

차량 간 통신환경에서의 무선네트워크 성능 측정 및 분석

정회원 김 승 천*

An Evaluation of the Performance of Wireless Network in Vehicle Communication Environment

Seungcheon Kim* *Regular Member*

요 약

본 논문은 모바일 컨버전스를 위해서는 가장 필요하다고 보이는 대중적인 무선통신 방법인 IEEE802.11 무선랜의 성능이 이동성을 가지는 환경에서 어떠한지를 실제로 측정하고 성능을 분석해본다. 성능 분석을 위해서는 기존의 IEEE802.11b/g와 차량간 통신(V2V) 환경에 적합하게 설계된 IEEE802.11p에 대해서 성능을 측정하여 분석하였다. 본 논문에서는 기존의 IEEE802.11b/g는 V2I, IEEE802.11p는 V2I와 V2V에서 실험을 진행하였다. 따라서 각각 자동차의 주행속도를 점차 증가시켜 실험을 진행하였으며, 그에 따른 통신반경, 링크접속시간, 데이터 전송속도, 지연시간을 측정하였다. 또한 무선 채널에 512, 1024, 1518 byte의 부하를 가지게 함으로써, 주위에 통신량이 많고 적은 상황에 따른 성능도 확인하였다. 결론을 통해서 분석된 내용을 기반으로 향후 연구 내용을 논한다.

Key Words : 모바일 컨버전스, 무선랜, 차량간 통신, IEEE802.11p

ABSTRACT

This paper provides the performance measurement and analysis of Wireless LAN IEEE 802.11 in a mobile environment. The performance of IEEE802.11b/g and IEEE802.11p that is designed for Vehicle-to-Vehicle(V2V) communication is measured and analyzed. Diameter of communication, link access time and delay are measured as vehicle's speed varies. Also, the performance is checked in a situation that the load to network varies. In conclusion, the futher research topics are discussed.

I. 서 론

무선 이동통신, DSRC 및 Wi-Fi와 같은 이종의 무선 통신기술의 발전과 더불어, 언제 어디서나 데이터, 멀티미디어 및 정보를 제공받을 수 있는 모바일 디바이스에 대한 관심이 고조되고 있다. 이러한 모바일 디바이스의 필요성은 멀티미디어, ITS(Intelligent Transport Systems), 홈 네트워크, 자동차, 재난방지 등 여러 산업분야에서 형성되고 있다. 모바일 디바이스는 무선 통신을 기반으로 하며, 여러 가지 환경에서 안정된 통신 성능을 보장해야 한다. 또한 디바이스들 간의 통신

을 하는 에드혹(ad-hoc) 뿐만 아니라, 새로운 인프라 구축 없이 기존의 인프라와의 호환성을 가져야하며, 이종 간의 무선 통신의 끊김 없는(seamless) 서비스를 제공하기 위해서 핸드오버(handover) 기능을 제공해야 한다. 모바일 디바이스를 구현하기 위해서는 네트워크 및 프로토콜, 임베디드 시스템, 다매체간의 핸드오버, 디바이스 드라이버 등 여러 가지 기술이 요구된다.^[1-5]

이러한 상황에서는 모바일 디바이스의 컨버전스를 위해서는 다양한 통신 환경에서의 성능 분석이 필요해 지는데, 현재 가장 많이 사용되고 있는 무선랜의

※ 본 연구는 한성대학교 교내연구비 지원과제임.

* 한성대학교 정보통신공학과(kimsc@hansung.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-08-379, 접수일자 : 2011년 8월 29일, 최종논문접수일자: 2011년 10월 10일

성능을 다양한 환경에서 적용하기 위해서는 무선랜의 성능 분석이 서비스 개발 전에 선행되어야 한다.

이에 본 논문에서는 이동 차량 간 환경에서 무선랜의 성능을 측정하고 분석하고자 한다. 본 논문에서는 모바일 컨버전스를 위하여 802.11 무선랜을 이동성을 가지는 환경에서 성능을 측정하고 분석하였다. 기본적으로 IEEE 802.11b/g와 차량 간 통신 환경에 적합하게 설계된 IEEE 802.11p에 대해서 성능을 측정하였다. IEEE 802.11b/g는 V2I, IEEE 802.11p는 V2I와 V2V에서 실험을 진행하였다. 각각 자동차의 주행속도를 점차 증가시켜 실험을 진행하였으며, 그에 따른 통신반경, 링크접속시간, 데이터 전송속도, 지연시간을 측정하였다. 또한 무선 채널에 512, 1024, 1518 byte의 부하를 가지게 함으로써, 주위에 통신량이 많고 적은 상황에 따른 성능도 확인하였다.

