

# 무선 홈네트워킹 시스템의 성능 비교

<sup>0</sup>김동호<sup>\*</sup> · 우병훈<sup>\*\*</sup> · 강희조<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>동신대학교 전기전자공학과

<sup>\*\*</sup>전주공업대학 정보통신과

## Performance Comparison of Wireless Home Networking Systems

<sup>0</sup>Dong-Ho Kim<sup>\*</sup> · Byung-Hoon Woo<sup>\*\*</sup> · Heau-Jo Kang<sup>\*</sup>

<sup>\*</sup>Dept. of Electrical & Electronic Eng., Dongshin Univ.

<sup>\*\*</sup>Dept. of Information & Communication Eng., Jeonju Technical College.

### 요 약

본 논문에서는 무선 홈네트워킹 시스템으로 대두되고 있는 Wireless LAN(802.11b), HomeRF, Bluetooth 성능을 간섭이 고려되지 않는 경우의 실내 무선 환경하에서 시스템의 변조 방식만을 비교 분석하였다. 무선 홈네트워킹 시스템의 채널 수 및 주파수 대역은 동일하며 실내 무선 환경을 라이시안 페이딩 환경으로 고려하였을 경우, 직접파 대 반사파 전력비( $K$ )가 6[dB]인 라이시안 페이딩 환경하에서 오율  $10^{-3}$ 을 기준으로 비교하여 보면, DPSK 방식이 4FSK와 GFSK 보다 4[dB], DQPSK와는 11[dB] 그리고 2FSK 보다 28[dB] 정도 우수하였다. 또한 GFSK와 4FSK가 0.4[dB] 차이를 두고 일정하게 분포함을 알 수 있었다.

### 1. 서 론

현재 일반가정의 PC, 주변기기, 휴대폰, 가전제품 등을 PC 또는 다른 장비를 통해 공유할 수 있는 홈네트워킹 기술은 유무선 상에서 많은 정보를 빠른 시간 내에 더 정확하게 얻기 위해 연구와 표준화가 진행되고 있다. 이러한 홈네트워킹 기술은 모든 종류의 가전제품을 하나로 엮는 것으로 일반가정의 제품들을 단일 프로토콜로 제어한다는 개념에서 출발한다[1].

홈네트워킹 시스템이 사용되는 실내 무선 환경은 큰 경로 손실뿐만 아니라 심각한 다중경로 페이딩으로 인해 시스템 구성이 어렵고 실내의 페이딩율은 데이터 비트율보다 늦어 채널 특성 파라미터는 연속적인 2 비트 간격에서는 크게 변동되지 않는다. 또한 실내 건물의 기차재 및 기계로부터 발생하는 임펄스성의 인공잡음 영향도 받을 수 있다[2][3].

본 논문에서 무선 홈네트워킹 기술에 대한 전

반적인 내용에 대해 살펴보고 실내 무선 채널 환경에서 각각의 홈네트워킹 시스템 성능 해석을 통해 시스템의 성능을 비교 분석하였다.

### II. 무선 홈네트워킹 기술

현재 홈네트워킹 전송 기술 방식으로 전화선, 전력선 등 유선을 활용하는 방법과 무선을 활용하는 방법으로 여러 단체에서 표준화가 추진되고 있다. 유선 형태의 대표적인 것은 기존 전화선을 이용하는 HomePNA, IEEE 1394, USB, 전력선 등이 있으며 무선 형태는 Wireless LAN, HomeRF, Bluetooth, IrDA가 있다.

#### 2.1 WLAN(Wireless LAN)

IEEE802.11은 1990년 WLAN 사업자들이 모여 결성한 그룹을 중심으로 이루어져 1997년 표준안을 발표하였으며 현재 ISM(Industrial, Scientific, and Medical) 밴드의 2.4[GHz]를 사용하여

2[Mbps]까지 전송할 수 있는 WLAN 물리 계층과 MAC(Medium Access Control) 계층을 규정하고 있다. MAC계층으로 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)을, 물리계층에서 DSSS(Direct Sequencing Spread Spectrum) 방식 DPSK/DQPSK, FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식 다진(Multilevel) GFSK를 사용한다[4]. 802.11b는 2.4[GHz] 대역의 기존 IEEE802.11 규격 WLAN의 일부를 변경하여 전송속도를 10[Mbps] 급으로 고속화한 것으로 HomeRF에 비해 보다 고속의 대역폭을 제공한다 는 장점을 가지고 있다.

