

# HIPERLAN/2 무선 모뎀의 성능 분석

정의석, 조용수  
중앙대학교 전자전기공학부

## Performance Analysis of a HIPERLAN/2 Wireless Modem

Eui Suk Jung and Yong Soo Cho  
Dept. of Electronic and Electrical Engineering, Chung-Ang University, Seoul, KOREA  
E-mail : cheus75@yahoo.co.kr

### 요 약

광대역 무선 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 이미 제정되었거나 현재 제정중인 무선 LAN 표준안으로는 ETSI BRAN의 HIPERLAN, IEEE 802.11, MMAC-PC등이 있다. 이러한 표준안들은 상위계층은 서로 다른 반면, 5 GHz 대역에서 OFDM 방식을 사용하는 공통된 물리계층을 정의하고 있다. 본 논문에서는 이중 HIPERLAN/2 물리계층의 구조 및 파라미터를 설명하고 그 성능을 분석한다.

### 1. 서 론

ETSI의 BRAN은 CEPT에서 할당된 5.2 GHz와 17.1 GHz 주파수 대역을 사용하여 멀티미디어 정보를 위한 고속 무선망인 HIPERLAN의 일부 기능을 표준화 하는 것을 목표로 한다. 이중 HIPERLAN TYPE-2(HIPERLAN/2)는 200 m 내의 좁은 범위에서 5.2 GHz의 비허가 대역을 사용하여 UMTS(IMT-2000) 망, ATM 망, IP 망등의 이동단말과 유선 광대역망의 접속이 가능한 고속 무선 전송 시스템을 정의하고 있다[1][2].

HIPERLAN/2의 전송방식으로는 OFDM 방식을 채택하였으며, HIPERLAN/2의 MAC으로는 HIPERLAN/1에서 사용하는 경쟁기반의 CSMA와 달리 중앙집중방식의 동적 예약식 시분할 다중접속 및 이중화(Dynamic Reservation TDMA/TDD)를 사용하여 ATM 및 IP 네트워크에서 요구하는 다양한 QoS를 보장할 수 있도록 하였다.

한편 IEEE 802.11 TGa(Task Group a)에서는 5 GHz 대역에서 6~54 Mbps의 전송속도가 가능한 OFDM 방식의 고속 무선 LAN의 표준 초안인 IEEE 802.11a를 확정하였으며, 일본의 경우에도 MMAC-PC에서 ETSI BRAN의 HIPERLAN/2, IEEE 802.11a에서와 공통된 물리계층의 표준화를 추진하고 있다.

본 논문의 2절에서는 HIPERLAN/2 물리계층을 바탕으로 한 무선 모뎀의 기본 구조 및 파라미터

에 대해서 살펴보고, 3절에서 모의실험을 통한 무선 모뎀의 성능을 분석한 뒤, 4절에서 결론을 맺는다.

### 2. HIPERLAN/2 물리계층

HIPERLAN/2 표준안에서는 다양한 서비스와 프로토콜을 지원하기 위해서 HIPERLAN/2의 DLC 계층과 상위 계층사이에 Convergence 계층을 정의하고 있다. 이러한 Convergence 계층은 상위계층에서 들어오는 각기 다른 길이와 타입을 갖는 데이터를 54 bytes의 고정된 길이를 갖는 user protocol data units (U-PDUs)로 나누어주는 역할을 한다. 그러므로 DLC와 물리계층에서는 항상 고정된 크기의 데이터가 전송되게 된다.

그림 1은 HIPERLAN/2 물리계층을 바탕으로 한 무선 모뎀의 블록도를 나타낸다. 입력 데이터는 스크램블링되고 오류정정 부호화를 거친 뒤, 인터리빙되어 심볼로 매핑된다. 그 후 4개의 파일럿 부반송파가 더해져서 총 52개의 부반송파가 IFFT를 통과하여 OFDM 심볼을 형성하게 되며 여기에 보호구간을 삽입하여 전송하게 된다. HIPERLAN/2에서는 각기 다른 부호율, 인터리빙 크기 및 변조 방식을 사용하여 다양한 전송률을 제공할 수 있는 것이 특징이며, 표 1은 이러한 전송률에 따른 파라미터를 보여준다.

