

# 고속이동환경에서 무선랜(IEEE 802.11g)의 데이터 전송속도 측정

정회원 오 종 택\*

## Data throughput measurement for Wireless LAN of IEEE 802.11g in mobile environment

Jong-taek Oh *Regular Members*

### 요 약

최근 들어 hot spot 서비스를 비롯한 무선랜의 활용이 급격히 증가하고 있다. 전에는 주로 옥내에서 유선랜 대용으로 사용이 국한되었지만, 무선랜의 데이터 전송속도와 성능이 크게 향상되어 옥내에서의 mobile computing 용도뿐만 아니라 옥외에서 인터넷 접속용이나 무선 브리지용으로도 그 사용이 증대되고 있다. 본 논문에서는 고속이동환경에서의 무선랜의 데이터 전송속도를 측정하여 ITS(Intelligent Transport System)나 Telematics, LBS(Location Based System) 등의 응용 분야에서 그 사용 가능성을 검증하였다.

### ABSTRACT

Recently the application area of wireless LAN has been increased, rapidly. The application area was limited in indoor, but as the data throughput and performance of wireless LAN becomes better the application is to extend to the Internet connection and wireless bridge in outdoor. In this paper, the data throughput of wireless LAN in mobile environment is measured, and the usability of wireless LAN for ITS, Telematics, and LBS is confirmed.

### I. 서 론

무선랜의 데이터 전송속도와 성능이 크게 향상됨에 따라 그 효용성이 매우 넓어졌다. 전에는 주로 옥내에서 이더넷대신으로 사용되었지만, 근래에 들어 옥외에서 인터넷 접속용이나 사업장내에서의 통신, 장치간의 링크 구성 등의 용도로 그 사용이 급격하게 증가하고 있다. 특히 대부분의 국가에서 무선랜 장치를 허가 받지 않고 사용할 수 있으므로 상호 간섭의 가능성에도 불구하고 그 응용 분야가 점차 늘어나고 있다.

한편, IEEE 802.11 위원회에서 표준화 작업을 진행할 때의 PAR(Project Authorization Request) 내용을 살펴보면[1], 처음부터 이동하는 차량에 설치된 장치를 포함한 이동하는 단말기도 지원하는 것이 목표였다. 또한 몇몇 업체에 의해 차량이나 철도 등의 이동환경에서의 무선랜의 통신 가능성이 실험적으로 확인되었으며, 무선랜을 이용한 교통정보 및 지역정보의 제공이나 버스 관리 시스템, 전철에서의 무선인터넷 서비스 등이 시도되고 있다. 그러나 정확한 데이터 전송속도의 측정 자료가 없어 이동체의 이동속도에 따른 무선랜의 성능을 정량적으로 확인할 수 없었다. 교통환경에서의 IEEE 802.11b방식에 의한 성능 측정은 발

\* 한성대학교 정보통신전공 무선통신연구실(jtoh@hansung.ac.kr)

논문번호 : 030541-1204, 접수일자 : 2003년 12월 4일

※ 본 연구는 2004년도 한성대학교 교내연구비 지원과제로 수행되었습니다.

표된 바가 있지만[2], 새로운 무선랜 규격인 IEEE 802.11g 방식에 대해서는 이동환경에서의 성능에 대한 연구 결과가 발표된 바 없다.

IEEE 802.11g 방식은 2003년 2월에 표준화된 무선랜 방식으로, 사용 주파수는 2.4GHz 대역이고 최고 54Mbps의 비트 전송율을 지원한다. 전송기술로는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 사용하며 비트 전송율에 따라 BPSK, QPSK, QAM 등의 변복조 방식이 사용된다.

본 논문에서는 차량의 이동속도에 따른 무선랜의 데이터 전송속도(throughput)를 측정할 결과를 제시하였으며, 이를 근거로 무선랜의 응용분야를 추가적으로 도출할 수 있고 이는 관련 기술 개발 및 산업 활성화, 사용자의 편의성 증대에 크게 기여할 것이다.

