최종보고서(연구단 총괄용)

보안등급: 일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	교통물류연구사업	
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명	교통물류연구사업	
공고번호	재공고-제14호(2018년)	총괄연구개발 식별번호		21TLRP-B147674-04	
		연구개발과제번호		-	
국가과학기술 표준분류	EI0502 자동차기반기술	60%	EI0504 교통운영관리기술	40%	- / -
총괄연구개발명	국문	V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 개발			
	영문	Development of Operation Technology for V2X Truck Platooning			
연구개발과제명 1세부	국문	군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발			
	영문	Development of Safety Driving Control Technology for platooning trucks			
연구개발과제명 2세부	국문	자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발			
	영문	Development of V2X Platooning driving and research demonstration technology			
주관연구기관	기관명	한국도로공사	사업자등록번호	129-82-00103	
	주소	(우)39660 경북 김천시 혁신8로7	법인등록번호	131171-0000019	
주관연구책임자	성명	손영호	직위	부장	
	연락처 직장전화	031-8098-6550	휴대전화	010-9705-9813	
	연락처 전자우편	youngho@ex.co.kr	국가연구자번호	1184 6582	
연구개발기간	전체	2018. 04. 30 - 2021. 12. 31(3년 9개월)			
	1년차	2018. 04. 30 - 2018. 12. 31 (9개월)			
	2년차	2019. 01. 01 - 2019. 12. 31 (12 개월)			
	3년차	2020. 01. 01 - 2020. 12. 31 (12 개월)			
	4년차	2021. 01. 01 - 2021. 12. 31 (12 개월)			

연구개발비 (단위 : 천원)

	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	9,851,000	551,645	3,442,855	-	-	-	-	10,402,645	3,442,855	13,845,500	-
1년차	479,000	20,820	139,680	-	-	-	-	499,820	139,680	639,500	-
2년차	3,785,000	176,920	1,085,580	-	-	-	-	3,961,920	1,085,580	5,047,500	-
3년차	3,208,000	171,300	1,079,200	-	-	-	-	3,379,300	1,079,200	4,458,500	-
4년차	2,379,000	182,605	1,138,395	-	-	-	-	2,561,605	1,138,395	3,700,000	-

주관(협동) 연구기관	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
1세부	국민대학교	박기홍	교수	010-7340-4689	kpark@kookmin.ac.kr	협동	대학
2세부	한국도로공사	손영호	부장	010-9705-9813	youngho@ex.co.kr	주관	대기업

연구개발담당자 실무담당자	성명	조현배	직위	차장
	연락처 직장전화	031-8098-6528	휴대전화	010-4116-0027
	연락처 전자우편	chb@ex.co.kr	국가연구자번호	1147 8932

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2022 년 3 월 일

주관(협동)연구책임자 : 손 영 호 (직인)

주관(협동)연구기관의 장 : 한국도로공사 김 진 숙 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

최종보고서(연구단 총괄용)

보안등급
일반[✔], 보안[ ]

중앙행정기관명	국토교통부	사업명	사업명	교통물류연구사업	
전문기관명	국토교통과학기술진흥원		내역사업명	교통물류연구사업	
공고번호	재공고-제14호(2018년)	총괄연구개발 식별번호		21TLRP-B147674-04	
		연구개발과제번호		-	

국가과학기술 표준분류	EI0502 자동차기반기술	60%	EI0504 교통운영관리기술	40%	-	-

총괄연구개발명	국문	V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 개발	
	영문	Development of Operation Technology for V2X Truck Platooning	
연구개발과제명	1세부 국문	군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발	
	1세부 영문	Development of Safety Driving Control Technology for platooning trucks	
	2세부 국문	자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발	
	2세부 영문	Development of V2X Platooning driving and research demonstration technology	

주관연구기관	기관명	한국도로공사	사업자등록번호	129-82-00103
	주소	(우)39660 경북 김천시 혁신8로7	법인등록번호	131171-0000019

주관연구책임자	성명	손영호	직위	부장
	연락처 직장전화	031-8098-6550	휴대전화	010-9705-9813
	연락처 전자우편	youngho@ex.co.kr	국가연구자번호	1184 6582

연구개발기간	전체 2018. 04. 30 - 2021. 12. 31(3년 9개월)
	1년차 2018. 04. 30 - 2018. 12. 31 (9개월)
	2년차 2019. 01. 01 - 2019. 12. 31 (12 개월)
	3년차 2020. 01. 01 - 2020. 12. 31 (12 개월)
	4년차 2021. 01. 01 - 2021. 12. 31 (12 개월)

연구개발비 (단위 : 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				합계			연구개발비 외 지원금
				지방자치단체		기타( )					
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	합계	
총계	9,851,000	551,645	3,442,855	-	-	-	-	10,402,645	3,442,855	13,845,500	-
1년차	479,000	20,820	139,680	-	-	-	-	499,820	139,680	639,500	-
2년차	3,785,000	176,920	1,085,580	-	-	-	-	3,961,920	1,085,580	5,047,500	-
3년차	3,208,000	171,300	1,079,200	-	-	-	-	3,379,300	1,079,200	4,458,500	-
4년차	2,379,000	182,605	1,138,395	-	-	-	-	2,561,605	1,138,395	3,700,000	-

주관(협동) 연구기관	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편	비고	
						역할	기관유형
1세부	국민대학교	박기홍	교수	010-7340-4689	kpark@kookmin.ac.kr	협동	대학
2세부	한국도로공사	손영호	부장	010-9705-9813	youngho@ex.co.kr	주관	대기업

연구개발담당자 실무담당자	성명	조현배	직위	차장	
	연락처 직장전화	031-8098-6528	휴대전화	010-4116-0027	
	연락처 전자우편	chb@ex.co.kr	국가연구자번호	1147 8932	

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재 처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

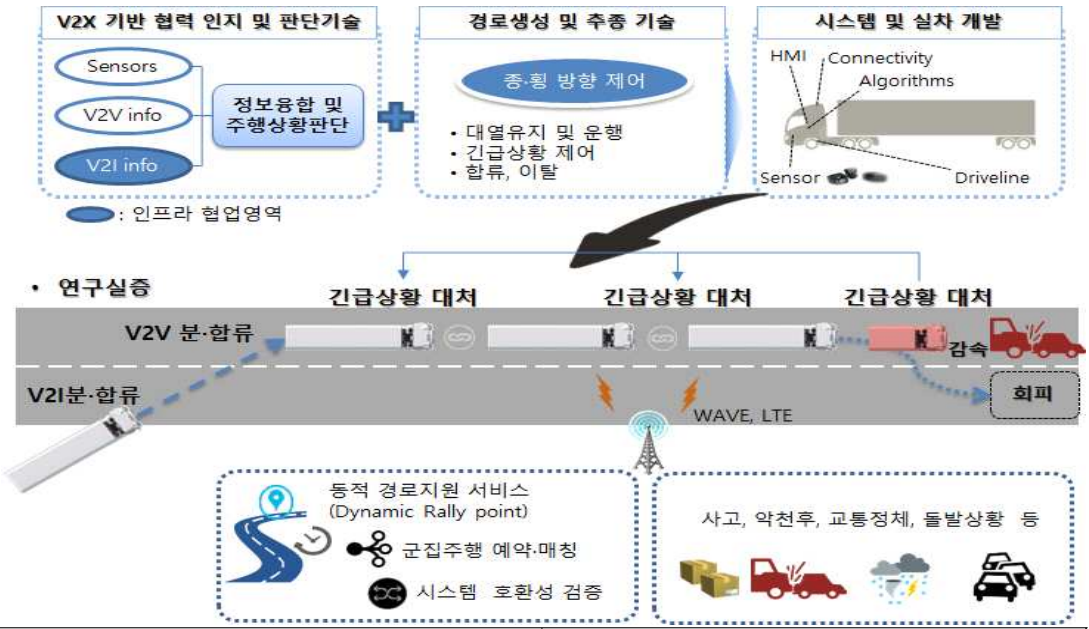
2022 년 3 월 일

주관(협동)연구책임자 : 손 영 호 (직인)

주관(협동)연구기관의 장 : 한국도로공사 김 진 숙 (직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

< 요 약 문 >

<table>
<tr><td colspan="2">사업명</td><td colspan="3">교통물류연구사업</td><td>총괄연구개발 식별번호</td><td colspan="3">21TLRP-B147674-04</td></tr>
<tr><td colspan="2">내역사업명</td><td colspan="3">교통물류연구사업</td><td>연구개발과제번호</td><td colspan="3">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">국가과학기술 표준분류</td><td>EI0502 자동차기반기술</td><td>60%</td><td>EI0504 교통운영관리기술</td><td>40%</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">총괄연구개발명</td><td colspan="6">V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구개발 과제명</td><td>1세부</td><td colspan="6">군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발</td></tr>
<tr><td>2세부</td><td colspan="6">자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발</td></tr>
<tr><td colspan="2">전체 연구개발기간</td><td colspan="6">2018. 04. 30 - 2021. 12. 31(3년 9개월)</td></tr>
<tr><td colspan="2">총 연구개발비</td><td colspan="6">총 13,845,500천원
(정부지원연구개발비 : 9,851,000천원, 기관부담연구개발비 : 399,450천원,
지방자치단체 : - 천원, 그 외 지원금 : - 천원)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발단계</td><td colspan="2">기초[ ] 응용[ ] 개발[✔]
기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[ ]</td><td>기술성숙도</td><td colspan="3">착수시점 기준(2)
종료시점 목표(6)</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 유형</td><td colspan="6">지정공모 [✔] 자유공모 [ ]</td></tr>
<tr><td colspan="2">연구개발과제 특성</td><td colspan="6">실용화</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구개발목표 및 내용</td><td>최종 목표</td><td colspan="6">○ 군집주행 : 90km/h, 최소간격 12.5m, 최대 군집대열 3대
○ 공용도로 군집주행 연구실증
 
</td></tr>
<tr><td>전체 내용</td><td colspan="6">
<table>
<tr><th></th><th colspan="2">1세부</th><th></th><th colspan="2">2세부</th></tr>
<tr><td>시나리오</td><td>○ V2X기반 군집주행 시나리오 및 평가기술 개발
- V2X기반 군집주행 평가 시나리오 개발
- 군집주행 안전제어기술 평가환경 구성</td><td></td><td>시나리오</td><td>○ 군집주행 상용화 지원 기반 연구
- 전용·일반차로 군집운영 및 지원방안 수립연구</td><td></td></tr>
<tr><td>알고리즘</td><td>○ 군집주행 안전제어 기술개발
- V2V 상황인지 및 판단로직 개발
- 군집주행 경로생성, 추종 상위제어 로직 개발</td><td></td><td>알고리즘</td><td>○ 연구실증 최적 시나리오 선정 및 실증환경 구축, 고속도로 군집주행 운영 지원방안 수립</td><td></td></tr>
<tr><td>실차제작</td><td>○ 군집주행 시스템 및 차량개발
- 군집주행 시스템 및 실차개발
- V2X기반 군집주행 제어로직 구현</td><td></td><td>시스템개발</td><td>○ V2I기반 군집차량 안전서비스 제공기술 개발
○ 군집주행 서비스 플랫폼 기술 개발
○ 군집주행 지원 복합 통신기술 개발
○ 군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발</td><td></td></tr>
<tr><td>연구실증</td><td>○ V2X기반 군집주행 요구성능 평가 및 분석
- 군집주행 요구성능평가 및 분석
- 군집주행 실주행 성능평가</td><td></td><td>연구실증</td><td>○ 군집주행 시나리오 개발 및 연구실증 서비스 평가
○ V2I 정보기반 군집주행 평가시스템 개발 및 성능분석</td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

구분		1세부	2세부
1년차	목표	○ 군집주행 시스템 요구사항 정의 및 제어 컨셉 도출	○ 군집주행 지원 인프라 서비스 요구사항 정의 및 설계
	내용	○ V2V 협업을 통한 전방위 주행 환경 인지 및 주행상황 판단 기술개발 – 영상센서 기반 차선/차량 인지 기술 개발 ○ V2X 협업·인지 기반 군집주행 안전주행 기술 개발 – V2V 협력인지 군집주행 차량의 종방향 안전주행 기술 개발 ○ 군집차량의 주행 시나리오 및 평가 기술 개발 – 사고유형 기초 분석 및 시나리오 탐색 – 차량기준 I2V 요구사항 초안 ○ 군집주행 시스템이 적용된 시험차량 제작 및 요구성능 평가 – 군집주행 차량 컨셉, 상세 사양 확정 및 사전 제작 – 군집주행 V2X통신 모듈 사양 검토	○ 군집주행 상용화 지원 기반연구 – 군집주행 서비스 요구사항 정의 ○ 자동차 전용도로 군집주행 연구실증 인프라 기술개발 – 군집주행 실증연구 컨셉 도출 및 안전서비스 요구사항 도출 – 군집주행 운영 서비스 상위기획 및 운영 전략 수립 – 군집주행 안전서비스 요구사항 정의 – 복합통신 기지국 SW 설계 및 통합관제 모니터링 시스템 요구사항 정의 ○ V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화 – 안전·운영 서비스 시험평가 시스템 요구사항 정의
2년차	목표	○ 군집주행 제어기술 적용 및 V2X통신 모듈 적용 차량 제작	○ 군집주행 지원 인프라 서비스 알고리즘 및 SW 개발
	내용	○ V2V 협업을 통한 전방위 주행 환경 인지 및 주행상황 판단 기술개발 – V2V 협력인지 기반 차량 인지/추종 기술 개발 ○ V2X 협업·인지 기반 군집주행 안전주행 기술 개발 – V2V 협력인지 군집주행 차량의 횡방향 안전주행 기술 개발 ○ 군집차량의 주행 시나리오 및 평가 기술개발 – V2X 군집주행 평가 시나리오(10건 이상) 및 평가 모델 개발 – 군집주행 오프라인 가상화 시뮬레이션 환경 구성 ○ 군집주행 시스템이 적용된 시험차량 제작 및 요구성능 평가 – 군집주행용 차량 2대 제작 완료 – V2V기반 군집주행 성능 요구사양 도출 및 운영기술 평가/시연(테스트트랙)	○ 군집주행 상용화 지원 기반연구 – 군집주행 기술의 국가교통체계 수용성 분석 (화물차 특성, 교통량 관점) – 군집주행 기술의 국가교통체계 수용성 분석 (차량제원을 고려한 도로시설 관점) ○ 자동차 전용도로 군집주행 연구실증 인프라 기술개발 – 연구실증 대상지 선정 및 실증환경 구축, 안전서비스 시나리오·메시지 개발 – 군집주행 운영 서비스 정의 및 알고리즘 개발 – 군집주행 안전서비스 시스템 설계 및 통신 규약 개발 – 복합통신 기지국 SW 개발 및 통합관제 모니터링 시스템 SW/HW 개발 ○ V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화 – 안전·운영 서비스 시험평가 시스템 설계 및 인터페이스 정의
3년차	목표	○ 군집주행 안전주행 제어기술 개발 및 시스템 평가	○ 군집주행 지원 인프라 서비스 시스템 개발
	내용	○ V2V 협업을 통한 전방위 주행 환경 인지 및 주행상황 판단 기술개발 – V2V/V2I 협력인지 기반 대열유지 및 합류/이탈 인지 및 판단 기술 개발 ○ V2X 협업·인지 기반 군집주행 안전주행 기술 개발 – V2V/V2I 협력인지 기반 비정상 및 긴급 주행상황에 대한 안전제어 기술 개발	○ 군집주행 상용화 지원 기반연구 – 군집주행 위험관리 방안(도로시설, 교통량 조건을 감안한 배제조건 등) 마련 – 전용차로·일반차로 군집주행 운영전략 수립 ○ 자동차 전용도로 군집주행 연구실증 인프라 기술개발 – 군집주행 연구실증 최적 시나리오 선정, 공용·비공용도로 연구실증

			○ 군집차량의 주행 시나리오 및 평가 기술개발 - V2X 군집주행 평가 시나리오(20건 이상) - 가상화 시뮬레이션 환경에서 비정상 주행 환경을 고려한 군집주행 제어기술 평가 ○ 군집주행 시스템이 적용된 시험차량 제작 및 요구성능 평가 - 군집주행 차량 추가 제작(1대, FV) 및 V2I용 통신모듈 탑재 - 비공용도로 운영기술 평가, 공용도로 연구실증(3대, 차선유지)	- 군집주행 플랫폼 API 및 모바일 어플리케이션 개발, 관제시스템 개발 - 군집주행 인프라 안전서비스 개발 및 기능 통합 - 복합통신 기지국, 통합관제 모니터링 시스템 구축 ○ V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화 - 안전·운영 서비스 시험평가 시스템 설계 및 인터페이스 정의
	4년차	목표	○ 군집주행 제어기술 고도화 및 시스템 평가	○ 군집주행 지원 인프라 서비스 실증
		내용	○ V2V 협업을 통한 전방위 주행 환경 인지 및 주행상황 판단 기술개발 - V2V/V2I 협력인지 기반 비정상 및 긴급 주행상황 인지 및 판단 기술 개발 ○ V2X 협업·인지 기반 군집주행 안전주행 기술 개발 - V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 안전 주행 제어 기술 성능 최적화 ○ 군집차량의 주행 시나리오 및 평가 기술개발 - 군집주행 평가 시나리오(30건 이상) 및 연구실증 평가 시나리오(5건 이상) - 가상화 시뮬레이션 환경에서 군집주행 안전제어 로직 검증 ○ 군집주행 시스템이 적용된 시험차량 제작 및 요구성능 평가 - 군집주용 차량 추가 재작(1대, FV) 및 시스템 개선 사양 반영 - V2X 기반 군집주행 성능 요구사양 도출 - 공용도로 연구실증(3대, 차선유지)	○ 군집주행 상용화 지원 기반연구 - 군집주행 운영 시나리오 마련 - 군집주행 관련 정책제안(법, 제도, 고속도로 운영방안 등) - 군집주행을 활용한 사업화 모델 개발 ○ 자동차 전용도로 군집주행 연구실증 인프라 기술개발 - 공용도로 연구실증 및 피드백 - 군집주행 운영 서비스 플랫폼 시스템 규격화 - V2X 안전서비스 시스템 성능 검증 및 개선 - 복합통신 기지국, 통합관제 모니터링 시스템 검증 및 고도화 ○ V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화 - 군집주행 안전 및 운영서비스 평가결과 피드백 - V2X기반 안전 및 운영서비스 표준화
연구개발성과		1세부	○ 주행 환경 인지/판단 기술 및 군집주행 제어 기술 ○ 군집주행차량 제작 및 군집주행 V2X통신 모듈 개발 및 탑재 ○ 군집주행 차량 디지털클러스터 (기구, HW, SW) ○ 군집주행 시스템 평가 (2차년도 2대, 3차년도 3대, 4차년도 4대) ○ 군집주행 시스템 평가 시나리오 및 기술	
		2세부	○ 군집주행 안전서비스 데이터 규격 및 LDM 시스템 ○ 군집주행 안전서비스 기지국 SW(통신규격개발, C-ITS연동 등) ○ 군집차량 정보수집 장치 및 서비스 평가시스템 ○ 군집차량 정보수집 장치 및 센터 모니터링 시스템 ○ 운영서비스 플랫폼, 모바일 어플리케이션, 사업화모델 ○ 군집주행 운영전략, 관련 법·제도 제안, 파급효과 분석 ○ 군집주행 여건분석, 서비스 컨셉/아키텍처 개발, 수용성 분석	
연구개발성과 활용방안 및 기대효과			**[연구개발성과 활용계획]** ○ 군집주행 선두/추종 차량 제작 및 실증으로 군집주행차량 제조 원천기술 확보 ○ 군집주행 운영전략 수립, 안전성 위험 관리, 파급효과 분석, 법·제도 개선 및 정책제안, 표준 마련 등을 통한 실용화 추진시 활용 ○ 군집주행 안전서비스 기술은 자동차융합기술원 “새만금지역 상용차 자율주행 테스트베드 구축사업(‘22)”에 활용될 예정이며, 자율주행차 교통물류기본계획 군집주행 시범사업 등에 기여할 것이며, 향후 상용차를 위한 V2X 인프라 서비스의 레퍼런스 기술이 될 것으로 전망	

	○ 군집주행 운영서비스 기술은 군집주행 기술 상용화시 기존 민간 화물운송 서비스(24, 화물맨, 고트럭 등) 또는 공공부문의 화물운송 서비스에 플랫폼 형태로 활용될 것으로 전망 ○ 화물차 군집주행의 도입 및 운영을 위해 필요한 기존 법·제도의 개선 항목을 도출하고, 신규로 규제가 요구되는 항목을 발굴하여, 이를 통해 소관부처(자율주행 법제도 개선 워킹그룹)에 제공하여 실제 법·제도 개선에 기여하여 향후 반영될 것으로 전망 **[기대효과]** ○ 연비개선, 환경오염저감, 인건비절약, 도로용량증대, 안전성 향상 등 차량, 환경, 산업 분야에 다양한 편익 발생 기대 ○ 군집주행 기술을 통한 주행환경의 안전·쾌적성 향상과 화물주행 노동복지 실현 기대
연구개발성과의 비공개여부 및 사유	해당없음

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술요약정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명정보	생물자원		정보	실물
	16	출원 22 등록 8	-	3	-	23	2	-	-	-	-	-

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	ZEUS 등록번호
	한국자동차연구원	군집주행 시나리오 생성 및 평가 시뮬레이션 SW	RCP & HIL Software	1	19.06.04	181,214	dSPACE 코리아 (02-570-9110)	한국자동차연구원 (본원)	NFEC-2019-11-258732
	국민대학교 산학협력단	군집주행 제어기술 실시간성 검증 제어기	Micro AutoBox II	1	19.9.20	34,485	dSPACE 코리아 (02-570-9110)	국민대학교 산학협력관 3층3호실	NFEC-2019-09-257872
	국민대학교 산학협력단	군집주행 제어기술 실시간성 검증 제어기	Micro AutoBox II	1	19.9.23	34,485	dSPACE 코리아 (02-570-9110)	국민대학교 산학협력관 3층3호실	NFEC-2019-09-257855

국문핵심어 (5개 이내)	화물차 군집주행	군집주행차량	군집주행 인프라	V2X 통신	군집주행 운영기술
영문핵심어 (5개 이내)	Truck platooning	Platooning Vehicle	Infrastructure for platooning	V2X Communication	Platooning technology

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 7

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용 ····· 19

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도 ····· 23

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성) ····· 179

5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도 ····· 180

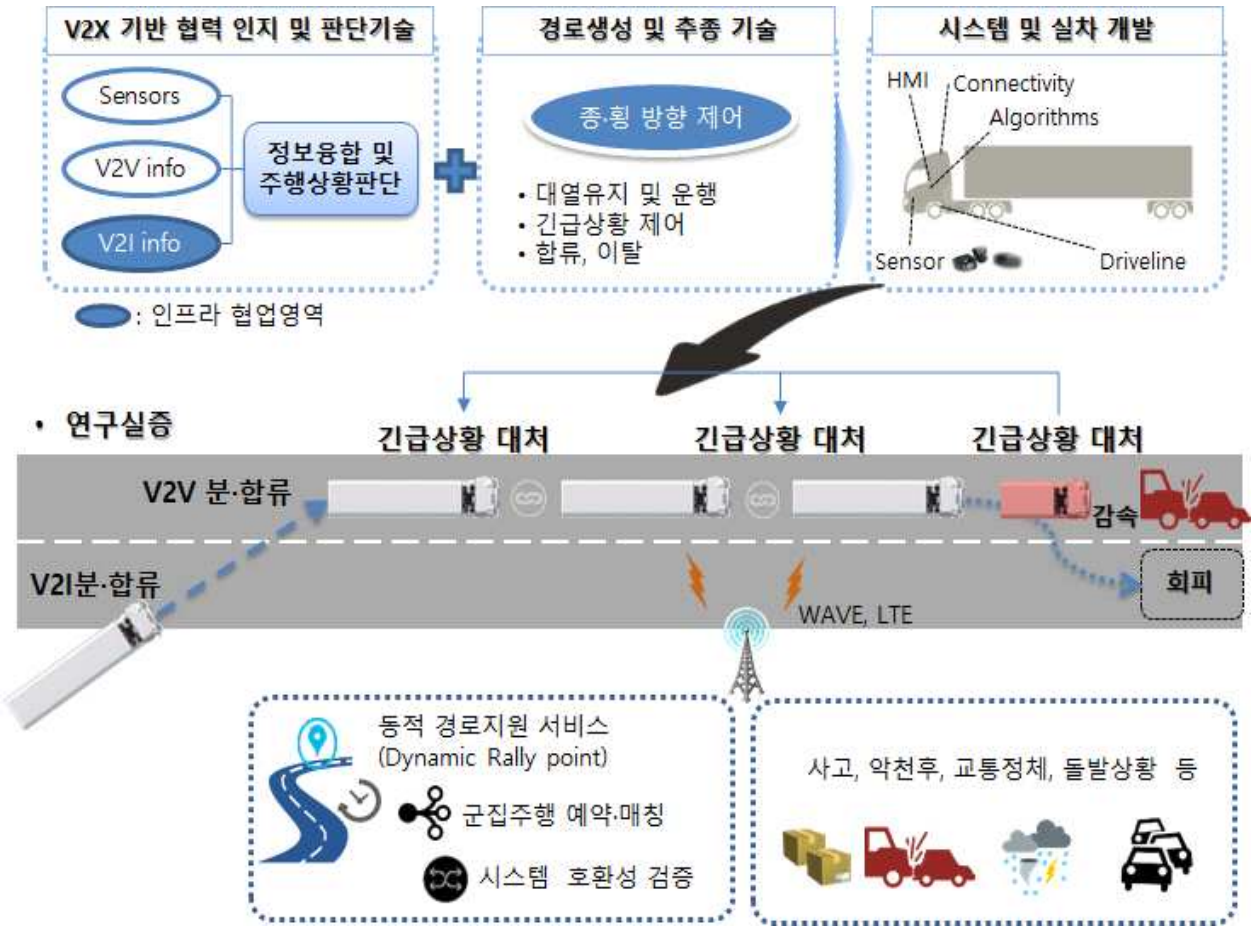
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획 ····· 190

1. 연구개발과제의 개요

1) 연구개발과제의 최종 목표

○ 화물차를 대상으로 자율주행 기술을 적용하여 군집주행 기술을 구현하고, 자동차 전용도로에서 V2X기반으로 인프라·차량 협력으로 안전과 운영 효율성을 향상시키는 군집주행 서비스 운영기술 개발

- (차량제어) 안정적인 연결성(V2X)을 유지하며, 기본적인 동작모드(합류·이탈, 긴급/이상상황)별 주행시나리오에 의해 통합적으로 인지·판단·제어를 실행하는 차량기술 개발
- (인프라) 도로교통 정보 인프라(V2X)가 지원되는 자동차전용도로에서 실시간 위치기반으로 도로교통 정보를 제공하며, 다양한 서비스 시나리오를 통해 군집주행의 안전성과 효율성(군집형성 등)을 향상하는 서비스 인프라 시스템 개발 및 연구실증



* 화물차종류 : 6×2 트랙터 + 트레일러(40ft)가 연결된 화물차량
* 차량속도 : 90km/h
* 차량간격 : 0.5s(Time gap)
* 최대 군집대열 대수 : 3대
* 대상도로 : (고속도로 등)자동차 전용도로

2) 연구개발과제의 년차별 목표

[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

○ V2V 협업을 통한 전방위 주행 환경 인지 및 주행상황 판단 기술개발

- (1차년도) 영상센서 기반 차선/차량 인지 기술 개발
- (2차년도) V2V 협력인지 기반 차량 인지/추종 기술 개발
  - · 환경센서 및 V2V 융합 정보 기반 차량 인지/추종 기술 개발
  - · 필요스펙 및 요구사항 도출(협력인지 센서 3EA 이상, V2V통신 포함)
- (3차년도) V2V/V2I 협력인지 기반 대열유지 및 합류/이탈 인지 및 판단 기술 개발
  - · 관제 센터 연계 V2I 정보 기반 군집주행 차량 인지 및 판단

  V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 주행환경 인지/판단 기술 성능 최적화
  - · 차선 및 차량 인지 정확도/추종 성능 최적화
- (4차년도) V2V/V2I 협력인지 기반 비정상 및 긴급 주행상황 인지 및 판단 기술 개발
  - · V2V/V2I 협력인지 정보 기반 군집주행 주행 위험도 인지 및 판단

○ V2X 협업·인지 기반 군집주행 안전주행 기술 개발

- (1차년도) V2V 협력인지 군집주행 차량의 종방향 안전주행 기술 개발
  - · V2V 협력인지 정보 기반 동적 차간 거리 생성/추종 기술 개발
  - · 가상화 시뮬레이션 환경 기반 종방향 제어 기술 검증
- (2차년도) V2V 협력인지 군집주행 차량의 횡방향 안전주행 기술 개발
  - · V2V 협력인지 정보 기반 대열 유지를 위한 동적 경로 생성/추종 기술 개발
  - · 가상화 시뮬레이션 환경 기반 횡방향 제어 기술 검증

  실차기반 군집주행 안전주행 기술 시연(테스트트랙)
  - · V2V 협력인지 기반 군집주행 종/횡방향 제어 기술 시연
  - · 시험 주행로(비공용도로)에서 제한적 군집주행 구현 : 군집차량 2대
- (3차년도) V2V/V2I 협력인지 기반 비정상 및 긴급 주행상황에 대한 안전제어 기술 개발
  - · 긴급 주행상황 발생 시 대열 차량 간 위험상황 회피 기술
  - · 군집주행 차량 이상상황 판단 및 제어모드 전환 기술 개발

  군집주행 안전주행 기술 실증(비공용/공용 도로)
  - · V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 종/횡방향 제어 기술 시연
  - · 공용 도로에서 제한적 군집주행 구현 : 군집차량 3대
- (4차년도) V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 안전주행 제어 기술 성능 최적화
  - · 최적 경제운전을 위한 대열 정렬 기술 개발

  실차기반 군집주행 안전주행 기술 시연(비공용/공용 도로)
  - · V2X 및 관제서비스 연계를 통한 군집주행 연구실증

○ 군집차량의 주행 시나리오 및 평가 기술개발

- (1차년도) 사고유형 기초 분석 및 시나리오 탐색

차량기준 I2V 요구사항 초안

· 군집주행의 안전 서비스 요구사항 도출(긴급상황, 노면 및 환경정보 등)

- **(2차년도)** V2X 군집주행 평가 시나리오(10건 이상) 및 평가 모델 개발

군집주행 오프라인 가상화 시뮬레이션 환경 구성

· 군집차량, V2X 통신 모사, 주변차량과 시나리오 모델 등 적용

- **(3차년도)** V2X 군집주행 평가 시나리오(20건 이상)

· 비 군집차량이 군집주행 사고위험을 유발하는 평가 시나리오(Cut-In 등)

제어기 평가를 위한 실시간 가상화 시뮬레이션 환경 구성

가상화 시뮬레이션 환경에서 비정상 주행환경을 고려한 군집주행 제어기술 평가

· 하드웨어 제어기 및 통신모듈 연동, 긴급 및 안전조건 시나리오 적용

- **(4차년도)** 군집주행 평가 시나리오(30건 이상) 및 연구실증 평가 시나리오(5건 이상)

· V2X 기반 군집주행 요구성능 평가 시나리오 선정, 공용도로상 연구실증용 평가시나리오 확정

가상화 시뮬레이션 환경에서 군집주행 안전제어 로직 검증

· V2X의 운영 시나리오별 요구성능지표별 군집주행 제어기의 요구사항 검증, 비정상 및 긴급 운행 시나리오에 따른 대응전략 검증

○ 군집주행 시스템이 적용된 시험차량 제작 및 요구성능 평가

- **(1차년도)** 군집주행 차량 컨셉, 상세 사양 확정 및 사전 제작

군집주행 V2X통신 모듈 사양 검토

· V2V, V2I, 전방차량 영상 전송을 위한 시스템 검토

- **(2차년도)** 군집주행용 차량 2대 제작 완료

V2V기반 군집주행 성능 요구사양 도출 및 운영기술 평가/시연(테스트트랙)

· 차량의 종/횡방향 제어성능 및 합류/유지/이탈 등의 운영기술 평가

- **(3차년도)** 군집주행 차량 추가 제작(1대, FV) 및 시스템 개선 사양 반영

V2X기반 군집주행 성능 요구사양 도출 및 V2I용 통신모듈 탑재

비공용도로 운영기술 평가, 공용도로 연구실증(3대, 차선유지)

· 인프라 연계한 V2I정보 반영 시나리오 주행 평가

· 군집주행 안전제어기술 연계 요구사항 평가

- **(4차년도)** 군집주용 차량 추가 재작(1대, FV) 및 시스템 개선 사양 반영

V2X 기반 군집주행 성능 요구사양 도출

· 군집주행 성능 : Time Gap(0.5S), 속도(90km/h 이상)

비공용도로 운영기술 평가/시연(4대), 성능 육성 공용도로 연구실증(3대, 차선유지)

· 차량-도로인프라 연계한 공용도로 군집주행 연구 실증

[2세부 : 자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발]

○ 군집주행 상용화 지원 기반연구

- (1차년도) 군집주행 서비스 요구사항 정의
- (2차년도) 군집주행 기술의 국가교통체계 수용성 분석(화물차 특성, 교통량 관점)

· 가능 차종/품목, 차종/품목별 교통량 및 O/D, 화물차 관련 교통패턴

군집주행 기술의 국가교통체계 수용성 분석(차량제원을 고려한 도로시설 관점)

· 군집주행 불가능 구간 정의, 군집주행을 위한 기하구조 등 도로시설

- (3차년도) 군집주행 위험관리 방안(도로시설, 교통량 조건을 감안한 배제조건 등)

· 차종분류체계 및 운행제한 기준, 화물차 운행 행태·실태

전용차로·일반차로 군집주행 운영전략

· 전용차로·일반차로 운영방안(시간·차로·구간 등), 자동차관리법·도로교통법 등의 군집주행 관련 사항 조사 및 법률자문, 운수사업자 및 종사자 군집주행 활성화 지원제도 검토

- (4차년도) 군집주행 운영 시나리오

· 일반차량·군집주행차량 혼재상황 운영시나리오, 시나리오별 논리 및 물리 아키텍쳐군집주행 파급효과 분석, 군집주행 운전자 인간공학 특성분석

군집주행 관련 정책제안(법, 제도, 고속도로 운영방안 등)

군집주행을 활용한 사업화 모델 개발

○ 자동차 전용도로 군집주행 연구실증 인프라 기술개발

- (1차년도) 군집주행 실증연구 컨셉 도출 및 안전서비스 요구사항 도출

· ad-Hoc, Scheduled 등 군집주행 운영방안 컨셉 및 실증후보지 도출, 트럭 V2X 메시지 개발을 위한 요구사항 정의 및 국제표준 Use-case 분석

군집주행 운영 서비스 상위기획 및 운영전략 수립

· 요구사항 및 기능정의, 선도국 서비스 벤치마킹, 다변화 상황 적용 등

군집주행 안전서비스 요구사항 정의

· 해외 선도국 화물차 안전서비스 분석, 화물차 군집주행 위험요인·인프라 서비스 시나리오 분석 및 필요기능, 요구사항 정의

복합통신 기지국 SW 설계 및 통합관제 모니터링 시스템 요구사항 정의

- (2차년도) 연구실증 대상지 선정 및 실증환경 구축, 안전서비스 시나리오·메시지 개발

· 컨셉 기반 연구실증 환경구축, V2X 안전서비스 시나리오·메시지 개발

군집주행 운영 서비스 정의 및 알고리즘 개발

· 군집주행 선두·추종차량 매칭 알고리즘 개발, 실시간 교통정보 반영 합류위치 및 합류/이탈 이후 이동경로 안내기능 개발, 모바일 단말기용 어플리케이션 인터페이스 프로토타입 개발

군집주행 안전서비스 시스템 설계 및 통신규약 개발

· 군집주행 안전서비스 LDM Layer 3,4 데이터 모델 설계, 군집주행 안전서비스 I2V 메시지 표준에 따른 통신규약 개발

복합통신 기지국 SW 개발 및 통합관제 모니터링 시스템 SW/HW 개발

– (3차년도) 군집주행 연구실증 최적 시나리오 선정, 비공용도로 연구실증(시나리오 5개 이상)

· 핵심기술 기반 최적 연구실증 시나리오 선정, 비공용 실도로 연구실증

군집주행 플랫폼 API 및 모바일 어플리케이션 개발, 관제시스템 개발

· 실시간 교통정보 연계, 모바일 어플리케이션 연계 서버 API개발, 돌발상황 대처가능 관제시스템, 시스템 분석 및 개선을 위한 빅데이터 시스템

군집주행 인프라 안전서비스 개발 및 기능 통합

· LDM-RSU 연동 인터페이스, 시험용 이벤트 생성 SW개발, LDM-모니터링 시스템 연동 인터페이스, LDM-군집주행 운영 서비스 시스템 연동 인터페이스

복합통신 기지국, 통합관제 모니터링 시스템 구축

– (4차년도) 공용도로 연구실증 및 피드백

· 주행특성 데이터 모니터링, 시스템 문제점 점검 및 보완점 도출

군집주행 운영 서비스 플랫폼 시스템 규격화

· 군집주행 플랫폼 시스템 매뉴얼 문서화, B2B/B2C 솔루션 모델 개발

V2X 안전서비스 시스템 성능 검증 및 개선

· 실증평가 기반 인터페이스 고도화, 연구실증결과 분석 및 문제점 개선

복합통신 기지국, 통합관제 모니터링 시스템 검증 및 고도화

○ **V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화**

– (1차년도) 안전·운영 서비스 시험평가 시스템 요구사항 정의

· 각 주체별 특성분석, 평가시나리오(안) 협의 및 정의, 필요 인터페이스 정의

– (2차년도) 안전·운영 서비스 시험평가 시스템 설계 및 인터페이스 정의

· 시험평가 데이터 수집을 위한 주체별 인터페이스 협의 및 정의, 시험평가 시스템 설계, 시험평가 시스템 시작품 제작 및 시스템 연동

– (3차년도) 군집주행 안전 및 운영서비스 평가시스템 개발 및 평가

· 시험주로·비공용도로 대상 군집주행 평가방법 설계, V2X 서비스 데이터관리·정보교환 시각화 GUI기반 UI/UX개발, 비공용도로 실증결과 평가

– (4차년도) 군집주행 안전 및 운영서비스 평가결과 피드백

· 공용도로 대상 연구실증 성능시험 및 평가, 연구실증 서비스 시나리오 기반 평가시스템 설계 개선 및 기능 확장, 표준메시지 요구사항 반영

V2X기반 안전 및 운영서비스 표준화

[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2018)	주행 환경 인지/판단 기술 및 군집주행 제어 기술개발	영상센서 기반 차선 인지 기술 (차선인지 정확도)	딥러닝 기반 차선인지 기술	80%	-	26.7
		영상센서 기반 차량 인지 기술 (차량인지 정확도)	딥러닝 기반 차량인지 기술	80%	-	
		군집주행 종방향 제어 컨셉 보고서	-	1건	-	

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
		군집주행 종방향 제어 기술 (차간거리 유지성능)	-	90%	제어목표성능 (최종98%)	
	차량제작 및 V2X통신 모듈 적용	군집차량 컨셉 및 상세사양 검토 보고서	-	1건	-	30.6
		V2X통신 컨셉 및 상세사양 검토 보고서	-	1건	-	
	군집주행 차량 디지털클러스터 개발	개발요구사항 정의서	-	1건	-	13.2
		개발사례조사 및 선행기술조사 보고서	-	1건	-	
	군집주행 노선 검토 및 노선답사 / 시험준비	군집주행을 위한 사전준비 보고서	-	1건	-	17.8
		시험방안 및 시험방법 수립 보고서	-	1건	-	
	군집주행 시나리오 개발	사고유형 기초 분석 및 시나리오 탐색 보고서	-	1건	-	11.7
		차량기준 I2V 요구사항 초안 보고서	-	1건	-	
		군집주행 평가 시나리오 보고서	(국외) ENSEMBLE Project	5건 이상	-	
2년차 (2019)	주행 환경 인지/판단 기술 및 군집주행 제어 기술개발	영상센서 기반 차선 인지 기술 (차선인지 정확도)	딥러닝기반 차선인지 기술	90%	-	14.7
		V2V 협력인지 기반 차량 인지/추종 기술 (차량인지 정확도)	딥러닝 기반 차량인지 기술	85%	-	
		군집주행 횡방향 제어 컨셉 보고서	-	1건	-	
		군집주행 종방향 제어 기술 (차간거리 유지성능)	-	94%	제어목표성능 (최종:98%)	
		군집주행 횡방향 제어 기술 (경로 추종오차)	-	0.3m	제어목표성능 (최종:0.1m)	
	차량제작 및 V2X통신 모듈적용 / 군집주행 시연	LV.3 군집주행 시스템 탑재차량 제작	-	2대	실차 제작	48.7
		V2V통신 모듈 적용	-	2대	실차 장착	
		군집주행 차량속도 요구사항	Volvo('18) 62 mph (99.8 kph)	60kph	실차 속도 성능	
		군집주행 차량간격 요구사항	Volvo ('18) 1.5s	1s	실차 차간거리 유지 성능	
		군집주행 차량거리 오차 요구사항	-	0.5m	제어목표 수준 이상	
		군집주행 선두차량 최대감가속도 요구사항	-	0.3g	-	
		군집주행 V2V 통신주기 및 요구사항	-	20ms	-	

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
		군집주행 전체연비 요구사항	-	4%	-	
	군집주행 차량 디지털클러스터 개발	하드웨어/기구 설계서	ES,MS 기준 만족	1건	완성차 OEM 설계 기준	12.4
		경고/표시등 반응속도	100msec	300msec	완성차 ES 기준	
		속도계오차	1%	1.5%	완성차 ES 기준	
		Odo/Trip meter 오차	0.05%	0.2%	완성차 ES 기준	
		Gauge 표시오차	0.5%	1%	완성차 ES 기준	
	군집주행 시스템 평가	시스템 신뢰성 평가(1.5만km/대*2대) 개별주행	-	3만km	-	13.3
		V2V 연계 시스템 개발 평가(0.5만km/대*2대) 군집주행	-	1만km	-	
		연비 평가	-	2대	HMC 연비개발 프로세스	
	군집주행 시나리오 및 평가기술 개발	군집주행 평가 시나리오	(국외) ENSEMBLE Project	10건 이상	기획보고서	10.9
		오프라인 가상화 시뮬레이션 환경 구성	-	1건	-	
3년차 (2020)	주행 환경 인지/판단 기술 및 군집주행 제어 기술개발	V2V/V2I 협력인지 기반 대열유지 및 부문 합류/이탈 인지/판단 기술 보고서	-	1건	-	19.7
		V2V/V2I 협력인지 기반 위험상황 인지/판단 기술 (위험상황 인지/판단 정확도)	딥러닝 기반 차선인지 및 주행 차선 구분 기술	80%	-	
		군집주행 통합 종/횡방향 제어 컨셉 보고서	-	1건	-	
		군집주행 통합 종/횡방향 제어 기술	-	96% (차간거리 유지성능)	제어목표성능 (최종:98%)	
			-	0.2m (경로 추종오차)	제어목표성능 (최종:0.1m)	
	차량제작 및 V2X통신 모듈적용 / 군집주행 시연	Lv.3 군집주행 시스템 탑재차량 추가 제작	-	1대	실차 제작	34.5
		군집주행 차량 개선 사항 반영	-	1건	-	
		V2I통신 모듈 적용	-	3대	실차 장착	
		V2V통신 모듈 적용	-	1대	실차 장착	
		군집주행 차량속도 요구사항	Volvo('18) 62 mph (99.8 kph)	80kph	실차 속도 성능	
		군집주행 차량간격 요구사항	Volvo ('18) 1.5s	0.7s	실차 차간거리 유지 성능	
		군집주행 차량거리오차 요구사항	-	0.4m	제어목표 수준 이상	

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
		군집주행 선두차량 최대감가속도 요구사항	-	0.4g	-	
		군집주행 전체연비 요구사항	-	5%	-	
	군집주행 차량 디지털클러스터 개발	하드웨어/기구 수정 설계서	ES,MS 기준 만족	1건	완성차 OEM 설계 기준	17.3
		경고/표시등 반응속도	100msec	200msec	완성차 ES 기준	
		속도계오차 (%)	1%	1.2%	완성차 ES 기준	
		Odo/Trip meter 오차	0.05%	0.15%	완성차 ES 기준	
		Gauge 표시오차	0.5%	0.7%	완성차 ES 기준	
		CAN NM 분석 결과서	완성차 통신검증 수준	1건	-	
	군집주행 시스템 평가	시스템 신뢰성 평가(1.5만km/대*3대) 개별주행	-	4.5만km	-	22.0
		V2X 연계 시스템 개발 평가(0.5만km/대*3대) 군집주행	-	1.5만km	-	
		연비 평가 보고서	-	3대	HMC 연비개발 프로세스	
	군집주행 시나리오 및 평가기술 개발	군집주행 평가 시나리오	(국외) ENSEMBLE Project	20건 이상	기획보고서	6.5
		실시간 가상화 시뮬레이션 환경 구성	-	1건	시뮬레이션 기반 평가 환경구축	
		안전제어 평가보고서	-	1건	결과보고서	
4년차 (2021)	주행 환경 인지/판단 기술 및 군집주행 제어 기술개발	V2V/V2I 협력인지 기반 대열유지 및 부문 합류/이탈 인지/판단 기술 최적화 보고서	딥러닝 기반 차량 인지 기술	1건	-	20.3
		V2V/V2I 협력인지 기반 위험상황 인지/판단 기술 최적화 (위험상황인지/판단 정확도)	딥러닝 기반 차선인지 및 주행 차선 구분 기술	90%	-	
		군집주행 통합 종/횡방향 제어 기술 성능 최적화	-	98% (차간거리 유지성능)	제어목표성능 (최종:98%)	
			-	0.1m (경로 추종오차)	제어목표성능 (최종:0.1m)	
	차량제작 및 V2X통신 모듈적용 / 군집주행 시연	Lv.3 군집주행 시스템 탑재차량 추가 제작	-	1대	실차 제작	43.6
		군집주행 차량 개선사항 반영	-	1건	-	

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
		V2I통신 모듈 적용	-	1대	실차 장착	
		V2V통신 모듈 적용	-	1대	실차 장착	
		군집주행 차량속도 요구사항	Volvo('18) 62 mph (99.8 kph)	90kph	실차 속도 성능	
		군집주행 차량간격 요구사항	Volvo ('18) 1.5s	0.5s	실차 차간거리 유지 성능	
		군집주행 차량 거리오차 요구사항	-	0.25m 이내	제어목표 수준 이상	
		군집주행 전체연비 요구사항	-	6%	-	
	군집주행 차량 디지털클러스터 개발	하드웨어/기구 설계서	ES,MS 기준 만족	1건	완성차 OEM 설계 기준	11.8
		경고/표시등 반응속도	100msec	100msec	완성차 ES 기준	
		속도계오차	1%	1%	완성차 ES 기준	
		Odo/Trip meter 오차	0.05%	0.05%	완성차 ES 기준	
		Gauge 표시오차	0.5%	0.5%	완성차 ES 기준	
	군집주행 시스템 평가	시스템 신뢰성 평가(1.5만km/대*4대) 개별주행	-	6만km	-	17.8
		V2X 연계 시스템 개발 평가(0.5만km/대*4대) 군집주행	-	2만km	-	
		안전요건 검증	-	5건	군집주행 임시 운행허가 기준	
		연비 평가	-	4대	HMC 연비개발 프로세스	
		평가 종합 보고서	-	1건	-	
	군집주행 시나리오 및 평가기술 개발	군집주행 평가 시나리오	(국외) ENSEMBLE Project	30건 이상	기획보고서	6.4
		연구실증 시나리오	-	5건	기획보고서	

[2세부 : 자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발]

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
1년차 (2018)	군집주행 운영방안 수립 및 연구실증	실증 사례· 요구사항·컨셉안 도출 및 실증지 후보군 설정 보고서	COMPANION 군집주행 컨셉 및 공도 실증 프로젝트	1건	유럽의 군집주행 최신 프로젝트 컨셉 및 실증 범위	1.1
	V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화	군집주행 시나리오 및 메시지 현황조사 보고서	-	1건	-	0.5
		군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 개발 정의서	-	1건	-	

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
	서비스 플랫폼 상위기획	요구사항 및 기능 정의서	가상환경 수준 검증 (EU COMPANION)	1건	공용도로 연구실증을 위한 시스템 요구사항 분석	0.9
		서비스 플랫폼 상위기획서	-	1건	-	
	군집차량 안전서비스 시스템SW	군집차량 안전서비스 요구사항 정의 보고서	자율협력주행 도로시스템 개발 및 C-ITS 시범사업	1건	화물차 거동특성 반영 요구사항 정의 필요	0.7
	V2I 기반 군집주행 평가 방법 및 관련 조사	군집주행 관련 평가 사례 및 표준 조사 보고서	해외 프로젝트 (SARTRE 등) 군집성능 및 효과	1건	군집주행 평가요소(Energy ITS) 및 Use Case(SRTRE)	0.4
	군집주행 지원을 위한 복합 통신기술 개발	군집주행 지원 기지국 S/W 설계서	-	1건	-	0.4
	군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발	요구사항 분석 및 아키텍쳐 설계 분석서	-	1건	운영/관제 센터 운영을 위한 설계, 분석	0.4
2년차 (2019)	군집주행 운영방안 수립 및 연구실증	군집주행 여건 분석 및 구간설정 방안	-	1건	-	7.0
		실증 통합관제 시스템 아키텍처 개발 및 실증지 선정	해외 연구결과(SARTRE, ENSEMBLE) 시스템 초안 제시	1건	해외 프로젝트 시스템 분석 및 군집주행을 위한 인프라 시스템 및 교통조건 분석	
	V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화	군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 개발	-	20개	과제제안 요구서 (20개 이상)	3.0
		군집주행을 위한 메시지 표준화	-	1건 (ITSK 단체표준 채택)	과제제안 요구서	
	군집차량 서비스 플랫폼 기능 개발	군집차량 매칭 알고리즘 SW 개발	-	1건	군집 서비스 플랫폼 핵심기술	5.4
		합류지 및 이동경로 안내기능 SW 개발	-	1건	군집 서비스 플랫폼 핵심기술	
		인터페이스 프로토타입 SW 구현	-	1건	군집 서비스 플랫폼 핵심기술	
	군집차량 안전서비스 시스템SW	군집차량 안전관련 동적정보항목 설계서	-	1건	안전서비스 설계 결과 산출물	3.2
		군집차량 안전서비스 애플리케이션 개발	-	1건	안전서비스 기능 구현 결과	
	V2I 기반 군집주행 평가 시스템	V2I 기반 군집주행 평가 시스템 설계서	美 OmiiAir 컨소시엄 C-ITS기준 등	1건	과제제안 요구서 및 군집주행 특성반영	2.9
	군집주행 지원을 위한 복합 통신기술 개발	C-ITS, 자율협력주행 도로시스템 연계 기지국 SW	-	1건	기획보고서	2.7
	군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발	모니터링 시스템 SW	-	1건	운영/관제 센터 운영을 위한 SW	3.5
		센터 하드웨어 및 서버 구축 결과서	-	1건	구축 보고서	
	전용·일반 차로군집 운영 방안 수립	군집주행을 위한 도로 네트워크 분석서	-	1건	고속도로 군집주행 운영 적정 구간 분석	2.1

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
		전용차로 군집주행서 운영전략 분석서	-	1건	고속도로 군집주행 전용차로 운영 전략 검토	
3년차 (2020)	군집주행 운영방안 수립 및 연구실증	군집주행 제어권 설정단계별 운영방안 수립 정의서	-	1건	-	7.5
		VR 기반 군집주행 분석환경 구축 정의서	SILS(SW In the Loop)수준 분석환경	1건	군집주행 및 VR 특성 반영	
		연구실증 시나리오 선정 및 비공용도로 연구실증 보고서	해외실증 사례 (日 Energy ITS 등)	1건	해외사례 및 과제 제안 요구반영	
	V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화	군집주행 서비스 시험평가 시나리오 개발	-	1건 (비공용도로 시나리오 보고서)	과제제안 요구서	4.4
				1건 (ITSK 단체표준 채택)		
		비공용도로 시험평가 시나리오	-	1건	과제제안 요구서	
		군집주행을 위한 메시지 표준화	-	1건 (ITSK 단체표준 제정)	과제제안 요구서	
	군집주행 서비스 플랫폼 및 관제시스템 개발	군집차량용 모바일 어플리케이션 개발	-	1건	군집 주행 합·분류 기능구현	10.5
		군집주행 서비스 플랫폼 서버개발	-	1건	군집 주행 합·분류 기능구현	
		관제시스템 개발	-	1건	공용/비공용 도로 연구실증	
	군집차량 안전서비스 시스템SW	군집차량 안전관련 동적정보항목 설계서	-	3건	-	4.0
		군집차량안전서비스 애플리케이션 정보처리 성능 (처리시간)	-	300ms	최종 성능목표(100ms) 의 단계 목표	
	V2I 기반 군집 주행 평가 시스템 시작품	V2I 기반 군집 주행 평가 시스템 (최대접속장비수 : 7대)	-	1건	-	2.7
		비공용도로상 군집 주행 평가 보고서	-	1건	-	
	군집주행 지원을 위한 복합 통신기술 개발	군집주행 지원 기지국 인터페이스 SW	-	1건	I2V 기지국 기능개발	1.8
	군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발	모니터링 시스템 고도화(SW)	-	1건	군집주행 관제 시스템 개발	4.3
	군집운행 제도개선 방안 수립	일반차로 군집주행 운영전략 분석서	-	1건	고속도로 군집주행 혼용차로 운영 전략 검토	2.6
		군집주행을 위한 기하구조 개선방향 정의서	-	1건	고속도로 화물차 군집주행 도입을 위한 기하구조 설계기준 검토 필요 요소 도출	

구분	연구개발목표	핵심 연구개발성과 (연구개발성과물)	현재 국내・외 기술수준	연구개발 목표치	목표치 설정 근거	가중치 (%)
		군집주행 법제도적 지원제도 정의서	-	1건	군집주행 도입을 위한 법제도 상충요소 도출 및 정책제안	
4년차 (2021)	군집주행 운영방안 수립 및 연구실증	군집주행에 따른 인간공학적 특성 분석서	-	1건	화물차/주변차량 운전자 수용성 분석	8.8
		공용도로 연구실증 보고서	-	1건	단계별 연구실증 결과서	
	V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화	군집주행 서비스 시험평가 시나리오 개발	-	1건 (공용도로 시나리오 보고서)	과제제안 요구서	2.6
				1건 (ITSK 단체표준 제정)		
		공용도로 시험평가 시나리오	-	1건	과제제안 요구서	
	군집주행 서비스 플랫폼 사업화 모델 개발	군집주행 서비스 플랫폼 결제 및 정산 모듈 개발	-	1건	군집 주행 정산시스템 기능구현	5.3
		군집주행 사업화 모델 개발	-	1건	정산시스템 개발을 위한 군집주행 분석	
		군집주행 사업화 모델 실증	-	1건	정산시스템 개발을 위한 군집주행 분석	
		군집차량 매칭 알고리즘 개발	-	1건	군집주행 분·합류 기능개발	
	군집차량 안전서비스 시스템SW	군집차량안전서비스 애플리케이션 정보처리 성능 (처리시간)	100ms	100ms	I2V 서비스에 대한 자율차 측 요구 수준	2.1
	V2I 기반 군집 주행 평가 시스템 시제품	V2I 기반 군집 주행 평가 시스템 (최대접속장비 수 : 10대)	-	1건	I2V서비스 및 군집차량 데이터 수집 및 저장	4.5
		공용도로상 군집 주행 평가 보고서	-	1건	-	
	군집주행 지원을 위한 복합 통신기술 개발	군집주행 지원 기지국 서비스 SW	-	1건	기획보고서	1.0
	군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발	통합 관제 센터 및 현장 테스트베드 운영 결과서	-	1건	관제 센터 운영 및 유지 보수	0.8
	군집주행 지원방안 수립	군집주행 지원방안 수립을 위한 시나리오 도출 보고서	-	1건	교통상황 시나리오별 운영 지원방안 도출	2.6
		군집주행 안전성 향상을 위한 위험관리 방안 수립 보고서	-	1건	고속도로 화물차 군집주행 운영 매뉴얼 도출	
		군집주행 파급효과 분석서	-	1건	메타분석을 통한 군집주행 도입 효과 분석	

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

○ 주행 환경 인지/판단 기술 및 군집주행 제어기술 개발(알고리즘)

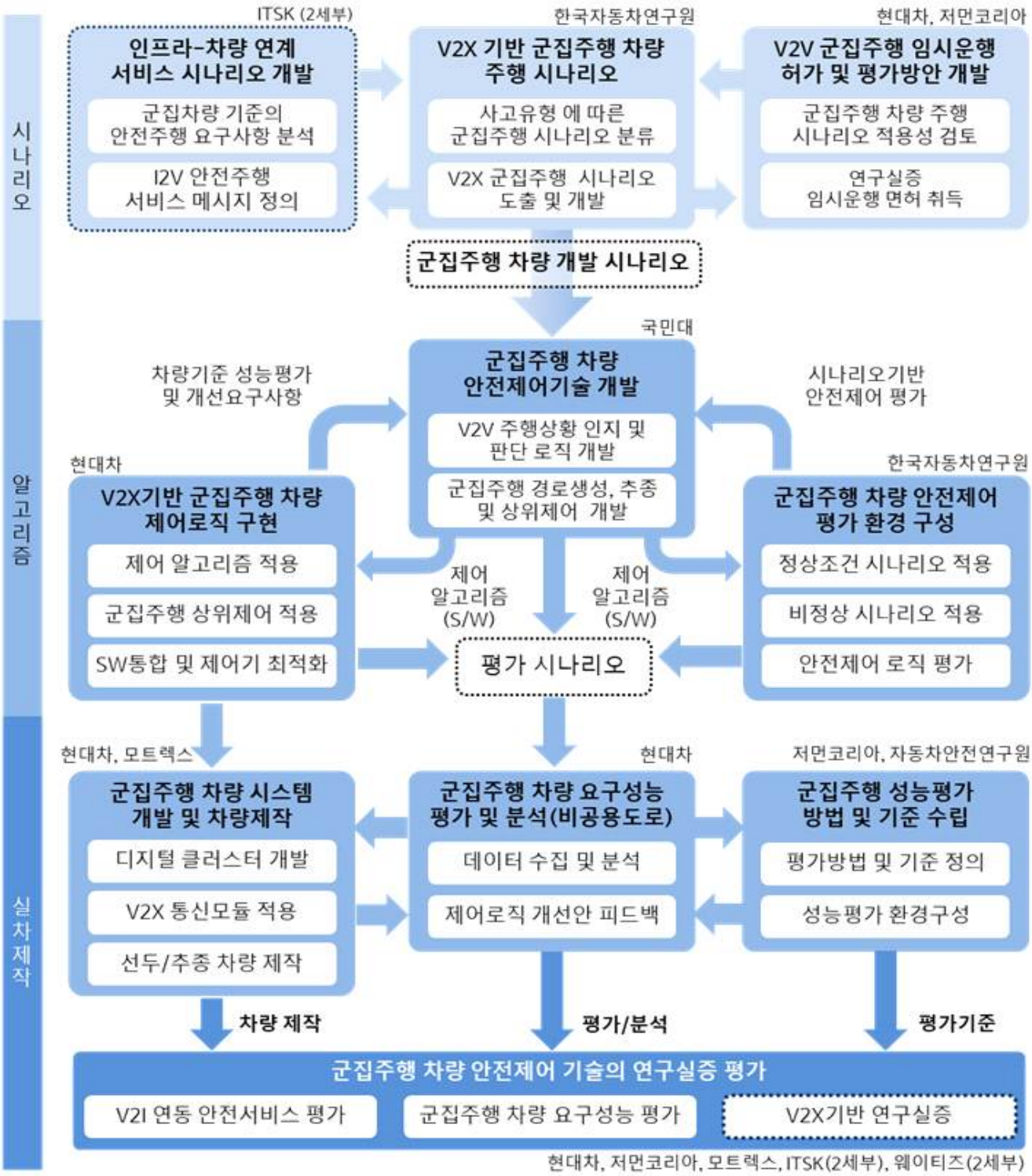
- '주변 환경 인지/판단 기술' 및 '위험상황 인지기술'을 개발하여 '군집주행 안전주행 제어기술' 개발

○ 군집주행 시스템 적용 차량 제작 및 운전자 HMI 개발

- 'V2X기반 군집주행 시스템 적용 차량 제작' 및 '군집주행 상태 및 안전서비스 표출을 위한 디지털클러스터' 개발

○ 군집주행 평가 시나리오 및 시스템 안정성 평가

- '군집주행 시스템 안정성'및 '연비 평가' 수행
- 실사고 데이터기반 '군집주행 평가 시나리오 개발' 및 '가상화 시뮬레이션 환경 구축'



※ 국내 유사과제 조사 비교

구분	기존 과제 (기존과제 조사)	동 사업과제
과제명	스마트 자율협력주행 도로시스템 개발 ('15.07 ~ '20.06)	V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 ('15.07 ~ '20.06)
연구 목표	o 자율주행(LV2)기반 V2X 안전서비스개발 ※단독 자율주행 차량 안전서비스 제공 o 기술수준 : TRL7(실용화 기술)	o 군집주행(LV2) 차량기술 개발 및 인프라 안전 및 운영서비스 개발 o 기술수준 : TRL6
특징	o 일방향 서비스 제공인 C-ITS 기술의 고도화를 위한 LDM, 안전서비스 개발	o V2V기술 활용 협력 군집주행 기술개발 o 안전/효율성 제고를 위한 인프라 서비스 개발

[2세부 : 자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발]

○ 군집주행 상용화 지원 기반연구

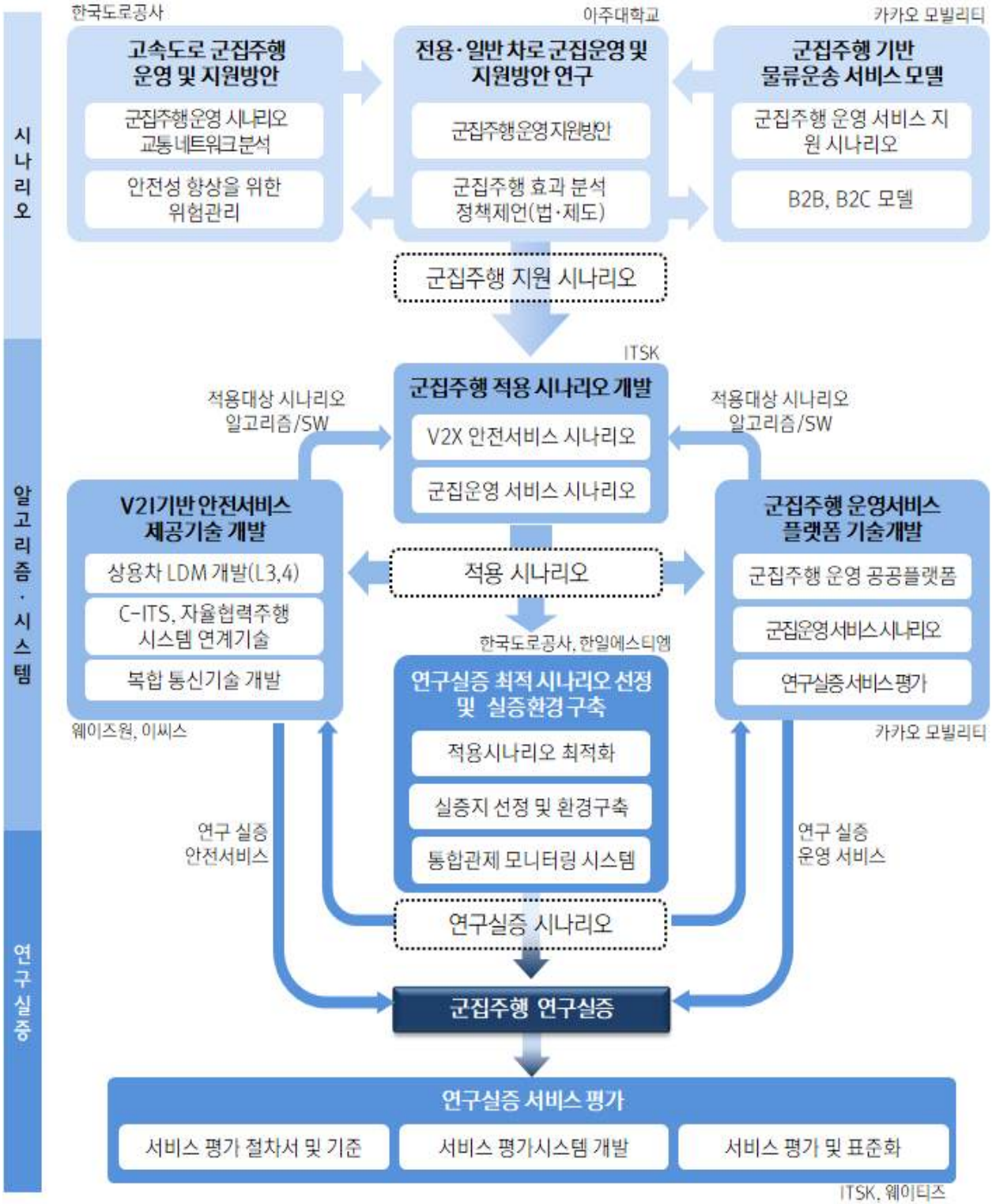
- '전용·일반차로 군집운영 및 지원방안 연구', '고속도로 군집주행 운영지원방안 연구' 및 군집주행 기반 물류운송 서비스 모델 개발 및 이를 통합한 군집주행 지원 시나리오 개발

○ 자동차 전용도로 군집주행 연구실증 인프라 기술개발 (알고리즘, SW/HW)

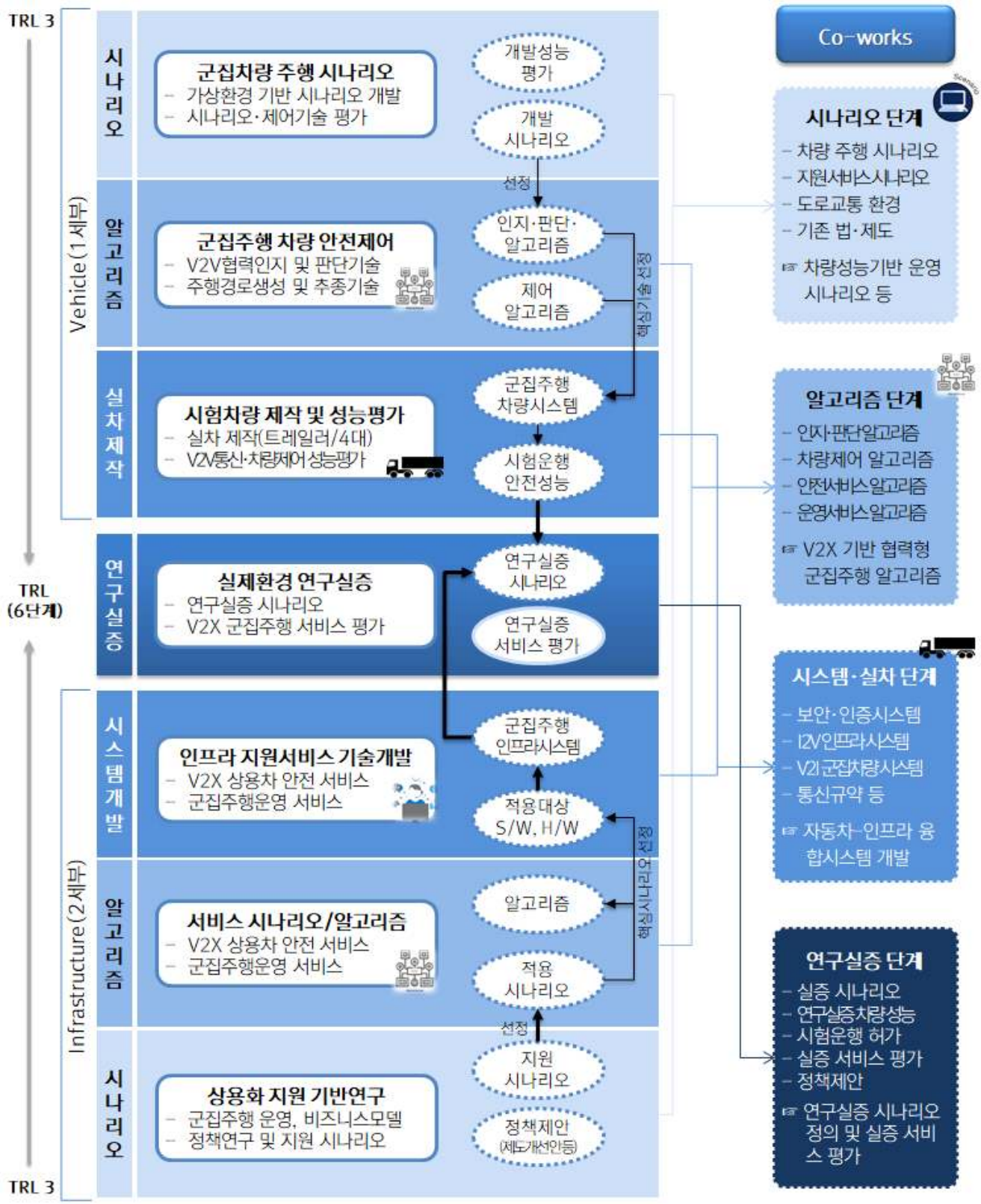
- '군집주행 적용시나리오 개발', '군집주행 연구실증 최적시나리오 선정 및 실증환경 구축연구', 'V2I기반 군집차량 안전서비스 제공기술 개발', '군집주행 운영서비스 플랫폼 기술개발', '군집주행 지원 복합 통신기술 개발' 및 '군집주행 통합관제 모니터링 시스템 개발'

○ V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화

- '군집주행 연구실증 서비스 평가', 'V2I정보기반 군집주행 평가시스템 개발 및 성능분석'



○ V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 개발 총괄 연계도



3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

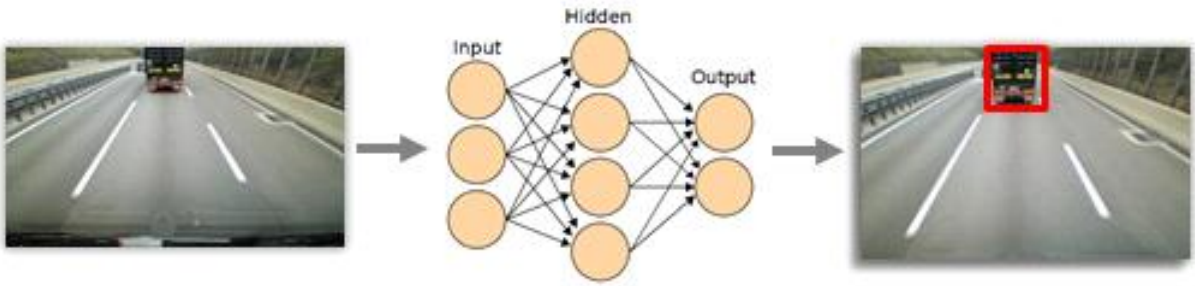
[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

○ (국민대학교) 주행 환경 인지/판단 기술 및 군집주행 제어 기술 개발

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 주행환경 인지기술 개발	차량·차선 인지 기술 개발	센서퓨전기술 개발	위험상황 인지 기술 개발	
② 대열차량간 주행상황 판단기술 개발	-	-	군집주행 운영제어기 설계 및 고도화	
③ 군집주행 종·횡방향 제어기술 개발	군집주행 종방향 제어기 개발	군집주행 횡방향 제어기 개발	군집주행 통합제어기 개발	

① 주행환경 인지기술 개발

- 영상센서 기반 차선/차량 인지 기술 개발
  - 딥러닝 기반 차량 검출 기술 개발
  - 군집주행 상황에서 취득한 데이터를 사용하여 차량 검출 모델 학습
  - Heuristics 기반 차선 검출 기술 개발
  - 차선 노이즈 제거를 위한 동적 ROI(Region of Interest) 적용하여 차선 검출영역 설정



<그림 1> 딥러닝 기반 차량 검출



<그림 2> Heuristics 차선 검출



<그림 3> 동적 ROI(Region of Interest)

– 영상센서 기반 차선 인지 기술 성능 향상

• 딥러닝 기반 차선 검출 기술 개발 및 군집주행 상황 최적화

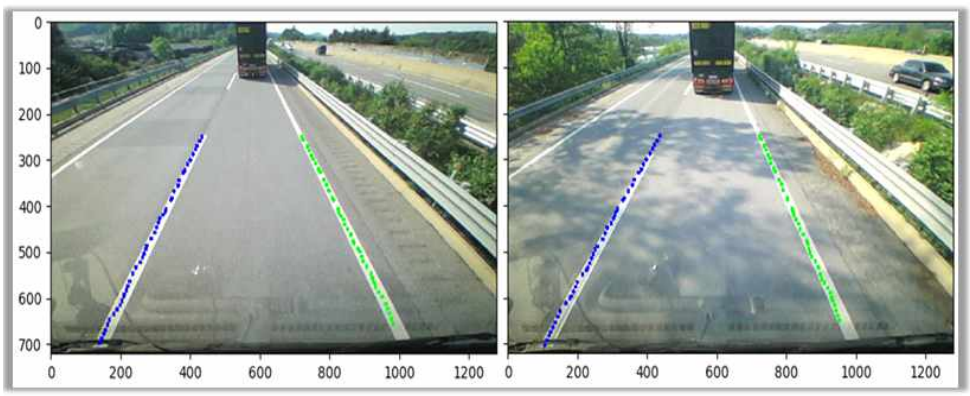
• 시험도로 주행 데이터를 사용하여 차선 검출 모델 학습

– V2V 협력인지 기반 차량 인지/추종 기술 개발

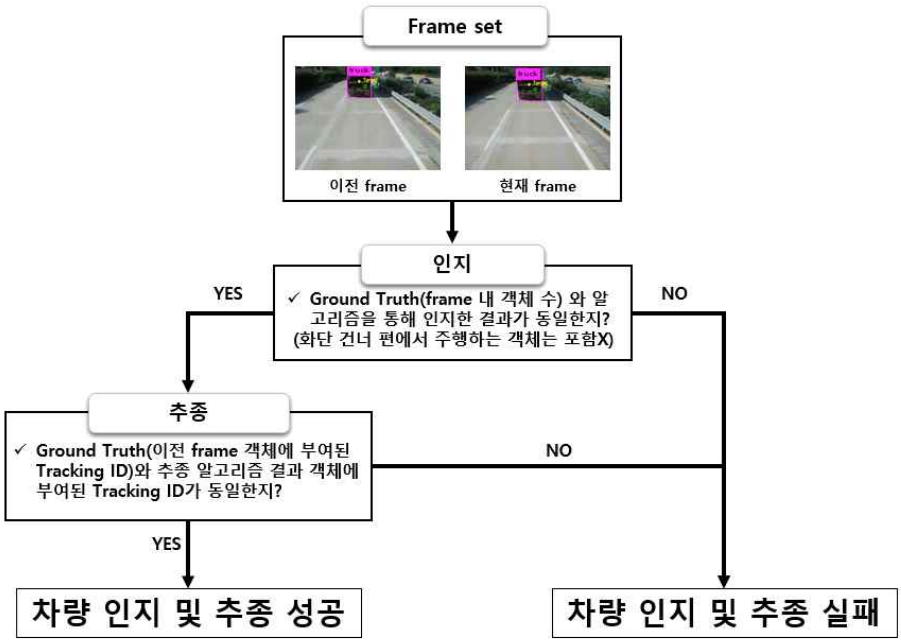
• 검출된 차량으로부터 Target 차량 판단 및 추종 기술 개발

• V2V 통신을 통해 얻은 전방 차량의 속도를 기반으로 추종 알고리즘 개발

• JETSON TX2 보드에 탑재하기 위한 차선/차량 인지 및 차량 추종 기술 모듈화



<그림 4> 딥러닝 기반 차선 검출



<그림 5> 차량 인지/추종 기술

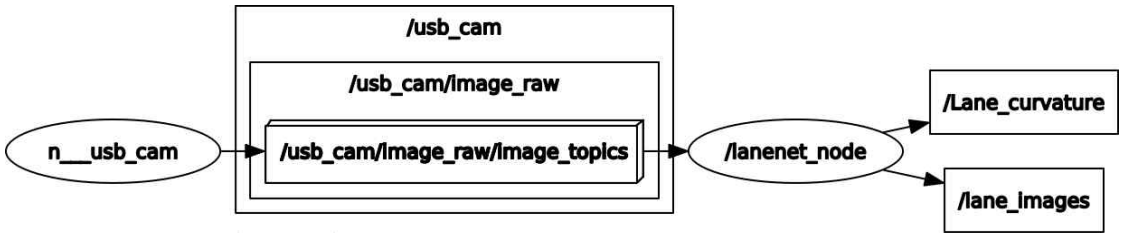
1) 차선인식을 위한 딥러닝 모델로는 Lanenet 모델에 군집주행 dataset 1500장을 훈련하여 개발함. 이를 검증하기위해 650장의 군집주행 dataset을 사용하였고, 총 frame 중 차선인지에 성공한 비율은 91.4% 수준임을 확인. 해당결과를 공인시험성적서로 도출하여 개발 결과물의 객관성을 확보함
2) 차량인식을 위한 딥러닝에서는 자체 수집한 내부순환도로 dataset 250장과 KITTI Object dataset 1007장을 사용하여 실시각 객체 검출 모델인 YOLO을 사용하여 개발함. 이를 활용하여 Test dataset을 구성하였을 때 82.3% 수준의 검출 성공률을 확인하였음
3) YOLO 기반의 인지시스템의 성능을 고도화시키기위해서 이전 frame의 객체가 움직인 거리를 예측한 후 추종차량으로 선정하는 알고리즘을 추가하였다. 이를 통해 87.2%의 검출 성공률을 확인하였으며, 이를 검증하기위해 군집주행 dateset 1208 frame을 활용함

- V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 주행 환경 인지/판단 기술 성능 최적화
• 군집주행 데이터를 가공하여 차선 검출 모델 추가 학습

• 차선 검출 및 픽셀 단위 군집화를 통한 도로 환경 인지

• 차선 검출 기술 모듈화를 통한 실시간 차선 검출 최적화

• 다중프레임 차선 중첩을 통한 점선 구간 차선 검출 정확도 향상
1) 급격한 명암변화에 대한 대응능력의 향상을 확인
2) 외부환경에 강인한 레이더와의 센서퓨전과 칼만필터를 활용한 필터링 및 보간효과에 의한 다수의 불특정환경에 대한 강건성 확보



<그림 6> 차선 검출 기술 모듈화



<그림 7> 차선 픽셀 군집화를 통한 도로 환경 인지



<그림 8> 다중프레임 차선 중첩을 통한 점선 구간 차선 검출

- V2V/V2I 협력인지 기반 대열유지 및 부문 합류/이탈을 위한 인지/판단 기술 개발
• 차량 검출 정확도 향상 및 차량 합류/이탈 판단을 위해 딥러닝 모델 변경



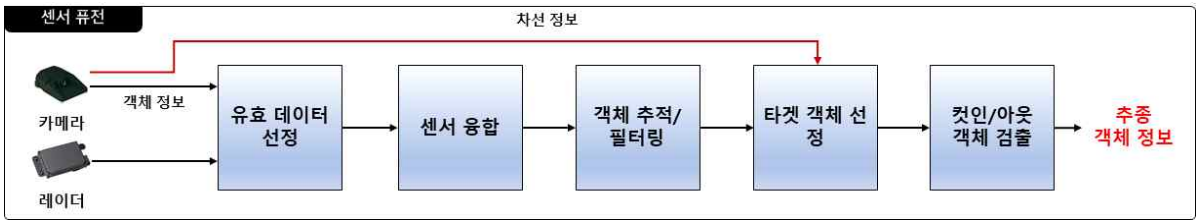
<그림 9> 차량 검출 기술 변경을 통한 정확도 향상

※ 자체개발한 인지모델은 자제수집한 데이터로 학습을 진행하였으며, 이를 테스트하기위한 라벨링이 되어있는 Test dataset을 비교하여 성능을 도출함.

• 카메라-레이더 센서 퓨전을 통한 전방 차량의 정확한 위치 검출



<그림 10> 카메라-레이더 센서 퓨전을 통한 차량 위치 검출



<그림 11> 센서 퓨전 알고리즘 개요

유효 데이터 선정

	오검출	미검출
Radar	많음	적음
Camera	적음	많음

센서 융합

	객체 분류	종방향 위치	횡방향 위치
Radar	부족	상	중
Camera	우수	중	상

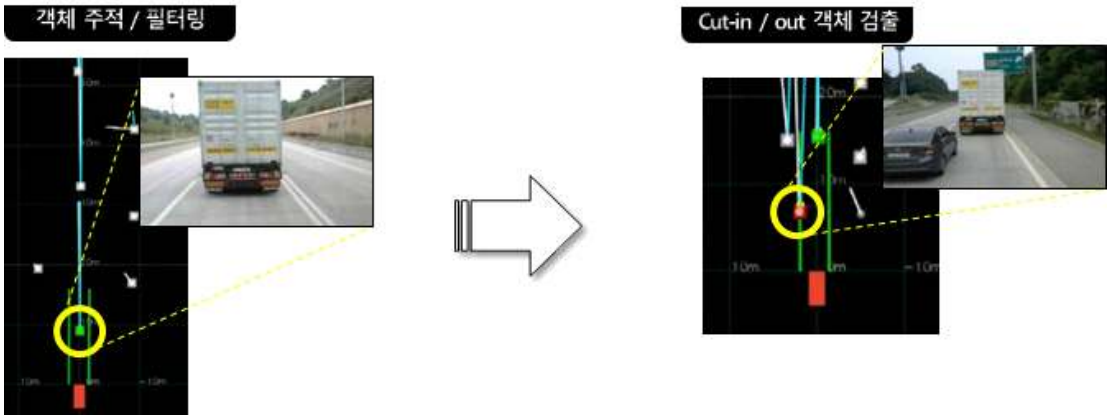
<그림 12> 센서별 특성

1) 주변환경에 영향을 받는 카메라를 보완할 수 있는 레이더를 퓨전
2) 레이더는 주변 물체의 미검출 case는 매우 적음, 따라서 급격한 환경변화에서 신뢰도는 레이더가 더 우수함
3) 카메라는 알고리즘을 통해 객체의 종류 및 크기를 특정할 수 있음, 따라서 정확한 위치와 종류를 구분하는 것에 활용



<그림 13> 유효데이터 선정 알고리즘 활용 예시

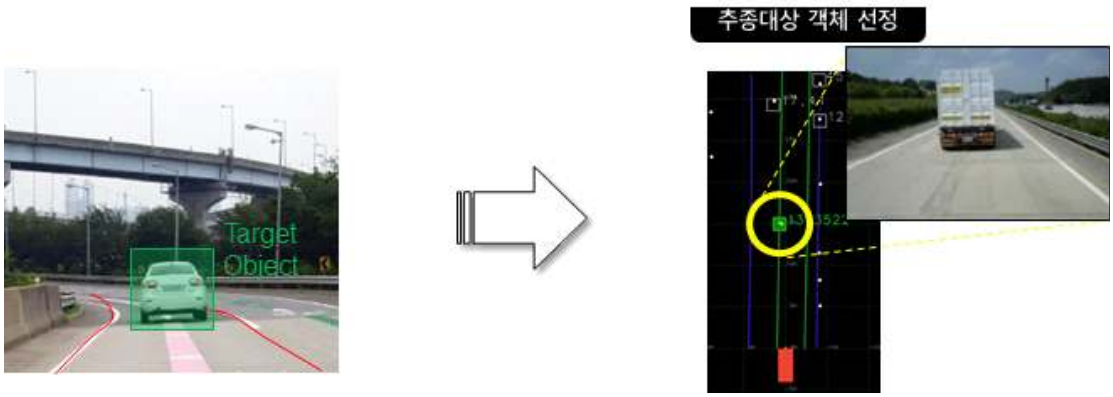
4) 공용도로에 존재하는 터널의 진출입 상황에서 전방의 객체를 카메라는 인식할 수 없는 상황이 발생함. 이를 해결하기위해 칼만필터기반의 센서퓨전을 통해 레이더가 지속적으로 전방의 객체를 추적하여 추종대상을 잃어버리지 않도록 알고리즘을 구성함



<그림 14> 객체 추적 / 필터링 알고리즘 예시

5) 전방의 객체를 추적하기위해 객체별 ID를 부여함. 객체의 종류 또한 도출되므로, 대열에 끼어드는 외부 차량을 검출할 수 있음

6) 차선 정보를 활용하여 객체의 Cut-in, Cut-out 여부를 알 수 있음. 해당 정보는 V2V를 통해 LV에 전달되어 전체 차량의 운행모드를 변경



<그림 15> 타겟 객체 선정 예시

6) 추종 대상을 차량 및 차선인식 기술로 인식하고, 해당 객체에 ID를 부여하여 추적함. 이는 차선변경 상황에서 차선을 벗어난 선행차량을 놓치는 상황을 유발할 수 있음. 이를 LV의 방향지시등 정보를 기반으로 추종대상 선정 알고리즘에서 차선 정보 활용을 일시 중단하여 문제를 해결함



<그림 16> 추종 객체 정보

7) 최종 인식 결과는 제어시스템에 전달되는데, 이때 전방차량의 중심점 x, y 좌표를 전달한다. 또한 차선을 3차 다항식으로 전달하여 차선기반 제어를 수행할 수 있도록 한다

- 차량 검출 모델 구조를 최적화하여 카메라로부터 PCU까지의 처리시간 70% 이상 단축



applied sciences

MDPI

Article

AUTOSAR Runnable Periods Optimization for DAG-Based Complex Automobile Applications

Daeho Choi [1,†], Tae-Wook Kim [2,†] and Jong-Chan Kim [3,*]

1 Mobility Business Division, SWM.AI, Anyang-si, Gyeonggi-do 14055, Korea; daeho.choi@swm.ai
2 Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 02707, Korea; dsd8135@kookmin.ac.kr
3 Department of Automobile and IT Convergence, Kookmin University, Seoul 02707, Korea
* Correspondence: jongchank@kookmin.ac.kr; Tel.: +82-2-910-4288
† These authors contributed equally to this work.

Received: 13 July 2020; Accepted: 20 August 2020; Published: 23 August 2020

check for updates

Abstract: When developing an automobile control application, its scheduling parameters as well as the control algorithm itself should be carefully optimized to achieve the best control performance from given computing resources. Moreover, since the wide acceptance of the AUTOSAR standard, where finer-granular scheduling entities (called runnables) rather than the traditional real-time tasks are used, the number of scheduling parameters to be optimized is far greater than the traditional task-based control systems. Hence, due to the vast problem space, it is not feasible to reuse existing time-consuming search-based optimization methods. With this motivation, this paper presents an analytical codesign method for deciding runnable periods that minimize given control cost functions. Our solution approach, based on the Lagrange multiplier method, can find optimized runnable periods in polynomial times due to its analytical nature. Moreover, our evaluation results for synthesized applications with varying complexities show that our method performs significantly better (12% to 59% of control cost reductions) than a state-of-the-art evolutionary algorithm. To the best of our knowledge, this study is one of the first attempts to find runnable periods that maximize a given system's control performance.