### 2.2 HomeRF

HomeRF는 1997년 초반에 가정내의 PC와 가전 제품을 무선으로 연결하기 위하여 기존의 WLAN 벤더와 PC 및 가전제품 제조업체들이 창설하였다 [5]. 기존의 IEEE802.11은 사무실 내의 PC를 무선으로 연결하기 위하여 제안하였으므로 가정에서 사용하기는 적합하지 않아, 1999년 1월 HomeRF에서 SWAP(Shared Wireless Access Protocol) V1.0 규격을 제안하였다[6]. SWAP 규격의 물리계층은 IEEE802.11 규격을 따라 2.4 [GHz]의 ISM 주파수대를 사용하고 50 Hops/초를 갖는 FHSS방식을 통해 데이터 전송율이 1Mbps(2FSK)/2Mbps(4FSK)을 사용한다. SWAP 규격의 MAC은 음성과 데이터 트래픽을 동시에 지원하기 위하여 하나의 SWAP 프레임을 동기, 비동기 전송슬롯으로 분류하고 동기 데이터 전송 슬롯에는 TDMA 방식인 DECT(Digital Enganced Cordless Telecommunications) MAC을 사용하고 비동기 전송 슬롯에는 DFWMAC(Distributed Foundation Wireless MAC)을 사용한다. HomeRF는 가정 내에서의 사용을 목표로 두고 있기 때문에 Wireless LAN에 비하여 저가의 제품이 요구된다.

### 2.3 Bluetooth

Bluetooth SIG(Special Interest Group)는 초소형화 및 초저가를 목표로 1998년 2월 Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba, Intel 등의 기업에 의해 결성되었다[7]. Bluetooth는 Cordless 전화기, 이동 전화기, 모뎀, 헤드셋, PDA, 컴퓨터, 프린터, 프로젝터 등에서 사용되는 전화선, 케이블을 모두 없애 10[m] 이내의 가정 내에서 무선 시대를 계획하고 있다. 현재의 규격 Bluetooth V1.0은 HomeRF와 유사하게 2.4 [GHz]대 ISM 무선 주파수에서 보통 1[mW] 출력, 1[MHz] 밴드폭으로 79 채널을 초당 1,600번 FHSS방식을 통해 1[Mbps]의 비교적 저속의 음성 및 데이터를 제공한다. 이어 10 [Mbps] 데이터 전송속도를 갖는 표준에 대한 연구가 최근 진행되고 있다. 변조방식은 GFSK이며 duplex 통신을 위하여 TDD(Time Division Duplex) 방식을 사용하는 무선 디지털 데이터 통신으로 일반적인 데이터뿐만 아니라 음성신호

에 대해서도 디지털 변조하여 전송할 수 있다. Bluetooth의 망 토폴로지는 adhoc 개념의 piconet을 사용하며 데이터 전송채널은 비동기 데이터 전송 채널과 3개의 동기 데이터 전송 채널로 구성된다. 최근 Bluetooth는 휴대폰 내에 장착되어 무선 인터넷 접속을 할 수 있는 새로운 응용 분야를 얻게 되었으며 경쟁 관계에 있는 HomeRF와는 달리 오픈 라이센스 정책으로 많은 회원사를 거느리게 되었다.

## III. 실내 환경에서 무선 홈네트워킹 시스템의 성능

### 3.1 실내 무선 환경

본 논문에서는 실내 무선 환경으로 라이시안(Rician) 페이딩 환경을 고려한다. 라이시안 페이딩은 직접파와 같은 하나의 강한 정상파 성분에 다중파가 중첩되어 수신될 때 수신 신호의 순시 진폭의 변동을 나타내며, 라이시안 페이딩 통신포에서 비트 당 순시 반송파 대 간섭 전력비(CNR),  $\gamma$ 에 대한 확률밀도함수는 다음과 같이 나타내진다.

$$p(\gamma) = \frac{(K+1)}{\gamma_0} \exp\left[-K - \frac{\gamma(K+1)}{\gamma_0}\right] \cdot I_0\left[2\sqrt{\frac{\gamma K(K+1)}{\gamma_0}}\right] \quad (1)$$

단,  $\gamma$  : 순시 CNR,  $\gamma_0$  : 평균 CNR

$K$  : 직접파 대 반사파 전력비

$I_0(\cdot)$  : 0차 변형 베셀함수

### 3.2 가우스 잡음하에서 오율성능

가우스 잡음에 의한 무선 홈네트워킹 시스템 변조 방식의 오율식은 모두 대역필터 출력에 있어서의  $E_b/N_0$ 비  $\gamma$ 의 함수로서 다음 식과 같이 표시된다.

