정보과학회지

2019. 1
제37권 제1호
통권 제356호

목 차

3 **취임사 / 최종원**

4 **학회지를 맡으면서 / 황인준**

5 **"드론 및 커넥티드 카" 특집을 내면서 / 주창희**

6 **특집계획**

7 **특집원고모집**

8 **월별 학술행사 개최계획**

9 **학회동정**

특집원고

10 드론 개발 동향 및 관련 기술 소개 / 조창환·박성준·엄인섭·김황남

20 날개 각도가 기울어진 선도자-추종자 헥사로터 그룹의 위치 및 자세 분산 최적제어 / 이명훈·문 준

29 네트워크 공격에 따른 UAV와 GCS의 위험성 분석 연구 / 유재민·윤지영·박경준

38 스마트 드론을 위한 인공지능 기술 연구 동향 / 구윤표·손경환·이 융

45 커넥티드카를 위한 차량 네트워킹 및 응용 / 최대근·정재훈

54 자동차 네트워킹 기반 협력적 측위 정확도 향상 기술 / 정한유

61 딥러닝을 이용한 라이다 기반 3D 물체 검출 기법 연구 동향 / 고준호·김재겸·김예철·최준원

논문초록

72 정보과학회논문지 12월호

색인목록

77 2018년 정보과학회지 · 정보과학회논문지 · 정보과학회 컴퓨팅의 실제 논문지 · Journal of Computing Science and Engineering

게시판

91 우수 해외학술행사 논문 모집 안내

95 우수 해외학술행사 개최 안내

학회소식

101 회의개최결과

102 학술행사 개최결과

123 임원 및 위원 명단

127 특별회원기관

128 입회안내

129 정보과학회지 투고규정

Communications of KIISE

January 2019

Vol. 37 No. 1
Serial No. 356

Contents

3 Inaugural Address / Jong Won Choe

4 Inaugural Address / Eenjun Hwang

5 "Dron and Connected Car" About This Issue / Changhee Joo

6 2018 Special Issues

7 Call for Proposals

8 Upcoming Academic Conferences

9 KIISE News I

Special Feature

10 Exploring Trends and Technologies in Drone Development / Changhwan Joe·Seongjoon Park·Inseop Um·Hwangnam Kim

20 Decentralized Optimal Position and Attitude Control for a Group of Leader-Follower Hexarotors with Tilted Propellers / Myoung Hoon Lee·Jun Moon.

29 Risk analysis of UAV and GCS for network attacks / Jaemin Yu·Jiyoung Yoon·Kyung-Joon Park

38 Research Trends in Artificial Intelligence Technology for Smart Drones / Yoonpyo Koo·Kyunghwan Son·Yung Yi

45 Vehicular Networking and Applications for Connected Cars / Daeguen Choe·Jaehoon Jeong

54 Approaches to Improving the accuracy of cooperative vehicle positioning based on vehicular networking / Han-You Jeong

61 Survey on deep learning-based 3D object detection algorithms using LiDAR data / Jun-Ho Koh·Jae-Kyum Kim·Ye-chul Kim·Jun-Won Choi

Journal Summary

72 Decemaber, 2018

Index

77 2018 Communications of KIISE · Journal of KIISE · KIISE Transactions on Computing Practices · Journal of Computing Science and Engineering

Bulletin Board

91 Call for Papers: International Conferences

95 Call for Participation: International Conferences

KIISE News II

101 Report on Committee Meeting

102 Report on Academic Conference

123 Board and Committee Members

127 Special Members

128 Guide for Membership

129 Guideline for Submission

커넥티드카를 위한 차량 네트워킹 및 응용

성균관대학교 ▌최대근·정재훈

1. 서 론

커넥티드카란 자동차와 IT 기술을 융합하여 차량과 사물 간 통신(Vehicle to Everything, V2X)을 지원하는 차량을 의미한다. 차량 네트워크(Vehicular Network)는 차량 간 통신(Vehicle to Vehicle, V2V), 차량과 인프라 간 통신(Vehicle to Infrastructure, V2I), 차량과 보행자 간 통신(Vehicle to Pedestrian, V2P) 등 차량 주행 중 도로 인프라, 다른 차량 및 보행자와의 통신을 효과적으로 지원하고, 교통 관련 정보를 효율적으로 공유하게 하는 네트워크를 의미한다[1, 2]. IEEE는 차량 네트워크를 위한 전용 단거리 통신(Dedicated Short-Range Communications, DSRC)을 위한 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments) 표준을 제정하였다[3, 4].

커넥티드카의 핵심 기술인 V2X를 이용하여 다양한 서비스를 제공할 수 있는데, 이러한 서비스는 내비게이션(Navigation), 친환경 주행 보조(Green Driving Assistant), 교통신호 관리(Dynamic Traffic Light Management)와 같은 비안전 관련 응용(Non-safety Application)과 차량 충돌방지(Collision Avoidance), 보행자 안전(Pedestrian Protection)과 같은 안전 관련 응용(Safety Application)으로 구분할 수 있다[3, 4, 5].

차량 네트워크 환경은 일반 컴퓨터 네트워크 환경과 다르기 때문에, 커넥티드카를 위해서 다양한 기술들이 필요하다. 차량 네트워크의 특성을 고려한 프로토콜이 필요하고, 차량이 빠르게 움직이는 도로 상황에서 효율적인 데이터 교환을 위한 기법도 필요하다. 왜냐하면 차량은 무선을 통해서만 통신을 할 수 있으며, 차량이 계속해서 고속으로 이동하기 때문에 기존의 네트워크 기술로는 안전하고 효율적인 통신을 수행할 수 없기 때문이다.

본 논문의 2절에서는 차량 네트워크 환경에서의 무선 접속을 위한 IEEE WAVE 프로토콜에 대해 소개하고, IPv6 기반 차량 네트워킹을 위한 IETF IPWAVE (IP Wireless Access in Vehicular Environments) 프로토콜에 대해 설명한다. 3절에서는 안전운행을 위한 공간적 및 시간적 조정을 통한 효율적인 데이터 교환 방법에 대해 소개한다. 4절에서는 다양한 커넥티드카 안전 관련 응용 및 비안전 관련 응용에 대해 설명한다. 마지막으로 5절에서 결론 및 향후연구에 대해 다룬다.

† 본 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2017R1D1A1B03035885).

2. 차량 네트워킹을 위한 WAVE 프로토콜과 IPWAVE 프로토콜

본 절에서는 커넥티드카 환경, 즉 차량 네트워크 환경에서의 무선 통신을 위한 WAVE 표준과 IP 기반 차량 통신을 위한 IPWAVE 표준에 대해 설명한다. 또한 차량 네트워크에서의 IP 주소 자동설정 기법을 설명한다.

