

# Bluetooth와 IEEE 802.11의 성능비교

심기섭<sup>o</sup>, 김한규  
 홍익대학교 컴퓨터공학과  
 {ksshim<sup>o</sup>, hkim}@cs.hongik.ac.kr

## A Performance Comparison of Bluetooth and IEEE 802.11

KiSub Shim<sup>o</sup> HanGyoo Kim  
 Dept. of Computer Engineering, Hong Ik University

### 요 약

무선통신과 관련된 대표적인 프로토콜로써 Bluetooth, IEEE 802.11, HomeRF 등이 있다. 이러한 프로토콜들을 이용한 제품들이 생산되면서, 동일한 환경에서 어느 프로토콜이 더 적합한지를 결정할 필요가 있다. 본 논문에서는 Bluetooth와 IEEE 802.11의 표준을 기반으로 무선 노트북이나 이동전화에서의 성능을 평가하고 그 결과를 보여준다.

### 1. 서 론

세계적으로 무선통신 기술이 급성장하면서, 그 핵심기술들이 주목을 받고 있다. 무선통신 기술들은 PDA, 휴대전화, 노트북 등을 무선으로 연결 시켜주는 근거리 무선 규격이다. 정보화 사회가 급속도로 형성되면서 컴퓨터와 네트워크 기술의 발전이 가속화되고 이에 따라 각종 서비스를 무선 통신화 함으로써 유선 LAN에서의 유지보수, 중설, 이전 등의 문제점을 해결할 수 있는 무선 LAN의 역할에 많은 기대를 모으고 있다.

본 논문에서는 무선통신과 관련된 기술들 중에서 Bluetooth와 IEEE 802.11의 기술적인 특징을 설명하고 NS-2를 이용하여 두 프로토콜의 성능을 비교 및 분석한다.

### 2. Bluetooth

#### 2.1 Bluetooth 기술개요

Bluetooth는 10m이내의 좁은 활동 반경을 갖는 저 전력 무선 통신 시스템으로 2.4GHz 대역을 사용하여 최대 1Mbps의 데이터를 전송할 수 있고 패킷 헤더를 고려한 실효 전송속도는 대칭 전송일 경우 432.6kbit/s, 비대칭 전송일 경우 다운로드 721kbit/s이고, 업로드는 56kbit/s 이다. 대칭 전송의 경우는 각 주파수를 625ms의 시간슬롯으로 나누는 시분할 듀플렉스(Time Division Duplexing, TDD) 방식을 사용한다. 또한 음성 신호를 전송할 경우에는 각각 64kbps의 전송률을 제공한다. 전송거리는 송신전력이 1mW일 때에 약 10m이내이고, 간섭문제를 최소화 하기 위해서 대역 확산 주파수 도약 방식(Spread spectrum frequency hopping)을 사용한다.

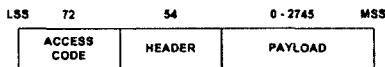


그림 1. Standard Packet Format

Bluetooth에서 Packet의 형태는 3가지가 있다. Access Code Only, Access Code + Header 그리고, Access Code + Header + Paload의 형태이다. 기본 Packet Format은 <그림 1>과 같다. Packet Type으로는 공중으로 쓰이는 ID Packet, NULL Packet, POLL Packet, FHS Packet, DM1 Packet이 있으며, SCO Packet으로는 HV1, HV2, HV3, DV Packet이 있다. 마지막으로 ACL Packet으로는 DM1, DH1, DM3, DH3, DM5,

DH5, AUX1이 있다. 이중에서 음성 전송용은 HV1, HV2, HV3이며, Data 전송용으로는 DM3, DM5, DH1, DH3, DH5, AUX1이다. 또한, 음성 및 Data를 동시에 전송하는 Packet은 DV Packet 이다[1][2].

