

(뒷면) (옆면)

(앞면)

3cm	14CTA P-C078 772-01	4cm	보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개() 국토교통기술촉진연구사업 제2차 연도 최종보고서	
			3cm	
			0.5cm	R&D / ○○○○-○○○○
			2.5cm	9cm
			(견고덱31p)	5cm
	V2V 및 V2I에서 Vision 융합형 1 m 내외의 위치 측정 오차를 가지는 차량용 가시광 측위 기술 연구	국토교통과학기술진흥원 R&D Report	V2V 및 V2I에서 Vision 융합형 1 m 내외의 위치 측정 오차를 가지는 차량용 가시광 측위 기술 연구 최종보고서	
			(0.1 cm)	
	최 종 보 고 서 (견고덱 14p)		2016. 8. 13. (견고덱15p)	
3cm			0.15cm	
			주관연구기관 / 경일대학교 협동연구기관 / 영남대학교 2cm (견고덱 15.5p)	
	국 토 교 통 부		국 토 교 통 부	
	국토교 통과학 기술진 흥원	(견고덱 25p)	(전문기관) 국토교통과학기술진흥원	
	(견고덱 17p)		(견고덱 20p)	

< 목 차 >

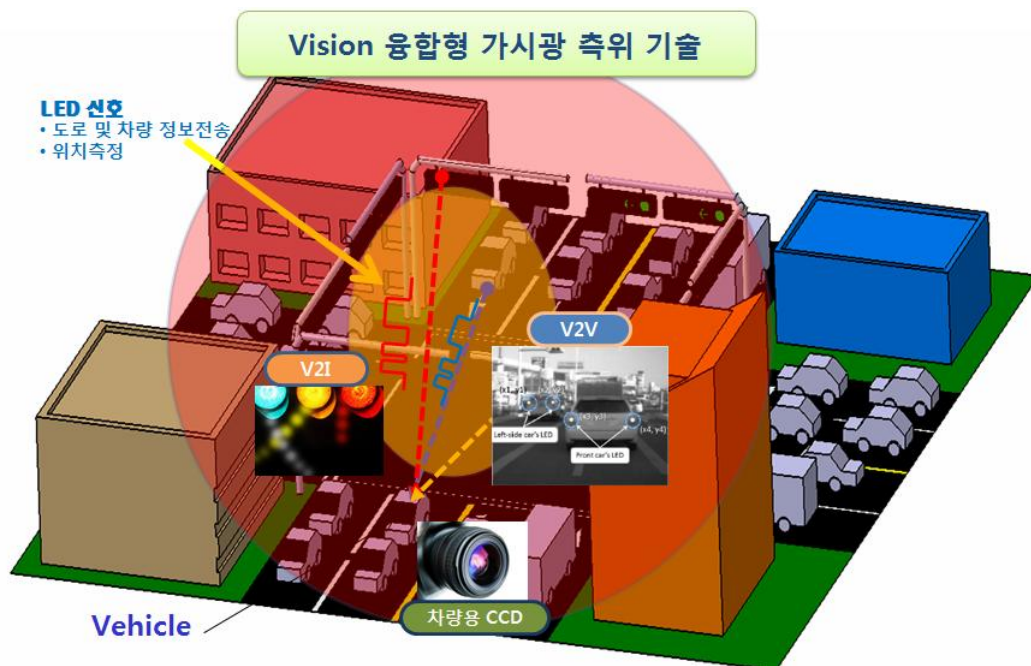
1. 연구개발과제의 개요	2
2. 국내외 기술 개발 현황	7
3. 연구 수행 내용 및 성과	12
4. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	59
5. 연구개발성과의 활용 계획	62
6. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	62
7. 연구개발성과의 보안등급	66
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설·장비 현황	67
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	67
10. 연구개발과제의 대표적 연구 실적	67
11. 기타 사항	67
12. 참고 문헌	68

제1장. 연구개발과제의 개요

1. 연구개발 목적

가. 차량용 Vision 융합형 가시광 측위 기술 연구의 추진배경

- 지속적으로 활용도가 높아지고 있는 Navigation 및 LBS (Location Based Service)의 경우, 보다 정밀한 위치 정보 및 관련 인프라 구축이 요구되며, 시스템의 안정성을 위해서 GPS를 보완할 수 있는 또 다른 BackUp 시스템도 요구되고 있는 실정임.
- 앞으로 환경오염의 주범인 CO2의 배출을 최대한 줄이기 위해 도로지상설비 및 차상설비에 기존의 램프를 대신하여 LED로 교체될 것임.
- 이를 위한 하나의 수단으로 국가 주도하에 전국 단위로 구축되는 실외 LED 조명 인프라 및 차량용 LED를 이용하여 Navigation 및 LBS를 위한 가시광 기반 측위 및 데이터 전송 기술이 가능함.
- 이러한 가시광 기반 측위 및 데이터 전송 기술의 경우, CCD를 기반으로 한 표적검출 및 추적기술을 활용하는 Vision 융합형 기술을 통해 보다 정밀하고 지능화된 측위 및 데이터 전송 기술 구현이 가능함.
- 따라서, 실외의 LED 조명 인프라 및 CCD를 활용하여 지능형 차량용 Navigation 및 LBS에 필요한 Vision 융합형 가시광 측위 기술에 대한 연구를 수행 계획함.
- 본 과제의 연구범위는 도로지상설비 및 차상설비에 LED가 설치된 환경에서 영상정보 기반의 LED 가시광 통신을 고려함.



나. 차량용 Vision 융합형 가시광 측위 기술 연구의 추진목적

- 기존의 가시광 통신 기술에서 주로 사용된 Photo-diode 및 photo-transistor 와 같은

수광 소자(Photo-detector, 이하 PD)는 IM/DD (Intensity modulated direct detection) 방식으로 인해 PD가 수신 가능한 파장 범위 및 파장 별 감도에 따라 하나의 값 (Intensity)로 나타나게 됨.

- o 이로 인해 기존의 PD를 이용한 기술은 두 개 이상의 광 신호가 존재한다면 구별할 수 없으며 타 광원 및 태양광과 같은 간섭 광원에 취약하다는 단점이 존재함.
- o 그러나 CCD (charge coupled device)와 CMOS (complementary metal oxide semiconductor) 같은 광학 카메라 센서는 좁은 FOV (Field of View) 및 다수의 PD array로 구성되어 있으므로 서로 다른 위치의 광원의 신호를 공간적으로 분리하여 수신이 가능하므로 정밀하고 지능화된 측위 기술 구현이 가능함.
- o V2V에서의 Vision 융합형 가시광 측위 기술

- 현재 상용화되는 레이더 기반 거리 추정 기술은 높은 단가로 인해 Premium급의 차량에서만 사용되고 있어서 가격 경쟁력 등으로 인해 모든 차량에 거리 추정 기술을 접목시키기에 어려움.
- 또한, 기존의 PD를 이용한 가시광 통신 기술을 다수개의 LED 광원을 구별하지 못하여 원하는 대상에 대한 선별적 거리 추정 및 서비스 제공을 할 수 없음.
- 최근에는 블랙박스, 차선검출, 주차 보조 장치(후방 카메라) 등과 같이 Image Sensor 기반 장치 들이 모든 차량에 보급되고 있다. 후미등, 전조등과 같은 차량용 lamp도 LED로 대체되고 있음.



<차량용 V2V Vision 융합형 가시광 기반 측위 시나리오>

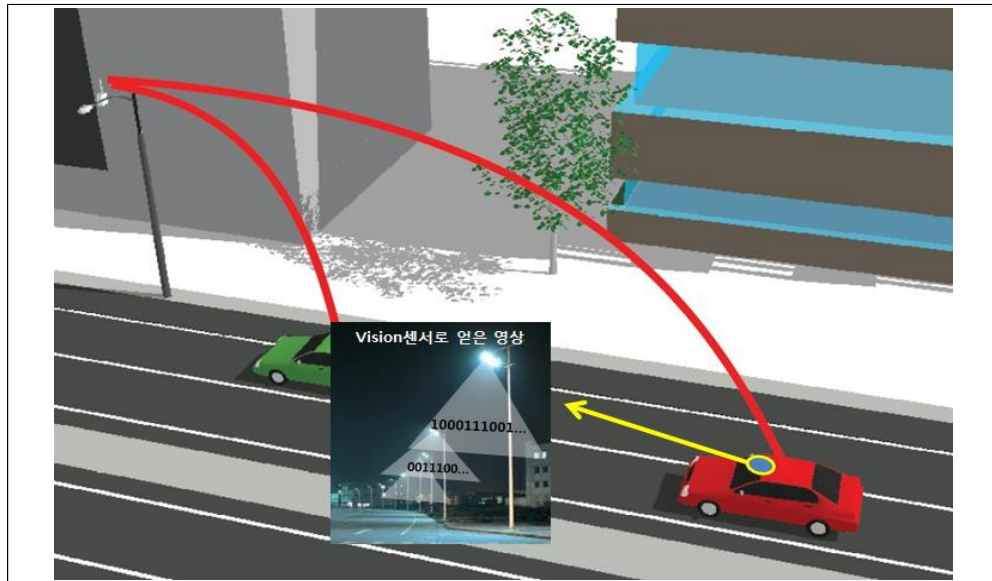
- 따라서, 광학 카메라를 이용해 거리 추정 대상인 전방 차량을 검출하고 획득 영상의 후미등 위치와 후미등에서 송신하는 정보를 이용해 거리 추정 기술을 개발해야 함.

- o V2I에서의 Vision 융합형 가시광 측위 기술

- 기존 GPS기반 위치 추정 기술은 높은 오차 등으로 인해 도로 환경에 적용이 어려움.
- 최근 도로의 가로등과 같은 Infra조명이 LED로 대체되고 있으며, 이 LED는 빛을

이용해 데이터 전송이 가능하다. 그리고 설치된 Infra조명은 절대 좌표를 가지고 있고 이 절대 좌표 정보를 LED를 통해 전송이 가능함.

- Infra조명의 절대 좌표를 이용함으로 인해 방향 및 위치 추정의 오차가 줄어들게 되고, 터널과 같이 GPS를 이용하기 어려운 지역에서도 위치 측정이 가능함.



<차량용 V2I Vision 융합형 가시광 기반 측위 시나리오>

다. 차량용 Vision 융합형 가시광 측위 기술 연구의 성과

- 본 과제 기술연구는 기존의 GPS 기반 측위기술의 한계를 보완해 줄 수 있고 기존의 기술보다 더 정밀한 측위가 가능하고 특히 도심환경에서 보다 정밀한 교통흐름제어를 가능케 함.
- 본 연구개발을 통하여 국내에 Vision 융합형 차량용 가시광 기반 측위 기술 연구 개발 및 이를 통한 광학 카메라 기반 지능형 Navigation 기술 연구 촉진 및 연구 발전 방향을 제시함.
- 도로지상설비와 차상설비에 사용될 LED조명 기반의 가시광 통신 기술은 조명 인프라를 함께 공유하는 경제적 이득효과를 발생하고 실생활 조명과 함께 연동되면 실생활에 큰 도움을 주는 가치를 창조해 낼 수 있음.
- 외국 업체들에 의해 과점된 고출력, 고효율 LED Chip 기술 시장 상황에서 Vision 융합형 차량용 가시광 기반 측위 기술과 같은 IT기술을 접목하여 틈새시장을 공략하고, 지적재산권 확보 및 기술 선도를 통한 관련 국내 LED산업에 기여.
- 자동차 IT 융합의 빠른 가속화에 힘입어 Vision 융합형 가시광 통신에 반드시 필요한 차량 내 전장품의 국내외 시장의 확대 및 일자리 창출로 인한 고용 확대가 가능함.
- 차량들의 측위 정보를 활용하여 도로망의 전체 물류 및 교통의 흐름을 원활 하게 해주어 공회전 등으로 인한 공해물질 배출 및 에너지 소비를 줄여주고 도로상에서 교통체증에 의해 허비하는 시간을 최소화 하여 효율적인 경제 활동 시간을 제공함.

-
- 최근 이슈가 되고 있는 에너지 절감 기술에 큰 역할을 할 LED 사용의 범위를 차량 및 도로교통 시스템에 확대할 본 기술의 보급화를 통한 CO2 배출량을 큰 폭으로 줄임으로써 환경오염 및 환경파괴가 감소됨.
 - Vision 융합형 차량용 가시광 기반 측위 기술은 운전자에게 도로상에서의 교통상황안 내, 교통흐름제어, 차량 간 안전운전에 대한 정보를 제공하므로 교통사고에 의한 인 재사고를 예방하여 국민들에게 삶의 편의를 제공하며 안정성을 제공함.

2. 연구개발의 필요성

- 현재의 GPS를 기반으로 한 위치 및 정보 제공 방식을 활용하는 차량용 Navigation보다 더 향상된 서비스 제공을 위해 전국 단위로 구축되는 LED 조명 인프라 및 차량용 광학 카메라를 이용하여 Vision 기반 지능형 차량 Navigation 시스템 구축이 가능함.
- LED는 기존의 형광등, 백열전구 등에 비해 친환경적이고 수명이 길며 전기효율이 좋으므로 미국, 일본, 유럽 등에서는 LED 조명을 모든 설비에 교체하도록 권장하고 있음.
- 환경 및 에너지 문제의 대두로 친환경·지능형 자동차로의 전환이 빠르게 이루어지고 있는 시점에서, LED 조명은 에너지 고효율화, 전력 최적화, Human Safety, 지능화 방향으로 차량에 반드시 활용되어야 할 요소임.
- LED 조명 인프라는 국가 주도하에 도심지를 중심으로 전국 단위로 구축 예정임.
- 특히, 지식경제부는 2020년 전체 조명설비의 60%의 LED조명으로 전환하고자 하는 2060프로젝트를 수행 중에 있고 최근 들어 사회 전반적으로 LED조명인프라가 급속도로 확산되고 있음.
- Vision을 제공하는 차량용 광학 카메라는 고성능, 소형의 블랙박스의 보급화로 인해 이미 많은 차량에 사용되고 있음.
- LED 조명의 직진성으로 인하여 정밀 위치 측정 및 그로 인한 다양한 응용이 가능.
- 현재 다방면으로 논의되고 있는 RF 기반의 지능형 차량 Navigation 기술의 경우, 미래에 기술적 축적이 이루어진 후 본격적인 관련 사업 진행시 기본적으로 구축되어야 할 차량/교통 LED 인프라뿐만 아니라 추가적으로 RF 기반의 지능형 차량 Navigation 교통 인프라 구축에 천문학적 비용이 소모됨.
- 하지만 광학 카메라 기반 지능형 차량 Navigation 기술의 경우 추후 유관 사업 추진시 기본적으로 구축되어야 할 차량/교통 LED 인프라 및 보급화 된 차량용 광학 카메라

를 바탕으로 한 IT융합형 기술이므로 구축비용이 최소화 됨.

- o 또한, RF 기반의 지능형 차량 Navigation 기술의 경우, 차량의 전자화에 따른 전자파 취약성 문제(예를 들어 차량 급발진 등의 오동작 등)들이 심각해 질 것으로 예상됨.



- o 하지만 광학 카메라 기반 지능형 차량 Navigation 기술의 경우 LED(光)을 기반으로 하는 지능형 차량 Navigation 기술이므로 전자파 취약성 문제의 최소화가 가능함.

- 기존의 LED 부품/소재 중심의 기술적 경계에서 벗어나 우리나라의 강점인 요소기술(IT, 반도체, 자동차)들과의 융복합 기술로의 전환을 통해 원천기술 확보 및 선진국과의 기술 경쟁력을 강화시킴.
- LED 기술과 관련해 선진국에 비해 낮은 기술력(70 %)을 극복하고, LED 융합 기술 연구를 활성화하기 위해서는 정부차원에서 LED 조명 인프라를 활용하는 연구를 수행할 수 있는 지원이 필요.
- 기존의 가시광 통신 분야에서 특히 Vision 융합형 측위 기술 및 데이터 통신 기술은 국내에서도 본격적인 연구 수행을 한 사례가 없으며, 해외에서도 LED 조명과 관련하여 Vision 기술을 융합한 연구가 초기단계이므로 관련 분야에 대한 연구가 시급함.
- LED 광원으로서의 고효율과 장수명, 소형화, 광제어 등의 혁신적인 기능에 Vision 융합 기술을 접목함으로써 산업 전반에 폭넓게 응용되어 신사업 창출과 함께 한계산업에 대한 돌파구를 제시함.
- 본 과제를 통해 LED 산업관련 융합 및 국제경쟁력을 제고하며 녹색 성장의 활로를 열어주게 될 것이며 교통 안정성 및 편의성을 높여줄 수 있음.

3. 연구개발 범위

- o 실외의 LED 조명 인프라, 차량용 LED 및 CCD를 활용하여 Navigation 및 LBS에 필요한 1m 내외의 위치 측정 오차범위를 갖는 Vision 융합형 가시광 측위 기술에 대한 연구를 수

행.

- 당해 기술 연구 성과물은 정지환경에서의 Vision 융합형 가시광 측위 알고리즘으로 수학적모사 및 모의실험을 통해 기술을 검증함.
 - 본 연구개발과제의 최종목표는 이론적 아이디어를 기반으로 한 TRL 3단계의 기술 개념 검증임.
 - 본 연구를 통해 지능형 Navigation에 활용될 Vision 융합형 가시광 기반 측위 기술에 대한 보다 실용적인 아이디어를 검증하고 분석하므로 TRL 3단계로 설정함.
 - 본 과제에서 나올 구체적 연구개발 성과물은 Vision 융합형 가시광 기반 지능형 Navigation 요소기술이고, 이를 기반으로 한 V2V 및 V2I의 다양한 환경에서의 지능형 Navigation 시뮬레이터를 개발함으로써 이론적 아이디어에 대한 기본 성능을 검증함
-

제2장. 국내외 기술 개발 현황

1. 국내 기술개발 현황

가. 최근 국내에서는 교통수단 교통시설에 전자, 제어 및 통신 등 첨단교통기술과 교통정보를 개발, 활용함으로써 교통체계의 운영 및 관리를 과학화, 자동화하고 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 교통체계인 Intelligent Transport Systems(ITS) 이 각광받고 있음 [1].

나. 현재 도로 인프라에 의존해 왔던 1세대 ITS에서 벗어나 미래 도로교통 환경을 안전성, 효율성, 지속가능성, 환경성, 측면에서 획기적으로 개선하여 사고의 제로화, 이동성의 향상, 저탄소 녹색성장을 추구하는 Cooperative ITS(C-ITS)를 바탕으로 새로운 세대를 준비하고 있음.

다. C-ITS는 차량과 인프라(V2I), 차량과 차량(V2V)의 고속무선통신 기반, 오픈플랫폼으로 운영되며 교통사고 직전 운전자에게 경고 등 운전자, 도로 이용자에게 서비스하며 교통 안전성을 획기적으로 개선하는 차세대 ITS를 말한다. ITS 분야에서는 2020년까지 도로교통 운영관리에 다양한 ICT 기술을 융합하여, 특히 차량과 도로가 상호 연동하는 기술개발로 창조적 신규 사업을 발굴하고, 이에 따른 새로운 일자리 창출 및 교통복지 개선과 국가경쟁력 강화로 새로운 교통 패러다임을 형성하고자 함.



그림 5 국내의 지능형 차량 및 도로 기술

2. 국외 기술개발 현황

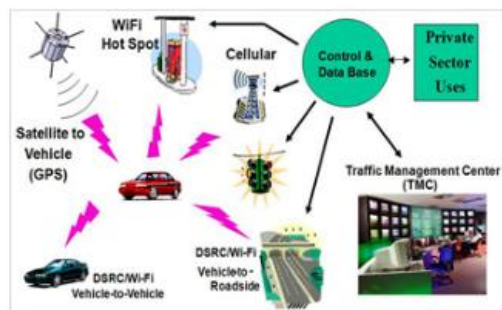
가. 미국의 ITS는 1991년 육상교통효율화법(ISTEA : Intermodal Surface Transportation Efficiency Act)의 수립으로 본격화되었으며, 각종 ITS 시스템분야를 망라하는 83개 시범사업을 거쳐 시작하게 되었음. 현재 주요 프로젝트로는 운전자 주의산만 예방 및 충돌방지 시스템의 구축 및 가속화 추진을 위한 IVI(Intelligent Vehicle Initiative), 무선통신 기술을 필요한 자동차 안정성 향상을 주목적으로 하는 VSC(Vehicle Safety Communication), 안전운전 응용서비스의 실용화를 위한 Intelli-Drive, 교차로에서 일어나는 교통사고를 줄이기 위한 CICAS(Cooperation Intersections Collision Avoidance System) 등이 있음.



IVI 프로젝트에서 개발된 전·후방 충돌감지 카메라



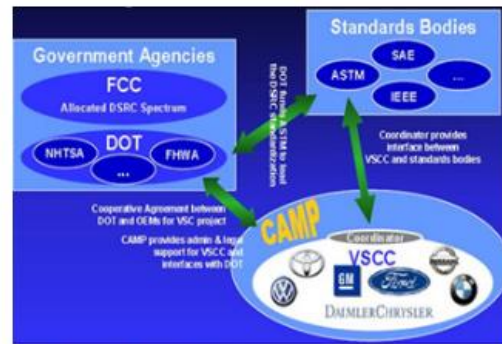
IVI 프로젝트의 차량용 단말기



Intelli-Drive 프로젝트 개념



Intelli-Drive 현장시험 구성장치



VSC 프로젝트 조직 구성



VSC 프로젝트 현장시험 구성도



CICAS 신호교차로 좌회전 지원 서비스 예시

그림 6 미국의 ITS 기술 개발 현황

나. 유럽의 ITS는 1980년대 중반 이후 ITS 개발을 범 유럽차원에서 효율적으로 추진하기 위해 여러 국가들이 참여하는 사업추진 조직을 결성하게 됨으로써 시작하였음. 주요 프로젝트로는 차량-노변간 통신을 위해 필요한 'CVIS module' 기술의 설계 및 개발을 목적으로 하는 CVIS(Cooperative Vehicle Infrastructure System), 기존 차량첨단화기술에 차량-차량간, 차량-노변간 정보교환협력시스템을 통합한 첨단안전시스템 개발을 위한 SAFESPOT, 특정 정보교환을 위해 지속적인 무선 정보통신기술을 이용하여 차량과 도로를 연결하는 연구인 COOPERS(Co-operative System for Intelligent Road Safety) 등이 있음.

다. 일본의 ITS는 1990년도부터 본격적으로 연구 개발이 시작되었으며 주요 프로젝트는 고속도로와 일반도로의 교통정체 및 사고 정보를 운전자에게 제공하여 최단경로선택을 지원하고 교통류를 적절하게 분산시킴으로써 소통원활 및 안전성향상을 도모하기 위한 VICS(Vehicle Information Communication System), 다양한 ITS 서비스를 번용적으로 실현시킬 수 있는 플랫폼에 첨단 ITS기술을 통합, 적용하여 고도의 도로교통서비스가 가능한 차세

대도로서비스 개발을 목표로 하는 Smartway 21 등이 있음.