II. 본 론

2.1 VANET(Vehicle Ad-Hoc Network)

VANET (Vehicular Ad hoc Networks)는 다수의 차량들이 무선통신을 이용하여 차량과 차량(V2V) 또는 차량과 도로 상의 기지국간(V2I)의 네트워킹을 자율적으로 형성하는 차세대 네트워킹 기술이다. VANET의 특징으로 각각의 노드가 고속으로 이동하여, 네트워크 토폴로지 및 노드 밀도의 급격한 변화, 이로 인한 잦은 네트워크 단절, 짧은 링크 연결 시간, 높은 패킷손실률, 무선채널의 불안정성 등이 있다.^[2]

VANET의 최종적인 목적은 운전자와 차량의 안전 보호에 있다. 이를 위해 도로 상의 급작스러운 차량 사고를 후방에 전달하여, 추가적인 사고를 미연에 방지하거나, 도로 및 주변 교통 정보를 모니터링 하여, 교통의 흐름을 원활하게 유지한다. 그러므로 VANET은 실시간으로 정확하게, 운전자, 차량, 도로 및 교통의 상태를 다른 차량에 전송하여, 위험을 미리 대비할 수 있도록 해야 한다. 이와 동시에 외부 네트워크 및 인터넷과의 연결을 지원하여, 멀티미디어 서비스 등을 사용할 수 있어야 한다.^[3]

VANET의 구현은 IEEE 802.11기반의 Wi-Fi 뿐만 아니라 WiBro, 스마트 안테나 및 MIMO, SDR 기술 등 다양한 무선 통신 기술과 접목되어 다양한 서비스 및 응용분야를 창출할 수 있는 새로운 네트워킹 기술이라고 할 수 있다. 특히, VANET의 높은 이동성을 수용하기 위해 멀티홉 라우팅 및 자동 구성(auto-configuration), 자동 복구(auto-healing), 멀티홉 인터넷 게이트웨이 등과 같은 여러 기술들의 융합

은 VANET의 실현에 매우 중요한 역할을 할 것으로 예상된다.

현재 이러한 VANET에 사용될 수 있는 가장 높은 가능성을 가진 통신 기술은 무선랜 통신기술이라고 볼 수 있다. 그중에서도 이동성을 가지는 개체간의 무선 통신망을 구축하고 새로이 통신할 수 있도록 하는 IEEE 802.11p는 새로운 관심을 받고 있다.^[6] 따라서 VANET에서의 무선랜의 성능의 정도를 파악하는 것은 새로운 서비스를 위한 초석이 될 것으로 판단된다. 이에 본 논문에서는 VANET의 기초가 될 수 있는 무선랜의 성능을 차량 간 통신 환경에서 측정하고 분석하고자 한다.

2.2 IEEE 802.11

무선 통신은 빠르게 성장하는 기술 중 하나이다. 케이블 없이 연결되는 장치에 대한 필요성은 어디에서나 증가하고 있다. 현재 존재하는 무선 통신 기술로는 2G, 3G, 블루투스, 무선랜 등이 있다. 그림 1은 무선랜과 이종 무선 통신 기술과의 성능 비교를 나타낸다.

그림 1에서와 같이 셀룰러 방식의 무선 통신 기술은 실내뿐만 아니라 실외 환경에서 자동차 안이나 건너 뛰는 이동성이 두드러진 환경에서 사용이 가능하고 넓은 범위에서 사용이 가능하지만, 무선랜에 비해 속도가 낮다. 무선랜은 실내, 실외 모두 사용이 가능하지만, 셀룰러 방식처럼 이동성이 두드러진 환경에서의 사용이 어렵고 상대적으로 좁은 범위에서 사용된다. 하지만 속도는 셀룰러 방식보다 10~100배 정도 빠른 장점을 가진다.^[5]

