

스마트하이웨이 통신 기술

이상우 | 오현서
한국전자통신연구원

요약

스마트하이웨이는 첨단 도로기술, IT 기술 및 차세대 자동차 기술이 상호 융복합된 무정체, 무사고의 지능형 고속도로이다.

본고에서는 스마트하이웨이 개요에 대해 살펴보고 특히 고속으로 이동하는 차량에 안전 및 인포테인먼트 서비스를 제공하기 위한 스마트하이웨이 통신 시스템 및 통신 기술에 대해 알아본다.

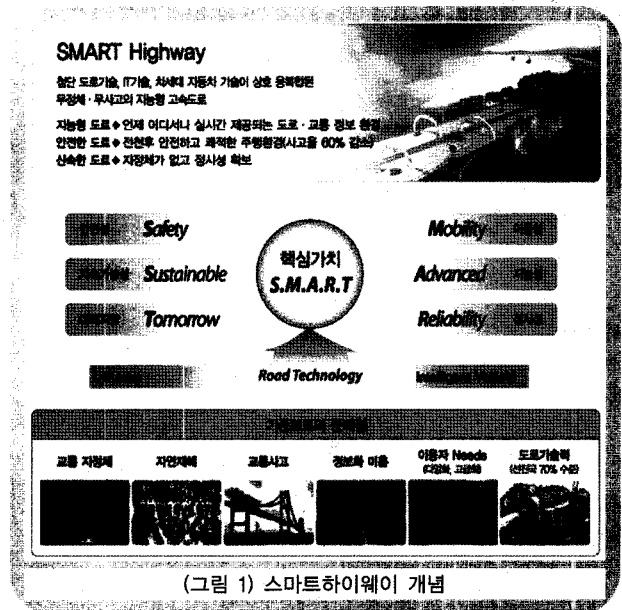
1. 서론

스마트하이웨이 사업은 국토해양부에서 수립한 “건설교통 R&D 혁신로드맵”에서 선정되어 추진되는 과제으로써 첨단 토목기술, IT 기술, 차세대 자동차 기술을 상호 접목하여, 빠르게도 안전한 지능형 고속도로를 개발하는 사업이다.

스마트하이웨이는 언제 어디서나 미래 첨단 기술이 접목된 세계 최고수준의 지능형 도로, 더 빠르고 더 쾌적하며 더 안전한 미래 지향형 도로 및 친환경적이며 인간중심의 지속 가능한 미래도로를 목표로 하고 있다.

(그림 1)은 스마트하이웨이의 개념을 나타낸다[1].

주요 연구내용으로는 사업의 전반적인 종합전략 수립, 도로 기반시설 핵심기술 개발, 도로-IT기반 교통운영기술 개발, 도로-자동차 연계기술 개발, 그리고 테스트베드 구축으로 구성되어 있다. 이 가운데 도로-IT 기반 교통운영 기술은



(그림 1) 스마트하이웨이 개념

스마트하이웨이 서비스를 제공하기 위한 통신 시스템 구축을 주요 연구 내용으로 하고 있다.

현재 ICT(Information and Communication Technology)의 급격한 발달로 인하여 유비쿼터스 정보화 및 지능화 시대로 발전해 가고 있으며 ITS 분야에서도 이와 적합한 환경이 이루어질 필요성이 대두되고 있다. 도로관리자와 운전자가 서로 원하는 정보를 실시간으로 주고 받을 수 있고(쌍방향 Call & Response 정보환경), 특히 운전자가 교통정보 수집 및 제공에 있어 능동적인 역할이 부여되는 유비쿼터스 정보 서비스 환경이 도로에도 구축될 것으로 기대되고 있다.

이러한 유비쿼터스 환경을 위해서는 다양한 무선 통신을 수용하면서 모든 도로구간에서 도로-자동차간 대화형 정보

교류가 가능한, Smart 정보 및 교통관리시스템(SMART Information & Traffic Management System)을 구현함으로써 사용자 중심의 SMART 통신 환경을 구축하고 이를 바탕으로 도로관리자와 운전자간 쌍방향 맞춤형 정보교류가 가능하여야 한다.

이러한 첨단 정보 및 교통관리시스템은 도로의 정시성과 안전성을 높이고 사용자에게 편리하고 쾌적한 도로 교통 환경을 제공할 수 있게 된다.

