

이동수신채널환경에서의 DVB-H 시스템 성능분석

*황도하 *나영훈 *손 원 **이현
*경희대학교 전파공학과 멀티미디어전송연구실
**한국전자통신연구원 방송시스템연구부
*ehgkhehg@khu.ac.kr

Analysis of the DVB-H System Performance in Mobile Receiving Environment

*Hwang, Do-Ha *Na, Young-Hun *Sohn, Won **Lee, Hyun
*Multimedia Transmission Lab, Radio Engineering Dept., Kyung Hee Univ.
**Broadcasting System Department, ETRI

요약

이 연구는 DVB에서 제안한 휴대형 디지털 TV 전송시스템인 DVB-H 시스템의 이동수신 성능을 분석하였다. DVB-H 시스템은 DVB-T 시스템을 휴대용으로 보완한 것으로 4K 모드, MPE-FEC 및 In-depth Interleaver 등이 추가되었으며, 이 연구는 각 추가 기능에 대하여 이동수신 성능향상 정도를 분석하였다. 이동수신 환경을 제공하기 위하여 COST 207을 적용하였다. 4K 모드는 최대지연시간이 긴 다중경로채널에서 8K 모드와 유사하고 2K 모드보다 훨씬 우수한 수신성능을 보였으며 도플러에 대해서는 2K와 8K 모드의 중간정도의 수신성능을 보여 주었다. MPE-FEC와 In-depth Interleaver는 이동수신채널에서 약간의 수신성능 향상을 보여 주었다.

1. 서론

휴대 단말기를 이용하여 TV 방송을 수신할 수 있는 시스템은 DVB-H^[1], T-DMB^[2] 및 MediaFLO^[3]가 있다. T-DMB 시스템은 유럽의 디지털 오디오 방송 시스템인 Eureka-147^[4]을 기반으로 국내에서 디지털 멀티미디어 방송을 구현하기 위하여 표준화한 시스템이다. MediaFLO 시스템은 퀄컴사에서 개발하여 표준화 작업을 진행하고 있는 휴대 TV 수신 시스템이다.

DVB-H 시스템은 유럽의 DVB-T 시스템에서 이동수신이 가능하도록 개선한 휴대 TV 전송 시스템이다. DVB-H 시스템은 2004년 6월 ETSI에서 표준화 되었으며^[1] 2004년 12월 미국에서 첫 시험방송을 가졌다. DVB-H 시스템에 관한 연구는 Nokia 사를 중심으로 활발히 진행되고 있다. 현재 DVB-H 시스템의 수신 성능에 관한 연구는 COST 207의 TU 6 채널환경에 국한되어 있으며, 수신성능 분석도 수신측의 Viterbi 디코더 출력단만을 기준으로 BER 값을 구했다^{[5][6]}.

이 연구는 기존 DVB-H 시스템의 수신성능과 관련된 연구를 보다 다양한 채널에서의 실험을 통해 명확한 수신성능을 분석하고, DVB-T 시스템과 비교했을 때 이동수신성능의 향상을 확인하는 것에 목적이 있다.

이 논문에서는 C 프로그래밍 언어를 이용하여 모의 실험장치를 구성하고, COST 207의 다양한 환경과 Doppler 채널 환경에서의 수신성능을 분석하였다. 또한 Viterbi 디코더 출력단 뿐만 아니라, RS 디코더, MPE-FEC 출력단에서의 수신성능 분석과 OFDM 전송단의 IFFT 길이에 따른 성능 분석을 통하여 DVB-T 시스템과의 수신성능을 비교 분석하였다.

이 논문의 구성은 2 장에서는 DVB-H 시스템과 이동수신 성능분석을 위한 채널을 모델링을 하였고, 3장에서는 시스템의 이론적 분석을 통한 시스템 검증을 하였으며, 4장에서는 COST 207 채널 모델을 이용한 다중경로채널에서의 수신성능을 분석하였다. 5장에서는 도플러환경에서의 수신 성능을 분석하였으며, 6장에서는 모의실험에서의 결과를 통하여 기존의 DVB-T 시스템과 비교했을때 DVB-H 시스템의 이동수신성능 향상에 관하여 간략하게 설명한다.