Keywords: AUTOSAR; DAG; runnable scheduling; control-scheduling codesign; lagrange multiplier

1. Introduction

AUTOSAR is the de facto standard software architecture for automobile control systems, covering a wide range of applications such as engine management, motor-driven power steering, and advanced driver assistance systems [1–3]. In the AUTOSAR standard, a control system is designed as a set of *software components*, which are the units of software packaging and deployment. Usually, multiple software components are connected and communicate through the AUTOSAR runtime environment (RTE). Each software component is also composed of a set of *runnables*, which are the smallest unit functions for software development and scheduling. Runnables communicate with each other within each software component and across different software components, using asynchronous message passing interfaces provided by the RTE. As a result, a system can be modeled as a directed acyclic graph (DAG) of runnables where data flow from sensors to actuators through the runnables in the DAG.

For runnable executions, each runnable is associated with an event source, which is usually a periodic timer, and runnables with the same periods are grouped into periodic tasks for scheduling on the AUTOSAR real-time operating system (RTOS). Runnable periods should be carefully optimized since they are control knobs for balancing the trade-off between a system's load and control performance. For example, imagine a system with extremely short runnable periods. The system

Figure 13. Normalized average control costs of our method for large DAGs compared with the *PSO* method.

8. Conclusions

This paper formulates a runnable periods optimization problem for AUTOSAR control applications and provides an analytical solution based on the Lagrange multiplier method. Our method can find near-optimal solutions that maximize a given system's control performance regardless of the size and complexity of the application. Since the complexity of automobile control applications is rapidly growing due to the recent development of various advanced driver assistance systems and autonomous driving applications, it is no longer feasible to use traditional ad-hoc methods or time-consuming search-based optimization algorithms. Due to the analytical nature of our proposed runnable periods optimization method, we consider that our solution can be readily used in the automotive industry when designing their complex industry-scale AUTOSAR control applications.

Although our method provides a promising solution for optimizing complex applications, our method is only usable when the control cost is given or approximated as a linear function. As the approximation can induce overestimated control costs, we plan to extend our optimization method to nonlinear control cost functions in our future work.

Author Contributions: Conceptualization, J.-C.K.; Data curation, D.C. and T.-W.K.; Methodology, D.C.; Software, D.C. and J.-C.K.; Supervision, J.-C.K.; Visualization, T.-W.K.; Writing—original draft, T.-W.K.; Writing—review & editing, J.-C.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was supported partly by the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT), Korea, through the Transportation Logistics Development Program (20TLRP-B147674-03, Development of Operation Technology for V2X Truck Platooning) and partly by the National Research Foundation (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT; Ministry of Science and ICT) (No. 2017R1C1B5018374) and partly by Institute for Information and communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) (2014-0-00065, Resilient Cyber-Physical Systems Research).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

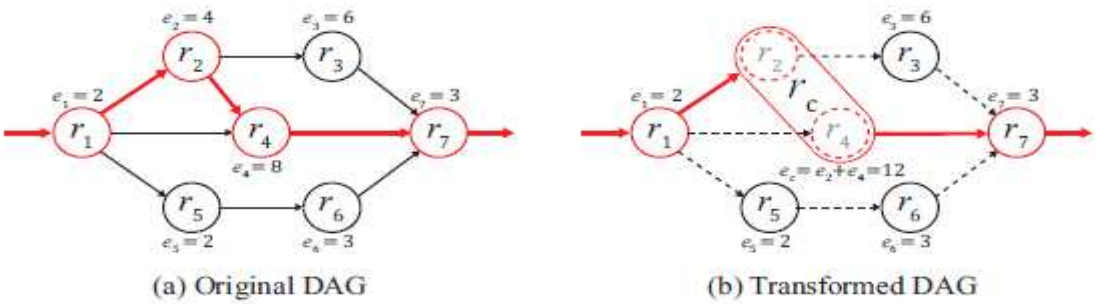
Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

RTE	Runtime Environment
DAG	Directed Acyclic Graph
RTOS	Real-Time Operating System
L&L	Liu and Layland
RM	Rate Monotonic
EDF	Earliest Deadline First
LQG	Linear Quadratic Gaussian

<그림 17> 인지 지연시간 개선 관련 SCI논문 표지

1) 검출 모델의 구조를 단순화하여 연산시간의 감소를 얻음



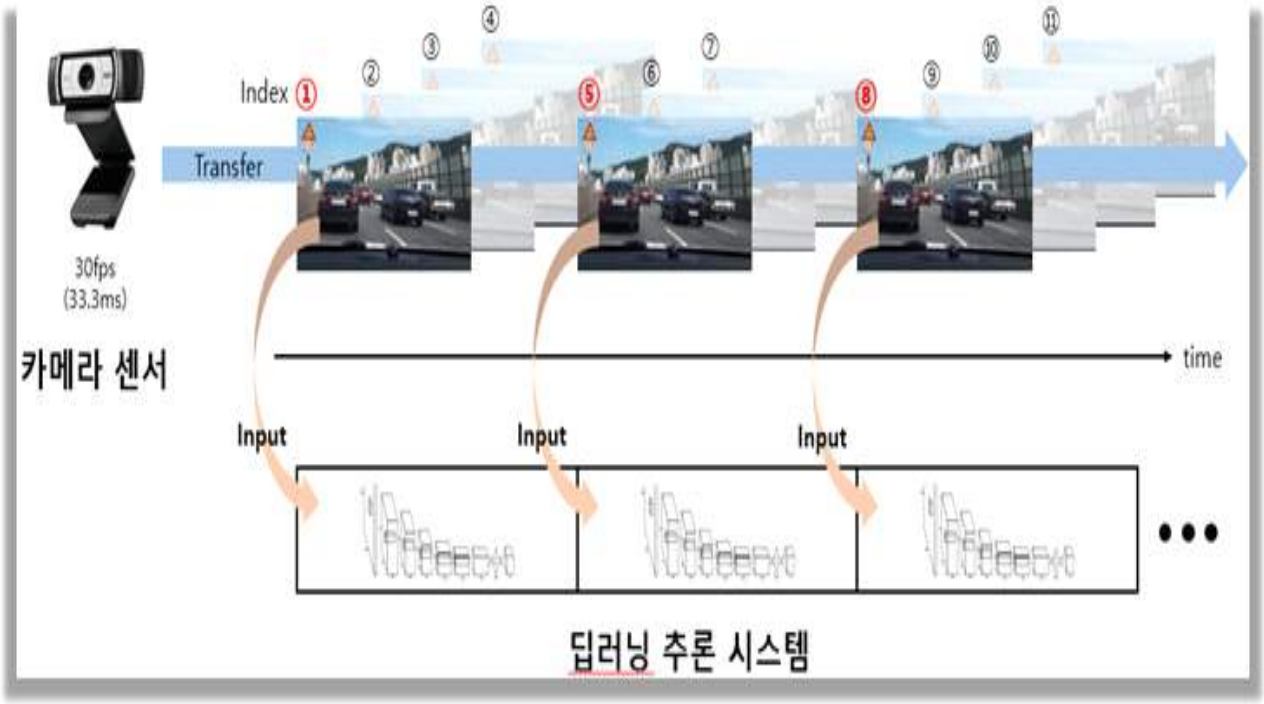
2) 논문게제 및 개발결과물 소스코드 접근가능(Github 활용)

R-TOD(실시간 객체인지) : https://github.com/AveesLab/r-tod.git

차선 및 주행가능영역인지 : https://github.com/GRADYCHOI/lanenet_project.git

센서퓨전 : https://github.com/GRADYCHOI/Truck_platoon_sensorfusion.git

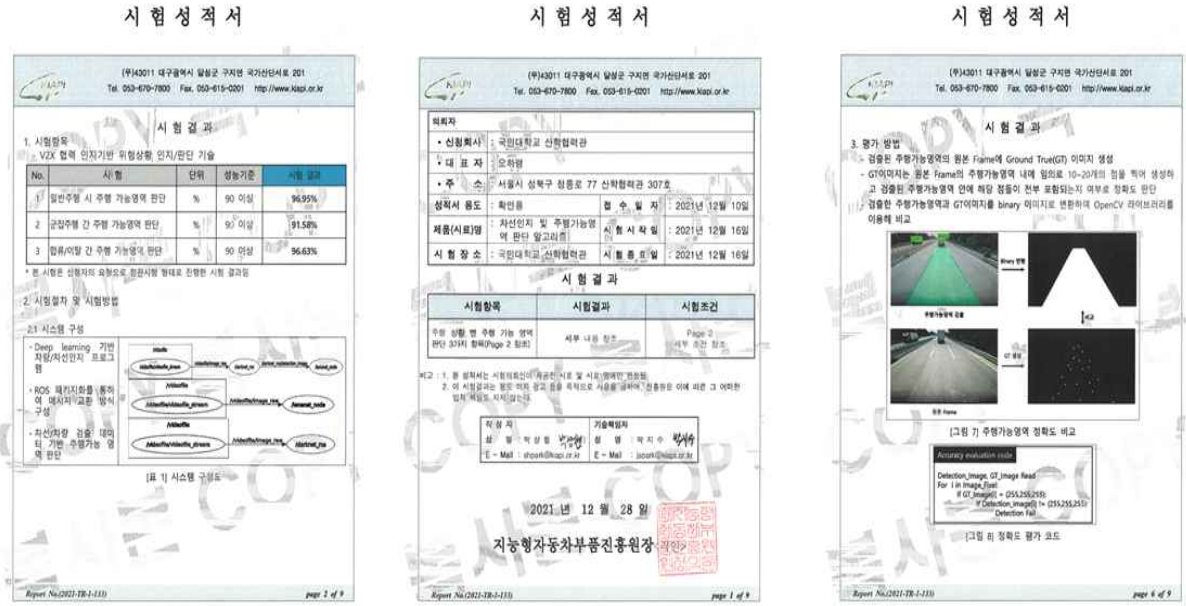
- V2V/V2I 협력인지 기반 대열유지 및 부문 합류/이탈을 위한 인지/판단 기술 최적화
  - 카메라로부터 들어오는 이미지의 간격을 일정하게 하여 백엔드 컨트롤 문제 예방



<그림 18> Regular Camera Capture를 통해 일정한 이미지 간격 보장

- V2V/V2I 협력인지 기반 군집주행 주행 위험도 인지 및 판단
  - 검출된 차선을 픽셀 단위로 군집화하여 주행 차선 및 인접 차선 판단
  - 차량/차선 검출 기술을 통해 얻은 예측값을 바탕으로 위험 상황 인지/판단 및 주행 가능 영역 판단

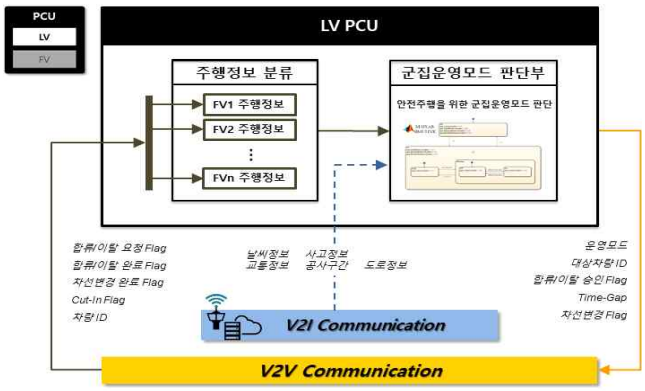
- 인지기술개발에 관한 공인시험성적서 발행



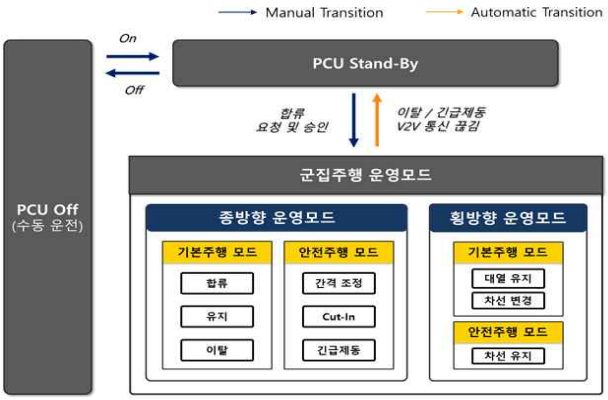
② 대열차량간 주행상황 판단기술 개발

– 군집주행 통합 종/횡방향 제어 기술 개발

• 군집주행 통합제어 컨셉 도출



<그림 19> PCU 작동 메커니즘



<그림 20> PCU(Platooning Control Unit) 개요도

1) LV 역할을 부여한 PCU에는 군집주행 모드를 판단할 수 있는 판단부를 가진다

2) 대열에 포함된 모든 차량의 상태를 V2V를 통해 수신하여 운영모드를 판단한다

3) V2I통신을 활용하여 C-ITS기반 군집주행을 가능케 함. 날씨, 사고, 교량, 급커브 등의 정보를 활용하여 군집대열의 안정성을 유지할 수 있다.

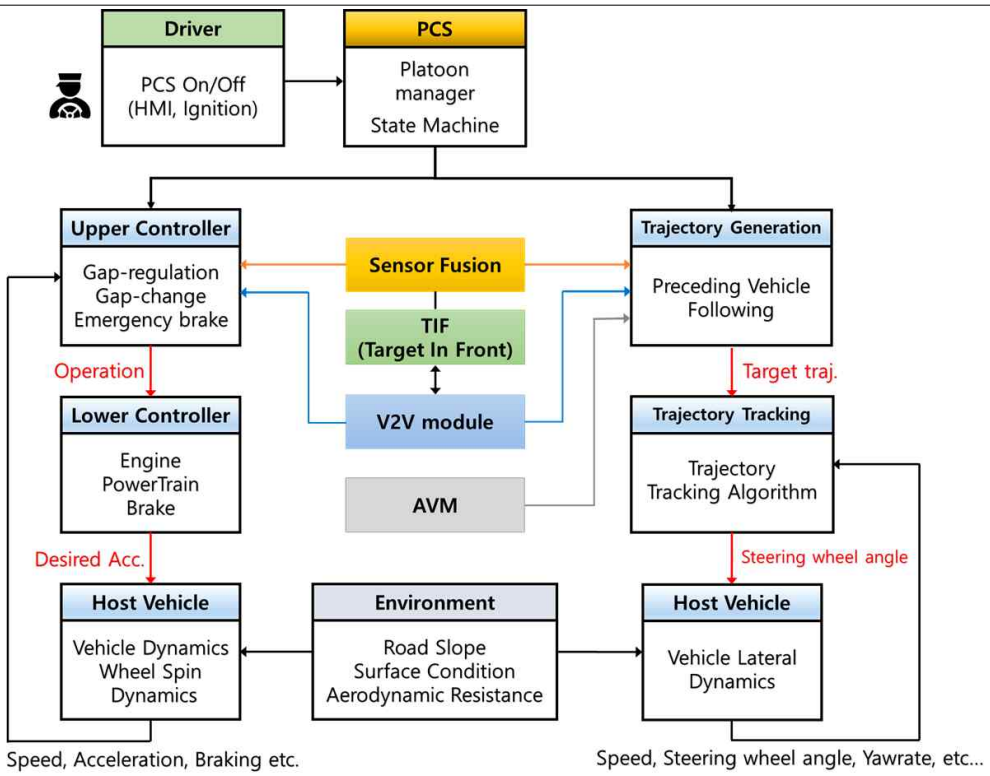
4) 종, 횡방향 제어의 통합을 위해 종, 횡방향 제어모드의 정의를 수행함. 정의된 제어모드 중 어떠한 모드를 작동시킬지 결정하고, 대열의 거동을 조절하는 것으로 종, 횡방향 통합을 달성함.

5) FV의 PCU는 LV에서 결정된 모드를 그대로 수용하며, FV는 안전을 위한 Cut-in flag 신호가 작동했을 때만 스스로 작동모드를 변경한다. 동시에 V2V통신을 활용하여 LV에 해당 정보를 전달한다.

• 군집주행 통합제어 아키텍처 설계

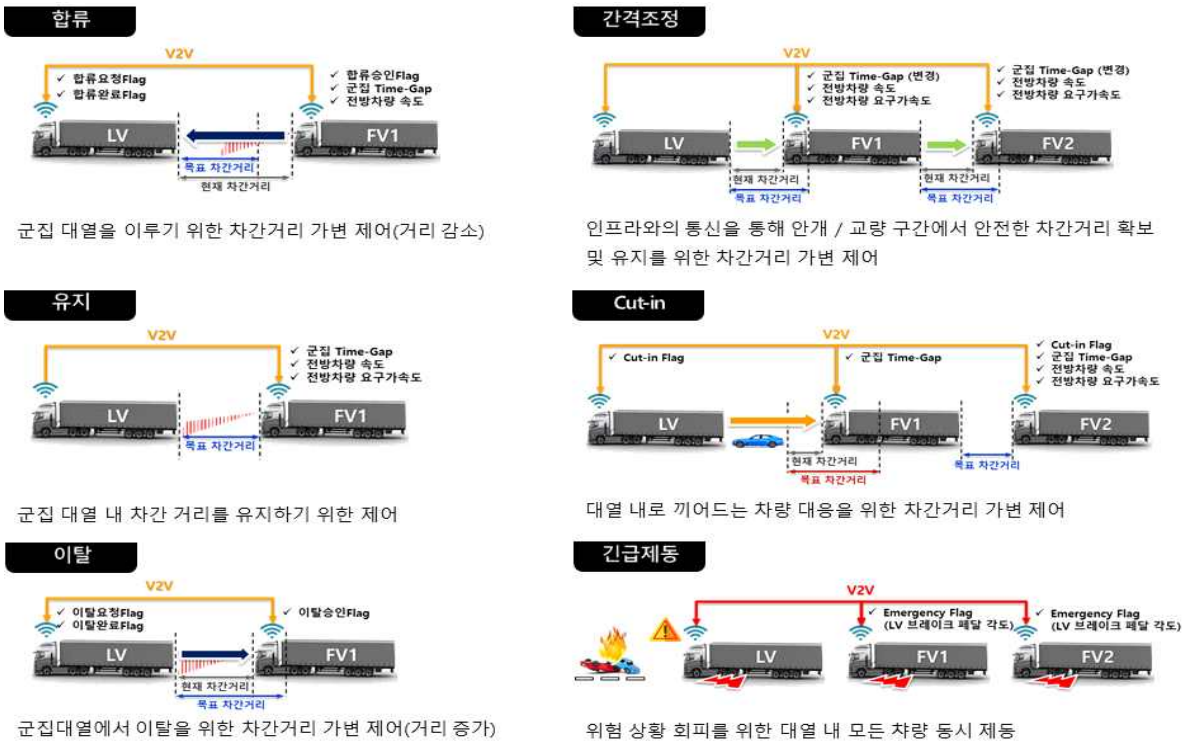
1) 운전자 및 PCU를 포함한 차량 전체 제어 아키텍처를 설계

2) 최상위 제어기인 PCU의 모드에 따라 종·횡방향 제어기는 해당 제어모드를 완수하기위한 제어를 수행하도록 설계



<그림 21> 군집주행 차량 통합제어 아키텍처

- 종방향 제어모드 설계



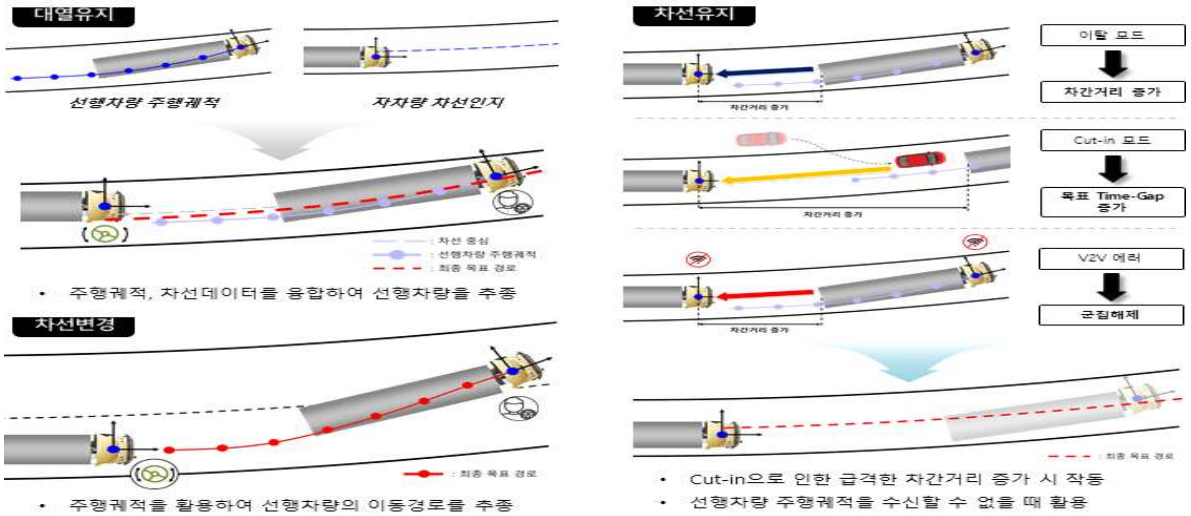
<그림 22> 군집주행 종방향 제어모드

1) 합류 : 군집 형성을 위한 초기모드로 HMI를 통해 운전자의 합류 요청, 승인 과정이 필요하다.
2) 유지 : 속도에 따른 차간거리를 유지하기위한 모드로, V2V를 활용하여 CACC를 수행한다.
3) 이탈 : 군집의 해제를 위한 모드로 점진적인 차간거리의 증가를 위한 제어를 수행한다.
4) 간격조정 : 대열의 차간거리를 동시에 조절하는 모드로 교량, 안개 등 차간거리를 더욱 확보해야하는 상황에서 활용한다. V2V를 활용하여 다수의 FV가 과도한 감속도로 차간거리를 조절하지 않도록 한다.
5) Cut-in : 대열에 차량이 들어온 경우로, 외부차량과의 V2V는 이루어지지 않으므로 상대적으로 큰 상

대거리를 유지한다. 하지만 대열 중 차량이 들어오지 않은 곳은 기존의 가까운 차간거리를 유지하여 대열의 길이를 최소화한다.

6) 긴급제동 : 대열 중 하나의 차량이라도 긴급제동 조건이 만족될 경우, 대열 전체에 V2V를 활용하여 해당 flag를 전달하므로 하나의 덩어리처럼 동시에 제동이 수행된다. 제동 수행 후에도 차량 간의 충돌이 발생하지 않도록 한다.

• 횡방향 제어모드 설계



<그림 23> 군집주행 횡방향 제어모드

1) 대열유지 : 선행차량의 주행궤적을 V2V를 활용하여 수신한다. 이를 자차량의 센서퓨전 시스템과 더불어 경로를 생성하는데 활용한다. 선행차량의 조향축의 경로를 후행차량의 지역경로로 표현하여 추종하고자하는 reference 경로를 얻을 수 있다. 더불어 자차량의 차선인지 데이터를 활용하여 선행차량의 불안정한 운전을 보완할 수 있으며 대열안정성을 확보 할 수 있다.

2) 차선변경 : 대열유지 모드에서 차선의 보정을 제외한 모드로 선행차량의 조향축 경로를 추종한다. 장애물, 공사구간 등 차선의 변경이 필요한 경우 활용할 수 있으며, LV의 방향지시등 신호를 V2V를 통해 수신하여 모드의 전환을 수행한다.

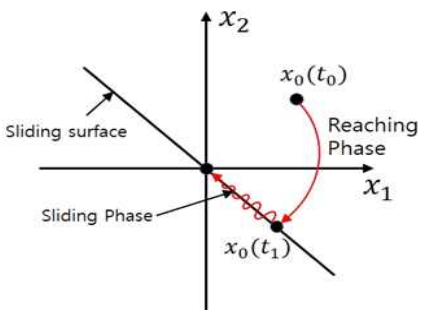
3) 차선유지 : V2V신호 수신의 문제, Cut-in 등의 비상상황을 대비하기위한 제어모드로 차간거리의 증가가 이루어지는 비상상황에서 자차선 인지 데이터를 활용하여 차량을 제어한다.

③ 군집주행 종·횡방향 제어기술 개발

- CTG(Constant Time-Gap) 유지를 위한 제어기 설계

• 목표 Ax 도출을 위한 SMC설계

환경 센서 및 V2V 정보를 활용하여 Time-gap과 속도를 유지할 수 있도록 Sliding Mode Control(SMC)를 사용해 통합 군집주행 종방향 제어로직을 설계하였다. 제어하고자 하는 대상 변수의 에러값으로 Sliding Surface S를 정의한 뒤, S에 대한 함수인 Lyapunov Function의 1차 미분식이 안정성 조건을 만족하도록 제어 입력을 결정하였다.



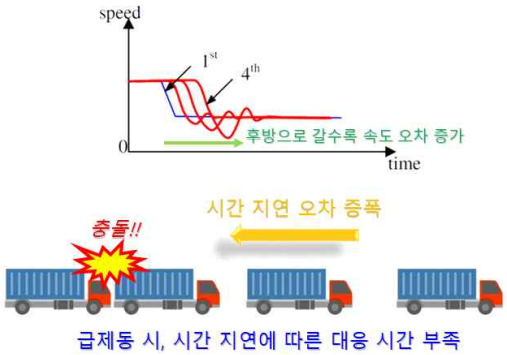
$$V_{err} = e_1 = V_{TIF} - V_{EGO}$$
$$d_{err} = e_2 = gap_{time} - \Delta d$$
$$e_{total} = k_v \times e_1 + k_d \times e_2$$
$$S = k_s \times e_{total} + \int e_{total}$$

<그림 24> Sliding Mode Controller 수식 및 개요

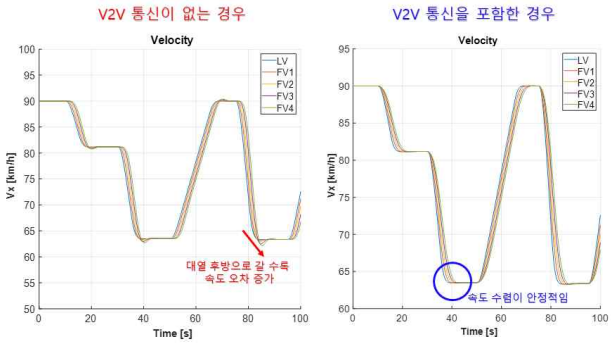
선행차량을 속도를 추종하며, PCU로부터 받아오는 요구 상대거리를 추종하기위한 Error term을 위와 같이 정의해주었다. 다음으로 슬라이딩 평면을 정의 한후, Lyapunove function과 Sliding Condition을 이용하여 최종적으로 구해지는 가속도 u는 아래 식과 같이 구해진다.

$$u = \frac{a_{TIF} + \frac{k_d}{k_v} \times e_2 + \frac{1}{k_v k_s} \times e_{total} + \mu \cdot sat(S)}{1 + \frac{k_d}{k_v} \times \tau}$$

<그림 25> SMC로부터 도출된 요구 가속도



<그림 26> 종방향 String Stability 악화 예시



<그림 27> 종방향 String Stability 확보 예시

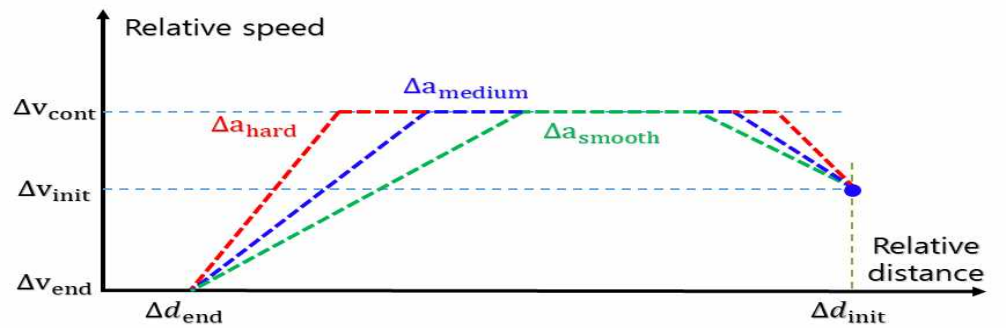
선행 차량의 가속도 a_{TIF}을 Feed-Forward Term으로 사용 선행 차량의 거동 추종 성능을 향상시켜, String Stability를 확보하는 데 사용할 수 있다.

[표 4] Sliding Mode Controller 변수 정의

약어	의미	약어	의미
time-gap (gap_{time})	Distance by time difference	a_{TIF}	Desired(target) acceleration
τ	Time difference	V_{err}	Velocity error
Δd	Relative distance	d_{err}	Gap error
v_{TIF}	Desired(target) velocity	k_d	Tuning parameter d_{err}
v_{EGO}	Ego vehicle velocity	k_v	Tuning parameter V_{err}
k_s	Tuning parameter S	S	Sliding Surface
μ	Sliding condition tuning parameter	u	Desired acceleration

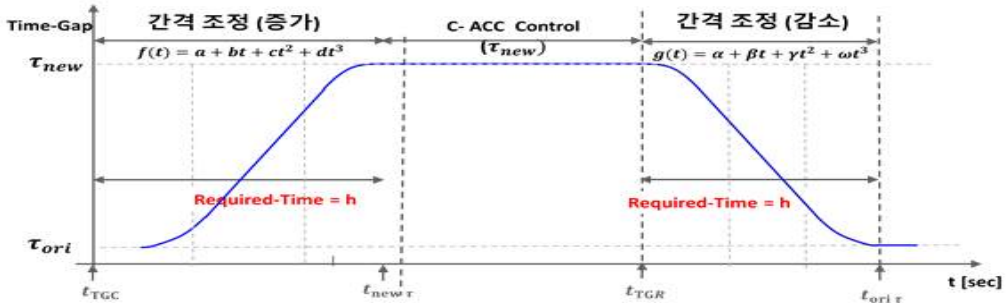
- 점진적 간격조정을 위한 종방향 제어기 설계

• 차량간 거리를 조정하기위해 속도를 가변할 경우 승차감을 고려한 속도 profile을 설계



<그림 28> 간격조정 설정에 따른 속도 Profile

• 종방향 제어의 목표 Time-gap의 점진적 변경을 통해 앞서 설정한 속도 Profile을 만족

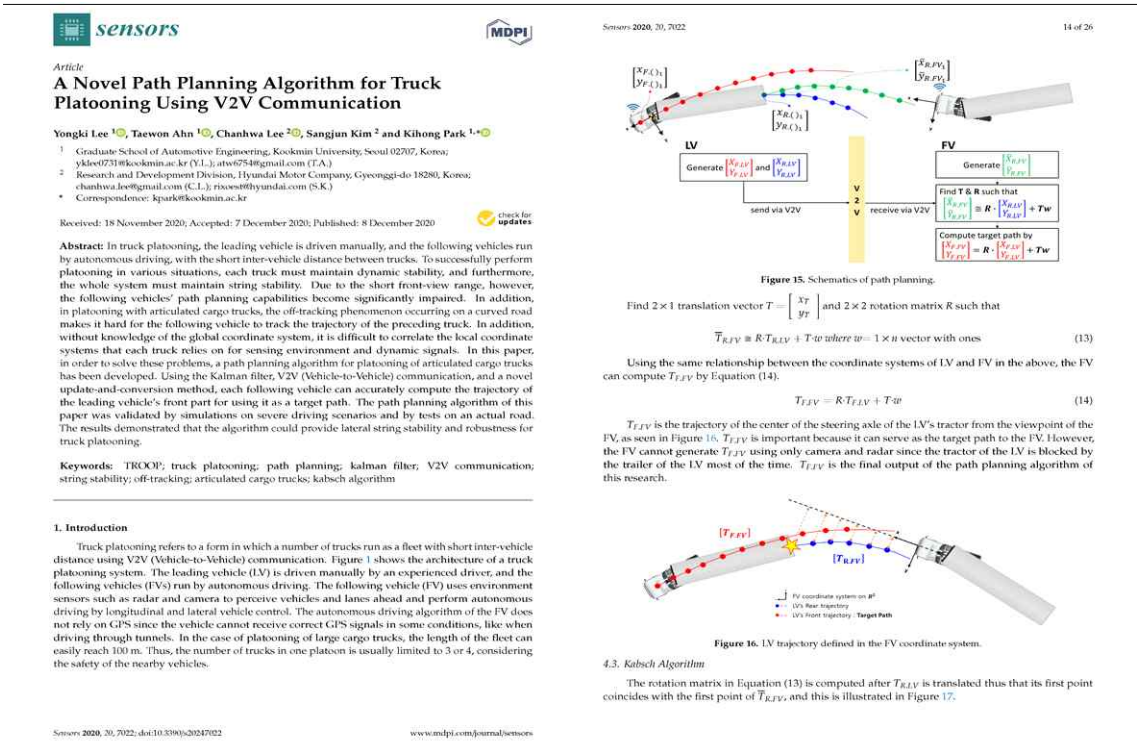


<그림 29> 속도 Profile 추종을 위한 time-gap planning

- 횡방향 제어를 위한 경로생성 방법 도출

• 선행차량 조향축 주행궤적 추정

차량의 주행궤적을 생성하여 V2V를 활용하여 후행차량에게 전달한다. 이 궤적을 활용하여 보이지 않는 선행차량의 조향축의 궤적을 추정할 수 있다. 이는 차간거리가 가까운 군집주행의 특성에 따라 인지 데이터가 충분하지 않은 한계점을 극복하기 위한 경로생성기법으로 해당 내용을 SCI논문지에 게재하였다.



sensors

MDPI

Article

A Novel Path Planning Algorithm for Truck Platooning Using V2V Communication

Yongki Lee [1], Taewon Ahn [1], Chanhwa Lee [2], Sangjun Kim [2] and Kihong Park [1,*]

1 Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 02707, Korea; yklee0731@kookmin.ac.kr (Y.L.); atw6754@gmail.com (T.A.)
2 Research and Development Division, Hyundai Motor Company, Gyeonggi-do 18280, Korea; chanhwa.lee@gmail.com (C.L.); rixoes@hyundai.com (S.K.)
* Correspondence: kpark@kookmin.ac.kr

Received: 18 November 2020; Accepted: 7 December 2020; Published: 8 December 2020

Abstract: In truck platooning, the leading vehicle is driven manually, and the following vehicles run by autonomous driving, with the short inter-vehicle distance between trucks. To successfully perform platooning in various situations, each truck must maintain dynamic stability, and furthermore, the whole system must maintain string stability. Due to the short front-view range, however, the following vehicles' path planning capabilities become significantly impaired. In addition, in platooning with articulated cargo trucks, the off-tracking phenomenon occurring on a curved road makes it hard for the following vehicle to track the trajectory of the preceding truck. In addition, without knowledge of the global coordinate system, it is difficult to correlate the local coordinate systems that each truck relies on for sensing environment and dynamic signals. In this paper, in order to solve these problems, a path planning algorithm for platooning of articulated cargo trucks has been developed. Using the Kalman filter, V2V (Vehicle-to-Vehicle) communication, and a novel update-and-conversion method, each following vehicle can accurately compute the trajectory of the leading vehicle's front part for using it as a target path. The path planning algorithm of this paper was validated by simulations on severe driving scenarios and by tests on an actual road. The results demonstrated that the algorithm could provide lateral string stability and robustness for truck platooning.

Keywords: TROOP; truck platooning; path planning; kalman filter; V2V communication; string stability; off-tracking; articulated cargo trucks; kabsch algorithm

1. Introduction

Truck platooning refers to a form in which a number of trucks run as a fleet with short inter-vehicle distance using V2V (Vehicle-to-Vehicle) communication. Figure 1 shows the architecture of a truck platooning system. The leading vehicle (LV) is driven manually by an experienced driver, and the following vehicles (FVs) run by autonomous driving. The following vehicle (FV) uses environment sensors such as radar and camera to perceive vehicles and lanes ahead and perform autonomous driving by longitudinal and lateral vehicle control. The autonomous driving algorithm of the FV does not rely on GPS since the vehicle cannot receive correct GPS signals in some conditions, like when driving through tunnels. In the case of platooning of large cargo trucks, the length of the fleet can easily reach 100 m. Thus, the number of trucks in one platoon is usually limited to 3 or 4, considering the safety of the nearby vehicles.

Figure 15. Schematics of path planning.

Find 2×1 translation vector $T = \begin{bmatrix} x_T \\ y_T \end{bmatrix}$ and 2×2 rotation matrix R such that

$$\overline{T}_{R,FV} \cong R \cdot T_{R,LV} + T \cdot w \text{ where } w = 1\times n \text{ vector with ones} \quad (13)$$

Using the same relationship between the coordinate systems of LV and FV in the above, the FV can compute $T_{F,FV}$ by Equation (14).

$$T_{F,FV} = R \cdot T_{F,LV} + T \cdot w \quad (14)$$

$T_{F,FV}$ is the trajectory of the center of the steering axle of the LV's tractor from the viewpoint of the FV, as seen in Figure 16. $T_{F,FV}$ is important because it can serve as the target path to the FV. However, the FV cannot generate $T_{F,FV}$ using only camera and radar since the tractor of the LV is blocked by the trailer of the LV most of the time. $T_{F,FV}$ is the final output of the path planning algorithm of this research.

Figure 16. LV trajectory defined in the FV coordinate system.

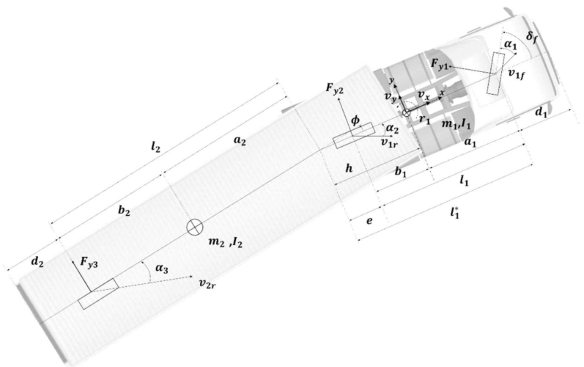
4.3. Kabsch Algorithm

The rotation matrix in Equation (13) is computed after $T_{R,LV}$ is translated thus that its first point coincides with the first point of $\overline{T}_{R,FV}$, and this is illustrated in Figure 17.

그림 30 경로생성 관련 SCI 논문 표지

1) 자차량 주행궤적 생성

가) 3 자유도 차량모델을 활용한 칼만필터를 설계하여 차량의 횡속도(Vy)를 추정



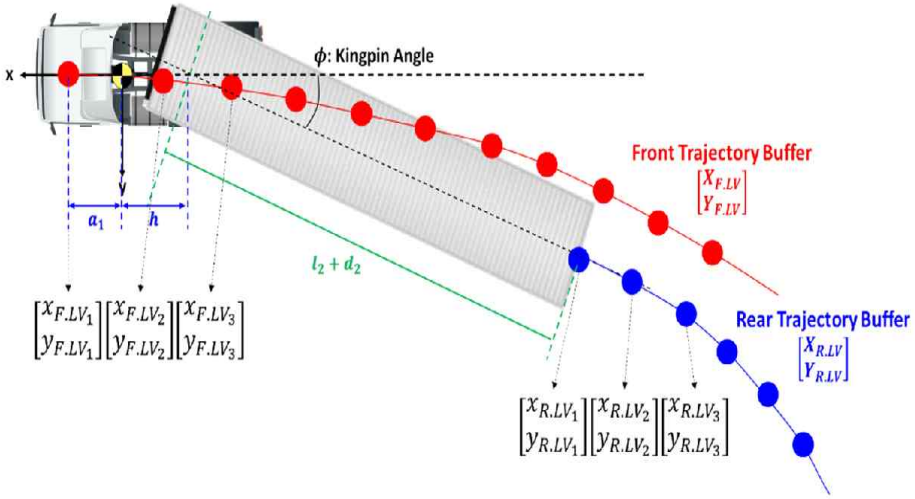
$$M = \begin{bmatrix} m_1+m_2 & -m_2(h_1+a_2) & -m_2a_2 & 0 \\ -m_2h_1 & I_1+m_2h_1(h_1+a_2) & m_2h_1a_2 & 0 \\ -m_2a_2 & I_2+m_2a_2(h_1+a_2) & I_2+m_2a_2^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A = -\frac{1}{v_x}\begin{bmatrix} C+C_3 & C_{S_1}-C_3(h_1+l_2)+(m_1+m_2)v_x^2 & -C_3l_2 & -C_3v_x \\ C_{S_1}-C_3h_1 & C_{q_1^2}+C_3h_1(h_1+l_2)-m_2h_1v_x^2 & C_3h_1l_2 & C_3h_1v_x \\ -C_3l_2 & C_3l_2(h_1+l_2)-m_2a_2v_x^2 & C_3l_2^2 & C_3l_2v_x \\ 0 & 0 & -v_x & 0 \end{bmatrix}$$

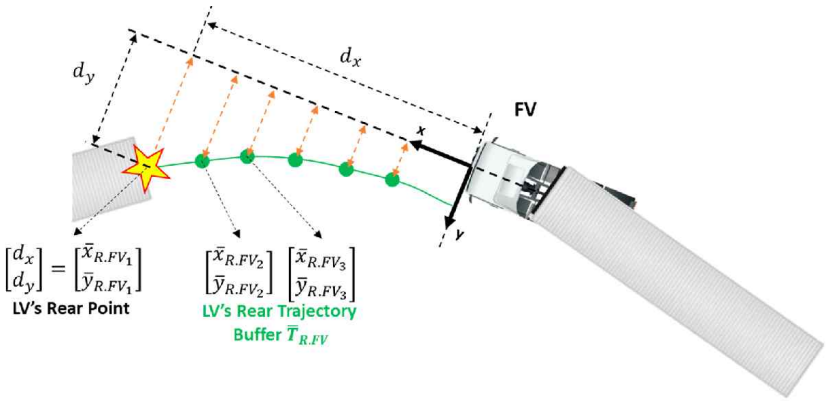
$$B = \begin{bmatrix} C_1 \\ a_1C_1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$where\ C = C_1 + C_2, C_{s1} = a_1C_1 - b_1C_2, C_{q_1^2} = a_1^2C_1 + b_1^2C_2$$

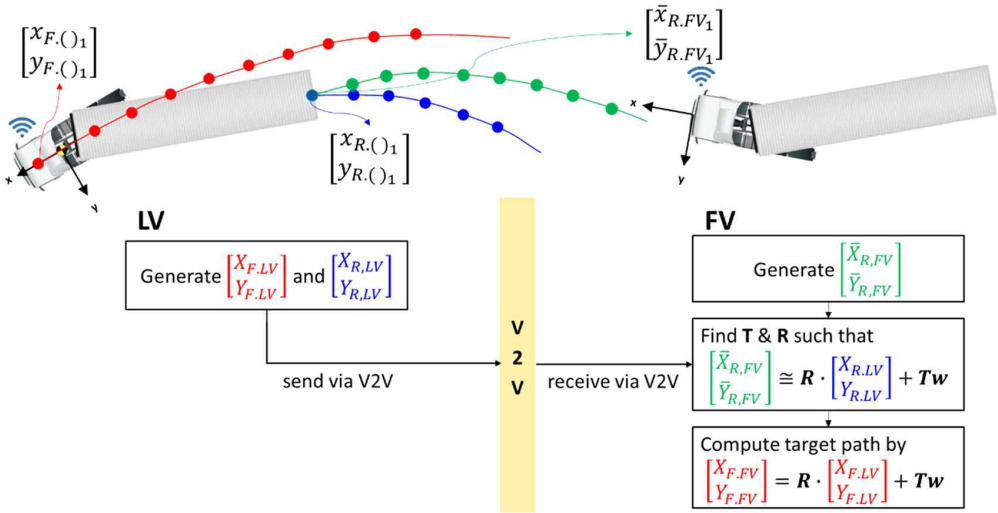
나) 차량 종횡방향 이동거리 및 회전량을 기반으로 경로를 Buffer



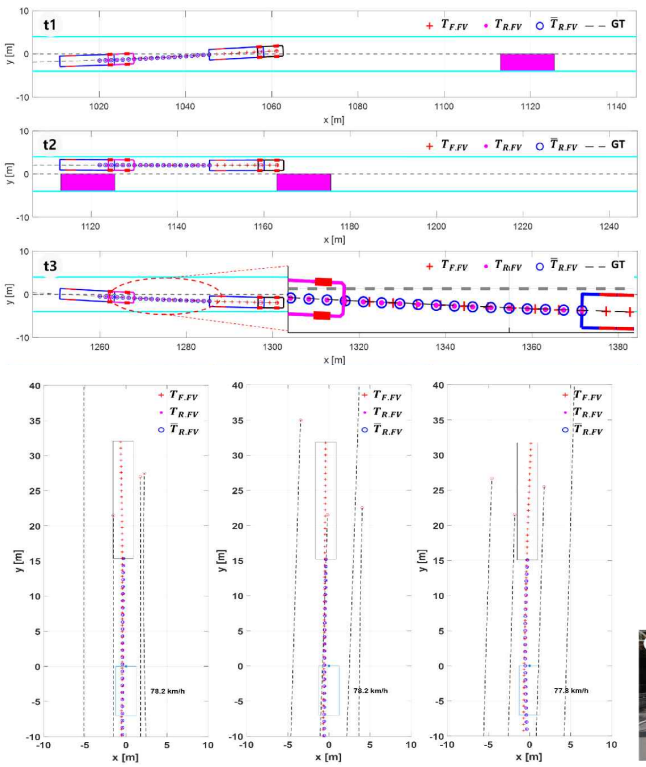
2) 선행차량 트레일러 주행궤적 생성



3) V2V를 통해 선행차량의 궤적을 수신하여 자차량에서 인지한 트레일러 주행궤적과 일치하도록 변환



4) 시뮬레이션 기반 검증 및 여주시험도로에서의 실차 검증 완료



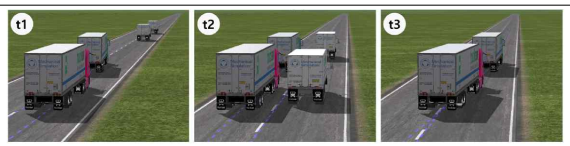
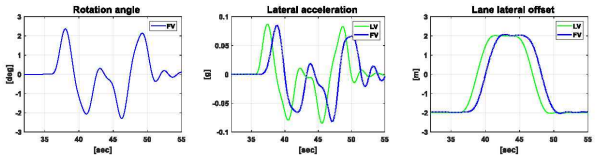
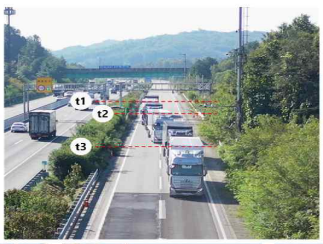


Figure 20. The simulation results for Scenario S3. At t1, LV finds stopping vehicles and begins to change lanes. At t2, the platoon is passing by them. At t3, the platoon has overtaken stopped vehicles and is returning to its original lane.

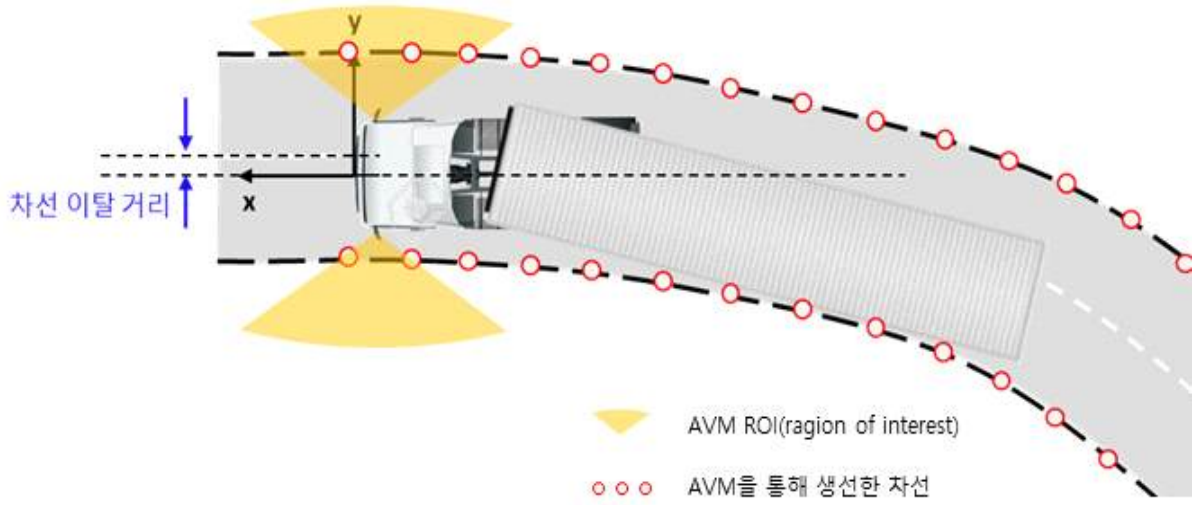






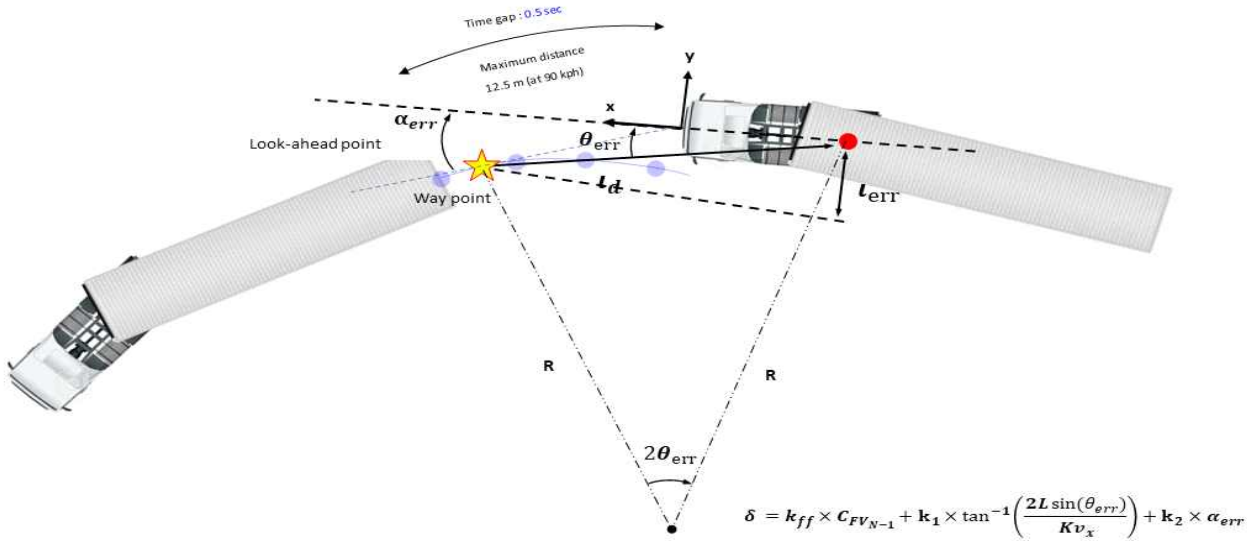
• 대열안정성 확보를 위한 자차선 데이터 융합

자차량의 차선인지 데이터를 활용하여 선행차량의 운전이 불안정할 경우를 대비한다. 대열의 최전방에 있는 선행차량의 경우 운전자가 직접 조향을 수행하므로 불안정한 거동을 보일 수 있다. 이는 후행차량으로 갈수록 더욱 증폭된 불안정성을 보일 수 있으므로, 차선을 활용하여 대열의 안정성을 확보한다.



<그림 31> 차선 이탈거리 정의

• 경로추종을 위한 제어기 설계



<그림 32> Pure Pursuit Algorithm

본 과제에서는 Pure Pursuit 기법을 통한 경로 추종 알고리즘을 적용하였으며, 이는 자차 기준점으로부터 경로점들 중 Look Ahead Distance(LAD) 만큼 떨어져 위치한 지점을 목표 경로점이라 정의라고 해당 위치까지 도달하기 위한 조향각을 생성하는 제어 알고리즘이다. 선택된 목표 경로점과의 경로 오차를 최소화하기 위해 차량의 속도에 따른 가변 LAD를 고려하여 조향각을 생성시켰다.

○ (현대자동차) 차량제작 및 V2X통신 모듈 적용 / 군집주행 시연

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 군집주행 시스템 적용 차량 제작	신규 차량 제작 (1대) 및 차량 상세사양 검토	신규 차량 제작(1대)	차량 개선사항 반영 및 신규 차량 (1대) 제작	신규 차량 (1대) 제작
② V2X 기반 군집주행 성능 요구사양 도출	-	V2X 모듈 적용 및 종방향 제어 성능 최적화	V2X 모듈 적용 및 종/횡방향 제어 요구 성능 향상 및 평가	

① 군집주행 시스템 적용 차량 제작

구 분	1차년 ('18)	2차년 ('19)	3차년 ('20)	4차년 ('21)
개발 내용	Lv 1 종방향 군집주행	Lv 2 종/횡방향 군집주행 (차선 유지)	Lv 3 종/횡방향 군집주행 (차선 변경)	Lv 3 종/횡방향 군집주행 (연구 실증/성능 육성)
종방향 (Time-Gap)	1s (16.7m @60kph)	1s (16.7m @60kph)	0.7s (15.6m @80kph)	0.5s (12.5m @90kph)
횡방향	수동 차선 유지/변경	자동 차선 유지	자동 차선 변경 (비공용 도로) 자동 차선 유지 (공용 도로)	
통신	V2V 통신		V2X 통신 (인프라 연계 V2I 정보 활용)	V2X 통신 (관제-인프라-차량 연계 실증)
차량 대수	1대	2대	3대	4대
대상 도로	▪ 비공용 도로 (여주 자율주행 도로, 남양연구소 PG)		▪ 비공용도로 (여주 자율주행 도로) ▪ 공용도로 (서여주IC~남여주IC 구간)	
선두차량	운전자 주행			
실증 시나리오	-	▪ 비공용도로 주행 (선두차량 1대, 추종차량 1대) - 추종차량1: 종/횡 자동제어 (차선 유지)	▪ 비공용도로 주행 (선두차량 1대, 추종차량 2대) - 추종차량1, 2: 종/횡 자동제어 (차선 변경) ▪ 공용도로 주행 (선두차량 1대, 추종차량 2대) - 추종차량1, 2: 종/횡 자동제어 (차선 유지)	▪ 비공용도로 주행 (선두차량 1대, 추종차량 3대) - 추종차량1, 2: 종/횡 자동제어 (차선 변경) - 추종차량3: V2I 연계시나리오 구현 ▪ 공용도로 주행 (선두차량 1대, 추종차량 2대) - 추종차량1, 2 : 종/횡 자동제어 (차선 유지)

<그림 33> 연차별 개발 요구사항 및 실증 시나리오

- 군집주행 차량 제작(총 4대, 선두차량 1대 및 추종차량 3대) 및 시스템 개선 사양 반영
  • 매년 1대씩 순차적으로 제작 및 개조하여, 최종 4차년에는 선두 차량 1대 및 추종 차량 3대를 운행하여 총 3대의 군집 대열 내 대열 내 차량 교체 투입 등이 가능한 시나리오에 대응하였음

• 차량 개조 내역



<그림 34> 제작 및 개조 완료된 총 4대의 군집주행 차량

1) 4차년도 실증 목표 달성을 위하여 신규 차량을 제작 완료함으로써, 총 4대의 차량 (선두 차량 1대, 추종 차량 3대) 제작 및 개조 목표를 달성하였음

횡 방향 액츄에이터 장착 (MAHS)		▪ 대형트럭 횡 방향 액츄에이터 장착 ▪ 횡 방향 액츄에이터 : BOSCH Servotwin GEN3 ▪ RWK: 기존 장착되어 있던 조향 시스템 탈거 후 능동 조향 제어 (토크제어)를 위한 횡 방향 액츄에이터 장착

<그림 35> 횡방향 액츄에이터 및 제어기 장착 내용

2) 대형트럭 능동 조향 제어를 위한 횡 방향 액츄에이터 (BOSCH社 Servotwin GEN3) 1대를 장착함 기존 선두차량에 장착되어있던 모비스社 액츄에이터를 추종 차량들에 장착된 BOSCH社 Servotwin GEN3로 교체 장착하여, 총 4대의 차량이 같은 수준에서 성능 개발이 될 수 있도록 지원하였음

군집주행 제어기 추가 장착	 범용제어기 2대 운영 / 와이어링 변경(2대 기준)	▪ 변경 전 (총 1대) - 범용제어기 (1대): 군집상위제어 +종 방향 제어 +횡 방향 제어 ▪ 변경 후 (총 2대) - 범용제어기 (1대): 군집상위 제어 +종 방향 제어 - 범용제어기 (1대): 횡 방향 제어 ▪ 변경 사유 - Fail-safe 및 제어 연산량 배분

<그림 36> 횡방향 액츄에이터 및 제어기 장착 내용

3) 군집주행용 범용제어기 (dSPACE社 MABXII 1401/1513) 2 대를 장착하여, 각각 군집상위제어와 종방향 제어, 횡 방향 제어를 맡도록 하여 Fail-safe 및 제어 연산량을 배분 가능하도록 함
4) 대형트럭 구동 제어를 위한 엔진 제어기 SW를 업데이트하여, 토크 제어 (J1939 기준 메시지를

통한 제어)가 가능하도록 함

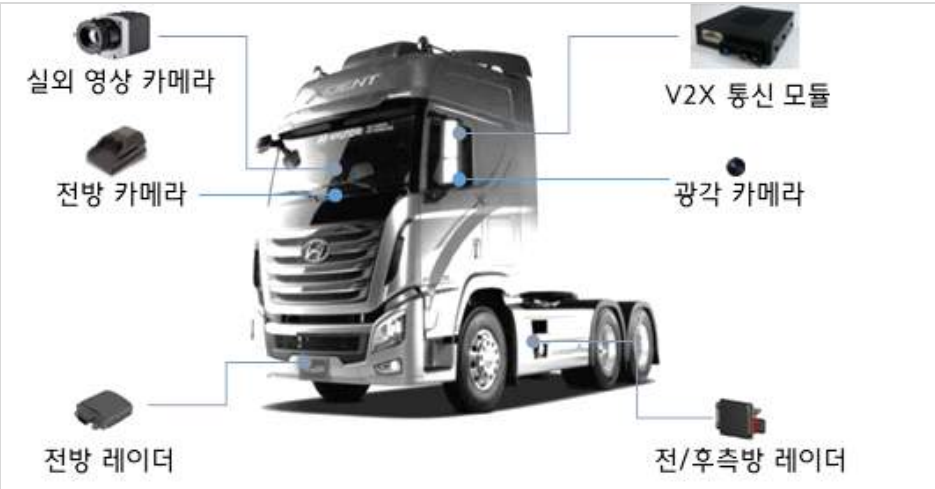
5) 대형트럭 제동 제어를 위한 브레이크 제어기 SW를 업데이트하여, 감속도 제어(J1939 기준, 메시지를 통한 제어)가 가능하도록 함

• 센서 구성

1) 전방 카메라 및 전방 레이더 각 1대씩을 장착하여 센서 퓨전을 통한 전방차 중심점을 추정할 수 있도록 함

2) 실외 영상 카메라를 전방에 설치하여 군집주행 대열의 맨 앞에 위치하는 선두차량 전방 영상을 추종 차량들에 전송하도록 함

3) 광각 카메라 3대 및 전/후측방 레이더 4대를 장착하여 측면에 위치한 물체 및 근거리에 위치한 차선을 검출할 수 있도록 함



<그림 37> 1차년도 군집주행 차량 센서 장착 위치

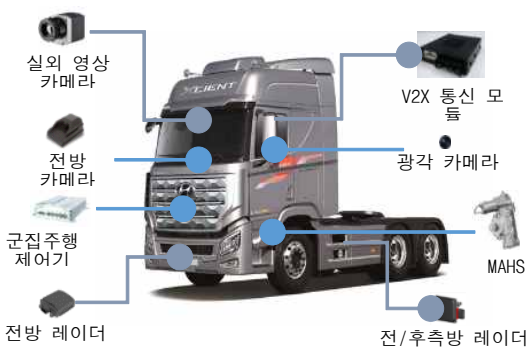
센서		특징
전방	전방 카메라 (1), 전방 레이더 (1)	센서 퓨전을 통한 전방차 중심점 추정
측방	광각 카메라 (3), 전/후측방 레이더 (4)	측면 물체 및 근거리 차선 검출
통신	V2X 통신 모듈 (1)	WAVE, C-V2X 공용화 모듈 개발
영상	실외 영상 카메라 (1)	선두 차량 전방 영상을 추종차량으로 전송

<그림 38> 1차년도 군집주행 차량 장착 센서 및 특징

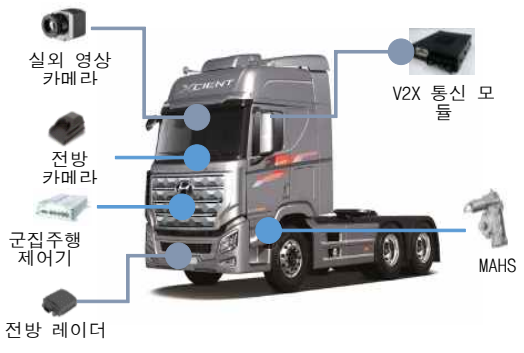
4) 기존 광각 카메라 및 전/측/후방 레이더를 개발해온 LG전자에서 센서사업을 중단하게 되어, 3차년도부터 차량의 센서 시스템이 변경되었음

: 전방 카메라를 이용한 근접 차선 인지가 가능하게 되어, 광각 시스템을 삭제하였음

: 전방 레이더는 델파이社로 교체하고, 전/후측방 레이더는 3, 4차년도 시연 시나리오 기준 불필요하다는 판단 하에 시스템 구성에서 제외하였음



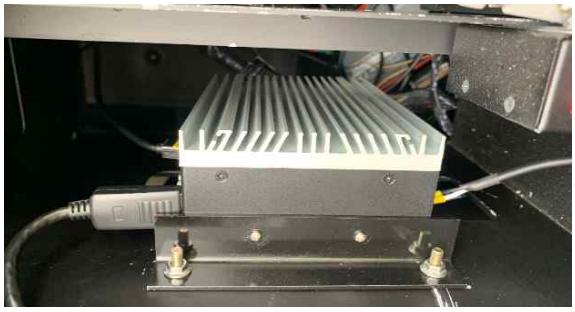
<군집주행 차량 구성 변경 전>



<군집주행 차량 구성 변경 후>

• 차량제작 개선사항 반영

1) 신규 센서퓨전 제어기 장착 : 카메라, 레이더 데이터 퓨전을 위한 제어기



◦ 기존 인지시스템의 성능을 고도화하기 위해 인지 데이터(카메라, 레이더) 퓨전을 위한 제어 장치를 개선하고, 신규 장착함

2) 제어부하 저감을 위한 종/횡 방향 범용 제어기 분리 적용



◦ 군집주행 제어는 종 방향 제어, 횡 방향 제어 그리고 이를 통합하는 상위제어기로 구성되어 있음. 상위제어기에서 군집주행 운영 시퀀스를 모니터링하며 시스템 상 오류(통신오류, 인적오류) 발생 시 경고음이 발생한다.

◦ 기존 종/횡 방향 제어기는 기능은 분리되어 있었으나 HW는 통합되어 성능저하 요인이 되어 제어부하 저감을 위해 제어기를 분리하여 신규 장착함

3) 기타 개선 사항

: 시트 및 안전밸트 추가



: 반사판 및 LED 간판





• 임시운행 허가 취득

1) 개발 차량들의 공용도로 내 주행을 위하여 임시운행 허가를 취득

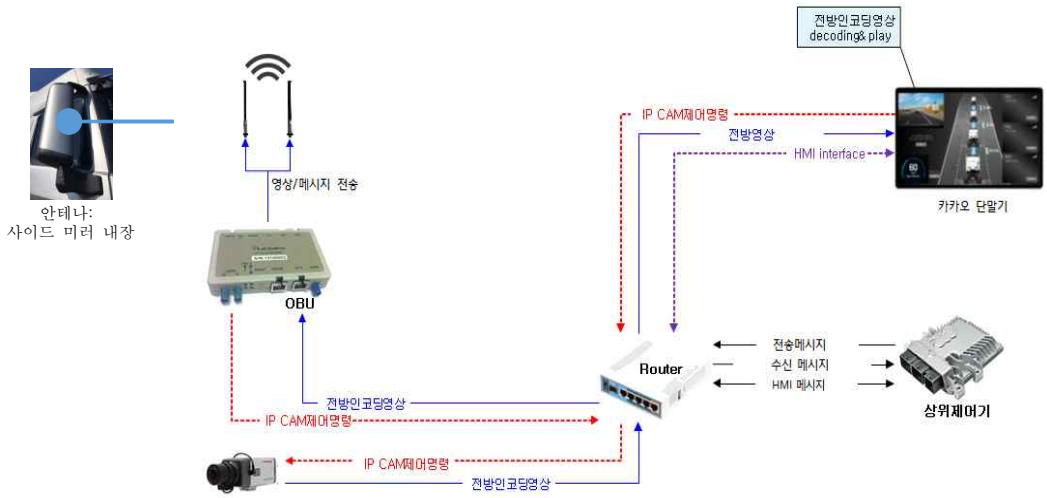
2) 3차년도: 선두 차량 1대 및 추종 차량 2대 (총 3대) 군집주행에 대한 임시운행 허가를 취득함
3) 4차년도: 시험 주체인 KAIA와의 협의를 통하여 별도 평가 시험 없이 임시운행 허가를 취득함

② V2X 기반 군집주행 성능 요구사양 도출

[표 5] 연차별 제작 차량 및 V2X 연동

구분	선두차량	추종차량 1	추종차량 2	추종차량 3
제작	2018	2019	2020	2021
V2X연동	2020	2020	2020	2021

- V2X (V2V 및 V2I) 기반 모듈 적용
• 1, 2차년도
1) WAVE 및 C-V2X 시스템에 통용 가능토록 공용화 모듈로 개발함
2) V2V 시스템: 2차년도까지 LG전자에서 V2X와 연동하여 개발한 HMI 사용하였으나, 3차년도부터 카카오모빌리티로 역할이 넘어옴
• 사이드 미러에 내장된 제어 안테나 및 영상 안테나가 각각 군집주행 제어 메시지 및 선두차량의 전방 영상을 수신 및 송신함
• OBU는 제어 및 영상 안테나와 상위 제어기의 군집 정보를 메시지 포맷에 맞게 재구성함



<그림 39> 1,2차년도 V2V 시스템 구성도

항목		내용
1	안테나	군집주행 제어 메시지 및 선두차량 전방 영상 송/수신
2	OBU	안테나와 상위 제어기의 군집정보를 메시지 포맷에 맞게 재구성
3	Router	안테나, 제어기, HMI 등이 동시에 다자 간 정보 공유가 가능케 함

- V2I 시스템 구성
• 1차년도 시연을 위해 LG유플러스와 공동 개발하였으나, 이후 V2I 관련 하드웨어 외의 시스템 개발 업무가 2세부로 역할이 넘어옴
• 시스템 내 화면 구성은 크게 차량 리스트, 영상부, 지도부 및 상태부로 나뉘도록 설계하여 운행 중인 각 차량의 내외부 영상 뿐만 아니라, 군집주행 차량 그룹의 전체적인 대열 및 차간 거리 등 군집 행렬에 관한 정보를 한눈에 볼 수 있도록 제공함
• 좌측에는 군집주행 중인 차량의 전체 리스트를 보여주며, 추종 차량 중 일부가 군집 대열에서 이탈하

는 경우 해당 내용도 공지할 수 있도록 하여 전체적인 군집 행렬에 관한 정보를 제공함

• 중앙 열 상단에는 영상부가 위치하여 각 차량에 장착된 카메라를 통해 차량 내외부 영상을 송출하며, 하단 지도부는 전체 대열의 위치를 지도 상에 표기하여 군집 행렬의 위치를 알 수 있게 함

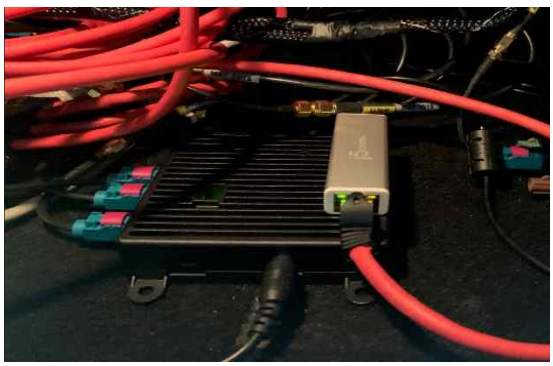
• 우측의 상태부에서는 전체 군집 차량 대열을 그래픽으로 표시하여 현재 대열 내 V2V 통신 패킷의 수신율, 각 차량별 주행 정보 (군집주행 여부 및 주행 속도) 및 군집 그룹의 주행 정보 (전체 군집 대열의 길이, 주행 속도, 차간 거리 및 대열 내 차량 합류 및 이탈 상태)를 제공하여, 대열에 위치한 각 차량들이 현재 속해있는 군집 그룹의 주행 상태를 한눈에 확인할 수 있도록 함



<그림 40> 1차년도 시연을 위해 현대자동차에서 공동 개발한 시스템

– V2I 시스템 개선사항 반영

• 안전 서비스를 위한 메시지 및 시나리오 개발을 위하여 V2I 정보 표출을 위한 클러스터를 차내 장착하기 위하여 V2I 통신 모듈을 개발, 신규 메시지를 추가하였고, 검증 절차를 거쳐 반영함



◦ 인프라 서비스(군집주행 안전서비스) 연동을 위한 V2I 통신 모듈을 적용함

• 군집주행 통신 시스템은 DSRC, C-V2X 모두를 활용하고 있음. 두 통신방식의 특성은 아래와 같으며, 대역폭의 차이에 따라 상대적으로 대용량인 LV영상은 C-V2X를 활용하여 후행차량에 전달함. 상대적으로 작은 용량인 메시지(제어신호)는 DSRC를 활용함. 차량수준에서 두 통신방식을 모두 활용하였으므로, 추후 어떤 형태의 방식이 상용화 되어도 활용가능할 것으로 예상

그림 21. DSRC(WAVE) VS C-V2X(LTE V2X)

구분	WAVE	LTE V2X
개요	무선랜 기술을 차량통신에 적합하도록 커버리지 및 접속시간 개선	LTE 를 차량통신에 적합하도록 직접 통신 및 자원할당 방식 개선
표준화	완료(2012 년)	V2V 완료, V2I 진행 중
필드 시험	2012 년부터 유럽/미국/일본 주도	2015 년부터 화웨이, 노키아 등 통신장비 업체 진행
대역폭	최대 27Mbps(10Mhz 기준)	최대 75Mbps(10MHz 기준)
무선 지연	10ms 내외	20~30ms
커버리지	별도 기지국 구축 최대 1km	LTE 기지국 1~5km(전국망)
Ecosystem	교통 인프라, 무선랜 제조사	기존 LTE 통신장비, 단말 제조사, 이통사

- 당 과제의 기술개발은 통신 정보를 활용한 차량제어, 서비스 구현에 초점을 맞추고 있으며, 통신방식은 동 연구의 주요 이슈사항은 아니었으며, 통신매체에 상관없는 기술개발을 목표로 하였음
- 향후 C-V2X기술이 상용화될 경우 DSCR을 통해 전달하던 신호들을 C-V2X를 활용해서 통신하면되므로, 연구에서 활용한 통신메시지, 제어알고리즘 등은 그대로 활용 가능할 것으로 판단
- 향후 인프라의 통신방식이 변경될 경우에도 대응할 수 있도록 차량 기술 개발을 진행하고 있음. 통합 게이트웨이 개념에 대한 기술개발도 활발함.

- 성능 요구사항 및 운영기술 평가

• 2차년도

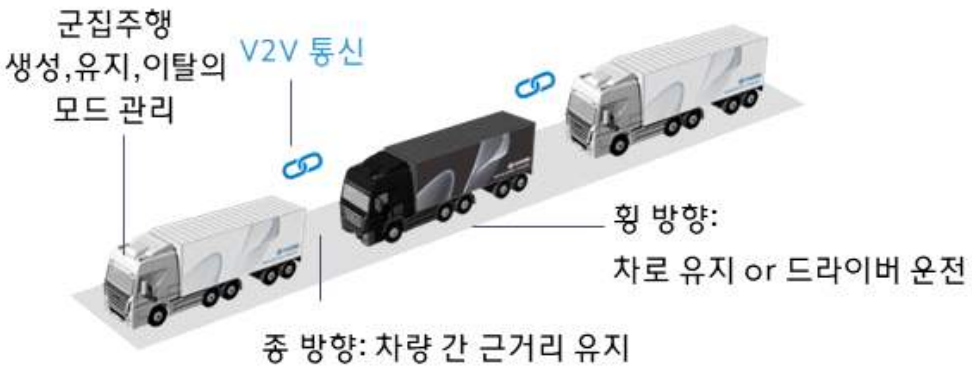
1) 차량별 역할

가) 선두 차량: 군집주행 생성, 유지, 이탈 모드 관리

나) 추종차량 1, 2

횡 방향 : 차로 유지 혹은 운전자 운전

종 방향 : 차량 간 근거리 유지



<그림 42> 2차년도 차량별 역할

2) 성능 요구사항 및 시나리오

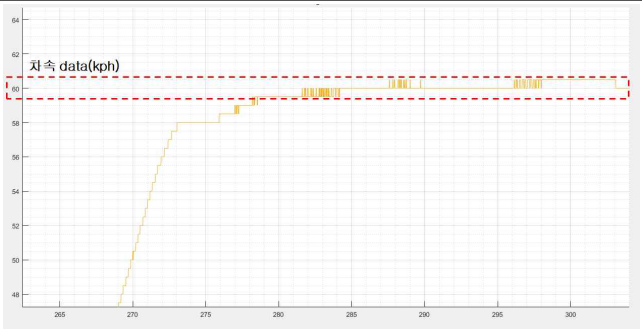
[표 6] 2차년도 성능 요구사항

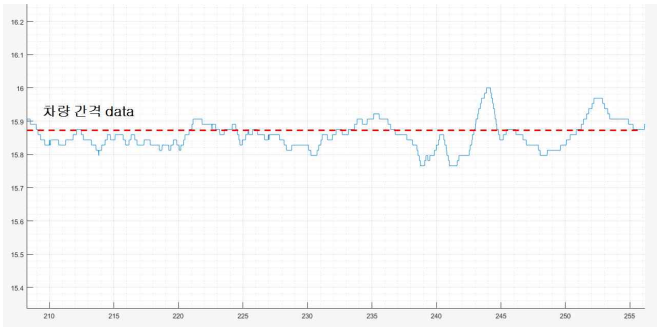
성능 지표	목표
차량 속도	60km/h
차량 간격	1s
차량 거리 오차	0.5m 이내
전체 연비 향상	4%

[표 7] 2차년도 수행 시나리오

일반주행	안전주행
합류	Cut-in
대열유지	
이탈	
총 4개 시나리오	

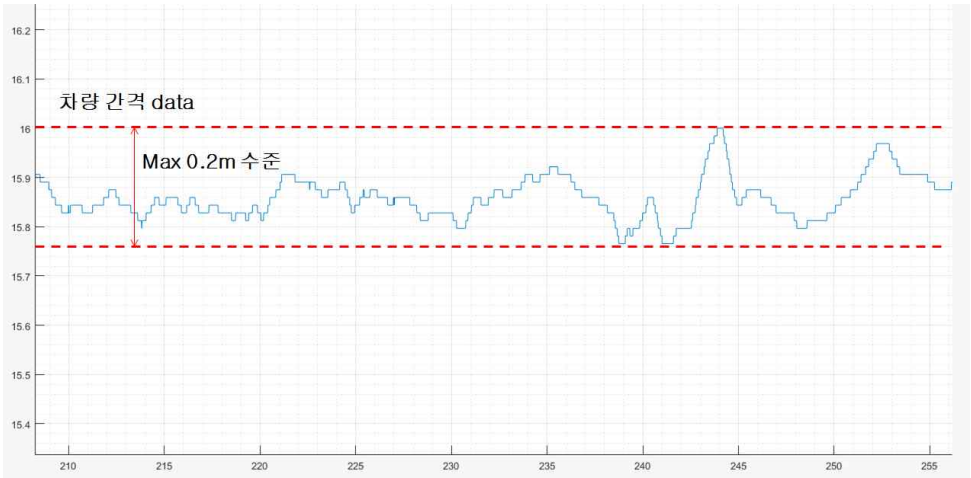
3) 성능 요구사항 평가 결과





: 차속 data확인 결과 약 60km/h 수준에서 차량 종·횡방향 제어 확인

: 목표거리는 60km/h의 time-gap 1s를 기준으로하여 약 15.8m 유지를 확인



: FV1의 오차는 최대 0.2m 수준으로 목표값인 0.5m 이내를 만족함을 확인

• 3차년도

1) 차량별 역할

가) 선두 차량: 군집주행 생성, 유지, 이탈 운영

나) 추종차량 1, 2

횡 방향 : 차로 유지 및 전방 차량과 동일 궤적 생성 및 추종

종 방향 : 차량 간 근거리 유지



<그림 43> 3차년도 차량별 역할

2) 성능 요구사항 및 시나리오

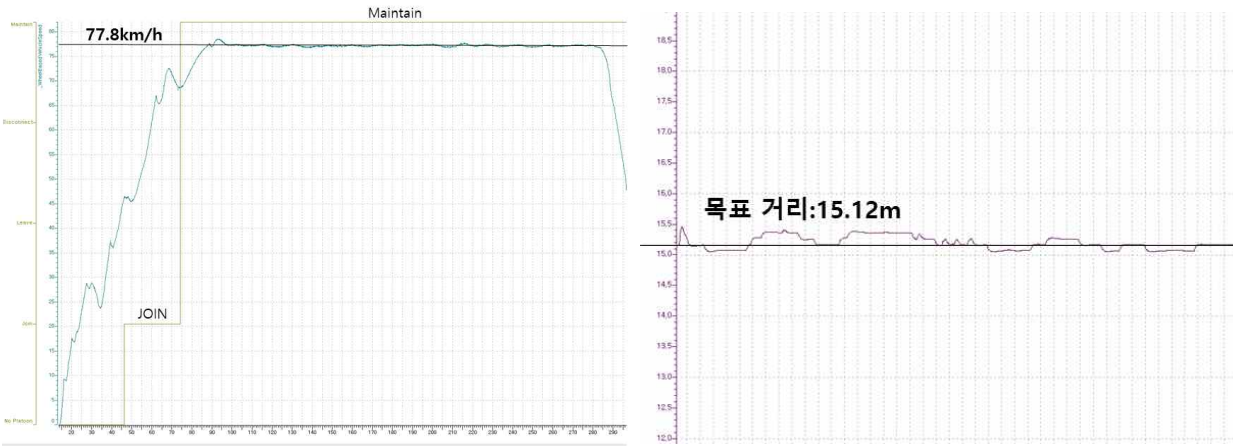
[표 8] 3차년도 성능 요구사항

성능 지표	목표
차량 속도	80km/h
차량 간격	0.7s
차량 거리 오차	0.4m 이내
전체 연비 향상	5%

[표 9] 3차년도 수행 시나리오

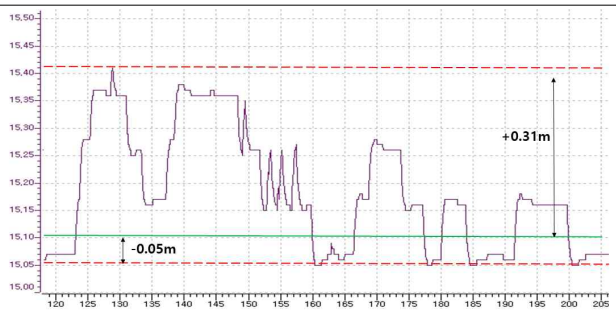
일반주행	안전주행
합류	Cut-in
대열유지	긴급제동
이탈	안전 서비스 표출
총 6개 시나리오	

3) 성능 요구사항 평가 결과

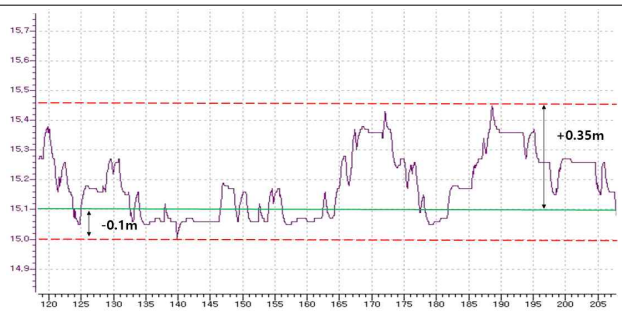


: 차속 data확인 결과 약 78km/h 수준에서 차량 종·횡방향 제어 확인

: 목표거리는 78km/h의 time-gap 0.7s를 기준으로하여 약 15.12m 유지를 확인



FV1 차량거리 오차



FV2 차량거리 오차

: FV1의 오차는 +0.31m ~ −0.05m 수준으로 0.4m 이내를 만족

: FV2의 오차는 +0.35m ~ −0.1m 수준으로 0.4m 이내를 만족

• 4차년도

1) 차량별 역할

가) 선두 차량: 군집주행 생성, 유지, 이탈 운영

나) 추종차량 1, 2, 3

횡 방향 : 차로 유지 및 전방 차량과 동일 궤적 생성 및 추종

종 방향 : 차량 간 근거리 유지



<그림 44> 4차년도 차량별 역할

2) 성능 요구사항 및 시나리오

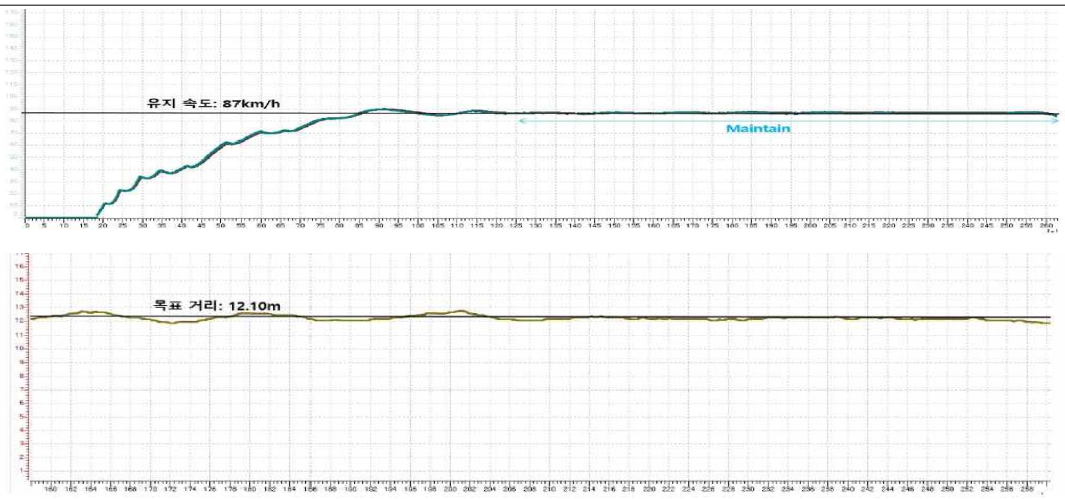
[표 10] 4차년도 성능 요구사항

성능 지표	목표
차량 속도	90km/h
차량 간격	0.5s
차량 거리 오차	0.25m 이내
전체 연비 향상	5%

[표 11] 4차년도 수행 시나리오

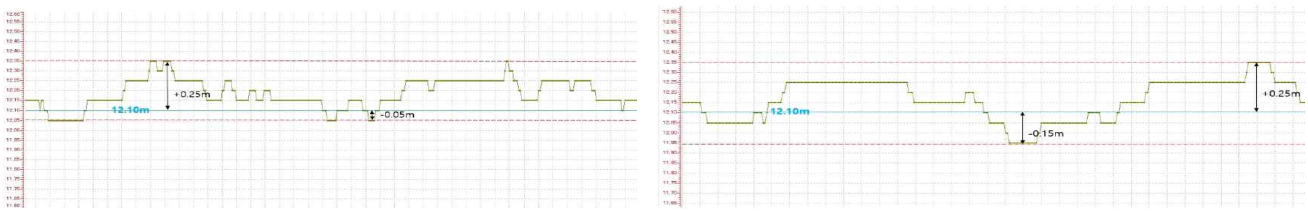
일반주행	운영기술
합류	기존 FV의 대열 이탈 후 새로운 FV 합류
대열유지	
이탈	
총 4개 시나리오	

3) 성능 요구사항 평가 결과



: 차속 데이터 확인 결과 군집주행 유지(Maintain) 구간에서 90km/h 속도 수준에서 차량 종횡방향 제어를 확인 (클러스터 표시 기준 Set 속도인 90km/h의 경우, 실제 차속은 약 87km/h 수준)

: 목표 속도 90km/h, 목표 간격 time gap 0.5s 기준 약 12.10m 수준의 차량간격 유지를 확인



: 추종차량 1호차, 2호차 모두 0.25m 이내의 오차를 가짐 (평균 오차 0.15m 수준)

○ (모트렉스) 군집주행 차량 디지털클러스터 개발

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 디지털 클러스터 개발	개발 요구사항 정의	기구 설계	기구설계 수정 및 표시오차 개선	
② 군집주행 안전서비스 표출기능 개발	–	–	안전서비스 표출 및 잔여거리 계산 시스템 개발	

① 디지털 클러스터 개발

– 군집 주행 차량 운전자를 위한 정보 표출 클러스터 개발

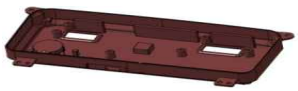
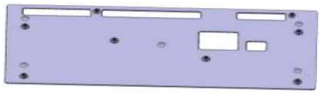
- 군집 주행 시나리오에 따라 화면이 자동전환되는 디지털 클러스터 개발
- 안전 시나리오에 따른 인터페이스 변경 및 대응 메시지 표출 기능 개발
- 완성차 신뢰성 규격에 따른 시험을 진행하여 양산 준비 완료



<그림 45> V2X기반 군집주행 전용 디지털 클러스터와 전용 HMI

– 디지털 클러스터 기구 개발

- 실차 장착을 통한 기구 설계 검증 및 개선

품명 (Part Name)	이미지	부품정보	U/S	후가공
PANEL FRONT		PC(BK)	1	1. Paint : 4X 2.SCREW6개소: M3헬리코일
COVER REAR		AL6061	1	SPK M3 TAP 3개소 외관부툴자국제 거및샌딩처리
BRKT LCD		AL 6061	1	M3 TAP 8개소