IEEE 802.11 표준의 가장 중요한 핵심은 MAC 계층에 있다고 볼 수 있다. IEEE 802.11 MAC 계층은 데이터 송수신과 관련한 기본적인 제어 기능을 수행한다. 그밖에 에러 체크와 패킷 재전송, 패킷 분할, 암호화와 인증, 장치 스캐닝, 액세스 포인트 간의 접속 이동, 전력 관리, RTS/CTS 등 802.3 이더넷에는 없는

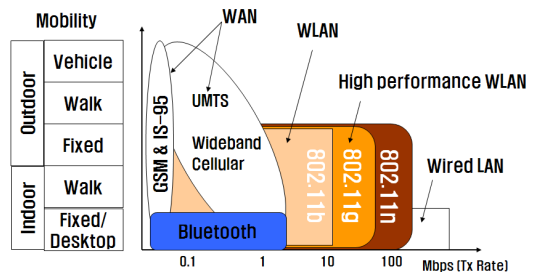


그림 1. 무선랜과 이종 무선통신 기술의 성능 비교

표 1. 표준화 된 802.11의 기본특성

IEEE	전송방식	주파수 대역	전송속도 (Mbps)
Baseline	DSSS, FHSS, IR	DSS & FHSS - 2.4GHz	1, 2
802.11a	OFDM	5GHz 대역폭 20MHz 12개 채널	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54
802.11b	CCK	2.4GHz	5.5, 11 + DSSS rates
802.11g	OFDM	대역폭 22MHz 11개 채널	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 + 802.11b rates
802.11n	OFDM + MIMO	2.4 & 5GHz	Up to 600
802.11p	OFDM	5.8GHz	Up to 27

여러 가지 추가적인 기능들을 수행한다. 802.11 MAC 계층이 802.3 MAC 계층보다 다양한 부가 기능을 수행하는 이유는 유선이 아닌 전송 환경이 열악한 무선에서 통신을 수행하기 때문이다.

IEEE 802.11b는 DSSS를 이용해 1~2Mbps 전송 속도를 제공하고, CCK(Complementary Code Keying)를 통해 5.5, 11Mbps의 전송속도를 지원하도록 설계됐다. 주파수는 2.4GHz를 이용하고, 초기 무선 LAN 활성화에 기여한 제품이 802.11b 표준을 이용한 기기이며, 국내에서는 KT 네스팜으로 대표되는 무선 LAN 서비스에 이 기술이 활용됐다.

IEEE 802.11a는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)을 적용해 최대 54Mbps의 전송 속도를 지원할 수 있도록 PHY 계층을 정의했다. 5GHz 대역 주파수를 사용하는 802.11a 표준에서 주목할 부분은 유럽과 일본의 5GHz 주파수 대역에 레이더의 사용으로 인해 전파간섭을 회피하기 위한 방법으로 송신출력제어와 동적 주파수 선택 방식을 표준에 포함했다는 점이다

IEEE 802.11g는 2003년 완료된 표준으로, 2.4GHz 주파수 대역에서 OFDM을 적용해 최대 54Mbps의 전송 속도를 지원한다. 802.11g는 2.4GHz 대역에서 802.11b와 호환성을 유지하기 위해 DSSS 기술과 CCK, 그리고 802.11a의 OFDM 방식 중에서 6, 12, 24Mbps를 필수 사항으로 채택했다. 또한 802.11b로부터 802.11g의 프레임 보호를 위한 보호 메커니즘이 추가됐다.

IEEE 802.11n은 차세대 무선 LAN의 새로운 표준

을 만들기 위해 WNG(Wireless Next Generation) SC(Standing Committee)에서 만들어진 SG(Study Group)로, 2002년 5월 HTSG(High Throughput Study Group)의 구성을 승인받고, 2002년 9월 회의를 첫 시작으로, 2003년 9월 회의부터 802.11n이라는 TG로 정식 활동하게 됐다. 802.11n은 PAR(Project Authorization Request)를 통해 액세스 포인트에서 적어도 100Mbps의 전송속도를 지원하는 차세대 무선 LAN 요소 기술을 표준화 범위로 정의했다. 이를 위해 다중 안테나를 이용해 주파수 효율을 증가시키는 MIMO 방식과 공간분할다중접속 방식, 이 밖에도 적응형 변조 기술 등이 고려됐다. 802.11n은 PHY뿐만 아니라 MAC 계층을 동시에 고려해 11a와 11g와의 호환성을 제공한다.