3. Visible light communication (VLC) 시스템 개발 동향

가. 최근 주목이 되는 통신기술 중 하나로 light emitting diode (LED)를 이용한 visible light communication (VLC) 시스템이 있음. LED는 기존의 백열등과 같은 광원들에 비해 긴 수명과 에너지 효율 등의 장점을 가짐. 이러한 장점으로 LED 시장은 더욱 활성화 되고 있음 [2]. 교통 시스템 및 환경에도 사용이 증가하면서 차세대 ITS를 구축하는데 관심을 받고 있으며, 궁극적으로, LED는 통신을 가능하게 하는 고속 flicker 제어가 가능하다. 이러한 점들에 의해서 추가적인 인프라 구축 없이 통신의 가능성을 보여 많은 관심을 받게 되었음 [3].

나. VLC는 사용가능한 주파수 영역이 넓으며, 주파수 사용에도 자유로워서 빠른 전송속도를 가지고, 빛의 직진 성질과 벽을 통과하지 못한다는 점에서 보안에도 장점을 보임. 하지만 초기의 VLC 시스템의 수신부로 사용된 photodiode(PD)는 주변 잡음 빛과 거리에 취약하여 VLC의 제한적인 모습을 보였음. 이러한 점을 보완하기 위해 최근에 사용되는 것이 카메라이다. 카메라는 이미지에서 송신부 광원과 잡음 광원의 구분이 가능하며 장거리에서도 빛 인식이 가능하다. 그래서 장거리 통신이 필요한 ITS에서 더욱 주목받고 있으며 특히 일본의 도요타에서 많은 연구와 개발 중에 있음[4]. 그림 x는 카메라를 수신기로 이용한 VLC 통신을 보여준다. 그림 x는 Image sensor reciever에서 데이터 광원과 잡음 광원이 분리가 가능하다는 것을 잘 나타내고 있음.

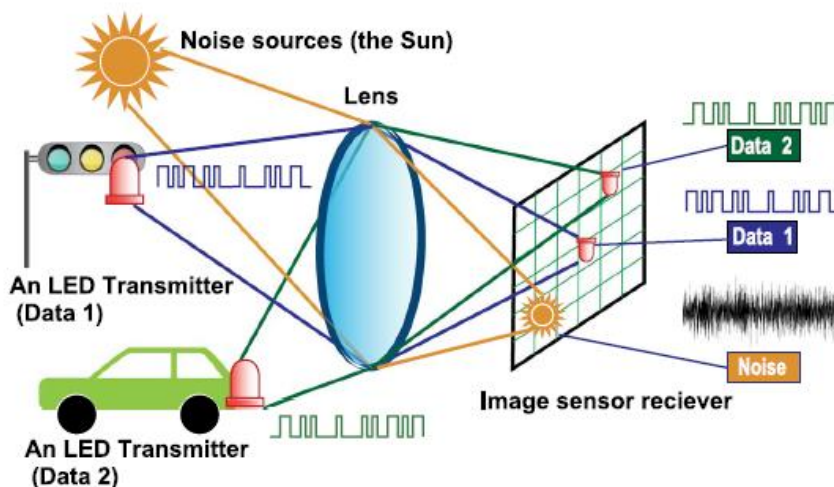


그림 3 Spatial separation of multiple sources by an image sensor. The image sensor receiver for the VLC system can discard noise sources such as the Sun and focus only on the pixels that sense desirable sources

다. 도요타에서는 데이터 전송 속도를 높이기 위해서 초고속 카메라를 사용하며 이미지 센서 또한 일반 카메라 센서와 다른 자체적인 하드웨어 시스템을 구축하여 송신부 광원과 잡음을 구분하도록 하였음. 그림 4는 토요타 연구기관에서 사용한 카메라와 Image sensor reciever가 나타나 있으며, 실험환경 및 Image sensor reciever를 통해 얻은 결과 이미지 또한 나타내고 있음. 도요타에서 개발한 OCI(optical communication image)는 IPx와 CPx를 교대로 배치하여 IPx에서는 image pixel의 좌표 정보를 얻고 CPx에서 빛의 강도 정보를 얻도록 한 것임.

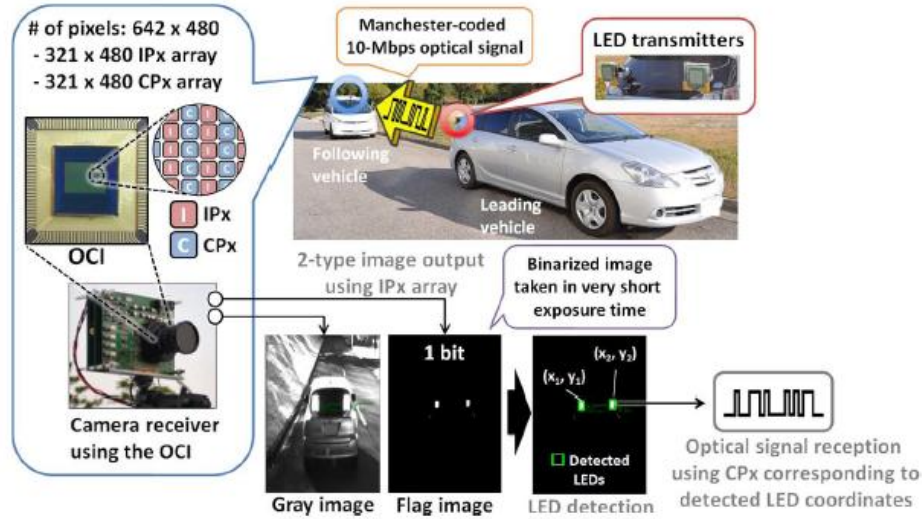


그림 4 Entire operation of OCI-based V2V system. The OCI outputs a conventional gray image and a 1-bit flag image. Based on the flag image, the LED regions are detected and, then, CPx corresponding to the coordinates of the LED receives optical signals.

라. 최근 도요타에서는 광 통신에 OFDM을 적용하여 보다 높은 통신 효율을 보이고 있다. 현재 V2X 통신을 위한 IEEE 802.11p에서 최대 데이터 속도로 표준화 된 54 Mbit/s의 전송 성능에 도달하였음을 제시하였다. 그림 5는 실험에 사용된 LED와 카메라이며, 그림 xanthein는 OFDM을 적용한 통신 과정 블록도를 나타낸다.



그림 5 OCI-based VLC system. (a) 4×5 LED array transmitter. (b) Camera receiver.

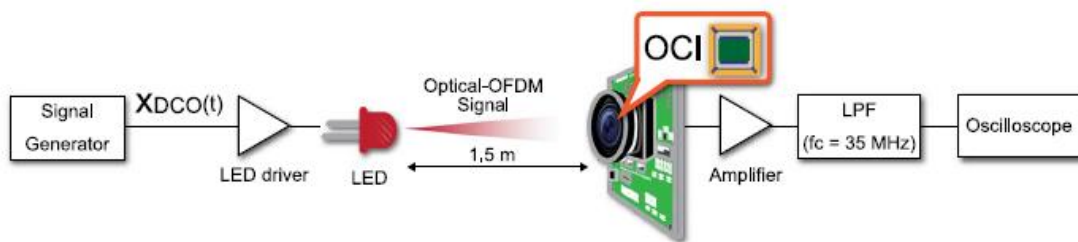


그림 6 Experimental setup, LED transmitter, and OCI-based camera receiver.

1. 이동환경에서 V2V 및 V2I Vision 영상의 LED 표식자 기반 측위 기술 연구

가. 연구수행 전략 및 방법론

- 1) 전송 모듈을 구성한다.
- 2) 수신 카메라의 사양을 분석한다.
- 3) LED 표식자 기반 V2V 측위에 대한 기법을 설명한다.
- 4) LED 표식자 기반 V2I 측위에 대한 기법을 설명한다.
- 5) 실험을 통하여 거리 추정 오차를 분석한다.

나. 연구수행과정 및 내용(이론적, 실험적)

1) 전송 모듈

가) 원거리 저속 플리커 방식

- (1) 근거리 고속 플리커 방식의 경우, 아주 짧은 거리에서만 사용이 가능하며, 원거리에서 사용하기 위해서는 추가적인 줌 렌즈 등의 구성이 필요하다. 따라서 근거리 고속 플리커 방식은 차량 간 통신에서 사용하기에 힘들다.
- (2) 저속 플리커의 경우, 동영상 한 프레임에 1 bit/광원을 수신 받을 수 있으나, 원거리에서도 데이터 수신이 가능하다. 송신기에서 저속으로 신호를 전송하면, rolling shutter 기반 카메라에서도 global shutter 기반 카메라와 비슷한 얻을 수 있다.

나) 전송 모듈

- (1) 전송 모듈은 Atmega128을 사용하였고 LED의 On, Off는 타이머&카운터를 사용하여 주파수를 설정하여 전송하였다. LED 데이터는 블루투스를 이용하여 스마트폰 App으로 조작하여 변경하였다.

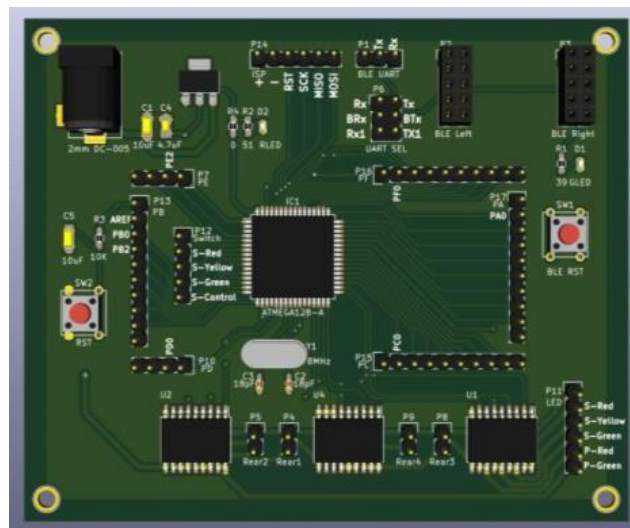
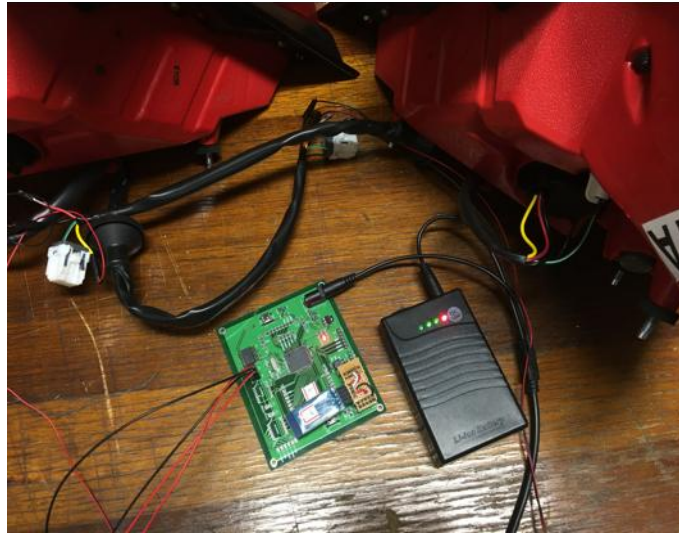


그림 11 전송 모듈

- (2) 각각 상황에 맞는 표식자에 전송 모듈을 사용하여 V2V의 경우에는 후미등, V2I

의 경우에는 LED에 적용시켜 사용한다.



(a) V2V 후미등



(b) V2I LED

그림 2 표식자 별 전송모듈 장착

다) 전송 모듈 조작

- (1) 전송 모듈은 블루투스를 이용하여 스마트폰 App으로 LED의 On, Off 및 V2V 시나리오 별 전송 데이터를 조작할 수 있다.



그림 3 전송모듈 App

(2) 각각 버튼에 대해 설명을 하면, SCAN의 경우 각각 LED의 블루투스를 연결하는 버튼이다. Street의 ON, OFF는 각각의 LED를 On, Off 하는 버튼이다. Action과 Location의 버튼은 V2V 시나리오에서 사용되는 버튼이다. Action은 브레이크의 강도의 데이터를 전송하는 버튼이고 Location은 전방차량의 후미등 사이 거리 데이터를 전송하는 버튼이다.

2) 수신 카메라[5][6]

가) PGR 카메라

(1) 수신 카메라로는 PGR 카메라를 사용한다. PGR은 Point Grey의 약자로 연구용 카메라 이다.



그림 4 PGR 카메라

나) LG G2

(1) V2I 주간 정지 상황에서 수신 카메라로 사용된 카메라이다.



그림 5 LG G2

다) 카메라 사양

- (1) PGR 카메라 사양은 표 1과 같다. 그리고 해상도에 따라 카메라의 FPS를 변경 할 수 있으며 다른 카메라 변수 또한 설정이 가능하다.

Resolution & Frame Rate	1600x1200 at 59 FPS
Sensor Type	Global shutter
Sensor Format	1/1.8"
Pixel Size	4.5 μ m
Lens Mount	C-mount

표 1 PGR 카메라 사양

- (2) LG G2 카메라 사양은 표 2와 같다. 실험에서 사용된 동영상 크기는 1920x1080이며, 30FPS로 촬영하였다.

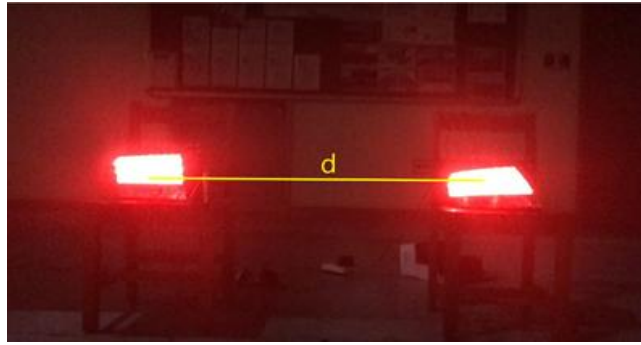
Resolution & Frame Rate	1920x1080 at 30 FPS
Sensor Type	Global shutter
Sensor Size	1/3.06"
Pixel Size	1.12 μ m
Focal length	29mm

표 2 LG G2 카메라 사양

3) V2V 측위

가) 후미등을 이용한 거리 측위 기법

- (1) 이미지 상에서 전방차량의 후미등 사이 거리 pixel의 폭을 이용하여 차량 간 거리를 추정한다.
- (2) 실제 후미등 사이 거리는 변하지 않지만 이미지 상에서 후미등 사이 거리 값은 차량 사이 거리에 따라 변한다.
- (3) 그림 6에서의 d는 전방차량의 후미등 사이 거리 pixel폭을 의미한다. 차량 사이 거리가 멀어질수록 d값이 작아지는 것을 확인할 수 있다.



(a) 2m



(b) 8m

그림 6 차량 간 거리에 따른 후미등 사이 거리

- (4) d값을 그대로 활용하면 영상센서의 해상도에 따라 값이 달라진다.
- (5) 영상의 해상도에 영향을 덜 받기 위하여 영상 전체 폭에 대한 d값의 비율 값인 r값을 사용한다.

$$width : d = 1000 : r \quad (1)$$

- (6) 수식 (1)에서 width는 영상 전체 폭을 나타낸다. 그리고 비율을 1000배로 한 이유는 1배의 비율 값에서 소수 셋째자리까지 데이터의 변화가 구분이 되어 변화를 쉽게 보기 위해 설정하였다.

나) 이동상황에서 후미등 검출 기법

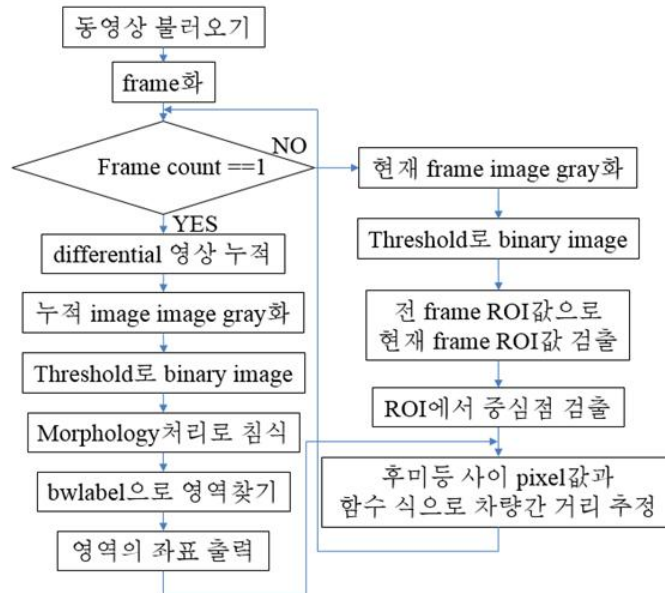


그림 7 후미등 검출 기법의 Block Diagram

(1) Frame화

(가) 영상의 경우 가시광통신에서 On-Off Keying(OOK) 변조 방식을 기반으로 촬영한다. 그리고 촬영 영상을 frame화 하면 On frame과 Off frame으로 나뉘게 된다.



(a) On frame



(b) Off frame

그림 8 frame화

(2) 영상처리

(가) 첫 번째 frame에서 후미등 영역을 검출해야 한다.

(나) On frame과 Off frame을 Differential하면 잡음을 제외한 후미등 부분만 남게 된다.

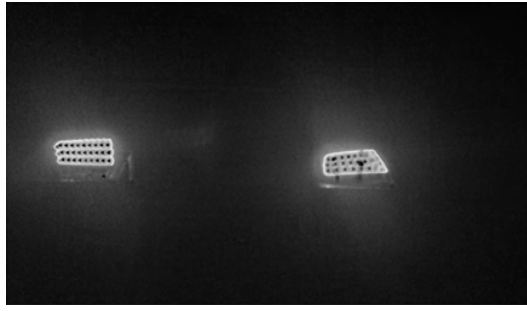


그림 9 Differential image

- (다) Differential영상에서 후미등을 제외한 잡음 부분을 줄이기 위해 여러 가지 영상처리를 적용한다. Differential 영상을 누적하여 후미등 부분을 돋보이게 한다. 그리고 Binarization을 통해 Threshold값을 주어 잡음을 제거한다. 마지막으로 Morphology의 침식처리 방식을 통해 잡음들을 제거한다.

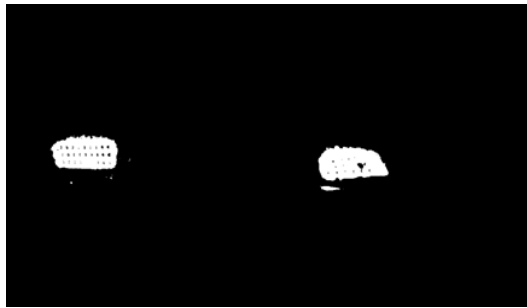


그림 10 Image processing

(3) 이동상황에서 후미등 검출 기법

- (가) 첫 번째 frame에서 검출한 후미등 ROI를 Block Matching을 통하여 다음 frame에서의 이동한 후미등 ROI를 검출한다.
- (나) 후미등은 2개이기 때문에 ROI영역을 2개로 나누어 Block Matching하여 잡음을 줄이고, ROI를 검출하면 ROI의 중심좌표를 구할 수 있다.

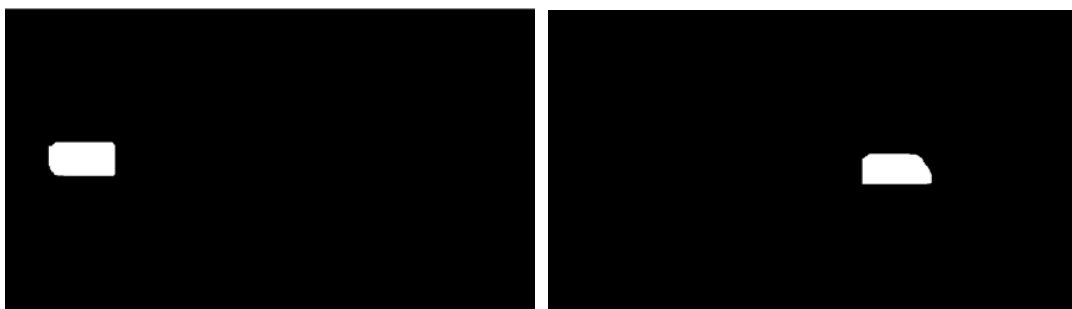


그림 11 후미등의 ROI

(4) 후미등 사이 pixel폭인 d값 검출

- (가) 후미등의 ROI를 검출하면 ROI의 중심 좌표를 구할 수 있다.
- (나) ROI 2개의 중심 x좌표의 차를 구하면 d값을 구할 수 있다.

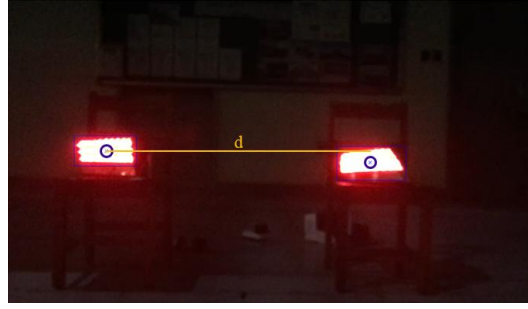


그림 12 후미등 사이 pixel폭

4) V2I 측위[7]

가) Image 공간과 image sensor 공간의 관계와 실제 공간과 image sensor 공간의 collinearity condition

(1) Image와 image sensor

- (가) Image sensor 공간과 실제 공간의 collinearity condition을 사용하기 위해 image sensor 공간의 좌표 정보가 필요하다.
- (나) image sensor 공간의 좌표 정보는 image 공간에서 얻을 수 있다. 일반 디지털 카메라에서 얻은 image는 image sensor에서 얻은 빛의 정보를 사람이 보기 좋게 처리한 것이기 때문이다.
- (다) Image sensor와 image 사이에는 여러 가지 고려할 부분이 있지만 본 연구에서는 image sensor와 image 사이의 크기 관계만을 고려하였다.
- (라) 카메라 종류에 따라 image sensor의 size 또는 image sensor의 pixel size를 제공한다.
- (마) Image sensor size가 제공될 경우, 두 공간의 크기 관계를 고려한다. 그림 13은 image 공간과 image sensor 공간의 크기 관계를 나타낸 것이다. 그림 13에서 image sensor pixel size가 image size와 image sensor size의 비에 영향 받는 것을 알 수 있다. 수식 (2)는 image sensor pixel의 width와 height를 수식화한 것이다.
- (바) Image sensor의 pixel size가 제공된 경우, 수식 (2)와 관계없이 제공된 width와 height 값을 사용하면 된다.

