
무인자동차 시스템 개발을 위한 IEEE 802.11a 기술 분석 및 연구

김영혁* · 최상욱* · 김정숙** · 이재광*

IEEE 802.11a Technical Analysis and Research for Development of Unmanned Vehicle System

Young-Hyuk Kim* · Sang-Wook Choi* · Jung-Sook Kim** · Jae-Kwang Lee*

본 연구는 지식경제부/산업기술이사회의 지원을 받아 수행하였음 [메가컨버전스 핵심기술 개발]

요 약

본 논문에서는 무인자동차 시스템 개발을 위하여 적용 가능한 통신을 살펴보고 대안으로 IEEE 802.11a를 제안한다. IEEE 802.11a는 2.4GHz ISM 대역을 사용하는 IEEE 802.11b/g와 달리 5GHz 대역의 OFDM 변조방식을 사용해 ISM 대역의 IEEE 802.11b/g와 비교하여 간섭으로 인한 성능저하 현상에 강점을 가지고 있으며, 최대 54Mbps의 통신 속도를 제공한다. 무인자동차의 이동성을 보장하기 위한 핵심 요구사항인 로밍 기능을 중점으로 아파트 주차장에서 Soft Roaming과 Hard Roaming방식을 구성하여 실험을 진행하였다. 각각의 실험 결과 값을 토대로 IEEE 802.11a를 무인자동차 시스템에 적용하기 위한 최적의 방법을 제시한다.

ABSTRACT

In this paper, look into the applicable communication for unmanned vehicle system development, and make an alternative idea to IEEE 802.11a. "IEEE 802.11a" is differently from "IEEE 802.11b/g"—which used to 2.4GHz ISM band—as it use OFDM modulation system of 5GHz band, as contrasted with "IEEE 802.11b/g" of ISM band, it has advantage against falling-off the capability caused by interfered, and provide maximum 54Mbps communication speed. Made a priority tested Soft Roaming and Hard Roaming to ensure the sound boom of unmanned vehicle in the flat parking. According to the each effect value, present a most suitable method of applicable to "IEEE 802.11a" to unmanned vehicle system.

키워드

802.11a, 무인자동차, 로밍, 핸드오버

Key word

802.11a, Unmanned Vehicle, Roaming, Handover

* 한남대학교

** 한국전자통신연구원

I. 서 론

전 세계적으로 차량 간 통신(V2V), 차량-인프라통신(V2I)과 관련된 많은 연구가 진행되고 있으며, 대표적으로는 미국의 IntelliDrive, 유럽의 GST 프로젝트, 일본의 ASV-3 프로젝트, 국내의 스마트하이웨이와 한국전자통신연구원의 VMC 프로젝트가 있다. 차량 네트워크를 이용한 무인자동차의 경우 V2I 통신 환경 즉, 차량이 노변 장치로부터 제어 정보를 전달받아 무인화를 이뤄 이동하는 시스템으로 차량의 특성에 맞는 적합한 통신기술이 뒷받침되어야 한다. 특히 V2I 환경에서의 무인자동차 시스템은 무엇보다 차량의 이동성을 보장하기 위한 핸드오버 기술이 중점적으로 요구된다. 따라서 본 논문에서는 V2I 환경에서 무인자동차 시스템을 서비스하기 위한 통신들을 알아보고 그 중 미국에서 ITS 서비스(육상 및 철도, 해상 교통수단 전용 통신)를 위해 표준화가 진행 중인 WAVE와 가장 근접하며, 표준화가 완료되어 현실점에서 바로 적용할 수 있는 5GHz 대역의 통신기술인 IEEE 802.11a의 핸드오버 성능을 실험하여 결과 값을 토대로 V2I를 이용한 무인자동차 시스템의 최적의 구성을 제안한다.

II. 관련연구

본V2I 통신을 위한 대표적인 통신 기술로는 IEEE 802.11a, WiBro, DSRC, WAVE가 있다.

1. IEEE 802.11a

IEEE 802.11a는 802.11b와 함께 1999년 표준으로 확정되었다. 무선통신 환경에서 데이터를 고속으로 전송하기 위해서는 보다 높고 넓은 대역폭의 주파수가 필요하다. 특히 장애물이 많아 전파의 차단과 간섭현상이 중첩되는 환경에서는 전송율이 크게 저하되어 전송 거리와 속도가 크게 줄어든다. 이 문제를 해결하기 위해 802.11a에서 사용되는 방식은 직교주파수분할(OFDM) 방식이다. 5GHz 대역에서 6~54Mbps의 고속 데이터 전송이 가능하며, 통신 거리는 환경에 따라 10~100m 거리에 이른다. IEEE 802.11a에는 핸드오버의 역할을 하는 로밍이라는 기능이 있으며 이는 다시 소프트로밍과 하드로밍으로 나눌 수 있다.

