

18C
TAP
-C13
3299
-02

차량충돌시
2차
사고
방지를
위해
능동적
회피를
지원하는
적응형
3차원
지오펜스
기술
개발
최종보고서

2019

국
토
교
통
과
학
기
술
부
진
흥
원

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개() 발간등록번호(○)

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

발 간 등 록 번 호

11-B552989-000075-01

R&D / 18CTAP-C133299-02

차량충돌시 2차 사고 방지를 위해 능동적 회피 를 지원하는 적응형 3차원 지오펜스 기술 개발 최종보고서

2019.02.15.

주관연구기관 / 강릉원주대학교 산학협력단

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부장관 귀하

‘차량충돌시 2차 사고 방지를 위해 능동적 회피를 지원하는 적응형 상호운용 3차원 지오펜스 기술 개발’(연구개발 기간 : 2017.06.30. ~ 2018.12.31.) 과제의 최종보고서 9부를 제출합니다.

2019. 02. 15.

주관연구기관명 : 강릉원주대학교 산학협력단 (단장) 김환석 (인)

주관연구기관책임자: 전병국

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	8CTAP-C133299-02	해당 단계 연구 기간	2017.06.30. ~ 2018.12.31	단계구분	1/1
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진연구사업			
	세부사업명	기초 원천			
연구과제명	대과제명	차량충돌시 2차 사고 방지를 위해 능동적 회피를 지원하는 적응형 상호운용 3차원 지오펜스 기술 개발			
	세부과제명	-			
연구책임자	전병국	해당단계 참여연구원 수	총: 7 명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구비	정부:220,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:220,000천원
		총 연구기간 참여연구원 수	총: 9 명 내부: 명 외부: 명	총 연구비	정부:370,000천원 민간: 천원 정부외: 천원 상대국: 천원 계:370,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	강릉원주대학교 산학협력단			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
※ 국내·외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 같음					

연구개발성과의 보안등급 및 사유	
-------------------------	--

9대 성과 등록·기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설 · 장비	기술요약 정보	소프트 웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록·기 탁 번호	21	2				9					

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황

구입기관	연구시설 · 장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약	보고서 면수
본 연구는 치사율이 매우 높은 교통 사고중 2차 사고를 회피하기 위한 수단으로서, 도로에서 운행중인 차량의 정보를 서로 교환하고 만약 1차 사고가 발생하였을 경우 이에 대한 상황을 후속차량에게 전달하여 뒤따르던 후속차량이 연쇄적인 2차 사고를 방지하기 위한 적응형 상호운용 3차원 지오펜스 시스템의 연구 개발이 최종 목표임. 이를 위해서 차량들의 표준 운행정보들인 CAM/DENM과 BSM 메시지를 통합 분석하여 기본적인 메시지를 구분하고 프로토콜과 인터페이스를 정의하여 메시지가 전송 및 교환을 위한 다양한 알고리즘과 처리 메커니즘을 설계하고 구현함으로써 기술적인 검증도 수행하였음. 이를 기반으로 하여 자율주행차와 C-ITS 연동같은 커넥티드 카의 기초가 되는 적응형 상호운용 커넥티드 모바일 가상 펜스의 프레임워크와 플랫폼을 개발하였음. 개발된 시스템은 향후 커넥티드 카, 자율주행차와 C-ITS 같은 차세대 시스템의 개선 및 발전, 확장하는 원천적인 기반 기술로서 기대됨.	104쪽

요약문

연구의 목적 및 내용	본 연구는 차량의 운행중에 발생하는 1차 추돌 사고로 인해서 뒤따르는 후속 차량의 2차 추돌 사고를 미연에 방지하거나 회피하기 위한 기술개발을 목표로 하였음. 이를 위해서 스마트폰을 통해 커넥티드 카 서비스 환경을 제공하도록 적응형 상호운용 커넥티드 모바일 가상 펜스(Connected Mobile Virtual Fence) 시스템을 개발하였음. 개발된 시스템을 위해서 차량을 위한 CAM/DENM과 BSM 안전 메시지를 통합하고 분석한 메시지 프로토콜 인터페이스를 설계하였으며, 메시지 전달 메커니즘, 커넥티드 카 그룹간 메시지 전송, 지능형 서비스를 지원하는 상황인식 서비스 및 속도에 따라 모바일 가상 펜스가 확장되거나 축소되는 적응형 서비스를 설계하고 구현하였음.				
연구개발성과	- 상황전파 메시지 프로토콜 규격 및 인터페이스 정의서 - 상황인식 메시지의 협력적 전송 메커니즘 개발 - 메시지에 의한 반응형 3차원 지오펜스 프로토타입 개발 - 모바일 가상 펜스(3차원 지오펜스)간의 상황정보 협업 인식 서비스 - 적응형 상호운용 커넥티드 모바일 가상 펜스 시스템 개발 - 국내 논문 : 2편(KCI) - 해외 논문 : 19편(SCIE - 12편, SCOPUS - 7편) - 해외 학술 발표 : 8편 - 특허 등록 : 2건(단, 2건중 1건은 연관 특허출원을 위해 2019년4월 등록함) - 특허 출원 : 4건 - 소프트웨어 등록 : 9건				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	- 본 연구에 의해서 개발된 적응형 상호운용 커넥티드 모바일 가상 펜스 시스템은 기본적으로 커넥티드 카 기술 및 서비스를 지원하는 것이기 때문에 커넥티드 카 시장의 기술로써 활용될 것이 기대됨. - 따라서 무인자율주행차가 향후 2040년이 되어야 전체 차량을 대체될 것으로 예상되는 바, 해당 기간 동안의 AM(After Markets)과 BM(Before Markets)은 본 기술에 의한 시스템이 대체할 것으로 예상됨. - 더욱이 해당 시스템은 WAVE 서비스를 기반으로 한 ADAS나 AUTOSAR 같은 차량 운용 시스템에 적용이 가능함. - 또한 커넥티드 모바일 가상 펜스 시스템은 2차 사고 뿐만 아니라 1차 사고도 예방을 도모할 수 있으며, 스마트폰에 의한 C-ITS와 V2X(Vehicle to Everything) 서비스도 가능함을 구현하여 증명하였기에 지능형 C-ITS와 V2X 시장의 선점을 예상함.				
국문핵심어 (5개 이내)	2차 사고	모바일 가상 펜스	3차원 지오펜스	커넥티드 카	자율주행차
영문핵심어 (5개 이내)	Second Accident	Mobile Virtual Fence	Three-Dimensio nal Geofence	Connected Car	Autonomous Vehicle

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	1
2. 연구수행내용 및 성과	30
3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	95
4. 연구개발성과의 활용 계획 등	98
붙임. 참고 문헌	101

<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서

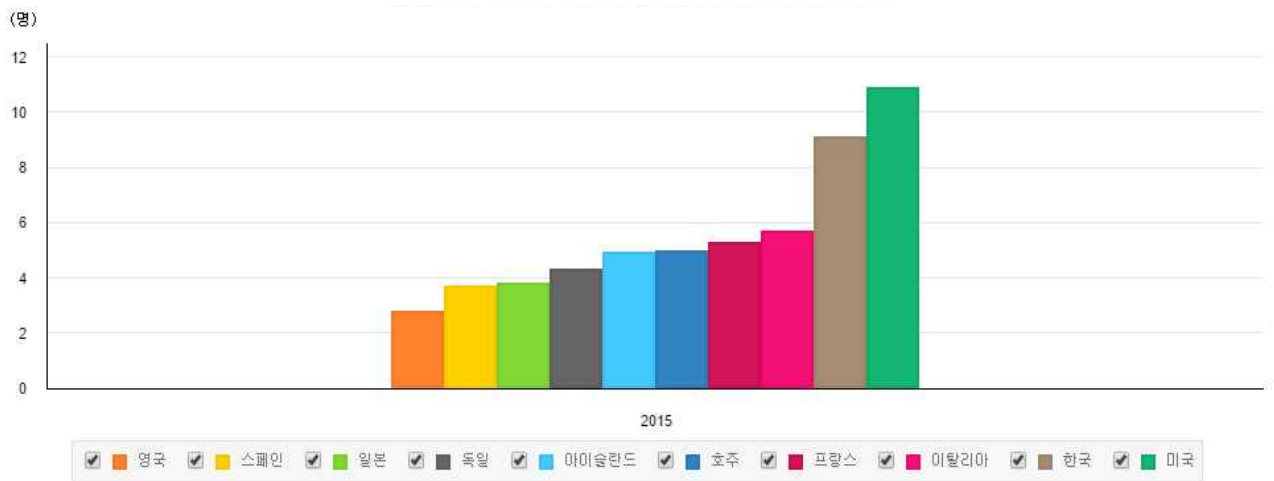
1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발의 필요성

(1) 연구개발의 개요

(가) 연구 개발의 배경

- 세계보건기구의 2015년 보고서에 따르면, 전세계적으로 도로에서 발생한 사건 사고로 인해 매년 120만 명 이상이 사망함.
- 우리나라를 비롯한 OECD 선진국을 비교한 (그림 1)은 2015년 인구 10만 명당 도로교통사고에 의한 사망자수를 나타낸 것이고, 여기서 우리나라는 9.1명으로 미국 다음으로 많음.



출처 : e-나라지표

(그림 1) OECD 주요국의 인구 10만 명당 도로교통사고 사망자수(2015년)

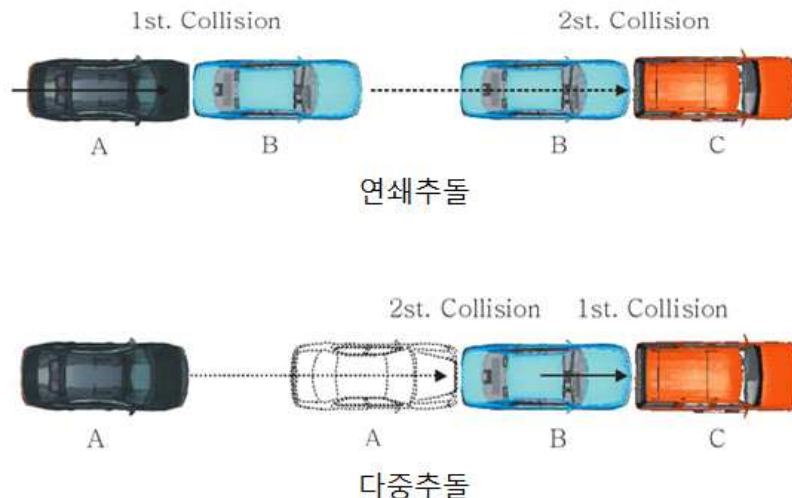
- 특히 국토교통부에 따르면 고속도로에서 2차 사고의 치사율은 고속도로 일반사고 치사율 9.4 (사고 2,328건, 사망 218명)에 비해 5.6배 높은 수치로, 2차 사고로 인한 치사율이 매우 높음.
- 국내 최대의 연쇄/다중추돌 사례를 들면, 2015년 2월 12일 인천 영종대교에서 차량 105중 추돌 사고로 인한 65명의 사상자 생긴 것이 대표적 경우임. 이 사고에서 1차 추돌이후 계속적으로 많은 차들이 2차, 3차 연쇄 추돌을 한 원인으로 가시거리 10m안팎의 안개, 동절기 노면 블랙아이스(Black Ice)에 의한 급제동 불가, 과속운전 등으로 판명됨. 이같은 상황은 비단 국내뿐 아니라 국외에도 자주 발생함.
- 또한, 1차 추돌후 길 가장자리나 견인지역으로 이동했음에도 불구하고 후속 주행차들에 의해 연쇄 추돌이나 다중추돌이 아닌 2차 추돌이 발생하는 경우도 있음. 그 이유로서 근본적으로는 급제동을 위한 안전거리 미확보나 졸음운전 등이 원인이 될 수도 있으나, 우리나라처럼 도로 상황이 넉넉하지 못하여 차량흐름이 불규칙하고 운행하는 차량수가 많은 경우에 운전자들이 도로를 주행할 때의 현실은 그렇지 않을 때가 대다수임.
- 그렇다고 도로 곳곳에 과속감시용 카메라나 과속방지턱 같은 인위적인 시설물에 의해서 과속을 예방하거나 차량간 안전거리를 확보하기 위한 수단으로는 한계가 있음.

- 더욱이 지역별 편차가 있겠지만 해안가의 해무, 내륙의 안개, 동절기의 노면 결빙 및 블랙아이스, 비오는 날의 노면 수막, 지하도 혹은 터널내 가시거리 협소, 눈오는 날의 주행노선 판독 불가 등 지정학적 환경적 요인이 열악할 때는 평상시의 경우보다 사고의 경중이나 빈도가 매우 높으며, 인명 피해 손실 또한 매우 큰 것이 주지의 사실임.
- 이처럼 차량들의 1차 추돌 및 2차 추돌 등의 위험을 지정학적 환경적 상황에 기대어 불가항력적인 것으로 모면하기보다는 사물인터넷(IoT, Internet of Things)이나 유비쿼터스 컴퓨팅 같은 진일보한 ICT 기술을 자동차나 도로에 활용하여 극복할 필요가 있음

(나) 연구 개발의 필요성

- 2차 추돌에 대한 연쇄추돌과 다중추돌의 구분

다음의 (그림 2)에서처럼, 추돌의 과정에는 A차가 앞차인 B차를 1차 추돌하고, 뒤이어 B차가 앞으로 밀리면서 앞차인 C차를 2차추돌 하게 되는 연쇄추돌과 급정지한 C차를 B차가 미쳐 피하지 못하고 추돌하고, 뒤이어 A차가 정지한 B차를 미쳐 피하지 못하고 추돌하게 되는 다중추돌로 구분함.



(그림 2) 연쇄추돌과 다중추돌의 차이

연쇄추돌과 다중추돌 구분 여부는 사고차량들의 앞·뒤면 충돌 손상상태와 손상 높이를 상호대조하여 규명함. 연쇄추돌의 경우 1차 추돌의 영향에 의해 앞차가 밀리면서 그 앞차를 추돌하는 형태이므로 나중에 충돌된 차일수록 손상 정도가 작아지게 됨. 또한 차량이 급제동하게 되면 무게중심이 앞으로 쏠리면서 차체 앞부분이 지면쪽으로 주저앉게 되는 소위 Nose down 현상이 발생하게 되므로 추돌손상 높이를 상호 대조해 봄으로써 추돌시의 급제동 여부 등 추돌형태를 판단할 수 있음.

- 위와 같이 2차 추돌의 차이가 있음에도 불구하고, 전방의 1차 사고차량들로부터 뒤따르는 후속차량에게 사고 정보를 능동적이며 자동적으로 알려주면 적어도 2차 추돌에 의한 인적/물적 피해 요소를 최소화할 수 있거나 2차 추돌을 회피할 수 있음.
- 이를 위해서 전세계적으로 자동차회사, 정부, 전자/통신회사 등이 신기술 개발에 참여하여 독자적 또는 상호간 협조적으로 차량 및 도로를 대상으로 표준화하고 개발에 참여하고 있음.

- ▶ 자동차회사 : 무인자율주행차(AV, Autonomous Vehicle), L3+(Limited Self-Driving Automation))를 먼저 시범적으로 선보인 구글의 자율주행차를 필두로 현대차를 비롯한 세계 유수의 자동차 메이커들의 자율주행차는 2020년부터 상용화가 시작될 것으로 전망됨.
- ▶ 국가기관 : 스마트 도로(Smart Road)를 목표로 차세대 지능형교통체계(C-ITS, Cooperative- Intelligence Transport System)를 모든 도로에 설치하여 차량에 위험을 V2I(Vehicle to Infrastructure)를 이용하여 통보함으로써 사망사고가 없는 도로 인프라 환경 구축을 2018년부터 시작함.
- ▶ 전자/통신회사 : 차량용 무선통신표준으로 IEEE 802.11p/DSRC(WAVE, Wireless Access in Vehicular Environment)가 세계 표준으로 되어 있어 차량내부를 비롯한 외부의 다른 차량간(V2V, Vehicle to Vehicle) 무선통신을 지원하게 되어 있음.
- 이와 같은 기술들은 근본적으로 위치기반서비스(LBS, Location Based Service) 시스템을 토대로 반영되어야 하는 것으로, 차량 내부뿐 아니라 외부까지도 정밀한 지리정보시스템(GIS) 기반하에서 위치 인식과 추적이 가능한 3차원 공간 정보 처리 기술이 선행되어야 함.
- 특히 차량간 충돌 및 보행자 인사 사고같은 다양한 교통사고에 의한 재난현장의 위치분석과 이동통신망에 기반한 긴급구조용 정밀한 측위시스템같은 요소기술들이 있어야 함.
- 그러므로 본 연구에서는 선행 개발된 상황인식서비스를 지원하는 3차원 지오펜스 시스템을 확장하고 개선하여 차세대 기술인 V2X(Vehicle to Everything)에 반영하도록 하여 교통사고 시 2차 충돌 사고에 대해 미연에 방지하거나 회피 또는 피해를 최소화하는 기술을 연구 개발할 필요가 있음.

(2) 연구개발 대상의 국내외 현황

(가) 국내 현황

1) ICT 기반의 긴급구난 기술개발 현황 및 이슈

- 국내에서는 차량 긴급구난체계(e-Call) 차량단말 시스템을 위한 성능 시험 표준 및 규격 제정을 위한 국토교통부와 미래창조과학부 주관으로 AM(After Market), BM(Before Market)용으로 구분하여 표준 차량단말 개발 및 인증체계 개발 예정
- 국토교통부를 중심으로 차세대 ITS 사업(2014년~2017년)을 통하여 기술검증 및 시범 구축이 진행중이며 차세대 ITS 사업과 관련하여서는 15개 대표 서비스 보행자 상시 Care 서비스의 형태로 시험 검증 중임
 - ✓ 차세대 ITS : 국토교통부는 스마트 하이웨이(SMART Highway) 구축을 목표로 치사율 62%인 고속도로 2차사고 예방기술 상용화를 위해 (그림 3)과 같은 C-ITS 테스트베드를 구축하여 실증함. 이를 위해서 국토교통부는 급정거, 낙하물, 고장 차량 등 돌발 상황을 탐지해 교통사고를 예방할 수 있는 차량용 고속무선통신(WAVE, Wireless Access in Vehicular Environment)을 활용한 차량간 정보교환 기술을 경부고속도로 서울~수원 구간에 적용해 검증을 2014년부터 2017년까지 실증 완료.



(그림 3) 고속도로 실증 테스트베드

- ✓ 이 기술은 C-ITS의 시범사업 버전으로, 본 사업은 2018년부터 2021년까지 개발 구축하기로 함. 이를 구축함으로 인한 기대 효과는 다음 (표 1)과 같음.

(표 1) C-ITS 설치에 따른 기대효과

구분	미구축	ITS	차세대ITS(C-ITS)(추정)	비고
혼잡비용	28.5조원('10년)	연 4,300억원 절감	연 8,000억원 절감	
통행속도	20km/h내외	15%증가	30%증가	도심
사고예방	-	-	46%감소	총 사고 건수

출처 : 국토교통부 차세대 ITS 기본계획

- ✓ C-ITS의 세계 추진 동향 비교

(표 2) C-ITS의 세계 추진 동향

구분		2002~2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018~2021
미국	단계	차량통신 기반기술/서비스 개발, 표준화			정책방향 수립		실도로 구현, 효과검증			초도 시범구축, 실용화 서비스 제공, 확대구축				
유럽	단계	차량통신 기반기술/서비스 개발, 표준화				실도로 구현, 효과검증			정책수립	초도 시범구축, 실용화 서비스 제공, 확대구축				
일본	단계	차량통신 기반기술/서비스 개발, 표준화			실도로 구현, 효과검증		초도 시범구축, 실용화 서비스 제공			정책수립	확대구축			
국내	단계						차량통신 기초기술 개발			차량통신 기반기술/서비스 개발, 표준화				
	프로젝트											실도로 구현, 효과검증		

출처 : 국토교통부 차세대 ITS 홍보관

- 국가기술표준원에서는 2015년 학술연구사업으로 차량 긴급구난체계(e-Call) 표준화 프레임워크를 개발하여 중점추진영역 및 핵심요구사항, 개념모델, 유스케이스, 표준 갭 분석을 정의
- ITSK에서는 각계 산학연이 참여한 e-Call 포럼을 설립하여 진행중이나 사고 감지의

정확성 이슈로 인해 경찰청과 소방방재청이 부정적 소견 표명. 그래서 2015년부터 상호호환성이 보장되고 적기에 긴급구조기관에 정밀한 위치 정보를 제공하기 위한 긴급구조용 측위시스템에 대한 요구에 따라 TTA에서 긴급구조용 측위시스템 표준 작업이 시작됨. 2015년 말에 긴급구조용 측위시스템의 요구사항 및 구조 표준 규격이 개발되었고, 이를 기반으로 2016년에 연동 표준 규격이 개발 중임.

- 국토교통부, 미래창조과학부, 교통안전공단 등은 교통사고를 줄이기 위한 대책 마련 및 사업을 진행하고 있으며, e-Call 시스템의 도입을 다양하게 검토 중.
- 미래창조과학부는 2014년부터 2015년까지 SKT 주관으로 자동차 ICT 기반의 e-Call 서비스 구축 시범사업을 진행했음. 이 사업의 범위는 사고 및 차량정보 감지, 사고 분석 및 판단, 외부기관 연계, 단말 인증, e-Call포탈 시스템, 차량운행 정보 분석 서비스 개발 및 시범운영임.
- BM 제품의 경우 신규 차량 설계시 반영토록 관련 기술 개발이 이뤄지고 있으나, ICT 기기를 이용한 AM용 e-Call 차량단말기의 차량사고 감지 기술을 적용하기가 용이하지 않음.
- 자동차 IoT 단말제조사인 자스텍은 2013년 10월부터 ISO/WD 20530을 통해 ICT 기기를 이용한 자동차 에어백 전개 인지 기술부터 국제표준화를 추진하고 있으며, 에어백 전개 확인 이외에 e-Call 트리거(trigger)의 핵심기술 3요소 중의 하나인 차량 전복에 관한 연구를 추진 중임.
- 현재까지 e-Call과 Fail-Call 제정이나 기술개발에 대한 국내 사례가 아직 없음.

2) 자율주행차 기술개발 현황 및 이슈

- 국토교통부는 2016년 2월부터 자율주행차 임시허가 제도를 시행, 3월부터 일반도로 자율주행 시험운행 허용. 자율주행차 연구개발을 위해 실제 교통환경에서 주행시험이 가능하도록 일정 구역을 시범단지로 구성 및 정밀도로지도, 차량-인프라 통신시설 등을 지원
- 현대기아차는 도로에서 개별 자율주행자동차의 안전성을 테스트하고 있으며, 2016년에 통합적인 자율주행 시스템 검증을 위한 시험 운행 실시.
- ITSK에서 C-ITS 시범사업 및 본 사업을 위한 차량과 인프라간 데이터 교환 메시지 규격 개발이 완성 단계에 있으며, 자율주행을 위한 데이터 교환 프로토콜 표준화가 진행 중
- TTA 등에서는 자율주행 서비스에 활용될 수 있는 다양한 지형지물, 도로정보 등과 같은 공간정보 관련 국외 표준화 동향을 모니터링, 수용하고 이에 참여할 수 있는 방안을 모색
- 자율주행차를 위한 3차원 정밀지도 개발을 추진중이며, 정밀도 25cm까지의 시설물

정보를 갖는 정밀지도를 자율주행 시범운행 구간부터 구축하고 2019년까지 시험운행 구간 및 고속도로 구간에 우선적으로 구축하며 2020년부터 전국 4차선이상 도로로 확대함.

- 한국도로공사 등 47개 기관이 참여하여 진행중인 스마트 자율 협력주행 도로시스템 개발 과제에서는 자율주행차가 도로 인프라와 협력하여 자동차 전용도로에서 안전하고 효율적인 자율주행이 가능하도록 지원하는 도로 시스템을 구현하는 것을 목표로 2015년에 시작하여 2020년까지 진행할 계획
- 현대차는 CES 2015에서 V2X 기술의 일환으로 스마트워치를 연결한 차세대 블루링크(Blue Link)와 애플, 구글 스마트폰 서비스를 연동한 차세대 인포테인먼트 시스템을 선보임

3) 위치기반서비스(LBS) 기술개발 현황 및 이슈

- 국토교통부, 국토지리정보원 등에서는 실내외 네트워크 정보 등을 연계하여 연속적으로(seamless) 위치기반서비스를 제공하기 위한 기술개발 및 연구 등을 수행 중.
- 해양수산부는 1988년부터 2009년까지 위성항법보정시스템(DGNSS, Differential GNSS) 구축 및 운영 사업을 통해 해양선박용 고정밀 위성항법 측위 기술을 개발함. 중파, DMB(Digital Multimedia Broadcasting), 인터넷 등의 지상통신망을 통해 서비스 범위가 육상까지 확대되었지만, 밀집도와 복잡도가 높은 육상교통에는 매우 미흡함.
- 2012년~2015년까지 ETRI를 중심으로 5m 정밀도의 증강현실서비스 지원 LBS 플랫폼 기술을 개발하였고, 2015년부터는 사용자 참여기반 측위 인프라 위치 DB 자동 갱신기술을 개발 중이며, 아울러 2014년 이후 실내공간정보를 효율적으로 구축 및 활용하기 위한 기술 개발도 진행되고 있음
- 실내외 측위시스템 관련하여, 기존에는 Cell, GPS 등이 위주였지만 스마트폰이 확산되면서 Wi-Fi, Bluetooth 등의 근거리 통신 신호 뿐 아니라 스마트폰의 다양한 센서(지자기, 자이로, 가속도)들이 활용되어 위치서비스 제공 가능 범위가 확대
- 한국도로공사, 현대엠엔소프트 등에서도 자율주행 서비스를 지원하기 위해 MMS(Mobile Mapping System) 등에 기반한 고정밀 전자지도 구축 기술 등을 개발하고, 이를 토대로 고정밀 전자지도 구축 영역을 확대
- 국토교통부 교통물류연구사업의 일환으로 한국항공우주연구원은 자율주행차, C-ITS 등 차세대 육상교통서비스를 위해 육상교통용 위성항법보정시스템을 지난 2015년에 개발하였으며, 전국 확대를 위해 기술개발을 진행 중.
- 국토교통부는 2009년~ 2015년 10월까지 자율주행차, C-ITS 서비스 지원 등 육상교통을 위한 차로 구분 수준이 오차범위 1m 이내로 위치 결정을 가능하게 하는 위

성행법 기반 교통 인프라 기술 개발을 진행하였으며, 2018년 수도권 지역 시범서비스 운영을 계획함.

- 국토교통부 및 서울시 등은 긴급구난 서비스와 같은 다양한 LBS에 활용될 수 있는 실내외 동간정보의 구축 및 제공을 확대
- 방송통신위원회는 ‘LBS 산업육성 및 사회안전망 고도화를 위치정보 이용 활성화 기본계획’에 의하여 2013년부터 2017년까지 위치정보 활용 플랫폼을 확보하기 위하여 “긴급 구조용 위치정보 활용 플랫폼 구축”을 추진함
- 국토교통부, 해양수산부는 항공안전 강화를 위해 2014년부터 국제민간항공기구(ICAO)의 요구 성능에 부합할 수 있는 위성기반 위성항법보정시스템인 SBAS 개발 및 구축 사업을 진행중이며, 2022년 10월부터 전국에 정식 운영 서비스를 제공할 예정임.

(나) 국외 현황

1) ICT 기반의 긴급구난 기술개발 현황 및 이슈

- 유럽 ITS의 차량 긴급구난체계(e-Call) 표준은 2010년 1월 유럽표준화 기구(ESO) M/453에 의해 ESTI(유럽전기통신표준협회), CEN(유럽표준위원회)에 위임되어 유럽 표준(EN)과 기술 사양(TS)으로 발표되었으며, CEN과 ESTI 간의 표준화 활동의 지속적 협력을 보장하기 위한 ITS 조정그룹(ITS-CG)은 2011년 3월 4일 CEN/ESTi-Progress Report에 의해 설립
- ITS-CG 기구에서는 유럽연합의 긴급번호(112) 기반의 고품질 긴급 서비스의 효율적인 시스템 구축을 위한 EENA(The European Emergency Number Association), 범 유럽 e-Call 국가 플랫폼 및 관련 이해관계자 단체의 조정, e-Call 서비스 구현 과정 모니터링을 담당하는 EeIP(The European e-Call Implementation Platform), 운전자그룹, 모바일 네트워크 운영자, 자동차 제조사 등의 다양한 워킹그룹이 참여
- 유럽 e-Call 시스템은 CEN 및 ESTI 표준을 기반으로 하고, 2004년부터 활동을 시작해 1단계로 2012년 7월까지 권고문을 확정하고 2012년 8월 장착 권고 시행하며, 2단계 법제화 단계에서는 2014년까지 법규를 확정하고 유예기간을 거쳐 2015년부터 신차 승용과 5톤 이하 트럭에 의무 장착 및 2033년까지 모든 EU내 차량에 e-Call 시스템 의무 장착 법규 적용 로드맵을 구성.
- HeERO는 e-Call 시범사업 프로젝트로, 크게 상호정보교환(Interoperability), 국가 간 화합(Harmonization)을 목표로 하고 있으며, 상호정보 교환 측면에서 어떤 차량이 유럽내에서 국경을 통과하더라도 e-Call 서비스가 끊어지지 않아야 하며, 기술적 운영적 측면에서도 문제가 없으며, 또한 국가 간 화합 측면에서 유럽 회원국 사이에 e-Call 시스템 구축이 조화롭게 이루어져야 하며, 사고발생 시 호출번호를 112 또

는 E112로 맞추는 것을 우선. 2013년 HeERO2 컨소시엄 구축은 참여 국가별로 PSAP 서비스 벤더, 응급상황 전달 및 관리센터, 무선 네트워크 사업자, 차량운용사, 도로사업자들로 구성.

- 차량사고 감지 기술은 차량제조사가 유럽 HeERO 프로젝트를 통해 BM용 제품의 경우는 신규 차량 설계시에 반영토록 법제화되어 있으나 AM용 e-Call 단말기에서는 차량사고 감지기술을 적용하기가 용이하지 않아 미표준으로 남아있음. 그러나 이 부분을 국내 기업체가 주도적으로 ISO 국제표준(ISO/NP 20530) 추진 중.
- 쉘컴은 보행자 서비스를 위해 차량과 보행자 스마트폰간의 직접 통신을 수행하고자 DSRC 기반의 V2P(DSRC enabled V2P/Vulnerable Road User (VRU) Communications)를 기술 개발 중임
- Bosch는 커넥티드카 솔루션을 발표하면서 e-Call, C2X 시스템 등을 선보였으며, Bosch의 e-Call 시스템은 사고 발생시 센서가 충격을 감지하여 시스템을 동작시키고 사고 상황 및 차량 데이터를 Bosch의 커뮤니케이션 센터로 전송함.
- 2016년 말 제정을 목표로 UN산하 GRSS AECS Informal 그룹에서 AECD(Accident Emergency Call Device) TF팀을 구성하여 e-Call 국제법규적 사고정보데이터(MSD) 정의
- 미국 ComCARE Alliance는 차량용 긴급 데이터집합으로 XML 기반 VEDS(Vehicular Emergency DataSet)을 정의. 보다 빨리 부상을 식별하고 진단 및 치료하는 대응을 위해 현장 실험을 중심으로 ACN(Automatic Collision Notification)과 후속연구로서 AACN(Advanced Automatic Collision Notification)을 수행해 왔으며, AACN을 통해 차량 사고 피해자중 사망과 부상을 줄이려 노력함. AACN은 차량 추돌 심각도, 충격방향, 에어백 전개, 차량 파손, 다중 충돌에 관한 사항을 포함하고 있음.
- 유럽에서는 e-Call에 대한 MSD를 정의중이며 Fail-Call에 대해서도 정의
- 해외 기업의 e-Call 서비스는 대부분 커넥티드카(Connected Car) 서비스 중의 하나로 추진되고 있으며, 최근에는 구글, 마이크로소프트, 모토로라 등과 협력하여 스마트폰기와 연계하여 자율주행 등 차세대 자동차 개발의 핵심 분야로 추진
- ETSI, CEN, UNECE ISO 등을 통해 e-Call 관련 표준화를 활발히 추진하고 있는 것과 달리, 국내에서는 직접적인 e-Call 관련 표준들은 많지 않은 상황이며 사고정보 전달과 관계된 교통 정보수집 제공 관련 표준들만 다수 제정되어 있는 상태임.

2) 자율주행차 기술개발 현황 및 이슈

- ISO TC204에서는 WG14에서 자율주행차를 위한 용어 및 요구사항 논의를 시작으로 주요 요소기술에 대한 표준화를 추진. 그래서 ISO에서는 주요 자율주행 요소기

술로서 혼잡구간주행지원(TJA), 고속도로자동조종(Highway Auto Pilot), 자동주차(PAPS, Partially Automated Parking System), 자동차로변경(Automatic Lane Change) 등의 네가지 분야에 대한 표준화를 우선 추진

- ISO TC204에서는 GDF 등과 같이 ITS 지원을 위한 기존 도로 네트워크 등을 확장하여 자율주행을 지원하기 위한 공간정보 및 전자지도 구축 관련 표준화 논의를 시작하고 있으며, ISO TC211에서는 도로주변 상황 추출 및 인식과정에서 활용될 수 있는 기본 공간 정보인 Point Cloud에 대한 데이터 모델 표준화 등을 논의
- 2016년 유럽에서는 EU Grand Cooperative Driving Challenge를 기획하고 협력형 자율주행을 통해 도로상황에 유연하게 대처하는 자율 군집 주행 자동차 경진대회 진행함
- Bosch와 TomTom은 클라우드 환경에서 지도정보와 차량의 주행정보를 분석하여 차량 구동 제어 기술과 정밀 지도 기술을 융합하여 차량 기계 구동부 최적화 개발 진행 중임.
- GM은 2014년부터 Prognostics라는 클라우드를 이용한 차량의 고장 예측 서비스 발표.

3) 위치기반서비스(LBS) 기술개발 현황 및 이슈

- 구글, 애플 등에서는 자율주행 시스템의 운영에 필수적인 고정밀 전자지도 구축을 위해 실시간 도로정보 확보 및 상황 분석기술을 개발 중임.
- 미국, 유럽, 일본 등은 항공안전의 목적으로 각각 위성 기반 위성항법보정시스템(SBAS)인 WAAS(Wide Area Augmentation System), EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service), MSAS(MTSAT Augmentation System), GAGAN(GPS Aided GEO Augmentation Navigation)을 운영중이며, 러시아와 우리나라는 개발 단계 중임.

○ 기술개발 성숙도

구분		연구 착수	연구 종료	단계별 설명	
기초연구 단계	TRL 1	☐	☐	TRL 1	이론적 연구단계
	TRL 2	☒	☐	TRL 2	기술적 개념정립 단계
실험 단계	TRL 3	☐	☒	TRL 3	실험적 증명 단계
	TRL 4	☐	☐	TRL 4	실험실 성능평가 단계
시작품 단계	TRL 5	☐	☐	TRL 5	유사환경 시험 단계
	TRL 6	☐	☐	TRL 6	유사환경 기술시험 단계
실용화 단계	TRL 7	☐	☐	TRL 7	실제환경 시작품 데모 단계
	TRL 8	☐	☐	TRL 8	시제품 설치 및 성능시험 단계
사업화 단계	TRL 9	☐	☐	TRL 9	현장적용/사업화 단계

(3) 연구개발의 중요성

- 차량용 긴급구난체계인 e-Call의 최초 서비스는 1996년부터 미국의 제너럴모터스(GM) 자동차 회사에서부터 시작되었음.
- 미국의 제너럴모터스와 모토롤라의 합작회사인 OnStar가 1996년 위성항법시스템을 이용하여 이 용자에게 도난차량 추적, 응급사태 시 지원서비스 등 긴급 서비스나 길안내, 호텔 예약 등 편의를 위한 서비스를 제공하기 시작하여 2001년 원격진단, 2003년 네트워크 지원 등의 진화과정을 거쳐 2015년 LTE 서비스를 차량에 지원하고 있음. 그 결과 OnStar 서비스는 2015년까지 고객들을 위해 누적하여 약 10억 건을 처리하였음.
- 모건스탠리가 2013년도에 발표한 자료에 따라, 세계 연간 교통사고 비용이 2013년 기준으로 현재 5.6조 달러(약 6,300조 원)에서 자율주행차와 C-ITS가 보급 및 확산되면 연간 약 1.3조 달러(약 1,4700조 원)씩 감소할 것으로 예상함. 미국의 경우 자율자동차 보급률이 90%이상 일 때 연간 사망자가 21,700명 감소하고 연간 교통사고 비용은 4,500억 달러 절감될 것으로 예상함.
- 국내의 경우 2014년 교통사고 사회적 비용은 26조 5,700억원으로 GDP의 1.8%나 차지하고 있으며, 미국(1.4%, 2010년 기준), 일본(1.4%, 2009년 기준)과 유사한 수준이나 독일 (0.87%, 2013년)과 영국(0.46%, 2014년)에 비하면 1% 포인트 이상 높은 상황임. 또 국내 자동차 등록 대수의 78%가 승용차인 점을 감안하면 자율주행차 보급 확대시 인적 사고요인이 감소하는 경우 사회적 비용이 상당 수준으로 감소될 것으로 예상됨.

(표 3) 국내 교통사고 사회적 비용

피해종별		구분	교통사고 발생현황	교통사고 사회적 비용		
				금액(천 원)	구성비(%)	건당 비용
물적 피해 (건)	차량		3,086,776	4,582,479,070	17.2	1,485
	대물		3,208,514	5,055,646,170	19.0	1,576
	소계		6,295,290	9,638,125,240	36.3	1,531
인적 피해 (명)	사망		4,762	2,033,566,317	7.7	427,040
	중상		194,955	10,183,491,911	38.3	52,235
	경상		695,402	2,077,642,682	7.8	2,988
	부상신고		901,878	1,380,252,565	5.2	1,530
	소계		1,796,997	15,674,953,476	59	8,723
사회 기관 비용	사고조사(경찰)		—	238,138,802	0.9	—
	초동조사(경찰)		—	43,803,623	0.2	—
	보험행정		—	959,616,515	3.6	—
	구조·구급		—	17,901,029	0.1	—
	소계		—	1,259,459,970	4.7	—
총비용			—	26,572,538,686	100	—

(출처 : 한국도로교통안전공단, 2014년)

- 글로벌 보험사인 스위스 리(Swiss Re)와 HERE의 2015년 보고서에서 자율주행차 보급비율에 따라 우리나라를 비롯한 14개 자동차보험 시장을 대상으로 인플레이션을 반영하지 않고 보험료를 추정한 바에 따르면, 2015년 5,100억 달러인 보험료는 자율주행 기능이 없을 경우 2020년에 6,160억 달러이지만 자율주행 기능이 보급되었다면 5,940억 달러일 것으로 추정하고, 더 확산되면 보험료 감소 효과가 더 큰 것으로 분석함.
- 따라서 5년 이상의 격차가 벌어진 자율주행차 기술과 C-ITS, LBS, e-Call 관련 기술에 대해 시급한 기초기술과 원천기술의 개발이 필요함.

