

# 이동 통신에서 영상전송을 위한 UEP 채널 부호화 방법

이 연 문 , 조 경 식 , 정 차 근  
호서대학교 제어계측공학과 영상신호처리연구실  
전화 : (041)540-5429 / FAX : (041)540-5480

## Unequal Error Protection Channel Coding for Wireless Communications

Youn-Moon Lee, Kyung-Sik Cho, Cha-Keon Cheong  
Image & Signal Processing Lab., Dept. of Control&Instrumentation, Hoseo University  
E-mail : 99140303@icando.hoseo.ac.kr

### 요 약

시변 특성을 갖는 무선 채널 환경에서 UEP (Unequal Error Protection) 채널 부호화 방법은 효율적인 정보 전송을 가능케 한다. 본 논문에서는 IP-SCCC (Interleaved Puncturing Serially Concatenated Convolutional Codes)로 CSI (Channel State Information)와 SSI(Source Significance Information)를 이용한 두가지 UEP 채널 부호화 방법을 제안한다.

또한 AWGN(Additive White Gaussian Noise)과 Rayleigh 페이딩이 존재하는 채널을 가정하고 모의 실험을 통해 알고리즘의 우수성을 검증한다.

### I. 서론

제한된 대역폭의 무선채널로 고품질의 영상 정보를 송수신하기 위해서는 소스코딩과 채널 코딩을 효과적으로 결합한 JSCC(Joint source channel coding)[1,2]가 필요하며 이를 위한 방법 중의 하나로 UEP 채널 부호화 방법이 있다. 이는 전체 비트열이 시스템 전체의 성능을 최적화하도록 소스 부호기와 채널 부호기에 배정된다. 무선 채널 환경은 비교적 오류에 민감하고 대역폭이 매우 제한되어 있기 때문에 이러한 방법은 통신 시스템의 성능을 효과적으로 개선할 수 있다. 이는 기존의 채널 코딩 방법이 모든 신호에 대한 동일한 부호율을 적용하는 EEP(Equal Error Protection)방법인 것에 대하여 영상 데이터의 경우 압축 방법에 의해 데이터의 중요도가 다르게 생성되므로 채널 코딩시 소스의 중요도에 따라 부호율을 다르게 하여 중요 비트를 보호하

는 것이 가능하다. UEP를 위한 방법으로 RCPC (Rate Compatible Punctured Convolutional Codes) 코드[3]는 구조가 간단하면서 부호율 변환에 의한 가변 부호화가 가능하기 때문에 일반적으로 잘 알려져 왔다. 또한 성능이 우수한 터보 코드[4]에 RCPC 코드를 연결한 부호화 방법으로 효율적인 정보 전송을 하기 위한 연구가 현재 활발히 진행중이다[5,6,7]. 이러한 방법중의 하나로 제시된 IP-SCCC[5]는 인터리버를 천공하는 방법에 의해 부호율 변환이 가능하며, 동시에 부호율 변환이 가능한 RCPT(Rate Compatible Punctured Turbo Codes) 코드[6]와 비교해 볼 때 인터리버의 길이가 길고 낮은 BER에서 우수한 성능을 보인다. 또한 SCPC에 의해 생성된 부호어를 천공하는 방법으로 부호율 변환이 가능한 RCP-SCCC[7]에 비해 복호속도가 빠르고 부호화 이득이 큰 장점을 갖는다.

본 논문에서는 임베디드 비트 스트림 생성이 가능한 DCT(Discrete Cosin Transform) 기반의 임베디드 트리 영상 부호기로 영상을 부호화 한 후 IP-SCCC에 의한 UEP 채널 부호화 방법으로 무선 채널 환경에서 실시간 영상 전송이 가능한 새로운 방법을 제시한다. 또한 제안 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 Rayleigh 페이딩과 AWGN현상이 존재하는 채널을 모델링해서 모의 실험을 수행하고 다른 정보 전송 방법과의 비교를 통해 본 알고리즘의 우수성을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서 임베디드 구조를 갖는 소스 부호화 방법인 EZ-DCT에 대해 알아본다. III장에서는 UEP 채널 부호화 방법으로 SSI만을 이용한 UEP 채널

부호화 방법과 CSI와 SSI를 동시에 고려한 UEP 채널 부호화 방법으로 나누어 설명하고 IV장에서 시스템의 구성을 살펴본다. 이어서 V 장에서는 실험에 대한 결과를 분석한 후 VI장에서 결론을 맺는다.