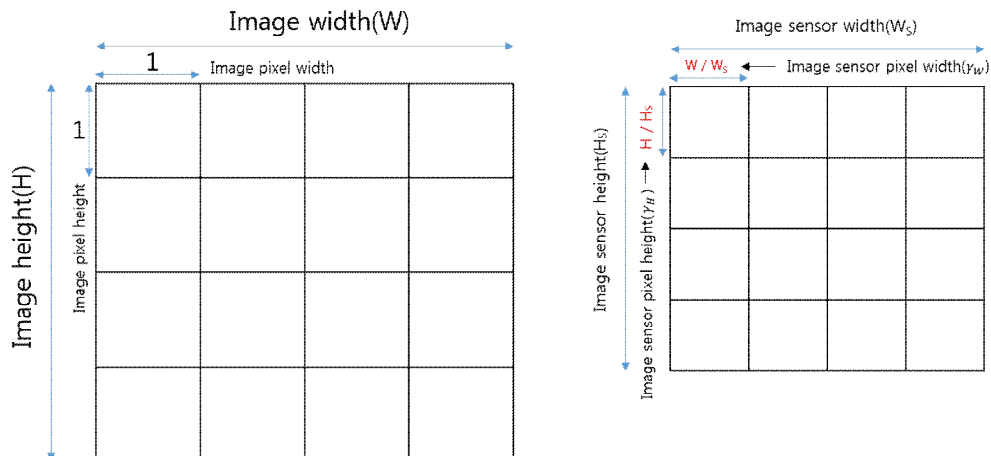


그림 13 Image 공간과 Image sensor 공간의 관계

$$\gamma_H = \frac{H_S}{H}, \quad \gamma_W = \frac{W_S}{W} \quad (2)$$

(2) 실제 공간과 image sensor 공간의 collinearity condition.

- (가) 그림 14의 (a)는 image sensor와 lens의 일반적인 배치를 나타내며, focal length는 image sensor와 lens 사이의 거리를 의미한다.
- (나) 빛의 직진 성질로 인해 image sensor에는 실제의 상이 상하좌우 대칭된 형태로 맺히게 된다. 일반적인 image는 이러한 부분을 고려하여 image sensor에 맺힌 상을 180도 회전하여 보여준다.
- (다) 본 연구에서는 image의 형태를 이용하기 위해서 image sensor의 위치를 그림 14의 (b)와 같이 가정하였다.

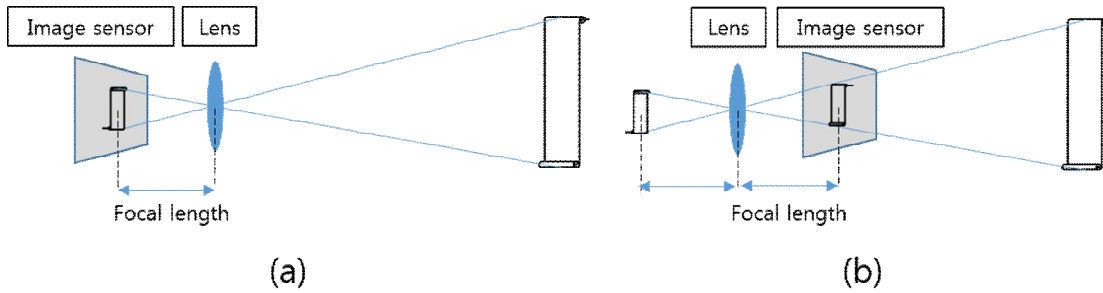


그림 14 Image sensor의 위치와 성질((a) : 일반적인 Image sensor 위치, (b) : 본 연구에서 가정된 Image sensor 위치)

- (라) 그림 15는 image sensor의 축을 기반으로 설정된 실제 공간의 단위벡터(X , Y , Z)를 나타낸 것이다.
- (마) 본 연구에서는 image sensor 공간과 실제 공간의 collinearity condition을 사용하기 위해서 image sensor의 (u , v)축과 실제 공간의 (X , Y)축의 방향을 일치시켰고 camera의 focal length방향과 실제 공간의 Z 축을 일치시켰다. 또한 카메라 lens의 좌표를 벡터의 시작점으로 사용하였다.
- (바) 그림 15에서 점 p 는 실제 공간의 좌표를 나타내며 점 p' 는 image sensor 공간의 좌표를 나타낸다. 수식 (3)은 카메라 lens에서 실제 공간의 상으로 향하는 벡터를 수식화한 것이고, 수식 (4)는 카메라 lens에서 image sensor의 상으로 향하는 벡터를 수식화한 것이다. 수식 (3)과 수식 (4)의 (X_C, Y_C, Z_C)는 실제 공간에서 카메라 lens의 좌표를 의미한다.
- (사) 결과적으로, 카메라 lens가 벡터의 시작점이 됨으로 두 벡터의 단위 벡터는 일치하게 된다.

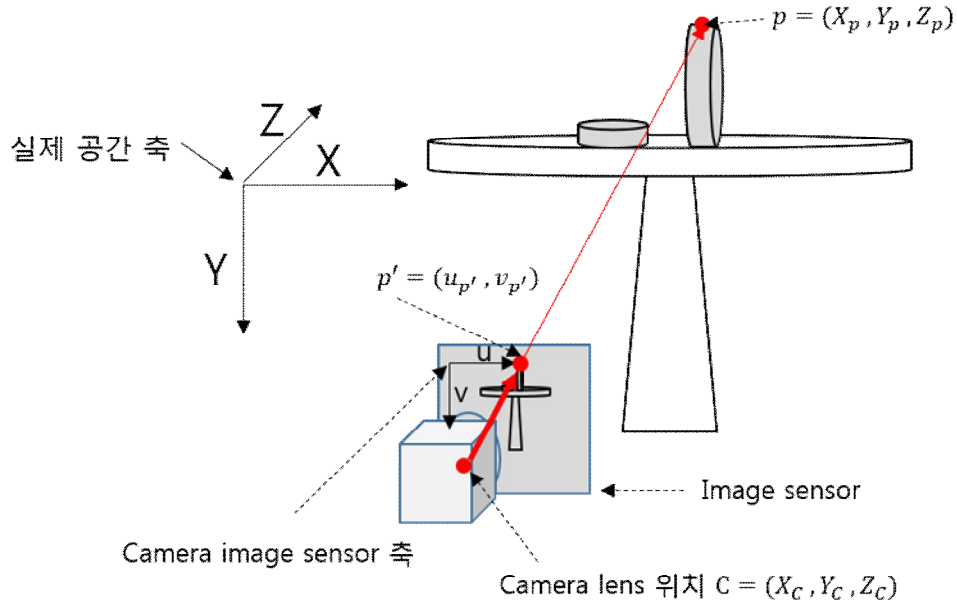


그림 15 실제 공간과 Image sensor 공간의 관계

$$\vec{p} = [X_p - X_C \ Y_p - Y_C \ Z_p - Z_C]^T \quad (3)$$

$$\vec{p'} = [u_{p'} \ v_{p'} \ f]^T \quad (4)$$

여기서 f 는 focal length이다.

나) 카메라 렌즈 위치 추정

(1) 실제공간과 image sensor 공간에서 대치되는 각 3개의 점

(가) 수식 (5)는 카메라에서 실제 공간의 좌표로 향하는 N 개의 벡터를 정의한 것이고, 수식 (6)은 실제 공간의 점으로 인해 image sensor 공간에 나타나는 N 개의 좌표를 focal length를 이용하여 실제 공간의 벡터로 정의한 것이다.

$$\begin{aligned} \vec{p}_1 &= [X_{p_1} - X_C \ Y_{p_1} - Y_C \ Z_{p_1} - Z_C]^T \\ \vec{p}_2 &= [X_{p_2} - X_C \ Y_{p_2} - Y_C \ Z_{p_2} - Z_C]^T \\ &\vdots \\ \vec{p}_N &= [X_{p_N} - X_C \ Y_{p_N} - Y_C \ Z_{p_N} - Z_C]^T \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \vec{p'_1} &= [u_{p'_1} \ v_{p'_1} \ f]^T \\ \vec{p'_2} &= [u_{p'_2} \ v_{p'_2} \ f]^T \\ &\vdots \\ \vec{p'_N} &= [u_{p'_N} \ v_{p'_N} \ f]^T \end{aligned} \quad (6)$$

(나) 대치되는 두 점이 가지는 두 벡터는 collinearity condition으로 인해서 동일한 단위벡터를 가진다. 즉, 그림 16과 같이 $\vec{p}_1$ 와 $\vec{p}_2$ 사이의 각도와 $\vec{p'_1}$ 와 $\vec{p'_2}$ 사이의 각도, $\vec{p}_2$ 와 $\vec{p}_3$ 사이의 각도와 $\vec{p'_2}$ 와 $\vec{p'_3}$ 의 사이 각도, $\vec{p}_1$ 과 $\vec{p}_3$ 사이의 각도와 $\vec{p'_1}$ 과 $\vec{p'_3}$ 사이의 각도가 동일하다.

(다) 본 연구에서는 일치하는 3개의 각도(a, b, c)를 이용하여 카메라 lens의 위치를 추정하였다.

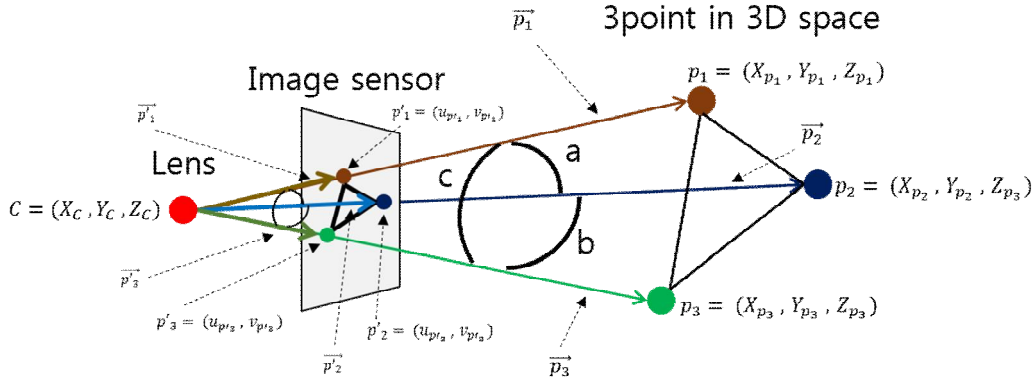


그림 16 Collinearity condition에 의해 이루어지는 6개의 벡터

(2) 내적을 이용한 카메라 lens 위치 추정

(가) 두 벡터 사이의 각도를 얻기 위해 본 연구에서는 내적을 사용하였다.

(나) 내적의 경우 두 벡터의 크기와 사이의 각도에 영향을 받는다. 실제 공간과 image sensor 공간의 각 두 벡터는 사이 각도는 일치하지만 크기는 모두 다르다. 이 점을 보완하기 위해서 우리는 모든 벡터의 단위 벡터를 사용하였다.

(다) 수식 (7)은 image sensor 공간에서 얻은 벡터들을 내적해서 얻은 3개의 각도를 나타낸다. 수식 (8)은 수식 (7)에서 얻은 각도와 실제 공간에서 얻은 벡터들의 내적관계를 나타낸다.

(라) 본 연구에서는 수식 (8)에서 카메라 lens 위치 값을 얻기 위해 MATLAB의 함수 (vpasolve)를 사용하였다[8]. vpasolve함수는 방정식의 해를 구하는데 사용되는 함수이다. 수식 (8)에서 미지수는 카메라 lens의 위치(X_C, Y_C, Z_C)이다. 그래서 함수 설정에서 변수를 카메라 위치로 한 뒤 수식 (8)의 형태를 그대로 사용하여 카메라 위치가 추정되도록 하였다.

$$\begin{aligned}\cos(a) &= \frac{\vec{p'_1}}{\|\vec{p'_1}\|} \cdot \frac{\vec{p'_2}}{\|\vec{p'_2}\|} \\ \cos(b) &= \frac{\vec{p'_2}}{\|\vec{p'_2}\|} \cdot \frac{\vec{p'_3}}{\|\vec{p'_3}\|} \\ \cos(c) &= \frac{\vec{p'_1}}{\|\vec{p'_1}\|} \cdot \frac{\vec{p'_3}}{\|\vec{p'_3}\|}\end{aligned}\tag{7}$$

$$\begin{aligned}\cos(a) &= \frac{\vec{p_1}}{\|\vec{p_1}\|} \cdot \frac{\vec{p_2}}{\|\vec{p_2}\|}, \vec{p_1} = [X_{p_1} - X_C \ Y_{p_1} - Y_C \ Z_{p_1} - Z_C]^T \\ \cos(b) &= \frac{\vec{p_2}}{\|\vec{p_2}\|} \cdot \frac{\vec{p_3}}{\|\vec{p_3}\|}, \vec{p_2} = [X_{p_2} - X_C \ Y_{p_2} - Y_C \ Z_{p_2} - Z_C]^T \\ \cos(c) &= \frac{\vec{p_1}}{\|\vec{p_1}\|} \cdot \frac{\vec{p_3}}{\|\vec{p_3}\|}, \vec{p_3} = [X_{p_3} - X_C \ Y_{p_3} - Y_C \ Z_{p_3} - Z_C]^T\end{aligned}\tag{8}$$

다) 실제 가로등을 이용한 차량 위치 추정

(1) 실험 과정

- (가) 실험은 차량이 이동하는 상황, 주간 및 야간에서 정지된 상황으로 진행하였다. 정지된 상황에서 실험을 진행한 이유는 이동하는 차량에서 실제 위치 정보를 얻을 수 없으므로 추정된 위치 값과 비교가 불가능하기 때문이다.
- (나) 본 연구에서는 추정 기술의 가능성 및 연구 목표를 검증하기 위해 주관과 야간 상황에서 다수의 특정 위치에서 실험을 진행하였다.

(2) 차량 추정 방법

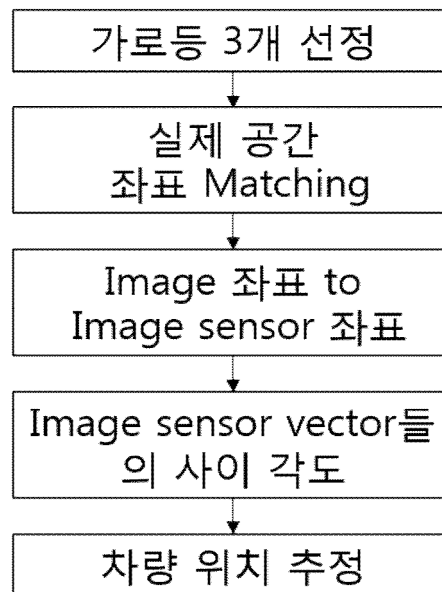


그림 17 차량 위치 추정 블록도

- (가) 그림 17은 수신 된 영상을 이용하여 차량의 위치를 추정하는 블록도를 나타낸다.
- (나) 가로등 3개 선정.
- ① 데이터 Matching을 통해 수신된 가로등을 배열로 관리한다.
 - ② 이미지의 상위에 위치한 가로등일수록 카메라와 가깝게 위치하였으므로, 사용우선순위를 높인다.
- (다) 실제 공간 좌표 Matching
- ① 우선순위가 높은 가로등 3개의 정보에 해당되는 실제 가로등 좌표를 Matching한다.
- (라) Image 좌표 to Image sensor 좌표
- ① 3개의 가로등의 중심 좌표를 Image size의 비와 Image sensor size의 비를 이용하여 Image sensor 공간의 좌표로 변환한다.
- (마) Image sensor vector들의 사이 각도
- ① Image sensor 공간의 3개의 가로등 좌표와 focal length를 이용하여 3개의 벡터를 형성한다.
 - ② 각 벡터를 단위 벡터로 변환한다.
 - ③ 각 단위 벡터를 서로 내적 값을 얻는다.

다. 연구수행결과 및 결과의 검증 방법 등

1) V2V 측위

가) 실험환경

- (1) 실험에 사용한 후미등은 구형그랜저TG의 후미등을 사용하였다.
- (2) 후미등 사이 거리는 각각 실측하여 실험하였다. 소형차는 마티즈2를 실측하여 1.1m, 중형차는 NF소나타를 실측하여 1.3m, SUV는 산타페를 실측하여 1.5m로 설정하였다.
- (3) 실험거리는 2~8m로 설정하였으며 영상센서의 높이는 후미등과 같은 높이인 45cm로 설정하였다.
- (4) 실험의 수신기로 사용한 카메라는 아이폰6S 내장카메라를 사용하여 실험하였다.



그림 18 실험환경

나) 실험방법

- (1) 세 가지 차종에 대하여 2~8m에서 0.1m간격으로 각각 61개의 이미지로 후미등 사이 pixel폭을 구하였다.
- (2) 거리에 따른 전방차량의 후미등 사이 pixel폭 데이터를 비선형회귀분석을 통하여 함수식을 도출할 수 있다.
- (3) x축은 거리, y축은 d값의 비율인 r값을 나타내는 함수 그래프로 나타낼 수 있다.

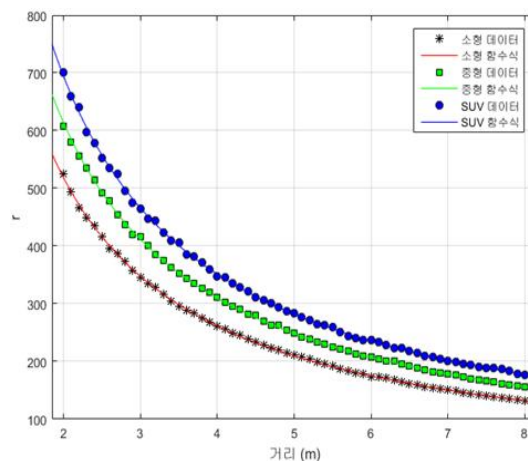
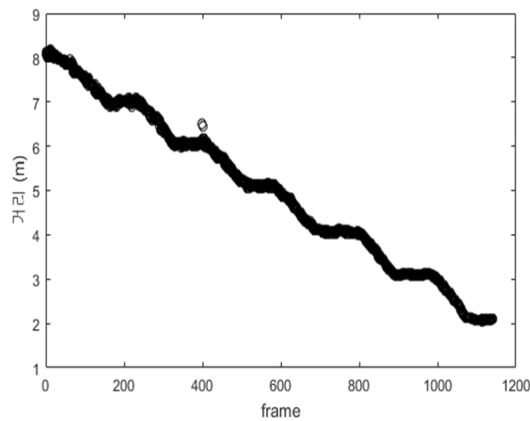


그림 19 거리에 따른 r값 함수 그래프

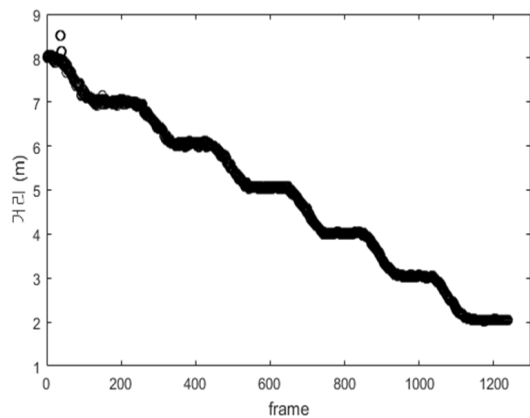
-
- (4) 함수 그래프에서 알 수 있듯이 세 가지 경우의 함수가 y축 이동 정도의 차이가 있음을 알 수 있다.
 - (5) 비선형회귀분석을 통해 도출한 함수를 사용하여 차량 간의 거리를 추정할 수 있고 정확성을 확인하였다.

다) 실험결과

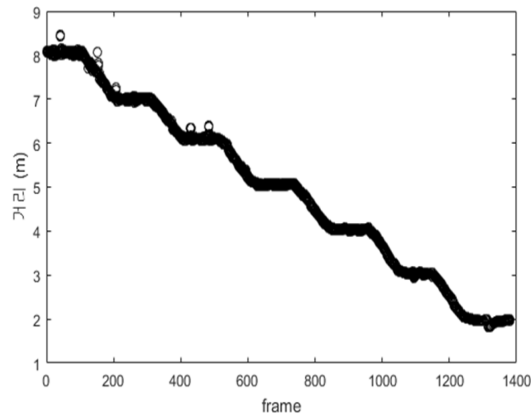
- (1) 비선형회귀분석을 통해 도출한 함수를 사용하여 차량 간의 거리를 추정할 수 있고 정확성을 실험을 통해 확인하였다.
- (2) 카메라를 이동하며 촬영한 영상을 사용하여 이동상황에서의 거리 측위를 실험하였다.
- (3) 이동상황의 영상은 2~8m에서 영상센서가 이동하고 1m 간격으로 정지했다가 다시 이동하는 영상이다. 1m 간격으로 정지하는 이유는 거리 추정 값과 실제 값의 오차를 확인하기 위해서 이다.



(a) 소형차



(b) 중형차



(c) SUV

그림 20 이동상황에서의 프레임 별 차량 간 거리 추정 그래프

(4) 그림 20의 그래프는 이동상황 영상의 프레임 별 차량 간 거리를 추정한 그래프이다.

라) 검증 방법 및 결론

- (1) 세 가지 영상에서 영상센서의 큰 움직임으로 인한 데이터 오류는 총 frame 수 인 3761 frame 중 19 frame 으로 0.50%의 오차율이 나타났다.
- (2) 1m 간격으로 정지한 구간에서의 실제 거리와 추정한 거리의 측위 추정 오차 중 최대 오차는 1m보다 작은 0.1147m이다. 그리고 전체 오차의 평균 오차는 0.0522m로 나타났다. 실험 결과 1m보다 작은 최대 0.1147m의 오차로 이동상황에서 거리 측위가 가능하다.

2) V2I 측위

가) 주간, 정지 상황

(1) 촬영된 위치

(가) 그림 21은 실험환경을 도식화한 것이다. 그림 21에서 가로등의 배치를 확인할 수 있으며 촬영 좌표는 $[3.28 \ -0.45 \ -8.3099]$ 에서 $[3.28 \ -0.45 \ -0.4769]$ 까지 Z축을 중심으로 0.373m의 간격마다 시행하였다. 표 3은 촬영된 위치를 나타낸 것이다.

