



한국ITS학회
The Korean Society of Intelligent Transport Systems

한국ITS학회 2025년도 추계학술대회

The 2025 Korean Society of ITS Fall Conference

AI-powered Innovations in ITS

2025년 10월 30일(목) – 11월 1일(토)

제주한라대학교 한라컨벤션센터

주 최

후 원



한국ITS학회
The Korean Society of Intelligent Transport Systems



한국교통연구원
KOREA TRANSPORT INSTITUTE



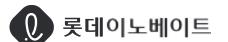
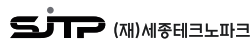
Intelligent Transport Society of Korea
한국지능형교통체계협회



한국도로교통공단
KOROAD



한국교통안전공단
Korea Transportation Safety Authority



문의처

www.kits.or.kr

Tel. 02.3413-0041~2

E-mail. info@kits.or.kr

환영사

존경하는 ITS 학회 회원 여러분,

아름다운 제주의 가을에서 열리는 한국ITS학회 추계 학술대회에 함께해 주신 모든 분들을 진심으로 환영하며, 이 뜻깊은 자리가 성공적으로 마련된 것을 축하드립니다. 천혜의 자연환경과 첨단 기술이 공존하는 이곳 제주에서 모인 오늘의 만남은, 우리 학회의 비전과 미래를 더욱 밝히는 특별한 의미를 지닌다고 생각합니다.

이번 학술대회는 “AI-powered innovations in ITS”라는 주제로, 인공지능이 지능형 교통체계(ITS)에 접목되며 만들어내는 혁신적 성과와 미래 비전을 함께 논의하는 자리입니다. 특히 2026년 강릉에서 ITS 세계총회가 개최되는 중요한 시점에서, 오늘의 주제는 국제적 흐름과 맞닿아 있으며, 대한민국 ITS가 세계의 중심에서 새로운 도약을 준비하는 데 있어 매우 적절하다고 하겠습니다.

오늘날 AI는 교통의 전 영역을 빠르게 변화시키고 있습니다. 자율주행차의 인지·판단·제어 고도화, AI 기반의 교통 신호 제어 및 혼잡 완화, 대규모 교통 데이터 분석을 통한 사고 예측과 안전 관리, 그리고 친환경 교통수단 운영 최적화까지 그 활용 범위는 무궁무진합니다. 나아가 다중 센서 융합과 생성형 AI의 발전으로, 차량·도로·인프라 간 실시간 협력이 가능해지며, 이는 교통 안전성과 효율성을 혁신적으로 향상시키고 있습니다.

하지만 동시에 우리는 커다란 도전에 직면해 있습니다. 중국은 막대한 자본과 정책 지원을 바탕으로 AI, 자율주행, 스마트 모빌리티 분야에서 급속히 성장하며 국제 시장을 선도하고 있습니다. 이러한 추세는 우리 ITS 산업 생태계에 위기를 초래할 수 있으며, 경쟁력 약화로 이어질 우려도 있습니다.

따라서 이번 학술대회는 단순한 연구 성과 발표의 장이 아니라, 우리 스스로가 무엇을 준비해야 하는지를 고민하는 토론의 장이 되어야 합니다.

특히, 핵심 기술 자립과 국제 표준화 주도권 확보를 통해 글로벌 경쟁 속 차별적 강점을 창출해야 하며 학계-산업계-정부의 긴밀한 협력 생태계를 강화하여 연구 성과가 산업 현장으로 빠르게 확산 되도록 해야 합니다.

저는 오늘의 학술대회가 연구자와 전문가 여러분의 지혜와 역량을 모아, 대한민국 ITS가 직면한 도전을 기회로 전환하고, AI 시대의 세계적 리더로 도약하는 실질적 협력의 장이 되기를 기대합니다.

끝으로, 학술대회를 준비해 주신 학술위원회와 관계자 여러분의 노고에 깊이 감사드리며, 제주에 모인 모든 참석자 여러분께서 학문적 성과와 함께 아름다운 제주의 정취도 만끽하시길 기원합니다.

감사합니다.

2025년 10월

한국ITS학회 회장 권 장 우

2025년 추계학술대회 위원회 명단

조직위원회

- 위 원 장 : 박동주(서울시립대학교)
- 부위원장 : 김동규(서울대학교), 박신형(서울시립대학교), 정구민(국민대학교), 서영우(KBS),
김영호(한국교통연구원)
- 위 원 : 박제진(전남대학교), 장기태(KAIST), 이향숙(인천대학교), 정진만(인하대학교),
박만복(한국교통대학교), 안우영(국립공주대학교), 김상엽(전북연구원),
김희경(동아대학교), 정연식(영남대학교), 한여희(서울시립대학교),
최정단(한국전자통신연구원), 김남선(국립경찰대학)

학술위원회

- 위 원 장 : 장기태(KAIST)
- 부위원장 : 소재현(아주대학교)
- 위 원 : 권오훈(계명대학교), 박민주(한남대학교), 변지혜(서울시립대학교), 서정일(동아대학교),
안희진(KAIST), 여지호(가천대학교), 원종훈(인하대학교), 윤규근(서울대학교),
이수목(아주대학교), 조영근(인하대학교), 박호철(명지대학교), 김정화(경기대학교),
Nicole Chen(KAIST)

2025년 추계학술대회 프로그램

일시: 2025년 10월 30일(목)

발표장	금호세계교육관 A동401호	금호세계교육관 A동505호	금호세계교육관 A동506호	금호세계교육관 A동603호	금호세계교육관 A동610호	금호세계교육관 B동107호	금호세계교육관 B동116호	금호세계교육관 B동117호	금호세계교육관 B동309호	금호세계교육관 B동315호	금호세계교육관 B동316호	
12:30-17:00	등록											포스터 세션 및 부스 전시
13:30-15:00	특별세션 A-1 (인공지능연구원-1) (11:00-12:30) UAM 도약을 위한 대중교통 연계 방안 구상 - 안전성 및 수도권을 중심으로	특별세션 A-2 (인공지능연구원-2) (11:00-12:30) 도시교통 데이터 분석의 새로운 접근: 빅데이터 활용 연구	특별세션 B-3 (한국교통안전공단-1) 공공 모빌리티 혁신을 위한 데이터 기반 통합 전략	특별세션 B-4 (한국지능형교통체계협회-1) Lv 4/4+ 자율주행 데이터 상호호환성 확보를 위한 표준데이터 체계	특별세션 B-5 (한국교통연구원-1) 빅데이터 기반 이동성 지표 구축 및 활용 -7중점통행행위를 중심으로 -	특별세션 B-6 (한국지능형교통체계협회-2) 자율주행 혼재 시 도로교통 통합관리시스템 및 운영기술 개발	특별세션 B-7 (한국도로교통공단-4) Lv4 대중 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발 과제 연구내용 공유	특별세션 B-8 (한국지능형교통체계협회-5) 능동적 교통사고 예방 및 대응을 위한 자율주행 순찰 서비스 개발	특별세션 B-9 (한국전자통신연구원) AI 기반 차세대 ITS 인프라와 서비스	특별세션 B-10 (한국교통연구원-6) 자율주행차량 선형자동화역 기술개발 방향	AI powered ITS (한편선홍사)	
	특별세션 B-1 (스마트도시개발위원회) 스마트 도시개발의 발전 방안 모색	특별세션 B-2 (한국도로교통공단-1) 교통안전연구 우수 연구논문 발표										
15:00-15:10	Coffee Break											
15:10-16:40	특별세션 C-1 (차세대융합기술연구원) 경기도미래모빌리티센터 운영 사업 현황 및 성과 공유	특별세션 C-2 (한국도로교통공단-2) 자율주행 및 AI 기술 혁신 전략	특별세션 C-3 (한국교통안전공단-2) AI · 빅데이터 기반 공공 서비스 확대 및 고도화	특별세션 C-4 (한국도로교통공단-3) 자율차산업 미래기술 혁신을 위한 오픈플랫폼 생태계 구축	특별세션 C-5 (한국교통연구원-2) 통신 데이터와 통행실태조사 융합을 통한 KTDB 여객 7중점통행량 고도화	특별세션 C-6 (한국지능형교통체계협회-3) 탄소중립 수송부문 감축전략 고도화 기술개발 사업	특별세션 C-7 (한국지능형교통체계협회-4) 지속가능한 ITS 발전을 위한 재연	특별세션 C-8 (한국교통연구원-6) 파주시 교통버전 30 · 30 · 30	특별세션 C-9 (가천대학교) 2차 충돌사고 예방을 위한 전방시각 및 알림 기로등 시스템 개발 및 실증	특별세션 C-10 (LG유플러스) 제주 자율주행 기반 도시 환경관리 서비스 실증 논의 (Closed Session)	특별세션 C-11 (한편선홍사) AI가 만드는 모두의 이동권: 공공 교통의 기술 전환 사례	
16:40-17:00	Coffee Break											
17:00-18:10	▶개회식 · 개회사: 경진위(한국ITS학회장) · ITS우수도시상 시상 · 환영사: 오영환(제주특별자치도지사) · 축사: 국토교통부 도로국장, 한국교통연구원장, 경찰대 차안정책연구소장, KADIF 단장, 한국지능형교통체계협회장, KBS 제주방송총국장 ▶ 한국ITS학회 5천명 돌파 기념식 · 공로상 및 ITS 도약도시 시상 · 디지털도로 AX 상용화 지원사업 계획(국토교통부) · 26년 국토교통R&D 교통분야 추진계획(국토교통과학기술진흥원) · ITS 세계대회 소개(ITS 세계총회 조직위원회)											
	▶장미총회											
18:10-18:40												
18:40	▶만찬											

일시: 2025년 10월 31일(금)

발표장	금호세계교육관 A동401호	금호세계교육관 A동505호	금호세계교육관 A동506호	금호세계교육관 A동603호	금호세계교육관 A동610호	금호세계교육관 B동107호	금호세계교육관 B동116호	금호세계교육관 B동117호	금호세계교육관 B동309호	금호세계교육관 B동315호	금호세계교육관 B동316호	
9:30-16:00	등 록											포 스 터 세 션 및 부 스 전 시
09:30-11:00	특별세션 D-1 (한국교통연구원-0) 국가균형발전을 위한 모빌리티 네트워크 분석 및 지표 시각화 방안	특별세션 D-2 (한국교통연구원-3) 국토교통 데이터 스페이스 구축 및 활성화 방안	특별세션 D-3 (한국지능교통체계협회-6) 자율주행 라벨링 운영 및 사례 소개	연구논문세션 A-1 (교통계획)	연구논문세션 A-2 (교통안전)	연구논문세션 A-3 (교통정보)	연구논문세션 A-4 (시뮬레이션)	연구논문세션 A-5 (대중교통)				
11:00-11:10	Coffee Break											
11:10-12:40	특별세션 E-1 (유아이니트웍스) (유아이비시스템즈) 주변 환경 정보 융합 기반 레벨4 자율 주행 차량 인지 증강 및 협력 제어 기술 개발 현황	특별세션 E-2 (한국교통연구원-4) 모바일 객체데이터 DB 구축 및 활용	특별세션 E-3 (한국철도공사) 초정밀 위치정보와 AI 기반 포용 서비스로 여는 스마트 모빌리티의 세계	특별세션 E-4 (한국전자기술연구원) SD-WAN 차량 통신 이터넷 개발 및 실증	특별세션 E-5 (유아이네트웍스) 데이터 생생체계 변화와 AI, ITS의 접목	연구논문세션 B-1 (교통빅데이터)	연구논문세션 B-2 (보행안전)	연구논문세션 B-3 (신호운영)	연구논문세션 B-4 (인자)	연구논문세션 B-5 (물류)	연구논문세션 B-6 (운전자행태)	
12:40-13:30	중식											
13:30-15:00	연구논문세션 C-1 (교통이동자분석)	연구논문세션 C-2 (최적경로)	연구논문세션 C-3 (자율주행)	연구논문세션 C-4 (환경·에너지)	연구논문세션 C-5 (이동자행태)	연구논문세션 C-6 (정책)	연구논문세션 C-7 (차량데이터)	연구논문세션 C-8 (협력주행)				

일시: 2025년 11월 1일(토)

시간	내용
9:30-11:50	학회 워크숍 및 세미나
12:20-13:30	중식

PROGRAM

특별 Session

30일 11:00-12:30

특별 Session A-1

인천연구원

발표장: 금호세계교육관A동401호

주제 : UAM 도입을 위한 대중교통 연계 방안 구상 - 인천시 및 수도권을 중심으로

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	인천시 UAM 버티포트 입지선정 및 복합환승체계 구축 방안	성결대학교	김수재
2	UAM 미래상과 초기 상용화 대비 기본계획 수립 방향	한국교통연구원	김명현
3	통행목적에 따른 UAM 수용성 비교 연구	서울연구원	이진학
좌장	이태현(인천연구원)		
토론	이상욱(인천광역시 항공과), 박태윤(한국교통연구원), 윤규근(서울대학교)		

특별 Session A-2

인천연구원

발표장: 금호세계교육관A동505호

주제 : 도시교통 데이터 분석의 새로운 접근: 빅데이터 활용 연구(인천시 및 수도권을 중심으로)

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	OD·네트워크 전수화와 현행화를 통한 교통수요 분석 기초자료 구축	인천연구원	이준호
2	빅데이터를 활용한 광역교통 고도화 방안	인천연구원	박민호
3	통신 빅데이터를 이용한 인천시 통행패턴 분석	SK텔레콤	최찬영
4	인천시 승객통행 기반 지하철-버스 환승 접근성	(주)ITS Mobility Lab	신성일
좌장	김종형(인천연구원)		
토론	김종윤(JH ENG.), 황창서(스마트도시개발위원회), 김도경(서울시립대학교)		

특별 Session

30일 13:30-15:00

특별 Session B-1

스마트도시개발위원회

발표장: 금호세계교육관A동401호

주제 : 스마트 도시개발의 발전 방안 모색

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	지능화되는 “스마트시티” 안전한가?	연세대학교	염병수
2	지자체 MaaS, 구축보다는 협력으로 : 진주형MaaS의 경험	(주)머니모빌리티	최소윤
좌장	신성일 (스마트Payment위원회)		
토론	황창서(미래인), 변상철(한국건설기술연구원), 김종형(인천연구원), 손광복(KST ENG.), 김종윤(JH ENG.)		

특별 Session B-2

한국도로교통공단

발표장: 금호세계교육관A동505호

주제 : 교통안전연구(한국도로교통공단 등재학술지) 우수 연구 논문 발표

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	신호교차로 우회전 통행방법에 대한 운전자들의 인식과 이해	한국도로교통공단	한효승
2	전기차 주행 에너지 소모 추정을 위한 경사도 기반 도로 그래프 모델링	서울대학교	김규빈
좌장	한상진(서울대학교)		
토론	홍정열(계명대학교), 심지섭(한남대학교), 육동형(강릉원주대학교)		

특별 Session B-3

한국교통안전공단

발표장: 금호세계교육관A동506호

주제 : 공공 모빌리티 혁신을 위한 데이터 기반 통합 전략

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	교통약자 통행실태 및 이동수단 운영전략 도출 연구	한국교통안전공단	최민혜
2	TAGO 발전방안 : 공공 모빌리티 생태계 핵심 인프라로	한국교통안전공단	양은혜
3	공공 모빌리티 현황 데이터 기반 지역 모빌리티 활성화 방안	한국교통안전공단	신소명
좌장	전연후(한국교통안전공단)		
토론	김희경(동아대학교), 윤진원(고려대학교), 조혜림(서울연구원)		

특별 Session B-4

한국지능형교통체계협회

발표장: 금호세계교육관A동603호

주제 : Lv 4/4+ 자율주행 데이터 상호호환성 확보를 위한 표준데이터 체계

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 데이터 규격화 연구 진행 현황	(주)스페이스인사이트	송재인
2	자율주행 메타데이터 규격화 연구 진행 현황	영남대학교	남상기
3	표준데이터 체계를 위한 전반적 연구 진행 현황 및 이슈사항 공유	한국지능형교통체계협회	

특별 Session B-5

한국교통연구원

발표장: 금호세계교육관A동610호

주제 : 빅데이터 기반 이동성 지표 구축 및 활용 -기종점통행량을 중심으로 -

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	빅데이터 기반 전국 여객 기종점통행량 구축 현황	한국교통연구원	김동호
2	수도권 여객 기종점통행량 변화 및 시사점	서울연구원	양재환
3	지방 대도시권 여객 기종점통행량 변화 및 시사점	홍익대학교	이경재
4	주말 및 침두·비침두 여객 기종점통행량 구축 및 활용	한국교통연구원	황순연
좌장	조종석(한국교통연구원)		
토론	김성후(고려대학교), 탁지훈(한국교통안전공단), 도우석(계명대학교)		

특별 Session

30일 13:30-15:00

특별 Session B-6

한국지능형교통체계협회

발표장: 금호세계교육관B동107호

주제 : 자율주행 혼재 시 도로교통 통합관제시스템 및 운영기술 개발

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 통합교통관제시스템 시흥 TB 실증 방안	한국지능형교통체계협회	임혜진
2	자율주행 통합교통관제플랫폼 고도화방안	유티정보	김창길
3	자율주행 혼재 교통환경에서의 통합교통상황 관리 및 운영전략 연구	아주대학교	한경희
4	강화학습 기반 교통 이상 탐지 모델 적용 기법 개발	차세대융합기술연구원	양동혁

특별 Session B-7

한국도로교통공단

발표장: 금호세계교육관B동116호

주제 : 'Lv.4 대응 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발' 과제 연구내용 공유

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행을 위한 교통안전시설 디지털 인프라 구축	한국도로교통공단	박지원
2	Lv.4 대응 교통안전시설 인프라 현장 적합성 평가 및 분석도구 개발	한국자동차연구원	송문형
3	교통안전시설 인프라 성능표준(안) 및 운영 가이드라인 개발	한국과학기술원	김준석
좌장	강운원(한국도로교통공단)		
토론	오철(한양대학교), 김진태(한국교통대학교), 송태진(충북대학교), 박재홍(한국건설기술연구원)		

특별 Session B-8

한국지능형교통체계협회

발표장: 금호세계교육관B동117호

주제 : 능동적 교통사고 예방 및 대응을 위한 자율주행 순찰 서비스 개발

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 순찰 서비스 PG 및 실도로 환경 실증 방안	한국지능형교통체계협회	최종태
2	자율주행 순찰-상황판단-대응 간 센터 시스템 수행 전략	아주대학교	소재현
3	자율주행 순찰 서비스 도입을 위한 법제도적 쟁점과 제도화 방안	한국도로교통공단	김아람
4	교통사고 예방 및 대응 순찰용 자율주행 소형 순찰차 개발	(주)바이다	양진석
좌장	소재현(아주대학교)		
토론	박산형(서울시립대학교), 신대섭(KAIST), 장기태(KAIST)		

특별 Session B-9

한국전자통신연구원

발표장: 금호세계교육관B동309호

주제 : AI 기반 차세대 ITS 인프라와 서비스

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	물류 환경에서 자율주행 이동체 관제 시스템	ETRI	남승우
2	차세대 스마트 보안 모니터링 시스템	경북대학교	이종택
3	자연어기반 도로 내 차량 검색 시스템	ETRI	김동영
좌장	정윤수(한국전자통신연구원)		

특별 Session B-10

한국교통연구원

발표장: 금호세계교육관B동315호

주제 : 자율주행차량 선박자동하역 기술개발 방향

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행차 해상 수출입 서비스의 기술 개발 방향	한국교통연구원	신승진
2	완성차 물류 무인화를 위한 인프라 기반 자율주행기술 적용 사례	서울로보틱스	김두곤
3	AI 기반 선박 적재계획(Auto Stowage Planning) 기술 개발과 적용 방향	현대글로벌비스(주)	이경연
좌장	노홍승(한국교통연구원)		
토론	박동주(서울시립대학교), 김병철(동아대학교), 이휘원(주엘케이시스)		

특별 Session

30일 15:10-16:40

특별 Session C-1

차세대융합기술연구원

발표장: 금호세계교육관A동401호

주제 : 경기도미래모빌리티센터 운영 사업 현황 및 성과 공유

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	경기도미래모빌리티센터 사업 성과 공유	차세대융합기술연구원	강용신
2	자율주행 표준인증 및 도면제감 서비스 개발 사업	유티정보(주)	김현수
3	수요기반 양자기술 실증 및 컨설팅 사업	SK브로드밴드(주)	정소기
4	경기도 자율주행 공동 R&D 사업 (E2E 모델개발)	(주)에스유엠	김종근
5	경기도 자율주행 기본계획 수립	(주)모빌리티시스템 연구소	박유경
좌장	김형주(차세대융합기술연구원)		

특별 Session C-2

한국도로교통공단

발표장: 금호세계교육관A동505호

주제 : 자율주행 및 AI 기술 혁신 전략

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	미래 교통환경 대응을 위한 AI · 디지털트윈 기반 운전면허제도 활용방안	한국도로교통공단	김은영
2	교통안전시설의 디지털 · AI 전환 전략	한국도로교통공단	고정호
3	도로교통법 기반 가상환경을 활용한 자율주행 운전능력평가(MLS) 기술개발	한국도로교통공단	김태근
좌장	박신행(서울시립대)		
토론	한음(한국도로교통공단), 이태현(인천연구원), 이동우(서울시립대)		

특별 Session C-3**한국교통안전공단**

발표장: 금호세계교육관A동506호

주제 : AI·빅데이터기반 공공 서비스 확대 및 고도화

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	인공지능(AI) 기반 비수도권 합성데이터 구축 방안 연구	한국교통안전공단	김민석
2	공공-민간 데이터연계를 통한 교통안전기술수련선 고도화방안 연구	한국교통안전공단	주신혜
3	AI·데이터 기반 고령 보행자 사고 위험구간 선정 연구	한국교통안전공단	탁지훈
4	교통사고클러스터링 기반 교통사고 원인조사 대상선정 알고리즘 개선방안 연구	한국교통안전공단	권수민
좌장	배해성(한국교통안전공단)		
토론	소재현(이주대학교), 이진학(서울연구원), 윤규근(서울대학교)		

특별 Session C-4**한국도로교통공단**

발표장: 금호세계교육관A동603호

주제 : 자동차산업 미래기술 혁신을 위한 오픈플랫폼 생태계 구축

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자동차 데이터플랫폼 구축현황	한국자동차연구원	임한정
2	가명정보 및 합성데이터 활용, 모빌리티 분야를 주제로	대구디지털혁신진흥원	김건욱
3	자동차 데이터플랫폼과 시보안	한국인터넷진흥원	오주형
토론	김희경(동아대학교), 김의진(이주대학교), 정하림(한국교통연구원), 엄대룡(SK텔레콤)		

특별 Session**30일 15:10-16:40****특별 Session C-5****한국교통연구원**

발표장: 금호세계교육관A동610호

주제 : 통신 데이터와 통행실태조사 융합을 통한 KTDB 여객 기종점통행량 고도화

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	통신 데이터와 통행실태조사 융합을 통한 여객 기종점통행량 구축 방향	한국교통연구원	김동호
2	통신 데이터 기반 통행자 활동 유형 추정 방안	연세대학교	정용진
3	통신데이터와 통행실태조사 결합을 통한 데이터 기반 통행수단 추정모형 개발 및 적용 방안	고려대학교, 한양대학교	김성후
좌장	송태진(충북대학교)		
토론	양재환(서울연구원), 이경재(홍익대학교), 도우석(계명대학교)		

특별 Session C-6

한국지능형교통체계협회

발표장: 금호세계교육관B동107호

주제 : 탄소중립 수송부문 감축전략 고도화 기술개발 사업

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	도로수송부문 온실가스 감축 정책 유형화와 특성 분석에 관한 연구	경성대학교	고상희
2	충전소 배치에 따른 주행거리 감소에 관한 연구	국립공주대학교	이수진
3	개인통행 행태전환을 통한 탄소저감 인센티브 제공 전략 연구	서울시립대학교	변지혜
4	탄소중립 수송부문 리빙랩 실증 시나리오와 협의체 운영 방안 연구	ITS Korea	김주애
5	사업용 차량 데이터 수집을 위한 단말 개발 연구	에세텔	류중희
6	개인 통행데이터를 활용한 탄소 배출량 기반 친환경 통행 점수(Eco-Score) 산정 모형 개발 연구	홍익대학교	구자현 김동현

특별 Session C-7

한국지능형교통체계협회

발표장: 금호세계교육관B동116호

주제 : 지속가능한 ITS 발전을 위한 제언

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	지능형교통체계 관련 국가 계획 수립	한국지능형교통체계협회	이근희
2	자차체 ITS 구축 사례 발표 등		
3	자차체 협의체 발전 방안 논의	한국지능형교통체계협회	김중보

특별 Session C-8

한국교통연구원

주제 : 파주시 교통비전 30·30·30

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	파주 ITS 현황과 발전방향	파주시	문호성
2	파주 30·30·30 비전과 Meso 모형의 활용	한국교통연구원	김찬성
좌장	김찬성(한국교통연구원)		
토론	안용성(파주시), 오동익(주티랩교통정책연구소), 박인기(한국교통연구원)		

특별 Session**30일 15:10-16:40****특별 Session C-9****가천대학교/한국전자기술연구원****발표장: 금호세계교육관B동309호****주제 : 2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증	한국전자기술연구원	장수현
2	이기종 V2X를 이용한 seamless 협력주행 서비스	한국전자기술연구원	신대교
3	가짜국 기반 직접통신자원 관리를 위한 사이드링크 자원할당 모드 실증 환경 구축	한국전자기술연구원	안병만
4	Harmonized V2X를 활용한 Vehicle 및 VRU 솔루션	LG전자	김학성
5	2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 실증 시나리오	가천대학교	안세영
6	모듈형 엣지 AI 플랫폼 기반 교통안전정보 표출 서비스 기술	알트레이	최성현
좌장	장수현(한국전자기술연구원)		

특별 Session C-10**LG유플러스****발표장: 금호세계교육관B동315호****주제 : 제주 자율주행 기반 도시환경관리 서비스 실증 논의**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	자율주행 노면청소차 개발 및 실증 사례	라이드플렉스	정하옥
2	자율주행 기반 도시환경관리 서비스를 위한 지능형 관제 기술	애버커스	박영지
3	자율주행을 위한 도시환경관리 차량 기술	리텍	송재철
4	자율주행 Lv4+ 서비스를 위한 C-ITS 다이나믹맵 기술	LG유플러스	권정호
5	자율주행차량 이상상태검지 기술	LG유플러스	임성수
토론	권정호(LG유플러스), 임성수(LG유플러스)		

특별 Session C-11**현대자동차****발표장: 금호세계교육관B동316호****주제 : AI가 만드는 모두의 이동권: 공공 교통의 기술 전환 사례**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	모두의 이동을 위한 모빌리티 서비스 사례	현대자동차	박주영
2	데이터로 움직이는 공공교통: 지역 맞춤형 플랫폼에서 차세대 모빌리티 생태계로	현대자동차	하자윤
좌장	박주영(현대자동차)		
토론	김원철(충남연구원), 정용일(충북연구원), 장진영(강원연구원), 안용준(세종연구원)		

특별 Session**31일 09:30-11:00****특별 Session D-1****한국교통연구원****발표장: 금호세계교육관A동401호****주제 : 국가균형발전을 위한 모빌리티 네트워크 분석 및 지표 시각화 방안**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	전국 모빌리티 네트워크 분석 방법론	서울시립대학교	전백찬
2	이동성 지표 시각화 방안	엠큐닉	장양중
좌장	김영호(한국교통연구원)		
토론	김성훈(한국교통연구원), 윤규근(서울대학교), 장기태(KAIST), 김기용(한국교통안전공단)		

특별 Session D-2**한국교통연구원****발표장: 금호세계교육관A동505호****주제 : 국토교통 데이터 스페이스 구축 및 활성화 방안**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	국토교통 데이터 스페이스 구축 방향	한국교통연구원	이종우
2	AI 및 온톨로지 기반 데이터 스페이스 구축	오케스트라AGI	정재현
3	데이터 스페이스 핵심 요소기술 개발 방향	와이매틱스	김건용
좌장 토론	천승훈(한국교통연구원), 조대연(서울대학교), 송태진(충북대학교), 김건후(국립기상과학원)		

특별 Session D-3**한국지능형교통체계협회****발표장: 금호세계교육관A동506호****주제 : 자율주행 리빙랩 운영 및 사례 소개**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	안양시 자율주행 운영 사례 소개	안양시청	윤정호
2	중국의 자율주행 정책 및 기술 동향	아주대학교	윤일수
3	자율주행 리빙랩 실증 운영 전략	한국지능형교통체계협회	배명환
좌장	한국건설기술연구원(변상철)		
토론	자율주행기술개발혁신사업단 외		

특별 Session**31일 11:10-12:40****특별 Session E-1****(주)아이티텔레콤/주)아이나비스시스템즈****발표장: 금호세계교육관A동401호****주제 : 주변 환경 정보 융합 기반 레벨4 자율 주행 차량 인지 증강 및 협력 제어 기술 개발 현황**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	고도 자율주행을 위한 다면적 성능평가 체계 및 지표 조사 연구	고려대학교	윤진원
2	자율주행 및 경로 계획을 위한 센서 융합 기반 로컬 코스트맵 생성 방법	케이스랩	안예찬
3	V2X 기술을 활용한 커넥티드 기반 자율주행 기술 동향	한국자동차연구원	백승혁
4	HD Map 기반 CARLA 시뮬레이터 초정밀 디지털트윈 맵 생성	케이스랩	염태욱
5	교통 충격파 최소화를 위한 인프라 기반 자율주행차량 최적 제어	KAIST	강민희

특별 Session E-2**한국교통연구원****발표장: 금호세계교육관A동505호****주제 : 모바일 궤적데이터 DB 구축 및 활용**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	궤적데이터 현황 및 고도화	LG U+	신 청
2	도로구간 맵매칭을 위한 궤적데이터 구축 방법 및 결과	한국교통연구원	장동익
3	모바일 궤적데이터 이용 사례	서울시립대학교	이동우
좌장	김주영(한국교통연구원)		

특별 Session E-3**한국철도공사****발표장: 금호세계교육관A동506호****주제 : 초정밀 위치정보와 4G/LTE 기반 포용 서비스로 여는 스마트 모빌리티의 세계**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	초정밀 위치정보가 만드는 ITS-철도 융합의 새로운 패러다임	한국철도공사	배성한
2	AI 실시간 번역 자막 시스템을 통한 포용적 철도·ITS 서비스 혁신	(주)리마인	김상수
좌장	오영택(한국철도공사)		

특별 Session E-4**한국전자기술연구원****발표장: 금호세계교육관A동603호****주제 : SDV용 차량 통신 아키텍처 개발 및 실증**

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	SDV 아키텍처를 위한 In-Vehicle Multi-Gigabit Ethernet 통신반도체 개발	에이디테크놀로지	이은주
2	엠텐티 경량 전장 부품용 10Mbps 이더넷 통신반도체 및 ECU 개발	(주)자람테크놀로지	서인식
3	SDV용 차량 통신 아키텍처 개발 및 실증	한국전자기술연구원	박부식
4	SDV네트워크 검증 플랫폼 구축을 위한 FPGA 활용 동향	레보텍	김영진
5	경험 중심으로 보는 실시간 시스템에서 TSN과 10Base-T1S가 선택되는 이유	TSN Lab	김성민
좌장	박부식(한국전자기술연구원)		

특별 Session E-5 유아이네트웍스

발표장: 금호세계교육관A동610호

주제 : 데이터 생산체계 변화와 AI, ITS의 접목

번호	발 표 제 목	기 관	발표자
1	ITS와 생성형 AI의 융합을 통한 데이터 확보방안	유아이네트웍스	전용현
2	AI 기반의 모빌리티 분석 적용에 관한 연구	유아이네트웍스	이종운
3	신규 데이터 생산체계를 위한 데이터 가공	유아이네트웍스	전용현
좌장	김수재(성결대학교)		

학술발표 Session I 31일 09:30-11:00

SESSION A-1 교통 계획

발표장: 금호세계교육관A동603호

좌장 : 김수재(성결대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	본선 톨게이트 유형별 지연시간 모형 추정 연구	심재윤, 박동주
2	기상요인을 반영한 서울 도시철도 역사별 수요 예측 모형 개발	정창호, 손형주, 권오훈, 도우석, 유봉석
3	유전 알고리즘을 활용한 센트로이드 커넥터 배치 기준 연구	이상규, 김희조, 박동주
4	경기도 승용차 연계 철도 이용자의 이용 빈도에 미치는 요인분석 연구	손슬기, 빈미영

SESSION A-2 교통 안전

발표장: 금호세계교육관A동610호

좌장 : 이재덕(가천대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	어린이보호구역 가변속도제한 시행 전후 효과분석	이재원, 김도경
2	운행제한 여부와 중차량 비율에 따른 교통사고 심각도 비교	이채영, 김병규, 김도경
3	지리가중기법과 기계학습 알고리즘의 결합을 통한 사망교통사고 예측모형 개발	민석원, 박동주
4	페달 오조작 사고 심각도 영향 요인에 관한 기초연구	정한술, 김예진, 손성호, 강희진, 윤일수
5	Data-driven Incident Detection in High Dimensional Latent Space for Unremarkable Traffic Event	최세원, 최준희, 윤현수, 김동규

SESSION A-3 교통 정보

발표장: 금호세계교육관B동107호

좌장 : 양재현(서울연구원)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	정밀 교통량 및 배출량 산정을 위한 생성형 AI 기반 GPS 궤적 생성	임승유, 임준민, 김의진, 김진재, 이채영, 이승봉, 천승훈
2	비지도 이상치 탐지를 활용한 도시 교통 혼잡의 확산·회복 동역학 연구	유성민, 박하늘, 노치우, 조성은, 소재현
3	강화학습 기반 경로 인센티브 배정을 통한 교통 혼잡 완화	이의진, 이승현, 김동규
4	고속도로 지점 소동정보 가공의 지수이동평활 계수에 관한 연구	문시현, 황경호, 소재현, 윤일수
5	부분 관측 데이터를 이용한 경로 수준 교통량 예측 프레임워크	이승현, 김동규

학술발표 Session I**31일 09:30-11:00****SESSION A-4****시뮬레이션****발표장: 금호세계교육관B동116호****좌장 : 이수목(아주대학교)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	차량 재배치 전략을 반영한 DRT 배차 시뮬레이션 및 최적화 모델 연구	탁해성, 박무열
2	특수 목적 자율주행 차량을 위한 시뮬레이터 비교 분석	이지훈, 문창주
3	통신과 서비스 계층 Co-simulation을 통한 분산혼잡제어의 Platooning 서비스 영향 분석	전용화, 문철
4	Sim-to-Real Gap 완화를 위한 고정밀 모빌리티 디지털 트윈 개발	박영서, 차민수, 이한빈, 김태균

SESSION A-5**대중교통****발표장: 금호세계교육관B동117호****좌장 : 박수진(남양주시정연구원)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	이용자 관점에서 본 경기도 김포시 버스 이용 환경 개선 방안	김강산, 박지현
2	버스 정시성 평가를 통한 BRT정책 효과 분석	정지호, 김회경
3	대중교통 서비스 지표 개발을 통한 지역격차 분석	이지오, 김상국, 최문영, 서지훈, 오시몬
4	유사날짜 클러스터링 기법을 이용한 서울시 버스 운행 스케줄 적합성 평가	김지원, 김푸르미, 윤규근, 김동규

학술발표 Session II**31일 11:10-12:40****SESSION B-1****교통 빅데이터****발표장: 금호세계교육관B동107호****좌장 : 김의진(아주대학교)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	교통 접근성 변화와 소비자 이동 패턴의 다변화: 신용카드 데이터를 통한 실증적 분석	김민서, 이성훈, 이준, 이창주
2	핫플레이스는 사회적으로 고립된 1인 가구를 배제하는가 혹은 연결하는가: 서울 시민생활 데이터 분석	김자수, 김의진
3	출발자-목적지 수요를 고려한 어텐션 메커니즘과 시공간 그래프 합성곱 신경망 기반의 속도 예측 방법	민동규, 김동규
4	대중교통 접근성 분석을 위한 스마트카드 통행 목적 추정	추범준, 김동규

SESSION B-2

보행 안전

발표장: 금호세계교육관B동116호

좌장 : 김성후(고려대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	도시철도 에스컬레이터 속도 저감에 따른 사고율 변화 실증분석	강승원, 권오훈
2	지역별 보행자 교통사고 영향요인 분석	도승일, 박신행
3	동적 위험 상황에서 보행자 상충의 실시간 탐지를 위한 가상센서 구조 개발	문가영, 조한결, 김도경
4	중앙버스차로구간 횡단보도 설치 효과 분석	민준식, 박신행

SESSION B-3

신호 운영

발표장: 금호세계교육관B동117호

좌장 : 권오훈(계명대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	감응신호제어시스템을 위한 대체검지기 성능검사 현황	이준엽, 이민형
2	자율주행차량 도입에 따른 신호교차로 기본 포화교통류율 및 좌회전 보정계수 변화 분석	윤정인, 이진우
3	복합 SI 모델을 활용한 비정형 도시 교차로 교통 신호 제어 전략	차정은, 이승혁, 김희경
4	간접차량 우선신호시스템의 효과분석에 관한 연구	김태규, 차정은, 김희경

SESSION B-4

인지

발표장: 금호세계교육관B동309호

좌장 : 이경재(홍익대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	차량 주행 센서 데이터 기반 도로 인프라 모니터링 및 예측 모델 개발 연구	김보미, 안이찬, 이진우
2	자율주행차 라이다 센서 기반 차로 단위 교통·안전위험지표 추정	조성은, 소재현
3	C-ITS 고도화를 위한 멀티모달 LLM 기반 데이터 선별 프레임워크	박환희, 이형준, 허하리, 장혜지, 이현용, 최승현
4	영상 기반 도로 노면상태 모니터링을 위한 전방차량 탐지	송현진
5	Pedestrian Crossing Intention Estimation Based on Time Series Analysis of Head and Body Rotation Angles	Izzatulloh Makhammadjonov, Cho Seongpyo, Kim Dongssoo, Kim Beomseo

학술발표 Session II**31일 11:10-12:40****SESSION B-5****물류****발표장: 금호세계교육관B동315호****좌장 : 장유림(한국교통안전공단)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	바이오 의약품 콜드체인 가이드라인 인식에 관한 잠재계층분석 연구: 의약품 도매업체 종사자를 중심으로	이지원, 오수영, 이향숙
2	지역별 산업구조 기반 화물차량의 통행유형 분석	이재웅, 장진원, 박동주
3	중양아시아 콜드체인 시장진출 전략에 관한 연구 : 콜드체인 모니터링 서비스를 중심으로	이인호, 이지원, 이향숙
4	선형연구 고찰을 통한 지하수송시스템 수단특성 검토 연구	손형근, 장진원, 신승진, 노홍승, 박동주

SESSION B-6**운전자 행태****발표장: 금호세계교육관B동316호****좌장 : 도우석(계명대학교)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	심리적 안정효과와 화폐 가치화 : 승용차 운전자 불안 경감을 중심으로	최정범, 장진원, 박동주
2	스마트폰 기반 실시간 난폭 운전 탐지 시스템 개발 및 검증	서동현, 홍택수, 권장우
3	유형별 사고 예측 모델과 LLM 에이전트를 결합한 능동적 운전자 위험 정보 시스템 연구	이상현, 박근원, 권장우
4	군집분석 기반 음주운전자 유형화와 특성 연구	권민정, 강애라, 홍정열
5	AI 기반 국민인식 수용도 분석: 음주운전 방지장치 도입을 중심으로	강애라, 김중호

학술발표 Session III**31일 13:30-15:00****SESSION C-1****교통 이용자 분석****발표장: 금호세계교육관A동401호****좌장 : 윤규근(서울대학교)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	순서형 로짓 모형과 IPA를 활용한 택시 플랫폼 이용자의 만족도 영향요인 분석	박유진, 이경재, 구자현, 추상호
2	김천시 혁신도시 원도심 연결성 개선을 위한 모빌리티 선호 분석	성민준, 권오훈, 도우석
3	시나리오 기반 음식 배달과 외식간의 선택행태 비교분석	채경수, 김홍재, 김성후
4	장거리 통행자를 대상으로 한 휴게소 기반 수요응답형 교통(DRT)서비스 전환 가능성 분석	나예진, 김태균, 강진동, 윤미정, 김재국, 심재업

SESSION C-2

최적 경로

발표장: 금호세계교육관A동505호

좌장 : 심지섭(한남대학교)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	도시 교통망 기반 자율주행 순찰차량의 순찰-급파 임무 간 최적경로생성 알고리즘 개발	박하늘, 소재현
2	자율주행 현장대응차량의 효율적 경로 계획을 위한 알고리즘 연구	강지민, 강지혜, 연준형, 정영제, 김원호
3	사공간 위험도 기반 자율주행 현장대응차량 배치전략 및 경로설계 연구	강지혜, 강지민, 이진학, 정영제, 김원호
4	복잡한 미로 네트워크를 위한 딥러닝 기반 경로 계획	김정훈, 장인권
5	선형화된 루프 경로 표현법을 이용한 외판원 문제의 2단계 프레임워크	박상훈, 장인권

SESSION C-3

자율 주행

발표장: 금호세계교육관A동506호

좌장 : 신대섭(KAIST)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	효율적인 자율주행차량 테스트 수행을 위한 최적경로 생성	박준호, 소재현
2	강화학습 기반 2D 트랙터-트레일러 모델의 차선 추종 제어 알고리즘 개발	장은진, 이재풍
3	자율주행 도시부 혼재시 속도 제어 전략 연구	차창준, 한경희, 이상수, 이철기
4	Diffusion 생성 알고리즘을 통한 자율주행 경로 생성	이상현, 박상민, 이수목, 윤일수
5	포텐셜 필드 기반 동적 경로 생성 기법의 추월 시나리오 구현	고자경, 양인철

SESSION C-4

환경 · 에너지

발표장: 금호세계교육관A동603호

좌장 : 김동민(KAIST)

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	공유 자율주행 자동차(SAEVs)의 온실가스 감축 잠재력 평가	김유진, 이진우
2	공공부문 초소형전기차 운행 특성 분석 및 운영 전략 연구	백성재, 최세령, 오주석, 박제진
3	VMD Reformer 모델을 통한 효율적인 단기 해상 풍속 예측	Anto Anbarasu Yesudhas, 심건호, 송승민, 안성현, 이신의, 성주현
4	AHP/ANP 모형 기반 드론포트 입지 선정 영향 요인 분석 연구	김태성, 윤규근

학술발표 Session III**31일 13:30-15:00****SESSION C-5****이용자 행태****발표장: 금호세계교육관A동610호****좌장 : 신소명(한국교통안전공단)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	자연 재해와 인적 재해 간의 대중교통 이용자 행태 변화 분석	이환승, 박호철, 조신행
2	도시철도 이용자의 이동방식 결정 주요 요인: 이용행태 및 혼잡도의 영향에 따른 시설 배치 전략 검토	김아린, 김진욱, 최안규, 최지혜
3	Bayesian Model Capturing Transit Users' Heterogeneous Sensitivity to Travel Time Reliability	채정현, 이희창, 윤규근, 김동규

SESSION C-6**정책****발표장: 금호세계교육관B동107호****좌장 : 이은혁(경일대학교)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	잠재의미분석을 이용한 교통안전 동향 분석	이은재, 한상진
2	미국 국가도로안전전략(NRSS) 사례 분석과 국내 적용방안	이은지, 김상구
3	자율주행차 준법운행 평가체계 구축 방안 연구: Lv.4 자율주행 알고리즘의 안전성 및 신뢰성 확보를 중심으로	최세령, 백성채, 김남선, 오주석, 박제진
4	OpenAlex를 이용한 모빌리티 분야 기술 트렌드 분석 방법론 개발	이호, 박준우, 정시교, 윤일수
5	교통안전에 대한 정부와 시민 영향의 실증 분석	이근재

SESSION C-7**차량 데이터****발표장: 금호세계교육관B동116호****좌장 : 주신혜(한국교통안전공단)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	차량 내 중앙집중형 데이터 수집/분배 시스템 설계	김희철, 김아란, 박헌배
2	E2E 파인튜닝을 위한 실시간 이벤트 패턴 감지 기반 엣지 케이스 데이터 처리 플랫폼 구축	최지욱, 문창주
3	통신 데이터의 정보 안전성 유용성 동시 평가를 통한 최적 사공간 해상도 도출	이규성, 임승유, 김의진, 원민수
4	자율주행 데이터 전처리 기법 최적화 방안	이호윤, 오철

SESSION C-8**협력 주행****발표장: 금호세계교육관B동117호****좌장 : 송재인(스페이스인사이트)**

번호	발표 주제	발표 및 제출자
1	다중 사용자 은밀 통신 시스템의 성능 평가	이진영
2	Phase 및 3 Tier 기반의 자율협력주행 시나리오 분류 체계 구축	김진욱, 김정화, 윤현정
3	안전한 자율주행을 위한 도심 인프라협력 필요 구간 도출 연구	강가원, 지정훈, 이호윤, 박준영, 오철
4	도로변 I2X 통신을 통한 자율주행차 대상 인프라 가이던스 서비스 실증 방법론	김영준

학술발표 Poster Session

30일 ~ 31일

좌장 : 변지혜(서울시립대학교) / 김형주(차세대융합기술원)

분류	발표 주제	발표 및 제출자
자율주행1	LLM을 활용한 차선변경 목적기반 차량 궤적 예측	김주영, 소재현
자율주행2	CARLA 시뮬레이터 기반 LIDAR-LLM의 3차원 장면 이해	이재원, 김지웅
자율주행3	악천후 환경에서의 SLAM 연구를 위한 재현형 데이터셋 생성	양성렬, 김지웅
자율주행4	자율주행 차량의 경로 근사를 이용한 제어대상 차량 식별 기법	박상빈, 박만복
자율주행5	인프라 라이다 센서를 이용한 목표 차량의 속도 추정	홍인준, 박만복
자율주행6	인프라 라이다 관심 영역에 따른 포인트 클라우드 필터링에 관한 연구	유상진, 박만복
자율주행7	저해상도 라이다를 활용한 자율주행 차량 객체 인식 기법 연구	안해주, 박만복
자율주행8	자율주행 차량의 안전한 합류 및 취소·복귀 전략 기반 지역 경로 계획	이종윤, 박만복
자율주행9	도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발	신영섭, 황정은, 차태영, 김상현, 김경환, 조용성
자율주행10	자율주행 Lv.4 상호호환성 확보를 위한 데이터 표준 및 표준적합성 시험방법 개발	신영섭, 황정은, 차태영, 김상현, 김경환, 조용성
자율주행11	HD Map을 활용한 차선 인식 결과 평가	정지현, 서주영, 김인수, 박재홍
자율주행12	산악형 도로에 대응하는 고난이도 주행평가 시험로 및 인프라 구축 방안에 관한 연구	진태희, 이재홍
자율주행13	자율주행차를 위한 공간데이터큐브 기반 정밀도로지도 큐브 단위 규격 산정에 관한 연구	문지은, 문주환
자율주행14	자율주행자동차 교통사고 조사 분석 및 상호 데이터 공유를 위한 민관협업체계 구축 방안 수립에 관한 연구	권진문, 김원기, 오윤성, 박기정, 백지은, 김천호
자율주행15	센서 정보 공유를 통한 5G-NR V2V 보행자 안전 서비스 개발	이신경, 김기태, 송유승
자율주행16	이기종 V2X 환경에서의 Seamless 원격제어 서비스에 관한 연구	이신경, 김기태, 김주영, 한승준, 송유승
공유교통1	생존분석을 활용한 공유주차 공석 지속시간의 시공간적 요인 분석	도혜원, 김솔비, 정연우, 이청원
공유교통2	RAPTOR 알고리즘 기반 대중교통-공유모빌리티 통합 경로선택 알고리즘 개발	김태우, 김민수, 이수기, 여지호
공유교통3	도시지역 DRT 모델 구축 시 고려사항 : 전라남도 금오도를 대상으로	이명섭, 김영민, 박호철
공유교통4	공공자전거 따릉이의 수요 특성 분석과 최적화 알고리즘 적용: 마포구 사례	고다은, 김규원, 김준희, 허광엽, 추상호
공유교통5	고령자의 디지털 역량을 고려한 DRT 호출방법 개발 및 평가	김영민
교통안전1	철도사고에 기여하는 중요한 인적오류에 대한 문헌 연구 (한국철도산업을 중심으로)	윤승현, 염병수
교통안전2	음주운전 재범자의 재범 간격에 대한 생존분석: 재범 횟수별 시간적 특성과 위험도 평가	김강현, 홍정열, 권민정, 강애라
교통안전3	첨단안전장치 보조금의 경제성 및 탄력성 분석: 페달오조작 방지장치를 중심으로	신동엽, 도우석, 권오훈
교통안전4	VISSIM 시뮬레이션을 활용한 고속도로 작업장 적정 제한속도 도출	방태원, 도우석, 권오훈
교통안전5	화학분석을 통한 타이어, 섬유 전이물질의 법과학적 연구	박기정, 백지은, 김원기, 최귀남, 소인섭, 오윤성
교통안전6	지속가능한 교통안전을 위한 도로교통특별기금 제도화 방안	김아람
교통안전7	교차로 꼬리물기 무인교통단속장비 도입을 위한 규격 개정 연구	인병철
교통안전8	어린이 보행자의 다양한 횡단 시나리오에 관한 교통사고 위험 분석	김나연, 변지혜
교통안전9	고령자 보행특성과 현행 보행신호 운영의 적정성 분석	이보은, 한음, 김민지
교통안전10	보험사 사고·운행데이터 기반 비사업용 차량의 위험운전행동 분석	한정우, 심지섭

분류	발표 주제	발표 및 저출자
재난 및 방재	집중호우로 인한 교량 통제가 도시 교통 흐름에 미치는 영향 대전광역시 유등교 사례 연구	유예지, 김인희
스마트시티1	Research on vehicle driving behavior analysis and management methods for environmental protection and energy conservation	Choi Yongho, Yoo Seunghak, YoungJoon Moon, SangWoon Lee
스마트시티2	김천시 모빌리티 서비스 현황 및 분석을 통한 첨단모빌리티 적용방안	서문정, 이수연, 이승현, 변지혜
스마트시티3	스마트시티 구현을 위한 데이터 기반 심야 자율주행버스 노선 및 허브 제안	김지규, 손지연, 박민호
e-Mobility1	공유 초소형전기차 충전수요의 시·공간 분석 최적 인프라 배치를 위한 데이터 기반 프레임워크	김민, 김인희
e-Mobility2	초소형 전기차 이용자의 주행 패턴 분류 및 특성 분석	박성환, 오승민, 고은정, 심지섭
e-Mobility3	자능형 이송 대차 개발	정성현, 현용근
교통빅데이터 1	모바일 통신데이터를 활용한 모빌리티 복잡성의 공간적 해석	이한빈, 신대섭, 최철원, 김성희
교통빅데이터 2	3모돌 무궤도 굴절버스 도입 효과분석	김정윤, 오탈호, 김인희
교통빅데이터 3	GTX-A 개통 전후 서울역의 통행분포 패턴 변화 분석	조은서, 윤마루, 정다윤, 김지현, 추상호
교통빅데이터 4	파주시 대중교통 최서비스 수준 분석을 통한 DRT 운영 최적화 방안 연구	이동형, 박동건, 심채현, 정현진, 추상호
교통빅데이터 5	교통 데이터를 활용한 고속도로 돌발상황 영향 추정 기법	전병주, 문학룡, 변상철
교통빅데이터 6	Real Time Big Data 기반 대중교통 정보체계 : Rolling Horizon Approach 활용	신성일, 권장우
교통빅데이터 7	행사·돌발·기상 융합으로 고도화한 도시 교통 예측 부산 사례 연구	정희진, 최강, 이지용
교통빅데이터 8	서울시 고령인구 연령대별 생활권 변화에 관한 연구	김서연, 변지혜, 이승현
교통빅데이터 9	교통카드 데이터 활용 GTX-A(운정중앙~서울) 개통에 따른 이용자 통행 분석	김지영, 탁지훈, 김민석
교통빅데이터 10	다중 속성 효용 함수를 활용한 개인화 경로 추천 알고리즘	최재혁, 박준태, 심지섭
교통빅데이터 11	수도권 통합요금체계 시뮬레이터 - 사용자 요금 감면액 추정	신성일, 고규희, 박호철
ITS 1	자율주행 환경의 엣지 시나리오 대응을 위한 V2통신 제어 효과 분석	김준석, 김종호, 장기태
ITS 2	장거리 통신 기반 모빌리티 원격 제어 시스템 개발	오승민, 천경훈, 오탈호, 장기태
ITS 3	기장군 주차장의 DRT 유희 차량 대기거점 활용 가능성 분석	김재동, 배상훈
ITS 4	DSRC 검지기를 이용한 구간 차량 이동경로 및 시간 추적을 통한 TTI 산출 방법 연구	안희근, 이민형, 허윤
ITS 5	딥러닝 시계열 모델을 이용한 미수집 교차로 교통량 추정	김동욱, 최문영, 김성훈, 이동훈
ITS 6	DSRC 기반 도시부 소통정보의 신뢰도 평가 : 현장실증 데이터와의 비교 분석을 중심으로	김민지, 신희준, 홍영석
ITS 7	ITS 분야 KS 중장기개발 로드맵 연구	주정은, 양원호
ITS 8	도로교통 공공 서비스인프라의 암호화 사이버위협에 대한 네트워크 행위기반 보안문제 기술 개발	신영섭, 황정운, 차태영, 김상현, 김경환, 조용성
ITS 9	자율주행차량의 추월차로 인지 및 알림 기능 구현	서주영, 정지현, 김인수, 박재홍
ITS 10	DTG+CITS 통합단말기 개발	최광주, 이명환

분류	발표 주제	발표 및 저출자
인공지능1	MIMO 레이더 기반 공간 분해능을 가지는 재질 분류에 관한 연구	서흥일, 배주원, 서동환
인공지능2	mmWave Radar 기반 행동 인식 성능 향상을 위한 Range 선택 CNN 모델에 관한 연구	배주원, 이진세, 서동환
인공지능3	시각 운송장 이해 정확도 향상을 위한 학습 데이터 증강 프롬프트 전략에 관한 연구	김수아, 정연비, 정지민, 김판규, 김원열
인공지능4	실시간 차량 궤적 예측: QONet의 한계와 TUTR의 모드 확장 전략	정수환, 이수목
인공지능5	UAV 기반 차량 탐지를 위한 YOLO 시리즈의 고도 시나리오별 성능 비교 연구	임승찬, 최철웅
인공지능6	산업 안전 장비 탐지를 위한 생성형 시가본 데이터 증강 및 자세 추정 기법에 관한 연구	조나경, 정지민, 김수아, 김원열, 최기도
인공지능7	돌발 이벤트 대응을 위한 LLM 보정 기반 교통량 예측 개선	정희진, 이재문, 김영주
인공지능8	해상 드론 영상에서 HEVC 인코딩 설정이 객체 검출 성능에 미치는 영향	양민석, 김지수, 심건호, 이신익, 성주현
인공지능9	자율주행차 비전센서의 고위험 난인지 환경 정의	백종대, 류승기, 김민석, 한준규, 윤여환
인공지능10	문맥 기반 문장 순서 예측을 위한 트랜스포머와 GAT 기반 하이브리드 모델 고안	김서형, 김성민, 정형주, 권현
인공지능11	해군 선박용의 녹 감지를 위한 CNN 활용	카비고, 권현
인공지능12	딥러닝 기반 의료 CT 영상 세그멘테이션 모델 구현 및 국방분야 적용 가능성 분석	송유찬, 권현
인공지능13	손 제스처 인식을 통한 가위바위보 판별 시스템 구현	박현호, 권현
인공지능14	U-Net 기반 시맨틱 세분화 모델을 활용한 군사 영상 분석 연구	김경민, 권현
인공지능15	LightGBM 기반 사이버 공격 유형 분류 알고리즘 연구	박용현, 권현
인공지능16	ResNet18 기반 회귀 모델을 이용한 객체탐지와 차이 분석	양태규, 권현
인공지능17	YOLOv5를 이용한 열화상 영상 내 객체 탐지 연구	김현영, 권현
인공지능18	GNN 기반 가짜뉴스 탐지 모델 구현 및 국방 운용 가능성 분석	김범규, 권현
인공지능19	사람 인스턴스 세분화를 위한 DeepLabV3+ 구현	조규성, 권현
인공지능20	위성 기반 객체 탐지의 GIS 시각화 및 TICN 연동 연구	송기주, 권현
인공지능21	Mel-spectrogram과 SFTF7기법을 활용한 오디오 잡음 제거	김민성, 권현
인공지능22	인공지능을 활용한 전투원들의 감정 및 이상징후 분석	권성준, 권현
기타1	진화게임이론 기반 신규 지하철 노선 도입에 따른 전략적 경로 선택 행태 분석	정인용, 변지혜, 이승현
기타2	고중량 차량 자동운행허가 시스템 구축 및 연계 방안	이치열, 김성현, 김종식
기타3	운행제한차량 단속시설(고속충종기) 오픈 프로토콜 적용 검증	이치열, 김성현, 김현석
기타4	고속충종기(HS-WM)의 축중량 계측 오차 특성에 관한 연구	장경찬, 윤영민
기타5	국토교통분야 해외사업 추진 PMM분석	남두희, 김정민
교통계획1	운송사 규모가 철송분담률에 미치는 영향	장진원, 박동주
교통계획2	혼잡 경험 수준에 따른 지하철 승객의 효용 변화와 수단 선택행태 분석	홍서영, 박호철
교통계획3	전국 지역간 수단선택행태 조사를 통한 수단대안인식 분석	김희조, 박동주
교통계획4	승객통행기반 지하철-버스 환승 접근성 추정 방안	신성일, 김종형
교통계획5	협력적 게임 이론을 활용한 지하철 운송기관 수입금 배분 방안	김희천, 신성일, 조신형, 이창훈
교통계획6	지하철역의 근접성과 네트워크 접근성이 토지가격에 미치는 영향 분석	김건민, 이승현, 변지혜
교통계획7	동적 도로 요금제에서의 경로 선택 행태에 관한 연구 : 운전자 행동 요인을 중심으로	김민준, 이승현, 변지혜
교통계획8	접근로별 진입교통량을 고려한 햄버거형 회전교차로 처리교통량 분석 연구	박지수, 안우영
자동차	방송망 기반 GNSS 보정정보 서비스의 이동수신 성능 분석	서영우, 고우중, 김도엽, 이용준

학술발표 학부논문경진대회 Session

30일 ~ 31일

분류	발표 주제	발표 및 제출자	소속
교통1	운전자 없는 로봇택시의 안전성 평가 시나리오 구성요소 도출:상황 시나리오를 중심으로	강승모, 풍태현, 윤일수	이주대
교통2	지속 가능한 캠퍼스를 위한 셔틀버스 운영개선 방안 연구	김선우, 김은혜, 김지우, 송준호, 김수재	성결대
교통3	다중 이벤트 충돌 지수(Event Collision Index, ECI) 개발을 통한 교통망 압박 정량화 연구	김민지, 강수빈, 이승희, 진수정, 윤일수	이주대학교
교통4	초소형 전기차 해외시장 사업화 및 안착화 방안 연구	정민준, 박제진	전남대학교
교통5	초소형전기차 활용 공공 이동지원 서비스의 사회적·경제적 타당성 분석	장슬환, 박제진	전남대학교
교통6	Frenet Optimal Sampling 기반 경로 생성 및 동역학 제약 기반 궤적 생성	김유선, 이재풍	충북대학교
교통7	주차 부족 문제 해결을 위한 공영주차장 주차수요 및 편익 산정 연구	김진욱, 최인규, 최지혜, 이주용, 김정화	경기대학교
교통8	자율주행 기술을 활용한 하수 처리장 쓰레기 감지 수상 선박 (WaterLink Platform)	김종호, 안정수, 제정태, 최유빈, 황영진	한국해양대학교
교통9	객체 감지 알고리즘 기반 보행교통 영향 요인 수집 프레임워크 개발: 사고 모델링 연계 방법론	김예원, 박준영	한양대학교
교통10	구급차 피양 안내 드론 시스템의 효과 분석: VISSIM 시뮬레이션 결과 기반	김재욱, 피운아	이주대학교
교통11	연령대 별 사고 심각도 기반 잠재적 위험 지역 도출	최승호, 박준영	한양대학교 에리카
교통12	내연기관 차량의 전기 동력 시스템 탑재를 통한 전기차 전환 기술 연구	김재원, 정용규, 이정인, 조창연, 박세용, 우주, 정재훈	국립군산대학교
교통13	집화유형별 교통혼잡 영향권 추정 서울시 사례를 중심으로	문경준, 변지혜	서울시립대학교
교통14	기후동행카드의 수단 전환 효과 및 가격 민감도 분석	최민영, 변지혜	서울시립대학교
교통15	이용자 집단별 도로개선사업 효과분석 연구	구자형, 박제진	전남대학교
교통16	RTEMS에서 개선된 일시적 실행 연장을 통한 마이그레이션 최소화 및 우선순위 역전 문제 완화 방안 연구	옥지민, 신지우, 정진만	인하대학교
교통17	사고 경보 시스템	황영진, 황인찬, 권준혁, 임동현, 김찬걸	한국해양대학교
교통18	승객수송과 택배배송을 결합한 DRT 운영방안 제안: 시간대별 수요특성을 중심으로	김민성, 이승재	서울시립대
교통19	ROS를 활용한 BRT 정류장 인근 보행자 실시간 안전 관제 시스템	황희선, 이지오, 윤선준, 오시문	고려대학교
교통20	MLOps를 활용한 교통 혼잡도 예측 및 능동적 배차 관리 시스템	전성표, 송현조	인하대학교
교통21	디지털트윈 기반 3D GIS를 활용한 인공조명의 분포 시각화	임성택, 한정규, 천세진	동아대학교
교통22	교차로 단위 대리 안전성 지표 기반 시뮬레이션 시각화 연구	이제호, 신동화	광운대학교
교통23	도로교통 서비스 품질에 대한 업종별 만족도 차이 분석 연구	김영애, 박제진	전남대학교
교통24	잠재안전개선지수를 활용한 고속도로 졸음운전 및 졸음사고 다발 구간 도출 연구	박종석, 박준영	한양대학교
교통25	역검증(RV)을 이용한 스마트카드 데이터 기반 통행목적 추정 모델 평가	박성주, 박호철	명지대학교
교통26	영상 기반 멀티모달 LLM을 활용한 교통사고 과실비율 산정 모형 연구	이윤정, 추상호, 장양중	홍익대학교

분류	발표 주제	발표 및 제출자	소속
교통27	대기행렬이론 기반 드라이브스루 대기열 분석을 통한 교통 혼잡 완화 방안 연구	홍대현	서울시립대학교
교통28	가상현상이 여객항공운항공운항 지연·결항에 미치는 요인 분석 및 예측	송낙원, 박호철	명지대학교
교통29	극한기상 상황에서의 장애인 특별교통수단 운행 특성 분석: 부산시 사례를 중심으로	김주영, 이도경, 김유민, 강서현, 황진욱	부산대학교 도시공학과
교통30	공간지표를 활용한 퍼스널 모빌리티 스테이션 입지 적합도 분석	김다온, 김승현, 서민희, 하지원, 황진욱	부산대학교
교통31	AI 기반 합성인구 및 활동 생성의 검증을 위한 Visum 기반 프레임워크	김창희, 김인희	한국과학기술원
교통32	출발지·도착지별 대중교통 경쟁력 분석과 유형화: 부산광역시 사례	김현경, 조서현, 김종민, 김동욱, 손희주, 황진욱	부산대학교
교통33	동해선·중앙선 개통에 따른 부산도시철도 수요 변화와 유인 정책 분석	배지우, 배준우, 박민교, 이재혁, 이원택	부산대학교
교통34	XGBoost를 활용한 교통카드 하차정류장 추정	김준영, 박호철	명지대학교
교통35	지역버스 및 로봇을 활용한 물류 취약지역 물류 서비스 향상 방안 연구 : 인천 백령도를 중심으로	김동현, 손효수, 이예림, 전예은, 최호준, 남대식	인하대학교
교통36	서울 지하철 2호선 역세권의 공간적 차별성 분석 : 토지·부동산 요인을 중심으로	이재형, 한정우, 최재혁, 배대환, 심지섭, 고은정	한남대학교
교통37	라이다 기반 포인트 클라우드 정합과 가우시안 스플래팅을 활용한 3차원 로드뷰 제작	정영훈, 서정일	동아대학교
교통38	교통카드 태깅정보를 활용한 교통혼잡도 예측 그래프 모델	박경현, 서석희	인하대학교
교통39	교통사고 예방을 위한 디스플레이 추적 제어 연구	서동균, 이재경, 이기원, 조윤서, 하태준, 김명식, 이봉수	한국폴리텍대학 청주캠퍼스
교통40	회기역 2번출구 Promenade 조성	박찬진, 이승재	서울시립대학교
교통41	OBD 데이터 기반 공공분야 초소형 전기차 운행 패턴 분석 연구	신사우, 박제진	전남대학교
교통42	노면상태, 노면표시 연령/업종별 그룹 ANOVA분석	백성은, 박제진	전남대학교
교통43	AIoT 기반 시각장애인 버스 승하차 보조 시스템 개발	김연경, 김성민, 유민혁, 최기원	인하대학교
교통44	초소형전기차 공공분야 실증 차량 사용자 서비스 만족도 평가	최안나, 박제진	전남대학교
교통45	공공차량과 AI를 활용한 도로 시설물 손상 탐지 및 유지보수 최적화 시스템 연구	이윤지, 박제진	전남대학교
통신1	효과적 재활용을 위한 사용자 위치 맞춤 수거장 안내 서비스 - 어디바움	정동주, 오영제, 이찬우	인하대학교
통신2	비선형 동특성을 고려한 Lookup Table 기반 궤적 추종 제어기	여진승	충북대학교
통신3	차량 자세 추정을 위한 3D LiDAR L-Shape Fitting 알고리즘 정확도 개선	문승재, 박서진, 원종훈	인하대학교
통신4	곡률 기반 속도 계획과 Dynamic Window Approach의 융합을 통한 자율주행 최적 속도 계획 알고리즘 설계	김용준, 정영훈, 원종훈	인하대학교
통신5	시각적 문서 이해를 위한 LayoutLMv3 기반 PEFT 기법 비교 연구	이태호, 정연비, 조나경, 김원열	조선대학교
통신6	Local LLM 기반 민원 자동답변을 위한 지속 발전 가능성 연구	김수빈, 조중현, 송상훈	동아대학교
통신7	대조 학습을 통한 심전도 리드 양방향 생성	임동원, 정연비, 정지민, 김원열	조선대학교
통신8	차량 인프라 통신(C-ITS) 기반 무인 자율모빌리티의 실시간 협력 제어기술 개발과 실도로 검증	정인성, 한정훈, 최재형, 이성재, 송한결, 변민정, 신동훈	국립 한국해양대학교
통신9	차선 인지 기반 EKF 멀티 센서 로컬라이제이션	성윤모, 김민기, 이재풍	충북대학교

분류	발표 주제	발표 및 제출자	소속
통산10	다양한 주행 상황을 고려한 자율주행 차량의 경로 생성 및 계획 기법	정준호, 최민성	충북대학교
통산11	탄테이블 기반 카메라 고정 방식을 활용한 3D Gaussian Splatting 기법 연구	서정완, 김유환, 안정우, 김원열	조선대학교
통산12	강화학습 기반 2D 트랙터-트레일러 모델의 차선 추종 제어 알고리즘 개발	장은진, 이재풍	충북대학교
통산13	경량 융합점수 기반의 강건한 Out-of-Distribution 탐지 기법	이명건, 서정완, 안정우, 김원열	조선대학교
통산14	탄소배출 저감을 위한 AI 공동구매 중개 플랫폼 [스플릿]	고대권, 김건희, 김대환, 최봄	인하대학교
통산15	버스 IoT 센서 기반 도시 규모 디지털 트윈 조도 환경 분석 방법	조수빈, 서정일	동아대학교
통산16	자율주행머신을 위한 Lane Detection 구현	정무경, 박만복	한국교통대학교
통산17	WiFi 기반 실내 경로 안내 및 QR 연동 스마트폰 내비게이션 시스템 개발	윤동건, 정아영, 김대경, 강재모, 서동환	국립한국해양대학교
통산18	IoT 기반 스마트 쓰레기통을 활용한 효율적 폐기물 관리 시스템	강정연, 박해주, 임재훈, 조희주	인하대학교
통산19	프롬프트 기반 컴퓨터 비전과 IoT 센서를 활용한 밀폐 공간 작업자 안전 시스템	전성표, 박지현, 이승준	인하대학교
통산20	자동차 부품 객체 탐지를 위한 RT DETRv2 기반 모델 최적화 및 XR 기기 경량화 연구	임서현, 김소희, 구민석	인하대학교
통산21	자율제어 인공지능 기반 스마트 링거대	장낙원, 임준혁, 이강륜, 이승현, 이준영	한국해양대학교
통산22	스마트시티 환경에서 디지털 취약계층을 위한 차세대 키오스크 접근성 향상 기술 연구	최동혁, 김지석, 차재원	국민대학교
통산23	BFGS 최적화를 이용한 LiDAR - 카메라 보정 복원(Recovering LiDAR - Camera Calibration via BFGS)	조용빈, 박만복	한국교통대학교
통산24	해상환경에서의 수평선 탐지 강건함 향상을 위한 Segmentation 기법 제안	심건호, 송승민, 안성현, 이신의, 성주현	국립한국해양대학교
통산25	국제 해사법 기반 인공지능 챗봇의 설계 및 구현에 관한 연구	김지수, 류경탁, 백경훈, 이서준, 성주현	국립한국해양대학교
통산26	도시 규모 디지털 트윈을 위한 건물 외피 구조의 효율적 탐색 방법	김건한, 천세진, 한정규	동아대학교
통산27	AI 에이전트 기반 키오스크 서비스: 디지털 취약계층을 위한 접근성 향상 방안	이소현, 이희선, 정교원	인하대학교
통산28	OCR 기반 차량 번호판 인식에서의 전처리 후처리 최적화 방법	김수윤, 김윤영, 천영기, 이승민, 서인범, 김현석, 백승현	동아대학교
통산29	부산시 고령층의 디지털 격차 완화를 위한 공공 와이파이 최적 입지 도출	윤인주, 김민승, 이동영, 김한아, 이보연, 배범준	부산대학교
통산30	Swin Transformer 기반 CBAM 모듈과 반복적 특징 정제 기법을 통한 위장 객체 검출 성능 향상	이재웅, 서정일	동아대학교 컴퓨터공학과
통산31	AI 기반 게임화 탄소중립 챌린지 애플리케이션 개발	김영민, 김형주, 한준희, 박재현, 권장우	인하대학교
통산32	Semantic Segmentation 활용 및 인피밀집도 추정결과의 정확성 향상을 위한 보정방법론 연구	이지원, 김도경	서울시립대학교
통산33	양자컴퓨터 시대를 대비한 차량 보안 유스케이스별 양자내성암호 적용 전략	전다울, 윤준식, 권태영, 이유식	순천대학교
통산34	In-Body 데이터를 활용한 개인 맞춤형 식단 추천 시스템	권순재, 최민재, 홍찬영, 조현민, 전태인	국립한국해양대학교

분류	발표 주제	발표 및 제출자	소속
통신35	Parameter-Efficient Fine-Tuning 기반 경량 한국어 주소 교정 기법 연구	정지민, 정연비, 김수아, 김유환, 김원열	조선대학교
통신36	재질 분류를 위한 MIMO Radar를 이용한 머신러닝 방법에 대한 연구	김희산, 서홍일, 서동환	한국해양대학교
통신37	모바일 애플리케이션과 인공지능 기반 폐기물 자동 분류 및 관리 시스템 설계	맹성준, 신동주, 이진환	인하대학교
통신38	JetDehazeNet: 자율주행 환경을 위한 엣지 디바이스에서의 디헤이징 경량화 네트워크	박준현, 서지완, 손주석, 이준영, 이재웅, 최창욱, 서정일, 김현석	동아대학교 컴퓨터공학과
통신39	OCR 및 HWR 기반 선박 운항 데이터 자동 문서화 시스템 개발: Noon Report의 효율적인 디지털 전환과 활용	조정빈, 윤명섭, 위제형, 이서준, 성주현	한국해양대학교
통신40	기상정보 기반 해양쓰레기 예측 및 경로 탐색 시스템	박소현, 정다빈, 김현석, 서정일	동아대학교
통신41	햇빛 위치에 따라 앵글 변화하는 파리솔	전태인, 권나임, 노주엽, 김민정, 오수민	한국해양대학교
통신42	전기차 배터리 이상 징후 감지 및 능동형 화재 대응 시스템	한웅빈	국립한국해양대학교
통신43	자율 탐사 임무 수행이 가능한 우주 탐사 로버 시스템 개발	김호윤, 임준형, 강인하, 황진성, 이창열	인하대학교
통신44	IOT 기반 스마트 헬멧을 활용한 실시간 작업자 안전 관리 시스템 개발	강현준, 진만규, 박건태, 한주현, 이승훈	한국해양대학교
통신45	자율주행을 위한 다양한 악천후 날씨에서의 이미지 복원 기술	김대영, 김동건, 이상욱, 정광진, 남현식, 김현석, 서정일	동아대학교
통신46	농업 현장 작업 부하 경감을 위한 UWB 기반 추종 및 리프트 기능 통합 전동카트 개발	김계현, 문준영, 박정석, 고정인, 송신실, 진연두	인하대학교
통신47	차량 내 영유아 방치 사고 예방을 위한 능동적 생체 감지 시스템 설계 및 구현	황태욱, 조유경, 김정창	국립한국해양대학교
통신48	QR을 사용한 학생식당 혼잡도 및 잔반관리 최적화	나간준	한국해양대학교
통신49	바이오큐브: 1인 가구를 위한 실내 환경 자동 관리 시스템	권승우, 황태림, 김시형, 이성욱, 장낙원	국립한국해양대학교
통신50	멀티 클러스터 쿠버네티스 환경에서의 탄소 인지형 작업 스케줄러	정주영, 채승지, 박태민, 하윤지, 천세진, 김현석	동아대학교
통신51	자율주행 시스템을 위한 LLM 기반 객체 위험도 추정	정재철, 박만복	한국교통대학교
통신52	철도차량 리튬이온 배터리의 잔여수명(RUL)예측을 위한 LSTM기반 데이터 분석 연구	권희재, 정세연, 박강문	한국교통대학교
통신53	SAC 기반 무선전력전송 IoT 네트워크에서 단말 에너지 소모 최소화를 위한 Soft Actor-Critic 기반 UAV 비행 경로최적화	곽대현, 박준형, 정화인, 이정륜	중앙대학교 서울캠퍼스
통신54	재난 대응을 위한 차량 탑재형 경량 멀티모달 화학물질 조기 탐지 모델	이준형	육군사관학교
통신55	강화학습 기반 실내 건축물 화재 대피경로 예측 및 디지털 맵 시각화 기술에 관한 연구	이동민, 서동환	한국해양대학교

CONTENTS

특별 Session

특별 Session C-9

가천대학교/한국전자기술연구원

- | | |
|---|---|
| 1. 2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증
노용철, 왕유승, 신대교, 장수현 | 3 |
| 2. 이가중 V2X 통신을 통한 협력 자율 주행 및 VRU 안전서비스 개발
신대교, 장준혁, 안병만, 왕유승, 장수현 | 4 |
| 3. 가짜국 기반 직접통신자원 관리를 위한 사이드링크 자원할당 모드 실증 환경 구축
이지민, 장성현, 왕유승, 장준혁, 장수현, 신대교, 안병만 | 5 |
| 4. Harmonized V2X를 활용한 Vehicle 및 VRU 솔루션
김학성, 성보경, 정성우, 문정민, 오지수 | 6 |
| 5. 2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 실증 시나리오
안세영, 이재덕, 이상범, 정철현, 장일준 | 7 |

특별 Session E-1

(주)아이티텔레콤/(주)아이나비시스템즈

- | | |
|--|----|
| 1. 고도 자율주행을 위한 다면적 성능평가 체계 및 지표 조사 연구
엄세안, 윤진원 | 11 |
| 2. 자율주행 및 경로 계획을 위한 센서 융합 기반 로컬 코스트맵 생성 방법
안예찬, 최준현, 임태욱, 국태용 | 12 |
| 3. HD Map 기반 CARLA 시뮬레이터 초정밀 디지털트윈 맵 생성
임태욱, 최준현, 안예찬, 국태용 | 13 |
| 4. 교통 충격파 최소화를 위한 인프라 기반 자율주행차 최적 제어
강민희, 최유진, 최은서, 안희진 | 14 |

학술발표 Session I

SESSION A-1

교통 계획

- | | |
|---|----|
| 1. 본선 톨게이트 유형별 지연시간 모형 추정 연구
심재윤, 박동주 | 19 |
| 2. 기상요인을 반영한 서울 도시철도 역사별 수요 예측 모형 개발
정창호, 손형주, 권오훈, 도우석, 유봉석 | 20 |
| 3. 유전 알고리즘을 활용한 센트로이드 커넥터 배치 기준 연구
이상규, 김희조, 박동주 | 21 |
| 4. 경기도 승용차 연계 철도 이용자의 이용 빈도에 미치는 요인분석 연구
손슬기, 빈미영 | 22 |

SESSION A-2

교통 안전

1. 어린이보호구역 가변속도제한 시행 전후 효과분석 25
이재원, 김도경
2. 운행제한 여부와 중차량 비율에 따른 교통사고 심각도 비교 26
이채영, 김병규, 김도경
3. 지리가중기법과 기계학습 알고리즘의 결합을 통한 사망교통사고 예측모형 개발 27
민석원, 박동주
4. 페달 오조작 사고 심각도 영향 요인에 관한 기초연구 28
정한솔, 김예진, 손성호, 강희진, 윤일수
5. Data-driven Incident Detection in High Dimensional Latent Space for Unremarkable Traffic Event 29
최세원, 최준희, 윤현수, 김동규

SESSION A-3

교통 정보

1. 정밀 교통량 및 배출량 산정을 위한 생성형 AI 기반 GPS 궤적 생성 33
임승유, 임준민, 김의진, 김진재, 이채영, 이승봉, 천승훈
2. 비지도 이상치 탐지를 활용한 도시 교통 혼잡의 확산·회복 동역학 연구 34
유성민, 박하늘, 노치우, 조성은, 소재현
3. 강화학습 기반 경로 인센티브 배정을 통한 교통 혼잡 완화 35
이의진, 이승현, 김동규
4. 고속도로 지점 소통정보 가공의 지수이동평활 계수에 관한 연구 36
문시현, 황경훈, 소재현, 윤일수
5. 부분 관측 데이터를 이용한 경로 수준 교통량 예측 프레임워크 37
이승현, 김동규

SESSION A-4

시뮬레이션

1. 차량 재배치 전략을 반영한 DRT 배차 시뮬레이션 및 최적화 모델 연구 41
탁해성, 박무열
2. 특수 목적 자율주행 차량을 위한 시뮬레이터 비교 분석 42
이지훈, 문창주
3. 통신과 서비스 계층 Co-simulation을 통한 분산혼잡제어의 Platooning 서비스 영향 분석 43
전용화, 문철
4. Sim-to-Real Gap 완화를 위한 고정밀 모빌리티 디지털 트윈 개발 44
박영서, 차민수, 이한빈, 김태균

SESSION A-5

대중교통

1. 이용자 관점에서 본 경기도 김포시 버스 이용 환경 개선 방안 47
김강산, 박지현
2. 버스 정시성 평가를 통한 BRT정책 효과 분석 48
정지효, 김희경

3. 대중교통 서비스 지표 개발을 통한 지역격차 분석 이재오, 김상국, 최문영, 서지훈, 오시몬	49
6. 유사날짜 클러스터링 기법을 이용한 서울시 버스 운행 스케줄 적합성 평가 김지원, 김푸르미, 윤규근, 김동규	50

학술발표 Session II

SESSION B-1 교통 빅데이터

1. 교통 접근성 변화와 소비자 이동 패턴의 다변화: 신용카드 데이터를 통한 실증적 분석 김민서, 이성훈, 이준, 이창주	55
2. 핫플레이스는 사회적으로 고립된 1인 가구를 배제하는가 혹은 연결하는가: 서울 시민생활 데이터 분석 김지수, 김의진	56
3. 출발자-목적지 수요를 고려한 어텐션 메커니즘과 시공간 그래프 합성곱 신경망 기반의 속도 예측 방법 민동규, 김동규	57
4. 대중교통 접근성 분석을 위한 스마트카드 통행 목적 추정 추범준, 김동규	58

SESSION B-2 보행 안전

1. 도시철도 에스컬레이터 속도 저감에 따른 사고율 변화 실증분석 강승원, 권오훈	61
2. 지역별 보행자 교통사고 영향요인 분석 도승일, 박신행	62
3. 동적 위험 상황에서 보행자 상충의 실시간 탐지를 위한 가상센서 구조 개발 문가영, 조한결, 김도경	63
4. 중앙버스차로구간 횡단보도 설치 효과 분석 민준식, 박신행	64

SESSION B-3 신호 운영

1. 감응신호제어시스템을 위한 대체검지기 성능검사 현황 이준엽, 이민형	67
2. 자율주행차량 도입에 따른 신호교차로 기본 포화교통류율 및 좌회전 보정계수 변화 분석 윤정인, 이진우	68
3. 복합 AI 모델을 활용한 비정형 도시 교차로 교통 신호 제어 전략 차정은, 이승혁, 김회경	69
4. 긴급차량 우선신호시스템의 효과분석에 관한 연구 김태규, 차정은, 김회경	70

SESSION B-4

인지

1. 차량 주행 센서 데이터 기반 도로 인프라 모니터링 및 예측 모델 개발 연구 73
김보미, 안아찬, 이진우
2. 자율주행차 라이다 센서 기반 차로 단위 교통·안전위험지표 추정 74
조성은, 소재현
3. C-ITS 고도화를 위한 멀티모달 LLM 기반 데이터 선별 프레임워크 75
박환희, 이형준, 허하리, 장혜지, 이현용, 최승현
4. 영상 기반 도로 노면상태 모니터링을 위한 전방차량 탐지 76
송현진
5. Pedestrian Crossing Intention Estimation Based on Time Series Analysis of Head and Body Rotation Angles 77
Izzatullokh Makhammadjonov, Cho Seongpyo, Kim Dongsoo, Kim Beomseo

SESSION B-5

물류

1. 바이오 의약품 콜드체인 가이드라인 인식에 관한 잠재계층분석 연구: 의약품 도매업체 종사자를 중심으로 81
이지원, 오수영, 이향숙
2. 지역별 산업구조 기반 화물차량의 통행유형 분석 82
이재웅, 장진원, 박동주
3. 중앙아시아 콜드체인 시장진출 전략에 관한 연구 : 콜드체인 모니터링 서비스를 중심으로 83
이인호, 이지원, 이향숙
4. 선행연구 고찰을 통한 지하수송시스템 수단특성 검토 연구 84
손형근, 장진원, 신승진, 노홍승, 박동주

SESSION B-6

운전자 행태

1. 심리적 안정효과와 화폐 가치화 : 승용차 운전자 불안 경감을 중심으로 87
최장범, 장진원, 박동주
2. 스마트폰 기반 실시간 난폭 운전 탐지 시스템 개발 및 검증 88
서동현, 홍택수, 권장우
3. 유형별 사고 예측 모델과 LLM 에이전트를 결합한 능동적 운전자 위험 정보 시스템 연구 89
이상현, 박근원, 권장우
4. 군집분석 기반 음주운전자 유형화와 특성 연구 90
권민정, 강애라, 홍정열
5. AI 기반 국민인식 수용도 분석: 음주운전 방지장치 도입을 중심으로 91
강애라, 김중호

학술발표 Session III

SESSION C-1

교통 이용자 분석

1. 순서형 로짓 모형과 IPA를 활용한 택시 플랫폼 이용자의 만족도 영향요인 분석 97
박유진, 이경재, 구자현, 추상호

2. 김천시 혁신도시 원도심 연결성 개선을 위한 모빌리티 선호 분석	98
성민준, 권오훈, 도우석	
3. 시나리오 기반 음식 배달과 외식간의 선택행태 비교분석	99
채경수, 김홍재, 김성후	
4. 장거리 통행자를 대상으로 한 휴게소 기반 수요응답형 교통(DRT)서비스 전환 가능성 분석	100
나예진, 김태균, 강진동, 윤미정, 김재국, 심재엽	

SESSION C-2

최적 경로

1. 도시 교통망 기반 자율주행 순찰차량의 순찰-급파 임무 간 최적경로생성 알고리즘 개발	103
박하늘, 소재현	
2. 자율주행 현장대응차량의 효율적 경로 계획을 위한 알고리즘 연구	104
강지민, 강지혜, 연준형, 정영제, 김원호	
3. 시공간 위험도기반 자율주행 현장대응차량 배치전략 및 경로설계 연구	105
강지혜, 강지민, 이진학, 정영제, 김원호	
4. 복잡한 미로 네트워크를 위한 딥러닝 기반 경로 계획	106
김정훈, 장인권	
5. 선형화된 루프 경로 표현법을 이용한 외판원 문제의 2단계 프레임워크	107
박상훈, 장인권	

SESSION C-3

자율 주행

1. 효율적인 자율주행차량 테스트 수행을 위한 최적경로 생성	111
박준호, 소재현	
2. 강화학습 기반 2D 트랙터-트레일러 모델의 차선 추종 제어 알고리즘 개발	112
장은진, 이재풍	
3. 자율주행 도시부 혼재시 속도 제어 전략 연구	113
차창준, 한경희, 이상수, 이철기	
4. Diffusion 생성 알고리즘을 통한 자율주행 경로 생성	114
이상현, 박상민, 이수목, 윤일수	
5. 포텐셜 필드 기반 동적 경로 생성 기법의 추월 시나리오 구현	115
고자경, 양인철	

SESSION C-4

환경 · 에너지

1. 공유 자율주행 자동차(SAEVs)의 온실가스 감축 잠재력 평가	119
김유진, 이진우	
2. 공공부문 초소형전기차 운행 특성 분석 및 운영 전략 연구	120
백성채, 최세령, 오주석, 박제진	
3. VMD Reformer 모델을 통한 효율적인 단기 해상 풍속 예측	121
Anto Anbarasu Yesudhas, 심건호, 송승민, 안성현, 이신의, 성주현	
4. AHP/ANP 모형 기반 드론포트 입지 선정 영향 요인 분석 연구	122
김태성, 윤규근	

SESSION C-5

이용자 행태

1. 자연 재해와 인적 재해 간의 대중교통 이용자 행태 변화 분석 125
이환승, 박호철, 조신행
2. 도시철도 이용자의 이동방식 결정 주요 요인: 이용행태 및 혼잡도의 영향에 따른 시설 배치 전략 검토 126
김아린, 김진욱, 최인규, 최자혜
3. Bayesian Model Capturing Transit Users' Heterogeneous Sensitivity to Travel Time Reliability 127
채정현, 이희창, 윤규근, 김동규

SESSION C-6

정책

1. 잠재의미분석을 이용한 교통안전 동향 분석 131
이은재, 한상진
2. 미국 국가도로안전전략(NRSS) 사례 분석과 국내 적용방안 132
이은지, 김상구
3. 자율주행차 준법운행 평가체계 구축 방안 연구: Lv.4 자율주행 알고리즘의 안전성 및 신뢰성 확보를 중심으로 133
최세령, 백성채, 김남선, 오주석, 박제진
4. OpenAlex를 이용한 모빌리티 분야 기술 트렌드 분석 방법론 개발 134
이호, 박준우, 정시교, 윤일수
5. 교통안전에 대한 정부와 시민 영향의 실증 분석 135
이근재

SESSION C-7

차량 데이터

1. 차량 내 중앙집중형 데이터 수집/분배 시스템 설계 139
김희철, 김아란, 박현배
2. E2E 파인튜닝을 위한 실시간 이벤트 패턴 감지 기반 엣지 케이스 데이터 처리 플랫폼 구축 140
최지욱, 문창주
3. 통신 데이터의 정보 안전성 유용성 동시 평가를 통한 최적 사공간 해상도 도출 141
이규성, 임승유, 김의진, 원만수
4. 자율주행 데이터 전처리 기법 최적화 방안 142
이호윤, 오철

SESSION C-8

협력 주행

1. 다중 사용자 은밀 통신 시스템의 성능 평가 145
이진영
2. Phase 및 3 Tier 기반의 자율협력주행 시나리오 분류 체계 구축 146
김진욱, 김정화, 윤현정
3. 안전한 자율주행을 위한 도심 인프라협력 필요 구간 도출 연구 147
강가원, 이정훈, 이호윤, 박준영, 오철
4. 도로변 I2X 통신을 통한 자율주행차 대상 인프라 가이던스 서비스 실증 방법론 148
김영준

학술발표 Poster Session

자율주행

1. LLM을 활용한 차선변경 목적기반 차량 궤적 예측 151
김주영, 소재현
2. CARLA 시뮬레이터 기반 LIDAR-LLM의 3차원 장면 이해 152
이재원, 김지웅
3. 악천후 환경에서의 SLAM 연구를 위한 재현형 데이터셋 생성 153
양성렬, 김지웅
4. 자율주행 차량의 경로 근사를 이용한 제어대상 차량 식별 기법 154
박상빈, 박만복
5. 인프라 라이다 센서를 이용한 목표 차량의 속도 추정 155
홍인준, 박만복
6. 인프라 라이다 관심 영역에 따른 포인트 클라우드 필터링에 관한 연구 156
유상진, 박만복
7. 저해상도 라이다를 활용한 자율주행 차량 객체 인식 기법 연구 157
안해주, 박만복
8. 자율주행 차량의 안전한 합류 및 취소·복귀 전략 기반 지역 경로 계획 158
이종윤, 박만복
9. 도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발 159
신영섭, 황정은, 차태영, 김상현, 김경환, 조용성
10. 자율주행 Lv.4 상호호환성 확보를 위한 데이터 표준 및 표준적합성 시험방법 개발, 160
신영섭, 황정은, 차태영, 김상현, 김경환, 조용성
11. HD Map을 활용한 차선 인식 결과 평가 161
정지현, 서주영, 김인수, 박재홍
12. 산악형 도로에 대응하는 고난이도 주행평가 시험로 및 인프라 구축 방안에 관한 연구 162
진태희, 이재홍
13. 자율주행차를 위한 공간데이터큐브 기반 정밀도로지도 큐브 단위 구역 산정에 관한 연구 163
문지은, 문주환
14. 자율주행자동차 교통사고 조사 분석 및 상호 데이터 공유를 위한 민간협업체계 구축 방안 수립에 관한 연구 164
권진문, 김원기, 오윤성, 박기정, 백지은, 김천호
15. 센서 정보 공유를 통한 5G-NR V2V 보행자 안전 서비스 개발 165
이신경, 김기태, 송유승
16. 이기종 V2X 환경에서의 Seamless 원격제어 서비스에 관한 연구 166
이신경, 김기태, 김주영, 한승준, 송유승

공유교통

1. 생존분석을 활용한 공유주차 공석 지속시간의 시공간적 요인 분석 167
도혜원, 김솔비, 정연우, 이청원
2. RAPTOR 알고리즘 기반 대중교통-공유모빌리티 통합 경로선택 알고리즘 개발 168
김태우, 김민수, 이수기, 여지호

3. 도서지역 DRT 모델 구축 시 고려사항: 전라남도 금오도를 대상으로 이명섭, 김영민, 박호철	169
4. 공공자전거 따릉이의 수요 특성 분석과 최적화 알고리즘 적용: 마포구 사례 고다은, 김규원, 김준희, 허광엽, 추상호	170
5. 고령자의 디지털 역량을 고려한 DRT 호출방법 개발 및 평가 김영민	171

교통안전

1. 철도사고에 기여하는 중요한 인적요인에 대한 문헌 연구: 한국철도산업을 중심으로 윤승현, 염병수	172
2. 음주운전 재범자의 재범 간격에 대한 생존분석: 재범 횟수별 시간적 특성과 위험도 평가 김강현, 홍정열, 권민정, 강애라	173
3. 첨단안전장치 보조금의 경제성 및 탄력성 분석: 페달오조작 방지장치를 중심으로 신동엽, 도우석, 권오훈	174
4. VISSIM 시뮬레이션을 활용한 고속도로 작업장 적정 제한속도 도출 방태원, 도우석, 권오훈	175
5. 화학분석을 통한 타이어-섬유 전이물질의 법과학적 연구 박기정, 백자은, 김원기, 최귀남, 소인섭, 오윤성	176
6. 지속가능한 교통안전을 위한 도로교통특별기금 제도화 방안 김아람	177
7. 교차로 꼬리물기 무인교통단속장비 도입을 위한 규격 개정 연구 인병철	178
8. 어린이 보행자의 다양한 횡단 시나리오에 관한 위험 분석 김나연, 변지혜	179
9. 고령자 보행특성과 현행 보행신호 운영의 적정성 분석 이보은, 한음, 김민지	180
10. 보험사 사고·운행데이터 기반 비사업용 차량의 위험운전행동 분석 한정우, 심자섭	181

재난 및 방재

1. 집중호우로 인한 교량 통제가 도시 교통 흐름에 미치는 영향: 대전광역시 유등교 사례 연구 유예지, 김인희	182
--	-----

스마트시티

1. Research on vehicle driving behavior analysis and management methods for environmental protection and energy conservation Choi Yongho, Yoo Seunghak, YoungJoon Moon, SangWoon Lee	183
2. 김천시 모빌리티 서비스 현황 및 분석을 통한 첨단모빌리티 적용 방안 서문정, 이수연, 이승현, 변지혜	184
3. 스마트시티 구현을 위한 데이터 기반 심야 자율주행버스 노선 및 허브 제안 김지규, 손지연, 박민호	185

e-Mobility

- | | |
|---|-----|
| 1. 공유 초소형전기자 충전수요의 시·공간 분석: 최적 인프라 배치를 위한 데이터 기반 프레임워크
김민, 김인희 | 186 |
| 2. 초소형 전기차 이용자의 주행 패턴 분류 및 특성 분석
박성환, 오승민, 고은정, 심지섭 | 187 |
| 3. 지능형 이송 대차 개발
정성현, 현웅근 | 188 |

교통빅데이터

- | | |
|---|-----|
| 1. 모바일 통신데이터를 활용한 모빌리티 복잡성의 공간적 해석
이한빈, 신대섭, 최철원, 김성희 | 189 |
| 2. 3-모듈 무궤도 굴절버스 도입 효과분석
김정운, 오택호, 김인희 | 190 |
| 3. GTX-A 개통 전후 서울역의 통행분포 패턴 변화 분석
조은서, 윤마루, 정다윤, 김지현, 추상호 | 191 |
| 4. 파주시 대중교통 최소서비스 수준 분석을 통한 DRT 운영 최적화 방안 연구
이동형, 박동건, 심재현, 정현진, 추상호 | 192 |
| 5. 교통 데이터를 활용한 고속도로 돌발상황 영향 추정 기법
전병주, 문학룡, 변상철 | 193 |
| 6. Real Time Big Data 대중교통정보체계: Rolling Horizon Approach 활용
신성일, 권장우 | 194 |
| 7. 행사·돌발·기상 융합으로 고도화한 도시 교통 예측: 부산 사례 연구
정학진, 최강, 이지용 | 195 |
| 8. 서울시 고령인구 연령대별 생활권 변화에 관한 연구
김서연, 변지혜, 이승현 | 196 |
| 9. 교통카드 데이터 활용 GTX-A(운정중앙~서울) 개통에 따른 이용자 통행 분석
김지영, 탁지훈, 김민석 | 197 |
| 10. 다중 속성 효용 함수를 활용한 개인화 경로 추천 알고리즘
최재혁, 박준태, 심지섭 | 198 |
| 11. 수도권 통합대중교통 요금체계 시뮬레이터: 사용자 요금 감면액 추정
신성일, 고규희, 박호철 | 199 |

ITS

- | | |
|--|-----|
| 1. 자율주행 환경의 엣지 시나리오 대응을 위한 V2통신 제어 효과 분석
김준석, 김중호, 장기태 | 200 |
| 2. 장거리 통신 기반 모빌리티 원격 제어 시스템 개발
오승민, 천경훈, 오택호, 장기태 | 201 |
| 3. 가장군 주차장의 DRT 유희 차량 대기거점 활용 가능성 분석
김재동, 배상훈 | 202 |
| 4. DSRC 검지기를 이용한 구간 차량 이동경로 및 시간 추적을 통한 TTI 산출 방법 연구
안희근, 이민형, 허윤 | 203 |

5. 딥러닝 시계열 모델을 이용한 미수집 교차로 교통량 추정 김동욱, 최문영, 김성훈, 이동훈	204
6. DSRC 기반 도시부 소통정보의 신뢰도 평가: 현장실증 데이터와의 비교 분석을 중심으로 김민지, 신희준, 홍영석	205
7. ITS 분야 KS 중·장기개발 로드맵 연구 주정은, 양륜호	206
8. 도로교통 공공 서비스·인프라의 암호화 사이버위협에 대한 네트워크 행위기반 보안관제 기술 개발 신영섭, 황정운, 차태영, 김상현, 김경환, 조용성	207
9. 자율주행차량의 추월차로 인지 및 알림 기능 구현 서주영, 정지현, 김인수, 박재홍	208
10. DTG+C-ITS 통합단말기 개발 최광주, 이명한	209

인공지능

1. MIMO 레이더 기반 공간 분해능을 가지는 재질 분류에 관한 연구 서홍일, 배주원, 서동환	210
2. mmWave Radar 기반 행동 인식 성능 향상을 위한 Range 선택 CNN 모델에 관한 연구 배주원, 이진세, 서동환	211
3. 시각 운송장 이해 정확도 향상을 위한 학습 데이터 증강 프롬프트 전략에 관한 연구 김수아, 정연비, 정지민, 김판구, 김원열	212
4. 실시간 차량 궤적 예측: QCNet의 한계와 TUTR의 모드 확장 전략 정수환, 이수목	213
5. UAV 기반 차량 탐지를 위한 YOLO 시리즈의 고도 시나리오별 성능 비교 연구 임승찬, 최철웅	214
6. 산업 안전 장비 탐지를 위한 생성형 AI 기반 데이터 증강 및 자세 추정 기법에 관한 연구 조나경, 정지민, 김수아, 김원열, 최기도	215
7. 돌발 이벤트 대응을 위한 LLM 보정 기반 교통량 예측 개선 정화진, 이재문, 김영주	216
8. 해상 드론 영상에서 HEVC 인코딩 설정이 객체 검출 성능에 미치는 영향 양민석, 김지수, 심건호, 이신의, 성주현	217
9. 자율주행차 비전센서의 고위험 난인지 환경 정의 백종대, 류승기, 김민석, 한준규, 윤여환	218
10. 문맥 기반 문장 순서 예측을 위한 트랜스포머와 GAT 기반 하이브리드 모델 고안 김서형, 김성민, 정형주, 권현	219
11. 해군 선박용의 녹 감지를 위한 CNN 활용 카비고, 권현	220
12. 딥러닝 기반 의료 CT 영상 세그멘테이션 모델 구현 및 국방분야 적용 가능성 분석 송유찬, 권현	221
13. 손 제스처 인식을 통한 가위바위보 판별 시스템 구현 박현호, 권현	222
14. U-Net 기반 시맨틱 세분화 모델을 활용한 군사 영상 분석 연구 김경민, 권현	223

15. LightGBM 기반 사이버 공격 유형 분류 알고리즘 연구 박용현, 권현	224
16. ResNet18 기반 화귀 모델을 이용한 객체탐지와 차이 분석 양태규, 권현	225
17. YOLOv5를 이용한 열화상 영상 내 객체 탐지 연구 김현영, 권현	226
18. GNN 기반 가짜뉴스 탐지 모델 구현 및 국방 운용 가능성 분석 김범규, 권현	227
19. 사람 인스턴스 세분화를 위한 DeepLabV3+ 구현 조규성, 권현	228
20. 위성 기반 객체 탐지의 GIS 시각화 및 TICN 연동 연구 송기주, 권현	229
21. Mel-spectrogram과 SFTF기법을 활용한 오디오 잡음 제거 김민성, 권현	230
22. 인공지능을 활용한 전투원들의 감정 및 이상징후 분석 권성준, 권현	231

기타

1. 진화게임이론 기반 신규 지하철 노선 도입에 따른 전략적 경로 선택 행태 분석 정인웅, 변지혜, 이승현	232
2. 고중량 차량 자동운행허가 시스템 구축 및 연계 방안 이치열, 김성현, 김중식	233
3. 운행제한차량 단속시설(고속충증기) 오픈 프로토콜 적용 검증 이치열, 김성현, 김현석	234
4. 고속충증기(HS-WM)의 축중량 계측 오차 특성에 관한 연구 장경찬, 윤영민	235
5. 국토교통분야 해외사업 추진 PMM분석 남두희, 김정민	236

교통계획

1. 운송사 규모가 철송분담률에 미치는 영향 장진원, 박동주	237
2. 혼잡 경험 수준에 따른 지하철 승객의 효용 변화와 수단 선택행태 분석 홍서영, 박호철	238
3. 전국 지역간 수단선택행태 조사를 통한 수단대안인식 분석 김희조, 박동주	239
4. 승객통행기반 지하철-버스 환승 접근성 추정 방안 신성일, 김종형	240
5. 협력적 게임 이론을 활용한 지하철 운송기관 수입금 배분 방안 김희천, 신성일, 조신형, 이창훈	241
6. 지하철역의 근접성과 네트워크 접근성이 토지가격에 미치는 영향 분석 김건민, 이승현, 변지혜	242

7. 동적 도로 요금제에서의 경로 선택 행태에 관한 연구: 운전자 행동 요인을 중심으로 김민준, 이승현, 변지혜	243
8. 접근로별 진입교통량을 고려한 햄버거형 회전교차로 처리교통량 분석 연구 박지수, 안우영	244

자동차

1. 방송망 기반 GNSS 보정정보 서비스의 이동수신 성능 분석 서영우, 고우중, 김도엽, 이용준	245
---	-----

학술발표 학부논문경진대회 Session

교통

1. 운전자 없는 로보택시의 안전성 평가 시나리오 구성요소 도출: 상황 시나리오를 중심으로 강승모, 풍태현, 윤일수	249
2. 지속 가능한 캠퍼스를 위한 셔틀버스 운영개선 방안 연구 김선우, 김은혜, 김지우, 송준호, 김수재	250
3. 다중 이벤트 충돌 지수(Event Collision Index, ECI) 개발을 통한 교통망 압박 정량화 연구 김민지, 강수빈, 이승희, 진수정, 윤일수	251
4. 초소형 전기차 해외시장 사업화 및 안착화 방안 연구 정민준, 박제진	252
5. 초소형전기차 활용 공공 이동지원 서비스의 사회적·경제적 타당성 분석 장슬환, 박제진	253
6. Frenet Optimal Sampling 기반 경로 생성 및 동역학 제약 기반 궤적 생성 김유선, 이재풍	254
7. 주차 부족 문제 해결을 위한 공영주차장 주차수요 및 편익 산정 연구 김진욱, 최인규, 최지혜, 이주용, 김정화	255
8. 자율주행 기술을 활용한 하수 처리장 쓰레기 감지 수상 선박(WaterLink Platform) 김종호, 안정수, 제정태, 최유빈, 황영진	256
9. 객체 감지 알고리즘 기반 보행교통 영향 요인 수집 프레임워크 개발: 사고 모델링 연계 방법론 김예원, 박준영	257
10. 구급차 피양 안내 드론 시스템의 효과 분석: VISSIM 시뮬레이션 결과 기반 김재욱, 피윤아	258
11. 연령대 별 사고 심각도 기반 잠재적 위험 지역 도출 최승호, 박준영	259
12. 내연기관 차량의 전기 동력 시스템 탑재를 통한 전기차 전환 기술 연구 김재원, 정용규, 이정인, 조창연, 박세용, 우주, 정재훈	260
13. 집회유형별 교통혼잡 영향권 추정: 서울시 사례를 중심으로 문경준, 변지혜	261
14. 기후동행카드의 수단전환 효과 및 가격 민감도 분석 최민영, 변지혜	262

15. 이용자 집단별 도로개선사업 효과분석 연구 구자형, 박제진	263
16. RTEMS에서 개선된 일시적 실행 연장을 통한 마이그레이션 최소화 및 우선순위 역전 문제 완화 방안 연구 옥지민, 신지우, 정진만	264
17. 사고 경보 시스템 황영진, 황인찬, 권준혁, 임동현, 김찬걸	265
18. 승객수송과 택배배송을 결합한 DRT 운영방안 제안: 시간대별 수요특성을 중심으로 김민성, 이승재	266
19. ROS를 활용한 BRT 정류장 인근 보행자 실시간 안전 관제 시스템 황희선, 이지오, 윤선준, 오시몬	267
20. MLOps를 활용한 교통 혼잡도 예측 및 능동적 배차 관리 시스템 전성표, 송현조	268
21. 디지털트윈 기반 3D GIS를 활용한 인공지능의 분포 시각화 임성택, 한정규, 천세진	269
22. 교차로 단위 대리 안전성 지표 기반 시뮬레이션 시각화 연구 이제호, 신동화	270
23. 도로교통 서비스 품질에 대한 업종별 만족도 차이 분석 연구 김영애, 박제진	271
24. 잠재안전개선지수를 활용한 고속도로 졸음운전 및 졸음사고 다발 구간 도출 연구 박종석, 박준영	272
25. 역감중(RV)을 이용한 스마트카드 데이터 기반 통행목적 추정 모델 평가 박성주, 박호철	273
26. 영상 기반 멀티모달 LLM을 활용한 교통사고 과실비율 산정 모형 연구 이윤정, 추상호, 장양중	274
27. 대기행렬이론 기반 드라이브스루 대기열 분석을 통한 교통 혼잡 완화 방안 연구 홍대현	275
28. 기상현상이 여객항공운항 지연·결항에 미치는 요인 분석 및 예측 송낙원, 박호철	276
29. 극한기상 상황에서의 장애인 특별교통수단 운행 특성 분석: 부산시 사례를 중심으로 김주영, 이도경, 김유민, 강서현, 황진욱	277
30. 공간지표를 활용한 퍼스널 모빌리티 스테이션 입지 적합도 분석 김다운, 김승현, 서민희, 허지원, 황진욱	278
31. AI 기반 합성인구 및 활동 생성의 검증을 위한 Visum 기반 프레임워크 김창희, 김인희	279
32. 출발지·도착지별 대중교통 경쟁력 분석과 유형화: 부산광역시 사례 김현경, 조서현, 김종민, 김동욱, 손희주, 황진욱	280
33. 동해선·중앙선 개통에 따른 부산도시철도 수요 변화와 유인 정책 분석 배지우, 배준우, 박민교, 이재혁, 이원택	281
34. XGBoost를 활용한 교통카드 하차정류장 추정 김준영, 박호철	282
35. 지역버스 및 로봇을 활용한 물류 취약지역 물류 서비스 향상 방안 연구: 인천 백령도를 중심으로 김동현, 손효수, 이예림, 전예은, 최호준, 남대식	283
36. 서울 지하철 2호선 역세권의 공간적 차별성 분석: 토지·부동산 요인을 중심으로 이재형, 한정우, 최재혁, 배대환, 심지섭, 고은정	284

37. 라이다 기반 포인트 클라우드 정합과 가우시안 스플래팅을 활용한 3차원 로드뷰 제작 정영훈, 서정일	285
38. 교통카드 태깅정보를 활용한 교통혼잡도 예측 그래프 모델 박경현, 서석희	286
39. 교통사고 예방을 위한 디스플레이 추적 제어 연구 서동균, 이재경, 이기원, 조윤서, 하태준, 김명식, 이봉수	287
40. 회기역 2번출구 Promenade 조성 박찬진, 이승재	288
41. OBD 데이터 기반 공공분야 초소형전기차 운행 패턴 분석 연구 신사우, 박제진	289
42. 노면상태, 노면표시 연령/업종별 그룹 ANOVA분석 백성은, 박제진	290
43. AIoT 기반 시각장애인 버스 승하차 보조 시스템 개발 김연겸, 김성민, 유민혁, 최가원	291
44. 초소형전기차 공공분야 실증차량 사용자 서비스 만족도 평가 최안나, 박제진	292
45. 공공차량과 시를 활용한 도로 시설물 손상 탐지 및 유지보수 최적화 시스템 연구 이윤지, 박제진	293

통신

1. 효과적 재활용을 위한 사용자 위치 맞춤 수거장 안내 서비스 - 어디 비용 정동주, 오영제, 이찬우	294
2. 비선형 동특성을 고려한 Lookup Table 기반 궤적 추종 제어기 여진승	295
3. 차량 자세 추정을 위한 3D LiDAR L-Shape Fitting 알고리즘 정확도 개선 문승재, 박서진, 원종훈	296
4. 곡률 기반 속도 계획과 Dynamic Window Approach의 융합을 통한 자율주행 최적 속도 계획 알고리즘 설계 김용준, 정영훈, 원종훈	297
5. 시각적 문서 이해를 위한 LayoutLMv3 기반 PEFT 기법 비교 연구 이태호, 정연비, 조나경, 김원열	298
6. Local LLM 기반 민원 자동답변을 위한 지속 발전 가능성 연구 김수빈, 조중현, 송상훈	299
7. 대조 학습을 통한 심전도 리드 양방향 생성 임동원, 정연비, 정지민, 김원열	300
8. 차량-인프라 통신(C-ITS) 기반 무인 자율모빌리티의 실시간 협력 제어기술 개발과 실도로 검증 정인성, 한정훈, 최재형, 이성재, 송한결, 변민정, 신동훈	301
9. 차선 인지 기반 EKF 멀티 센서 로컬라이제이션 성윤모, 김민기, 이재풍	302
10. 다양한 주행 상황을 고려한 자율주행 차량의 경로 생성 및 계획 기법 정준호, 최민성	303
11. 텐테이블 기반 카메라 고정 방식을 활용한 3D Gaussian Splatting 기법 연구 서정완, 김유환, 안정우, 김원열	304

12. 강화학습 기반 2D 트랙터-트레일러 모델의 차선 추종 제어 알고리즘 개발 장은진, 이재풍	305
13. 경량 융합점수 기반의 강건한 Out-of-Distribution 탐지 기법 이명건, 서정완, 안정우, 김원열	306
14. 탄소배출 저감을 위한 AI 공동구매 중개 플랫폼 [스플릿] 고대권, 김건희, 김대환, 최봄	307
15. 버스 IoT 센서 기반 도시 규모 디지털 트윈 조도 환경 분석 방법 조수빈, 서정일	308
16. 자율주행머신을 위한 Lane Detection 구현 정무경, 박만복	309
17. Wi-Fi 기반 실내 경로 안내 및 QR 연동 스마트폰 내비게이션 시스템 개발 윤동건, 정아영, 김대경, 강재모, 서동환	310
18. IoT 기반 스마트 쓰레기통을 활용한 효율적 폐기물 관리 시스템 강정연, 박해주, 임재훈, 조화주	311
19. 프롭트 기반 컴퓨터 비전과 IoT 센서를 활용한 밀폐 공간 작업자 안전 시스템 전성표, 박지현, 이승준	312
20. 자동차 부품 객체 탐지를 위한 RT-DETRv2 기반 모델 최적화 및 XR 기기 경량화 연구 임서현, 김소희, 구민석	313
21. 자율제어 인공지능 기반 스마트 링거대 장낙원, 임준혁, 이강륜, 이승현, 이준영	314
22. 스마트시티 환경에서 디지털 취약계층을 위한 차세대 키오스크 접근성 향상 기술 연구 최동혁, 김지석, 차재원	315
23. BFGS 최적화를 이용한 LiDAR-카메라 보정 복원 조용빈, 박만복	316
24. 해상환경에서의 수평선 탐지 강건함 향상을 위한 Segmentation 기법 제안 심건호, 송승민, 안성현, 이신익, 성주현	317
25. 국제 해사법 기반 인공지능 챗봇의 설계 및 구현에 관한 연구 김지수, 류경탁, 백경훈, 이서준, 성주현	318
26. 도시 규모 디지털 트윈을 위한 건물 외피 구조의 효율적 탐색 방법 김건한, 천세진, 한정규	319
27. AI 에이전트 기반 키오스크 서비스: 디지털 취약계층을 위한 접근성 향상 방안 이소현, 이희선, 정교원	320
28. OCR 기반 차량 번호판 인식에서의 전처리·후처리 최적화 방법 김수윤, 김륜영, 천영기, 이승민, 서인범, 김현석, 백승현	321
29. 부산시 고령층의 디지털 격차 완화를 위한 공공 와이파이 최적 입지 도출 윤인주, 김민승, 이동영, 김한아, 이보연, 배범준	322
30. Swin Transformer 기반 CBAM 모듈과 반복적 특징 정제 기법을 통한 위장 객체 검출 성능 향상 이재웅, 서정일	323
31. AI 기반 게임화 탄소중립 챌린지 애플리케이션 개발 김영민, 김형주, 한준희, 박재현, 권장우	324
32. Semantic Segmentation 활용 및 인피밀집도 추정결과의 정확성 향상을 위한 보정방법론 연구 이지원, 김도경	325
33. 양자컴퓨터 시대를 대비한 차량 보안 유스케이스별 양자내성암호 적용 전략 전다울, 윤준식, 권태영, 이유식	326

34. In-Body 데이터를 활용한 개인 맞춤형 식단 추천 시스템 권순재, 최민재, 홍찬영, 조현민, 전태인	327
35. Parameter-Efficient Fine-Tuning 기반 경량 한국어 주소 교정 기법 연구 정지민, 정연비, 김수아, 김유환, 김원열	328
36. 재질 분류를 위한 MIMO Radar를 이용한 머신러닝 방법에 대한 연구 김희산, 서홍일, 서동환	329
37. 모바일 애플리케이션과 인공지능 기반 폐기물 자동 분류 및 관리 시스템 설계 맹성준, 신동주, 이진환	330
38. JetDehazeNet: 자율주행 환경을 위한 엣지 디바이스에서의 디헤이징 경량화 네트워크 박준현, 서지완, 손주석, 이준영, 이재웅, 최창욱, 서정일, 김현석	331
39. OCR 및 HWR 기반 선박 운항 데이터 자동 문서화 시스템 개발: Noon Report의 효율적인 디지털 전환과 활용 조정빈, 윤명섭, 위제형, 이서준, 성주현	332
40. 기상정보 기반 해양쓰레기 예측 및 경로 탐색 시스템 박소현, 정다빈, 김현석, 서정일	333
41. 햇빛 위치에 따라 앵글 변화하는 파라솔 전태인, 권나임, 노주엽, 김민정, 오수민	334
42. 전기차 배터리 이상 징후 감지 및 능동형 화재 대응 시스템 한웅빈, 정재민, 김태희, 김지섭, 이승훈	335
43. 자율 탐사 임무 수행이 가능한 우주 탐사 로버 시스템 개발 김호윤, 임준형, 강인하, 황진성, 이창열	336
44. IoT 기반 스마트 헬멧을 활용한 실시간 작업자 안전 관리 시스템 개발 강현준, 진만규, 박건태, 한주현, 이승훈	337
45. 자율주행을 위한 다양한 악천후 날씨에서의 이미지 복원 기술 김대영, 김동건, 이상욱, 정광진, 남현식, 김현석, 서정일	338
46. 농업 현장 작업 부하 경감을 위한 UWB 기반 추종 및 리프트 기능 통합 전동카트 개발 김계현, 문준영, 박정석, 고정인, 송산실, 진연두	339
47. 차량 내 영유아 방치 사고 예방을 위한 능동적 생체 감지 시스템 설계 및 구현 황태욱, 조유경, 김정창	340
48. QR을 사용한 학생식당 혼잡도 및 잔반관리 최적화 나건준	341
49. 바이오큐브: 1인 가구를 위한 실내 환경 자동 관리 시스템 권승우, 황태림, 김서형, 이성욱, 장낙원	342
50. 멀티 클러스터 쿠버네티스 환경에서의 탄소 인지형 작업 스케줄러 정주영, 채승지, 박태민, 하윤지, 천세진, 김현석	343
51. 자율주행 시스템을 위한 LLM 기반 객체 위험도 추정 정재철, 박만복	344
52. 철도차량 리튬이온 배터리의 잔여수명(RUL)예측을 위한 LSTM기반 데이터 분석 연구 권희재, 정세연, 박강문	345
53. SAC 기반 무선전력전송 IoT 네트워크에서 단말 에너지 소모 최소화를 위한 Soft Actor-Critic 기반 UAV 비행 경로 최적화 곽대현, 박준형, 정화인, 이정륜	346
54. 재난 대응을 위한 차량 탑재형 경량 멀티모달 화학물질 조기 탐지 모델 이준형	347
55. 강화학습 기반 실내 건축물 화재 대피경로 예측 및 디지털 맵 시각화 기술에 관한 연구 이동진, 서동환	348

2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증

특별
Session
C-9

가천대학교/한국전자기술연구원

2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증
노용철, 왕유승, 신대교, 장수현

이가종 V2X 통신을 통한 협력 자율 주행 및 VRU 안전서비스 개발
신대교, 장준혁, 안병만, 왕유승, 장수현

가시성 기반 직접통신자원 관리를 위한 사이드링크 자원할당 모드 실증 환경 구축
이지민, 장성현, 왕유승, 장준혁, 장수현, 신대교, 안병만

Harmonized V2X를 활용한 Vehicle 및 VRU 솔루션
김학성, 성보경, 정성우, 문정민, 오지수

2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 실증 시나리오
안세영, 이재덕, 이상범, 정철현, 장일준

2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증

Development and verification of forward accident notification streetlight system to prevent secondary collisions

노용철 (한국전자기술연구원 연구원)	왕유승 (한국전자기술연구원 전임연구원)	신대교 (한국전자기술연구원 수석연구원)	장수현 (한국전자기술연구원 책임연구원)
----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

최근 2차 추돌사고로 인한 교통사망자와 국가적 재산 피해가 지속적으로 증가하고 있어, 이에 대한 효과적인 예방 대책 마련이 시급하다. 기존의 1차 사고 알림 방식은 정확한 사고 지점 파악이 어렵고, 단순 가로등 디밍 또는 색온도 제어만으로는 접근 운전자에게 충분한 경각심을 제공하기 어렵다. 또한, CCTV 및 센서를 활용한 기존 스마트 가로등 시스템은 다수 설치 시 고비용 및 대규모 인력이 요구되며, 소수 설치 시 운전 중 정확한 사고 인지에 한계가 있다. 국내 도로 환경을 고려했을 때, 이식성 및 경제성이 높은 2차 추돌사고 예방 가로등 제품이 부재한 실정이다.

본 연구는 이러한 한계를 극복하고 전방사고 피해자 및 목격자가 다양한 방식으로 2차 추돌 사고에 능동적으로 대응할 수 있도록 지원하는 스마트 가로등 시스템을 개발하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 IoT 통합 제어용 엣지 플랫폼과 동적 디밍 제어 등 스마트 도로조명 핵심 기술을 확보하여 에너지 절감 및 유지보수 편의성을 제공한다. 또한, 기존 가로등 시스템에 쉽게 이식 가능하며 시인성 및 관독성을 확보한 전방사고 알림 표출 장치를 활용한 시스템을 개발한다.

향후, 실험성 검증을 위해 일반도로 및 고속도로 내에 실증 환경을 구축하고, 리빙랩(Living Lab) 운영을 통해 현장 적용 가능성과 성능을 입증하고자 하며, 궁극적으로 이 시스템은 2차 추돌사고 위험을 실질적으로 저감시키고, 도로 안전 인프라의 경제적 확산에 기여할 것으로 기대된다.

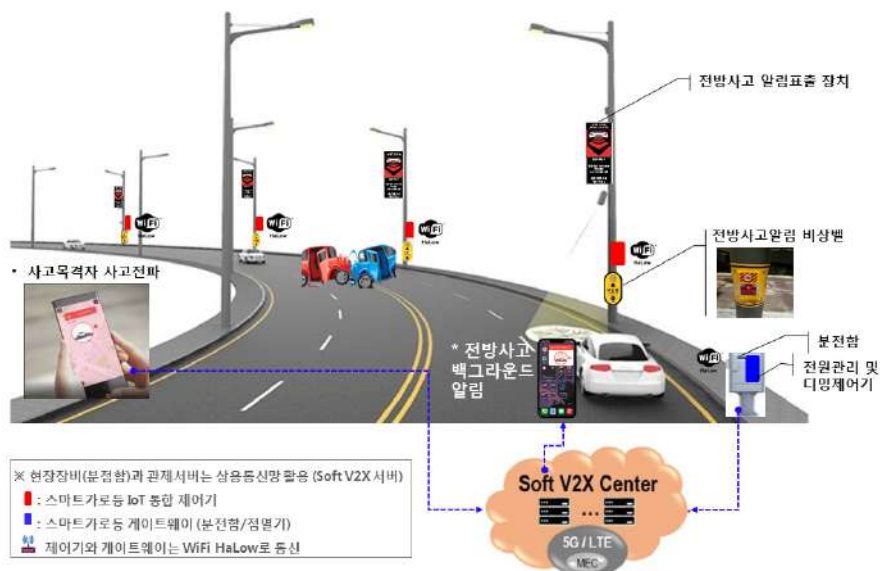


그림 1. 2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증

사사: 본 연구는 행정안전부의 2024년 국민수요 및 참형 생활안전 연구개발사업인 '2차 추돌사고 예방을 위한 전방 사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증'(RS-2024-00407311)의 지원을 받았습니다.

이기종 V2X 통신을 통한 협력 자율 주행 및 VRU 안전서비스 개발

Heterogeneous V2X-Enabled Cooperative Autonomous Driving and Risk-Aware VRU Safety Service

신대교	장준혁	안병만	왕유승	장수현
(한국전자기술연구원 수석연구원)	(한국전자기술연구원 선임연구원)	(한국전자기술연구원 책임연구원)	(한국전자기술연구원 전임연구원)	(한국전자기술연구원 책임연구원)

본 논문에서는 5G-NR-V2X(차량 간 직접 통신, PC5 인터페이스)와 5G 이동통신 (VRU 간 통신, Uu 인터페이스)을 동시에 활용한 이기종 통신 아키텍처를 제안하여, 자율주행 차량 간의 협력 주행(cooperative driving)과 주변 보행자/자전거/킥보드/일반 차량을 대상으로 한 사고 위험 경고 서비스를 통합적으로 구현하고 성능을 평가한다. 제안 시스템에서는 자율주행 차량들이 5G-NR-V2X를 통해 궤적 공유, 의도 정보 교환, 협력 주행 제어 명령을 실시간으로 교환하며, 이 처리 결과를 5G 이동통신을 통해 주변의 비자율 주체(보행자 등)에게 전송한다. 보행자나 자전거, 킥보드, 일반 차량 측에서는 자신의 위치 정보, 협력 주행 궤적 및 속도 정보를 기반으로 사고 발생 확률을 계산하고, 위험 임계치를 초과할 경우 스마트폰 앱을 통해 실시간 경고 메시지를 수신한다. 본 논문에서는 V2X를 위한 RSU 시스템 설계 및 설치, 통신 프로토콜, 시나리오 환경 설정 및 평가 지표를 기술한다. 제안 시스템은 낮은 지연(latency) 하에서 협력 주행 안정성을 확보하면서, 보행자/자전거/킥보드 대상 예측 정확도 및 경고 응답률에서 유의미한 성능을 보이기 위한 네트워크 프로토콜 및 최적화를 진행한다. 본 연구는 자율주행차-보행자 협력 안전 시스템의 실용적 적용 가능성을 제시하며, 향후 실제 시험 플랫폼으로의 확장 가능성을 논의한다.

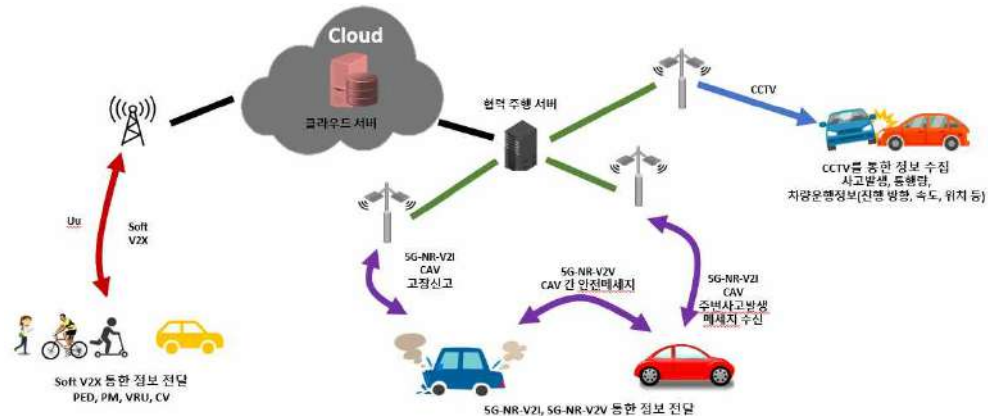


그림 1. 이기종 V2X 통신 기반의 협력 자율 주행 상세 시나리오

RSU를 이용한 협력 자율 주행을 위해서는 RSU에 설치된 CCTV, Ladar 등의 센서를 통하여 V2X 통신 범위 내의 자율 주행 차량, 타겟 차량 및 보행자 등을 인식하여 위치를 기반으로 수신된 차량의 주행 의도와 협력 주행 궤적을 분석하여 최적의 협력 주행안을 통신 범위내의 차량에게 전달하고, 이를 SoftV2X (이동통신을 이용한 V2X) 통신을 통하여 보행자 등에게 전달한다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부의 자율주행 기술개발 혁신사업(R&D)인 “자율주행을 위한 이기종 V2X Seamless 통신 기반 자율협력주행 기술 개발”(RS-2025-02283230)의 지원을 받았습니다.

기지국 기반 직접통신자원 관리를 위한 사이드링크 자원할당 모드1 실증 환경 구축

Experimental Testbed for Sidelink Resource Allocation Mode 1
in Base Station-Assisted Direct Communication Resource Management

이지민	장성현	왕유승	장준혁	장수현	신대교	안병만
(한국전자 기술연구원 연구원)	(한국전자 기술연구원 책임연구원)	(한국전자 기술연구원 전임연구원)	(한국전자 기술연구원 선임연구원)	(한국전자 기술연구원 책임연구원)	(한국전자 기술연구원 수석연구원)	(한국전자 기술연구원 책임연구원)

연결형 및 자율주행 차량의 보급이 확대됨에 따라, 소프트웨어 정의 차량(Software Defined Vehicle, SDV) 플릿을 실시간으로 관리하는 데에는 확장성, 조정, 서비스 품질 측면에서 새로운 도전 과제가 발생하고 있다. 본 논문에서는 다수의 연결된 SDV에 대한 동시 접근을 지원하기 위한 의도 기반 관리 프레임워크(intent-based management framework)를 제안한다. 이 프레임워크는 운영자의 의도를 고수준의 선언적 방식으로 표현하고, 이를 실행 가능한 네트워크 및 차량 정책으로 변환하여 5G 기반 노변 인프라를 통해 적용할 수 있도록 한다.

제안된 시스템은 3GPP Release 16을 기반으로 프로토타입으로 개발되었으나, 3GPP Release 18에서 도입된 중앙집중형 자원 오케스트레이션을 향후 수용할 수 있도록 설계되었다. 이를 통해 차량 간 협력주행, 군집주행(platooning), 특정 임무 수행과 같은 시나리오에서 통신 및 계산 자원의 동적 할당을 지원할 수 있다.

본 논문에서는 제안된 프레임워크를 기반으로 한 실험 환경을 구축하였으며, 네 대의 차량이 각각 7개의 SDV 에이전트를 에뮬레이션하여 총 28노드의 가상 플릿을 구성하였다. 이 환경은 제안 방식의 실증적 검증을 가능하게 하며, 향후 실험을 통해 저지연 의도 전달, 세밀한 그룹 제어, 강인한 확장성을 입증할 수 있을 것으로 기대한다. 본 연구는 의도 기반 네트워킹(intent-based networking)과 차량 자율주행 기술을 접목함으로써, 지능형 교통 시스템에서 대규모 목표 지향적 SDV 협조를 위한 기반을 마련한다.

사사: 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(RS-2025-02413183, 자동차산업기술개발사업, 서비스 QoS 보장 통신자원 중앙관리형 초고속, 초고신뢰 V2X 통신모듈기술개발)

Harmonized V2X를 활용한 Vehicle 및 VRU 솔루션

Vehicle and VRU solutions with Harmonized V2X

김학성 (LG전자 연구위원)	성보경 (LG전자 책임)	정성우 (LG전자 선임)	문정민 (LG전자 선임)	오지수 (LG전자 선임)
--------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

본 연구에서는 V2X, V2N2X 기능이 탑재 될 수 있는 단말, AICamera기능을 탑재한 Smart RSU 및 V2X클라우드 솔루션을 통해 제공하는 Harmonized V2X(V2N2X) 솔루션의 개요 및 기능, 제공서비스, 검증 및 실증 현황을 제시한다.

Harmonized V2X(V2N2X)의 솔루션은 SoftV2X 어플리케이션, Smart RSU, SoftV2X 클라우드로 구성되어있으며 서로 4G/5G네트워크 기반으로 연결되어 표준 기반으로 통신을 지원하여 V2X에서 제공하는 각종 안전 서비스를 어플리케이션사용자에게 서비스를 제공한다. 어플리케이션은 사용자(차량, 보행자, 모빌리티등)에게 사고예방에 도움이 될 수 있는 각종 안전 서비스 알림 등을 제공하며, Smart RSU, 클라우드는 기존 V2X 연동 및 공공 인프라와 결합하여 다양한 추가 안전 서비스를 제공한다. 또한 Smart RSU의 경우 AI 객체 감지 시스템과 결합하여 서비스 확장을 지원하고 있다.

Harmonized V2X(V2N2X)솔루션은 서울, 강릉, 세종, 인천(Ifez)지역에서 어플리케이션, Smart RSU, 클라우드 솔루션을 제공하여 다양한 서비스를 검증 및 실증하였다.

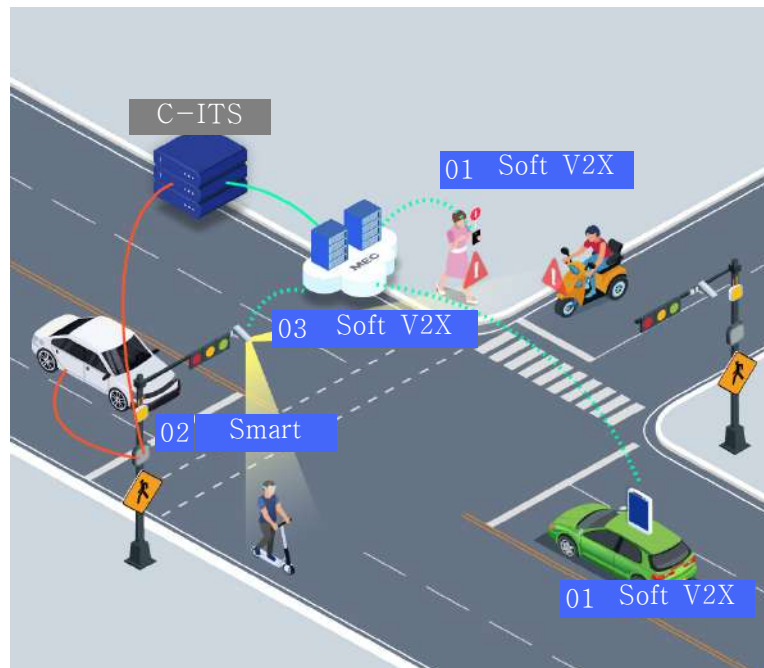


그림 1. Harmonized V2X(V2N2X) 솔루션 구성도

사사: 본 연구는 행정안전부의 2024년 국민수요 및 출형 생활안전 연구개발사업인 '2차 추돌사고 예방을 위한 전방 사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증'(RS-2024-00407311)의 지원을 받았습니다.

2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 실증 시나리오

Scenario Design for the Field Verification of a Forward-Accident Notification Streetlight System to Prevent Secondary Collisions

안세영	이재덕	이상범	정철현	장일준
(가천대학교 연구교수)	(가천대학교 연구교수)	(가천대학교 박사과정)	(가천대학교 석사과정)	(가천대학교 교수)

본 연구는 가로등 기반 2차사고 예방 알림시스템의 실효성 검증을 위한 시나리오 중심의 실증실험 계획을 수립하는 것을 목적으로 한다. 2차사고는 1차 사고 이후 후속 차량의 인지 지연이나 회피 실패로 발생하는 중대 교통안전 문제로, 이를 저감하기 위한 인프라-차량 연계(Soft V2X) 기반 대응체계의 필요성이 제기되고 있다. 본 연구에서는 교통사고 다발성, 도로 기하구조, 기술 적용성, 지자체 협력도 등을 종합 고려하여 서울시 구로구 오정초등학교 앞 구간을 최종 실증 대상지로 선정하였다. 해당 구간은 곡선부와 합류부가 혼재한 생활도로로, 실제 주행환경에서의 시스템 작동 효과를 검증하기에 적합한 조건을 갖춘다. 본 연구에서는 일반도로 환경에 최적화된 7개 대표 시나리오를 재구성하였다. 각 시나리오는 도로 구조(직선, 곡선, 합류부), 기상 조건(맑음, 비, 눈, 안개), 주·야간 상황, 표출방식 등을 조합하여 실제 도심 도로에서 발생 가능한 다양한 2차사고 유형을 포괄하도록 설계하였다. 또한 운전자 주행속도를 단계별로 설정하여 인지 거리, 감속 반응, 회피 행동 등 정량적 변화를 측정하도록 구성하였다. 전문가 평가는 현실성, 가시성, 안전성, 실증성, 일반화 가능성의 5대 항목을 중심으로 5점 척도 평가를 실시하여 최종 실증 대상으로 선정하였다. 본 연구는 실제 도심 환경에서 Soft V2X 기술과 가로등 기반 표출시스템의 통합 효과를 검증함으로써, 운전자 반응성 향상 및 2차사고 예방 가능성을 실험적으로 입증하는 데 의의를 둔다. 향후 결과는 도심도로 안전인프라 고도화 및 전국적 확산을 위한 실증 표준모델 구축에 기여할 것으로 기대된다.

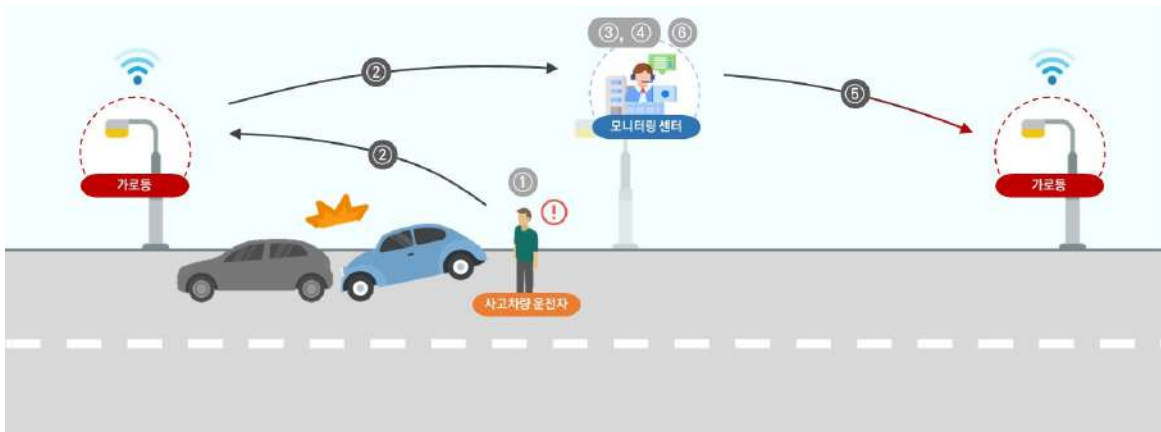


그림 1. 2차 추돌사고 예방을 위한 전방사고 알림 가로등 시스템 실증 시나리오

사사: 본 연구는 행정안전부의 2024년 국민수요 및 맞춤형 생활안전 연구개발사업인 '2차 추돌사고 예방을 위한 전방 사고 알림 가로등 시스템 개발 및 실증'(RS-2024-00407311)의 지원을 받았습니다.

주변 환경 정보 융합 기반 레벨4 자율 주행 차량 인지 증강 및 협력 제어 기술 개발 현황

특별
Session
E-1

(주)아이티텔레콤/(주)아이나비시스템즈

고도 자율주행을 위한 다면적 성능평가 체계 및 지표 조사 연구

엄새안, 윤진원

자율주행 및 경로 계획을 위한 센서 융합 기반 로컬 코스트맵 생성 방법

안예찬, 최준현, 엄태욱, 국태용

HD Map 기반 CARLA 시뮬레이터 초정밀 디지털트윈 맵 생성

엄태욱, 최준현, 안예찬, 국태용

교통 충격파 최소화를 위한 인프라 기반 자율주행차 최적 제어

강민희, 최유진, 최은서, 안희진

고도 자율주행을 위한 다면적 성능평가 체계 및 지표 조사 연구

A study on multi-dimensional performance evaluation framework
and Metrics for advanced autonomous driving

엄재안

(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원 석사과정)

윤진원

(고려대학교 미래모빌리티학과 조교수)

최근 자율주행차(Autonomous Vehicle, AV)의 실도로 주행이 활발히 이루어지고 있으나, 다양한 환경에서 안전사고가 빈번히 발생하고 있다. 이에 따라 자율주행차의 실도로 주행 이전에 테스트베드를 활용한 사전 테스트의 필요성이 점차 확대되고 있다. 그러나 현재의 사전 테스트는 주로 첨단 운전자 보조 시스템 등의 안전 기능 시험에 집중되어 있어, 도로상의 다양한 객체와의 상호작용을 포함한 자율주행 시나리오를 종합적으로 평가할 수 있는 체계는 부족한 실정이다. 특히 레벨4 이상의 고도 자율주행을 위해서는 단순한 기능 제어 수준을 넘어, 인지-판단-제어 전 과정에서의 주행 성능, 안전성, 교통 효율성 등을 종합적으로 고려하는 평가 체계가 필요하다. 이에 본 연구는 자율주행 성능을 다각적으로 이해하고 평가할 수 있는 다면적 성능평가 프레임워크를 구축하기 위한 기초 연구로서, 자율주행의 주요 평가 항목과 각 항목별 지표를 조사하였다. 자율주행의 핵심 기능 단계를 고려하여 성능 평가 항목을 ① 인지(perception), ② 안전(safety), ③ 행동(behavior), ④ 연산(computation), ⑤ 교통(traffic), ⑥ 환경(environment)의 여섯 가지 영역으로 분류하였으며, 각 영역별 대표 지표와 특성을 정리하였다. 이러한 분류 체계를 통해 자율주행의 성능을 안전성, 효율성, 안정성 등 다면적 관점에서 입체적으로 해석할 수 있도록 하였으며, 향후에는 자율주행 데이터를 기반으로 각 지표를 검증하고, 중요도 가중치를 반영한 종합 성능지수를 개발할 예정이다.