나. 연구개발의 목표 및 내용

(1) 연구개발의 최종 목표

구분	내용
최종 목표	차량충돌시 2차 사고 방지를 위해 능동적 회피를 지원하는 적응형 상호운용 3차원 지오펜스 기술 개발
세부 목표	1차 년도 - 상황인식 다중 메시지들의 협력적 전달(Cooperative Propagation) 메커니즘에 의한 적응형(Adaptive) 지오펜스 프로토타입 개발 2차 년도 - 모바일 딥러닝(Deep Learning) 기반의 적응형 상호운용 3차원 지 오펜스 플랫폼 개발

(2) 연차별 연구개발 목표 및 내용

1) 1차 년도

① 개발 목표

- 주관연구기관(강릉원주대학교): **상황인식 다중 메시지들의 협력적 전달 메커니즘에 의한 적응형 지오펜스 프로토타입 개발**

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(강릉원주대학교):

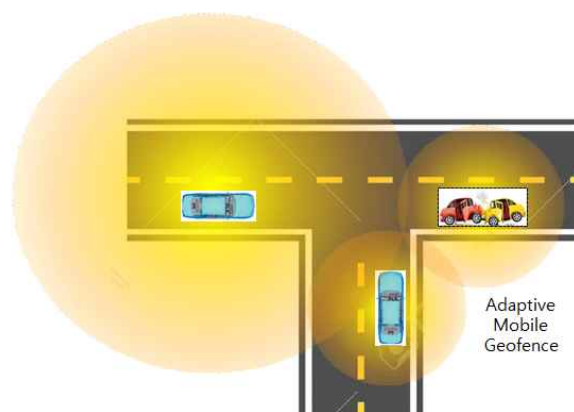
- 본 연구의 기반 기술로써 사용될 시스템은 사전에 이미 개발된 시스템으로써 3차원 지오펜스 시스템의 프레임워크를 사용.
- 상황인식 3차원 지오펜스 시스템은 실내외 공간정보의 위치인식 알고리즘 등을 기반으로 정적/동적을 모두 지원하고, 능동적 속성을 갖고 있으며, 시한성과 이동성 등의 다양한 특징을 갖고 있음.
- 이 시스템은 차세대 산업과 기술로써 떠오르는 C-ITS와 V2X 통신 기술의 연계에 의한 커넥티드카를 위한 응용 기술과 활용에 매우 적합. 특히 사전에 연구 개발된 시스템으로서 실내외 공간정보를 포함한 3차원적인 상황인식 기능과 이동성이 있기 때문에 이를 기반으로 하여 신기술과 메커니즘을 적용하여 확대하여 개선할 경우 차량충돌후의 2차 사고를 회피하거나 방지하기 위한 제안된 시스템의 전체적인 개발 시간 단축과 보다 나은 성능 향상을 기대할 수 있음.
- 그러므로 본 연구에서 2개년 중에서 1차 년도 세부 과제의 전체적인 총괄도는 (그림 4)와 (그림 5)와 같음.

- (그림 4)는 도로상의 각 차량에는 적응형 모바일 지오펜스(Adaptive Mobile Geofence) 시스템이 차량마다 장착되어 있고, C-ITS와 중계기는 적응형 고정식 지오펜스(Adaptive Stationary Geofence) 시스템이 설치되어 있음.
- (그림 4)의 우측에 있는 불가피한 경우의 차량추돌 1차 사고에 대해서 후속으로 뒤따르던 차량은 사고가 일어난 차량의 적응형 모바일 지오펜스에서 능동적으로 전파하여 2차 추돌사고를 미연에 막을 수 있음. 여기서 1차 추돌사고도 본 시스템이 완성될 경우 중앙선 침범, 졸음운전, 돌발 상황같은 불가항력적인 상황을 배제할 경우 충분히 사고를 방지할 수도 있음.
- 아울러 후속으로 오는 차량들은 통신거리상 수신 불가능할 경우, 중계기에 의해 이전차량들의 사고 상황을 전파하고 이와 동시에 C-ITS는 자동으로 e-Call 시스템 구동에 의해 긴급사고처리를 접수 및 신속 조치를 꾀할 수 있음.



(그림 4) 전체적인 총괄도

- 두 번째로 (그림 5)같은 C-ITS가 없는 음영지역에 대한 2차 추돌사고의 경우, 우측으로 회전하는 교차로 초입에 사고난 경우에서 해당 교차로가 개활지일 경우는 적응형 모바일 지오펜스에 의해 V2V 커뮤니케이션으로 우회전 차량의 2차 사고를 막을 수 있음.



(그림 5) 음영지역 교차로의 1차 추돌 상황

- 한편으로 교차로 모서리 부근에 통신을 방해할 만한 큰 구조물이 있을 경우 또한 음영지역이 됨. 그러나 다른 노선 또는 역방향으로 주행하는 차량들로부터 제안된 적응형 모바일 지오펜스는 다자간 커뮤니케이션(멀티홉(Multihop) 협력적 릴레이(Co

operative Relay)을 수행할 수 있기에 2차 추돌 사고를 회피하거나 방지할 수 있음.
이외에도 안개, 터널, 폭우, 폭설, 운무, 지하 등의 자연 환경적 영향에 대한 추돌
방지를 위한 메커니즘으로 적용됨.

- 단, (그림 4)와 (그림 5)의 적응형 모바일 지오펜스의 규모, 즉 크기가 다른 까닭은 환
경에 따라 상황정보 송수신 통신 반경을 자율적으로 조절할 수 있는 기능이 있음을
뜻함. 이러한 가변적 크기를 지원함으로써 제안된 지오펜스는 차량의 속도에 따라,
또 차량간 간극과 밀집도에 따라 융통성있게 신축이 될 수 있기에 상황정보 수집을
위한 범위의 차이가 가능함.
- 이와 더불어 WAVE 통신망을 통해서 송수신되는 온갖 많은 메시지 패킷과 자체 수집
및 인식된 상황 정보들을 모두 다 처리하기에는 열악한 차량 환경이기 때문에, 선별
적 필요 컨텍스트(contexts)만을 거를 수 있거나 우선순위를 부여하기 위한 연구도
필요함.
- 그러므로 위에서 제안된 본 연구를 구현하기 위한 1차 세부과제에서는 이동성이 있
는 기존 시스템을 토대로 V2X 통신 기술에 의해 차량과 차량간, 차량과 C-ITS간
메시지 및 상황인식 정보에 대해 멀티홉 협력적 릴레이 기술 개발을 통해 적응형
3차원 지오펜스를 최우선적으로 개발하는 것을 목표로 다음과 같은 연구를 수행
함.
 - ★ V2V와 V2I 상황 전파를 위한 미국 SAE J2735 BSM(Basic Safety Messag
e)과 유럽 메시지 표준 CAM(Contextual Awareness Message)에 대한 메
시지 프로토콜 분석 및 메시지 인터페이스 디자인
 - ★ 송/수신 상황인식 메시지의 능동적 규칙(rule) 기반의 필터링(filtering) 컴
포넌트 개발
 - ★ 상황인식 메시지 협력적 릴레이(Cooperative Relay) 메커니즘 개발
 - ★ 상황인식 메시지의 멀티홉 협력적 전달(Cooperative Propagation) 알고리
즘 디자인 및 반응형 지오펜스 모델 설계
 - ★ 상황인식 다중메시지들의 협력적 전달 메커니즘을 통한 반응형 모델의 적
응형 3차원 지오펜스 프로토타입 설계 및 구현

2) 2차 년도

① 개발 목표

- 주관연구기관(강릉원주대학교): **모바일 딥러닝(Deep Learning) 기반의 적응형 상호운
용 3차원 지오펜스 플랫폼 개발**

② 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관(강릉원주대학교):

- 1차 년도 연구에 대한 적응형 3차원 지오펜스를 설계한 성과물들의 결과 및 성능을
검증한 후, 이들 결과를 토대로 다수의 가상의 자율주행차와 C-ITS 모델을 대상
으로 지오펜스와 지오펜스간의 연결성(G2G : Geofence to Geofence)에 의한 협
업 인식 메커니즘과 이에 의한 커넥티드 3차원 지오펜스(Connected Geofence)
를 설계하고 구현함.
- 차량간 상황인식 정보의 전파와 전달을 통해 커넥티드 지오펜스 구현을 기반으로

상호간 상황정보 협업 인식을 위한 저전력 실시간의 지능형 모바일 딥러닝 모델을 설계하고 구축함. 이와 같은 모바일 딥러닝 아키텍처를 구축하는 이유는 자율주행차는 통신이 되지 않는 상황에서도 1GB/sec의 센싱데이터를 200ms 이하의 응답시간을 갖고 처리해야 하며, 내외부 환경이 실시간 동적으로 변하기 때문임.

- 커넥티드 3차원 지오펜스 모델내의 모바일 딥러닝 아키텍처를 활용하여 V2V, V2I 환경에서 상호운용성을 보장하는 적응형 상호운용 3차원 지오펜스 플랫폼을 개발
- 따라서 차량 운행시의 전후좌우의 교통상황, GPS 음영지역인 지하나 터널, 그리고 기상조건이 열악한 폭설, 폭우, 특히 안개 낀 환경에서도 안전성을 보장할 수 있도록 최종 시뮬레이션 수행.
- 이와 같은 개발 내용을 달성하기 위한 2차 년도는 다음과 같은 연구를 심도있게 수행하고, 본 연구에서 제안된 2차 사고의 능동적 회피 및 방지를 위한 적응형 상호운용 3차원 지오펜스 플랫폼을 최종적으로 개발 완료함.
 - ★ 지오펜스간 상황정보 협업 인식 알고리즘과 컴포넌트 개발
 - ★ 지능형 모바일 딥러닝 모델 아키텍처 설계 구현
 - ★ 커넥티드 3차원 지오펜스 프레임워크 디자인
 - ★ 적응형 상호운용 커넥티드 3차원 지오펜스 플랫폼 설계 구현
 - ★ 차량내 시스템 장착과 C-ITC 및 기지국 가설 시뮬레이션 환경 실험

3) 본 연구개발을 위해 실도로 환경 구축 및 자율주행차 모델의 구체적 구현 방안

- 가상의 도로 환경 구축 : 다수의 차량과 직접 운전하는 등 이들의 실도로 적용시에 상당한 비용과 사고 위험 요인이 있음. 따라서 대학 캠퍼스내 일부 지역에 가상의 다양한 도로 환경을 표현하여 적용. 이러한 상황을 위해 직선도로, 곡면도로, 교차로, 코너도로, 음영지역, 장애물 배치 등의 환경 표현.
- 자율주행차 및 기존 차량 모델 : 자율주행차 모델을 바로 적용하기에는 구글의 자율주행차도 실험중이기 때문에 아직 본 연구 적용에는 불가능함. 따라서 우선적으로 이를 대신하는 수동 혹은 원격운행이 가능한 RC 카들을 다수 구매하여 가상의 도로 환경에서 주행 시뮬레이션. 즉 실험용 RC 카의 지붕에 스마트폰을 탑재하여 본 연구에서 개발되는 3차원 지오펜스 플랫폼의 실험 및 모델링.
- ITS 환경 모델 : 가상의 도로 환경 일부 구간마다 스마트폰이 ITS 기지국 및 중계기 역할 수행하는 인프라스트럭처 환경 구축. 연구실에서 운영되는 서버는 기지국의 본부 역할 수행 및 각종 지능화된 서비스의 실시간 분석 및 지원.

(3) 연구개발의 창의성·혁신성 등

- 본 과제는 사전 조사 결과, 국내에서는 교통사고에 대한 자동호출 프로세스인 e-Call 시스템을 전혀 갖추고 있지 않고, 또 아직 이를 지원하기 위한 계획 수립조차 진행되고 있지 않음. 반면 해외에서는 이미 미국이나 유럽은 컨소시엄을 구성하여 실증단계에 돌입하고 있음. 따라서 본 과제는 추돌 사고에 대해 미연에 방지하는 기술 뿐만 아니라 2차 추돌 사고에 대한 회피 기술도 적요할 뿐 아니라, 돌발적 사고 상황에 처했을 경우 자동적으로 e-Call 서비스를 지원하는 기술적 인프라를 제공함. 더욱이 추돌 차량 스스로의 긴급 호출이 불가능함에도 불구하고 주변을 주행하는 타 차량에서 상황

을 자동으로 연속적 릴레이 형식으로 전달함으로써 긴급구난센터에서 능동적 대처가 가능하게 함.

- 또한 제안된 과제는 기존 지오펜스가 고정적 지오펜스에 국한해서만 적용되는 반면, 본 연구에서 제안하는 연구는 이동성이 있을 뿐 아니라 가변적이고 지능형 서비스를 지원하기 때문에 BM 시장의 자율주행차에 적용될 핵심 기술일 뿐 아니라, AM 시장의 자율주행성이 없는 기존 차량에도 운전자의 스마트폰에 의해서 자율주행 서비스를 간접적으로나마 운영할 수 기회를 제공함.
- 본 연구의 세세부 개발 결과의 산출물들은 비단 차량에만 적용되는 것이 아니라, 쓰임새가 ITS나 네트워크 기술, 사물인터넷, 지능 플랫폼 서비스 등 같이 매우 다양하기 때문에 여러 애플리케이션에 사용될 수 있음. 일례로 통신 음영지역 혹은 열악한 도로 환경에의 적용, 메르스나 조류독감, 구제역같은 감염병으로 오염된 지역의 능동적 설정 및 상황 서비스 관리, 보호구역이나 안전구역에 대한 가상구역을 설정하여 원격 관리를 가능케 함.
- ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)은 자율주행차의 안전을 위한 핵심 기술 장치로서 교통 선진국인 미국이나 유럽은 자율주행차에 의무 장착을 추진. 그러나 현재의 ADAS는 차량에 장착되는 매우 고비용 전장부품으로서, 개별 차량에만 독립적으로 적용하는 한계가 있음. 즉, 너무 비싸며, 기존 차량에는 장착이 불가능하고, 또한 V2V, V2I, V2P, V2X 등의 커넥티드 환경 기반의 상호운용을 위한 기능이 없음. 그러므로 본 연구 결과는 ADAS 이상의 역할을 하는 대체제가 될 수 있음. 더구나 향후 ADAS와 상호운용 및 공조할 경우 매우 신뢰성있고 효과적이며 안전한 자율주행자 탄생을 위한 개발 시간을 보다 더 단축할 수 있음.
- 기존 연구에서 개발된 상황인식 기반의 3차원 지오펜스는 정적(Stationary)이지만(특허등록 1건 및 출원 3건), 본 연구에서 제안된 시스템은 기존 시스템을 기반으로 개선한 이동성(mobility), 능동성(activeness), 수동적(passiveness), 반응성(reactiveness) 등의 특징이 있는 원천기술임(다수의 특허 출원 예정). 더구나 세계 각국의 기존 도로 상황을 비추어 볼 때, 불가항력적인 상황이 자주 발생. 예를 들면, 차량의 전방 사고는 현존하는 최신 기술로도 인지 가능하지만, 옆차량의 낙하물 사고나 후방에서 유발한 사고, 비가시적 환경에서의 돌출 사고, 불가항력적 자연 환경 등이 있음. 그러나 본 연구에서 제안된 시스템은 이러한 사고들의 문제점들의 일부 해결 방안을 위한 단초로서, 하드웨어적 환경의 한계를 극복하는 원천기술이라고 판단됨. 아울러 본 연구의 기반 시스템으로 활용되는 3차원 지오펜스 시스템이 전술한 응용사례 적용 가능성을 제시하여 본 과제의 세세부 결과도 타 산업분야에 실용적으로 응용될 수도 있지만, 근원적으로 본 연구에서 제시된 기본적인 설계 모델들과 알고리즘들의 원천 핵심기술 없으면 불가능함.

(4) 연구개발성과 및 평가 방법

○ 성과 목표

성과지표	성과 목표	최소 성과 목표
SCI(E)급 학술지 게재(2점)	6건	2건
일반학술지게재(1점)	9건	5건
특허출원(1점)	6건	4건
특허등록(2점)	2건	1건
디자인 등록(1점)		6건
소프트웨어(1점)	9건	
하드웨어(1점)		
기타(1점)	1건	
소계(점수)	33건	18건

○ 성과점검기준표

[총괄]

구분	핵심성과 (CIE)		단위성과		성과점검기준						양적 성과 건수
					질적 성과지표	목표치	달성치	측정방법	검증방법	가중치	
주관	1	상황전파 메시지 프로토콜 규격서 및 인터페이스 정의	1-1	메시지 프로토콜 규격서	①	설계 프로그램	설계 프로그램	-	UML 설계도	3	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 사제품: 1건 S/W: 1건
			1-2	메시지 인터페이스 정의	①	설계 프로그램	설계 프로그램	-	UML 설계도	3	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 사제품: 1건 S/W: 1건
	2	상황인식 메시지 협력적 릴레이 매커니즘 개발	2-1	상황인식 메시지 협력적 릴레이 알고리즘	①	알고리즘	알고리즘	-	최대 전송 시간 200 ms 이하 시간복잡도 평가	10	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 2건 사제품: 1건 S/W: 1건
			3-1	협력적 전달 알고리즘	①	알고리즘	알고리즘	-	패킷 손실율	10	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 사제품: 1건 S/W: 1건
	3	상황인식 메시지의 멀티홉 협력적 전달 알고리즘 디자인 및 반응형 지오펜스 모델 설계	3-2	반응형 지오펜스 모델 설계	①	설계 프로그램	설계 프로그램	-	UML 설계도	10	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 1건 사제품: 1건 S/W: 2건
			4-1	적응형 3차원 지오펜스 프로토타입 설계	①	설계 프로그램	설계 프로그램	-	최대 전송 시간 200 ms 이하 및 패킷 손실율	10	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 2건 사제품: 1건 S/W: 1건
	4	반응형 모델의 적응형 3차원 지오펜스 프로토타입 설계									

	및 구현										
5	지오펜스간 상황정보 협업 인식 알고리즘과 컴포넌트 개발	5-1	협업 인식 알고리즘과 컴포넌트 개발	①	알고리즘	알고리즘	-	패킷 크기 비교	패킷 크기 비교	10	특허: 출원 1 건 등록 1 건 논문: 2 건 시제품: 1 건 S/W: 1 건
6	지능형 모바일 딥러닝 모델 아키텍처 설계 구현	6-1	경량 모바일 딥러닝 아키텍처 설계	①	설계 프로그램	설계 프로그램	-		UML 설계도	9	특허: 출원 1 건 등록 1 건 논문: 2 건 시제품: 1 건 S/W: 1 건
7	커넥티드 3차원 지오펜스 프레임워크 디자인	7-1	다중 지오펜스 연결을 위한 프레임워크 설계	①	설계 프로그램	설계 프로그램	-	패킷 송수신 여부	패킷 송수신 여부	15	특허: 출원 1 건 등록 1 건 논문: 2 건 시제품: 1 건 S/W: 1 건
8	적응형 상호운용 커넥티드 3차원 지오펜스 플랫폼 설계 구현		커넥티드 3차원 지오펜스 실행 플랫폼	①	설계 프로그램	설계 프로그램	-		UML 설계도	20	특허: 출원 1 건 등록 1 건 논문: 2 건 시제품: 1 건 S/W: 1 건
계										100	특허: 출원 6 건 등록 2 건 논문: 15 건 시제품: 1 건 S/W: 9 건

○ 핵심 연구성과

연번	핵심성과 (CTE)	핵심성과 설명	성과유형 ¹⁾	연구기관	해당연차	TRL
1	상황전파 메시지 프로토콜 규격서 및 인터페이스 정의	메시지 표준 BSM과 CAM를 비교하여, 장래 적용가능한 표준 메시지를 처리하기 위한 프로토콜 시방과 처리모듈을 위한 인터페이스 디자인	설계프로그램	강릉원주대	1년차	2
2	상황인식 메시지 협력적 릴레이(Cooperative Relay) 메커니즘 개발	수신된 상황인식 메시지들의 파싱(Parsing)에 따른 구분을 통해서 현재 상태와 분류와 조합, 결합에 의해 현재 상황을 구분 처리한 후, 그 결과를 주변으로 메시지 송신을 수행하는 알고리즘 개발	알고리즘	강릉원주대	1년차	2
3	상황인식 메시지의 멀티홉 협력적 전달(Cooperative Propagation) 알고리즘 디자인 및 반응형 지오펜스 모델 설계	- 송/수신하려는 상황인식 메시지들을 전달하기 위해 음영지역일 경우 주변 차량들이나 중계기 등의 협력을 통한 멀티홉 경로를 통해 우회 전송하는 알고리즘 개발 - 메시지의 동적 라우팅에 반응할 수 있는 지오펜스 모델 설계	알고리즘	강릉원주대	1년차	2
4	반응형 모델의 적응형 3차원 지오펜스 프로토타입 설계 및 구현	송/수신 상황인식 메시지 처리 알고리즘들에 의해 이에 상응하여 처리하는 적응형 3차원 지오펜스 프로토타입을 설계하고 구현함	운영시스템	강릉원주대	1년차	3

5	지오펀스간 상황정보 협업 인식 알고리즘과 컴포넌트 개발	다중의 지오펀스들간의 상황정보 교환 처리하여 상호간 상황을 인식하는 알고리즘을 설계하고 구현함	알고리즘	강릉원주대	2년차	2
6	지능형 모바일 딥러닝 모델 아키텍처 설계 구현	지오펀스를 위한 지능 서비스를 위한 경량 모바일 딥러닝 아키텍처 설계	DB	강릉원주대	2년차	2
7	커넥티드 3차원 지오펀스 프레임워크 디자인	다중의 지오펀스들과 지오펀스들이 연결하여 Seamless한 3차원 지오펀스 프레임워크 디자인	설계프로그래밍	강릉원주대	2년차	3
8	적응형 상호운용 커넥티드 3차원 지오펀스 플랫폼 설계 구현	최종의 목적물로 적응성이 있으며 상호운용이 가능한 커넥티드 3차원 지오펀스 실행 플랫폼을 설계하고 개발	운영시스템	강릉원주대	2년차	3

다. 국내외 기술 동향

(1) 관련분야의 국내외 연구 동향 및 학술적 성과

(가) 국가 연구개발사업 유사연구 실적

1) 연구개발과제의 중복방지를 위한 조사 및 검토 결과

○ www.kaia.re.kr과 www.ntis.re.kr를 조사한 유사 연구물의 검색 결과는 다음과 같음

부처명	사업명	과제명	예산(천원)	종료년월
중소벤처기업부	창업기업 과제	2차 교통사고 방지를 위한 속도 및 거리 감지 반응 커넥티드 표지판 시스템 개발	250,000	2018.06.
국토교통부	창의도전 연구	차량 충돌 2차 사고 방지 시스템의 안전하고 빠른 검증을 위한 실험 플랫폼 개발	100,000	2018.06.
중소벤처기업부	혁신기업 기술개발	IOT기술을 이용한 교통사고감지 스마트펜스 및 2차 사고 예방시스템 개발	284,220	2017.10.
산업자원부	산업융합 촉진사업	2차 차량사고 예방을 위한 앱 기반의 원격 주행 및 자동설치 기술을 적용한 안전표지 로봇 융합제품 적합성 인증기준 개발	139,500	2017.07.
국토교통부	교통물류 연구사업	한국형 e-Call 체계 구축기술개발	2,524,000	2019.12.

○ “2차 교통사고 방지를 위한 속도 및 거리 감지 반응 커넥티드 표지판 시스템 개발”

과제

- 해당 과제는 1차 교통사고 후 기존의 안전삼각대나 LED표시기 등의 안전표시기를

커넥티드 표지판 시스템에 의한 후속차량의 2차 사고를 방지하기 위한 기술임.

- 이러한 사고후의 후속차량을 안내하는 안전표시기를 응용하여 연구 개발한 과제는 매우 많으며 특히 또한 많이 검색되고 있으나, 본 연구에서는 안전표시기를 원천적으로 사용하지 않는 기술이므로 서로 연관성이 없으나 이용할 필요는 있음.

○ “차량 충돌 2차 사고 방지 시스템의 안전하고 빠른 검증을 위한 실험 플랫폼 개발” 과제

- 해당 과제는 복합사고 발생형태를 사고 자료로부터 분석하여, 충돌 2차 사고를 예방하는 시스템을 안전하고 효율적으로 검증할 수 있는 실험 플랫폼 연구 및 개발하는 것이 최종 목표임.
- 2차 사고 발생 시나리오를 국내외 사고 자료로부터 도출하여 충돌 2차 사고 검증 실험 플랫폼을 소규모 축소된 환경에서 축소된 모의차량 3대를 개발하는 것에 주안점이 있으나, 본 연구는 실상황 도로에서 기존 차량들간의 상호운용 메시지 전달에 의한 정보 교환을 통해 사고유무 및 전송하는 플랫폼임. 그러나 2차 사고 발생 자료에 대한 기본 자료를 활용할 필요가 있음.

○ “IoT기술을 이용한 교통사고감지 스마트펜스 및 2차 사고 예방시스템 개발” 과제

- 해당 과제는 도로 가드레일 같은 것에 Zigbee 기반 충격 감지 센서(스마트펜스)와 제어기를 통해 전달 받은 도로의 충격정보 데이터를 중계기를 통해 수신하고 이에 대한 Web 기반 모니터링 소프트웨어 시스템을 개발하는 것이 목적임.
- 그러나 본 연구는 도로에 어떠한 부착물도 없이 사용되는 기술이므로 원천적으로 유사성이 없으나, 도로 관제 센터(ITS)를 위한 모니터링 시스템은 필요할 수 있음.

○ “2차 차량사고 예방을 위한 앱 기반의 원격 주행 및 자동설치 기술을 적용한 안전표지 로봇 융합제품 적합성 인증기준 개발” 과제

- 해당 과제는 기존의 안전표시기를 대신한 안전표지 로봇을 개발하고, GPS 기반의 로봇제어용 스마트 앱을 통해 해당 로봇이 지정된 위치로 이동하여 후방 차량에 사고 위험을 알림과 동시에, 기존의 도로 교통 시스템(도로 전광판 등)과의 연계를 통해 사고 차량의 위치 정보를 사고 주변 및 후방 차량에 전달하는 것이 목적임.
- 이또한 본 연구 과제에서는 안전표시기를 사용하지 않음을 전제로 하기 때문에 서로 연관성이 없음.

○ “한국형 e-Call 체계 구축기술개발” 과제

- 해당 과제는 사고발생시 응급대응기관, 교통관리센터가 교통사고 피해자의 상해정도에 따라 필요한 응급조치를 신속하게 수행할 수 있도록, 차량단말기가 송신한 자료로 교통사고를 자동으로 인지하고 사고위치, 피해자의 상해정도 등 긴급구난에 필요한 정보를 생산하여 응급기관에 제공하는 e-Call 시스템 개발을 목표로 함.
- 본질적으로 이 과제는 장기간 수행한 과제로서 1차 사고시 자동화된 응급 구난 체계를 주안점을 두었기 때문에 2차 사고 방지를 목적으로 하지 않으나, 향후 본 연

구에 적용하여 연계될 경우 매우 큰 시너지 효과를 기대할 수 있음.

라. 국내외 관련 기술 특허 동향

(1) 국내 특허 동향

- 검색 대상으로서 특허 및 실용신안에 대해 등록이 완료되었거나 “차량*2차사고*(방지+회피+예방)”의 키워드를 사용하여 26,675건을 검색하였음.
- 검색결과 국내의 차량 2차사고에 대해서 대부분 하드웨어적인 브레이크 시스템이나 조향장치, 혹은 안전판 위주의 특허들이 대부분이었음. 그러나 일부는 모바일 디바이스 혹은 네비게이션을 사용한 GPS 연동 서비스 시스템에 특허도 있었기 때문에 기존 특허에 대해서도 조사 분석할 필요가 있음. 그러나 이들 유사성을 갖는 특허라고 할지라도 본 과제의 제안 핵심기술의 지오펜스를 적용한 사례는 전혀 없음.

특허명	모바일 단말기를 이용한 2차 차량사고 방지용 사고알림 장치 및 방법
출원정보	한국(KO) 등록 출원인 : 김주형 출원번호 : 1020140123386(2014.09.17.) 공개번호 : 1020160032831(2016.03.25.) 등록번호 : 1016351360000(2016.06.24.)
요약	본 발명은 모바일 단말기를 이용한 2차 차량사고 방지용 사고알림 장치 및 방법을 제공하기 위한 것으로, 모바일 단말기 내의 특정 버튼을 사용하거나 비상등 점멸의 누름 횟수를 사용하여 1차 사고 발생 상황임을 인식하여 모바일 서버(200)로 전송하는 사고발생차량 모바일 단말기(100)와; 상기 사고발생차량 모바일 단말기(100)에서 1차 사고 발생 상황임을 전달받으면 1차 사고의 상황 및 사고 발생 차량 위치 정보를 처리하고 상기 사고발생차량 모바일 단말기(100)로부터 미리 설정한 특정 거리 이내의 후방차량 모바일 단말기(300)를 추출하여 1차 사고정보를 통지하는 모바일 서버(200)와; 상기 모바일 서버(200)에서 통지한 사고정보를 수신하여 앱내부문자 알림, 팝업메시지 알림, 진동 알림, 소리 알림, 문자메시지 알림 중에서 하나 이상의 알림을 사용하여 사고정보를 알리는 후방차량 모바일 단말기(300);를 포함하여 구성함으로써, 차량사고 발생시 사고발생 상황을 인식하여 일정 거리 이내의 후방차량에게 사고발생 정보를 통지하여 차량의 2차 사고를 방지할 수 있다.

특허명	네비게이션 단말기를 이용한 2차 차량사고 방지용 사고알림 장치 및 방법
출원정보	한국(KO) 등록 출원인 : 김주형 출원번호 : 1020140123387(2014.09.17.) 공개번호 : 1020160032832(2016.03.25.) 등록번호 : 1016351370000(2016.06.24.)
요약	본 발명은 네비게이션 단말기를 이용한 2차 차량사고 방지용 사고알림 장치 및 방법을 제공하기 위한 것으로, 차량의 비상등점멸의 누름 횟수를 사용하여 1차 사고 발생 상황임을 인식하여 네비게이션 서버(200)로 전송하는 사고발생차량 네비게이션 단말기(100)와; 사고발생차량 네비게이션 단말기(100)에서 1차 사고 발생 상황임을 전달받으면 1차 사고의 상황 및 사고 발생 차량 위치 정보를 처리하고 사고발생차량 네비게이션 단말기(100)로부터 미리 설정한 특정 거리 이내의 후방차량 네비게이션 단말기(300)를 추출하여 1차 사고정보를 통지하는 네비게이션 서버(200)와; 네비게이션 서버(200)에서 통지한 사고정보를 수신하여 사고정보를 알리는 후방차량 네비게이션 단말기(300);를 포함하여 구성함으로써, 1차 차량사고 발생시 네비게이션 단말기를 이용하여 사고발생 상황을 인식하여 일정 거리 이내의 후방차량에게 사고발생 정보를 통지하여 차량의 2차 사고를 방지할 수 있다.

특허명	도로에서의 이상 차량 탐지 방법 및 장치
출원정보	한국(KO) 등록 출원인 : 주식회사 인프라웨어 출원번호 : 1020140090392(2014.07.17.) 공개번호 : 1020160009896(2016.01.27.) 등록번호 :
요약	본 발명은 모바일 단말기의 운전모드 활성화 방법 및 장치에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 모바일 단말기의 운전모드 활성화 방법은 차량 내의 모바일 단말기가 GPS(Global Positioning System)와 통신 가능하도록 모바일 단말기의 GPS 송수신부를 활성화하는 단계, 모바일 단말기와 GPS 간의 통신을 통해 GPS로부터 모바일 단말기의 위치 변경 정보를 수신하고, 위치 변경 정보를 기초로 차량의 속도를 계산하는 단계 및 차량의 속도가 임계 속도보다 큰 경우, 모바일 단말기의 운전모드를 활성화하는 단계를 포함하고, GPS와 모바일 단말기 간의 통신에 의해 검출된 차량의 속도를 기초로 모바일 단말기의 운전모드를 활성화할 수 있는 모바일 단말기의 운전모드 활성화 방법 및 장치를 제공할 수 있는 효과가 있다.

특허명	2차 충돌사고 방지를 위한 사고알림 시스템
출원정보	한국(KO) 등록 출원인 : 록앤올 주식회사 출원번호 : 1020120090917(2012.08.20.) 공개번호 : 1020140025010(2014.03.04.) 등록번호 : 1014060310000(2014.06.03.)
요약	교통 사고시 2차 충돌사고 방지를 위한 사고알림 시스템을 개시한다. GPS 내비게이션 기능을 가지고, 차량의 주행 및 사고상태를 파악하고 표시하며, 상기 차량의 이동상태에 관한 정보를 통신망을 통해 서버 플랫폼에 전송하고 상기 서버 플랫폼으로부터 전송받은 정보를 화면에 나타내는 기능을 가진 단말기; 및 상기 단말기로부터 수신한 상기 이동상태에 관한 정보와 교통정보를 토대로 기 설정된 알고리즘에 따라 사고발생 여부를 판단하여 다른 단말기들에 전송하는 기능을 가진 서버 플랫폼을 포함하는 것을 특징으로 하는 2차 사고 방지 시스템을 제공한다.

특허명	교통사고 발생 알림 시스템
출원정보	한국(KO) 공개 출원인 : 주식회사 인프라웨어 출원번호 : 1020160049949(2014.07.17.) 공개번호 : 1020160009896(2016.01.27.) 등록번호 :
요약	본 발명은 모바일 단말기의 운전모드 활성화 방법 및 장치에 관한 것으로서, 본 발명에 따른 모바일 단말기의 운전모드 활성화 방법은 차량 내의 모바일 단말기가 GPS(Global Positioning System)와 통신 가능하도록 모바일 단말기의 GPS 송수신부를 활성화하는 단계, 모바일 단말기와 GPS 간의 통신을 통해 GPS로부터 모바일 단말기의 위치 변경 정보를 수신하고, 위치 변경 정보를 기초로 차량의 속도를 계산하는 단계 및 차량의 속도가 임계 속도보다 큰 경우, 모바일 단말기의 운전모드를 활성화하는 단계를 포함하고, GPS와 모바일 단말기 간의 통신에 의해 검출된 차량의 속도를 기초로 모바일 단말기의 운전모드를 활성화할 수 있는 모바일 단말기의 운전모드 활성화 방법 및 장치를 제공할 수 있는 효과가 있다.

특허명	클라우드 플랫폼에 기반한 교통안전 정보 제공 시스템 및 그것을 이용한 교통안전 정보 제공 방법
출원정보	한국(KO) 등록 출원인 : 아주대학교산학협력단 출원번호 : 1020150006401(2015.01.13.) 공개번호 : 1020160087277(2016.07.21.) 등록번호 : 1016769400000(2016.11.10.)
요약	본 발명은 클라우드 플랫폼에 기반한 교통안전 정보 제공 시스템 및 그것을 이용한 교통안전 정보 제공 방법에 관한 것으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 사용자 단말기는 차량 또는 보행자의 이동정보를 감지하는 이동 감지부, 상기 감지한 이동정보를 클라우드 플랫폼으로 전송하고, 상기 클라우드 플랫폼으로부터 위험경고 메시지를 수신하는 통신부, 수신한 상기 위험경고 메시지를 출력하는 위험정보 알림부, 그리고 상기 위험경고 메시지를 수신하면 상기 사용자 주변의 소리 또는 영상데이터를 수집하는 데이터 수집부를 포함하며, 상기 통신부는, 사고가 발생하여 상기 클라우드 플랫폼으로부터 데이터 요청 메시지를 수신하면 상기 클라우드 플랫폼으로 상기 획득한 상기 소리 또는 영상데이터를 전송한다. 이와 같이 본 발명에 의하면, 클라우드 플랫폼에 기반한 교통안전 정보 제공 시스템 및 그것을 이용한 교통안전 정보 제공 방법을 이용함으로써, 운전자 및 보행자에게 차량과 보행자간의 충돌 가능성을 경고하여 교통사고를 미연에 방지할 수 있다. 또한, 사고 발생시 취득한 사고현장 주변의 소리 또는 영상 데이터를 이용하여 통합적으로 해당 사고를 판단할 수 있다.

특허명	차량의 2차 충돌 회피 방법
출원정보	한국(KO) 등록 출원인 : 국민대학교산학협력단 출원번호 : 1020160098581 (2016.08.02) 공개번호 : 1020180015017 (2018.02.12) 등록번호 : 1018993930000 (2018.09.11)
요약	본 발명은 차량의 2차 충돌 회피 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 차량에 장착된 센서를 통해 후방추돌이 확실하다고 판단되는 경우에 한해 충돌 직전에 편제동을 수행하여 차량의 거동을 편화 시킴으로써, 충돌 이후 차량의 거동을 안정화시켜 추가적인 충돌을 회피하게 하는 차량의 2차 충돌 회피 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 차량의 2차 충돌 회피 방법은 차량에 장착된 센서를 통해 주변 차량과의 상대거리 및 상대속도에 대한 센서값을 입력받는 단계; 상기 입력된 센서값을 이용하여 충돌 위험도를 계산하는 단계; 상기 계산된 충돌 위험도가 기설정된 값을 벗어나는 경우, 상기 센서에서 입력된 종방향 상대거리 및 횡방향 상대거리를 이용하여 주변 차량이 기 설정된 최소탐지거리 이내로 진입했는지 확인하는 단계; 상기 주변 차량이 상기 최소탐지거리 이내로 진입한 경우, 상기 주변 차량과의 종방향 상대거리 및 횡방향 상대거리를 이용하여 충돌 직전 상태 변수를 추정하는 단계; 상기 충돌 직전 상태 변수와 충돌 모델을 이용하여 충돌 직후 상태 변수를 추정하는 단계; 및 상기 추정된 충돌 직후 상태 변수의 회전 각속도를 감소시키는 방향으로 차량에 편제동 입력을 가하는 단계; 를 포함한다.