## II. 측정 방법

무선랜의 데이터 전송속도를 측정함에 있어 데이터 링크계층에서의 측정은 매우 어렵다[3,4,5]. 즉, 컴퓨터에서 무선랜 카드의 드라이버 프로그램을 구현하여 인터넷 프로토콜을 거치지 않고 데이터의 전송속도를 측정해야 하기 때문이다. 그러나 드라이버 프로그램은 일반적이지 않으며, 또한 일반적으로 무선랜을 사용하는 목적이 인터넷이나 인트라넷에 접속하여 데이터를 송수신하는 것이고, 통상적으로 무선랜의 성능을 측정할 때도 응용계층에서 수행하므로 본 연구에서도 윈도 우즈 소켓프로그램을 사용하여 응용계층에서의 데이터의 전송 속도를 측정하였다. 즉, 실제로 사용자가 인터넷 통신을 할 때의 성능을 측정하였다.

인터넷 통신에 있어 TCP(Transport Control Protocol) 프로토콜은 수신 확인과 ARQ(Automated Repeat Request)와 같은 재전송을 수행하므로 상하향 링크의 불규칙한 채널 할당 등의 최대 데이터 전송속도 측정에 부적절하다. 따라서 본 측정에서는 수신 확인과 재전송을 사용하지 않는 데이터그램 방식인 UDP 프로토콜을 사용하였으며 AP(Access Point)에서 NIC(Network Interface Card)를 장착한 단말기 방향으로 또는 단말기에서 AP 방향으로 정해진 크기의 패킷을 반복적으로 전송한다. 패킷은 "0101..01"의 비트열로 구성되어 있으며, 데이터 전송속도의 측정은 단위 시간당 수신된 패킷의 개수와 패킷의 크기로 계산되었다. 전송된 패킷의 크기에 따라 측정된 최대 데이터 전송속도의 차이가 있었으며 본 측정에서는 데이터 전송속도가 가장 큰 1024 Byte의 패킷을 사용하였

다.

구현된 측정 프로그램은 유선랜 환경에서 시험되었으며 100Mbps의 Ethernet 장치에서 최대 약94Mbps의 데이터 전송속도가 측정되었으며 적절한 값으로 판단된다. 그림 1은 전체 측정 장치의 구성도이다. 도로변에 설치된 장치는 AP와 안테나, 노트북, 전원장치 등으로 구성되며, 안테나는 높이가 1.5m인 지지대에 고정되었고 길이가 50cm인 동축 케이블로 AP와 연결되었다. AP의 RF 송신 출력은 23dBm이고 안테나의 이득은 8dBi이다. AP와 노트북은 꼬인 Cat-5 랜케이블로 직접 연결되었다. 차량에 설치된 장치는 노트북에 장착된 NIC과 2dBi의 안테나가 연결되었으며 안테나 케이블의 길이는 1.5m이다. 표 1과 2는 각각의 안테나 규격이다. 사용된 무선랜 장치는 IEEE 802.11g의 방식이다.

또한 그림 2와 3은 각각 도로변에 설치된 무선랜 AP 장치와 차량 안테나 장치이다.

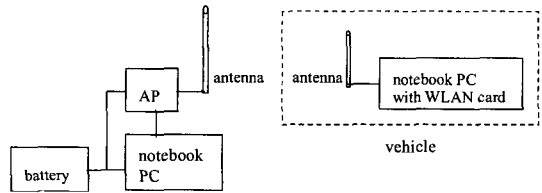


그림 1. 전체 측정 장치의 구성도

표 1. AP용 안테나 규격

Frequency	2.4 ~ 2.5GHz
Polarization	linear (V or H)
Gain	8dBi
VSWR	1.5
Beamwidth	13°