## II. DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호기

Shapiro에 의해 제시된 EZW(Embedded Zerotree Wavelet)[8]의 우수한 성능이 wavelet 변환에 의해 얻어진 반면 Xiong은 DCT가 임베디드 트리 양자화에 결합되어지는 방법으로 우수한 성능을 갖는 새로운 영상부호화 알고리즘을 제시했다[9]. Xiong에 의해 제시된 DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호기는 입력 영상을 8×8 블록으로 나눈다. 그리고 각 블록을 DCT 도메인에서 변환한다. 여기서 각 8×8 DCT 블록은 depth-3의 트리로 표현할 수 있다. 또한 각 블록의 64 DCT 계수를 레이블링 한 후 DCT 계수들 사이의 부모-자식 관계를 결정한다. 임베디드 제로트리 양자화기는 [8]에서 웨이블릿 계수에 대해 적용한 것과 동일한 방법으로 트리 구조를 갖는 DCT계수를 양자화 한다. 알고리즘 구현시 DCT를 수행하기 위해 JPEG[10]의 변환 방법을 사용하고, DCT계수를 양자화하기 위해 [11]의 임베디드 제로트리 양자화기를 사용한다. DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호기는 Shapiro의 EZW와 JPEG보다 더 좋은 성능을 갖는다.

## III. UEP 채널 부호화 방법

### 1. SSI를 이용한 UEP 채널 부호화 방법 (UEP1)

EZ-DCT 소스 부호화 과정은 SPIHT(Set Partitioning in Hierarchical Tree) 알고리즘의 부호화 과정과 유사하다. 따라서 발생하는 비트 스트림은 크게 위치정보를 갖는 sorting pass와 값 정보를 갖는 refinement pass로 나눌 수 있다. 여기서 다시 sorting pass는 type-A, type-B, node bits, sign bits로 나누어진다. 그림1은 각 비트 스트림별 오류의 전과정도를 나타낸 것이다. type-A와 type-B, 그리고 node bits는 오류가 발생하면 연속된 비트 스트림으로 오류가 전파되는 것을 알 수 있다. 따라서 발생하는 오류에 대해 충분히 보호하지 못하면 복원 영상의 품질에 미치는 영향이 크게 된다. 그러나 sign bits와 refinement bits는 오류가 연속된 비트스트림으로 전파되지 않기 때문에 복원 영상의 품질에 미치는 영향이 상대적으로 작다.

따라서 EZ-DCT의 부호화 임계레벨과 각 비트 스트림에 대한 오류 전과정도를 기준으로

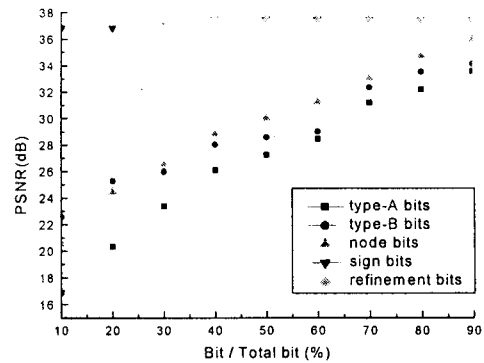


그림1. LENA 영상에 대한 EZ-DCT의 각 비트 스트림에서 오류의 위치에 따른 복원 영상의 PSNR (1bpp)