2. 시스템 모델링

가. DVB-H 시스템

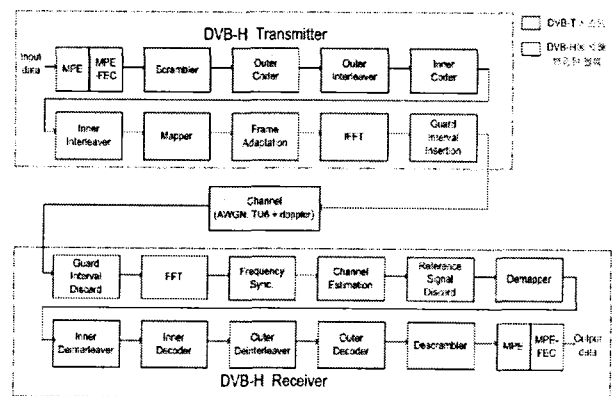


그림 1 DVB-H 송수신 시스템

DVB-H 시스템은 유럽의 디지털 방송인 DVB-T 시스템에서 이

동수신성능을 향상시키기 위해 몇 가지 기능을 추가한 것이다. (그림 1)과 같이 DVB-H 시스템은 MPE-FEC, 4K 모드, in-depth interleaver를 새롭게 추가하였다^[11].

DVB-H 시스템의 외부 부호화기로 RS 부호화(Reed Solomon Coding) 사용하며 RS(255,239)에서 유도되는 단축된 RS(204,188) 규격을 표준으로 한다. 내부 부호화기로는 구속장의 길이가 7이고, 코드율이 2/3인 길쌈부호화(Convolutional coding)를 사용한다. 외부 인터리버로는 Forney 방식에서 기초한 깊이(depth)가 12인 길쌈 인터리버(Convolutional interleaver)를 사용하고, 변조방식은 QPSK, 16QAM, 64QAM 등을 사용한다^[7].

MPE-FEC (Multi-Protocol Encapsulated data-Forward Error Correction)는 데이터그램에 RS (255,191) 부호화를 적용하여 8K/16-QAM 또는 8K/64QAM 신호를 이용한 고속 단일 안테나로 DVB-T 컨테츠의 수신을 가능하게 하고, 임펄스 간섭에도 좋은 강건성을 보여준다. 전송방식으로 OFDM을 사용하며 IFFT의 길이에 따라 2K 모드, 4K 모드 및 8K 모드로 나눈다. 4K 모드는 이동수신 성능이 강한 2K 모드와 보호구간이 길어 광역의 송신범위를 허용하는 8K 모드의 장점을 동시에 얻을 수 있게 한다. in-depth interleaver는 DVB-H 시스템에서 내부 인터리버에 위치하며, DVB-T 시스템에서 사용하던 인터리버의 깊이(depth)를 2배 또는 4배로 향상시킴으로써 연결 오류 발생에 대한 좋은 강건성을 갖게 한다^[11].

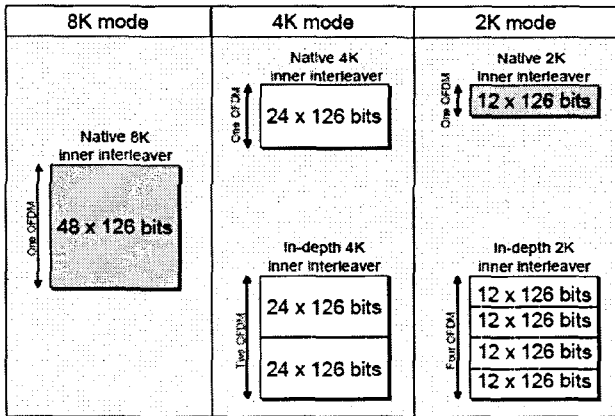


그림 2 In-depth Interleaver

나. 채널환경

DVB-H 시스템의 이동수신 성능을 분석하기 위한 채널환경으로 COST 207과 Doppler 채널을 사용하였다. COST 207은 환경에 따라 (표 1)과 같은 파라미터를 사용한다^[8].

표 1 COST 207 채널 파라미터

path	TU6 (Typical Urban)		BU6 (Bad Urban)		HT6 (Hilly Terrain)	
	Delay (μs)	attenuation	Delay (μs)	attenuation	Delay (μs)	attenuation
0	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0	1
1	0.2	1	0.4	1	0.2	0.63
2	0.6	0.63	1.0	0.5	0.4	0.4
3	1.6	0.25	1.6	0.32	0.6	0.2
4	2.4	0.16	5.0	0.63	15.0	0.25
5	5.0	0.1	6.6	0.4	17.2	0.06

COST 207을 이용한 다중경로채널에 관한 수식은 식 (1)과 같다.

$$x(t) = k \sum_{i=1}^N \rho_i e^{-j\theta_i} x(t-\tau_i) \quad (1)$$

$$k = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \rho_i^2}}$$

여기서, ρ_i 는 i 번째 경로의

attenuation, τ_i 는 i 번째 경로의 delay 값이다.