표 2. NIC용 안테나 규격

Frequency	2412~2483MHz
Polarization	Vertical
Gain	2dBi
VSWR	1.5
Beamwidth	50°

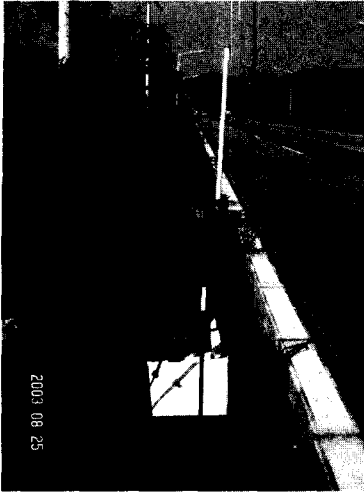


그림 2. 무선랜 AP 장치



그림 3. 차량 안테나 장치

차량이 100km/h의 속도로 주행하는 경우 1초에 약 28미터를 진행하므로 무선랜의 통신거리를 수백 미터 이상으로 확보해야 한다. 따라서 무선랜 AP에 전방향의 외장형 안테나를 연결하여 사용하였으며, 안테나의 높이는 지상에서 약1.5m이다. 전파통신에서 통신 거리는 송수신 안테나의 높이에 크게 관계되는 것을 유념해야 한다. 또한 차량의 경우에는 노트북에 장착된 NIC 장치와 AP 안테나와의 가시영역 확보를 위해 전방향 안테나가 필수적이며 이득은 2dBi의 작은 것이 사용되었다.

주변 환경에 큰 반사체가 없어 다중 경로가 적고 가시영역이 확보되는 직선 구간의 도로에서 측정 데이터가 얻어져야 한다. 또한 도로의 길이도 차량이 원하는 속도를 얻기 위해 충분히 길어야 한다.

그림 1과 같은 측정 장치를 이용하여 직선 거리가 약 2km인 도로변에서 통신 거리와 이동 속도에 따른 무선랜의 데이터 전송속도를 측정하였다. AP는 구간

중 약 2/3 지점에 설치되고 구간의 끝 지점에서 출발한 차량이 AP를 지정된 속도로 통과하도록 하였다. 구간의 끝 지점에서는 무선랜 AP와 통신 접속이 이루어지지 않았으며 차량이 주행 중에 통신 접속이 이루어지고, 통신이 시작되는 시점 이전에 차량이 지정된 속도에 이르도록 계획되었다. 무선랜 AP와 NIC 장치는 IEEE 802.11g 방식이며, 정지 상태에서 최대 전송속도를 측정해 보면 약 21.5Mbps로 해당 방식의 최대 채널 비트율 54Mbps의 절반 정도에 해당하지만 통상적으로 무선랜 방식에서 오버헤드로 인한 손실을 고려할 때 적절한 값이라고 판단된다. 측정은 차량의 노트북 PC에서 먼저 UDP 데이터그램을 반복적으로 송신을 하며, AP에 연결된 노트북 PC에서 이를 수신하고 데이터 전송속도를 측정하는 방식으로 진행되었다. 본 실험에서 사용된 장비에는 Broadcom사의 무선랜 칩이 사용되었다.

이번 측정 실험에서는 무선랜의 거리에 따른 데이터 전송속도와 차량의 이동속도에 따른 데이터 전송속도를 측정하였다.

### III. 데이터 전송속도 측정 결과 및 분석

먼저 그림 4는 NIC 장치를 장착한 차량이 정지한 상태에서 무선랜 AP와 NIC용 안테나와의 거리가 약 1m 떨어진 장소에서 측정한 데이터의 전송속도이다. 평균 21.5Mbps의 속도로 데이터가 전송되는 것을 알 수 있다.

그림 5는 차량을 AP로부터 20m씩 이동하면서 거리에 따라 데이터 전송속도를 측정한 것이다. 전파 환경에 따른 약간의 변동이 보이지만 AP에서 200m 거리까지는 20Mbps 이상의 데이터 전송 속도를 지원한다. 400m 정도까지는 15Mbps를 지원하며, 800m 거리까지 10Mbps의 전송속도를 지원한다. 이 측정 결과는 한 장소에서 측정한 것이므로 장소에 따라 또한 전파 환경에 따라 데이터 전송 속도의 변동이 있을 수 있다. 그러나 전파 환경이 좋은 곳에서는 본 측정 결과 이상의 데이터 전송속도를 지원하는 것을 확인할 수 있다.