특허명	차량 사고시 2차 사고 예방을 위한 경고 메시지 전달 방법
출원정보	한국(KO) 등록 출원인 : 리모트솔루션주식회사 출원번호 : 1020140169468 (2014.12.01) 공개번호 : (2015.11.24) 등록번호 : 1015713520000 (2015.11.18)
요약	본 발명은 차량 사고시 2차 사고 예방을 위한 경고 메시지 전달 방법에 관한 것으로, 블루투스 무선 통신을 위해 블랙 박스와 스마트 기기가 페어링 되는 단계와, 상기 블랙 박스와 페어링된 스마트 기기가 위치 탐색 기능이 갖추어진 어플을 이용하는 단계, 상기 블랙 박스가 GPS 기능을 이용하여 블랙 박스가 장착된 차량의 현재 위치를 파악하는 단계, 상기 블랙 박스가 장착된 차량에 교통 사고가 발생되었을 때 블랙 박스가 교통 사고를 감지하는 단계, 상기 블랙 박스가 교통 사고가 발생한 지점과 교통 사고 발생 정보를 스마트 기기로 전달하는 단계, 상기 스마트 기기는 어플을 이용하여 블랙 박스로부터 전달된 교통 사고 발생 지점과 교통 사고 발생 정보를 서버에 전달하는 단계, 상기 서버는 어플을 통해 스마트 기기로부터 전달된 교통 사고 발생 지점과 교통 사고 발생 정보를 접수한 다음 어플을 통해 다른 복수 개의 스마트 기기들에게 교통 사고 발생 지점과 교통 사고 발생 정보를 제공하는 단계, 상기 스마트 기기에 설치된 어플은 위치 탐색 기능으로부터 제공된 현재 차량 위치와 어플로부터 제공된 교통 발생 지점을 비교하여 현재 차량 위치가 교통 발생 지점을 중심으로 반경 200미터 이상 500미터 이하인 경우 운전자에게 2차 추돌 사고에 대한 경고 메시지를 전달하고 현재 차량 위치가 교통 발생 지점을 중심으로 반경 200미터 미만인 경우 2차 추돌 사고에 대한 돌발 메시지를 전달하는 단계로 이루어질 수 있다.

(2) 해외 특허 동향

- 검색 대상으로서 특허 및 실용신안에 대해 등록이 완료되었거나 공개된 특허를 대상으로 차량 2차 사고에 대한 검색을 수행하였으나 검색결과가 도출되지 않았음. 그래서 “vehicle*crash*(prevention+avoidance)*geofence”의 키워드를 사용하여 204건을 검색하여 분석하였음.
- 검색결과 해외의 경우 차량 1차 사고에 대해서 감지 또는 인식하는 시스템의 경우가 대부분이었으며, 더불어 드론 관련 기술이 대부분이었음. 그러나 검색된 특허같은 경우 유사성이 있을지라도 차량의 2차 사고를 방지하거나 회피하기 위한 본 과제의 제안 핵심기술의 3차원 지오펜스를 적용한 사례는 없기 때문에 향후 해외 지적재산권 선점이 필요함.

특허명	Determining abnormal traffic conditions from a broadcast of telematics data originating from another vehicle
출원정보	미국(US) 등록 출원인 : STATE FARM MUTUAL AUTOMOBILE INSURANCE COMPANY 출원번호 : 15787305 (2017.10.18) 등록번호 : 10089868 (2018.10.02)
요약	A computer-implemented method of using telematics data at a destination device is provided. The destination device may be a mobile device associated with a driver, or a smart vehicle controller of a destination vehicle. The telematics data is generated by an originating mobile device (i) having a Telematics Application (or “App”), and (ii) associated with a second driver/vehicle, the telematics data including acceleration, braking, speed, heading, and location data associated with an originating vehicle. The telematics data may be broadcast from the originating mobile device to the destination device that (a) analyzes the telematics data received, (b) determines that an abnormal travel condition exists, and (c) automatically take corrective action that alleviates a negative impact of the abnormal travel condition on the destination vehicle to facilitate safer travel. A usage-based or other insurance discount may be provided based upon insured usage of the telematics data-based risk mitigation or prevention functionality.

특허명	Crash detection and severity classification system implementing emergency assistance
출원정보	미국(US) 등록 출원인 : STATE FARM MUTUAL AUTOMOBILE INSURANCE COMPANY 출원번호 : 15241367 (2016.08.19) 등록번호 : 09949104 (2018.04.17)
요약	A crash detection system is disclosed that utilizes a mobile computing device to detect a vehicular accident via one or more sensors integrated into the mobile computing device. The system monitors the sensor metrics measured by one or more sensors and generates an event sensor profile that may include the plurality of sensor metrics and additional status data, such as an indication of whether the mobile computing device was located within a vehicle when the event occurred. By comparing the plurality of sensor metrics to other crash sensor metrics, a determination may be made whether the event requires emergency assistance, which may be confirmed by determining whether the data included in the event sensor profile meets one or more exception conditions. If the event requires emergency assistance and an exception condition is not met, the mobile computing device may place a call to the appropriate emergency response personnel.

특허명	Alert notifications utilizing broadcasted telematics data
출원정보	미국(US) 등록 출원인 : STATE FARM MUTUAL AUTOMOBILE INSURANCE COMPANY 출원번호 : 15484791 (2017.04.11) 등록번호 : 09972209 (2018.05.15)
요약	Geographic location data and telematics data may be collected in real-time by a mobile device within a vehicle, or the vehicle itself. The telematics data may indicate vehicle direction, speed, motion, etc., as well as traffic hazards in the surrounding environment. A remote server may receive the location and telematics data from two vehicles. If an anomalous or hazardous condition exists in the vicinity of the first vehicle, a geographic relationship with the second vehicle is determined, and if within a predetermined distance, an alert or alternate route for the second vehicle is determined and transmitted to the second vehicle. As a result, a negative impact or risk of collision caused by the anomalous condition on the second vehicle is alleviated. The amount of the insured's usage of the telematics data-based risk mitigation or prevention functionality may be used to calculate or adjust insurance premiums, rates, or discounts.

특허명	Using emergency response system (EMS) vehicle telematics data to reduce accident risk
출원정보	미국(US) 등록 출원인 : STATE FARM MUTUAL AUTOMOBILE INSURANCE COMPANY 출원번호 : 14990209 (2016.01.07) 등록번호 : 09841767 (2017.12.12)
요약	A computer system configured to use emergency response system (EMS) vehicle telematics data to reduce risk of accidents may be configured to (1) receive, when the EMS vehicle is en route to an emergency location, the EMS vehicle telematics data associated with the EMS vehicle and including GPS location, speed, route, heading, acceleration, and/or lane data; (2) determine that a current route of an autonomous vehicle will interfere with the route of the EMS vehicle; (3) determine an alternate route for the autonomous vehicle to avoid interfering with the route of the EMS vehicle; and (4) direct the autonomous vehicle to (i) travel along the alternate route or (ii) pull over to a side of a road on the current route to allow the EMS vehicle to pass unimpeded. Insurance discounts may be generated based upon the risk mitigation or prevention functionality.

특허명	PROXIMITY AWARENESS SYSTEM FOR MOTOR VEHICLES
출원정보	미국(US) 등록 출원인 : RIDAR SYSTEMS LLC 출원번호 : PCT/US2016/017383 (2016.02.10) 공개번호 : 2016130701 (2016.08.18)
요약	Various embodiments provide enhanced warnings of potential future adverse events (e.g., automobile crashes) by tracking the location and motion of multiple vehicles, and providing alerts or warnings to the drivers of such vehicles in the event that a risk of an adverse event is identified.

특허명	METHOD AND SYSTEM FOR AN EMERGENCY LOCATION INFORMATION SERVICE (E-LIS) FOR INTERNET OF THINGS (IoT) DEVICES
출원정보	미국(US) 등록 출원인 : Nicholas M. MAIER Gerald R . EISNER 출원번호 : 15491608 (2017.04.19) 공개번호 : 20170238129 (2017.08.17)
요약	A method and system for determining and verifying a location of network devices connected to the Internet of Things (IoT). The method and system provide a current physical geographic location for such IoT network devices and/or a user of the IoT network device in an emergency situation such as an accident, health, fitness, fire, terrorist attack, military incident, weather, flood event, etc. and forwarding the current physical geographic location to a legacy 911 network, NG-911 network, a Emergency Services IP networks (ESInet) or text-to-911 Short Message Services (SMS) networks to alert emergency responders.

2. 연구수행내용 및 성과

가. 연구개발 최종 목표

본 연구는 치사율이 매우 높은 교통 사고중 2차 사고를 회피하기 위한 수단으로서, 도로에서 운행중인 차량의 운행정보를 서로 교환하고 만약 1차 사고가 발생하였을 경우 이에 대한 상황을 후속차량에게 전달하여 뒤따르던 후속차량이 연쇄적인 2차 사고를 방지하기 위한 적응형 상호운용 커넥티드 모바일 가상 펜스의 프레임워크와 플랫폼을 개발.

나. 연구개발 추진 전략 및 방법

(1) 연구의 추진전략

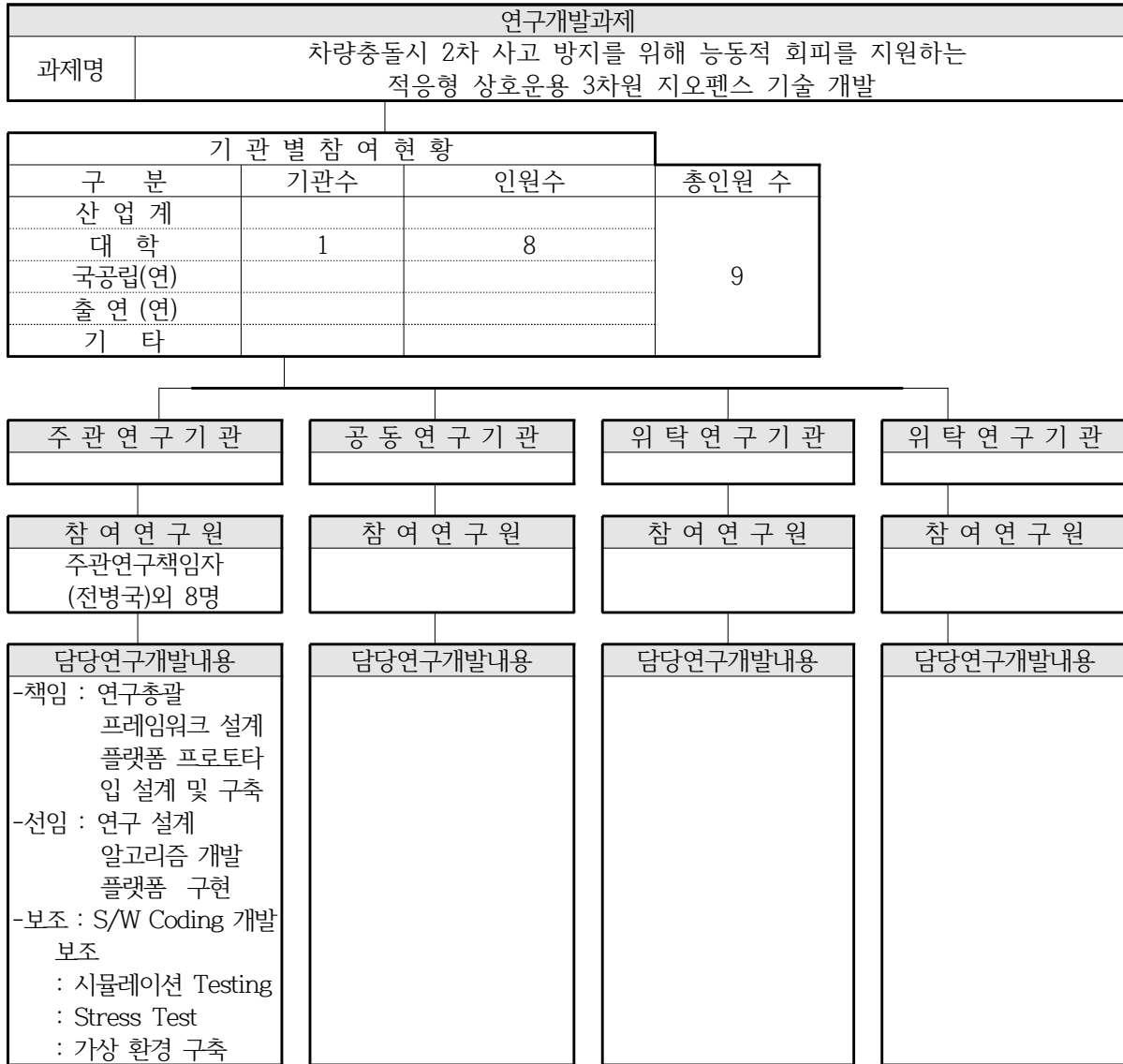
- ❖ 국내외 커넥티드카 관련 사실 현황 및 전망에 따른 파급효과 조사
- ❖ V2V, V2I, V2X 기술의 선행 자료 분석
- ❖ 사전 연구 개발된 기반 시스템을 1차적으로 확대 개편하여 시뮬레이션
- ❖ 다양한 기술적 요소에 대한 체계적인 알고리즘 개발 및 시스템 적용을 통한 성능평가
- ❖ 제안된 시스템 플랫폼을 위한 프로토타입 설계를 반영하여 기반 체계를 구축
- ❖ 개발되는 알고리즘과 메커니즘 등에 대해 지속적인 국내외 논문 및 특허 출원
- ❖ 분야별로 산학연 전문가와 자문단 결성, 그리고 정기적인 기술자문 및 협의회를 개최
 - 연구 중간결과의 국내외 학회 참가 발표
 - 공동 관련 연구팀과의 정기적 미팅 및 기술 교환/협력
 - 연구팀의 매달 설계 및 문서화 미팅을 통한 그룹워크 훈련
 - 관련 연구 리서치를 통한 세계적 통합관리 모니터링 시스템의 진행 방향과 관심 분야를 파악
 - 산업체 협력을 통한 기술 자문 및 실무 적용
 - 국내외 관련 학회 및 컨퍼런스 참여 및 논문 발표

(2) 연구방법 및 추진절차

- ❖ 개발 예정 소프트웨어의 버전(Version) 관리를 위한 GitHub 구축
- ❖ 소프트웨어 개발 방법론으로 Agile 방법론 보다 혁신적인 Devops 채택하여 연구 개발 수행.
 - 국내 널리 퍼져있는 소프트웨어 개발 방법으로 대부분 Agile 방법론을 사용하는 대신 테스트로 이미 TDD(Test Driven Development), CI(Continuous Integration)를 통해서 개발 과정의 일부로 Devops에 들어와 있음.
 - 그러므로 Devops는 개발과 운영을 하나의 조직으로 통합해 팀을 운영하며, 각 연구 참여자 각각이 프로그래밍하고 빌드하며, 직접 GitHub 시스템에 배포 및

서비스를 구동하는 한편, 상호간에 지속적인 소통을 통해 연구 효율을 높일 수 있음.

다. 연구개발 추진 체계



라. 연구개발 추진 일정

구분	연구과제명 (연구 수행기관)	관련 성과목표/지표			세부추진내용 (연구수행 Activity)	Activity별 산출물	소요 연구비 (백만원)	1차년도				2차년도			
		핵심성과	단위성과	질적 성과지표				1/4	2/4	3/4	4/4	1/4	2/4	3/4	4/4
총괄															
	차량충돌 시 2차 사고 방지를 위해 능동적 회피를 지원하는 적응형 상호운용 3차원 지오펜스 기술 개발 (강릉원주 대학교)	상황전파 메 시지 프로토 콜 규격서 및 인터페이 스 정의	메시지 프로토콜 규격서 메시지 인터페이스 정의	설계 프로그램	자료조사 및 프로토콜 규격 검토	UML 설계도	1								
				설계 프로그램	메시지 프로토콜에 따른 인터페이스 설계 정의	UML 설계도	1								
		상황인식 메 시지 협력적 릴레이 메커 니즘 개발	상황인식 메시지 협력적 릴레이 알고리즘	알고리즘	자료조사 및 알고리즘 설계와 구현 및 평가	알고리즘	5								
		상황인식 메 시지의 멀티 홉 협력적 전달알고리 즘 디자인 및 반응형 지오펜스 모 델 설계	협력적 전달알고리 즘	알고리즘	자료조사 및 알고리즘 설계와 구현 및 평가	알고리즘	5								
			반응형 지오펜스 모 델 설계	설계 프로그램	지오펜스 모델 디자인	UML 설계도	5								
		반응형 모델 의 적응형 3 차원 지오펜 스 프로토타 입 설계 및 구현	적응형 3 차원 지오펜스 프로토타입 설계	설계 프로그램	적응형 3차원 지오펜스 프로토타입 설계	UML 설계도	5								
		지오펜스간 상황정보 협 업 인식 알 고리즘과 컴 포넌트 개발	협업 인식 알고리즘과 컴포넌트 개발	알고리즘	자료조사 및 알고리즘 설계와 구현 및 평가	알고리즘	7								
		지능형 모바 일 딥러닝 모델 아키텍 처 설계 구 현	경량 모바일 딥러닝 아키텍처 설계	설계 프로그램	자료조사 및 경량의 모바일 딥러닝 구조 설계	UML 설계도	7								
		커넥티드 3 차원 지오펜 스 프레임워 크 디자인	다중 지오펜스 연결을 위한 프레임워크 설계	설계 프로그램	자료조사 및 다중 지오펜스 연결 프레임워크 설계	UML 설계도	7								
		적응형 상호 운용 커넥티 드 3차원 지 오펜스 플랫 폼 설계 구 현	커넥티드 3 차원 지오펜스 실행 플랫폼	설계 프로그램	자료조사 및 실행 플랫폼 설계 및 구현	UML 설계도	8								

마. 세부 연구목표별 연구 내용 및 결과

(1) 상황전파 메시지 프로토콜 규격서 및 인터페이스 정의

(가) 메시지 프로토콜 규격서

메시지 프로토콜 규격서는 통신할 때마다 보내지는 기본 메시지(Basic Message)와 이벤트가 발생했을 때 보내지는 이벤트 메시지(Event Message), 디바이스에 적용된 지오펜스에 대한 정보를 포함하고 있는 모바일 지오펜스 메시지(Mobile Geofence Message)로 구성됨.

- ① 기본 메시지(Basic Message) : 기본 메시지셋(Message Set)은 다양한 메시지들의 구분을 위한 msgID를, 메시지를 송수신하는 각 차량을 구분하기 위한 차량의 vehicleId와 환경을 감지한 시간을 알 수 있는 secMark를, 차량의 이동 정보를 위해 속도(speed)와 방위각(heading)과 차량의 위치를 파악하기 위한 정보인 위도(latitude), 경도(longitude)로 구성됨. 다음의 표 1-1은 기본 메시지를 구성하는 필드명과 각 필드에 대입되는 데이터에 대한 설명임.

표 1-1 기본 메시지셋

필드명	데이터 및 설명
msgID	CAM(1) / DENM(2) / BSM Part I(3) / BSM Part II(4) / BasicMsg(5) / EventMsg(6)
id	모바일 지오펜스에서 생성한 단말기 id(=MaC address)
secMark	방위각 4도 이상, 위치 4m 이상, 속도 0.5m/s이상 변화 시 메시지 생성 시작 후 0.1초당 메시지 생성
latitude	0.5초당 위도 위치 감지
longitude	0.5초당 경도 위치 감지
speed	메시지가 감지되었을 때의 속도 정보
heading	메시지가 감지되었을 때의 방향각 정보

- ② 이벤트 메시지(Event Message) : 이벤트 메시지셋은 CAM과 BSM 모두 어플리케이션 제작자들이 필요한 데이터를 선택적으로 포함시킬 수 있도록 매우 다양한 데이터를 포함하고 있음.

- ㉞ CAM/DENM의 긴급 메시지 : 현재 버전의 그림 1-1의 CAM 메시지셋은 안전 관련성으로 표시하는 방법이 없으며 메시지의 긴급성 수준을 설정하는 메커니즘도 없음. 따라서 사용자는 수신된 이벤트 메시지를 기반으로 적절한 표현을 고려해야함. 그림 1-2의 DENM 메시지셋은 causeCode 및 subCauseCode가 있는 필드 중 하나로서

이벤트 유형을 포함해야 함. 이 필드값들은 TISA TAWG11071에서 causeCode 및 subCauseCode 값으로 할당된 이벤트 유형의 경우 동일한 값이 사용됨. 그림 1-3에서 causeCode 및 관련 subCauseCode는 응급 상황에 대해 선택한 것을 나타냄.

ItsPduHeader				messageID protocolVersion(항상 1) stationID	
Coop Awareness	GenerationDeltaTime			GenerationDeltaTime(0~65535)	
	CamParameters	BasicContainer		StationType (차/rsu 구분) ReferencePosition Heading Speed DriveDirection (전진/후진) VehicleLength VehicleWidth LongitudinalAcceleration Curvature CurvatureCalculationMode YawRate AccelerationControl(OP) LanePosition(OP) SteeringWheelAngle(OP) LateralAcceleration(OP) VerticalAcceleration(OP) PerformanceClass(OP) CenDsrcTollingZone(OP)	
		HighFrequencyContainer(CH)	BasicVehicleContainerHighFrequency	RSUContainerHighFrequency	ProtectedCommunicationZonesRSU
				LowFrequencyContainer(CH)	BasicVehicleContainerLowFrequency
		specialVehicleContainer(CH)		PublicTransportContainer	embarkationStatus ptActivation(OP)
				SpecialTransportContainer	specialTransportType lightBarSirenInUse
				DangerousGoodsContainer	dangerousGoodsBasic roadworksSubCauseCode (OP)
				RoadWorksContainerBasic	lightBarSirenInUse closedLanes (OP)
				RescueContainer	lightBarSirenInUse
				EmergencyContainer	lightBarSirenInUse incidentIndication (OP) emergencyPriority (OP)
				SafetyCarContainer	lightBarSirenInUse incidentIndication (OP) trafficRule (OP) speedLimit (OP)

그림 1-1 CAM 메시지셋

그림 1-2 DENM 메시지셋

cause Code	causeCode description	subCause Code	subCause description
2	Accident	1 ~ 7	As specified in tec102 of clause 9.12 in TISA TAWG11071
		8	Assistance requested (e-call)
92	Post crash	1	Accident without e-Call triggered
		2	Accident with e-Call manually triggered
		3	Accident with e-Call automatically triggered
		4	Accident with e-Call triggered without a possible access to a cell network.
99	Dangerous situation	1	Emergency electronic brake lights
		2	Pre-crash system activated
		3	ESP(Electronic Stability Program) activated
		4	ABS (Anti-lock braking system) activated
		5	AEB (Automatic Emergency Braking) activated

그림 1-3 TISA TAWG11071를 참조하여 선택된 응급 필드

ItsPduHeader			messageID protocolVersion stationID ActionID detectionTimestamps referenceTimestamps Termination(OP) eventReferencePosition RelevanceDistance RelevanceTrafficDirection(OP) ValidityDuration DEFAULT TransmissionInterval(OP) StationType
Decentralized Environmental Notification Message	ManagementContainer		InformationQuality CauseCode linkedCauseCode(OP) EventHistory
	SituationContainer		Speed(OP) eventPositionHeading(OP) Traces RoadType
	LocationContainer(OP)		LanePosition(OP) LanePosition(OP)
	AlacarteContainer(OP)	ImpactReductionContainer(OP)	heightLonCarrLeft heightLonCarrRight posLonCarrLeft posLonCarrRight PositionOfPillars PosCentMass WheelBaseVehicle TurningRadius PosFrontAx PositionOfOccupants VehicleMass RequestResponseIndication
		externalTemperature(OP)	externalTemperature(OP)
		RoadWorksContainerExtended(OP)	LightBarSirenInUse(OP) ClosedLanes(OP) RestrictedTypes(OP) SpeedLimit(OP) incidentIndicationCauseCode(OP) recommendedPath(OP) startingPointSpeedLimitDelta(OP) trafficFlowRule(OP) ReferenceDenms(OP)
			PositioningSolutionType(OP) StationarySince(OP) stationaryCauseCode(OP) carryingDangerousGoodsExtended(OP) NumberOfOccupants(OP) VehicleIdentification(OP) EnergyStorageType(OP)
		StationaryVehicleContainer(OP)	

- ㉠ BSM의 긴급 메시지 : BSM Part I과 Part II 메시지에서 가운데 그림 1-4의 Part II는 VehicleSafetyExtension인 옵션으로 차량 안전에 관한 것으로 이벤트에 대한 두 개의 필드, 즉 event 및 extevents 필드가 있음.

Part I	msgID	msgID	DSRCmsgID
		msgCnt	
	Position	id	
		secMark	
		latitude	
		longitude	
		elevation	
	Motion	accuracy	PositionalAccuracy
		speed	TrasmissionAndSpeed
		heading	Heading
		angle	SteeringWheelAngle
Part II	VehicleSafetyExtensions(OP)	accelset	AccelerationSet4Way
		Control	BrakeSystemStatus
		brakes	BrakeSystemStatus
		VehicleBasic	VehicleSize
		size	VehicleSize
		events	EventFlag
		pathHistory	PathHistory
Part II	VehicleSafetyExtensions(OP)	pathDirection	PathDirection
		theRTCM	RTCMpackge
		extevents	EventsFlagsExt

그림 1-4 BSM 메시지셋

이 필드는 DSRC의 각 EventsFlag 및 EventsFlagExt와 일치함. 따라서 이벤트 플래그는 긴급 이벤트가 발생할 때 생성되는 이벤트 유형에 대한 정보를 포함하는 데이터이며 긴급 이벤트 메시지의 값이 '참'이 되었을 때 발생한 데이터를 포함하는 메시지를 서버로 전송함. 많은 EventsFlag 및 EventsFlagExt 필드 중 긴급 이벤트에 대한 선택

된 필드에 대한 설명은 다음 그림 1-5와 같음.

Event Type	Code	Emergency description
EventsFlag	0	Hazard Lights
	1	Emergency Response
	2	Hard Braking
	3	Disabled Vehicle
	4	Air-Bag Deployment
EventsFlagsExt	0	Vehicle Trouble
	1	Hard Deceleration
	2	Hard Stop
	3	Hard Turn

그림 1-5 선택된 긴급 메시지 필드

- ㉔ 긴급 메시지 필드의 비교 : 다음 그림 1-6은 DENM과 DSRC의 두 필드의 긴급 상황에 따라 유사성과 연관성을 비교한 것을 보여줌. 여기서 각 코드가 다르더라도 화살표와 동일하거나 유사한 속성과 연결할 수 있음. 특히 DENM은 TISA TAWG11071을 따르며 DSRC와는 달리 사고 전후의 사건 처리 표현을 포함함. 결론적으로, CAM/DENM과 BSM은 하나의 필드와 두 개의 필드만 이벤트와 관련이 있음.

cause Code	causeCode description	subCause Code	subCause description	Emergency description
2	Accident	1 ~ 7	As specified in tec102 of clause 9.12 in TISA TAWG11071 [i.10]	Hazard Lights
		8	Assistance requested (e-call)	Emergency Response
92	Post crash	1	Accident without e-Call triggered	Hard Braking
		2	Accident with e-Call manually triggered	Disabled Vehicle
		3	Accident with e-Call automatically triggered	Air-Bag Deployment
		4	Accident with e-Call triggered without a possible access to a cell network.	Vehicle Trouble
99	Dangerous situation	1	Emergency electronic brake lights	Hard Deceleration
		2	Pre-crash system activated	Hard Stop
		3	ESP(Electronic Stability Program) activated	Hard Turn
		4	ABS (Anti-lock braking system) activated	
		5	AEB (Automatic Emergency Braking) activated	

그림 1-6 긴급 메시지 필드의 비교

- ③ 모바일 지오펜스 메시지(Mobile Geofence Message) : 모바일 지오펜스 메시지는 이벤트를 탐지한 시점과 이벤트가 탐지된 위치로부터 메시지의 이동을 중점으로 메시지셋을 구성함. 표 1-2는 모바일 지오펜스 메시지의 각 필드와 그에 대한 설명을 보여줌.

표 1-2 모바일 지오펜스 메시지셋

필드명	데이터 및 설명
-----	----------

mobileGeofenceRadius	각 디바이스마다 기본적으로 10m의 반경
alertAction	event 유형에 따른 수신자 대응
detectionTimestamp	이벤트 감지 디바이스의 사고 감지 시간의 정보
relevanceDistance	이벤트 지점과 현재 수신 차와의 거리 정보
hopCount	최초 이벤트 감지 이후의 relay 횟수 정보
connectedMobileGeofence	인지된 모바일 지오펜스 ID의 집합

다음의 그림 1-7은 앞에서 언급한 3개의 메시지(기본 메시지, 이벤트 메시지, 모바일 지오펜스 메시지)를 통합하여 상황전파 메시지 프로토콜 규격을 보여줌.

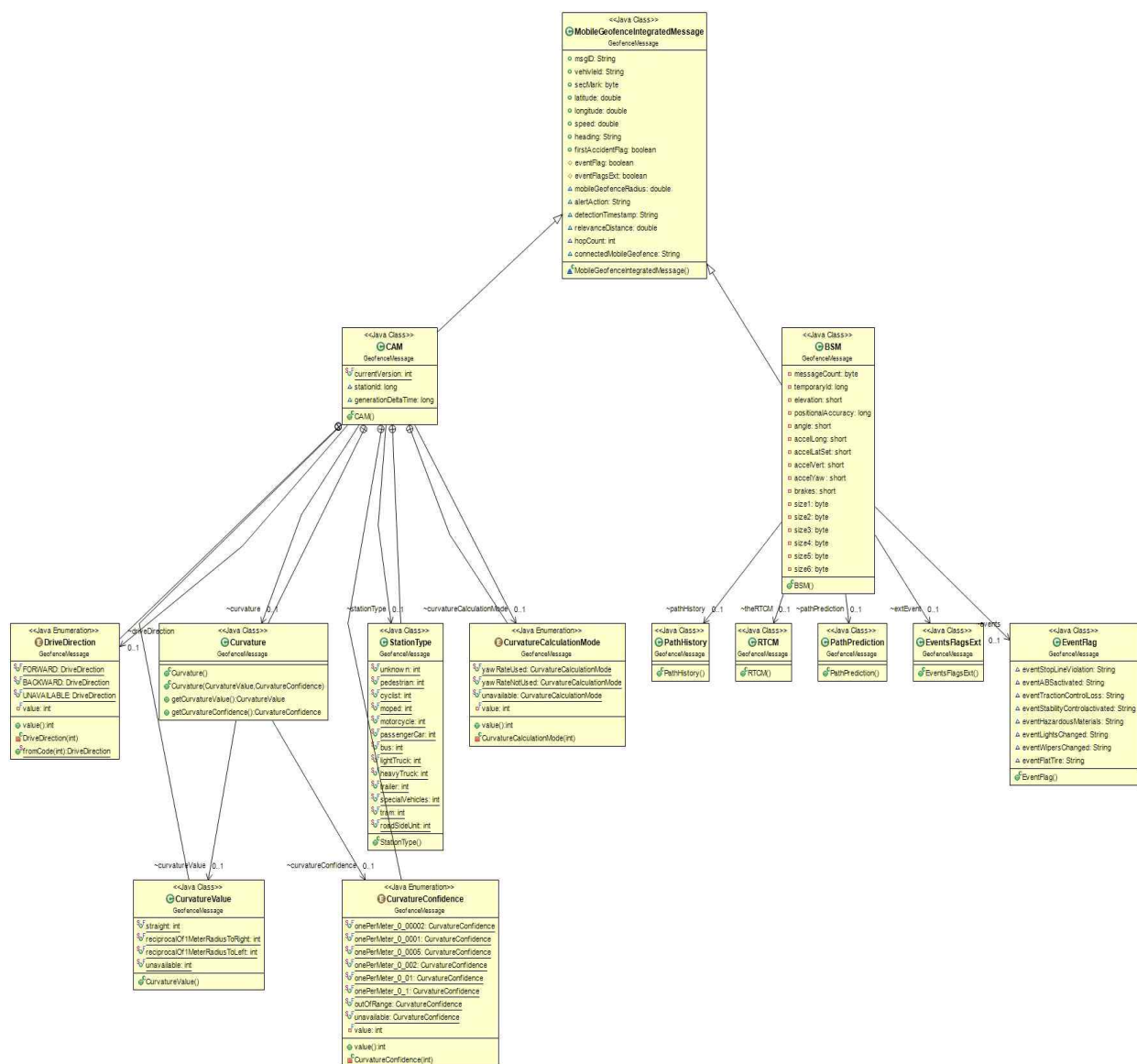


그림 1-7 상황전파 메시지 프로토콜 규격서의 클래스 다이어그램

(나) 국내·외 표준 메시지 프로토콜 규격서의 검토 및 개선사항

- 국내 메시지셋에 대한 표준규격은 한국지능형교통체계협회에서 단체표준으로 “C-ITS 서비스를 위한 메시지 규격서 - BSM, PVD”(ITSK-00100)로 2017년 6월 19일에 제정하였음. 국내 표준 규격서는 기본적으로 미국의 SAE J2735를 준용하여 BSM Part I/II를 거의 그대로 인용하여 정의되었음. 이 메시지에 대한 분석 및 개선 방안에 대해서는 이미 앞 절에서 기술한 내용이 모두 포함되어 적용되었음.
- 국내 메시지셋 표준의 추가적인 사항으로, 일부 국내 적용 가능한 것으로 프로브 차량 데이터(PVD, Probe Vehicle Data) 메시지셋은 모두 선택(option) 메시지셋으로써 유럽의 DENM과 유사하게 차량이나 도로 사정 등 운행 행태에 관한 정보를 수집하는 메시지로서 RSE를 통해 차량 상태정보를 교환하는데 사용됨. 그러나 PVD는 본질적으로 C-ITS를 위한 종속적 메시지셋으로 사용하기 위한 것이기 때문에, 2차사고 방지를 위한 지오펜스를 개발하는 본 연구의 범위를 벗어난 것으로 간주되어 적용하지 않음.
- 또 다른 관점에서는 국내 C-ITS 메시지셋 표준규격에서 본 연구의 모바일 지오펜스 시스템에서 제시된 기본메시지와 모바일 지오펜스 메시지를 융합하여 반영할 경우, V2X 기반의 차량 상태 및 운행 정보를 갖는 메시지들의 교환을 통해 보다 더 안전한 C-ITS 서비스 환경을 지원할 수 있음.

(2) 상황인식 메시지 협력적 릴레이 및 멀티홉 전달 메커니즘 개발

- V2X에서 메시지 전달 과정에서 아래의 표 2-1과 같이 S(Source)와 D(Destination) 사이에서 메시지 전달 오류 상황이 발생할 수 있음. 따라서 기존 모바일 지오펜스 시스템을 이용하여 메시지가 전달되지 못하는 상황에서 이웃한 노드들을 이용하여 우회하여 메시지를 전달함으로써 문제를 해결함. 출발지에서 목적지까지 지오펜스의 적용 범위에 존재하는 이웃 노드들을 이용하여 협력적으로 메시지를 릴레이 전달하는 메커니즘인 Geofence-Based Hierarchical Clustering(GBHC)을 개발함.

표 2-1. 메시지 전달 오류 상황 분류와 의미

분류	의미
Distance(거리)	S와 D의 거리상의 문제로 메시지 누락
Obstacle(장애물)	S와 D의 사이에 송수신 에러를 발생시키는 장애물 문제로 메시지 누락
Geography(지리)	S와 D의 사이의 지리적 문제로 인한 메시지 누락
Error Message(오류)	S와 D의 사이의 오류 메시지 전달

(가) Geofence-Based Hierarchical Clustering(GBHC) 메커니즘

① 전제 조건

- S(Source)노드에서 D(Destination)노드로 메시지를 보냄.
- R(Relay)들은 S와 D 사이에 존재.
- 각 노드들의 네트워크 환경과 속도는 동일함.
- 각 노드들의 Lifetime이 동일함.
- 메시지가 중복되어 보내지지 않도록 함.
- 화살표로 연결되어 있는 노드들은 지오펜스 Coverage 영역 안에 있음.
- 각 노드들은 Coverage 영역에 있는 노드들의 리스트를 가지고 있으며 GC(Geofence Coverage) 리스트라고 명명함.

② 메시지 전달 상황

S에서 R을 통하여 D로 메시지가 전달될 수 있는 상황을 분류하면 다음과 같음.

- 1) S와 D의 각각의 GC리스트에 서로 중복되는 R들이 존재할 때
 - 1-1) 중복되는 R이 한 개일 때
 - 1-2) 중복되는 R이 두 개 이상일 때
- 2) S와 D의 각각의 GC리스트에 서로 중복되는 R들이 존재하지 않을 때
 - 2-1) S의 GC 리스트에 R이 한 개일 때
 - 2-2) S의 GC 리스트에 R이 두 개 이상일 때

③ GBHC 메커니즘

- 1) 시작 노드인 S(Source)로 군집되는 Cluster C_S , S의 GC 리스트에 있는 R(Relay)들로 군집되는 Cluster C_{SR} , 도착 노드인 D(Destination)의 GC 리스트에 있는 R들로 군집되는 Cluster C_{DR} , D로 군집되는 Cluster C_D 를 구성함.
- 2) C_{SR} 과 C_{DR} 에 있는 R들의 중복성을 검사함.
- 3) 중복되는 R들이 존재함.
 - 3-1) 중복되는 R이 하나일 경우 해당 R을 통해 D로 메시지를 전달함.
 - 3-2) 중복되는 R이 두 개 이상일 경우 GBHC-DMD(Detect Min_Distance)을 이용하여 가장 짧은 거리로 메시지가 전달되는 위치에 있는 R을 이용하여 D로 메시지를 전달함.
- 4) 중복되는 R들이 존재하지 않음
 - 4-1) C_{SR} 에 있는 R이 하나일 경우 R을 S로 설정하고 단계 1)로 돌아감.
 - 4-2) C_{SR} 에 있는 R이 두 개 이상일 경우 GBHC-DCS(Detect Complete-Single linkage)를 이용해 S에서 가장 먼 거리 조건을 만족하면서 D에 가장 가까운 거리 조건을 만족하는 R을 선택하여 S로 설정하고 단계 1)로 돌아감.