사사: 이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제고유번호: 2710078394, No.2023-00244929, 레벨4 자율주행 차량의 커넥티드 기반 인지 증강화 및 협력 자율주행 기술 개발).

자율주행 및 경로 계획을 위한 센서 융합 기반 로컬 코스트맵 생성 방법

A Method for Generating Sensor Fusion based Local Cost Map for Autonomous Driving and Path Planning

안예찬	최준현	엄태욱	국태용
(성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 박사과정)	(성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 석박사통합과정)	(성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 석사과정)	(성균관대학교 전기전자컴퓨터공학과 교수)

본 연구에서는 단일 전방 카메라와 전방향 라이다 센서를 융합하여 주행 가능 영역과 장애물을 실시간으로 인식하고, 이를 기반으로 경로를 생성할 수 있는 로컬 코스트맵 생성 프레임워크를 제안한다. 제안된 방법은 단일 센서의 정보 제한과 다중 카메라 정합과 고성능 연산 장치가 필요한 BEV(Bird's Eye View) 기반 인식 방식의 한계를 해결하기 위해 딥러닝 기반 센서 융합 구조를 적용하였다. 프레임워크는 라이다-카메라 정합, 시맨틱 기반 인식, 로컬 코스트맵 생성, 경로 계획의 구조를 가진다. 시맨틱 기반 인식을 통해 주행 가능 영역, 차선, 장애물을 분류하고 이를 라이다 포인트에 투영하여 각 포인트에 의미 정보를 부여하였다. 이를 통해 점유 격자 형태의 코스트맵을 생성한다. 생성된 코스트맵 기반 경로 계획 알고리즘을 적용하여 경로를 산출한다. 실제 도로 환경에서 수집한 데이터를 통한 실험을 통해 제안한 방법이 동작함과 코스트맵의 시간적 일관성을 확인하여 실시간 적용 가능성을 보였다.

사사: 이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2023-00244929, 레벨4 자율주행 차량의 커넥티드 기반 인지 증강화 및 협력 자율주행 기술 개발)

HD Map 기반 CARLA 시뮬레이터 초정밀 디지털트윈 맵 생성

HD Map-Based High-Precision Digital Twin Map Generation for CARLA Simulation

임태욱	최준현	안예찬	국태용
(성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사과정)	(성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사과정)	(성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사과정)	(성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 교수)

본 연구는 국토지리정보원의 정밀도로지도(HD Map)를 활용하여 CARLA 시뮬레이터에서 직접 실험 가능한 초정밀 디지털 트윈 맵 구축 절차를 제안한다. 기존 CARLA의 기본 맵은 유럽 도로 환경을 기반으로 설계되어 국내 도로의 차선 구조, 교차로 형태, 표지체계 등을 충분히 반영하지 못한다는 한계가 존재한다. 이에 본 연구에서는 부산 광안대교 구간의 HD Map 데이터를 기반으로 실제 도로 환경과 정합된 시뮬레이션 맵을 제작하였다. 연구 절차는 (1) SHP 형식의 HD Map 데이터를 클리핑 및 샘플링하여 PCD(Point Cloud Data) 형식으로 변환, (2) Vector Map Builder를 이용해 Lanelet2 기반 도로망을 구성, (3) Lanelet2를 OpenDRIVE 형식으로 변환하여 RoadRunner에서 3D 도로 메쉬를 생성, (4) FBX 형식으로 내보내어 CARLA 엔진과의 호환성을 확보, (5) OpenDRIVE 및 FBX 데이터를 CARLA 시뮬레이터에 импорт하여 좌표계 정합과 충돌 설정을 수행하는 단계로 구성된다. 구축된 디지털 트윈 맵에서 CARLA 기본 자율주행 에이전트가 정상적으로 주행함을 확인하였으며, ROS bag 기반 실차 데이터와의 비교를 통해 시뮬레이터와 현실 간 공간 정합성이 확보되었음을 검증하였다. 특히, 센티미터 단위의 정밀도를 갖춘 HD Map을 CARLA 시뮬레이터의 디지털 트윈 맵으로 활용함으로써, 단순히 도로망을 모사하는 수준을 넘어 현실 세계와 상호작용할 수 있을 정도의 고정밀 트윈 환경을 구현했다는 점에서 연구의 의미가 크다. 본 연구는 이러한 초정밀 트윈 맵을 기반으로, 자율주행 알고리즘의 인지·판단·제어 모듈을 다양한 주행 조건에서 검증할 수 있는 신뢰성 높은 시뮬레이션 기반을 마련하였다.

사사: 4단계 BK21 사업

교통 충격과 최소화를 위한 인프라 기반 자율주행차 최적 제어

A Development of Optimal Autonomous Driving Strategy based on Infrastructure to Minimize Traffic Shockwaves

강민희 (KAIST 전기전자공학부 연수연구원)	최유진 (KAIST 전기전자공학부 박사과정)	최은서 (KAIST 전기전자공학부 박사과정)	안희진 (KAIST 전기전자공학부 조교수)
--	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

도로 혼잡은 도로 효율을 저하시켜 통행 시간을 늘리고 안전을 악화시킨다. 그중에서도 운전자의 급제동·차선 변경과 같은 미세한 행동으로 발생하는 교통 충격파는 후방으로 전파되며 유령 정체를 유발해 교통 안정성과 안전을 저해한다.

기존의 충격파 완화 연구는 차량 중심(미시)과 인프라 중심(거시) 접근으로 나뉜다. 미시적 방법은 CACC와 V2V 통신으로 개별 차량의 주행을 안정화하지만 전역 교통 정보를 활용하지 못해 네트워크 차원의 선제적 대응이 어렵다. 반면 거시적 방법은 VSL이나 램프 미터링처럼 집계 정보를 활용한 간접 제어로 전역 효율 향상에는 유용하나, 차량 수준의 능동 개입이 부족해 국지적 교란이 촉발한 충격파를 즉각적으로 해소하기엔 한계가 있다. 이러한 간극을 해소하기 위해 본 연구는 양 접근의 장점을 결합한 메소스코픽(중간수준) 제어를 제안한다. 기존 메소스코픽 연구가 인프라 기반의 수동적 모니터링·진단에 머문 것과 달리, 본 연구는 인프라가 구간(세그먼트)별 교통 동태를 실시간 관측·추정하고, 개별 CAV에 최적 가속(감속) 명령을 능동적으로 산출·전송하는 체계를 ‘메소스코픽 제어’를 정립한다.

사사: 본 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(‘20026184’)



Session A

교통 계획

Session

A-1

본선 톨게이트 유형별 지연시간 모형 추정 연구

심재윤, 박동주

가상요인을 반영한 서울 도시철도 역사별 수요 예측 모형 개발

정창호, 손형주, 권오훈, 도우석, 유봉석

유전 알고리즘을 활용한 센트로이드 커넥터 배치 기준 연구

이상규, 김희조, 박동주

경기도 승용차 연계 철도 이용자의 이용 빈도에 미치는 요인분석 연구

손슬기, 빈미영

본선 톨게이트 유형별 지연시간 모형 추정 연구

A Study on the Estimation of Delay Time Model by Main Line Toll Gate Type

심재운

(서울시립대학교 학석사연계과정)

박동주

(서울시립대학교 교수)

한국의 고속도로 톨게이트에는 나들목 톨게이트, 본선 톨게이트, 원톨링 톨게이트 등 다양한 종류의 톨게이트가 존재하며, 고속도로의 흐름과 요금 징수 방식의 차이로 인하여 톨게이트를 통과하는데 걸리는 시간은 다른 양상을 띈다. 하지만, 국가교통DB에서 제공하고 있는 네트워크의 용량지체함수는 모든 톨게이트가 연결램프와 똑같은 함수식을 사용하고 있기 때문에 톨게이트 종류별로 통과하는데 걸리는 시간을 완전히 대변할 수 없다고 판단하였다. 또한, 톨게이트의 용량지체함수는 톨게이트 링크의 길이에 따라 시간에 영향을 줄 수밖에 없으나, 톨게이트 링크의 길이에 대한 명확한 기준은 존재하지 않으며 방향별로 링크의 길이 차이가 커지면 방향별로 교통량의 편차가 실제로 비하여 크게 늘어나기 때문에 톨게이트 링크의 길이에 영향을 받지 않는 다른 대안이 필요하다. 따라서, 서울 톨게이트나 동서울 톨게이트같은 본선 톨게이트에서 톨게이트 전후 구간의 도로환경과 톨게이트 유형에 따라 교통흐름이 어떻게 달라지는지에 대한 연구를 진행하였다. 현재 본선 톨게이트가 있는 자리에 톨게이트가 없다고 가정할 때 걸리는 시간과 현재 톨게이트를 운영함으로써 걸리는 시간의 차이를 연구의 기본적인 원리로 하여 계산하기 때문에, 지연시간은 가감속 시간, 대기시간, 서비스 시간으로 구분하여 계산한다. 또한, 각각의 본선 톨게이트를 서비스 유형과 전후 구간의 도로환경을 기준으로 그룹을 만들어 각각의 그룹별로 하나의 정량화된 모형을 만든다.

기상요인을 반영한 서울 도시철도 역사별 수요 예측 모형 개발

Development of Station-Level Demand Forecasting Models
for the Seoul Metropolitan Subway Incorporating Weather Conditions

정창호	손형주	권오훈	도우석	유봉석
(계명대학교 도시계획및교통공학 전공 석사과정)	(한국과학기술원 석사과정)	(계명대학교 교통공학과 부교수)	(계명대학교 교통공학과 조교수)	(와이비에스, 대표이사)

국내 도시철도의 수송수요는 기온, 강수, 적설, 풍속, 습도 등 기상조건에 따라 큰 변동성을 보이며, 이는 도시철도 혼잡도와 안전운영에 직결된다. 기상은 노면 상태, 시인성, 설비 성능뿐만 아니라 이용자 행동에도 영향을 주어, 도시철도 수요예측의 핵심 설명변수로 작용한다. 기존 선행연구는 기상, 요금, 사회경제 변수를 고려하여 도시철도 수요와의 상관관계를 분석해왔으나, 개별 역사 단위에서 기상 및 특보 요인을 통합하여 수요를 정밀하게 예측한 연구는 제한적이었다. 본 연구는 서울교통공사 도시철도 재차인원, 승차인원, 하차인원 데이터를 기반으로, 기상 실황 자료(기온, 최고·최저기온, 강수량, 적설, 풍속, 습도, 풍향) 및 기상특보(강풍, 호우, 한파, 건조, 태풍, 대설, 황사, 폭염)를 융합하여 도시철도 수요에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 기상 변화에 따른 예측모형을 개발하였다.

연구 범위는 서울역(1호선), 동대문역사문화공원(2호선), 군자역(5호선), 장한평역(5호선)을 대상으로 하였으며, 2022년 1월 1일부터 2024년 12월 31일까지의 10분 단위 승·하차 및 재차인원 자료와 기상 데이터를 활용하였다. 데이터 가공 과정에서 5분, 1시간 단위의 기상 실황자료를 10분 단위로 변환하고, 강수형태, 적설 여부 등 복합 변수 및 기상특보를 이진화하여 반영하였다.

분석 방법론으로는 KNN(K-Nearest Neighbors), XGBoost(Extreme Gradient Boosting), LightGBM(Light Gradient Boosting Machine)을 적용 및 비교하였으며, 성능은 R^2 (Coefficient of Determination), MAE(Mean Absolute Error), RMSE(Root Mean Squared Error), MAPE(Mean Absolute Percentage Error) 지표로 성능을 평가하고, SHAP(Shapley Additive Explanations) 분석을 통해 변수 기여도를 식별하였다. 2022~23년을 학습데이터, 2024년을 검증데이터로 설정하여 역사별 방향별 주중/주말(토요일/일요일·공휴일) 개별 모형을 구축하였다. 분석 결과, 공통적으로 기온, 습도, 풍속, 강수량이 수요 변화에 중요한 영향을 미쳤으며, 역사 및 요일에 따라 주요 영향 요인이 달라지는 것으로 나타났다. 예를 들어, 서울역은 특보·악천후 요인에 민감했고, 장한평역은 온도 계열 변수(최고·최저·일교차)에 민감도가 높게 나타났다.

모형 성능 측면에서는 LightGBM이 전반적으로 우수하였으나, XGBoost가 일부 역사 및 종속변수 조합(예: 서울역 주중 승차인원, 장한평역 주말 승차인원 등)에서 더 높은 설명력을 보였으며, KNN 또한 일부 구간에서 경쟁력 있는 성능을 보였다. 대표적으로 서울역 주중 승차인원 예측은 $R^2=0.78$, MAPE=31.6%로 나타났고, 장한평역 주중 승차인원 예측은 $R^2=0.94$, MAPE=15.9%로 매우 높은 정확도를 보였다. 다만 주중 대비 주말 예측력은 전반적으로 낮았고, 피크(출·퇴근) 구간에서 과소예측 경향이 확인되었다. 이를 보완하기 위해서는 요일·시간대별 모형 분기 적용 및 피크 가중 변수 반영이 필요하다.

본 연구에서 제시한 기상 연계 도시철도 수요예측 방법론은 혼잡 관리, 증편·배차계획, 안전인력 배치, 대체경로 안내 등 운영 의사결정을 지원할 수 있으며, 기상특보와 연계한 사전 대응 체계 구축을 통해 정시성과 안전성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 개별 역사 단위의 모형 구축과 설명변수 확장을 통해 실제 운영 현장에서의 활용성을 높일 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 기상청 “기상에 따른 지하철 이용지수 예측서비스 및 서리피해 조사”에 지원으로 수행되었음

유전알고리즘을 활용한 센트로이드 커넥터 배치 기준 연구

Advancing Centroid Connector Construction Standards in Traffic Analysis Networks Using a Genetic Algorithm

이상규

(서울시립대학교 교통공학과
석·박사통합과정)

김희조

(서울시립대학교 교통공학과
석·박사통합과정)

박동주

(서울시립대학교 교통공학과·
도시빅데이터융합학과
교수)

본 연구는 국가교통DB에서 제공하는 교통분석용 네트워크에서 센트로이드 커넥터 구축 기준의 문제점을 해결하고 교통 네트워크 신뢰도를 향상시키기 위해 수행되었다. 센트로이드 커넥터는 도로 네트워크와 교통존 센트로이드를 연결하는 가상의 링크로, 현실에서는 존 내 모든 도로에서 차량 통행이 발생하지만 교통 분석 네트워크에서는 센트로이드와 연결된 링크에서만 통행이 시작되어 예측 교통량과 실제 관측 교통량 간의 과대 또는 과소 배정 문제가 발생한다.

본 연구의 목적은 유전 알고리즘을 통해 실제 교통량 대비 교통수요 분석에서 발생하는 예측 교통량의 오차율을 최소화하는 센트로이드 커넥터 구축 기준을 설정하는 것이다. 이를 위해 도로 네트워크 특성에 따른 유전 알고리즘 최적화 결과를 분석하였고, 분석한 결과를 통해 적절한 센트로이드 커넥터 구축 기준을 설정하였다.

연구에서는 센트로이드 커넥터 연결 개수, 교차로 연결 여부, 연결 링크의 통행속도를 주요 변수로 설정하여 다섯 가지 실험을 설계하고 진행하였다. 첫 번째 실험에서는 제한을 두지 않고 실험을 실행하였으며, 두번째와 세번째 실험은 교차로 연결 여부가 유전알고리즘 최적화 연구에 어떤 영향을 미칠지에 대한 연구를 수행하고, 네번째와 다섯번째 실험에서는 커넥터가 연결되는 링크의 통행속도가 최적화에 어떤 영향을 미칠지에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구의 결과는 센트로이드 커넥터의 최적 연결 위치를 결정할 수 있는 기준을 제시함으로써, 교통분석과 예측의 정확성을 높이고 도시 교통 계획 및 관리의 효율성을 증대시키는 데 기여할 것으로 기대된다. 또한 이를 바탕으로 더 다양한 변수를 기준으로 연구를 수행하여 더 상세한 네트워크 특성에 따라 커넥터 연결 지점이 어떠한 방식으로 적용되는지에 대한 더 세부적인 지침을 제시할 예정이다.

경기도 승용차 연계 철도 이용자의 이용 빈도에 미치는 요인분석 연구

Analysis of Factors Affecting the Usage Frequency of
Automobile-Access Rail Users in Gyeonggi-do

손슬기

(경기연구원 연구원)

빈미영

(경기연구원 선임연구위원)

본 연구는 승용차를 철도역까지 이용한 후 철도로 목적지에 도달하는 승용차 기반 철도 환승 이용자를 대상으로 설문조사를 실시하고, 철도 이용 빈도에 영향을 미치는 요인을 실증적으로 분석하였다. 경기도는 수도권 광역교통의 핵심 지역으로 철도와 버스 등 대중교통 인프라가 지속적으로 확충되고 있음에도 불구하고, 승용차 이용률이 여전히 47%로 높고 철도 이용률은 5% 미만에 머물러 있다. 이러한 배경에서 환승주차장은 승용차 이용자를 철도로 전환시킬 수 있는 중요한 거점으로 주목받고 있다. 그러나 현실적으로는 공간 부족, 요금 부담, 접근성 한계, 안전 문제 등 다양한 제약으로 인해 제 기능을 다하지 못하고 있다. 따라서 본 연구는 환승주차장을 실제로 이용하는 철도 환승 집단을 대상으로 그들의 행태와 이용 특성을 분석하고, 철도 이용 빈도에 영향을 미치는 요인을 규명함으로써 정책적 개선방안을 제시하고자 하였다.

경기도민 480명을 대상으로 온라인 설문조사를 실시하여 자료를 수집하였다. 표본은 K-means 군집분석을 통해 고밀도·고인프라, 중밀도·중인프라, 저밀도·저인프라, 도시외곽 등 4개 권역으로 구분하고, 각 권역별로 균등하게 배분하였다. 종속변수는 철도 이용 빈도(주당 이용일수)이며, 독립변수는 응답자 특성, 권역, 철도 이용 목적, 이동 특성, 환승 만족도, 주차장 이용 특성, 요금제도, 개선 요구사항으로 설정하였다. 분석 방법으로는 선형회귀모형을 적용하였다.

분석 결과, 첫째, 도시외곽 지역은 철도 인프라와 연계 교통망의 부족으로 다른 권역에 비해 철도 이용 빈도가 현저히 낮았다. 이는 단순한 지역 간 편의성 차이를 넘어 교통 접근성의 불평등 문제를 드러내며, 향후 정책이 도시외곽 지역의 철도 접근성과 버스·철도 연계성을 강화하는 방향으로 추진될 필요성을 시사한다. 둘째, 철도 이용 목적은 가장 강력한 설명 요인으로 나타났으며, 통근과 통학처럼 반복적이고 일상적인 목적을 가진 집단이 여가·쇼핑 목적 집단보다 높은 이용 빈도를 보였다. 이는 환승주차장이 단순한 주차 공간이 아니라 생활형 이동을 지탱하는 핵심 기반시설임을 보여준다. 셋째, 환승주차장의 요금 감면 혜택과 역사 내 주차장 이용은 철도 이용을 증가시키는 요인으로 확인되어, 비용 부담 완화와 입지적 편의성이 수단 전환을 촉진함을 알 수 있었다. 넷째, 요금 지불 편의성은 음(-)의 관계를 보여, 불편할수록 이용 빈도가 높게 나타났다. 이는 결제 불편이 철도 이용을 늘린 것이 아니라, 철도를 빈번히 이용하는 집단이 결제 과정을 반복 경험하면서 불편을 더 민감하게 체감한 결과로 해석된다. 마지막으로, 환승주차장 개선 요구사항에서는 보안 및 안전체계 강화를 선택한 집단이 다른 집단보다 뚜렷이 높은 철도 이용 빈도를 보여, 물리적 주차 공간의 확충과 동시에 이용자가 직접 체감할 수 있는 서비스 품질 개선도 중요함을 의미한다.

사사: 본 연구는 경기연구원 정책연구 「경기도 철도역 환승주차장 연계이용 개선 연구」의 데이터를 활용하였습니다.

교통 안전

Session A-2

어린이보호구역 가변속도제한 시행 전후 효과분석

이재원, 김도경

운행제한 여부와 중차량 비율에 따른 교통사고 심각도 비교

이채영, 김병규, 김도경

자리기중기법과 기계학습 알고리즘의 결합을 통한 사망교통사고 예측모형 개발

민석원, 박동주

페달 오조작 사고 심각도 영향 요인에 관한 기초연구

정한솔, 김예진, 손성호, 강희진, 윤일수

Data-driven Incident Detection in High Dimensional Latent Space for Unremarkable Traffic Event

최세원, 최준희, 윤현수, 김동규

어린이보호구역 가변속도제한 도입 전후 효과분석

Before-and-After Analysis of Variable Speed Limit Implementation in School Zones

이재원

(서울시립대학교
교통공학과 석사과정)

김도경

(서울시립대학교 교통공학과
·도시빅데이터융합학과 겸용교수)

어린이보호구역은 아동의 보행 안전을 보장하기 위해 도로교통법에 따라 제한속도를 30km/h 이내로 설정하고 있으나, 실제로는 야간이나 비점두시간대에도 동일한 속도를 적용함에 따라 운전자 불편과 제도의 비효율성에 대한 지적이 제기되고 있다. 이러한 배경에서 2023년 9월부터 일부 지역을 대상으로 시간대에 따라 속도를 조정하는 가변속도제한 제도가 도입되었으나, 안전성 저하 우려로 인해 전국적으로 확대 시행되지 못하는 상황이다.

본 연구는 가변속도제한 제도의 시행 전후를 비교하여 제도가 어린이보호구역 내 교통 안전과 운영 효율성에 미친 영향을 실증적으로 검증하고자 하였다. 이를 위해 비교그룹을 활용한 사전·사후 분석 방법을 적용하였으며, 교통사고 분석시스템(TAAS), 서울시 TOPIS 교통정보, 경찰청 자료 등을 활용하여 사고 심각도와 평균 통행속도를 분석하였다. 연구 대상은 전국 13개 어린이보호구역을 선정하여 사고 심각도를 분석하였고, 서울시 내 3개소를 대상으로 야간 평균 통행속도를 비교하였다.

분석 결과, EPDO 가중치를 적용한 사고 심각도는 시행 후 기대치 대비 약 61.2% 감소하였으며, 사고 건수 또한 증가하지 않았다. 통행속도의 경우 야간 평균속도는 전후 차이가 ± 0.3 km/h 수준으로 통계적으로 유의미한 변화가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 가변속도제한 제도가 교통사고 심각도를 악화시키지 않으면서도 운전자의 통행 편의를 확보할 수 있는 대안적 정책임을 시사한다. 다만 제도 시행 기간이 짧고 표본이 제한적이어서 결과의 일반화에는 한계가 있으며, 비교그룹 선정 과정에서도 데이터 제약이 존재하였다. 따라서 향후 연구에서는 장기적 시계열 자료를 기반으로 교통량, 속도 준수율, 주민 인식 조사 등 다양한 지표를 종합적으로 반영하여 제도의 효과를 다각도로 검증할 필요가 있다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO.RS-2022-NR068754)

운행제한 여부와 중차량 비율에 따른 교통사고 심각도 비교

Comparison of Crash Severity by Operation Restriction and Heavy Truck Propotion

이채영

(서울시립대학교
교통공학과 석사과정)

김병규

(서울시립대학교
교통공학과 석사과정)

김도경

(서울시립대학교 교통공학과·
도시빅데이터 융합학과 교수)

화물차는 고속도로 교통량에서 상당한 비중을 차지하며, 이들이 관여한 사고는 차량 크기, 화물 중량 등으로 인해 일반 차량 사고보다 더 높은 심각도를 초래하는 경우가 많다. 이에 따른 피해를 줄이고자 최근 도시에서는 화물차의 통행을 금지하는 지하도로를 도입하고 있다.

본 연구에서는 이러한 제한이 실제로 교통안전에 긍정적인 영향을 미치는지에 대한 연구를 진행하였다. 화물차의 운행 제한이 교통안전의 확보에 유의미한 제도인지를 확인하기 위해, 화물차가 제한되고 있는 도로와 화물차가 통행하는 고속도로의 사고 데이터를 기반으로 분석을 수행하였다. 그러나 도로의 연장, 제한속도, 단속 방식이 지역마다 다르기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위해 도로 조건을 정규화 기법과 넬슨의 과위 모델을 활용해 통제하는 방법론을 적용하였다. 또한, 사고 심각도에 영향을 미치는 주요 설명 변수로써 화물차 통행 비율을 활용하였다. 사례 구간으로는, 화물차 통행을 제한하고 있는 서울의 신월 여의 지하도로와 서부 간선 지하도로를 선정하였으며, 두 도로 구간은 편도 2차로 구조이며, 지점 구간 단속이 시행되고 있다는 특징이 있다. 이후, 선정된 사례 구간과 같이 단속이 시행되며, 유사한 물리적 특성을 가지지만, 화물차의 운행을 제한하지 않는 고속도로 구간들을 비교 대상으로 선정하였다. 이를 화물차 통행 비율에 따라 10%, 20%, 30%, 40% 그룹으로 분류하고 사고 데이터를 분석하였다. 분석 결과, 화물차 비율이 높을수록 사고 심각도가 높아졌으며, 화물차 통행이 제한된 구간에서는 가장 낮은 사고 심각도가 나타났다. 본 연구에서는 화물차 통행 제한 정책의 효과를 입증하는 실증적 근거를 제시하였으며, 향후 다양한 도로 유형에 적용할 수 있는 평가 프레임워크를 제안하였다. 이러한 결과는 도시 교통 안전 관리를 위한 데이터 기반의 정책 수립에 기여할 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. RS-2022-NR068754)

지리가중기법과 기계학습 알고리즘의 결합을 통한 사망교통사고 예측모형 개발

Development of Fatal Traffic Accident Prediction Model through Integration of
Geographically Weighting Techniques and Machine Learning Algorithms

민석원

(서울시립대학교 교통공학과 석박사통합과정)

박동주

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

본 연구는 콜롬비아 국가도로망에서의 사망교통사고 발생여부를 예측하기 위한 정교한 분류기를 제안한다. 교통사고의 발생 및 그 영향요인들은 공간적으로 종속적이며, 동시에 이질적이다. 주요한 도전은 전통적인 지리가중 통계모형들이 이를 바라보는 관점을 정교한 방식으로 기계학습 모형에 적용하는 것이다. 모형의 개발을 위해 콜롬비아의 사망교통사고 발생기록과 international Road Assessment Programme (iRAP)의 도로안전도 평가 기초자료가 사용되었다. Geographically weighted logistic regression (GWLR), eXtreme Gradient Boosting (XGB) 및 geographically weighted eXtreme Gradient Boosting (GWXGB) 모형이 개발된 후 비교되어졌다. GWXGB 모형은 변수들 간의 복잡한 관계성과 공간적 이질성에서 오는 상호작용의 차이를 다른 두 모형보다 성공적으로 포착해내며, 가장 우월한 성능을 출력하였다. 이어서 진행된 SHapley Additive exPlanations (SHAP) 분석에서 XGB 모형과 비교되었을 때 GWXGB 모형에서의 변수 기여도가 변화하면서 국지적 모형의 예측에 기반한 정책 수립시에는 전역적 모형에 기반하였을 경우와 다른 접근법을 필요로 함이 입증되었다. 결과적으로, 본 연구는 기계학습 분야에서 소홀히 다루어져 오던 공간적 이질성에 초점을 맞추어 모형의 예측력을 향상시켰다. 더불어, 그 동안 많은 국가에서 도입되었음에도 불구하고 사고분석과 연계된 활용사례가 미미한 iRAP 데이터의 활용성을 입증하였다.

페달 오조작 사고 심각도 영향 요인에 관한 기초연구

Study on the Factors Affecting the Severity of Pedal Misapplication Accidents

정한솔	김예진	손성호	강희진	윤일수
(아주대학교 석박사통합과정)	(아주대학교 석박사통합과정)	(한국교통안전공단 자동차안전연구원 책임연구원)	(한국교통안전공단 자동차안전연구원 책임연구원)	(아주대학교 교수)

최근 국내 교통사고 전체 건수는 점차 감소하는 추세를 보이고 있으나, 고령 운전자에 의한 사고는 오히려 증가하는 현황이다. 이러한 고령 운전자 사고 위험은 급발진 의심 사고에서도 뚜렷하게 나타난다. 국립과학수사연구원의 감정 결과, 다수의 사례가 운전자의 페달 오조작으로 판명되었으며 그중 상당 부분을 고령 운전자가 차지하고 있다. 이에 따라 일본과 유럽 등 해외에서는 페달 오조작 방지 장치 평가 제도를 도입하고 있으나, 제한적인 조건만 반영되어 실제 교통환경과 사고 특성을 충분히 고려하지 못하는 한계가 있다. 본 연구는 이러한 문제의식에 기반하여 국내 교통환경과 고령 운전자 특성을 반영한 맞춤형 데이터 분석을 통해 페달 오조작 사고 심각도의 영향 요인을 규명하고자 하였다.

연구에 활용된 데이터는 한국교통안전공단 자동차안전연구원이 2023년 12월부터 2024년 6월까지 수집한 페달 오조작 사고 관련 자료이다. 자료는 사고 조사 보고서와 차량 event data recorder(EDR) 기록을 기반으로 전처리되었으며, 운전자 특성, 사고 상황, 차량 정보, 충돌 대상 등의 변수로 정형화되었다. 분석 방법은 첫째, 사고·차량·운전자 관련 변수를 체계적으로 구조화하고, 둘째, 정형화된 데이터를 바탕으로 기초 통계 분석을 수행하여 각 범주별 주요 특성과 분포를 확인하는 절차로 구성되었다.

분석 결과, 사고 정보 측면에서는 정오(12시경) 사고 비중이 높았으며, 차대시설물 충돌과 전방 차량 후면 충돌이 주요 유형으로 확인되었다. 사고는 주차장·골목길 등 저속 주행 환경에서 빈번히 발생했고, 맑은 날씨 조건에서 주로 나타났다. 차량 정보 분석에서는 2023년식 차량과 주행거리 2만 km 이상 차량이 다수를 차지했으며, 파손 부위는 정면이 가장 많았다. EDR 데이터에서는 가속페달 개도를 평균이 약 39%로, 사고 직전 변동 폭이 컸다. 차량 속도는 평균 27km/h, 엔진 회전수는 평균 1,757(표준편차 620)로 나타나 일부 사고에서는 급격한 변동이 관찰되었다. 운전자 정보 분석에서는 남성이 전체의 63%를 차지했으며, 브레이크 페달 조작 미숙, 전방주시 태만 등이 주요 특이사항으로 확인되었다.

향후 연구에서는 이러한 기초 통계 분석을 기반으로, 첫째, 순서형 로짓/프로빗 모형 등 통계적 기법을 적용하여 사고 심각도를 정량적으로 예측할 수 있는 분석 틀을 마련할 계획이다. 둘째, 운전자 연령 등 미확보 변수를 추가로 수집·보완하여 고령 운전자의 위험성을 정밀하게 규명한다. 셋째, 분석 결과를 토대로 국내 교통환경에 적합한 맞춤형 페달 오조작 방지 장치 평가 제도 도입을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

사사: 본 논문은 2025년도 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원(KAIA)의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2021-KA162419, 자율주행기술개발혁신사업)

데이터 기반 고차원 잠재공간에서의 교통사고 검지

Data-driven Incident Detection in High Dimensional Latent Space for Unremarkable Traffic Event

최세원	최준희	윤현수	김동규
(서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)	(서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)	(서울대학교 건설환경종합연구소 연수연구원)	(서울대학교 건설환경공학부 교수)

본 연구에서는 교통센서 데이터에서 사고와 정상 상태를 효과적으로 구분하기 위한 새로운 접근 방법을 제안했다. 기존의 연구들은 주로 rule-based 품질관리 기법이나 단순 임계치에 기반한 사고 검지 방식에 의존해왔으나, 이러한 방법은 데이터의 비정상적 패턴을 충분히 설명하지 못했고 실제 교통현상의 복잡성을 반영하기에 한계가 있었다. 이에 본 연구에서는 잠재공간의 분포 특성을 활용하는 데이터 기반 접근법을 개발했다. 이는 저차원에서 분류할 수 없었던 정상상태와 사고를 고차원에서 분류할 수 있음을 시사한다.

오토인코더기반 모델을 사용해 교통센서 데이터를 잠재공간으로 투영했다. 이후 정상 상태와 사고 상태를 각각 확률분포로 모델링하여 데이터의 내재된 패턴을 학습하게 했다. 이 과정을 통해 정상(비침두), 정상(침두), 사고 세 가지 상태가 잠재공간에서 어떻게 분리되는지를 분석했고, 이를 기반으로 사고 검지 및 분류를 수행했다. 특히 기존 연구에서 어려움을 겪었던 혼잡과 사고 간의 경계 문제를 잠재공간상의 분포 차이로 설명할 수 있었고, 이를 통해 보다 정교한 분류가 가능함을 보였다. 또한 잠재공간에서 같은 분포간 KL divergence를 최소화, 다른 분포간 KL divergence를 최대화하도록 학습하여 분류의 성능을 높였다.

실험은 실제 캘리포니아 교통국에서 수집한 루프 검지기 데이터를 사용해 진행했다. 분석 결과, 모델은 정상(비침두) 56,043건, 정상(침두) 25,554건, 사고 2,510건을 정확히 분류했다. 이는 잠재공간에서 차원이 확장되며, 저차원에서 보이지 않던 특성의 차이를 보였음을 나타낸다. 그러나 비침두시 교통류 일부가 사고로 잘못 분류된 42,505건, 침두시의 교통류가 사고로 분류된 105건, 사고가 잘못 인식된 2,881건 존재했다. 이러한 분류 결과를 종합하면 전체 정확도는 79.6%였고, 사고 검지에 대한 재현율(Recall)은 약 55%, 정밀도(Precision)는 약 60% 수준으로 나타났다. 이는 임계치 기반의 결정론적인 분류 방법이 아닌 확률론적 분류 방식이 성공적으로 데이터를 분류할 수 있음을 보여준다.

결론적으로, 본 연구는 데이터 기반 잠재공간 분석을 통한 사고 검지 방법을 제시했다. 단순한 rule-based 접근이 아닌 학습 기반 분포 모델링을 통해 교통센서 데이터의 복잡한 패턴을 설명할 수 있었고, 그 결과 사고를 효과적으로 구분할 수 있음을 입증했다. 이는 향후 실시간 교통 관리 시스템이나 지능형 교통체계(Intelligent Transportation System, ITS)에 적용 가능성이 크며, 보다 정밀한 교통사고 검지 및 교통운영 의사결정 지원에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

이번 연구는 잠재공간 분포 분석이 교통 분야에서 새로운 해석 도구로 활용될 수 있음을 보여줬다. 다만 실제 현장 적용을 위해서는 데이터의 품질 문제, 다양한 형태의 센서 오류, 그리고 대규모 네트워크 상황에서의 계산 복잡도를 고려해야 한다는 한계도 존재했다. 향후 연구에서는 보다 다양한 교통환경에서 일반화 가능성을 검증하고, 센서 오류와 사고를 동시 구분할 수 있는 통합적 검지 프레임워크를 개발하는 방향으로 확장할 예정이다. 마지막으로, 이번 연구의 의의는 단순히 모델 정확도를 높이는 수준을 넘어, 실제 교통 운영에서 발생하는 비반복적 혼잡과 센서 이상을 구분하는 문제를 잠재공간 분석을 통해 설명했다는 점에서 기존 연구와 차별성을 가진다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 스마트시티 혁신인재사업 육성사업의 지원 및 정부(경찰청, 교육부)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원(No. 092021C26S0300, 실시간 교통안전시설 운용을 위한 인프라 정보 융합 및 관리기술 개발)을 받아 수행하였음.

교통 정보

Session

A-3

정밀 교통량 및 배출량 산정을 위한 생성형 AI 기반 GPS 궤적 생성

임승유, 임준민, 김익진, 김진재, 이채영, 이승봉, 천승훈

비지도 이상치 탐지를 활용한 도시 교통 혼잡의 확산·회복 동역학 연구

유성민, 박하늘, 노치우, 조성은, 소재현

강화학습 기반 경로 인센티브 배정을 통한 교통 혼잡 완화

이의진, 이승현, 김동규

고속도로 지점 소통정보 가공의 자수이동평활 계수에 관한 연구

문시현, 황경훈, 소재현, 윤일수

부분 관측 데이터를 이용한 경로 수준 교통량 예측 프레임워크

이승현, 김동규

정밀 교통량 및 배출량 산정을 위한 생성형 AI 기반 GPS 궤적 생성

Generating GPS Trajectories with Generative AI:
Toward Fine-Grained Traffic Flow and Emission Estimation

임승유 (아주대학교 D.N.A.플러스융합학과 석사과정)	임준민 (아주대학교 D.N.A.플러스융합학과 석사과정)	김의진 (아주대학교 교통시스템공학과 조교수)	김진재 (한국교통연구원 교통빅데이터연구본부 연구원)
이채영 (한국교통연구원 교통빅데이터연구본부 연구원)	이승봉 (한국교통연구원 교통빅데이터연구본부 부연구위원)	천승훈 (한국교통연구원 교통빅데이터연구본부 선임연구위원)	

국가 온실가스 감축 목표(NDC) 달성을 위해서는 지역·도로 단위에서의 정밀한 배출량 산정이 필수적이다. 기존의 배출량 산정은 평균 속도 기반의 배출계수에 의존하고 있으며, 이는 실제 주행 환경에서 발생하는 감가속, 도로 경사, 기온과 같은 다양한 변동 요인을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다. 이러한 제약을 극복하기 위해서는 도로 구간별 차종·규모·연료별로 세분화된 교통량 DB가 필요하다. 그러나 현재 사용 가능한 궤적 데이터(T-MAP, DTG)는 각각의 장점에 불과하고, 표본 대표성과 범위 측면에서 한계를 가지고 있다.

본 연구의 목적은 생성형 AI를 활용하여 실측 궤적 기반 최적화 모델을 고도화하고, 이를 통해 전국 상세도로망(Level 6) 단위에서 차종·규모·연료별 교통량 DB를 구축하는 것이다. 이를 통해 기존 집계 통계 기반 추정치의 한계를 보완하고, 정밀 배출량 산정 체계로의 전환을 위한 핵심 기반을 제공하고자 한다.

연구는 크게 두 단계로 구성된다. 첫째, T-MAP 내비게이션 데이터와 DTG 데이터를 결합하여 Baseline 최적화 모델을 수립하였다. 최적화 과정에서는 궤적-링크 관계 행렬을 기반으로 궤적별 가중치를 추정하고, 관측·추정 교통량과의 차이를 최소화하는 목적함수를 설정하였다. L2 Loss와 L2 정규화를 결합하여 안정적이고 신뢰성 있는 해를 도출하도록 설계하였으며, 광역지자체 단위로 문제를 분할하여 연산 효율성을 확보하였다.

둘째, 생성형 AI 기반 합성 궤적을 Baseline 모델에 결합하여 데이터의 편향과 결측을 보완하였다. 구체적으로, 생성적 적대 모방 학습(GAIL), 역강화학습(IRL), 어텐션 기반 신경망(ARNN)과 같은 최신 궤적 생성 기법을 활용하여, 실제 데이터에서는 관측되지 않았지만 모집단 수준에서는 존재 가능한 다양한 주행 경로와 차종·연료 조합을 모사하였다. 합성 궤적은 특히 신설 도로, 저표본 지역, 특정 차종·연료군(예: 전기차, LPG)의 대표성 강화를 위해 활용되었다. 이를 통해 실측 궤적과 합성 궤적을 아우르는 하이브리드 교통량 DB를 구축하였다.

본 연구는 생성형 AI와 실제 궤적 기반 최적화 모델을 결합한 세분화 교통량 추정 프레임워크를 제시한다. 구축된 데이터베이스는 기존 관측치에 의존하던 교통량 추정 방식에서 벗어나, 더 정밀하고 포괄적인 방식으로 교통량을 산출할 수 있는 토대를 마련한다. 또한, 생성된 링크 단위 상세 교통량은 주행 특성(속도, 감가속, 경사도, 기온 등)을 반영하는 보정계수와 연계됨으로써, COPERT나 MOVES와 같은 해외 선진 배출량 산정 모델 수준의 정밀성을 국내 데이터 환경에서도 구현할 수 있게 한다. 나아가 이러한 접근은 향후 탄소 공간지도 구축, 지자체 단위 감축 전략 수립, 교통정책 평가에 실질적으로 기여할 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 탄소공간지도기반 계획지원 기술개발(과제번호 : RS-2023-00242291)의 지원을 받아 수행되었습니다.

비지도 이상치 탐지를 활용한 도시 교통 혼잡의 확산·회복 동역학 연구

Propagation and Recovery Dynamics of Urban Traffic Congestion using Unsupervised Anomaly Detection

유성민	박하늘	노치우	조성은	소재현
(아주대학교 D.N.A. 플러스융합학과 석사과정)	(아주대학교 D.N.A. 플러스융합학과 박사과정)	(아주대학교 D.N.A. 플러스융합학과 석사과정)	(아주대학교 D.N.A. 플러스융합학과 석사과정)	(아주대학교 교통시스템공학과 부교수)

도시 도로망에서 발생하는 사고나 차선 차단과 같은 비정상 사건은 국지적 병목을 넘어 네트워크 전반으로 확산·소산하는 복잡한 동역학을 유발한다. 기존 교통 지표는 특정 지점의 속도 저하나 지체를 관찰하는 데 효과적이지만, 혼잡이 언제 시작되어 얼마나 빠르게 퍼지고 어떤 속도로 회복되는지를 정량적으로 설명하기에는 한계가 있다. 본 연구는 이러한 간극을 메우기 위해, 비지도 이상치 탐지를 활용한 혼잡 식별과 시간·공간·위상 차원의 통합 분석 체계를 제안하였다.

연구는 SUMO(Simulation of Urban MObility) 기반 시뮬레이션을 통해 도시형 격자 도로망에서 정지 차량(블로커)을 주입하여 사고 상황을 재현하였다. 1초 단위로 수집된 차량 수, 점유율, 평균 속도, 밀도 등 고해상도 지표를 입력으로 하여 Isolation Forest 기법을 적용, 정상·비정상 상태를 구분하고 혼잡 링크를 자동 라벨링하였다. 이를 토대로 세 가지 축에서 분석을 수행하였다.

첫째, 시간적 분석에서는 네트워크 혼잡률 $c(t)$ 을 산출하고 지수이동평균 스무딩 및 적응 임계 검출을 통해 혼잡의 성장·회복 구간을 자동 식별하였다. 성장 구간 기울기는 혼잡 전파 속도(spread rate), 회복 구간 기울기는 복원 속도(recovery rate)로 해석되었으며, 리뉴얼 기반 추정을 통해 기초 전파율(R_0)과 시간가변 전파율(R_t)을 산출하였다. 초기 국면에서는 $R_t > 1$ 이 관찰되어 자기증폭적 확산을, 이후 $R_t < 1$ 로 전환되며 점진적 안정화를 확인하였다.

둘째, 공간적 분석에서는 사고 지점을 중심으로 거리 기반 impact zone을 정의하고 준별 혼잡률 곡선을 비교하였다. 내측 존에서 먼저 혼잡이 급증하고 외측 존에서 시차를 두고 확산되는 양상이 나타났으며, 준별 피크 크기 차이를 통해 혼잡 강도의 거리 기반 감쇠 특성이 도출되었다. 이를 바탕으로 세대 간격(generation time)과 거리 기반 R_t 가 산출되어 혼잡 확산의 도달 반경과 속도를 정량적으로 평가할 수 있었다.

셋째, 위상 구조 분석에서는 차선 인접 그래프를 구성해 혼잡 링크의 연결 성분을 추적하였다. 초기에는 작은 성분들이 다수 분산되어 있었으나, 시간이 지남에 따라 대규모 클러스터로 융합되는 현상이 관찰되었다. 평균·최대 클러스터 크기와 개수 변화는 네트워크 응집의 동역학을 보여주었고, 무작위 null 모델과의 비교를 통해 이러한 거대 성분 출현이 단순 확률적 현상이 아닌 구조적 응집임이 검증되었다.

결론적으로, 본 연구는 비지도 이상치 탐지를 활용한 혼잡 자동 식별을 출발점으로 하여, 혼잡의 확산과 회복 동역학을 시간·공간·위상 차원에서 종합적으로 규명하였다. 이는 단순한 정태적 지표를 넘어 혼잡의 동역학을 계량적으로 해석할 수 있는 새로운 틀을 제공하며, 운영 측면에서는 $R_t > 1$ 구간에서의 조기 개입과 개입 반경 설정, 기획 측면에서는 시나리오별 확산·복원 지표 비교를 통한 회복 탄력성 설계에 기여할 수 있다.

강화학습 기반 경로 인센티브 배정을 통한 교통 혼잡 완화

Reinforcement Learning-Based Route Incentive Assignment for Traffic Congestion Mitigation

이의진

(서울대학교 건설환경공학부
석박사통합과정)

이승현

(서울대학교 건설환경공학부
석박사통합과정)

김동규

(서울대학교 건설환경공학부
교수)

도시 교통 혼잡은 전 세계 대도시가 직면한 가장 심각한 사회적 문제 중 하나로, 매년 막대한 사회적 비용을 초래하고 있다. 교통 혼잡으로 인한 시간 손실, 에너지 소비 증가, 대기 오염 및 온실가스 배출 확대는 경제적 생산성 저하뿐만 아니라 지속가능한 도시 발전을 가로막는 중요한 장애 요인이다. 이에 따라 각국 정부와 학계에서는 다양한 혼잡 완화 전략을 모색해왔으며, 특히 교통수요관리(Transportation Demand Management, TDM) 정책은 도로 용량 증대가 아닌 수요 조절을 통해 혼잡을 근본적으로 완화하는 핵심적 대안으로 주목받아왔다. 기존 TDM의 대표적 수단인 혼잡 요금제(congestion pricing)는 이론적으로 효율적임에도 불구하고 사회적 수용성 문제와 형평성 논란에 직면하였다. 이에 대한 대안으로, 운전자에게 금전적 보상을 제공하여 비혼잡 시간대나 대체 경로로 이동을 유도하는 인센티브 기반 교통수요관리(Incentive-Based TDM, IBTDM) 전략이 제시되었다. 네덜란드 Spitsmijden 실험 등은 이러한 전략의 효과를 입증하며, 실제 혼잡 완화와 지속적인 이용자 행태 변화가 가능함을 보여주었다. 그러나 기존 연구는 주로 정적 최적화 모형이나 균형 기반 접근에 의존하여, 복잡하고 동적인 도시 교통망에서 나타나는 수요 변동성과 운전자 이질성을 충분히 반영하지 못한다는 한계가 있었다.

본 연구는 이러한 제약을 극복하고자 강화학습(Reinforcement Learning, RL)을 활용하여 경로 단위 인센티브를 동적으로 배정하는 새로운 프레임워크를 제안한다. 인센티브 배정 문제를 마르코프 결정 과정으로 정식화하고, 정책 학습에는 Proximal Policy Optimization (PPO) 알고리즘을 적용하였다. 강화학습 기반의 접근은 네트워크 전반의 상태 정보를 바탕으로 시뮬레이션과 상호작용하며 반복적으로 정책을 개선함으로써, 기존의 정적 모형이 해결하지 못했던 동적·불확실한 교통 상황에 적용할 수 있다. 또한 이용자 행태는 로짓 기반 확률적 경로 선택 모형과 이질적인 시간가치(Value of Time, VoT) 분포를 반영하여, 인센티브에 따른 실제적이고 다양한 운전자 반응을 모형화하였다.

연구 방법론은 SUMO 기반 메조스코픽 시뮬레이션 환경에서 Nguyen-Dupuis 네트워크를 적용하여 검증되었다. 정책은 180초 단위로 네트워크 상태를 관찰하고 OD쌍별 인센티브를 배정하였으며, 운전자들은 각 시점의 효용에 따라 최소통행시간(MTT) 경로나 최소한계비용(MMC) 경로를 선택하도록 설정되었다. 분석 결과, 강화학습 기반 정책은 기준선 시나리오 대비 총 시스템 통행시간(Total System Travel Time, TSTT)을 약 4.93% 감소시켰으며, 특히 첨두 시간대에 발생하는 병목 구간의 지체 현상을 효과적으로 완화하였다. 평균 경로 길이 증가는 15m에 불과하여 사용자 불편이 최소화되었고, 인센티브 비용은 학습 초기에는 다소 높았으나 점차 감소하여 안정적인 2,000 USD 수준에 도달하였다. 또한, 정책 적용으로 이용자 순응률이 18%에서 35%로 증가하여, 보상 기반 정책이 실제 운전자 행태 변화를 유도함을 확인하였다.

본 연구의 기여는 세 가지 측면에서 요약될 수 있다. 첫째, 기존의 정적·균형 기반 모형을 넘어, 강화학습을 활용한 적응형 인센티브 정책 학습을 제시하였다. 둘째, 학습된 정책의 동작 원리를 해석함으로써 정책 구조 분석과 경제적 효율성 검증에 동시에 달성하였다. 셋째, SUMO 시뮬레이션과의 결합을 통해 강화학습 정책이 실제 교통 운영 환경에서도 적용 가능한 가능성을 입증하였다. 이러한 결과는 향후 대규모 도시 네트워크, 돌발 교통사고, 수요 급등 등 불확실성이 높은 상황에서도 확장될 수 있으며, 실시간 교통 관리 시스템과 연계하여 보다 현실적인 적응형 인센티브 기반 교통 운영으로 발전할 수 있다.

사사: 본 연구는 2025년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원(No.092021C28S02000)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No.2022R1A2C2012835)을 받아 수행되었고, 아울러 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업을 통한 지원을 받았습니다.

고속도로 지점 소통정보 가공의 지수이동평활 계수에 관한 연구

Study on the Exponentially Weighted Moving Average Smoothing Coefficient for Processing Freeway Spot Traffic Information

문시현
(아주대학교 박사과정)

황경훈
(엠큐닉 이사)

소재현
(아주대학교 교수)

윤일수
(아주대학교 교수)

본 연구는 신갈JC - 서울TG 구간을 대상으로 VISSIM을 이용해 결측·오염이 없는 기준 속도 시계열을 구축하고, 여기에 난수 기반으로 설계한 강·중·약의 노이즈를 주입한 뒤, 시간대를 속도 급변·안정·혼잡으로 구분하여 지수이동평활의 평활화 계수 α 를 변화시키며 RMSE와 MAPE로 성능을 비교·평가하였다. 분석 결과, 속도 급변 구간과 안정 구간에서는 작은 α 가 일관되게 낮은 오차를 보여 노이즈 억제 관점에서 우세하였고, 혼잡 구간에서는 노이즈 수준에 따라 최적 α 의 방향이 달라지는 상태 의존성이 확인되었다. 이는 단일 고정값($\alpha=0.7$)을 전 시간대·전 상태에 일률 적용할 경우 특정 구간에서 과평활에 따른 지연 또는 과민반응에 따른 잡음 통과로 오차가 커질 수 있음을 의미한다. 따라서 지수이동평활의 적용은 고정 계수 전체에서 벗어나야 하며, 구간별 신호대잡음비와 변동계수를 실시간으로 산정해 α 를 상태·노이즈 수준에 따라 조정하는 방식이 합리적이다. 신호대잡음비가 1 미만이거나 변동계수가 큰 상황에서는 작은 α 로 노이즈 완화를 우선하고, 신호대잡음비가 1 이상이면서 변동계수가 낮은 혼잡 국면에서는 α 를 상향해 추세 반응성을 확보하는 규칙 기반 운용이 타당하다는 결론에 도달하였다.

향후 연구는 본 연구의 결과를 바탕으로 운영 적용성을 높이기 위한 방향으로 이어져야 한다. 첫째, 본 연구가 한 구간·한 기기에 대해 시뮬레이션 기반으로 수행 되었기 때문에 이 다양한 노선·기기·계절 및 수요 수준에서도 유지되는지, 보다 광범위한 현장 자료를 통해 검증하는 연구가 필요할 것으로 보인다. 둘째, 평활화 성능을 RMSE·MAPE 중심의 평가 프레임뿐만 아니라, 실제 운영에서 중요한 지연·변화점 추종성 등 결과 해석의 폭을 넓히는 지표 체계를 마련할 필요가 있다. 셋째, 상태별·시간대별로 신호 변동성과 노이즈 수준이 상이하다는 본 연구의 결론을 바탕으로, 고정 계수 대신 상태를 구분해 적용하는 계수 정책의 실무 가이드라인을 정립하고, exTMS 서비스 품질(예: 소통정보 정확도·안정성)에 미치는 효과를 체계적으로 점검하는 후속 연구가 요구된다. 마지막으로, 시스템 환경과 계산 자원의 발전을 고려할 때, 실시간 처리 제약 하에서의 적용 가능한 최신 평활 기법들을 정량적으로 평가해 기존 알고리즘을 강화할 필요가 있다.

사사: 이 논문은 2025년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 092021C29S01000, 네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발).

부분 관측 궤적 데이터를 활용한 경로 수준 교통량 예측 프레임워크

Path-level Traffic Prediction Framework Using Partially Observed Trajectory Data

이승현

(서울대학교 박사과정)

김동규

(서울대학교 교수)

차량의 이동 경로를 정확하게 예측하는 것은 교통 운영과 지능형 교통체계 분야에서 점차 중요한 과제로 부상하고 있다. 기존 연구는 대체로 두 가지 방향으로 나뉜다. 첫째는 3초에서 5초 이내의 짧은 시간 범위를 대상으로 개별 차량의 세밀한 움직임을 정밀하게 추정하는 미시적 궤적 예측, 둘째는 이들을 집계하여 링크 단위의 교통량이나 평균 속도 등 거시적 교통 상태 지표를 산출하는 방식이다. 그러나 실제 도시 교통 운영에서는 이 두 접근 사이에 위치한 중간 수준의 경로 예측이 요구된다. 이러한 예측은 개별 차량의 장기적인 궤적을 다루면서, 교차로 간 상호작용을 반영할 수 있어야 한다. 도시 환경에서는 모든 차량을 관측하는 것이 어렵고, 낮은 프로브 차량 시장 점유율로 인해 궤적 정보가 단편적으로 수집되는 경우가 많다. 이로 인해 교차로 도착 시간이나 경로별 교통량과 같은 교통 시스템 운영에 필요한 지표를 안정적으로 예측하는 데 한계가 있다. 또한 기존의 많은 연구는 결측이 적은 완전 관측 데이터를 전제로 설계되어 있어, 부분 관측 환경에서는 성능 저하와 신뢰성 문제가 발생할 수 있다.

본 연구는 상술한 한계를 극복하고, 제한적인 프로브 차량 데이터만으로도 경로 수준의 교통량 예측을 가능하게 하는 중시적인 경로 예측 모델을 제안하는 데 있다. 구체적으로는, 단편적으로 관측된 궤적 데이터를 네트워크 수준의 경로 추론 문제로 전환하고, 교차로 간의 상호작용 및 도로망 구조를 통합적으로 고려할 수 있는 트랜스포머 기반의 예측 프레임워크를 설계하였다. 본 연구는 개별 차량의 세밀한 궤적을 복원하려는 기존 접근과 달리, 제한된 관측 정보로부터 추출 가능한 공간·시간적 패턴을 활용하여 경로 수준의 이동 양상을 예측하는 데 중점을 둔다.

본 연구에서는 아테네 도심에서 드론을 통해 수집된 대규모 차량 궤적 데이터셋인 pNEUMA를 활용하였다. 전체 차량 중 10%만을 프로브 차량으로 설정하여 저점유율 환경을 구현하였다. 분석 단위는 5분으로 설정하여, 먼저 관측 구간 동안의 프로브 차량 이동을 집계한 뒤 이를 토대로 이후 5분 동안의 경로 수준 궤적을 예측하는 것을 목표로 하였다. 본 연구는 개별 차량의 세밀한 궤적 복원이 아니라, 교차로 도착 시간과 경로 선택에 따른 경로 수준의 교통량을 산출하는 데 중점을 두었다. 추가로 궤적의 유사도 기반 손실 함수를 추가하여 중간 결측이 발생한 궤적에서도 경로 예측을 수행할 수 있는 특징을 포착할 수 있도록 하였다. 이러한 접근은 관측 데이터가 불완전하더라도 잠재 공간에서 차량의 이동 패턴을 학습할 수 있게 하여, 개별 차량의 경로를 추정하고 나아가 집계 수준의 운영 지표까지 도출할 수 있도록 한다.

실험 결과, 제안된 트랜스포머 기반 모델은 10%의 저점유율 환경에서도 F1 스코어 0.73의 높은 예측 성능을 보였다. 특히 개별 차량의 교차로 도착 시간 예측에서 기존 시계열 예측 모델(LSTM: 0.60, GRU: 0.65) 대비 21% 낮은 오차를 기록했으며, 교차로 순열 수준의 궤적 추정에서도 정밀도 0.75의 높은 결과를 나타냈다. 또한 dynamic time warping 기반으로 궤적의 유사도를 평가하여 잠재 공간을 학습하였을 때 약 5.8%의 정확도 향상(0.69→0.73)을 보여, 단편적인 데이터로부터도 차량 이동 패턴을 효과적으로 학습할 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 제안된 모델이 불완전한 입력 정보를 잠재 공간에서 보완적으로 표현하고, 전통적인 시계열 예측 모델 대비 13-21% 성능 향상을 통해 경로 단위의 예측을 강화할 수 있음을 보여준다.

본 연구는 저점유율 프로브 차량 데이터라는 제한된 데이터 환경에서도 효과적인 경로 예측을 가능하게 하는 모델을 제안하였다. 본 연구에서 제안한 모델의 예측 결과는 경로 수준의 교통량 예측을 통해 네트워크 수준에서 경로간의 통행 우선순위를 산출함으로써 교통 신호를 경로 수준으로 연동하는데 활용될 수 있다. 향후에는 더 광범위한 네트워크에서 신호 연동 시스템과 연계하여 본 연구의 활용가능성을 평가하고, 경로 안내 및 속도 제어와 같은 협력적 교통 관리 전략과의 통합을 실험할 필요가 있다.

사사: 이 연구는 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었으며, 2025년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터(No. 092021C28S02000), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(No. 2022R1A2C2012835), 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단(No. RS-2025-25433225)의 지원을 받아 수행된 연구임.

시뮬레이션

Session

A-4

차량 재배치 전략을 반영한 DRT 배차 시뮬레이션 및 최적화 모델 연구

탁해성, 박무열

특수 목적 자율주행 차량을 위한 시뮬레이터 비교 분석

이지훈, 문창주

통신과 서비스 계층 Co-simulation을 통한 분산혼잡제어의 Platooning 서비스 영향 분석

전용화, 문철

Sim-to-Real Gap 완화를 위한 고정밀 모빌리티 디지털 트윈 개발

박영서, 차민수, 이한빈, 김태균

차량 재배치 전략을 반영한 DRT 배차 시뮬레이션 및 최적화 모델 연구

Simulation-Based Optimization of Demand-Responsive Transit Dispatch with Vehicle Rebalancing

탁해성

(씨엘모빌리티 책임)

박무열

(씨엘모빌리티 대표이사)

수요응답형 교통(Demand Responsive Transit, DRT)은 고정된 노선과 정류장에 구애받지 않고 이용자의 요청에 따라 탄력적으로 운행되는 교통 서비스로, 대중교통 사각지대 해소와 교통 효율성 제고의 대안으로 주목받고 있다. 그러나 DRT 서비스의 성패는 배차 알고리즘에 크게 좌우되며, 실제 운영에서는 특정 지역에 차량이 과도하게 몰리거나 공차 회송이 발생하여 고수요 지역의 배차 실패와 저수요 지역의 과잉 대기가 동시에 나타나는 불균형 문제가 발생한다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 차량 재배치(Vehicle Rebalancing) 전략을 도입하고, 이를 대기시간·이동거리·실차율·우회율·합승 여부를 포함한 다목적 배차 최적화 모델과 통합하였다. 제안 모델은 단순히 요청 발생에 따라 차량을 배정하는 기존 방식에서 벗어나, 일정 시간 이상 대기한 차량을 재배치 대상으로 선정하고, 재배치 빈도를 제어하기 위해 쿨타임을 적용함으로써 공차율 증가를 억제하면서도 고수요 지역의 배차 안정성을 확보한다.

실험은 인천 영종도 지역의 2020년 I-MOD 실제 서비스 로그 데이터(일일 778건 요청)를 활용하여 수행되었으며, 8대 차량 투입 조건 하에서 네 가지 전략(대기시간 최소화, 이동거리 최소화, 복합 전략, 복합 전략+재배치)을 비교하였다. 평가 지표로는 배차 성공률, 평균 대기시간, 평균 이동거리, 시간 실차율, 거리 실차율을 사용하였다. 실험 결과, 단일 전략은 특정 지표에서는 강점을 보였으나 전체 균형 면에서는 한계를 드러냈다. 대기시간 최소화 전략은 응답성은 높았으나 공차율이 증가했고, 이동거리 최소화 전략은 거리 실차율은 87.79%로 가장 높았으나 평균 이동거리가 늘어나 승객 불편을 초래하였다. 복합 전략은 전반적으로 안정적인 성능을 보였으나, 특정 지역의 수요 불균형 문제는 여전히 남아 있었다. 반면, 복합 전략+재배치 모델은 배차 성공률 91.65%와 평균 대기시간 29.74분으로 가장 우수한 성과를 보였으며, 시간 실차율 또한 62.74%로 개선되어 이용자 편의성과 운영 효율성을 동시에 달성할 수 있는 최적의 대안임이 확인되었다.

본 연구는 단일 전략 중심의 기존 DRT 배차 알고리즘의 한계를 보완하고, 재배치 전략을 통합함으로써 수요 변동성 및 지역 간 불균형 문제에 대응할 수 있는 실질적 운영 모델을 제시하였다. 향후 연구에서는 기상·이벤트 등 외부 요인을 반영한 실시간 수요 예측 모델과의 연계, 비용 및 환경 요소를 고려한 지속 가능성 평가, 다지역·장기 데이터를 활용한 확장 검증, 그리고 강화학습 기반의 동적 가중치 조정 모델 개발을 통해 본 연구의 확장성을 확보하고자 한다. 이를 통해 제안 모델은 도시형·농촌형 DRT 및 자율주행 기반 MOD 서비스 등 다양한 스마트 모빌리티 환경에서 활용 가능성이 높을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 한영공동R&D과제인 “모빌리티원: AI 기반 수요예측 및 의사결정을 위한 공공교통 디지털트윈 (P0025822)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

특수 목적 자율주행 차량을 위한 시뮬레이터 비교 분석

A Comparative Analysis of Simulators for Special-Purpose Autonomous Vehicle

이지훈

(건국대학교 학부과정)

문창주

(건국대학교 교수)

이 연구는 군사 작전, 재난 구조 등 특수 목적 자율주행 차량에 최적화된 시뮬레이션 플랫폼을 선정하기 위한 비교 분석을 다룬다. 기존 자율주행 연구는 주로 상세한 도시 환경과 교통 상황을 제공하는 CARLA와 같은 시뮬레이터를 표준 플랫폼으로 활용해왔지만, 이러한 시뮬레이터들은 포장도로 주행에 최적화되어 있어 비정형 지형, 급격한 경사, 진흙이나 모래 같은 변형 가능한 노면 등 예측 불가능한 험지(off-road) 환경을 정밀하게 모사하는 데 명확한 한계를 가진다. 이에 이 연구는 특수 목적 자율주행 시뮬레이터가 갖춰야 할 두 가지 핵심 요구사항을 ‘복잡한 동역학의 정밀한 모사’와 ‘특수 센서 지원 및 확장성’으로 정의했다. 첫째는 불규칙한 노면으로 인한 서스펜션의 움직임이나 타이어와 지면 간의 상호작용을 현실적으로 반영하는 능력이고, 둘째는 야간 수색 등에 필수적인 열화상 카메라처럼 일반 차량에 탑재되지 않는 센서를 지원하거나 사용자가 직접 모델을 추가할 수 있는 기능이다. 이 기준을 바탕으로 CARLA, Gazebo, NVIDIA Isaac Sim 세 가지 시뮬레이터를 심층 비교하여 험지 자율주행 연구에 가장 적합한 플랫폼을 선정하고자 했다. 각 시뮬레이터는 뚜렷한 장단점을 보이는데, CARLA는 언리얼 엔진 기반으로 시각적 사실감이 매우 높지만 험지 동역학 모사가 어렵고 특수 센서를 지원하지 않는 한계가 있다. Gazebo는 로봇 운영체제(ROS)와의 통합성이 뛰어나고 플러그인 형태로 열화상 카메라를 지원하는 등 확장성이 높지만, 그래픽 품질이 상대적으로 떨어진다. 반면 NVIDIA Isaac Sim은 GPU 가속을 지원하는 PhysX 5 물리 엔진과 RTX 렌더링 기술을 통합하여 가장 뛰어난 시각적 현실감과 강체 동역학 시뮬레이션 성능을 제공한다. 특히 PhysX Vehicle SDK를 통해 상세한 차량 파라미터 설정이 가능해 불규칙한 강체 지형 주행 시뮬레이션에 강점을 보인다. 분석 결과를 종합하면, 단일 시뮬레이터가 모든 요구사항을 완벽히 만족시키지는 못했다. ROS 호환성과 열화상 카메라 지원이 최우선이라면 Gazebo가 합리적인 선택이 될 수 있다. 하지만 사실적인 데이터를 기반으로 AI 모델, 특히 강화학습 파이프라인 구축이 핵심 목표일 경우 NVIDIA Isaac Sim이 가장 강력한 이점을 가진다고 결론 내렸다. Isaac Sim은 Replicator를 통한 합성 데이터 자동 생성과 Isaac Lab을 통한 대규모 병렬 강화학습 환경을 플랫폼 내에 통합하여, 데이터 수집부터 학습, 검증까지 전 과정을 효율화하고 개발 속도를 획기적으로 단축시키는 효과를 가져온다. 이는 학습 데이터 확보가 어렵고 빠른 실전 투입이 중요한 군사 작전 같은 특수 목적에 특히 적합하다. 이 연구는 각 시뮬레이터의 공식 문서와 기존 연구에 기반한 정성적 비교이며, 향후 동일 조건의 자율주행 에이전트를 각 플랫폼에서 학습시켜 성능을 정량적으로 비교 분석하는 후속 연구를 진행할 계획이다.

사사: 본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된『대학혁신지원사업』의 연구결과입니다.

통신과 서비스 계층 Co-simulation을 통한 분산혼잡제어의 Platooning 서비스 영향 분석

Analysis of the Impact of Distributed Congestion Control on Platooning Services through
Communication and Service Layer Co-simulation

전용화

(한국교통대학교 전자공학과 석사과정)

문철

(한국교통대학교 전자공학과 교수)

본 연구는 차량 간 협력 주행(플래투닝)에서 통신 품질이 주행 안정성에 미치는 영향을 분석하고, 분산 혼잡 제어(Distributed Congestion Control, DCC)의 효과를 검증하는 것을 목표로 한다. 플래투닝은 도로 용량 향상과 연료 절감, 안전성 제고에 기여할 수 있으나, 통신 혼잡이나 간섭으로 인해 리더 차량의 정보가 제때 팔로워 차량에 전달되지 않으면 군집 안정성이 저하될 수 있다. 이에 따라 본 연구는 차량 거동 시뮬레이터(VISSIM)와 무선 통신 시뮬레이터(WiLabV2Xsim)를 연동한 코시뮬레이션 환경을 구축하여, 다양한 차량 밀도 조건에서 DCC 적용 여부가 플래투닝 성능에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다.

방법론적으로, VISSIM은 리더 - 팔로워 간 주행 거동을 모델링하고, WiLabV2Xsim은 NR V2X sidelink 기반 통신 환경을 재현하였다. 리더 차량의 속도 변화를 참조 메시지(v_{ref}) 형태로 생성하여 팔로워 차량에 전달하였고, 수신 성공 여부에 따라 팔로워 차량의 목표 속도가 갱신되도록 설계하였다. 또한 채널 혼잡을 모사하기 위해 더미 차량을 추가하고, DCC 활성화 여부(ON/OFF) 및 차량 밀도(100, 300, 500 veh/km)를 변수로 설정하였다.

실험 결과, 저밀도(100 veh/km) 환경에서는 DCC의 효과가 미미하거나 오히려 전송 주기 제한으로 인한 성능 저하가 일부 관찰되었다. 반면 중·고밀도(300, 500 veh/km) 환경에서는 DCC가 혼잡 완화를 통해 패킷 전달률(PDR)을 유의하게 개선하는 것으로 나타났다. 다만 평균 패킷 간격(IPG)이 늘어나면서 정보 갱신 주기가 지연되는 트레이드오프가 확인되었다. 특히 500 veh/km 조건에서 DCC는 손실률을 완화했지만, IPG가 길어져 속도 갱신 지연이 발생하였다. 차량 거동 측면에서는, DCC 미적용 시 팔로워 차량이 리더 속도를 원활히 추종하지 못하고 불안정한 곡선을 보였으나, DCC 적용 시 속도 추종이 매끄럽고 빠르게 수렴하였다.

또한 혼합 적용 시나리오(더미 차량에만 DCC 적용, 플래툰 차량은 비적용)에서 가장 우수한 결과가 나타났다. 이는 배경 간섭은 줄이면서도 플래툰 내부 링크의 전송 주기는 유지하여 패킷 공백을 최소화했기 때문이다.

종합적으로, 본 연구는 플래투닝 성능이 단순히 통신 기술 도입 여부가 아니라 네트워크 상태와 차량 역할에 따라 통신 정책을 차별적으로 적용하는 전략에 의해 크게 좌우됨을 보여주었다. 따라서 향후 V2X 기반 협력 주행 시스템 설계에서는 DCC와 같은 혼잡 제어 기법을 일괄 적용하기보다, 서비스 중요도와 네트워크 상황에 따른 동적·차별적 정책이 필요함을 제안한다.

사사: 본 연구는 2025년 한국교통대학교 지원을 받아 수행하였음

Sim-to-Real Gap 완화를 위한 고정밀 모빌리티 디지털 트윈 개발

Development of a high Fidelity Mobility Digital Twin for mitigating the Sim-to-Real Gap

박영서	차민수	이한빈	김태균
(한국과학기술원 KAIST 모빌리티 연구소 연구원)	(한국과학기술원 KAIST 모빌리티 연구소 연구원)	(한국과학기술원 KAIST 모빌리티 연구소 연구원)	(한국과학기술원 KAIST 모빌리티 연구소 책임연구원)

디지털 트윈(Digital Twin)은 현실에서 수집된 데이터를 기반으로 가상 공간을 구현하여 모의실험(simulation)을 수행하고, 이를 통해 분석과 예측을 가능하게 하며 다양한 분야에서 의사결정을 지원하는 첨단 기술이다. 최근에는 교통 인프라, 스마트 시티(smart city), 차량과 인프라 간 통신(Vehicle-to-Everything, V2X) 기반 모빌리티 등 다양한 영역에서 디지털 트윈 연구가 활발히 전개되고 있다. 그러나 첨단 기술 분야에서는 시뮬레이터 기반 모델을 실제 환경에 적용했을 때 발생하는 오차, 즉 시뮬레이션-현실 격차(Simulation-to-Real Gap)로 인한 신뢰성 저하 문제가 지속적으로 제기되고 있다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 드론 영상과 수치표면모델(Digital Surface Model, DSM)을 활용하여 고정밀 3차원 모델을 구축하고, 항공영상에서 추출한 데이터를 바탕으로 고도 정합을 수행하였다. 더 나아가, VISUM 기반 시뮬레이션 기반 할당(Simulation-Based Assignment, SBA) 과정을 통해 교통수요를 산정하고 행렬 보정을 수행하였으며, 이를 VISSIM과 연동하여 실제 교통 데이터 및 신호 체계를 반영하였다. 또한, VISSIM에서 추출한 차량 궤적을 자동화하여 게임 엔진과 통합함으로써 현실을 정밀하게 재현한 모빌리티 디지털 트윈(Mobility Digital Twin, MDT)을 개발하였다.

구축된 MDT 모델은 충청남도 내포신도시를 대상으로 하며, 약 5 km² 연구 범위 내에 27 km 도로망과 69개 신호 교차로를 포함하고 있다. 가상 시뮬레이션 시각화 분석 결과, 시뮬레이션-현실 격차(Simulation-to-Real Gap)를 완화하는 효과가 확인되었으며, 이는 자율주행(Autonomous Driving) 및 차세대 지능형 교통체계(Cooperative-Intelligent Transport Systems, C-ITS) 등 미래 모빌리티 기술 검증에서의 활용 가능성을 보여준다.

본 연구는 정량적 지표 산출보다는 디지털 트윈 모델의 개념적·구조적 구현에 중점을 두었으며, 이를 통해 향후 교통 운영 시나리오 분석, 자율주행차량 안전성 검증, 그리고 차세대 지능형 교통체계(Cooperative-Intelligent Transport Systems, C-ITS) 성능 평가 등 다양한 응용 연구로 확장될 수 있다. 특히, 제안된 모빌리티 디지털 트윈(Mobility Digital Twin, MDT) 플랫폼은 스마트 인프라 운영 최적화, 에너지 효율적 신호 제어, 재난 대응 시뮬레이션 등으로의 적용 가능성을 갖추고 있어, 교통 시뮬레이션을 넘어 실질적인 의사결정 지원 도구로 기능할 수 있음을 보여준다.

대중교통

Session

A-5

이용자 관점에서 본 경기도 김포시 버스 이용 환경 개선 방안

김강산, 박지현

버스 정시성 평가를 통한 BRT정책 효과 분석

정지호, 김회경

대중교통 서비스 지표 개발을 통한 지역격차 분석

이지오, 김상국, 최문영, 서지훈, 오시몬

유사날짜 클러스터링 기법을 이용한 서울시 버스 운행 스케줄 적합성 평가

김지원, 김푸르미, 윤규근, 김동규

이용자 관점에서 본 경기도 김포시 버스 이용 환경 개선 방안

A Study on Improving the Bus Environment in Gimpo City
from the Perspective of Field Users

김강산

(청년희망팩토리 사회적협동조합 이사)

박지현

((주)비온 대표이사)

경기도 김포시는 「행정안전부 주민등록 인구통계(2024)」에 따르면 2024년 7월 기준 인구가 486,128명으로, 2005년 대비 약 134.5% 증가하였다.

그러나 급격한 인구 증가에도 불구하고 교통 인프라는 이에 부응하지 못하고 있으며, 「2023 김포시 사회조사」 결과 생활 불편 요인으로 '교통'이 60.6%로 가장 높게 나타났다. 또한 「2035 김포도시기본계획(2022)」은 향후 목표 인구를 73만 명으로 설정하고 있어 교통 문제 해결의 시급성이 더욱 부각된다.

본 연구는 2024년 6월부터 8월까지 김포시 주요 대중교통 시설과 정류장을 대상으로 현장 조사를 실시하고, 7월부터 8월까지 현장 조사 참여자와 생활인구 182명을 대상으로 설문조사를 수행하였다. 현장 조사 결과, 버스 차내 정류소 안내 모니터가 일부 노선에서 설치되어 있으나 운영이 이루어지지 않는 경우가 다수 확인되었고, 복잡하고 비직관적인 버스 노선 체계도 문제점으로 지적되었다. 설문조사에서는 현장 조사 참여자와 설문 조사 참여자 모두 '버스 배차간격'(거주자 19%, 활동자 21%)을 주요 불편 요인으로 선택하였으며, 개선 과제로는 '배차간격 단축'과 '이용하기 쉬운 노선 체계 개편'이 우선적으로 제시되었다.

이러한 결과는 김포시의 대중교통 서비스가 이용자 관점을 충분히 반영하지 못하고 있음을 보여준다. 향후 지속가능한 버스 운영을 위해서는 차내 모니터 운영을 통한 정류소 정보 제공과 광고 기반의 자원 확보, 행정구역 단위의 권역 세분화를 통한 노선 체계 개편이 요구된다. 다만 본 연구는 버스를 중심으로 분석이 이루어졌고, 철도 및 친환경 교통 인프라 분석이 부족하다는 한계를 가진다. 후속 연구에서는 교통수단별 통합 분석과 심층 설문조사를 통해 보다 구체적인 정책적 시사점을 제시할 필요가 있다.

사사: 본 연구물은 재단법인 한마음재단의 지원을 받아 수행되었습니다.

버스 정시성 평가를 통한 BRT정책 효과 분석

Analyzing the Policy Effectiveness of BRT through Bus Service Punctuality Evaluation

정지호

(동아대학교 도시계획·조경학과 석사과정)

김희경

(동아대학교 도시공학과 교수)

본 연구는 BRT(Bus Rapid Transit) 구간과 Non-BRT 구간의 정시성을 실증적으로 비교·평가하기 위해 수행되었다. 국내에서는 대중교통 수송분담률을 높이기 위해 다양한 정책적 노력이 지속되어 왔다. 그중에서도 버스 경쟁력 강화를 위한 정부의 대표적인 전략이 BRT 도입이다. BRT는 중앙전용차로를 운영함으로써 이동시간을 단축시키는 효과를 거두었으나, 여전히 버스 수송분담률 확대를 이끌 만큼 이용자 만족도가 충분히 확보되지 못한 상황이다. 대중교통 특히, 버스의 이용만족도 요인을 분석한 연구들에서 정시성이 핵심지표라는 것을 선행연구들을 바탕으로 확인하였으며, 이 때문에 버스 이용 유도를 위해서는 정시성을 개선하는 것도 중요한 부분이라는 것을 확인하였다. 이에 따라 본 연구는 BRT구간과 Non-BRT구간의 정시성을 정량적으로 비교·분석하고자 하였다.

정시성이란 동일한 노선의 버스가 일정한 차두 간격을 유지하며 도착하는 정도를 의미하며, 대중교통 운영의 신뢰성과 안정성을 나타내는 중요한 지표이다. 본 연구에서는 버스 운행기록계(DTG, Digital Tacho Graph)에서 수집된 초 단위 데이터를 활용하여 구간에 대한 주행시간을 산출하고, 이를 토대로 정시성을 분석하였다. 정시성의 지표로는 변동계수(CV, Coefficient of Variation)를 선정하였으며, CV는 평균 대비 표준편차의 비율을 나타내는 무차원 지표로 값이 클수록 주행시간의 변동성이 크고 정시성이 낮음을 의미한다.

분석 결과, BRT 구간의 CV는 0.155, Non-BRT 구간의 CV는 0.217로 나타나 Non-BRT 구간의 정시성이 더 낮은 것으로 확인되었다. 이는 Non-BRT 구간이 BRT 구간에 비해 약 40% 더 큰 변동성을 보였다는 의미이다. 다만 본 연구에서는 이러한 차이가 발생한 구체적인 원인을 실증적으로 규명하지는 못하였다. 일반적으로는 BRT 구간이 중앙차로제를 기반으로 운영되어 일반차량 혼잡의 영향을 덜 받기 때문에 정시성이 더 안정적으로 유지되는 것으로 추측할 수 있으나, 이는 후속 연구에서 보다 정밀한 요인 분석을 통해 검증이 필요하다.

결론적으로, 본 연구는 초 단위 DTG 데이터를 활용하여 BRT의 정시성 향상 효과를 실증적으로 검증했다는 점에서 의의가 있다. 이는 향후 부산시의 BRT 확충 및 혼잡구간 관리 정책 수립에 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 다만 CV는 상대적 변동성을 나타내는 지표이므로 절대적인 기준을 제시하지는 못하며, 따라서 BRT 내부에서도 정시성의 안정성을 높이는 요인과 취약성을 남기는 요인을 추가적으로 규명하는 후속 연구가 필요하다.

사사: 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다(NRF-2025-0575, RS-2025-16069618).

대중교통 서비스 지표 개발을 통한 지역격차 분석

Assessing Regional Disparity using Public Transit Accessibility Index

이지오	김상국	최문영	서지훈	오시문
(고려대학교 미래모빌리티학과 학사과정)	(고려대학교 미래모빌리티학과 석사과정)	(한국교통연구원 모빌리티융합기술 본부 연구원)	(한국교통연구원 모빌리티융합기술 본부 부연구위원)	(고려대학교 미래모빌리티학과 부교수)

본 연구에서는 대중교통 서비스 수준을 하나의 종합 지표로 정량화하여 지역 간 격차를 진단·비교하기 위한 지표 체계를 제안한다. 종합 지표는 공간 내 이용자가 주어진 시간 동안 이동 가능한 평균 공간 범위로 정의함으로써, 대중교통 이용의 효율성과 접근성을 직관적으로 측정할 수 있으며, 지역 간 비교를 통해 지역격차를 효과적으로 분석할 수 있다.

대중교통 서비스 지표(Public Transit Accessibility Index, 이하 PTAI)는 (1) 기종점 평균 통행시간(AODT)과 (2) 단위시간 내 유효 접근 공간 범위(CAT)를 측정을 통해 계산 가능하며, 본 연구에서는 부동산빅데이터플랫폼에서 공개한 격자기초데이터와 버스기종점통행시간 데이터를 전국 공간 분석을 위한 실데이터로서 활용한다. 분석 과정에서는 공간상 지역 내 인구 규모에 따른 대중교통 서비스 수준 간 관계를 살펴봄으로써 대중교통 서비스의 지역격차를 설명한다.

측정 결과, 서울시의 경우 인구밀도가 높은 지역에서는 낮은 인구밀도 지역에 비해 보다 넓은 공간범위(CAT)에 대해 효율적인 통행(AODT)이 가능한 것으로 측정되어 지역 간 서비스 수준(PTAI)의 차이를 보이는 것으로 나타났다. 한편, 전국 17개 시도에 대한 지역 간 비교에서는 서울·경기·인천·대구 등 일부 대도시권에서는 광범위한 대중교통 접근이 가능하지만, 강원을 비롯한 지방부는 대중교통 접근성이 상대적으로 취약한 것으로 측정되었다. 특히, 지방부에서의 인구밀도가 낮은 지역에서는 동일한 조건의 대도시권에 비해 대중교통을 이용하여 접근할 수 있는 공간 범위가 크게 제한되어 지역격차의 차이를 확대되는 것으로 분석된다. 이는 수도권/대도시권에서의 대중교통 서비스에 대한 공간적 동질성은 높으나, 지방부에서는 인구밀도와 입지에 따른 서비스 수준의 편차가 큰 것으로 풀이된다.

본 논문에서 제시된 거시적 측정 방법은 대중교통 수준을 체계적으로 분석하는 데 활용될 수 있으며, 취약 지역에 대한 효과적인 식별을 통해 지역 간 대중교통 공급 정책을 마련하는 데 도움이 될 수 있다. 향후, 미시적 수준에서의 후속 연구를 통해 대중교통 노선이나 환승 등 개별 이용자의 이동 특성을 반영한 종합 지표를 마련함으로써 지표체계의 완성도를 높이는 노력을 지속할 필요가 있다.

사사: 이 연구는 한국교통연구원 연구개발적립금 사업의 지원(No. 51-25-004)과 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행되었습니다(No.RS-2024-00459703).

유사날짜 클러스터링 기법을 이용한 서울시 버스 운행 스케줄 적합성 평가

Evaluation of Seoul bus operation schedules using similar day-type clustering

김지원 (서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)	김푸르피 (서울대학교 건설환경공학부 박사과정)	윤규근 (서울대학교 건설환경공학부 조교수)	김동규 (서울대학교 건설환경공학부 교수)
--------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------

서울시 버스 노선의 약 67.1%는 평일과 주말(토요일 및 공휴일)을 단순히 구분하는 이분법적 운행 스케줄을 적용하고 있다. 그러나 이러한 방식이 실제 승객 수요를 충분히 반영하고 있는지에 대한 검토가 부족하다. 잘못된 스케줄링은 과잉공급으로 인한 운영 낭비, 또는 공급 부족으로 인한 승객 불편을 초래할 가능성이 있다. 버스 운영의 효율성을 높이기 위해서는 수요 기반의 운행 스케줄 평가가 필요하다.

이 연구의 목적은 서울시 버스 운행 스케줄이 실제 승객 수요 패턴을 충분히 반영하는지를 검증하고, 이를 개선할 수 있는 새로운 기준을 제시하는 데 있다. 날짜별 수요 변화를 분석하고, 유사 패턴을 보이는 날짜들을 군집화하여 새로운 기준을 도출하고자 한다. 새로운 기준은 복잡하지 않으면서도 실제 수요 변화를 효과적으로 반영할 수 있도록 설계하며, 운영자가 현장에서 쉽게 이해하고 적용할 수 있다는 점을 중시한다. 나아가 수요-공급 불균형 해소와 예측 정확도 개선을 동시에 달성하는 것을 목표로 하며, 데이터 기반 합리적 대중교통 운영 전략 수립 가능성을 탐색한다.

연구에는 서울교통빅데이터플랫폼에서 제공하는 일자별·노선별·정류장별 재차인원 데이터를 활용하였다. 분석 기간은 2024년 5월부터 2025년 5월까지 1년이며, 수요 기준 상위 100개 노선을 대상으로 하였다. 계층적 군집화 기법을 적용하여 유사 날짜들의 승객 수요 패턴을 그룹화하고, 주성분 분석을 통해 군집의 특성을 해석하였다. 또한 클러스터링 기반 유사 날짜를 활용한 수요 예측 실험을 수행하여 제안 기준의 효과성을 평가하였다.

분석 결과, 서울시 버스 승객 수요 패턴은 크게 네 가지 유형으로 구분되었다. 첫째, 평일(월~금)은 전체적으로 수요 수준이 가장 높으며 출퇴근 시간대에 침두가 드러나는 특징을 보였다. 둘째, 토요일은 평일에 비해 전체 수요가 낮지만 주말 활동으로 인한 특정 시간대 집중 현상이 나타나는 패턴을 형성하였다. 셋째, 일요일과 일반 공휴일은 토요일과 달리 하루 전반적으로 낮은 수요를 보이며, 승객 이동이 분산되는 양상이 두드러졌다. 마지막으로 설날과 추석 기간과 같은 주요 명절은 적은 운행 수요만이 나타나 다른 군집과 명확히 구별되었다. 이러한 결과는 현행과 같이 단순 구분하는 방식이 실제 수요 변화를 충분히 반영하지 못한다는 점을 보여준다. 주성분 분석을 통해 군집 간 차이를 시각화한 결과, 첫 번째 성분이 전체 수요 수준을 설명하는 축으로 작용하였으며, 네 가지 군집이 평균 수요 수준의 크기에 따라 뚜렷하게 분리되는 양상을 확인할 수 있었다. 특히 토요일과 일요일·공휴일은 서로 다른 성격의 군집으로 분류되어, 동일한 스케줄을 적용하는 현행 제도의 한계를 더욱 명확히 드러냈다. 추가로 실시한 수요 예측 실험에서는 클러스터링 기반으로 유사 날짜를 선택하여 수요를 추정할 경우, 현행 기준이나 단순 요일 기반 방법보다 예측 성능이 크게 향상되었다. 특히 상위 100개 노선을 대상으로 한 평가에서 MAE와 RMSE가 약 30~35% 감소하는 것으로 나타났다. 이는 클러스터링 결과가 단순히 군집화에 그치지 않고 실제 운영 효율성 제고로 이어질 수 있음을 시사한다. 또한 토요일과 일요일·공휴일을 구분하지 않고 동일하게 취급할 경우, 피크 시간대 승객 수요를 적절히 반영하지 못하는 사례가 다수 관찰되었는데, 이는 현재 스케줄 체계가 수요-공급 불균형을 심화시킬 수 있음을 보여주는 결과이다.

현행 서울시 버스 운행 스케줄의 적합성을 검토하고, 새로운 기준을 제안하였다. 제안 기준은 수요와 공급의 불균형을 완화하고 버스 운영의 효율성을 제고하는 데 기여할 수 있다. 또한 클러스터링 기법을 활용하여 실제 수요 패턴을 반영한 운영 방안을 제시함으로써 실질적인 정책적 활용 가능성을 보여준다. 향후 연구에서는 다년간의 데이터를 확보하여 명절 기간 수요 패턴을 분석하고, 제안 기준을 실제 운행 스케줄링에 적용하는 방안을 구체화할 필요가 있다.

사사: 이 논문은 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었으며 (No.092021C28S02000), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022R1A2C2012835). 또한, 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었음.



Session B

교통 빅데이터

Session

B-1

교통 접근성 변화와 소비자 이동 패턴의 다변화: 신용카드 데이터를 통한 실증적 분석

김민서, 이성훈, 이준, 이창주

핫플레이스는 사회적으로 고립된 1인 가구를 배제하는가 혹은 연결하는가: 서울 시민생활 데이터 분석

김자수, 김의진

출발자-목적지 수요를 고려한 어텐션 메커니즘과 시공간 그래프 합성곱 신경망 기반의 속도 예측 방법

민동규, 김동규

대중교통 접근성 분석을 위한 스마트카드 통행 목적 추정

추범준, 김동규

교통 접근성 변화와 소비자 이동 패턴의 다변화: 신용카드 데이터를 통한 실증적 분석

Changes in Transportation Accessibility and Diversification of Consumers' Mobility Patterns:
An Empirical Analysis Using Credit Card Data

김민서 (한국과학기술원 연구원)	이성훈 (한국철도기술연구원 선임연구원)	이준 (한국철도기술연구원 수석연구원)	이창주 (한국과학기술원 부교수)
----------------------	-----------------------------	----------------------------	----------------------

본 연구는 교통 접근성의 변화가 소비자 이동 패턴에 어떤 영향을 미치는지를 신용카드 데이터를 기반으로 실증적으로 분석하고자 하였다. 교통 인프라의 발전, 특히 도시철도와 같은 대중교통 수단의 개통은 상권에 중요한 영향을 미친다고 알려져 있다. 교통 접근성이 향상되면, 소비자들이 더 넓은 지역에서 특정 상점을 방문할 가능성이 커지며, 이는 상권의 매출 증대와 소비자의 지역적 다양성을 촉진할 수 있다. 이러한 측면에서 본 연구는 인천광역시 도시철도 7호선 연장 사업 중 신설된 산곡역이 주변 상권에 미친 경제적 영향을 실증적으로 분석하였다. 인천 7호선의 연장은 서울과 인천 간의 동서 방향 교통 접근성을 크게 향상시킬 것으로 기대되었으며, 특히 서북부 생활권의 단절을 해소하고 지역개발을 촉진하는 중요한 사업으로 평가받았다. 산곡역은 2021년에 개통되어, 기존 인천 1·2호선과의 연결 기능을 강화하면서 지역 교통망의 중심지로 자리잡게 되었다. 본 연구는 산곡역 개통 전후의 신용카드 데이터를 비교 분석하여, 상점 매출액과 소비자 이동 패턴의 변화를 실증적으로 확인하고자 하였다.

특히 본 연구에서 신용카드 데이터를 활용한 접근법은 교통 분야에서는 비교적 새로운 방법론으로, 기존의 전통적인 교통 연구 방식에 비해 실증적이고 세밀한 소비자 이동 패턴 분석을 가능하게 하는 혁신적인 기법으로 평가될 수 있다. 기존의 교통 연구는 주로 설문조사, 교통량 측정 등을 활용하는 방식에 의존해 왔으나, 신용카드 데이터는 실제 소비자의 이동 경로와 소비 행태를 보다 정량적이고 구체적으로 추적할 수 있는 장점이 있다. 이러한 특성 덕분에 본 연구는 교통 접근성 변화가 소비자 행동에 미치는 영향을 더 정확히 파악할 수 있었으며, 이는 교통 인프라 변화가 지역 경제와 상권에 미치는 영향을 실증적으로 분석하는 데 중요한 기여를 한다고 볼 수 있다. 구체적으로, 본 연구는 인천 서구 및 부평구 일부 지역의 삼성카드 가맹점 265개를 분석 대상으로 선정하였다. 이들 상점은 개통 전(2019년 하반기-2020년 상반기)과 개통 후(2023년 하반기-2024년 상반기)의 신용카드 데이터를 비교하여 매출액, 거래 건수, 소비자 거주지 및 직장 정보를 바탕으로 이동 패턴의 변화를 추적하였다. 또한, 각 상점과 가장 가까운 지하철역을 계산하고, 해당 지하철역을 이용하는 소비자들의 매출액과 매출 건수를 집계함으로써, 교통 접근성이 상권에 미친 영향을 분석하였다.

분석 결과, 산곡역 개통 이후 상권의 평균 매출액은 전반적으로 증가하였으며, 특히 반경 400m 이내의 상점들에서 평균 매출액이 40% 이상 상승한 것으로 나타났다. 또한, 반경 600m 이내 상점 매출의 2.7% 이상이 지하철 이용 고객에 의해 발생한 것으로 나타났으며, 이는 역세권의 실제 범위가 신용카드 데이터를 통해 산정될 수 있음을 보여주었다. 소비자 거주지 분포 분석에서도, 반경 200m 이내 상점들의 허핀달-허쉬만 지수(Herfindahl-Hirschman Index, HHI)가 약 30% 감소하여, 특정 지역 거주자 중심의 소비 패턴이 다양한 지역 소비자로 확장된 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 교통 접근성 향상이 외부 방문객을 유입시키고, 상권의 소비자 다양성을 증대시키는 효과를 입증하는 중요한 증거가 된다.

결론적으로, 본 연구는 산곡역 신설이 지역 상권의 매출 증가와 소비자 이동 패턴의 다변화를 신용카드 데이터를 통해 실증적으로 입증하였다. 기존의 교통편의 중심의 평가 체계(통행시간 절감, 차량운행비 절감, 교통사고 측정하기 어려운 경제적 효과)를 신용카드 데이터를 활용한 정량적 분석을 통해 제시함으로써, 도시철도 사업의 가치평가 방법론에 새로운 접근법을 제공하였다. 이러한 분석 결과는 향후 도시철도 개통 효과 분석과 지자체 상권 활성화 정책 수립에 중요한 기초자료로 활용될 수 있으며, 신용카드 데이터를 활용한 교통사업 가치 분석의 실무적 가능성을 보여준 중요한 사례로 의의를 가진다.

사사: 본 연구는 한국철도기술연구원의 기본사업(PK2503F3) 연구비 및 한국과학기술원의 신입 교원 정착 연구비(G04250004)의 지원으로 수행되었습니다.

핫플레이스는 사회적으로 고립된 1인 가구를 배제하는가 혹은 연결하는가: 서울 시민생활 데이터 분석

Do Hotspots Exclude or Connect Socially Isolated Single-Person Households?
Evidence from Seoul Citizen Life Data

김지수

(아주대학교 D.N.A.플러스융합학과 석사과정)

김의진

(아주대학교 교통공학과 조교수)

전 세계적으로 1인 가구는 빠르게 증가하고 있으며, 이는 도시 교통계획과 사회정책에 새로운 도전과제를 제기하고 있다. 1인 가구는 가사·돌봄·이동 등 모든 생활 활동을 스스로 감당해야 하므로, 다인 가구와는 구별되는 통행 특성을 보일 가능성이 크다. 따라서 이들의 이동 행태를 개별적이고 심층적으로 분석하는 것은 학문적·실무적 측면 모두에서 중요하다. 특히 외출 빈도가 낮거나 사회적 교류가 제한적인 1인 가구는 단순한 교통 패턴의 차원을 넘어, 사회적 고립과 같은 취약성 문제로 이어질 수 있다. 즉, 1인 가구의 통행 특성을 이해하는 것은 교통 수요 예측이나 도시 서비스 설계뿐 아니라 사회적 배제와 고립을 포착하는 데에도 핵심적이다.

그러나 기존 교통 연구는 주로 가구 전체를 단위로 분석해 왔으며, 1인 가구만을 대상으로 한 연구는 부족하다. 전통적 통행 모형은 가사 분담, 차량 공유, 가족 내 역할 분업을 전제로 하기 때문에 1인 가구의 독자적 행태를 설명하는 데 한계가 있다. 또한 사회적 고립이나 외로움과 같은 심리·사회적 요인을 교통 분석에 연계한 연구 역시 드물다. 이로 인해 1인 가구의 교통행태와 도시 공간 및 사회적 취약성 간 상호작용을 종합적으로 이해하는 데 제약이 존재한다.

사회적 고립은 시간의 흐름과 지역적 맥락 속에서 점진적으로 형성되며 특정 지역에 집중될 수 있다는 점에서, 단순한 횡단면 분석만으로는 충분히 설명하기 어렵다. 특히 주말이나 여가 활동을 중심으로 높은 유입을 보이는 ‘핫플레이스(Hotspots, 이하 핫플)’는 외부 활동을 촉진하는 중요한 공간적 매개체임에도, 그 변화가 사회적 고립 위험군의 이동 및 관계망 형성에 미치는 영향은 충분히 밝혀지지 않았다(Lee and Park, 2023; Lee and Eom, 2025). 따라서 시계열적 변화와 공간적 이질성을 동시에 포착할 수 있는 정량적 지표 구축이 요구된다.

이에 본 연구는 Yoon and Kwon (2024)에 따라 사회적으로 고립된 1인 가구를 “외출과 소통이 적은 1인 가구”로 정의하고, 이를 바탕으로 서울 행정동×연령대(20-39, 40-64, 65+) 그룹에 대해 분석한다. 구체적으로, 주말 여가 통행이 많은 지역을 의미하는 “핫플 지수(Hot-place Index, HPI)”의 변화가 1인 가구의 “사회적 고립 위험지수(Social Isolation Index, SII)”에 단기·중기·장기적으로 어떠한 방향과 크기로 영향을 미치는지 추정한다. 이를 통해 사회적 고립 위험이 외부 압력에 의한 배제의 결과인지, 혹은 외출 및 교류 기회 확대의 산물인지 시계열적 증거를 바탕으로 규명한다. 궁극적으로 본 연구는 사회적으로 고립된 1인 가구를 보다 명확히 이해하고, 연령대별 맞춤형 정책 설계를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

본 연구의 기여는 세 가지로 요약된다. 첫째, 기존 연구가 간과해 온 1인 가구의 독자적 통행 특성을 분석 단위로 설정하여, 가구 기반 모형의 한계를 보완하였다. 둘째, 사회적 고립과 교통행태를 시계열적·공간적 맥락에서 동시에 분석함으로써, 단순 횡단면 분석을 넘어 시간적 인과성과 지역 간 이질성을 규명하였다. 셋째, 주말 여가 통행이 많은 지역을 의미하는 핫플 지수(HPI)와 사회적 고립 위험지수(SII)를 새롭게 구축·연계함으로써, 개인적 취약성과 도시 공간 기회 구조의 상호작용을 정량적으로 측정할 수 있는 분석 틀을 제시하였다. 이러한 접근은 학문적으로는 사회적 고립 연구와 교통 분야의 접점을 확장하고, 실무적으로는 연령대별 맞춤형 교통·복지 정책 설계에 실증적 근거를 제공하는 점에서 의의가 있다.

출발지-목적지 수요를 고려한 어텐션 메커니즘과 시공간 그래프 합성곱 신경망 기반의 속도 예측 방법

Cross-Attention based Spatio-Temporal Graph Convolutional Network for Speed Prediction with
Origin-Destination Demand Context

민동규

(서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)

김동규

서울대학교 건설환경공학부 교수)

도착 예정 시간(Estimated Time of Arrival, ETA) 예측 기술은 내비게이션 경로 안내 서비스, 택시 배차 알고리즘, 물류 스케줄링 등 교통 분야 전반에 걸쳐 활용되고 있다. ETA를 추정하는 방법은 다양하나, 일반적으로는 링크별 미래 속도를 예측하여 통행에 걸리는 시간을 예측하는 방식이 일반적이다. 한편, 부정확한 ETA 예측은 잘못된 서비스 실패로 이어져 전체 네트워크의 효율성을 감소시키고 사회적 비용을 증가시키기 때문에 이에 대응하기 위해 산업계와 학계에서는 ETA 예측을 고도화하기 위해 속도 예측(speed prediction)을 더 잘 수행하기 위한 꾸준한 노력을 계속해 왔다.

데이터 수집 기술과 컴퓨팅 기술의 발전으로 속도 예측 기술 역시 큰 진전을 이뤘다. 과거 ARIMA와 같은 통계 기법에서부터 SVR, k-NN, Decision tree 등의 다양한 머신 러닝 기법이 차례로 적용되어 왔다. 최근에는 양질의 데이터를 활용한 SAE, RNN, LSTM 등의 딥 러닝 기술들이 개발되었으며, 특히 2017년 그래프 합성곱 신경망(Graph Convolutional Network, GCN)을 적용한 연구들이 다수 등장하면서 GCN 아키텍처가 최신 기술로 자리 잡았다.

그러나 2020년 이후에는 모델 아키텍처의 고도화만으로 속도 예측의 퍼포먼스 개선을 보일 수 없다는 의견이 주류를 이루기 시작하였다. 모델 아키텍처 외적으로 최신 신경망 모델은 학습 데이터 자체가 링크 데이터로만 구성되어 있기 때문에, 시공간상으로 인접한 링크의 정보만을 받아 타겟 링크의 속도를 예측하지만 정보의 손실이 발생한다는 문제점이 존재한다. 근본적으로 특정 시공간의 교통 데이터는 과거의 꼴로 수요에 따른 지연된 결과이기 때문이다. 따라서 같은 교통 조건에서도 현실에서는 링크 상 차량들의 목적지에 따라 다른 형태의 전파가 일어날 수 있지만, 일반 모델에서는 이에 대한 고려가 제한적이다. 기존 모델은 학습 데이터 상 링크들 사이의 교통 흐름 전파(traffic flow propagation) 관계를 기반으로 평균적인 예측만 수행할 수 있는 상태이다.

본 연구에서는 이러한 문제를 개선하기 위해 링크 정보뿐만 아니라 과거 차량들의 출발지-목적지(Origin-Destination, OD) 정보를 함께 입력하여 속도 예측 모델이 과거의 수요를 대략적인 context로 삼아서 링크 간의 시공간적 흐름 전파 관계를 용이하게 이해할 수 있도록 한다. 데이터로는 서울특별시내 2025년 1월 7일부터 12월 30일까지 일당 10만 개 무작위 샘플링된 15분 단위 집계 기종점 통행량 데이터와, 서울특별시내 도시고속국도를 대상으로 KSID 체계로 구성된 5분 단위 집계 링크 통행량 및 평균속도 데이터를 활용한다. 백본(Backbone) 모델로는 시공간 그래프 합성곱 신경망(Spatio-Temporal Graph Convolutional Networks, STGCN)을 활용하였다. OD 데이터는 별도의 인코더를 거쳐 임베딩되어 링크 데이터와 Cross-attention 메커니즘에 따라 임베딩된 링크 데이터와 결합된다.

실험 결과 모든 링크에서 Baseline 대비 MAE가 17% 개선되었다(Baseline 3.28km/h, Proposed model 2.72km/h). 특히 한남역-옥수역 구간의 강변북로에서는 30분 후 예측 기준으로 MAE가 44% 개선되었다(Baseline 11.05km/h, Proposed model 6.17km/h). 제안된 방법은 historical data 대비 변동성 예측 결과에서 우수함을 보였으며, 실험 결과는 속도 예측 시 OD 정보를 맥락 정보로서 활용하는 본 방법이 효과적임을 시사한다.

사사: 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었으며, 2025년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학안전진흥센터(No. 092021C28S02000), 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(No. 2022R1A2C2012835), 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단(No. RS-2024-00409860)의 지원을 받아 수행된 연구임.

대중교통 접근성 분석을 위한 스마트카드 통행 목적 추정

Inferring Smartcard Trip Purposes for Transit Accessibility Analysis

추범준

(서울대학교 건설환경공학부 석사과정)

김동규

(서울대학교 건설환경공학부 교수)

설문조사 데이터는 통행 목적과 같이 통행의 자세한 정보를 포함하고 있지만, 표본 수의 한계로 인해 이를 기반으로 한 대중교통 접근성 분석은 신뢰도가 낮다. 반면, 스마트카드 데이터는 대중교통 통행의 약 99%를 수집하기 때문에 신뢰도 높은 접근성 분석이 가능하다. 그러나 스마트카드에는 통행 목적과 같은 세부 정보가 기록되지 않는다. 따라서 본 연구는 데이터 합성 기법을 통해 신뢰도가 높은 스마트카드 데이터에 통행 목적을 추정하고자 한다.

우선, 2021년 가구통행실태조사에 포함된 대중교통 통행에 기존 통행 목적 추정 연구에서 사용된 나이브 베이즈 분류 기법 등을 적용한 결과, 승차 시간, 환승 횟수, 하차 후 활동 시간이 통행 목적을 결정하는 핵심 변수임을 확인하였다. 이 변수들을 스마트카드 데이터에서 추출하여 통행 목적을 추정한 결과, 스마트카드의 목적별 통행량은 설문조사에 비해 보다 고른 분포를 보였다. 특히 선택통행은 하루 전반에 걸쳐 균형 있게 나타났으며, 이를 통해 기존 설문조사보다 현실적인 통행 행태를 관측할 수 있었다.

이후, 통행 목적이 추정된 스마트카드 데이터를 바탕으로 목적별 대중교통 접근성을 재분석한 결과, 스마트카드 기반 접근성은 전반적으로 높게 산출되고 지역 간 편차도 작게 나타났다. 또한 외곽 지역에서는 필수통행 접근성이 상대적으로 낮게 추정되는 등 기존 설문조사 데이터로는 확인하기 어려운 차이를 발견할 수 있었다.

따라서 본 연구는 스마트카드 통행 목적을 추론할 수 있는 합리적인 방법을 제시하고, 이를 통해 빅데이터 기반의 목적별 대중교통 접근성 분석이 가능함을 보여주었다는 점에서 의의가 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 스마트시티 혁신인재사업 육성사업의 지원을 받아 수행하였음.

보행 안전

Session B-2

도시철도 에스컬레이터 속도 저감에 따른 사고율 변화 실증분석

강승원, 권오훈

지역별 보행자 교통사고 영향요인 분석

도승일, 박신행

동적 위험 상황에서 보행자 상충의 실시간 탐지를 위한 가상센서 구조 개발

문가영, 조한결, 김도경

중양버스차로구간 횡단보도 설치 효과 분석

민준식, 박신행

도시철도 에스컬레이터 속도 저감에 따른 사고율 변화 실증분석

An Empirical Analysis of Accident Rate Changes
Following Escalator Speed Reduction in Urban Rail Transit

강승원

(계명대학교, 도시계획및교통공학과 석사과정)

권오훈

(계명대학교, 교통공학과 부교수)

본 연구는 대구교통공사 도시철도 1, 2, 3호선 전 역사에 설치된 593대 에스컬레이터 중, 2019년부터 2024년까지 속도 변경이 이루어진 51대를 대상으로 사고율 변화에 대한 실증적 분석을 수행하였다. 연구의 핵심은 변화시점분석(Turning Point Analysis, TPA) 기법을 활용하여, 에스컬레이터 운행 속도 저감 대책이 실제로 사고율 감소에 미치는 효과를 정량적으로 평가하는 데 있다.

분석에 사용된 데이터는 2019년 1월부터 2024년 12월까지 6년간의 에스컬레이터 사고 기록으로, 사고 발생 시점, 위치, 에스컬레이터의 물리적·운영적 특성(운행 방향, 스텝 폭, 승강장 연결 여부, 시장 인접 여부 등)이 포함되어 있다. 속도 변경은 1호선 30대, 2호선 18대, 3호선 3대에서 이루어졌으며, 변경 시점은 2022년 4분기, 2024년 1분기, 2024년 4분기로 구분된다. 각 에스컬레이터의 속도는 기존 25m/분에서 15m/분 또는 20m/분으로 조정되었다.

변화시점분석(Turning Point Analysis, TPA)은 사고 건수 시계열을 변화 전·후 두 구간의 포아송 과정으로 가정하고 구간별 발생률에 감마 사전분포를 부여한 베イズ 모형을 구성한 뒤, 변화시점(m)에 대해 로그 사후확률을 계산하여 최대가 되는 m을 변화시점으로 추정한다. 대책 적용과 추정된 사고변화 시점의 일치성을 통계적으로 식별하는 방법이다. 이렇게 도출된 변화시점(m)이 실제 속도변경 시행시점과 일치하거나 근접하는지를 확인함으로써 대책 적용 시점과 사고율 변화의 시간적 정합성을 검증하고, 그 일치성을 정책 효과의 증거로 해석한다.

분석 결과, 2022년 4분기 속도변경 그룹(8대)은 TPA로 추정된 변화시점이 2023년 1분기로 도출되어 실제 속도변경 이후 1분기 내에 변화가 발생한 것으로 확인되며, 이는 실제 변화 시점과 통계적 변화시점의 일치성을 보여준다. 또한, 사고율은 1.11건/분기에서 0.21건/분기로 약 81.1% 감소하였다. 2024년 1분기 속도변경 그룹(5대)은 추정 변화시점이 실제 속도변경 시점과 일치하여 시점 정합성이 직접적으로 검증되었고 사고율이 2.30건/분기에서 0.51건/분기로 약 77.8% 감소하였다. 2024년 4분기 속도변경 그룹(38대) 역시 추정 변화시점이 실제 속도변경 시점과 동일하게 나타나고 사고율이 9.99건/분기에서 1.35건/분기로 약 86.5% 감소하였다. 2024년 10월 속도변경 그룹(9대)의 경우 추정 변화시점은 24년 6월이지만 2024년 6월부터 10월까지의 사고가 발생하지 않았으므로 실제 변화 시점과 추정 변화 시점 간 time lag 발생을 고려하여 두 시점이 유사하다고 볼 수 있다. 사고율 또한 1.21건/월에서 0.19건/월로 약 84.3% 감소하였다. 2024년 11월 속도변경 그룹(29대)은 추정 변화시점이 2024년 10월로 나타나 1분기 내에 변화가 발생한 것으로 확인되어 시점간 일치성 보여주며 사고율은 4.05건/월에서 1.30건/월로 약 67.9% 감소하였다. 모든 그룹에서 추정된 변화시점은 실제 속도변경 시점과 일치하거나 매우 유사하게 나타났으며, 이에 따라 관측된 사고율 변화는 모두 TP 시점 이후에 발생한 것으로 확인되며 사고율 또한 감소된 것으로 확인된다.

이러한 결과는 에스컬레이터 속도 저감 대책이 사고율 감소에 즉각적이고 실질적인 효과를 미친다는 점을 명확히 입증한다. 기존의 단순 사고 건수 집계 방식과 달리, TPA는 속도 저감 대책 도입 전후의 구조적 변화를 통계적으로 규명함으로써 대책 효과의 객관적 검증이 가능하다. 또한, 사고 다발 구간의 우선 개선, 속도 조정 대책의 지속적 확대, 사고 취약 시설의 선별적 관리 등 도시철도 안전관리 대책 수립에 중요한 근거를 제공한다.

추후 연구에서는 사고 심각도별 영향 요인 분석, 다양한 속도 구간 간 비교, 승객 편의성과 안전성 간 균형점 탐색, 추가 데이터 확보 및 타 도시 사례 확장 등 보다 심층적인 연구가 필요하다. 이를 통해 도시철도 에스컬레이터 사고 예방 및 안전관리 대책의 지속적 개선과 효율적 운영 방향을 모색할 수 있을 것이다.

사사: 이 논문은 대구교통공사의 지원을 받아 수행된 연구임.

지역별 보행자 교통사고 영향요인 분석

Analysis of Regional Factors Affecting Pedestrian Traffic Accidents

도승일

(서울시립대학교 석박사통합과정)

박신행

(서울시립대학교 교수)

보행자 교통안전은 최근 교통 정책에서 핵심적인 과제로 떠오르고 있다. 고령화와 도시화가 빠르게 진행되고 있으며, 개인형 이동수단(PM)의 확산으로 교통 환경은 더욱 복잡해졌다. 이에 따라 OECD, UN 등 국제기구에서도 보행자 보호를 정책적 최우선 과제로 강조하고 있으며, 국내에서도 보행자 안전 문제가 지속적으로 부각되고 있다. 그러나 전체 교통사고 건수는 점차 줄어드는 추세임에도 불구하고 보행자 사고와 사망자 수의 감소 폭은 제한적이었다. 이는 단순히 교통사고 건수의 감소가 곧바로 보행자 안전의 개선으로 이어지지 않음을 보여준다. 특히 일부 지역에서는 도로 인프라가 충분하지 않거나 노인 인구가 집중되어 있어 사고 위험이 여전히 높은 상황이다. 반면, 지자체의 보행자 안전 개선 정책은 여전히 시설 설치 위주로 진행되고 있어 지역별 특성과 실제 위험도를 고려한 맞춤형 전략이 부족한 실정이다. 이러한 정책적 불균형은 위험이 낮은 지역에는 과도한 투자가, 반대로 사고 위험이 높은 지역에는 투자 부족이 발생하는 문제를 초래하고 있다.

이러한 배경에서 본 연구는 지역별 보행자 교통사고의 특성을 공간적으로 분석하고, 보행자 사고 발생에 영향을 미치는 요인을 규명하는 것을 목적으로 한다. 기존 연구들은 대부분 서울시 또는 부산시와 같은 시 단위로 분석을 수행하거나, 로지스틱 회귀와 같은 전역적 통계모형을 활용하여 사고 발생 요인을 분석하였다. 그러나 이러한 접근은 지역별 차이를 충분히 반영하지 못하고, 공간적 비정상성을 간과하는 한계가 있었다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 다중스케일 지리가중회귀(MGWR, Multi-scale Geographically Weighted Regression) 모형을 활용하였다. MGWR은 기존 지리가중회귀(GWR)와 달리 설명 변수별로 서로 다른 대역폭을 적용할 수 있어 변수마다 고유한 공간적 영향력을 추정할 수 있으며, 이로써 더 정교한 분석 결과를 도출할 수 있다.

분석을 위해 2019년부터 2023년까지 최근 5년간의 서울시 보행자 교통사고 데이터를 종속변수로 활용하였다. 독립변수로 실제 정책적 개선이 가능한 도로 기하구조 요소들을 중심으로, 제한속도, 과속방지턱, 신호등, 횡단보도, CCTV, 어린이보호구역, 중앙분리대 데이터를 수집하였다. 공간 분석 단위는 서울시 전역을 500×500m 격자로 세분화하여 설정함으로써 보다 정밀한 공간 단위 분석을 수행할 수 있도록 했다. 또한 보행자 교통사고가 공간적으로 어떤 패턴을 보이는지 확인하기 위해 Moran's I 검정을 실시하였고, 그 결과 0.418이라는 양의 공간적 자기상관 계수를 도출하였다. 이는 서울시 보행자 사고가 특정 지역에 집중적으로 발생하며, 공간적 클러스터링 현상이 존재함을 의미한다.

MGWR 분석 결과, 모든 변수는 유의수준 0.1 이하에서 통계적으로 유의하게 나타났으며, 특히 CCTV, 과속방지턱, 중앙분리대가 지역별로 뚜렷한 영향을 미치는 요인으로 확인되었다. CCTV의 경우 일부 지역에서는 보행자 사고 발생을 억제하는 효과가 나타났지만, 다른 지역에서는 사고 발생과 양(+)의 상관관계를 보였다. 이는 CCTV가 주로 사고 발생 이후 사후적으로 설치되는 경우가 많기 때문에, 사고 억제 효과와 동시에 높은 사고 발생 지역의 특성이 반영된 결과로 해석된다. 과속방지턱은 전반적으로 사고 감소에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 보행자 안전 확보를 위한 효과적인 시설로 작용하였다. 반면, 중앙분리대는 지역별 도로 환경과 관리 특성에 따라 상반된 결과를 보였다. 일부 지역에서는 사고를 줄이는 효과를 보였으나, 다른 지역에서는 오히려 사고 발생과 양의 상관관계를 나타내기도 했다.

이러한 결과는 보행자 교통사고가 지역별 공간적 맥락에 따라 다른 영향을 받는다는 점을 명확히 보여준다. 따라서 보행자 교통안전 정책은 단순히 획일적인 시설 설치에 의존하기보다는 지역별 사고 특성과 공간적 요인을 고려한 맞춤형 전략으로 전환될 필요가 있다. 특히 강북구, 강남구 등 일부 지역에서는 본 연구에서 활용된 변수만으로는 설명력이 충분하지 않았으며, 이는 사회적 환경 요인이나 보행자 및 운전자의 행태적 변수까지 고려해야 함을 시사한다. 예를 들어, 인구의 연령 구조, 상업·주거 밀집도, 보행량과 같은 요인들이 추가적으로 반영될 필요가 있다.

결론적으로 본 연구는 최근 5년간 서울시 보행자 교통사고 데이터를 기반으로 MGWR 모형을 적용하여 지역별 사고 영향 요인을 정량적으로 규명하였다. 기존 연구가 간과했던 공간적 이질성을 반영하고 변수별로 차별적인 효과를 확인함으로써 학문적 기여를 하였으며, 정책적으로는 획일적 시설 설치에서 벗어나 공간 맞춤형 보행자 안전정책의 필요성을 제시하였다. 향후 연구에서는 보다 다양한 교통행태 및 환경적 요인을 반영하고, 사고 유형별로 세분화된 분석을 수행함으로써 정책적 활용성을 한층 높일 수 있을 것이다. 나아가 이러한 접근은 보행자 사고 예방뿐만 아니라, 통약자 이동권 보장 및 안전 도시 조성을 위한 정책 설계에도 기여할 수 있다.

동적 위험 상황에서 보행자 상충의 실시간 탐지를 위한 가상센서 구조 개발

Developing a Virtual Sensor Structure for Real-Time Detection
of Pedestrian Conflicts under Dynamic Risk Conditions

문가영

(서울시립대학교
교통공학과 석사과정)

조한결

(서울시립대학교
교통공학과 석사과정)

김도경

(서울시립대학교 교통공학과
·도시빅데이터융합학과 겸용교수)

최근 개인형 이동수단(PM)의 확산은 도시 교통 환경을 크게 변화시켰다. 기존 차량이 주로 도로에서 운행되는 것과 달리, PM은 보행자도로를 공유하기 때문에 보행자와의 동적 상충 위험성을 높인다. 더불어 도시 공간에서는 보행자 밀집으로 인한 사고가 빈번히 발생하고 있어, 보행자 상충을 조기에 감지하는 체계의 필요성이 부각되고 있다. 그러나 현재의 교통 관리 체계는 보행자 간 상충을 효과적으로 감지할 수 있는 매커니즘이 부족하다. 이는 기존 연구가 주로 시뮬레이션 또는 통제된 환경의 실험에 의존해 왔기 때문이며, 이러한 접근은 실제 환경에서의 다양한 상호작용을 충분히 반영하지 못한다. 따라서 본 연구는 실제 도시 환경에서 수집된 비디오 데이터를 기반으로 보행자 충돌을 자동으로 감지할 수 있는 가상 센서 구조(VSS)를 제안한다.

본 연구에서 제안하는 가상센서는 CCTV와 같은 기존 영상 기반 인프라를 활용하여 보행자의 위치와 궤적을 추출하고, 이를 정량화된 지표로 변환함으로써 상충 위험을 조기에 감지하는 체계를 구축하는 것을 목표로 한다. 이를 위해 본 연구는 보행자 상충 발생 가능성이 높은 주요 지하철 역사 내 CCTV 데이터를 활용하였으며, 특히 교대역 환승 통로의 혼잡 시간대 영상을 분석 대상으로 선정하였다. 이 구간은 다방향 보행 흐름이 교차하는 대표적 환승 공간으로, 실제 상충 상황을 관찰하기에 적합하다. 수집된 영상은 초당 30프레임으로 분할하여 정밀한 분석을 가능하게 하였으며, 보행자 탐지는 YOLOX-Tiny를, 보행자 자세 추정은 RTMPose-S를 적용하여 보행자 밀집도가 높은 상황에서도 보행자 탐지에 높은 정확도를 확보하였다.

본 연구의 분석 절차는 크게 세 단계로 구성된다. 첫째, 데이터 전처리(Data Preprocessing)단계에서는 CCTV에서 추출된 영상 프레임의 기반으로 YOLOX-Tiny와 RTMPose-S를 적용하여 보행자의 위치와 17개 관절 좌표를 산출하였다. 각 보행자에게 고유 ID를 부여하여 프레임 간 일관성을 유지하고, 궤적 데이터는 호모그래피(Homography) 변환을 통해 픽셀 좌표를 실제 거리 단위(미터)로 변환하였다. 둘째, 상충 및 회피 후보 식별 단계에서는 각 보행자의 궤적 특성을 기반으로 정상 보행자와 잠재적 상충 위험 보행자를 구분하였다. 셋째, 속도 벡터 기반 위험 필터링을 통해 단순 근접 상황과 실제 충돌 위험 상황을 구분하였다.

분석 결과, 단일 지표 기반 접근은 과잉 탐지나 탐지 누락의 한계를 보였으나, 다중 지표를 결합한 단계적 절차를 통해 탐지 신뢰도를 크게 향상시킬 수 있었다. 이러한 결과는 제안된 가상센서 구조가 기존 연구의 한계를 보완하며, 실제 도시 혼잡 공간에서도 실시간으로 적용 가능한 유효한 대안임을 보여준다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NO. RS-2022-NR068754)

중앙버스차로구간 횡단보도 설치 효과 분석

Pedestrian Crash Reduction Analysis at BRT Crosswalks

민준식

(서울시립대학교 석박과정)

박신행

(서울시립대학교 교수)

현재 우리 사회는 교통혼잡 심화, 승용차 이용의 급증, 도시철도 확충 한계 등으로 인해 BRT(중앙버스전용차로)의 역할이 점차 확대되고 있다. 정부는 2030년까지 전국에 총 81개의 BRT 노선을 구축할 계획이며, 이 중 수도권 25개, 비수도권 30개 등 총 55개 노선이 단계적으로 확충될 예정이다. 이를 통해 교통 혼잡 완화와 대중교통 서비스 품질 향상이 기대된다.

BRT(중앙버스전용차로)는 첨단 운영·관제 시스템을 결합한 대중교통 체계로, 교통 혼잡 완화뿐만 아니라 보행자 안전 확보에도 중요한 역할을 한다. 특히 BRT 구간 횡단보도에 설치되는 보행섬은 보행자 안전성을 높이는 물리적 시설로서 주목할 만한 요소이다. 본 연구는 서울 종로구 BRT 구간의 횡단보도를 대상으로 보행섬 설치 효과를 분석하고, BRT 설치 전후의 보행자 교통사고 변화를 정량적으로 평가하였다.

연구 대상은 서울 종로구의 세종대로사거리부터 홍인지문 교차로까지 이어지는 총 2.8km 구간 내 7개 BRT 횡단보도이다. 이 지역은 하루 유동인구가 150만 명 이상이며, 버스와 지하철 통행량이 서울 내에서도 가장 높은 곳 중 하나로, 보행자 교통안전 확보가 매우 중요한 지역이다. 연구에는 BRT 설치 연도인 2017년을 기준으로 설치 전 3년(2014~2016년)과 설치 후 3년(2018~2020년)의 보행자 교통사고 데이터를 활용하였다. 사고 데이터는 도로교통공단의 TAAS(Traffic Accident Analysis System)에서 제공받았으며, 사고 유형은 사망, 중상, 경상으로 구분하고 특히 차대사람(차량과 보행자) 사고를 중심으로 분석하였다. 총 104건의 사고를 대상으로 단순 사고 건수 비교 방법을 적용했으며, 이 방법은 특정 기간의 사고 건수를 직접 비교하여 사고 발생량의 변화를 파악하는 기초 분석 기법이다.

분석 결과, BRT 설치 이후 7개 구간의 보행자 교통사고는 약 37.5% 감소하였으며, 구간별로도 전반적인 감소 경향을 보였다. 특히 종로2가역, 종로3가, 탑골공원역 인근 횡단보도에서는 사고 빈도가 뚜렷하게 줄어든 것으로 나타났다. 이는 BRT 설치에 따른 보행섬과 같은 물리적 보호 공간이 보행자 교통사고 예방에 기여했음을 시사한다. 본 연구는 기존 연구가 주로 BRT의 효율성에 집중했던 것과 달리, 보행섬 설치 관점에서 보행자 안전성을 구체적으로 검증했다는 점에서 의미가 있다.

본 연구에는 한계가 존재한다. 단순 사고 건수 비교법은 사고 발생의 우연적 변동이나 평균 회귀 효과를 완전히 배제하기 어려우며, 104건의 사고 표본 수가 비교적 적어 통계적 신뢰도와 결과의 일반화에 한계가 있다. 또한 교통량, 차량 속도, 도로 환경, 기상 조건 등 사고 발생에 영향을 미치는 다양한 노출 변수를 통제하지 못해 인과관계 해석에 제한이 따른다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 노출 변수를 포함한 다변량 분석 모델 도입과 5년 이상의 장기 데이터를 활용한 심층 분석이 필요하다. 충분한 데이터 확보와 고도화된 분석을 통해 물리적 시설의 안전 효과를 더욱 정밀하게 평가하고, 교통 환경 변화에 따른 사고 위험 요인을 체계적으로 파악함으로써 보행자 안전 정책의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다.

결론적으로, BRT 구간 횡단보도를 보행섬의 관점에서 분석하여 보행자 교통사고 감소에 효과가 있음을 확인하였다. 이는 안전한 교통 환경 조성과 보행자 보호 중심의 정책 수립에 중요한 기초 자료로 활용될 수 있다. 보행자 및 대중교통 이해관계자 간 협력 기반 마련에도 기여할 것이다.

신호 운영

Session B-3

감응신호제어시스템을 위한 대체검지기 성능검사 현황

이준엽, 이민형

자율주행차량 도입에 따른 신호교차로 기본 포화교통류율 및 좌회전 보정계수 변화 분석

윤정인, 이진우

복합 AI 모델을 활용한 비정형 도시 교차로 교통 신호 제어 전략

차정은, 이승혁, 김회경

간접차량 우선신호시스템의 효과분석에 관한 연구

김태규, 차정은, 김회경

감응신호제어시스템을 위한 대체검지기 성능검사 현황

The status of performance test of Alternative Vehicle Detector
for The communication signal control system

이준엽

(한국도로교통공단 연구원)

이민형

(한국도로교통공단 책임연구원)

감응신호제어시스템은 불필요한 주도로 좌회전, 부도로 직·좌회전, 보행자 신호시간을 축소 또는 생략하여 남는 시간을 교통수요가 많은 주방향의 신호에 부여함으로써 소통 개선과 안전성을 향상시키는 첨단 교통신호제어시스템이다. 국토교통부에서 2022년에 수립한 국도 감응신호제어시스템 기본계획에 따라 한국도로교통공단은 기존 루프검지기를 대체하는 감응신호제어용 검지기를 대상으로 하는 검사 전담기관으로 지정되어 성능인증시험과 현장성능검사를 수행하고 있다.

과거 루프검지기를 활용하여 감응신호제어를 하였지만 루프 단선 등 유지관리의 어려움을 보완하고자 AI를 활용한 영상카메라, 레이더, 라이다 센서 등을 이용하여 검지정보를 수집하는 방식의 대체검지기의 도입으로 기존의 문제점을 개선하였다. 또한 대체검지기의 특성에 따라 다양한 교통정보(대기행렬, 교통량, 차종 등) 수집이 가능하고 AI영상처리 기술 고도화로 검지 성능 또한 향상되고 있어 향후 대체검지기의 활용은 더욱 확대될 것으로 기대된다.

성능인증시험은 루프검지기를 제외한 모든 대체검지기를 대상으로 하며 시험환경별로 구분하여 차량 검지성능을 테스트한다. 평가기준은 시험 시간동안 취득한 점유/비점유 시간이 담긴 로그 기록과 녹화영상을 비교하여 검지정확도 98%이상, 검지오류율 2%미만을 동시 충족시 적합으로 판단한다. 현장성능검사에서는 감응신호제어시스템 구축 완료 후 전반적인 운영 안정성에 대한 검사를 진행한다. 공단에서 인증 받은 대체검지기를 활용하여 감응제어 기능이 정상적으로 이루어지는지 현장에서 육안으로 확인하며 연결된 부대장치와의 운영호환성과 장애발생시 정상출력 여부를 검사한다.

최초 성능인증시험 분석 결과 영상을 활용한 검지기의 90% 이상이 적합기준 미달로 확인되었으며 타 검지방식에 비해 검지정확도가 낮게 나왔다. 반면 검지정확도로 비교하였을 때 평균적인 결과 수치가 가장 높은 검지기는 레이더식이었다. 기상환경별로는 강우환경에서 다른 환경에 비해 검지정확도가 낮게 나왔으며 주변 환경에 영향을 많이 받는 영상 검지기의 특성이 영향을 주었을 것으로 보인다. 현장성능검사 결과 지역별로 일부 교차로에서 몇 가지 특이사항을 확인하였으며 현장에서의 혼선을 줄이기 위하여 향후 세부 검사 기준 수립에 반영이 필요하다.

향후 본 논문의 분석 결과 내용을 바탕으로 감응제어용 검지기 선정과 구축, 운영 부분에서 기초 자료로 활용할 수 있기를 기대한다.

자율주행차량 도입에 따른 신호교차로 기본 포화교통류율 및 좌회전 보정계수 변화 분석

Impacts of Autonomous Vehicles on Base Saturation Flow and Left-Turn
Adjustment Factors at Signalized Intersections

윤정인

(한국과학기술원 건설및환경공학과 박사과정)

이진우

(한국과학기술원 건설및환경공학과 부교수)

자율주행차량(autonomous vehicle, AV)의 도입은 향후 도로 용량에 큰 변화를 가져올 것으로 예상되며, 인간운전차량(human-driven vehicle, HDV)과 혼재하는 상황에서 기존의 도로 용량 분석 체계가 더 이상 적합하지 않을 수 있다. 이러한 변화에 대응하여, 본 연구는 AV가 도입되는 혼합교통 환경에서 국내 도로 상황에 적합한 용량 분석 기준을 제시하는 것을 목표로 한다. 단속류 신호교차로를 대상으로 다양한 AV의 수준 및 혼입률 변화에 따른 기본 포화교통류율과 좌회전의 직진환산계수 변화를 정량적으로 분석하고, 이를 반영한 보정계수 제시를 목표로 한다. 분석은 교통시뮬레이션 툴 VISSIM을 활용하여 진행하였으며, 수원시의 실제 신호교차로 1개소를 대상으로 네트워크를 구축하고, AV의 주행 수준을 Cautious, Normal, Aggressive, 그리고 통신 기술을 활용하는 자율협력주행차량(connected and autonomous vehicle, CAV)의 네 가지로 구분하였다. 각 AV 수준별로 혼입률을 20% 단위로 증가시키는 시나리오를 구성하여 총 21개 시나리오에 대해 시뮬레이션을 수행하였으며, 분석 결과, 보수적으로 주행하는 Cautious 수준의 AV는 혼입률이 높아질수록 오히려 기본 포화교통류율을 감소시키는 것으로 나타났다. 반면, 나머지 수준의 AV는 혼입률이 높아질수록 기본 포화교통류율이 증가하였으며, 특히 CAV가 100% 도입되었을 때 기본 포화교통류율이 기존(HDV 100%) 대비 약 1.5배까지 증가할 수 있음을 확인하였다.

사사: 본 연구는 2025년도 국토교통부(전문기관: 국토교통과학기술진흥원)의 “자율협력주행을 위한 미래도로 설계 및 실증 기술 개발(21AMDP-C160881-01)” 연구개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

복합 AI 모델을 활용한 비정형 도시 교차로 교통 신호 제어 전략

Traffic Signal Control Strategies for Atypical Urban Intersections Using Composite AI Models

차정은

(동아대학교 도시계획·조경학과
석사과정)

이승혁

(동아대학교 전자공학과
학사과정)

김희경

(동아대학교 도시공학과
교수)

도시 교통 혼잡은 현대 사회가 직면한 대표적인 문제로, 통행 지연, 에너지 낭비, 대기 오염, 경제적 손실 등 심각한 사회·경제적 비용을 초래한다. 특히 다차로 및 비정형 교차로에서는 교통 흐름의 불확실성이 크기 때문에 기존의 고정 주기 신호제어나 단순한 휴리스틱 기반 최적화 방법만으로는 충분한 효과를 거두기 어렵다. 전통적인 제어 기법은 계산이 단순하고 안정적인 운영이 가능하다는 장점이 있지만 교통량 변동성이나 돌발 상황에 적응하지 못하며, 유전 알고리즘(GA)이나 입자군집화(PSO)와 같은 메타휴리스틱 기법은 복잡한 최적화 문제를 해결하는 데 효과적이지만 오프라인 환경에 의존한다는 한계를 가진다. 최근에는 인공지능(AI)을 기반으로 한 교통신호 제어 연구가 활발히 진행되었으며, 그중 강화학습(Reinforcement Learning, RL)은 자율적 학습을 통해 최적 정책을 도출할 수 있다는 점에서 주목 받았다. 그러나 RL은 학습 비용이 과도하고 해석 불가능성(black-box 문제)으로 인해 실제 적용에는 제약이 있다.

이러한 배경을 바탕으로 본 연구는 LSTM(Long Short-Term Memory), DNN(Deep Neural Network), GA(Genetic Algorithm)를 결합한 복합 AI 프레임워크를 제안한다. 연구의 목적은 교통량 예측, 차량 속도 추정, 신호 최적화를 통합적으로 수행할 수 있는 구조를 설계하고, 이를 시뮬레이션 환경에서 검증함으로써 기존 단일 접근 방식의 한계를 극복하는 것이다. 제안된 프레임워크는 예측, 추정, 최적화 과정을 모듈별로 구성함으로써 해석 가능성과 유연성을 확보하고 다양한 교통 조건에서 적용 가능성을 검토하였다.

연구 방법은 크게 세 단계로 이루어진다. 먼저 LSTM은 시계열 교통량 데이터를 학습하여 향후 교통 흐름을 예측하며, DNN은 입력 변수를 바탕으로 차량 속도를 추정하여 교통 상태를 정밀하게 반영한다. 마지막으로 GA는 예측 및 추정 결과를 기반으로 신호 주기와 현시를 최적화하여 전체 교차로 지체시간을 최소화한다. 본 연구에서는 교차로 특성을 반영한 VISSIM 기반 미시적 시뮬레이션을 구축하고 피크타임과 비피크타임을 포함한 다양한 시나리오에서 실험을 수행하였다.

실험 결과 제안된 프레임워크는 기존 제어 방식보다 성능이 향상되었음을 확인하였다. 피크타임 기준 지체시간은 최대 20% 이상 단축되었고, 혼잡 구간의 대기행렬은 평균 15~30% 감소했으며, 출·퇴근 시간대 평균 속도는 최대 38.5% 향상되었다. 또한 LSTM은 평균 20대 이내의 오차 수준을 기록하여 신뢰성을 확보했으며, DNN은 반복 학습에서도 안정적인 성능을 보였다. GA는 다양한 교통 조건에서 빠르게 수렴하여 일관성 있는 신호계획을 제공하였다. 이러한 결과는 복합 AI 프레임워크가 교통 혼잡 완화에 효과적일 뿐 아니라 다양한 교차로 환경에 적용 가능성을 보여준다.

결론적으로 본 연구는 예측(LSTM), 추정(DNN), 최적화(GA)를 결합한 모듈형 AI 프레임워크를 제시함으로써 기존 연구의 한계를 보완하고 교통 관리 연구의 새로운 가능성을 확인하였다. 특히 강화학습 기반 모델과 비교했을 때 해석 가능성과 모듈성에서 강점을 보였으며, 피크타임 혼잡 완화 효과가 두드러졌다. 다만 연구가 시뮬레이션 검증에 국한되었다는 점에서 현실 적용을 위해서는 교차로 네트워크 확장, 실제 데이터 기반 재학습, 스마트시티 교통 관리 시스템과의 연계가 필요하다.

사사 : 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다(NRF-2025-0575, RS-2025-16069618).

긴급차량 우선신호시스템의 효과분석에 관한 연구

A Study on Evaluation of Emergency Vehicle Preemption System

김태규

(동아대학교 도시계획·조경학과
석사과정)

차정은

(동아대학교 도시계획·조경학과
석사과정)

김희경

(동아대학교 도시공학과
교수)

도시 혼잡의 상시화와 고령화에 따른 응급의료 수요 증가는 긴급차량의 신속·예측 가능한 통행을 공공서비스 품질의 핵심 요소로 부각시켰다. 본 연구는 이러한 문제의식 아래, 실제 운영 중인 긴급차량 우선신호(EVP) 시스템의 효과를 운영방식별로 정량 비교하고 도입·전환·혼합운영을 위한 실무 가이드를 제시하는 것을 목적으로 한다. 평가 지표는 통행시간과 변동성, 정지시간/횡수 등 공통 지표에 기초하며, 방식별 성과와 한계를 국내 도시 맥락에서 체계적으로 제시하고자 했다.

연구는 김해시(현장제어)와 부산광역시(중앙제어)를 비교 사례로 선정하여, 설치 현황 파악, 대상지 선정, 운영 시스템 비교, 긴급상황 이벤트 확인과 출동현황 자료 분석, 우선신호 사용 여부에 따른 성과분석, 현장 방식과 센터방식의 비교평가 순으로 수행되었다. 이 절차를 통해 동일한 지표 체계 하에서 방식을 교차 검증하도록 설계하였다.

운영개념을 보면, 현장(로컬) 방식은 긴급차량 OBE와 신호제어기가 통신하여 접근 시 직진·좌회전 신호를 부여한다. 관제센터가 없는 지자체에서도 구축 가능하고, 출동 경로가 임의 변경되어도 설치 교차로에서는 작동한다는 장점이 있다. 반면 차량 단말기 설치가 필요하고, 이미 대기행렬이 형성된 상황에서는 효과가 제한될 수 있다. 센터(중앙) 방식은 차량 위치정보를 교통정보센터가 수신해 원격으로 다수 신호기를 제어한다. 앱 기반 활용이 가능하고 대기행렬을 상대적으로 적게 만드는 등 간선축에서 강점을 보이지만, 관제센터·통신 인프라와 안정적인 온라인 연결이 필수이며, 경로가 임의로 바뀌면 제어가 어렵고 통신비 지출이 발생한다. 요컨대 현장은 국지적 장소에, 센터는 광역 간선축에 효율적이다.

정량 결과에서 가장 주목할 부분은 우선신호 사용 시 통행시간의 유의미한 단축이다. 사례 구간의 분석에서 우선신호 적용은 기존 대비 통행시간을 50% 이상 감소시키며(포화·근포화·비포화 전 구간에서 일관된 개선), 골든타임 확보 가능성을 실증적으로 보여준다. 이때 센터 방식은 다수 신호기의 동시 조정과 축 단위 연계를 통해 간선축·광역 구간에서 우월한 성능을 보이고, 현장 방식은 국지적 병목 교차로에서 비용 대비 효과가 높다.

종합하면, 긴급차량 우선신호는 골든타임 확보에 있어 확실한 대안이며, 운영방식의 이원적 선택보다는 하이브리드 전략이 합리적이다. 즉, 현장 방식의 접근·선제 대응성을 살리고, 센터 방식의 보상·형평 복귀와 다교차로 연계를 결합함으로써 단일 교차로에서 네트워크 수준으로 효과를 확장할 수 있다. 다만 우선신호 종료 후 비우선 교통이 겪는 복귀 패널티(지체)의 관리가 필수 과제로 남는다.

사사: 이 성과는 정부(환경부)의 재원으로 한국환경산업기술원의 녹색복원 특성화대학원 사업의 지원을 받아 수행된 연구임
연구에 사용된 자료는 경상남도 및 부산광역시 소방재난본부에서 제공받았습니다.

