

V2V(X) 네트워크를 이용한 자전거와 이동 객체간 충돌 회피 시스템 구조

*1 구본근

*1 한국교통대학교, bggoo@ut.ac.kr

Architecture of Collision Avoidance System between Bicycle and Moving Object by Using V2V(X) Network

*1 Bon-gen Gu

*1 Korea National University of Transportation, bggoo@ut.ac.kr

요약

자동차, 보행자 등 다양한 교통 요소와 도로를 공유하는 자전거를 이용하는 이용자의 수가 증가함에 따라 자전거 관련 사고도 증가하고 있다. 특히 복잡한 교통 환경에서 자전거 이용자는 보행자 등 이동 객체를 사전에 인지하지 못해 발생하는 자전거 사고도 자전거 사고의 많은 부분을 차지하고 있다. 본 논문에서는 자동차간 네트워크에 자전거를 연결하여 객체의 이동 방향 등의 정보를 획득함으로써 자전거 사고 감소 또는 방지하기 위한 자전거 충돌 회피 시스템 구조를 제안한다. 이 구조에서는 자동차 등의 교통 요소가 이동 객체를 인지하고 이 객체의 위치와 이동 방향을 네트워크를 통해 전송하며, 이 정보를 수신한 자전거의 시스템은 자전거 이용자에게 경고를 하여 충돌 사고를 방지할 수 있다.

Abstract

Bicycle shares road with various traffic elements like car, pedestrian and, the number of bicycle user is increasing in recent. Therefore, bicycle accident continuously increases. Especially in complex traffic environment, bicycle accident which collides with moving object such as pedestrian occupies many parts of bicycle accident in the reason that the cyclist does not recognize moving object. In this paper, to reduce or avoid the bicycle accident, we propose the architecture of bicycle collision avoidance system in which that cyclist can get the information about moving object by connecting bicycle to network of vehicles and does some action for avoiding collision. In our architecture, when traffic element such as car recognizes moving object, it decides the moving direction of object, and transfers information about moving direction via vehicles network. Bicycle collision avoidance system from our proposed architecture receives this information, and alerts to cyclist when the moving object influences the safety of bicycle.

Keywords: V2V, V2X, Bicycle, Collision Avoidance, Unseen Region, WAVE, DSRC

1. 서론

단순 이동용 수단으로 인식되고 있었던 자전거가 레저용으로 인식되면서 1 개월에 1 회 이상 자전거를 이용하는 사람의 수는 1,300 여만명으로 조사되었다[1]. 자전거 이용자 수 증가와 더불어 각 지방자치단체는 자전거 전용도로, 자전거-보행자 겸용도로 등 자전거

* Corresponding Author

Received: Aug. 18, 2018, Revised: Sept. 11, 2018, Accepted: Sept. 28, 2018

도로를 지속적으로 확충하고 있다. 행정안전부 정책자료 통계에 의하면 자전거 도로는 2009년 11,387 km에서 2016년 21,176 km로 확장되었다[2]. 자전거 도로의 확충과 더불어 자전거 주차장, 자전거 안전시설 등 자전거 인프라와 자전거 이용자 수의 증가는 자전거 교통사고를 점진적으로 증가시키고 있다. 2007년 8,721건의 자전거 사고는 2016년 14,937건으로 증가되었으며[2], 보고되지 않은 자전거 사고는 더 많았을 것으로 생각된다. 자전거 이용자가 보행자의 존재와 관련된 정보, 위험한 교통 상황 또는 도로 상황 정보 등에 대한 경보를 사전에 받을 수 있으면 여러 종류의 자전거 교통사고 수를 감소시킬 수 있다. 보행자 존재 여부에 대한 정보, 교통 상황 및 도로 상황 정보 등 자전거 교통 사고를 회피하기 위해 필요한 정보는 자동차, 자전거 및 인프라 등 교통 요소들에 의해 생성되고 전송되어야 한다. 이러한 정보의 전송을 위해 V2V 또는 V2X라고 불리는 자동차간 또는 자동차와 인프라간 통신이 사용된다. 따라서, V2V 또는 V2X 네트워크에 자전거를 참여시킴으로써 자전거 이용자가 자전거 사고를 회피할 수 있는 정보 전송 및 수신을 할 수 있다.