오류정정 부호로는 구속장이 7이고 생성다항식 (133, 171)을 갖는 부호율 1/2의 콘볼루션 부호가 사용되며, 그외의 부호율인 9/16, 3/4을 얻기 위해서는 puncturing을 사용한다. 부호율은 각 전송률에서 부호화기의 출력 비트가 OFDM 심볼의 배수가 되도록 맞추어 주기 위해 결정되었다. 부호화 과정은 먼저 6개의 tail 비트가 데이터 비트에 추가되어 부호화기를 거치며, 이러한 추가된 tail 비트와 관련하여 전송률에 따른 puncturing 이전에 한번 더 puncturing이 이루어진다.

OFDM 변조는 64-point IFFT에 의해 이루어지며 인접 채널간의 간섭을 고려하여 52개의 부반송파가 사용된다. 여기에는 48개의 데이터 부반송파와 4개의 파일럿 부반송파가 포함되며 파일럿 부반송

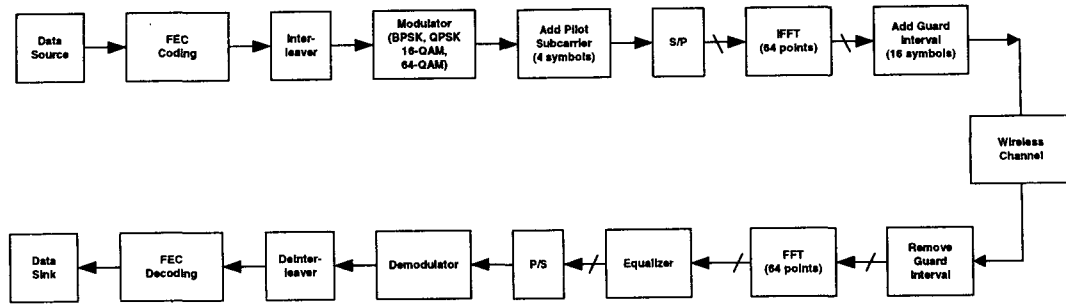


그림 1. HIPERLAN/2 무선 모델의 블록도

파는 coherent 복조를 위한 위상 추적을 위해 삽입 된다.

OFDM 심볼 주기는  $4\mu s$ 이며 이는 부반송파의 심볼주기  $3.2\mu s$ 에 보호구간  $0.8\mu s$ 가 더해진 것이다. 보호구간으로는 심볼간 간섭을 방지하기 위해 16 샘플로 구성된 cyclic prefix를 사용한다. 샘플링 주파수는 20 MHz이며 따라서 64-point IFFT가 사용되므로 부반송파간의 간격은 0.3125 KHz가 된다.

전송되는 기저대역 OFDM 심볼은 다음과 같이 표현된다.

$$r_n(t) = \sum_{l=-N_{ST}/2}^{N_{ST}/2} C_{l,n} \cdot \Psi_{l,n}(t)$$

$$\Psi_{l,n}(t) = \begin{cases} e^{j2\pi\Delta f_l(t-T_{CP}-nT_s)}, & nT_s \leq t \leq (n+1)T_s \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

여기서  $C_{l,n}$ 는  $n$ 번째 OFDM 심볼의  $l$ 번째 부반송파에 실리는 데이터 심볼 또는 파일럿 심볼을 나타내며,  $N_{ST}$ 는 전체 부반송파수 52이다.  $T_s$ ,  $T_{CP}$ 는 각각 심볼주기와 보호구간의 주기를 나타내며,  $\Delta f_l$ 는 부반송파 간격을 의미한다.

표 1. 전송률에 따른 파라미터

Data Rate (Mbit/s)	Modulation	Coding Rate R	Coded bits per subcarrier $N_{sc}$	Coded bits per OFDM symbol $N_{sc}R$	Data bits per OFDM symbol $N_{sc}R$
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
18	QPSK	3/4	2	96	72
27	16QAM	9/16	4	192	108
36	16QAM	3/4	4	192	144
54	64QAM	3/4	6	288	216

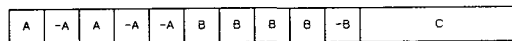
물리계층에서의 전송 단위는 preamble과 데이터 필드로 이루어진 burst이며 데이터 필드는 PDU들로 구성된다. Preamble에는 그림 2와 같이 broadcast control channel, downlink channel, uplink와

random access channel에 사용되는 세가지가 있다.