DPSK/PQPSK 오율식 (WLAN)은

$$P_{eDPSK} = 1/2 \exp(-\gamma) \quad (2)$$

$$P_{eDQPSK} = 2\text{erfc}(\sqrt{\gamma \sin \pi/M}) \quad (3)$$

이며, 2FSK/4FSK 오율식 (HomeRF)은

$$P_{e2FSK} = 1/2 \exp(-\gamma/2) \quad (4)$$

$$P_{e4FSK} = 1/3 \exp(-\gamma/2) \quad (5)$$

로 나타낼 수 있다.

GFSK 방식 (Bluetooth)은 수신기의 가우스형 필터의 정규화된 대역폭이  $B_b T$ 가 0.5인 경우이다.

$$P_{eGFSK} = 1/2 \text{erfc}(\sqrt{\alpha \cdot \gamma}) \quad (6)$$

여기서  $\alpha$ 는 감쇄상수로 가우스 저역 필터에 따라서 변하는 파라메타를 나타낸다. 즉  $\alpha$ 는  $B_b T$ 의 함수이다[8].

### 3.3 라이시안 페이딩에 적용된 오율식

실내 무선 환경에서 사용되는 홈네트워킹 시스

템 변조 방식의 확률밀도함수는 가우시안 잡음하에서의 오율식 (2) ~ (6)에 라이시안 페이딩의 확률밀도함수 식 (1)을 곱하여 적분을 취하여 구할 수 있다.

$$P_{ef} = \int_0^{\infty} P_{eG} \cdot b(\gamma) d\gamma \quad (7)$$

단,  $P_{eG}$ 는 무선 홈네트워킹 시스템 오율식  $b(\gamma)$ 는 라이시안 페이딩 확률밀도함수

#### IV. 계산 결과 및 해석

간섭이 존재하지 않는 실내 공간을 라이시안 페이딩 환경으로 가정하여 시스템을 고려한 오율식을 비트에너지 대 잡음전력 스펙트럼 밀도비 ( $E_b/N_0$ ), 직접파대 반사파 전력비 ( $K$ ),  $M$ -ary ( $M$ ) 변수로 하여 비트 오율 성능을 구하였다.

그림 1은 변조 방식을 MDPSK로 할 경우  $M$ 과  $K$ 에 의한 비트 오율 특성 그래프이다. MDPSK 방식은  $M=2$ 일 경우 오율  $10^{-2}$ 를 기준으로 하여 비교하면  $K=6$ 이  $K=2$ 일 경우보다 4.4[dB] 정도 오율 특성이 좋았고,  $M=4$ 일 경우 오율  $10^{-3}$ 를 기준으로 비교할 때 오율 성능은 6.2[dB] 정도 증가하였다. 또한 DPSK 방식이 DQPSK 방식보다 11[dB] 정도 성능이 우수함을 알 수 있었다. 그림 2는 MFSK 변조를 행할 때 비트 오율 특성 그래프이다. MFSK 방식은  $K$ 와  $M$  값이 증가함에 따라서 개선됨을 알 수 있는데,  $M=2$ 인 경우 오율  $10^{-1}$ 를 기준으로 비교하면  $K=6$ 이  $K=2$ 일 때보다 7[dB],  $M=4$ 일 경우 오율  $10^{-3}$ 을 기준으로 보면 5[dB] 정도 좋았으며 4FSK가 2FSK 보다 5[dB] 이상 오율 성능이 우수하였다. 그림 3은 그림 1, 2와 동일한 조건하에서 GFSK를 사용한 경우의 비트 오율 특성 그래프이다. GFSK 방식은  $K=2$ 에서  $K=6$ 으로 증가함에 따라 오율 성능이 약 6[dB] 우수하게 나타났다. 그림 4는 그림 1 - 그림 3을 통한 비교 분석을 위하여  $K=6$ 인 경우 무선 홈네트워킹 시스템에 사용되는 변조방식의 오율 성능을 나타내고 있는데,  $E_b/N_0$  성능을 살펴보면 실내 무선 환경에서 오율  $10^{-3}$ 을 기준으로 보면, DPSK가 4FSK와 GFSK 보다 4[dB] 우수하고 DQPSK와는 11[dB] 그리고 2FSK 보다 28[dB] 정도 우수하였다. 또한 라이시안 페이딩 환경하에서 GFSK는 4FSK와 0.4[dB] 간격으로 일정하게 분포함을 알 수 있었다.