- 디지털 클러스터 HW 설계

• 기능 개발을 위한 HW 사양 도출

[표 12] HW 사양 결과표

Feature		Spec.
Platform	Size	12.3 inch
	Resolution	1920(RGB) x 720
	Interface	2 port LVDS (VESA)
	Color Depth	16.7M
	Display Mode	Transmissive with Normally Black
	Luminance	Typ. : 800cd/㎡ Min. : 600cd/㎡
	Contrast ratio	Typ. : 1100 Min. : 900
Mechanical Characteristics	Active Area(mm)	292.032×109.512
	Outline dimension	308.23(W) x 126.4(H) x 8.0(D) mm
	LED Configuration	4 parallels 8serials
Temperature	Operating	-40℃ ~ 85℃
	Storage	-40℃ ~ 95℃
Maker	LGD/BOE	COG-TC30F325P-L1

- 디지털 클러스터 SW 개발

• 주요 데이터 표출 기능 구현

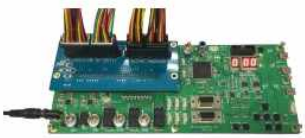
[표 13] SW 개발 결과표

항목	세부 항목	내용	개발 상세
Cluster Middleware	Data Parser	MCU Interface로 수신된 데이터를 분석하는 기능을 담당	MCU와 Interface 처리부 개발 • UART 입력/출력 Data 처리부 설계 • 입력된 Data에 대한 Parsing을 통해서 올바른 Data 처리부 설계
	Function	분석된 데이터를 각 기능별로 관리 및 처리하는 기능을 담당	분석된 데이터 관린 및 처리부 개발 • Trip, LDWS, ACC등정보 처리부 설계 • Gauges (Speed Meter, Tachometer, Fuel, Coolant Temperature, Engine Oil) 처리부 설계 • Popup, Telltale, Clock, Gear 정보 처리부

			설계
	Interface Processing	외부 Module과 Interface 처리	외부의 각종 Module과의 Interface 처리부개발 진행 • MCU Interface (UART)에 대한 MCU와 Interface를 관리하여 데이터 수신 및 송신 기능을 담당 • File System과 Interface하여 저장이 필요한 데이터 관리 • Sound Interface 처리를 통해서 Sound System과 Interface하여 Sound Data 관리 • GUI Engine Interface를 통해서 GUI Engine과 Interface를 관리하여 데이터 표시 및 화면 관리 기능을 담당
GUI Engine	GUI Engine	Event Handler, Event Processing, Rendering Engine, Resource Manager 등의 각종 API들로 이루어져, 각종 GUI Component(Button, Text, Checkbox, List, Box)들을 제공 및 관리	CPU상에서 Engine porting 개발완료 • Handler 및 Event Processing과 각종 GUI Component 처리부 설계
GUI Application	Telltale	Telltale Module의 실데이터를 받아 Telltale의 상태를 클러스터 화면에 Display함 (On/Off/Blink)	• Telltale 연동 API 및 컴포넌트 개발 • Telltale GUI 화면 개발
	Gear/Time/ 외부 온도	Gear, Time , Out temperature Module의 데이터를 받아 클러스터 화면에 Display함	• Gear/Time /Out temperature 연동 API 및 컴포넌트 개발 • Gear/Time/Out temperature GUI 화면 개발
	Gauge	Gauge 정보를 받아 현재 차량 게이지정보를 클러스터 화면 Display함	• Gauge 연동 API 및 컴포넌트 개발 • Gauge의 클러스터 화면 개발
	Trip	차량 운행 실데이터를 받아 Trip정보를 클러스터화면에 Display함	• Trip연동 API 및 컴포넌트 개발 • Trip GUI 화면 개발
	Information	Information Module 로 부터 Gauge, Driving Info 관련 실데이터를 받아 클러스터 화면에 Display함	• Information 연동 API 및 컴포넌트 개발 • Information GUI화면 개발

	Settings	설정 관련 data를 받아 사용자가 설정 및 정보를 인지할 수 있게 클러스터 화면에 Display함	• Settings연동 API 및 컴포넌트 개발 • Settings GUI화면 개발

- 최종 개발 산출물
  - 최종 기구물 개발 완료
  - 디지털 클러스터 HW 개발 완료
  - 차량 기초 상태 및 군집주행 상태 표출 SW 개발 완료

구 분	개발 산출물		
기구물	 Panel Front	 Bracket LCD	 Cover Rear
H/W	 PBA	 완성품	 동작 지그
S/W	 HMI 디자인/ Software / Firmware /기술문서		

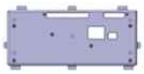
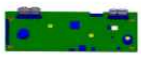
- 사업화를 위한 양산 시험 수행
  - 디지털 클러스터 정량적 항목에 대한 시험 및 하드웨어 신뢰성 시험 수행
  - 개발 완료 제품의 양산성을 확보하기 위한 OEM 기준으로 시험 수행

[표 14] HW신뢰성 평가 결과표

평가 항목	평가 방법
복합 내구성	● Test 목적 : 완료된 제품의 내구성 및 품질 측정 ● Test 방법 : 1) 차량 장착 조건과 동일하게 시험품을 장착하고 도면에 준한 내구 Cycle 수행하고 시험품의 시험 시작 전 기본성능 측정값, 전체 내구 기간(횟수) 10단계로 나누어 각 단계별 기본성능 측정값, 각 부품의 발열 온도를 측정하고 시험 완료 후 기본 성능 측정 결과 및 오작동 ,이음 발생 여부 및 부품의 상태를 결과표에 기입할 것

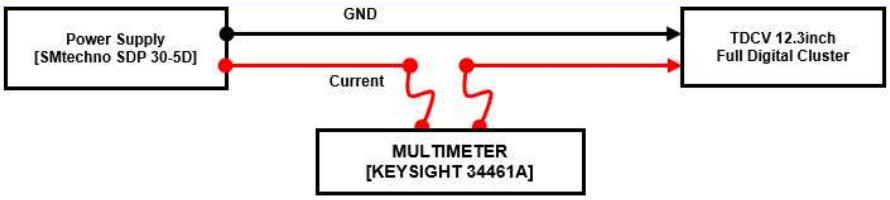
<table>
<tr><td></td><td>2) 전원 내구 시험 진행(60일 이상 수행)하여 전원 ON Time 40초, Off Time 10초로 진행
(단, ON 시에는 전체 Gauge는 Sweeping 3회 왕복, Telltail ON/Off는 6회 반복함)

3) 총 시간은 2400Hours(100일) 수행하고 총 수행시간을 10단계로 나누고 단계별 동작 유무를 확인함

● Test 판정기준 : 각 단계별 성능 이상 없을 것)</td></tr>
<tr><td>전체 중량</td><td>● 기구 Part List 및 최종 결합된 무게를 측정 평가
<table><tr><th>No</th><th>Part Name</th><th>Image</th><th>Description</th><th></th><th>U/S</th><th>Note</th></tr><tr><td>1</td><td>PANEL FRONT</td><td>  </td><td>PC(BK) / NS5000C</td><td></td><td>1</td><td>- Painting : Black</td></tr><tr><td>2</td><td>COVER REAR</td><td>  </td><td>PC(BK) / NS5000C</td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>3</td><td>FRAME LCD</td><td>  </td><td>AL 6061</td><td></td><td>1</td><td>- Material Change 150g (Al 6065 -> Mg)</td></tr><tr><td>4</td><td>HEAT SINK</td><td>  </td><td>AL 6061</td><td></td><td>1</td><td>- Material Change 100g (Al 6065 -> Mg)</td></tr><tr><td>5</td><td>PCBA</td><td>  </td><td>HW (MAIN PCBA)</td><td></td><td>1</td><td></td></tr><tr><td>6</td><td>LCD</td><td>  </td><td>12.3" TFT LCD</td><td></td><td>1</td><td></td></tr></table>
<그림 46> 기구 부품 구성도</td></tr>
<tr><td>화면표시
오차율</td><td>● Test 목적 :
1) 클러스터에 표시되는 정보가 입력값과 오차율이 없이 표시되는지 확인
2) 이상 상태에서도 반드시 표시되어야 하는 Functional Saftety 항목에 대한 기능안전 확인

● 시험 구성도
Test 방법 : FDC와 JIG 보드를 이용하여 화면 표시의 오차율 측정 수치 계산
<table><tr><th>평가 항목</th><th>평가 수치</th><th>계산 방법</th><th>기준</th></tr><tr><td>경고/표시등 반응속도</td><td>ms</td><td>반응속도 규격</td><td>10ms 이내</td></tr><tr><td>속도계 오차</td><td>%</td><td>표시 속도 오차율</td><td>0.01% 이내</td></tr><tr><td>Odd/ Trip</td><td>%</td><td>표시 거리 오차율</td><td>↑</td></tr><tr><td>Gauge 표시 오차</td><td>%</td><td>표시 량 오차율</td><td>↑</td></tr></table></td></tr>
<tr><td>EMC / EMI</td><td>● Test 목적 : 차량에 적용 또는 탑재되는 전기, 전자 부품/시스템으로부터 발생되는 전자파가 차량에 탑재되는 수신기 또는 주변 부품 및 외부 환경(주변시설 및 근접차량)에 미치는 영향을 평가하기 위함.</td></tr>
</table>

	- 참고 규격 : CISPR25 Edition 3.0 - 측정 대역 : (0.1 ~ 2,500) MHz
클러스터 부팅 타임	● 목적 : FDC의 특성상 OS가 부팅되는 시간에 따라 상품성이 결정되므로 이에 대한 Fast Booting 성능을 평가함. ● Test Equipment : Digital Multimeter (KEYSIGHT 34461A) ● Test Method : 1) Vbatt. 24Vdc, IGN Off <-> ING ON -> Cold Booting 조건으로 화면에 Guage 출력까지 시간을 측정 -> 각 Sequence 별로 소모 시간을 측정하여 전체 시간과 비교함. -> 총 100회 측정하여 평균값을 측정하여 아래 표와 같이 결과 작성  <그림 47> 부팅 타임 결과표(예시)
Sleep Current	● 목적 : FDC의 Sleep 상태 시 Current Consumption을 측정하여 방전, 오동작 예방함. ● Test Equipment : Digital Multimeter (KEYSIGHT 34461A) Power supply (SMtechno SDP 30-5D) ● Test Method : Vbatt. 24Vdc, IGN Off Test Time : 1 min. Test Point :



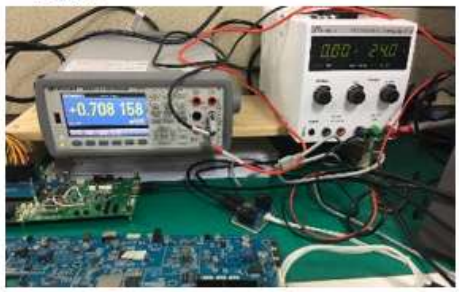
<그림 48> 측정 위치 및 구성

- 구성 화면(예시)

- #1 FDC



- #2 FDC



<그림 49> 소모전류 측정 (예시)

● Test 판정 :

SPECIFICATION

24.5	UV 내성	장착 위치에서 운전자에게 보이는 모든 표면
24.7	긁힘 내성	해당 없음
25	전류 소비	
25.1	작동 전류	표준 : ~700mA @ 28V
25.2	대기 전류	< 5 mA @ 24V

<그림 50> 대기전류 판정 표

② 군집주행 안전서비스 표출 기능 개발

- 군집 주행 전용 GUI 개발

• 2,3차년도 군집 주행 GUI 개발



<그림 51> 군집주행 상태에서의 표출 화면(2, 3차년도)

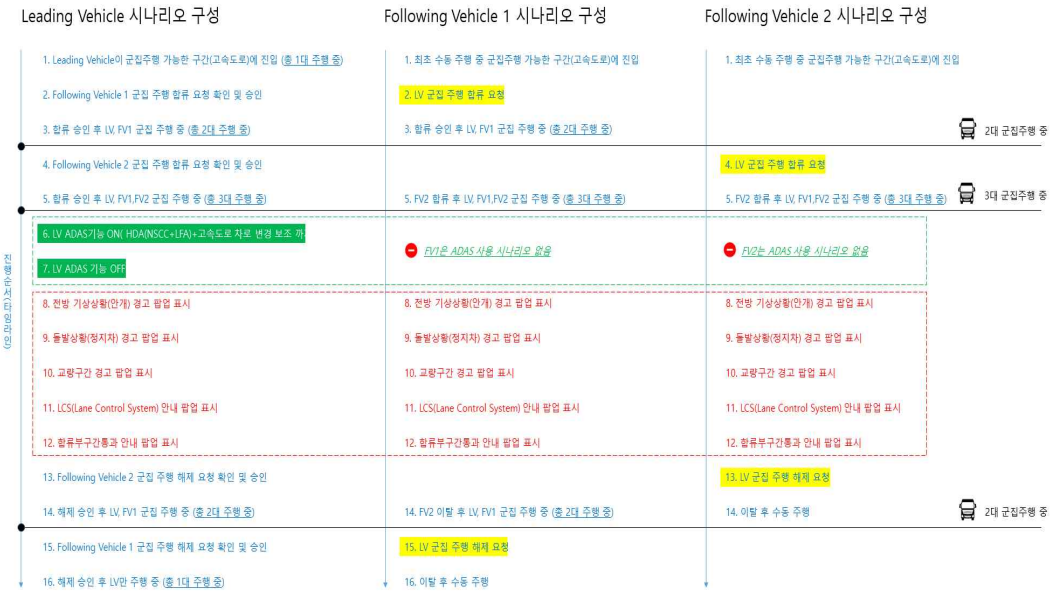
• 최종 4차년도 HMI 시나리오 기반 GUI 개발



<그림 52> 군집주행 상태에서의 표출 화면(4차년도)

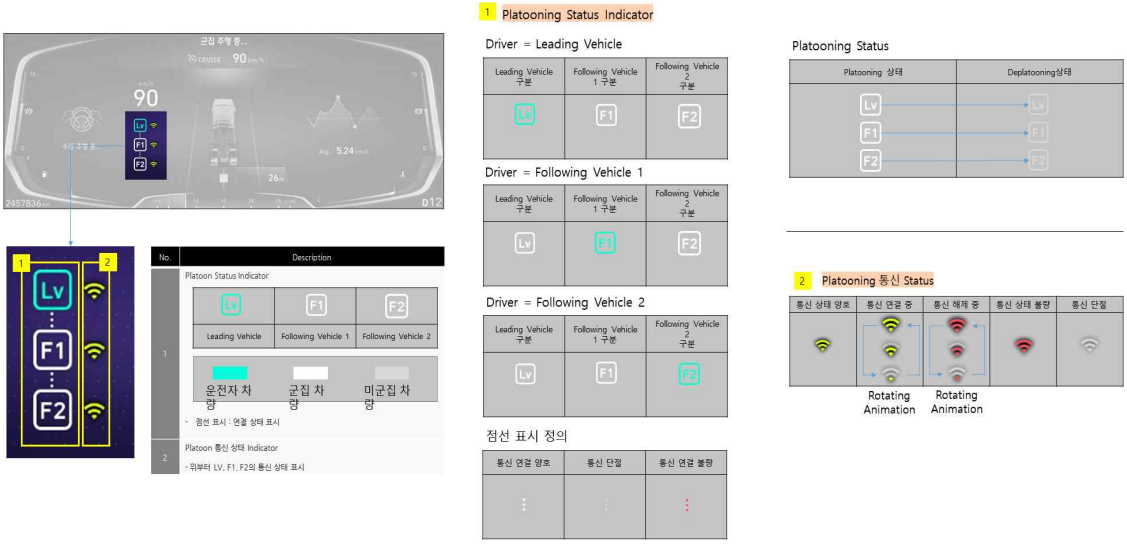
- 군집주행 상태 데이터 표출 기능 구현

• 군집주행 상태 표시 시나리오 개발



<그림 53> 군집주행 상태 및 안전서비스 표출 시스템 구조도

• LV, FV1, FV2 표시 및 통신 상태 표시 기능 개발



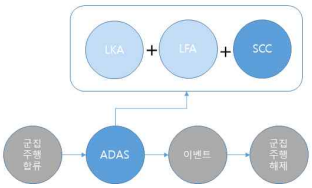
• Adaptive Cruise Control 작동 시 각 차량간 간격, 정보 표시 기능 개발

GUI Component 배치 영역 정의



No.	Description
1	Component name : 크루즈 컨트롤 인디케이터 Leading Vehicle에서만 표시되며 Following Vehicle에서는 표시하지 않는다. 설정된 시속 표시 : MIN(40)~MAX(90) km/h SCC SET 스위치 프레스 시, 차속 1km/h 씩 증가 SCC SET 스위치 롱 프레스 시, 차속 5km/h씩 증가

시나리오 FLOW



GUI Component 케이스 별 정의

1 크루즈 컨트롤 인디케이터	변경 조건
시스템 OFF 상태	시스템 OFF 시
시스템 ON 상태	원하는 속도까지 가속 후 SCC 버튼 누를 시 전환

2 차간 거리 인디케이터	변경 조건
	차간 거리 유지 버튼 누를 때마다 변경 [차간 거리 3단계]
	차간 거리 유지 버튼 누를 때마다 변경 [차간 거리 2단계]
	차간 거리 유지 버튼 누를 때마다 변경 [차간 거리 1단계]

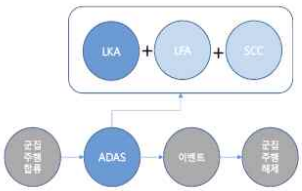
• Lane Keeping Assist 및 조향 보조상태 표시

GUI Component 배치 영역 정의



No.	Description
1	Component name : LKA ICON Leading Vehicle에서만 표시되며 Following Vehicle에서는 표시하지 않는다.
2	Component name : DRIVE VIEW 좌우 차선 이탈 정보존 Leading Vehicle에서만 표시된다.

시나리오 FLOW



GUI Component 케이스 별 정의

1 LKA ICON	변경 조건	ICON 점등	2 DRIVE VIEW	변경 조건 및 표시 상태
시스템 OFF 상태	시스템 OFF 시	OR	차선 인식 불가	시스템 OFF상태에서 주행보조 뷰 모드 진입 시 상태 또는 시스템 ON상태에서 시속 60km/h 미만 시 표시 상태
시스템 ON 상태	버튼 클릭 시 전환	OR	차선 인식 중	차량 속도가 60km/h 이상이고 차로 이탈방지 보조 시스템이 차로 인식 시 차선 표시 색상 변경(회색 -> 흰색) GUI 동일 하게 유지
조향 보조 상태	양쪽 차선 인식 상태에서 차량이 차로 안쪽에 있고, 급격한 조향이 없는 경우 조향 보조 가능 상태로 전환	OR	차선 인식 중 차로 이탈 시	차선 인식 중 차로 이탈 시 이탈 방향의 차선 표시 점멸

※ ICON 점등 'OR'의 의미 : 두 아이콘 중 하나가 표시 될 수 있다.

• 군집 주행 합류 및 이탈 정보 표시 시나리오

GUI Component 배치 영역 정의



FV1이 군집주행에 합류한 이후에만 FV2 합류 가능하다.
FV1이 군집주행 중일 때 FV2는 LV에게만 합류요청을 보내고, FV1에게는 보내지 않는다
시나리오 순서 5부터는 수동주행에서 자율주행으로 전환한다.

GUI Component 케이스 별 정의

순서	시나리오	1 수동/자동 주행 가이드	2 STATUS 정보 표시	3 군집주행 SEQUENCE 메세지
1	최초 수동 주행 중 (군집 주행 불가)		-LV 통신상태 : -F1 통신상태 : -F2 통신상태 :	군집 주행 불가능
1-1	군집주행 가능한 구간(고속도로)에 진입		-LV 통신상태 : -F1 통신상태 : -F2 통신상태 :	군집 주행 가능
4	LV 군집 주행 합류 요청		-LV 통신상태 : -F1 통신상태 : -F2 통신상태 : (애니메이션 적용)	F2 합류 요청 시 : F2 군집 합류 요청... LV 합류 승인 시 : F2 군집 합류 중...
5	FV2 합류 후 LV, FV1,FV2 군집 주행 중 (총 3대 주행 중)		-LV 통신상태 : -F1 통신상태 : -F2 통신상태 :	군집 주행 중...

시나리오 FLOW

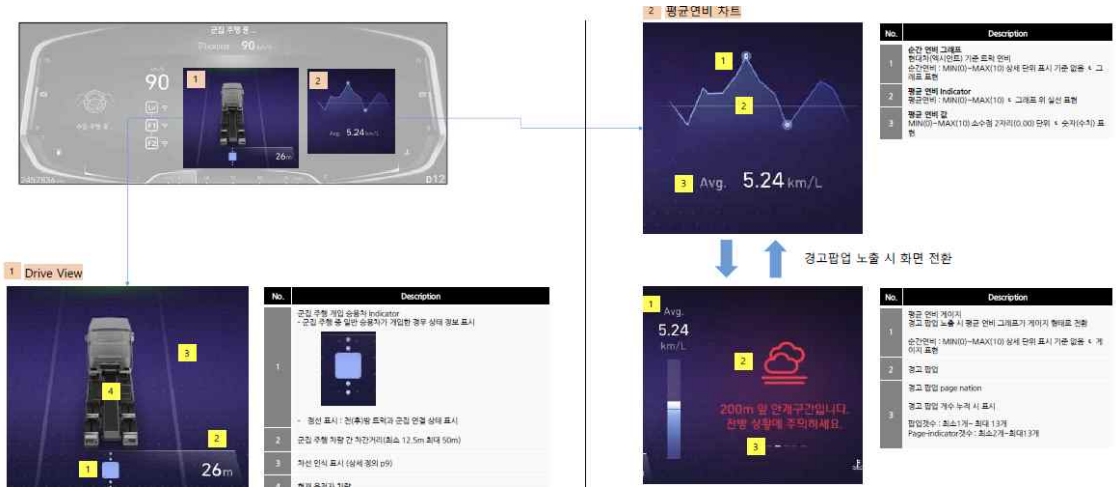


– 군집주행 안전서비스 데이터 표출 시나리오 개발

• 이벤트 시나리오 정의 및 안내 표시 기능 개발



• 평균 연비 차트 및 안전 구간 진입 알림 시나리오



○ (저먼코리아) 군집주행 시스템 평가

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 군집주행 시스템 평가	군집주행 노선 검토 및 사전답사	신뢰성 평가 1.5만km 및 V2V연계 시스템 평가 0.5만km (2대)	신뢰성 평가 1.5만km 및 V2X연계 시스템 평가 0.5만km (3대)	신뢰성 평가 1.5만km 및 V2X연계 시스템 평가 0.5만km (4대)
② 군집주행 연비평가		군집주행 연비개선 평가		

① 군집주행 시스템 평가

- 화물차 군집주행관련 관련 시험을 위한 사전조사

• 군집주행 평가를 위한 시험도로 조사

1) 여주 시험도로



<그림 54> 여주 비공용도로 시험 노선



<그림 55> 여주 비공용도로 시험장 노면

2) 새만금 폐쇄도로



<그림 56> 새만금 폐쇄도로 시험 노선



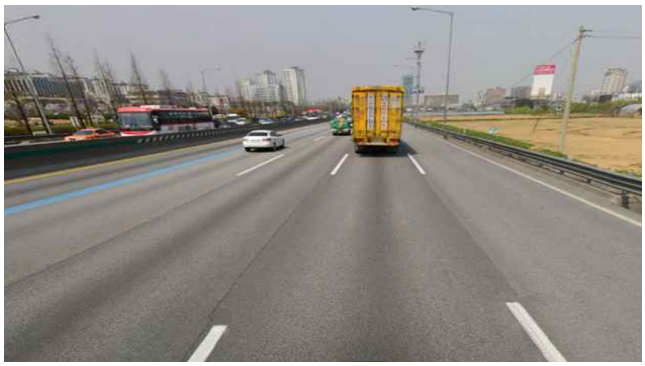
<그림 57> 새만금 폐쇄도로 시험장 노면

• 군집주행 시연을 위한 공용도로 조사

1) 영동 고속도로



<그림 58> 서울TG ~ 신갈JCT ~ 호법JCT



<그림 59> 영동 고속도로 노면

2) 중부내륙 고속도로



<그림 60> 남녀주IC ~ 양평IC



<그림 61> 중부내륙 고속도로 노면

– 군집주행 시스템 신뢰성 평가

• 평가 방법 정의

1) 시스템 신뢰성 평가

가) 신뢰성 평가 주행거리 : 1.5만km/대 실시(초기 튜닝 ~ 부품 신뢰성 확보 마일리지 포함)

※ 신뢰성 평가 주행거리 산출 근거

HMC & 모비스 신기술 시스템 개발시 모니터링 주행거리 참조

(예, SCC, AEB, ADAS, DAW, LKAS 등 2~3만km 공용도로에서 모니터링 실시)

1.5만km에는 시스템튜닝 마일리지 포함.(안전을 고려 튜닝을 위한 마일리지 증대)

나) 시험장소 : 비공용도로 & 공용도로에서 실시

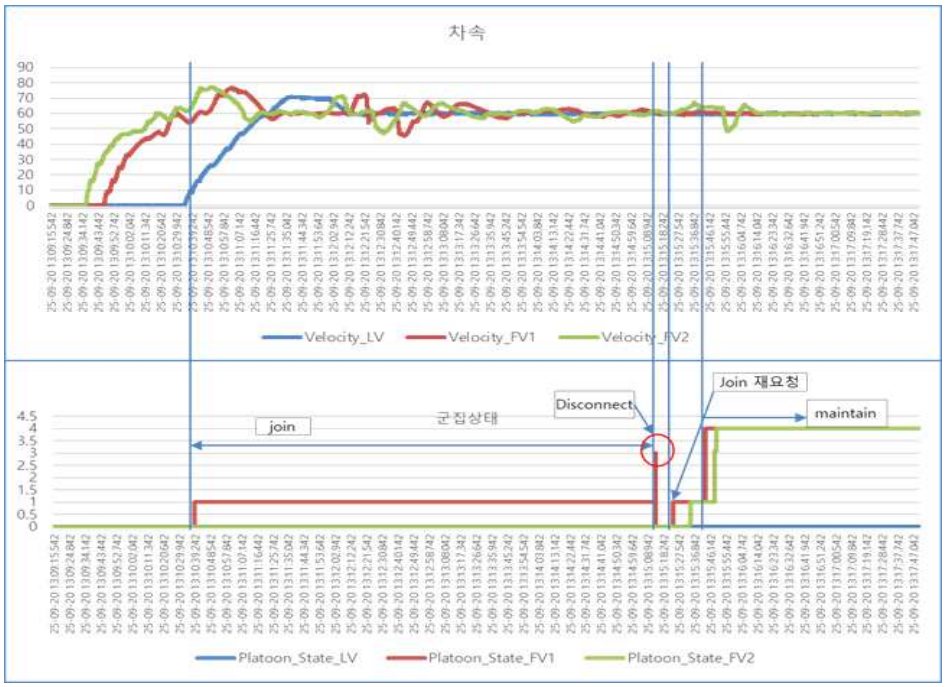
다) 평가방법

: 부품 및 시스템 튜닝을 포함한 시스템 신뢰성을 확보하는데 목적이 있다.

: 선두차량과 후미차량이 단독 및 군집주행시 차량간의 센서의 오작동 및 미감지로 인한 문제점 여부 검증

: 선두차량과 후미차량이 단독 및 군집주행시 타차량 및 주변 환경에 의한 오작동 여부 평가

• 평가 결과 및 개선사항 반영





1) 합류 진행 오류 / 지연 개선

: FV1 차량 군집주행 합류 -> 오류 -> 합류 재요청 -> 대열유지

: FV2 차량 군집주행 수동운전(합류 중 오류) -> 시스템 reset후 합류 -> 대열유지

• 시스템 신뢰성 평가 결과

1) 2차년도 시스템 신뢰성 평가

: LV 15,000km, FV1 15,000km 신뢰성 평가 완료

: 시스템 오감지 및 오작동 없음

2) 3차년도 시스템 신뢰성 평가

: LV 15,000km, FV1 15,000km, FV2 15,000km 신뢰성 평가 완료

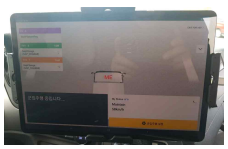
: 시스템 오감지 및 오작동 없음

3) 4년도 시스템 신뢰성 평가

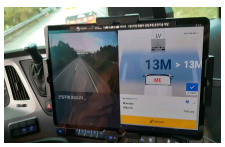
: LV 13000km, FV1 13,000km, FV2 13,000km, FV3 13,000km 신뢰성 평가

: 시스템 오감지 및 오작동 없음

[표 15] 신뢰성 평가 결과표(LV)

항 목	시스템 사진	평가구분	결과
전방 카메라		장착성	문제 없음
		기능	LV 차량 평가 불요
전방 레이더		장착성	문제 없음
		기능	LV 차량 평가 불요
V2V 제어기		장착성	문제 없음
		기능	양호
HMI		장착성	문제 없음
		기능	양호

[표 16] 신뢰성 평가 결과표(FV1)

항 목	시스템 사진	평가구분	결과
전방 카메라		장착성	문제 없음
		기능	양호
전방 레이더		장착성	문제 없음
		기능	양호
V2V 제어기		장착성	문제 없음
		기능	양호
HMI		장착성	문제 없음
		기능	양호

[표 17] 신뢰성 평가 결과표(FV2)

항 목	시스템 사진	평가구분	결과
전방 카메라		장착성	문제 없음
		기능	양호
전방 레이더		장착성	문제 없음
		기능	양호
V2V 제어기		장착성	문제 없음
		기능	양호
HMI		장착성	문제 없음
		기능	양호

[표 18] 신뢰성 평가 결과표(FV3)

항 목	시스템 사진	평가구분	결과
전방 카메라		장착성	문제 없음
		기능	양호
전방 레이더		장착성	문제 없음
		기능	양호
V2V 제어기		장착성	문제 없음
		기능	양호
HMI		장착성	문제 없음
		기능	양호

[표 19] 주변환경에 의한 시스템 신뢰성 평가 결과표

○:양호, X:불량

항 목	주변환경	평가결과			
		항목	LV	FV1	FV2
철구조물		오감지 여부	○	○	○
		오작동 여부	○	○	○
신호등/ 무인카메라		오감지 여부	○	○	○
		오작동 여부	○	○	○
거친노면		오감지 여부	○	○	○
		오작동 여부	○	○	○
입간판		오감지 여부	○	○	○
		오작동 여부	○	○	○

통신 안테나		오감지 여부	○	○	○
		오작동 여부	○	○	○
중간정산 시스템 통과		오감지 여부	○	○	○
		오작동 여부	○	○	○
육교 구간		오감지 여부	○	○	○
		오작동 여부	○	○	○

- V2X연계 시스템 평가 및 군집주행 성능 평가
  - 2년도 군집주행 성능 평가
    1) LV 5,000km, FV1 5,000km, 성능평가 완료
    2) 군집 합류, 대열유지, 군집해제 기능 양호

  - 3차년도 군집주행 성능 평가
    1) LV 5,000km, FV1 5,000km, FV2 5,000km 성능평가 완료
    2) 군집 합류, 대열유지, 군집해제 기능 양호

  - 4년도 군집주행 성능 평가
    1) LV 2,000km, FV1 2,000km, FV2 2,000km, FV3 2,000km 성능평가
    2) 군집 합류, 대열유지, 군집해제 기능 양호

  - 군집주행 성능 평가 결과

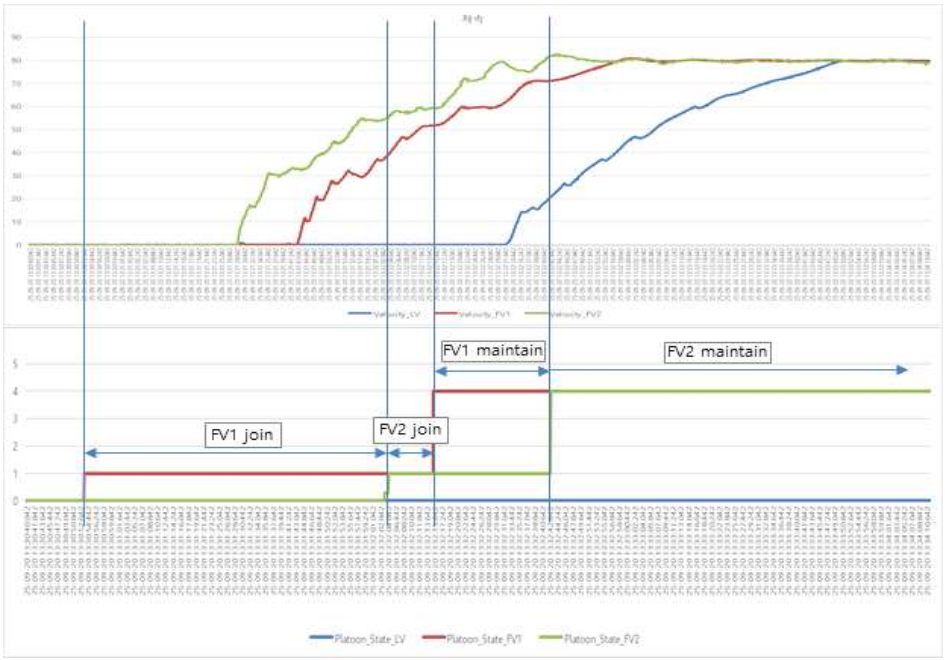


<합류요청> <승인대기> <승인> <군집유지>

1) 합류 성능 평가
: FV1 합류승인 요청 -> LV 합류승인 -> FV1 합류 -> FV1 대열유지 성능 확인
: FV2 합류승인 요청 -> LV 합류승인 -> FV2 합류 -> FV2 대열유지 성능 확인

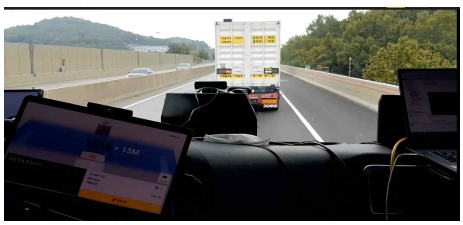
[표 20] 합류 기능 확인 결과

항 목		V2V 시스템 성능평가 시험	평가결과
군집주행 합류	접근		양호
	동조화 (Coupling)		양호



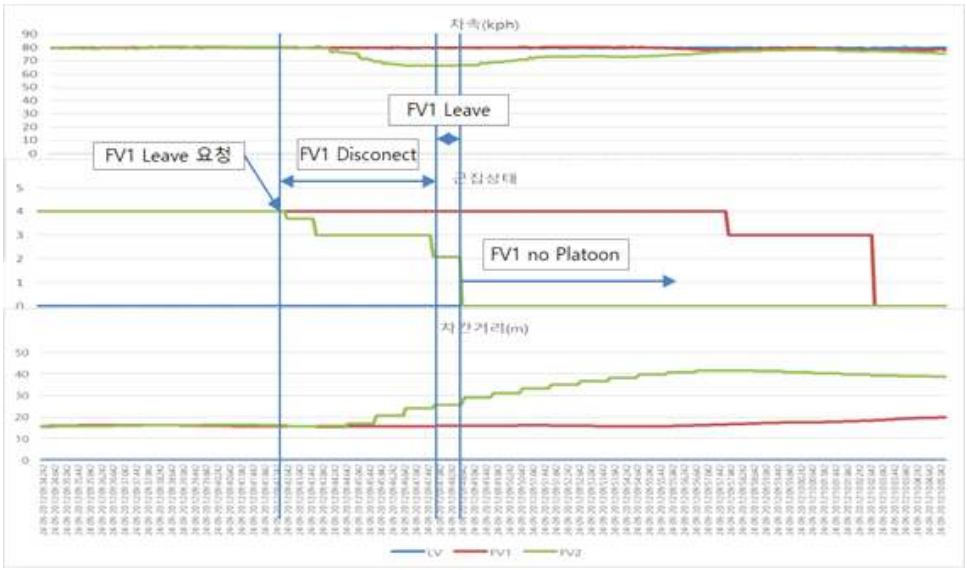
2) 대열유지 성능 평가

[표 21] 대열유지 기능 확인 결과

항 목		V2V 시스템 성능평가 시험	평가결과
군집주행 유지	거리유지		양호
	차선 유지		양호

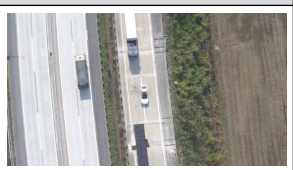
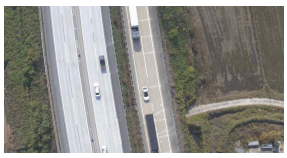


3) 이탈 성능 평가



4) 기타 성능 평가

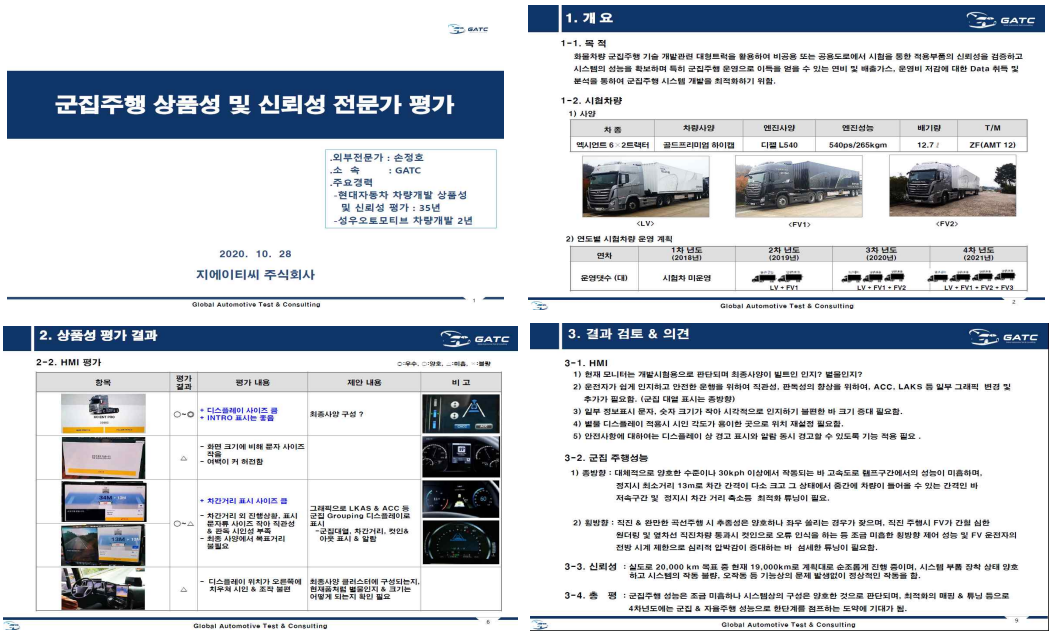
[표 22] Cut-in 기능 확인 결과

항 목		V2V 시스템 성능평가 시험	평가 결과
타차량 Cut-In /Out	초기 (타차량 진입)		기능 양호
	중기 (안전거리 확보)		안전거리 확보기능 양호
	말기 (군집대열 회복)		군집대열 회복기능 양호

[표 23] 긴급제동 기능 확인 결과

항 목		V2V 시스템 성능평가 시험	평가 결과
긴급 제동	초기 (LV 제동)		기능 양호
	중기 (FV 제동)		안전거리 확보기능 양호
	말기 (거리 확보)		기능 양호

• 외부전문가 평가 수행



② 군집주행 연비평가

– 군집주행 연비성능 평가 방법 수립

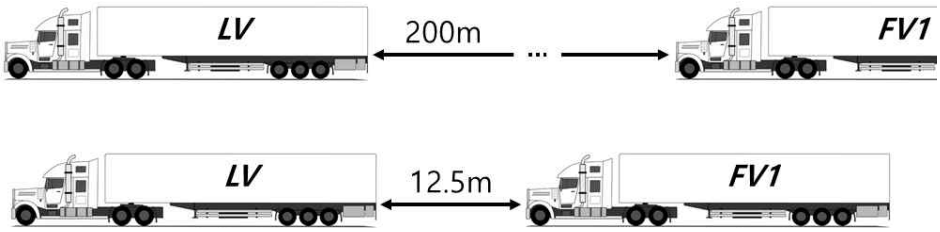


<그림 67> 연비평가 장비 장착

– 단독주행 및 군집주행



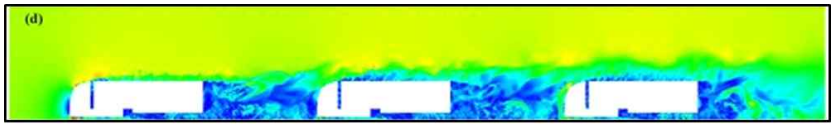
[용어 정의]

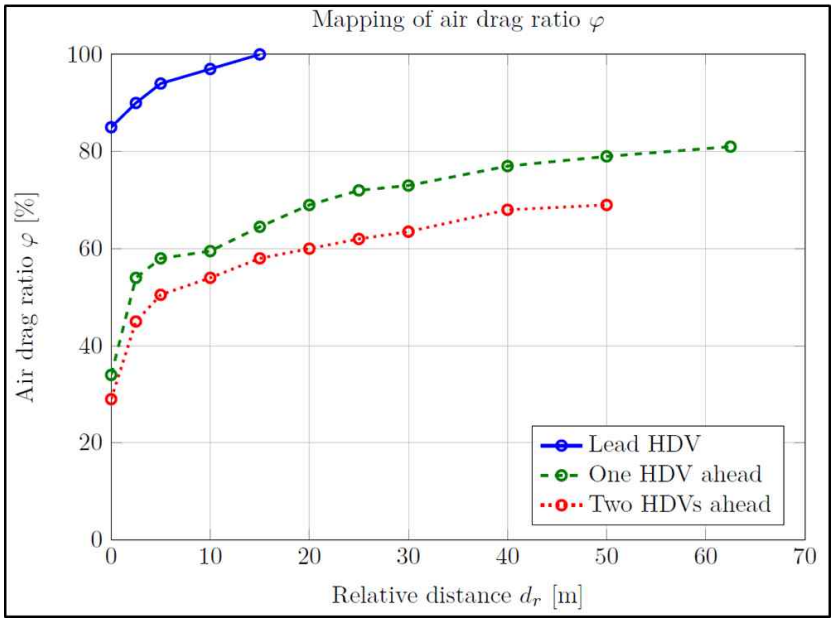


* 단독주행 : 차량이 개별로 주행하며, 최소 200m 이상의 간격을 유지하여 주행
* 군집주행 : 군집주행 시스템을 활용하여 주행. 90kph기준 12.5m 간격 유지(time-gap 0.5s)

[비교 대상 및 수치 근거]

* 도로교통법에 따라 현재 차량은 앞차량과 근접하여 주행하는 대열주행은 금지되어있으므로, 대조군을 단독주행으로 설정하여 최소 200m 이상 떨어진채로 단독주행 연비를 측정함.





- 단독주행 시 앞 차량의 영향을 받지않는 거리까지 간격을 두고 주행해야 객관적인 연비향상 효과를 측정할 수 있다. 위의 자료에 따르면, 약 70m까지도 영향을 주고받는 것을 알 수 있다. 따라서 주행도로의 여건에 맞는 최대간격인 200m를 설정하여 주행하였다.
  (출처 : Coordination and Routing for Fuel-Efficient Heavy-Duty Vehicle Platoon Formation, Kou-Yun Liang, KTH, 2014)

- 여주시험도로 정속연비 시험방법
  • 단독주행 시험방법
  1) 차량 3대간 거리를 각각 200m 이상 유지하여 동시에 여주시험도로를 세가지 속도(90kph, 80kph, 70kph)로 왕복 주행한다.
  2) 각 차량의 속도는 계기속에 나타나는 속도를 확인하여 정속주행을 실시한다.
  3) 속도를 안정적으로 유지하기 위하여 Auto Cruise를 사용한다.

  • 군집주행 시험방법
  1) 차량 3대간 군집 연결을 유지하여 단독과 동일한 속도로 왕복 주행한다.
  2) 군집차량의 속도는 LV 차량이 제어하며, 계기속에 나타나는 속도를 확인하여 정속주행을 실시한다.
  3) 속도를 안정적으로 유지하기 위하여 Auto Cruise를 사용한다.
  4) 군집주행시 속도별 차간거리 기준은 다음과 같다.
  * Time Gap 0.5sec : 90kph 12.1m, 80kph 12.0m, 70kph 12.0m
  * Time Gap 0.7sec : 90kph 16.9m, 80kph 15.0m, 70kph 13.1m

  • 시험진행방법
  1) 시험 차량은 3대 (LV - GRAY, FV1 - BROWN, FV2 - GRAY) 동시에 주행한다
  2) 시차 차이에 따른 연비변화를 최소화하기 위해 시험은 연속하여 진행한다
  * 각 속도별 시험은 단독주행과 군집주행을 연속해서 시험을 진행한다.
  * 주행조건별 시험순서 : 단독주행 → 군집 (0.7sec) → 군집 (0.5sec)

3) 적재조건은 공차와 적차(총중량 22톤) 두가지 조건으로 시험을 진행한다.

- 중부내륙고속도로 실도로 연비 시험방법

• 단독주행 시험방법

1) 차량 3대간 거리를 각각 200m 이상 유지하여 동시에 중부내륙 고속도로의 남여주 IC ~ 양평 IC 구간을 80kph 속도로 왕복 주행한다.
2) 각 차량의 속도는 계기속에 나타나는 속도를 확인하여 정속주행을 실시한다
3) 속도를 안정적으로 유지하기 위하여 Auto Cruise를 사용한다.

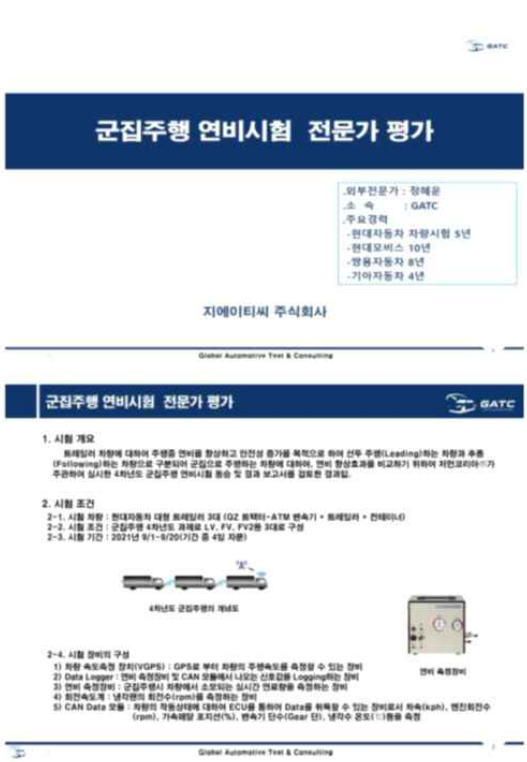
• 군집주행 시험방법

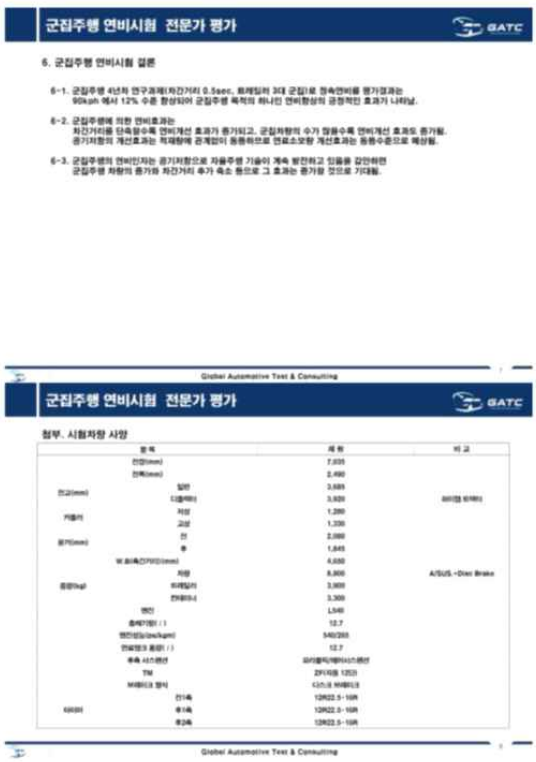
1) 차량 3대간 군집연결을 유지하여 단독주행과 동일한 속도로 동일한 구간을 왕복 주행한다.
2) 군집차량의 속도는 LV 차량이 제어하며, 계기속에 나타나는 속도를 확인하여 정속주행을 실시한다.
3) 속도를 안정적으로 유지하기 위하여 Auto Cruise를 사용한다.
4) 실도로 군집주행은 안전을 고려하여 Time Gap 0.7sec (15.0m)를 적용한다.

• 시험진행방법

1) 시험 차량은 3대 (LV - GRAY, FV1 - BROWN, FV2 - GRAY) 동시에 주행한다.
2) 시차 차이에 따른 연비변화를 최소화하기 위해 시험은 연속하여 진행한다.
   * 단독주행 왕복과 군집주행 왕복을 연속해서 진행한다.
   * 시험순서 : 단독주행 → 군집 (0.7sec)
3) 적재조건은 공차와 적차(총중량 22톤) 두가지 조건으로 시험을 진행한다.

• 외부전문가 평가 시행





- 2년도 군집주행 연비성능 평가

• LV, FV1 연비성능평가 완료
• 군집주행 연비 단독주행 대비 5% 효과

- 3차년도 군집주행 연비성능 평가

• LV, FV1, FV2 연비성능 평가 완료
• 군집주행 연비 단독주행 대비 10% 효과

- 4년도 군집주행 연비성능 평가

• LV, FV1, FV2 연비성능 평가 완료
• 군집주행 연비 단독주행 대비 10% 효과

- 군집주행 연비 효과 결과

[표 24] 연비 결과표(2차년도)

구 분		70 kph		80 kph	
		연비 (KM/L)	군집효과	연비 (KM/L)	군집효과
LV	군집주행	4.73	-0.4 %	4.30	0.5 %
	단독주행	4.75		4.24	
FV1	군집주행	5.26	12.4 %	5.03	14.3 %
	단독주행	4.68		4.61	
평균	군집주행	5.00	5.9 %	4.66	5.3 %
	단독주행	4.72		4.43	

[표 25] 연비 결과표(3차년도)

구 분		80 kph		85 kph	
		연비 (KM/L)	군집효과	연비 (KM/L)	군집효과
LV	군집주행	3.451	0.4 %	3.310	0.5 %
	단독주행	3.436		3.295	
FV1	군집주행	3.925	13.9 %	3.801	14.3 %
	단독주행	3.445		3.325	
FV2	군집주행	4.020	14.2 %	3.845	14.5 %
	단독주행	3.521		3.358	
평균	군집주행	3.799	9.6 %	3.652	9.8 %
	단독주행	3.467		3.326	

[표 26] 연비 결과표(4차년도)

구 분		80 kph		90 kph	
		연비 (KM/L)	군집효과	연비 (KM/L)	군집효과
LV	군집주행	4.165	1.5%	3.674	2.1%
	단독주행	4.103		3.599	
FV1	군집주행	4.647	15.0%	4.127	16.6%
	단독주행	4.041		3.540	
FV2	군집주행	4.787	14.6%	4.272	17.0%
	단독주행	4.177		3.651	
평균	군집주행	4.533	10.4%	4.024	11.9%
	단독주행	4.107		3.597	

[표 27] 적재 후 연비 결과표(90kph, 0.5s)

구 분		공차		적차(총중량 22톤)	
		연비 (KM/L)	군집효과	연비 (KM/L)	군집효과
LV	군집주행	3.674	2.1%	3.458	1.4%
	단독주행	3.599		3.411	
FV1	군집주행	4.127	16.6%	3.834	14.7%
	단독주행	3.540		3.342	
FV2	군집주행	4.272	17.0%	4.001	15.0%
	단독주행	3.651		3.479	
평균	군집주행	4.024	11.9%	3.764	10.3%
	단독주행	3.597		3.411	





- 군집주행 연비 평가 한계점
  - 차량의 연비는 기상조건에 영향을 받기에 통상적인 비교시험은 동시에 진행하지만 동일 차량에 대하여 군집주행과 단독주행 두 가지 조건을 동시에 진행할 수 없기에 연속해서 시험을 진행하여 기상조건에 대한 영향을 최소화함.
  - 군집주행의 연비효과는 군집주행 Time Gap과 주행속도에 영향을 받기에 교통상황에 따라 변화하는 연비효과를 검증하기에는 동 연구과제의 범위상으로는 한계가 있어 실증사업 등 후속연구에서 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료됨.

○ (한국자동차연구원) 군집주행 시나리오 및 평가기술 개발

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 군집주행 평가 시나리오 개발	사고유형 분석 및 군집주행 평가 시나리오 개발 (5건)	군집주행 평가 시나리오 개발 10건 -> 20건 -> 30건(최종)		
② 가상화 시뮬레이션 환경 개발	-	시뮬레이션 환경 구축	시뮬레이션 기반 군집주행 성능 평가	시뮬레이션 기반 군집주행 안전제어기술 성능 평가

① 군집주행 평가 시나리오 개발

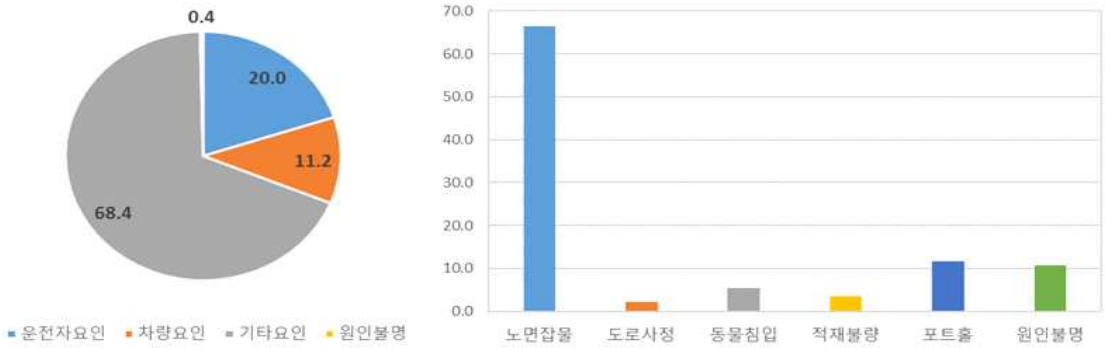
- 군집주행 시나리오 개발을 위한 사고유형 기초 분석 및 시나리오 탐색
  - 2017년 고속도로 교통사고 데이터 기반으로 사고유형 분석

[표 28] 차종별 교통사고 (단위 : 건, 명, %)

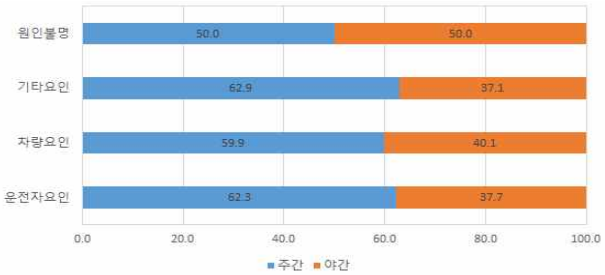
구분 / 차종	발생건수	구성비	사망자수	구성비	치사율	중상자수	구성비	경상자수	구성비
승용	4,809	58.8	94	43.9	2.0	58	45.7	367	44.4
승합	390	4.8	24	11.2	6.2	17	13.4	136	16.5
트레일러	407	5.0	3	1.4	0.7	3	2.4	30	3.6
특수차량	61	0.7	2	0.9	3.3	1	0.8	7	0.8
화물	2,153	26.3	91	42.5	4.2	48	37.8	270	32.7
기타	364	4.4	0	0.0	0.0	0	0.0	16	1.9
총 계	8,184	100.0	214	100.0	2.6	127	100.0	826	100.0

[표 29] 사고유형상세별·사고원인별 교통사고 (단위: 건, 명, %)

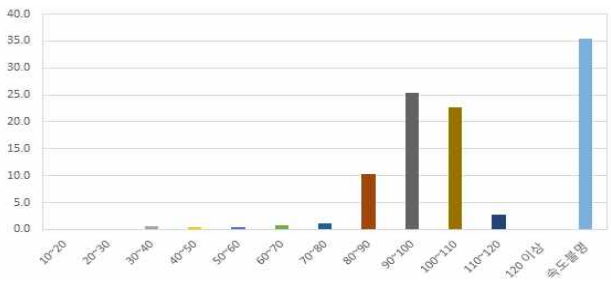
구분 / 유형·원인		발생건수		사망자수			중상자수		경상자수	
			구성비		구성비	치사율		구성비		구성비
단독	운전자요인	248	14.9	0	-	-	13	50.0	2	40.0
	차량요인	149	9.0	0	-	-	6	23.1	0	0.0
	기타요인	700	42.1	0	-	-	1	3.8	1	20.0
	소계	1,097	66.0	0	-	-	20	76.9	3	60.0
기타	운전자요인	46	2.8	0	-	-	3	11.5	0	0.0
	차량요인	16	1.0	0	-	-	0	0.0	0	0.0
	기타요인	310	18.6	0	-	-	1	3.8	0	0.0
	소계	372	22.4	0	-	-	4	15.4	0	0.0
미상	운전자요인	38	2.3	0	-	-	1	3.8	2	40.0
	차량요인	22	1.3	0	-	-	0	0.0	0	0.0
	기타요인	128	7.7	0	-	-	1	3.8	0	0.0
	원인불명	6	0.4	0	-	-	0	0.0	0	0.0
	소계	194	11.7	0	-	-	2	7.7	2	40.0
총 계		1,663	100.0	0	-	-	26	100.0	5	100.0



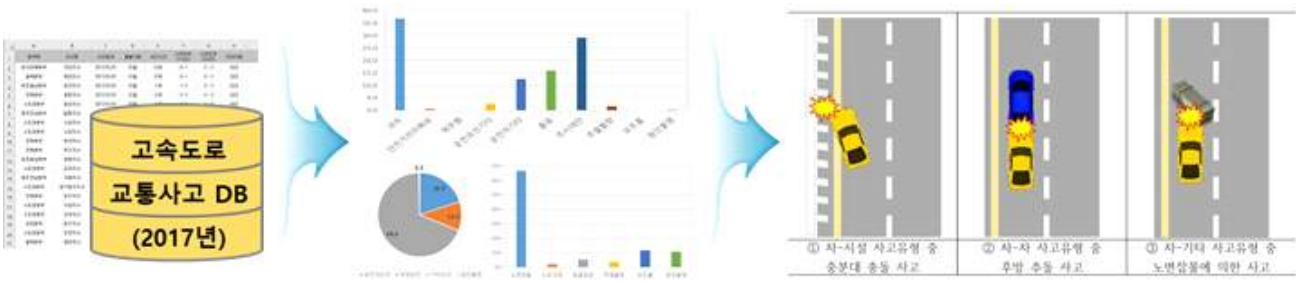
<그림 69> 사고원인별 사고 구성비(좌), 기타요인의 주사고원인별 사고 구성비(우)



<그림 70> 사고원인별 주야별 사고 구성비 비교



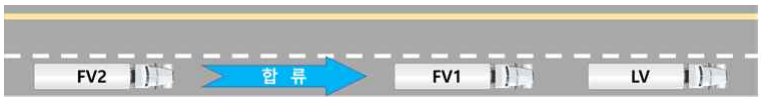
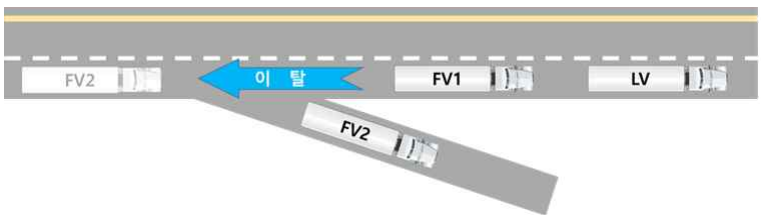
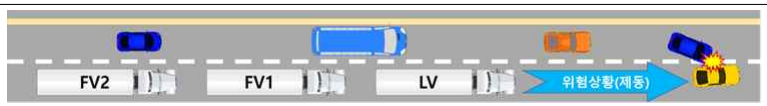
<그림 71> 사고차량속도별 사고 구성비



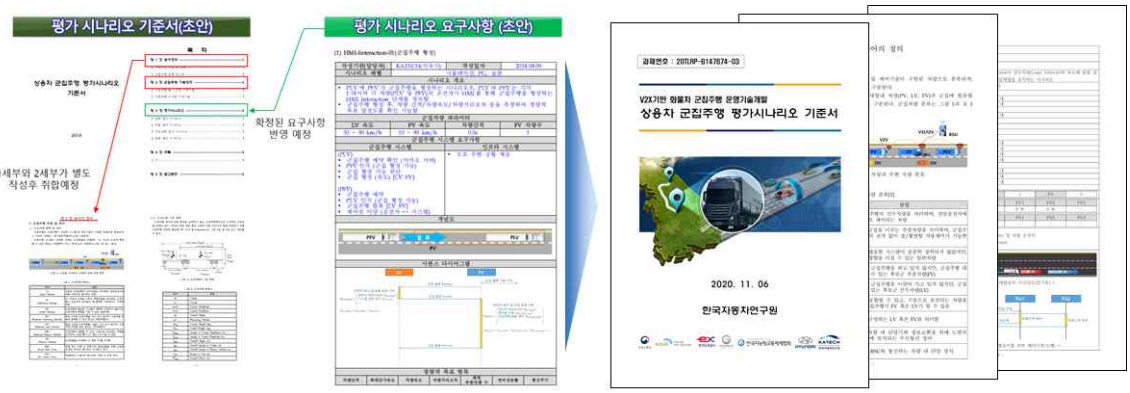
<그림 72> 고속도로 교통사고 대표 사고유형 도출

• V2V기반 차량관점 군집주행 시나리오 도출

[표 30] 차량관점 군집주행 시나리오

합류	
대열유지	
이탈	
긴급제동	

• V2X기반 군집주행 운영을 위한 시나리오 초안 수립(공동연구기관 협업)



<그림 73> 상용차 군집주행 평가시나리오 기준서 초안

- 차량기준의 I2V 요구사항에 대한 초안 수립

• 군집주행의 안전주행을 위한 인프라 정보 서비스 기능 및 메시지 제공 사례 분석

1) SAE 표준 J2735의 I2V 메시지, 국내 C-ITS 사업에서의 I2V 메시지 등

2) 2세부 ITS Korea에서 제안하는 군집주행 V2I 메시지 검토

• 차량기준의 안전주행을 위한 인프라 정보 요구사항 도출

1) 차량 제어 또는 운전자를 위한 정보 요구사항



<그림 74> 차량기준 I2V 요구사항

- 교통환경을 반영한 군집주행 시나리오 개발
  - 기존 사고유형 분석자료, 선행 연구 조사를 통해 군집주행 시나리오 개발

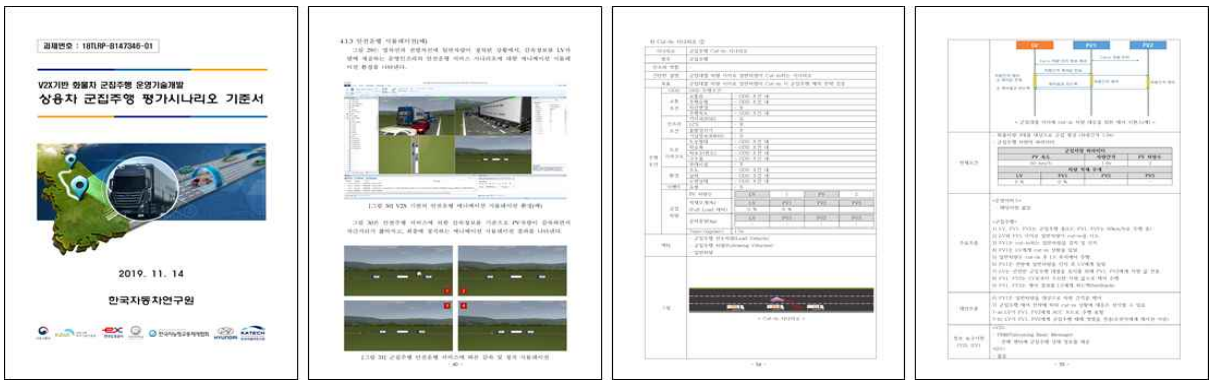
  - 주변상황(주변 차량, 교통 트래픽 등)을 반영한 시나리오 개발



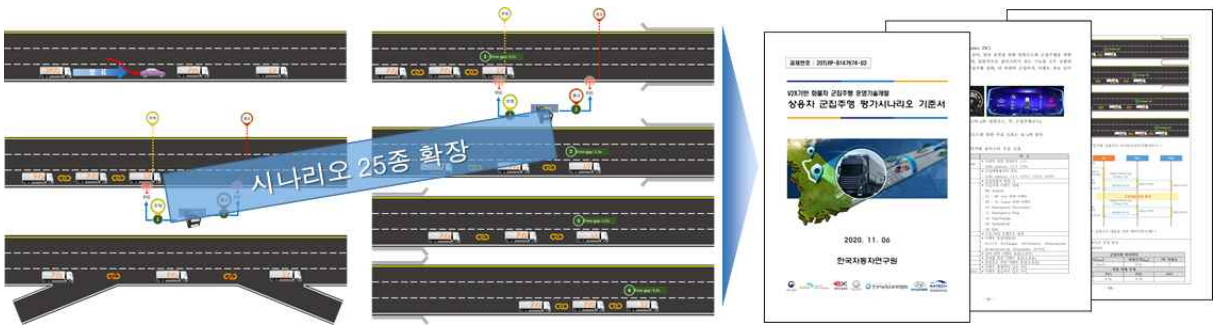
<그림 75> 군집주행 평가 시나리오

- V2X 기반의 군집주행 운영 및 제어성능 평가 시나리오 개발(연구실증 대상)
  - 군집주행 시나리오의 해외 사례 조사
    1) Europe의 ENSEMBLE Project 등

  - 군집주행 제어기의 제어 요구사항을 토대로 평가 시나리오 개발

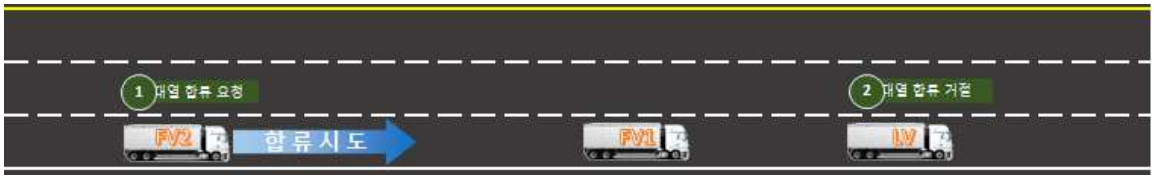


<그림 76> 상용차 군집주행 평가시나리오 기준서(1차 개정)

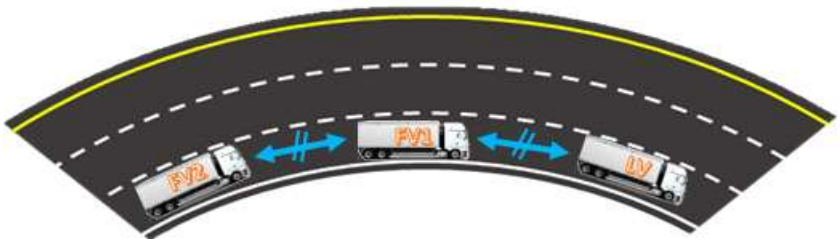


<그림 77> 상용차 군집주행 평가시나리오 기준서(2차 개정)

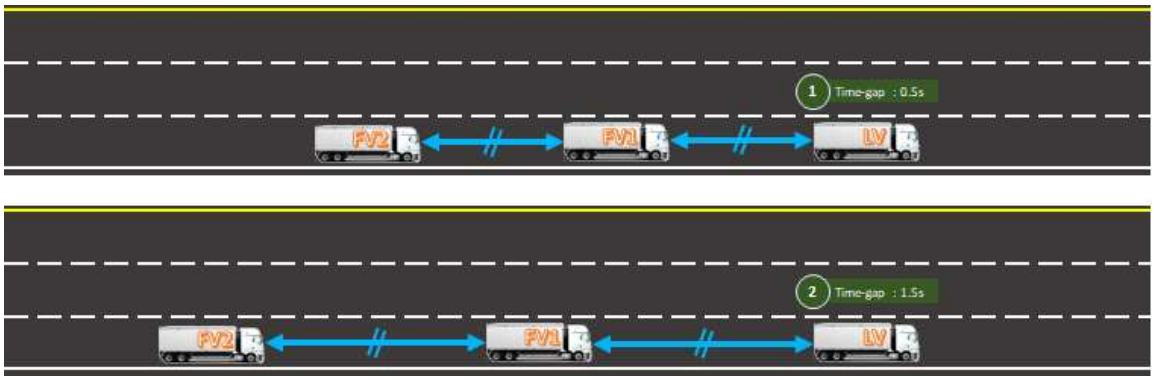
- V2X 기반의 군집주행 운영 및 제어성능 평가 시나리오 개발(25종)
  - 군집주행 대열에서 차량기준(V2V)의 요구성능 평가 시나리오(추가 7종)
    1) 합류거절



    2) 대열유지(곡선로)



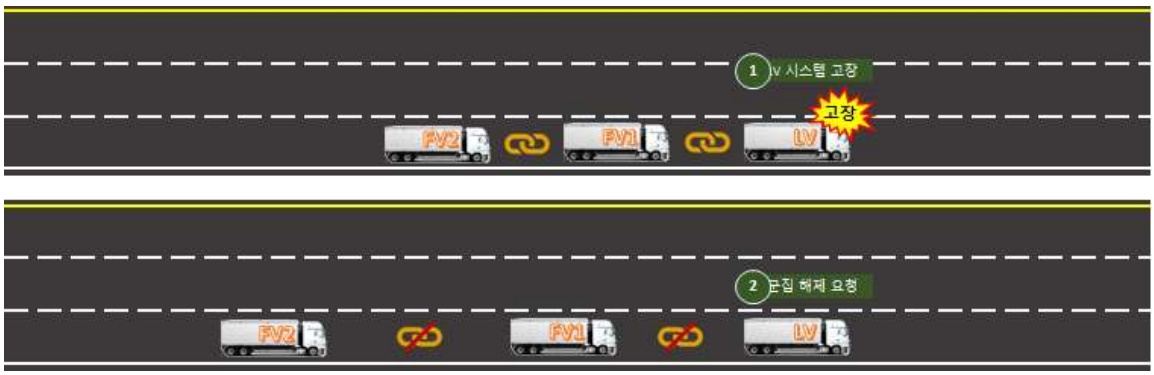
3) 대열유지(Time-gap 변경)



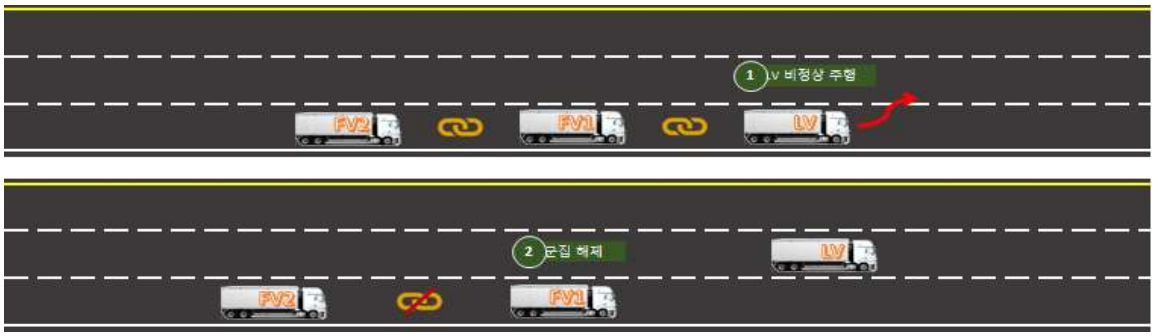
4) 대열유지 중 FV제동



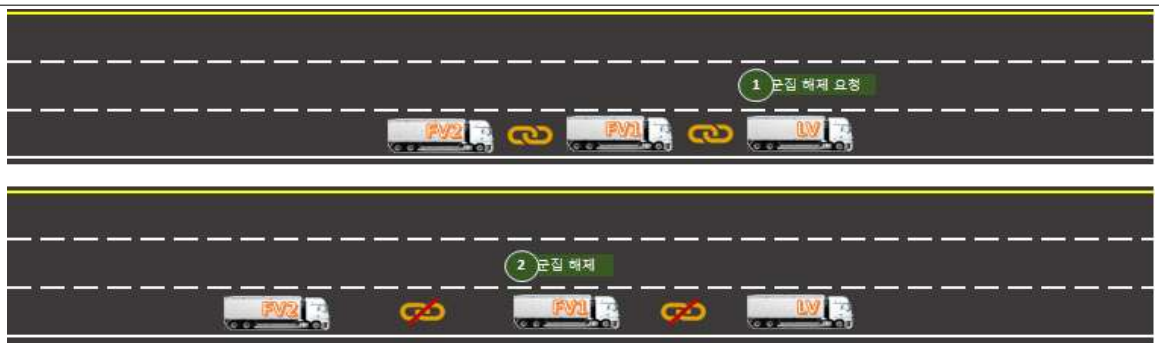
5) LV 시스템 고장 시나리오



6) LV 비정상 주행 시나리오

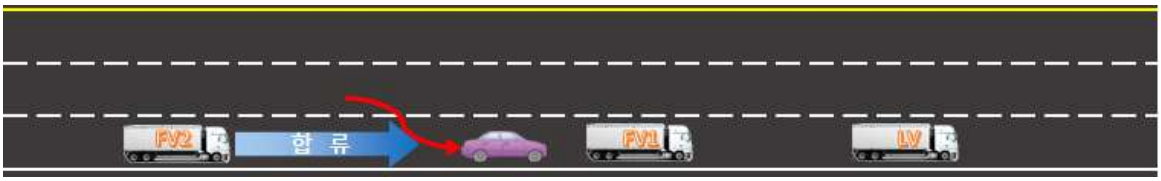


7) 군집해제



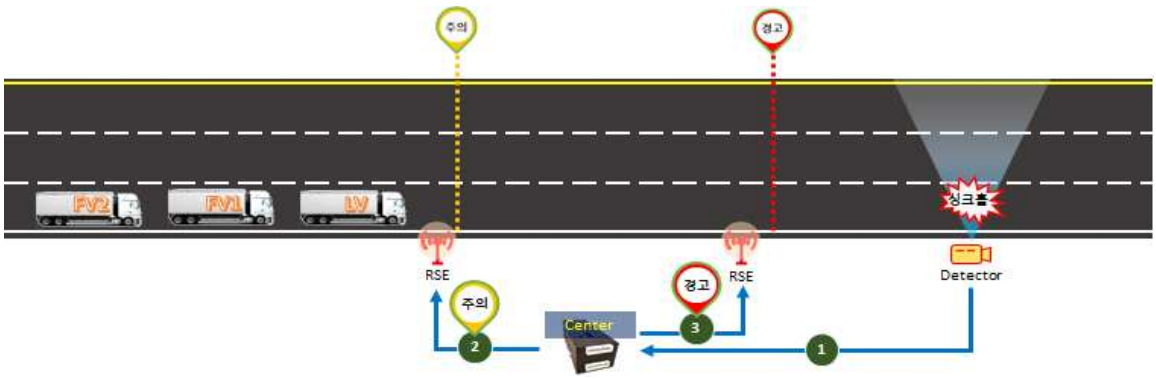
• 비 군집차량 및 도로환경을 포함한 군집주행 시나리오(1종)

1) 합류 중 Cut-in

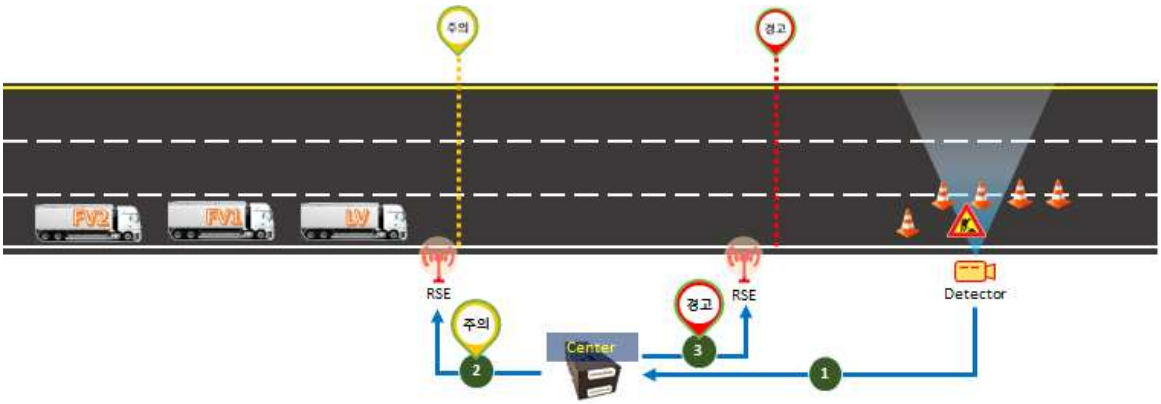


• V2X 환경에서 군집주행 운영시나리오(6종)

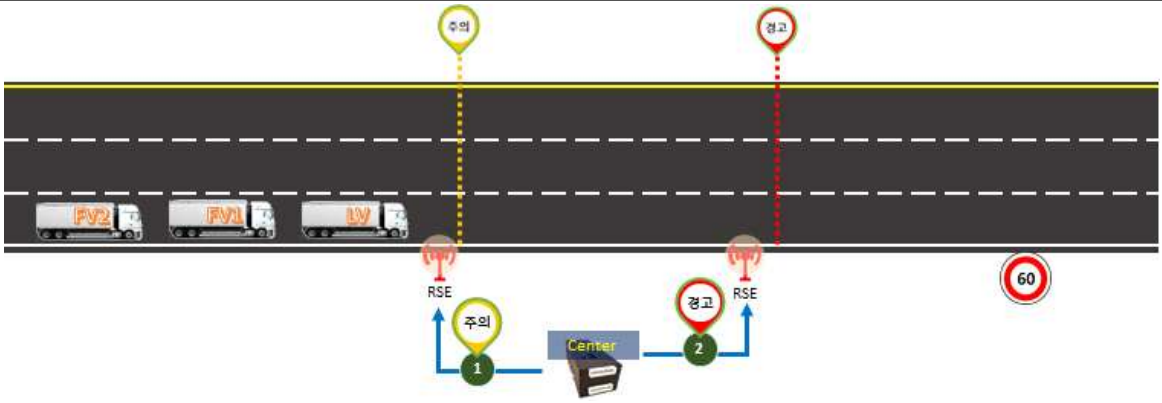
1) 노면주의



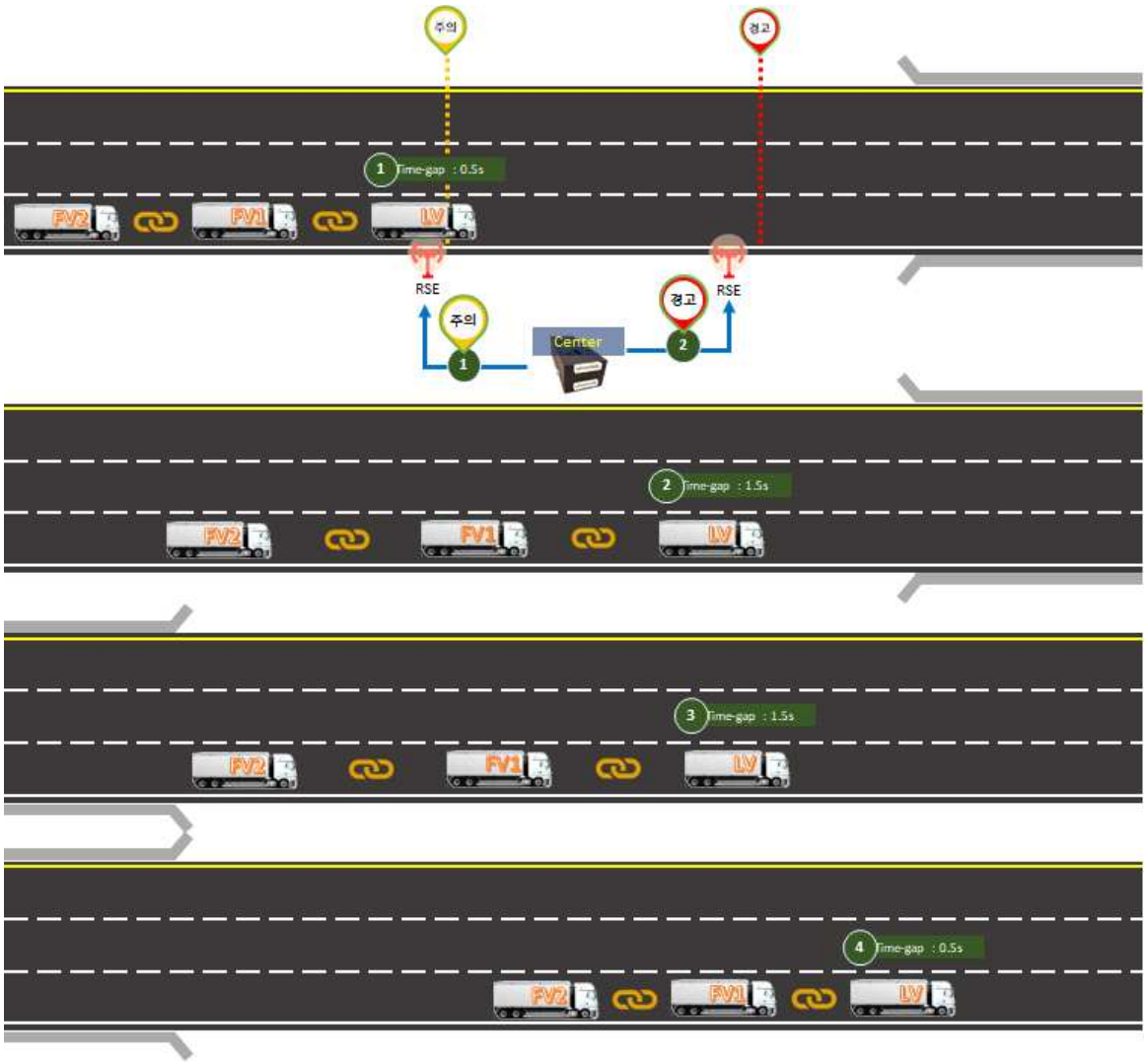
2) 공사구간



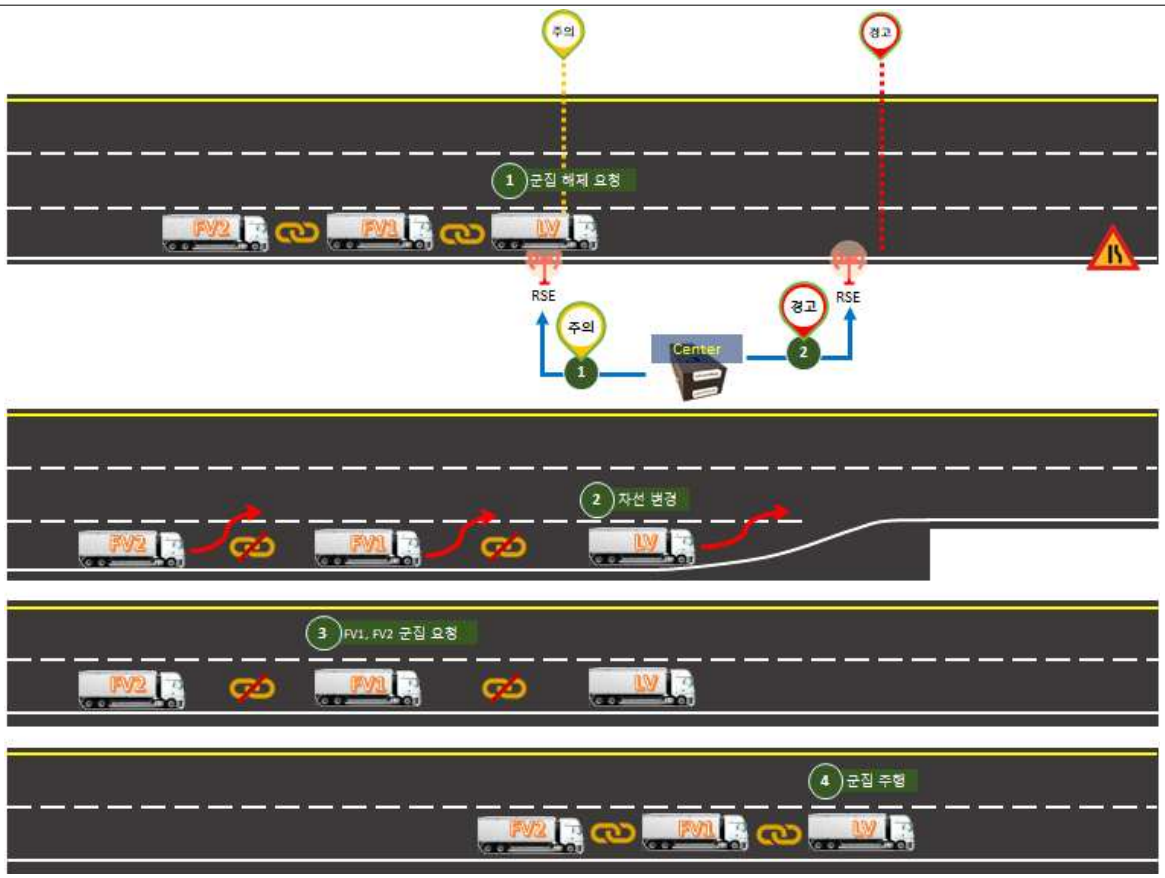
3) 속도제한



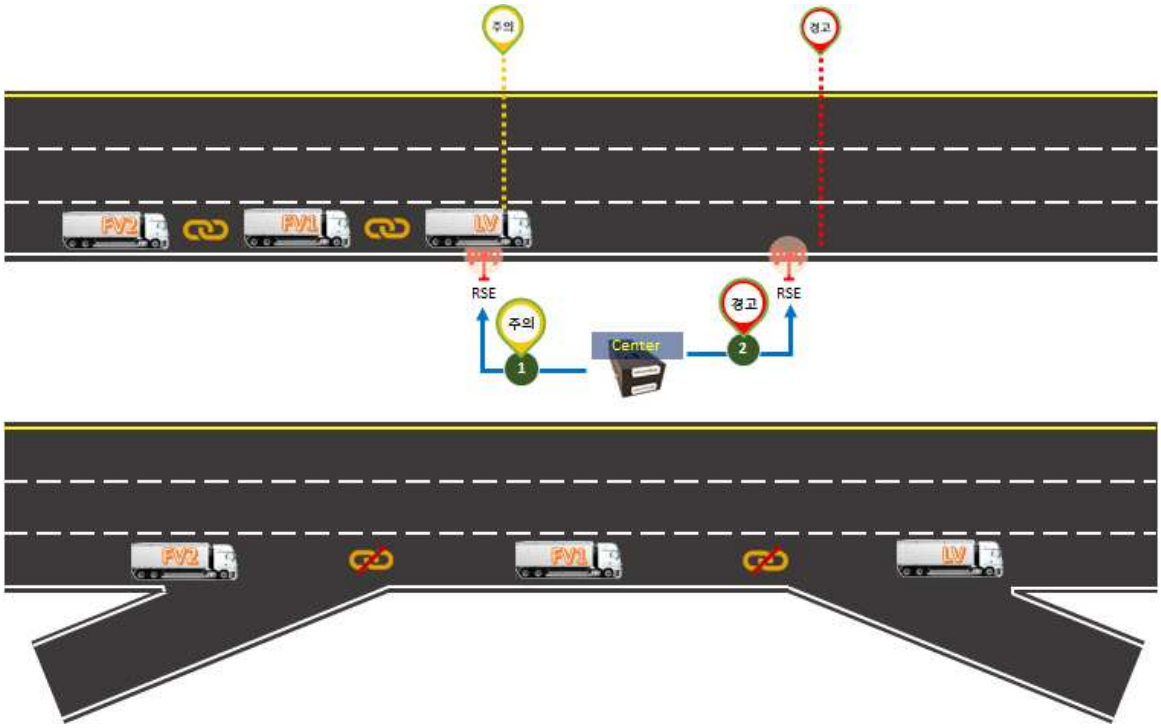
4) 교량구간 진입



5) 차선축소(확대)



