

LiDAR 기반 차량-인프라 연계 상황인지를 통한 사고다발지역에서의 차량 종방향 능동제어 시스템 연구

Research of Vehicles Longitudinal Adaptive Control using V2I Situated Cognition based on LiDAR for Accident Prone Areas

김 재 환, 이 제 옥, 윤 복 중, 박 재 웅, 김 정 하*
(Jae-Hwan Kim¹, Je-Wook Lee¹, Bok-Joong Yoon¹, Jae-Ung Park¹, and Jung-Ha Kim¹)
¹Kookmin University

Abstract: This is a research of an adaptive longitudinal control system for situated cognition in wide range, traffic accidents reduction and safety driving environment by integrated system which graft a road infrastructure's information based on IT onto the intelligent vehicle combined automobile and IT technology. The road infrastructure installed by laser scanner in intersection, speed limited area and sharp curve area where is many risk of traffic accident. The road infra conducts objects recognition, segmentation, and tracking for determining dangerous situation and communicates real-time information by Ethernet with vehicle. Also, the data which transmitted from infrastructure supports safety driving by integrated with laser scanner's data on vehicle bumper.

Keywords: Infra (Infrastructure), V2I (Vehicle to Infrastructure), Cooperative, ITS, UGV, LiDAR (Light Detection And Ranging), accident prone area

I. 서론

무인자율주행차량은 운전자 없이도 원하는 목적지까지 최적의 경로를 생성하고 주변환경을 인지하여 장애물을 회피하거나 교통신호를 준수하며 안전하게 이동할 수 있는 첨단 기술이 융합된 차량을 의미한다. 무인차량은 크게 현재 위치와 주행해야 할 경유점을 바탕으로 경로를 추종하는 항법시스템과 주행 중 주변 환경과 차선, 교통신호 등을 인지할 수 있는 환경인식시스템, 모든 정보를 취합하여 최적의 명령을 전달하는 통합시스템, 명령에 따라 차량의 움직임을 최적화시키는 차량시스템으로 구성된다. 최근에는 단순히 하나의 무인차량이 이동할 수 있는 시스템에서 한 단계 더 나아가 여러 대의 무인차량이 유기적으로 정보를 공유하며 협력 주행하는 시스템이 연구되고 있다. 또 최근 'u-City'라는 첨단 정보통신 인프라와 유비쿼터스 정보서비스를 이용하여 도시 생활의 편의를 증대하고, 체계적인 도시관리와 안전, 복지, 신 사업을 창출하는 새로운 도시의 개념이 대두되면서 사고 다발지역 내 교통안전의 요구가 더욱 증대되었다. 이에 따른 교통안전문제 해결을 위한 u-City 제안서비스에는 차량이용 증가로 인한 혼잡과 혼란, 이동속도 저하, 시간비용의 손실, 환경오염, 사고발생 위험 증가에 따른 교통정보제공, 교통 안전/제어, 전자결제 서비스 등이 있다[7]. 이와 함께 2011년 12월 말 국내 자동차등록대수가 1843만여대(국토해양부, 국토해

양누리, <http://stat.mltm.go.kr>)로 교통량이 증가함에 따라 교통 사고의 위험 또한 증가하고 있다. 통계에 따르면 교통사고가 빈번하게 발생하는 장소로는 교차로, 속도제한구역(스쿨존, 실버존), 급커브구간 등이 있고, 특히 차량의 소통이 많은 교차로 내 8방향 신호구간에서는 차량의 이동밀도와 속도에 따른 유기적인 신호변경이나 신호위반이나 과속차량을 검출하여 사고발생을 미연에 방지하는 등의 노력이 요구된다. 또한 속도제한구역에서는 교통약자에 대한 배려가 필요하고 노약자나 어린이들의 안전을 비롯해 운전자의 사고방지를 위한 방안이 요구된다. 급커브 구간에서는 시야확보가 좋지 못하므로 주행환경에 대한 인지거리가 짧아지고 돌발상황에 대한 대처가 어렵게 된다. 이와 같은 문제의 발생에 따라 2000년대 초에는 교차로 내에 사고 발생 시점을 음향과 영상을 통해 검지하고 이를 유선망을 통해 교통센터와 smart media card에 전송하게 하는 연구가 이루어졌다[1,2]. 또한 사고 조사에 투입되는 막대한 인력이나 과중한 업무를 경감하기 위해 교차로 내 실시간 교통사고 자동검지 알고리즘이 연구되기도 했다[5]. 당시의 상황 기록과 현재의 사고 파악은 교차로 등의 혼잡한 구간에 대해 인프라를 설치하여 정보를 제공하는 부분에서는 유용하지만 사고가 발생한 후의 처리를 위한 시스템이라는 점에서 수동적이라 할 수 있겠다. 여기에 2000년대 후반부터 VDS (Video Detection System)을 이용하여 추종기법을 적용한 연구와 같이 교통량, 속도, 점유율 등을 계산하고, 이동하는 차량의 속도, 차량 간의 거리 등을 계산하여 사고위험을 사전에 감지할 수 있는 능동적인 시스템의 연구가 이루어지고 있다[4]. 또한 도로상에 주행하고 있는 차량은 형태, 크기, 종류, 색상이 다르기 때문에 기존의 영상을 통해 여러 개의 물체를 인지하고, 분류하여 추적하는 연구가 교차로 내 사고방지를 위한 시스템에 많은 부분 접목되고 있다[3]. 최근에는 영상센서에 비해 정확한 상대거리를

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수: 2012. 2. 26., 수정: 2012. 3. 20., 채택확정: 2012. 3. 27.
김재환, 이제옥, 윤복중, 박재웅: 국민대학교 자동차공학전문대학원
(johnkim@kookmin.ac.kr/aleebaba@naver.com/bokjoong_yoon@kookmin.ac.kr/parkju502@hanmail.net)

김정하: 국민대학교 자동차공학과(jhkim@kookmin.ac.kr)

※ 본 논문은 지식경제부 산업원천기술개발사업(과제번호10035354, 실의환경에 강인한 도로기반 저가형 자율주행기술개발)의 지원에 의해 수행되었음.

측정할 수 있는 LiDAR 센서와 RADAR 센서를 이용하여 교차로, 톨게이트, 교통혼잡지역 등에서 차량의 객체를 분리하고 추종하여 유동밀도, 속도, 트랙픽 모니터링, 다리나 터널 등의 통관검증 등에 적용하고 있다[8]. 이와 같이 도시의 혼잡화와 고안전 차량의 요구에 따라 최근에는 무인자율주행 차량을 비롯한 차량과 인프라 기술을 융합하고자 하는 연구들도 활발히 진행되고 있다[6]. 이러한 연구는 기존의 무인자율주행차량에 장착된 다수의 고가 센서들을 인프라로 구축하여 차량 개발 비용을 절감할 수 있으며, 차량으로부터 획득된 정보와 인프라에서 획득된 정보를 융합하여 보다 신뢰성 높은 상황인지 및 차량 제어가 가능할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 본문에서는 위와 같은 장점을 근거로 현실 적용 가능한 시스템 개발에 대하여 기술한다.

II. 연구 목적 및 시스템 구성

1. 연구 목적 및 제한 사항

본 연구는 사고 위험이 높은 구간에 대해서 차량과 인프라에서 실시간 환경 및 상황을 인지하여 다수의 차량들이 안전주행할 수 있도록 능동적인 제어를 해 주는 V2I 기반 안전주행 통합제어 시스템 구축에 그 목적이 있다. 이를 위해 차량 및 인프라에 센서를 장착하고 실시간으로 환경을 인식하여 종합적인 상황인지를 수행하게 되며, 현재 상황에 적절한 차량 제어 명령 값을 생성하여 다수의 차량들이 해당 구간을 안전하게 통과할 수 있도록 제어한다.

따라서 본 논문에서는 이와 같은 V2I 기반 안전주행 통합제어 시스템을 최소한의 하드웨어와 소프트웨어로 실제 구축하고, 실험을 통한 현실 적용 가능성 평가를 연구 목표로 두었다. 이를 위해 다음과 같은 몇 가지의 제한 사항을 두었다.

대상 환경: 교통 신호등이 없으며, GPS (Global Positioning System)로부터 안정적인 정보 수신이 가능한 편도 2차선 이하의 도로로 구성된 스쿨존, 커브 및 신호등이 없는 교차로 구간으로 제한한다.

차량 센서: 주행 중 환경인식을 위한 LiDAR 센서와 차량의 위치를 인식할 수 있는 GPS 그리고 현재 속도를 검출할 수 있는 센서가 장착되어 있다.

인프라 센서: 대상 구간에 대한 환경인식을 위해 LiDAR 센서를 사용한다.

차량 기반 환경인식: 환경인식에 있어서 개별적인 알고리즘의 완성도는 전체 시스템을 운용할 수 있는 기본 알고리즘 구현 수준으로 제한한다. LiDAR 센서를 이용한 객체(object) 인식과 GPS를 이용한 차량의 위치인식으로 제한한다. 이때, 객체인식 대상은 차량과 사람으로 제한하며, 위치인식은 차량의 절대위치와 heading(heading) 정보를 포함하고 있다.