IEEE 802.11p의 PAR는 2006년 5월 25일 승인됐으며, 최소 200km/h의 속도에서 반경 1000m를 커버하며, 자동차 등 운송수단과 길거리의 장치 또는 운송수단 간에 5GHz의 주파수 대역을 사용해 통신을 지원하는 ITS 애플리케이션의 PHY 계층과 MAC 표준을 마련하는 TG로, ISO TC204/ WG16과 관련이 있다.^[3]

다만 IEEE 802.11p의 경우는 최대 200Km/h의 이동속도를 지나는 차량 간의 통신환경에 사용되도록 한 것이므로 이를 감안한 성능 비고가 필요할 것이다. 이에 본 논문에서는 실제로 현재 사용되고 있는 위의 무선랜이 차량 간 혹은 차량과 노변간의 통신 환경에서 실제로 얼마의 성능을 나타내는지를 관찰하고 측정하여 추후 개선이 필요한 부분을 탐색하고자 하였다.

III. 무선네트워크 성능실험

3.1 실험 환경 소개

본 논문에서는 이동환경에서의 무선랜 성능을 분석하기 위해 그림 2와 같은 시험도로를 구축되었다. 중부내륙고속도로의 여주시험도로 현장은 중부내륙고속도로 257.1km 지점 마산방향으로 연장 7.7km, 폭원 11.7m 편도 2차선으로 구성되었으며 기본적인 테스트 환경은 1km 간격의 3개 현장 노변통신장치(RSE: Road Side Equipment) 구축과 테스트를 진행하고 통제할 수 있는 시험도로 계획실까지 광통신망을 구성되어 있다.

네트워크 테스트를 위한 계측기는 SmartBits 600을 사용하였으며, 실험 진행 항목은 표 2와 같이 측정하도록 하였다. 여기서 IEEE802.11p의 경우에 있어서 차량 간 통신(V2V)에 있어서는 핸드오버 기능의 테스트

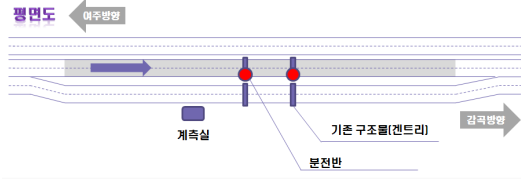


그림 2. 시험도로 평면도

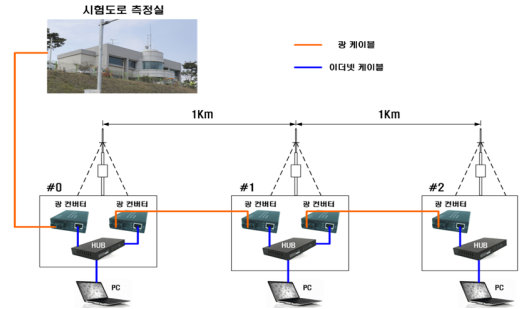


그림 3. 실험환경 구축 구성도

표 2. 실험 진행 항목

번호	실험항목	측정 단위	통신방식별 실험여부		
			802.11 b/g (V2I)	802.11p V2I	V2V
1	통신반경크기	0.1km	○	○	○
2	링크접속시간	msec	○	○	○
3	데이터 전송속도	Mbps	○	○	○
4	오류율(PER)	%	○	○	○
5	지연시간	msec	○	○	○
6	핸드오버 가능	유무/msec	○	○	-

트는 하지 않았다. 이는 기본적으로 차량 간 통신에 있어서 VANET이 형성되었다고 보았기 때문이며 이는 향후 특별한 응용 서비스가 있을 시에 필요할 수 있겠으나 지금은 고려 대상이 아니다.