6) 진출입로 구간



• V2V 기준으로 군집주행 요구성능 평가 시나리오 분석 및 선정(연구실증)

1) 가상화 시뮬레이션 기반으로 군집주행 주요 기능에 대한 연구실증용 평가 시나리오 검토

2) 연구실증용 평가 시나리오 선정 : 합류, 이탈, 군집해제 시나리오

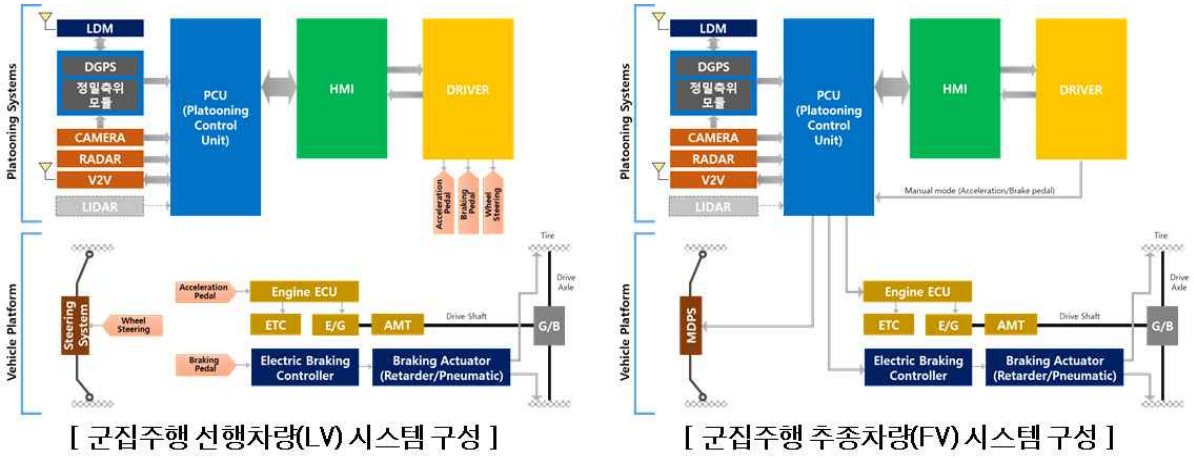
• 공용도로상 연구실증용 군집주행 V2I 메시지 평가 시나리오 검토

• In-Lab. 기반의 시뮬레이션 상에서의 군집주행 I2V 안전서비스 평가 시나리오 검토

② 가상화 시뮬레이션 환경 개발

– 교통환경을 고려한 군집주행 가상화 시뮬레이션 컨셉 구성

• 군집주행 차량에 장착되는 센서 및 통신 모듈 기능모사 방안 검토



<그림 78> 군집주행 차량(LV,FV) 시스템 구성

• 군집주행 대상으로 LDM을 적용한 정밀 측위 모사 방안 검토

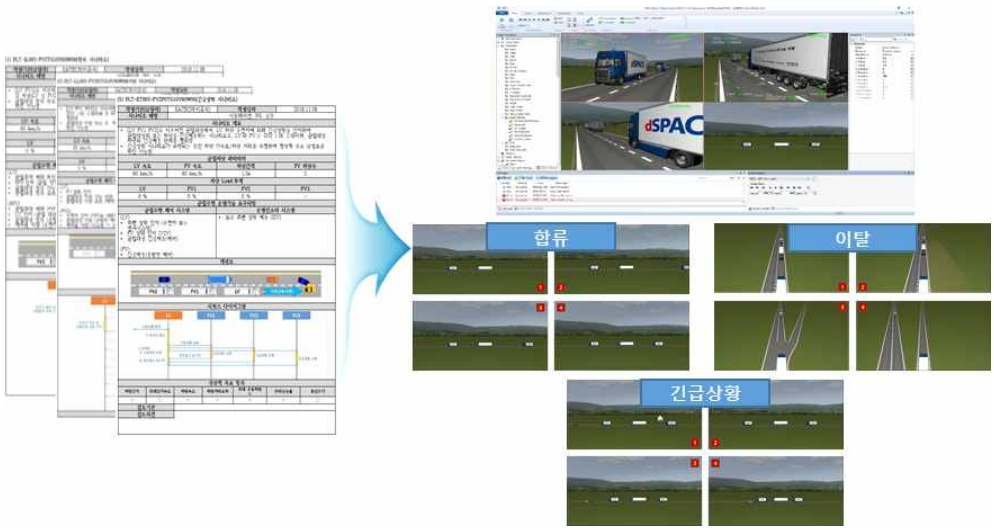
1) GPS기반의 시뮬레이션용 도로를 활용 시 시뮬레이션 상에서 GPS 출력 확인

2) 정밀맵 기반의 시뮬레이션용 도로 구성 시 LDM을 적용한 군집주행 가상화 시뮬레이션 가능



<그림 79> GPS기반 도로모델을 이용한 시뮬레이션

• 군집주행 시나리오별 군집주행 교통환경 시뮬레이션 방안 탐색



<그림 80> 군집주행 시나리오를 적용한 가상화 시뮬레이션 탐색

– 군집주행 오프라인 가상화 시뮬레이션 환경 구성

• 상용차 기반의 시뮬레이션 모델 구성 및 군집주행 시나리오 시뮬레이션 개발

• 실증대상 구간(신갈-호법)의 GPS 정보를 기반을 시뮬레이션용 도로 구성
1) 일반 GPS 수준으로 LDM 적용이 제한적

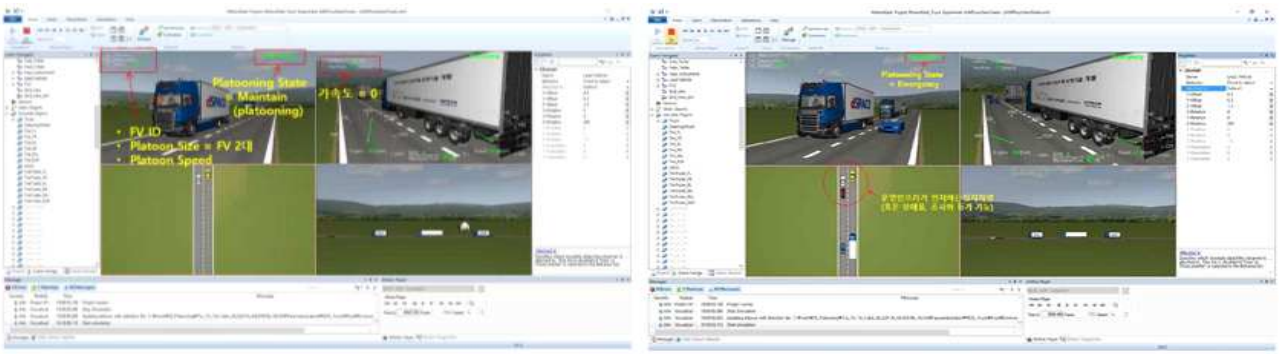
• HIL Simulator와 MicroAutobox를 연동하여 실시간 가상화 시뮬레이션 환경 기반 마련



<그림 81> 군집주행 오프라인 가상화 시뮬레이션 환경

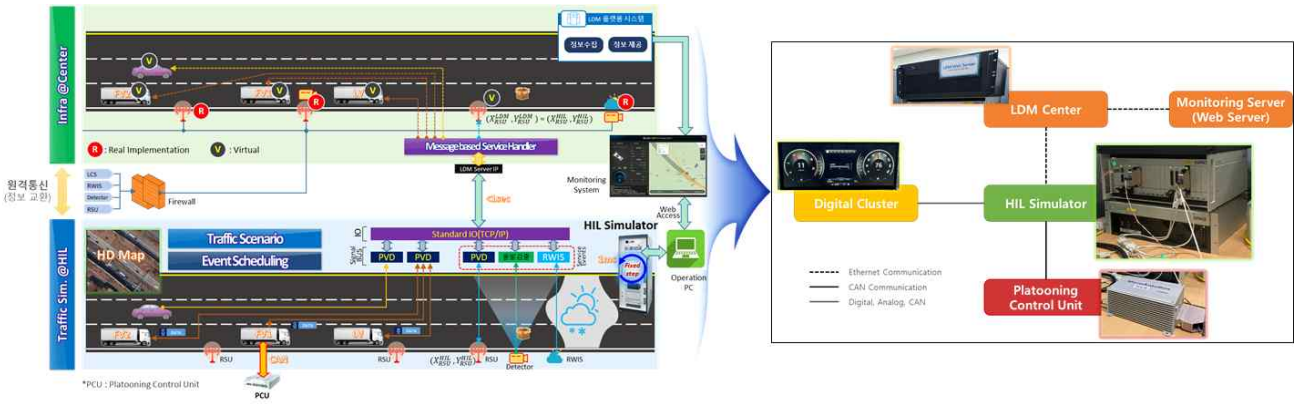
- 군집차량과 인프라간 V2I 운영을 위한 안전운전 정보 정의
• 군집주행 안전운전을 지원하는 인프라 정보 메시지 요구사항 검토

• 시뮬레이션용 V2I 메시지 정의 및 시뮬레이션 모델 개발



<그림 82> V2I 메시지를 적용한 가상화 시뮬레이션

- 군집주행 제어기를 포함한 실시간 가상화 시뮬레이션 환경 구성

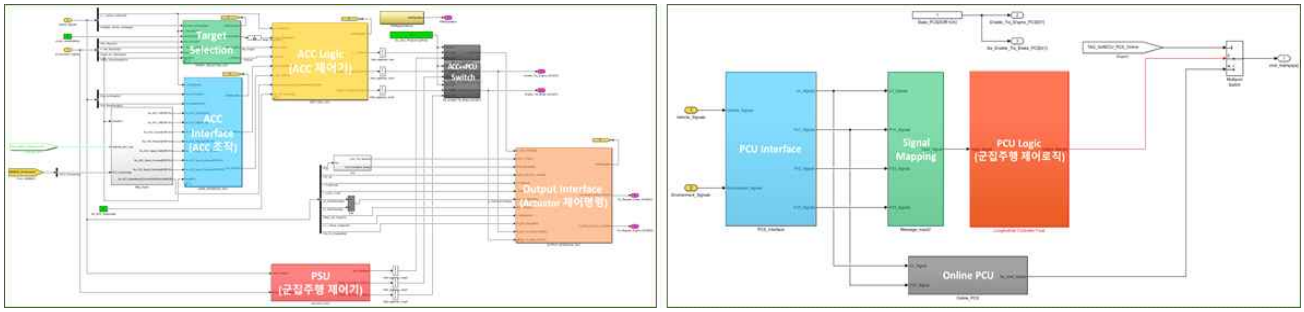


<그림 83> 실시간 군집주행 가상화 시뮬레이션 환경

• 군집주행 제어기 인터페이스 사양에 따른 실시간 인터페이스 모델 구성

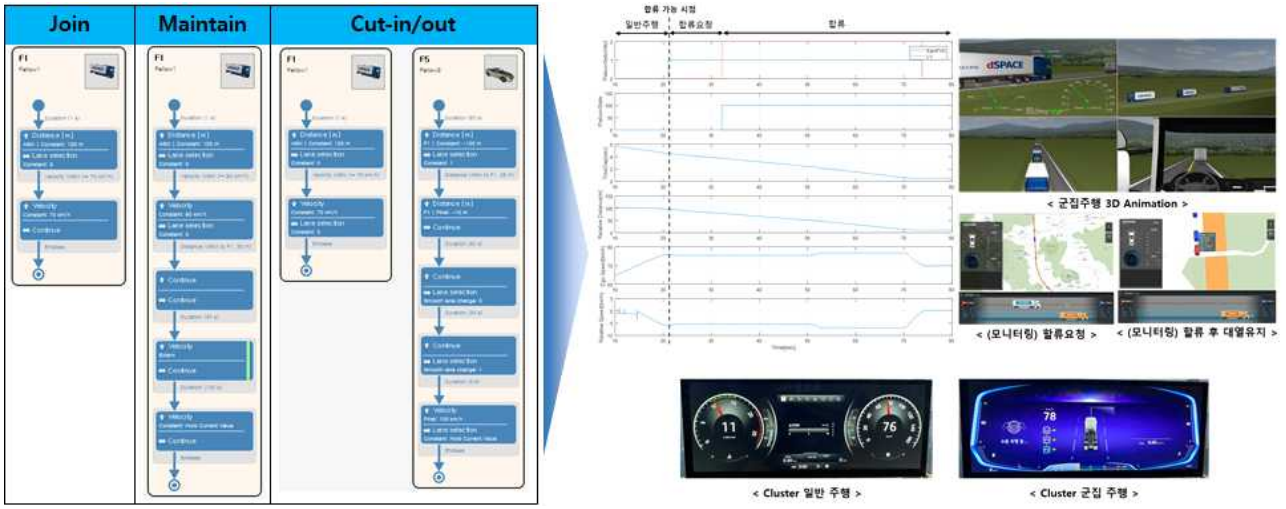
1) 국민대학교에서 개발한 군집주행 제어로직 검증을 위한 인터페이스 모델 구성

2) 온라인/오프라인 시뮬레이션 선택이 가능한 구조로 설계 및 구성



<그림 84> PCS-HIL 인터페이스 모델

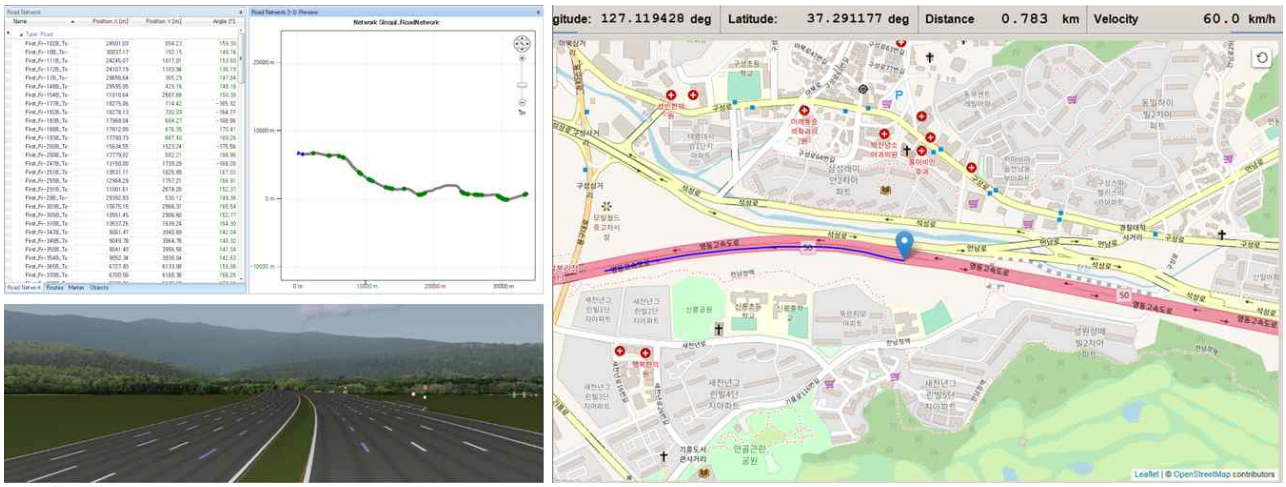
• 군집주행 합류/이탈/대열유지 등 시나리오 모델 적용



<그림 85> 군집주행 시나리오를 적용한 실시간 가상화 시뮬레이션

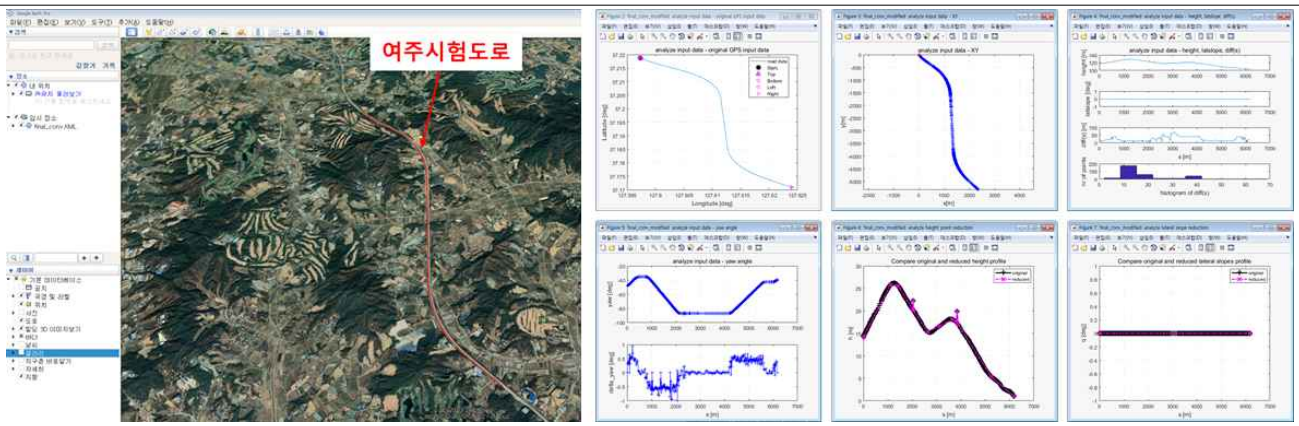
• 군집차량, 주변차량, 도로환경 모사를 위한 실시간 시뮬레이션 모델 구성

1) 정밀맵 기반으로 신갈IC-호법IC 고속도로의 시뮬레이션 도로 구축



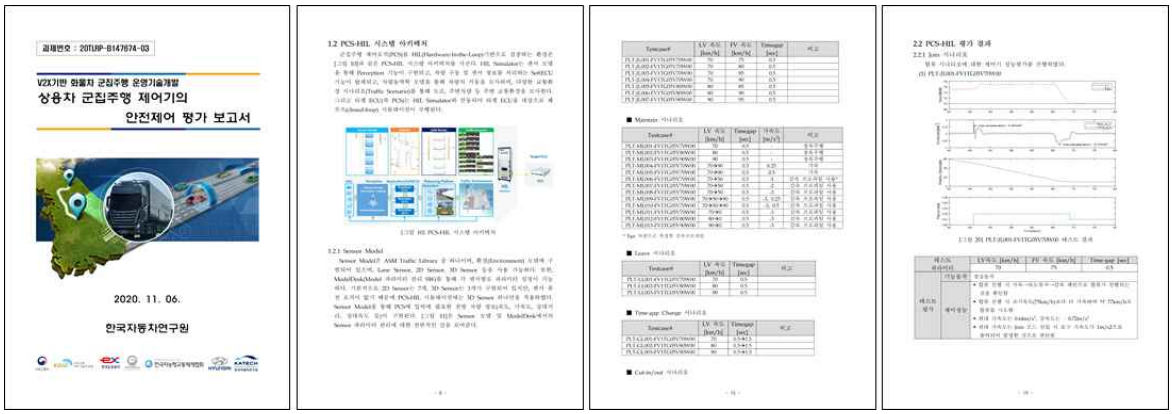
<그림 86> 군집주행 가상화 시뮬레이션 도로(신갈IC-호법IC)

2) 실도로 기반으로 여주시험로의 시뮬레이션 도로 구축



<그림 87> 군집주행 가상화 시뮬레이션 도로(여주시험로)

- 가상화 시뮬레이션 환경에서 군집주행 주행환경을 고려한 안전제어 기술 평가
  - 군집주행 운영시나리오 기반의 군집주행 기능 및 안전제어 평가
    1) 군집주행 제어기의 기능적 요구사항 기반으로 테스트 요구사항 분석
    2) 테스트 요구사항 기반으로 Test-case 도출(총 29종)
    3) 각 Test-case별 군집주행 제어기의 요구기능 및 제어 성능 평가

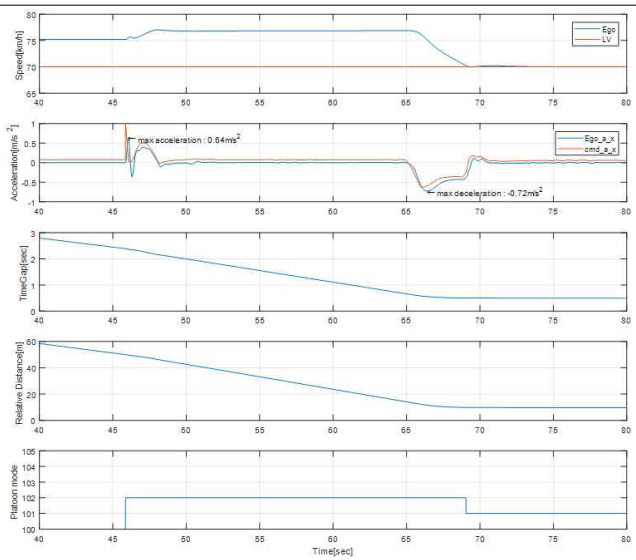


<그림 88> 상용차 군집주행 제어기의 안전제어 평가 보고서

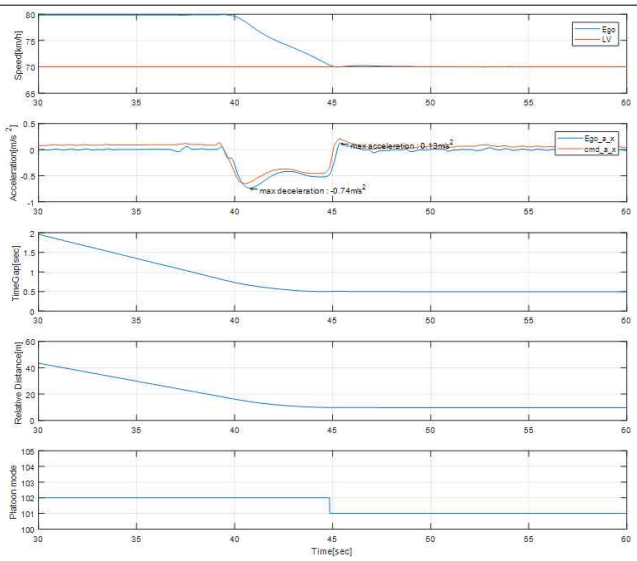
가) 합류 시나리오 평가 결과(LV:70km/h, FV:75~90km/h)

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	FV 속도 [km/h]	Time-gap [sec]
	70	75	0.5
기능 동작	Join 모드 정상동작		
제어 성능	▪ 합류 진행 시 가속→속도유지→감속 패턴으로 합류가 진행되는 것을 확인함 ▪ 합류 진행 시 초기속도(75km/h)보다 더 가속하여 약 77km/h로 합류를 시도함 ▪ 합류가 완료된 후(69초 이후), **Time-gap은 0.5초로 유지**됨 ▪ 최대 가속도는 0.64m/s^2, 감속도는 -0.72m/s^2 ▪ 측정된 최대 가속도는 Join 모드 진입 시 요구 가속도가 1m/s^{2}으로 출력되어 발생한 것으로 판단됨		

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	FV 속도 [km/h]	Time-gap [sec]
	70	80	0.5
기능 동작	Join 모드 정상동작		
제어 성능	▪ 합류 진행 시, 가속 구간이 없음 ▪ 합류가 완료된 후(45초 이후), **Time-gap은 0.5초로 유지**됨 ▪ 최대 가속도는 0.13m/s^2, 감속도는 -0.74m/s^2		

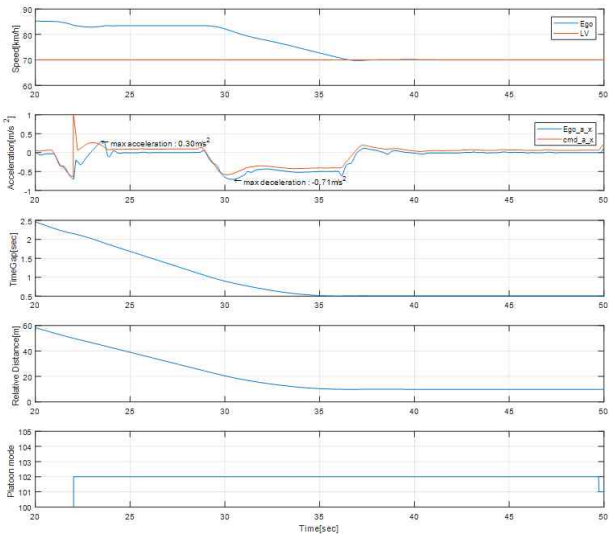


<그림 89> LV:70km/h, FV:75km/h 결과



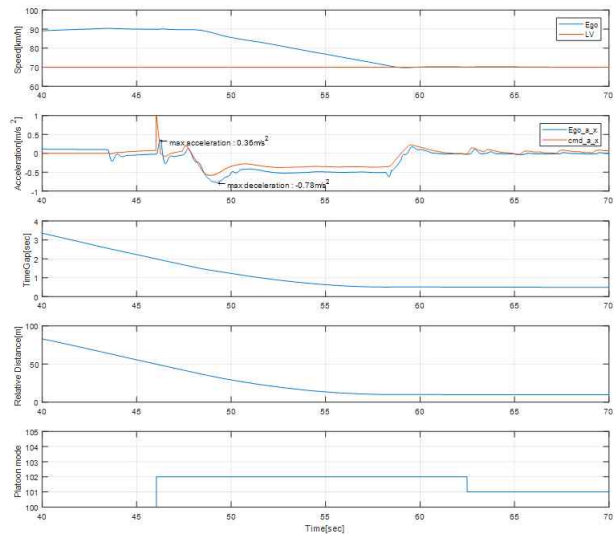
<그림 90> LV:70km/h, FV:80km/h 결과

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	FV 속도 [km/h]	Time-gap [sec]
	70	80	0.5
기능 동작	Join 모드 정상동작		
제어 성능	▪ 합류 진행 시, 가속 구간이 없음 ▪ 합류가 완료된 후(45초 이후), **Time-gap은 0.5초로 유지**됨 ▪ 최대 가속도는 0.30m/s^2, 감속도는 -0.71m/s^2		



<그림 91> LV:70km/h, FV:80km/h 결과

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	FV 속도 [km/h]	Time-gap [sec]
	70	90	0.5
기능 동작	Join 모드 정상동작		
제어 성능	▪ 합류 진행 시, 가속 구간이 없음 ▪ 합류가 완료된 후(63초 이후), **Time-gap은 0.5초로 유지**됨 ▪ 최대 가속도는 0.36m/s^2, 감속도는 -0.78m/s^2		

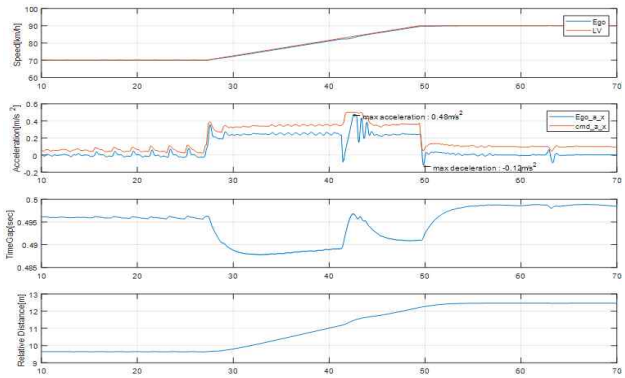


<그림 92> LV:70km/h, FV:90km/h 결과

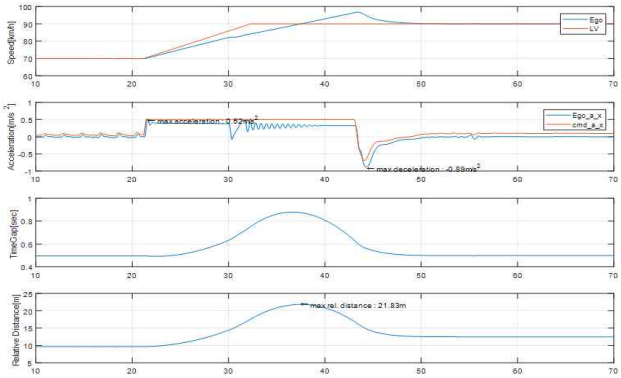
나) 대열유지 시나리오 평가 결과(LV:70 -> 90km/h 가속, 가속도:0.25~0.5m/s^2)

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	Time-gap [sec]	가속도 [m/s^2]
	70→90	0.5	0.25
기능 동작	Maintain 모드 정상동작		
제어 성능	▪ LV 가속에 따라, Ego 차량도 거의 동일한 속도로 가속함 ▪ 가속 상황에서도 **Time-gap은 0.485~0.5초를 유지**함 ▪ 최대 가속도는 0.48m/s^2, 감속도는 -0.12m/s^2		

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	Time-gap [sec]	가속도 [m/s^2]
	70→90	0.5	0.5
기능 동작	Maintain 모드 정상동작		
제어 성능	▪ Ego 차량도 가속하지만 상대적으로 가속력이 부족하여 차간 거리가 커짐에 따라 Time-gap이 증가함 ▪ 50초 이후에는 **Time-gap이 0.5초로 유지**됨 ▪ 최대 가속도는 0.52m/s^2, 감속도는 -0.89m/s^2 ▪ 차간 거리는 최대 21.83m까지 증가함		



<그림 93> 가속도 0.25m/s^2 결과

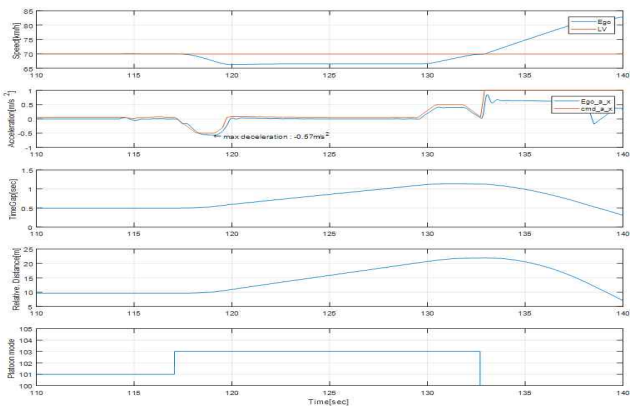


<그림 94> 가속도 0.5m/s^2 결과

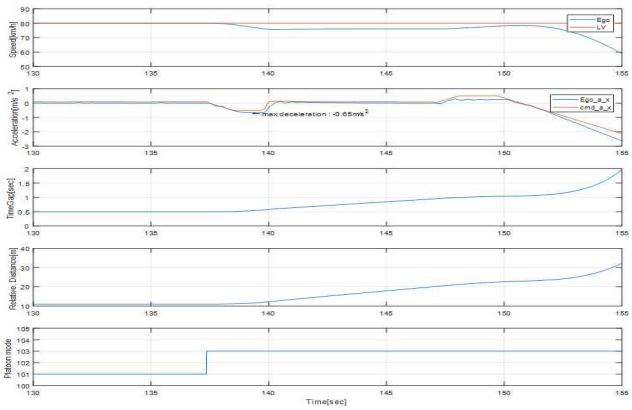
다) 이탈 시나리오 평가 결과(LV:70~80km/h)

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	Time-gap [sec]
	70	0.5
기능 동작	Leave 모드 정상작동	
제어 성능	▪ Ego 차량에서 군집해제(Leave) 모드가 수행됨에 따라, 제어기는 **차량 속도를 66km/h 수준으로 감속시켜 차간 거리를 증가**시킴 ▪ 약 10초 정도 66km/h 속도로 정속 주행하며, 이 구간에서 **운전자로의 제어권 이양**을 기대하는 것으로 판단됨 ▪ **군집대열과 동일한 속도에 도달하면 Leave 모드 제어가 종료**됨 ▪ 최대 감속도는 -0.57m/s^2		

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	Time-gap [sec]
	80	0.5
기능 동작	**Leave 모드 비정상 작동**	
제어 성능	▪ Ego 차량에서 군집해제(Leave) 모드가 수행됨에 따라, 제어기는 **차량 속도를 75km/h 수준으로 감속시켜 차간 거리를 증가**시킴 ▪ 약 8초 정도 75km/h 속도로 정속 주행하며, 이 구간에서 **운전자로의 제어권 이양을 기대**하는 것으로 판단됨 ▪ 재가속 구간에서 **군집대열과 동일한 속도에 도달하지 못하여 결국 차량이 정차**함 ▪ 최대 감속도는 -0.65m/s^2		

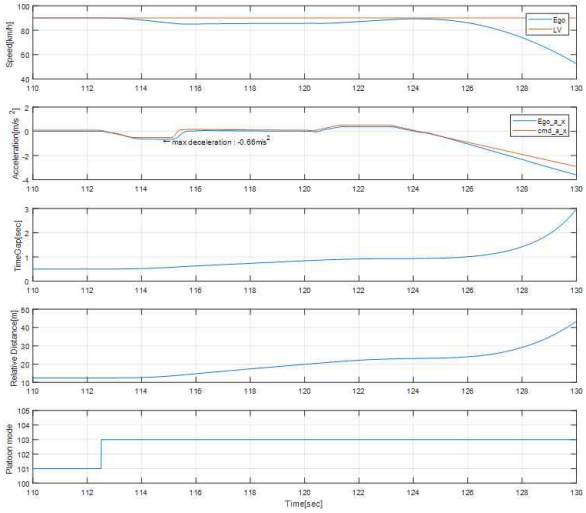


<그림 95> LV:70km/h 결과



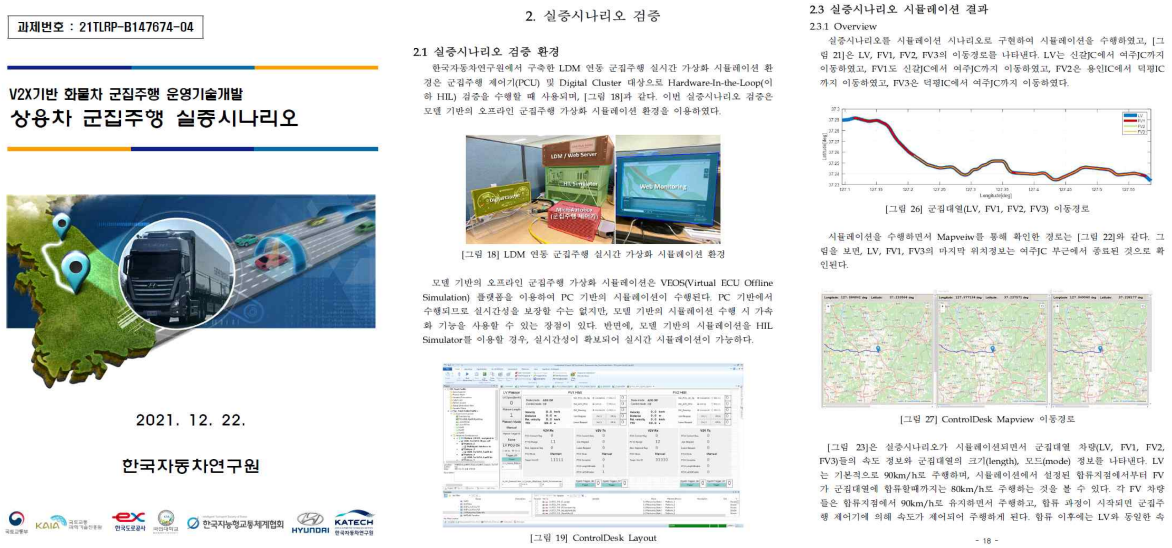
<그림 96> LV:80km/h 결과

테스트 파라미터	LV속도 [km/h]	Time-gap [sec]
	90	0.5
기능 동작	**Leave 모드 비정상 작동**	
제어 성능	▪ Ego 차량에서 군집해제(Leave) 모드가 수행됨에 따라, 제어기는 **차량 속도를 85km/h 수준으로 감속시켜 차간 거리를 증가**시킴 ▪ 약 5초 정도 85km/h 속도로 정속 주행하며, 이 구간에서 **운전자로의 제어권 이양을 기대**하는 것으로 판단됨 ▪ 재가속 구간에서 군**집대열과 동일한 속도에 도달하지 못하여 결국 차량이 정차**함 ▪ 최대 감속도는 -0.66m/s^2	



<그림 97> LV:90km/h 결과

- V2X 기반 군집주행 운영 및 차량제어 평가를 위한 시나리오 확정
  - V2V 기준으로 군집주행 요구성능 평가 시나리오 분석 및 선정(연구실증)
    1) 가상화 시뮬레이션 기반으로 군집주행 주요 기능에 대한 연구실증용 평가 시나리오 검토
    2) 연구실증용 평가 시나리오 선정 : 합류, 이탈, 군집해제 시나리오



과제번호 : 21TLRP-B147674-04

V2X기반 화물차 군집주행 운영기술개발

상용차 군집주행 실증시나리오

2021. 12. 22.

한국자동차연구원

2. 실증시나리오 검증

2.1 실증시나리오 검증 환경

2.3 실증시나리오 시뮬레이션 결과

2.3.1 Overview

[그림 18] LDM 연동 군집주행 실시간 가상화 시뮬레이션 환경

[그림 19] ControlDesk Layout

[그림 26] 군집대열(LV, FV1, FV2, FV3) 이동경로

[그림 27] ControlDesk Mapview 이동경로

- 18 -

<그림 98> 군집주행 실증 시나리오 도출 문서

  - 공용도로상 연구실증용 군집주행 V2I 메시지 평가 시나리오 검토
  - In-Lab. 기반의 시뮬레이션 상에서의 군집주행 I2V 안전서비스 평가 시나리오 검토
- 가상화 시뮬레이션 환경에서 군집주행 제어기의 안전제어 기술 검증
  - 군집주행 제어기의 요구사항 구현 검증
  - 비정상 및 긴급 운행 시나리오에 따른 대응전략 검증
  - 연구실증 공용도로의 LDM을 포함한 시나리오 구현 및 제어성능 검증
- 가상화 시뮬레이션 환경을 활용한 군집주행 안전서비스 통합 평가
  - 인프라와 연동한 조건에서 군집대열 및 제어기술의 기능요구사항 검증
  - V2X 인프라 정보를 활용한 LDM 기반의 군집운영 시나리오 검증

[2세부 : 자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발]

○ (한국도로공사) 고속도로 군집주행 운영지원 방안 수립 및 연구실증

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 군집주행 여건분석	-	차종/화물 분석 및 연속주행시간 지수분석	(아주대 연구성과 연계)	
② 서비스컨셉 /기능 아키텍처	요구사항 분석 및 컨셉(목표) 설정	군집주행 운영서비스 아키텍처개발	-	-
③ 연구실증	연구실증지 후보군 도출	대열2대, 60kph 1.0s 여주시험도로	대열3대, 80kph, 0.7s 중부내륙선(10km구간)	대열3대, 90kph, 0.5s 영동선(80km구간)
④ 군집주행 수용성 분석 (시뮬레이터)	-	-	실험환경 구축 및 시나리오개발	시나리오 최적화 및 시험

① 군집주행 여건분석

- 군집주행 운영지원을 위한 여건분석 연구범위*
  - 고속도로 화물차 운행 및 인프라 여건 분석 : 화물차 유형별/품목별 통행량 등
  - 군집주행 가능 화물차 및 품목 유형 결정 : 화물품목 유형 고려사항 및 화물수송 통계 등
  - 군집주행 가능 및 배제구간 설정 방안 수립 : 운행기록계(DTG) 자료 분석 및 연속주행시간 분석

  * 아주대 연구 연계 데이터 산출
- V2X 기반 군집주행을 위한 화물차 및 품목 결정
  - 연구목적 : 군집주행과 관련된 연구는 교통정체 효과, 연료 절감, 안전성 개선 등 익히 알려진 장점 외 차종 및 품목이 고려되지 않아 군집주행 시 운행 가능한 트럭 종류를 정의하며, 트럭 종류 정의 시 운행 가능한 품목도 함께 정의함
  - 화물차의 종류(자동차관리법)

    1)「자동차관리법」제2조에 따라 승용자동차, 승합자동차, 화물자동차, 특수자동차, 이륜자동차로 구별

    2)「자동차 관리법 시행규칙」별표 1에 의하면 현재 자동차는 규모별과 유형별로 규정하고 있으며 화물차와 관련된 세부 기준은 표 2 및 표 3과 같음

[표 31] 제원별 트럭 상세유형

Type by Size		Detail Criteria
Small-size	Super Small	배기량이 250cc(전기자동차의 경우 최고정격출력이 15킬로와트) 이하이고, 길이 3.6미터·너비 1.5미터·높이 2.0미터 이하인 것
	Normal	배기량이 1,000cc 미만이고, 길이 3.6미터·너비 1.6미터·높이 2.0미터 이하인 것
Light		최대적재량이 1톤 이하이고, 총중량이 3.5톤 이하인 것
Medium		최대적재량이 1톤 초과 5톤 미만이거나, 총중량이 3.5톤 초과 10톤 미만인 것
Heavy		최대적재량이 5톤 이상이거나, 총중량이 10톤 이상인 것

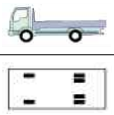
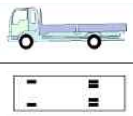
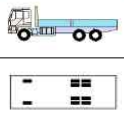
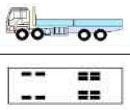
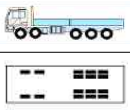
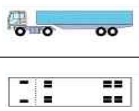
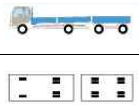
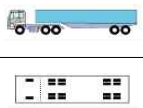
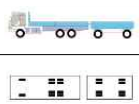
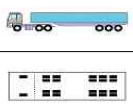
[표 32] 용도별 트럭 상세유형

Type by Usage	Detail Criteria
Normal	보통의 화물운송용인 것
Dump	적재함을 원동기의 힘으로 기울여 적재물을 중력에 의하여 쉽게 미끄러뜨리는 구조의 화물운송용인 것
Van	지붕구조의 덮개가 있는 화물운송용인 것
Special Purpose	특정한 용도를 위하여 특수한 구조로 하거나, 기구를 장치한 것으로서 위 어느 형에도 속하지 아니하는 화물운송용인 것

3) 교통량 조사에 의한 화물차 구분

가) 교통량 조사 시 차종 분류는 12종 차종 분류, 11종 차종 분류 그리고 8종 차종 분류로 구분하고 있으며, 12종 차종 분류에 의하면 화물차의 경우 3종부터 12종으로 구성

[표 33] 12종 차종 분류에 의한 화물차 분류

종별		분류기준		대표적 차체	차종정의
		축수	단위	차축 배열	
3종	소형 화물차 A	2	1		화물 수송용 트럭으로 2축의 최대 적재량 1~2.5톤 미만의 1단위 차량
4종	소형 화물차 B	2	1		화물 수송용 트럭으로 2축의 최대 적재량 2.5톤 이상의 1단위 차량
5종	중형 화물차 A	3	1		화물 수송용 트럭으로 3축의 1단위 차량
6종	중형 화물차 B	4	1		화물 수송용 트럭으로 4축의 1단위 차량
7종	중형 화물차 C	5	1		화물 수송용 트럭으로 5축의 1단위 차량
8종	대형 화물차 A	4	2		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 4축의 2단위 차량
9종	대형 화물차 B	4	2		화물 수송용 풀 트레일러 형식으로 4축의 2단위 차량
10종	대형 화물차 C	5	2		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 5축의 2단위 차량
11종	대형 화물차 D	5	2		화물 수송용 풀 트레일러 형식으로 5축의 2단위 차량
12종	대형 화물차 E	6	2		화물 수송용 세미 트레일러 형식으로 6축 이상 2단위 차량

• 화물의 종류(품목)

1) 화물분류

가) 우리나라의 화물수송통계를 담당하는 KTDB센터에서는 한국표준산업분류를 참고하여 총 32개 품목으로 화물을 구분하고 있으며, 이를 다시 7개 품목으로 대분류하고 있음

나) 농림수축산품, 광산품, 경공업품, 잡공업품, 화학공업품, 금속기계공업품, 기타

2) 도로 화물 물동량

[표 34] 대분류 품목별 도로화물 물동량(2015년)

구분		코드번호	물동량(톤/년)	비율(%)
농림수축산업	1.농림수축산품	품목 1～4	50,919,866	2.89
광업	2.광산품	품목 5～9	367,979,337	20.89
제조업	3.금속기계공업품	품목 22～29	337,779,195	19.18
	4.화학공업품	품목 18～21	465,074,649	26.41
	5.경공업품	품목 10～14	74,686,560	4.24
	6.잡공업품	품목 15～17	161,028,001	9.14
	7.기타	품목 30～31	36,641,058	2.08
도매업제품			100,753,297	5.72
컨테이너			166,455,648	9.45
합계			1,761,290,611	100.00

[표 35] 전체 영업소 위험물질 품목 비율

구분	비율(%)	설명
2류	34.4	가스류
3류	53.9	인화성 액체
8류	3.2	부식성물질
미표기	6.9	차체에 품목이 표기 되지 않은 경우
1,4,5,6,9류	1.5	화학류, 가연성 고체/자연 발화성 물질/물 접촉 시 인화성 가스 방출물질, 산화성 물질/유기과산화물, 독성/전염성 물질, 기타 위험물질(제품) 및 환경유해물질
합계	100	-

주: 현재 우리나라의 위험물 분류는 위험물안전관리법에 의해 6류로 구분되며, 이는 일본의 분류체계와 동일함. 유럽은 UN의 IMDG(International Maritime Dangerous Goods) Code에 의해 위험물질을 9가지 종류로 분류하고 있으며, 미국 교통부(U.S. Department of Transportation)는 화약류, 방사성 물질 등의 사고발생시 피해 영향권별로 분류하여 총 14종으로 구분하고 있음. 국내 위험물안전관리법상 위험물 분류는 고체와 액체상태의 물질만을 명시하고 있으며, 외국과 달리 폭발성 물질 및 독성가스 등은 위험물의 범위에 포함하고 있지 않아 관리상 한계점으로 제시되고 있어, 최근 UN 분류체계인 9종 분류체계로의 변화가 논의되고 있음. 따라서 본 논문에서는 보다 범용적인 위험물질을 확인하기 위해 9류 위험물질 분류체계를 적용하였음.

- DTG 수집데이터를 활용한 연속주행시간 지수 분석

• 7일 평균 연속주행시간 지수

1) 본 연구에서는 2018년 4월 2일부터 8일까지 총 7일의 DTG 데이터를 수집하여 연속주행시간 특성을 검토

[표 36] 연속주행시간 지수 및 기타 지표 산출 값 비교

사용데이터	연속주행시간 지수	연속주행시간	연속주행시간 상위 1% 평균	2시간 이상 주행차량 비율	2시간 이상 주행차량 대수
T map (72일 평균)	2.52	40분	147분	4.3%	7.7대
DTG (7일 평균)	2.88	67분	162분	15%	6.1대

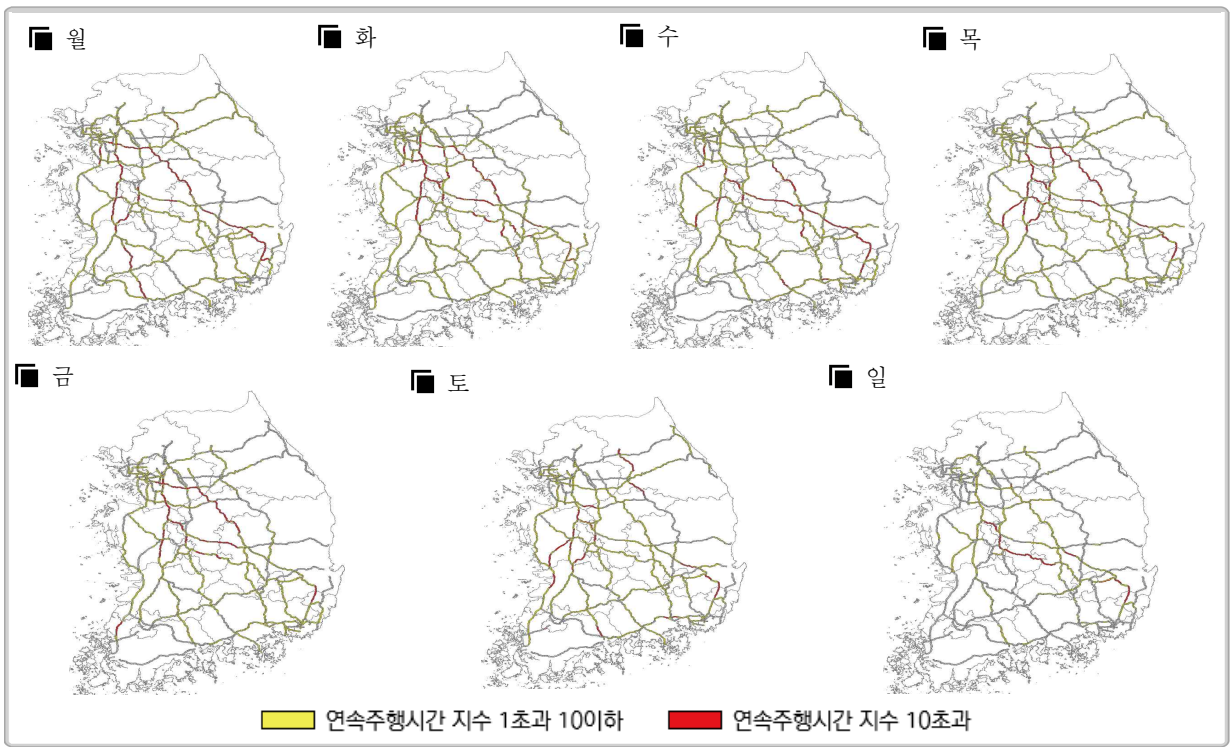


<그림 22> 연속주행시간 지수 및 기타 지표 산출 값 비교

• 요일별 연속주행시간 지수변화 검토(DTG 데이터)

[표 37] 요일별 연속주행시간 지수변화 검토(DTG 데이터)

요일	연속주행시간 지수	연속주행시간	연속주행시간 상위 1% 평균	2시간 이상 주행차량 비율	2시간 이상 주행차량 대수
월	3.39	166	66	14.9	7.2
화	3.40	171	65	14.8	7.5
수	2.97	170	66	14.9	6.7
목	3.23	168	66	15.3	7.0
금	2.76	169	65	14.7	6.0
토	2.63	155	71	17.6	5.0
일	1.62	127	67	15.4	2.7



<그림 23> 요일 변화에 따른 고속도로 구간별 연속주행시간 지수 검토(DTG)

• 시간대별 전체 콘존 평균

[표 38] 시간대별 연속주행시간 지수변화 검토(DTG 데이터)

시간	연속주행시간 지수	연속주행시간 상위 1% 평균	연속주행시간	2시간 이상 주행차량 비율	2시간 이상 주행차량 대수
0	0	41	24	0	0
1	0	84	55	0	0
2	1.07	111	63	0.2	5.7
3	1.88	124	63	0.17	4.9
4	2.14	127	56	0.12	4.1
5	1.52	132	54	0.1	3.9
6	1.76	136	54	0.1	4.7
7	1.58	143	56	0.11	4.3
8	1.95	151	60	0.12	4.6
9	2.63	167	64	0.14	5.5
10	3.18	185	70	0.17	7.5
11	4.33	197	75	0.2	10.1
12	4.81	201	74	0.19	9.5
13	4.24	194	72	0.18	7.5
14	3.72	186	70	0.16	6.7
15	3.98	193	73	0.17	7.3
16	3.74	193	73	0.18	7.3
17	4.14	191	76	0.19	7.5
18	3.32	181	75	0.18	6.9
19	2.65	177	74	0.19	6.3
20	2.39	174	70	0.16	4.9
21	2.99	175	75	0.18	5.9
22	4.28	187	80	0.21	8.4
23	6.13	203	87	0.24	11

② 군집주행 서비스 컨셉 및 기능아키텍처 개발

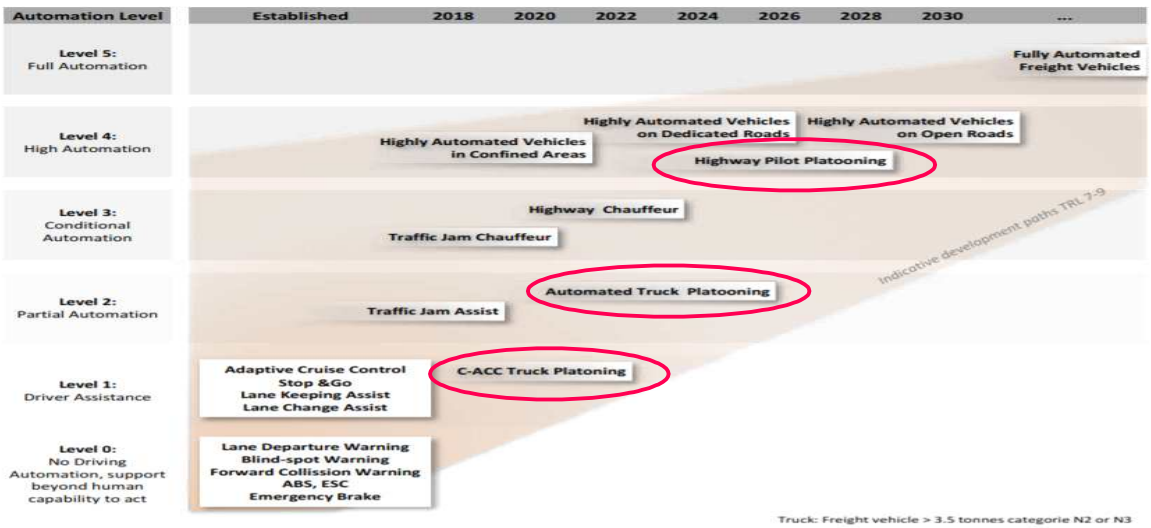
– 요구사항 분석 및 컨셉(개발목표) 설정

• 연구개발 범위 : V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 개발과제는 차량(On-board Automation), 인프라(Intelligent Infrastructure), 통신(Connectivity) 융합기술로 연구목표 달성을 위해 각 분야의 기존 성과를 바탕으로 기술을 개발하고 이를 연구 실증하는 것을 연구개발 범위로 함

• 해외 기술동향분석 등을 통한 구체적 컨셉 설정

1) 해외 군집주행 관련 프로젝트 실증연구 사례조사

가) (유럽) ENSEMBLE, COMPANION, SARTRE 등



<그림 24> 유럽 ERTRAC(European Road Transport Research Advisory) 군집주행 기능 정의

나) Companion Project의 주요 목적은 차량탑재 시스템과 인프라 시스템 그리고 상호 운용을 위한 인터페이스 마련을 주요한 내용으로 하며 실제 군집주행을 운영하기 위한 기술개발에 중점을 둠

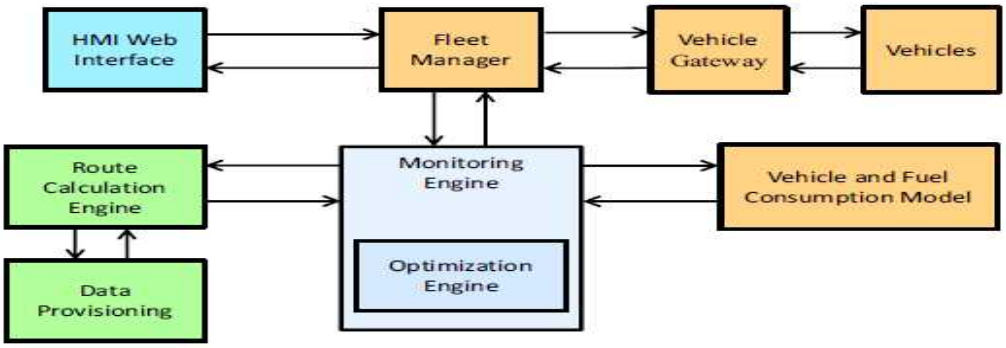
① off-board platform for the coordination of platoons

② an on-board system for coordinated platooning

③ multimodal on-board and off-board user interfaces



<그림 25> Planning and control hierarchy



<그림 26> COMPANION overall component architecture

나) (미국) AHS (Automated Highway System 오하이오大), PATE(버클리大), PELOTON社

• 연구단(TROOP) 컨셉 설정

1) (군집주행 차량기술) 군집주행 차량기술은 단독 자율주행(On-board Automation), 통신(Connectivity) 융·복합 기술로 군집주행 Lv2인 Automated Truck Platooning로 목표 설정

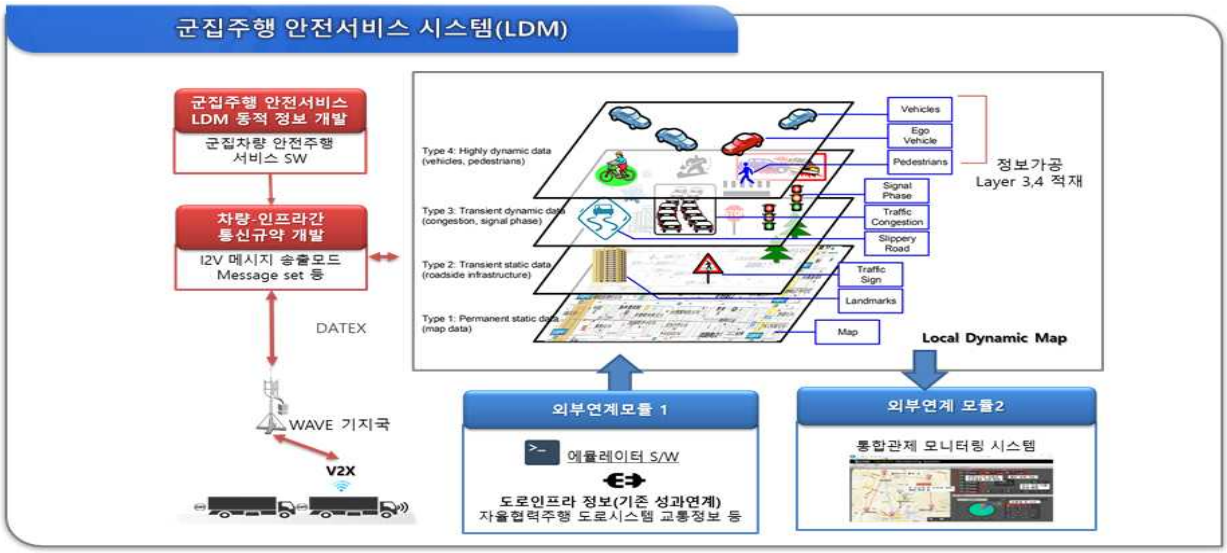
구 분		ACC (Lv.1)	C-ACC (Lv.1)	Automated Truck (Lv.2)	Highway Pilot (Lv.4)
차량 간 거리 (@90kph)		2s (50m)	0.5s (12.5m)	0.5s (12.5m)	0.5s↓ (12.5m↓)
제어	종방향	O	O	O	O
	횡방향	X	X	O (차선유지)	O (차선 변경)
	컨셉	종방향 자차 제어	종방향 동기 제어	종/횡방향 동기 제어	고도화 통합 제어
센서 인지범위		전방 (중거리 이상)	전방 (근거리 이상)	전/측방	전방향
통신	V2V	X	O	O	O
	V2I (제공/활용)	(X / X)	(O / X)	(O / —)	(O / O)

<그림 27> Automated Truck Platooning(Lv2)

2) (군집주행 안전서비스기술) 안전서비스 기술은 첨단 도로교통 인프라(Intelligent Infrastructure), 통신(Connectivity) 융·복합 기술로 화물차 전용 안전서비스 시나리오 개발과 LDM(Local Dynamic Map) 표준에 부합하는 통신 프로토콜(message sets)을 개발하는 것으로 목표 설정

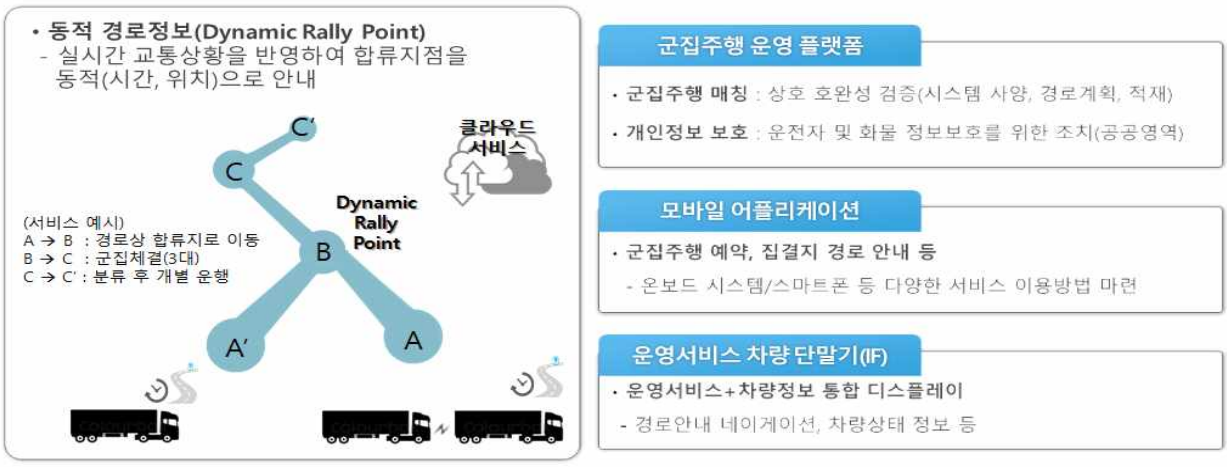


<그림 28> 군집주행 안전시스템 개념도

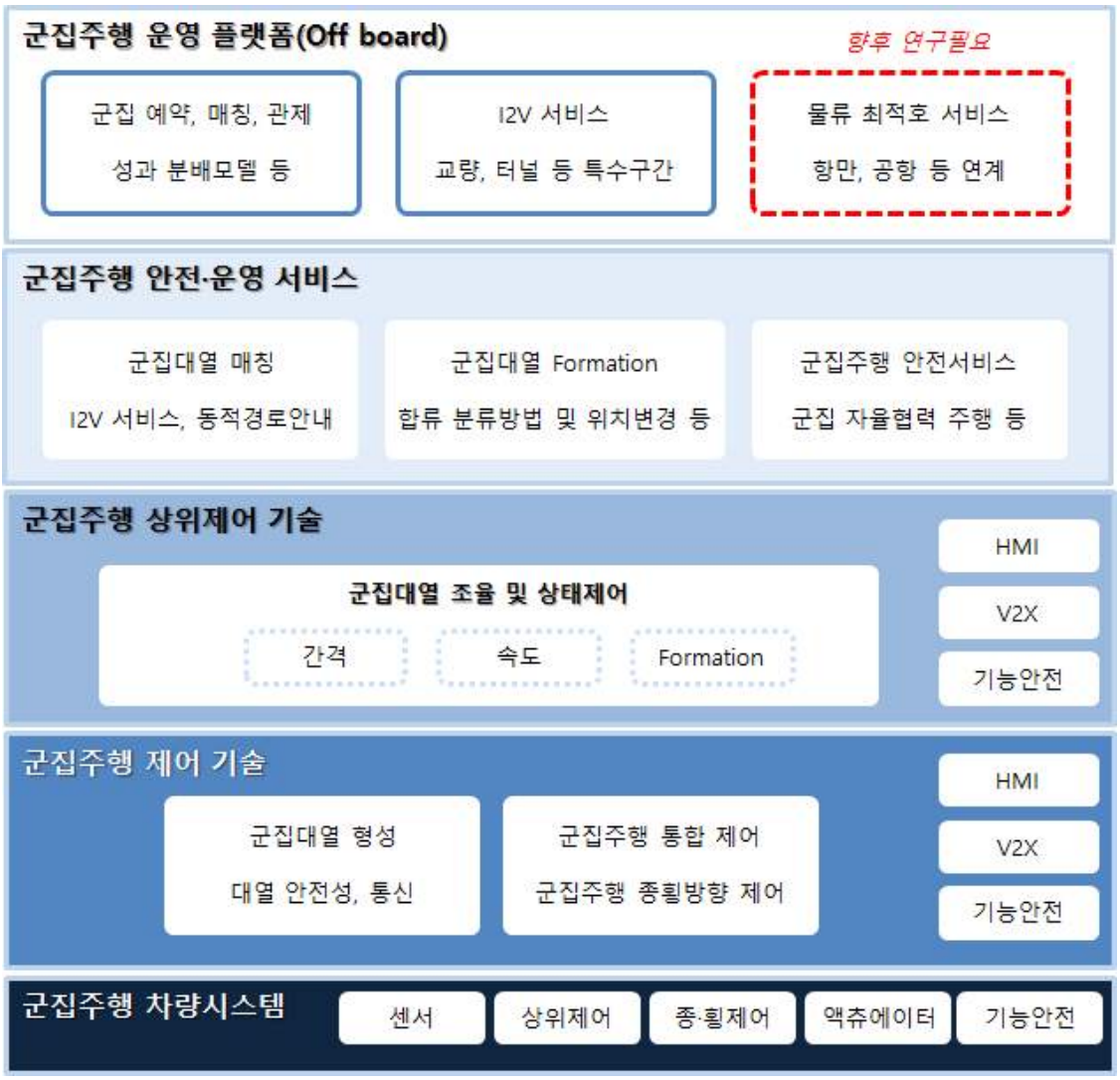


<그림 29> LDM 개념도

3) (군집주행 운영서비스기술) 군집주행 운영서비스 기술은 자율주행(On-board Automation), 통신(Connectivity) 융·복합 기술로 운행계획, 군집차량 정보 및 도로교통인프라 정보를 바탕으로 군집주행 운영을 위한 지원서비스를 개발하는 것으로 목표 설정



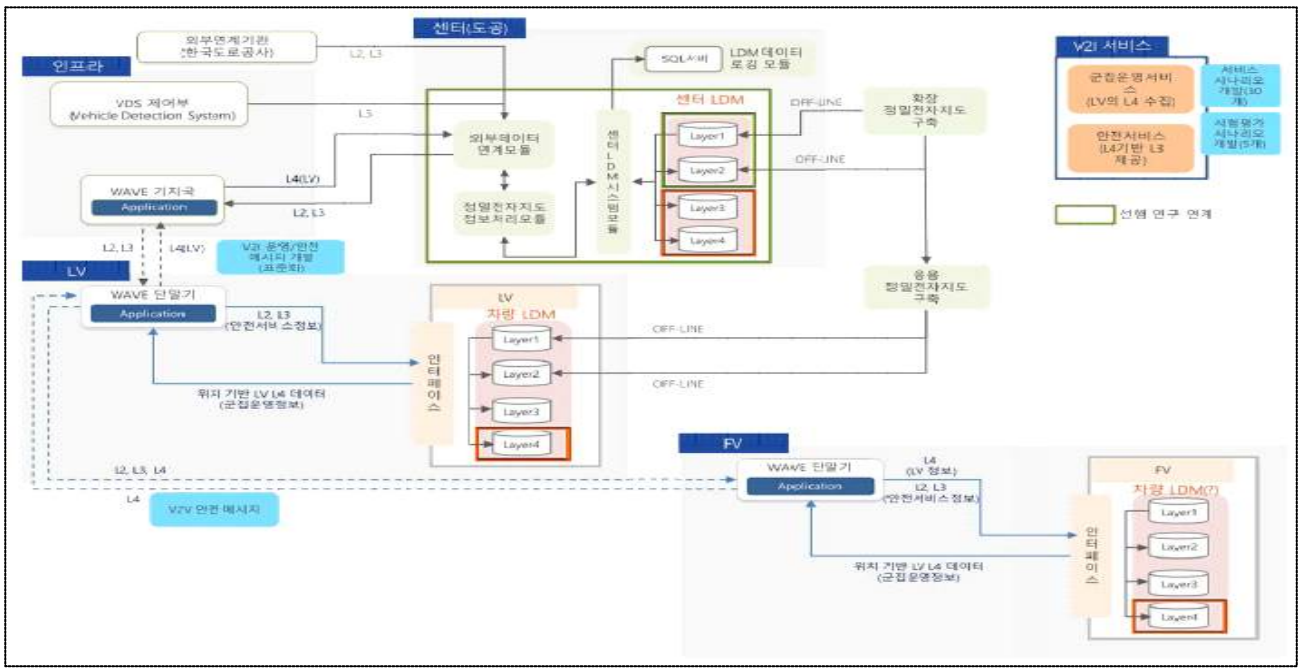
<그림 30> 군집주행 운영서비스 개념도



<그림 31> V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 레이어 구성도

- 군집주행 운영서비스 아키텍처개발

• 군집차량·군집주행 안전서비스·운영서비스 통합운영을 위한 기능 아키텍처 개발



<그림 32> V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 아키텍처(DRAFT)

③ 군집주행 연구실증

- 실증지 후보군 설정

• 연차별 연구실증지 선정

1) 비공용도로 : 2차 년도 비공용도로 연구실증 및 3, 4차 년도 차량테스트

가) 선정결과 : 여주시험도로 선정

나) 선정이유 : 도로교통 조건 및 인프라 시스템 구축여부 등을 고려 여주체험도로로 선정

구분		비공용도로	여주시험도로	새만금	교통안전공단
도로교통조건	도로등급	고속도로 동등수준	○	× (과속방지턱 제거 등 필요)	○
	도로연장	7km 이상 (기본 테스트)	○	○	×
	도로형상	최소곡률반경 380이상	○	○	×
인프라시스템	WAVE 통신	V2X 안전서비스 필수	○	△ (이동기지국 설치 필요)	○
	LDM	V2X 안전서비스 필수	○	×	×
	정밀측위	차량시스템 성능에 따라 다름	○	×	×
기타		인프라 구축시기 연계성 등	○	△ (현재 사업기획중)	○

2) 공용도로 : 3,4차년도 연구실증

가) 선정결과 : 영동선 신갈JC~원주IC 구간 포함 공용도로 실증 선정

나) 선정이유 : 도로교통 조건 및 인프라 시스템 구축여부 등을 고려

구분		공용도로	신갈JC ~원주IC	대전, 세종 C-ITS 시범사업	C-ITS 본사업
도로교통조건	도로등급	고속도로	○	○	○
	도로연장	20km 이상, IC 등 필요 (시나리오 구현)	○	○	○
	도로형상	최소곡률반경 380이상	○	○	○
인프라시스템	WAVE 통신	V2X 안전서비스 필수	○	○	○
	LDM	V2X 안전서비스 필수	○	× (일반센터 적용)	△ (사업미정)
	정밀측위	차량시스템 성능에 따라 다름	○	×	△
기타		인프라 구축시기 연계성 등	○	○	× (현재 예타중 사업시기 불확실)

* 장거리 운행여건 충족을 위해 원주IC까지 구간 검토

• 실증대상지 도로구간 분석

1) 신갈JC~호법JC구간 도로구조물 분석

구분	계	1공구	2공구	3공구
시공사		삼성물산(주) 이에스개발(주)	(주)동양건설산업	현대건설 (주)명신종합건설
폭원(m)		신갈분기점 ~ 용인나들목 45.0m(10차로) 용인나들목 ~ 호법분기점 37.8m(8차로)		
터널현황 (개소/m)	1개소/1,495m(신갈) 2개소/2,285m(호법)	1개소/1,495m(신갈) 1개소/1,555m(호법)	1개소/730m(호법)	-
교량현황 (개소/m)	48개소/2,189.6m	11개소/757m	16개소/530m	21개소/902.6m
장대교현황 (L=100m이상)	5개소/804.4m	동백육교(210m) 신갈JCT교(227m)	경안천교(150m)	추계육교(111.4m) 마장교(106m)
출입시설 및 휴게소	IC 4/JCT 2 휴게소 1	신갈JCT, 마성IC	용인IC/용인휴게소	양지IC, 덕평IC, 호법JCT

<그림 33> 영동선 실증 선정구간 도로구조물

2) 실증후보군 차로 분석



<그림 34> 영동선 호법방향 차로분석



<그림 35> 영동선 신갈방향 차로 분석

- 연구실증

• 군집주행 연구실증 여건 분석

1) 군집대열 차량의 거동은 합류, 대열유지, Cut-in, 분류, 긴급제동으로 구성

2) 영동선 실증 구간의 최소평면곡선반경은 700m, 최대 종단경사 3.9%임

3) 선정구간은 JCT 2개소, IC 4개소, 휴게소 2개소, 터널 2개소로 군집차량 성능검증뿐만 아니라 향후 군집주행 안전서비스 및 운영서비스 실증을 위한 시나리오 구성요건도 만족

• 연차별 연구실증 로드맵

2019년(1단계)	V2V 군집주행

◦목표성능 : 2대, 최고속도 60km/h, Time gap 1초(60km/h 주행시 16.7m)
- (비공용도로) 여주시험도로

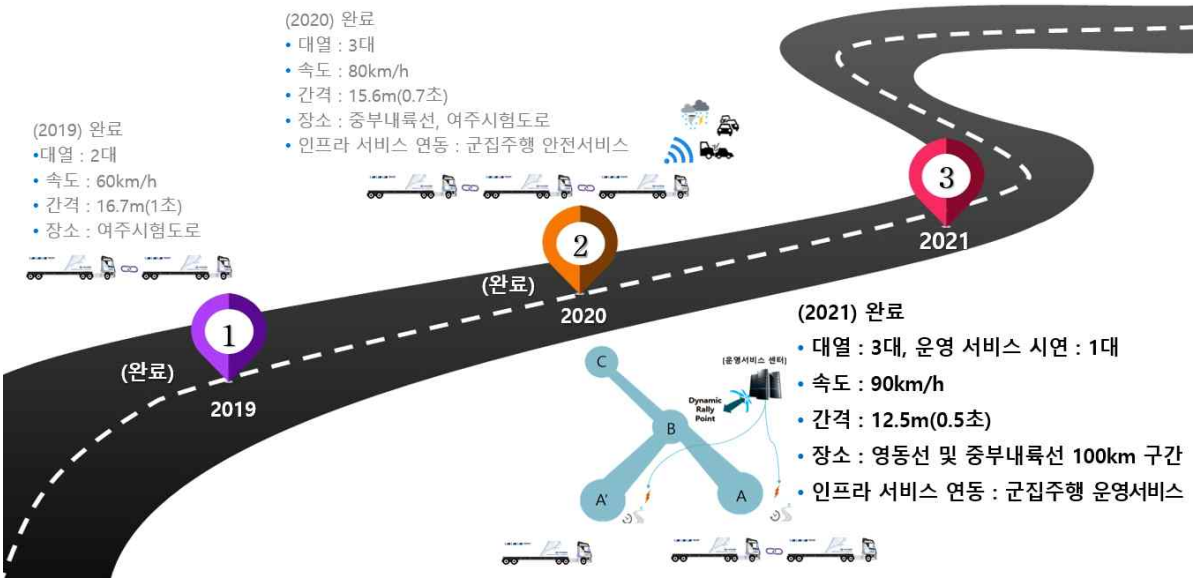
2020년(2단계)	V2X 군집주행(안전서비스)

◦목표성능 : 3대, 최고속도 80km/h, Time gap 0.7초(80km/h 주행시 15.6m)
- (공용도로) 중부내륙선 서여주IC ~ 여주JCT, (비공용도로) 여주시험도로

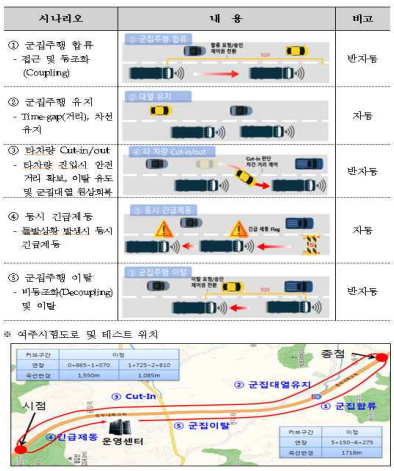
2021년(3단계)	V2X 군집주행(운영서비스)

◦목표성능 : 3대+1대, 최고속도 90km/h, Time gap 0.5초(90km/h 주행시 12.5m)
- (공용도로) 영동선 덕평IC~원주IC, 중부내륙고속도로 서여주휴게소~여주분기점

[표 39] 연차별 군집주행 연구실증 로드맵



2차년도	3차년도	4차년도
○ 시연시나리오(비공용)	○ 시연시나리오(중부내륙선)	○ 시연시나리오(영동선)







※ 언론보도(홍보)
- 19년 : MBC, 조선일보 등 73건
- 20년 : MBC, YTN 등 64건
- 21년 : KBS, MBC 등 65건

④ 군집주행 운전자(화물차/주변차량) 수용성 분석

- 군집주행 테스트를 위한 가상 실험환경 구축

• 구축 목적 : 운전자의 반응을 측정을 위해 모의주행 환경을 현실과 매우 유사하게 구현, 한국도로공사가 보유한 도로주행 시뮬레이터를 활용하여 모의실험을 진행

• 군집주행을 위한 모의주행시스템 환경 구축

1) 도로주행 시뮬레이터 센터에 개발된 트럭 캐빈을 대형 시뮬레이터 장비에 탑재
2) 트럭관련 차량동력학(Vehicle dynamics) 특성 로딩, 실제실험에 필요한 모션 튜닝
3) 화물차 군집주행을 대상으로 가상의 도로환경 DB화
4) 실험하고자 하는 목적에 부합하는 시나리오 설계



<그림 15> 모의주행 실험에 사용되는 장비



<그림 16> 화물차 군집주행 실험 관련 사진

- 운전자 수용성 시험 시나리오 개발 및 시험
• 군집대열 차량간 간격에 따른 운전자 수용성 평가

[표 40] 실험P 시나리오 변인 및 실험환경 상세내용

구분	내용
독립변인	1. Time Gap : 0.2(s), 0.4(s), 0.6(s), 0.8(s), 1.0(s) - 심리적 안정감 연계 2. See-through 서비스 : 제공/미제공 3. 간격 조정방법 : 자동/수동
종속변인	■ 정량 : 심전도, 피부긴장도, 호흡 ■ 정성 : 만족도/안정도/활용가능성 (*7점 척도로 설문)
통제변인	주행속도, 주변차량대수, 차량탑승 시간 등 실험 내/외 환경 중 동일하게 유지한 변인
실험환경	■ (도로환경) 세종고속도로(1~6공구)(약 30km구간) 직선구간 (교통환경) LOS B * LOS B : 군집주행 가능 교통상황 고려 

시나리오	■ 간격변화 : 자동변경#1 체험 후 수동변경#2으로 직접 간격선택 · 자동변경#1 : Time Gap(5), See through(2) ; 7 Case (Between Subject 실험) – Time Gap : 0.2초, 0.4초, 0.6초, 0.8초, 1.0초 – See through : 선두차량 전방화면 표출 有/無(별도 태블릿 영상)(0.2s, 1s) ☞ 피실험자 1인당 2번의 Case를 랜덤하게 제공 · 수동변경#2 : 운전자가 직접 조작하여 Time Gap 선택 × See through(2) ; 2 Case – 1회 조작 시 Time-gap ±0.1초 변화, 수용가능 거리 선택 시까지 반복수행

• 군집주행 대열 사이를 주행하는 승용 차량 운전자 수용성 평가

[표 41] 실험C 시나리오 변인 및 실험환경 상세내용

구분	내용
독립변인	Time Gap : 0.2(s), 0.4(s), 0.6(s), 0.8(s), 1.0(s), 1.2(s)
종속변인	■ 정량 : 심전도, 피부긴장도, 호흡 ■ 정성 : 만족도/안정도/활용가능성 (*7점 척도로 설문)
통제변인	주행속도, 주변차량대수, 차량탑승 시간 등 실험 내/외 환경 중 동일하게 유지한 변인
실험환경	■ (도로환경) 세종고속도로(약 30km구간) 직선구간 (교통환경) LOS B * LOS B : 군집주행 가능 교통상황 고려 
시나리오	■ Time Gap : 0.2(s), 0.4(s), 0.6(s), 0.8(s), 1.0(s), 1.2(s) (Between Subject 실험) * 군집주행 차량 운행속도 90km/h ☞ 피실험자 1인당 4번의 Case를 랜덤하게 제공 (1인당 2회 반복) * 승용차량 운행속도 110km/h로 주행(끼어들기시 운전자가 가감속 조정)

CASE	1	2	3	4
Time Gap	0.4초(10m)	0.6초(15m)	0.8초(20m)	1.0초(25m)

• 군집주행 중 안전서비스 효과 평가

[표 42] 실험S 시나리오 변인 및 실험환경 상세내용

구분	내용
독립변인	1. 알림서비스 유/무 : 알림서비스有(안개상황前), 알림서비스無 2. 차량TG변화 : 0.5s → 1.0s 3. 차량감속 : 감속 90km/h → 45km/h
종속변인	■ 정량 : 심전도, 피부긴장도, 호흡 ■ 정성 : 만족도/안정도/활용가능성 (*7점 척도로 설문)
통제변인	주행속도, 주변차량대수, 차량탑승 시간 등 실험 내/외 환경 중 동일하게 유지한 변인

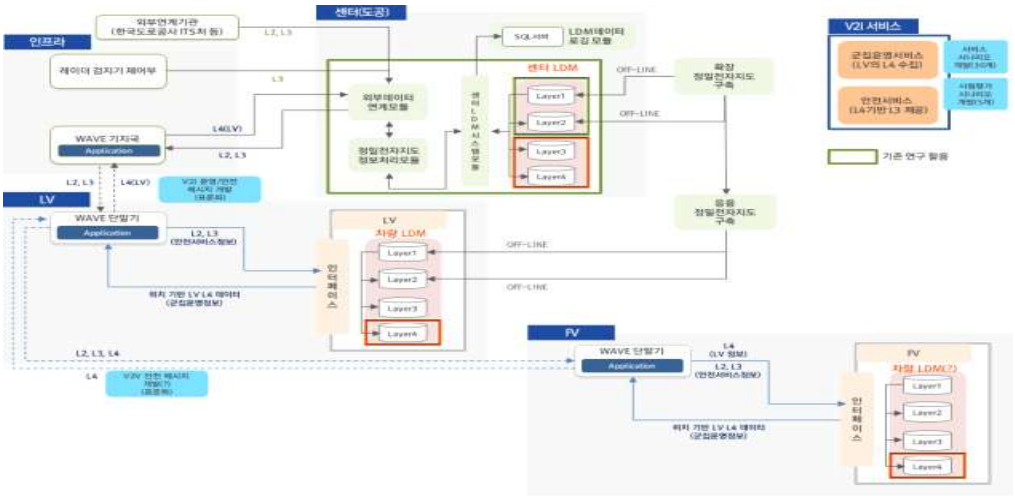
<table>
<tr><td>실험환경</td><td>■ (도로환경) 세종고속도로(약 30km구간) 직선구간 (교통환경) LOS B
* LOS B : 군집주행 가능 교통상황 고려
 
</td></tr>
<tr><td>시나리오</td><td>■ 알림서비스(2, 유/무) × 차량TG변화(2, TG 0.5→1.0) × 차량감속(2, 감속 유무 90→45)
<table>
<tr><th>구분</th><th>알림서비스</th><th>간격변화</th><th>감속</th></tr>
<tr><td>Case-1</td><td>안개상황前(미리알림)</td><td>-</td><td>감속유무 90→45km/h</td></tr>
<tr><td>Case-2</td><td>안개상황前(미리알림)</td><td>TG 0.5→1.0</td><td>감속유무 90→45km/h</td></tr>
<tr><td>Case-3</td><td>알림無</td><td>-</td><td>감속유무 90→45km/h</td></tr>
<tr><td>Case-4</td><td>알림無</td><td>TG 0.5→1.0</td><td>감속유무 90→45km/h</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

○ (한국지능형교통체계협회) V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발 및 표준화

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발	군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 개발 정의서	군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 개발(21개)	군집주행 서비스 시험평가 시나리오 개발(5개, LV연동) 및 시험평가	군집주행 서비스 시험평가 시나리오 개발(3개, LV/FV연동) 및 시험평가
② V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 표준화	군집주행 시나리오 및 메시지 현황조사 보고서	군집주행을 위한 안전서비스 시나리오 표준 제안 1건	군집주행을 위한 안전서비스 시나리오 표준 제정 1건 군집주행을 위한 메지시 표준 제안 1건	군집주행을 위한 메지시 표준 제정 1건

① V2X기반 군집주행 서비스 평가기술 개발

- 군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 개발 정의서
  - 군집주행 시나리오 및 메시지 현황 조사
    1) 군집자율주행 해외 프로젝트 및 시나리오 개발 동향
    2) V2X 기반 군집주행 메시지 개발 현황
- 군집주행 운영서비스 시나리오 정의(안)
  - 군집주행 시나리오 구성 요소 도출



<그림 37> V2I 안전서비스를 위한 인터페이스

• 군집자율주행을 위한 운영서비스 시나리오(안) 도출

[표 44] 운영서비스 시나리오 절차

No	시나리오 절차	확인 사항
1	LV가 군집주행 구간 시점에 도착하여 PLV로 전환한다.	LV가 군집주행 구간 시점에 도착하여 PLV로 전환되는 것과 동시에 LV는 운영관리센터로 <표5>의 정보 중 군집 위치 및 군집 상태 정보를 전송
2	FV1은 군집주행을 신청한다.	FV1이 군집주행 신청 이벤트 발생 시 LV는 관련 사항을 운영관리센터로 전송
3	LV는 군집주행을 허가한다.	허가 이벤트 발생 시 LV는 관련 사항을 운영관리센터로 전송
4	LV와 FV1은 군집주행 형성한다.	군집주행 형성 이벤트 발생 시 LV는 관련 사항을 운영관리센터로 전송
5	군집주행을 유지한다.	LV는 주기적으로 <표5>의 정보 중 군집 위치 및 군집 상태 정보를 운영관리센터로 전송
6	FV2는 군집주행을 신청한다.	FV2가 군집주행 신청 이벤트 발생 시 LV는 관련 사항을 운영관리센터로 전송
7	LV는 군집주행을 허가한다.	허가 이벤트 발생 시 LV는 관련 사항을 운영관리센터로 전송
8	LV와 FV2은 군집주행 형성한다.	군집주행 형성 이벤트 발생 시 LV는 관련 사항을 운영관리센터로 전송
9	군집주행을 유지한다.	LV는 주기적으로 <표5>의 정보 중 군집 위치 및 군집 상태 정보를 운영관리센터로 전송
10	FV1은 군집주행 이탈을 요청한다.	군집주행 이탈 이벤트 발생 시 LV는 관련 사항을 운영관리센터로 전송
11	LV는 군집주행 이탈을 승인한다.	이탈 승인 이벤트 발생 시 LV는 관련 사항을 운영관리센터로 전송
12	군집주행을 유지한다.	LV는 주기적으로 <표5>의 정보 중 군집 위치 및 군집 상태 정보를 운영관리센터로 전송
13	목적지 도착 후 군집주행을 해제한다.	목적시 도착 시 LV는 운영관리센터로 군집주행 해제정보를 전송

