

# C-ITS를 위한 통신 및 상황인지 기술

정순기, 원광희, 주지훈, 한동석  
경북대학교

## 요약

본고에서는 차량통신을 통하여 차량간 협력을 하여 정보를 교환하는 C-ITS(cooperative intelligent transportation system)를 위한 최신 차량 통신 기술과 개발 현황을 소개한다. 그리고 C-ITS의 궁극적 목표인 차량 주행 안전의 확보와 원활한 교통흐름을 위한 차량 주변 상황 인지 기술에 대한 기술 개발현황을 소개하여 차세대 ITS 시스템의 발전방향을 알아본다.

## I. 서론

최근 자동차와 IT기술의 접목이 가속화 되면서 안전한 차량에 대한 관심이 급격히 높아지고 있다. 세계 각국에서는 지능형 교통시스템 기술을 개발하면서 차세대 차량 안전시스템으로 C-ITS(cooperative intelligent transportation system)를 고려하고 있다. 이러한 시스템으로 유럽에서는 C2C-CC, COMeSafety, DriveC2X 등의 다양한 연구과제가 진행되었다. 그리고 미국에서는 VII, 일본에서는 Smartway 등의 과제가 추진 중이다[1].

ITS의 발전을 위하여 인프라의 확대 및 고도화, 서비스 및 운영 기술 확보가 필요하며, V2X 통신을 이용한 안전지원 서비스의 실용화가 급선무이다. V2X 기술을 이용하여 차량간 통신을 가능하게 하고, 주행 안전을 확보하기 위해서는 차량 주변 환경 인식이 매우 중요한 요소가 된다. 그러므로 차량 주변 환경인식과 이것을 통신 수단을 이용하여 주변 차량 및 교통관제 센터에 전달함으로써 교통안전을 확보할 가능성이 매우 높아 진다.

우리나라에서는 한국교통연구원, 경북대학교 등을 중심으로 u-트랜스포메이션(Transportation) 기반 기술 과제가 수행되어 V2X 통신 모듈을 개발 한바 있다[1]. 그리고 세계 최고 수준의 빠르고 편안한 지능형 녹색도로 실현을 위한 스마트하이웨이 과제가 한국도로공사와 한국전자통신연구원 등을 중심으로 진행되고 있다[2]. 스마트하이웨이 과제에서는 지능형 고속도로 관

련 연구개발과 WAVE(wireless access in vehicular environments) 기반 초고속 통신네트워크 기술이 개발되고 있다.

본고에서는 C-ITS 구현을 위한 기반 기술인 WAVE 차량 통신 기술에 대하여 알아보고, 차량 주변 상황 인지 기술의 최신 동향을 살펴본다. C-ITS의 구현 및 상용화를 위해서는 관련 기술의 개발뿐만 아니라 V2X 통신 운용안전성 평가 기술 및 관련 서비스를 위한 법적 근거의 마련이 반드시 따라야 한다.

본고의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II장에서 차량 통신 기술의 개발 현황을 살피고 III장에서는 컴퓨터비전 기술을 활용한 주변상황인지 기술의 최신 동향을 살펴본다. 그리고 IV장에서 결론을 내린다.

## II. 차량 통신 기술

차량 통신 기술은 적용 가능한 서비스의 분야가 매우 크기 때문에 지능형 교통 시스템의 핵심 요소 중 하나이다. 차량 통신을 이용한 서비스는 크게 안전 관련 서비스와 편의 관련 서비스 두 가지로 분류한다. 안전 관련 서비스에는 전방 사고 정보, 차량 간 충돌 위험, 도로 손상 정보 등의 위험 상황 정보와 각 차량이 자신의 주행 정보를 주기적으로 전송하여 그 메시지들을 받아 주변 차량들의 정보를 실시간으로 확인할 수 있는 상황 인지 서비스가 있다. 또한 편의 관련 서비스에는 차 안에서 즐길 수 있는 정보나 오락 등의 인포테인먼트 서비스와 실시간 교통 정보 제공, 전자 요금 징수 등의 서비스가 있다.

차량 통신 기술에 대한 관심이 세계적으로 높아짐에 따라 표준 제정의 필요성이 대두되었고, 여러 표준 단체들이 차량 통신의 표준화에 착수하였다. 대표적인 차량 통신 국제 표준으로는 IEEE에서 제정한 WAVE 표준이 있다[3]. 또한 ISO(International Organization for Standardization)와 같은 표준 관리 기구에서도 TC204를 설립하여 WG16에서 CALM(Communications Access for Land Mobiles)이라는 차량 통신에 대한 표준 작업이 이루어지고 있으며[4], 이외에도

SAE, C2C-CC와 같은 민간 표준 단체에서도 차량 통신 표준을 제정하고 있다[5].

