

동일채널간섭이 존재하는 홈 네트워크에서 근거리 통신 시스템의 성능 평가

노재성*
*서일대학 정보통신전공

Performance Evaluation of Short-Range Communication Home Network in the Presence of Co-Channel Interference

Jae-Sung Roh*
*SEOIL College
E-mail : jsroh@seoil.ac.kr

요약

블루투스는 전자기기 사이의 연결성을 위한 근거리 무선통신 기술의 표준이다. 본 논문은 블루투스 시스템에서 동일채널간섭의 영향을 분석하였고 수신된 비트의 BER과 SIR을 기반으로 성능을 평가하였다. 다양한 채널상태를 나타내기 위하여 E_b/N_0 와 SIR 값에 따라서 블루투스 시스템의 성능을 분석하여 결과 그래프에 나타내었다.

ABSTRACT

Bluetooth is an open specification technology for short-range wireless connectivity between electronic devices. This paper analyzes the effects of interference on the performance of a Bluetooth system. Two performance criteria used in the study are the signal to interference power ratio (SIR) and the bit error rate (BER) of the bits received. The interference from various sources on the performance of a Bluetooth device is analyzed, and these quantities are plotted against E_b/N_0 and SIR for various channel conditions in figures.

키워드

홈 네트워크, 동일채널간섭, 블루투스 네트워크, GFSK 변조신호

1. 서론

홈 네트워크는 기존의 태네 배선 체계가 아니라 고속의 인터넷 통신 및 디지털 가전기기를 수용할 수 있는 새로운 개념의 태네 통신 기반을 의미한다. 국내의 경우 정보통신부에서 1,000만 초고속 인터넷 가입자를 바탕으로 향후 가까운 미래에 수천만의 디지털 홈을 구축하여 디지털 생활 실현을 위한 디지털 홈 구축 기본 계획을 세우고 있다. 세계적으로는 마이크로소프트, 인텔, 삼성, 그리고 소니 등의 17개 업체가 중심이 되어 개방된 업계표준을 바탕으로 상호 호환성이 보장되는 홈 네트워크 기반 디지털 홈 플랫폼의 표준화를 목적으로 DHWG(Digital Home Working Group)이 결성되었다. 정보통신부에서 제시하는 디지털 홈은 가정 내의 모든 정보가전기기가 유무선 홈 네트워크로 연결되어 있어서 누구나 기기, 시간, 장소에 구애받지 않고 다양한 홈 디지털 서비스를 제공받을 수 있는 미래지향적인 가정환경을 의미한다. DHWG에서는 네트워크로 융합되

어 각 가정마다 셋탑박스, PVR(Personal Video Recorder), PC 등과 같은 지능형 플랫폼인 홈 서버를 가지고 있다 [1]-[3].

홈 네트워크는 외부 인터넷으로 연결시켜주는 가입자 네트워크(Access Network), 홈 네트워크로 연결된 가정용 기기들, 이들을 연결시켜주는 RG(Residential Gateway)로 구성된다. 홈네트워크를 이용하게 되면, 가정 내의 여러 기기들을 연결할 수 있고, 외부에서 인터넷을 통해서 제어하고, 인터넷에도 다중으로 접속할 수 있게 된다.

홈 네트워크 기술을 이용한 디지털 홈서비스는 태네에 산재하여 있는 멀티미디어 데이터들을 홈 네트워크를 통해서 집안의 여러 곳에서 서비스 받는 기술이다. 다양한 제조사들의 이질적인 장치들 사이에서 원활할 서비스의 제공을 위해서는 장치들 간의 상호운용성이 중요하고 이를 위해서 잘 갖추어진 미들웨어가 필요하다. 미들웨어 기술로 Intra 디지털 홈서비스 미들웨어 기술과 Extra 디지털 홈서비스 미들웨어 기술이 존재한

다. Intra 디지털 홈서비스 미들웨어 기술은 맥내의 홈 네트워크를 사용해서 서비스를 받고자하는 것이지만, Extra 디지털 홈서비스 미들웨어 기술은 가정 외부의 인터넷을 통해서 가정 내부로 멀티미디어 서비스를 제공함에 주된 목적을 가지고 있다. 이러한 Extra 디지털 홈서비스 미들웨어 기술로는 대화형 서비스와 스트리밍 서비스가 존재한다. 스트리밍 서비스는 인터넷 방송이나 VOD와 같은 단방향의 멀티미디어 통신을 통한 서비스이며, 대화형 서비스는 영상 전화와 같이 집 안과 집 밖 사이에 양방향 실시간 멀티미디어 통신을 사용한 서비스이다.