- V2I 기반 화물차 군집주행 안전서비스 시나리오 개발

• 국내외 자율주행, 군집주행 관련 문헌고찰 및 자율주행을 위한 시나리오 개발 방법론에 대한 사례 고찰

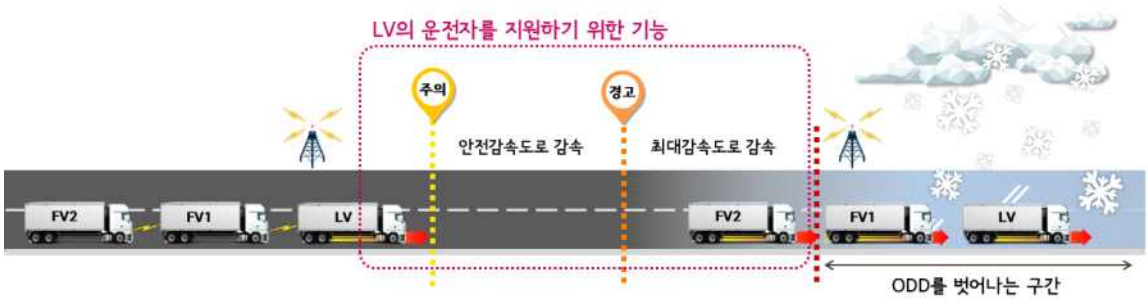
• 군집주행이 가능한 ODD 도출

[표 45] 군집주행 시 고려사항

구 분	고 려 사 항
도로환경	– 고속도로 – 아스팔트 및 콘크리트 포장, 건조노면 – 평지, 직선 – 터널 – 차로의 최소 폭 – 도로의 곡선반경 – 종단경사도 – 센서 및 시스템 작동 가능한 온도 범위 – 톨게이트 구간 – 램프 합류 및 분류 구간
날씨	– 맑음, 흐림
시간대	– 주간, 야간
감속도	– 감속도 범위

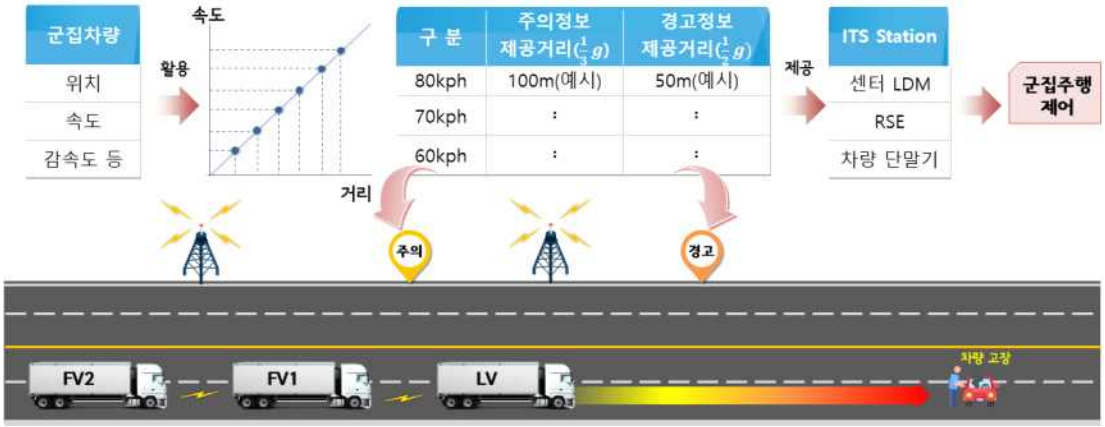
• 군집주행 안전서비스 정의

① ODD를 벗어나는 구간에 대한 정보 제공



<그림 38> ODD를 벗어나는 구간에 대한 정보 제공 방안

② 속도 프로파일에 따른 안전정보 제공



<그림 39> 속도 프로파일에 대한 안전정보 제공

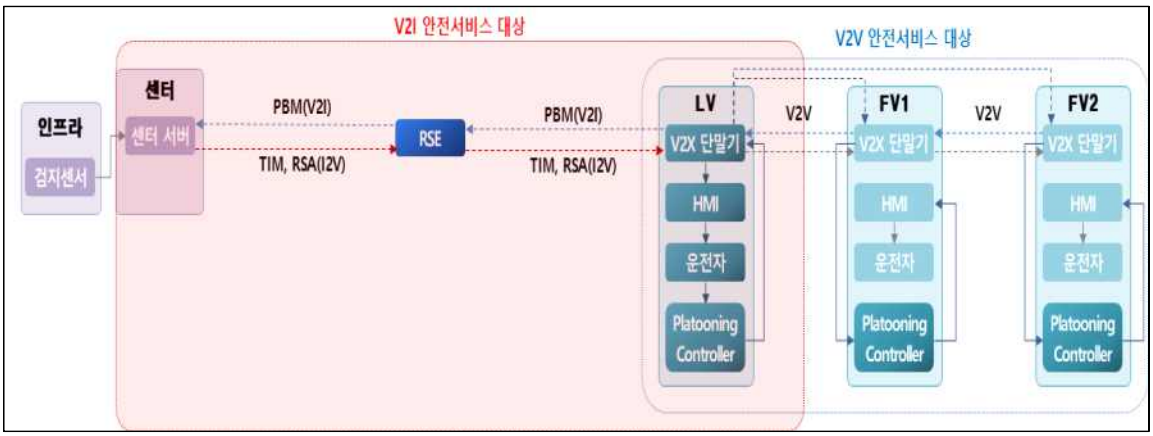
• 군집주행 안전서비스 시나리오는 ODD, 화물차 영향요소, Use case를 고려하여 21개 도출

[표 46] 군집자율주행 안전서비스 시나리오 (21개)

구 분		시나리오		Use Cases
단일	환경	1	기상상황(안개)	② 감속
		2	기상상황(비)	① 군집해제
		3	도로노면(결빙)	① 군집해제
	이벤트	4	도로 작업구간	④ 감속 → 차로변경(자율) ⑤ 감속 → 군집해제 → 차로변경(수동) ⑥ 군집해제 → 차로변경(수동)
		5	돌발상황(정지차)	④ 감속 → 차로변경(자율) ⑤ 감속 → 군집해제 → 차로변경(수동) ⑥ 군집해제 → 차로변경(수동)
	도로선형	6	곡선구간	⑨ 일반정보제공
		7	내리막구간	⑨ 일반정보제공
		8	오르막구간	⑨ 일반정보제공
	도로 구조물	9	교량구간	③ 감속 → 추종거리 변경
		10	터널구간	⑨ 일반정보제공
	도로 시설물	11	LCS	⑦ 차로변경(자율)
		12	톨게이트	① 군집해제

구 분		시나리오		Use Cases
	진행방향	13	램프→본선 진입	① 군집해제
		14	본선→램프 진출	① 군집해제
		15	합류부 구간 통과	⑨ 일반정보제공
		16	분류부 구간 통과	⑨ 일반정보제공
	잠재적 위험	17	교통사고 잦은 곳	⑨ 일반정보제공
복합	환경+ 도로선형	18	기상상황(비)+곡선구간	① 군집해제
		19	기상상황(안개)+내리막구간	① 군집해제
		20	기상상황(결빙)+오르막구간	① 군집해제
	이벤트+ 도로선형	21	돌발상황(교통사고)+곡선구간	① 군집해제

- V2I 기반 화물차 군집주행 안전서비스 시험평가 시나리오 개발

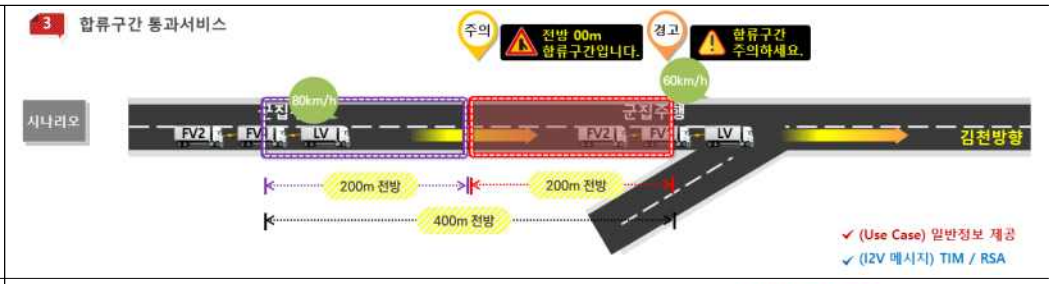


<그림 40> V2I 군집주행 안전서비스 시험평가 대상 시스템

• V2I 기반 화물차 군집주행 안전서비스 시험평가 시나리오 5개 도출(LV거동중심)
  - [ITSK-19004]V2I 기반 화물차 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스 시나리오 표준에서 시험평가를 위한 시험평가 시나리오를 도출하여 실제 현장에서 정보제공 시점을 산정함

[표 47] 군집자율주행 안전서비스 시험평가 시나리오 (5개)

교량구간 서비스	
안개 서비스	

합류구간 통과서비스	
공사중 서비스	
돌발상황 서비스	

• V2I 기반 화물차 군집주행 안전서비스 시험평가(3차년도)
  - 시험평가일자 : '20.10.14
  - 시험기관 : 한국지능형교통체계협회, 웨이티즈
  - 5개의 평가시나리오에 대해 적시성, 완전성을 평가

[표 48] 시험평가 시나리오 Set

시나리오 Set	시험횟수	비고
Set 1	5회	안개구간(감속) + 공사중(군집해제)
Set 2	5회	합류구간(감속) + 정지차(군집해제)
Set 3	5회	교량구간(간격조정)

• V2I 군집주행 서비스를 위한 메시지 개발
  - 군집주행메시지는 I2V 기반의 안전서비스 제공을 위한 다양한 어플리케이션을 위해 군집의 운행 행태에 관한 정보를 수집하는 메시지

[표 49] V2I 군집주행 서비스를 위한 메시지 (PPD, ProbePlatooningData)

데이터 프레임	데이터 요소	설명	제공 차량	
군집 식별	1) 군집ID	군집의 ID	LV	FV
	2) 차대번호	VIN 번호	LV	FV
	3) 차종	국내 차종 분류 체계에 의한 차종(15종)	LV	FV
군집 상태	1) 속도	속도	LV	FV
	2) 가속도	가속도	LV	FV
	3) 군집경로	군집주행경로 시점	LV	FV

데이터 프레임	데이터 요소	설명	제공 차량	
		군집주행경로 종점	LV	FV
	4) 군집운행상태	Use Case 상태	LV	FV
	5) V2I 기반 해제사유	ODD 벗어나는 상황	LV	-
	6) V2V 기반 해제사유	군집주행 대열 내 돌발상황 등	LV	FV
	7) 차간거리	군집주행내 설정차간거리	LV	-
		군집주행내 계측차간거리	-	FV
	8) 차량크기	LV/FV 차량 길이 및 폭	LV	FV
	9) 제어상태	LV 브레이크 상태	LV	FV
	10) 차량무게	LV/FV 차량 무게	LV	FV
	11) 화물무게	LV/FV 화물 무게	LV	FV
	12)군집대열순서	군집 내 대열 순서	LV	FV
	13) 군집위치	군집차량 ID, 군집차량 위치, 시간	LV	FV

• V2I 기반 화물차 군집주행 안전서비스 시험평가(4차년도)

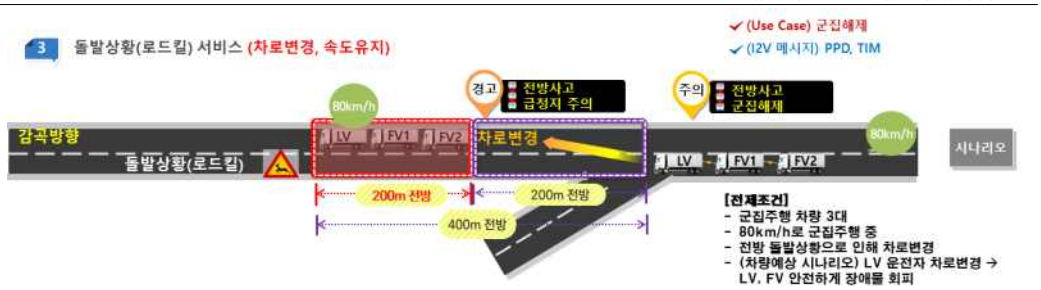
- 시험평가일자 : '21.9.2
- 시험기관 : 한국지능형교통체계협회, 웨이티즈
- 3개의 평가시나리오에 대해 적시성, 완전성, 유효성을 평가

[표 50] 시험평가 판단기준

주요기능	Station	평가내용	평가항목
위험상황 판단	센터/차량	올바른 Use Case를 결정하였는지 판단 여부	완전성
		상황판단 처리 시간 (0.1초 이내)	적시성
주의정보 결정	센터/차량	주의정보 결정 처리 시간 (0.1초 이내)	적시성
V2I 안전서비스 제공	센터/차량	군집상태에 따른 적절한 안전정보 송신 여부 확인 (속도 별 시간/위치/contents 확인)	유효성/ 완전성
TIM 메시지 송/수신	기지국	해당 이벤트에 대한 적절한 메시지 제공 여부	완전성
		무선통신을 통해 기지국에서 차량으로 정보 전송 지연 시간 (0.1초 이내)	적시성
	차량	기지국으로부터 TIM/TIM 메시지 수신 여부	완전성
HMI 표출	HMI 단말	해당 이벤트에 대한 적절한 메시지 제공 여부	완전성
		표출 처리 시간 (0.1초 이내)	적시성
PPD 메시지 송/수신	기지국	차량으로부터 PPD 메시지 수신 여부	완전성
		무선통신을 통해 인프라에서 센터로 정보 전송 지연 시간 (0.1초 이내)	적시성
	센터	기지국으로부터 PPD 메시지 수신 여부	완전성
	차량	군집운행상태 모니터링에 필요한 적절한 PPD 메시지 송신 여부	완전성
		무선통신을 통해 차량에서 기지국으로 정보 전송 지연 시간 (0.1초 이내)	적시성
안전서비스 대응	운전자	운전자 인지반응시간 확인	유효성
	차량	차량의 안전상 상태에 도달할 때까지 걸린 시간 확인	유효성

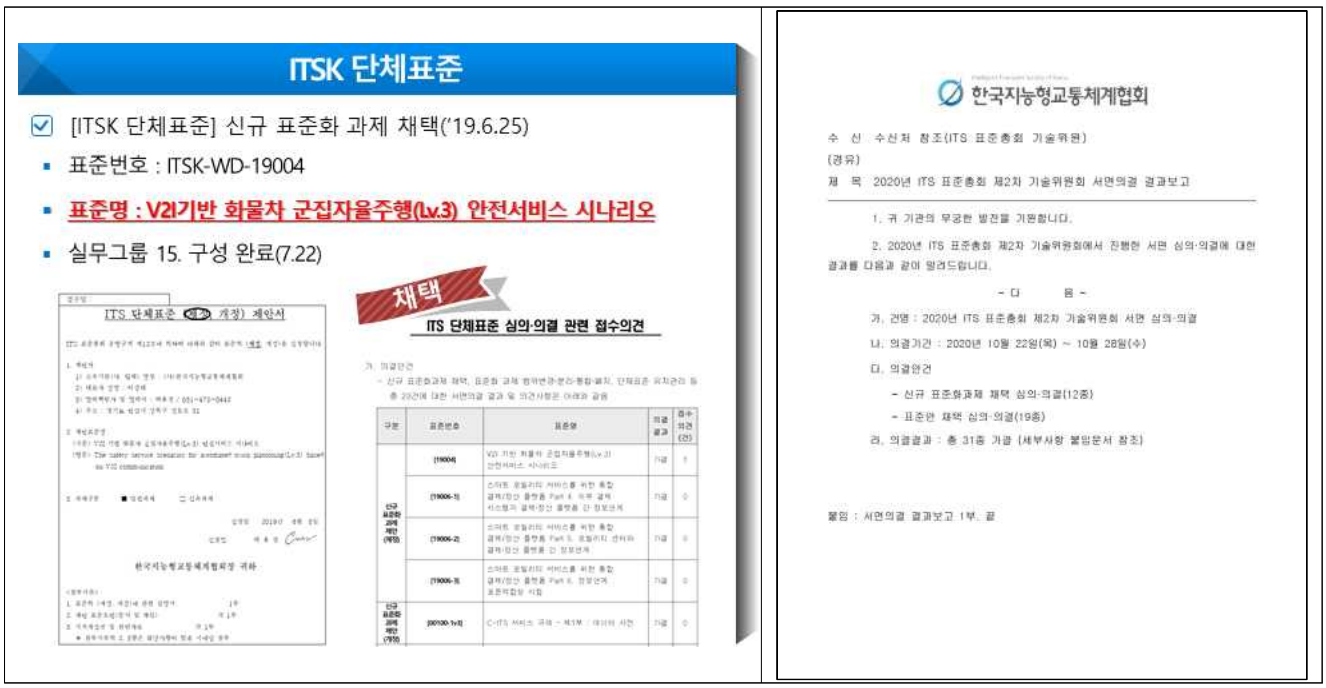
- 시험평가 시나리오 3개로 총 30회 시험평가 수행

[표 51] 군집자율주행 안전서비스 시험평가 시나리오 (3개, LV/FV연동)

공사중 서비스		
돌발상황 서비스1		
돌발상황 서비스2		

② V2X 기반 군집주행 서비스 평가기술 표준화

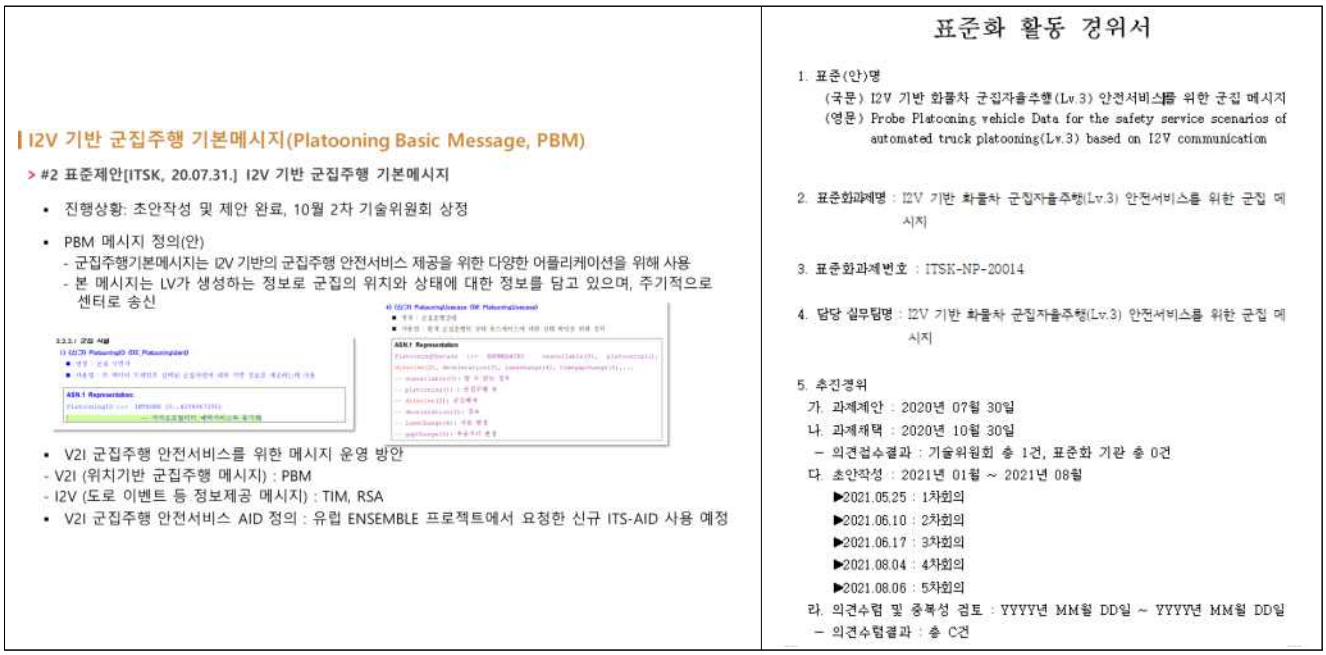
- 군집주행을 위한 안전서비스 시나리오 표준 제안 및 제정
  - [ITSK 단체표준] '[ITSK-19004]V2I 기반 화물차 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스 시나리오' 신규표준화 과제 채택 ('19.6.25) 및 제정 완료('20.10.30)



<그림 44> ITSK 단체표준 제정 현황 - 안전서비스 시나리오

- 군집주행을 위한 메시지 표준 제안 및 제정
  - [ITSK 단체표준] '[ITSK-WD-20014]I2V 기반 화물차 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스를 위한 군집 메

시지’ 신규표준화 과제 채택 (’20.7.30) 및 제정 심의 중



<그림 45> ITSK 단체표준 제정 현황 - 군집메시지

- 군집주행메시지는 I2V 기반의 안전서비스 제공을 위한 다양한 어플리케이션을 위해 군집의 운행 행태에 관한 정보를 수집하는 메시지

[표 52] V2I 군집주행 서비스를 위한 메시지 (PPD, ProbePlatooningData)

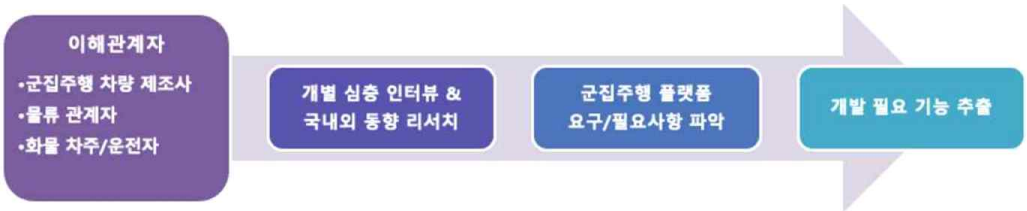
데이터 프레임	데이터 요소	설명	제공 차량	
군집 식별	1) 군집ID	군집의 ID	LV	FV
	2) 차대번호	VIN 번호	LV	FV
	3) 차종	국내 차종 분류 체계에 의한 차종(15종)	LV	FV
군집 상태	1) 속도	속도	LV	FV
	2) 가속도	가속도	LV	FV
	3) 군집경로	군집주행경로 시점	LV	FV
		군집주행경로 종점	LV	FV
	4) 군집운행상태	Use Case 상태	LV	FV
	5) V2I 기반 해제사유	ODD 벗어나는 상황	LV	-
	6) V2V 기반 해제사유	군집주행 대열 내 돌발상황 등	LV	FV
	7) 차간거리	군집주행내 설정차간거리	LV	-
		군집주행내 계측차간거리	-	FV
	8) 차량크기	LV/FV 차량 길이 및 폭	LV	FV
	9) 제어상태	LV 브레이크 상태	LV	FV
	10) 차량무게	LV/FV 차량 무게	LV	FV
	11) 화물무게	LV/FV 화물 무게	LV	FV
	12)군집대열순서	군집 내 대열 순서	LV	FV
	13) 군집위치	군집차량 ID, 군집차량 위치, 시간	LV	FV

○ (카카오모빌리티) 군집차량 서비스 플랫폼 및 사업화 모델개발

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 플랫폼 기획 및 설계	요구조건 분석 및 상위기획	상세 기획 및 UI/UX 프로토타입 개발	-	-
② 군집 플랫폼 기술 연구개발	-	군집 매칭, 길안내 기술 개발	군집 매칭, 길안내 서버 개발	실증 테스트 및 매칭, 길안내 고도화
③ 군집 운전자용 태블릿 APP 개발	-	HMI 테스트앱 프로토타입 개발	HMI 군집 합류/이탈 기능 개발	군집 플랫폼 클라이언트 기능 개발
④ 플랫폼 서버 개발	-	-	게이트웨이, 데이터관리, 관제 서버 개발	실증 테스트 및 서버 안정화
⑤ 사업화모델 개발	-	-	-	사업화 모델 개발

① 플랫폼 기획 및 설계

- 군집차량 서비스 플랫폼 개발을 위한 요구사항 정의
  - 서비스 기술 수요자 인터뷰 및 문헌 조사를 통한 플랫폼 요구사항 정의
    1) 이해 당사자 심층 인터뷰
    2) 유사 서비스 주요 기능 분석
    3) 기능 요구사항, 플랫폼 관리 및 지원 요구사항, B2B 요구사항, 인터페이스 요구사항 등



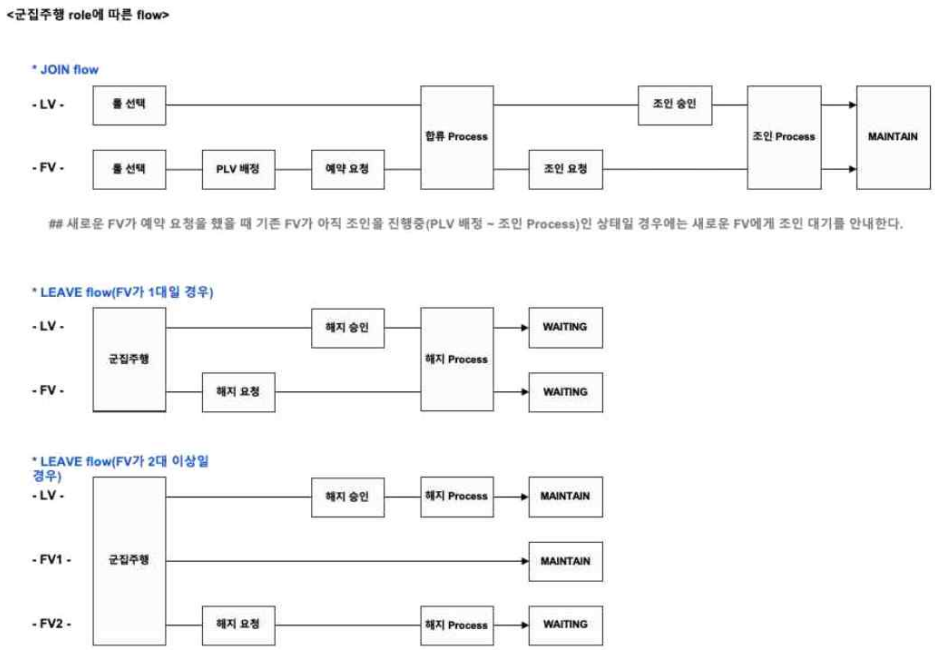
<그림 27> 요구사항 추출 단계

  - 군집차량 스펙, 테스트 베드 환경 검토 후 각 요구사항에 대한 실현 가능성 검토
    1) 군집 차량 스펙 확인 및 실사
  - 요구사항 기반 플랫폼 구현 기능 정의
    1) 요구사항 정의서 작성

구분	주요 항목	세부 항목
군집주행을 위한 주요 요구사항	군집주행 차량 매칭 기능	매칭 가능 차량 실시간 모니터링 및 매칭 가능 환경 실시간 정보 제공
	군집주행 합류를 위한 기능	지정 차량 간 경로 유지 및 모니터링 합류 지점까지의 내비게이션 및 합류를 위한 군집차량 식별 기능 합류 근접 시 합류 가능 여부에 제공(ex. 현재 합류 불가능 등의 노티스)
	군집주행 LV 운전자 기능	군집주행 합류 시 알림 및 FV 합류차량 정보 송신 FV 합류 차량 화면 모니터링(속도 및 차간 거리, 영상 등) 및 제어 군집주행 시간, 거리, 그 외 필요한 모니터링 정보 제공 군집주행 시간-거리에 따른 인센티브 노출 돌발상황 및 운전자 안전에 필요한 정보 제공 및 관련 기능 제공 실시간 도로 상황 모니터링 및 경로 내비게이션 제공
	군집주행 FV 운전자 기능	군집주행 합류 시 알림 및 LV 합류차량 정보 송신 LV 차량의 제어 이력 제공 군집주행 시간, 거리, 그 외 필요한 모니터링 정보 제공 전체 군집차량에 대한 화면 모니터링(속도, 차간 거리 등) 군집주행 시간-거리에 따른 수수료 노출 군집주행 종료 시 결제 기능
	군집주행 차량 안전 기능	긴급제동 및 긴급 이탈 등에 대한 실시간 정보 제공 및 알림
	군집주행 실시간 현황	실시간으로 군집주행 플랫폼 사용 현황(군집주행 요청 / 합류/ 이탈 등) 제공
군집주행 플랫폼 운영을 위한 주요 요구사항	회원 및 인증, 계정 관리(회원, 멤버십 정책 등)	
	매칭 이력 관리	
	서비스 상품 관리(가격/인센티브/수수료 변경 관리)	
	정산 관리(인센티브/수수료 정산 시스템)	
	서비스에 필요한 주요 알림 및 실시간 유고 정보, 도로 상황 관리(중앙 관제 정보 제공 등)	

<그림 28> 군집 주행 서비스 플래폼 주요 요구사항 정의

- 군집차량 서비스 플랫폼 상위 기획 및 운영 전략 수립
  - 요구사항 정의 및 해외사례 벤치마킹을 통한 한국형 군집 주행 서비스 플랫폼 상위 기획
    1) 군집 서비스 정책 수립
    2) 설정 및 멤버십 결제 상위 기획
  - 교통 상황, 날씨, 사고차량, 주행속도 및 집결지 위치 등의 상황에 맞는 군집 주행 서비스 운영 전략 연구
    1) 군집 주행 태블릿 어플리케이션 상황별 데이터 송수신 설계
    2) LV/FV 각 화면에 따른 군집 합류이전, 합류 시, 해제 이후의 각 기능별 flow에 해당하는 UI 기획



<그림 29> 군집 상태별 선두/추종 차량 UI/UX flow

② 군집 플랫폼 기술 연구개발
- 군집차량과 군집간 매칭 및 동적 길안내 알고리즘 개발
  - 현 위치, 목적지, 출발시간, 도착시간 경로 등의 요구조건을 고려한 최적 군집 매칭 알고리즘 개발
    1) 이동경로, 위치, 속도 등의 다양한 상황을 고려해 최대 이득이 되는 군집과 매칭
- 실시간 교통정보 반영 합류위치 및 합류/이탈 이후 이동경로 안내 기능 개발
  - 군집 매칭 이후 위치, 속도 기반 합류 위치 추천 알고리즘 개발
  - 합류 위치까지 실시간 이동경로 및 합류 안내 방법 연구
  - 군집 종료 시점 및 절차, 종료 후 이동경로 안내 방법 연구



<그림 30> 군집 매칭 및 동적 합류지점 개념

③ 군집 운전자용 태블릿 어플리케이션 개발
- 모바일 단말기(태블릿)용 HMI UX/UI 디자인

• 합류, 이탈, 예약 등 사용자 액션 정의 상세 기획

1) 합류, 이탈 등의 상황별 UI/UX 구성 개발

• 프로토타이핑툴 활용 사용자 UX/UI 디자인

1) sketch 활용 사용자 활용 시나리오별 디자인 초안 작성



<그림 31> 군집주행 태블릿 어플리케이션 UI

– UX/UI 개발 과정 및 결과



<그림> 군집 주행 서비스 플랫폼 UX/UI 목표

• UX/UI는 주된 목표

1) 정보의 시인성 확보

2) 주행 안정성 확보

3) TASK에 따른 정확한 안내



<그림> 군집 주행 서비스 플랫폼 UX/UI 목표

* 정보의 시인성 확보 측면에서는 기존의 스마트폰에서 활용하는 것 보다 크기와 선명도를 더욱 강조한 프로토타입 제작 후 기사와 인터뷰를 통해 폰트 및 컬러에 대해 확정

* 주행 안정성 확보를 위해 시작부터 종료까지 필수인 내비 안내를 운전자와 가장 가까운 위치에

배치하고, 내비와 군집 차량들이 표시된 지도를 동시에 확인하여 합류 등의 위치 파악이 용이하게 함. 또한 전면 see-through 화면 확보를 통해 운전자에게 심적 안정감을 줌

* 명확하고 명시적인 색상과 폰트로 정확한 Task 안내를 통해 유저 실수가 최소화되도록 유도함

• 화면 구성

1) 각 기능의 중요도 및 깊이를 기반하여 영역을 구분
2) 내비게이션: 카카오내비SDK 활용하여 목적지 길안내
3) 군집주행 현황: '군집보기'와 '지도보기' 모드르 번갈아 보여주면서 주행단계별 필요한 정보를 전달
4) 알림보드: 차량간 커뮤니케이션 및 서버에서 전달하는 메시지 확인
5) 내정보: 현재 운행중인 차량의 정보를 확인하고 군집주행에 대한 사용자 의사 전달이 가능



<그림> 군집 주행 UI 화면 구성

• UI - 컬러/폰트/터치

1) 컬러는 시각적 일관성 유지와 시각적 반응에 집중
2) 주된 컬러는 집중력을 높일 수 있는 Yello와 경고 의미인 RED 사용으로 학습 및 경험하지 않아도 상황에 대한 빠른 반응 효과를 유도
3) 시각적 연결성 유지를 위해 각 차량의 역할별 고유컬러를 지정하여 어느 화면이든 차량 정보의 연결성을 유지
4) 폰트의 크기는 사용자와 디바이스 거리가 약 45~55cm 정도 되는 상황에서도 고속 주행시 빠른 이지가 가능하도록 설정
5) 스마트폰 (약 25~30cm 거리) 최소 폰트는 14pt 이지만, 군집주행 디바이스 위치를 고려해 1.7배 적용 (가변성 정보는 최소 20sp 이상)
6) 터치를 위한 UI로 터치 영역을 크게 잡는데 중점을 두고 설계. 내정보 보드 영역 전체를 터치 영역으로 확대해서 주요 기능 버튼이 가시적인 영역보다 더 넓은, 근방을 선택하더라도 반응하게 함.



<그림> 군집 주행 태블릿앱 컬러

• 상황별 화면 구성

1) 군집주행 상황별, 차량 역할별 화면 구성 시퀀스 다이어그램 개발

2) 프로토타입 툴에서 상황별 데이터 시퀀스 개발

3) 각 단계별 운전자의 시각적, 청각적 정보 전달의 명확성 분석



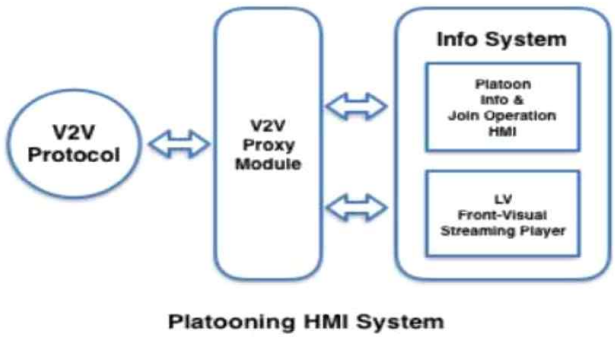
<그림 1> 군집 주행 태블릿앱 상황별 UI 시퀀스 변화 예시

– 군집차량 태블릿 어플리케이션 개발

• 운전기사<–> 차량간 정보 전달 및 합류 이후 차량 상황 모니터 가능한 HMI 개발

1) 차량–HMI 송수신 데이터 시뮬레이션 및 client 개발

2) RTSP 기반 영상 streaming 테스트 안드로이드 어플리케이션 개발



<그림 32> HMI SW의 V2V 통신 모듈 개발

• 안드로이드 샘플 코드 개발 및 이를 테스트 할 수 있는 차량<–> HMI 통신 개발을 위한 mock 서버 및 데이터 제작

1) V2V 메시지 gRPC 프로토콜 적용된 안드로이드 앱 개발

2) V2V payload 송수신 시뮬레이터 환경 구축

3) V2V 차량 송신 데이터 에뮬레이션 서버 개발



<그림 33> 군집 합류시 프로세스 및 단계별 화면 예시



<그림 34> 군집 주행시 상황별 화면 예시

④ 플랫폼 서버 개발

– 군집주행 서비스 플랫폼 서버 기술 및 API 개발

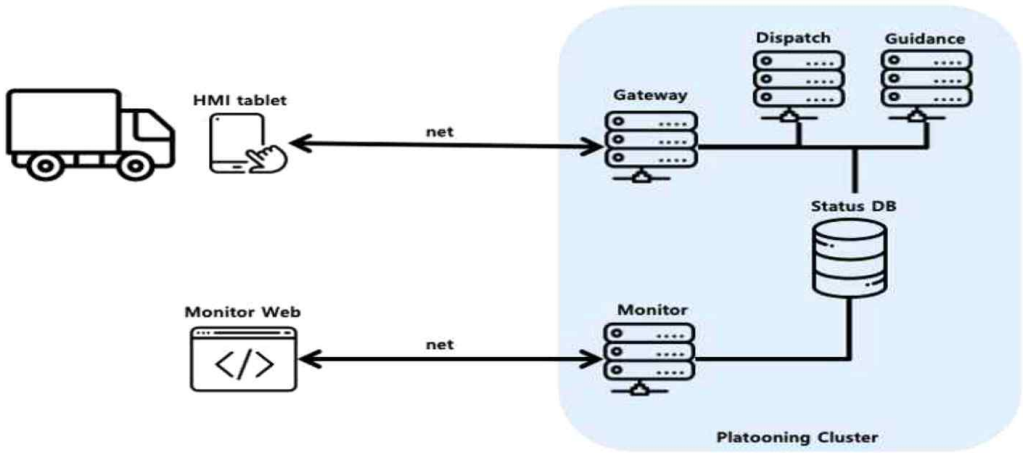
• 태블릿 앱에서 호출될 기능들에 대한 서버 API 개발

1) 군집 메시지 수신 API 서버 개발

2) 각 군집 차량의 위치 수신 서버 개발

• 실시간 교통정보 및 인프라 현황정보 연동

1) 실시간 교통정보 연동 동적 합류지점 안내 기술 개발



<그림 35> 군집 주행 플랫폼 서버 클러스터

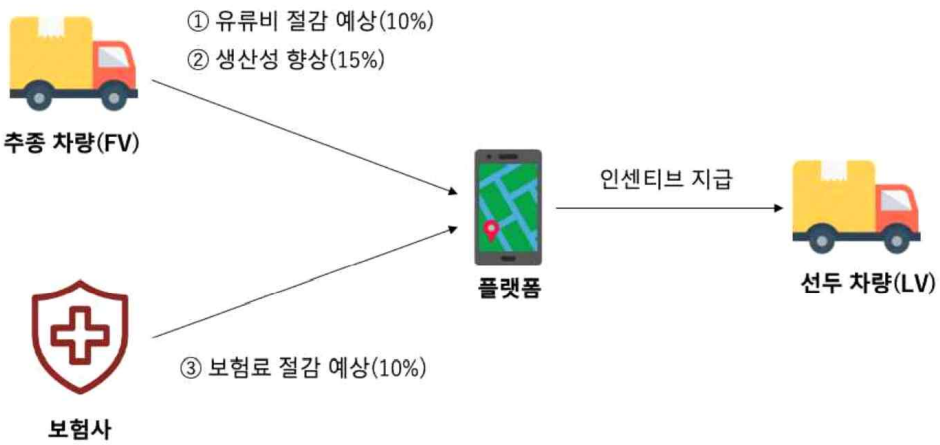
⑤ 사업모델 개발

– 군집 서비스 플랫폼 사업화 모델 개발

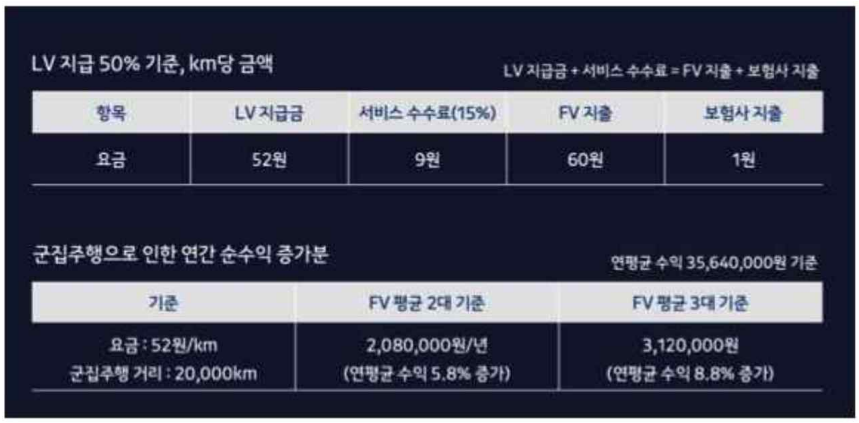
• 군집주행 상용화를 위한 사업 모델 개발

• 사업화를 위한 플랫폼 내 결제 및 정산 시스템

• 경제, 환경 등이 사업화 모델에 미치는 영향 분석



<그림 36> 추종차량 이득 분배 사업모델



<그림 37> 사업화 모델 적용 예시

- 군집 운영 서비스 플랫폼 시스템 운영 정책 연구 및 공용 도로 실증
  - 군집차량 플랫폼의 상용화를 위한 운영 정책 수립
  - 군집 신청/합류를 위한 길안내/합류/이탈 과정 공용도로 실증

※ 군집주행 운영기술 상용화를 위한 선결사항

- 군집주행 운영기술 상용화를 위한 사회적 합의 측면의 선결사항으로서 군집주행 대열 운전자간(LV, FV) 이익 공유모델 개발과 군집주행 운영 플랫폼/군집주행 운전자간 이익배분 문제 등이 있음
  - 군집주행 대열 운전자간 이익 공유모델 개발을 위해서는 군집주행의 혜택인 연비저감, 운전자 편의성 향상(운전자 피로도 측정 등)에 관한 물류배송 시범사업 등 실제 데이터 기반의 연구가 필요함
  - 군집주행 운영 플랫폼/군집주행 운전자간 이익배분 문제 해결을 위해서는 물류사업 특성을 감안 동 서비스에 대한 플랫품 운영의 주체가 공공 또는 민간인지에 대한 정책적 판단이 필요함

※ 초기 군집주행 차량 보급률이 낮을 경우 민간의 플랫폼 사업자는 최소운영비용 마련을 위해 고가의 서비스 이용료를 요구할 가능성이 상존, 따라서 동 부문에 대해서는 시범사업 등 실제 운영을 통한 이익배분에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되며 아울러 향후 계획 중인 정부의 통합정보 물류서비스 플랫폼 등의 정책사업과 연동시킬 필요가 있을 것으로 전망

○ (웨이즈원) I2V기반 군집차량 안전서비스 제공기술 개발

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 안전서비스 요구사항 정의	선행 연구 사례 분석 및 요구사항 정의	-	-	-
② 안전서비스 시스템 설계 및 통신 규약 개발	-	관제센터 연동 인터페이스 설계	L3(TIM) / L4(PVD) 메시지 프레임 개발	
③ 인프라 안전서비스 개발 및 기능 통합	-	RWIS 정보 수집 모듈 개발	관제센터 연동 인터페이스 개발	
④ V2X 안전서비스 시스템 성능 검증 및 개선	-	-	성능 검증 테스트 (데이터처리: 300ms 이내)	성능 검증 테스트 (데이터처리: 100ms 이내)

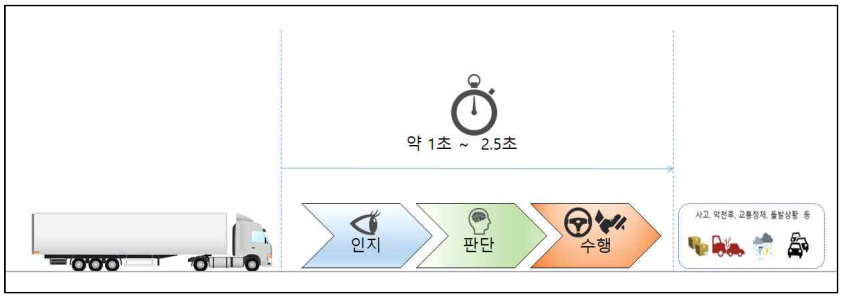
① 안전서비스 요구사항 정의

- 군집차량 안전서비스 요구사항 도출 및 시나리오 개발
  - 군집차량 안전서비스

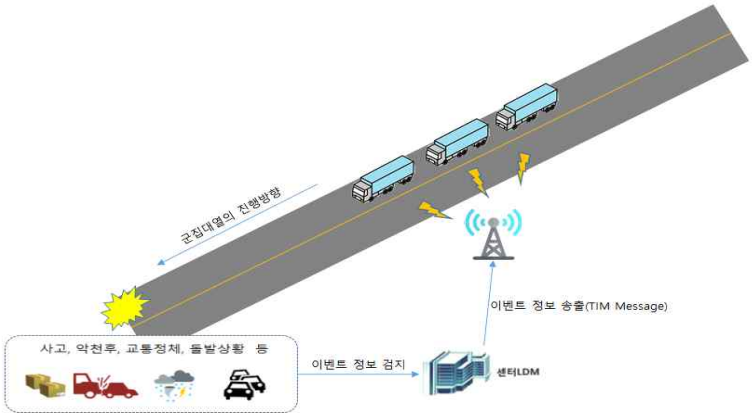
1) 군집대열 전방의 악천후, 도로보수공사, 유고상황 등의 이벤트를 인프라가 사전 인지하여, 이 정보를 군집주행 특성에 맞도록 가공하여 LDM(Local Dynamic Map)에 실시간으로 저장하고, V2X통신기술(WAVE)을 통해 차량에 제공하여 군집대열이 안전을 확보할 수 있게 하는 기술

2) 군집대열 전방에 발생한 이벤트 정보를 군집차량에 미리 고지

3) 인지시간 절감 등을 통해 사고 예방 효과



<그림 63> 이벤트 발생 인지시간



<그림 64> 군집주행 안전서비스 개념도

• 군집주행 요구사항 분석

1) 국내외 선행 연구 사례에 대한 연구 결과를 참고하여, 화물차 군집주행 특성에 적합한 요구사항 도출

↗ 군집주행 연구개발 해외동향

Project	Vehicle Type	Control	Infrastructure Req.	Traffic Integration	Sensors	Goals	Scenario
SARTRE	Mixed	Lat.+Long.	None	Highway, Mixed	Production	Comfort, safety, congestion, energy	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
PATH	Cars or heavy trucks	Lat.+Long.	Reference markers in the road	Dedicated lane	Mixed	Increased throughput, energy saving	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
GCDC	Mixed	Long.	Augmented GPS	Mixed	State of the art and production	Accelerate deployment	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
Energy-ITS	Heavy Trucks	Lat.+Long.	Lane Markings	Dedicated lane	SoA	Energy saving, mitigate lack of skilled drivers	**Guided on-the-Fly Platooning Concept**
COMPANION	Heavy Trucks	Long.	None	Highway, Mixed	No V2V comm. In 1st stage	Commercial fleet, energy	**Guided on-the-Fly Platooning Concept**
AMAS	Heavy Trucks	Lat.+Long.	None	Off-road	Production	Increased safety	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
Auburn	Heavy Trucks	Lat.	n/a	Highway, Mixed	Production	Energy saving, safety	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
TTI(Texas)	Trackter+Trailer	Lat.+Long.	n/a	Off-road	Production	Increased throughput, energy saving	**Trip Concept**

<그림 65> 군집주행 연구개발 해외동향

• 요구사항 정의

1) 군집 주행에 영향을 미치는 요소를 동적/정적 조건으로 분류하여, ODD(Operation Design Domain) 정의

가) 국제표준, ADAS 등 국내외 연구동향을 파악하여, 군집주행이 가능한 ODD를 설정

나) 고속도로 화물차 교통사고를 분석하여, 화물차에 미치는 영향 요소를 도출

다) ODD, 화물차에 미치는 영향 요소를 기반으로 안전서비스 시나리오 개발

라) V2I기반 군집주행 안전서비스제공 기반 마련 및 실증에 활용

[표 53] ODD(Operational Design Domain) 분류 및 해당 이벤트 예시

조건	분류	이벤트 예시
동적 조건	LOS	교통정체
	도로공사	이동차단
		차단
	LCS	차로운영
	날씨	폭우, 강설, 안개 등
	돌발상황	교통사고, 낙하물
	신호등	신호등 정보 제공, 군집주행우선순위
	노면상태	블랙 아이스 등
	긴급차량 등	긴급차량, 저속차
정적 조건	인프라서비스구간	I2V 서비스 구간 이탈
		군집주행 금지구간(터널, 교량, 상수원 보호 등)
	확장공사구간	도로기하구조 변경(차로폭 변경구간 등)
	연결로	도로기하구조 변경(종/횡단 조건 변경 구간)
	톨게이트	도로기하구조 변경
	곡선구간	곡률 500m 이하, 정지시거 미달
	종단	오르막 구간
		내리막 구간
	횡단	합류, 분류, 엇갈림 구간

② 안전서비스 시스템 설계 및 통신 규약 개발

- 군집차량 안전서비스를 위한 정적정보로서 ITSKorea에서 정의한 정적ODD 이탈조건을 유형별로 분석하여 정밀전자지도상 도로의 기하구조, 연결관계 및 속성정보를 가공하여 군집차량에게 경고제공이 필요한 지점 생성방안 정립

[표 54] 동적 ODD 정보 취득 방법

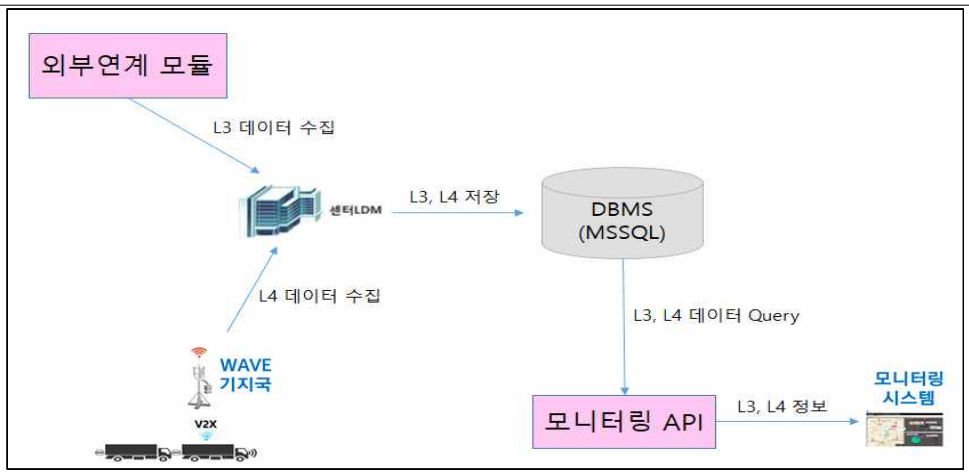
조건	분류	ODD 정보 취득 방법
동적 조건	LOS	노변검지기 / Meta Builder 정보 취합(도로공사 제공)
	도로공사	
	LCS	
	긴급차량 등	
	돌발상황	
	신호등	
	노면상태	
	날씨	RWIS(RoadSide Weather Information System) 정보 및 공공 API 활용

- 군집차량 안전서비스를 위한 동적ODD 이탈조건을 분석하여 선행R&D과제인 자율협력주행 과제 산출물을 이용하여 수집 가능한 정보를 포함하여 군집차량에게 경고제공이 필요한 조건 생성 방안 정립

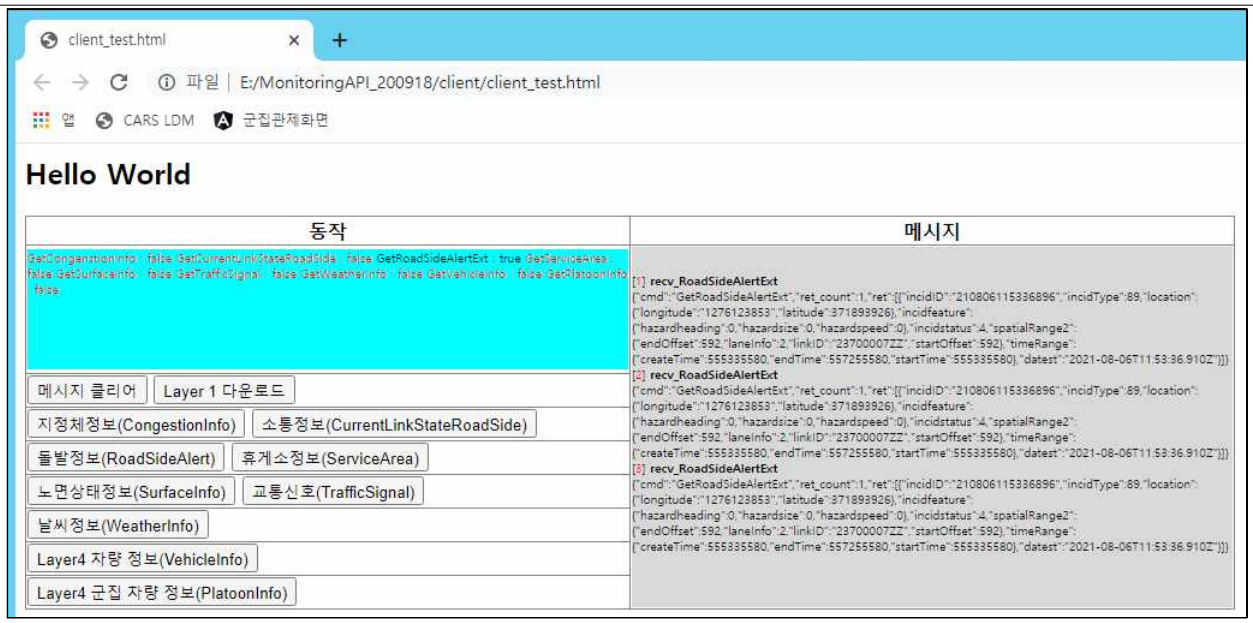
[표 55] 정적 ODD 정보 판별 조건

조건	분류	ODD 정보 취득 방법 및 판별 조건
정적 조건	인프라서비스구간	RSU(Road Side Unit) 경위도 좌표 기준 반경 1km
	확장공사구간	노변검지기 / Meta Builder 정보 취합(도로공사 제공)
	연결로	도로 선형 + 기하 형태 분석
	톨게이트	
	곡선구간	
	종단	
	횡단	

- 관제센터 연동 인터페이스 설계(모니터링 API)
  - 외부 연계 모듈 혹은 V2X 통신으로 센터 LDM에 적재된 L3/L4 정보를 DBMS에 적재
  - DMBS에 적재된 L3/L4 정보를 가공하여, TROOP(군집주행 통합 관제 시스템)에 제공
  - 센터 LDM과 독립적으로 동작



<그림 66> LDM-모니터링 시스템 데이터 교환 개념도



<그림 67> Web Client 테스트(돌발 정보)

- 군집주행 상태 및 운영에 대한 정보를 송/수신 할 수 있는 V2X 메시지 포맷 개발
  - 센터 LDM의 Layer3/Layer4 에 적재 될 정보를 정의
  - 국제 표준 SAE J2735에 정의된 TIM Message Frame 구조 적용 (L3)

[표 56] 안전서비스 Use Case 별 TIM(Traveler Information Message) Message Frame 구성

구분		시나리오	Use Cases	적용 메시지
단일	환경	기상상황(안개)	감속	TIM(6) 기상정보(2)
		기상상황(비)	군집해제	TIM(6) 기상정보(6)
		도로노면(결빙)	군집해제	TIM(6) 기상정보(103)
	이벤트	도로작업구간	감속→ 차선변경(자율)	TIM(4) 공사구간정보
			감속→군집해제→ 차선변경(수동)	TIM(4) 공사구간정보
			군집해제→ 차선변경(수동)	TIM(4) 공사구간정보
		돌발상황(정지차)	감속→ 차선변경(자율)	TIM(3) 장애물정보(1)
			감속→군집해제→ 차선변경(수동)	TIM(3) 장애물정보(1)
			군집해제→ 차선변경(수동)	TIM(3) 장애물정보(1)
	도로 선형	곡선구간	일반정보제공	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(1)
		내리막구간	일반정보제공	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(2)
		오르막구간	일반정보제공	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(3)
	도로 구조물	교량구간	감속→ 추종거리변경	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(4)
		터널구간	일반정보제공	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(5)
	도로 시설물	LCS	차선변경(자율)	TIM(1) LCS정보
		톨게이트	군집해제	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(6)
	진행방향	램프→ 본선진입	군집해제	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(7)
		본선→ 램프진출	군집해제	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(8)
		합류부구간통과	일반정보제공	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(7)
		분류부구간통과	일반정보제공	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(8)
	잠재적 위험	교통사고잦은곳	일반정보제공	TIM(2) 위험지점/위험구간정보(9)
복합	환경 + 도로선형	기상상황(비) +곡선구간	군집해제	TIM(6)기상정보(6) TIM(2)위험지점/위험구간정보(1)
		기상상황(안개) +내리막구간	군집해제	TIM(6)기상정보(2) TIM(2)위험지점/위험구간정보(2)
		기상상황(결빙) +오르막구간	군집해제	TIM(6)기상정보(103) TIM(2)위험지점/위험구간정보(3)
	이벤트 + 도로선형	돌발상황(교통사고) +곡선구간	군집해제	TIM(3)장애물정보(1) TIM(2)위험지점/위험구간정보(1)

[표 57] TIM Message Frame 구성 예시(날씨)

TravelerDataFrame			기상정보
sspTimRights*			0
frameType*			advisory=1
msgId*	furtherInfoID		0 0
startYear			현재 기상정보 생성시각
startTime*			현재 기상정보 생성시각
durationTime*			기상정보의 유지시간
priority*			3
sspLocationRights*			0
regions*	name		(n/a)
	id		(n/a)
	anchor		기상구간 시작점 위치
	laneWidth		300
	directionality		(n/a)
	closedPath		(n/a)
	direction		(n/a)
	description	choice	path
		seq1	기상지점으로의 접근경로
		seq2	기상정보 유효구간경로
sspMsgRights1			0
sspMsgRights2			0
content*	choice		advisory
	seq1	text	서비스식별자 -기상정보=6
	seq2	text	날씨(노면상태)유형(enum) -맑음=1 -안개=2 -황사=3 -미세먼지=4 -안개비=5 -비=6 -우박=7 -어는비=8 -눈=9 -얼음싸라기=10 -짙은안개=11 -마름=101 -습윤=102 -결빙=103 -블랙아이스=104 ※ 2개이상 유형 동시에 존재하는 경우 공백으로구분
	seq3	text	온도(단위: 0.1℃)
	seq4	text	습도(단위: 0.1%)
	seq5	text	강수량(단위: mm)
	seq6	text	풍향(16방위) 1~16, 정북기준+시계방향
	seq7	text	풍속(단위: m/s)

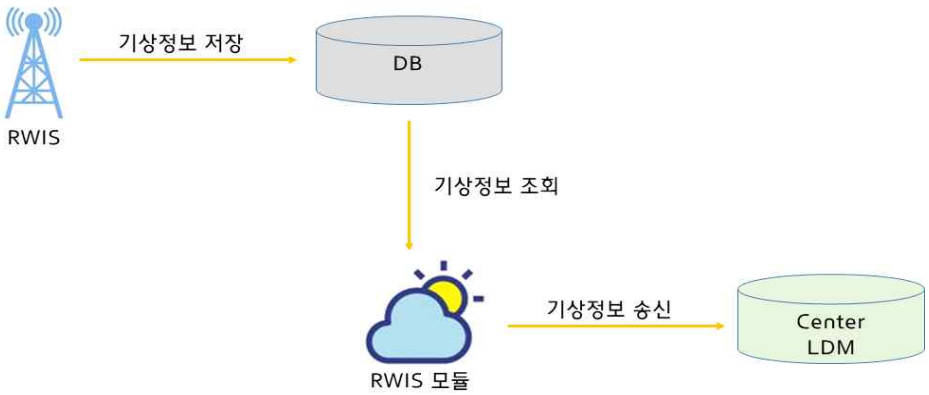
• 국제 표준 SAE J2735에 정의된 PVD Message Frame 구조 적용 (L4)
• 차량 정보(위치, 속도, 차량 상태 등)는 PVD에 적재
• 군집상태에 대한 정보는 PVD Message Frame의 ProbeID/Name 필드에 String 형태로 저장

– 군집주행 상태 및 운영 정보를 모니터링 할 수 있는 기반 마련

③ 인프라 안전서비스 개발 및 기능 통합

– 군집주행 안전서비스 애플리케이션 개발

• 기상센서(RWIS) 연계 기능을 개발하고 영동고속도로와 여주시험도로에 설치된 실제 센서정보를 정밀전자지도와 위치정보를 매칭하여 LDM Layer 3 데이터로 구축하는 소프트웨어를 개발

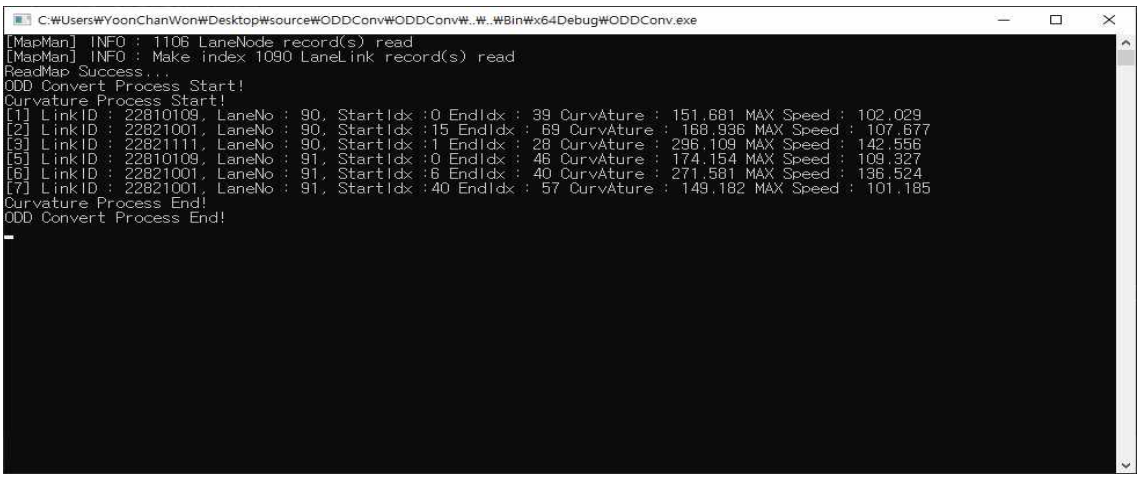


<그림 68> RWIS 저장 SW 수행 흐름도

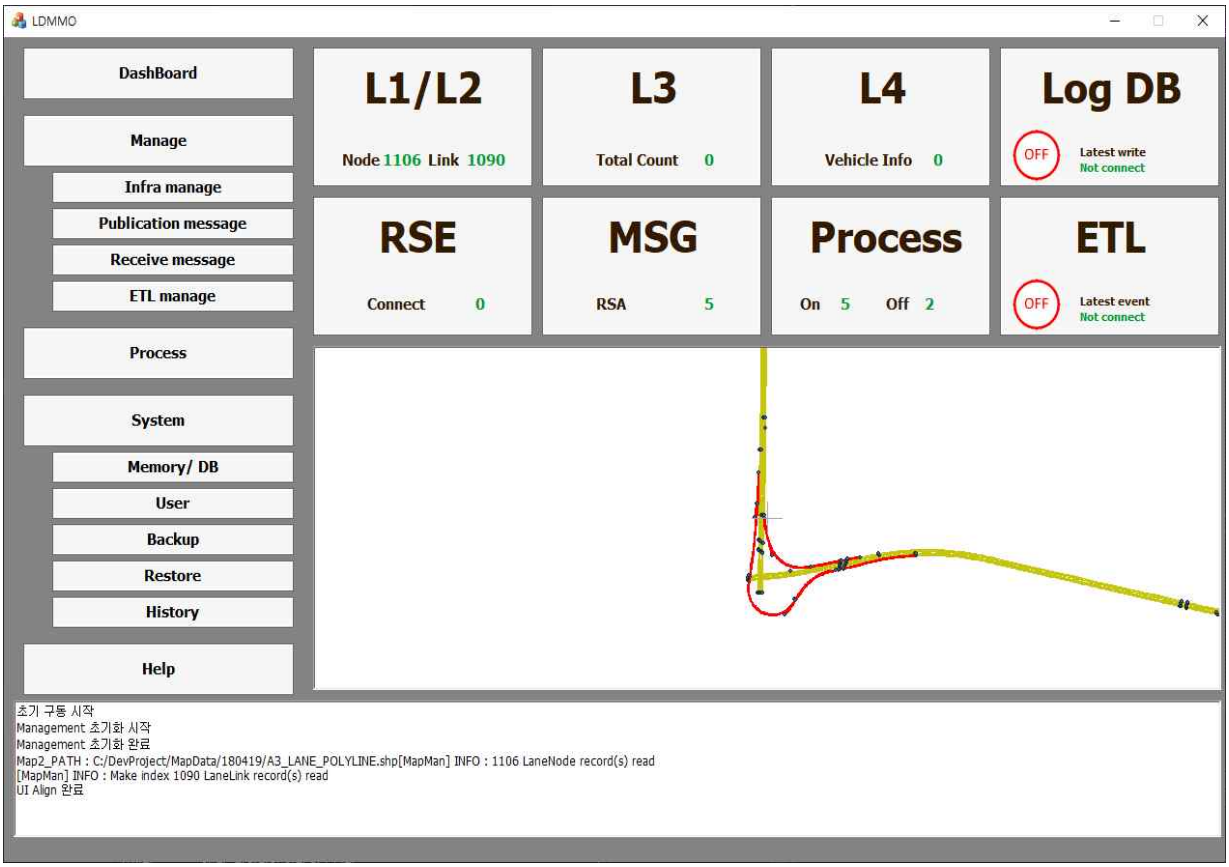


<그림 69> RWIS 저장 SW 실행 예시

• 정밀전자지도로부터 차로형상의 곡률을 계산하여 곡선구간을 추출하고, 노드-링크 연결관계를 분석하여 엇갈림구간을 추출하여 LDM Layer 2 데이터를 구축하는 소프트웨어를 개발



<그림 70> 군집차량 안전서비스 ODD 위험 지점 추출 SW 동작 예시(곡률 반경 계산)



<그림 71> 곡률반경 300m 이하인 지점 예시(신갈 JC)

④ V2X 안전서비스 시스템 성능 검증 및 개선

– 군집주행 안전서비스 검증

- LDM 서버는 도로, 교통, 주행등의 정보를 수집 · 저장 · 관리 · 제공하여 군집차량이 주변 도로와 상황 정보를 기반으로 군집주행 할 수 있도록 지원하는 역할 수행. 군집차량의 운행 도중에 빠르게 정보 전달이 이뤄져야 하므로, 서버 시스템의 성능이 중요시되며, 특히 동적 정보로 구성된 데이터의 처리 속도 및 정확성이 중요
- 센터 LDM 시스템에서 외부로부터 들어오는 정보를 저장하여 검색하는 과정에서의 처리속도 및 처리율을 기준으로 판단
- 100ms 이내 처리율 95% 목표

[표 58] 처리율 계산식

처리율
처리율(%) = 100% – (처리 완료 횟수 / 전체 데이터 횟수 × 100)

[표 59] 성능 시험 평가 환경

항목	내용
데이터 종류	레이더검지기
수행 환경	여주 체험도로, 차량정보 포함 기지국 연동 환경

- 공정성과 신뢰성을 높이기 위해서 한국정보통신기술협회(TTA) 소프트웨어시험인증연구송 시험을 의뢰하였으며, 결과 값을 측정. 해당 소프트웨어에 대해 시험환경을 해당 기관내에서 구축하여 수행하였으며, 중복되지 않는 Layer 3, 4 정보에 대해 20회씩 반복 측정하여 평균값을 측정
- 개발환경 및 실행환경 구성을 고려하여 Microsoft Visual C++ 2017 Redistributable(x64) 패키지가 설치

[표 60] tltmxpa 구성 세부 사양

번호	시스템	운영체제	CPU	Memory	HDD
1	서버	Windows Server 2012 R2 Essentials	Intel Xeon E3-1240v6	16GB	1TB
2	클라이언트	Windows 10 Home(64bit)	Intel Core i5-4460	8GB	256GB

[표 61] 데이터 처리 속도 및 저장 결과

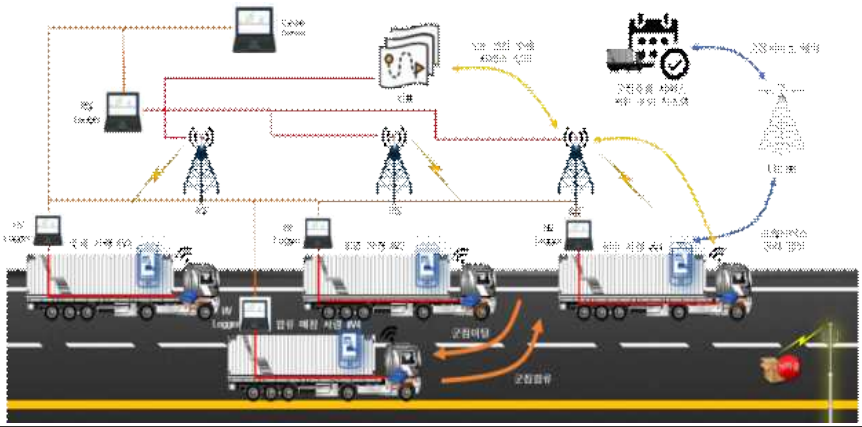
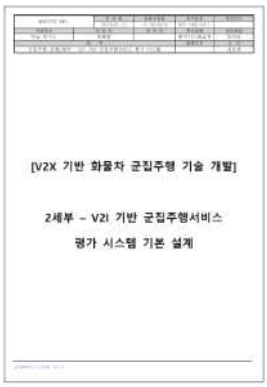
No.	구분	이벤트	시작시간 (단위 :ms)	종료시간 (단위 : ms)	소요시간 (단위 : ms)	저장여부
1	Layer3	사고	72766	72777	11	저장성공
2			76372	76379	7	저장성공
3			81078	81088	10	저장성공
4			84718	84730	12	저장성공
5		포트홀	88851	88863	12	저장성공
6			97013	97019	6	저장성공
7			101629	101637	8	저장성공
8			107679	107695	16	저장성공
9		정지차	111948	111964	16	저장성공
10			114025	114036	11	저장성공
11			195364	195375	11	저장성공
12			253971	253985	14	저장성공
13		공사구간	257492	257497	5	저장성공
14			261957	261971	14	저장성공
15			265058	265065	7	저장성공
16			329991	330006	15	저장성공
17		안개구간	333460	333467	7	저장성공
18			337952	337961	9	저장성공
19			341454	341465	11	저장성공
20			345945	345960	15	저장성공
21	Layer4	차량	657091	657100	9	저장성공
22			660608	660622	14	저장성공
23			666414	660622	13	저장성공
24			670645	670658	13	저장성공
25			675674	675684	10	저장성공
26			681690	681703	13	저장성공
27			688236	688246	10	저장성공
28		보행자	780381	780395	14	저장성공
29			784605	784612	7	저장성공
30			788602	788608	6	저장성공
31			790731	790740	9	저장성공
32			792857	792869	12	저장성공
33			795507	795519	12	저장성공
34			797688	797703	15	저장성공
35		긴급차량	809109	809117	8	저장성공
36			811825	811836	11	저장성공
37			813936	813949	13	저장성공
38			816894	816908	14	저장성공
39			819224	819236	12	저장성공
40			880872	880883	11	저장성공
총 평균 (ms)					11.075	-

○ (웨이티즈) V2I 제공정보 기반 군집주행 평가 시스템 개발 및 성능 분석

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① V2I 기반 군집주행 안전서비스 시험/평가 기술 개발	군집주행 안전서비스 관련 분석 및 요구사항 정의	V2I기반 군집주행 안전서비스 시험/평가 시스템 설계	V2I기반 군집주행 안전서비스 시험/평가 시스템 개발 (LV 대상 운용)	V2I기반 군집주행 안전서비스 시험/평가 시스템 개발 (LV/FV 차량 확대)
② V2I 기반 군집주행 안전서비스 시험 및 분석	-	-	1단계 시험 수행 및 분석	2단계 시험 수행 및 분석

① V2I기반 군집주행 안전서비스 시험/평가 기술 개발

- 군집주행 안전서비스 관련 자료수집, 분석 및 요구사항 정의
  - 안전서비스 시나리오 시험평가 기법 마련
  - 데이터 수집시스템 요구사항 정의
  - 데이터 관리 및 정보교환에 필요한 GUI기반 UI/UX 컨셉도출
- V2I기반 군집주행 안전서비스 시험/평가 시스템 설계
  - 평가시스템 주요기능 정의 및 스펙 확정

V2I기반 안전서비스 시험시나리오 개념도출	
V2I 설계사양서 개발	 [V2X 기반 화물차 군집주행 기술 개발] 2세부 - V2I 기반 군집주행서비스 평가 시스템 기본 설계 - 차량 시스템 적용가능 H/W 플랫폼 적용 - 차량내에서 운용가능한 온도/진동 고려한 H/W 설계 스펙 반영 - 차량용 인터페이스 반영 (CAN, 차량용 이더넷, V2X지원) - 자체 정밀 GNSS 측위기술 적용

- V2I 기반 군집주행 안전서비스 시험시스템 요소 기술 개발
  - 차량내 V2X 정보, 차량정보 수집, 측위정보 수집을 위한 요소 부품 및 관련 S/W
    1) V2X 데이터 수집 장치 및 정밀 측위 단말
    2) 차량 데이터 로깅 및 분석 장치 S/W 개발
    3) 차량용 이더넷 (IEEE 100BASE/T1) 통신 변환 장치

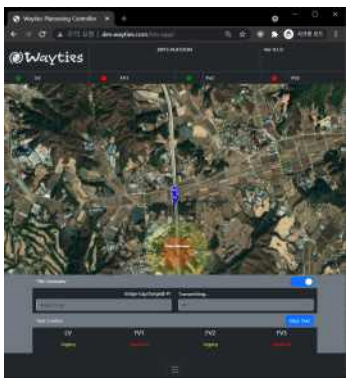
V2X 데이터 수집 장치 및 정밀 측위 단말	산업용 데이터 로깅 및 분석 장치	차량용 이더넷 (IEEE 100BASE/T1) 통신 변환 장치
		

- V2I 기반 군집주행 서비스 평가 시스템 개선 (차종 확대 및 공용도로 지원)
  - V2I 평기시스템 기능 확대 및 개선을 통해 데이터 수집 대상을 기존 LV 차량만 수집에서 LV, FV1, FV2 동시 수집 및 평가가 가능하도록 확대 개선 개발 완료
  - 공용/비공용 도로 확대 시험을 위해 가상 RSE로 동작하여 TIM 메시지 전송 기능 구현 완료
  - V2I 기반 안전서비스 제공에 따른 군집 대열 운행 평가 확대
  - 차량내 시험 시스템 설치와 운용 편의를 위한 패키징 개선




<그림 72> V2I 안전서비스 시험시스템 최종 패키징 및 시험 UI 예시

[표 62] V2I 안전서비스 평가 시스템 개선 사항 개요표

항목	1-3차년	4차년도
데이터 수집 대상 차량	LV	LV, FV1, FV2
수집 데이터	- V2X 송수신 제어기 메시지 - V2X 패킷 스니퍼 수신 정보 - 디지털 클러스터 정보 표출 로그 - 표출 타블렛 - GNSS 측위 장치 LV 차량 5대의 장치에서 정보 수집	- V2X 송수신 제어기 메시지 - V2X 패킷 스니퍼 수신 정보 - 디지털 클러스터 정보 표출 로그 - 표출 타블렛 - GNSS 측위 장치 3대의 차량, 14대의 장치에서 정보 수집
시험용 TIM 송출 기능	지원 X	TIM 메시지 송출 기능 적용 

실도로 시험 가능 구간	여주시험도로 한정	여주시험도로, 자동차안전연구원 및 공용도로 시험 가능
시험 평가 항목	I2V 정보 제공에 따른 안전서비스 인지	I2V 정보 제공에 따른 안전서비스 인지 및 인지 후 군집 형성, 제어 관련 정보
시험시스템 시제품 패키징	시험 시스템의 구성요소들이 분리된 형태로 시험 진행  	시제품 형태의 패키징을 구성하여 안정적으로 시험 수행 가능  

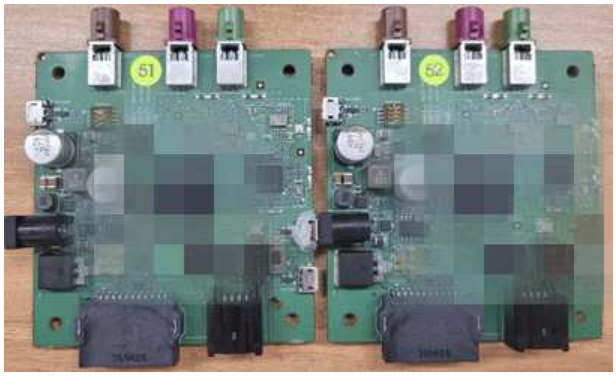
- V2I 기반 관제센터 연동을 위한 V2X 기능 개발
  - V2I 기반 군집주행 안전/운영서비스를 위한 요구되는 정보들에 대한 사양 정리, 향후 확장성 및 SAE J2735 기반의 국제 표준 메시지 조화를 고려한 Probe Platoon Data (PPD) 메시지 ASN 정의

[표 63] PPD 메시지 데이터 요소 및 구조

Probe Platooning Data			데이터 요소	설명
-			DE_MsgCount (msgCnt)	메시지의 순번
			DE_MinuteOfTheYear (timeStamp)	메시지 생성 시간
			DE_PlatooningID (id)	군집의 ID
			DE_PlatooningStatus (status)	군집 주행의 상태
DF_PlatooningPosition (position)			DE_Latitude (lat)	군집 주행의 위도
			DE_Longitude (long)	군집 주행의 경도
			DE_Elevation (elev)	군집 주행의 고도
			DE_Velocity (speed)	군집 주행의 속도
			DE_Heading (heading)	군집 주행의 방향
-			DE_PlatooningNumVehicles (numVehicles)	군집 주행내 차량 수
			DE_PlatooningDistance (targetGap)	군집 주행 목표 차간 거리
			DE_PlatooningDistance (meanGap)	군집 주행 평균 차간 거리
SEQUENCE (SIZE(1..15) of DF_PlatooningVehicleInfo (vehicleInfos)			DE_VINstring (vin)	VIN 번호
	DF_PlatooningIdent (ident)	DF_VehicleID (id)	DE_TemporaryID (entityID)	군집 차량의 ID (US)
			DE_StationID (stationID)	군집 차량의 ID (EU)
			DE_VehicleType (vehicleType)	군집 차량의 종류
			DE_PlatooningVehicleState (state)	군집 형성 상태
			DE_PlatooningDistance (followDist)	측정 차간 거리
	DF_PlatooningVehicleData (vehicleData)		DE_VehicleWidth (width)	차량 너비
			DE_VehicleLength (length)	차량 길이
			DE_VehicleHeight (height)	차량 높이
			DE_BumperHeight (bumperHeights)	차량 범퍼 높이
			DE_VehicleMass (mass)	차량 무게
			DE_TrailerWeight (trailerWeight)	차량 화물 무게
			DE_CargoWeight (cargoWeight)	차량 화물 무게
	DF_FullPositionVector (fullPos)	DF_DDateTime (utcTime)	DE_DYear (year)	메시지 생성 시간
			DE_DMonth (month)	
			DE_DDay (day)	
			DE_DHour (hour)	
			DE_DMinute (minute)	
			DE_DSecond (second)	
			DE_DOffset (offset)	
			DE_Latitude (lat)	차량 위도
			DE_Longitude (long)	차량 경도
			DE_Elevation (elev)	차량 고도
			DE_Heading (heading)	차량 방향
		DF_TransmissionAndSpeed (speed)	DE_TransmissionState (transmission)	차량 기어 상태
			DE_Velocity (speed)	차량 속도
		DF_PositionalAccuracy (accuracy)	DE_SemiMajorAxisAccuracy (semiMajor)	위치 정확도
			DE_SemiMinorAxisAccuracy (semiMinor)	
			DE_SemiMajorAxisOrientation	

Probe Platooning Data			데이터 요소	설명
			(orientation)	
			DE_TimeConfidence (timeConfidence)	시간 신뢰도
		DF_PositionConfidenceSet (posConfidence)	DE_PositionConfidence (pos)	위치 신뢰도
			DE_ElevationConfidence (elevation)	고도 신뢰도
		DF_SpeedandHeadingandThrottleConfidence (speedConfidence)	DE_HeadingConfidence (heading)	방향 신뢰도
			DE_SpeedConfidence (speed)	속도 신뢰도
			DE_ThrottleConfidence (throttle)	스로틀 신뢰도
	DF_AccelerationSet4Way (accelSet)		DE_Acceleration (lat)	가속도 정보
			DE_Acceleration (long)	
			DE_VerticalAcceleration (vert)	
			DE_YawRate (yaw)	
	DF_BrakeSystemStatus (brakeStatus)		DE_BrakeAppliedStatus (wheelBrakes)	브레이크 정보
			DE_TractionControlStatus (traction)	
			DE_AntiLockBrakeStatus (abs)	
			DE_StabilityControlStatus (scs)	
			DE_BrakeBoostApplied (brakeBoost)	
			DE_AuxiliaryBrakeStatus (auxBrakes)	
	SEQUENCE (SIZE 1..4)) of RegionExtension {{DF_Reg-PlatooningVehicleInfo}} (reginal)		–	차량정보 확장 데이터 프레임
SEQUENCE (SIZE(1..8)) of DF_PlatooningSafetyInfo (safetyInfos)			DE_TravelerInfoType(frameType)	군집안전서비스 도로 상황 정보 프레임
	CHOICE (DE_FutherInfoID, DF_RoadSignID) msgId		–	군집안전서비스 도로 상황 정보 메시지 ID
	CHOICE (DF_advisory ...) (content)		–	군집안전서비스 도로 상황 정보 컨텐츠
	SEQUENCE (SIZE(1..4)) of RegionExtension {{DF-Reg-PlatooningSafetyInfo}} (regional)		–	군집안전서비스 확장 데이터 프레임
DF_PlatooningServiceInfo (serviceInfo)	DE_PlatooningServiceID (id)		–	군집서비스 ID
	DE_PlatooningServiceStatus (status)		–	군집서비스 상태
	SEQUENCE (SIZE(2..32)) of DF_Position3D (wayPoints)	DF_Position3D (wayPoints)	DE_Latitude (lat)	군집서비스 운행구간 출발지, 도착지 및 중간경로 지점 정보
			DE_Longitude (long)	
			DE_ELevation (elev)	
			regional	–
	SEQUENCE (SIZE(1..4)) of RegionExtension {{DF_Reg-PlatooningServiceInfo}} (regional)		–	군집서비스정보 확장 데이터 프레임
SEQUENCE (SIZE(1..4)) of RegionalExtension {{DF_Reg-ProbePlatooningData}} (regional)			–	–

- 군집 차량내 군집 정보 수집과 관제를 위한 V2X 단말을 기반으로 PPD 기능 개발
  1) 군집차량 내 V2X 통신 장비는 V2V 제어정보 송수신용 단말과 V2I 안전서비스정보 송수신용 단말로 분리되어 있음
  2) 군집차량에 설치된 V2I 단말에 PPD 전송 기능 구현과 실차 테스트를 진행함



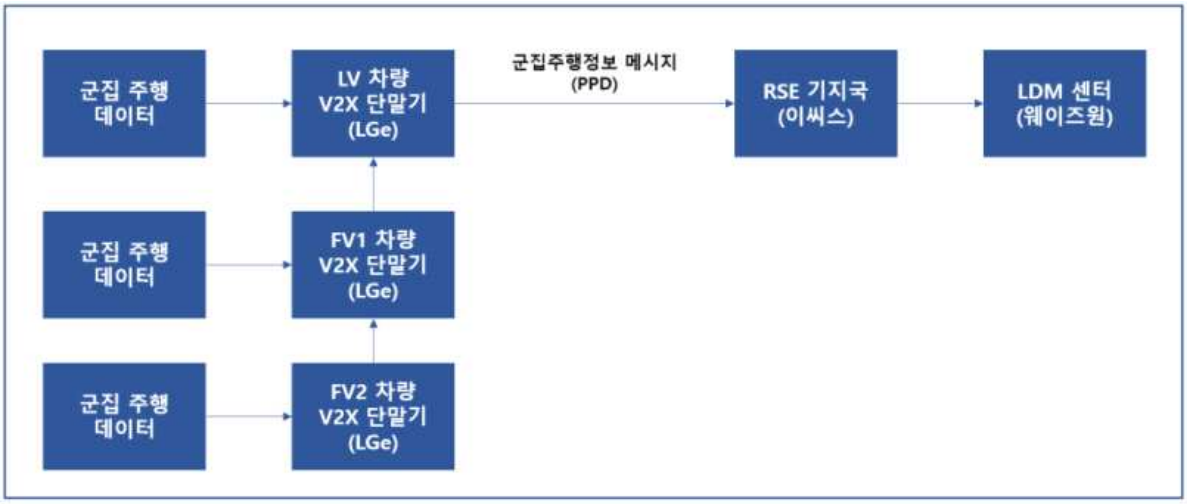
<그림 73> 군집차량용 V2V, V2I 통신 단말

3) PPD 전송을 위해 LV차량 FV1, FV2 차량으로부터 군집 운행정보 수집, PPD 메시지 형식의 메시지로 생성후 주기적 (1 Hz) 송출. 이때 적용된 PSID 및 SAE J2735 메시지 ID는 아래와 같음

가) PSID: 0x1408C

나) SAE J2735 DSRC Message ID: 34번 할당

4) LV 차량에서 송출된 PPD 메시지를 수신한 RSE는 LDM 센터로 해당 메시지를 즉시 전송하게 되며, LDM 센터는 수신된 PPD 메시지를 활용하여 군집 운용서비스에 활용함