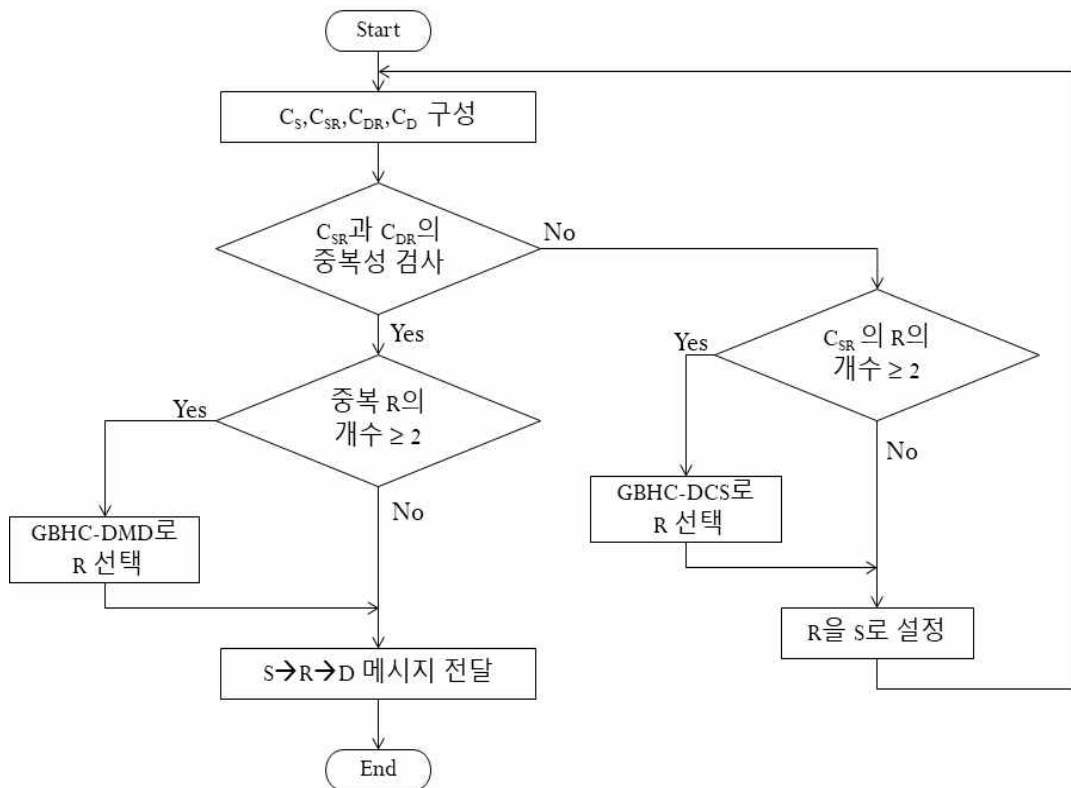


그림 2-1 GBHC 메커니즘 전체 흐름도

○ 그림 2-1은 설명한 GBHC 메커니즘의 프로세스에 대한 흐름도를 보여주며, 다음은 이에 대한 알고리즘을 나타냄.

알고리즘 2-1 GBHC 알고리즘

```

BEGIN
  Construct Cluster sets of  $C_S, C_{SR}, C_{DR}, C_D$ ;
  Detect  $R \leftarrow C_{SR} \cap C_{DR}$ ;
  IF ( $R$  exists)
    THEN {
      IF ( $R = 1$ )
        THEN send the message from  $S$  to  $D$  using  $R$ ;
      ELSE IF ( $R \geq 2$ )
        THEN {
          select  $R$  by GBHC-DMD;
          send the message from  $S$  to  $D$  using  $R$ ;
        }
      }
    ELSE IF ( $R$  does not exist)
      THEN {
        IF ( $R$  of  $C_{SR} = 1$ )
          THEN {
            set  $R \rightarrow S$ ;
            goto BEGIN;
          }
        ELSE IF ( $R$  of  $C_{SR} \geq 2$ )
          THEN {
            select  $R$  by GBHC-DCS;
            set  $R \rightarrow S$ ;
            goto BEGIN;
          }
        }
      }
    ELSE unavailable;
END

```

- GBHC-DMD(Detect Min_Distance)는 GBHC 메커니즘 전체 프로세스에서 단계 3-2)에서 사용되며 $\text{Min}(|S-R| + |R-D|)$ 을 만족하는 R 을 구하기 위한 알고리즘으로 다음 그림 2-2의 예시와 같이 R 들이 S 와 D 의 GC 리스트에 중복으로 존재하며 각각의 GC에 교차되어 존재할 때 메시지를 가장 협력적으로 전달할 수 있는 R 을 선택하기 위한 방법임. 중복되는 R 들의 S 와 D 의 거리를 측정하여 합한 값들 중 최소값을 가지는 R 을 구하고 해당 R 을 통하여 메시지를 전달함. 이는 가장 짧은 경로를 통하여 메시지가 전달되는 것을 전제로 함.

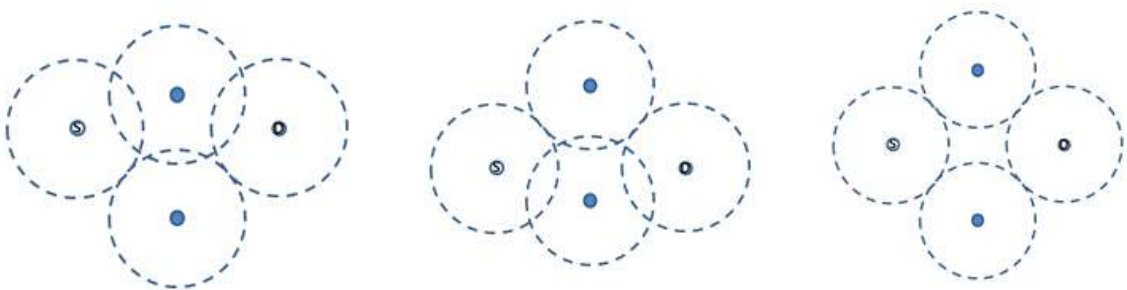


그림 2-2 GBHC-DMD를 적용하는 상황

- GBHC-DCS(Detect Complete-Single linkage)는 GBHC 메커니즘 전체 프로세스에서 단계 4-2)에서 사용되는 $\text{Max}(\text{Angle}(S, R, D))$ 을 구하기 위한 알고리즘으로 다음 그림 2-3의 예와 같이 S와 D의 GC 리스트에 중복으로 존재하는 R이 없으며 S의 GC에 2개 이상의 R이 있을 경우 다음 군집을 생성하기 위해 가장 적합한 R을 선택하는 방법임. 이 경우 S의 GC 리스트에 있는 R들을 군집했을 때 군집 S와 Complete linkage로 두 클러스터간 거리를 멤버간 거리 중 가장 긴 것으로 선택되고 군집 D와는 Single linkage로 두 클러스터간 거리를 가장 짧은 것으로 선택되는 R을 선택함. 이는 S에서 가장 먼 거리 조건을 만족하면서 D에 가장 가까운 거리 조건을 만족하는 R을 찾기 위함이며, 이에 S, R, D의 좌표를 이용하여 R의 내각을 구한 값들 중 최대값을 가지는 R을 구하여 S로 설정하고 C_{SR} 을 갱신하여 재구성함.

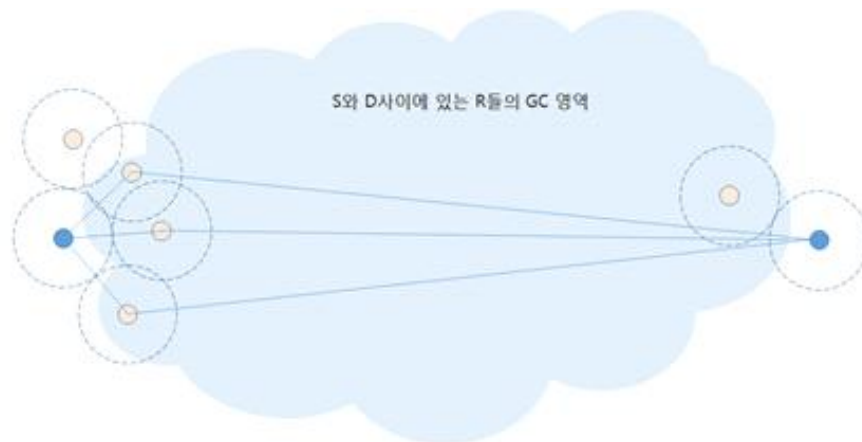


그림 2-3 GBHC-DCS를 적용하는 상황

④ 협력적 메시지 릴레이의 예

- 시작 노드를 기준으로 2-Level로 리스트를 만들어 동일한 이름의 노드들을 리스트에서 삭제하여 리스트에 남아 있는 노드들에게로만 메시지를 전달함. 다음 그림 2-4는 연결 예제를 나타내며, 연결 예제를 통해 S에서 D로 전달하는 방법을 설명함.

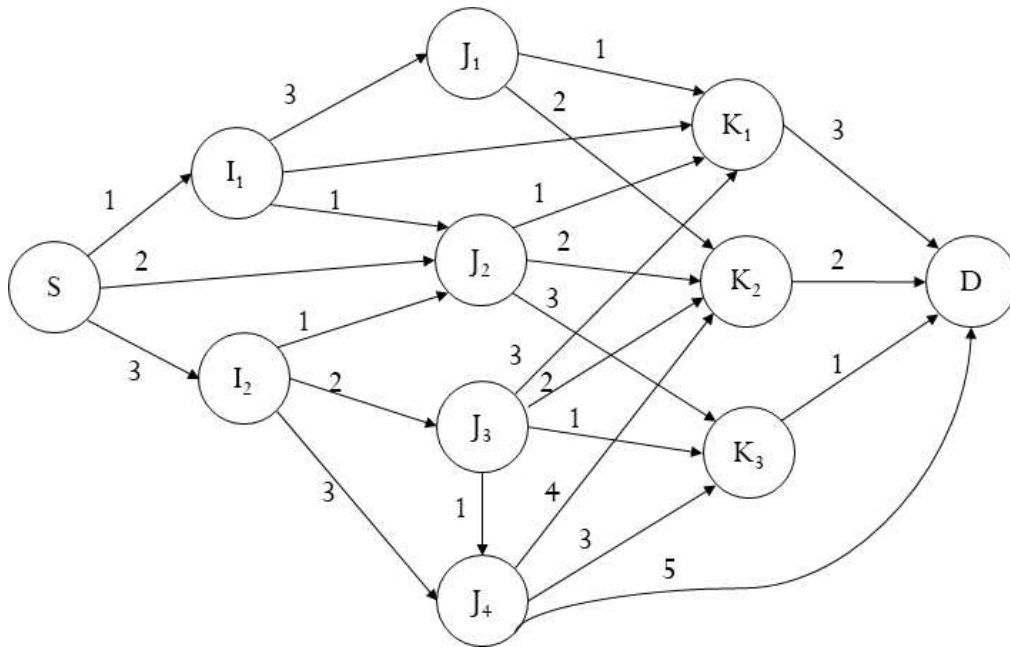


그림 2-4 연결 예제

- 그림 2-4 연결 예제에서 Level1의 S의 GC 리스트와 S의 GC리스트를 바탕으로 Level2 노드들인 I₁, J₂, I₂의 GC리스트를 구하여 동일한 이름을 갖는 노드들을 제거하여 아래 그림 2-5의 우측과 같은 결과를 얻음.

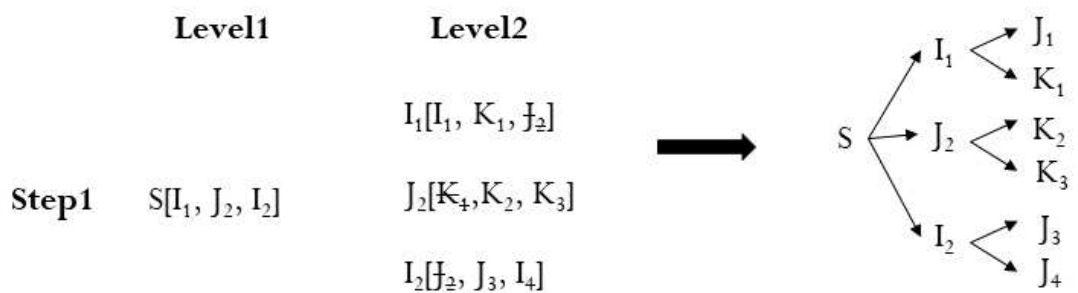


그림 2-5 중복 노드를 제거하는 Step1

- Step2에서는 Step1을 바탕으로 1-Level의 노드를 I₁, J₂, I₂로 하고 1-Level의 노드들의 GC 리스트를 바탕으로 1.에서와 같이 2-Level의 노드들의 GC 리스트를 구하여 다시 동일 이름의 노드를 삭제하는 과정을 거쳐 그림 2-6과 같은 연결 결과를 얻음.

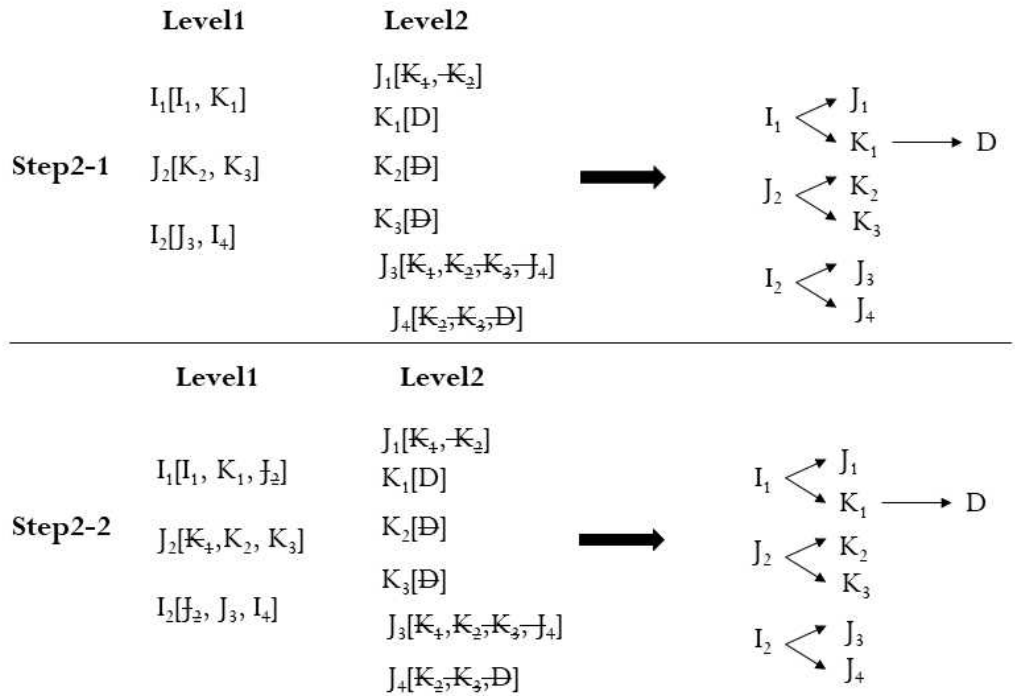


그림 2-6 중복 노드를 제거하는 Step2

○ 그림 2-6에서 Step2-1과 Step2-2로 나눈 것은 Step2-1은 Level1 노드들의 GC 리스트를 그림 2-5의 결과를 바탕으로 정리된 리스트로 GC리스트를 작성한 것이고, Step2-2는 정리되지 않은 연결 예제 그림 2-4에 있는 화살표를 그대로 적용하여 Level1 노드들의 리스트를 구성한 것임. 다만 Step2-2는 Level1에서 GC리스트에 있는 노드명이 Level1의 노드 이름과 같으면 삭제하여 리스트를 작성하는데 그 이유는 Level1 노드들은 이미 연결이 결정되었기 때문에 리스트에서 삭제하여 중복을 없애야 하기 때문임. 이와 같이 중복 노드를 클러스터링 방식으로 제거하면 그림 2-6의 우측의 결과와 같이 협력적으로 릴레이가 가능함.

(나) GBHC 메커니즘의 시간복잡도

- ① $R=0$ 이면, 홑없이 S에서 D로 직접 전달함에 해당하므로 $O(1)$
- ② $R=1$ 이면, S에서 R을 통해 D로 전달하므로 $O(2)$
- ③ $R \geq 2$ 일 때.

- $O(\text{GBHC-DMD}) = m * (m - k)$

여기서, $m (< n)$: 인접노드 수, $k (< m)$: 중복 노드수

- $O(\text{GBHC-DCS}) = \max\{S_j, D_j\} = S_j$

여기서, $S_j (< n)$: S에 인접노드 수, $D_j (= < S_j)$: S_j 중 D와 인접노드 수

- 전체 시간복잡도

$$\begin{aligned}
&= h * \max\{O(\text{GBHC-DMD}), O(\text{GBHC-DCS})\} \\
&= h * \max\{m * (m - k), S_j\} \\
&= h * (m * (m - k)) \\
&\approx O(hm^2)
\end{aligned}$$

여기서, h : 멀티 홉 레이어

(3) 상황인식에 의한 반응형 지오펜스 모델 설계

반응형 지오펜스란 주변 상황 정보에 반응하여 지오펜스의 반경이 가변적으로 변경되는 것을 의미함. 지오펜스간의 통신에 적용하기 위한 가변적인 지오펜스 모델을 설계하고, 가변적 지오펜스를 구성하는 가변 요인에 대해 기술함.

① 가변적인 상황인식 조건

- 기존의 지오펜스는 반경(radius)에 해당하는 가상의 영역을 지오펜스로 설정하여 사람이나 사물의 진입 또는 진출에 대한 서비스를 제공함. 기존의 지오펜스는 설정된 반경이 상황에 따라 동적으로 변경되는 기능이 없음. 그러므로 커넥티드 카 환경에서 차량과 차량간의 연결성 및 통신을 위해 지오펜스를 적용한다면, 차량마다 적용된 지오펜스의 반경이 다를 수 있기 때문에 차량에 적용된 지오펜스 범위가 서로 중첩(overlap)이 될 때까지 통신을 할 수가 없음. 따라서 상황에 따라 설정된 지오펜스 영역의 반경이 변경되는 가변적인 지오펜스(flexible geofence)가 요구됨.
- 가변적인 지오펜스가 필요한 일례로써, 자율주행차이든 일반 차량이든 간에 차량 간의 상황인식 정보를 교류하기 위한 지오펜스를 적용 시에 교통 체증이 발생하는 곳에서는 차량 간의 거리가 좁기 때문에 지오펜스 반경을 넓게 하면 불필요한 상황정보가 발생하게 됨. 반면에 차량 간의 거리가 멀고 설정된 지오펜스 반경이 좁다면 통신을 위한 상황 정보의 부족으로 인해 많은 상황 정보 수집이 요구 되어 연산 비용이 증가됨.

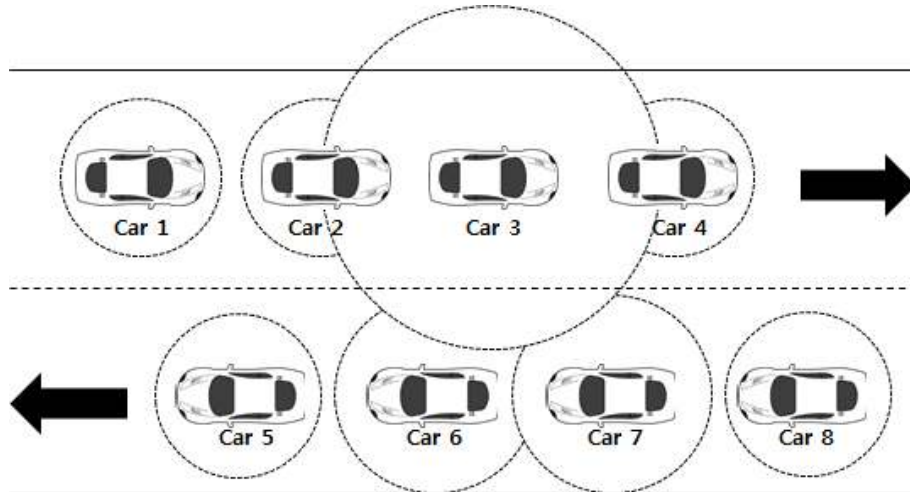


그림 3-1. 교통 체증 상황에서 지오펜스간의 통신

- 그림 3-1은 차량에 대한 지오펜스를 적용하여 통신하는 상황을 나타냄. 그림 3-1에서 차량 3의 진행방향 차량들과의 통신을 위한 네트워크가 구성될 때, 적용된 지오펜스 반경이 넓어 반대 차선의 차량 6과 7의 지오펜스와 중첩되어 불필요한 상황정보가 발생되는 것을 보여줌. 이러한 문제를 해결하기 위해 지오펜스간의 거리가 가까워지면 지오펜스 반경이 줄어들고, 반대로 멀어지면 지오펜스 반경이 커지도록 상황에 맞는 가변적인 지오펜스를 적용해야 함.
- ② 가변 요인(flexible factor)
 - 지오펜스의 반경을 확장하거나 축소하기 위한 가변 요인은 2가지로 나뉨. 첫 번째는 지오펜스 간의 통신을 위해서 다른 지오펜스에 대한 인식이고, 이를 인식 요인(recognition factor)이라 명함. 두 번째는 지오펜스 크기가 변하는 시점이며, 이를 시점 요인(time factor)이라 정의함. 그림 3-2는 임의 차량(thing)에 설정된 가변적 지오펜스에 대한 가변적 요인을 보여줌.

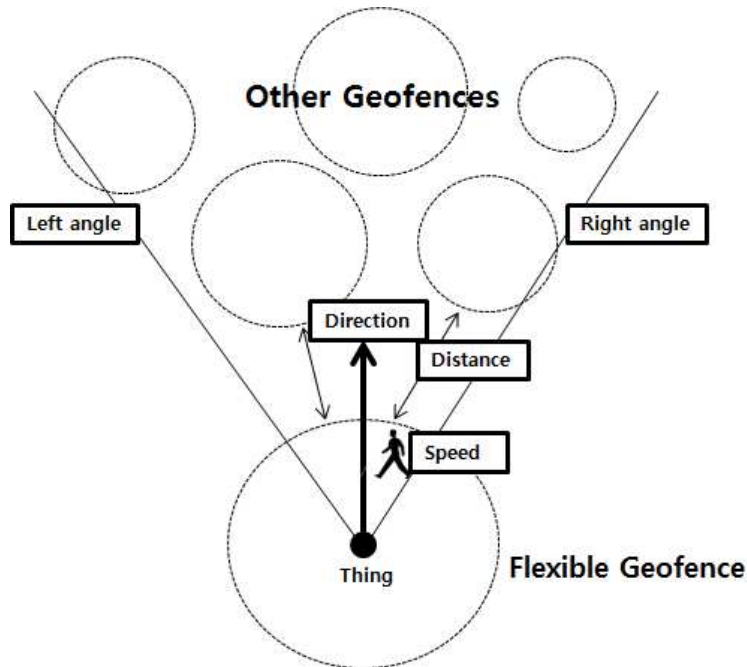


그림 3-2. 지오펠스의 가변 요인

○ 그림 3-2에서 인식 요인은 진행 방향, 왼쪽 각도, 오른쪽 각도이며, 시점 요인은 지오펠스간의 거리와 진행 속도임. 각 요인에 대한 자세한 설명은 다음과 같음.

- ㉓ 진행 방향(direction) : 진행 방향 요인은 지오펠스간의 통신을 위한 차량의 진행 방향 상에 다른 지오펠스를 인식하는 요인. 진행 방향이 반대인 곳에 있는 지오펠스와의 통신은 통상적인 범주를 벗어나므로 자동적으로 상황인식 처리를 하지 않음. 즉, 이동 중인 차량의 진행 방향과 같은 방향에 있는 고정된 또는 이동 중인 지오펠스 존재를 인식하기 위한 요인임.
- ㉔ 왼쪽과 오른쪽 각도(left & right angle) : 양쪽 진행 방향에 있는 모든 지오펠스를 인식하여 가변을 결정하면 불필요한 정보에 의한 연산 비용이 늘어나기 때문에 진행 방향에 따라 적절한 각을 설정하여 인식하기 위한 요인. 이동하는 차량에 지오펠스 인식을 위한 각도를 결정하기 위한 방안은 지오펠스와 지오펠스의 통신 경로(route)가 어떻게 되느냐에 따라 달라지므로, 구체적인 각도를 제시하지는 않음.
- ㉕ 지오펠스간의 거리(distance) : 동일 진행 방향에 다른 지오펠스를 인식하면, 진행 속도 요인을 고려하여 지오펠스간의 거리를 계산하여 거리가 가까워지면 축소를, 거리가 멀면 확장을 하기 위한 요인.
- ㉖ 진행 속도(speed) : 지오펠스의 진행 속도에 따라 거리가 달라지므로, 지오펠스간의 거리를 계산하기 위한 요인.

○ 지오펠스의 가변 시점을 결정하는 지오펠스간의 거리와 진행 속도는 지오펠스1(G1)

과 지오펠스2(G2)가 서로 통신한다는 가정하에 알고리즘 3-1과 같이 가변 시점과 가변 대상을 결정함.

알고리즘 3-1. 가변 결정 알고리즘

```
assume that Geofence 1 (G1) and Geofence 2 (G2) communicate with each other
IF (G1 speed = 0 AND G2 speed >= 1)
    THEN flexible decision = G2 radius reduce
IF (G1 speed == G2 speed)
    THEN flexible decision = G1 AND G2 radius maintain
IF (G1 speed > G2 speed)
    THEN flexible decision = G2 radius increment
IF (G1 speed < G2 speed)
    THEN flexible decision = G2 radius reduce
```

- 알고리즘 3-1에서 G1은 동일 진행 방향 상에 통신 대상으로 인식된 지오펠스이며, G2는 G1과 통신을 원하는 이동하는 지오펠스임. G1의 이동속도가 0인 것은 정지된 차량의 지오펠스를 의미하며, G2가 1이상의 속도로 G1에 다가가면 지오펠스간의 거리가 가까워지므로 G2의 반경을 속도에 비례하여 축소함. G1이 이동하는 차량의 지오펠스이고 G2와 이동속도가 같다면 지오펠스간의 거리가 유지된 채 이동하는 것이므로 G2의 반경은 변함없이 그대로 유지함. 그리고 G1의 속도가 G2보다 빨라지면 지오펠스간의 거리가 멀어지므로 G2의 반경을 확대함. 반대로, G2의 속도가 G1보다 빠르면 지오펠스간의 거리가 줄어들기 때문에 G2의 반경을 축소함.

③ 실험 결과

가변적인 지오펠스 모델을 실험하기 위하여 이동 중인 차량은 스마트폰을 가진 사람으로 가정함. 또한, 기존 지오펠스는 이동하는 기능이 없기 때문에 적응형 지오펠스를 이동 중인 사람에 적용하고 3차원 지오펠스 시스템에 가변 결정 규칙을 적용하여 실험함.

㉓ 실험 환경 및 설정

실험에 사용된 인식 요인 데이터인 진행 방향은 스마트폰 자기장 센서를 이용하여 8방위로 표현하고, 같은 방향에 정지중인 사람의 지오펠스 및 이동 중인 사람의 지오펠스에 대한 인식은 방위각을 이용함. 왼쪽 각도와 오른쪽 각도는 진행 방향상의 방위각에 45도를 더하여 설정함. 예를 들어, 방위각이 80도라면 왼쪽 각도는 방위각 25도로 설정하고, 오른쪽 각도는 125도로 설정하여 이 각도 안에 존재하는 지오펠스에 대해 가변을 결정하기 위한 시점 요인을 분석한 것임

㉔ 실험 결과 화면

그림 3-3은 앞서 가변 결정 규칙에 대한 설명을 한 표 3-1의 지오펠스2(G2)의 화면을 보여줌. 지오펠스1의 대한 정보는 다른 스마트 폰을 이용해 지오펠스 반경을 10미터로 지오펠스 서버의 데이터베이스에 저장하였으며, 그림 3-3에서 나타난 바와 같이 남쪽 방향으로 방위각 -120 ~ -205도 사이에 위치하도록 생성하였음. 그림 3-4는 이동을 시작하면 실시간으로 위치 좌표를 토스트 메시지로 나타나는 것을 보여주며 방위각 사이에 존재하는 지오펠스에 대한 정보를 요청하여 통신 대상의 지오펠스를 인식함.

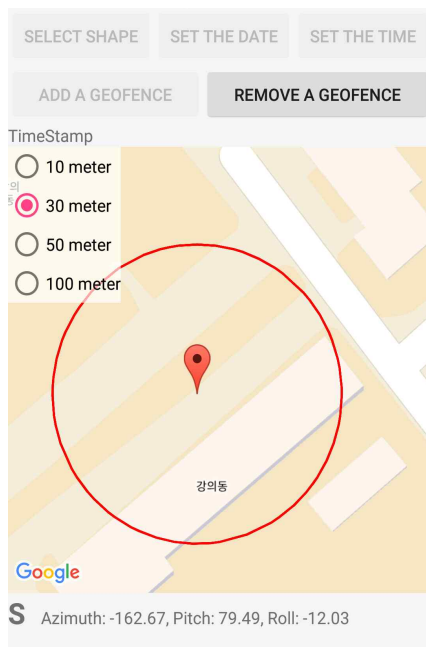


그림 3-3. 초기 화면

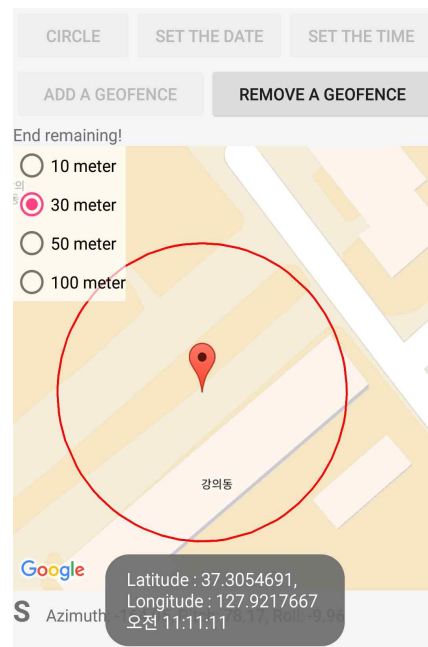


그림 3-4. 이동중인 지오펠스

이동 중에 통신을 원하는 지오펠스를 인식하면, 그림 3-5와 같이 지오펠스 탐지에 대한 토스트 메시지가 나타나며, 인식된 지오펠스(target)가 고정(static)인지 이동 중(moving)인지 알려주며, 위도와 경도를 표시하고 현재 지오펠스에서 거리를 보여줌. 탐지된 지오펠스1은 위도 37.306353도, 경도 127.924538도에 설정된 것이며, 고정된 지오펠스이며 지오펠스2로부터 약 265미터 떨어진 거리임을 알 수 있음.

그림 3-6은 인식된 지오펠스와의 거리가 멀고 지오펠스1(target)은 고정된 지오펠스이므로 이동 속도가 0이며, 지오펠스2(source)의 이동 속도는 5km/h이므로 지오펠스2의 반경을 지오펠스1과 중첩되도록 225미터로 변경되었음을 보여줌.

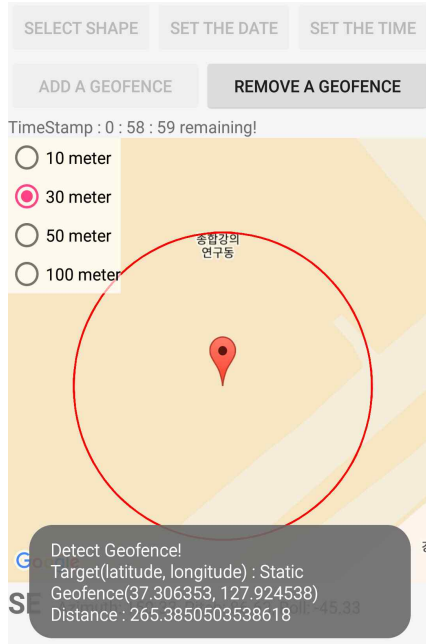


그림 3-6. 지오펜스 탐지

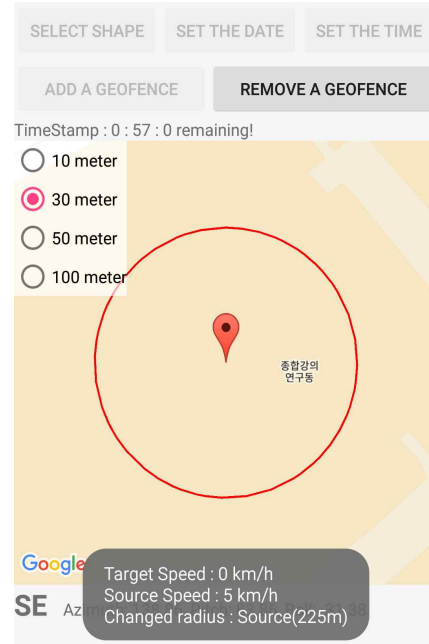


그림 3-7. 반경 변경

위 실험은 표 3-1에서 제안한 이동 속도에 따른 4가지 가변 결정 정책중 G1의 이동 속도가 0이고, G2의 이동 속도가 1이상인 가변 정책에 대한 실험 결과임. 이 뿐만 아니라, 위 실험 이후에 지오펜스1의 속도를 지오펜스 2의 속도와 똑같이 이동했을 경우에도 지오펜스2의 반경이 지오펜스1에 중첩되도록 가변된 것을 얻을 수 있었음. 마찬가지로, 지오펜스1의 속도가 더 빠른 경우 및 지오펜스2의 속도가 더 빠른 경우도 원하는 결과를 얻을 수 있었음. 이와 같이, 가변적인 지오펜스가 상황에 따라 가변되는 것을 확인할 수 있음.

(4) 반응형 모델의 적응형 3차원 지오펜스 프로토타입 설계 및 구현

(가) 적응형 지오펜스 개념

적응형 지오펜스는 이동이 가능한(floatable) 사물 및 사람이 관심 지역에 지오펜스를 설정한 후 이동을 한다면 이동 경로를 따라 설정된 지오펜스 영역이 움직이는 지오펜스로 정의함. 아래 그림 4-1은 적응형 지오펜스 모델을 보여줌.

기존의 지오펜스는 관심 지역에 영역을 설정하면 고정된 영역에 대해 진/출입에 대한 트리거만 제공함. 즉, 그림 4-1-(a)에서 고정된 사물(static object) 주변을 지오펜스 영역으로 설정하면 해당 영역에 진입과 진출에 대한 트리거를 제공하거나, 이동이 가능한 객체(floatable object)의 주변을 지오펜스 영역으로 설정하면, 설정된 영역 내에 이동 가능한 객체의 진입과 진출에 대한 트리거만 제공함.

그림 4-1-(b)는 적응형 지오펜스 개념을 보여주며, 이동가능한 객체가 최초의 지오펜

스를 설정한 뒤에 이동을 하면 설정된 지오펜스도 같이 이동함.

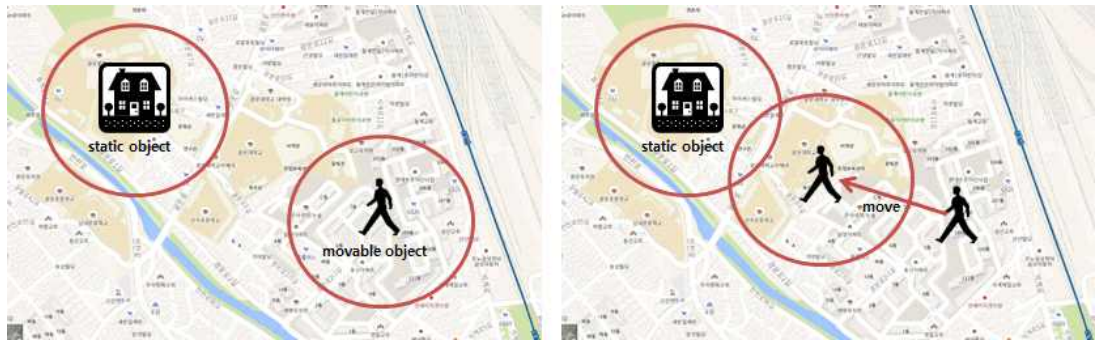


그림 4-1-(a) 기존 지오펜스 설정

그림 4-1-(b) 적응형 지오펜스

(나) 적응형 지오펜스를 위한 위치 분석 메커니즘

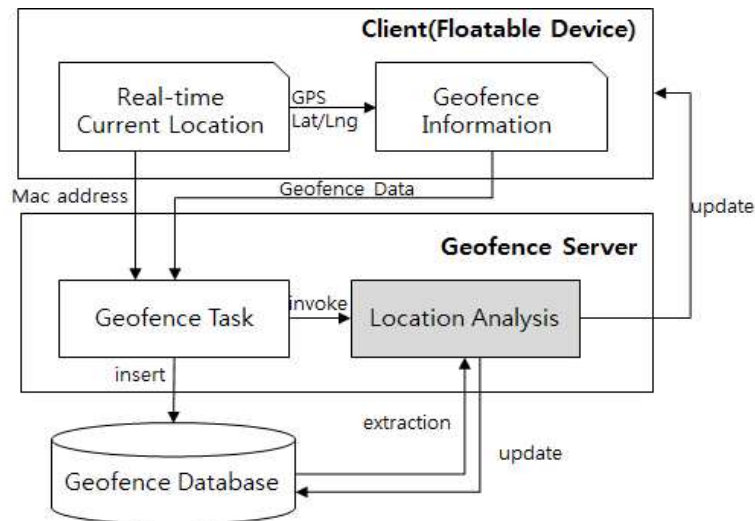


그림 4-2 위치 분석 메커니즘

○ 그림 4-2는 적응형 지오펜스에서 위치를 분석하는 메커니즘을 나타낸 것임.

① Client(Device)

- ✓ Real-time Current Location : WiFi에 접속되면 access point의 Mac address를 Geofence Task로 전달하며, GPS의 위/경도 좌표를 Geofence Information 모듈로 전달함.
- ✓ Geofence Information : 사용자의 위/경도 좌표, 지오펜스 크기(반지름), 타임스탬프, 디바이스 정보로 구성됨.