홈 서버는 외부로부터 제어 기능을 지원하기 위해서 정보가전 제어 미들웨어를 통해 홈네트워크용 서비스를 제공하기 위한 기반 플랫폼의 기능을 수행한다. 또한 홈 서버는 정보기기의 연결과 자원의 효율적인 활용을 위한 미들웨어로 사용될 수 있고, 가정에서 인터넷에 접근하여 정보 서비스를 사용할 수 있는 토대로서 사용된다. 여기서 인터넷 정보가전 제어 미들웨어는 홈 네트워크에 연결된 디바이스들을 구성 및 관리하고 이벤트를 전달하며, 홈 네트워크 자원을 관리하는 기술 및 각 디바이스들을 제어하기 위한 API로 구성된다. 또한 다양한 하드웨어나 운영체제 상에서 개발되어야 하기 때문에 플랫폼에 독립적인 수행환경을 제공하며 동작되어야 한다. 홈 서버에서 사용할 수 있는 정보가전용 RTOS는 다음과 같은 특성을 가져야만 한다.

- 연성 실시간 운영체제로서 동작예측이 가능하고 일정한 응답 시간을 보장
- 다양한 응용을 지원하기 위해서 모듈화된 구조
- 각 기기별로 요구되는 기능만 선택적으로 구성할 수 있는 구조
- 강력한 개발환경이 지원

홈 게이트웨이는 홈 네트워크와 외부의 초고속 액세스 망을 연결시켜 주는 장치로서 xDSL, 케이블모뎀, 위성망 등의 다양한 액세스 망을 수용하고 TCP/IP, UDP 등의 인터넷 연동 프로토콜을 수행한다. 간단한 홈네트워크의 접속을 통해서 가정으로부터 인터넷을 접속할 수 있는 기존의 모뎀 형태로부터 시작되어 보다 많은 서비스를 맥내의 여러 장치들로 연결해 주는 통합 서비스 형태로 발전하고 있다.

II. 홈 네트워크 무선접속 기술

홈 네트워크를 구성하는 컴포넌트 네트워킹 기술로는 WLAN, UWB, 블루투스, Zigbee, RFID가 있다. 그림 1은 홈 네트워크 접속 기술을 유·무선으로 구분하여 나타내고 있다[4].

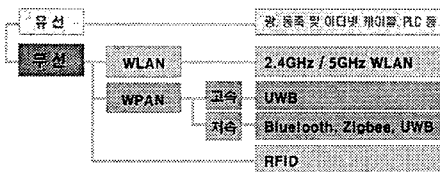


그림 1. 홈 네트워크 접속 기술

각 무선접속 기술별 특징 사항은 다음과 같다.

① WLAN : WLAN(IEEE802.11.a~n)은 가정이나 사무실에서 초고속 무선인터넷 서비스 제공을 목적으로 하고 있으며 초고속 무선인터넷, 홈 및 오피스 네트워크, VoIP 서비스 등에 활용될 것이다. 주요 특성으로는 IEEE 802.11a는 5GHz대역에서 54Mbps를 제공하며 IEEE 802.11b는 2.4GHz대역에서 11Mbps를 제공하고 있다. 전송거리는 50~100m 내외에서 가능하다. 산업 기술동향으로는 KT 네스팻 및 하나로텔레콤 하나포스 등에서 초고속무선인터넷 서비스를 제공하고 있으며 '08년 이후 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) 다중 안테나를 이용한 전송속도 향상 기술을 탑재하여 600Mbps까지 서비스 가능한 802.11n이 보편화될 전망이다. 삼성 및 ETRI에서 표준화 활동 중이다.