차량 통신 환경은 노드들이 고속으로 이동함으로써 생기는 다중 경로 페이딩 현상과 함께 긴급 메시지를 전파하기 위한 신속성 및 견고함, 서비스에 따라 달라지는 QoS(Quality of Service) 요건 등의 특징을 가지고 있다. 이러한 요구 조건을 만족시키기 위하여 통신 규격을 설정한 것이 WAVE 표준이다.

차량 통신 시스템의 가장 기본적이면서도 중요한 메커니즘은 차량의 정보를 주변 차량과 주기적으로 교환하는 것이다. 각 차량의 정보에는 차량 고유 식별자, GNSS(Global Navigation Satellite System)에서 획득할 수 있는 위치 정보, ECU(Electronic Control Unit)에서 획득할 수 있는 주행 정보, 브레이크 상태 등이 있다. 이러한 정보를 담은 메시지는 비콘[6], BSM(Basic Safety Message)[7], Heartbeat Message, CAM (Cooperative Awareness Message)[8] 등으로 불리는데, 본고에서는 간단하게 비콘으로 칭한다. 차량 통신 시스템에서는 이러한 정보를 각 차량이 주변 노드에 주기적으로 1-홉(hop) 브로드캐스팅하게 된다. 이 메커니즘을 통하여 각 노드들은 자신의 주변 네트워크 토폴로지를 구성하여 각종 통신 서비스를 제공하며, 가장 중요한 서비스 중 하나인 차량 안전 관련 서비스와 직결되는 주변 상황 인지까지 할 수 있게 된다.

기본적으로 차량과 차량 사이의 통신을 V2V (Vehicle-to-Vehicle) 통신, 차량과 노변 장치 사이의 통신을 V2I(Vehicle-to-Infrastructure) 통신이라고 부른다. 또한 송신부와 수신부를 구분하여 노변 장치가 송신부이고 차량이 수신부일 때에는 I2V 통신이라고도 칭한다. 차량 통신 시스템은 노변 장치의 존재 유무에 따라서 인프라스트럭처(infrastructure)와 애드혹(Ad hoc) 모드로 네트워크의 구조를 나눌 수 있게 된다. 차량 통신 시스템에서 노변 장치의 역할은 주로 서비스 제공인데, 예를 들어 인터넷 접속이나 인포테인먼트 콘텐츠 제공, 도로 교통 상황 안내, 전자 요금 결제 등 다양한 서비스를 제공할 수 있다. 이때 노변 장치는 AP(access point)와 같은 동작을 하게 된

다. 차량 통신 시스템은 차량이 노변 장치의 AP에 접속하는 형태의 네트워크를 형성할 때 인프라스트럭처 모드 가 된다. 반면에 AP로 동작하는 노변 장치가 없는 경우에는 각 차량의 통신 반경 안에 있는 노드들 간에 네트워크를 형성하게 되는데, 우리는 이것을 VANET(Vehicular Ad Hoc Networks)이라고 한다.

차량 통신 시스템에서 노변 장치는 다양한 서비스 제공과 함께 차량이 가지고 있는 비교적 짧은 통신 반경을 보완할 수 있는 수단이 될 수 있다. 그러나 이와 같은 역할만을 위하여 도로에 노변 장치를 설치한다는 것은 비용적인 측면에서 매우 비효율적일 수 있으며 이러한 사실은 지능형 교통 시스템에 차량 통신을 적용하기 어렵게 만든다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 3G/LTE와 같은 셀룰러 이동통신망과 차량 통신망을 결합한 이종망 네트워크 시스템에 대한 고려 및 연구가 진행되고 있다 [9].

### 1. 차량 통신 국제 표준 WAVE

이 장에서는 차량 통신 시스템에 대한 이해를 위하여 가장 대표적인 표준인 WAVE 표준에 대하여 다루고자 한다. WAVE 표준은 차량 통신 시스템 아키텍처를 전체를 아우르는 규격으로서 물리(PHY) 계층과 매체 접속 제어(MAC) 계층의 일부 등 하위 계층의 규격을 담당하는 IEEE 802.11p와 MAC 계층, 네트워크 계층 등 상위 계층의 기능을 정의한 IEEE 1609 시리즈를 포함한다.

