

OFDM을 채용한 초고속 무선 LAN 시스템의 전송 속도에 따른 성능 분석

이용일*, 송찬호**, 김언곤*

*대전산업대학교 정보통신공학과, **정보통신연구진흥원

전화 : 042-821-1214 / 핸드폰 : 019-434-2073

The performance Analysis of High Speed Wireless LAN System with
OFDM according to the types of modulation technique and data rate

Yong-El, Lee, Eon-Gon Kim, Chan-Ho Song

* : Dept. of Inform. and Com. Eng. ** : Institute of Information Technology Assessment

E-mail : 102lee@hanmail.net

Abstract

In this paper, we design the system that support data rate of 6Mbps(BPSK), 12Mbps(QPSK), 24Mbps(16-QAM) with OFDM, and the performance of this system analyze in the indoor channel when BER is 10^{-3} .

In this simulation, first, we analyze performance of the system with and without channel coding. As the result, the coding gain of each system is 2dB, 1.6dB, 2dB when BER is 10^{-3} . Second, In the case of 16-QAM/OFDM, The effect of soft decision channel decoding method improve 2dB than hard decision when BER is 10^{-3} .

I. 서론

현재 상용화되고 있는 무선 LAN 시스템은 직접 확산(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)방식과 주파수 도약(Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) 방식을 채용하고, 2.4 GHz의 ISM대역을 사용하며 데이터 전송속도는 1~2Mbps정도이다. 이는 디지털 동·영상 등 멀티미디어 데이터 전송을 위해 요

구되는 5Mbps에 미치지 못하는 것으로 IMT-2000 등 향후 전개될 멀티미디어 통신에는 부적합한 것이다.

전송 속도가 고속화됨에 따라 점차 높은 밴드의 사용이 요구되었고, 이에 IEEE 802.11에서는 5GHz 대역에서 6~54Mbps의 전송속도가 가능한 OFDM 방식의 고속 무선 LAN의 표준 초안인 IEEE 802.11a를 확정하였다.

본 논문에서는 5GHz 대역에서 6~54Mbps를 지원하는 OFDM을 채용한 초고속 무선 LAN시스템을 구성하여 전송 속도에 따른 성능을 알아본다.

이를 위해 6Mbps(BPSK), 12Mbps(QPSK), 24Mbps(16-QAM)의 전송 속도를 각각 적용하여 잡음 환경 하에서 길쌈부호를 채용했을 경우와 채용하지 않았을 경우의 성능을 비교 평가 해보고, 잡음과 다중 경로 채널을 통과했을 경우의 성능을 평가 해본다.

II장에서는 제안된 OFDM 시스템에 대하여 기술하였고, III장에는 시뮬레이션 결과를 통한 OFDM 시스템의 성능을 나타내었고, IV장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 제안된 시스템 모델

2.1 길쌈 부호화 및 인터리빙

초고속 무선 LAN에서 채널 부호화 방법으로 그림 2과 같은 부호율 1/2, 구속장 7인 길쌈 부호를 사용하고 부호 생성을 위해 사용된 생성다항식 $g_0(x)$ 와 $g_1(x)$ 는 각각 133_{oct} , 171_{oct} 의 8진수로 표현되며 식 2.1과 같다.^[1]

$$\begin{aligned} g_0 &= 1 + x^2 + x^3 + x^5 + x^6 \\ g_1 &= 1 + x + x^2 + x^3 + x^6 \end{aligned} \quad (2.1)$$

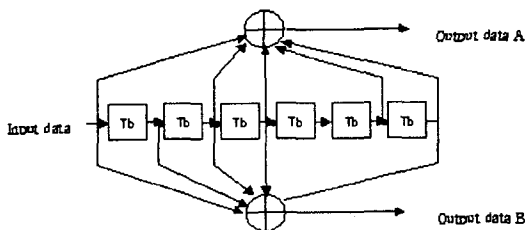


그림 2. 길쌈 부호기

길쌈 부호화된 신호는 수신단에서 MLSE(Maximum Likelihood Sequence Estimation)를 수행하는 비터비 알고리즘을 통하여 복호된다. 비터비 복호는 0과 1로 판정하는 경관정(Hard-Decision)과 M레벨로 판정하는 연관정(Soft-Decision)이 있다.

