

VANET 환경에서 멀티 비콘을 적용한 충돌 회피 알고리즘에 관한 연구

김재완* · 엄두섭**

A Study of Collision Avoidance Algorithm Based on Multi-Beacon in the Vehicular Ad-hoc Network

Jae-Wan Kim* · Doo-Seop Eom**

■ Abstract ■

In ubiquitous environments, the Intelligent Transportation System (ITS) protocol is a typical service used to improve the quality of life for humans. The Vehicular Ad-hoc Network (VANET) protocol, a part of ITS, needs further study with regards to its support for high reliability, high speed mobility, data transmission efficiency, and so on. The IEEE 802.11 standard provides a high data rate channel, but it was designed for peer-to-peer network protocols. IEEE 802.11p also provides a high data rate channel, however, it only facilitates communication between roadside and on-board equipment. A VANET has characteristics that enable its topology to change rapidly; it can also be expanded to a multi-hop range network during communication. Therefore, the VANET protocol needs a way to infer the current topology information relating to VANET equipped vehicles. In this paper, we present the Multi-Beacon MAC Protocol, and propose a method to resolve the problem of beacon collisions in VANET through the use of this Multi-Beacon MAC protocol. Evaluation of the performance of Multi-Beacon MAC protocol by means of both mathematical analyses and simulation experiments indicate that the proposed method can effectively reduce beacon collisions and improve the throughput and the delay between vehicles in VANET systems.

Keyword : Multi-Beacon, Collision Avoidance, Multi-hop, Vehicular Ad hoc Network

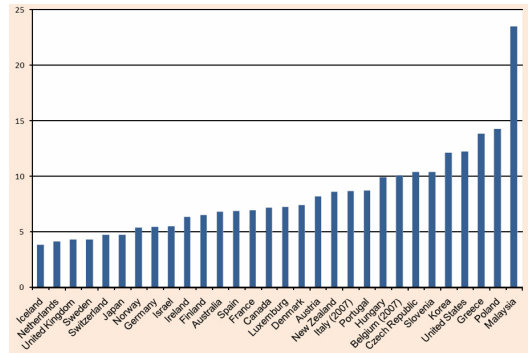
1. 서 론

최근 사회의 고도화에 따라 많은 교통량이 발생하고 있고, 이로 인해 교통문제가 발생하고 있으며, 세계 여러 나라에서 이 문제를 해결하기 위해 많은 노력을 하고 있다. 이러한 문제는 유비쿼터스와 연관 지어 생각 할 수 있다. 유비쿼터스는 ‘언제나 어디에나 존재한다’는 뜻의 라틴어로 시간과 장소에 구애 받지 않고 언제나 네트워크에 접속할 수 있다는 뜻을 가지고 있으며, 유비쿼터스 도시는 첨단 정보통신 인프라와 유비쿼터스 정보서비스를 도시공간과 융합하여 도시 생활의 편의 증대와 삶의 질 향상, 체계적인 도시관리에 의한 시민의 안전과 복지를 증진 시키는데 있다. 유비쿼터스 서비스의 중요한 부분 중에 하나가 효과적인 교통관리를 위해서 필요한 지능형 교통 시스템(Intelligent Transport System)이다. [그림 1]은 IRTAD(International Traffic Safety Data and Analysis Group)의 2009년 Annual Report에 보고된 각국의 차량 10만대 당 교통사고 사망자 수를 보여주고 있다[1]. 수치에서 보듯이 교통문제는 사회 전반에 중요한 문제점을 보여준다. 앞으로 ITS 관련 기술 연구를 통해 인류의 삶의 질을 향상 시킬 수 있게 노력해야 할 것이다.

지능형 교통 시스템은 현재 대두되고 있는 교통문제를 통신, 센서, 제어 등 다양한 기술을 이용하여 해결하기 위해 발전되고 있다. 아직까지는 위치의 탐색이나 경로 정보제공 등의 단순한 서비스만이 제공 되고 있는 실정이지만, 앞으로는 응급상황 긴급통보, 인터넷 접속 및 멀티미디어 서비스, 차량 원격 진단 등 다양한 서비스로 그 응용범위가 확대될 것으로 예상된다. 이러한 서비스뿐만 아니라, 지능형 교통 시스템은 교통혼잡을 줄이고, 대기 오염을 줄이는 등 환경보호를 위해서 반드시 필요한 기술이다.

세계 각국에서 지능형 교통 시스템을 위해서 VANET(Vehicle Ad-hoc Networks) 연구가 활발해지고 있다. VANET의 특징은 각 노드의 고속

으로 이동하는 이동성과 토폴로지의 급격한 변화이며, 이로 인해 네트워크 단절이나 무선채널의 불안정성을 보인다. VANET은 이러한 문제해결을 위해 데이터 링크 연결 시간이 짧아야 하며, 짧은 지연시간, 높은 안전성 등의 기술이 요구된다.



[그림 1] IRTAD 2009 연간 보고서

1999년 FCC에서 ITS용으로 5.9GHz 대역의 75 MHz 대역폭을 가진 DSRC(Dedicated Short Range Communications)용을 할당하였고, 미국 민간 표준화 단체인 ASTM에서는 IEEE802.11a 기반의 사양을 책정하였다. IEEE802.11 위원회는 이를 WAVE(Wireless Access in Vehicle Environments)라 칭하였다[2]. 현재는 IEEE802.11p와 IEEE 1609의 표준 스펙이 제시되어 있는 상황으로 표준화가 진행되고 있는 실정이다.

IEEE802.11 WLAN(Wireless Local Area Network)에서는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 방식을 사용하여 Random Access 매체 접속 방식을 적용하고 있다. WAVE에서도 IEEE802.11의 CSMA/CA 기반으로 매체접근제어(MAC : Medium Access Control) 프로토콜을 채용하고 있고, 인증 절차의 간소화 및 서비스 종류별 카테고리를 그룹별로 나누어 구성되어 있다.

차량용 통신 방식에는 크게 두 가지 인터페이스 방식이 있다. 첫 번째는 차량과 노면 기지국(V2I : Vehicular to Infrastructure) 형태이다. 노면 기

지국(Roadside Unit)은 도로상에 일정 거리의 위치마다 설치되고, IEEE802.11의 Access Point 처럼 Infrastructure Network과 각 차량의 통신 디바이스들에게 네트워크 인터페이스를 제공한다. 두 번째는 차량 대 차량(V2V : Vehicular to Vehicular) 형태이며, 충돌 방지 또는 사고 경보 등의 안전 운행을 위한 정보 서비스 등을 제공하게 되며, Ad-hoc 망 구성을 이용하게 된다. 차량과 노변 기지국 방식은 좀 더 넓은 서비스 영역을 제공하며, Infrastructure Network에 보다 쉽게 연결 할 수 있으나, 노변 기지국의 망 구축에 많은 비용이 발생한다. 이와 반면, 차량간 통신은 차량의 통신 디바이스들을 이용하여 분산된 망 구축을 할 수 있어, 적은 비용으로도 망 구성을 할 수 있는 장점이 있다. 하지만, 망 토폴로지의 잦은 변화에 대한 신뢰성과 짧은 지연시간의 요구 조건을 만족해야만 한다.

본 논문에서는 제 2장에서 기존 기술인 DSRC, WAVE 시스템과 WiMedia에 대한 소개와 함께 IEEE802.11의 패킷전송과정에 대해서 설명하며, 제 3장에서는 V2V VANET 환경에 적합한 Multi Beacon 방식과 그 문제점을 고찰하고, 문제점을 해결할 프로토콜을 제시하며, 제 4장에서는 Multi Beacon 방식과 제시된 프로토콜 방식에 대하여 Simulation 을 통해 검증한다.

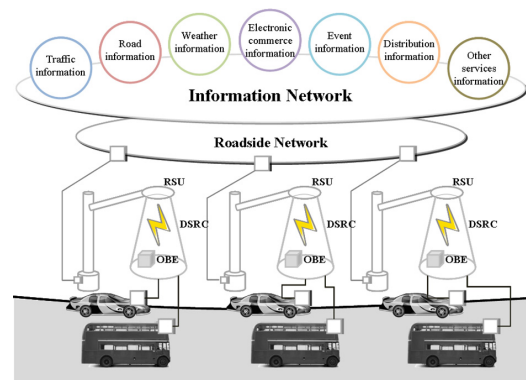
2. 연구 배경

2.1 DSRC(Dedicated Short Range Communication)

DSRC 방식은 크게 수동형 DSRC 방식과 능동형 DSRC 방식으로 분류된다[3]. 현재 나와 있는 대표적인 수동형 DSRC 통신방식은 차량 단말기와 노변 기지국의 통신 셀 크기가 10m 이내이고, 주파수 대역은 5.8GHz 대역을 사용하며 최대 데이터 전송속도는 하향링크가 500Kbps, 상향링크는 250Kbps이고, ETC(Electronic Toll Collection) 서

비스를 위한 유럽에서 제안되었다. 이 통신방식은 Half-Duplex 통신이 이루어지며 주파수 재사용을 위한 노변 기지국간 거리가 260m 이상이 되어야 한다. 그리고 이 방식은 셀 크기가 10m 이내로 ITS 서비스를 제공하기에 제약이 되는 단점이 있다. 국내와 미국, 일본에서는 능동방식의 DSRC를 제안하고 있으며, 사용 주파수 대역은 5.8GHz 대역이며, 양방향으로 1Mbps의 데이터 전송속도를 가지고 있다. 각 국에서 제안된 능동방식은 노변 기지국과 여러 대의 차량 단말기와 다중 접속이 지원되며, 노변 기지국 간의 거리가 최소 60m 이상이다. 수동방식에 비하여 서비스 영역이 크고 주파수 재사용 특성이 우수하다. 능동형 DSRC의 응용 분야는 돌발 상황관리, 자동 교통 단속, 자동 요금 징수 등 차량 관리를 위한 교통관리 시스템과 교통 정보 제공, 종합 여행안내 서비스, 실시간 최적 경로 안내를 위한 교통 정보 시스템 및 대중 교통, 화물 운송 분야 등에 다양하게 적용 할 수 있다.