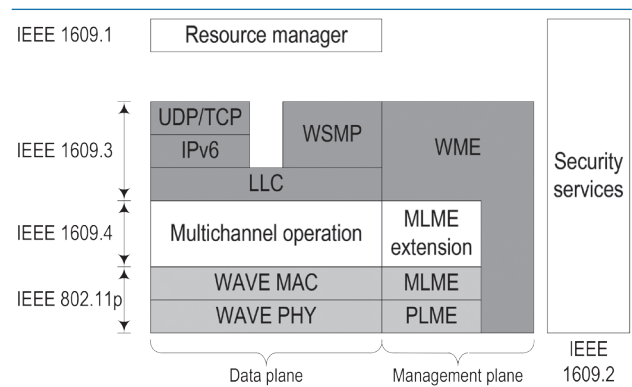


그림 2. WAVE 표준 통신 스택 구조[10]

#### (1) IEEE 802.11p

IEEE 802.11p는 5.9 GHz 대역을 사용하며 고속 이동 환경에 적합하게 설계된 무선 랜 표준이다. 기본 무선 랜 규격인 IEEE 802.11에 근간을 두고 있으므로 MAC 프로토콜은 기본적으로 경쟁 기반 접근 방식의 CSMA/CA(carrier sense multiple access/collision avoidance)를 따른다. 또한 IEEE 802.11p는

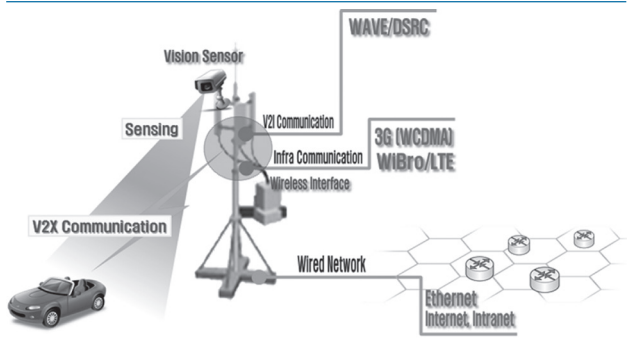


그림 1. 차량 통신 시스템 구조

OFDM(orthogonal frequency division multiplexing) 방식을 사용한다는 점에서 Wi-Fi 규격으로 잘 알려진 802.11a와 그 구조가 매우 흡사하다. 가장 큰 차이점으로는 대역폭의 넓이인데, IEEE 802.11a가 20MHz의 대역폭을 가지는 것에 반해 IEEE 802.11p는 10MHz의 대역폭을 가진다. 이에 대한 영향으로 심볼 간 간섭이 줄어들기 때문에 차량 통신 환경에서 빠르게 움직이는 차량들에게 보다 원활한 통신이 가능하다.

또한 IEEE 802.11p는 차량 통신 시스템에서 서비스에 따른 트래픽들 간의 우선순위를 할당하기 위하여 IEEE 802.11e를 포함한다[11]. IEEE 802.11e는 IEEE 802.11 표준의 추가 개정판으로서 서비스의 QoS 요구조건을 만족시키기 위하여 향상된 분산 채널 접근 (enhanced distributed channel access, EDCA)을 사용한다. IEEE 802.11e에서는 트래픽의 종류에 따라 AC(access categories)로 분류하여 각 AC별로 최소·최대 경쟁 윈도우 값, 프레임간 공간 중재(arbitration inter-frame space, AIFS) 값, 전송 기회(transmit opportunity, TXOP) 값을 다르게 할당하여 트래픽 간의 우선순위를 할당한다.

이것을 차량 통신 시스템에 적용하면 긴급 메시지와 같은 트래픽을 우선 순위가 높은 AC에 할당하고, 도로 교통 정보 혹은 인포테인먼트 콘텐츠와 같은 트래픽에 우선 순위가 낮은 AC를 할당하여 긴급 메시지 전송이 다른 서비스에 의해 지연되는 상황을 방지할 수 있다.

## (2) IEEE 1609 시리즈

WAVE 표준에서 IEEE 802.11p가 하위 계층의 규격을 정의한다면, IEEE 1609에서는 상위 계층의 기능에 대하여 정의한다. IEEE 1609는 여섯 가지 세부 규격으로 나누어진다. 첫 번째로 IEEE 1609.1은 자원 관리의 역할을 한다[12]. 이것은 통신 계층 구조를 넘어서 통신 모듈 안에서 처리하는 자원의 관리와 통신 모듈 간의 상호작용을 담당하는 응용에 대한 표준이다. 두 번째로 IEEE 1609.2는 마찬가지로 통신 계층 구조에 관계없이 WAVE의 보안 서비스를 담당하고 있다[13]. 여기에서는 보안 메시지와 그것을 처리하는 형식을 다룬다. 세 번째로 IEEE 1609.3은 WAVE의 네트워킹 서비스에 대한 표준이다[14]. 이 표준은 WAVE 시스템의 주소체계와 라우팅 서비스에 대해 정의한다. IEEE 1609.11[15]은 지능형 교통 시스템을 위한 전자요금 징수의 프로토콜을 정의하고 있으며 IEEE 1609.12[16]는 식별자 할당에 대하여 기술하고 있다.