본 고에서는 스마트하이웨이 서비스를 살펴보고 이를 제공하기 위한 통신 시스템 및 기술을 살펴 본다. 또한 최근 차세대 ITS 통신 기술로 주목 받고 있는 WAVE 통신에 대해 설명하고 결론을 맺는다.

II. 스마트하이웨이 서비스

스마트하이웨이 서비스는 시스템 운영자 및 사용자의 요구사항으로부터 도출된다. 시스템 운영자의 입장에서는 차량과 도로의 상태를 모니터링 및 수집하고 이를 바탕으로 가공된 정보를 언제 어디든지 제공할 수 있는 연속적인 통신환경을 요구한다. 사용자는 주행 중 자신이 필요로 하는 정보를 실시간으로 제공 받기를 원한다. 시스템 운영자 및 사용자 서비스 요구사항을 정리하면 다음과 같다.

• 시스템 운영자 요구사항

- 다차로 톨링
- 차량/도로 상태 모니터링
- 멀티미디어 서비스
- Call&Response(C&R)
- 안전 메시지 제공
- 교통정보 제공

• 사용자 요구사항

- Call&Response(C&R)
- 멀티미디어 서비스
- 안전메시지 제동
- 교통정보 제공

〈표 1〉 서비스별 요구사항

서비스	통신 기능 요구사항	통신 성능 요구사항
다차로 무정차 ETC	- V2I 통신 기능 - 보안 및 인증 기능 *식별/분류/장애 처리 기능	- 120 km/h 이동 - 통달거리 : 30m 이내 - 정보 형태 : 데이터 - 데이터 용량 : 1 Mbps - 링크접속시간 : 100msec - PER : 0.1 이하
교통정보 수집 및 제공	- V2I 통신 기능 - 차량정보 수집 기능 (ECU 및 차내망 연동 기능) - 교통정보 방송 기능	- 120 km/h 이동 - 통달거리 : 최대 1 km - 정보형태 : 데이터, 영상/Image - 데이터 용량 : 수집 kbps - 링크접속시간 : 100msec - PER : 0.1 이하
C&R(개인 맞춤 서비스)	- V2I 통신 기능 - 셀간 핸드오버 기능	- 120 km/h 이동 - 통달거리 : 최대 1 km - 정보형태 : 데이터, 영상 - 데이터 전송속도 : 최대 10 Mbps - 링크접속시간 : 100msec - PER : 0.1 이하
차량 안전	- V2I/V2V 통신 기능 - 차량 안전메시지 생성 기능	- 120 km/h 이동 - 통달거리 : 최대 1 km - 정보형태 : 데이터 - 데이터 전송속도 : 수십 kbps - 링크접속시간 : 100msec - PER : 0.1 이하

이러한 요구사항을 반영한 서비스를 제공하기 위해서는 차량간 통신(V2V, Vehicle-to-Vehicle)과 차량-기지국간 통신(Vehicle-to-Infrastructure)을 이용하여 제공한다.

스마트하이웨이 서비스는 크게 다차로 무정차 서비스, 교통정보 수집 및 제공 서비스, C&R 서비스 및 차량 안전 서비스로 분류될 수 있으며 각 서비스 별 요구사항을 〈표 1〉과 같으며 요구사항을 바탕으로 정리된 통신 요구사항은 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 통신 요구사항

항 목	요 구 사 항
통신형태	V2I, I2V, V2V 지원
통신 방식	Unicast, Multicasting, Broadcasting
속도	최대 120 km/h
통신 거리	최대 1 km
정보 형태	데이터/영상/이미지
전송 속도	최대 10 Mbps
링크 접속 시간	100msec
PER	10% 이하
핸드오버	L2 핸드오버