인프라 기반 환경인식: 환경인식에 있어서 개별적인 알고리즘의 완성도는 전체 시스템을 운용할 수 있는 기본 알고리즘 구현 수준으로 제한한다. 기본적으로 전자지도(digital map)를 가지고 있으며, LiDAR 센서를 이용한 객체 인식과 전자 지도를 이용한 객체의 위치인식으로 제한한다. 이때, 객체인식 대상은 차량과 사람으로 제한하며, 위치인식은 객체의 절대위치와 heading 정보를 포함하고 있다.

차량-인프라 간의 통신: 실제 적용에 있어서는 이미 국가적으로 구축된 통신 네트워크를 사용하는 것이 바람직하며,

본 연구에서는 연구를 위해 이더넷(Ethernet) 기반의 인프라-다수 차량간 네트워크를 구축한다. 인프라에서 차량으로 보내는 주 데이터는 구간 안전 속도와 그 이유에 해당하는 인덱스이며, 차량에서 인프라로 보내는 주 데이터는 검출된 객체들의 종류와 절대위치 및 heading 정보로 제한한다.

인프라 기반 상황인지: 인프라 기반 환경인식을 통해 획득된 정보와 차량 기반 환경인식을 통해 획득된 정보를 융합하여 상황을 인지하며, 각각의 차량들에게 독립적인 상황인지 결과 값을 전송하게 된다. 이때, 상황인지 결과 값은 각 차량들의 해당 구간에 대한 안전 속도와 그 이유에 대한 정보로 제한한다.

차량 기반 상황인지 및 능동제어: 차량 기반 환경인식을 통해 획득된 정보와 인프라 기반 상황인식을 통해 전송 받은 구간 안전 속도 및 그 이유에 대한 정보를 융합하여 상황을 인지하게 된다. 그리고 현실 가능성을 고려하여 차량의 능동제어는 종방향 제어 즉, 차량의 가감속만을 제어하며 횡방향 제어는 운전자가 제어하도록 제한한다. 따라서 상황인지 결과 값은 목표 속도만으로 제한한다.

2. 시스템 구성

그림 1은 V2I 기반 안전주행 통합제어 시스템에 대한 개념도로서, 크게 차량 시스템과 인프라 시스템 그리고 이 두 서브시스템을 연결해주는 통신 네트워크로 구성된다.

각 서브시스템은 컴포넌트로 구성되며, 실질적인 알고리즘들이 컴포넌트에 탑재되게 된다. 차량은 환경인식, 차량 제어 그리고 통합 및 통신 컴포넌트로 구성되며, 인프라는 환경인식과 통합 및 통신 컴포넌트로 구성된다. 또한 각 컴포

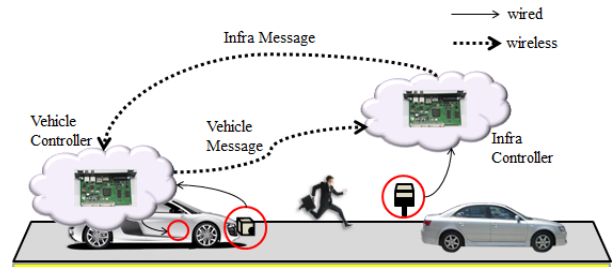


그림 1. V2I 기반 안전주행 통합제어 시스템 개념도.
Fig. 1. Concept of an integrated safety driving control system based on V2I.

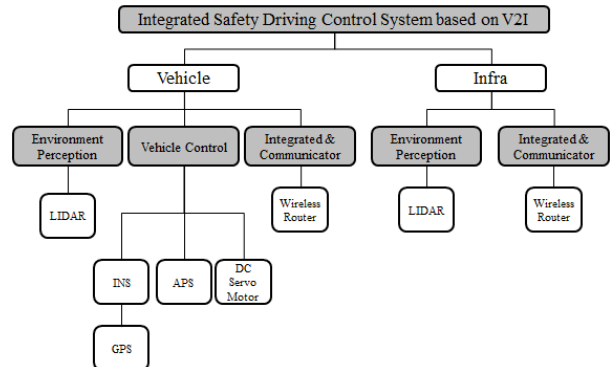


그림 2. V2I 기반 안전주행 통합제어 시스템 구성도.
Fig. 2. Block diagram of an integrated safety driving control system based on V2I.

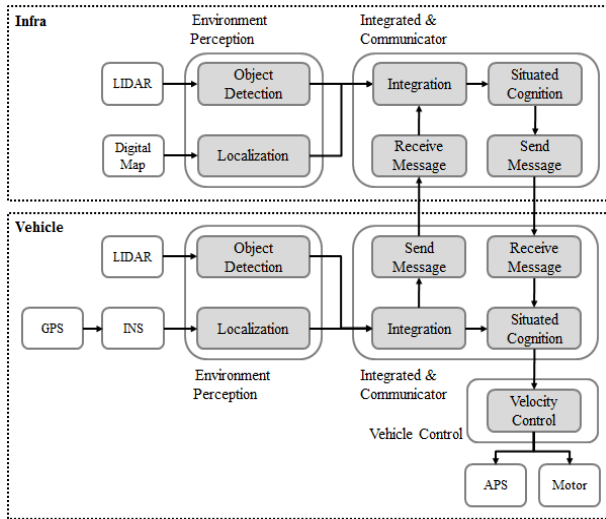


그림 3. V2I 기반 안전주행 통합제어 시스템 데이터 흐름도.
Fig. 3. Flowchart of the integrated safety driving control system data based on V2I.

넛트는 부여된 역할에 맞는 디바이스를 갖게 된다. 차량의 경우, 환경인식 컴포넌트는 LiDAR 센서와 INS (Inertial Navigation System)가 연결되며 INS에는 GPS가 연결된다. 그리고 차량 제어 컴포넌트에는 APS와 DC 서보 모터가 연결된다. 인프라의 경우, 환경인식 컴포넌트는 LiDAR 센서가 연결된다. 그리고 차량과 인프라에서 통합 및 통신 컴포넌트는 무선 공유기를 디바이스로 가지게 된다. 그림 2는 이러한 구조를 도식화한 것이다.

그림 3은 V2I 기반 안전주행 통합제어 시스템의 전체적인 데이터 흐름을 도식화한 것이다. 인프라는 차량 기반 환경인식 정보를 바탕으로 인프라 기반 환경인식 정보와 융합하여 해당 구간에 대한 상황인식을 하게 되며, 그 정보는 다시 차량으로 보내지게 된다. 차량은 인프라에서 받은 상황인식 정보를 바탕으로 최종적인 상황인식을 하게 되며, 그 결과를 이용하여 속도 제어 명령 값을 산출하여 차량을 제어하게 되는 순서로 이루어진다.

III. 인프라 및 차량 제어 하드웨어 설계

1. 인프라 설계

인프라 설계에 있어서 가장 중요한 부분은 인프라 센서가 관심 영역을 모두 탐색할 수 있어야 한다는 것이다. 이러한 조건을 만족하기 위해 그림 4와 같이 시스템을 구성하였다. 그 이유는 가장 넓은 범위를 탐색하기 위해서는 지면과 수평을 이룬 상태로 스캔하는 것이 바람직하며, 차량 범포 높이에서 차량 및 보행자 등을 가장 잘 검출할 수 있기 때문이다. 그리고 그 높이를 본 연구에서는 0.6m로 설정하였다.

위와 같은 인프라 구축 조건을 만족하기 위해서는 180° 이상의 범위를 최대한 먼 거리까지 스캔 할 수 있어야 한다. 이와 같은 이유로 본 연구에서는 SICK - LMS291_S05 모델의 LiDAR 센서를 사용하였다. LMS_S05의 제원은 아래와 같다.

그리고 LiDAR 센서를 인프라에 구축하기 위한 거치대는 높이 조절이 가능하며, LiDAR 센서의 스캔 각도를 조절할 수 있도록 그림 6과 같이 설계했다.

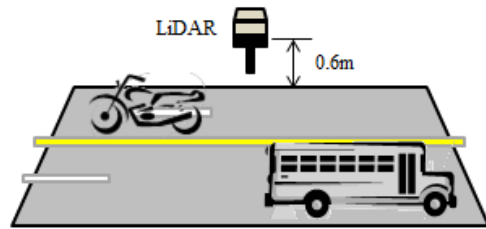


그림 4. 인프라 LiDAR 센서 장착 위치.
Fig. 4. Infra-LiDAR sensors installation position.



- Acquisition of Obstacle Position Data
- SICK LMS291S_05
- Maximum 80m Detection
- Angular Range: 100°/180°
- Angle Resolution: 0.25°/0.5°/1°
- Distance Resolution: 1cm
- Acquisition Time: 75Hz/37.5Hz/19Hz

그림 5. 인프라 LiDAR 센서 제원.
Fig. 5. Infra-LiDAR sensors specification.



그림 6. 인프라 LiDAR 센서 거치대 설계.
Fig. 6. Design of an Infra-LiDAR sensors cradle.

앞서 언급한 인프라 설계 기본 방침 및 선정된 LiDAR 센서를 기반으로 대상 환경인 스쿨존, 커브 및 교차로 구간에 대해서 그림 7과 같이 인프라를 설계했다. 각 대상에 대한 인프라 설계에 있어서 고려된 특이 사항은 다음과 같다.