#### V. 결론

본 논문에서는 무선 홈 네트워킹 기술의 표준화 동향을 살펴보고 실내 무선 환경이 라이시

안 페이딩 환경인 경우, 변조 방식만을 고려한 홈네트워킹 시스템 성능을 비교 분석하였다. 이론적 결과의 해석을 통해 무선 홈네트워킹 시스템은 직접파 대 반사파 전력비 ( $K$ ) 값이 클수록 오율 성능이 개선됨을 알 수 있었고 WLAN 시스템의 DPSK 방식이 다른 시스템 보다 우수함을 알 수 있었다. 따라서 WLAN 시스템은 기업이나 사무실 정도의 실내 전송거리가 먼(100m 이내) 장소에 사용이 유리하고 HomeRF와 Bluetooth 시스템은 일반 가정과 같은 근거리(50m 이내)에 사용될 수 있을 것으로 보인다.

#### 참고문헌

- [1] <http://www.datanet.co.kr>
- [2] J. Wang & M. Moeneclaey, "Hybrid DS/SFH spread spectrum multiple access with predetection diversity and coding for indoor radio," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 10. no. 4, pp. 705-713, May 1992.
- [3] T. S. Rappaport, "Indoor radio communications for factories to the future," *IEEE Commun. Mag.*, vol. 25, pp. 15-24, May 1989.
- [4] ETSI BRAN, Broadband Radio Access Networks(BRAN) HIPERLAN Type 2; Data Link Control (DLC) Layer Part 2: Radio Link Control (RLC) sublayer, TS 101 761-2, v1.1.1 Apr. 2000.
- [5] K. J. Negus, A. P. Stephens, & J. Lansford, "HomeRF: Wireless Networking for the Connected Home," *IEEE P. Commun.*, Vol. 7 No. 1, pp. 20-27, 2000.
- [6] HomeRF, "SWAP V1.0," <http://homerf.org/>, Jan. 5, 1999.
- [7] J. C. Haartsen, "The Bluetooth Radio System," *IEEE P. Commun.*, Vol. 7, No. 1, pp. 28-36, 2000.
- [8] K. Murota & K. Hirade, "GMSK modulation for digital mobile radio telephone," *IEEE Trans. Commun.*, COM-29, pp. 1044-1050, July 1981.

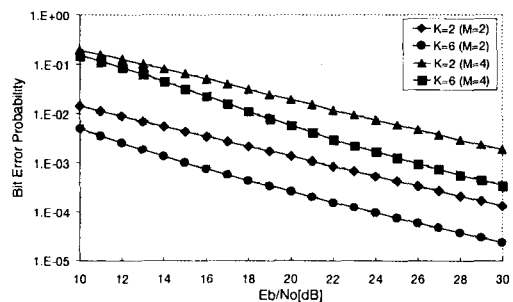


그림 1.  $M$ -ary와 직접파 대 반사파 전력비 ( $K$ )  
변화에 따른 WLAN 시스템의 오율 특성

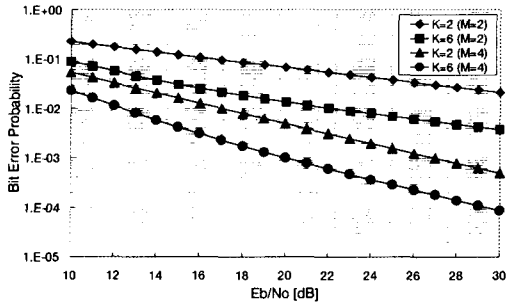


그림 2.  $M$ -ary와 직접파 대 반사파 전력비 ( $K$ )  
변화에 따른 HomeRF 시스템의 오율 특성

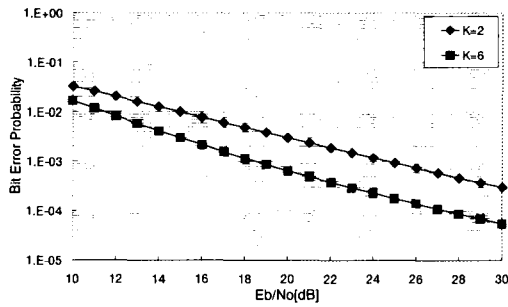


그림 3. 직접파 대 반사파 전력비 ( $K$ )의 변화에  
따른 Bluetooth 시스템의 오율 특성

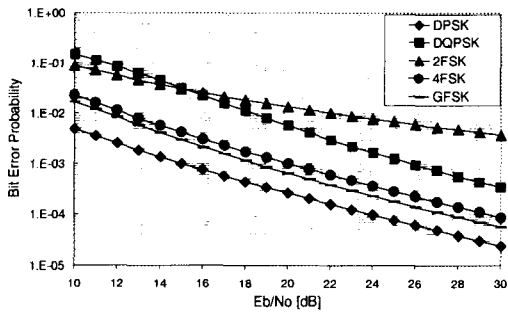


그림 4. 직접파 대 반사파 전력비 ( $K$ )가 6[dB]  
일 경우 무선 홈네트워킹 시스템의 오율  
성능 비교