<그림 74> 군집 PPD (Probe Platoon Data)메시지 전송 흐름도

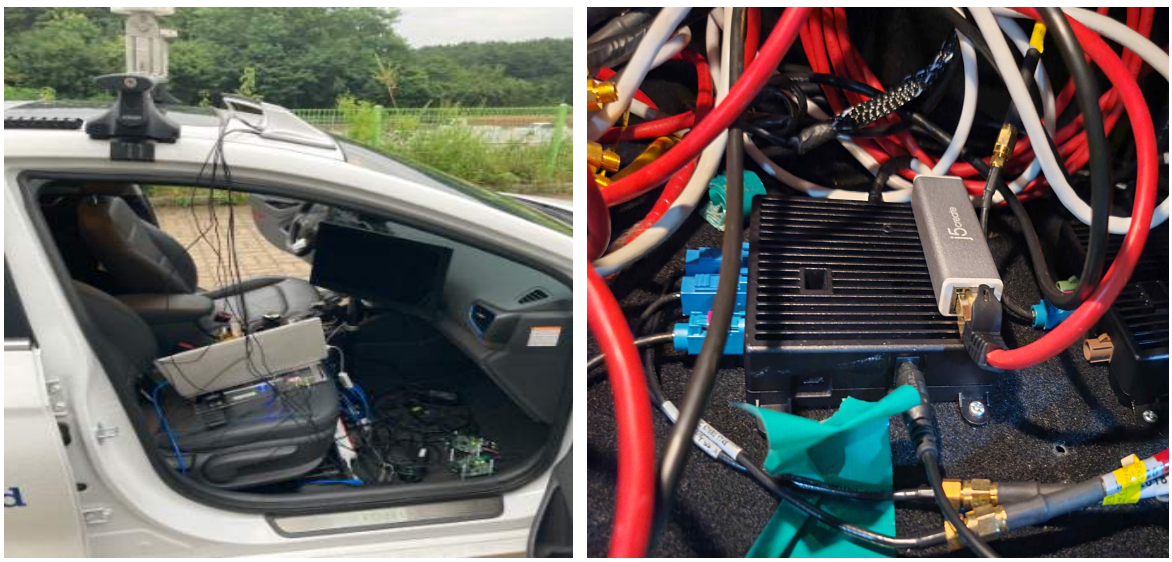
• 군집 실차기반 PPD 정보 송출 및 군집 관제 기능 시험 수행

1) 실차기반의 PPD 메시지 송출 기능 시험을 두 단계로 나누어 진행함

가) PPD 메시지의 V2X 제어기, RSE, LDM 센터 연동 기능시험: 군집 V2X 제어기가 생성한 PPD 메시지의 LDM 센터에서의 활용을 위해 RSE 및 LDM 센터에 관련 기능이 반영 되었으며, 적용된 기능의 통합 기능시험 수행을 진행함. 여주시험도로 내 RSE와 LDM 서버에 해당 기능이 구현되었으며, 웨이티즈 자체 시험차량에 V2X

니) 군집 차량 적용 PPD 기능 시험: 각 군집차량에 탑재된 V2I 통신용 단말에 PPD 송수신 기능 적용을 완료함. 기능 적용 완료 후 여주시험도로내 정보 송출 및 정보의 적합성에 대한 통합 시험을 완료함

2) PPD 메시지 ASN 정의, 기능 구현 및 실차 시험에 대한 검증을 위해 관련 보고서 작성을 완료하였으며, 전문가 평가를 통해 자체 평가를 완료함



<그림 75> 실차기반 PPD 전송 시험 사진(좌), 군집차량 PPD 전송용 V2I 단말 설치 사진

```
Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163401_0.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163418_7.bin   Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163430_14.bin
Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163403_1.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163419_8.bin   Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163431_15.bin
Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163409_2.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163422_9.bin   Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163433_16.bin
Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163411_3.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163423_10.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163434_17.bin
Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163415_4.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163425_11.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163436_18.bin
Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163416_5.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163428_12.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163438_19.bin
Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163417_6.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163429_13.bin  Rcv_Buf_messageFrame2021-09-02_163439_20.bin
```

<그림 76> 여주시험도로내 PPD 송출 시험 시 RSE에 기록된 PPD 수신 로그 파일

```
[decode PPD]
   msgCnt: 36
   timeStamp: 351813
   id: 0x12 0x34 0x56 0x78
   status: 0
   position lat: 372016143
   position lon: 1276116333
   position elev: 0
   position speed: 574
   position heading: 14144
   numVehicles: 1
   targetGap: 0
   PlatooningVehicleInfo idx: 0
      platooningId: 6
      platooningState: 3
      platooningFollowGap: 16383
```

```
[decode PPD]
   msgCnt: 38
   timeStamp: 351813
   id: 0x12 0x34 0x56 0x78
   status: 0
   position lat: 372014045
   position lon: 1276116485
   position elev: 0
   position speed: 577
   position heading: 14203
   numVehicles: 1
   targetGap: 0
   PlatooningVehicleInfo idx: 0
      platooningId: 6
      platooningState: 3
      platooningFollowGap: 16383
```

<그림 77> 군집 LV 송신, LDM서버가 수신한 PPD 메시지의 정상 디코딩 결과 예시

② V2I기반 군집주행 안전서비스 시험 및 분석

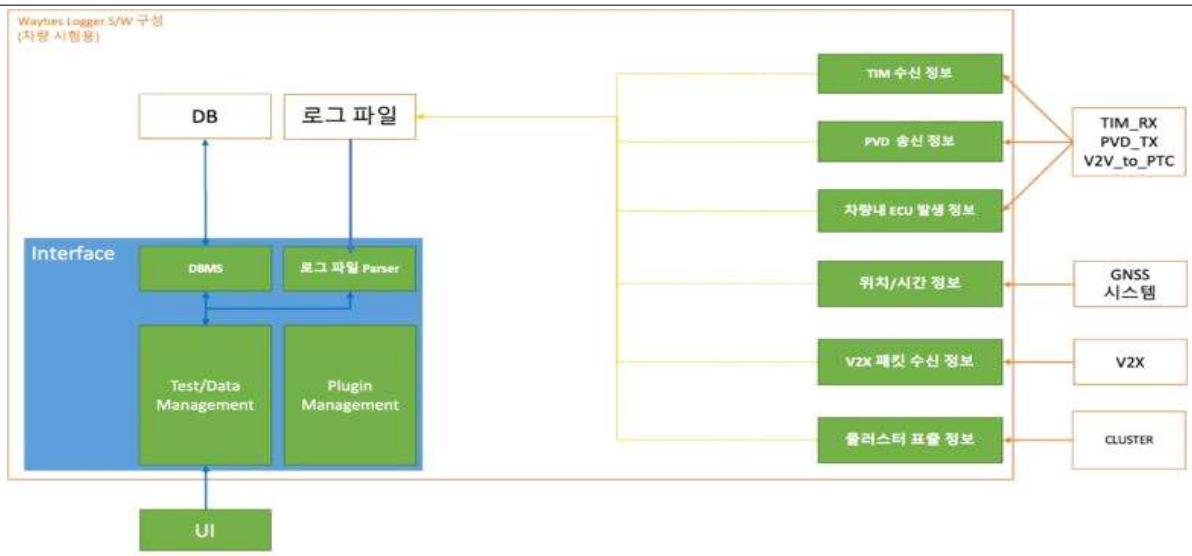
- V2I 안전서비스 시험 시스템 운용 시나리오

• 4차년도 개선된 V2I 안전서비스 시험 시스템과 이를 활용한 V2I 안전서비스 시험 운용 시나리오는 아래의 그림과 같음

1) LV, FV1, FV2 차량에 군집 데이터 수집 및 분석 장치가 설치되어 각 차량의 정보를 수집
2) 클라우드 기반의 모니터링 시스템을 통해 각 차량의 데이터 수집 상태를 실시간 원격으로 확인
3) TIM 메시지 생성 기능을 활용에 시험 시나리오에 필요한 TIM 메시지를 송출
4) 시험 완료 후 각 차량의 로그 데이터 수집 및 후처리 진행
5) 결과 분석을 위한 결과 시각화



<그림 78> V2I 안전서비스 평가를 위한 시험 시스템 운용 시나리오



<그림 79> V2I 군집 안전서비스 평가 시스템 데이터 수집 블록다이어그램

- 연속주행 환경 도로상의 V2I 안전서비스 시험 수행 결과

• 군집주행 V2I 안전서비스 시험 대상도로를 공용, 비공용 도로로 구분하여 진행함

1) 공용도로 평가를 통해 연속된 주행환경에서의 V2I 안전서비스 기능 확인 및 정성적 평가 진행 (실제 공용도로에서 V2I 안전서비스 제공에 따른 군집차량 차선변경, 감속, 군집 해제등의 기능 동작시 군집차량 및 주변 차량의 안전이 우려되어 시험 대상 도로를 공용도로와 유사하게 연속 주행이 가능한 교통안전공단 자동차 안전연구원 시험장의 고속주회로 변경하여 진행함)

2) 비공용도로 시험을 통해 통제된 환경에서 동일 시험 시나리오 반복 시험을 통해 정량적 평가 진행

• 연속 주행환경 시험 (공용도로 시험 대체)

1) 공용도로 시험을 대체하여 연속된 주행이 가능한 고속주회로 시험로를 이용한 V2I 안전서비스 시험 진행

2) RSE 인프라가 구축되지 않은 공용도로에서의 군집주행 안전서비스 시험 수행을 위해 V2I 군집 안전서비스 평가 시스템에 적용된 TIM 송출 기능을 활용해 기능 시험 진행

[표 64] V2I 안전서비스 시험 수행 개요 (공용도로 대체 시험)

구분	내용
목적	- V2I 안전서비스 시험 시스템 차종 확대 및 기능 개선 항목 적용 시험 - 연속 주행환경에서의 V2I 안전서비스 기능 제공 정성적 시험
시험 일정	2021.8.25
시험 장소	한국자동차안전연구원 주행시험장, 고속주회로
참여기관	주관기관: ITS Korea, 웨이티즈 협조기관: 한국도로공사, 현대자동차, 국민대학교, 웨이즈원, 이씨스, 아이노즈, 카카오모빌리티, 저먼코리아
시험 대상	차량 V2X 단말 (OBE), 군집 제어용 ECU (PTC), 차량 클러스터
시험 서비스	작업구간(공사중) 서비스, 돌발상황(낙하물) 서비스, 돌발상황(로드킬) 서비스
결과 요약	- LV, FV1, FV2 로 확대 적용한 군집주행 안전서비스 평가 시스템 기능 확대 검증 완료 - 가상 TIM 메시지 제공 기능을 통한 V2I 안전서비스 적용 기능 확인 완료



<그림 80> 자동차안연연구원 V2I 안전서비스 시험 코스 개요

• 군집주행 I2V 안전 서비스 기능 시험 항목 및 결과

1) V2I 안전서비스 제공을 위해 참여하는 주요 시스템들의 기능 동작 항목에 대한 정의, 기본 동작 시험을 수행함

2) V2I 안전서비스 제공을 위해 V2X 제어기, PTC, 차량 클러스터 시스템이 개입되며, 세부 기능들은 아래와 같음

3) 4차년도 개선된 V2I 안전서비스 및 시험 시나리오 동작을 위해 모든 기능의 정상 동작을 확인함

[표 65] 군집주행 V2I 안전서비스 기능 시험 항목 및 결과 정리표

구분	시험대상	주요 기능	평가 항목	구분	기능 시험 결과
V2X 제어기 (OBE)	V2X 제어기	PPD 메시지 송신 기능	군집 운행 상태 모니터링에 필요한 적절한 PPD 메시지 송신 확인	기능	정상
	V2X 제어기	TIM 메시지 수신 기능	RSE에서의 TIM 메시지 수신 기능 확인	기능	정상
	V2X 제어기	TIM 수신 로그 출력 기능	V2X 제어기에서 시험로거로 TIM 수신 로그 송출 기능 확인 (gRPC 연동 확인, 송출 데이터 확인)	기능	정상
	V2X 제어기	TIM 메시지 수신 성능	시험구간내 RSE와의 적절한 수신 성능 확보	성능	정상
	V2X 제어기	TIM 정보 해석	센터가 제공하는 V2I 안전 서비스 정보의 정확한 해석 기능 확인	기능	정상
HMI 및 차량	PTC	군집형성 상태 정보 수신	LV의 현재 군집형성 상태 정보 수신 가능	기능	정상
	PTC	군집형성 상태 변경 정보 수신	LV의 현재 군집 상태변경 정보 수신 가능	기능	정상
	클러스터	군집 주의/경고 로그 출력	I2V 기반 안전서비스 시험을 위한 LV의 이벤트 출력정보 전달 기능 확인	기능	정상
	클러스터	I2V 안전서비스 주의/경고 표출 기능	- 이벤트 구간 진입 후 적절한 경고 이벤트 표출 시험 (경고 시그널 발생까지 확인)	기능	정상
	클러스터	이벤트 구간내 I2V 안전서비스 주의/경고 표출	- I2V 안전서비스 정보 제공에 따른 이벤트 구간내 정확한 이벤트 표출 시그널 발생 확인	기능	정상
	안전 서비스	이벤트 구간내 안전서비스 대응 (차속 조정)	V2I 안전서비스 정보 제공에 따른 적절한 위치에서의 적절한 대응 확인 (주의/경고 표출 후 차속 조정 확인)	기능	정상
	안전 서비스 (PTC)	이벤트 구간내 안전서비스 대응 (군집 상태 변경)	V2I 안전서비스 정보 제공에 따른 적절한 위치에서의 적절한 대응 확인 (주의/경고 표출 후 군집상태 변경 확인)	기능	정상

- 비공용도로상의 V2I 안전서비스 시험 수행 결과

• 개요

1) 3종의 군집주행 V2I 안전서비스와 그에 대한 시험 시나리오를 정의 함
2) 각 서비스별로 10회 이상의 반복 시험을 수행함
3) 기존 3차년도 비공용도로 시험

[표 66] V2I 안전서비스 시험 수행 개요 (비공용 도로)

구분	내용
목적	V2I 안전서비스 정보 제공에 따른 운전자 반응 분석 데이터 수집 군집차량 PPD 통합 기능 시험
시험 일정	2021.9.2 - 3
시험 장소	한국도로공사 여주시험도로 (경기도 여주시 가남읍 금당리길 1)
참여기관	주관기관: ITS Korea, 웨이티즈 협조기관: 한국도로공사, 현대자동차, 국민대학교, 웨이즈원, 이씨스, 아이노즈, 카카오모빌리티, 저먼코리아
시험 대상	차량 V2X 단말 (OBE), 군집 제어용 ECU (PTC), 차량 클러스터
시험 서비스	작업구간(공사중) 서비스, 돌발상황(낙하물) 서비스, 돌발상황(로드킬) 서비스
특이사항	기존 3차년도 비공용도로 평가에서는 돌발 이벤트의 위치가 고정되어 반복시험이 지속됨에 따라 운전자가 위치를 예측하여 반응하는 현상이 나타났음. 도로상에 돌발 장애물을 설치하지 않아, 운전자가 실제로 돌발상황을 인지하고 그에 대한 반응에 대한 피드백을 얻을 수 없었음 이를 개선하기 위하여 4차년도 비공용도로 시험에서는 아래의 개선을 진행함 1) 시험시스템의 TIM 생성 기능을 활용하여 운전자가 예측할 수 없도록 **돌발 발생 위치를 지속적으로 변경**함 2) 운전자가 실제 위협을 느낄 수 있도록 **도로상에 실제 장애물을 설치**하여 시험 진행함 3) 매번 시험 수행시 각 차량의 운전자에게 V2I 안전서비스 표출 서비스에 대한 만족도 피드백을 조사함
결과 요약	- 총 30번의 반복 시험을 진행하였으며, 총 25회 정상 알람 표출 확인

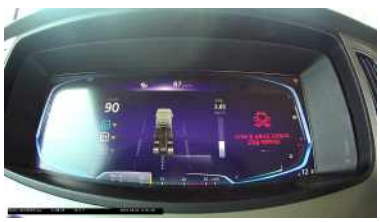
• V2I 안전서비스 돌발 발생 위치

1) 여주시험도로 상 두개의 임의 지점을 선정하여 V2I 안전서비스 돌발 상황 지점으로 사용함
2) 기존 3차년도는 고정된 지점에서 돌발 상황정보를 운전자에게 표출하였으며, 이로 인해 시험이 반복됨에 따라 운전자가 해당 지점을 예측하여 반응하는 상황이 확인됨.
3) 위의 문제 개선을 위해 시험시스템의 TIM 생성 기능을 활용하여 지속적으로 TIM 메시지 수정을 통해 돌발 발생 위치를 변경하여 운전자의 예측 회피 행동을 방지함
4) 실제 돌발 위치상에 장애물을 설치하여 운전자가 실제적인 위협을 느낄 수 있도록 시험 시나리오를 구성함
5) LV, FV1, FV2 에 시험 오퍼레이터가 함께 탑승하여 돌발 상황에서 V2I 안전서비스 알람 제공시 서비스의 제공 타이밍이 적절했는지 여부에 대한 피드백을 수집함

<table>
<tr><td>Event 지점1
(37.1893926, 127.6123853)</td><td>Event 지점2
(37.1778673, 127.6154586)</td></tr>
<tr><td>  </td><td>  </td></tr>
<tr><td rowspan="2"> 
</td><td> 
RSE 14</td><td> 
RSE 15</td></tr>
<tr><td> 
RSE 16</td><td> 
RSE 17</td></tr>
</table>

<그림 81> 시험도로 구간내 돌발 이벤트 발생 위치

[표 67] 4차년도 V2I 안전서비스 시험 시나리오 3종

No	서비스	군집차량 대응 행동	돌발 장애물 설치	클러스터 표출
1	작업구간(공사중) 서비스	감속후 차로변경		
2	돌발상황(낙하물) 서비스	군집해제 후 차로변경		
3	돌발상황(로드킬) 서비스	차로변경, 속도 유지		

• V2I 군집주행 안전서비스 제공에 따른 운전자 반응 모니터링

1) 아래의 그림과 같이 V2I 군집주행 안전서비스 정보 제공에 따라 운전자의 대응 반응 관측을 진행함

2) 차량 내 블랙박스를 설치하여 운전자의 대응 행동을 모니터링 함

3) 오퍼레이터가 조수석에 탑승하여, 해당 회차마다 V2I 안전서비스 표출 타이밍의 적설성을 질문하여 기록함

[표 68] 운전자 반응 모니터링

시나리오 세부	차량내 상황 사진
돌발 상황 표출 전	
돌발 상황 표출 후 운전자 대응 중	
돌발구간 이후 정상 운행	

• 작업구간(공사중) 서비스 결과 요약

1) 총 10회 시험 중 8회 정상적으로 작업구간(공사중) 정보를 포함한 TIM 메시지 수신 후 경고 아이콘 표출 성공

2) 전방1km 이상의 거리에서 첫 TIM 수신 시작 후 구간내 안정 패킷 수신 확인

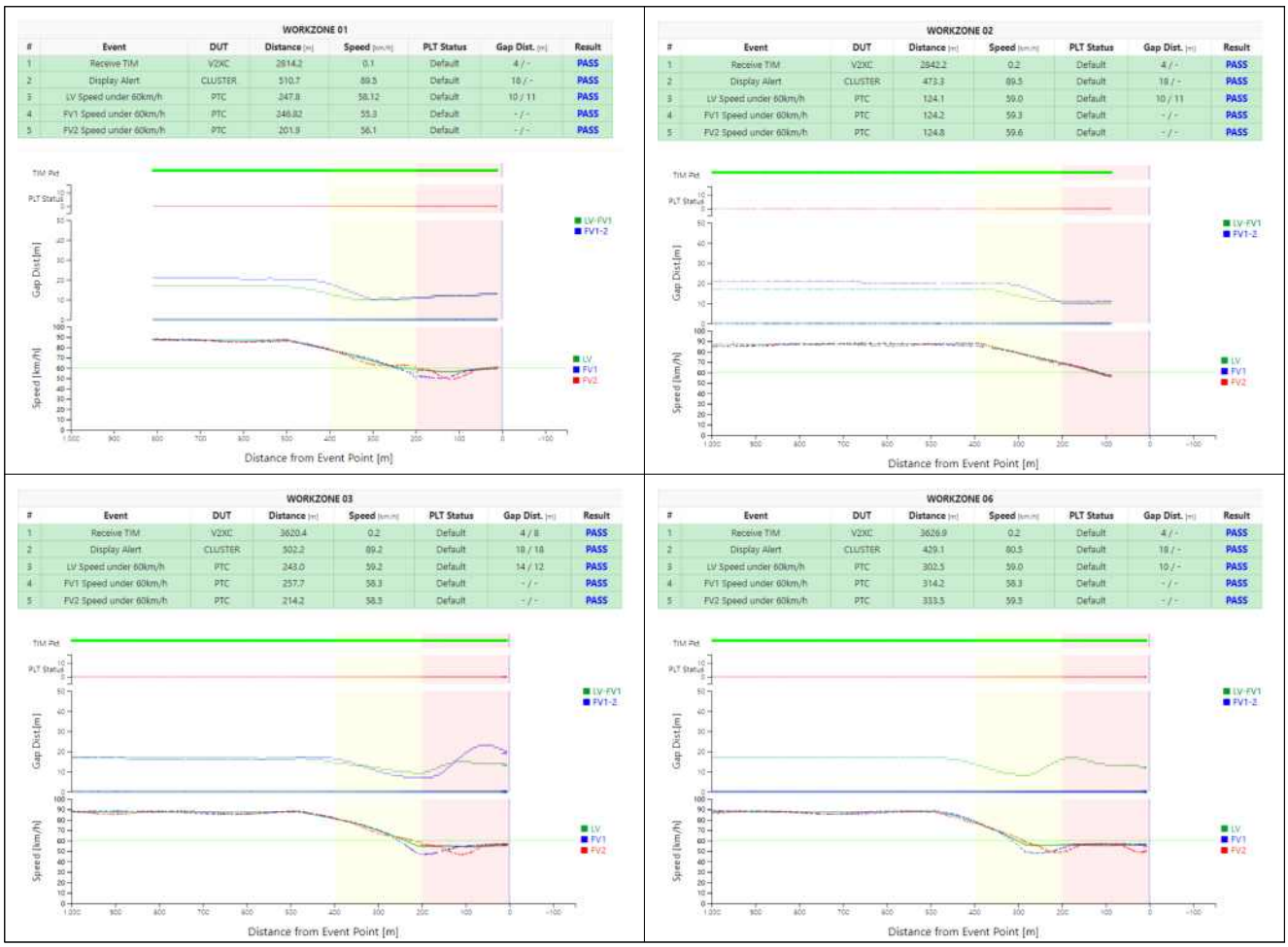
3) 시험 구간 거리 제약으로 인해 주의 메시지 표출 미발생

4) 전방 약 550m 지점 근방에서 경고 메시지 표출

5) 전방 약 400m 지점 근방에서 감속 후 차로변경



<그림 82> 작업구간(공사중)서비스 개념도



<그림 83> 작업구간(공사중) 서비스 결과 그래프 시각화 예시

• 돌발상황 (낙하물) 서비스 결과 요약

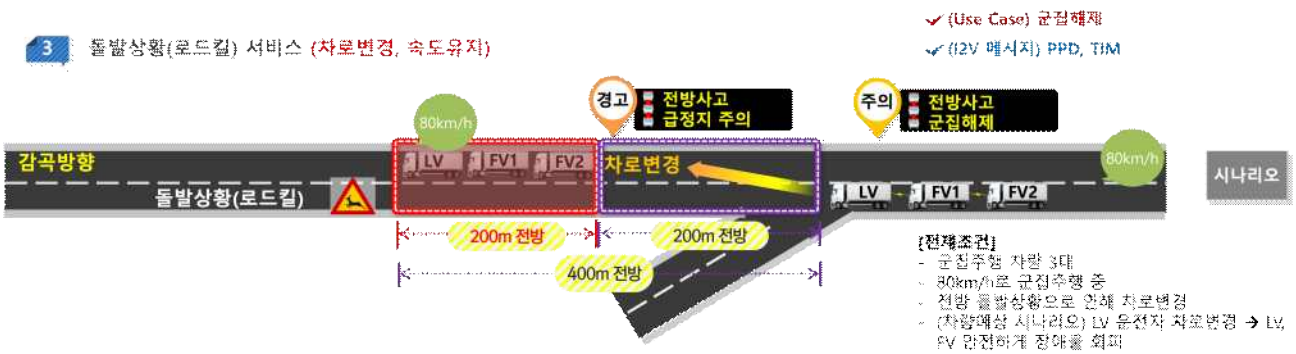
1) 총 10회 시험 중 9회 정상적으로 기상상황 정보를 포함한 TIM 메시지 수신 후 주의 아이콘 표출 성공

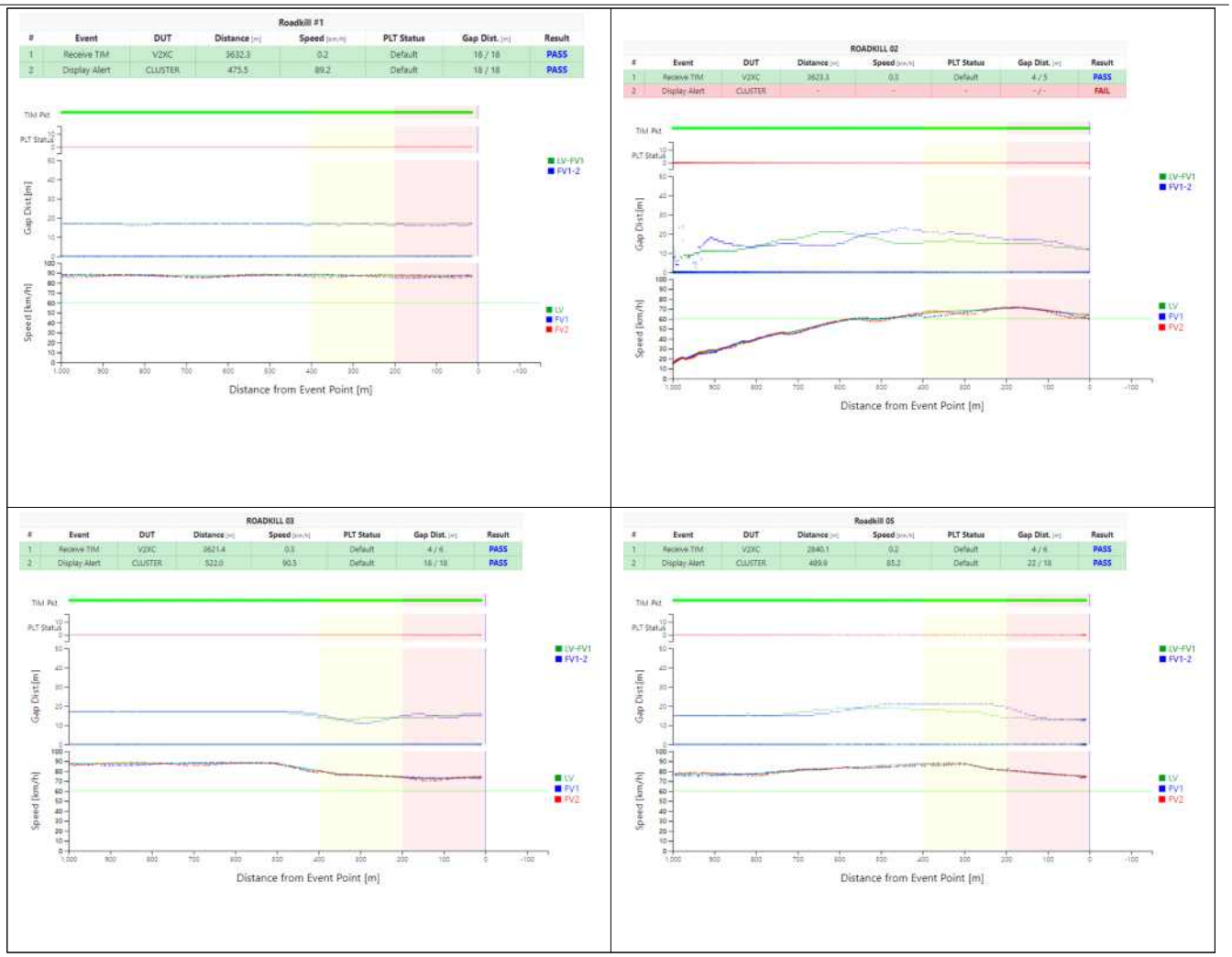


<그림 84> 작업구간(공사중) 서비스 결과 그래프 시각화 예시

- 돌발상황 (로드킬) 서비스 결과 요약

1) 총 10회 시험 중 9회 정상적으로 돌발정보를 포함한 TIM 메시지 수신 후 운전자 대응 성공



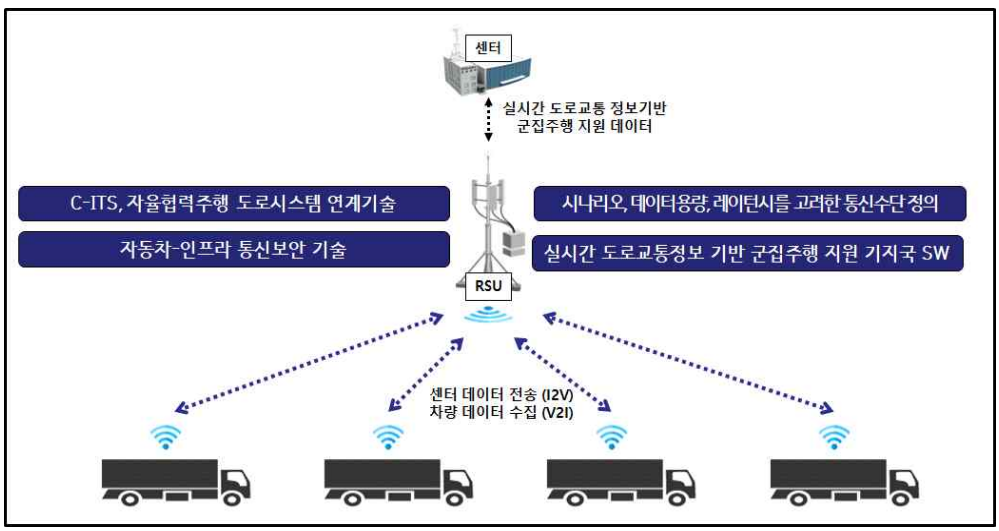


<그림 85> 작업구간(공사중) 서비스 결과 그래프 시각화 예시

○ (이씨스) 군집주행 지원 복합 통신기술 개발

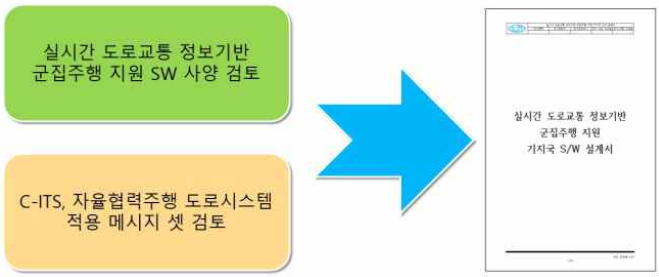
구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 군집주행 지원 기지국 SW 개발	군집주행 지원 기지국 S/W 설계	C-ITS, 자율협력주행 도로시스템 연계 기지국 SW 개발	군집주행 기지국 I/F SW 개발	군집주행 지원 기지국 서비스 SW 개발

① 군집주행 지원 기지국 SW 개발



<그림 86> 군집주행 지원 통신기술

- 실시간 도로교통 정보기반 군집주행 지원 기지국 SW 설계
  - V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위해 요구되는 실시간 도로교통 정보 기반 기지국의 SW 사양 검토 및 군집주행 지원을 위한 기지국 SW 설계
  - V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위한 데이터를 센터와 주고받기 위한 센터 LDM 연동 인터페이스 SW 사양 검토 및 설계
- C-ITS, 자율협력주행 도로시스템 연계 기지국 SW 사양 검토 및 설계
  - C-ITS와 연계하기 위한 C-ITS 적용 메시지 셋 검토
  - 자율협력주행 도로시스템과 연계하기 위한 자율협력주행 도로시스템에 적용된 메시지셋 검토
  - C-ITS와 자율협력주행 도로시스템을 연계하는 기지국 SW 설계



<그림 87> 군집주행 지원 기지국 SW 설계

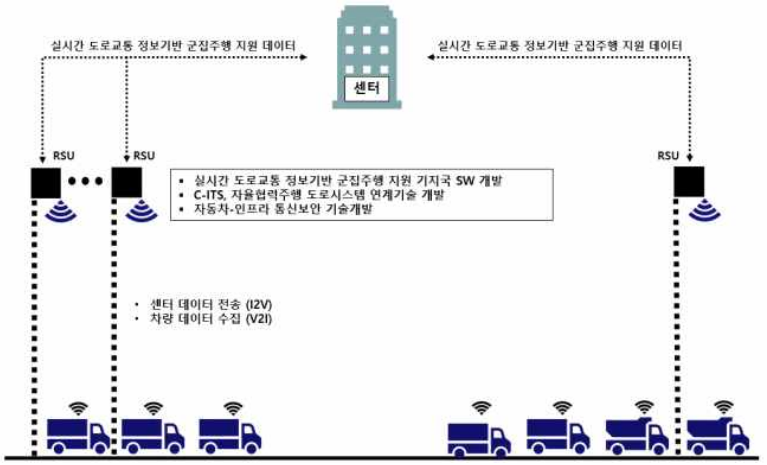
- 실시간 도로교통 정보기반 군집주행 지원 기지국 SW 개발
  - V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위해 요구되는 실시간 도로교통 정보 기반 기지국의 SW 설계서 기반 군집주행 지원을 위한 기지국 SW 개발
  - V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위한 데이터를 센터와 주고받기 위한 인터페이스 SW 검토 결과 기반 센터 LDM 연동 인터페이스 SW 개발



<그림 88> 군집주행 지원 기지국 SW 개발

- V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위해 요구되는 실시간 도로교통 정보 기반 기지국의 SW 개발 및 비공용도로 인프라에 적용 후 테스트
- V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위한 데이터를 센터와 주고받기 위한 센터 LDM 연동 인터페이스 SW를 개발 및 비공용도로 인프라에 적용 후 테스트

- C-ITS, 자율협력주행 도로시스템 연계 기지국 SW 개발
  • C-ITS와 자율협력주행 도로시스템 적용 메시지 셋 기반 선행 개발 기술과 연계된 기지국 SW 개발
- 비공용도로 군집주행 시연을 위한 서비스 SW 개발
  • V2X 기반 화물차 군집주행 시나리오를 기반으로 비공용도로 실증을 위한 기지국 서비스 SW 개발
  • 비공용도로 자동차-인프라 간 군집주행 통신을 위한 기지국 통신보안 기술 개발



<그림 89> 군집주행 지원 기지국 SW 테스트

- 실시간 도로교통 정보기반 군집주행 지원 기지국 SW 안정화
  • V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위해 요구되는 실시간 도로교통 정보 기반 기지국의 SW를 공용도로 인프라에 적용하여 개발 및 안정화
  • V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위한 데이터를 센터와 주고받기 위한 센터 LDM 연동 인터페이스 SW를 공용도로 인프라에 적용하여 개발 및 안정화
- 공용도로 군집주행 시연을 위한 서비스 SW 개발
  • V2X 기반 화물차 군집주행 시나리오를 기반으로 공용도로 시연을 위한 기지국 서비스 SW 개발



<그림 90> 군집주행 지원 서비스 SW 개발

○ (한일에스티엠) 군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발/구축 및 운영

구 분	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
① 통합관제 모니터링 SW 개발	요구 사항 분석 및 아키텍쳐 설계	통합관제 모니터링SW 개발	통합관제 모니터링SW 개발 (고도화)	통합관제 모니터링SW 개발 (고도화)
② 센터 하드웨어 및 서버 구축	-	센터 서버 시스템 구축	통합관제 센터 (여주시험도로)	-
③ 통합관제 센터 및 현장 테스트베드 운영	-	-	테스트베드 운영/지원 및 유지보수	테스트베드 운영/지원 및 유지보수

① 통합관제 모니터링 SW 개발

- 군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발

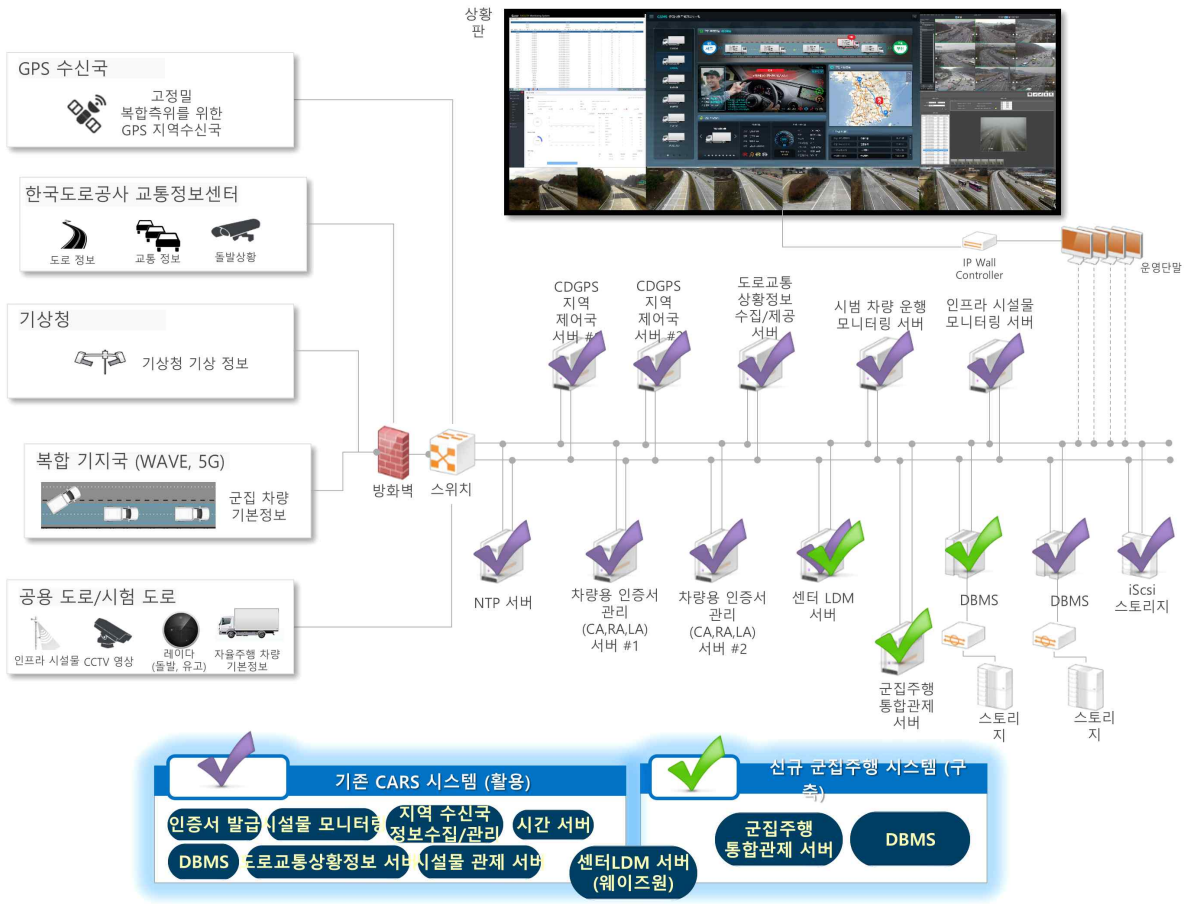
• 요구사항 분석 및 UX/UI 개발

1) 군집주행 기본 정보 메시지(안)을 기반으로 한 요구사항 분석

가) 군집주행 Test-Bed 인프라 시설물 및 통합 관제 센터 모니터링 시스템을 통하여 군집주행 자율운행차량의 전체적으로 운영 모습의 모니터링이 가능하도록 관련 기능들을 정의

2) 통합 관제시스템 아키텍쳐 설계

가) 기존의 CARS 연구과제의 센터 및 도로 인프라 시스템을 활용한 통합 관제 시스템 구성



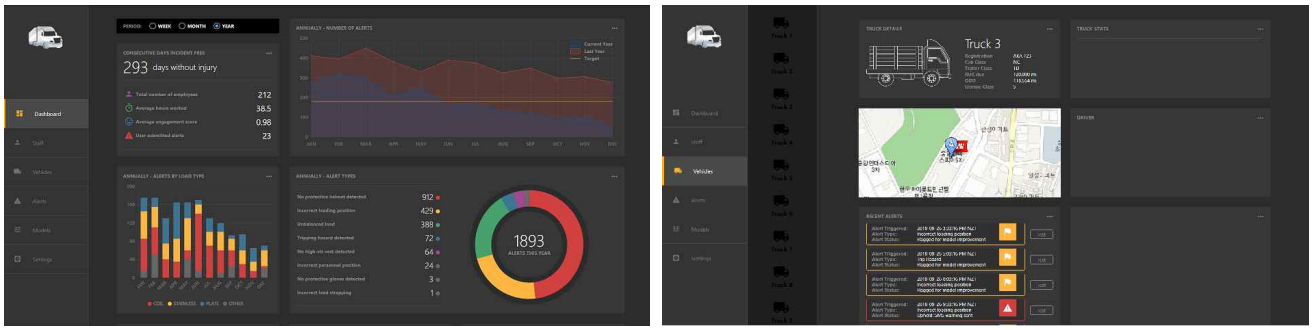
<그림 91> 군집주행 통합 관제 센터 구성도

3) 요구사항 분석 기반 UI/UX 개발

가) 최대 4대의 군집 차량의 군집 데이터 수집 및 실시간 모니터링을 위한 UX/UI 디자인 설계

나) 군집주행 차량 정보 및 군집 정보 표출

다) 지도상의 군집주행 차량 이동 경로 및 군집 상태 정보 표출



<그림 92> 군집주행 UX/UI 컨셉 디자인 시안



<그림 93> 군집주행 통합 관제 센터 모니터링 시스템 UI/UX 시안



<그림 94> 메뉴 화면 UX/UI



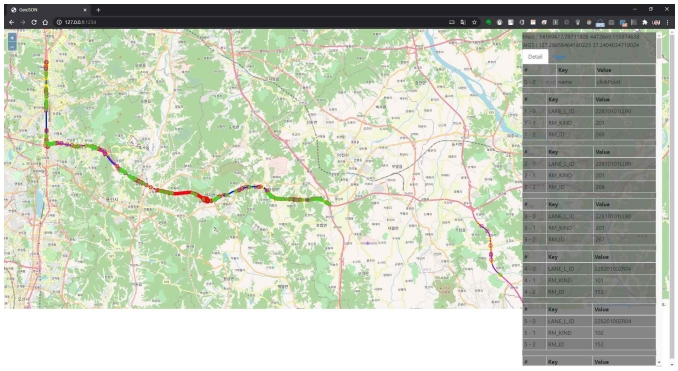
<그림 95> 차량 내부 상황 모니터링 UI/UX

- 군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발 고도화
  - 요구사항 분석 및 UX/UI 디자인 개선, SW 개발 고도화
    1) 전체 메인 화면 구성 및 배치

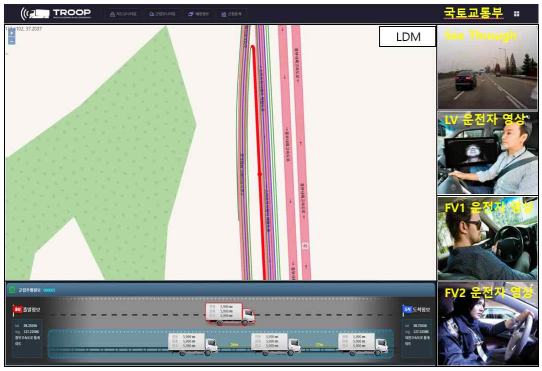


<그림 96> 군집 주행 모니터링 시스템 구성 화면

2) LDM 데이터(돌발 정보, 기상 정보, 공사장 정보 등) 표출을 위한 차로 단위 정밀지도 적용

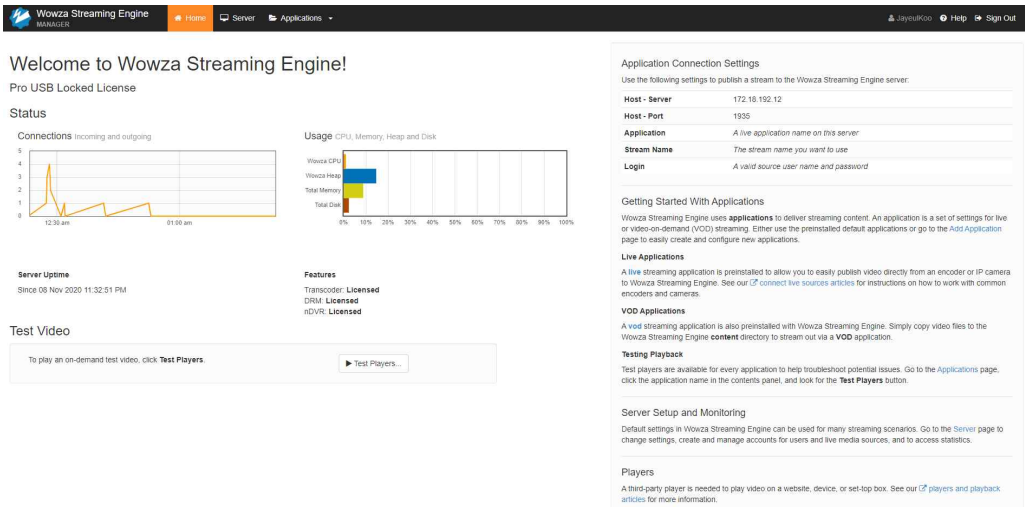


<그림 97> geojson 차로 단위 정밀지도 및 정보



<그림 98> 차로 단위 정밀지도 모니터링

3) 실시간 차량 내 동영상 모니터링을 위한 스트리밍 기능 적용



<그림 99> 실시간 동영상 전송을 위한 스트리밍 서버 구축

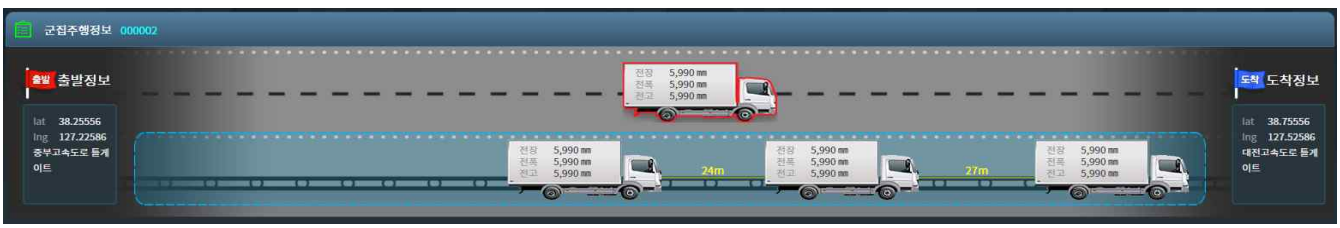
4) 군집주행 정보 표출 (군집주행 시퀀스 및 이벤트 표출)

가) 실제 운행되는 엑시언트 차량 디자인을 적용한 차량 상에 상세 차량 정보를 차량에 표출

나) 지도상에서 이루어지는 군집주행 시퀀스(합류, 분류, 컷인, 간격 조정, 감속, 가속 등) 정보 표출

다) 군집 체결 여부 확인을 위하여 전/후 차량 색을 다르게 표출

라) 군집상태(타켓 거리, LV 주행 속도, 군집대수) 정보 표출



<그림 100> 군집주행 상황 모니터링

[표 69] 군집주행 시퀀스 표시

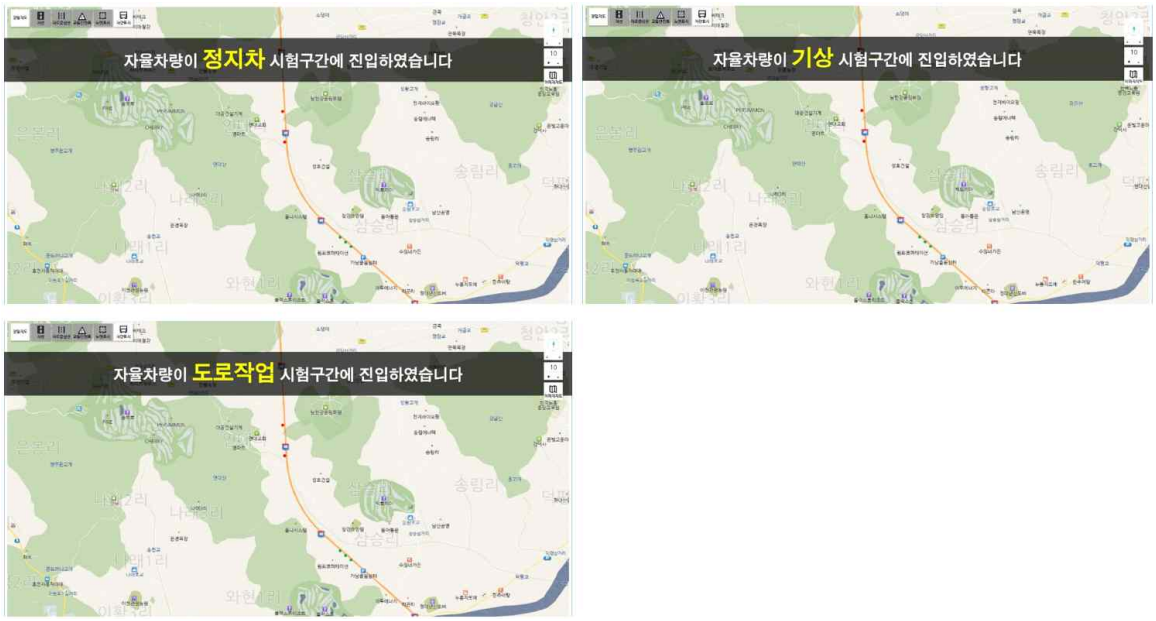
군집주행 상태	군집주행 시퀀스
군집주행 합류	군집주행 합류 요청 -> 합류 승인 -> Foot Off -> Hand Off -> 합류 완료
군집주행 분류	군집주행 분류 요청 -> 분류 승인 -> Hands/Foot On -> 합류 완료
컷인	컷인 -> 컷아웃

[표 70] 군집주행 이벤트 표시

군집주행 이벤트	군집주행 시퀀스
안개 발생	전방 안개발생 -> LV 운전자 감속, FV1,2 운전자 Hands/Foot On(수동)요청
공사장	전방 공사장 -> LV 운전자 감속, LV 운전자 차선변경 요청
교통사고(주의)	전방 교통 사고 -> LV 운전자 군집주행 해제 요청
교통사고(경고)	LV 운전자 정지 요청
교량 통과	전방 교량 -> LV 운전자 간격 조정 요청
합류 구간	전방 합류구간 -> LV 운전자 간격 조정 요청

6) 군집주행 이벤트 발생 화면 표출

가) 해당 군집의 차량의 주행방향, 도로상의 이벤트 좌표, 차량 좌표 정보를 활용하여 이벤트 구간 진입 시 통합모니터링 시스템 상에 인벤트 메시지 표출



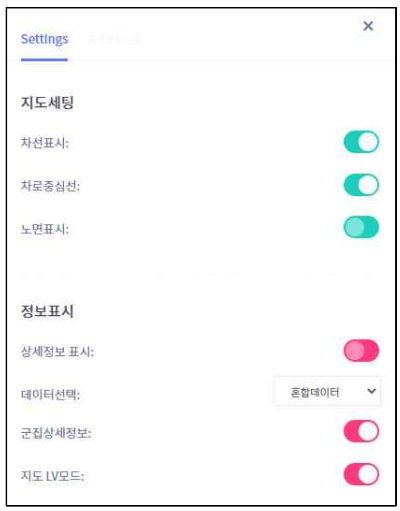
<그림 101> 군집 차량이 이벤트 구간 진입 시 이벤트 표출 메시지

7) 운영서비스 실시간 군집매칭정보 인터페이스 연계

가) 웨이브 기지국(RSU) 기반의 웨이즈원 센터LDM 정보를 기본으로 군집정보를 처리함은 물론 이동통신(LTE/5G) 기반 카카오모빌리티의 군집정보를 선택적으로 처리하거나 모두 처리 할 수 있도록 연계

항목	적재 값	비고
Default	00	
Join_REQUEST	01	
Join_ACCEPTANCE	02	
Join_Manual	03	
Join_FootOff	04	
Join_HandOff	05	
Join_GapChange	06	
Join_Complete	07	
Join_Refuse	08	
Leave_REQUEST	09	
Leave_ACCEPTANCE	10	
Leave_GapChange	11	
Leave_HandOn	12	
Leave_FootOn	13	
Leave_Complete	14	
Leave_Refuse	15	
Emergency_Disconnect	16	
Emergency_Stop	17	
GapChange	18	
SystemFail	29	
Exit	30	

<그림 102> 군집차량 메시지 리스트

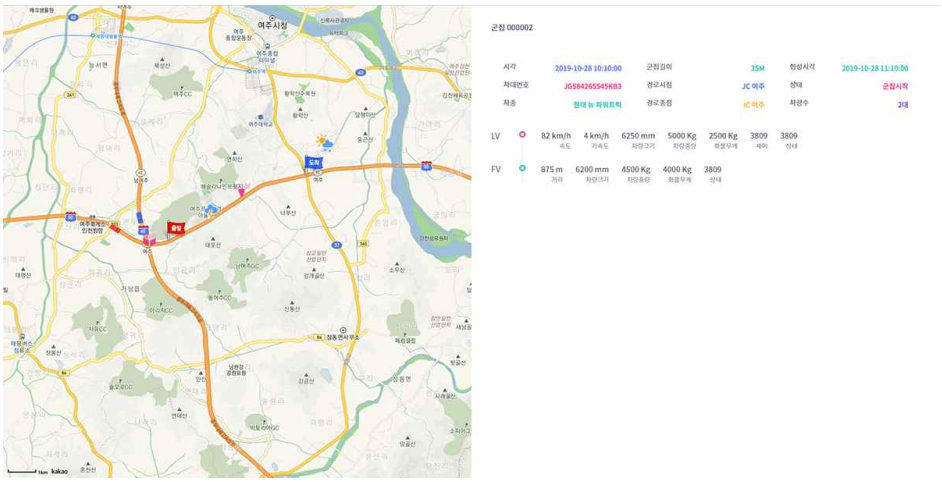


<그림 103> 운영서비스/LDM 메시지 처리를 위한 설정 메뉴

8) 다양한 형태의 군집정보 표출

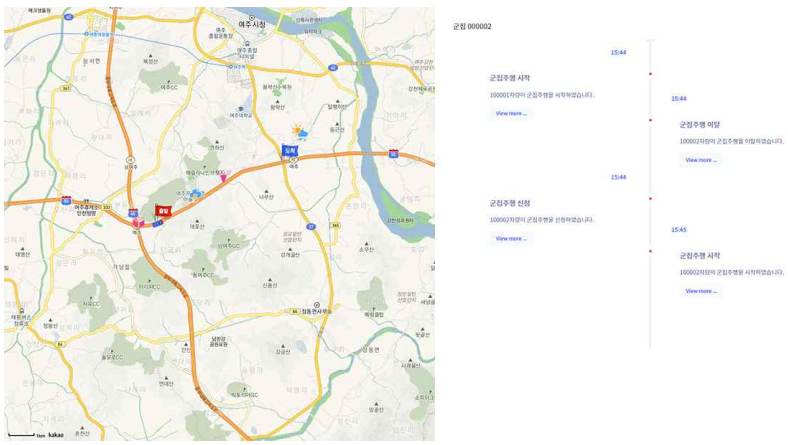
가) 군집 형성 정보 및 군집 차량 정보를 그래픽이 아닌 리스트 형태로 표출하고 해당 내용을 분석

나) 해당 군집차량의 정보를 2D 지도 상에 출발/목적지를 표출하고 실시간 주행 위치를 표출



<그림 104> 리스트 기반 실시간 군집매칭 정보 표출

다) 시계열 형태의 이벤트 중심의 정보 표출 모니터링이 가능하도록 개발하여 이벤트 정보를 분석하는 데 활용

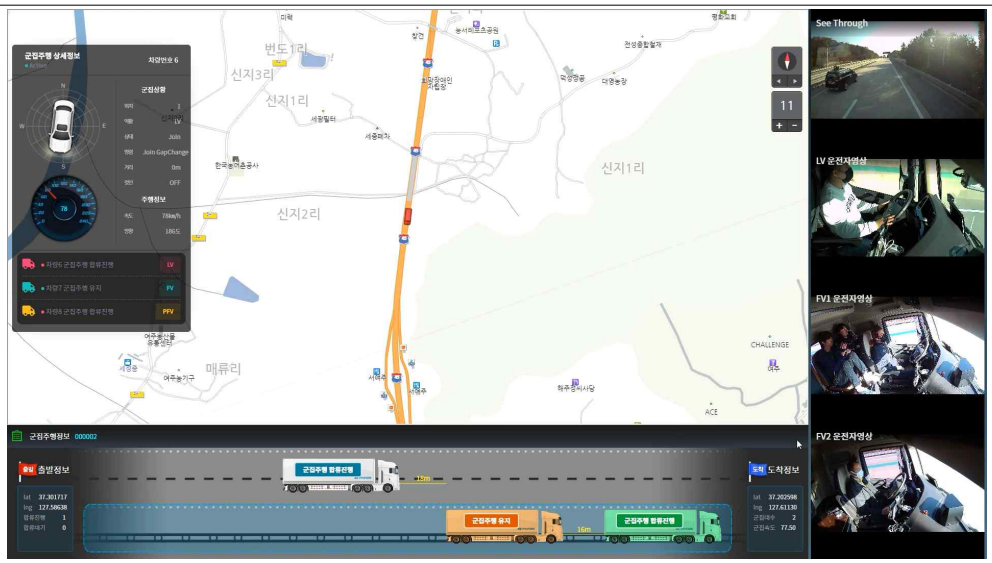


<그림 105> 이벤트 기반 실시간 군집매칭 정보 표출

9) 시연 상황 모니터링 대쉬보드 개발

가) 군집 시연 상황을 군집차량 내의 실시간 동영상과 함께 모니터링 할 수 있는 형태의 대쉬보드 개발

나) BSM 데이터를 기반으로 총 3대의 군집 차량을 모니터링하는 시스템 1차 개발



<그림 106> 시연(3대의 차량) 모니터링을 위한 대쉬보드 1차

다) 4차년도 PBM 데이터를 기반으로 총 4대의 군집 차량을 모니터링하는 시스템 2차 개발



<그림 107> 시연(4대의 차량) 모니터링을 위한 대쉬보드 2차

② 센터 하드웨어 및 서버 구축

- 군집주행 테스트 및 시연을 위한 시험도로 관제 센터 및 군집차량 내 영상 시스템 구축

• 여주시험도로 관제센터 구축

1) 여주시험도로 관제센터 구성도

가) 여주시험도로 상에 군집차량의 테스트 및 실시간 운영상황 모니터링을 위한 관제센터를 구축하여 운영함



<그림 108> 여주시험도로 관제센터 구성도



<그림 109> 여주시험도로 관제센터 모습

• 군집차량 내 실시간 영상전송 시스템 구축

1) 시스루 카메라 및 차량 내 영상 카메라 설정

가) 차량 전면 영상을 확인하기 위한 IP카메라 스트리밍 설정 (RTMP 프로토콜)

■ IP Camera

제품명: TN-B2002, 렌즈: DV2.2x4.1SR4A-SA2L

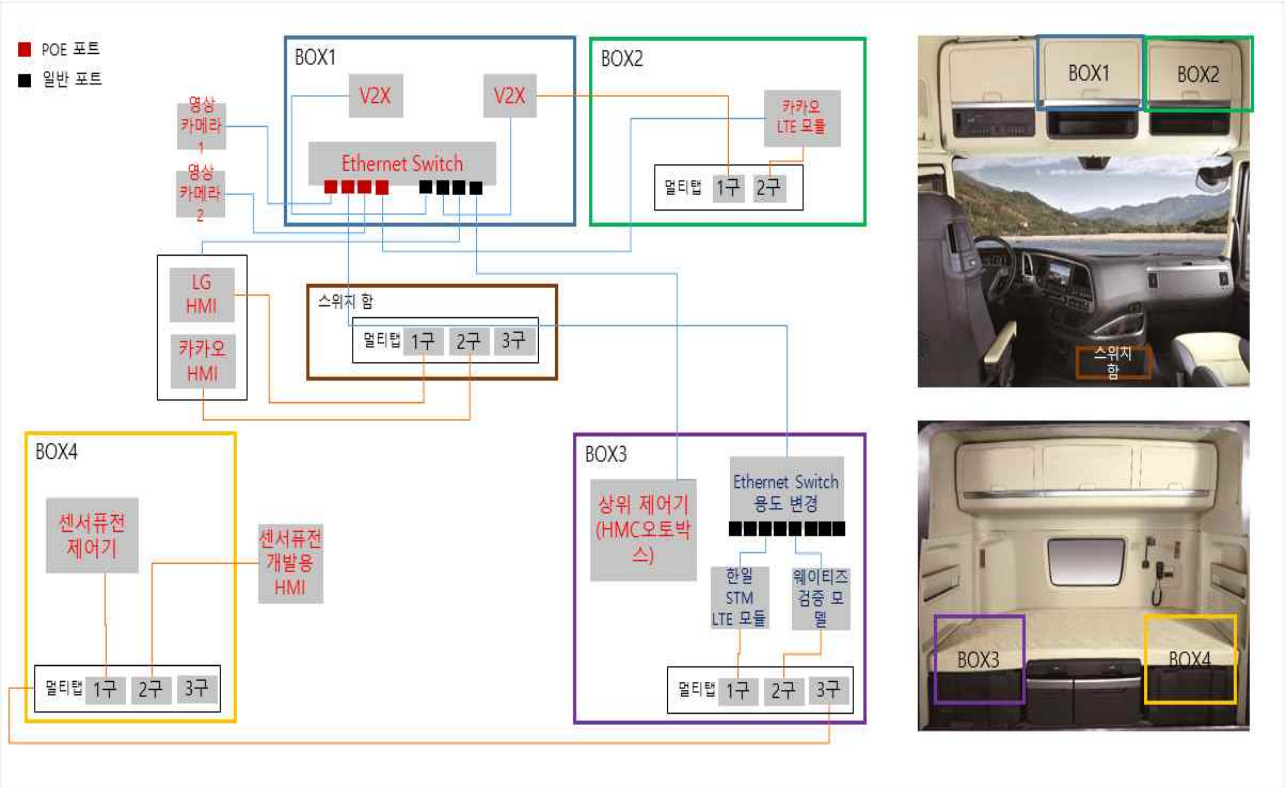
장착 위치 및 영상



<그림 110> 전면 시스루 IP 카메라 및 차량 내 영상 카메라

나) 군집주행 차량 내의 운행 모습을 촬영하여 네트워크를 통해 센터로 전송하는 기능을 수행

다) 기존의 카카오모빌리티 LTE 모듈과 별계로 IP 영상전송 전용 네트워크 모뎀을 별도로 구축하여 실시간 영상전송의 안정을 높였음



<그림 111> 군집차량 내 네트워크 구성도

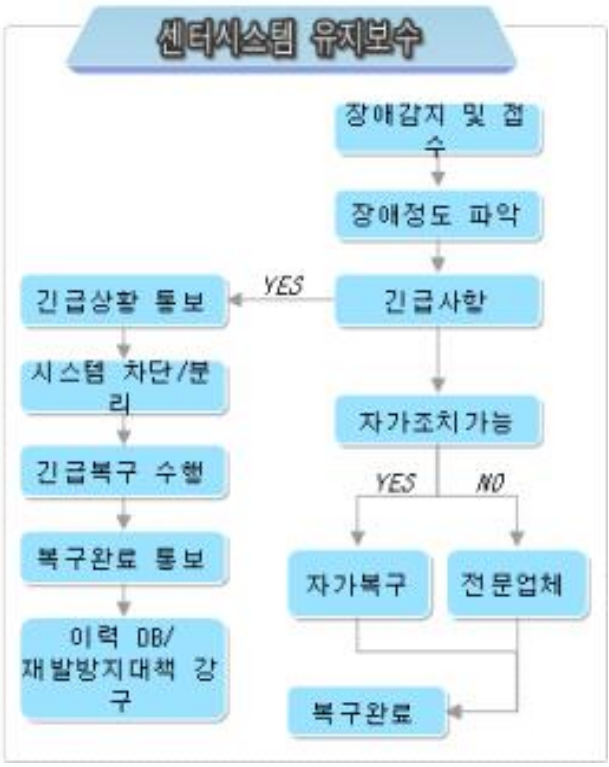
③ 통합관제 센터 및 현장 테스트베드 운영

- 군집주행 테스트 및 시연을 위한 인프라 시설 및 센터 유지관리

• 통합관제센터 및 현장 테스트 베드 운영

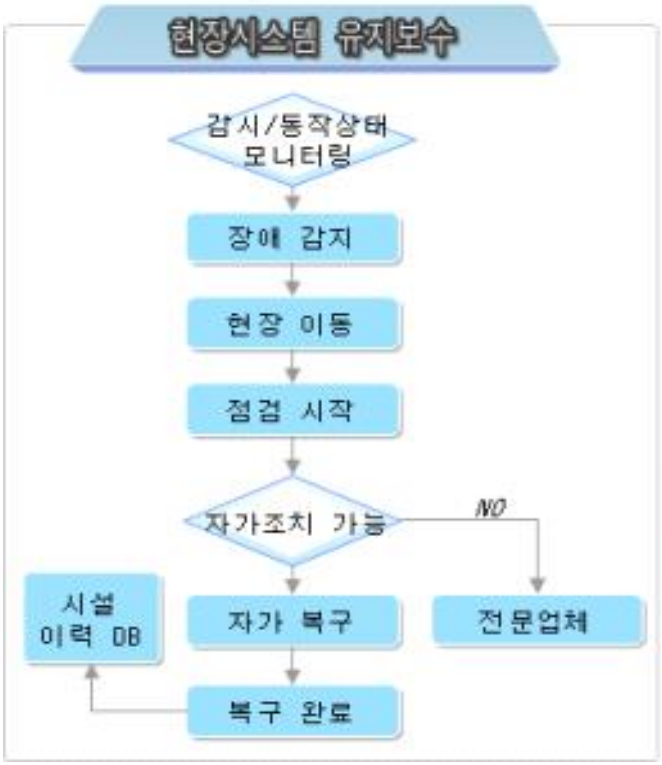
가) 상황별(평상 시, 데이터 누락 시, 자율주행자동차 결함발생 시, 인프라 결함발생 시, 사고발생 시 등) 통합운영센터 대응 시나리오 설정

나) 통합 운영 센터 장비 오류, 전기 · 통신 장애 등 발생 시 현장 점검 및 복구



<그림 112> 통합 운영 센터 유지보수 체계도

다) Test-Bed 인프라의 전기 · 통신 두절 등 장애 시 현장점검 및 복구



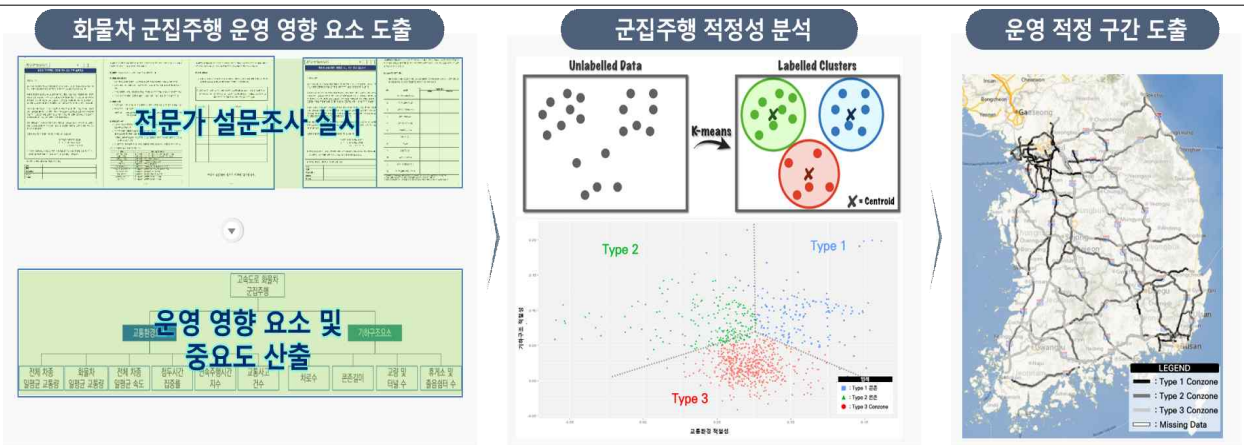
<그림 113> Test-Bed 인프라 유지보수 체계도

○ (아주대학교) 전용/일반차로 군집 운영 및 지원방안 수립

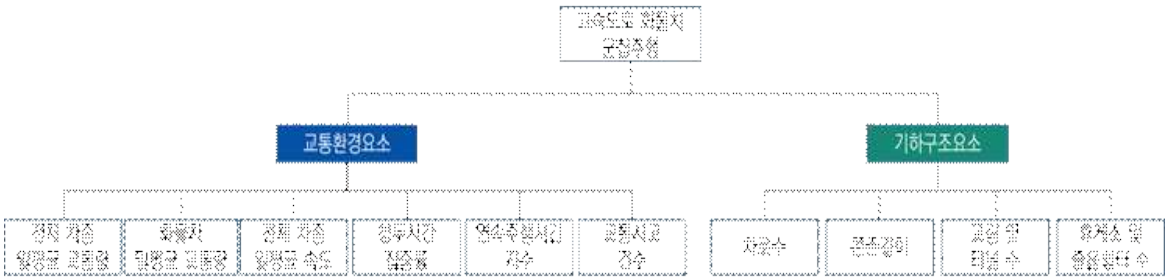
구 분	2차년도	3차년도	4차년도
① 고속도로 환경 분석	고속도로 운영 적정구간 분석	미시교통시뮬레이션 기반 운영 효과 분석 / 기하구조 설계기준 개선 방향 도출	-
② 군집주행 지원 방안 도출	-	법·제도 개선 필요사항 도출	군집주행 지원방안 수립을 위한 시나리오 도출

① 고속도로 환경분석

- 군집주행을 위한 도로 네트워크 분석
  - 화물차 군집주행에 적합한 차종 및 화물 종류 검토
    1) 적정 차종 : 차종의 경우 「자동차관리법」, 「자동차관리법 시행규칙」에 의해 규모 및 유형에 따라 구분되며, 낙하물 위험에 따라 밴형 화물차가 가장 적절한 것으로 판단됨
    2) 적정 화물 : 화물의 경우 한국표준산업분류의 7개 기준 32개 세부품목으로 구분되어 크게 고체류와 액체류 화물로 구분할 수 있으며, 액체류 화물의 경우 차량 정지거리등의 차량 다이나믹스에 영향을 줄 수 있어 부적절한 것으로 판단됨
  - 고속도로 화물차 군집주행 운영 적정 구간 선정 : 화물차 군집주행으로 인한 정체 개선, 연료 절감 등의 효과는 도로 조건 및 교통상황에 따라 다를 것으로 예상됨. 고속도로를 대상으로 군집주행의 효과가 잘 나타날 것으로 예상되는 운영 적정 구간을 선정하고자 함



1) 화물차 군집주행 운영 영향 요소 도출 및 중요도 산정 : 자율주행자동차, 교통운영 등 관련 분야 전문가 설문조사 및 APH 분석을 통해 화물차 군집주행 운영에 영향을 주는 요소 및 중요도를 산정함



<그림 114> 고속도로 화물차 군집주행 영향 요소

[표 72] 화물차 군집주행 영향 요소 가중치 산정 결과

구 분	요소	가중치
교통환경	전체 차종 일평균 교통량	0.057
	화물차 일평균 교통량	0.160
	전체 차종 일평균 속도	0.039
	첨두시간 집중률	0.072
	연속주행시간 지수	0.078
	교통사고 건수	0.104
기하구조	차로수	0.186
	콘존길이	0.172
	교량 및 터널 수	0.051
	휴게소 및 졸음쉼터 수	0.081

2) 콘존 단위 데이터 수집 : 도출된 요소들에 대한 데이터를 고속도로 콘존(Congestion zone, Conzone) 단위로 수집 및 가공

※ 콘존은 고속도로 구간을 IC, JC, TG 등을 시종점으로 하여 구간 내 교통량이 일정하도록 분류한 구간을 뜻함

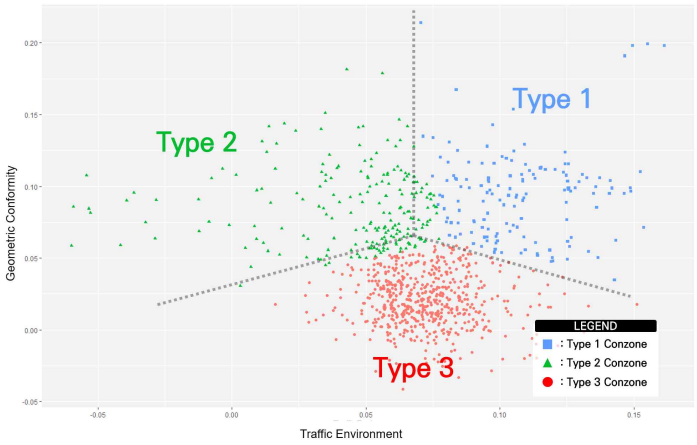
콘존ID	통정방향구분	콘존명	교통량	화물차교통량	속도	첨두시간교통량	첨두시간집중률	연속주행시간	교통사고건수	차로수	콘존길이	교량	터널	졸음쉼터	휴게소
0010CZE010	E	구서IC-영락IC	39050	7980	64.50568627	9741	0.25	0.8	0	3	1820	0	0	0	0
0010CZE011	E	영락IC-부산TG	39050	7980	77.54697479	9741	0.25	0.3	0	3	1990	0	0	0	0
0010CZE020	E	부산TG-노포	39050	7980	70.94610644	9741	0.25	0.3	0	3	1070	1	0	0	0
0010CZE030	E	노포IC-노포JC	38986	8071	77.94988796	10155	0.26	0.5	0	3	7780	0	0	0	0
0010CZE040	E	양산JC-양산IC	43617	12078	96.2922409	10583	0.24	2.2	0	4	5080	0	0	0	0
0010CZE050	E	양산IC-통도사HI	37744	13738	82.16252101	7843	0.21	6	1	3	14110	0	0	0	0
0010CZE060	E	통도사IC-서울산IC	31294	12573	83.5187395	6568	0.21	3.5	2	3	6430	0	0	1	0
0010CZE070	E	서울산IC-언양JC	29179	10486	90.42129282	6174	0.21	1.4	2	3	1630	1	0	0	0

<그림 115> 콘존 단위 분석데이터 예시

3) 콘존 단위 적합성 평가 및 유형화 : 콘존 단위 데이터와 데이터별 가중치를 통해 교통환경 및 기하

구조 적합성을 평가하였으며, K-means 클러스터링을 통해 전체 콘존을 3가지 유형으로 유형화 함

* 유형 1 : 교통환경과 기하구조 모두 고속도로 화물차 군집주행 운영에 적합
* 유형 2 : 기하구조는 적합하지만 교통환경이 부적절
* 유형 3 : 고속도로 화물차 군집주행 운영을 위해 추가적인 시설 및 설계의 검토가 필요



교통환경 적합성 점수 = −0.057×교통량 + 0.160×교통량화물차 +0.039×속도 + 0.072×첨두시간집중률 − 0.078×연속주행시간지수 − 0.104×교통사고건수

기하구조 적합성 점수 = 0.186×차로수 + 0.172×콘존길이 − 0.051×교량 및 터널 수 − 0.081× 휴게소 및 졸음쉼터 수

<그림 116> K-means 클러스터링을 통한 콘존 군집화 결과

4) 구간 단위 확장 : 군집주행 운영 효율을 고려하여 유형 1의 군집주행 적합 콘존을 아래의 기준을 적용 및 통합하여 구간 단위로 확장하였음

* 기준 1 : 유형 1의 콘존이 3개 이상 연속
* 기준 2 : 유형 2의 콘존 인근에 물류단지 혹은 산업단지가 존재하는 경우
* 기준 3 : 유형 1 콘존 사이에 포함된 유형 2 콘존이 존재하는 경우

[표 73] 군집주행 운영 적정 구간 선정 결과

노선	노선길이(km)	구간	방향	구간길이(km)
경부선	431.50	노포IC - 서울산IC	서울	33.40
		천안IC - 신갈JC	서울	54.82
남해선	171.99	동창원IC - 김해JC	순천	22.40
서해안선	340.60	당진IC - 안산JC	서울	61.62
구리포천선	89.20	구리IC - 소흘JC	포천	30.52
중부선	117.19	동서울TG - 안성IC	하남	7.62
평택제천선	126.91	서평택JC - 안성IC	제천	23.70
		안성IC - 서평택JC	평택	23.70
영동선	243.7	안산JC - 양지IC	강릉	43.37
		서안산IC - 서창JC	인천	11.98
		여주JC - 덕평IC	인천	20.72
서울외곽순환선	128.00	판교JC - 청계TG	외측	90.94
		청계TG - 판교JC	내측	90.94
제2경인선	49.55	문학IC - 안현JC	성남	9.09

- 전용/혼용차로 군집주행 운영전략 및 안전성 향상을 위한 위험관리 방안 도출

• 효율적이고 안전한 군집주행 운영을 위한 운영전략 및 위험관리 방안을 가이드라인의 형태로 도출함
• 고속도로 화물차 군집주행 운영 가이드라인은 '군집주행 운영 구간의 지정 및 해제', '군집주행 운영

구간의 안내', '정보 및 자료의 제공', '군집주행 금지 상황', '사고 발생 시 조치 방법', '군집의 관리 방법 및 기준'과 같은 항목에 대한 내용을 포함

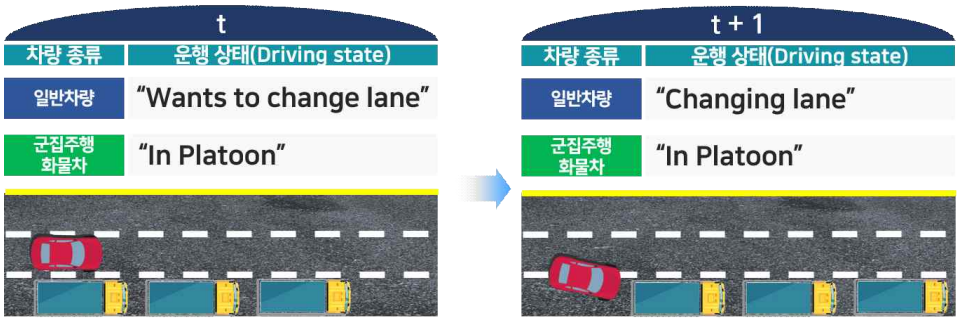


<그림 117> 고속도로 화물차 군집주행 운영 가이드라인 구성

- 시뮬레이션을 통한 운영 효과 분석
  - 미시교통시뮬레이션을 이용하여 교통상황별 군집주행 운영 효과에 영향을 주는 요인을 분석하였음
  - 이를 위해 미시교통시뮬레이션 프로그램 VISSIM을 이용하여 화물차 군집주행의 효과를 평가하기 위한 분석 프로그램을 구축함
    * 운영 효과를 평가하기 위한 지표로는 평균통행속도, 통행시간 등의 이동성지표와 차량궤적 데이터를 이용한 상충건수를 산출할 수 있음
    * 추가적으로 군집주행의 특성을 고려하기 위해 화물차 군집주행 대열로 인한 차로변경의 어려움을 정량화한 '차로변경방해' 지표를 개발함



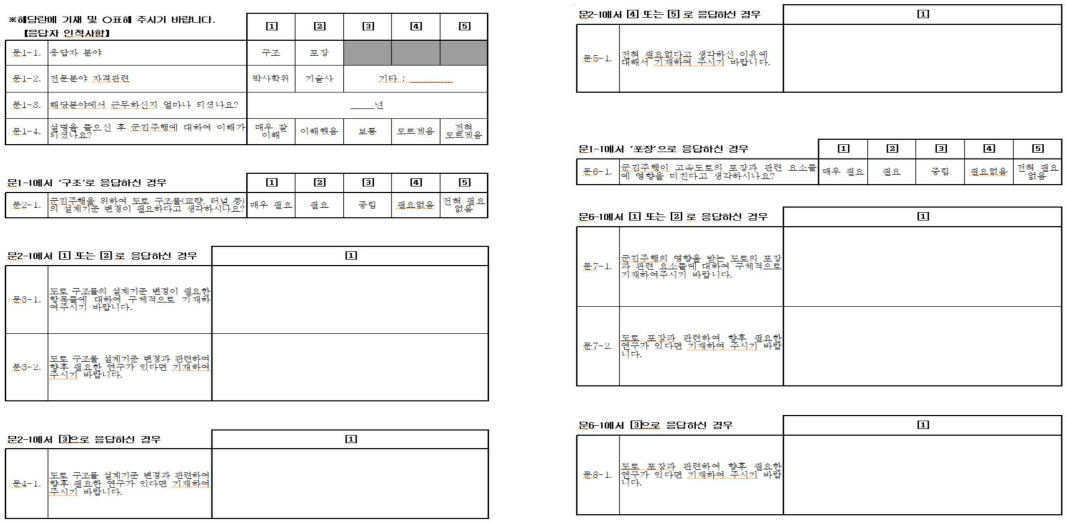
<그림 118> VISSIM을 활용한 화물차 군집주행 시뮬레이션 효과 분석 프로그램



<그림 119> 차로변경방해 개념도

- 군집주행을 위한 기하구조 개선 방향 도출
  - 화물차 군집주행의 짧은 차간간격, 선행 차량 추종 등의 주행 특성은 기존 도로 포장 및 구조물에 영향을 끼칠 수 있어 이에 대한 고려가 필요함,
  - 이를 위해 고속도로 구조물 및 포장 전문가 대상 설문조사를 통해 해당 분야의 기하구조 개선 및 설계 기준 개선 필요 요소를 도출함

1) 구조물 분야 : 구조물 분야의 경우 대표적으로 교량 등의 설계 활하중의 재검토가 필요 요소로 도출
2) 포장 분야 : 포장 분야의 경우 횡방향 주행이격 감소로 인해 발생되는 현상에 관한 검토가 필요



<그림 120> 화물차 군집주행을 위한 도로 구조 및 포장 전문가 설문조사지

[표 74] 기존 설계기준 개선을 위한 검토 필요 항목

구분	검토 필요 항목	
구조물	• 설계 활하중 • 피로하중 모형	• 충격계수 • 다차로 재하계수
포장	• 횡방향 주행이격 감소 영향 • 포장 하부 기층 설계기준	• 아스팔트 밀림현상 • 아스팔트 러팅현상

② 군집주행 지원 방안 도출

- 군집주행 지원 제도 개선 방안 도출
  - 군집주행을 비롯한 자율주행 등의 신기술은 기존 법·제도 체계와 상충되는 문제가 발생할 수 있음
  - 이와 관련하여 군집주행 기술의 성공적인 도입, 원활한 운영을 위해 필요한 법·제도 개선 사항을 도출하였음
  - 법·제도 개선 상항은 크게 기준 규제에 대한 예외 조항과 기술의 특성을 고려한 신규 규제 필요 사항으로 구분함

1) 기존 규제 예외 조항 신설 : 「도로교통법」 제19조(안전거리 확보 등)과 「도로교통법」 제46조(공동위험행위의 금지)에 대한 개선이 필요한 것으로 나타남

*「도로교통법」 제19조(안전거리 확보 등) : 1항의 내용과 관련하여 군집주행 차량에 관한 예외 조항 추가 필요

도로교통법 제19조(안전거리 확보 등)

○ (근거법령) 도로교통법 제19조 1항

○ (법령 상 조문) ① 모든 차의 운전자는 같은 방향으로 가고 있는 앞차의 뒤를 따르는 경우에는 앞차가 갑자기 정지하게 되는 경우 그 앞차와의 충돌을 피할 수 있는 필요한 거리를 확보하여야 한다.

○ (소관부처) 경찰청 교통기획계(법제총괄)

*「도로교통법」 제46조(공동위험행위의 금지 등) : 군집주행의 경우 도로용량 증대, 안전성 향상 등을 목적으로 하여 '정당한 사유'에 해당 함의 명시가 필요

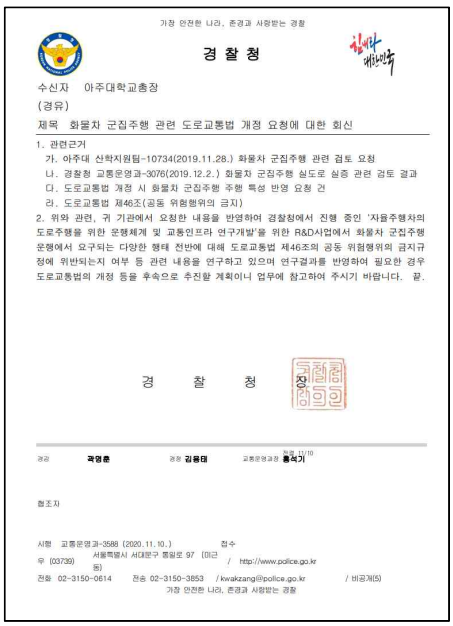
도로교통법 제46조(공동 위험행위의 금지)

○ (근거법령) 도로교통법 제46조 1항

○ (법령 상 조문) ① 자동차등의 운전자는 도로에서 2명 이상이 공동으로 2대 이상의 자동차등을 정당한 사유 없이 앞뒤로 또는 좌우로 줄지어 통행하면서 다른 사람에게 위해를 끼치거나 교통상의 위험을 발생하게 하여서는 아니 된다.

○ (소관부처) 경찰청 교통기획계(법제총괄)

* 관련 사항에 대하여 경찰청 등의 소관부처에 정책제안을 접수하였음



가장 안전한 나라, 존경과 사랑받는 경찰

경 찰 청

수신자 아주대학교총장
(경유)
제목 화물차 군집주행 관련 도로교통법 개정 요청에 대한 회신

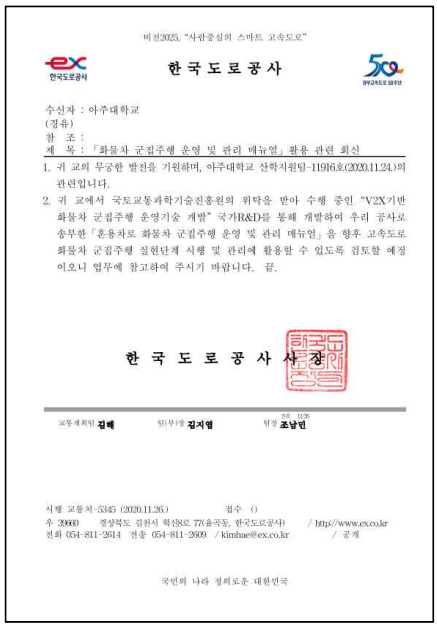
1. 관련근거
가. 아주대 산학지원팀-10734(2019.11.28.) 화물차 군집주행 관련 검토 요청
나. 경찰청 교통운영과-3076(2019.12.2.) 화물차 군집주행 실도로 실증 관련 검토 결과
다. 도로교통법 개정 시 화물차 군집주행 주행 특성 반영 요청 건
라. 도로교통법 제46조(공동 위험행위의 금지)
2. 위와 관련, 귀 기관에서 요청한 내용을 반영하여 경찰청에서 진행 중인 '자율주행차의 도로주행을 위한 운행체계 및 교통인프라 연구개발'을 위한 R&D사업에서 화물차 군집주행 운행에서 요구되는 다양한 형태 전반에 대해 도로교통법 제46조의 공동 위험행위의 금지규정에 위반되는지 여부 등 관련 내용을 연구하고 있으며 연구결과를 반영하여 필요한 경우 도로교통법의 개정 등을 후속으로 추진할 계획이니 업무에 참고하여 주시기 바랍니다. 끝.