자전거를 V2V 또는 V2X 네트워크에 참여시키는 주요 목적은 교통 안전, 친환경, 스마트 교통환경 구현에 있다[3]. 이 네트워크는 자동차 등 다른 교통 요소에게 자전거의 존재 정보를 전송하여 자전거와의 교통 사고를 방지할 수 있도록 하며, 교통 및 도로 상황 정보를 자전거에게 전송하여 자전거 주행 안전 확보를 목표로 하고 있다. 이를 위해 Jenkins 등은 MAIN-ST(Multimodal Alerting Interface with Networked Short-Range Transmissions) 구조를 제안하였다[3]. MAIN-ST는 자전거 안전 주행에 영향을 줄 수 있는 위험 요소가 감지될 경우에 자전거 이용자의 스마트폰을 통한 오디오 경고 또는 자전거 핸들 그립을 이용한 햅틱 경고를 제공하는 것을 제안하고 있다.

자전거 안전에 부정적 영향을 주는 위험 요소 중 자전거 진행 방향 전방의 객체 검출은 카메라를 이용하여 캡처한 영상 처리[4], LiDAR를 이용하여 검출된 데이터 분석[5] 등의 방법을 통해 이루어질 수 있다. 하지만 이러한 객체 검출 방법은 객체의 존재 여부에 대한 정보를 전달할 수 있지만 그 객체가 자전거 안전에 영향을 줄 수 있는 요소인지에 대한 판단은 할 수 없다. 따라서, 각 교통 요소는 객체 검출과 더불어 그 객체의 이동 방향 등에 대한 정보를 제공할 수 있어야 한다. [6]에서는 자동차 전면부에 설치된 카메라를 이용하여 캡처된 이미지를 분할한 후 분할된 각 조각의 히스토그램을 분석하여 보행자 검출 및 보행 방향 정보를 결정하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서는 [6]에서 제안된 방법에 의해 보행자 검출 및 보행 방향 정보가 V2V 네트워크를 통해 전송되었을 때 이 정보를 수신하여 자전거와 보행자 간의 충돌 가능성을 평가하고 자전거와 보행자 간의 충돌을 회피할 수 있는 시스템 구조를 제안한다. 이 시스템은 WAVE 통신 환경에서 자동차간 또는 자동차와 인프라간 통신을 통해 수신한 보행자 및 보행 방향 정보를 이용하여 자전거 안전 영향 평가를 하고, 필요하다면 자전거 이용자에게 경고를 전달하는 요소로 구성되어 있다.

2. 자전거와 이동객체간 충돌 방지 시스템 구조

2.1 BASYC 구조

자동차간 통신 네트워크에 자전거를 연결시켜 자전거와 보행자 또는 이동 객체간의 충돌 가능성을 평가하고, 충돌 경고를 하여 자전거 사고 감소 또는 방지를 위해 본 논문에서 제안하는 충돌 회피 시스템 구조 BASYC(Bicycle Alerting System with Communication)는 그림 1에 나타낸 것과 같다.