#### 2.2 링크 형성

Bluetooth 기기는 크게 연결(connection) 상태 및 대기(standby) 상태 중 하나로 동작한다. 연결과정을 시작하기 위해서 인쿼리(inquiry) 명령어를 사용해 다른 장치의 IP 또는 Address를 얻는다. 그리고, 두 장치사이의 연결을 형성하기 위해 페이지(page)명령어를 사용한다. 하나의 기기가 대기 상태를 끝내고 연결 상태로 들어가면, Active, Sniff, Hold, Park상태 중 하나의 상태가 된다. 두 개의 Bluetooth 장치가 연결을 형성 하였을 경우에 피코넷을 형성하게 된다. 각 피코넷은 8개의 서로 다른 Bluetooth 기기를 포함하고, 각 피코넷 내에서 하나의 기기는 마스터(Master) 역할을 수행하며, 다른 7개의 기기들은 슬레이브(Slave)의 역할을 수행한다. 또한, 8개 이상의 기기들을 함께 연결하기 위해서는 여러 개의 피코넷을 형성해야 하며, 각 피코넷의 마스터 기기들을 함께 연결해야 한다. 이러한 방식으로 보다 크게 연결된 구조를 스캐터넷이라 한다[3][4].

#### 2.3 Bluetooth 프로토콜 스택

<그림 2>는 Bluetooth 프로토콜 스택을 보여주고 있다. 이 프로토콜구조는 저 전력과 두 개 이상의 Bluetooth 기기들이 ad hoc통신을 가능하게 한다.

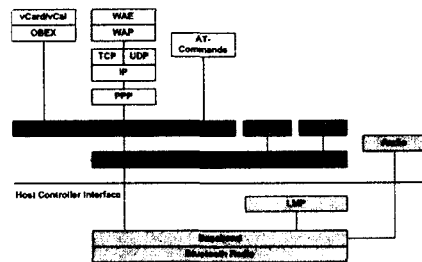


그림 2. Bluetooth 프로토콜 스택의 전체구조

Baseband 프로토콜은 하나의 피코넷을 형성하는 두 개 이상

의 Bluetooth 기기 사이에 링크라는 물리 계층의 RF연결 설정을 가능하게 한다. LMP는 두 개 이상의 Bluetooth 기기 사이의 링크 설정 및 제어를 담당한다. L2CAP는 하위 프로토콜 스택과 상위 응용프로그램과의 인터페이스를 위한 프로토콜 스택이다. SDP는 피코넷안의 다른 Bluetooth 장치들을 검색하고 장치의 기능을 검색하는 기능을 제공하고, 이를 이용하여 둘 혹은 그 이상의 Bluetooth 장치들사이의 연결을 제공한다. RFCOMM은 프로토콜 상에서 시리얼 포트를 지원한다. HCI는 Bluetooth 모듈과 호스트와의 중개적인 연결을 담당하는 프로토콜이다[3][4].

### 3. IEEE 802.11

#### 3.1 IEEE 802.11 기술개요

WLAN(Wireless LAN) IEEE 802.11은 LAN Ethernet의 확장이고, 실질적으로 IEEE 802.11의 스펙은 802.11 MAC과 세 개의 물리 계층인 주파수 도약 확산 스펙트럼(FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum)과 직접 시퀀스 확산 스펙트럼(DSSS, Direct Sequency Spread Spectrum), 그리고 Infrared 기술을 제공한다. IEEE 802.11은 1~2Mbps의 전송률로 데이터를 전송할 수 있고, 이것의 전송범위는 실내에서 약15~150m이고, 실외에서는 300m정도이다[2][5].

#### 3.2 IEEE 802.11의 구성요소

IEEE 802.11 네트워크는 Distribution System, AP(Access Points), Wireless medium, Station과 같이 네 개의 물리적인 구성 요소로 구성되어 있다. Distribution System은 Access Points의 목적지에 프레임의 전달하는데 사용되는 802.11의 논리적인 구성 요소이다. AP는 802.11의 네트워크 프레임의 다른 네트워크로의 전달을 위해서 다른 형태의 프레임으로 변환한다. Wireless medium에는 한 Station에서 다른 Station으로 프레임을 전송하기 위해서 물리 계층이 정의 되어 있고, Station은 무선 네트워크 인터페이스와 컴퓨팅을 수행한다[6][7].