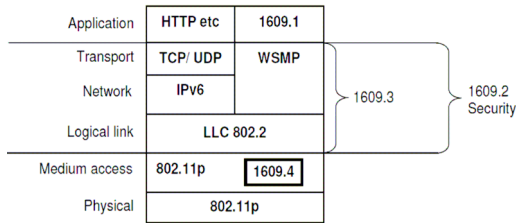
현재의 DSRC 표준은 5GHz 대역에서 차량 통신을 위해IEEE802.11a를 근간으로 매체제어접근과 물리계층에 대해 규격화 하고 있으며, 물리계층에서는 OFDM 기술이 적용되었고, 매체제어계층에서는 CSMA/CA 프로토콜을 사용하는 IEEE802.11 MAC과 매우 유사하다. [그림 2]는 전형적인 DSRC의 서비스 개념도를 보여 주고 있다.



[그림 2] DSRC 서비스 개념도

2.2 WAVE(Wireless Access in Vehicle Environments)

IEEE802 위원회는 IEEE802.11a와 ASTM을 근간으로 현재 추진 중인 IEEE802.11p와 IEEE1609를 합쳐서 WAVE라 하였다. IEEE802.11p는 [그림 3]과 같이 WAVE Stack의 하위 계층인 PHY와 MAC에 관하여 정의하고 있고, IEEE1609는 Application과 자원관리, 보안 서비스, 네트워크 계층 서비스, 전송계층 서비스 그리고, MAC에서의 다중채널 동작을 맡고 있다[4].



[그림 3] WAVE 네트워크 스택

2.2.1 IEEE802.11p

IEEE802.11p는 WAVE를 위해서 IEEE802.11의 수정안이 제시되어 있는 상태이다[5]. IEEE 802.11p의 PHY는 IEEE 802.11 PHY로부터 최소한의 변경만을 고려하고 있다. 특히, DSRC와 유사한 5GHz 대역에서 동작하는 IEEE 802.11a PHY를 기준으로 하고 있다. IEEE 802.11p PHY에서의 변경 사항은 다음과 같다.

IEEE 802.11p PHY는 IEEE 802.11a PHY에서 주로 사용하는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) PHY를 사용하지만, 802.11a에서 사용하는 20MHz 대역폭 대신 10MHz 대역폭을 사용한다. WAVE 시스템은 실외에서 고속으로 움직이는 차량 간 통신이므로, 주파수 선택적 페이딩(Frequency Selective Fading)이 빈번하게 일어난다. OFDM은 주파수 대역을 여러 개의 부방송파(Subcarrier)로 나누기 때문에, 주파수 선택적 페이딩 채널에 강건하게 되어 이 문제를 해결

할 수 있게 된다. 또한, 도플러 천이로 인한 부반송파 간 간섭(Inter-Subcarrier Interference)을 802.11a에서 주로 사용하는 20MHz 보다 작은 10MHz 대역폭 채널을 사용함으로써 완화한다. <표 1>과 같이 7개의 10MHz 채널로 구성된 DSRC 채널을 사용하며, 3~27Mbps를 지원한다. 각 채널은 교통환경을 위한 하나의 제어채널과, 4개의 서비스 채널 그리고, 양쪽 끝의 채널은 특정 목적으로 예약되어 있다.

<표 1> IEEE802.11p 채널 할당

| 동작 채널번호 | 채널 중심 주파수(MHz) | 사용 목적 |
|---------|----------------|------------------|
| 172 | 5860 | 예약 채널(생명안전) |
| 174 | 5870 | 서비스 채널 |
| 176 | 5880 | 서비스 채널 |
| 178 | 5890 | 제어 채널 |
| 180 | 5900 | 서비스 채널 |
| 182 | 5910 | 서비스 채널 |
| 184 | 5920 | 예약 채널(고 전력 공공안전) |

IEEE802.11 WLAN은 AP(Access Point)와 통신하는 BSS(Basic Service Set)와 각 단말이 독립적으로 통신하는 IBSS(Independent Basic Service Set)의 두 가지 네트워크망 구성을 보이는데, 각 망 구성에서 Association과 Authentication 과정으로 인해 단말의 접속 지연시간이 발생함으로 망 상태 변화가 심한 고속의 차량 환경에 맞지 않다. IEEE802.11과 달리 WAVE 표준에서는 기존 BSS 망 구성 보다 좀 더 유연한 형태의 구성을 갖는데, 이를 WAVE BSS(WBSS)라 한다. WBSS는 Association과 Authentication 과정 없이 WBSS 상태인 각 노드는 채널이 일치한 상태에서 즉각 통신이 가능하다. 이러한 가입 인증절차 생략은 WBSS에서 각 노드의 접속지연시간을 줄이게 되어 VANET 환경에 적합하다. 그러나 인정절차 생략은 보안상의 문제가 발생하는데, 이를 보완하기 위해

서 새로운 표준이 추가되었다. 그룹 관리와 보안을 위해 IEEE1609 표준에서 이러한 문제에 대한 규격을 통해 보안하고 있다.

2.2.2 IEEE1609.1

IEEE1609.1 은 [그림 3]과 같이 Application Layer에서 송신자와 다중 수신자 사이의 자원 관리(RM(Resource Management))의 역할을 정의 하고 있으며, Command 메시지 흐름 형식과 데이터 저장 형식 등을 다룬다[6].

2.2.3 IEEE1609.2

IEEE802.11p에서는 망 접속 지연시간을 최소화 하기 위해 가입과 인증의 과정을 생략 하고 있는데, IEEE 802.11의 MAC 프로토콜에서 제공 하던 보안 서비스의 역할을 수행하기 위해 매체제어 계층 상위에 있는 IEEE1609.2 표준이 추가되었다[7]. IEEE 1609.2 표준은 WAVE 네트워크와 애플리케이션을 위해 제공하는 보안 서비스를 정의하고 있다. 제공하는 보안 서비스에는 공개키(Public Key)를 이용한 인크립션(Encryption) 기법과 비익명 인증(Non-Anonymous Authentication)을 포함한다.

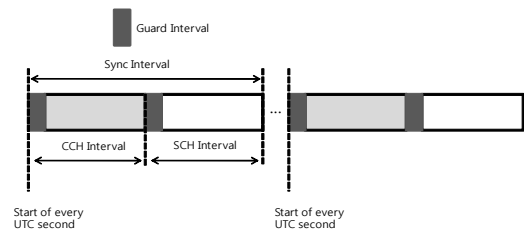
2.2.4 IEEE1609.3

IEEE1609.3은 네트워크 계층과 전송 계층에서 WSMP(WAVE Short Messages Protocol)를 처리 하는 기능과 시스템의 유지 및 관리 기능에 대해 정의하며, Addressing과 Routing 기능을 포함한다. WSMP는 긴급 데이터 전송에 이용되며, 채널 번호와 전송 파워 등을 직접 제어할 수 있다[8].

2.2.5 IEEE1609.4

WAVE의 물리계층에서는 CCH(Control Channel)과 SCH(Service Channel)을 제공하며, 이를 IEEE1609.4에서 정의 하고 있다[9]. WAVE 디바이스에서는 CCH를 통해 WSA(WAVE service advertisement)를 수신하고, WSA에 포함된 SCH 정보를 이용하여 메시지를 주고 받게 된다. CCH에

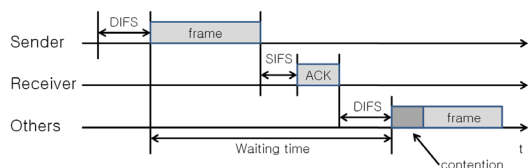
서는 짧은 메시지를 위해 사용하고, IP가 없는 메시지가 허용되며, IP 데이터 프레임은 SCH에서 사용된다. WAVE 디바이스는 CCH 동안 추가적인 Safety/Private Advertisement가 있는지 항상 모니터링 해야만 한다. CCH의 모니터링과 SCH의 데이터 교환을 위해서 Synchronization 기법이 필요한데, WAVE에서는 이 Time Reference는 UTC를 참조하여 정의 하고 있다. UTC는 일반적으로 GPS(Global Positioning System)에 의해 제공된다. [그림 4]는 WAVE에서 CCH와 SCH로 구성되는 구간을 나타내며, Guard Interval은 채널을 스위칭 하기 위한 구간이다.



[그림 4] WAVE에서의 CCH와 SCH 구간

2.3 IEEE802.11의 패킷 전송 과정

VANET용 MAC 프로토콜인 IEEE 802.11p는 802.11 계열의 MAC 프로토콜을 사용하고 있고, 멀티채널을 제공하는 물리계층이 추가 되었을 뿐, 무선 채널을 점유하기 위한 접근 방법은 동일하다. 본 논문에서는 Ad hoc 네트워크 환경에서 무선 채널의 사용권 획득이란 측면에 초점을 두고 분석한다.