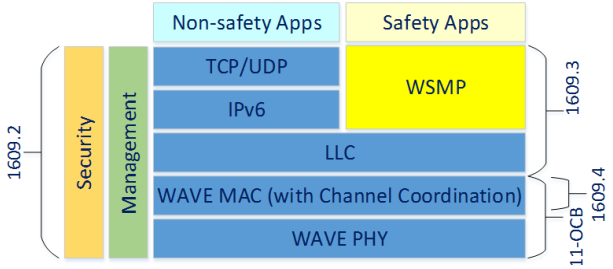


그림 1 IEEE WAVE 프로토콜 스택

2.1. WAVE 프로토콜

IEEE는 차량 네트워킹에 사용되는 DSRC를 위한 프로토콜로 WAVE 표준을 제정하였다. 그림 1은 WAVE 프로토콜 스택을 표현한 것이다[3, 4]. WAVE 프로토콜 스택의 응용 계층(Application Layer)은 비안전 관련 응용(Non-safety App)영역과 안전 관련 응용(Safety App) 영역으로 구분할 수 있다. 안전 관련 응용 영역에서는 전송 프로토콜로 WSMP(WAVE Short Message Protocol)를 사용하고, 반면에 비안전 관련 응용 영역에서는

TCP/UDP와 IPv6을 전송 프로토콜로 사용한다. IPv6와 WSMP를 스위칭하기 위해 바로 아래에 논리적 링크 제어 계층(Logical Link Control, LLC)가 존재한다. 이더넷 헤더에 있는 2 바이트 크기의 타입 필드를 이용하여 데이터가 IP 스택으로 가야하는지 WSMP 스택으로 가야하는지를 결정할 수 있다. LLC 아래에 멀티 채널 코디네이션(Coordination)을 담당하는 WAVE MAC 계층이 존재한다. 가장 하위 계층인 WAVE PHY 계층은 무선 채널에서의 데이터 프레임의 무선 송수신을 담당한다. IEEE 802.11-OCB 802.11-OCB(Outside the Context of a Basic Service Set)[6] 표준은 WAVE네트워크에서의 무선 PHY와 MAC 계층을 위한 데이터 프레임과 동작 과정을 기술하고 있다.

2.2 IPWAVE 프로토콜

IETF는 WAVE의 비안전 관련 응용을 위한 IP 기반 차량 네트워킹 프로토콜을 개발하고 있다. 그림 1의 WAVE 프로토콜 스택의 비안전 관련 응용 영역에 해당하는 IPv6기반 프로토콜을 IPWAVE 워킹그룹에서 개발하고 있다[7, 8]. 차량 애드혹 네트워크(Vehicular Ad Hoc Network, VANET)를 위한 IEEE 802.11-OCB[6]에 IPv6 패킷 전송을 위한 IETF IPWAVE 표준이 IETF IPv6-Over-802.11-OCB이다[7]. IPv6-Over-802.11- OCB의 핵심 내용은 최대 전송 유닛 크기(Maximum Transmission Unit, MTU), IPv6 헤더 앞에 오는 프레임 헤더의 포맷, 헤더 포맷 안의 타입 값, 그리고 이더넷 적응 계층(Ethernet Adaptation Layer)이다. 802.11-OCB 프레임의 MTU 사이즈는 기본값이 1500 바이트이다. 이 크기는 이더넷 링크로 내보내는 IPv6 패킷의 크기와 같다. 만약 패킷 사이즈가 1500보다 크다면, 단편화(Fragmentation)을 통해 여러 개의 패킷으로 나누고 일렬 번호(Sequence Number)를 추가해야 한다.

802.11-OCB 프레임 포맷은 기존의 이더넷 프레임 포맷과 다른데, 왜냐하면 802.11-OCB는 무선 네트워크에서 운용되기 때문이다. 서로 다른 두 포맷간의 변환을 위해 이더넷 적응 계층이 필요하다. 그림 2는 두 프레임 간의 변환을 담당하는 이더넷 적응 계층을 도시하고 있다. 이더넷 적응 계층은 MAC 계층과 네트워크 계층 사이에 추가되어 있다.

802.11-OCB 프레임 포맷에 대해 상세하게 살펴보면 다음과 같다. 802.11 헤더는 일반 데이터 헤더와 QoS(Quality of Service) 데이터 헤더의 2가지 종류로 나뉜다. 데이터 프레임을 예로 들면, 가장 먼저 무선 통신에 대한 라디오탭 헤더가 가장 앞에 있으며, 그 뒤로 802.11 데이터 헤더가 붙는다. 그 다음에 LLC 헤더가 뒤따르는데, LLC 헤더의 타입 필드의 값에 따라 해당 프레임이 IPv6 패킷을 포함하는지 WSMP패킷을 포함하는지를 구분한다. 그림 3은 LLC 헤더 포맷을 나타낸 것이다. 그 다음으로 IPv6 헤더가 뒤따르고, 마지막으로 페이로드(Payload)와 트레일러(Trailer)가 붙는다.

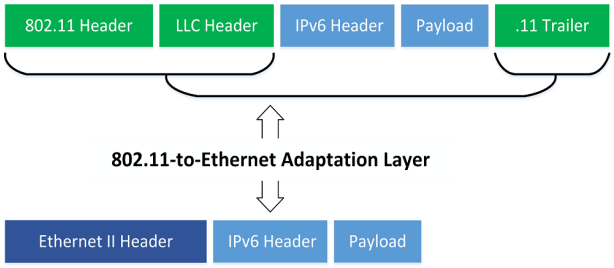


그림 2 IEEE 802.11-OCB Ethernet Adaptation Layer

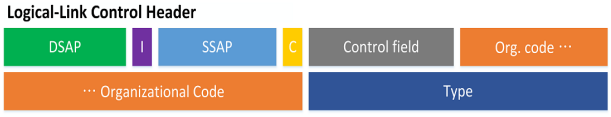


그림 3 Logical Link Control Header

IETF IPWAVE 워킹그룹은 IEEE 802.11-OCB 기반 IPv6 네트워킹을 위한 문제 정의와 유스케이스를 정의하고 있다[8]. IPv6 네트워킹을 위한 주요 문제로는 (1) 차량 네트워크를 위한 IPv6 이웃 탐색 프로토콜(Neighbor Discovery Protocol), (2) V2I를 통한 이동하는 차량과 인터넷 노드와의 통신을 위한 이동성 관리(Mobiliy Management), 그리고 (3) 차량 네트워크에서의 보안과 프라이버시(Security and Privacy)이다. 본 문제정의 및 유스케이스 문서[12]는 IPv6 네트워크에서의 WAVE기반 V2V, V2I 및 V2X의 다양한 유스케이스를 소개하고 있고, 본 문서의 문제들은 향후 IPWAVE 워킹그룹이 구체적인 프로토콜 개발을 위한 기반 문서로 활용될 예정이다[9].

