

인프라-차량단말간 통신기술을 위한 WiBro 기술 분석 및 연구

임일권* · 최상욱* · 김영혁* · 최정단** · 이재광*

*한남대학교 · **한국전자통신연구원

A study and analysis of WiBro for infrastructure-vehicle communication technology

Il-kwon Lim* · Sang-wook Choi* · Young-hyuk Kim* · Jeong-Dan Choi** · Jea-kwang Lee*

*Dept. of Computer Engineering, Hannam University · **Electronics and Telecommunications Research Institute

E-mail : {iklim, suchoi, yhkim, jklee}@netwk.hannam.ac.kr · **jdchoi@etri.re.kr

요 약

WiBro는 2006년 6월 상용화 서비스를 시작으로, 60km/h의 속도에도 3Mbps의 속도를 제공하는 모바일 인터넷 서비스로써 현재 서울 및 수도권 그리고 각 지방 주요도시에서 서비스 중이다. 본 논문에서는 V2I(Vehicle-To-Infrastructure)통신이라 불리는 차량-인프라간 통신에서 무인차량제어통신을 위해 현재 상용화된 무선통신기술에 대해 분석하고 WiBro 기술을 제안한다. V2I 통신환경 구축을 위해 각 WiBro 단말기를 2대의 노트북에 장착하여 차량을 운행하였으며, 각 기지국을 중심으로 커버리지, 전송률, 지연율, 손실률과 주차장 환경에서의 전송률을 테스트 하였다.

ABSTRACT

The WiBro to start June 2006 is mobile internet service with 60km/h, 3Mbps. And current WiBro service is used in Seoul, the metropolitan area and the local major cities. This study suggests WiBro technology and analyzes wireless communication technology to vehicle-to-infrastructure communications for the unmanned vehicle control. We were driving vehicle with two laptop computer's WiBro unit for V2I communication environment. So each RAS(Radio Access Station) on center is tested coverage area, transmission rate, latency rate, lost rate and transmission rate to parking area environment.

키워드

WiBro, V2I, 인프라-차량단말간 통신, 무인차량제어

1. 서 론

20세기에는 자동차의 발전과 함께 이동통신 기술이 획기적으로 발전하였다. 언제 어디서나 누구와도 통신을 하고 싶다는 사람들의 욕구는 음성통화를 기본으로 하는 셀룰러 기술의 발전과 함께 1990년대 중반 CDMA 2000 1x EVDO 서비스 도입으로 이동통신서비스의 보급률이 급속도로 급증하게 되었다. 그리고 1990년대 후반 3세대 이동통신이라 불리는 IMT-2000 기술이 서비스되고 있고 몇 년 내에 출현할 4세대 이동통신기술로

빠르게 발전하고 있다.

인프라-차량단말간 통신(V2I: Vehicle-To-Infrastructure)과 차량 간 통신(V2V: Vehicle-To-Vehicle)은 전 세계적으로 많은 연구가 진행 중이다. 현재 자동차 선진국에서는 무선통신 및 차량용 이동통신 기술 개발에 박차를 가하고 있으며 미국의 Intellidrive, 유럽의 GST프로젝트, 일본의 ASV-3 프로젝트 등을 통해 개발 및 표준화가 진행 중이다.

따라서 본 논문에서는 차량 안에 WiBro 단말기를 탑재한 2대의 노트북을 이용하여 무인차량제어를 위한 V2I 통신환경을 구축하였다. WiBro의 커

버리지 반경과 손실률, 지연율과 전송률을 테스트 하였으며, 주차장 환경에서의 무인차량제어를 위해 주차장에서 전송률테스트를 실시하였다. WiBro 서비스는 SK 텔레콤의 T-login 와이브로 서비스를 이용하였다.