②UWB : UWB (IEEE802.15.3a) 방식은 기존의 스펙트럼에 비해 매우 넓은 대역에 걸쳐 낮은 전력으로 대용량의 정보를 전송하는 무선통신 기술로써 전송속도 및 거리는 480Mbps, 10m이내이고 사용 주파수는 3.1~10.6GHz이다. PC의 대용량 데이터를 프린터에 전송·인쇄, HDTV 동영상을 PC에 전송·저장, 디지털 카메라의 정지화상을 프린터로 전송하는 기능을 수행한다. '05년말 ETRI에서 MB-OFDM방식과 DS-CDMA 방식의 칩셋을 개발하고 있으며 '06년부터 미국, 우리나라, 일본 등에서 상용화 칩이 등장하여 유선시장의 대체 효과가 발생할 것으로 예상하고 있다. 또한, 공청회를 통한 국내 UWB 통신용 주파수 분배를 추진하고 있다. 또한, 저속 UWB (IEEE 802.15.4a) 방식은 초 광대역 스펙트럼을 갖는 순간적인 펄스를 전송하여 물체의 정밀한 위치인식과 거리를 추적하는 기술로써 1m 이내의 정확도를 갖는 위치 및 거리정보 제공, 방해전파에 대한 견고성으로 지하 매설물 및 건물배관 확인, 차량충돌 방지, 군사기술 등 응용분야가 매우 다양하다. 주요 특성으로는 전송속도 및 거리는 1Kbps, 30m이내이고 주파수는 3.1~10.6GHz이다. 삼성전기 및 삼성중기원이 공동으로 표준화에 참여하고 있으나, 현재까지 상용화 제품은 없는 상태이다.

③Bluetooth : Bluetooth(IEEE 802.15.1) 방식은 휴대용 장치간의 양방향 근거리 통신을 복잡한 케이블 없이 저 가격으로 구현하기 위한 근거리 무선통신 기술로써 주파수는 2.4GHz이고 전송속도 및 거리는 64K~1Mbps, 10m 이내이다. 제품의 상용화로 이용범위가 급속히 확대되고 있으며 Zigbee 등과 경쟁관계이며 저가 실현이 관건이다. 무선 헤드셋, 무선 키보드/마우스, 이동단말기 사이의 명함교환 등 향후 2.4GHz 무선랜과 블루투스를 통합한 듀얼모드 출시가 예상되고 있다. 다른 근거리 무선기술과 비교시 음성지원이 가능한 것이 장점이다.

④ZigBee : ZigBee(IEEE 802.15.4) 방식은 Bluetooth보다 전송속도는 낮으나 네트워크 확장, 전력 소모(1mW미만), 칩셋 가격 등의 문제점을 개선하여 전등, 가전기기의 On/Off 제어 및 홈 보안 시스템 등에 응용에 사용되고 있다. 전송속도 및 거리는 250Kbps,

30m 이내이고 주파수는 868MHz(유럽), 915MHz(미국), 2.4GHz(ISM) 등이다. 단일 배터리 수명은 2~3년 이고 칩셋 가격은 4~5\$ 정도이다. 하나의 네트워크에 65,000개의 기기 연결 (Bluetooth 7개)이 가능하다. 도시가스, 한전에서 무선 원격검침용으로 활용 중이며 삼성, 필립스, 모토로라, 미쯔비시 등 110개사가 세계 표준화에 기여하고 있다. 향후, 장비가격의 저하(1\$)와 다른 기술보다 네트워크 확장이 용이하여 홈 오토메이션 분야에서 가장 큰 비중을 차지할 것으로 예상되고 있다. 현재는 Zigbee용 추가 주파수 분배를 위한 간섭분석 연구가 수행 중이다.

⑤RFID : RFID(ISO)는 교통카드, 물류추적, 미술관 작품정보 제공, 냉장고 물품재고 등에서 사용되고 있으며 기존의 바코드를 대신하여 사물에 전자태그를 부착하여 사물과 주변 상황정보를 인식하는 기술이다. 전송속도는 13.56MHz이하(7kbps), 433MHz이상(27~40kbps)이고 주파수는 135kHz, 13.56/433(능동)/900MHz, 2.45GHz 등이다. 2004년부터 교통카드, 물류추적으로 삼성SDS, LS산전, 키스컴, 현대오토넷 등 20개 업체에서 약 850개의 제품을 형식 등록하여 국립현대미술관 U-뮤지엄 서비스, 환경부 폐기물 관리, 공군본부 신무기체계 관리 등 6개 과제 공공기관 시범사업을 추진 중이다. 전송거리는 5m 이내 (능동형 100m) 이고 서울시 승용차 요일제 확인용으로 900MHz대 RFID를 사용하고 있다. 그림 2는 무선접속 기술별 홈 네트워크의 기술사양을 비교하여 나타낸다.