#### 3.3 네트워크 유형

IEEE 802.11 네트워크의 기본 구성 블록은 BSS(Basic Service Set)이다. Station이 BSS 영역에 있을 때에는 BSS의 다른 기기와 통신이 가능하다. BSS에는 IBSS(Independent BSS)와 Infrastructure BSS가 있다. IBSS에 있는 Station은 통신 영역 내에 있는 다른 기기와 직접 통신을 한다.

Infrastructure BSS는 동일한 서비스 영역에서 이동 Station의 통신을 포함한 모든 통신 과정에서 AP가 사용된다. 모든 통신이 AP에 의해서 전송되므로, Infrastructure BSS에서 대응되는 기본 서비스 영역은 AP로부터 신호를 받을 수 있는 영역으로 정의된다. 더 큰 영역에서 IEEE 802.11을 사용하기 위해서 IEEE 802.11에서는 BSS를 연결함으로써 구성되는 임의적인 규모의 무선 네트워크를 ESS(Extended Service Set)로 허용하고 있다. ESS는 백본 네트워크와 함께 BSS를 연결함으로써 이루어 진다[6][7].

#### 3.4 MAC 아키텍처

IEEE 802.11에서 정의한 MAC(Medium Access Control) 아키텍처는 <그림 3>에서 보듯이 DCF(Distributed Coordination Function)와 PCF(Point Coordination Function) 모드를 제공한다. 기본적으로는 DCF 제어방식을 사용하고, 선택적으로 PCF 제어방식을 사용할 수 있다. 또한, DCF모드는 데이터 서비스를 제공하기 위해서 사용되고, PCF모드는 Real-Time서비스를 제공하기 위해서 설계되었다[6][7].

DCF 제어방식은 IEEE 802.11의 기본 구조이며, CSMA/CA

(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 사용하고, PCF 제어방식은 매체의 제어권에 대해서 경쟁없이 전송할 수 있는 중앙제어 방식을 사용한다. 중앙제어노드(Point Coordinator(PC))가 분산되어 있는 다른 노드의 송신과 수신을 제어한다. 그리고 PCF 방식의 노드와 중앙제어노드는 비경쟁기간(contention free period)에는 RTS/CTS(Request To Send /Clear To Send)를 사용하지 않는다.

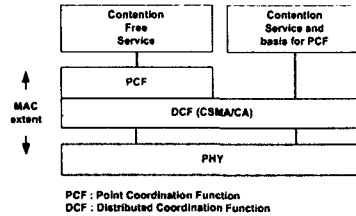


그림 3. IEEE 802.11 MAC 아키텍처

PCF 방식으로 작동하는 노드는 폴링(polling)기법을 사용하여 공유매체의 제어권을 얻게 되고 DCF방식의 노드들보다 더 높은 우선권을 가지게 된다. 만약 PCF 방식으로 작동하는 노드가 있다면, PCF 방식과 DCF 방식이 공존하게 되고 시간은 슈퍼프레임 단위로 제어된다. 각각의 슈퍼프레임은 비 경쟁기간(contention free period)과 경쟁기간(contention period)으로 구성된다. 비 경쟁기간(CFP)은 PCF 방식의 노드에서 사용하는 시간이고 경쟁시간(CP)동안은 DCF 방식의 노드뿐만 아니라 PCF 방식의 노드들이 함께 사용하는 시간이다[6][8].