인지

Session

B-4

차량 주행 센서 데이터 기반 도로 인프라 모니터링 및 예측 모델 개발 연구

김보미, 안아찬, 이진우

자율주행차 라이다 센서 기반 차로 단위 교통·안전위험지표 추정

조성은, 소재현

C-ITS 고도화를 위한 멀티모달 LLM 기반 데이터 선별 프레임워크

박환희, 이형준, 허하리, 장혜지, 이현용, 최승현

영상 기반 도로 노면상태 모니터링을 위한 전방차량 탐지

송한진

Pedestrian Crossing Intention Estimation Based on Time Series Analysis of Head and Body Rotation Angles

Izzatulloh Makhammadjonov, Cho Seongpyo, Kim Dongsoo, Kim Beomseo

차량 주행 센서 데이터 기반 도로 인프라 모니터링 및 예측 모델 개발 연구

Development of a Road Infrastructure Condition Monitoring and Prediction Model
Based on Vehicle Sensor Data

김보미

(한국과학기술원
건설및환경공학과 석사과정)

안이찬

(한국과학기술원
건설및환경공학과 박사과정)

이진우

(한국과학기술원
건설및환경공학과 부교수)

본 연구는 고비용·저빈도의 한계를 지닌 전통적 도로포장관리시스템(PMS)을 극복하고자, 스마트폰 등 상용 센서를 활용해 도로 상태를 저비용으로 상시 모니터링하는 새로운 패러다임을 제안한다. 이를 위해 영상과 진동 데이터를 통합 분석하는 멀티모달(Multi-modal) 인공지능 모델을 개발하였으며, 도로의 핵심 상태 지표인 국제평탄성지수(IRI)와 고속도로 포장상태지수(HPCI)를 예측하는 프레임워크의 기술적 유효성을 검증하였다.

연구 방법의 핵심은 실제 주행 환경에서 취득한 데이터의 실효성을 확보하는 데 있다. 이를 위해 아스팔트와 콘크리트 포장지 혼재된 경부고속도로 약 27km 구간에서 스마트폰 영상, 가속도, GPS 데이터를 수집하는 현장 실험을 수행하였다. 데이터는 100m 단위로 구간화되어 전문 조사차량의 정밀 실측 데이터와 시공간적으로 정합되었으며, 이는 AI 모델의 학습 및 검증을 위한 핵심 데이터셋으로 활용되었다. 특히, 영상 데이터는 YOLOv5x 모델을 통해 균열, 포트홀 등 가시적 노면 손상을 탐지하는 데 사용되었고, 가속도 데이터는 노면의 거칠기와 주행 승차감을 반영하는 물리적 지표로 활용하였다.

분석 결과, 예측 대상 지표의 특성에 따라 기여하는 데이터 종류가 다르게 나타나는 유의미한 관계를 발견하였다. IRI 예측의 경우, 노면의 거칠기와 직접적인 상관관계를 갖는 차량 진동 데이터의 설명력이 영상 데이터보다 높았다. 반면, 평탄성 외에도 균열 등 표면 결함 상태를 종합적으로 평가하는 HPCI 예측에서는 영상 데이터의 기여도가 상대적으로 높게 나타났다. 이는 HPCI가 내포하는 복합적인 특성을 정확히 추정하기 위해 가시적인 손상 정보가 필수적임을 시사한다. 또한, 데이터가 누적될수록 예측 성능이 꾸준히 향상되는 경향을 보여 제안된 프레임워크의 확장성과 잠재력을 확인했으며, 이는 향후 상시적인 예방적 도로 관리 체계 구축의 핵심 기술 토대를 마련했다는 점에서 그 학술적, 실용적 의의가 크다.

사사: 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2024-00411986).

자율주행차 라이다 센서 기반 차로 단위 교통·안전위험지표 추정

Lane-Level Estimation of Traffic and Safety Risk Indicators Using LiDAR on Autonomous Vehicles

조성은

(아주대학교 D.N.A.플러스융합학과 석사과정)

소재현

(아주대학교 교통시스템공학과 부교수)

기존의 교통 모니터링은 루프 검지기, 레이더 센서, CCTV와 같은 고정식 인프라에 주로 의존해 왔으나, 설치 지점에 국한된 정보만 제공하고 기상 악화 시 성능이 저하된다는 근본적 한계가 있었다. 최근에는 GPS나 OBD 기반의 프로브 차량 데이터가 대안으로 활용되었으나, 도심 지역에서는 신호 손실이나 데이터 품질의 불안정성으로 인해 궤적 재구성 및 정밀한 교통상황 파악에 어려움이 있었다. 이러한 배경에서, 자율주행차에 탑재된 라이다(LiDAR) 센서를 교통 모니터링에 활용하는 새로운 접근이 대안이 될 수 있다. 라이다는 본래 차량 주변 환경을 인식하고 충돌을 방지하기 위해 개발되었으나, 실제 주행 중 고해상도의 3차원 포인트 클라우드를 지속적으로 수집하므로 교통공학적 관점에서 재활용할 수 있는 잠재력을 지닌다.

본 연구는 자율주행차 기반 라이다 센싱을 활용하여 차로 단위 교통지표 및 위험지표를 산출하는 개념적 프레임워크를 제시하였다. Waymo Open Dataset을 활용하여 MCTrack 알고리즘으로 다중 객체 추적을 수행하고, 이를 통해 개별 차량의 궤적을 재구성하였다. 이후 HD맵의 차로 중심선과 차로 경계를 연계하여 글로벌 좌표계에서 차량 궤적을 정렬하고, 속도·밀도·교통류(flow)·Time To Collision(TTC), Risk Score 등 주요 지표를 추정하였다. 특히 TTC는 1.5초 이하를 잠재적 충돌 위험 상황으로 정의하여, 단순한 흐름 분석을 넘어 안전 위험까지 평가할 수 있도록 설계하였다. 데이터는 직선 구간과 곡선 구간의 고속도로 장면을 대상으로 분석하였다.

분석 결과, 직선 구간에서는 차로별로 상이한 교통 상태가 드러났다. 일부 차로는 밀도가 낮고 속도가 높아 자유류 상태를 보인 반면, 중간 차로에서는 혼잡 회복이나 병목 현상이 관찰되었다. 또한 일부 차량에서 차선 변경이 포착되었으며, 이 과정에서 횡방향 충돌 위험이 발생할 수 있음을 TTC 분석을 통해 확인하였다. 반면 곡선 구간은 지속적인 정체 상태가 유지되었으며, 차량 밀도의 불안정한 변동과 다수의 후방 추돌 위험 상황이 나타났다. 이는 교통류 상태에 따라 위험 유형이 달라짐을 시사하는데, 자유류 조건에서는 횡방향 위험이, 정체 조건에서는 종방향 추돌 위험이 상대적으로 우세하게 발생하는 양상이 확인되었다.

본 연구의 주요 기여점은 첫째, 자율주행차 라이다 데이터를 교통공학 지표 산출로 확장하여 차로 단위의 세밀한 모니터링이 가능함을 보였다는 점이다. 둘째, TTC 및 Risk Score 기반 위험 상황을 동시에 분석하여 기존 인프라 기반 모니터링으로는 포착하기 어려운 세부적인 안전 특성을 규명하였다. 셋째, 실제 주행 데이터 기반 분석을 통해 라이다 센싱의 공간적·시간적 해상도가 기존 고정식 센서를 보완할 수 있음을 제시하였다.

물론 연구에는 한계도 존재한다. 추적 정확도를 보장하기 위해 관측 범위를 자차 주변으로 제한하였으며, 분석 대상이 고속도로 직선·곡선 구간에 국한되었다. 따라서 향후 연구에서는 도시부 도로, 교차로 등 다양한 환경으로 확장하고, 복수의 자율주행차 데이터를 집적하여 네트워크 전역 단위 모니터링 체계로 발전시킬 필요가 있다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는 고정식 인프라가 부족한 지역에서도 자율주행차 자체가 이동식 센서로 기능할 수 있음을 보여주며, 향후 교통 모니터링과 안전 관리 체계의 확장 가능성을 확인한 데 의의가 있다.

사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2025-00519894).

C-ITS 고도화를 위한 멀티모달 LLM 기반 데이터 선별 프레임워크

A Multimodal LLM-Based Data Selection Framework for C-ITS Advancement

박환희	이형준	허하리	장혜지	이현용	최승현
(차세대융합 기술연구원 선임·전임연구원)	(차세대융합 기술연구원 선임·전임연구원)	(차세대융합 기술연구원 선임·전임연구원)	(차세대융합 기술연구원 선임·전임연구원)	(차세대융합 기술연구원 선임·전임연구원)	(차세대융합 기술연구원 선임·전임연구원)

인공지능 모델을 고도화하기 위해서는 대규모 데이터, 특히 추돌사고나 무단횡단, 역주행과 같은 도로 이상 데이터가 필요하다. 특히 CCTV, LiDAR와 같은 비정형 데이터는 해당 이상 발생 여부를 판단하기 위해서는 실무자가 수작업으로 데이터를 확인하여 이상 발생 여부에 판단해야 한다는 어려움이 존재한다.

본 연구에서 제안하는 프레임워크는 CCTV 데이터, LiDAR 데이터, 도로 정보(교차로명, 수집시간, 도로 소통량 등) 메타 데이터를 시공간적으로 정렬한 후 각 데이터 특성에 맞는 전문화된 인코더(Encoder)를 통해 핵심 특징을 추출하여 고차원의 벡터, 즉 임베딩(Embedding)으로 변환한다. 또한 종합적인 정보를 제공하기 위해 3개의 임베딩을 하나의 '통합 장면 임베딩'으로 연결한다. 이 통합 임베딩은 멀티모달 LLM에 입력되어 이미지 등의 유의미한 데이터를 제공한다. 멀티모달 LLM은 입력된 데이터를 통해 차량의 수, 교통 상황, 도로 이상 판별 여부에 대한 캡션을 생성한다. 생성한 캡션을 통해 도로 이상으로 판별된 원시 데이터는 데이터베이스에 저장한다. 이를 통해 인공지능 모델 학습에 필요한 도로 이상 데이터를 판별하는 시간을 줄이고, 의미 기반 검색을 통해 데이터의 효율적인 데이터 관리하는 것을 목표로 한다.

실험을 통해, 제안된 프레임워크가 “우천 시 오토바이 존재”와 같은 복잡한 도로 상황을 판별하고 설명할 수 있는 가능성을 확인했다. 제안된 프레임워크를 활용하여 도로 이상 데이터를 선별함으로써, 기존의 수작업 방식이 가진 비효율성을 극복하고 방대한 데이터 속에서 인공지능 모델 고도화에 필요한 핵심 정보를 확보할 수 있는 파이프라인의 기반을 마련했다.

멀티모달 LLM의 도로 이상 탐지 정밀도를 높이고, 추론 시간을 줄이고, 도로 정보 메타 데이터 처리 능력을 고도화하는 과제는 남아있다. 그러나 본 연구는 교통 데이터의 가치를 극대화하는 효율적인 데이터 관리 체계를 제시했다는 점에서 큰 의의를 가진다. 이는 향후 고도화된 자율주행 및 지능형 교통 시스템(C-ITS), 공공 안전 분야의 인공지능 모델 개발 가속화하는데 중요한 기여를 할 것으로 기대한다.

영상 기반 도로 노면상태 모니터링을 위한 전방차량 탐지

Forward Vehicle Detection for Video-Based Road Surface Condition Monitoring

송현진

(경상국립대학교 석사과정)

최근 포트홀로 인한 차량 파손 피해보상 건수가 4년간 약 326% 증가하여, 이에 따른 사회적 비용이 증가하고 있다. 이러한 사회적 비용을 줄이기 위해 포트홀과 같은 도로 노면 이상을 미리 파악해 사전 대처가 필요하다. 영상 기반 도로 노면 이상 모니터링을 통해 사전 대처가 가능한데, 이때 전방의 탐지대상을 설정하는 과정에서 전방차량 탐지를 활용할 수 있다. 또한, 기존 전방차량 방법의 경우 고정밀 지도나 센서 등을 통해 차선을 탐지하여 동일한 주행차선 내에서 주행하는 차량을 탐지한다. 이러한 방식은 센서나 지도 등의 구축에 많은 비용이 발생하고, 실제 도로 변화를 반영하기 위해 지속적인 업데이트가 요구된다는 한계가 있다.

이에 따라 영상 내에서 별도의 변환없이 차선을 검출해 전방영역을 정의하고, 전방영역 내에서 전방차량을 탐지하는 방법을 제안한다. 본 연구에서 정의하는 전방차량은 촬영차량과 동일 차선에서 주행하는 여러 선행 차량 중, 촬영차량에 가장 인접하여 바로 앞에 위치한 차량만을 의미한다. 본 논문에서 제안하는 방법은 별도의 센서나 지도 없이 실시간 도로 상황을 반영하는 점에서 비용효율적이다. 또한, 제안한 방법의 유효성을 검증하기 위해, 일반적인 도로 주행 환경 뿐만아니라, 야간, 구조물이 많은 경우, 급커브, 교통량이 많은 경우 등 다양한 주행환경에서의 탐지 성능을 비교·평가하였다.

본 연구에서는 CannyEdge와 Hough Transform을 통해 차선을 검출하여 전방영역을 정의하고, YOLOv11으로 프레임 내의 차량을 탐지한 뒤, 전방영역 내에 위치한 차량을 전방차량으로 규정하였다.

본 연구에서는 동탄IC - 행담도휴게소(수도권 제2순환선, 서해안선)과 인삼랜드휴게소 - 서진주IC(통영대전선)을 주행하는 영상을 활용하였고, 앞서 언급한 주행 환경에 맞는 6개 구간을 추출하여 데이터로 활용하였다.

연구 결과, 일반도로, 교통량이 많은 환경, 구조물이 많은 경우와 터널 내에서 정확도(Accuracy), 정밀도(Precision), 재현율(Recall), F1-score 모두 90% 이상으로 높은 탐지 성능을 보였으나, 야간이나 급커브 구간에서는 F1-score가 각각 63%와 71% 정도로 낮았다. 이는 조명부족, 차량 헤드라이트 반사, 곡선 구간에서의 Hough 검출 한계 등의 원인으로 인한 것으로 확인되었다.

본 연구는 향후 전방차량의 흔들림 정도를 통한 도로 노면 이상 모니터링으로 확장 가능하며, 이외에도 자율주행차량이나 C-ITS의 전방위험 경고 서비스 고도화 등으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

보행자 머리와 몸 회적각 시계열 분석 기반 횡단 의사 추정

Pedestrian Crossing Intention Estimation Based on Time Series Analysis of Head and Body Rotation Angles

Izzatullokh Makhammadjonov

(Hbrain. Co. Ltd / Research Engineer)

Cho Seongpyo

(Hbrain. Co. Ltd / CEO)

Kim Dongsoo

(Hbrain. Co. Ltd / Research Engineer)

Kim Beomseo

(Hbrain. Co. Ltd / Research Engineer)

요약

보행자의 횡단 의도를 사전에 파악하는 것은 교통 안전 확보와 지능형 교통 시스템 구현에 필수적이다. 본 연구에서는 양방향 LSTM(Bidirectional Long Short-Term Memory) 네트워크를 활용하여 보행자의 머리와 몸 회전각의 시계열 변화 패턴을 분석하고 횡단 의도를 예측하는 딥러닝 기반 방법론을 제안한다. 제안된 시스템은 YOLOv8 기반 검출, ByteTrack 다중객체 추적, 7각도 분류, 그리고 BiLSTM 예측 모델로 구성된 4단계 파이프라인을 통해 연속적인 비디오 프레임에서 추출된 시계열 회전각 데이터를 처리한다.

핵심 BiLSTM 아키텍처는 128개 은닉 유닛을 가진 양방향 LSTM 층과 어텐션 메커니즘을 결합하여 복잡한 시간적 패턴을 학습한다. 네트워크는 머리 각도, 몸 각도, 상대적 머리-몸 각도의 3차원 시계열 특징을 입력으로 받아 과거와 미래 맥락을 모두 고려한 횡단 의사 결정을 수행한다. 총 42,549장 이미지와 96,639개 주석 인스턴스로 구성된 데이터셋에서 시스템을 검증한 결과, 횡단 의도 예측에서 정밀도 88.9%, 재현율 90.3%, F1-score 89.6%, 정확도 89.4%를 달성했다.

ABSTRACT

Predicting pedestrian crossing intentions is essential for traffic safety and intelligent transportation systems. This paper presents a novel deep learning methodology that employs Bidirectional Long Short-Term Memory (BiLSTM) networks to analyze time series patterns of head and body rotation angles for crossing intention estimation. Our system utilizes a four-stage pipeline consisting of YOLOv8-based detection, ByteTrack multi-object tracking, 7-angle orientation classification, and BiLSTM prediction model to process time series rotation angle data extracted from consecutive video frames.

The core BiLSTM architecture combines 128-unit bidirectional LSTM layers with attention mechanisms to learn complex temporal patterns. The network takes three-dimensional time series features including head angles, body angles, and relative head-body angles as input, enabling bidirectional temporal context consideration for robust crossing decision-making. Validated on a comprehensive dataset of 42,549 images containing 96,639 annotated instances, the BiLSTM system achieves crossing intention prediction performance of Precision 88.9%, Recall 90.3%, F1-score 89.6%, and Accuracy 89.4%.

물류

Session

B-5

바이오 의약품 콜드체인 가이드라인 인식에 관한 잠재계층분석 연구: 의약품 도매업체 종사자를 중심으로

이지원, 오수영, 이향숙

지역별 산업구조 기반 화물차량의 통행유형 분석

이재웅, 장진원, 박동주

중동아시아 콜드체인 시장진출 전략에 관한 연구 : 콜드체인 모니터링 서비스를 중심으로

이인호, 이지원, 이향숙

산행연구 고찰을 통한 지하수송시스템 수단특성 검토 연구

손형근, 장진원, 신승진, 노홍승, 박동주

바이오 의약품 콜드체인 가이드라인 인식에 관한 잠재계층분석 연구: 의약품 도매업체 종사자를 중심으로

A Latent Class Analysis Study on Perceptions of Biopharmaceutical Cold Chain Guidelines:
Focusing on Pharmaceutical Wholesalers

이지원

(인천대학교 동북아물류대학원
박사과정)

오수영

((주)옵티로 대표)

이향숙

(인천대학교 동북아물류대학원
교수)

제약산업은 고령화, 만성질환 증가, 신종 감염병 확산 등으로 인해 지속적으로 성장하고 있으며, 특히 바이오 의약품은 시장 내 비중이 확대되면서 핵심 성장 동력으로 자리 잡고 있다. 그러나 바이오 의약품은 온도 변화에 민감하여 생산·보관·유통·운송 전 과정에서 규정된 온도를 유지하는 콜드체인 관리가 필수적이다. 이러한 이유로 국내외에서는 「의약품유통관리기준(KGSP)」, 「생물학적 제제 보관·수송 관리 가이드라인」, WHO 「TTSP Annex 9」, USP <1079>, IATA 「TCR」 등 다양한 규제와 가이드라인이 마련되어 왔다. 하지만 실제 산업 현장에서 종사자들이 느끼는 규제의 효과성, 적용성, 비용 부담, 신뢰 수준은 상이하며, 이에 따라 정책 수용성과 준수 행동에도 차이가 발생할 수 있다. 따라서 종사자 인식의 이질성을 규명하는 연구가 필요하다.

본 연구는 의약품 도매업체 종사자를 대상으로, 바이오 콜드체인 관련 정책 및 규제에 대한 인식 유형을 탐색하고 집단별 차이를 규명하기 위해 잠재계층분석(Latent Class Analysis, LCA)을 적용하였다. 설문 문항은 선행연구와 정책 문서를 기반으로 실효성, 현장 적용성, 준수 난이도, 비용 부담, 신뢰/정당성, 지원/교육, 인센티브/제재 수용성 등 7개 영역을 포함하였으며, 5점 리커트 척도로 측정하였다. 추가적으로 근무지, 기업 규모, 직무, 경력 등 인구사회·조직통계 요인을 공변량으로 활용하고, 정책 이해도, 제재 경험, 규제 거부감, 교육 빈도, 정책 신뢰도 등을 사후 변수로 설정하여 집단별 차이를 비교하였다.

분석 결과, 응답자는 크게 세 가지 잠재계층으로 구분되었다. 첫째, 정책 수용·신뢰형 집단(약 45%)은 가이드라인의 효과성과 신뢰성을 높게 평가하고, 정부 정책에 대한 신뢰 수준도 높았다. 둘째, 비용 부담·저항형 집단(약 35%)은 규정 준수 비용과 절차 복잡성을 과도하게 인식하며, 규제 강화에 대한 거부감이 높았다. 셋째, 정보 부족·지원 요구형 집단(약 20%)은 규정의 실질적 이해도가 낮고 교육 참여 빈도도 적은 반면, 지원·컨설팅 필요성은 높게 나타났다. 또한 공변량 분석 결과, 경력이 짧거나 중소기업 종사자가 '저항형' 또는 '지원 요구형' 집단에 속할 가능성이 유의하게 높았으며, 사후 분석에서도 집단 간 정책 이해도, 규제 거부감, 정부 신뢰 수준에서 통계적으로 유의한 차이가 확인되었다.

이러한 결과는 바이오 콜드체인 규제가 단일한 접근만으로는 효과적인 준수를 담보하기 어렵다는 점을 보여준다. 즉, 집단별 맞춤형 정책 전략이 필요하다. 수용·신뢰형 집단에는 현행 규정을 유지·강화하고, 비용 부담·저항형 집단에는 인센티브 제공과 규제 간소화를, 정보 부족·지원 요구형 집단에는 교육 강화와 기술적 지원을 집중하는 것이 효과적일 것이다. 본 연구는 바이오 콜드체인 규제의 현장 적용성 및 정책 수용성을 집단별로 실증적으로 규명했다는 점에서 학문적 기여가 있으며, 향후 규제 설계 및 실행 과정에서 현장 친화적이고 차별화된 정책 수립에 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

사사: 본 논문(저서)은 정보통신산업진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호:S2003-24-2003)

지역별 산업구조 기반 컨테이너 운송차량의 통행유형 분석

Analysis of the Trip Types of Container Trailers Based on Industrial Structure by Region

이재웅

(서울시립대학교 석사수료)

장진원

(서울시립대학교 박사수료)

박동주

(서울시립대학교 교수)

우리나라의 컨테이너 내륙 운송은 전체 물동량의 약 96% 이상을 담당하며, 국가 물류 효율성과 직결된다. 그러나 과도한 특정 거점 집중과 높은 비중의 공차 운행은 도로 혼잡과 용량 포화 문제를 야기하며, 물류 시스템 전반의 효율성을 저해하고 있다. 기존 연구는 공차율이나 일부 사회경제 지표 중심의 분석에 머물러, 산업 구조와 물류 인프라가 실제 통행유형과 어떻게 연결되는지 충분히 규명하지 못하였다.

이에 본 연구는 컨테이너 운송차량의 통행유형을 적재 컨테이너(LTFC), 공컨테이너(LTEC), 공차(ET)로 구분하고, 전국 211개 시군구를 대상으로 산업 구조 및 물류 인프라 요인과의 연관성을 실증적으로 분석하였다. 데이터는 2017년 「화물자동차통행실태조사」 원시자료를 활용하였으며, 항만 물동량, 물류창고·터미널·공영차고지·휴게소 등 물류 인프라 변수, 산업별 종사자 및 사업체 수 등을 종합적으로 구축하였다. 독립변수는 다중공선성(VIF) 검정을 거쳐 선별하였고, 지역별 이질성을 반영하기 위해 다중규모지리적가중회귀(MGWR)를 적용하였다.

분석 결과, 항만 물동량은 전국적으로 모든 통행유형을 설명하는 핵심 요인이었으나, 지역별·유형별 차이를 세밀하게 구분하기에는 한계가 있었다. 반면, 물류창고, 물류터미널, 화물차 휴게소 등 물류·화물차 인프라 변수는 권역별·유출입별로 상이한 중요도를 보이며 통행 패턴의 차이를 효과적으로 설명하였다. 특히 수도권은 화물주차 휴게소, 비수도권은 물류창고 및 물류터미널이 주요 기여 요인으로 확인되었으며, 이는 지역별 산업 구조와 결합하여 공차(ET) 및 공컨테이너(LTEC) 재배치 문제의 심화 혹은 완화를 설명할 수 있음을 보여준다.

본 연구는 권역별 비효율적 운행 구간을 판별하고, 이를 산업 및 물류 인프라 요인과 연결해 해석함으로써 기존 연구의 한계를 보완하였다. 또한 공차·공컨테이너 문제를 산업 정책(산업단지·창고 입지), 물류 정책(ICD·CY 확충, 환적 거점 강화)과 연계하여 개선할 수 있는 정책적 근거를 제시한다는 점에서 의의가 있다. 향후 연구에서는 OD 기반 흐름 분석 및 권역 간 비교를 확장하여, 초광역 물류정책 수립과 지역 맞춤형 산업 입지 전략을 지원하는 실질적 시사점을 제공할 수 있을 것이다.

사사: 컨테이너 운송차량, 통행유형, 공간회귀모형, 산업 구조, 물류 인프라

중앙아시아 콜드체인 시장진출 전략에 관한 연구: 콜드체인 모니터링 서비스를 중심으로

A Study on Strategies for Entering the Central Asian Cold Chain Market:
Focusing on Cold Chain Monitoring Services

이인호

(인천대학교 동북아물류대학원
석사과정)

이지원

(인천대학교 동북아물류대학원
박사과정)

이향숙

(인천대학교 동북아물류대학원
교수)

중앙아시아 지역은 풍부한 농업 자원을 바탕으로 세계적으로 높은 농산물 생산량을 보유하고 있으나, 이를 실시간으로 관리, 운영할 수 있는 콜드체인 모니터링 기술 수준은 여전히 미흡한 실정이다. 중앙아시아는 우즈베키스탄을 중심으로 경제, 산업, 사회, 문화를 발전시키고 있으며, 정부 주도의 농산물 생산량 증대와 신선유통 효율성 향상 정책을 펼치고 있다. 이처럼 우즈베키스탄을 중심으로한 중앙아시아는 콜드체인 시장의 성장 잠재력이 높은 나라이다. 본 연구는 한국 기업이 콜드체인 모니터링 서비스를 중심으로 중앙아시아에 진출할 수 있는 전략을 모색하고자 한다. 콜드체인 관련 선행 연구들은 대부분 동남아시아와 같은 개발 도상국을 중심으로 콜드체인 인프라 미보유국에 대한 사례가 많았다. 그러나 중앙아시아를 대상으로 한 콜드체인 모니터링 서비스의 적용 가능성과 전략적 접근을 체계적으로 분석한 연구는 매우 제한적이다. 본 연구는 AHP 기법을 활용하여 콜드체인 물류, 해외사업 전략, 중앙아시아 사업 경험이 있는 전문가 15인을 대상으로 설문을 실시하고, 중앙아시아 콜드체인 시장 진출에 있어 중요 요인을 계층적으로 도출하였다. 분석 결과, 대분류 요인 중에서는 ‘시장성 및 수요 요인’(0.53)의 중요도가 가장 높게 나타났으며, 이어서 ‘파트너십 및 진출 용이성’(0.18), ‘정책·제도적 환경 요인’(0.17), ‘기술·인프라 수준 요인’(0.12) 순으로 도출되었다. 소분류 요인에서는 ‘콜드체인 품목 수요 성장성’(0.29)이 가장 핵심적인 요인으로 나타났으며, ‘실시간 온도 모니터링 필요성에 대한 인식’ 및 ‘현지 기업과의 협력 가능성’이 뒤를 이었다. 이러한 결과는 한국 콜드체인 모니터링 기업이 중앙아시아 시장에 진출함에 있어 전략적 우선순위를 설정하고, ODA 협력사업 및 정부 간 파트너십 형성을 위한 기초자료로 활용될 수 있음을 시사한다.

사사: 이 연구는 2025년도 정부재원으로 과학정보기술통신부(2025년도 지역 자율형 디지털 혁신프로젝트)의 지원을 받아 수행되었음(S2003-25-2003)

선행연구 고찰을 통한 지하수송시스템 수단특성 검토 연구

Review of Underground Freight Transportation Characteristics

손형근	장진원	신승진	노홍승	박동주
(서울시립대학교 교통공학과 석박사통합과정)	(서울시립대학교 교통공학과 석박사통합과정 수료)	(한국교통연구원 교통기술연구본부 부연구위원)	(한국교통연구원 교통기술연구본부 선임연구위원)	(서울시립대학교 교통공학과 교수)

본 연구는 지하수송시스템의 수단특성을 체계적으로 정리하고, 관련 선행연구를 고찰하여 수단선택 및 편익 추정 방법론을 검토하는 것을 목적으로 한다. 먼저 국내·외 선행연구를 분석하여 지하수송시스템의 개념적 정의와 수단특성을 도출하였다. 지하수송시스템의 수단특성은 철도와 유사한 화물전용 궤도교통수단으로 정의할 수 있음을 확인하였다. 특히 지하터널의 전용 궤도를 무인으로 주행하는 점으로부터, 지하수송시스템은 철도와 유사한 특성을 지니는 것으로 검토되었다.

이러한 수단특성을 바탕으로 수단선택 방법론과 편익 추정 방법론을 검토하였다. 수단선택과 관련해서는 활용 가능한 모형이 부재하고 구축에도 한계가 있어, 선행연구를 참고하여 적용 가능한 방법론을 도출하였다. 편익 추정의 경우 기존 도로·철도 중심의 편익 항목 체계로는 한계가 있으므로, 지하수송시스템의 특성을 반영할 수 있는 신규 편익 항목을 추가하여 검토하였다. 또한 가상 시나리오를 적용하여 수요와 편익을 개략적으로 분석함으로써, 지하수송시스템의 도입 가능성과 정책적 활용성을 확인하였다.

본 연구는 지하수송시스템의 수단특성을 검토하고 가상 시나리오를 통해 적용 효과를 개략적으로 분석하였다. 이를 통해 지하수송시스템이 도시 물류 혼잡 완화, 지상 인프라의 효율적 활용, 환경 편익 증대에 기여할 수 있는 가능성을 확인하였다. 이러한 결과는 향후 국가 물류정책에서 지하수송시스템을 신교통수단의 하나로 고려할 필요성을 보여준다.

향후 연구에서는 교통존별 자료를 활용한 선형계획법 모형이나 사회경제지표 기반 회귀분석 기법을 적용하여 보다 정밀한 수요추정이 요구된다. 또한, 초기 사업비용이 크게 소요되는 지하공간 구축의 특성을 고려하여, 경제성 확보를 위한 비용 절감 방안과 효율적 투자 구조에 대한 심층적 검토가 필요하다. 본 연구는 이러한 후속 연구와 정책 논의의 기초자료로 활용될 수 있으며, 지하수송시스템의 도입이 국가 물류체계 내에서 실질적으로 검토될 수 있도록 정책적 근거를 제공한다.

본 연구는 2025년도 한국ITS학회 춘계학술대회에서 발표된 ‘지하수송시스템 장래 물동량 추정 방법 연구 : 수요예측방법 구축 기초 연구’의 후속 연구로 수행되었습니다.

또한, 본 연구는 한국도로공사 ‘지하고속도로 연계 지하수송시스템 사전 기본기획’ 및 한국교통연구원 ‘지하고속도로 연계 지하수송시스템 도입에 따른 타당성 평가용역’ 과제의 지원으로 수행되었습니다.

운전자 행태

Session B-6

심리적 안정효과와 화폐 가치화 : 승용차 운전자 불안 경감을 중심으로

최정범, 정진원, 박동주

스마트폰 기반 실시간 난폭 운전 탐지 시스템 개발 및 검증

서동현, 홍택수, 권장우

유형별 사고 예측 모델과 LLM 에이전트를 결합한 능동적 운전자 위험 정보 시스템 연구

이상현, 박근원, 권장우

군집분석 기반 음주운전자 유형화와 특성 연구

권민정, 강애라, 홍정열

시 기반 국민인식 수용도 분석: 음주운전 방지장치 도입을 중심으로

강애라, 김중효

심리적 안정효과와 화폐 가치화: 승용차 운전자 불안 경감을 중심으로

Monetizing Psychological Stability Effects: Focusing on Car Drivers anxiety Reduction

최정범

(서울시립대학교 교통공학과
석사과정)

장진원

(서울시립대학교 교통공학과
석·박사 통합과정 수료)

박동주

(서울시립대학교 교통공학과
교수)

승용차 운전자들이 대형 화물차로 인한 중대 사고 발생 가능성에 대해 느끼는 불안감은 그들의 심리적 건강에 직접적인 영향을 미치며, 이는 교통사고의 위험을 증가시키는 요인이 될 수 있다. 이러한 불안감은 운전자의 긴장감, 주의력 저하, 그리고 불안정한 운전 행동을 유발할 수 있으며, 이는 특히 화물차와 근접 운행하는 상황에서 더욱 심화된다.

화물차 전용차로 도입과 같은 물리적 인프라 개선은 화물차와 승용차의 물리적 분리를 통해 이러한 불안감을 감소시킬 수 있는 실질적인 방안으로 제시되고 있으며, 지속적인 연구 및 제안이 이루어졌다. 그러나 기존의 연구들은 주로 기존에 제시된 물리적 편익에 초점을 맞추어 왔으며, 운전자의 불안감 감소와 같은 비시장적이고 심리적인 편익은 충분히 반영되지 못했다.

본 연구는 화물차 전용차로 도입 및 도로 건설로 인해 승용차 운전자들이 경험하게 되는 화물차 관련 대형사고 불안감 감소라는 심리적 안정 효과를 도출하며, 이를 화폐 가치화 하는 것을 목적으로 둔다.

본 연구는 CVM기법을 활용한 설문 조사를 통해 약 1,000명을 대상으로 화물차 전용도로 건설 시의 사고 불안감 경감 효과 및 지불의사액을 정량화한다. 또한, 운전 중 화물차와 근접 운행하는 상황에서 느끼는 심리적 긴장도 및 그 변화에 대한 구체적인 문항과 화물차 전용차로 분리와 같은 물리적 환경 개선이 불안감 감소에 미치는 영향에 대한 인식 문항을 포함하였다.

수집된 데이터를 기반으로 지불용의액(WTP)을 추정하고, 이를 1인당, 1km당 등 실질적인 정책 활용이 가능한 원단위로 환산하며, 이 과정에서 WTP 데이터의 특성을 고려하여 로짓 모형을 통해 해당 원단위를 제시한다.

본 연구는 도출된 화폐 가치를 기반으로 화물차 전용차로 도입 및 도로 건설 정책의 사회적 편익을 비용-편익 분석에 반영하는 방법론을 제시할 수 있으며, 정책 결정 과정에 실질적인 근거를 제공함으로써 교통 안전 및 인프라 투자의 효율성과 타당성을 높이는 데 기여할 것으로 예상된다.

스마트폰 기반 실시간 난폭 운전 탐지 시스템 개발 및 검증

Development and verification of smartphone-based real-time aggressive driving detection system

서동현

(인하대학교 전기컴퓨터공학과
석사)

홍택수

(인하대학교 전기컴퓨터공학과
석사)

권장우

(인하대학교 컴퓨터공학과
교수)

I. 연구 개요

본 연구는 교통사고의 주요 원인 중 하나인 난폭 운전을 스마트폰으로 실시간 탐지하는 것을 목표로 한다. 기존의 고비용 전용 장비 대신, 누구나 보유한 스마트폰의 IMU(관성 측정 장치)와 온디바이스 AI 기술을 활용하여 보급 가능성이 높은 실용적 시스템을 구현하였다. 이를 위해 실제 차량 주행 데이터와 CARLA 시뮬레이터 기반 가상 데이터를 통합하여 모델의 강건성과 일반화 성능을 확보하였다.

II. 관련 연구

선행 연구들은 스마트폰 센서를 활용한 개별 이벤트 탐지(Google의 급제동 탐지 연구), 전통 ML과 1D CNN 기반 운전 이벤트 분류, ConvLSTM을 통한 운전 스타일 분석 등으로 발전해왔다. 그러나 대부분 단일 이벤트나 성향 분석에 국한되었으며, 본 연구는 급가속·급정지·급좌회전·급우회전 등 복합적인 난폭 운전 이벤트를 실시간으로 탐지하는데 초점을 맞춘 점에서 차별성을 가진다.

III. 방법론

연구팀은 강화도 인근 사유지에서 세단(K5, 가솔린)과 SUV(트랙스, 디젤) 차량으로 실제 데이터를 수집하고, CARLA 시뮬레이터로 대규모 가상 데이터를 확보하여 총 5개 클래스(정상 + 4가지 난폭 운전 이벤트) 데이터셋을 구축하였다. 제안된 모델은 1D CNN 기반 잔차 네트워크 구조를 채택하여 시계열 데이터에서 국소적 패턴을 추출하고, 분류기는 Fully-Connected Layer와 Softmax로 이벤트를 분류하도록 설계되었다. 학습은 Adam Optimizer와 Cross-Entropy Loss를 사용하여 진행되었으며, 성능 평가는 Accuracy, Precision, Recall, F1-score로 이루어졌다.

IV. 실험 결과

실험 결과, 제안 모델은 평균 정확도 98.3%를 기록하였으며, 대부분의 이벤트에서 Precision·Recall이 1.0에 가까운 높은 성능을 보였다. 다만 ‘급가속’ 일부 샘플이 ‘급우회전’으로 오분류되는 사례가 있었다. 변환된 모델은 실제 안드로이드 애플리케이션에서 외부 서버 연동 없이 지연 없는 실시간 탐지를 성공적으로 수행하였다.

V. 결론

본 연구는 스마트폰 IMU와 온디바이스 AI를 결합해 실시간 난폭 운전 탐지가 가능한 실용적 시스템을 개발·검증하였음을 보여준다. 이는 기존 고비용 장비의 한계를 극복하고, ITS(지능형 교통 시스템), UBI(사용 기반 보험), 차량 공유 서비스 등 다양한 분야에 응용될 수 있다. 향후 연구에서는 다양한 차종·운전자 데이터를 추가 확보하고, 복합적인 운전 상황에 대응하는 모델 확장을 통해 범용성을 높일 필요가 있다.

사사: 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(20224B10100060, 회전설비 인공지능형 진동 감시 시스템 개발)

유형별 사고 예측 모델과 LLM 에이전트를 결합한 능동적 운전자 위험 정보 시스템 연구

A Study on an Active Driver Risk Information System Combining a Type-Specific
Accident Prediction Model and an LLM Agent

이상현

(인하대학교 전기컴퓨터공학과)

박근원

(인하대학교 전기컴퓨터공학과)

권장우

(인하대학교 컴퓨터공학과 교수)

본 연구는 기존의 교통안전 경고가 사후적, 일반적 안내에 머무르는 한계를 보완하기 위해, 유형별 사고 예측 모델과 LLM 에이전트를 결합한 능동적 운전자 위험 정보 시스템을 제안한다. 1단계는 포아송 회귀 기반의 고해상도 시공간 예측으로, 데이터 희소성에 대응하기 위해 경험적 베이지 추소를 적용해 예측의 안정성을 높였다. 2단계는 예측 위험과 실시간 ITS 데이터를 결합해 상황인지형 자연어 조언을 생성하는 LLM 에이전트다.

데이터는 TAAS의 9개 사고 유형 클러스터와 전국 도로 노드로 구성되며, 모든 공간 정보를 H3(레벨9) 그리드에 매핑하였다. 사용 피쳐는 최근/전년도 사고 건수(recent_accidents, prev_accidents), 사고 심각도 합(severity_score), 도로 노드 복잡도(node_risk), 인접 셀 평균 사고(neighbor_recent_accidents), 연도 추세(year_trend) 등 6종이다. 목표변수는 셀, 유형, 연도별 다음 해 사고 건수다. 포아송 회귀 로그 링크를 사용하여 평균 발생률을 예측한다.

경험적 베이지 추소는 예측값을 유형별 역사적 평균 방향으로 수축하며, 샘플 수와 교차검증 NMAE에 따라 혼합 가중치를 조정한다. 데이터가 풍부한 유형(예:대형차)에는 모델 예측 비중이 높고, 희소한 유형(예:어린이, 스쿨존)에는 평균 기반 보정 비중이 커져 변동성을 줄인다. 일부 희소 유형에는 과거 발생 비율 기반 대체를 병행했다.

LLM 에이전트는 차량 GPS를 받아 현재, 경로상의 상위 위험 유형과 상대적 위험지수를 조회하고, 동시에 도로 공사, 돌발사고, 갓길차로 운영 등 ITS 이벤트를 수집한다. 이벤트는 사용자와의 거리를 하버사인으로 계산해 구조화된 문맥과 함께 프롬프트에 제공되며, 에이전트는 ‘드라이빙 안전 코파일럿’ 페르소나로 간결하고 실행 가능한 조언을 생성한다.

평가에서 홀드아웃 기준 전체 셀 MAE 7.50, 라벨>0셀 MAE 3.80을 기록했고, 실제 사고가 있는 셀을 기준으로 NMAE 0.26을 달성했다. 유형별로는 대형차 등 표본이 많은 경우 높은 혼합 계수(예:0.88), 어린이, 스쿨존 등 희소 유형은 낮은 혼합 계수(예:0.01)로 관찰되었다. 사례 분석에서도 ITS 신호(예:“전방 472m 갓길차로”)와 예측 위험(대형차, 범규위반)을 결합해 ‘조기 진입 고려’, ‘속도 50km/h 이하, 안전거리 확보’와 같은 구체적 행동 지침을 산출했다.

본 연구의 기여는 (1) H3 그리드, 경험적 베이지 추소를 활용한 고해상도, 안정적 사고 위험 예측, (2) 예측과 실시간 정보를 연결해 설명 가능하고 실행 가능한 운전자 조언을 생성하는 LLM 에이전트 설계, (3) 공공 안전 데이터를 선제적 안내 도구로 전환하는 아키텍처 제시에 있다. 한계로는 실시간 기상, 교통류 등 동적 변수 미포함이 있으며, 후속 연구로 GNN 기반의 도로망 위상 반영, 희소 유형 다년도 교차검증, 하이브리드 지표, 실제 운전 행동, 안전 영향에 대한 사용자 연구를 제안한다.

사사: 이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (20224B10100060, 회전설비 인공지능형 진동 감시 시스템 개발)

군집분석 기반 음주운전자 유형화와 특성 연구

Cluster Analysis-Based Typology and Characteristics of Drunk Drivers

권민정

(한국도로교통공단 교육본부 차장)

강애라

(정책연구처 책임연구원)

홍정열

(계명대학교 교수)

본 연구는 음주운전자의 행태적 특성을 규명하고 유형별 특성을 도출하기 위하여 2005년부터 2024년까지 20년간 전국 단위 경찰청 음주운전단속 및 법규위반, 교통사고 데이터를 활용하였다. 주요변수로는 음주운전 단속횟수, 혈중알코올농도, 교통법규 위반건수, 교통사고 발생건수 등을 포함하고 있다. 먼저 음주운전 재범자 특성을 분석한 결과, 여성보다 남성의 재범비율이 현저히 높았으며, 최초 음주운전 단속 당시 연령이 낮을수록 재범 전환 가능성이 증가하였다. 또한 재범 집단의 혈중알코올농도 수준이 초범 대비 높은 것으로 확인되었다. 다음으로 음주운전의 가장 핵심 변수인 '음주운전 단속횟수'와 '혈중알코올농도'를 기준으로 K-means 군집분석을 실시하고, 각 유형별 특성을 분석하였다. 분석결과, 음주운전자는 4개의 유형으로 분류되었다. 제1유형은 저빈도·저농도 집단으로 전체에서 차지하는 비중이 50.1%로 가장 높았다. 제2유형은 중빈도·중농도 집단으로 단속횟수와 혈중알코올농도가 중간 수준이며, 제3유형은 저빈도·고농도 집단으로 음주운전을 자주하지는 않지만 혈중알코올 농도가 매우 높은 것이 특징이다. 마지막 제4유형은 고빈도·고농도 집단으로 단속횟수와 혈중알코올농도가 모두 높으며, 교통법규 위반과 교통사고 발생이 많은 고위험군이다. 음주운전 재범자에 해당하는 유형2와 유형4는 타 유형에 비해 법규위반 및 교통사고 발생 위험도가 높았으며, 음주운전 최초 단속나йд도 낮았다. 또한 면허취득일로부터의 경과일도 음주운전 횟수가 적은 유형1과 유형3에 비해 짧은 특징을 보였다. 본 연구는 음주운전자의 유형별 특성을 체계적으로 규명함으로써, 향후 교통안전정책 수립과 음주운전 예방 프로그램 개발에 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

AI 기반 국민인식 수용도 분석 - 음주운전 방지장치 도입을 중심으로 -

AI-powered public perception and acceptance analysis
- Focusing on the introduction of Breath Alcohol Ignition Interlock Device -

강애라

(한국도로교통공단 정책연구처 책임연구원)

김중호

(한국도로교통공단 정책연구처장)

본 연구는 음주운전 재범을 선제적으로 방어할 수 있는 ‘음주운전 방지장치(BAIID)’ 제도 도입과 관련하여 국민의 인식 수준을 분석하는데 있다. 음주운전은 우리 사회에서 매우 심각한 사회문제이며, 특히 상습 음주운전자들의 문제가 중요하게 대두되고 있다. 국내에서도 이를 선제적으로 예방하기 위하여 2023년 10월 음주운전 방지장치와 관련한 도로교통법 일부 개정안이 통과되었다. ‘음주운전 방지장치’는 국내에서는 생소한 장치로 여겨질 수 있으나 이미 다수의 선진국에서는 이 장치가 보편적으로 도입되어 음주운전 사고를 예방하는데 활용되고 있다. 이는 음주한 상태에서의 음주운전을 사전적으로 예방할 수 있는 장치이다. 해외에서는 대표적으로 미국, 캐나다, 유럽 등에서 이 장치를 사용하고 있으며 음주운전 교통사고를 예방하고 있다. 본 연구는 2024년 10월부터 시행되고 있는 음주운전 방지장치 제도와 국민들이 이 제도에 대해 어떤 인식을 갖고 있는지 관계를 밝히려고 한다. 이를 위해 대국민 인식조사를 시행하여 음주운전 및 음주운전 방지장치에 대한 인식 및 향후 추진 방향 등을 알아보는데 있다.

사사: 본 논문은 2024년에 수행한 한국도로교통공단 교통과학연구원의 기본연구과제의 일환으로 수행되었습니다.



Session C

교통 이용자 분석

Session

C-1

순서형 로짓 모형과 IPA를 활용한 택시 플랫폼 이용자의 만족도 영향요인 분석

박유진, 이경재, 구자현, 추상호

김천시 혁신도시 원도심 연결성 개선을 위한 모빌리티 선호 분석

성만준, 권오훈, 도우석

시나리오 기반 음식 배달과 외식간의 선택행태 비교분석

채경수, 김홍재, 김성후

장거리 통행자를 대상으로 한 휴게소 기반 수요응답형 교통(DRT)서비스 전환 가능성 분석

나예진, 김태균, 강진동, 윤미정, 김재국, 심재엽

순서형 로짓 모형과 IPA를 활용한 택시 플랫폼 이용자의 만족도 영향요인 분석

Analyzing user satisfaction factors of taxi-hailing platforms in South Korea:
Ordered Logit modeling and Importance-Performance Analysis

박유진	이경재	구자현	추상호
(홍익대학교 도시계획과 박사과정)	(홍익대학교 도시계획과 연구교수)	(홍익대학교 도시계획과 연구교수)	(홍익대학교 도시공학과 교수)

본 연구는 국내 대표적인 택시 호출 플랫폼인 카카오 T 이용자를 대상으로 만족도 영향 요인을 분석하고 향후 서비스 개선 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다. 2024년 3월 서울 수도권 거주자 281명을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 서비스 만족도 문항을 대상으로 진행된 요인분석과 전반적 만족도를 종속변수로 구축한 순서형 로짓 모형, 나아가 중요도-성과 분석 (Importance-Performance Analysis, IPA)을 진행하였다.

분석 결과 서비스 만족도 요인은 서비스 신뢰성과 피드백의 반영, 정보 전달, 편리성과 정확성의 세 가지로 도출되었다. 순서형 로짓 모형에서는 세 요인 모두 전반적 만족도에 양(+)의 방향으로 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 추가로 연령, 차량보유여부, 운전면허 보유여부, 사용 시간대, 배차 및 승차 대기시간 만족도 등의 변수가 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났다. 특히 연령이 낮을수록 만족도가 높았으며, 차량이나 운전면허를 보유한 경우 대체 교통수단을 보유함에 따라 만족도가 낮게 나타나는 경향이 있었다. 또한 낮 시간대 및 야간 이용 경험은 만족도와 양(+)의 상관관계를 보였는데, 이는 대중교통 운행이 제한되는 시간대에서 플랫폼의 상대적 강점이 부각된 결과인 것으로 보인다.

IPA 결과, 정확한 하차, 경로 안내, 간편결제 등은 1사분면(Keep up the good work)으로 분류되었으며, 앱의 오류 없이 안정적인 호출, 운행정보 공유기능, 서비스 평가 기능은 2사분면(Concentrate Here)으로 도출되어 주목이 필요한 것으로 나타났다. 위 결과는 현재 플랫폼의 핵심 기능이 전반적으로 잘 작동하고 있으나, 사용자의 플랫폼 서비스 경험 개선을 위한 특정 기능의 개선이 시급함을 의미한다.

사사: 본 연구는 한국교통안전공단의 지원을 받아 수행되었으며, 연구 과정에서 2023년 대중교통 이용자 만족도 조사자료를 활용하였습니다.

김천시 혁신도시-원도심 연결성 개선을 위한 모빌리티 선호 분석

Preference Analysis for New Mobility to Improve Connectivity between the Innovation City and the Original Downtown in Gimcheon

성민준

(계명대학교 학사과정)

권오훈

(계명대학교 부교수)

도우석

(계명대학교 조교수)

최근 과주시, 청주시 등 다양한 도시에서 모빌리티 개선계획을 수립하며 혁신도시와 원도심 연결성 강화를 중요한 과제로 다루고 있다. 그러나 주민들이 실제로 체감하는 불편은 대기시간, 환승, 정보 신뢰성 등 이동 과정의 불편 요소이며 이러한 불편이 새로운 교통수단을 받아들이려는 의향에 어떤 영향을 주는지는 아직 검증되지 않고 있다. 본 연구는 김천시를 사례로 하여 설문조사를 기반으로 신규 모빌리티 이용의향(Q18)과의 관계를 분석해 정책 우선순위를 제시하기 위해 연결성 불편지수(CDI, Connectivity Discomfort Index)를 정의하였다. CDI는 주민들이 이동 과정에서 경험하는 시간·환승·보행·정보 측면의 불편을 0에서 1 범위로 수치화한 지표로 시민들이 체감하는 교통관련 불편사항을 정량적으로 측정할 수 있다. 이를 신규 모빌리티 이용의향과 연계해 분석함으로써 어떤 불편 요인이 주민들의 수용성에 더 큰 영향을 주는지를 분석하고 정책적 의사결정에 필요한 실증적 근거를 제시하고자 한다.

설문조사는 현장 및 온라인 설문자 136명이 참가하였으며 김천시 거주자 66명의 응답을 분석대상으로 하였다. 설문조사 중 핵심 문항을 예로 들면 Q18 문항(“향후 김천시에 새로운 교통수단이 도입된다면 이를 이용할 의향이 있습니까?”)을 통해 이용의향을 5점 척도로 측정한 결과 평균은 3.86점(표준편차 1.036) ‘그렇다(4점)’와 ‘매우 그렇다(5점)’ 응답 비중은 81.8%로 나타나 신규 모빌리티 수용성이 전반적으로 높은 것을 확인하였다. 이동 불편은 Q22·Q23 문항(“김천시 내 이동 과정에서 어떤 불편을 경험하였습니까?”)을 통해 수집하였으며 시간·대기, 환승·노선, 보행·정류장, 정보·서비스 네 축으로 구조화하였다. 각 축은 불편=1, 불편하지 않음=0으로 코딩하여 평균을 산출하였고 이를 개인 CDI로 정의하였다.

본 연구는 설문 응답을 통해 산출한 CDI가 주민들의 신규 모빌리티 이용의향에 미치는 영향을 분석하기 위해 단순 선형회귀모형을 사용하였다. 종속변수는 신규 모빌리티 이용의향(Q18), 독립변수는 CDI로 설정하였고 모형은 $Q18 = \alpha + \beta \cdot CDI + \varepsilon$ 형태로 추정하였다. 분석 결과 CDI 평균은 0.28(표준편차 0.147)로 확인되었으며 축별로는 정보·서비스(0.462), 시간(0.356), 환승·노선(0.212), 보행·정류장(0.091) 순으로 나타났다. 회귀분석 결과 CDI가 0.1포인트 상승할 때 Q18은 평균 약 0.135점 상승하는 관계가 확인되었으며($\beta=1.348$, $R^2=0.037$, $p=0.124$) 통계적 유의성은 확보되지 않았으나 효과의 방향성은 정책적 해석에 활용 가능한 단서를 제시한다. 이러한 결과는 주민들이 불편을 더 크게 인식할수록 새로운 교통수단을 이용할 의향이 높아진다는 점을 시사한다. 특히 정보·서비스와 시간 축의 불편이 상대적으로 높게 나타나 정책적으로는 실시간 정보 제공의 신뢰성 강화, 요금·혼잡 관리, 배차 간격 및 정시성 개선이 우선 과제로 제시된다. 또한 환승 불편은 노선 단순화 및 급행 중심 운영, 보행·정류장 불편은 병원·학교·상권 등 핵심 거점 중심으로 접근성을 보장하는 방식이 효과적이다.

본 연구는 김천시 사례를 기반으로 분석했지만 신규 모빌리티 도입을 검토하는 다양한 도시에서도 적용 가능한 분석 방법론을 제시한다는 점에서 의의가 있다. 연결성 불편을 수치화한 CDI는 주민 수요를 체계적으로 반영하는 지표로서 향후 표본 확대와 모형 정교화를 통해 유사 도시의 모빌리티 성과 평가 및 자원 배분에도 활용 가능하다. 따라서 이 연구는 지역 교통체계 개선을 고민하는 도시들에게 정량적 근거 기반의 전략 수립 방향을 제공한다는 점에서 기초 자료로 활용될 수 있다.

사사: 본 연구는 김천시에 지원한 “김천 모빌리티 개선계획 수립연구 용역” 연구과제의 일환으로 수행하였습니다.

시나리오 기반 음식 배달과 외식간의 선택행태 비교분석

A scenario-based comparative analysis of choice behavior between food delivery and eating out

채경수

(한양대학교 교통물류공학과
식사과정)

김홍재

(한양대학교 교통물류공학과
식사과정)

김성후

(고려대학교 건축사회환경공학부
조교수)

음식 배달은 COVID-19 이후로 이용량이 급격히 증가한 분야이다. 선행연구에 따르면, 미국에서는 연간 음식 배달 매출이 2025년까지 18%로 성장할 것으로 예상되었으며, 한국에서는 2020년 음식 배달 시장이 2019년에 비해 80% 더 증가한 것으로 나타났다. 이러한 이용량 증가와 함께 음식 배달에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있다. 그러나 COVID-19 이후로 음식 배달이 활발해진 특징 때문에, 음식 배달에 대한 연구가 다른 분야들에 비해 상대적으로 적은 상황이다. 한편, 음식 배달 과정에서 소비되는 배달 비용, 음식 비용에 대해서도 문제점이 발생하는 상황이다. 선행연구에 따르면 최소 주문 금액을 맞추기 위해 소비자들이 실제로 음식을 더 많이 시키는 경우가 있으며 이를 통해 음식물 쓰레기가 증가하는 문제점이 있다고 하였다. 음식 배달의 이용량 증가와 함께 사회적 문제점들도 생기기 때문에 음식 배달과 관련하여 지속적인 연구들이 필요한 상황이다. 본 연구는 이러한 연구 배경을 참고하여 서울시민을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 설문조사 중에서는 음식 배달/외식 선택에 대해서 음식 배달 속성(음식 비용, 배달 비용, 배달 소요 시간)과 외식 속성(음식 비용, 도보 이동 시간)을 제시하는 잠재 선호조사(Stated preference; SP)를 진행하였다. 응답된 결과들을 바탕으로 본 연구에서는 수단선택 모형을 추정하였다. 수단선택 모형 추정 결과를 바탕으로 음식 배달과 외식 간의 경쟁을 파악하기 위하여 한계대체율법(Marginal rate substitution; MRS) 방법론을 통해 각 대안 속성들의 민감도를 파악하였다. 또한, 해당 SP 설문조사에서는 추가적인 시나리오 특성(점심식사/저녁식사, 맑음/비)도 같이 제시하였기에 각 시나리오에 따라서 음식 배달과 외식간의 경쟁이 달라질 수 있는지 확인하였다. 수단선택 모형에서 시나리오 변수의 반영은 각 대안들의 시간 속성(배달 소요시간, 도보 이동시간)에 상호작용(Interaction term)을 적용하여 모형 결과에 시나리오를 고려할 수 있도록 하였다. 해당 연구 결과는 음식 배달과 외식간의 대안 경쟁에 대해 외부적 요인을 함께 고려하여 분석하였기 때문에 기존 선행연구 결과에서 추가적인 시사점을 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 논문은 정석물류학술재단 지원에 의하여 연구되었음

장거리 통행자를 대상으로 한 휴게소 기반 수요응답형 교통(DRT) 서비스 전환 가능성 분석

Analyzing the Potential Shift to Rest-Area-Based Demand Responsive Transit (DRT) Services among Long-Distance Travelers

나예진	김태균	강진동	윤미정	김재국	심재엽
((주)스튜디오	((주)스튜디오	((주)스튜디오	(한국도로공사	(한국도로공사	(한국도로공사
갈릴레이	갈릴레이	갈릴레이	부장)	차장)	책임연구원)
책임연구원)	그룹장)	본부장)			

본 연구는 장거리 통행자의 환승 거점인 고속도로 휴게소에서 도입 가능한 수요응답형 교통(Demand Responsive Transit, DRT) 서비스의 잠재적 수단분담율을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 장거리 외근 및 통근 통행자를 대상으로 현재 이용 교통수단을 조사(RP)하고, 가상의 환승 기반 DRT 서비스를 제시한 후 비용, 대기시간, 총통행 시간, 환승횟수 속성을 포함한 컨조인트 기반 진술선호(SP) 조사를 수행하였다. 수집된 RP-SP 결합 자료를 활용하여 Nested Logit 모형을 추정하였으며, 상위 수준에서는 기존 교통수단 유지와 DRT 환승 간 선택 구조를, 하위 수준에서는 각 수단 대안 및 DRT 서비스 속성에 따른 선택 확률을 모형화하였다. 추정 결과, 비용과 시간 요인은 DRT 채택 의향에 부정적인 영향을 미쳤으며, 환승 횟수 역시 강력한 억제 요인으로 나타났다. 또한 현재 이용 교통수단별로 속성 민감도의 차이가 확인되어, 특정 수단 이용자가 DRT 전환에 더 높은 잠재성을 보임을 알 수 있었다. 본 연구는 향후 휴게소 기반 DRT 서비스의 도입 타당성을 검증하고, 초기 시장에서 어떤 이용자 집단을 핵심 목표로 설정할지에 대한 실증적 근거를 제공한다.

최적 경로

Session

C-2

도시 교통망 기반 자율주행 순찰차량의 순찰 급파 임무 간 최적경로생성 알고리즘 개발
박하늘, 소재현

자율주행 현장대응차량의 효율적 경로 계획을 위한 알고리즘 연구
강지민, 강지혜, 연준형, 정영제, 김원호

사공간 위험도기반 자율주행 현장대응차량 배치전략 및 경로설계 연구
강지혜, 강지민, 이진학, 정영제, 김원호

복잡한 미로 네트워크를 위한 딥러닝 기반 경로 계획
김정훈, 장안권

선형화된 루프 경로 표현법을 이용한 외판원 문제의 2단계 프레임워크
박상훈, 장안권

도시 교통망 기반 자율주행 순찰차량의 순찰 - 급파 임무 간 최적경로생성 알고리즘 개발

An Integrated Framework for Mission-Oriented Routing of Autonomous Patrol Vehicles
in Urban Traffic Networks

박하늘

(아주대학교 D.N.A.플러스융합학과 박사과정)

소재현

(아주대학교 교통시스템공학과 부교수)

교통사고 예방과 신속한 대응은 교통안전정책의 핵심 과제이지만, 순찰 인력 부족과 높은 사회적 비용은 여전히 해결되지 않은 한계로 남아 있다. 이에 따라 국내외에서는 24시간 운영 가능한 자율주행 순찰 로봇·차량의 실증이 활발히 진행되고 있으며, 실제 현장 도입을 위해서는 차량 자원의 합리적 배분과 임무 특화 경로 최적화가 함께 요구된다. 본 연구는 자율주행 순찰차량의 순찰 - 급파 임무를 대상으로, 자원 배분을 고려하면서도 경로 최적화에 중점을 둔 통합 알고리즘을 제안한다. 사례 지역은 시흥시 배곧동으로 설정하고, SUMO 기반 시뮬레이션 환경을 구축하여 도로 네트워크, 신호 체계, 교통량(동적 수요)을 반영하였다. 임무 특성에 따른 세 가지 유닛(교통순찰차(MPC), 소형 자율 순찰차(SPC), 소형 자율 순찰 로봇(SPR))에 대해, 다중 차고지 - 이종 차량 VRP 관점에서 차량을 담당 구역에 배분한 뒤, 각 차량의 순찰 경로와 급파 경로를 계산한다. 순찰 경로는 중요 구간 커버리지(예: Important Edges) 극대화, 차량 간 중복 최소화, 경로 길이·순환성 확보를 목표로 적합도 함수를 설계하고, 급파 경로는 신호·실시간 교통 상태를 반영해 사고 지점까지의 도착 시간을 최소화하도록 산출한다. 경로 생성은 최단시간 기반 경로 탐색과 전역 탐색 최적화를 결합해 구현하였고, Python - SUMO(TraCI) 연동으로 반복 시뮬레이션·시각화·검증이 가능하도록 구성했다. 또한 순찰 - 급파 간 모드 전환, 급파 종료 후 순찰 자동 재개 흐름을 시스템 로직에 포함해 연속 운용 시나리오를 지원한다. 결과적으로 제안 방식은 도시 규모 네트워크에서 커버리지 향상과 중복 감소를 달성하는 동시에 돌발 대응 시 도착 시간을 단축하는 데 유의미한 효과를 보여주며, 이는 순찰 자원의 배분과 임무별 경로를 한 체계에서 연결해 운영 의사결정의 일관성을 확보하고, 중요 구간 중심의 커버리지 설계로 예방적 단속·순찰의 공간 형평성을 높이며, 실시간 조건을 반영한 급파 경로를 통해 초기 대응 시간을 줄여 2차 사고 위험을 낮추는 데 기여할 수 있음을 시사한다.

사사: This work was supported by the Korea Institute of Police Technology (KIPoT) grant funded by the Korea government (KNPA) (No. RS-2024-00403630, Development of autonomous driving patrol service for active prevention and response to traffic accidents).

자율주행 현장대응차량의 효율적 경로 계획을 위한 알고리즘 연구

A Study on an Efficient Route Planning Algorithm for Autonomous Incident Response Vehicles

강지민 (서울연구원 연구원)	강지혜 (서울연구원 연구원)	연준형 (서울연구원 연구원)	정영제 (서울연구원 연구위원)	김원호 (서울연구원 선임연구위원)
-----------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	--------------------------

최근 고속도로에서 발생하는 2차 사고는 일반 교통사고에 비해 치사율이 현저히 높으며, 후속 차량의 추돌로 인해 대규모 인명 피해로 이어질 가능성이 크다. 한국도로공사 자료에 따르면 2021년부터 2023년까지 발생한 교통사고 중 2차 사고의 치사율은 일반사고보다 약 6배 높으며, 야간이나 고속주행 환경에서의 인지 어려움과 긴 제동거리 등으로 인해 사고 회피가 어려운 것으로 나타났다. 이러한 문제는 선행사고나 차량 고장으로 정차한 상태에서 탑승자가 차량 내부 또는 주변에 있을 때 더욱 심각해진다. 따라서 교통사고 현장에서의 신속한 대응과 후방 위험 차단은 도로 안전을 확보하는 데 필수적이며, 이에 따라 방호차량의 역할이 점차 중요해지고 있다.

본 연구는 이러한 문제 해결을 위해 자율주행 기반 방호차량 운영 모델을 도입하고, 해당 차량이 사고 현장까지 신속하고 효율적으로 도달하도록 지원하는 최적 경로 계획 알고리즘을 개발하는 것을 목적으로 한다. 자율주행 방호차량은 고속도로 교통사고 발생 시 후방 위험 차량을 차단하고 안전설비를 설치하여 2차 사고를 예방하는 핵심적인 역할을 수행할 수 있다. 그러나 이러한 차량을 자율주행 시스템으로 운용하기 위해서는 기존 일반 차량과는 다른 도로교통법상 긴급차량 특례와 실도로 조건이 반영된 경로 탐색 방식이 필요하다. 기존 경로 계획 알고리즘은 긴급차량의 특수성을 충분히 반영하지 못했으며, 특히 자율주행 긴급차량을 위한 알고리즘 연구는 미흡한 실정이다.

본 연구는 먼저 도로교통법에서 규정한 긴급자동차의 주행 허용사항과 예외 조건(갓길 주행, 전용차로 이용, 속도 제한 예외, 앞지르기 금지 예외 등)을 분석하였다. 이를 바탕으로 정책 기반 경로탐색 조건(Policy Set)을 설정하고, 어린·노인 보호구역, 신호대기시간, 장애인 구역 등 현실 도로 제약 요소(edge condition)를 고려하여 개선된 A 알고리즘을 설계하였다. 특히 cost 산정 방식을 $\text{length} / \text{speed} + \text{signal_wait}$ 형태로 개선하여 기존 A 알고리즘 대비 교통 환경과 법적 특례를 보다 정밀하게 반영할 수 있도록 하였다. 또한 보호구역 밀도 및 위치, 접근성 등 주요 영향요인을 변수로 반영하여, 자율주행 방호차량의 경로 선택 과정에서 중요하게 작용하는 요소들을 도출하고 정량적으로 평가하였다.

국내의 선행연구 분석을 통해 기존 긴급차량 및 자율주행 차량 경로 계획 연구의 한계를 검토하고, 이를 토대로 본 연구의 알고리즘 설계 방향을 정립하였다. 특히 Tang et al.(2021)의 Geometric A* 알고리즘 개선 사례와 Shin et al.(2022)의 무인차량 최적경로 계획 연구를 참고하여, 본 연구는 광역 및 지역 경로 계획을 구분하고 정책·법제·교통 환경을 통합 반영하는 방안을 제안하였다. 이 과정에서 단순히 최단거리 또는 최단시간 경로가 아닌, 자율주행 방호차량의 법적·운영상 특성이 반영된 최적경로를 탐색할 수 있도록 구조를 보완하였다.

본 연구의 기대효과는 다음과 같다. 첫째, 자율주행 긴급차량의 특성을 반영한 현실적 경로계획 알고리즘을 제안함으로써 사고 대응 시간을 단축하고 2차 사고를 예방할 수 있다. 둘째, 방호차량 운행의 자동화와 경로 최적화를 통해 도로 안전성을 높이고 교통 인프라 관리의 효율성을 향상시킬 수 있다. 셋째, 본 연구에서 제안된 알고리즘은 향후 긴급차량 통행지원 서비스, 자율주행 인프라 구축, 스마트 교통체계 고도화 등 다양한 분야에 확장 적용될 수 있다. 결론적으로 본 연구는 자율주행 기반 교통안전·인프라 관리 체계의 발전에 기여할 수 있는 기반을 마련한다는 점에서 학술적·실무적 의의가 크다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2023-00245890)

시공간 위험도기반 자율주행 현장대응차량 배치전략 및 경로설계 연구

A Study on the Design of Patrol Strategy and Route for Autonomous Response Vehicles
Based on Spatiotemporal Risk Analysis

강지혜
(서울연구원
연구원)

강지민
(서울연구원
연구원)

이진학
(서울연구원
연구원)

정영제
(서울연구원
연구위원)

김원호
(서울연구원
선임연구위원)

본 연구는 도시 도로망에서 발생하는 교통사고, 돌발상황, CCTV 음영 구간을 종합적으로 분석하여, 자율주행 현장 대응차량을 활용한 배치주행 전략과 최적경로 설계를 제안한다. 돌발상황은 예측이 어렵고 사고지속시간이 길어질수록 2차사고 위험과 사회적 비용이 증가하므로, 사고다발지역과 위험 시간대를 사전에 파악하고 현장대응차량을 효율적으로 배치하는 전략이 필요하다.

연구에서는 2020~2023년 4개년의 사고와 돌발 이력데이터와 CCTV 설치데이터를 활용해 화성시 전역 도로망을 링크단위로 구축하고, 각 링크별로 사고율, 돌발율, 음영비율, 시간대별 사고율을 산출했다. 공간적 위험패턴은 잠재계층 분석(LCA)을 적용하여 6개의 공간클래스(S1~S6)로 분류하고, 시간대별 패턴은 Spherical K-means를 이용해 5개의 시간클러스터(T1~T5)로 분류했다. 이를 교차해 총 25개의 시공간 위험유형을 도출하고, 링크별 분포와 권역별 집중도를 분석했다. 분석결과, S4, S6은 사고와 돌발률이 높아 고위험 예상링크들로 확인되었고, S2는 사고율은 낮지만 전체 링크의 39.5%를 차지하며 대부분 음영링크들로 모니터링 사각지대 해소가 필요하다. 또한, 시간클러스터 T2(야간집중)와 T5(출퇴근집중)는 전체 링크의 22%를 차지하며, 특정 시간대에 사고가 집중되는 뚜렷한 패턴을 보였다.

시공간적 위험도 분석을 바탕으로 배치경로 최적화를 수행했다. 링크별 위험유형을 반영하여 배치 우선순위를 도출하고, 현장대응차량 수와 시간대 조건하에서 커버리지를 설정하여 최적화 모델을 설계했다. 위험도가 높은 링크에는 더 많은 방문 빈도를, 낮은 위험도의 링크에는 방문 빈도를 줄이는 차등 전략을 활용했다. 추가로 시뮬레이션을 통해 전략시나리오별 효과분석을 진행하였다.

본 연구는 사전예방 중심의 능동적 교통사고 관리체계로의 전환에 기여할 수 있는 근거를 제공한다. 또한, 시공간 위험도 기반의 배치경로 설계는 사고대응의 골든타임 확보, 2차사고 예방, 운용비용 절감 등 다양한 효과를 기대할 수 있으며, 향후에는 실시간 교통데이터를 반영한 동적경로 최적화 등의 연구가 이루어질 것을 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 : RS-2023-00245890)

복잡한 미로 네트워크를 위한 딥러닝 기반 경로 계획

Deep learning-based path planning for complex maze network

김정훈

(한국과학기술원 박사과정)

장인권

(한국과학기술원 교수)

경로 계획 문제(path planning)는 출발지에서 목적지까지 최소 비용의 경로를 계획하는 문제이며, 최단 경로 문제(shortest path problem)가 대표적이다. 해당 문제는 차량의 경로뿐 아니라, 모바일 로봇과 드론 등 다양한 모빌리티 시스템의 운용에 필수적인 문제이며, 최근 물류 자동화, AGV (automated guided vehicle)의 적용이 가속화됨에 따라 중요성이 더욱 부각되고 있다. 일반적으로 최단 경로 문제는 Dijkstra, A* 알고리즘 같은 그래프 탐색 방법으로 풀이되지만, 해당 방법들은 대상 네트워크의 그래프 구성을 위한 전처리 과정이 필수적인 뿐만 아니라 다중 경로 탐색이나 장애물 회피 문제에는 적용이 제한적이다.

상기 문제들의 효율적인 풀이를 위해, 본 연구팀은 전기회로와 주행 네트워크 간의 유사성에 기반하여 제안된 “루프 방식 경로 표현법”을 활용한 새로운 경로 계획 방법을 제안한다. 제안 방법은 주행 네트워크를 회로의 관점에서 분석하여 장애물, 구조물 등을 회피하는 최소 비용의 단일·다중 경로를 도출한다. 네트워크 분석 과정은 병렬연산을 통해 단축할 수 있지만, 네트워크 크기가 커짐에 따라 발생하는 연산량 증가의 한계를 보완하고자 딥러닝 방법을 적용하였다. 격자형 네트워크의 각 루프 변수는 이미지의 픽셀 하나로 간주할 수 있어 CNN 기반 딥러닝 모델 적용에 적합하였다. 특히 루프 방식 경로 표현법은 기존의 링크 기반 경로 표현법 대비 적은 설계 변수로 동일한 경로를 표현하고, 경로의 연결성이 항상 보장되기 때문에 효율적인 딥러닝 학습이 가능하였다. 제안 방법은 다양한 크기의 미로 네트워크와 장애물 환경에서 검증되었으며, 기존 방법 대비 빠른 계산시간으로 준 최적경로(near-optimal path)를 제공할 수 있음을 보여준다.

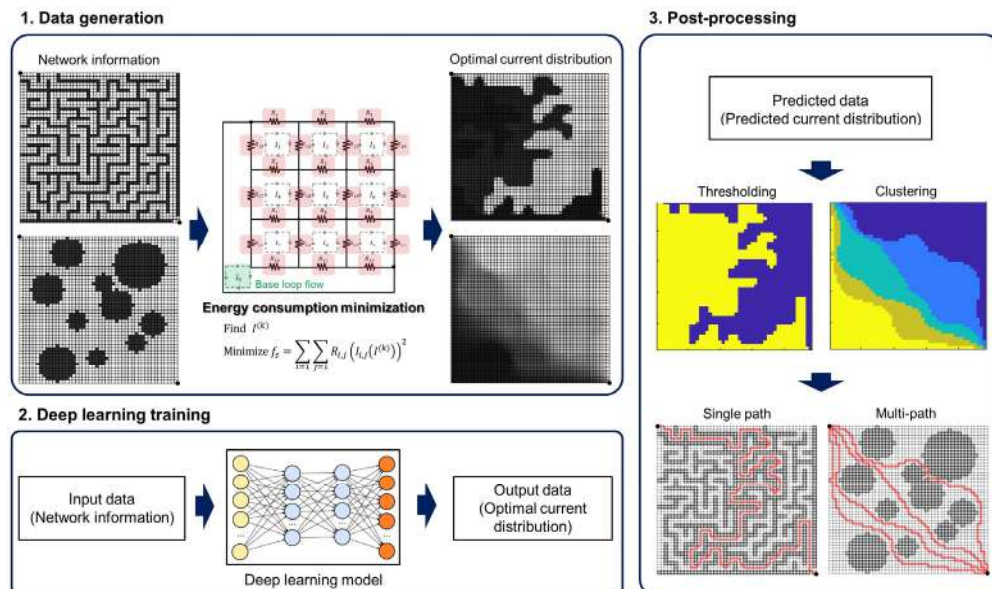


Fig. 1. Overview of the proposed method

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00236825, 자율주행 Lv.4/4+ 기반 도시환경관리 서비스 기술 개발).

선형화된 루프 경로 표현법을 이용한 외판원 문제의 2단계 프레임워크

A Two-Stage Framework for Traveling Salesman Problems

Using the Linearized Loop-wise Route Representation

박상훈

(한국과학기술원 석사과정)

장인권

(한국과학기술원 교수)

차량 경로 문제(Vehicle Routing Problem, VRP)는 주어진 조건에서 최적의 경로를 결정하는 조합 최적화 문제 중 하나이다. 이 문제는 대상 네트워크의 크기와 시스템 특성에 따라 문제의 복잡도가 급격하게 증가하는 NP-hard 문제로 분류되며, 실제 문제에 적용하기 위해 다양한 연구개발이 이루어지고 있다. 이 중, 외판원 문제(Traveling Salesman Problem, TSP)는 모든 경유지를 한 번씩 방문한 후 출발지로 복귀하는 문제이다. 전통적인 외판원 문제는 완전 그래프(Complete graph)에서 경유지 간 최단 경로 정보를 입력값으로 하여, 경유지 순서만을 도출한다. 따라서 실제 도로와 유사한 불완전 그래프(Incomplete graph)에 전통적인 외판원 문제를 적용하기 위해서는, 경유지 순서 결정과 경유지 간 최단 경로 탐색을 별도로 수행해야 하는 비효율성이 존재한다.

본 연구팀에서는 이러한 문제를 해결하고자 전기회로와 도로교통 네트워크 간의 유사성에 착안한 새로운 경로 표현법인 루프 기반 경로 표현법(Loop-wise Route Representation, LRR)을 제안하였다. 루프 기반 경로 표현법은 불완전 그래프에서 경유지 순서와 최단 경로를 동시에 도출하며, 적은 변수로 경로 연결성을 보장해 문제의 복잡도를 낮추는 장점이 있다. 하지만 초기 루프 기반 경로 최적화 수식은 비선형성으로 인한 계산 효율성의 한계가 있었다. 이를 해결하고자 망전류법을 이용한 참조 링크(reference link) 개념을 도입하여 선형화를 달성하였으나, 적절하지 않은 참조 링크 선정 시 오차가 발생할 수 있다는 문제가 발생했다.

본 연구에서는 참조 링크 선정 문제를 해결하여 계산 효율성과 해의 정확성을 모두 확보하는 2단계 프레임워크를 제안한다. 먼저, 적절한 참조 링크 선정 시 전역 최적해(Global optimum)가 보장됨을 증명한다. 다음으로 적절한 참조 링크 선정을 위한 2단계 프레임워크를 제안한다. 1단계는 초기 경로를 도출하고 클러스터링을 생성하는 단계이다. 초기 망전류법과 최적화 결과를 활용하여 경유지들을 클러스터링한다. 2단계에서는 생성된 클러스터의 내부 경로와 클러스터 간 연결 경로를 체계적으로 개선하여 최적점을 도출한다. 제안된 프레임워크의 성능을 검증하기 위해 다양한 크기와 경유지를 갖는 네트워크에서 실험을 진행하였으며, 전역 최적해를 보장하는 Concorde와 Dijkstra 알고리즘을 연계한 결과와 비교하였다. 실험 결과, 본 연구에서 제안한 방법은 비교 알고리즘 대비 우수한 연산 속도와 전역 최적해 또는 준최적해(near-optimum)를 도출함을 확인하였다. 후속 연구 추진을 통해 실제 도로 네트워크에서 우수한 성능으로 외판원 문제를 해결할 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2023-00236825, 자율주행 Lv.4/4+ 기반 도시환경관리 서비스 기술 개발).

자율 주행

Session

C-3

효율적인 자율주행차량 테스트 수행을 위한 최적경로 생성

박준호, 소재현

강화학습 기반 2D 트랙터-트레일러 모델의 차선 추종 제어 알고리즘 개발

장은진, 이재풍

자율주행 도시부 혼재시 속도 제어 전략 연구

차창준, 한경희, 이상수, 이철기

Diffusion 생성 알고리즘을 통한 자율주행 경로 생성

이상현, 박상민, 이수목, 윤일수

포텐셜 필드 기반 동적 경로 생성 기법의 추월 시나리오 구현

고자경, 양민철

효율적인 자율주행차량 테스트 수행을 위한 최적경로 생성

Optimal Route Generation for Efficient Autonomous Vehicle Testing

박준호

(아주대학교 D.N.A.플러스 융합학과 석박사통합과정)

소재현

(아주대학교 교통시스템공학과 부교수)

자율주행차 기술의 상용화가 가속화됨에 따라, 실제 도로환경에서 다양한 주행 조건을 검증할 수 있는 실증 실험(test-bed)의 필요성이 점차 확대되고 있다. 이러한 맥락에서 국내에서는 기존 폐쇄형 테스트베드인 K-City와 더불어, 실제 도로를 기반으로 한 실도로 리빙랩(Living-Lab) 환경이 조성되어 자율주행차의 성능 검증에 활용되고 있다. 본 연구는 화성시청 주변 도로망을 대상으로 구축된 리빙랩 환경에서, 자율주행차량 테스트 시나리오를 효율적으로 수행할 수 있는 최적 경로 설계 기법을 제안한다.

리빙랩 내에서는 다양한 시나리오 수행을 위해 동일 도로의 반복 주행이나 비효율적인 경로가 발생할 수 있으며, 이로 인해 실험 시간의 증가와 운영 자원의 낭비가 우려된다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 실험 수행에 필요한 주요 지점을 필수 노드로 정의하고, 개미군집 알고리즘(Ant Colony Optimization, ACO)을 적용하여 시나리오 수행 순서와 경로를 최적화하였다. 알고리즘은 실제 도로 네트워크 위에서 필수 노드 간 최적 연결 관계를 탐색하며, 반복적 학습 과정을 통해 전체 경로 길이를 최소화하고 중복 주행을 줄이는 방향으로 수렴하도록 설계되었다.

도출된 최적 경로는 리빙랩 내 주요 구간을 효과적으로 연결함으로써 시나리오 수행 효율을 높일 뿐 아니라, 다양한 실험 조건을 반영한 유연한 경로 설계를 가능하게 한다. 본 연구의 결과는 실제 도시 도로 기반의 자율주행 실증 환경에서 반복적·복합적인 테스트를 체계적으로 운영하기 위한 실질적 경로 설계 방법론을 제시하며, 향후 다른 지역의 리빙랩 구축 및 확대 적용에도 활용될 수 있다.

강화학습 기반 2D 트랙터-트레일러 모델의 차선 추종 제어 알고리즘 개발

Development of a Lane-Following Control Algorithm
for a 2D Tractor-Trailer Model Based on Reinforcement Learning

장은진

(충북대학교 지능로봇공학과 학부생)

이재풍

(충북대학교 지능로봇공학과 조교수)

자율주행 기술은 단순히 승용차에 적용하는 것을 넘어 물류 및 운송 산업의 대형 상용차 분야로 빠르게 확장되고 있다. 특히 트랙터-트레일러와 같은 연결형 차량(Articulated Vehicle)의 경우, 고속 주행이나 급커브 환경에서 관절각이 과도하게 증가하는 잭나이프 현상이 발생할 수 있으며, 이는 대형 사고로 이어질 수 있다. 기존의 PID와 같은 단순 오차 기반 제어기는 이러한 비선형 거동을 충분히 보상하지 못하여 관절각이 불안정해지는 잭나이프 현상이 발생할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 정책 기반 강화학습 기법인 Proximal Policy Optimization(PPO)을 적용하여 트랙터-트레일러 차량의 목표 요레이트를 안정적으로 추종하는 제어기를 개발하였다. PPO는 정책 업데이트 과정에서 클리핑 기법을 도입하여 급격한 변화로 인한 불안정을 방지하고, 학습 안정성과 제어 성능을 동시에 확보할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 이러한 알고리즘을 차량 제어 문제에 적용하여 고속 및 급커브 조건에서도 강건한 성능을 유지하는 차선 추종 제어기를 설계하고자 한다.

관측치(observation)는 트랙터-트레일러의 상태(state)로 정의하였고 행동(action)은 조향각 변화율로 설정하였다. 보상함수(reward)는 목표 요레이트 추종 오차, 조향각속도 입력 등을 고려하여 설계하였고 관절각이 임계치를 초과할 경우 시뮬레이션을 종료하였다. 강건한 성능을 확보하기 위해 다양한 속도 조건에서 학습을 수행하였고 목표 요레이트는 정현파(sine), 램프(ramp), 주파수 스위프(sweep) 등의 형태로 정의하였다.

제안한 강화학습 에이전트의 성능을 분석하기 위하여 기존의 PID 제어기와 함께 비교하였다. 저속 및 중속 구간($10-20m/s$)에서는 두 제어기가 유사한 수준의 성능을 보였으나 고속 구간($20-30m/s$)에서는 PID 제어기에서 관절각 발산으로 인한 잭나이프 현상이 발생하였다. 반면, 학습한 에이전트는 안정적인 요레이트 추종 성능을 유지하였다. 또한 Pure Pursuit 기반 목표 요레이트 추종 테스트를 수행한 결과, 안정적인 차선 추종 성능을 확인할 수 있었으며, 이는 실제 도로 환경에서의 적용 가능성을 시사한다.

본 연구에서 제시한 PPO 기반 차선 추종 제어 알고리즘은 고속 및 급커브 상황에서 발생하는 불안정한 거동을 효과적으로 완화하고, 다양한 환경 조건에서도 강건한 성능을 확보하였다. 향후 연구에서는 roll dynamics를 고려하여 트랙터-트레일러 모델을 고도화하고 이를 통해 현실적인 학습 환경을 구성할 계획이다.

자율주행 도시부 혼재시 속도 제어 전략 연구

A Study on the Speed Control Strategy of the Autonomous Driving Urban District

차창준 (아주대학교 석사과정)	한경희 (아주대학교 연구원)	이상수 (아주대학교 교통시스템공학과 교수)	이철기 (아주대학교 교통시스템공학과 교수)
----------------------------	---------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

도시부에서 반복적으로 발생하는 신호교차로 정체는 통행 서비스를 저하시킬 뿐 아니라 안전성 측면에서도 부정적인 영향을 미친다. 자율주행차(Autonomous Vehicle)의 단계적 도입으로 일반차량과의 혼재 상황이 장기간 지속될 것으로 예상되며, 운전 행태의 이질성으로 인해 충격파(Shockwave) 증폭과 상충 위험이 증가할 수 있다.

이에 본 연구는 MPR(자율주행 혼입률) 별 시나리오와 상류부 링크(ex:1,2,3개 전)에서의 속도 제어 전략을 결합한 운용안을 설계하고, 혼재 상황의 도시부 교통 특성에 부합하는 최적 속도 제어 시나리오를 도출하여 교통 안전 향상과 정체 완화에 기여하고자 한다. 상류 속도 제어는 하류부에서 혼잡 징후 (평균 속도 저하, 대기행렬 입계 초과 등)가 감지되면 상류 링크에 권고 속도 (ex:50,40,30km/h)를 일시 부여하여 유입을 평준화하고 충격파를 감쇠시켜 교통의 안전성 향상에 기여하고자 한다.

방법론으로는 VISSIM 기반을 사용하여 단속류 구간에는 Wiedemann 74를 활용하여 정지거리, 안전거리등의 파라미터 값을 조정가능 하며 연속류 구간에는 Wiedemann99를 활용한다. 본 연구에서는 Wiedemann 74를 활용하여 자율주행차량과 일반차량과의 기준을 설정하였고, MPR별 시나리오에 적용할 예정이다. 또한 본 연구는 도출된 최적 시나리오를 자율주행 테스트베드인 시흥시·동탄시 실도로 구간에 적용하여 실증 검증을 수행하며, 시뮬레이션-실증 간 결과를 ANOVA 및 TUKEY 사후 검정으로 통계적 유의성까지 확인할 예정이다.

연구의 최종 목표는 상류 속도 제어 전략이 하류 교차로의 평균 지연·대기행렬·정지횟수를 유의하게 감소시키고, SSAM 기반 상충률을 개선하여 교통의 안전성을 시뮬레이션 검증으로 입증하는 것이다. 이를 통해 비인프라 기반으로 단기간 도입 가능한 단속류 운영 전략을 제시하고, 향후 V2X·GLOSA·SVCC(신호-차량 연계 제어)등과의 연계를 통해 확장 가능한 도시부 혼재 단계 교통관리 프레임워크를 마련하고자 한다.

이상의 결과는 정책적으로도 도시부 정체 완화와 안전성 향상에 기여할 것으로 기대된다.

사사 : 092021C28S01000

Diffusion 생성 알고리즘을 통한 자율주행 경로 생성

Diffusion-Based Path Generation for Autonomous Vehicles

이상현

(아주대학교
박사과정)

박상민

(한국교통연구원
부연구위원)

이수목

(아주대학교 교수)

윤일수

(아주대학교 교수)

최근 자율주행차와 지능형 교통체계(Intelligent Transportation Systems, ITS)의 확산은 교통 시스템 전반에 급격한 변화를 이끌고 있다. 그러나 실제 교통 환경은 교통사고, 보행자 및 개인형 이동수단의 불규칙한 움직임, 기상 조건 변화, 교통 혼잡 등 수많은 불확실성이 동시에 발생하여 기존의 최단거리 기반 경로 탐색 알고리즘(Dijkstra, A* 등)만으로는 안전성과 효율성을 동시에 확보하기 어렵다. 이에, 인공지능(Artificial Intelligence, AI)을 활용한 새로운 경로 생성 방법론이 필요하다.

본 연구에서는 최근 이미지 생성과 음성 합성 등 다양한 분야에서 우수한 성능을 보인 확산 기반 생성 모델(Diffusion Model)을 자율주행 경로 생성에 적용하는 방안을 제안한다. Diffusion 알고리즘은 데이터 분포를 반복적으로 학습·복원하여 불확실성이 내재된 교통 환경에서도 안전하고 유연한 경로를 도출할 수 있다.

본 연구의 목적은 세 가지로 요약된다. 첫째, 기존 알고리즘의 한계를 극복하고 돌발 상황과 혼잡을 반영한 생성형 AI 기반 경로 생성 기법을 제시한다. 둘째, 카메라·라이다·GPS 등 다양한 센서 데이터를 학습에 활용하여 실제 도로 주행 적용 가능성을 높인다. 셋째, 생성형 알고리즘을 통해 사고 상황과 같은 희소 데이터를 보완하여 학습 데이터의 한계를 극복한다. 본 연구는 자율주행차의 안전성 및 효율성 향상에 기여할 수 있는 새로운 경로 생성 알고리즘을 제시하여 자율주행 발전을 고도화한다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.RS-2024-00403630, 능동적 교통사고 예방 및 대응을 위한 자율주행 순찰 서비스개발)

포텐셜 필드 기반 동적 경로 생성 기법의 추월 시나리오 구현

Application of Potential Field-Based Path Planning Methods to Overtaking Scenarios

고자경

(과학기술연합대학원대학교 박사과정)

양인철

(한국건설기술연구원 연구위원)

최근 자율주행 기술이 발전하고 차량 간 통신 및 협력에 적합한 환경이 조성되면서 차량 자체에서의 경로 계획 뿐 아니라, 다수의 차량 간 협력적인 경로 생성이 중요한 연구 주제로 부각되는 현황이다. 특히 인프라가 주도하는 기반의 협력 주행 시스템에서는 실제로 차량 자체를 제어하는 것은 아니나, 서로 안전하고 효율적으로 주행 가능하도록 하는 참조 경로를 협력 인지를 통해 획득한 종합적인 교통 상황에 의거하여 안내하고 있다. 따라서 각 차량에 대한 제어 수준의 개별적이고 완전한 경로를 도출하기보다, 계산량이 적고 실시간성을 갖춘 경량 경로 생성 기법이 필요하다. 이러한 요구에 따라 구조가 단순하고, 복잡한 장애물 요소를 합산을 통해 표현 가능하여 계산 효율이 높은 포텐셜 필드 기반의 접근이 주목받고 있으나, 동적 상황에서의 속도 계획 측면에서 한계가 드러나고 있다. 특히 기존의 포텐셜 필드는 공간적 요소에 따른 힘의 관계만을 고려하기 때문에, 시간 변화에 따른 차량의 속도 계획과 동적 거동에 따른 공간 변화를 충분히 반영하지 못하는 문제가 존재하였다.

이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 시간축 확장 포텐셜 필드의 개념을 도입하였다. 공간적인 종방향, 횡방향 축에 더불어 시간축을 제 3의 축으로 확장하여, 3차원 시공간 상에서 경로를 계획하여 차량의 공간적 위치 변화 뿐 아니라 속도와 시간에 따른 변화를 동시에 추적할 수 있다. 이러한 접근은 전통적인 포텐셜 필드가 가진 동적 계획의 한계를 극복 가능한 방법이다. 이러한 시간 확장 개념을 기반으로 하여, Gradient-based Time-Extended Potential Field (GT-PF) 기법을 구현하였다. 해당 기법을 통해 생성된 경로는 시간과 공간이 통합적으로 구성된다. 해당 기법을 차량 추월 시나리오에 적용한 결과, 차로 변경과 추월, 본래 차로의 복귀 등 복합적인 차량 거동을 안정적으로 수행하는 경로를 생성하였다. 생성된 경로는 선행차량과 효율적인 간격을 유지하며, 계획을 일관적으로 안전한 상황에서 수행한다. 그러나 GT-PF는 확장된 시간 축 내에서 예측된 상황을 기반으로 경로를 생성하기 때문에, 확장된 시간 축 범위 내에서 예측된 환경 변화가 어긋나는 실시간 변화에는 즉각적인 경로 수정과 대응이 어렵다.

이에 대응하기 위하여, 차기 연구 기법으로 시간 갱신형 포텐셜 필드 경로 계획 기법을 제안하였다. 해당 기법은 전체 시간축을 한번에 확장하는 대신, 정해진 해상도의 단위시간 경과에 따라 포텐셜 필드를 갱신하며 경로를 계획한다. 해당 방법을 통해 예측이 필요한 범위의 연산량을 크게 감축할 수 있으며, 실시간으로 변화하고 예측하기 어려운 상황에서도 필드 정보를 빠르게 교체하여 판단 가능하다는 장점이 있다.

향후 연구에서는 시간 갱신형 포텐셜 필드 경로 생성 기법의 심도있는 발전을 통하여 인프라 기반 협력주행에서 실시간 로컬 경로 제공, 다중 차량의 협력 경로 제공에 활용하고자 한다. 이를 통해 자율주행 차량이 신속하고 안전한 협력적 의사 결정을 수행하는 효과가 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제정보 : (RS-2022-00142565) 인프라 가이드를 통한 자율차 주행 기술 개발).

환경 · 에너지

Session

C-4

공유 자율주행 자동차(SAEVs)의 온실가스 감축 잠재력 평가
김유진, 이진우

공공부문 초소형전기차 운행 특성 분석 및 운영 전략 연구
백성채, 최세령, 오주석, 박제진

VMD Reformer 모델을 통한 효율적인 단기 해상 풍속 예측
Anto Anbarasu Yesudhas, 심건호, 송승민, 안성현, 이신익, 성주현

AHP/ANP 모형 기반 드론포트 입지 선정 영향 요인 분석 연구
김태성, 윤규근

공유 자율주행 자동차(SAEVs)의 온실가스 감축 잠재력 평가

Assessing the Greenhouse Gas Reduction Potential of Shared Autonomous Electric Vehicles

김유진

(한국과학기술원 녹색성장지속가능대학원 석사과정)

이진우

(한국과학기술원 건설및환경공학과 부교수)

본 연구는 공유 자율주행 전기차(Shared Autonomous Electric Vehicles, SAEVs) 시스템 도입이 도시의 온실가스(GHG) 배출량 저감에 미치는 영향을 분석하는 것을 목적으로 한다. 미래 모빌리티 전환의 핵심 요소를 단계적으로 적용한 시나리오를 구성하여, 현재 내연기관차 중심의 교통 시스템(시나리오 0)을 기준으로 개인 소유 차량의 완전 전기화(시나리오 1) 및 승차공유 없는 SAEV 시스템 도입(시나리오 2)에 따른 온실가스 감축 효과를 정량적으로 비교하였다.

분석을 위해 대한민국 서울시를 공간적 범위로 설정하였으며, 공차 운행(deadheading)으로 인한 총차량주행거리(Vehicle-Kilometers-Traveled, VKT) 증가와 차량 공유화를 통한 보유 차량 대수 감소가 야기하는 전과정(lifecycle) 온실가스 배출량 변화의 상충관계를 중점적으로 평가하였다.

분석 결과, 시나리오 1(완전 전기화)에서는 기준 시나리오 대비 약 22%의 온실가스 감축 효과가 나타났다. 더 나아가 SAEV 시스템을 도입한 시나리오 2에서는 차량 보유 대수가 급감함에 따라 차량 생산 단계에서 발생하는 주행거리 비연계(mileage-independent) 배출량이 크게 감소하여, 총 온실가스 배출량이 기준 대비 36%까지 저감되는 것으로 분석되었다. 이는 VKT 증가로 인한 에너지 소비량 증대 효과를 상쇄하고도 남는 수치이다.

그러나 SAEV 시스템은 총주행거리의 폭발적인 증가를 유발하며, 이는 곧 전력 소비량의 증대로 이어져 전력 생산(Well-to-Wheel) 단계의 온실가스 배출량을 높이는 핵심 요인으로 작용한다. 따라서 본 연구는 SAEV 시스템의 성공적인 안착과 온실가스 감축 효과 극대화를 위해서는 차량 효율성 증대나 차량 공유화를 통한 운영 최적화를 넘어, 급증하는 전력 수요를 감당할 전력망의 선제적인 탈탄소화가 필수적으로 병행되어야 함을 시사한다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2024-00454787).

공공부문 초소형전기차 운행 특성 분석 및 운영 전략 연구

An Analysis of Operational Patterns of Public Sector Micro Electric Vehicles

백성채	최세령	오주석	박제진
(전남대학교 건축토목공학과)	(전남대학교 건축토목공학과)	(전남대학교 공업기술연구소)	(전남대학교 토목공학과)

본 연구는 공공부문에 도입된 초소형 전기차의 운영 현황을 실증 데이터를 통해 면밀히 분석하고, 이를 바탕으로 향후 활용도를 극대화할 수 있는 발전적인 운영 전략을 모색하는 데 목적을 두었다. 초소형 전기차는 도심 내 탄소 배출 저감과 교통 효율성 증진에 기여할 수 있는 잠재력이 높은 친환경 교통수단이다. 하지만 이러한 잠재력을 온전히 실현하기 위해서는, 도입 이후 실제 현장에서 차량이 어떻게 활용되고 있는지에 대한 데이터 기반의 깊이 있는 이해가 필수적이라 할 수 있다. 이에 본 연구는 지난 3년간 축적된 공공부문 초소형 전기차의 GPS 운행 로그 데이터를 활용하여, 실제 운행 패턴을 객관적으로 분석하고자 하였다. 데이터 분석 방법으로는 K-Means 군집 분석 알고리즘을 적용하여, 개별 차량의 운행 거리, 빈도, 주기 등 복합적인 특성에 따라 전체 차량을 '고활용 그룹'과 '저활용 그룹'으로 유형화하였다. 분석 결과, 뚜렷한 목적을 가지고 꾸준히 운행되는 '고활용 그룹'의 긍정적인 운영 사례를 확인할 수 있었으며, 이는 초소형 전기차가 특정 임무에 투입될 때 높은 효율성을 보임을 시사한다. 동시에, 상당수의 차량이 '저활용 그룹'으로 분류되어, 현재보다 운영 효율성을 더욱 향상시킬 수 있는 여지가 많다는 점을 발견하였다.

이는 초소형 전기차 자체의 기술적 한계라기보다는, 향후 운영 전략을 어떻게 고도화하는지에 따라 전체 플릿(fleet)의 효율성을 한 단계 더 끌어올릴 수 있다는 중요한 가능성을 의미한다. 본 연구에서 도출된 운행 패턴 분석 결과는, 각 기관의 특성에 맞는 최적의 차량 배치 계획을 수립하고, 데이터에 기반한 체계적인 공유 시스템을 설계하는 등 미래지향적인 운영 정책을 수립하는 데 핵심적인 기초 자료로 기여할 수 있을 것이다.

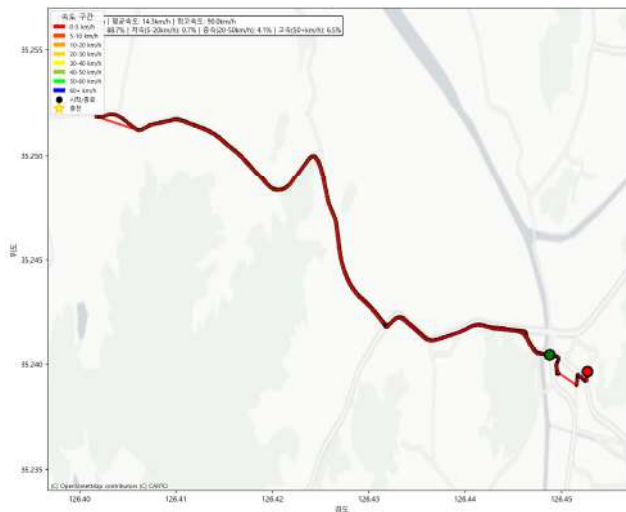


그림 1. 초소형전기차 궤적 데이터(예시)

사사: 본 연구는 산업통상자원부/한국산업기술진흥원의 『초소형 전기차 기반 공공분야 이동지원 서비스 실증』 지원 (과제번호 RS-2024-KI002657)에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

VMD-Reformer 모델을 통한 효율적인 단기 해상 풍속 예측

Efficient Short-Term Offshore Wind-Speed Forecasting via VMD-Reformer model

Anto Anbarasu Yesudhas	심건호	송승민	안성현	이신의	성주현
(국립한국 해양대학교 해양AI융합전공, 박사후연구원)	(국립한국 해양대학교 해사인공지능보 안학부, 학부생)	(국립한국 해양대학교 해사인공지능보 안학부, 학부생)	(국립한국 해양대학교 해사인공지능보 안학부, 학부생)	(국립한국 해양대학교 해사인공지능보 안학부, 학부생)	(해사인공지능 보안학부 & 국립한국 해양대학교 해양AI융합전공 부교수)

신뢰할 수 있는 풍속(Wind Speed, WS) 예측은 풍력 에너지 생산 극대화와 전력망 안정성 유지에 핵심적이지만, 계절적 변동성과 확률적 요동으로 인해 예측은 복잡해진다. 본 연구는 단기 풍속 예측을 위해 효율적인 하이브리드 딥러닝 아키텍처인 변분 모드 분해(Variational Mode Decomposition, VMD) - Reformer 모델을 제안한다. 먼저 VMD는 원시 풍속 시계열을 고유 모드 함수(Intrinsic Mode Functions, IMFs)로 분해하여 지배적인 신호는 보존하면서 고주파 잡음을 억제한다. 이후 Reformer 인코더는 지역 민감 해싱(Locality-Sensitive Hashing, LSH) 기반 어텐션을 활용해 전체 Self 어텐션을 부분 선형 복잡도로 근사하며, 가역 잔차 레이어를 적용해 학습 과정에서 메모리 사용량을 줄인다. 이러한 메커니즘을 통해 모델은 IMFs 전반의 장기 시계열 의존성을 효과적으로 포착하면서 학습과 추론의 효율성을 동시에 유지한다. 실험 결과, VMD - Reformer는 기존의 기준 모델들보다 일관되게 우수한 성능을 보이며, 단기 풍속 예측에서 정확성과 강건성을 모두 확보함을 입증하였다.

사사: 본 논문은 한국산업기술진흥원(KIAT)의 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 지원 사업과 2025년도 교육부 및 부산시의 재원으로 부산RISE혁신원의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(RS-2024-00424595, 차세대 해양 모빌리티 산업 혁신을 위한 지역 정주형 고급 연구인력 양성 사업)(2025-RISE-02-002-036)

AHP/ANP 모형 기반 드론포트 입지 선정 영향 요인 분석 연구

Analysis of Influencing Factors in Droneport Site Selection Based on AHP/ANP Models

김태성

(서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)

윤규근

(서울대학교 건설환경공학부 조교수)

최근 수년간 드론과 같은 무인항공기는 국방, 농업, 물류, 재난 관리 등 다양한 산업 분야에서 높은 활용도를 보여주고 있다. 시장 확산에 따른 드론의 원활한 상용화를 지원하기 위해서는 이착륙 지원, 자율 충전, 전력 전환, 데이터 동기화 등의 기능을 수행할 수 있는 드론포트 인프라 구축이 필수적이다. 그러나 현재 국내외 체계적인 드론포트 입지 선정 기준이 마련되어 있지 않으며, 법·제도적으로도 드론포트의 개념과 기능이 명확히 정립되고 있지 않는 실정이다. 이에 본 연구는 드론포트의 핵심 기능을 검토하고, 다기준 의사결정 기법인 AHP (Analysis Hierarchy Process) 및 ANP (Analytic Network Process) 모형을 적용하여 드론포트 입지 선정의 체계적 기준과 상대적 중요도를 도출하고자 한다. 본 연구의 결과는 향후 드론포트 설립 시 우선적으로 고려해야 할 핵심 요인과 이를 위한 대응 방안을 제시함으로써 실효성 있는 정책 수립에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 국토교통부의 스마트시티 혁신 인재육성사업의 지원으로 수행되었으며, 항공안전기술원 미래항공본부 구성원의 협조로 진행되었습니다.

이용자 행태

Session

C-5

자연 재해와 인적 재해 간의 대중교통 이용자 행태 변화 분석

이환승, 박호철, 조신행

도시철도 이용자의 이동방식 결정 주요 요인: 이용행태 및 혼잡도의 영향에 따른 시설 배치 전략 검토

김아린, 김진욱, 최인규, 최지혜

Bayesian Model Capturing Transit Users' Heterogeneous Sensitivity to Travel Time Reliability

채정현, 이희창, 윤규근, 김동규

자연 재해와 인적 재해 간의 대중교통 이용자 행태 변화 분석

Comparative Analysis of Public Transit User Behavior under Natural and Human-Made Disasters

이환승

(명지대학교 석박사통합과정)

박호철

(명지대학교 부교수)

조신형

(홍익대학교 부교수)

재난은 인간 사회에 심각한 혼란을 초래하며, 안전과 이동성을 위협한다. 특히 대중교통의 경우 재난 유형에 따라 교통 수요가 달라질 수 있다. 본 연구는 재난을 자연 재해와 인적 재해로 구분하고, 각 재난 유형이 수단 선택에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 이를 위해 두 재난 유형에 대한 설문조사를 실시하였으며, 두 설문에 모두 응답한 202명의 자료를 활용하여 분석을 수행하였다. 다항 로짓(multinomial logit) 모형을 적용하여 재난 상황별 경로 선택을 검토하였고, 혼잡 저항의 영향을 나타내는 지표인 혼잡승수를 활용하여 재난 유형별 차이를 비교하였다. 분석 결과를 토대로 각 재난 상황에 적합한 정책적 대응 방안을 제시하였다.

사사: This research was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korean government(MSIT) (RS-2024-00348596)

도시철도 이용자의 이동 방식 결정 주요 요인:
이용 행태 및 혼잡도의 영향에 따른 시설 배치 전략 검토

Urban Rail Passenger Behavior and Congestion Impacts:
Strategic Insights for Facility Deployment

김아린 (경기대학교 일반대학원 도시·교통공학과 석사과정)	김진욱 (경기대학교 도시·교통공학과 학부과정)	최인규 (경기대학교 도시·교통공학과 학부과정)	최지혜 (경기대학교 도시·교통공학과 학부과정)
--	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

본 연구는 도시철도 역사 내에서 승객의 이동 경로 선택에 영향을 미치는 주요 요인을 규명하고 혼잡을 고려한 시설 배치 전략을 마련을 위한 기초 자료가 되고자 한다. 최근 대도시권의 광역 통행량 증대와 환승 수요 확대는 도시철도의 역할을 강화하는 동시에 역사 공간의 과밀과 혼잡 문제를 심화시키고 있다. 특히 출퇴근 첨두시의 혼잡은 이용자의 이동 효율성을 떨어뜨릴 뿐 아니라 지체시간을 증가시켜 불편을 초래하고 있다. 그러나 현행 시설 설치 기준은 시설의 최소 규모나 기본 배치 지침에 국한되어 있어 실제 혼잡 상황에서 이용자가 어떤 기준으로 이동 경로를 선택하는지에 대한 실증적 분석은 부족하다. 따라서 시설 배치와 운영 전략을 수립하기 위해서는 이용자의 실제 행태를 반영한 정교한 기준 마련이 필요하다.

본 연구는 이러한 문제의식을 바탕으로 인구나 노선의 밀집도가 높은 서울역을 사례로 선정하고 설문조사와 현장조사를 병행하였다. 설문조사에서는 대기 시간, 이동시설 이용시간, 혼잡도, 지체시간 등을 조합한 다양한 시나리오를 제시하여 이용자의 선택 데이터를 수집하였다. 이를 통해 승객이 현실적으로 경험하는 불편 요인과 경로 선택의 우선순위를 체계적으로 파악할 수 있었다. 현장조사에서는 역사 내부 주요 동선을 직접 실측하여 평면 환산거리를 도출함으로써, 응답자의 체감적 판단과 실제 이동 거리 간의 정합성을 확보하였다. 이렇게 구축된 자료는 효용함수 기반 분석을 통해 처리하여 이동시설 이용시간, 지체시간, 혼잡도 등의 요인이 승객 의사결정에 미치는 상대적 영향력이 있음을 확인하였다. 또한 환승객과 일반 통행객, 대심도와 지하철 이용객의 집단별 차이를 비교하여 이용자의 특성에 따라 경로 선택 기준이 달라지는지 확인할 수 있다.

도시철도 이용자가 단순히 물리적 거리의 최소화를 고려하는 것이 아니라, 혼잡과 지체시간으로 인한 심리적·시간적 부담을 중요한 요인으로 인식하고 있음을 보여준다. 이는 도시철도 역사 내 시설 배치나 동선 관리 방안이 단순한 구조적 효율성에 머무르지 않고, 이용자가 체감하는 혼잡도와 지체를 함께 고려해야 함을 시사한다. 본 연구는 설문 기반의 행태 자료와 현장 실측 데이터를 결합하여 분석의 정밀성을 확보하였다는 점에서 기존 연구와 차별성을 가지며, 실제 운영 현장에 적용 가능한 실증적 근거를 제공한다. 더 나아가 서울역 사례를 통해 구축된 분석 틀은 다른 환승 거점이나 향후 GTX와 같은 광역 철도망에도 확장 적용이 가능하다. 본 연구는 도시철도 이용자의 실제 이동 행태를 반영한 의사결정 분석을 통해 혼잡 관리와 시설 배치 지침 수립에 기초 자료를 제공한다. 이는 도시철도 서비스 수준 향상과 안전성 강화 및 이용자 편의성 증진에도 기여할 수 있으며, 지속가능한 이용자 중심의 도시철도 운영 체계 구축에 실질적 시사점을 제시한다.

<표 1> GTX-A에서의 SP 조사 요인 및 요인 수준

평면환산거리 = 보행통로길이 + $\alpha \times$ 계단거리 + $\beta \times$ 에스컬레이터, 엘리베이터, 무빙워크길이 단, $\alpha = 2, \beta = \frac{1}{2}$ (식 1)	요인	요인수준	
		에스컬레이터	고속 엘리베이터
<수식 3> 평면환산거리	대기시간(초)	0 5 10 15	120 240 360
	체류시간(초)	0	20 25 30
	이용시간(초)	165 180	30
		200 215 230	35
	이용횟수(회)	고속엘리베이터 30초일 경우, 2 4	
		고속엘리베이터 35초일 경우, 6	
	혼잡도	-	비혼잡 보통 혼잡

사사: 이 성과는 2025년도 정부 재원(과학기술정보통신부 여대학원생 공학연구팀제 지원사업)으로 과학기술정보통신부와 한국여성과학기술인육성재단의 지원을 받아 수행되었습니다.(WISSET-2025-115호). 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원 - 학·석사연계ICT핵심인재양성 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-RS-2024-00436954)

베이즈 모델을 통한 통행 시간 신뢰성에 대한 대중교통 이용자의 이질적 민감도 분석

Bayesian Model Capturing Transit Users' Heterogeneous Sensitivity to Travel Time Reliability

채정현 (서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)	이희창 (서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)	윤규근 (서울대학교 건설환경공학부 조교수)	김동규 (서울대학교 건설환경공학부 교수)
---	---	---	--

고정된 출발지-목적지 쌍에서 사용자의 통행 수단을 예측하는 통행 수단 모형은 주로 효용을 통해 사용자의 선호를 표현해왔다. 그러나 기존의 효용 기반 수단 선택 모형은 주로 평균 통행 시간과 비용에 초점을 맞추었으며, 개인 수준의 차이나 불확실성을 충분히 반영하지 못하는 한계가 있었다.

본 연구는 대중교통 이용자의 통행 시간 신뢰성에 대한 이질적 민감도를 규명하기 위해 데이터 기반 분석 틀을 제안한다. 이에 본 연구는 서울시 스마트카드 데이터와 가구통행실태조사를 결합하여 대규모 통행 행태 자료와 개인의 사회인구학적 특성을 동시에 반영하였다. 스마트카드 데이터에는 사회인구학적 속성이 누락되어 있기 때문에 조건부 생성적 적대 신경망(Conditional GAN, CGAN)을 활용하여 결측된 속성을 보완하였고, 이를 통해 보다 포괄적인 선택 집합을 구성하였다. 연구 대상은 서울대학교를 오가는 두 개의 버스 노선(5511, 5513)으로 설정하였으며, 2016년 11월 1일부터 3일까지의 데이터를 이용하였다.

방법론적으로는 전통적인 다항 로짓 모형과 베이지안 계층 로짓 모형을 비교하였다. 전통적 로짓 모형은 모수에 대한 점 추정치만을 제공하는 반면, 베이지안 모형은 사전분포(prior)와 사후분포(posterior)를 기반으로 한 확률적 추정을 가능하게 하며, Markov Chain Monte Carlo(MCMC) 샘플링을 통해 모수 불확실성을 추정할 수 있다. 이 과정에서 평균 통행 시간, 통행 시간 분산, 배차간격, 목적지 구역, 그리고 성별과의 상호작용 효과를 고려하였다.

분석 결과, 노선 선택에 가장 큰 영향을 미친 요인은 평균 통행 시간과 목적지 특성이었으며, 특히 특정 구역으로 향하는 목적지가 강한 설명력을 보였다. 반면 통행 시간 신뢰성(표준편차)은 예상과 달리 값이 커질수록 특정 노선 선택 확률이 증가하는 비직관적인 결과가 도출되었다. 이는 이용자들이 통행 신뢰성 자체보다 목적지 접근성이나 평균 통행 시간과 같은 요인에 더 크게 영향을 받았음을 시사한다. 개인 속성 중 성별은 통계적으로 유의하지 않았으나, 결과적으로 남성이 여성보다 통행 시간 신뢰성에 덜 민감할 가능성이 제기되었다. 베이지안 모형은 이러한 결과를 확률적 분포 형태로 제공하여 변수 효과의 불확실성과 신뢰구간을 함께 제시함으로써 전통적 모형보다 풍부한 해석을 가능하게 하였다.

본 연구는 대규모 교통 데이터와 설문자료를 융합하여 통행 행태의 불확실성과 이질성을 정량화한 점에서 의의가 크다. 특히 데이터 기반 접근을 통해 스마트 카드 데이터의 한계인 사회인구학적 속성 부재를 보완하고, 통행 시간 신뢰성이 실제 노선 선택에 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 향후 연구에서는 선호 진술(Stated Preference, SP) 조사를 통해 개별 이용자의 신뢰성을 보다 정밀하게 추정하고, 캠퍼스 외부의 일반적인 출발지-목적지 쌍이나 다양한 교통수단을 포함한 분석으로 확장할 필요가 있다. 이러한 연구는 통행 시간 신뢰성을 반영한 교통계획 및 정책 수립에 기여할 수 있으며, 나아가 대중교통 서비스의 효율성과 이용자 만족도를 제고하는 근거를 제공할 것이다.

사사: 이 논문은 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행되었음(No.092021C26S03000).

정책

Session

C-6

잠재의미분석을 이용한 교통안전 동향 분석

이은재, 한상진

미국 국가도로안전전략(NRSS) 사례 분석과 국내 적용방안

이은지, 김상구

자율주행차 준법운행 평가체계 구축 방안 연구: Lv.4 자율주행 알고리즘의 안전성 및 신뢰성 확보를 중심으로

최세령, 백성재, 감남선, 오주석, 박제진

OpenAlex를 이용한 모빌리티 분야 기술 트렌드 분석 방법론 개발

이호, 박준우, 정시교, 윤일수

교통안전에 대한 정부와 시민 영향의 실증 분석

이근재

잠재의미분석을 이용한 교통안전 동향 분석

Trend Analysis of Traffic Safety Using Latent Semantic Analysis

이은재

(서울대학교 환경대학원 도시계획학과 석사과정)

한상진

(서울대학교 환경대학원 도시계획학과 부교수)

본 연구는 국내 교통안전 분야에서 교통사고의 3대 요인이 게재된 학술논문에서 어떻게 다루어졌는지 잠재의미분석(Latent Semantic Analysis, LSA)을 활용하여 분석하고자 한다. 이를 위해 1980년에서 2024년 사이 게재된 744편의 논문을 대상으로 빈도역문서빈도(Term Frequency-Inverse Document Frequency, TF-IDF) 기법을 적용해 단어-문서 행렬을 구성하였다. 해당 행렬에 LSA의 차원축소기법인 Singular Value Decomposition(SVD)를 적용하여 행렬을 분해한 후, 의미있는 토픽을 도출하였다. 먼저, TF값이 높은 단어로는 '차량', '도로', '운전자'가 확인되었으며, IDF값이 높은 단어는 '고령자', '보행', '자율주행'으로 도출되었다. LSA를 통하여 국내 교통안전 연구의 토픽 7개를 도출하였으며, 고령운전자, 자율주행차, 보행·횡단, 기하구조, 속도, 운전행태, 교차로운영이 이에 해당한다. 또한, 운전자, 보행자, 차량, 도로환경 관련 논문을 구분하여 각각 연구 토픽의 동향을 살펴보았다. 이와 더불어, 공출현 기반 키워드 네트워크 분석을 병행하였으며, 그 결과 기하구조, 자율주행, 운수종사자 운전행동, 어린이보호구역, 운전자 안전으로 구성된 5개의 군집이 도출되었다. 키워드 네트워크상에서 '도로' 및 '차량'은 핵심 허브로서 작용하지만, '보행자'는 상대적으로 약한 허브로 기능함을 확인할 수 있었다. 본 연구는 국내 교통안전 연구의 동향을 정리했다는 점에서 의의를 지니며, 향후 보완이 필요한 연구 분야를 파악하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2025년도 경찰청의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00260576, 자율주행자동차 교통사고 조사·분석 기술 개발을 위한 교통사고 재현 S/W 개발).

미국 국가도로안전전략(NRSS) 사례 분석과 국내 적용방안

Policy Analysis of the U.S. National Road Safety Strategy (NRSS) and Its Implications for Korea

이은지

(전남대학교 학부생, 한국교통안전공단 前인턴)

김상구

(전남대학교 물류교통학과 교수)

본 연구는 미국 교통부(U.S. Department of Transportation, U.S.DOT)가 2022년에 발표한 국가도로안전전략(National Roadway Safety Strategy, NRSS)의 주요 내용과 추진 성과를 분석하고, 이를 토대로 한국 교통 안전정책에 적용 가능한 시사점을 제시하는 것을 목표로 한다.

NRSS는 ‘더 안전한 사람(Safer People)’, ‘더 안전한 차량(Safer Vehicle)’, ‘더 안전한 도로(Safer Road)’, ‘더 안전한 속도(Safer Speed)’, ‘사고 후 조치(Post-Crash Care)’라는 다섯 가지 핵심 요소를 중심으로 구성되어 있다. 이러한 접근은 도로 교통안전 문제를 종합적으로 해결하기 위한 체계적인 방안을 제시하며, 미국은 도로교통사고 사망자 증가라는 사회적 위기에 대응하기 위해 전략을 수립하였으며, 국민의 생명 보호를 위한 중요한 정책적 기반을 제공하고 있다. 미국은 연방·주·지방정부와 민간이 협력하는 다층적 전략을 통해 교통사고 증가세를 억제하고, 보행자·고령자·이륜차 이용자 등 고위험군 중심의 안전 정책을 강화하였다. NRSS의 특징은 첫째, 교통사고 사망자를 ‘제로(Zero)’로 줄이겠다는 명확한 목표 설정, 둘째, 데이터 기반의 교통안전 정책 수립, 셋째, 보행자·고령자·이륜차 이용자 등 교통약자를 우선 고려한 정책 설계, 넷째, 연방정부·주정부·지방정부 및 민간의 협력적 실행, 다섯째, 사고 발생 후 응급의료체계와 사후관리 강화이다. 이러한 전략은 교통사고를 사회 구조적 문제로 인식하고 종합적·체계적으로 대응했다는 점에서 의의가 크다.

사례 분석을 통해 도출한 시사점은 다음과 같다. 첫째, 한국은 횡단보도 가시성 향상, 중앙분리대 설치, 자전거 전용 차선 마련 등 보행자·자전거 이용자 보호를 위한 도로 설계를 개선하고, 농촌 지역에는 과속 방지 시설과 럼블 스트립을 확대해야 한다. 둘째, 미국 사례처럼 헬멧 착용 의무화, 음주 운전 단속 및 처벌 강화, 과속 감지 시스템 도입 등 법적 규제를 보완하여 사고 예방 효과를 높여야 한다. 셋째, 첨단 운전자 보조 시스템(ADAS)과 자율주행 기술 도입을 확대하고, 빅데이터·AI 기반 교통사고 분석을 통해 지역별 맞춤형 대책을 마련해야 한다. 넷째, 교통안전은 정부뿐 아니라 민간 기업과 지역 사회의 협력 속에서 달성될 수 있으므로, 안전 차량 기술 개발 투자와 교통안전 캠페인·교육 프로그램을 통해 안전 문화를 확산시켜야 한다.

결론적으로, NRSS는 교통안전을 사회 전반의 구조적 문제로 인식하고 대응한 정책 사례로서, 한국도 이를 사례로 삼아 교통사고 사망자 감소와 지속가능한 안전 사회 구축을 위한 실질적인 전략을 수립해야 할 것이다.

사사: 본 논문은 한국교통안전공단 인턴 근무(2024.08~2025.08) 중 연구 수행한 결과를 정리한 내용으로서 연구 주제 선정과 방향 설정에 도움을 주신 당시 부서장이셨던 자율주행자동차사고조사위원회사무국 박기옥 국장님께 깊이 감사드립니다.

자율주행차 준법운행 평가체계 구축 방안 연구: Lv.4 자율주행 알고리즘의 안전성 및 신뢰성 확보를 중심으로

A Study on the Establishment of a Compliance Evaluation System for Autonomous Vehicles:
Focusing on Securing Safety and Reliability of Lv.4 Autonomous Driving Algorithms

최세령	백성채	김남선	오주석	박제진
(전남대학교 건축토목공학과 석사과정)	(전남대학교 건축토목공학과 박사수료)	(경찰대학교 치안정책연구소 책임연구원)	(전남대학교 공업기술연구소 연구교수)	(전남대학교 토목공학과 부교수)

자율주행 기술의 Lv.4 상용화가 가시화되면서 기술적 성능뿐만 아니라 교통법규를 정확히 준수하는 안전성과 신뢰성 확보가 중요한 과제로 대두되고 있다. 현재 국내외적으로는 기술 안전성 평가에 중점을 두고 있으나, 도로교통 법규 준수 능력을 객관적으로 평가할 공식적인 체계나 방법론은 미흡한 실정이다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 연구는, Lv.4 자율주행차의 준법 운행 능력을 평가할 수 있는 체계적인 센터 구축 방안을 제시하여 안전하고 신뢰성 있는 상용화 기반을 마련하는 데 기여하는 것을 목적으로 한다.

우리나라는 자율주행 상용화를 위한 법적 기반을 마련하고 있지만, 상용 운행 허가 단계의 '도로운행 적합성'에 대한 구체적인 평가 기준은 여전히 부족하다. 반면, 영국의 경우 자율주행차 법을 통해 ASDE(Authorised Self-Driving Entity) 제도를 도입하여 법적 책임을 명확히 하고, 독일과 프랑스는 제3자 검사기관을 통해 기술 검증을 의무화하는 등 해외 주요국은 준법 운행 능력 검증에 대한 체계적인 접근법을 구축하고 있다. 자율주행 관련 센터 또한 국내의 경우, 주로 기술 개발 및 실증을 지원하는 역할을 수행하고 있지만, 정부로부터 공식 인증 권한을 받아 준법운행 능력을 평가할 수 있는 기관은 아직 부재하다. 이와 대조적으로, 독일의 TUV SUD나 프랑스의 UTAC와 같은 선진 국가의 전문 기관들은 정부의 공식 인증을 받아 시험-검증-인증을 통합한 전문 인프라를 보유하고 있다. 따라서 우리나라 역시 이를 벤치마킹하여 명확한 법적 근거와 책임 주체를 기반으로 한 지속적인 준법성 검증 체계를 확대해야 함을 시사한다.

한편, 전 세계적으로 자율주행차의 준법 운행 평가는 시뮬레이션-주행시험장-실도로 주행 단계로 구성되어 있다. 이를 객관적으로 평가하기 위해서는 이상의 프로세스들을 체계적이고 순차적으로 적용하여 각 부문별로 검증을 시행하는 과정이 필요하다. 이미 주요 선진국은 복잡한 교통상황에 대한 물리적 시험의 한계를 인식하여 개별 기능 시험(NCAP)에서 종합 시스템 검증(NATM)으로 전환하고 있다. 따라서 국내에서도 예측 불가능한 실제 교통상황에서의 Lv.4/4+ 시스템을 종합적으로 평가하기 위한 다층적 검증 프레임워크가 필요하다.

본 연구는 자율주행차 준법운행 평가체계를 구축하기 위해 국내외 자율주행 관련 법률 및 규제 현황을 분석하여 준법운행 평가의 법적·제도적 근거를 검토하고, 주요 선진국의 자율주행 평가 및 인증 체계를 비교 분석하여 시사점을 도출하였다. 이를 바탕으로 시뮬레이션(SiL, HiL, DiL, ViL), 주행시험장(PG), 실도로(FO) 테스트를 연계하는 다층적 평가 방법론의 기술적 특성과 역할을 심층적으로 분석하여 국내 실정에 맞는 자율주행차 준법운행 평가센터의 운영 전략, 평가 프로세스 및 기술 체계를 구체적으로 제안하였다.

사사: 본 연구는 치안정책연구소의 『자율주행차 준법운행 평가센터 구축방안 수립 연구 용역(R25TA00548417-00)』에 의하여 수행되었으며, 본 연구를 지원해 준 국토교통부에 감사드립니다.

OpenAlex를 이용한 모빌리티 분야 기술 트렌드 분석 방법론 개발

Development of a Methodology for Analyzing Technology Trends in the Mobility Field using OpenAlex

이호

(국토교통과학기술진흥원
선임연구원)

박준우

(국토교통과학기술진흥원
철도실장)

정시교

(국토교통과학기술진흥원
모빌리티 본부장)

윤일수

(아주대학교
교수)

최근 모빌리티 산업은 AI, 커넥티비티, 공유경제 등 전례 없는 기술 융합으로 패러다임의 전환을 맞고 있다. 이러한 변화 속에서 미래 기술을 예측하고 선제적으로 연구개발을 시작하는 것이 중요해졌으나, 소수 전문가의 정성적 판단에 의존하는 기존의 트렌드 분석 방식은 주관 개입의 여지가 크고 예측 범위를 벗어나는 기술을 놓칠 수 있다는 본질적 한계가 있다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해, 대규모 개방형 학술 데이터베이스인 OpenAlex를 활용하여 방대한 학술문헌 데이터를 자동으로 채굴, 클러스터링, 평가하는 정량적·재현가능한 기술 트렌드 분석 방법론을 제안한다.

제안하는 방법론은 총 3단계로 구성된다. 첫째, 데이터 수집 및 필터링 단계에서는 OpenAlex의 2.5억 건의 서지정보 중 Large Language Model(LLM)으로 ‘모빌리티’ 핵심 키워드를 생성하고, 의미적 유사도 측정을 통해 관련 데이터 144만여 건을 자동으로 추출한다. 둘째, 계층적 토픽 모델링 단계에서는 최신 자연어 처리 기법인 BERTopic을 활용하여 144만 건의 문헌에서 798개의 세부 기술 토픽을 식별하고, 반복적 클러스터링을 통해 ‘토픽 → 하위 카테고리 → 카테고리 → 영역’으로 이어지는 다단계 기술 계층 구조를 자동으로 구축한다. 셋째, 미래성장 잠재력 예측 및 분류 단계에서는 각 토픽의 연도별 점유율을 계산하고, 시계열 예측 모델인 Prophet을 통해 미래 성장률을 예측한다. 최종적으로 이를 BCG 매트릭스에 변용하여 모든 기술 토픽을 ‘부상(emerging)’, ‘성장(growing)’, ‘성숙(mature)’, ‘쇠퇴(declining)’의 4가지 유형으로 자동 분류함으로써 R&D 투자 우선순위 결정을 위한 직관적인 분석 체계를 제공한다.

본 연구는 데이터에 기반한 객관적 기술 탐색, 심층적 기술 구조의 계층적 발견, 그리고 미래 예측을 통한 선제적 전략 수립 지원의 기틀을 마련했다는 점에서 의의가 있다. 제안된 방법론은 급변하는 기술 환경에서 데이터 기반의 R&D 전략을 수립하는 데 효과적인 이론적 토대를 제공한다.

사사: 본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행하였음.

교통안전에 대한 정부와 시민 영향의 실증 분석

An Empirical Analysis of Government and Citizen Impacts on Traffic Safety

이근재

(한국도로교통공단 과장, 고려대학교 행정학 박사)

본 연구는 2000년대 이후 교통안전에 관한 정부의 역할 변화와 시민 역할의 중요성을 실증하였다.

산업혁명 이후 자동차 보급 확대는 현대사회 경제 발전에 큰 기여를 하였으나, 급증한 차량 증가와 운전자의 이기심 등으로 인해 교통사고가 사회적 비용을 초래해왔다. 한국 정부는 교통사고로 인한 사회·경제적 비용을 줄이기 위해 적극적 정책 개입을 펼쳤으며, 특히 1991년 교통사고 사망자수가 정점을 기록한 이후, 지속적으로 감소하는 추세에 접어들었다. 2000년대 이후 교통안전 수준을 높이기 위해 법적·정책적 접근을 강화하였으나, 2015년 기준 교통사고 사망자수가 OECD 회원국 중 최하위 수준에 머무르고 있다.

본 논문은 교통안전에 대한 정부 정책 변화와 시민 역할의 확대 필요성을 사회적 접근으로 설명한다. 중앙정부 중심의 법집행·교통안전교육 및 위법 운전자 중심의 정책에서 패러다임이 전환되어야 하며, 지역 및 생활 단위의 교통문화 정착을 위해 지방정부, 시민단체와의 협력과 시민 주도적 역할이 중요함을 강조한다.

연구결과, 교통안전 문제의 해결에 있어 시민이 정부와 반대편에 있는 수요자가 아니라 행정의 파트너로서 직접적인 문제해결 주체로 활용될 수 있음을 실증하였다. 중앙정부 및 지방정부의 역할 못지않게 시민역할이 교통안전에 상당한 영향력을 미치며, 시민의 참여와 협력을 통한 교통안전 증진이 필요함을 확인하였다.

교통안전 정책의 효과성 제고를 위해서는 전통적 정부 중심 정책을 넘어 시민 역량 강화, 시민단체와의 파트너십 확대, 모범운전자와 같은 현장 중심 활동 조직의 적극적인 장려가 요구된다. 특히 운전자 개개인의 교통문화 수준과 시민 역량의 효과가 교통안전에 가장 강한 긍정적 영향을 미침이 분석을 통해 밝혀졌다.

따라서 연구의 정책적 함의로 정부는 선진 교통안전 문화의 조성자이자 촉매자로서 역할 변화를 추구해야 하며, 시민과의 협력적 관계를 통해 사회적 비용 감소 및 교통안전 증진을 도모해야 한다.

차량 데이터

Session

C-7

차량 내 중앙집중형 데이터 수집/분배 시스템 설계

김학철, 김이란, 박현배

E2E 파인튜닝을 위한 실시간 이벤트 패턴 감지 기반 엣지 케이스 데이터 처리 플랫폼 구축

최자욱, 문창주

통신 데이터의 정보 안전성 유용성 동시 평가를 통한 최적 사공간 해상도 도출

이규성, 임승유, 김의진, 원민수

자율주행 데이터 전처리 기법 최적화 방안

이호윤, 오철

차량 내 중앙집중형 데이터 수집/분배 시스템 설계

Design of a Centralized In-Vehicle Data Collection and Distribution System

김희철

(재단법인 자동차융합기술원
전임연구원)

김아란

(재단법인 자동차융합기술원
연구원)

박현배

(재단법인 자동차융합기술원
전임연구원)

차량 내 센서 및 모듈에서 생성되는 다양한 데이터를 여러 응용 시스템이 안정적이고 효율적으로 공유할 수 있도록 중앙집중형 데이터 수집/분배 시스템의 필요성을 검토하고, 실제 적용 가능한 메시지 브로커 구조를 제안·평가하였다. 기존의 소켓 기반 통신은 확장성과 처리 성능에 한계가 있어 자율주행차와 같은 고빈도·대용량 데이터 환경에 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 차량 내 데이터 공유를 위한 중앙집중형 실시간 데이터 수집/분배 시스템의 도입의 필요성을 설명하고 실험을 통하여 차량내 도입에 적절한 시스템을 제시한다.

중앙집중형 실시간 데이터 수집/분배 시스템은 MQTT(Message Queuing Telemetry Transport)와 Redis를 고려하였으며, 시스템 별 성능 분석을 수행하였다. 성능 분석 환경은 Intel i7-13700(CPU), 16GB RAM(Memory), WSL2 Ubuntu 22.04(OS), Python3(Language)과 같다. 시스템 성능 평가를 위해 Publisher가 동일한 크기의 메시지를 쉬지 않고 보내도록 구성하였고, Subscriber가 메시지를 16,384번 수신하는데 걸린 시간과 초당 수신 메시지 수를 Redis와 MQTT 각각 10회씩 측정을 하였다. 이때 평가인자는 메시지 수신 성능과 안전성을 평가하기 위해 메시지 수신 시간(sec)과 초당 수신 메시지 수(message/sec)의 2~10회의 평균 및 표준편차를 고려한다.

분석결과 Redis의 초당 처리 개수가 평균 23,077개로 MQTT에 비해 5.894배 많은 것을 알 수 있으며, 메시지 수신 시간은 평균 0.7102 sec로 7.405배 빠른 것을 알 수 있다. 또한 두 지표 모두 Redis의 표준편차가 낮음을 확인할 수 있다. 이를 통해 Redis가 MQTT에 비해 안정적으로 빠르게 많은 데이터를 수신하는 것을 알 수 있다.

시스템 별 성능 비교 결과를 바탕으로 Redis가 안정적이고 빠른 메시지 수신 성능을 보임을 확인하였다. 따라서 극저지연을 요구하는 차량 시스템에 Redis가 적합함을 알 수 있다. 따라서 Redis를 차량 내에 적용함으로써 다양한 시스템에서 수집되는 센서데이터 또는 프로세싱 결과가 해당 시스템에 종속되는 한계상황을 극복할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 현재 결과는 차량 데이터를 적용한 결과가 아니므로 향후 실차 환경에서의 검증과 추가 확장이 필요하다.

사사: 이 연구는 2023년도 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제번호 : 20024814, 과제명 : 허브연계형 Lv.4 상용차 자율주행 예측구동제어 및 최적운행 기술 개발)

E2E 파인튜닝을 위한 실시간 이벤트 패턴 감지 기반 엣지 케이스 데이터 처리 플랫폼 구축

Implementation of a Platform for Edge Case Data Processing
based on Real-time Event Pattern Detection for E2E Fine-tuning

최지욱
(건국대학교 학부과정)

문창주
(건국대학교 교수)

자율주행 기술이 복잡한 모듈로 구성된 전통적 방식에서 벗어나 입력된 센서 데이터로부터 제어 명령을 직접 출력하는 E2E 학습 방식으로 발전함에 따라, 모델의 성능 고도화를 위한 파인튜닝용 '엣지 케이스' 데이터셋 구축의 중요성이 커지고 있다. 일반 주행 데이터에서 엣지 케이스는 매우 드물게 발생하여 수동으로 찾아내는 것은 비효율적이며, 이를 위해 별도의 AI 모델을 활용하는 것 또한 비생산적인 순환 구조를 만든다. 따라서 이 연구는 AI 모델 없이, 대규모 스트리밍 데이터 처리에 특화된 Apache Flink의 복합 이벤트 처리(CEP) 기술을 사용하여 특정 주행 상황을 실시간으로 감지하고 데이터셋을 생성하는 방법과 이를 지원하는 플랫폼을 제안한다. Docker 기반 마이크로서비스 아키텍처로 설계된 이 플랫폼은 CARLA Simulator에서 생성된 주행 데이터를 실시간으로 처리한다. 주행 데이터는 차량의 속도, 가속도 등 상태를 나타내는 차량 데이터와, 카메라와 YOLOv8 모델로 추출한 객체 정보 및 GPS·레이더 정보를 종합한 센서 데이터로 구성된다. 본 플랫폼은 Apache Kafka 클러스터를 통해 주행 데이터를 안정적으로 수집하고, Apache Flink 클러스터로 전달하여 실시간 분석을 수행한다. Flink의 CEP 엔진은 사전에 정의된 복합적인 패턴을 감지하는데, 예를 들어 '급정거'는 '전방 차량 감지', '급감속', '정지'로 이어지는 개별 이벤트들이 15초 내에 순차적으로 발생하는 패턴으로 정의된다. 이벤트가 감지되면 플랫폼은 단일 순간이 아닌 전후의 연속적인 상황을 함께 파악하기 위해, 지속적으로 최근 20초간의 데이터를 메모리에 유지하는 순환 버퍼링 기법을 활용한다. 이 덕분에 패턴 감지 시점에서 즉시 과거 20초 데이터에 접근할 수 있으며, 이후 20초간의 데이터를 추가로 수집하여 전체 40초 구간의 주행 데이터를 Google Cloud Storage에 저장한다. 플랫폼 성능을 '급정거'와 '추월' 시나리오로 검증한 결과, 급정거는 재현율과 정밀도 모두 100%를 달성했으며, 추월은 재현율 80%, 정밀도 100%를 기록했다. 재현율이 80%인 이유는 현재 플랫폼의 추월 패턴 정의가 명확한 '전방 차량 감지-차선 변경-가속-차선 복귀' 순서를 가정하고 있어, 가속이 명확하지 않은 '완만한 추월' 같은 사전에 정의된 패턴을 벗어나는 사례는 감지하지 못했기 때문이다. 본 연구에서는 데이터 수집의 재현율보다 정밀도를 더 중요한 지표로 간주했으며, 이는 정밀도가 낮아 잘못 저장된 '오염된 데이터'가 모델 학습을 직접적으로 방해하기 때문이다. 결론적으로, 본 연구는 Flink CEP를 활용해 E2E 자율주행 모델의 성능 개선에 필수적인 의미 있는 엣지 케이스 데이터셋을 높은 정밀도로 자동 선별하고 저장하는 데이터 처리 플랫폼을 성공적으로 구축했다.

사사: 본 과제(결과물)는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된「대학혁신지원사업」의 연구결과입니다.