차량 통신 시스템의 두드러진 특징 중 하나는 멀티 채널 오퍼레이션이다. IEEE 1609.4는 다수의 채널에서 동작하는 WAVE 시스템의 동작을 정의한다[17]. WAVE는 총 7개의 10 MHz 대역폭을 가지는 채널로 구성된다. 1개의 CCH(control channel)

과 4개의 SCH(service channel), 2개의 HALL(high availability low latency) 채널로 이루어져 있다. 여기서 HALL 채널은 미래를 위하여 남겨둔 채널이다. CCH는 안전 및 제어 정보를 다루는데 사용되고 SCH는 서비스 제공에 사용된다. 실질적으로 사용되는 채널의 수는 5개이다. 여기에서 WAVE 장비는 CCH와 SCH 사이에서 채널 스위칭 동작을 하게 된다. 기본적으로, CCH와 SCH는 50 ms의 동일한 간격을 가진다. 그러나 채널 조정 함수에 의하여 채널 간격은 조절될 수 있다. 채널 스위칭 동작을 하기 위해서는 모든 WAVE 장비에 동기화가 되어있어야 한다. 보통 WAVE 장비의 동기화는 GPS(Global Positioning System)와 같은 GNSS 장비를 사용하여 해결할 수 있다.

## 2. 차량 통신 플랫폼

경북대학교 IT·자동차융합연구센터(CITAC)에서는 임베디드 소프트웨어연구센터(CEST)와 함께 차량 통신 플랫폼을 개발하였다. OBU와 RSU 두 가지 형태가 있으며, 5.9GHz 대역을 사용하는 WAVE 표준을 통신보드 시제품에 구현하여 차량 통신 시스템을 실험할 수 있게 하였다.

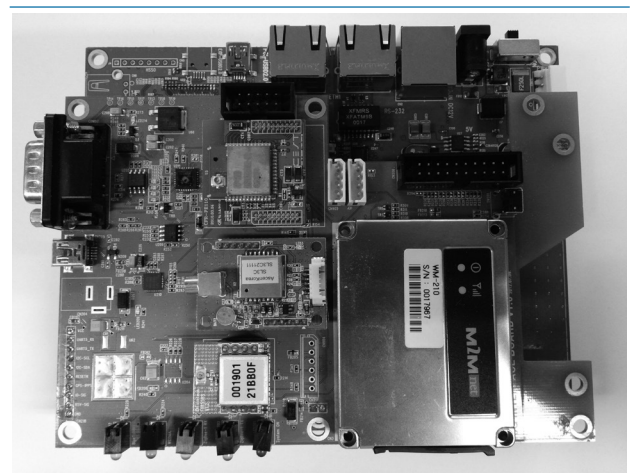


그림 3. 개발된 차량 통신 플랫폼

개발된 차량 통신 플랫폼에는 WAVE 통신 인터페이스뿐만 아니라 와이파이, 블루투스, 지그비, 3G 와 같은 무선 인터페이스를 모듈 형태로 장착할 수 있게 설계되었다. 또한 GPS 모듈이 장착 가능하여 위치 정보를 받을 수 있으며, OBD(on-board diagnosis) 인터페이스가 있어서 차량 내부 ECU의 정보를 받아올 수 있다.





그림 4. 차량 통신 성능 실험 모습

### Ⅲ. 컴퓨터비전 기술을 활용한 주변상황 인지

컴퓨터비전 기술은 운전자 보조 시스템(driver assistance system, DAS)의 구현을 위해 다양하게 활용되어 왔으며, 지능형 차량, 자율주행 등의 구현을 위해 최근까지 활발히 연구되고 있다. 더욱이 다중코어 CPU와 GP-GPU(general purpose GPU)의 사용 및 FPGA를 활용한 계산능력 향상으로 차량 주변상황인지를 위한 다양한 알고리즘들의 개발이 가속화되고 있다. 이와 관련하여 최근까지 다수의 대학과 연구기관에서 다양한 연구과제를 진행하고 있다. 특히, KIT(Karlsruhe Institute of Technology)와 동경공업대학교에서는 차량의 자율주행에 필요한 다양한 컴퓨터비전 기술의 성능을 평가하기 위해 KITTI 비전 벤치마크 데이터(Vision Benchmark Data)

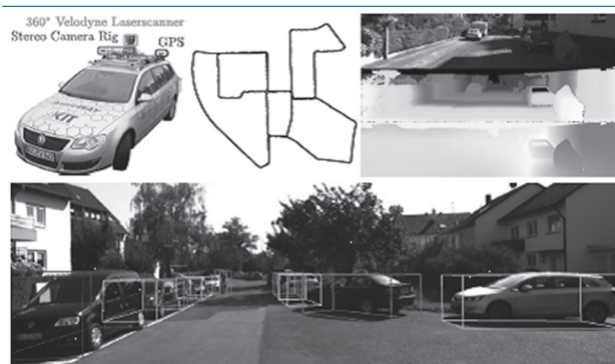


그림 5. KITTI 비전 벤치마크 데이터 [18]

를 제작하였다[18]. KITTI 벤치마크에서는 스테레오 영상의 시차정합(disparity matching), 비주얼 오도메트리(visual odometry), 그리고 객체(차량 및 보행자) 검출 등의 주제에 대한 알고리즘들의 성능을 비교 평가한다.