도플러 환경은 (그림 3)과 같이 Mobile Terrestrial Channel Model을 이용하였으며, 수식은 식 (2)와 같다^[9].

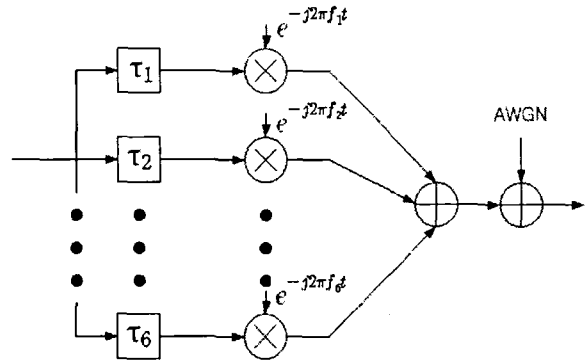


그림 3 Mobile Terrestrial Channel Model

$$y(t) = k \sum_{i=1}^N \rho_i e^{-j2\pi f_i t} x(t-\tau_i) \quad (2)$$

여기서, $f_i = f_{\max} \cos(\theta_i)$ 이고, f_{\max} 는 최대 도플러 주파수를 의미한다.

3. 시스템의 이론적 분석

DVB-H 시스템의 이론적 분석은 다음과 같다. M-QAM 변조에 대한 심볼오류 P_{QAM} 은 \sqrt{M} -ary PAM의 심볼오류확률 $P_{\sqrt{M}}$ 이 $P_{\sqrt{M}} \ll 1$ 일 때, 식 (3)과 같다^[10].

$$P_{QAM} \approx 4 \left(1 - \frac{1}{\sqrt{M}}\right) Q \left(\sqrt{\frac{3E_s}{(M-1)N_0}} \right) \quad (3)$$

길쌈 부호화기의 코딩 이득은 식 (4)와 같다^[11].

$$\begin{aligned} \text{coding gain} &= 10 \log(rd_f) \\ &= 10 \log\left(\frac{2}{3} \times 6\right) = 6 \text{dB} \end{aligned} \quad (4)$$

여기서, d_f 는 free distance며, 시뮬레이션 환경과 같은 코드율 2/3, 구속장의 길이가 7인 경우에는 6이 된다^[12].

RS(n,n-2t) 부호화기를 포함했을 때의 심볼오류는 식 (5)와 같다.

$$P_{QAM+RS} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=t+1}^n \binom{n}{i} P_{RS}^i (1-P_{RS})^{n-i} \quad (5)$$

여기서,

$(1-P_{QAM})^a = (1-P_{RS})^b$, $a = \log_2 n$, $b = \log_2 M$ 를 의미한다. 식(4)와 식(5)는 BER $\ll 1$ 일 때의 경우에 적용된다. 이론적 분석을 바탕으로 시스템의 Viterbi 출력단에서의 BER 값과 DVB-H 시스템 모의실험장치를 통해 구한 BER 값을 (그림 4)에서와 같이 비교하여

시스템을 검증하였다.

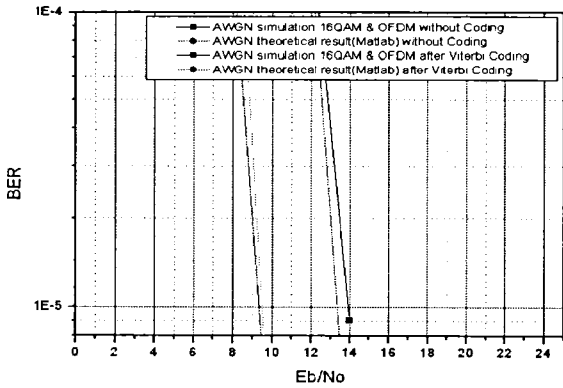
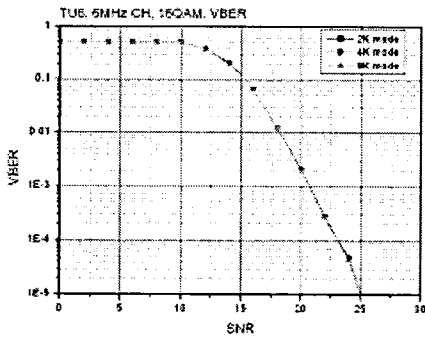


