

# 차량통신 네트워크를 위한 MAC 기술

이상우 | 오현서 | 곽동용 | 박종현  
한국전자통신연구원

## 요약

차량통신 네트워크는 운전자 및 동승자, 더 나아가 보행자에게 안전 서비스 및 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다는 점에서 미래의 ITS(Intelligent Transportation System)를 주도할 핵심적 기술로 기대되고 있다.

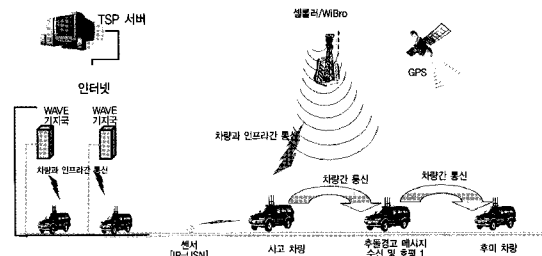
본 고에서는 최근 연구가 활발히 진행되고 있는 차량통신 네트워크의 개념과 특징을 살펴보고 대표적인 차량통신 표준인 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments) 기술의 개요와 MAC(Medium Access Control) 기술에 대해 살펴본다.

## I. 서론

최근 무선 통신 기술의 발전과 IT융합의 추세에 맞춰 전세계적으로 차량에 IT통신기술을 적용한 차량통신 기술을 이용한 ITS 및 차량안전 서비스 제공 등에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

차량통신 네트워크(VANET, Vehicle Ad Hoc Network)의 통신은 크게 V2V(Vehicle to Vehicle) 통신과 V2I(Vehicle to Infrastructure) 통신으로 이루어진다. V2V 통신은 인프라의 도움 없이 차량들이 자체적인 네트워크를 구성하여 통신하는 방식으로 충돌 방지 및 경고 메시지 전송과 같은 안전 서비스 제공에 주로 사용되며 V2I 통신은 인터넷, 디지털 맵 및 멀티미디어 다운로드 등 비안전 서비스 제공에 사용될

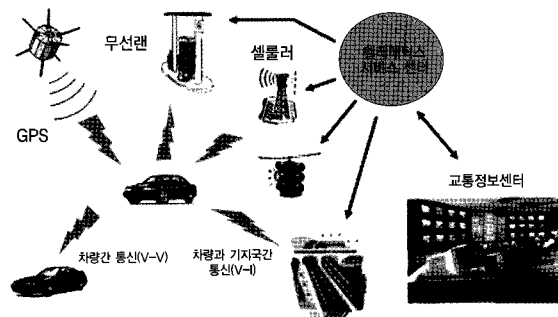
것으로 기대된다. (그림 1)은 차량통신 네트워크의 개념을 나타낸 것이다.



(그림 1) 차량통신 네트워크 개념도

미국 DOT(Department of Transportation)에서는 VII(Vehicle Infrastructure Integration) 프로젝트를 추진하여 국가차원의 교통정보와 차량 안전 서비스를 제공하려고 한다. (그림 2)는 VII 시스템의 개념을 나타내고 있다.

EU(European Union)는 2005년부터 i2020 "Intelligent Car



(그림 2) VII 시스템 개념도

Initiative"라는 슬로건 하에 보다 안전하고 지능화되며 고품질의 이동성을 제공하겠다는 비전을 제시하고 있다. C2C-CC 콘소시엄은 미국에서 추진하고 있는 WAVE기술을 적용하여 차량 안전과 교통에 활용을 추진하고 있으며, 이 콘소시엄에는 Audi, BMW, Volkswagen, Renault, Fiat 가 참여하고 있다. 일본에서는 DSRC(Dedicated Short Range Communication) 통신을 이용한 ETC(Electronic Toll Collection) 서비스가 전국적으로 확산되어 있으므로 DSRC 통신 인프라를 기반으로 교통정보와 차량 안전 서비스를 지원하는 연구를 추진하였다. 국내에서는 한국전자통신연구원을 중심으로 2007년도부터 VMC(Vehicle Multihop Communication)기술을 연구하고 있다. VMC 기술은 WAVE 규격을 기반으로 차량간 통신과 차량과 인프라 통신을 지원하는 핵심기술 확보를 목표로 하고 있다.