본고에서는 KITTI 벤치마크의 평가항목 중, 보행자와 차량을 검출하는 기존의 연구들을 소개하고, 더 나아가 스테레오 영상을 입력으로 도로환경의 기하적인 특징을 활용하여 장면의 구성요소들을 효과적으로 획득하는 연구들을 소개하고자 한다.

#### 1. 보행자 및 차량 검출

전형적인 보행자 및 차량 검출 과정은 우선 영상으로부터 특징정보를 추출하고 이를 학습하여 주어진 대상 영상에서 객체를 검출하는 단계로 구성된다.

보행자 검출에 사용되는 대표적인 특징정보는 Dalal과 Triggs가 제안한 HOG(Histogram of Gradient)가 있다[19]. 추출된 특징정보에 대해서 서포트 벡터 머신(Support Vector Machine)을 학습하고, 학습된 정보를 활용하여 대상영상을 탐색하며 보행자를 검출한다.

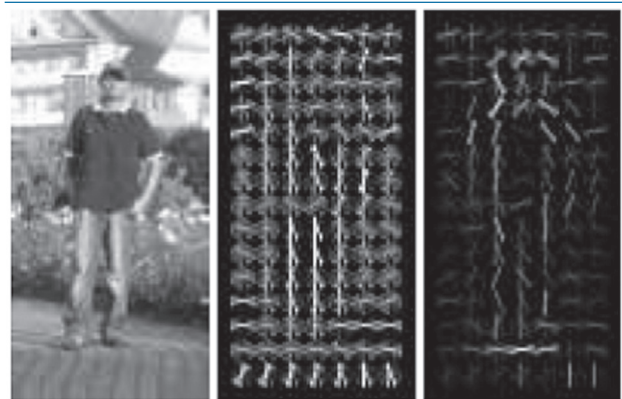


그림 6. HOG 특징정보: (왼쪽부터) 입력영상, HOG 특징정보, SVM의 positive class의 가중치가 적용된 HOG 특징정보[19].

보행자의 신체 각 부분을 검출하여 이를 바탕으로 보행자를 검출하는 연구도 수행되었다. Wu와 Nevatia는 일정크기의 다양한 경계선의 형태를 표현한 에지릿(Edgelet) 특징정보를 활용하여, 머리와 어깨를 표현한 오메가형태(omega-shape)의 검출기, 토르소(torso) 검출기, 다리(legs) 검출기를 따로 학습하여 보행자를 검출하였다[20][21]. 이러한 부분 검출기의 활용은 부분적으로 폐색(occlusion)이 존재하는 경우에도 뛰어난 검출성능을 보인다. 보행자검출의 최신 방법들의 성능은 Dollar 등의 연구에서 다양한 입력에 대하여 비교하고 있다[22].

차량 검출의 경우, Gaber 필터[23][24], Haar-like 필터[25][26] 등을 적용한 특징 정보가 빈번히 사용되며, 이들은 차량의

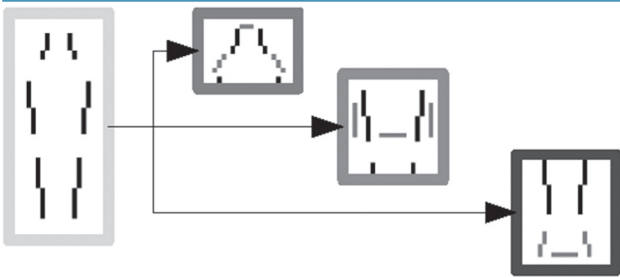


그림 7. (위) 에지릿 기반의 보행자 부분 모델, (아래) 검출 결과[20][21]

테일램프(tail-lamp)와 바퀴와 같은 구성요소를 고려하여 고안된다. 또한 검출 시 좌우 대칭인 특징이 활용되기도 한다.

다양한 차량의 모델에 대하여 코너와 같은 특징점을 추출하고 일정크기의 영상조각을 코드북(codebook)으로 저장하고 확률적 보팅(probabilistic voting)을 통해 가설을 생성하는 암시적 외형 모델(implicit shape model)기법도 활용되었다[27].

차량의 경우 연속영상에 대한 특징정보의 추적을 검출에 활용할 수 있다. 객체의 특징정보를 추적, 학습하고 추적정보와 학습된 정보를 바탕으로 검출하는 상호보완적인 TLD (tracking, learning, detection) 기법이 차량검출에 활용되었다[28][29].