II. 관련 연구

2.1 HSDPA

HSDPA(high speed downlink packet access)는 유럽을 중심으로 제 2세대 이동통신인 GSM(Global System for Mobile communication) 계열이 3GPP(3rd Generation Partnership Project)라는 단체를 출범하고, 2000년 3월 IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000)으로 불리는 제 3세대 'WCDMA' 서비스를 표준으로 확정, WCDMA의 진화형태로 HSDPA를 개발하였다. HSDPA는 하향링크에 고속 데이터 전송을 위해 추가된 접속 기법으로 최대 14.4Mbps의 속도로 데이터를 다운로드가 가능하고, 2Mbps~3Mbps의 속도로 업로드가 가능하여 WCDMA에 비해 최대 7배가 빠른 기술이다.[1] 하지만 이진 최대 속도로서 실제 사용 시에는 WiBro에 비해 낮은 속도를 보여준다. 2006년 5월 16일 SK텔레콤에 의해 최초 상용화 서비스를 시작 했으며, 현재 SK텔레콤과 KT에서 서비스 중이다.[2]

2.2 WiBro

WiBro는 Wireless와 Broadband Internet의 합성어로 60km/h 이동 중에도 고속으로 인터넷을 사용할 수 있는 서비스로써, 2003년부터 2005년까지 한국전자통신연구원을 중심으로 삼성전자, KT, KTF, SKT, 하나로텔레콤 등 제조업체와 통신사업자가 연구를 출연하여 개발을 완료하였고, 2006년 6월 30일 SKT와 KT 양사 모두 WiBro 상용 서비스를 시작하였다. WiBro는 이동 중에도 3Mbps의 서비스 제공이 가능하고, 1km의 셀 커버리지를 지원한다.[3][4]

WiBro의 단말기와 기지국간의 무선접속규격은 IEEE802.16(IEEE802.16-2004, IEEE P802.16-2004/Cor1/D2, IEEE802.16e/D7)에 기반한 TTA의 "2.3GHz 휴대인터넷 표준"을 따르며, WiBro 시스템 구조 모델은 단말기(Portable Subscriber Station) 및 기지국(Radio Access Station), 액세스 컨트롤 라우터(Access Control Router)로 구성된다.[4][5][6]

현재 SK 텔레콤과 KT에서 서울과 수도권 및 지방 주요도시에서 서비스 중이다.

2.3 WiBro Evolution 시스템

WiBro Evolution 시스템은 한국전자통신연구원과 삼성전자가 공동 연구에 의해 차세대 휴대 인터넷 서비스인 WiBro Evolution 사업을 2006년부터 2008년에 걸쳐 진행하였으며 개발된 시스템은

4세대 이동통신 규격으로 만들기 위하여 국제 표준화가 진행되고 있는 IEEE 802.16m에서 IPR(intellectual property right)을 확보하는 과정을 진행 중에 있다.

개발된 WiBro Evolution 시스템은 350km/h의 이동조건에서 10Mbps의 데이터 전송이 가능하며, 최대 전송률은 20MHz 대역폭을 사용할 경우 기지국 기준으로 4x2 MU-MIMO (Multi-User Multiple Input Multiple Output)가 적용된 하향링크에서 149Mbps이고 상향링크에서는 단말 기준 10Mbps이며, 4개 단말을 동시에 사용하는 CSM(Collaborative Spatial Multiplexing)이 적용될 경우 최대 43 Mbps 데이터를 상향링크를 통해 전송할 수 있다.[7]

III. 무인차량제어통신을 위한 WiBro 요구사항 분석

3.1 커버리지(Coverage)

이동하는 차량의 특성 상 노면 장치의 커버리지가 짧아지면 차량이 운행하는 도로에 통신 반경이 미치는 구간만큼의 많은 노면장치를 설치해야 한다. 도로의 많은 노면장치들은 그에 따른 핸드오버가 많아지며, 짧은 시간에 많은 핸드오버는 오버헤드 현상이 발생하게 된다. 오버헤드 현상에 따른 지연율은 주행 중의 차량에겐 치명적일 수 있으며 그에 따른 커버리지의 중요성이 부각된다. 휴대성을 강조한 무선인터넷 서비스인 WiBro는 셀 커버리지가 1km이며, WCDMA보다 커버리지 반경이 짧지만, WLAN에 비해 10배 이상의 커버리지 반경을 가지고 있다.