우선 스쿨존은 대부분 큰 대로변 보다는 왕복 2차선 또는 4차선 도로변에 위치한 경우가 많다. 또한 도로와 인도와의 거리가 비교적 가까운 경우가 많아 위험 상황이 발생할 가능성이 높으며 특히, 어린 아이들이 주변 상황을 인식하지 못하고 도로에 들어오는 돌발 상황이 발생할 수 있다. 따라서 인도에서 도로를 향해 아이들이 진입하는 상황까지 인지할 수 있도록 최대한 인도와 가까운 위치에 LiDAR 센서를 장착하도록 설계했다.

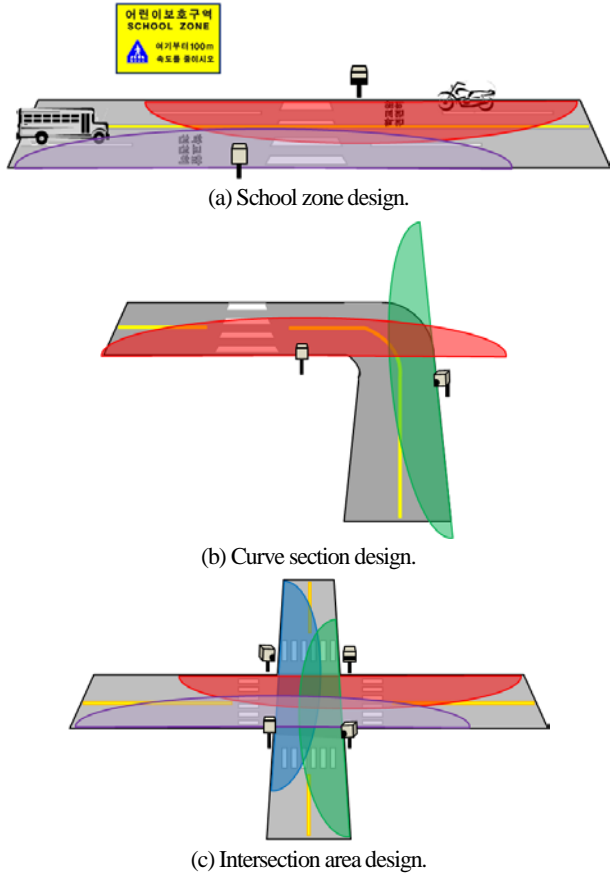


그림 7. 대상 환경에 대한 인프라 설계.
Fig. 7. Infrastructures design by target section type.

다음은 커브 구간으로, 반대 방향에서 진입하는 차량에 대한 시야 확보가 매우 좋지 못한 환경이라 할 수 있다. 따라서 최대한 커브 구간을 진입하기 전에 사각지역의 차량을 인식할 수 있는 위치에 LiDAR 센서가 위치하도록 설계했다.

마지막으로 교차로 구간은 교차로 중심을 기준으로 8방향의 차량이 교차하는 사각 존이 존재하게 되며 이 사각 존에서는 다른 방향에서 진입하는 차량과의 충돌 사고가 발생할 확률이 높다. 따라서 다른 방향에서 진입하는 차량에 대해서 우선적으로 검출할 수 있도록 교차로 중심을 기준으로 사각 존 각 모서리에 LiDAR 센서를 장착하도록 설계했다.

2. 차량 및 종방향 제어 하드웨어 설계

차량 기반 환경인식을 위해서 그림 8과 같이 차량 전방에 LiDAR 센서를 장착했으며, 차량 내부에 INS를 장착했다. GPS는 차량 루프 중간에 장착했다. LiDAR 센서는 인프라 센서로 사용된 LMS291S-05 모델을 동일하게 사용했다. LiDAR 센서는 과속방지턱에 대한 차량의 피치(pitch)와 커브에 대한 차량의 롤(roll) 변화에 따른 지면 검출을 최소화하면서 원거리의 사람과 차량을 검출할 수 있어야 한다. 따라서 실험을 통해 최적의 장착 위치를 선정하였으며, 그 위치는 차량 종류 및 현가장치에 따라 조금의 차이는 있지만 지면에서 약 0.5~0.7m 높이에서 지면과 수평 또는 1° 이하로 기울어진 상태로 장착했었을 때, 안정적인 검출이 가능했다. 그리고 GPS와 INS는 차량의 절대위치와 헤딩 및 속도를 얻기 위해서 장착하였다.



그림 8. LiDAR 센서 장착 모습.
Fig. 8. LiDAR sensors installation on test vehicle.



그림 9. 브레이크 페달 제어 구동부 설계.
Fig. 9. Actuator design for brake control.

본 연구에서 차량은 종방향 제어만을 하기 때문에, 차량의 가속과 브레이크 페달에 가감속 제어를 위한 하드웨어를 구성하였다. 우선 브레이크 페달은 사람이 직접 페달을 밟을 수 있으면서 동시에 구동기에 의한 제어도 가능해야 한다. 또한 구동기에 의한 제어에 있어서 차량의 제동능력기준 규정에서 벗어나지 않는 답력과 반응속도를 가져야 한다. 이러한 조건을 고려하여 DC 서보 모터를 사용하여 그림 9와 같이 설계, 장착했다.

가속 페달은 브레이크 페달처럼 별도의 구동기를 장착하지 않고도 제어가 가능하다. 최근 차량의 경우, 차량 ECU (Electronic Control Unit)가 가속 페달에 장착된 APS로부터 가속 페달이 밟힌 정도를 입력 받고 있다. 따라서 APS와 ECU 사이에 제어기를 추가해서 가속 페달 자체의 밟힌 위치와는 상관없이 가속 명령을 제어할 수 있도록 설계했다.

IV. 차량-인프라 통신 네트워크

1. 이더넷 기반 네트워크 설계

차량과 인프라 간의 무선 데이터 통신을 위해서 이더넷 기반의 통신 네트워크를 구성했다. 그림 10과 같이 하나의 인프라에 다수의 차량이 WWAN (Wireless Wide Area Network)으로 연결되며, 인프라 및 차량 시스템 내부에서는 LAN (Local Area Network)으로 연결되도록 설계했다.

이처럼 WAN과 LAN이 서로 연결되어 원활한 데이터 통신이 이루어지기 위해서는 각 서버 시스템의 IP (Internet Protocol) 주소를 관리할 수 있어야 한다. 이러한 역할을 WAN Manager와 LAN Manager가 하게 되며, 본 연구에서는 일반적인 상용 무선 공유기(router)를 이용하였다.

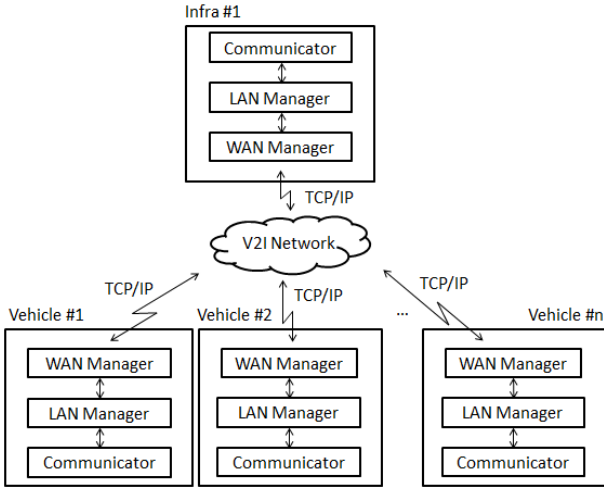


그림 10. 이더넷 기반의 V2I 네트워크 구성.

Fig. 10. V2I network organization based on Ethernet.

2. 차량 ID 관리

차량 및 인프라는 안정적인 통신을 위해서 고유의 IP 주소를 할당 받게 된다. 시스템 구현을 위해 인프라는 IP 주소를 192.168.1.200 ~ 192.168.1.255 범위로 할당했으며, 각 차량은 192.168.1.1 ~ 192.168.1.199 범위로 할당했다. 그리고 각 서버 시스템들은 고유의 SSID (Service Set Identifier)를 가지고 있으며, 각 차량들은 기본적으로 인프라에 해당하는 SSID도 가지고 있어야만 한다. 따라서 차량들은 무선 네트워크 상에 인프라에 해당하는 SSID가 검색되면 자동으로 연결할 수 있게 된다. 인프라의 SSID는 총 세가지로 대상 환경에 따라 다르게 설정했다. 스쿨존에 해당하는 SSID는 'Infra_S'이며, 커브 구간은 'Infra_C', 교차로 구간은 'Infra_I'로 설정했으며, 차량은 인프라의 SSID로 어느 종류의 인프라에 접속했는지를 알 수 있게 된다. 차량의 SSID는 다른 차량들과 구별될 수 있는 고유의 이름으로 설정하게 된다. 그리고 인프라에 차량 외의 다른 네트워크 장비들이 접속되지 않게 하기 위해서 네트워크 암호를 설정했으며, 각 차량들은 설정된 암호를 자동으로 기억되게 설정했다. 따라서 각 차량들은 무선 네트워크에 인프라의 SSID를 가지고 있는 네트워크가 탐색되면, 자동 접속을 시도하게 되며, 인프라는 연결을 시도하는 차량의 정보를 확인하고 차량 ID 관리 목록에 등록하게 된다.