## 2. 지면 정보의 획득과 활용

차량 주행 영상의 대표적인 기하정보인 지면은 차량의 주행 가능한 영역에 대한 정보를 제공하고 보행자와 차량을 포함한 장애물의 위치에 대한

정보를 제공한다. 단일시점에서 지평선, 소실점, 색상 등의 정보를 활용하여 도로영역을 찾는 연구가 수행되었다. 그러나 단일시점 기반의 접근방법들은 도로면의 3차원 정보를 정확하



그림 8. TLD를 활용한 차량 검출 결과[29]

게 추출하기 어려운 한계를 지닌다.

스테레오 입력 영상의 경우, 시차정합을 통하여 거리정보를 획득할 수 있으며, 지면을 3차원 평면이나 곡면으로 가정하여 3차원 점들로부터 추정하거나[30], 브이-디스페리티(v-disparity)를 활용하여 획득할 수 있다[31]. 특히, 브이-디스페리티를 활용하는 경우, 지면에 수직방향으로 존재하는 장애물을 검출할 수 있다.

획득된 지면 정보는 주행이 가능한 영역의 계산을 위해 활용되고[30], 3차원 공간에서 검출 가능한 객체의 위치를 제한하는 근거로 활용된다. 이는 객체검출의 수행속도를 향상시키고, 거짓 정보(false alarm)를 감소시켜 검출의 정밀도를 향상시킨다.

## 3. 도로영상의 기하모델링

지면정보를 포함한 도로영상의 구성요소들을 모델링하고 이를 활용하는 다양한 연구들이 수행되었다. 최근 Won과 Jung은 빌보드 스위프 스테레오 매칭(billboard sweep stereo matching) 방법을 제안하였다[32]. 이 방법은 도로영상이 지면, 지면상의 객체, 배경으로 구성된 것으로 가정하고, 각 구성요소의 기하정보(평면의 기울기 및 거리)와 레이블(label)을 획득한다. 지면을 수평방향의 기울기가 다양한 평면들로, 객체를 수직방향의 다양한 거리의 평면(빌보드 평면)들로 정의하고 각각에 대한 정합비용 계산과 최적화를 통해 각 화소의 레이블 정보와 기하정보를 동시에 획득한다. 또한 빌보드 평면의 동적 모델링을 통하여 인접 프레임에서의 효율적인 계산을 꾀하였다. 이 방법은 높은 정확도의 3차원 지면정보를 제공하고, 수직방향의 모든 객체에 대한 거리정보와 레이블 정보를 제공하므로 특정 범주의 객체검출에 직접적으로 활용될 수 있다.

Badino 등에 의해 제안된 스틱셀(Stixel)기반의 도로영상 모델링 기법에서는 지면상의 객체를 일정너비의 스틱(stick)들

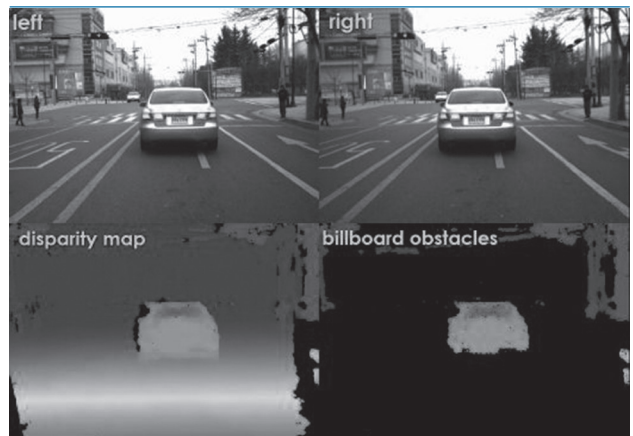


그림 9. 빌보드 스위프 스테레오 정합: (상) 좌우 영상, (하) 시차영상, 및 빌보드 객체영상[32]

의 조합으로 가정하여 각 스틱의 거리와 높이로 객체를 모델링 한다[33]. 우선, 스테레오 시차정합을 통해 획득된 거리영상으로부터 지면정보를 추출하고, 지면에 대해서 수직방향의 객체에 대한 거리와 높이를 다이나믹 프로그래밍(dynamic programming)기법을 활용하여 획득한다.



그림 10. 스틱셀을 활용한 도로영상의 기하 모델링[33]

Benenson 등은 거리영상을 사용하지 않고 스테레오 영상에서 직접 스틱셀을 생성하는 방법을 연구하였다[34]. 계산량이 많은 스테레오 시차정합과정을 거치지 않으므로 빠른 속도로 스틱셀을 획득할 수 있는 장점이 있다. 그 외, 모션을 고려한 스틱셀의 연구가 진행된 바 있으며, 보행자 검출에 적용을 비롯한 다양한 후속연구들이 진행 중에 있다[35][36].