UEP 채널 부호화를 수행한다. 그림2는 UEP 채널 부호화를 수행하기 위해 EZ-DCT의 비트 스트림을 재배열한 것이다. 알고리즘의 수행 과정은 다음과 같다. 먼저 layer1은 임계 레벨이  $n$ ,  $n-1$ ,  $n-2$ 인 type-A, type-B, node로 구성되고 터보 코드의 인터리버를 고려해 프레임 단위로 전송된다. 또한 그림1의 결과로부터 오류에 민감한  $n-3$ 의 type-A를 layer1에 패딩시킨다. layer2 또한 동일한 방법을 적용하고 layer3에는 refinement bits보다 오류에 민감한 sign bits를 패딩한다. 또한 각 layer별로 IP-SCCC에 의한 가변 부호율을 적용해 채널 부호화 과정을 수행한다. 이와 같이 SSI만을 이용한 UEP 채널 부호화 방법을 본 논문에서는 UEP1으로 정의한다.

### 2. CSI와 SSI를 이용한 UEP 채널 부호화 방법 (UEP2)

그림3은 소스 부호기 비트 스트림의 중요도에

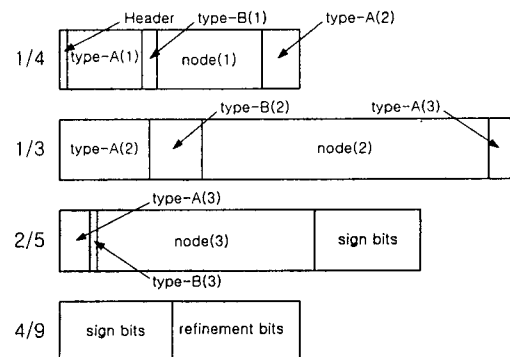


그림2. 오류의 연속 비트 스트림에 대한 전과정도와 부호화 임계레벨을 고려한 EZ-DCT 비트 스트림의 재배열

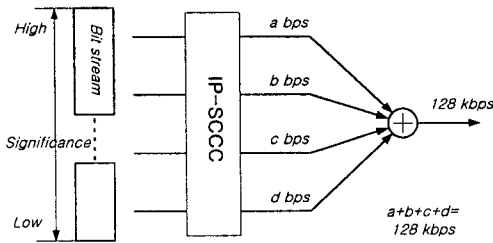


그림3. 중요도에 따른 가변 채널 부호화 방법

다른 가변 채널 부호화 방법을 나타낸 것이다. 여기서 비트 스트림은 영상의 특성(SSI)과 채널의 상태(CSI)를 고려하여 중요도에 따라 여러 layer로 할당된다. 예로서, 채널의 상태가 열악한 경우 적은 비트 스트림을 전송하는 대신 채널의 오류 정정 능력을 증가시키고 동시에 중요도에 따른 layer 별로 다른 오류 정정 능력을 부여한다. 또한 채널의 상태가 좋다면 채널의 부호율을 증가시켜 많은 비트 스트림의 전송이 가능하게 된다. 이러한 이유로 그림에서 보여지는 a, b, c, d 파라미터는 채널의 상태에 따라 가변적인 값을 가지며 각 파라미터의 합은 전체 채널 전송률을 만족한다. 이와 같이 CSI와 SSI를 이용한 UEP 채널 부호화 방법을 본 논문에서는 UEP2로 정의한다.

### IV. 시스템 구성

그림4는 소스와 결합된 채널 부호화 방법을 적용한 영상 전송 시스템을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 채널 부호기는 소스 부호기의 SSI와 채널의 CSI를 이용해서 가변 부호화를 수행한다.

제안한 부호화 방법의 성능을 평가하기 위해 Rayleigh 페이딩과 AWGN이 동시에 존재하는 채널을 모델링해서 실험을 수행한다. 여기서 채널의 전체 데이터 전송률은 128kbps이며 프레임 크기는 1024bit이고 초당 한 이미지 크기의 영상이 전송된다고 가정한다. 또한 실험 대상 영상은

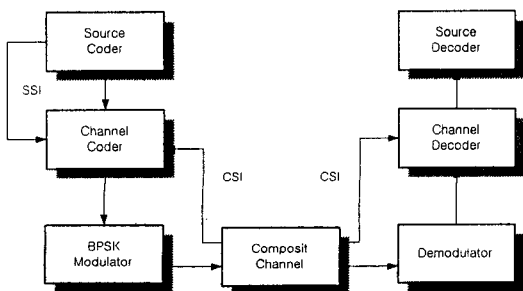


그림4. UEP 영상 전송 시스템 모델

256×256 그레이 레벨 LENA영상을 사용하였고, 소스 부호화 방법의 성능을 평가하기 위한 객관적인 화질 평가 방법인 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용한다.