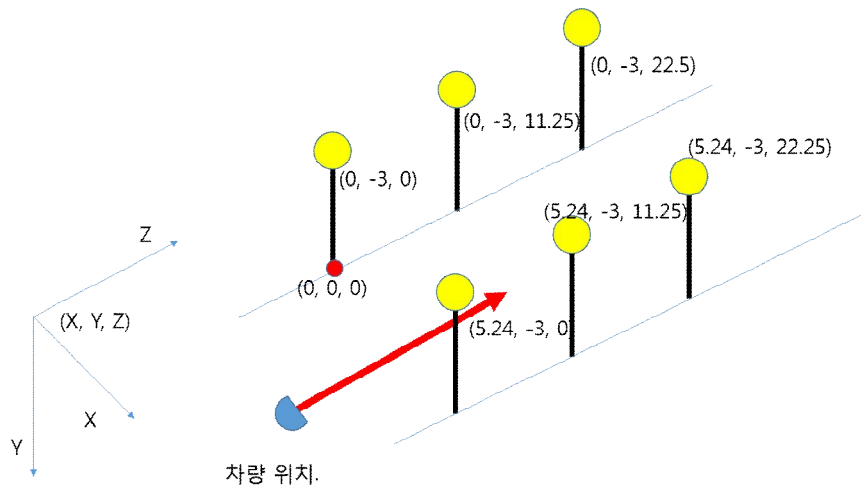


그림 21 실험환경 도식화

	위치 1	위치 2	위치 3	위치 4	위치 5	위치 6
X	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
Y	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45
Z	-8.3099	-7.9369	-7.5639	-7.1909	-6.8179	-6.4449
	위치 7	위치 8	위치 9	위치 10	위치 11	위치 12
X	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
Y	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45
Z	-6.0719	-5.6989	-5.3259	-4.9529	-4.5799	-4.2069
	위치 13	위치 14	위치 15	위치 16	위치 17	위치 18
X	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
Y	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45
Z	-3.8339	-3.4609	-3.0879	-2.7149	-2.3419	-1.9689
	위치 19	위치 20	위치 21	위치 22		
X	3.28	3.28	3.28	3.28		
Y	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45		
Z	-1.5959	-1.2229	-0.8499	-0.4769		

표 3 촬영된 위치

(2) 추정된 위치 결과 및 추정 오차

(가) 추정된 위치

	위치 1	위치 2	위치 3	위치 4	위치 5	위치 6
X	3.3089	3.2563	3.2849	3.2994	3.2640	2.8843
Y	-0.2321	-0.3494	-0.2552	-0.3264	-0.3128	-0.5233
Z	-8.1105	-7.8203	-7.4607	-6.9809	-6.6756	-6.9511
	위치 7	위치 8	위치 9	위치 10	위치 11	위치 12
X	3.6231	3.1020	2.8487	‘	‘	2.8529
Y	-0.5770	-0.3155	-0.5651	‘	‘	-0.5998
Z	-6.8257	-5.4323	-5.9709	‘	‘	-4.7920
	위치 13	위치 14	위치 15	위치 16	위치 17	위치 18
X	‘	2.8820	2.8458	3.8091	3.2380	3.6414
Y	‘	-0.6343	-0.6834	-0.6226	-0.3586	-0.6584
Z	‘	-4.0101	-3.7053	-3.2295	-2.1678	-2.4072
	위치 19	위치 20	위치 21	위치 22		
X	‘	3.0589	3.6737	2.8913		
Y	‘	-0.8371	-0.7814	-0.6624		
Z	‘	-1.6791	-1.2580	-0.9035		

표 4 주간 상황 추정된 위치

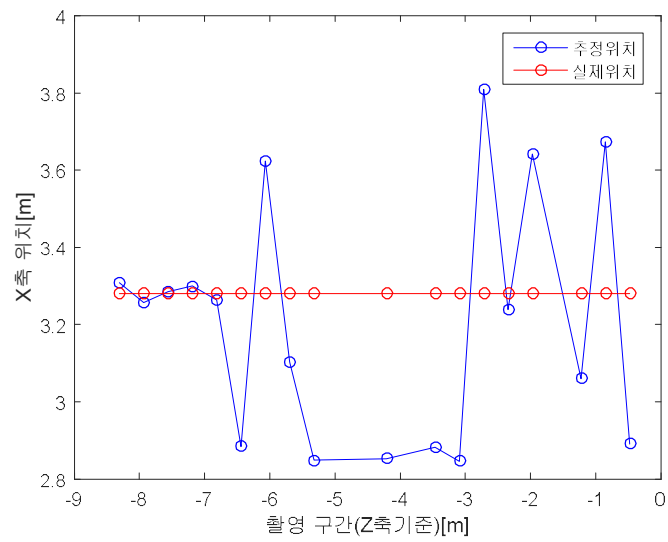


그림 22 X축 실제 위치와 추정 위치

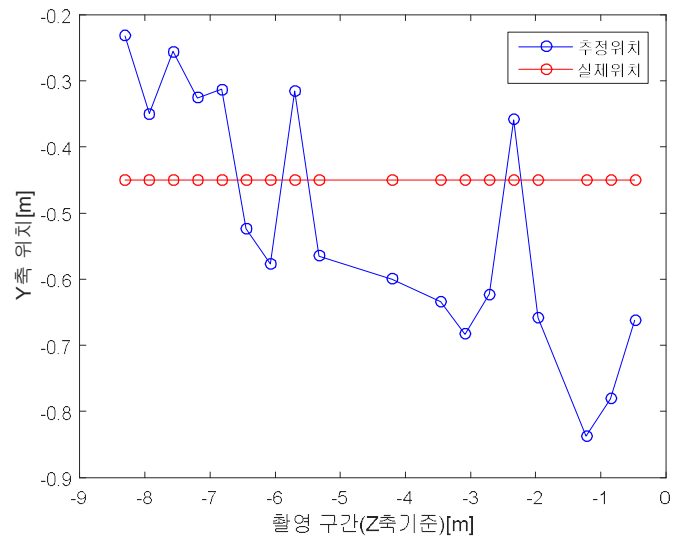


그림 23 Y축 실제 위치와 추정 위치

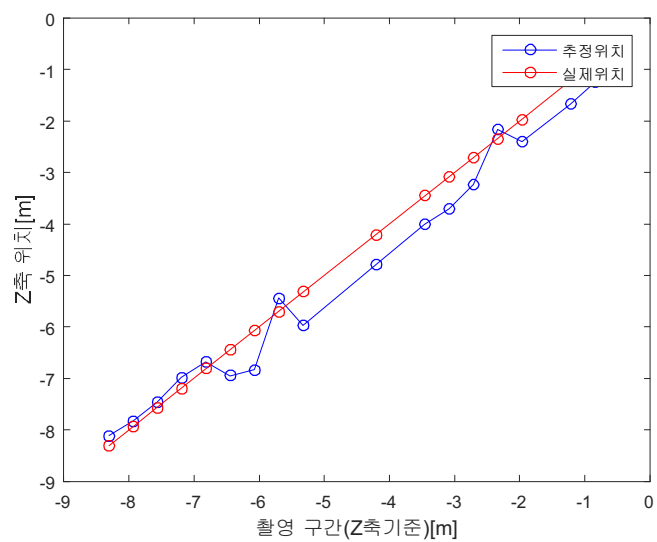


그림 24 Z축 실제 위치와 추정 위치

(나) X, Y, Z 각 축에 대한 추정 오차 비교

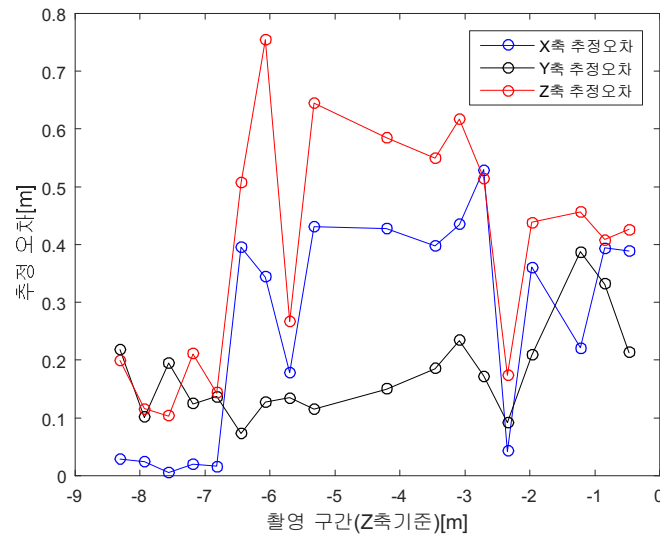


그림 25 X, Y, Z축 추정 오차

(3) 결론

- (가) 카메라 위치 추정을 위해 3개 이상의 광원 Data가 수신되어야 한다. 하지만 주간 상황에서 위치 10, 11, 13, 19에서 3개 이상의 가로등 Data가 수신되지 않아 위치 추정이 되지 않았다.
- (나) 오차 그래프에서 Z축에 대한 오차가 가장 크게 나타났다. Z축 위치 추정의 평균 오차는 0.3951m로 1m 이내의 오차 값을 가졌다. 즉, 모든 축에서 연구 목표치에 만족함을 보였다.

나) 야간, 정지 상황

(1) 촬영된 위치

- (가) 촬영된 위치는 주간, 정지상황과 일치한다.

(2) 추정된 위치 결과 및 추정 오차

- (가) 추정된 위치

	위치 1	위치 2	위치 3	위치 4	위치 5	위치 6
X	3.2088	3.1672	3.1869	3.1613	3.1543	2.7968
Y	-0.4540	-0.4311	-0.3538	-0.3584	-0.3917	-0.3632
Z	-9.0171	-8.6302	-8.4733	-8.0594	-7.6978	-7.3475

	위치 7	위치 8	위치 9	위치 10	위치 11	위치 12
X	2.7968	3.1764	3.2421	3.2376	3.1488	3.0929
Y	-0.4622	-0.3305	-0.3552	-0.3523	-0.3823	-0.3653
Z	-6.9983	-6.6090	-6.2183	-5.8254	-5.3948	-5.0636

	위치 13	위치 14	위치 15	위치 16	위치 17	위치 18
X	3.1638	3.1415	3.1589	2.5120	3.1478	3.2138
Y	-0.3840	-0.3593	-0.3428	-0.0826	-0.3687	-0.3302
Z	-4.5856	-4.2002	-3.8541	-4.7488	-3.0479	-2.7484

	위치 19	위치 20	위치 21	위치 22
X	2.8736	3.4562	3.1702	2.8447
Y	-0.4386	0.0020	-0.3657	-0.4005
Z	-2.3959	-2.9332	-1.5519	-1.2395

표 5 야간 상황 추정된 위치

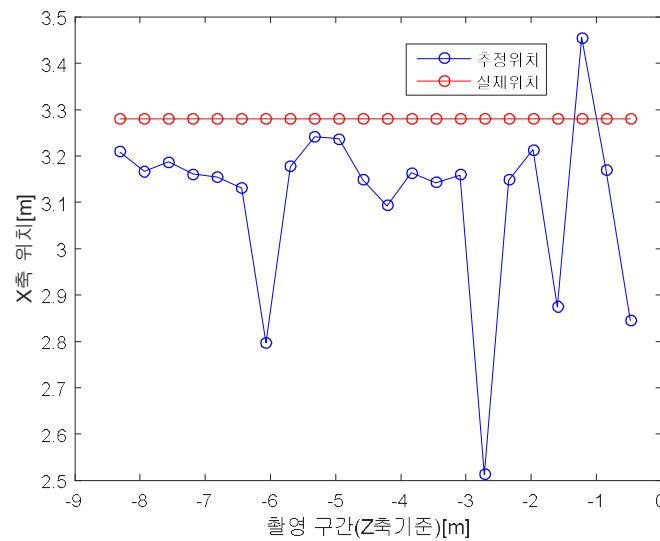


그림 26 X축 실제 위치와 추정 위치

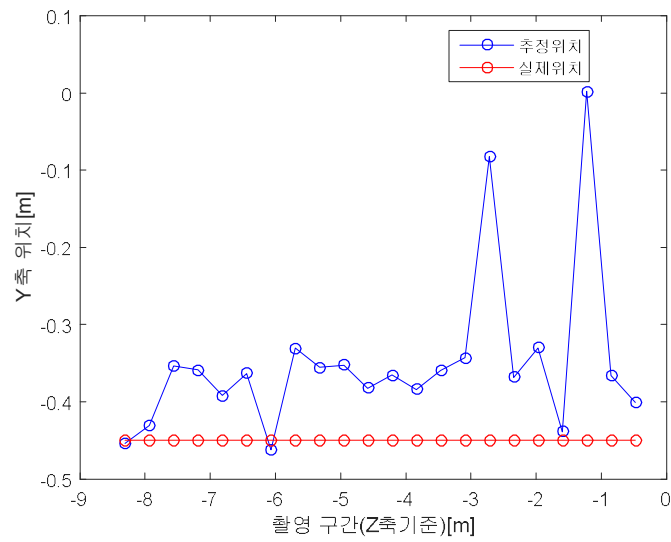


그림 27 Y축 실제 위치와 추정 위치

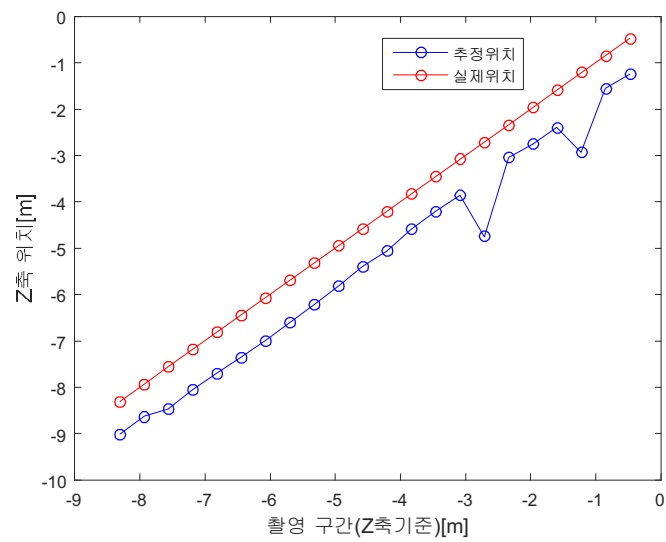


그림 28 Z축 실제 위치와 추정 위치

(나) X, Y, Z 각 축에 대한 추정 오차 비교

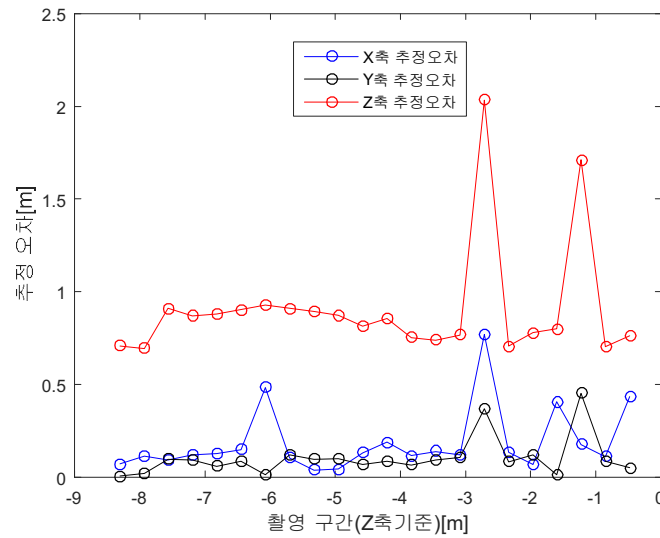


그림 29 X, Y, Z축 추정 오차

(3) 결론

(가) 야간 상황은 모든 위치에서 3개 이상의 가로등 Data가 수신되어 위치 추정이 가능하였다. 하지만 위치 16, 20에서 다른 위치와 다르게 큰 오차를 보였다. 그럼에도 불구하고 다른 위치의 오차가 1m 이내로 나타났으며 평균값은 0.9084로 본 기술의 위치 추정이 1m 이내임을 보였다.

다) 이동 상황

(1) 촬영된 위치

(가) 정확한 위치를 확인할 수 없기 때문에 카메라에 6개의 가로등이 나타나는 임의의 지점부터 2개의 가로등만 남는 지점까지 시행하였다.

(2) 추정된 위치 결과

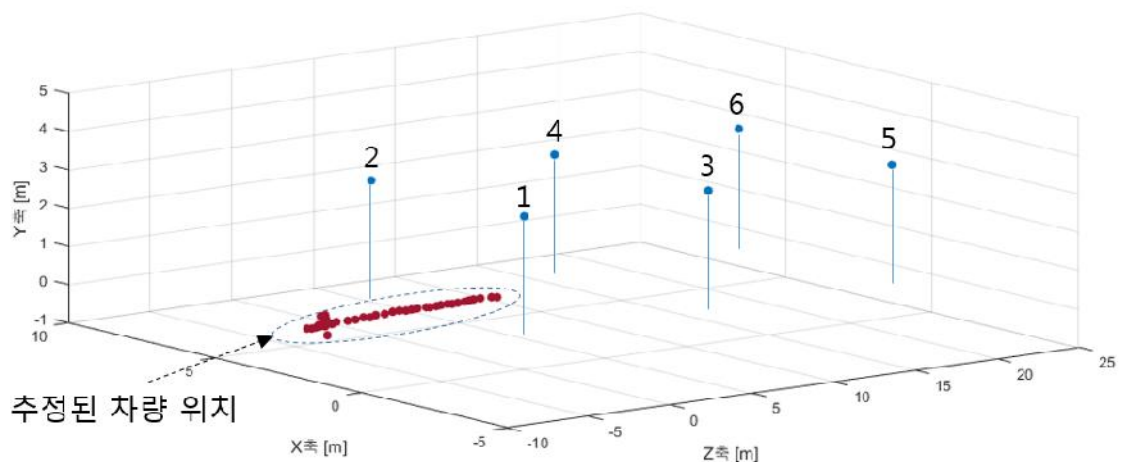


그림 30 이동환경에서 추정된 차량 위치

(3) 결론

(가) 그림 15는 이동상황에서 추정된 결과를 나타낸 것이다. 그래프의 Y축은 시각

의 편리를 위하여 실제 데이터와 부호가 반대 값으로 설정하였다.

(나) 이동환경의 추정된 결과에서 Z축이 - 7.5758m 구간에서 4.1943m 구간까진 변화한 모습을 타나내고 있다. 즉, 차량이 가로등에 약 7m 지점 떨어진 곳에서 가까운 2개의 가로등(1, 2) 사이를 지나갔음을 나타낸다. 정확한 실제 위치와 추정된 위치에 대한 오차 분석이 힘들지만 Z축의 변화흐름을 통해 이동환경에서도 차량의 위치추정이 가능함을 나타내었다.

※ 목표치 달성

질적 성과	계획	달성
측위 추정 오차율 향상 (V2V)	1m 이내	0.1147m
측위 추정 오차율 향상 (V2I)	1m 이내	0.6518m

2. V2V 및 V2I 환경 시나리오 별 검출, 추적 및 측위 기술 성능 검증

가. 연구수행 전략 및 방법론

- 1) V2V & V2I 별 통신 프레임 구조를 구성한다.
- 2) V2V 시나리오 별 주간 및 야간 상황을 설정한다.
- 3) V2I 시나리오 별 주간 및 야간 상황을 설정한다.
- 4) 실험을 통하여 시나리오 별 검출, 추적 및 측위 기술에 대한 성능을 검증한다.

나. 연구수행과정 및 내용(이론적, 실험적)

1) 통신 프레임 구조

가) V2V 통신 프레임 구조

- (1) 프레임 구조는 Sync데이터와 Information데이터로 나누어서 전송한다.
- (2) Sync데이터는 information데이터의 시작점을 알 수 있게 해주고 후미등 LED의 깜박임을 이용하여 후미등 영역을 검출할 수 있게 해준다. 그러므로 깜박임이 많이 나타나는 [0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1]의 포맷으로 전송한다.
- (3) Information데이터는 액션 정보와 측위 정보로 나눈다.
- (4) 데이터 구분을 위해 상위 4bit와 하위 4bit 앞에 액션 데이터는 [1, 1, 0, 0], 측위 데이터는 [1, 0, 1, 1]의 데이터를 첨가하였다.

액션 data : Sync 8bit(S=0x53) + data 8bit(0xC-) + data 8bit(0xC-) = 24bit

0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0					1	1	0	0				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	--

측위 data : Sync 8bit(S=0x53) + data 8bit(0xB-) + data 8bit(0xB-) = 24bit

0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1					1	0	1	1				
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	--

그림 1 V2V & V2I 통신 프레임 구조

- (5) 그리고 데이터 전송의 정확성을 위해 상위 4bit와 하위 4bit를 이용하여 시나리오별 상황 관련 정보를 전송한다. Information데이터는 서로 겹치지 않으며 Sync데이터와도 겹치지 않도록 설정하였다.

액션 데이터			측위 데이터(후미등 사이 거리 폭)		
상위 4bit	하위 4bit	데이터	상위 4bit	하위 4bit	데이터
0000	0000	출발	0000	0000	1.0m
1111	1111	급정지	1111	1111	1.1m
0011	0011	정지	0011	0011	1.2m
0110	0110	주행 중	0110	0110	1.3m
0000	1111	좌회전	0000	1111	1.4m
0011	1100	우회전	0011	1100	1.5m
0110	1001	서서히 정지	0110	1001	1.6m

표 1 시나리오별 전송 데이터

나) V2I 통신 프레임 구조

- (1) V2I 통신 프레임 구조는 V2V 통신 프레임 구조와 유사하다.
- (2) Sync데이터는 같으며 Information데이터는 가로등의 정보를 전송하여 차량의 위치 측위를 할 수 있도록 한다.
- (3) 데이터 전송의 정확성을 위해서 V2V의 액션 데이터 포맷과 같이 상위 4bit와 하위 4bit의 앞에 [1, 1, 0, 0]의 데이터를 전송한다.

데이터	상위 4bit	하위 4bit
1번 가로등	0000	0000
2번 가로등	1111	1111
3번 가로등	0011	0011
4번 가로등	0110	0110
5번 가로등	0000	0000
6번 가로등	0011	1100

표 2 가로등별 전송 데이터

2) V2V 시나리오

가) 주간 V2V 시나리오

- (1) 전방차량과 후방차량으로 나누어 두 대의 차량이 같이 움직이면서 후방차량에서 촬영을 한다. 실험 시나리오는 운전 중 일어날 수 있는 상황을 고려하여 7가지 상황의 시나리오로 설정하였다.
- (2) 전방차량에서는 2가지의 데이터를 번갈아가며 보내는데 첫 번째는 액션 데이터로 시나리오별 행동 관련 정보를 보내고 두 번째는 전방차량의 위치 데이터를 보낸다. 위치 데이터의 경우 전방차량의 후미등 사이 거리 폭의 데이터를 전송한다.

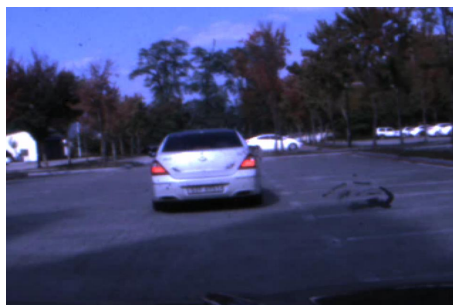


그림 2 실험환경

- (3) 후방차량에서는 PGR카메라를 설치하여 전방차량을 따라다니며 데이터를 수신 받는다. PGR카메라를 설정할 때는 30fps로 설정하고 주간이기 때문에 빛 반사로 인한 잡음을 줄이기 위하여 노출을 낮춰서 촬영한다.
- (4) 시나리오에 따라 액션 데이터가 변경되며 측위 데이터는 차량 간 거리 측위를 위해 후미등 사이 거리 폭을 전송한다.