3.2 실험 측정 결과

3.2.1 IEEE802.11 b/g

통신반경의 측정은 통신영역 외부에서 출발하여 최초 통신이 이뤄지는 지점과 RSE 설치지점간의 거리로 측정하였으며, 최초의 통신여부는 일정한 간격으로 발생시킨 패킷의 수신여부로 확인하였다. 802.11 b/g 방식의 V2I 통신반경 실험 결과는 그림 4과 같다. 그림 6에서와 같이 60~120km/h 까지는 700m로 일정한 반경을 보이다가 점차 이동속도가 빨라짐에 따라

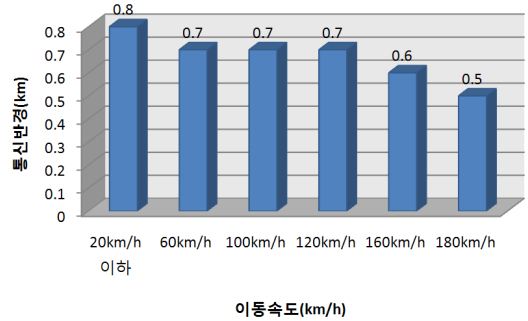


그림 4. 802.11b/g 방식의 V2I 통신반경 실험 결과

100m씩 감소함을 볼 수 있다.

그림 5는 각기 다른 이동속도에 따른 링크접속시간을 나타낸다. OBU의 loop-back 기능으로 측정하였다. 그림 5에서와 같이 60km/h에서 353.64msec로 링크접속시간이 가장 빨랐고, 120km/h에서 13.59msec로 링크접속시간이 가장 느리게 나타남을 확인할 수 있다.

데이터 전송속도 실험 환경은 군집주행 환경에서 진행하였고, 차량배치, 차종구성, 차량운행 조건(근접주행으로 shadowing 환경조성 등)기준을 적용하였다. 이러한 군집주행 조건은 모든 통신방식에 동일하게 적용하였고, 각 통신방식의 특성을 고려하여 측정 단말기(계측장비와 연결되는 단말기)를 제외한 타 단말기(19대)에는 일정규모의 통신부하를 부여하였다. 19대의 부하 OBU(Onboard Unit)는 채리엇과 통신을 하면서 채널에 부하를 주게 된다. 각 부하에 따른 성능 또한 측정하였다. 그림 6과 7은 IEEE802.11b/g 방식의 V2I 데이터 전송속도 상향 하향 실험 결과를 나타낸다. 부하에 상관없이 상향, 하향 모두 0.4~1Mbps 정도의 데이터 전송속도를 갖는 것을 확인할 수 있다. 패킷 사이즈 1518bytes에서 180km/h일 때는 데이터가 없는 것을 볼 수 있는데, 이는 3회 이상 접속, 연결 문제로 측정할 수 없었다. 원인은 연결시간문제로써

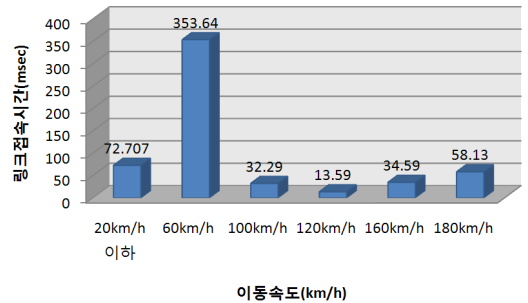


그림 5. 802.11b/g 방식의 V2I 링크접속시간 실험 결과

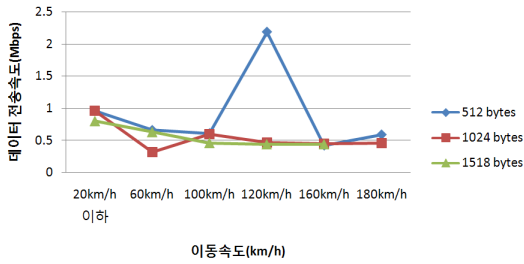


그림 6. 802.11b/g 방식의 V2I 데이터 전송속도 상향(OBU → RSE)

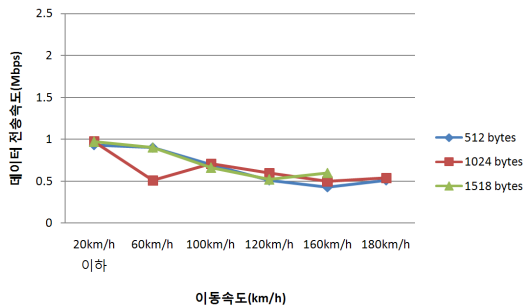


그림 7. 802.11b/g 방식의 V2I 데이터 전송속도 하향(RSE → OBU)

180km/h의 빠른 속도로 이동을 하기 때문에 실험을 진행하는 중 통신반경을 벗어나는 경우이다. 다른 경우는 채리엇에서 19대의 OBU에 부하를 동시에 발생 시키면 계측기인 SmartBit간 접속이 잘 안되어 통신 반경을 벗어나는 경우가 있을 수 있다.