[그림 5] IEEE802.11의 매체 접근 타이밍도

IEEE 802.11의 패킷 전송 과정은 다음과 같다[10].

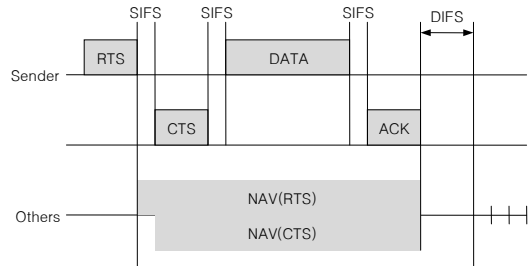
송신 노드는 패킷을 전송하기 전에 DIFS(Distributed Inter Frame Space)라는 시간 동안 대기하면서 채널이 Idle 상태인지 확인한다. DIFS 동안 채널이 사용 되지 않으면, 채널을 아무도 사용하지 않는 것으로 생각하고, 패킷을 전송한다.

DIFS 동안 채널이 사용되는 것(Busy)을 감지하면, 채널이 Idle 상태가 될 때까지 기다린다. 채널이 Idle 상태가 된 직후부터, DIFS 만큼 Idle이 유지되는 지를 다시 확인한다. 이것은 임의의 노드의 채널 사용이 완전히 끝났음을 확인하는 것이다. 채널이 DIFS만큼 Idle 상태인 것이 확인되면, 패킷을 전송하고자 하는 각각의 노드들은 임의의 시간 동안 패킷 전송을 지연 시키는 위해, 경합 구간에서 랜덤한 값([0,CWmin])을 선택하여 지연시킨다. 이를 Random Back-off라 한다. 이것은 동시에 패킷을 전송함으로써 발생하는 패킷 충돌을 막기 위해서이다. 여러 노드들 중 최소의 CW를 선택한 노드가 채널을 점유하여 패킷을 전송하게 된다.

각 노드는 Backoff 도중, 패킷 전송이 감지되면, Backoff 과정을 중단한다. 패킷 전송이 끝나게 되면, DIFS만큼 기다린 뒤, 남은 시간 동안 Backoff를 수행하여 전송한다. 각 노드는 Backoff 과정이 끝난 후 패킷 전송을 시도하여, 패킷 전송 실패를 감지하게 되면, CW를 CW×2로 Contention Window를 증가시킨 뒤, 다시 CW를 선택하여, 패킷 전송을 위한 Backoff를 시작한다. Contention Window를 증가 시키는 것은 Backoff 구간을 더 많이 분할 하여, 그 만큼 충돌의 확률도 줄이기 위해서이다. 직전에 패킷을 전송했던 노드는 항상 DIFS×CW만큼의 시간 뒤에 패킷 전송을 시도한다. 이것은 하나의 노드가 채널을 독점적으로 점유하는 것을 방지하기 위한 것이다.

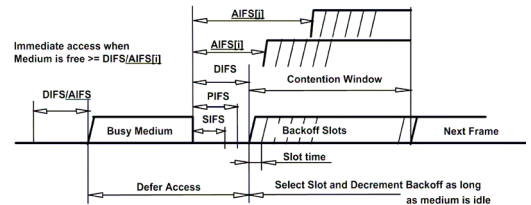
[그림 6]은 RTS/CTS를 사용하였을 때, 채널을 점유하는 과정을 보여주는 그림이다. 그림에서 SIFS는 ACK 프레임이나 CTS 프레임을 송신하기 위해 사용된다. RTS는 DIFS 구간을 이용한다. Backoff 과정은 기본적인 전송과정과 동일하고, Backoff 종료 시, 각 노드가 DATA를 바로 보내는 것이 아니라,

RTS(Request to send)를 먼저 보낸다. 수신자는 그에 대한 응답으로 SIFS 구간 CTS(Clear to send)를 보내고, 송신자는 이를 수신하게 되면, DATA를 송신하게 되고, 수신자는 성공적으로 DATA를 수신하였다는 것을 ACK를 보냄으로 송신자에게 알리게 된다. RTS/CTS 메시지는 DATA에 비해 그 길이가 아주 작기 때문에 충돌이 발생했을 때, 그 사실을 빨리 인지 할 수 있다. 또, 멀티 홉에서 Hidden Node Problem을 해결할 수 있다.



[그림 6] IEEE802.11에서 RTS/CTS의 이용

WAVE에서는 IEEE802.11e의 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access) 방식을 채용하고 있다. 데이터의 형태에 따라 4가지 AC(Access Category)를 지원한다. IEEE802.11에서는 DIFS가 가장 긴 IFS(Inter Frame Space)이지만, EDCA에서는 추가 적으로 AC마다 다른 AIFS(Arbitration IFS) 구간을 두어 단말의 내부에서 경합을 통해 채널에 접속이 가능하게 된다[11].



[그림 7] IEEE802.11e의 매체 접근 타이밍도

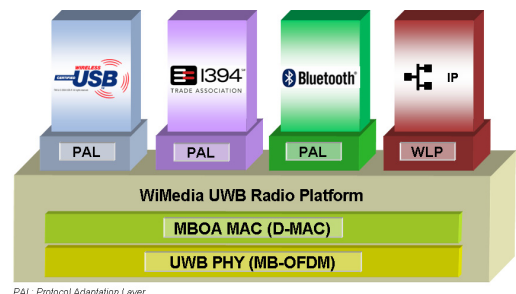
2.4 WiMedia

UWB(Ultra-Wideband) 기술은 기존의 스펙트럼

에 비해 매우 넓은 대역(3.1~10.6GHz 대역)에 걸쳐 낮은 전력으로 100Mbps 이상의 초고속통신을 실현하는 근거리 무선 통신 기술로 규정하고 있다. 이전에 주로 군사용 목적으로 사용되었는데 2002년 FCC(Federal Communications Commission)에서 상용을 허용한 이후 IEEE 802.15.3a와 IEEE 802.15.4a에서 각각 고속 UWB와 저속 UWB 표준화가 시작되었다. 고속 UWB는 IEEE 802.15.3에서 표준화된 2.4GHz 고속 WPAN(Wireless Personal Area Network)에서 제공하는 11~55Mbps의 전송대역을 확장하기 위하여 연구되었으며, 물리계층 기술 채택에 있어서 DS-CDMA(Direct Sequence CDMA) 방식과 MB-OFDM(MultiBand OFDM) 방식이 제안되어 표준안 도출을 위한 노력이 오랫동안 지속되었으나, 표준안 도출에 성공하지 못하여 2006년 1월 IEEE 802.15.3a의 활동 중단을 선언하기에 이르렀으며, 이후 각 방식의 표준활동은 MB-OFDM 방식의 WiMedia Alliance와 DS-CDMA 방식의 UWB Forum에서 계속하면서 시장 점유에 의한 사실상의 표준으로 자리하기 위한 경쟁에 놓이게 되었다. Intel, Microsoft, TI 등이 주축인 WiMedia (Wireless Multimedia) Alliance는 2002년 “PAN에서 장치들 간의 무선 멀티미디어 연결과 상호 운용성을 장려”하기 위하여 구성되었으며, 2005년 3월 MBOA(MB-OFDM Alliance)와 합병하여 MBOA 기반의 물리계층과 분산제어 기반의 MAC(Distributed Control MAC : 이하 D-MAC) 계층 기능뿐만 아니라 상호 운용성 및 기타 응용에 필요한 규격등을 개선 및 제정하고 있다. WiMedia Alliance는 2005년 ECMA International(유럽 정보 통신 시스템 표준화 기구) 등의 표준 채택, WiMedia 표준 규격 제정, 상호 운용성 시험 지원, 그리고 USB Forum, Bluetooth, 무선 1394, DLNA(Digital Living Networking Alliance) 등의 응용에 활용하기 위한 활동을 활발하게 전개하고 있다.

WiMedia는 현재 Alereon, HP, Intel, NXP, Samsung, Sony, Staccato, STMicroelectronics, TI, Wisair 등의 13개사가 Promoters로 활동하고 있

고, 그 외 Contributors 55개, Adopters 56개, Supporters 195개 등으로 다수의 회원을 확보하고 있으며, 최근 1년간 회원 증가는 10여개 Contributors, 10여개 Adopters 및 80여개 Supporters 등으로 WiMedia 규격을 따르는 응용에 활용하기 위한 관심이 계속 증가하고 있다. [그림 8]는 WiMedia에서 제시하는 UWB 플랫폼을 나타낸 것이다. [그림 8]에서와 같이 MBOA 기반의 물리계층 및 MAC 계층 상위에 다양한 응용이 제공될 수 있다. MAC 계층 상위에 Convergence 계층 또는 Cooperation 계층 등을 두어 다중화 등 공통 기능을 수행하는 부분은 WiMCA(WiMedia MAC Convergence Architecture) 규격에서 다루려고 하였으나, 각각의 MAC 상위 기능에 이들 기능을 포함하는 것으로 정의하였다. 최대 480Mbps 전송대역을 서비스하는 응용으로는 PC 주변 장치를 접속하는 기존 USB를 무선으로 대체하는 WUSB(Wireless USB)가 있고, Multimedia 서비스에 대한 무선 1394 응용 및 최대 1Mbps 통신 서비스 용의 Bluetooth 응용, 그리고 기존의 TCP/IP 기반 서비스를 확장하여 WLP(WiMedia Logical Link Control Protocol)를 통해 고속 WPAN에서 IP 서비스를 제공하기 위한 IP 응용 등이 있다. 그 외에도 홈네트워크 조기 확산을 위해 기기들 간 상호 호환을 보장하는 표준의 제정과 이에 맞는 제품을 생산하는 데 협력하는 것을 목적으로 하는 DLNA도 WLP를 이용한 IP 기반 응용으로 서비스하기 위



PAL: Protocol Adaptation Layer

[그림 8] WiMedia의 UWB 플랫폼(PAL : Protocol Adaptation Layer)

한 연구가 진행되고 있다. 현재 WiMedia 물리계층, MAC 계층, WLP 규격 및 WUSB 표준 규격은 <표 2>와 같이 2007년에 표준화가 일정 수준 완료되어 일반 사용자에게 공개되었다.