본고의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 차량통신 네트워크의 특징을 살펴본다. 3 장에서는 차량통신 표준으로 진행중인 WAVE 기술(특히, MAC 기술)에 대해 살펴보고 4장에서 결론을 맺는다.

## II. 차량통신 네트워크의 특징

차량이 고속으로 이동하면서 메시지를 주고 받는 차량통신 네트워크는 기존의 MANET(Mobile Ad Hoc Network)의 특수한 경우로 볼 수 있으며 다음과 같은 특징을 갖는다.

### • 고속의 이동환경

차량이 고속으로 이동하면서 통신이 이루어지므로 물리계층에서 multi-path나 Doppler shift에 대한 고려가 필요하다.

### • 전파 범위

차량통신을 이용한 서비스, 특히 안전서비스를 위해서 기존의 무선랜에 비해 통달거리가 길어야 한다. 예를 들어 안전메시지의 전달은 최대 1Km를 요구하는 경우도 있다.

### • latency

안전 메시지 같은 경우 매우 짧은 시간 내에 전달 되어야

운전자와 승객의 안전을 보장할 수 있다. 일례로 VSC 프로젝트에서 정의한 대다수의 안전 어플리케이션의 경우 100ms 이내의 짧은 latency를 요구한다. 여기서 latency는 메시지가 생성되어 수신 측에 수신될 때까지의 시간을 의미한다.

### • 네트워크 토폴로지

개별 차량 또는 기지국의 통신장치의 입장에서 보면 주위의 차량들이 빠른 속도로 자신의 통신 범위에 들어 왔다 빠져나가는 상황이 빈번히 발생하게 된다. 이는 네트워크 토폴로지의 잦은 변화를 의미하며 이에 대응할 수 있도록 기존의 MANET에서 사용되던 라우팅 프로토콜 대신 새로운 라우팅 프로토콜이 필요하게 되는 것을 의미한다.

### • 전력 관리

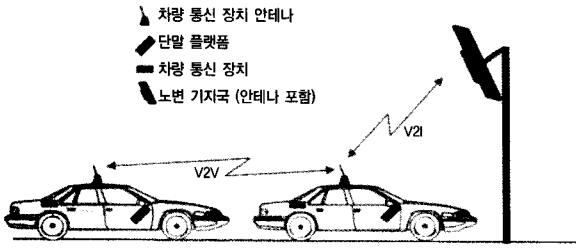
MANET에서는 통신장치의 전력 소모를 줄이는 것이 큰 이슈이지만 차량통신에서는 차량 내에 발전기가 있어 전력 소모는 큰 이슈가 되지 않는다.

### • Scalability

차량통신 네트워크의 밀도는 차량의 수에 의존적이며 매우 가변적이다. 즉 차량의 수가 많은 도심 지역의 경우 매우 밀집된 네트워크가 되는 반면 차량이 수가 많지 않은 교외 지역의 경우 산재된 네트워크가 구성된다. 따라서 차량통신 네트워크는 이렇게 가변적인 네트워크 밀도에 적절히 대응하는 기능이 요구된다.