3.2.2 IEEE802.11p

802.11p 방식의 V2I, V2V 통신반경 실험 결과는 그림 8과 같다. 802.11b/g의 V2I 방식과 비교했을 때, 거의 차이를 보이지 않다. 하지만 V2V 에서는 V2I에 비해 두 배의 통신반경을 가지는 것을 확인할 수 있다. 이는 각 차량이 갖는 통신반경이 합쳐져서 생기는 결과라 할 수 있다.

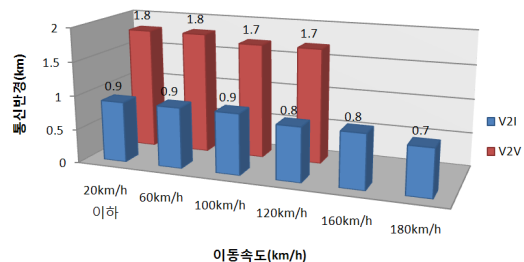


그림 8. 802.11p 방식의 V2I, V2V 통신반경 실험 결과

통신반경과 마찬가지로 V2I와 V2V환경에서 링크 접속시간을 측정하였다. 링크접속시간 실험 결과는 그림 9와 같다. 802.11p의 V2I에서의 링크접속시간과 비교했을 때, 802.11p의 링크접속시간이 매우 짧은 것을 확인할 수 있다. 이는 802.11p가 더 좋은 성능을 가지는 것을 나타낸다.

802.11p 방식의 데이터 전송속도 실험에서는 확보 가능한 차량단말기 5대를 이용하여 군집주행 환경을 구성하였으며,

그림 10과 그림 11은 802.11p 방식의 V2I 데이터 전송속도 상향 하향 방식의 결과를 나타낸다. 상향은 최소 1Mbps이상, 4Mbps이상의 데이터 전송속도를 나타내며, 평균 2.5Mbps의 데이터 전송속도를 나타낸

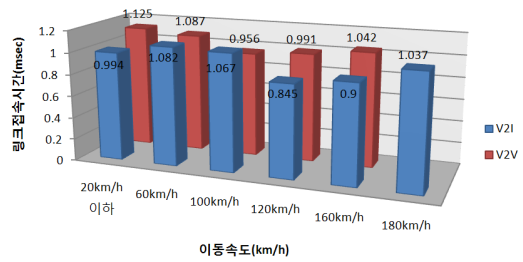


그림 9. 802.11p 방식의 V2I, V2V 링크접속시간 실험 결과

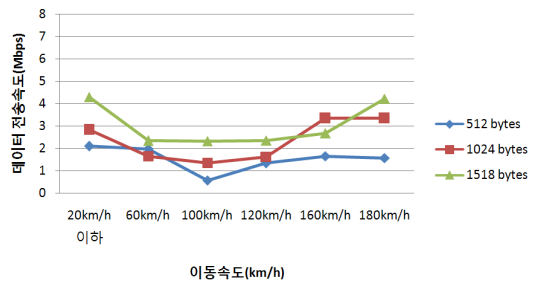


그림 10. 802.11p 방식의 V2I 데이터 전송속도 상향(OBU → RSE)

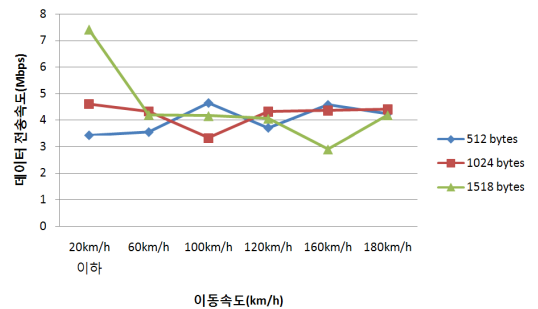


그림 11. 802.11p 방식의 V2I 데이터 전송속도 하향(RSE → OBU)

다. 하향은 3~5Mbps의 전송속도를 나타낸다.