소프트로밍은 스위치를 사용해 Client에게 서비스를 제공하는 AP가 변경되어도 seamless한 연결을 지원하는 기능이다. 소프트로밍이 이루어지기 위한 전제조건으로는 각 AP들은 스위치에 유선으로 연결되어 있어야 하며, AP들 간의 채널은 동일해야 한다.

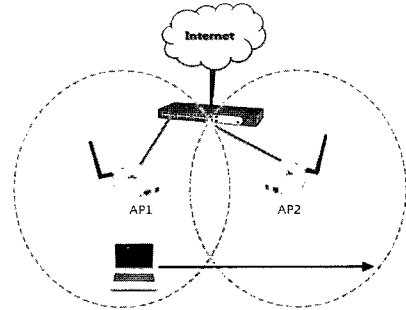


그림 1. 소프트 로밍
Fig. 1 Soft roaming

하드로밍은 소프트로밍과 다르게 서로 다른 채널을 사용하여 간섭현상을 줄이는 방식이며, 소프트로밍보다 로밍속도가 느리다. 하드로밍이 이루어지기 위한 전제조건으로는 각 AP들은 스위치에 유선으로 연결되어 있어야 하며, AP들은 서로 다른 채널을 사용해야 한다.

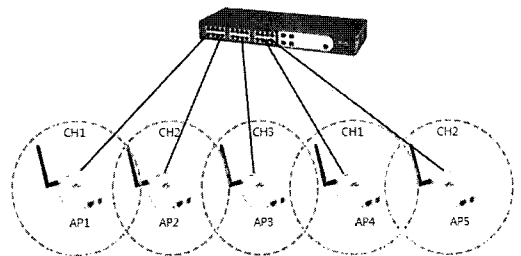


그림 2. 하드 로밍
Fig. 2 Hard roaming

2. WiBro

WiBro는 Wireless Broadband Internet의 줄임말로써, 국외에서는 Mobile WiMAX라고 불린다. WiBro 수신기를 사용하는 기기를 이용하면 60Km/h로 이동하는 차량 안에서 3Mbps 정도의 속도로 인터넷 서비스 품질의 통신을 제공받을 수 있다.

2002년 10월 정보통신부가 무선가입자용(N-WLL)으로 사용하던 2.3GHz 대역의 주파수를 휴대인터넷용으로 재분배하면서 WiBro가 시작되었다. 이와 함께 한국전자통신연구원(ETRI)과 삼성전자가 등이 개발을 시작하여 기술표준 'HPI' 개발에 성공했다. 이 기술표준은 순수 국내 기술로 개발되었고, 2005년 미국 전기전자학회(IEEE)에 의하여 국제표준으로 채택되었다. 2003년부터 2005년까지 한국전자통신연구원을 중심으로 삼성전자, KT, KTF, SKT, 하나로 텔레콤 등 제조업체와 통신사업자가 연구비를 출연하여 개발을 완료하여, 2006년 6월 30일 SKT와 KT 양사 모두 WiBro 상용 서비스 제공을 개시하였다. 2007년 10월 국제전기통신연합(ITU)는 WiBro를 3세대 이동통신의 6번째 기술표준으로 채택하였다.

3. DSRC

ITS(Intelligent Transport System)에 적용되는 통신 방식 중 하나인 DSRC(Dedicated Short Range Communication)는 짧은 노변통신망(Roadside Communication) 통신을 위한 기술로 분류되며, ITS 전용 단거리 통신망으로써 주로 사용되고 있다. 도로변에 소형 기지국(RSE: Road Side Equipment)을 설치하고 차량에 단말기(OBE: On Board Equipment)를 부착하여 100m 이내의 짧은 거리에서 고속 통신 및 이동성을 지원한다. DSRC 장치는 통신 기능만을 수행하며 응용 서비스는 단말 단말기에서 또는 타 단말기와 별도의 접속을 통해 제공된다. 초기의 DSRC에 대한 개념은 단순히 도로변에 설치되어 통과하는 차량과 통신을 통해 통행요금징수, 차량정보수집 등의 단순한 기능을 수행했으나, 현재는 도로변에 RSE가 다수 설치되고 이들이 유선 통신망으로 서로 연계되어 통신망을 구성하여 무선 인터넷과 같이 다양한 ITS 서비스를 제공할 수 있도록 개념이 확장되고 있다.[1]

