

레일리 페이딩 채널에서 이미지 전송을 위한 고속 LDPC부호를 적용한 OFDM 시스템

High-rate LDPC Coded OFDM System for Image Transmission over Rayleigh Fading Channel

최상민*, 문병현**

(Sangmin Choi, Byunghyun Moon)

Abstract - As a class of block codes, LDPC code with any desired code rate and code length is easily constructed. In OFDM system high data transmission is possible. In this paper, we examined the performance of four high-rate(0.75, 0.8, 0.889, 0.9412) LDPC coded OFDM in image transmission over Rayleigh fading channel. The high-rate of 0.9412 LDPC coded OFDM system obtained about 12dB gain over the OFDM at BER of 10^{-3} over Rayleigh fading channel. Also, the PSNR of code rate 0.9412 LDPC coded OFDM system at SNR=10dB is given by 18.8047dB where uncoded OFDM system gives 9.7303 dB.

Key Words : LDPC Code, OFDM System, LDPC Coded OFDM, Image Transmission

1. 서론

최근 멀티미디어 서비스의 증가로 인해 고속의 데이터 속도로 좋은 품질의 서비스가 요구되고 있다. 고속의 멀티미디어 서비스를 고속으로 전송하기 위한 방식으로 4세대 광대역 무선 통신 방식인 OFDM이 채택되고 있다. OFDM 방식을 이용하여 멀티미디어 서비스 중 하나인 이미지를 고속으로 전송이 가능하게 되었다. 또한 이미지 전송 시 품질을 높이기 위해 높은 신뢰성을 가지는 오류 정정 부호를 적용한 시스템이 소개되고 있다.

LDPC부호는 Gallager에 의해 제안되었고 Mackay와 Neal에 의해 개발된 이래 LDPC부호에 대한 연구가 계속되고 있다[1][2]. LDPC부호의 여러 가지 좋은 특성 중에 블록 크기가 커질수록 부호어의 최소거리가 커져 오류 정정 능력이 좋아진다. 또 터보 부호에 비해 복호의 복잡도가 적어 데이터 수신 시 복호로 인한 지연시간이 적게 소요된다. LDPC부호는 3세대 통신 시스템의 터보부호보다 여러 가지 좋은 특성을 가지고 있어 현재 LDPC부호를 4세대 통신 시스템의 표준으로 채택될 가능성이 가장 높은 오류 정정 부호로 고려되고 있다.

본 논문에서는 이동통신 채널인 레일리 페이딩 채널에서 고속, 고품질의 이미지 전송 서비스 제공을 위한 방식으로 OFDM시스템에 LDPC부호를 적용한 시스템을 제안한다. 높은 부호율을 가지는 LDPC부호를 사용하였다. LDPC부호를 적용한 OFDM시스템의 BER성능과 제안한 시스템에서 수신한 이미지 품질 측정을 위한 PSNR을 비교하였다.

2. 제안한 시스템

2.1 제안한 시스템 모델

그림 1과 같은 시스템 구조를 가지며 비트맵 이미지(BMP) 데이터를 LDPC 부호기를 통해 부호화된 고속 직렬 데이터를 병렬 저속 데이터로 바꾸어 준 다음에 변조를 한 후 고속 푸리에 변환을 하여 보호구간을 더해준 후 안테나를 통해 이미지 데이터를 전송하게 된다. 수신기는 송신기의 역기능을 수행하며 LDPC부호의 복호기로 sum-product 복호기를 사용하였다.

제안한 LDPC부호기는 0.75이상의 높은 부호율을 사용하여 적은 잉여 비트를 적게 추가함으로써 데이터 전송률을 감소시킬 수 있다.

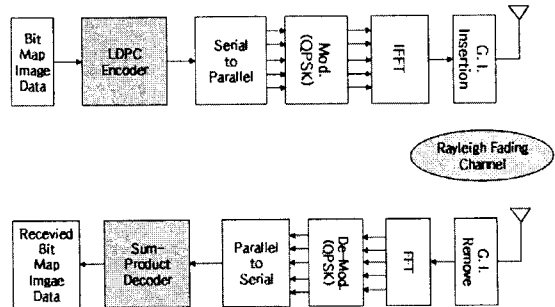


그림 1. 제안한 시스템 모델

표 1은 LDPC부호의 파라미터이고 표 2는 OFDM 시스템의 파라미터이다.