(a) 카메라 노출 기본값



(b) 카메라 노출 낮은 값

그림 3 카메라 노출 값에 따른 촬영 이미지

- (5) 액션 데이터는 운전 중 자주 일어나는 7가지 상황으로 나누었으며 출발, 급정지, 서서히 정지, 정지, 주행 중, 우회전, 좌회전 이다.

- (6) 출발 시나리오의 경우 촬영을 시작한 뒤에 정지 상태인 전방차량이 출발을 하고 후방차량이 따라가게 되며, 액션 데이터는 “START”, 측위 데이터는 sm7의 후미 등 사이 거리인 “1.4m”를 전송한다.



그림 4 출발 시나리오

- (7) 급정지 시나리오의 경우 촬영을 시작한 뒤 차량 2대가 동시에 일정거리를 두고 주행하다가 일정 시간 후에 전방차량이 급정지를 하게 되며, 액션 데이터는 “SUDDEN STOP”, 측위 데이터는 “1.4m”를 전송한다.



그림 5 급정지 시나리오

- (8) 서서히 정지 시나리오의 경우 급정지 시나리오와 같으며 급정지 대신 서서히 정지한다. 액션 데이터는 “SLOWLY STOP”, 측위 데이터는 “1.4m”를 전송한다.



그림 6 서서히 정지 시나리오

- (9) 정지 시나리오의 경우 전방차량이 일정 거리 뒤에서 정지한 상태로 있으며 후방 차량이 다가가면서 촬영을 하며, 액션 데이터는 “STOP”, 측위 데이터는 “1.4m”를 전송한다.



그림 7 정지 시나리오

- (10) 주행 중 시나리오의 경우 차량 2대가 모두 일정거리를 두고 주행하는 상태를 촬영하며, 액션 데이터는 “DRIVE”, 측위 데이터는 “1.4m”를 전송한다.



그림 8 주행 중 시나리오

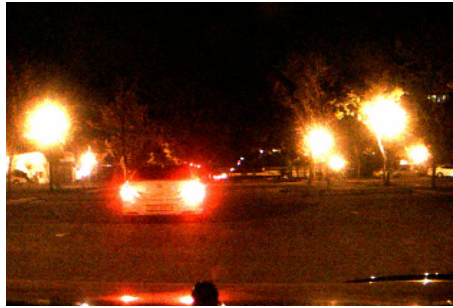
- (11) 좌회전, 우회전 시나리오의 경우 차량 2대가 일정거리를 두고 주행하다가 일정 시간 후에 전방차량이 좌회전 혹은 우회전을 하며, 액션 데이터는 각각 “LEFT”, “RIGHT”, 측위 데이터는 “1.4m”를 전송한다.



그림 9 좌회전, 우회전 시나리오

나) 야간 V2V 시나리오

- (1) 주간 시나리오와 상황과 환경은 같다.
- (2) 야간 시나리오 또한 카메라의 노출을 낮춰서 촬영하여 빛 번짐으로 인한 잡음들을 제거한다.



(a) 카메라 노출 기본값



(b) 카메라 노출 낮은 값

그림 10 카메라 노출 값에 따른 촬영 이미지

다) 시나리오 별 통신 프레임 구조

시나리오	액션 데이터	측위 데이터
출발	01010011 11000000 11000000	01010011 10110000 10111111
급정지	01010011 11001111 11001111	01010011 10110000 10111111
서서히 정지	01010011 11000110 11001001	01010011 10110000 10111111
정지	01010011 11000011 11000011	01010011 10110000 10111111
주행 중	01010011 11000110 11000110	01010011 10110000 10111111
좌회전	01010011 11000000 11001111	01010011 10110000 10111111
우회전	01010011 11000011 11001100	01010011 10110000 10111111

표 3 시나리오 별 통신 프레임 구조

라) 시나리오 별 검출, 추적, 측위 기술

(1) 알고리즘

(가) 그림 11은 후미등 검출 및 추적에 대한 Block Diagram이다.

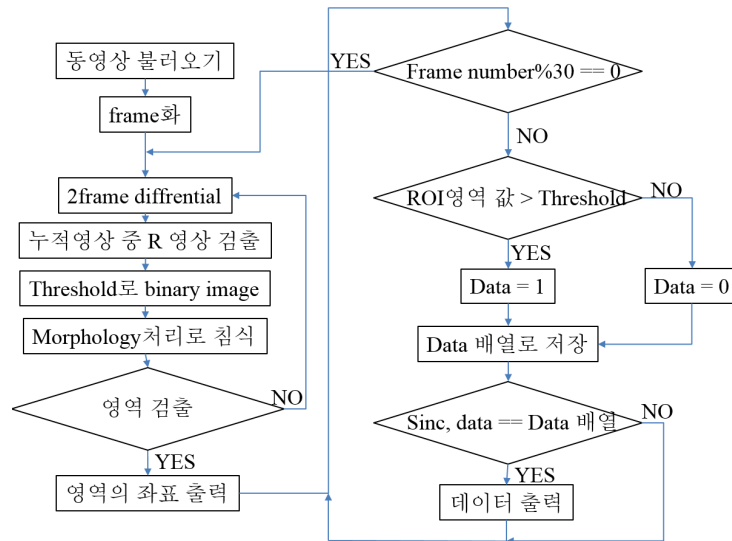


그림 11 후미등 검출 및 추적에 대한 Block Diagram

(나) 처리 순서는 영상을 불러와서 영상처리를 통하여 후미등의 ROI를 찾아서 ROI 내의 데이터를 분석하여 출력한다.

(2) 후미등 검출

(가) 영상처리를 통하여 수신된 영상에서 후미등을 검출 할 수 있다.

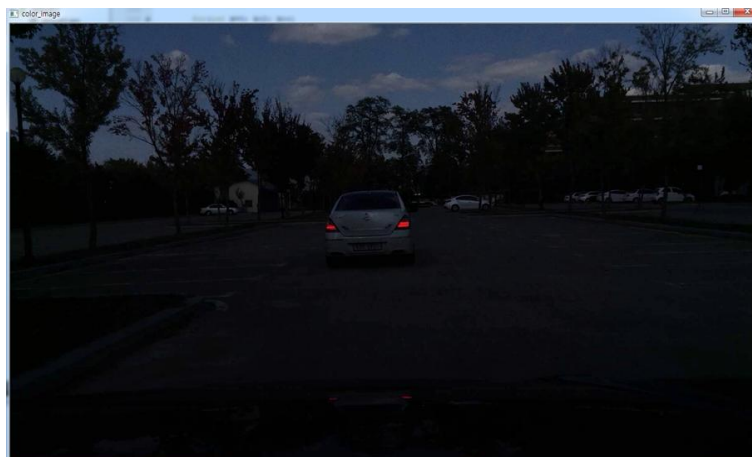


그림 12 수신된 영상

(나) 데이터가 '0'과 '1'을 반복하기 때문에 2개의 이미지를 differential하면 후미등을 제외한 잡음을 줄일 수 있다.

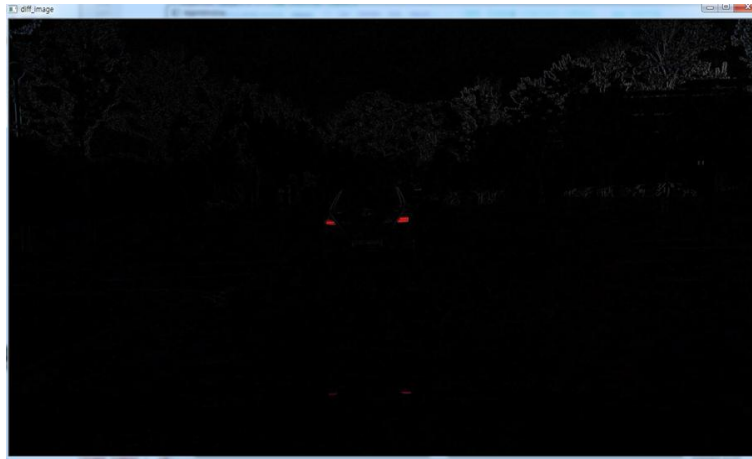


그림 13 Differential image

(다) 그리고 후미등은 일반적으로 빨간색이므로 RGB영상에서 R영상을 사용하여 영상처리 한다.

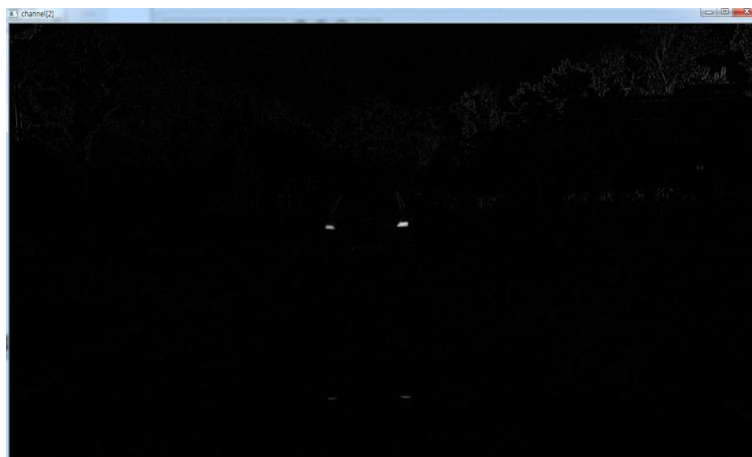


그림 14 R image

(라) 다음으로 binarization을 해서 잡음을 줄일 수 있다. 주간 이미지의 경우는 Threshold 값을 야간 이미지보다 높게 설정해야 한다. 추가적으로 Morphology 침식 처리로 잡음을 더 줄일 수 있다.

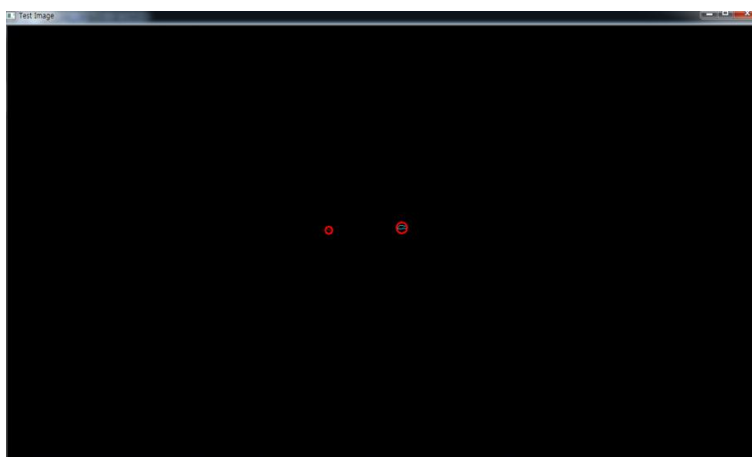


그림 15 Image processing & Labeling

(3) 이동상황에서 후미등 추적

- (가) 그림 11의 Block diagram을 보면 30frame 주기로 ROI를 재 검출 하는 것을 확인할 수 있다. 카메라가 30fps이므로 1초마다 ROI가 업데이트 된다.
- (나) 1초가 되기 전까지 ROI 영역 내에서 후미등이 이동해야 때문에 ROI를 설정할 때 margin을 두어 좀 더 큰 ROI로 설정한다.
- (다) ROI를 설정한 후 ROI의 pixel 값들을 평균하여 검출한 값과 Data threshold 값을 비교하여 '0' 혹은 '1'의 데이터를 검출할 수 있다.
- (라) 검출한 데이터의 배열을 matched filter를 이용하여 원하는 information 데이터를 출력할 수 있다.

(4) 후미등 사이 거리를 이용한 거리 측위

- (가) Matched filter를 이용하여 출력한 information 데이터 중 측위 데이터의 정보를 이용하여 거리를 추정할 수 있다. (자세한 내용은 이동환경에서 V2V 및 V2I Vision 영상의 LED 표식자 기반 측위 기술 연구 보고서 참고)

3) V2I 시나리오

가) 정지 상황에서 주간 시나리오

(1) 가로등 배치 구조

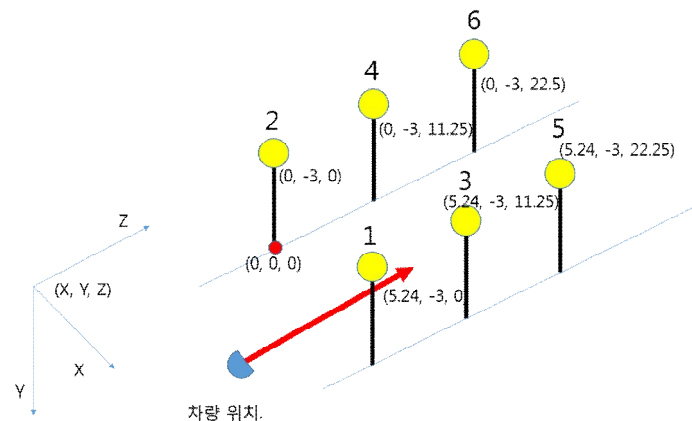


그림 16 V2I 실험환경 도식화

- (가) 그림 16은 실험환경을 도식화한 것이다. 노란색 동그라미 6개는 가로등을 의미한다. 2, 4, 6 가로등들과 1, 3, 5 가로등들은 서로 11.25m의 간격으로 배치되어 있다. 가로등 높이는 3m이고 도로 폭은 5.24m로 설정하였다.
- (나) 그림 17은 실제 실험환경이다. 앞의 규격에 대한 정보는 표 4에서 확인이 가능하다.



그림 17 LG G2를 통해 촬영된 V2I 실제 실험 환경

가로등 사용 개수	6개
가로등 간격(Z)	정규 가로등 간격인 30m(울산광역시 가로등관리규정)에 3/8비율로 11.25m
도로 폭(X)	1차선 3.5m(국토교통부령 제 223호)에 3/8비율로 1.31m - 왕복 4차선으로 설정하여 5.24m
가로등 높이(Y)	가로등 높이 규격 8m에 3/8비율로 3m
촬영카메라 높이	블랙박스까지의 높이 1.2m(실측)에 3/8비율로 45cm

표 4 V2I 배치 규격

- (다) 그림 16에서 실제 환경에 대한 단위벡터 X , Y , Z 를 확인할 수 있다. X , Y , Z 는 camera image 환경에 맞추어져 있는데, X , Y 의 경우 image의 Col과, Row의 방향과 일치하며 Z 의 경우 camera의 focal length와 일치한다. Image의 Row의 경우 아래 방향으로 증가하기 때문에 실제 환경에서 Y 의 값이 아랫방향으로 향하는 것을 볼 수 있다.
- (라) 2번 가로등이 땅과 만나는 지점이 실제 환경의 중심 지점이다. 중심 지점은 어느 곳이든 설정이 가능하다. 하지만 중심지점에 대한 가로등의 상대적인 배치가 유지되어야 한다.

(2) 촬영된 카메라 위치

- (가) 표 5는 촬영된 위치를 나타낸 것이다. 표 5에서 X , Y 는 변화가 없으며, Z 축의 값만 일정하게 변화된 것을 볼 수 있다.
- (나) 일반적으로 주행하는 차량의 움직임은 좌우의 움직임에 비해 전진하는 움직임이 가장 크기 때문에 Z 축을 중심으로 실험을 진행하였다.
- (다) 실험을 위한 Z 축의 간격은 0.373m로 설정 하였다.

	위치 1	위치 2	위치 3	위치 4	위치 5	위치 6
X	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
Y	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45
Z	-8.3099	-7.9369	-7.5639	-7.1909	-6.8179	-6.4449
	위치 7	위치 8	위치 9	위치 10	위치 11	위치 12
X	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
Y	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45
Z	-6.0719	-5.6989	-5.3259	-4.9529	-4.5799	-4.2069
	위치 13	위치 14	위치 15	위치 16	위치 17	위치 18
X	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
Y	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45
Z	-3.8339	-3.4609	-3.0879	-2.7149	-2.3419	-1.9689
	위치 19	위치 20	위치 21	위치 22		
X	3.28	3.28	3.28	3.28		
Y	-0.45	-0.45	-0.45	-0.45		
Z	-1.5959	-1.2229	-0.8499	-0.4769		

표 5 촬영된 위치

(3) 실험 진행 과정.

- (가) 가로등 6개를 규격에 맞추어 배치한다.
- (나) 스마트폰 App을 이용하여 각 가로등이 표 3에 설정된 데이터를 전송하도록 한다.
- (다) 줄자를 사용하여 카메라 높이를 0.45m로 설정하고, 기준점으로부터 X의 값이 3.28m인 곳에 배치한다.
- (라) 레이저 위치측정기를 사용하여 기준점으로부터 Z의 값이 약 8.3099m인 곳을 찾는다.
- (마) 고정된 카메라를 배치한 뒤 10초간 촬영한다.
- (바) (라)~(마)과정을 반복하며 위치1~위치22까지 모든 위치에서 10초간 촬영한다.

나) 정지 상황에서 야간 시나리오

(1) 가로등 배치 구조

- (가) 주간 환경과 동일한 환경이다. 그림 18은 PGR 카메라에서 촬영된 V2I 실제 실험 환경이다.



그림 18 PGR 카메라에서 촬영된 V2I 실험 환경

(2) 촬영된 카메라 위치

(가) 야간, 정지된 상황에서 촬영된 위치는 주간 상황과 동일하다.

(3) 실험 진행 과정

(가) 가로등 6개를 규격에 맞추어 배치한다.

(나) 스마트폰 App을 이용하여 각 가로등이 표 3에 설정된 데이터를 전송하도록 한다.

(다) 줄자를 사용하여 카메라 높이를 0.45m로 설정하고, 기준점으로부터 X의 값이 3.28m인 곳에 배치한다.

(라) 레이저 위치측정기를 사용하여 기준점으로부터 Z의 값이 약 8.3099m인 곳을 찾는다.

(마) 고정된 카메라를 배치한 뒤 10초간 촬영한다.

(바) (라)~(마)과정을 반복하며 위치1~위치22까지 모든 위치에서 10초간 촬영한다.

다) 이동 상황에서 야간 시나리오

(1) 실험 환경

(가) 정지 상황과 가로등 및 카메라 간격이 모두 동일하다.

(2) 촬영된 카메라 위치

(가) 주간 상황과 동일하다.

(3) 실험진행 과정

(가) 가로등 6개를 규격에 맞추어 배치한다.

(나) 스마트폰 App을 이용하여 각 가로등이 표 2에 설정된 데이터를 전송하도록 한다.

(다) 카메라의 높이를 0.45m 규격에 맞추기 위해서 차량 전면에 번호판 위에 0.45m 지점에 부착한다.

(라) 끈을 이용하여 X의 값이 3.28인 지점에 차량이 이동할 수 있게 배치한다.

(마) 끈 위에 카메라가 놓이게 차량을 배치한다.

(바) 카메라 영상에 6개의 가로등이 나타나는 지점에서 출발하여 서서히 이동한다.

(사) 1, 2번 가로등을 지난 뒤 3, 4번 가로등을 지나기 전에 멈춘다.

라) 시나리오 별 검출, 추적, 측위 기술

(1) 알고리즘

(가) 그림 19는 가로등 검출 및 추적에 대한 Block Diagram이다.

(나) 처리 순서는 영상을 불러와서 영상처리를 통하여 가로등 영역을 찾아서 각 가로등 영역의 데이터를 분석하여 출력한다.

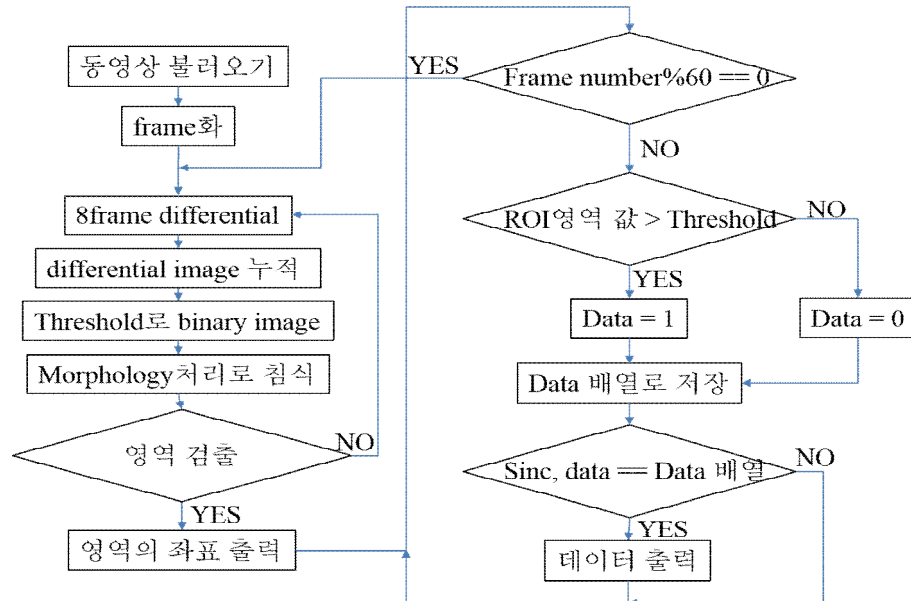


그림 19 가로등 검출 및 추적에 대한 Block Diagram

(2) 가로등 검출

(가) 그림 20은 수신된 동영상의 한 frame을 나타낸 것이다.



그림 20 수신된 영상

(나) 그림 21은 2장의 이미지를 differential한 것이다. differential은 두 이미지에 다른 부분을 부각시키고 배경잡음을 제거하기 때문에 On-Off차이에 의

해 발생하는 가로등 영역이 나타난다. 하지만 가로등의 경우 모든 가로등의 데이터 전송이 동기화 되어 있지 않기 때문에 가로등 영역 검출을 위해 다수의 이미지를 differential해서 사용해야 한다.

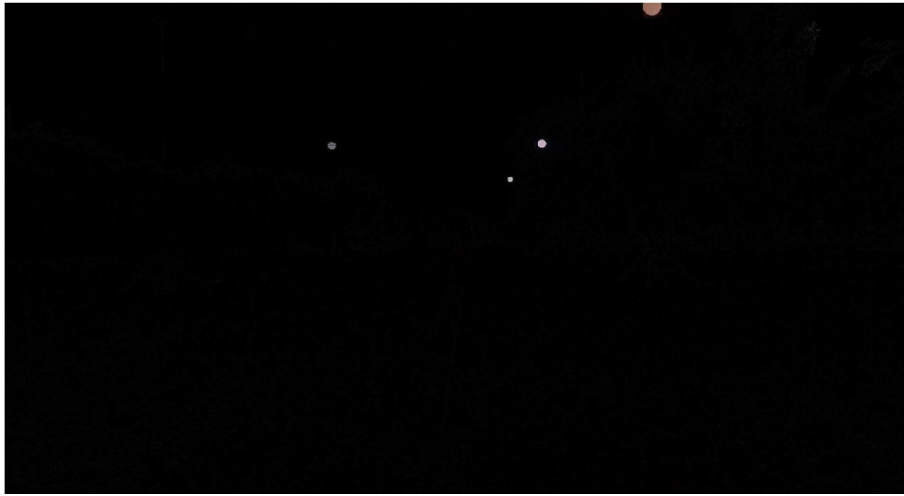


그림 21 Differential image

(다) 그림 22는 7장의 이미지를 누적한 것이며 모든 가로등 영역을 확인할 수 있다.