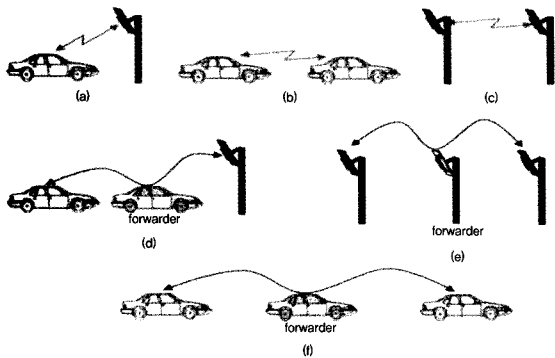
차량통신 네트워크의 구성 요소는 크게 차량통신장치(OBU, On-Board-Unit)와 노변 기지국(RSU, Road-Side-Unit)이 있다. (그림 3)은 차량통신 장치와 노변 기지국과의 관계를 보여준다. 차량통신 장치는 차내에 장착되며 사용자와 인터페이스를 하는 단말 플랫폼(예 카PC, 네비게이션 등)과 연결되어 운전자 및 동승자에게 안전 및 비안전 서비스를 제공하게 된다. 노변 기지국은 도로변에 고정되어 설치되며 외부망과의 접속 기능이 제공된다. 따라서 차량통신 장치는 노변 기지국을 통해 외부망에 접속 가능하게 된다.

차량과 노변 기지국을 이용하여 다양한 통신 형태를 구성할 수 있으며 유럽 표준인 CALM(Communications Access



(그림 3) OBU와 RSE의 관계

for Land Mobile)에서는 이와 관련하여 (그림 4)와 같이 6개의 통신 시나리오를 정의하고 있다. (a), (b), (c)는 각각 차량 통신 장치-노변 기지국간 통신, 차량통신 장치-차량통신 장치간 통신, 노변 기지국-노변 기지국간 통신을 나타낸다. 그림 (d), (e), (f)는 (a), (b), (c)의 확장된 시나리오이다. 중간에 forwarder가 존재하며 멀티홉으로 통신이 가능하도록 한다. 통신은 단방향 및 양방향 통신이 모두 가능하다.



(그림 4) 통신 시나리오

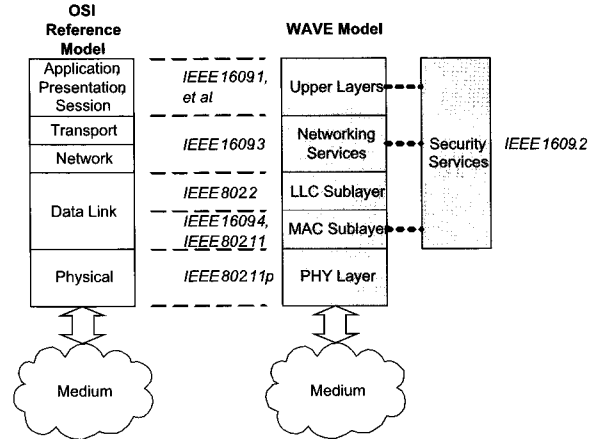
### III. WAVE 기술

WAVE는 차량에 seamless한 서비스를 제공하기 위한 무선 통신 시스템을 목표로 북미에서 진행중인 표준 방식이며 차량간 통신 및 차량-기지국간 통신을 포함하고 있다.

#### 1. WAVE 아키텍처

WAVE는 기존의 무선랜 표준인 802.11에서 차량통신 환

경을 고려한 MAC/PHY 표준인 802.11p와 상위 프로토콜 계층 표준인 IEEE 1609를 포함한다. WAVE 모델과 OSI참조 모델과의 관계와 해당 표준은 (그림 5)와 같다.



(그림 5) WAVE 참조모델과 OSI 참조모델과의 관계

PHY 계층은 IEEE 802.11p를 이용하고 MAC 계층은 IEEE 802.11p와 IEEE 1609.4를 따른다.

IEEE 802.11p는 IEEE 802.11에서 차량통신을 위해 추가 또는 변경되어야 하는 부분을 기술하고 IEEE 1609.4에서는 복수개의 채널을 사용하기 위한 복수 채널 동작에 대해 기술한다. IEEE 1609.2는 security 서비스 관련 표준을 정의하고 IEEE 1609.3은 네트워킹 관련 WSMP(Wave Short Message Protocol)을 정의하고 있다. IEEE 1609.1은 상위 계층인 어플리케이션을 정의하고 있다. IEEE 802.11p는 현재 letter ballot을 통과하여 sponsor ballot을 진행 중에 있으며 IEEE 1609는 현재 draft 표준을 진행 중에 있다.