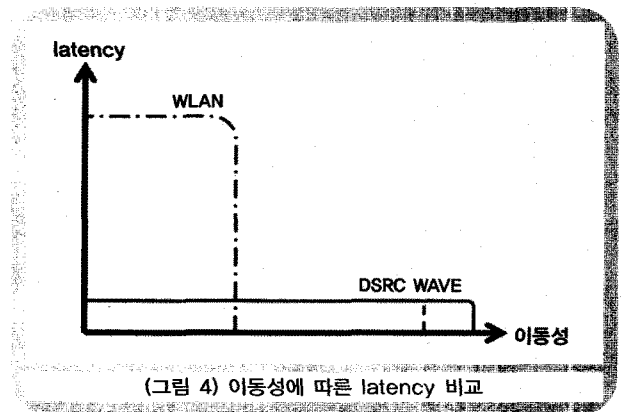
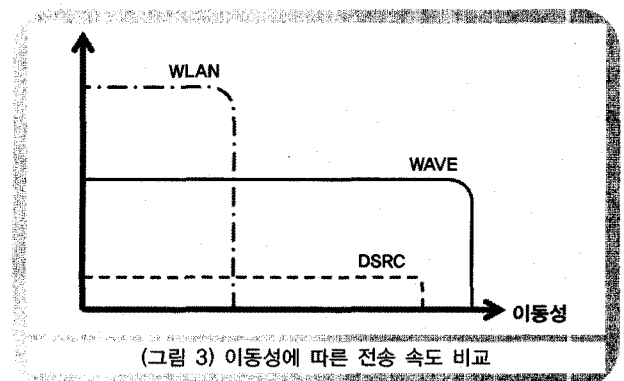
III. 스마트하이웨이 통신 기술

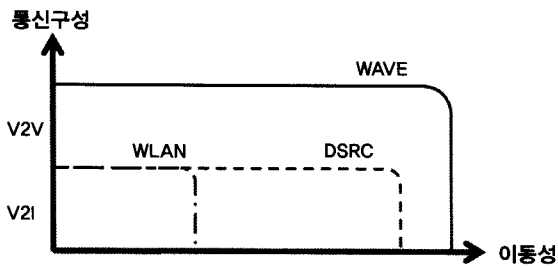
스마트하이웨이 통신 시스템은 기본적으로 스마트 단말과 노변기지국 및 SITMS 센터로 구성된다. 스마트 단말은 차량에 장착되며 운전자에게 다양한 서비스를 제공한다. 노변기지국은 스마트 단말과의 무선 통신을 제공하며 외부 통신망과의 연결을 제공한다. SITMS 센터는 스마트단말 및 각종 센서로부터 수집된 정보를 가공하여 교통정보를 생성하고 이를 노변기지국을 통하여 스마트단말에 전달한다. (그림 2)는 스마트하이웨이 통신 시스템을 나타낸다.



스마트하이웨이 통신 시스템에 사용되는 무선 기술은 크게 802.11 WLAN(Wireless Local Area Network), DSRC(Dedicated Short-Range Communications) 그리고 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments) 기술이다. 802.11 WLAN 기술은 현재 무선랜으로 많이 사용되며 UTIS(Urban Traffic Information System)의 기반이 되는 통신 방식이며 DSRC는 현재 도로공사에서 운영중인 하이패스 시스템에 사용되는 통신 방식이다. WAVE는 고속의 이동환경을 고려하여 북미에서 진행중인 통신 방식이며 다음 장에서 좀 더 자세한 설명을 할 것이다. 이 장에서는 위의 세가지 방식을 전송 속도, 지연 및 통신 구성의 관점에서 비교하고자 한다. 통신 방식에 따른 전송 속도, latency 및 통신 구성의 비교가 (그림 3, 4), 그리고 6에 도시되어 있으며 이동성을 기준으로 각 방식을 비교하였다. 우선 WLAN의 경우 저속 및 중속(60Km/h 이하)의 이동성을 지원하고 DSRC와