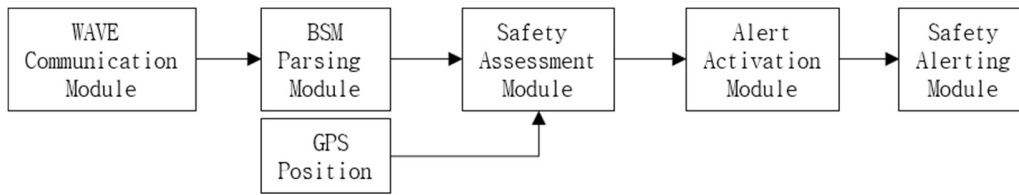


Figure 1. Architecture of Bicycle Alert System with Communications

WAVE(Wireless Access with Vehicular Environment) 통신 모듈(WAVE Communication Module)은 DSRC(Dedicated Short-Range Communications)[7]을 기반으로 하여 V2V 네트워크에 연결되어 있는 자동차 등의 교통 요소들이 전송한 정보를 수신하는 것으로 자전거를 자동차간 통신 네트워크에 연결시킨다. 이 모듈이 네트워크를 통해 수신하는 기본 메시지는 BSM(Basic Safety Message)이다. 이 메시지는 자동차의 안전을 위해 네트워크에 참여하는 요소들의 WAVE 통신 모듈 또는 장치에 의해 주기적으로 방송되는 것이며, 이 메시지를 수신한 요소는 이것에 포함되어 있는 정보를 기반으로 충돌 방지, 회피, 경고 등의 자동차 안전 서비스를 제공할 수 있다.

네트워크 상에 있는 자동차 또는 인프라가 이 메시지를 주기적으로 방송하기 때문에 많은 자동차가 좁은 공간에 밀집해 있는 교통환경에서는 과도한 트래픽으로 인한 메시지 전송 실패 가능성이 높으며, 이로 인한 정보 전송 지연은 자동차 안전 서비스 라는 목적을 효과적으로 달성하는데 어려움이 있다. 네트워크 혼잡으로 인한 메시지 전송 지연 현상을 감소 또는 제거하기 위한 다양한 연구들이 있다. 메시지 전송 지연 해소는 본 논문에서 해결하고자 하는 범위를 벗어나기 때문에 BASYC 구조의 WAVE 통신 모듈은 주기적으로 BSM 메시지를 수신한다고 가정을 한다.

본 논문에서 제안하는 BASYC 구조는 보행자 등 이동 객체의 위치와 이동 방향에 대한 정보를 기반으로 하기 때문에 자동차 등의 교통 요소가 주기적으로 방송하는 BSM에 이러한 정보들이 추가되어 있다. 이러한 BSM을 생성, 방송하는 간략한 구조는 다음 절에서 간단히 소개를 한다.

BSM 분석 모듈(BSM Parsing Module)은 WAVE 통신 모듈에서 수신한 BSM에 캡슐화되어 있는 객체의 위치, 객체의 이동 방향 정보를 추출하는 기능을 수행한다. 이 정보는 WAVE 통신 모듈에서 제공하는 GPS 위치 정보 및 속도 정보와 더불어 안전성 평가 모듈에 전달된다.

자전거 안전성 평가 모듈(Safety Assessment Module)은 BSM에 포함되어 있는 이동 객체와 관련된 정보를 기반으로 하여 객체의 이동이 자전거 안전에 미치는 영향을 평가한다. 이 영향 평가에 따라 객체의 이동이 자전거 안전에 영향을 주지 않는 경우에 이 모듈은 자전거 이용자에게 안전 경고를 활성화할 필요가 없다. 반면 객체의 이동이 자전거 안전에 영향을 미칠 가능성이 있는 것으로 평가될 경우에 이 모듈은 자전거 안전에 영향을 줄 수 있는 상황이 발생할 가능성이 있음을 자전거 이용자에게 알리기 위해 안전 경고를 활성화할 수 있도록 경고 활성화 모듈에게 정보를 전달한다.

안전 경고 활성화 모듈(Alert Activation Module)은 자전거 안전에 영향을 줄 수 있는 상황이 있기 때문에 즉시 속도 감소 또는 정지, 방향 전환 등의 조치를 취할 것을 자전거 이용자에게 경고하는 기능을 수행한다. 안전 경고 활성화 모듈이 자전거 안전 사고 방지를 위해 브레이크를 자동으로 작동시키지 않는 것은 자전거가 사람의 힘에 의해 주행하는 교통 수단이기 때문이다. 물론 자전거 이용자의 패들링(자전거 이용자가 다리의 힘을 이용하여 자전거 패들을 회전시키는 동작)을 통해 다리의 힘을 효율적으로 바퀴 회전에 전환하기 위해 다단 기어 등의 보조 장치가 있기는 하지만 자전거 주행 방법의 특성상 자전거 무게 감소가 자전거 이용자들 그룹에서 주요한 이슈 중의 하나이다. 따라서 객체의 이동이 자전거 안전에 심각하게 영향을 줄 것으로 예상되어 안전 경고 활성화 모듈이 자동으로 개입하여 속도를 감소 또는 정지시키거나 방향 전환을 할 수 있는 장치를 자전거에 추가로 설치하는