2.3 차량 네트워크에서의 IP 주소 자동설정

차량 네트워크에서 IPv6를 통한 통신을 하기 위해서는 IP 주소를 구성해야 한다. 차량 네트워크 환경에서의 IP 주소 자동구성(Autoconfiguration) 방법으로 3가지가 존재한다. 첫 번째 방법은 클러스터를 이용한 차량 애드혹 네트워크(VANET) 구성이다[10]. 근접해 있는 차량끼리 하나의 그룹 또는 클러스터를 구성하게 하고, 차량 중 하나를 DHCP 서버로 지정하여 IP 주소를 자동 구성하는 방법이다. 그림 4는 클러스터를 이용한 VANET을 나타낸다.

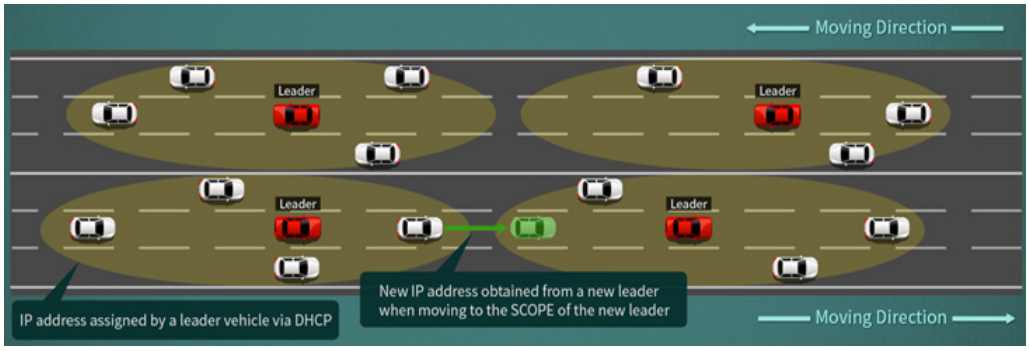


그림 4 클러스터를 이용한 Vehicular Ad-Hoc Networking

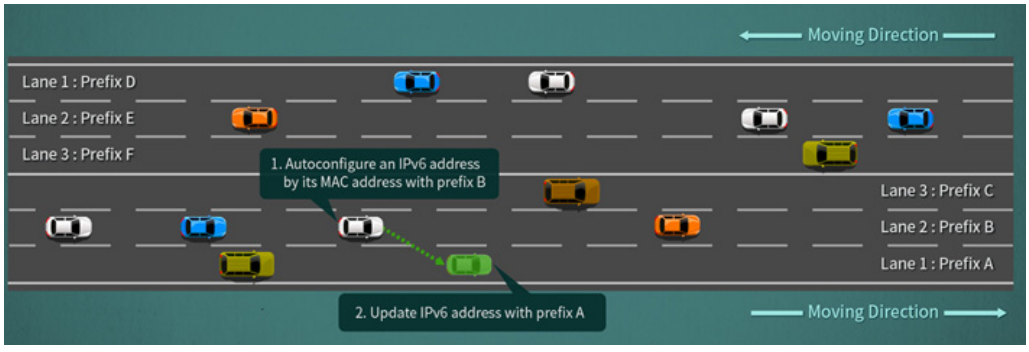


그림 5 차선에 따른 IPv6 프리픽스 할당

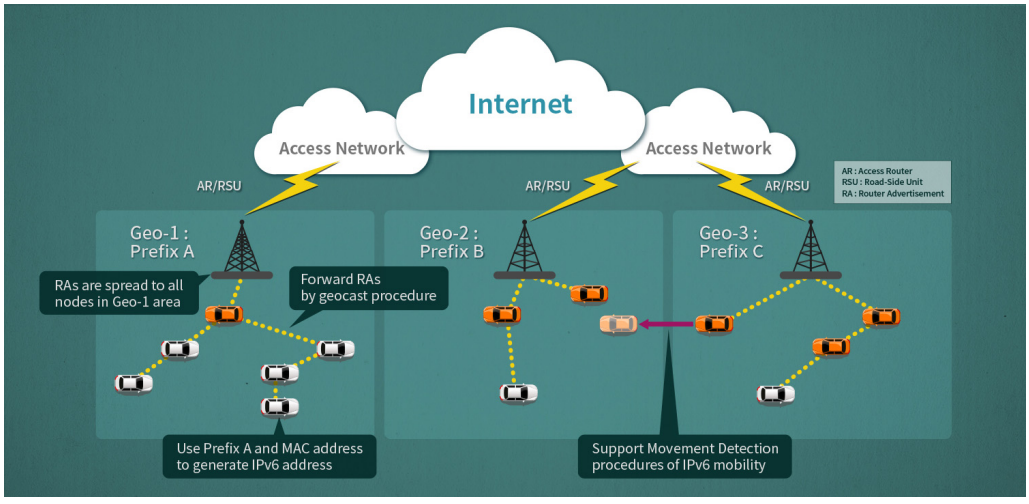


그림 6 지리적 네트워킹을 통한 IPv6 주소 자동구성

두 번째 방법은 차선별로 IPv6 프리픽스(Prefix)를 할당하여 IP 주소를 구성하는 방법이다[11]. 도로 위의 차량은 자신이 주행하고 있는 차선에 따라 IPv6 프리픽스를 부여받고, 자신이 가지고 있는 인터페이스 주소와 MAC 주소를 결합하여 IPv6 주소를 생성한다. 그림 5는 차선에 따른 IPv6 프리픽스 할당에 대한 그림이다.

마지막 방법은 지리적 정보를 이용하여 IP 프리픽스를 할당하여 차량들이 자신의 IP 주소를 자동설정하게 방법이다[12]. 차량 네트워크 무선 공유기인 RSU(Road-Side Unit)을 중심으로 지리적 구역을 나누고, 각 지리적 구역에 IPv6 프리픽스를 할당하고, 라우터 광고 메시지(Router Advertisement, RA)를 이용해 IPv6 주소를 자동으로 구성한다. 그림 6은 지리적 네트워킹을 통한 IP주소 설정에 대한 그림이다.