그림 11은 192.168.1.200 IP 주소를 가지고 있는 스쿨존 인프라에서의 차량 ID 등록 과정을 도식화한 그림으로 192.168.1.1 IP 주소를 가지고 있는 NOVA 차량이 등록된 상

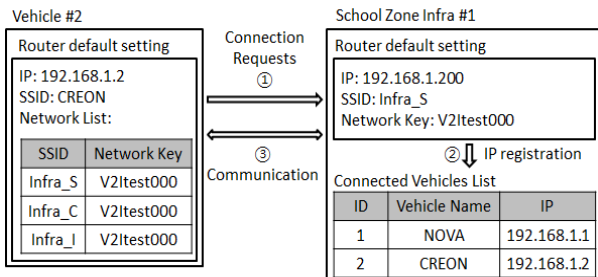


그림 11. ID 등록 과정.

Fig. 11. ID registration process.

태에서 192.168.1.2 IP 주소를 가진 CREON 차량이 등록되는 과정을 나타내고 있다. 이때, ID는 IP 정보가 등록된 순서대로 부여되게 되며, 만약 인프라 구간을 통과하여 차량과 접촉이 끊기게 되면 기존의 ID는 사라지게 된다. 그리고 새롭게 등록되는 차량이 있을 때, 제거된 ID는 다시 사용될 수 있다.

3. 통신 메시지 정의

본 연구에 사용된 통신 메시지는 아래 표와 같으며, Message Header, Command ID, Data Length, Data 순서로 총 4가

표 1. 메시지 구조.

Table 1. Message architecture.

Message structure

Field#	Description	Size	Type	Value
1	Message Header	2Byte	N/A	N/A
2	Command ID	2Byte	Infra Information	0xA001
			Infra Message	0xA002
			Vehicle Information	0xB001
			Vehicle Message	0xB002
3	Data Length(#)	4Byte	N/A	N/A
4	Data	(#)Byte	N/A	N/A

Command ID: Infra information

Field#	Description	Size	Unit	Type	Value
1	Infra Name	16Byte	N/A	N/A	N/A
2	Infra IP Address	16Byte	N/A	N/A	N/A
3	Infra Position TM_X	4Byte	cm	N/A	N/A
4	Infra Position TM_Y	4Byte	cm	N/A	N/A

Command ID: Infra message

Field#	Description	Size	Unit	Type	Value
1	Target Vehicle Name	16Byte	N/A	N/A	N/A
2	Target Vehicle IP Address	16Byte	N/A	N/A	N/A
3	Safety Velocity	2Byte	m/s	N/A	N/A
4	Cause	2Byte	N/A	Pedestrian	0x0001
				Heavy-Vehicle	0x0002
				Medium-Vehicle	0x0003
				Intersection	0x0004
				Unclassified	0x1111
5	Reserved	4Byte	N/A	N/A	N/A

Command ID: Vehicle information

Field#	Description	Size	Unit	Type	Value
1	Vehicle Name	16Byte	N/A	N/A	N/A
2	Vehicle IP Address	16Byte	N/A	N/A	N/A
3	Vehicle Position TM_X	4Byte	cm	N/A	N/A
4	Vehicle Position TM_Y	4Byte	cm	N/A	N/A
5	Vehicle Velocity_X	2Byte	m/s	N/A	N/A
6	Vehicle Velocity_Y	2Byte	m/s	N/A	N/A
7	Reserved	4Byte	N/A	N/A	N/A

Command ID: Vehicle message

Field#	Description	Size	Unit	Type	Value
1	Object Position TM_X	4Byte	cm	N/A	N/A
2	Object Position TM_Y	4Byte	cm	N/A	N/A
3	Object Classification	2Byte	N/A	Pedestrian	0x0001
				Heavy-Vehicle	0x0002
				Medium-Vehicle	0x0003
				Unclassified	0x1111
4	Object Velocity_X	2Byte	m/s	N/A	N/A
5	Object Velocity_Y	2Byte	m/s	N/A	N/A
6	Reserved	2Byte	N/A	N/A	N/A

지 필드로 구성했다. Message Header는 메시지의 시작을 알 수 있도록 하기 위함이며, Command ID는 메시지에 대한 명령의 종류를 알 수 있도록 하기 위한 필드이다. Data Length는 많은 데이터를 보내고 받을 수 있도록 4byte 크기로 설정했다. Data 필드에는 실질적인 환경인식 및 상황인지 정보를 실어 보내도록 구성했다.

표 1의 Message structure와 같이 Command ID를 통해서 Data 필드에 담긴 정보의 내용을 알 수 있게 된다. 보내는 순서는 인프라의 경우 'Infra information', 'Infra message'를 한 세트로 하며, 차량의 경우 'Vehicle information', 'Vehicle message'를 한 세트로 해서 일정 주기마다 전송하게 된다. 인프라는 독립적인 차량들에게 해당하는 메시지를 전송하게 되며, 'Vehicle message'는 위 표와 같은 구조로 된 배열로 검출된 객체 수만큼의 크기를 가진 메시지를 인프라로 전송하게 된다. 메시지에서 'Infra Position', 'Vehicle Position' 및 'Object Position'은 GPS로부터 획득된 절대 위치를 기반으로 2차원 평면 투영이 된 거리 좌표를 사용하게 된다. 여기에서는 TM (Traverse Mercator)변환을 이용한 투영법을 사용하여 cm의 분해능으로 절대 위치를 표현하였다. 그리고 'Vehicle Velocity'와 'Object Velocity' 또한 절대 좌표계를 기준으로 속도벡터의 X 및 Y축 성분으로 표현하였다. Infra message에서 'Safety Velocity'는 메시지를 받는 차량에 대한 구간 안전 속도이며, 'Cause'는 안전 속도에 대한 이유로 보행자, 차량, 교차로 및 분류 불가로 그 이유를 나타내도록 했다. Vehicle message에서 'Object Classification'은 검출된 객체에 대해서 보행자, 차량 및 분류 불가로 판단해 전송하도록 했다.

V. 인프라 기반 환경인식 및 상황인지

1. 인프라 기반 환경인식

인프라는 LiDAR 센서가 고정되어 있는 상태에서 환경인식을 하는 것이기 때문에, 기본적으로 도로 외의 환경은 제거할 수 있게 된다. 즉, 설정된 ROI (Region Of Interest)에서 해당 구간내의 고정 시설물은 미리 제거할 수 있으며, 그 외 검출되는 모든 데이터는 인식해야 하는 객체라 할 수 있다. 그림 12는 환경인식의 과정을 나타내고 있다.

Pre-processing에서는 전자지도를 이용해 설정된 ROI에서 고정 시설물을 제거하게 되며, 필터링을 통해 균일하지 못한 데이터들을 제거하게 된다. 그리고 특이점(singular points) 산출 알고리즘을 이용한 segmentation 과정을 통해 객체 단위로 LiDAR 데이터를 분리하게 된다. 마지막으로 객체 단위로 분리된 데이터는 차량과 사람 모델을 기반으로 어떤 종류의 객체인지 판단하는 classification 과정과 해당 객체의 이동성을 판단하기 위한 tracking 과정을 거치게 된다.

특이점 산출 알고리즘은 LiDAR 센서가 포인트 클라우드(point cloud) 형태로 데이터를 출력한다는 특징을 이용하여,

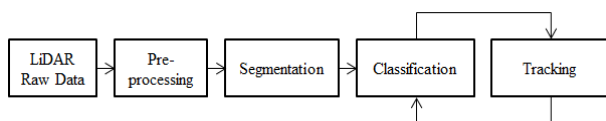


그림 12. 인프라 환경인식 과정.

Fig. 12. Infrastructure's environment recognition process.

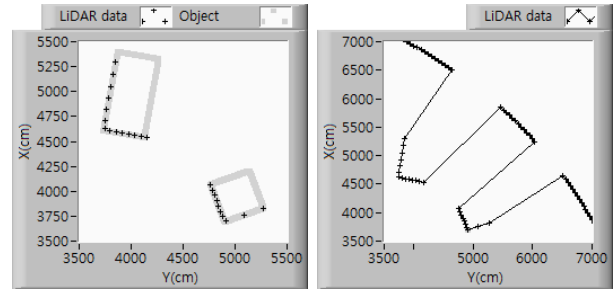


그림 13. 스캔된 객체들의 포인트 클라우드 데이터.

Fig. 13. Point cloud data of the scanned objects.

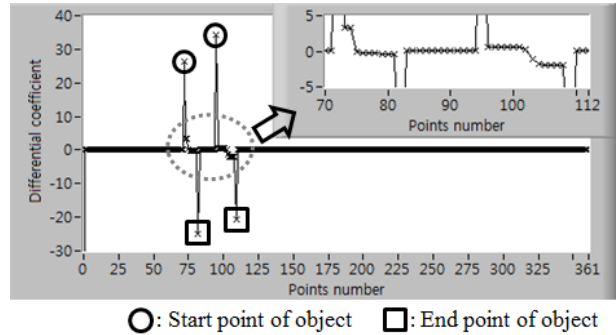


그림 14. 미분을 이용한 특이점 추출.

Fig. 14. Singular points extraction using a differential equation.