그림 22 누적 image

(라) 그림 23은 binarization된 이미지이다. binarization은 낮은 gray 값을 가지는 잡음을 줄일 수 있다. 주간 이미지의 경우는 Threshold 값을 야간 이미지보다 높게 설정해야 한다. 추가적으로 Morphology 침식 처리로 잡음을 더 줄일 수 있다.



그림 23 Binary image

(3) 이동 상황에서 가로등 검출

- (가) 그림 19의 Block diagram을 보면 30frame 주기로 ROI를 재 검출 하는 것을 확인할 수 있다. 카메라가 30fps이므로 1초마다 ROI가 업데이트 된다.
- (나) ROI를 설정한 후 ROI의 pixel 값들을 평균하여 검출한 값과 Data threshold 값을 비교하여 '0' 혹은 '1'의 데이터를 검출할 수 있다.
- (다) 검출한 데이터의 배열을 matched filter를 이용하여 원하는 information 데이터를 출력할 수 있다.

(4) 가로등 3개를 이용한 차량 위치 측위

- (가) Matched filter를 이용하여 3개 이상의 가로등 데이터가 수신이 되었을 때 이미지 내의 가로등의 좌표와 실제 가로등의 좌표를 이용하여 차량의 위치를 추정할 수 있다. (자세한 내용은 이동환경에서 V2V 및 V2I Vision 영상의 LED 표시자 기반 측위 기술 연구 보고서 참고)

다. 연구수행결과 및 결과의 검증 방법 등

1) V2V 시나리오

가) 시뮬레이터

- (1) 촬영영상을 분석하기 위해 시뮬레이터를 구현하여 확인하였다. 시뮬레이터 포맷은 그림 24와 같다.
- (2) 총 4개의 영상화면이 존재하는데 각각 원본영상, Binary영상, 영상처리영상, Labeling영상을 출력한다.
- (3) 원본영상은 매 프레임마다 영상처리 하기전 원래 영상을 출력한다.
- (4) Binary영상의 경우 매 프레임마다 원본영상을 Binarization 한 영상을 출력한다.
- (5) 영상처리영상의 경우 30frame 주기로 ROI를 재설정할 때 최종 영상처리를 한 영상을 출력한다.
- (6) Labeling영상의 경우는 영상처리 영상을 분석하여 ROI 영역으로 Labeling된 부분을 빨간색 원으로 표시한 영상을 출력한다.

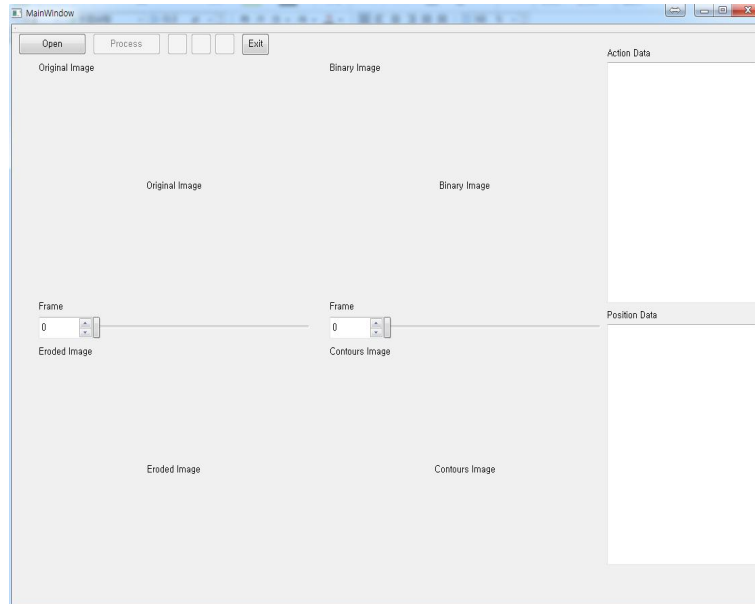


그림 24 시뮬레이터

- (7) Open 버튼을 통해 분석할 동영상을 열 수 있고 Process 버튼을 통하여 분석을 시작한다. Process 중에는 실시간으로 처리 영상 및 데이터가 출력된다.
- (8) Action Data 칸에는 전방차량이 전송하는 액션 데이터를 실시간으로 출력하고 Position Data 칸에는 전방차량이 전송하는 측위 데이터를 실시간으로 출력한다.

나) 시나리오 분석결과

- (1) 주간 시나리오와 야간 시나리오 결과를 비교하였다. 그림 25은 주간 START 시나리오 결과이고, 그림 26은 야간 START 시나리오 결과이다.

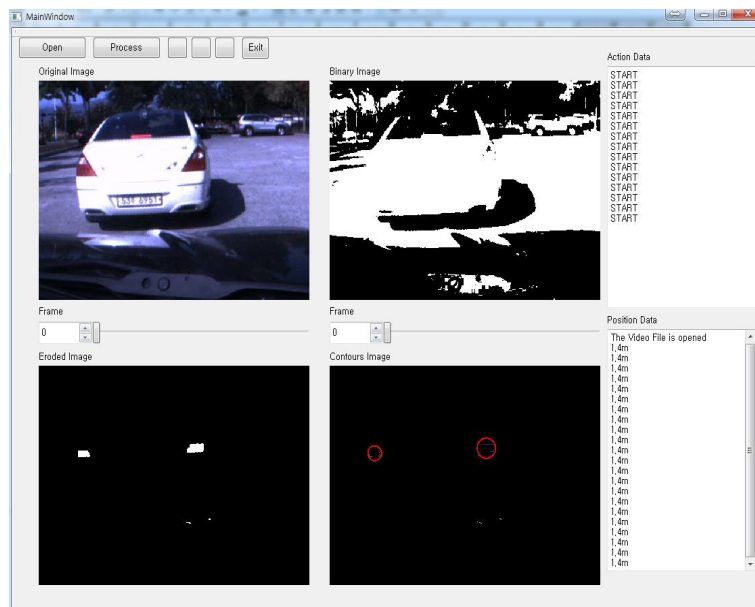


그림 25 주간 START 시나리오 결과

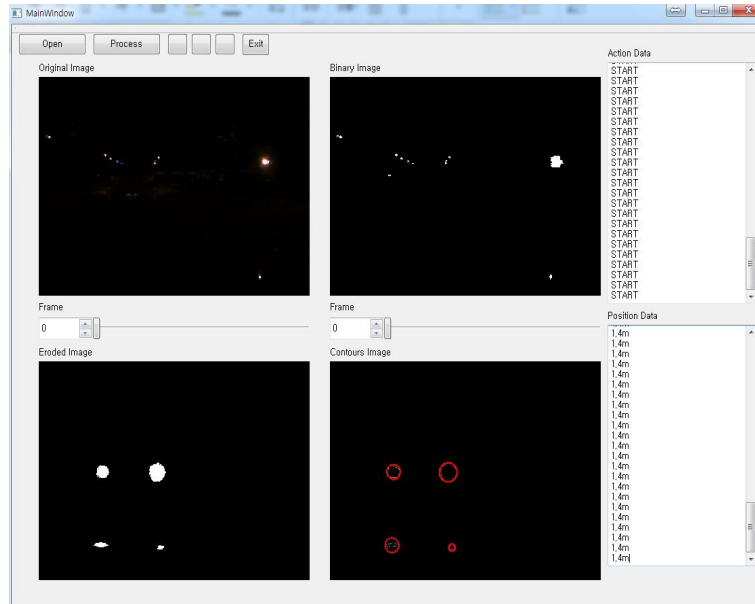


그림 26 야간 START 시나리오 결과

- (2) 데이터 검출의 경우 주간 시나리오보다 야간 시나리오의 데이터가 더 많이 검출되었다. 동일한 시간동안 촬영한 결과 주간 시나리오에서 액션 데이터와 측위 데이터를 포함하여 총 39회 검출되었고, 야간 시나리오에서 빛의 반사로 인한 데이터 검출을 제외한 데이터가 총 94회 검출되었다.
- (3) 다른 시나리오 또한 비슷한 결과가 나왔다. 촬영한 시나리오 구간 중 야간 우회전 시나리오의 경우와 같이 카메라와 후미등의 점멸이 동기화가 잘 되지 않아 후미등이 켜져도 약한 빛이 출력되고 후미등이 꺼져도 약한 빛이 출력되는 상황이 발생할 때는 데이터 검출이 되지 않았다.
- (4) 시뮬레이터 분석 결과 30fps 카메라를 통해 30Hz의 LED 데이터를 검출 했으므로 데이터 속도가 15bps 이상인 30bps로 데이터 전송 및 수신이 가능하다.

시나리오	주간 검출 횟수	야간 검출 횟수
출발	39	94
급정지	53	92
서서히 정지	33	60
정지	8	68
주행중	34	84
좌회전	57	59
우회전	32	42

표 6 시나리오 별 데이터 검출 횟수

- (5) 차량 간 거리 측위의 경우 측위 데이터인 “1.4m”가 검출 되고 양쪽 후미등이 모두 검출 되어 후미등 사이 pixel폭을 출력할 수 있으므로 측위가 가능하다. (자세한 내용은 이동환경에서 V2V 및 V2I Vision 영상의 LED 표식자 기반 측위 기술 연구 보고서 참고)

2) V2I 시나리오

가) 정지 상황에서 주간 시나리오

(1) 가로등 수신율

- (가) 5개 이상의 가로등이 촬영된 위치는 위치 1이다. 카메라 위치 측위는 3개 이상의 가로등만 검출되면 가능하기 때문에 6개 이상의 광원이 나타나는 지점은 많지 않았다.

가로등 번호	수신된 횟수
가로등 1	8
가로등 2	7
가로등 3	11
가로등 4	10
가로등 5	9
가로등 6	1

표 7 위치 1에서 수신된 가로등

나) 정지 상황에서 야간 시나리오

(1) 가로등 수신율

- (가) 5개 이상의 가로등이 촬영된 위치는 위치 1, 2이다.

가로등 번호	수신된 횟수
가로등 1	10
가로등 2	12
가로등 3	12
가로등 4	10
가로등 5	12
가로등 6	3

표 8 위치 1에서 수신된 가로등

가로등 번호	수신된 횟수
가로등 1	14
가로등 2	2
가로등 3	14
가로등 4	15
가로등 5	13
가로등 6	14

표 9 위치 2에서 수신된 가로등

다) 이동 상황에서 야간 시나리오

(1) 가로등 수신율

- (가) 이동상황은 특정 위치가 지정되어 있지 않아 6개의 광원이 모두 나타나는 지점까지만 가로등 수신정도를 확인하였다. 사용 Frame은 총 300frame이다.

가로등 번호	수신된 횟수
가로등 1	9
가로등 2	3
가로등 3	11
가로등 4	11
가로등 5	11
가로등 6	4

표 10 이동상황에서 수신된 가로등

- 라) 주간 상황에 비해 야간 상황에 가로등의 Data 수신율이 더 높을 것을 확인할 수 있다. 주간 상황에서는 햇빛에 의해 카메라에 나타나는 가로등 LED의 빛이 많이 약했다. 그래서 야간 상황에 비해 가로등이 On과 Off일 때의 차이가 상대적으로 낮았다.
- 마) 이동상황의 경우 4개의 광원에서 주기적인 가로등 데이터 수신에 성공했고, 2개의 광원에서 가로등 데이터 수신율이 낮음을 보였다. 이동환경의 경우 정지 환경에 비해 가로등 데이터 수신율이 조금 낮다.
- 바) 하지만 6개의 가로등에서 데이터가 수신 되는 것을 확인하였기 때문에 공간 다중 동시 접속 가능 개수가 5개 이상임을 보였다.

※ 목표치 달성

질적 성과	계획	달성
Data rate/VLC pixels 향상	15 bps 이상	30 bps
공간 다중 동시 접속 가능 개수 향상	5개 이상	6개

3. 이동환경에서 Vision 기반 LED 표식자 검출 및 추적 기술 및 영상 노이즈 및 클러터 제거 기술 연구

가. 연구수행 전략 및 방법론

- 1) 영상처리를 이용한 LED 표식자 검출 알고리즘 구성한다.
- 2) LED 표식자 검출에 사용되는 영상처리 기법 및 사용 용도를 연구한다.
- 3) LED 표식자를 제외한 영상 노이즈 및 클러터 제거 기법을 연구한다.
- 4) 영상처리한 영상에서 LED 표식자를 검출하는 방법을 연구한다.
- 5) 검출한 LED 표식자를 추적하는 방법을 연구한다.

나. 연구수행과정 및 내용(이론적, 실험적)

1) LED 표식자 검출 알고리즘

가) 그림 1은 이동상황에서 LED 표식자 검출의 Block diagram이다.

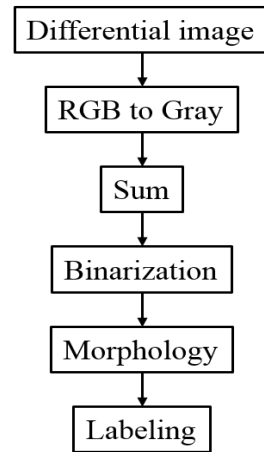


그림 1 LED 표식자
검출 Block diagram

- 나) 여러 가지의 영상처리 기법을 사용하여 이동상황에서 LED 표식자를 검출할 수 있다.
- 다) 여기서 LED 표식자의 경우 원거리 저속 플리커 방식으로 한 프레임에 1bit/광원을 전송할 수 있으며 On-Off Keying(OOK) 변조 방식으로 데이터를 전송한다.
- 라) 전송 데이터를 수신기인 카메라를 사용하여 수신 받아 그림 1과 같은 방법으로 LED 표식자를 검출한다.

2) 영상처리 기법

가) Differential image

- (1) 가장 먼저 영상을 수신 받으면 1~8 frame을 불러온다.
- (2) LED 표식자를 제외한 배경을 제거하기 위해서 [1,2], [2,3], ..., [7,8] frame 이미지를 Differential 한다. Differential 이란 두 개의 이미지 pixel값을 뺀 다음 절대 값을 씌워주는 처리 방식이다.

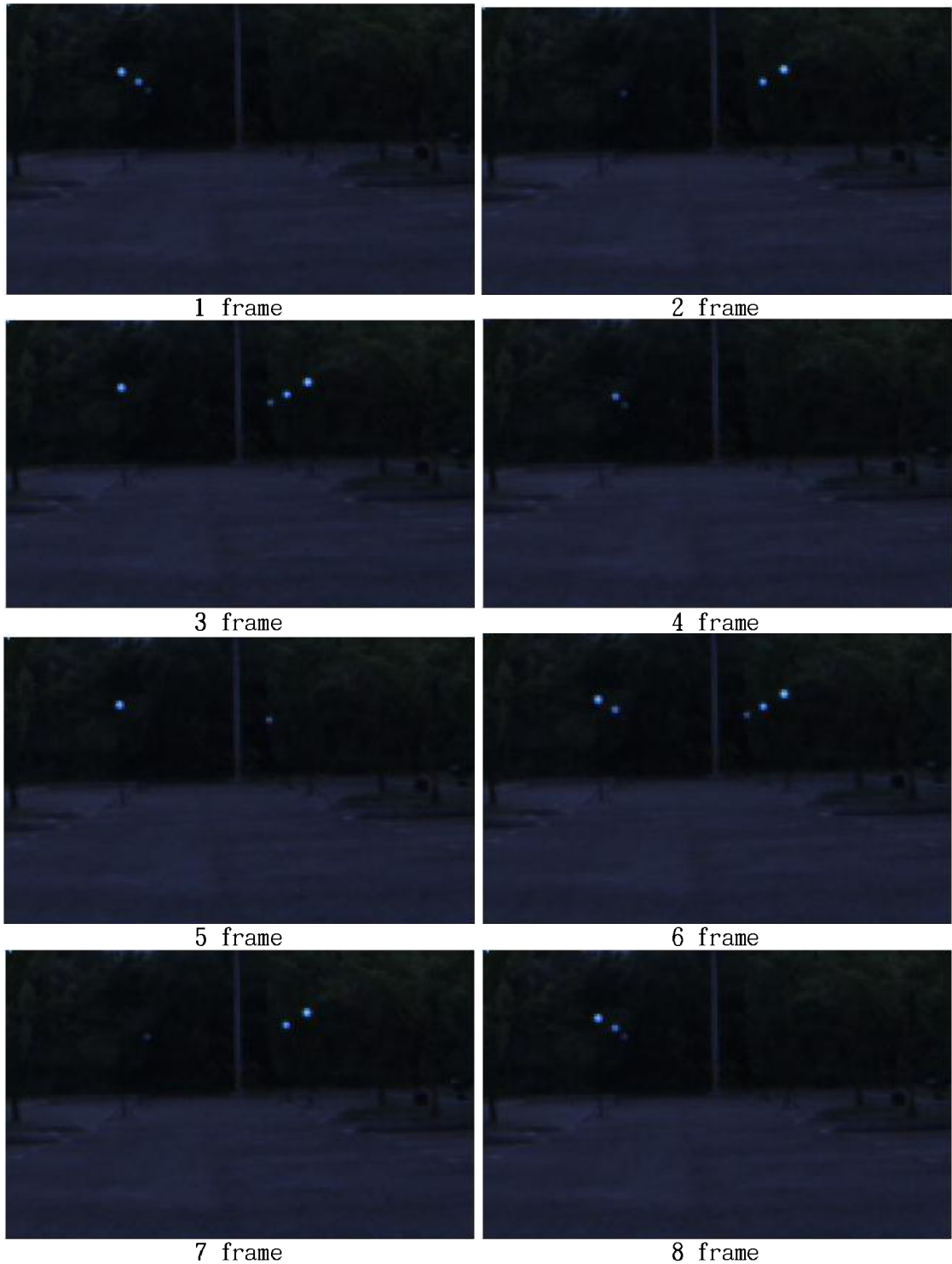


그림 2 수신 받은 1 ~ 8 frame 영상

- (3) Differential을 하게 되면 배경의 경우 같은 좌표에 같은 pixel 값을 가지기 때문에 '0'의 값으로 사라지게 되고 LED 표식자는 On과 Off를 반복하기 때문에 값이 사라지지 않는다.
- (4) 1~8 frame을 differential하는 이유는 LED 표식자마다 각각 깜박임이 다르기 때문에 모든 LED 표식자가 검출되기 위해서 1~8 frame를 differential한 7개의 이미지를 누적하여 모든 LED 표식자를 검출한다.

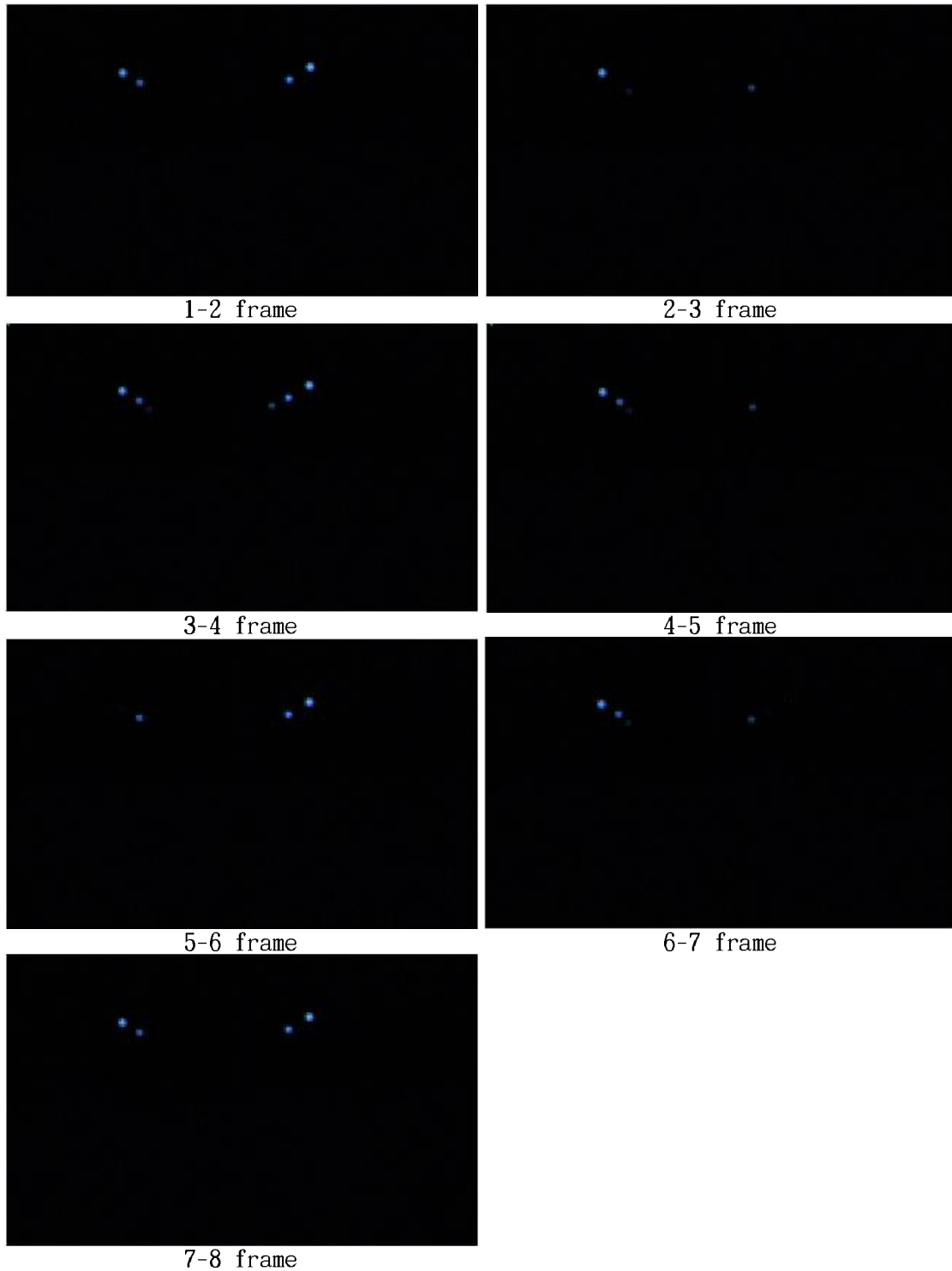


그림 3 Differential 영상

나) Gray와 Sum

- (1) 1~8 frame을 differential 한 7개의 이미지를 RGB에서 Gray 이미지로 변경한다.
- (2) 기본의 이미지는 RGB로 총 3채널을 사용하여 표현이 되는데 3채널을 사용하게 되면 영상처리도 번거롭고 시간도 많이 소비되기 때문에 gray 이미지로 변경하여 1채널에서 영상처리를 한다.