4. WAVE

IEEE 802.11WG의 TGp에서는 미국의 5.9GHz DSRC(Dedicated Short Range Communications) WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)의 물리 계층과 MAC 계층 표준을 개발하고 있다. WAVE는 ITS(Intelligent Transport System)서비스 즉, 육상 및 철도, 해상 교통수단 전용의 무선통신 방식으로 시속 200km/h

이상의 고속으로 이동하는 차량장치와 도로변에 설치된 노변통신장치 또는 차량장치 사이에서 빠른 트랜잭션을 지원하기 위한 것으로 반경은 약 1km까지 지원된다. 5.9GHz 대역을 사용하게 될 WAVE 방식은 IEEE 802.11a 규격의 일부를 변경하고 추가적인 프로토콜을 사용한다. 또한 IEEE 802.11WG 뿐만 아니라 여러 표준 개발 기구에서 관련 표준을 개발 중에 있으며, WAVE는 PHY/MAC 계층은 802.11p가 담당하지만 상위의 보안, 다중 채널 지원, 시스템 관리, 네트워킹 서비스는 IEEE Intelligent Transportation Systems Council SCC32 위원회의 지원을 받아 개발중인 1609.1~4 프로토콜이 담당하게 되는 구조를 가진다. WAVE의 개발에는 IEEE뿐 아니라 표준화 개발 및 시험, 활성화를 진행하는 IntelliDrive와 OmniAir Consortium이 있다.

표 1. 통신별 성능 비교

Table. 1 Communication performance comparison

구분	WAVE	DSRC	WiBro	802.11a
Cell Coverage	~1km	~100m	~1km	~100m
Spectrum Band	5.9GHz	5.8GHz	2.4GHz	5GHz
Modulation	QPSK-OFDM	ASK	OFDMA	OFDM
Mobility	200Km/h	160km/h	60Km/h	-
Data Rates	100Mbps	1Mbps	DL 3, UL 1 Mbps	54Mbps
Channels	7	7	-	8

III. IEEE 802.11a 실험 환경

실험을 하기 위한 장비 구성은 표 2와 같다.

표 2. 로밍 테스트 구성표

Table. 2 Roaming test configuration

장비	구성
AP	ACKSYS사의 Wlg-Link 5대
스위치	Netgear
서버	노트북 5대
클라이언트	노트북 1대
소프트웨어	Wireshark, Jperf, 개발SW



그림 3. 실험 환경
Fig. 3 Test Environment

그림 3과 같이 아파트 지하주차장에 중앙서버(노트북)와 노변기지국(RSU, Road Side Unit)인 AP 4대를 설치하고 각각 노트북을 연결하여 노변기지국서버를 구성하였다. 차량탑재장치(OBU, On Board Unit)는 노트북에 RSU와 동일 기종인 AP 1대를 bridge로 연결하여 차량 안에 설치하였으며, 접속된 AP의 수신율이 50% 이하로 떨어지면 다른 AP를 검색하여 수신율이 더 높은 곳으로 로밍이 되도록 설정한 후 차량이 이동함으로써 수신율이 조정되어 자동적으로 로밍이 이루어지게 되었다. 모든 과정은 직접 개발한 프로그램을 사용해 중앙서버-RSU-OBU간 실제 무인자동차 제어를 가정한 가상 시나리오에 맞춘 데이터를 20ms 주기로 송·수신하게 하였으며, 모든 데이터의 송·수신 시각 및 데이터 송·수신 성공·실패 유무를 포함한 전 과정을 텍스트파일로 저장하도록 했다. 이와 동시에 Jperf를 이용하여 전송속도를 측정, Wireshark를 이용하여 로밍 구간을 interval을 0.1초로 세분화하여 분석하였다. 각 AP는 소프트로밍과 하드로밍의 조건에 맞게 채널을 설정하였으며, Bridge 역시 환경 변화에 맞춰 설정에 변화를 주었다. 소프트로밍 환경에서는 OBU를 총 4대까지 증가시켜 네트워크 성능변화 및 데이터 손실률을 비교하였다.

IV. 실험 결과

Jperf로 60초간 서버-OBU 간에 데이터 전송이 지속적으로 이루어지게 하였으며, 총 2번의 로밍이 이루어졌다.