순차적으로 스캔된 거리 데이터를 미분하여 특이점을 산출하고, 미리 모델링된 거리에 따른 기준 값과 비교하여 경계 특이점을 추출하는 알고리즘이다. 그림 13(좌)는 두 개의 객체와 각 객체에 대한 포인트 클라우드 형태의 LiDAR 데이터 그래프이다. 사용된 LiDAR 센서는 반 시계방향으로 스캔을 하고, 검출이 안 된 포인트에 대해서 최대 검출 거리인 80m를 출력하게 된다. 따라서 각 포인트에서 다음 포인트로의 벡터를 연결하게 되면 그림 13(우)와 같은 모습이 되며, 각 객체의 경계 포인트에서 벡터의 기울기가 변화하는 것을 알 수 있다. 여기서 벡터의 기울기는 각 포인트에 대한 미분계수와 같기 때문에, 미분을 통해서 객체의 경계를 추출할 수 있게 된다. 그림 14는 그림 13에 대한 미분 그래프이며, 미분 그래프의 부호가 바뀌는 포인트가 특이점이 된다. 그리고 일정한 각도 및 거리 분해능을 가지고 방사형으로 스캔하는 LiDAR 센서 모델을 이용해 각 포인트들에 대한 기준 값과 비교하여 특이점들 중에서 경계를 나타내는 특이점들만 추출하게 된다. 이때, 미분 그래프에서 추출된 경계 특이점을 기준으로 기울기가 (+)에서 (-)로 바뀌는 경계 특이점이 객체의 시작 포인트이며, (-)에서 (+)로 바뀌는 경계 특이점이 객체의 끝 포인트가 된다.

Classification 과정은 앞서 segmentation 과정을 통해 분리된 객체를 기준으로 tracking 결과를 지속적으로 참조하면서 차량과 사람으로 분류하게 된다. 이때, 차량과 사람은 모두 단순한 직사각형 모델을 사용했으며, 직사각형의 크기를 이용해 객체를 판단하게 된다. 차량 모델은 SUV 이하의 중형차량과 버스 이상의 대형차량으로 분류했으며, 중형차량은 폭 2 m, 길이 5 m 직사각형 모델을 사용하고 대형차량은 폭 2.5 m, 길이 12 m 직사각형 모델을 사용했다. 사람은 1 m 정사각



그림 15. 인프라 환경인식 실험 환경 (위성 사진).
Fig. 15. Infrastructure's environment test site (a satellite picture).

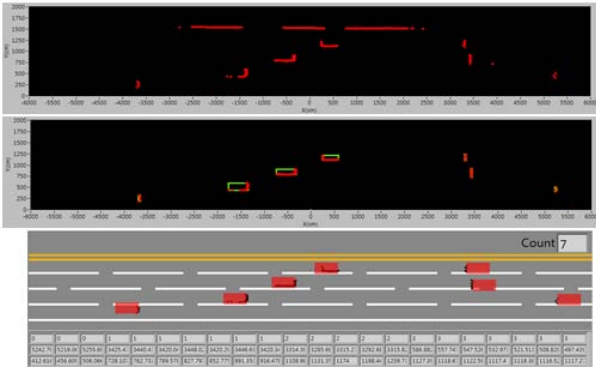


그림 16. 인프라 환경인식 결과.
Fig. 16. Infrastructure's environment recognition result.

형 모델을 사용했으며, 분리된 객체들은 사람, 중형차량, 대형차량 모델 순서로 매칭하여 객체를 분류하게 된다. 대형차량 모델에서도 매칭이 안 되는 데이터는 분류 불가로 판단하게 된다.

Tracking 과정은 classification 과정을 통해 차량 또는 사람으로 분류된 객체들만을 대상으로 이루어지며, 객체마다 ID를 지정하여 전자지도에 매핑(mapping)하게 된다. 그리고 일정한 주기로 전자지도에 매핑하여 동일 객체를 추출하게 된다. 차량의 경우 도로라는 환경 특성상 일정한 방향으로 이동할 확률이 높으며, 인프라는 이러한 흐름을 가중치로 환산하여 각 차량의 이동성을 추정해 ID를 유지하게 된다. 또한 매핑 주기를 이용하여 차량의 이동 속도 및 헤딩을 추정하게 된다.

인프라 환경인식 알고리즘 검증을 위해서 그림 15의 위성 사진과 같이 편도 4차선의 직선 도로에서 실험을 했다. ROI는 LiDAR 센서를 중심으로 좌, 우 60 m, 중앙 분리대가 있는 편도 4차선 모두를 포함하도록 설정했다.

그림 16은 인프라 환경인식의 결과로, 상단의 그림은 원시 데이터(raw data)며, 중간은 segmentation 과정이 수행된 결과이고, 하단은 classification 과정이 수행된 결과이다.

2. 인프라 기반 상황인지

인프라에서의 상황인지는 그림 17에서와 같이 인프라 기반 환경인식 결과와 차량기반 환경인식 결과들을 융합하여 각 차량마다의 구간 안전 속도를 산출하게 된다. 안전 속도 산출에 앞서서 차량으로부터 전송 받은 객체 정보와 인프라에서 획득된 객체 정보는 인프라 전자지도에 모두 매핑되고 융합되며, 모든 객체들은 ID를 부여 받게 된다. 그리고 이 전자지도를 기반으로 상황인지를 하게 된다. 상황인지를 통해 산출된 정보는 각 차량마다 그 정보가 다르기 때문에, 차량

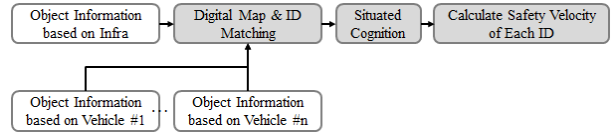


그림 17. 인프라 상황인지 과정.
Fig. 17. Infrastructure's situated cognition process.

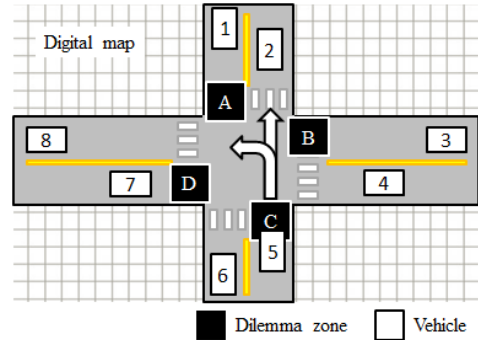


그림 18. 교차로 환경 시나리오.
Fig. 18. Intersections environment scenario.

으로부터 전송 받은 절대위치를 이용해 ID와 IP를 매칭하여 각 차량으로 전송하게 된다.

구간 안전 속도는 해당 구간의 구조적인 특성에 따라 기본적인 최고 속도가 정해지게 되며, 보행자 유무, 정차된 차량 유무, 구간 내 차량 수 등의 인자들을 이용해 기본 최고 속도에서 차감하여 최종적인 안전 속도 값을 산출하게 된다. 상황에 따른 차감 속도 값 역시 해당 구간의 구조적인 특성에 따라 차이가 있으나, 도로상에 보행자가 인식된 경우에는 무조건 최고 속도를 0 kph로 보내도록 했다. 또한, 교차로 구간에서는 사고 방지를 위한 안전 속도 산출뿐만 아니라, 교차로 진입 순서에 따른 각 차량의 주행 우선순위까지 고려한 안전 속도를 산출하게 된다. 그림 18은 교차로 주행 우선순위에 대한 시나리오 상황을 나타낸다.

신호등이 없는 교차로에서는 교차로에 먼저 진입하는 차량 순서대로 이동하는 것이 원칙이다. 따라서 교차로 상황인지에서도 진입하는 차량 중 딜레마-존(dilemma zone)에 가장 먼저 진입하는 차량이 주행 우선순위를 부여 받게 된다. 즉, 그림에서 '5'번 차량이 딜레마-존 'C'에 가장 먼저 진입했기 때문에 주행 우선순위를 가지게 되며, '1', '3', '7'번 차량은 감속 명령을 받게 되고, '5'번 차량이 교차로를 통과하기 전에 딜레마-존에 도착을 하게 되면 정지 명령을 받게 된다. '5'번 차량이 교차로를 통과하면, 다음 딜레마-존에 도착한 차량 순서대로 적절한 통과 속도를 부여 받게 된다. 그 외 교차로를 통과한 나머지 차량들은 구간 최고 속도를 부여 받게 된다. 여기서 딜레마-존에 대한 위치정보는 미리 제작된 인프라 전자지도에 포함되어 있어서 실시간 차량들의 위치와 매칭하여 딜레마-존 진입여부를 판단하게 된다.

VI. 차량 기반 환경인식 및 상황인지 제어

1. 차량 기반 환경인식

차량에서의 환경인식은 인프라와 다르게 LiDAR 센서가 절대위치에 고정되어 있는 것이 아니라, 차량과 함께 이동을



그림 19. 차량 환경인식 실험 환경.
Fig. 19. Vehicle's environment test site.

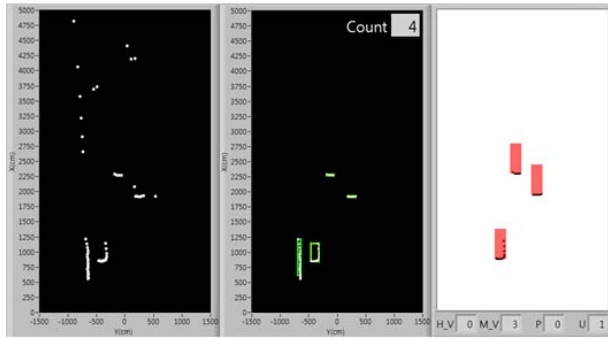


그림 20. 차량 환경인식 결과.
Fig. 20. Vehicle's environment recognition result.