구 분	주파수 대역	전송속도	전송 거리	용 도
WLAN	2.4G/5G	54M/600Mbps	50-100m	무선인터넷
UWB	3.1-10.6G	200M/480Mbps	10m	HD A/V 전송
저속UWB	3.1-10.6G	1Mbps	50m	가전기기제어 (위치인식)
Bluetooth	2.4G	1Mbps	10m	무선 헤드셋 음성지원
Zigbee	868M/915M/2.4G	250Kbps	30m	가전기기제어
RFID	125K/13.56M/400M*/900M	30Kbps	5m (능동형100m)	물류, 재고관리

그림 2. 홈 네트워크를 위한 무선접속 기술 사양 비교

III. 블루투스 네트워크의 간섭 영향 분석

블루투스는 가정 및 사무실에서 사용되는 모든 정보기기에 장착되는 것을 목표로 무선망 (wireless piconet, ad hoc scatternet 등) 을 구성하여 어떠한 유/무선망과도 연동할 수 있게 한다. 따라서, 블루투스를 비롯한 초단거리 무선 네트워크가 완성되면 모든 정보 기기 (특히, 노트북, PDA, 휴대단말기) 간의 자

유로운 데이터 교환이 이루어지며, 인터넷 브리지를 구성하면 현재 광케이블이나 ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), 모뎀 등을 통해 데스크탑 컴퓨터에 도달해 있는 인터넷 정보가 비로소 사용자의 손안에까지 도달할 수 있게 된다. 즉, 무선통신의 궁극적인 목표인 언제, 어디서나, 누구나, 어떤 형태의 정보도 교환한다는 목표에 대한 완성으로까지 이를 수 있다. 이러한 목표를 위한 저가의 무선 접속 시스템 및 부품 개발이 진행되고 있다.

블루투스 네트워크는 1Mbit/sec의 속도로 동작하며 변조방식으로는 GFSK(Gaussian frequency shift keying)방식이 사용되고 있다. 변조지수 $h_f = 0.33$ 이고 $B_b T = 0.5$ 이다 [5]-[8]. 여기서, B_b 는 송신기의 가우시안 필터의 3dB 대역폭이고 T 는 비트의 주기를 의미한다. GFSK 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$s(t, a) = \sqrt{\frac{2E_b}{T}} \cos(2\pi f_c t + \phi(t, a)) \quad (1)$$

여기서 E_b 는 데이터 비트의 에너지, f_c 는 반송파 주파수, a 는 랜덤 비트 열을 나타낸다. $\phi(t, a)$ 는 GFSK 신호의 출력 위상을 나타내며 다음과 같다.

$$\phi(t, a) = 2\pi h_f \sum_{i=n-L_b+1}^n \alpha_i q(t - iT) + \pi h_f \sum_{i=-\infty}^{n-L_b} \alpha_i \quad (2)$$

$$q(t) = \int g(\tau) d\tau \quad (3)$$

$$g(\tau) = \sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} B_b \exp\left(-\left(\frac{2\pi^2}{\ln 2}\right)(B_b \tau)^2\right) \quad (4)$$

여기서, $g(t)$ 는 가우시안 필터의 임펄스 응답으로 가우스 필터는 반송파 파워나 점유 대역폭 및 부호-클럭 복구성능 등의 측면에서 장점을 갖기 때문에 많이 사용되고 각 부호들은 앞뒤에 부호들과만 서로 밀접하게 상호작용 하게 된다. 이러한 특징으로 특정 형식으로 늘어선 신호배열이 상호 작용하는 경향을 줄여 증폭기를 보다 쉽고 효율이 좋도록 만든다.

그림 3은 AWGN 채널에서 GFSK 블루투스 신호의 오율 특성을 나타낸다. 결과 그래프에서 AWGN 채널에서는 $E_b/N_0 = 14[dB]$ 조건에서 $BER=1E-4$ 를 얻을 수 있었다. 그림 4는 $\alpha = 0.3$ 인 AWGN 채널에서 GFSK 블루투스 신호의 간섭 영향을 BER 측면에서 나타내고 있다. $\alpha = 0.3$ 은 부분대역간섭의 양을 나타내는 지수로 전체대역에서 30%의 간섭을 의미한다. 결과 그래프에서 SIR이 증가할수록 BER 성능은 개선되는 것을 알 수 있다. 그림 5는 AWGN 채널에서 GFSK 블루투스 신호의 간섭 특성으로 $E_b/N_0 = 10[dB]$ 인 환경이다. SIR이 증가할수록 BER 성능은 개선되고 있으며 부분대역 간섭의 영향을 나타내는 α 의 영향은 감소하고 있음을 알 수 있었다.