② Geofence Server

- ✓ Geofence Task : Client로부터 지오펜스 정보를 전달 받아 3차원 지오펜스를 위한 다양한 작업을 수행하는 모듈. Client의 WiFi 정보 및 위/경도 정보를 지속적으로 모니터링하여 DB를 업데이트하며 Location Analysis 모듈에게 전달

함.

- ✓ Location Analysis : 적응형 지오펜스를 위하여 위치 분석을 하는 모듈. 다음과 같이 2가지 역할을 가짐. 첫 번째로 Client가 실내에 있다면 WiFi 접속 정보를 DB에 구축된 Mac Address 정보와 매핑함. DB에 구축된 Mac Address는 건물의 WiFi Access Point에 대한 Mac Address와 층 정보로 구성되어 있음. 이와 같은 매핑을 통해 사용자가 건물 내에 몇 층에 있는지 식별하고, 지속적으로 WiFi 접속 상황을 체크하여 Client의 이동 상황을 식별한 뒤 알려줌. 두 번째는 실외에서 Client가 움직이면 최근 마지막 위/경도 좌표로 Client와 서버에 지오펜스 정보를 갱신함.

(다) 적응형 지오펜스 시스템 실험 결과

설계된 적응형 지오펜스 시스템을 구현하여 스마트폰을 이용한 실험 결과를 보여줌. 그림 4-3은 건물 5층에서 앱을 실행한 후 1층으로 이동했을 경우의 화면을 보여줌. 그림 4-3에서 사용자의 위치를 실내로 판별하고 5층이라는 것을 확인할 수 있음. 그림 4-4는 지오펜스 정보를 설정한 화면을 보여줌.

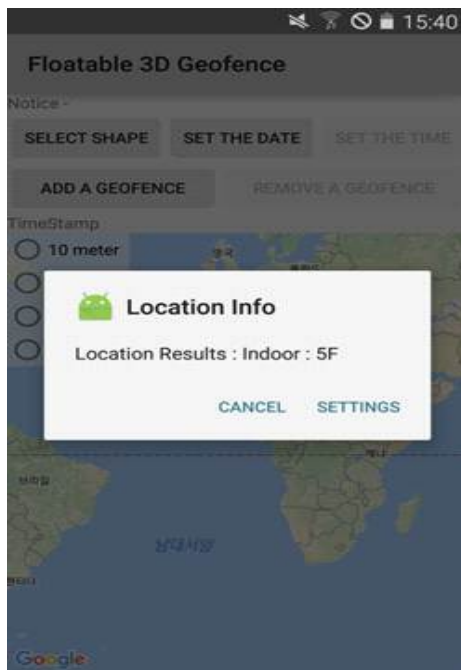


그림 4-3 건물 5층에서 실행화면

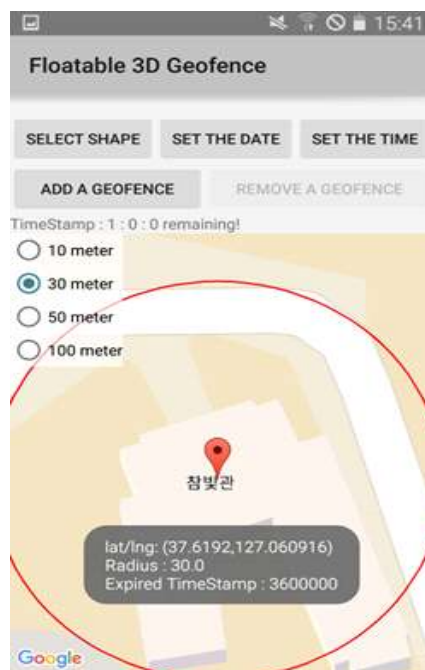


그림 4-4 지오펜스 설정 화면

그림 4-5는 지오펜스 설정 후 1층으로 이동하면 나타나는 화면임. 즉, 5층에서 엘리베이터를 이용해 1층에 도착하면 1층에 WiFi Access Point에 접속되고, 접속된 AP의 Mac address를 서버로 보내 DB 매핑을 통해 1층임을 알려주는 화면. 그림 4-6은 그림 4-4에서 설정된 지오펜스 정보를 맵에 보여주며, Notice 라벨에 실내 1층으로 표현된 것

을 알 수 있음.

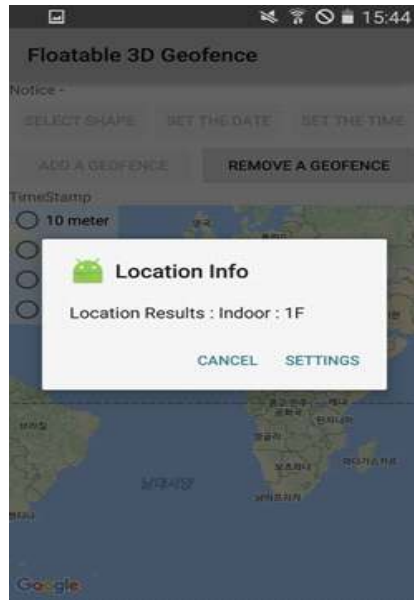


그림 4-5 1층으로 이동 후 화면

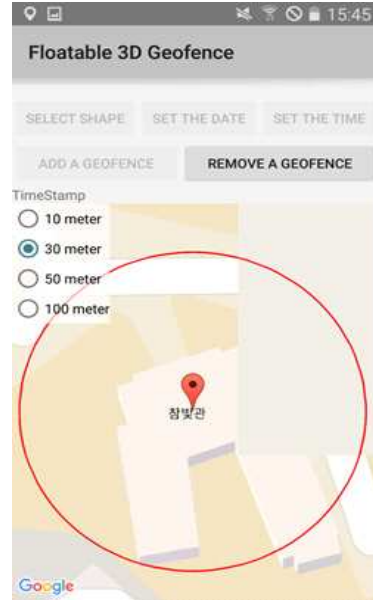


그림 4-6 1층에서 맵 화면

그림 4-7은 실내에서 실외로 이동했을 경우에 실외로 인식한 화면임. 실외 인식과 동시에 GPS 위치 추적을 통해 위도와 경도, 마지막으로 업데이트된 위치 정보 시간을 토스트 메시지로 보여지는 것을 알 수 있음. 그림 4-8에서 10까지는 위치 이동에 따른 위치 정보와 시간을 보여줌.

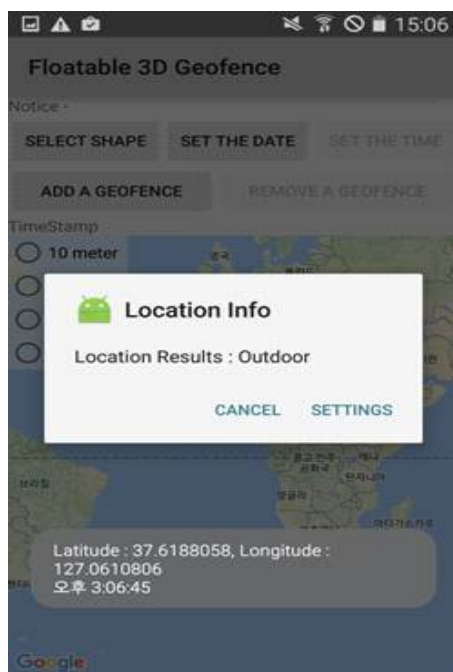


그림 4-7 실외로 이동한 이후 화면

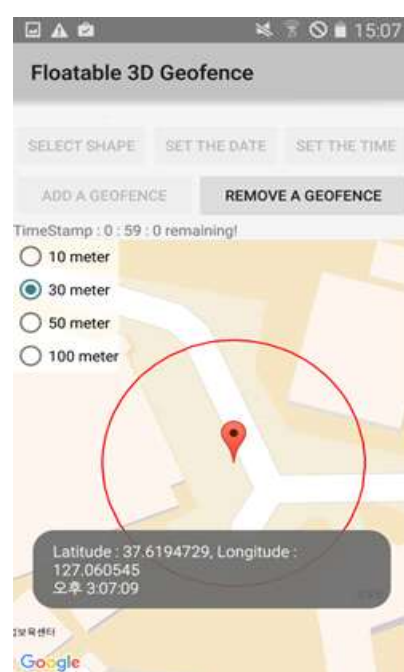


그림 4-8 위치 이동 후 화면1

그림 4-8 ~ 4-10에서 보면, 위치 이동에 따라 지오펜스 영역은 함께 이동하진 않지만, Location Analysis 모듈에 의해 Client와 서버에 변경된 지오펜스 정보가 갱신됨.

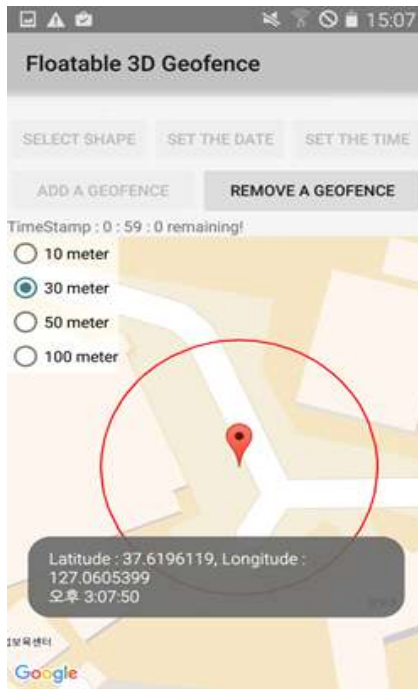


그림 4-9 위치 이동 후 화면2

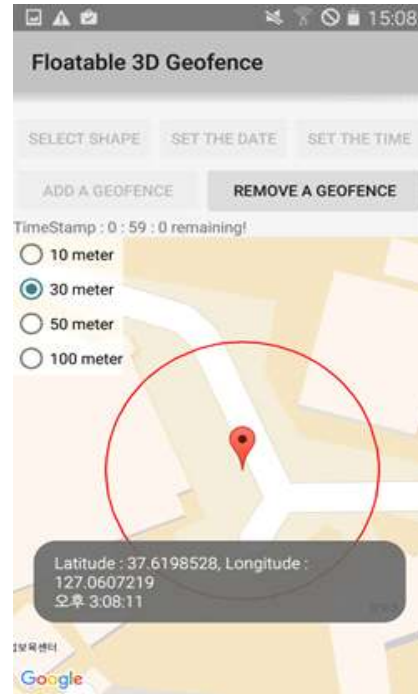


그림 4-10 위치 이동 후 화면3

(라) 위치 분석 메커니즘의 시간복잡도

① 클라이언트의 시간복잡도

$$= O(\text{GPS수신시간} + \text{AP시간} + \text{좌표표시} + \text{반경계산} + \text{타임스탬프계산}) \\ = O(1)$$

② 서버측의 시간복잡도

$$= O(\text{클라이언트 데이터 처리시간} + \text{위치계산 시간} + \text{DB접속시간} + \text{네트워크전송시간})$$

(5) 지오펜스간 상황정보 협업 인식 알고리즘과 컴포넌트 개발

지오펜스간의 상황 정보를 협업 인식하기 위해서는 지오펜스와 지오펜스가 서로 연결되어 있음을 인식해야 함. 이러한 연결 인식을 위해 커넥티드 카 서비스 환경을 구성하는 메커니즘에 적용하여 알고리즘과 컴포넌트를 개발함.

① 커넥티드 카 서비스 환경 메커니즘

- 커넥티드 카 서비스 환경을 구성하는 메커니즘은 모바일 가상 펜스에 대한 정보를 분석하여 다음 2가지를 판단해야 함. 첫 번째는 차량들이 같은 지역의 같은 방향으로 진행하고 있는지를 판단하고, 두 번째는 같은 지역의 같은 방향으로 진행하는 차량을

대상으로 모바일 가상 펜스가 서로 겹치는지를 판단해야 함.

- 첫 번째 판단의 이유는, 클라이언트(차량안의 스마트폰)의 위치 정보(위도, 경도)와 반경을 서버로 전송하면, 서버에서 모든 클라이언트가 보낸 정보에 대해 서로 겹쳐있는지를 확인하는 것은 서버에 많은 부담을 줌. 또한, 서로 다른 위치 및 서로 다른 방향으로 진행되는 차량에 대해서는 차량의 연결 여부를 확인할 필요가 없음. 그러므로, 서버로 전송된 클라이언트의 정보중 같은 지역에서 같은 방향으로 이동하고 있는 차량들을 선별해내야 하며, 선별된 차량들을 대상으로 서로 연결되어 있는지를 확인해야 함.

② 방향 인식 알고리즘

- 방향 인식 알고리즘(Direction Awareness Algorithm)은 기준이 되는 모바일 가상 펜스를 적용한 디바이스의 주변에 관련된 위치를 가지는 디바이스들을 판단하는 알고리즘으로서 다음과 같음.

알고리즘 5-1 방향 인식 알고리즘

```
가정 : 위도와 경도 값이 세 번째 소수점까지 동일하면 위치의 오류 범위는 140
미터 미만.
모바일 가상 펜스가 적용된 차량 : MVF;
MVF의 위치 관계값 : RMVF;
BEGIN
    MVF의 메시지에서 위도, 경도에 대해 다음을 적용하여 목록 작성;
    RMVF = 절대값(내림(위도MVF1*1000) AND 내림(경도MVF1*1000 - 내림(위도
    MVF2*1000) AND 내림(경도MVF2*1000))) =< 1;
    연관된 차량이 없을 때까지 반복
    {
        RMVF 목록에서 각 메시지의 방향각을 비교;
        만약, 같은 방향이라면, 위도와 경도 값에 따라 정렬;
        정렬된 목록에서 처음 디바이스와 마지막 디바이스에 대해 RMVF의
        위치 관계값을 다시 계산;
        더 이상 연관된 디바이스가 없다면, 알고리즘 5-2 실행;
    }
END
```

- 디바이스간의 관련된 위치 판단은 디바이스 간의 거리가 140m 이하일 때 관련된 위치의 디바이스로 판단함. 그 이유는 140m의 차이가 날 때 위도와 경도의 수치는 소수점 셋째자리 이하의 수치만 변화하기 때문임. 따라서 위도와 경도의 값에 각각 1000을 곱하고 소수점 뒤의 수들을 버렸을 때 관련된 위치에 있다면 같은 값을 가지

게 됨. 하지만 예를 들어 1번의 디바이스의 위도가 127.99999이고 2번의 디바이스의 위도가 128.00000일 때, 천을 곱하고 소수점 뒤의 수들을 버려도 127999와 128000으로 바로 옆 위치의 위도와 경도의 값을 가지고 있더라도 값이 다른 수치이기 때문에 연관이 없는 위치로 판단함.

- 따라서 디바이스 1번과 2번의 계산 값 차이가 1이하일 때 관련된 위치에 있는 디바이스로 판단하게 하였음. 관련된 위치에 있는 디바이스를 판단하였다면, 관련된 위치에 있는 디바이스들의 메시지에 포함되어있는 방향각(heading)을 비교하여 같은 값을 가진 디바이스들을 목록으로 작성함. 다음으로 목록에 있는 디바이스들을 위도와 경도의 값에 따라 정렬하여 목록의 첫 번째와 마지막 디바이스를 선택하고, 이 두 디바이스를 중심으로 관련된 위치의 디바이스가 없을 때 까지 다시 방향 인식 알고리즘을 실행하며, 더 이상 같은 지역에 서 같은 방향으로 향하는 디바이스가 없다면 선별된 목록을 대상으로 다음 알고리즘 5-2인 연결 인식 알고리즘을 호출함.

③ 연결 인식 알고리즘

- 연결 인식 알고리즘(Connected Awareness Algorithm)은 방향 인식 알고리즘의 결과를 토대로 디바이스와 디바이스(차량과 차량)가 서로 연결되어 있는지를 판단하는 알고리즘임. 그림 5-1에서 연결 인식의 원리를 보여주며 알고리즘 5-2에서 처리됨.

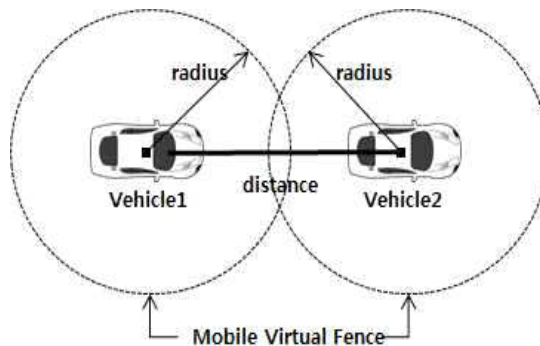


그림 5-1 연결 인식의 원리

- 그림 5-2에서 모바일 가상 펜스의 반경은 디바이스의 움직임에 따라 함께 이동하므로, 두 반경의 합이 두 디바이스의 실제 거리보다 크다면 적용된 모바일 가상 펜스들이 서로 겹쳐져있는 것이기 때문에 연결된 차량으로 판단하게 되는 원리를 보여줌.

알고리즘 5-2 연결 인식 알고리즘

BEGIN

알고리즘 5-1의 결과가 없다면,
연결되어있지 않음;

알고리즘 5-1의 결과가 있다면,

RMVF의 목록에서 각 MVF 1~n에 대해 다음을 계산;

각 MVF 1~n의 반경 : $R1 \sim n$

MVF n과 MVF n+1의 거리 : $D(n, n+1)$

만약 $Rn + Rn+1 \geq D(n, n+1)$ 이면, 연결되어 있음;

END

알고리즘 5-2에서 만약 그림 5-1의 결과가 없다면 주변에 같은 지역에서 같은 방향으로 진행하는 디바이스가 없으므로 연결된 디바이스가 없다고 판단함. 하지만 그림 5-1의 결과가 있다면 같은 지역에서 같은 방향으로 진행하는 디바이스들이 있다고 판단되기 때문에 그림 5-1의 결과 목록으로부터 위도와 경도 및 반경을 비교하여 연결된 디바이스가 있는지 판단함.

알고리즘 5-2에서는 목록에 포함된 각 디바이스들의 거리를 계산하고 두 디바이스에 적용되어있는 모바일 가상 펜스의 반지름의 합과 디바이스들 사이의 거리의 값을 비교하여 디바이스간의 연결을 판단함.

④ 실험 및 성능 평가

- 인식 알고리즘은 방향 인식 알고리즘과 연결 인식 알고리즘으로 구성되며, 기준 차량 주변에 있는 차량 중 같은 진행 방향을 가진 차량을 정확하게 인지하고 지오펜스 반경이 겹쳐졌을 경우 연결이 되는지에 대한 정량 평가를 함. 다음은 각 알고리즘을 평가하기 위한 시나리오와 실험 방법에 대해 기술하고, 실험 결과를 보여줌.
- 알고리즘을 평가하기 위해 여섯 개의 디바이스에 모바일 가상 펜스를 적용하였음. 여섯 개의 디바이스는 세 개씩 두 개의 그룹으로 나누어 배치. 그림 5-2와 그림 5-3은 두 그룹의 주행 환경을 보여주는 그림임.

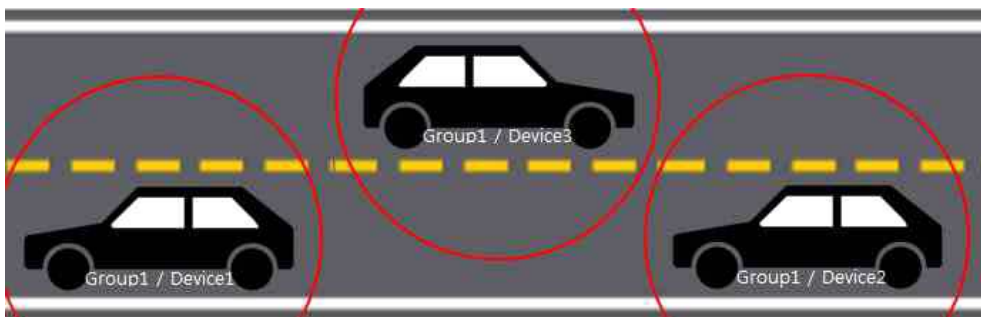


그림 5-2 1번 그룹의 주행 환경

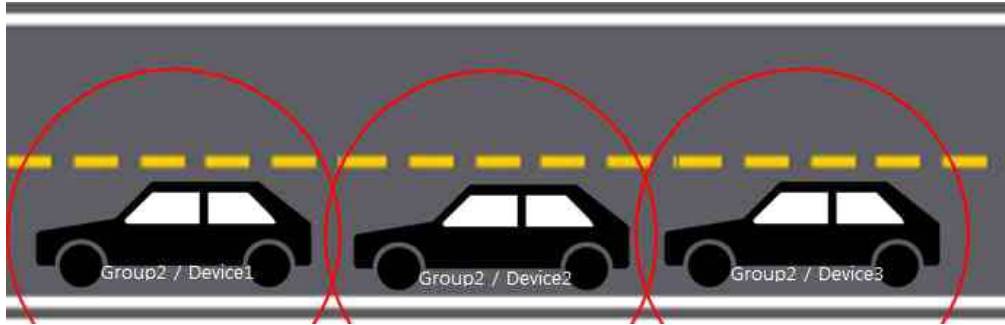


그림 5-3 2번 그룹의 주행 환경

- 1번 그룹의 세 디바이스는 모두 140m이하의 거리에 두어 관련이 있는 위치를 감지하며 하나의 디바이스의 주행방향을 다르게 하여 같은 방향으로 주행하는 디바이스를 감지하는 실험을 함. 다음으로 2번 그룹은 1번 그룹과 140m이상 떨어진 위치에서 실험하여 인식 불가능한 위치의 디바이스가 인식되는지 실험함. 2번 그룹의 디바이스는 세 개의 디바이스 모두 같은 방향으로 주행하며 모바일 가상 펜스 반경이 겹치도록 주행하게 하여 서로 연결되는지 실험함. 실험을 진행한 위치는 인식 연결을 위한 실험이기 때문에 GPS의 신호가 최대한 방해받지 않고 실험을 진행하기 위해 고층 건물이 없는 평지에서 진행하였음. 표 5-1은 실험을 위한 시나리오임.

표 5-1 인식 알고리즘에 대한 평가 시나리오

- | |
|---|
| <p>① 각 디바이스는 실험 시작 위치에서 어플리케이션을 실행하고 주행하며 위치, 방위각을 수집함.</p> <p>② 각 디바이스는 주어진 주행경로를 주행하면서 ①의 결과를 서버에 전송</p> <p>③ 1번 그룹의 결과를 토대로 연관된 디바이스 중 같은 방향으로 진행하는 디바이스 감지를 평가함.</p> <p>④ 2번 그룹의 결과를 토대로 모바일 지오펜스 반경이 겹쳐져 연결된 디바이스 감지를 평가함.</p> |
|---|

- 시나리오에서 1번은 1분간 주행하며 메시지는 1초에 1개의 메시지를 생성하도록 하였기에 각 디바이스마다 서버에 전송되는 메시지는 60개임.

다음은 시나리오에 대한 실험 예측 결과임.

- 진행한 실험의 결과로는 1번 그룹과 2번 그룹은 서로 140m 이상의 거리이기 때문에 인식 불가능하여야 함.
- 그림 5-4의 1번 그룹은 세 디바이스 모두 모바일 지오펜스 반경이 겹치지 않은 상태로 연결 인식에 대한 결과는 모두 감지를 못하는 상태이며, 같은 방향으로 주행 중인 1번 디바이스와 2번 디바이스가 같은 방향으로 인식되어야 함.
- 그림 5-5의 2번 그룹은 세 디바이스 모두 같은 방향으로 주행하기 때문에 모두 같은

방향으로 인식해야하며, 1번 디바이스와 2번 디바이스, 2번 디바이스와 3번 디바이스의 모바일 지오펜스가 반경이 겹쳐져 있어 겹쳐진 디바이스에 대해서 연결 인식되어야 함.

- 표 5-1의 시나리오대로 3번에 걸쳐 실험을 진행한 결과는 아래와 같음. 표 5-2는 1번 그룹에 대한 실험결과이고, 표 5-3은 2번 그룹에 대한 실험결과임. 방향인식은 기준이 되는 디바이스를 행에 기록하고, 인식이 되는 디바이스를 열에 기록하였음.

표 5-2 1번 그룹의 알고리즘 실험 결과 (단위 : %)

Group 1 방향인식	Device1			Device3			Device3		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
Device1	-			90	95	85	0	0	0
Device2	90	95	85	-			0	0	0
Device3	0	0	0	0	0	0	-		

- 표 5-2에서 연결 인식 결과는 기록하지 않았지만, 실험 결과는 디바이스 1, 2, 3 모두 시나리오의 예측 결과와 같이 연결 인식이 되지 않았음. 1번 그룹은 디바이스1과 디바이스2가 같은 방향에 있었지만, 1~3차 실험 결과 평균 96.6%로 같은 방향으로 인식을 하였음.

표 5-3 2번 그룹이 알고리즘 실험 결과 (단위 : %)

Group 2 방향인식	Device1			Device3			Device3		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
Device1	-			95	85	95	100	95	100
Device2	95	85	95	-			85	80	95
Device3	100	95	100	100	80	95	-		
Group 2 방향인식	Device1			Device3			Device3		
	1차	2차	3차	1차	2차	3차	1차	2차	3차
Device1	-			95	85	95	-	-	-
Device2	95	85	95	-			95	80	95
Device3	-	-	-	95	80	95	-		

- 표 5-3은 2번 그룹의 방향 인식 및 연결 인식의 결과를 보여주는데, 방향 인식은 약 93%로 같은 방향으로 인식을 하고, 연결 인식은 디바이스 1과 2에서 약 91.6%, 디

바이스 2와 3은 90%로 연결되어 있음을 알 수 있음. 이러한 이유는, 실험에서 위치 측정을 위해 사용되는 GPS 신호의 오차와 송신된 메시지가 서버에 전송되는 순간 통신 지연으로 인해 다른 위치로 인식하거나 이전 메시지의 값과 비교하여 인식하지 못한 것을 측정된 메시지에서 확인할 수 있었음. 그러나 본 연구에서 제안된 메커니즘에 의해 높은 확률로 방향 및 연결을 인식하는 것을 알 수가 있음.

(6) 지능형 모바일 딥러닝 모델 아키텍처 설계 구현

- 1차 년도에 연구된 기본 메시지셋들의 필드(attribute)를 비교 분석한 결과 본 연구의 커넥티드 3차원 지오펜스 환경을 지원하기 위한 통합된 필드들에 대해 적합한 구조적 규칙기반 필터를 다음과 같이 정의하여 정보를 수집 처리.
 - 두 메시지셋의 공통 필드, 단 커넥티드 지오펜스 서비스를 위한 불필요한 필드 배제
 - 차량 운행시 필수적 수집 필드
 - 커넥티드 3차원 모바일 지오펜스의 필수적 요소
- 이를 기준을 차량 1대서 수차례 도로 주행 테스트를 하여 실시간 수집된 상황정보에 대한 데이터를 지속적으로 서버측의 빅데이터 시스템에 전송 처리.
본 연구의 기본적인 빅데이터 시스템은 스마트폰에서 차량 주행중의 상황정보가 실시간으로 전송되기 때문에 실시간 트랜잭션을 처리 지원하는 아파치 스파크(Apache Spark)를 기반으로 설계하여 빅데이터 플랫폼을 기반으로 지능형 모바일 딥러닝 모델을 디자인한 것이 그림 6-1임.
- 그림 6-1에서 무선 통신으로 수신된 데이터들은 스마트폰의 센서들에 의해서 수집된 많은 상황정보 메시지에 대해서 1차적으로 스마트폰에서 규칙이 적용되어 필터링되고, 필터링된 메시지셋이 서버쪽으로 무선 전송되어 오면, 2차 필터링하여 스파크 시스템에 저장됨. 이후 실시간으로 누적된 데이터를 이용하여 커넥티드 카들의 상황 정보를 제공하기 위해 상황 인식 컴퓨팅을 1초 단위로 매번 처리한 상황인식 계산 결과를 클라이언트인 해당 스마트폰에 결과를 전송함. 동시에 실시간 연결되어 통신을 수행중인 각 차량 즉 스마트폰들의 실시간 모니터링을 수행함.

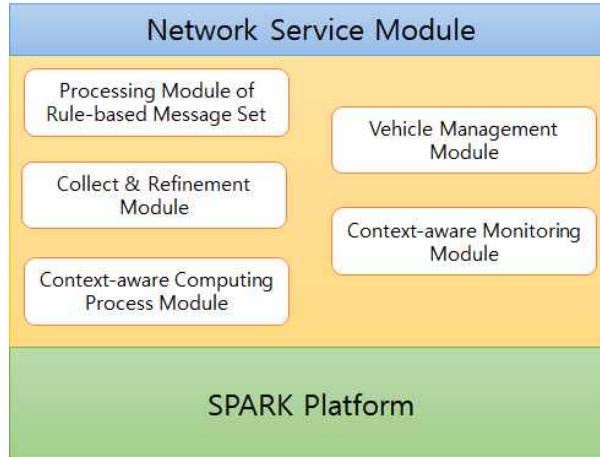


그림 6-1. 커넥티드 3차원 모바일 지오펜스 서비스를 위한 지능형 모바일 답러닝 모델

- 그림 6-1의 서버 시스템으로 상황인식 연산 처리된 결과로서 차량 1대의 메시지셋은 다음 그림 6-2와 같은 샘플 결과로 도출되었다. 그림 3의 데이터는 실제 도로주행하면서 수집된 차량 운행 정보에 대해서 규칙기반 필터로 가공 연산된 차량 1대의 메시지셋의 일부이며, 필요에 따라 BSM이나 CAM/DENM처럼 모든 필드를 적용할 수 있음.

```

msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:15/Latitude : 37.3434481/Longitude : 127.9971371/Speed : 9.464829444885254 Km/h/Radius : 10.0 meter/Heading : NW
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:16/Latitude : 37.3434767/Longitude : 127.9971291/Speed : 12.699353218078613 Km/h/Radius : 11.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:18/Latitude : 37.3435397/Longitude : 127.9971099/Speed : 14.736442565917969 Km/h/Radius : 12.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:19/Latitude : 37.3435585/Longitude : 127.9971037/Speed : 12.436189651489258 Km/h/Radius : 11.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:20/Latitude : 37.3435818/Longitude : 127.9970981/Speed : 12.233222007751465 Km/h/Radius : 11.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:21/Latitude : 37.3436367/Longitude : 127.9970903/Speed : 14.954195022583008 Km/h/Radius : 12.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:22/Latitude : 37.3437313/Longitude : 127.9971023/Speed : 20.306682586669922 Km/h/Radius : 15.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:23/Latitude : 37.3437819/Longitude : 127.9971096/Speed : 19.949016571044922 Km/h/Radius : 14.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:25/Latitude : 37.3438296/Longitude : 127.9971036/Speed : 18.472286224365234 Km/h/Radius : 14.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:26/Latitude : 37.3438674/Longitude : 127.9970727/Speed : 17.243343353271484 Km/h/Radius : 13.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:27/Latitude : 37.3438967/Longitude : 127.9970357/Speed : 15.559445671081543 Km/h/Radius : 12.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:28/Latitude : 37.3439214/Longitude : 127.9969362/Speed : 17.968868255615234 Km/h/Radius : 13.0 meter/Heading : N
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:29/Latitude : 37.3439105/Longitude : 127.9968813/Speed : 18.181182861328125 Km/h/Radius : 14.0 meter/Heading : S
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:30/Latitude : 37.3438836/Longitude : 127.9968265/Speed : 22.07008171081543 Km/h/Radius : 16.0 meter/Heading : SW
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:31/Latitude : 37.343831/Longitude : 127.9967949/Speed : 24.30224609375 Km/h/Radius : 17.0 meter/Heading : SW
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:33/Latitude : 37.3437639/Longitude : 127.9967913/Speed : 27.820598602294922 Km/h/Radius : 18.0 meter/Heading : S
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:34/Latitude : 37.3436871/Longitude : 127.996803/Speed : 31.600082397460938 Km/h/Radius : 20.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:35/Latitude : 37.3436018/Longitude : 127.9968222/Speed : 34.7135124206543 Km/h/Radius : 22.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:36/Latitude : 37.3435102/Longitude : 127.9968476/Speed : 38.38960266113281 Km/h/Radius : 24.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:37/Latitude : 37.3433073/Longitude : 127.9969208/Speed : 43.19489288330078 Km/h/Radius : 26.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:38/Latitude : 37.3433073/Longitude : 127.9969208/Speed : 43.19489288330078 Km/h/Radius : 26.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:40/Latitude : 37.3430909/Longitude : 127.9970038/Speed : 46.122440338134766 Km/h/Radius : 28.0 meter/Heading : S
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:41/Latitude : 37.3429766/Longitude : 127.9970478/Speed : 48.7268180847168 Km/h/Radius : 29.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:42/Latitude : 37.3428559/Longitude : 127.9970985/Speed : 52.2889289855957 Km/h/Radius : 31.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:43/Latitude : 37.3425923/Longitude : 127.9972009/Speed : 56.767250061035156 Km/h/Radius : 33.0 meter/Heading : S
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:44/Latitude : 37.3424551/Longitude : 127.9972514/Speed : 57.55493927001953 Km/h/Radius : 33.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:45/Latitude : 37.3424551/Longitude : 127.9972514/Speed : 57.55493927001953 Km/h/Radius : 33.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:47/Latitude : 37.3421806/Longitude : 127.9973532/Speed : 57.23967361450195 Km/h/Radius : 33.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:48/Latitude : 37.3420429/Longitude : 127.997402/Speed : 57.23114776611328 Km/h/Radius : 33.0 meter/Heading : SE
msgID : 55163c6c125b123b#1/Device Id : 55163c6c125b123b/Time : 2018/11/12 17:30:49/Latitude : 37.3419029/Longitude : 127.9974476/Speed : 57.8615608215332 Km/h/Radius : 33.0 meter/Heading : SE

```

그림 6-2. 필터링된 차량 1대의 메시지셋 샘플

- 이와 같은 처리 메커니즘에 대한 시스템 시퀀스 다이어그램(sequence diagram)은 그림 6-3과 같음.

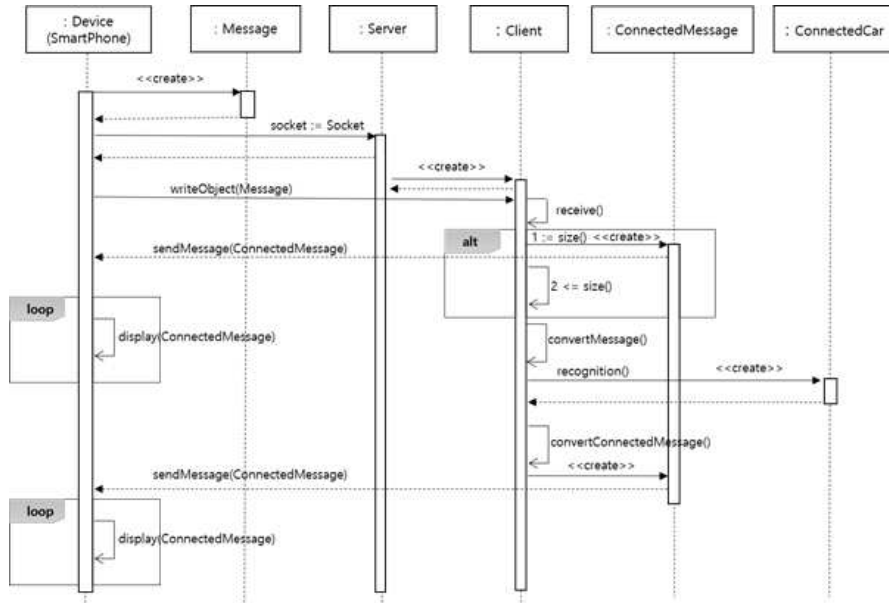


그림 6-3. 서버와 클라이언트간의 상호 연산 시퀀스 다이어그램

○ 그림 6-3과 같은 처리를 통해서 각 클라이언트는 모바일 커넥티드 3차원 지오펜스를 형성하여 커넥티드 카 서비스를 지원받거나 지원하는 주체가 되면서 동시에 서버는 마치 교통 통제를 관리하는 C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport System)의 역할을 수행할 수 있는 모니터링 시스템으로 간주될 수 있음.

(7) 지능형 모바일 커넥티드 3차원 지오펜스 프레임워크 디자인

차량용 속도-반응형 MVF 시스템의 아키텍처는 그림 7-1과 같이 MVF가 있는 서버와 클라이언트로 구성됨. V2X 통신에서, 서버는 ITS(지능형 교통 시스템 또는 RSU(Road Side Unit)) 및 클라이언트를 차량, RSU 또는 보행자에 매핑 할 수 있음.

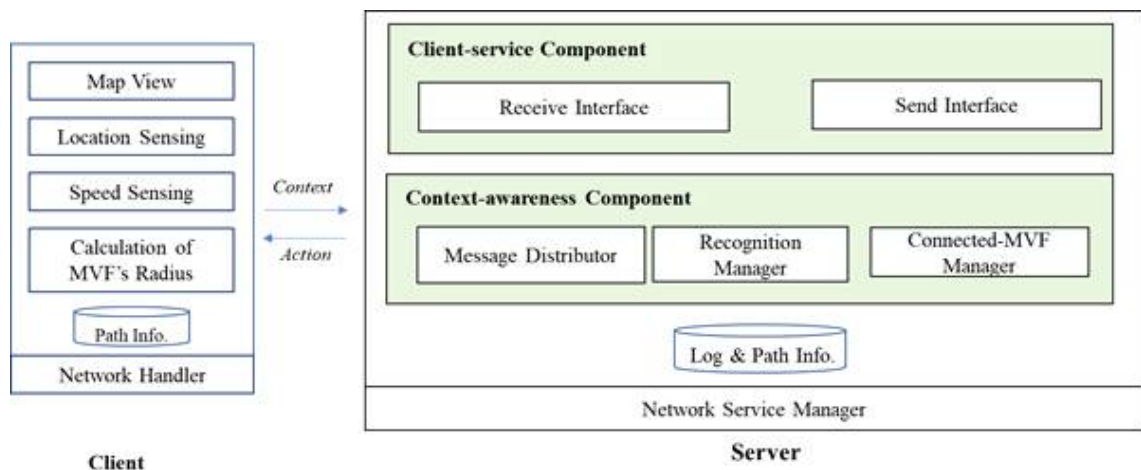


그림 7-1 커넥티드 3차원 지오펜스 프레임워크

(가) 클라이언트의 구조와 기능

그림 7-1에서 보듯이 클라이언트에는 5개의 모듈과 경로 정보 데이터베이스가 있으며 서버에는 2개의 구성 요소와 로그 데이터베이스인 Network Service Manager가 있음. 클라이언트를 구성하고 있는 모듈들의 하는 역할에 대한 세부사항은 다음과 같음.