통신 데이터의 정보 안전성 유용성 동시 평가를 통한 최적 시공간 해상도 도출

Deriving the Optimal Spatiotemporal Resolution
through Joint Evaluation of Privacy and Utility in Mobile Data

이규성 (아주대학교 D.N.A. 플러스융합학과 석사과정)	임승유 (아주대학교 D.N.A. 플러스융합학과 석사과정)	김의진 (아주대학교 조교수)	원민수 (한국교통연구원 연구위원)
---	---	---------------------------	---------------------------------

1. 서론

현재 통신 데이터는 저해상도 데이터 위주로 활용되고 있어 그 활용 범위가 제한적이다. 고해상도 통신 데이터의 도입 및 확대 여부를 판단하기 위해서 정보의 안전성과 정보의 유용성을 판단하는 평가 체계가 필요하다. 이에 본 연구는 통신 데이터의 원본 해상도(1분, 50m 격자 단위)의 시·공간 해상도를 다양한 시·공간 해상도로 변환하고, 그때마다 정보 안전성과 정보 유용성을 정량적으로 평가해 두 평가지표의 균형을 이루는 최적 해상도를 도출하는 것을 목표로 한다. 시·공간 해상도별 데이터의 평가는 재식별 위험을 나타내는 정보 안전성 지표인 K-익명성과 정보 분포의 보존 정도를 측정하는 정보 유용성 지표인 분포 유사성 지표로 구성된다. 두 가지의 평가지표를 통해 정책 수요예측과 같은 거시적 활용부터 통행사슬 중심의 미시적 행태 연구까지 목적에 따라 재식별 위험을 줄이고 원본 데이터 분포를 보존하는 합리적인 시공간 해상도를 제시하고자 한다.

2. 자료 및 실험설계

본 연구는 중복 통행이 3건 이하일 때 마스킹 처리가 적용되는 KT 통신 데이터 대신, 모든 개별 통행 기록이 보존된 LG 통신 데이터를 활용하였다. 데이터 유용성 평가지표인 1차원 SRMSE를 산출할 때, 마스킹으로 특정 구간이 일괄 3건으로 치환되면 분산이 인위적으로 축소되고 꼬리 분포가 훼손되어 지표가 과소 또는 과대 평가될 수 있다. 반면 LG 통신 데이터는 원시 분포의 형태를 그대로 유지하므로, 해상도 변화에 따른 분포 보존 정도를 왜곡 없이 측정하기에 적합할 것으로 기대된다. LG 통신 데이터는 통행의 출발지, 도착지 그리고 통행의 경로(경유지)로 구성되어 있는데 데이터 전처리를 통해 통행의 출발지와 도착지만을 활용하여 정보 유용성과 정보 안전성을 평가했다. 분석에 활용된 LG 통신 데이터는 2023년 11월 1일 데이터이며 전처리 결과 42,632,980개 통행이 확인되었다. 전처리가 완료된 통행 데이터를 활용하여 출발지, 도착지, 출발시간, 도착시간 정보가 모두 동일한 통행이 1, 2, 3개를 초과하는 통행의 비율을 시공간적 해상도별로 각각 추출하여 정보 안전성 지표인 K-익명성 지표를 산출하고 시공간적 해상도의 저하에 따라 정보 손실이 발생하는 정도를 측정하기 위해 각 시공간적 해상도별 1차원 SRMSE를 추출하여 시공간적 해상도에 따른 정보 유용성을 평가한다.

3. 실험 결과

50m 격자, 1분 단위의 원본 해상도를 기준으로 시공간 해상도를 각각 확대하여 정보 안전성과 정보 유용성을 비교한 결과 정보 안전성 지표인 K-익명성은 해상도가 저하됨에 따라 일관되게 증가하는 모습을 보였으며 특히 시간 해상도보다 공간 해상도의 저하에 더 민감하게 변화하는 모습을 보였다. 정보 유용성 지표인 1차 SRMSE 값은 출발, 도착시간 분포는 해상도가 1저하됨에 따라 1차 SRMSE 값의 변화가 적은 모습을 보였으나 출발, 도착위치 분포는 해상도가 100m에서 500m로 변화하는 구간에서 1차 SRMSE 값이 크게 상승해 유용성 손실이 두드러지게 나타나는 모습을 보였다.

사사: 이 연구는 한국교통연구원의 연구개발적립금 사업의 지원을 받아 수행되었습니다. (No. 51-25-020)

자율주행 데이터 전처리 기법 최적화 방안

Optimization of Autonomous Driving Data Preprocessing

이호윤

(한양대학교 교통물류공학과 석사과정)

오철

(한양대학교 교통물류공학과/스마트시티공학과 교수)

자율주행 기술의 발전에 따라 미국과 중국 등 다수의 국가에서 자율주행차의 시범 운행 사례가 증가하는 추세이다. 이에 따라, 다양한 자율주행 오픈소스 데이터셋이 공개되어 실제로 자율주행의 안전성 분석을 위한 기반이 마련되었다. 자율주행 궤적 데이터는 다양한 센서를 통해 수집된 주행 및 객체 인식 정보로 구성되며, 센서 성능과 당시 주행 환경에 따라 데이터 품질이 크게 영향을 받을 수 있다. 센서 데이터의 품질 저하는 후속 분석 결과의 신뢰성을 저하할 수 있으며, 센서 데이터 품질 확보를 위한 효과적인 전처리 방안이 요구된다.

본 연구는 자율주행과 같은 센서 기반 수집 데이터의 품질 개선을 위한 신규 전처리 프레임워크를 제시하였다. 캘리포니아 Palo alto 지역에서 수집한 Woven Planet Level 5 Dataset을 자율주행 데이터로 활용하였으며, 주체 차량의 궤적 및 객체 인식 정보를 매칭하여 분석 데이터셋을 구축하였다. 데이터 전처리는 위치 기반의 원시 데이터에 대해 칼만 필터를 통한 속도 추정과 웨이블릿 잡음 제거 기법을 연계하는 파이프라인으로 제시하였다. 칼만 필터를 활용한 속도 추정 과정에서 센서 유형별 잡음 매개변수 최적화를 위해 MOBO 알고리즘 기반의 매개변수 최적화 기법을 제안하였다. 데이터 품질 개선과 원본 데이터 특성 보존이라는 두 가지 목적함수를 고려하여 최적의 잡음 매개변수를 도출하였으며, 칼만 필터 기반의 추정 속도에 대해 웨이블릿 잡음 제거를 적용하여 가속도에 대한 데이터 추가 품질 개선을 수행하였다.

다수의 후부 매개변수 조합 중 주체 차량의 경우 $Q = 10-2.285$, $R = 10-0.751$, 객체 차량의 경우 $Q = 10-2.268$, $R = 10-0.047$ 의 최적 파라미터 조합을 도출하였다. 주체 차량과 객체 차량의 속도 추정을 위한 최적 매개변수 조합이 다르게 제시되며, 이는 센서 유형별 특징을 고려한 개별적인 데이터 처리가 필요함을 시사하였다. 또한, MOBO 알고리즘 기반의 데이터 전처리 방안이 센서 특성에 따른 독립적인 속도 추정 모형을 개발하는 과정에서 효과적으로 활용될 수 있음을 시사한다. 다음으로, 데이터 전처리를 통해 주체 차량의 궤적에 대해 jerk 이상치율이 0.801%에서 0.010%로 약 98.75% 감소하였다. 또한, 객체 차량의 경우 가속도와 jerk 이상치율이 각각 약 10.56%와 71.36% 감소하여, 신규 데이터 전처리 방법론을 적용한 데이터 품질 개선이 효과적으로 수행된 것으로 확인하였다.

본 연구는 분석에 활용할 수 있는 자율주행 오픈소스 데이터가 증가함에 따라 센서 기반의 자율주행 데이터 품질 개선을 위한 신규 데이터 전처리 프레임워크를 제시하였다. 본 연구에서 제시한 전처리 방안은 자율주행 데이터를 활용한 분석에 앞서 궤적 데이터의 신뢰성 확보를 위한 참고자료로 활용될 수 있으며, 데이터 기반 잡음 매개변수의 사전 정의를 통해 실시간 데이터 처리 방안으로 확장될 수 있다.

협력 주행

Session

C-8

다중 사용자 은밀 통신 시스템의 성능 평가

이진영

Phase 및 3 Tier 기반의 자율협력주행 시나리오 분류 체계 구축

김진욱, 김정화, 윤현정

안전한 자율주행을 위한 도심 인프라협력 필요 구간 도출 연구

강가원, 지정훈, 이호윤, 박준영, 오철

도로변 I2X 통신을 통한 자율주행차 대상 인프라 가이던스 서비스 실증 방법론

김영준

다중 사용자 은밀 통신 시스템의 성능 평가

Performance Evaluation for Multi-User Covert Communication System

이진영

(국립한국해양대학교 조교수)

본 연구는 다수의 사용자가 협력하여 은밀 통신을 지원하는 셀룰러 상향링크 시스템의 성능을 평가한다. 특히, 사용자들이 합법적 수신자와 감청자에 대해 서로 다른 거리에 위치하는 현실적인 비대칭 채널 환경을 가정하였다. 이러한 환경에서 시스템은 감청자의 탐지 오류 확률로 정의되는 은밀성 제약 조건을 만족시키면서 합법적 수신자의 신호 대 간섭 및 잡음비(SINR)를 최대화해야 한다. 본 논문은 3GPP Urban Macrocell 시나리오 기반의 광범위한 시뮬레이션을 통해 시스템의 핵심 성능 지표들을 분석한다. 감청자의 탐지 성능이 극대화되는 비관적 시나리오(Pessimistic Scenario)에서 은밀성 제약 조건의 강도, 사용자 간 거리, 송신 전력 등의 파라미터가 최소 필요 협력 사용자 수와 시스템 전체의 SINR에 미치는 영향을 정량적으로 평가한다. 시뮬레이션 결과, 더 엄격한 은밀성 요구는 더 많은 협력 사용자를 필요로 하며, 이는 수신 SINR의 감소로 이어지는 명백한 상충 관계(Trade-off)를 보였다. 또한, 은밀 사용자와 감청자 간의 거리가 가까울수록 은밀성 유지를 위한 비용이 기하급수적으로 증가함을 확인하였다. 본 성능 평가 결과는 불균등한 채널 환경에서 동작하는 실용적인 다중 사용자 은밀 통신 시스템의 설계와 자원 운용 전략 수립에 중요한 통찰을 제공한다.

핵심어: 은밀 통신, 다중 사용자 협력, 물리 계층 보안, 성능 평가, 자원 할당

Phase 및 3-Tier 기반의 자율협력주행 시나리오 분류 체계 구축

Development of a Classification Framework for Autonomous Cooperative Driving Scenarios
Based on Phase and 3-Tier Architecture

김진욱

(경기대학교 학부과정)

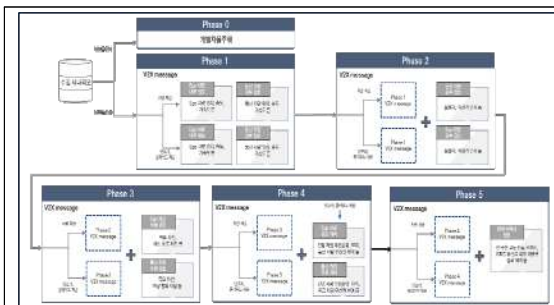
김정화

(경기대학교 조교수)

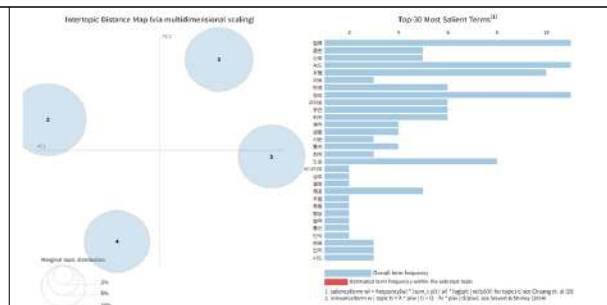
윤현정

(한국전자통신연구원 책임연구원)

자율주행 기술이 SAE 기준 Level 3 이상으로 고도화되고, 기존 모듈형 제어 방식을 넘어 AI 기반 End-to-End 구조로 발전함에 따라 주행 판단 및 제어의 책임이 운전자에서 시스템으로 전환되고 있다(Sato, 2024). 이러한 AI 중심의 자율주행 시스템은 차량 단독의 기능을 넘어 차량-인프라-클라우드 간의 기능적 연계를 전제로 작동하는 자율협력주행으로 발전하고 있다. 하지만 기존의 Rule-based 시나리오는 실제 주행 중 발생 가능한 통신 오류나 AI의 복합적인 오작동 요인을 반영하지 못하는 구조적 한계를 가진다(PEGASUS, 2019). 따라서 차량, 인프라, 클라우드 간의 상호작용을 체계적으로 반영한 검증 시나리오와 프레임워크 구축이 필요하다. 자율협력주행 시나리오 분류를 위해 Pegasus Layer 6(디지털 정보 계층)을 Vehicle, Infrastructure, Cloud의 3-Tier 구조로 구체화하였다. Kenya Sato et al.의 6단계 발전 모델을 참조하여 Phase 0~Phase 5로 시나리오를 재구성하였으며, 각 Phase는 교환되는 메시지의 종류와 수준에 따라 구분하였다. 국내외 선행 연구와 데이터베이스에서 총 462개의 시나리오를 수집하고 [그림1]과 같이 Phase 분류 프로세스를 적용하였다. 시나리오 Phase 분류 프로세스는 V2X 통신 수준을 기준으로 정의되며, Phase 0은 통신이 없는 개별 자율주행, Phase 1은 위치와 속도 등 현재 상태 공유, Phase 2는 외부 객체와 환경 정보 교환, Phase 3은 차선 변경이나 합류 의도 등 미래 행동 공유, Phase 4는 인프라나 서버의 종합 지시, Phase 5는 전체 교통 최적화 정보 교환으로 구분된다. 대부분의 시나리오가 Phase 0에 집중되어 있었으며, Phase 4와 Phase 5는 거의 부재하였다. Phase 분류 결과,



[그림 1] 시나리오 Phase 분류 프로세스



[그림 2] Phase 3 LDA 분석 결과

Phase 0에 전체 시나리오의 대부분(약 83%)이 집중되어 있었고, Phase 4는 3개, Phase 5는 0개로 시나리오가 거의 부재하여, 향후 실제 교통환경과 혼잡 상황을 고려한 고난도 시나리오 개발의 필요성을 시사하였다. 단순 빈도 분석만으로는 파악하기 어려운 잠재적 주제를 도출하고 Phase 별 주요 키워드를 산정하기 위해 수집된 시나리오를 기준으로 LDA 기반 키워드 분석을 진행하였다. 이 과정에서 데이터를 Phase 0~3으로 분류하여 LDA 학습을 수행하였으며, 시나리오 수가 부족한 Phase 4와 5는 분석에서 제외하였다. Phase 0에서는 주행 차량 주변 도로 환경, 상대 객체, 객체 동작과 같은 개별자율주행 관련 키워드가 주로 도출되었다. Phase 1에서는 교차로, 합류, 충돌 등 객체 동작과 함께 정보, 인프라 관련 키워드가 본격적으로 나타났다. Phase 2는 정보 제공, 수집, 교환 및 위험 인식과 관련된 상호작용 키워드가 가장 높은 비중을 차지하였다. Phase 3에서는 정보 교환과 도로 환경, 객체 동작 키워드가 비슷한 비율로 도출되어, 단계가 높아질수록 상호작용과 복잡도가 동시에 증가하는 경향이 확인되었다. 향후 연구에서는 시나리오 수 부족으로 LDA 분석을 수행하지 못한 Phase 4와 Phase 5를 대상으로, 고도 자율협력주행 단계의 시나리오를 개발하고 실제 교통환경과 혼잡 상황을 반영한 검증 방법론을 구체화할 필요가 있다.

사사: 이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2025-02221243, 3-Tier 연계형 자율주행 소프트웨어 및 데이터 통합 검증용 클라우드 기반 평가 모델 프로세스 개발)
사사: 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원 - 학·석사연계ICT핵심인재양성 지원을 받아 수행된 연구임(IITP-RS-2024-00436954)

안전한 자율주행을 위한 도심 인프라협력 필요 구간 도출 연구

Identification of Safety-Critical Urban Road Segments
Requiring Infrastructure-to-Vehicle Cooperative Information for Autonomous Driving

강가원	지정훈	이호윤	박준영	오철
(한양대학교 교통물류공학과 박사과정)	(한양대학교 교통물류공학과 박사과정)	(한양대학교 교통물류공학과 석사과정)	(한양대학교 교통물류공학과/ 스마트시티공학과 교수)	(한양대학교 교통물류공학과/ 스마트시티공학과 교수)

본 연구는 도심부에서 자율주행차의 안전 확보를 위해 필요한 인프라 협력 필요 구간 도출을 목적으로 수행되었다. 자율주행 기술은 인지·판단·제어 측면에서 빠르게 발전하고 있으나, 차량 탑재 센서(Radar, LiDAR, Camera)는 비신호 교차로·급커브 등 비정형 도심 환경에서 인식 한계가 존재하며, 이로 인해 사고 위험 증가 및 빈번한 제어권 전환이 발생한다. 이러한 한계를 극복하기 위해 차량-인프라 간 V2X 협력 기반 서비스의 필요성이 제기되고 있으며, 해외 주요 국가(유럽, 미국, 일본, 중국)뿐만 아니라 국내에서도 C-ITS 시범사업이 확대되고 있다. 그러나 기존 서비스는 주로 사람 운전자를 대상으로 설계되어, 자율주행차 특성을 반영한 서비스 설계가 요구된다.

본 연구에서는 강릉시 자율주행차 운행 데이터를 활용하여 제어권 전환 이벤트 발생 지점을 탐지하고, 2차원 Kernel Density Estimation(KDE) 시각화를 통해 인프라 협력이 필요한 구간을 도출하였다. 분석 결과, 제어권 전환이 집중적으로 발생하는 대표적 구간은 1. 주차장 진출입로, 2. 3지 교차로, 3. 회전교차로로 확인되었다. 주차장 진출입로는 전기차 충전소, 대형차 주차구역, 자전거 연습장 등 다양한 차종의 잦은 진출입으로 인해 주행 방해가 빈번하게 발생하였다. 3지 교차로는 비보호 좌회전과 보행자 횡단보도로 인해, 특히 우회전 차량과 주도로 직진 차량 간 상충 위험이 제어권 전환의 주요 원인이었다. 회전 교차로는 진출입 시 양보 주행 필요성과 내부 2차로 구조로 인해 자율주행차 주행 안정성이 저하되는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 자율주행차가 도심부의 비정형·상충 유발 구간에서 인프라 보완 및 협력 서비스가 특히 필요함을 시사한다. 나아가 도출된 구간은 향후 지자체 및 도로 관리기관이 V2X 기반 서비스를 우선 적용할 수 있는 정책적·기술적 근거로 활용될 수 있다. 다만, 본 연구에는 한계가 존재한다. 분석에 활용된 데이터는 강릉시에서 운행되는 노선형 자율주행 버스의 기록으로, 특정 노선과 도로 유형에 국한되어 있으며 다양한 교통환경을 충분히 반영하지 못했다. 또한 기상 조건, 주야간 등 가변적 주행 상황이 포함되지 않아 결과의 일반화에 한계가 있다. 향후 연구에서는 다차종·다환경 데이터 확보, 야간·기상 악조건 등 복합 상황 데이터 보강, 머신러닝 기반 위험구간 예측 모델 고도화 등을 추진함으로써 분석의 신뢰성과 적용성을 강화할 필요가 있다. 이를 통해 도심부에서의 자율주행차 안전 확보 및 차량-인프라 협력형 서비스 설계의 기초자료를 제공할 수 있을 것이다.

도로변 I2X 통신을 통한 자율주행차 대상 인프라 가이드 서비스 실증 방법론

Methodology for Field Validation of Infrastructure Guidance Services to Automated Vehicles
Using Roadside I2X Communication

김영준

(한국건설기술연구원 박사후연구원)

기존 차량 중심 자율주행 기술의 인지 한계로 인한 지속적인 사고 발생으로 인해 협력형 자율주행에 대한 요구가 급증하는 추세이다. 자율주행 레벨을 최초로 제안한 미국자동차공학회(SAE)에서도 기존 차량 중심의 자율주행 정의 표준에 협력등급을 추가로 고려한 표준을 발표하며 협력형 자율주행이 앞으로의 방향성임을 분명히 하였다. 이는 유럽에서 발표한 자율주행에 대한 인프라 지원수준을 통해서도 알 수 있으며, EU의 다양한 연구개발 프로젝트는 인프라와의 협력을 기본 전제로 수행되고 있다. 자율주행 레벨 3의 상용화 도입기가 시작됨에 따라 도로상 자율주행차와 일반차가 혼재된 상황이 오랜 기간 지속될 것으로 예상되므로, 교통체계의 안전성과 이동성, 환경성을 고려한 최적화 방안이 도로교통 운영자에게 당면한 과제라 할 수 있다.

인프라 가이드 서비스(Infra-Guidance, IG) 서비스는 자율주행차와 일반차, VRU(보행자, 자전거 등) 등이 혼재된 교통상황에서 센서 검지와 협력인지(자율주행차와 V2I 통신)를 통해 동적상황 인지 정보를 융합, 분석 및 판단을 통해 자율주행차의 주행행태를 최적화하여 가이드를 권고하는 서비스다. 자율주행차는 수신된 가이드를 기반으로 협력주행(의도 공유, 합의 모색, 지시 이행)을 함으로써 인프라 가이드 구간 내 교통류의 안전성과 이동성, 환경성을 향상시킨다.

본 연구에서는 인프라 가이드 관련 핵심기술을 중심으로 테스트베드 기반 실증을 통해 인프라 가이드 서비스 실증 방법론을 수립하였다. 인프라 가이드 세부절차는 크게 IG 서비스참여와 IG 수행으로 구분되며 통신 안정성, 신속성, 정확성, 가이드 정합도 및 메시지 발송 주기 등을 평가하였다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00142565).



Poster Session

LLM을 활용한 차선변경 목적기반 차량 궤적 예측

Lane Change Purpose Based Trajectory Prediction Using LLM:
Mandatory Lane Change vs Discretionary Lane Change

김주영

(아주대학교 학석박사통합과정)

소재현

(아주대학교 교수)

차량 궤적 예측(Vehicle trajectory prediction)은 자율주행차가 복잡한 교통환경에서 안전하게 주행하기 위한 필수적인 기술임. 최근 딥러닝 기반의 궤적 예측 연구는 RNN, LSTM 등 시계열 모델을 활용하여 차량의 주행 궤적을 예측하는 데 큰 성과를 거두었음. 특히, Social-LSTM 계열 연구는 보행자 및 차량의 상호작용을 고려하여 궤적을 보다 정밀하게 예측할 수 있음을 보여주었음. 교통 시나리오의 복잡성이 증가함에 따라, 공간적 제약조건을 반영하는 그래프 신경망(GNN) 기반 연구와 Transformer 기반의 장기 의존성 모델링 기법이 주목받고 있음. 대부분의 기존 연구는 차선 변경을 예측하는 것은 아직 어려움이 존재하며, 이를 해결하고자 차선 변경에 초점을 맞추어 차량 궤적 예측하는 연구가 활발히 이루어지고 있음. 그러나, 현재 활발하게 이루어지고 있는 연구는 차선 변경 여부 자체만을 다룰 뿐, 차량 변경의 의도를 명확하게 구분하지는 못하고 있음. 기존 연구에서 Lane Change를 예측하는 시도는 존재하나, 대다수는 단순히 “차선 변경 발생 여부”를 확률적으로 추정하는 수준에 머무르고 있음. 실제 운전 상황에서 차선 변경은 Mandatory Lane Change(MLC)와 Discretionary Lane Change(DLC)로 구분되며, 그 동기와 행동 패턴이 상이함. 기존 저널 대부분은 이러한 의도를 구분하지 않고 단일 모델에서 학습하여, 실제 운전자 행태와 불일치하는 예측을 내릴 가능성이 존재함. 따라서, Lane Change Intention을 고려하지 않은 기존 연구는 자율주행 차량의 안전성을 보장하는 데 한계가 있음.

본 연구의 목적은 MLC와 DLC를 구분하여 궤적을 예측하는 모델을 제안하는 데 있음. 이를 통해 자율주행 시스템이 보다 정교하게 주행 의도를 반영할 수 있으며, 안전성과 효율성을 동시에 고려한 의사결정이 가능하도록 함. 나아가, MLC와 DLC의 구분 학습을 통해 실제 도로 데이터와의 적합성을 높이고, 자율주행차 안전성 평가 및 지능형 교통시스템 구현에 기여하는 것을 목표로 함. 기존 연구의 한계였던 차선 변경 의도 구분 부재 문제를 보완하여, Lane Change 상황을 보다 정밀하게 반영한 궤적 예측 모델 제시하고 자율주행차의 안전성과 효율성을 동시에 향상시킬 수 있는 새로운 예측 프레임워크 구축하고자 함. 궁극적으로, 본 연구는 Lane Change 상황에서 발생하는 불확실성을 줄이고, 자율주행차의 신뢰성 높은 의사결정을 지원하는 기반을 제공함

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음 (과제번호 RS-2023-00236825, 자율주행 Lv.4/4+ 기반 도시환경관리 서비스 기술 개발).

CARLA 시뮬레이터 기반 LiDAR-LLM의 3차원 장면 이해

3D Scene Understanding of LiDAR-LLM Based on the CARLA Simulator

이재원

(한국생산기술연구원 연구원)

김지웅

(한국생산기술연구원 수석연구원)

대규모 언어모델(LLM)은 복잡한 추론과 언어 이해에서 뛰어난 성능을 보여준다. 이를 기반으로 이미지와 텍스트를 동시에 처리하는 멀티모달 LLM 연구도 활발히 진행되고 있으며, 2차원 이미지와 언어의 결합을 통해 장면 설명, 질의 응답 등 다방면으로 우수한 성능을 보여주고 있다. 최근에는 자율주행과 같은 실제 응용 분야에서 활용 가능한 3차원 장면의 이해로 연구 영역이 확장되고 있다.

LiDAR는 고정밀 3차원 공간 정보를 제공하는 핵심 센서로, 자율주행과 스마트 시티 등 다양한 분야에서 폭넓게 활용된다. 그러나 LiDAR 센서로부터 얻은 포인트 클라우드 데이터는 희소하게 분포하고 복잡한 기하학적 구조를 지니고 있어 기존의 2차원 이미지 기반 멀티모달 LLM 접근 방식을 그대로 적용하기 어렵다. 이러한 한계를 극복하기 위해 LiDAR 기반의 3차원 장면 이해와 언어를 결합하는 연구가 시도되고 있으나, 학습을 위해서는 LiDAR 포인트 클라우드와 이를 설명하는 텍스트가 정확히 매칭된 대규모 데이터셋 구축이 요구된다.

실제 주행 데이터를 기반으로 LiDAR - 텍스트 데이터를 구축할 때는 여러 제약이 따른다. LiDAR 데이터는 해상도가 낮고 가림(occlusion) 현상이 빈번해 복잡한 배경 속에서 객체의 경계를 명확히 구분하기 어렵고, 이로 인해 주석(annotation)의 정확성이 떨어질 수 있다. 또한 보행자, 자전거, 차량 등 다양한 객체가 뒤섞인 복잡한 장면을 반영하려면 폭넓은 주행 환경을 포함하는 데이터가 필요하다. 그러나 이러한 데이터를 실제 도로에서 확보하고 정밀하게 라벨링하는 과정에는 상당한 시간과 비용이 소요된다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 CARLA 자율주행 시뮬레이터를 활용한다. CARLA는 실제 도로 환경을 정밀하게 모사할 수 있는 다양한 시나리오를 제공하며, 사용자가 교통 상황과 환경 요소를 자유롭게 설정할 수 있다. 특히 API를 통해 각 객체의 정확한 3차원 위치, bounding box, 클래스 정보를 직접 얻을 수 있어 실제 주행 데이터에서 발생하는 라벨링 오류와 비용 문제를 완화할 수 있다. 또한 시뮬레이션 환경에서는 원하는 복잡한 교통 상황을 반복적으로 생성할 수 있어 다양한 주행 환경을 반영한 LiDAR-텍스트 데이터셋을 효율적으로 구축할 수 있다.

요약하자면, 본 논문에서는 CARLA 환경에서 구축한 데이터셋을 활용하여 LiDAR - LLM 모델을 학습한 결과를 제시한다. 이를 통해 시뮬레이션 기반 데이터셋 구축의 효용성을 확인하는 동시에, 자율주행 시스템의 상황 인식과 의사결정 지원을 위해 LiDAR-LLM이 유용하게 활용될 수 있는지 살펴보고자 한다.

사사: 본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음.(RS-2022-IP322054)

악천후 환경에서의 SLAM 연구를 위한 재현형 데이터셋 생성

Generating a Reproducible Dataset for SLAM Research under Adverse Weather Conditions

양성렬

(한국생산기술연구원 연구원)

김지웅

(한국생산기술연구원 수석연구원)

자율주행 기술의 최대 난제 중 하나는 악천후 환경에 대한 대응이다. 그 이유 중 하나는 라이다가 날씨 조건에 민감하다는 점이다. 라이다는 높은 정확도와 고해상도 3차원 정보를 빠르게 제공해 자율주행에서 널리 쓰이는 핵심 센서이다. 다만 능동 광학 센서로서 주로 TOF(Time of Flight) 원리로 거리를 계산하므로, 눈, 비, 안개가 짙어질수록 공기 중 입자에 의한 빛의 산란과 감쇠 영향을 크게 받는다. 그 결과, 눈, 비의 입자를 물체로 인식하거나 눈, 비에 가려진 물체를 인식하지 못하는 문제가 발생한다. 또한, 젖은 표면은 물체의 반사특성을 변화시키므로 유효 측정 범위가 감소하여 차량, 표지판 등의 인식이 제한될 수 있다.

이러한 날씨 조건은 SLAM(Simultaneous Localization and Mapping) 성능에도 직접적인 영향을 미친다. SLAM은 센서 관측을 통해 로봇의 위치를 추정함과 동시에 지도를 구축하는 기법으로, 주행 환경의 객체 또는 특징점 관측 결과에 크게 의존한다. 악천후 상황에서는 객체 식별, 특징점 추출 정확도 등이 심각하게 저하될 수 있기 때문에, 다양한 날씨 조건에서 SLAM 알고리즘의 검증에 많은 테스트용 데이터가 필요하다. 하지만, 이를 실제 도로에서 수집하는 것은 위험과 비용이 크게 발생하고, 다양한 조건에 대한 날씨 데이터를 확보하기도 어렵다.

본 연구는 이 문제를 해결하기 위해 기존 공개 주행 데이터셋에 악천후 노이즈를 주입한 라이다 증강 데이터를 제안한다. 각 프레임에 악천후로 인한 관측 교란을 모사하는 포인트를 추가하되, 원래의 좌표와 반사 강도 등 핵심 속성은 보존하고, 포인트 단위 라벨을 부여해 분석에 바로 활용할 수 있도록 한다. 또한 가시거리와 입자 밀도 등 일부 요소를 매개변수화해 매우 다양한 상황의 악천후 데이터를 생성할 수 있게 한다. 제안한 기법을 통해 생성되는 데이터는 SLAM 및 3차원 인지 모듈의 악천후 취약 구간을 점검하고, 전처리, 노이즈 제거 등을 포함한 라이다 관측모델을 설계하는 데 활용할 수 있다. 결론적으로, 실 도로 수집의 부담 없이 반복 가능한 악천후 테스트 데이터를 제공함으로써 악천후 환경에서 자율주행 성능 개선을 뒷받침할 것으로 기대된다.

사사: 본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림식품기술기획평가원의 고부가가치식품개발사업의 지원을 받아 연구되었음(RS-2022-IP322054)

자율주행 차량의 경로 근사를 이용한 제어대상 차량 식별 기법

Identifying the vehicle to be controlled using the route approximation of the autonomous vehicle

박상빈

(한국교통대학교 석사과정)

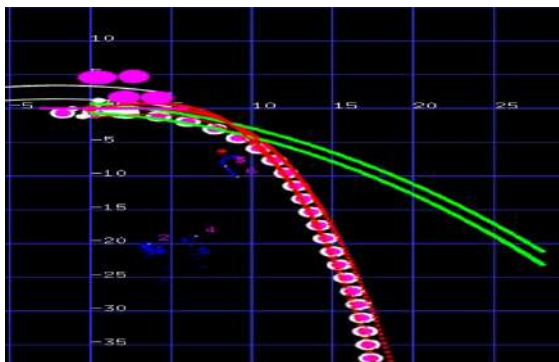
박만복

(한국교통대학교 공학박사)

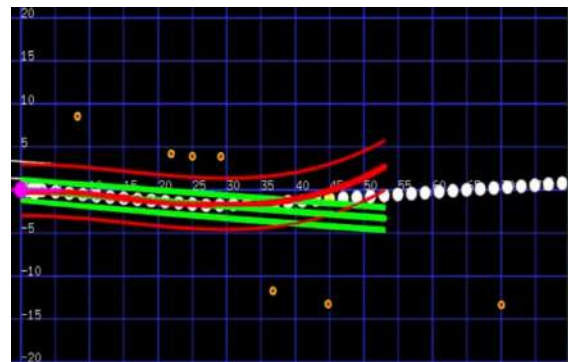
자동차가 자율주행을 수행하기 위해서는 주변 도로 상황을 인식하고 안전한 주행 경로를 예측할 수 있어야 한다. 이를 위해 차량은 센서로부터 얻은 경로 점을 활용하여 차량의 형상을 추정한다. 그러나 센서가 제공하는 경로 점은 개수가 제한적이고 잡음이 포함되어 있어, 이를 직접 사용하는 경우 정확한 차선 경계와 곡률 변화를 파악하기 어렵다. 특히 경로 곡선이 복잡하거나 곡률 변화가 큰 상황에서는 제한된 점만으로 안정적인 경계 추정을 수행하기가 더욱 힘들다. 따라서 제한된 수의 점을 이용하면서도 곡선의 세부적인 변화를 반영할 수 있는 수학적 근사 기법이 요구된다. 본 연구는 열 개의 경로 점을 입력으로 하여 곡선을 근사하고, 이를 통해 차선 경계와 곡률을 안정적으로 산출하기 위한 고차 다항 회귀 기법을 제안한다.

본 연구에서는 경로 근사를 위해 4차 다항식을 사용하였다. 차량 경로 상에서 다수의 샘플 점을 취하였다. 각 샘플 점에서의 접선 기울기를 산출하고, 접선 기울기를 이용하여 단위 법선 방향을 계산한 뒤 목표 폭만큼 법선 방향으로 이동시켜 오프셋 점을 얻는다. 얻어진 오프셋 점들로부터 설계행렬을 구성하고, 최소자승 기법에 정규화를 더한 방법으로 계수를 추정하였다. 계수 추정을 위해 정규화된 정상방정식에 의해 도출되는 4×4 연립방정식을 편차가 적도록 해(부분 피벗을 포함한 가우스 소거) 풀이한다. 동일 입력에 대해 시작 폭과 종단 폭에 대응하는 서로 다른 오프셋 계수를 동시에 계산하여 목적에 따라 적합한 계수를 선택하여 활용할 수 있도록 설계하였다. 구현에서는 6개를 기본값으로 샘플 수를 적용하였다.

실험에서는 차량의 실제 주행으로부터 획득한 10개의 경로 점을 이용하여 2차 모델과 고차 모델을 비교한 결과, 2차 모델의 평균 제곱근 오차는 약 0.21m로 나타났으며, 고차 모델은 약 0.07m로 오차가 현저히 줄어들었다. 이러한 결과는 실제 도로 주행에서 얻은 제한된 경로 점을 활용할 때도 고차 모델을 적용함으로써 경로 근사의 정확성을 크게 향상시킬 수 있음을 보여준다. 향후 연구로 계산 복잡도를 줄이면서 실시간 성능을 보장할 수 있는 방법과 도출된 경계 정보를 활용하여 제어 대상 차량의 차로 내 위치를 더욱 신뢰성 있게 판별하는 기법을 개발할 계획이다.



<Fig. 1> 90 degree path curve



<Fig. 2> straight path curve

(Green: Quadratic curve, Red: Higher order curve)

사사: 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명: 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호: 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

인프라 라이다 센서를 이용한 목표 차량의 속도 추정

홍인준
(한국교통대학교 공학석사)

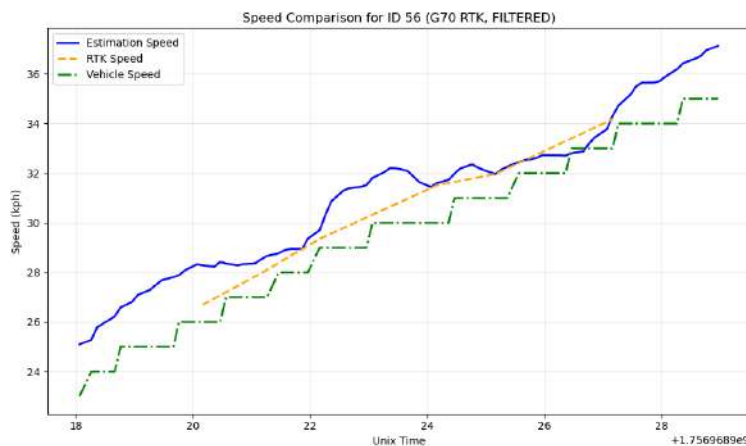
박만복
(한국교통대학교 공학박사)

자율주행의 안전한 주행에 있어 핵심 요소 중 하나는 주변 객체의 정확한 인식과 상태 추정이다. 특히 도로 환경에서 목표 차량의 속도를 추정하는 것은 교통 흐름의 안정성과 차선 변경 등의 판단 성능에 큰 영향을 끼친다. 본 연구에서는 도로변에 설치된 인프라 라이다 센서를 활용하여 목표 차량의 속도를 추정하는 알고리즘을 제안한다.

본 논문에서는 인프라 시스템에 설치된 40채널 라이다를 이용하여 Association 이후 속도를 추정하기 위한 트래킹 알고리즘을 제안한다. 속도를 추정하는 가장 대표적인 방식은 필터를 사용하여 속도를 추정하는 것이다. 하지만 해당 방법은 중심점 혹은 대표점이 흔들리게 되면 큰 오차가 발생할 수 있다는 문제가 있다. 따라서 본 논문에서는 흔들릴 위험이 큰 대표점 대신 차량이 직사각형의 형태와 유사하다는 점을 이용하여 직사각형의 형태로 정확하게 피팅 후 직사각형을 매칭하여 이동량을 계산하는 방법을 제안한다. 이러한 방법은 객체의 pcd(Point Cloud Data)의 대표점 대신 직사각형의 대표점을 이용하여 계산하기 때문에 흔들림이 적고, 직사각형으로 단순화 했기 때문에 매칭의 연산량이 매우 낮아진다는 장점이 있다.

본 연구에서는 높은 설치 위치를 갖는 인프라 시스템에 40채널 라이다가 설치된 환경에서 감지영역을 주행하도록 실험을 진행하였다. 실험결과는 <Fig. 1>에 나타나 있으며 목표 차량이 평균 30kph 정도의 속도로 주행할 때 약 차량의 속도 계산에 따라 0.8~1.4kph 정도의 오차가 발생함을 확인하였다.

본 연구에서는 라이다 기반 속도 추정에서 정확도를 개선하기 위해 직사각형 피팅 기반의 알고리즘을 제안하였다. 실험을 통해 40채널 라이다 및 30kph의 환경에서 0.8~1.4kph의 좋은 정확도를 보였다. 향후에는 다른 환경에서 설치된 센서를 이용한 추가 실험을 통해 알고리즘의 적용 범위를 확인하고, 정확도를 높일 예정이다.



<Fig. 1> Result Graph

감사의 글 : 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448). 또한, 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA160501).

인프라 라이다 관심 영역에 따른 포인트 클라우드 필터링에 관한 연구

Research on Point Cloud Filtering for Infrastructure LiDAR Based on Regions of Interest

유상진

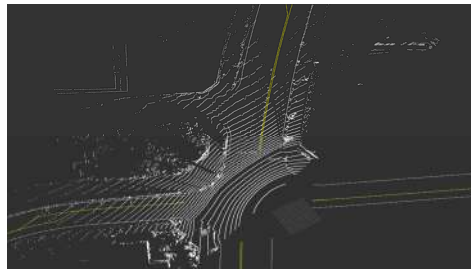
(한국교통대학교 석사과정)

박만복

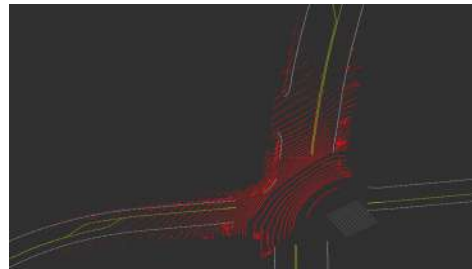
(한국교통대학교 공학박사)

라이다 센서는 자율주행, 스마트시티 등 다양한 분야에서 고정밀 3차원 공간정보를 제공하는 핵심 기술로 주목받고 있다. 그러나 실제 환경에서 취득되는 포인트 클라우드는 대용량이며, 관심 영역과 무관한 불필요한 데이터가 포함되어 있어 분석 효율성을 저해한다. 본 연구는 인프라 라이다 데이터에서 관심 영역을 정의하고, 이에 따라 포인트 클라우드를 효율적으로 필터링하는 기법을 제안함으로써 데이터 처리 효율성과 활용성을 높이고, 실시간성을 보장하고자 한다.

본 논문에서는 인프라 환경에서 관심 영역 설정을 정밀 지도 데이터를 사용하여 정의하였다. 정밀 지도 데이터 중 차선 데이터는 교차로 내부 등에서 연속되지 않은 구간이 있어 경로 데이터를 사용하였다. 경로 데이터에 차선 폭 및 외부 버퍼를 사용하여 관심 영역을 정의하였다. 해당 정보를 사용하여 폴리곤 형태의 관심 영역 데이터를 생성한 후 인프라 라이다의 설치 위도, 경도 및 회전 각도를 적용하여 인프라 라이다 기준 상대 좌표로 폴리곤 데이터의 좌표를 변환한 후 json 파일로 저장하였다. json 파일에 저장된 데이터와 라이다 포인트 클라우드의 x, y 좌표를 비교하여 Ray Casting 알고리즘을 기반으로 한 Point-in-Polygon(PIP) 알고리즘을 적용하여 포인트 클라우드 필터링을 수행하였다. 해당 알고리즘은 실제 인프라 환경에 장착된 HESAI Pandar 40P 라이다 센서를 통해 데이터를 취득하였고 검증하였다. 알고리즘의 처리 결과 포인트 클라우드는 약 56%가 줄었고, 해당 알고리즘을 적용한 후 처리시간이 약 5ms 감소하였다. 이 결과는 추후 작업(클러스터링, 객체 인식 등)에 효과적인 전처리 과정일 것으로 기대된다.



<Fig. 1> original point cloud data



<Fig. 2> filtered point cloud data

사사: 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448). 또한, 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2021-KA160501).

저해상도 라이다를 활용한 자율주행 차량 객체 인식 기법 연구

A Study on Object Detection Methods for Autonomous Vehicles Using Low-Resolution LiDAR

안해주

(한국교통대학교 석사과정)

박만복

(한국교통대학교 교수)

자율주행 차량에서 주변 환경 인식을 위해 사용되는 센서에는 라이다, 레이더, 카메라 등 다양한 종류가 있다. 이중 라이다는 카메라에 비해 조명 변화에 강인하며, 레이더에 비해 높은 공간 해상도를 제공하여 객체의 위치와 형상을 정밀하게 인식할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 3차원 거리 정보를 직접 획득할 수 있어 고정밀 지도 작성과 차량의 위치 인식에도 효과적으로 활용될 수 있다. 그러나 채널 수가 증가함에 따라 센서의 비용이 급격히 상승하는 문제가 있으며, 저가형 라이다의 경우 해상도가 낮아 장거리 인식이나 작은 객체 식별에 한계가 존재한다.

본 연구에서는 저해상도 라이다 Velodyne 16 채널 라이다 센서를 사용하여 자율주행 차량의 객체 인식 기법을 연구하였다. 실험에서는 차량의 전방 좌·우와 후방 중심에 설치된 총 3대의 라이다 이용하여 포인트 클라우드 데이터(PCD)를 수집하였다. 수집된 데이터는 지면 제거 과정을 거친 후, 각각의 라이다에서 획득한 포인트 클라우드를 하나로 합쳐 단일 PCD로 처리하였다. PCD를 DBSCAN 알고리즘을 적용하였다. 라이다는 거리가 멀어질수록 정밀도가 낮아지므로, 단일 고정 파라미터로는 근거리와 원거리 객체를 동시에 효과적으로 분리하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 거리 구간별로 다른 ϵ (epsilon) 값을 적용하여, 거리와 상관없이 안정적으로 객체를 검출할 수 있도록 하였다. 클러스터링 과정을 통해 분리된 객체는 최소 외접 직육면체를 생성하여 객체의 크기와 위치(중심)를 추정하였다. 이를 통해 실제 자율주행 상황에서 객체 인식 결과를 기반으로 회피 경로 계획이나 긴급 정지와 같은 주행 의사결정에 활용할 수 있음을 확인하였다.

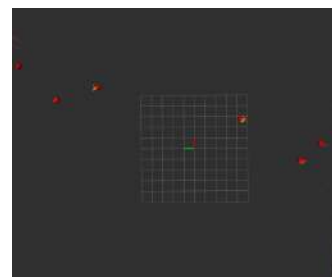
제안된 방법은 저해상도 라이다를 이용한 자율주행 차량의 객체 인식 기법을 제안하였다. 다수의 라이다에서 수집한 포인트 클라우드를 단일로 통합하여 처리시간을 줄이고 경량화를 시킬 수 있었다. 또한 거리별 상이한 epsilon 값을 적용함으로써 기존 단일 epsilon 대비 원거리의 객체까지 안정적으로 검출할 수 있음을 확인하였다.

채널	16
측정 범위	100m
거리 정확도	$\pm 3\text{cm}$
수직 시야각	$+15.0 \sim -15.0^\circ$
해상도(수직)	2.0°
해상도(수평)	$0.1^\circ \sim 0.4^\circ$
회전 속도	5Hz-20Hz

<Table 1> VLP-16 스펙



<Fig. 1> LiDAR FoV



<Fig. 2> LiDAR 객체 인식 결과

사사: 본 논문은 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명: 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호: 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 ‘자율주행 기술개발혁신사업’의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

자율주행 차량의 안전한 합류 및 취소·복귀 전략 기반 지역 경로 계획

Regional Path Planning Based on Safe Joining and Cancellation·Return Strategy of Autonomous Vehicles

이중윤

(한국교통대학교 석사과정)

박만복

(한국교통대학교 공학박사)

자율주행 차의 상용화가 가속화되면서 고속도로 주행 환경에서의 안정성 확보가 중요한 연구 과제로 대두되고 있다. 특히 합류 구간은 사고 위험이 높은 상황으로 운전자의 개입 없이도 차량이 스스로 안전하게 판단하고 경로를 계획할 수 있어야 한다. 그러나 현재까지의 연구는 대부분 성공적인 합류 수행에 집중되어 있으며 돌발 위험 발생 시 합류를 취소하거나 원 차선으로 복귀하는 전략은 충분히 탐구되지 않았다.

본 연구에서는 자율주행 차량의 안전한 합류 전략과 취소·복귀 전략을 동시에 고려하는 새로운 지역 경로 계획 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘은 주변 차량과 도로 조건에 대한 실시간 인지, 합류 가능성 평가, 위험 발생 시 취소·복귀 경로 동적 생성 또한 합류 실패 시 조건을 재평가하고 반복적으로 합류를 재시도하는 과정으로 구성되었다. 이러한 과정은 단순히 합류 하는 것에 그치지 않고 예기치 못한 상황에서 주행 연속성과 안정성을 확보할 수 있도록 했다.

본 연구를 통해 고속도로 합류뿐 아니라 도심 연결로와 같은 다양한 주행 환경에서도 안정적으로 동작함을 확인하였다. 향후 연구에서는 주변 차량의 미래 궤적을 예측해 더 안정적인 합류 및 취소 전략을 연구 할 예정이다.

사사: 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명: 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호: 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 '자율주행 기술개발혁신사업'의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스 기술 개발

Road traffic infrastructure monitoring and emergency recovery support service technology development

신영섭	황정운	차태영	김상현	김경환	조용성
(ITS Korea 선임연구원)	(ITS Korea 선임연구원)	(ITS Korea 책임연구원)	(ITS Korea 적합성평가실장)	(ITS Korea 표준인증본부장)	(ITS Korea 상임이사)

자율주행차량의 동작은 일반적으로 인지, 판단, 주행의 세 단계로 구분된다. 이 중 인지 단계는 자율주행차량의 핵심 기능으로, 카메라, 레이더 등 다양한 센서 장치를 활용하여 주변 환경 정보를 수집하고 이를 기반으로 주행 판단을 수행한다. 그러나 이러한 인지 기능은 센서 특성에 따른 한계로 인해 운행환경 전반에서 완전성을 확보하기 어렵다. 특히, 악천후 환경, 복잡한 기하구조를 가진 도로, 급격히 변화하는 노면 환경, 다양한 교통 객체의 혼재, 돌발상황 등에서는 센서 기반 인지 성능이 급격히 저하된다. 이는 곧 자율주행차량이 자율주행 상태를 안정적으로 유지하지 못하는 상황을 초래하며, 결과적으로 차량의 운행가능영역(Operational Design Domain, ODD)을 보장하기 어렵게 만든다. 이러한 기술적 한계는 단순히 자율주행차량의 주행 안정성 문제에 그치지 않고, 일반차량의 운행 안전성에도 영향을 미칠 수 있다. 나아가 자율주행시스템의 안정적인 도입을 저해하고, 관련 시장의 성장을 지연시키는 구조적 요인으로 작용한다.

이와 같은 상황을 개선하고 문제를 해결하기 위해 본 연구는 자율주행 기반 모니터링 차량을 활용하여 자율주행 환경에서 잠재적 위험 요인이 될 수 있는 도로 인프라를 물리(Physical), 디지털(Digital) 인프라 2가지로 구분하고 해당 위험 요인을 실시간으로 모니터링하고 진단하며, 더 나아가 긴급 복구를 지원할 수 있는 서비스 기술을 개발하고 이를 실증하는 것을 목적으로 한다.

이를 위해 Lv.4/4+ 수준의 자율주행 기능을 갖춘 도로교통 인프라 모니터링 차량을 개발하였으며, 해당 차량의 운용을 지원하기 위한 실시간 모니터링 및 관리, 긴급 복구 지원, 그리고 통합 관제 기능을 수행하는 시스템을 구축하였다. 개발된 모니터링 차량에는 도로 인프라 상태(정상/이상)와 변화 여부를 정밀하게 판별할 수 있는 다양한 센서 및 측정 장비가 탑재되었으며, 이를 기반으로 10종 이상의 긴급 복구 지원 시나리오(포트홀, 노면 상태 및 환경, V2X-RSU, 신호등, VMS, LCS, 교통 표지판, 터널(지하차도) 조도 등)에 대한 실증을 수행한다.

현재 본 연구는 개발된 기술의 성능 검증 및 고도화를 위해, 이전 연구 단계에서 확보한 시험도로 기반 테스트 데이터와 분석 결과를 활용하여 리빙랩 구간에서 실증을 진행하고 있다. 시험도로 환경은 직선 구간 중심의 단순한 기하구조를 갖추고 있어 초기 단계의 성능 검증에는 유리하나, 실제 도로 환경과는 괴리가 존재한다. 반면, 리빙랩 구간은 일반 도로와 동일한 특성을 지니며 식생으로 인한 시인성 저하, 통신 음영지역, 도로교통 인프라 파손 등 다양한 환경적 제약 요인이 내재되어 있어 실증 과정에서 높은 수준의 복잡성을 야기한다.

이러한 제약을 극복하기 위하여 본 연구는 통신 음영지역 인프라 모니터링 방안 마련, 센서 인식률 향상, 알고리즘 고도화 등의 방법을 종합적으로 적용하여 인프라 모니터링 서비스의 완성도를 제고하고자 한다. 특히 시험도로에서 사용되었던 단순화된 시나리오를 그대로 적용하기에는 한계가 존재하므로, 리빙랩 환경에 적합한 실증 시나리오를 새롭게 구축하고 있다. 리빙랩 실증 시나리오의 핵심 요소는 링크 정확도, 판단 정확도, 음영 구간 탐지, 시스템 연계로 정의된다. 이를 기반으로 구축된 시나리오는 인프라 모니터링 시스템과 긴급복구 서비스의 성능을 실제 도로 환경에서 검증하는 데 목적이 있으며, 이를 통해 고도화된 인프라 모니터링 및 긴급복구 지원 서비스를 제공하고자 한다. 또한 서비스의 안정적 구현을 위해 도로교통 인프라 모니터링 및 긴급복구 서비스의 정보연계 규격 및 타 센터와의 정보연계 규격을 정립하고 교환되는 데이터를 표준화함으로써 수집되는 교통정보를 체계적이고 효율적으로 관리하고 활용 가능하도록 할 것이다.

사사: 이 연구는 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2021-KA160853)

자율주행 Lv.4 상호호환성 확보를 위한 데이터 표준 및 표준적합성 시험방법 개발

Development of data standards and conformity test method standards
to secure mutual compatibility for automated driving Lv.4

신영섭 (ITS Korea 선임연구원)	황정운 (ITS Korea 선임연구원)	차대영 (ITS Korea 책임연구원)	김상현 (ITS Korea 적합성평가실장)	김경환 (ITS Korea 표준인증본부장)	조용성 (ITS Korea 상임이사)
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------

4차 산업혁명 기술의 발전, 특히 빅데이터와 클라우드 기술의 고도화는 자율주행 산업의 성장과 직결되고 있다. 자율주행 환경에서는 인프라, 차량, 센터 간에 교환되는 데이터의 양과 종류가 방대할 뿐 아니라, 앞으로도 지속적으로 증가할 것으로 전망된다. 실제로 국제표준화기구(ISO)의 자율주행 관련 표준화 현황을 살펴보면 데이터 연계 표준이 전체의 절반 이상을 차지하고 있어, 데이터 관리 및 표준 적합성 검증이 자율주행 산업의 핵심 기반임을 보여준다. 이러한 배경에서 본 연구는 방대한 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 표준 데이터관리 시스템, 데이터가 표준에 적합한지 확인할 수 있는 표준적합성 시험 시스템을 개발하는 것을 목표로 한다.

연구 추진 전략은 크게 두 단계로 나뉜다. 1단계 연구에서는 데이터 체계 및 시험방법 표준화를 위한 기반 연구와 핵심 요소기술의 설계·개발에 초점을 맞춘다. 구체적으로 기초자료 분석, 데이터 규격 정립, 메타데이터 및 데이터 카탈로그 규격 개발, 표준 데이터 관리 플랫폼 및 시험시스템 설계 등을 수행한다. 이어서 2단계 연구에서는 데이터 체계와 시험방법의 표준화 및 요소기술의 구현·고도화를 본격적으로 추진한다. 이 단계에서는 표준 데이터 관리체계의 표준화, 표준적합성 시험방법의 표준화, 데이터 관리 플랫폼의 고도화, 시험인증 체계의 도입 등을 통해 실용화를 지향한다.

특히 2단계 연구에서는 데이터 관리 시스템 개발을 위하여 메타데이터 및 데이터 카탈로그 규격의 고도화와 함께 사용자 친화적인 UI/UX 설계를 추진하고 있다. 이를 통해 구축되는 표준 데이터 관리 시스템은 사용자가 직접 메타데이터와 데이터 카탈로그를 등록할 수 있도록 지원하며, 표준 데이터, 통계 데이터, 데이터 시각화 자료 등 다양한 형태의 정보를 제공한다. 또한, 표준적합성 시험 시스템은 시험 접수, 자체평가, 시험결과 분석 및 연계 등 일련의 절차를 지원한다. 시험인증 체계의 도입을 위해 국토교통부 자율주행 사업과 연계한 상호호환성 시험 개최를 추진하고 있다. 현재 개발 중인 시험시스템은 차량과 노변장비 간, 차량과 센터 간의 정보 연계를 시험 범위로 한정하고 있으나, 향후에는 센터 간 정보 연계까지 확대하여 보다 포괄적인 검증이 가능하도록 할 예정이며 단계적 확장을 통해 자율주행 데이터 표준체계의 실효성을 검증하고자 한다.

상호호환성 시험을 통해 데이터 규격, 메타데이터, 데이터 카탈로그 등 표준 데이터 체계 전반에 대한 의견을 수렴하고 이를 반영하여 완성도 높은 시험 시스템 및 데이터 관리 시스템을 제공하는 것을 목적으로 하며 이러한 표준적합성 시험 시스템과 표준 데이터 관리 시스템을 통합적으로 제공하는 표준 데이터 관리 플랫폼은 클라우드 기반으로 운영되며, 24시간 무중단 서비스를 통해 사용자 접근성과 활용성을 극대화할 예정이다.

이처럼 본 연구는 자율주행 환경에서 발생하는 방대한 데이터를 표준 기반으로 관리·검증할 수 있는 체계를 구축함으로써, 향후 Lv.4/4+ 자율주행차 상용화를 위한 필수적 기반을 마련하고, 나아가 안전성과 신뢰성을 갖춘 자율주행 생태계 조성에 기여할 것으로 사료된다.

사사: 이 연구는 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00245915)

HD Map을 활용한 차선 인식 결과 평가

HD Map-Based Evaluation of Lane Detection Performance

정지현 (와이즈오토모티브 연구원)	서주영 (와이즈오토모티브 연구원)	김인수 (와이즈오토모티브 이사)	박제홍 (와이즈오토모티브 대표)
---------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

자율주행에서 차선 인식 성능 평가는 주행 안정성과 안전 확보를 위해 필수적인 요소이다. 기존의 성능 평가는 주행 영상과 사람이 라벨링한 차선 데이터셋을 기준으로 이루어져 왔으나, 이는 특정 구간(고속도로 중심)과 조건(주간·맑은 날씨 중심)에 국한된다는 점과 라벨링 과정에서 발생하는 오차 및 주관성이 개입된다는 점으로 인해 객관성과 범용성이 제한되는 문제가 존재한다.

본 연구는 이러한 한계를 극복하기 위해 HD Map을 활용한 차선 인식 성능 평가 방법을 제안한다. 제안된 시스템은 센서 기반 차선 인식 모듈, HD Map 모듈, 좌표계 정합 과정을 거쳐 차량 좌표계 상에서 두 결과를 비교·분석한다. 이를 통해 차선 위치 오차와 허용 오차 내 검출률을 산출함으로써 다양한 환경에서 차선 인식 성능을 정량적으로 평가할 수 있다.

본 방법은 기존 데이터셋 의존 평가의 한계를 극복하고 실제 주행 환경에서의 성능 검증을 가능하게 한다는 점에서 의의가 있다. 본 방법을 통해 실제 주행 환경을 반영한 객관적 성능 검증 체계가 확립될 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2410012784, Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발)

산악형 도로에 대응하는 고난이도 주행평가 시험로 및 인프라 구축 방안에 관한 연구

A Study on the Development of High-Difficulty Driving Evaluation
Test Roads and Infrastructure for Mountainous Roads(Translated Title)

진태희
(한국도로교통공단 연구원)

이재홍
(한국도로교통공단 책임연구원)

연구 배경

자율주행 기술 개발 및 상용화가 진행됨에 따라, 완전 자율주행 한계성능을 극복하기 위한 인지·예측 센서와 차량 통신 기술 연계연구가 활발히 이루어지고 있다. 그러나 현재 자율주행 시험은 자동차 전용도로와 도심 도로 위주로 수행되고 있으며, 국내 도로의 약 70%를 차지하는 산악도로 환경은 충분히 고려되지 못하고 있는 실정이다. 이러한 배경에서 국내 도로 환경에서 원활한 자율주행을 구현하기 위해서는 경사지, 급회전로, 통신 간섭 구간 등 고난이도 주행 환경을 반영한 시험 기반이 필요한 실정이다.

연구 목적

본 연구는 자율주행 차량 및 부품 개발 단계에서 고난이도 구간 주행 시 안전성을 검증·평가 할 수 있는 기반을 마련하는 것을 목표로 한다. 특히 2027년 완전 자율주행 상용화를 목표로 하는 국내 정책적 요구에 대응하며, 주행면허 및 인증 절차 등과 연계할 수 있는 시험 인프라 구축 방안을 제시하고자 한다.

연구 방법

- 국내외 자율주행 시험로 구축 현황 및 평가 시나리오(Euro NCAP 등) 조사
- 산악형 도로 환경요소(종단 경사, 급회전 구간, 통신 간섭 구간 등) 분석
- 고난이도 자율주행 시험 인프라 구축 방안 검토

기대효과

본 연구를 통해 산악형 도로 환경을 반영한 고난이도 자율주행 시험 인프라 구축 방안을 제시함으로써, 향후 자율주행차 시험장(Proving Ground)설계 및 운영에 기초자료로 활용될 수 있다. 또한, 자율주행차 상용화과정에서 안전 위험 요소를 최소화하고 국내 도로 환경에 최적화된 자율주행 기술 개발과 제도적 기반 마련에 기여할 것으로 기대된다.

사사: “본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KIAT)의 산악도로 기반의 자율주행실증 평가 인프라 구축 사업의 연구결과로 수행되었음(P0025185)”

자율주행차를 위한 공간데이터큐브 기반 정밀도로지도 큐브 단위 규격 산정에 관한 연구

A Study on Cube Unit Specification Determination of Spatial Data Cube-Based HD Map for
Autonomous Vehicles

문지은
((주)지오스토리 연구원)

문주환
((주)지오스토리 연구원)

공간데이터큐브(Spatial Data Cube, SDC)는 대용량 공간정보를 일정한 입체격자 단위로 분할·저장·관리하는 체계로, 원본 데이터에서 필요한 정보만 큐브 단위로 추출·조합하여 활용할 수 있다. 이러한 방식은 기존 정적 일괄 로딩 구조의 비효율성을 극복하고, 데이터 용량을 경량화하며, 처리 속도를 향상시킨다. 특히 자율주행차의 경우 위치·경로 기반으로 활용 우선순위에 따라 필요한 큐브만 동적 로딩할 수 있어, 메모리 점유율과 네트워크 사용량을 크게 줄이고 실시간성을 확보할 수 있다. 그러나 큐브 단위 크기와 회랑 설정 기준이 명확히 정의되지 않을 경우 불필요 데이터가 잔류하거나, 반대로 필요한 데이터가 누락될 위험이 존재한다.

본 논문은 공간데이터큐브(Spatial Data Cube, SDC) 기반 입체격자체계에서 자율주행 효율성을 극대화하기 위한 큐브 단위 크기 및 경로 회랑 산정 절차를 공학적으로 정의하였다. 차량 속도·제동 성능을 고려한 정지거리 기반 호라이즌 산정, 차량 폭·안전버퍼·측위 오차를 반영한 회랑 폭 산정, 센서 해상도 및 지도 정합 정확도에 따른 큐브 크기 설정 등 다층적 기준을 수식으로 제시하였다. 또한 도심·교외·고속도로 시나리오별 권장 파라미터를 산정하고, 메모리 점유율·엔로딩 지연·네트워크 대역폭 요구량을 분석하였다. 분석 결과, 제안된 설정 절차는 기존 정적 로딩 대비 평균 20~30%의 메모리 절감과 10~20%의 지연 단축을 달성하였다. 본 연구는 자율주행차용 정밀도로지도 관리에서 SDC 단위 설정의 체계적 근거를 제시하였다는 점에서 의의가 있으며, 향후 실제 차량 실증을 통해 도로 환경별 최적화 기준 마련에 기여할 수 있다.

사사: 본 연구는 국토교통부와 국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(RS-2025-02317649, 국토정보 고도화를 위한 입체격자체계 적용 및 활용 기술개발)

자율주행자동차 교통사고 조사 분석 및 상호 데이터 공유를 위한 민관협업체계 구축 방안 수립에 관한 연구

A Study on the Development of a Governance Framework
for Autonomous Vehicle Accident Investigation and Data Exchange

권진문	김원기	오운성	박기정	백자은	김천호
(한국도로교통 공단 연구원)	(한국도로교통 공단 사고조사 연구원)	(한국도로교통 공단 교통사고 종합분석센터장)	(한국도로교통 공단 사고조사 연구원)	(한국도로교통 공단 사고조사 연구원)	((유)삼승, 연구소장)

국내 자율차 시범운행지구 및 운수사업의 확대로 자율주행교통사고가 증가하는 추세이다. 한국도로교통공단, 경찰청, 국립과학수사연구원, 자율주행자동차 사고조사위원회(사조위) 등 국내 유관기관에서는 이에 대응하여 사고조사 방안 등을 자체적으로 수립하고 있지만 각 기관별 설립 목적, 업무 범위, 전문분야에 따라 수집 자료의 대상과 범위가 상이하고 공유체계도 미비한 실정이다. 본 연구에서는 자율주행자동차 교통사고 발생 시 기관별 사고 데이터 및 분석 결과 공유 체계를 마련하고 이를 실무적으로 실현하기 위해 유관기관 간 민관협업체계를 구축하는 방안을 제안하였다.

일반적인 교통사고에서 수집할 수 있는 데이터의 종류로는 타이어 흔적·파편물 같은 사고 데이터, CCTV·블랙박스 등의 영상 데이터, 사고기록장치(EDR)·디지털운행기록계(DTG) 같은 디지털 차량 데이터, 진단서·상해부위사진 등의 상해 데이터가 있다. 자율차 교통사고 현장에서는 여기에 더해 자율주행기록장치(DSSAD)와 차량-사물간 통신(V2X) 기록과 같은 복잡하고 방대한 데이터를 수집해 분석할 필요가 있다. 자율주행 교통사고 조사를 위해 사조위가 설립되어 운영 중이지만 경찰이나 한국도로교통공단과 달리 전국적인 지방 조직이 없기 때문에 사고 지점에 즉시 출동하여 현장 통제와 사고 조사를 수행하기에는 무리가 있다. 현행 법령에 따르면 보험사, 제조사, 운행사 등이 현장에서 DSSAD 등을 우선 수집한 뒤 사조위에 제출하는 식의 절차가 마련되어 있으나, 공소권 있는 사고의 경우, 민사 분쟁 사건만을 담당하는 이들이 사고 현장에 접근하거나 경찰로부터 수사 자료를 제공 받는 것이 절차 상 쉽지 않은 것으로 확인되었다.

이러한 협업 채널의 부재는 자율차 사고조사의 원활한 추진에 차질을 발생시킨다. 자율차 교통사고는 운행관리자, 타 차량 운전자, 동승자, 보험사, 제조사, 운행사 등 다수가 민·형사적 분쟁에 휘말릴 가능성이 크다. 이러한 분쟁을 가능한 신속하고 명백하게 해결하기 위해 형사기관인 경찰, 민사기관인 사고조사위원회, 그 밖에 한국도로교통공단 등 기술지원 공공기관과 보험사 등 민간기관으로 구성된 민관협업체계를 운영할 필요성이 대두된다. 본 연구에서는 민관협업체계 구축을 통해 각 기관에 역할을 부여하고 사고 조사·분석 과정에서 필요한 데이터의 공유가 지체 없이 이뤄질 수 있는 방안을 마련하였다. 데이터의 공유 방안으로는 공문 수발 절차와 자율차 통합 DB를 통한 전산 공유 절차를 제시하고 각 방안별 장단점을 정리하였다.

본 연구에서는 자율차 사고의 경중 및 공소권 여부에 따라 3개의 CASE로 구분하여 사고 조사·분석 절차를 제시하였다. CASE 1은 단순 물적 피해 사고이거나 사고 당사자 간 합의 등으로 공소권이 없는 경우로서 사고조사위원회가 전담하여 조사한다. CASE 2는 공소권이 있는 경우로서 경찰이 전담하여 조사하는 것이 원칙이다. 다만, 필요에 따라 현재 기술지원 기관인 한국도로교통공단이나 국과수에 더해 사조위 등에도 기술지원을 요청할 수 있도록 했다. CASE 3은 각 기관이 소집되어 합동조사단을 수행하는 경우이다. 경찰은 합동조사단의 컨트롤타워 역할을 맡고 각 기관이 데이터 수집, 데이터 분류, 조사·분석을 유기적으로 담당한다. 초기에는 자율차 사고가 희소하고 자율차 사고조사 경험이 충분하지 않은 것을 감안하여 합동조사 실시기준을 낮게 설정하였으나 추후 사고의 추이 및 역량 강화에 따라 단계적으로 상향하도록 했다.

교통경찰, 국립과학수사연구원, 한국자동차안전연구원 등 사고조사 실무진을 대상으로 본 연구 내용에 대한 설문조사를 실시한 결과, 90% 이상이 데이터 공유·합동조사·민관협의체 구성에 필요성이 있다고 응답하였고, 80% 이상이 제안된 절차·역할분담·공유방안이 적절하다고 응답하였다. 그 밖에 합동조사 및 수사 정보 공유를 위한 법·규정, 합동조사 예산 분담, 데이터 비동의 추출 등의 필요성에 관하여 의견을 제시하였다. 향후 수집된 설문 결과의 바탕으로 전문가 자문을 통해 민관협의체계 운영방안을 내실화할 계획이다.

자율주행자동차 상용화에 앞서 자율차 사고조사 및 데이터 공유 방안을 사전에 제시함으로써 각 사고조사 기관의 대응력 제고, 자율차 보급의 촉진, 국민 교통안전의 향상 등에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 2023년도 경찰청의 재원으로 과학치안진흥센터 및 자율주행기술개발혁신사업단의 지원을 받아 수행하였습니다.(RS-2023-00260576 자율주행자동차 교통사고 조사·분석 기술 개발을 위한 교통사고 재현 S/W 개발)

센서 정보 공유를 통한 5G-NR V2V 보행자 안전 서비스 개발

Development of a Sensor-Sharing Pedestrian Safety Service Using V2V Communication

이신경

(ETRI 책임연구원)

김기태

(ETRI 선임연구원)

송유승

(ETRI 책임연구원)

커넥티드 자율주행 차량(CAV: Connected Autonomous Vehicle)은 주변 차량(CV: Connected Vehicle)과 차량간 객체 정보와 영상정보를 공유함으로써 더욱 안전한 보행자 서비스를 제공한다. 이를 위해 자율주행 차량은 카메라, 라이다와 같은 인지 센서가 장착되어 있어야 하며, 인지 센서로부터 수집되는 데이터를 표준화된 공통 형태로 변환하기 위한 응용 SW가 필요하다. 또한 자율차의 센서 정보를 주위 차량과 공유하는 데 있어 대용량 및 고신뢰 전송이 가능한 5G-NR V2X 통신장치와 자율차가 공유하는 정보를 기반으로 보행자 안전 서비스를 제공할 수 있는 서비스 단말 장치가 차량 내부 네트워크에 연결되어 있어야 한다. 센서 정보 공유를 통한 보행자 안전 서비스는 보행자의 돌발적 행동에 대한 선제 대응이 가능하고, 커넥티드 차량의 안전한 속도 조절 및 회피 경로를 선택할 수 있도록 한다.

자율주행 차량(CAV)은 차량에 장착된 인지 센서로부터 도로 주변의 차량 또는 보행자를 인지한다. 인지된 객체 정보는 위치정보와 함께 내부 인터페이스 메시지를 생성하여 서비스 단말에 전송된다. 이때 자율주행 차량은 자차의 고정밀 위치정보를 기반으로 인식한 객체들의 위, 경도 정보를 절대 좌표로 매핑하여 서비스 단말이 가지고 있는 일반적인 GPS 센서의 오차를 보정하고 차량 및 보행자의 위치 정확도를 개선한다. 서비스 단말은 자율주행 차량으로부터 수집된 객체 정보를 SDSM(Sensor Data Sharing Message) 메시지로 전환한 후 5G-NR-V2X 통신장치를 통해 주위 차량들에 방송하고, 주변 커넥티드 차량들은 이를 수신한다. 차량간 통신으로 공유된 센서정보는 보행자 안전 서비스 및 추월 안전 서비스를 수행하는 모바일 서비스 단말에 표출되고, 단말은 내 차의 현재 위치를 기준으로 충돌 위험이 높은 보행자에 대한 경고 알람을 생성한다. 서비스 단말 내부 응용에서 구동되는 보행자에 대한 추돌 경고 알고리즘은 인지 객체 종류(보행자 및 자전거)별 위험 범위를 내 차의 전방 위치를 중심으로 사전에 설정하고 SDSM의 객체(보행자나 자전거) 위치가 위험 범위 내에 포함되는지 여부로 판단된다. SDSM을 바탕으로 일차적인 보행자 충돌 경고 이외에도, 대용량 전송이 가능한 5G-NR V2X 통신장치는 경고 발생 시점에 자율주행 차량에게 HDSM(High-Definition Subscription Message)을 요청하여 보행자의 실시간 영상정보를 공유받고, 이를 통해 보행자의 움직임을 더욱 정확하게 파악할 수 있어 이중적인 보행자 보호를 가능하게 한다.

실 도로 시험에서는 정차 차량(CAV, Connected Autonomous Vehicle)에 내려서 횡단보도를 건너는 보행자 정보를 공유하는 보행자 안전 서비스를 통해 주행 차량(CV, Connected Vehicle)이 저속 혹은 긴급정지를 수행하는 기능을 검증하였다. 커넥티드 차량(CV)은 5G-NR-V2X 통신장치와 연동된 모바일 단말의 앱을 실행하여 자율주행 차량이 공유하는 객체 정보를 수신하고, 이를 서비스 단말 화면에 표출한다. 모바일 단말은 충돌 위험이 높은 보행자에 대해 경고 알람을 생성하며, 보행자 경고가 발생하면 자율주행 차량(CAV)에게 전방 영상정보를 자동으로 요청하여 추가적인 운전자의 개입 없이 보행자의 이동 상황을 실시간으로 확인하고, 저속 주행 혹은 정차를 가능하게 한다. 그리고 보행자가 위험지역을 벗어나면 경고 서비스를 끄고 영상정보 구독을 해지한다.

결론적으로, 자율주행 차량은 인지된 객체 정보와 영상정보를 효과적으로 공유할 수 있으며, V2X 통신장치와 서비스 단말 장치를 갖춘 커넥티드 차량은 이를 기반으로 보행자 안전 서비스와 추월 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 결과는 자율주행 차량과 커넥티드 차량 간의 실시간 정보 공유가 보행자 안전성을 향상시키는 기술임을 확인한다.

사사: 본 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2022-0-00199, 커넥티드 자율주행을 위한 5G-NR-V2X 성능 검증)

이기종 V2X 환경에서의 Seamless 원격제어 서비스에 관한 연구

A Study of Seamless Tele-operated Driving Service in Heterogeneous V2X Environments

이신경 김기태 김주영 한승준 송유승
(ETRI 책임연구원) (ETRI 선임연구원) (ETRI 책임연구원) (ETRI 책임연구원) (ETRI 책임연구원)

자율주행 차량은 도로를 주행하는 데 있어 주변 인프라(RSU, Road Side Unit) 시스템으로부터 주행 상황 정보를 수집하거나 이동통신망을 통해 외부 정보 제공 서버와 연동함으로써 실시간 정보 수집이 가능하다. 이때 C-V2X의 이기종 무선 통신망은 서로 다른 절차에 따라 개별적인 로컬 링크(Local Link)를 생성하기 때문에 차량이 이동하는 환경에서 두 가지 망을 동시에 활용하기에는 제약이 있으며, 이로 인해 끊임없이 연속적인 통신을 보장하기 어렵다. 따라서, 자율주행 차량이 V2X 통신을 효과적으로 활용하기 위해서는 제한적인 차량 통신 범위를 보완할 수 있는 이기종 네트워크 간의 빠르고 전략적인 핸드오버 기술이 필수적이다.

원격제어(ToD, Tele-operated Driving) 기술은 운전자와 운전 자동화 시스템을 물리적 차량으로부터 분리하여, 원격지의 오퍼레이터가 무선 네트워크를 통해 차량의 가속과 조향 등을 제어할 수 있도록 지원함으로써 자율주행 차량의 한계를 보완하고 긴급 상황 발생 시 안전성을 확보할 수 있다. 이 중 Direct Control ToD는 원격 운전자가 차량의 모든 주행 작업을 직접 수행하는 방식으로, 원격제어 서버와 자율주행 차량 간의 신뢰할 수 있는 저지연 양방향 통신이 기반이 되어야 한다. 특히 직접제어 방식의 원격운전은 운영자가 차량의 액추에이터를 실시간으로 조작하는 구조이기 때문에 통신 지연시간이 짧을수록 안전하고 원활한 제어가 가능하며, 나아가 End-to-End 지연시간에 대한 요구사항은 차량의 주행속도가 높아질수록 더욱 강화된다.

원격 직접 주행에서의 송·수신 데이터는 먼저 HV(Host Vehicle)가 고화질 비디오 스트리밍과 차량의 상태 정보(예: 위치, 속도, 브레이크 및 엑셀의 동작 여부 등)를 원격 운영자에게 전송하는 것으로 시작된다. 원격 운영자는 이를 기반으로 주행 상황을 인식하고 목적지까지의 운전 제어(조향, 가속 등)를 수행하며, 해당 제어 정보는 원격제어 서버가 명령어로 변환하여 차량에 전송된다. 이를 수신한 차량은 해당 명령에 즉시 반응하고, HV의 제어가 구동되는 동안 원격 운영자에게 실시간 피드백을 제공한다. 이러한 과정에서 자율주행 차량은 차량 내에 장착된 여러 대의 카메라, 라이다, 레이더 등의 데이터를 융합하여 운영자에게 전송해야 하므로, 대용량·저지연의 통신 링크 품질(QoS, Quality of Service)이 요구된다.

대용량 전송에 대한 요구사항은 LTE보다는 5G 네트워크를 필요로 한다. 그리고 E2E 서비스 지연(latency)은 자율주행 차량이 원격제어를 요청하고 수집된 데이터를 처리하는 시간, 해당 정보를 원격 운영자에게 전달하는 통신 시간, 그리고 원격 운영자의 운전 제어가 차량의 실제 동작으로 구동되기까지의 전 과정에서 지연이 발생할 수 있기 때문에 네트워크 구간에서는 셀룰러 통신(Uu 인터페이스)과 인프라와의 직접 통신(PC5 인터페이스)을 병행하여 네트워크 트래픽을 분산하고, 안정적인 연결을 확보할 수 있는 방안으로 활용할 수 있다. 또한, 이기종 네트워크 환경에서 예측 불가능한 주행 상황과 빠른 토폴로지의 변화에 신뢰할 수 있는 원격제어 연결성을 제공하기 위해서는 이중의 V2X 통신 링크 품질을 사전에 예상할 수 있어야 하며, 이러한 예측을 바탕으로 빈번한 연결 해제보다는 끊임이 없는 서비스 제공을 위한 다중(Multi-path) 연결 기능을 제공할 수 있어야 한다.

사사: 이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구결과(RS-2025-02283230, 자율주행을 위한 이기종 V2X Seamless 통신 기반 자율협력주행 기술 개발)

생존분석을 활용한 공유주차 공석 지속시간의 시공간적 요인 분석

Spatio-Temporal Survival Analysis of Shared Parking Vacancy Duration

도혜원 (서울대학교 건설환경공학부 석박사통합과정)	김솔비 (서울대학교 건설환경공학부 석사과정)	정연우 (서울대학교 건설환경종합연구소 연수연구원)	이청원 (서울대학교 건설환경공학부 교수)
---	--	---	--

도시 내 차량 보유와 이용은 가용 공간의 증가 속도를 크게 앞지르며, 주차 공간 부족과 이로 인한 순환 주행(cruising) 문제를 심화시키고 있다. 이에 대한 대응책으로 공유주차가 제안된다. 개인이 보유한 주차 공간을 비사용 시간 동안 개방함으로써 신규 시설 건설 없이도 실질적인 주차 공급을 확대할 수 있으며, 결과적으로 순환 주행을 완화할 수 있다. 본 연구는 생존분석을 활용하여 주차 공석 지속시간의 분포를 규명하고, 시간적·공간적 요인이 미치는 영향을 정량적으로 분석하였다. 분석 결과, 주중에는 피크 시간대에서 공석 지속시간이 뚜렷하게 단축되었으며, 주거 밀도가 높거나 대중교통 접근성이 좋은 지역에서도 빠른 점유가 발생하였다. 반면, 주말에는 대부분의 공간적 요인이 유의한 영향을 보이지 않았으나, 여가업종 밀집 지역에서는 공석이 빠르게 소진되는 특성이 나타났다. 이러한 결과는 시간적 특성인 주중, 주말과 피크 시간대, 그리고 공간적 특성에 따라 차별화된 주차 관리 정책이 필요함을 보여준다. 구체적으로, 주중 피크 시간대에는 수요 관리가 필수적이며, 주거 밀집 지역과 교통 중심지에서는 회전율을 높이기 위한 맞춤형 규제가 요구된다. 또한, 여가 중심 지역에서는 이벤트 시기에 특화된 관리 전략이 효과적일 수 있다. 더 나아가, 본 연구는 공석 지속시간 예측 및 실시간 점유율 관리 등 공유주차 서비스 기능 개발을 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

사사: This work was supported by the National Research Foundation of South Korea (NRF) grant funded by the government of South Korea (MSIT) (No. RS-2024-00357981). This research was also supported by the Institute of Construction and Environmental Engineering at Seoul National University and the Institute of Engineering Research at Seoul National University.

RAPTOR 알고리즘 기반 대중교통-공유모빌리티 통합 경로선택 알고리즘 개발

Development of Integrated Route Choice Algorithm
for Public Transit and Shared Mobility Based on RAPTOR Algorithm

김태우
(가천대학교
스마트시티학과
학부생)

김민수
(가천대학교
스마트시티학과
석사과정)

이수기
(한양대학교
도시공학과 교수)

여지호
(가천대학교
스마트시티학과
조교수)

MaaS(Mobility as a Service) 실현을 위해서는 대중교통과 공유 모빌리티의 효과적인 통합이 필수적이다. 그러나 현재의 경로 탐색 시스템들은 각 교통수단을 개별적으로 다루고 있어 사용자에게 통합된 door-to-door 경로를 제시하지 못하고 있으며, 개인별로 상이한 통행 선호를 충분히 고려하지 못한다는 한계가 있다. RAPTOR(Round-based Public Transit Optimized Router)는 대중교통 경로 탐색에서 우수한 성능을 보이는 알고리즘이지만, 고정된 노선 기반 구조로 설계되어 있다. 반면 공유 자전거나 전동킥보드 같은 공유 모빌리티는 정해진 노선 없이 연속적인 공간에 분포하기 때문에, 이를 RAPTOR에 직접 통합하면 탐색해야 할 경로 조합이 급격히 증가한다. 더욱이 멀티모달 통행에서는 시간, 비용, 환승, 도보거리 등 여러 요소가 경로 선택에 영향을 미치는데, 사용자마다 이들에 대한 중요도가 다르다. 따라서 단일 기준으로 최적화된 경로만 제공하는 것으로는 다양한 사용자 수요를 만족시키기 어렵다. 이에 본 연구에서는 RAPTOR를 기반으로 대중교통과 공유 모빌리티를 하나의 네트워크로 통합하되, 계산 복잡도를 효과적으로 관리하면서 사용자별 선호를 반영할 수 있는 멀티모달 경로 탐색 알고리즘을 개발하고자 한다.

본 연구는 세 가지 방법으로 통합 멀티모달 라우팅 알고리즘을 설계했다.

첫째, 공유 모빌리티의 연속적 분포를 다루기 위해 가상 정거장 개념을 도입했다. 실제 이용 데이터를 클러스터링해 수요가 집중된 지점에 가상 정거장을 배치하고, 이를 통해 공유 모빌리티도 대중교통과 같은 노선-정거장 구조로 표현했다. 이로써 RAPTOR의 기본 프레임워크를 유지하면서도 공유 모빌리티를 통합할 수 있었다.

둘째, 출발지와 목적지 간 거리에 따라 교통수단 선택 전략을 달리하는 적응형 라우팅 방식을 사용했다. 격자 기반 존 개념을 활용해 근거리 통행에서는 공유 모빌리티 중심으로, 원거리 통행에서는 대중교통 중심으로 탐색하도록 했다. 이를 통해 불필요한 탐색을 줄이면서도 현실적인 경로를 찾을 수 있었다.

셋째, 사용자 맞춤형 경로 제공을 위해 다목적 최적화를 적용했다. 사용자가 시간, 비용, 환승, 도보거리에 대한 가중치를 설정하면, 이를 반영해 파레토 최적 경로들을 생성하고 선호도 순으로 제시한다.

시스템 구현은 GTFS 표준 데이터를 기반으로 했으며, 대중교통 네트워크 구축, 가상 정거장 생성, RAPTOR 확장, 라우팅 엔진 개발 순으로 진행했다. 제안한 알고리즘을 실제 도시(강남구) 데이터에 적용하여 검증해보았다. 서울 강남구의 GTFS 대중교통 데이터와 공유 모빌리티 이용 기록을 활용해 통합 네트워크를 구축하고, 다양한 출발지-목적지 쌍에 대해 경로 탐색을 수행했다. 먼저 알고리즘의 기본 동작을 확인한 결과, 대중교통과 공유 모빌리티를 결합한 멀티모달 경로가 정상적으로 생성되었다. 버스-자전거, 지하철-킥보드 등 다양한 조합의 경로들이 출력되었으며, 각 경로는 환승 지점, 소요시간, 예상 비용 등의 정보를 포함하고 있었다. 사용자 선호도 반영 측면에서는 동일한 출발지-목적지에 대해 가중치 설정에 따라 서로 다른 특성의 경로들이 제시되었다. 시간 우선, 비용 우선, 환승 최소 등 각기 다른 목적을 가진 사용자들이 자신에게 적합한 경로를 선택할 수 있음을 확인했다. 본 연구는 이질적 교통수단을 단일 그래프로 통합하는 수학적 프레임워크를 최초로 제시하고, Python 기반 오픈소스 RAPTOR 구현으로 접근성을 높였으며, 완전한 사용자 맞춤형 멀티모달 경로 제공을 실현했다는 점에서 학술적, 실용적 기여를 했다. 향후 실제 교통카드와 PM 이용 빅데이터를 분석하여 시간대별, 요일별, 날씨별 이용 패턴을 도출하고 이를 바탕으로 알고리즘 파라미터 기본값을 자동 최적화할 예정이며, 딥러닝 기반 사용자 행동 패턴 학습을 통해 상황별 최적 파라미터를 자동 예측하고, 실시간 교통 정보와 기상 API를 통합하여 동적 경로 재계산 기능을 추가하여 진정한 지능형 멀티모달 라우팅 시스템으로 고도화할 계획이다.

사사: 본 연구는 한국 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행되었습니다 (No. RS-2024-00415360).

도서지역 DRT 모델 구축 시 고려사항: 전라남도 금오도를 대상으로

Considerations when building a DRT model for island regions:
Targeting Geumodo Island in Jeollanam-do

이명섭

(명지대학교 교통공학과
박사과정)

김영민

(한국건설교통기술연구원
수석연구원)

박호철

(명지대학교 교통공학과
부교수)

한국건설기술연구원(KICT)는 여수시와 협업하여 전라남도 금오도 대상 수요응답형 대중교통(DRT) 운영방안을 수립 중에 있다. 현재 금오도는 대중교통 인프라 부족, 노선버스 운영의 경제성 낮아 주민의 이동 권 보장 어려운 실정이다. 또한, 관광 자원과 연계된 계절 주말단기 교통수요가 크게 발생하여, 주민(정기적소규모이동)과 관광객(특정 시기 집중되는 대규모 이동)의 특성 파악 후 수요응답형 대중교통(DRT) 설계 진행 필요하다. 이를 위해 전라남도 금오도의 주민 교통 불편 문제와 관광객 접근성 한계를 동시에 해소할 수 있는 맞춤형 수요응답형 대중교통(DRT) 모델 구축이 필요한 실정이다. 맞춤형 수요응답형 대중교통(DRT) 모델 구축을 위해 선행적으로 주민과 관광객의 특성을 파악하여 지속 가능한 운영기반을 마련, 도서지역의 맞춤형 수요응답형 대중교통(DRT) 모델 구축 시 고려해야 할 부분에 대한 시사점 제시할 필요가 실정으로 금오도의 지역주민과 관광객에게 인터뷰 조사를 실시하여 교통이용 현황과 DRT서비스 설계에 필요한 데이터를 구축하였다. 인터뷰 조사를 통해 지역주민과 관광객의 현재 대중교통 만족도가 다름을 확인하였고, 금오도 내 주요 방문지역, 방문시간, 이용수단이 상이하여 DRT설계 시 서비스 대상(지역주민, 관광객)을 구분하여 서비스를 설계할 필요가 있음을 판단하였다. 아울러 금오도의 DRT 서비스 이후 만족도가 높다면, 타 지역의 도서지역에도 적용 가능성이 있을 것으로 기대한다.

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원 기관고유임무형 주요사업 “지역 활성화를 위한 도서지역 DRT(수요응답형 교통체계) 기반 모빌리티 서비스 고도화 기술 개발”의 지원으로 수행됨

공공자전거 따릉이의 수요 특성 분석과 최적화 알고리즘 적용: 마포구 사례

Analysis of Demand Characteristics and Optimization Algorithm Application in Seoul's Public Bike Sharing "Ddareungi": A Case Study of Mapo District

고다은	김규원	김준희	허광엽	추상호
(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 컴퓨터공학과 학사과정)	(홍익대학교 컴퓨터공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 교수)

본 연구는 서울시 공공자전거 서비스인 따릉이의 통행 패턴을 분석하여, 마포구 지역을 중심으로 수요 특성과 어떠한 개선 방안을 도출하는 것을 목적으로 한다. 연구의 공간적 범위는 대학가와 주거지역, 상업지역이 밀집해 있는 마포구로 한정하여, 지나치게 범위가 넓어지는 것을 방지한다. 특히 해당 지역은 대학가를 중심으로 한 등·하교 수요, 한강변을 활용한 레저 수요, 도심 접근을 위한 출퇴근 수요가 혼재하는 특성을 가지고 있어 분석 대상으로 적합하다.

연구 방법은 크게 세 단계로 진행된다.

첫째, 서울시 건축물 연면적 데이터 및 토지이용 데이터를 활용하여 각 대여소 반경 500m 범위의 토지이용 특성을 파악하고, 이를 기반으로 대여소를 주거·상업·업무·교통시설·레저 등 용도로 분류한다. 이때 상업·주거 비율이 50% 이상일 경우 해당 용도로 판단하는 방식의 버퍼링 분석을 적용한다.

둘째, 따릉이의 출발·도착 대여소 OD 데이터를 연결하여 이용 경로 패턴을 분석한다. 이를 통해 주거→업무, 주거→상업, 주거→주거, 업무→교통시설 등 통행 목적 유형별 수요를 파악할 수 있다. 또한 오전 및 오후 첨두 시간 및 비첨두 시간, 심야 시간으로 나누어 시간대별 이용 집중도를 비교하고, 평일·주말·날씨 조건(맑음·비 등)에 따라 패턴 차이를 분석한다.

셋째, 잠재적 수요를 파악하기 위해 대여소별 대여 및 반납 비율을 분석한다. 특정 시간대 및 지역에서 대여 불가능률이 높은 경우, 인근 대여소들의 소진 패턴과 비교하여 잠재 수요를 통계적으로 추정한다.

넷째, 분석된 수요 패턴을 실제 운영에 반영하기 위해 재배치 최적화 알고리즘을 적용한다. 기존 연구에서 활용된 선형계획법(Linear Programming)과 메타휴리스틱 기법(Genetic Algorithm, Simulated Annealing 등)을 참고하여, 마포구의 공간적 특성과 시간대별 수요 변화를 반영한 수요-공급 균형 기반 리밸런싱 모델을 설계한다. 더 나아가, 머신러닝 기반의 수요 예측 모델을 도입하여 날씨, 요일, 시간대 등의 변수를 고려한 미래 수요를 예측하고, 이에 맞춰 실시간 또는 사전적 리밸런싱 전략을 제시할 수 있다.

분석 결과를 종합하여, 최종적으로 다음과 같은 개선 방안을 제시하고자 한다. 먼저 수요 대비 공급 불균형 지역을 신규 대여소 입지로 제시해 이용 접근성을 향상시키고자 한다. 그리고 수요 예측과 최적화 알고리즘을 결합한 리밸런싱 전략을 통해 자전거 재배치의 효율성을 제고한다.

본 연구는 기존 따릉이 연구에서 주로 다뤄진 단순 재배치 알고리즘이나 공급 최적화와 차별화하여, 이용 목적과 공간적 특성에 기반한 통행 패턴 분석과 최적화 알고리즘 적용을 결합한다는 점에서 의의가 있다. 이를 통해 마포구 지역의 따릉이 서비스 개선뿐 아니라 향후 서울시 전역의 공공자전거 운영 전략에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 고용노동부의 2025 청년일 경험 지원 프로젝트의 지원을 받아 수행됨

고령자의 디지털 역량을 고려한 DRT 호출방법 개발 및 평가

Development and Evaluation of a DRT (Demand Responsive Transit)
Calling Method Considering the Digital Capacity of Seniors

김영민

(한국건설기술연구원 수석연구원)

농어촌지역의 지속적인 인구감소, 특히 생산활동인구의 감소는 자연스레 농어촌지역 대중교통 운영의 지속성에 영향을 미치고 있다. 상당수의 농어촌버스는 보조금 없이 운영이 불가능한 실정으로서, 정부(국토교통부 및 농림축산식품부)는 2019년 ‘도시형·농촌형 교통모델 사업’을 개시하여 기존 노선버스의 운영 효율화를 기반한 운영비용의 보조(국비-지방비 매칭)를 추진하고 있다. 해당 사업에서 노선버스 운영 효율화의 방안으로 제시된 대표적 방법이 기존 노선버스의 수요응답형 교통체계(DRT, Demand Responsive Transit)으로의 전환 운영이다. 사전에 확인된 승객의 탑승 수요에 맞춰 노선을 가변적으로 운영하는 방식의 채택을 통해 운영자의 운영경비를 최소화하며, 지역의 다각화된 이동 수요에 대응한 운행이 가능하다는 점에서 기존 노선버스의 DRT 전환이 여러 지자체에서 이뤄지고 있다.

다만, 실제 농어촌지역에서의 DRT 운영에는 다음과 같은 측면에서 한계점이 노출된다. 먼저 지역의 대중교통 수요의 상당수를 차지하는 ‘자차 운전이 어려운 고령자’ 관점에서, 서비스 이용에 있어 스마트폰 혹은 콜센터를 통해 호출이 필수적으로 요구되는 DRT 서비스는 디지털 시스템 조작에 대한 역량과 연계되어 서비스 이용의 가장 큰 장애요인으로 나타나고 있다. 아울러 국내에서 농어촌버스를 대체하는 DRT 모델로서 제시되고 있는 ‘구역형-Dynamic형’ 운영 방식에 있어 노선 및 차량 출발-도착시간이 특정되지 않아, 기존 고정노선 운영방식과 비교하였을 때 차외 대기시간 및 차내시간의 변동률이 크고, 디지털 서비스 이용에 어려움을 겪는 이용자 측면에서 실시간으로 변화하는 정보를 인식하는 데에 어려움이 노출된다.

본 연구에서는 상기한 문제를 해소하기 위하여, 고령자를 대상으로 한 특정 지역 중심의 DRT 호출 방법을 개발, 평가를 진행하였다. 고령자를 고려한 디지털 접근성 지침에서 제시한 설계요소를 중심으로 하여 기존 DRT 호출 앱을 분석하여 고령자의 이용을 고려한 최적 UI/UX를 도출하였으며, 고령자의 지역에 대한 이해도에 기반한 특이사항(지역 내 공식 명칭이 아닌 관습적인 지명의 활용, 방언 화자 다수)을 고려하여 오픈소스로 제공되는 음성인식 모델의 활용을 통해 사용자가 희망하는 목적지까지의 배차정보를 생성할 수 있는 기능을 구현하였다.

향후 DRT 서비스의 확장 계획이 존재하는 제주특별자치도 한림읍 거주 고령자 30인을 대상으로 기존 DRT 호출 앱과 신규 호출 방법 간 만족도를 고령자의 디지털 접근성 지침 및 관련 표준 상 기재사항을 기준하여 조사한 결과, 신규 방법론에 대한 선호가 매우 높은 것으로 확인되었으며, 음성인식 기능에 있어서도 방언 화자의 특수성을 고려하였을 때 약간의 모델 개선을 통해 상용 서비스 적용 가능성을 확인하여 추후 실 DRT 운영 플랫폼과의 연계 구현 필요성이 높음을 확인하였다. 한편 본 연구를 통해 확인한 플랫폼 DRT 운영시스템에 대한 고령자 접근성 완화 방안의 적용 가능성과 더불어, 기존 대중교통 노선의 DRT 전환에 있어 지역의 여건을 고려한 최적 운영모델의 결정 및 이용자 대상 서비스 운영정책에 대한 홍보 및 수용성 강화가 필요함이 조사 과정에서 확인되었다.

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원 기관고유임무형 주요사업 “(25주요-대3-임무(산업진흥)) 지역 활성화를 위한 도저지역 DRT 기반 모빌리티 서비스 고도화 기술 개발” 과제의 지원을 통해 이뤄짐

철도사고에 기여하는 중요한 인적오류에 대한 문헌 연구: 한국철도산업을 중심으로

A Literature Study on Important Human Errors Contributing to Railway Accidents:
Focusing on the Korean Railway Industry

윤승현

(한국철도공사 동해고속승무사업소 지도팀장)

염병수

(.연세대학교 보건대학원 교수)

목적: 이 연구는 한국의 고밀도 및 고속철도환경에서 철도안전에 영향을 미치는 중요한 인적요인을 조사합니다. 첨단보호기술에도 불구하고 사고는 여전히 지각, 의사소통, 유지보수 및 피로의 인간오류와 관련이 있습니다.

연구설계, 데이터및방법론: 2000년부터 2025년까지 Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect, 그리고 KoreaScience를 대상으로 PRISMA 기반체계적 문헌검토가 수행되었습니다. 포함기준은 철도 인적요인, 인적신뢰도 또는 오류분석을 명시적으로 다루는 동료검토저널연구를 필요로 했습니다. 데이터 추출은 서지학적맥락, 방법, 결과 및 한계를 종합하여 SPAD/속도, 통신, 유지보수, 피로등 네가지 오류영역에 대해 코딩했습니다.

결과: 종합결과, 네가지 주요 오류범주가 확인되었습니다 : (i) 위험및속도위반시신호전달, (ii) 제어기-운전자 통신장애 및 비기술적 기술격차, (iii) 유지보수 및 점검누락, (iv) 피로관련 경계감소. 이러한 오류는 특히 통신저하, 압축된 유지 보수창, 교대피로가 운영위험을 악화시키고 잠재적인 시스템 장애를 전파하는 밀집된 자동화 집약적인 한국네트 워크에서 상호 의존적입니다

결론: 이 연구결과는 SPAD 대시보드, 표준화된 구문론, 유지보수의 안전리더십, 피로위험관리등 인간중심의 통합방 어의 필요성을 강조합니다. 이 연구는 글로벌 증거를 한국고유의 프레임워크로 번역함으로써 규제당국과실무자들이 철 도운영전반에 걸쳐안전회복력을 강화하고 반복적인 인적요인 취약성을 완화할수 있는 실행가능한 지침을 제공합니다.

키워드: 인적오류, 철도사고, 한국철도산업

음주운전 재범자의 재범 간격에 대한 생존분석: 재범 횟수별 시간적 특성과 위험도 평가

Survival Analysis of Drunk Driving Recidivism:
Temporal Patterns of Reoffense Intervals and Risk Evaluation by Repeat Frequency

김강현 (계명대학교 박사과정)	홍정열 (계명대학교 교수)	권민정 (한국도로교통공단 차장)	강애라 (한국도로교통공단 책임연구원)
---------------------	-------------------	----------------------	----------------------------

음주운전은 운전자의 인지, 판단 및 시각 기능을 저하시켜 교통사고 발생 위험을 크게 높이며, 사고가 발생할 경우 막대한 인명 및 재산 피해를 초래한다. 이에 따라 음주운전은 현대 사회에서 중대한 사회적 문제로 다루어지고 있다. 이를 해결하기 위해 사회적 차원(대중교통 이용 활성화, 예방 교육, 홍보 및 인식 개선), 법·제도적 차원(음주운전 방지 장치 의무화, 처벌 강화), 기술적 차원(차량 시동잠금장치, AI 기반 음주 감지 시스템 개발)에서 다양한 대응책이 추진되고 있다. 특히 2018년 12월 시행된 윤창호법을 통해 처벌 기준이 강화되었음에도 불구하고, 음주운전 적발 건수와 사고는 여전히 지속되고 있다. 예를 들어, 단속 건수는 2010년을 전후하여 감소 추세를 보였으나, 2023년에는 약 13만 건으로 전년 대비 12.43% 증가하였다. 한국도로교통공단 자료에 따르면 2018년부터 2023년까지 전체 교통사고 중 음주운전 사고의 비중은 약 7.3%에 달했으며, 사고 1건당 평균 사망자 수는 0.02명, 부상자 수는 1.61명으로 여전히 심각한 수준임이 확인되었다. 음주운전은 단순한 우발적 행위가 아니라 반복적이고 습관적인 행태로 나타나는 경향이 강하다. 실제로 매년 적발자 중 40% 이상이 재범자로 확인되고 있으며, 이는 기존의 단속 및 규제 중심 제도만으로는 재범 억제에 한계가 있음을 시사한다. 그럼에도 불구하고 기존 연구들은 주로 초범과 재범의 이분법적 구분에 초점을 맞추었으며, 재범 횟수에 따라 집단을 세분화하여 재범 간격과 위험도를 분석한 연구는 부족하다. 이에 본 연구는 음주운전 데이터를 활용하여 2005년부터 2024년까지 20년간의 음주운전 이력을 분석하였다. 구체적으로, 재범 횟수별로 다음 재범까지의 시간 간격과 누적 재범률의 변화를 비교·분석하였다. 방법론적으로는 Kaplan-Meier 추정과 Cox 비례 위험모형을 적용하여 시점별 재범 간격과 누적 재범률을 도출하고, 재범 횟수별 상대적 위험비를 산출하여 집단 간 위험 수준을 정량적으로 평가하였다. 또한 성별, 연령, 운전경력, 면허취득 지역 등 운전자 특성을 변수로 포함하여 심층적 분석을 수행하였다.

분석 결과, 1-3회 재범 집단은 10년 경과 시점에서 약 21%의 재범률을 보인 반면, 5회 재범 집단은 33%로 더 높은 수준을 나타냈다. 특히 3회 재범 집단은 19.25%의 재범률을 보이며, 시간 경과에 따른 누적 증가가 가장 완만한 특징을 보였다. 집단별 상대적 위험도를 비교한 결과, 재범 위험은 5회, 4회, 2회, 1회, 3회 집단 순으로 높게 나타났다.

이러한 결과는 재범 횟수별로 상이한 시간적 특성과 위험 수준을 고려한 맞춤형 관리 전략 수립의 필요성을 보여준다. 나아가 본 연구는 단속 및 처벌 기준 마련을 위한 근거자료로 활용될 수 있으며, 교육적 차원에서는 재범 운전자를 대상으로 한 차별화된 교육 및 안전대책 프로그램 개발에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

첨단안전장치 보조금의 경제성 및 탄력성 분석: 페달오조작 방지장치를 중심으로

Economic & Elasticity Analysis of ADAS Subsidies: Focusing on Pedal Misapplication Prevention System

신동엽

(계명대학교 석사과정)

도우석

(계명대학교 조교수)

권오훈

(계명대학교 부교수)

우리나라 페달오조작 사고는 최근 5년간(2019년~2024년) 연평균 약 2,000건, 매월 160건 이상 발생했다. 특히 65세 이상 운전자에게서 발생한 페달오조작 사고가 전체 페달오조작 사고의 25.7%를 차지하고, 70세 이상은 면허소지자 비중이 5.9%인 것에 비해 사고 비율은 14.6%로 약 2.5배 높게 나타났다. 고령화가 가속되고 있는 현 상황에서 고령운전자를 중심으로 발생하는 페달오조작 사고 관련 예방대책의 중요성이 높아지고 있다. 첨단안전장치(Advanced Driver Assistance System, ADAS)는 운전자 지원과 사고 예방을 목적으로 차량에 탑재하는 전자센서 기반의 안전 보조 장치이다. ADAS 중 페달오조작 방지장치는 저속 주행, 주차, 진출입 과정에서 가속 페달과 브레이크 페달의 혼동으로 발생하는 급가속 관련 사고를 예방하기 위해 설치한 장치로 토크 센서 및 GPS 연동 등을 통해 의도치 않은 가속을 억제하는 역할을 한다.

일본, 유럽, 미국 등 여러 국가에서 첨단안전장치의 보급을 추진하고 있으며, 사고 예방 효과에 대한 연구를 진행하고 있다. 그러나 첨단안전장치 보급을 위해 보조금을 지원하더라도 설치율을 충분히 확보하지 않거나 보급 대상 선정이 적절하지 않으면 기대한 효과를 달성하기 어렵다. 더욱이 장치 단가, 보조금 비율, 설치율과 설치지원 기간, 대상 차량 유형·용도별 특성 등 변수별 변화가 첨단안전장치의 경제성에 미치는 영향을 체계적으로 분석한 연구는 부족한 실정이다. 기존 연구는 주로 장치의 효과를 단편적으로 제시하는 데 그쳐, 정책 집행 과정에서 구체적인 보급 전략이나 재원 배분의 우선순위를 도출하는 데 한계가 있다. 따라서 본 연구는 보조금 비율, 설치율, 설치지원 기간, 대상 구성과 같은 정책 변수의 변화가 경제성 지표에 미치는 영향을 탄력성의 관점에서 정량적으로 분석하고, 이를 토대로 효율적인 보급 대상의 선정, 보조금 정책의 합리적 설계, 그리고 장치 성능 기준의 필요성을 검토할 수 있는 근거를 제시하고자 한다.

본 연구는 페달오조작 방지장치를 중심으로 일관된 경제성 산출 체계를 적용하고, 정책변수의 변화에 대한 민감도를 분석함으로써 제한된 재원 하에서 효율적인 보급 방안을 제시한다. 비용은 장치 단가, 설치 대수, 장치 설치율을 고려하여 산정하고, 편익은 장치 설치율, 장치 설치 시 사고감소율, 연간 페달오조작 사고 건수, 사고 건당 비용을 결합하여 계산한다. 이러한 산출 체계에서 보조금 비율, 설치 기간, 대상 구성(택시와 소형 화물차의 비율, 개인차량과 법인차량의 비율) 등 핵심 변수를 단계적으로 변화시키며 편익/비용비(Benefit/Cost, B/C), 사고감소로 인한 절감액을 함께 제시한다. 특히 보조금 비율 변화에 따른 설치율 범위를 검토하고, 편익 발생 기간의 연장 여부가 경제성 지표에 주는 영향, 대상 구성의 조정이 미치는 차이를 시나리오별로 비교함으로써, 설치 수준과 재정 부담의 균형점을 도출한다.

연구 결과, 경제성 측면에서 3년간 약 46억 원, 보조금을 한 대당 352,000원(80%) 투입했을 때 고령 사업용 택시 115,870대의 11.3% 또는 고령 사업용 소형 화물차 30,993대의 42.3%에 해당하는 13,125대에 장치를 설치할 수 있는 것으로 나타났으며, B/C는 택시 단일 설치 시 0.06, 소형 화물차 단일 설치 시 0.07인 것으로 나타났다. 또한 5년간 약 136억 원, 보조금을 한 대당 440,000원(100%) 투입했을 때 고령 사업용 택시 115,870대의 26.7% 또는 고령 사업용 소형 화물차 30,993대의 99.8%에 해당하는 30,933대에 장치를 설치할 수 있으며, B/C는 택시 단일 설치 시 0.04, 소형 화물차 단일 설치 시 0.05인 것으로 나타났다. 이러한 분석을 통해 보조금 투입 수준과 지원 기간에 따라 설치 가능 대수와 B/C가 크게 달라짐을 확인할 수 있으며, 특히 소형 화물차를 중심으로 보조금을 지급할 경우 동일한 예산에서 더 높은 B/C를 기대할 수 있음을 알 수 있다. 이는 대상 차량의 특성과 보조금 운용 방식이 경제성 평가의 핵심 요소임을 보여준다. 그리고 페달오조작 방지장치의 효과 탄력성 측면에서 정부가 지급하는 보조금 비율을 단계적으로 낮출수록 더 많은 차량에 장치를 설치할 수 있으며, B/C가 상승하는 것으로 나타났다. 보조금을 한 대당 352,000원(80%)에서 132,000원(30%)으로 줄이면 B/C는 0.13에서 0.36으로 약 177% 증가했다. 편익 발생 기간을 연장하면 B/C가 안정적으로 개선되는 것이 나타났으며, 사고율이 높은 차종의 구성과 주행거리가 긴 개인·법인차량 비율 조정에 따라 변화 폭 발생을 보였다. 마지막으로 장치 설치 시 사고감소율을 70%로 설정했을 때 B/C는 0.36을 보인 것에 반해, 사고감소율이 60%로 낮아지면 B/C는 0.31을 보여 약 14% 하락하고, 사고감소율이 30%로 낮아지면 B/C는 0.15를 보여 약 57% 하락하여 성능 수준이 경제성에 직접적으로 작용함을 확인할 수 있다.

본 연구에서 페달오조작 방지장치의 경제성이 낮게 산출되는 원인은 장치 단가가 높고, 사고 발생 확률이 낮으며, 분석 범위를 페달오조작 사고로만 제한했기 때문이다. 실제로 일반적인 교통사고는 빈번히 발생하지만 페달오조작 사고는 전체 교통사고에서 차지하는 비중이 작아, 단순히 B/C로만 평가할 경우 편익이 작게 산출된다. 그러나 페달오조작 사고 한 건이 발생할 경우 대형 사고로 이어질 가능성이 크고 사망자와 중상자가 집중되는 특성이 있어, 발생 빈도는 낮더라도 사회적 피해는 결코 작다고 보기 어렵다. 특히 우리나라의 고령 인구 비중이 빠르게 증가하고 있어 향후 페달오조작 사고의 잠재적 발생 위험은 지금보다 커질 수 있으며, 이에 따라 장치 보급의 필요성은 더욱 높아질 수 있다. 또한 이번 분석은 사업용 차량에 사후 장착하는 경우를 중심으로 진행되었으나, 향후 자가용 완성차에 장치가 기본 탑재되거나 시장이 확대되어 단가가 낮아질 경우 경제성은 지금보다 개선될 수 있다. 더 나아가 아직 국내에서는 해당 장치의 실제 사고감소율에 대한 실증 연구가 부족하기 때문에, 시범사업과 추적 연구를 통해 우리나라 상황에서 효과를 확인하고 이를 바탕으로 경제성을 다시 평가하는 과정이 필요하다.

사사: 본 연구는 국토교통부 “첨단안전장치 보조금 제도 연구”의 지원으로 수행되었습니다.

VISSIM 시뮬레이션을 활용한 고속도로 작업장 적정 제한속도 도출

Deriving of Appropriate Speed Limits at Highway Worksites Using VISSIM Simulation

방태원

(계명대학교 학사과정)

도우석

(계명대학교 조교수)

권오훈

(계명대학교 부교수)

고속도로는 전국 주요 거점을 연결하는 핵심 간선도로망으로, 안전하고 원활한 교통 흐름을 확보하기 위해 지속적인 유지관리 및 구조물 보수 작업 등이 필수적이다. 고속도로 공사구간에서는 차로 차단 및 선형 변화 등으로 인해 운전자는 차로변경이 필요하며 주행속도 차이로 인한 후방 추돌과 차선 변경으로 인한 측면 충돌 가능성이 높아진다. 특히, 고속주행 중 또는 시야 확보가 어려운 야간 시간대에는 초기 대응이 어려워 사고의 위험성이 더욱 높아진다. 고속도로 작업장 내 사고를 예방하기 위해 한국도로공사는 2023년 ‘고속도로 작업장 교통관리기준 (7차 개정)’을 발표하여 작업장 구간 진입 1.5km 전에 이동식 차로안내 차량 (Portable Lane Control System, PLCS) 또는 이동식 도로전광표지 차량 (Portable Variable Message Sign, PVMS) 배치를 의무화하고 있으며, 제한속도 100~110km/h 구간에서 작업장 차로 차단 수에 따라 60~80km/h 수준으로 감속하도록 규정하고 있다. 국토교통부는 2024년 ‘도로 공사장 교통관리지침’에서 100~110km/h 구간을 대상으로 1개 차로 차단 시 20km/h 감속, 2개 차로 차단 시 30km/h 감속을 권장하고 있다. 그러나, 두 기관에서 제시한 기준은 차로 차단 수만을 고려하고 있어 본선 차로수와 실제 운전자의 주행 행태를 충분히 반영하지 못하는 한계가 있다. 한편, 2024년에 개통한 세종-포천 고속도로의 남안성JCT~용인JCT 구간, 총 43.9km에 대해 120km/h 제한속도를 적용하고 있으나 이에 대한 별도의 작업장 감속 기준이나 적용 방안이 현행 지침에 포함되어 있지 않아 고속 구간에 대한 효과적인 대응이 어려운 실정이다.

본 연구는 고속도로 작업장 교통관리기준의 한계를 보완하고자 본선 차로 수, 차로 차단 수, 기존 제한속도, 작업장 제한속도, 교통량 등 다양한 교통 및 도로 특성을 반영하여 고속도로 작업장 시나리오를 구성하고, 이를 기반으로 미시적 교통 시뮬레이션을 수행했다. 교통량은 고속도로 설계 시 일반적으로 활용하는 서비스수준 (Level of Service, LOS)을 기준으로 LOS B~D까지 구분했으며, 작업장 제한속도는 기존 제한속도 대비 20~50km/h 감속하는 형태로 설정했다. 시뮬레이션에서 실제 운전자의 통행행태를 반영하기 위해, 작업장으로부터의 거리별 차로 변경 비율을 실증데이터를 기반으로 적용했으며, 고속도로 작업장 구간의 길이는 300m로 고정했다. 주의구간 및 차로 차단에 따른 변화구간의 길이 (합류부 테이퍼의 길이)는 ‘고속도로 작업장 교통관리기준 (7차 개정)’에 따라 차로 차단 수에 기반하여 적용했다. 또한, 현행 기준에서 20km/h 이상 감속 시 단계별 감속을 유도하고 있어 구간별로 제한속도를 구분했다. 본 연구는 시뮬레이션 결과를 바탕으로 고속도로 작업장 제한속도 변화가 교통류에 미치는 영향을 효율성 (평균 통행속도, 통행시간, 지체시간 등) 측면과 안전성 (정지 횟수, 차로 변경 횟수, 차두시간 및 차두거리 등) 측면, 사고 위험성을 나타내는 Time to collision (TTC), Deceleration rate to avoid a crash (DRAC) 등을 종합적으로 판단하여 시나리오별 고속도로 작업장 적정 제한속도를 도출했다.

본 연구의 결과, 기존 제한속도 100km/h의 편도 2차로 구간에서 최우측 1차로를 차단한 경우, 기존 제한속도 대비 30km/h 감속하는 시나리오가 전체적으로 가장 안정적인 교통류 효율을 보이는 것으로 나타났다. 해당 시나리오에서 전체 교통량 (LOS B~D)의 평균 통행속도는 39.6km/h로 가장 우수했으며, 혼잡 교통량 (LOS C~D)에서도 33.8km/h로 매우 우수한 수준을 보였다. 평균 통행시간 또한 30km/h 감속 시나리오 (전체 교통량: 187.8sec/veh, 혼잡 교통량: 228.4sec/veh)에서 가장 우수한 결과를 나타냈으며, 평균 지체시간은 전체 교통량에서 112.4sec/veh로 비교적 우수하며 특히 혼잡 교통량에서 가장 안정적인 성능을 보였다. 또한, 최대 대기행렬 길이와 정지 횟수, 정지지체 등 운영 안정성 관련 지표에서는 전반적으로 50km/h 감속 시나리오가 가장 안정적이었으며, 이는 2차로에 있는 차량이 1차로로 비교적 원활하게 차로 변경을 수행함으로써, 합류부 테이퍼 구간 내에서의 불필요한 가감속이나 정체가 줄어든 결과로 해석할 수 있다. 반면에, 현행 기준 (20km/h 감속)은 정지지체가 가장 크게 나타나, 빠른 진입으로 인한 잦은 정체가 발생하는 것을 알 수 있다. 또한, LOS C 조건에서 TTC (15초 기준)를 분석한 결과, 30km/h 감속 시나리오에서 총 814회 관측되어 20km/h 감속 (937회), 50km/h 감속 (875회)에 비해 사고 위험성 측면에서 비교적 우수한 결과를 보였다.

30km/h 감속 시나리오는 20km/h 감속 대비 차로 합류 전 충분한 감속을 유도하여 급감속 및 정체를 완화하고, 50km/h 감소 대비 과도한 속도 저하 없이 통행 효율을 유지할 수 있는 장점을 가진다. 통행속도, 통행시간, 혼잡 시 지체시간 등의 주요 지표에서 가장 우수한 성능을 보였으며 TTC, 정지횟수, 정지지체에서도 안정적인 수준으로 나타났다.

사사: 본 연구는 한국도로공사에서 지원한 “고속주행 환경을 고려한 고속도로 작업장 교통관리 효율화 방안” 연구 과제의 일환으로 수행되었습니다.

화학분석을 통한 타이어-섬유 전이물질의 법과학적 연구

A Forensic Study on Tire-Fiber Transfer Materials using Chemical Analysis of Trace Evidence

박기정

백자은

김원기

최귀남

소인섭

오윤성

(한국도로교통공단 교통사고종합분석센터)

교통사고 범죄 사고현장에서 유류되는 페인트 칩과 타이어, 섬유 등과 같은 미세증거물은 가장 빈번하게 접하게 되는 법과학적 증거물이다. 특히 차량의 파편, 도색 조각, 타이어 마모편, 섬유 등과 같은 미세증거물은 사고 현장에 흔히 남겨지며, 법과학적 분석을 통해 용의 차량을 특정하는 핵심 단서가 된다. 그러나 이러한 증거물은 육안만으로 판별하기 어렵기 때문에 정밀한 화학적 성분분석이 필수적이다.

본 연구에서는 현미경을 통한 외관검사와 열분해 가스크로마토그래피-질량분석(Pyrolyzer-Gas Chromatography/Mass Spectrometry, Py-GC/MS)을 활용하여 보행자의 발이 차량 타이어에 의해 역과되었을 경우 신발에 흡착된 특정 성분분석을 통해 역과 여부를 분석하였다.

본 연구의 주요 변수로 신발 주요 소재는 면과 폴리에스터(100%)로 설정하였으며, 차량의 주행 속도, 무게, 타이어 종류를 고려하였다. 분석결과, 다양한 변수에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 신발이 단단히 고정되어 있는지 여부, 차량의 무게와 주행 속도, 섬유의 재질, 그리고 타이어의 화학적 특성 등이 증거물의 전이 정도와 성분 검출 결과에 큰 차이를 만들어냈다. 이는 동일한 접촉 상황이라 하더라도 조건에 따라 증거물의 검출 양상이 달라질 수 있음을 시사한다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 변수를 보다 정교하게 통제하고, 다양한 섬유 및 타이어 재질에 대한 데이터베이스를 구축하여 분석 기법을 고도화할 필요가 있다.

결론적으로 본 연구는 미세증거물의 화학성분을 활용하여 뺑소니 차량과 보행자 간의 접촉 여부를 규명할 수 있는 가능성을 실험적으로 확인하였다. 향후 교통사고 수사의 과학적 신뢰성을 높이는 기반이 될 수 있을 것으로 기대되며, 이러한 연구가 축적된다면 뺑소니 차량 규명 능력이 향상될 뿐 아니라, 도주 차량 발생을 억제하는 사회적 효과에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

지속가능한 교통안전을 위한 도로교통특별기금 제도화 방안

Institutionalizing a Special Road Traffic Fund for Sustainable Traffic Safety

김아람

(한국도로교통공단 교통과학연구원 연구원)

우리나라는 경제성장률이 OECD 국가 중 상위권을 차지하지만, 교통사고 사망률 또한 높은 수준에 머물러 있다. 특히 전체 교통사고 사망자의 약 92%가 지방도 등 비(非)고속도로 구간에서 발생하고 있으며, 교통사고 건수 또한 대부분 이 구간에서 집중되고 있다. 이러한 상황에도 불구하고 지방자치단체는 재정적 한계로 인해 도로 및 교통안전 인프라의 체계적 유지·보수가 어려운 실정이다. 이로 인해 시설 노후화와 관리 공백이 사고 발생 위험을 높이는 주요 요인으로 작용하고 있다.

과거 우리나라는 교통법칙금과 교통과태료 수입을 기반으로 한 자동차교통관리개선특별회계를 운영하며 교통안전시설 확충을 지원했으나, 2006년 목적 외 사용, 일회성 사업 편성, 사업 방향의 잦은 변경 등의 문제로 폐지되었다. 이후 해당 재원은 일반회계로 흡수되어 교통안전 투자와 직접적으로 연결되지 못하고 있다. 반면, 미국이나 호주와 같은 해외 사례에서는 여전히 교통위반 제재금을 교통안전 재원으로 활용하며 제도의 효과성을 입증하고 있다.

연구는 먼저 ‘목적세입(Earmarked Revenue)’ 제도의 의의와 특성을 검토한다. 목적세입은 특정 세입을 특정 지출에 연계함으로써 재정의 안정성, 예측가능성, 책임성을 높일 수 있는 장점이 있다. 이를 통해 교통안전과 같이 사회적 비용이 크고 공익적 가치가 높은 분야에 안정적 자금 지원이 가능하다. 다만 예산 운영의 경직성, 정치적 왜곡 가능성, 특정 집단의 이익 우선 문제 등 부정적 측면도 존재한다. 따라서 교통특별기금 설계 시에는 투명한 지출 구조, 외부 감사, 책임성 강화 장치 등을 병행해야 한다.

실증 분석에 따르면, 지방자치단체의 교통안전 관련 예산은 필요액 대비 70~80% 수준에 불과하며, 지역 간 편차도 매우 크다. 예컨대 일부 지역은 요구액의 절반 이하만 확보되는 경우도 있어 안전시설 개선에 큰 어려움을 겪고 있다. 한편 교통법칙금과 교통과태료는 매년 약 1조 원 이상이 안정적으로 부과·납부되고 있으며 납부율도 90% 이상으로 높다. 특히 교통과태료의 비중이 압도적으로 크며, 무인단속장비 확대와 함께 지속적으로 증가 추세를 보인다. 2023년 기준 이들 수입은 지방자치단체 평균 도로 예산의 약 5배에 달해, 이를 목적세입으로 활용한다면 교통안전 투자 확대에 큰 기여가 가능하다.

해외 사례는 중요한 시사점을 제공한다. 미국 캘리포니아주는 교통위반 벌금을 세분화하여 법원개선기금, 응급의학 서비스 기금, 도로 인프라 개선 등 다양한 항목에 배분하는데, 이는 ‘남용자 부담 원칙(Abuser Fee)’을 제도화한 것이다. 반면 호주 뉴사우스웨일즈주는 교통위반 벌과금 전액을 ‘지역사회 도로안전기금’으로 편입해 도로 갯길 확장, 안전장벽 설치, 학교 주변 교통안전 인프라 개선 등에 직접 투입하고 있으며, 사고 및 사망자 감소라는 실질적 성과를 보여주고 있다. 두 사례는 교통위반 제재금을 교통안전 투자와 직접적으로 연결할 수 있는 제도적 가능성을 보여주며, 우리나라 도입 논의의 타당성을 뒷받침한다.

이러한 분석을 토대로 도로교통특별기금 도입의 필요성을 강조하고자 한다. 일반회계와 기존 교통시설특별회계는 교통안전 투자에 충분하지 않을 뿐 아니라 긴급 상황에 신속히 대응하기 어려운 구조적 한계를 지니고 있다. 반면 도로교통특별기금은 교통법칙금·교통과태료와 같은 안정적 세입원을 기반으로 하여 예측 가능성과 신뢰성을 확보하고, 지방 간 재정 격차를 완화하면서도 긴급 대응이 가능하다는 장점이 있다. 또한 기금은 여유자금 운용과 지출의 탄력적 변경이 가능해 돌발적 사고나 자연재해 등에도 신속히 대응할 수 있다.

구체적 도입 방안으로는, 첫째 기금 형태로 설치하는 것이 바람직하다. 특별회계에 비해 신속성과 안정성이 크고, 여유자금 운용이 가능하기 때문이다. 둘째, 입법 방식은 별도 특별법 제정 혹은 도로교통법 개정을 통해 추진할 수 있으며, 기금 설치·운용·관리, 재원 조성, 세출 항목 등을 명확히 규정해야 한다. 셋째, 세출 구조는 도로 유지·보수, 교통안전시설 설치·정비, 교통안전 교육·홍보, 보호구역 개선, 첨단 ITS 구축 등으로 다양하게 구성되되, 특히 교통약자 보호구역 개선과 긴급 대응 계정을 별도로 마련해 실질적 효과를 극대화해야 한다. 넷째, 과거 자동차교통관리개선특별회계의 실패를 반복하지 않기 위해 기금 용도를 엄격히 제한하고, 외부 감사 및 국회 보고를 의무화해야 한다.

결론적으로, 도로교통특별기금은 단순히 재원 확보 차원을 넘어 교통사고 감소, 국민 생명 보호, 지방 간 재정 형평성 제고, 도로 인프라 관리 효율성 증대라는 사회적 가치를 실현할 수 있는 제도적 장치이다. 이는 일반회계나 기존 특별회계의 한계를 보완하는 동시에, 지방자치단체의 교통안전 역량을 지속적으로 강화할 수 있는 기반을 제공한다. 향후 연구에서는 실제 제도 도입 시 재정 배분 효과, 지방 간 형평성, 교통사고 감소 효과를 계량적으로 검증하는 실증적 분석이 필요하며, 이를 통해 도로교통특별기금이 보다 실효성 있는 정책 수단으로 자리 잡을 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 필자의 『지방자치단체 교통안전 강화를 위한 도로교통특별기금 도입 필요성 연구』(지역정책연구, 제36권 제2호, 2025)을 바탕으로 내용을 요약·정리한 것이며, 일부 내용은 재구성하여 발표용으로 수정하였음

교차로 꼬리물기 무인교통단속장비 도입을 위한 규격 개정 연구

A Study on the Revision of Technical Standards for the Implementation of Automated Traffic Enforcement Systems Targeting Intersection Blockage Violations

인병철

(한국도로교통공단 책임연구원)

도로교통법 제25조제5항에서는 차 또는 노면전차가 신호기로 교통정리를 하고 있는 교차로에 진입하고자 할 때 진행방향의 상황에 따라 교차로 내에 정차하여 다른 차량의 통행이 방해될 때에는 진입하지 않도록 규정하고 있다. 교차로내 꼬리물기는 교차로내 혼잡가중, 사고위험 증가, 신호체계의 비효율성이 증대됨에 따라 단속의 필요성이 꾸준히 제기되고 있으며, 최근 도로위의 교통질서 확립을 위한 5대 반칙운전으로 교차로 꼬리물기를 포함하여 집중단속을 실시하고 있는 실정이다.

교차로 꼬리물기를 단속하기 위한 무인교통단속장비는 무인교통단속장비 경찰규격서(2012)에 단속기능 및 시스템 구성을 포함하고 있으나, 감지 및 영상기술의 한계로 인해 실제로 설치·운영이 되지 않았으나, 최근 AI를 활용한 영상분석 기술이 급격히 발달함에 따라 영상을 통한 객체 구분, 추적 등이 동시에 가능함에 따라 해당 기술을 접목한 교차로 꼬리물기 무인교통단속장비 개발이 진행중에 있다.

그러나 기존 경찰규격서는 교차로 꼬리물기에 대해 단속기준 및 성능기준, 검사방법 등이 최초 개발된 장비에 적합할 수 있도록 규정하고 있음에 따라 개발중인 꼬리물기 무인교통단속장비를 설치·운영하기 위해서는 경찰규격서를 개정할 필요성이 있다.

따라서 본 연구에서는 교차로 꼬리물기 무인교통단속장비의 단속대상, 단속기준 및 성능기준, 위반행위 증빙을 위한 보조영상의 구성 등에 대한 경찰규격서를 개정하고자 한다.

어린이 보행자의 다양한 횡단 시나리오에 관한 위험 분석

Risk Analysis of Various Crossing Scenarios for Child Pedestrians

김나연

(서울시립대학교 교통공학과 석사과정)

변지혜

(서울시립대학교 교통공학과 조교수)

이 연구는 어린이 보호구역 내에서 발생가능한 어린이 보행자와 관련된 위험성을 살펴본다. 기존 연구는 주로 차량 간 상호작용에 초점을 두어, 보행자 행동의 세분화된 통찰이 제한적이었다. 특히, 보행자의 이동 패턴과 동작 변화에 대한 상황별 정량적 검토가 충분히 이루어지지 않았으며, 그중에서도 어린이 보행자에 관한 연구는 충분하지 않다. 이러한 한계를 보완하기 위해 본 연구는 어린이 보행자 관련 CCTV 영상 중에서 위험 행동을 반영한 사전 정의의 시나리오들을 구성하였으며, 보행자의 속도·방향 변화 특징을 기반으로 위험도를 분석하였다.

연구 절차는 두 단계로 진행하였다. 첫째, 위험 상황 유형을 넘어짐, 차도 보행, 무단 횡단, 갑자기 나타남의 4가지 유형으로 분류 후 식별하였다. 둘째, 보행자 궤적·속도·방향 등의 특성을 분석하여 위험 점수를 정의하고 그에 대한 위험 임계값으로 위험도를 평가하였다. 이를 위해 CCTV 영상 데이터를 활용하여 객체 감지와 추적을 결합하였고, 보행자를 식별·추적함으로써 궤적 기반 행동 분석을 가능하게 하였다. 분석 결과, 시나리오 유형에 따라 보행자의 특징이 달라지는 양상이 확인되었으며, 이는 상황별 특성을 반영하는 적응형 위험 임계값의 필요성을 강조한다.

본 연구의 결과는 보행자와 차량에 대한 사전 경고 제공 시스템의 설계에 기여 가능하며, 자율주행 차량이 보행자 행동을 이해하고 예측하는 데 기초 자료로 활용될 수 있다. 향후 연구에서는 시나리오 정의의 정교화와 임계값의 검증, 그리고 통합적인 성능 향상을 추가로 모색하고자 한다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2023R1A2C2008054).

고령자 보행특성과 현행 보행신호 운영의 적정성 분석

Analysis of Walking Characteristics of Elderly Pedestrians and the Adequacy of
Current Pedestrian Signal Operations

이보은

(한국도로교통공단 책임연구원)

한음

(한국도로교통공단 책임연구원)

김민지

(한국도로교통공단 연구원)

우리나라는 고령화 사회 진입으로 고령자 수가 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 고령자 교통사고 또한 증가하고 있는 추세이다. '23년 기준 고령자 교통사고는 총 38,960건으로 전년대비 8.5% 증가하였으며, 고령보행자 교통사고는 10,921건으로 4.7% 증가하였다. 현재 고령운전자 교통사고 예방을 위해 교통안전교육, 운전면허증 반납 등과 같은 다양한 정책이 시행되고 있으나 고령보행자에 대한 안전대책은 상대적으로 미흡한 실정이다.

본 연구는 고령보행자의 원활하고 안전한 횡단보도 통행을 위해 서울시 북부지역을 대상으로 보행신호 운영 현황과 고령보행자의 보행특성을 분석하여 현행 보행신호 운영의 적정성을 평가하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 국내외 보행신호시간 산정기준을 검토하고, 서울 북부지역의 보행신호자료를 수집하여 운영 현황을 파악하였다. 또한 고령자의 통행이 빈번한 시장, 병원, 공원 등 10개 지점을 선정하여 현장 조사를 통해 보행방향, 짐 보유 유무, 보행 보조 장치 사용 유무, 진입시점, 정상통과 여부 등 다양한 보행특성을 분석하였다.

현장조사 결과 65세 미만 보행자의 하위 15th percentile 속도는 1.01m/s로 현행 기준인 1.0m/s와 유사하게 나타났으며, 65세 이상 보행자 하위 15th percentile 속도는 0.85m/s로 업무편람의 기준인 0.7m/s보다 높게 분석되었다. 보행 방향에 따라 직선 보행자는 사선 보행자에 비해 보행속도가 더 높았으며, 짐 보유 유무는 보행속도에 차이가 없어 큰 영향을 미치지 않았다. 보행 보조 장치를 사용하는 보행자의 하위 15th percentile 속도는 0.74m/s로 나타났다.

분석 결과 보호구역에서는 고령자 하위 15th percentile 속도를 기준으로 신호시간이 충분히 확보되어 대부분 안전하게 횡단할 수 있는 것으로 나타났다. 일반구역에서 65세 미만의 보행자는 문제없이 횡단할 수 있도록 운영되고 있으나 고령자와 보행 보조 장치 사용자의 경우 횡단 시간이 부족할 수 있어 이에 대한 추가적인 고려가 필요하다. 향후 연구에서는 보행신호 산정식과 운영 방식의 개선을 통해 보다 안전하고 편리한 보행환경을 마련할 필요가 있다.

보험사 사고·운행데이터 기반 비사업용 차량의 위험운전행동 분석

Analysis of Risky Driving Behaviors and Accident Occurrence of Private Vehicles Using Insurance Driving Data

한정우

(한남대학교 빅데이터응용학과 학사과정)

심지섭

(한남대학교 빅데이터응용학과 조교수)

교통사고는 사회·경제적 비용을 초래하는 대표적인 사회 문제로, 교통안전 연구와 정책 수립에서 지속적으로 다뤄져 왔다. 그러나 기존 연구는 주로 도로 구조나 교통량에 치중하여 운전자의 실제 위험행동을 반영한 분석은 부족하였다.

본 연구는 보험사에서 제공한 운행·사고 데이터를 활용하여 운전행동과 사고 발생 간의 관계를 정량적으로 분석하였다. 개별 차량 단위의 운전 행동지표를 기반으로 행동점수를 산출하고, 이를 사고율과 결합하여 행동-사고 매트릭스를 구축하였다. 이후 음이항 회귀모형을 적용하여 유형별 사고 위험도를 추정하고, 예측값과 실제 사고 건수를 비교하였다. 특히, 모형이 설명하지 못하는 과소예측 구간을 별도로 추출함으로써 단순한 사고 다발 지역과는 차별화된 고위험 구간을 식별하였다.

본 연구는 기존의 환경 중심 연구에서 벗어나, 실측 운전행동 데이터를 반영한 통합적 접근을 제시하고자 하였다. 과소예측 구간을 통해 표면적 통계만으로는 드러나지 않는 도로 설계상의 결함이나 운영상의 문제를 확인할 수 있다는 점에서 정책적 활용도가 크다. 연구 결과는 고위험 지역을 정밀하게 진단하고, 교통사고 예방 정책 및 도로 설계 개선에 실무적으로 활용 가능한 근거를 제공한다.

집중호우로 인한 교량 통제가 도시 교통 흐름에 미치는 영향: 대전광역시 유등교 사례 연구

Impact of Flood-Induced Bridge Closure on Urban Traffic Flow:
A Case Study of Yudeung Bridge in Daejeon, Korea

유예지
(한국과학기술원 석사과정)

김인희
(한국과학기술원 부교수)

2024년 7월 대전광역시에서는 집중호우로 인해 주요 교량들이 통제되는 상황이 발생하였으며, 특히 일평균 약 63,000대의 교통량을 처리하던 유등교가 구조적 손상으로 전면 통제되었다. 유등교는 서구 도마동과 중구 유천동을 연결하는 핵심 교통 축으로, 통제 조치는 도시 교통 수요와 통행 행태에 중대한 영향을 미쳤다.

기존 연구에 따르면 홍수, 지진, 태풍과 같은 자연재해는 단기간에 급격한 교통 수요 변화, 우회 통행의 증가, 대피 및 응급 수요 확대 등 비정상적 통행 패턴을 야기하는 것으로 확인되었다. 이러한 맥락에서 본 연구는 『대전광역시 교통데이터웨어하우스』에서 수집된 교통 빅데이터를 활용하여 유등교 통제 전후의 교통 흐름 변화를 정량적으로 분석하였다.

분석 결과, 유등교 인근 반경 1~2km 내에서 교통량이 분산되었으며, 인접 교량인 도마교와 태평교로의 우회 현상이 두드러졌다. 또한, 통제 초기에는 교통 혼란이 뚜렷했으나 시간이 경과함에 따라 우회 경로 적응과 통행 패턴 재조정을 통해 교통 흐름이 점차 안정화되는 경향이 확인되었다. 이는 재난 상황에서 단기적으로 불가피한 혼란이 발생하지만, 교통체계의 회복력(resilience)과 이용자의 학습 효과가 중요한 역할을 수행함을 시사한다.

이러한 결과는 재난 상황에서 핵심 인프라의 통제가 도시 교통체계 전반에 미치는 영향을 실증적으로 검증하였으며, 신속한 교통 회복과 혼잡 최소화를 위한 정책 결정 및 전략 수립의 근거를 제공한다. 구체적으로, (1) 반경 내 주요 교통축에 대한 실질적 운영 계획 수립, (2) 기관 간 협력과 재난 메시지 시스템 개선, (3) 교통 이용자 편의 보전을 위한 정책 지원, (4) DSRC 및 VDS 기반 교통 빅데이터 수집·분석 체계 고도화가 요구된다.

따라서 본 연구는 자연재해나 사고로 인한 교통 통제 상황에서 효과적인 교통 관리 전략을 마련하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 향후 재난 대응형 도시 교통체계 구축의 방향성을 제시한다는 점에 의의를 둔다.

사사: 본 연구는 대전시 교통빅데이터플랫폼에서 제공한 데이터를 바탕으로 수행되었습니다.

Research on vehicle driving behavior analysis and management methods for environmental protection and energy conservation

Choi Yongho
(Tenergy Co., Ltd)

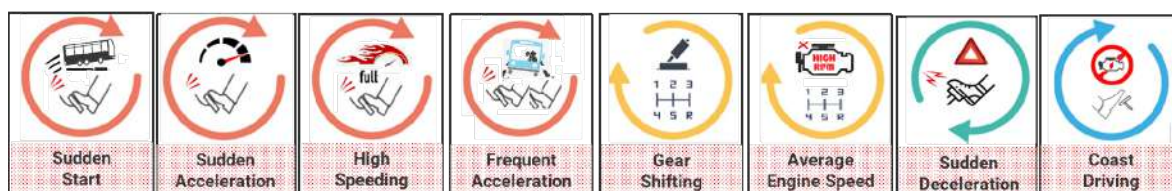
Yoo Seunghak
(Tenergy Co., Ltd)

YoungJoon Moon
(KAIST)

SangWoon Lee
(Namseoul Univ.)

This study aims to propose driving behaviors and factors, as well as an evaluation methodology, to contribute to improving the global environment by saving energy consumed in vehicle operation and reducing carbon dioxide emissions. It has also been proposed as an international standard to ISO/TC 204. The driving behaviors and factors proposed in this study include the analysis of driving behaviors such as rapid acceleration, rapid braking, frequent acceleration, idling, and gear shifting, and suggests measurable energy savings when promoting eco-friendly driving. If the results of this study are established as an international standard, it is expected to play a key role in the adoption and spread of eco-friendly driving behaviors and ultimately, climate change mitigation policies.