#### 2. WAVE 주파수 대역

1999년 미국 FCC (Federal Communication Commission)는 5.9 GHz 대역에 75MHz를 DSRC용으로 할당하여 ITS 서비스에 사용하도록 하였다. 이 대역은 7개의 10MHz 채널로 구성될 수 있으며 현재 무선랜이 사용하는 2.4GHz 나 5GHz 대역과는 달리 허가를 받아 사용하여야 한다. WAVE에서는 7개의 채널을 이용하여 통신을 할 수 있으며 7개의 채널은 하나의 제어 채널(CCH: control channel, 178)과 6개의 서비

스 채널(SCH: service channel)로 구성된다. 채널 172와 184는 공공의 안전 어플리케이션을 위해 할당 되어 있으며 나머지 서비스 채널은 안전 및 비안전 서비스에 사용된다. <표 1>은 할당된 주파수 별 채널 번호, 대역 및 출력을 정리한 것이다.

<표 1> FCC의 주파수 할당

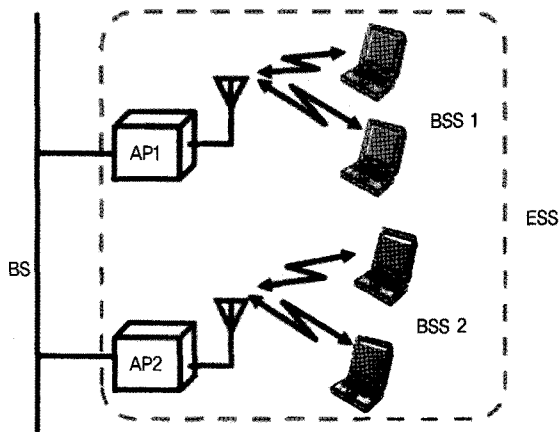
Channel No.	Frequency range (MHz)	Max. EIRP (dBm)	Channel use
172	5,855-5,865	33	Service channel
174	5,865-5,875	33	Service channel
176	5,875-5,885	33	Service channel
178	5,885-5,895	33/44.8	Control channel
180	5,895-5,905	23	Service channel
182	5,905-5,915	23	Service channel

### 3. WAVE MAC

WAVE MAC은 IEEE 802.11p를 기반으로 복수 채널 동작을 지원하는 IEEE 1609.4를 포함한다. WAVE MAC이 가지는 특징은 다음과 같다.

#### 3.1 BSS 외부에서의 통신

802.11의 네트워크는 기본적으로 BSS(Basic Service Set)를 기반으로 통신을 하게 된다. 단말이 통신을 하기 위해서는 존재하고 있는 BSS에 Join, Authentication 및 association 절차를 거쳐야 BSS내의 다른 단말과 통신을 할 수 있게 된다.



(그림 6) BSS 개념도

BSS는 네트워크를 구성하는 논리적인 구성요소가 된다. 하나 이상의 BSS를 DS(distribution System)를 사용하여 논리적으로 연결함으로써 ESS(extended Service Set)를 구성할 수 있다. (그림 6)은 BSS의 개념도를 나타낸다.

차량이 고속으로 이동하면서 통신을 하는 경우 밀리초(millisecond) 단위의 매우 짧은 통신시간이 요구될 수 있다. 이러한 경우 BSS내에서 통신을 하게 되면 위에서 언급한 절차에 따른 지연이 발생하게 되며 통신이 불가능한 상황이 발생하게 된다. 따라서 WAVE에서는 BSS 외부에서의 통신이라는 개념을 정의하고 단말이 BSS 외부 통신이 가능하도록 설정이 되면 authentication이나 association의 절차 없이 바로 직접 통신이 가능하도록 정의하고 있다.

#### 3.2 Timing advertisement

BSS외부에서 통신을 하기 위해서 각 단말은 초기에 통신을 위한 관리 정보를 교환하여야 한다. 이 때 사용되는 프레임임이 timing advertisement 프레임이다. <표 2>는 timing advertisement frame body의 구성을 나타낸다.