- Map View : 구글지도나 네이버 지도같은 지도를 클라이언트의 화면창에 보여줌.
- Location Sensing : GPS에 의해 현재 위치를 탐지하여 지도상의 위도 경도를 반환.
- Speed Sensing : 디바이스의 속도와 방향각을 계산하여 반환
- Calculation of MVF's Radius : 클라이언트 MVF의 속도 반응형 반지름을 다음 식 1에 의해 계산하여 반환.

$$\text{Radius} = \begin{cases} \text{Base}, & 0 \leq \text{Speed} \leq 10 \text{ (Km/h)} \\ (\text{Base} + \text{Speed}) * x, & \text{Speed} > 10 \text{ (Km/h)} \end{cases} \quad (1)$$

식 (1)에서 Base는 반지름의 기본값이고, x는 0.5로 설정하여 클라이언트의 속도가 1Km/h씩 증가될 때마다 반경이 0.5m씩 증가함. base를 기본적으로 10m로 설정하한 이유는, 이 거리는 일반 승용차 3대 길이에 해당하고 긴급 제동거리에도 적합하기 때문임. 또한, 클라이언트의 MVF의 radius가 55m라면 차량은 시속 100Km/h로 고속 주행하고 있는 상황이며, 이때 연결된 MVF의 차량도 동일 속도라면 두 차량간 거리는 최대 110m가 됨. 이러한 경우도 긴급 상황시 급정거를 할 경우 앞 차량간 적정거리를 유지할 수 있음. 참고로 국가별로 다르지만, 정상적인 기후상황일 때 한국은 고속도로에서 100Km/h로 달리는 두 차량간의 권장 거리를 100m로 하고 있음. NCHRP 추천에 따르면, 제동 거리는 향후에 변경해야 함을 권장함. 또한 Base와 x는 눈, 비, 안개 낀 날씨같은 악천후인 경우에는 급 정거의 거리를 감안하여 값을 적당한 값으로 바꿔줘야 함.

- Path Info : 클라이언트의 주행 기록 및 경로 정보가 저장됨
- Network Handler : 모바일 네트워크 기반의 서버 접속 및 메시지 브로드캐스팅 및 수신하는 핸들러.

클라이언트가 서버에게 전달하는 최소 메시지는 {device-Id, Current time, Latitude, Longitude, Speed, Radius}임. 이 경우, BSM 또는 CAM/DENM에서 권고하는 메시지는 모두 처리할 수 있지만, 연구 범위상 이것을 모두 적용하지 않았음. 왜냐하

면 커넥티드 카처럼 클라이언트들이 속도에 따른 상호 거리를 측정하여 커넥티드 MVF 가능성을 보여주기 위한 것이 주된 목적이기 때문에 최소 메시지셋만을 사용함.

(나) 서버의 구조와 기능

그림 7-2는 Server의 첫 번째 Component는 서버측에서 Client를 지원하기 위한 것으로, 다중 접속된 클라이언트들에서 보내온 메시지셋 정보들을 수신하고, 연결된 차량의 정보를 가공하여 송신하는 역할을 수행함. 두 번째 Component는 클라이언트 서비스 컴포넌트로부터 넘겨받은 데이터를 이용하여 위치적, 시간적 상황인식 연산을 통해 상호 연결성을 판단하여 결과를 클라이언트들에게 반환함. 다음은 서버를 구성하는 컴포넌트들의 자세한 설명을 기술함.

① 클라이언트 서비스 컴포넌트

- ㉓ Receive Interface : 클라이언트로부터 전달된 메시지셋을 수신하고, 연결된 클라이언트의 개수에 따라 Message Distributor와 Send Manager와 상호작용함
- ㉔ Send Interface : Connected Message Manager에 의해 발생한 데이터를 디바이스로 전송
- ㉕ Connected Message Manager : Recognition Manager에서 연결된 차량 정보를 전달받아 디바이스에게 송신하기 위한 데이터로 변환함.

② Context-awareness component

- ㉓ Message Distributor : 각 클라이언트로부터 받은 메시지셋을 분해하여 배열로 구성하며, 이것을 Recognition Manager에게 전송함.
- ㉔ Recognition Manager : Message Distributor에서 전달된 각각의 배열 원소들을 이용하여 연결 인식 알고리즘을 통해 연결된 디바이스 정보를 구성함.
- ㉕ Connected-MVF Manager : Recognition Manager에 의해 처리된 MVF의 연결 정보를 수신하고, 연결 정보 데이터를 클라이언트에게 전송함.
- ㉖ Network Service Manager : 서버 환경을 설정하고 클라이언트를 위한 adhoc 네트워크를 관리함

연결 상태를 체크하기 위하여 가공된 데이터를 사용하여 각각의 메시지셋을 분리하여 가공하며, 연결 정보를 기반으로 하는 데이터를 각각의 클라이언트에게 전송함. 이를 위한 알고리즘은 아래에 기술함.

(다) 연결된 MVF들을 생성하기 위한 상황인식 컴퓨팅

① 메시지셋의 분리

메시지셋 분리 알고리즘 7-1은 아래의 알고리즘 7-2에 기술된 연결 인식 알고리즘에 사용되는 배열로 변환하는 알고리즘임. 연결 인식 알고리즘은 완전히 연결된

그래프로서 연결된 디바이스의 위도와 경도, 반지름을 이용하여 다른 디바이스와 연결이 되었는지를 결정함. 그러므로, 연결된 클라이언트의 Id, latitude, longitude, radius는 도착 순서대로 배열에 넣어서 연결 인식 알고리즘에 전송되어야 함.

알고리즘 7-1 메시지셋의 분리

Algorithm 1. Message sets' distribution

BEGIN

size $\leftarrow$ *mvf's* size

i $\leftarrow$ 0

WHILE the next value exists in *mvf*

message $\leftarrow$ get a Message Object in *mvf*

deviceID[i] $\leftarrow$ the device Id, which is a member of message

latitude[i] $\leftarrow$ the latitude, which is a member of message

longitude[i] $\leftarrow$ the longitude, which is a member of message

radius[i] $\leftarrow$ the radius, which is a member of message

i $\leftarrow$ i + 1

ENDWHILE

RETURN connection_recognition(deviceId, latitude, longitude, radius)

END

② 연결 인식 방법

연결 인식 알고리즘은 각 장치의 MVF가 위도 및 경도의 대상까지의 거리와 모든 장치의 반경을 연결되어 있어야함. 여기에서, 위도, 경도 및 위도에 대해 완전히 연결된 그래프 형태로 판단함. 예를 들어, 4대의 차량이 그림 7-2와 같이 연결된 경우, 차량 1은 각각 차량 2, 차량 3, 차량 4에 연결되었는지 여부를 결정해야 하고, 또한, 차량 2는 차량 3과 차량 4에 접속할지 여부를, 차량 3 및 차량 4도 동일함.

연결 인식 알고리즘은 접속된 모든 디바이스의 위도, 경도, 반경을 이용하여 거리를 계산하여 각각의 디바이스가 연결되어 있는지의 여부를 결정하는 알고리즘임. 여기서, 배열로 전송된 위도, 경도, 반경을 대상으로 연결그래프로 판단해야만 함. 예를 들어, 4대의 차량이 그림 2와 같이 연결된 경우, 차량 1은 각각 차량 2, 차량 3, 차량 4에 연결되었는지 여부를 결정해야함. 또한, 차량 2도 차량 3과 차량 4와 연결되었는지의 여부를, 차량 3 및 차량 4도 마찬가지로 결정해야함.

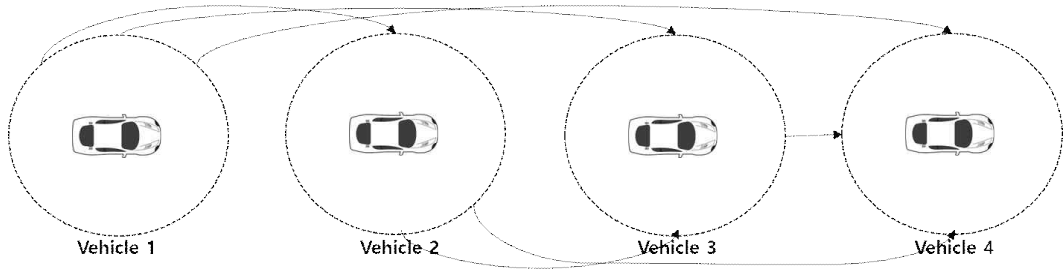


그림 7-2 차량 4대에 대한 연결그래프(Connected Graph)

만약 차량 1과 차량 2가 연결되었다면, {차량1, 차량2, 거리}로 구성된 인식 셋이라 일컫는 메시지로 구성되고, 벡터에 저장되며 반환됨. 그러나, 이 방법은 차량 1 입장에서 차량 2와 연결된 사실을 인식할 뿐, 차량 2 입장에서는 차량 1과 연결되었다는 사실을 알 수 없음. 그러므로 인식 셋 {차량2, 차량1, 거리}를 하나 더 구성하여 벡터에 추가함.

알고리즘 7-2 연결 인식 알고리즘

```

Algorithm 2. Connection recognition
/* Notation: vector = reference type variable of Vector<recognizedSet>
   Input: deviceID[], latitude[], longitude[], radius[] */
BEGIN
  size <- array size of the arguments
  for i = 0 to size
    for j = i +1 to size
      dist <- distance calculation using latitude and longitude of array
      IF (dist <= radius[i] + radius[j]) THEN
        ADD vector <- recognizedSet(deviceID[i], deviceID[j], dist)
        ADD vector <- recognizedSet(deviceID[j], deviceID[i], dist)
      RETURN vector
  END

```

③ 메시지의 변환

이 알고리즘은 각 클라이언트에 대한 정보를 추출하고, 알고리즘 7-2의 결과를 이용하여 연결된 MVF 메시지셋으로 구성하는 알고리즘임.

알고리즘 7-3 메시지의 변환

```

Algorithm 3. Messages' Conversion
/* Converts each device information to the connectedMVF message sets

```

```

Input: Vector< recognizedSet> v, List<Client> list) */
BEGIN
  iterator <- iterator of vector v
  WHILE the next value exists in iterator
    car <- the next value in the iterator
    previous <- car's previous member
    next <- car's next member
    distance <- car's distance member
    IF current device id is equal to previous THEN
      FOR until the next value exists in list
        IF the device id of list is equal to next THEN
          message <- connectedMVF(list's device id, distance, list's radius,
            list's speed, list's latitude, list's longitude, list's time, list's heading)
          ADD cMessage <- message
        ENDIF
      ENDIF
    ENDWHILE
  END

```

인식 셋은 오직 디바이스 id를 포함하여 디바이스 사이의 연결 거리로 구성됨. 그러므로 디바이스 id를 이용하여 접속된 디바이스의 정보로부터 각 디바이스의 정보를 추출하여 연결된 MVF 메시지셋을 구성함.

(라) 상황인식 컴퓨팅의 시간복잡도

① 메시지셋의 분리 알고리즘 시간복잡도

= $O(n)$, 여기서 n : mvf 개수

② 연결 인식 알고리즘 시간복잡도

= $O(n * m)$, 여기서 n : mvf 개수, m : 메시지셋 배열 크기

③ 메시지의 변환 알고리즘 시간복잡도

= $O(j * k)$, 여기서 j : 인식된 mvf 개수, k : 클라이언트 개수

④ 전체적 시간복잡도

= $O(n) + O(n * m) + O(j * k)$

$\approx O(n * m)$

$\approx O(n^2)$

(마) 실험 결과

커넥티드 3차원 지오펜스 프레임워크를 이용하여 커넥티드 카 환경을 위한 속도 반응형 커넥티드 MVF를 구현함. 이를 위해, 실험에 사용된 스마트 폰은 4대임. 클라이언트는 안드로이드 운영 체제를 기반으로 하는 스마트 폰을 사용하여 구현됨.

Samsung Galaxy S8+의 각 장치 ID는 fce77f9031108d9e(약식 fce), 55163c6c125b123b(약식 551)이며 삼성 Galaxy S7+의 ID는 bcbd7edce58f640c (약식 bc b), b2b657dd34962804 (약식 b2b)임. 이 스마트폰 중 3대에는 각각 1대의 차량이 부여되었고 보행자에게는 b2b라는 장치 ID를 갖는 스마트 폰이 부여됨. 위에서 기술한 알고리즘의 검증을 위해 그림 7-3과 같이 적색 선로를 사용하여 도로 10.4 Km를 왕복 주행하여 운전 실험을 수행함.



그림 7-3 일부 도로 구간의 주행지도

그림 7-4는 그림 7-3에 표시된 도로 주행 중 3대의 차량 속도와 MVF의 반경 변화를 보여줌. 여기에서 x축은 초이며 y축은 속도이고, spd_fce와 rad_fce의 쌍은 차량의 장치 id가 fce인 차량의 속도와 MVF의 반경 쌍임. 결과적으로 각 차량의 속도는 서로 일치하는 MVF의 반경에 비례하여 나타남. 또한, 속도가 10km/h인 경우 각각반경은 10m미만으로 나타남. 또한, 보행자는 그림 7-4의 오른쪽 아래 모서리에 속도와 반경이 표시되어 있으며 반경은 10미터임.

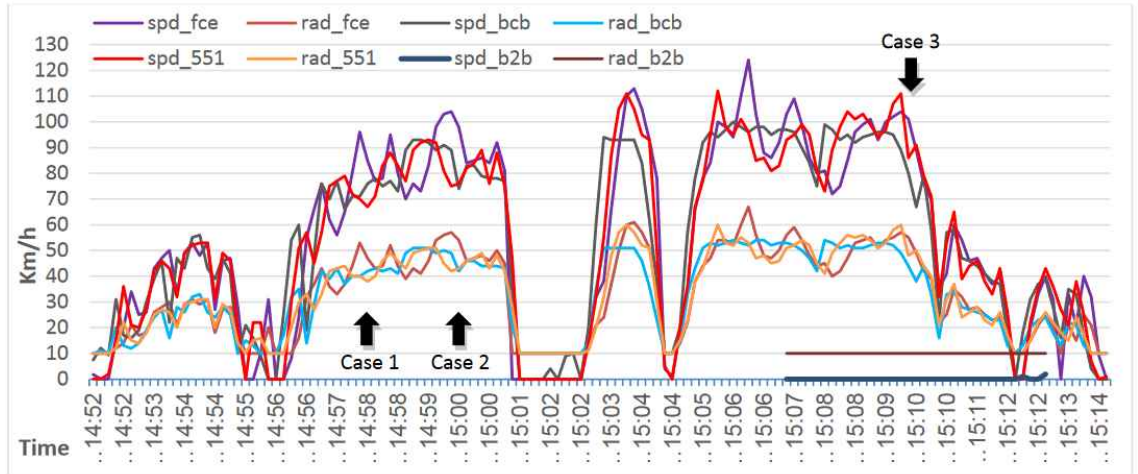


그림 7-4 차량 3대의 속도에 따라 각 MVF의 반경 변화를 보여주는 그래프

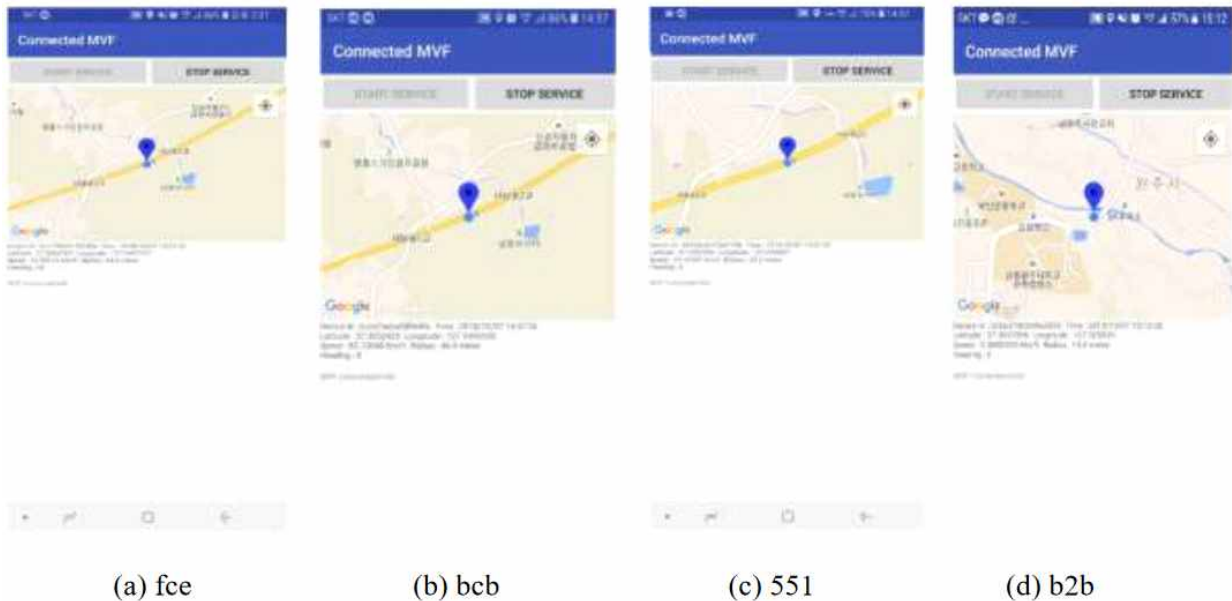


그림 7-5 도로 주행중 연결되지 않은 스마트폰의 초기 스크린 샷

그림 7-5은 각 차량과 보행자가 도로에서 달리기는 했지만 서로 연결되어 있지 않은 스마트 폰의 초기 스크린 샷을 보여줌. 여기서, 화면은 맵 영역과 차량 주행 정보 영역으로 구분됨. 차량 운행 정보의 화면 영역은 실험적인 목적을 위한 장치 ID 및 현재 시간, 위도, 경도, 속도, MVF의 반경과 같은 기본 속성을 나타냄. 기본 속성 외에도 CAM/DENM 및 BSM 사양과 같은 다양한 속성을 표시할 수도 있지만 이 실험의 범위에서는 생략됨. 더욱이, 이 부분은 그림 7-6의 샘플처럼 로그 데이터 기록으로 남아 있음.

```

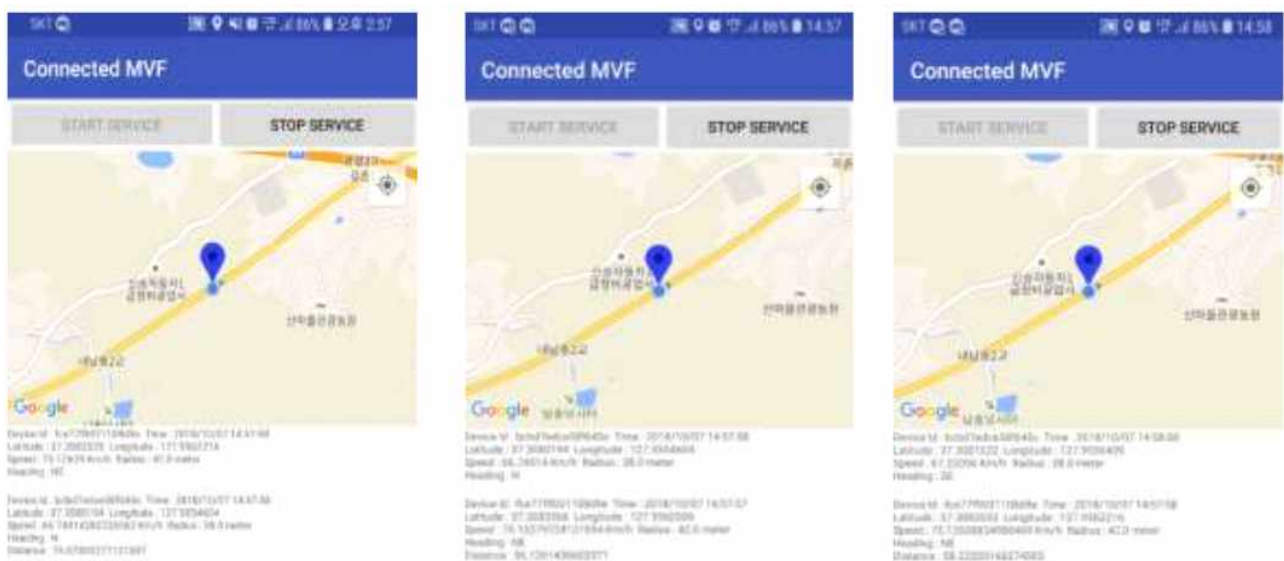
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:13/Latitude : 37.3294104/Longitude : 127.9996864/Speed : 93.78370666503906 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:14/Latitude : 37.3296412/Longitude : 127.9997513/Speed : 93.78506468726562 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:15/Latitude : 37.3303039/Longitude : 127.9998744/Speed : 93.97660064697266 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:17/Latitude : 37.3303361/Longitude : 127.99993/Speed : 93.6899898531562 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:18/Latitude : 37.3305663/Longitude : 127.9999782/Speed : 93.6799671205078 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:19/Latitude : 37.331035/Longitude : 128.0000691/Speed : 93.66437530517578 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:21/Latitude : 37.3312685/Longitude : 128.0001032/Speed : 93.45287322998047 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:22/Latitude : 37.3315026/Longitude : 128.0001298/Speed : 93.67204284667969 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:23/Latitude : 37.3319719/Longitude : 128.0001678/Speed : 93.8419418334961 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:25/Latitude : 37.3322056/Longitude : 128.0001834/Speed : 93.45801544189453 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:26/Latitude : 37.332439/Longitude : 128.0001922/Speed : 93.33006286621094 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:27/Latitude : 37.332673/Longitude : 128.0001934/Speed : 93.39787292480468 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:29/Latitude : 37.3331417/Longitude : 128.0001856/Speed : 93.19746298025781 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:30/Latitude : 37.3333746/Longitude : 128.000179/Speed : 93.26325988769531 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:31/Latitude : 37.333839/Longitude : 128.0001439/Speed : 92.92403411865234 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:33/Latitude : 37.33407/Longitude : 128.0001157/Speed : 92.60511779785156 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:34/Latitude : 37.3343/Longitude : 128.0000813/Speed : 92.54373931188476 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:35/Latitude : 37.3345299/Longitude : 128.0000471/Speed : 92.45899227294922 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:37/Latitude : 37.3349673/Longitude : 127.9999629/Speed : 92.24467468261719 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr
msgID : fce779031108d9e#1/Device Id : fce779031108d9e/Time : 2018/10/07 15:03:38/Latitude : 37.3352147/Longitude : 127.9999106/Speed : 92.28419494628908 Km/h/Radius : 51.0 meter/Headr

```

그림 7-6 디바이스 id가 fce인 샘플 로그 데이터

다음은 그림 7-5의 그래프에서 화살표로 표시된 지점의 세 가지 경우에 대한 각 디바이스 화면을 캡처한 화면을 보여줌.

㉔ 도로상의 차량의 한 쌍의 부분적으로 연결된 MVF 상황의 경우



(a) fce

(b) bcb

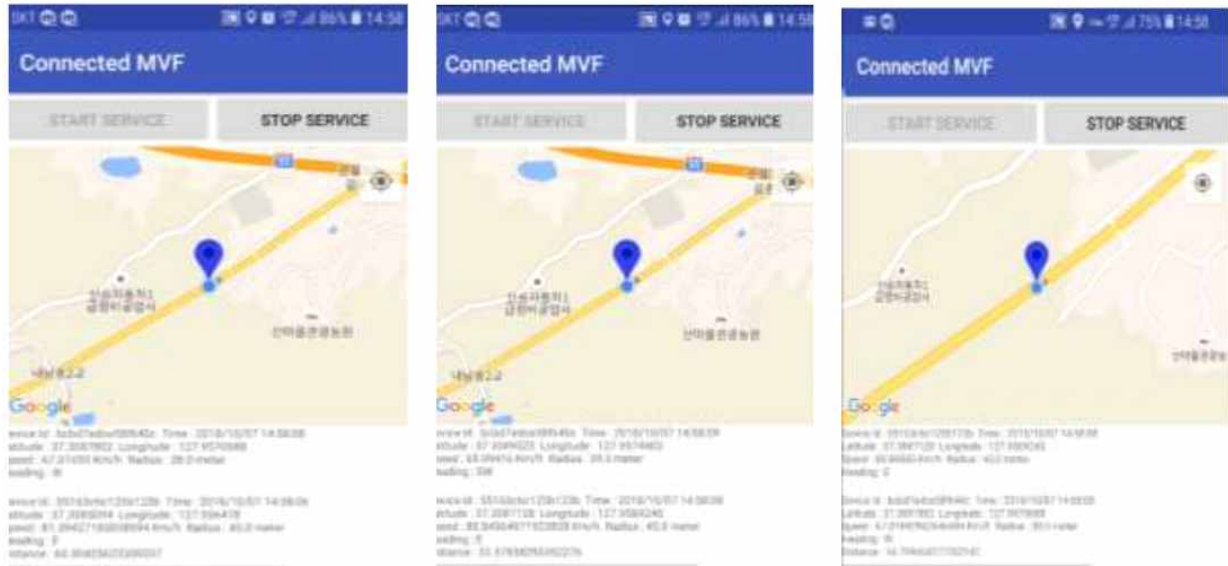
(c) bcb after 2 s

그림 7-7 주행 차량의 디바이스 Id fce와 bcb 사이의 연결된 MVF의 화면

그림 7-7은 연결된 MVF가 도출된 차량의 fce와 bcb의 상호 인식이 수행된 화면을 보여줌. 그림 7-7(a) fce에서 14시 57분 58초에 인식된 다른 차량 정보는 그림 7-7(b) bcb의 bcb이며, 두 차량 간의 거리는 대략 76.87m이며, fce와 bcb의 MVF 반경의 합보다 더 큼. 반대로 반경의 합이 차량 간의 거리보다 작으면 상호 인식하지 않음.

반면에, 그림 7-7(c) bcb는 약 2초 후에 발생하는 상황에서 그림 7-7(a)의 결과를 보여줌. 이와 같이, 스마트폰이 다른 시간에 인식되는 이유는 둘 사이의 부정확 한

시간 때문임. 이 시간 불일치는 스마트 폰의 전자적 특성, 무선 모바일 네트워크의 전송 지연, 서버 처리 대기 시간 등의 내부 시간 지연으로 인한 것임. 따라서, 디바이스 Id fce를 인식하는 디바이스 Id bcb의 시점은 디바이스 Id fce의 시간에 기초하여 2초 후인 것으로 가정됨.



(a) bcb

(b) bcb after 1 s

(c) 551

그림 7-8 주행 차량 디바이스 Id bcb와 551사이의 연결된 MVF의 화면

다른 실험의 결과로 그림 7-8은 bcb의 MVF와 연결된 차량 551 사이의 상호 인식에 의해 연결된 MVF의 화면을 보여줌. 그림 7-8(a) bcb는 그림 7-8(c) 551의 시간이 14:58:08인 시간 14:58:09에 인식되며, 2대의 차량은 약 60.30m로 계산됨. 반면에 그림 7-8(c) 551은 시간 14:58:08에 그림 7-8(a) bcb를 인식하고 bcb의 상황 정보를 보여줌. 또한, 두 장치 간의 시간차는 앞에서 언급 한 1-2초의 시간 지연으로 인한 것이기 때문에 그림 7-8(a) bcb는 그림 7-8(c) 551 1초 전의 상황 정보를 사용함. 이와 같은 경우는, 디바이스 간의 시간차를 제외하고 도로상의 연결된 MVF 상황은 그림 7-9에서 (a)와 (b)로 매핑됨.

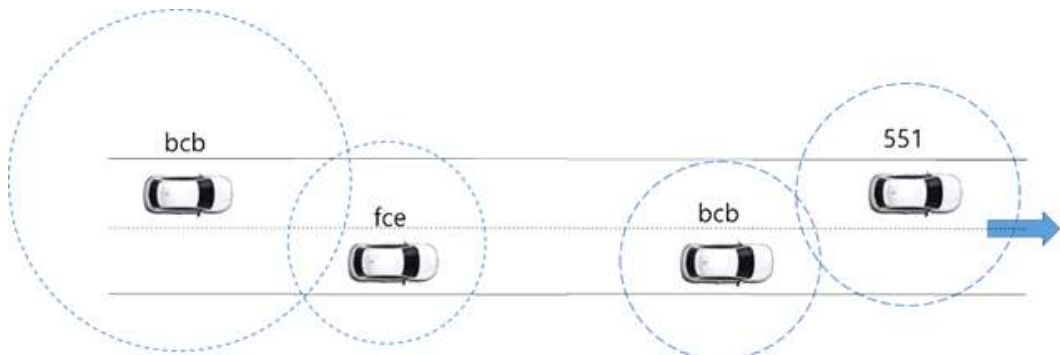
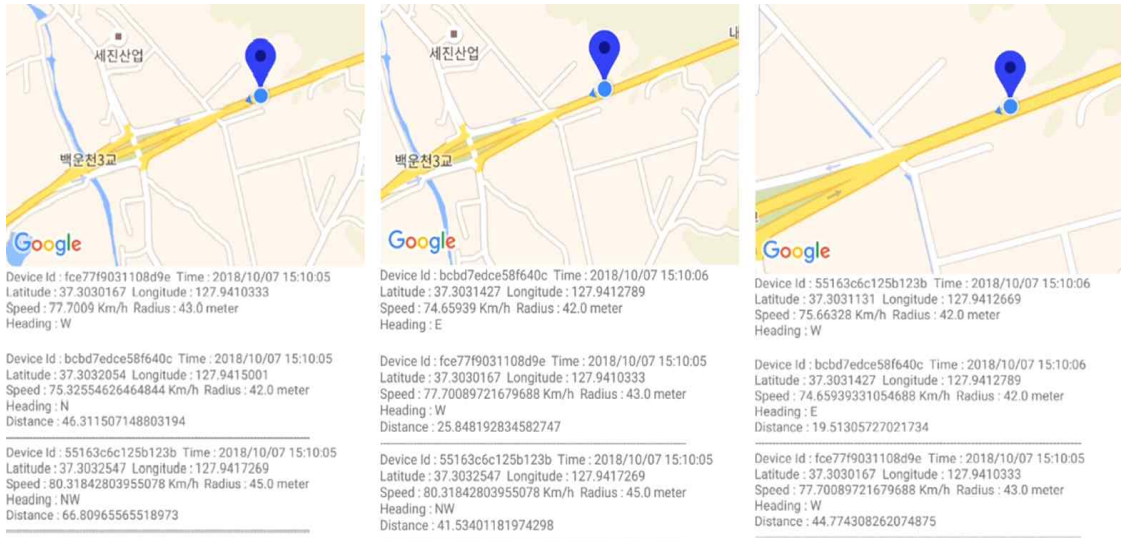


그림 7-9 도로상 차량의 한 쌍의 부분적으로 연결된 MVF

㉠ 도로상 모든 차량이 완전히 연결된 MVF의 경우



(a) fce

(b) bcb

(c) 551

그림 7-10 모두가 연결된 MVF의 화면

그림 7-10은 도로상에 주행중인 모든 차량들이 연결된 화면을 보여줌. 다른 경우와 비슷하게, 이 경우에도 몇몇 화면에서 각각의 디바이스의 시간이 약 1초간의 지연 상황을 볼 수 있음.

그림 7-10(a) fce는 (b) bcb와 (c) 551의 1초 전에 15:10:05 시간의 상태를 인식하여 서로 완전히 연결된 MVF를 보여줌. 그림 7-10(b) bcb는 시간 15:10:06 시간에 그림 7-10(a) fce에 연결되었지만 그림 7-10(c) 551의 1초 이전의 상태에 연결되어있는 것으로 나타났음. 다른 한편으로, 그림 7-10(c) 551은 (b) bcb와 (c) fce를 동시에 일치시키고 차량 간의 거리를 계산함.

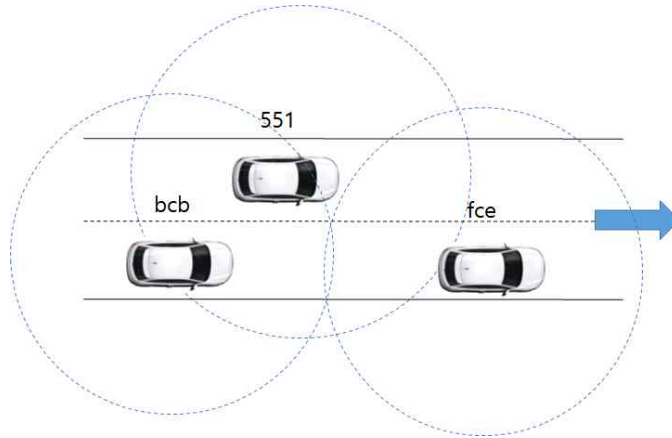


그림 7-11 도로상의 모든 차량이 완전히 연결된 MVF 상황

완전히 연결된 MVF 상황에서 디바이스 간의 시간차를 제외하고 그림 7-11과 같은 도로의 상황을 도출하여 매핑할 수 있음. 그러나 도로상의 차량의 위상은 다를 수 있지만, 만약 MVF의 반경이 겹친다면 연결된 결과를 볼 수 있음.

㉔ 보행자와 차량 사이에 완전히 연결된 MVF 상황의 경우

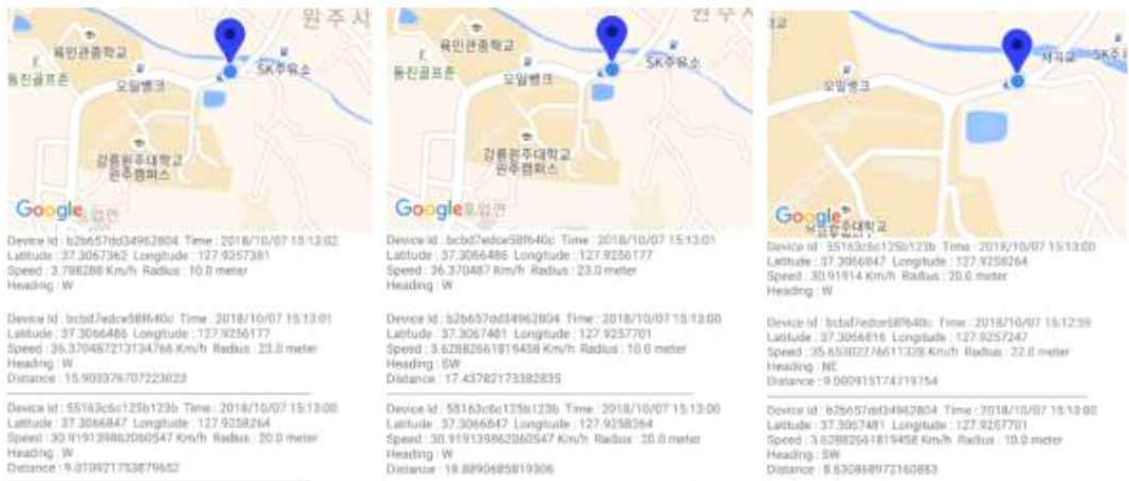


그림 7-12 보행자와 차량 사이에 완전히 연결된 MVF 상황

그림 7-12는 한 명의 보행자와 도로 근처를 지나는 두 대의 차량에 대해 완전히 연결된 MVF의 화면을 보여줌. 시간의 편차에도 불구하고, 그림 7-12(a) b2b의 보행자는 대략 3.78 km/h 속도로 15:03:02에 보행하면서 도로를 지나고 그림 7-12(b) bcb 및 (c) 551을 인식하여 서로 연결된 상황 정보를 보여주는 화면임. 또한 그림 7-12(b) bcb는 15:03:01의 시간에 그림 7-12(c) 551에서 인식되었으며, 동시에 그림 7-12(a)보다 2초 앞선 것으로 나타났음. 또한 그림 7-12(b) bcb는 15:03:01의

지연된 그림 7-12(c) 551의 상황과 그림 7-12(a) b2b의 2초 전의 상황을 보여줌.

그림 7-12(c) 551은 그림 7-12(a) b2b에 대한 2초 전의 상황과 그림 7-12(b) bc b가 접촉됨. 이는 그림 7-13과 같이 도로 상황과 동일하게 매핑됨.

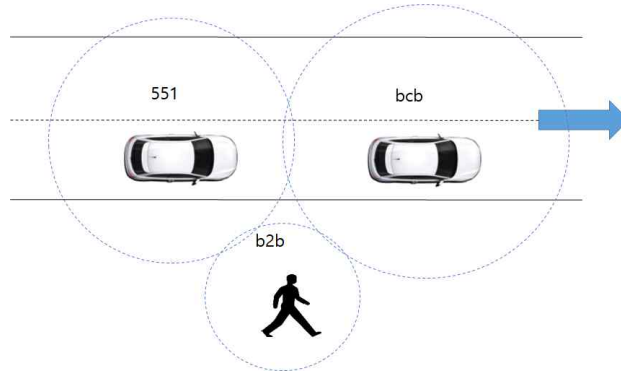


그림 7-13 도로상의 보행자와 차량들 사이에 완전히 연결된 MVF 상황

위의 실험 결과에 따르면 각 스마트폰에 고유한 시간차가 있더라도 표준 시간이 반영된 시간과 위치의 근접성으로 인해 커넥티드 카 서비스 수행이 가능함. 또한, 송수신할 메시지 세트가 텍스트가 아닌 BSM 또는 CAM/DENM의 비트 메시지 세트로 설정된 경우 서버 처리 및 네트워크 지연은 처리 시간을 단축시킬 것임.

본 과제에서 구현한 시스템은 ZOR보다 현실적으로 적용 가능성이 있으며 VDEB의 링 기반 접근법을 보여줌. 또한, 도로상에 센서 벨트 부분을 설치하는 경우 비용이 많이 들지만 구현한 시스템은 운전자의 스마트폰을 사용하기 때문에 추가 비용이 불필요함.