그림 12은 802.11p 방식의 V2V 데이터 전송속도 실험 환경구성을 나타낸다. 각각 반대편으로 주행하는 차량끼리 통신을 하여 측정하였고, 부하 OBU 또한 같이 통신을 하면서 채널에 부하를 주어 테스트 하였다.

그림 13과 그림 14는 802.11p 방식의 V2V 데이터 전송속도 OBU#1과 OBU#2의 결과를 나타낸다. OBU#1은 2M~3.5Mbps를 나타내고, OBU#2는 1.5M~3.5Mbps를 나타낸다. 차량 간의 통신임에도 802.11b/g보다 좋은 성능을 나타내는 것을 나타내고 있다.

그림 15와 그림 16는 각각 802.11p 방식의 V2I와 V2V에 대한 지연시간을 나타낸다. 채널의 부하마다 약간의 차이가 있지만 3~7.5msec의 지연시간을 가진다. 이는 b/g보다 성능이 좋지 않은 것을 나타낸다.

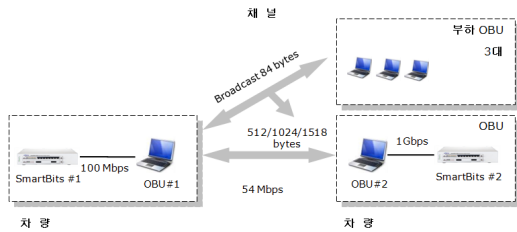


그림 12. 802.11p 방식의 V2V 데이터 전송속도 실험 환경 구성

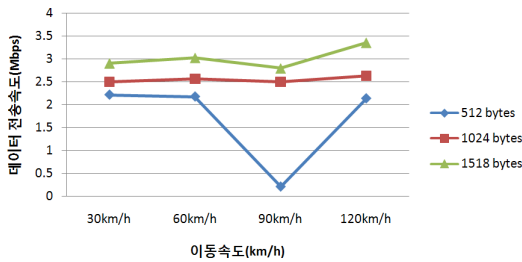


그림 13. 802.11p 방식의 V2V 데이터 전송속도(OBU#1)

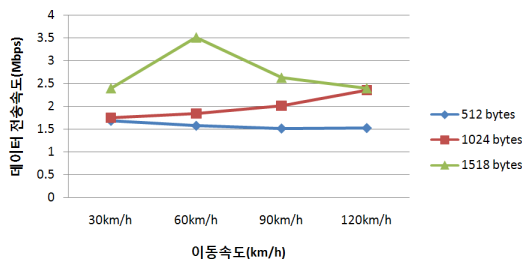


그림 14. 802.11p 방식의 V2V 데이터 전송속도(OBU#2)

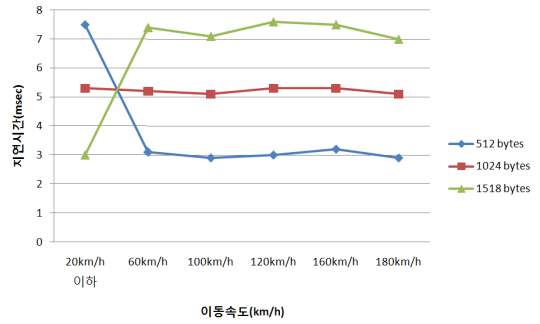


그림 15. 802.11p방식의 V2I지연시간

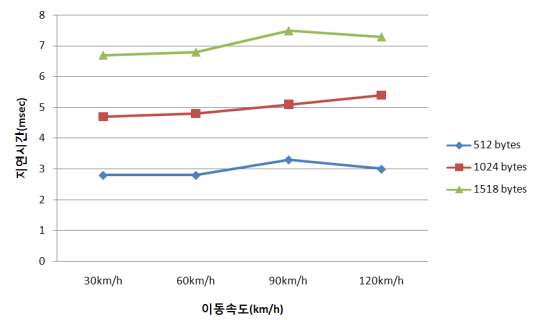


그림 16. 802.11p 방식의 V2V 지연시간

IV. 결 론

자동차 산업은 20세기 이후 비약적 발전을 거듭하였으나 21세기에 들어서는 본질적 변화를 시도하는 단계에 있다. 이러한 변화는 전기자동차로의 급속한 변화를 야기하면서 향후 자동차 산업 전반에 영향을 미칠 것으로 기대되고 있다. 또한 이런 근본적인 변화와 발맞춰서 최근 IT기술의 급속한 발전은 자동차를 탈것에서 즐기는 것으로의 변화도 촉진하게 되었다.