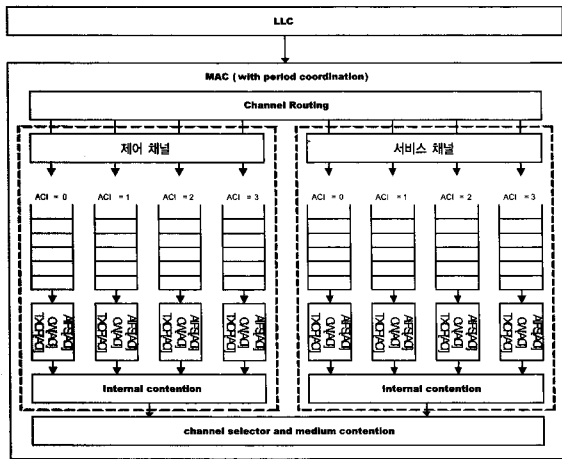
<표 2> timing advertisement frame body

순서	정보	비고
1	Timestamp	
2	Capability	
3	Timing	optional
4	Supported Rates	optional
5	Country	optional
6	EDCA parameter set	optional
7	Extended capabilities	optional
마지막	Vendor specific	

#### 3.3 복수 채널 동작

WAVE 시스템은 복수개의 채널에서 다양한 application을 지원하여야 한다. 하나의 트랜시버(transceiver)를 가진 단말은 복수개의 채널을 동시에 액세스 할 수 없으므로 제어 채널과 복수개의 서비스 채널을 사용하기 위해서는 channel coordination 기능이 필요하게 된다. 서비스 채널로 통신을 하기 위해서는 channel coordination management가 필요하다. (그림 7)는 channel coordination 기능을 갖는 WAVE MAC의 참조 모델을 나타낸다. 두 개의 IEEE 802.11p MAC

entity가 있으며 하나는 제어 채널을 위한 것이고 다른 하나는 서비스 채널을 위한 것이다. LLC로부터 프레임이 전달되면 해당 프레임이 제어 채널로 전달되어야 하는지 서비스 채널로 전달되어야 하는지를 결정한다(채널 라우팅). 프레임은 버퍼에 표시된 것처럼 access category에 따라 우선순위가 나뉜다. 우선순위가 다른 데이터 프레임에 서로 다른 경쟁과 전송 parameter를 제공한다.



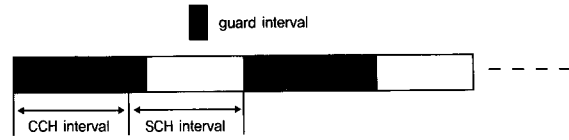
(그림 7) channel coordination 기능을 갖는 MAC

### 3.4 Channel coordination

Channel coordination은 제어 채널(CCH) 모니터링과 서비스 채널(SCH)에서 데이터 교환을 동시에 하지 못하는 단말 간의 데이터 교환을 위해서 필요하다. 모든 WAVE 장치들은 CCH interval 동안에는 제어 채널을 모니터링 하여야 한다. CCH interval 동안 높은 우선순위를 갖는 WSMP 메시지가 전송되어야 한다. SCH interval 동안 제어 채널에 있는 장치들은 낮은 우선순위 프레임을 전송할 수 있다. 이렇게 제어 채널과 서비스 채널을 번갈아 가면서 프레임을 전송하게 되므로 채널 변경시 프레임이 제대로 송수신 되지 않는 경우에 대비해 CCH interval과 SCH interval 사이에 guard interval을 두게 된다.

### 3.5 QoS 지원

WAVE MAC에서는 QoS를 지원하기 위해 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 방식을 사용한다.