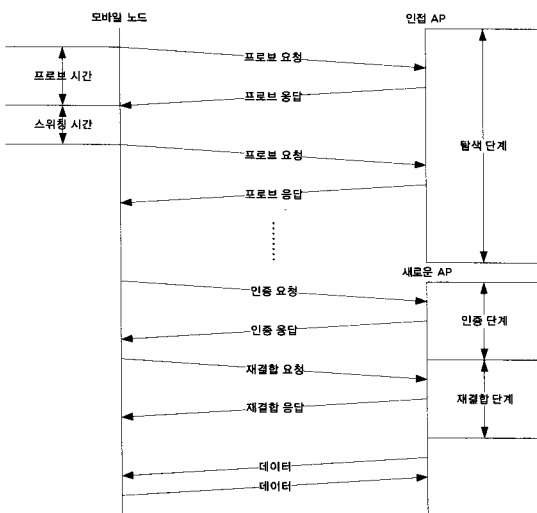
WAVE는 고속(각각 160Km/h 및 200Km/h)를 지원한다. 그림 3은 이동성에 따른 각 방식의 전송 속도를 나타낸다. WLAN의 경우 최대 54Mbps의 전송 속도를 지원하며 WAVE의 경우 최대 27Mbps의 전송 속도를 지원한다. 반면 DSRC의 경우 최대 1Mbps의 전송 속도를 지원한다. 지연 시간의 경우 그림 4에 도시된 것처럼 WLAN은 최대 수백 msec의 지연시간을 갖는다. 이는 WLAN의 특성상 탐색 단계(scanning phase), 인증 단계(authentication phase), 그리고 결합 단계(association phase)를 거쳐야 통신이 가능한 상태가 되기 때문이다. WAVE는 이러한 3단계의 절차를 수행하지 않고 통신을 시도하기 때문에 WLAN에 비해 매우 적은 지연 시간(수 msec이하)을 갖는다. 이는 차량이 고속으로 이동하는 통신환경을 고려하여 프로토콜을 수정하였기 때문이다. DSRC도 고속의 이동 환경을 고려하였기 때문에 WAVE와 마찬가지로 매우 작은 지연 시간을 갖는다. 마지막으로 통신 구성은 WAVE가 V2V 및 V2I의 통신이 가능한 반면에 WLAN과 DSRC는 V2V 및 V2I의 동시 지원이 불가능하며 거의 V2I 및 I2V의 통신 구성을 사용한다.





(그림 5) 이동성에 따른 통신 구성 비교

스마트하이웨이에서의 연속적인 통신이 가능하기 위해서는 핸드오버 기술이 반드시 필요하게 된다. WLAN의 경우 앞에서 언급한 탐색, 인증 및 결합의 3단계를 거쳐야 하며 특히 탐색 단계의 경우 인접한 AP(Access Point)를 파악하기 위해 많은 시간을 소비하게 되며 이는 (그림 6)과 같이 WLAN 핸드오버 절차에서 대부분의 시간을 차지한다[2]. 또한 이러한 탐색 단계에서의 소요 시간을 줄이기 위한 다양한 방식들이 연구 되었다[3-6].



(그림 6) 802.11 WLAN 핸드오버 절차

스마트하이웨이에서 노변 기지국은 도로변에 따라 설치되어 있다. 이는 각각의 노변 기지국들이 인접 기지국의 정보를 알 수 있고 이를 차량에 있는 단말에 알려줄 수 있다는 것을 의미한다. 이는 일반적인 WLAN의 환경과는 다르며 단말

들은 현재 주행중인 도로에서의 노변 기지국 정보를 미리 수신하여 인접 기지국의 위치와 사용 채널 등을 예측할 수 있게 되는 것을 의미한다. 위의 특성을 이용하여 스마트하이웨이에서의 핸드오버 알고리즘은 타임 슬롯 기반 및 공통 채널을 이용한 기지국 정보 전송을 이용하여 WLAN에 비해 탐색 단계에서 소요되는 시간을 크게 줄임으로써 빠른 L2 핸드오버를 수행할 수 있게 된다.

본 장에서는 스마트하이웨이에서 사용되는 3가지 통신 방식을 전송 속도, 지연 시간 및 통신 구성 관점에서 살펴보고 연속적인 통신을 위한 핸드오버 방식에 대해서도 살펴 보았다. WAVE와 DSRC의 경우 고속의 이동 환경에서 적은 지연 시간을 제공하는 반면에 DSRC는 WAVE에 비해 낮은 전송 속도를 지원한다. WLAN의 경우 WAVE와 DSRC에 비해 매우 높은 전송 속도를 지원하지만 매우 큰 지연 시간을 갖는다. 고속으로 이동하는 차량간 또는 차량 및 기지국간 통신 환경에서 안전 서비스를 제공하기 위해서는 WLAN의 지연 시간은 치명적인 단점이 된다. 또한 통신 구성에 있어서도 WAVE만이 V2V 및 V2I 통신이 동시에 지원된다. 따라서 WAVE 통신이 스마트하이웨이 통신 시스템에 다른 방식에 비해 좀 더 적합하다는 결론을 내릴 수 있다. 그러나 다른 방식들도 각 방식의 특성을 고려하여 다양한 서비스에 사용될 수 있다.