<표 2> WiMedia 및 WUSB 표준화 규격의 진행 상황

| 규격명 | Version | 일자 |
|--|--------------|---------------|
| Multiband OFDM Physical Layer Specification | Release 1.2 | Feb. 22, 2007 |
| Distributed Medium Access Control(D-MAC) for Wireless Networks | Release 1.01 | Dec. 15, 2006 |
| WiMedia Logical Link Control Protocol(WLP) | Draft 1.0 | Aug. 13, 2007 |
| Wireless Universal Serial Bus Specification(WUSB) | Revision 1.0 | May 12, 2005 |

3. VANET 환경의 멀티 비콘

IEEE 802.11p를 사용하는 WAVE 시스템에서는 중앙 제어를 통해 OBU간의 충돌 확률을 줄일 수 있도록 하고 있다. RSU는 CFP(Contention Free Period)에서 OBU가 WBSS에 등록할 수 있도록 비콘 메시지를 CFP 주기 마다 전송하게 된다. OBU는 이 비콘 메시지를 수신함으로써 WBSS에 가입하여 서비스를 이용할 수 있고, OBU의 Contention Free 요청에 따라 RSU는 CF-Poll(Contention Free Poll)을 송신하고, 이에 OBU는 보낼 데이터를 응답하게 된다. Ad-Hoc Mode에서는 각각의 OBU가 Provider의 역할을 수행해야 하며, 전송하는 비콘에 대한 스케줄링이 필요하다. 하지만, WAVE 표준에서는 이러한 비콘을 전송하기 위한 스케줄링에 대해서 규격을 제시 하지 않고 있다.

WAVE 시스템의 IEEE 802.11p는 높은 Data Rate의 채널 링크를 제공하지만, Single Hop 토폴로지만을 고려한 네트워크 프로토콜이기 때문에 Ad-hoc 환경에서 안정정인 네트워크를 유지하기에 어려움이 있다. 높은 이동성을 가진 스테이션들을 위해 설계된 차량간 Ad-hoc 네트워크(VANET)는

각 디바이스가 그의 이웃 디바이스들이 형성시킨 토폴로지에 대한 정보를 가지도록 요구한다. VANET에서, 이웃 디바이스에 대한 정보는 안전 운영을 위한 협력적 구동 및 위험 경고 애플리케이션들뿐만 아니라 차량들 간의 패킷 라우팅 및 채널 액세스 조정에 유리하다. 이웃 디바이스들의 토폴로지에 관한 정보를 얻기 위하여, 각각의 통신 범위내의 디바이스들은 서로 정보를 주기적으로 교환해야 한다. 정보 교환을 위한 방법 중 가장 효율적인 방법은, 각각의 디바이스에 관한 정보를 그 이웃하는 디바이스들에 브로드캐스팅하는 비콘 메시지를 이용하는 것이다. 이웃 디바이스들로부터 비콘들을 수신함으로써, 디바이스는 현재 형성된 네트워크 토폴로지를 계산할 수 있다. 하지만 이렇게 각각의 디바이스들로부터 데이터를 얻기 위해서는 각각의 디바이스들 간 통신 링크가 허용되어야 하며, 각각의 디바이스들이 비콘을 전송해야 하지만, 현재 IEEE 802.11p 네트워크로는 이것이 불가능하다.

3.1 멀티 비콘 프로토콜

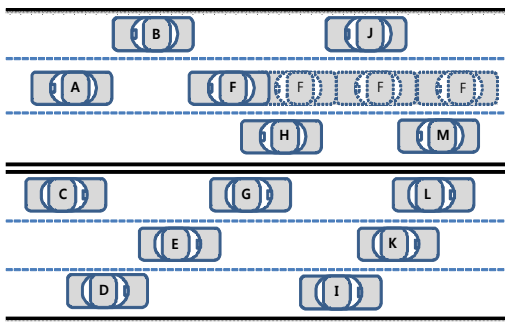
멀티 비콘을 사용하는 프로토콜로는 WiMedia MAC 프로토콜이 있으며, 우리는 각 디바이스의 정보교환과 네트워크 토폴로지 인지가 가능한 WiMedia MAC 프로토콜을 사용할 것이다.

이러한 Multi-Beacon을 사용하는 프로토콜에서 가장 문제가 되는 부분은 바로 비콘 충돌 문제이다. 비콘 충돌은, 통신 범위 내에 있는 2개 이상의 디바이스들이 비콘 프레임의 전송을 위해 동일한 비콘 슬롯을 선택하는 경우에 발생한다. 비콘 충돌의 가능성은 통신 범위내의 디바이스들의 수와 이용 가능한 비콘 슬롯들의 총 수에 의존한다. 그러나, 동일한 통신 범위의 디바이스들의 수가 많고 이용 가능한 비콘 슬롯들의 수가 제한되는 상황에서, 비콘 충돌 가능성은 높아지게 된다. 또한, 비콘 충돌을 해결하는데 필요한 시간도 길어질 수 있다.

비콘 충돌을 해결하기 위해 지연되는 시간이 길

어지게 될 경우, 디바이스들간 이동성이 큰 VANET에서는 큰 문제가 생길 수 있다. VANET은 디바이스들의 이동성이 높고, 네트워크 토폴로지의 변화가 많고, 또한 기존의 네트워크에 새로 유입되는 디바이스의 발생이 많기 때문에, 새로운 디바이스로 인한 비콘 충돌의 발생 확률이 높아지게 된다. 그러므로 VANET 환경에서는 안정적인 네트워크 구조를 가지기 위하여, 비콘 충돌들은 신속히 해결되어야 한다. WiMedia MAC 프로토콜은 분산적인 네트워크 방식이기 때문에, 중앙의 Coordinator 없이 구성될 수 있으며, 각각의 디바이스들은 채널 액세스를 조정하고 이웃 디바이스들의 정보를 얻기 위해 자신의 비콘을 전송한다. 비콘은 미리 정의된 비콘 구간 내에서 동기 된 간격으로 주기적으로 전송된다. 따라서 WAVE 시스템에서 멀티 비콘 방식을 적용하기 위해서는 비콘 충돌 가능성을 감소시키는 개선된 방법이 필요하다.

본 논문에서는 비콘 충돌들을 감소시키는 효율적인 방법을 제공하고, 분산된 비콘 방식의 신뢰도를 향상시킨다. 제시하는 충돌 회피 알고리즘은 비콘 충돌 시 지연 시간을 최소화 하고, 높은 이동성으로 인해, 네트워크 토폴로지가 자주 변화되는 환경에서 유리하도록 하였다. [그림 9]은 ad-hoc 무선 통신 네트워크의 구조의 예를 보여주고 있으며, IEEE 1609.4 표준에 따라 동작한다.

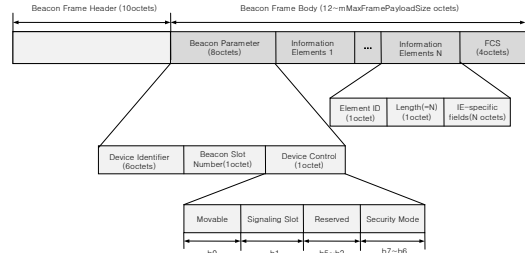


[그림 9] 높은 이동성을 갖는 차량간 무선 통신 네트워크의 예

[그림 9]에서 디바이스들은, 무선 인터페이스를

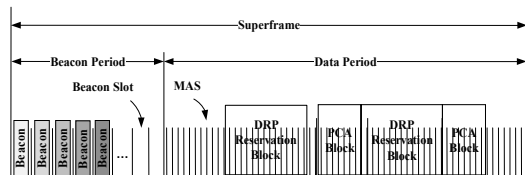
통해 서로 통신하도록 구성된 OBU(On Board Units)가 장착된 차량들이다. 모든 이웃 디바이스들간의 연결을 유지하고 서로의 정보를 갱신하기 위해, 각 디바이스들은 자신의 비콘 프레임을 주기적으로 방송한다. 비콘 프레임은 일반적으로, 네트워크 토폴로지 정보, 이동 상태 정보, 예를 들면 차량 속도, 가속/감속 및 방향, 디바이스 서비스 프로파일들 정보, 디바이스 성능 정보 등과 같은 많은 종류의 정보를 운반한다.

다음 [그림 10]는 WiMedia MAC에서 사용되는 비콘 프레임을 보여주고 있다.



[그림 10] 비콘 프레임 포맷

WiMedia protocol에서 모든 디바이스들은 분산적으로 동기 된 시스템 구조를 따르며, 이것은 [그림 11]에서 보는 바와 같은 다수의 비콘 슬롯들로 이루어진 비콘 구간을 포함한다.