3. 차량 안전 운행 데이터 교환을 위한 MAC 프로토콜

STMAC(Spatio-Temporal Coordination-Based MAC) 프로토콜은 차량 네트워크 상황에서 차량 간 효율적

인 안전 데이터 교환을 지원한다[13]. 안전 데이터라 함은 차량이 이동하면서 차량의 상태 정보, 이동 정보, 거리 정보, 또는 제동 정보와 같은 차량 주행 도중에 발생하는 데이터를 말한다. 안전과 관련된 데이터들을 서로 교환함으로써 충돌 예방 등의 안전 운행을 위한 서비스를 지원할 수 있다. STMAC은 RSU가 주변 차량들의 위치 정보를 수집하게 하여 차량들의 데이터 프레임 전송에서 공간적 및 시간적 조정자 역할을 수행하도록 한다. 즉 STMAC은 RSU의 공간적 및 시간적 조정을 통해 차량 간의 효과적인 안전 데이터 교환을 지원한다. 그림 7과 그림 8은 공간적 및 시간적 정보를 이용해 어떻게 효과적으로 데이터 교환을 하는지를 설명한다.

- 공간적 조정: 그림 7에서 보는 바와 같이, 방향성(Directional) 안테나를 사용하여 V4가 V3에게 데이터를 전송하고, V2가 V1에게 데이터를 전송하는 상황이다. 서로의 통신 범위(Communication Coverage)가 공간상에 겹치지 않기 때문에, 두 데이터 전송은 같은 시간에(즉, 동시에) 이루어질 수 있다.

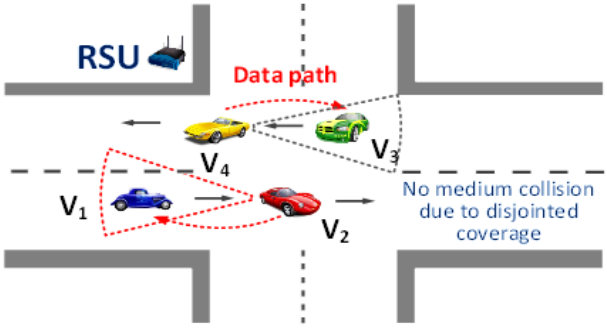


그림 7 공간적 정보를 이용한 효율적 데이터 교환

- 시간적 조정: 그림 8의 경우에는 반대로 데이터가 V3에서 V4으로 이동하고, V1에서 V2로 전달되는 상황이다. 서로의 통신 범위가 공간상에서 겹치기 때문에 통신에 문제가 발생할 수 있다. 이러한 상황에서는 타임슬롯(Time Slot)을 이용해 시간상에서의 전송 충돌(Collision)을 방지할 수 있다.

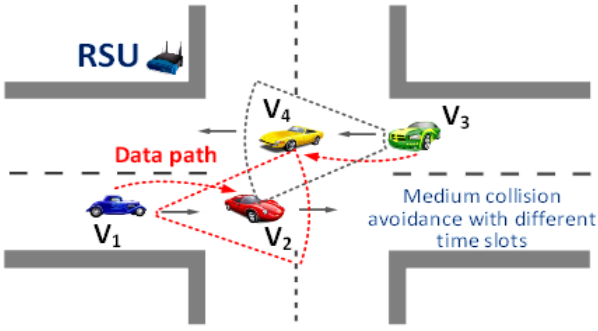


그림 8 시간적 정보를 이용한 효율적 데이터 교환

STMAC에서 공간적 조정을 사용하기 위해서는 방향성 안테나의 특징에 대해 파악해야 한다. 방향성 안테나를 이용해 데이터를 전송하면, 안테나의 방향을 따라 메인 로브(Main Lobe)가 발생할 뿐만 아니라, 옆 방향과 반대 방향으로 사이드 로브(Side Lobe)와 백 로브(Back Lobe)가 발생하게 된다. 이러한 사이드 로브와 백 로브는 의도치 않게 다른 차량들의 무선 통신에 간섭을 일으킬 수 있다. 따라서 방향성 안테나를 이용하더라도 통신 간섭을 막기 위해 사이드 로브와 백 로브를 고려하여 전송 스케줄링 해야 한다. 그림 9는 차량 네트워크 상황에서 방향성 안테나의 메인 로브와 사이드 로브, 백 로브를 나타낸다.

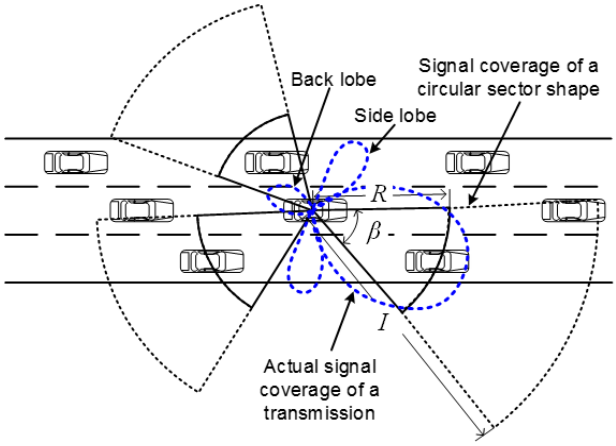


그림 9 방향성 안테나의 메인 로브, 사이드 로브 및 백 로브

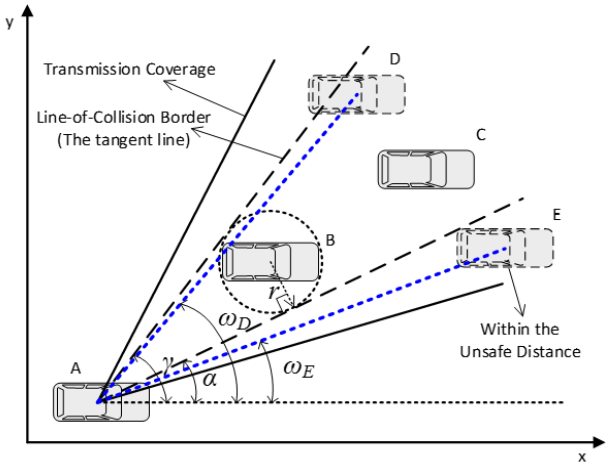


그림 10 충돌 라인(Line of Collision) 관계 통신

효율적인 데이터 교환을 위해서 안테나의 특성뿐만 아니라 차량 간의 위치관계 또한 고려해야 한다. STMAC은 충돌 라인 관계 통신(Line-of-Collision, LoC)이라는 기법을 이용하여 충돌 가능성이 있는 차량끼리만 데이터 교환을 수행하게 한다. 그림 10은 한

차량에 대한 LoC를 설명하는 그림이다. 차량A는 주변에 있는 차량B, 차량C, 차량D 및 차량E와 통신할 수 있지만, 실제로 안전 데이터를 교환해야 하는 차량은 물리적으로 충돌이 가능한 차량B와 차량E 뿐이다. 이러한 차량B와 차량E는 차량A와 직선거리에 있어 물리적으로 충돌이 가능한 관계(LoC)라 한다.