하면서 환경을 인식하게 된다. 따라서 인프라 환경인식에서 처럼 Pre-processing 과정을 통해서 기본적인 고정 시설물을 제거할 수가 없으며, Tracking 과정에서는 현재 자신의 위치와 헤딩 및 속도까지 고려해야 한다. 차량의 위치와 주행상태 정보는 GPS와 INS를 이용하여 획득하게 된다. 하지만 그 외에는 대부분의 알고리즘에 있어서 인프라 환경인식과 동일한 방법을 사용하였으며, 그림 12와 동일한 환경인식 과정에 의해 처리된다.

시설물에 대한 LiDAR 데이터 처리는 대부분 classification 과정에서 '분류 불가'로 분류되어 인프라로 전송되고, 인프라에서 전자지도와 매칭하여 인프라 상황인지의 고려대상에서 제외되게 된다.

그림 20은 실제로 LiDAR 센서를 차에 장착해서 내부순환도로를 주행하며 그림 19와 같은 환경을 인식한 결과이다. 그림의 좌측은 검출된 원시 데이터며, 중간은 segmentation 과정이 수행된 결과이고, 우측은 classification 과정이 수행된 결과이다.

2. 차량 기반 상황인지 제어

차량에서의 상황인지 과정은 그림 21과 같다. 차량 기반 상황인지는 인프라로부터 전송 받은 구간 안전 속도를 기준으로 차량 기반 환경인식 결과로부터 검출된 객체들의 정보와 현재 차량의 속도를 이용하여 최적의 주행 목표 속도를 산출하게 된다. 그리고 산출된 목표 속도 값을 기준으로 차량 종방향 제어가 이루어진다.

기본적인 상황인지 제어는 그림 22와 같다. 먼저 인프라로부터 입력 받은 구간 안전 속도를 이용해 전방 객체와의 안전거리를 계산한다. 그리고 계산된 안전거리를 기준으로 차량 기반 환경인식을 통해 검출된 전방 객체와의 거리를 비교하게 된다. 마지막으로 계산된 안전거리보다 전방 객체와의 거리가 짧은 경우, 거리에 비례적으로 현재 속도에서 감속하

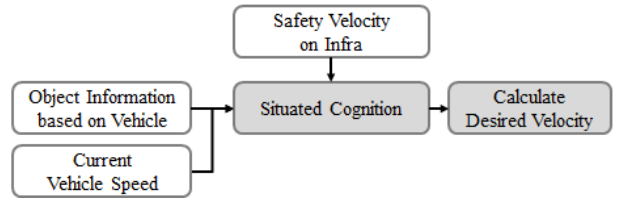


그림 21. 차량 상황인지 과정.
Fig. 21. Vehicle's situated cognition process.

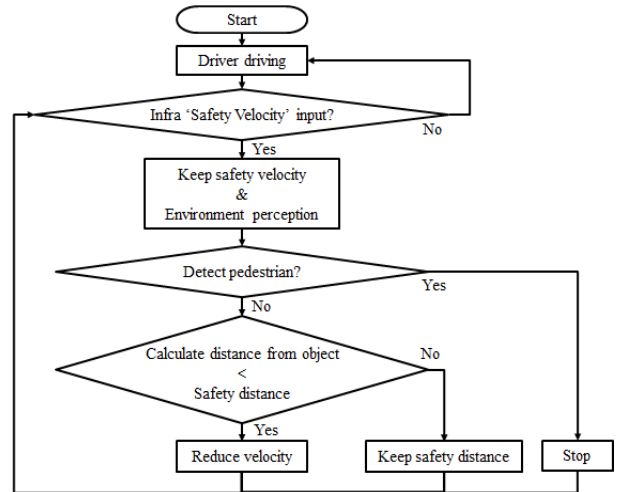


그림 22. 상황인지 제어 흐름도.
Fig. 22. Situated cognition control flowchart.

도록 했다. 여기서 안전거리는 인프라로부터 입력 받은 구간 최고 속도(kph)에 0.8 m/kph를 곱해서 얻을 수 있다. 하지만 인프라에서의 상황인지와 동일하게 차량 전방에 보행자가 인식된 경우이거나, 인프라로부터 0 kph 구간 최고 속도를 입력 받은 경우에는 현재 차량 속도와 비례해서 차량을 감속할 수 있는 속도 값을 산출하게 되며, 최종적으로 0 kph를 출력하게 했다.

차량 종방향 제어에서는 가속과 브레이크 페달 제어 모두를 고려해야 한다. 우선 가속 페달은 상황인지를 통해 산출된 속도가 현재 속도보다 낮은 경우에 대해서만 제어가 이루어지며, 그 이외 상황에서는 제어되지 않도록 하였다. 제어는 운전자가 가속 페달을 밟아도 차량 ECU로는 페달을 밟지 않았을 때의 값이 입력되도록 설계했다. 그리고 브레이크 페달은 상황인식을 통해 산출된 목표 속도와 현재 속도를 비교하여 제어량을 산출하도록 설계했다.

VII. 실험 및 결과

1. 실험 시나리오

V2I 기반 안전주행 통합제어 시스템에 대한 실험은 국민대학교 교내에서 이루어졌으며, 대상 환경인 스쿨존, 커브 및 교차로 구간으로 나누어서 실험을 실시하였다. 그림 23과 같이 실제 대상 환경과 유사한 구간을 선정하였으며, 그림에서 1번 구간은 스쿨존, 2번 구간은 커브 구간, 마지막으로 3번 구간은 교차로 구간에 대한 실험이 이루어졌다. 그리고 실험에 있어서 교내라는 상황과 안전 문제를 고려하여 저속으로 실험을 진행하였다.

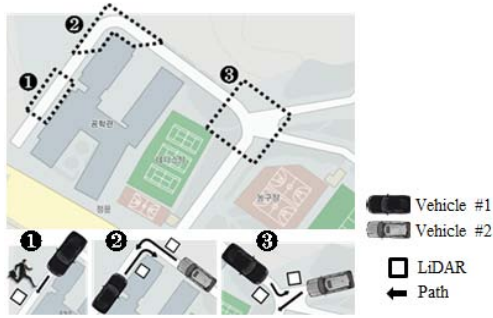


그림 23. 실험 환경 및 시나리오.

Fig. 23. Test environment and scenario.

시나리오는 Vehicle #1을 중심으로 설정했다.

우선 스쿨존에 대한 시나리오를 살펴보면 다음과 같다.

- a) 시나리오: Vehicle #1이 스쿨존으로 진입한 상태에서 돌발적으로 사람이 도로로 진입하는 상황
 - b) 일반 상황에서 인프라 구간 안전 속도: 10 kph
 - c) 시나리오 상황에서 인프라 구간 안전 속도: 0 kph
- 다음으로 커브 구간에 대한 시나리오는 다음과 같다.
- a) 시나리오: Vehicle #1과 Vehicle #2가 서로 반대편 방향에서 커브 구간에 진입한 상황
 - b) 일반 상황에서 인프라 구간 안전 속도: 15 kph
 - c) 시나리오 상황에서 인프라 구간 안전 속도: 10 kph
- 마지막으로 교차로 구간에 대한 시나리오는 다음과 같다.
- a) 시나리오: 교차로에서 좌회전을 하고자 하는 Vehicle #1 보다 직진을 하고자 하는 Vehicle #2가 교차로 딜레마-존에 먼저 진입한 상황
 - b) 일반 상황에서 인프라 구간 안전 속도: 15 kph
 - c) 시나리오 상황에서 인프라 구간 안전 속도: 10 kph, 0 kph

위와 같은 시나리오에 따라 국민대학교내의 전자지도를 그림 24와 같이 작성했다. 전자지도는 LiDAR 센서와 GPS 및 INS를 융합하여 실제 교내를 맵빌딩(map building)하여 얻었으며[9,10], 본 실험에 필요한 구간 안전 속도 및 차선과 딜레마-존에 대한 정보를 추가하였다. 그리고 실험 상황을 시각적으로 확인할 수 있도록, 전자지도에 객체들의 위치정보 및 구간 안전 속도를 표시하도록 했다. 구간 안전 속도는 해당하는 차량이 있는 도로 중앙선에 10 kph는 연두색, 0 kph는 적색으로 표시했다. 일반적인 상황에서의 구간 안전 속도는 별도로 표시하지 않았다.

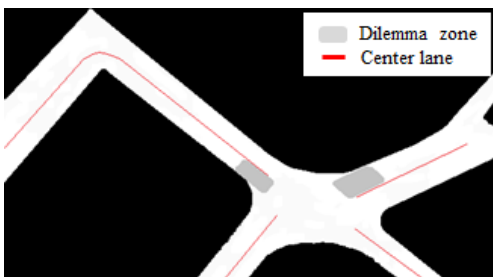


그림 24. 국민대학교 전자지도.

Fig. 24. Digital map of Kookmin University.

2. 실험 결과

각 대상 환경에 대한 실험 시나리오에 따라 실험을 수행하였으며, 그 결과는 다음과 같다. 여기서 차량 결과는 모두 Vehicle #1의 데이터이다.

먼저 스쿨존에 대한 실험 결과로 그림 25는 실험 환경 및 상황을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 스쿨존 시나리오와 동일한 실험 환경을 구축하였으며, 보행자가 진입한 순간 차량이 급정지 했다가 보행자가 사라진 이후 다시 이동하는 것을 확인할 수 있다.