IV. WAVE 통신 방식

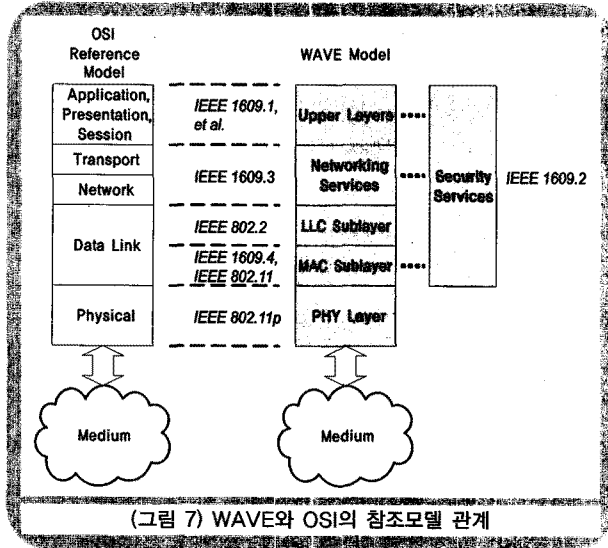
본 장에서는 WAVE 통신방식에 대해 좀 더 자세히 살펴본다. DSRC 및 WLAN 방식에 대한 설명은 [7]에 정리되어 있다.

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

• WAVE 아키텍처

WAVE 는 기존의 무선랜 표준인 802.11에서 차량통신 환경을 고려한 MAC/PHY 표준인 802.11p[8]와 상위 프로토콜 계층 표준인 IEEE 1609[9-11]를 포함한다. WAVE 모델과 OSI

참조 모델과의 관계와 해당 표준은 (그림 7)과 같다



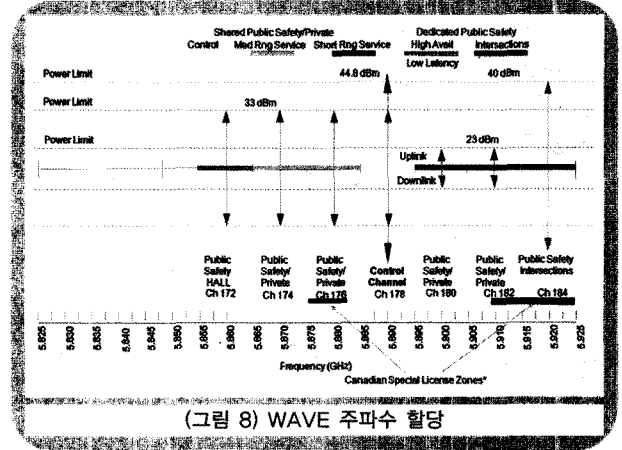
PHY 계층은 IEEE 802.11p를 이용하고 MAC 계층은 IEEE 802.11p와 IEEE 1609.4를 따른다.

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 표준화가 완료되었으며 IEEE 1609는 현재 draft 표준을 진행 중에 있다.

• 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 2.4GHz나 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 서비스 채널(SCH : service channel) 로 구성된다. 채널 172와 184는 공공의 안전 어플리케이션을 위해 할당 되어 있으며 나머지 서비스 채널은 안전 및 비안전 서비스에 사용된다. (그림 8)

은 주파수 할당을 나타낸다.



• WAVE 계층별 특징

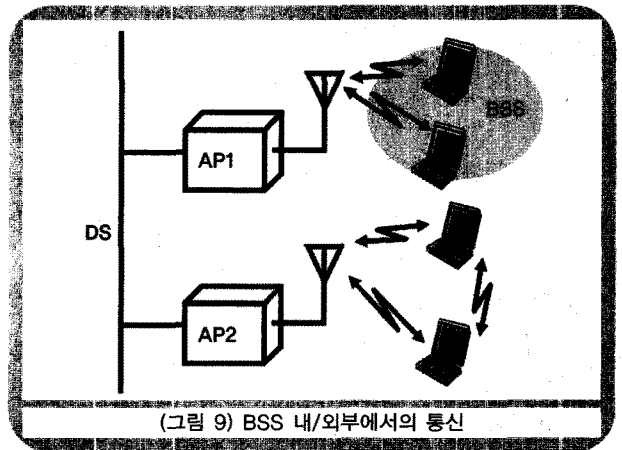
앞에서 언급한 것처럼 WAVE는 계층별로 여러 개의 표준이 진행 중에 있으며 각 계층별 특징은 다음과 같다.

