

# 실내 무선채널에서 HDR-WPAN 시스템의 성능 분석

Performance Analysis of HDR-WPAN System under Indoor Radio Channel

강철규\*, 오창현\*\*

## 목 차

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| I. 서론            | IV. 시뮬레이션 및 성능평가 |
| II. HDR-WPAN 시스템 | V. 결론            |
| III. 실내 무선채널 모델  | 참고문헌             |

Key Words : HDR-WPAN 시스템, 무선 홈 네트워크, Indoor Radio Channel

## Abstract

In this paper, the performance of high data rate-wireless personal area network(HDR-WPAN) system is analyzed under multi-path indoor channel. In the analysis, Saleh and Valenzuel channel model is used for the multi-path indoor channel. From the results, HDR-WPAN system has reliability of  $10^{-5}$  at  $E_b/N_0 = 18.5\text{dB}$  in multi-path indoor channel. It is a suitable performance for high data rate personal area network applications.

\* 한국기술교육대학교 대학원 전기 전자공학과 정보통신 전공 석사과정, swing98@kut.ac.kr, 010-5552-4487

\*\* 한국기술교육대학교 정보 기술공학부 부교수, choh@kut.ac.kr, (041)560-1187

## I. 서론

홈 네트워킹은 가정에 있는 모든 장비들을 연결해 서로 통신을 할 수 있도록 함으로써, 가족 구성원이 현재 위치에 관계없이 가정 내 장비를 제어하거나 통신할 수 있도록 해주는 기술이다. 최근 디지털 A/V(오디오/비디오) 기기의 개발과 보급이 확대되면서 이러한 원격 서비스를 위해 대내에서 다양한 멀티미디어 서비스를 가능하게 하는 홈 네트워크 시스템에 대한 요구가 급증하고 있다 [1],[2].

이러한 홈 네트워크를 구성할 수 있는 기술로는 100m 이상의 전송거리를 지원하는 PLC, Ethernet, HomePNA, WLAN과 같은 기술이 있으며, 10m 이내의 거리를 지원하는 IEEE 1394m, HDR-WPAN 기술 등이 있다. 이 가운데 HDR-WPAN은 10m의 반경에서 55Mbps의 전송속도를 지원하고, QoS, peer-to-peer 기능으로 가전기기간의 양방향 통신이 가능한 차세대 홈 네트워킹 기술로 인정받고 있다. 본 논문에서는 이러한 HDR-WPAN 기술을 실내 무선채널환경에서 시뮬레이션을 통해 성능을 분석한다.

본 논문의 구성은 1장 서론에 이어 2장에서 HDR-WPAN 시스템을 설명하고, 3장에서는 시뮬레이션에 사용하게 될 실내 무선채널 모델에 대해 설명한다. 4장에서는 실내 무선채널에서 HDR-WPAN 시스템의 성능을 시뮬레이션 하고 5장에서 결론을 맺는다.

## II. HDR-WPAN 시스템

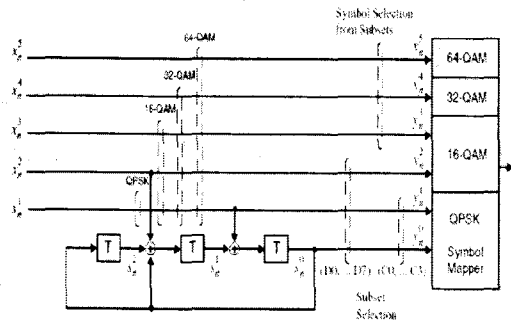
HDR-WPAN 시스템은 IEEE 802.15.3 task group에서 표준으로 제정한 기술로 10m의 짧은 거리에서 고속의 데이터 전송을 요구하는 기기들 간의 무선 네트워킹 기술이다[3]. HDR-WPAN 시스템은 11Mbaud에서 <표 1>과 같은 5개의 변조 방식을 지원한다.

<표 1> 2.4GHz PHY의 코딩 및 전송률

변조방식	코딩	전송률
QPSK	8-state TCM	11Mbps
DQPSK	none	22Mbps
16-QAM	8-state TCM	33Mbps
32-QAM	8-state TCM	44Mbps
64-QAM	8-state TCM	55Mbps

HDR-WPAN 시스템의 최대 전송 가능 프레임 크기는 상위 계층으로부터 통과한 데이터 프레임의 최대 크기이며 2044 octets 까지 가능하다. 만약 데이터 연결을 위해서 security가 필요하다면 상위 계층의 2044 octets에서 security overhead 만큼 뺀 값이 데이터 프레임 크기로 결정된다.