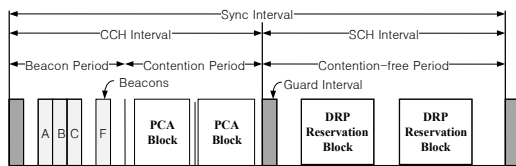


[그림 11] WiMedia MAC 프로토콜의 Superframe 구조

[그림 11]에서 보여주는 Superframe 구조에서 DRP 예약 구간은 각 디바이스들이 데이터 전송을 위해 비콘 프레임을 통해 예약하는 구간으로 데이터를 경쟁 없이 보낼 수 있는 장점이 있으나 미리 예약해야 하기 때문에, Emergency Data 전송에는

적합하지 않다. PCA 구간은 Priority가 적용된 CSMA/CA 즉 EDCA 방식을 사용하는 데이터 전송구간이다. 이 구간은 별도의 예약이 필요 없고, 높은 우선순위를 갖는 데이터가 먼저 전송되는 방식이기 때문에, Emergency Data 전송에 적합하다. 하지만 WAVE 시스템은 멀티 채널을 사용하기 때문에, 단일 채널을 이용하여 통신하는 WiMedia MAC 프로토콜을 다중 채널을 이용하는 방식으로 변경할 필요가 있다.

[그림 12]에서 보여주고 있는 채널 구조는 IEEE 1609 표준에 따라 동작하는 VANET에서 이용 되는 것이다.

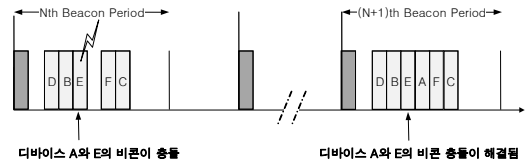


[그림 12] IEEE 1609.4의 채널구조에 WiMedia MAC 프로토콜을 적용한 예

[그림 12]에는 크게 2개의 채널구간, 즉 제어 채널(CCH) 및 서비스 채널(SCH)로 나뉘어 진다. CCH 구간내의 Beacon Period에서, 모든 디바이스들은 비콘 프레임 전송을 위해, 또는, 중대한 위험 경고 메시지들을 교환하기 위해, 제어 채널 상에 머물러야 한다. SCH 구간 내에서, 디바이스들은 Non-Safety Applications을 수행하기 위해 다른 서비스 채널들로 선택 적으로 스위칭 할 수 있지만, 다음 CCH 구간의 시작 시간 전에는 모든 스테이션들이 제어 채널로 다시 스위칭 되어야 한다. [그림 12]에서 보는 바와 같이, 비콘 구간과 SCH 간격 사이에는 경합 구간이 있으며, 이 구간은 Emergency Data 전송을 위해 사용된다.

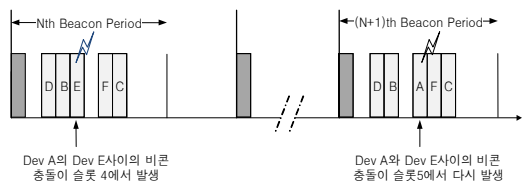
각 디바이스들의 비콘 프레임 전송은 WiMedia MAC Protocol에서 정의된 방식에 의해 이루어지며, 비콘 충돌이 발생할 때까지, 즉 자신의 통신 범위 또는 그 이웃의 통신 범위에서 누군가 동일한 비콘 슬롯을 선택하는 것이 검출 될 때까지, 이

슬롯을 유지 하는 것을 의미한다. 일단 충돌이 검출 되었으면, 충돌과 관련된 스테이션들은 그 충돌을 해결하기 위해 다시 이용 가능한 비콘 슬롯들을 선택해야 한다. [그림 13]에서 보여주는 바와 같이, N번째 비콘 구간에서 디바이스 A와 E를 다는 가끔씩 그들의 비콘 전송을 위해 슬롯(4)을 선택하고, 그 후 [그림 9]에서의 차량 배치에서 알 수있듯이 디바이스 C에 의해 충돌이 보고된다. 디바이스 A와 E는 다음 비콘 구간에서 충돌을 해결하기 위해 다시 새로운 슬롯을 랜덤 하게 선택해야 한다.



[그림 13] 비콘 충돌 상황 및 문제가 해결되는 모습을 보여준 예

[그림 14]에서 보는 바와 같이, 디바이스 A로부터의 비콘 및 디바이스 E로부터의 비콘은 N번째 비콘 구간내의 슬롯(4)에서 충돌한다. 이 충돌을 해결하기 위해, 디바이스 A와 E는 다음 비콘 구간에서 다시 이용 가능한 슬롯을 랜덤 하게 선택해야 한다. 한정된 수의 이용 가능한 슬롯들로 인해, 디바이스 A와 E는 동일한 비콘 슬롯을 다시 선택하게 되면, 새로운 비콘 충돌이 다시 발생하고, 이 충돌 문제를 다시 해결해야 한다.



[그림 14] 비콘 충돌상황 및 문제 해결 시도 후에도 문제가 변하지 않은 상태로 남아있는 예

CCH와 SCH 구간인 Sync Interval은 100msec

의 주기를 갖고 있으므로, [그림 13]의 경우처럼 N 번째 비콘 구간에서 발생한 충돌 문제가 다음번의 비콘 구간에서 해결되면, 최소 지연시간은 다음과 같다.

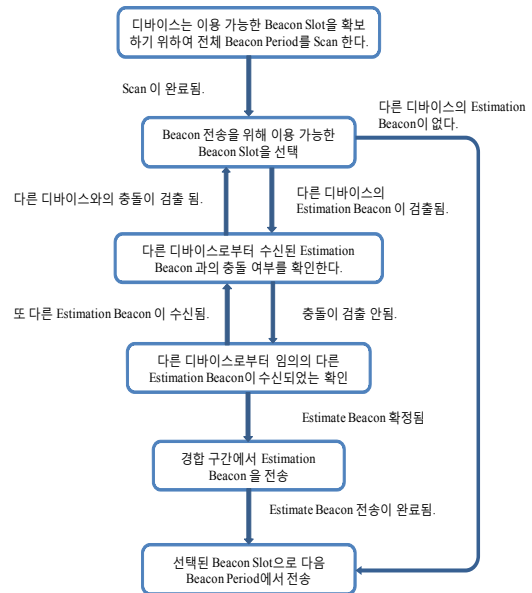
$$T_{Dmin} = 2T_{BP_Slot} + T_{CCH_CP} + T_{SCH_Total} + T_G \quad (1)$$

여기서, T_{BP_Slot} 은 비콘 구간에서 하나의 비콘 슬롯이 차지하는 전송 시간이고, T_{CCH_CP} 는 CCH 구간의 데이터 전송을 위한 경합 구간이다. T_{SCH_Total} 은 SCH 전체 구간을 나타내고, T_G 는 Guard Interval 구간을 나타낸다. T_{BP_Slot} 이 2msec, T_{CCH_CP} 가 24msec, T_G 가 4msec이면, 위의 경우 최소 Delay는 82msec가 된다. 이는 마지막 비콘 슬롯에서 충돌이 발생하고, 다음 번 첫 번째 Slot에서 충돌 문제가 해결 되었을 경우의 최소 지연시간 값이다. 하지만, 충돌 디바이스 중 하나의 디바이스만이 이 지연시간 값을 갖게 되며, [그림 14]의 두 번째의 경우에는 충돌로 인한 지연시간이 100msec가 훨씬 넘게 된다. 이러한 지연시간은 VANET 환경에 적합하지 않다. 충돌이 발생할 경우 문제 해결을 위해 다음 Beacon Period까지 지연되게 되면, Sync Interval이 100msec이므로 많은 지연 시간이 발생 하게 되므로, CCH 구간 내에서 이 충돌 문제를 해결 할 수 있어야 지연시간을 최소화 할 수 있다.

3.2 예측 비콘을 이용한 비콘 충돌 회피 및 해결

비콘 충돌 문제를 짧은 지연시간 안에 해결 할 수 있도록 하기 위해서, 우리는 예측 비콘을 사용 할 것이다. 예측 비콘은 비콘 구간에서 발생하는 충돌 문제를 CCH의 Contention Period 에서 EDCA 방식으로, 미리 디바이스간 사용 예정인 슬롯 정보를 전송함으로써 충돌 문제를 미리 해결 하도록 할 수 있다. 각 디바이스가 전송하는 비콘 프레임에는 자신이 점유한 비콘 슬롯의 점유 시간을 포

함하며, 이는 연속으로 전송할 비콘의 수를 나타낸다. 이 정보를 통해 다른 디바이스는 동일한 비콘 슬롯의 사용을 회피함으로써 발생할 충돌 문제를 미연에 방지 할 수 있다. 예측 비콘은 비콘 구간에 전송하는 비콘과 같은 정보를 포함 하고 있어, VANET 환경에서 만약 비콘 구간에서 디바이스들이 충돌을 하더라도 비콘 구간이 끝나는 시점 후에 즉시 예측 비콘을 통해서 발생한 충돌 문제를 해결 할 수 있다.