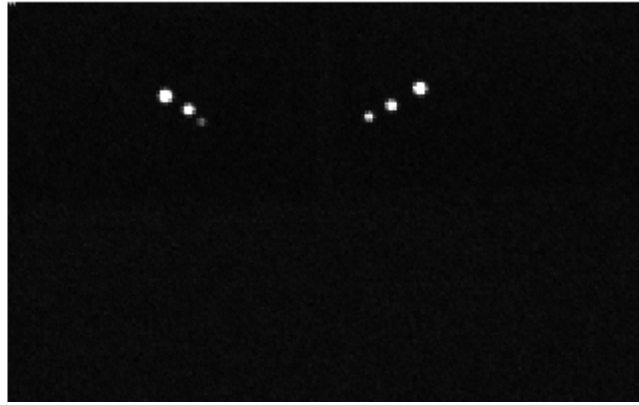


그림 4 Differential 이미지 누적

- (3) gray 이미지로 변경된 7개의 differential 이미지를 누적하여 모든 LED 표식자를 출력한다. 이미지 누적이란 이미지들의 pixel값을 다 더하는 것으로 differential 이미지로 찾은 LED 표식자들을 한 이미지로 모으게 된다.

다) Binarization

- (1) Binarization 기법은 이진화라고 하며 특정 threshold 값을 주어 threshold 값보다 작은 pixel값은 '0', 큰 값은 '1'로 변경하는 기법이다.
- (2) Binarization 기법을 사용하면 낮은 pixel 값의 잡음들을 제거하고 LED 표식자 또한 선명하게 출력할 수 있다.

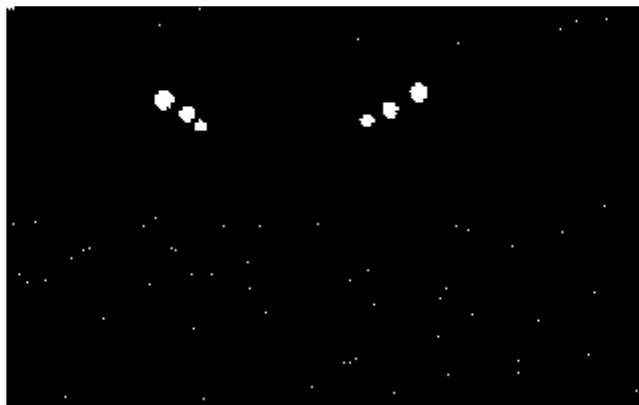


그림 5 Binarization

- (3) Differential 누적 이미지를 Binarization을 하게 되면 미세한 잡음과 LED 표식자를 제외한 나머지 잡음들이 다 사라지게 된다.

라) Morphology

- (1) Binarization을 한 영상에서 미세한 잡음들을 제거하기 위해 Morphology 기법을 사용한다.
- (2) 잡음 제거를 위해 morphology 기법 중 침식 기법을 사용하여 지정한 마스크 내의 pixel값이 하나라도 일치하지 않으면 '0'으로 출력하여 잡음을 제거한다.

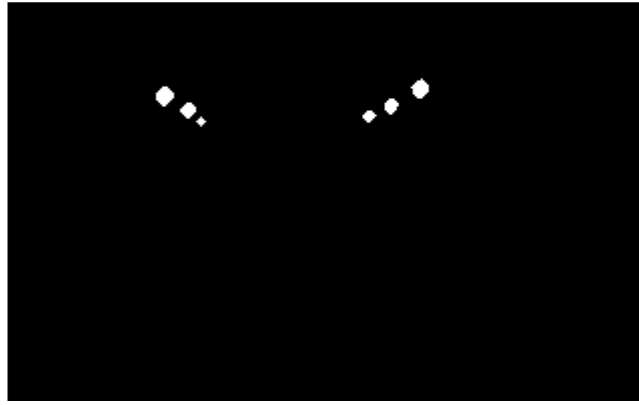


그림 6 Morphology

마) Labeling

- (1) 미세한 잡음들을 제거한 뒤 일정 크기 이상의 표식자를 Labeling 한다.
- (2) Labeling은 영상의 pixel값들의 윤곽선을 검출하여 각각 범위를 Labeling한다.
Labeling을 하면 각 Label의 중심좌표를 구할 수 있다.

3) LED 표식자 추적 기법

- 가) 영상처리를 통하여 검출한 LED 표식자를 추적하는 방법은 30frame 주기로 LED 표식자를 재 검출 하는 것이다.
- 나) 30frame 주기로 LED 표식자를 재 검출하면 1초마다 LED 표식자가 업데이트 된다.
- 다) 그리고 1초가 되기 전까지 LED 표식자가 이동하는 것을 검출해야 하기 때문에 LED 표식자를 설정할 때 margin을 두어 좀 더 큰 크기로 LED 표식자를 설정한다.

다. 연구수행결과 및 결과의 검증 방법 등

1) 주간 이동상황

가) 실험 환경

- (1) 가로등 한 개 송신 속도 : 250Hz
- (2) 사용 가로등 수 : 6개
- (3) 가로등 규격 및 배치는 V2V 및 V2I 환경 시나리오 별 검출, 추적 및 측위 기술 성능 검증에서 설정된 가로등 규격과 동일하다.
- (4) 수신 카메라 : PGR(Resolution & Frame rate : 320x200 at 250 FPS)
- (5) 그림 7은 실제 실험 환경 및 실험 과정을 보이고 있다.

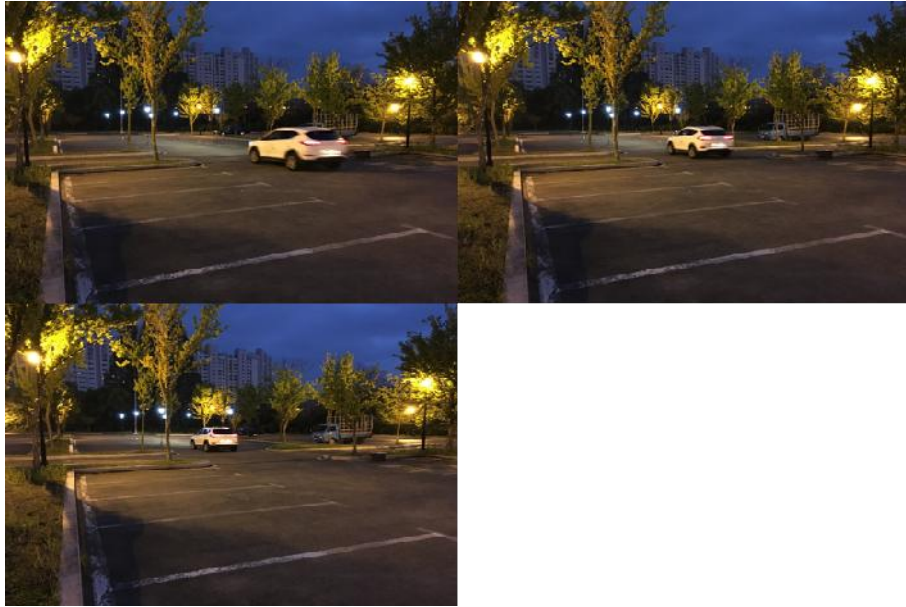


그림 7 실험 환경 및 진행 모습

나) 실험 과정 및 검증 방법

- (1) 가로등 6개를 규격에 맞추어 배치한다.
- (2) 스마트폰 App을 이용하여 각 가로등이 설정된 데이터를 전송하도록 한다.
- (3) 차량에 부착된 PGR 카메라 영상에 6개의 가로등이 충분히 나타나는 지점에서 출발한다.
- (4) 차량은 20km/h의 속도를 유지하며 전진한다.
- (5) PGR 카메라 영상에 2개 이하의 가로등이 나타나는 지점에서 정지한다.

다) 실험 결과

- (1) 그림 8은 PGR 카메라 영상에 6개 이상의 가로등이 나타나는 부분 500frame을 분석한 결과이다.
- (2) Image의 Threshold 값이 10일 때를 제외하고 모든 Threshold 값에서 6개의 가로등 데이터가 수신되었다. 그림 9는 모든 가로등의 수신된 횟수를 나타낸 것이며 Threshold 값이 20~50으로 설정하였을 때 높은 수신율을 가졌다.

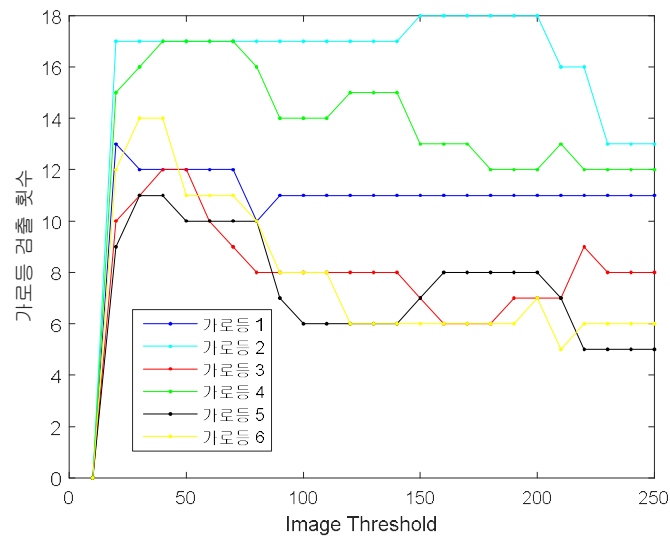


그림 8 가로등 별 데이터 수신 횟수

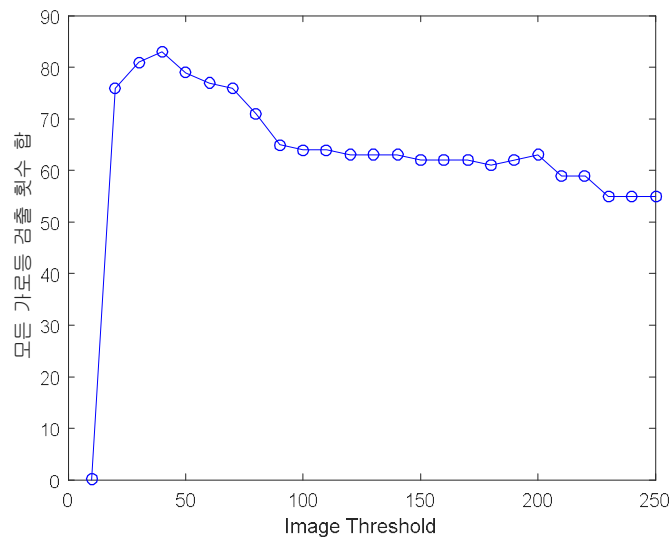


그림 9 모든 가로등 데이터 수신 횟수 합

2) 야간 이동상황

가) 실험 환경

(1) 주간 이동상황과 동일하다.

나) 실험 과정

(1) 주간 이동상황과 동일하다.

다) 실험 결과

- (1) 그림 10은 PGR 카메라 영상에 6개 이상의 가로등이 나타나는 부분 500frame을 분석한 결과이다.
- (2) 모든 Threshold 값에서 6개의 가로등 데이터가 수신되었다. 그림 11은 모든 가로등의 수신된 횟수를 나타낸 것이며 Threshold 값이 10~20으로 설정하였을 때 높은 수신율을 가졌다.

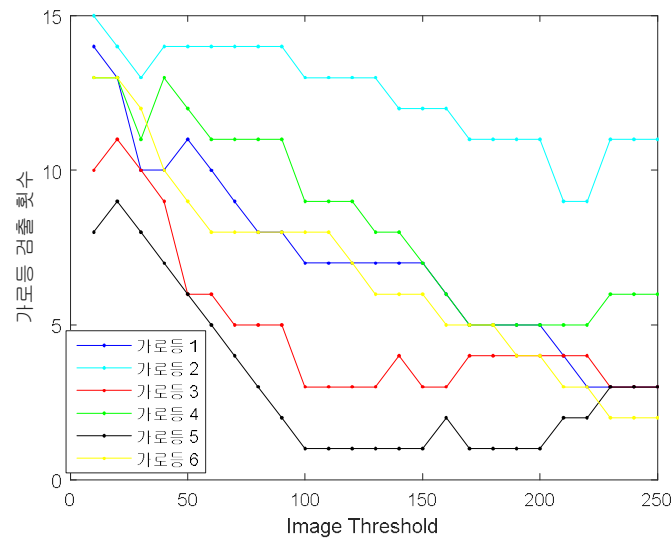


그림 10 가로등 별 데이터 수신 횟수

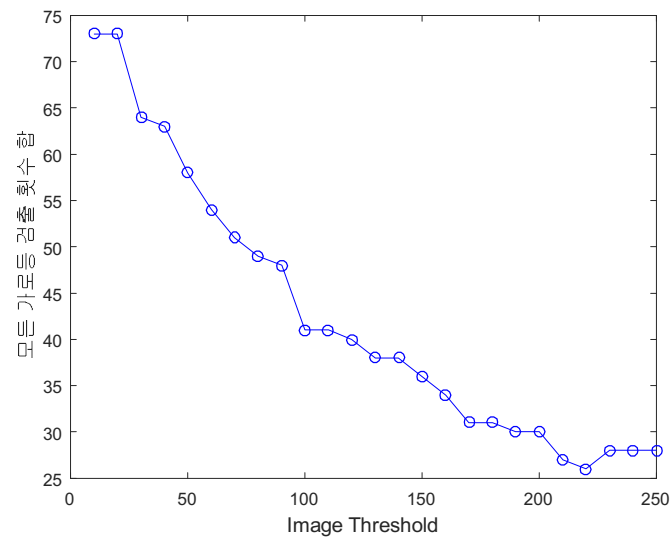


그림 11 모든 가로등 데이터 수신 횟수 합

3) 결론

- 가) 주간 및 야간에서 차량이 20km/h로 이동하는 상황에서 6개의 가로등을 검출하였으며, 또한 검출된 영역을 바탕으로 수신된 가로등 데이터가 검출됨을 확인하였다.
- 나) 실험에 사용된 가로등은 250Hz로 On-Off를 하며, 수신부의 PGR 카메라는 250fps의 성능을 가진다. 한 frame에 총 6개의 가로등이 검출되므로 본 실험에서 1.5kbps의 전송속도를 구현하였다.

※ 목표치 달성

질적 성과	계획	달성
LED 표식자 인식률 향상	90% 이상	100%
Data rate 향상	1 kbps 이상	1.5 kbps
공간 다중 동시 접속 가능 개수 향상	5개 이상	6개

※ 최종 목표치 달성

질적 성과	계획	달성
측위 추정 오차율 향상 (V2V)	1m 이내	0.1147m
측위 추정 오차율 향상 (V2I)	1m 이내	0.6518m
Data rate/VLC pixels 향상	15 bps 이상	30 bps
공간 다중 동시 접속 가능 개수 향상	5개 이상	6개
LED 표식자 인식률 향상	90% 이상	100%
Data rate 향상	1 kbps 이상	1.5 kbps
공간 다중 동시 접속 가능 개수 향상	5개 이상	6개

제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

가. 연구목표 달성도

세부 연구 목표 (연구계획서의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	내용
1차년도: 정지환경에서 V2V 및 V2I Vision 영상 기반의 가시광 측위 기술 연구	40	100	정지환경에 적합한 Vision 기반 영상 노이즈 및 클러터 제거 기술 활용
			정지환경에서 Vision 기반 LED 표식자 검출 기술 개발
			정지환경의 다양한 시나리오에서 V2V 및 V2I Vision 영상의 LED 표식자 기반 측위 기술 검증
2차년도: 이동환경에서 V2V 및 V2I Vision 영상 기반의 가시광 측위 기술 연구	40	100	이동환경에 적합한 Vision 기반 영상 노이즈 및 클러터 제거 기술 활용
			이동환경에서 Vision 기반 LED 표식자 검출 기술 개발
			이동환경의 다양한 시나리오에서 V2V 및 V2I Vision 영상의 LED 표식자 기반 측위 기술 검증
2차년도: V2V 및 V2I 환경 시나리오 별 검출, 추적 및 측위 기술 성능 검증	20	100	V2V 및 V2I 의 다양한 환경에서도 측위정보를 제공할 수 있는 시뮬레이터 개발
합계	100	100	

나. 성과목표 및 성과지표

성과지표	최대성과목표	최소성과목표	달성치
SCI(E)급 학술지 게재(2점)	3건	3건	5건
일반학술지게재(1점)			2건
특허출원(1점)	2건	2건	3건
특허등록(2점)			
디자인 등록(1점)			
소프트웨어(1점)	1건		1건
하드웨어(1점)			
기타(1점)			
소계(점수)	9점	8점	16점

다. 연구개발 성능 목표의 달성도

성능 목표	달 성 도 (%)	내 용
LED 표식자 인식률 > 90 %	100	LED 표식자를 검출할 때 인식률이 100 %에 근접하였음.
공간 다중 동시 접속 개수 > 5개	100	동시에 5개 이상의 광원에서 제공하는 데이터를 얻을 수 있었음.
Data rate > 1 kbps	100	총 1 kbps 이상의 데이터를 얻을 수 있었음.
Data rate/VLC pixels > 15 bps	100	VLC 광원 당 15 bps 이상의 데이터를 얻을 수 있었음.
측위 추정 오차 < 1 m	100	LED 광원을 이용한 위치 측정 시 1m 이내의 오차범위를 가짐.

2. 관련 분야 기여도

가. Vision 융합형 가시광 통신 기술

(1) 기존의 가시광 통신 기술에서 주로 사용된 Photo-diode 및 photo-transistor 와 같은 수광 소자(Photo-detector, 이하 PD)는 IM/DD (Intensity modulated direct detection) 방식으로 인해 PD가 수신 가능한 파장 범위 및 파장 별 감도에 따라 하나의 값 (Intensity)로 나타나게 됨.

(2) 이로 인해 기존의 PD를 이용한 기술은 두 개 이상의 광 신호가 존재한다면 구별할 수 없으며 타 광원 및 태양광과 같은 간섭 광원에 취약하다는 단점이 존재함.

(3) 본 연구과제에서 활용한 CCD (charge coupled device)와 CMOS (complementary metal oxide semiconductor) 같은 광학 카메라 센서는 좁은 FOV (Field of View) 및 다수의 PD array로 구성되어 있으므로, 서로 다른 위치의 광원의 신호를 공간적으로 분리하여 수신이 가능하므로 보다 정밀하고 지능화된 차량용 측위 기술을 구현할 수 있었음.

나. V2V 에서의 Vision 융합형 가시광 측위 기술

-
- (1) 현재 상용화되는 레이더 기반 거리 추정 기술은 높은 단가로 인해 Premium급의 차량에서만 사용되고 있어서 가격 경쟁력 등으로 인해 모든 차량에 거리 추정 기술을 접목시키기에 어려움.
 - (2) 또한, 기존의 PD를 이용한 가시광 통신 기술을 다수개의 LED 광원을 구별하지 못하여 원하는 대상에 대한 선별적 거리 추정 및 서비스 제공을 할 수 없음.
 - (3) Vision 융합형 가시광 측위 기술은 광학 카메라를 이용해 거리 추정 대상인 전방 차량을 검출하고 획득 영상의 후미등 위치와 후미등에서 송신하는 정보를 이용해 정밀한 거리 추정값을 얻어낼 수 있었음.

다. V2I 에서의 Vision 융합형 가시광 측위 기술

- (1) 기존 GPS기반 위치 추정 기술은 10 m 내외의 높은 측위오차, 신호음영지역 등으로 인해 다양한 도로 환경에의 적용이 어려움.
- (2) 최근 도로의 가로등과 같은 Infra조명이 LED로 대체되고 있으며, 이 LED는 빛을 이용해 데이터 전송이 가능하다. 그리고 설치된 Infra조명은 절대 좌표를 가지고 있고 이 절대 좌표 정보를 LED를 통해 전송이 가능함.
- (3) Vision 융합형 가시광 측위 기술에서는 Infra조명의 절대 좌표를 이용함으로써 인해 방향 및 위치 추정의 오차가 줄어들게 되고, 터널과 같이 GPS를 이용하기 어려운 지역에서도 정밀한 위치 측정이 가능함.

라. 종합적인 기여도

- (1) 현재 차량 및 도로와 관련된 모든 조명 및 신호 체계는 민간 및 정부의 주도하에 LED Infra로 대체되고 있음. LED Infra를 이용하여 현재 연구되고 있는 가시광 기반 지능형 차량 Navigation 시스템의 여러 종류 중 특히 Image Sensor를 이용한 기술개발은 PD가 가지고 있는 한계점을 극복하고, GPS가 불가능한 터널 같은 지역에서 GPS를 대신할 수 있는 시스템으로서 그 활용도는 매우 높음.
 - (2) V2I 환경뿐만 아니라, V2V 환경에서도 차량용 LED 보급의 지속적 확대뿐만 아니라, 차량용 블랙박스의 보급으로 영상처리를 이용한 가시광 통신 또한 파급효과가 매우 크다고 할 수 있음.
 - (3) 가시광 기반 측위에 대한 연구결과는 Navigation을 위한 도로상에서의 측위뿐만 아니라 실내 환경에서의 적용 및 실용화도 가능하고 실내/외의 다양한 사용 환경에 맞는 사업화와 후속 연구 분야를 창출할 수 있는 기반을 제공.
 - (4) 광학 카메라를 이용해 실내의 다수개의 LED로부터 오는 Map 정보, Lamp ID, 인터넷, 가상 웹보드, 위치인식데이터를 전송받아 자율무인발렛파킹 등의 서비스를 제공하는데 기여할 수 있음.
-

제5장. 연구개발성과의 활용계획

1. 차량용 지능형 교통 시스템 (Intelligent Transport System;ITS) 기술

- 가. Vision 융합형 가시광 측위 기술의 연구결과는 차량용 지능형 교통 시스템에 바로 실용화가 가능하고 향후 다양한 후속 연구 분야를 창출할 수 있는 기반을 제공.
- 나. 교통 상황 및 사고/처리 안내 : 신호등 및 도로변 가로등을 기반으로 한 광학 카메라 통신 기술.
- 다. 대중교통 및 안전한 보행 안내 : 버스/택시 승차장의 LED 표시등을 이용한 광학 카메라 통신 응용 기술.
- 라. 차량 간 안전 운전 통신 : 차량의 전조등, 후미등, 외부 표시등 등을 이용한 광학 카메라 통신 응용 기술.
- 마. 교통 흐름 제어 : 차량용 광학 카메라를 기반으로 도로상의 교통 LED 인프라 및 차량용 LED를 활용하여 차량의 위치 및 속도 정보 제공을 통해 차량 흐름을 원활하게 할 수 있는 제어가 가능하도록 교통량 정보 제공.