그림 6는 동일한 장소에서 NIC 장치를 장착한 차량이 160km/h의 속도로 주행하면서 측정한 무선랜의 데이터 전송속도이다. 0m의 위치에 AP가 설치되어 있으며 AP와 NIC가 통신이 되지 않는 거리에서부터 출발하여 160km/h의 일정 속도에 도달한 이후 통신이 개시되기 시작하였으며 통신 접속 후 즉시 5Mbps 이상의 데이터 전송속도로 데이터가 전송됨을 알 수 있

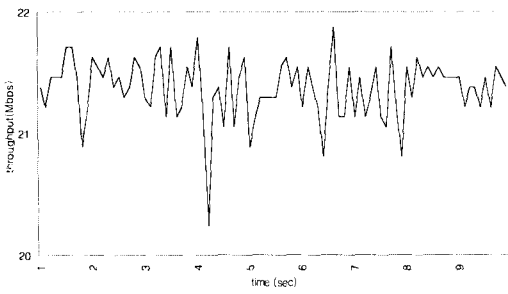


그림 4. 정지 상태에서 1m 거리에서의 데이터 전송 속도

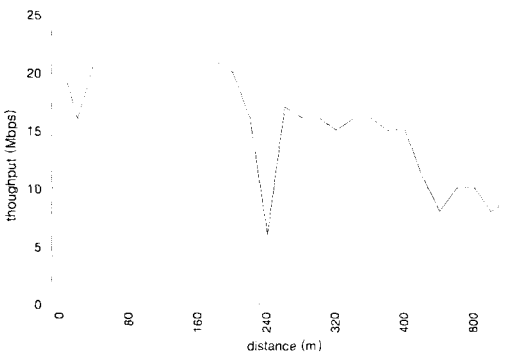


그림 5. 통신 거리에 따른 데이터 전송 속도

다. 약 400m 전방부터 15Mbps의 데이터 전송속도를 지원하며 약 150m 전방부터 20Mbps 이상의 데이터 전송이 가능하다. 차량의 고속 이동에 따른 측정오차를 고려하면 그림 5에서 측정된 데이터와 거의 동일한 결과를 얻었음을 알 수 있다. 또한 AP를 통과한 후에도 차량은 일정한 속도로 주행하였으므로 동일한 결과를 얻을 것으로 예상되었으며 전파 환경의 차이에 의한 변화가 측정되었지만 전반적인 경향은 거의 동일한 것을 확인할 수 있다. 즉, AP를 통과한 후 약 200m의 거리까지 20Mbps가 넘는 속도로 데이터 전송이 가능하였으며 약 350m 지점까지 15Mbps가 지원된다. 데이터 전송 속도가 5Mbps이하로 줄어드는 거리는 양쪽 모두 약 700m의 지점이다. 초기에 AP와 NIC 장치사이의 접속에 일정 시간이 필요하며, 일단 접속이 이루어지면 거리에 따라 즉, S/N에 따라 고속 데이터의 전송이 가능하다. 이 측정 자료를 분석한 결과는 차량의 이동 속도가 160km/h의 속도인 경우에도 최대 데이터 전송속도는 전혀 줄지 않았으며 더군다나 거리에 따른 데이터 전송 속도의 변화 추이가 차량이 정지

한 상태와 고속으로 이동하는 경우를 비교해 볼 때 거의 성능 열화가 없다는 것이다. 즉, IEEE 802.11g 방식의 무선랜의 경우 160km/h이상의 고속이동환경에서 데이터 전송속도의 열화가 전혀 없음을 확인할 수 있다.

또한 그림 7은 차량이 160km/h로 이동하면서 AP에서 UDP 데이터그램을 반복하여 NIC 장치로 전송하고 NIC 장치에서 데이터의 전송속도를 측정된 경우이다. 순방향의 경우 가까운 거리에서 정지 상태로 데이터 전송 속도를 측정된 결과 최고 8.5Mbps 정도의 값이 측정되었고, 160km/h의 고속으로 주행하는 경우에도 동일한 결과를 얻었다. 따라서 순방향 링크의 경우도 NIC 장치의 이동 속도에 상관없이 일정한 데이터 전송 속도를 지원한다. 그러나 순방향의 경우 역방향과 다르게 낮은 데이터 전송 속도를 보이고 있으며 이것은 다른 장비에서도 동일한 결과를 보였다. 무선랜의 규격 상으로는 설명되기 어려운 것으로, AP 구현상에서 처리 속도의 한계로 분석된다. 이 측정값으로 향후 장치의 개선 사항을 파악할 수 있었다.