본 논문에서는 경관정과 연관정을 각각 적용하여 그 성능을 분석하였으며, 이 때 복호 깊이는 64, 연관정의 경우 양자화 비트는 4 ($k = \log_2 M$)이다.

길쌈 부호기를 거친 데이터는 채널에 의한 버스트 에러를 방지하기 위해 블록 크기가 하나의 OFDM 심볼의 비트 수인 블록 인터리빙에 의해 인터리빙 된다.

본 논문에 사용된 인터리빙은 두 단계에 걸쳐서 이루어지는데 첫 단계는 인접하는 비트가 서로 인접하지 않는 부반송파에 실리도록 하며, 두 번째 단계는 심볼 매핑 성좌도에서의 비트 위치를 바꾸어 준다.^[2]

첫 번째 단계는 식 2.2에 나타내었다.

$$i = (N_{CBPS}/16) * (k \bmod 16) + \text{floor}(k/16) \quad (2.2)$$

$$k = 0, 1, \dots, N_{CBPS} - 1$$

여기서 N_{CBPS} 는 하나의 OFDM 심볼에 실리는 부호화된 비트수로서 BPSK일 경우는 48, QPSK일 경우는 96, 16-QAM일 경우는 192이고, $\text{floor}(\cdot)$ 는 괄호 안의 수를 초과하지 않는 최대 정수이다.

인터리빙 되기 전의 비트열의 순서가 k 로 표시 될 때 인터리빙 후의 비트열의 순서는 i 가 된다.

마찬가지로 두 번째 단계는 식 2.3에 나타내었다.

$$j = s * \text{floor}(i/s) + (i + N_{CBPS} - \text{floor}(16 * i / N_{CBPS})) \bmod s \quad (2.3)$$

$$i = 0, 1, \dots, N_{CBPS} - 1$$

여기서 $s = \max(N_{BPSK}/2, 1)$, 하나의 부반송파에 실리는 비트수를 나타내는 N_{BPSK} 는 BPSK의 경우 1, QPSK의 경우 2, 16-QAM의 경우 4 이다.

2.2 OFDM 신호 및 채널 모델

전송 방식으로는 다중 경로 페이딩 환경하에서 효율적인 고속 디지털 전송을 제공하는 직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing :OFDM)방식을 사용하였다.

OFDM 방식은 N개의 직렬 심볼이 입력되면 병렬 형태의 심볼로 변환시키고, 변환된 심볼은 각기 직교의 관계를 갖는 복수개의 부 반송파에 의해 변조되며, 각각의 부반송파로 변조된 심볼의 주기는 이전 직렬 데이터 심볼 주기의 $1/N$ 이 된다. 서로 다른 부 반송파로 변조된 신호는 더해진 다음, 반송파 신호와 곱해서 수신측으로 전송된다. 변조된 신호는 식 (2.4)와 같다.^[3]

$$s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{A}{\sqrt{T}} a_n e^{j2\pi f_i t} g(t - nTs) \quad (2.4)$$

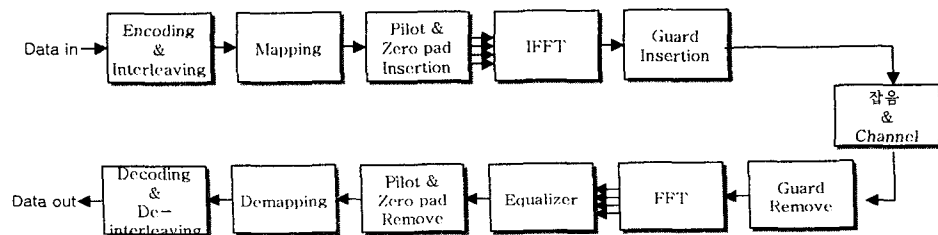


그림 1. 시뮬레이션 모델

여기서, A 는 신호의 전력을 결정하는 상수, T_s 는 심볼의 주기이다. $g(t)$ 는 펄스 성형 함수로서 T_G 를 OFDM 보호구간이라 할 때 식 (2.5)와 같다.

$$g(t) = \begin{cases} 1, & T_G \leq t \leq T_s \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.5)$$

이러한 전송 신호는 다중 경로 무선 채널을 통해 전송된다.