This study presents a systematic framework for eco-friendly driving to establish practical ways to save energy through driving behavior. Based on typical vehicle driving patterns, it identifies relevant vehicle devices and driving behaviors that affect fuel efficiency and establishes these as criteria for eco-friendly driving. Major driving behaviors and factors include Sudden Start, Sudden Acceleration, Frequent Acceleration, Sudden Deceleration, High Speeding, Gear Shifting, Coast Driving, Average Engine Speed, etc.



<Fig. 1> Eco-driving Factors

This study presents a direct and effective way for eco-driving, assessed using a standardized methodology for specific driving behaviors and factors, to promote energy savings and reduce carbon dioxide emissions. By encouraging drivers to adopt smoother and more efficient driving habits, this approach will benefit not only fuel economy but also the overall sustainability of urban transportation systems. Furthermore, if the results of this study are formally established as an ISO international standard (ISO 17748-4) and adopted by various countries and cities, it will lay the foundation for a harmonized approach to energy-efficient transportation worldwide. This adoption is expected to significantly contribute to carbon dioxide reduction, energy savings, and ultimately, environmental improvements.

Acknowledgement: This work was supported by the kEIT(Korea Planning & Evaluation of Industrial Technology)-National Standard Technology Improvement Project funded by the Korea government(Ministry of Trade, Industry and Energy) (Grant No.: 20026494)

김천시 모빌리티 서비스 현황 및 분석을 통한 첨단모빌리티 적용 방안

Application Strategies for Advanced Mobility Based on the Analysis of Gimcheon Mobility Services

서문정
(서울시립대학교
교통공학과
박사과정)

이수연
(서울시립대학교
교통공학과
석사과정)

이승현
(서울시립대학교
교통공학과
부교수)

변지혜
(서울시립대학교
교통공학과
조교수)

김천시는 혁신도시 조성과 산업단지 개발로 상업지역으로의 이동 수요가 증가함에 따라 대중교통 이용 불편, 교통 혼잡 등의 문제가 심화되고 있다. 또한 기존 모빌리티 서비스에 대한 문제가 발생함에 따라 김천시 내의 맞춤형 모빌리티가 요구되고 있으며, 이를 실행계획으로 옮기기 위해 「모빌리티 혁신 및 활성화 지원에 관한 법률」 제6조에 따라 모빌리티 개선계획의 수립이 필요한 상황이다. 따라서 기존의 모빌리티 환경과 교통 문제를 동시에 해결하고자 본 연구는 김천시를 대상으로 2026년부터 2030년까지 5개년의 모빌리티 개선계획을 위해 인구 및 사회 구조, 교통 인프라, 주민 이동 행태와 수요를 종합적으로 분석한다.

본 연구에서는 2025년 1월부터 6월까지의 TIMS와 교통카드 데이터, 현장 조사, 주민 설문조사 등을 기반으로 택시와 버스에 대한 분석을 진행하였다. 택시의 경우 운행기록 기반의 OD분석 및 주요 승하차 분석, 버스의 경우 노선망과 교통카드 자료를 활용한 GIS를 통한 공간분석 그리고 총 136명의 주민 설문조사 결과를 분석한다. 분석 결과, 김천시는 거동이 불편한 고령층이 많은 지역에서 택시 이용이 많을 것이라는 예상과 달리, 생산가능인구가 집중되어 있는 특정 지역에 편재되어 있음을 확인하였다. 또한 김천역 일대와 혁신도시를 중심으로 버스 이동노선이 뚜렷하게 나타나면서 이중 허브 축이 형성되는 반면, 일부 거점은 단일 노선 의존도가 높아 단절될 가능성이 보인다. 특히 혁신도시는 근로자 맞춤형 교통수단으로 수요응답형대중교통, 통근버스 등 확충이 요구되었다. 주민들의 설문 결과, 버스의 긴 배차간격, 노선 부족, 택시의 낮은 서비스 수준이 주요 불만으로 나타났고, 수요응답형 대중교통, 자율주행 교통수단 등 첨단 모빌리티 서비스의 도입 필요성이 확인되었다.

이에 본 연구는 수요응답형 대중교통 도입, 혁신도시 자율주행 셔틀 서비스, 교통약자 특별교통수단 등을 주요 전략으로 제시한다. 이러한 맞춤형 교통서비스 제공, 스마트 인프라 구축 등을 통해 김천시가 스마트 도시로 발전하는 데 본 연구의 결과가 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2023R1A2C2008054). 이 성과는 한국아이티에스(ITS)학회의 재원으로 김천시의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R25TA00471059-00).

스마트시티 구현을 위한 데이터 기반 심야 자율주행버스 노선 및 허브 제안

A Data-Driven Proposal for a Late-Night Autonomous Bus Hub and Routes for Smart City Implementation

김지규

(인천연구원 전임연구원 &
서울시립대학교 스마트시티학과
박사과정)

손지연

(인천연구원 선임연구위원)

박민호

(인천연구원 연구위원)

[연구의 필요성]

심야 시간대 대중교통은 이용객 감소에도 불구하고 시범사업으로 운영되어 비효율성이 높고, 시민들은 비싼 요금의 택시 외에는 이동 수단 선택에 제약을 받습니다. 이는 도시의 24시간 활력을 저해하는 요소로, 스마트 기술을 활용한 심야 교통 체계의 혁신이 필요합니다.

[연구 목적]

본 연구는 심야 시간대 실제 교통 수요 데이터를 분석하여, 교통 흐름이 모이는 최적의 '심야 교통 허브'를 지정하고, 이 허브와 주요 거점들을 잇는 수요응답형 자율주행버스 노선을 제안함으로써, 효율성과 공공성을 모두 만족시키는 미래지향적 심야 교통 모델을 제시하고자 합니다.

[분석 및 설계]

심야 시간대 교통카드 및 택시 데이터를 융합 분석하여 시민들의 통행 패턴(O/D)을 도출합니다. 공간 클러스터링 기법을 이용해 수요가 밀집되는 지역을 분석하여 최적의 허브 위치를 선정합니다. 이후, 허브에서 각 목적지로 향하는 교통 수요량과 경로를 고려하여, 최적화 알고리즘(Optimization Algorithm)을 통해 최소 비용으로 최대의 이동 수요를 처리할 수 있는 자율주행버스 노선을 설계합니다.

[결론 및 제언]

본 연구에서 제안하는 모델은 한정된 자원으로 심야 교통의 효율을 극대화하고, 시민들에게는 저렴하고 안전한 이동 서비스를 제공할 수 있습니다. 이는 향후 스마트시티의 필수 요소인 지속가능한 지능형 교통 시스템(ITS) 구축에 중요한 기여를 할 것으로 기대됩니다.

공유 초소형전기차 충전수요의 시·공간 분석: 최적 인프라 배치를 위한 데이터 기반 프레임워크

Spatio-Temporal Analysis of Shared Micro-EV Charging Demand: A Data-Driven Framework
for Optimal Infrastructure Placement

김민

(한국과학기술원 녹색성장지속가능대학원 석사과정)

김인희

(조천식모빌리티대학원 전임교수)

초소형전기차(Micro-EV)는 단거리 주행 및 저속 운행을 위해 설계된 전기차의 일종이며, 도심 교통 문제 해결 및 친환경 이동 수단의 수요 증가를 충족할 수 있는 교통수단으로서 세계적인 연구가 진행되고 있다. 초소형전기차 공유 서비스는 차량의 장점을 극대화할 수 있는 시스템으로, 현재 국내에서는 실증 초기 단계가 진행되고 있다. 초소형전기차 공유 서비스 운영 확장 및 수요 확충을 위해서는 이를 충족할 수 있는 충전 인프라가 효과적으로 배치되어야 한다. 하지만 공유형 초소형전기차는 일반 전기차보다 낮은 운행 속도 및 운행 거리를 보유하고 있어 기존의 일반 전기차에 통용되는 충전 인프라 배치 연구 및 전략이 부적합할 가능성이 존재하며, 이를 집중적으로 다루는 연구는 아직 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 국내 3개 지역에서 약 10개월간 운영된 약 80대 규모 초소형전기차 공유 실증 사업의 운행 데이터를 활용해 도시 충전수요의 시·공간 패턴을 실증적으로 규명하고자 한다.

본 연구는 초소형전기차 운행 중 약 30초, 비운행 시 30분 간격으로 기록된 날짜·시간, 위도·경도, 주행거리, 속도, 배터리 상태, 충전 연결, 전원 상태 데이터를 기반으로 (1) 충전 이벤트(충전 연결 신호와 배터리 상태 상승이 동반된 구간)와 세션(연속 충전 구간)을 탐지하고, (2) 충전 이벤트가 기록된 좌표에 대한 지리적 군집화 및 커널 밀도 추정으로 충전 고수요 지점과 서비스 취약구역을 도출하며, (3) 시간대·요일·계절성을 반영한 시계열 분석으로 수요의 시간적 리듬을 파악한다. 아울러 지속시간, 시작 배터리 수준, 배터리 증가량, 얕은 충전(shallow charging) 비중 등의 세션 단위 특성을 계량화하고, 체류시간·회전율·접근성 지표를 통합한 데이터 기반 의사결정 프레임워크를 제시하여 위치별 적정 충전기 유형(완속/급속/초급속)과 배치 우선순위를 추천한다. 본 연구는 고해상도 실운영 데이터를 활용해 공유 초소형전기차의 실제 충전행태를 정밀하게 기술·분석함으로써, 시뮬레이션·설문 중심 접근의 한계를 보완하고 지자체·운영자·정책결정자에게 사용자 중심 충전망 설계를 위한 실행 가능한 근거를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 대전시 교통빅데이터플랫폼에서 제공한 데이터를 바탕으로 수행되었습니다.

초소형 전기차 이용자의 주행 패턴 분류 및 특성 분석

Classification and Characteristics of Driving Patterns of Micro-Electric Vehicle Users

박성환	오승민	고은정	심지섭
(한남대학교 빅데이터응용학과 학사과정)	(한국과학기술원 (KAIST) 박사과정)	(한남대학교 빅데이터응용학과 조교수)	(한남대학교 빅데이터응용학과 조교수)

도시화 진행과 지속가능한 교통수단에 대한 관심이 증가하는 가운데, 초소형 전기차(micro-EV)는 기존 개인형 이동장치(PM)와 대중교통 사이의 중간 영역을 채우는 새로운 교통수단으로 주목받고 있다. 그러나 초소형 전기차 사용자들의 다양한 이용 패턴과 행동 특성에 대한 체계적인 분석이 부족하여, 이를 통한 서비스 개선 및 정책 수립에 대한 한계가 존재한다. 본 연구는 초소형 전기차 공유 서비스 이용자들의 실제 주행 데이터를 바탕으로 사용 패턴을 분류하고, 각 군집의 특성을 분석함으로써, 다양한 사용자 요구를 충족하는 맞춤형 서비스 전략 수립을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

본 연구에서는 2023년 대전, 목포, 제주도 3개 지역에서 운영된 초소형 전기차 공유서비스의 실제 주행데이터(6,220건의 trip)를 분석 대상으로 하였다. 이동거리, 이동시간, 사용자 연령, 주행 시 기상상황 등 11개의 변수를 활용하여 계층적 클러스터링 기법을 적용하였으며, Ward 연결법을 통해 사용자 행동의 동질성을 기준으로 군집을 분류하였다. 특히 사용자의 개인 특성과 환경적 요인을 동시에 고려함으로써 기존 연구에서 다루지 못했던 다차원적 분석을 수행하였다.

분석 결과, 초소형 전기차 사용 패턴은 5개의 뚜렷한 군집으로 분류되었다. 첫째, 장거리 통근형(평균 11.8km주행, 40대 사용자 중심)은 계획적인 중장거리 이동을 특징으로 한다. 둘째, 단거리 일상형(평균 2.5km주행, 평일 전용, 전체의 47%)은 일상적인 근거리 이동에 활용되며 가장 높은 비중을 차지한다. 셋째, 주말 여가형은 주말 집중적 이용과 맑은 날씨 선호 특성을 보인다. 넷째, 우천 대응형은 높은 습도와 강수량 조건에서의 이용으로 날씨 변화에 대한 적응성을 나타낸다. 다섯째, 고속 장거리 여가형(평균 6.9km주행, 가장 빠른 속도, 젊은 사용자층)은 레크레이션 목적의 적극적인 이용 패턴을 보여준다.

본 연구는 초소형 전기차 사용자들의 이질적인 요구사항을 정량적으로 분류함으로써, 실용적 목적부터 여가 활동까지 다양한 이용 동기가 존재함을 실증적으로 확인하였다. 이러한 결과는 사용자 군집별 맞춤형 서비스 설계와 효과적인 차량 배치 전략 수립에 중요한 시사점을 제공하며, 지속 가능한 도시 교통체계 구축을 위한 정책 방향 설정에 기여할 것으로 기대된다.

지능형 이송 대차 개발

A Development of Intelligent Transfer mobility

정성현

(호남대학교 로봇드론공학과 교수)

현웅근

(호남대학교 로봇드론공학과 학생)

이송 카트는 물건을 정리하거나 이동하는 작업에 주로 사용되며, 매일 상품을 진열하고 배치하는 일이 작업의 70% 인 마트, 제빵 제조사, 부품 생산 및 조립 공장, 비닐하우스 농가 등 수요처가 다양하다. 더욱이 점차 노동 인력이 고령화 되어가고 부족한 노동인력을 노인, 여성인력으로 대체해야하는 우리나라에서는 작업자의 육체적인 한계가 고려된 편리하고 지능적인 추종형 스마트 카트 로봇의 개발이 절실히 요구된다.

지능형 이송 대차 시스템은 UWB센서를 이용하여 특정 사용자를 따라다니는 지능제어 기술인바 기존의 개발 기술의 문제점은 다음과 같다. 물체에 의해 가려져 있을 경우라도 거리 감지가 가능하나, 10m거리에 최적화되어 있으며 최대 50cm 정도의 오차가 있음. 이에 1.5 ~ 3m 사이 추종해야 하는 추종 로봇에 적용하기에는 오차가 상대적으로 커서 센서의 신뢰도가 떨어짐. 이러한 오차는 주변에 전파환경(Wifi, bluetooth network)에서 전파 간섭에 의한 잡음으로 거리 오차 발생하거나, 금속(철제 대문, 알미늄 창, 사무실 철제문, 철제 가구 등) 구조물이 있는 경우 전파 반사에 의한 거리 오차가 발생하여 인간 따라다님이 불가한 경우가 발생한다. 본 연구에서는 센서의 불확실성을 고려하여 UWB각 센서 및 라이다센서를 이용하여 복잡 환경에서도 작업자를 진행 방향을 감지하여 추적하는 지능형 이송 대차 제어 시스템을 개발하였다.

개발된 추적 시스템의 블록도는 그림1과 같다. 추적자는 Tag를 소지하고 이동하며, 이송 대차는 Tag를 인지하는 2개의 Ankor로 추적자의 거리를 인지한다. 이송 대차에 부착된 라이다로 전방 160도를 1도 간격으로 스캔하는 바, 라이다 히스토그램상 복잡한 환경에서 여러개의 물체가 인지되는데 이를 Ankor가 인식되는 주변의 히스토그램의 최소 라인을 검출하여 이를 추적자의 방향, 그 거리를 추적자와의 거리로 인지하여 추적한다.

추적 거리 방향 발견 알고리즘

- (1) 2개의 UWB ankor로 추적자 Tag의 거리 방향 발견
- (2) 라이다 히스토그램 상에서 (1)에서 선정된 오차가 감안된 지역 근처에서 최소거리를 찾음.

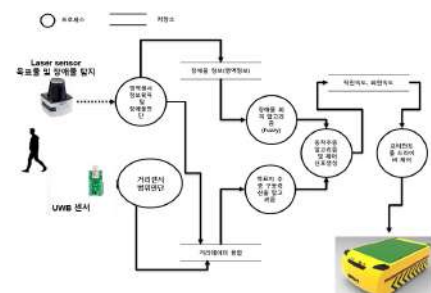


그림 1. 추적시스템 블록도

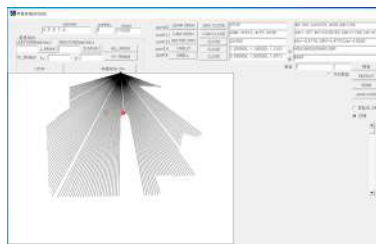
$$P_{rd} = P(V_d), P_i \in P_{LIDAR}, P_{LIDAR} = P_1, \dots, P_N, P'_d = P'_d - P_{safe}, \text{if } P'_d < 0, \text{ then stop.}$$

$$P'_d = \min(P_i), \text{ 여기서 } Q_i \text{는 Lidar 히스토그램에서의 Ankor 점점, } m = 7$$

$$P_{rd} - m < Q_i < P_{rd} + m$$

이를 $W_i = K_p * P'_{rd} - K_r * \beta$, $W_r = K_p * P'_{rd} + K_r * \beta$ 에 적용하여 이송 대차를 제어한다.

아래 그림은 실험 모습으로써, UWB 및 라이다로 추적선을 발견한 모습, 실제 추적제어하는 모습을 보인다.



결론으로, 특정 작업자를 추적하기 위해 추적 센서 제어 및 이를 이용한 작업자 동작 인지 시스템을 개발하였다. 이는 특정한 움직임을 예측하기 위해 UWB 및 라이다 센서를 융합한 시스템으로 구현 하였다. 추적자의 거리 3m이내이며 추종자 인식 및 동작이 성공적으로 수행됨을 확인 하였다. 추적을 위한 이송 대차는 2축 구동형 이송 로봇 형태로 구현했으며, 추적 제어 HW 및 SW도 개발되었다.

사사: 본 과제(결과물)는 2025년도 교육부 및 광주광역시의 재원으로 광주RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신 중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(2025-RISE-05-016)

모바일 통신데이터를 활용한 모빌리티 복잡성의 공간적 해석

Analysing Spatial Dimensions of Mobility Complexity with Mobile Phone Data

이한빈

(한국과학기술원
연구원)

신대섭

(한국과학기술원
연구부교수)

최철원

(한국과학기술원
연구조교수)

김성희

(한국과학기술원
연구조교수)

최근 교통 분야에서는 개별 통행자의 정보를 활용할 수 있는 모바일 통신데이터의 가치가 점차 높아지고 있다. 모바일 통신데이터는 기존의 모빌리티 빅데이터보다 표본율이 높고, 개별 통행자의 정보가 상세하게 실시간으로 기록되어 연속적인 이동 경로나 통행 패턴을 파악할 수 있다. 또한, 데이터의 시·공간적 해상도가 높으며, 인적 정보가 담겨 있어 사회 현상 및 공간 분석에 유용하게 활용되고 있다. 특히, 기존의 가구통행실태조사와 같은 전통적인 방법론이 통행일지 기반의 자의적 기입, 응답자의 기억 의존성 및 불확실성 등의 한계를 지니는 반면, 모바일 통신데이터는 이를 극복하고 보다 정밀한 트립 체인 분석을 가능하게 한다는 장점을 지니고 있다. 이처럼, 모바일 통신데이터의 개별 통행 정보는 공간 계획이나 입지 분석과 같은 의사결정 과정에서 단순 통계 이상의 논리적 근거로 활용될 수 있으며, 모바일 통신데이터의 활용 방안 연구의 필요성이 갈수록 강조되고 있다.

기존의 공간·입지 분석 연구에서 모바일 통신데이터는 특정 시점의 체류 인구로 집계되어 핫스팟 지점을 식별하거나, 공간적 특성을 고려한 영향 요인 분석에 주로 활용되고 있다. 이러한 정적 접근 방식은 특정 시점의 공간 분포를 포착하는 데 초점을 두기 때문에, 개별 통행자가 시간에 따라 장소 간 이동을 연계하며 형성하는 시퀀스 구조나 동적 활동 패턴을 고려하지 못한다는 한계가 있다.

본 연구는 모바일 통신데이터를 활용하여 개별 통행자가 형성하는 모빌리티 모티프(Motif)를 분석하고, 이를 통해 산출된 모빌리티 복잡성을 공간적으로 해석하는 데 목적이 있다. 체류시간을 기준으로 개인별 이동 시퀀스를 분할한 뒤, 토지이용계획도를 참고하여 각 시퀀스를 활동 유형과 연결한다. 이후 시퀀스 내 활동 유형의 변화와 예측 불확실성을 바탕으로 복잡성을 산출한다. 활동 유형 예측의 불확실성은 엔트로피 지표로 표현되며, 활동 변화 정도는 별도의 정량화 지표로 산출된다. 최종적으로 모빌리티 복잡도는 두 지표를 정규화하여 결합된 값으로 정의되며, 이를 통해 통행의 복잡성을 정량적으로 평가할 수 있다. 산출된 복잡성을 시·공간적으로 분석함으로써, 통행 복잡성이 낮게 나타나는 지역과 높게 나타나는 지역과 시간대를 구분할 수 있으며, 단순히 특정 지역의 이동량을 보여주는 것을 넘어, 해당 지역과 시간대에서 통행 패턴의 다양성과 불확실성을 파악할 수 있다. 본 연구의 접근은 기존의 정적 핫스팟 분석을 넘어, 모빌리티 모티프 복잡도 기반의 동적·행태 지향적 공간 분석 가능성을 제시한다는 점에서 의의가 있다. 이를 통해 전기차 충전소 입지 분석과 같은 응용 분야에서는 집중형·분산형 수요를 체계적으로 파악할 수 있고 수요에 대응하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 지역 맞춤형 사회적 인프라 시설 등의 전략 수립, 의사결정 등에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구성과는 2025년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. RS-2025-25438840)

3-모듈 무궤도 굴절버스 도입 효과분석

Traffic Impact Analysis of the Three-module Articulated Bus

김정운

(한국과학기술원 석사과정)

오태호

(한국과학기술원 연수연구원)

김인희

(한국과학기술원 부교수)

대전광역시 도안신도시는 대규모 주거 단지가 밀집하여 상시적으로 교통 수요가 높은 지역으로, 특히 도안동로를 경유하는 주요 버스 노선의 출근 시간대 과밀화는 10년 이상 지속된 만성적 과제이다. 최근에는 대전의 새로운 랜드마크로 주목받는 갑천 생태호수공원까지 개장하여, 향후 통근인구 외 관광객을 포함한 유동인구가 증가할 것으로 예상됨에 따라 기존 대중교통 시스템의 과부하를 더욱 심화시킬 것으로 예상된다. 이러한 상황에서 과거부터 이어져 온 버스 증차나 신규 노선 신설과 같은 단편적인 대응은 근본적인 해결책이 되지 못하며, 대안으로 추진 중인 트램 건설 역시 장기간의 공사, 막대한 재정, 노선 경직성 등의 명확한 한계를 내포하고 있다.

이 문제의 심각성은 대전광역시 버스 운행데이터를 통해 정량적으로도 확인할 수 있다. 114, 115번의 정류장별 승하차 인원 데이터를 활용하여 각 운행 회차의 재차인원을 산출하였다. 그 결과, 최대 승차 정원을 초과한 상태로 운행되고 있음을 보여주었고, 이러한 과밀 운행은 승객의 안전과 편의성을 저해할 뿐만 아니라, 필연적으로 정류장별 승하차 지연을 유발하여 노선 전체의 정시성을 악화시키는 핵심 원인으로 작용하기도 한다.

이러한 배경 속에서 대전시는 전국 최초로 '무궤도 굴절차량' 도입을 발표하며 새로운 해결책을 제시했다. 3-모듈 무궤도 굴절차량이란 도시철도의 대용량 수송 능력(180명 이상)과 버스의 운영 유연성을 결합한 신개념 교통수단이다. 특히 트램 대비 건설비는 40%, 운영비는 65% 수준으로 경제적이며, 별도의 궤도 설치 없이 기존 도안동로 중앙 버스 전용차로와 같은 인프라를 활용할 수 있어 신속한 도입이 가능하다. 따라서 본 연구는 시뮬레이션을 활용하여, 무궤도 굴절차량 도입 시나리오가 미치는 효과를 정량적으로 분석하고 정책적 타당성을 검증하고자 한다.

이를 분석하기 위해 미시 교통 시뮬레이션인 Vissim 및 대전광역시 교통 빅데이터 플랫폼의 교통량 및 교통 신호 데이터를 활용하였다. 분석 범위는 가수원네거리-충남대학교 (7.8km) 구간으로 한정하였으며, 시나리오는 무궤도 굴절차량이 기존 114번, 115번 버스가 수송하던 승객을 분담하는 상황을 가정하여 구성하였다.

분석 결과, 무궤도 굴절차량을 도입한 시나리오에서 노선의 평균 주행 시간이 통계적으로 유의미하게 감소했으며, 시공도 그래프 분석을 통해서도 굴절차량이 기존 버스보다 동일 거리를 더 짧은 시간 안에 도달하는 높은 운행 효율성을 보였다. 이는 무궤도 굴절버스의 대량 수송 능력이 과밀 운행을 해소하고 정류장별 승하차 시간을 단축시켜, 결과적으로 노선 전체의 정시성을 향상시키는 데 기여했기 때문이다. 결론적으로 본 연구는 데이터 시뮬레이션을 기반으로 굴절버스 도입이 대규모 인프라 투자 없이 대전시 대중교통의 만성적인 문제를 해결할 수 있는 데이터 기반의 효과적이고 현실적인 대안임을 시사한다.

사사: 본 연구는 대전시 교통빅데이터플랫폼에서 제공한 데이터를 바탕으로 수행되었습니다.

GTX-A 개통 전후 서울역의 통행분포 패턴 변화 분석

Analysis of Changes in Trip Distribution Patterns at Seoul Station Before and After the Opening of GTX-A

조은서	윤마루	정다윤	김지현	추상호
(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 교수)

광역급행철도는 수도권 30분 생활권을 목표로 하는 급행 교통망의 주 교통수단으로 통근 시간 단축, 교통비 절감, 교통 혼잡 완화 등 현대인의 삶의 질 향상과 더불어 환경친화적이고 지속 가능한 미래 지향적 교통체계의 출발점이다. 최근 광역급행철도 GTX-A의 개통 이후 GTX-A가 경유하는 광역환승센터 이용자 수가 급격히 증가하였으며 기존 대중교통 수단으로의 환승 수요가 증가하는 현상이 관측되었다. 이는 광역급행철도가 경기-서울 간 연결을 강화하였고, 서울 내부에서 이동성이 증가하였다고 분석하였다. 따라서 본 연구에서는 광역철도의 시간 단축, 이용 편의성에 대한 선행 연구를 바탕으로, GTX-A(운정중앙역~서울역) 개통으로 인한 서울 내부의 통행 분포 확장 정도 및 통행 분포 패턴 변화를 분석하고자 한다. 현재 1호선, 4호선, 공항철도, 그리고 GTX-A 4개의 역이 교차하며 서울 교통의 요지인 서울역을 연구의 공간적 범위로 설정하였다. 또한, 교통카드의 트립체인(Trip-Chain) 형태의 OD(출발지·도착지) 자료를 활용하여 서울역을 경유하는 지하철 환승통행을 중심으로 출근시간대의 이동 패턴 변화를 시·공간적으로 분석하여 개통 전후의 변화를 규명하고자 한다.

먼저 GTX-A(운정중앙역~서울역 구간) 개통 전후 비교를 위해, 분석 시점을 설정하였다. GTX-A의 개통 이후 이용량이 비교적 안정되고 최신 구득이 가능한 2025년의 3월 셋 째주 수요일 자료와 개통전인 2024년도의 동일한 시점 자료를 비교분석하였으며, 분석시간대는 출근시간대인 오전 7-9시로 설정하였다.

GTX-A(운정중앙역~서울역 구간) 개통 이전의 통근 행태를 분석하기 위해 서울역에서 1호선·4호선·공항철도를 이용하는 이용자들의 최종 목적지와 GTX-A(운정중앙역~서울역 구간) 개통 후의 서울역에서 GTX-A를 이용하며, 서울역을 경유하여 1호선·4호선·공항철도로 환승하는 이용자들의 최종 목적지를 분석한다. 특히 GIS를 이용해서 서울시를 균등한 크기의 격자 (500*500 그리드로 구획한후 그리드별 공간적 패턴 변화를 분석한다.

분석결과, GTX-A 개통 이후 서울역을 중심으로 통근자들의 이동 패턴이 공간적으로 확장되고, 다양한 환승 연계 수단을 통해 목적지로 이동하며 최종 목적지의 다양성과 이동거리가 증가하는 현상을 확인할 수 있었다. 현재 GTX-A(운정중앙역~서울역 구간)이 개통되지 얼마 되지 않은 시점에서 이 분석 결과는 다양한 연계 환승 시스템에 필요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 고용노동부의 2025 청년일 경험 지원 프로젝트의 지원을 받아 수행됨

파주시 대중교통 최소서비스 수준 분석을 통한 DRT 운영 최적화 방안 연구

Optimizing DRT (Demand Responsive Transport) Operations through Analysis of Minimum Public Transit Service Levels: A Case Study of Paju

이동형	박동건	심채현	정현진	추상호
(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 학사과정)	(홍익대학교 도시공학과 교수)

수요응답형 교통(Demand Responsive Transport, 이하 DRT)은 고정된 노선 또는 운행계획표 없이 이용자의 수요에 대응하여 운행하는 교통체계이다. 이는 대중교통 서비스가 수익성 문제나 이용 수요 부족으로 운영되기 어려운 지역에서 유용하다. 도농복합지역의 경우, 중심부는 대중교통 서비스가 집중되어 있으나 외곽 농촌 지역은 제한된 서비스로 인해 주민들의 이동권이 보장되지 않는 문제가 발생한다. 이러한 불균형은 대중교통 의존도가 높은 계층에서 나타나며, 결과적으로 사회적 고립 및 생활권 단절로 이어질 수 있다. DRT는 이와 같은 도농 간 교통 불균형을 완화하고, 교통 취약지역 주민들의 접근성을 개선하는 대안적 교통수단으로 대두되고 있다.

경기도 파주시는 대표적인 도농복합지역으로, 도심지인 교하·운정 신도시권역과 농촌·산간 지역이 공존하는 생활권 구조를 지닌다. 이러한 특성으로 인해 생활권이 도시지역과 농촌지역으로 분리되어 있으며, 대중교통 접근성에도 큰 차이가 발생한다. 운정 신도시와 같은 도시지역 생활권은 수도권 광역전철과 광역버스망을 통해 서울 및 인접 도시와의 연계성이 높지만, 교외 농촌지역은 버스 배차 간격이 길고 일부 지역은 정류장까지 접근하는 데도 어려움이 따른다. 특히 농촌지역에서는 버스 노선의 경제성이 낮아 정기 운행이 제한되는 경우가 많아 교통 사각지대 문제가 심화되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 파주시는 DRT를 도입했으며, 현재 경기도에서 두 번째로 높은 이용실적을 기록하고 있다. 그러나 높은 이용 수요에도 불구하고, 파주시를 대상으로 한 DRT 서비스의 적합성 및 효율성을 종합적으로 분석한 연구는 여전히 부족하다. 따라서 파주시 교통 취약성을 해소하고 DRT 운영의 적합성을 진단하고자 한다.

본 연구는 경기도 파주시의 대중교통카드 및 운영(BIS/BMS) 데이터를 활용하여 공간적 접근성, 시간적 접근성을 지표로 설정하여 지역별 대중교통 최소서비스 수준 충족 여부를 진단하고 DRT도입 필요 지역을 도출한다. 공간적 접근성은 버스정류장 및 철도역까지의 거리를, 시간적 접근성은 법정동 및 법정리 지역을 500mx500m 격자로 분할하고 각 격자의 인구밀도와 운행횟수를 반영하여 평가한다. 또한 시간대별 대중교통 승하차 위치, 수송실적, 노선 중복도, 노선 굴곡도 등의 지표를 활용하여 실제 운영 중인 DRT노선 데이터를 지도상에 중첩하여 DRT가 적절하게 운영되고 있는지 검토한다. 이를 통해 중복되거나 비효율적으로 운영되고 있는 지역을 파악하고, 취약지역에는 노선의 재배치 및 확대 방안을 제시함으로써 파주시 여건에 최적화된 DRT 운영방안을 제안한다. 본 연구는 파주시 교통체계의 효율성을 높이는 동시에, 향후 경기도 내 유사한 도농복합도시의 교통정책 수립에도 시사점을 제공할 수 있다.

사사: 본 연구는 고용노동부의 2025 청년일 경험 지원 프로젝트의 지원을 받아 수행됨

교통 데이터를 활용한 고속도로 돌발상황 영향 추정 기법

Highway Incident Impact Estimation with Traffic Data

전병주

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 연구원)

문학룡

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 연구위원)

변상철

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 선임연구위원)

도로는 2021년 기준 국내 물동량의 93%, 여객수송의 87%를 담당하며 국가 물류와 교통의 대부분을 책임지고 있다. 특히 고속도로는 중장거리 운송의 핵심 축으로서, 효율적인 운영과 관리가 사회·경제적 측면에서 매우 중요하다. 그러나 교통사고, 공사, 차량 고장과 같은 돌발상황은 정상적인 교통 흐름을 교란시키고, 교통 혼잡과 2차 사고 위험을 증가시킨다. 그럼에도 불구하고 대규모 교통 데이터 기반의 정량적 영향 분석은 부족한 실정이다.

본 연구는 교통 데이터를 활용하여 고속도로 돌발상황 발생 시 통행속도 및 교통량의 변화를 정량적으로 추정하고, 이를 통해 돌발상황 관리 및 교통운영 전략 수립에 기초자료를 제공하고자 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 교통 데이터를 활용하여 시간대별·구간별 특성을 추출하고, 이를 돌발상황 발생 정보와 연계하여 분석을 수행하였다.

연구 방법은 크게 세 단계로 구성된다. 첫째, 돌발상황 발생 자료 및 교통 데이터를 수집하여 발생 시각, 위치, 돌발 유형 등을 정리하였다. 둘째, 교통 데이터를 기반으로 돌발상황이 포함되지 않은 상태와 돌발상황 발생 전·중·후의 데이터를 각각 분석하였다. 셋째, 돌발상황이 포함되지 않은 상태와 포함된 상태의 데이터를 비교함으로써, 돌발상황으로 인한 교통영향을 정량적으로 추정하였다.

본 연구는 교통 데이터 기반의 정량적 영향 추정 기법을 제시함으로써, 고속도로 돌발상황 관리의 기초자료로 활용할 수 있으며, 향후 돌발상황 대응 매뉴얼 및 실시간 교통운영 정책 수립에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비 지원으로 수행되었음(RS-2023-00251144)

Real Time Big Data 대중교통정보체계: Rolling Horizon Approach 활용

Rolling Horizon Approach : Application and Optimization of Real Time Transport Card Data nformation

신성일

((주)ITS Mobility Lab 대표이사)

권장우

(인하대학교 교수)

Rolling Horizon Approach (RHA)는 실시간 갱신되는 OD자료를 기반으로 통행을 Roll 시간으로 배정하여 최적의 상황을 도출하는 시스템적 접근 방법이다. 일반적으로 RHA는 도시도로망에서 검지기를 통해서 도출되는 교통량을 대상으로 연구되어 왔으나, 최근 집중되고 있는 대중교통에 대해서는 관련된 접근 시도가 이루어지지 않고 있었다. RHA를 수행하기 위해서는 매우 짧은 단위의 시간으로 통행OD가 추출되는 검지체계와 이를 기종점으로 전환하여 통행을 배정하는 모형구조의 결합이 요구된다. 본 연구는 RHA를 수도권 대중교통카드자료를 대상으로 실시간 갱신되는 상황을 가정하여 승객에게 최적의 정보를 제공하고 운영에 요구되는 방안을 마련하는 것을 목적으로 한다.

현재 수도권 교통카드자료는 일일 단위로 배포되고 정보가 취합되는데, 이는 교통카드에서 승객에게 요금이 부과되어 최종적으로 운송기관에 수입금이 배분되는 목적으로 적용되는 최소 단위가 24시간으로 규정하고 있기 때문이다. 이러한 자료는 이미 지나간 과거의 승객이동에 대한 패턴을 포함하고 있으나 현재의 실시간 이동의 특성을 반영하는 방안으로 취급하기에는 한계가 있다. 교통에서 실시간과 동적을 구분하고 있으며 일일 단위의 자료를 동적으로 활용하는 것은 가능하나, 실시간이란 현재 발생하는 상황이 반영되는 것을 의미하며 이는 승객의 이동을 실시간으로 최적화하여 정보를 제공하기 위한 필요조건에 해당한다.

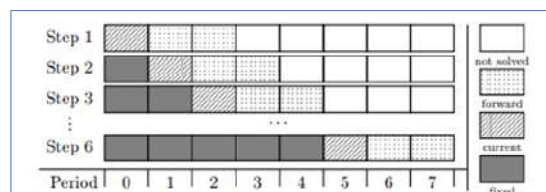
대중교통카드자료에서 RHA는 10~15분 정도의 Tag-In 및 Tag-Out 자료를 OD로 가정하여 실시간 Tag되는 OD는 Roll Period로 과거의 표준적인 교통상황을 나타내는 동적OD는 Rest Period로 정의한다. 따라서 지속적으로 Roll Period를 반복하면서 실시간 OD를 승객의 이동상황에 반영하고 이를 최적화하여 실시간 승객의 이동정보를 제공하는 방안으로 강구한다. 경로선택모형의 최적화된 추정을 위해서는 승객에게 정보를 제공하는 방안을 마련하기 위하여 도착하지 않은 승객의 OD를 대상으로, 이를 Unfinished Trip으로 간주하고 Reassignment (재배정)과정을 수행하여 최적의 정보로 환산하는 방안을 마련한다.

수도권 교통카드자료를 대상으로 시연하며, 특히 서울교통공사의 지하철 OD자료를 실시간으로 가정하여 긴급상황의 발생에 따른 우회정보제공효과를 도출한다. 또한 수도권은 버스 및 지하철이 통합대중교통으로 운영되고 있으므로 이들 Trip Chain을 효과적으로 OD화하고 정보를 제공하는 방안을 마련하며 정책적인 시사점을 도출한다.

Rolling Horizon Approach 기반 최적화

● 단기예측 및 최적화 기법 (Real Time)

- 실시간 Data를 특정 시간에 활용 (5분, 10분)
- Period : [5분, 10분]
- Current Period 시간 동안 최적화 수행 : Forecast Horizon
- Net Period 시간 동안 Data 수집 : Fixed Horizon + Forecast Horizon



자료: A Rolling Horizon Approach for Multi-Period Optimization(2022), European Journal of Operational Research

행사·돌발·기상 융합으로 고도화한 도시 교통 예측: 부산 사례 연구

Enhancing Urban Traffic Forecasting with Event, Incident, and Weather Fusion: A Busan Case Study

정희진

(한국과학기술정보연구원
선임연구원)

최강

(주식회사 시즌 AI연구센터장)

이지용

(The University of Texas at
Austin, Austin, TX, USA
석사과정)

본 연구는 부산시 교통정보 서비스센터 ‘스마트 교차로’ CCTV를 중심으로 날씨, 공휴일, 지역 행사, 돌발상황을 통합한 HPC-AI 기반 다원적 교통 예측 프레임워크를 제안한다. 데이터는 2020~2025년 부산 내 34개 교차로에서 5분 간격으로 수집되었으며, CCTV 영상은 YOLO 기반 객체 탐지와 다중 객체 추적을 통해 차종·방향별 교통량, 점유율, 대기행렬 길이, 보행자 수로 구조화하였다. 보조 데이터로 요일·공휴일, 기상(강수량), 부산시 및 백스코 행사, 돌발상황(사고·고장·공사 등)을 결합해 교차로 단위 시계열 입력을 구성하였다. 전처리에는 5분→1시간 리샘플링, 1.5 IQR 이상치 보정, 노이즈·시프트·스케일링·주기성 패턴을 포함한 증강으로 40k에서 300k 샘플로 확장하였다.

모델 비교 결과, GRU가 LSTM 대비 일관된 우수 성능을 보였고(초기 비교에서 LSTM RMSE 약 104.7), Optuna 튜닝을 거친 GRU는 RMSE 약 92.5까지 개선되었다. LSTM-GRU 혼합 모델은 RMSE 약 59.3으로 추가적인 오차 감소와 횡보 구간에서의 예측 안정성을 확인하였다. Seq2One+AutoEncoder는 RMSE 약 64.9로 정확도는 다소 낮지만 학습·추론 시간이 약 30% 단축되어 실시간 적용 가능성을 보였다. 반면 Transformer는 장기 지속 이벤트에서 불안정한 경향을 보였고, BERT/Sentence-BERT 회귀는 학습이 불안정했다.

데이터 융합 효과는 뚜렷했다. 요일·공휴일 변수를 추가하면 RMSE가 약 40 감소했고, 행사·축제 및 돌발상황 결합은 백스코 인근 등 고수요 지역에서 지역적 예측력을 높였다. 강수량 단독 반응은 오히려 성능을 저하시키는 경향을 보여 기상 다변수 확장의 필요성을 시사한다. 돌발 유형별 영향은 고장차량(평균 대기행렬 약 27m) > 사고(약 25m) > 작업(약 20m) > 공사(약 13m) 순으로 나타났다. 학습 기간을 2020~2021에서 2020~2024로 확장하면 2025년 테스트에서 RMSE가 약 30 추가 하락했으며, 데이터 증강은 예측 곡선의 안정화에 기여했다. 또한 돌발 데이터에는 다수의 이상치가 존재하고 극단적 지속시간 라벨 오류가 확인되어, 라벨 정제가 성능 상한을 좌우함을 시사한다.

종합하면, 스마트 교차로 CCTV 기반 다원적 데이터 결합과 시계열 딥러닝(특히 GRU 및 하이브리드 모델)은 대도시 교통 혼잡 예측의 정확도와 실시간 활용성을 동시에 향상시키며, 도시 교통관리와 정책 의사결정 지원에 실질적으로 기여할 수 있는 가능성을 제시한다. 향후 과제로는 기상 변수 확대, Transformer 계열의 안정화, 스트리밍 기반 실시간 운용과 경보·신호제어 연계 실증이 남아 있다.

Keywords: 스마트교차로, 시계열 딥러닝, 교통 혼잡 예측, 돌발상황 데이터, 다원 데이터 융합

사사: 이 논문은 2025년도 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 기본사업으로 수행된 연구입니다(과제번호: (KISTI) K25L1M4C4, (NTIS)2710087200).

서울시 고령인구 연령대별 생활권 변화에 관한 연구

A Study on Living Zone Changes of the Elderly in Seoul by Age Group

김서연

(서울시립대학교 교통공학과
석사과정)

변지혜

(서울시립대학교 교통공학과
조교수)

이승현

(서울시립대학교 교통공학과
부교수)

전 세계적으로 진행되는 급속한 고령화 속에서 한국은 가장 짧은 기간에 초고령사회에 진입한 대표적 사례로 주목받고 있다. 이러한 인구 구조 변화는 도시계획과 교통·복지 인프라 측면에서 새로운 도전과제를 제시하고 있으며, 이에 따라 고령인구의 이동 특성과 생활권에 관한 학술적 관심이 확대되고 있다. 그러나 도시 차원에서 고령자의 통행을 분석한 연구는 여전히 부족한 상황이다. 특히 의료 기술의 발전과 건강 수준의 향상으로 인해 같은 연령이라도 과거와 현재의 신체적·사회적 조건은 동일하지 않다는 점에서, 시간의 흐름에 따른 고령자의 생활권 변화를 살펴볼 필요가 있다.

본 연구는 2010년, 2016년 가구통행실태조사와 2021년 개인통행실태조사 자료를 활용하여 서울시 고령인구의 생활권 변화를 분석하였다. 분석에는 사회 네트워크 분석 기법 중 하나인 커뮤니티 탐지(Community Detection) 기법을 적용하였다. 전통적인 Louvain 알고리즘의 한계를 개선한 Leiden 알고리즘을 활용하여 생활권을 정의하고, 모듈러리티(Q) 지수로 군집 구조의 적합성을 검증하였다.

분석 결과, 전체 고령인구의 생활권은 2010년 6개에서 2016년 8개, 2021년 8개로 늘어나며 점차 세분화되었고, 행정 구역을 경계로 나뉘던 양상이 흐려져 한강을 경계로 구분되었던 생활권이 하나로 합쳐지는 현상이 나타났다. 연령대별로는 전기 고령인구의 경우 활발한 이동성을 유지하며 전체 고령인구와 유사한 구조를 보인 반면, 후기 고령인구는 보다 세분화된 생활권을 나타냈고, 단일 노드로 구성된 고립형 생활권도 다수 확인되었다. 이는 후기 고령일수록 이동 범위가 제한되고 활동이 국지화된다는 점을 반영한다.

본 연구는 급격한 고령화 과정에서 고령인구의 생활권이 행정경계를 넘어 점차 분절화되고 이질적으로 변화하고 있음을 실증적으로 규명하였다. 특히 연령대별 차이를 고려할 때, 전기·후기 고령인구를 구분한 맞춤형 교통·복지 서비스 제공이 필요하며, 후기 고령층을 대상으로는 마을버스, 복지 차량, 방문 서비스 등 지역밀착형 이동 지원이 요구된다. 본 연구의 성과는 향후 고령인구를 고려한 도시·교통 정책 마련의 근거가 될 수 있으며, 이를 바탕으로 고령인구의 생활 만족도 향상과 장기적인 도시 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2023R1A2C2008054).

교통카드 데이터 활용 GTX-A(운정중앙~서울) 개통에 따른 이용자 통행 분석

User Traffuc Anlysis Based on Transport card data : The case of GTX-A Opening.

김지영

(한국교통안전공단 연구원)

탁지훈

(한국교통안전공단 선임연구원)

김민석

(한국교통안전공단 책임연구원)

GTX-A 노선은 수도권 지역 거래, 주거 계약, 정치·사회적 활동 전반에 큰 파급효과를 가져올 것으로 기대된다. 특히 파주·동탄 등 수도권 주요 지역에서 서울 도심까지의 이동 시간이 획기적으로 단축되어 교통 편의성이 크게 향상될 것으로 기대된다. 본 연구는 GTX-A 개통에 따른 통행 특성 변화를 분석하기 위해 교통카드 데이터를 활용하여 개통 전·후 2주간의 통행 패턴을 비교하였다.

분석 결과, 개통 이후 승차 기준 일평균 통행량은 약 4만 통행으로 나타났으며, 이 중 서울역이 전체의 41%를 차지하였다. 평일과 휴일 통행 비율은 약 3:1 수준으로 확인되었으며, 출퇴근 수요가 집중되는 첨두 시간대에 통행이 가장 높게 나타났다. 또한 경기권에서는 오전 승차 통행이 두드러졌다. 단순 승하차 비교를 넘어 최초 출발지와 최종 목적지를 고려한 O/D 분석 결과, 약 60%가 환승 통행으로 나타났으며, 특히 접근성이 우수한 대곡역의 환승 비율이 높게 나타났다. 통행시간은 기존 대비 최대 20분까지 단축되어 이용자 편익이 크게 개선되었다.

이러한 결과는 GTX-A가 수도권 통행 구조 전반에 변화를 가져오고 있으며, 향후 전 구간 개통 시 GTX 중심의 광역 통행망이 형성될 것임을 시사한다. 본 연구는 신 교통수단 도입 효과를 정량적으로 검증함으로써 향후 교통계획 수립과 정책 결정에 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

다중 속성 효용 함수를 활용한 개인화 경로 추천 알고리즘

A Multi-Attribute Utility Function Based Personalized Route Recommendation Algorithm

최재혁

(한남대학교 빅데이터응용학과
학사과정)

박준태

(충남대학교 컴퓨터융합학부
학사과정)

심지섭

(한남대학교 빅데이터응용학과
조교수)

기존의 경로 추천 알고리즘은 이동 거리나 소요 시간만을 효용(Utility)으로 설정하는 경향이 있어, 통행을 단순한 이동 행위로 해석하는 한계가 존재한다. 한편, 여가 목적의 통행 등 목적에 따라 경로 선택에 영향을 미치는 요소는 다양해질 수 있으며, 이에 본 연구에서는 경로상의 심미성, 안전성, 경제성 등 다양한 요소를 반영한 다차원적 효용 함수를 정의하고 이를 기반으로 개인화 경로 추천 알고리즘을 제안한다. 최근 다양한 형태의 위치·이동 로그 데이터, 체류시간 정보, 교통 데이터의 수집이 가능해지면서 이러한 효용 함수를 정교하게 구축하고 학습 데이터를 확보하는 데 유리한 환경이 마련되었으며, 본 연구에서는 제주도 지역에서 수집된 데이터를 활용하였다. 제안하는 알고리즘은 사용자 관심도를 각 지점의 체류시간을 평균 체류시간으로 정규화하여 측정하고, 동적 프로그래밍 기반 최적화 기법을 적용하여 시간 제약 조건 하에서 최적 경로를 탐색한다. 또한 개별 사용자의 경로 선택 이력을 활용하여, 다변수 효용 함수의 모수를 추정함으로써 개인화 성능을 강화한다. 실험 결과, 제안 알고리즘은 관심도만 고려한 모델이나 거리만 고려한 모델에 비해 정확도와 재현율에서 일부 우수한 성능을 보이는 것으로 나타났다.

수도권 통합대중교통 요금체계 시뮬레이터: 사용자 요금 감면액 추정

Transport Card Based Simulator for Seoul Metropolitan Integrated Public Transit Fare System:
Estimation of Passengers' Fare Discount Amount

신성일

((주)ITS Mobility Lab 대표이사)

고규희

(명지대학교 연구원)

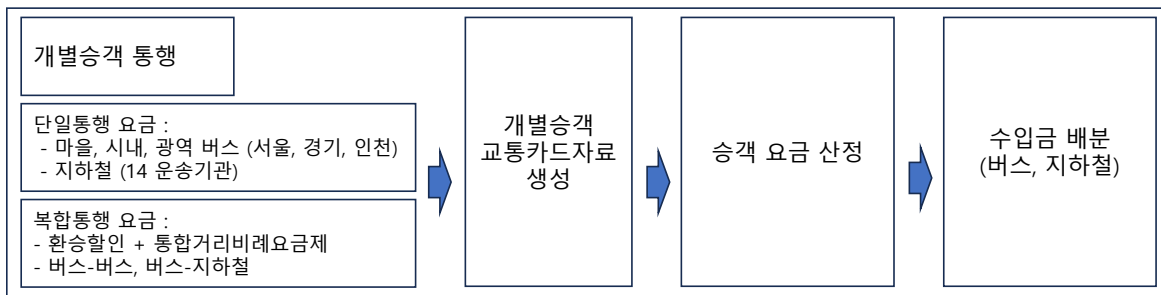
박호철

(명지대학교 교수)

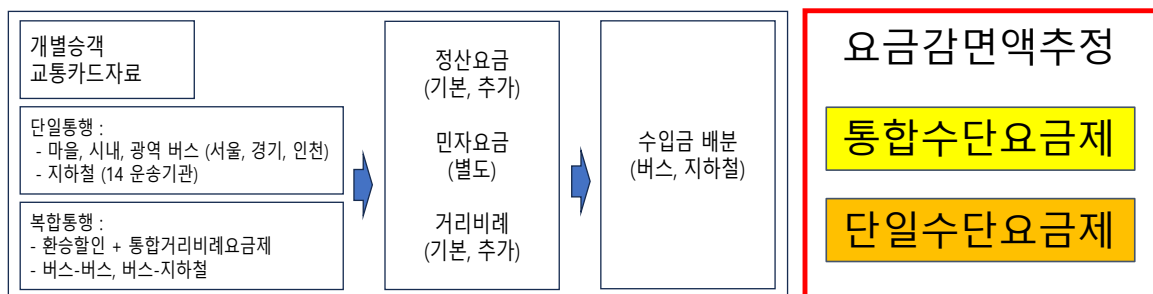
수도권 통합대중교통 요금체계는 서울, 경기, 인천에서 운영되는 마을버스, 시내버스, 광역버스와 14개 수도권 지하철 운송기관이 참여하여 운영되고 있다. 통합요금제는 개별 수단을 이용하는 요금과 5회 수단 이용에 따른 환승할인과 통합거리비례요금제가 병행되어 부과되는 구조이다. 승객에게 부과되는 요금은 운송기관의 수입금으로 배정되며 교통카드에서 생성되는 이러한 개별 승객의 요금과 관련된 자료 및 운송기관의 수입금 배분률에 의해서 산정된다.

현재 수도권 통합정산을 담당하고 있는 ㈜티머니는 승객에게 부과되는 요금을 교통카드 자료로 기록하여 생성하고 있다. 또한 ㈜티머니는 버스와 지하철의 개별운송기관에 수입금으로 배정하는 역할인 통합정산사를 담당하고 있다.

한편 ㈜티머니에서 생성되는 자료는 승객의 요금이 배분된 후의 사후정산자료로서 사전에 발생하는 다양한 요금정책의 수행에 대한 시뮬레이션을 수행하는 기능은 없다. 본 연구는 티머니에서 발생하는 개별승객의 자료에 요금부과 및 수입금 배분의 기능을 수행하는 시뮬레이터를 제안한다.



이 연구에서는 ㈜티머니가 수행하고 있는 통합 정산사의 기능을 교통카드 자료를 통해서 역으로 구축하는 시뮬레이터 기능을 소개한다. 시뮬레이터는 교통카드 자료에서 나타나는 승객의 특성을 현재의 요금과 연계하여 승객에게 부과되는 요금을 산정하고 수입금으로 배분하는 과정을 수행한다. 따라서 운송기관 및 수단이 채택하고 있는 정산 요금, 민자 지하철 기관의 별도 요금과 거리 비례에 적용되는 기본 요금 및 추가 요금과 거리에 따라 수입금의 변화를 추정하는 것이 가능하다. 본 연구는 시뮬레이터가 현재의 통합요금체계에서, 만약 단일요금체계를 수행하는 과정에서 나타나는 승객의 요금감면액을 추정하는 방안을 시연하는 과정을 구현한다.



사사: 본 연구는 '2023년도 수도권 전철 연락운임 정산 및 일단위 정산체계 도입방안 연구용역'의 지원으로 수행되었음

자율주행 환경의 엣지 시나리오 대응을 위한 V2I통신 제어 효과 분석

An Effectiveness Analysis of V2I Communication Control for
Responding to Edge Scenarios in an Autonomous Driving Environment

김준석

(한국과학기술원
조천식모빌리티대학원
박사과정)

김종호

(한국과학기술원
조천식모빌리티대학원
박사과정)

장기태

(한국과학기술원
조천식모빌리티대학원
교수)

본 연구는 자율주행차가 단독으로 대응하기 어려운 엣지 시나리오(Edge Scenarios) 상황에서, 교통안전시설 인프라가 선제적으로 개입하여 교통류를 제어하는 전략의 효과를 분석하는 것을 목표로 한다. 개별 차량의 센서만으로는 인지하기 어려운 도로 너머의 위험 상황을 중앙 인프라가 V2I(Vehicle-to-Infrastructure) 통신으로 공유하고 제어함으로써, 교통 시스템 전체의 안전성과 효율성을 증진시키는 방안을 평가하고자 하였다. 이를 위해 실제 도시부 도로 환경을 기반으로 시뮬레이션 네트워크를 구축하였고, 긴급차량 접근, 전방 도로 정체, 도로 일부 및 전체 차선 차단 등 대표적인 엣지 시나리오를 설정하였다. 이러한 상황 하에서 교통안전시설 인프라가 주변 차량에 직접 '감속', '차선 변경', '우회' 등의 제어 명령을 전달하여 교통 흐름을 능동적으로 관리하는 효과를 정량적으로 분석한다. 분석 지표로는 안전성 측면에서 충돌 위험도를 나타내는 TTC(Time-to-Collision)를, 효율성 측면에서는 공간평균속도(SMS) 및 교통량을 활용하였다. 본 연구는 미래 지능형 교통 시스템(ITS)에서 교통안전시설 인프라의 필수적인 역할과 효용성을 검증하고, 효과적인 인프라 주도 제어 전략 수립을 위한 기초 자료를 제공할 것으로 기대한다.

사사: 본 논문은 2025년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.092021C26 S01000, Lv.4 대응 교통안전 인프라 표준 및 평가기술 개발).

장거리 통신 기반 모빌리티 원격 제어 시스템 개발

Development of a long-range communications-based remote control system for mobility

오승민 (KAIST 조천식모빌리티대학원 박사과정)	천경훈 (KAIST 기계기술연구소 연수연구원)	오태호 (KAIST 기계기술연구소 연수연구원)	장기태 (KAIST 조천식모빌리티대학원 교수)
--------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	------------------------------------

자율주행 기술은 교통 흐름의 효율성과 안정성을 높이는 미래 모빌리티 핵심 기술로 주목 받고 있다. 현재 전 세계적으로 레벨 4 이상의 고도화된 자율주행 기술 개발이 활발히 진행되고 있으나, 규제와 인프라 개선의 지연, 기술적 제약, 그리고 실증 연구의 한계로 인해 수년 내 완전 자율주행 자동차의 상용화를 기대하기는 어렵다. 이러한 과도기적 상황에서 현실적인 대안으로 모빌리티 원격 제어 기술이 부상하고 있다. 원격 제어 기술은 차량에 직접 탑승하지 않은 운전자가 무선 통신망을 통해 원격으로 차량을 제어하는 기술로, 모빌리티 서비스를 보다 안정적이고 효율적으로 제공할 수 있게 한다. 특히, 렌터카 배달, 화물 수송, 무인 셔틀, 발렛 파킹 등 다양한 분야에 적용 가능하며 차량 운영 효율성을 제고하고 운영 비용을 절감하는 데 기여할 수 있다.

본 연구는 장거리 통신 기반 모빌리티 원격 제어 시스템을 개발하고, 현장 실험을 통해 그 성능을 검증하였다. 개발된 모빌리티 원격 제어 시스템은 크게 차량과 관제 센터 사이의 통신 기술과 차량 내 제어 기술로 구분된다. 차량은 원격 운전자에게 실시간 영상을 송신해야 하고(uplink), 원격 시뮬레이터(조작부)는 차량에 가속도, 조향, 기어 변속 등의 제어 명령을 오류 없이 전달해야 한다(downlink). 이 과정에서 저지연, 대용량 통신이 확보되어야 하며, 장거리 통신을 위해 고도화된 네트워크 기술이 도입된다.

본 연구에서는 영상 송출과 제어 명령 통신을 각각 링크별로 개발한 뒤 통합하여 하나의 원격 제어 시스템으로 구현하였다. 차량에는 4대의 카메라(전방, 후방, 좌, 우)를 장착하여 촬영한 영상을 RTSP (Real-Time Streaming Protocol) 기반 스트리밍 어플리케이션을 통해 원격 시뮬레이터 모니터에 실시간 송출하였다. 또한, 차량과 시뮬레이터 간 WebSocket 기반 통신 프로토콜을 설계하고 실제 차량의 가감속과 시뮬레이터의 엑셀레이터 및 브레이크 페달 조작을 교정하여 보다 현실적인 주행 환경을 구현하였다.

개발된 모빌리티 원격 제어 시스템은 카이스트 문지캠퍼스에서 프로토타입 테스트를 수행하여 검증되었다. 실험 결과, 영상 송출과 제어 명령 통신이 모두 안정적으로 동작했으며, 중단 간 지연은 100ms 이하로 원격 제어 통신의 요구 조건에 충족하였다. 이후 제주와 대전을 잇는 장거리 통신 기반 모빌리티 원격 제어 시스템 현장 실험을 수행하였다. 본 시스템은 국가과학기술연구망(KREONET)을 기반으로 통신망을 구성하였으며, 대전의 원격 운전자가 제주도의 차량을 실제 경로에 따라 주행하고 최종 목적지에 주차하는 시연을 성공적으로 수행하였다. 실험은 우천 시에 진행되었음에도 불구하고 영상 송출 지연은 약 77ms 수준으로 나타나, 개발된 모빌리티 원격 제어 시스템이 장거리 환경에서도 안정적으로 작동함을 확인하였다.

사사: 본 연구는 2024년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. RS-2024-00462359)

기장군 주차장의 DRT 유희 차량 대기거점 활용 가능성 분석

Feasibility Analysis of Using Parking Facilities as Idle-Vehicle Staging Hubs for Demand-Responsive Transport (DRT) in Gijang-gun

김재동

(국립부경대학교

공간정보시스템공학전공 학석사 연계 과정)

배상훈

(국립부경대학교

공간정보시스템공학전공 교수)

1. 연구 배경 및 목적

수요응답형 교통(DRT, Demand Responsive Transport)은 정해진 노선이 아니라 승객이 호출하면 차량이 와서 태워주는 방식의 교통 서비스로, 최근 심화되고 있는 수도권과 비수도권 간의 교통 불균형, 벽지노선의 적자 문제 해결 방안으로 대두되고 있다. DRT 효율성 측면에서 "호출이 없을 때 어디서 대기해야 하는가?"는 중요한 문제이다. 적절한 대기 지점을 찾지 못하면 승객은 오래 기다려야 하고 차량은 불필요하게 빈 차(공차)로 이동하게 된다.

현재 기장군에는 24개의 무료 주차장, 19개의 유료 주차장이 있으며, 이 주차장들을 DRT 차량의 대기 지점으로 활용할 수 있는지를 공간분석을 통해 알아보려고 한다.

2. 연구 방법론

본 연구에서는 크게 4가지 순서로 진행되었다. 세부 내용은 다음과 같다.

1) 데이터 수집

연구 지역으로 기장군을 선정하였으며, 기장군 내 주차장 위치, 버스 정류장 위치, 기장군 DRT "타바라" 이용량을 수집한다.

2) 후보 거점 설정

각 주차장을 "차량 대기 후보지"로 지정한다.

3) 공간 분석

- 버퍼 분석: 주차장에서 3분, 5분, 7분 안에 접근 가능한 정류장 수요 계산
- 최대 커버리지(MCLP):제한된 개수의 거점으 선택해 수요를 최대한 커버, 이 대기거점에서 출발하면 승객의 몇%를 해당 시간 안에 태울 수 있는가를 분석
- 평균 접근 시간: 승객이 기다리는 곳까지 차량이 도착하는 데 걸리는 평균 시간 산출
- 공차 거리 추정: 호출이 발생하면 차량이 빈 차로 이동하는 거리 산출

4) 시나리오 구성

S1: 무료 주차장만 활용하는 경우, S2: 무료+유료 주차장 혼합하는 경우로 나누어 분석을 수행함.

3. 예상 결과 및 시사점

기장군내 무료 주차장만 추가적으로 사용해도 일정 수준의 커버리지는 확보가능할 것으로 보인다. 그러나 무료+유료 주차장 모두를 사용하는 경우에 비해 승객 대기시간이 길어지고 특정 거점에 집중되는 문제가 발생할 가능성이 있으며, 혼합 사용시에는 평균 접근시간과 공차 이동거리는 줄어들지만 DRT 운영 비용 증가 문제가 발생할 것으로 보여 분산 배치 전략이 필요해 보인다. 본 연구는 DRT의 효율성 증대를 위한 주차장 활용 가능성을 분석하는 기초적 연구이며, 향후 기술적 분석과 융합 시 실질적인 DRT 서비스 품질 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

DSRC 검지기를 이용한 구간 차량 이동경로 및 시간 추적을 통한 TTI 산출 방법 연구

Study on Estimating TTI through Vehicle Path and Travel Time Tracking with DSRC Detectors

안휘근

(한국도로교통공단 연구원)

이민형

(한국도로교통공단 책임연구원)

허운

(한국도로교통공단 연구원)

교통정보를 수집하기 위해서 흔히 영상검지기, VDS, 루프 등을 이용하여 점유율, 통행량 등의 교통정보를 수집하고 있으나, 설치 및 유지보수로 비용 부담이 크고 구간 정보 생성이 어려우며, 내비게이션을 통한 정보 수집은 보다 정확한 교통정보를 수집 할 수 있지만 개인정보 등의 문제로 공공 목적으로 수집하기에는 어려움이 있다. 이에 하이패스(DSRC)를 이용하여 교통정보를 수집하고자 한다.

현재 하이패스 보급률에 대한 정확한 통계자료는 없으나 수도권 외곽을 순환하는 서울고속도로 하이패스 운용 현황에 따르면 2024년 전체 교통량 중 하이패스 이용률은 91.2%로 높은 수치를 보여준다.

본 연구에서는 DSRC(Dedicated Short Range Communications)를 이용하여 특정구간에 DSRC 검지기를 설치하여 단말 고유 ID, 통과시간을 활용하여 차량의 이동경로, 이동시간, 이동속도를 수집하고자 하였다. 테스트 구간에 DSRC 검지기와 VDS 검지기를 설치하여 수집한 결과 고속도로와는 다르게 도시부에서는 주변 환경으로 인한 DSRC와 검지기 간 발생하는 통신장애와, 하이패스 미장착 차량으로 인해 VDS 검지율 대비 DSRC 검지율은 약 50%~60% 정도로 확인되었다.

그럼에도 불구하고 차량 단말 고유 ID를 활용한 차량의 이동경로, DSRC 검지기 통과시간 수집을 통한 경로 추적과 통행시간 산출이 비교적 정확하게 가능한 점은 DSRC를 이용한 교통 정보 수집에 대한 필요성을 보여준다.

이에 본 연구에서는 DSRC를 이용한 교통정보 수집을 통해 교통혼잡 지표 중 하나인 TTI(Travel Time Index) 산출을 수행하였다. TTI 분석을 통해 특정 경로에 대해 혼잡 구간 및 시간대를 산출 할 수 있으며, 향후 해당 구간에 대한 교통환경 개선 등에 사용 할 수 있는 기초자료로 활용 할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 2025년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.092021C29S01000, 네트워크 제어를 위한 교통정체 및 혼잡 운영관리 기술 개발)

딥러닝 시계열 모델을 이용한 미수집 교차로 교통량 추정

Estimation of Unobserved Intersection Traffic Volumes Using Deep Learning Time-Series Models

김동욱	최문영	김성훈	이동훈
(한국교통연구원 모빌리티전환연구본부 연구원)	(한국교통연구원 모빌리티전환연구본부 연구원)	(한국교통연구원 모빌리티전환연구본부 부연구위원)	(세종대학교 인공지능학과 조교수)

도시 교통 관리 및 신호제어 최적화를 위해 교차로 내 교통량 데이터 수집은 핵심적인 요소이다. 최근 스마트 교차로, 영상 감지기, 교통 센서 등 다양한 인프라 도입에 따라 데이터 수집 품질은 점차 향상되고 있으나, 모든 교차로에 센서를 설치하기에는 재정적인 한계가 존재한다. 이로 인해 전체 네트워크 차원에서 정밀한 통행량 분포를 파악하기 힘들며 신호 운영 효율성 저하와 정책 효율성 분석이 정밀하게 진행하기 어렵다.

이에 본 연구는 미수집 교차로 구간의 교통량을 추정하여 데이터 불완전성을 보완하고, 궁극적으로 교통 데이터 품질 향상의 목적으로 효율적인 교통 운영과 정책 의사결정을 지원하는 것을 목적으로 한다. 최근 AI 기술의 발전으로 교통 분야에서도 다양한 예측 모델이 활용되고 있으며, 특히 시계열 데이터를 처리하는 딥러닝 기반의 시계열 모델은 시간적·공간적 교통 패턴을 학습하는 데 강점을 가진다. 본 연구에서는 딥러닝 기반 시계열 모델인 LSTM과 LSTM Encoder-Decoder 모델을 활용하여 미수집 구간의 교통량을 추정하고자 한다.

데이터 미수집 구간 교통량 추정을 위해 교통 시뮬레이션인 Aimsun 프로그램으로 도로 네트워크를 구축하여 추정 방법론을 개발하고자 한다. 분석을 위해 시뮬레이션 환경을 네트워크 4x4 Toy Network, 차로 수는 3차로(좌회전, 직진, 직진/우회전), 링크 길이는 500m, 신호 주기는 150초(좌회전 신호 30초, 직진 신호 45초), 교통량은 원활→정체→원활로 패턴이 나타나게 설정하였으며, 6시간 시뮬레이션을 돌려 데이터를 추출하였다.

연구에서는 시뮬레이션 환경을 통해 구축된 5분 단위 교통량 데이터를 기반으로, LSTM(Long Short-Term Memory) 및 LSTM Encoder-Decoder 모델을 활용하였다. 종속변수는 미수집 구간의 직진·좌회전·우회전 교통량이며, 독립변수는 인접 교차로의 유입·유출 교통량, 녹색신호 시간, 차로 수 등으로 설정하였다. 단, 모든 시뮬레이션 환경이 동일한 차로 수 및 신호 시간을 가지므로 해당 변수는 분석에서 제외하였다.

시뮬레이션은 총 10회 수행되었으며, 1~9회 데이터를 학습용(Train Set), 10회 데이터를 검증용(Test Set)으로 활용하였다. 모델 성능 검증을 위해 RMSE, MAE, MAPE 등의 지표를 기반으로 하이퍼파라미터를 조정하였으며, 최종적으로 Time Sequence=1, Unit=50, Epoch=40, Batch Size=128 설정값이 선정되었다.

예측 결과, 전체적인 교통량 추세는 실제 값과 유사하게 나타났으며, 특히 혼잡이 발생하는 시간대($t=25\sim40$)에서 비교적 큰 오차가 발생하였다. 이는 정체로 인해 발생하는 비선형적 교통현상 등이 모델에 완전히 반영되지 못한 결과로 해석된다. 성능 검증 결과, 방향별 MAE는 평균 9 이하로 나타나 실현 가능한 수준의 추정 정확도를 확보한 것으로 판단된다.

LSTM Encoder-Decoder 모델 또한 동일한 데이터셋을 활용하여 구축되었으며, Input Time Sequence는 6, Output Time Sequence는 1로 설정되었다. 성능 평가 결과는 LSTM과 유사한 수준이었으며, 방향별 MAE가 평균 10 이하로 나타나 추정 모형의 현실 적용 가능성을 확인할 수 있었다.

앞선 딥러닝 기반 시계열 예측 모델인 LSTM과 LSTM Encoder-Decoder 모델을 활용하여 미수집 구간의 교통량을 추정한 결과 교통량이 적은 구간에서는 성능이 우수하나 정체 시 예측력이 떨어진다. 해당 모형의과대오차가 발생하는 이유로는 시간적인 요소만 반영하고 공간적인 요소(차로 거리, 유효녹색시간 등) 반영이 부족하여 예측력이 떨어지는 것으로 판단된다. 향후 해당 공간적 정보들을 활용하여 과대오차 개선이 필요하며, 시·공간적 AI 융합 모델을 활용하여 데이터의 정확성을 높일 필요가 있다.

사사: This work was supported by Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government(MSIT) (No.RS-2024-00459703, Development of next-generation AI integrated mobility simulation and prediction/application technologies for metropolitan cities)

DSRC 기반 도시부 소통정보의 신뢰도 평가: 현장실증 데이터와의 비교 분석을 중심으로

Reliability Assessment of DSRC-based Urban Traffic Information:
A Comparative Analysis with Field Test Data

김민지
(명지대학교 석사과정)

신희준
(명지대학교 석사과정)

홍영석
(명지대학교 연구교수)

실시간 신호 제어를 위한 정확한 소통정보의 중요성이 증대됨에 따라, 기존 영상검지기(CCTV)나 루프 검지기의 한계를 보완할 수 있는 DSRC 데이터의 활용 가능성이 주목받고 있다. DSRC는 하이패스 단말기를 통해 광범위한 구간 정보를 수집할 수 있다는 장점이 있지만, 실제 도시부 도로 환경에서의 데이터 수집 특성과 신뢰도에 대한 실증적인 검증은 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 실제 테스트베드에서 수집된 DSRC 데이터를 바탕으로, 데이터의 수집 현황부터 가공 후 패턴, 그리고 실제 현장 데이터와의 비교를 통해 도시부 신호 운영을 위한 소통정보로서의 신뢰도를 종합적으로 평가하고자 한다.

본 연구는 시흥시 테스트베드에서 수집된 DSRC, CCTV, 그리고 현장 번호판 조사 데이터를 활용하였다. 분석은 총 4단계로 구성된다. 첫째, CCTV 데이터를 참값으로 설정하여 DSRC 노드별 검지율 등 원시 데이터의 수집 현황을 분석하였다. 둘째, 이상치 제거 및 시공간적 데이터 통합을 포함하는 1차 정보 가공 프로세스를 정의하였다. 셋째, 가공된 DSRC 데이터의 요일별/시간대별 교통 패턴을 CCTV 데이터와 비교하여 거시적 유사성을 확인하였다. 마지막으로, 특정 구간에서 수행된 번호판 매칭 데이터를 통해 DSRC 소통정보의 정량적 정확도를 평가하였다.

분석 결과, DSRC 노드별 검지율은 링크의 물리적 특성에 따라 편차가 크게 나타났으며, 이는 데이터의 불안정성을 야기하는 주요 원인으로 분석되었다. 그러나 이상치 제거 등 1차 가공을 거친 DSRC 데이터의 통행량 패턴은 CCTV 데이터와 매우 유사한 첨두(Peak) 시간 패턴을 보여, 거시적인 교통 흐름을 반영하는 데에는 높은 잠재력을 보였다. 번호판 조사 데이터와의 직접 비교 결과, 1차 가공된 DSRC 평균 통행시간은 약 22.3%의 오차를 보였다. 이러한 오차는 DSRC의 링크 기반 수집 특성상 발생하는 미세한 오점지와, 분석 구간의 짧은 링크 길이로 인해 작은 시간 차이가 증폭되는 현상에 기인하는 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 DSRC 데이터는 거시적인 교통 패턴을 파악하는 데는 유효하나, 원시 데이터의 통계적 불안정성으로 인해 신뢰도 높은 소통정보로 직접 활용하기에는 한계가 있음을 실증적으로 확인하였다. 현재 1차 가공 정보는 약 80% 수준의 정확도를 확보한 것으로 평가되며, 향후 링크 특성을 고려한 동적 파라미터 조정 및 2차 가공 등 데이터 튜닝을 통해 DSRC 소통정보의 정확도를 고도화할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2025년도 정부(경찰청)의 재원으로 과학치안진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(No.PT000178, 네트워크 제어를 위한 교통정제 및 혼잡 운영관리 기술 개발).

ITS 분야 KS 중·장기개발 로드맵 연구

A Study on the Development Roadmap for Korean Industrial Standards(KS) in the ITS Sector

주정은
(ITS Korea 선임연구원)

양윤호
(ITS Korea 책임연구원)

1. 개요

ITS 관련 기술 발전에 따라 C-ITS, 자율협력주행 등 ITS 분야에 신규 서비스 도입이 확대되고, 서비스 간 융·복합이 지속적으로 추진됨에 따라 국내·외적으로 서비스 제공의 호환성 확보를 위한 표준의 중요성이 증대되고 있다. 국내에서도 이와 관련된 다양한 표준화가 추진되고 있는데, 특히 국가기술표준원에서 고시하는 ITS 분야 KS는 주로 국제표준화기구(ISO)의 ITS 분야 담당 기술위원회인 TC 204에서 제정된 주요 국제표준을 수용하여 제정(부합화 제정)하고 있다. 이에, 본 논문은 국제 규격과 국내 규격과의 조화를 위해 추진되고 있는 ITS 분야 KS 부합화 추진 방향과 최근 제정된 주요 표준을 소개함으로써 ITS 산업계가 이를 적절히 활용할 수 있도록 지원하는데 그 목적이 있다.

2. ITS 분야 KS 중·장기개발계획 수립

최근 교통 분야에서는 자율주행, 차세대 고속열차와 같은 미래 모빌리티의 조기 상용화를 통해 교통서비스의 혁신을 달성하고, 인공지능 기반의 교통관리 체계를 고도화하려는 노력이 활발히 추진되고 있다. 현 정부는 123대 국정과제 달성을 위한 과업 중 하나로 “미래 모빌리티와 K-AI 시티 실현”을 제시하여, 교통 인프라와 첨단기술의 융합을 통한 국가 경쟁력 강화에 집중하고 있다. 국토교통부는 「ITS 기본계획 2030」, 「자동차·도로교통분야 ITS 기본계획 2030」을 통해 자율주행 차량과 도로 인프라 간 통신 기반의 정확도 및 실시간성을 확보한 미래 ITS 추진과제를 제시하였다.

또한, 인공지능, 자율주행, 빅데이터 등 첨단기술의 발전은 교통환경 전반의 혁신적인 변화를 유도할 것으로 기대된다. 도로는 이제 단순한 이동 공간을 넘어 다양한 모빌리티 서비스를 제공하는 복합적 공간으로 변화하고 있는 것이다. 도시 교통문제 해결을 위해 모빌리티 통합이 확대되는 한편, 차량 스스로 돌발상황에 대응할 수 있는 V2X 기반 자율협력주행 기술에 대한 투자가 확대되고 있다. 이는 도로교통 시스템의 구성요소 간 초연결성(Hyper Connection)을 확보하여 교통체계의 안전성·효율성·편의성을 극대화하는 데 기여할 수 있을 것으로 보인다.

국제표준을 KS 부합화 제정하는 경우, 이와 같은 ITS 기술환경 변화, 산업 동향, 전략적 중요도, 국내 표준화 환경 등을 고려하여 중점 항목을 도출하고, 이와 같은 우선순위 기반의 핵심 국제표준을 우선적으로 국내 수용할 필요가 있다. 자율주행·자율협력주행 분야를 최우선으로, 국내 주도 국제표준, 모빌리티, 데이터 기반 표준 순으로 단계적 부합화를 추진하는 계획을 수립하였다. 특히 대중교통, 교통관리, 차량·도로 경고 및 제어, 노매딕 장치 분야에서 한국의 국제표준화 활동이 활발하므로, 한국 주도 국제표준 추진현황을 지속 모니터링하고 시의적절하게 국내 수용할 필요가 있다.

3. 신규 부합화 제정 완료 KS 현황 (‘24.10. ~ ‘25.9.)

위와 같은 우선순위에 따라 지난 1년간 아키텍처, 데이터베이스, 주행 자동화, 모빌리티 통합 등 다양한 분야의 ISO/TC 204 국제표준을 부합화 제정한 KS가 개발 완료되었다. 저속 자율주행 시스템 서비스, 교차로 내 차량 간 충돌 경고 시스템, 자율주행 버스 관련 KS를 제정하여 자율주행 기술이 접목된 세부 ITS 서비스 구현 시 이해관계자들이 관련 표준을 참조할 수 있도록 지원하였다. 특히, 자율주행 버스 KS는 한국 전문가 주도로 개발된 국제표준을 국내 수용한 표준이라는 점에서 더욱 주목할 만하다. 또한, 모빌리티 통합 지원을 위한 도시 ITS 서비스 애플리케이션 표준이 개발되고, 데이터 기반 ITS 서비스의 핵심인 지리 데이터베이스, 데이터 파일, 동적 공간 데이터 저장소 표준 등이 개발 완료되었다. 이와 같이 4개의 우선순위를 고려한 KS 부합화 개발이 이루어지고 있어, KS로의 수용 시급성 및 활용성을 고려한 표준화 활동이 이루어지고 있는 것으로 나타났다.

4. 맺음말

최근 ITS의 범위가 스마트시티, 모빌리티, 빅데이터 등 다양한 융·복합 서비스로 확장되고 있으며, 탄소중립, 디지털화 등 ITS 분야 국제적 공통목표 달성을 지원하기 위한 분야 간 융합에 따라 신기술이 접목된 ITS 서비스 관련 표준 활동이 이루어지는 만큼, 시의적절한 국내 KS 수용이 필요하다. 이처럼 국내 산업계가 세계적인 기술 변화를 이해하고 참조함은 물론 국내 ITS 시스템의 국제조화 달성을 지원할 수 있도록 지속적인 모니터링과 표준의 보급이 필요할 것으로 판단된다.

사사: 본 논문은 국가기술표준원 ‘2025년도 표준개발협력기관 지원사업’ 수행의 일환으로 작성되었음

도로교통 공공 서비스·인프라의 암호화 사이버위협에 대한 네트워크 행위기반 보안관제 기술 개발

Development of security monitoring technology based network behavior
against encrypted cyber threats in ITS/C-ITS environment

신영섭	황정운	차태영	김상현	김경환	조용성
(ITS Korea 선임연구원)	(ITS Korea 선임연구원)	(ITS Korea 책임연구원)	(ITS Korea 적합성평가실장)	(ITS Korea 표준인증본부장)	(ITS Korea 상임이사)

최근 통신 기술의 고도화와 관련 인프라의 확산은 사회 전반에 걸쳐 네트워크 기반 서비스의 확대를 이끌고 있으며, 이는 지능형교통시스템(Intelligent Transport Systems, ITS) 및 차세대 지능형교통시스템(Cooperative-ITS, C-ITS) 분야에서도 예외가 아니다. ITS는 다수의 장비와 시스템을 연계하여 서비스를 제공하는 구조를 가지며, 이로 인해 네트워크를 통한 장비 간 연결성이 크게 증가하고 개방성 또한 확대되고 있다. 그러나 외부 시스템과의 연계성이 높아질수록 잠재적인 보안 위협이 증대되며, 이에 따라 암호화 기술의 필요성이 점차 부각되고 있는 실정이다. 특히 ITS 분야는 국민의 일상적 생활과 교통 안전에 밀접한 영향을 미치는 만큼, 시스템 보안 확보는 필수적 요소로서 그 중요성이 매우 크다고 할 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 ITS 시스템별 보안 요구사항을 규격화 하고 도로교통 공공 서비스·인프라의 암호화 사이버위협에 대한 네트워크 행위기반 보안 기술 가이드라인을 개발하고자 한다.

본 연구에서는 ITS와 C-ITS 시스템을 대상으로 각 서비스의 구성 요소와 보안 요구사항을 체계적으로 분석하였다. ITS 시스템은 대표적으로 차량검지기(Vehicle Detection System), 돌발상황검지시스템(Automatic Incident Detection System), 스마트교차로(Smart Intersection System) 등으로 구성된다. 이러한 시스템들은 도로교통 상황을 실시간으로 모니터링하고 효율적인 교통관리 및 안전성 제고를 목표로 하며, 다수의 물리적·논리적 구성요소가 상호 연계되어 동작한다. 반면 C-ITS 시스템은 차량과 인프라 간의 통신을 기반으로 하여 위치기반 교통정보 제공, 도로 위험구간 알림, 기상 및 재난 정보 제공 등 운전자와 차량의 안전을 직접적으로 지원하는 서비스를 제공한다. 특히 C-ITS는 외부 네트워크와의 상호연계성이 높아, 다양한 메시지 교환과 정보 융합 과정에서 보안 위협에 노출될 가능성이 크다.

이에 따라 본 연구는 ITS 및 C-ITS 서비스들의 구성 요소, 메시지, 정보 연계 구간, 보안 요구사항에 관한 기초자료를 조사·분석하였다. 이를 기반으로 각 시스템별 보안 취약 사항을 정의하고, 보호 대상의 특성에 맞는 보안 요구사항 규격을 도출하기 위한 기초 프레임워크를 마련하였다. 아울러, 도로교통 공공 서비스 및 인프라의 사이버 보안과 관련된 국내외 기술 표준을 조사·분석하여, 본 연구에서 도출하고자 하는 보안 요구사항이 기존 표준과의 적합성을 갖추고 있는지를 검증하고자 한다. 또한, 보안기술 관련 법·제도의 도입 및 적용을 위한 조사와 분석을 병행함으로써, 기술적·제도적 측면을 모두 포괄하는 보안 프레임워크 구축의 기초를 마련하고자 한다.

향후 단계에서는 암호화 사이버 위협 대응 시스템의 요구사항 및 운영 요구사항에 대한 규격을 표준화하고, 이를 기반으로 보안기술의 도입 및 적용 전략을 체계적으로 수립하고자 한다. 보안기술 도입 및 적용 전략의 구체화를 위해 본 연구과제 내에서 개발 중인 비복호화 기반의 암호화 사이버 위협 탐지모델을 ITS 시스템별로 적용할 수 있는 도입 방안을 마련하고, 단계적·체계적 확산을 위한 로드맵을 구축할 예정이다. 또한, ITS 시스템별 보안기술의 운영 및 관리 방안을 정의함으로써, 실효성 있는 보안체계를 확립해 암호화 사이버 위협 대응 기술 가이드를 정립하여 관련기관 및 산업 현장에서 활용할 수 있는 참조체계를 제공할 계획이다.

사사: 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00236032)

자율주행차량의 추월차로 인지 및 알림 기능 구현

Implementation of Overtaking Lane Perception and Notification Features
in Autonomous Driving Systems

서주영 (와이즈오토모티브 연구원)	정지현 (와이즈오토모티브 연구원)	김인수 (와이즈오토모티브 이사)	박제홍 (와이즈오토모티브 대표)
---------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

본 논문은 고속도로 추월차선에서 저속으로 정속 주행 차량을 자동으로 검출하고, 모바일 기기를 연동하여 신고를 간소화 및 자동화하는 지능형 시스템을 제안한다. 기존의 저속 정속 주행 차량 단속은 시민 신고나 CCTV 감시에 의존하거나 단순 권고 수준에 머물러 실시간 대응 및 교통 흐름 개선 효과가 제한적이었다. 이를 개선하기 위해 본 연구에서는 카메라와 레이더 센서 융합을 통해 전방 차량의 속도, 번호판, 차선 위치를 실시간으로 추출하고, 차선 감지 모듈을 통해 자차가 추월차선 주행 중인지 여부를 판단한다. 위반 상황이 일정 시간 이상 지속되면 V2V(vehicle-to-vehicle) 통신을 통해 전방 차량에 차선 변경 권고 메시지를 송신하고, 동시에 운전자에게도 시각적 알림을 제공한다. 만약 일정 시간 내 응답이 없을 경우, 시스템은 자동으로 증거 패키지(차량 영상, 번호판, 속도, 생성 일시 포함)를 생성하고, 차량과 스마트폰 연계를 통해 모바일 네트워크 기반의 자동 신고 절차를 수행한다.

이와 같은 시스템은 추월차선 정속 주행으로 인한 교통 체증을 줄이고, 운전자 신고 부담을 완화하며, 보다 공정한 단속 환경을 마련할 수 있다는 장점이 있다. 나아가 증거 확보와 신고 과정을 자동화함으로써 단속의 실효성을 높이고, 교통 안전 및 사회적 비용 절감에도 기여할 수 있다. 또한 차량 센서 융합, V2V 통신, 모바일 연동을 통합한 구조는 향후 자율주행 기술이나 지능형 교통 시스템(ITS)으로 확장할 수 있는 기반이 될 것으로 기대된다.

사사: 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(2410012784, Lv.4 자율주행시스템의 Fail Operational 기술 개발)

DTG+C-ITS 통합단말기 개발

Development of Integrated DTG and C-ITS Terminals

최광주

(아이티텔레콤 대표이사)

이명환

(한국교통안전공단 차장)

교통사고 예방, 원활한 교통흐름, 그리고 미래 자율협력 주행을 실현하기 위해서는 지능형 교통체계(C-ITS)와 이를 지원하는 C-ITS 단말기의 도입은 필수적이다. 정부는 자율협력 주행을 지원하는 지능형 교통체계(C-ITS) 강화를 위해 전국적으로 통신 인프라를 구축할 계획이며, 2023년 12월에 C-ITS 통신방식을 LTE-V2X로 확정하였다. 효과적인 서비스 보급 확대를 위해 C-ITS 단말기의 보급률을 높이는 것이 필수적이다. 이는 더 많은 차량이 C-ITS의 기능을 활용하도록 하고, 자율협력 주행 환경 조성을 위한 핵심 기반이 된다. 따라서, 본 연구에서는 C-ITS 단말기의 보급 확산 방안으로 기존 DTG와 C-ITS 단말기의 기능을 결합해 중복 투자를 방지하고, 유지보수 및 관리 비용을 절감을 목표로 통합단말기를 개발하고자 한다.

본 연구의 수행 절차는 통합단말기 H/W를 개발하고 C-ITS 기본안전 Application이 적용된 장착형과 보급형 2가지 유형의 통합단말기 시제품을 제작하고, 운행기록 제출 및 C-ITS 서비스 실증을 위한 실내·외 테스트 등을 실시하여, KC 인증, DTG 및 C-ITS 인증 시험을 모두 진행할 것이다. 이를 통해 기존에 마련한 통합단말기 규격서를 수정·보완할 예정이다.

현재 통합단말기 시제품은 DTG와 C-ITS H/W 기능을 1개의 단일보드로 구성하고, DTG와 C-ITS에서 동시에 사용하는 중복된 모듈을 하나로 통합한 H/W를 개발하였으며, 단말기 운영체제, 장치 디바이스 드라이버, 문자열 표출, 시간동기화, 차량정보 수집 등 S/W 개발을 완료하였다. 또한 한국교통안전공단 SDK 분석 및 적용, 각 메뉴별 UI 디자인 구성 및 개발, 블루투스 기능, eTAS 서비스 파일 전송 기능 등을 모바일 APP으로 구현하였다. DTG 및 C-ITS 인증시험에서 진행하지 않는 시험 위주로 자체 테스트를 진행 중이다. 통합단말기 인증으로 내환경성, 내구성, 전자파 적합성 등 KC 인증을 진행 중에 있으며, KC 인증 이후 물리시험, DTG 인증, C-ITS 인증 절차를 진행할 예정이다. 본 연구는 DTG와 C-ITS 단말기의 통합을 통해 기술적·경제적 효율성을 극대화하고, C-ITS 서비스의 실질적인 보급과 자율협력 주행 환경 조성을 위한 기반을 마련하여, 이를 통해 교통안전 향상과 효율적인 교통 관리라는 궁극적인 목표에 기여할 것으로 기대된다.

MIMO 레이더 기반 공간 분해능을 가지는 재질 분류에 관한 연구

A Study on Material Classification with Spatial Resolution Based on MIMO Radar

서홍일

(한국해양대학교 박사과정)

배주원

(한국해양대학교 박사과정)

서동환

(한국해양대학교 교수)

최근 무선 센서 기술의 발전으로 비접촉식 재질 분류가 다양한 응용 분야에서 주목받고 있다. 그러나 기존의 단일 안테나 기반 레이더 시스템은 공간 분해능의 한계로 인해 복잡한 환경에서 재질을 정확히 구분하기 어렵다. 본 연구에서는 MIMO 레이더를 활용한 공간 분해능을 가지는 재질 분류 시스템을 제안한다. 재질 분류 3개의 송신 안테나(Tx)와 4개의 수신 안테나(Rx)를 구성한 MIMO 레이더를 통해 원시 신호를 수집하고, 이를 범위-시간 맵으로 변환한다. RT 맵은 타겟의 거리와 도플러 정보를 효과적으로 추출하며, 이를 기반으로 MVDR 빔포밍을 적용하여 시야각별 고해상도 이미지를 생성한다. 이러한 공간적으로 세밀한 빔포밍 출력은 재질의 미세한 반사 특성을 강조하며, 이를 입력으로 한 합성곱 신경망 기반 재질 분류 모듈을 통해 시야각별 재질 분류를 수행한다. 재질 분류 모듈의 학습을 위해 아크릴, 폼보드, 타일, 목재, 돌 등 5가지 재질에 대한 전용 데이터셋을 구축하였으며, Convolutional block과 Fully connected layer를 이용하여 재질을 분류한다.

사사: 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2024-00352187).

mmWave Radar 기반 행동 인식 성능 향상을 위한 Range 선택 CNN 모델에 관한 연구

A Study on a Range-Selection CNN Model for Improving Action Recognition Performance Based on mmWave Radar

배주원

(한국해양대학교 박사과정)

이진세

(한국해양대학교 박사과정)

서동환

(한국해양대학교 교수)

본 논문에서는 mmWave Radar를 사용한 Human Activity Recognition(HAR)의 성능 향상을 위해 Range-Time-Doppler(RTD) 데이터의 각 Range 중 행동 주체가 위치한 Range를 적응적으로 선택하여 이를 HAR 예측에 사용하는 딥러닝 모델을 제안한다. Radar 기반 HAR은 개인 정보 보호 및 뛰어난 거리 성능 등으로 최근에 활발히 연구되고 있는 분야이다. 기존에 연구되고 있는 방식은 원 신호를 전처리하고 획득한 Range 별 Time-Doppler(TD) 데이터의 평균 TD 데이터를 사용하지만, 실제로 행동을 수행하고 있는 주체가 인식된 신호의 Range 범위는 한정되어있기 때문에, 단순히 평균으로 산출된 TD 데이터를 사용해 HAR을 수행하는 것은 한계가 있다. 본 연구에서는, 여러 Range 중 Unique 한 부분을 선택하기 위해 TD 데이터와 유사도 알고리즘을 통해 가장 유사한 Range의 TD 데이터를 선택하고 CNN 기반의 HAR 프레임워크에 입력으로 사용하여 학습을 진행한다. 제안하는 방법을 통해 Radar 기반 HAR의 Range 데이터 해석과 데이터 사용에 있어서 효율적이고 빠른 처리가 가능할 것이며, 향후 Radar 기반 HAR의 설명 가능한 방향으로의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2024-00352187).

시각 운송장 이해 정확도 향상을 위한 학습 데이터 증강 프롬프트 전략에 관한 연구

An Analysis of Prompt Strategies for Data Augmentation-Based VDU Address Error Correction

김수아 (조선대학교 인공지능공학과 석사과정)	정연비 (조선대학교 정보통신공학과 석사과정)	정지민 (조선대학교 AI소프트웨어학부 (인공지능공학전공 학부생))	김판구 (조선대학교 AI소프트웨어학부 컴퓨터공학전공 정교수)	김원열 (조선대학교 AI소프트웨어학부 인공지능공학전공, 조교수)
-----------------------------------	-----------------------------------	--	---	---

수기 송장과 같은 비정형 문서에서 정확한 주소를 추출하는 것은 물류 자동화의 핵심 과제이다. 기존 VPIU(Visual Parcel Invoice Understanding)의 낮은 주소 인식 정확도를 보완하기 위해 RAG(Retrieval-Augmented Generation)를 결합한 Re-VPIU(Retrieval-augmented VPIU) 모델이 제안되었으나, 이 역시 실제 산업 현장에서 활용되기에는 명확한 한계가 존재한다. 초기 VDU(Visual Document Understanding) 단계의 추출 결과가 부정확할 경우 RAG를 통한 교정 성능이 급격히 저하되는 구조적 한계를 지닌다. 본 연구는 VDU가 취약한 특정 오류 유형에 대한 LLM(Large Language Model)의 교정 성능을 극대화하고자, 실제 오류 데이터를 모방한 데이터셋 증강 전략을 제안한다. 19만 개의 원본 국내 주소 데이터에서 '오타자 특정 데이터셋'과 '주소 체계 오류 특정 데이터셋'을 각각 5%씩 추출하였다. 이때 데이터의 대표성을 확보하기 위해 전국 지역 분포와 도로명/지번 주소 비율을 균등하게 고려하였다. 이후 생성된 데이터셋을 기반으로 LLM의 성능을 체계적으로 평가하기 위해, 다음과 같이 5단계로 점진적으로 고도화되는 프롬프트 시나리오를 설계하여 실험을 진행하였다. VDU가 취약한 주소 오류 교정에 최적화된 프롬프트 전략을 규명하고자, 프롬프트의 구성 요소와 정보 상세화 수준이 교정 성능에 미치는 영향을 다각적으로 분석하였다. 이를 통해 향후 성능이 뛰어난 주소 교정 모델 개발을 위한 실증적인 기반을 제시하고자 한다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 2022년도 SW전문인재양성사업의 결과로 수행되었음 (2022-0-01112).

실시간 차량 궤적 예측: QCNet의 한계와 TUTR의 모드 확장 전략

Real-Time Vehicle Trajectory Prediction: Limitations of QCNet and Mode Expansion Strategy in TUTR

정수환

(아주대학교 인공지능학과 석사과정)

이수목

(아주대학교 인공지능학과 조교수)

자율주행차 및 ITS시스템에서 측정하는 차량의 미래 궤적을 정확하고 신속하게 예측하는 것은 안전성과 직결되는 핵심 과제이다. 차량은 다양한 교통 상황 속에서 서로 다른 의도와 행동을 보이는 다수의 에이전트와 상호작용하며, 동시에 복잡한 도로 구조와 교통 신호 체계의 제약을 받는다. 따라서 궤적 예측 모델은 단순히 과거 궤적을 외삽하는 수준을 넘어, 에이전트 간 상호작용과 환경적 제약, 그리고 잠재적인 미래 행동의 불확실성을 종합적으로 반영할 수 있어야 한다. 최근의 연구들은 이를 위해 attention 기반의 심층 신경망 구조를 활용해 왔으며, 그중 QCNet (Query-Centric Trajectory Prediction)은 query 중심의 attention 메커니즘을 도입하여, 예측 대상 차량과 주변 에이전트 및 도로 지도를 효과적으로 연결하는 방식으로 주목받아 왔다. QCNet은 학문적으로는 매우 높은 성능을 달성하였으며, 특히 교차로 진입이나 차선 변경과 같이 도로 구조적 제약이 중요한 시나리오에서 우수한 결과를 보여주었다. 그러나 QCNet은 구조적 강점에도 불구하고 실사용 단계에서는 한계를 드러낸다. 우선, HD-map 의존성이 높아 적용 지역이 바뀔 때마다 새로운 지도를 수작업으로 제작해야 하는 부담이 존재하며, 이는 실제 자율주행 시스템이 다양한 도시와 국가에서 운행되는 것을 고려할 때 큰 제약으로 작용한다. 또한 네트워크 구조가 복잡하여 추론 속도가 느리고 계산 비용이 크다는 문제가 있으며, 이는 실시간 대응성이 요구되는 자율주행 환경에서는 치명적이다.

이에 비해, 본 연구에서 다루는 TUTR (Trajectory Unified Transformer for Pedestrian Trajectory Prediction)은 원래 보행자 궤적 예측을 위해 제안된 Transformer 기반 모델이지만, 본 연구에서는 이를 차량 궤적 예측으로 확장하여 적용하였다. TUTR은 인코더-디코더를 통합한 단순하고 병렬화된 Transformer 구조를 채택하여, 복잡한 주변 정보를 처리하면서도 일관성 있는 궤적 예측을 가능하게 한다. 인코더에 활용되는 Self-attention 메커니즘을 통해 시계열적 패턴과 디코더에 활용되는 Cross-attention 메커니즘으로 다중 에이전트 상호작용을 동시에 반영할 수 있으며, 기존의 Transformer 디코더에 있는 masking을 없애면서 병렬화하여 추론 시간이 빠르기 때문에 실시간성이 뛰어나다는 장점을 가진다. 무엇보다도 TUTR의 중요한 특성은 예측 모드의 개수를 확장할 수 있는 유연성이다. 후보 모드를 늘릴 경우 차량의 다양한 미래 행동(직진, 차선 변경, 급정지, 급회전 등)을 더 폭넓게 포착할 수 있으며, 이는 불확실성이 큰 상황에서도 안정성을 높이는 효과를 가져온다. 물론 후보 수를 과도하게 증가시키면 계산 비용이 커지는 trade-off가 발생하지만, 일정 범위 내에서의 모드 확장은 성능을 크게 끌어올리며, 실험적으로도 TUTR은 QCNet의 성능을 능가하면서도 빠른 추론 속도를 유지할 수 있음을 확인하였다.

이러한 비교를 종합하면, QCNet은 지도 의존성과 복잡한 구조로 인해 실사용에 한계가 있으며, TUTR은 단순한 구조와 모드 확장을 통해 실제 배치 환경에서도 QCNet 이상의 성능을 발휘할 수 있는 실용적 대안임을 알 수 있다. 특히 TUTR은 별도의 지도 제작이 필요하지 않기 때문에 다양한 도로 환경에 손쉽게 적용 가능하며, 빠른 추론 속도를 바탕으로 실시간성이 중요한 자율주행 환경에 적합하다.

사사: 본 연구는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 첨단분야혁신융합대학사업의 연구결과입니다. 또한 국토교통부가 지원하고 국토교통과학기술진흥원이 주관하는 연구개발사업(과제번호 RS-2022-00142565)의 지원을 받아 수행되었습니다.

UAV 기반 차량 탐지를 위한 YOLO 시리즈의 고도 시나리오별 성능 비교 연구

Comparative Analysis of YOLO Series for UAV-Based Vehicle Detection across Altitude Scenarios

임승찬

(국립부경대학교 석사과정)

최철웅

(국립부경대학교 교수)

본 연구는 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 이미지를 활용하여 YOLO(You Only Look Once) 알고리즘으로 차량을 탐지하고, 객체 크기와 촬영 고도에 따른 성능 변화를 정량적으로 규명하는 것을 목적으로 한다. UAV 영상에서 차량의 화소 크기와 영상 해상도는 고도의 함수로 달라지며, 이는 곧 특징 추출 난이도와 탐지 임계값, 후처리 성능에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 동일한 데이터셋이라도 모델 규모($n/s/m/l/x$) 및 버전($v8-v11$ 등)에 따라 속도 - 정확도 트레이드오프가 크게 달라질 수 있다. 그래서 본 연구는 고도 구간을 시나리오로 정의하고 체계적으로 정확도 및 처리시간을 비교한다.

먼저 촬영 고도에 따라 시나리오를 네 가지로 구분한다: 시나리오 1(40 - 70 m), 시나리오 2(80 - 110 m), 시나리오 3(120 - 150 m), 시나리오 4(40 - 150 m 통합). 각 시나리오별로 동일한 전처리와 주석 체계를 적용하여 데이터셋을 구성하고, 학습 - 검증 - 테스트 분할은 공간적·시간적 중복을 최소화하도록 설계한다. 모델 측면에서는 최신 안정성과 생태계를 고려해 YOLOv8을 기본 채택하고, $n/s/m/l/x$ 다섯 가지 크기 변형을 모두 평가한다. 학습 설정은 동일한 입력 크기, 동일한 증강 세트, 동일한 옵티마이저·스케줄러 정책을 유지하여 모델 규모 이외의 변수를 통제한다.

평가 지표는 정확도(Precision), 재현율(Recall), $mAP@0.50$ 및 $mAP@[0.50:0.95]$ 를 기본으로 하며, 처리 속도(FPS 또는 ms/img), 추론 지연(latency), GPU 메모리 사용량(VRAM)을 함께 수집하여 속도 - 정확도 공존곡선(Speed - Accuracy Pareto)을 제시한다. 고도가 높을수록 대상 물체의 화소 크기가 작아지고 배경 비율이 증가하므로, 소형 모델(n/s)은 속도 이점 대비 소물체 민감도가 낮아질 가능성이 크고, 대형 모델(l/x)은 특성 표현력이 좋아 정확도가 유리하지만 지연과 자원 요구량이 증가할 것으로 예상된다. 반대로 저고도(40 - 70 m)에서는 모든 모델이 상대적으로 유리하되, 실제 운용에서는 처리량·전력·탐재 컴퓨팅 제약을 고려할 때 경량 모델의 효용이 커질 수 있음을 함께 검증한다.

기대되는 주요 결과는 다음과 같다. (1) 저고도 시나리오에서 전 모델의 높은 mAP 달성 및 경량 모델의 우수한 처리량 대비 충분한 정확도 확인, (2) 중·고고도에서 모델 규모 증가에 따른 mAP 개선과 동시에 지연·VRAM 비용 증가의 정량화, (3) 고도별 최적 모델군(예: 40 - 70 m에서는 s/m , 120 - 150 m에서는 l/x 등)의 권장 선택 지침 도출, (4) 동일 예산(지연/전력/메모리) 하에서의 운용 시나리오별 파레토 최적점 제시. 이를 통해 교통 모니터링·혼잡 분석·불법 주정차 단속 등 ITS 응용에서 고도 구간별 모델 선택 기준을 제공한다.

결론적으로, 본 연구는 UAV 기반 차량 탐지 맥락에서 '정확도 vs. 효율'의 균형점을 고도 구간별로 명확히 제시함으로써, 실시간 모니터링과 대규모 배치 환경 모두에서 실질적인 모델 선택 근거를 제공한다. 이는 향후 지능형 교통 체계(ITS) 응용 전반의 운용 정책 수립과 시스템 설계에 기여할 것으로 기대된다.

산업 안전 장비 탐지를 위한 생성형 AI 기반 데이터 증강 및 자세 추정 기법에 관한 연구

A Study on Generative AI-based Data Augmentation and Pose Estimation for Industrial Safety
Equipment Detection

조나경	정지민	김수아	김원열	최기도
(조선대학교 AI소프트웨어학부 정보보안학과, 학부생)	(조선대학교 AI소프트웨어학부 인공지능공학과, 학부생)	(조선대학교 인공지능공학과, 식사과정)	(조선대학교 인공지능공학과, 조교수)	(주)머세스)

산업 현장에서 근로자의 안전을 위해 안전모 및 안전조끼와 같은 개인 보호 장비(Personal Protective Equipment, PPE) 착용 감지 시스템은 필수적이다. 그러나 기존의 객체 탐지 기반 시스템은 PPE의 단순 존재 유무만을 판단하여, 작업자가 장비를 손에 들고 있거나 주변에 비치된 장비를 착용 상태로 오탐지하는 문제가 발생한다. 또한, 안전모와 야구모자처럼 형태적으로 유사한 객체를 혼동하여 분류 정확도가 저하되는 한계를 보인다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 실제 산업 현장의 다양한 데이터 확보가 필수적이다. 그러나 대부분의 산업 현장은 보안 시설로 분류되어 데이터 수집에 제약이 따르므로 모델의 성능 향상에 어려움이 있다. 이에 따라, 실제 데이터를 대체하고 보완할 수 있는 합성 데이터를 활용한 데이터 증강의 필요성이 대두되고 있다.

본 연구에서는 Gemini 생성형 AI 기반의 이미지 데이터 증강 기법과, 자세 추정을 결합한 산업 안전 탐지 기법을 제안한다. 첫째, 안전모와 야구모자 간 오분류 문제를 해결하고 데이터 부족 문제를 완화하기 위해 Gemini 생성형 AI를 활용한 데이터 증강 기법을 적용하였다. 해당 기법은 다양한 색상의 야구모자, 여러 각도와 거리에서 촬영된 모습, 장비나 구조물에 의해 일부가 가려진 상황까지 정교하게 재현한 합성 데이터를 생성하여 학습에 활용하도록 설계하였다. 둘째, 실제 착용 상태를 구분하기 위해 인간의 자세를 추정하는 YOLOv11 모델 기반 자세 추정 기법을 적용하였다. 추정된 작업자의 신체 관절과 탐지된 PPE의 위치 간 IoU(Intersection over Union)를 계산하여 착용 상태 유무를 판단한다.

제안하는 기법의 성능을 검증하기 위해, 실제 산업 현장 영상 데이터셋을 구축하였다. 해당 데이터셋은 PPE를 정상적으로 착용한 경우, 미착용 상태로 주변에 PPE가 비치된 경우, 안전모와 형태적 유사성을 갖는 야구모자를 포함하는 경우로 나뉘어 구성된다. 제안하는 자세 추정 기법을 적용한 결과, ‘미착용’ 상태를 ‘착용’으로 오인하는 횟수가 50% 이상 감소하며 최종 F1 Score가 2% 증가함을 입증하였다. 또한, 생성형 AI를 통해 증강된 데이터셋은 학습한 모델은 안전모와 야구모자 간의 유사한 객체를 분류 정확도가 향상되는 결과를 보였다. 본 연구에서 제안하는 자세 추정 기법과 생성형 AI를 활용한 데이터 증강 전략은 데이터 수집이 제한적인 환경에서도 PPE 착용 감지 시스템의 정확성을 개선할 수 있는 해결책을 제시하며 향후 실제 교통, 물류 등 산업 현장의 안전 관리 시스템에 직접 적용되어 중대재해 예방에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 2025년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임(RS-2025-02219092)

돌발 이벤트 대응을 위한 LLM 보정 기반 교통량 예측 개선

Enhancing Traffic Volume Prediction with LLM-Based Corrections for Unexpected Events

정희진

(한국과학기술정보연구원
선임연구원)

이재문

(주식회사 시즌
연구전략팀장)

김영주

(주식회사 시즌
응용개발팀장)

현재 주요 지자체에서는 운영 중인 스마트 교차로를 통해 실시간으로 (회전)교통량 데이터를 수집하고 있으나, 이를 기반으로 교통혼잡을 예측할 수 있는 모델이 부재하여 교통혼잡문제 해결에 활용하지 못하고 있다. 특히 주축도로는 돌발상황(교통사고, 도로공사, 차량고장, 불법주정차 등)으로 인해 발생한 교통 혼잡이 전체 도로망에 미치는 영향이 심각하므로, 대도시 실시간 교통혼잡 예측 시스템의 필요성이 더욱 대두되고 있다. 기존 통행시간(평균통행속도) 기반 시계열 예측모델(ARIMA, LSTM, Transformer 등)은 정상상태 패턴학습에 특화되어 있어, 이벤트 발생 시 이상치 예측오차에 대해 어려움을 보이게 되고 이는 시민 불편으로 직결된다. 본 연구는 이러한 현실적 한계를 해결하기 위해, 구조적 시계열 예측기(LSTM) 위에 사건 맥락 인지 경량 LLM 보정기를 후처리 단계로 결합한 하이브리드 아키텍처를 제안한다. 핵심 설계원리는 LSTM이 정상상태 교통패턴 기반 시점별 예측치를 생성하고, 사건 유형(사고/공사/고장), 발생지점(차로/구간), 시작/종료시각, 과거 동일사건의 평균 오차 패턴(+값=과소추정 경향, -값=과대추정 경향) 정보를 구조화된 프롬프트로 LLM에 제공하여 보정된 결과 값을 출력하도록 하는 모델이다. 이때 사건 활성화 구간에만 보정을 적용하고, 평상시는 원예측을 유지하여 모델 예측의 정확도를 높이게 된다. 이 방식은 모델 불가지론적(model-agnostic) 특성으로 ARIMA, GRU, Transformer 등 다양한 기저모델에 동일하게 적용 가능하며, 기존 학습 파이프라인 변경 없이 즉시 배포할 수 있다.

부산광역시의 1개 구간, 7개월간 수집된 2,000개 시점 데이터를 활용하여 제안 모델을 검증 결과, LSTM 단독 시 RMSE에서 LSTM+LLM 보정 시 전체 개선율의 증가를 달성하였다. 본 접근의 기여는 추가 학습 없이 사건 맥락을 주입하는 실용적 LLM-in-the-loop 설계, 기존 예측 파이프라인과의 낮은 결합도로 인한 점진적 도입 가능성, 사건 메타데이터 축적에 따른 성능 향상 확장성을 제시한 데 있다. 실무적으로는 수동 보정작업 자동화로 관제사 부담을 경감하고, 사건시 교통정보 정확도 향상으로 우회로 안내 효과성을 증대하며, 사건 유형별 교통영향 정량화로 도로설계·교통정책 의사결정을 지원할 수 있다. 한계로는 특정 도로구간 일반화 가능성 제약, 자유텍스트 기반 사건정보의 표준화 부족, 시간대·요일별 가변 보정계수 미반영, 개선효과의 통계적 유의성 검증 미실시가 있다. 향후에는 차로차단율·지속 시간·기상조건을 반영한 사건 심각도 모델링, 예측구간 제공 및 칼리브레이션을 통한 불확실성 추정, 시간대별·지역별 가중치 자동 조정, CCTV 영상·기상정보·속도·점유율 데이터 통합 활용, A/B 테스트 프레임워크 구축을 통한 지속적 성능 모니터링 등을 통해 실효성을 더욱 검증·고도화할 계획이다.

Keywords: Traffic forecasting, LSTM, LLM-in-the-loop, Incident-aware calibration, RMSE, Post-hoc adjustment, Urban mobility, Real-time traffic management

사사: 이 논문은 2025년도 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 기본사업으로 수행된 연구입니다(과제번호: (KISTI)K25L1M4C4, (NTIS)2710087200).

해상 드론 영상에서 HEVC 인코딩 설정이 객체 검출 성능에 미치는 영향

Effect of HEVC Encoding Settings on Object Detection Performance in Marine Drone Images

양민석	김지수	심건호	이신의	성주현
(국립한국해양대학교 인공지능공학부 학부생)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부 학부생)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부 학부생)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부 학부생)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부, 해양인공 지능융합전공 부교수)

해상 드론 영상에서 객체를 안정적으로 검출하려면 저장과 전송 효율을 위한 인코딩 설정이 성능에 어떤 영향을 주는지에 대한 근거가 필요하다. 현장에서는 같은 모델이라도 인코딩 설정에 따라 결과가 달라 보인다는 보고가 있었지만, 이를 정량적으로 비교한 자료는 부족하다. 본 연구는 동일한 데이터셋과 동일한 검출 모델(RT-DETR), 동일한 평가 절차를 유지한 상태에서 HEVC 인코딩의 세 가지 핵심 요소인 CRF, preset, tune이 인식 성능에 미치는 영향을 체계적으로 측정하였다.

CRF는 18, 21, 23, 26, 28, 32를 비교하였다. CRF가 커질수록 성능은 전반적으로 낮아졌다. mAP 50은 0.683에서 0.603으로, mAP 50에서 95는 0.325에서 0.271로 낮아졌다. F1은 0.708에서 0.645로, 재현율은 0.644에서 0.563으로 떨어졌다. 반면 CRF 21에서 F1 0.713으로 가장 높았고 CRF 23도 0.707로 양호하였다. preset은 ultrafast, veryfast, medium, slow, veryslow를 비교하였다. 전반적인 성능 차이는 크지 않았다. F1은 0.696에서 0.710 사이에 분포하였다. 정밀도는 veryslow가 0.789로 가장 높았고, 재현율은 ultrafast가 0.661로 상대적으로 높았다. tune은 film, animation, grain, stillimage, fastdecode, zerolatency, psnr, ssim을 비교하였다. stillimage가 F1 0.712로 가장 우수했으며 film과 zerolatency도 비슷한 수준을 보였다. 반면 psnr과 ssim은 다른 설정에 비해 인식 성능이 낮았다.

분석 결과, CRF가 preset과 tune보다 객체 검출 성능에 더 민감하게 작용하였다. CRF는 장면별 양자화 강도를 직접 바꾸어 비트레이트와 세부 질감 보존에 영향을 주며, 이때 경계선과 작은 표적의 대비가 먼저 약화되어 탐지 지표가 크게 흔들린 것으로 보인다. 반면 preset은 같은 CRF에서 인코더의 탐색 복잡도와 시간이 달라지는 경향이 있어, 주로 파일 크기와 인코딩 시간에 영향을 미치고 공간 화질 차이는 제한적인 것으로 추정된다. 따라서 본 조건에서는 지표 차이가 작게 관찰되었다고 해석된다. tune은 사람 눈에 잘 보이는 부분을 더 살리고 덜 보이는 부분은 덜 살리는 규칙을 조정하는 옵션으로, 자연 해상 영상에서는 이 조정 폭이 작아 성능 차이가 크지 않았던 것으로 보인다. 다만 psnr과 ssim은 화면을 매끈하게 만드는 대신 미세 대비를 줄이는 경향이 있어 탐지에 불리했을 가능성이 있으며, grain은 질감 보존을 우선해 비트레이트 증가로 이어졌을 가능성이 있다.

본 연구는 하나의 코덱과 하나의 모델을 대상으로 한 점에서 한계가 있다. 향후에는 VVC와 AV1 등 다른 코덱, 다양한 해상 환경과 장면 조건, 여러 검출 모델, 네트워크 제약을 포함한 스트리밍 상황까지 확장하여 해상 드론에 특화된 인코딩과 인식의 공동 최적화 지침을 제시하고자 한다.

사사: 본 연구는 ‘2025년도 지역 디지털기업성장지원-지역SW서비스사업화지원사업’과 산업통상자원부의 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

자율주행차 비전센서의 고위험 난인지 환경 정의

Defining High-Risk and Low-Visibility Conditions for Autonomous Vehicle Vision Sensors

백종대	류승기	김민석	한준규	윤여환
(한국건설기술연구원 연구위원)	(한국건설기술연구원 선임연구위원, 과학기술연합대학원 대학교 교수)	(한국건설기술연구원 UST학생연구원, 과학기술연합대학원 대학교 통합과정)	(한국건설기술연구원 UST학생연구원, 과학기술연합대학원 대학교 통합과정)	(한국건설기술연구원 선임연구위원)

자율주행모빌리티 시대가 우리 앞에 성큼 다가오고 있으나 아직 해결해야 할 이슈들은 산적해 있다. 특히 자율주행 모빌리티의 안전성 확보를 위해 필수인 정확하고 오류 위험이 거의 없는 시각인지 부문은 여전히 해결해야 할 문제이다. 이러한 문제는 대부분 우리가 일상 주행에서 겪을 수 있는 모든 상황에 대해 정확한 시각인지를 할 수 없다는 데서 기인하며, 그 요인으로는 데이터 불균형, 저조도-저대비, 배경 대비 작은 픽셀 객체 같은 난(難)인지 조건들이 다수 존재하기 때문이다. 본 연구진은 이런 문제를 해결하기 위한 노력으로 모빌리티 이미지 데이터를 기반으로 도로의 고위험(High-Risk) 난인지(Low-Visibility) 조건에 강건한 학습데이터를 구축 및 증강하고, 도로의 안전 지향 Safe AI 모델의 핵심 기술을 개발하는 연구를 진행하고 있다. 본 연구의 일환으로 먼저 자율주행차 비전센서 관점에서의 고위험 난인지(HR-LV) 환경에 대한 정의 기술서를 작성하였다. 본 기술서의 목적은 자율주행차 비전센서가 사람의 시각 인지 기능을 대체하는데 장애가 되는 HR-LV 환경에 대해 정의하고자 하는 것이며, 이를 위해 먼저 도로의 전체 위험 인자에 대한 정리 및 유형을 분류하고, 도로 공급자(관리자) 관점에서의 위험인자를 정리하며, 도로 사용자(자율주행차) 관점에서의 위험인자에 대해 정리한 다음 자율주행차 비전센서 관점에서의 HR-LV에 대한 정의를 하였으며, 다음으로 자율주행차 비전센서 관점에서의 난인지 조건이 되는 기준을 정의하고, 마지막으로 HR-LV의 대표적인 시나리오를 작성하였다. 도로의 위험인자 유형은 도로 공급자 관점과 도로 사용자 관점으로 나누었다. 도로 공급자 관점에서의 위험인자는 도로 설계 불량, 도로 환경 불량, 도로 운영 불량 등의 도로 물리·환경적 요인과, 부적절한 교통 운영이나 교통 흐름 장애와 같은 교통 요인으로 분류하였다. 도로 사용자 관점에서의 위험인자는 부주의 운전, 공격적 운전, 법규 위반 같은 운전자 요인과, 차량 결함이나 부적절한 운행 등의 차량 요인으로 분류하였다. 자율주행차 관점의 위험인자는 고위험 객체와 위험 상황으로 나누어 정리하였다. 고위험 객체는 자율주행차가 인지하지 못했을 경우 위험성이 높아진다고 볼 수 있는 객체를 크게 6가지(사람, 차량, PM(Personal Mobility), 도로 표시/표지, 신호등, 작은 장애물)로 나누었다. 위험 상황은 고위험 객체를 제대로 인지하지 못하게 방해하는 상황으로서, 악천후, 사각지대, 부적절한 조도, 그리고 비전 센서를 교란하거나 혼란시킬 수 있는 교란된 환경 등으로 정리하였다. 본 연구에서는 고위험 객체 중 사람, 차, PM, 신호등, 포트홀 등 5가지와, 난인지 조건으로 저조도-저대비 조건(Low-Light Low-Contrast, LLC), 학습 데이터 불균형성(Data Imbalance), 작은 객체 크기(Small Number of Pixel) 등 세 가지 조건에 중점을 두었다. 본 기술서에서는 이 세 가지 조건별로 난인지 조건으로 분류하기 위한 임계 기준값을 설정하였다. 마지막으로 자율주행차 비전센서 관점에서 고위험 객체들과 난인지 조건들이 결합되었을 때 나타날 수 있는 다양한 고위험 난인지 상황을 설정함으로써 자율주행차 비전센서 성능 한계를 파악하고 대책을 수립하기 위해 HR-LV 상황에 대한 대표적인 시나리오 다섯 가지를 설정하였다. 시나리오는 고위험 객체들과 난인지 조건들을 조합한 모든 경우의 시나리오를 설정한 것은 아니며, 객체 식별 실패 위험이 높은 상황에 초점을 맞추었고, 둘 이상의 다중 고위험 객체에 대한 시나리오는 다루지 않았으며, 하나의 고위험 객체에 대한 하나 이상의 난인지 상황에 초점을 맞추었다.

사사: 본 연구는 2025년도 한국건설기술연구원 주요사업('자율주행모빌리티 기반 고위험 난인지 객체 탐지 AI 핵심 기술 개발'(과제번호: 20250222-001))의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

문맥 기반 문장 순서 예측을 위한 트랜스포머와 GAT 기반 하이브리드 모델 고안

Transformer and GAT-based Hybrid Model for Context-Aware Sentence Ordering

김서형	김성민	정형주	권현
(육군사관학교 AI데이터과학과)	(육군사관학교 AI데이터과학과)	(육군사관학교 AI데이터과학과)	(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 문장 순서 예측(Sentence Ordering) 과제를 위해 Transformer의 문맥 이해 능력과 Graph Attention Network(GAT)의 구조 학습 능력을 결합한 하이브리드 모델을 제안한다. 제안된 모델은 Transformer 인코더로 문장을 임베딩한 뒤, GAT를 통해 문장 간 관계를 반영하여 표현을 강화한다.

실험은 약 10,000개의 한국어 문장 세트로 구성된 데이터셋에서 수행되었으며, 기존 T5, KoELECTRA, RoBERTa 대비 평균 3~10%p 높은 정확도를 달성하였다. 특히 시간적 순서와 논리적 흐름이 중요한 샘플에서 탁월한 성능을 보였다.

본 모델은 국방 분야에서 명령문 복원, 상황 요약, 정보 분석 자동화 등에 효과적으로 적용 가능하며, 긴급한 환경에서 문장의 순서가 뒤바뀌는 문제를 해결하여 명확한 정보 전달과 전술적 의사결정 지원에 기여할 수 있다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

해군 선박용의 녹 감지를 위한 CNN 활용

Using CNN to Detect Rust in Military Equipment with Emphasis on Naval Ships

카비고

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 합성곱 신경망(CNN)을 활용하여 군사 장비, 특히 해군 함정의 녹 발생 여부를 자동 탐지하는 모델을 구현하였다. 공개 GitHub 데이터셋(총 1,819장: 부식 990, 무부식 829)을 기반으로 TensorFlow/Keras 환경에서 CNN 모델을 학습시켰으며, 훈련 정확도 약 99.9%, 검증 정확도 100%를 달성하였다. 모델 구조는 Conv2D-풀링 계층을 거쳐 Dense-Dropout 레이어로 구성된 단순 CNN이며, 이미지 전처리(224×224 리사이즈, 정규화)를 통해 안정적인 학습을 수행하였다.

실험 결과는 높은 성능과 신뢰성을 보여주었으나, 데이터 규모의 한계로 인해 실제 군 장비 영상에 대한 일반화 성능 검증이 필요함을 확인하였다. 본 연구는 해군 함정의 조기 부식 탐지 및 자동화 유지보수 체계 구축 가능성을 제시하며, 드론·수중 로봇을 통한 실시간 점검, 야전 장비의 자동 진단, 국방 물자 관리 체계 개선 등 다양한 응용 가능성을 갖는다.

결론적으로, 간단한 CNN 모델만으로도 군사 장비 유지보수와 작전 효율성을 높일 수 있는 기반 기술이 될 수 있음을 입증하였다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

딥러닝 기반 의료 CT 영상 세그멘테이션 모델 구현 및 국방분야 적용 가능성 분석

Implementation of Deep Learning-based CT Image Segmentation Model and
Its Applicability to the Defense Sector

송유찬

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 Kaggle COVID-19 CT Scan Lesion Segmentation Dataset을 활용하여 폐 CT 영상의 병변 영역을 자동 분할하는 U-Net 기반 딥러닝 모델을 구현하였다. 데이터 전처리 과정에서 영상 크기 통일, 정규화, 이진화 과정을 수행하였으며, 학습은 TensorFlow 환경에서 진행되었다. 모델의 성능은 정확도 96.1%, Dice 계수 0.7029, IoU 0.5526을 기록하였고, 시각적 결과 또한 실제 마스크와 유사하게 나타났다.

해당 모델은 의료 현장에서 신속·정확한 진단 보조 도구로 활용될 가능성이 확인되었으며, 특히 군 병영 환경에서의 감염병 대응에 효과적으로 기여할 수 있다. 전시 상황이나 의료 인력이 부족한 야전 환경에서도 감염병 확산 억제, 환자 조기 분류, 자원 관리 최적화에 기여할 수 있으며, 장기적으로는 군 병원의 진단 보조 시스템·이동형 진료소·원격 진단 체계와 연계 가능한 기반 기술이 될 수 있다.

결론적으로 본 연구는 단순한 실험적 구현을 넘어, 국방의료체계의 효율성과 탄력성 향상에 기여할 수 있는 전략적 기반 기술로서 의의가 있으며, 향후 Attention U-Net, 3D CT 확장, 다중 질환 진단으로의 발전 가능성을 지닌다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

손 제스처 인식을 통한 가위바위보 판별 시스템 구현

Implementation of a Rock-Paper-Scissors Classification System Using Hand Gesture Recognition

박현호

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 MediaPipe와 OpenCV 기반 KNN 알고리즘을 이용해 실시간 손 제스처 인식 시스템을 구현하였다. 웹캠으로부터 추출한 손 관절 좌표를 기반으로 각도를 계산하고, 이를 K-최근접 이웃(KNN) 분류기에 입력하여 다양한 손 동작을 분류하였다. 특히 '가위, 바위, 보' 제스처 인식을 성공적으로 구현하여, 직관적인 제스처 기반 상호작용의 가능성을 입증하였다.

해당 시스템은 복잡한 딥러닝 모델 없이도 간단한 기하학적 특징과 머신러닝 분류기만으로 안정적인 실시간 인식이 가능함을 보여준다. 더 나아가 군사 분야에서는 수신호 기반 명령 전송, 드론·로봇 제어, 증강현실 훈련 시스템, 비접촉식 장비 조작 등으로 확장 적용될 수 있다. 본 연구는 제스처 인식을 활용한 저비용·실시간 제어 시스템의 기초 기술로 의의가 있다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

U-Net 기반 시맨틱 세분화 모델을 활용한 군사 영상 분석 연구

Military Image Analysis Using U-Net-Based Semantic Segmentation

김경민

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 시맨틱 세분화(Semantic Segmentation) 기법을 활용하여 도심 환경 내 객체를 자동으로 분류하는 딥러닝 기반 탐지 방안을 제안한다. Kaggle의 Lyft Self-Driving Car 데이터셋을 사용하여 U-Net 구조로 RGB 이미지와 대응 라벨 마스크를 학습하였으며, 도로·차량·보행자 등 주요 객체를 픽셀 단위로 분할할 수 있음을 확인하였다.

실험 결과는 시맨틱 세분화 기술이 경찰 자동화, 표적 식별, 상황 인식 등 군사 분야에서 효과적으로 적용될 수 있음을 보여준다. 본 연구는 실제 환경 데이터를 활용해 해당 기법의 실효성을 검증하고, 자율 무기체계 및 전술 지휘통제체계와의 연계 가능성 등 국방 응용 측면에서 기초 자료를 제공한다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

LightGBM 기반 사이버 공격 유형 분류 알고리즘 연구

A study on Cyberattack Type Classification Using LightGBM

박용현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 DCON 사이버 공격 유형 예측 해커톤 문제를 기반으로, 다양한 사이버 공격 유형을 분류하는 머신러닝 기반 예측 모델을 구축하였다. 분류기법으로는 LightGBM을 활용하였으며, 클래스 불균형 문제를 완화하기 위해 RandomOverSampler 기법을 적용하였다. 그 결과 다수 클래스에서는 우수한 성능을 보였으나, Web_XSS 등 희귀 클래스의 경우 분류 정확도가 낮아 단순 오버샘플링의 한계가 확인되었다.

향후 연구에서는 앙상블 구조 설계를 통해 희귀 클래스 성능 향상을 도모할 계획이다. 본 모델은 군사 분야의 실시간 사이버 위협 대응 체계와 다중 센서 기반 탐지 시스템으로 확장 가능하다는 점에서 의의가 있다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

ResNet18 기반 회귀 모델을 이용한 객체탐지와 차이 분석

Object detection and difference analysis using ResNet18 based regression model

양태규

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 YOLO 기반 객체 탐지와 ResNet-18 기반 회귀 모델을 결합하여 가시광선(Visible) 영상과 적외선(IR) 영상에서의 객체 수를 비교·예측하는 방법을 제안한다. 먼저 각 영상에서 YOLO를 이용해 객체의 위치와 클래스(바운딩 박스)를 검출하고, 검출된 라벨의 개수로 이미지 내 실제 객체 수를 산출한다. 그 다음, ResNet-18을 회귀 모델로 재구성해 이미지만으로 객체 수를 직접 예측하도록 학습시키고, 이 예측값과 YOLO로 측정한 실제값을 비교해 평균오차를 분석한다. 본 접근법은 가시광선과 적외선 간 탐지 성능 차이를 정량화하고, 이를 바탕으로 풍선 등 기만(Decoy) 전술 장비의 무력화 가능성을 탐색하는 데 활용될 수 있다. 제공된 예시 이미지(가시광선 샘플)는 실험 데이터의 대표 사례를 보여준다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

YOLOv5를 이용한 열화상 영상 내 객체 탐지 연구

Research on Object Detection in Thermal Image Using YOLOv5

김현영

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 열화상(IR) 영상에서 주요 객체를 실시간 탐지하기 위해 CNN 기반의 YOLOv5s 모델을 적용하였다. IR 영상은 가시광선이 제한되는 야간·악천후·연막 환경에서도 목표 식별이 가능하여 군사 분야에서 핵심적 역할을 한다. 연구에서는 사람, 자전거, 차량 객체를 대상으로 라벨 정제와 노이즈 제거 과정을 거쳐 데이터셋을 구축하고, 이를 기반으로 모델을 학습시켰다.

실험 결과, YOLOv5s 모델은 열영상 내 다양한 객체를 실시간으로 탐지할 수 있었으며, 이러한 성능은 야간 감시·표적 추적·무인정찰 드론 운용 등 국방 분야의 실전 적용 가능성을 보여준다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

GNN 기반 가짜뉴스 탐지 모델 구현 및 국방 운용 가능성 분석

Implementation of a GNN Based Fake News Detection Model and Analysis of
Its Operational Feasibility in Defense

김범규

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 가짜뉴스(Fake News) 탐지를 위해 소셜미디어 전파망을 그래프로 모델링하고, GATConv 기반 그래프 신경망(GNN)을 적용하였다. Politifact와 GossipCop 데이터셋을 활용하여 실험을 수행한 결과, GossipCop에서는 Test Accuracy 94.6%, F1 Score 0.94를 달성했으며, Politifact에서는 데이터 규모의 한계로 과적합이 관찰되었다.

제안된 모델은 기존의 텍스트 기반 가짜뉴스 탐지 기법과 달리 전파 구조와 노드 간 상호작용을 함께 학습하여 탐지 정확도와 실시간 대응성을 높일 수 있다. 이는 군사 C4ISR·OSINT 체계에 통합되어 허위정보를 실시간으로 식별·격리하고, 심리전 대응 역량 강화에 기여할 수 있음을 보여준다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

사람 인스턴스 세분화를 위한 DeepLabV3+ 구현

DeepLabV3+ Implementation for Fine-Grained Human Instance Segmentation

조규성

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 위장 상태의 인원 식별을 위해 딥러닝 기반 사람 인스턴스 세분화 모델을 구현하였다. DeepLabV3+ 구조를 활용하여 이미지의 각 픽셀 단위에서 사람의 부위를 분류하고, 학습 데이터와 정답 마스크를 기반으로 모델 성능을 평가하였다. 이를 통해 자연 배경과 유사한 위장무늬를 가진 인원을 얼마나 효과적으로 구분할 수 있는지를 실험하였다.

또한, 위장무늬가 인식 성능에 미치는 영향을 분석하고, 위장 검출을 어렵게 만드는 요인들을 고찰하였다. 연구 결과는 국방 분야에서 적군의 위장 식별 및 전술적 대응에 활용될 수 있는 가능성을 제시한다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

위성 기반 객체 탐지의 GIS 시각화 및 TICN 연동 연구

A Study on QGIS Visualization and TICN Integration of Satellite-Based Object Detection

송기주

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구는 YOLOv8 기반 위성 영상 객체 탐지 기술을 군사 정보·감시·정찰(ISR) 체계에 적용하는 방안을 다룬다. SODA-A 데이터셋으로 학습한 YOLOv8 모델을 활용해 위성 영상에서 객체를 탐지하고, 이를 GeoJSON 형식으로 변환하여 Kepler.gl 플랫폼에서 시각화하였다. 탐지 결과는 대한민국 육군의 전술통신망(TICN), 지휘 통제체계(C4I), 그리고 대대급 이하 전투지휘체계(B2CS)와 연동 가능성이 검증되었으며, GeoJSON 데이터를 KVMF 형식으로 변환해 실시간 전송·활용할 수 있음을 확인하였다.

이 연구는 단순한 시각화를 넘어, 탐지된 전술 정보를 실시간 공유하고 전자상황도에 반영하여 전장 상황 인식 및 지휘결정 지원에 기여할 수 있는 실전형 ISR 체계 구축의 기반을 제시한다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

Mel-spectrogram과 STFT기법을 활용한 오디오 잡음 제거

Audio Denoising Using Mel-Spectrogram and STFT-Based Methods

김민성

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 논문에서는 Mel-spectrogram과 STFT를 이용한 오디오 잡음 제거 Convolutional neural network 모델을 구현하고 비교한다. 오디오를 시간과 주파수 정보를 함께 담은 2D 스펙트럼으로 바꾸고, 이미지 잡음을 제거하듯이 처리할 수 있는지 실험해 보는 것이다. 첫 번째 모델은 원본 오디오를 Mel-spectrogram으로 변환한 후, 이를 128×128 크기의 2차원 이미지로 정규화하여 CNN의 입력으로 사용하였고, 두 번째 모델은 오디오를 STFT를 통해 시간-주파수 도메인으로 변환하고, 진폭과 위상을 분리하여 처리하였다. 두 모델 모두 LibriSpeech 데이터셋의 깨끗한 음성과 MUSAN 데이터셋의 잡음을 결합하여 합성 데이터를 생성한 후, 2초 단위의 오디오 클립을 학습에 사용하였다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

인공지능을 활용한 전투원들의 감정 및 이상징후 분석

Emotion and abnormality detection from Combat Forces utilizing artificial intelligence

권성준

(육군사관학교 AI데이터과학과)

권현

(육군사관학교 AI데이터과학과)

본 연구에서는 인간의 표정을 인식하는 머신러닝 기반 모델을 구현하였다. 표정은 개인의 심리 상태를 외부로 드러내는 중요한 지표이며, 전투 환경에서 전투원의 감정 및 이상 징후를 조기에 파악하는 데 활용될 수 있다. 연구에서는 영상 데이터를 프레임 단위로 분할하여 얼굴을 인식하고 표정을 분류하는 방법을 적용하였다. 이를 위해 합성곱 신경망(CNN) 구조와 ADAM 최적화 알고리즘을 활용하여 학습을 진행하였다. 또한, 국방 분야에 이러한 표정 인식 기술을 적용할 가능성과 의의를 고찰하였다.

사사: 육군사관학교 미래전략기술연구소 연구비지원을 받음.

진화게임이론 기반 신규 지하철 노선 도입에 따른 전략적 경로 선택 행태 분석

A Study of Passenger Strategic Route Choice in Response to a New Subway Line Based on
Evolutionary Game Theory

정인웅

(서울시립대학교 교통공학과
석사과정)

변지혜

(서울시립대학교 교통공학과
조교수)

이승현

(서울시립대학교 교통공학과
부교수)

대도시 출퇴근 시간대 도시철도는 심각한 혼잡을 겪고 있으며, 이를 완화하기 위한 방안으로 급행노선이 도입되고 있다. 본 연구는 진화게임이론을 활용하여 기존 지하철 노선과 신규 급행노선 간 승객의 전략적 경로 선택을 분석하며, 수도권 광역급행철도(GTX-A)를 사례로 도입 효과를 시뮬레이션한다. 분석을 위해 요금, 혼잡도, 통행시간을 통합한 일반화된 비용을 기반으로 보수함수를 설계하였다.

본 연구는 요금·혼잡도·통행시간이 승객의 경로 선택에 미치는 영향을 진화게임이론(Evolutionary Game Theory, EGT)을 통해 분석하였다. 진화게임이론은 집단 내 개체들의 전략적 선택이 상호작용을 통해 동태적으로 변화하고 안정화되는 과정을 설명하는 이론적 도구이다. 이를 바탕으로 혼잡도와 요금 수준별 시나리오에서 진화적으로 안정된 전략(Evolutionarily Stable Strategy, ESS)을 도출하고, 전략 분포의 수렴 특성을 분석한다. ESS는 소수의 돌연변이 전략이 침입해도 확산되지 못해 기존 전략이 유지되는 안정적 평형이다. 따라서 일부 이용자가 경로를 바꿔도 시스템은 원래 점유율로 복귀하며, 신규노선의 장기 정착성 평가와 운임 조정 시나리오 비교에 유용한 기준이 된다.

실제 첨두시간대 수요 데이터를 활용하여 모형을 검증한 결과, 요금·혼잡도·통행시간이 승객의 전략적 경로 선택에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 분석 결과, 기존노선 점유율의 안정적인 경로 선택 비율은 0.397로 도출되었다. 이는 주어진 조건에서 신규 급행 노선의 기대 효용이 기존노선보다 상대적으로 높게 평가됨을 시사한다. 또한, 고소득 집단은 요금 민감도가 낮아 급행 노선을 더 선호하여 기존노선 점유율이 0.212로 수렴하였다. 반면 저소득 집단은 요금 프리미엄을 크게 인지해 0.543으로 높게 나타났다. 본 연구는 신규노선 도입 시 예상되는 전략적 반응을 정량적으로 제시하며, 혼잡 완화를 위한 차등 요금제 설계, 공급 조정, 효율적 수요 관리 정책 등 정책 설계와 운영 전략 수립에 기여할 수 있다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2023R1A2C2008054).