것은 많은 자전거 애호가들에게 많은 거부감을 줄 수 있다[†]. 따라서 현재의 자전거 이용 환경에서는 자전거 안전에 영향을 줄 수 있는 상황이 예상될 경우에 이 모듈은 다양한 방법으로 위험 경고를 자전거 이용자에게 전달하여 그-또는 그녀-가 위험을 인지하고 적절한 조치를 취할 수 있도록 하는 수동적 안전 경고할 수밖에 없다고 사료된다.

안전 경고 활성화 모듈이 자전거 이용자에게 경고를 전달할 수 있는 방법은 자동차와 달리 상대적으로 제한되어 있다. 즉, 이 모듈은 스마트폰, 스마트 그립, 안전 벨 등을 이용하여 자전거 이용자에게 안전 경고를 전달할 수 있다. 스마트폰을 이용한 경고는 경고 화면, 경고 음, 경고 진동 등이 될 수 있으며, 스마트 그립은 진동 등을 이용한 햅틱(haptic) 기능을 통해 자전거 이용자에게 경고를 전달할 수 있다. 또 안전 벨을 이용한 경고는 경고 음을 이용하여 사용자가 위험 상황을 인지할 수 있도록 할 수 있다. 이때, 스마트폰, 스마트 그립, 안전 벨 등이 그림 1의 구조에서 안전 경고 모듈(Safety Alerting Module)이 된다.

2.2 이동 객체 정보 전송 시스템

그림 2는 BASYC 구조를 위해 이동 객체의 위치와 이동 방향 등의 정보를 BSM 메시지에 추가하기 위한 시스템의 간략화된 구조를 나타내고 있다. 카메라 또는 LiDAR 센서 등의 센서 모듈(Sensor Module)은 주변 환경 정보에 대한 데이터를 생성한다. 이때 생성되는 데이터는 사용된 센서의 종류에 따라 다르겠지만 카메라에 의해 캡처된 이미지 또는 LiDAR의 생성된 점-클라우드(point-cloud) 등이 된다.

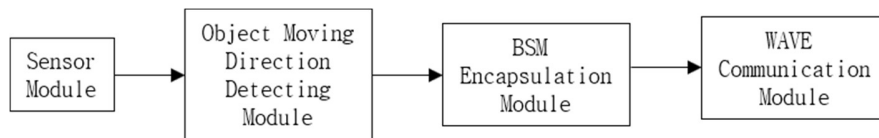


Figure 2. Architecture of Safety Information Encapsulation over BSM

객체 이동 방향 검출 모듈(Object Moving Direction Detection Module)은 센서가 캡처한 데이터를 분석하여 객체의 이동 방향을 결정한다. BSM 캡슐 모듈(BSM Encapsulation Module)은 WAVE 통신의 BSM 패킷에 객체의 이동 방향 정보를 추가하는 기능을 수행한다. 이 모듈에 의해 생성된 BSM은 기본 정보와 함께 객체의 위치와 이동 방향 정보를 포함하고 있으며, 이는 WAVE 통신 모듈에 의해 방송된다.

이전 연구 [4]는 카메라를 이용하여 캡처된 영상 프레임을 이용하여 프레임 분할 및 히스토그램 분석을 통해 보행자의 이동 방향을 결정하는 방법을 제안하였다. 또 [8]에서는 보행자 충돌 회피 시스템을 위한 간략한 구조를 제안하였다.