실내 전송 채널은 시간에 따라 천천히 변하며 지연 확산은 10ns 이내이고, RMS 지연 확산은 약 50ns의 특성을 가진다. 이때 신호는 클러스터로 수신되며, 각각 독립적인 균일 위상과 레일리 진폭 분산을 갖는다.

전송 채널은 real positive gain $\{\beta_k\}$, 전파 지연 $\{\tau_k\}$, 위상 천이 $\{\theta_k\}$ 를 갖는 다음 식과 같은 다중 경로 모델로 표시될 수 있고 임펄스 응답은 식 (2.6)과 같다.^{[4][5]}

$$h(t) = \sum_k \beta_k e^{j\theta_k} \delta(t - \tau_k) \quad (2.6)$$

본 연구에서는 식 (2.6)과 같은 임펄스 응답을 갖는 실내 무선 LAN 환경의 채널 모델로 Saleh 모델을 사용하였고 이때 RMS 지연 확산은 59.4 ns이다.

2.3 채널 등화 기법

OFDM 시스템에서는 cyclic prefix에 의한 보호구간을 사용하여 ISI를 쉽게 제거할 수 있으므로 진폭, 위상 왜곡을 보상하는 단일 탭 등화기를 사용하면 충분하다.^[6] 그림 3은 본 논문에 사용된 등화기의 구조를 나타낸다.

본 논문에서는 MMSE(minimum Mean Square Error) 기준을 갖는 LMS(Least Mean Square) 등화기를 사용하며, MMSE 조건은 다음과 같다.^[6]

$$\min_{W(k)} \frac{1}{N} \sum_{m=0}^{N-1} |Y_m(k) W(k) - X_m(k)|^2 \quad (2-7)$$

여기서 $W(k)$ 는 등화기 계수이며, LMS 등화기의 계수 조정식은 다음과 같다.

$$W_{m+1} = W_m(k) + \Delta \epsilon_m(k) Y_m^*(k) \quad (2-8)$$

여기에서 Δ 는 학습 조정 계수이고, $\epsilon_m(k)$ 는 다음과 같다.

$$\epsilon_m(k) = X_m(k) - \hat{X}_m(k) \quad (2-9)$$

여기서 $\hat{X}_m(k) = W_m(k) Y_m(k)$ 이다.

III. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 논문에 사용된 시뮬레이션 모델은 그림 1과 같은 채널 상에서 BER(Bit Error Rate)을 추정하기 위해 SPW(Signal Processing Worksystem)을 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

64 개의 부반송파를 가지는 FFT를 사용하는 OFDM 시스템에서 64개의 부반송파에 데이터가 모두 실리는 경우, 실제 시스템에서처럼 48개의 부반송파에만 데이터가 실리는 경우, 길쌈부호를 채용한 시스템의 성능을 각각 알아보았다

그림 4에서 나타낸 것과 같이 BPSK일 경우, 채널 부호화를 했을 경우 음성 통신을 위해 요구되어지는 BER 10^{-3} 을 만족하기 위해 약 4.3dB가 요구되어 졌고, 채널 부호화 이득은 약 2dB 정도이다. 채널과 잡음 하에서는 등화기와 채널 부호화를 채용한 시스템이 채용하지 않은 시스템보다 약 3dB 개선됨을 알 수 있다.