2. 실내/외 Navigation 기술

- 가. Vision 융합형 가시광 측위 기술의 연구결과는 도로 상에서의 측위뿐만 아니라 실내 환경에서의 적용 및 실용화도 가능하고 실내/외의 다양한 사용 환경에 맞는 사업화와 후속 연구 분야를 창출할 수 있는 기반을 제공
- 나. 실내 GPS/LBS, 로봇 제어, 주차 안내, 가상 웹보드, 주문/예약 서비스
 - 광학 카메라를 이용해 실내의 다수개의 LED로부터 오는 Map 정보, Lamp ID, 인터넷, 가상 웹보드, 위치인식데이터를 전송받아 서비스를 제공(매장 앞 또는 진열대 조명을 통한 신상품 소개, 할인 쿠폰, 이벤트 안내 등 정보 제공)
- 다. High-Security Visible LAN
 - 광학 카메라를 이용해 LED의 한정된 조명 영역 내에서만 LAN 서비스 제공
- 라. 실외 위치 정보 서비스
 - 광학 카메라를 이용해 실외 LED의 한정된 조명 영역 내에서 현재 위치 및 주변 위치에 관련된 다양한 정보 서비스 제공 (영화 상영 시간 조회, 주변 맛집, 명소 등 다양한 정보 제공)

제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

1. 지능형 교통 시스템(ITS)

- 가. Safety benefits of forward collision warning, brake assist, and autonomous braking systems in rear-end collisions[10]
 - (1) 이 논문은 전방 차량 추돌 경고 및 brake control system을 연구하고 실험하였다.
 - (2) 다음과 같이 세 가지 Precollision System(PCS) 알고리즘의 가능성을 실험 하였다.
 - (가) 전방 충돌 경고
 - (나) 전방 충돌 경고 및 Precrash Brake 보조
 - (다) 전방 충돌 결과 및 Precrash Brake 보조, 자동 Brake

- (3) 1396개의 충돌 샘플을 사용하여 시뮬레이션 하였고, 시뮬레이션 결과 충돌의 심각도는 14%~34% 감소하였으며, 드라이버의 치명적인 부상을 29%~50% 감소하였다.

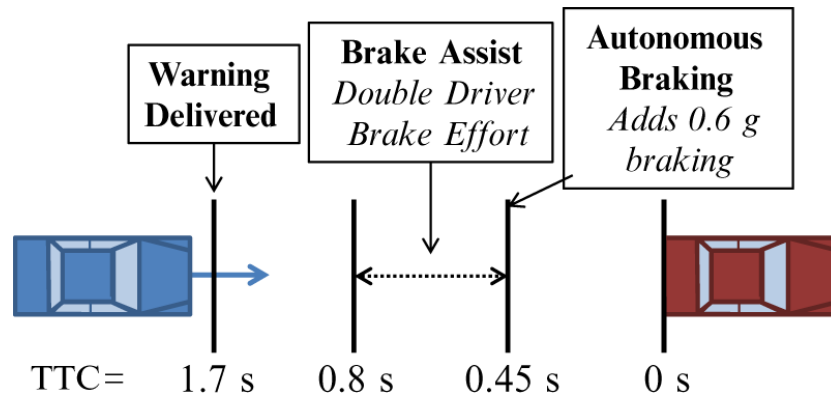


그림 1 Activation timing of PCS components leading to a crash.

나. Vision-based robust road lane detection in urban environments[11]

- (1) 이 논문은 도로 차선 검출 시스템을 연구하고 실험하였다.
- (2) 도로 차선 검출은 자율 주행 및 운전자 보조 시스템에서 중요한 역할을 한다.
- (3) 하지만 vision 기반의 도로 차선 검출은 시각적인 풍경의 복잡성으로 인해 어려운 작업이다.
- (4) 이 논문에서는 도시와 농촌의 다양한 시나리오에 적용하고 실시간 계산이 가능한 차선 검출 시스템을 제시한다.
- (5) 차선 검출은 Random Sample Consensus(RANSAC)를 사용하여 도로 형상을 추정하여 예측한다.
- (6) 색상 기반의 histogram correlation-based로 분할 성능의 증가를 보여준다.

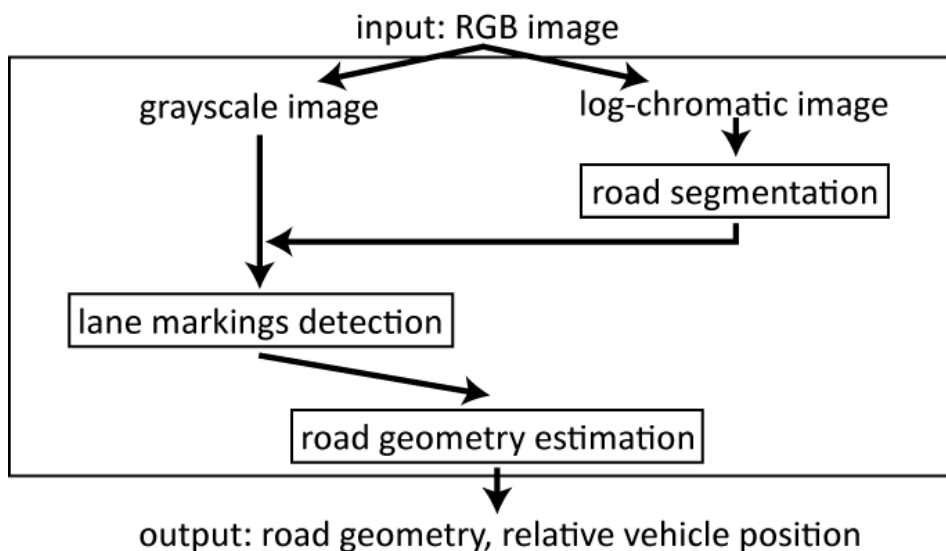


그림 2 Process flow of the model.

2. 위치 측위

가. Self-localization of a Heterogeneous Multi-Robot Team in Constrained 3D

- (1) 바닥에 존재하는 3개의 로봇의 위치를 이용하여 천장에 존재하는 하나의 로봇의 위치 추정을 제시하였다.
 - (가) 바닥에 존재하는 3개의 로봇들의 상대적 거리 추정한다.
 - (나) 천장에 위치한 로봇의 camera image sensor에 나타나는 바닥의 로봇들의 위치를 추정한다.
 - (다) 그림 x의 P_1, P_2, P_3 은 바닥에 위치한 로봇의 좌표를 나타내고 0는 천장에 위치한 로봇의 위치를 나타낸다.
 - (라) 빛의 직진 성질을 이용하여 수식 1의 3가지 방정식을 얻을 수 있다.
 - (마) 수식 1의 $a=P_2-P_3, b=P_1-P_3, c=P_2-P_1$ 을 의미하며, α 는 s_2 와 s_3 의 사이 각도, β 는 s_1 와 s_3 의 사이 각도, γ 는 s_2 와 s_1 의 사이 각도를 의미한다.
 - (바) 수식 1의 미지수는 s_1, s_2, s_3 이다. s_1, s_2, s_3 의 값을 얻은 후 P_1, P_2, P_3 의 좌표를 이용하여 천장에 위치한 카메라의 좌표를 얻을 수 있다.

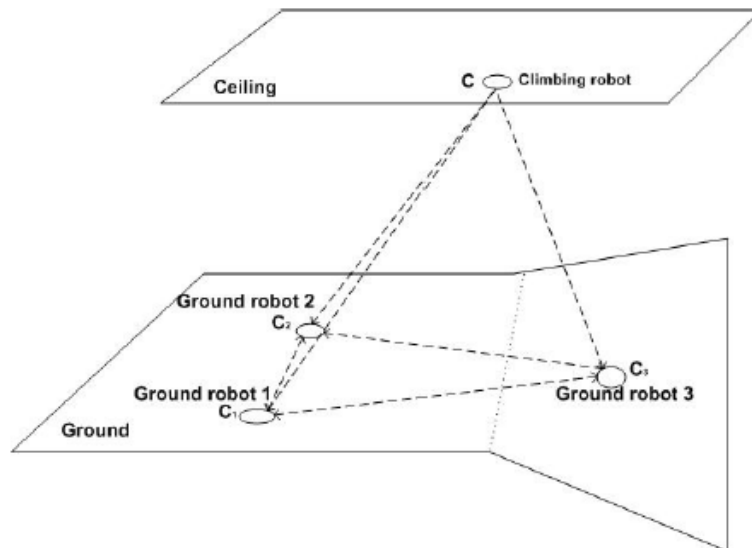


그림 3 로봇 배치도

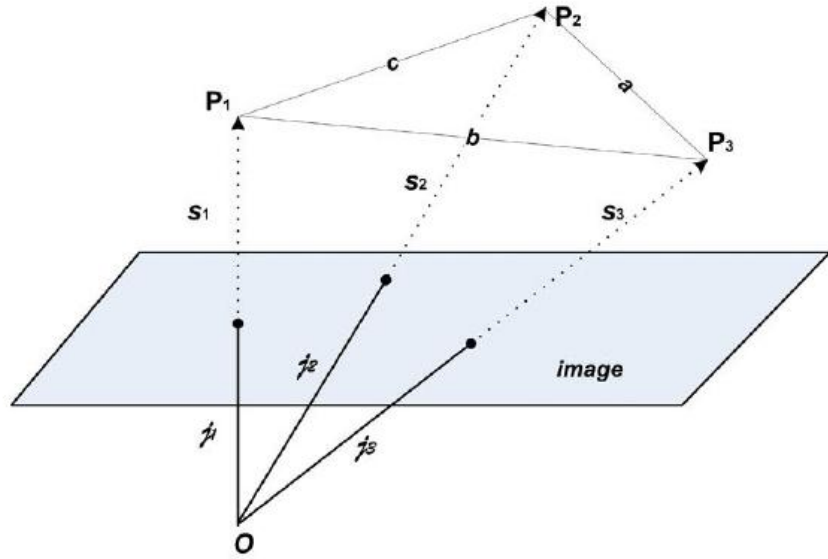


그림 4 빛의 직진 성질을 기반의 Image sensor와 실제 좌표 관계

$$\begin{aligned} s_2^2 + s_3^2 - 2s_2s_3\cos\alpha &= a^2 \\ s_1^2 + s_3^2 - 2s_1s_3\cos\beta &= b^2 \\ s_1^2 + s_2^2 - 2s_1s_2\cos\gamma &= c^2 \end{aligned} \quad (1)$$

3. 표식자 추적

가. A New Automotive VLC System Using Optical Communication Image Sensor[3]

(1) optical camera communication (OCC) 시스템을 응용한 V2X 통신 시스템

- (가) 초고속 카메라를 사용하여 일반카메라가 가지는 단점인 데이터 전송 속도의 제한점을 보완하였다.
- (나) 송신 광원을 잡음광원과 구별하기 위하여 자체적인 image sensor를 사용하였다.
- (다) 사용한 image sensor를 optical communication image (OCI)로 명하였다.
- (라) OCI는 그림 X의 IPx와 CPx를 교대로 배치하여 IPx에서는 image pixel의 좌표 정보를 얻고 CPx에서 빛의 강도 정보를 얻도록 하였다.
- (마) optical-OFDM 시스템을 적용하여 V2X 통신을 위한 IEEE 802.11p에서 최대 데이터 속도로 표준화 된 54 Mbit/s의 전송 성능에 도달하였다.

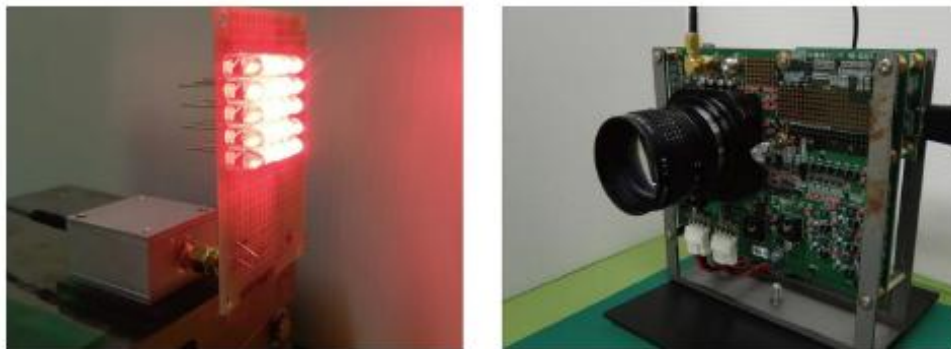


그림 5 실험환경(LED transmitter, OCI-based camera receiver)

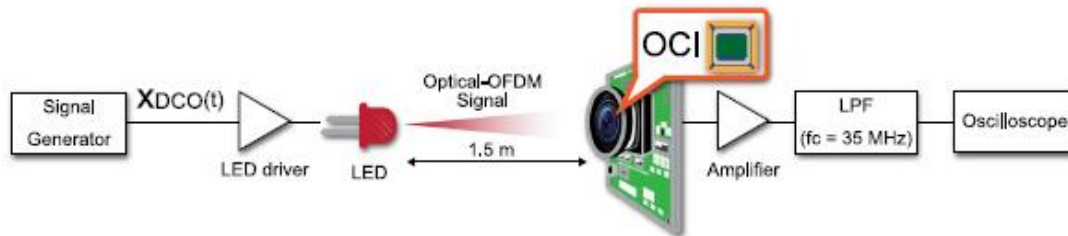


그림 6 Optical-OFDM 실험 과정

4. 시뮬레이터

가. Implementation of mobile platform using Qt and OpenCV for image processing applications[12]

- (1) 이 논문은 Visual 컴퓨터 비전 오픈 소스인 OpenCV의 향상된 영상처리를 위한 Visual C++ Integrated Development(IDE)와 Qt를 사용하여 Graphical User Interface(GUI)를 설계하였다.
- (2) 뿐만 아니라 영상처리 기법 중 하나인 Gaussian Filter, RGB to Grey scale adaptation, Region of Interest(ROI), Histogram equalization, Detect Border를 시뮬레이터에 적용하여 구현하였다.
- (3) 구현한 GUI를 스마트폰에 설치하여 이미지 정보의 손실 없이 출력하였으며 메모리 대기시간, 동기화 및 데이터 관리 오버 헤드에 중요한 영향을 주었다.

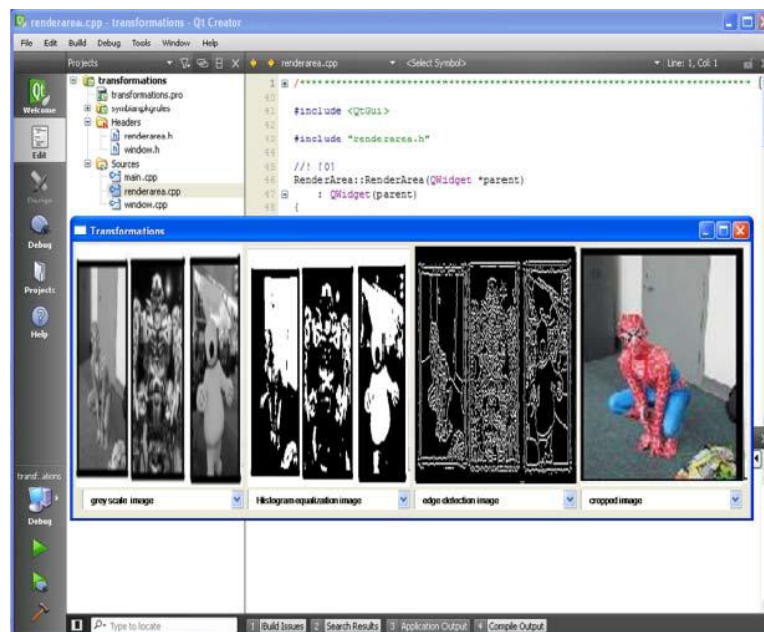


그림 7 Qt Creator Implementation using Qt SDK by Nokia v210.05

제7장. 연구개발성과의 보안등급

본 연구과제의 보안등급은 일반임.

제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호

제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

본 과제는 LED 가시광 통신 관련 요소기술 및 시나리오를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 분석하므로 위험도는 다소 낮으나 컴퓨터 등의 장비를 사용할 때 지켜야 할 기본적인 안전수칙에 대해 지킴으로써 유의할 것임.

제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
1	논문	Display Field Communication: Fundamental Design and Performance Analysis	경일대 학교	주저자	JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY	2.784	2015.11.12	단독사사	SCI
2	논문	Precoding-Based Interference Mitigation for MR-OFDM in Smart Utility Networks	경일대 학교	주저자	IEEE Transactions on Vehicular Technology	1.98	2016.1.31	중복사사	SCI
3	논문	Bandwidth-Efficient Precoding Scheme with Flicker Mitigation for OFDM-Based Visible Light Communications	경일대 학교	주저자	ETRI Journal	0.77	2015.8.31	중복사사	SCI
4	논문	Time-interpolated channel estimation for increasing channel capacity of superimposed training-based precoding schemes	경일대 학교	주저자	IET Communications	0.74	2015.7.5	중복사사	SCI
5	논문	Near-Optimal Low-Complexity Antenna Selection Scheme for Energy-Efficient Correlated distributed MIMO Systems	영남대 학교	교신저자	AEU-International Journal of Electronics and Communications	0.6	2015.4.15	중복사사	SCIE

제11장. 기타 사항

제12장. 참고 문헌

-
- [1] 한국지능형교통체계협회, <http://www.itskorea.kr/index.jsp>
 - [2] 전 세계 LED시장 2010년 110억 달러로 성장 전망,
http://www.globalwindow.org/gw/overmarket/GWOMAL020M.html?BBS_ID=10&MENU_CD=M10103&UPPER_MENU_CD=M10102&MENU_STEP=3&ARTICLE_ID=2041363&ARTICLE_SE=20302
 - [3] 日, 신기술 가시광통신시스템 시장 소개,
http://www.globalwindow.org/gw/overmarket/GWOMAL020M.html?BBS_ID=10&MENU_CD=M10103&UPPER_MENU_CD=M10102&MENU_STEP=3&ARTICLE_ID=2046208&ARTICLE_SE=20302
 - [4] Goto, Yuki, et al. "A New Automotive VLC System Using Optical Communication Image Sensor." *IEEE Photonics Journal* 8.3 (2016): 1-17.
 - [5] PGR 카메라, <https://www.ptgrey.com/flea3-20-mp-color-usb3-vision-e2v-ev76c5706f-3>
 - [6] G2 카메라, <http://www.devicespecifications.com/en/model/21dc28a2>
 - [7] Feng, Yi, Zhigang Zhu, and Jizhong Xiao. "Self-localization of a heterogeneous multi-robot team in constrained 3D space." 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. IEEE, 2007.
 - [8] Matlab 함수(vpasolve), <http://kr.mathworks.com/help/symbolic/vpasolve.html>
 - [9] OpenCV Open code (Creating Bounding boxes and circles for contours),
http://docs.opencv.org/2.4/doc/tutorials/imgproc/shapedescriptors/bounding_rects_circles/bounding_rects_circles.html#bounding-rects-circles
 - [10] Kusano, Kristofer D., and Hampton C. Gabler. "Safety benefits of forward collision warning, brake assist, and autonomous braking systems in rear-end collisions." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 13.4 (2012): 1546-1555.
 - [11] Beyeler, Michael, Florian Mirus, and Alexander Verl. "Vision-based robust road lane detection in urban environments." 2014 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2014.
 - [12] Deepthi, R. S., and S. Sankaraiah. "Implementation of mobile platform using Qt and OpenCV for image processing applications." *Open Systems (ICOS)*, 2011 IEEE Conference on. IEEE, 2011.
-

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

작성 요령(제출 시 삭제할 것)

1. 본문 작성

- 가. 본문의 순서는 1, 가, (1), (가), ①, ㉠ 등으로 하고, 장은 17포인트 고딕 계열, 절은 15포인트 명조 계열, 본문은 11포인트 명조 계열로 합니다. 다만, 본문의 내용 중 중요 부문은 고딕 계열을 사용할 수 있습니다.
- 나. 장은 원칙적으로 페이지를 바꾸어 시작합니다.
- 다. 본문은 11포인트 가로로 작성합니다.
- 라. 쪽 번호는 하단 중앙에 표기하되, 11포인트로 합니다.
- 마. 각주는 해당 쪽 하단에 8포인트로 표기하며, 본문과 구분합니다.
- 바. 쪽수는 편집 순서 2의 제출문부터 시작합니다. 이 경우 삽입물이 있을 때에는 그 삽입물의 크기에 관계없이 1면을 한 쪽으로 하여 일련번호를 붙입니다.
- 사. 한글·한문·영문을 혼용합니다.
- 아. 뒷면지에 주의문을 넣습니다.
- 자. 참고 문헌(reference) 인용의 경우 본문 중에 사용처를 반드시 표시하여야 합니다.

2. 연구개발과제의 개요는 연구개발의 목적, 필요성 및 범위 등을 기술하며, 선정 당시 「연구개발계획서」와 전년도 제출하였던 「연차실적·계획서」또는 「단계 실적·계획서」의 내용과 동일하게 작성합니다.

3. 국내외 기술 개발 현황은 최종보고서 작성 시점까지의 국내외 관련 분야에 대한 기술 개발 현황과 연구 결과가 국내외 기술 개발 현황에서 차지하는 위치 등을 기술합니다.

4. 연구 수행 내용 및 성과

- 가. 이론적, 실험적 접근 방법, 연구 내용, 연구 결과를 기술합니다.
- 나. 등록·기탁 대상 연구개발성과에 대해 자세한 내용과 등록·기탁 번호를 기술합니다.
- 다. 연구개발성과는 기술적 성과(기술 수준 및 기술 개발 성과, 연구 실적물 등)와 경제적 성과[개발 기술, 제품 개발을 통한 생산성 향상, 시장점유율(%), 매출액 증대, 고용 창출, 관련 산업 기여도 등]를 간략히 기술합니다.
- 라. 총괄과제가 있는 경우 세부과제별 결과를 종합 분석하고 고찰한 결론을 기술합니다.

5. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

- 가. 연도별 연구목표 및 평가 착안점에 입각한 연구개발 목표의 달성도 및 관련 분야의 기술 발전에의 기여도 등을 기술합니다.
- 나. 기여도 작성은 관련 분야에 대한 기술 개발 현황과 비교하여 달성된 연구목표가 국내외 기술 개발 현황에서 차지하는 위치, 우월성, 기여한 점 등을 구체적인 근거를 제시하여 기술합니다.

6. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황은 해당과제 연구개발 시작부터 최종 연구 종료 시점까지 현금으로 구입한 1개(건)당 3천만원(부가세 포함) 이상의 연구시설·장비 및 3천만원 미만이라도 공동 활용이 가능한 연구시설·장비로 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 시설·장비를 기재합니다.

7. 연구개발과제의 대표적 연구 실적은 총 연구기간 중 발표(게재 확정 포함)된 대표적 연구실적(논문, 특허 등)을 5건 이내로 기재합니다.

210mm×297mm[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]