그림 26은 실험을 통해 인프라 전자지도에 매핑된 결과 그림이며, 차량과 보행자의 이동궤적 그리고 안전 속도 정보를 나타내고 있다. 그림 26의 첫 번째 전자지도는 그림 25에서

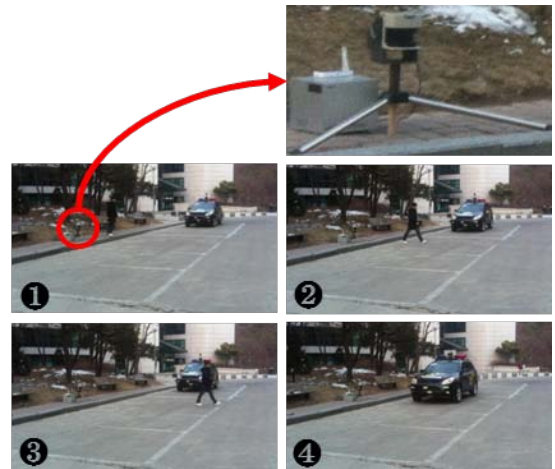


그림 25. 스쿨존 실험 환경.

Fig. 25. School zone test environment.

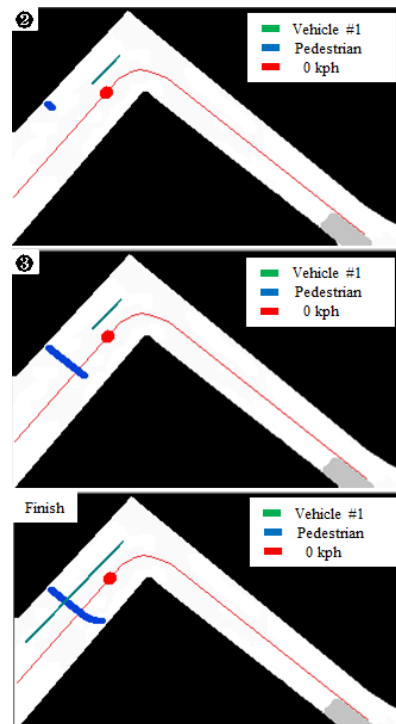


그림 26. 스쿨존 실험 결과.

Fig. 26. School zone test result.

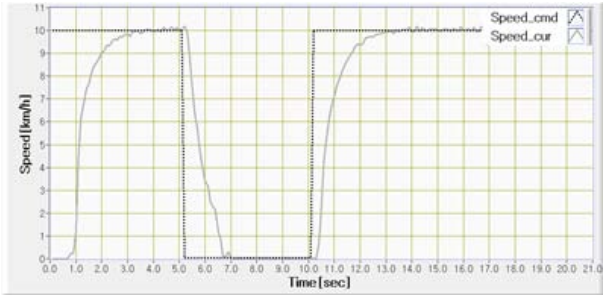


그림 27. Vehicle #1의 속도 제어 결과 그래프.

Fig. 27. Velocity control result of vehicle #1.

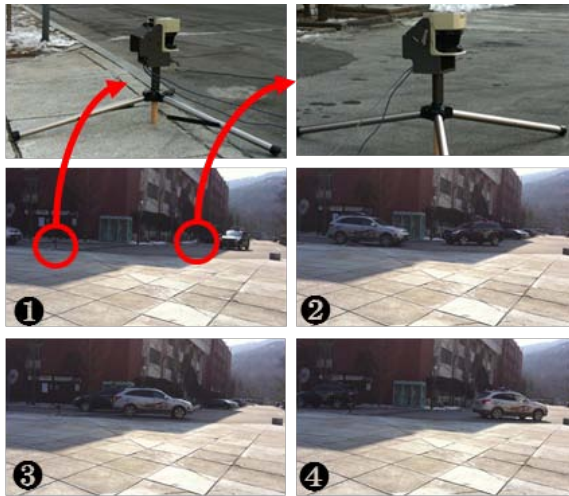


그림 28. 커브 구간 실험 환경.

Fig. 28. Curve section test environment.

'2' 상황이며, 보행자를 인식한 순간 인프라 상황인지를 통해 안전 속도를 0 kph로 산출하였고 Vehicle #1이 급정지 했음을 알 수 있다. 그리고 보행자가 위험 구간에서 벗어난 이후에 차량이 정상 속도로 주행하는 것을 확인할 수 있다.

그림 27은 Vehicle #1의 속도 제어 그래프로, 10 kph로 주행하고 있는 상황에서 보행자가 도로로 진입하는 순간 인프라로부터 0 kph를 입력 받고, 급 제동을 했다가 보행자가 사라진 이후 다시 10 kph로 주행하는 것을 확인할 수 있다.

다음은 커브 구간에 대한 실험 결과로 그림 28은 실험 환경 및 상황을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 커브 구간 시나리오와 동일한 실험 환경을 구축하였으며, 서로 다른 방향에서 두 대의 차가 커브 구간을 안전하게 지나가는 것을 확인할 수 있다.

그림 29는 인프라 전자지도에 매핑된 실험 결과 그림이며, 차량들의 이동궤적 및 안전 속도 정보를 나타내고 있다. 그림 29의 첫 번째 전자지도는 그림 28에서 '1' 상황으로 인프라 상황인지를 통해 두 대의 차량이 커브에서 교차할 수 있다고 판단하고 두 차량 모두에게 동시에 감속 명령을 한 것을 확인할 수 있다.

그림 30은 Vehicle #1의 속도 제어 그래프로, 15 kph로 주행하고 있는 상황에서 다른 방향에서 차량이 진입하고 있음을 인지하고 인프라로부터 10 kph를 입력 받아 감속하여 10 kph로 주행하는 것을 확인할 수 있다.

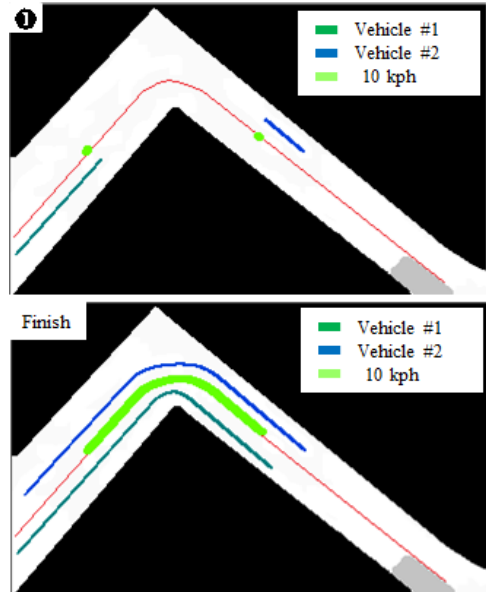


그림 29. 커브 구간 실험 결과.

Fig. 29. Curve section test result.

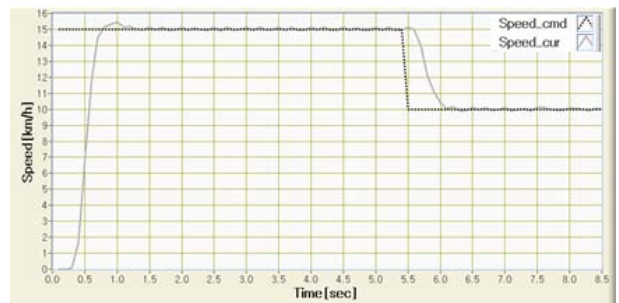


그림 30. Vehicle #1의 속도 제어 결과 그래프.

Fig. 30. Velocity control result of vehicle #1.



그림 31. 교차로 구간 실험 환경.

Fig. 31. Intersection area test environment.

마지막은 교차로 구간에 대한 실험 결과로 그림 31은 실험 환경 및 상황을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 교차로 구간 시나리오와 동일한 실험 환경을 구축하였으며, Vehicle #2가 교차로 딜레마-존에 먼저 진입한 것을 인지하고

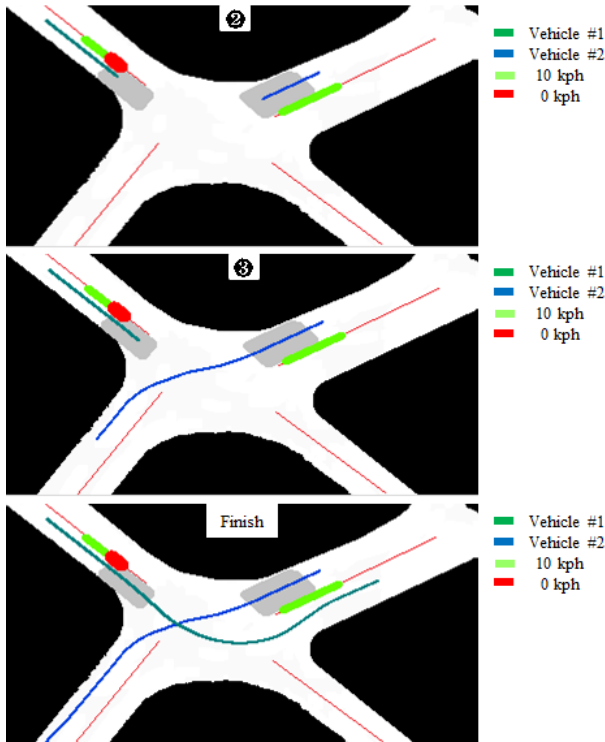


그림 32. 교차로 구간 실험 결과.