변조 및 복조에서 QPSK, 16/32/64-QAM은 <그림 1>과 같은 8-state 2-D 트렐리스 코드를 사용하고, DQPSK에서는 트렐리스 코드를 사용하지 않는다.



〈그림 1〉 8state 2-D 트렐리스 인코더

PHY 프레임은 4가지의 세그먼트(프리앰블, 헤더, 데이터, 테일)를 포함한다. 프리앰블은 수신기에서 동기화, carrier offset 복구, 그리고 신호 등화 용도로 사용한다. 헤더에는 seed id, 변조방식, 데이터의 길이가 포함되며, CCITT CRC-16 header check sequence(HCS)로 보호된다. 테일은 프레임의 끝에 위치하며 트렐리스 코드의 가장 좋은 거리 특성을 갖도록 한다.

HDR-WPAN 시스템의 프레임 포맷은 11Mbps 모드와 22, 33, 44, 55Mbps 모드 두가로 구분된다. 11Mbps에서는 PHY 헤더, MAC 헤더 그리고 HCS가 두 번 반복되며, 첫 번째는 22Mbps DQPSK 모드에서 변조되고, 두 번째는 PHY 헤더, MAC 헤더, HCS가 11Mbps QPSK-TCM 모드로 변조된다.

### Ⅲ. 실내 무선채널 모델

임펄스 라디오에 대한 다중경로 채널 특성의 파악에 사용된 다중경로 채널 모델에 대하여 본 장에서 소개한다.

본 논문에서는 Saleh와 Valenzuela가 제안한

실내 다중 경로에 대한 통계적인 모델을 이용하였다[4],[5]. 이 통계적 모델은 실험 데이터를 기초로 하여 ray와 클러스터링(clustering) 현상을 모델링하고 있다. 클러스터링 현상은 ray들의 도착이 시간적으로 그룹을 형성하며, 그 크기는 시간에 대한 지수함수로 감소하며, 클러스터내의 ray의 크기 또한 지수함수로 감소한다.

클러스터의 도착 시간과 클러스터 내의 ray의 도착 시간은 독립적인 두개의 Poisson 프로세스로 표현되며 각각의 rate는  $\Lambda$ 와  $\lambda$ 이다. 1-번째 클러스터의 도착 시간을  $T_l$ 로 표시하고, 1-번째 클러스터의  $k$ -번째 ray의 도착 시간을  $\tau_{kl}$ 로 표시하면, 클러스터의 도착 시간과 ray의 도착 시간은 다음과 같은 독립적인 지수 확률 밀도 함수로 표현이 가능하다.

$$p(T_l | T_{l-1}) = \Lambda \exp[-\Lambda(T_l - T_{l-1})], l > 0 \quad (1)$$

$$p(\tau_{kl} | \tau_{(k-1)l}) = \lambda \exp[-\lambda(\tau_{kl} - \tau_{(k-1)l})], k > 0 \quad (2)$$

채널의 임펄스 응답은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$h(t) = X \sum_{l=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} \beta_{kl} \delta(t - T_l - \tau_{kl}) \quad (3)$$

여기서,  $\beta_{kl}$  은  $k$ 번째 클러스터의  $l$ 번째 ray의 진폭을 나타내며, 크기는 확률적으로 독립적이고, 레일레이 분포를 갖는다.

$$p(\beta_{kl}) = 2\beta_{kl}/\bar{\beta}_{kl}^2 \exp[-\beta_{kl}^2/\bar{\beta}_{kl}^2] \quad (4)$$