### 4. 시뮬레이션 환경

#### 4.1 실험환경

이 실험은 Red Hat Linux 7.2 환경에서 NS-2(Network Simulator)를 이용하여 수행되었다. NS-2는 Lawrence Berkeley 국립연구소에서 네트워크 연구 그룹(Network Research Group)에 의해 개발된 시뮬레이터이다. NS-2는 UNIX 환경을 기반으로 하여 C++ 및 Tcl/Tk 스크립트 언어를 사용하여 높은 확장성을 갖도록 구현되어 있는 네트워크 시뮬레이터이다[9]. NS-2 시뮬레이터를 기반으로 Bluetooth를 시뮬레이션하기 위해서 ns-2.1b7a에 Blueware1.0을 패치해서 시뮬레이션을 하고, IEEE 802.11을 시뮬레이션하기 위해서 ns-2.26을 사용했다[9][10].

#### 4.2 시뮬레이션 모델

첫 번째 실험은 Bluetooth와 IEEE 802.11을 사용한 장치들의 데이터 전송거리를 시뮬레이션하기 위해서 노드의 수는 2개로 고정하고 두 노드 사이의 거리를 증가시키면서 각 장치의 전송 거리를 확인한다. 두 번째 실험은 노드의 수가 변화함에 따른 작업처리량을 측정하기 위해서 14m \* 14m 크기의 사무실에는 이동 컴퓨팅에서 FTP 프로그램을 사용하여 데이터를 전송하고, 또 다른 실험은 이동 컴퓨팅에서의 음성통신을 시뮬레이션한다.

시뮬레이션 시간은 100sec로 하고, 노드의 개수를 증가시키면서 노드의 개수에 따른 작업처리량을 측정해서 Bluetooth와 IEEE 802.11의 성능을 평가한다. 시뮬레이션 위한 입력데이터로 데이터전송의 경우 FTP 프로그램에서 256Mbyte의 데이터를 생성하고, 음성통신의 경우 210byte의 데이터를 0.54ms의 간격으로 생성한다. 데이터와 음성통신을 위해서 각각 TCP와 UDP를 이용한다.

표 1은 스캐네티넷 환경에서의 Bluetooth를 실험하기 위한 파라미터와 IEEE 802.11의 파라미터값들을 보여주고 있다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터

Simulation Parameters	Values
Propagation delay	5us
Length of simulation run	100 seconds
Bluetooth Parameters	
Data Transmission Rate	0.7Mbps
Voice Transmission Rate	64kbps
BandWidth	1Mbps
Data Packet Encapsulation	DM5
Voice Packet Encapsulation	HV1
SlotTime	625usec
Transmission Power	1mW
Frequence Hopping	79ch, 1600 hop/sec
Channel Spacing	1MHz
IEEE 802.11 Parameter	
Data Transmission Rate	2Mbps
Voice Transmission Rate	64kbps
BandWidth	2Mbps
Transmission Power	25mW
CW min	31
CW max	1023
Slot Time	20us
SIFS Time	10us
PIFS Time	30us
DIFS Time	50us
Short Retry Limit	7
Long Retry Limit	4

4.3 실험결과

첫 번째 실험결과 Bluetooth의 전송거리는 10m이고, IEEE 802.11 DCF Mode의 전송거리는 270m, PCF Mode의 전송범위는 500m이다. 이 실험에서는 PCF Mode의 전송거리가 DCF Mode보다 약 두 배정도인 것을 알수있다. PCF Mode의 기본 서비스 영역은 AP로부터 신호를 받을수 있는 영역으로 정의되기 때문이다.