Fig. 32. Intersection area test result.

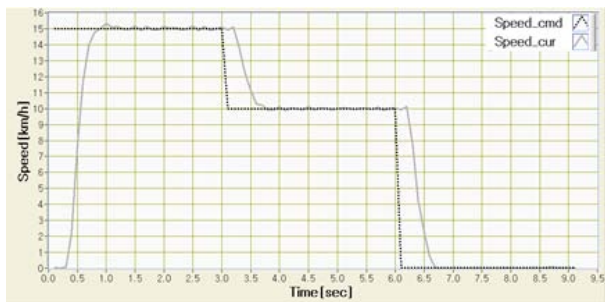


그림 33. Vehicle #1의 속도 제어 결과 그래프.

Fig. 33. Velocity control result of vehicle #1.

Vehicle #1이 잠시 정차한 후 Vehicle #2가 교차로를 벗어난 이후 다시 주행하는 것을 확인할 수 있다.

그림 32는 인프라 전자지도에 매핑된 실험 결과 그림이며, 차량들의 이동궤적 및 안전 속도 정보를 나타내고 있다. 인프라는 두 대의 차량이 교차로로 진입했음을 인지하고, 두 차량 모두에게 감속 명령을 했으며, 딜레마-존에 먼저 진입한 Vehicle #2에게 주행 우선순위가 부여됐음을 확인할 수 있다. 그리고 Vehicle #1이 딜레마-존에 진입하자 Vehicle #1에게 정지 명령을 했으며, Vehicle #2가 교차로를 통과한 이후에 Vehicle #1이 정상 속도로 주행했음을 확인할 수 있다.

그림 33은 Vehicle #1의 속도 제어 그래프로, 15 kph로 주행하고 있는 상황에서 다른 방향에서 교차로로 진입하는 차량이 있음을 인지하고 안전 속도를 10 kph로 감속하였으며, 교차로 딜레마-존에 Vehicle #2가 먼저 진입한 것을 인지하고 교차로 통과 우선순위에 의해서 Vehicle #1의 안전 속도를 0 kph로 감속하였음을 확인할 수 있다.

VIII. 결론

본 연구에서는 사고 위험이 높은 구간에 대해서 차량과 인프라가 서로 연계하여 다수의 차량들이 안전하게 주행할 수 있도록 능동적인 제어를 해 주는 V2I 기반 안전주행 통합 제어 시스템을 개발하고자 했다. 본 논문에서는 제한된 시스템을 최소한의 하드웨어와 소프트웨어를 이용하여 실제 구축해보고, 또 운영 해본 결과를 바탕으로 현실 가능성이 있는 시스템인지, 예상했던 기대 효과를 얻을 수 있는지 여부를 판단하고자 했다. 이 시스템은 충분히 가능성이 있었으며, 기대 이상의 효과를 가져올 수 있다고 판단했다. 그 이유는 교통상황 인지에 있어서 차량과 인프라가 각각 갖는 장점과 단점을 IT (Information Technology)를 이용하여 융합해 강력한 정보를 만들 수 있었기 때문이다. 앞서 3개의 환경에 대한 실험에서 알 수 있듯이, 단순히 차량의 종방향만을 제어했음에도 교통사고가 발생할 수 있는 상황을 미연에 막을 수 있었다. 특히, 교차로 구간 경우에는 사고 방지를 넘어 효율적인 교통 흐름 제어까지도 가능할 수 있음을 확인하였다.

하지만 앞으로 V2I 기반 안전주행 통합 제어 시스템이 본 연의 목적을 이루기 위해서는 많은 부분에 있어서 성능 개선을 해야만 한다. V2I 통신에 있어서는 국가적으로 구축된 통신망을 활용할 수 있도록 해야 하며, 차량도 스마트폰과 같이 독립적인 통신 디바이스로 구축되어야 한다. 환경인식에 있어서는 LiDAR 센서 외에 영상기반 센서들이 추가되어야 하며, RFID (Radio Frequency Identification), 표식물 등을 이용한 각 차량들의 위치인식 기술도 추가되어야 한다. 그리고 검출된 객체가 구체적으로 무엇인지, 이동 속도 및 방향에 따른 다음 상황까지 예측할 수 있는 알고리즘도 개발해야 할 것이다. 상황인지에 있어서는 차량과 인프라의 환경인식 결과를 융합하여 고급 정보를 생성할 수 있는 아키텍처 설계와 체계적인 메시지 정의에 대해서도 고민해야 할 것이다. 특히 인프라에서 교통상황을 인지하고 효율적인 교통 흐름을 제어할 수 있는 알고리즘 개발과 함께 SCC (Smart Cruise Control), 자동주차[11] 등의 시스템과도 연계할 수 있는 통합 시스템 개발도 진행되어야 할 것이다. 마지막으로 이러한 모든 성능 개선과 함께 현재 사용되고 있는 고가의 센서를 대체할 수 있는 중저가 센서의 개발에도 관심을 기울여 전체적인 개발 비용을 절감할 수 있도록 해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] H. S. Lee, Y. W. Kim, T. G. Kwon, K. H. Park, K. B. Lee, and M. H. Han, "An Implementation of traffic accident detection system at intersection based on image and sound," *Journal of Control, Automation and Systems Engineering (in Korean)*, vol. 10, no. 6, pp. 501-509, Jun. 2004.
- [2] J. K. Kim, J. C. Kim, and W. H. Lee, "Modeling and control of intersection network using real-time fuzzy temporal logic framework," *Journal of Control, Automation and Systems Engineering (in Korean)*, vol. 13, no. 4, pp. 352-357, Apr. 2007.
- [3] M. Liu, N. Xu, and H. Li, "Multi-sensor multi-target passive locating and tracking," *International Journal of Control, Automation and System*, vol. 5, no. 2, pp. 200-207, Apr. 2007.
- [4] J. T. Oh, J. Y. Min, B. D. Huo, and M. S. Kim, "Development of a vehicle tracking algorithm using automatic detection line

calculation,” *Korea Society of Transportation*, vol. 26, no. 4, pp. 265-273, Aug. 2008.

- [5] J. T. Oh, J. G. Lim, and B. H. Hwan, “Development of the algorithm for traffic accident auto-detection in signalized intersection,” *Korea Society of Transportation (in Korean)*, vol. 27, no. 5, pp. 97-111, Oct. 2009.
- [6] J. H. Park, C. Oh, H. S. Lim, and G. P. Kang, “Methodology for determining RSE spacing for vehicle-Infrastructure integration (VII) based traffic information system (focused on uninterrupted traffic flow),” *Korea Society of Transportation (in Korean)*, vol. 27, no. 6, pp. 29-44, Dec. 2009.
- [7] D. H. Yang and Y. S. Kim, “u-City’s service, infrastructure, technology,” *Korea Society for Internet Information*, vol. 10, no. 1, pp. 93-98, Mar. 2008.
- [8] L. Smadja, J. Ninot, and T. Gavrilovic, “Road extraction and environment interpretation from LiDAR sensors,” *IAPRS*, vol. XXXVIII, part 3A, 2010.
- [9] J. W. Park, J. H. Kim, and J. H. Kim, “The research of unmanned autonomous navigation’s map matching using vehicle model and LIDAR,” *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 17, no. 5, pp. 451-459, May 2011.
- [10] J. Lee, S. Lee, J. Kim, and C. Han, “The development of a map building algorithm using LADAR for unmanned ground vehicle,” *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 15, no. 12, pp. 1246-1253, Dec. 2009.
- [11] H. Kwan, and W. Chung, “Comparision analysis of path planning methods for automatic parking control of a car-like mobile robot,” *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 18, no. 3, pp. 267-274, Dec. 2012.



박재웅

2005년 인천기능대학교 자동차과 졸업. 2008년 국민대학교 산업기술대학원 자동차공학과 공학석사. 2008년~현재 국민대학교 자동차공학전문대학원 박사과정 재학중. 관심분야는 무인자율주행차량의 차량시스템 설계, 차량제어.



김정하

1981년 성균관대학교 기계공학과 졸업. 1986년 University of Cincinnati 공학석사. 1990년 University Pennsylvania 공학박사. 현재 국민대학교 자동차공학과 교수. 관심분야는 차량전자제어시스템, 무인차량.



김재환

2007년 국민대학교 자동차공학과 졸업. 2008년 국민대학교 자동차공학전문대학원 전자제어시스템전공 공학석사. 2008년~현재 동 대학원 박사과정 재학중. 관심분야는 무인자율주행차량, 환경인식, 시스템 통합.



이제욱

2006년 한국산업기술대학 기계공학과 졸업. 2009년 서울과학기술대학교 자동차공학과 공학석사. 2009년~현재 국민대학교 자동차공학전문대학원 전자제어시스템전공 박사과정 재학중. 관심분야는 무인자율주행차량, ITS.



윤복중

2006년 국민대학교 기계공학과 졸업. 2008년 국민대학교 자동차공학전문대학원 전자제어시스템전공 공학석사. 2008년~현재 동 대학원 박사과정 재학중. 관심분야는 무인자율주행차량, 자율항법.