저자 소개

* 최 상 민 : 대구대학교 情報通信工學科 博士課程

** 문 병 현 : 大邱大學校 情報通信工學科 敎授

표 1. LDPC 부호의 파라미터

	(N, M)	Rate	Column weight
Code 1	(2048, 512)	0.75	3
Code 2	(2560, 512)	0.8	3
Code 3	(4608, 512)	0.889	3
Code 4	(4352, 256)	0.9412	3

표 2. OFDM 시스템의 파라미터

반송파의 수	256
FFT 사이즈	256
대역폭	20MHz
변조방식	QPSK
보호구간	3.2μsec
LDPC 부호	부호율 : 0.8

2.2 레일리 페이딩 채널

페이딩 채널은 그림 5와 같은 모델을 가진다.



그림 2. 페이딩 채널 모델

여기서 $y_i = a_i x_i + n_i$ 의 관계식을 가지며 a_i 는 레일리 분포를 갖는 랜덤 변수이다. 또 n_i 는 가우스 분포를 가지는 랜덤 변수이다.

$$f(a) = 2a e^{-a^2} \quad (a > 0) \quad (1)$$

a 의 분산은 1이고 평균 $E[a]$ 는 0.8862이다[7].

3. 시뮬레이션 결과

제안한 시스템을 이용하여 그림 4의 크기가 256×256의 그레이 스케일인 Lenna 이미지를 전송하는 실험을 하였다. 이미지의 품질을 PSNR을 이용하여 평가하였다. 이미지의 PSNR은 (2)식을 이용하여 계산하였다.

$$PSNR(dB) = \frac{(\max(\text{imagedatabits}))^2}{MSE} \quad (2)$$

표 3은 OFDM 시스템의 이미지 전송 후 얻은 E_b/N_0 값에 따른 PSNR값이고 표 4에서 표 7은 고속 LDPC 부호를 적용한 OFDM 시스템의 PSNR값을 나타내었다.

표 3. PSNR values of the OFDM system

E_b/N_0 (dB)	8	9	10	11
PSNR(dB)	9.5870	9.6742	9.7303	9.8548

표 4. PSNR values of the proposed system (Code 1)

E_b/N_0 (dB)	7	8	9	10
PSNR(dB)	23.1542	28.1648	35.1546	42.1442

표 5. PSNR values of the proposed system (Code 2)

E_b/N_0 (dB)	8	9	10	11
PSNR(dB)	22.5538	26.7035	32.0370	40.3833

표 6. PSNR values of the proposed system (Code 3)

E_b/N_0 (dB)	9	10	11	12
PSNR(dB)	22.5300	26.9263	30.5305	35.8603

표 7. PSNR values of the proposed system (Code 4)

E_b/N_0 (dB)	10	11	12	13
PSNR(dB)	18.8047	20.9549	23.4961	26.4329

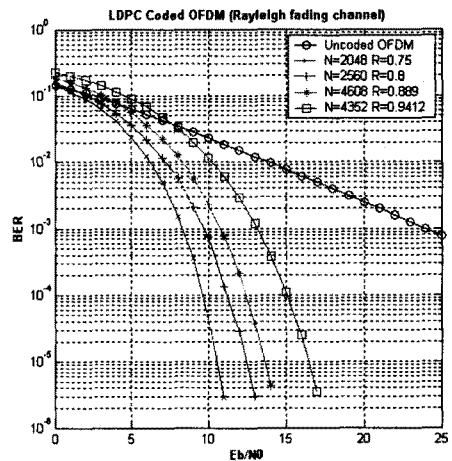


그림 3. BER performance of LDPC coded OFDM

그림 3은 서로 다른 부호율의 가지는 고속 LDPC부호를 적용한 OFDM시스템의 BER성능 그래프를 나타낸 것이다. 이 그래프에서 BER이 10^{-3} 일 때 부호율이 0.75인 부호를 적용한 시스템은 약 16dB, 0.8은 14dB, 0.889는 13dB, 0.9412는 11dB정도 성능 향상을 확인할 수 있다.