[그림 15] 충돌 방지 알고리즘의 순서도

[그림 15]는 본 알고리즘에 관한 순서도를 보여주고 있다. 제안된 알고리즘은 [그림 9]에 표시된 모든 무선 디바이스들에 적용될 수 있다. 이 예에서는 디바이스 A의 동작에 중점을 두고 설명한다. 디바이스 A는 비콘 프레임을 전송하기 위한 이용 가능한 비콘 슬롯을 찾기 위해 비콘 구간을 검색한다. N번째 비콘 구간에서, 충돌이 있는데, 디바이스 A와 E, 둘 모두가 슬롯(4)으로 전송했기 때문이다. 다음은 이용 가능한 비콘 슬롯을 찾기 위해 전체 비콘 구간이 검색된다. 이것은 특히, 디바이스 A가 먼저 시작하거나 비콘 충돌에 관련되었

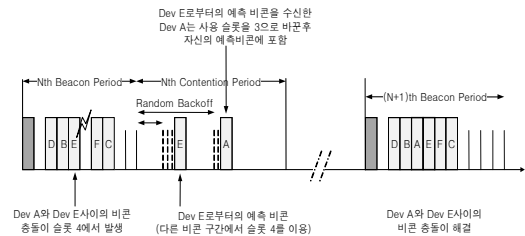
을 때의 경우이다. 일단 스캔이 행해졌으면, 디바이스 A는 이용 가능한 비콘 슬롯들 중 하나를 선택한다. 다음, 단계에서, 디바이스 A는 네트워크에서 다른 디바이스들에 의해 전송된 비콘 프레임들을 수신한다. 이들 비콘 프레임들은 예측 비콘 프레임이라고 부를 것이다. 이들 예측 비콘 프레임들은, 특정 비콘 슬롯으로 비콘 프레임을 전송하기 위한 의도를 네트워크의 다른 디바이스들에 통보하기 위해 경합 구간에서 전송된다. 이러한 예측 비콘 프레임들이 수신되면, 디바이스 A는 다음 비콘 구간 N+1에서 선택된 비콘 슬롯으로 비콘 프레임을 전송한다.

그러나 예측 비콘 프레임이 수신되었음을 검출한다면, 예측 비콘이 가능한 충돌을 나타내는지의 여부가 결정된다. 예측 비콘은 디바이스 E로부터 수신되며, 이것은 디바이스 E가 비콘 프레임 전송을 위해 슬롯(4)을 이용하려고 하는 것을 나타낸다. 또한, 디바이스 A는 동일한 슬롯을 선택했고, 따라서 가능한 비콘 충돌이 검출된다. 한편, 비콘 충돌 가능성이 검출되면, 절차는 계속된다.

이제, 가능한 비콘 충돌이 검출된 다음, 디바이스 A는 비콘 프레임 전송을 위한 또 다른 비콘 슬롯을 선택한다. 이러한 예에서, 슬롯(3)이 선택된다. 그 후 디바이스 A는 임의의 다른 예측 비콘들이 수신되는지의 여부를 결정한다. 새로운 예측 비콘이 수신된다면, 절차는 계속되지만, 다른 예측 비콘들이 검출되지 않으면, 디바이스 A는 다음 경합 구간에서의 비콘 프레임 전송을 위해 슬롯(3)을 이용하려는 것을 다른 디바이스들에게 통보하는 예측 비콘을 경합 구간에 전송한다. 예측 비콘은, 다음 비콘 구간에 전송될 비콘 프레임에 대한 의도된 비콘 슬롯 번호를 포함한다. 예측 비콘은 비콘 구간이 아니라 경합 액세스 구간에 전송된다. 따라서, 각 디바이스는 비콘 프레임을 전송하기 전, 또는 비콘을 전송하기 위한 비콘 슬롯을 변경하기 전마다, 경합 구간에 예측 비콘을 전송해야 한다. 예측 비콘은, 경합 구간의 시작점으로부터 랜덤한 지연 시간 후에 CSMA/CA 방식을 이용하

여 전송된다. 예측 비콘이 가지고 있는 슬롯정보는 비콘 구간의 비콘들의 슬롯 정보와 함께 다른 디바이스들에게 동일하게 인식되므로, 추가의 지연 시간 없이 슬롯 점유가 가능하다.

일단 디바이스 A가 예측 비콘을 전송하였으면, 절차는 다음 비콘 구간에서 선택된 비콘 슬롯으로 전송함으로써 계속된다. [그림 16]에서 알 수 있는 바와 같이, 디바이스 A가 비콘 슬롯(3)을 이용하지만, 디바이스 E가 비콘 슬롯(4)을 이용하기 때문에 비콘 충돌이 없다.



[그림 16] 비콘 충돌 해결의 예

위의 시나리오에서, 디바이스 A와 E가 서로 들을 수 없는 범위에 존재하는 것이, 즉 이들이 통신 범위 내에 없는 것이 가능하다. 그러나 이 경우, 또 다른 디바이스, 예를 들면 디바이스 A와 E로부터 예측 비콘들을 수신하는 제 3 디바이스가 있을 수 있다. 이 경우, 디바이스 C는 두 디바이스들이 슬롯(4)으로 전송하려는 것을 안다. 또한, 디바이스 C는 의도된 슬롯, 이 예에서는 슬롯(4)가 그 범위에서 또 다른 통신 디바이스들에 의해 점유될 수 있음을 검출할 수 있다.

이제, 디바이스 C는 가능한 비콘 충돌의 검출 직후에, 충돌 경고 비콘을 전송하려고 한다. 충돌 경고 비콘의 전송은 마찬가지로 CSMA/CA 방식을 따라야 한다. 충돌 경고 비콘은 잠재적인 충돌이 발생할 슬롯 번호, 이 예에서는 슬롯(4)의 정보, 및 가능한 충돌에 관련된 디바이스 식별자들(이 예에서는 디바이스 A와 E)을 포함한다. 충돌 경고 비콘에 의해 운반되는 디바이스 식별자 목록에서, 디바이스는, A 디바이스로부터의 예측 비콘이 디바

이스 E로부터의 예측 비콘 전에 수신되었으므로, 디바이스 E보다 상위여야 한다. 따라서 새로운 형태의 비콘, 즉 충돌 경고 비콘은 다음 비콘 기간에 동일한 비콘 슬롯을 이용하려는 2개의 예측 비콘들을 수신하거나, 또는 다른 이웃에 의해 이미 점유된 비콘 슬롯을 이용하려는 예측 비콘을 통지함으로써, 가능한 충돌이 검출되었음을 이웃하는 디바이스들에게 경고하기 위해 이용된다. 충돌 경고 비콘은 충돌이 예측된 비콘 슬롯의 정보와 관련된 디바이스 식별자들의 시퀀스를 운반한다. 디바이스 식별자들의 시퀀스 순서는 디바이스들이 비콘 슬롯을 이용할 수 있는 우선 순위들을 관련시키도록 구성될 수 있다. 충돌 경고 비콘의 수신 시, 디바이스 A는 원하는 비콘 슬롯으로서 새롭게 선택된 슬롯, 즉, 이 예서는 슬롯(3)과 함께 예측 슬롯을 재전송하도록 시도할 것이다. 따라서 숨겨진 스테이션 문제가 있더라도 다음 비콘 기간 전에 잠재적 충돌이 해결된다. 이 상황은 [그림 16]에 표시되어 있다. 따라서, 이러한 경고 비콘 특징에 따라 디바이스 A가 경고 비콘들을 청취하고 있고, 그 경고 비콘의 정보가 디바이스 A에 있어서 가능한 충돌을 보여준다. 또한, 다른 디바이스에 의해 전송된 예측 비콘이 더 높은 우선순위를 가지는 경우에 또 다른 비콘 슬롯을 선택하도록 [그림 15]의 상태도 천이도가 수정될 수 있다. 여기서, 현재 디바이스 A는 예측 비콘들을 청취하는 것 외에도, 경고 비콘들을 동일하게 청취할 수 있다.

제안 알고리즘은 경합 구간에서 사용되는 예측 비콘들을 이용하여 디바이스 간에 비콘 충돌을 회피하고 충돌이 발생 하여도 지연 시간을 최소화 하여 문제를 바로 해결 할 수 있도록 하였다.

4. 성능평가

본 논문에서 제안한 예측 비콘을 이용한 알고리즘의 검증을 위해 시뮬레이션 툴은 MATLAB을 사용하였고, 시간에 따른 이벤트 방식으로 구현되었다. 성능의 분석은 순수한 멀티 비콘만을 적용

한 방식과 예측 비콘을 이용한 방식 두 가지를 시뮬레이션을 통해서 비교하였다. 순수한 멀티 비콘 방식은 PMB(Pure Multi Beacon)라 부르고, 예측 비콘을 이용하는 방식은 EMB(Estimation Multi Beacon)라 하겠다.

4.1 시뮬레이션 조건

〈표 3〉 시뮬레이션 파라미터 값

| Parameter | Value | Contents |
|-----------|--------------------|---|
| Srate | 256 ksymbol/sec | Symbol Rate |
| Plen | 512 symbol | Packet Length |
| Tsync | 100msec | CCH Range + SCH |
| Tsch | 50msec | SCH Period |
| Tcch | 50msec | CCH Period |
| Tguard | 4msec | Channel Switch Time+ Sync Tolerance |
| Tbp | 22msec | Beacon Period |
| Tbpslot | 2msec | Beacon Slot Period |
| Tebp | 24msec | Estimation Beacon Period |
| Tifs | 36usec | Inter-Frame Space(IFS) |
| Dnum | 20~200 | Device Total Number |
| G | 0.1~2 | Traffic |
| SPlen | 10000 packet | Simulation end packet number |
| CWmin | 20 | Random Back-Off Minimum Contention Window |
| CWmax | 1023 | Random Back-Off Maximum Contention Window |

WAVE에서는 AIFS 구간을 AC(Access Category)에 따라 그 길이가 다르지만, 본 논문의 시뮬레이션에서는 시험의 간소화를 위해 AC3의 구간만을 적용하여 하나의 T_{ifs} 로만 시험하였다. 이번 시험에서는 비콘 구간의 Slot 개수로 11개를 사용하였다. 이는 하나의 패킷을 전송하는데 2msec가 필요하다고 가정하였기 때문이며, 실제 적용 시에는 비콘 프레임의 필요한 내용에 따라 변경 가

능하며, 전송 속도에 의해서도 패킷을 전송하기 위한 시간은 달라 질 수 있다.