도로에 다수의 차량이 있을 때, 서로 LoC 관계인 차량들을 연결하여 그래프로 표현할 수 있다. 차량들 간의 위치관계를 그래프로 표현함으로써 전송 스케줄링 필요한 네트워크 토폴로지를 구할 수 있다. 그림은 11은 그림 10의 LoC 관계인 차량들을 서로 연결하여 차량 네트워크 그래프를 형성하는 과정을 표현한다. 그림 11과 같은 차량 애드혹 네트워크가 주어졌을 때, 최대 호환 셋-커버 알고리즘(Maximum Compatible Cover-Set)을 이용하여 효율적인 데이터 교환을 수행할 수 있다. 예를 들어, 차량3이 통신을 하는 경우에는 차량1, 차량2, 차량4, 그리고 차량5에 데이터를 전달할 수 있고, 차량7은 차량6과 차량8에게 데이터를 전달할 수 있다. 그래프에서 어떤 링크도 동시에 사용되지 않기 때문에 차량3과 차량7은 동시에 데이터를 전송할 수 있다. 이러한 방식으로, 데이터를 전송하고자 하는 노드의 집합과 그 집합이 사용하는 링크의 집합 간의 관계를 이용해 전송상의 충돌 없이 데이터 교환을 효율적으로 수행할 수 있다.

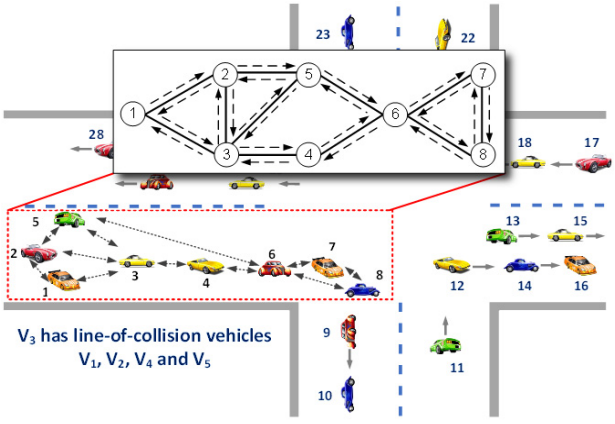


그림 11 LoC를 이용한 차량 네트워크 그래프 형성

STMAC은 시간적 조정을 하기 위해서 타이밍 광고 프레임(Timing Advertisement Frame, TAF)을 사용한다. TAF는 3가지 역할을 한다. 차량의 존재를 RSU에 알리고, 차량의 이동성 정보를 RSU에게 알림으로써 RSU가 전송 스케줄링 수행하도록 한다. 또한 차량의 전송 스케줄을 다른 차량들에게 안내한다. STMAC에서 전송에 대한 스케줄링을 하는 방법은 다음과 같다. 데이터 전송을 위해 시간을 두 가지 구간, 경쟁구간(Contention Period)과 비경쟁구간(Contention-Free Period)으로 나눈다.

경쟁구간에서는 RSU가 주변 차량들에게 TAF 메시지를 보낸다. TAF 메시지를 받은 차량들은 자신의 이동성 정보를 등록하기 위해 RSU에 요청 메시지를 보내게 된다. 이 과정에서는 충돌이 일어나 등록이 올바르게 일어나지 않을 수 있다. 이 경쟁구간의 길이를 CP 길이라 하는데, 이 길이는 너무 길어도 짧아도 안되기 때문에 최적화가 필요하다. 차량의 도착율 통계를 이용하여 차량 등록확률을 통해 최적의 CP 길이를 구할 수 있다. 그림 12는 경쟁구간에 일어나는 과정을 시간의 흐름에 따라 표현한 것이다.

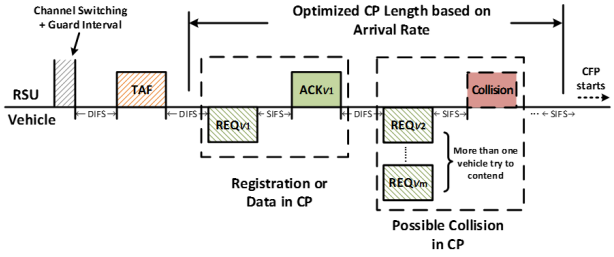


그림 12 경쟁구간의 메시지 전송 다이어그램

차량의 이동성 정보를 RSU에 등록을 하면, RSU는 그 정보를 바탕으로 전송 스케줄링을 수행한다. 그 결과를 TAF 메시지를 통해 주변의 차량에게 전송하면, 각 차량들은 스케줄 내용에 따라 데이터 교환을 수행한다. 위에서 살펴본 LoC 그래프와 셋-커버 알고리즘, 그리고 타임 슬롯을 이용해 통신상의 충돌 없이 효과적으로 데이터 교환을 수행할 수 있다. 그림 13은 비경쟁구간을 설명한다.

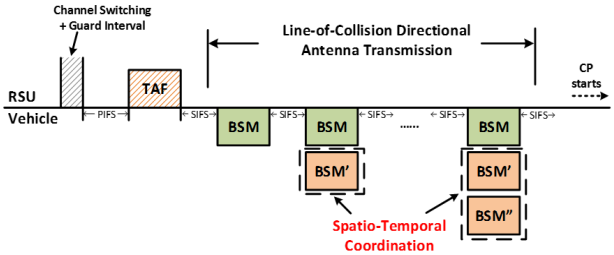


그림 13 비경쟁구간의 메지지 전송 다이어그램

4. 차량 네트워크에서의 커넥티드카 응용 서비스

본 절은 차량 네트워크에서의 응용 서비스로 사고 예방을 위해 실시간 통신을 필요로 하는 안전 응용 서비스와 통신 지연을 허용하는 비실시간 통신 기반 비안전 응용 서비스를 설명한다.