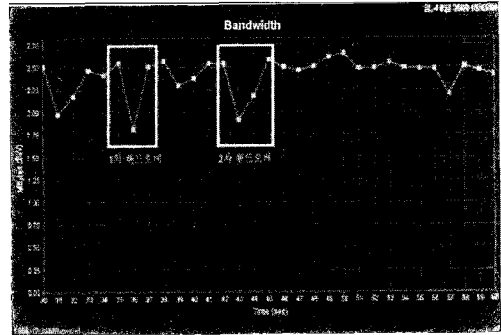


그림 4. 소프트 로밍 Jperf 그래프
Fig. 4 Soft roaming Jperf graph

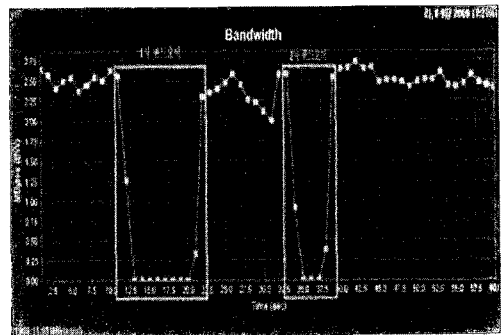


그림 5. 하드 로밍 Jperf 그래프
Fig. 5 Hard roaming Jperf graph

소프트로밍의 경우 35-37초, 42-45초 사이의 시간동안 로밍이 이루어진 반면, 하드로밍은 11-21초, 33-38초 사이에서의 긴 시간동안 로밍이 이루어졌다.

그림 5, 6은 1/100초 간격으로 고정된 크기의 메시지를 보내어 메시지 전송 간격을 좁히고 실험한 결과이다.

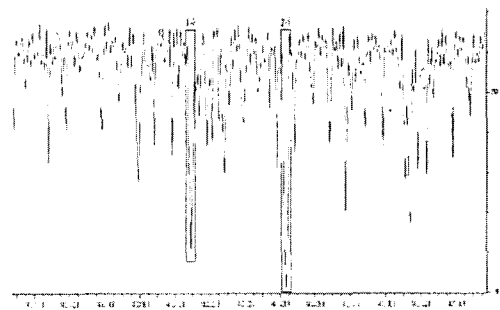


그림 6. 소프트 로밍 Wireshark interval 0.1초 그래프
Fig. 6 Soft roaming Wireshark interval 0.1sec graph

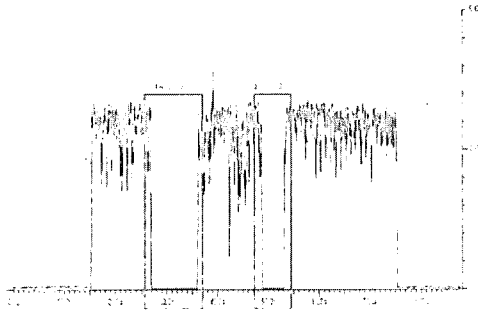


그림 7. 하드 로밍 Wireshark interval 0.1초 그래프
Fig. 7 Hard roaming Wireshark interval 0.1sec graph

1/100초로 데이터 전송 간격을 좁힌 결과 소프트로밍의 경우 평균 0.3초, 하드로밍은 평균 7.5초의 로밍시간을 기록했다.

그림 7, 8은 소프트로밍과 하드로밍 환경에서 30초간의 데이터 전송속도 그래프이다. 통신설정은 TCP Windows Size 0.01Mbyte로 하였다.