고중량 차량 자동운행허가 시스템 구축 및 연계 방안

Construction and Linkage of Automatic Driving Permit System for High Weight Vehicle

이치열

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 전임연구원)

김성현

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 연구위원)

김중식

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 수석연구원)

1. 현황 및 문제점

- 기존의 제한차량 운행허가 시스템은 온라인상에서 운행 경로를 선정하고 허가서를 신청·발급받을 수는 있으나, 허가대상이 차량의 제원(높이, 길이, 폭)으로 한정되어 있어 차량 중량과 관련된 교량통과 하중을 산정하는 교량 분석 시스템이 부재
- 현행 운행허가 체계는 고중량 차량에 대하여 운행허가 신청시 구조물통과하중계산서 제출을 요구하여 신청인에게 경제적, 시간적 부담을 지우고 있어 이는 오히려 불법적인 과적 운행을 만연시키는 원인이 되고 있음
- 산업 기술의 발달로 초대형·고중량 화물운송 요구가 점차 증가함에 따라 운행제한 기준을 초과하는 화물의 원활한 운송을 위해 시스템 개선이 필요
- 현행 제한차량 운행허가 시스템의 노후화로 처리속도 저하 및 업무확장 처리용량 부족 등의 문제점이 있어 운행허가 시스템을 클라우드 기반으로 전환하여 운영의 효율성과 서비스 품질을 제고할 필요가 있음

2. 교량 DB 구축

- 교량 안전성 평가를 위해 구축하는 DB에 사용하는 단어, 용어 등 교량 데이터 활용의 효율성과 적시성을 위한 표준화 방안 마련이 필요
- 국토교통부 전국교량표준데이터 35개 항목에 따른 교량 기본정보를 구축하고 “고중량 차량 자동운행허가 시스템 도입 연구”에서 수행한 시험대상 구간, 고속국도 및 일반국도 중차량 지정노선에 대해 우선적으로 구축

3. 중차량 교량통과 안전성 프로그램 구현

- 자동운행허가를 위한 교량 안전성 평가·분석 기술 결과에 기반하여 대상 중차량의 교량통과 안전성 판단시스템 구축
- 신청 경로상 구조적으로 안전성이 미흡한 교량이 포함된 노선에 대해서는 노선중에 일부 구간을 허가할 수 있는 우회 노선을 개발
- 중차량 노선으로 선정되지 못한 구간 및 교량에 대해서는 그 사유를 시스템에서 표출할 수 있도록 설계 및 구현

4. 클라우드 기반 자동운행허가 시스템 구축 및 외부기관 연계

- 클라우드 서버 활용, DBMS, WAS, WEB 및 운영 환경 오픈소스 적용, 고중량 차량 운행허가 등 기능 추가에 따른 차세대 하드웨어 및 운영 솔루션 구축
- 도로관리청 및 외부기관간 정보 연계를 위해 데이터교환 규칙 표준화 및 연계기관별 표준 프로토콜, API 기능 구현



사사 : 본 연구는 한국건설기술연구원의 고중량 차량 자동운행허가시스템 구축을 위한 DB표준 및 연계방안 수립 연구 (과제번호 20250045-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

운행제한차량 단속시설(고속측중기) 오픈 프로토콜 적용 검증

Verification of Application of Open Protocol for Limited Vehicle Enforcement Facility (High-Speed Weigh-In-Motion)

이치열

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 전임연구원)

김성현

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 연구위원)

김현석

(한국건설기술연구원
도로교통연구본부 연구위원)

1. 추진 배경 및 경과

- 운행제한차량 단속시설인 과적검문소의 주요 계측장비중 하나인 고속측중기(HS-WIM)의 운영 실태와 관련하여 2024년 3월 7일 KBS 9시 뉴스에 낮은 측정 정확도 등 문제점이 심층적으로 보도되었으며 국토교통부에서는 운영 실태 전수조사 및 개선 대책을 수립하여 장관에게 보고
- 또한, 지난 2024년 1월부터 5월까지 진행된 국무조정실과 국토교통부 합동감사 결과에 따라 고속측중기 개선 사업을 추진할 경우 특정업체 독점계약 방지를 위한 오픈 프로토콜 규격서 작성이 필요하다고 국토교통부에 요구하였으며, 이에 2차관은 고속측중기 오픈 프로토콜 규격서 작성과 배포를 조속하게 추진하고 개선사업을 완료하여 운행제한차량 단속 업무 및 고속측중기 운영을 신속하게 정상화하라고 지시
- 따라서, 국토교통부에서는 운행제한차량 단속제도 및 시설 등과 관련한 국내 최고의 전문기관인 한국건설기술연구원에 특정업체 독점방지를 위해 고속측중기의 오픈 프로토콜 설계 및 개발과 현장적용 검증(11개소) 등을 요청



<고속측중기 센서>



<고속측중기 합체(제어기)>



<합체 내부>

2. 기존 프로토콜의 문제점

- 기존 방식은 String과 특정 구분자를 이용한 데이터 전송 방식으로, 데이터의 가독성과 확장성이 미흡
- FTP 서버를 이용한 파일전송 방식에는 보안 취약점, 실시간 처리, 데이터 복구 로직에 한계
- 국내 고속측중기 공급업체(5개)별로 상이한 자료 구조를 가지고 있어 요구사항 통합 처리가 어려움

3. 오픈 프로토콜 개선 방안 및 개발 프로그램(일부 발췌)

- (보안성 강화) HTTPS를 통해 데이터 암호화 및 무결성 보장
- (확장성 제고) JSON 기반 데이터 구조로 다양한 데이터 형식 지원
- (신뢰성 향상) HTTP 상태 코드 및 응답 메시지로 전송 상태 확인 가능
- (WebSocket 기반) 양방향 통신 지원으로 데이터의 실시간 송·수신이 가능하고 시스템 반응 속도의 향상, 대용량 데이터 처리 가능
- (유연성 확보) 향후 개발 과정에서 요구사항 변화에 따라 WebSocket, HTTP, TCP 프로토콜 세부사항의 추가 및 수정이 가능하도록 설계

2.7 특정 데이터 요청 (Server → WIM)

특정 시간 범위의 데이터를 요청합니다.

```
{
  "header": {
    "body": {
      "message_type": "DATA_REQUEST",
      "message_id": "req_0001",
      "data_type": "WIM_DATA",
      "time_range": {
        "start": "2025-02-20T12:00:00+09:00",
        "end": "2025-02-20T12:05:00+09:00"
      }
    }
  }
}
```

발드 설명:

- data_type : 요청 데이터 타입 (예: AVI_SUSPECT_TRIGGER, ESCAPE_VEHICLE_TRIGGER, WIM_DATA, WIM_STATUS, WIM_CONFIG)
- time_range : 요청 시간 범위 (예: AVI_SUSPECT_TRIGGER, ESCAPE_VEHICLE_TRIGGER, WIM_DATA 프로토콜 및 경우 각 프로토콜에 대한 시간 범위, 기본시간은 프로토콜 전송 시간이 아닌 "inspection_time"시간을 기준으로 함)

사사 : 본 연구는 한국건설기술연구원의 운행제한차량 단속시설(고속측중기) 오픈 프로토콜 반영 여부 검증용역(과제번호 20250455-001)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

고속축중기(HS-WIM)의 축중량 계측 오차 특성에 관한 연구

(Study on the Error Characteristics of Axle Load Measurements in High-Speed Weigh-In-Motion Systems)

장경찬

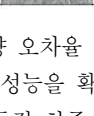
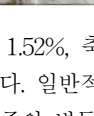
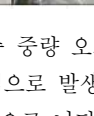
(한국건설기술연구원 수석연구원)

윤영민

(한국건설기술연구원 수석연구원)

도로법 제77조에서는 도로의 보존과 교통안전을 위하여 과적 차량의 도로 운행을 제한하고 있다. 운행 제한 차량 가운데 허용 중량을 초과 차량은 도로포장이나 교량 등 주요 도로 기반 시설의 손상을 초래할 뿐만 아니라, 교통사고 위험을 가중시키는 주요 원인으로 지적되고 있으며 이런 문제의식에 따라 과적 차량에 대한 단속 및 관리 체계는 도로교통 분야에서 지속적인 과제로 다루어져 왔다. 허용 중량을 초과하는 과적 차량의 중량 측정 방법으로는 고정식 축중기나 이동식 축중기 장비를 이용하여 차량이 정지된 상태로 계량하는 정적 계측(Static weighing) 기반의 측정 방법이 있으며, 이 방법은 중량 계측 과정에서 일부 신뢰할 수 있지만 중량 측정을 위한 단속 과정에서 차량의 정차를 요구하기 때문에 차량흐름 제한, 운영 비용 증가, 단속 효율 저하 등의 한계를 포함하고 있다. 다른 방안으로 도로포장 내에 중량 측정 센서(압전소자, 스트레인 게이지 등)를 매설하여 주행 중인 차량을 정차시키지 않고 주행 상태에서 차량 축을 통해 중량을 계측할 수 있는 동적 계측(Dynamic weighing)기반의 고속축중기(High-Speed Weigh-In-Motion, HS-WIM)가 있으며 운영의 효율성이 우수하여 과적 단속뿐 아니라 교통량 예측, 도로 관리, 교량 안전 모니터링 등으로 다양하게 활용되고 있다. 그러나 고속축중기도 축중량 계측에 사용되는 이종(異種)센서들의 성능 특성과 센서의 배치, 도로포장 상태, 도로 구배, 통과 교통량 등 환경 특성 및 시공 기술 차이로 인해 계측 오차는 발생하기 마련이다. 이에 본 연구에서는 실 도로에서 사용중인 고속축중기에 대해 중량 측정 계측 오차를 분석하였다. 이종 센서들의 성능 특성 파악을 위해서 압전 방식(Piezoelectric)의 8개 차로와 전기저항 변화 감지 방식(Strain Gauge)의 4개 차로, 총 12개 차로를 대상으로 각 차로별 중량 측정 센서에서 측정된 차량의 축중량 계측 오차를 분석하였다. 기준값 수집을 위해 검·교정이 완료된 이동식 축중기를 사용하였으며 5축 1단위(3축 가변축 제외) 및 5축 2단위의 시험 차량에 중량을 적재한 후 각 축별 중량을 2회 측정 후 평균을 기준값으로 설정하였다. 이후 시험 차량을 차로별로 10회 주행시킨 후 고속축중기에서 측정된 값과 기준값을 비교하여 오차를 분석하였다.

<Table 1> 고속축중기의 축하중 센서 설치 현황

	설치 정보	센서 유형	시공 예시	센서의 허용 하중	방향		
					상행	하행	도로 포장
1	4 개소 (16개 차로)	Piezo		40 ton			Concrete
2	1 (4개 차로)	Strain gauge		35 ton			Concrete
3	1 (4개 차로)	Strain gauge		40 ton			Concrete

<Table 2> 축하중 오차율 결과(단위: PE,%)

	관측 수	5축 1단위 차량		5축 2단위 차량	
		평균	표준편차	평균	표준편차
1축	240	2.43	2.08	3.89	2.94
2축	240	2.98	3.29	4.06	2.86
3축	240	미수집 (가변축)		2.85	2.18
4축	240	3.59	2.99	3.47	2.98
5축	240	3.33	2.49	2.73	2.00
총중량	240	1.52	1.19	1.51	1.20

시험 결과 총중량 오차율 평균은 1.52%, 축 중량 오차율 평균은 4.06% 이하로 「자동차·도로교통분야 ITS성능평가 기준」의 상급 이상 성능을 확인하였다. 일반적으로 발생하는 오차 원인은 차량 주행 궤적(Wheel path)의 편차와 차량 주행 중 발생하는 동적 하중이 축하중의 변동으로 나타나 측정 오차에 유의미한 영향을 주는 요인으로 확인하였으며, 기타 요인으로 시험 차량의 특정 축이 자동 축하중 제어 시스템(주행 안정성과 무게중심 최적화를 목적으로 운전자 개입 없이 자동으로 축하중을 제어)이 작동하여 축중량 측정 오차가 발생할 수 있는 사실을 확인하였다. 본 연구는 HS-WIM 장비의 센서 종류별 성능 특성과 화물차량의 특성, 제원 등에 따른 축중량 계측 오차 발생 범위를 실증적으로 규명하고, 실도로 기반 성능평가 체계의 실효성을 확인하였으며 향후 HS-WIM 도입 및 활용 시, 센서 선택·교정 주기·운영환경을 고려한 전략 수립 자료로 활용될 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 한국건설기술연구원 평가인증사업으로 수행되었습니다. (과제번호 20250021, 2025년 ITS장비 성능평가 사업)

국토교통분야 해외사업 추진 PMM분석

Portfolio Management Matrix for Overseas Development Aid of Transportation Field

남두희
(한성대학교 교수)

김정민
(한국능률협회컨설팅 박사)

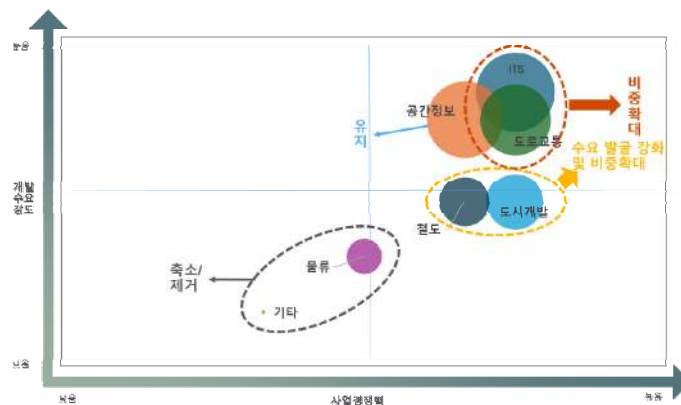
국토교통 ODA는 '13~24년간 총 32개국, 1,952억원을 지원하였다. 최대 수원국은 인도네시아(254억원, 15%)이며, 차 순위로 콜롬비아(225억원), 베트남(209억원), 라오스(194억원), 캄보디아(184억원), 우즈베크(124억원) 순으로지원이 되었다. 2024년 기준 우리나라 전체 ODA 예산은 6.3조원으로, 양자원조 규모는 5.1조원(유상 2조, 무상 3.1조)이며 이 중 국토교통 ODA는 267억원으로 2013년 33억원에서 2019년 157억원으로, 2024년에는 267억원으로, 2025년은 344억원으로 증가하였다.국 토교통부의 ODA 예산은 전체 양자ODA 규모의 0.52% 수준으로(무상양자 기준 0.86% 차지) 국내 46개 ODA기관 중 지원규모 면에서는 전체 부처 13위 수준이다.

본 연구는 2024-2026년 Bottom-up 사업의 분석을 바탕으로 추진방안을 마련한다. 총 23개국 대상 97건의 사업이 제안되었고 아시아 9개국, 아프리카 7개국, 중남미 3개국, CIS 4개국에 해당된다. 아시아 지역의 규모가 늘어나고 있으며, CIS지역이 2026년도에 규모가 증가하고 있다. 정부의 R&D 예산삭감 등의 영향으로 2026년에 신청 사업 수가 급증하였다. 현재의 추세는 사업의 소형화가 초래되고 있으므로, 사업의 대형화가 필요한 시점이다.

공중별로 보면 ITS, 공간정보, 도로교통이 주를 이루고 있다. ITS, 공간정보는 우리의 강점으로 볼 수 있고, 사업의 대형화를 위하여 철도 분야에 대한 관심도 필요한 시점이다.

인프라 구축, 스마트인프라, 그린인프라, 패키지형 확대, 무상원조 고도화, 사업발굴 다가화 6가지 2025년 국제개발 협력 종합시행계획에서의 추진방안을 고려할 시, 위 추이의 시사점을 보면, 스마트+그린 인프라의 강조가 필요하며, 패키지형 확대라는 측면에서 프로젝트와 연수의 통합이 필요하며, 무상원조에 그치지 않고 지속적인 사업 지속을 도모하기 위하여 유상원조를 도모하거나, 국제기구와 협업하여야 한다.

PMM(Portfolio Management Matrix) 분석 결과에 따른 향후 공중별 전략은 방향성개발수요가 높고 우리의 사업 경쟁력 높은 그룹 영역의 공중 분야인 ITS, 도로교통, 공간정보를 향후 사업의 비중을 확대하는 전략을 추진하는 것으로 도출되었다.



운송사 규모가 철송분담률에 미치는 영향

The effect of carrier size on rail freight share

장진원

(서울시립대학교 교통공학과&스마트시티학과
석박사통합수료)

박동주

(서울시립대학교 교통공학과&시빅데이터융합학과
교수)

철도는 친환경성과 에너지 효율 측면에서 주목받는 화물운송수단이지만, 전 세계적으로 철송분담률은 지속적으로 하락하고 있다. 본 연구는 철송분담률에 영향을 미치는 요인을 장기적이고 구조적으로 분석하기 위해 1995~2020년 28개국을 대상으로 국가단위 패널데이터를 구축하고, System GMM 모델을 활용하였다. 특히 운송사 규모(도로화물운송사당 평균 종사자수)를 포함하여 기존 연구에서 간과된 요인의 효과를 정량적으로 규명하였다. 분석 결과, 철송분담률은 강한 자기영향을 보이며, 운송사 규모는 유의미한 양의 영향을 주는 것으로 나타났다. 제조업 비중, 국제유가, 국토면적, 국제철도연결 여부 등도 철송분담률 증가에 기여하였으며, 고속도로 밀도, 소득수준은 부의 영향을 미쳤다. 반면 철도 밀도는 일부 모형에서 오히려 음의 계수를 보여 단순한 철도 연장만으로는 철송 활성화에 한계가 있음을 시사하였다. 본 연구는 철송분담률을 설명하는 새로운 영향요인을 밝히고, 장기적인 정책 효과를 분석 가능케 한 점에서 의의가 있다.

혼잡 경험 수준에 따른 지하철 승객의 효용 변화와 수단 선택행태 분석

Analysis of Subway Passengers' Utility Changes and Mode Choice Behavior
According to Crowding Experience Levels

홍서영

(명지대학교 연구교수)

박호철

(명지대학교 부교수)

대도시의 빠른 광역화와 통근 수요의 증가는 지하철 혼잡을 시급한 교통 문제로 부각시키고 있다. 이러한 혼잡은 단순히 이동 효율성을 저하시킬 뿐 아니라, 이용자의 안전과 교통수단 선택에도 직접적인 영향을 미친다. 최근 신설되는 철도 노선은 신규 수요를 유발하면서 기존 노선의 혼잡을 가중시키고, 이에 따라 이전까지 혼잡을 크게 체감하지 않던 이용자들까지 혼잡을 경험하게 되는 현상이 나타나고 있다. 이 과정에서 기존 혼잡 경험자와 신규 경험자 간에는 혼잡 체감 수준과 수용성에서 뚜렷한 차이가 발생할 수 있다.

본 연구는 선택실험(SP) 설문을 기반으로 혼합 로짓(Mixed Logit) 모형과 잠재클래스 분석(Latent Class Analysis, LCA)을 적용하여, 지하철 혼잡이 승객의 통행 행태와 효용에 미치는 영향을 정밀하게 규명하였다. 특히 기존 혼잡 경험자와 신규 경험자 간의 허용 수준 차이를 비교함으로써 집단별 혼잡 민감도의 이질성을 도출하였다.

연구 결과는 집단별 혼잡 허용 임계치 차이를 고려한 맞춤형 혼잡 관리 정책 수립에 기여할 수 있으며, 혼잡으로 인한 사회적 비용과 승객 체감 수준의 정량적 평가는 향후 공공교통사업의 정책 효과 평가와 의사결정에 유용한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

사사: This research was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korean government(MSIT) (RS-2024-00348596)

전국 지역간 수단선택행태 조사를 통한 수단대안인식 분석

Nationwide Survey of Intercity Mode Choice Behavior and Awareness of Travel Alternatives

김희조

(서울시립대학교 석박사통합수료)

박동주

(서울시립대학교 교수)

수단선택모형에서 선택대안은 의사결정자가 이를 인지하고 실제로 선택 가능한 경우에만 유효한 것으로 간주된다. 그러나 지역간 여객 수요분석에서는 일반적으로 “수송실적이 존재하는 경우 해당 수단은 선택 가능한 것으로 본다”는 집계적 가정이 적용되어 왔다. 본 연구에서는 이러한 전제가 개별 통행자 수준에서도 합리적인지 검토하기 위하여, 전국 지역간 대중교통 이용자를 대상으로 대규모 RP 설문조사를 수행하였다. 조사는 철도역과 고속·시외버스터미널 등 53개 거점을 중심으로 진행되었으며, QR코드를 활용한 온라인 자기기입식 응답 방식으로 총 19,000명 이상을 확보하였다. 표본은 성별·연령·지역 비례배분을 고려하여 설계되었고, 철도와 버스 수단별, 주중·주말별로 층화 추출이 이루어졌다.

분석 결과, 집계형 모형에서 전제하는 보편적 선택대안 집합과 달리, 실제 이용자 개인별로 인지하고 있는 수단선택 대안에는 상당한 이질성이 존재하였다. 동일한 출발지·도착지 쌍에서도 일부 응답자는 철도와 버스를 모두 유효한 대안으로 인식한 반면, 다른 응답자는 자신이 선택한 수단 외에는 고려하지 못하는 경향을 보였다. 이러한 차이는 연령, 성별, 거주지역, 운전 가능 여부와 같은 개인 속성뿐만 아니라, 통행목적(업무, 여가, 가족 방문 등)이나 조사 요일(평일/주말)에 따라서도 유의한 차이를 나타냈다.

특히, 20·30대 응답자들은 철도와 버스를 비교적 균형 있게 대안으로 인식하는 반면, 50대 이상에서는 특정 수단만을 사실상 유일한 선택지로 간주하는 비율이 높았다. 또한 자가용 운전 가능 여부는 대체수단 인식에도 중요한 영향을 미쳤는데, 운전 가능자는 승용차를 ‘잠재적 대안’으로 함께 고려하는 경우가 많았던 반면, 운전 불가능자는 선택지가 철도·버스로 제한되는 경향을 보였다. 이러한 결과는 기존의 집계형 모형에서 단순히 ‘수송실적 존재=대안 존재’로 보는 가정이 실제 행태를 과소 단순화할 수 있음을 시사한다.

본 연구의 의의는 다음과 같이 세 가지로 정리된다. 첫째, 대안 집합 형성(choice set formation)의 문제를 집계 수준이 아닌 개별 이용자 수준에서 실증적으로 검증하였다는 점이다. 둘째, 인지된 대안과 실제 선택 간의 괴리를 확인함으로써, 향후 모형 추정 시 개인별 인식 차이를 반영하는 혼합로지모형이나 베이지안 추론 기반의 확장 가능성을 제시한다. 셋째, 정책적 함의로서, 특정 집단이 특정 교통수단의 존재를 인지하지 못하는 상황에 있음을 보여줌으로써, 수단분담률 제고는 단순한 공급 확충뿐 아니라 정보 제공, 접근성 개선, 홍보 전략을 통해서도 달성될 수 있음을 시사한다.

결론적으로, 본 연구는 지역간 교통 수요분석에서 관행적으로 사용되는 선택대안 가정의 타당성을 재검토하고, 실제 이용자의 인식 기반 데이터에 근거하여 수단선택 행태를 설명함으로써 향후 수단분담 모형의 정교화와 정책 설계에 중요한 기초자료를 제공한다.

사사: 본 연구는 국가철도공단 『철도 수요예측방법 개선 연구 용역』의 지원을 받아 수행됨

승객통행기반 지하철-버스 환승 접근성 추정 방안

Bus-Subway Transfer Accessibility Estimation Model Using Transport Card Data

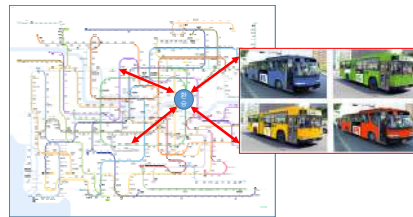
신성일

((주)ITS Mobility Lab 대표이사)

김중형

(인천연구원 선임연구위원)

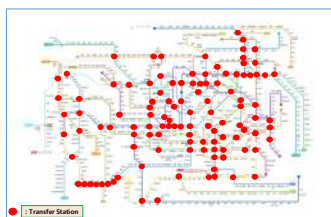
교통카드자료는 승객이 이용하는 대중교통관련 정보에서 버스와 지하철 간에 환승과 관련된 내용을 포함한다. 본 연구는 환승통행을 토대로 버스-지하철 환승접근성을 추정 방안을 마련한다. 접근성(Accessibility)의 초기 개념은 거시적 도시공간 구조 및 교통망에 대한 특정 지점의 집중도를 나타내는 개념이었으나, 최근의 빅데이터에 기반한 교통카드자료는 버스의 광역, 시내, 마을, 순환의 분류와 함께 승객의 속성자료를 구분하기 때문에 보다 다양한 환승접근성을 추정하는데 활용될 수 있다. 연구는 버스-지하철 환승접근성 추정을 위해서 지하철 환승역에서 지하철 통행과 버스 통행으로 통행시간에 기반한 접근성을 합산하는 방안을 마련한다. 따라서 기존의 버스-지하철 환승접근성은 지하철역과 버스와의 단방향 통행에 의한 개념보다 확장된 추정방안이다. 이러한 2단계 통행을 합산하는 방안을 구축하게 되면 지하철 환승을 중심으로 버스가 미치는 중심성과 지하철이 미치는 중심성을 구분하여 분석할 수 있게 된다.



버스-지하철 환승 접근성의 개념 (버스-지하철, 지하철-지하철)

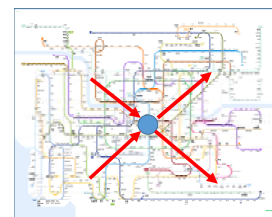
수도권 지하철 환승역을 이용하는 승객은 보통통행이 발생하는 상황에서 카드자료가 기록되지 않기 때문에 환승지점을 추정하지 못하는 문제가 발생한다. 따라서 환승역에 대한 기능적 측면에서 TagIn 및 TagOut 자료외에 환승의 기능에 대한 정확한 추정을 파악하기 어렵다. 특히 환승역을 중심으로 통행의 발생이 나타나는 접근성을 추정하지 못하는 한계가 존재한다. 본 연구는 승객의 이동을 추정하는 모형을 구축하여 환승역의 접근성을 산정하는 방안을 마련한다. 이를 위해 최초 TagIn 및 최종 TagOut 카드 정보를 기반으로 환승이 예상되는 역사를 산정하고 환승역사를 중심으로 이탈통행 (Production Trip)과 접근통행(Attraction Trip)을 합산하여 접근성을 산정하는 방안을 마련한다.

<그림>은 지하철 환승역을 나타낸 것으로 승객의 이동에 대한 정보가 교통카드자료에 포함되지 않는다. 승객의 환승역에 접근통행과 환승후 이탈통행을 구분하는 모형적 절차가 요구된다. 이는 교통카드자료의 모든 통행을 <표>로 Trip Chian 으로 나타낸 표의 S에서 환승역을 추정하는 방안을 마련하는 것이다.

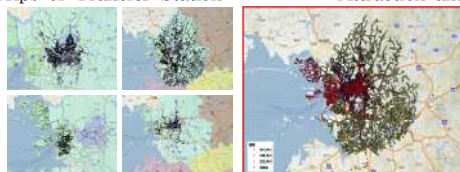


Attraction and Production Trips of Transfer Station

Sequence	Trip Class	City	Sequence	Trip Class	City
1	10	000000	11	10	000000
2	10	000000	12	10	000000
3	10	000000	13	10	000000
4	10	000000	14	10	000000
5	10	000000	15	10	000000
6	10	000000	16	10	000000
7	10	000000	17	10	000000
8	10	000000	18	10	000000
9	10	000000	19	10	000000
10	10	000000	20	10	000000
11	10	000000	21	10	000000
12	10	000000	22	10	000000
13	10	000000	23	10	000000
14	10	000000	24	10	000000
15	10	000000	25	10	000000
16	10	000000	26	10	000000
17	10	000000	27	10	000000
18	10	000000	28	10	000000
19	10	000000	29	10	000000
20	10	000000	30	10	000000



Attraction and Production Trips of Transfer Station



수도권 버스정류장 및 지하철 역사

협력적 게임 이론을 활용한 지하철 운송기관 수입금 배분 방안

Revenue Allocation Approach for Subway Agencies Using Cooperative Game Theory

김희천 (서울대학교 행정대학원 박사과정)	신성일 ((주)ITS Mobility Lab 대표이사)	조신형 (홍익대학교 도시계획과 교수)	이창훈 (자율주행기술개발혁신 사업단 수석연구원)
-------------------------------------	---	-----------------------------------	---

수도권 통합대중교통 요금체계는 서울, 경기, 인천에서 운영되는 마을버스, 시내버스, 광역버스와 14개 수도권 지하철 운송기관이 참여하여 통합으로 운영되고 있다. 따라서 승객의 요금수입을 운송기관에 배분하는 과정이 요구되며, 현재 (주)티머니는 통합정산사로서 1차 정산인 버스과 지하철 운송기관에 요금수입을 일일단위로 배분하는 기능을 담당하고 있다. 한편 지하철 요금은 승객이 요금단말기에 TagIn 기관에 우선 배분하고 후에 운송기관의 합의에 의한 2차 정산을 수행하는데 현재 수도권광역교통위원회에서 2차운임정산의 명칭을 연락운임정산이라는 명칭하에 과제를 발주하여 수행하고 있으며 이는 지하철 정산을 의미한다. 지하철 정산은 운송기관의 편의적인 해석과 합의에 의해서 진행되었으며 현재의 정산물에 대한 이론적인 근거가 부족하다. 따라서 합리적인 이론적인 근거가 수립되면 기관과 정부의 지원이 원활한 가운데 정산기능이 수행될 가능성이 있다. 본 연구는 수도권통합요금체계에 참여하고 있는 지하철 운송기관이 요금체계의 지속가능성과 발전을 위해서 협력한다는 가정하에 협력적 게임 이론을 지하철 정산에 도입하는 방안을 검토한다.

우선 지하철 정산이 협력적 게임 이론의 틀에 부합하는지에 대한 검토는 아래와 같이 수행하였으며 게임의 틀에 매우 적합한 상황임을 판단하였다.

● 협력적 게임 이론을 지하철 정산에 적용하는 방안 검토

- **공동목표**: 수도권 통합대중교통 요금체계
- **연합 형성**: 수도권 지하철 요금정산 협의체
- **사전 협상**: 대도시권 광역교통위원회 과제 수행 및 협상 진행
- **구속력 있는 합의**: 대도시권 광역교통위원회 중재법
- **이익을 연합을 구성하는 Player끼리 공유하고 분배하는 메커니즘**: 협력적 게임 이론 기반 정산 방안
- **공동의 목표 강조**: 수도권 통합대중교통 요금체계의 지속가능한 발전

협력적 게임 이론을 위한 알고리즘은 기존의 지하철 정산에서 나타나는 단말기 OD기반의 경로선택모형을 도입하여 요금을 수입금으로 운송기관에 배분하는 방안을 마련하였다.

● 알고리즘

- **TagIn – TagOut OD 구축 및 1차 전산에서 배분된 OD 수입금과 승객수 확정**
- **모든 TagIn-TagOut OD에 대하여 통행시간기반 경로탐색 알고리즘 수행**
- **배분된 OD 수입금을 TagIn-TagOut OD의 경로에 경로수 또는 경로거리 비율 배분**

사례연구는 단말기의 TagIn-TagOut OD간 경로선택에서 나타나는 링크개수와 링크거리를 구분하여 도출하였으며, 현행 노인무임승차 일반요금에 부과되는 유임으로 변환하여 링크개수와 링크거리로 결과를 도출하였다.

지하철역의 근접성과 네트워크 접근성이 토지가격에 미치는 영향 분석

The Effects of Multiple Metro Station Proximity and Network Accessibility on Land Prices

김건민

(서울시립대학교 교통공학과
석박사통합과정)

이승현

(서울시립대학교 교통공학과
부교수)

변지혜

(서울시립대학교 교통공학과
조교수)

전세계적으로 도시화가 가속화 되면서, 주요 대도시들은 교통혼잡, 대기오염과 같은 문제에 직면하고 있다. 이러한 문제는 자동차 중심의 도시 구조와 밀접하게 연관되어 있으며, 이를 해결하기 위해 많은 도시들이 대중교통 시스템을 확장하고 있다. 대중교통을 통한 접근성 향상은 생활 편의성을 높이고 이동 비용을 절감시켜 인근 부동산 가격 상승으로 이어진다. 이러한 변화는 도시 구조의 재편과 사회적 형평성 문제와 긴밀하게 연결되어 있으며, 이를 분석하는 것은 도시계획과 교통정책 수립에 있어 필수적이다.

본 연구는 서울 지하철을 대상으로, 하나 이상의 역에 대한 근접성과 네트워크 접근성이 토지가격에 미치는 복합적 영향을 분석하였다. 이를 위해 모든 지하철역을 대상으로 각 역에서 다른 모든 역까지의 이동시간과 환승 횟수를 산출하고, 이를 네트워크 이론의 근접 중심성 지표에 적용하여 이동시간 중심성과 환승 중심성으로 변환하였다. 개별 역의 중심성은 각 토지를 기준으로 보행 네트워크 거리에 따라 250m 간격으로 최대 2km까지 집계하였으며, 이러한 지표를 공간오차모형(SEM, Spatial Error Model)에 적용하여 분석을 수행하였다. 또한, 지하철역의 효과가 토지이용에 따라 어떻게 달라지는지를 규명하기 위해 토지를 주거용과 상업용으로 구분하여 분석하였다.

분석 결과, 토지가격은 다수 지하철역의 이동시간 중심성과 환승 중심성에 의해 영향을 받는 것으로 나타났다. 주거용 토지는 반경 1,500m 이내 역들의 영향을 받았으며, 상업용 토지는 반경 1,000m 이내 역들의 영향을 받았다. 또한 중심성의 효과는 거리 증가에 따라 감소하였으며, 그 감소폭은 주거용 토지보다 상업용 토지에서 더 크게 나타났다.

본 연구에서 제시된 분석 기법은 대중교통 투자의 자본화효과를 보다 정확하게 평가할 수 있도록 하며, 개발이익환수의 범위와 대상을 합리적이고 공정하게 설정하는 데 기초 자료로 활용될 수 있다. 특히, 단일 역의 접근성만을 고려하는 기존 방식과 달리 복수의 역과 네트워크 전체의 효과를 반영함으로써 토지가치 상승을 과소평가하거나 과대평가하는 문제를 효과적으로 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

사사: 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2023R1A2C2008054)

동적 도로 요금제에서의 경로 선택 행태에 관한 연구: 운전자 행동 요인을 중심으로

A Study on Route Choice Behavior under Dynamic Road Pricing:
Focusing on Driver Behavioral Factors

김민준

(서울시립대학교 교통공학과
석사과정)

이승현

(서울시립대학교 교통공학과
부교수)

변지혜

(서울시립대학교 교통공학과
조교수)

본 연구는 동적 도로요금제(Dynamic Road Pricing, DRP) 설계에 운전자 행동 특성 및 이질성을 반영하는 실증적 틀을 제시한다. 기존 DRP는 교통류·속도·혼잡도 등 실시간 데이터 기반의 기술적 요금 산정에 치우쳐 개별 운전자의 행동 반응과 수용성을 충분히 반영하지 못했다. 그 결과, 시간·요금 민감도, 통행시간 신뢰도, 요금 갱신 주기 선호와 같은 핵심 행동 요인이 DRP의 실효성에 결정적임에도 관련 분석은 상대적으로 미흡한 상황이다.

이 한계를 보완하고자 한국 고속도로 이용 경험자를 대상으로 이산선택실험(Discrete Choice Experiment, DCE) 기반 설문을 실시하여, 요금·통행시간·통행시간 신뢰도·요금 갱신 주기 간 관계를 계량적으로 추정하였다. 응답자는 8문항으로 구성된 3개 블록에 무작위 배정되었고, 경로 선택 외에도 ‘비용 민감도’, ‘혼잡 기피 성향’, ‘경로 습관성’, ‘가격 투명성’ 등 4개 태도 요인을 파악하는 11개 문항에 응답했다. 이후에는 확인적 요인분석(Confirmatory factor analysis, CFA)으로 4개 표준화 요인을 도출한 뒤, 다항로짓(Multinomial Logit Model, MNL)과 혼합로짓(Mixed Logit Model, MXL)으로 평균 선호와 연속적 이질성을 추정하고, 잠재계층모형(Latent Class Model, LCM)으로 이질적 집단을 추가 식별하였다. 분석 결과, 요금·통행시간·신뢰도 악화가 증가할수록 해당 경로의 선택확률은 유의하게 감소하고, 반대로 요금 갱신 주기가 길수록 선택확률은 크게 증가하였다. 또한 연령이 높을수록 시간 증가에 대한 민감도는 완화된 반면, 주 7회 이상 정기 이용자는 시간에 더 민감했다. 아울러 남성은 요금 안정성에 대한 선호가 상대적으로 약화되는 경향을 보였다.

본 연구는 DRP 설계 과정에서 운전자 행동 이질성을 고려할 경우, 제도의 예측력과 정책 적합성을 향상시킬 수 있는 가능성을 보여주었다. 요금·통행시간·신뢰도 악화는 선택 확률을 일관되게 감소시키는 반면, 요금 갱신 주기 증가는 선택을 높이는 요인으로 확인되었으며, 연령·소득·이용빈도·성별·태도요인에 따라 민감도의 크기와 방향이 달라지는 세분화 효과가 관찰되었다. 이러한 결과는 DRP가 평균효과에 기댄 일률적 요금·정보 제공보다는, 운전자가 선호하는 요금 갱신 주기 설정 및 집단별 맞춤 전략을 병행할 때 수용성과 효과성을 동시에 개선할 수 있음을 시사한다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2023R1A2C2008054).

접근로별 진입교통량을 고려한 햄버거형 회전교차로 처리교통량 분석 연구

A Study on the Capacity Analysis of Hamburger Roundabouts by Considering Approach lane's Traffic Volume

박지수

(국립공주대학교 도시융합시스템공학과 석사과정)

안우영

(국립공주대학교 도시교통공학과 교수)

도로 형태가 마치 햄버거처럼 보여 햄버거형 회전교차로라고 불리는 이 교차로는 주도로 직진차로를 회전교차로 중앙섬을 가로지르도록 설계한 특수한 형태이다, 주도로 직진을 이용하는 운전자는 회전교차로 내 회전차로를 이용하지 않고, 직진차로 내 신호를 받아 직진할 수 있으며, 회전하는 차량은 회전차로 진입 후, 회전차로 내 신호를 받아 통행할 수 있다. 햄버거형 회전교차로는 특정 방향의 직진 통행량이 많은 경우에 사용할 수 있으며, 일반적인 신호교차로보다 상충지점 수가 적어 안전하다고 할 수 있다.

『회전교차로 설계지침, 국토교통부(2022)』에서는 이 교차로를 특수유형 직결형 회전교차로로 정의하고 있으며, 직진교통량이 특히 많은 교차로에 설치할 경우 효과적인 운영을 할 수 있다. 햄버거형 회전교차로는 해외에서 출·퇴근 시간대 특정 방향 교통량이 압도적으로 많은 경우에 정체를 해소하기 위해 적극적으로 설치하여 효과를 보고 있지만, 국내에서 햄버거형 회전교차로를 찾아볼 수 없다. 국내에서 유일하게 햄버거형 회전교차로와 유사한 형태인 해화로터리는 기존에 고가도로를 철거하면서 회전교차로와 전형적인 평면교차로의 운영방식을 조합한 형태로, 주도로의 직진차량은 주행차로를 유지하며 통행하지만, 주도로 회전차량과 부도로 주행차량은 회전차로로 진입하여 교통신호에 따라 원하는 방향으로 통행할 수 있다. 주도로의 직진 용량 증대 및 신호 현시 수 감소 등 기대효과는 햄버거형 회전교차로와 유사하나, 실제로 해화로터리의 경우 산발적인 교통량 비율과 복잡한 신호구조로 인해 효율적인 운영이 어려운 상황이다. 또한 『회전교차로 설계지침, 국토교통부(2022)』에서 햄버거형 회전교차로의 정확한 설치 기준이 제시되어 있지 않아, 방향별로 처리 가능한 교통량의 기준을 판단하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 햄버거형 회전교차로의 구조, 통행 특성을 반영할 수 있는 Micro Simulation Program VISSIM을 통해 햄버거형 회전교차로 내접원 지름 60m, 주도로 직진차량과 회전차량의 상충을 최소화하기 위해 주도로 왕복 8차로 부도로 왕복 4차로 유형에 관하여 접근로 방향별 교통량 시나리오를 설정하고 시나리오별 비교분석을 통해 접근로별 진입교통량을 고려한 햄버거형 회전교차로의 처리교통량 기준을 연구하고자 한다.

적정교통량 분석을 위해 총 3가지 조건을 기준으로 분석 시나리오를 작성하였다. 조건1은 교통량의 경우 교차로 전체 통과교통량을 기준으로 400~4,800대/시 12단계로 구분하였다. 조건 2로는 좌회전과 우회전 비율을 각각 10%, 20%, 30%씩 증가시켰으며 조건 3은 주도로 부도로 비율 (9:1), (8:2), (7:3) 3가지로 가정하였다. 3가지 조건과 햄버거형 회전교차로 신호 현시 설정은 주기를 60~120초 사이의 값으로 설정하여 VISTRO 프로그램을 통해 적용한 최적 신호를 종합하여 접근로 방향별 지체도 분석을 통해 적정교통량을 산정하였다.

분석 결과, 좌회전 비율이 10%일 때 진입교통량 4,800대/시에서 지체도 28.88~49.42초/대로 가장 많은 교통량을 수용할 수 있으며, 대체로 좌회전 교통량 비율이 10% 내외의 경우, 적정교통량 기준이 4,800대/까지 가능한 것으로 분석되었다. 좌회전 교통량 비율이 낮고, 우회전 교통량 비율이 높을수록 더 많은 용량을 처리할 수 있는 것으로 분석되었으며, 주도로 부도로 교통량 비율이 균등할수록 햄버거형 회전교차로의 운영효율성이 떨어지는 것으로 분석되었다. 주·부도로 교통량 비율 7:3, 좌회전 교통량 비율 20% 이하일 때, 적정교통량 4,000~4,800대/시, 주·부도로 교통량 비율 8:2, 좌회전 교통량 비율 20% 이하일 때, 적정교통량 4,400~4,800대/시, 주·부도로 교통량 비율 9:1, 좌회전 교통량 비율 20% 이하일 때, 적정교통량 4,800대/시에서 햄버거형 회전교차로 설치가 적절한 것으로 판단된다.

방송망 기반 GNSS 보정정보 서비스의 이동수신 성능 분석

Analysis of Mobile Reception Performance of Broadcast Network-Based GNSS
Correction Information Services

서영우 (KBS 부장)	고우중 (KBS 수석연구원)	김도엽 (KBS 국장)	이용준 (현대모비스 책임연구원)
-----------------	--------------------	-----------------	----------------------

본 논문은 방송망을 기반으로 한 고정밀 RTK(Real-Time Kinematic) GPS 서비스 즉 HP(High-Precision) GNSS의 구현과 검증을 목적으로 진행되었으며, 차세대 방송 표준인 ATSC 3.0 데이터캐스팅 기술을 활용하여 보정정보를 전송하는 방식을 적용하였다. 기존의 RTK GPS 서비스는 주로 이동통신망(LTE, 5G 등)을 매개로 하여 보정정보를 제공하지만, 이러한 방식은 네트워크 지연, 셀 커버리지 한계, 다중 사용자의 동시 접속 문제와 같은 제약을 가진다. 반면, 방송망은 단방향 대역폭을 활용한 광역 송출이 가능하며, 동일한 정보를 다수 수신자에게 동시에 제공할 수 있다는 점에서 효율성과 확장성 측면에서 장점이 있다. 따라서 방송망 기반의 GNSS 보정정보 서비스가 실제 이동 환경에서 안정적으로 구현 가능한지를 실험적으로 확인하는 것이 본 연구의 핵심 목표이다.

이동수신 성능 분석을 위한 실증실험은 제주테크노파크의 차세대방송 송신시설을 중심으로 수행되었다. 먼저 기준국(Base Station)에서 관측한 원시 위성 데이터를 활용하여 생성된 실시간으로 보정정보를 데이터 스트림을 송신소에 전달하고, ATSC 3.0 시스템의 데이터캐스팅 기능을 통해 방송망으로 송출하였다. 차량 실험에서는 자동차에 두 개의 GNSS 수신기를 장착하고, 두 수신기의 안테나를 약 20cm 간격으로 설치하였다. 차량은 송신소 주변을 시속 약 30km로 주행하면서 1초 단위로 각 수신기에서 수신한 보정 신호와 계산된 위치 좌표를 기록하였다. 기록된 데이터는 이후 지도에 매핑되어 두 수신기 간 위치 변화와 간격 유지 여부를 분석하는 데 사용되었다.

반복된 실험과정에서 두 수신기 간 약 20cm의 간격은 주행 내내 안정적으로 유지되었다. 이는 방송망을 통해 전달된 보정정보가 이동 수신 환경에서도 지연이나 왜곡 없이 정확히 수신되어 GNSS의 정밀도를 성공적으로 보정했음을 의미한다. 특히, 전송지연시간을 달리한 실험에서도 동일한 결과가 재현되었으며, 이는 송출 워크플로우에서의 어느 정도의 지연시간도 데이터 적용의 신뢰성과 서비스의 안정성을 보장하는 결과이다. 또한, 두 수신기의 동시 수신 데이터가 일정한 간격을 유지했다는 점은 방송망 기반 보정정보 전송이 단일 수신기의 오차 보정 성능을 간접적으로 입증하는 과학적 검증 방법론으로 활용될 수 있음을 보여준다.

본 논문의 의의는 크게 세 가지로 요약된다. 첫째, 방송망을 활용한 보정정보 전송이 실제 주행 환경에서도 센티미터급 정밀도를 달성할 수 있다는 점을 최초로 실증하였다. 둘째, 이중 안테나를 활용한 상대 간격 유지 방식은 오차 보정을 평가하는 새로운 검증 틀로 기능하며, 단순한 정지 측정이 아닌 이동 환경에서의 성능 검증이라는 점에서 연구의 독창성이 있다. 셋째, 반복성과 재현성을 통해 서비스의 상용화 가능성을 확보하였으며, 이는 향후 자율주행, 스마트 물류, 정밀 농업 등 다양한 산업 영역에서 HP GNSS 서비스의 응용 가능성을 뒷받침하며, 방송망 기반의 HP GNSS 서비스가 실제 차량 이동 상황에서 센티미터 단위의 정밀도를 안정적으로 제공할 수 있음을 실증적으로 확인한 것이다.

향후 연구 과제로는 보정정보 전송 시 발생할 수 있는 지연 및 패킷 손실에 대한 통계적 분석, 도심이나 산악 지형과 같은 난수신 환경에서의 성능 검증, 다중 차량을 대상으로 한 실험 설계등을 추진하고 있으며, ATSC 3.0 데이터캐스팅을 효율적으로 활용하기 위한 전송 최적화 알고리즘 및 보안 프로토콜 개발을 동시에 진행하고 있다. 이를 통해, 방송망 기반 GNSS 보정 서비스는 통신망 의존적 구조를 보완하며, 미래의 자율주행 및 스마트 모빌리티 인프라에서 중요한 기반 기술로 자리매김할 수 있을 것이다

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 RS-2022-00141819)



학부논문경진대회

운전자 없는 로봇택시의 안전성 평가 시나리오 구성요소 도출: 상황 시나리오를 중심으로

Derivation of Safety Assessment Scenario Elements for Driverless Robo-Taxi:
Focusing on Functional Scenario

강승모
(아주대학교 학부생)

풍태현
(아주대학교 학부생)

윤일수
(아주대학교 지도교수)

4차 산업혁명의 주역 중 하나인 자율주행 자동차는 단순히 자동차 산업의 혁신을 넘어 전 세계 사람들의 생활패턴과 공간의 활용 방안 등 삶의 사회·경제적 전 분야를 뒤흔들 수 있는 새로운 패러다임이다. 이러한 자율주행 자동차는 서비스의 측면으로써 '자율주행 택시', 즉 '로보택시'라는 하나의 형태로 사람들의 삶 속에서 자리 잡아가고 있다. 로보택시는 운전자 없이 요금을 받고 손님을 목적지까지 운송하는 영업용 차량을 의미한다. 현재 자율주행 산업을 선도하는 중국과 미국을 중심으로, 레벨 4 수준의 자율주행 기술을 활용한 로보택시의 상용화가 활발하게 이루어지고 있다. 예컨대, 중국은 정부 주도의 자유로운 환경 속에서 베이징, 상하이, 우한 등의 주요 거점 도시에서 바이두, 포니AI 등의 회사가 상용화에 앞장서고 있다. 미국 역시 웨이모, 테슬라 등의 여러 기업들이 샌프란시스코, 텍사스 등 대도시에서 실증 사업에 참여하며 기술 혁신을 꾀하고 있다.

한국은 후발주자로서 강남, 판교 등지에서 버스 중심의 자율주행 프로젝트를 통해 검증을 진행하며, 포니AI 등의 해외 기업과 협력하여 로보택시를 출범하는가 하면, A2Z와 같은 국내 기업들이 데이터를 축적하며 기술격차를 줄이는 데 힘쓰고 있다. 이 같은 노력에도 불구하고, 여전히 한국은 기술적·법적·제도적 한계에 부딪혀 어려움을 겪고 있는 실정이다. 따라서 우리나라 또한 자율주행 로보택시 산업에서 뒤처지지 않기 위해서는 고유의 도로 및 교통 사정에 기반한 체계적인 자율주행 로보택시 안전성 평가 시나리오(Scenario)를 구축할 필요가 있다. 이에, 본 연구에서는 독일의 PEGASUS 프로젝트의 4단계 중 상황 시나리오를 중심으로 로보택시 평가 기준을 마련하고자 연구를 진행하였다.

상황 시나리오는 평가하고자 하는 상황을 정의하기 위해 도로 네트워크, 환경 조건 등을 자연어로 서술한 것으로 추상화 정도가 가장 높은 단계이다. 자율주행 로보택시의 안전성 평가 시나리오 중, 상황 시나리오를 구성하는 데 필요한 중요 요소들을 도출하기 위해서, 본 연구에서는 전문가를 대상으로 한 설문조사 방식을 채택하였다. 자율주행 로보택시 안전성 개선을 위한 중요 항목을 선정하기 위해 자율주행 자동차를 연구·개발한 경험이 있는 자를 응답 대상으로 하였다. 설문 구성을 위해서, 우선 서비스와 주행 두 가지 측면에서 로보택시에서 발생할 수 있는 다양한 상황 예시들을 가정하였다. 이후, 이들을 평가하기 위한 평가척도로써 '교통류 무해성', '교통 서비스 충실성', '법·제도적 개선 필요성' 총 3가지의 항목을 선정하였다. '교통류 무해성'은 로보택시가 도로를 주행하면서 교통류에 어느 정도의 영향을 미치는지 나타내는 평가항목이다. '교통 서비스 충실성'은 적절한 승·하차 위치를 지정하거나, 목적지까지 안전하고 빠르게 도달하는 등 기존의 택시와 비교하였을 때 대중교통으로서 여객운송의 역할을 얼마나 잘 수행하였는지 나타내는 평가항목이다. '법·제도적 개선 필요성'은 로보택시가 높은 수준의 서비스와 주행성을 확보하기 위해서는 기존의 법과 제도를 개정해야 할 필요성이 있는지를 나타내는 평가항목이다. 해당 항목들을 평가하기 위해 우선순위를 매겨 가중치를 부여하는 설문조사 방법론인 AHP(Analytical Hierarchy Process)를 적용하였다.

자율주행 전문가를 대상으로 한 설문조사 결과, 로보택시의 서비스 향상과 안전도 개선을 위해서는 법적·제도적 개선이 가장 필요하다는 결론을 도출할 수 있었다. 즉, 자율주행 로보택시 산업의 선두를 달리고 있는 중국, 미국과는 달리, 자율주행 자동차, 더 나아가 무인 로보택시의 발전에 있어 규제가 걸림돌이 되고 있는 한국의 상황에서, 로보택시 신뢰도 확보와 상용화를 위해서는 다양한 상황에서 일반 택시와 마찬가지로 유연성과 융통성을 발휘할 수 있도록 허용하는 법·제도의 개선이 필요하다. 본 연구에서 실시한 설문조사 결과로 선정된 상황 시나리오의 상황 예시들은, 추후 주행성이나 안전성 등의 요소에 더하여 '서비스'라는 택시의 특징을 반영한 자율주행 로보택시 특화 평가 시나리오를 개발하는 데 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구는 자율주행 로보택시 평가 시나리오 고안을 위하여 상황 시나리오의 상황 요소를 도출하였으나 몇 가지 연구의 한계가 존재한다. 첫째, PEGASUS 프로젝트의 4단계 정의 중 상황 시나리오에 한정하여 구성 요소 일부만을 선정하는 방식으로 검증을 진행한 점, 둘째, 기존 자율주행 자동차와는 다른 서비스적 측면이 부각되는 로보택시의 안전성 검증 방법을 구체적으로 제시하지 못한 점 등의 한계가 있다. 따라서, 추후 연구에서는 로보택시의 검증 방법을 세부적으로 정의하고, 실평가에 적용 가능한 범용적인 다차원적 프레임워크를 개발할 필요가 있다.

지속 가능한 캠퍼스를 위한 셔틀버스 운영개선 방안 연구

A Study on Shuttle Bus Operation Improvement for a Sustainable Campus

김선우 (성결대학교 도시디자인정보 공학과 학부과정)	김은혜 (성결대학교 도시디자인정보 공학과 학부과정)	김지우 (성결대학교 도시디자인정보 공학과 학부과정)	송준호 (성결대학교 도시디자인정보 공학과 학부과정)	김수재 (성결대학교 도시디자인정보 공학과 조교수)
---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------

『국가 온실가스 인벤토리』에 따르면 2018년 국내 온실가스 총배출량은 약 7억 2,760만 톤CO₂ eq이며, 이 중 도로 수송부문이 13.7%(9,810만 톤CO₂ eq)를 차지한다. 정부는 『국토교통 탄소중립 로드맵』을 통해 2030년까지 수송부문 배출량을 37.8% 감축하는 것을 목표로 하고 있다. 국제사회 또한 『교토의정서』(1997)에서 CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ 등 6종을 대표적 온실가스로 규정하였으며, 이 가운데 CO₂는 전 세계 배출량의 대부분을 차지해 교통 부문 저감의 핵심 대상으로 인식된다.

국내 여러 대학교에서는 대학교 인근의 대중교통 시설(특히 지하철역)까지의 거리가 먼 경우 셔틀버스를 운영하고 있다. 셔틀버스 운영비용은 온전히 학교에서 부담하다 보니 학교에서는 최소한의 운영 서비스를 제공하고 있다. 이로 인해 많은 학생들은 택시를 이용하여 학교로 접근하고 있으며, 이러한 통행행태는 학교로의 접근로나 교내 도로의 경사도가 높은 경우 더 빈번하게 일어난다. 본 연구의 대상지역인 성결대학교의 경우 가장 가까운 지하철역인 명학역(1호선)이 대학교 정문에서 약 1km 떨어져 있으며, 지하철을 이용하여 통학하는 학생들을 위해 셔틀버스를 운영하고 있다. 다만, 셔틀버스의 운영시간과 횟수가 한정적이고, 1호선 명학역뿐만 아니라 4호선 금정역에서 접근하는 학생들도 많아 택시의 이용이 잦은 현황이다. 잦은 택시의 이용은 대학 캠퍼스 내 학생들의 안전 문제를 초래할 수 있으며, 더 나아가서는 탄소 배출에 따른 환경오염 문제를 발생시킬 수 있다.

이에 본 연구에서는 성결대학교의 통학행태를 파악하고, 이를 개선할 수 있는 셔틀버스 운영방안을 제안하여 택시에서 셔틀버스로 전환되는 이용수요를 추정하고, 이에 대한 탄소 배출 저감효과를 측정하고자 한다. 우선, 현재 일평균 셔틀버스의 이용실적을 파악하고, 설문조사를 통해 통학행태(이용수단, 교내 접근 출발지, 최종 목적지(교내 건물), 셔틀버스 미이용 사유)를 파악하였다. 이를 기반으로 셔틀버스 운영개선 안(노선 개편, 운행횟수 조정 등)을 제안하여 셔틀버스로의 전환 여부를 조사하여 통학 수단선택모형을 구축하였다. 마지막으로, 수단전환에 따른 탄소 배출 감소량, 교내 통행 안전성 확보, 지속 가능한 캠퍼스 이미지 구축 등에 대한 기대효과를 제시하였다.

다중 이벤트 충돌 지수(Event Collision Index, ECI) 개발을 통한 교통망 압박 정량화 연구

Development of an Event Collision Index(ECI) for Quantifying Multi-Event Traffic Impacts

김민지	강수빈	이승희	진수정	윤일수
(아주대학교 교통시스템공학과 학부생)	(아주대학교 교통시스템공학과 학부생)	(아주대학교 교통시스템공학과 학부생)	(아주대학교 교통시스템공학과 학부생)	(아주대학교 교통시스템공학과 교수, 지도교수)

대규모 콘서트, 스포츠 경기 등 이벤트 시설이 밀집된 서울 송파구권은 동일 시점에 다수의 이벤트가 중첩될 경우 기존의 반복적 패턴을 넘어서 비선형적이고 폭발적인 교통 혼잡을 초래한다. 그러나 현재의 교통 관리는 개별 이벤트 중심으로 운영되며, 다중 이벤트가 교통망에 미치는 상호작용 및 압박 강도를 정량적으로 평가할 수 있는 지표 체계가 부재하다. 기존 연구들이 단일 사건(사고)이나 복잡한 신경망 기반 예측에 집중한 한계를 극복하고, 정책 및 운영 판단에 직접 활용 가능한 해석적 지표를 제시하는 것이 본 연구의 목표이다.

본 연구는 다중 이벤트 동시성으로 인한 교통망 압박을 정량적으로 평가하기 위해 이벤트 간 거리, 규모, 시간 겹침, 교통수단 가용성을 통합 반영한 다중 이벤트 충돌 지수(Event Collision Index)를 제안한다. 연구 방법으로는 네 가지 핵심 변수를 곱셈 기반의 비선형 함수로 결합하여 이벤트 쌍 단위의 충돌 강도를 산출한다. 구체적으로는 (1) 규모 변수에 참가자 수의 로그 변환을 적용해 대형 이벤트의 과대 반응을 방지하고, (2) 공간 변수는 시설 간 거리 감쇠뿐만 아니라 Detour Index를 활용하여 근접성과 실제 접근 용이성을 동시에 반영한다. (3) 시간 변수에는 시작·종료 시각 차이에 따른 지수 함수를 적용하여, 종시 시작 상황보다 더 영향이 큰 동시 종료 상황에 높은 가중치를 부여함으로써 혼잡 폭발 위험도를 강조하였다. 마지막으로 (4) 모드 가용성 변수는 지하철 막차 이후 종료 시 교통수단 제약이 다른 충돌 요소를 증폭시키는 효과를 반영하였다. 최종적으로 이 충돌 강도를 하루 단위(ECI_{Macro}) 및 시간 단위(ECI_{Micro}) 지표로 집계하는 이중 지표 체계를 확립하였다.

ECI의 타당성 및 일반화 가능성을 입증하기 위해 대규모 사례(1개)로 학습하고 중·소형 및 이중 사례(3개)로 검증하는 4-케이스 프레임워크를 구축하였다. 검증 시나리오로는 △동일 일 다중 이벤트(3개 이상), △주말 야간 이벤트 집중(모드 제약 검증), △동시 종료 이벤트, △연쇄 시작-종료 겹침, △근접 대규모 이벤트 등을 설정하였다. 5개 행사 동시 날짜(2023.04.30.)에 대한 예시 분석 결과, ECI는 최대 수요 폭발 시점인 21시에 최고점(235.35)을 기록하여, 도로 혼잡, 대규모 인파 유출, 그리고 따릉이 이용 피크(18시)와 같은 비자동차 이동 수요까지 포괄하는 다변량적 선행성을 성공적으로 입증하였다. 향후 서울시 교통량·차량 속도·유동인구 데이터·검색량 데이터를 활용하여 ECI와 실제 혼잡 간의 동행성 및 선행성을 통계적으로 검증할 예정이다.

본 연구는 다중 이벤트 충돌의 비선형적 압박을 해석 가능하고 운영 가능한 지표(ECI_{Macro} , ECI_{Micro})로 정량화하여 제시했다는 점에서 학술적 기여가 크다. ECI는 교통 관제 시스템(TOPIS)에 연계되어 사전 대비가 필요한 위험 일자를 예측하는 데 활용될 수 있으며, 실시간 ECI_{Micro} 정보는 혼잡 폭발 시점에 대한 경찰 및 지자체의 즉각적인 통제 및 자원 배분 의사 결정의 근거를 제공한다. 본 연구는 대형 시설 밀집 지역의 지속 가능한 도시 교통 관리를 위한 핵심 정책 지표로 발전할 것으로 기대된다.

초소형 전기차 해외시장 사업화 및 정착화 방안 연구

A Study on the Commercialization and Settlement of Micro-Electric Vehicle Overseas Market

정민준

(전남대학교 토목공학과 학사과정)

박제진

(전남대학교 토목공학과 부교수)

동남아시아 주요 도시는 급격한 도시화와 미비한 대중교통 인프라로 인해 내연기관 이륜차 중심의 교통 체계가 고착화되었으며, 이는 심각한 교통 체증과 대기오염을 유발하는 핵심 원인이 되고 있다. 이에 동남아 각국 정부는 '탄소 중립'을 목표로 전기차 보조금 지급, 충전 인프라 확충 등 강력한 전동화 전환 정책을 추진하며 거대한 신규 시장을 창출하고 있다. 하지만 이 시장은 가격 경쟁력을 앞세운 중국 및 대만 기업이 선점하고 있어, 후발주자인 우리 기업에게는 차별화된 접근 전략이 절실한 상황이다. 본 연구는 국내 기업이 보유한 기술적 강점을 활용하여 기존의 저가 경쟁 구도를 넘어설 수 있는 한국형 e-모빌리티 사업화 모델을 검토하였다.

제안하는 사업 모델은 하드웨어, 서비스, 생산 방식의 혁신을 통해 종합적인 가치를 제공하는 플랫폼 접근 방식을 취한다. ① 기술 기반 차별화: 고성능 배터리와 ICT 통합 관제 - 세계적 수준의 고밀도 리튬이온 배터리와 정교한 배터리 관리 시스템(BMS)을 적용하여 경쟁 모델 대비 월등한 주행거리와 안정성을 확보한다. 또한, IoT 기술 기반의 통합 관제 플랫폼을 통해 실시간 차량 진단, 위치 추적, 원격 제어 등 지능형 서비스를 제공하여 플릿(fleet) 운영 효율성과 사용자 편의성을 극대화한다. ② 서비스 모델 혁신: BaaS(Battery as a Service) 도입 - 차량 가격의 상당 부분을 차지하는 배터리를 판매가 아닌 구독·대여하는 BaaS 모델을 도입하여 소비자의 초기 구매 비용 부담을 획기적으로 낮춘다. 이와 함께 도심 곳곳에 구축된 배터리 교환 스테이션(BSS)은 단 1~2분 내에 배터리 교체를 가능하게 하여, 긴 충전 시간으로 인한 운행 중단을 없애고 내연기관 차량 수준의 편의성을 제공한다. ③ 유연한 생산 방식: 모듈형 플랫폼 - 공통 플랫폼을 기반으로 개인용 이륜차부터 상업용 삼륜차까지 다양한 파생 모델을 신속하게 개발 및 생산한다. 이 모듈형 접근 방식은 각 국가별, 용도별로 상이한 시장의 요구에 민첩하게 대응하고, 현지 맞춤형 라인업을 효율적으로 구축할 수 있게 한다.

초기 시장 진입 단계의 리스크를 최소화하고 사업의 신뢰도를 확보하기 위한 핵심 전략으로 공적개발원조(ODA) 사업과의 연계를 제안한다. ODA를 통해 특정 도시에 '차량-BSS-관제 플랫폼'을 포괄하는 실증사업을 추진한다. 이 과정에서 축적된 실증 운행 데이터는 우리 모델의 기술적 우수성과 경제적 타당성을 객관적으로 입증하는 강력한 근거가 되며, 이를 바탕으로 현지 정부 및 민간 투자자로부터 신뢰를 확보하여 사업을 확장하는 발판을 마련할 수 있다. 궁극적으로 본 모델은 동남아시아의 환경 문제 해결에 실질적으로 기여하는 동시에, 국내 기업에게는 새로운 수출 판로를 개척하는 지속가능한 동반 성장 시나리오를 제시한다. 성공적인 시장 정착은 향후 인접 국가로의 확장을 위한 교두보가 되어, 한국형 e-모빌리티 플랫폼이 아세안 시장의 표준으로 자리매김하는 결과를 가져올 것으로 기대된다.

초소형전기차 활용 공공 이동지원 서비스의 사회적·경제적 타당성 분석

An Analysis of the Social and Economic Feasibility of a Public Mobility Support Service Using Micro EVs

장슬환

(전남대학교 토목공학과 학부생)

박제진

(전남대학교 토목공학과, 부교수)

본 연구는 초소형전기차를 활용한 공공 이동지원 서비스의 경제적·사회적·환경적 타당성을 정량적으로 검증하여, 지속 가능한 교통체계 구축을 위한 실증적 근거를 제시하는 것을 목적으로 한다. 고령화 심화, 교통약자 이동권 보장, 탄소중립 이행 등 사회적 요구가 확대되면서 초소형전기차는 공공서비스 혁신을 위한 유력한 대안으로 주목받고 있다.

연구 방법으로는 비용편익분석(Cost-Benefit Analysis, CBA)을 적용하였다. 분석에는 차량 및 충전 인프라 구축비와 서비스 운영비를 비용으로 산정하고, 유틸리티 및 차량 리스 비용 절감, 고용 창출, 온실가스 감축 편익 등을 편익으로 설정하였다. 데이터는 현재 진행 중인 2단계 실증사업(2024~2025년)에서 수집된 운영 자료를 활용하였다.

분석 결과, 총비용은 14.20억 원, 총편익은 24.86억 원으로 산출되어 비용편익비(B/C Ratio)는 1.75, 순현재가치(NPV)는 1.07억 원으로 나타나 사업의 경제적 타당성이 충분함이 확인되었다. 특히 사회적 편익 항목 중 고용 창출이 전체 편익의 약 72%를 차지하며, 교통약자 지원을 넘어 지역 일자리 확대에 핵심적으로 기여하는 것으로 분석되었다. 이는 초소형전기차 기반 서비스가 경제적 효율성과 환경적 가치뿐 아니라 고용 효과까지 동시에 창출할 수 있음을 시사한다.

결론적으로, 본 연구는 초소형전기차 공공 이동지원 서비스가 경제성·환경성·사회적 편익을 아우르는 지속 가능한 교통수단임을 실증적으로 규명하였다. 본 연구의 결과는 향후 초소형전기차의 정책적 확산, 산업적 활용, 공공 교통체계 설계에 중요한 기초 자료로 활용될 수 있으며, 탄소중립 사회 실현과 지역 일자리 창출을 동시에 달성하기 위한 전략 마련에 기여할 것이다.

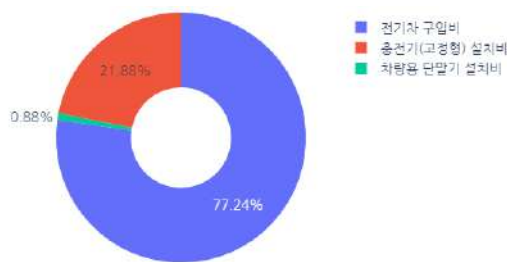


그림 1. 차량 및 충전 인프라 구축 총비용



그림 2. 서비스운영 총비용



그림 3. 총편익

Frenet Optimal Sampling 기반 경로 생성 및 동역학 제약 기반 궤적 생성

Path and Trajectory Generation with Dynamic Constraints Based on Frenet Optimal Sampling

김유선

(충북대학교 지능로봇공학과 학부생)

이재홍

(충북대학교 지능로봇공학과 조교수)

본 연구에서는 복잡한 도심 환경에서 자율주행 차량이 주행 안정성과 승차감을 동시에 확보할 수 있도록, Frenet Optimal Sampling 기반 경로 계획과 동역학 제약을 고려한 궤적 생성 기법을 제안한다. 먼저, HD맵으로부터 생성된 전역 경로를 따라 Frenet 좌표계를 정의한 후, 해당 좌표계에서 후보 경로들을 생성한다. 후보 경로들은 위치, 곡률, 차량의 헤딩 정보를 포함하고 있다.

생성된 후보는 Frenet 기반 AABB(Axis Aligned Bounding Box)를 통해 외곽을 근사하고, 이를 기반으로 1차 충돌 검사를 수행한다. 충돌이 감지될 경우 회전에 대한 충돌 여부를 확인하기 위해서 SAT(Separating Axis Theorem) 기반 정밀 충돌 검사를 수행한다. 충돌이 확인된 경로는 후보군에서 제외되고 안전한 후보군 중에 횡 방향 오차, 곡률, 장애물과의 거리 등의 비용 함수를 종합적으로 평가하여 최적 경로를 선택한다.

궤적 생성 알고리즘은 최적 경로를 기준으로 실시간 주행 궤적을 생성한다. 궤적 생성 시, 차량의 속도, 가속도, 저크 등 물리적 제약을 고려하여, 다양한 구간에서 주행 속도를 조절한다. 이를 통해 목표 경로를 안정적으로 추종하는 궤적을 생성한다.

제안된 방법은 직선·곡선 등 다양한 경로에서의 추종 성능을 확보하고, 장애물 시나리오에서 충돌 판정 알고리즘을 통해 안전 마진을 확보함으로써 전체 자율주행 시스템의 주행 안정성을 효과적으로 높일 수 있음을 확인하였다.

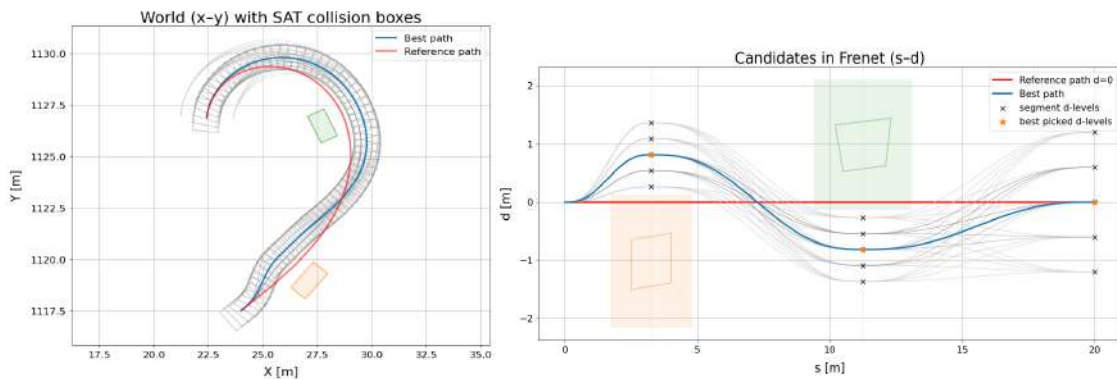


그림 1. 장애물 회피 경로(Cartesian[좌], Frenet[우])

주차 부족 문제 해결을 위한 공영주차장 주차수요 및 편익 산정 연구

A Study on Parking Demand and Benefit Estimation for Public Parking Facilities
as a Solution to Parking Shortage

김진욱 (경기대학교 스마트시티공학부 도시교통전공 학부과정)	최인규 (경기대학교 스마트시티공학부 도시교통전공 학부과정)	최지혜 (경기대학교 스마트시티공학부 도시교통전공 학부과정)	이주용 (경기대학교 스마트시티공학부 도시교통전공 조교수)	김정화 (경기대학교 스마트시티공학부 도시교통전공 조교수)
--	--	--	---	---

국내에서는 주차수요 추정과 편익 산정에 관한 체계적 연구가 아직 충분히 이루어지지 않아, 도시 주차정책 수립과 시설 투자 타당성 검토에 한계가 존재한다. 이러한 연구적 공백 속에서, 본 연구는 국내 대표 첨단 R&D 집적지인 판교 제2테크노밸리를 사례 지역으로 선정하였다. 판교 제2테크노밸리는 약 43.04ha 규모 부지에 562개 기업이 입주한 국내 대표 첨단 R&D 집적지로, 향후 지속적인 기업 유입과 근로자 증가가 예상된다. 그러나 한정된 주차시설로 인해 주차난이 심화되고 있으며, 2024년 기준 주차 수요는 23,812명인 반면 공급은 20,806명으로 3,006명이 부족한 실정이다(경기도, 2024). 또한 성남도시개발공사 자료에 따르면 판교 제2테크노밸리 내에는 공영주차장이 전무한 것으로 조사되었다. 주차요금 현황 조사(모두의 자동차, 2025년 4월 17일 현장조사) 결과, 일대 유료주차장은 기본 30분 2,000원, 추가 30분당 2,000원 이상의 요금이 부과되었으며, 다수의 주차면이 미이용 상태임에도 불법주정차 차량이 약 97대 관찰되었다. 또한 이는 지역 교통흐름에 장애를 주고 보행자 안전에도 잠재적 위험을 초래한다는 점에서 단순한 불편을 넘어 도시 관리 차원의 문제로 해석된다. 이에 본 연구는 성남 2035 도시기본계획에서 제시된 EX-HUB 계획부지 인근을 대상으로 공영주차장 설치와 광역교통 거점 연계를 결합한 대안을 제시하고, 그 타당성을 검증하고자 하였다. 우선 주차수요 추정을 통해 부족 규모를 산정하고, 조건부가치측정법(CVM)을 활용하여 현실적인 요금 수준과 수요를 검토하였다. 존 설정은 계획부지 접근거리에 따라 300m, 500m, 700m, 900m의 4개 구간으로 구분하였으며, 제시금액은 200원, 300원, 500원, 800원, 1,000원의 5단계로 구성하였다. 설문조사는 평일 점심시간대(12~13시) 승용차 이용자를 대상으로 총 3회 실시하여 100부를 회수하였다. 설문 응답자는 주로 직장인으로 구성되어 있어 실제 주차 수요 특성을 반영할 수 있었으며, 접근거리별 지불의사 분포를 통해 전환률을 산출하고, 이를 불법주정차 대수와 결합하여 최종 전환수요를 78면으로 도출하였다. 이후 서울시 투자심사 경제성 분석 가이드라인(서울연구원, 2019)과 공동주차장 타당성 연구(서울공공투자관리센터, 2013)를 참고하여 VISSIM 모형을 적용, 사업 시행 전·후 교통흐름 변화를 분석하였다. 통행시간 가치는 경기연구원(2022)의 연구에 따라 32,725원/시간·대, 운행비용 원단위는 사업 미시행 시 429.83원/시간·대, 시행 시 364.29원/시간·대로 설정하였다. 주차장 이용차량 편익에 대하여 통행시간 절감편익 = 주차수요 × (미시행 시 탐색시간 - 시행 시 탐색시간) × 통행시간가치 × 365일, 운행비용 절감편익 = 주차수요 × (미시행 시 탐색거리 - 시행 시 탐색거리) × 운행비용원단위 × 365일로 각각 계산하였고, 불법주정차 완화로 인한 주행차량 편익에 대해서 통행시간 절감편익 = 통행량 × (미시행 시 통행시간 - 시행 시 통행시간) × 통행시간가치 × 365일, 운행비용 절감편익 = 통행량 × 링크 연장 × (미시행 시 운행비용원단위 - 시행 시 운행비용원단위) × 365일로 계산하였다(서울공공투자관리센터, 2013). 분석 결과, 주차차량의 통행시간 절감편익은 33.48백만원, 운행비용 절감편익은 7.85백만원이었으며, 주행차량의 통행시간 절감편익은 736.10백만원, 운행비용 절감편익은 130.44백만원으로 나타났다. 이러한 모형 적용은 단순한 정량적 수요 추정에 그치지 않고, 교통체계 전반에 미치는 파급효과를 분석할 수 있도록 하여 공영주차장 설치의 정책적 타당성을 보다 종합적으로 검증할 수 있게 하였다.

TYPE	Scenario 1 [원거리]				Scenario 2 [근거리]			
	avg.dist(m)	std1(won)	top1(won)	sub1(won)	avg.dist(m)	std2(won)	top2(won)	sub2(won)
1	700	300	500	200	500	500	800	300
2	900	500	800	300	700	800	1000	500
3	900	300	500	200	300	500	800	300
4	500	500	800	300	300	800	1000	500
5	900	300	500	200	700	500	800	300
6	900	500	800	300	300	800	1000	500
7	500	300	500	200	300	500	800	300
8	700	500	800	300	500	800	1000	500
9	900	300	500	200	300	200	500	800
10	700	500	800	300	500	800	1000	500
11	700	300	800	200	500	500	800	300
12	900	500	800	300	300	800	1000	200

[그림 1] 존 및 시나리오 설정



[그림 2] VISSIM 대상지 시뮬레이션

자율주행 기술을 활용한 하수 처리장 쓰레기 감지 수상 선박(WaterLink Platform)

A watercraft that detects waste in sewage treatment plants using autonomous driving technology (WaterLink Platform)

김종호	안정수	제정태	최유빈	황영진
(한국해양대학교 전기전자정보공학부 전기전자공학전공 학부생)	(한국해양대학교 전기전자정보공학부 전기전자공학전공 학부생)	(한국해양대학교 전기전자정보공학부 전기전자공학전공 학부생)	(한국해양대학교 전기전자정보공학부 전기전자공학전공 학부생)	(국립한국해양대학교 전자전기정보공학부 교수)

자율 주행 기술은 도입을 위해 독일 법제도를 연구할 만큼 주목받고 있다1). 이 자율 주행 기술을 학부생의 관점에서 값싼 보조센서로 장애물의 유무를 파악하고, 서보 모터로 바라보는 방향을 바꾸어 장애물의 위치, 상대적 속도를 파악해 회피할 수 있는 지 기술을 실증하고자 한다. 만약 가능할 경우, 값싼 센서와 비싼 센서를 조합해 경제성을 확보할 수 있는 지 확인하고자 한다.

이러한 자율 주행 체계를 하수 처리장에서 사용하고자한다. 하수처리장은 강이나 연안과 달리 수면이 잔잔하고 대응해야 할 변수가 적고 느릴 것으로 예측되기 때문이다. 하수 처리장에서 이 드론이 할 수 있을 것으로 기대되는 것은 초음파를 통한 슬러지와 부유물 체크, 채수, 좁은 하수도관 순찰등이 있다. 이런 자율 주행 기술은 하수 처리장의 근무 환경을 개선할 수 있을 것으로 기대된다. 이후 GPS와 같은 위치 정보를 이용해 충전 도크에 접속하거나 특정 지역을 순찰하는 것으로 자율 주행 수상 드론을 완성하고자 한다.

학부생이 진행하는 캡스톤 디자인이라는 개발 환경을 감안해 개발 계획은 다음과 같이 작성했다. 140만원이라는 제한된 예산을 고려해 총 톤수, 배수량, 길이, 너비, 깊이, 흘수, 만재 제한 중량을 결정한다. 그 후 선체의 크기와 질량에 맞추어 모터를 결정한다. 하수 처리장 견학으로 현장을 확인한 후 탑재 센서 종류를 결정한다. 이렇게 결정된 전자 부품을 고려해, 센서와 모터들을 제어할 임베디드 시스템을 설계한다. 모터와 방향타에 쓰일 기어 박스는 교내 3D 프린터를 사용할 것이다. 마지막으로 해양대 앞 연안에서 10m 거리 정도에서 실제 항해를 시켜보며 장애물 회피도 시연해 볼 예정이다. 보조 센서와 주 센서의 정보로 추진 모터와 방향타를 제어하는 임베디드 시스템은 제어공학과 선박전기 기기, 마이크로프로세서, 세 전공 수업에서 배운 지식으로 문제를 해결하는 캡스톤 디자인 수업의 취지를 살릴 핵심 시스템이다. 적은 개발 인력을 고려해 조직은 매트릭스 조직도로 구성되어 있다.

	조장 제정태	최유빈	안정수	김종호
회의	피드백 제공, 아이디어 검토	아이디어 입안	아이디어 입안	진행자
모터 제어팀		학습자	교수자	학습자
프레젠테이션팀	자료 조사			발표자
문서 작성팀	논문 작성	논문 작성	논문 작성	논문 검토
서기	변갈아 가며 회의록 작성			

기피 시설인 하수 처리장에서 사람의 직접 투입을 줄여 안전 문제를 해소할 것으로 기대된다.

사사: 황영진 교수님

1) 성준호. (2024). 자동주행 기능의 고도화와 자율주행 시대를 대비하는 독일의 법제도 정비현황 및 시사점. 소비자법연구, 10(4), 37-71

객체 검지 알고리즘 기반 보행교통 영향 요인 수집 프레임워크 개발: 사고 모델링 연계 방법론

Development of a Framework for Collecting Pedestrian Environment Factors based on an Object Detection Algorithm: A Methodology for Integration with Accident Modeling

김예원

(한양대학교 교통물류공학과, 학부생)

박준영

(한양대학교 교통물류공학과, 교수)

보행자 교통사고는 횡단 중 사고가 지속적으로 발생하고 보도 통행 중 사고는 증가추세를 보이고 있다(도로교통공단, 2023). 이에 따라 정부는 보행 환경 관련 정책을 확대하고, 다양한 지자체에서 안전한 보행 환경 조성 사업 및 보행 환경개선 사업을 추진하여 보행자의 안전성과 편의성을 향상시키고 있다. 현재 보행 환경 조성 및 개선을 위한 대상을 선정할 때는 보행교통류율, 보행 편의성 등이 사용되나, 주로 현장조사 기반으로 산출되어 많은 시간과 비용이 소요되며 광범위한 지역에 대한 데이터 확보가 어렵다는 한계를 지니고 있기 때문에 보행 환경에 영향을 미치는 요인에 대한 효율적인 데이터의 수집 및 관리 방안이 필요하다. 또한, 보행 환경 관련 기존 연구의 경우, 보행자의 수요나 이동성에 초점을 맞추어 실제 보행환경에 영향을 미치는 다양한 외부 요인의 충분한 반영이 미흡하다. 따라서 본 연구에서는 보행 관련 지표 산출에 활용될 수 있는 보행교통 영향 요인을 파악하고 이를 딥러닝 모델을 활용해 데이터화할 수 있는 프레임워크를 개발하고자 한다.

먼저, 선행 연구 고찰을 통해 보행 환경 영향 요인을 안전성과 편의성 기준으로 분류하여 도출하였다. 안전성 측면에서는 과속방지턱, 횡단보도 등 5개 요인을, 편의성 측면에서는 보도폭, 벤치 등 5개 요인을 1차적으로 선정하였고, 이후 보행자 사고 모델링 분석 시 링크(또는 구간) 단위를 대상으로 음이향(NB) 사고 빈도 모형을 구축하여 과산포를 검증하고(AIC/BIC), 교통량·도로길이에 대해서는 노출계수(offset, $\ln(\text{교통량} \times \text{도로길이})$)를 적용하였다. 설명변수(차로수, 도로폭, 횡단보도, 보행자 신호등, 과속방지턱 등)는 공선성 점검 후 모형에 투입하고, 계수의 부호와 통계적 유의성 분석을 통해 보행교통 영향요인을 2차적으로 선정하였다. 최종 선정된 영향 요인들의 데이터 수집 자동화를 위해 객체 검지 알고리즘 YOLOv8을 활용하였다. 이때 분석의 공간적 배경은 서울 서초구, 데이터는 전국표준노드링크의 링크ID를 기준으로 수집되었으며, 도로의 제한속도 및 연장 등을 고려한 도로 및 교통 특성이 비슷한 도로 20개, 링크 424개를 선정하였다. 각 링크에 해당하는 로드뷰 이미지 1431장을 train : validation : test = 7(999) : 2(285) : 1(144)의 비율로 모델을 학습하였으며(epochs: 30, imgsz: 640, batch: 16), 선정된 영향 요인 중 일부를 대상으로 초기 탐지 성능을 확인해보았을 때 과속방지턱, 횡단보도, 보행자 신호등, 블라드가 상대적으로 가장 높은 인식률을 보여 네 가지의 영향 요인을 객체 검지 알고리즘에 적용하였다.

학습된 모델의 성능 검증 결과, 임계값 0.5에서 계산된 평균 정밀도 값이 0.657로 모델이 65.7%의 정확도를 보였다. 또한 정밀도 분석 결과 검출한 객체 중 62.2%가 알맞은 객체였으며, 재현율 분석 결과 실제 객체 중 61.4%를 검출하는데에 성공했다. 각 영향 요인 별 성능을 살펴보면, 보행신호등에 대한 객체 검출 성능이 가장 뛰어나고, 횡단보도에 대한 객체 검출 성능이 가장 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기존 현장조사 방식의 시공간적 제약을 극복하고, 광범위한 지역의 데이터를 신속하게 수집할 수 있는 자동화 방법론의 활용 가능성을 보여준다는 점에서 의의를 가진다. 나아가 본 프레임워크는 향후 지자체의 효율적인 보행 시설물 관리에 이용되고, 보행 안전성 평가 모델의 기초자료로 활용될 것으로 기대된다.

구급차 피양 안내 드론 시스템의 효과 분석: VISSIM 시뮬레이션 결과 기반

Analysis of the effectiveness of the ambulance skin guide drone system:

Based on VISSIM simulation results

김재욱

(아주대학교 기계공학과 학사)

피윤아

(아주대학교 행정학과 학사)

도시 내 교통정체로 인한 응급차량의 출동 지연은 단순한 교통 문제를 넘어, 응급환자의 생명을 위협하는 심각한 사회적 문제로 이어지고 있다. 특히 응급의료 체계에서 강조되는 골든타임은 환자의 생존율과 직결되는 핵심 요소인데, 교통 혼잡으로 인한 지연은 이러한 골든타임을 확보하는 데 커다란 장애물이 되고 있다. 현재까지 주로 활용되어 온 사이렌 기반 경고 시스템은 응급차량의 접근을 주변 차량에게 알리는 데 일정한 역할을 해왔으나, 도시의 소음 증가와 운전자들의 경각심 둔화로 인해 시간이 지날수록 그 효과가 감소하고 있다. 또한 최근 도입된 C-ITS(차세대 지능형 교통체계) 기반의 우선신호 시스템 역시 응급차량의 통행 속도를 높이는 데 기여하고 있으나, 교차로에 존재하는 물리적인 차량 대기 행렬 문제를 근본적으로 해결하지는 못하며, 대규모 인프라 구축에 따른 비용과 공간적 제약으로 인해 적용 범위가 제한적이라는 한계가 존재한다.

이러한 문제점을 극복하기 위한 새로운 대안으로 본 연구에서는 ‘구급차 피양 안내 드론 시스템’을 제안하였다. 이 시스템은 구급차량에 소형 드론을 탑재하여, 차량이 정체 구간에서 진입하기 전에 드론을 먼저 띄워 주변 도로를 비행하게 함으로써 일반 운전자에게 직접적이고 시각적인 피양 신호를 전달하는 방식을 활용한다. 기존 사이렌이나 차량 내 통신 기반 시스템이 청각 또는 전자적 신호에 의존하는 것과 달리, 드론은 운전자 시야에 직접적으로 인식될 수 있는 신호를 제공하여, 물리적인 교통 정체 상황에서도 효과적으로 차량을 분산시키고 응급차량의 통행 공간을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 또한 드론은 도로 인프라에 의존하지 않고 상황에 따라 유연하게 운영될 수 있으므로, 설치 비용이나 기술적 제약 없이 다양한 도시 환경에서 즉각적으로 적용할 수 있는 잠재력을 가진다.

본 연구에서는 이러한 시스템의 실질적인 효과를 정량적으로 검증하기 위해, 실제 교통 데이터를 기반으로 수원시 원천교사거리 일대 도로망을 PTV VISSIM 미시적 교통 시뮬레이션 환경에 구축하였다. 시뮬레이션 과정에서는 드론 시스템을 적용하지 않은 기존 상황과 드론 시스템을 도입한 상황을 각각 시나리오로 설정하여 비교 분석을 진행하였다. 분석 결과, 드론 시스템을 활용할 경우 응급차량의 평균 통행 속도가 기존 58.7 km/h에서 76.7 km/h로 약 30.7% 증가하는 개선 효과가 나타났다. 이는 응급차량이 단순히 신호 우선권을 부여받는 수준을 넘어, 교차로와 정체 구간에서 실제로 더 원활하게 주행할 수 있도록 도움을 받았음을 의미한다. 더 나아가 대상 구간에서의 통행 시간은 44.2초에서 29.5초로 약 33.3% 단축되는 결과가 도출되었는데, 이는 응급환자의 치료 가능성을 높이는 데 직접적으로 기여할 수 있는 중요한 성과라 할 수 있다.

이와 같은 연구 결과는 제안된 드론 시스템이 기존의 고정된 인프라나 특정 통신 환경에 의존하지 않고도 즉각적이고 효율적인 효과를 발휘할 수 있음을 보여준다. 특히 기존 C-ITS 기반 기술이 해결하지 못했던 물리적 정체 상황에서도 드론을 통한 유연한 피양 신호 전달은 효과적인 보완책으로 작용할 수 있다. 따라서 본 연구는 응급차량의 신속한 이동을 보장할 수 있는 새로운 기술적 접근법을 제시하였으며, 이는 장기적으로 응급의료 서비스의 질적 향상과 환자의 생존율 제고에 기여할 수 있다. 궁극적으로 구급차 피양 안내 드론 시스템은 단순한 교통 관리 기술을 넘어, 시민의 생명과 안전을 보호하는 사회적 가치 창출에 기여할 수 있는 혁신적인 대안임을 시사한다.

연령대 별 사고 심각도 기반 잠재적 위험 지역 도출

Identification potential dangerous areas by age group based on accident severity index

최승호

(한양대학교 수리데이터사이언스학과 학부생)

박준영

(한양대학교 교통물류공학과&
스마트시티공학과 교수)

최근 대한민국은 저조한 출산율과 급증하는 고령자 수로 고령화 시대가 급속히 진행되고 있다. 이에 따라 급증하는 고령자 수로 고령 운전자의 사고 건수 또한 2020년 31,072건에서 2024년 42,369건으로 지속적으로 증가하였다. 한국교통안전공단 데이터에 따르면 교통사고 발생 시 고령 보행 사망자 수는 2020년 628명에서 2023년 550명, 2024년 616명으로 감소하는 추세였지만 고령 보행 사망자 비율은 2020년 57.5%에서 2024년 67.0%로 지속적으로 증가하였다. 따라서 사고 건수만 고려했던 기존 연구와 달리 사고의 심각도를 고려한 연구가 필요하다. 또한 여러 논문에서 청소년 층과 젊은 층, 고령 층이 주 사고 요인과 발생 시간대, 부상 정도가 다를 것을 보여준다. 이에 따라 연령 별 사고 분석이 필요함을 시사한다. 따라서 이번 연구에서는 교통사고 데이터와 EPDO 건수법, 군집 분석을 이용해 연령대에 따른 사고 심각도를 반영한 PSI를 도출하여 잠재적 위험 지역을 도출하고자 한다.

기존 연구에서는 사고 일시 및 지역, 사고 건수, 행정 구역별 연령 정보, 행정 구역별 교통수단 비율 정보, 기상 정보를 주로 활용하여 교통 약자를 중심으로 사고 건수에 대한 PSI 지표를 개발하였다. 그러나 연령대 별, 그리고 사고 심각도를 고려한 PSI 지표에 대한 연구는 미흡하다. 따라서 이번 연구에서는 사고 건수에만 기반한 것이 아닌 사회경제적 지표를 고려한 exposure 변수를 이용함으로써 예측의 정확도 및 신뢰성을 높였고 지자체별 교통 혼잡도, 응급실 및 병상 수, 구급차의 수 변수를 추가하여 지역별 사고 심각도 및 사고 건수에 반영하고자 하였다.

지금까지 시행된 연구는 특정 사건의 원인이 무엇인지에 대한 연구가 대다수이다. 그러나 머신러닝, 딥러닝의 발달로 미래의 사건에 대해 원인 뿐만 아닌 수치로서 변수의 중요도까지 측정할 수 있게 되었다. 따라서 이번 연구에서는 사고 데이터 자체를 기반으로 전통적 통계 모형과 머신러닝, 딥러닝을 결합 및 XAI를 통해 더 정확한 예측 값과 원인을 분석하였다.

위와 같은 방법으로 연령대 별 사고 심각도 기반 시군구 단위 안전 성능 함수 및 PSI를 개발하였고 연령대 별 잠재 위험 지역을 도출하였다. 이번 연구를 통해 교통안전 정책 수립 및 지자체별 우선 순위 결정에 기여할 수 있을 것이라 기대한다.

내연기관 차량의 전기 동력 시스템 탑재를 통한 전기차 전환 기술 연구

Research on conversion technology for separating the electrical separation system of internal combustion engine vehicles.

김재원 (국립군산대학교 임베디드 소프트웨어학과 학부생)	정용규 (국립군산대학교 임베디드 소프트웨어학과 학부생)	이정인 (국립군산대학교 임베디드 소프트웨어학과 학부생)	조창연 (국립군산대학교 임베디드 소프트웨어학과 학부생)
박세용 (국립군산대학교 임베디드 소프트웨어학과 학부생)	우주 (국립군산대학교 임베디드 소프트웨어학과 조교수)	정재훈 (국립군산대학교 임베디드 소프트웨어학과 부교수)	

최근 온실가스 감축을 위한 전 세계적 노력으로 1995년부터 매년 UN 기후변화 협정을 개최 중이며, 파리협약과 같은 구체적인 목표 설정이 이어지고 있다. 이러한 국제적 흐름으로 우리나라 정부는 2004년 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률을 제정하고 2050 탄소 중립 추진 전략을 발표하며 국가 온실가스 배출을 감소시키기 위한 정책을 추진 중이다. 특히 대기오염의 주원인으로 지목되면서도 생계와 직결되어 교체가 어려운 노후 상용차와 승용차의 친환경 전환은 중요한 과제이다. 또한 2023년 하반기부터 시작된 전기차 시장의 캐즘 현상으로 인해 국내 완성차 기업의 신차 위주 친환경 차량 보급 사업이 한계점에 도달함에 따라 기존 내연 기관 차량을 전기차로 개조하는 신규 보급 정책 등 패러다임의 전환이 필요하다. 또한 현재 국내 개조 전기차 시장은 표준화된 기술과 안전성 검증 체계가 미비하다. 따라서 본 연구는 노후 내연 기관 차량을 안전하고 효율적인 전기 차량으로 전환하기 위한 핵심 기술 개발과 표준화된 절차 구축을 목표로 한다. 본 연구에서 개조 차량은 국내 보급률이 높은 현대자동차의 엑센트 차량을 대상으로 선정하여 진행하였다. 선정 사유는 자동차 운전면허시험장(27개소) 및 운전 학원(351개소)에서 운용되는 2종 보통 엑센트의 노후화로 인한 전량 교체를 위한 재정 및 공급의 한계를 극복하고 친환경 정책에 대응하기 위함이다.

연구의 핵심은 개조 차량에 최적화된 전력 관리 시스템인 LDC(Low Voltage DC-DC Convertor)와 PDU(Power Distribution Unit)의 개발이다. 먼저 LDC는 저전압 직류 전력 변환 장치로 HEV/EV/FCEV 차량에서 고전압 배터리에 축적된 전기 에너지를 저전압으로 변환하여 12V 배터리에 충전 및 차량 전장 부하 동작 전원을 공급하는 역할을 한다. 전원은 메인 배터리 팩으로부터 공급받으며 기존 내연 기관 자동차의 알테이더 기능을 수행한다. 현재 다음과 같은 절차에 따라 개발 중이다. 개조 전기 차량에 적합한 LDC 운영 모드와 통신규격을 고려하여 요구사항을 도출하고, 회로 구성을 위해 System Flow, Close Loop Control, Fault Detection에 대한 프로그램을 설계한다. 마지막으로 저전압 직류 변환, 배터리 충전, CAN 통신 제어 등의 기능을 반영하여 LDC 회로 설계를 한다. PDU는 보조 전원장치로부터 전력을 공급받아 전기차의 전장부품과 등화류에 전원을 공급하는 부품이다. 현재 다음과 같은 절차에 따라 개발 중이다. 먼저 연결될 부속품 용량을 분석하여 보호 및 분배에 대한 요구사항을 도출한다. 다음으로 과전류 및 단락으로부터 시스템을 보호하기 위한 Fuse와 Relay를 체계적으로 선정한다. 선정된 부품들을 기반으로 개조 차량에 적합한 시스템 설계를 진행한다.

본 연구에서는 노후화된 내연 기관 차량을 친환경 전기 차량으로 개조하기 위한 핵심 전장부품 개발을 진행 중에 있다. 해당 연구를 통한 기대효과와 활용 방안은 다음과 같다.

첫째, 기술적으로 개조 전기차의 핵심 전력 부품에 대한 표준화된 설계 및 검증 절차를 제시하여 중소기업 중심의 국내 개조 시장에 기술적 토대를 제공하여 데이터 기반의 안전성 평가 기준을 수립하는데 기여할 것으로 기대한다. 둘째, 노후 내연 기관 차량의 재활용을 통해 자원 선순환 체계를 구축하고 신규 부품 국산화를 통해 관련 산업 생태계의 성장과 신규 고용 창출을 유도한다. 특히 2034년 310억 달러 규모에 이를 것으로 전망되는 글로벌 전기차 개조 시장의 성장에 따라 본 연구는 국내 기업이 미래 시장에서 기술적 우위를 선점하는데 중요한 발판이 될 것이다. 향후 본 연구에서 개발된 전력 관리 시스템은 실증 차량에 탑재되어 내구성과 신뢰성 검증을 통해 상용화를 목표로 한다. 이를 통해 축적된 실증형 데이터베이스는 개조 전기차의 공식적인 안전 인증 제도 및 정책 수립을 위한 기초 자료로 사용 가능하고, 저비용 고효율 탄소 중립 전환 모델로의 발전을 목표로 한다.

사사: 이 논문은 군산시의 지역맞춤형 전기차 클러스터 전문인력양성사업으로 지원된 연구임.

본 과제(결과물)은 2025년도 교육부 및 전북특별자치도의 재원으로 전북RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(2025-RISE-13-KSU)

본 연구는 2025년도 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 “SW중심대학사업지원”을 받아 수행되었음(2023-0-00065)

집회유형별 교통혼잡 영향권 추정: 서울시 사례를 중심으로

Traffic Congestion Impact Zones Analysis by Assembly Type

문경준

(서울시립대학교 교통공학과 학석사연계과정)

변지혜

(서울시립대학교 교통공학과 조교수)

본 연구는 집회를 5가지 유형으로 분류하여 유형별 교통 영향권의 차이를 분석하였다.

기존 연구들은 모든 집회를 동일하게 취급하여 분석했으나, 이는 집회 특성이 혼잡에 미치는 영향을 간과한 한계를 지닌다. 이러한 한계를 극복하기 위해 본 연구에서는 집회를 행진 여부와 도로 차단 강도에 따라 5개 유형으로 분류하여 분석하였다. 더불어 평일 통행 패턴의 유사성을 활용하여 집회 영향을 비교적 독립적으로 도출하기 위해서 연구 대상을 서울시 평일 집회 중 각 유형에 해당하는 실제 집회를 선정하였다.

집회의 영향권을 도출하기 위해 서울시 교통정보 시스템(TOPIS)에서 제공한 시간별 교통량 및 속도 데이터를 활용하였다. BPR(Bureau of Public Roads) 함수로 통행시간을 산정한 뒤 자유속도 대비 지체시간을 도출하고, paired-sample t-test를 활용하여 평상일과 집회일의 시간대별 총 지체를 비교했다. 통계적으로 유의미한 지체가 발생한 구간을 영향권으로 정의하여 집회 영향의 공간적 범위를 도출했다.

분석 결과, 대부분의 집회 유형에서 공통적인 혼잡 패턴이 관찰되었다. 유의미한 지체는 집회 시작 1시간 전부터 발생하여 종료 후 1시간까지 지속되는 것으로 나타났다. 이는 참가자들의 사전 집결과 해산 과정이 교통흐름에 미치는 영향을 보여준다. 그러나 최대 영향권의 범위는 집회 유형별로 차이를 보였다. 차로 통제가 없는 집회는 반경 1km의 제한적 영향권을 형성한 반면, 행진을 동반한 전면 통제 집회는 반경 4km까지 영향이 확산되는 것으로 분석되었다. 이는 집회 형태와 도로 점유 방식이 혼잡 영향권을 결정하는 핵심 요인임을 보여준다.

본 연구의 기여점은 집회를 유형화하고 각 유형별 교통 영향을 분석한 점에 있다. 정책적 측면에서는 집회 유형별 차별화된 교통 관리 전략 수립의 필요성을 제시했다. 본 연구의 결과를 바탕으로 고찰하였을 때, 집회 시 일률적인 차로 통제에 그치지 않고, 반경 1km 영향권의 소규모 집회에는 국지적 우회 전략을, 반경 4km 영향권의 대규모 행진에는 광역적 교통 분산 전략을 적용하는 등 유형별 특성을 고려한 관리 체계 구축이 요구되는 것을 알 수 있다. 이는 집회의 자유라는 민주적 권리 보장과 도시 이동권 보장을 동시에 이룰 수 있는 기반을 마련하는데 기여할 수 있을 것이다.

기후동행카드의 수단전환 효과 및 가격 민감도 분석

Analysis of Modal Shift and Price Sensitivity of Seoul's Climate Companion Card

최민영

(서울시립대학교 교통공학과 학사과정)

변지혜

(서울시립대학교 교통공학과 조교수)

기후위기 대응과 교통 혼잡 해소, 그리고 고물가 시대의 교통비 절감을 위해 전 세계적으로 대중교통정기권 제도가 주목받고 있다. 독일의 도이칠란드 티켓이 대중교통 이용률 증진 효과를 거두면서, 국내에서도 국토교통부의 'K-Pass', 경기도의 'The 경기패스', 서울시의 '기후동행카드' 등 다양한 대중교통정기권이 도입되고 있다. 본 연구에서는 서울시에서 시행 중인 기후동행카드를 중심으로 대중교통정기권 도입이 승용차에서 대중교통으로의 수단 전환에 미치는 효과를 분석하고, 가격 민감도를 평가하여 향후 정책 개선 방향을 제시하였다.

본 연구의 분석대상지는 서울시로, 서울시 내부 424개 존을 대상으로 통행 배정을 수행하였다. 수단 선택에 영향을 미치는 정량적 효과를 파악하기 위해 각 존 간 통행거리와 시간을 추출하였고 승용차, 버스, 지하철, 버스+지하철의 네 가지 교통수단을 구분하여 통행시간 및 통행비용 변수를 산출하였다. 승용차의 경우 통행시간은 배정 결과를, 통행비용은 주행속도별 차량 운행비용을 적용하였다. 대중교통의 경우 통행시간은 배정 결과에 차외시간, 대기시간, 환승시간을 추가로 고려하여 산출하였으며, 통행비용은 거리 비례 요금제를 적용하였다. 정책 시행 전후의 선택 확률을 비교하기 위해, 기후동행카드 도입 시 대중교통 통행비용을 수혜자와 비수혜자 비율에 따라 가중평균하여 산출하였다. 이때 수혜자는 탑승 횟수를 기준으로 할인 효과를 반영하였고, 비수혜자는 기존 요금을 그대로 적용하였다. 마지막으로 산출된 통행시간과 통행비용 변수를 효용함수에 대입하고, 점진적 로짓모형을 활용하여 정책 시행 전후의 수단 선택 확률 변화를 분석하였다.

분석 결과, 하루 평균 승용차 통행량이 83,455회 감소하였고, 대중교통 수단분담율은 0.7% 증가하였다. 가격 변화에 따른 전환 효과를 분석한 결과, 기후동행카드 요금이 1원 인하될 때마다 약 5회의 승용차 통행이 대중교통으로 전환되었으며, 2,000원 인하 시 수단전환율은 약 0.08% 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 기후동행카드가 요금 조정을 통해 일정 수준의 교통수단 전환 효과를 발생시킬 수 있음을 시사한다.

본 연구는 몇 가지 한계를 지닌다. 첫째, 분석 범위를 서울시로 한정하여 정책 시행 지역에 포함된 일부 경기도 지역은 반영하지 못하였다. 둘째, 분석 시점은 2024년이나 사용된 데이터는 2019년 자료로, 코로나19 팬데믹 이후의 교통행태 변화를 충분히 반영하지 못하였다. 셋째, 통행비용과 시간이라는 정량적 변수만을 고려하였으며, 이용자의 사회경제적 특성, 주관적 선호 등 실제 수단 선택에 영향을 미치는 비정량적 요소들을 포함하지 못하였다.

향후 연구에서는 서울시를 넘어 경기도 등 정책 시행 범위 전체를 포괄하는 광역 단위의 분석을 통해 정책 효과를 보다 정확하게 평가할 필요가 있다. 또한 최신 통행 데이터를 활용하여 코로나19 이후 변화된 통행 행태를 반영하고, 차량 억제 정책과 정기권 제도의 결합 효과를 시나리오별로 분석하여 최적의 정책 조합을 도출할 필요가 있다.

이용자 집단별 도로개선사업 효과분석 연구

An Analysis of the Effects of a Road Improvement Project by User Group

구자형

(전남대학교 토목공학과 학부생)

박제진

(전남대학교 토목공학과 교수)

본 연구는 도로개선 사업이 이용자의 만족도와 교통행태 변화에 미치는 실질적 효과를 규명하고, 이용자 집단별 만족도 차이를 분석하여 향후 도로 설계 및 교통정책 수립을 위한 실증적 기초 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다. 도시화 심화와 교통량 증가로 기존 도로 인프라의 한계가 드러나면서 도로 확장 및 개선 사업이 주요 대응책으로 추진되고 있으나, 그 효과를 이용자 관점에서 검증한 연구는 여전히 부족하다.

이를 위해 확장 공사가 완료된 광주-담양 연결도로 이용자 430명을 대상으로 설문조사를 실시하고, 수집된 데이터를 SPSS 27.0으로 분석하였다. 통계분석은 **ANOVA(분산분석)**를 통해 직업군에 따른 만족도 평균 차이를 검증하고, Levene 등분산 검정과 Scheffé 사후검정으로 통계적 신뢰성을 확보하였다.

분석 결과, 도로개선 사업은 전반적으로 긍정적 평가(평균 4점 이상)를 받았으나 이용자의 직업군에 따라 체감 효과가 통계적으로 유의미하게 상이함을 확인하였다. 특히 '과속 빈도 감소' 항목에서 가장 뚜렷한 차이($F=5.034$)가 나타났으며, **생산직($M=4.64$)**의 만족도가 가장 높은 반면 **운전직($M=3.63$)**은 가장 낮아 직업적 특성이 안전 체감도에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한 '신호위반 감소($F=3.650$)', '추월 차량 감소($F=4.671$)' 항목에서도 운전직의 만족도가 다른 집단에 비해 현저히 낮았다. 더불어 '버스정류장 위치' 평가($F=3.401$)에서 운전직 및 서비스·판매·자영업 종사자가 낮은 만족도를 보여, 대중교통 시설 설계 시 특정 이용자 집단의 접근성 요구가 충분히 반영되지 않았음을 시사하였다.

이러한 결과는 도로 인프라 개선이 모든 이용자에게 동일한 편익을 제공하지 않으며, 특히 도로 이용이 생계와 직결되는 운전직 등 특정 집단의 요구가 충분히 충족되지 못하고 있음을 실증적으로 입증한다. 따라서 향후 도로 정책은 집단별 행태와 요구를 반영한 맞춤형 설계가 필수적이다. 운전직의 안전 체감도 향상을 위한 설계 보강, 서비스직의 접근성을 고려한 버스정류장 위치 최적화 등 세분화된 정책적 보완이 병행될 때 도로 인프라 투자의 사회적 편익을 극대화할 수 있을 것이다.

표 1. 업종별 도로 이용 행태 및 시설 평가

M(SD)	관리/전문/ 사무직 (N=244)	서비스/ 판매/자영업 (N=35)	생산직 (N=11)	운전직 (N=49)	농/어업 (N=8)	단순 노무직 (N=28)	학생 (N=32)	퇴직/무직 (N=23)
과속 운전자 증감	4.28 (0.83)	4.17 (0.71)	4.64 (0.51)	3.63 (0.86)	4.13 (0.83)	4.43 (0.79)	4.34 (0.75)	4.30 (0.82)
난폭 운전자 증감	4.33 (0.77)	4.14 (0.94)	4.36 (0.67)	3.90 (0.80)	4.13 (0.83)	4.32 (0.81)	4.44 (0.80)	4.39 (0.66)
신호위반 운전자 증감	4.28 (0.83)	4.17 (0.71)	4.64 (0.51)	3.63 (0.86)	4.13 (0.83)	4.43 (0.79)	4.34 (0.75)	4.30 (0.82)
도로이용자 행태변화 만족도	4.35 (0.78)	4.14 (0.94)	4.36 (0.67)	3.90 (0.80)	4.13 (0.83)	4.32 (0.81)	4.44 (0.80)	4.39 (0.66)
인근국도 대비 쾌적도	4.33 (0.77)	4.14 (0.94)	4.36 (0.67)	3.90 (0.80)	4.13 (0.83)	4.32 (0.81)	4.44 (0.80)	4.39 (0.66)
버스정류장 위치	4.28 (0.83)	4.17 (0.71)	4.64 (0.51)	3.63 (0.86)	4.13 (0.83)	4.43 (0.79)	4.34 (0.75)	4.30 (0.82)

RTEMS에서 개선된 일시적 실행 연장을 통한 마이그레이션 최소화 및 우선순위 역전 문제 완화 방안 연구

Minimizing Migration and Mitigating Priority Inversion Using a Temporal Boosting on RTEMS

옥지민

신지우

정진만

(인하대학교 컴퓨터공학과 학부생) (인하대학교 전기컴퓨터공학과 박사 과정) (인하대학교 컴퓨터공학과 교수)

무인 지상 차량(UGV), 도심 항공 모빌리티(UAM)과 같은 미래 지능형 교통 시스템(ITS)은 정해진 시간 내에 다수의 작업을 정확하게 처리해야 하는 안전 최우선(Safety-Critical) 시스템이다. 이러한 시스템의 기반이 되는 실시간 운영체제(RTOS)는 다중 코어(SMP) 환경에서 여러 작업을 동시에 처리할 때 우선순위 역전(priority inversion) 문제에 직면할 수 있다. RTEMS와 같은 실시간 운영체제는 이를 해결하기 위해 OMIP(Original Multiprocessor Immediate Priority Ceiling Protocol) 와 MrsP(Multiprocessor Resource Sharing Protocol) 을 적용하며, 두 기법 모두 마이그레이션(Migration) 메커니즘을 통해 우선순위 역전을 완화한다. 그러나 마이그레이션 정책은 코어 간 작업 이동을 수반하기 때문에, 높은 컨텍스트 스위칭 비용과 캐시 메모리 초기화로 인한 캐시 지역성(Cache Locality) 저하라는 부작용을 발생시킨다.

본 논문에서는 기존 방식에서 발생하는 높은 오버헤드를 해결하기 위해, RTEMS의 EDF(Earliest Deadline First) 스케줄링 알고리즘에 일시적 실행 연장(Temporal Boosting) 기법을 적용하여 마이그레이션(Migration) 발생을 최소화하는 새로운 스케줄링 방안을 제안한다. 제안하는 기법은 테드라인이 더 이른 상위 우선순위 작업이 도착했을 때, 현재 실행 중인 하위 우선순위 작업을 즉시 선점하는 대신 상위 우선순위 작업의 여유시간(Slack time) 을 계산한다. 만약 이 여유시간이 하위 우선순위 작업의 남은 실행 시간(Remaining execution time) 보다 길다면, 현재 작업을 선점하지 않고 계속 일시적 실행 연장을 허용한다. 이러한 스케줄링 지원 방법은 공유 자원을 점유 중인 작업이 임계 구역(Critical Section) 을 방해받지 않고 빠르게 완료할 수 있도록 하여, 자원 해제를 촉진하고 상위 우선순위 작업의 대기 시간을 단축함으로써 우선순위 역전 문제를 효과적으로 완화할 수 있게 한다.

제안 기법의 성능을 검증하기 위해, 실제 UGV(Unmanned Ground Vehicle) 및 항공위성 시스템에 활용되는 RTOS 인 RTEMS의 커널을 직접 수정하여 구현하였다. 구체적으로, TCB(Task Control Block)에 실행 시간 및 잔여 실행 시간과 관련된 변수를 추가하고, EDF 스케줄러의 핵심 로직에 조건부 선점을 위한 여유시간 계산 및 비교 로직을 삽입하였다. 잔여 실행 시간 관리는 작업이 마지막으로 스케줄된 시점을 TCB에 기록하고, 이후 스케줄러가 호출되면 현재 시간에서 해당 시점을 뺀 값을 서비스 시간으로 산출하여 잔여 실행 시간에서 차감하는 방식으로 설계하였다.

본 연구를 통해 기대되는 효과는 크게 두 가지이다. 첫째, 불필요한 마이그레이션을 최소화하여 컨텍스트 스위칭 비용을 줄이고 시스템 오버헤드를 감소시킨다. 둘째, 일시적 실행 연장을 통해 작업에게 더 긴 실행 시간을 보장함으로써 자원을 조기에 해제하도록 유도하여, 우선순위 역전 발생 가능성 자체를 줄이고 시스템 안정성을 향상시킨다. 결론적으로, 본 연구에서 제안하는 일시적 실행 연장 기반 스케줄링 방식은 자율주행, UGV, 항공위성 등 안정성이 중요한 RTOS 응용 분야에서 성능과 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다.

사사: 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.RS-2023-00252501).

사고 경보 시스템

Crash Warning System

황영진	황인찬	권준혁	임동현	김찬걸
(국립한국해양대학교 전자전기정보공학부 (전기전자공학전공 교수)	(국립한국해양대학교 전자전기정보공학부 (전기전자공학과 학부생)	(국립한국해양대학교 전자전기정보공학부 (전기전자공학과 학부생)	(국립한국해양대학교 전자전기정보공학부 (전기전자공학과 학부생)	(국립한국해양대학교 전자전기정보공학부 (전기전자공학과 학부생)

한국교통안전공단의 2023년 자료에 따르면, 고령자 교통사고 사망자는 전체 교통사망자의 약 40%를 차지하며, 보행 중 사고가 전체 고령자 사고의 약 70%를 차지한다. 특히, 고령자는 사고 발생 시 대응 속도가 느리고, 사고 후 회복력이 떨어져 사망률이 높다. 이러한 통계를 보면 교통약자의 사고율이 높고 매우 위험한 사고인것을 알수있다.

길거리, 도로, 병원등 청각이나 시력 문제등의 문제로 앞길의 상황이 확인이 어려운 상황에서 사고 현장의 식별이 지연되어 사고의 위험이 더욱 증가한다. 본 시스템은 고령자 뿐만 아니라 시각장애인, 청각장애인을 포함한 교통약자를 위해 제작되어, 사고 상황을 신속하고 명확하게 인지할 수 있도록 지원하는 것을 목표로 한다.

본 연구는, 소리 및 불빛 경보 시스템을 통해 사고 상황을 확실히 전달함으로써 길앞의 사고를 피해 예방을 위한 작품이다. 초음파 센서를 사용하여 길앞의 사고 발생을 인지하고, 소리센서를 통해 사고현장을 알리며, LED를 통해 다 른길 안내를 제공한다. 또한 LCD 디스플레이를 활용하여 사고 문제를 신속히 전달하고, 아두이노 프로그램을 이용하여 제어가 이루어진다.

이러한 시스템은 교통약자의 안전성 강화, 사고 대응 속도 향상, 사고 예방 효과 증대, 교통 환경 개선, 확장 가능성 확보등의 기대효과를 보고 이 연구를 통해 길앞 사고로 인한 피해감소와 교통약자 배려를 위한 시스템으로 효과적으로 기여할 것으로 기대된다.

승객수송과 택배배송을 결합한 DRT 운영방안 제안: 시간대별 수요특성을 중심으로

Proposed Operational Strategies for Passenger-Parcel Integrated Demand-Responsive Transit:
Focusing on Time-Dependent Demand Characteristics

김민성

(서울시립대학교 교통공학과 학부생)

이승재

(서울시립대학교 교통공학과 정교수)

연구 배경

도심 대중교통, 특히 노선버스는 시간대별 수요 변동이 뚜렷하여 첨두시간대에는 승객이 집중되지만, 비첨두시간대에는 수요가 급감하여 차량 자원의 유휴화가 발생한다. 한편, 생활물류의 소형 배송 수요는 꾸준히 발생하나, 대형 차량의 진입 제한과 이중주차 문제 등으로 인해 도심 배송 과정에서 비효율이 심화되고 있다. 이러한 상황에서 교통과 물류 시스템이 각각 독립적으로 운영되면서 도시 공간과 인프라의 중복 투자 및 자원 활용 비효율이 구조적 문제로 대두되고 있다.

연구 목적

본 연구는 이러한 한계를 해결하기 위해 비첨두시간대에 승객 수송과 택배 배송을 동시에 수행하는 Dual-Mode DRT 운영방안을 제안한다. 첨두시간대에는 기존 노선형 DRT를 유지하고, 비첨두시간대에는 차량의 유휴시간을 활용하여 교통·물류 통합 서비스를 제공하는 것이 본 연구의 핵심 아이디어다.

연구방법

본 연구는 서울시 관악구 난곡동을 대상으로 우정사업본부의 우편번호별 택배 배송량과 서울열린데이터광장의 교통카드 승하차 데이터를 활용하여 비첨두시간대 승객수요와 우편번호 단위 택배 수요를 각각 노드로 정의하고, OpenStreetMap 도로망을 이용해 실제 도로거리를 반영한 CVRP(Capacitated Vehicle Routing Problem)모델을 구축하였다. 차량용량, Service Time-window, 최대운행시간 등의 제약조건을 고려하여 총 운행거리를 최소화하는 최적경로를 산출하였으며 Python 기반 시뮬레이션 환경에서 차량 활용률, 총 운행거리, 서비스 커버리지 지표를 통해 제안된 Dual-Mode DRT 운영 모델을 평가하였다.

기대 효과 및 의의

Dual-Mode DRT 운영 방안은 비첨두시간대 유휴 차량을 활용해 승객수송과 택배 배송을 동시에 수행함으로써 운영비 절감과 차량 자원 활용률 향상을 실현하며, 서비스 공백을 해소하여 교통 접근성과 물류 품질을 동시에 개선한다. 또한 복합 운행 경로로 인한 불필요한 차량 이동을 최소화하여 교통 혼잡 완화와 탄소배출 저감을 도모함으로써 친환경 도시 교통정책의 실현 가능성을 제시한다. 아울러 기존 연구가 승객 중심에 머물렀던 수요응답형 대중교통 분야에 물류 융합 모델을 도입함으로써 도시형 모빌리티 서비스의 새로운 개념적 방향을 제시하며, 향후 스마트시티 구현과 지속가능한 도시 교통·물류 정책 수립을 위한 기초자료로 활용될 수 있다는 점에서 학술적 의의를 가진다.

ROS를 활용한 BRT 정류장 인근 보행자 실시간 안전 관제 시스템

Real-Time Pedestrian Safety Monitoring System near BRT Stops using ROS

황희선	이지오	윤선준	오시몬
(고려대학교 미래모빌리티학과 학사과정)	(고려대학교 미래모빌리티학과 학사과정)	(고려대학교 미래모빌리티학과 학사과정)	(고려대학교 미래모빌리티학과 부교수)

오늘날 저비용·고효율 대중교통 수단으로서 주목받고 있는 간선급행체계(Bus Rapid Transit, BRT)가 전국 지자체로 확대되고 있다. BRT의 운영적 특성으로는 정시성을 높이기 위한 중앙버스전용차로를 들 수 있다. 이로 인해 보행로와 승하차 플랫폼이 분리되는 기하구조를 갖게 되고, BRT 이용자의 도로 횡단이 요구됨에 따라 보행자 위험 상황이 증가하며 실제 보행자 사고 수도 증가하는 추세이다. 이에 보행 안전에 대한 대책 마련이 BRT 확대 정책을 추진하는 과정에서 새로운 현안으로 강조되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 BRT 정류장 인근에 설치된 영상정보를 활용하여 보행자 사고 위험을 사전에 감지할 수 있는 실시간 안전 관제 솔루션을 제공하고자 한다.

실질적인 솔루션 구현을 위해 로봇 운영 체제(Robot Operating System, ROS)를 활용한다. ROS는 로봇 응용을 위한 오픈소스 구조로, 분산된 노드 구조와 토픽 기반 메시지 통신을 지원하여 객체 탐지·추적과 같은 AI 모듈을 센서·제어 시스템과 손쉽게 통합할 수 있도록 설계된 미들웨어이다. ROS의 가장 큰 특징은 다수의 모듈을 노드 단위로 분산 처리하면서도, 안정적이고 확장가능한 구조를 제공한다는 점이다. 이러한 구조는 비동기 데이터 스트리밍과 여러 알고리즘의 손쉬운 통합을 가능하게 하며, 각 단에서의 처리 부하를 분산시켜 유지보수의 효율성을 높인다. 따라서 ROS는 본 연구에서 요구하는 실시간 객체 탐지, 궤적 예측, 충돌 감지 모듈을 통합할 수 있게 하는 기술적 기반이 된다.

관제 시스템 적용을 위해 세종시 도담동 BRT 정류장(양방향 전체)에서의 사례 연구를 소개한다. (1) 정류장 인근 CCTV 영상을 통해 객체 탐지 및 추적하고, (2) CCTV 영상의 화각 왜곡을 보정함으로써 BEV(Bird's Eye View) 형태로 역 원근 보정을 통해 변환된 화면을 UTM(Universal Transverse Mercator) 좌표로 매칭함으로써 정확한 객체의 궤적을 추출한다. 이후 (3) 조건부 변분 오토인코더(CVAE) 기반 예측 모델을 통해 주요 객체의 예측 궤적을 생성함으로써, (4) 객체 간 시공간적 충돌 위험성을 분석하고 사고 발생 가능성을 판단하여 메인 ROS 서버로 전달한다. 관제 시스템 UI 상에는 예측 궤적, 충돌 이벤트, VMS 등 실시간 안전 메시지가 표출되도록 구현 가능하며, 위험 상황 발생 시 관리자의 신속한 사고 대응을 지원할 수 있을 것으로 기대된다. 객체 인식/추적, 궤적 예측, 안전 제어에 이르는 전 과정은 ROS 프레임워크 상 구현됨으로써 각 연산량이 높은 개별 모듈의 효율적인 구동 성능을 확보할 수 있다. 본 연구를 통해 개발된 실시간 관제 시스템은 CCTV가 설치된 다양한 도로 환경에 일반적으로 적용할 수 있는 장점이 있으며, 국내 사고 다발 지역에서의 보행 안전 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2024년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원(No. RS-2024-00459703)과 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업 지원을 받아 수행되었음(2024-0-00036).

MLOps를 활용한 교통 혼잡도 예측 및 능동적 배차 관리 시스템

전성표
(인하대학교 컴퓨터공학과 학사)

송현조
(인하대학교 HCI연구실 학부연구생)

[연구 배경]

하수처리장과 같은 밀폐된 작업 공간은 산소 결핍, 유해가스 등의 위험이 상존하며, 작업자의 안전 장비 미착용은 치명적인 사고로 직결될 수 있다. 기존의 안전 관리는 관리자의 수동 점검에 의존하는 경우가 많아, 인적 오류(Human Error)로부터 자유롭지 못한 한계가 있다.

[연구 목적 및 방법]

본 연구는 밀폐 공간 작업자의 안전사고를 선제적으로 예방하기 위해, 컴퓨터 비전과 IoT 센서를 통합한 지능형 안전 관리 시스템을 제안한다. 시스템은 크게 두 부분으로 구성된다.

1. 프롬프트 기반 사전 안전 점검: 작업장 입구에 설치된 카메라가 작업자를 인식한다. 관리자는 "안전모 미착용 시 경고"와 같은 자연어 프롬프트를 시스템에 입력하여 필수 안전 규정을 동적으로 설정한다. 시스템은 이 프롬프트를 학습하여, 작업자가 규정을 위반했을 경우 음성 및 시각적 경보를 통해 출입 전 시정 조치를 유도한다.

2. 실시간 작업 환경 및 생체 모니터링: 작업자는 산소 농도 및 맥박 측정이 가능한 웨어러블 센서(팔찌)를 착용한다. 작업 공간 내부의 산소 농도가 위험 수준 이하로 떨어지거나 작업자의 생체신호에 이상이 감지되면 즉시 경보가 울린다. 측정된 모든 데이터는 실시간으로 관제 서버에 전송된다. 데이터는 React로 구현된 웹 기반 대시보드에 실시간으로 시각화되며, 모든 기록은 날짜별로 데이터베이스에 저장되어 사고 발생 시 원인 분석 및 향후 위험 예측 모델 개발의 기반으로 활용된다.

[기대 결과]

본 시스템을 통해, 관리자가 프로그래밍 지식 없이도 현장 상황에 맞는 안전 규정을 텍스트 입력만으로 손쉽게 추가 및 변경할 수 있음을 보일 것이다. 또한, 웨어러블 센서와 연동된 실시간 대시보드가 작업자의 위험 상황을 지연 시간 없이 즉각적으로 관제 센터에 전파하여 신속한 초동 대처를 가능하게 함을 검증한다.

[결론 및 의의]

본 연구는 자연어 프롬프트로 제어되는 동적 컴퓨터 비전 기술을 산업 안전 분야에 적용한 새로운 시도이다. 이는 현장마다 다른 안전 규정에 대한 시스템의 유연성과 확장성을 획기적으로 높인다. 또한, 사전 장비 점검과 실시간 환경/생체 모니터링을 결합한 통합 시스템을 구축함으로써, 밀폐 공간의 안전 관리 패러다임을 사후 대응에서 선제적 예방으로 전환하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

디지털트윈 기반 3D GIS를 활용한 인공조명의 분포 시각화

Grid-Based Optimal Visualization Methodology for Urban Artificial Lighting
Using Large-Scale 3D GIS with Digital Twin and Cesium

임성택

(동아대학교 AI학과 학부생)

한정규

(동아대학교 AI학과 교수)

천세진

(동아대학교 AI학과 교수)

인공조명은 야간의 안전 확보와 생활 편의 제공을 위해 필수적이지만, 과도한 사용은 빛공해로 이어져 다양한 문제를 야기한다. 빛공해는 수면 장애, 생태계 교란, 에너지 낭비뿐만 아니라 야간 경관의 왜곡과 도시 미관 저하까지 불러오며, 지속가능한 환경 조성을 저해하는 요소로 지적되고 있다.

기존 연구에서는 위성영상 자료를 이용해 대규모 야간 밝기 분포를 분석하거나, 2차원 통계 기법을 적용하여 공간적 패턴을 추정하는 방식이 주로 활용되었다. 또한 커널 밀도 추정(Kernel Density Estimation, KDE) 기법을 통해 국지적 분포를 부드럽게 표현하는 방법도 시도되었다. 그러나 이러한 접근은 복잡한 지형과 지역별 세부적 조명 분포를 충실히 반영하기 어렵고, 특히 KDE는 데이터 규모가 커질수록 연산 복잡도가 증가해 대규모 데이터 분석에는 비효율적이라는 한계를 가진다.

실제로 인공조명 분야 연구에서는 공공 조명 시스템의 에너지 효율과 빛공해 영향 분석이 꾸준히 진행되었으며, 일부 연구에서는 특정 도시를 대상으로 가로등 교체 효과나 조명 분포 개선 방안을 다루었다. 그러나 대부분의 연구가 제한된 범위나 단일 분석 기법에 머물러 있어 도시 전역 단위의 정밀한 시각화에는 한계가 있었다. 한편, GIS 기반 연구에서는 공간 데이터와 3D 모델을 결합하여 조도·휘도 분포를 지도상에 표현하는 시도가 있었지만, 이는 주로 2차원 또는 단순 3D 모델 수준에 그쳐 동적 데이터나 격자 단위의 세밀한 분석으로 확장되지 못했다. 최근에는 디지털트윈 연구가 스마트시티 분야에서 활발히 이루어지면서 교통 관리, 에너지 모니터링, 재난 대응 등 다양한 사례가 보고되고 있으나, 조명 데이터와 결합한 디지털트윈 시각화 연구는 아직 드물어 본 연구의 필요성과 차별성을 뒷받침한다.

이에 본 연구는 디지털트윈 기반 3D GIS 환경을 활용하여 인공조명 데이터를 격자 단위로 집계·표현하는 시각화 방법을 탐구한다. 구체적으로 조명 위치와 조도·휘도 데이터를 수집하고, 이를 좌표 변환과 전처리를 거쳐 10m 단위 격자로 분할한 뒤, 각 격자의 값을 히트맵과 3차원 막대 차트로 구현하는 방식을 제안한다. 이러한 접근은 도시 공간에서 조명의 집중 및 부족 현상을 직관적으로 파악할 수 있도록 하며, 기존 방식과 비교해 시각적 명확성과 활용성을 높일 수 있다.

향후 적용 가능성 측면에서, 상업 지역에서는 과도한 조명 집중 현상을, 주거 지역 일부에서는 낮은 조도에 따른 취약 구역을 식별할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 행정적으로 조명 취약 지역 보완, 에너지 효율 개선, 빛공해 저감 정책 수립 등 구체적 활용으로 이어질 수 있다. 또한 실제 현장 측정 데이터를 반영하고, 시간·계절별 변화를 고려한 동적 분석을 수행한다면, 디지털트윈 기반 도시 모델을 활용한 조명 관리 체계가 한층 실효성을 갖출 수 있을 것이다.

사사: 이 논문은 과학기술정보통신부와 디지털플랫폼정부위원회, 그리고 한국지능정보사회진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(협약번호: 2025-인공지능융합-위02, 2025년도 디지털 트윈 시범구역 조성(도심형))

교차로 단위 대리 안전성 지표 기반 시뮬레이션 시각화 연구

Simulation-Based Visualization of Intersection-Level Surrogate Safety Measures

이제호

(광운대학교 학부생)

신동화

(광운대학교 조교수)

도시 교통 네트워크의 안전성 분석은 지능형 교통 시스템과 자율주행 기술 발전을 위해 중요한 과제이지만, 기존 연구는 주로 네트워크 전체 수준의 집계나 정적 통계에 머물러 교차로 내부의 차선 단위 위험을 세밀하게 탐색하거나 시간에 따른 변화를 직관적으로 확인하는 데 한계가 있었다. 본 연구는 이러한 한계를 보완하기 위해 Simulation of Urban MObility(SUMO) 기반 시뮬레이션을 활용하여 대표적인 대리 안전성 지표(Surrogate Safety Measures, SSM)인 Time-to-Collision(TTC), Modified Time-to-Collision(MTTC), Deceleration Rate to Avoid Collision(DRAC)을 산출하고 이를 교차로 내 차선 단위로 집계하여 시각화하는 환경을 제안한다. 시뮬레이션 결과의 현실 적합성을 높이기 위해, 본 연구는 관측 교통량을 반영하고, 오픈소스 지도 데이터베이스인 OpenStreetMap(OSM)에서 추출한 도로 인프라를, 네트워크 편집 도구인 netedit으로 현행화하여 차로 수와 진행 방향을 실도로와 동일하게 수정하였으며, 부재했던 신호 현시 주기를 재현하였다. 이러한 정산(calibration) 과정을 통해 결과가 단순한 가상 실험에 그치지 않고 실제 교차로 조건을 충실히 반영한 분석으로 타당성을 확보하도록 하였다. 제안된 시스템은 교차로 지도 기반 색상 시각화와 지표별 시간 변화 그래프를 병렬 제공하여 공간적 비교와 시간적 패턴 인식을 동시에 지원한다. 또한 사용자가 원하는 차량 유형(vehicle type)을 자유롭게 정의하고 투입할 수 있어 실제 도로 환경에서는 실증하기 어려운 자율주행차 혼입률, 신규 교통수단 도입, 차선 운영 변화 등의 시나리오를 안전하게 실험하고 이에 따른 지표 변화를 확인할 수 있다는 점에서 시뮬레이션 기반 분석의 강점을 드러낸다. 시흥시 주요 교차로(소방서사거리, 옥구고가차도 복단사거리)를 대상으로 한 사례 분석은 위험도의 시공간적 변동성을 드러내며 특정 차선·시간대의 집중적 위험 탐색에 유용함을 보여주었다. 본 연구는 교차로 차선 단위와 시간 변화 기반의 정밀한 시뮬레이션 시각화 프레임워크를 제시하여 교차로 설계 개선, 운영 전략 수립, 자율주행 안전성 평가, 실시간 교통 안전 관리 체계 구축에 기여할 수 있는 가능성을 확인하였다.

사사: 2025년도 교내 학술연구비 지원에 의해 연구되었음

도로교통 서비스 품질에 대한 업종별 만족도 차이 분석 연구

An Analysis of Occupational Differences in Satisfaction with Road Traffic Service Quality

김영애

(전남대학교 토목공학과 학부생)

박제진

(전남대학교 토목공학과 교수)

본 연구는 도로개선 사업 완료 후 개선된 도로 환경이 실제 이용자에게 미친 영향을 도로교통 서비스 품질 관점에서 평가하고, 업종별 만족도 차이를 실증적으로 분석함으로써 향후 교통 정책 수립에 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 한다. 도로교통 서비스 품질은 교통 정책 성과를 측정하는 핵심 지표이지만, 그 효과는 이용자 특성과 통행 목적에 따라 상이할 수 있다.

연구를 위해 광주-담양 연결도로를 실제 이용하는 운전자 430명을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 통행 원활성·정보 제공·재해 대응·환경 쾌적성 등 4개 서비스 품질 항목을 5점 척도로 평가하였다. 수집된 데이터는 SPSS 27.0을 활용하여 분석하였고, 업종별 만족도의 통계적 차이를 검증하기 위해 **ANOVA(분산분석)**을 적용하였다. 유의미한 차이가 확인된 항목은 Scheffé 사후검정으로 집단 간 차이를 구체적으로 파악하였다.

분석 결과, 도로교통 서비스 개선 효과가 업종별로 유의미하게 상이함이 확인되었다. ‘통행 원활성’ 항목에서는 운전직과 농·어업 종사자의 만족도가 상대적으로 낮아, 물리적 인프라 개선에도 불구하고 이들의 통행 특성을 고려한 추가적 운영 정책이 필요함을 시사하였다. 반면, ‘정보 제공’ 항목에서는 관리·전문직과 서비스·판매직의 만족도가 높게 나타나 교통정보 제공 시스템의 효율성을 입증하였다. 또한 ‘재해 대응’ 항목에서는 생산·단순노무직의 만족도가 높았으나, 운전직과 농·어업 종사자의 만족도는 낮아 재해 대응 체감도에 불균형이 존재함을 확인하였다.

이러한 결과는 도로개선 사업과 같은 SOC 투자가 모든 이용자에게 동일한 효용을 제공하지 않음을 실증적으로 규명한 것이다. 특히, 도로 이용이 생계와 직결되는 운전직 및 농·어업 종사자의 만족도가 전반적으로 낮게 나타난 점은 중요한 정책적 함의를 가진다. 향후 도로 정책은 단순한 시설 개선을 넘어 업종별 통행 특성과 핵심 요구를 균형 있게 반영한 맞춤형 정책 설계가 필수적이며, 운전직 및 농·어업 종사자를 대상으로 한 교통운영·안전대책 강화가 도로 투자의 사회적 편익을 극대화하는 핵심 전략이 될 것이다.

잠재안전개선지수를 활용한 고속도로 졸음운전 및 졸음사고 다발 구간 도출 연구

Identifying Drowsy Driving and High-Risk Hotspots on expressways
Using the Potential Safety Improvement Index

박종석

(한양대학교 교통물류공학 학부 과정)

박준영

(한양대학교 교통물류·스마트시티공학 교수)

최근 교통사고 통계에 따르면, 졸음운전으로 인한 사고의 치사율은 일반 교통사고보다 높아 중대한 인명피해 및 대형사고로 이어질 가능성이 큰 것으로 분석된다. 특히 운전자의 장거리 운행으로 인한 피로 누적은 졸음운전 발생의 주요 원인이며, 이로 인해 장거리 구간인 고속도로에서 졸음운전 취약성이 증가한다. 따라서 고속도로 구간에서의 졸음운전 및 졸음 사고에 대한 정량적 위험 평가를 수행하고 취약 구간을 식별하는 것은, 사고 예방 및 교통 안전 향상을 위한 선제적 관리 방안 수립에 크게 기여할 수 있다.

이에 본 연구는 잠재안전개선지수(PSI, Potential Safety Improvement Index) 지표를 활용하여 고속도로상의 졸음운전 및 졸음 사고 위험 구간을 도출하는 것을 목적으로 한다. 위험 구간을 정량적으로 평가하고 식별함으로써, 향후 고속도로 관리 및 개선 방안을 마련하는데 기여하고자 한다.

연구 데이터는 시간 단위의 미시적 고속도로 교통 데이터를 활용하여 구간별 운전 횟수와 졸음운전 사고 건수를 산출하였다. 종속변수는 졸음운전 발생 횟수 및 졸음운전 사고 건수로 설정하였으며, 독립변수는 도로조건, 교통량, 기상조건 등 다양한 요인을 포함하였다.

졸음 운전 및 사고 예측을 위한 변수 선정 과정에서는 각 독립변수의 기초통계를 분석하고, 유의성 검정을 통해 졸음운전 및 사고 발생과의 관련성을 검토하였다. 또한 변수 간 상관분석을 수행하여 높은 상관관계를 보이는 변수는 가공하거나 제거하여 다중공선성 문제를 최소화 하였다.

예측 모델 구축 단계에서는 포아송 회귀모형과 음이항 회귀모형을 적용하였다. 이후 교차검증을 통해 두 모형의 예측 정확도를 비교하였으며, 성능이 더 우수한 모형을 최종 분석에 활용하였다.

PSI 지표 산출은 추정된 사고 건수와 실제 사고 건수를 비교하여 수행하였다. 이때 추정 사고 건수는 최종 선정된 모형이 예측한 값에 가중치를 적용하여 산출하였으며, 실제 값과 비교하여 초과 발생한 정도를 통해 해당 고속도로 구간의 잠재적 위험성을 평가하였다. 이를 통해 실제 사고 발생이 적더라도 잠재 위험성이 높은 구간을 식별할 수 있었다.

또한 PSI 값이 높은 상위 구간을 도출하고, QGIS를 통해 공간적으로 시각화함으로써 고속도로 졸음운전 위험 구간의 분포를 확인하였다.

본 연구는 고속도로 졸음운전 및 졸음사고와 같은 졸음 관련 이벤트를 PSI 정량적 지표로 평가하고, 이를 기반으로 공간적 분포를 도출했다는 점에서 학문적 의의가 있다. 이를 통해 고속도로 사전 위험 관리, 위험 정보 시스템 구축, 도로 인프라 개선 등 구체적인 개선 방안 수립에 기여할 수 있으며, 교통 안전 정책 및 도로 관리 전략 마련에도 활용될 수 있다. 또한 실무적으로는 졸음운전 다발 고속도로 구간에 경고 표지, 휴게소 안내, ITS(지능형 교통체계) 기반 경고 서비스 등을 제공하기 위한 기초 자료로 활용될 수 있다.

한계점으로는 본 연구가 운전자 개인의 생리적 요인(수면부족, 생체리듬 등)을 직접적으로 포함하지 못했다는 점이 있다. 향후 연구에서는 운전자 상태 데이터와 차량 내부 센서 정보를 추가하여 보다 정밀한 위험 예측이 가능하도록 보완할 필요가 있다.