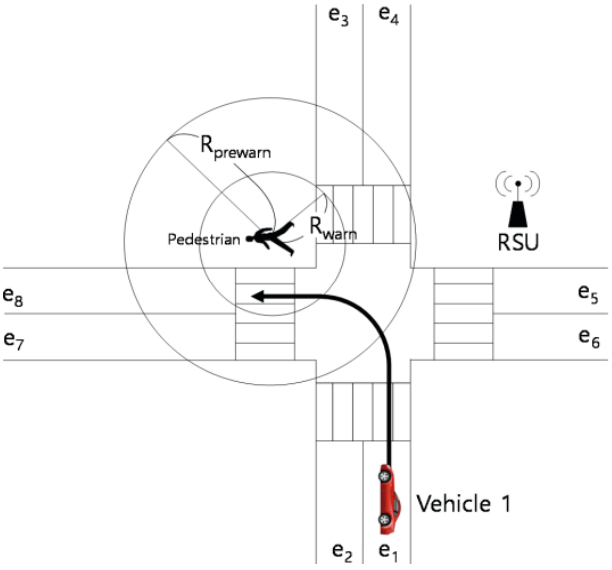


그림 14 보행자 보호를 위한 보행자 안전 영역

4.1 커넥티드카를 통한 도로 안전 서비스

본 절에서는 커넥티드카 안전 응용 서비스(Safety App)에 대해 소개한다. 도로 안전에는 보행자와 차량 간의 안전과 차량과 차량 간의 안전으로 분류할 수 있다. 보행자와 차량 간의 충돌을 방지하기 위한 기법으로 Safety-Aware Navigation Application for Pedestrian Protection in Vehicular Networks(SANA)가 있다[14]. 차량과 보행자의 이동 동선을 기반으로 충돌 위험을 분석하여, 사용자에게 사전 경고(Pre-Warning)와 경고(Warning)의 두 가지 단계를 가진 경고체계를 통해 충돌 위험을 알리는 기법이다. RSU가 보행자의 이동 정보와 차량의 이동 정보를 분석하여 충돌 위험이 있는 지를 분석한다. 그림 14는 보행자 보호를 위한 보행자 안전 영역을 도시하고 있다. 사용자를 중심으로 안전 영역을 두 부분으로 나누어, 차량이 바깥쪽 영역에 있으면 사전 알림을 하고, 만약 사전 알림을 했음에도 불구하고 안쪽 영역으로 들어오면 경고를 보내 충돌을 방지한다.

그러나 보행자와 차량 운전자의 스마트폰이 계속하여 자신의 이동 정보를 RSU에 보내며 충돌 위험 확인하면 스마트폰 배터리 소모 문제가 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여, SANA는 충돌 위험이 없는 경우를 필터링함으로써 충돌 위험이 있는 경우에만 스마트폰을 활성화(Active mode)시키고, 그렇지 않은 경우에는 일정 기간 비활성화(Sleep mode)시킨다. SANA는 충돌 위험이 없는 경우에는 스마트폰이 일정 기간 비활성화되게 하여 배터리 효율을 증대시킨다.

차량과 차량 간 충동 예방을 위한 안전 운행 기법으로 Context-Awareness Safety Driving in Vehicular Networks(CASD)이 제안되었다[15]. CASD는 차량이 다른 차량과 이동성 정보(예를 들어 위치, 방향, 속력)와 상태정보를 교환함으로써 충돌을 예방하는 기법이다. 주변 차량의 이동성 정보를 얻어와 특정 차량에 대해 주변 차량을 그림15와 같이 3가지 클래스로 분류한다. 첫째는 주변 차량와 물리적 충돌이 가능한 LoS(Line of Sight) 비안전 클래스(Class 1), 둘째는 간접적 충돌이 가능한 Non-LoS 비안전 클래스(Class 2), 그리고 셋째는 다른 차량과의 충돌에서 안전한 안전 클래스(Class 3)로 분류된다.

그 다음에는 주변 차량의 분류에 따라 운전자의 행

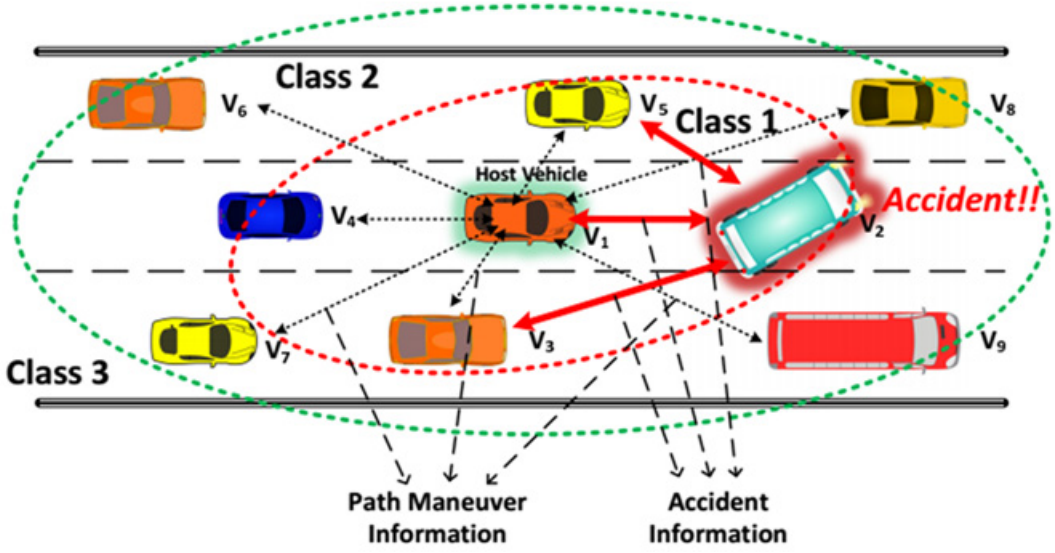


그림 15 CASD의 충돌 가능성에 따른 주변 차량 분류

동을 계획한다. 구체적으로는, 주변 차량의 이동성 정보와 간격 등을 고려하여 운전 행동에 대한 임계값(Threshold)을 최적화 한다. 만약 사고가 난다면 동적 이동 경로 계획기법(Dynamic Path Maneuver Planning Method)을 통해 주변 차량들과 통신하여 추가적인 사고를 회피하거나 최소화한다. 그림 16은 차량에 탑재된 CASD 시스템의 구성도를 기술하고 있다.

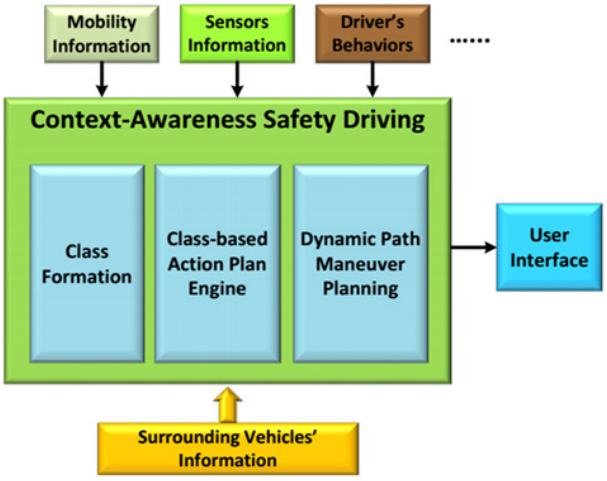


그림 16 CASD 시스템 구성도

4.2 커넥티드카를 통한 차량 내비게이션 서비스

커넥티드카 응용 서비스에는 생명과 직결된 안전 서비스 외에도 비실시간 기반 비안전 서비스(Non-safety App)가 있다. 차량 간의 데이터를 공유하고 수집할 수 있다면, 개선된 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 서비스를 제공할 수 있을 것이다. Self-Adaptive Interactive Navigation Tool(SAINT)는 차량 클라우드 기반 내비게이션 서비스이다[16]. SAINT는 차량의 동선 정보를 수집하여 도로 전체의 주행 효율을 높일 수 있는 경로를 안내하는 기법이다. 기존의 내비게이션 시스템, 즉 서로의 동선 정보를 공유하지 않는 내비게이션 시스템의 경우, 각 차량은 현재 시점에서 개별 차량 최적 경로를 통해 이동한다. 이러한 개별 차량 내비게이션에서는 다른 차량들도 같은 최적 경로를 향해 움직일 수 있기 때문에 많은 차량이 지나갈 경로에서 극심한 교통 혼잡이 일어날 것이다. 그림 17은 앞서 설명한 기존의 내비게이션 시스템이 가지고 있는 문제점을 도시하고 있다.