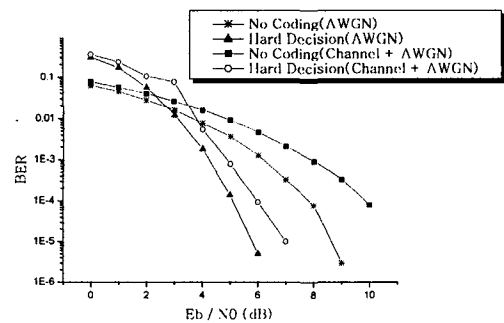


그림 4 BPSK 시뮬레이션 결과

그림 5에서 알 수 있듯이 QPSK일 경우 채널 부호화를 했을 경우 음성 통신을 위해 요구되어지는 BER 10^{-3} 을 만족하기 위해 약 4.3dB가 요구되어 졌고, 채널

부호화 이득은 약 1.6dB 정도이다. 채널과 잡음 하에서는 등화기와 채널 부호화를 채용한 시스템이 채용하지 않은 시스템보다 약 3.5dB 개선됨을 알 수 있다.

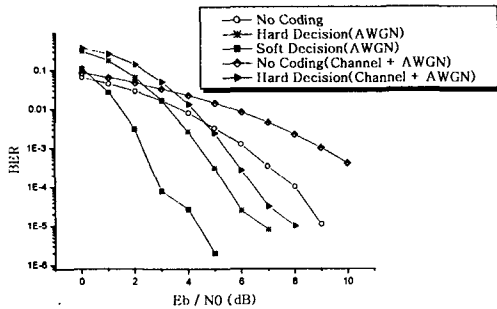


그림 5. QPSK 시뮬레이션 결과

그림 6에서 나타낸 것과 같이 16-QAM일 경우, 잡음 환경에서 채널 부호화를 채용했을 경우 채용하지 않은 시스템 보다 약 2dB 성능이 향상 되어졌고, 실내 환경에서는 연판정이 경판정보다 4dB 향상 되었고, 등화기를 채용한 시스템이 채용하지 않은 시스템보다 약 4dB 성능이 개선됨을 알 수 있다.

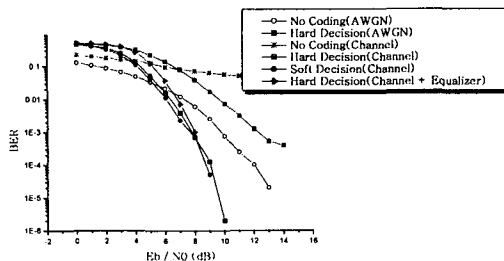


그림 6. 16-QAM 시뮬레이션 결과

IV. 결론

6Mbps(BPSK), 12Mbps(QPSK), 24Mbps(16-QAM)의 전송 속도를 각각 적용하여 잡음 환경 하에서 길쌈부호를 채용하고, 채널 부호기를 채용했을 경우, 6Mbps(BPSK)의 경우 약 5dB가 요구되어 지고, 12Mbps(QPSK)의 경우 약 6dB가 요구되어 지고, 24Mbps(16-QAM)의 경우 약 8dB가 요구되어 졌다.

또한 16-QAM일 경우에 경판정일 경우 등화기를 사

용한 시스템이 사용하지 않은 시스템보다 성능이 우수함을 알 수 있었다.

따라서, 전송율이 높을 수록 시스템 성능이 열화됨을 확인 할 수 있었다.

본 논문은 향후 고속 무선 멀티미디어 시스템 설계시 그 자료로서 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] IEEE 802.11a, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specification : High Speed Physical Layer in the 5GHz band. 1999
- [2] 정의석, 조용수, "IEEE 802.11a의 고속 무선 LAN 모델 기술", 한국통신학회지, Vol.16, No.10 pp.1144-1145, 1999
- [3] 정송모, 이상욱, "다경로 페이딩 채널에서 OFDM의 성능 분석", 한국통신학회논문지, Vol.21, No.11, pp.2923-2941, Nov, 1996
- [4] Richard V. Paiement and Jean-Yves Chouinard, "SIMULATED APPLICATION OF TRELLIS CODED MODULATION". pp 216-221, IEEE 1991
- [5] A.A. Saleh and R.A. Valenzuela, "A statistical model for indoor multipath propagation", IEEE J. Selected Areas in Commun., vol. SAC-5, no. 2, pp. 128-137, Feb. 1987
- [6] John G. Proakis, Digital Communication, McGraw-Hill, 1999