## IV. 결론

본고에서는 국내외 지능형 ITS 관련 연구개발 현황과 C-ITS를 위한 차량 통신 및 주변상황 인지 기술의 개발 현황을 살펴 보았다. 차량 통신으로는 IEEE 802.11기반의 WAVE 기술이 세계적으로 표준화되어 적용될 것이다. 그러나 WAVE 기술은 대역폭의 제한으로 많은 차량이 몰리는 환경에서는 원활한 통신의 보장이 어려워진다. 그러므로 C-ITS를 위하여 WAVE 기술뿐만 아니라 LTE와 같은 이동통신 기술과의 접목을 통하여 트래픽을 분산하는 것이 필요하다.

차량 주변 상황 인지를 위하여 다양한 컴퓨터비전 분야의 알고리즘들이 차량의 주행환경에 적합하게 개선, 적용되고 있다. 특히 차량 주행환경의 구성요소들의 기하적인 특성을 활용하여 속도를 개선하고 성능을 향상하고자 하는 다양한 접근방법들이 활발히 연구되고 있다.

통신과 주변 인지 기술에 기반한 C-ITS 기술은 미래 IT자동차 융합 및 통신산업에 큰 발전을 가져다 줄 것이다.

## Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합

고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행 되었습니다 (NI-PA-2013-H0401-13-1005).

## 참고 문헌

- [1] 한동석, 우리나라, 홍성원, “지능형 교통 시스템의 통신 기술 현황,” 한국통신학회지, 2012, 2.
- [2] <http://www.smarthighway.or.kr/>
- [3] IEEE Draft Guide for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Architecture,” IEEE P1609.0/D6.0, June 2013, pp.1–96, Aug. 8 2013
- [4] ISO/CD 29281, “Intelligent Transport Systems — Communications Access for Land Mobiles (CALM) — Non-IP Communication Mechanisms,” Sept. 2008.
- [5] Car-to-Car Communication Consortium (C2C-CC) Web site; <http://www.car-2-car.org/>
- [6] Torrent-Moreno, M.; Mittag, J.; Santi, P.; Hartenstein, H., “Vehicle-to-Vehicle Communication: Fair Transmit Power Control for Safety-Critical Information,” Vehicular Technology, IEEE Transactions on, vol.58, no.7, pp.3684–3703, Sept. 2009
- [7] Raya, Maxim, and Jean-Pierre Hubaux. “Securing vehicular ad hoc networks,” Journal of Computer Security 15,1 (2007): 39–68.
- [8] Phan, Mai-Anh, Rene Rembarz, and Sabine Sories. “A Capacity Analysis for the Transmission of Event and Cooperative Awareness Messages in LTE Networks,” 18th ITS World Congress. 2011.
- [9] Benslimane, Abderrahim, Tarik Taleb, and Rajarajan Sivaraj. “Dynamic clustering-based adaptive mobile gateway management in integrated VANET–3G Heterogeneous Wireless Networks,” Selected Areas in Communications, IEEE Journal on 29,3 (2011): 559–570.
- [10] Uzcategui, R., and Guillermo Acosta-Marum. “WAVE: a tutorial,” Communications Magazine, IEEE 47,5 (2009): 126–133.
- [11] IEEE Standard for Information technology—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—Part 11: Wireless LAN Medium



- Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 8: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements,” IEEE Std 802.11e-2005 (Amendment to IEEE Std 802.11, 1999 Edition (Reaff 2003)), pp.1–212, Nov. 11 2005
- [12] Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Resource Manager,” IEEE Std 1609.1-2006, pp.1–71, Oct. 18 2006
- [13] IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments Security Services for Applications and Management Messages,” IEEE Std 1609.2-2013 (Revision of IEEE Std 1609.2-2006), pp.1–289, April 26 2013
- [14] IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Networking Services Corrigendum 1: Miscellaneous Corrections,” IEEE Std 1609.3-2010/Cor 1-2012 (Corrigendum to IEEE Std 1609.3-2010), pp.1–19, July 13 2012
- [15] IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Over-the-Air Electronic Payment Data Exchange Protocol for Intelligent Transportation Systems (ITS),” IEEE Std 1609.11-2010, pp.1–62, Jan. 9 2011
- [16] IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Identifier Allocations,” IEEE Std 1609.12-2012, pp.1–20, Sept. 21 2012
- [17] IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Multi-channel Operation,” IEEE Std 1609.4-2010 (Revision of IEEE Std 1609.4-2006), vol., no., pp.1,89, Feb. 7 2011
- [18] Geiger, A., Lenz, P., Urtasun, R., “Are we ready for autonomous driving? The KITTI vision benchmark suite,” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2012.
- [19] Dalal, N., Triggs, B., “Histograms of oriented gradients for human detection,” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2005.
- [20] Bo Wu, Nevatia, R., Yuan Li, “Segmentation of multiple, partially occluded objects by grouping, merging, assigning part detection responses,” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2008.
- [21] Bo Wu, Nevatia, R., “Detection and tracking of multiple, partially occluded humans by Bayesian combination of edgelet based part detectors,” International Journal of Computer Vision, vol. 75, no. 2, pp. 247–266, 2007.
- [22] Dollar, P., Wojek, C., Schiele, B., Perona, P., “Pedestrian detection: an evaluation of the state of the art,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.34, no.4, pp.743–761, April 2012.
- [23] Zehang Sun, George Bebis, and Ronald Milier, “On-Road Vehicle Detection using Evolutionary Gabor Filter Optimization,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol. 6, No. 2, pp. 125–137, 2005.
- [24] Zehang Sun, George Bebis, and Ronatd Milier, “On-Road Vehicle Detection using Gabor Filters and Support Vector Machines,” Proc. Interrntional Conference on Digital Signal Processing, pp. 200–203, 2002.
- [25] Jaesik Choi, Realtime On-Road Vehicle Detection with Optical Flow and Haar-Like Feature Detectors, Computer Science Research and Tech Reports, University of Illinois at Urbana Champaign, 2006
- [26] Gwane Yul Song, Ki Yong Lee, and Joon Woong Lee, “Vehicle Detection by Edge-based Candidate Generation and Appearance-based Classification,” Proc. IEEE Symposium(IV) Intelligent Vehicle, pp. 428–433, 2008.
- [27] Leibe, B., Cornelis, N., Cornelis, K., Van Gool, L., “Dynamic 3D Scene Analysis from a Moving Vehicle,” IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp.1–8, June 2007
- [28] Zdenek Kalal, Krystian Mikolajczyk, and Jiri Matas, “Tracking-Learning-Detection,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 34, no. 7, pp. 1409–1422, 2012
- [29] Caraffi, C., Vojir, T., Trefny, J., Sochman, J., Matas, J., “A system for real-time detection and tracking of vehicles from a single car-mounted

camera,” 15th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), pp.975–982, Sept., 2012

- [30] Wedel, A., Badino, H., Rabe, C., Loose, H., Franke, U., Cremers, D., “B-spline modeling of road surfaces with an application to free-space estimation,” Trans. Intell. Transport. Sys., vol. 10, no. 4, pp.572–583, 2009
- [31] Labayrade, R., Aubert, D., Tarel, J.-P., “Real time obstacle detection in stereovision on non flat road geometry through “v-disparity” representation,” IEEE Intelligent Vehicle Symposium, vol.2, pp.646–651, June 2002
- [32] K.H. Won and S.K. Jung, “Billboard sweep stereo for obstacle detection in road scenes,” Electronics Letters, vol. 48, no. 24, Nov. 2012
- [33] Badino, Hernan and Franke, Uwe and Pfeiffer, David, “The Stixel World – A Compact Medium Level Representation of the 3D-World,” Proceedings of the 31st DAGM Symposium on Pattern Recognition, pp. 51–60, 2009
- [34] Benenson, R., Timofte, R., Van Gool, L., “Stixels estimation without depth map computation,” IEEE International Conference on Computer Vision Workshops, pp.2010–2017, Nov. 2011
- [35] Benenson, Rodrigo and Mathias, Markus and Timofte, Radu and Van Gool, Luc, “Fast stixel computation for fast pedestrian detection,” Proceedings of the 12th international conference on Computer Vision, pp. 11–20, 2012
- [36] Gunyel, Bertan and Benenson, Rodrigo and Timofte, Radu and Van Gool, Luc, “Stixel motion estimation without optical flow computation,” Proceedings of the 12th European conference on Computer Vision, pp. 528–539, 2012

## 약 력



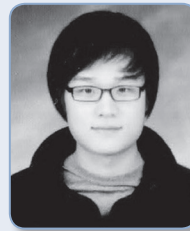
정 순 기

1990년 경북대학교 공학사  
1992년 KAIST 이학석사  
1997년 KAIST 공학박사  
1998년~현재 경북대학교 컴퓨터학부 교수  
관심분야: IT자동차융합, 증강현실, 컴퓨터비전



원 광 희

2005년 경북대학교 공학사  
2007년 경북대학교 공학석사  
2013년 경북대학교 공학박사  
2013년~현재 경북대학교 박사후연구원  
관심분야: 컴퓨터비전, IT자동차융합



주 지 훈

2011년 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학사  
2011년~현재 경북대학교 대학원 전자공학부 석사 과정  
관심분야: 차량통신 시스템, 지능형 교통시스템



한 동 석

1987년 경북대학교 공학사  
1989년 KAIST 공학석사  
1993년 KAIST 공학박사  
1989년~1996년 삼성전자 기술총괄 신호처리 연구소 선임연구원  
1996년~현재 경북대학교 전자공학부 교수  
2011년~현재 경북대학교 IT자동차 융합연구센터 센터장  
관심분야: IT자동차융합, 지능형 교통시스템, 통신신호처리