SAINT는 이러한 혼잡을 방지하기 위해, 교통 체증기여도(Congestion Contribution, CC)라는 가상의 메트릭(Metric)을 이용하여 내비게이션 경로를 설정한다. SAINT는 개별 차량의 동선(Trajectory) 상의 각 도로 구간에 발생하는 혼잡도를 체증기여도(CC)로 수치화한다. SAINT는 개별 차량에 대해 도로 네트워크 전체에서 CC를 최소화하면서 허용된 우회 시간을 고려하여 각 차량의 경로를 탐색함으로써 도로 네트워크 관점에서 최적화된 내비게이션 서비스를 제공할 수 있다. 예를 들어, 내비게이션을 통해 다수의 차량이 특정 경로로 동선을 결정하면, 그 경로에 대한 CC값이 증가하게 된다. 다른 차량이 경로를 탐색할 때, 해당 경로에 대한 CC값이 높기 때문에 다른 경로로 우회하게 된다. 그림 18은 SAINT가 CC를 고려하여 내비게이션에 의한 혼잡을 방지하는 과정을 설명한다. 처음에는 북쪽의 차선이 최적 경로라 가정하면, 일부 차량이 북쪽으로 가는 경로를 선택하게 되고, 해당 경로에 CC이 부여된다. 다른 차량들은 북쪽 경로의 CC값이 증가한 것을 확인하고, 북쪽 경로 대신 남쪽 경로를 택할 것이다.

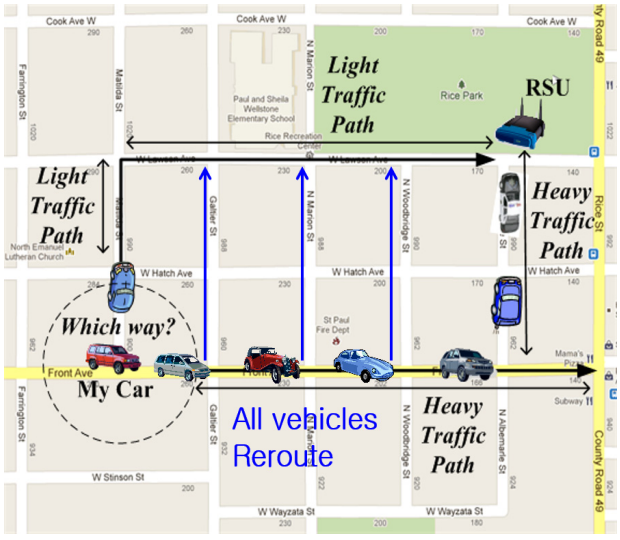


그림 17 개별 차량 내비게이션 최적화에 의한 혼잡 발생

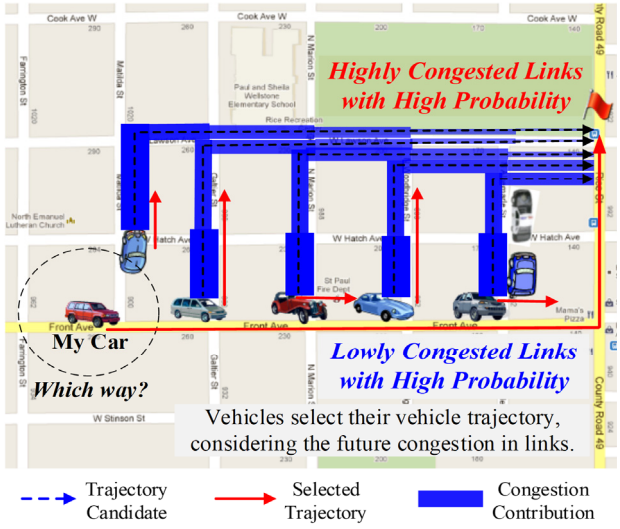


그림 18 체증기여도를 고려한 SAINT 내비게이션 최적화

SAINT의 개념을 확장하여, 응급 서비스의 신속한 전달을 위한 시스템인 Self-Adaptive Interactive Navigation Tool+ for Emergency Service Delivery Optimization (SAINT+)가 제안되었다[17]. 고통 사고가 일어난 경우, 교통 혼잡이 발생하게 된다. 또한, 혼잡에 의해 구급차 등 응급 서비스가 신속하게 전달되지 않을 수 있다. 이러한 상황에서, 구급차가 가야하는 경로에 무한대 값의 CC를 부여하면, 다른 차량이 해당 경로를 이용하지 않을 것이다. 이렇게 함으로써 구급차는 다른 차량에 방해받지 않고 빠르게 사고 지점까지 도달할 수 있다. 그림 19는 SAINT+를 통해 긴급 차량(Emergency Vehicle)을 사고지점(Accident Spot)으로 신속히 내비게이션하게 하는 서비스를 도시하고 있다.

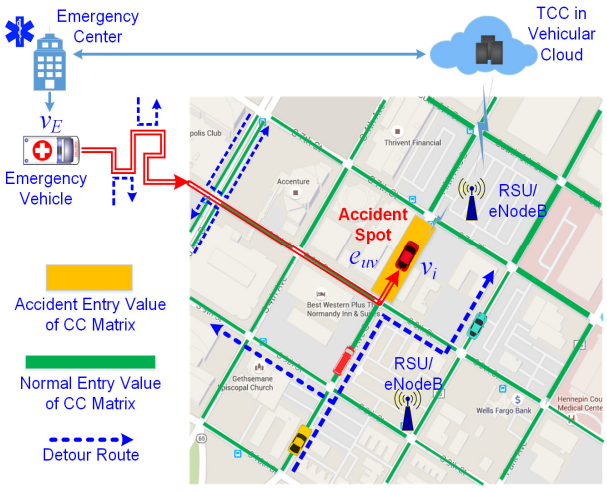


그림 19 긴급 차량 투입을 위한 SAINT+ 내비게이션 서비스

그림 20 SAINT+ 기반 사고지점과 인접 지역에서의 차등 내비게이션

추가적으로 SAINT+는 사고가 일어난 지점을 중심으로 인접 지역을 두 개의 영역(Zone1과 Zone2)으로 나눠 각 영역에 있는 차량들에게 차등 내비게이션 서비스를 제공함으로써 사고 지점 주변 도로의 혼잡을 해소할 수 있다. 그림 18은 사고 지점을 중심으로 영역에 따라 외부 차량들의 진입을 제어하여 혼잡을 최소화하면서 사고 인접 지점의 차량이 빨리 사고 지역을 빠져나갈 수 있게 하는 차등 내비게이션 서비스를 도시하고 있다.