(8) 적응형 상호운용 커넥티드 3차원 지오펜스 플랫폼 설계 구현

연결된 차량들의 위상을 결정하기 위해서 기존에 구현된 상황 인식이 가능한 속도 적응형 Connected-MVF 시스템을 기반으로 설계함. 이 시스템은 스마트폰 사용자가 차량 운전시 이동하는 가상의 펜스(MVF)가 설정되고, 가상의 펜스가 차량 속도에 따라 가변적으로 크기가 변경되는 시스템임. 기존 시스템에 다음 기능을 추가함. 첫 번째는, 스마트폰의 방향 결정은 위도와 경도의 위상 차이를 이용함. 왜냐하면, 스마트폰에서 방향을 결정할 때 사용되는 방위각(Azimuth)은 일정한 방향으로 진행중에 약간의 떨림에도 방위각이 수시로 변하기 때문임. 이러한 방위각을 이용한 방향각 결정은 연결된 차량들의 순서를 알기 위한 그룹을 결정하는 것에 매우 부정적인 영향을 미치지만, 위도와 경도만을 이용한 방향 결정은 매우 정확한 방향 상태를 유지할 수가 있음. 두 번째는, 첫 번째의 기능으로 결정된 방향을 이용하여 연결된 차량들의 대표적인 방향 그룹을 결정함. 이것은 연결된 차량들은 같은 방향으로 이동하는 것이므로, 이동하는 방향을 알면 위도와 경도의 차이에 따라 순서를 알 수 있기 때문임. 세 번째로 그룹이 결정된 차량을 대상으로 순서를 결정함. 아래에 추가된 기능과 이에 대한 알고리즘을 자세히 설명함.

(가) 방향 결정

위에서 언급한 바와 같이, 스마트폰은 Azimuth, Pitch, Roll을 이용하여 방향을 계산함. 여기서 방위각을 의미하는 Azimuth는 매우 민감하여 약간의 흔들림에도 값이 변화함. 즉, 스마트폰을 가지고 일정한 방향으로 이동해도 정확한 방향을 얻을 수가 없음. 이러한 문제를 해결하기 위하여 위도와 경도의 위상 차이를 이용하여 방향을 결정함. 이에 대한 알고리즘을 보여주기 전에, 표 8-1은 이해를 돕기 위한 표임.

표 8-1 방향 결정을 위한 요인과 경우

요인 \ 경우	1	2	3	4	5	6	7	8
위도의 차이 값	0	0	양수	음수	양수	양수	음수	음수
경도의 차이 값	양수	음수	0	0	양수	음수	양수	음수
방향 결정	E	W	N	S	NE	NW	SE	SW

표 8-1은 방향을 결정하기 위한 2가지 요인(factor)과 8가지의 경우에 따라 결정되는 방향을 보여줌. 표 8-1에서 위도와 경도의 차이값은 다음과 같음.

- $\text{differenceLatitude} = \text{currentLatitude} - \text{beforeLatitude}$
- $\text{differenceLongitude} = \text{currentLongitude} - \text{beforeLongitude}$

위도와 경도의 차이값은 현재 위치의 위/경도 값에서 이전 위치의 위/경도값이 차이를 의미하며, 8가지의 경우에 따라 차이값의 양수/음수 여부로 방향을 결정함. 표 8-1에서 case 5를 예로 들면, 북동 방향으로 진행하면, 위도가 계속 증가하고 경도 또한 증가하므로, 위/경도의 차이값이 양수라면 북동 방향으로 결정하는 것임. 이에 대한 알고리즘은 다음과 같음.

알고리즘 8-1 방향 결정

```

/* Input : currentLatitude, currentLongitude, beforeLatitude, beforeLongitude */
BEGIN
    IF beforeLatitude = 0 and beforeLongitude = 0 THEN RETURN terminate
    ENDIF
    differenceLatitude ← currentLatitude - beforeLatitude
    differenceLongitude ← currentLongitude - beforeLongitude
    IF differenceLatitude = 0 and differenceLongitude = 0 THEN
        heading ← the azimuth angle by sensor
    ELSE

```

```

        heading ← updateDirection(differenceLatitude, differenceLongitude)
    ENDIF
    IF differenceLatitude > 0 and differenceLongitude = 0 THEN heading ← N
    ELSE IF differenceLatitude < 0 and differenceLongitude = 0 THEN heading ← S
    ELSE IF differenceLatitude = 0 and differenceLongitude > 0 THEN heading ← E
    ELSE IF differenceLatitude = 0 and differenceLongitude < 0 THEN heading ← W
    ELSE IF differenceLatitude > 0 and differenceLongitude > 0 THEN heading ← NE
    ELSE IF differenceLatitude > 0 and differenceLongitude < 0 THEN heading ← NW
    ELSE IF differenceLatitude < 0 and differenceLongitude < 0 THEN heading ← SW
    ELSE IF differenceLatitude < 0 and differenceLongitude > 0 THEN heading ← SE
    ENDIF
    RETURN heading
END

```

알고리즘 8-1은 스마트 폰의 GPS 센서가 위치 변경이 일어날 때마다 현재 위도(currentLatitude), 경도(currentLongitude) 및 이전 위도(beforeLatitude) 와 이전 경도(beforeLongitude)를 이용하여 방향을 결정하는 알고리즘임. 이전 위도와 이전 경도는 현재 위도/경도 측정 이후에 0.2초간 정지(sleep) 상태로 전환한 뒤에 현재 위도/경도를 이전 위도/경도에 대입함.

알고리즘 8-1에서 이전 위도/경도가 0이면 실행을 종료하고, 그렇지 않으면 위/경도의 차이를 구함. 만약 위/경도의 차이가 0이면 위치 변화가 없음을 의미하므로 스마트폰 센서의 방위각을 이용한 방향을 대입하고, 그렇지 않다면 알고리즘 2에 의하여 방향을 구함. 알고리즘 8-2는 알고리즘 8-1에 의해 전달된 위도와 경도의 차이값에 따라 방향을 결정짓는 알고리즘임. 표 1에서 언급한 바와 같이 위/경도 차이값의 양수와 음수를 비교하여 방향을 결정함.

(나) 진행 방향 그룹 결정

(가)의 방향 결정은 스마트폰에서의 방향을 결정하는 것이고, 진행 방향 그룹 결정은 (가)에서 결정된 방향을 서버가 수신하여 연결된 차량들의 진행 방향에 대한 그룹을 결정하는 방법에 대해 기술함. 연결된 차량들을 대상으로 방향 그룹을 결정하는 이유는 그림 8-1을 통해 설명함.

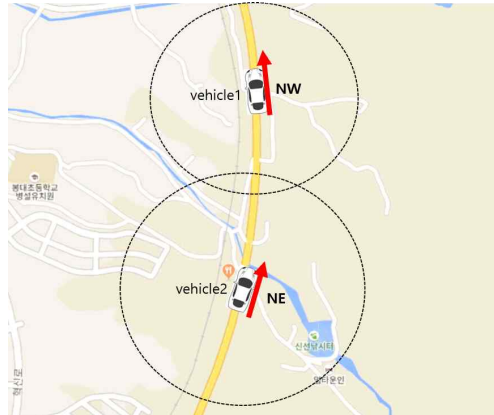


그림 8-1 같은 방향이지만 다른 방향각을 가지는 경우

그림 8-1에서 연결된 2대의 차량이 보는 바와 같이 주행 중이라면, 2대의 차량은 같은 방향으로 진행중이지만, 차량 1은 heading이 남서쪽(NW)이며, 차량 2는 heading이 남동쪽(NE)임. 이와 같이, 연결중인 차량 그룹내의 차량마다 진행 방향은 같지만, heading이 다를 수가 있기 때문에, 대표적인 방향을 지정해야 차량의 순서를 결정할 수가 있음. 그러므로, 표 8-2와 같이 연결 중인 차량의 heading을 조사하여 연결 그룹의 대표 방향 4가지를 결정함.

표 8-2 커넥티드 카의 대표 방향 결정

방향각 \ 방향	E	W	S	N
E	1	0	0	0
W	0	1	0	0
S	0	0	1	0
N	0	0	0	1
SE	1	0	1	0
NE	1	0	0	1
SW	0	1	1	0
NW	0	1	0	1

표 8-2에서 방향(Direction)은 연결된 차량 그룹의 대표 방향을 의미하고, 방향각(Heading)은 연결된 차량들의 방향을 의미함. 연결된 차량 그룹이 EAST로 결정되기 위해서는 heading에 1로 표시된 'E' 또는 'SE' 또는 'NE'중에 하나가 포함되어야 한다. 이에 대한 알고리즘은 다음과 같음.

알고리즘 8-2 대표 방향 결정

```

/* Input : v ← list of connected car */
BEGIN
    Initialize eastCount, westCount, southCount, northCount to 0
    FOR i = 0 to size of v

```

```

        IF v contains 'E' THEN eastCount++ ENDIF
        IF v contains 'W' THEN westCount++ ENDIF
        IF v contains 'S' THEN southCount++ ENDIF
        IF v contains 'N' THEN northCount++ ENDIF
    ENDFOR
    IF eastCount >= 2 THEN decisionHeading ← "EAST"
    ELSE IF westCount >= 2 THEN decisionHeading ← "WEST"
    ELSE IF southCount >= 2 THEN decisionHeading ← "SOUTH"
    ELSE IF northCount >= 2 THEN decisionHeading ← "NORTH"
    ELSE decisionHeading ← "NONE"
    ENDIF
    RETURN decisionHeading
END

```

알고리즘 8-2에서 연결된 차량들의 heading이 동, 서, 남, 북에 대해 각각 포함하는 차량의 카운트를 계산함. 카운트 값이 2 이상이라면, 차량이 연결되어 있고 같은 방향으로 진행한다는 것을 의미하므로 해당하는 방향을 대표로 결정함.

(다) 연결된 차량의 순서 결정

(나)에서 결정된 차량의 대표 방향을 이용하여 연결된 차량들 사이에 순서를 결정하는 알고리즘에 대해 기술함. 연결된 차량들의 대표 방향이 결정되면, 대표 방향에 따라 위도와 경도로 순서를 정할 수가 있음. 예를 들면, 대표 방향이 "NORTH"라면, 위도값이 큰 차량이 앞에 위치하는 것이며 이에 대한 알고리즘은 다음과 같음

알고리즘 8-3 커넥티드 카의 순서 결정

```

/* Input : v ← list of connected car, headingDecision */
BEGIN
    orderingMessage ← Array of device id, latitude, and longitude of v
    IF headingDecision = "EAST" THEN Sort in descending order by longitude
    ELSE IF headingDecision = "WEST" THEN Sort in ascending order by longitude
    ELSE IF headingDecision = "SOUTH" THEN Sort in ascending order by latitude
    ELSE IF headingDecision = "NORTH" THEN Sort in descending order by latitude
    ENDIF
    RETURN orderingMessage
END

```

알고리즘 8-3에서 연결된 차량의 목록과 연결된 차량의 대표 방향을 전달 받아, 디바이스 id, 위도, 경도로 구성된 순서 메시지(orderingMessage)를 배열로 구성하고, 대표 방향에 따라 정렬하여 반환함.

(라) 실험 결과

앞서 기술한 방향각 인식 알고리즘과 순서 인식 알고리즘을 증명하기 위해, 실제 도로 주행 실험을 수행함. 도로 주행 실험은 connected MVF 시스템이 설치된 스마트폰들을 각 차량에 탑재하여, 다음의 그림 8-2와 같은 지도에서 실제 차량 운동을 시행함.

실험에 사용된 스마트 폰은 4대이며, Samsung Galaxy S8+의 각 장치 ID는 fce77f9031108d9e(약식 fce), 55163c6c125b123b(약식 551), b0af188f450aec18(약식 b0a)이며, 삼성 Galaxy S7+의 ID는 bcbd7edce58f640c(약식 bcb)임. 이들 디바이스 각각은 그 자체가 독립적인 하나의 커넥티드 MVF 그룹임. 왜냐하면, 사용된 connected MVF 시스템에서 MVF는 자신 스스로의 인식 환경을 갖고 있으며, MVF 환경내에서는 항상 상황인지에 따른 communication을 수행하므로 MVF의 환경내에서 다른 MVF들이 있으면 서로 인식하여 상호간 메시지 송수신을 수행함. 그림 8-3은 주행중인 차량 4대가 서로 연결되어 있지 않은 상태를 보여주는 그림임.

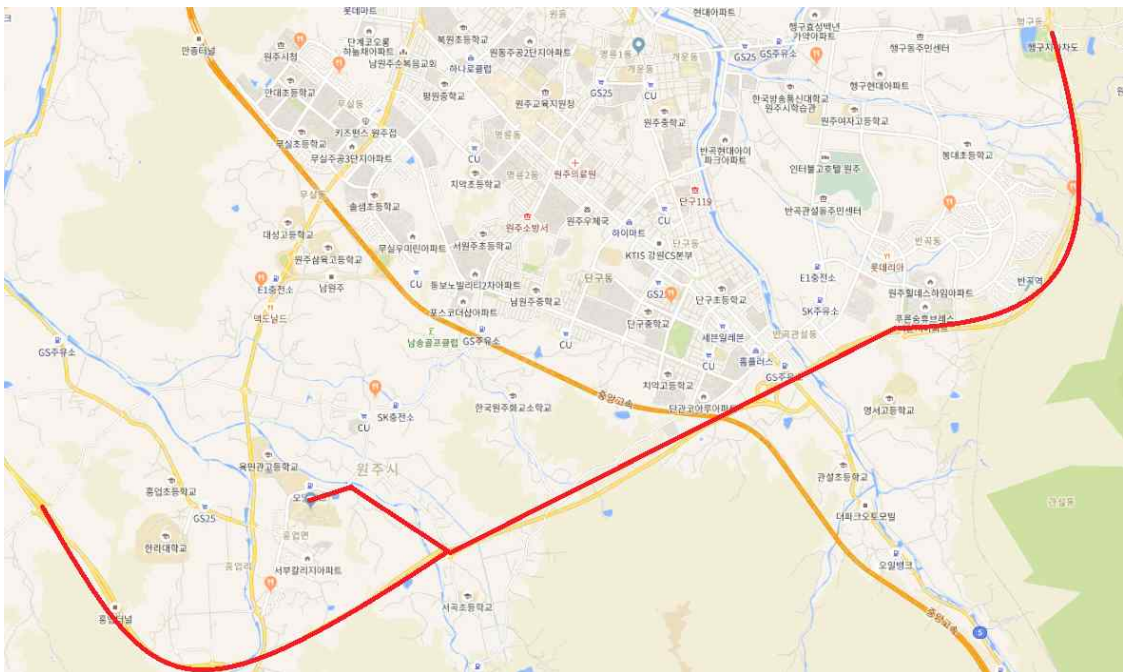


그림 8-2 실험한 도로 구간의 주행지도

그림 8-3에서 화면 상단 좌측의 음영 영역은 차량과 차량이 연결되면 서버에서 알고리즘에 의해 정렬된 순서 정보(orderingMessage)가 수신되어 표시되는 영역임. 화면의 시간은

16:03:37(b)과 16:03:38(a,c,d)로서, 이후 실험 결과의 시간은 약간의 오차가 있음을 미리 언급함. 스마트폰이 다른 시간에 인식되는 이유는 둘 사이의 부정확 한 시간 때문이며, 시간 불일치는 스마트 폰의 전자적 특성, 무선 모바일 네트워크의 전송 지연, 서버 처리 대기 시간 등의 내부 시간 지연으로 인한 것임.



그림 8-3 서로 연결되어 있지 않은 차량들의 스마트폰 화면

알고리즘을 평가하기 위해 다음 3가지 시나리오로 실험을 수행하여 순서의 정확성을 판단함.

① 시나리오 1

이 시나리오는 차량 4대가 연결 없이 주행하다가 앞선 차량 2대가 서로 연결되고, 뒤따르는 차량 2대가 서로 연결되어 서로 다른 그룹을 지어 주행하는 상황임. 이에 대한 상황을 그림 8-4에서 보여줌.

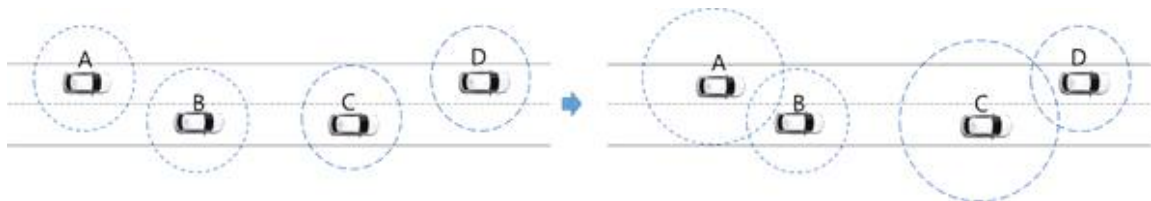


그림 8-4. 시나리오 1의 주행 상태 변화

그림 8-4와 같이 연결되어 주행을 하다가 그룹내에서 위치를 바꾸기 위해 A와 C가 속도를 내어 B와 D를 추월하여 차량의 순서를 바꿈. 즉, A-B(C-D) 상태에서 B-A(D-C) 상태로 주행하는 것이며, 이에 대한 화면은 그림 8-5와 8-6에서 보여줌.

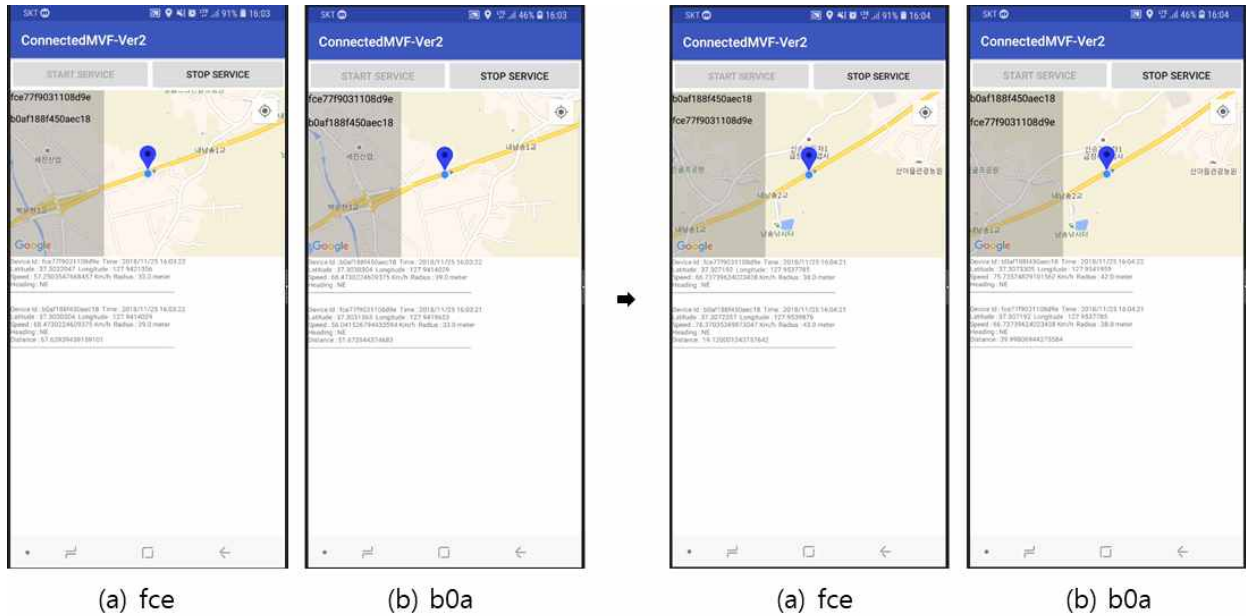


그림 8-5 연결 차량(fce, b0a)끼리 순서 변화 화면



그림 8-6 연결 차량(551, bcb)끼리 순서 변화 화면

그림 8-5와 8-6의 화면을 정리하여 다음 표 8-3과 같이 시나리오 1에 대한 실험 결과를 보여줌.

표 8-3 시나리오 1 실험 결과

디바이스 약식 ID	연결 차량 약식 ID	인식 시간	연결 순서	순서 변경 시간	연결 순서
fce	b0a	16:03:22	b0a -> fce	16:04:21	fce -> b0a
b0a	fce	16:03:22	b0a -> fce	16:04:22	fce -> b0a
551	bc b	16:03:59	bc b -> 551	16:04:18	551 -> bc b
bc b	551	16:03:59	bc b -> 551	16:04:18	551 -> bc b

표 8-3의 결과에서 보는 바와 같이 서로 다른 2개의 그룹이 같은 시간대에 동일한 순서를 인식하고 있는 것을 알 수 있으며, 뒤에 있던 차량이 속도를 내어 앞 차량을 앞 지른 이후에 순서가 변경된 것을 알 수 있음.

② 시나리오 2

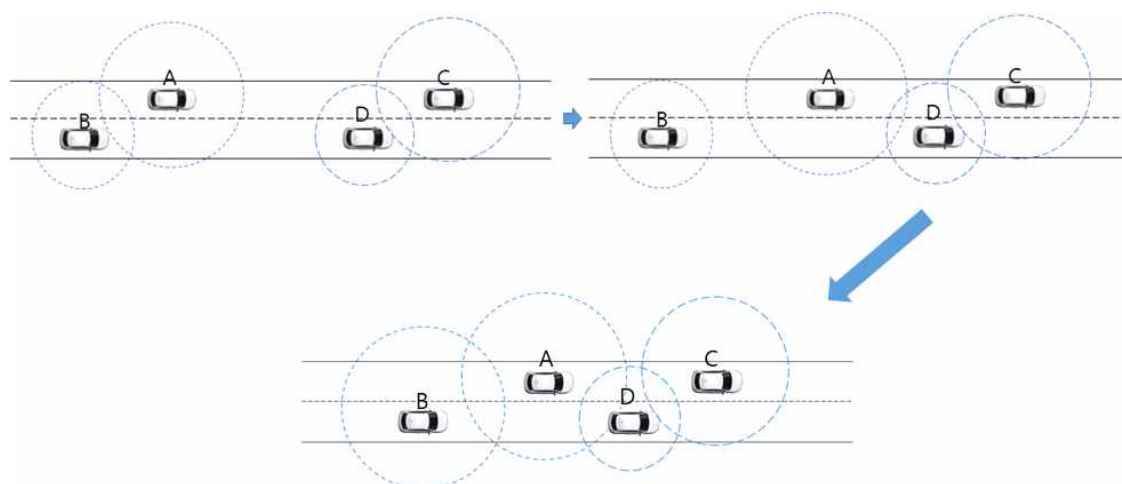
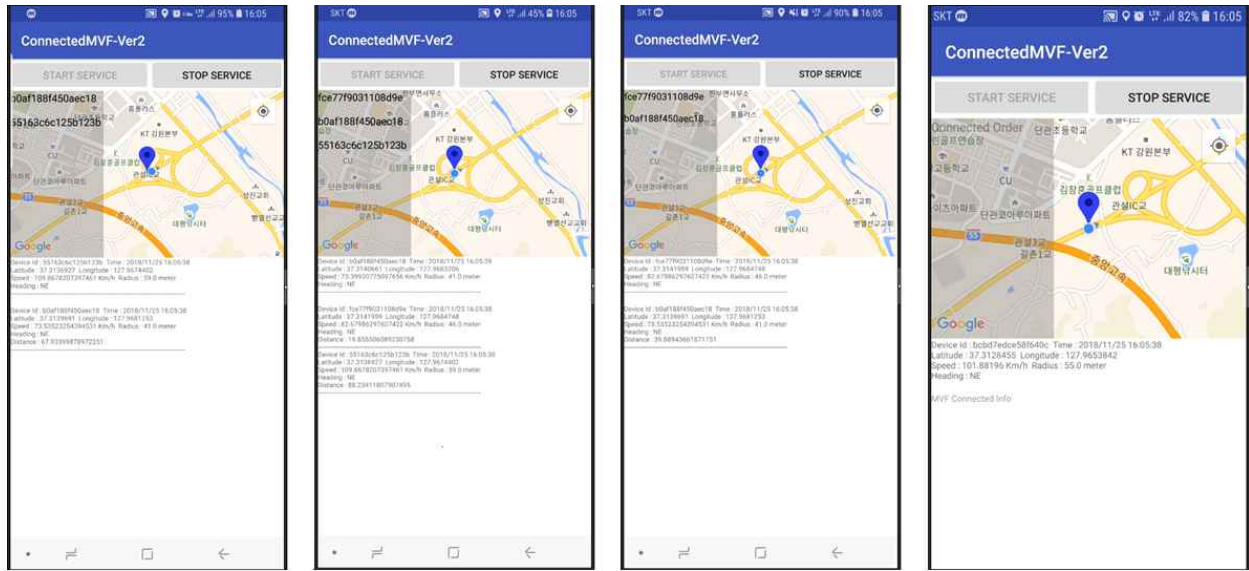


그림 8-7 시나리오 2의 주행 상태 변화

시나리오 2는 시나리오 1의 상황에서 뒷 그룹(551-bcb)의 차량 한 대가 속도를 내어 앞 그룹(fce-b0a)에 포함되었다가 최종적으로 맨 뒤에 차량이 속도를 내어 3번째 차량에 연결되는 시나리오임.

시나리오 2의 실험 결과 화면은 다음 그림 8-8, 8-9와 같음.



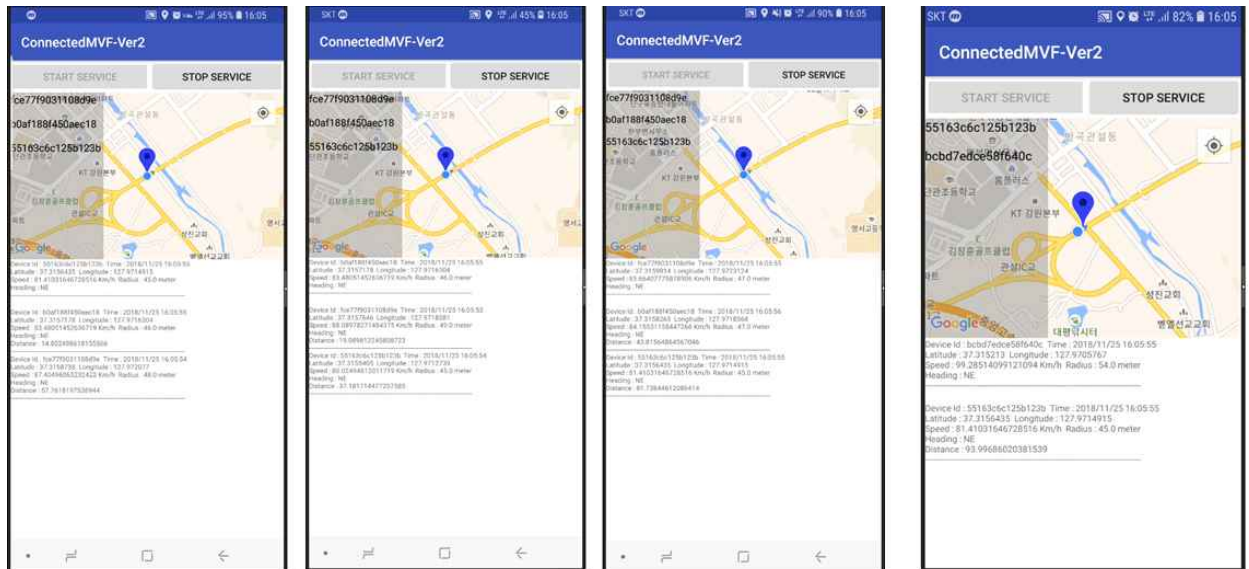
(a) 551

(b) b0a

(c) fce

(d) bcb

그림 8-8 시나리오 2의 실험 결과 화면 1



(a) 551

(b) b0a

(c) fce

(d) bcb

그림 8-9 시나리오 2의 실험 결과 화면 2

그림 8-8은 16:05:38~39 시간 사이를 캡처한 화면으로서, 뒷 그룹에 있던 551(a) 차량이 앞 그룹에 포함되어 바로 앞 차량과의 연결 인식을 볼 수 있지만, fce(c)의 연결 정보는 거리로 인해 받지 못하는 것을 볼 수 있음. 또, b0a(b)는 fce(c)와 551(a) 사이에 위치하여 두 차량 모두 인식된 것을 볼 수 있으며, bcb(d)는 연결 차량이 없음을 볼 수 있음. 그림 8-9는 그림 8-8에 이어 16:05:53~56 시간 사이의 화면을 캡처한 화면으로서, (a)~(c)가 서로 연결 되어 주행중에 bcb(d)가 바로 앞 551(a) 차량에 접근하여 그

림 8-7의 아래쪽 그림의 주행 상태를 보여주고 있음. 이에 따라 각 차량의 정확한 순서 인식을 확인할 수 있음.

③ 시나리오 3

시나리오 3은 시나리오 2에 이어서, 차량 4대 모두가 연결된 시나리오임. 그림 8-10은 시나리오 3의 상황을 보여주는 그림임.

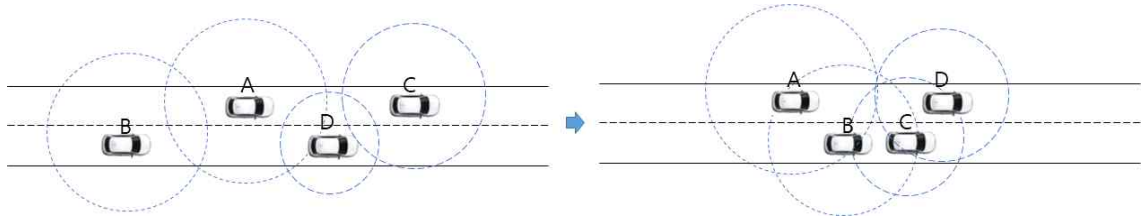
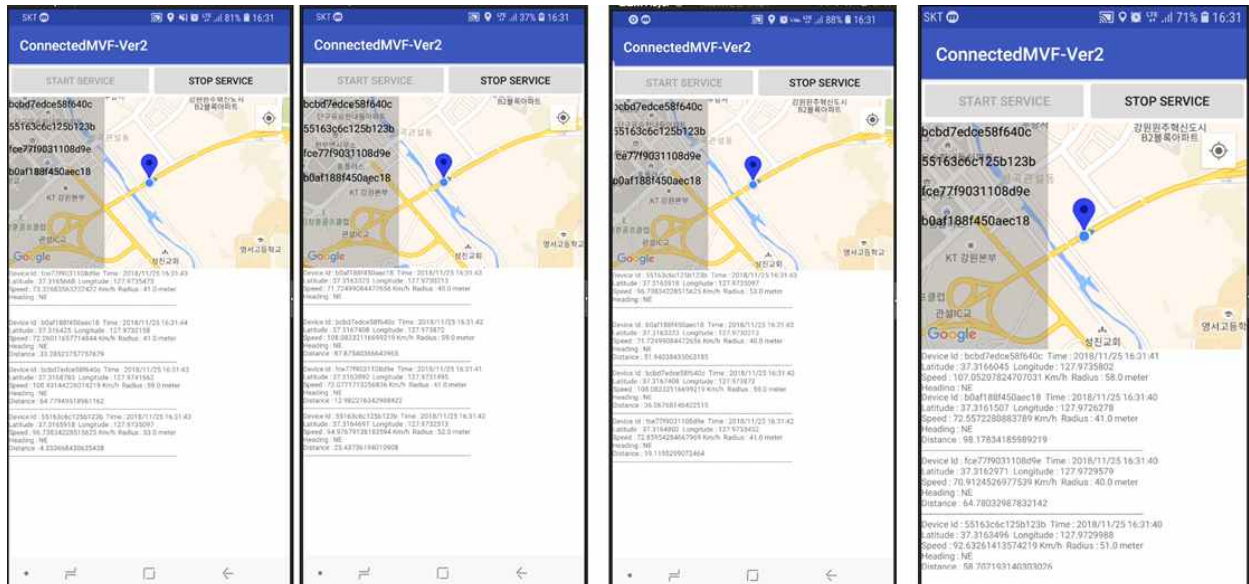


그림 8-10 시나리오 3의 주행 상태

그림 8-10에서 차량 4대가 완전하게 연결된 상태에서 주행을 하다가, 순서를 바꿔가면서 순서 인식 상태를 확인함. 이에 대한 실험 화면은 그림 8-11 ~ 8-13이며, 정확하게 순서를 인식하는 것을 확인할 수 있음.

따라서 시나리오 1~3에 따라 순서를 바꿔가며 순서 인식 알고리즘을 실험해 본 결과, 매우 정확하게 순서를 인식하는 것을 알 수 있음.



(a) fce

(b) b0a

(c) 551

(d) bcb

그림 8-11 시나리오 3의 실험 결과 화면1

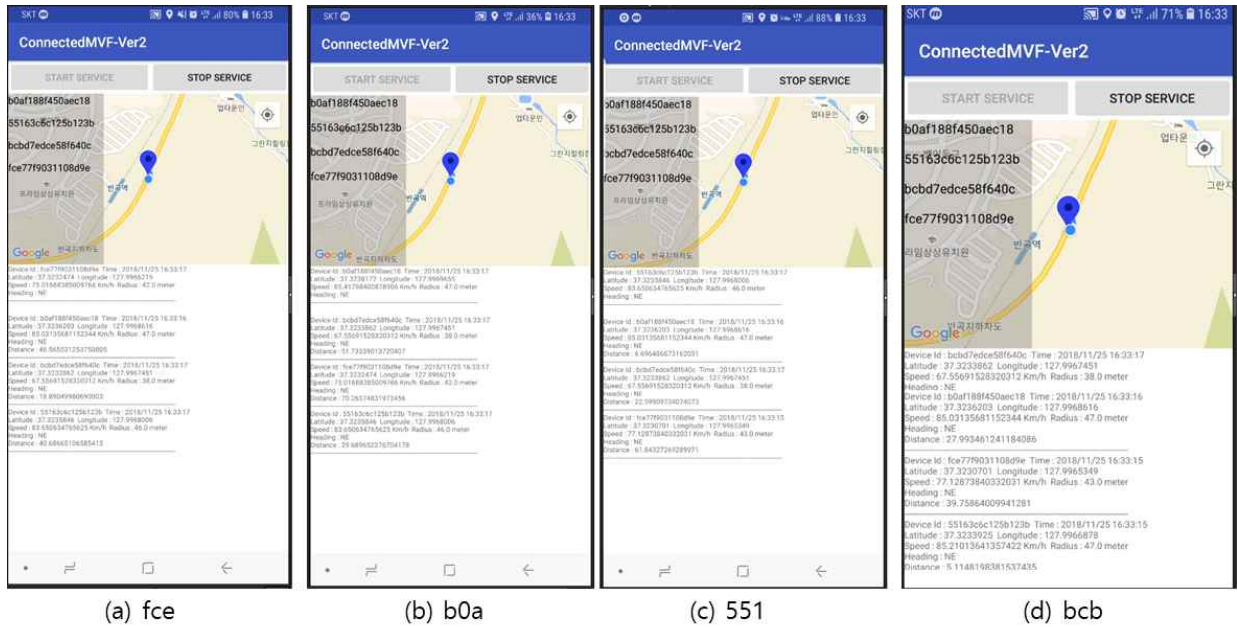


그림 8-12 시나리오 3의 실험 결과 화면2

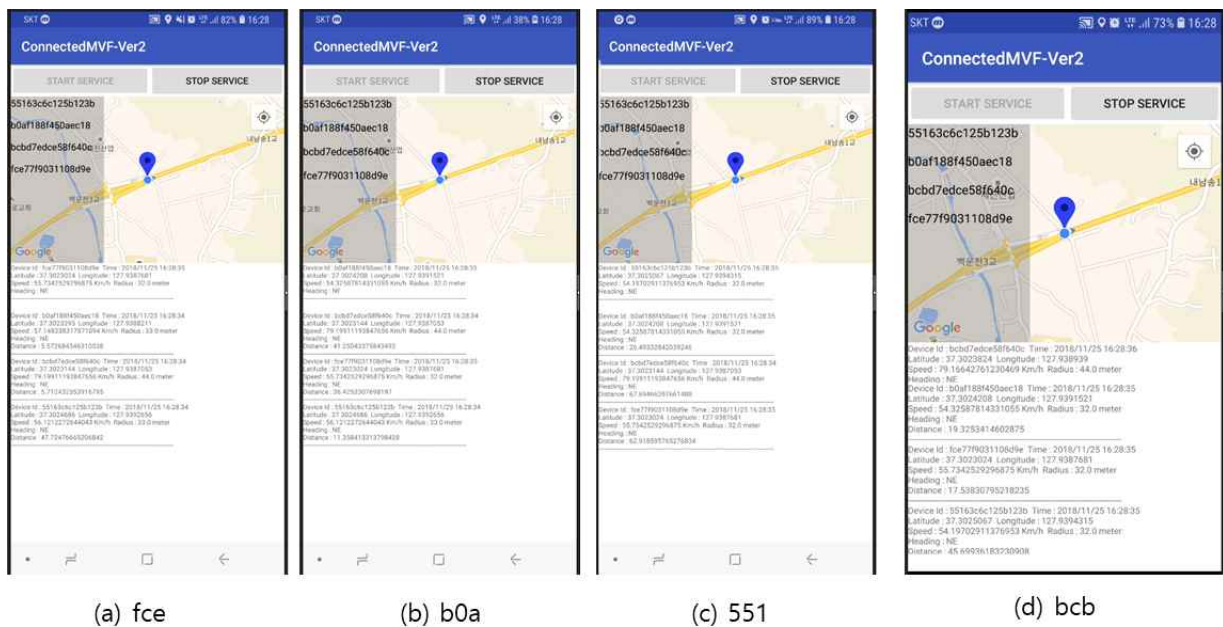


그림 8-13 시나리오 3의 실험 결과 화면3

(마) 2차사고 방지 기술 적용

○ 본 과제의 연구에서 사용된 지오펜스의 목적은 운전자의 스마트폰을 중심으로 가상 반경(virtual fence)을 설정하여 다른 차량 운전자의 스마트폰에 적용된 가상 반경과 서로 오버래핑(overlapping)을 통해 커넥티드 카 환경을 구성함. 또한, 오버래핑된 상태에서 서버에 전송된 각 차량의 정보(메시지셋)들을 통해 연결된 차량들의 그룹을 결정하고, 그룹내에서의 차량 순서를 결정함. 이러한 지오펜

스는 상황에 따라 반경이 확대되거나 축소됨. 즉, 불필요한 연산을 줄이고, 사고 이벤트나 속도에 따라 확대나 축소되므로 다양한 서비스가 가능함.

○ 이에 따라, 본 과제에 의해 개발된 적응형 상호운용 커넥티드 MVF 시스템은 2차 사고를 방지하기 위하여 사고 이벤트(메시지)를 후속 차량에 전달하여 후속 차량들이 사고를 빠르게 인지하여 대응할 수 있는 메커니즘을 제공함. 다음은 2차 사고를 방지할 수 있는 사례를 보여줌.