역검증(RV)을 이용한 스마트카드 데이터 기반 통행목적 추정 모델 평가

Evaluation of a Trip Purpose Estimation Model based on Smart Card Data
using Reverse Validation (RV)

박성주

(명지대학교 학부연구생)

박호철

(명지대학교 부교수)

가구통행실태조사는 「국가통합교통체계효율화법」에 근거해 5년마다 시행되고 있으며, 여객기종점통행량(O/D)자료의 기반이 된다. 하지만, 가구통행실태조사의 표본수는 매년 감소하고 있으며 최근 본조사인 2021년에는 0.22%의 표본율에 그쳤다. 이러한 실정으로, 여객기종점통행량(O/D)구축을 위해 가구통행실태조사 자료를 전수화하는 단계에서는 통신데이터, 스마트카드데이터 등과 같은 전수 통행 빅데이터를 적극적으로 사용하고 있다.

특히, 모든 통행 빅데이터는 통행목적에 포함하고 있지 않으며 이를 추정하려는 연구가 국내외로 활발히 이루어지고 있다. 가구통행실태조사를 기반으로 머신러닝을 사용한 연구들이 국내외로 많았으나, 대부분 통행 빅데이터에 직접 적용해보지 않고 가구통행실태조사 데이터셋 내 분할을 통해 모델의 성능을 측정하였다. 그러나 통행 빅데이터에 직접 적용하지 않으면 가구통행실태조사에 기반한 모델이 실제 통행 빅데이터와 전이성을 가지는지 알 수 없다.

역검증(RV)은 레이블이 지정된 데이터가 극히 제한적인 전이 학습 상황에서 최적의 모델을 선택하기 위하여 고안되었다. 먼저, 레이블이 있는 소스 데이터를 통해 모델을 만들고 이를 통해 레이블이 없는 타겟 데이터의 의사 레이블을 추정한다. 이후 추정된 의사 레이블을 가진 타겟 데이터를 사용하여 새로운 모델을 만들고 이를 역방향으로 소스 데이터의 레이블을 추정한 후 실제 레이블과의 정확도를 확인한다. 순방향 모델의 의사 레이블 생성은 소스 데이터의 조건부 분포 지식을 타겟 데이터에 인코딩하는 과정이다. 의사 레이블이 유의미한 신호를 제공할 경우, 이를 학습한 역 모델은 소스 데이터의 근본적인 통계적 패턴을 성공적으로 재현할 수 있다. 따라서 역 모델의 소스 데이터에 대한 성능은 초기 정보 전이의 성공 여부를 나타내는 신뢰할 수 있는 지표가 된다.

본 연구에서는 본 연구에서는 RV를 활용하여 가구통행실태조사와 스마트카드 데이터 간의 전이성을 정량적으로 평가하고, 이를 통해 최적의 통행목적 추정 모델을 선택하기 위한 실증적 근거를 제시하고자 하였다. 기존 연구에서 높은 점수를 받은 XGboost를 포함한 세 가지 머신러닝 기법을 통해 모델들을 만들었고, 이를 실증적으로 스마트카드데이터에 적용하여 통행 목적을 추정하였다. 이후 RV를 통해 역방향으로 통행 목적을 추정하고 정확도를 확인하였다. 이를 통해 이전 연구들과 달리, 가구통행실태조사 기반 모델과 스마트카드데이터 간 전이성을 확인할 수 있었고, 머신러닝 모델 간 실증적인 비교 또한 가능하였다.

영상 기반 멀티모달 LLM을 활용한 교통사고 과실비율 산정 모형 연구

A Video-Based Multimodal LLM Model for Split Liability Assessment in Traffic Accidents

이운정

(홍익대학교 도시공학과 학부생)

추상호

(홍익대학교 도시공학과 교수)

장양중

(엠큐닉 전문)

국내 교통사고 과실 비율은 손해보험협회(KNIA)의 「자동차사고 과실비율 인정기준」(2022)에 근거해 산정되지만, 실제 적용 과정에서는 주관적 판단과 해석이 크게 개입된다. 이에 따라 동일한 사고 조건에서도 사고 당사자와 보험사 간 분쟁이 빈번히 발생하며, 최근 5년간 관련 심의 건수가 약 38% 증가하는 등 사회적·경제적 비용이 꾸준히 확대되고 있다. 심의와 조정 절차가 수개월 이상 장기화되는 경우도 많아, 보다 합리적으로 효율적인 과실 비율 산정 대안 마련이 요구된다. 특히 한국은 교통사고 영상이 목격자 진술보다 신뢰도 높은 증거로 활용되고 있으며, 최근 딥러닝과 인공지능 기반 영상분석 기술이 발전하면서 교통사고 과실 비율 자동 판별을 시도하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 과실 비율은 법적 판단과 직결되기 때문에 단순한 수치 예측만으로는 충분하지 않으며, 법적 책임성과 투명성을 확보하기 위해서는 사고 원인과 결과에 대한 근거 있는 설명이 뒷받침되어야 한다. 이 때문에 기존 영상 기반 접근법은 실제 법적 활용에 한계를 지닌다. 따라서 본 연구는 이러한 한계를 극복하고자, 교통사고 영상을 기반으로 사고의 맥락과 과실 비율을 동시에 산출하는 설명 중심적인 산정방안을 제시한다.

본 연구에서 제안하는 방법론은 교통사고 영상을 입력으로 하여 차량의 행동과 과실 비율을 단계적으로 추정한 뒤, 이를 멀티모달 LLM에 통합하는 모형이다. 멀티모달 LLM의 경우 직접 파인튜닝을 했을 때 비용부담이 크고 성능과 설명가능성 측면에서 기대에 미치지 못하였기에, 본 연구에서는 3D CNN, BERT, Video-LLaVA를 상호 보완적으로 결합하여 영상인식과 과실비율 예측, 자연어 설명 기능을 모듈화하는 방법을 채택한 파이프라인을 설계하였다. 먼저 일정한 길이로 샘플링한 블랙박스 영상을 비디오 백본에 입력하여 두 차량의 행동을 분류한다. 그리고 분류 결과를 구조화하여 회귀 모델에 입력하고 과실 비율을 연속 값으로 추정한다. 마지막으로 분류된 행동과 예측된 과실 비율을 원시 영상과 함께 LLM에 입력함으로써, 사고 맥락을 설명하는 텍스트와 수치화된 과실 비율을 동시에 산출하도록 하였다. 사용된 데이터는 AI Hub 교통사고 영상 데이터로, 상황인식에 유리한 무신호 교차로의 1인칭 차대차 사고만을 선별하여 데이터셋을 통일하였다. 해당 파이프라인과 모델에 대한 성능평가는 세 단계로 수행된다. 첫 번째로, 분류 단계에서 서로 다른 비디오 백본(3D CNN, VideoMAE, TimeSFormer)을 동일한 조건에서 비교하여 가장 정확도가 높은 기준 모델을 선정하였다. 두 번째로는, 과실 비율 추정 단계에서 분류 결과를 거쳐 회귀하는 방식과 분류 없이 바로 회귀하는 방식을 대비하여, 중간 행동 정보 분류가 결과의 정확도와 안정성에 미치는 영향을 분석하였다. 마지막으로 생성 단계에서, 같은 영상을 입력해 멀티모달 LLM을 직접 파인튜닝한 모델과 기존 멀티모달 LLM에 학습 없이 분류 정보와 과실 비율을 프롬프트에 정보로 명시하는 방식을 비교하였고, 출력 텍스트를 비교하여 맥락 충실성, 불필요한 추정의 억제, 행동·비율 정보와의 일치성을 정성적으로 검증하였다. 실험결과, 분류에서는 3D CNN이 가장 높은 정확도를 보였고, 과실 추정은 분류 결과를 입력으로 한 회귀가 직접 회귀 대비 결정계수(R^2)에서 우위를 나타냈다. 생성 단계에서는 멀티모달 모델인 Video-LLaVA가 파인튜닝 없이도 프롬프트 엔지니어링만으로 비교적 정합적인 설명을 생성하는 경향을 확인하였다.

본 연구는 교통사고 영상을 기반으로 차량 행동과 과실 비율을 단계적으로 산출하고 이를 멀티모달 LLM에 결합하는 새로운 과실 산정 방식을 제안하고, 그 활용 가능성을 확인하였다. 제안 방식은 영상 증거가 핵심이 되는 무신호 교차로 등 상황에서 보다 효율적이고 일관된 과실 판단을 지원할 수 있으며, 향후 보험 심사와 분쟁 조정의 투명성 제고와 정책·실무 지침의 표준화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 홍익대학교의 2025학년도 2학기 학부생 연구 참여 프로그램 (UROP)의 지원으로 수행되었음

대기행렬이론 기반 드라이브스루 대기열 분석을 통한 교통 혼잡 완화 방안 연구

Queuing Theory-Based Analysis of Drive-Thru Queues for Traffic Congestion Mitigation

홍대현
(서울시립대학교 학사과정)

서론

최근 COVID-19 이후 서비스 공간에 대한 인식이 변화하면서 비대면 서비스 수요가 급격히 증가하였다. 이에 따라 도심 내 드라이브스루 시설은 빠르게 확산되었으나, 특정 시간대에 집중되는 차량 유입으로 인해 인근 도로 구간에서 지체 및 정체가 발생하고 있다. 특히 대기열이 본선도로까지 확장되면서 교통 흐름을 저해하고, 지역 주민의 생활환경에도 부정적 영향을 미치고 있다. 따라서 드라이브스루 시설이 교통 혼잡에 미치는 영향을 체계적으로 분석하고, 이를 완화하기 위한 방안을 도출하는 것이 시급하다.

연구 목적 및 방법

본 연구의 목적은 대기행렬이론을 활용하여 드라이브스루 시설 대기열의 특성을 정량적으로 분석하고, 교통 혼잡 완화 대책을 제시하는 것이다.

분석 방법: 대기행렬모델 중 단일 서버 모델(M/M/1), 복수 서버 모델(M/M/c)을 적용하여 평균 차량 도착률, 평균 서비스율, 대기열 길이 등을 정량적으로 분석

자료 수집: 드라이브스루 시설 현장 답사를 통해 도착 차량의 간격, 평균 서비스 시간, 대기 차량 수 조사

시뮬레이션: 단일 서버 모델과 복수 서버 모델의 성능을 비교하고, 서비스 용량 확대 및 운영 전략 개선의 효과를 검증

연구 결과

분석 결과, 차량 도착률이 서비스율을 초과할 경우 대기열이 급격히 증가하며 인근 도로 구간으로 확산되는 것으로 나타났다. 반면, 서비스 창구를 추가하거나 서비스 시간을 개선할 경우 평균 대기 시간과 대기열 길이가 크게 줄어드는 것으로 확인되었다.

논의

드라이브스루 시설의 혼잡 문제는 단순한 시설 확충만으로는 해결하기 어렵다. 운영적 측면에서의 개선, 즉 다중 차로 운영, 모바일 사전 주문 시스템 도입, 수요 분산을 위한 관리 전략 등이 병행될 때 효과적인 혼잡 완화가 가능하다. 이는 대규모 인프라 투자 없이도 국지적 교통 혼잡을 완화할 수 있는 현실적 방안을 보여준다.

결론

본 연구는 대기행렬이론을 기반으로 드라이브스루 시설 대기열이 교통 혼잡에 미치는 영향을 분석하고, 이를 완화할 수 있는 전략을 제시하였다. 서비스 용량 최적화와 운영 전략 개선을 통해 국지적 교통 혼잡을 줄일 수 있으며, 이는 향후 도시 교통 정책 수립과 시설 운영 계획에 중요한 기초 자료가 될 수 있을 것으로 판단된다.

기상현상이 여객항공운항 지연·결항에 미치는 요인 분석 및 예측

Analysis of the Impact of Weather Phenomena on Passenger Flight Delays and Cancellations

송낙원

(명지대학교 학부연구생)

박호철

(명지대학교 부교수)

기후변화로 인한 이상기후 발생 빈도가 높아지면서 항공운항의 지연·결항은 전 세계적으로 중요한 사회적 문제로 부상하고 있다. 국내 주요 공항의 지연·결항률은 2020년 5.16%에서 2024년 약 22%로 약 4배 상승하였고 이는 항공 이용자 불편과 사회적 비용을 증가시키고 있다. 특히 항공운항은 도로, 철도와 달리 대체 경로 확보가 어렵고 기상 악화 시 피해가 고스란히 승객에게 전가된다는 점에서 그 심각성이 크다.

기존 연구는 기상 요인별 지연·결항 차이를 통계적으로 분석하거나 극한기상현상(강풍, 대설, 호우 등)의 영향을 패널모형으로 검증하는 등 다양한 접근을 시도하였다. 그러나 국내 공항을 대상으로 최신 데이터를 활용해 기상 요인을 체계적으로 검증하고 정책적 시사점을 제시하는 연구는 여전히 부족하다.

이에 본 연구는 인천, 김포, 제주, 김해 등 주요 공항을 대상으로 국내선 30분, 국제선 60분 이상을 지연 기준으로 설정하고 2020년 1월부터 2025년 8월까지의 출발, 도착 자료와 기상청의 종관 및 방재 데이터를 결합하여 분석을 수행한다.

분석 방법으로는 순서형 로지스틱 및 프로빗 모형을 적용하여 기상현상별 지연·결항 영향 요인을 도출하며, 향후 머신러닝 기법을 적용해 예측모형 개발로 확장할 계획이다.

본 연구는 기상현상이 여객항공운항 지연·결항에 미치는 영향을 실증적으로 규명하고 이를 토대로 항공사와 공항 운영자의 의사결정 지원, 피해 최소화 정책 수립 등 실질적 활용 방안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

극한기상 상황에서의 장애인 특별교통수단 운행 특성 분석: 부산시 사례를 중심으로

Analyzing the Operational Characteristics of Specialized Transport Services for People with Disabilities under Extreme Weather: The Case of Busan, South Korea

김주영	이도경	김유민	강서현	황진욱
(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 조교수)

최근 교통약자의 이동권 보장은 교통정책의 주요 의제로 부각되고 있으며, 특히 휠체어 이용자는 이동수단의 제약으로 인해 특별교통수단에 대한 의존도가 높다. 이에 따라 지방자치단체는 특별교통수단 서비스를 운영하고 있으나, 공급 부족으로 인한 대기시간 증가, 공간적 불균형 공급 등 구조적 한계가 지속되고 있다. 한편, 기후변화에 따른 극한 기상 상황은 교통 운영에 불확실성을 가중하는 주요 외생 요인으로, 교통약자 이동지원 서비스 운영의 취약성을 더욱 심화시킬 수 있다. 따라서 데이터 분석과 지능형 운영 전략을 통해 극한기상 시 교통약자 이동권 보장을 강화하는 방안을 도출하고자 한다.

본 연구에서는 2024년 3월부터 2025년 5월까지의 두리발 운행 데이터를 기초로, 기상청 자료를 활용해 폭염·한파·호우 발생 일자를 추출하여 결합하였다. 이를 바탕으로 ArcGIS Pro의 Heatmap, Flow map, Hotspot분석을 통해 통행량과 대기시간의 공간적 분포를 파악하였으며, 기상 요인이 통행량에 미치는 영향은 포아송 패널회귀모형을, 대기시간에 미치는 영향은 로그선형 패널회귀모형을 적용해 분석하였다. 분석 범위는 두리발 운행 특성을 고려하여 김해시, 양산시, 부산시 전역으로 설정하였으며, 공간 단위는 500M 격자 단위로 설정하였다.

분석 결과, 출발지는 의료시설의 위치와 유사한 분포를 보였으며 기장군과 강서구를 제외한 지역에 주로 분포했다. 도착지 또한 의료시설의 위치와 유사한 분포를 보였으며 김해시, 양산시, 부산시 기장군과 강서구를 제외한 지역에 주로 분포했다. 출발지와 도착지 간 이동 흐름 상위 10개는 영도구 일대에서 나타났으며 이는 영도구가 대중교통 접근성이 낮아 두리발에 의존성이 높음을 의미한다. 대기시간은 의료시설과 통행량이 적은 기장군과 강서구에서 평균 52분으로 나왔으며, 반대로 의료시설과 통행량이 많은 기장군과 강서구 외 지역은 평균 24분으로 나타났다. 패널회귀분석 결과, 폭염과 한파 시에는 통행량과 대기시간이 모두 감소하는 경향을 보여 이동 자체가 억제되는 것으로 나타났다. 반면 호우 시에는 통행량이 줄어들었음에도 불구하고 대기시간은 오히려 증가하였는데, 이는 감속 운행 및 정차 빈도 증가로 인해 공급 효율성이 악화된 결과로 해석된다. 더 나아가, 호우 시 Hotspot분석에서는 특히 강서구, 사하구 등의 지역에서 대기시간 증가 현상이 두드러져 공간적 불균형이 확인되었다.

본 연구는 극한기상 상황이 장애인 특별교통수단 운영에 미치는 영향을 실증적으로 규명하였다. 폭염과 한파 시에는 통행량과 대기시간이 모두 감소하여 이동 자체가 억제되는 경향이 확인되었으며, 호우 시에는 통행량은 줄어든 반면 대기시간은 오히려 증가하여 공급 비효율성이 나타났다. 특히 강서구와 사하구, 영도구 등 일부 지역에서는 이러한 대기시간 불균형이 두드러져, 교통약자의 이동권 보장이 지역별로 상이하게 제약받을 수 있음을 보여준다. 결론적으로, 기상 정보와 실시간 교통 운영 데이터를 통합해 활용하는 지능형 배차 및 운행 시스템의 필요성이 제기된다. 특히 호우 시 강서구, 사하구 등 지역에서의 대기시간 불균형은 차고지 다핵화, 차량 분산 배치, 실시간 수요 및 공급 매칭 알고리즘과 같은 운영 전략을 통해 완화할 수 있다. 본 연구는 교통약자 이동지원 서비스의 회복탄력성을 강화하고, 궁극적으로는 교통 형평성과 스마트 모빌리티 구현에 기여할 수 있는 기초자료를 제공한다.

사사: 본 연구는 2025년 데이터 오픈랩 활용 Datory Lab 운영 지원사업(부산테크노파크)과 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었습니다.

공간지표를 활용한 퍼스널 모빌리티 스테이션 입지 적합도 분석

Location Suitability Analysis of Personal Mobility Stations Using Spatial Indicators

김다은	김승현	서민희	허지원	황진욱
(부산대학교	(부산대학교	(부산대학교	(부산대학교	(부산대학교
도시공학과	도시공학과	도시공학과	도시공학과	도시공학과
학부과정생)	학부과정생)	학부과정생)	학부과정생)	조교수)

퍼스널 모빌리티(Personal Mobility, PM)는 최근 청년층을 중심으로 급속히 확산되며 도시 교통체계 내에서 새로운 이동 수단으로 자리 잡고 있다. 그러나 대중교통과의 연계 부족, 이용 후 무단 방치, 안전성 문제 등이 동시에 발생하면서, 도시 공간에서 PM의 지속가능한 정착을 위한 제도적·공간적 기반 마련이 시급하다. 특히 부산광역시는 전국 최초로 PM-대중교통 환승 할인 시범사업을 시행하며 정책적 실험을 추진하고 있으며, 대학이 밀집하고 청년층 유동 인구가 많은 금정구는 이러한 연구의 적합한 사례 지역으로 선정되었다. 본 연구는 청년층 이동 흐름을 반영하여 PM 스테이션 최적 입지를 도출하고, 이를 실제 설치 위치와 비교·검토함으로써 향후 운영 전략과 정책적 시사점을 제시하는 것을 목적으로 한다.

연구를 위해 먼저 PM 스테이션 입지에 영향을 미치는 요인을 수요와 운영 조건으로 구분하였다. 수요지표에는 청년층 유동인구, 버스·지하철 접근성, 용도지역, 상권 밀도를 포함하였다. 청년층 유동인구는 20~39세를 대상으로 이동통신 기반 생활인구 데이터를 활용해 격자 단위로 산출하였으며, 버스정류장과 지하철역 접근성은 역거리 가중치를 반영하여 대중교통 환승 가능성을 정량화하였다. 또한 용도지역은 상업·주거·업무지역 등 고밀 개발지 여부를 반영하고, 상권 밀도는 50m 격자 내 점포 수를 기반으로 계산하여 활동 중심지의 잠재적 수요를 고려하였다. 운영 조건은 실제 설치와 안전성을 평가하기 위해 보도폭, 교통사고, 경사도를 설정하였다. 이러한 지표 설정은 기존 연구가 주요 요인에 치중했던 한계를 보완하고, 운영 가능성과 안전성을 함께 반영하는 데 의의가 있다.

분석 방법은 GIS 기반 다기준 의사결정(MCDA) 절차에 따라 진행되었다. 먼저 이동통신 기반 OD 데이터를 활용해 금정구 내 청년 PM 흐름 밀집 지역을 도출하고, 이를 50×50m 격자 단위로 재구성하였다. 이후 각 지표를 정규화하여 표준화하였으며, 전문가 설문조사(AHP)를 통해 가중치를 산출하였다. 설문은 교수, 연구원, 공공기관 전문가 등 총 9명을 대상으로 실시되었으며, 일관성 지수를 확인하여 결과의 신뢰성을 확보하였다. 마지막으로 수요와 운영 조건을 결합한 Weighted Overlay 분석을 수행하여 종합 점수를 도출하고, 이를 기반으로 입지 후보지를 선정하였다.

분석 결과, 금정구는 부산 전체 PM 통행량의 약 31%를 차지하며, 장전·구서·부곡·서동 일대에서 청년층 활동과 수요가 집중되는 것으로 나타났다. 1차 수요 기반 평가에서는 상위 1% 고수요 격자가 환승 할인 시범사업 지역과 일부 중첩되었는데, 지하철역 인근은 비교적 잘 부합하였으나 상업지역에서는 불일치가 확인되었다. 이는 실제 수요 집중지와 공급 지점 간의 차이를 보여주는 결과로 해석된다. 이어서 보도폭, 사고 위험, 경사도를 반영한 종합 분석에서는 고수요 지역 중에서도 실제 설치 가능성이 높은 후보지가 선별되었으며, 이를 바탕으로 스테이션 규모를 소형·중형·대형으로 구분하고 공급 수량과 간격을 제시할 수 있었다.

본 연구는 청년층 이동 행태를 중심으로 PM 스테이션 입지를 다차원적으로 평가했다는 점에서 기존 연구와 차별성을 갖는다. 또한 본 연구의 방법론은 재생산 가능성이 높아, 향후 타 지역 교통정책이나 다양한 공유 모빌리티 연구에도 확장 적용될 수 있다. 따라서 학술적으로는 PM 입지 연구의 방법론적 확장을, 정책적으로는 효율적 자원 배분과 도시 교통체계의 지속가능성 강화를 동시에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 2025년 데이터 오픈랩 활용 Datory Lab 운영 지원사업(부산테크노파크)과 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. RS-2024-00333264).

AI 기반 합성인구 및 활동 생성의 검증을 위한 Visum 기반 프레임워크

A Visum-Based Validation Framework for AI-Driven Synthetic Population and Activity Generation

김창희

(한국과학기술원 전산학부 학부생)

김인희

(한국과학기술원 조천식모빌리티대학원 부교수)

최근 교통수요 분석 분야에서는 인공지능 기반 합성인구 생성과 활동기반 모형(Activity-Based Model, ABM)의 활용이 활발히 이루어지고 있다. 그러나 기존 검증 연구들은 합성인구와 활동 일정이 원본 데이터와 통계적으로 얼마나 일치하는지에 초점을 맞추고 있으며, 이러한 데이터를 실제 교통 예측 문제에 적용했을 때 교통 배정 결과가 현실 패턴을 얼마나 잘 재현하는지에 대한 검증은 상대적으로 부족하다. 본 연구에서는 이러한 한계를 보완하고자, 산업 현장에서 표준적으로 활용되는 교통 분석 소프트웨어인 PTV Visum 환경에서 합성인구 및 활동 데이터를 검증하기 위한 프레임워크를 구축하였다. 구체적으로, 생성된 활동 데이터를 전처리하여 통행 단위로 변환하고, Visum COM API를 활용해 시간대별 OD 행렬을 구성한 뒤 개인교통 배정을 수행하였다. 이후 도로 단위 교통량 실측 자료(VDS)와의 비교를 통해 신뢰도를 평가하였으며, GEH 통계치와 SQV 지표를 활용해 정량적인 검증을 진행하였다. 분석 결과, AI 기반 합성인구는 일정 수준에서 실제 교통량 패턴을 재현할 수 있음을 확인하였으나, 주중·주말 구분과 같은 세부 시간 패턴의 반영 부족으로 인한 한계도 발견되었다. 본 연구에서 제안한 Visum 기반 검증 프레임워크는 기존 연구들이 간과한 실제 교통 예측 활용 가능성을 평가하는 수단으로서 의의가 있으며, 향후 다양한 합성인구 생성 기법 및 활동기반 모형 분석의 유효성을 검증하는 기반으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

출발지·도착지별 대중교통 경쟁력 분석과 유형화: 부산광역시 사례

Analyzing and Classifying Public Transit Competitiveness by Trip Origins and Destinations:
A case Study of Busan, South Korea

김현경

(부산대학교 도시공학과
학부과정생)

조서현

(부산대학교 도시공학과
학부과정생)

김종민

(부산대학교 도시공학과
학부과정생)

김동욱

(부산대학교 도시공학과
학부과정생)

손희주

(부산대학교 도시문제연구소
연수연구원)

황진욱

(부산대학교 도시공학과
조교수)

도시 교통 시스템은 단순한 이동 수단을 넘어 사회·경제적 기회에 대한 접근성을 보장하는 핵심적 인프라이다. 그러나 물리적 접근성이 확보되었다 하더라도, 시간과 비용의 제약으로 인해 실제 이용 가능성은 제한될 수 있으며, 이러한 제약은 특히 대중교통과 승용차 간 수단 선택 과정에서 뚜렷하게 드러난다. 기존 연구들은 주로 시간과 비용의 상충 관계를 단일 지표로 다루어 통행 선택의 실효성을 평가하는 데 한계가 있었다. 이에 본 연구는 통행시간, 통행비용, 경로 수라는 세 차원을 함께 고려해 대중교통과 승용차의 경쟁력을 정량적으로 비교하고, 그 결과를 바탕으로 출발지·도착지 기준의 대중교통 경쟁력 지수(CO, CD)를 산정하여 정류장 유형을 분류하고자 한다. 이를 통해 대중교통의 구조적 제약을 보다 정밀하게 진단하고, 유형별 맞춤형 정책 전략을 제시하는 것을 목표로 한다.

연구 대상지는 부산광역시이며, 분석에는 부산울산권 주수단 OD 데이터, 교통카드 이용 이력, 카카오맵과 T-map API, 자동차 등록 대수 등 다양한 자료를 활용하였다. 우선, 수송 분담률을 기반으로 대중교통 경쟁력이 낮은 하위 50개 OD 쌍을 추출하였다. 이후 각 OD에 대해 API를 활용하여 승용차와 대중교통의 통행시간, 비용, 경로 수를 산정하였다. 이러한 산정치를 바탕으로 각 정류장을 출발지 또는 도착지로 두었을 때, 대중교통이 승용차보다 경쟁력이 있는 OD 쌍의 비율을 각각 CO(the Competitiveness of Transit by Origin) 지수와 CD(the Competitiveness of Transit by Destination) 지수로 정의하였다. 도출된 정류장 단위의 CO, CD 지수는 K-means 클러스터링(K=4)에 투입하여 유형을 분류하였고, 유형별 특성과 취약 요인을 체계적으로 비교·해석하였다.

CO 지수 분석 결과, 시간·비용에서 열세인 유형, 경로 다양성 우위형, 전 영역 취약형, 시간·비용 열세·경로 중간형 등 네 가지 유형으로 구분되었으며, 이들 유형에 따라 전용차로 도입, 요금제 개편, 중복노선 정비, 환승 허브 구축, 급행 서비스 제공 등 다양한 정책적 개선 방향을 제시하였다. CD 지수 분석 또한 전 영역 취약형, 시간·비용 열세형, 시간 열세형, 비용 열세형 등 네 가지 유형으로 정리되었으며, 각 유형의 특성에 따라 목적지 중심 네트워크 재설계, 대중교통 정보 제공 강화, 환승 인프라 확충, 직결 노선 확대 등의 개선책이 필요하다는 점을 도출하였다.

대중교통과 승용차 간 통행시간 비율($R = \text{대중교통 통행시간} / \text{승용차 통행시간}$)이 시간대별로 유의미한 차이를 보이는지 검증하기 위해 혼합효과모형(linear mixed model, LMM)을 적용하였다. 분석 결과, 평일 첨두시간대의 평균 R 값이 가장 높아 대중교통의 상대적 경쟁력이 크게 저하되는 것으로 나타났으며, 다른 시간대와 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 버스전용차로 및 신호우선 확대, 급행·직행버스 도입, 환승 효율제와 같은 시간대 맞춤형 정책 수단의 적용이 필요하다.

종합하면, 본 연구는 통행시간·비용·경로 수를 통합적으로 고려하여 대중교통과 승용차의 경쟁력을 비교하고, 출발지·도착지 관점에서 CO-CD 지수를 산출하여 정류장 단위 유형화를 수행했다는 점에서 기존 연구와 차별점을 가진다. 분석 결과, 일부 지역에서는 대중교통이 충분한 경쟁력을 보였지만, 특정 유형에서는 과도한 비용, 긴 이동시간, 낮은 경로 다양성 등의 구조적 취약성이 확인되었다. 이는 단순한 물리적 공급 확대만으로는 대중교통의 실질적 경쟁력을 확보하기 어렵다는 사실을 보여주며, 시간·비용·경로 수를 종합적으로 반영한 정책 설계가 필요함을 분명히 한다. 아울러 본 연구에서 제시한 유형별 맞춤형 개선 전략은 대중교통의 형평성과 효율성을 동시에 강화하는 방향성을 제공하며, 실효성 있는 교통정책 설계를 위한 기초 자료로서 활용 가능하다.

사사: 본 연구는 2025년 데이터 오픈랩 활용 Datory Lab 운영 지원사업(부산테크노파크)과 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(No. RS-2024-00407071)

동해선·중앙선 개통에 따른 부산도시철도 수요 변화와 유인 정책 분석

Analysis of Busan Subway Ridership Changes and Inducement Policies Following the Opening of the Donghae and Jungang Lines

배지우	배준우	박민교	이재혁	이원택
(부산대학교 도시공학과, 학부생)	(부산대학교 도시공학과, 학부생)	(부산대학교 도시공학과, 학부생)	(부산대학교 도시공학과, 학부생)	(부산대학교 도시공학과, 학부생)

본 연구는 2024년 중앙선(부전-청량리) 개통과 2025년 동해선(부전-강릉) 전면 개통이 부산 도시철도 수요에 미치는 영향을 실증적으로 규명하기 위해 수행되었다. 특히 부전역은 동남권 광역철도의 핵심 환승 거점으로 부상하고 있으나, 도시철도의 수송 분담률은 여전히 18.7%에 머물고 있으며, 환승 동선의 불편, 요금 구조의 비효율성, 연계성 부족 등 구조적 문제가 지적되고 있다. 이에 본 연구는 부전역을 중심으로 2024~2025년 각 2월 1일부터 5월 31일까지의 교통카드 데이터를 활용하여 도시철도 수요 변화를 분석하였으며, 기상 자료 및 대체 교통수단 정보를 보완 자료로 활용하였다. 분석 방법으로는 다중회귀분석(Ordinary Least Squares, OLS)을 적용하였고, 종속변수는 부전역의 일별 도시철도 승차 인원, 독립변수는 기온, 강수 여부, 환승 횟수, 버스·지하철 요금 차이, 대체버스 노선 수, 통행시간 차이, 공휴일 여부, 동해선 개통 여부 등 총 8개 변수로 설정하였다. 본 연구에서 사용된 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = \beta_0 + \beta_1(\text{강수여부}) + \beta_2(\text{기온}) + \beta_3(\text{환승횟수}) + \beta_4(\text{요금차이}) + \beta_5(\text{대체노선수}) + \beta_6(\text{통행시간차이}) + \beta_7(\text{휴일여부}) + \beta_8(\text{동해선개통여부}) + \varepsilon$$

기술통계 분석 결과, 일별 평균 이용객 수는 전체 기간 기준 84.22명으로 나타났으며, 동해선 개통 전(2024년)에는 66.78명, 개통 후(2025년)에는 126.41명으로 증가하여 개통 효과가 뚜렷하게 확인되었다. 회귀분석 결과, 전체 기간 분석에서는 기온이 양(+)의 계수로 유의하게 나타났고, 강수 여부, 환승 횟수, 요금 차이, 통행시간 차이, 공휴일 여부는 모두 음(-)의 효과를 보여 이용 저해 요인이 드러났다. 반대로 대체버스 노선 수와 동해선 개통 여부는 양(+)의 계수로 유의하게 나타나 수요 확대 요인으로 작용하였다. 2024년 개통 이전에도 기온은 유의한 양(+)의 효과를 보였으나, 2025년 개통 이후에는 기온의 계수가 음(-)으로 전환되고 통계적으로 유의하지 않아, 철도망 확장이 기상 조건의 영향을 상대적으로 완화했음을 시사하였다. 이는 동해선 개통이 부전역을 중심으로 한 도시철도 수요 증대에 직접적인 긍정 효과를 미쳤음을 실증적으로 입증한 결과라 할 수 있다.

분석 결과를 바탕으로 본 연구에서는 환승 저항을 완화하고 도시철도 이용률을 제고하기 위한 방안으로 ‘관광·교통 통합 패스’를 제안하였다. 이 패스는 도시철도 전 노선(1~4호선)과 동해선에 적용되며, 환승 시 추가 요금 감면(예: 기존 100원에 200원을 추가 할인하여 300원 감면)과 일정 횟수 이상 이용 시 요금 일부를 즉시 환급하는페이백 제도를 결합한 구조이다. 비용 추정 결과, 초기 비용은 약 4천 2백만 원, 연간 운영비는 약 5천 1백만 원으로 산출되었으며, 환승 저항 완화를 통한 이용객 증가 효과를 고려할 때 약 6년 내 손익분기점 달성이 가능할 것으로 전망된다.

결론적으로 본 연구는 교통카드 기반의 실측 데이터를 활용하여 동해선 개통이 도시철도 수요에 미친 실질적 효과를 규명하였으며, 회귀분석을 통해 기상·환승·비용·시간 등 다양한 요인의 영향을 체계적으로 도출하였다. 특히 동해선 개통 변수는 도시철도 수요 확대에 유의미한 영향을 미쳐 향후 광역철도 연계망 구축이 도시철도 활성화로 이어질 수 있음을 실증적으로 보여주었다. 제안된 통합 패스 정책은 환승 저항을 줄이고 수요를 유도할 수 있는 실행 가능성과 경제적 타당성을 동시에 갖춘 대안으로, 향후 대도시권 대중교통 수요 관리와 연계 정책 설계에 중요한 기여를 할 것으로 기대된다.

XGBoost를 활용한 교통카드 하차정류장 추정

Public Transportation Alighting Estimation Using XGBoost

김준영

(명지대학교, 스마트모빌리티공학전공 학부연구생)

박호철

(명지대학교, 스마트모빌리티공학전공 부교수)

전 세계적으로 교통카드 이용이 보편화되었으며 현재 교통카드 데이터는 개별 대중교통 이용자의 통행 정보를 수집하고 있어 활용성 및 중요성이 커지고 있으며 교통카드 데이터의 기록을 활용해서 대중교통 통행 패턴 분석, 수요 분석, 이용 분석 등 다양한 평가 및 분석 자료로 활용되고 있다. 하지만 대중교통 하차 시 교통카드를 단말기에 태그하지 않는 경우가 있어 하차 정류장 누락 및 완전하지 않은 교통카드 데이터 수집 문제가 발생하고 있다. 이런 완전하지 않은 데이터는 대중교통 개별 이용자의 정확한 이용 현황 및 통행 경로 분석에 한계와 데이터의 표본 수 또한 줄어드는 한계를 가지고 있어 데이터 활용에 문제가 제기되고 있다. 이중 특히 기존 연구에서 1일 1회 통행(환승 X, 하루 중복통행 X)의 추정 정확도가 낮은 문제가 있다.

따라서 본 연구는 스마트카드데이터 중 1일 1회 통행을 구분한 후 하차 정류장이 결측된 데이터를 하차 정류장 중 1일 1회 통행 추정을 목적으로 한다. 2024년 10월 14일 기준 승차 태그율(90.84%), 하차 태그율(9.16%)인 대전광역시를 대상으로 1일 1회 통행을 구분하고 XGBoost를 통해 데이터를 학습시켰다. 하차 정류장 추정을 위해 승·하차 정류장, 승차 시간, 정류장별 토지이용과 POI 변수 등을 반영해 결측을 추정한다. 학습된 데이터의 검증을 위해 2025년 3월 대전광역시 데이터의 하차 정류장을 지운 후 데이터 검증을 진행하였다.

본 연구는 1일 1회 통행의 누락된 하차 정류장 데이터를 추정해 기존 교통카드 데이터의 하차 정류장 누락으로 발생한 교통카드 데이터의 문제점을 극복할 수 있으며, 이를 통해 다양한 대중교통 정책 도입 및 문제 해결 시 추정된 교통카드 데이터가 중요한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

지역버스 및 로봇을 활용한 물류 취약지역 물류 서비스 향상 방안 연구: 인천 백령도를 중심으로

Enhancing Logistics Services in Underserved Regions through Local Buses and Robots: A Case Study
of Baengnyeong Island, Incheon

김동현

(인하대학교 아태물류학부 학부생)

손효수

(인하대학교 아태물류학부 학부생)

이예림

(인하대학교 아태물류학부 학부생)

전예은

(인하대학교 아태물류학부 학부생)

최호준

(인하대학교 아태물류학부 학부생)

남대식

(인하대학교 아태물류학부 조교수)

본 연구는 물류 취약지역에서 지역 버스와 로봇을 활용하여 내부 물류 인프라를 개선하고 물류 서비스 접근성을 향상시키는 새로운 물류 시스템을 제안한다. 실증 대상지는 인천광역시 옹진군 백령도로, 우리나라 56개 물류 취약지역 중 하나이다. 물류 취약지역은 민간 택배사의 낮은 진입률, 높은 배송비, 낮은 서비스 만족도, 물류 인프라 부족으로 인한 인력 및 수단 확보의 어려움 등 구조적 문제를 안고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 정부와 연구기관에서는 드론·로봇 연계 배송, 드론 실증도시 조성, 소상공인 반값 택배, 배송비 및 항로 지원 등 다양한 정책적·재정적 지원을 시행해왔으나, 대부분의 지원이 단기적 시범사업에 그쳐 지속 가능성 확보에 한계가 있다. 이에 본 연구는 지속 가능한 물류 서비스 대안으로, 백령도의 지역버스를 기반으로 한 로봇 연계 물류 서비스를 제안한다. 하루 10회 정기 운행하는 지역버스 노선 중 버스 시간표와 실제 도착시간 간의 여유가 존재하는 정류장을 로봇 거점 정류장으로 설정하고, '항구 - 지역버스 - 로봇 거점 정류장 - 배송 로봇(물류 서비스 이행) - 수요지'로 이어지는 물류 서비스를 설계하였다. 옹진군의 총 인구는 약 20,000명이지만 지역버스 일일 이용객은 평균 200명 수준으로, 전체 인구 대비 약 1%에 불과하다. 따라서 제안된 서비스는 물류 인프라 개선뿐 아니라 수익성이 낮은 버스 운수사의 경영에도 긍정적 영향을 미칠 수 있다. 분석에서는 디지털지도 및 항공사진을 활용해 로봇의 효율적 이동 동선 고려를 위한 가상의 도로 네트워크를 구축하였고, 행정구역별 인구수를 기반으로 행정구역별 택배 수요를 확률적으로 발생시켜 분석에 활용하였다. 발생한 집화·배달 수요는 인근 여유 로봇 거점 정류장과 매칭하고, 로봇은 거점 정류장에서 출발해 수요지를 경유한 뒤 픽업 물품을 가지고 복귀하는 Bus-Robot Routing Problem 모델을 구상하였다. 분석 결과, 버스·로봇·인력을 연계한 물류 시스템은 기존보다 높은 빈도로 물류 서비스를 제공할 수 있었으며, 기존 차량 기반 물류 서비스 운송 대비 전기 배송 로봇을 활용할 경우 탄소 배출량 또한 현저히 감소하는 것으로 확인되었다. 결과적으로, 본 연구가 제안하는 모델은 백령도를 비롯한 도서 및 산간 지역 등 버스 노선이 존재하는 물류 취약지역 전반에 적용 가능할 것으로 예측되며, 물류 서비스 격차 해소에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 더 나아가 기존에 운영하는 버스에 친환경 운송 수단인 전기 배송 로봇을 접목함으로써 지속 가능한 물류 서비스 실현에도 기여할 것으로 기대된다.

서울 지하철 2호선 역세권의 공간적 차별성 분석: 토지·부동산 요인을 중심으로

An Analysis of Spatial Differentiation of Subway Line 2 Station Area in Seoul:
Focusing on Land and Real Estate Factors

이재형 (한남대학교빅데이터응용학과 학부생)	한정우 (한남대학교빅데이터응용학과 학부생)	최재혁 (한남대학교빅데이터응용학과 학부생)
배대환 (한남대학교빅데이터응용학과 학부생)	심지섭 (한남대학교빅데이터응용학과 조교수)	고은정 (한남대학교빅데이터응용학과 조교수)

지속적인 도시의 확장과 인구 증가로 인해 대도시 교통 혼잡은 꾸준히 심화되고 있다. 특히, 서울 지하철 2호선은 수도권에서 가장 많은 승객이 이용하는 노선으로, 교통 수요와 혼잡 관리를 위한 핵심 대상으로 주목받아 왔다. 그러나, 출퇴근 시간대의 일부 역과 구간에서 반복적으로 발생하는 혼잡은 단순한 교통량 관리만으로는 근본적인 해결에 한계가 존재한다. 따라서, 이러한 문제를 보다 효과적으로 분석하기 위해서는 교통뿐만 아니라, 역세권의 다양한 사회·경제적 특성과 생활 인프라를 함께 고려한 다차원적 분석이 필요하다.

관련하여, 기존 역세권 연구는 교통 수요나 상업적 편의시설에 치중하는 경향이 있어 토지이용 구조나 토지 가치, 부동산 거래와 같은 토지·부동산 요인을 충분히 반영하지 못했다. 이러한 한계로 인해 역세권은 단순한 교통 공간으로 해석되거나 상권 활성화의 관점에서 제한적으로 논의되는 경우가 많았다. 이에 본 연구는 서울 지하철 2호선을 대상으로 토지 및 부동산과 관련된 요인들을 통합적으로 고려한 다차원적 군집화를 수행함으로써 기존 연구의 한계를 보완하고, 역세권을 새로운 유형으로 재정의하고자 한다.

본 연구는 이러한 배경을 바탕으로, COVID-19의 영향이 완화된 2023년 1월부터 2024년 12월까지의 데이터를 활용하였으며, 교통·상권·토지·부동산 관련 지표를 역세권 반경 500m 단위로 집계하였다. 다음으로, 상관관계 분석을 통해 다중공선성이 높은 변수를 제거하고, 변수 간 단위 차이를 보정하기 위해 표준화 과정을 수행하였다. 이 데이터를 바탕으로 역세권을 다차원 지표로 유형화하기 위해 계산 효율성과 해석 용이성이 우수한 K-means 클러스터링 기법을 적용하였으며, 최적 군집 수는 엘보우 기법(Elbow method)과 실루엣 계수(Silhouette coefficient)를 통해 도출하였다.

분석 결과, 단순히 상업시설 중심 지표만을 고려한 경우보다 토지·부동산 요인을 포함했을 때 군집 간 경계가 더욱 명확해졌다. 이는 기존의 교통 중심적 분석에서는 드러나지 않았던 역세권 간 공간적 이질성을 규명하는 데 토지·부동산 요인이 중요한 역할을 했음을 시사한다.

본 연구는 기존의 단순 교통 지표와 상업시설 변수에 의존해 온 기존의 전통적인 접근 방식에서 벗어나, 토지·부동산 요인을 체계적으로 반영한 다차원적 유형화를 제안하였다는 점에서 차별성을 갖는다. 특히, 역세권을 단순한 공간이 아닌, 토지·부동산 가치와 생활 인프라가 결합된 종합적 도시 기능 단위로 규정하였다. 이러한 결과는 단순한 이론적 성과에서 그치지 않고, 향후 수도권 교통 혼잡 관리뿐만 아니라 역세권 개발 전략, 토지이용계획, 대중교통 지향형 도시개발(TOD) 수립에도 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 나아가 역세권을 보다 정밀하게 진단함으로써, 균형 잡힌 도시 성장과 지역 간 격차 해소에도 기여할 수 있을 것이다.

라이다 기반 포인트 클라우드 정합과 가우시안 스플래팅을 활용한 3차원 로드뷰 제작

3D Roadview Construction Using LiDAR Point Cloud Registration and Gaussian Splatting

정영훈

(동아대학교 컴퓨터공학과 학부생)

서정일

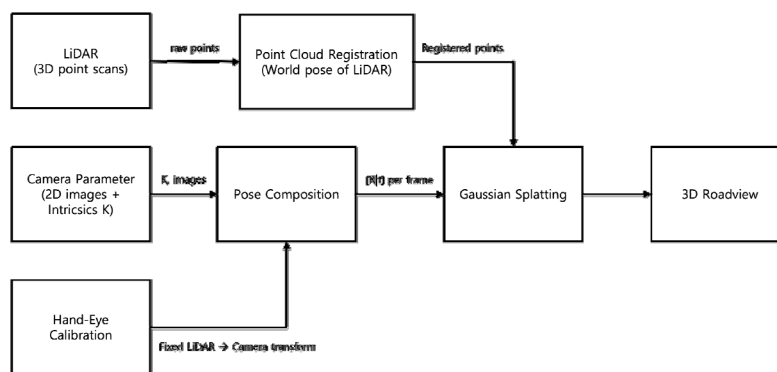
(동아대학교 컴퓨터공학과 부교수)

기존 로드뷰 서비스는 차량이나 인력이 촬영한 파노라마 이미지를 기반으로 제공되며, 사용자는 촬영된 시점에서 주변 정보를 확인할 수 있지만 원하는 임의의 시점에서 장면을 탐색하기는 어렵다. 이로 인해 시점 전환 과정에서 부자연스러움이 발생하고 연속적인 공간 탐색 경험을 제공하기 어렵다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 로드뷰 촬영 차량에 라이다(LiDAR) 센서를 부착하여 다중 시점의 포인트 클라우드를 획득하고, 이를 정합하여 정밀한 3차원 장면으로 통합하는 방법을 제안한다. 이후 기존의 Structure-from-Motion(SfM) 과정을 생략하고 정합된 포인트 클라우드를 가우시안 스플래팅(Gaussian Splatting)의 초기값으로 활용함으로써 새로운 시점 합성을 효율적으로 수행한다.

제안하는 파이프라인은 라이다 센서로 포인트 클라우드를 생성하고 정합을 통해 정확한 3차원 기하 정보를 확보하는 것에서 시작한다. 동시에 촬영된 영상은 색상과 외관 정보를 제공하며, 카메라 내부 파라미터는 사전 캘리브레이션으로, 라이다 - 카메라 간의 고정된 강체 변환은 hand-eye 캘리브레이션으로 얻는다. 이는 라이다 정합 결과로 계산된 월드 좌표계 포즈와 결합되어 각 영상의 카메라 외부 파라미터를 추정하는 데 사용된다. 최종적으로 정합된 포인트 클라우드를 가우시안 스플래팅의 초기값으로 배치하고, 카메라 파라미터와 영상 정보를 결합하여 포토메트릭 일관성이나 다중 뷰 기반 텍스처링을 통해 사실적인 시각화를 구현한다.

제안된 방식은 사용자가 특정 촬영 지점에 한정되지 않고 자유롭게 시점을 이동할 수 있어 기존 로드뷰의 부자연스러운 전환 문제를 줄인다. 또한 라이다 센서 기반 데이터는 실제 거리와 구조 정보를 반영하여 보다 정확한 공간 정보를 제공한다. 이러한 3차원 로드뷰는 자율주행 학습 데이터, 스마트시티 인프라 관리 등 다양한 분야에 응용될 수 있으며, 가우시안 스플래팅의 실시간 렌더링 특성을 바탕으로 VR·AR 및 메타버스 콘텐츠 제작으로 확장 가능하다.

본 논문은 라이다 기반 포인트 클라우드 정합과 가우시안 스플래팅을 결합하여 기존 SfM 없이도 효율적인 시점 합성이 가능한 3차원 로드뷰 제작 파이프라인을 제안하였다. 이는 기존 로드뷰의 한계를 극복하고 사실적이며 연속적인 탐색 경험을 제공할 수 있는 잠재력을 가진다. 향후 연구에서는 실제 데이터셋을 활용한 성능 검증과 대규모 도로 환경 적용 가능성을 평가할 예정이다.



<그림 1> 3차원 로드뷰 생성을 위한 라이다-이미지 융합 파이프라인

사사: 본 논문은 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교))

교통카드 태깅정보를 활용한 교통혼잡도 예측 그래프 모델

Graph Model for Predicting Traffic Chaos Using Transportation Card Tagging Information

박경현

(인하대학교 컴퓨터공학과 학부연구생)

서석희

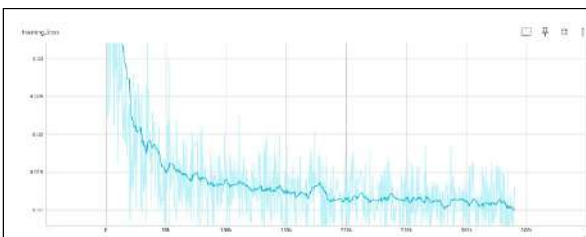
(인하대학교 컴퓨터공학과 학부연구생)

현재 대한민국 수도권에는 9개의 주요 지하철 노선과 우이신설선, 신림선 등의 경전철이 운영되고 있어 매우 복잡한 교통망을 형성하고 있다. 다른 나라들도 유사한 구조를 보이지만, 수도권 집중화가 심한 대한민국의 경우 특정 시간대와 지역에 유동 인구가 과도하게 쏠리는 현상이 두드러진다. 이러한 특징은 대중교통 이용객들의 불편으로 이어지며, 출퇴근 시간뿐 아니라 특정 행사나 변화가의 특성으로 인해 혼잡이 심화되기도 한다. 우리는 이러한 불편을 해소하기 위해 지하철 태깅 데이터셋을 기반으로 지하철 혼잡도 예측 그래프 모델을 구축하는 것을 목표로 한다.

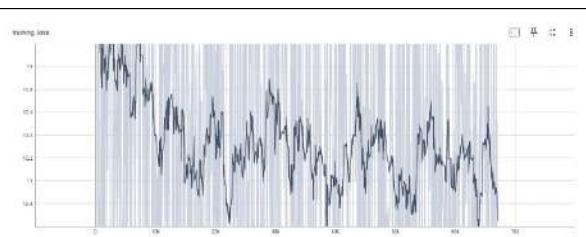
지하철 등 대중교통의 혼잡도는 일정한 규칙성을 지닌다. 대표적으로 평일의 출·퇴근 시간대와 주말 변화가의 인구 집중이 있다. 따라서 혼잡도는 특정 시각, 요일, 공휴일, 그리고 개별 역의 특성에 크게 영향을 받는다. 우리는 이러한 주기성과 패턴에 주목하여 혼잡도 예측 그래프 모델을 설계하고자 한다. 단순한 시계열 예측은 비교적 용이하지만, 그래프 기반 모델은 축제, 공연, 야구 경기와 같은 비정형적 상황에 대해 강건한 예측을 수행하기가 쉽지 않다. 이에 우리는 Wasserstein Distance(WD)를 활용하여 특수 상황에서도 안정적인 예측이 가능한 동적 모델을 제안한다.

또한 대중교통에는 환승이라는 중요한 제도가 존재한다. 이는 지하철 혼잡도 예측에 핵심적인 요소로 작용한다. 가장 직관적이면서도 어려운 접근은 출발역과 도착역을 기반으로 최단 이동 경로를 가정하고, 환승역의 수요를 예측하는 방식이다. 그러나 이를 위해서는 개별 승객의 태깅 정보를 모두 고려해야 하며, 하루 약 600만 명이라는 이용하는 서울 지하철의 모든 데이터를 학습하기에는 한계가 존재한다. 더불어 환승 방식 또한 역마다 다르다. 예를 들어, 2호선 신도림역은 환승 태깅 없이 바로 환승이 가능하지만, 신림역은 환승 태깅을 거쳐야 한다. 이러한 복잡성을 극복하기 위해 우리는 WD를 활용하여 환승역의 수요까지 효과적으로 예측하는 모델을 구축하고자 한다.

우선 2호선을 기반으로 간단한 모델 예측 시행 결과 간단한 Attention 과 GCN 을 포함한 ASTGNN 모델은 혼잡도 예측에 뛰어난 성능을 보였지만, WD를 활용한 DSTAGNN 의 경우 두드러지는 학습 효과를 보지 못했다. WD기반 모델의 문제점으로는 1개의 호선에서만 수요를 예측하였고 DSTAGNN의 경우 도로교통망인 PEMS 데이터셋을 기반으로 만들어진 모델이기 때문에 순환선이라는 2호선의 특징 고려가 잘 이루어지지 않았음으로 예상된다. 또한 1분 단위의 태깅 정보를 바탕으로 학습하였기 때문에 1분 단위의 예측은 5분 단위나 더 큰 단위의 예측에 비하여 우연성의 영향이 큰 것도 문제 요인으로 예상된다. 그렇기에 우리는 새로운 모델에 이러한 문제점을 해결하고자 한다.



ASTGNN



DSTAGNN

사사: 인하대학교 HCI연구실

교통사고 예방을 위한 디스플레이 추적 제어 연구

A Study on Display Tracking Control for Traffic Accident Prevention

서동균 (한국폴리텍대학 청주캠퍼스 디지털기계시스템과 2학년)	이재경 (한국폴리텍대학 청주캠퍼스 디지털기계시스템과 2학년)	이기원 (한국폴리텍대학 청주캠퍼스 디지털기계시스템과 2학년)	조운서 (한국폴리텍대학 청주캠퍼스 스마트팩토리와 2학년)
하태준 (한국폴리텍대학 청주캠퍼스 스마트팩토리와 2학년)	김명식 (한국폴리텍대학 청주캠퍼스 디지털기계시스템과 교수)	이봉수 (한국폴리텍대학 청주캠퍼스 스마트팩토리와 교수)	

본 연구는 교통 환경에서 운전자의 시선 분산과 주의 저하로 인해 발생하는 교통사고 문제를 해결하기 위한 방안으로, 웹 카메라 기반의 시선 추적 및 얼굴 인식 기술을 적용한 차량용 디스플레이 추적 제어 시스템을 제안한다. 최근 차량 내 네비게이션, 전자 계기판 등 운전자가 확인해야 할 디스플레이가 증가함에 따라, 운전자는 화면을 보기 위해 고개를 돌리거나 시선을 분산시키는 경우가 빈번하다. 이러한 행위는 운전자의 시야를 전방 도로에서 벗어나게 하여 충돌사고 및 안전사고의 주요 원인으로 작용한다. 따라서 운전자의 주행 집중도를 유지하면서도 필요한 정보를 제공할 수 있는 디스플레이 추적 기술이 요구된다.

이를 위해 본 연구에서는 웹 카메라를 이용하여 운전자의 얼굴 위치와 머리 방향을 실시간으로 감지하고, 해당 좌표 정보를 바탕으로 차량 내부 디스플레이의 위치를 자동 조정하는 방법을 설계하였다. 특히 오픈소스 컴퓨터 비전 라이브러리(OpenCV)를 활용하여 운전자의 얼굴 영역을 빠르게 검출하고, 이를 기반으로 모터 구동 장치를 제어함으로써 디스플레이가 항상 운전자의 정면을 향하도록 구현하였다. 이러한 접근은 기존 고정형 디스플레이의 한계를 극복하고, 운전자가 머리를 크게 움직이지 않아도 최적의 가시성을 확보할 수 있게 한다.

프로토타입 실험은 다양한 조명 환경 및 모의 주행 상황을 고려하여 수행되었다. 그 결과 시스템은 안정적으로 운전자의 얼굴을 인식하였으며, 평균 응답 속도는 1.5초 이내로 측정되어 실시간 제어 성능을 보였다. 또한 운전자의 시선 분산을 최소화하고 화면 확인에 따른 불필요한 자세 변화를 줄여 시각적 편의성과 안전성을 동시에 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

향후 본 연구 성과는 자율주행 차량에서의 보조 디스플레이 제어, 상용차량 운전자의 피로 감소를 위한 보조 시스템, 대중교통 안전 모니터링 장치 등 다양한 교통 분야에 응용될 수 있다. 나아가 교통사고 예방을 위한 인공지능 기반 운전자 지원 시스템 개발의 기초 연구로서 학문적·산업적 가치가 크며, 스마트 모빌리티와 ITS(Intelligent Transport Systems) 분야 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 1> 목표 시스템 구성도

사사: 본 논문은 2025년 충청북도 지역혁신중심 대학지원체계(RISE) 사업의 지원을 받아 수행된 융합동아리 활동의 결과를 바탕으로 작성되었음을 밝히며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

회기역 2번출구 Promenade 조성

Promenade Development at Exit 2 of Hoegi Station

박찬진

(서울시립대학교 교통공학과 학부생)

이승재

(서울시립대학교 교통공학과 정교수)

본 논문에서는 회기역 2번출구 인근 골목을 개선하여 보행 친화적인 도시 공간을 구축하고자 한다. 이곳은 보행자와 차량이 혼재하는 골목으로 특히 노선버스와 보행자의 상충이 발생할 시에 보행자의 안전이 위협을 받게 된다. 따라서, 이러한 차량 중심의 역사 인근 공간을 개선하여 보행 중심 공간으로 재편하고자 한다.

Promenade란, 프랑스어로 “산책”을 의미하며 사람들이 걷기 좋게 조성된 길이나 거리를 말한다. “Promenade Plantee”는 버려진 고가 위에 지은 선형 공원으로 낡은 도시 이미지를 버리고, 성공적으로 녹지공간을 확대한 사례로 알려져 있다. 본 연구에서는 회기역 2번출구 앞 도로를 보행 전용도로로 전환하고, 주변 공간에 그린 TOD 실현을 위해 녹지공간, 쉼이 있는 공간 등 보행 친화 공간을 마련하여 Promenade를 실현하고자 한다.

Promenade 실현을 위해 세 가지 대안을 선정하였다. 첫 번째로, 회기역 출구 추가 및 육교 설치로 보행자와 차량 간 충돌을 줄이고 연결성을 강화한다. 두 번째로, 골목 내 노선버스 회차지 이전 및 차량 통제를 통해 골목을 보행자 전용도로로 재구성한다. 세 번째로, 회기역 옥상과 보행 공간에 녹지공간을 조성해 보행자에게 여가와 복지 기능을 제공한다. 이렇게 복합적으로 회기역 2번출구 인근 공간을 개선하여 회기역 이용자에게 넓은 보행 도로를 제공하고, 이용 안전성, 편의성을 극대화하여 이용자 증가 및 탄소 중립을 달성하고자 한다.

회기역 종점 버스 회차지 이전에 따른 버스 이용자 통행시간 변화 분석 시 인당 평균 통행시간이 3초 정도 증가하는 모습을 보였다. 골목 내 노선버스 통행을 금지하여 이곳을 이용하는 보행자의 이용 안전도는 크게 향상되고, 이곳을 지나는 보행자의 시간도 감소하는 효과를 보일 것을 기대할 수 있었다. 회기역 옥상 부지 및 유휴부지 등에 나무, 황토길, 쉼터 등을 제공하여 회기역 이용자에게 단순 통행을 위한 장소가 아닌 쉼이 있는 새로운 형태의 장소를 제공하기 위한 계획을 스케치업 프로그램을 통해 조감도로 표현하였다.

다음으로, 정현영 & 최치국, 2004.이 제시한 로짓모형 기반 효용함수 식을 활용하여 회기역 이용자 변화를 계산하였다. 지하철을 타기 위해 이동하는 차외시간 변화를 전후로 하여, 회기역 근처 이용자의 지하철 수단분담률을 계산하였다. 회기역 주변 이용자인 회경동 주민의 지하철 수단분담률을 계산한 결과 기존 51%에서 52%로 증가하였다. 회기역 2번출구 주변 환경 개선 시 지하철 이용 편의성 확대에 의해 회경동 주민들에게 지하철로의 수단 전환을 한다고 판단하였다.

회기역 2번출구의 Promenade 조성으로 보행자와 차량 간 상충을 약 90%까지 줄여 보행 안전성을 증진할 수 있으며, 노선버스 종점 위치 변경을 통해 상충 감소로 보행 밀도 감소와 안전성 확보가 이루어졌다. 또한, 4,500m² 규모의 녹지공간 확보로 탄소중립 시대에 맞는 공간 설계와 역사 이용자 1% 증가의 긍정적 효과가 예상되었다. 회기역 인근 유휴 공간을 활용하여 보행자를 위한 녹지공간과 쉼이 있는 장소 제공을 통해 역사 이용자에게 새로운 환경을 제공하였다. 차량 중심 사회에서 보행자 중심 공간 재편을 통해 보행자 안전성과 편의성을 극대화하는 효과를 실현하였다. 최근 보행 트렌드에 맞는 보행자를 위한 환경과 안전성을 확보하는 방법을 제시하는 연구이며, 나아가 탄소중립 시대에 적합한 녹지공간 확보와 대중교통 이용 활성화를 위한 아이디어를 제시하여 회기역 인근 지역 활성화에 이바지하는 효과를 가져올 것으로 기대된다.

사사: 본 논문이 완성되기까지 꾸준한 관심을 가지고 도와주시며, 지도와 격려를 아끼지 않아 주신 서울시립대학교 교통공학과 이승재 교수님께 감사의 말씀을 드립니다. 간단한 조언과 응원을 계속 보내주신 동기와 가족 여러분들께도 감사의 말씀을 전합니다.

OBD 데이터 기반 공공분야 초소형전기차 운행 패턴 분석 연구

An Analysis of the Operating Patterns of Micro EVs in the Public Sector Based on OBD Data

신시우

(전남대학교 토목공학과 학부생)

박제진

(전남대학교 토목공학과 교수)

본 연구는 공공부문에 도입된 초소형전기차의 실제 활용 가능성을 객관적으로 검증하기 위해 차량에 탑재된 OBD(On-Board Diagnostics) 단말기 데이터를 기반으로 운행 특성을 심층 분석하였다. 초소형전기차가 공공 이동수단으로 정착하기 위해서는 실제 운행 환경에서의 성능과 신뢰성을 실증적으로 평가하고, 이를 토대로 합리적 이동 서비스 모델을 구축하는 것이 필수적이다. 이를 위해 공공기관에 배치된 차량을 대상으로 운행 거리, 운행 시간, 충전 횟수, 업무 목적별 이동 경로 등 실시간 빅데이터를 일·월 단위로 수집·분류하고, 업무 유형에 따른 핵심 이동 패턴과 활용도를 분석하였다.

분석 결과, 초소형전기차의 운행 패턴은 업무 유형별로 뚜렷한 차이를 보였다. 행정지원 차량은 단거리 구간을 빈번하게 이동하는 단거리 집중형 패턴을, 복지 차량은 방문 서비스 특성상 특정 구역 내 반복 운행이 두드러진 왕복형 패턴을 나타냈다. 반면 연구개발 차량은 주행거리가 길고 이동 경로가 불규칙한 장거리 분산형 특성을 보였다. 주차 시간을 제외한 실질 이동 시간 기준의 활용도 분석에서는 행정기관 > 연구개발 > 복지시설 순으로 높게 나타나, 업무 목적이 차량의 가동률에 직접적인 영향을 미침을 확인하였다.

결론적으로, 본 연구는 OBD 빅데이터를 통해 초소형전기차가 공공업무 특성에 따라 차별화된 운행 효율성을 보이며 맞춤형 이동지원 서비스 구현에 적합한 교통수단임을 실증적으로 제시하였다. 또한 본 연구에서 도출된 이동 및 충전 패턴 데이터는 향후 차량 성능 개선, 최적 배차 모델 설계, 충전 인프라 계획 수립 등 공공 모빌리티 서비스의 고도화를 위한 핵심 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

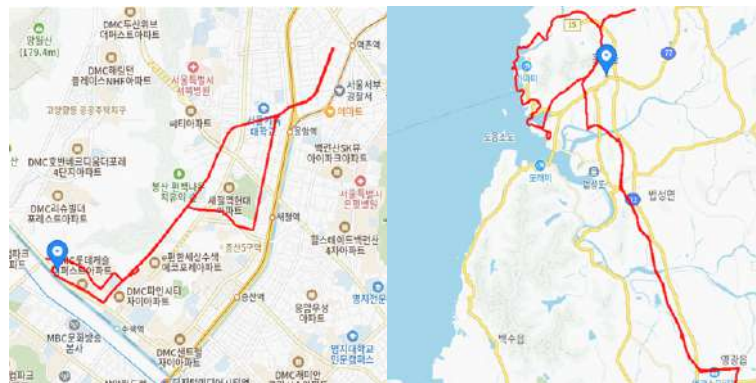


그림 1. 초소형전기차 주행 궤적 데이터 패턴 유형 (1) 왕복형 (2) 편도형

노면상태, 노면표시 연령/업종별 그룹 ANOVA분석

An Analysis of User Satisfaction with Pavement Condition and Road Markings by Occupation

백성은

(전남대학교 토목공학과 학부생)

박제진

(전남대학교 토목공학과 교수)

본 연구는 도로 노면 상태와 노면 표시 품질에 대한 이용자 체감 만족도를 분석하여, 사용자 중심의 도로 설계 및 유지관리 개선 방향을 제시하는 것을 목적으로 한다. 노면의 평탄성·내구성과 노면 표시의 가시성은 운전자 안전과 직결되는 핵심 요소임에도 불구하고, 실제 현장에서는 그 중요성이 충분히 반영되지 못하는 경우가 많다.

이를 위해 광주 용두동에서 담양 대전면에 이르는 특정 구간을 이용한 운전자 430명을 대상으로 설문조사를 실시하고, **일원분산분석(ANOVA)**을 통해 연령 및 업종에 따른 만족도 차이를 통계적으로 검증하였다. 분석 결과, 연령별 만족도에서는 통계적으로 유의미한 차이가 나타나지 않아 노면 품질 요소가 모든 연령층에서 보편적으로 중요하게 인식됨을 시사하였다. 반면, 업종별 분석에서는 노면 표시의 크기·선명도·야간 시인성 등에서 유의미한 차이가 발견되었으며, 특히 운전직 종사자의 만족도가 관리·전문·사무직 집단에 비해 현저히 낮게 나타나 직업적으로 운행 시간이 긴 집단일수록 도로 표시 품질에 민감하게 반응함을 확인하였다.

이러한 결과는 도로 유지관리 기준이 획일적인 관리 지침만으로는 이용자 요구를 충족하기 어렵다는 점을 실증적으로 보여준다. 특히 운전직 집단의 낮은 만족도를 개선하기 위해서는 노면 표시의 휘도 및 크기 상향, 미끄럼 방지 성능 강화, 야간 시인성 확보 등 사용자 특성을 반영한 맞춤형 유지보수 전략이 우선적으로 고려되어야 한다. 비록 본 연구가 특정 구간에 한정된다는 한계를 지니지만, 이용자 중심의 도로 관리 정책을 설계하기 위한 실증적 근거를 제시하였다는 점에서 의의가 크며, 향후 빅데이터 기반 교통행태 분석과 연계할 경우 보다 체계적이고 과학적인 도로 관리 정책 수립에 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

표 1. 업종별 노면표시 크기 기술통계

구 분		SS	df	MS	F
노면표시 크기	가정성공	15.64	7	2.23	4.17***
	오차	226.06	432	0.53	
	합계	241.71	429		

표 2. 업종별 노면표시 크기 ANOVA 분석

구 분		N	평균	표준편차
노면표시 크기	관리/전문/사무직	244	4.40	0.68
	서비스/판매/자영업	35	4.37	0.68
	생산직	11	4.45	0.52
	운전직	49	3.81	0.90
	농/어업	8	4.00	0.75
	단순노무직	28	4.32	0.72
	학생	32	4.34	0.93
	퇴직/무직	23	4.39	0.58
합계		430	4.26	0.72

AIoT 기반 시각장애인 버스 승하차 보조 시스템 개발

AIoT Based Bus Boarding and Alighting Assistance System for the visually impaired

김연겸

김성민

유민혁

최기원

(인하대학교 컴퓨터공학과 (인하대학교 컴퓨터공학과 (인하대학교 컴퓨터공학과 (인하대학교 컴퓨터공학과
인하대학교 아태물류학부) 인하대학교 아태물류학부) 인하대학교 아태물류학부) 인하대학교 아태물류학부)

현대 도시에서 대중교통은 필수적인 사회 기반 시설이지만, 시각장애인을 비롯한 교통약자들에게는 여전히 높은 장벽이 존재한다. 특히, 버스 이용 시 정류장에 접근하는 버스의 번호를 식별하고, 탑승 의사를 운전자에게 전달하며, 여러 대의 버스가 동시에 도착했을 때 자신이 타야 할 버스를 선택하는 과정은 시각장애인이 겪는 가장 큰 어려움으로 꼽힌다. 이러한 불편은 시각장애인의 사회 활동을 위축시키고 이동권을 제약하는 주된 원인이 된다. 한편, 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 내연기관 차량을 줄이고 대중교통 이용을 활성화하는 것은 전 세계적인 과제이다. 따라서 교통약자의 대중교통 접근성을 높이는 것은 단순한 복지 증진을 넘어, 모든 시민의 대중교통 이용률을 높여 탄소 배출 저감에 핵심적인 역할을 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 SW 및 AI 기술을 활용하여 시각장애인의 버스 이용 편의성을 획기적으로 개선하고, 이를 통해 대중교통 활성화 및 탄소중립에 기여할 수 있는 '시각장애인 버스 승하차 도우미' 시스템을 제안하고자 한다.

본 연구에서 제안하는 시스템은 기존에 연구된 LoRa 통신 기반의 탑승 의사 전달 시스템을 베이스라인으로 삼아, 그 한계를 극복하고 실용성을 극대화하는 데 목표를 둔다. 시스템은 정류장에 설치되는 사용자 기기와 버스 내에 설치되는 운전자 알림 장치로 구성된다. 제안하는 시스템의 핵심적인 기능 및 연구 내용은 다음과 같다.

첫째, 통신 방식의 다각화 및 최적화 연구. 기존 LoRa 통신 방식의 장단점을 분석하고, 버스 정류장의 다양한 환경(도심, 외곽 등)과 실시간성을 고려하여 BLE, Wi-Fi 등 대안적인 무선 통신 기술을 함께 탐색하고 시스템에 가장 적합한 하이브리드 통신 방식을 설계한다.

둘째, 범용적 사용자 인터페이스(UI) 설계. 정류장마다 특정 버스 번호를 미리 설정해야 하거나 스마트폰 어플리케이션에 의존하는 기존 방식의 한계를 극복하기 위해, 점자 키패드와 음성 인식 인터페이스를 활용하여 사용자가 현장에서 직접 원하는 버스 번호를 입력할 수 있는 동적 인터페이스를 개발한다. 이를 통해 인프라 관리의 효율성을 높이고 사용자의 편의성을 극대화한다.

셋째, 복합 상황 대응 방안 연구. 여러 대의 버스가 동시에 정류장에 진입하는 복잡하고 현실적인 문제 상황에 초점을 맞춘다. 본 시스템은 이러한 상황에서 시각장애인 사용자가 자신이 탑승해야 할 버스를 명확하게 인지하고 혼동 없이 탑승할 수 있도록 지원하는 효과적인 정보 제공 메커니즘을 구현하는 것을 핵심 연구 과제로 삼는다.

넷째, 에너지 자립형 시스템 구축을 통한 탄소중립 실천. 정류장에 설치되는 사용자 기기는 태양광 패널을 주 전력원으로 사용하여 외부 전력 공급 없이 독립적으로 운영되도록 설계한다. 이는 시스템의 지속가능성을 확보하고 설치 및 유지보수 비용을 절감할 뿐만 아니라, 프로젝트의 탄소중립 가치를 직접적으로 실현하는 중요한 요소이다.

본 연구를 통해 개발될 시스템은 시각장애인의 이동권을 획기적으로 증진시켜 정보 격차를 해소하고 사회 참여 기회를 확대하는 데 기여할 것이다. 또한, 교통약자를 포함한 모든 시민의 대중교통 이용 편의성을 높임으로써 자가용 이용 수요를 줄이고, 에너지 자립형 시스템 설계를 통해 지속가능한 저탄소 교통 인프라 구축의 선도적인 모델을 제시할 수 있을 것으로 기대된다. 이는 곧 컴퓨터 비전, 임베디드 시스템 등 공학적 지식과 탄소중립에 대한 이해를 융합하여 기술의 사회적 가치를 실현하는 좋은 선례가 될 것이다.

사사: 본 연구는 2025년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2022-0-01057)
This research was supported by the MSIT(Ministry of Science, ICT), Korea, under the National Program for Excellence in SW, supervised by the IITP(Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation) in 2025”(2022-0-01057)

초소형전기차 공공분야 실증차량 사용자 서비스 만족도 평가

Evaluation of User Satisfaction with Micro Electric Vehicle Services in Public Sector Demonstration Projects

최안나

(전남대학교 토목공학과 학부생)

박제진

(전남대학교 토목공학과 교수)

탄소중립 시대를 맞아 교통 부문의 친환경 전환이 가속화되면서, 공공부문에서도 내연기관 차량을 전기차로 대체하려는 노력이 활발히 진행되고 있다. 이 중 초소형전기차는 좁은 도로와 제한된 구역에서 단거리·반복 운행이 빈번한 공공업무 특성과 부합하는 기동성과 경제성을 갖춘 대안으로 주목받아 왔다. 그러나 실제 운영 성과와 사용자 수용성에 대한 장기적 실증 데이터는 여전히 제한적이다.

본 연구는 공공부문 초소형전기차의 실증적 활용 가능성과 시간에 따른 사용자 인식 변화를 규명하기 위해, 2021년부터 2024년까지 4년간 축적된 사용자 설문조사 데이터를 종단적으로 분석하였다. 분석 결과, 초소형전기차는 친환경성, 유지관리비 절감, 업무 효율성 측면에서 지속적으로 긍정적 평가를 받은 반면, 승차감, 안전성, 내구성 항목에서는 상대적으로 낮은 만족도를 보였다. 특히 배터리 성능 저하, 차량 안전성에 대한 우려, 유지보수 서비스 지연 등 구체적 개선 요구가 일관되게 제기되었다. 이러한 결과는 사용자 피드백을 반영한 연구개발(R&D)로 차량 성능이 점진적으로 개선되고 있음을 시사하는 동시에, 본격적인 확대 보급을 위해 해결해야 할 과제가 남아 있음을 보여준다.

결론적으로, 초소형전기차가 공공 교통체계 내에서 지속 가능한 대안으로 자리매김하기 위해서는 차량 기술의 고도화, 안전성 검증 체계 강화, 품질 신뢰성 확보, 유지관리 인프라 확충 등 구조적 보완이 필수적이다. 본 연구는 소규모 표본을 활용한 한계가 있으나, 실제 사용자 인식을 기반으로 초소형전기차의 잠재력과 현실적 과제를 실증적으로 제시함으로써 향후 기술 개발 및 정책 방향 설정에 기초 자료를 제공한다는 의의를 가진다.

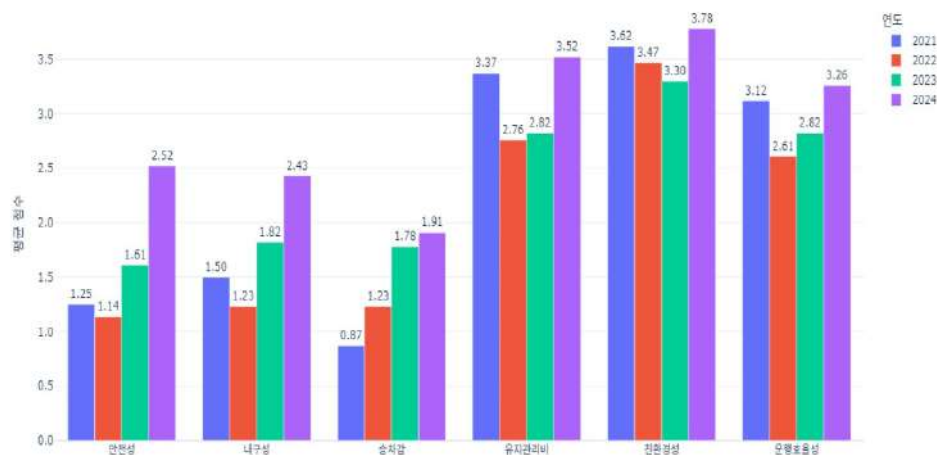


그림 1. 연차별 초소형전기차 만족도 평균점수 변화(2021~2024)

공공차량과 AI를 활용한 도로 시설물 손상 탐지 및 유지보수 최적화 시스템 연구

A Study on the System for Detecting Road Facility Damage and Optimizing Maintenance Using Public Vehicles and AI

이윤지

(전남대학교 토목공학과 학부생)

박제진

(전남대학교 토목공학과 교수)

본 연구는 공공차량을 이동형 센서로 활용하여 도로 시설물의 손상을 자동 탐지하고, 데이터 기반으로 유지보수 스케줄을 최적화하는 「스마트 로드가디언(Smart Road Guardian)」 시스템을 제안한다. 기존 인력 중심의 도로 관리 체계는 대응 지연, 높은 비용, 데이터 불확실성 등 구조적 한계를 지니고 있으며, 시설물 노후화가 가속화됨에 따라 지능형·데이터 기반 관리 시스템의 필요성이 급증하고 있는 추세이다.

제안된 시스템의 방법론은 다음과 같다.

첫째, 공공차량에 카메라와 GPS 로거를 장착하여 주행 중 도로 영상을 위치·시간 정보와 함께 프레임 단위로 수집한다.

둘째, YOLO 기반 객체 탐지 모델을 활용해 가드레일, 표지판 등 도로 시설물의 손상을 실시간으로 탐지하고, 손상 심각도를 DM50·DM75·DM100의 3단계로 자동 분류한다.

셋째, 탐지된 손상 데이터는 DBSCAN 클러스터링 알고리즘을 통해 공간적으로 그룹화한다. 반경 10m 내에서 2회 이상 탐지된 손상을 하나의 클러스터로 통합하여 동일 지점의 중복 보고를 방지하고 GPS 오차에 따른 노이즈를 제거함으로써 데이터 신뢰도를 확보하였다.

넷째, 각 클러스터의 보수 우선순위를 정량화하기 위해 독자적인 가중치 점수 체계를 설계하였다. 손상 등급을 반영한 Class Weight와 최초 탐지 후 경과 시간을 고려한 Time Weight를 결합하고, 일일 탐지 빈도를 곱하여 **최종 점수(Final Score)**를 산출하였다.

다섯째, 산출된 점수를 기반으로 Greedy 알고리즘을 적용해 수리 경로를 최적화하였다. 점수가 가장 높은 지점에서 시작해 현재 위치에서 가장 가까운 다음 수리 지점을 순차적으로 방문하는 방식으로 이동 거리 최소화와 작업 효율 극대화를 실현하였다.

분석 결과는 수리 순서, 좌표, 대표 이미지 등을 포함한 엑셀 파일 및 인터랙티브 HTML 지도로 시각화하여 관리자가 즉시 활용할 수 있도록 제공하였다. 제안된 스마트 로드가디언 시스템은 AI 기반 탐지, 밀도 기반 클러스터링, 가중치 기반 우선순위 결정, 경로 최적화를 통합함으로써 도로 관리 패러다임의 전환 가능성을 제시한다. 특히 기존 공공 인프라를 그대로 활용해 비용 효율성을 확보하고, 데이터 기반 예산 편성 및 정책 수립을 지원하며, 도로 안전 확보를 위한 신속 대응을 가능하게 한다는 점에서 높은 적용 잠재력을 지닌다.

결론적으로, 본 연구는 공공 데이터와 인공지능 기술을 결합한 지능형 도로 관리 모델을 실증적으로 제시함으로써, 대규모 도로 네트워크의 유지관리 효율화를 위한 차세대 SOC 관리 전략에 중요한 학술·정책적 근거를 제공한다.

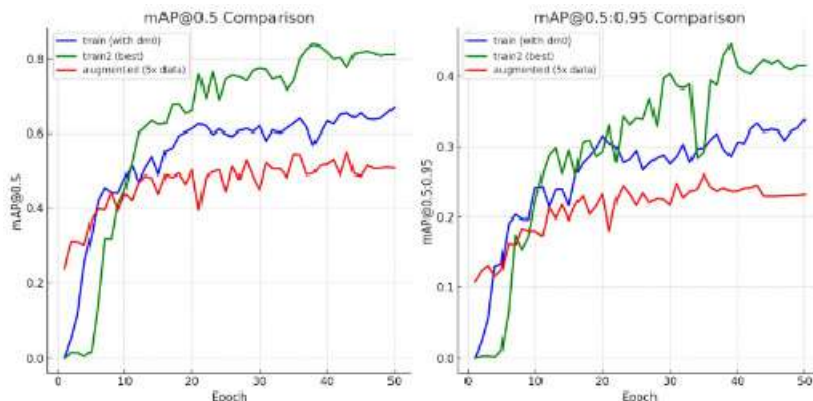


그림 1. 도로 유지보수 mAP 결과 비교

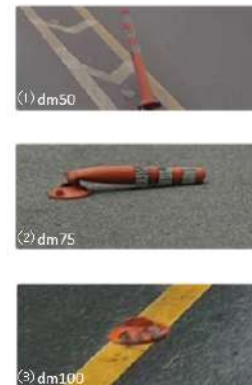


그림 2. dm정도

효과적 재활용을 위한 사용자 위치 맞춤 수거장 안내 서비스 - 어디 비움

“Eodi-Bium”: A User-Centric Recycling Guide Service for Precision Waste Sorting and Collection

정동주

(인하대학교 학부생)

오영제

(인하대학교 학부생)

이찬우

(인하대학교 학부생)

1.1. 연구 배경 및 필요성

최근 기후 변화와 환경 문제의 심각성이 대두되면서, 지속 가능한 자원 순환 사회 구축이 전 세계적인 과제로 떠오르고 있습니다. 특히, 일상생활에서 발생하는 폐기물의 효율적인 분리수거 및 재활용은 탄소 배출량 저감과 자원 고갈 문제 해결에 직접적으로 기여하는 핵심 활동입니다.

그러나 현행 분리수거 체계는 복잡하고 품목별 배출 기준이 상이하여 일반 사용자가 정확한 배출 장소를 찾는 데 어려움을 겪고 있습니다. 이로 인해 재활용이 가능한 물품마저 일반 쓰레기로 처리되거나, 잘못된 방식으로 배출되어 재활용 효율이 저하되는 문제가 발생하고 있습니다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하고 사용자의 자발적인 재활용 참여를 유도함으로써 탄소 중립(Carbon Neutrality) 목표 달성에 실질적으로 기여하는 위치 기반 맞춤형 재활용 수거장 안내 서비스의 필요성에 기반합니다.

1.2. 연구 목적

본 연구의 핵심 목적은 ‘어디 비움’ 서비스를 설계하고 구현하여, 사용자 위치 및 재활용 품목 특성에 최적화된 수거 장소를 실시간으로 안내함으로써 재활용의 효율성을 극대화하고 사용자 편의성을 획기적으로 증대하는 데 있습니다. 이를 위해 다음과 같은 기술적, 사회적 목표를 달성하고자 합니다.

1. 기술적 목적:

- 공공데이터 API의 효과적인 연동을 통해 현실적이고 신뢰성 높은 수거장 정보를 제공하는 애플리케이션을 구현합니다.
- In-Memory DBMS인 Redis를 도입하여 실시간 위치 기반 서비스(LBS)의 응답 속도를 극대화하고, 고성능의 시스템을 구축합니다.
- Application Load Balancer (ALB), Serverless Lambda, 격리형 컨테이너 Docker와 같은 클라우드 네이티브 아키텍처를 활용하여 급증하는 트래픽에 효율적으로 대응하고 개발 편의성을 증대하는 고가용성 및 확장성 높은 시스템을 설계합니다.

2. 사회적 목적:

- 분리수거의 복잡성과 번거로움으로 인해 재활용이 어려웠던 물품들의 재활용률을 향상시켜 지구 환경 보전에 기여합니다.
- 사용자가 필요로 하는 맞춤형 정보를 선제적으로 제공하여 ‘사용자의 귀찮음’을 해소하고, 서비스 만족도와 재활용 참여율을 높입니다.
- 위치 기반 서비스를 통해 사용자의 동선을 최소화하고 편의성을 증대시켜 지속 가능한 재활용 문화를 정착시키는 데 기여합니다.

사사: “본 연구는 2025년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2022-0-01057)

“This research was supported by the MSIT(Ministry of Science, ICT), Korea, under the National Program for Excellence in SW, supervised by the IITP(Institute of Information & communications Technology Planing & Evaluation) in 2025”(2022-0-01057)

비선형 동특성을 고려한 Lookup Table 기반 궤적 추종 제어기

Lookup Table-Based Trajectory Tracking Considering Nonlinear Vehicle Dynamics

여진승

(충북대학교 지능로봇공학과 학부생)

본 연구에서는 곡률 변화가 큰 도심 환경에서도 자율주행 차량의 안정성과 승차감을 동시에 확보하기 위해, 상위 - 하위 이층 구조의 궤적 추종 제어기를 제안한다. 상위 계층은 Kanayama 비선형 피드백을 적용하여 차량의 위치·방향 오차를 바디좌표계에서 직접 보정하고, 하위 계층은 차량 동특성을 반영해 횡·종 제어를 분리함으로써 과도 응답에서의 진동과 오버슈트를 억제한다. 이를 통해 경로 계획 모듈이 제공하는 참조 궤적을 연속적으로 추종할 수 있으며, 복잡한 도심 시나리오에서도 안정적이고 부드러운 주행을 보장한다.

Kanayama 제어는 차량의 종·횡 위치 오차와 요각 오차를 상태 변수로 두고 이를 지수적으로 수렴시키는 특성을 지닌다. 이 방식은 오차가 축적되더라도 빠르게 감쇠시켜 경로 추종 성능을 유지할 수 있으며, 외란과 모델 불확실성에도 강건한 수렴 특성을 제공한다. 또한 속도와 요레이트를 직접 산출해 하위 제어기에 전달하므로 구조적 단순성과 구현 용이성이 뛰어나다. 이러한 특성 덕분에 곡률 급변 구간이나 차선 변경과 같은 동적 상황에서도 차량의 자세 안정성과 궤적 연속성을 동시에 확보할 수 있다.

하위 계층 제어는 횡 방향과 종 방향으로 분리하여 수행된다. 횡 방향 제어는 목표 요레이트를 기반으로 언더스티어 그래디언트 피드포워드와 PID 피드백을 결합해 조향 명령을 산출하며, 포화 한계와 변화율 제한을 통해 조향 입력의 급격한 변화를 완화한다. 종 방향 제어는 실측 기반 Lookup Table을 사용해 스로틀 - 속도 - 가속도 간의 비선형성과 히스테리시스를 보상하고, PI 보정으로 정상 상태 오차를 줄인다. 특히 가속 초기에는 alpha-LUT로 목표 속도 접근 시간을 단축하고, 정상 구간에서는 정속 LUT를 사용하며, 감속 시에는 자연 감속을 우선하되 필요 시 Brake-LUT를 적용해 승차감을 유지한다. 이와 같은 통합 구조는 다양한 주행 조건에서 안정적 궤적 추종과 향상된 주행 품질을 달성하는 데 기여한다.

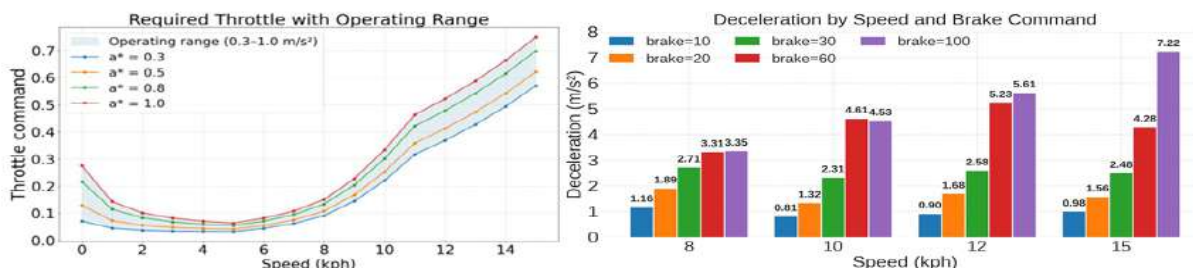


그림 1. 차량 동특성 추정치

차량 자세 추정을 위한 3D LiDAR L-Shape Fitting 알고리즘 정확도 개선

Improving the Accuracy of 3D LiDAR L-Shape Fitting Algorithm for Vehicle Pose Estimation

문승재

(인하대학교 자율항법연구실
학부연구생)

박서진

(인하대학교 자율항법연구실
학부연구생)

원종훈

(인하대학교 전기컴퓨터공학과
교수)

3D LiDAR를 이용한 정확한 차량 자세 추정은 자율주행 인지 시스템의 핵심 기술이다. L-Shape fitting은 이 분야에서 널리 사용되는 방법으로, 센서에 관측된 불완전한 L자 형태의 점군으로부터 차량의 온전한 사각형 경계와 방향을 추정하는 효율적인 기법이다. 이 중, 점군의 근접도에 기반한 Closeness Criterion은 객체를 구성하는 점들의 분포를 직접적으로 고려하여, 점군이 이상적인 L자 형태에 얼마나 잘 부합하는지를 직관적으로 평가할 수 있다는 장점을 가진다(Zhang et al., 2017). 하지만 이 방식은 점군의 사각형 경계면 근접도만을 최적화하여, 추정된 사각형의 공간적 효율성을 고려하지 않는 한계가 존재한다. 이는 차량의 실제 형상과 다른 왜곡된 사각형에 최적 점수를 부여할 수 있으므로 정확도를 떨어뜨리는 주요 원인이 된다.

본 논문에서는 이러한 한계를 극복하기 위해, 두 가지 상호 보완적인 기준을 결합한 CH-AWC (Convex Hull-Area Weighted Closeness) 알고리즘을 제안한다. 이는 추정된 사각형에 대한 점군 근접 정도를 평가하는 Closeness Score와 공간 효율성을 나타내는 Convex Hull Area Ratio로 구성된다. CH-AWC는 Convex Hull을 활용하여 후보 방향각 탐색의 효율성을 높이는 동시에, 근접도 점수가 높더라도 면적 비율이 낮은 후보를 효과적으로 배제함으로써 알고리즘이 잘못된 최적점에 수렴하는 것을 방지한다. 이를 통해 기존 방식의 장점은 유지하면서도 차량의 실제 heading을 더욱 정확하게 추정한다.

제안된 알고리즘의 성능을 입증하기 위해, MORAI 시뮬레이터를 활용한다. 시뮬레이터 상에서 차량의 heading을 다양하게 배치하여, 본 알고리즘과 Area, Closeness, Variance(Zhang et al., 2017), RANSAC L-Shape fitting(Zhao et al., 2021)간의 성능 차이를 분석한다. Heading 오차와 알고리즘의 연산 속도를 핵심 지표로 삼아 정량적으로 평가하고, 제안 방식의 우수성을 입증하는 것을 목표로 한다. 이러한 검증을 통해 본 연구가 자율주행 차량의 인지 시스템 신뢰도 향상에 기여할 것으로 기대한다.

참고문헌

1. Zhang, X., Xu, W., Dong, C., & Dolan, J. M. (2017). "Efficient L-shape fitting for vehicle detection using laser scanners," in IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), pp. 54 - 59
2. Zhao, C., Fu, C., Dolan, J. M., & Wang, J. (2021). "L-Shape fitting-based vehicle pose estimation and tracking using 3D-LiDAR," IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, vol. 6(4), pp. 787 - 797

사사: 본 연구는 교육부 및 한국연구재단의 "첨단분야 혁신융합대학사업 사업비"를 지원받아 수행하였습니다.

곡률 기반 속도 계획과 Dynamic Window Approach의 융합을 통한 자율주행 최적 속도 계획 알고리즘 설계

Design of an Autonomous Driving Optimal Velocity Planning Algorithm by Integration of Curvature-based Speed Planning and Dynamic Window Approach

김용준

(인하대학교 자율항법연구실
학부연구생)

정영훈

(인하대학교 자율항법연구실
학부연구생)

원종훈

(인하대학교 전기컴퓨터공학과
교수)

자율주행 시스템의 핵심 과제 중 하나는 동적인 도로 환경에서 안전성을 확보할 수 있는 최적의 주행 속도를 결정하는 것이다. 이를 위한 속도 계획 방식은 크게 두 가지로 분류된다. 첫 번째는 도로의 곡률 정보를 기반으로 전역 속도 프로파일을 생성하는 방식이다. 이는 주행 경로의 곡률, 경사도, 제한 속도와 같은 정적 정보를 종합적으로 고려하여 적합한 속도를 사전에 계획함으로써 주행 안정성과 승차감을 확보하는 데 유리하다. 하지만 사전 계획에 의존하기 때문에 돌발적인 상황에 대한 대응 능력이 부족하다는 단점이 있다. 두 번째는 Dynamic Window Approach(DWA)와 같은 반응형 기법이다. 해당 기법은 차량의 동역학적 한계 내에서 도달 가능한 속도를 단기적으로 탐색하여 충돌 위험이 없는 최적해를 찾는 데 강점이 있다(Zhu et al., 2020). 그러나, 근시안적인 탐색 특성으로 인해 도로의 전체적인 형상이나 다가올 급커브 등을 고려하지 못하여, 전역적으로는 불안정한 속도 결정을 내릴 위험이 존재한다(Li & Zhu, 2021).

따라서 본 논문에서는 두 방식의 한계를 극복하기 위해, 도로의 곡률 정보를 활용한 전역적 속도 계획 기법과 DWA 기반의 국소적 속도 계획 기법을 융합하는 속도 계획 알고리즘을 제안한다. 해당 시스템은 도로의 곡률 반경(R), 중력 가속도(g), 마찰계수(μ)를 이용하여 물리적 안정성을 보장하는 최대 속도($v_{\max} = \sqrt{\mu g R}$)를 계산하고, 이를 DWA의 속도 제약 조건으로 활용한다. 이는 차량의 동역학적 제약만을 고려하던 기존 DWA 방식의 한계를 보완하여, 주행 경로의 기하학적 정보까지 고려한 속도 계획을 가능케 한다.

제안하는 시스템의 성능과 효율성을 검증하기 위해, 시뮬레이션 기반의 비교 평가를 수행한다. 기존의 DWA 방식과 본 논문에서 제안하는 곡률 기반 상한 속도를 적용한 DWA 방식의 성능을 비교 분석한다. 평가 환경으로는 연속적인 곡선 및 급커브 구간이 포함된 가상 주행 환경으로 구성한다. 이를 바탕으로 경로 추종 능력과 주행 안정성을 중점적인 평가지표로 삼아 제안된 기법의 우수성을 입증한다.

참고문헌

1. Zhu, Z., Xie, J., & Wang, Z. (2020). "Global Dynamic Path Planning Based on Fusion of A* Algorithm and Dynamic Window Approach," IEEE Access, vol. 8, pp. 181313-181324.
2. Li, Y., & Zhu, Q. (2021). "Local Path Planning Based on Improved Dynamic Window Approach," Proceedings of the 40th Chinese Control Conference (CCC), pp. 531-536.
2. Zhuang, J., Huang, G., Zhong, Y., Wu, Y., Hua, Q., Gong, B., & Mou, X. (2022). "Adaptive Stanley Control Method Based on Dynamic Window Approach," Applied Sciences, vol. 12, no. 19, p. 9789.

사사: 본 연구는 교육부 및 한국연구재단의 "첨단분야 혁신융합대학사업 사업비"를 지원받아 수행하였습니다.

시각적 문서 이해를 위한 LayoutLMv3 기반 PEFT 기법 비교 연구

A Comparative Study of PEFT Techniques Based on LayoutLMv3 for Visual Document Understanding

이태호 (조선대학교 AI소프트웨어학부 (인공지능공학전공) 학부생)	정연비 (조선대학교 정보통신공학과 석사과정)	조나경 (조선대학교 AI소프트웨어학부 (정보보안전공) 학부생)	김원열 (조선대학교 AI소프트웨어학부 (인공지능공학전공) 조교수)
---	--	---	---

최근 시각적 문서 이해(Visual Document Understanding, VDU)는 시각·텍스트·레이아웃 요소를 포함하는 문서에서 원하는 정보를 추출해야 하는 필요성에 따라 중요한 연구 분야로 부상하고 있다. 멀티모달 트랜스포머 기반 VDU 모델들은 문서 분류, 정보 추출, 레이아웃 분석 등에서 활용되며 우수한 성능을 보인다. 그러나 이러한 모델들은 수억에서 수십억 개에 이르는 파라미터를 포함하므로, Full Fine-Tuning 과정에서 막대한 GPU 메모리와 장시간 학습이 필요하다. 이로 인해 자원이 제약된 환경에서는 모델을 효율적으로 적응시키기 어렵다는 본질적인 한계가 존재한다. PEFT(Parameter-Efficient Fine-Tuning)는 최소한의 파라미터만 조정하여 모델을 학습하는 기법으로 Full Fine-Tuning의 한계를 보완하는 대안으로 주목받고 있다. PEFT 기법은 다양한 변형이 존재하므로, 본 연구에서는 기법 간 차별성을 고려하여 LoRA, AdaLoRA, IA³를 선정하였다. LoRA는 저랭크 행렬 분해를 통해 일부 파라미터만 학습하는 대표 기법이지만, 고정된 rank 설정이 한계로 지적된다. AdaLoRA는 rank를 동적으로 조정하여 LoRA의 한계를 개선한 확장형 기법이다. IA³는 Attention 및 FFN 모듈의 scaling factor를 학습하는 방식으로, LoRA 계열과는 다른 접근법을 제시한다. 이 세 기법은 서로 다른 접근 방식에 기반하고 있으나, VDU 모델 적용 시 성능과 효율성을 비교한 연구는 아직 부족하다.

따라서, 본 연구에서는 대표적인 VDU 모델인 LayoutLMv3를 대상으로 LoRA, AdaLoRA, IA³를 적용하여 비교 분석한다. 이를 위해 Full Fine-Tuning을 비교 기준으로 두고, 동일 조건에서 각 PEFT 기법의 효과를 평가한다. 실험 결과, Full Fine-Tuning은 F1 Score 0.862, 메모리 사용량 약 1765MB로 가장 안정적인 성능을 보였다. 이에 비해, LoRA는 F1 Score 0.859로 Full Fine-Tuning과 거의 동등한 성능을 유지하면서도 메모리 사용량을 1295MB까지 줄여 성능과 효율성의 균형 면에서 가장 우수하였다. 반면, AdaLoRA는 메모리 사용량이 815MB로 가장 낮았으나 F1 Score가 0.145에 그쳐 성능이 크게 저하되었다. 또한, IA³는 F1 Score 0.464로 성능 손실이 뚜렷하게 나타났으며, 메모리 사용량도 1771MB로 Full Fine-Tuning과 큰 차이가 없어 효율성 개선 효과가 제한적이었다. 이러한 분석을 통해, LoRA가 자원이 제약된 환경에서 VDU 모델을 활용하기 위한 가장 실용적인 대안임을 확인하였다. 나아가 이러한 접근은 교통 빅데이터 및 AI 응용에서 요구되는 대규모 문서 처리 시스템의 개발과 배포에도 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음(2024-0-00062).

Local LLM 기반 민원 자동답변을 위한 지속 발전 가능성 연구

A Study on the Sustainable Development Potential of Local LLM-Based Automated Civil Complaint Response

김수빈

조중현

송상훈

(동아대학교 컴퓨터공학과 학부생) (동아대학교 컴퓨터공학과 학부생) (동아대학교 도시계획공학과 학부생)

부산시 사하구청은 온라인 민원 시스템의 활성화로 인해 하루에도 수많은 민원이 접수되고 있으며, 이로 인해 민원 담당 공무원들의 업무 부담이 크게 증가하고 있다. 특히 민원 답변을 담당하는 공무원 입장에서는 OpenAI와 같은 외부 상용 AI 서비스를 직접 활용하기 어려운 상황에 처해 있으며, 제한된 시간과 인력으로 다수의 민원에 신속하고 정확하게 응답하는 데 상당한 어려움이 따른다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 연구에서는 지역 행정 환경에 최적화된 로컬 LLM(Local Large Language Model) 파인튜닝과 RAG(Retrieval-Augmented Generation) 기술을 결합하여 민원 자동 답변 시스템을 개발하고자 한다. 이를 통해 민원 담당자의 반복적이고 시간 소모적인 업무 부담을 경감시키고, 동시에 민원 서비스의 효율성과 품질을 향상시킬 수 있는 방안을 모색한다.

연구 수행을 위해 먼저 사하구청의 현행 민원 처리 시스템을 조사하고, 이를 보완하여 효율성을 높이기 위한 방안으로 기존의 LLM을 활용하여 민원 답변을 자동 생성해 보았다. 실험 결과, 범용적으로 학습된 LLM은 특정 분야의 민원 처리에 적용하기에는 한계가 있음을 확인하였다. 특히 생성된 답변이 특정 기관이나 기업에서 사용하는 민원 답변 양식과 일치하지 않는 경우가 많아, 실제 행정 현장에서 바로 적용하기에는 적합하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 단순히 범용 LLM을 적용하는 것만으로는 행정 민원 처리 업무의 특수성을 충분히 반영하기 어렵다는 점을 보여준다.

본 연구에서는 사하구청의 행정 민원 처리라는 특수성에 적합한 LLM을 구축하기 위해 새울민원전자창구에 공개된 민원 데이터를 활용하여 LoRA(Low-Rank Adaptation)기반 파인튜닝을 수행하였다. 그 결과, 실제 사하구청에서 근무 중인 공무원으로부터 생성 답변에 대한 긍정적인 반응을 확인하였으며, 범용 LLM(Llama-3 blossom 모델) 대비 BERTScore 기준 약 4%의 성능 향상을 달성하였다. 이는 제안한 모델이 민원 처리 효율성을 향상시키는 데 기여할 수 있음을 시사한다. 또한, 연속 학습을 적용할 경우 성능의 지속적 개선 가능성도 기대된다. 더 나아가, 본 연구에서 제안한 방법은 사하구청에 국한되지 않고, 다른 지방자치단체나 행정기관, 나아가 기업 민원 처리 시스템에도 적용될 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 이를 위해서는 기관별 민원 특성을 반영한 추가적인 데이터 수집과 맞춤형 검증 과정이 필요하다.

사사: 이 논문은 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 결과임(No.2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교))

대조 학습을 통한 심전도 리드 양방향 생성

Contrastive Representation Alignment Enables Bidirectional ECG Lead Reconstruction

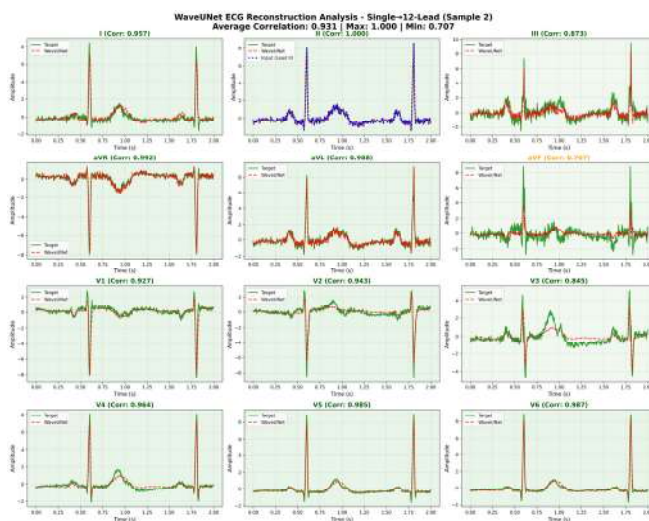
임동원 (조선대학교 AI소프트웨어학부 (인공지능공학전공) 학부생)	정연비 (조선대학교 정보통신공학과 석사과정)	정지민 (조선대학교 AI소프트웨어학부 (인공지능공학전공) 학부생)	김원열 (조선대학교 AI소프트웨어학부 (인공지능공학전공) 조교수)
---	--	---	---

심전도(ECG)는 임상 진단에서 가장 널리 사용되는 생체신호로, 표준 12리드 검사는 다양한 심장 이상을 포착하는 데 필수적이다. 그러나 웨어러블 기기나 현장 환경에서는 단일 리드만 수집되는 경우가 많아, 12리드와 단일리드 간 정보 격차를 해소하는 방법이 필요하다. 기존 연구들은 주로 단일리드에서 12리드를 재구성하는 생성 모델(U-Net, GAN, Masked Autoencoder 등)에 집중하였으나, 리드 간 표현 정렬을 고려하지 않아 일반화 성능에 한계가 있다.

본 연구의 학습 과정은 크게 사전학습 단계와 재구성 학습 단계로 구성된다. 먼저, 사전학습 단계에서는 12리드와 단일리드 심전도의 표현을 공통 잠재공간으로 정렬하기 위해 대조학습을 적용한다. 이를 위해 ResNet18 기반 인코더와 투영기를 사용하여 두 입력 형태를 임베딩한 후, 동일 환자의 12리드-단일리드 쌍을 양성 샘플로, 배치내 다른 조합을 음성 샘플로 정의한다. 학습 손실 함수로는 InfoNCE 기반 양방향 대조 손실을 사용하여 두 표현이 잠재공간에서 일관되도록 학습한다.

이후 재구성 학습 단계에서는 사전학습된 인코더를 고정된 상태에서 Wave-U-Net 기반 디코더를 학습한다. 디코더는 단일리드 입력으로부터 전체 12리드 신호를, 또는 반대로 12리드 입력으로부터 특정 단일리드를 복원한다. 이 과정에서 사용된 손실함수는 시간영역 재구성 손실(MSE, L1, Cosine)과 함께, 주파수 영역에서 파형의 형태학적 왜곡을 억제하기 위한 STFT 기반 Spectral loss를 추가한다. 이러한 손실 설계를 통해 단순 신호 유사도를 넘어, 재구성된 파형의 임상적 타당성과 형태학적 충실도를 확보한다.

MIMIC-IV-ECG 및 공개 단일리드 데이터셋을 활용한 실험에서, 제안 방법은 기존 U-Net 및 GAN 대비 신호 유사도, 형태 지표, 임상적 분류 성능에서 향상된 결과를 보였으며, 단일리드 기반 12리드 재구성과 12리드 기반 단일리드 생성 모두에서 안정적인 성능을 보인다. 이는 대조학습과 생성 모델을 결합한 최초의 양방향 ECG 리드 변환 접근으로, 단일리드 웨어러블과 병원 표준 12리드 간 격차를 줄이고 원격 모니터링 및 임상 응용 가능성을 제시한다.



<그림 1> II lead를 사용하여 12-lead 재구성 결과

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2024-0-00062)

차량-인프라 통신(C-ITS) 기반 무인 자율모빌리티의 실시간 협력 제어기술 개발과 실도로 검증

Cooperative Control of Autonomous Vehicle using C-ITS with Real World Vehicle Tests

정인성 (국립한국해양대학교 인공지능공학부 학사과정)	한정훈 (국립한국해양대학교 인공지능공학부 학사과정)	최재형 (국립한국해양대학교 인공지능공학부 학사과정)	이성재 (국립한국해양대학교 인공지능공학부 학사과정)
송한결 (국립한국해양대학교 인공지능공학부 학사과정)	변민정 (국립한국해양대학교 인공지능공학부 학사과정)	신동훈 (국립한국해양대학교 인공지능공학부 교수)	

본 논문은 자율주행 차량이 교차로, 특히 황색 신호 전환 시 정지·통과 판단이 어려운 딜레마존에서 안정적으로 주행할 수 있도록, C-ITS(Cooperative Intelligent Transport Systems) 기반의 인지 - 판단 - 제어 통합 프레임워크를 제안한다. 최근 자율주행 차량은 교차로와 같이 신호 변화가 빈번한 복잡한 도로 환경에서 안전하고 정확한 주행 판단이 요구된다. 특히 황색 신호 전환 시 정지와 통과 판단이 어려운 딜레마존은 사고 위험을 높이며, 환경 인식 센서만으로는 판단에 한계가 존재한다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 차량-인프라 통신(C-ITS)을 기반으로 자율주행 차량이 교차로 상황에서 최적의 주행 전략을 수립하고 수행할 수 있는 인지 - 판단 - 제어 통합 시스템을 개발하고, 이를 실제 도로 환경에서 검증하였다. 인지 단계에서는 차량 탑재 센서(카메라, LiDAR, GPS)와 도로 인프라 RSU(Road Side Unit)에서 제공되는 SPaT(Signal Phase and Timing) 정보를 통합하여 차량의 위치와 신호 상태를 실시간으로 파악한다. 이렇게 확보된 정확한 위치·신호 정보를 기반으로 다음 단계의 주행 전략 판단을 수행한다. 판단 단계에서는 SPaT와 차량 속도, 정지선까지의 거리 정보를 종합적으로 고려하여 신호 체계에 따른 최적의 주행 전략을 결정한다. 특히 황색 신호 상황에서는 남은 신호 시간과 차량 주행 상태를 분석하여 가속 또는 감속 여부를 판단한다. 제어 단계에서는 판단 결과를 차량 제어기에 전달해 교차로 진입 시 안전한 정지와 원활한 주행을 수행하도록 한다. 이를 실도로 실험을 통해 검증한 결과, 제안된 시스템은 황색 신호 상황에서도 안정적인 주행 전환을 달성하였으며, 교차로 주行的 안전성과 효율성을 향상시킬 수 있음을 확인하였다.

차선 인지 기반 EKF 멀티 센서 로컬라이제이션

Lane Detection-based EKF Multi-Sensor Localization

성운모

(충북대학교 지능로봇공학과
(자율주행전공) 학부생)

김민기

(충북대학교 지능로봇공학과
(자율주행전공) 학부생)

이재풍

(충북대학교 지능로봇공학과
조교수)

본 논문은 GPS, 관성측정장치(IMU), 휠 엔코더, 그리고 차선 검출을 융합하여 실시간으로 강건한 차량 위치를 산출하는 차선 보조 기반의 로컬라이제이션 기법을 제안한다. 카메라 영상은 왜곡 보정 후 단순화된 Bird's-eye View(BEV)로 투영하여 차량 근방의 차선 포인트를 미터 단위로 정의하고, 이로부터 차선 중심선 대비 횡 오차와 차선 방향 대비 차량 heading 오차를 도출한다.

카메라는 사전에 보정한 파라미터로 왜곡을 제거한 뒤, 노면을 BEV로 변환하여 차선 후보 점들을 선출한다. 선출한 점들을 통해 차선의 중앙선을 만들고, 이를 기준으로 차량의 가로 방향 오차와 진행 방향 오차를 계산한다. 확장 칼만 필터는 관성 센서와 휠 엔코더로 짧은 시간을 예측하고, 위에서 도출한 관측치(횡오차, heading오차)로 차량 측위 상태를 보정한다. 주행 중 차선이 부분적으로 가려지거나 흐릿해질 경우에는 관측값의 신뢰도를 낮춰 반영하고, 관측 정보가 누락될 경우에는 예측 정보에 높은 가중치를 부여하여 갑작스러운 진동을 막는다. 각각의 단계는 개별 모듈 형태로 구성하고 센서 정보는 각 알고리즘의 시간으로 보정하였다.

확장칼만필터(EKF) 모델의 예측 단계에서는 IMU 및 휠 엔코더로부터의 현재 상태(선속도·각속도)를 적분하여 차량의 자세를 보정하고, 갱신 단계에서는 차선 관측치(횡 오차, heading 오차)를 측정모델로 사용하여 횡 방향 드리프트와 heading 오차를 억제한다. 가시성이 확보된 경우에는 GPS를 이용하고, 가시성이 저해된 구간(예: 터널, 가로수 그늘)에서는 차선 관측치를 활용하여 필터의 추정 성능을 향상시킨다. 결과적으로 제안한 기법은 GPS 취약 환경에서 횡 드리프트와 heading 오차를 유의미하게 감소시킨다.

위 알고리즘은 GPS 취약 환경에서의 자율주행 측위 모듈로 사용할 수 있다. 추후, 차선 가려짐, 지워짐, 급격한 곡률 변화 구간 등 불규칙한 상황에서의 차선추출을 성능을 개선할 예정이다.

또한, 차선뿐 아니라 경계석, 표지판, 차로 표시 패턴 등 주변 단서를 보조 관측으로 추가해 측위 성능을 한층 더 높일 계획이다.

다양한 주행 상황을 고려한 자율주행 차량의 경로 생성 및 계획 기법

Path Generation and Planning Strategies for Autonomous Vehicles in Various Driving Scenarios

정준호

(충북대학교 지능로봇공학과 학부생)

최민성

(충북대학교 지능로봇공학과 학부생)

본 연구에서는 자율주행 차량이 트랙 주행, 일반 도심 도로 주행, 협소 공간 주차와 같은 다양한 주행 시나리오에서 안정적이고 효율적으로 이동할 수 있도록, 상황별 요구사항에 적응하는 경로 계획 기법을 제안한다. 차량 주행 환경은 크게 “고속 동적 환경(트랙, 곡선 주행)”과 “저속 정밀 환경(주차, 정밀 접근)”으로 구분되며, 각각의 상황에 적합한 경로 생성 알고리즘을 선택·조합하는 하이브리드 구조를 설계하였다.

고속 주행 상황에서는 곡선 생성 및 곡률 최소화 중심의 비용 함수를 활용하여 주행 안정성과 승차감을 확보하고, 예측 가능한 경로를 통해 속도 유지 성능을 향상시킨다. 반면, 협소한 주차 환경이나 저속 정밀 주행 상황에서는 Hybrid A* 및 Reeds-Shepp 기반 기법을 통해 비홀로노믹 제약을 만족하면서도 충돌 없는 경로를 생성한다. 또한, 장애물의 형상과 위치를 고려한 지역적 재계획(local replanning) 모듈을 추가하여 비정형 환경에서도 안전성을 유지하였다.

제안한 경로 계획 체계는 주행 속도, 차체 제약, 환경 복잡도 등의 조건을 통합적으로 고려하여 상황별 최적 경로를 산출한다. 이를 통해 트랙 주행과 같은 고속 시나리오뿐만 아니라 복잡한 도심 교차로나 협소한 주차 구역에서도 일관된 품질의 경로를 확보할 수 있으며, 이는 향후 자율주행 판단 계층의 범용성과 실용성을 크게 향상시킬 것으로 기대된다.

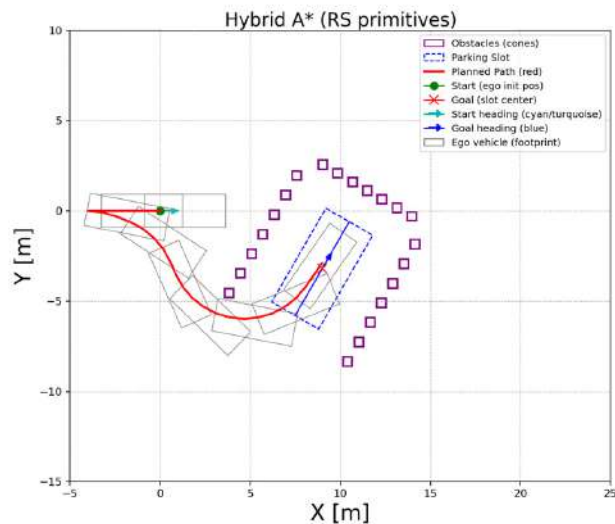


그림 1. Hybrid A*(Reeds-Shepp) 기반 주차 경로

턴테이블 기반 카메라 고정 방식을 활용한 3D Gaussian Splatting 기법 연구

A Turntable-Based Fixed-Camera Approach for 3D Gaussian Splatting

서정완 (조선대학교 AI소프트웨어학부 인공지능공학전공 학부생)	김유환 (조선대학교 AI소프트웨어학부 컴퓨터공학전공 학부생)	안정우 (조선대학교 AI소프트웨어학부 인공지능공학전공 학부생)	김원열 (조선대학교 AI소프트웨어학부 인공지능공학전공 조교수)
--	---	--	--

최근 3차원 재구성(3D reconstruction) 분야에서는 NeRF(Neural Radiance Fields)와 3DGS(3D Gaussian Splatting) 같은 혁신적인 기법이 등장했다. NeRF와 3DGS 기법은 객체를 다양한 시점에서 촬영하기 위해 두 가지 접근 방식을 주로 사용해왔다. 다수의 카메라를 고정된 위치에 배치하여 다각도에서 동시에 촬영하는 방식은 설치 및 유지 관리가 복잡하고 비용적 부담이 크다는 한계를 갖는다. 또한, 촬영자가 직접 객체 주변을 이동하며 다각도로 영상을 획득하는 방식은 시간적 제약으로 인해 효율성이 낮다.

본 연구에서는 단일 고정된 카메라와 턱테이블을 활용한 3D Gaussian Splatting 기법을 제안한다. 구체적으로, 다수의 고정식 카메라 대신 단일 고정식 카메라를 사용하여 접근성을 높이고, 정밀 제어가 가능한 턱테이블 위에서 객체를 일정 각도 단위로 회전시키며 이미지를 획득한다. 이와 같은 절차는 촬영 환경의 일관성을 보장하여 3DGS의 재현성과 데이터 수집 효율성을 크게 향상시킨다. 나아가 획득된 이미지를 3DGS를 통해 정밀한 3차원 모델로 변환한다.

제안하는 접근법은 기존의 고비용 장비 및 복잡한 데이터 수집 절차를 대체할 수 있는 간단하면서도 효율적인 방법론으로, 장비 규모를 획기적으로 축소하고 비용 절감 효과를 제공한다. 더불어 범용 스마트폰을 활용함으로써 본 기술은 연구 환경뿐만 아니라 다양한 산업 현장에서도 실질적인 적용 가능성을 지닌다. 나아가 가상 의류 피팅과 같은 디지털 상거래 및 가상 공간 서비스 분야와의 융합을 통해 3D 모델링 기술의 대중화를 촉진하고, 스마트 시티 환경 구축에 기여할 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2024-0-00062)

강화학습 기반 2D 트랙터-트레일러 모델의 차선 추종 제어 알고리즘 개발

Development of a Lane-Following Control Algorithm
for a 2D Tractor-Trailer Model Based on Reinforcement Learning

장은진

(충북대학교 지능로봇공학과 학부생)

이재풍

(충북대학교 지능로봇공학과 조교수)

자율주행 기술은 단순히 승용차에 적용하는 것을 넘어 물류 및 운송 산업의 대형 상용차 분야로 빠르게 확장되고 있다. 특히 트랙터-트레일러와 같은 연결형 차량(Articulated Vehicle)의 경우, 고속 주행이나 급커브 환경에서 관절각이 과도하게 증가하는 잭나이프 현상이 발생할 수 있으며, 이는 대형 사고로 이어질 수 있다. 기존의 PID와 같은 단순 오차 기반 제어기는 이러한 비선형 거동을 충분히 보상하지 못하여 관절각이 불안정해지는 잭나이프 현상이 발생할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 정책 기반 강화학습 기법인 Proximal Policy Optimization(PPO)을 적용하여 트랙터-트레일러 차량의 목표 요레이트를 안정적으로 추종하는 제어기를 개발하였다. PPO는 정책 업데이트 과정에서 클리핑 기법을 도입하여 급격한 변화로 인한 불안정을 방지하고, 학습 안정성과 제어 성능을 동시에 확보할 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 이러한 알고리즘을 차량 제어 문제에 적용하여 고속 및 급커브 조건에서도 강건한 성능을 유지하는 차선 추종 제어기를 설계하고자 한다.

관측치(observation)는 트랙터-트레일러의 상태(state)로 정의하였고 행동(action)은 조향각 변화율로 설정하였다. 보상함수(reward)는 목표 요레이트 추종 오차, 관절각, 조향 입력 등을 고려하여 설계하였고 관절각이 임계치를 초과할 경우 시뮬레이션을 종료하였다. 강건한 성능을 확보하기 위해 다양한 속도 조건에서 학습을 수행하였고 목표 요레이트는 정현파(sine), 램프(ramp), 주파수 스위프(sweep) 등의 형태로 정의하였다.

제안한 강화학습 에이전트의 성능을 분석하기 위하여 기존의 PID 제어기와 함께 비교하였다. 저속 및 중속 구간($10-20\text{m/s}$)에서는 두 제어기가 유사한 수준의 성능을 보였으나 고속 구간($20-30\text{m/s}$)에서는 PID 제어기에서 관절각 발산으로 인한 잭나이프 현상이 발생하였다. 반면, 학습한 에이전트는 안정적인 요레이트 추종 성능을 유지하였다. 또한 Pure Pursuit 기반 목표 요레이트 추종 테스트를 수행한 결과, 다양한 속도 조건에서 안정적인 차선 추종 성능을 확인할 수 있었으며, 이는 실제 도로 환경에서의 적용 가능성을 시사한다.

본 연구에서 제시한 PPO 기반 차선 추종 제어 알고리즘은 고속 및 급커브 상황에서 발생하는 불안정한 거동을 효과적으로 완화하고, 다양한 환경 조건에서도 강건한 성능을 확보하였다. 향후 연구에서는 roll dynamics를 고려하여 트랙터-트레일러 모델을 고도화하고 이를 통해 현실적인 학습 환경을 구성할 계획이다.

경량 융합점수 기반의 강건한 Out-of-Distribution 탐지 기법

Robust Out-of-Distribution Detection via Lightweight Fused Scoring

이명건	서정완	안정우	김원열
(조선대학교	조선대학교	(조선대학교	(조선대학교
AI소프트웨어학부	AI소프트웨어학부	AI소프트웨어학부	AI소프트웨어학부
인공지능공학전공	인공지능공학전공	인공지능공학전공	인공지능공학전공
학부생)	학부생)	학부생)	교수)

최근 Out-of-Distribution(OOD) 탐지는 모델이 알 수 없는 상황을 적절히 배제함으로써 인공지능의 신뢰성을 확보하기 위한 필수 연구 과제로 부각되고 있다. 기존 딥러닝 기반 모델들은 학습 데이터 분포(In-Distribution, ID)에서는 높은 정확도를 보이지만, 학습에 포함되지 않은 OOD 분포에 대해서는 과도한

확신과 오분류를 일으키는 문제가 발생한다. 이는 자율주행, 의료, 금융·보안 등 안전과 재산이 직결된 분야에서 치명적인 결과를 초래할 수 있다. 이를 해결하기 위해 지금까지 Maximum Softmax Probability(MSP), ODIN, Energy-based Score, Mahalanobis Distance 등 다양한 OOD 탐지 기법이 제안되었다. 그러나 이들은 단일 점수에 의존하기 때문에 특정 상황에서 오탐지 또는 과도한 탐지를 유발하여 성능 저하를 일으키거나, 복잡한 후처리를 요구하는 한계가 있다. 예를 들어 MSP는 softmax OOD 데이터에 대해서도 높은 신뢰도를 보이는 문제가 있으며, ODIN은 타 점수 대비 성능을 개선에 성공했지만, 추가 연산 비용과 하이퍼파라미터 튜닝이 필요해 실제 환경 적용이 어렵다. Energy-based Score는 softmax 확률 대신 에너지 값을 활용하지만, 데이터셋마다 값의 범위가 달라 다른 점수와 직접적으로 결합하기 어렵다. Mahalanobis는 타 모델보다

강건성을 확보했지만, 공분산 추정치 불안정할 경우 성능이 급격히 저하된다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 경험적 누적 분포 함수(Empirical Cumulative Distribution Function, ECDF)를 도입하였다.

제안 방법은 MSP, Energy, Mahalanobis 점수를 동시에 계산 후 ID 데이터 분포에 기반한 ECDF를 적용해 모든 점수를 $[0,1]$ 범위로 정규화한다. 이 과정을 통해 점수 크기 차이에 영향을 받지 않고 순위 기반 분포

정보만 반영할 수 있으며, 단순 가중 융합(Fused Score)이 가능해진다. 또한 AUROC 성능을 높이기 위해 Mahalanobis의 가중치를 크게 설정하거나, FPR@95 최소화를 위해 MSP의 가중치를 높이는 등 목적에 따라 가중치 조절이 가능하다. 제안된 기법은 추가 학습 과정 없이도 높은 OOD 탐지 성능을 보이며, ID 데이터의 오탐지를 줄일 수 있다. 또한 단순한 구조 덕분에 다양한 환경에 유연하게 적용할 수 있고, 가중치

설정만으로 AUROC, FPR@95 등 주요 성능 지표를 조절할 수 있다는 장점이 있다. 이는 실험 결과로 증명이 가능한데 ConvNext-Tiny모델과 단일 점수들을 사용했을 시 지표마다, 단일 점수들의 최고 점수들과

비교했을 때 Mahalanobis의 AUROC점수 0.9563 MSP의 FPR@95점수 0.1601에 비해 AUROC기준 융합점수의 AUROC점수 0.9592 FPR@95점수 0.0884로 상대적으로 7%에서 15%가량 개선되었다. 또한 AUROC기준

점수뿐 아니라 단순 평균 점수와 STRICT기준 융합 점수도 단일모델 대비 전체적인 성능이 상승했으며

모든 점수의 융합을 한 번의 학습으로 모두 계산이 가능하며 다양한 조합을 시간에 제약 없이 사용하고

선택하여 OOD탐지가 가능해진다. 이를 통해 기존 방법들보다 실용성·유연성·강건성을 동시에 확보할 수 있어 자율주행, 의료, 금융 등 다양한 응용 분야에서 활용 가능성이 높다.

사사: 본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2024-0-00062)

탄소배출 저감을 위한 AI 공동구매 중개 플랫폼 [스플릿]

Split: An AI-based Group Purchasing Mediation Platform for Carbon Emission Reduction

고대권 (인하대학교 컴퓨터공학과 학부생)	김건희 (인하대학교 컴퓨터공학과 학부생)	김대환 (인하대학교 컴퓨터공학과 학부생)	최봄 (인하대학교 컴퓨터공학과 학부생)
------------------------------	------------------------------	------------------------------	-----------------------------

최근 대학가를 중심으로 증가하는 1인 가구는 대용량 식자재 구매로 인해 음식물 쓰레기, 불필요한 소비, 생활비 부담과 같은 문제를 겪고 있다. 이는 개인의 경제적 손실뿐만 아니라 폐기 과정에서 발생하는 온실가스로 인해 환경적 부담을 가중시키는 요인으로 작용한다. 따라서 합리적인 소비와 지속가능성을 동시에 달성할 수 있는 새로운 해결책이 필요하다.

본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 공동구매 중개 플랫폼 ‘스플릿(Split)’을 제안한다. 스플릿은 사용자가 자발적으로 공동구매 그룹을 형성하고, 참여자들이 한자리에 모여 함께 장을 본 뒤 현장에서 직접 분배하도록 설계되었다. 이를 통해 기존의 ‘판매’ 구조가 아닌, 합법적 비용 공유 모델로서 기능하며, 공동구매 참여 과정에서의 신뢰와 투명성을 확보한다.

플랫폼은 신뢰성 강화를 핵심 원칙으로 한다. 구매와 분배가 현장에서 동시에 이루어지기 때문에 가격이나 품질에 대한 불신을 원천적으로 차단할 수 있으며, 추가적으로 사용자 인증과 상호 평가 제도를 결합하여 안정적이고 자율적인 커뮤니티 운영을 지원한다.

또한, 플랫폼은 향후 수요 예측 알고리즘을 도입하여 품목별 공동구매 성사 가능성을 제시하고, 매장 안내도와 연계할 경우 상품 위치 안내 및 인원 분배를 지원하는 등 AI 기반 확장성을 갖춘다.

스플릿은 이를 통해 환경적 측면에서는 음식물 쓰레기와 탄소 배출 저감, 경제적 측면에서는 식비 절감과 합리적 소비문화 확산, 사회적 측면에서는 지역 기반 공동체 강화라는 효과를 창출한다. 본 연구는 스플릿이 단순한 공동구매 도구를 넘어, 지속가능한 친환경 소비 생태계를 촉진할 수 있는 실질적 대안임을 보여준다.

사사: “본 연구는 2025년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2022-0-01057)

Acknowledgement: “This research was supported by the MSIT(Ministry of Science, ICT), Korea, under the National Program for Excellence in SW, supervised by the IITP(Institute of Information & communications Technology Planing & Evaluation) in 2025”(2022-0-01057)

버스 IoT 센서 기반 도시 규모 디지털 트윈 조도 환경 분석 방법

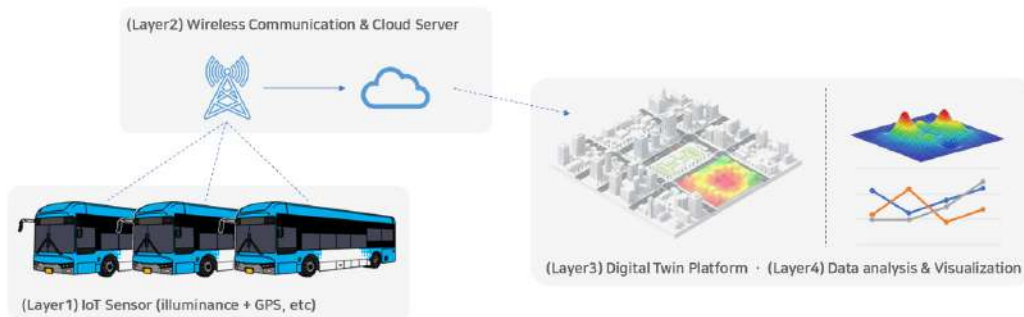
Urban-Scale Digital Twin Approach for Light Environment Analysis Using Bus-Mounted IoT Sensors

조수빈
(동아대학교 컴퓨터공학과)

서정일
(동아대학교 컴퓨터공학과)

최근 스마트시티와 디지털 트윈 기술에 대한 관심이 높아지고 있으며, 도시 규모의 디지털 트윈 구축에서는 실시간 환경 데이터의 수집과 분석이 핵심적인 요소로 작용한다. 그러나 기존의 고정형 IoT 센서 기반 접근은 설치 공간의 제약과 높은 구축 비용으로 인해 도시 전역을 포괄하는 데이터 수집에 한계가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구는 도시 전역을 운행하는 대중교통 시스템, 특히 버스에 설치된 IoT 센서 시스템을 활용한 데이터 수집 방식을 제안한다.

제안하는 시스템은 물리적 세계(Physical World)와 디지털 트윈 플랫폼(Digital Twin Platform)을 실시간으로 연계하여, 지속적으로 순환되는 스마트시티 데이터 생태계를 구현하는 것을 목표로 한다. 전체 아키텍처는 크게 물리적 데이터 수집, 데이터 전송 및 저장, 디지털 트윈 플랫폼, 데이터 분석 및 시각화의 4개 계층으로 구성된다.



첫 번째 계층인 물리적 세계에서는 도시 전역을 운행하는 버스에 IoT 조도 센서와 GPS 모듈을 탑재하여 n 초 간격으로 실시간 조도 값과 위치정보를 수집한다. 각 버스는 이동형 센서 노드로서 기능하며, 기존의 고정형 센서 네트워크가 포괄하지 못하는 도시의 모든 구간에 대한 광환경 데이터를 동적으로 수집한다.

두 번째 계층인 데이터 수집 및 전송 단계에서는 버스에서 수집된 센서 데이터를 무선 통신망을 통해 실시간으로 클라우드 서버로 전송한다. 전송된 원시 데이터는 클라우드 플랫폼에서 초기 전처리 과정을 거쳐 데이터 품질 검증, 이상치 탐지, 시공간 정합성 검사 등을 수행한다.

세 번째 계층인 디지털 트윈 플랫폼에서는 수집된 조도 데이터를 3D 도시 모델과 통합하여 센서 데이터를 3차원 도시 공간에 실시간으로 매핑하여 광환경 디지털 트윈을 구축한다. 디지털 트윈 내에서는 차도, 인도 등 도시 구성요소에 따른 광환경 특성을 시각적으로 표현하고, 시간의 흐름에 따른 조도 변화 패턴을 동적으로 시뮬레이션 한다.

네 번째 계층인 데이터 분석 및 시각화 단계에서는 통합된 빅데이터를 기반으로 분석과 인사이트를 도출한다. 주요 기능으로는 실시간 빛 분포 히트맵 생성을 통해 도시 전체의 광환경 분포를 직관적으로 시각화한다. 더불어, 빛 강도별 식별 시스템을 구축하여 빛에 의한 부정적 영향을 식별하고 안전정보를 제공한다.

본 연구에서 제안하는 시스템은 도시 전역의 실시간 광환경 모니터링 체계를 구축함으로써, 기존 고정형 센서 네트워크로는 확보하기 어려운 높은 공간적 해상도와 광범위한 커버리지를 동시에 달성한다. 또한, 수집된 데이터를 기반으로 도시 광환경의 시공간적 특성을 심층 분석할 수 있으며, 이를 통해 차후 도시 계획 등에 객관적인 근거를 제공할 수 있다.

사사: 이 논문은 과학기술정보통신부와 디지털플랫폼정부위원회, 그리고 한국지능정보사회진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(협약번호: 2025-인공지능융합-위02, 2025년도 디지털 트윈 시범구역 조성(도심형))

자율주행머신을 위한 Lane Detection 구현

Development of Lane Detection for Autonomous Driving Machine

정무경

(국립한국교통대학교 학사과정)

박만복

(국립한국교통대학교 교수)

자율주행에 관한 연구가 활발히 진행되면서 정확한 차선 검출은 자율주행 자동차의 기반이 되는 기술인 차로 유지 보조 시스템에서 필수적인 기술이다. 본 논문은 ROS(Robot Operating System) 환경에서 USB 카메라를 통해 OpenCV를 활용한 실시간 차선 검출 시스템을 구현하고 있다. 본 연구는 미래형 이동수단 중장기 프로그램 자작경진대회 및 HL FMA(Future Mobility Award) 2025자율주행 경진대회를 위한 소형 자율주행머신에 특화된 개발을 진행하였다.

차선 검출은 다음과같은 과정으로 진행하였다. 첫 번째로 ROI(관심영역) 마스크를 적용했다, 이어서 HSV 필터링을 거친다. HSV 필터는 색상(색상값)과 명도(밝기)를 명확하게 분리하므로 그림자와 조명 변화가 심한 조건에서도 강인한 차선 검출이 가능하였다. HSV의 색상(Hue) 분포가 더 좁게 제한될 때, 이후 프레임 분할(이미지 세분화)에도 큰 도움이 된다. 두 번째로 Bird Eye View 변환을 한다. Bird Eye View 변환은 차선 검출 전에 영상을 아래로 내려다보는 형태로 변환하였다. 이 변환을 이용하면 차선 검출시, 기존 영상에서 검출하는 것에 비해 차선의 기울기 값이 양쪽 차선 모두 고르게 나와서 처리가 쉬워진다. 세 번째로 Sobel Filter를 적용한다. Sobel 필터를 수평 및 수직 방향으로 적용하여 각각 수평(x축)과 수직(y축)의 1차 미분 값을 구하였다. 이 계산으로 차선의 경계(Edge)를 명확하게 검출한다. 마지막으로 Sliding Window 기법을 적용하였다. Sliding Window 기법은 차선의 곡률반경을 계산하여 조향각을 정밀하게 산출한다. $ax^3 + bx^2 + cx + d$ 의 3차 다항식을 사용하여 차선의 곡률을 계산하여 주행경로를 계산하였다.



<그림 1> 직선 차선 검출

<그림 2> 곡선 차선 검출

최근 연구되고 있는 딥러닝 기반 차선 검출 기술은 이미지 내 복잡하고 다양한 차선 패턴을 학습하고 그림자, 부분 차선, 곡선 및 노이즈가 심한 환경에서도 높은 강인성과 정확도를 보여준다. 그러나, 대규모 학습 데이터와 고성능 GPU 자원이 필수적이며, 연산량과 메모리 사용량이 많아 실시간 처리와 저사양 하드웨어에서의 적용에 제약이 있다.

따라서 한정된 자원 및 환경에서도 작동 가능한 알고리즘이 필요했고, 그에 따라 개발된 OpenCV 기반 차선 검출 시스템은 HSV 필터링, Bird eye view 변환, Sobel Filter 그리고 Sliding Windows 기반 다항식 피팅으로 차선을 인식하는 방식으로 실시간 처리에 최적화되고 연산량이 적으며, 저사양 하드웨어 환경에서도 안정적으로 동작하는 장점이 있다.

사사: 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 ‘자율주행기술개발혁신사업’의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv.4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

Wi-Fi 기반 실내 경로 안내 및 QR 연동 스마트폰 내비게이션 시스템 개발

Development of a Wi-Fi-based Indoor Navigation System with QR Code Integration for Seamless Guidance

윤동건

(국립한국해양대학교 학부생)

정아영

(국립한국해양대학교 학부생)

김대경

(국립한국해양대학교 학부생)

강재모

(국립한국해양대학교 학부생)

서동환

(국립한국해양대학교 교수)

넓고 복잡한 실내 공간은 기존 GPS의 한계의 신호 감쇠 및 다중경로 문제로 인해 사용자가 자신의 위치를 정확히 파악하고 목적지를 찾는 데 어려움을 겪는다는 문제점이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해,

본 연구에서는 건물에 보편적으로 설치되어 있고 스마트폰으로 수신이 용이한 Wi-Fi 신호를 기반으로 한 실내 위치 인식 기술을 활용한 Wi-Fi 기반 실내 경로 안내 및 QR 연동 스마트폰 내비게이션 시스템을 제안한다. 이 기술은 추가 인프라 구축 비용을 최소화하면서도 정밀한 위치 파악 및 경로 안내 서비스 제공 가능하게 한다.

본 연구에서 Wi-Fi 기반 위치 추적 기술을 중심으로 실내 지도 제작, 경로 탐색 알고리즘, 사용자 내비게이션 서비스를 통합한 차세대 실내 내비게이션 플랫폼을 구축하는 것을 목표로 한다. 이 시스템은 다양한 스마트 기기에서 수집된 Wi-Fi 신호 강도(RSSI) 데이터를 활용하여 초기 핑거프린트 맵을 구축하고, 이를 CAD 기반 건물 도면과 연계하여 공간 정보의 정합성을 확보한다. 스마트폰의 IMU 센서 데이터를 융합하여 추정 오차를 최소화하고 신뢰성을 높인다. 최종적으로, 사용자가 키오스크에서 목적지를 검색하고 QR 코드 연동을 통해 스마트폰으로 실시간 위치 및 최적 경로 안내를 받는 키오스크-모바일 연동 통합 서비스를 구현한다.

이러한 실내 내비게이션 시스템은 방문객의 편의성을 극대화하고 건물 운영 관리의 효율성을 높이는 중요한 가치를 지닌다. 병원, 공항, 쇼핑몰, 대학 캠퍼스 등 대규모 시설에서 방문객은 목적지를 신속하게 찾고 이동 동선이 최적화되어 서비스 접근성과 만족도가 향상된다. 나아가 이 기술은 스마트 빌딩 및 스마트 시티 구현을 위한 핵심 인프라로 발전할 잠재력을 가지며, IoT 기반 시설 관리 서비스와 연계되어 건물 운영 전반의 지능화와 체계화를 실현하는 혁신적인 도구로 자리매김할 것으로 기대된다.