경 찰 청 장

협조자

시행 교통운영과-3588 (2020.11.10.) 접수
우 (03739) 서울특별시 서대문구 통일로 97 (미근동)
전화 02-3150-0614 전송 02-3150-3853 / kwakzang@police.go.kr / 비공개(5)

가장 안전한 나라, 존경과 사랑받는 경찰



비전2025, "사람중심의 스마트 고속도로"

한국도로공사

수신자 : 아주대학교
(경유)
참 조 :
제 목 : 「화물차 군집주행 운영 및 관리 매뉴얼」 활용 관련 회신

1. 귀 교의 무궁한 발전을 기원하며, 아주대학교 산학지원팀-11916호(2020.11.24.)의 관련입니다.
2. 귀 교에서 국토교통과학기술진흥원의 위탁을 받아 수행 중인 "V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 개발" 국가R&D를 통해 개발하여 우리 공사로 송부한 「혼용차로 화물차 군집주행 운영 및 관리 매뉴얼」을 향후 고속도로 화물차 군집주행 실현단계 시행 및 관리에 활용할 수 있도록 검토할 예정이오니 업무에 참고하여 주시기 바랍니다. 끝.

한 국 도 로 공 사 사 장

시행 교통처-5345 (2020.11.26.) 접수 ()
우 28660 경상북도 김천시 혁신8로 77(율곡동, 한국도로공사) / http://www.ex.co.kr
전화 054-811-2614 전송 054-811-2909 / kimhae@ex.co.kr / 공개

국민의 나라 정의로운 대한민국

<그림 121> 군집주행 관련 법·제도 개선을 위한 정책제안

※ 군집주행 운영기술 상용화를 위한 선결사항

- 군집주행 운영기술 상용화를 위한 법·제도적 선결사항으로서 도로교통법, 화물자동차 운수사업법, 자율 군집주행관련 보험제도 등이 있음. 관련제도는 경찰청, 보험연구원 등에서 제·개정을 위한 검토를 진행하고 있음

* 「화물자동차 운수사업법 시행규칙」 제22조(운수종사자의 준수사항) : 휴게시간 없이 2시간 연속운행 시 15분 이상의 휴게시간을 가져야 하나 군집주행 운전자의 경우 이러한 제도를 완화하여 적용할 필요가 있으며, 적정 완화 수준 및 기준의 합리성 등에 대한 연구가 필요함
* 자율주행자동차 보험은 보험연구원을 통해 보험제도에 대한 연구가 진행되고 있으며, 현재 레벨3 법인용 자율주행자동차에 대한 보험상품이 출시되어 있음. 보험사에서는 개인용 자율주행자동차에 대한 보험상품은 2022년에 출시할 계획이고 향후 미래 모빌리티에 대한 레벨4 이상의 자율주행자동차에 대한 보험제도 연구가 있을 예정임. 따라서 동 연구과제에서 다루고 있는 군집주행에 대한 보험제도도 관련 연구를 통해 반영될 것으로 전망됨

2) 신규 규제 추가 필요 사항 : 화물차 군집주행의 운영과 관련하여 군집주행 '선두/추종차량 운전자격 신설', '군집주행 차량 요건 신설'과 같은 신규 규제가 필요

* 군집주행 선두/추종 차량 자격 신설 : 기존 법을 기준으로 군집주행 화물차 운전을 위해 「도로교통법」의 차종에 관한 운전면허와 「화물자동차 운수사업법」의 화물운송종사 자격의 두 가지 자격이 필요하나, 향후 군집주행 선두차량 및 추종차량에 관한 기본적인 교육 및 운전에 필요한 사항을 면허 및 자격시험의 형태로 포함시킬 필요하 있음
* 군집주행 차량 요건 신설 : 자율차의 경우 「자동차 및 자동차 부품의 성능과 기준에 관한 규칙」 및 시행세칙을 통해 안전기준과 성능 시험방법이 존재하며, 화물차 군집주행 또한 안전기준 및

시행세칙의 제정이 필요

* 운전자 상태 실시간 모니터링 요건 : 본 연구의 군집주행 기술은 SAE LV2 수준에 해당하여 범위에 해당하지 않지만 향후 SAE LV3 단계에 해당하는 차량 개발 시 「부분 자율주행시스템의 안전기준」과 같이 군집주행 차량 또한 운전자 모니터링에 대한 운전조작 가능여부 감지, 운전자 착석여부 등에 대한 경고 등의 성능 기준이 필요할 것으로 판단됨



<그림 97> 화물차 군집주행 관련 신규 규제 추가 필요 사항

- 시뮬레이션을 통한 운영 효과 분석

• 미시교통시뮬레이션을 이용하여 교통상황별 군집주행 운영 효과에 영향을 주는 요인을 분석하였음

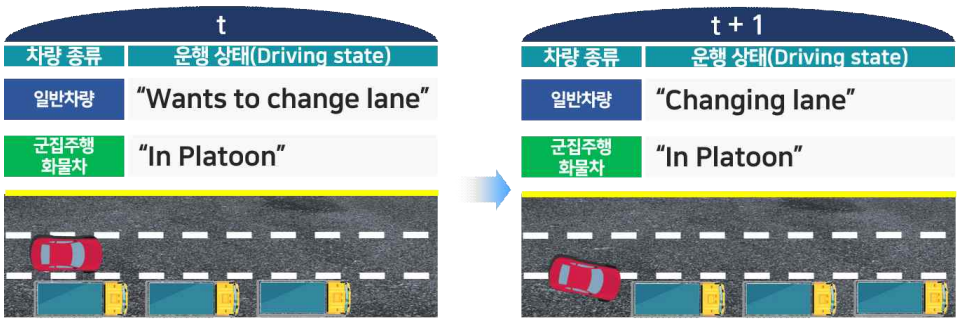
• 이를 위해 미시교통시뮬레이션 프로그램 VISSIM을 이용하여 화물차 군집주행의 효과를 평가하기 위한 분석 프로그램을 구축함

* 운영 효과를 평가하기 위한 지표로는 평균통행속도, 통행시간 등의 이동성지표와 차량궤적 데이터를 이용한 상충건수를 산출할 수 있음

* 추가적으로 군집주행의 특성을 고려하기 위해 화물차 군집주행 대열로 인한 차로변경의 어려움을 정량화한 '차로변경방해' 지표를 개발함



<그림 123> VISSIM을 활용한 화물차 군집주행 시뮬레이션 효과 분석 프로그램



<그림 124> 차로변경방해 개념도

- 군집주행 도입으로 인한 효과 분석

• 군집주행 기술의 경우 현재 개발이 진행 중인 특성에 따라 여러가지 환경 및 조건에 따라 발생되는 효과가 달라질 수 있어 다양한 기존 연구 결과를 통합하여 객관화 및 일반화된 결론의 도출이 가능한 메타 분석(Meta-analysis)를 통해 기존 군집주행의 도입으로 인한 효과를 분석하였음

* 도로용량 개선 : 군집주행 도입 시 도로용량이 약 13.93% 증가하는 효과가 있을 것으로 분석됨
* 상충 감소 : 화물차 군집주행으로 인해 약 38.76%의 상충이 감소하는 효과가 예상됨
* 연료소비량 감소 : 군집주행 기술 도입 시 약 8.13%의 연료소비 절감 효과가 나타날 것으로 분석됨

• 메타 분석 결과를 바탕으로 화물차 군집주행 기술 도입으로 예상되는 사회적 편익을 산출함
* 군집주행 기술은 고속도로에서 발생하는 교통사고 중 졸음 · 주시태만으로 인해 발생하는 사고의 방지 및 경감에 기여할 것으로 예상됨
* 2019년 기준 고속도로 화물차와 관련하여 발생한 사망자수는 91명으로 교통사고 사망으로 발생되는 사고처리비용은 약 7.58억원/인으로 약 323.98억원의 편익이 발생할 것으로 예상됨

- 군집주행 지원방안 수립을 위한 시나리오 도출

• 군집주행 운영 관련요소와 교통상황 요소의 조합을 통해 총 1,440가지의 시나리오를 도출함
* 군집주행 운영 관련 요소 : 군집 내 차량 수, 군집 내 간격, 군집 간 간격, 시장점유율
* 교통상황 관련 요소 : 교통량, 램프 진출입 비율, 화물차 비율, 속도

[표 75] 미시교통 시뮬레이션 조건별 범위

구분		범위					
		1	2	3	4	5	6
군집주행 관련 요소	군집 내 차량 수	2	3	4	5	-	-
	군집 내 간격	0.09s(2m)	0.18s(4m)	0.27s(6m)	0.36s(8m)	0.45s(10m)	0.5s(12.5m)
	군집 간 간격	50m	100m	-	-	-	-
	시장점유율	0%	25%	50%	75%	100%	-
교통상황 관련 요소	교통량	LOS A	LOS B	LOS C	LOS D	LOS E	LOS F
	램프 진출입 비율	20%					
	화물차 비율	27.7%					
	속도	일반차 : 100km/h , 화물차 : 80km/h					

• 시나리오별 미시교통시뮬레이션 분석을 통해 고속도로 화물차 군집주행 운영 시사점을 도출함
* 교통상황별 군집주행 운영 관련 요소와 효과평가 지표사이의 상관관계를 분석함
* 분석 결과를 통해 교통량이 현저히 적거나 과도하게 많은 경우 군집주행의 효율이 크지 않으며, 특히 LOS F의 경우 군집주행 비율이 증가할수록 평균통행속도가 크게 감소하여 교통상황별 최적 운영 방법의 개발이 필요함

[표 76] 군집주행 운영 조건별 효과평가 지표와의 상관분석 결과

교통량	군집주행 운영조건	평균통행속도	차로변경방해건수	진출입구간 차로변경방해건수
LOS A	군집 내 차량 수	-0.12	-0.17	0.14
	군집 내 간격	0.07	-0.02	0.03
	군집 간 간격	-0.05	-0.12	0.1
	시장점유율	-0.44	0.75	-0.02
LOS B	군집 내 차량 수	0.12	-0.19	0.23
	군집 내 간격	-0.2	-0.03	-0.17
	군집 간 간격	-0.05	-0.21	0.08
	시장점유율	-0.25	0.78	0.09
LOS C	군집 내 차량 수	0.59	-0.19	0.26
	군집 내 간격	-0.14	-0.04	-0.06
	군집 간 간격	-0.36	0.09	0.00
	시장점유율	-0.4	0.82	0.47
LOS D	군집 내 차량 수	0.38	-0.27	0.11
	군집 내 간격	-0.20	0.1	-0.08
	군집 간 간격	-0.14	-0.28	-0.21
	시장점유율	-0.39	0.86	0.43
LOS E	군집 내 차량 수	0.38	0.04	0.01
	군집 내 간격	-0.06	0.43	0.42
	군집 간 간격	-0.35	0.17	0.06
	시장점유율	-0.49	0.75	0.60
LOS F	군집 내 차량 수	-0.01	0.08	0.29
	군집 내 간격	-0.25	0.17	0.21
	군집 간 간격	-0.08	-0.28	-0.26
	시장점유율	-0.87	0.58	0.47

(2) 정량적 연구개발성과

[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

구분		최초목표		수정목표		최종달성	
과학적 성과	논문	비SCIE	SCIE	비SCIE	SCIE	**비SCIE**	**SCIE**
		–	–	–	2	–	**3건**
	학술발표	7건		7건		**12건**	
기술적 성과	특허	출원	등록	출원	등록	**출원**	**등록**
		9건	–	9건	5건	**15건**	**5건**
	소프트웨어	–		–		–	
	표준화	–		–		**–**	
경제적 성과	시제품	12건		12건		**13건**	
	사업화	–		–		–	
사회적 성과	정책제안	–		–		**–**	
	전문 연구 인력	–		–		**26명**	

[과학적 성과]

○ 논문 : SCIE 3건 달성으로 최초목표 대비 초과달성

– 적극적인 연구활동으로 당초 계획되지 않았던 SCIE 논문 게재 달성

○ 학술발표 : 당초 목표 7건 대비 12건 발표로 최초목표 대비 초과달성

[기술적 성과]

○ 특허 : 특허출원 15건, 특허등록 5건 달성으로 최초목표 대비 초과달성

[경제적 성과]

○ 시제품 : 당초 목표 12건 대비 13건 제작하여 최초목표 대비 1건 초과달성

[사회적 성과]

○ 전문 연구 인력 : 박사급 전문 연구 인력 4명 양성, 석사급 전문 연구 인력 22명 양성

[2세부 : 자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발]

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">구분</th><th colspan="2">최초목표</th><th colspan="2">수정목표</th><th colspan="2">최종달성</th></tr>
<tr><td>비SCIE</td><td>SCIE</td><td>비SCIE</td><td>SCIE</td><td>비SCIE</td><td>SCIE</td></tr>
<tr><td rowspan="4">과학적 성과</td><td rowspan="2">논문</td><td>8건</td><td>-</td><td>10건</td><td>1건</td><td>10건
(게재예정 : 1건)
(심사중 : 1건)</td><td>2건
(심사중 : 1건)</td></tr>
<tr><td colspan="2">11건</td><td colspan="2">11건</td><td colspan="2">18건</td></tr>
<tr><td rowspan="2">특허</td><td>출원</td><td>등록</td><td>출원</td><td>등록</td><td>출원</td><td>등록</td></tr>
<tr><td>3건</td><td>-</td><td>5건</td><td>2건</td><td>7건</td><td>3건</td></tr>
<tr><td rowspan="3">기술적 성과</td><td>소프트웨어</td><td colspan="2">16건</td><td colspan="2">23건</td><td colspan="2">23건</td></tr>
<tr><td>표준화</td><td colspan="2">2건</td><td colspan="2">2건</td><td colspan="2">2건</td></tr>
<tr><td rowspan="2">경제적 성과</td><td>시제품</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">1건</td></tr>
<tr><td>사업화</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">3건</td></tr>
<tr><td rowspan="2">사회적 성과</td><td>정책제안</td><td colspan="2">2건</td><td colspan="2">2건</td><td colspan="2">2건</td></tr>
<tr><td>전문 연구 인력</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">-</td><td colspan="2">1명</td></tr>
</table>

[과학적 성과]

○ 논문 : 비SCIE 10건(게재예정 1건, 심사중 1건), SCIE 2건(심사중 1건) 달성으로 최초목표 대비 초과달성
- 적극적인 연구활동으로 당초 계획되지 않았던 SCIE 논문 게재 달성

○ 학술발표 : 당초 목표 11건 대비 18건 발표로 최초목표 대비 초과달성

[기술적 성과]

○ 특허 : 특허출원 7건, 특허등록 3건 달성으로 최초목표 대비 초과달성
- 적극적인 연구활동으로 당초 계획되지 않았던 특허등록 3건 달성

○ 소프트웨어 : 당초 목표 16건 대비 23건 등록으로 최초목표 대비 초과달성

○ 표준화 : 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스를 위한 군집 메시지 등 2건 표준인증

[경제적 성과]

○ 시제품 : 당초 목표 0건 대비 1건 제작으로 제안서 대비 초과달성

○ 사업화 : 연구개발성과 조기 사업화 3건으로 170,773천원 매출달성

[사회적 성과]

○ 정책제안 : 경찰청 등에 정책제안 2건 달성

○ 전문 연구 인력 : 박사급 전문 연구 인력 1명 양성

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

[과학적 성과]

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	AUTOSAR Runnable Periods Optimization forDAG-Based Complex Automobile Applications	applied sciences	최대호, 김태욱	10	-	MDPI	SCIE	2020. 8.23	ISSN 2076 - 3417	100%
2	A Novel Path Planning Algorithm for Truck Platooning Using V2V Communication	sensors	이용기, 안태원	20	-	MDPI	SCIE	2020. 12.08	ISSN 1424 - 8220	100%
3	CarFree: Hassle-Free Object Detection Dataset Generation Using Carla Autonomous Driving Simulator	applied sciences	장재성, 이현규	12	-	MDPI	SCIE	2021. 12.28	ISSN 2076 - 3417	100%

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2018 한국ITS학회 추계학술대회	V2V 통신 컨셉에 따른 군집주행 종방향 제어 성능 비교	한가람	2018.11.02	부산 경성대학교	대한민국
2	2019 한국정보과학회 KCC 학술대회	트럭 군집주행을 위한 동적 ROI (Region Of Interest) 기반 차선인지	김태욱	2019.06.28	제주 국제 컨벤션센터	대한민국
3	2019 한국ITS학회 추계학술대회	V2V 통신 기반 화물차 군집주행 운영기술 개발	이용기	2019.11.14 ~ 2019.11.15	강릉 세인트존스 호텔	대한민국
4	2019 한국자동차공학회 추계학술대회	화물차 군집주행을 위한 인지 시스템	김태욱	2019.11.22	경주 화백 컨벤션센터	대한민국
5	RTSS 2020 41st IEEE Real-Time Systems Symposium	R-TOD: Real-Time Object Detector with Minimized End-to-End Delay for Autonomous Driving.	장원석	2020.12.01 ~ 2020.12.04	온라인	-

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
6	2020 20th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2020)	Camera and Radar based Perception System for Truck Platooning	김태욱	2020.10.13 ~ 2020.10.16	부산 BEXCO	대한민국
7	2020 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회	군집주행을 위한 센서 퓨전 기반 객체검출	지민구	2020.11.18. ~ 2020.11.21	제주 신화월드	대한민국
8	2020 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회	트럭 군집주행 Use-case에 따른 가변 차간거리 제어 기술 개발	허강산	2020.11.18 ~ 2020.11.21	제주 신화월드	대한민국
9	2021 한국자동차공학회 춘계학술대회 및 전시회	국내 화물차 군집주행 실증 연구 : TROOP Project	이용기	2021.06.23 ~ 2021.06.26	온라인	-
10	2021 한국컴퓨터 종합학술대회	트럭 군집주행의 V2V 통신 장애 검출	최인	2021.06.23 ~ 2021.06.25	ICC 제주 & 씨에스호텔 & 온라인	대한민국
11	2021 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회	V2V통신 기반 군집대열의 자동차로 변경방법 연구	김유래	2021.11.17 ~ 2021.11.20.	여수 엑스포 컨벤션센터	대한민국
12	2021 IEEE 24th International Symposium On Real-Time Distributed Computing (ISORC 2021)	Energy-Efficient Adaptive System Reconfiguration for Dynamic Deadlines in Autonomous Driving	김태욱	2021.06.01 ~ 2021.06.03	온라인	-

□ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호
-	-	-	-	-

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도
-	-	-	-	-

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	차량의 군집주행 제어 장치 및 그 방법	대한민국	현대자동차주식회사	2018.11.15	10-2018-0140868	-	-	-	100%	-
2	특허	화물차 군집주행을 위한 횡방향 제어 모드 결정 방안	대한민국	박기홍, 이용기	2019.12.30	10-2019-0178026	-	-	-	100%	-
3	특허	차량의 군집주행 정보 출력 장 및 방법	대한민국	현대자동차주식회사	2019.04.10	10-2019-0042110	-	-	-	100%	-
4	특허	군집주행 중 긴급상황 시 트레일러의 차선 유지 제어 방안	대한민국	현대자동차주식회사	2019.09.18	10-2019-0114877	-	-	-	100%	-
5	특허	차량용 클러스터 장치 및 제어 방법	대한민국	주식회사 아이노즈	2019.08.14	10-2019-0099805	-	-	-	100%	-
6	특허	종단간 지연을 최소화하기 위한 객체검출 장치 및 방법, 그리고 이를 이용한 첨단 운전자 보조장치	대한민국	김종찬, 장원석	2020.11.6	10-2020-0148121	-	-	-	100%	-
7	특허	군집주행 제어 장치 및 방법	대한민국	현대자동차주식회사	2020.09.8	10-2020-0114823	-	-	-	100%	-
8	특허	차량용 디지털 클러스터 및 그 제어 방법	대한민국	주식회사 아이노즈	2020.06.26	10-2020-0078591	김재철, 최재영	2021.5.21	제10-2257393호	100%	-
9	특허	화상디자인이 표시된 자동차용 클러스터	대한민국	주식회사 아이노즈	2020.06.15	30-2020-0026856	-	-	-	100%	-
10	특허	APPARATUS AND METHOD FOR CONTROLLING STEERING OF PLATOONING VEHICLE	미국	현대자동차주식회사	2018.11.07	10-2018-0136086	HYUNDAI MOTOR COMPANY	2021.05.18	US 11007829B2	100%	-
11	특허	군집 주행 제어 장치 및 그의 경로 생성 방법	대한민국	현대자동차주식회사	2021.03.15	10-2021-0033510	-	-	-	100%	-

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
12	특허	군집주행을 위한 차량용 디지털 클러스터	대한민국	모트렉스(주)	2021.04.29	10-2021-0041866	모트렉스(주)	2021.04.30	제10-2249538호	100%	-
13	특허	군집주행 그룹 내 주행간격을 기반으로 이벤트를 안내하는 차량용 디지털 클러스터	대한민국	모트렉스(주)	2021.04.28	10-2021-0041874	모트렉스(주)	2021.04.30	제10-2249541호	100%	-
14	특허	운전 습관 정보 기반으로 이벤트를 안내하는 차량용 디지털 클러스터	대한민국	모트렉스(주)	2021.04.28	10-2021-0041892	모트렉스(주)	2021.04.30	제10-2249542호	100%	-
15	특허	군집주행 차선인지를 위한 슬라이딩 윈도우 보정	대한민국	국민대학교	2021.12.06	10-2021-0172645	-	-	-	100%	-

ㅇ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호
-	-	-	-	-

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
-	-	-	-	-	-	-

□ 표준화

ㅇ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자
-	-	-	-	-	-	-	-

ㅇ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	디지털 클러스터	2021.4	모트렉스	모트렉스	대형트럭용 클러스터	3년	한국자동차 연구원	2021.04.13

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
-	-	-	-	-	-

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
-	-	-	-	-	-	-
합계			-	-	-	-

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			자율주행 대형트럭 개발(현대자동차)		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		5년		
	소요예산(천원)		10,000,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			-	-	60,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	-	50
		국외	-	-	0.1
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		고속도로 등 공로 자율주행 기술 심화 개발 및 물류 배송을 위한 자율주행 대형트럭 차량 개발		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수 출		-	-	-

성과			대형 화물차용 디지털 클러스터 개발(모트렉스)		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3		
	소요예산(천원)		900,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			620,000	3,000,000	12,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	5%	10%
		국외	-	-	2%
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		수소전기트럭용 스마트 스위치 개발 친환경 화물차 전용 디지털 클러스터 개발		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수 출		-	-	-

성과			군집주행 시스템 주행기술 및 평가기술 향상(저먼코리아)		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(천원)		20,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			없음	5,000	10,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	5	20
		국외	-	-	-
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		군집주행 및 자율주행 평가 용역 수주 예정		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수 출		-	-	-

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			-	-	
-	-	-	-	-	-
합계			-	-	-

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	-
		생산인력	-
	개발 후	연구인력	-
		생산인력	-

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
-	-	-	-	-
합계				-

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도	-	-	-	-	-	-	-
기대 목표	-	-	-	-	-	-	-

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)
-	-	-	-	-	-

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/ 수입
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
-	-	-	-	-	-

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용
-	-	-	-	-	-

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)
-	-	-	-	-	-

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
1	국민대학교	2019	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			-	4	-	-	3	1	4	-	-	-	-
2	국민대학교	2020	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			2	7	-	-	9	-	7	1	1	-	-
3	국민대학교	2021	박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
			2	11	-	-	13	-	13	-	-	-	-

□ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용
-	-	-	-	-	-	-

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	전시회 참가	CES 2020	CES 전시회에 디지털 클러스터 전시	2020.1

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
-	-	-	-	-	-	-

[인프라 성과]

□ 연구시설・장비

번호	구축기관	연구시설/연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
1	한국 자동차 연구원	군집주행 시나리오 생성 및 평가 시뮬레이션 SW	RCP & HIL Software	X	ZEUS	NFEC-2019-11-258732	19.06.04	181,214	한국 자동차연구원 (본원)
2	국민 대학교 산학 협력단	군집주행 제어기술 실시간성 검증 제어기	Micro AutoBox II	X	ZEUS	NFEC-2019-09-257872	19.9.20	34,485	국민대학교 산학협력관 3층3호실
3	국민 대학교 산학 협력단	군집주행 제어기술 실시간성 검증 제어기	Micro AutoBox II	X	ZEUS	NFEC-2019-09-257855	19.9.23	34,485	국민대학교 산학협력관 3층3호실

[그 밖의 성과]

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항 (해당없음)

□ 논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	고속도로 교통정보 취득을 위한 프루브 차량 비율 산정 연구	한국ITS학회 학술지	김지원	18(6)	대한민국	한국ITS학회	비SCIE	2019.12.24	1738-0774	100%
2	V2X 기반 군집주행을 위한 적정 화물차 및 품목 선정 기초연구	한국ITS학회 논문지	류승규	19(2)	대한민국	한국ITS학회	비SCIE	2020.03.09	1738-0774	100%
3	Study on the Selection of Sections Applicable to Truck Platooning in the Expressway Network	Sustainability	정하림	12(19)	Switzerland	MDPI	SCIE	2020.09.29	2071-1050	50%
4	고속도로 정체 기준 속도의 적정성 검토 및 개선 연구	한국ITS학회 논문지	이수진	19(5)	대한민국	한국ITS학회	비SCIE	2020.10.02	1738-0774	100%
5	V2I 기반 화물차 군집주행 안전서비스를 위한 시나리오 개발 연구	디지털 콘텐츠학회 논문지	박유경	21	대한민국	사단법인한국 디지털콘텐츠 학회	비SCIE	2020.11.30	1598-2009	100%
6	CVM을 이용한 영동고속도로 버스전용차로 내 친환경차 주행 허가에 대한 가치 추정	한국ITS학회 논문지	김인영	20(2)	대한민국	한국ITS학회	비SCIE	2021.03.24	1738-0774	100%
7	교통류에 영향을 주는 화물차 군집주행 운영 조건 분석	한국ITS학회 논문지	정하림	20(4)	대한민국	한국ITS학회	비SCIE	2021.08.25	1738-0774	100%
8	Order Acceptance Model Based on Order Characteristics in On-Demand Mobiltiy	IEEE ACCESS	김정민	-	미국	IEEE	SCIE	심사중	-	100%
9	메타분석을 이용한 화물차 군집주행의 효과 분석	한국ITS학회 논문지	김예진	-	대한민국	한국ITS학회	비SCIE	게재예정	1738-0774	100%
10	화물차 군집주행 대열 사이를 주행하는 승용차량 운전자 수용성 평가	한국ITS학회 논문지	박현진	21(6)	대한민국	한국ITS학회	비SCIE	2021.12.	1738-0774	100%
11	V2I 기반 군집주행 안전서비스를 위한 시험평가 시나리오 연구	디지털 콘텐츠학회 논문지	박유경	21	대한민국	사단법인한국 디지털콘텐츠 학회	비SCIE	2021.12.	2121-2128	100%

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
12	V2X 기반 화물차 군집주행 안전서비스 시험 시스템	한국통신학회 논문지	구자후	-	-	한국통신학회	비SCIE	심사중	-	100%

.

□ 국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
1	2019년도 한국도로학회 학술대회	V2I 기반 화물차 군집주행 안전서비스 시나리오 개발	최지은	2019.09.20.	부산 벡스코	대한민국
2	2019 한국ITS학회 춘계학술대회	화물차 군집주행 기초자료 수집을 위한 고속축중기 원시데이터 분석	박기연	2019.04.19.	제주한라대학교	대한민국
3	2019 한국ITS학회 춘계학술대회	V2X기반 군집주행을 위한 화물차 및 품목 결정 연구	류승규	2019.04.19.	제주한라대학교	대한민국
4	2019 한국ITS학회 추계학술대회	화물차 군집주행이 도로의 구조 및 포장에 미치는 영향에 대한 조사	정하림	2019.04.19.	강릉세인트존스 호텔	대한민국
5	2019 한국ITS학회 추계학술대회	DTG 데이터를 활용한 화물차 졸음운전 위험구간 분석	백승걸	2019.04.19.	강릉세인트존스 호텔	대한민국
6	2020 대한토목학회 추계학술대회	화물차 군집주행 운영평가를 위한 모의주행환경 구축	박현진	2020.10.22.	제주 신화월드	대한민국
7	2020 대한교통학회 추계학술대회	화물차 군집주행 모의실험환경 구축을 위한 운전자 수용성 평가	이기영	2020.10.30.	강릉세인트존스 호텔	대한민국
8	2020 대한교통학회 추계학술대회	군집주행에서의 센터 기능 정립사례 분석과 시사점	백승걸 이환필	2020.10.30.	강릉세인트존스 호텔	대한민국
9	2020년도 한국ITS학회 추계 학술대회	V2I 기반 군집주행 안전서비스 및 시나리오 개발	박유경	2020.11.19	제주한라대학교	대한민국
10	2020 한국ITS학회 추계학술대회	고속도로 화물차 군집주행 서비스 운영 및 제어권 설정 연구	백승걸 이환필	2020.11.20.	제주한라대학교	대한민국
11	2020 한국ITS학회 추계학술대회	미시교통시뮬레이션을 이용한 고속도로 화물차 군집주행 최적 운영조건 분석	정하림	2020.11.20.	제주한라대학교	대한민국
12	2020 한국ITS학회 추계학술대회	자율주행 윤리 가이드라인 및 딜레마 시나리오 개발	김지원	2020.11.20.	제주한라대학교	대한민국
13	2020 한국ITS학회 추계학술대회	VDS존 데이터를 이용한 중부내륙고속도로의 안전성능함수(SPF) 개발	고우리	2020.11.20.	제주한라대학교	대한민국
14	2021 한국ITS학회 춘계학술대회	교통류에 영향을 주는 화물차 군집주행 운영 요소 분석	이영택	2021.04.23	강릉세인트존스 호텔	대한민국
15	2021 한국ITS학회 춘계학술대회	C-G Method를 이용한 길어깨차로의 교통사고 영향 분석	이요셉	2021.04.23	강릉세인트존스 호텔	대한민국
16	대한토목학회	화물차 군집주행 중 후행 화물차 운전자 수용성 평가를 위한 시나리오 설계	박현진, 조현배, 민선웅, 유지상	2021.10.20	광주김대중 컨벤션센터	대한민국

번호	회의 명칭	발표 내용	발표자	발표 일시	장소	국명
17	대한교통학회	화물차 군집주행 대열 끼어들기(Cut-in)시 화물차 차량 간격과 끼어들기 운전자 심리상태 상관관계 분석을 위한 시나리오 설계	박현진, 박재범, 신기원	2021.11.10	제주혁신 성장센터	대한민국
18	한국자동차공학회	군집주행 안전서비스 제공 유무에 따른 화물차 운전자 심리적 안정감 효과분석	박현진, 박재범, 현석규	2021.11.17	여수엑스포 컨벤션센터	대한민국

□ 기술 요약 정보

번호	연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용 여부	허용방식
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 보고서 원문

번호	연도	보고서 명	발간일	등록 번호
-	-	-	-	-

□ 생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도
-	-	-	-	-

[기술적 성과]

□ 지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신품종, 프로그램)

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
1	특허	자율주행차량에서 LDM을 이용하여 차선기반으로 사각지대에 대한 정보를 제공하는 방법 및 장치	대한민국	웨이즈원 주식회사	2019. 06.28	10-2019-0077500	웨이즈원 주식회사	2020. 03.04	10-2087046	100%	
2	특허	군집주행 서비스를 위한 안내방법	대한민국	전상훈 외 8인	2019. 09.06.	10-2019-0110694	전상훈 외 8인	2021 .02.22.	10-2221017	100%	
3	특허	군집주행 추천방법	대한민국	전상훈 외 8인	2019. 11.29	10-2019-0157216	전상훈 외 8인	2021. 06.01.	10-2261304	100%	
4	특허	ANALYSIS METHOD OF VEHICLE-TO-OBJECT COMMUNICATION SYSTEM AND ANALYSIS SYSTEM USING THE SAME	미국	주식회사 웨이티즈	2019. 09.30	(US) 16/499,629	주식회사 웨이티즈	2021. 12.21	US 11,206,561	50%	
5	특허	V2X 적용 군집주행 차량 이벤트 분석 방법 및 그를 수행하는 분석 시스템	대한민국	주식회사 웨이티즈	2020. 11.30	10-2020-0165193	-	-	-	100	

번호	구분	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원			등록			기여율	활용 여부
				출원인	출원일	출원번호	등록인	등록일	등록번호		
6	특허	군집 주행 환승 방법, 이를 수행하는 서버 및 사용자 어플리케이션	대한민국	전상훈 외 8인	2020. 10.15	10-2020-0133756	-	-	-	100%	
7	특허	차량의 근접에 따른 군집 합류 안내 방법, 이를 수행하는 장치	대한민국	전상훈 외 8인	2020. 10.30	10-2020-0143727	-	-	-	100%	

ㅇ 지식재산권 활용 유형

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	활용 예정	기타
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

□ 저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
1	군집주행 인프라안전SW	2019.10.21.	웨이즈원 주식회사	2019.10.23.	C-2019-029871	웨이즈원 주식회사	100%
2	군집주행 소프트웨어	2019.10.25.	㈜카카오 모빌리티	2019.11.07.	C-2019-032587	㈜카카오 모빌리티	100%
3	군집 매칭 소프트웨어	2019.10.25.	㈜카카오 모빌리티	2019.11.12.	C-2019-032966	㈜카카오 모빌리티	100%
4	군집 길안내 소프트웨어	2019.10.25.	㈜카카오 모빌리티	2019.11.12.	C-2019-032965	㈜카카오 모빌리티	100%
5	자율협력주행 도로시스템용 웨이브(wAVE) 무선통신기반 군집주행 시나리오 전달 기지국 프로그램	2019.11.14.	㈜이씨스	2019.11.14.	C-2019-033449	㈜이씨스	100%
6	군집주행 모니터링 시스템	2019.11.12.	㈜한일 에스티엠	2019.11.22.	C-2019-034672	㈜한일 에스티엠	100%
7	군집주행용 사용자 인터페이스 소프트웨어	2020.09.01.	㈜카카오 모빌리티	2020.11.04.	C-2020-039506	㈜카카오 모빌리티	100%
8	군집주행 관제 시스템	2020.09.23.	㈜카카오 모빌리티	2020.11.04.	C-2020-039505	㈜카카오 모빌리티	100%
9	군집주행 운영 플랫폼	2020.09.25.	㈜카카오 모빌리티	2020.11.04.	C-2020-039507	㈜카카오 모빌리티	100%
10	V2X 군집주행 시스템 로거-PTC 플러그인	2020.09.30.	주식회사 웨이티즈	2020.11.24.	C-2020-044440	주식회사 웨이티즈	100%
11	V2X 군집주행 시스템 로거-PVD 플러그인	2020.09.30.	주식회사 웨이티즈	2020.11.24.	C-2020-044441	주식회사 웨이티즈	100%

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록번호	저작권자명	기여율
12	V2X 군집주행 시스템 로거-TIM 플러그인	2020.09.30.	주식회사 웨이티즈	2020.11.24.	C-2020 -044442	주식회사 웨이티즈	100%
13	Platoon ODDExtra(군집주행 정적운행설계영역 추출기)	2020.10.22.	웨이즈원 주식회사	2020.10.28.	C-2020 -038348	웨이즈원 주식회사	100%
14	Platoon EMC(군집주행 안전서비스 메시지 생성 소프트웨어)	2020.10.22.	웨이즈원 주식회사	2020.10.28.	C-2020 -038349	웨이즈원 주식회사	100%
15	Platoon RWIS(군집주행 도로기상정보 수집 소프트웨어)	2020.10.22.	웨이즈원 주식회사	2020.10.28.	C-2020 -038350	웨이즈원 주식회사	100%
16	고도화된 군집주행 모니터링 시스템	2020.11.04.	㈜한일 에스티엠	2020.11.11.	C-2020 -043370	㈜한일 에스티엠	100%
17	군집주행지원을 위한 웨이브(WAVE) 무선통신기반 기지국 프로그램	2020.09.28.	㈜이씨스	2020.11.12.	C-2020 -041359	㈜이씨스	100%
18	군집주행 지원을 위한 웨이브(WAVE) 무선통신기반 기지국 프로그램	2021.08.11.	㈜이씨스	2021.09.30.	C-2021 -038761	㈜이씨스	100%
19	군집 서비스 정산 어플리케이션	2021.10.8.	㈜카카오 모빌리티	2021.10.26.	C-2021 -042934	㈜카카오 모빌리티	100%
20	가상 TIM 제어 소프트웨어	2021.08.16.	주식회사 웨이티즈	2021.12.1.	C-2021 -052119	주식회사 웨이티즈	100%
21	V2X 군집주행 시험 모니터링 서버	2021.08.16.	주식회사 웨이티즈	2021.12.1.	C-2021 -052118	주식회사 웨이티즈	100%
22	V2X 군집주행 시스템 로거-FV 플러그인	2021.08.16.	주식회사 웨이티즈	2021.12.1.	C-2021 -052120	주식회사 웨이티즈	100%
23	군집주행 모니터링 시스템 현황판	2021.09.2.	㈜한일 에스티엠	2021.11.23.	C-2021 -049657	㈜한일 에스티엠	100%

□ 신기술 지정

번호	명칭	고시일	보호기간	지정번호
-	-	-	-	-

□ 기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증번호		
-	-	-	-	-	-	-

□ 표준화

ㅇ 국내표준

번호	인증구분	인증여부	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류	제안/인증일자
1	ITSK-00119	채택	V2I 기반 화물차 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스 시나리오	ITS 표준총회	한국지능형 교통체계 협회	신규	2020.12.14.
2	ITSK-00128	채택	I2V 기반 화물차 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스를 위한 군집 메시지	ITS 표준총회	한국지능형 교통체계 협회	신규	2021.12.24.

ㅇ 국제표준

번호	표준화단계 구분	표준명	표준기구명	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식	제안자	표준화 번호	제안일자
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작업체명	설치장소	이용분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)
1	V2X 수신 및 정밀 측위 단말	2019.11	주식회사 웨이티즈	LV, FV 차량 (V2I 안전서비스 시험 수행시)	V2X 시험 수행시 정보 수집용	1년	-	-

□ 현장적용

번호	적용기술명	적용일	발주기관명	적용 연구개발기관명	적용현장명(장소)
-	-	-	-	-	-

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료	
					발생 연도	발생액(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 사업화 투자실적

번호	연도	투자 자금 성격*	추가 연구개발 투자(천원)	설비 투자(천원)	기타 투자(천원)	합계(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식	사업화 형태	지역	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
1	자가	신제품 개발	국내 국외	차량용 이더넷 미디어 컨버터	개발 제품 판매	㈜웨이티즈	2,100		2020	5
								490	2020	5
								105	2020	5
								53	2020	5
								105	2020	5
								53	2020	5
								38	2020	5
2	자가	신제품 개발	국내	V2V 드라이빙 테스트 시스템	개발 제품 판매	㈜웨이티즈	55,660	-	2021	5
3	자가	신제품 개발	국내	V2X 기반 군집주행 평가지원시스템	개발 제품 판매	㈜웨이티즈	112,000	-	2021	5

□ 매출 실적(누적)

번호	사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
			국내(천원)	국외(달러)		
1	차량용 이더넷 미디어 컨버터	2020	2,100	844	3,113	매출 금액
2	V2V 드라이빙 테스트 시스템	2021	55,660	-	55,660	매출 금액
3	V2X 기반 군집주행 평가지원시스템	2021	112,000	-	112,000	매출 금액
합계			169,760	844	170,773	

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과			군집주행 운영서비스 플랫폼		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		2		
	소요예산(천원)		2,000,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			-	연 300,000	연 500,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	80	90
		국외	-	-	-
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		화물 차량 관제 시스템, 자율주행 군집 서비스 플랫폼		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수 출		-	-	-

성과			군집차량 안전서비스 시스템SW		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1		
	소요예산(천원)		300,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			-	500,000	2,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	-	25	15
		국외	-	-	-
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		-		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수 출		-	-	-

성과			V2X 시험 시스템 및 요소 부품 사업화		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		1		
	소요예산(천원)		600,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			338,120	2,000,000	4,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	50	70	75
		국외	-	-	-
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		V2X 통신을 활용한 자율(협력)주행 및 군집주행 시험 제품으로 확대		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			150,000	1,000,000	2,000,000
	수 출		-	1,000,000	2,000,000

성과			군집주행 모니터링 시스템		
사업화 계획	사업화 소요기간(년)		3년		
	소요예산(천원)		300,000		
	예상 매출규모(천원)		현재까지	3년 후	5년 후
			0	500,000	1,000,000
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	0	90%	50%
		국외	-	-	-
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		자율협력주행 모니터링 시스템, 군집주행 모니터링 시스템의 통합 모니터링 시스템 개발		
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)		현재	3년 후	5년 후
			-	-	-
	수 출		-	-	-

□ 고용 창출

번호	사업화명	사업화 업체명	고용창출 인원(명)		합계(명)
			-	-	
-	-	-	-	-	-
합계					

□ 고용 효과

구분			고용 효과(명)
고용 효과	개발 전	연구인력	-
		생산인력	-
	개발 후	연구인력	-
		생산인력	-

□ 비용 절감(누적)

번호	사업화명	발생 연도	산정방법	비용 절감액(천원)
-	-	-	-	-
합계				-

□ 경제적 파급 효과

(단위 : 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수, 명)	기타
해당 연도	-	-	-	-	-	-	-
기대 목표	-	-	-	-	-	-	-

□ 산업 지원(기술지도)

번호	내용	기간	참석 대상	장소	인원(명)
-	-	-	-	-	-

□ 기술 무역

(단위 : 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	총 계약액	기 징수액	해당 연도	징수액	향후 예정액	수출/ 수입
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[사회적 성과]

□ 법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용
1	정책제안	화물차 군집주행 관련 도로교통법 개정 요청	경찰청 (교통운영과)	2020	-
2	정책제안	화물차 군집주행 운영 및 관리 매뉴얼 활용 요청	한국도로공사 (교통계획팀)	2020	-

□ 설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구 분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/ 지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용
-	-	-	-	-	-

□ 신진연구자 채용

번호	채용 연구개발기관명	채용일	근로기간	채용인원(명)	채용인원 중 청년인력(명)
-	-	-	-	-	-

□ 전문 연구 인력 양성

번호	분류	연도	현황(명)										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	아주대학교	2020	1	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-

□ 산업 기술 인력 양성

번호	연도	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원
-	-	-	-	-	-	-	-

□ 다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	연도	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비(천원)
-	-	-	-	-	-	-

□ 국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용
-	-	-	-	-	-	-

□ 홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일
1	국제 전시회 전시	ITS World Congress	ITS World Congress 2021, 독일 Hamhurg	2021.10.11. - 15

□ 포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관
-	-	-	-	-	-	-

[인프라 성과]

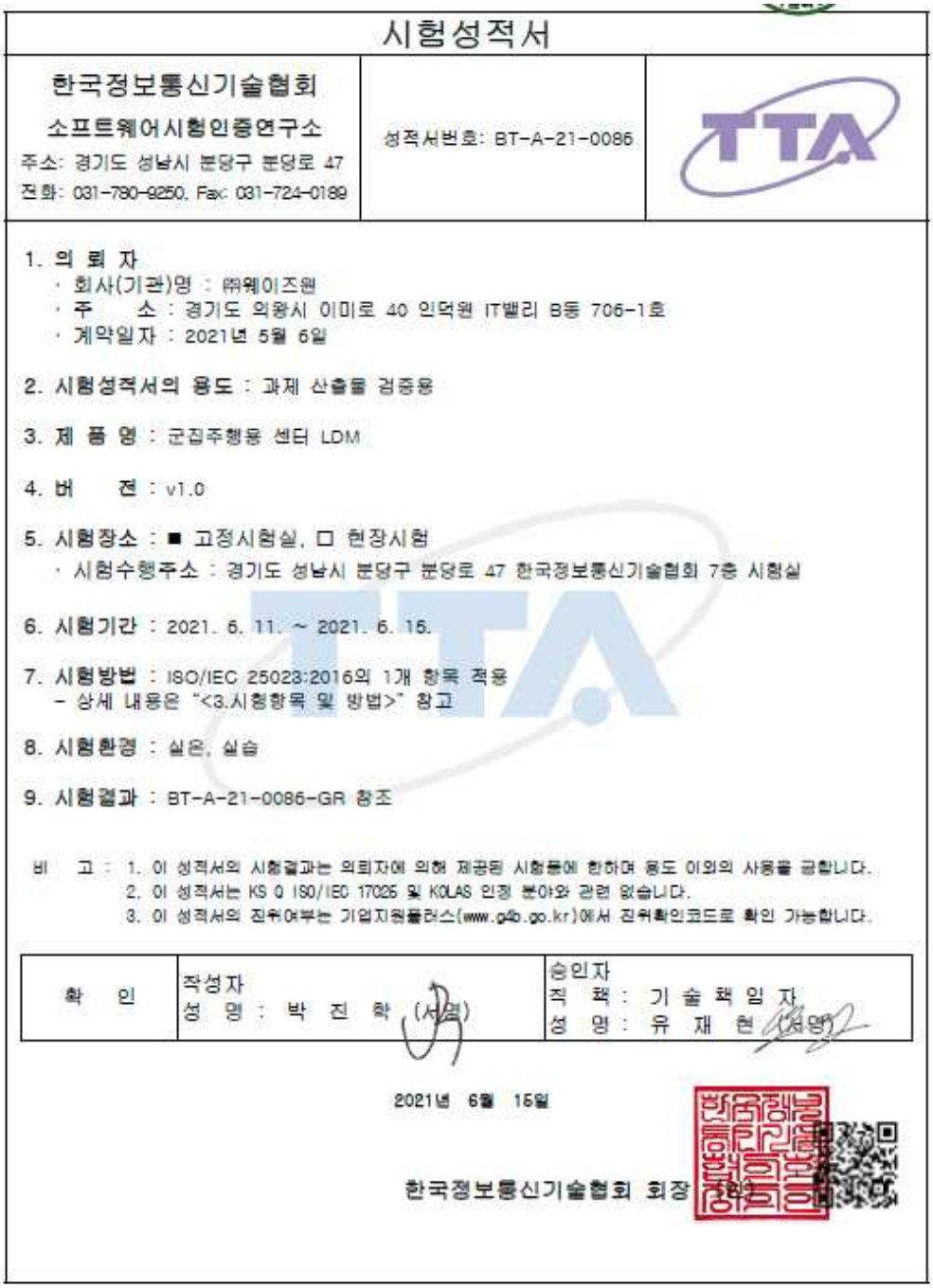
□ 연구시설・장비

번호	구축 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설・장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[그 밖의 성과](해당 시 작성)

○ 현장시험 및 검증

- 군집차량 안전서비스 애플리케이션 정보처리 성능 검증을 위한 공인시험(시험기관: TTA)



시험성적서

한국정보통신기술협회 소프트웨어시험인증연구소 주소: 경기도 성남시 분당구 분당로 47 전화: 031-780-9250, Fax: 031-724-0189	성적서번호: BT-A-21-0086	TTA

1. 의 뢰 자
   · 회사(기관)명 : ㈜웨이즈원
   · 주 소 : 경기도 의왕시 이미로 40 인덕원 IT밸리 B동 706-1호
   · 계약일자 : 2021년 5월 6일
2. 시험성적서의 용도 : 과제 산출물 검증용
3. 제 품 명 : 군집주행용 센터 LDM
4. 버 전 : v1.0
5. 시험장소 : ■ 고정시험실, □ 현장시험
   · 시험수행주소 : 경기도 성남시 분당구 분당로 47 한국정보통신기술협회 7층 시험실
6. 시험기간 : 2021. 6. 11. ~ 2021. 6. 15.
7. 시험방법 : ISO/IEC 25023:2016의 1개 항목 적용
   - 상세 내용은 "<3.시험항목 및 방법>" 참고
8. 시험환경 : 실온, 실습
9. 시험결과 : BT-A-21-0086-GR 참조

비 고 : 1. 이 성적서의 시험결과는 의뢰자에 의해 제공된 시험품에 한하며 용도 이외의 사용을 금합니다.
2. 이 성적서는 KS Q ISO/IEC 17025 및 KOLAS 인정 분야와 관련 없습니다.
3. 이 성적서의 진위여부는 기업지원플러스(www.g4b.go.kr)에서 진위확인코드로 확인 가능합니다.

확 인	작성자 성 명 : 박 진 학 (서명)	승인자 직 책 : 기 술 책 임 자 성 명 : 유 재 현 (서명)

2021년 6월 15일

한국정보통신기술협회 회장

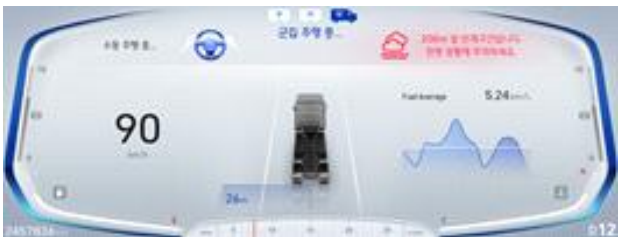
(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당없음)

2) 목표 달성 수준

[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 군집주행 대열 유지를 위한 경로 생성 및 추종 기술 개발 - 대열차량 간 주행상황 판단 기술 개발 - 대열 유지 및 합류/이탈을 위한 동적 경로 생성/추종 기술 - 최적 경제운전을 위한 대열 정렬 기술 - 군집주행 안전대책 연구, 개별/대열차량 위험상황 판단 및 회피 기술	○ 군집주행 대열 유지를 위한 경로생성 및 추종 기술 개발 - 대열차량 간 주행상황 판단 기술 개발(완료) • 주행상황 판단 및 대열의 거동을 결정하기위한 PCU(Platooning Control Unit)의 개발 완료 - 대열 유지 및 합류/이탈을 위한 동적 경로 생성/추종 기술(완료) • 대열의 유지 및 차선변경을 수행하기위한 경로생성 및 좁은 차간거리에 의한 인지 데이터 성능 저하를 V2V통신을 활용하여 보완함 - 최적 경제운전을 위한 대열 정렬 기술(완료) • 최전방 차량의 운전성향 및 불안정성을 극복하며 대열의 정렬을 이루어 냄. 차선 데이터와 V2V기반 경로의 융합을 수행하였음 - 군집주행 안전대책 연구, 개별/대열차량 위험상황 판단 및 회피 기술(완료) • 긴급제동, Cut-in, 차간거리변경 등 안전을 위한 고도의 제어모드를 개발	100%
○ V2X 및 환경 센서를 통한 전방위 주행 환경 인지 및 주행상황 판단 기술개발 - 군집주행 차량 인지기술 개발 - 군집주행 차선 인지기술 개발	○ V2X 및 환경 센서를 통한 전방위 주행 환경 인지 및 주행상황 판단 기술개발 - 군집주행 차량 인지기술 개발(완료) • 딥러닝 기반 차량검출 기술개발 • 카메라부터 PCU까지의 지연시간 70% 이상 단축 • 카메라-레이더 퓨전을 통한 차량검출 정확도 향상 - 군집주행 차선 인지기술 개발 • 차선 검출영역을 설정하는 동적 ROI 기술개발 • 다중프레임 차선 중첩 기술개발 • 딥러닝 기반 차선 검출 및 판단 기술개발 • 차선 군집화를 통한 주행 차선 및 인접 차선 판단	100%
○ 군집주행 차량 제작 및 시스템 개선 사양 반영 - 선두차량 1대, 추종차량 3대 제작 ○ V2X기반 군집주행 성능 요구사항 도출 ○ 운영기술 테스트 (비공용도로) 및 성능 육성 연구실증 (공용도로)	○ 군집주행 차량 제작 및 시스템 개선 사양 반영 - 선두차량 1대, 추종차량 3대 제작 (완료) • 센서 장착 및 센서퓨전 제어기 개선품 장착함 • 제어부하 저감을 위해 종/횡방향 범용 제어기를 분리하여 장착 • 모든 차량에 동일 액츄에이터 (BOSCH社 Servotwin GEN3) 장착하여 같은 수준에서 성능 개발 가능토록 함 ○ V2X (V2V 및 V2I) 기반 모듈 적용(완료) • V2X통신 모듈을 장착함	100%

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
	• 통신 성능 요구사항을 도출하여 이를 적용하였음 ○ 운영기술 테스트 (비공용도로) 및 성능 육성 연구실증 (공용도로) (완료) • 비공용도로에서의 운영기술 상시 테스트 진행 • 공용도로에서의 성능 육성 결과에 대한 시연 진행 • 연차별 평가 시나리오를 통해 실제 성능 육성에 필요한 평가 진행함 1) 2차년도: 3대, 군집 대열 합류/유지/이탈/Cut-in 2) 3차년도: 3대, 군집 대열 합류/유지/이탈/Cut-in, 동시 긴급 제동 및 V2X 이용 운영/안전 서비스 3) 4차년도: 4대, 군집 대열 합류/유지/이탈/분기 ※총 대열은 3대이나, 대열 중 1대가 이탈 후 신규 차량으로 대체되는 시나리오로 시연 진행	
○ V2X기반 군집주행 시나리오 개발 - 사고유형에 따른 시나리오 도출 - 군집주행 시스템 요구사항, V2X 안전서비스를 고려한 군집주행 시나리오 개발 ○ 군집주행 안전제어 평가환경 구성 - 군집주행 가상화 시뮬레이션 환경 구축 - 군집주행 시나리오를 적용한 안전제어 로직 평가	○ V2X기반 군집주행 시나리오 개발 - 사고유형에 따른 시나리오 도출(완료) • 고속도로 사고유형 분석, 선행 연구 조사 - 군집주행 시스템 요구사항, V2X 안전서비스를 고려한 군집주행 시나리오 개발(완료) • 군집주행 기능적 요구사항 평가 시나리오 • 비 군집차량 및 도로환경을 포함한 군집주행 시나리오 • I2V 인프라 메시지를 반영한 V2X 군집주행 시나리오 ○ 군집주행 안전제어 평가환경 구성 - 군집주행 가상화 시뮬레이션 환경 구축(완료) • 군집주행 제어기 연동 시뮬레이션 환경 구성 • 인프라(LDM 센터, 모니터링 시스템) 연동 군집주행 가상화 시뮬레이션 구성 - 군집주행 시나리오를 적용한 안전제어 로직 평가 • 군집주행 제어기 요구사항 기반의 기능 및 제어성능 평가 (3차년도, 4차년도 수행) • 인프라와 연동한 가상화 시뮬레이션 환경에서 군집주행 안전서비스 평가(4차년도 수행)	100%
○ 군집주행용 12.3인치 FDC(Full Digital Cluster)에 제품 개발 및 실차 장착 진행 - OEM 규격을 준수하는 군집주행용 디지털 클러스터 개발 - 공인 인증 기관 신뢰성 시험 수행 - 군집 주행 차량 장착 후 차량 정	○ 군집주행용 12.3인치 FDC(Full Digital Cluster)에 제품 개발 및 실차 장착 진행 - OEM 규격을 준수하는 군집주행용 디지털 클러스터 개발(완료) • 전기적 특성 시험을 포함한 총 19개 항목에 대해 시험 진행 및 인증 완료 - 공인 인증 기관 신뢰성 시험 수행 (완료)	100%

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
합성 확인 ○ 군집 주행 운전자를 위한 전용 HMI 개발 – 군집 주행 전용 HMI 개발 – 안전 시나리오를 반영한 UX/UI 개발	 시 험 성 적 서 KATECH – 군집 주행 차량 장착 후 차량 정합성 확인(완료) • 군집 주행 차량 장착 후 실도로 시험 진행 완료 ○ 군집 주행 운전자를 위한 전용 HMI 개발 – 군집 주행 전용 HMI 개발(완료) • LV,FV1,FV2 에 대한 GUI 화면 개발 	
○ 군집주행 신뢰성 평가 ○ 군집주행 성능 평가 ○ 군집주행 연비 평가 ○ 군집주행 안전요건 검증	○ 공용/비공용 도로 신뢰성 평가(완료) • 실적 4.9만km/목표 6만km검증 결과 문제 없음. ○ 공용/비공용 도로 성능평가 및 시연 완료(완료) • 실적 1만km/목표 2만km검증 결과 문제 없음. ○ 군집주행 최종 개발사양 연비 평가 • 차속별 연비효과 검증 진행중 • 단독주행 대비 최종 연비효과 평가 진행중 ○ 군집주행 임시운행 허가기준에 대한 안정성 평가 5개 항목 평가결과 만족(완료) • 차선유지 모드 • Cut-In/Cut-Out • 정체상황 • 전방 추돌 방지 • 최고 속도 제한 기능	100%

[2세부 : 자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발]

연 구 개 발 목 표	달 성 내 용	달성도(%)
○ 고속도로 군집주행 운영지원방안 수립 및 연구실증 - 군집주행 여건분석 - 군집주행 서비스 컨셉 및 기능아키텍처 개발 - 군집주행 연구실증 - 군집주행 수용성 분석	○ 고속도로 군집주행 운영지원방안 수립 및 연구실증 - 군집주행 여건분석(완료) • 화물차종/화물 분석, 화물차 연속주행시간 지수분석 - 군집주행 서비스 컨셉/기능아키텍처 개발(완료) • 요구사항 분석 및 컨셉(목표) 설정, 아키텍처 개발 - 군집주행 연구실증(완료) • 1차년(단계별 실증계획 수립 및 연구실증지 선정) • 2차년(대열2, 60kph, 1.0s 여주시험도로), • 3차년(대열3, 80kph, 0.7s 중부내륙선(10km구간)), • 4차년(대열3, 90kph, 0.5s 영동선(80km구간)) - 군집주행 수용성 분석(실험 및 실험분석 중) • 실험환경구축, 실험시나리오 개발 및 실험, 실험분석	100%
○ 군집주행 시나리오 개발 및 연구실증 서비스 평가 - 군집주행 시나리오 및 메시지 현황조사 - 군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 개발 정의서 - 군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 개발 - 군집주행 서비스 시험평가 시나리오 개발(비공용도로,공용도로) - 군집주행을 위한 서비스 시나리오 표준화 - 군집주행을 위한 메시지 표준화	○ 군집주행 시나리오 개발 및 연구실증 서비스 평가 - 군집주행 시나리오 및 메시지 현황조사(완료) • 군집자율주행 해외 프로젝트 및 시나리오 개발 동향 • V2X 기반 군집주행 메시지 개발 현황 - 군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 개발 정의서(완료) • 군집주행 시나리오 구성 요소 도출 • 군집자율주행을 위한 운영서비스 시나리오(안) 도출 - 군집주행 운영 및 안전서비스 시나리오 21개 개발(완료) • 단일 시나리오(환경, 도로선형, 도로 구조물, 도로 시설물, 진행방향, 잠재적 위험) 17개 개발 • 복합 시나리오(환경+도로선형, 이벤트+도로선형) 4개 개발 - 군집주행 서비스 시험평가 시나리오 개발(완료) • 비공용도로(교량, 안개, 합류, 공사중, 돌발상황) 5개 서비스 개발 • 공용도로(공사중, 돌발상황(박스), 돌발상황(로드킬)) 3개 서비스 개발 - 군집주행을 위한 서비스 시나리오 표준화(완료) • ‘[ITSK-19004]V2I 기반 화물차 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스 시나리오’ 신규표준화 과제 채택 (’19.6.25) 및 제정 완료(’20.10.30) - 군집주행을 위한 메시지 표준화(완료) • ‘[ITSK-WD-20014]I2V 기반 화물차 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스를 위한 군집 메시지’ 신규표준화 과제 채택 (’20.7.30) 및 제정 심의 중	100%
○ 군집주행 운영 플랫폼 서비스 개발 - 요구사항 정의 및 상위기획 - 군집주행 매칭 및 길안내 알고리즘 개발 - 모바일 어플리케이션 개발 - 군집 플랫폼 서버 개발 - 사업화 모델 개발	○ 군집주행 운영 플랫폼 서비스 개발 - 요구사항 정의 및 상위기획(완료) • 군집주행 서비스 플랫폼 개발을 위한 요구사항 정의 및 상위기획 • 유사 서비스 조사 및 심층 인터뷰 기반 기획안 도출 - 군집주행 매칭 및 길안내 알고리즘 개발(완료) • 최적 매칭 및 동적 합류 길안내 알고리즘 개발 • 다양한 요구조건이 반영된 군집주행 차량 최적 매칭 알고리즘 개발	100%

	• 실시간 교통상황, 도로 상태 등이 반영된 동적 매칭 지점 기반 길안내 알고리즘 개발 - 모바일 어플리케이션 개발(완료) • V2V 차량 데이터 HMI 기능 개발 • 군집 플랫폼 클라이언트 기능 개발 - 군집 플랫폼 서버API 개발(완료) • 매칭, 길안내, 관제, 데이터 관리 등 서버 시스템 개발 - 사업화 모델 개발 및 실증(완료) • 군집주행 활성화를 위한 사업모델 개발	
○ I2V기반 군집차량 안전서비스 제공기술 개발 - 안전서비스 요구사항 정의 - 안전서비스 시스템 설계 및 통신 규약 개발 - 인프라 안전서비스 개발 및 기능 통합 - V2X 안전서비스 시스템 성능 검증 및 개선	○ I2V기반 군집차량 안전서비스 제공기술 개발 - 안전서비스 요구사항 정의(완료) • 국내/해외 선행연구 사례 분석 • 안전서비스 필요 기능 및 요구사항 정의 - 안전서비스 시스템 설계 및 통신 규약 개발(완료) • 안전서비스 시스템 설계 • 국제 표준 적용 통신 규약 개발 - 인프라 안전서비스 개발 및 기능 통합(완료) • RWIS 정보 수집 모듈 개발 • 군집주행통합 관제 시스템 연동 인터페이스 개발 - V2X 안전서비스 시스템 성능 검증 및 개선(완료) • 3차년(데이터 처리 속도, 평균 300ms 이내) • 4차년(데이터 처리 속도, 평균 100ms 이내)	100%
○ V2I 제공정보 기반 군집주행 평가 시스템 개발 및 성능 분석 - 군집주행 서비스 대응 개선 및 공용도로 확대 - 공용/비공용도로 안전 서비스 시험 시나리오 개선, 시험 수행 및 결과 분석 - V2I 기반 관제 센터 연동을 위한 군집 차량내 V2X 단말의 PBM 기능 개발	○ V2I 제공정보 기반 군집주행 평가 시스템 개발 및 성능 분석 - 군집주행 서비스 대응 개선 및 공용도로 확대(완료) • 데이터 수집 대상을 기존 LV 단독에서 LV, FV1, FV2 동시 수집을 확대 개선 개발 • V2I 기반 안전서비스 제공에 따른 군집 대열 운행 평가 확대 • 공용/비공용 도로 확대 시험을 위해 가상 RSE로 동작하여 TIM 메시지 전송 기능 구현 완료 - 공용/비공용도로 안전 서비스 시험 시나리오 개선, 시험 수행 및 결과 분석(완료) • 여주시험도로(비공용) 자동차안전연구원 고속주회로(공용시험 대체)에서 V2I 안전서비스 시험/평가 진행 • 개발된 시험 시나리오에 따른 시나리오별 실차 시험 수행 및 결과 분석 • Probe Platoon Data (PPD) 메시지 군집차량 적용 시험 - V2I 기반 관제 센터 연동을 위한 군집 차량내 V2X 단말의 PBM 기능 개발(완료) • V2I 기반 군집주행 안전/운영서비스를 위한 Probe Platoon Data (PPD) 메시지 개발 및 ITSK 표준총회 표준화 기여 • 군집 차량내 군집 정보 수집과 관제를 위한 V2X 단말을 기반으로 PPD 기능 개발	100%
○ 군집주행 지원을 위한 복합 통신기술 개발 - 실시간 도로교통 정보기반 군집	○ 군집주행 지원을 위한 복합 통신기술 개발 - 실시간 도로교통 정보기반 군집주행 지원 기지국 SW 개발(완료)	100%

주행 지원 기지국 S/W 개발 - C-ITS, 자율협력 주행 도로시스템 연계기지국 SW 개발	• V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위해 요구되는 실시간 도로교통 정보 기반 기지국의 SW 설계서를 바탕으로 군집주행 지원을 위한 기지국 SW 개발 • V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위한 데이터를 센터와 주고받기 위한 인터페이스 SW 검토 결과를 바탕으로 센터 LDM 연동 인터페이스 SW 개발 • V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위해 요구되는 실시간 도로교통 정보 기반 기지국의 SW를 공용도로 인프라에 적용하여 개발 및 안정화 • V2X 기반 화물차 군집주행 지원을 위한 데이터를 센터와 주고받기 위한 센터 LDM 연동 인터페이스 SW를 공용도로 인프라에 적용하여 개발 및 안정화 - C-ITS, 자율협력 주행 도로시스템 연계기지국 SW 개발(완료) • C-ITS와 자율협력주행 도로시스템 적용 메시지 셋 기반 선행 개발 기술과 연계된 기지국 SW 개발 • 비공용도로 자동차-인프라 간 군집주행 통신을 위한 기지국 통신보안 기술 개발 • V2X 기반 화물차 군집주행 시나리오를 기반으로 공용도로 시연을 위한 기지국 서비스 SW 개발	
○ 군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발 - 요구사항 분석 및 아키텍쳐 설계 - 통합 관제 모니터링 SW 개발 - 센터 하드웨어 및 서버 구축 - 통합 관제 센터 및 현장 테스트베드 운영	○ 군집주행 통합 관제 모니터링 시스템 개발 - 요구사항 분석(완료) • 통합 관제 모니터링 시스템 요구사항 분석 및 설계 - 통합 관제 모니터링 SW 개발(완료) • 2차년도(센터LDM(WAVE) 기반 군집메세지 처리) • 3차년도(운영서비스(LTE) 기반 군집메세지 처리) • 4차년도(4대의 군집차량 모니터링 및 대쉬보드 개발) - 센터 하드웨어 및 서버 구축(완료) • 궁내동 센터 서버실 및 서버(DBMS, 스트리밍 서버, 군집메세지 처리서버, 모니터링 웹서버등) 시스템 구축 • 여주시험도로 통합 관제 센터 구축 및 군집차량 내 영상전송 시스템 구축 - 통합 관제 센터 및 현장 테스트베드 운영(완료) • 공용도로 및 비공용도로 현장 인프라 시스템 운영 및 유지 관리 • 군집주행 통합 관제 센터 운영 및 유지 관리	100%
○ 고속도로 군집주행 운영 및 지원방안 수립 - 군집주행을 위한 기존 도로 네트워크 분석 - 군집주행 운행을 위한 법·제도 개선방안 도출	○ 고속도로 군집주행 운영 및 지원방안 수립 - 군집주행을 위한 기존 도로 네트워크 분석(완료) • 화물차 군집주행 적합 차종, 화물종류, 화물 적재방식 검토 • 고속도로 화물차 군집주행 운영 적정 구간 선정 • 고속도로 기하구조 설계기준 재검토 필요 항목 도출 - 군집주행 운행을 위한 법·제도 개선방안 도출(완료) • 도로교통법, 화물자동차 운수사업법 등 관련 법·제도 검토 • 기존 규제 예외 조항 신설 항목 및 신규 규제 추가 필요 사항 도출	100%

4. 목표 미달 시 원인분석(해당없음)

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

○ C-ITS 기술을 포함한 시스템 개발

- V2X기반 군집주행 안전제어 운영기술 개발은 국내 화물차 군집주행을 목표로한 최초과제이며, 현재 국내에 유사과제는 존재하지 않음

TABLE I
PLATOONING PROJECTS

Project Name	Vehicle Control		Following Vehicle Driver	Sensor Structure	Vehicle type	Period	Communication		Country
	Longitudinal	Lateral					Vehicular	Infra.	
KONVOI	O	O	O	GPS, Radar, Camera	Semi-Trailer Truck	2005 ~ 2009	O	X	Europe
SARTRE	O	O	O	Radar, Camera	All	2009 ~ 2012	O	X	Europe
COMPANION	O	X	O	Radar, Camera	Heavy duty Vehicle	2014 ~ 2017	O	X	Europe
GCDC 2016	O	O	O	SoA (State of the art)	All	2016	O	O	Europe
Truck Platooning Initiative	O	O	X	LIDAR, GPS, Radar, Camera	Truck	2016 ~ present	O	X	Asia
ENSEMBLE	O	X	O	Radar, Camera	Semi-Trailer Truck	2018 ~ present	O	X	Europe
Helm UK	O	O	O	Radar, Camera	Semi-Trailer Truck	2018~ present	O	X	Europe
TROOP	O	O	O	Radar, Camera	Semi-Trailer Truck	2018 ~ present	O	O	Asia

국내외 주요 군집주행 개발 프로젝트

- 해외 유사 기술의 경우, C-ITS관점의 요소가 과제범위에 포함되지 않음. 대부분 제어기술의 고도화를 목표로하거나 유럽의 경우, 멀티브랜드 군집주행을 위한 표준화를 목표로 하고있음
- 당 과제는 인프라에서 받은 데이터를 기반으로 차량 대열의 안전을 선제적으로 확보할 수 있는 제어기술을 포함하여 개발되었음

○ V2V 데이터를 직접적으로 종/횡방향 제어에 적용

- CACC(Cooperative Adaptive Cruise Control)을 V2V통신을 활용하여 구현함. 이는 국내외에서 진행된 군집주행 프로젝트에서도 다수 구현한 바가 있으나, 대열의 차간거리가 동시에 변경되는 경우를 시연한 것은 최초이다. 이는 최후방 차량의 감속도를 고려한 차간거리 조정이 이루어져야 하므로 매우 고도의 기술을 요함.



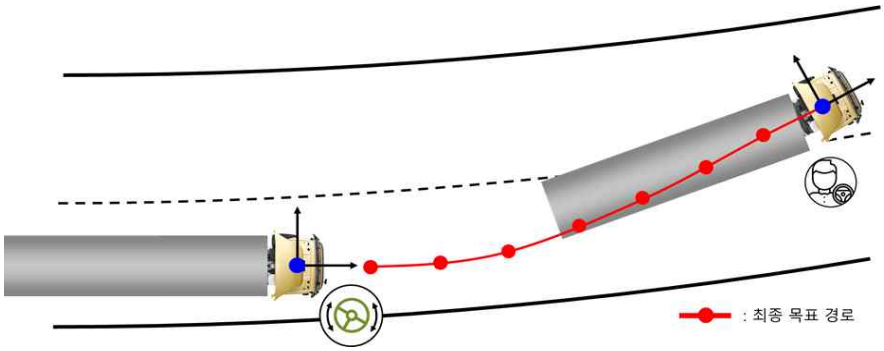
<그림 126> 간격조정 수행 개요도

- Cut-in 상황에서 차간거리가 개별로 운영되는 시스템을 구현함. Cut-in 차량이 발생한 차간거리에서만 안전을 확보하고, 대열에 존재하는 다른 차간거리는 변경하지 않음으로써 군집주행의 효과를 최대한으로 활용하면서도 안전을 확보한 시스템을 구현함.



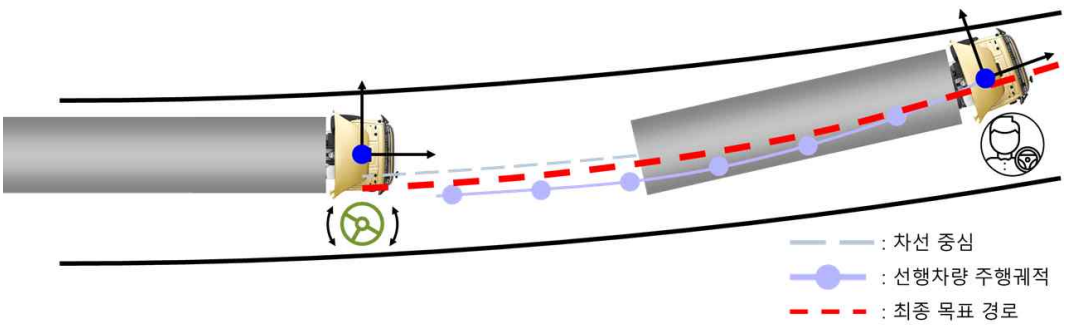
<그림 127> Cut-in 시나리오에서의 차간거리 조정 개요

- V2V를 통해 전달받은 선행차량의 주행궤적을 직접적으로 제어에 활용함. 선행차량의 궤적은 후행차량으로 전달된 후, 후행차량의 좌표계에 맞게 변환되며, 이를 수행하기위한 방법론을 SCI논문으로 게재함.



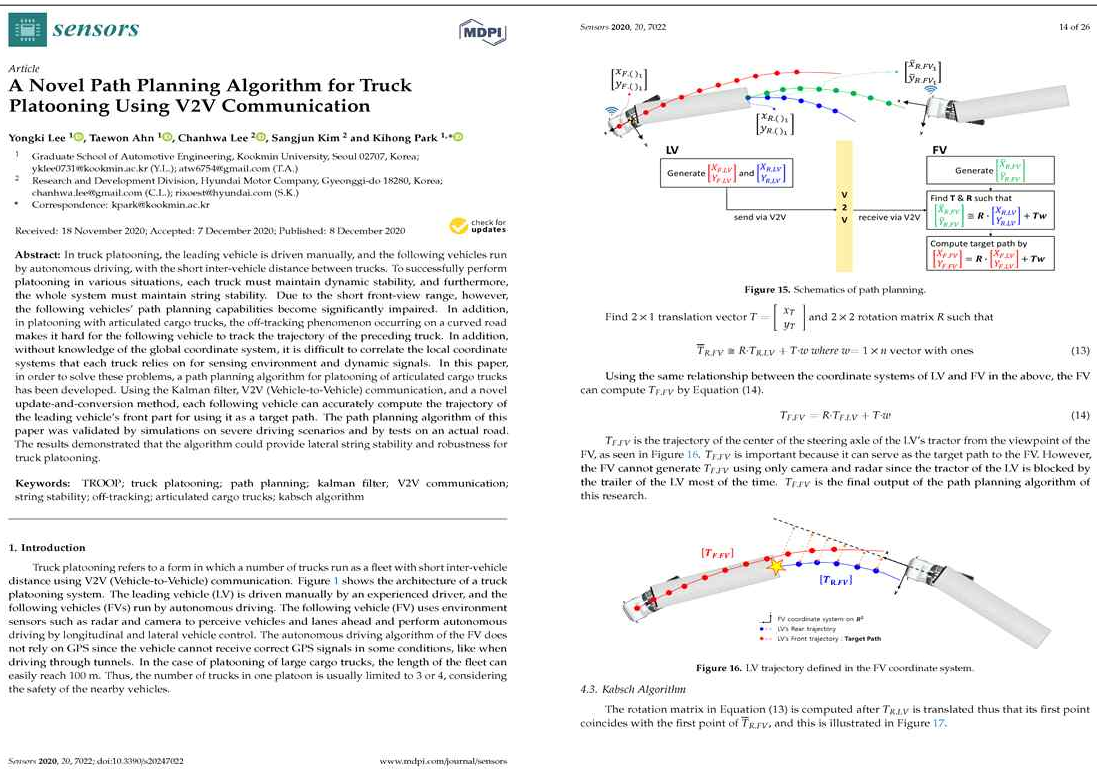
<그림 128> 주행궤적을 활용한 대열유지

- 선행차량을 추종하기위한 경로를 추종할 경우 생길 수 있는 다양한 불안정요소를 극복하기위해 자차량이 인지하는 차선데이터를 활용함. 경로의 융합을 통해 선행차량의 운전미숙, 편향주행 등을 극복할 수 있으며, 차선 데이터만을 추종할 때 발생할 수 있는 횡방향 제어 불안정성을 모두 극복하였음.



<그림 129> 주행궤적, 차선 인지를 융합한 대열유지

- V2V를 활용한 경로생성기법에 대한 내용을 SCI 논문에 게재하였음



sensors

MDPI

Article

A Novel Path Planning Algorithm for Truck Platooning Using V2V Communication

Yongki Lee [1], Taewon Ahn [1], Chanhwa Lee [2], Sangjun Kim [2] and Kihong Park [1,*]

1 Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 02707, Korea; yklee0731@kookmin.ac.kr (Y.L.); atw6754@gmail.com (T.A.)
2 Research and Development Division, Hyundai Motor Company, Gyeonggi-do 18280, Korea; chanhwa.lee@gmail.com (C.L.); rixoest@hyundai.com (S.K.)
* Correspondence: kpark@kookmin.ac.kr

Received: 18 November 2020; Accepted: 7 December 2020; Published: 8 December 2020

Abstract: In truck platooning, the leading vehicle is driven manually, and the following vehicles run by autonomous driving, with the short inter-vehicle distance between trucks. To successfully perform platooning in various situations, each truck must maintain dynamic stability, and furthermore, the whole system must maintain string stability. Due to the short front-view range, however, the following vehicles' path planning capabilities become significantly impaired. In addition, in platooning with articulated cargo trucks, the off-tracking phenomenon occurring on a curved road makes it hard for the following vehicle to track the trajectory of the preceding truck. In addition, without knowledge of the global coordinate system, it is difficult to correlate the local coordinate systems that each truck relies on for sensing environment and dynamic signals. In this paper, in order to solve these problems, a path planning algorithm for platooning of articulated cargo trucks has been developed. Using the Kalman filter, V2V (Vehicle-to-Vehicle) communication, and a novel update-and-conversion method, each following vehicle can accurately compute the trajectory of the leading vehicle's front part for using it as a target path. The path planning algorithm of this paper was validated by simulations on severe driving scenarios and by tests on an actual road. The results demonstrated that the algorithm could provide lateral string stability and robustness for truck platooning.

Keywords: TROOP; truck platooning; path planning; kalman filter; V2V communication; string stability; off-tracking; articulated cargo trucks; kabsch algorithm

1. Introduction

Truck platooning refers to a form in which a number of trucks run as a fleet with short inter-vehicle distance using V2V (Vehicle-to-Vehicle) communication. Figure 1 shows the architecture of a truck platooning system. The leading vehicle (LV) is driven manually by an experienced driver, and the following vehicles (FVs) run by autonomous driving. The following vehicle (FV) uses environment sensors such as radar and camera to perceive vehicles and lanes ahead and perform autonomous driving by longitudinal and lateral vehicle control. The autonomous driving algorithm of the FV does not rely on GPS since the vehicle cannot receive correct GPS signals in some conditions, like when driving through tunnels. In the case of platooning of large cargo trucks, the length of the fleet can easily reach 100 m. Thus, the number of trucks in one platoon is usually limited to 3 or 4, considering the safety of the nearby vehicles.

Figure 15. Schematics of path planning.

Find 2×1 translation vector $T = \begin{bmatrix} x_T \\ y_T \end{bmatrix}$ and 2×2 rotation matrix R such that

$$\overline{T}_{R,FV} \cong R \cdot T_{R,LV} + T \cdot w \text{ where } w = 1\times n \text{ vector with ones} \quad (13)$$

Using the same relationship between the coordinate systems of LV and FV in the above, the FV can compute $T_{F,LV}$ by Equation (14).

$$T_{F,LV} = R \cdot T_{F,LV} + T \cdot w \quad (14)$$

$T_{F,LV}$ is the trajectory of the center of the steering axle of the LV's tractor from the viewpoint of the FV, as seen in Figure 16. $T_{F,LV}$ is important because it can serve as the target path to the FV. However, the FV cannot generate $T_{F,LV}$ using only camera and radar since the tractor of the LV is blocked by the trailer of the LV most of the time. $T_{F,LV}$ is the final output of the path planning algorithm of this research.

Figure 16. LV trajectory defined in the FV coordinate system.

4.3. Kabsch Algorithm

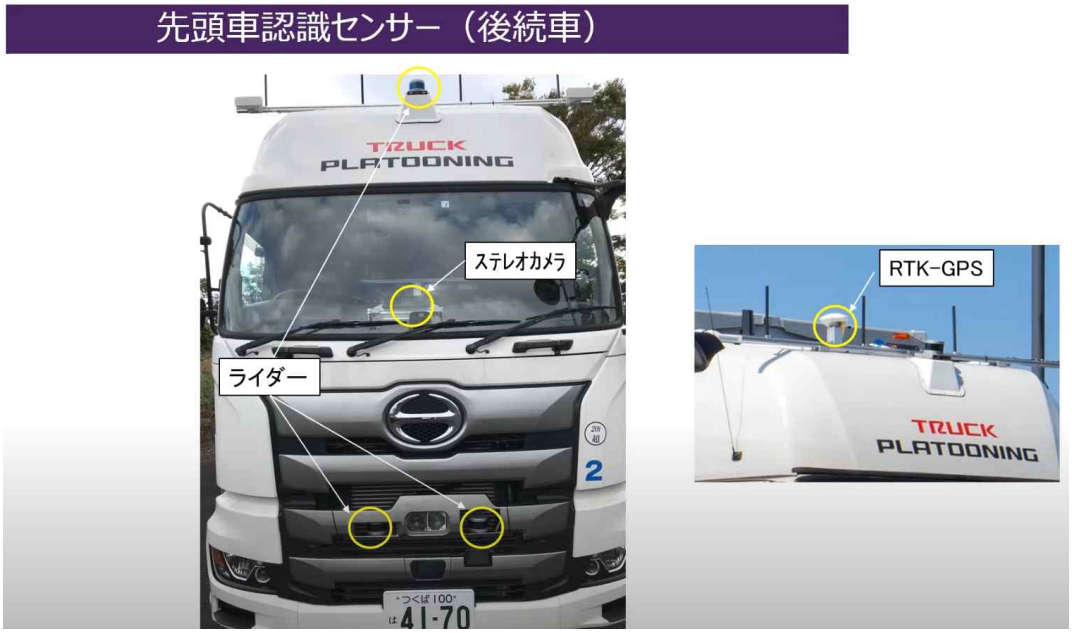
The rotation matrix in Equation (13) is computed after $T_{R,LV}$ is translated thus that its first point coincides with the first point of $\overline{T}_{R,FV}$, and this is illustrated in Figure 17.

경로생성 관련 SCI 논문 표지

- 현재 가장 앞서있는 수준의 제어기술을 시연한 일본의 경제산업성이 주관하는 군집주행 기술개발에서는 RTK-GPS를 활용하여 제어함. 이는 고가의 자율주행 개발차량에 장착되는 GPS로 당 과제에서는 장착하지 않고 개발을 진행함. 추후 기술의 개발에 따라 RTK-GPS의 가격하락으로 차량에 보급되어도 당 과제에서 개발한 V2V기반의 횡방향 제어는 fail-operation 수준에 이르는 높은 수준의 제어결과물을 시연하였음. 또한, 중복 구조기반의 Redundancy를 구축할 경우 V2V의 HW는 비교적 가격이 저렴하나, GPS의 경우 상대적으로 고가의 부품이 중복으로 장착되어야하므로 해당 기술의 개발은 유의미하다고 해석됨.



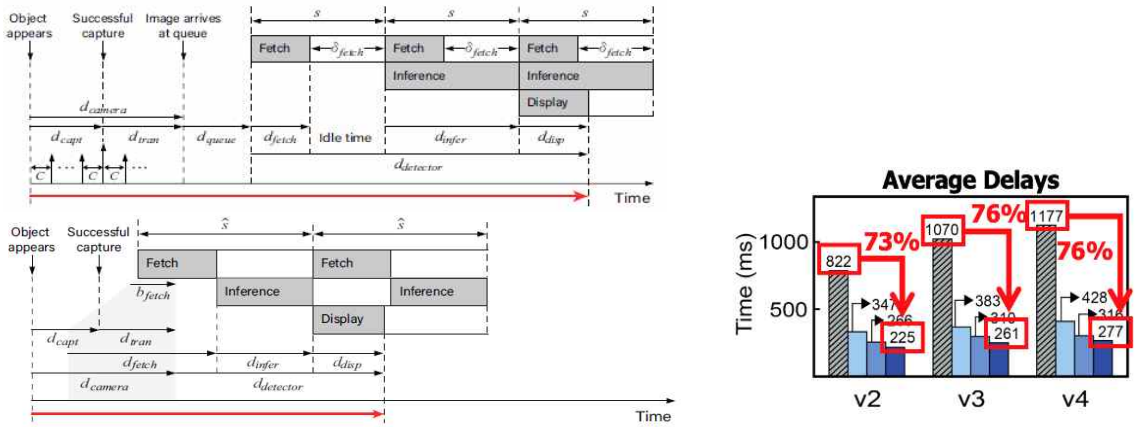
출처 : https://www.meti.go.jp



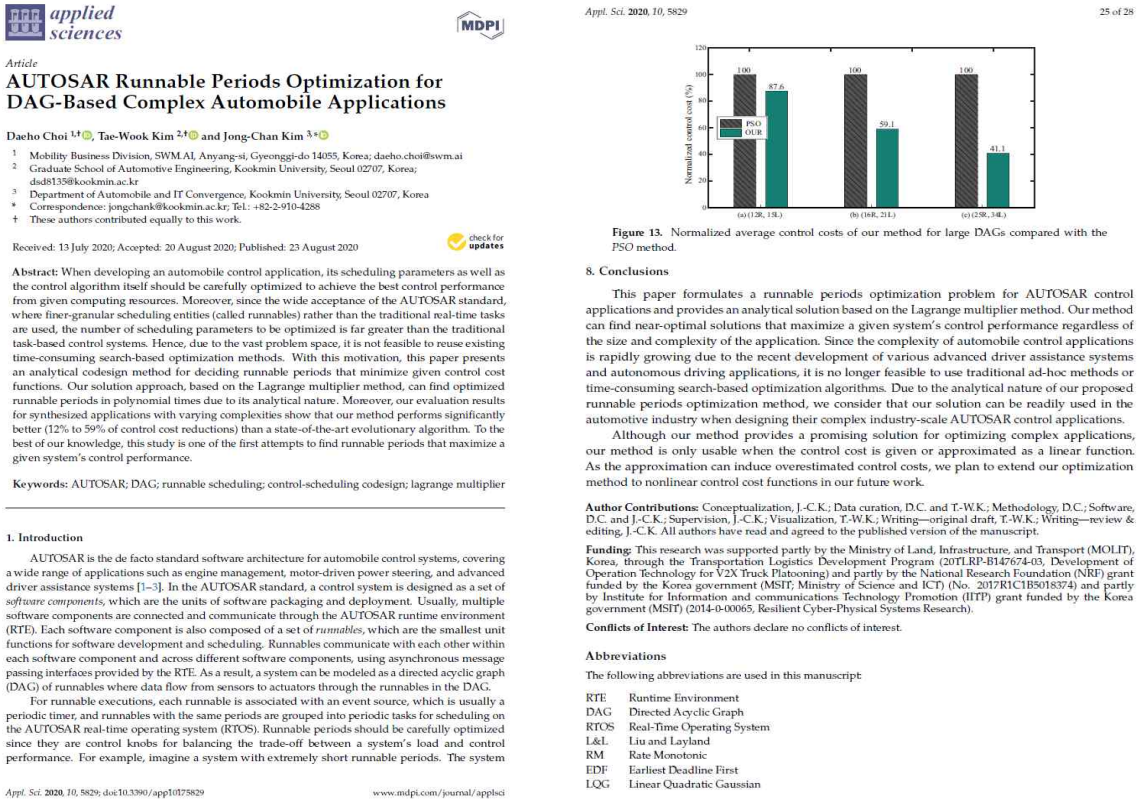
출처 : https://www.youtube.com/watch?v=cdLg6QbErms&ab_channel=metichannel

○ 트럭 군집주행 상황에 최적화된 차량/차선 검출 기술개발

- 객체검출에 사용되는 CNN 딥러닝 기반 차량검출 기술을 개발. 가까운 간격을 유지하며 주행하는 군집 주행 특성상 카메라 센서로부터 PCU까지의 처리 지연시간을 줄이는 것이 중요하기 때문에 차량검출 모델의 구조를 최적화하여 처리 지연시간을 70% 이상 단축



<그림 130> 차량 검출 모델 최적화를 통한 처리시간 단축



applied sciences

MDPI

Article

AUTOSAR Runnable Periods Optimization for DAG-Based Complex Automobile Applications

Daeho Choi [1,†], Tae-Wook Kim [2,†] and Jong-Chan Kim [3,*]

1 Mobility Business Division, SWM.AI, Anyang-si, Gyeonggi-do 14055, Korea; daeho.choi@swm.ai
2 Graduate School of Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 02707, Korea; dsd8135@kookmin.ac.kr
3 Department of Automobile and IT Convergence, Kookmin University, Seoul 02707, Korea
* Correspondence: jongchank@kookmin.ac.kr; Tel.: +82-2-910-4288
† These authors contributed equally to this work.