- 그룹내에서 사고 발생시 2차 사고 방지 사례: 연결된 차량들의 그룹내에서 임의의 차량에서 사고가 발생을 한다면, 사고 이벤트를 뒤따르는 차량에게 릴레이로 알려(alert)주어, 전방에 사고가 났음을 인지하게 하고, 그에 따른 대응을 할 수 있도록 함. 예를 들면, 전방 100미터 앞에서 사고 이벤트를 수신하면 “속도를 감속하십시오” 또는 “2차선으로 변경하여 주행하십시오”와 같은 대응 알림을 통해 2차 사고를 방지하도록 할 수 있음.

- 그룹에 연결되지 않은 차량에서 사고 발생시 2차 사고 방지 사례 : 연결된 차량들 그룹에 속하지 않은 전방의 차량에서 사고가 발생하면, 사고가 발생된 차량의 지오펜스 반경을 충분한 거리만큼 확대하여(예를 들면, 1Km로 확대) 뒤따르는 차량들 그룹의 선두 차량의 지오펜스에 오버래핑되면 사고 이벤트를 전달하여 2차 사고에 대비할 수 있도록 함. 마찬가지로, 터널이나 지하도로 및 날씨에 따른 안개가 짙거나 폭우로 인해 GPS 수신에 안되는 상황에서 선두 차량에서 사고가 발생한다면, 지오펜스 반경을 확대하는 메커니즘을 통해 사고 이벤트를 전달할 수가 있음.

○ 이뿐만 아니라, 운전자의 시야 확보가 쉽지 않은 도로(예를 들면, +, T자 형 도로에서 우회전하거나 급커브 구간등)에서 사고가 발생했을 시, 사고 차량 주변에 진입하는 차량들을 대상으로 사고 이벤트를 전달하여 사고 상황을 인지하도록 함. 즉, 다양한 사고 상황에 따라, 본 과제의 연구로 개발된 시스템을 통해 2차 사고를 방지하는 것을 기대할 수 있음.

(바) C-ITS와의 비교

○ 본 과제의 연구로 개발된 시스템과 C-ITS와의 가장 큰 차이점은 큰 비용 없이 운전자의 스마트폰을 이용하여 C-ITS 및 커넥티드 카서비스를 제공할 수 있음. 특히 국도를 포함한 전국적인 C-ITS 서비스를 위한 지원 체계를 구축하기 위해서는 향후 수조원의 소요 예산이 들어야 가능하지만, 본 연구에서 개발된 정적 지오펜스와 커넥티드 MVF 시스템의 상호운용에 의해 구현이 가능하기 때문에, 이들 시스템을 제품화하여 적용할 경우 상당한 비용 절감을 도모할 수 있음. 더불어 BM 시장뿐만 아니라, AM 시장들도 C-ITS의 기능을 이용할 수 있음.

- 한편으로 본 시스템과 C-ITS의 기술적인 구분으로 차량 통신 메커니즘을 들 수 있음. 본 시스템은 스마트폰을 이용한 4G/5G 및 WiFi 네트워크를 이용하며, C-ITS는 WAVE 무선 통신 기술을 이용함. 다음 표는 차량 네트워크의 기술적 특징인 주파수 환경(Radio coverage), 데이터 전송 속도(Data rate), 패킷 크기(Packet Size), 지연 시간(Latency)에 따라 본 시스템과 현 C-ITS, 차세대 C-ITS를 비교해 놓은 표임.

표 8-4 통신방식 비교

	Radio coverage	Date rate	Packet Size	Latency
Connected MVF	Adaptive	4G : 최대 1Gbps 5G : 최대 20Gbps	Variable	4G : 25 m/s 이내 5G : 1 m/s 이내
Current C-ITS	최대 100m	~ 4Mbps	~ 100byte	-
Advanced C-ITS	최대 1000m	~ 27Mbps	최대 2kbytes	100 m/s 이내

- 표 8-4에서, 본 시스템에서 주파수 환경에 대응되는 것은 지오펜스의 환경이며, 차량의 속도에 따라 스스로 감지하여 확대 및 축소를 하며, 사고가 발생시 확대되는 범위를 서비스에 따라 결정할 수 있으므로 적응적이라 할 수 있음. 또한, 패킷 크기는 지오펜스 환경의 크기에 따라 상황 정보량이 달라지므로 매우 가변적임. 데이터 전송 속도에서는 본 시스템이 현 C-ITS와 차세대 C-ITS보다 현저히 빠른 것을 알 수 있으며, 고속 주행에서도 안정적인 데이터 송수신이 가능함을 의미함. 또한, 지연 시간에서도 현 C-ITS와 차세대 C-ITS보다 빠른 데이터 전송이 가능하므로 2차 사고 방지의 핵심인 빠른 상황 인지 서비스가 가능함.

바. 연구개발 성과

(1) 논문게재 성과

게재년	논문명	저자명	학술지명	Vol.	국내·외	SCI
2017	FloGeo: A Floatable Three-Dimensional Geofence with Mobility for the Internet of Things	엄영현, 최영근, 조성국, 전병국	Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems	8	국외	Scopus
“	RMS-ME: A Real-Time Remote Monitoring System for the Multiple Elevators	이승철, 정연춘, 조성국, 전병국	Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems	8	“	Scopus

“	커넥티드 카 기술을 지원하는 가변적 모바일 지오펜스	엄영현, 최영근, 유현미, 조성국, 전병국	스마트미디어저널	6(3)	국내	KCI
“	An Improved Color Deviation Calibration for the Color LCD Monitors of the Ultrasound Diagnostic Equipment	김란권, 조성국, 유현미, 전병국	International Journal of Applied Engineering Research	12(20)	국외	Scopus
“	An Advanced Voice Recording and Control System with Fault-Tolerance for High Reliability and Stability	임병철, 정연춘, 이철, 조성국, 전병국	Journal of Engineering and Applied Sciences	12(11)	“	Scopus
2018	An automatic test case generation for validating the dynamic behaviors of the complete solar power monitoring system	장우성, 전병국, 손현승, 김영철	MULTIMEDIA TOOLS AND APPLICATIONS	76	“	SCIE
“	An extended three-dimensional Geofence platform with rule-based context-awareness service for the internet of things	최영근, 조성국, 박성곤, 엄영현, 김인환, 전병국	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	6(1)	“	SCIE
“	Reusability Strategy Based on Dynamic Reusability Object Oriented Metrics	변은영, 손현승, 전병국, 김영철	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	6(1)	“	SCIE
“	An automatic test case generation from state diagram using cause-effect graph based on model transformation	손현승, 이근상, 전병국, 김영철	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	6(1)	국외	SCIE
“	Best practice on automatic document generation with process asset library for Small and Midsize Enterprises (SMEs)	문소영, 전병국, 김영철	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	6(2)	국외	SCIE
“	A validating practice for the simplified Test Maturity Model (sTMM) through the Analytic Hierarchy Process (AHP)	박보경, 전병국, 김영철	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	6(2)	국외	SCIE
“	Applied practices of Test	김기두, 전	JOURNAL OF E	6(2)	국외	SCIE

	Maturity Model (TMM) for small and midsize test organizations	병국, 김영철	ENGINEERING TECHNOLOGY			
“	Estimation on prioritization of failure rates based on operational profile mechanism for a solar energy monitoring system	장우성, 전병국, 김영철	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	6(2)	국외	SCIE
“	Improving source code against bad-smell code patterns	박지훈, 전병국, 김영철, 손현승	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	6(2)	국외	SCIE
“	Design of the Emergency Messages Integration for Vehicle to Everything(V2X) Communications of Connected Cars	엄영현, 김인환, 유현미, 조성국, 전병국	International Journal of Engineering and Technology	7	국외	Scopus
“	An Integrated Communication Message Framework of Inter-Vehicles for Connected Vehicles using Mobile Virtual Fence(MVF)	김인환, 유현미, 엄영현, 조성국, 전병국	International Journal of Engineering and Technology	7	국외	Scopus
“	A Mutual Awareness Mechanism of Inter-MVFs(Mobile Virtual Fences) to Support Connected Car Service	김인환, 유현미, 엄영현, 조성국, 전병국	International Journal of Engineering and Technology	7	국외	Scopus
“	모바일 가상 펜스를 이용한 커넥티드 카 서비스 환경 구성 메커니즘	엄영현, 최영근, 김인환, 유현미, 조성국, 전병국	문화기술의 융합 (The Journal of Convergence on Culture Technology)	4(3)	국내	KCI
“	Design and Implementation of a Speed-reactive Connected Mobile Virtual Fence System with Context-aware Computing	엄영현, 조성국, 김영철, 전병국	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	7	국외	SCIE
“	Enhancing Reusability with Reusable Code Patterns based on Reverse Engine	변은영, 전병국, 김영철	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	7	국외	SCIE

	ering					
“	Validation of the Cost Estimations with Object Oriented Function Point(FP) through Software Visualization	문소영, 전병국, 김영철	JOURNAL OF ENGINEERING TECHNOLOGY	7	국외	SCIE

(2) 국내외 학술대회 논문 발표

발표일	학술대회명	논문제목	발표자	국가
2017.08.09	The 3rd International Integrated (Web & Offline) Conference & Concert on Convergence	Design of a Message Passing Methodology by Cooperative Relaying of the Inter-Mobile Geofences	최강임	라오스
“	“	An Efficient Calibration of Color Deviation for Ultrasonic Diagnostic LCD Monitors	김란권	“
“	“	Design of an Interface for Cooperation between the Mobile Three-Dimensional Geofences	엄영현	“
“	“	An Integrated Message Frame of the Mobile Three-Dimensional Geofence for Connected Vehicles	송경균	“
2018.02.01	The 4th International Joint Conf. and Convergence(IJCC 2018)	Context-aware Mechanism of Connected Mobile Geofences	엄영현	미국
“	“	Design of a Cooperative Interface for G2G(Geofence to Geofence) in Vehicular Ad hoc Networks	황교웅	“
2018.07.25	The 4th International Integrated (Web & Offline) Conference & Concert on Convergence (IICCC2018)	An Integration of Emergency Messages for Connected Vehicles in Vehicular Ad hoc Networks	황교웅	베트남
“	“	A Mutual Recognition Mechanism of Mobile Geofences to configure the Connected Car	황교웅	“

(3) 특허 성과

○ 등록

등록연도	특허명	등록인	등록번호
2018. 4	커넥티드 카 환경을 지원하기 위한 차량간 통신 시스템	강릉원주대산학협력단	10-1850254-0000
2019. 4	차량 탑승자의 모바일 디바이스를 이용한 커넥티드 카 서비스 지원 방법 및 장치	강릉원주대산학협력단	1월 등록 확정 (현재 4월까지 유보중)

○ 출원

출원연도	특허명	등록인	출원국	출원번호
2018	모바일 디바이스를 이용한 커넥티드 카 서비스 지원 방법	강릉원주대 산학협력단	한국	10-2018-0171886
“	모바일 디바이스 기반 커넥티드 카 서비스를 위한 순서 결정 방법	강릉원주대 산학협력단	“	10-2018-017189
“	모바일 디바이스 기반 커넥티드 카 서비스를 위한 긴급 메시지 전송 방법	강릉원주대 산학협력단	“	10-2018-0171901
“	모바일 디바이스 기반 음영지역에서의 커넥티드 카 서비스 지원 방법	강릉원주대 산학협력단	“	10-2018-0172098

(4) 소프트웨어 등록 성과

연도	소프트웨어명	소프트웨어구분	등록번호
2018	3차원 지오펜스 버전-1	응용프로그램	C-2018-039352
“	3차원 지오펜스 버전-2	응용프로그램	C-2018-039353
“	3차원 지오펜스 버전-3	응용프로그램	C-2018-039354
“	3차원 지오펜스 버전-4	응용프로그램	C-2018-039355
“	이동식 3차원 지오펜스 버전-1	응용프로그램	C-2018-039356
“	통합 메시지 버전-1	응용프로그램	C-2018-039357
“	통합 메시지 버전-2	응용프로그램	C-2018-039358
“	커넥티드 카 버전-1	응용프로그램	C-2018-039359
“	커넥티드 카 버전-2	응용프로그램	C-2018-039360

사. 연구 결과

(1) 기술적 성과

(가) 커넥티드 카 기술의 대체 수단

○ 커넥티드 카 기술 영역

- 무선통신기술 - WAVE, LTE, 5G, DSRC
- 차량운행 서비스 - 운전 보조, 안전, 오락, 웰빙, 차량 관리, 보안, 자율주행
- 커넥티드 솔루션 - 임베디드, 연결성, 통합성
- 시장 : OEM과 AM 영역

○ 이와 같은 커넥티드 카의 기술적 영향은 다양한 산업에 적용되고 있음. 그러므로 본 개발 기술로 인해 시장의 진입 장벽을 해소할 뿐 아니라 기술 선점에 의해 대체하거나 보완 적용할 경우 향후 도래할 커넥티드 카 시장에 상당한 영향을 미칠 수 있음.

○ 따라서 본 과제에 의해 개발된 적응형 상호운용 커넥티드 MVF 시스템은 본질적으로 2차 교통사고를 방지함이 우선하지만, 이를 위해 무선이동통신을 기반의 한 커넥티드 카 시스템의 초기 버전을 스마트폰을 이용해서 개발하였고 실험을 통해서 검증하였음.

○ 현재 자율주행차 기술이 국내는 2~2.5단계에 불과. 또한 기존의 차량들이 모두 자율주행차로 바뀔 때까지 예상되는 2040년으로 예측됨. 즉 2040년까지는 기존 차량과 자율주행차가 혼재하는 상황이 됨. 이러한 환경에서 본 기술은 스마트폰을 통해서 기존 BM 차량에 대해 커넥티드 카 서비스를 대신 제공할 수 있음,

(나) 차세대 e-Call 체계와의 기술적 상호운용 시스템

○ 차세대 e-Call 체계는 사고발생시 응급대응기관, 교통관리센터가 교통사고 피해자의 상해정도에 따라 필요한 응급조치를 신속하게 수행할 수 있도록 차량단말기가 송신한 자료로 교통사고를 자동으로 인지하고 사고위치, 피해자의 상해정도 등 긴급구난에 필요한 정보를 생산하여 응급구조상황실로 자동 호출을 수행하는 시스템임.

○ 따라서 본 연구 개발의 결과인 커넥티드 MVF 시스템은 스마트폰을 활용하여 개발한 시스템이기 때문에 차세대 e-Call 체계의 차량단말기에 시스템을 이식 내장함으로서 상호운용이 가능하므로 e-Call 체계와 기술적 상호운용을 제공할 수 있음.

○ 특히 종래의 1차 교통 사고후의 안전표시기의 대체기술로서도 적용이 됨. 왜냐하

면 커넥티드 MVF 시스템은 스마트폰을 사용하는 것이므로 스마트폰을 갖고 있는 운전자라면 모두 다 사용할 수 있음. 이와 더불어 미국과 유럽표준으로 정의된 메시지셋의 통합과 분류, API 인터페이스를 통한 차량 운행 도중에서 발생하는 일반 상황과 긴급 상황에 대처하는 상황인식 메커니즘을 제공함.

(다) 차세대 C-ITS 시스템과의 연동

- 우리나라뿐 아니라 세계 각국에서는 차세대 C-ITS 시스템을 구축하고 있음. 이러한 C-ITS는 교통 인프라의 지능화 서비스를 지원하여 가급적이면 사고위험 감소 및 물류비용의 감소, 도로망의 원활한 소통을 유지하려는 목적이 있음.
- C-ITS 또한 도로 곳곳에 설치된 RSU 및 교통관제센터와 주기적인 네트워크를 수행하는 단말 장치가 차량내에 설치되어 있음. 이 장치에도 본 과제 개발 시스템을 이식 내장할 수 있으므로 인해 보다 차량들은 더 효율적이고 개선된 C-ITS 서비스를 받을 수 있음.

(2) 경제적 성과

○ ADAS와 AEB(자동긴급제동장치) 분야에서의 역할

- 일본 야노경제연구소의 2018년 7월 글로벌 시장 조사 결과 : ADAS와 자율주행 센서 시장 규모

예상 년도	2017	2020	2025	2030
시장 규모	9조 63억원	16조 7760억원	30조 1164억원	32조 9120억원

- 미국, 유럽, 일본 등 선진국 2016년부터 AEB 의무 장착
- 따라서 본 개발 기술은 ADAS와 차세대 AEB 분야에서 경제적 기여 예상.

○ 커넥티드 카 시장에서의 역할

- Allied Market Research의 보고서 “Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018 - 2025”에 따르면 2017년 커넥티드 카 시장은 \$63억으로 계산되었으며, 2025년에는 \$2,252억에 도달하는 것으로 예상하였음. 2018년에서 2025년까지 연평균 성장률(CAGR)은 17.1%로 추정됨.
- 따라서 본 개발 기술은 상품화될 경우 예상되는 커넥티드 카 시장에서 경제적으로 상당히 기여할 것으로 예상됨.

○ 2차 사고 방지에 의한 인명 손실 최소화

- 표 9-1의 2009년부터 2016년까지 경찰청 조사 집계에 의하면, 2차사고의 사망률은 일반 교통사고 사망률에 비해 3배 이상의 치명적 인명 손실을 야기함.

- 인명 사고로 인한 보험료는 자율주행 기능이 없을 경우 2020년에는 \$6,160억으로 예상된다고 예측하였음. 그러나 본 개발 시스템에 의한 차량간 운행 정보의 커뮤니케이션으로 인해서 사고율이 낮아질 것이며, 이로 인해서 보험료는 전체적으로 낮아질 것으로 예상됨.

표 9-1 교통사고 사망률 비교

년도	전체 교통사고				2차 사고			
	사고(건)	사망(명)	부상(명)	사망률	사고(건)	사망(명)	부상(명)	사망률
2009년	231,990	5,838	361,875	3%	727	51	1,609	7%
2010년	226,878	5,505	352,458	2%	709	38	1,516	5%
2011년	221,711	5,229	341,391	2%	446	17	1,016	4%
2012년	223,656	5,392	344,565	2%	540	39	1,314	7%
2013년	215,354	5,092	328,711	2%	515	38	1,153	7%
2014년	223,552	4,762	337,497	2%	453	23	959	5%
2015년	232,035	4,621	350,400	2%	585	36	1,277	6%
2016년	220,917	4,292	331,720	2%	477	34	1,009	7%
평균				2%				6%

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 목표

핵심연구성과 (level1)		단위 성과 (level2)		총괄 성과점검기준							해당 기관	예산 (백만)	정량목표	양적 성과지표 달성도
				질적성과지표	목표치	측정 방법	검증 방법	가 중 치	질적 성과지표 달성도	질적성과 지표 근거자료				
A	상황전파 메시지 프로토콜 규격서 및 인터페이스 정의	A-1	메시지 프로토콜 규격서	①	설계 프로그램		UML 설계도	3	100%	최종보 고서 33p	강 릉 원 주 대	5		
		A-2	메시지 인터페이스 정의	①	설계 프로그램		UML 설계도	3	100%	최종보 고서 37p	강 릉 원 주 대	15	특허: 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>1</u> 건 SW: <u>1</u> 건	특허 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>1</u> 건 SW: <u>1</u> 건
B	상황인식 메시지 협력 릴레이 메커니 즘 개발	B-1	상황인식 메시지 협력적 릴레이 알고리즘	①	알고리즘	최대 전송 시간 200 ms 이하	시간 복잡 도 평가	10	100%	최종보 고서 43p	강 릉 원 주 대	25	특허: 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>2</u> 건 SW: <u>1</u> 건	특허 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>3</u> 건 SW: <u>1</u> 건
C	상황인식 메시지의 멀티홉 협력 전달 알고리즘	C-1	협력적 전달알고리즘	①	알고리즘	패킷 손실 율	패킷 손실 율 평가	10	100%	최종보 고서 58p	강 릉 원 주 대	20	특허: 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>1</u> 건 SW: <u>1</u> 건	특허 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>2</u> 건 SW: <u>1</u> 건
	디자인 및 반응형 지 오픈스 모 델 설계	C-2	반응형 지오픈스 모델 설계	①	설계 프로그램		UML 설계도	10	100%	최종보 고서 47p, 50p	강 릉 원 주 대	20	특허: 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>1</u> 건 SW: <u>2</u> 건	특허 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>2</u> 건 SW: <u>2</u> 건
D	반응형 모 델의 적응 형 3차원 지오픈스 프로토타 입 설계 및 구현	D-1	적응형 3차원 지오픈스 프로토타입 설계	①		최대 전송 시간 200 ms 이하	시간 복잡 도 평가	10	100%	최종보 고서 53, 66p	강 릉 원 주 대	40	특허: 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>2</u> 건 SW: <u>1</u> 건	특허 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>3</u> 건 SW: <u>1</u> 건
E	지오픈스 간 상황정 보 협업 인식 알고 리즘과 컴	E-1	협업 인식 알고리즘과 컴포넌트 개발	①	알고리즘			10	100%	최종보 고서 54- 55, 64- 66p	강 릉 원 주 대	40	특허: 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>2</u> 건 SW: <u>1</u> 건	특허 출원 <u>1</u> 건 등록 <u>1</u> 건 논문: <u>3</u> 건 SW: <u>1</u> 건

포넌트 개발														
지능형 모바일 딥러닝 모델 아키텍처 설계 구현	F-1	경량 모바일 딥러닝 아키텍처 설계	①	설계 프로그램	설계 프로그램		UML 설계도	9	100%	최종보고서 60p	강릉원주대	21	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 2건 SW: 1건	특허 출원 1건 등록 1건 논문: 2건 SW: 1건
커넥티드 3차원 지오픈스 프레임워크 디자인	G-1	다중 지오픈스 연결을 위한 프레임워크 설계	①	설계 프로그램	설계 프로그램	패킷 송수신 여부	패킷 송수신 여부	15	100%	최종보고서 61, 69, 71, 72p	강릉원주대	50	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 2건 SW: 1건	특허 출원 1건 등록 1건 논문: 3건 SW: 1건
적응형 상호운용 커넥티드 3차원 지오픈스 플랫폼 설계 구현	H-1	커넥티드 3차원 지오픈스 실행 플랫폼	①	설계 프로그램	설계 프로그램		UML 설계도	20	100%	최종보고서 61, 69, 71, 72p	강릉원주대	60	특허: 출원 1건 등록 1건 논문: 2건 SW: 1건	특허 출원 1건 등록 1건 논문: 2건 SW: 1건
계			-	-	-	-	-	-	-	-	-	296	특허: 출원 6건 등록 2건 논문: 15건 SW: 9건	특허출원 6건 등록 2건 논문: 21건 SW: 9건

나. 목표 달성여부

구분		1차년도(2017)		2차년도(2018)		총계		평가
		목표	달성	목표	달성	목표	달성	
국외 논문 게재	SCI			6	12	6	12	SCI논문 6편 초과 달성
	비SCI	6	4	1	3	7	7	
	계	6	4	7	15	13	19	
국내 논문 게재	KCI	1	1	1	1	2	2	100% 달성
	비KCI							
	계	1	1	1	1	2	2	
특허 출원	국내	3	1	3	5	6	6	100% 달성
	국외							
	계	3	1	3	5	6	6	

특허 등록	국내			2	2	2	2	100% 달성 (단, 1건 등록 유보중)
	국외							
	계			2	2	2	2	
SW 등록		5	0	4	9	9	9	100% 달성

4. 연구개발성과의 활용 계획 등

가. 추가연구의 필요성

- 본 연구는 2차 사고를 방지하기 위한 기술로서, 도로에서 주행중인 차량들 간의 차간 거리를 적정하게 유지하도록 하여 교통사고를 기본적으로 예방할 수 있음.
- 이러한 서비스를 제공하기 위한 원천 기술은 주행중인 차량들이 모두 커넥티드 카 기술로 반영되면 편리성과 효율성이 증대되기 때문에 스마트폰을 활용한 적응형 커넥티드 MVF 시스템을 최종 개발하였음.
- 개발된 시스템은 현존하는 WiFi와 LTE 무선 통신을 이용하므로 통신 속도가 매우 낮고, 안드로이드 운영체제 기반의 스마트폰에 의해서 구현되었기 때문에, 미래의 커넥티드 카 기술에 적용되는 5G 기술이나 DSRC 서비스에 의한 V2X 같은 추가 연구가 반드시 필요함.
- 아울러 커넥티드 카 그룹간의 서비스와 교통 정체나 지체 상황에 대한 회피 서비스처럼 다양한 교통 서비스 및 교통 인프라와의 연동이 되는 차세대 C-ITS 및 자율주행차, 차세대 e-Call 개발 시스템에 본 기술이 반영되어 실증이 필요함.

나. 정부 정책 기획 및 산업계의 현장적용

- 정부의 차세대 C-ITS 실증사업과 자율주행차 개발 사업에 활용 가능
 - 2018년 5월에 과기정통부 및 관계부처 합동 심의회에서 “혁신성장동력 시행계획”을 심의·확정하였음.
 - ✓ 현재 차선유지 등 운전자 보조기능 등 2단계 수준에 불과한 국내 자율주행 기술 수준에 대해 2020년 고속도로 자율주행 상용화(3단계)하고, 2030년에는 완전 자율주행 상용화를 목표로 추진
 - ✓ 연구개발은 2022년까지 약 5,770억 원이 투자될 예정이며, 라이다·레이더 등 자율주행 핵심 부품 기술 개발, 무인자율주행차와 도로가 소통하는 스마트도로 등을 구축할 예정.
 - 따라서 본 연구개발은 C-ITS와 자율주행 기술의 기반 핵심기술로서 커넥티드 카 서비스를 지원하며, 동시에 자율주행차를 대신한 스마트폰으로 유사 서비스를 지원할 수 있음.
 - 특히 e-Call 서비스는 사고를 방지하거나 회피하는 기술이 아닌 긴급구조 호출시스템에 불과하지만, 본 연구에 의한 최종 결과물로서 커넥티드 MVF 시스템은 가능한 한 1차 교통사고를 피하거나 방지하기 위함과 동시에 차량간 통신에 의해서 2차 사고도

예방할 수 있음.

○ 커넥티드 카 기술로의 적용

- Allied Market Research의 보고서 “Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2018 - 2025”에 따르면 커넥티드 카 기술은 무선통신기술(LTE, 5G, DSRC), 서비스(운전 보조, 안전, 오락, 웰빙, 차량 관리, 보안, 자율주행), 커넥티드 솔루션(임베디드, 연결성, 통합성), 네트워크(DSRC, 이동통신), OEM과 AM에 지대한 영향이 있음.
- 2017년 커넥티드 카 시장은 \$63억으로 계산되었으며, 2025년에는 \$2,252억에 도달하는 것으로 예상함. 2018년에서 2025년까지 연간 복합성장율(CAGR)은 17.1%로 추정됨
- 따라서 본 개발 기술로 인해 시장의 진입 장벽을 해소할 뿐 아니라 기술 선점에 의해 대체하거나 보완 적용할 경우 향후 도래할 커넥티드 카 시장에 상당한 영향을 미칠 수 있음.

○ 자율주행차 산업분야에서의 활용 가능

- 매우 빠른 네트워크 속도를 보장하는 5G와 DSRC 기술에 의해 실증이 가능한 서비스 활용 기술로서, 커넥티드 MVE 시스템에 의한 군집 주행과 V2V, V2I, V2P를 포함한 V2X 서비스를 지원함.
- 특히 ADAS 시스템의 보완 체계로서 임베디드 모듈로 반영될 경우, 자율주행차가 지향하는 기술 시장에 진일보한 기술이 될 수 있음.

다. 타 산업분야로의 서비스 확장

○ 드론 산업분야에서의 활용

- 본 연구 개발 결과에 의한 시스템은 기존의 정적 3차원 지오펜스 시스템과의 상호 운용에 의해서 드론 운행 제어에 대한 서비스를 제공할 수 있음.
- 특히 드론에 의한 산불감시나 농작물 작황 조사, 태풍 강도 및 방향 예측이나 미세먼지 유입 기상관측 등을 수행하기 위해서는 지오펜스로 설정된 3차원 공간(위도, 경도, 고도)상에서만 실행하는 서비스를 지원할 수 있음.

○ 기차 및 지하철 등 철도 산업분야에서의 활용

- 궤도를 따라 운행되는 철도 차량의 자율 운행은 자율주행차의 운영 환경에 비하면 상

대적으로 수월함. 이미 일부 지하철과 경전철은 무인 주행을 운행하고 있음.

- 반면에 이러한 차량들의 운행 영역은 GPS 수신기 불가능한 지하 또는 터널 등이 다수 존재하는 상황으로 위치정보를 실시간으로 수신기 불가능함. 따라서 구간별 정적 지오펜스를 이용하여 운행 관리 센서들과의 연동을 통해 위치를 마킹함. 이러한 환경에서 상대적 거리와 속도를 기반으로 위치정보를 파악 적용하는 상황인식을 지원하는 본 연구의 지오펜스 시스템을 적용하여 활용할 수 있음.

○ 보행자, 시각장애인 및 자전거, 오토바이 운전자에 대한 서비스 지원

- 기본적으로 스마트폰을 활용한 모바일 지오펜스 시스템으로 구현되어 V2P가 실현됨을 연구 결과로 입증하였음. 따라서 보행자나 시각장애인, 자전거, 오토바이 운전자를 위한 운행 서비스를 제공할 수 있으며, 특히 가시거리가 나쁜 환경과 밤길 등에서 차량에 의한 보행자나 자전거 운전자 등의 1차사고 방지 등의 교통안전 제공하는데 활용.

○ 보호구역 및 접근제한구역 관리에 대한 산업분야에서의 활용

- 학교주변 차량의 운행 제한속도는 30Km/h이지만 실생활에서는 잘 지켜지지 않아 빈번한 교통사고가 발생함. 그러므로 해당 보호구역에 대한 정적 지오펜스 시스템을 적용하고 상호운용성이 있는 모바일 지오펜스 시스템을 차량에 적용할 경우, 차량이 접근 구역내에 진입하면 자동적으로 속도 조절 서비스를 제공하여 교통안전사고를 예방할 수 있음.
- 이와 유사한 상황으로 조류 인플루엔자에 의한 AI 발생지역, 구제역 등 전염병에 의한 지리적 격리가 필요한 곳에 정적 지오펜스와 모바일 지오펜스 시스템을 적용할 경우 매우 효과적임.

붙임. 참고문헌

- [1]. 강석진, “커넥티드 카(Connected Car) 개발 동향과 미래 변화”, KB금융지주경영연구소, 2016.02
- [2]. 테크포럼, “2015년 모바일 트렌드 전망”, KT경제경영연구소, 2015.01
- [3]. “Standard of C-ITS Service Specification Part 1. Function and Performance Requirement Specification”, 한국지능형교통체계협회, 2017.05
- [4]. “Standard of C-ITS Service Specification Part 2. Data Exchange Specification”, 한국지능형교통체계협회, 2017.05
- [5]. “Standard of the messages for C-ITS Services - BSM, PVD”, 한국지능형교통체계협회, 2017.06
- [6]. National Highway Traffic Safety Administration 2012 report.
- [7]. Amy-Mae, The Future of the Connected Car, Mashable, 2011.
- [8]. Meola Andrew, Automotive Industry Trends: IoT Connected Smart Cars & Vehicles, UK Business Insider 2017.
- [9]. AUTO Connected Car, Definition of Connected Car - What is the connected car? Defined, auto connected car news 2014.
- [10]. John Greenough, The CONNECTED CAR REPORT: Forecasts, technologies, and leading manufacturers, BI Intelligence 2016.
- [11]. NHTSA, Federal Motor Vehicle Safety Standards: V2V Communications 2017
- [12]. SAE J2735, “Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary”, SAE International, 2016.03
- [13]. ETSI EN 302 637-2 V1.3.0 Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service, European Telecommunications Standards Institute 2013.
- [14]. ETSI EN 302 637-3, “Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service”, 2014.11, European Telecommunications Standards Institute
- [15]. Connected Car - Wikipedia, https://ko.wikipedia.org/wiki/Connected_Car
- [16]. John Greenough, “The CONNECTED CAR REPORT:Forecasts, technologies,

- and leading manufacturers”, BI Intelligence, 2016.4
- [17]. Alfonso Velosa, James F. Hines, Hung LeHong, Earl Perkins, Satish R.M “Predicts 2015: The Internet of Things”, Gartner, 2014.12
- [18]. Georgios Karagiannis “Vehicular Networking : A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions”, IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2011
- [19]. Eun Young Byun, Hyun Seung Son, Byungkook Jeon, R. Young chul Kim (2018) Reusability Strategy Based on Dynamic Reusability Object Oriented Metrics. In:Journal of Engineering Technology 6(1): 365-377.
- [20]. Geon Hee Kang, R. Young Chul Kim, Geun Sang Yi, Young Soo Kim, Yong. B. Park, Hyun Seung Son (2015) A Practical Study on Code Static Analysis through Open Source based Tool Chains. In:KIISE Transactions on Computing Practices 21(2):148-153.
- [21]. Marko Mijac, Zlatko Stapic (2015) Reusability Metrics of Software Components: Survey. In:Central European Conference on Information and Intelligent Systems : 221-230.
- [22]. Zenith, Smartphone penetration to reach 66% in 2018, <https://www.zenithmedia.com/smartphone-penetration-reach-66-2018/>, 2018
- [23]. M. Rouse, <http://whatis.techtarget.com/definition/geofencing>.
- [24]. Eom Young-Hyun, Choi Young-Keun, Sungguk Cho, Byungkook Jeon, "FloGeo : A Floatable Three-Dimensional Geofence with Mobility for the Internet of Things ", International Journal of Science & Technology, Accepted
- [25]. Kittakorn Sriwanna, Tossapon Boongoen, Natthakan Iam-On (2017) Graph clustering-based discretization of splitting and merging methods (GraphS and GraphM). In:Human-centric Computing and Information Sciences.
- [26]. Ruchika Malhotra, Ankita Jain (2012) Fault Predicting Using Statistical and Machine Learning Methods for Improving Software Quality. In:Journal of Information Processing Systems 8(2):241-262.
- [27]. Kevin Hoffman, Patrick Eugter (2008) Towards reusable components with aspects: an empirical study on modularity and obliviousness. In:International

conference on Soft-ware engineering 91-100.

[28]. JUnit, <https://junit.org/>

[29]. Keyvan Golestan, Ridha Soua, Fakhri Karray, Mohamed S. Kamel, Situation awareness within the context of connected cars : A comprehensive review and recent trends, *Information Fusion* 2016; 29:68-83

[30]. Gongjun Yan, Danda B. Rawat, Vehicle-to-vehicle connectivity analysis for vehicular ad-hoc networks, *Ad Hoc Networks* 2017; 58:25-35.

[31]. F. Dressler et al., Inter-Vehicle Communication - Quo Vadis, *IEEE Communications Magazine* 2014; 52(6):170-177.

[32]. G. Karagiannis et al., Vehicular Networking: a Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions, *IEEE Communications Surveys and Tutorials* 2011; 13(4):584-616.

[33]. Eom Young-Hyun, Inhwan Kim, Hyunmi Yoo, Sungguk Cho and Byungkook Jeon, Design of the Emergency Messages Integration for Vehicle to Everything(V2X) Communications of Connected Cars, *International Journal of Engineering and Technology* 2018; 7:12-14

[34]. Inhwan Kim, Hyunmi Yoo, Eom Young-Hyun, Sungguk Cho and Byungkook Jeon, A Mutual Awareness Mechanism of Inter-MVFs(Mobile Virtual Fences) to Support Connected Car Service, *International Journal of Engineering and Technology* 2018; 7:106-108

[35]. Research and Markets, Global Connected Car Market Analysis and Forecast to 2023 report, *GLOBE NEWSWIRE* 2017.

[36]. Hans-Joachim Fischer, *Standards for C-ITS*, ESF GmbH 2012.

[37]. ITU-R, Advanced intelligent transport systems radiocommunications, *ITU-R M.2228-1*, 2015.

[38]. Young-Keun Choi, Sungkuk Cho, Sungkon Park, Young-Hyun Eom, Inhwan Kim, Byungkook Jeon, An extended three-dimensional Geofence platform with rule-based context-awareness service for the internet of things, *Journal of Engineering Technology* 2018;6(1):318-328

[39]. Martin Shepperd, Darrel Ince (1993) *Derivation and Validation of Software*

Metrics. International Series of Monographs on Computer Science. England.

- [40]. J. M. Cowley (1995) Diffraction Physics 3rd Edition. Elsevier.
- [41]. Thomas Ball, Stephen G. Eick (1996) Software visualization in the large. In:IEEE Computer Society 29: 33-43.
- [42]. Huan Zhou et al., Analysis of event-driven warning message propagation in Vehicular Ad Hoc Networks, Ad Hoc Networks 2017;55:87-96.
- [43]. S. Biswas , R. Tatchikou , F. Dion , Vehicle-to-vehicle wireless communication protocols for enhancing highway traffic safety, IEEE Comm. Mag. 2006; 44(1):74-82.
- [44]. F. Ye , R. Yim , J. Guo , J. Zhang , S. Roy , Prioritized broadcast contention control in vanet, IEEE ICC 2010:1-5.
- [45]. C. García-Costa , E. Egea-López , J. García-Haro , A stochastic model for design and evaluation of chain collision avoidance applications, Transp. Res. Part C 30, 2013:126-142.
- [46]. H. Abbasi , R. Voicu , J. Copeland , et al. , Performance optimization of a contention based broadcasting algorithm in vanets, IEEE GLOBECOM, 2015:1-7.
- [47]. Choi, Seunghyuk; Thalmayr, Florian; Wee, Dominik; Weig, Florian, Advanced driver-assistance systems: Challenges and opportunities, McKinsey & Company 2016.
- [48]. Ruchika Malhotra and Ravi Jangra (2017) Prediction & Assessment of Change Prone Classes Using Statistical & Machine Learning Techniques. In:Journal of Information Processing Systems 13(4): 778-804.
- [49]. Yu-Tian Tseng et. al., A Vehicle-density-based Forwarding Scheme for Emergency Message Broadcasts in VANETs, The 7th IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems 2010:703-708.
- [50]. Mahmoud Abuelela, Stephan Olariu, Michele C. Weigle, NOTICE: An Architecture for the Notification of Traffic Incidents, IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine 2012;(4):6-16.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.