IoT 기반 스마트 쓰레기통을 활용한 효율적 폐기물 관리 시스템

Efficient Waste Management System Using IoT-based Smart Trash Bin

강정연

(인하대학교 학부생)

박해주

(인하대학교 학부생)

임재훈

(인하대학교 학부생)

조희주

(인하대학교 학부생)

현행 폐기물 수거 시스템은 대부분 정해진 일정과 고정된 경로에 따라 운영되고 있으며, 이는 비효율적인 자원 활용 문제를 초래한다. 예를 들어, 쓰레기통이 거의 비어 있음에도 불필요하게 수거가 이루어지거나, 반대로 쓰레기통이 이미 가득 차 넘쳐 주변 환경을 훼손하는 경우가 발생한다. 이러한 문제는 인력과 비용 낭비뿐 아니라 도시 미관과 위생 관리에도 부정적인 영향을 끼친다.

본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 IoT 기반 스마트 쓰레기통을 제안한다. 제안하는 시스템은 쓰레기통 내부에 센서를 설치하여 충만도를 자동으로 측정하고, 이를 무선 네트워크를 통해 서버에 전송하여 실시간으로 관리할 수 있도록 한다. 특히, 초음파 센서를 이용한 높이 측정뿐 아니라 무게 측정을 병행하여 가볍지만 부피가 큰 비닐이나 스티로폼으로 인한 과대 탐지를 보정한다. 이렇게 수집된 데이터는 중앙 서버에서 통합 관리되며, 대시보드를 통해 시각화되어 사용자가 직관적으로 확인할 수 있다. 또한 특정 임계치 이상으로 쓰레기가 쌓일 경우 관리자가 즉시 알림을 받을 수 있도록 설계하여 대응 속도를 높였다.

이와 같은 시스템은 불필요한 수거를 줄이고 필요한 시점에만 수거를 진행할 수 있도록 하여 인력과 비용을 절감할 수 있다. 더 나아가 쓰레기통 넘침을 예방함으로써 주변 환경을 개선하고, 위생과 안전을 유지하는 데에도 기여할 수 있다. 또한 장기적으로 데이터를 축적하면 특정 시간대나 장소에서의 쓰레기 발생 패턴을 분석할 수 있어, 향후 지자체의 폐기물 관리 정책 수립에도 활용될 수 있다.

본 연구는 학부 수준에서도 구현이 가능하면서도 실제 적용 가치가 높은 주제라는 점에서 의의가 있다. 단순한 하드웨어 제작에 그치지 않고, 실시간 데이터 수집과 관리, 환경 개선이라는 실질적 효과를 제공할 수 있기 때문이다. 향후 연구에서는 센서의 내구성 개선, 데이터 전송 안정성 강화, 그리고 쓰레기 종류 구분 기능 추가 등을 통해 더욱 지능적인 폐기물 관리 시스템으로 발전시킬 수 있을 것으로 기대된다.

프롬프트 기반 컴퓨터 비전과 IoT 센서를 활용한 밀폐 공간 작업자 안전 시스템

A Worker Safety System for Confined Spaces
Using Prompt-based Computer Vision and IoT Sensors

전성표

박지현

이승준

(인하대학교 컴퓨터공학과 학사) (인하대학교 컴퓨터공학과 학사) (인하대학교 컴퓨터공학과 학사)

[연구 배경]

하수처리장과 같은 밀폐된 작업 공간은 산소 결핍, 유해가스 등의 위험이 상존하며, 작업자의 안전 장비 미착용은 치명적인 사고로 직결될 수 있다. 기존의 안전 관리는 관리자의 수동 점검에 의존하는 경우가 많아, 인적 오류(Human Error)로부터 자유롭지 못한 한계가 있다.

[연구 목적 및 방법]

본 연구는 밀폐 공간 작업자의 안전사고를 선제적으로 예방하기 위해, 컴퓨터 비전과 IoT 센서를 통합한 지능형 안전 관리 시스템을 제안한다. 시스템은 크게 두 부분으로 구성된다.

프롬프트 기반 사전 안전 점검: 작업장 입구에 설치된 카메라가 작업자를 인식한다. 관리자는 "안전모 미착용 시 경고"와 같은 자연어 프롬프트를 시스템에 입력하여 필수 안전 규정을 동적으로 설정한다. 시스템은 이 프롬프트를 학습하여, 작업자가 규정을 위반했을 경우 음성 및 시각적 경보를 통해 출입 전 시정 조치를 유도한다.

2. 실시간 작업 환경 및 생체 모니터링: 작업자는 산소 농도 및 맥박 측정이 가능한 웨어러블 센서(팔찌)를 착용한다. 작업 공간 내부의 산소 농도가 위험 수준 이하로 떨어지거나 작업자의 생체 신호에 이상이 감지되면 즉시 경보가 울린다. 측정된 모든 데이터는 실시간으로 관계 서버에 전송된다. 데이터는 React로 구현된 웹 기반 대시보드에 실시간으로 시각화되며, 모든 기록은 날짜별로 데이터베이스에 저장되어 사고 발생 시 원인 분석 및 향후 위험 예측 모델 개발의 기반으로 활용된다.

[기대 결과]

본 시스템을 통해, 관리자가 프로그래밍 지식 없이도 현장 상황에 맞는 안전 규정을 텍스트 입력만으로 손쉽게 추가 및 변경할 수 있음을 보일 것이다. 또한, 웨어러블 센서와 연동된 실시간 대시보드가 작업자의 위험 상황을 지연 시간 없이 즉각적으로 관계 센터에 전파하여 신속한 초동 대처를 가능하게 함을 검증한다.

[결론 및 의의]

본 연구는 자연어 프롬프트로 제어되는 동적 컴퓨터 비전 기술을 산업 안전 분야에 적용한 새로운 시도이다. 이는 현장마다 다른 안전 규정에 대한 시스템의 유연성과 확장성을 획기적으로 높인다. 또한, 사전 장비 점검과 실시간 환경/생체 모니터링을 결합한 통합 시스템을 구축함으로써, 밀폐 공간의 안전 관리 패러다임을 사후 대응에서 선제적 예방으로 전환하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

자동차 부품 객체 탐지를 위한 RT-DETRv2 기반 모델 최적화 및 XR 기기 경량화 연구

Optimization of RT-DETRv2-based
Automotive Parts Detection Model for XR Deployment

임서현

(인하대학교 컴퓨터공학과 학사)

김소희

(인하대학교 컴퓨터공학과 학사)

구민석

(인하대학교 컴퓨터공학과 학사)

지능형 교통 시스템(ITS) 분야에서 차량 부품의 결함 및 이상 여부를 빠르게 감지하는 기술은 교통 안전과 직결된다. 특히 차량 외관이나 주요 부품의 이상을 조기에 탐지하는 것은 사고를 예방하고 유지보수 비용을 절감하는 데 중요한 역할을 한다. 최근 객체 탐지 모델은 높은 정확도를 보이고 있으나, 연산 복잡도가 커서 모바일 및 XR 기기에서 실시간으로 동작하기 어렵다는 한계가 존재한다. 이러한 제약은 실제 산업 현장에서 XR기기의 활용도를 떨어뜨리는 요인으로 작용한다.

기존의 객체 탐지 연구에서는 주로 YOLO 계열 모델이 널리 사용되어왔다. YOLO는 빠른 속도와 간결한 구조 덕분에 다양한 분야에서 성공적으로 적용되었으나, 세밀한 객체나 복잡한 환경에서는 탐지 성능이 제한적일 수 있다. 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 최신 Transformer 기반 객체 탐지 모델인 RT-DETRv2를 선택하였다. RT-DETRv2는 DETR 계열 모델의 장점을 계승하면서도 연산 효율성을 개선하여, 높은 정확도와 빠른 추론 속도를 동시에 확보할 수 있다는 장점을 가진다. 특히 자동차 부품과 같이 작은 객체나 세밀한 구조를 탐지해야 하는 ITS 응용에서 YOLO보다 우수한 정밀도를 기대할 수 있다는 점에서 차별성을 가진다.

본 연구의 목적은 RT-DETRv2 모델을 자동차 부품 객체 탐지에 적용하고, 학습된 모델을 최적화 하여 XR 기기에서 실시간으로 구동하는 것이다. 이를 위해 모델을 ONNX 포맷으로 변환하여 플랫폼의 독립성을 확보하고, 나아가 TensorFlow Lite(TFLite)의 후처리 양자화(Post-Training Quantization) 기술을 적용하여 모델을 추가적으로 경량화한다. 이 과정을 통해 원본 모델과 최적화된 모델 간의 성능 차이를 분석하고, 향후 ITS 관련 XR 응용 서비스로 확장 가능성을 검증하고자 한다.

연구 방법은 크게 다섯 단계로 구성된다. 첫째, 헤드램프, 타이어, 그릴 등 주요 부품이 포함된 자동차 부품 이미지 데이터셋을 구축하고, 전처리한다. 둘째, RT-DETRv2 모델을 기반으로 객체 탐지 학습을 수행하여 부품 인식 성능을 확보한다. 셋째, 학습된 모델을 ONNX 포맷으로 변환하여 플랫폼 독립성을 보장하고, 다양한 디바이스 환경에서 활용할 수 있는 범용성을 확보한다. 넷째, 원본 모델을 TFLite 포맷으로 변환하여 8비트(INT8) 정수 양자화를 적용함으로써 모델의 크기는 줄이고 연산속도를 가속화한다. 마지막으로, 경량화된 모델을 산업용 XR 기기인 RealWear사의 Navigator 520에 배포하여 실제 구동 환경에서의 추론 속도와 정확성을 측정하고 최적화 효과를 분석한다.

본 연구는 YOLO와 같은 기존 객체 탐지 모델이 가진 한계를 극복하고, 최신 Transformer 기반 구조의 장점을 살려 ITS 분야에 새로운 가능성을 제시한다는 점에서 의의가 있다. 특히 RT-DETRv2를 자동차 부품 탐지에 적용하고, TFLite 양자화와 같은 경량화 기법을 통해 실제 XR기기에서의 실시간 구동을 목표로 한다는 점에서 차별성을 가진다. 본 연구는 향후 XR 기기와 결합한 실시간 정비 지원 시스템, 차량 검사 자동화 시스템, 교육 및 훈련용 시뮬레이션 등 다양한 응용으로 확장될 수 있다.

사사: 본 연구를 지도 및 지원해주신 인하대학교 HCI연구실에 감사드립니다.

자율제어 인공지능 기반 스마트 링거대

Smart ringer based on autonomous AI

장낙원	임준혁	이강륜	이승현	이준영
(한국 해양대학교 전기전자공학과)	(한국 해양대학교 전기전자공학과)	(한국 해양대학교 전기전자공학과)	(한국 해양대학교 전기전자공학과)	(한국 해양대학교 전기전자공학과)

1. 연구 배경 및 필요성

현대 의료 환경에서 환자는 링거 치료 시 이동할 때마다 링거대를 직접 이동시켜야 하며, 이는 고령 환자나 회복 중 환자에게 큰 불편을 초래하고 간호 인력의 부담을 가중시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구는 환자를 자동으로 추적하며 이동을 지원하는 자율제어 인공지능 기반 스마트 링거대를 제안한다. 이는 환자의 이동 편의를 확장하고 간호 인력의 반복적이며 단순한 노동 업무를 경감하여 병원 서비스의 질과 효율성을 동시에 향상시키는 것을 목표로 한다.

2. 연구 목표 및 내용

본 연구의 최종 목표는 환자 추적 자율주행 스마트 링거대 시제품 개발이다.

하드웨어: 트랜스봇 ROS(Robot Operating System) 로봇을 기반 플랫폼으로 사용하고, 엔비디아 Jetson Nano 4GB를 메인 제어 보드로 채택하였다. 링거대 고정을 위해 맞춤형 지지대를 설계·제작할 예정이다.

소프트웨어: Ubuntu 기반 ROS와 OpenCV를 활용하여 환자복에 부착된 색상 마커를 실시간 인식·추적하는 알고리즘을 구현할 예정이다. 카메라 입력 영상을 HSV 색공간으로 변환 후 특정 색상 마커를 이진화하여 검출하고, PID(비례-적분-미분) 제어를 통해 로봇이 환자와 일정 거리를 유지하도록 할 것이다.

제어 방식: ROS를 통해 모터 제어 신호를 송출하고, 환자의 속도·방향에 맞춰 로봇이 부드럽게 추종 주행하도록 설계할 것이다.

3. 연구 방법 및 실험 과정

연구는 다음과 같은 단계로 수행할 예정이다.

- ① 개발 환경 구축 및 장비 세팅
- ② 색상 추적 알고리즘 구현 및 카메라 실험
- ③ ROS 기반 모터 제어 연동
- ④ 거대 프레임 제작 및 통합 테스트

4. 기대 효과

환자 측면: 환자의 자율적 이동 지원, 낙상 및 피로 예방, 회복 속도 향상

의료진 측면: 반복적 업무 경감, 환자 관리·치료에 집중 가능, 의료 서비스 효율성 향상

기술적 측면: 영상 인식, ROS 제어, 전기전자 기술 융합의 실증 사례로서 학문적·산업적 가치 확보

5. 활용 방안 및 확장성

향후에는 병원 환경에 최적화된 장애물 회피, 음성 제어, 실내 내비게이션 기능을 추가하여 환자의 자율적 이동을 확장하여 지원할 수 있다. 또한 IoT 시스템과 연동해 환자의 진료 일정 기반 경로 안내, 응급 호출 연동, 영양원·재활 병원 등 다양한 의료 환경에 적용 가능할 것이다. 본 연구는 고령화 사회에서 심화되는 의료 인력 부족 문제 해결에 기여할 수 있는 스마트 헬스케어 로봇 솔루션으로 발전할 잠재력이 크다.

6. 결론

본 연구에서 개발한 스마트 링거대는 단순 편의성을 넘어 환자 중심 의료 서비스 개선과 의료진 업무 효율화를 동시에 달성할 수 있는 실질적 대안으로서 의미가 크다. 향후 지속적인 개선과 실질적인 활용을 통해 병원 및 요양 시설에 상용화될 수 있을 것으로 기대된다.

스마트시티 환경에서 디지털 취약계층을 위한 차세대 키오스크 접근성 향상 기술 연구

A Study on Next-Generation Kiosk Accessibility Enhancement Technologies for
the Digital Underprivileged in Smart City Environments

최동혁

(국민대학교 전자공학부 학부생)

김지석

(국민대학교 전자공학부 학부생)

차재원

(국민대학교 전자공학부 학부생)

1. 연구의 필요성 및 목적

스마트시티 환경에서 디지털 서비스가 확산됨에 따라, 키오스크 사용에 어려움을 겪는 고령층 등 디지털 취약계층의 정보 격차 문제가 심화되고 있다. 복잡한 인터페이스, 작은 글씨, 어려운 회원 인증 절차는 이들의 서비스 접근의 어려움을 주고 있다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 AI 음성 인식과 얼굴 인식 기술 등을 융합하여 디지털 취약계층의 키오스크 접근성을 획기적으로 향상시키는 차세대 기술을 제안하고 구현하는 것을 목적으로 한다.

2. 주요 기술 및 구현 내용

본 연구에서는 사용 편의성을 극대화한 'AI 키오스크' 안드로이드 애플리케이션을 자체 제작하였으며, 핵심 기술은 다음과 같습니다.

음성 인식 기반 간편 주문: 복잡한 터치 조작을 대신하여 LLM의 하이퍼파라미터를 가져와서 파인튜닝을 통해 AI 점원이 직접받는 형태로 주문을 받을 수 있게 제작하였다. 하지만 이렇게 하면 키오스크의 가격이 늘어남으로 생기는 경쟁력이 떨어지기에 저전력 프로세서를 이용하여 예, 아니요와 같은 간단한 음성 명령으로 주문을 진행할 수 있도록 DNN(심층 신경망) 기반의 음성 인식 모델 또한 구현했습니다. Google 음성 데이터셋과 자체 녹음 데이터를 활용하여 3개 클래스("Yes", "No", "Other")를 분류하도록 학습시켰다.

얼굴 인식 기반 개인화 서비스: 사용자의 얼굴을 자동으로 인식하여 별도의 로그인 절차 없이 "등록된 사용자"로 인증하는 기능을 구현했다. 안드로이드 애플리케이션에 집어넣기 위하여 경량화된 CNN(합성곱 신경망) 모델을 사용했으며, 적은 데이터셋으로도 안정적인 성능을 확보하기 위해 이미지 회전, 이동, 확대/축소 등 데이터 증강 기법을 적용했다.

AI 딥러닝 기술을 이용해서 차세대 키오스크 기술을 개발하고 직접 제작하며 주장의 신빙성을 높이고자함 그렇기에 성능이 좋은 프로세서가 들어있는 보드를 사용한다면 성능을 더 높일수 있고 추후 낮은 성능의 저전력 프로세서에서 돌아갈 수 있게 데이터를 가공하고 학습하는 방식에 대한 연구도 이어갈수 있음

3. 기대 효과 및 스마트시티 활용 방안

본 기술은 음성 제어와 자동 안면 인식을 통해 디지털 기기 사용에 익숙하지 않은 고령자나 장애인 등 디지털 취약계층의 서비스 접근성을 크게 향상시킨다. 사용자의 주문 이력을 바탕으로 개인 맞춤형 서비스를 제공할 수 있으며, 향후 병원, 지하철, 복지시설 등 스마트시티의 다양한 공공 서비스 분야에 확대 적용하여 포용적 기술로서의 가치를 실현할 수 있을 것으로 기대된다. 예를 들면 동사무소 키오스크에서 보안화한 안면인식으로 필요한 서류 출력등을 받을 수 있고, 받을수 있는 복지 혜택을 안내하는 등으로 사용할수 있다. 또한, LLM(거대 언어 모델) 파라미터 기반의 대화형 시스템으로 발전시켜 외국어나 사투리에도 대응하는 고도화된 서비스로 확장할 수 있다. 이는 선행 연구인 본 논문 이후에 연구 예정이다.

BFGS 최적화를 이용한 LiDAR - 카메라 보정 복원

Recovering LiDAR - Camera Calibration via BFGS

조용빈

(국립한국교통대학교 전자공학과 학부생)

박만복

(국립한국교통대학교 전자공학과 교수)

자율주행 시스템과 로봇 비전 분야에서는 카메라와 LiDAR 센서 간의 정확한 캘리브레이션이 고정밀 환경 인식을 위해 필수적이다. 두 센서의 좌표계가 정밀하게 일치하지 않으면, 융합된 정보의 품질이 저하되어 객체 인식, 거리 추정 등 핵심 기능의 신뢰성에 영향을 줄 수 있다. 기존의 캘리브레이션 방식은 수작업 또는 체커보드(Checkerboard)와 같은 패턴을 활용하는 방식이 일반적이며, 이 과정은 전문가의 개입이 필요하고, 센서의 위치 변화나 외부 충격 등에 따라 반복적인 재조정이 요구된다는 실용적인 한계를 지닌다. 따라서 본 연구에서는 별도의 타겟이나 수동 작업 없이도 자동으로 카메라와 LiDAR를 정렬할 수 있는 방법론을 제안하며, 이를 통해 실시간 응용 환경에서도 높은 정확성과 유지보수 효율성을 동시에 확보하고자 한다.

본 논문에서는 카메라와 LiDAR 센서 간의 외부 캘리브레이션 행렬을 자동으로 복원하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 기존 수동 방식은 외부 타겟이나 전문가 개입이 필요하다는 한계가 있으며, 이를 극복하기 위해 LiDAR 포인트를 카메라 이미지에 투영한 후, Ground Truth 투영값과의 Reprojection Error를 최소화하는 최적화 기반 접근을 사용하였다. 입력 데이터로는 KITTI 데이터셋을 활용하였으며, 실제 오차 상황을 모사하기 위해 Ground Truth 행렬에 가우시안 노이즈를 추가한 초기 추정값을 사용하였다.

최적화 알고리즘으로는 BFGS(Broyden - Fletcher - Goldfarb - Shanno)를 적용하였다. BFGS는 목적 함수의 이차 도함수를 직접 계산하지 않고 근사함으로써 계산 효율성과 수렴 속도 면에서 우수한 성능을 보이며, 본 문제처럼 파라미터 수가 비교적 적고 연속적인 손실 함수가 정의된 상황에 적합하다. 본 연구에서는 변환 행렬의 12개 파라미터를 최적화 대상으로 설정하였으며, 최종적으로 복원된 행렬은 정답 행렬과의 수치적 비교 및 이미지 시각화를 통해 정량적·정성적으로 검증되었다. 이를 통해 제안한 자동 캘리브레이션 기법의 정확성과 실용 가능성을 확인하였다.

제안하는 알고리즘의 성능 검증을 위해 KITTI 데이터셋에서 제공하는 LiDAR 포인트 클라우드, 카메라 이미지, Ground Truth 외부 캘리브레이션 행렬을 통해 실험을 수행하였다. 실험 결과, 제안한 알고리즘을 통해 복원된 Tr 행렬은 Ground Truth 행렬과 매우 유사한 값을 나타냈다. 회전 및 병진 요소에서 계산된 절대 오차는 대부분 10^{-3} 이하로 나타났으며, 최대 오차 또한 0.001 수준으로 매우 작았다.

제안한 방법은 다양한 환경에서 반복적인 수동 보정 없이도 안정적인 센서 융합을 가능하게 하며, 자율주행 및 로봇 비전 시스템 등 실시간 응용 분야에서 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후에는 다양한 환경 조건과 센서 설정에서도 적용 가능한 범용성과 실시간성 강화를 통해, 보다 완전한 자동 캘리브레이션 기술로 발전할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(과제명 : 수요응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호 : 20018448). 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 ‘자율주행 기술개발혁신사업’의 지원을 받아 수행된 연구 결과입니다[과제명: Lv4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

해상환경에서의 수평선 탐지 강건함 향상을 위한 Segmentation 기법 제안

Robust Horizon Line Detection in Maritime Environments Using a Segmentation-Based Approach

심건호	송승민	안성현	이신의	성주현
(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부, 해양인공지능융합 전공)

본 연구는 참치어군 탐지 드론에 탑재되는 영상 기반 수평선 탐지 프로그램의 정확도를 향상시키기 위해, 기존의 알고리즘 기반 수평선 검출 방식에서 벗어나 수평선 아래 해역을 Segmentation 기법으로 분리·탐지하는 새로운 방법을 제안한다. 파도, 구름, 윤슬, 해상 부유물 등 다양한 잡음 요소가 존재하는 해상 영상 환경에서는 보다 강건한 탐지 모델이 요구된다. 연구에서는 남해 여수항 앞바다에서 촬영된 대규모 데이터셋(학습 34,938장, 검증 3,722장)을 활용하여 기존 전통적 수평선 검출 알고리즘과 Segmentation 기반 방법을 비교 평가하였다. 실험 결과, Segmentation 방식이 잡음 환경에서 더 우수한 성능을 보였으며, 이는 향후 참치어군 탐지 프로그램의 신뢰성과 정확성을 향상시키는 데 기여할 수 있음을 시사한다.

사사: 본 논문은 ‘2025년도 지역 디지털기업성장지원-지역SW서비스사업화지원사업’과 ‘산업통상자원부의 중견기업-지역 혁신 얼라이언스 사업’의 지원을 받아 수행되었습니다(과제번호 : RS-2024-00424595).

국제 해사법 기반 인공지능 챗봇의 설계 및 구현에 관한 연구

A Study on Design and Implementation of a Maritime Law Conversational Agent Using Artificial Intelligence

김지수	류경탁	백경훈	이서준	성주현
(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부, 해양인공지능융합 전공)

본 연구는 국제 해사법에 관련한 지식을 인공지능에 학습시켜 사용자와의 질의응답을 수행할 수 있는 챗봇 시스템을 설계하고 구현하여 해사 분야의 전문성을 가진 챗봇을 실용화 하는 것을 목표로 한다. 기존의 해사법령에 관련한 정보 검색은 전문 용어의 복잡성과 방대한 법령 데이터로 인해 해기사들로부터 접근성이 떨어지고, 필요한 상황에 맞춰 적용시키기 까지에 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 본 연구에서는 국제 해사기구(IMO) 협약, SOLAS, MARPOL, STCW 등 핵심 국제 해사법 문서를 데이터셋으로 구축하고, 자연어 처리(NLP) 기반 언어모델을 학습시켜 법률 질의응답에 특화된 챗봇을 개발한다. 사용자는 본 챗봇을 통해 복잡한 해사 규정과 법령 내용을 자연어로 질의할 수 있으며, 시스템은 학습된 지식을 바탕으로 정확하고 신속한 답변을 제공한다. 본 연구는 해사 전문 교육, 해기사 실무 지원, 법규 준수 검토 등 다양한 분야에서 활용 가능성을 가지며, 향후 해사법 이외의 해양 관련 지식 분야로의 확장성도 제시한다.

사사: 본 과제(결과물)는 2025년도 교육부 및 부산시의 재원으로 부산RISE혁신원의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(2025-RISE-02-002-036)

도시 규모 디지털 트윈을 위한 건물 외피 구조의 효율적 탐색 방법

An Efficient Method for Building Facade Structure Extraction in City-Scale Digital Twins

김건한

(동아대학교 컴퓨터공학과
학부생)

천세진

(동아대학교 컴퓨터·AI공학부
조교수)

한정규

(동아대학교 컴퓨터·AI공학부
조교수)

본 연구는 부산시 진구의 빛 공해 측정을 위한 디지털 트윈 환경에서 효율적인 건물 외피 인식 기법을 제안한다. 기존 3D 건물 데이터는 다수의 삼각형 면으로 구성되어 동일한 외피를 직접적으로 추출하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 1단계에서는 DFS 기반 인접 탐색을 통해 삼각형 면을 그룹화하고, 2단계에서는 Convex Hull, Random Sample Consensus 기반 Plane Fitting, Normal 기반 Region Growing 기법을 적용하여 건물 외피를 단일 구조로 변환한다. 각 기법은 정확도, 계산 효율성, 견고성 측면에서 비교하였다. 실험 결과, Convex Hull, Random Sample Consensus Plane Fitting은 평면 구조 추출에 강점이 있었으나 반복 계산으로 인해 처리 시간이 길어졌다. 반면 Normal 기반 Region Growing은 $O(n)$ 수준의 효율성을 보이며 복잡한 건물 외피에서도 안정적인 성능을 유지했다. 본 연구의 기여는 대규모 삼각형 데이터 처리의 효율적 파이프라인을 제안하고, 다양한 외피 추출 알고리즘을 비교·분석한다는 점에 있다. 제안된 방법은 향후 빛 공해 분석뿐 아니라 에너지 시뮬레이션, 스마트 시티 등 다양한 디지털 트윈 응용에 활용될 수 있다.

사사: 이 논문은 과학기술정보통신부와 디지털플랫폼정부위원회, 그리고 한국지능정보사회진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(협약번호: 2025-인공지능융합-위02, 2025년도 디지털 트윈 시범구역 조성(도심형))

AI 에이전트 기반 키오스크 서비스: 디지털 취약계층을 위한 접근성 향상 방안

AI Agent-Based Kiosk Service: Improving Accessibility for Digitally Disadvantaged Groups

이소현

(인하대학교

컴퓨터공학과 학부생)

이희선

(인하대학교

컴퓨터공학과 학부생)

정교원

(인하대학교

컴퓨터공학과 학부생)

최근 무인 키오스크의 보급은 식음료 매장, 교통시설, 공공기관 등 다양한 분야로 확산되고 있으며, 이는 인력 절감과 운영 효율성 측면에서 긍정적인 변화를 가져왔다. 그러나 이러한 변화는 동시에 고령층과 디지털 취약계층에게 새로운 사회적 장벽을 만들어내고 있다. 한국보건사회연구원의 조사에 따르면 65세 이상 고령층의 약 70% 이상이 키오스크 사용 과정에서 불편을 겪고 있으며, 75세 이상에서는 그 비율이 더 높게 나타났다. 이는 단순히 학습 기회 부족의 문제가 아니라, 복잡한 UI 구조와 다단계 메뉴 탐색 과정에서 오는 인지적 부담과 조작의 어려움이 주요 원인으로 지적된다.

특히, 디지털 소외 계층의 이러한 불편은 단순한 불편함을 넘어 잘못된 주문, 재발급, 대기 시간 지연으로 이어지고 있으며, 이는 매장 운영 효율성과 사용자 경험 모두에 부정적인 영향을 미친다. 잘못된 주문으로 인한 음식 폐기와 종이 영수증 발급은 자원의 낭비와 환경적 부담을 가중시키는 문제로도 이어진다. 결국 키오스크는 사회 전반적으로 보급되었음에도 불구하고, 여전히 포용성과 접근성의 한계를 가진 채 운영되고 있는 것이다.

본 연구는 이러한 문제의식에서 출발하여, 키오스크 접근성 향상을 위해 AI 에이전트 기반 음성 안내 시스템을 도입하고자 한다. 기존 키오스크가 시각적·물리적 조작에 집중되어 있었다면, 제안하는 시스템은 대화형 인터페이스를 통해 사용자가 음성으로 자연스럽게 주문을 수행할 수 있도록 지원한다. 이 방식은 특히 고령층이나 디지털 기기 활용이 익숙하지 않은 계층에게 심리적 장벽을 낮추고 직관적인 상호작용 경험을 제공한다는 점에서 차별적이다.

기대효과는 크게 세 가지로 정리할 수 있다.

첫째, 사회적 포용성 강화이다. 시니어와 디지털 취약계층이 키오스크를 원활히 활용함으로써 서비스 접근권이 보장되고, 이는 디지털 격차 완화로 이어질 수 있다.

둘째, 운영상의 효율성 향상이다. AI 안내를 통한 주문 확인 절차는 잘못된 주문을 예방하고 불필요한 인력 소모를 줄여, 매장 운영의 전반적인 효율을 높인다.

셋째, 환경적 지속가능성 확보이다. 전자 영수증 발급을 중심으로 불필요한 종이 사용을 줄이고, 잘못된 주문으로 인한 불필요한 재료 낭비를 감소시킴으로써 탄소중립 실현에도 기여한다.

결론적으로, 본 연구는 디지털 소외 계층이 겪는 실질적 문제를 해결함과 동시에 운영 효율성과 환경적 지속가능성까지 아우르는 새로운 키오스크 서비스 모델을 제안한다. 이는 향후 사회 전반의 포용적 디지털 서비스 발전에 기여할 수 있는 중요한 시사점을 제공한다.

근거 출처: 오인애, “[위클리] ‘뭐라고 써있는지도 모르겠어’… 늘어나는 키오스크, 소외되는 노인들”, 법조신문, <https://news.koreanbar.or.kr/news/articleView.html?idxno=32941> (2025.09.30. 확인).

송진식, “‘키오스크’라는 차별과 배제, 당신은 괜찮나요”, 경향신문, <https://www.khan.co.kr/article/202304170830001> (2025.09.30. 확인).

사사: 본 연구는 2025년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음 (2022-0-01057)

OCR 기반 차량 번호판 인식에서의 전처리·후처리 최적화 방법

Optimization of Pre-processing and Post-processing Methods for OCR-based Vehicle License Plate Recognition

김수운	김륜영	천영기	이승민	서인범	김현석	백승현
(동아대학교 컴퓨터· AI공학부 컴퓨터공학 전공 학부생)	(동아대학교 컴퓨터· AI공학부 컴퓨터공학 전공 학부생)	(동아대학교 컴퓨터· AI공학부 컴퓨터공학 전공 학부생)	(동아대학교 컴퓨터· AI공학부 컴퓨터공학 전공 학부생)	(동아대학교 컴퓨터· AI공학부 컴퓨터공학 전공 학부생)	(동아대학교 컴퓨터· AI공학부 조교수)	(사하구청, 기획실, 주무관)

본 논문은 다양한 촬영 환경에서 OCR 기반 차량 번호판 인식률을 높이기 위한 전처리 및 후처리 최적화 기법을 제안합니다. 제안된 파이프라인은 먼저 YOLO 모델로 번호판 영역을 검출합니다. 이후 투시 보정, 이진화, 대비 보정 등의 전처리 과정을 거쳐 이미지 왜곡을 최소화합니다. 후처리 단계에서는 정규식 기반 형식 검증, 한글-숫자 유사 문자 매핑 및 치환, 다중 OCR 결과 융합 등을 적용하여 최종 인식 정확도를 높입니다. 실험 결과, 제안된 기법들은 추가 모델 학습 없이도 인식 정확도와 안정성을 효과적으로 향상시킬 수 있음을 확인했습니다.

서론 및 관련 연구

차량 번호판 인식은 교통 관리 등 여러 분야에서 중요합니다. 고정 카메라 환경에서는 높은 인식률을 보이지만, 일반인이 촬영한 사진은 촬영 거리, 각도, 조도 등 다양한 변수로 인해 기존 OCR 모델의 정확도가 크게 떨어집니다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 모델 재학습 없이 기존 오픈소스 OCR 시스템의 성능을 개선하는 실용적인 방법을 제안합니다. 관련 연구로는 딥러닝 기반 OCR, YOLO+OCR 파이프라인 등이 있으나, 특정 환경에서의 정확도 저하라는 한계가 존재합니다.

제안 방법

제안하는 방법은 크게 전처리 및 후처리 단계로 나뉩니다.

전처리: YOLO를 활용해 번호판 영역을 정확하게 검출한 후, 이미지 이진화, 대비 및 왜곡 보정을 통해 OCR 모델이 인식하기 좋은 형태로 이미지를 가공합니다.

후처리: 인식된 문자열의 신뢰도를 높이기 위해 유사 문자 치환(예: 4↔나), 정규식 기반 번호판 형식 검증, 그리고 다중 OCR 결과 융합 등을 적용하여 최종 결과를 선정합니다.

결론

본 연구를 통해 전처리 및 후처리 최적화가 다양한 촬영 환경에서 차량 번호판 인식률을 향상시키는 데 효과적임을 확인했습니다. 향후 연구로는 실제 데이터셋 적용 및 딥러닝 기반 전처리 강화 방안을 모색할 것입니다.

사사: 이 논문은 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 결과임(No.2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교))

부산시 고령층의 디지털 격차 완화를 위한 공공 와이파이 최적 입지 도출

Optimal Public Wi-Fi Siting to Reduce the Digital Divide among Older Adults in Busan

윤인주	김민승	이동영	김한아	이보연	배범준
(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 학부생)	(부산대학교 도시공학과 조교수)

디지털 전환이 가속화되면서 고령층의 정보 접근 격차는 심화되고 있다. 『지능정보화 기본법』과 『부산광역시 공공 와이파이 제공 및 이용활성화에 관한 조례』는 정보격차 해소를 국가와 지자체의 책무로 명시하지만, 현재 부산시의 공공 와이파이 구축은 관광지 중심에 머물러 있어 취약계층을 고려한 전략이 부족한 실정이다. 부산은 특별·광역시 최초로 초고령사회에 진입했으며 2025년 현재 전체 인구의 약 25%가 65세 이상이다. 고령층은 4대 디지털 취약계층 중에서도 디지털 정보화 수준이 가장 낮고 무선인터넷 요금 부담도 높아, 공공 와이파이 확충은 고령층의 삶의 질과 사회 참여 확대를 위한 필수 과제가 된다. 본 연구는 부산시 고령층을 연구대상으로 설정하였으며, 고령층의 실제 생활 데이터를 활용하여 수요와 접근성을 고려한 공공 와이파이 최적 입지를 제시하고자 했다.

연구는 네 단계로 진행되었다. 첫째, SKT 생활인구와 공공데이터를 활용하여 고령층 방문·거주 특성을 반영한 1차 필터링을 수행했다. 방문인구는 Z-score ≥ 0.7 을 적용하고, 거주인구는 기초생활수급자 수와 결합하여 요금 부담이 있는 취약가구 수요를 반영하였고, 두 인구 데이터의 교집합인 패법동, 학장동, 연산4동, 기장읍을 분석 대상으로 선정했다. 둘째, 각 행정동을 50m 격자로 세분화하여 Local Moran's I 기법으로 공간 자기상관을 측정하고, 공공 와이파이 서비스 반경 특성을 고려해 수요가 높다고 판단되는 HH(High-High) 클러스터 유형의 구간을 도출했다.

셋째, 고령층의 수요에 영향을 미치는 공공 와이파이의 입지 요인을 접근성(거리)과 집적성(반경 내 개수)으로 구분하고 XGBoost 회귀 분석으로 기여도를 분석했다. 입지 요인은 버스정류장, 지하철역, 시장, 복지관, 병원, 공원이며, 이는 선행연구를 바탕으로 설정하였다. 분석 결과, 반경 300m 내 시장이 집적될 때 고령층의 수요가 가장 높았고, 지하철 접근성과 공원 인접성도 중요한 요인으로 나타났다. 넷째, 머신러닝 예측 수요를 기반으로 그리디 알고리즘을 적용하여 서비스 반경(50m)과 후보 간 최소 거리(100m)를 고려한 각 행정동의 설치 후보지 우선순위를 도출했다.

분석 결과, 각 행정동에서 도출된 후보지들 중 상위 2곳을 최적 설치 후보지로 선정하였다. 패법동은 이마트 앞과 서부산센텀병원 인근, 학장동은 학장삼성2차 아파트와 삼성송립맨션 부근, 연산4동은 연산역 사거리와 아이사랑병원 앞, 기장읍은 비둘기공원 입구와 우정공원 앞 상가 일대가 선정되었다. 이 지역들은 상업·의료시설 및 공원과 가까워 고령층 활동과 밀접한 연관성을 보였으며, 실제 설치는 가로등·CCTV·정류장 캐노피·건물 외벽 등을 활용할 수 있다.

본 연구의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 고령층의 생활권과 공간적 입지 요인을 결합한 분석을 통해 디지털 정보격차 완화를 실질적으로 도모할 수 있는 방안을 제시하였다. 이는 단순한 서비스 확대가 아닌, 수요 기반의 공간 전략을 통해 취약계층의 정보 접근성을 높이는 데 기여한다는 점에서 의미가 있다. 둘째, 정량적 분석과 머신러닝 기반 입지 평가를 통해 부산시가 향후 공공 와이파이 사업을 추진할 때 경제적·효율적 근거 자료로 활용할 수 있는 정책적 기반을 마련하였다. 특히 예산 편성, 우선순위 결정, 설치 전략 수립 등에 있어 객관적인 의사결정 자료로 기능할 수 있다.

결론적으로 본 연구는 고령층 생활 패턴과 공간적 요인을 종합 분석하여 공공 와이파이 설치 우선순위를 제시하였으며, 이는 정보격차 완화와 도시의 디지털 포용성을 강화하는 실질적 정책 전략이 될 수 있다. 향후 이러한 분석이 스마트 도시 정책과 연계된다면 공공 와이파이의 단순한 네트워크를 넘어 도시 복지와 삶의 질 향상을 위한 핵심 기반으로 기능할 것이다

사사: 본 연구는 부산광역시 빅데이터혁신센터의 데이터 지원을 받아 수행되었으며, 부산대학교 배범준 교수님의 지도와 조언을 바탕으로 수행되었습니다.

Swin Transformer 기반 CBAM 모듈과 반복적 특징 정제 기법을 통한 위장 객체 검출 성능 향상

Enhancing Camouflaged Object Detection with CBAM Modules and Iterative Feature Refinement on Swin Transformer

이재웅

(동아대학교 컴퓨터공학과 학부생)

서정일

(동아대학교 컴퓨터공학과 교수)

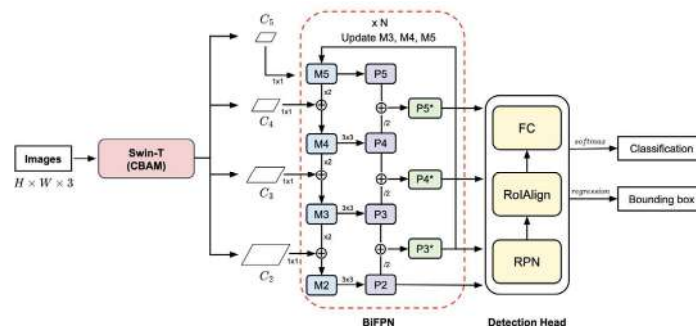
본 연구는 객체와 배경 간 시각적으로 유사한 위장 객체 탐지(Camouflaged Object Detection, COD) 환경에서 기존 모델이 보여주는 낮은 탐지 성능 문제를 완화하고자 한다. 이를 위해 feature-level에서의 정제와 Swin Transformer 블록 내부에 CBAM(Convolutional Block Attention Module)을 삽입하여, feature map에서 유의미한 정보를 강조하고 불필요한 배경 정보를 억제함으로써 탐지에 필요한 정보를 최대한 보존한다.

모델의 백본으로는 Swin-T(Swin Transformer Tiny)를 사용한다. Swin-T는 윈도우 기반 self-attention과 계층적 구조를 통해 지역적, 전역적 문맥을 균형 있게 학습할 수 있으며, 동일한 크기의 ViT(Vision Transformer)와 비교했을 때 유사한 성능을 유지하면서 파라미터 수가 크게 줄어 연산 효율이 높고, 다양한 모듈을 결합한 반복적 실험에도 부담이 적어 백본으로 선택하였다.

Swin-T의 각 블록마다 CBAM모듈을 적용하되 CA(Channel Attention)과 SA(Spatial Attention) 블록을 교차 삽입하였다. 이는 채널 차원과 공간 차원 각각에서 중요한 정보를 번갈아 강조해, 한쪽 차원에 치우치지 않고 더 다양한 특징을 학습하기 위함이다. 이를 통해 feature map에서 의미 있는 특징은 더 선명해지고 불필요한 배경은 억제되어 탐지 성능 향상에 기여한다.

Neck 단계에서는 BiFPN(Bidirectional Feature Pyramid Network) 구조를 적용한다. BiFPN은 기존 FPN의 단방향(top-down) 경로를 확장해 top-down과 bottom-up 경로를 반복적으로 연결하며, 각 특징 통합 지점에서 단순 평균 대신 learnable한 가중치를 적용하여 스케일별 중요도를 학습한다. 이렇게 함으로써 저수준 특징의 세부 정보와 고수준 특징의 세부 정보를 양방향으로 교환할 수 있고, 스케일 간 상호 보완성을 극대화할 수 있다. 반복 융합을 통해 최종적으로 각 해상도가 feature map이 보다 풍부한 정보를 가지고 되며, 다양한 크기의 은폐 객체 탐지 성능이 개선된다.

결론적으로 본 연구는 COD 탐지 문제에서 feature-level 정제와 CBAM 기반 특징 강조가 탐지 성능을 개선하는 효과적인 전략임을 실험적으로 입증하였다. 향후 연구에서는 보다 경량화된 서브 디코더 설계와 새로운 반복 정제 알고리즘들을 탐색하여 탐지 정확도를 한층 더 개선하고, 다양한 도메인에서의 성능 일반화 가능성을 검증할 계획이다.



이 논문은 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 결과임 (No.2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교))

AI 기반 게임화 탄소중립 챌린지 애플리케이션 개발

Development of an AI-Based Gamified Application for Carbon Neutrality Challenges

김영민	김형주	한준희	박재현	권장우
(인하대학교 컴퓨터공학과 학부생)	(인하대학교 컴퓨터공학과 학부생)	(인하대학교 컴퓨터공학과 학부생)	(인하대학교 컴퓨터공학과 학부생)	(인하대학교, 컴퓨터공학과 정교수)

최근 기후변화에 따른 환경 문제의 심각성이 대두되면서, 탄소중립 실천을 생활화하기 위한 다양한 방법이 제안되고 있다. 그러나 기존의 탄소중립 관련 애플리케이션들은 단순한 정보 제공이나 체크리스트 수준에 머무르는 경우가 많아 사용자 참여율과 지속성이 낮다는 한계가 있다. 본 연구에서는 Gamification 기법과 AI를 결합하여, 사용자 참여 동기를 강화하고 공동체적 실천 문화를 조성할 수 있는 AI 기반 탄소중립 챌린지 애플리케이션을 제안한다. 본 시스템에서 사용자는 회원 가입 시 생활 습관 관련 설문을 작성하며, 이에 따라 초기 레벨이 부여된다. 이후 인공지능은 사용자의 레벨 및 환경 행동 패턴에 적합한 일일 퀘스트를 추천한다. 퀘스트는 ‘대중교통 이용하기’, ‘텀블러 사용하기’, ‘분리수거 인증하기’ 등의 형태로 제공된다. 사용자는 퀘스트 수행 결과를 사진 인증 또는 커뮤니티 기반 검증을 통해 확인받을 수 있으며, 인증이 완료되면 경험치를 획득하여 레벨업이 가능하다. 이러한 과정은 게임의 진행 방식과 유사하여 사용자에게 성취감과 지속적인 참여 의지를 부여한다. 본 연구는 향후 아동, 청소년을 중심으로 시범 운영을 계획하고 있으며, 학교 교육 및 가정 환경에서의 적용을 통해 참여율, 퀘스트 달성률, 학습 효과를 분석할 예정이다. 제안하는 시스템은 저연령층의 생활 습관 속에서 탄소중립 실천을 자연스럽게 내재화하고, 장기적으로 지속가능한 행동 변화를 유도하는데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract

With the growing severity of climate-change-driven environmental issues, various methods have been proposed to embed carbon-neutral practices into everyday life. However, many existing carbon-neutrality applications are limited to simple information delivery or checklist functions, resulting in low user engagement and poor long-term retention. This study proposes an AI-powered, gamification-driven carbon-neutral challenge application designed to enhance user motivation and foster a culture of collective action. Upon registration, users complete a lifestyle survey on the basis of which an initial level is assigned. The AI system then recommends daily quests tailored to each user's level and behavioral patterns—for example, “use public transportation,” “use a reusable tumbler,” and “verify recycling.” Quest completion is validated via photo verification or community-based review; once verified, users earn experience points and can level up. This game-like mechanism provides a sense of achievement and promotes sustained participation. Future work will involve pilot deployments with children and adolescents in school and home settings to analyze participation rates, quest completion rates, and learning outcomes. The proposed system is expected to help younger users internalize carbon-neutral practices in daily routines and, over time, contribute to durable, sustainable behavior change.

사사: “본 연구는 2025년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2022-0-01057)

“This research was supported by the MSIT(Ministry of Science, ICT), Korea, under the National Program for Excellence in SW), supervised by the IITP(Institute of Information & communications Technology Planing & Evaluation) in 2025”(2022-0-01057)

Semantic Segmentation 활용 및 인파밀집도 추정결과의 정확성 향상을 위한 보정방법론 연구

A Study on the Correction Methodology for the Use of Semantic Segmentation and the Improvement of Accuracy of Crowd Density Estimation Results

이지원

(서울시립대 교통공학과 학사과정)

김도경

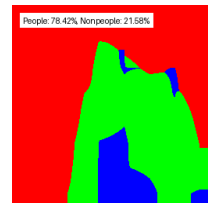
(서울시립대학교 교통공학과 교수)

서론

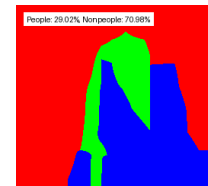
2022년 이태원 참사 이후 인파 밀집에 대한 사회적 우려가 증가함에 따라 도시철도 역사 내 대기공간의 안전관리 중요성 역시 부각되고 있다. 서울 1~8호선 도시철도 평균 일일 이용객 수는 약 660만명으로 인파 밀집은 단순한 불편을 넘어 심각한 안전 문제로 주목받고 있다. 기존 인파 분석은 주로 YOLO 등 객체 감지 방식을 사용했으나, 사람의 머리 등 일부 신체만 보이거나 중첩되는 상황에서는 학습된 객체 형태를 정확히 반영하기 어렵다는 한계가 있다. 따라서 본 연구에서는 기존 방식의 한계를 극복하고자 Semantic Segmentation 기반 점유율 분석 기법을 적용하여, 이미지 내 픽셀을 카테고리별로 분류하고 동일 객체를 동일 라벨로 마킹함으로써 정밀한 군중 밀집도 산출을 목표로 한다.

2. 연구 방법론

본 연구에서는 U-ASD(Unscented Adaptive Scale Decomposition) 방법과 PACNN(Perspective-Aware Convolutional Neural Network) 기법을 적용하여 Semantic Segmentation 및 보정방법론을 구현하고자 하였다. U-ASD는 시점 왜곡으로 인해 동일 객체의 이미지상 크기가 달라지는 문제를 해결하기 위해 멀티 스케일 분기를 구성하고 최적 스케일 조합을 자동 학습해 밀도맵에 반영한다. 이 방식은 다양한 위치·각도에서 높은 정확도를 유지하며, 불확실한 상황에서도 스스로 적합한 스케일을 선택해 학습할 수 있다..

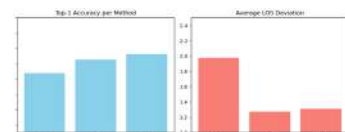


PACNN 방식이란, 시점맵을 통하여 군중밀도를 추정하는 모델로 CNN에서 개선된 방식 중 하나이다. CNN 방식이 가까운 사람과 멀리 있는 사람을 동일한 receptive field로 처리하는 것과 달리 PACNN은 시점 맵으로 위치별 receptive field를 달리함으로써 사람 크기를 보정하고 적합한 가중치를 선택하여 밀도를 예측한다. 해당 방식은 위치별 정밀한 혼잡도 분석이 가능하고 인파가 밀집되는 출입구 근처의 영역 등 시점 왜곡이 큰 영역에서도 정밀하고 안정적인 혼잡도 분석이 가능하다.



3. 연구결과 및 결론

U-ASD와 PACNN 기법의 효과를 검증하기 위해 동대문역사문화공원역 하선 2-4 플랫폼의 오전·오후 첨두 각각 36,000장의 이미지를 대상으로 도시철도 역사 내 인파 밀집도 판단 기준인 LOS(Level of Service)를 산정하고, YOLO 기반 산출값 및 약 200장의 표본 참값과 비교하였다. 그 결과 두 기법 모두 YOLO보다 참값에 더 근접한 정확도와 낮은 오류율을 나타냈다. 오른쪽 이미지는 YOLO, PACNN, U-ASD의 결과를 참값과 비교한 것으로, 왼쪽 그래프는 정확도, 오른쪽 그래프는 오류율을 보여준다.



본 연구는 도시철도 인파 밀집도 분석에서 객체 수 계수 대신 공간 점유율 기반 계산을 제시함으로써, 복잡한 군중 환경에서도 신뢰도 높은 혼잡도 예측 방법을 제안하였다. 다만 연구가 단일 지점(동대문역사문화공원역) 중심으로 진행된 만큼, 다양한 장소와 시점·각도를 포함한 추가 학습이 필요하다. 향후 이를 확장 적용할 경우 실시간 군중 밀집 해소, 보행 안전 확보, 압사 사고 예방 등 실효성 높은 적용 및 실질적 효과를 기대할 수 있다.

양자컴퓨터 시대를 대비한 차량 보안 유스케이스별 양자내성암호 적용 전략

Post-Quantum Cryptography Deployment Strategies for Automotive Security Use Cases in the Quantum Computing Era

전다을 (순천향대학교 학사과정) 윤준식 (순천향대학교 학사과정) 권태영 (순천향대학교 학사과정) 이유식 (순천향대학교 교수)

오늘날 차량은 수십 개 이상의 ECU (Electronic Control Unit)가 유기적으로 연결되고, 외부와 실시간으로 데이터를 주고받는 복합적인 시스템으로 진화하고 있다. OTA (Over-The-Air) 업데이트, V2X (Vehicle-to-Everything) 통신, 원격 진단, 클라우드 연동 등 다양한 기능이 도입되면서, 차량은 하드웨어 중심 구조를 넘어 소프트웨어 정의 차량 (Software-Defined Vehicle, SDV) 시대로 접어들었다.

이처럼 소프트웨어가 차량의 핵심 역할을 담당하게 되면서 전장 부품과 외부 통신 기능이 확대되었고, 이에 따라 시스템 간 상호작용과 외부 인터페이스가 급격히 늘어나 보안 위협 또한 증가하였다. 특히 차량 환경에서는 하나의 취약점이 생명과 안전에 치명적인 영향을 미칠 수 있기 때문에, 차량의 안정적 운행과 신뢰성 확보를 위해 보안은 필수적으로 고려되어야 한다. 이런 이유로 차량에는 보안 부팅(Secure Boot), 인증(Authentication), 통신 암호화(TLS) 등 다양한 보안 메커니즘이 적용되고 있으며, 이러한 메커니즘은 암호 기술을 기반으로 설계되었다. 그러나 양자컴퓨터는 현재 사용되고 있는 암호체계를 무력화시킬 수 있는 연산 능력을 지니고 있으며, 양자컴퓨터가 상용화될 경우, 기존 보안 메커니즘은 더 이상 안전성을 보장하기 어렵다. 따라서 향후 양자 환경을 대비하기 위해서는 현재의 암호체계를 양자내성암호 (Post-Quantum Cryptography, PQC)로 전환하는 것이 필수적이다. 그러나, PQC의 각 알고리즘은 성능, 키 크기, 구현 효율성 등에서 서로 다른 특성을 지니고 있어, 적용 가능한 영역과 방식 또한 다양하다. 이에 따라, 차량에 PQC를 도입하기 위해서는 각 보안 유스케이스를 체계적으로 분석하고, 이에 가장 적합한 알고리즘을 매핑하는 과정이 필요하다.

본 연구는 이러한 관점에서 차량 내 주요 보안 유스케이스를 종합적으로 검토하고, 각 유스케이스에 부합하는 PQC 알고리즘을 제안함으로써, 향후 차량에 적합한 PQC 알고리즘의 적용 방안을 제시하고자 한다.

<표 1>은 기존 암호화 알고리즘과 대표적인 PQC 알고리즘의 주요 특성을 비교한다. 표에서 보듯 PQC 알고리즘들은 각기 다른 성능 및 자원 요구량 간의 절충 관계(trade-off)를 지닌다. 즉, 모든 환경에 최적인 단일 알고리즘은 없다. 따라서, 본 연구는 각 차량 보안 메커니즘의 고유한 요구사항을 분석하고 이에 가장 적합한 PQC 알고리즘 적용 전략을 제시하고자 한다. 표에서 제시된 수치는 NIST 보안 강도(Level 1~5)나 구현 환경에 따라 달라질 수 있다. 다만, 공개키와 서명 크기는 NIST 공식 스펙에 정의된 정적 파라미터 기반 값으로, 입력 메시지 길이와 관계없이 고정된다.

<표 1> 기존 암호화 알고리즘과 PQC 알고리즘 비교 예시

구분	기존 암호화 알고리즘		PQC 알고리즘			
	RSA-2048 (RSASSA-PSS)	ECDSA (P-256)	Kyber-512	Dilithium-2	Falcon-512	SPHINCS+ (SHAKE-256f)
공개키 크기	256 B	64 B	800 B	1,312 B	897 B	64 B
개인키 크기	256 B	32 B	1,632 B	-	-	-
서명 크기	256 B	64 B	768 B	2,420 B	666 B	49,856 B
연산 속도	느림	빠름	매우 빠름	보통	느린 서명, 빠른 검증	느림 (매우 큰 서명)
수학적 문제 유형	소인수 분해	타원곡선 이산대수	격자 기반	격자 기반	격자 기반	해시 함수 기반

※ 위 표에서 '속도'는 임베디드 시스템 기준으로 CPU 사이클 수를 사용한 측정 속도이다.

현대 기술은 예상보다 빠른 속도로 고도화되는 중이며, 양자컴퓨터의 상용화 또한 정책적·산업적 대비와 함께 가시권에 들어섰다. 따라서, 본 연구는 차량 보안의 각 유스케이스에서 현재 사용 중인 암호를 PQC로 대체하기 위한 구체적인 매핑과 PQC 알고리즘별 적합성(성능, 키 및 서명 크기, 구현 제약 등)에 대한 근거를 중심으로 한 평가를 제시함으로써, 이를 차량 보안에 적용하여 양자 시대에도 유효한 보안 체계로의 전환을 뒷받침하고 향후 연구 및 산업 적용의 기초 자료로 기능할 것으로 기대된다. 기존 연구가 단순 알고리즘 비교 수준에 그쳤다면, 본 연구는 차량 보안 메커니즘 관점에서 PQC 적용 유스케이스를 구체적으로 제시하고 각 메커니즘에 적합한 체계적인 매핑 전략을 제안한다.

In-Body 데이터를 활용한 개인 맞춤형 식단 추천 시스템

Personalized Exercise · Meal Recommendation System Using In-Body Data

권순제	최민재	홍찬영	조현민	전태인
(국립한국해양대학교 전기전자공학과 학부생)	(국립한국해양대학교 전기전자공학과 학부생)	(국립한국해양대학교 전기전자공학과 학부생)	(국립한국해양대학교 전기전자공학과 학부생)	(국립한국해양대학교 전기전자공학과 정교수)

본 연구에서는 인바디(In-Body) 기반 체성분 데이터를 활용하여 개인 맞춤형 식단을 자동으로 추천하는 시스템을 제안한다. 현대 사회에서 비만율은 지속적으로 증가하고 있으며, 이에 따른 대사성 질환 및 심혈관계 질환의 발병 위험도 함께 높아지고 있다. 이러한 사회적 배경 속에서 체계적인 영양 관리와 생활 습관 개선의 중요성이 강조되고 있으며, 이를 지원하기 위한 다양한 디지털 헬스케어 애플리케이션이 상용화되고 있다. 그러나 기존 애플리케이션의 다수는 사용자의 자가 보고(self-report)에 의존하거나 단순 칼로리 계산에 기반한 일률적 가이드를 제공하는 수준에 머무르고 있어, 개인별 체성분 변화에 대응하는 정밀한 맞춤형 피드백을 제공하기 어렵다는 한계를 가진다. 특히 근육량, 체지방률, 기초대사량과 같은 세부적인 생체 지표는 식단 설계의 핵심 요인이지만, 현재의 상용 시스템에서는 효과적으로 반영되지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 인바디 측정을 통해 획득한 정밀 체성분 데이터를 실시간으로 반영하여, 사용자의 신체 상태와 생활 조건을 고려한 맞춤형 영양 관리 시스템을 구현하고자 한다.

제안하는 시스템은 크게 네 가지 모듈로 구성된다. 첫째, 데이터 수집 및 관리 모듈은 다양한 음식 이름, 조리법, 재료별 영양 성분 정보를 웹 크롤링을 통해 자동 수집한다. 수집된 데이터는 정규화 과정을 거쳐 데이터베이스(DB)에 저장되며, 확장성과 효율적 검색을 고려하여 엑셀 기반 또는 텍스트 기반의 다층적 구조로 관리된다. 둘째, 인바디 연동 모듈은 사용자의 인바디 측정 결과를 입력으로 받아 체성분 데이터를 반영한다. 인바디 측정값이 없는 경우 성별, 연령, 신장, 체중, 골격근량, 체지방률 등 기본 정보를 입력받아 근사치를 추정할 수 있으며, 상용 API가 활용 가능한 경우 이를 우선 적용한다. 만약 API 사용이 제한적일 경우, 유사한 기능을 수행할 수 있는 대체 알고리즘을 자체적으로 설계하여 적용한다. 셋째, 영양소 계산 알고리즘 모듈은 기초대사량과 활동 수준을 고려하여 개인별 일일 권장 칼로리 및 탄수화물, 단백질, 지방의 적정 비율을 산출한다. 이를 통해 사용자의 신체적 특성과 생활 패턴에 적합한 영양학적 기준치를 제공하며, 식단 추천의 기반으로 활용한다. 넷째, 식단 추천 알고리즘 모듈은 산출된 영양 기준에 따라 하루 세 끼 식단을 자동 구성한다. 본 알고리즘은 최근 추천된 메뉴와 유사한 음식의 반복을 방지하기 위해 중복 검사 기능을 포함하며, 사용자의 알레르기 정보, 운동량, 식사 여건, 가격대와 같은 외부 요인을 반영하여 보다 정밀한 개인 맞춤형 식단을 제시한다.

본 연구가 가지는 의의는 기존의 단순 기록 및 칼로리 기반 관리 시스템과 달리, 체성분 데이터 기반의 실시간 맞춤형 식단 추천을 가능하게 하였다는 점이다. 이는 사용자가 자신의 신체 상태 변화에 능동적으로 대응할 수 있도록 지원하며, 건강 관리의 효율성과 지속 가능성을 높인다. 또한 시스템에 축적되는 데이터를 활용하여 개인별 건강 패턴을 장기적으로 분석할 수 있으며, 이를 기반으로 한 맞춤형 헬스케어 서비스 확장에도 기여할 수 있다. 나아가 본 연구에서 제안하는 시스템은 대규모 사용자 데이터를 통해 알고리즘을 고도화할 수 있는 확장성을 갖추고 있어, 향후 인공지능 기반 예측 모델과 결합될 경우 개인 건강 관리의 정밀화와 자동화를 실현할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 본 연구는 디지털 헬스케어 및 영양 관리 분야에서 사용자 중심의 데이터 기반 맞춤형 서비스를 구현하는 하나의 유효한 접근 방안을 제시한다.

Parameter-Efficient Fine-Tuning 기반 경량 한국어 주소 교정 기법 연구

A Study on Lightweight Korean Address Correction Methods based on PEFT

정지민	정연비	김수아	김유환	김원열
(조선대학교	(조선대학교	(조선대학교	(조선대학교	(조선대학교
AI소프트웨어학부	정보통신공학과	인공지능공학과	AI소프트웨어학부	AI소프트웨어학부
(인공지능공학전공)	석사과정)	석사과정)	(컴퓨터공학전공)	(인공지능공학전공)
학부생)			학부생)	조교수)

전자상거래 및 물류 분야에서 주소 입력 오류는 배송 지연, 반송, 그리고 추가 비용을 유발하는 주요 요인으로 지적되어 왔다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 최근 대형 언어모델(Large Language Model, LLM)을 활용한 주소 교정 연구가 활발히 이루어지고 있다. 실제 응용 환경에서 LLM 활용은 외부 API 호출 방식과 Local LLM 직접 구축 방식으로 구분된다. 외부 API 호출 방식은 도입이 간편하지만, 높은 호출 비용과 데이터 프라이버시 침해 우려가 따른다. 반면, Local LLM 직접 구축 방식은 프라이버시를 보장할 수 있으나 고성능 GPU 자원을 필요로 하므로 하드웨어적 한계가 존재한다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하기 위하여 소규모 언어모델(small LLM, sLLM)을 기반으로 한 경량화 주소 교정 모델을 제안한다. 제안하는 모델은 Sentence-BERT 기반 벡터 검색으로 상위 15개의 후보 주소를 추출한 후, 한국어 Instruction 처리를 강화시킨 오픈소스 모델 LLama-3-Korean-Blossom-8B를 이용하여 후보군을 재순위화한다. 이때, LLama-3-Korean-Blossom-8B는 파라미터 효율적 미세조정(Parameter-Efficient Fine-Tuning, PEFT) 기법인 QLoRA(Quantized Low-Rank Adaptation)를 적용하여 미세조정해 사용한다. QLoRA는 4-bit 양자화를 통해 전체 가중치 대신 저랭크 어댑터만 학습함으로써, 학습 파라미터 수와 메모리 사용량을 크게 절감한다. 이로써 범용 하드웨어 환경에서도 효율적인 미세조정을 가능하게 한다.

실험은 표준 도로명주소와 오타-정답 쌍 데이터셋을 직접 구축하여 학습하고, QLoRA를 적용하여 학습한 모델을 이용해 오류 주소에 대해 교정 작업을 수행하였다. 실험 결과, 제안하는 모델은 2천 건 이상의 오류 주소 데이터 환경에서도 94%의 정확도를 달성하였다. 또한 학습 파라미터 수를 감소시키면서도 높은 정확도를 유지하여, 제안 기법의 실증적 유효성을 입증하였다.

사사: 본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21HCLP-C162922-01).

재질 분류를 위한 MIMO Radar를 이용한 머신러닝 방법에 대한 연구

Machine Learning Methods for Material Classification Using MIMO Radar Sensor

김희산

(국립한국해양대학교 학부생)

서홍일

(국립한국해양대학교 박사과정)

서동환

(국립한국해양대학교 교수)

본 논문은 재질의 반사된 신호에 기반한 머신러닝 방법을 사용한 재질 분류 프레임워크를 제안한다. 기존 mmWave 레이더를 이용한 표면 재질분류에 관한 연구들은 레이더 신호의 세기를 기반으로 재질분류를 수행한다. 이러한 방법은 각 재질별로 유전율이 큰 경우에는 분류가 잘 되지만 측정 거리가 달라지거나 유전율이 비슷한 경우에는 분류가 잘 되지 않는 한계가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 mmWave MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) 레이더를 이용하여 공간해상도를 가진 RT Map을 만든 후 이를 CNN, Multi-stream Transformer, Complex CNN을 사용하여 분류 가능성을 입증하였다. 각 모델은 거리축, 시간축으로 구성된 RT Map에 대하여 특징을 추출 후 분류를 진행한다. 5개의 표면 재질에 대한 분류 정확도로 분류 가능성을 증명했다. 제안한 프레임워크는 광범위한 실험을 통해 검증되었으며 다섯 가지의 서로 다른 재질 유형을 분류하는 데에 신뢰할만한 정확도를 보였다. 본 연구는 더 일반적인 상황에서 사용이 가능한 실용적 가능성을 제시하며 향후 다양한 환경에서의 확장 적용 가능성을 보인다.

모바일 애플리케이션과 인공지능 기반 폐기물 자동 분류 및 관리 시스템 설계

Design of a Mobile Application and AI-Based Waste Classification and Management System

맹성준

(인하대학교 컴퓨터공학과)

신동주

(인하대학교 컴퓨터공학과)

이진환

(인하대학교 컴퓨터공학과)

본 연구는 폐기물 관리의 효율성을 높이기 위해 모바일 애플리케이션과 인공지능 기반 이미지 분류 모델을 활용한 자동 분류 및 관리 시스템을 설계하였다. 사용자는 안드로이드 앱을 통해 폐기물 이미지를 촬영하고 서버에 전송하며, 서버는 Python 기반 이미지 분류 모델을 통해 폐기물을 자동 인식하여 결과를 반환한다. 백엔드는 Kotlin 기반 Ktor 프레임워크로 구현되어 클라이언트와 AI 서버 간의 중계 및 데이터 처리를 담당하며, MySQL 데이터베이스는 사용자 정보와 분류 결과를 저장하고 관리한다. 본 시스템은 일반 사용자와 폐기물 수거 업체 양측을 지원하여 폐기물 처리의 정확성과 효율성을 향상시키며, 향후 환경 보호 및 자원 재활용 활성화에 기여할 수 있다.

1. 서론

현대 사회에서 폐기물 배출과 수거는 효율적인 자원 관리 및 환경 보호를 위해 중요한 과제이다. 그러나 기존 수거 방식은 수작업 확인에 의존하는 경우가 많아, 비용 증가 및 오류 가능성이 존재한다. 이에 따라 본 연구는 모바일 디바이스와 인공지능 기술을 접목한 자동화된 폐기물 관리 시스템을 설계하여 효율성과 정확성을 동시에 향상시키고자 한다.

2. 시스템 설계

본 시스템은 크게 안드로이드 앱, 백엔드 서버(Ktor), 이미지 분류 서버(Python), 데이터베이스(MySQL)로 구성된다.

사용자(배출자): 앱을 통해 폐기물을 촬영하고 스티커 발급 및 결제를 수행

사용자(수거 업체): 배출 내역 확인 및 수거 진행 관리

서버(Ktor): 클라이언트 요청 처리 및 Python 모델 서버와 연동

이미지 분류 서버: 학습된 딥러닝 모델 기반 폐기물 이미지 판별

데이터베이스(MySQL): 사용자, 배출 내역, 스티커 및 결제 정보 저장

전체 환경은 Docker Compose를 통해 컨테이너 단위로 관리되며, 팀 개발 환경의 일관성을 유지할 수 있도록 통합되었다.

3. 기대효과

본 시스템은 폐기물 관리 과정의 정확성과 효율성을 동시에 확보할 수 있다. 사용자에게는 간편한 폐기물 분류 기능을 제공하고, 수거 업체에는 데이터 기반 관리 도구를 지원함으로써 비용 절감과 자원 재활용률 향상에 기여할 수 있다. 또한, 폐기물 처리 자동화는 사회적 환경 문제 해결에도 긍정적인 파급 효과를 미칠 것으로 기대된다.

4. 결론

본 시스템은 모바일 애플리케이션과 인공지능 기술을 결합하여 폐기물 관리 자동화 시스템을 설계하였다. 향후 실제 환경에서의 시범 적용 및 모델 성능 고도화를 통해 실질적인 환경 관리 솔루션으로 발전할 수 있을 것이다.

사사: “본 연구는 2025년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음”(2022-0-01057)

JetDehazeNet: 자율주행 환경을 위한 엣지 디바이스에서의
디헤이징 경량화 네트워크

JetDehazeNet: A Lightweight Dehazing Network for Edge Devices in Autonomous Driving

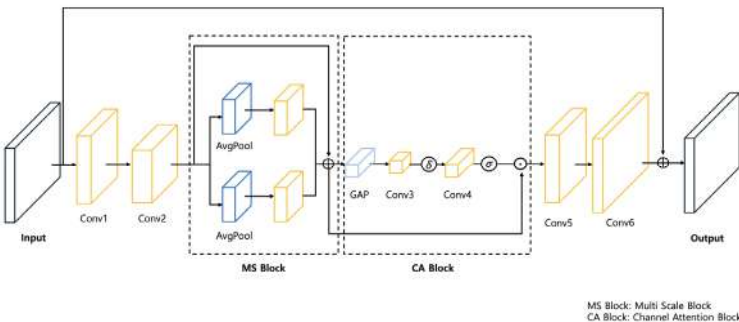
박준현	서지완	손주석	이준영	이재웅	최창욱	서정일	김현석
(동아대학교 컴퓨터 공학과)	(동아대학교 컴퓨터 공학과)	(동아대학교 컴퓨터 공학과)	(동아대학교 컴퓨터 공학과)	(동아대학교 컴퓨터 공학과)	(동아대학교 컴퓨터 공학과)	(동아대학교 컴퓨터 공학과)	(동아대학교 컴퓨터 공학과)

본 연구는 자율주행 환경에서 악천후로 인한 시야 저하로 객체 인식 성능이 감소하는 문제를 디헤이징(Dehazing)기법을 통하여 해결하고자 한다. 자율주행 시스템은 일반적으로 제한된 연산 자원과 전력 환경에서 동작하므로, 기존 디헤이징 기법은 복잡한 네트워크 구조와 높은 연산량으로 실시간 적용이 어렵다는 한계가 있다. 이를 해결하기 위하여 본 연구에서는 NVIDIA Jetson Orin Nano와 같은 엣지 디바이스에서 실시간으로 동작 가능한 경량 디헤이징 네트워크 JetDehazeNet을 제안한다.

JetDehazeNet는 MSBDN-DFF의 멀티스케일 처리 방식을 평균 풀링(Average Pooling) 기반으로 단순화하여 연산 복잡도를 감소시켰으며, FFA-Net의 채널 어텐션(Channel Attention)은 모듈의 깊이를 조정하여 파라미터 수를 최적화했다. 또한, 잔차 학습(Residual Learning)을 통해 입력 영상의 정보 보존 능력을 강화하며 단일 RGB 영상만을 입력으로 사용하여 계산 효율성을 높였다. 이러한 경량화된 모듈들을 End-to-End 잔차 학습 프레임워크 내에서 유기적으로 통합함으로써, 제한된 자원에서도 성능 저하를 최소화하면서도 추론 속도를 극대화하는 실용적 균형점을 구현하였다.

실험 결과, 제안한 모델은 PSNR과 SSIM 지표에서 기존 SOTA 모델(MSBDN-DFF, FFA-Net)과 유사한 성능을 유지하면서도 실시간에 가까운 추론 속도를 달성하였다.

JetDehazeNet는 안개 환경에서도 효과적으로 영상 품질을 개선할 수 있으며, 연산 자원이 한정된 환경에서도 실시간 처리 성능을 달성할 수 있는 구조를 지닌다. 이는 임베디드 비전 시스템, 무인 항공기(UAV), 자율주행 시스템 등에서 영상 인식의 정확도와 안정성을 동시에 높일 수 있는 실용적 기반이 될 수 있다. 다만 본 연구는 주로 안개 환경을 중심으로 모델을 설계, 평가하였기 때문에, 다양한 기상 조건(비, 눈, 저조도 환경)이나 센서 노이즈가 혼재된 상황에서는 성능 저하가 발생할 수 있다. 향후에는 야간 저조도 환경이나 열화상 영상과 다양한 기상 환경의 융합을 통해 더욱 일반화된 복원 능력을 갖춘 모델로 확장할 수 있을 것이다.



사사: 이 논문은 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 결과임(No.2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교))

OCR 및 HWR 기반 선박 운항 데이터 자동 문서화 시스템 개발: Noon Report의 효율적인 디지털 전환과 활용

Development of an OCR & HWR-Based Automated Documentation System for Ship Operational Data:
Efficient Digital Transformation & Utilization of Noon Reports

조정빈	윤명섭	위제형	이서준	성주현
(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부)	(국립한국해양대학교 해사인공지능· 보안학부, 해양인공지능융합 전공)

본 연구는 여전히 수기 방식에 의존하는 선박 운항 데이터 기록의 비효율성과 정확성 문제를 해결하고자, OCR(Optical Character Recognition) 및 HWR(Handwriting Recognition) 기술을 활용한 자동 문서화 시스템을 제안합니다. 현재 대부분의 선박에서는 항해사가 본선 위치, 기상 상태, 엔진 및 연료 상태, 화물 정보 등을 수기로 'Noon Report 문서'에 기록하고 있으며, 이러한 전통적인 방식은 오타, 누락, 반복적인 이중 입력으로 인해 항해사의 업무 부담을 가중시키고 데이터의 정확성과 신속성을 저해하는 한계점을 드러냅니다.

제안하는 시스템은 스캔된 수기 보고서를 OCR 및 HWR 기술로 자동 인식하고, 연료 유량, RPM, 위치 좌표, 시간 등 데이터를 정제 및 검증합니다. 검증된 데이터는 기존의 Noon Report 형식과 동일한 엑셀 파일로 생성 및 본사 송부용 메일 형식으로 자동으로 입력되어 수작업을 최소화합니다.

이 시스템 도입으로, 불필요한 이중 입력 제거, 자동 검증을 통한 데이터 정확성 향상, 전반적인 업무 시간 단축 등 항해사의 업무 효율성을 크게 증진할 수 있습니다. 또한, 표준화(통일)된 데이터 관리로 오타 및 누락을 줄이고 데이터 신뢰성을 보장하여 선박 간 데이터 비교 분석을 용이하게 합니다. 나아가 이를 좀 더 보완하면, 실시간으로 수집된 운항 데이터는 안전 관리, 연료 소모 효율 최적화, 빅데이터 기반 예측 모델링, IMO 친환경 규제 대응 등 해운사의 디지털 전환 전략의 핵심 기반 자료로 활용될 수 있습니다.

결론적으로, OCR 기반 자동 문서화 시스템은 선박 운항 데이터의 실시간성, 정확성, 표준화를 확보하여 해운 산업의 경쟁력 향상 및 안전 운항 보장에 기여하여, 장기적으로는 해운 빅데이터 구축 및 AI 기반 선박 성능 예측 모델 개발의 혁신적인 도구가 될 것입니다.

사사: 본 과제(결과물)는 2025년도 교육부 및 부산시의 재원으로 부산RISE혁신원의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(2025-RISE-02-002-036)

기상정보 기반 해양쓰레기 예측 및 경로 탐색 시스템

Marine Debris Prediction and Route Optimization System Based on Meteorological Data

박소현
(동아대학교
컴퓨터공학과)

정다빈
(동아대학교
컴퓨터공학과)

김현석
(동아대학교
컴퓨터공학과)

서정일
(동아대학교
컴퓨터공학과)

본 연구는 기상 데이터를 활용하여 해양쓰레기의 발생 및 집중 지역(핫스팟)을 예측하고, 이를 기반으로 최적의 항로를 산출하여 예측된 핫스팟에 도달할 수 있는 내비게이션 시스템을 개발하는 것을 목적으로 한다. 연구에서는 풍속, 풍향, 기상 상태, AIS(선박자동식별시스템), TSS(교통분리대) 등 다양한 해양 및 기상 데이터를 수집하고 분석하였으며, 이러한 데이터를 바탕으로 라그랑지안 입자 추적 방식을 포함한 예측 알고리즘을 적용하여 해양쓰레기 집중 구역을 도출하였다. 또한 예측된 위치와 기상 및 해상 상태를 종합적으로 고려하여 선박이 효율적으로 이동할 수 있는 최적 경로를 산출하였고, 이를 실제 선박 운항에 적용 가능한 내비게이션 서비스로 구현하였다. 본 연구는 해양쓰레기 수거 및 관리 활동의 효율성을 증대시키고, 기상 및 해상 교통 정보를 반영한 안전하고 경제적인 수거 경로 확보에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 결과임(No.2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교))

햇빛 위치에 따라 앵글 변화하는 파라솔

Adaptive Angle Sunshade

전태인	권나임	노주엽	김민정	오수민
(한국해양대 전기전자공학부 전기전자공학과 교수)	(한국해양대 전기전자공학부 전기전자공학과 학부생)	(한국해양대 전기전자공학부 전기전자공학과 학부생)	(한국해양대 전기전자공학부 전기전자공학과 학부생)	(한국해양대 전기전자공학부 전기전자공학과 학부생)

1. 과제 개요: 여름철 도심 횡단보도 앞에서 보행자가 신호를 기다리는 동안 직사광선에 노출되어 불편을 느끼는 경우가 종종 관찰된다. 기존 횡단보도 앞 고정형 파라솔은 햇빛을 차단하는 기능이 제한적이며, 태양의 위치가 높거나 낮을 때 보행자가 머리 위로 충분한 그림자를 제공받지 못하므로 이 문제를 해결하고자 한다.

2. 과제 목표 및 내용: 기존에 있던 파라솔의 형태는 유지하되, 기능을 개발함으로써 다음과 같은 필요성을 충족하고자 한다.

1) 햇빛 위치에 따른 앵글 변화- 햇빛 위치에 따라 최대의 그림자를 제공하기 위해선 시간별 태양고도와 권장 기울기값을 도출해내야 한다.

실무 권장값으로 일상 가동범위는 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 이다. 이 값은 대부분의 시간에 충분하며 저태양(아침, 저녁)보조 모드값으로 45° (풍속 낮고 사람이 노출될 경우에) 측면 햇빛 차단 목적으로 이 값을 이용한다. 45° 이상의 앵글 변화가 필요할 경우는 유지보수, 정비나 특수 상황에서만 작동되며, 비권장한다.

2) 풍속을 감지하여 자동으로 파라솔이 접히는 기능- 횡단보도 앞 파라솔에 풍속 센서를 설치하여 바람이 일정 수준 이상으로 강해질 경우 자동으로 접히는 기능을 구현해낸다. 이를 통해 강풍으로 인한 파라솔 손상이나 안전사고를 예방할 수 있으며, 센서에서 감지한 데이터를 기반으로 파라솔의 각도를 조절하는 제어 시스템이 연동된다.

3) 보행자 감지 센서 기능- 횡단보도 앞 파라솔에 보행자 열감지 센서(IR)를 설치하여 보행자의 접근을 실시간으로 감지한다. 감지 시 파라솔 주변 조명의 밝기가 자동으로 강화되고, 차량에게 경고 신호가 전달되며, 시각장애인을 위한 진동 및 음성 안내가 동시에 작용하도록 설계한다. 이를 통해 보행자의 안전을 강화하고, 시각장애인뿐만 아니라 노인부터 모든 이용자가 편리하게 횡단보도를 이용할 수 있도록 한다.

3. 방법 및 재료: 1) 내구성과 구조 설계- 야외 설치물이므로 비, 바람, 햇빛에 강한 소재(방수, 내후성 재료)를 사용해야 하며, 차양판은 곡면(둥근 형태)으로 설계하여 동일 면적 대비 더 넓은 그늘을 제공한다. 바람이 불 때 흔들림이나 파손을 막기 위해 방풍구, 지지대 텐션을 보강한다.

2) 구동 및 하드웨어:

구동기 : 서보모터(디지털 고토크) 또는 스텝모터+기어박스를 사용 → 각도 제어 정밀성 + 유지 토크 필요

센서 : 조도센서배열(LDR 또는 포토다이오드 3~4개), 풍속 센서, 온도 센서

컨트롤러 : 아두이노 또는 라즈베리파이Pico + 모터 드라이버 안전 보조장치: 리미트 스위치 2개, 초음파 센서, 풍속 센서시간에 따른 태양고도 데이터를 활용한다.

전기차 배터리 이상 징후 감지 및 능동형 화재 대응 시스템

Anomaly Detection and Active Fire Response System for Electric Vehicle Batteries

한웅빈 (한국해양대학교 학부생)	정재민 (한국해양대학교 학부생)	김태희 (한국해양대학교 학부생)	김지섭 (한국해양대학교 학부생)	이승훈 (한국해양대학교 교수)
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

1. 서론

전 세계적인 전기차(EV, Electric Vehicle) 보급 확대와 함께, 리튬 이온 배터리의 열폭주(Thermal Runaway) 현상으로 인한 화재 사고가 중대한 사회적 및 기술적 문제로 대두되었다. 기존의 배터리 관리 시스템(BMS)은 주로 후기 징후만을 감지하여 선제적 예방에 한계를 보여준다. 이에 본 연구는 Raspberry Pi 5, 열화상 카메라, 및 가스 센서 등을 융합하여 화재 전조 징후를 정확하게 예측하고, 위험 인지 시 능동형 소화/냉각 기능을 자동 구동하는 통합 안전 시스템을 제안한다.

2. 시스템 설계 및 구현

하드웨어 모듈 (감지 및 대응 장치)과 모바일 애플리케이션 (모니터링)이라는 두 가지 핵심 요소로 구성된다.

2.1. 하드웨어 모듈 기능 및 센서 구성

배터리 모듈 내부에 설치되는 하드웨어 모듈은 Raspberry Pi 5를 주 제어 보드로 사용하여 고속 데이터 처리와 실시간 제어를 수행한다.

열화상 감지: Lepton 열화상 카메라를 통해 배터리 모형 표면의 비접촉식 온도 분포 및 최고 온도 지점의 변화율을 실시간으로 분석한다.

화학적 감지: MQ-2, 7, 9 가스 센서를 이용해 열폭주 초기에 방출되는 수소, 일산화탄소(CO) 등 오프가스를 즉시 포착한다.

시각 및 접촉 감지: Camera Module 3(RGB)로 시각적 이상(연기, 팽창)을 보조 감지하며, 접촉식 온도 센서로 정밀한 국부 온도를 측정한다.

열폭주 예측 및 대응 로직: Raspberry Pi 5에 센서 융합 알고리즘을 구현하여 온도 변화율과 가스 농도 상승 패턴을 종합 분석하고 위험 단계를 결정한다. 최종 임계치 도달 시, 릴레이 모듈을 통해 수중 워터 펌프를 자동 구동하여 문제 지점에 냉각수를 선택적으로 분사한다. 또한 Buzzer를 통해 즉각적인 현장 경고를 발생시킨다.

2.2. 모바일 애플리케이션 (모니터링)

실시간 데이터 시각화: 하드웨어 모듈에서 Wi-Fi 또는 Bluetooth로 전송된 모든 센서 데이터(온도, 가스 농도 등) 및 위험 예측 단계를 직관적인 형태로 실시간 시각화하여 보여준다.

알림 및 수동 제어: 이상 징후 감지 시 앱을 통해 푸시 알림을 즉시 제공하며, 비상시 사용자가 능동형 펌프를 수동으로 제어할 수 있는 인터페이스를 구현한다.

3. 결론 및 기대효과

해당 시스템은 열화상 및 가스 감지를 통합하여 화재의 전조 징후 단계에서 예측적 감지 및 물리적 대응을 가능하게 한다.

안전성 향상: 화재의 전이를 선제적으로 차단하고 능동 대응함으로써, 인명 및 재산 피해 위험을 크게 낮추고 소비자 신뢰를 증진한다.

유지보수 효율 증대: 수집된 정밀 데이터는 배터리 열화 패턴을 조기에 진단하여 데이터 기반의 예측적 유지보수(PdM) 체계 구축에 기여한다.

산업적 활용성: EV 제조사의 보조 안전 시스템 및 사용 후 배터리 재사용/재활용 과정의 잠재적 위험 관리 솔루션으로 활용될 잠재력을 갖는다.

자율 탐사 임무 수행이 가능한 우주 탐사 로버 시스템 개발

Development of a Space Exploration Rover System capable of performing autonomous exploration

김호운	임준형	강인하	황진성	이창열
(인하대학교 항공우주공학과 학부생)	(인하대학교 항공우주공학과 학부생)	(인하대학교 항공우주공학과 학부생)	(인하대학교 항공우주공학과 학부생)	(인하대학교 항공우주공학과 부교수)

본 프로젝트에서는 터널·동굴·재난 구역·군사작전·우주 탐사 등 GPS 부재 및 거부 환경에서 자율탐사를 수행할 수 있는 소형 지상 로버 시스템을 개발하는 것을 목표로 한다. 단순히 소프트웨어를 구현하는 것만이 아니라 실제 로버 시스템 하드웨어를 개발하여 소프트웨어를 검증하는 것까지 목표로 선정하였다.

본 프로젝트에서 사용한 센서는 YDLidar G2, Intel Realsense D455이며, 컴퓨터로는 NVIDIA Orin NX 16GB 모델을 사용하였다. IMU의 경우 탑재하였으나, 로버 시스템의 odometry를 위해 사용하지 않았고 후술할 센서 탑재부 짐벌링을 위해서만 탑재하였다.

시스템을 개발함에 있어 중점을 둔 부분 중 하나는 고가의 가격으로 인해 확보하기 어려운 3D LiDAR를 대체하는 것이었다. 이를 위해 RGB-D 카메라와 2D LiDAR 센서에 기반하여 SLAM 및 자율 탐사를 수행하도록 시스템을 설계하였다. 본 프로젝트에서는 오픈소스 SLAM 라이브러리인 slam_toolbox와 RTAB-MAP을 활용하여 2D LiDAR, 혹은 2D LiDAR와 RGB-D 카메라 기반 Localization 기능을 사용하였으며 이를 구현하기 위한 프레임워크로 ROS2를 선택하였다. 그리고 운용자의 선택 가능성을 증대시키기 위해 2D LiDAR와 RGB-D 카메라를 선택적으로 활용하여 자율 탐색을 수행할 수 있도록 소프트웨어를 개발하였다. 2D LiDAR 단독으로 사용할 경우, 획득한 scan 데이터 기반 Frontier를 산출하고, Unknown Cell을 최소화 하는 방향으로 자율 탐색을 진행하도록 구현하였다. RGB-D 카메라와 2D LiDAR를 동시에 사용하는 경우 두 센서의 역할을 분리하여 운용한다. 2D LiDAR의 경우 localization을 담당하게 되며, RGB-D 카메라에서 획득한 Point Cloud 데이터는 1차 필터링 후 베이지안 최적화 기반으로 정보 이득을 극대화 하는 탐색 지점 후보군을 도출하게 된다. 이후 최적화를 반복하며 최종 탐색 지점을 도출하게 된다. 그리고 2D LiDAR만 사용하는 경우와, 2D LiDAR와 RGB-D 카메라를 동시에 사용하는 경우 2가지 모두 최적의 경로 생성 및 제어를 위해서 ROS2에서 제공하는 네비게이션 스택인 Nav2를 활용하며, 본 시스템에 맞게 Nav2의 파라미터들을 조정하고 최적화 하는 과정을 진행하였다.

그리고 시스템 소프트웨어를 개발함에 있어서, 추후 로봇팔 통합 등 추가적인 개량 및 태스크 운용이 가능하도록 확장성을 부여하고자 하였다. 이를 위해 SLAM과 자율주행, 자율탐색 기능하는 것과 별개로 RGB-D 카메라에서 획득한 영상 및 YOLO를 사용하여 특정 객체를 탐지할 수 있도록 구성하였다.

상술했듯 본 시스템은 군사작전, 우주탐사와 같은 위험한 임무에 투입할 수 있는 최소한의 요구조건을 상정하였고, 이에 따라 로버의 크기 대비 최소한의 장애물 돌파 능력을 요구조건으로 설정하였다. 다만 본 시스템은 3D LiDAR가 아니라 2D LiDAR를 주변 환경 인식 및 localization 용도로 사용하기 때문에, 장애물을 돌파함에 있어 LiDAR의 스캔 범위가 지표면, 혹은 사면을 탐지하게 될 경우 데이터의 품질 및 localization의 품질이 저하될 것이라 가설을 세웠고, 시뮬레이션을 통해서 이를 검증하였다. 이로 인해서 낮은 높이의 장애물, 혹은 사면을 돌파할 때 센서 탑재부는 항상 수평을 유지할 수 있도록 roll 및 pitch 짐벌링이 가능한 센서 탑재부 설계를 요구조건에 반영하였다. 이를 구현하기 위해 IMU를 탑재해 센서 탑재부의 roll·pitch 변화를 실시간으로 탐지하였으며, roll 평형을 위해 PID 제어를 설계하여 도입하였다. pitch의 경우 센서 탑재부 무게 문제로 인해서 PID 제어를 통한 짐벌링만으로는 부족하였고, 이에 스프링과 기어를 결합해 스프링-댐퍼 시스템을 추가적으로 구성하였다.

최종적으로 완성된 로버 시스템을 교내외 건물 환경에서의 테스트를 통해 2D occupancy grid map과 octomap을 생성하는 것, 그리고 자율 탐색을 진행하는 것을 검증하였다. 또한 로커 형태의 로버 구조와 짐벌링을 통해 협지에서의 자율주행도 가능성도 실증하였다.

사사: 인하대학교 항공우주공학과 이창열 교수님

IOT 기반 스마트 헬멧을 활용한 실시간 작업자 안전 관리 시스템 개발

Development of real-time worker safety management system using IoT-based smart helmet

강현준 (한국해양대학교 학부생)	진민규 (한국해양대학교 학부생)	박건태 (한국해양대학교 학부생)	한주현 (한국해양대학교 학부생)	이승훈 (한국해양대학교 교수)
--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

건설 및 제조 현장에서는 작업자의 피로 및 부주의로 인한 안전사고가 빈번히 발생하며, 이는 중대재해로 이어질 수 있는 심각한 문제이다. 기존의 안전 헬멧은 단순한 물리적 충격 방호 기능에 머물러 있어, 사고를 사전 예방하는 데에는 한계가 있다. 본 연구는 이러한 문제점을 해결하고자 IoT, 센서 기술 및 무선 통신을 융합한 지능형 스마트 헬멧 시스템을 제안한다. 제안 시스템은 작업자의 상태를 실시간으로 모니터링하고 위험을 재빨리 감지함으로써 산업 재해를 효과적으로 예방 및 대처하는 것을 목적으로 한다.

제안하는 시스템은 Probe 헬멧과 Overseer 모니터링 애플리케이션으로 구성된다. Probe는 작업자가 착용하는 하드웨어 장치이며, Overseer는 관리자가 현장 상황을 통합 모니터링하는 인터페이스 역할을 한다. Probe 헬멧은 작업자 상태를 실시간으로 측정하기 위해 다양한 센서 모듈을 통합한다. 제안하는 시스템은 IMU 센서와 압전(Piezo) 센서를 융합하여 머리에 가해지는 충격과 작업자의 자세 변화를 정확히 감지하고,

적외선 센서를 이용해 헬멧이 머리에 제대로 착용되었는지 여부를 실시간으로 파악한다. 그리고 GPS 모듈과 기압 센서를 활용해 작업자의 위치와 주변 유해 환경을 감지하고, ESP32 보드를 통해 수집된 데이터를 Overseer로 실시간 전송하며, 위험 감지 시 LED 및 진동 모터로 즉각적인 경고를 보내는 기능을 한다. Overseer 모니터링 애플리케이션은 지도 기반의 통합 대시보드를 제공하여 관리자가 모든 Probe 헬멧의 상태를 한눈에 파악할 수 있게 한다. 위험 상황 발생 시 긴급 알림 및 로그 기록 기능을 통해 신속한 상황 판단과 대응을 지원한다.

본 연구에서 제안된 스마트 헬멧 시스템은 기존 안전 장비의 한계를 극복하고, 사전 예방 중심의 안전 관리 체계를 구축하는 데 기여한다. Probe 헬멧은 현장 작업자들의 안전을 지키는 '파수꾼' 역할을, Overseer 앱은 '지휘관' 역할을 수행하며 산업 현장의 안전성을 제고할 것으로 기대된다. 또한, 저비용의 하드웨어 구성으로 향후 실제 산업 현장에 적용할 수 있는 상용화 가능성을 제시한다.

자율주행을 위한 다양한 악천후 날씨에서의 이미지 복원 기술

Image Restoration for Autonomous Driving in Adverse Weather Conditions

김대영	김동건	이상욱	정광진	남현식	김현석	서정일
(동아대학교 컴퓨터공학과 학사과정)	(동아대학교 컴퓨터공학과 학사과정)	(동아대학교 컴퓨터공학과 학사과정)	(동아대학교 컴퓨터공학과 학사과정)	(동아대학교 컴퓨터공학과 학사과정)	(동아대학교 컴퓨터공학과 교수)	(동아대학교 컴퓨터공학과 교수)

자율주행 자동차는 인간의 개입 없이 주변 환경을 정확히 인식하고 판단하여 주행하는 시스템으로, 카메라는 핵심 센서로서 외부의 정보를 수집하는 데 중요한 역할을 수행한다. 하지만 비, 안개, 눈과 같은 악천후 조건에서는 카메라 데이터에 심각한 왜곡과 노이즈가 발생하여 인지 성능이 급격히 저하된다. 이는 객체의 오검출 및 미검출로 이어져 자율주행 시스템의 판단 오류를 유발하며, 치명적인 사고로 직결될 수 있는 중대한 안전 위협이 된다. 따라서 악천후 환경에서도 센서 데이터의 신뢰도를 확보하고 자율주행의 안전성을 보장하기 위해, 입력 데이터로부터 날씨의 영향을 제거하여 선명한 정보를 복원하는 디헤이징(Dehazing), 디레이닝(Deraining) 등의 악천후 복원 기술은 필수적인 연구 분야로 간주한다.

특히 대기 중의 빗줄기를 제거하는 이미지 디레이닝(Deraining) 분야는 상당한 기술적 성숙도를 이루었다. 초기 연구들은 빗줄기를 특정 방향성을 가진 노이즈로 간주하고 이를 제거하는 데 집중했으며, 이후 딥러닝 기술의 발전에 힘입어 빗줄기의 복잡한 패턴과 배경 이미지를 효과적으로 분리하여 복원하는 방식으로 발전했다. 이러한 모델들은 이미 지 전반에 걸쳐 비교적 균일한 형태로 나타나는 빗줄기를 제거하는 데 매우 뛰어난 성능을 보인다.

하지만 기존 연구들은 대부분 대기 중의 빗줄기라는 이상적인 환경만을 가정했을 뿐, 실제 악천후에서 야외 카메라 시스템이 마주하는 더 치명적이고 빈번한 문제, 드론 등 악천후에 직접 노출되는 모든 비전 시스템에서 필연적으로 발생하는 문제이다. 이는 기존 연구들이 해결하고 했던 빗줄기나 안개와는 근본적으로 다른 복합적인 정보 왜곡을 유발한다.

렌즈 위 물방울은 단순한 노이즈 추가를 넘어, 그 자체로 작은 렌즈처럼 작용하며 심각한 왜곡을 일으킨다. 볼록한 형태로 인한 빛의 굴절은 광학적 왜곡(Optical Distortion)을 발생시키고, 물방울 내부의 전반사 및 난반사는 해당 영역의 정보를 완전히 왜곡시킨다. 또한, 크기와 형태가 불규칙한 비정형적 패턴을 가지므로, 빗줄기 제거에 특화되어 설계된 기존 모델들을 적용 할 경우 물방울을 제대로 제거하지 못하거나 오히려 이미지를 더 훼손시키는 결과를 초래한다.

따라서 본 연구는 실제 환경에서의 강건한 성능 확보를 목표로, 대기 중 악천후 날씨들의 이질적인 문제를 동시에 해결 하는 새로운 접근법을 제안한다. 이를 위해 신경망이 다양한 왜곡 특성을 학습하도록 하되, 병렬적인 구조의 한 브랜치가 물방울 제거를 전문적으로 학습하도록 설계하였다. 이러한 구조는 각 브랜치가 자신의 전문 분야에 집중하게 함으로써 학습의 효율성과 안정성을 극대화하고, 실제 악천후 환경에서 높은 복원 성능을 달성하고자 한다.

이를 위해 본 연구에서는 렌즈 위 물방울의 복잡한 왜곡 및 반사 특성을 정밀하게 학습하고 훼손된 배경정보를 효과적으로 복원하는 물방울 제거 브랜치(Droplet Removal Branch)를 새롭게 설계하여, 기존 디레이닝 네트워크에 통합하는 병렬처리 구조를 제안한다. 제안하는 모델은 기존의 빗줄기 제거 네트워크와 독립적으로, 오직 렌즈 위 물방울의 형태, 위치, 왜곡 패턴과 같은 고유 특성만을 집중적으로 학습하여 입력 이미지로부터 물방울에 의한 훼손 정보를 명시적으로 분리해 낸다. 이후 최종 통합 단계에서는 각 브랜치로부터 추출된 빗줄기와 물방울 정보를 종합하여 이미지 영역별 특성에 맞는 최적화된 복원을 수행한다. 본 연구는 합성 데이터 기반의 실험 환경을 넘어 실제 악천후 상황에서 발생하는 핵심 적인 문제에 대한 실용적인 해결책을 제시함으로써, 자율주행을 포함한 모든 야외 비전 시스템의 신뢰성을 한 단계 향상하는데 이바지할 것으로 기대된다.

사사: 이 논문은 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 결과임(No.2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교))

농업 현장 작업 부하 경감을 위한 UWB 기반 추종 및 리프트 기능 통합 전동카트 개발

Development of an Electric Cart with UWB-based Following and Lift Functions for Reducing Workload in Agricultural Sites

김계현	문준영	박정석	고정인	송신실	진연두
(인하대학교 전기공학과)	(인하대학교 기계공학과)	(인하대학교 기계공학과)	(인하대학교 전기공학과)	(인하대학교 전기공학과)	(인하대학교 전기공학과)

Key Words: Agricultural Robot(농업용 로봇), Human Following(사람 추종), UWB(Ultra-Wideband), Scissor Lift
서론

대한민국의 농촌은 급속한 고령화와 노동력 부족이라는 심각한 문제에 직면해 있다. 특히 수확기에는 무거운 농작물을 반복적으로 운반하고 상·하차하는 과정에서 고령 농업인의 신체적 부담이 가중되고 있으며, 이는 근골격계 질환의 주요 원인이 되기도 한다. 현재 농가에서 사용되는 수레나 경운기는 이러한 고강도 작업을 보조하는 데 근본적인 한계가 있어, 더 안전하고 효율적인 운반 솔루션의 필요성이 지속적으로 제기되고 있다.

이에 본 연구에서는 농업인의 작업 부담을 획기적으로 경감시키기 위한 사용자 중심의 '지능형 작업 파트너'의 개념을 제안한다. 핵심 아이디어는 작업자를 그림자처럼 따라다니며 무거운 짐을 대신 운반하고(수평 이동 보조), 허리를 굽히거나 짐을 높이 들 필요 없이 상·하차를 돕는 것(수직 이동 보조)이다. 또한 3중 안전 시스템으로 신뢰성을 확보한 스마트 전동카트 '팜무버(FarmMover)'를 개발하는 것을 목표로 한다.

본론

- 핵심 기능 구현 컨셉

가. 직관적 추종: 기하학적 직접 제어

복잡한 경로 계획이나 위치 추정(SLAM) 대신, '기하학적 직접 제어'라는 단순하고 강건한 개념을 채택했다. 카트 좌우에 부착된 UWB 앵커와 사용자 태그 간의 실시간 거리 차이를 즉각적인 조향 제어 입력으로 활용한다. 여기에 사용자와의 거리에 따라 조향 민감도를 자동으로 조절하는 '동적 감응 알고리즘'을 더해, 좁은 공간에서의 정밀한 움직임과 개활지에서의 신속한 추종이 모두 가능하도록 구현했다.

나. 현장 맞춤형 물류 보조: 최적화된 리프트

리프트 기능은 '수확물의 최종 상·하차 작업'을 책임진다는 개념으로 설계되었다. 국내 농업 현장의 표준 장비인 1톤 트럭의 적재함 높이를 실측 데이터로 반영, 리프트의 최대 높이를 이에 맞춰 설계함으로써 수확물을 차량으로 옮기는 과정을 완벽히 보조한다. 이는 범용 리프트가 아닌, 특정 작업(농작물 상·하차)에 최적화된 맞춤형 솔루션이라는 점에서 차별화된다.

다. 신뢰성 확보: 다중 안전 체계 및 간편 제어

기술에 익숙하지 않은 고령의 사용자도 신뢰하고 사용할 수 있도록 '3중 안전 체계' 개념을 도입했다. ①초음파 센서의 장애물 감지 및 자동 정지 ②비상 상황 시 즉각적인 물리적 전원 차단 ③리모컨을 통한 원거리 긴급 정지 등 3가지 독립적인 안전장치가 어떠한 상황에서도 작업자를 보호한다. 제어 또한 RC카처럼 단순한 IR 리모컨을 채택하여 누구나 즉시 사용할 수 있도록 했다.

결론

본 연구는 UWB 센서 기반의 사람 추종과 상·하차 보조 리프트 기능을 융합하여, 농업 현장의 요구에 맞춘 실용적인 작업 보조 카트 '팜무버'를 구현하였다. 이는 첨단 기술을 현장의 눈높이에 맞게 재해석하여 고령 농업인의 신체적 부담을 직접적으로 경감시켰다는 점에서 핵심적인 의의를 가진다. 또한, 향후 다양한 분야로 확장 가능한 '작업 보조 모빌리티 플랫폼'의 구체적인 컨셉을 제시함으로써 지속 가능한 농작업 환경 조성에 기여한다는 점에서 그 의미가 있다.

사사: 본 연구는 2025년도 정부(고용노동부)의 재원으로 항공우주산학융합원의 지원을 받아 수행되었습니다.

차량 내 영유아 방치 사고 예방을 위한 능동적 생체 감지 시스템 설계 및 구현

Design and Implementation of an In-Vehicle Biosensing System for Forgotten Baby Syndrome Prevention

황태욱

(국립한국해양대학교 학사과정)

조유겸

(국립한국해양대학교 학사과정)

김정창

(국립한국해양대학교 교수)

아기 망각 증후군(Forgotten Baby Syndrome, FBS)은 부모의 부주의나 기억의 오류로 인해 아기를 차량에 남겨두고 이를 잊어버리는 현상을 말한다. 1998년부터 2024년까지 미국에서만 1,010건의 유아 차량 열사병 사망 사고가 기록되었으며, 이중 53%가 보호자의 부주의로 인해 발생한 것으로 나타났다. 이는 인간의 인지적 한계를 보완할 기술적 대응의 필요성을 강하게 시사한다. 기존 예방 시스템은 수동적 작동 방식과 오탐지 가능성이 높아 신뢰성에 한계가 있었다. 이에 본 연구에서는 mmWave 레이더 센서와 온도 센서를 활용한 능동형 차량 탑승 감지 시스템을 개발하고, 그 성능을 실험적으로 확인하였다.

제안된 시스템의 핵심은 운전자의 부재와 차량 내 사람의 존재 여부를 순차적으로 검증하는 알고리즘에 있다. 먼저 상태 1(S1)에서 운전자의 존재를 확인한 후, 운전자 부재 시 상태 2(S2)로 진입하여 뒷좌석에 아이가 있는지를 감지한다. 이 두 조건이 모두 충족될 때, 시스템은 상태 3(S3)에서 10분간의 유예 시간을 두고 아이의 상태를 모니터링한다. 이 시간 동안 차량 내부 온도가 35°C 이상으로 상승하거나 유예 시간이 경과하면 상태 4(S4) 및 상태 5(S5)로 진입하여 보호자에게 즉시 경고 알람을 전송한다. 이후에도 상황이 해결되지 않으면 상태 6(S6)과 상태 7(S7)을 통해 추가로 2분 간의 유예 시간을 부여하며, 그 동안 위험 온도에 도달하거나 주어진 유예 시간이 경과되면 상태 8(S8)과 상태 9(S9)로 진입하여 보호자가 인지할 수 있도록 경고 알람을 전송한다. 이러한 단계적 알고리즘은 차량 내 아이의 존재 여부를 실시간으로 정확하게 판별함으로써 오경보를 효과적으로 최소화하고 시스템의 신뢰성을 크게 향상시킨다.

개발된 시스템의 유효성은 실제 차량 환경에서 총 320회에 걸친 실증 테스트를 통해 정량적으로 검증되었다. 성능 평가 결과, 위험 상황에 대해 93.0%의 F1-score(정확도와 재현율의 조화 평균)를 기록하였으며, 안전 상황에 대해서도 93.2%에 달하는 높은 F1-score를 달성하였다. 이러한 결과는 본 시스템이 단순한 이론적 모델을 넘어, 실제 상황에서도 아동 방치 위험을 정확하게 감지하고 보호자에게 신뢰성 있는 알람을 제공할 수 있음을 입증한다. 궁극적으로 본 시스템은 보호자의 순간적인 인지 오류를 보완함으로써 비극적인 인명 피해를 예방하고 사회적 비용을 줄이는 데 크게 기여할 것으로 기대된다. 본 연구는 기존의 수동적 안전 기술을 넘어, 생체 신호를 직접 감지하고 능동적으로 대처하는 향상된 차량 안전 시스템을 개발하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

사사: 본 연구는 국립한국해양대학교 공학교육혁신센터의 다학제 융합 캡스톤디자인 지원을 받아 수행되었음.

QR을 사용한 학생식당 혼잡도 및 잔반관리 최적화

나건준

(한국해양대학교 전기전자공학과 학부생)

1. 과제 개요

대학 학생식당은 점심시간에 수요가 집중되면서 긴 대기열과 혼잡 현상이 상시적으로 발생하고 있다. 이러한 문제는 학생들의 식사 시간이 증가시키는 주요 요인으로 작용한다. 또한 정량화된 배식 체계에도 불구하고 개별 메뉴 선호도와 개인별 섭취량의 차이로 인해 잔반이 지속적으로 발생하고 있으며, 이는 단순히 음식물 쓰레기 증가를 넘어 원가 부담과 환경적 문제로 이어진다. 실제로 국내 대학 급식 시설에서 발생하는 잔반은 매년 수백 톤에 달하며, 처리 비용 증가와 더불어 친환경 캠퍼스 조성에도 걸림돌이 되고 있다.

기존의 키오스크 기반 발권·결제 시스템은 현장 중심 구조로, 발권 절차가 지연되며 대기열 해소에 실질적인 한계를 보인다. 따라서 본 연구는 이러한 구조적 문제를 해결하기 위해 모바일 기반 사전 예약 및 QR 인증 시스템을 도입하고, 더 나아가 잔반 인증을 통한 친환경 인센티브 제도를 결합함으로써 학생식당 운영의 효율성을 제고하고자 한다.

2. 과제 목표 및 내용

(1) 과제 목표

본 연구의 목표는 다음 네 가지로 요약된다.

피크타임 혼잡 완화: 예약을 통한 수요 분산으로 대기 시간을 단축한다.

잔반 감소 및 친환경 실천: 잔반 무(無) 인증 시 마일리지 적립을 제공하여 음식물 쓰레기 저감을 유도한다.

운영 효율성 및 비용 절감: 배식량 최적화와 회전율 향상을 통해 식당 운영 효율을 높인다.

학생 편의성 및 만족도 제고: 모바일 기반 예약·체크인 환경을 제공함으로써 학생들의 이용 만족도를 높인다.

(2) 과제 내용

본 과제는 시제품(Prototype) 개발과 실험적 검증을 중심으로 추진된다. 구체적으로는,

앱 설계 및 구현: 학생이 원하는 시간대에 예약할 수 있도록 UI/UX를 설계하고, 예약 정보와 학번을 연계한 QR 코드 생성 기능을 구현한다.

QR 체크인 시스템: 현장에서 키오스크 대신 QR 코드를 인식하여 발권 절차를 간소화하고, 대기열을 효과적으로 줄인다.

데이터 기반 수요 분석: 예약 및 이용 데이터를 축적하여 시간대별 수요를 예측하고, 메뉴별 배식량 조정 알고리즘을 탐색한다.

시제품 검증: 모의 실험을 통해 예약·체크인 기능 및 잔반 인증 절차의 실효성을 확인한다.

이를 통해 시스템의 실제 적용 가능성과 확장성을 평가하며, 실험 결과를 기반으로 개선점을 도출한다.

3. 기대효과 및 활용방안

본 연구는 다음과 같은 기대효과를 가진다.

잔반 감소 효과: 사전 예약과 잔반 감소를 결합함으로써 배식량을 수요 기반으로 조정할 수 있으며, 음식물 쓰레기를 구조적으로 줄인다.

대기열 해소: QR 체크인 기반 시스템은 현장 키오스크 이용을 최소화하여 대기 시간을 단축하고, 식당 회전율을 개선한다.

운영 효율성 제고: 학생식당 운영자가 데이터 기반으로 수요를 관리함으로써 원가 절감 및 인력 배치 최적화 효과를 기대할 수 있다.

학생 만족도 향상: 앱 기반 예약·인증 절차는 학생의 이용 편의성을 높이고, 친환경 실천에 대한 보상 체계를 통해 참여 의식을 강화한다.

향후 본 시스템은 대학 식당을 넘어 공공기관 구내식당, 군 급식 시설, 기업형 집단 급식소 등으로 확장 적용이 가능하다. 이는 지속가능한 급식 관리 모델로서의 파급효과가 클 것으로 기대된다.

바이오큐브: 1인 가구를 위한 실내 환경 자동 관리 시스템

BioCube: An Automated Indoor Environment Management System for Single-Person Households

권승우 (한국해양대학교 전기전자공학전공 학부생)	황태림 (한국해양대학교 전기전자공학전공 학부생)	김시형 (한국해양대학교 전기전자공학전공 학부생)	이성욱 (한국해양대학교 전기전자공학전공 학부생)	장낙원 (한국해양대학교 전기전자공학전공 지도교수)
--	--	--	--	---

1. 연구 배경 및 필요성

최근 1인 가구의 지속적인 증가와 장기간 출장, 여행 등으로 인한 부재 시 실내 관리의 어려움이 사회적 문제로 부각되고 있다. 특히 실내 온습도, 공기질, 에너지 관리가 원활히 이루어지지 못할 경우, 생활 편의성 저하뿐 아니라 생태적 관리 측면에서도 문제가 발생한다. 이에 따라 부재 중에도 실내 환경을 자동으로 관리할 수 있는 스마트 통합 시스템 개발의 필요성이 점차 강조되고 있다. 이러한 시스템은 개인 맞춤형 생활 편의를 제공할 뿐만 아니라 환경 관리 기술의 핵심 요소로도 활용될 수 있다.

2. 연구 목적 및 방법

본 연구에서는 실내외 환경 변화에 대응하여 자동으로 작동하는 통합형 실내 환경 관리 시스템인 바이오큐브를 개발하고자 한다. 바이오큐브는 미세먼지, 온습도, 빗물 감지 센서를 통해 데이터를 실시간으로 수집하고, 아두이노 제어 장치를 통해 창문 개폐 모터, 차양막 제어 모터, 자동 물 분사 펌프, 가습기 및 제습기 모듈을 제어한다. 또한, 태양광 패널을 통한 일부 전력 공급으로 에너지 효율성을 높였다. 연구는 다음 단계로 진행될 예정이다.

- 1) 센서 데이터 수집 및 분석
- 2) 모듈 간 연동 테스트
- 3) 제어 알고리즘 설계
- 4) 시제품 제작 및 검증

3. 예상 결과

바이오큐브 시스템은 실내외 환경 요소를 실시간으로 감지하고, 이를 기반으로 환경 변화에 맞춰 자동으로 대응할 것으로 예상된다. 주요 예상 결과는 다음과 같다.

- 1) 창문 자동 개폐 및 에너지 절감 효과
- 2) 실내 습도 및 공기질 관리
- 3) 식물 생육 환경 최적화
- 4) 태양광 기반 에너지 효율화
- 5) 시스템 통합 활용성 및 확장 가능성

4. 기대 효과 및 활용 방안

본 연구를 통해 개발된 바이오큐브 시스템은 1인 가구 맞춤형 솔루션으로서 생활 편의성과 쾌적한 실내 환경 제공에 기여할 수 있다. 자동 식물 관리 기능을 통해 어디에서나 자연 친화적 환경 유지가 가능하며, 태양광 기반 전력 공급으로 에너지 절약 효과도 기대된다. 또한, 모듈화된 설계를 통해 환경 관리 시스템으로 확장 적용할 수 있으며 다양한 환경 관리 기술 분야에 응용 가능성이 높다.

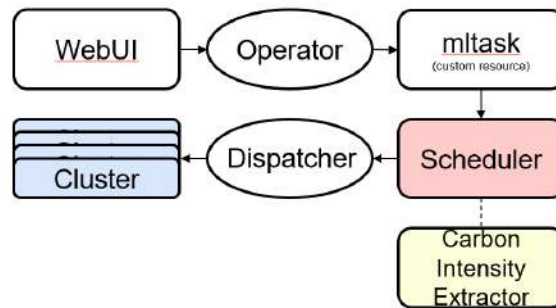
사사: 본 연구는 한국해양대학교 2025학년도 캡스톤디자인 과목의 일환으로 수행되었음.

멀티 클러스터 쿠버네티스 환경에서의 탄소 인지형 작업 스케줄러

Carbon-Aware Workload Scheduler in Multi-Cluster Kubernetes Environments

정주영	채승지	박태민	하윤지	천세진	김현석
(동아대학교 소프트웨어대학 컴퓨터공학과)	(동아대학교 소프트웨어대학 컴퓨터공학과)	(동아대학교 소프트웨어대학 컴퓨터공학과)	(동아대학교 소프트웨어대학 컴퓨터공학과)	(동아대학교 소프트웨어대학 컴퓨터공학과)	(동아대학교 소프트웨어대학 컴퓨터공학과)

클라우드 데이터 센터의 에너지 소비와 그에 따른 탄소 발자국은 인공지능 및 머신러닝과 같은 자원 집약적 워크로드의 확산으로 인해 기하급수적으로 증가하고 있다. 이러한 환경적 문제에도 불구하고, 기존의 컨테이너 오케이스터레이션 시스템은 주로 리소스 활용률과 성능 최적화에 초점을 맞추고 있어 지속 가능성 목표와는 근본적으로 상충된다. 특히, 쿠버네티스의 기본 스케줄러는 탄소 배출량과 고려하지 않고 작업을 분산 배치하는 경향이 있다. 본 논문에서는 이러한 한계를 극복하기 위해 멀티 클러스터 쿠버네티스 환경을 위한 새로운 탄소 인지형 작업 스케줄러를 제안한다. 해당 스케줄러는 실시간 탄소 집약도 데이터를 활용하여 작업을 최적의 클러스터에 동적으로 배치함으로써 지속 가능한 컴퓨팅 환경을 구현하는 것을 목표로 한다.



<그림 1> 제안 스케줄러의 아키텍처

제안하는 스케줄러는 <그림 1>과 같이 사용자가 웹을 통해 작업을 등록하면, 스케줄링 엔진이 이를 감지하여 작업 실행 시간을 예측한다. 이 예측값은 스케줄링 엔진으로 전달되며, 엔진은 각 클러스터의 활성 노드 수, 리소스 패널리티, 예상 완료 시간, 클러스터별 실시간 탄소 집약도를 종합적으로 평가하는 다목적 함수를 통해 최적의 클러스터를 선정한다.

제안된 스케줄러의 성능을 검증하기 위해 세 가지 시나리오(① 제안한 스케줄러 방식, ② 기본 쿠버네티스 스케줄러 방식, ③탄소향을 제외한 방식)을 비교 실험했다. 제안한 스케줄러는 다른 두 방식에 비해 탄소 배출량을 현저히 감소시켰다. 반면, 작업 소요 시간은 소폭 증가하여 탄소 저감 효과와 성능 간의 상충 관계를 확인하였다. 이는 향후 가중치 조정을 통해 최적화가 가능한 부분이다. 향후 연구에서는 탄소 배출량을 더욱 높이는 방향으로 태스크별 실험을 진행할 예정이다.

사사: 이 논문은 2023년도부터 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 결과임(No.2023-0-00076, SW중심대학(동아대학교))

자율주행 시스템을 위한 LLM 기반 객체 위험도 추정

Integrating LLMs for Risk Analysis of objects in Autonomous Driving Environments

정재철

(국립한국교통대학교 학사과정)

박만복

(국립한국교통대학교 교수)

차량을 주행할 때 사고는 예기치 못하게 발생한다. 사고의 원인으로는 전방주시태만, 불법 주정차로 인한 시야 미확보, 무단횡단 등 여러 가지 이유로 사고가 발생한다. 사람이 차량을 운전할 때는 대부분의 운전자는 자신이 지금까지 운전해온 경험으로 시야에 보이는 객체들에 대한 위험도를 판단하게 된다. 자율주행 시스템에서 운전자의 감을 구현하기보단, 예측 할 수 있는 위험한 시나리오의 위험도를 판단했다. 하지만 이러한 방식은 불법 주정차 사이의 사람이 튀어 나오는 것과 같은 시나리오에서 갑자기 나타난 사람이 검출되면 급정거하는 상황이며, 제동거리가 부족할 경우 사고로 이어지게 된다. 이는 도로상황을 시스템이 파악하지 않고 학습했던 시나리오에 의존하여 구성되었기 때문이다. 본 연구에서는 예측가능한 시나리오를 학습하는 것이 아닌, LLM을 이용하여 카메라로 들어오는 도로 상황을 파악하고 그로인해 발생할 수 있는 사고를 예측하여 위험도를 수치로 나타내어, 위험도가 높은 상황이면 시스템이 차량에 경고나 속도를 낮추는 등 후속 조치를 취할 수 있도록 위험도를 판단하였다.

본 논문에서는 위험도 측정 방법을 2단계로 나누어 진행하였다. 첫 번째 단계에서는 YOLOv8n을 사용하여 전방 도로의 객체를 검출하였다. 두 번째 단계에서는 검출기에 검출된 객체와 장면 프롬프트를 LLM vision 모델인 Llama 3.2-vision(11b)에 제공하여 장면의 상황과 객체에대한 위험도를 측정하고 설명하게 하였다. 두 단계로 나누어 진행한 사유는 YOLOv8n이 검출된 객체를 LLM에 제공하여 LLM의 환각현상과 연산 지연을 완화하였다. 평가 방법으로는 위험도를 0~100점으로 평가하였다. 0점에 가까울 수록 안전한 상황이고, 100점에 가까울수록 위험한 상황이다. 연구 결과로 주정차량이 많아 사람이 가려져서 검출이 안되는 상황에 사람이 보이지 않지만 차량이 많아 사람이 있을 수 있으므로 조심해야한다는 설명을 하였다. 따라서 LLM을 이용하여 객체 위험도를 추정하는 것은 장면 맥락에 대한 이해가 가능하였다.

오픈소스로 제공되어있는 LLM 비전 모델들의 특성상 주행중 위험도 뿐만 아니라 다른 분야의 정보도 학습되어 있다보니 처리속도가 높았다. 이는 추후 fine tuning과 같은 추가 학습방법이나 해당 영역의 전문적으로 학습하면 불필요한 데이터감소로 모델의 크기도 가벼워 지고 처리속도에 개선 가능할 것으로 예상된다. 또한 처리속도가 개선되면 운전자에게 주행중 현재 상황에 대해서 설명이 가능하고 위험한 상황일 경우 운전자에게 전달하는 등 사고 예방에 있어서 좋은 성능으로 발전할 것이다.

사사: 이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임.(과제명: 수형 응답형 자동발렛주차 및 서비스 기술 개발, 과제번호: 20018448) 또한, 본 논문은 산업통상자원부가 지원한 ‘자율주행 기술개발혁신사업’의 지원을 받아 수행된 연구결과입니다.[과제명:LV4 자율주행시스템의 FailOperational 기술개발 / 과제번호: 20018055]

철도차량 리튬이온 배터리의 잔여수명(RUL)예측을 위한 LSTM기반 데이터 분석 연구

LSTM-Based Data Analysis for Remaining Useful Life Prediction of Lithium-Ion Batteries in
Railway Vehicles

권희재

(국립한국교통대학교 전자공학과
학부생)

정세연

(국립한국교통대학교 전자공학과
학부생)

박강문

(국립한국교통대학교 전자공학과
조교수)

현재 철도차량에 리튬이온 배터리의 사용이 확대됨에 따라, 잔여수명(RUL: Remaining Useful Life)의 정밀한 예측이 시스템의 안정성, 신뢰성, 그리고 유지보수 효율성을 보장하는 중요한 요소로 부각되고 있다. 본 연구에서는 철도차량 운행 데이터를 활용하여 배터리의 상태지표(SOH: State of Health)를 산출하고, 이를 기반으로 장기 의존성 학습에 강점을 지닌 딥러닝 모델인 LSTM(Long Short-Term Memory)모델을 설계하여 RUL을 예측하는 방법론을 제안한다. 특히 철도차량 리튬이온 배터리의 데이터 특성을 고려해서 시간적 주기 기반 피쳐와 열적(온도 관련) 피쳐를 구분하여 실험을 수행하였다. 데이터를 비교 분석 결과해본 결과, 시간적 주기 피쳐($R^2 = 0.981$)가 열적 피쳐($R^2 = 0.917$)보다 열화 과정과 잔여수명을 설명하는 데 있어서 높은 예측력을 지님을 알 수 있었다. 본 연구는 철도차량 배터리의 RUL 예측을 위한 실증적 근거를 제시함과 동시에, 유지보수 주기 최적화와 운영 효율성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

사사: 본 연구는 2025년도 국립한국교통대학교의 지원을 받아 실행되었습니다.

SAC 기반 무선전력전송 IoT 네트워크에서 단말 에너지 소모 최소화를 위한 Soft Actor-Critic 기반 UAV 비행 경로 최적화

Soft Actor-Critic based UAV Trajectory Optimization for Minimizing Terminal Energy Consumption in UAV-aided Wireless Power Transfer IoT Networks

곽대현
(중앙대학교 물리학과
학부생)

박준형
(중앙대학교
전자전기공학부 학부생)

정화인
(중앙대학교
전자전기공학부 학부생)

이정륜
(중앙대학교
전자전기공학부
지능형 에너지
산업융합학과 교수)

사물 인터넷(IoT, Internet of Things) 기술은 배터리, 접근성과 같은 자원, 환경 제약적 환경에서 많이 사용되고 있기에 저용량, 저전력을 지향하는 방향으로 발전하고 있다. IoT 기기들은 IoT 네트워크를 이루어 함께 사용되는 경우가 많기에, 네트워크 유지와 IoT 기기의 충전 문제를 해결하기 위한 연구가 진행되고 있다. 그 중에서 무인 항공기(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)의 높은 기동성과 무선전력전송(WPT, Wireless Power Transfer) 기술의 유연성을 접목하여 IoT 네트워크에 전력을 공급하는 연구가 주목받고 있다. Lagrange Dual Method과 같은 고정된 전략은 동적인 네트워크 상황에 유연하게 대처하기 어려우며, 비행 에너지와 충전 효율을 통합적으로 최적화하는 데 명확한 한계를 보였기에, 본 연구에서는 심층 강화학습 알고리즘인 Soft Actor-Critic(SAC)을 UAV 제어 시스템에 도입하여, IoT 기기들의 실시간 배터리 정보와 UAV의 현재 위치를 동적으로 분석하는 최적 비행 경로 수립을 목표로 한다.

본 연구에서는 SAC 프레임 워크의 환경을 마르코프 결정 과정(MDP)으로 정립하고, UAV와 GU 간의 에너지 전달 과정은 Friis 전송 방식에 기반한 RF 전파 손실 모델을 따르도록 설계한다. 이 모델에서 에이전트는 전력을 공급하는 UAV이며, 상태는 UAV의 정규화된 2차원 좌표와 10개 GU의 개별 배터리 잔량 정보를 포함하는 벡터로 구성된다. 행동은 UAV가 다음 스텝에 수행할 이동의 방향과 거리를 의미하는 연속적인 2차원 벡터로 정의되고, 보상 체계는 충전 기여도, 이동 페널티, 그리고 임무 완수 보너스의 세 가지 구성요소를 통합하여 공정성과 효율성을 동시에 고려하도록 설계되었다. 이러한 MDP를 해결하기 위해 SAC 알고리즘의 최대 엔트로피 원리를 통해 안정적인 정책을 탐색하도록 학습을 진행하였다. 학습 과정은 가상 시뮬레이션 환경(50m x 50m)에 단일 UAV와 10개의 지상 유닛(GU)을 임의로 배치하여 진행하였으며, Python 기반의 Gymnasium 및 Stable Baselines3 라이브러리를 이용하여 총 50만 회의 에피소드에 걸쳐 수행하였다.

그 결과, 에피소드가 거듭될수록 획득하는 총 보상의 평균값은 증가세를 보였으며, 임무 완수에 필요한 평균 이동 스텝 수는 지속해서 감소했다. 이는 UAV가 비효율적인 움직임을 최소화하고 충전 효율을 최적화하는 방향으로 비행 전략을 성공적으로 수립했음을 시사한다. UAV는 모든 GU를 목표 수준까지 충전하는 데 총 81스텝을 기록했는데, 이러한 결과는 SAC 기반 제어 모델이 복잡한 네트워크 환경에서도 에너지 공급을 위한 최적의 비행 경로를 효과적으로 탐색할 수 있음을 실험적으로 증명하였고, 본 연구의 목표였던 효율적인 전력 공급을 위한 비행 경로 최적화를 달성하였음을 확인하였다.

사사: 본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2022-NR066629).

재난 대응을 위한 차량 탑재형 경량 멀티모달 화학물질 조기 탐지 모델

Lightweight Multimodal Model for Early Detection of Chemical Substances in
Vehicle-Based Disaster Response

이준형

(육군사관학교 인공지능학과 학부생)

오늘날 화학 물질 독성 예측 기술은 재난 대응과 사회 안전 분야에서 핵심 기술로 부상하고 있다. 산업 재해나 화학 사고, 유해 화학물질의 유출은 예측 불가능하게 발생하며, 특히 합성·구조 정보가 충분히 공개되지 않은 신종 화학 물질이나 기존 물질의 변형체가 급격히 등장한다는 점에서 심각한 위협이 된다. 이러한 상황은 정확한 분자식 정보가 없는 상태에서도 독성을 예측·경고할 수 있는 계산화학 모델의 필요성을 잘 보여준다. 그러나 전통적인 실험 독성 평가는 즉각적인 재난 대응 차량에 적용하기 어렵기 때문에, 구조식 정보만으로도 실시간 위험도를 평가할 수 있는 시스템이 필수적이다. 본 논문은 다중 태스크 환경에서의 화학 독성 탐지를 위해 GIN과 ChemBERTa를 결합한 멀티모달 기반 분자 독성 예측 모델을 제안한다. 그래프 기반 구조 특징과 언어모델이 학습한 SMILES 문맥을 동시에 활용함으로써, 모델 간 상호보완과 비선형 관계 학습을 가능하게 한다. 또한, 제안한 경량화 모델은 재난 대응 차량에 탑재 가능하여 유해 화학물질을 신속히 탐지하고, 인명 보호 및 긴급 대응 속도를 크게 향상시킬 수 있다.

본 연구에서는 GIN과 ChemBERTa를 융합한 멀티모달 기반 분자 독성 예측 모델을 제안하고, 실험적으로 그 우수성을 입증하였다. 단일 모델 대비 제안 모델은 평균 AUC에서 각각 +4.77%p, +3.73%p 향상된 0.8129를 기록하며 성능 불균형 문제를 효과적으로 해소하였다. 이는 그래프 기반 구조 정보와 언어모델 기반 문맥 정보를 상호보완적으로 학습한 결과로, 복합적 독성 기전을 안정적으로 탐지할 수 있음을 보여준다. 특히 제안 모델은 경량 구조를 채택함으로써 GPU 환경뿐 아니라 CPU 환경에서도 빠른 추론이 가능하다. 이는 화학물질 탐지에 있어 실시간성과 경량화라는 재난 대응 요구 조건을 충족시키며, 차량에 탑재하여 실시간 유해 화학위험 조기경보 체계로 활용할 수 있는 가능성을 제시한다.

강화학습 기반 실내 건축물 화재 대피경로 예측 및 디지털 맵 시각화 기술에 관한 연구

A Study on Fire Evacuation Path Prediction and Digital Map Visualization Technology for Indoor
Buildings Based on Reinforcement Learning

이동진
(국립한국해양대학교 학부생)

서동환
(국립한국해양대학교 교수)

실내 건축물에서 발생하는 화재는 연기 확산, 시야 제한, 복잡한 구조적 특성으로 인해 대피자의 자율적인 판단만으로는 안전한 대피가 어렵다. 기존의 고정형 유도등이나 방송 안내만으로는 급변하는 화재 상황과 공간 혼잡도를 반영하지 못한다는 단점이 있어 대규모 인명 피해가 발생한 사례들이 있다. 이러한 한계는 화재 대응 과정에서 피구조자에게 대피가능 경로를 알려주는 것 이외에 실시간으로 예상대피경로를 구조자에게 제공해서 대피인원이 밀집되는 경로 및 공간을 확인할 수 있는 새로운 기술의 필요성을 시사한다.

본 연구는 건물의 평면도 이미지를 디지털 맵으로 변환하고, 강화학습 기반 인공지능 기법을 적용하여 상황별 최적 대피 경로를 예측하는 모델을 제안한다. 실내 건물 평면도를 입력 이미지로 불러와 크기 조정 후 임계값 기반 이진화를 수행하여, 자유 공간과 벽을 구분한 Occupancy Grid 형태의 디지털 맵으로 변환하였다. 또한, 제안하는 모델을 A* 알고리즘의 최단 경로 탐색에 Q-Learning을 결합하여, 보상 함수(목표 도달 +100, 벽 충돌 -50, 이동 -0.01)를 통해 상태-액션 가치(Q-value)를 학습함으로써 다양한 실내 구조에서 최적 탈출 경로를 제공하는 가중치를 동적으로 최적화하였다. 단순히 출구 위치를 안내하는 기존 시스템과 달리, 화재 확산 양상과 인원 분포 등 동적 요인을 고려하여 적응적인 경로를 산출할 수 있다. 또한 다수의 인원의 대피경로 예측 후 디지털 맵에 예상경로를 시각화하고, 공간별로 대피인원이 지나갈 확률적 분포 또한 시각화한 정보를 산출하였다.

본 연구의 차별성은 예측된 정보를 대피자에게 직접 제공하는 것이 아니라, 소방관이나 지휘본부와 같은 구조 인력에게 전달한다는 점에 있다. 이를 통해 화재 현장에서 더욱 전략적이고 신속한 구조 활동을 지원할 수 있으며, 결과적으로 인명 피해를 최소화하는 데 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

앞선 기술로 세상의 기준이 되다

건설 Convergence 4.0

내일을 이끌어 갈 첨단 산업과 세계 일류를 선도하는 GS건설의 완벽한 융합!
미래를 향한 GS건설만의 앞선 기술이 인류의 위대한 역사를 창조하고 있습니다



Infra



Eco



Plant



Architecture



Leisure

대한민국 기업을 위한 디지털 혁신의 시작

언택트, 디지털 뉴딜

디지털로 빠른 변화와 혁신이 요구되는 지금
당신의 기업은 어떻게 준비하고 계신가요?

KT Enterprise가

AI, Big data, Cloud의 앞선 기술과
기업 유무선 통신의 전문성으로

대한민국 기업의 디지털 혁신을 이끌어 갑니다

Digital Transformation Partner

kt Enterprise



kt Enterprise

30여년의 지속적인 성장 노하우로 다양한 IT 솔루션 통합 구현을 선도

미래형 ITS

AI 스마트 교차로
기반



차세대 ITS

V2X 통신 기반
미래형 자율협력주행



싸인텔레콤



첨단형 BIS

ICT & IoT & GNSS
융복합 기술 적용



스마트시티

IoT & 알고리즘
기술 융합



SINCE 1989

30년 이상 압력의
강소기업

사회적 공헌

LED 이해를 돕기위한
LED스케어 개관

산학 클러스트

서강대, 한성대, 부산대,
인덕대 등 25개 대학교

ITS 기업유일

산업융합신도기업 지정
산업융합 대통령 표창
(2019년 수상)

문 의 스마트 S본부 김현구 이사 (010-9770-5080) | 스마트 S본부 박은희 차장 (010-9509-9878)
서울본사 서울시 영등포구 경인로 775, 1동 119호 (문래동 3가, 에이스하이테크시티I)
파주사옥 경기도 파주시 회동길 521, 4층 (문발동, S빌딩) | 파주공관 경기도 파주시 소라지로 195번길 113 (신촌동)

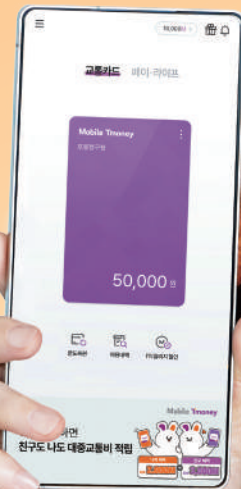


고객과 함께 성장하는 회사,
최상의 IT서비스 구축

변화의 중심에서 고객의 가치창출을 위한
시스템과 서비스를 지속적으로 개발하는 IT 전문기업

ITS, BIS, GIS, GREEN IT, R&D 관련분야의 특화된 전문기술, 인력,
실적을 바탕으로 공공 솔루션 개발 및 시스템 통합에 주력하고 있습니다.

대중교통도 편의점도
전국 어디서든
모바일티머니



도로를 담고 도로와 소통하다!

Embrace the road, connect with the road!

Safe & Smart **MOBILITY**

자율주행용 HD Map

자율주행을 위한 도로와 공간 정보의 구축

자율주행에 필요한 차선정보와 도로시설
그리고, 주요표지시설을 3차원
공간정보로 구축합니다.

Local Dynamic Map(LDM)

자율협력주행을 위한
동적(Dynamic)정보의 수집, 가공, 송출

LDM 기술을 통해 도로 인프라와 모든
자율주행자동차가 서로 소통하는 차량간
자율협력주행을 실현합니다.

*Local Dynamic Map(LDM) : 동적지도

내비게이션

Mobility 서비스와 자율주행의 기반이며 실시간
변화 정보 반영의 집합체인 지도와 어플리케이션

도로의 조사, 구축 및 지도 제작의 모든 과정을
수행하여 최고 품질의 최신 데이터를 고객에게
제공하고 Map기반 Application을 개발합니다.

웨이즈원 (주)

Opening a Safer & Smarter World With BYDA's Technology

We will become a company that provides core solution
for the ICT industry based on world leading RADAR technology

BYDA는 밀리미터파 레이더 기술을 기반으로 스마트 센싱의 미래를 열어가는 혁신 기업입니다.

“스마트 센싱 기술로 더 편리하고 안전한 세상을”이라는 슬로건 아래, 한 걸음씩 비전을 실현해 나가고 있습니다.





LEADING Business Transformation

고객의 **Business Transformation**을 **Leading**하는 서비스 기업,
롯데이노베이트입니다.



롯데이노베이트



산업통상자원부



세종특별자치시



(재)세종테크노파크
SEJONG TECHNOPARK

자율주행 특화도시 세종

세종지역혁신클러스터 육성사업

빅데이터 관제센터



BRT 자율주행



스마트 교통 인프라



시험분석·신뢰성평가·부품검증 분야 모빌리티 관련 장비활용 지원

장비 사용 문의처 : 세종테크노파크 미래융합산업센터 모빌리티산업팀 / 044-850-2162, 2165



기업의 성공을 위한 최적의 입지, 세종특별자치시 기회발전특구



세종테크밸리 첨단기업 유치 임차료 지원사업

- 지원규모 : 20개사 내외
- 지원대상 : 시 외에서 세종테크밸리 이전 및 신설 중소기업(본사, 공장, 연구소 등)
- 지원내용 : 사무실 임차료 지원, 사무실 조성 공사비 지원
- 문의처 : 세종테크노파크 기업지원단 / 044-850-2141, 214

세종테크노파크 입주기업 모집

- 시설명 : 세종테크노파크 본관동
- 소재지 : 세종특별자치시 조치원읍 군정로 95(조치원청사 부지 내)
- 규모 : 4,669㎡, 연면적 11,594㎡(지하1층, 지상7층)
- 문의처 : 세종테크노파크 기업지원단 / 044-850-2143



세종테크노파크
모빌리티 관련 장비소개
브로슈어 다운로드

※ 자세한 사항은 세종테크노파크 홈페이지를 참고해주세요.

www.sjtp.or.kr



세종특별자치시
기회발전특구
브로슈어 다운로드

MQNIC

MAXIMUM QUALITY-BASED ELECTRONIC



Connected Car Service

차량 기술과 함께 연결&공유를 기반으로 미래 이동성 서비스 구축



자율주행 플랫폼

AI기반 자율주행모빌리티 통합 운영을 위한 플랫폼 구축



AI

수없이 생산되는 빅 데이터를 가치 있는 정보로 생성하기 위한 인공지능 분석



Mobility As A Service

목적지까지 최적의 방법으로 이동할 수 있는 모든 교통수단 시스템 통합



Digital Twin

디지털 데이터 모델로 현실 세계의 ITS를 시뮬레이션 구현



LBS Platform

위치기반정보와 서비스를 제공하기 위한 기본 플랫폼 구축

LG유플러스, 교통 시스템을 혁신하다

LG유플러스는 신뢰성 높은 자사의 통신서비스와 정보통신기술(ICT)을 통해
 지능형 교통시스템(ITS)기반의 미래 교통 선도도시를 구현합니다.

스마트 주차장

VMS를 통해 주차가 가능한 위치와
 잔여 주차공간수 등을 확인

스마트 교차로

교차로 교통량 및 사고 발생을 파악하고
 회전교차로 안전지원시스템 구축

스마트 횡단보도

딥러닝 영상 인식 기반 시스템으로
 횡단보도 신호 연장과 경고음 제공을 통해
 안전한 횡단구현



U+ C-ITS/자율주행 Reference

- 강릉시 ITS 구축사업(2021~2024)
- 부산시 오시리아 자율주행 시범운행지구 구축사업(2024)
- Lv.4/4+ 자율협력주행 테스트베드 환경 구축사업(2023)
- 천안시 ITS 구축사업(2022)
- 세종특별자치시 자율주행 빅데이터 관제센터 구축(2021)
- 광주광역시 원격제어기반 무인특장차 통합관제센터 구축(2021)



CONNECTING, SHARING & SHOWING

공간정보로 연결하고, 공유하고, 볼 수 있는 세상



 네오스펙트라

 올포랜드

 엘티메트릭

 명화지리정보

메타버스 플랫폼 서비스

솔루션 개발, SI

데이터 가치 창출

DB구축

공간정보서비스
Alliance

하늘 - 땅 - 바다 - 지하 - 메타버스 공간