Broadcast control channel에서의 preamble은 AGC, 프레임 동기, 주파수 동기 및 채널 추정에 사용될 수 있으며, 이와는 달리 downlink channel에서의 preamble은 오직 채널 추정만을 위해 구성되어 있다. 그리고 uplink와 random access channel에서의 preamble로는 채널 추정과 주파수 추정을 할 수 있다.

그림에서 A, B 심볼은 각각 16개의 시간영역 샘플들로 이루어지며 서로 다르게 구성되어 있다. A, -A, A, -A 또는 B, B, B, B의 4심볼은 64-point IFFT에 의해 형성된다. -A와 -B로 표시된 심볼은 각각 A와 B에서 부호가 반대인 것을 의미하며, 타이밍 추정시의 성능을 향상시키기 위해서 삽입되어 있다. C 영역은 모든 preamble에 포함되며 52개의 부반송파를 갖는 두 훈련심볼과  $1.6\mu s$ 의 보호구간으로 이루어진다. 이러한 C 영역은 채널 추정에 사용된다.

Preamble in broadcast control channel :



Preamble in downlink bursts :



Short uplink preamble :



Long uplink preamble :

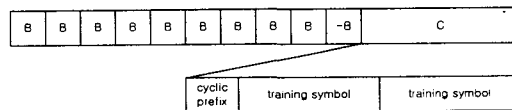


그림 2. HIPERLAN/2 Preamble

### 3. 성능 분석

본 절에서는 HIPERLAN/2 무선 모델의 성능을 분석한다. 모의 실험에서는 BRAN에서 정의한 채널 모델을 사용하였으며, 이러한 채널 모델의 주요 파라미터는 표 2와 같다[3-5].

표 2. 채널 모델 파라미터

Model	r.m.s delay spread	Rice Factor on 1 <sup>st</sup> tap	Environment
A	50 ns	-	Office NLOS
B	100 ns	-	Open space/office NLOS
C	150 ns	-	Large open space NLOS
D	140 ns	10 dB	Large open space LOS
E	250 ns	-	Large open space NLOS

채널 모델은 A, B, C, D, E의 다섯 가지가 정의되어 있으며 각 모델에서 평균 전력은 지수함수적으로 감소하고 각 탭은 Rayleigh 페이딩 특성을 갖는다. 채널 모델 A는 일반적인 사무실 환경을 나타내며 모델 B는 큰 지연 확산을 갖는 사무실 환경에 해당한다. 그리고 모델 C와 E는 지연 확산이 큰 옥내, 옥외 환경에 해당하며, 모델 D는 LOS를 갖는 옥내, 옥외 환경에 해당한다.

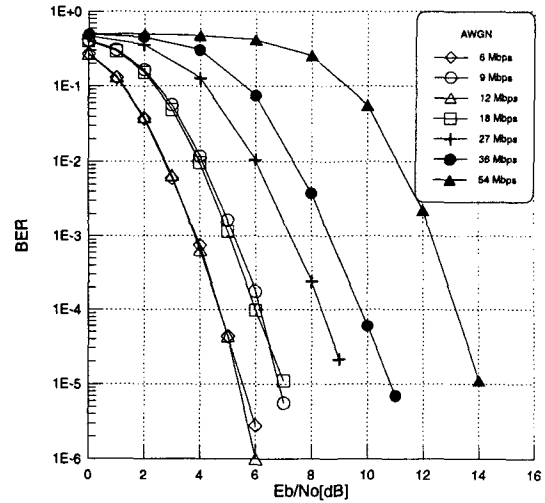
본 모의실험에서는 단일 탭 등화기와 truncation path의 길이가 50인 경관정 비터비 복호기를 사용하였다. 또한 OFDM 심볼 동기 및 반송파 주파수 동기는 올바르게 이루어졌다고 가정하였으며, 등화기 계수 값은 preamble의 C 영역을 이용하여 추정된 값을 사용하였다. 이때에는 C영역에서의 두 훈련심볼에서 각각 구한 다음 이를 평균하여 사용하였다.