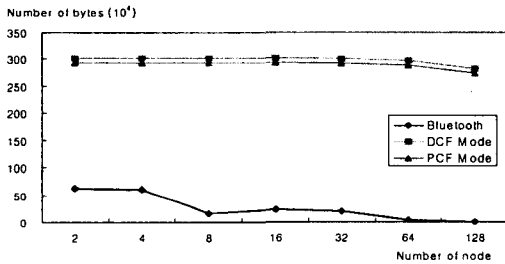


그림 4. Bluetooth와 IEEE 802.11을 이용한 FTP통신 성능비교

<그림 4>는 두 번째 실험의 FTP를 이용한 데이터 전송의 결과를 보여주고 있다. Bluetooth의 전송률은 0.7Mbps이고 IEEE 802.11의 전송률은 2Mbps이다. 그리고 Bluetooth의 작업 처리량은 LastLink와 Delay에 영향을 받았다. 표 2는 Bluetooth의 LastLink와 Delay를 나타내고 있다. 여기서 LastLink는 스캐터넷에 포함된 모든 노드들이 형성되고, Connection이 이루어질 때 까지의 시간이다.

<그림 5>는 음성통신의 결과를 보여주고있다. IEEE 802.11 PCF Mode는 음성통신을 위해서 설계되었고, Bluetooth의 LastLink와 Delay때문에 Bluetooth에 비해 3배 정도의 작업 처리량을 보여주고 있다.

표 2. Bluetooth실험에서 노드의 수에따른 LastLink와 Delay

Node	2	4	8	16
LastLink	29.27	21.31	96.33	34.70
Delay	1.96e-01	2.02e-01	6.14e-01	7.34e-01

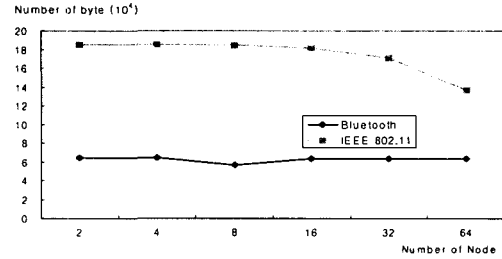


그림 5. Bluetooth와 IEEE 802.11을 이용한 음성통신 성능비교

5. 결론

본 논문에서는 무선통신과 관련된 대표적인 프로토콜인 Bluetooth와 IEEE 802.11의 기술적인 특징에 대해서 설명하고, 시뮬레이션을 통한 데이터전송과 음성전송의 작업처리량을 구하여 두 프로토콜의 성능을 비교하였다. Bluetooth는 전송거리가 짧은대신에 전력소비가 적고, IEEE 802.11은 Bluetooth에 비해서 전송 거리가 훨씬길고 전력 소비도 크다. 따라서, 가정이나 사무실과 같은곳에서 Bluetooth를 사용한 네트워크구성이 적합하고, 빌딩이나 공원같이 넓은 장소에서는 IEEE 802.11을 사용하는것이 더 효율적이다.

6. 참고문헌

- [1] Tancred Lindholm, "Setting up a Bluetooth Packet Transport Link", Helsinki University of Technology, 2000.
- [2] Jyrki Oraskari, "Bluetooth versus WLAN IEEE 802.11x", 37266J Project in the Helsinki University of Technology, 2000.
- [3] Pravin Bhagwat, "Bluetooth: Technology for Short-Range Wireless Apps", IEEE Internet Computing, 2001.
- [4] Miller, Michael. Discovering Bluetooth. Sybex, 2001.
- [5] Bay Networks, "IEEE 802.11 standard for wireless lans", WP560-3189WC-A, 1998.
- [6] Brian P. Crow, Indra Widjaja, Jeong Geun Kim, Prescott T. Sakai, "IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks", IEEE Communications Magazine, September 1997.
- [7] Hung-Huan LIU, Jean-Lien C. WU, "A Scheme for Supporting Voice over IEEE 802.11 Wireless Local Area Network", Proc. Natl. Sci. Council. ROC(A), Vol. 25, No. 4, pp. 259-268, 2001.
- [8] LAN MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, "Wireless LAN Medium access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification", ANSI/IEEE Std 802.11, 1999.
- [9] ns-2 Network Simulator, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [10] Blueware: Bluetooth simulator for ns, <http://nms.lcs.mit.edu/projects/blueware/>.