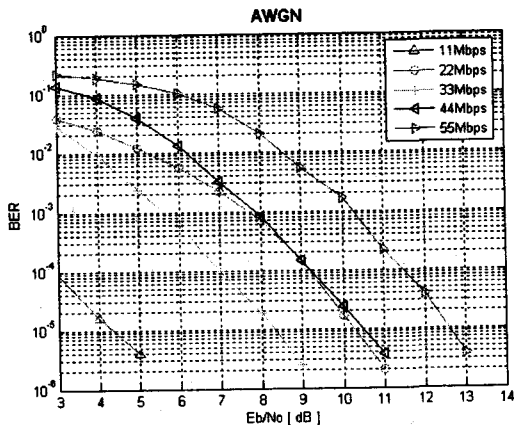
mean square 값  $\beta_{kl}^2$  은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} \overline{\beta_{kl}^2} &= \overline{\beta^2(T_l, \tau_{kl})} \\ &= \overline{\beta^2(0,0)} \exp[-T_l/\Gamma] \exp[-\tau_{kl}/\gamma] \end{aligned} \quad (5)$$

여기서,  $\Gamma$  와  $\gamma$  은 각각 클러스터와 ray에 대한 시상수 있다.  $\overline{\beta^2(0,0)}$  은 첫 번째 클러스터의 첫 번째 ray의 평균 전력으로 송수신 안테나의 이득 및 거리에 의하여 결정된다.

## IV. 시뮬레이션 및 성능평가

본 장에서는 HDR-WPAN 시스템을 AWGN과 페이딩 채널에서 시뮬레이션 하여 분석한다.



〈그림 2〉 AWGN 채널 환경에서의 BER 성능곡선

〈그림 2〉는 AWGN 채널에서 각 전송방식 별 BER 성능을 보인다.  $10^{-5}$ 의 BER 성능에서 가장 기본이 되는 전송 속도인 22Mbps는 약 10.5dB, 최대 전송 속도인 55Mbps에서는 약 12.5dB가 필요함을 보인다.

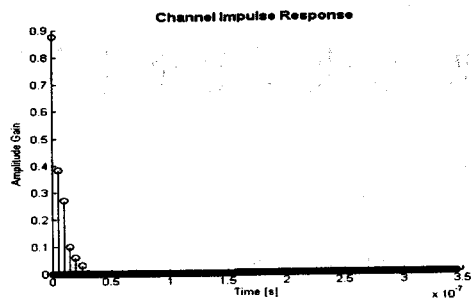
HDR-WPAN 시스템의 실내 환경에서의 성능 분석을 위해 실내 환경을 클러스터간 평균 시간,  $(1/\Lambda)$ , ray간 평균 시간  $(1/\lambda)$ , 클러스터간 전력 감쇄 시간상수 ( $\Gamma$ ), ray간 전력 감쇄 시간상수 ( $\gamma$ ) 등을 토대로 모델링 하는 Saleh 모델을 사용하였다. 시뮬레이션에서 사용된 채널 파라미터는 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 채널 파라미터

환경	$\Lambda(1/\text{ns})$	$\lambda(1/\text{ns})$	$\Gamma$	$\gamma$
4m NLOS	0.4	0.5	5.5	6.7
10m NLOS	0.0667	2.1	14	7.9

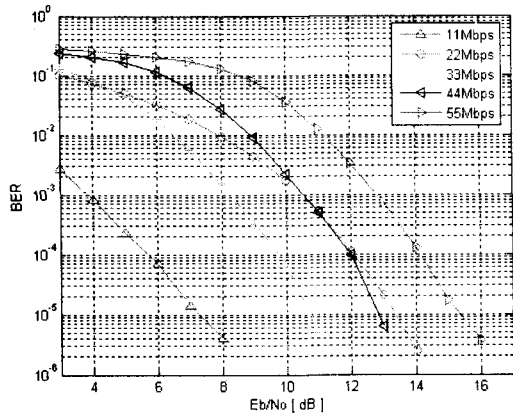
〈그림 3〉은 송수신기 간의 거리가 4m 인 NLOS(non-line of sight)환경에서의 채널 임펄스 응답을 나타낸다. 이때 평균 지연확산은 34.9ns[rms]이다.

〈그림 3〉 4m(NLOS)에서 임펄스 응답



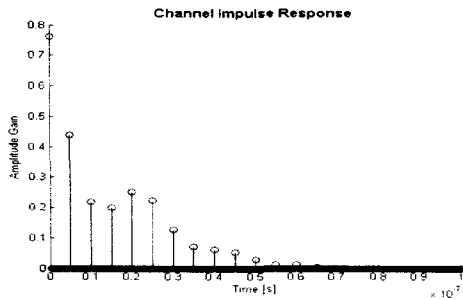
〈그림 4〉는 위의 조건에서의 BER 성능을 나타낸다. 수신 단에서 주파수 동기는 완벽하게 이루어

졌다고 가정하였다.