5. 결 론

본 논문은 커넥티드카를 위한 차량 외부 통신 시스템의 표준 프로토콜에 대해 설명하고, 커넥티드카 기반 안전 서비스 및 비안전 서비스에 대해 설명하였다. 차량 네트워크에서의 무선 통신을 위한 WAVE 프로토콜과 IPv6 기반인 IPWAVE 프로토콜에 대해 설명하였다. WAVE 프로토콜은 안전과 직결된 안전 관련 응용(Safety App)과 부가 서비스를 위한 비안전 관련 응용(Non-safety App)을 지원하도록 설계되어 있고, IPWAVE 프로토콜은 비안전 응용을 IP를 통해 지원하도록 설계되었다. 또한 도로에서 안전 운행을 위한 효율적인 데이터 교환을 위한 MAC 프로토콜인 STMAC에 대해 설명하였다. 이러한 통신 기술들을 바탕으로 제공할 수 있는 다양한 커넥티드카 서비스에 대해 설명하였다. 보행자와 차량 간의 충돌 방지를 제공하는 SANA와 차량 간의 충돌을 방지하는 CASD에 대해 설명하였고, 평상시 효율적인 내비게이션을 위한 SAINT와 사고시 긴급 차량의 신속한 내비게이션을 위한 SAINT+에 대해 설명하였다. 향후 커넥티드카 중심의 자율주행 서비스를 제공하기 위해서는 5G 이동망과 DSRC가 결합한 차량 외부 통신 시스템, IP 기반 차량 네트워킹 기술, 소프트웨어 정의 네트워킹(Software-Defined Networking)와 네트워크 기능 가상화(Network Functions Virtualization) 기반의 보안 서비스 연구가 계속될 전망이다.

참고문헌

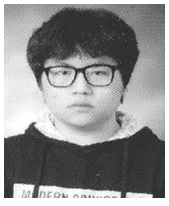
[1] 이동규, 이성훈, “커넥티드 카(Connected Car)에 대한 고찰”, 한국정보기술학회지, vol. 14, no. 1, pp. 41-45, 2016.

[2] 서효승, 이상선, “WAVE 및 Millimeter Wave 기반 V2X 기술 분석”, 한국통신학회 학술대회논문집, pp. 680-681, 2018.

[3] Jaehoon Jeong and Tae Oh, “Survey on Protocols and

Applications for Vehicular Sensor Networks", SAGE International Journal of Distributed Sensor Networks vol. 12, no. 8, pp. 1-10, August 2016.
[4] Roberto A. Uzcátegui, Antonio José de Sucre, and Guillermo Acosta-Marum, "WAVE: A Tutorial", IEEE Communications Magazine vol. 47, no. 5, May 2009.
[5] Md Whaiduzzaman et al., "A Survey on Vehicular Cloud Computing", Journal of Network and Computer Applications, vol. 40, pp. 325-344, 2014.
[6] IEEE 802.11 Working Group, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications", IEEE Std 802.11-2016, December 2016.
[7] A. Petrescu, N Benamar, J Haerri, J. Lee, and T. Ernst, "Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.11 Networks operating in mode Outside the Context of a Basic Service Set (IPv6-over-80211-OCB)", IETF Internet-Draft, draft-ietf-ipwave-ipv6-over-80211ocb-31 (work in progress), November 2018.
[8] Jaehoon Jeong, "IP Wireless Access in Vehicular Environments (IPWAVE): Problem Statement and Use Cases", IETF Internet-Draft, draft-ietf-ipwave-vehicular-networking-07, November 2018.
[9] E. Baccelli, T. Clausen, and R. Wakikawa, "IPv6 Operation for WAVE - Wireless Access in Vehicular Environments", IEEE Vehicular Networking Conference, December 2010.
[10] M. Fazio, C. Palazzi, S. Das, and M. Gerla, "Automatic IP Address Configuration in VANETs", ACM International Workshop on Vehicular Inter-networking, September 2016.
[11] T. Kato, K. Kadowaki, T. Koita, and K. Sato, "Routing and Address Assignment using Lane/Position Information in a Vehicular Ad-hoc Network", IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference, December 2008.
[12] R. Baldessari, C. Bernardos, and M. Calderon, "GeoSAC – Scalable Address Autoconfiguration for VANET Using Geographic Networking Concepts", IEEE International Sycmposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, September 2008.
[13] Jaehoon Jeong et al., "STMAC: Spatio-Temporal Coordination-Based MAC Protocol for Driving Safety in Urban Vehicular Networks", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 19, no. 5, pp. 1520-1536, May 2018.
[14] Taehwan Hwang and Jaehoon Jeong, "SANA: Safety-Aware Navigation Application for Pedestrian Protection in Vehicular Networks", International Conference on Internet of Vehicles, December 2015.
[15] Yiwen Shen et al., "CASD: A Framework of Context-Awareness Safety Driving in Vehicular Networks", IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (Device Centric Cloud), March 2016.
[16] Jaehoon Jeong et al., "SAINT: Self-adaptive Interactive Navigation Tool for Cloud-Based Vehicular Traffic Optimization", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 65, no. 6, pp. 4053-4067, June 2016.
[17] Yiwen Shen et al., "SAINT+: Self-Adaptive Interactive Navigation Tool+ for Emergency Service Delivery Optimization", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 19, no. 4, pp. 1038-1053, April 2018.

약 력



최 대 근

2018 성균관대학교 소프트웨어학과 졸업(학사)
2018~현재 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사과정
관심분야 : 사물인터넷, 드론, 시뮬레이션, 차량 네트워크
Email : cdg1994@skku.edu

정 재 훈

1999 성균관대학교 정보공학과 졸업(학사)
2001 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사)
2009 University of Minnesota 컴퓨터공학과 졸업 (박사)
2001~2004 한국전자통신연구원(연구원)
2010~2012 Brocade Communications Systems(SW 엔지니어)
2012~현재 성균관대학교 소프트웨어학과 부교수
관심분야 : 사물인터넷, 차량 네트워크, SDN, NFV, 네트워크 보안
Email : pauljeong@skku.edu