본 논문의 시뮬레이션에서는 PMB와 EMB에 대해서 트래픽의 증가에 따른 전송률, 지연시간, 충돌률을 구하였다. 패킷 생성은 각 디바이스가 랜덤하고 서로 무관하게 패킷을 생성한다고 가정하였고, 이를 적용하기 위해 Poisson 분포를 적용하였다[15]. 패킷의 생성간격의 기대 값은 디바이스 수로부터 얻었다. 생성되는 패킷의 수가 Poisson 분포이고, 디바이스가 시간 t 에 n 개의 패킷을 생성할 확률은 식 (2)와 같다. 생성간격의 기댓값은 $1/\lambda$ 이고, 0에서 t 동안 패킷이 생성되지 않을 확률은 식 (3)과 같으며, 따라서 첫 번째 패킷이 시간 후에 생성될 확률은 식 (4)와 같이 된다.

$$P_n(t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!} \quad (2)$$

$$P_0(t) = e^{-\lambda t} \quad (3)$$

$$p(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (4)$$

트래픽, 전송 디바이스 수, 하나의 패킷을 전송하는 시간, 패킷 생성 기댓값을 G , D_{num} , T_{time} , T_{int} 라 하면, $t = T_{time}$ 이고, $\lambda = 1/T_{int}$ 이며, 생성 확률은 식 (5)와 같다. 또한 이로부터 얻어지는 것으로부터 패킷 생성 기댓값 T_{int} 는 식 (6)과 같다.

$$p(t) = \frac{G}{D_{num}} = 1 - e^{-\frac{T_{time}}{T_{int}}} \quad (5)$$

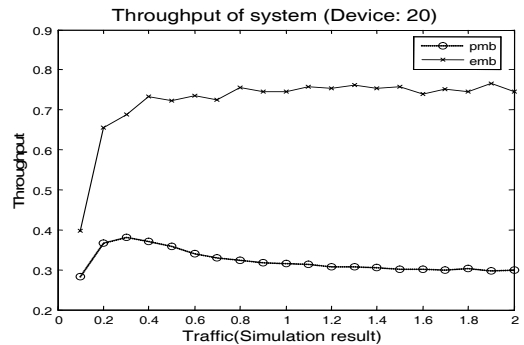
$$T_{int} = -\frac{T_{time}}{\log(1 - \frac{G}{D_{num}})} \quad (6)$$

패킷 생성 기댓값 T_{int} 를 이용하여 생성 시간 t 를 구하여 식 (7)를 도출하여 시뮬레이션에 적용하였다. 여기서 x 는 0에서 1사이의 랜덤한 값을 사용하였다.

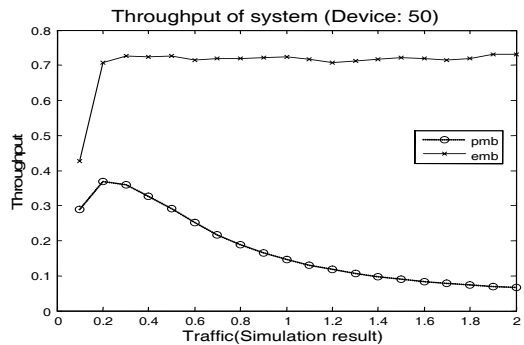
$$t = -T_{int} \times \log(1-x) \quad (7)$$

4.2 트래픽 G에 따른 성능분석

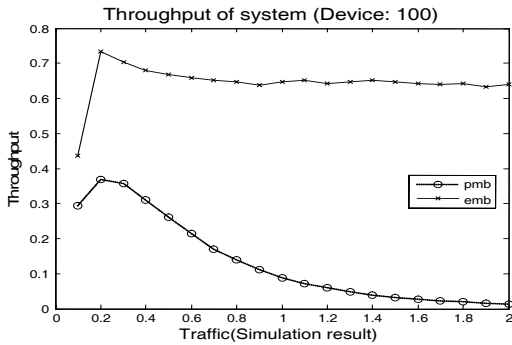
[그림 17]에서 [그림 19]는 차량 20대, 50대, 100대 조건에서 트래픽 증가에 따른 Simulation 결과 값이다. Ad hoc 환경에서는 통신 가능 영역이 RUS-OBU 방식의 Infrastructure에 비해 좁기 때문에 이번 시험에서는 최대 100대까지의 시험 결과만을 제시한다. 그림에서 보이는 바와 같이 본 논문에서 제시된 EMB 방식이 PMB 방식보다 2배 이상의 전송률 개선이 되었음을 확인 할 수 있다. 차량 20대와 50대의 경우에서 PMB 방식은 지수적 감소 추세를 보이는 반면, EMB는 일정한 전송률을 보이고 있으며, 차량 100대의 경우의 EMB에서는 전송률의 최대값에 비해 12.5% 감소하였다. 전송률에 있어서 트래픽의 증가에 따라 감소량이 있어서도 EMB 방식이 PMB 방식보다 감소량이 적음을 알 수 있다.



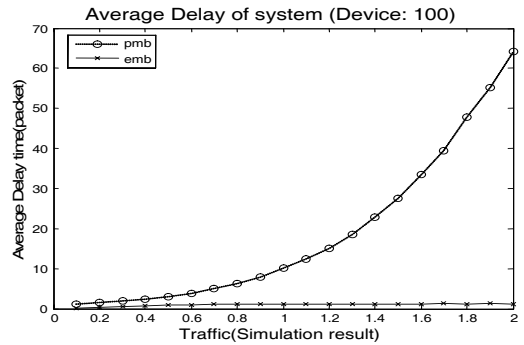
[그림 17] 디바이스 수가 20인 경우의 전송률



[그림 18] 디바이스가 50인 경우의 전송률



[그림 19] 디바이스가 100인 경우의 전송률

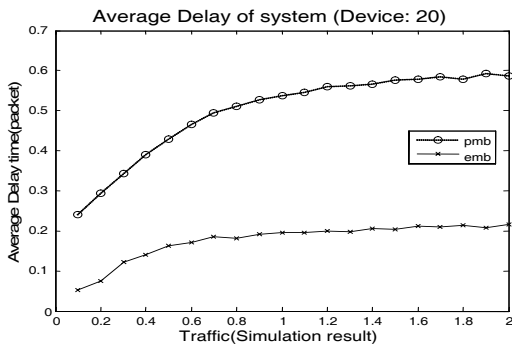


[그림 22] 디바이스가 100인 경우의 지연시간

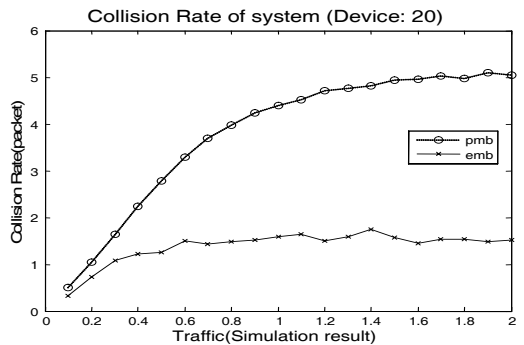
지연시간에서는 [그림 20]과 같이 차량 20대 조건에서 트래픽에 따라 최소 2배에서 최대 4배까지의 지연시간 차이가 발생함을 확인 할 수 있고, [그림 21], [그림 22]와 같이 차량 50대와 100대 조건에서는 트래픽의 증가에 따라 PMB 방식이 지

수적으로 지연시간이 증가하였고, EMB 방식은 일정한 값 이하로 포화 된 곡선을 보였다.

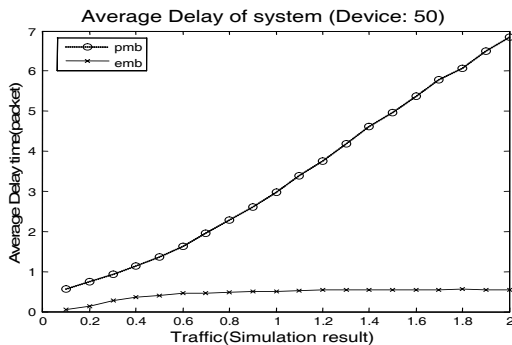
충돌률 시험에서는 [그림 23]과 같이 차량 20대 조건에서 트래픽이 작을 때에는 PMB 방식과 EMB 방식이 모두 비슷한 성능을 보이고 있으나, 트래