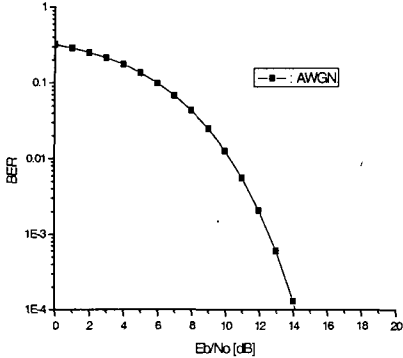


그림 3. AWGN 채널에서 GFSK 블루투스 신호의 오율

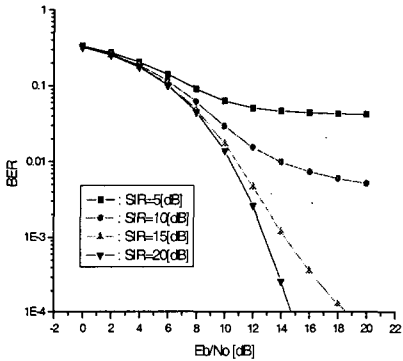


그림 4. AWGN과 동일채널간섭 환경에서 GFSK 블루투스 신호의 간섭 영향 ($\alpha=0.3$)

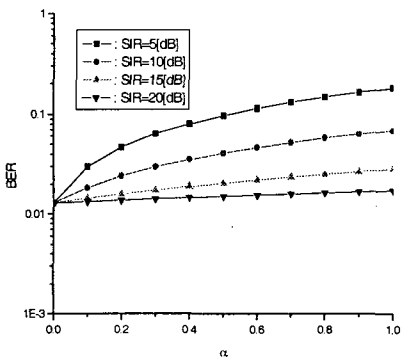


그림 5. AWGN과 동일채널간섭 환경에서 SIR과 α 에 따른 GFSK 블루투스 신호의 간섭 영향 ($E_b/N_0 = 10 [dB]$)

IV. 결론

블루투스는 통신 기기간 케이블의 연결 없이 2.4GHz 대의 ISM 밴드를 이용하여 PC와 노트북 및 휴대 통신 기기 사이에서 1Mbps의 속도로 정보를 교환할 수 있다. 또한 최대 8개의 기기가 단일 PAN(Personal Area Network)에서 지원될 수 있으며 향후 도달거리와 속도 향상을 통해서 홈 네트워크 시장에 진출할 수 있으며 개인 사용자를 위한 정보기기의 케이블을 대체하는 기술로 자리 잡을 수 있다. 본 논문에서는 홈 네트워크 구축을 위하여 블루투스 통신방식을 고려하여 시스템의 BER 성능을 분석하였다. 분석결과, 동일채널간섭의 영향은 데이터의 BER 성능에 큰 영향을 나타냄을 확인할 수 있었고 SIR이 증가할수록 BER 성능은 개선되었고 부분대역 간섭의 영향을 나타내는 α 의 영향은 감소하고 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] J. C. Haartsen, "The Bluetooth radio system," *IEEE Personal Comm.*, vol. 7, pp. 28-36, Feb. 2000.
- [2] Z. Pei, L. Weidong, W. Jing, and W. Youzhen, "Bluetooth-The fastest developing wireless technology," in *Proc. WCC-ICCT 2000*, vol. 2, pp. 1657-1664, 2000.
- [3] 김형훈, *최신 통신기술 중심의 홈네트워크*, Ohm사, 2004.
- [4] 정보통신부, *홈 네트워크 무선통신 기술분석*, 2006.
- [5] S. Zurbes, "Analysis of interference on Bluetooth," *Bluetooth Developers Conference*, August 1999.
- [6] J. Zyren, "Reliability of IEEE 802.11 DSSS and FHSS WLANs in a Bluetooth environment," *Bluetooth Developers Conference*, August 1999.
- [7] S. Souissi and E. F. Mehofer, "Performance evaluation of a Bluetooth network in the presence of adjacent and co-channel interference," *IEEE Emerging Technologies Symposium: Broadband, Wireless Internet Access-2000*, pp. 6, 2000.
- [8] A. El-Hoiydi, "Interference between Bluetooth networks - upper bound on the packet error rate," *IEEE Communications Letters*, vol. 5, Issue: 6, pp. 245-247, June 2001.