1. 물리 계층

기존 무선랜 표준인 802.11a OFDM 기반으로 고속이동 환경을 고려하여 10MHz의 채널을 사용한다. 스펙트럼 마스크 규격 변경하여 고속이동이 원활하도록 하였으며 수신기 성능 향상을 요구한다.

2. MAC 계층

차량통신을 위한 OCB(Outside of Context of BSS)를 추가하여 BSS(Basic Service Set) 영역 외에서도 통신이 가능하도록



록 하였다. 기존의 802.11 에서는 통신을 하기 위해 반드시 BSS에 속하는 것을 규정하고 있었다. (그림 9)는 BSS 영역 외에서의 통신을 도시하고 있다.

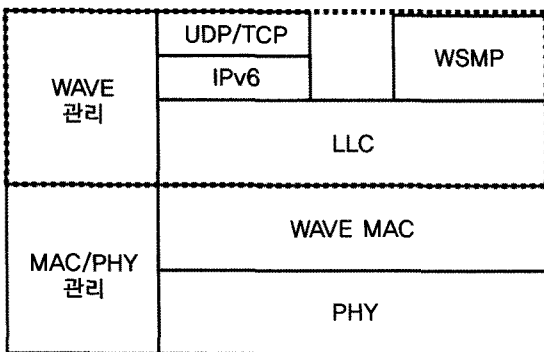
또한 고속 이동환경에서의 통신을 위해 탐색, 인증 및 결합 절차를 생략하였다. 이러한 절차가 생략됨으로써 매우 빠르게 통신을 개시할 수 있게 되었다.

3. IEEE 1609.2

WAVE 네트워크와 애플리케이션을 위해 제공하는 security 서비스를 정의하며 제공되는 서비스는 공개키(public key)를 이용한 encryption 기법과 비익명 인증(Non-anonymous Authentication)을 포함한다.

4. IEEE 1609.3

네트워크 계층 및 전송 계층을 정의하며 non-IP 프로토콜인 WSMP(WAVE Short Message Protocol)을 정의하고 있다. 그림 10은 WAVE 프로토콜 스택을 나타내고 있으며 점선으로 표시된 부분이 1609.3 부분이다. WSMP는 안전메시지와 같은 빠른 전송을 필요로 위해 사용되는 프로토콜이다. WAVE에서는 IPv6를 사용하며 UDP 프로토콜을 기본으로 사용한다. IP 기반의 서비스와 non-IP 기반을 서비스 둘 다 제공하는 특징이 있다.

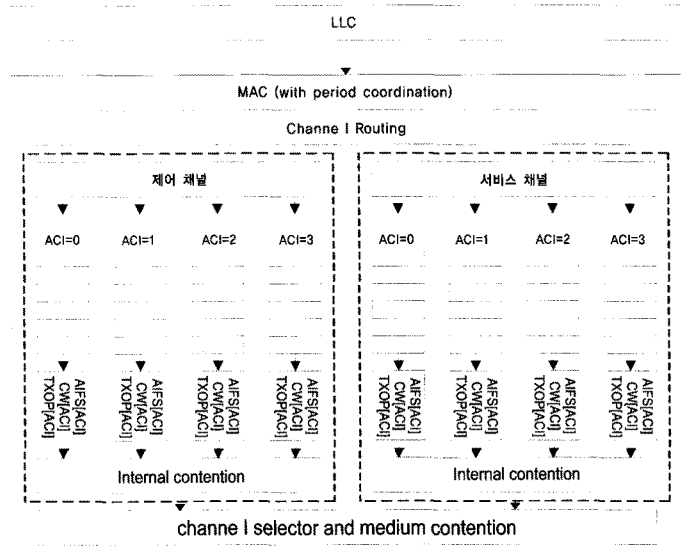


(그림 10) 1609.3 프로토콜 스택

5. IEEE 1609.4

WAVE MAC의 multi channel operation에 대해서 정의한다. 앞에서 언급된 7개의 채널을 이용한 단말(차량 및 기지

국)간의 통신 방식을 설명한다. 하나의 트랜시버(transceiver)를 사용하는 단말은 동시에 여러 채널에 접근할 수 없으며 따라서 정해진 시간에 특정 채널을 이용하여야 한다. 이러한 동작은 channel coordination을 통해 수행된다. (그림 11)은 channel coordination 기능을 갖는 MAC의 구조를 나타낸다. 제어 채널을 위한 큐와 서비스 채널을 위한 큐가 분리되어 있으며 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access) 방식으로 운영된다.