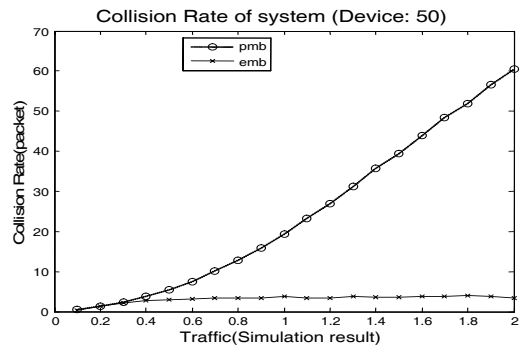
[그림 20] 디바이스가 20인 경우의 지연시간



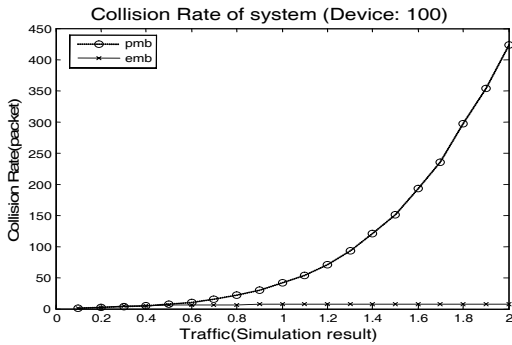
[그림 23] 디바이스가 20인 경우의 충돌률



[그림 21] 디바이스가 50인 경우의 지연시간



[그림 24] 디바이스가 50인 경우의 충돌률

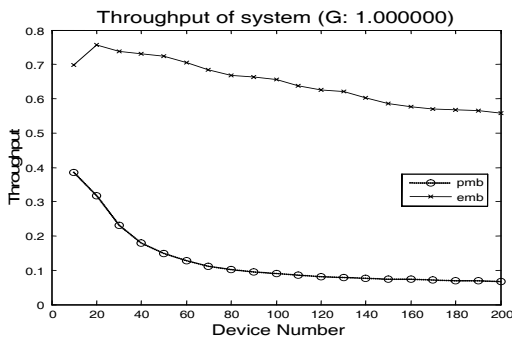


[그림 25] 디바이스가 100인 충돌률

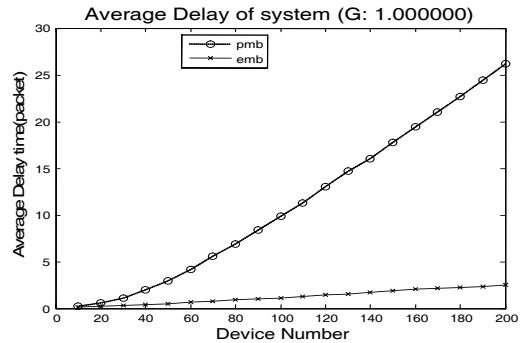
픽이 증가함에 따라 충돌률의 차이가 3.3배까지 발생하였으며, [그림 24]과 [그림 25]와 같이 차량 50대와 100대의 조건에서는 트래픽 증가에 따라 지연시간 결과와 마찬가지로 PMB 방식은 지수적으로 충돌률이 증가하였고, EMB 방식은 일정 값 이하에서 포화 됨을 알 수 있다.

4.3 디바이스 수에 따른 성능

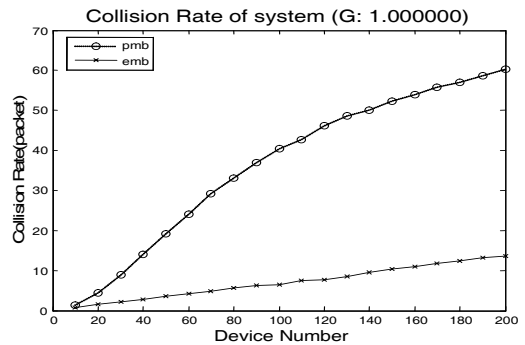
이번에는 제공되는 정규화된 트래픽량 G를 1로 고정한 상태에서 차량의 수를 10대에서 200대까지 변화하도록 한 후 그 성능을 확인하였다. 전송률 시험에서는 PMB 방식이 지수적으로 감소하고 있음을 알 수 있으며, EMB 방식은 선형적으로 감소함을 확인 하였다. 최악의 조건에서 PMB 방식과 EMB 방식은 7.8배의 차이가 발생 하였다. 지연시



[그림 26] 트래픽이 1인 경우의 디바이스 수에 따른 전송률



[그림 27] 트래픽이 1인 경우의 디바이스 수에 따른 패킷 지연시간



[그림 28] 트래픽이 1인 경우의 디바이스 수에 따른 패킷 충돌률

간 시험에서는 [그림 27]에 보인 것과 같이 EMB 방식이 PMB 방식보다 25배 이상 지연 시간이 감소 하는 것을 확인 하였다. [그림 28]에서처럼 충돌률 시험에서는 차량 200대 조건에서 EMB 방식이 PMB 방식보다 4.5배 이상 감소 하였다.

6. 결 론

차량 Ad hoc 환경에서 빈번한 토폴로지 변화와 차량의 속도 및 차량 운행의 안정성을 확보하기 위해서 차량 간 통신시에 최소의 지연시간과 일정 이상의 전송률이 보장 되어야 한다.

IEEE802.11p WAVE에서는 채널 구조가 CCH와 SCH로 분리되어 있고, CCH 구간에서 충돌회피 및 충돌 해결이 안되면, 다음 CCH까지 지연시

간이 증가함으로 비효율성이 매우 높아진다.

따라서, 본 논문에서는 차량간의 효율적인 정보 교환을 위해서 멀티 비콘 개념을 적용하였고, 적용된 멀티 비콘 방식은 각 디바이스의 비콘 충돌 문제를 해결할 수 있었다. 적용한 멀티 비콘 방식은, 기존 WAVE에서의 SCH 구간이 50msec로 매우 길기 때문에 CCH 구간 내에서 충돌 문제를 해결할 수 있도록 예측 비콘을 도입 적용하였다.

시뮬레이션 결과처럼 트래픽과 디바이스의 수가 작을 때는 PMB 방식과 EMB 방식이 많은 차이가 보이지 않았지만, 트래픽과 디바이스 수가 증가함에 따라 PMB방식의 결과는 충돌률의 증가하게 되었고, 이와 함께 전송률의 저하와 지연시간의 증가가 발생됨을 확인 할 수 있었으며, 이와 같은 문제 해소를 위해서 예측 비콘을 도입함으로써 충돌 회피가 가능하고, 충돌 발생 후 최소한의 지연 시간으로 문제를 해결 할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] International Traffic Safety Data and Analysis Group, "IRTAD Road Safety 2009 Annual Report", *International Transport Forum*, 2009.
- [2] 유석대, 조기환, "차량안전 통신 기술 동향", IITA 주간기술동향, 제1292호, 2007.
- [3] 임승철, "텔레메틱스 시스템개발", 한국정보기술학회 하계학술대회논문집, 2009.
- [4] Bilstrup, K., "A Survey Regarding Wireless Communication Standards Intended for a High-Speed Vehicle Environment", *School of Information Science, Computer and Electrical Engineering*, Halmstad University, Sweden.
- [5] "IEEE Std. 802.11p/D7.0, Amendment 7 : Wireless Access in Vehicular Environments", May 2009.
- [6] "IEEE Std. 1609.1-2006, IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE)-Resource Manager", 2006.
- [7] "IEEE Std. 1609.2-2006, IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments-Security Services for Applications and Management Messages", 2006.
- [8] "IEEE Std. 1609.3-2007, IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE)-Networking Services", 2007.
- [9] "IEEE Std. 1609.4-2006, IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments(WAVE)-Multi-channel Operation", 2006.
- [10] "IEEE Std. 802.11-2007, Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", IEEE Std. 802.11, 2007.
- [11] "IEEE Std. 802.11a-1999, Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications High-speed Physical Layer in the 5GHz Band", IEEE Std. 802.11a, 1999.
- [12] "MAC-PHY INTERFACE SPECIFICATION", WiMedia ALLIANCE, RELEASE 1.5, DEC, 1, 2009.
- [13] 이현정, 백승호, 허재두, "무선 USB 기술 및 WiMedia 표준화 동향", 『전자통신동향분석』, 제21권, 제5호(2006).
- [14] Jiang, D. and L. Delgrossi, "IEEE 802.11p : Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments", Proc. IEEE VTC-Spring, 2008.
- [15] Hiroshi, H. and P. Ramjee, "Simulation and Software Radio for Mobile Communications", Artech House Publishers, 2002.
- [16] Zang, Y., L. Stibor, B. Walke, H.-J. Reu-

- merman, and A. Barroso, "Toward broadband Vehicular Ad-Hoc Networks-The Vehicular Mesh Network(VMESH) MAC Protocol", *Wireless Communications and Networking Conference, WCNC, (2007)*, pp417-422.
- [17] Toor, Y., P. Muhlethaler, and A. Laouiti, "Vehicle Ad Hoc networks : applications and related technical issues", *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, Vol.10, No.3 (2008).
- [18] Menouar, H., F. Filali, and M. Lenardi, "A survey and qualitative analysis of MAC protocols for vehicular ad hoc networks", *IEEE Wireless Communications*, Vol.13, No.5(2006), pp.30-35.

◆ 저 자 소 개 ◆

**김 재 완 (jaewan.kim78@gmail.com)**

고려대학교 전기전자전파공학부에서 학사, 고려대학교 전자컴퓨터공학과에서 석사 학위를 취득하고 현재 고려대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정에 있다. 현재 VANET, WBAN, WUSB 등을 연구 중이며, 관심분야는 임베디드 시스템, 디지털 신호처리, 센서네트워크 등이다.

**엄 두 섭 (eomds@korea.ac.kr)**

고려대학교 전자공학과에서 학사, 고려대학교 전자공학과에서 석사, 일본 오사카대학 정보통신공학과에서 박사학위를 취득하고, 현재 고려대학교 전기전자전파공학과 정교수로 재직 중이다. 관심분야는 통신네트워크 설계 및 성능분석, 무선 ATM, 센서네트워크 등이다.