3.2 지연율

중앙서버에서 위험신호를 전송 하였을 때 차량 네트워크 환경에서 높은 지연율을 보인다면, 위험 신호 대처에 늦어지게 되고, 그에 따른 대형사고로 이어질 수 있다. 그렇기 때문에 WiBro 서비스의 지연율 측정은 차량 제어 정보 전달을 위해 꼭 필요하다.

3.3 손실률

차량 제어 정보 중엔 차량의 위치정보와 차량 등록 정보, 차량의 운행 정보 등이 포함되어 있는데 이 중 일부가 손실되면 그에 따른 차량 제어에 딜레이 또는 위험요소가 발생할 수 있다.

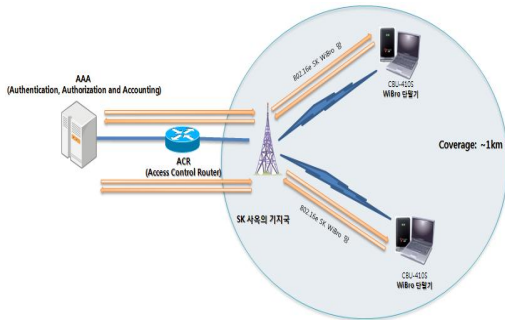
3.4 전송률

차량 제어 정보 전송을 위한 높은 전송률은 많은 정보를 데이터에 담아 빠른 속도로 전송할 수 있다. 그리고 높은 전송률의 차량 네트워크는 텔레매틱스 서비스에서 추구하는 차량 내의 엔터테인먼트 서비스, 의사소통서비스, 위치정보컨텐츠 등의 모바일 오피스(Mobile Office)환경지원이 가능하다.

IV. 테스트 구성

4.1 테스트 구성

테스트 진행은 대전 둔산동에서의 햇님 아파트와 SK 사옥 주변 기지국을 중심으로 진행하였다. 대전에서 서비스가 가능한 SKT의 T-login 와이브로 서비스를 이용하였으며, SK 텔레콤에서 사용 중인 기지국은 삼성전자의 Standard-RAS, WAVE 1 장비로써 최고 24Mbps의 Data Throughput을 지원한다.[8] 후지쯔 노트북과 LG-IBM 노트북, WiBro 단말기는 C-motech사의 CBU-410S를 사용하였다. 그리고 거리측정을 위한 거리측정기와 차량을 통해 테스트를 진행했다.



[그림.1] 테스트 구성

V2I 통신 환경 구축을 위해 2대의 WiBro 단말기를 장착한 노트북을 이용하여 [그림.1]과 같이 구성하였다.

각 구간의 거리는 네이버 위성지도와 거리측정기를 이용하여 다음 [그림.2]와 같이 거리를 측정하였다.



[그림.2] 기지국을 중심으로 거리측정

4.2 주차장 환경 테스트

첫 번째 테스트는 주차장 환경에서의 WiBro

전송률 테스트를 진행했으며, 대전 둔산동에 있는 SK 사옥 주변에서 이루어졌다.

기지국이 설치된 건물의 뒤편에서 차량을 출발하여 15km/h의 속도로 주행하였다. 기지국 주변 건물의 지상·지하 주차장을 지나 차량을 원래 위치로 돌아오면서 Jperf를 이용하여 데이터를 1초 간격으로 4분간 반복적으로 전송하였으며, Jperf를 이용한 로그 기록과 그래프, Wireshark의 그래프를 확인하였다.

4.3 전송률, 지연율, 손실률 테스트

두 번째 테스트는 둔산동에 있는 햇님 아파트 단지를 중심으로 전송률, 지연율, 손실률을 테스트 하였으며, 햇님 아파트 기지국을 중심으로 시작 지점과 50m 지점, 그리고 100m 지점을 시작으로 각 100m 간격으로 1200m 지점까지의 구간에서 테스트를 진행하였다.