그림 3은 HIPERLAN/2 무선 모델의 전송률에 따른 BER 성능 곡선을 나타낸다. 그림 3(a)는 AWGN 환경하에서의 BER 성능 곡선을 나타내는데 BPSK와 QPSK 변조의 BER 성능은 동일하기 때문에 같은 부호율을 갖는 6 Mbps와 12 Mbps의 성능이 거의 유사하고, 9 Mbps와 18 Mbps의 성능도 거의 유사하게 나타난다. 전체적으로는 전송률이 높아질수록 성능이 감소하는 경향을 보이나, 예외적으로 12 Mbps의 성능이 9 Mbps보다 더 나은 이유는 같은 성능의 변조 방식을 가지므로 부호율이 1/2인 12 Mbps가 부호율이 3/4인 9 Mbps보다 오류정정 능력이 더 우수하기 때문이다.

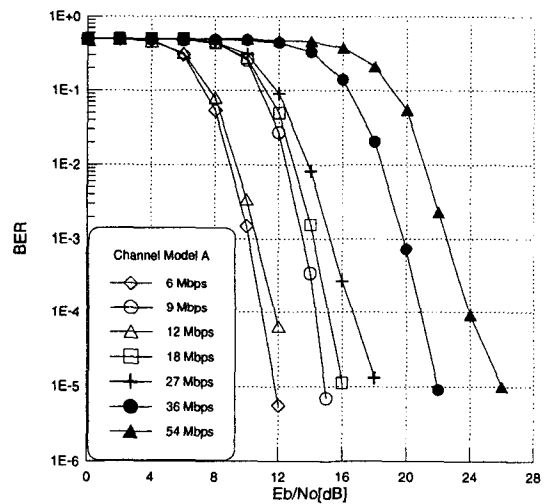
그림 3(b)는 채널 모델 A에서의 BER 성능 곡선을 보여준다. 위의 AWGN 환경하에서와 마찬가지로 6 Mbps와 12 Mbps의 성능이 같고, 9 Mbps와 18 Mbps의 성능이 같으며, 전체적으로도 전송률이 증가할수록 성능이 감소함을 알 수 있다. 여기서 채널 모델 A인 경우는 27 Mbps의 성능이 9 Mbps나 18 Mbps와 근접하게 나타나는데 이는 연접 오류가 발생하기 쉬운 주파수 선택적 채널인 채널 모델 A에서는 오류정정 능력이 성능에 더 크게 작용하기 때문이다. 즉 부호율 9/16을 갖는 27 Mbps의 오류정정 능력이 부호율 3/4인 9 Mbps나 18 Mbps보다 더 우수하고 또한 인터리버의 크기가 27 Mbps에서 더 크므로 연접 오류에 대한 오류정정 능력도 더 우수하기 때문이다. 그러므로 채널 모델 A에서는 부호율을 1/2에서 3/4로 높임에 따른

성능저하와 부호율을 1/2로 유지하면서 변조방식을 BPSK(또는 QPSK)에서 16-QAM으로 바꿈에 따른 성능저하가 거의 유사함을 알 수 있다.

$E_b/N_0$ 의 기준으로 볼 때  $10^{-4}$ 의 BER을 만족하기 위해서는 채널 모델 A에서 최소 전송률 6 Mbps를 갖기 위해서 약 10 dB, 최대 전송률 54 Mbps를 갖기 위해서는 약 24 dB 이상이 요구됨을 볼 수 있다.



(a) AWGN



(b) 채널 모델 A

그림 3. HIPERLAN/2의 BER 성능비교

그림 4는 HIPERLAN/2 무선 모델의 PER(PDU error rate) 성능 곡선을 나타낸다. 여기서 PER은

54 bytes 의 크기를 갖는 1 PDU를 수신했을 때의 에러율을 나타낸다. 그림 4(a)는 AWGN 환경하에서의 성능을 보여주고, 4(b)는 채널 모델 A에서의 성능을 보여준다. 각 전송률에 따른 PER 성능 특성은 위의 BER 성능 특성과 유사하게 변조방식과 부호율에 따라 성능이 나타남을 확인할 수 있다.