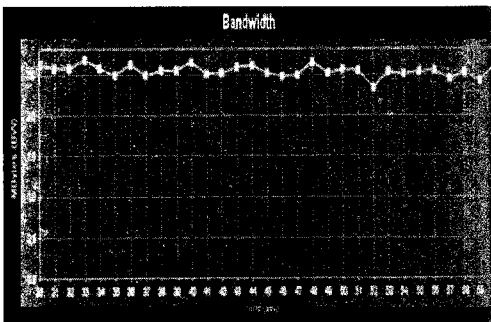


그림 8. 소프트 로밍 평균 전송 속도 그래프
Fig. 8 Soft roaming average transfer speed graph

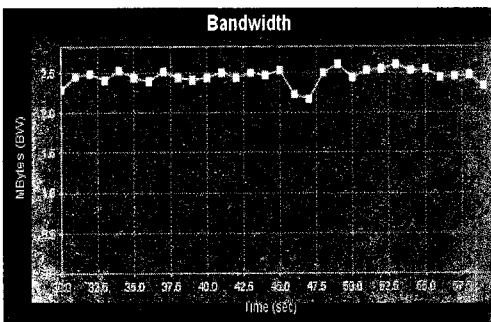


그림 9. 하드 로밍 평균 전송 속도 그래프
Fig. 9 Hard roaming average transfer speed graph

표 3. 로밍 환경별 전송속도 비교
Table. 3 Each roaming configuration transfer speed compare

	Transfer	Bandwidth
소프트로밍	153 MBytes	20.4Mbps
하드로밍	143 MBytes	19.12Mbps

표 4는 소프트로밍 환경에서 OBU를 1~4대까지 증가시켰을 때의 결과 값이다. OBU의 접속이 증가할 때 마다 전송속도는 소폭 하향되었으며, 손실률은 증가되었다.

표 4. OBU 증가에 따른 비교
Table. 4 OBU compared to increasing

OBU 수	평균속도	실패/성공 데이터 수	손실률
1	15.2 Mbps	0/90	0%
2	16.4 Mbps	0/90	0%
3	15.4 Mbps	7/90	7.8%
4	14.8 Mbps	8/90	8.9%

V. 결 론

IEEE 802.11a의 소프트로밍과 하드로밍 실험결과 동일한 환경조건에서 로밍 성능이 현격한 차이를 보였다. 로밍이 이루어지는 기간 동안 소프트로밍에 비해 하드로밍은 긴 지연시간으로 빠른 핸드오버가 요구되는 무인자동차 시스템에는 부적합하며, 특히 로밍이 이루어지는 동안 Transfer의 값이 '0'을 기록하는 등 Disconnection 후 Connection되는 결과로 봐도 무방하다. 반면 평균 0.3초대의 빠른 핸드오버 시간과 로밍이 이루어지는 동안에도 메시지 데이터가 꾸준히 전송되어 seamless한 환경을 보장한다는 점에서 IEEE 802.11a 소프트로밍은 V2I 환경에서 제어 정보 메시지 전달을 통한 무인자동차 시스템에 적용될 수 있음이 확인되었다. 그러나 V2I 무인자동차 환경에서의 IEEE 802.11a가 보완되어야할 문제점이 그림 4에서 나타났듯이 로밍이 이루어지는 동안에 데이터의 전송률이 기존의 유지되던 속도의 50%로 저하된다는 것이다. 또한 표 4를 보면

IEEE 802.11a의 CSMA/CA 특성대로 서비스를 받는 OBU가 증가되면 점차 네트워크 성능이 하락되고 패킷 손실률이 증가되어 제어에 문제가 발생할 소지가 있으므로, 향후 제어데이터 손실에 의한 문제점을 보완할 제어데이터 송·수신 알고리즘을 체계적으로 구성한다면 앞선 문제점을 보완할 방안이 되리라 예상하며 이에 대한 연구가 이루어질 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부/산업기술이사회의 지원을 받아 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사드립니다.
[메가컨버전스 핵심기술개발]

참고문헌

- [1] 문형돈, 국내외 DSRC 기술 및 표준화 동향, 정보통신 산업진흥원 주간기술동향 992호, 2001.04.18
- [2] 이성렬, VANET에서의 무선 전송 기술 : IEEE 802.11p WAVE Standard 중심으로, 한국정보과학회 학술지 제22권 제1호, 2008.05
- [3] 정도현, 미국의 지능형자동차 개발 및 실용화 지원 프로젝트(4) IntelliDrive 프로젝트를 중심으로, 한국자동차공학회 Auto Journal 2009.08

저자소개



김영혁(Young-Hyuk Kim)

2009년~ 한남대학교 컴퓨터공학
(석사과정)

※관심분야: 네트워크, 정보보호



최상욱(Sang-Wook Choi)

2008년~ 한남대학교 컴퓨터공학
(석사과정)

※관심분야: 네트워크, 정보보호



김정숙(Jung-Sook Kim)

2004년 KAIST 전자전산학과
(공학석사)

2004년~2005년 SK텔레콤
2005년~ 한국전자통신연구원

※관심분야: 네트워크, 정보보호



이재광(Jea-Kwang Lee)

1986년 광운대학교 전자계산학
(이학석사)

1993년 광운대학교 전자계산학
(이학박사)

1993년~한남대학교 컴퓨터공학과 교수

※관심분야: 네트워크, 정보보호