3. 구현 모델 및 참조 구현

본 논문에서 제안하는 이동 객체와 자전거와 충돌 방지 구조 BASYC은 특정한 구현 방법에 독립적이기 때문에 다양한 방법으로 구현될 수 있다. 본 논문에서는 ARADA Systems사에서 개발하여 판매하고 있는 LOCOMATE ME—이하, 통신장치(Wave Comm. Device)—와 저렴한 가격에 많은 자료가 공개되어 있는 라즈베리 파이 임베디드 시스템 보드—이하, 경고시스템(Bicycle Alert System)—를 이용한 구현 모델을 제안한다. 그림 3은 이런 장치를 이용한 BASYC 구조를 위한 구현 모델을 나타낸 것이다.

[†] 자전거 애호가들은 자전거 무게를 몇 백 그램(g)을 감소시키기 위해 많은 금액을 지출하고 있다.

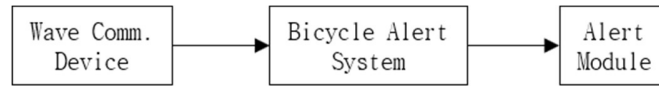


Figure 3. Implementation Model of BASYC

그림 3의 구현 모델에서 통신장치는 DSRC을 이용한 V2V(또는 V2X) 통신 및 기타 응용 SW를 실행시킬 수 있으며, 구현 환경에 따라 다른 장치를 사용할 수 있다. 이 장치는 BASYC 구조의 WAVE 통신 모듈과 BSM 분석 모듈의 역할을 수행한다. 구현 모델에서 사용한 통신장비의 운영체제는 사용자화 된 리눅스이다. 이 장치는 BASYC 구조에서 V2V(또는 V2X) 네트워크에 참여하는 교통 요소가 방송한 패킷을 수신하는 WAVE 통신 모듈의 역할을 이 통신장비의 기본 서비스로 제공하기 때문에 이 모듈을 위한 별도의 SW 등이 필요하지 않다.

BSM 분석 모듈은 이 통신장비의 응용 SW로서 실행이 된다. 이것은 통신장비의 기본 서비스인 WAVE 통신 모듈이 수신한 통신 패킷에서 BSM을 추출하여 이것에 포함되어 있는 이동 객체의 위치 및 이동 방향 정보를 꺼낸다. 또한 이들 정보와 통신장비에서 읽어온 자신의 GPS 좌표를 자전거 안정성 평가 모듈에게 전달한다.

WAVE 통신을 위한 통신장비는 크기와 전력 소모량을 감소시키기 위해 다른 장치와의 상호작용을 위한 통신 요소를 최소화하고 있다. 특히 본 구현모델에서 사용한 통신장비는 블루투스를 통해 다른 장치들과 상호 작용을 할 수 있도록 되어 있다. 따라서, 자전거 안정성 평가를 위한 정보는 블루투스를 통해 제공되어야 한다. 따라서 이 통신장비에서 실행되는 BSM 분석 모듈은 블루투스 서버-클라이언트 모델에서 서버 역할을 수행한다.

본 구현모델에서 자전거 안전성 평가 모듈과 안전 경고 활성화 모듈은 블루투스를 이용하여 WAVE 통신장치와 상호작용을 할 수 있는 라즈베리 파이 등과 같은 저전력의 경고 시스템에서 실행된다. 자전거 안전성 평가 모듈은 통신장비의 BSM 분석 모듈에서 제공하는 정보를 이용해야 하기 때문에 블루투스 클라이언트 역할을 수행한다. 이 모듈은 블루투스 서버 즉, BSM 분석 모듈로부터 제공받은 정보를 기반으로 하여 자전거의 안정성을 평가한 후 그 결과에 따라 경고 활성화 여부에 대한 정보를 안전 경고 활성화 모듈에게 전달한다. 본 구현 모델에서 사용한 경고 시스템은 리눅스를 운영체제로 사용하고 있어 프로세스간 통신 방법을 다양하게 제공하고 있다. 이 경고 시스템에서 자전거 안전성 평가 모듈과 안전 경고 활성화 모듈은 각각 별도의 프로세스에서 실행되며, 두 프로세스간 통신은 상호작용하는 방법에 따라 파이프, IPC 등을 이용할 수 있다.