PER 성능이 1%와 10%사이에서 놓여질 때 안전한 패킷 서비스를 기대할 수 있으며[6], 이를 기준으로 볼 때 채널 모델 A에서 1%의 PER을 만족하기 위해서는 최소 전송률 6 Mbps에서 약 12 dB, 최대 전송률 54 Mbps에서 약 25 dB이상이 요구됨을 볼 수 있다.

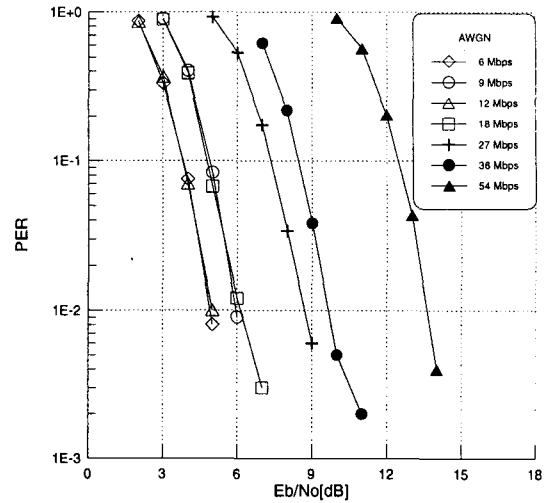
#### 4. 결론

본 논문에서는 5 GHz 대역에서 6~54 Mbps의 전송속도를 갖는 고속 무선 LAN의 표준안인 HIPERLAN/2의 물리계층을 살펴본 후 성능을 분석하였다. 여기서 54 Mbps는 부가적으로 첨가되어 있는 것이며, 36 Mbps까지는 반드시 지원되어야 할 전송률이다.

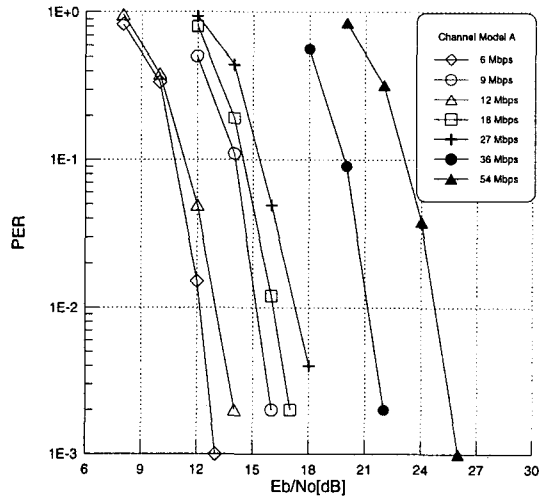
모의실험 결과 OFDM 방식과 함께 사용된 콘볼루션 코딩과 변조방식에 따라 다양하고 우수한 성능을 보임을 확인할 수 있으며,  $E_b/N_0$ 를 기준으로 할 때 안정적인 패킷 서비스를 위한 1%의 PER을 만족하기 위해서 전송률에 따라 약 12 dB ~ 25 dB이상이 요구됨을 확인할 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] Broadband Radio Access Networks (BRAN) HIPERLAN Type 2 Technical Specification; Physical (PHY) Layer, 1999.
- [2] Broadband Radio Access Networks (BRAN) HIPERLAN Type 2 Functional Specification; Part 1 - Data Link Control (DLC) Layer, 1999.
- [3] J. Medbo, P. Schramm. Channel Models for HIPERLAN/2 in Different Indoor Scenarios, ETSI/BRAN document no. 3ERI085B, 1998.
- [4] J. Medbo, Radio Wave Propagation Characteristics at 5 GHz with Modeling Suggestions for HIPERLAN/2, ETSI BRAN 3ERI074A, Jan. 1998.
- [5] J. Medbo, Jan-Erik Berg, Measured Radiowave Propagation Characteristics at 5 GHz for typical HIPERLAN/2 Scenarios, ETSI BRAN 3ERI084A, 1998.
- [6] J. Khun-Jush, P. Schramm, U. Wachsmann, F. Wenger. "Structure and Performance of the HIPERLAN/2 Physical Layer", VTC'99 Fall (Amsterdam), pp. 2667-2671.



(a) AWGN



(b) 채널 모델 A

그림 4. HIPERLAN/2의 PER 성능비교

본 연구는 정보통신 우수시범학교 지원사업과 IDEC 지원사업에 의해 지원되었음