(그림 8) CCH/SCH/guard interval

(그림 7)에 나타나 있는 것처럼 상위에서 전달된 메시지는 4개의 AC(access category)로 분류된다. AC\_BK가 제일 낮은 우선순위를 가지며 AC\_VO가 가장 높은 우선순위를 갖는다. AC에 따라 다른 CWmin, CWmax 및 AIFS 값을 갖는다. 따라서 각 우선순위 버퍼에 있는 프레임들이 전송을 위해 내부적으로 경쟁을 하게 되며 우선순위가 높은 프레임이 내부 경쟁에서 이기게 된다. 경쟁에서 이긴 프레임은 채널 획득을 위해 다른 단말의 프레임과 경쟁하게 된다. <표 3>은 각 AC별 EDCA 파라미터 기본값을 표로 정리한 것이다.

<표 3> 기본 EDCA 파라미터

AC	CWmin	CWmax	AIFSN
AC_BK	aCWmin	aCWmax	9
AC_BE	(aCWmin+1)/2-1	aCWmin	6
AC_VI	(aCWmin+1)/4-1	(aCWmin+1)/2-1	3
AC_VO	(aCWmin+1)/2-1	(aCWmin+1)/2-1	0

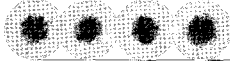
## IV. 결 론

본 고에서는 최근 이슈가 되고 있는 차량통신 네트워크의 특징과 WAVE MAC기술에 대해 살펴 보았다. WAVE MAC 기술은 기존의 무선랜 기술인 802.11을 기반으로 차량통신 네트워크의 특징을 고려하여 개발 및 표준화 진행중인 기술이다.

현재 미국과 유럽을 중심으로 차량통신 네트워크를 이용하여 운전자 및 탑승자의 안전성을 높이기 위한 연구가 활발히 진행 중에 있으며 차량통신 네트워크 기술은 자동차와 IT의 융합 관점에서 중요한 의미를 가진다. 또한 이를 기반으로 현재 보다 한 단계 진화된 ITS 서비스 제공에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

### Acknowledgment

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT핵심원천기술개발사업의 일환으로 수행 되었음[2007-F-039-01, VMC기술개발]



- [1] 오현서, 조한벽, 최혜옥, “차량통신기술동향”, 정보통신연구진흥원 주간기술동향포커스, 2007년 9월호
- [2] “Development of DSRC/WAVE Standards”, IEEE 802.11-07/2045r0, June 2007
- [3] “ISO/DIS 21217, Intelligent transport systems - communication access for land mobiles(CALM)-architecture”, 2007
- [4] D. Jiang, L. Delgrossi, “IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments,” Proc. IEEE VTC- Spring, May 2008
- [5] “IEEE P802.11p/D5.01, Draft Amendment for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)” 2009
- [6] “IEEE 1609.1-2006 Resource Manager Services”, 2006
- [7] “IEEE 1609.2-2006 Security Services for Applications and Management Messages”, 2006
- [8] “IEEE 1609.3-2006 Networking Services”, 2006
- [9] “IEEE 1609.4-2006 Multi-channel Operation”, 2006

### 약 력



이 상 우

1994년 광운대학교 학사  
1996년 광운대학교 석사  
1996년 - 2000년 대우전자  
2000년 - 현재 한국전자통신연구원  
관심분야: 차량통신시스템, 텔레매틱스, ITS



오 현 서

1982년 숭실대학교 학사  
1985년 연세대학교 석사  
1998년 연세대학교 박사  
1982년 - 현재 한국전자통신연구원  
관심분야: 이동통신, ITS, 텔레매틱스, USN 통신



곽 동 용

1983년 동국대학교 학사  
1985년 동국대학교 석사  
2004년 한국정보통신대학 박사  
1985년 - 현재 한국전자통신연구원  
관심분야: 차량통신시스템, 텔레매틱스, ITS



박 중 현

1989년 연세대학교 공학석사  
1991년 - 1996년 KIST 시스템공학연구소 연구원  
2000년 Chiba Univ. 공학박사  
2000년 - 2004년 ETRI LBS연구팀장  
2004년 - 현재 ETRI 텔레매틱스연구부장  
관심분야: 자동차-IT융합, LBS, 텔레매틱스