(그림 11) channel coordination 기능을 갖는 MAC

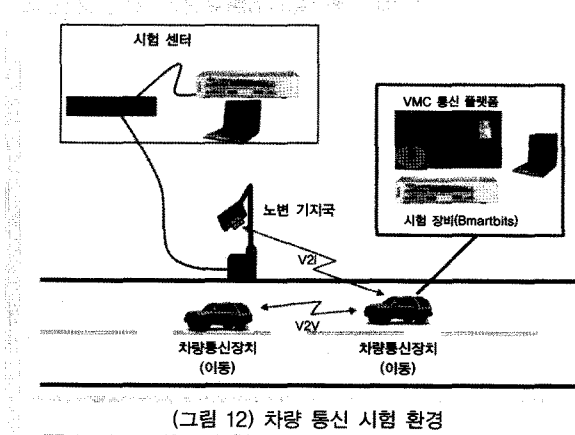
V. 스마트 하이웨이 시험

스마트 하이웨이 서비스를 만족하는 통신 방식은 WAVE 기술 표준이 적합하며 연속적인 통신 환경을 지원하기 위해서는 핸드 오버 기술이 필요함을 설명하였다. ETRI 에서는 WAVE 표준을 수용하는 VMC 기술을 개발하고 있으며 스마트 하이웨이 서비스에 활용을 위한 적합성 시험을 추진하였는데 그 내용은 다음과 같다.

• 시험 환경

(그림 12)는 VMC 통신 플랫폼을 이용한 차량간 통신과 차

량과 인프라간 통신 시험 환경을 나타낸다.



시험 환경은 크게 시험 센터, 노변 기지국, 차량 통신장치로 구성된다. 시험 센터는 노변 기지국과 유선으로 연결되며 노변 기지국과 차량 통신장치는 무선으로 연결된다. 차량에는 차량 통신장치와 시험 장비를 탑재하였다. 주요 시험 항목으로는 고속 이동시 통신 여부, 전파 통달 거리, PER(Packet Error Rate) 및 전송 속도, 핸드오버 기능이다. 이러한 기능은 실내 시험과 실의 시험으로 추진하였는데 실의 시험은 여주 고속도로 구간에서 실시하였다.

• 시험 결과

차량의 이동속도는 V2I의 경우 최대 180km/h의 속도로 이동하면서 시험을 수행하였고 V2V의 경우 각각 120km/h의 속도로 반대 방향으로 주행하여 시험을 수행하였다. 이 경우 두 차량 간의 상대속도는 240km/h가 된다. V2I 및 V2V 모두 최대 240km/h속도에서 통신이 원활하게 이루어짐을 확인할 수 있었다.

전파 통달거리는 기지국에서 연속하여 프레임 전송하고 이를 이동하는 차량이 수신하였을 시점에서의 기지국과 차량과의 거리를 측정하였다. 측정 결과 차량의 이동 속도가 증가함에 따라 통신 반경이 약간 감소하는 것을 볼 수 있었으나 시험 환경에서는 위치에 따라 약 1.7 ~ 0.9 km 정도의 전파 범위를 나타내었고 1.7 Km의 경우는 통신장치가 높은 곳에 위치하였고 LOS 확보가 용이한 곳에 위치하여 전파 통달거리가 길어진 것으로 분석된다.

PER 측정은 V2I, V2V 두 경우 대해 수행하였다. V2I의 경우 차량과 노변기지국, V2V의 경우 두 대의 차량이 각각 2000개의 프레임을 전송하고 상대방에서 수신한 프레임의 수를 계산하여 PER로 환산하였다. 프레임은 유니캐스트로 전송하였고 전송 실패시 재전송이 가능하도록 설정하여 시험을 하였다. 시험은 속도별(V2I : 60/100/120/160/180 km/h, V2V : 30/60/90/120 km/h), 프레임 크기별(512/1024 /1518 bytes)로 수행하였다. 시험 결과 속도와 프레임의 길이에 따라 PER에 미치는 영향은 그다지 크지 않고 전체적으로 약 0.1% 미만의 성능을 나타내었다. <표 3>은 PER 시험 결과 중 일부를 표로 정리한 것이다.