자전거 안전 평가 결과가 이동 객체가 자전거 안전에 영향을 주는 것으로 예상되면 안전 경고 모듈(Alert Module)은 자전거 이용자가 위험에 대해 인지할 수 있는 방법을 통해 경고를 한다. 경고 방법은 자전거의 종류와 자전거 이용자의 선호에 따라 다를 수 있기 때문에 안전 경고 활성화 모듈은 사전에 설정된 방법에 따라 적절하게 경고를 활성화시킬 수 있어야 한다.

안전 경고 모듈은 소리, 빛, 촉각 등 다양한 방법으로 자전거 사용자가 위험을 인지할 수 있도록 하여야 한다. 만약 소리를 이용할 경우에 안전 경고 모듈은 경고 메시지를 생성할 수 있는 경고 소리 생성기가 되며, 촉각을 이용하여 경고하는 경우는 스마트 그립 등이 안전 경고 모듈로 사용될 수 있다. 안전 경고 활성화 모듈이 실행되고 있는 경고 시스템과 이들 안전 경고 모듈 간의 상호 작용 방법은 경고 시스템의 인터페이스에 따라 다양하게 결정할 수 있다. 본 구현 모델의 경고 시스템은 GPIO, 직렬통신, 블루투스 등 다양한 상호작용을 위한 인터페이스를 제공하고 있다.

그림 4는 구현 모델에 따른 참조 구현을 나타내고 있다. 이 참조 구현의 'Data Sender Site'는 그림 2의 이동 객체 정보 전송 시스템을 나타낸 것이고, 'Data Receiver Site'는 그림 3의 구현 모델을 실험적으로 구현한 것이다. 그림 4의 참조 구현에서 'Data Sender Site'의 객체 이동 방향 검출 모듈을 실행하는 라즈베리 파이는 WAVE 통신 기능을 수행하는 LOCOMATE ME와 블루투스 통신을 통해 데이터를 전송한다. 이 장비에서 실행되는 BSM Encapsulation Module은 블루투스 서버 역할을 수행하며, 이것과 대응하는 블루투스 클라이언트는 라즈베리 파이에서 실행되는 객체 이동 방향 검출 모듈이 된다. 참조 구현에서는 실제 객체 이동 방향을 검출하여 데이터를 전송하는 것이 아니라 0과 1을 임의적으로 생성하여 전송을

한다. 이 정보를 수신한 BSM Encapsulation Module 은 이것을 이용하여 BSM 메시지를 생성하고, 이를 WAVE 장치를 통해 전송한다.

그림 4의 'Data Receiver Site'의 WAVE 장치는 'Data Sender Site'에서 전송한 메시지를 수신하여 그것을 BSM Decapsulation Module 에 전달을 한다. 이 모듈은 BSM 메시지에 포함되어 있는 객체 이동 방향 정보—본 논문의 참조 구현에서는 0 또는 1—를 추출하여 블루투스 통신을 통해 Alert System 으로 전송을 한다. 이때, BSM Decapsulation Module 과 Alert System 은 각각 블루투스 서버, 클라이언트 역할을 수행하여 블루투스 연결을 형성한 후 통신을 한다. Alert System 은 블루투스 통신을 통해 수신한 객체 이동 방향 정보를 기반으로 하여 활성화할 경보 모듈을 결정하고, 활성화할 수 있다. 본 논문의 참조 구현에서는 0 또는 1이라는 간단한 정보를 수신하기 때문에 0일 때는 메시지를 무시하고, 1인 경우에는 경보를 활성화하는 것을 시뮬레이션하기 위해 장착된 LCD 화면에 경고 문장을 출력하도록 하였다.