4.4 커버리지 테스트

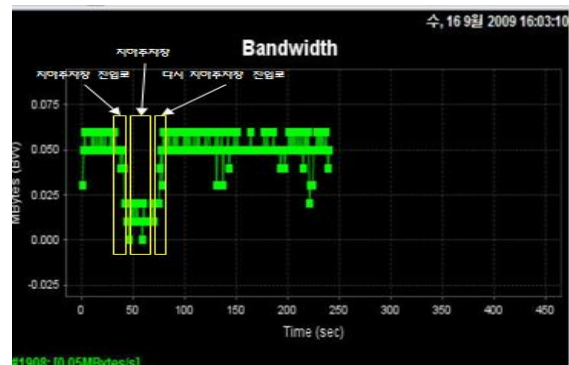
WiBro는 1km의 셀 커버리지를 가지고 있다. 커버리지 테스트는 햇님 아파트 주변의 문예 공원 길에서부터 둔산 대로를 주행하면서 전송이 끊어질 때까지의 전송상태를 측정하였다. 도로 위에서 처음부터 끝까지 일정 속도로 유지하여 측정하려 했으나 도심도로 사정상 속도 유지는 불가능했다.

V. 테스트 결과

5.1 주차장 환경 테스트결과

주차장 환경 테스트에서는 기지국 뒤편에서의 전송률은 그래프 모양과 속도가 안정적이나, 지하주차장 진입로로 내려 갈 때 164Kbps가 나오는 등 그래프가 급격히 떨어졌고, 지하주차장 운행 시에는 그래프와 전송률이 82Kbps가 나오며 낮은 전송률을 보였으나 접속이 끊어지진 않았다.

다음 [그림.5]에서 Jperf의 전송률 그래프를 확인할 수 있다.



[그림.3] 4분간 전송한 패킷의 Jperf 그래프

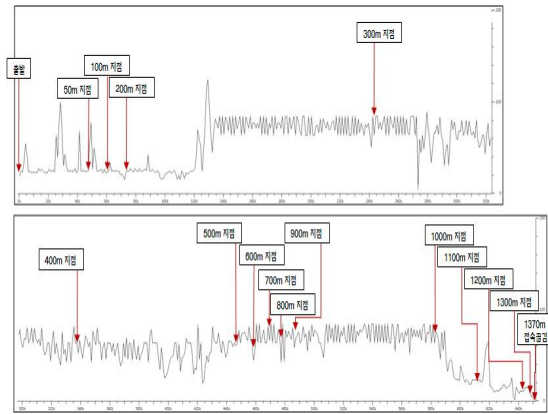
5.2 전송률, 지연율, 손실률 테스트 결과

전송률테스트는 기지국에서부터 200m 지점까지는

아파트 단지 내에서 측정을 하여 전송률과 그래프가 불규칙하게 기록되었으나, 500m 지점에서부터는 도로 서쪽에 주변 건물이 없어 전송률이 409.6Kbps가 나오는 등의 안정적인 전송률과 그래프를 보였으며, 커버리지 밖의 1100m 지점부터는 전송률이 떨어지는 것을 확인 했다. 손실률은 평균 0.035%로 낮게 나왔다. 그러나 두 대의 단말기를 이용하여 테스트를 진행한 만큼 WiBro의 상·하향식 속도가 상이하어 상향식 속도로 올라간 데이터가 하향식 전송에도 상향식 속도가 나오기에 전송률은 낮은 수치 결과가 나왔고, 지연율도 평균 630.57ms가 나오는 등 높게 측정되었다. 각거리 지점의 테스트 결과는 다음의 <표.1>에서 확인할 수 있다. 다음 [그림.4]은 600m 지점에서의 손실률과 지연율 테스트 결과이다.