<표 3> PER 시험 결과

구분	속도	PER(수신 프레임/전송 프레임)		
V2I 상황	180km/h	1,998(0.10)	1,997(0.15)	1,997(0.15)
		V2I 하향	1,999(0.05)	1,998(0.10)
V2V	120Km/h	2,000(0.0)	2000(0.00)	1,999(0.05)

Throughput 측정도 PER과 마찬가지로 V2I, V2V 두 경우 대해 수행하였다. 5대의 차량을 이용하여 시험을 수행하였고 V2I의 경우 차량과 노변기지국, V2V의 경우 두 대의 차량이 안정된 통신범위 내에서 연속적으로 프레임을 전송하고 상대방에서 수신한 프레임의 수를 이용하여 throughput으로 환산하였다. 나머지 차량은 100ms 간격으로 background traffic을 발생하도록 설정하였다. 시험은 속도별(V2I : 60/100/120/160/180 km/h, V2V : 30/60/90/120 km/h), 프레임 크기별(512/1024/1518 bytes)로 수행되었다. 다수의 차량이 이동하는 환경에서 매번 동일한 시험 환경을 재연하기 어렵기 때문에 일부 시험 결과에 대한 분석에 어려움이 있었지만 전체적으로 V2I 경우가 V2V의 경우보다 좀 더 좋은 결과를 보여주었다.

핸드오버 시험은 기지국간 L2 레벨 핸드오버 방식을 새롭게 제안하여 핸드오버 기능을 구현하고 시험을 통해 검증하였다. 기지국간 동일 주파수를 사용하는 경우와 서로 다른 주파수를 사용하는 경우 핸드오버 기능을 시험한 결과, 빠르게 채널이 절체되는 핸드오버 동작을 확인하였다. 이 핸드오버 기능은 다양한 무선 셀 구성에 따라 보다 많은 시험을 통해 검증이 필요한 기술이며 이 기술은 국제 표준에

도 반영이 가능한 새로운 기술이다.

VI. 결 론

사용자 중심의 스마트하이웨이 통신 시스템은 연속적인 통신이 가능한 통신 환경 구축을 위하여 WAVE통신 기술과 핸드오버 기술이 필요하다. 특히 WAVE 기술은 스마트하이웨이 통신 시스템을 구성하는 핵심 기술로써 주목을 받고 있다. 본 고에서는 스마트하이웨이의 개요와 서비스 및 이를 위한 WAVE통신 기술과 스마트 하이웨이 적합성 시험에 대해 살펴보았다.

Acknowledgement

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.(스마트하이웨이사업(07기술혁신 A01))



- [1] <http://www.smarthighway.or.kr>
- [2] A. Mishra, M. Shin, and W. Arbaugh, "An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process", SIGCOMM, pp. 93-102, 2003
- [3] I. Ramani and S. Savage, "SyncScan: Practical Fast Handoff for 802.11 Infrastructure Networks"
- [4] S. Shin, A. S. Rawat, and H Schulzrinne, "Reducing MAC Layer Handoff Latency in IEEE 802.11 Wireless LANs", MobiWac' 04, Oct., 2004
- [5] C. Tseng, K. Chi, M. Hsieh, and H. Chang, "Location-based Fast Handoff for 802.11 Networks", IEEE COMM. Letters, VOL. 9, NO. 4, April, 2005
- [6] M. Shin, A. Mishra, and W. A. Arbaugh, "Improving the Latency of 802.11 Hand-offs using Neighbor Graphs" MobiSys' 04, June, 2004

- [7] 이기영, 이혁준, "스마트하이웨이를 위한 유비쿼터스 교통정보 서비스 시스템," 정보과학회지 제27권 9호, 한국정보과학회
- [8] "IEEE P802.11, Amendment 6 : Wireless Access in Vehicular Environments" 2010
- [9] "IEEE 1609.2/D4, Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments - Security Services for Applications and Management Messages", 2010
- [10] "IEEE 1609.3/D6.0, Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments - Networking Services", 2010
- [11] "IEEE 1609.4/D4.0, Draft Standard for Wireless Access in Vehicular Environments - Multi-channel Operation", 2010

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