그림 4는 원본 이미지이며 그림 5에서 그림 11은 원본 이미지를 전송하였을 경우 수신된 이미지를 나타낸 그림이다. 또한 그림 12에서 그림 16은 원본 이미지에서 수신된 이미지를 뺀 오류가 발생한 위치와 개수를 나타낸 그림이다.



그림 4. 원본 이미지



그림 5. SNR = 10dB
Uncoded OFDM



그림 6. SNR = 10dB
N=2048 R=0.75



그림 7. SNR = 10dB
N=2560 R=0.8

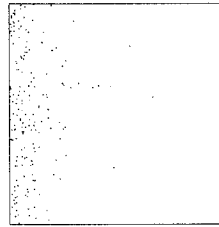


그림 16. SNR = 11dB
N=4352 R=0.9412
Number of Error = 146



그림 8. SNR = 11dB
N=4608 R=0.889



그림 9. SNR = 12dB
N=4608 R=0.889



그림 10. SNR = 11dB
N=4352 R=0.9412



그림 11. SNR = 12dB
N=4352 R=0.9412



그림 12. SNR = 10dB
Uncoded OFDM
Number of Error = 39051

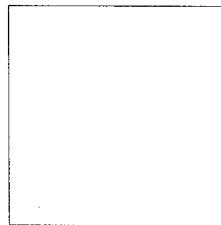


그림 13. SNR = 10dB
N=2048 R=0.75
Number of Error = 1

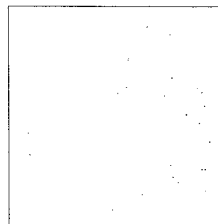


그림 14. SNR = 10dB
N=2560 R=0.8
Number of Error = 6

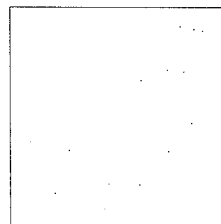


그림 15. SNR = 11dB
N=4608 R=0.889
Number of Error = 13

시뮬레이션 결과에서 보면 LDPC부호를 적용한 시스템의 경우 이미지 전송 시 좋은 성능을 나타냄을 확인할 수 있다.

5. 결론

이 논문에서는 이미지 전송을 위하여 LDPC부호를 적용한 OFDM시스템을 제안하며 LDPC부호를 0.75, 0.8, 0.889, 0.9412로 높은 부호율과 블록크기가 2048, 2560, 4608, 4352인 부호를 사용하여 부호화 하였다. 각 0.75, 0.8, 0.889, 0.9412의 부호율을 가지는 부호를 사용하였을 경우 BER이 10^{-3} 일 때 각각 16dB, 14dB, 13dB, 11dB의 성능향상을 확인하였다. 또한 이미지의 품질 평가를 위해 사용한 PSNR을 비교하여 보면 OFDM시스템의 경우 9.73dB이었으나 부호율이 0.75인 LDPC부호를 적용한 시스템의 경우 42.14dB로 개선됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] R. G. Gallager, "Low Density Parity Check Codes", Cambridge, Massachusetts, M.I.T.Press, 1963
- [2] D. C. Mackay, "Near Shannon Limit Performance of Low Density Parity Check Codes", Electronics Letter, pp.347~460, Vol. 33, No. 6, Mar, 1997
- [3] M. C. Davey, "Error-correcting using Low-Density Parity Check Codes", University of Cambridge, Dec, 1999
- [4] R. V. Nee & R. J. Prasad, "OFDM for wireless multimedia communications", Artech House, 2000
- [5] H. Harada & R. Prasad, "Simulation and software radio for mobile communications", Artech House, 2002
- [6] C. Zhong & J. P. Havlicek, "LDPC codes for robust transmission of images over wireless channels", Signals, Systems and Computers, 2001. Conference Record of the Thirty-Fifth Asilomar Conference on, pp. 797-800, Vol: 1, Nov. 2001
- [7] Pimng Ma, Dongfeng Yuan, Xiumei Yang, Haigang Zhang, "High-Rate LDPC Codes in Image Transmission over Rayleigh Fading Channel", CCNC 2004, First, IEEE, pp357~360, 5~8 jan 2004