<표.1> 각거리 별 테스트 결과

	전송률 (Kbps)	평균 지연율 (ms)	손실률(%)
시작점	163.84	244	0
50	409.6	273	0
100	163.84	247	25
200	163.84	1036	0
300	409.6	449	0
400	409.6	1048	0
500	409.6	965	0
600	409.6	960	0
700	409.6	778	0
800	327.88	219	25
900	409.6	353	0
1000	491.52	765	0
1100	81.92	605	0
1200	163.84	886	0
평균값	315.99	630.57	0.035



[그림.5] 시작지점부터 1370m 지점까지 구간 분석 그래프

VI. 결 론

본 논문에서 V2I통신에서 무인차량제어를 위한 WiBro기술을 제안하였다. 각 테스트 결과 WiBro는 1km의 넓은 커버리지를 끊김 없이 지원하였고, 낮은 손실률을 보여주었다. 그리고 지하 주차장 내에서는 낮은 전송률을 보였으나 접속이 끊어지지 않았고, 주차장내에서 전송률 저하는 Repeater를 이용하면 해결할 수 있다. 그러므로 무인차량제어통신을 위한 V2I통신에 적합하였으나, 높은 지연율과 상향식 통신에서 낮은 전송률은 V2I 통신에서의 안전지원 서비스 활용에는 무리가 있다. 향후 상용화 예정인 WiBro Evolution 기술을 이용하여 V2I 통신을 활용하면, 안전성과 편리성을 추구할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] TTA, "[정보기술] UMTS HSDPA 표준화 현황" http://www.tta.or.kr/data/weekly_view.jsp?news_id=644
- [2] 송재도, "HSDPA의 현황과 전망" ktoa 2006. 39호
- [3] 양한주, 송인국 "와이브로(WiBro) 현황과 발전 전망" 한국 인터넷 정보학회(제9권 제2호)
- [4] TTA, TTAS.KO-06.0082/R1 "2.3GHz 휴대인터넷 표준 - 물리 계층 및 매체접근제어 계층", 2005.12.21
- [5] "Portable internet WiBro™ Wireless broadband", <http://www.wibro.or.kr/>
- [6] TTA, TTAR-0017/R3 "2.3GHz 휴대인터넷 (WiBro™) 서비스 및 네트워크 요구사항", 2008.2.22
- [7] 박윤옥, 최정필, 김준우, 방승재, 안지환, "4세대 이동통신 핵심기술 WiBro Evolution 시스템 개발", 전자통신동향분석 제 24권 제3호 2009년 6월
- [8] SK telesys, "표준형 RAS", <http://www.sktelesys.co.kr/product/ws03.asp>

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Reply from 220.103.148.254: bytes=32 time=259ms TTL=126
Reply from 220.103.148.254: bytes=32 time=267ms TTL=126
Reply from 220.103.148.254: bytes=32 time=214ms TTL=126

Ping statistics for 220.103.148.254:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 214ms, Maximum = 312ms, Average = 965ms

C:\Documents and Settings\내트워킹>ping 220.103.148.254

Pinging 220.103.148.254 with 32 bytes of data:

Reply from 220.103.148.254: bytes=32 time=3120ms TTL=126
Reply from 220.103.148.254: bytes=32 time=266ms TTL=126
Reply from 220.103.148.254: bytes=32 time=238ms TTL=126
Reply from 220.103.148.254: bytes=32 time=219ms TTL=126

Ping statistics for 220.103.148.254:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 219ms, Maximum = 3120ms, Average = 960ms

C:\Documents and Settings\내트워킹>실행실>
    
```

[그림.4] 600m 지점의 손실률과 지연율 테스트

5.3 커버리지 테스트 결과

커버리지 테스트 결과 1km의 커버리지 안에서는 끊어짐 없이 서비스가 가능하였고, 접속은 1370m 지점에서 끊어졌다. 접속이 끊어지는 지역은 3번에 걸쳐 같은 거리에서 끊어짐을 확인했다.

다음 [그림.5]는 Wireshark로 측정한 전송률 그래프이다.