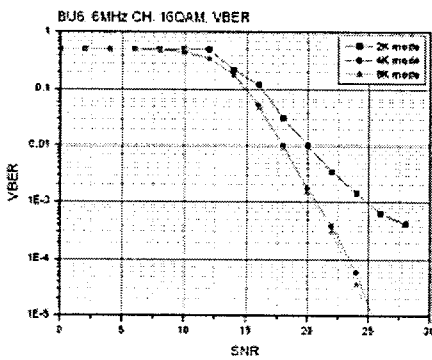
그림 4 E_b/N_0 에 대한 이론적 BER값과 시뮬레이션 결과 비교

4. 다중경로채널에서의 DVB-H 시스템 수신성능

a)



b)



c)

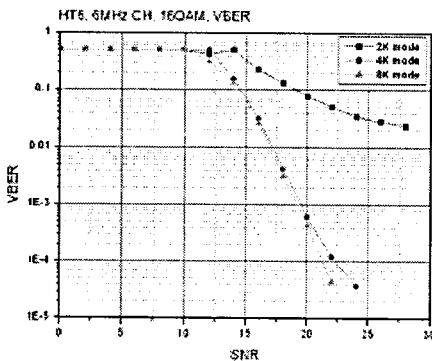


그림 5 COST 207의 TU 6, BU 6, HT 6 채널환경에서의 IFFT 길이에 따른 BER 값

다중경로채널에서의 DVB-H 시스템 수신성능을 분석하기 위해 다중경로의 수가 6인 COST 207 채널 환경에서 시뮬레이션을 하였다. 실제 COST207의 채널 환경은 RA(Rural Area), TU, BU, HT의 4가지 파라미터가 있으나, 교외지역을 모델로한 RA 채널 환경은 수신 환경이 매우 우수하여 모의실험에서 고려하지 않았다. 모의 실험을 수행한 3가지 환경에의 BER 값은 (그림 5)와 같다. (그림 5-a)에서와 같이 TU 6 채널환경에서는 OFDM의 IFFT 길이에 따른 성능의 변화는 보이지 않았으며, 이를 통하여 일반적인 도심 채널환경에서는 OFDM모드는 실제 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. (그림 5-b)의 BU 6와 (그림 5-c)의 HT 6 채널환경에서 4K 모드는 8K 모드와 유사한 성능을 가지고, 2K 모드 보다는 훨씬 우수한 성능을 가진다. 그리고 BU 6보다 수신 환경이 열악한 HT 6 채널환경에서 2K 모드의 수신성능이 현저하게 저하된다.

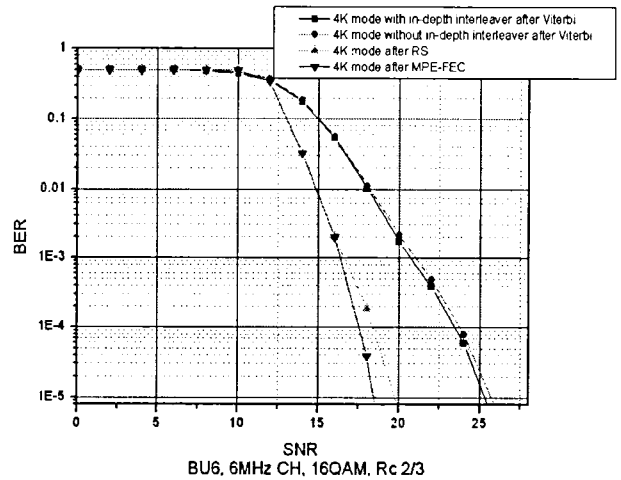


그림 6 COST 207의 BU 6 환경에서의 BER값

BU 6 환경에서 DVB-H 시스템 각각의 출력단에서의 BER값은 (그림 6)과 같다. MPE-FEC는 BER값이 10^{-4} 일때 SNR값이 0.7dB 향상 되었으며 in-depth interleaver에 의하여 약간의 수신성능이 향상 되었다.

5. 도플러 채널에서의 DVB-H 시스템 수신성능

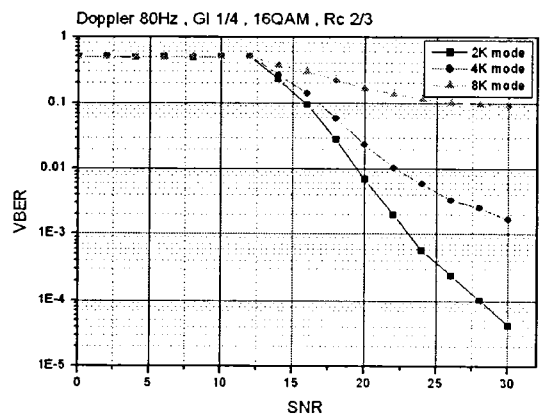


그림 7 TU6, Doppler 80 Hz 환경에서의 IFFT 길이에 따른 BER값

DVB-H 시스템의 도플러에 대한 수신성능을 분석하기 위하여

COST 207의 TU 6 채널환경에서 최대 도플러 주파수가 80 Hz 일 때의 BER값을 구하였다.