Received: 13 July 2020; Accepted: 20 August 2020; Published: 23 August 2020

check for updates

Abstract: When developing an automobile control application, its scheduling parameters as well as the control algorithm itself should be carefully optimized to achieve the best control performance from given computing resources. Moreover, since the wide acceptance of the AUTOSAR standard, where finer-granular scheduling entities (called runnables) rather than the traditional real-time tasks are used, the number of scheduling parameters to be optimized is far greater than the traditional task-based control systems. Hence, due to the vast problem space, it is not feasible to reuse existing time-consuming search-based optimization methods. With this motivation, this paper presents an analytical codesign method for deciding runnable periods that minimize given control cost functions. Our solution approach, based on the Lagrange multiplier method, can find optimized runnable periods in polynomial times due to its analytical nature. Moreover, our evaluation results for synthesized applications with varying complexities show that our method performs significantly better (12% to 59% of control cost reductions) than a state-of-the-art evolutionary algorithm. To the best of our knowledge, this study is one of the first attempts to find runnable periods that maximize a given system's control performance.

Keywords: AUTOSAR; DAG; runnable scheduling; control-scheduling codesign; lagrange multiplier

1. Introduction

AUTOSAR is the de facto standard software architecture for automobile control systems, covering a wide range of applications such as engine management, motor-driven power steering, and advanced driver assistance systems [1–3]. In the AUTOSAR standard, a control system is designed as a set of *software components*, which are the units of software packaging and deployment. Usually, multiple software components are connected and communicate through the AUTOSAR runtime environment (RTE). Each software component is also composed of a set of *runnables*, which are the smallest unit functions for software development and scheduling. Runnables communicate with each other within each software component and across different software components, using asynchronous message passing interfaces provided by the RTE. As a result, a system can be modeled as a directed acyclic graph (DAG) of runnables where data flow from sensors to actuators through the runnables in the DAG.

For runnable executions, each runnable is associated with an event source, which is usually a periodic timer, and runnables with the same periods are grouped into periodic tasks for scheduling on the AUTOSAR real-time operating system (RTOS). Runnable periods should be carefully optimized since they are control knobs for balancing the trade-off between a system's load and control performance. For example, imagine a system with extremely short runnable periods. The system

Figure 13. Normalized average control costs of our method for large DAGs compared with the *PSO* method.

8. Conclusions

This paper formulates a runnable periods optimization problem for AUTOSAR control applications and provides an analytical solution based on the Lagrange multiplier method. Our method can find near-optimal solutions that maximize a given system's control performance regardless of the size and complexity of the application. Since the complexity of automobile control applications is rapidly growing due to the recent development of various advanced driver assistance systems and autonomous driving applications, it is no longer feasible to use traditional ad-hoc methods or time-consuming search-based optimization algorithms. Due to the analytical nature of our proposed runnable periods optimization method, we consider that our solution can be readily used in the automotive industry when designing their complex industry-scale AUTOSAR control applications.

Although our method provides a promising solution for optimizing complex applications, our method is only usable when the control cost is given or approximated as a linear function. As the approximation can induce overestimated control costs, we plan to extend our optimization method to nonlinear control cost functions in our future work.

Author Contributions: Conceptualization, J.-C.K.; Data curation, D.C. and T.-W.K.; Methodology, D.C.; Software, D.C. and J.-C.K.; Supervision, J.-C.K.; Visualization, T.-W.K.; Writing—original draft, T.-W.K.; Writing—review & editing, J.-C.K. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was supported partly by the Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (MOLIT), Korea, through the Transportation Logistics Development Program (20TLRP-B147674-03, Development of Operation Technology for V2X Truck Platooning) and partly by the National Research Foundation (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT; Ministry of Science and ICT) (No. 2017R1C1B5018374) and partly by Institute for Information and communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT) (2014-0-00065, Resilient Cyber-Physical Systems Research).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

Abbreviations

The following abbreviations are used in this manuscript:

RTE	Runtime Environment
DAG	Directed Acyclic Graph
RTOS	Real-Time Operating System
L&L	Liu and Layland
RM	Rate Monotonic
EDF	Earliest Deadline First
LQG	Linear Quadratic Gaussian

<그림 > 인지 지연시간 개선 관련 SCI논문 표지

- 환경 센서로부터 얻은 전방 차량까지의 거리를 통해 차선 검출영역을 동적으로 설정하여 차선 검출 시 발생하는 노이즈를 제거. 검출영역이 짧아진 상황에서 다중프레임 차선 중첩을 통하여 점선 구간의 차선 검출 정확도 향상.



<그림 131> 동적 ROI(Region of Interest)

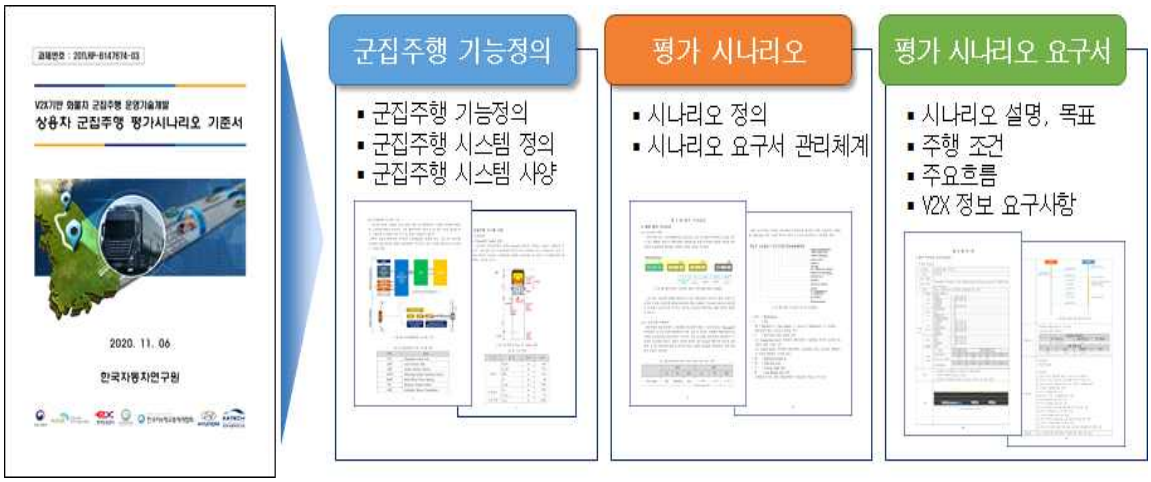


<그림 132> 다중프레임 차선 중첩을 통한 점선 구간 차선 검출

○ V2X기반 군집주행 시나리오 및 평가기술 개발

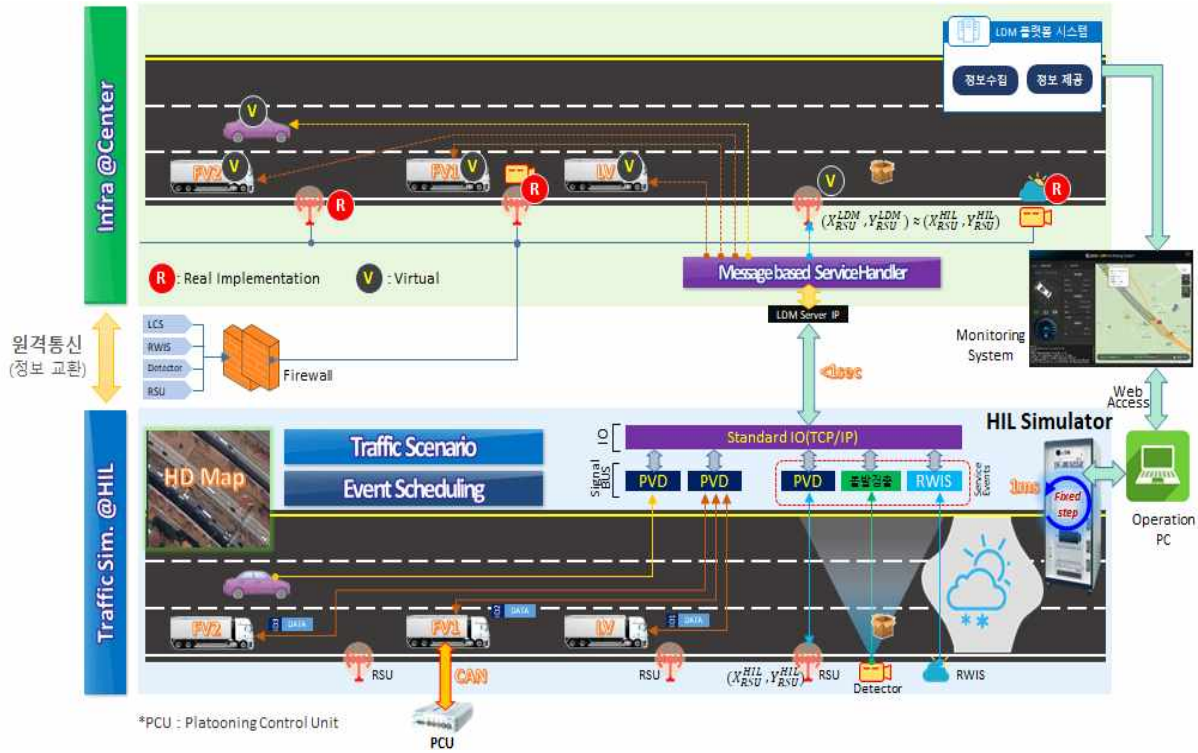
- V2X기반 군집주행 평가 시나리오
  - 군집주행 시나리오(혹은 Use-case)는 대부분 국외 연구 사례를 통해 참조되었으나, 본 과제를 통해 국내 교통사고 유형 및 도로 환경을 반영한 V2X기반 상용차 군집주행 평가 시나리오 도출
  - 군집주행 시스템 구성, 기능적 요구사항 및 군집주행 시스템을 평가하기 위한 시나리오 관리체계, 시

나리오 요구서 등에 대한 기준을 정의함으로써 군집주행 평가 환경 기반 마련



<그림 133> 상용차 군집주행 평가시나리오 기준서

- 실시간 군집주행 가상화 시뮬레이션 환경
  - (국내의 경우)기존 군집주행 관련 연구 사례를 보면 모델(혹은 SW) 기반의 시뮬레이션 기반의 연구가 대부분이며, 실제 HW를 연동한 HIL(Hardware-In-the-Loop) 시뮬레이션 기반 연구는 미비함
  - 본 과제를 통해, HILS(HIL Simulation)기반 실시간 군집주행 가상화 시뮬레이션 환경을 구축함으로써 국내에서는 최초로 군집주행 제어기, 디지털 클러스터, 인프라(LDM, 모니터링 시스템 등) 등의 HW를 대상으로 검증이 가능한 환경을 마련

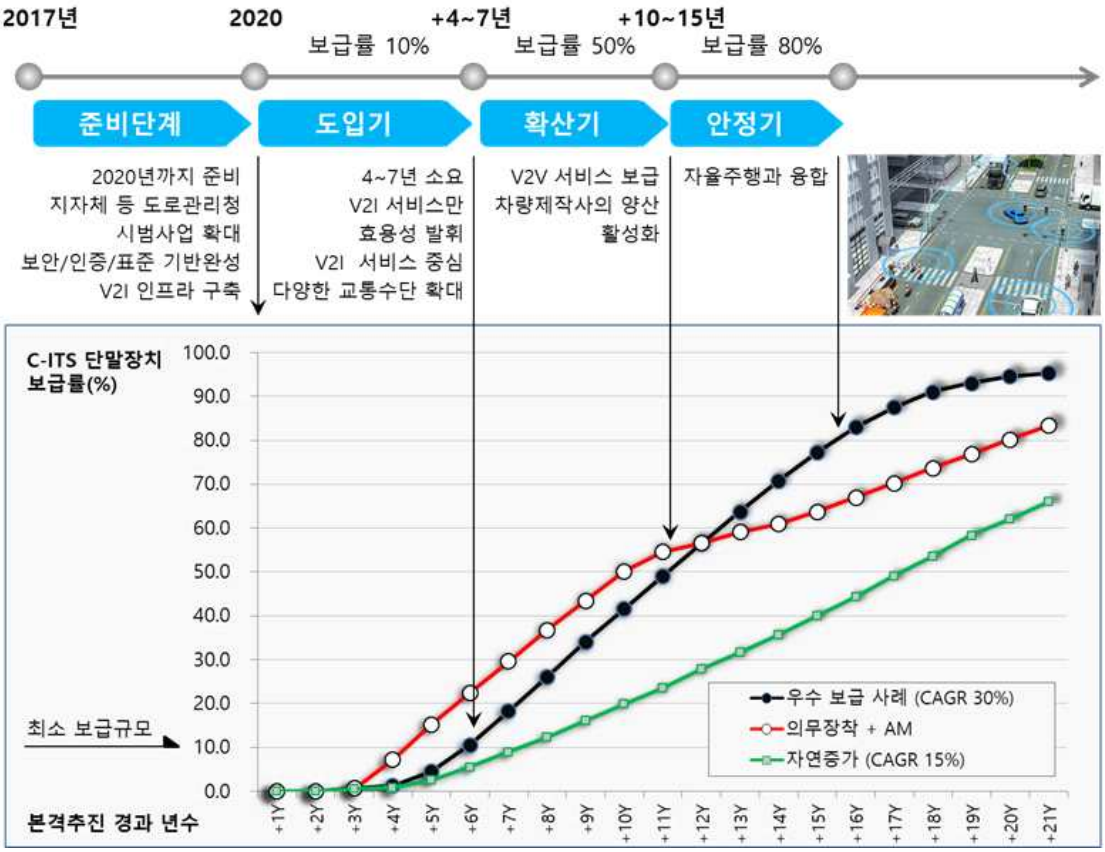


<그림 134> 실시간 군집주행 가상화 시뮬레이션

[2세부 : 자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발]

○ 국가 C-ITS 서비스에 화물차(군집주행) 서비스 확대

- 국가 C-ITS 망 구축에 개발 결과물의 공급 추진
  - C-ITS 기반기술로 V2X(WAVE) 통신망 사업 추진 예정
  - 과제결과물인 기지국 기반기술을 이용하여 V2X 단말기 솔루션 개발 및 공급



<그림 135> C-ITS 단말기 보급 전망(C-ITS 단말기 보급방안 연구, 2017)

- 국가계획(자동차-도로교통분야 ITS 계획 2020)에 의거 군집주행 안전서비스 기술이 반영된 V2X 단말기 국내·외 완성차 업체 공급 추진

○ 군집자율협력주행 기술개발로 도로교통 안전성 제고

(As is)	군집주행 차량에 대한 V2V 기술·서비스에 대한 연구는 다수의 연구프로젝트에서 다양한 방법으로 이루어졌으나 V2기반의 안전서비스에 대한 기술·서비스는 미흡한 실정
(To be)	군집주행 차량 거동 특성을 반영한 군집주행 안전서비스 개발을 통해 선도적으로 ITS 단체표준 제정하고 기술 확산의 기반을 마련하여 미래 도로교통 안전성 제고

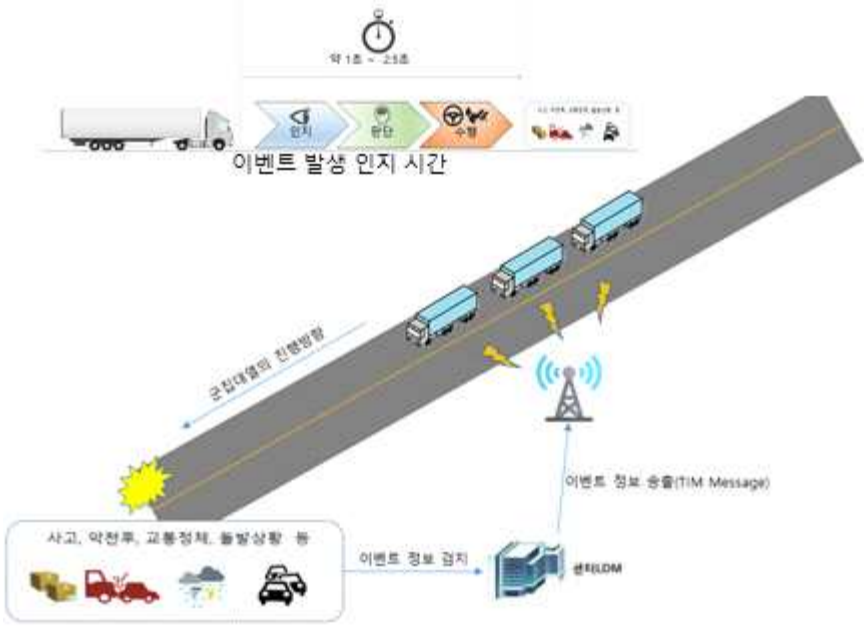
- 군집주행 안전서비스 시스템 기술개발

• 정밀전자지도 기반의 LDM(Local Dynamic Map)을 바탕으로, 차로 수준 정밀도의 안전서비스 데이터 정보를 제공하고 있으며, 'V2X 기반 화물차 군집주행 운영 기술 개발' 등의 여러 국책 과제의 성공적 참여와 관련 특허 취득 등을 통하여, 업계 최고 수준의 기술력과 노하우를 확보

• 'V2X 기반 화물차 군집주행 운영 기술 개발' 연구에서는 화물차 차종 특성 및 주행 특성에 따른 요구사항을 분석하여, 'V2X 기반 화물차 군집주행 운영 기술 개발'에 적합한 안전서비스를 개발하였으며, 연구를 통해, 다양한 요구사항에 맞는 맞춤형 자율주행 차량 안전서비스 서비스 개발

• 안전서비스 제공 관련 특허를 취득하여 향후 군집주행 상용화시 자국 기술보호를 위한 권리를 획득하였으며, 장기적으로 해외 진출도모역량 확보

• ‘V2X 기반 화물차 군집주행 운영 기술 개발’ 연구에서 과제 참여업체 중 한일STM, 이씨스, 웨이티즈와의 협업을 통해, 안전서비스의 공용도로 · 비공용도로 상의 테스트 환경을 제공하고, 한국자동차연구원과 LDM · HIL 시뮬레이터 연동을 통해, 가상 환경의 테스트 환경을 제공하여, 본 과제의 안전서비스 연구 및 검증 과정을 통해 첨단 도로교통 분야뿐만 아니라 자율주행자동차 기술력 확보에 기여



<그림 136> 군집주행 안전서비스 개념도

- 군집주행 안전성 향상을 위한 서비스 시나리오 개발

• 실시간 도로교통 상황정보를 통해 자체적으로 해결할 수 없는 도로교통의 다양한 돌발 상황에 대응하기 위한 시나리오를 세분화(21개)하여 군집주행 차량의 주행안전성 확보
• C-ITS 본 사업 등의 특화된 도로 인프라와 ICT기술을 적극적으로 활용하여 차량에 정보제공
• 기존의 ITS 분야의 차량 검지 기술에서 벗어나 도로위의 돌발상황을 빠르고 정확하게 전달하는 도로 인프라 협력주행체계 구축가능



<그림 137> 군집주행 안전서비스 예시(교량구간 서비스)

- 군집주행 안전서비스 표준화

• 국내 최초로 국제표준 ISO-14827, ISO-18750, SAE-J2735 등을 인터페이스에 적용한 LDM 서비스를 개발하였으며, 해당 표준화에 대한 SW 저작권을 취득하였고, 국제표준의 제·개정에 적극 대응하여 지속적인 연구와 버전 업데이트를 진행 중
• 국내 자율주행 차량 상황에 맞는 통신 규약을 정의하고, 해당 프로토콜에 적합한 메시지 셋을 정의하였으며, 해당 프로토콜에 대한 표준화(단체표준, ITSK)를 달성함

- V2X 기반 실도로 자율협력 및 군집주행 평가 기술 개발

• 실차환경의 V2X 정보를 연계한 시험 평가 시스템과 평가 절차를 개발함
• 해당 결과물들을 활용해 군집주행 뿐만 아니라, V2X, C-ITS, 자율협력주행 시스템들의 실도로, 실차 환경에서 기능, 성능 시험이 가능한 시스템 개발에 활용함
• 해당 시스템을 활용하여 V2X 연계 실차 시험이 용이해지며, 목표 시스템의 효과적인 시검과 검증에 기여함

○ 군집주행 활성화를 위한 서비스 플랫폼 개발

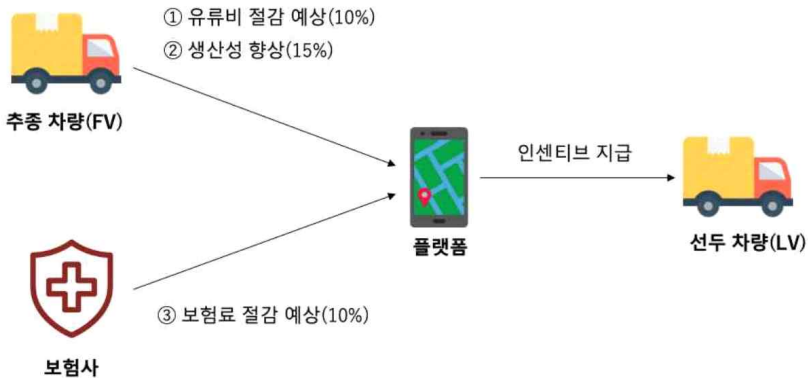
- 국내외 조사 결과 군집주행을 서비스 플랫폼과 연계해서 운영하고 있는 곳은 없음. 같은 경로를 주행하는 많은 차량을 연계시켜주는 서비스 플랫폼이 활성화 되면 전체적인 군집주행으로 가용성이 높아질 것으로 예상



○ 군집주행 상용화를 위한 사업화 모델개발

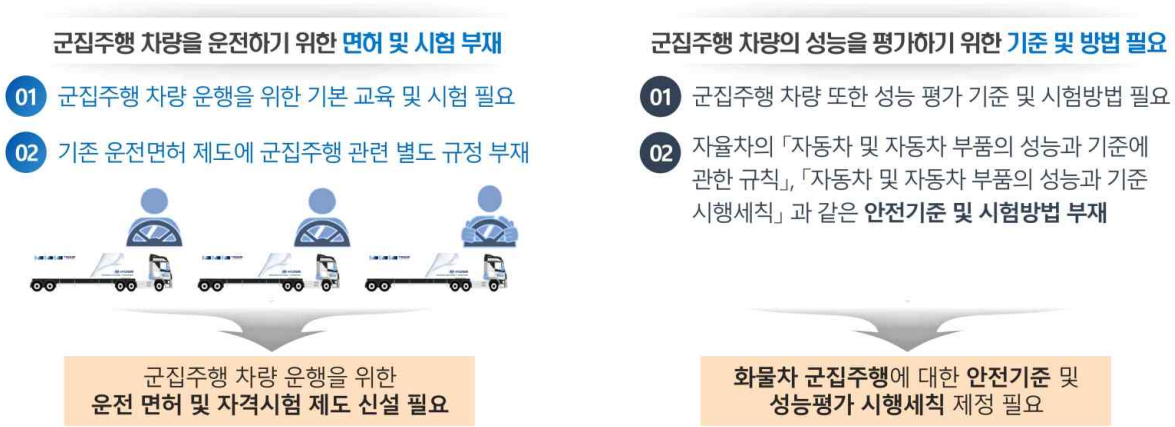
- 연비절감, 편의성 향상 등의 편익에 대해 상대적으로 더 큰 효용을 누리는 추종차량과 선두차량간의 이익을 합리적으로 공유하는 사업모델로 이해당사자들의 참여를 유도하여 군집주행이 더욱 활성화될 것으로 예상

사업화 모델 개념도



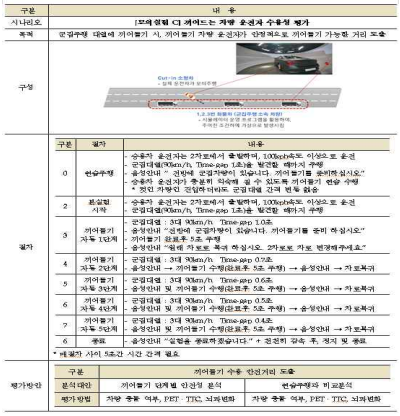
○ 군집주행을 위한 법·제도 개선

- 화물차 군집주행 신기술 도입을 위해 기존 법, 제도 등의 분석을 통해 기술 수용성 증진에 기여함
- 해외사례 검토를 통해 이슈사항을 발굴하였으며, 국내 관련 법 · 제도 탐색으로 개선 필요사항 도출
- 화물차 군집주행 기술의 도입 및 운영을 위한 기존 법 · 제도 검토를 통해 현행 법 · 제도와의 상충 해소를 위한 기존 규제 예외 조항 필요 부분 도출함
- 화물차 군집주행 운영에 필요한 차량, 운전자 등의 자격요건 및 차량 요건 등과 관련하여 필요한 신규 규제 추가 필요 사항의 도출함

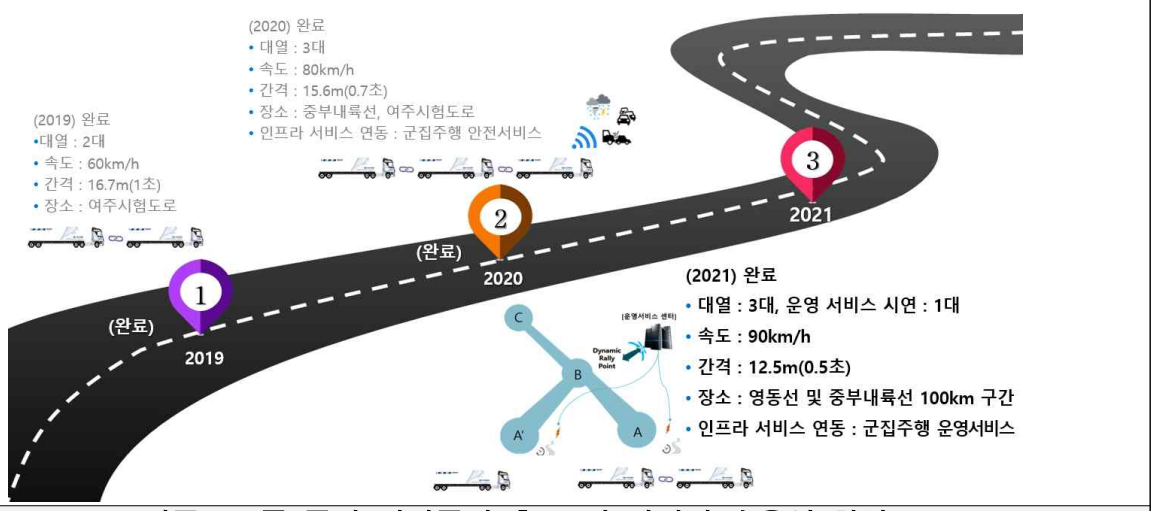


○ 군집주행 위험도 분석 모의주행 실험을 통한 군집주행 수용성 향상

- 화물차 군집주행 차량과 일반차량이 혼재된 상황은 불안정한 교통흐름을 유발하여 소통뿐만 아니라, 안전성 측면에서 부정적인 영향을 미칠 가능성이 높을 것임
- 따라서, 화물차 군집주행 차량 군 주행 시, 일반차량 운전자는 기존의 주행행태와 다른 주행행태를 보일 가능성이 높으므로, 화물차 군집주행 차량과 일반 차량과의 상호작용에 대한 연구가 필요
- 현재 화물차 군집주행 효과에 대한 연구는 많이 진행되었으나, 실제 화물차 군집주행이 도입에 따른 화물차 운전자 및 주변 승용차 운전자에 대한 연구는 미흡한 실정임
- 특히, 주행재현율이 높은 초대형 도로주행 주행 시뮬레이터를 활용한 화물차 군집주행 관련 연구는 미흡한 실정
- 본 연구개발성과는 기존의 차량 및 군집주행 기술관점이 아닌 실제 화물차/승용차 운전자 관점에서 군집주행 기술에 대한 수용성을 평가할 수 있는 환경을 구축하고 모의주행 실험을 수행하여, 향후 기술 도입시 운전자 수용성 관점에서 안전주행에 필요한 기초데이터를 제공하여 도로교통 안전성 향상에 기여할 것임

군집대열 차량간 간격에 따른 운전자 수용성 평가	군집주행 대열 사이를 주행하는 승용 차량 운전자 수용성 평가	군집주행 중 안전서비스 효과 평가
		

○ 연구실증을 통한 사회구성원의 첨단기술에 대한 수용성 제고



언론보도를 통한 일반국민 홍보 및 사회적 수용성 향상

○ 언론보도(홍보)

- 19년 : MBC, 조선일보 등 73건
- 20년 : MBC, YTN 등 64건
- 21년 : KBS, MBC 등 65건

※ MBC, KBS 등 주요방송사 골든타임(PM7~9) 방영





6. 연구개발성과 관리 및 활용 계획

[1세부 : 군집주행 차량의 안전주행 제어기술 개발]

○ 패키지 형태의 군집주행 운영기술 연구성과 활용

- 화물차 기반 V2X 군집주행 운영기술 개발 연구는 1세부 군집주행 차량기술, 2세부 군집주행 안전서비스 기술과 군집주행 운영서비스 기술로 구성되어 있음.
- 1세부는 군집주행 차량기술 개발을 위한 화물차 자율/군집주행 차량 플랫폼(현대), 자율/군집주행 제어기술(국민대), 자율/군집주행 HMI(모트렉스), 자율/군집주행 가상환경에서의 차량평가(한국자동차연구원), 자율/군집주행 실도로 차량평가(저먼코리아)로 구성되어 있음
- 패키지 형태의 군집주행 운영기술 활용은 전북 자동차융합연구원(JIAT)의 새만금 상용차 자율군집 · 주행테스트 베드 구축에 적용될 계획이며, 세부 적용사항은 군집주행 차량기술에 테스트 기술개발에 자율/군집주행 제어기술(국민대), 자율/군집주행 HMI(모트렉스), 자율/군집주행 가상환경에서의 차량평가(한국자동차 연구원)이 적용되어 있으며, 군집주행 인프라 기술에 위한 군집주행 안전서비스 시나리오/표준(한국지능형교통체계협회), 군집주행 안전서비스 인프라 센터기술(웨이즈원), 군집주행 안전서비스 평가시스템기술(웨이티즈), 군집주행 안전서비스 인프라 RSE기술(이씨스)가 이미 참여 또는 참여 예정되어 있어 패키지 형태로의 연구성과 활용이 될 것으로 전망됨



<그림 141> 새만금 상용차 자율군집 · 주행테스트 베드

- 또한 자율주행 교통물류 기본계획(2021)의 자율주행 화물배송 서비스 구현에 세부추진 과제로 고속도로 화물자동차 군집주행 기술개발이 예정되어 있어, 다양한 패키지 형태의 참여가 있을 것으로 전망됨

<군집주행 연구성과 활용 로드맵>

구분	22년	23년	24년	25년	26년	27년
V2X기반 연구성과 활용 전망	새만금 테스트 베드					
	운송거점간 자율주행 LV4 대형상용차량 플랫폼 개발(자율주행기술개발 혁신사업)					
		군집주행기반 화물배송 서비스 시범사업				

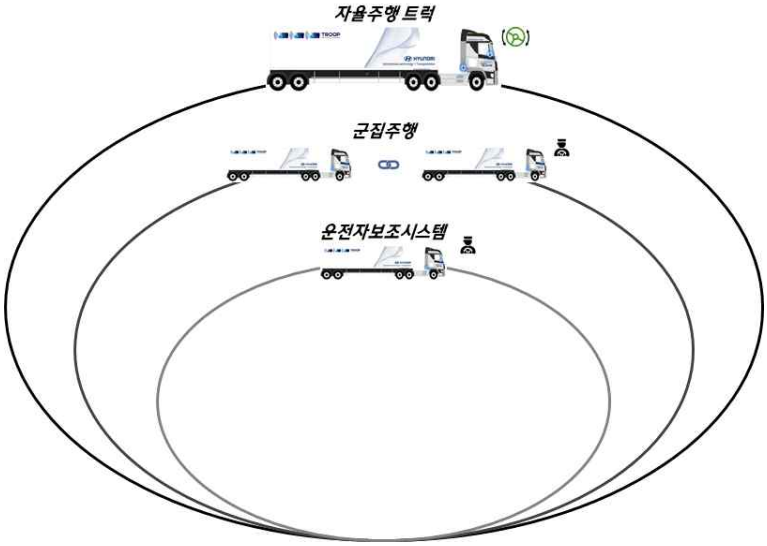
※ 차량제작 비용 및 향후 기술적용 계획

: 군집주행 기술을 자율주행 기술에 포함하여 구현하고, 이를 비즈니스 모델화하는 방향을 검토하고 있음. 따라서, 자율주행에 관한 패키지형태로 고객에게 제공하므로 고객은 비용에 대한 부담을 줄일 수 있음

: 생산비용 또한 자율주행 기술의 양산과 연계하여 합리적 수준으로 제시될 수 있도록 할 예정임

○ 실차 개발 성과 활용 및 제어기술 경험 활용

- 조향 장치, V2X 통신 모듈 등 전장 및 센서 시스템 개발을 통해 향후 자율주행 물류운송용 대형 트럭 개발 시 사용될 수 있는 다양한 안전 기술 개발 기반 마련
- 다양한 도로 및 주행 환경에서의 시험을 바탕으로 안전한 종/횡 방향 제어 기술 개발에의 기반 마련

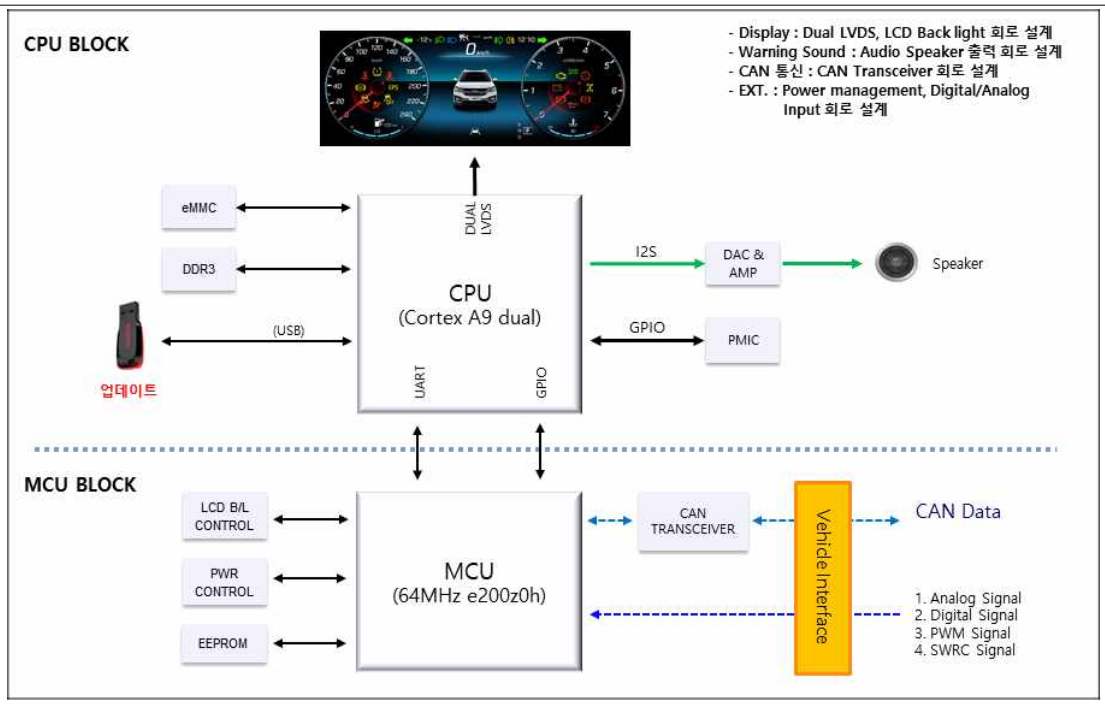


- 군집주행 기술을 자율주행 기술에 포함하여 구현할 예정. 자율주행 기술을 구현할 수 있는 수준의 차량은 군집주행 기능을 수행할 수 있으므로, 자율주행트럭의 구매에 따른 패키지 형태로 군집주행 기술을 비즈니스화 하고자 함
- 군집주행 기술을 옵션으로 제공하여 고객이 비용에 대한 부담을 줄여 많은 차량이 군집주행 기능을 사용할 수 있도록 구성하고자 함
- 개발비용 및 양산에 따른 비용 또한 자율주행 기술의 개발과 동시에 진행이 가능하므로, 최종적으로 소비자에게 금전적부담을 합리적 수준으로 제시할 수 있을 것으로 예상

○ V2X기반 군집주행 시나리오 및 평가기술 개발
- 국내 교통사고 유형 및 도로환경을 반영한 V2X기반 상용차 군집주행 평가 시나리오 개발
- 실시간 군집주행 가상화 시뮬레이션 환경
  • 군집주행 제어기, 디지털 클러스터 등 차량용 ECU를 대상으로 HILS 기반의 평가 검증
  • 인프라(LDM, 모니터링 시스템 등) 연동을 통한 안전서비스 분석 및 평가 검증

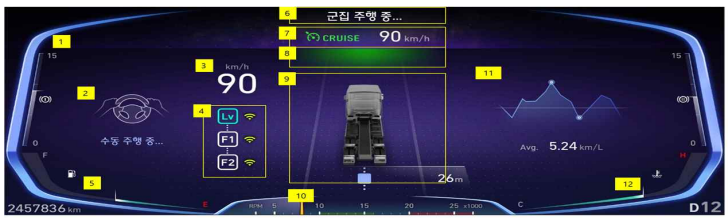
○ V2X기반 군집주행 시나리오 생성 및 인프라연동 서비스 사전 검증
- 본 과제에서 추진한 고속도로기반 군집주행 서비스를 LDM-HIL 레벨에서 확인하였으며, 이러한 기반기술을 활용하여 고속도로(혹은 일반도로)에서 승용 혹은 상용차량의 자율주행 지원을 위한 인프라연동 서비스를 가상으로 생성하여 실주행 이전에 다양한 조건을 고려한 서비스 검증을 사전에 확인가능
- 인프라를 연동한 자율주행 서비스 개발 및 응용에 활용
  • 실차량 주행시 재현하기 어려운 다양한 시험조건과 해당 서비스를 LDM-HIL 환경에서 개발 및 사전연구 가능
  • 자율주행 차량의 ODD 조건에서 기후(우천, 안개 등) 및 주변차량 거동(끼어들기, 급제동 등)에 대한 다양한 시나리오를 실주행 이전에 자율주행 기능에 대한 사전 검증을 통해, 안전사고 최소화, 인력 및 개발 소요시간 축소, 기후환경의 제약 탈피 등 자율주행 연구개발 및 검증에 활용가능

○ 군집 주행 및 수소전기 상용차 등 미래 상용차 HMI 장비로 활용
- 군집 주행 뿐만 아니라 다양한 미래 상용차의 안전 시나리오를 적용하여 사업화 진행



<그림 142> 디지털클러스터 블록 다이어그램

- 개발 성과물 내재화를 통한 신시장 사업 창출
  • 본 연구에 활용한 기술을 내재화하여 외산 솔루션에 대한 국산화를 진행하여 신사업 진출





<그림 143> TIACORE를 이용한 군집주행 전용 HMI 개발

[2세부 : 자동차 전용도로 기반 V2X 군집주행 운영 및 연구실증 기술개발]

○ 군집주행 안전서비스 개발기술 확산 및 고도화

- 동 연구를 통해 개발된 군집주행 안전서비스 기술은 자동차융합기술원 “새만금지역 상용차 자율주행 테스트베드 구축사업(‘22)”에 활용될 예정이며, 자율주행차 교통물류기본계획 군집주행 시범사업 등에 기여할 것이며, 향후 상용차를 위한 V2X 인프라 서비스의 레퍼런스 기술이 될 것으로 전망

① 군집주행 센터(LDM) 기술
- 향후 군집주행 및 자율주행 연관 과제 및 연구 참여 시, 과제 참여를 통해 쌓아올린 시스템 설계, 시스템 개발, 서비스 운영 노하우를 적용하여, 보다 발전된 수준의 안전서비스 제공 가능
- 동적 ODD 데이터 적재 시, 기존의 방식은 차로 수준의 데이터를 판별하여, 각 차로의 데이터를 센터 LDM에 적재하는 방식으로, 불필요하게 빈번한 Add Query가 발생하는 이슈가 존재하여, 동적 ODD 데이터의 공간 정보에 Area 개념을 추가하여, 불필요한 부하를 낮추는 방식으로 개선하는 연구 진행
- 기존 ‘자율협력주행’ 과제 및 ‘V2X 기반 화물차 군집주행 운영 기술 개발‘ 과제 참여 경험을 통해, 단순 서버/클라이언트 방식의 한계를 인지하고, 추후 분산 처리 기술을 접합하여, 데이터 처리 및 저장 로직 고도화 연구 진행

• 일정 권역별 혹은 RSU에 따른 별도의 LDM을 운용하여, 각 LDM 마다 해당 지역에 대한 정보를 각자 따로, 추가/갱신/삭제 기능을 지원하며, 해당 정보를 관리하는 별도의 서버를 운영하여, 데이터 처리 및 저장 기능 개선 연구 진행

- 누적된 연구 개발 기술 및 연구 진행 기간 중 제공 받은 안전서비스 인프라 정보를 바탕으로, 향후 자율 주행 관련 LDM(Local Dynamic Map) 서비스가 제공 할 수 있는 부가 서비스 신규 개발에 활용

• 딥 러닝 기법을 사용하여, 동적 ODD 정보에 따른 차량 궤적 등을 분석/시뮬레이트 하여, 군집/자율주행 차량 위험 정보 판별 등의 연구 진행

• 동적 / 정적 ODD 정보 추출로직 개선 및 Real Time 서비스 연구 진행

- '새만금 상용차 자율협력주행 화물·물류 서비스 실증 지역 조성사업' 등의 상용차량 안전서비스 관련 R&D 과제 참여를 노력하고 있으며, 과제 수주 시 본 연구 과제의 연구 성과를 계승하고 발전시켜, 상용차량 안전서비스 분야 지속적 연구 진행

② 군집주행 안전서비스 표준제정(통신메시지, 시나리오 등) 및 확산

- 본 과제에서 연구한 시나리오 및 표준을 '상용차 산업 기반구축' 에 활용이 가능하도록 MOU 체결 ([ITSK-00119] V2I 기반 화물차 군집자율주행(Lv.3) 안전서비스 시나리오, 2020, ITS 표준총회)
- 국가 C-ITS 망 구축에 군집주행 안전서비스 SW반영으로 상용차를 위한 서비스 지원
- 국제표준(ISO-14827, ISO-18750, SAE-J2735)의 제·개정에 적극 대응, 개발기술의 글로벌 호환성과 활용을 위해 기 마련된 표준의 지속적 업데이트 추진

③ V2X 기반 군집주행 안전서비스 시험 평가기술 고도화 및 사업화

- 본 과제의 성과물인 V2X 연계한 군집주행 안전서비스 시험 시스템 및 관련 요소 기술을 활용, 사업화 예정
- V2X 데이터 수집 및 처리 기술 기반으로 SAE J2945/1 드라이빙 시험장치 (WCEX-DRTS-V2V) 로 개발 및 사업화 진행
  • 해당 시험장치의 표준적합성, 신뢰성 확보를 위해 미국 OmniAir 컨소시엄의 시험툴 인증 (OmniAir Qualified Test Equipment) 획득 완료함 (2021.9.29.) - 아시아 최초 OQTE인증 획득
  • 국내 TTA, 전북자동차융합기술원(JIAT) 등과 납품 계약 체결을 완료하였으며, 북미 수출을 위한 미국 OmniAir 컨소시엄 표준화 활동 지속 참여 중
- 군집주행 관련 기술 및 V2X 데이터 처리 기술을 연계한 자율협력(군집)주행 평가지원 시스템 개발 및 사업화 진행
  • 국내외 자율차 제조사, 연구소 및 관련 부품 개발 기관으로부터 V2X 통신을 연계한 군집주행 통신 및 차량 제어기술 연구를 위한 레퍼런스 시스템과 관련 시험/평가 기술에 대한 수요 발생하고 있음
  • 본 과제의 참여기관인 웨이티즈의 군집주행 V2X 데이터 처리 기술과 국민대의 군집차량 제어 기술을 연계하여 자율협력(군집)주행 평가를 위한 레퍼런스 시스템 기술 개발 및 고도화 진행 중
  • 해당 시스템은 군집주행 V2I 안전서비스 메시지, V2V 군집주행 제어데이터 처리 및 군집주행 대열제어 기능을 포함하고 있으며, 군집차량의 종/횡제어 ECU와 연동하여 V2X기반 군집주행 차량 구성에 활용 가능한 시스템임
  • 웨이티즈는 전북자동차융합기술원(JIAT)과 자율협력(군집)주행 평가지원 시스템 개발 및 납품에 대한 계약을 체결하였으며, 2022년 초 납품과 사업화를 예정하고 있음. 향후 레퍼런스 시스템을 기반으로 군집주행 시스템 기술 개발 및 평가가 필요한 기관을 대상으로 제품 판매 및 기술이전 형태로 사업화가 가능할 것으로 예상함
- 가상의 V2X 메시지 전송 및 이를 활용한 V2X 어플리케이션 시스템으로의 확장: 해당 시험 시스템을 국내 ITS Korea 및 미국의 OmniAir 컨소시엄과 협업하여 V2X 서비스 시험 툴로 확장 진행 중


CERTIFICATE OF COMPLIANCE / CONFORMANCE

OMNIAIR CONSORTIUM

Wayties

OMNIAIR CERTIFIED

Wayties, Inc.

Product: V2X BSM Conformance & Performance Field Test Tool

Model Number: WCEX-DRTS-V2V Revision: HW 1.4.0 SW 1.4.6

Connected Vehicle: DSRC-V2X r1 Conformance

Test Procedures 760, 761, 763 & 765, 767, 768 & 769

Randal Roebuck

Randy Roebuck / VP Technology & Certification Services

Jason M Conley

Jason Conley / Executive Director


웨이티즈, 亞 최초 'V2X 시험장비' 국제 인증 획득

(자율사물통신)

자체 개발 'WCEX-DRTS-V2V' 美 옴니에어 컨소시엄 인증 받아

국산 생태계 활성화·수출 상품화

<그림 > 웨이티즈 V2X 드라이빙 시험장치 미국 OmniAir 인증서 및 관련 기사 (전자신문 2021.12.23.)





<그림 > 웨이티즈 자율협력(군집)주행 평가지원시스템 프로토타입 및 적용 대상 차량

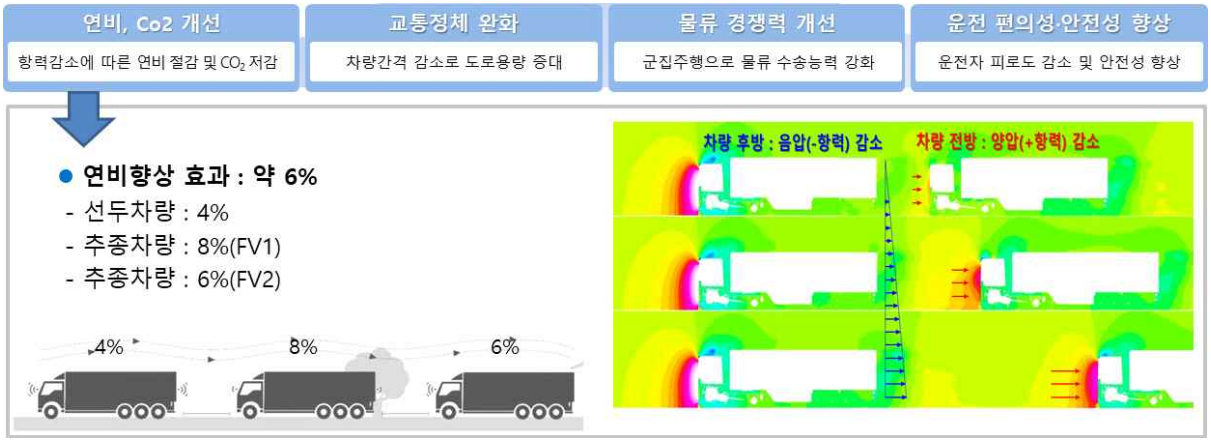
④ V2X 기반 군집주행 안전서비스 시험 평가기술 상용화

- 본 과제의 성과물인 V2X 연계한 군집주행 안전서비스 시험 시스템 요소 기술을 활용, 사업화 예정
  - V2X 데이터 수집 장치를 확장하여 SAE J2945/1 드라이빙 시험장치로 개발하였으며, 해당 시험장치는 현재 미국 OmniAir 시험툴 인증 획득 절차 진행 중임 (2021년 9월 중 인증 획득 예정)
  - 자율협력(군집)주행 평가지원 시스템: 군집주행 제어기 및 관련 V2X 시스템 개발에 활용가능한 레퍼런스 시스템임. 본 시스템을 자동차융합기술원에 납품 계약을 체결하였으며, 2022년 초 납품 예정
- 가상의 V2X 메시지 전송 및 이를 활용한 V2X 어플리케이션 시스템으로의 확장: 해당 시험 시스템을 국내 ITS Korea 및 미국의 OmniAir 컨소시엄과 협업하여 V2X 서비스 시험 툴로 확장 진행 중

○ 군집주행 운영서비스 플랫폼 사업화

- 동 연구를 통해 개발된 군집주행 운영서비스 기술은 군집주행 기술 상용화시 기존 민간 화물운송 서비스(24, 화물맨, 고트럭 등) 또는 공공부문의 화물운송 서비스에 플랫폼 형태로 활용될 것으로 전망됨

- 군집주행 차량이 상용화 되면, 화물출발지가 다르거나 원거리의 이용자가 만나야 할 경우 등의 문제를 해결하여 활용도를 높이기 위해 군집주행 서비스 플랫폼 기술이 필요
- 물류사업자들에 제공해 물류 효율을 높이고, 일반 운전자들에게 플랫폼 서비스를 제공하여 연비, 편안함, 안정성 등의 가치를 제공함
- 물류사업자들에게 연간 계약을 통해 플랫폼 사용료를 부과하거나, 일반 운전자들에게 추종차량으로 합류시 이득 중 일부를 선두차량과 플랫폼 사업자들에게 나누는 식의 사업모델 적용 가능
- 동 서비스의 효용성은 군집주행을 통해 얻는 연비향상, 편리성 등의 편익을 군집주행 대열내 선두차량과 추종차량이 공평하게 나누는데 목적이 있음



<그림 148> 군집주행 편익

○ 군집주행 운전자(화물차/주변차량) 수용성 분석결과 활용계획

- 본 연구개발성과는 기존의 차량 및 군집주행 기술관점이 아닌 실제 화물차/승용차 운전자 관점에서 군집주행 기술에 대한 수용성을 평가할 수 있는 환경을 구축하고 모의주행 실험을 수행하여, 향후 기술도입시 운전자 수용성 관점에서 안전주행에 필요한 기초데이터를 제공하여 관련 제도마련에 근거로 활용되어 도로교통 안전성 향상에 기여할 것임
- 향후 군집주행 모의주행에 대한 실험 지원이 가능하며, 나아가 L4 이상 자율주행 도입시 도로이용자(운전자) 관점에서 운영 및 평가가 가능할 것으로 판단되며, 또한 연결로 구간 등 화물차 군집주행 간격을 일시적으로 넓혀야하는 경우 최적간격을 도출하는데 기초자료로 활용될 수 있음
- 나아가 군집주행 시스템의 안정화를 위한 운용·관리 전략개발을 효과적으로 지원할 수 있을 것으로 기대됨

○ 군집주행 모니터링 시스템 활용계획

- 기존의 C-ITS 및 자율협력주행 정보 제공 및 모니터링 시스템에 군집주행 메시지(PBM)를 처리할 수 있도록 개발 고도화하여 C-ITS, 자율협력주행, 군집주행 서비스를 모두 통합한 통합관제모니터링 시스템을 구축 운영하는데 활용될 것임
- 또한 동 시스템을 통해 수집되는 운전자 관찰 영상데이터, 선두차량 전방 카메라를 통해 수집되는 군집주행 주행 영상데이터는 운전자인지반응, 자율주행차량 거동분석 등 후속 연구를 위한 기초데이터로 활용될 것으로 전망

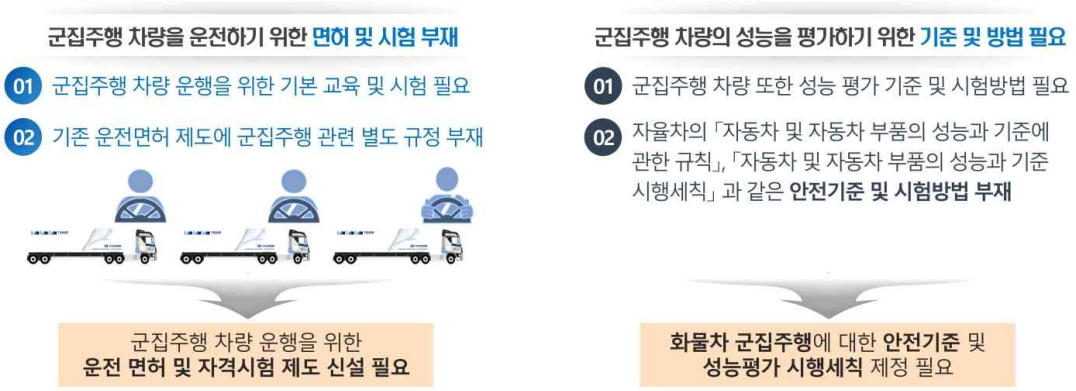


<그림 149> 군집주행 모니터링 시스템

○ 관련 법제도 개선지원

- 화물차 군집주행의 도입 및 운영을 위해 필요한 기존 법·제도의 개선 항목을 도출하고, 신규로 규제가 요구되는 항목을 발굴하여, 이를 통해 소관부처(자율주행 법제도 개선 워킹그룹)에 제공하여 실제 법·제도 개선에 기여하여 향후 반영될 것으로 전망
- 기존 사람 운전자 대상 규제와의 상충에 대한 예외 조항 추가 등을 통해 원활한 기술 도입 및 운영 가능

- 군집주행 운전자 자격 제도, 자격 시험 등의 제도 신설을 위한 기초자료로 활용



<그림 105> 군집주행 관련 법제도 개선지원

○ 군집주행 지원방안 시나리오 활용
- 화물차 군집주행 상용화시 새로운 교통행태를 수용하는 도로교통 관리자가 군집주행 전용차로/일반차로 운영, 군집주행 속도제한 등 교통운영관리에 필요한 데이터로 활용 가능
- 군집주행의 소통개선, 운전자 편의 향상, 안전성 향상 등의 효과가 효율적으로 나타날 수 있도록 도로 및 교통환경 조건에 따른 최적화된 운영 기술을 위한 기초 연구자료로 활용할 수 있음
- 운영 효율성과 함께 실제 화물자동차 운전자의 운행패턴, 경로 등을 추가적으로 고려한 운영 기술 연구가 필요하며 이를 통해 기술의 수용성을 극대화 시킬 수 있을 것으로 예상

○ 군집주행 수용을 위한 인프라(기하구조, 포장 등) 연구성과 활용
- 동 연구에서는 화물차 군집주행을 수용할 경우 발생할 수 있는 위험요인에 대한 연구 수행
- 발굴된 위험요인으로는 기하구조, 교량 안전성, 포장에 미치는 영향 등이며 이를 통해 실제 도입시 발생할 수 있는 사항에 대해 선행연구를 수행함으로써 군집주행 운영을 위한 기하구조 안전성 검증을 위한 기초 연구자료로 활용이 가능토록 함
- 또한 기존 도로 구조물 및 포장설계의 경우 군집주행의 짧은 차간간격, 횡방향 이격감소와 같은 특성에 대한 고려가 부족하며, 추가적인 실험, 연구 등을 통해 안전성 검증을 위한 기초연구로 활용할 수 있음

○ 연구성과 모니터링 및 성과관리 계획
- (법·제도) 동 연구를 통해 도출된 법·제도 개선 항목은 「자율주행차 선제적 규제혁신 로드맵」의 개정 시 반영되어 관련 법·제도가 개선될 계획에 있으며, 향후 법·제도 개선을 위해 수행되는 연구들의 성과 및 개선 완료 여부에 대한 지속적인 모니터링과 성과관리 시스템 등록
- (특허) 현재 특허출원 중인 성과에 대해서는 특허등록 시 성과관리 시스템 등록
- (매출, 기술이전 등) 동 연구를 통한 매출발생, 기술이전 등의 사항에 대해서는 연구관리 규정에 따라 연구성과 시스템에 관련된 절차를 진행할 계획임

○ 패키지 형태의 군집주행 운영기술 연구성과 활용
- 화물차 기반 V2X 군집주행 운영기술 개발 연구는 1세부 군집주행 차량기술, 2세부 군집주행 안전서비스 기술과 군집주행 운영서비스 기술로 구성되어 있음.
- 1세부는 군집주행 차량기술 개발을 위한 화물차 자율/군집주행 차량 플랫폼(현대), 자율/군집주행 제어기술(국민대), 자율/군집주행 HMI(모트렉스), 자율/군집주행 가상환경에서의 차량평가(한국자동차 연구원), 자율/군집주행 실도로 차량평가(저먼코리아)로 구성되어 있음
- 2세부는 군집주행 안전서비스를 구현하기 위한 군집주행 안전서비스 시나리오/표준(한국지능형교통체계협회), 군집주행 안전서비스 인프라 센터기술(웨이즈원), 군집주행 안전서비스 평가시스템기술(웨이티즈), 군집주행 안전서비스 인프라 RSE기술(이씨스)로 구성되어 있음
- 또한 군집주행 운영서비스를 위해 카카오모빌리티 그리고 연구실증 및 법제도 정비 등을 위한 한국도로공사 및 아주대학교로 구성되어 있음

- 패키지 형태의 군집주행 운영기술 활용은 전북 자동차융합연구원(JIAT)의 새만금 상용차 자율군집·주행 테스트 베드 구축에 적용될 계획이며, 세부 적용사항은 군집주행 차량기술에 테스트 기술개발에 자율/군집주행 제어기술(국민대), 자율/군집주행 HMI(모트렉스), 자율/군집주행 가상환경에서의 차량평가(한국자동차 연구원)이 적용되어 있으며, 군집주행 인프라 기술에 위한 군집주행 안전서비스 시나리오/표준(한국지능형교통체계협회), 군집주행 안전서비스 인프라 센터기술(웨이즈원), 군집주행 안전서비스 평가시스템기술(웨이티즈), 군집주행 안전서비스 인프라 RSE기술(이씨스)가 이미 참여 또는 참여 예정되어 있어 패키지 형태로의 연구성과 활용이 될 것으로 전망됨



<그림 151> 새만금 상용차 자율군집·주행테스트 베드

- 또한 자율주행 교통물류 기본계획(2021)의 자율주행 화물배송 서비스 구현에 세부추진 과제로 고속도로 화물자동차 군집주행 기술개발이 예정되어 있어, 다양한 패키지 형태의 참여가 있을 것으로 전망됨

<군집주행 연구성과 활용 로드맵>

구분	22년	23년	24년	25년	26년	27년
V2X기반 연구성과 활용 전망	새만금 테스트 베드					
	운송거점간 자율주행 LV4 대형상용차량 플랫폼 개발(자율주행기술개발 혁신사업)					
		군집주행기반 화물배송 서비스 시범사업				

○ 돌발상황(통신 단절) 대비 향후 연구방안

- V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 통신은 WAVE 통신을 사용하는 V2V/V2I, 이동통신망(LTE, 5G)을 사용하는 V2I 기술로 구성됨

① (동 연구성과)

- (WAVE V2V) V2V 정보는 군집주행 차량의 종방향 및 횡방향 제어를 위한 정보로 안정적 데이터 송수신을 위해 WAVE의 통신 스펙을 조정하여 20Hz 주기로 데이터를 교환하였으며, 이를 통해 1차적으로 통신패킷 손실 등에 대해 대비함. 또한 인지/판단/제어의 기능 중 인지영역에서 연속데이터를 바탕으로 머신러닝을 활용한 예측기능을 개발하여 2차적으로 통신단절 등에 대비. 마지막으로 통신단절이 일정시간 이상 계속될 경우 군집대열의 안정성 확보를 위해 운전자에게 사전에 이를 고지하고(클러스터에 통신이상을 표출하고 경보음 발생) 군집주행을 안전하게 해제함
- (WAVE V2I) 군집주행 안전서비스는 V2V정보와 달리 차량의 직접적 제어 영역에 해당하지 않는 부분으로 서비스를 하기 위한 정보제공은 이벤트 지점으로부터 수백m~수km 전방에 제공됨. 또한 군집주행 안전서비스 기능은 주의/경고 2단계로 제공되어 실 서비스에 직접적인 영향을 주기 전 통신단절 문제가 해결된다면 충분히 서비스를 구현하는데 문제가 없는 것으로 판단됨. 다만 RSE 기능이 전체적으로 문제가 발생한 경우가 있다면 2차적으로 차량 자체기능으로 LV운전자가 전방 교통상황을 판단하여 위험에 대비할 수 있고 최종수단으로 돌발상황 동시긴급제동이 가동되어 군집대열의 안전성을 확보할 수 있음.
- (이통망 V2I) 이통망은 군집주행 운영서비스를 위한 통신으로 군집대열 및 군집개별 차량의 합류지

안내 등 길안내를 목적으로 하여 단시간의 통신 단절 문제는 실시간 정보 교환에 다소 영향을 줄수는 있으나 서비스에 치명적인 해를 가하지는 않는 것으로 연구실증결과 도출됨

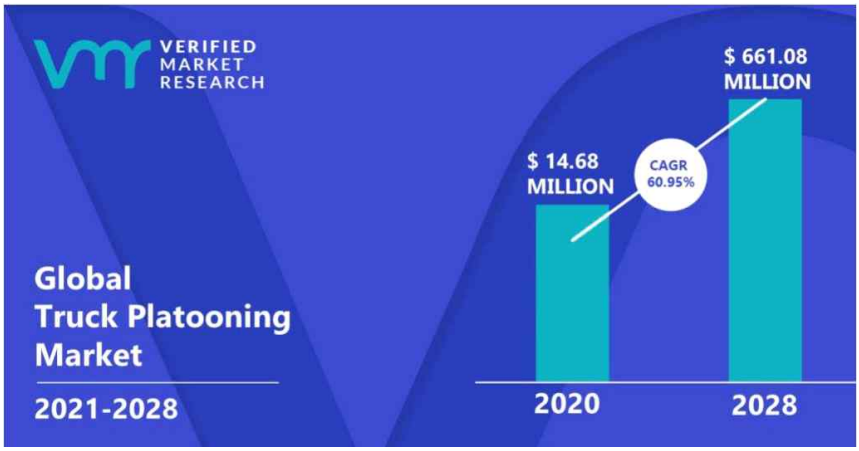
② (향후 연구방안)

- 군집주행 연구에 있어 통신부문의 연구는 현재 상용화직전까지 개발된 WAVE통신 측면으로는 정부가 지원할 부문은 크게 없는 것으로 판단됨. 다만 민간영역에서는 전용 단말기 개발 등 상품성 강화를 위한 제품개발은 필요할 것으로 사료됨
- 그러나 도로교통분야의 무선통신 기술이 진화하고 있는 동향을 고려시 차량제어를 위한 5G V2V기술은 국제기준과 부합하는 국내표준 마련 및 국내 산업기술 진흥을 위한 연구는 필요할 것으로 전망됨

○ V2X기반 화물차 군집주행 운영기술 후속과제 제안(안)

① 군집주행 시장 전망

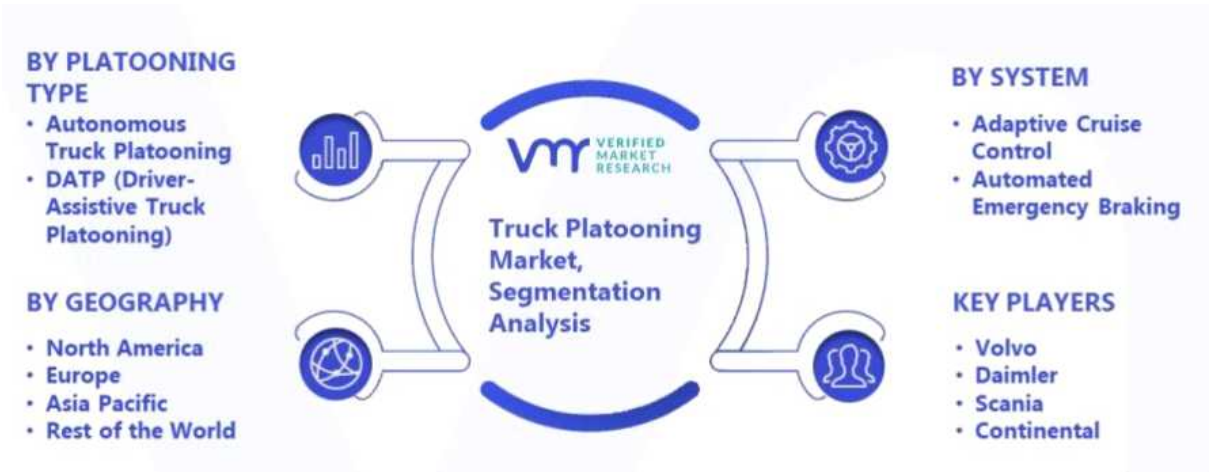
- 트럭 군집 시장 규모는 2020년에 1,468만 달러로 평가되었으며 2021년에서 2028년까지 CAGR 60.95%로 성장 하여 2028년에는 전세계적으로 6억 6,108만 달러(약 8천억원)에 이를 것으로 예상



* 동 내용은 “VerifiedMarketResearcht社 Global Truck Platooning Market Size...”자료 활용

- (글로벌 트럭 군집시장 개요)군집 주행은 추종트럭과 선두트럭 모두에 대한 공기 역학적 항력을 줄여 연료를 절약하여 운영 비용을 절감할 수 있으며, 이는 예측된 기간 동안 시장을 주도할 것으로 예상됨.

- (글로벌 트럭 군집시장 분류)트럭 군집주행 시장은 군집주행 형태(LV),지정학, 시스템별로 구분됨



- 군집주행 Type에 따라 Autonomous Truck Platooning과 DATP(Driver-Assistive Truck Platooning) 시장으로 구분, DATP(Driver-Assistive Truck Platooning) 부문이 가장 큰 시장 점유율을 차지할 것으로 예상됩니다. DATP는 대형 트럭을 위한 협력적 적응형 순항 제어 장치의 한 형태로 군집주행은 트럭대열의 연료 절약을 7~10% 향상
- 지역 분석을 기반으로 Global Truck Platooning Market은 북미, 유럽, 아시아 태평양 및 기타 지역으로 분류, 시장의 가장 큰 점유율은 신흥 기술의 조기 수용과 미국 고속도로 교통 안전국(NHTSA) 및 미국 교통 안전 위원회(NTSB)의 유리한 규제 정책 개발로 인해 북미가 우세할 것으로 전망

• 현재 기술우위의 기업으로는 Volvo, Daimler, Scania, Continental, Peloton Technology, DAF, Delphi Automotive PLC, WABCO, Bosch 및 엔비디아 등이 있음

② 군집주행 연구 이슈사항(연구방향)

- 현 시점에서 군집주행 연구의 이슈사항은 동 연구에서 개발된 Automated Truck Platooning(LV2)의 실증사업과 고도화된 군집주행 기술인 High Pilot Platooning(LV4)을 개발하는 2가지 이슈가 있음

군집주행 기술수준 구분		기능	상용화
Lv 1	CACC Truck Platooning Cooperative Adaptive Cruise Control	·종방향(가속 및 감속) 자동제어 (간격 20~30m)	'22
Lv 2	Automated Truck Platooning	·종방향 및 횡방향(차로유지) 자동제어	'26
Lv 4	Highway Pilot Platooning	·종방향 및 횡방향(차선변경, 추월) 자동제어	'29

- Automated Truck Platooning(LV2)의 실증사업은 자율주행 교통물류 기본계획(2021)의 자율주행 화물배송 서비스 구현에 세부추진 과제인 고속도로 화물자동차 군집주행 기술개발로 실현될 것으로 전망

• 실증연구의 세부 이슈사항인 군집주행 운영을 어떻게 할 것인가 하는 문제는 전국단위의 시스템 구축 가능성 등 여러 이슈를 분석하여 아래에서 제시하는 다양한 형태의 운영시나리오를 선정 가능

군집주행 운영시나리오의 종류

1. Ad Hoc on-the-Fly Concept
: 인프라의 도움 없이 도로상에서 자유롭게 만나서 분·합류(차량을 만날 경우 운전자간 협의)

2.Guided on-the-Fly Platooning Concept
: 인프라가 군집주행 전용도로에서 합류차량의 호환성을 검증하고 차량은 도로상에 분·합류

3.Trip-Concept
: 화물운송자간 협의 또는 인프라 시스템을 통해 사전에 호환성을 검증하고 정해진 위치/시간에 군집주행 분합류

4.Scheduled Platooning Concept
: 인프라시스템이 사전에 호환성을 검증하고 대열을 매칭, 분합류 위치·시간을 다이나믹하게 실시간으로 지원

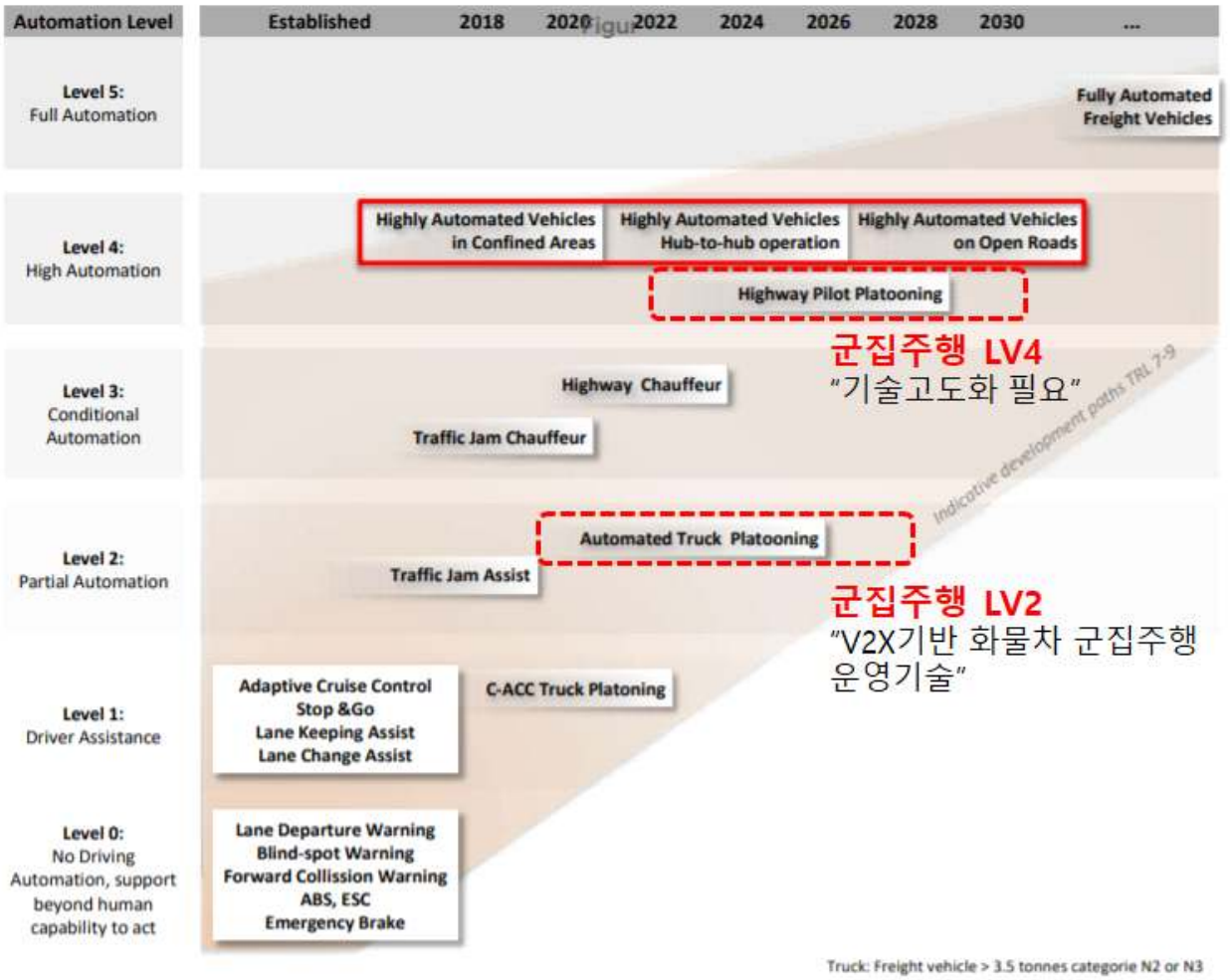
• 해외의 경우 아래표와 같이 운영시나리오를 적용하였으며, 우리나라 전역에 적용할 수 있는 운영시나리오는 실증을 위한 예산, 참여자 등 다양한 요인을 검토하여 적용하는 것이 타당할 것으로 사료됨

↗ 군집주행 연구개발 해외동향

Project	Vehicle Type	Control	Infrastructure Req.	Traffic Integration	Sensors	Goals	Scenario
SARTRE	Mixed	Lat.+Long.	None	Highway, Mixed	Production	Comfort, safety, congestion, energy	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
PATH	Cars or heavy trucks	Lat.+Long.	Reference markers in the road	Dedicated lane	Mixed	Increased throughput, energy saving	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
GCDC	Mixed	Long.	Augmented GPS	Mixed	State of the art and production	Accelerate deployment	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
Energy-ITS	Heavy Trucks	Lat.+Long.	Lane Markings	Dedicated lane	SoA	Energy saving, mitigate lack of skilled drivers	**Guided on-the-Fly Platooning Concept**
COMPANION	Heavy Trucks	Long.	None	Highway, Mixed	No V2V comm. In 1st stage	Commercial fleet, energy	**Guided on-the-Fly Platooning Concept**
AMAS	Heavy Trucks	Lat.+Long.	None	Off-road	Production	Increased safety	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
Auburn	Heavy Trucks	Lat.	n/a	Highway, Mixed	Production	Energy saving, safety	**Ad Hoc on-the-Fly Concept**
TTI(Texas)	Trackter+Trailer	Lat.+Long.	n/a	Off-road	Production	Increased throughput, energy saving	**Trip Concept**

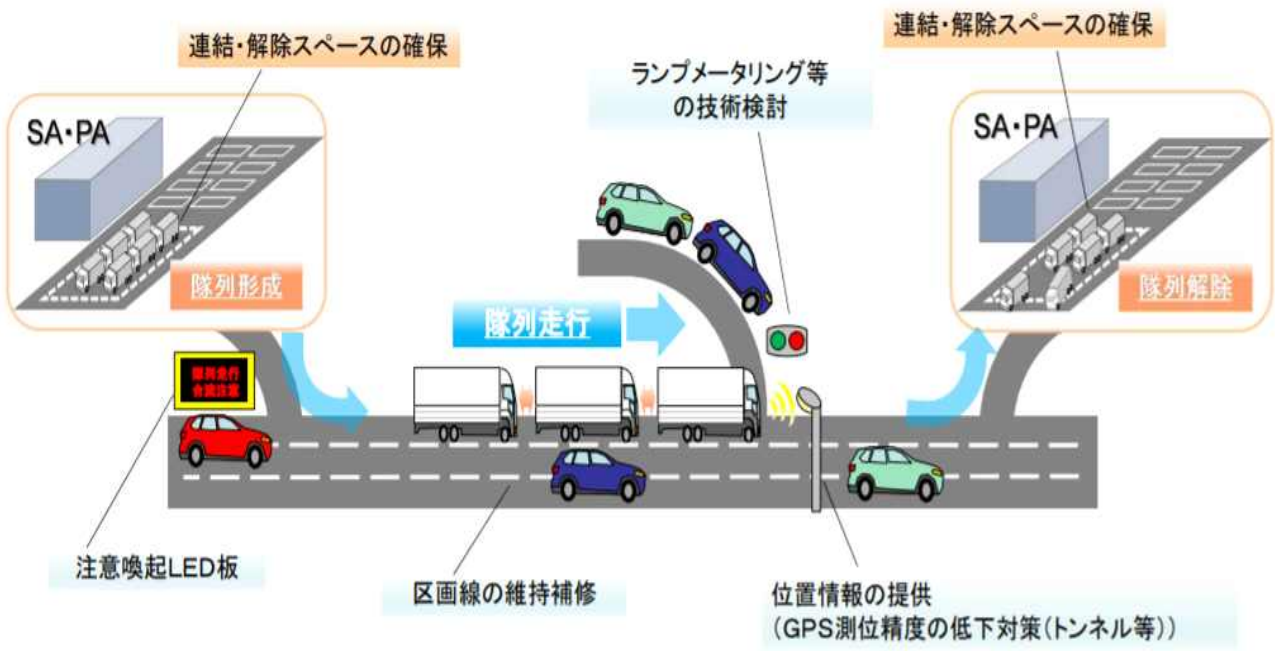
- 고도화된 군집주행 기술인 High Pilot Platooning(LV4)은 개발은 자율주행기술개발 혁신사업 운송거점간 자율주행 LV4 대형상용차량 플랫폼 개발을 통해 실현될 것으로 전망됨

<군집주행 로드맵, 출처 : ERTRAC>



③ 자율주행 및 군집주행 트럭 개발 전망

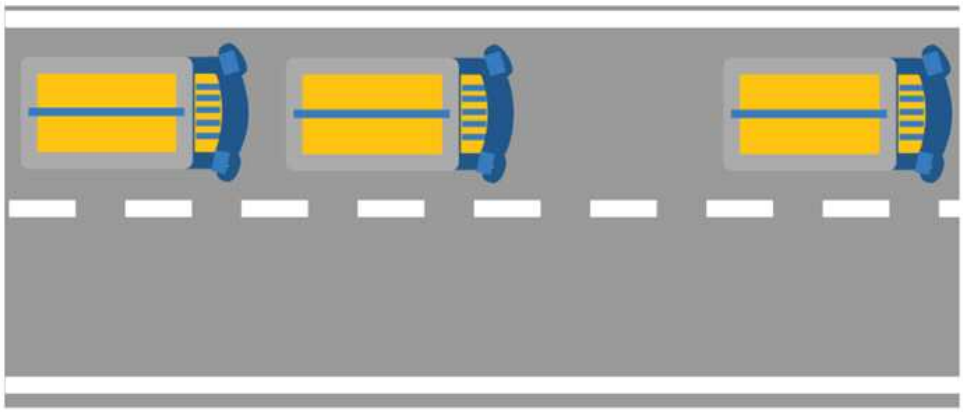
- 자율주행과 군집주행 기술은 상호 보완적인 관계로 ERTRAC보고서 상의 Freight Vehicle 로드맵에 제시된 바와 같이 기술이 고도화됨에 따라 자율주행과 군집주행의 기능이 고도화됨
  - 군집주행 LV1인 C-ACC truck Platooning은 ACC(Adaptive Cruise Control: 적응형 순항주행) 기능이 탑재된 차량에 V2V 통신기능을 탑재하고 제어기능을 고도화하여 개발가능
  - 군집주행 LV2인 Automated Truck Platooning은 ACC 기능 외에도 Land keeping Assist, Lane change Assist 등이 탑재된 차량에 V2V통신기능을 탑재하고 종·횡방향 제어시스템을 적용하여 개발가능
  - 군집주행 LV4인 Highway Pilot Platooning은 MRM(Minimum Risk Maneuvering)등 자율주행 LV4 기능이 탑재된 차량에 협력인지(Cooperative Perception) 기능 등을 추가하여 개발가능
- 군집주행 기술 개발을 위해서는 트럭 전장화, 각각의 레벨에 해당하는 자율주행 기능개발이 선행되어야하며, Freight Vehicle 로드맵상에 군집주행 기술개발이 별도의 항목으로 존재
- 또한 군집주행 LV4의 경우 선두차량 운전자가 추종차량(무인)을 관제하여 타 자율주행대비 안전성이 높은 것으로 논의되고 있음(일본 교통성)
  - 일본의 경우 Trip-Concept의 운영시나리오를 적용하고 LV4 군집주행 차량기술을 개발 중에 있음



④ 향후 연구를 위한 기타 제언(일반차량 연계 등)

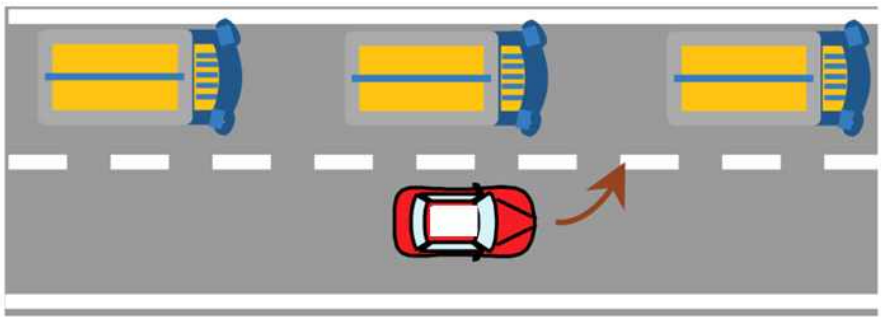
⑴ 군집대열의 유지곤란(String stability 저하 등)

- '군집대열의 흐트러짐, 유지 곤란'은 차량이나 환경의 변화 등에 의해 대열에 혼란이 생겨 적절한 차간거리 유지 등이 어려워지는 경우로 원인으로서는 시스템의 기능 한계나 예상외의 상황 등이 있음
- (연구주제) 센서를 통한 도로환경변화 검지와 제어를 고도화, 차량 특성에 따른 대열 편성 방법개발



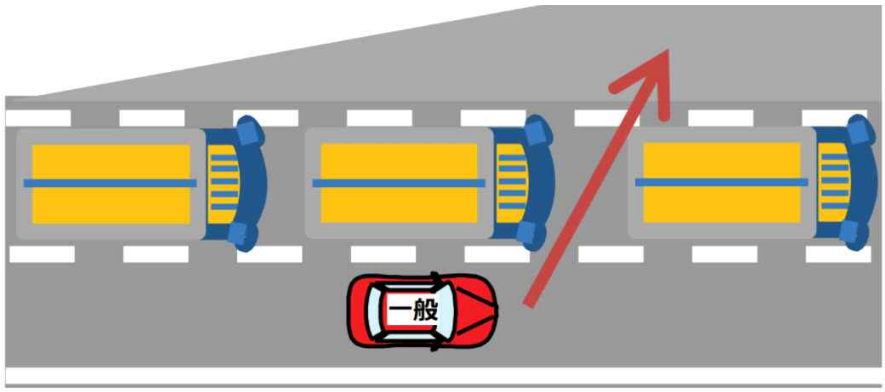
⑵ 군집주행 끼어들기 방지 등을 위한 일반차량 군집주행 알림

- 「대열에의 끼어들기」는 대열 사이에 일반 차량이 끼어듬으로써 대열의 유지에 지장을 주는 경우임 원인으로는 대열 주행에 관한 기준 위반이나 예상외의 상황이 있음
- (연구주제) 대응하는 연구주제로는 차량 외부에 부착하는 HMI에 의해 대열 대수나 전장 등을 표시해 주위의 차량에 주지·주의 환기하는 방법이나, 끼어들기를 인정해 일시적으로 대열을 해제하는 방법, 차 차간 통신(V2V)에 의한 끼어든 차량과의 조정 등이 있으며, 제도적으로는 군집대열 주행 우선 규칙의 책정이나 군집주행 전용 차로의 설치 등이 있음



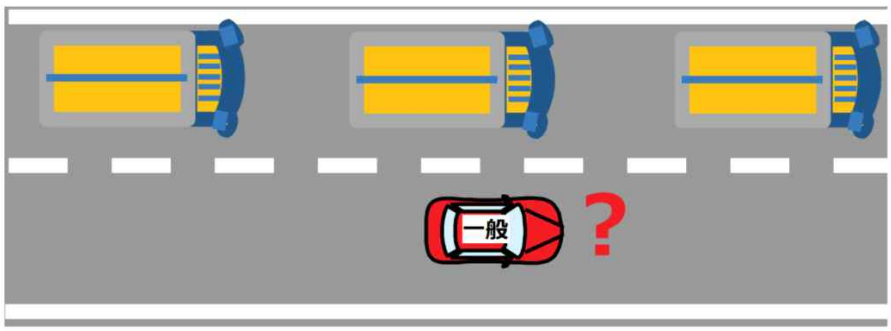
⑶ 고속도로 진출입로 방해에 대한 연구

- 「고속도로 진출입로 방해」에서는, 긴 대열 주행의 차열이 다른 차량의 차선 변경을 방해해 진출입로나 졸음쉼터, 휴게소 등의 진로를 막는 상황이 있음
- (연구주제) 대응예로서는, 진출입로 부근은 대열간격을 조정하거나 군집을 해제, V2V 통신에 의한 끼어들기 차량과의 협상, 진로를 막는 상황에 대한 인프라 서비스를 활용하는 방법 등에 대한 연구필요



(4) 군집주행 대열 상태를 알 수 없는 경우

- 「군집주행 상태불명」은 정보전달의 미비 등에 의해 군집대열 주행을 하고 있는지 여부를 외부에서 모르는 상황을 말하는 것으로 대열 주행이 주위 차량에 인식되지 않으면 끼어들기 등 여러 문제의 원인이 됨
- (연구주제) 차량외부 HMI(LED 표시 등)에 의한 군집주행임 표시 또는 전용차로 설치



(5) 군집주행 대열이 톨게이트에 진입하는 경우에 대한 연구

- 「톨게이트 진입시 군집대열에 일반차량이 합류하는 경우」에서는 군집주행 대열이 톨게이트를 통과할 때 마찬가지로 톨게이트로 향하는 다른 차량과 섞여 위험한 상황 발생
- (연구주제) 일시적인 대열 해제나 전용 톨게이트의 설치, 대열 차량 우선 통과 규칙 마련 등