기본적으로 가장 유행하는 무선 통신 기술인 WiFi는 가장 손쉽게 자동차에 여러 가지 스마트한 기능을 추가시키는 전송 매체로 활용될 것으로 기대되고 있다. 더불어서 새로운 통신기술인 WAVE는 기존의 무선 네트워크 기술을 응용하여 기존의 통신 기술로는 조금은 어려웠던 차량간 통신을 활용한 서비스의 구현을 용이하게 할 것으로 기대되고 있다.

본 논문에서는 이러한 통신환경적 변화에 맞추어서 이동성을 가지는 환경에서 IEEE 802.11 무선랜의 성능을 실제로 측정하였다. 802.11b/g와 VANET에 적합하게 설계된 802.11p에 대해서 성능을 측정하였다. 802.11b/g는 V2I, 802.11p는 V2I와 V2V에서 실험을 진행하였다. 각각 자동차의 주행속도를 점차 증가시켜

실험을 진행하였으며, 그에 따른 통신반경, 링크접속 시간, 데이터 전송속도, 지연시간 등을 측정하였다. 또한 무선 채널에 512, 1024, 1518 byte의 부하를 가지게 함으로써, 주위에 통신량의 변화에 따른 성능도 확인하였다. 세 가지의 무선랜에 대한 통신반경 실험 결과, 모두 최소 500m 이상의 통신영역을 확보할 수 있음을 확인하였다. 또한 무선랜 표준에서 이동성을 가지는 환경에서 가장 좋은 성능을 가지는 표준은 802.11p인 것을 확인하였으며, V2I, V2V 모든 환경에서 양호한 성능을 확인하였다. 따라서 향후 차량간 통신을 바탕으로하는 응용서비스 구현에 있어서는 IEEE802.11p가 기존의 802.11기술에 비해서 유리할 것으로 기대된다.

비록 이번의 연구는 성능에 대한 비교실험에 지나지 않았지만, 본 실험 결과를 바탕으로 기존 인터넷 서비스를 이동시에도 원활히 제공하기 위한 수정적 방법에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되어지며 고속의 이동시에 차량간 안전서비스 구현을 위한 기술적으로 부족한 부분이라고 판단되어지는 핸드오프 지원 방안 등도 함께 연구되어야 할 것으로 판단되어진다.

참 고 문 헌

- [1] 광동용, 이소연, 윤현정, “V2X 네트워킹 기술 표준화 동향”, *TTA Journal*, No124, pp70~74, 2010.8
- [2] Hamid Menouar, Fethi Filali and Massimiliano Lenardi, “A Survey and qualitative analysis of MAC protocols for vehicular ad hoc networks”, *IEEE Wireless Communications*, pp2-7, Oct 2006
- [3] 한국정보통신기술협회: ‘CALM 표준화 동향’, *IT Standard Weekly*, May 2005.
- [4] Rohde and Schwarz, “WLAN 802.11p Measurements for Vehicle to Vehicle (V2V) DSRC”, *Application Note*, September 2009.
- [5] IEEE 802.11. Standard 802.11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical layer(PHY) Specifications, 1999.
- [6] Shahzad A. Malik, et al, “Performance Evaluation of IEEE 802.11p MAC Protocol for VANETs”, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8): pp.4089-4098, 2010

김 승 천 (Seungcheon Kim)

정회원



1994년 연세대학교 전자공학과 학사 졸업

1996년 연세대학교 전자공학과 석사 졸업

1999년 연세대학교 전기컴퓨터 공학과 박사학위

2000년 Univ. of Sydney Post Doc.

2001~2003년 LG전자 DTV 연구소 선임연구원

2009년 Univ of Oregon 방문교수

2011년 현재 한성대학교 정보통신공학과 부교수

<관심분야> 스마트자동차 통신기술, 위성통신망, 고속통신망, 무선통신망, 유비쿼터스 센서네트워크