무선랜과 같은 통신 영역이 작은 무선 통신망에서는 고속 핸드오프가 매우 중요하다. 무선랜의 기능에서는 단말기가 가장 큰 신호를 전송하는 AP에 자동으로 접속하도록 되어 있어 별도의 기능이 필요 없지만, 대부분의 AP들이 인터넷 망에 연결되는 ESS(Extended Service Set) 모드로 동작하므로 IP 서브넷의 변동에 따른 IP 주소의 처리와 IP 패킷의 전달이 중요하다. Mobile IP의 적용이 한 가지 방법이 될 수 있다.

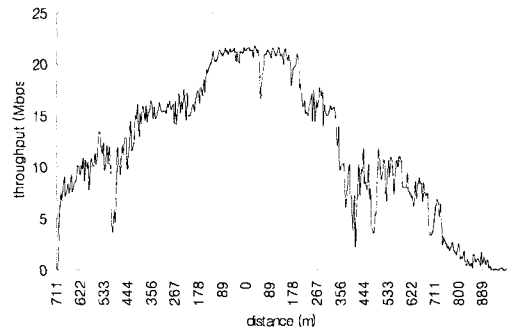


그림 6. 160km/h로 이동시의 역방향 데이터 전송 속도

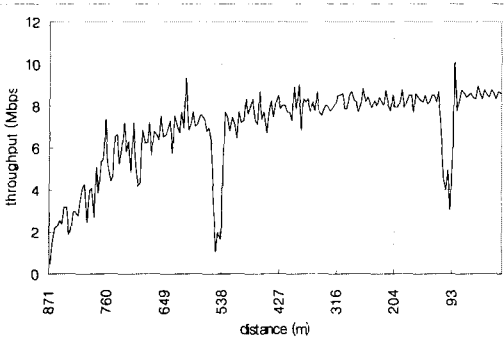


그림 7. 160km/h로 이동시의 순방향 데이터 전송 속도

#### IV. 결 론

본 논문에서는 고속이동환경에서 IEEE 802.11g 방식의 무선랜 장치를 이용하여 데이터의 전송속도를 측정하였으며, 측정된 결과를 분석한 결과, 차량의 이동속도가 160km/h 이상까지는 데이터 전송속도의 열화가 거의 없었다. 이를 근거로 무선랜의 성능이 고속 이동 환경에서도 지원됨이 확인되었으므로, AP를 도로변에 설치하여 차량에 설치된 무선랜 단말기와의 통신을 통해 교통 정보 제공 및 수집, 통행 요금 징수, 지역 정보 제공 등의 ITS(Intelligent Transport System)나 Telematics 또는 LBS(Location Based System) 서비스에 활용될 수 있다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J.Geier, Wireless LANs : Implementing high performance IEEE 802.11 networks, 2E, SAMS, 2002.
- [2] J.P.Singh, N.Bambos, B.Srinivasan, and D.Clawin, "Wireless LAN performance under varied stress conditions in vehicular traffic scenarios," IEEE Veh. Tech. Conf. pp.743-747, Sept. 2002.
- [3] N. Reid, 802.11 networking handbook, Mc Graw-Hill, 2003.
- [4] T.Furuno, S.Ogose, "Field test measurement for 128kbps QPSK signal transmission and delay time spread in 1.5GHz band land mobile radio," Electronic Letters, pp.789-790, Vol.26, No.12. June 1990.
- [5] S. Berber, "An automated method for BER

characteristics measurement," IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, Hungary, pp.1491-1495, May 2001.

오 종 택(Jong-taek Oh)

정회원



1986년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 학사

1989년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사

1993년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사

1993년 12월~2000년 2월 : 한국통신 선임연구원

2000년 3월~현재 : 한성대학교 정보통신전공 부교수

<관심분야> 무선통신, ITS, 신호처리