실험은 산술 부호화를 하지 않은 EZ-DCT에 의해 생성된 비트 스트림을 사용하고, 터보코드에 의한 EEP 채널 부호화 방법과 IP-SCCC를 사용한 UEP 채널 부호화 방법과의 비교로 진행한다. 여기서 터보코드는 부호율이 1/3인 고정 비트율 부호화 방법을 적용한다. 또한 IP-SCCC는 동일한 구조로 구성된 부호기를 사용하며 다양한 부호율을 얻기 위해 [5]의 천공 행렬을 적용한다. 복호 방법은 터보 코드와 IP-SCCC 모두 성능이 우수한 log-MAP를 사용하고 30개의 LENA영상을 연속적으로 전송하여 얻어진 PSNR의 평균값으로 결과를 도출한다.

### V. 실험 및 결과

그림5는 AWGN 채널에서 각 부호화 방법에 대한 LENA영상의 PSNR을 나타낸 것이다. SCCC가 갖는 부호화 특성으로 인해 낮은 신호대 잡음비에서는 EEP를 사용한 터보코드에 비해 CSI를 이용한 UEP2의 경우 전체적으로 성능이 좋아짐을 알 수 있다. 그러나 SSI만을 이용한 UEP1의 경우 저조한 성능 개선을 보인다.

그림6은 Rayleigh 페이딩이 존재하는 채널에서 각 부호화 방법에 대한 LENA영상의 PSNR을 나타낸 것이다. 터보 코드에 비해 연접 오류에 대한 정정 능력이 좋은 IP-SCCC의 특성으로 인해 제안한 알고리즘이 EEP를 사용한 터보코드에 비해 PSNR이 상당히 개선됨을 알 수 있다. 또한 UEP1은 4dB의 신호대 잡음비에서 터보코드에 비해 대략 4dB정도의 비교적 저조한 성능 개선을 보이나 채널의 상태를 고려한 UEP2는 10dB정도의 우수한 성능 개선을 보인다.

### VI. 결론

IP-SCCC를 사용한 UEP 채널 부호화 방법을 두 가지 경우로 나누어 연접 오류가 존재하는 채널을 가정한 모의 실험을 통해 성능을 분석하였다.

먼저 UEP1은 임베디드 구조를 갖는 소스 부호화 방법에 의해 생성된 각각의 비트 스트림에 대해 연속된 비트 스트림으로의 오류 전파정도를 고려해 UEP 채널 부호를 수행한다. 이는 채널의 상태를 추정 후 역 채널로 CSI를 전송하는 과정이 필요치 않기 때문에 시스템의 복잡도를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나 영상 복원시 sign bit에 추가된 오류의 영향으로 복원 영상의 일부 매크로 블록에 손상을 입게 된다. 그렇지만

오류에 대한 후처리 방법으로 오류 은닉 기법 (error concealment)을 적용하면 좀더 고품질의 영상을 얻을 수 있다.

UEP2는 SSI뿐만 아니라 CSI도 동시에 고려해 UEP 채널 부호를 수행한다. 따라서 전체 시스템의 복잡도는 증가하지만 채널의 상태에 따라 효율적인 부호를 변환이 가능하기 때문에 좀더 고품질의 복원 영상을 얻을 수 있다.