Figure 4. Reference Implementation

4. 결론

친환경에 대한 관심으로 인한 자전거 도로 인프라 확충과 자전거 이용 인구의 증가는 자전거 사고를 증가시키고 있다. 특히 자동차 등에 의해 가려져 자전거 사용자가 인지할 수 없는 보행자 등 이동하고 있는 객체와 자전거의 충돌 사고도 많다. 이러한 경우 자전거 사용자가 사전에 이동 객체를 인지할 수 있으면 자전거와의 충돌을 감소시킬 수 있다.

본 논문에서는 자전거를 자동차간 네트워크에 연결하여 자동차 등 네트워크에 연결되어 있는 다른 교통 요소가 전송한 이동 객체에 대한 정보를 수신하여 이동 객체가 자전거 안전에 미치는 영향을 평가하고, 그 평가 결과에 따라 자전거 사용자에게 안전 경고를 할 수 있는 충돌 회피 시스템 BASYC를 제안하였다. 이 구조는 자동차간 네트워크 패킷을 수신하는 모듈, 패킷에서 이동 객체와 관련된 정보를 추출하는 모듈 및 자전거 안전 평가 모듈 및 경보 활성화 모듈로 구성되어 있다.

또 본 논문에서는 이 구조의 구현을 위한 기본적 구현 모델로 ARADA Systems 에서 개발한 LOCOMATE ME를 통신 장비로, 라즈베리 파이를 자전거 경보 시스템으로 사용하는 것을 제안하였다. 하지만 BASYC 구조는 특정 구현 방법에 종속적이지 않기 때문에 자전거 주행 상황에 따라 구현 방법을 달리 할 수 있다.

추후 연구 과제로는 자전거 사용자에게 제공하는 경고 방법에 대한 것이다. 자전거 사용자가 소유하고 있는 스마트폰을 이용한 경고는 화면, 진동, 소리 등 다양한 형태의 경고

방법이 가능하다는 장점은 있지만 자전거 사용자의 시선을 스마트 폰으로 유도할 가능성이 있어 경고가 자전거 안전 주행에 오히려 방해할 가능성이 있다. 따라서 주행 집중력을 방해하지 않으면서 이동 객체에 대한 경과를 자전거 사용자에게 효과적으로 전달할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

5. 참고문헌

- [1] The Korea Transport Institute, "The Population of Cyclist: 2016," The Korea Transport Institute, Apr. 2018[‡].
- [2] Ministry of the Interior and Safety, "2106: The Present State of Bicycle," Korea Ministry of the Interior and Safety, Sep. 2017.
- [3] M. Jenkins D. Duggan, and A. Negri, "Towards a connected bicycle to communicate with vehicles and infrastructure: Multimodal alerting interface with Networked Short-Range Transmissions (MAIN-ST)," 2017 CogSIMA, Savannah, IEEE, Mar. 2017, pp.27-31.
- [4] H. Kim, M. Park, W. Son, H. Chok and S. Park, "Deep Learning based Object Detection and Distance Estimation using Mono Camera," Journal of Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 28, No.3, Jun 2018, pp.201-209
- [5] M. Velas, M. Spanel, M. Hradis and A. Herout, "CNN for Very Fast Ground Segmentation in Velodyne LiDAR Data," 2018 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), Apr. 2018.
- [6] B. Gu, "Way for detecting the walking direction of pedestrian in the shadowing zone using partitioning the frame and analyzing the histogram change," Journal of Platform Technology, Vol.5, No.4, pp.40-54, Dec. 2017.
- [7] Society of Automotive Engineers(2015), "SAE J2735 Dedicated Short Range Communication (DSRC) Message Set Dictionary," Online Downloadable from www.sae.org.
- [8] B. Gu, "Pedestrians Walking Direction Information based Pedestrian Hitting Avoidance System by using V2V Communications," in Proc. Of 2018 PTL 6-1, Wonju, ICT Platform Society Summer Conference, 2018, pp.37-39.

[‡] MS-Excel file downloadable from www.koti.re.kr