도플러 환경에서 4K 모드는 (그림 7)과 같이 BER 값이 10^{-2} 일 때 SNR 값이 22.4dB를 가지며, 8K와 2K 모드의 중간정도의 성능을 보인다. 도플러 환경은 주파수 잡음을 발생시키며, 이러한 주파수 잡음은 OFDM 전송단에서 w 부반송파간의 간격이 짧을수록 성능을 크게 저하시킨다. 따라서 2K 모드는 도플러환경에서 가장 우수한 성능을 보이고 8K 모드는 매우 낮은 성능을 보이게 된다.

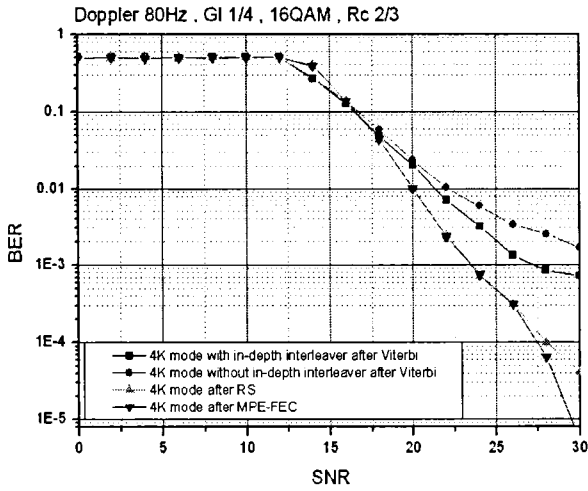


그림 8 COST 207의 TU6, Doppler 80 Hz 환경에서의 BER 값

도플러에서 MPE-FEC는 (그림 8)과 같이 BER 값이 4×10^{-4} 일 때, SNR이 2dB 향상시키고, in-depth interleaver의 추가로 약간의 수신성능 향상을 보인다.

6. 결론

본 논문에서는 DVB-H 시스템의 전송 기술을 분석하고, 시스템의 성능 분석을 위한 모의실험장치와 이동수신채널환경을 C 프로그래밍 언어로 구현하였으며, 모의실험을 통하여 DVB-H 시스템의 수신성능을 분석했다. DVB-H 시스템은 기존의 DVB-T 시스템과 비교했을 때, 4K 모드를 추가함으로써 COST 207 환경에서는 8K 모드와 유사하고, 2K 모드보다는 훨씬 우수한 성능을 보였다. 도플러에서는 8K와 2K의 중간정도의 성능을 보였다. 또한 MPE-FEC와 in-depth interleaver의 추가로 이동수신성능이 약간 향상됨을 알 수 있다.

참고 문헌

[1] DVB, "Transmission System for Handheld Terminals(DVB-H)", ETSI standard EN 302 304 V1.1.1, Jun. 2004.
 [2] TTA, "초단파 디지털라디오 방송 (지상파 DMB) 비디오 송수신 정합표준", TTAS.KO-07.0026, Aug. 2004.
 [3] Qualcomm, "FLO™ Technical Overview", Sep. 2005.
 [4] DAB, "Radio Broadcasting System ; DAB to mobile, portable and fixed receivers", ETSI standard EN 300 401 V1.3.3, May 2001.
 [5] NOKA, "4K simulation results, lowest layer", Mika Kahola, Nokia Research Center, 2003.
 [6] PHILIPS, "Performance of the compatible 8K mode of DVB-X", Frederic Nicolas, Philips Semiconductors RENNES, May 2003.

[7] DVB, "Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Terrestrial Television", ETSI standard EN 300 704 V1.5.1, Jun. 2004.
 [8] Matthias Patzold, "Mobile Fading Channels", John Wiley Et Sons. LTD, pp.343-346, 2002.
 [9] COST 207 Report, "Digital land mobile radio communications, Commission of European Communities", Directorate General, Telecommunications, Information Industries and Innovation, Luxembourg, 1989
 [10] W.I. Way, "Broadband Hybrid Fiber/Coax Access System Technologies", Academic Press, San Diego, 1999.
 [11] Bernard Sklar, "Digital Communication; Fundamentals and Applications", Prentice-Hall International, Inc., Second Edition, pp.416, 2001.
 [12] John G. Proakis, "Digital Communication 4thed", McGraw-Hill Higher Education, pp.499, 2000.