실험 결과 제안한 두 가지 UEP 채널 부호화 방법은 EEP 채널 부호화 방법에 비해 AWGN 채널과 Rayleigh 페이딩 채널에서 우수한 성능을 보인다. 또한 Rayleigh 페이딩 채널과 같이 연접 오류가 존재하는 채널 환경에서 UEP 채널 부호화 방법을 사용한 알고리즘이 EEP 채널 부호화 방법을 사용한 터보코드에 비해 연접 오류에 강한 특성을 보인다.

### 참고문헌

[1] H. Xiao, V. Ponnampalam, B. Vucetic, "A Joint Source-Channel Coding Algorithm for Wireless Low-Bit-Rate Speech Communications," *Proceedings of the 49th Vehicular Technology Conference*, vol. 2, pp. 1496~1500, May 1999.

[2] Cai JF, Chen CW, "Robust joint source-channel coding for image transmission over wireless channels," *IEEE Trans. on Circuits & Systems for Video Technology*, vol. 10, no. 6, pp. 962~966, Sep. 2000.

[3] J. Hagenauer, "Rate compatible punctured convolutional codes(RCPC codes) and their applications," *IEEE Trans. on Comm.*, vol. 36, pp. 389~400, Apr. 1988.

[4] C. Berrou, A. Galviex, and P. Thitimajshima, "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding : Turbo-codes," in *Proc. ICC'93, Geneva, Switzerland*, pp. 1064~1070, May 1993.

[5] C. K. Cheong and Y. M. Lee, "A variable rate channel coding with interleaved puncturing serially concatenated convolutional code," *CIC2000*, vol. 2, pp. 118~122, 2000. 11.

[6] 이범용, 윤원식, "무선 ATM 시스템에서 RCPSCCC (Rate Compatible Punctured Serial Concatenated Convolutional Codes)를 이용한 적응 하이브리드 ARQ 기법," *한국통신학회논문지*, Vol. 25, No. 3A, 406~411, 2000. 3.

[7] D. N. Rowitch and L. B. Milstein, "Rate compatible punctured turbo(RCPT) codes in a hybrid FEC/ARQ system," in *Proc. IEEE GLOBECOM, Communication Theory Mini-Conference, (Phoenix*

*AZ)*, pp. 55~59, Nov. 1997.

[8] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. on Signal Processing*, Vol. 41, No. 12, pp. 3445~3463, Dec. 1993.

[9] Z. Xiong, Onur G. Guleryuz, and Michael T. Orxhard, "A DCT-Based Embedded Image Coder," *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 3, No. 11, pp. 289~290, Nov. 1996.

[10] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, *JPEG Still Image Data Compression Standard*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

[11] Amir Said and William A. Pearlman, "A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees", *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 243~250, June 1996.

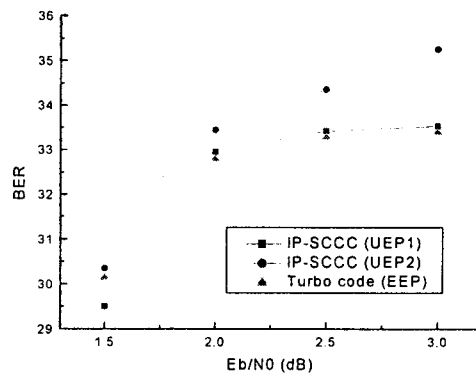


그림5. AWGN 채널에서 LENA 영상의 평균 PSNR

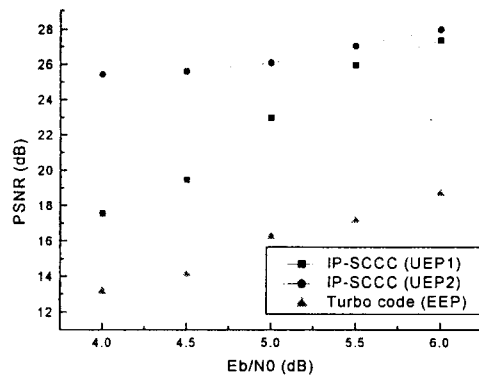


그림6. Rayleigh 페이딩 채널에서 LENA 영상의 평균 PSNR