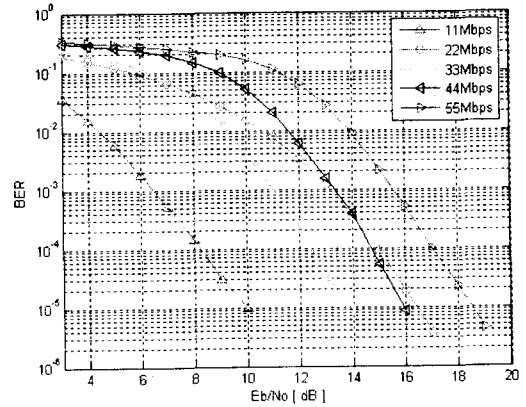
〈그림 4〉 4m(NLOS)에서 BER 성능곡선

$10^{-5}$ 의 BER 성능을 갖기 위해 요구되는  $E_b/N_0$ 는 22Mbps에서 약 13dB, 55Mbps에서는 약 15dB가 요구된다. 4m NLOS 환경에서 55Mbps로 전송할 때 요구되는  $E_b/N_0$ 는 AWGN 환경에서 요구되는  $E_b/N_0$ 보다 약 2.5dB정도 더 필요함을 알 수 있다.



〈그림 5〉 10m(NLOS)에서 임펄스 응답

〈그림 5〉는 송수신기 간의 거리가 10m 인 NLOS(non-line of sight)환경에서의 채널 임펄스 응답을 나타낸다. 이때 평균 지연확산은 89.5ns[rms]이다.



〈그림 6〉 10m(NLOS)에서 BER 성능곡선

〈그림 6〉에서 보이는 것처럼  $10^{-5}$ 의 BER 성능을 갖기 위해 요구되는  $E_b/N_0$ 는 22Mbps에서 약 17dB, 55Mbps에서는 약 18.5dB가 요구된다. 10m NLOS 환경에서 55Mbps로 전송할 때 요구되는  $E_b/N_0$ 는 4m NLOS 환경에서보다 약 3.5dB, AWGN 환경에서보다 약 6dB정도 더 필요함을 알 수 있다.

## V. 결론

본 논문에서는 송수신기 간의 거리가 4m, 10m NLOS인 실내 무선채널 환경에서 HDR-WPAN 시스템의 성능을 분석하였다. 시뮬레이션을 위한 채널 모델은 Saleh와 Valenzuela가 제안한 실내 다중 경로에 대한 통계적인 모델을 사용하였다. 최대 전송속도인 55Mbps의 경우  $10^{-5}$ 의 BER 성능을 갖기 위해 4m NLOS 채널 환경에서는 약 15dB, 10m NLOS 채널 환경에서는 약 18.5dB의  $E_b/N_0$ 가 필요하고 10m NLOS에서 4m NLOS 환경과 같은 BER 성능을 갖기 위해서는 약 3.5dB의

$E_b/N_0$ 가 필요함을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 시스템은 10m NLOS의 열악한 채널 환경에서 약 이 시뮬레이션의 결과로 볼 때, HDR-WPAN 18.5dB의  $E_b/N_0$ 로 신뢰성 있는 통신이 가능하다.

## 참고문헌

1. R. Mangharam, M. Demirhan, "Performance and simulation Analysis of 802.15.3 QoS", Intel, Jul. 2002
2. 곽동원, "IEEE 802.15.3 고속 무선 PAN에서 링크상태에 따른 동적 채널할당", 「한국통신학회논문지」, vol.29, no.7, pp. 844-851, 2004. 7.
3. IEEE Std 802.15.3, Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks(WPANs), 2003.
4. Adel A. M. SALEH, Reinaldo A. Valenzuela, "A Statistical Model for Indoor Multipath Propagation", IEEE Journal on Selected Areas In Communications, vol. SAC-5, no. 2, pp. 128-137, February 1987.
5. Maria-Gabriella Di Benedetto, Guerino Giancola, Understanding Ultra Wide Band Radio Fundamentals, New Jersey : Prentice Hall, Inc., 2004.