

# IP-SCCC와 EZ-DCT를 이용한 영상전송의 UEP 채널 부호화 방법

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

## Unequal Error Protection using IP-SCCC and DCT-based Embedded Coder for Image Transmission

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

### Abstract

The fact that the channel coding method with property of the source coder is better than using the channel characteristics is well known.

In this paper We propose the UEP channel coding scheme using IP-SCCC and DCT-based embedded coder for image transmission. Moreover, to evaluate the effectiveness of the proposed scheme some simulation results are presented, in which the channel models of additive white Gaussian noise and Rayleigh fading are assumed.

### I. 서론

제한된 대역폭의 무선채널로 고품질의 영상정보를 송수신 하기 위해서는 소스코딩과 채널 코딩을 효과적으로 결합한 JSCC (joint source channel coding) 가 필요하며 이를 위한 방법중의 하나로 UEP 부호화 방법이 있다. 이는 전체 비트열이 시스템 전체의 성능을 최적화하기 위한 방향으로 소스 코더와 채널 코더에 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 다르므로 채널 코딩을 이용할 시 소스의 중요도에 따라 부호율을 다르게 하여 중요 비

트를 보호하는 것이 가능하다. UEP를 위한 방법으로 RCPC (rate compatible punctured convolutional codes) 코드[1]는 구조가 간단하면서 부호율 변환에 의한 가변 부호화가 가능하기 때문에 일반적으로 잘 알려져 왔다. 또한 성능이 우수한 터보 코드[2]에 RCPC 코드를 연결한 부호화 방법으로 효율적인 정보 전송을 이루기 위한 연구가 현재 활발히 진행중이다[3]. 이러한 방법중의 하나로 제시된 IP-SCCC는 인터리버를 천공하는 방법에 의해 부호율 변환이 가능하며, 동시에 부호율 변환이 가능한 RCPT 코드와 비교해 볼 때 인터리버의 길이가 길고 낮은 BER에서 우수한 성능을 보인다. 또한 SCPC[4]에 의해 생성된 부호어를 천공하는 방법으로 부호율 변환이 가능한 RCP-SCCC (rate compatible punctured serially concatenated convolutional codes)에 비해 복호속도가 빠르고 부호화 이득이 큰 장점을 갖는다[5].

본 논문에서는 실행속도가 매우 빠르고 임베디드 비트 스트림 생성이 가능한 DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호기로 영상을 부호화 한 후 IP-SCCC에 의한 UEP 채널 부호화 방법으로 무선 채널 환경에서 실시간 정지 영상 전송이 가능한 새로운 방법을 제시한다. 또한 제안 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 레일리 페이딩과 부가 백색 가우시안 잡음현상이 존재하는 채널을 모델링해서 모의 실험을 수행하고 다른 부호화 방법을 사용한 정보 전송 방법과의 비교를 통해 본 논문의 우수성을 검증한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서 소스와 결합된 채널 부호화 모델을 설명하고 III장에서 시스템의 구성을 살펴본다. 이어서 IV장에서는 실험에

대한 결과를 분석한 후 V장에서 결론을 맺는다.

## II. 소스와 결합된 채널 부호화 모델

### II.1 DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호기

EZW(embedded zerotree wavelet)[6]가 Shapiro에 의해 소개되면서부터 영상 부호화에 대한 연구는 DCT 기반에서 wavelet transform으로 변화해 가고 있다. Shapiro에 의해 제시된 EZW의 우수한 성능이 wavelet 변환에 의해 얻어진 반면 Xiong은 DCT가 임베디드 트리 양자화에 결합되어지는 방법으로 우수한 성능의 새로운 영상부호화 알고리즘을 제시했다.

Xiong에 의해 제시된 DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호기[7]는 입력 영상을 8×8 블록으로 나눈다. 그리고 각 블록을 DCT 도메인에서 변환한다. 여기서 각 8×8 DCT 블록을 그림 1과 같이 depth-3의 트리로 표현할 수 있다. 또한 각 블록의 64 DCT 계수를 레이블링 한 후 DCT 계수들 사이의 부모-자식 관계를 결정한다. DCT 분해에서 부모-자식 관계는 wavelet 분해에서 Shapiro가 사용한 방법을 확장해서 적용한다.

DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호기는 Shapiro의 EZW와 JPEG (Joint Photographers Expert Group)보다 더 좋은 성능을 갖는다.

### II.2 IP-SCCC 채널 부호기

이동 무선 통신과 같이 채널의 대역이 제한되어 있는 시스템에서 효율적인 정보 전송을 위해 많은 연구가 진행중이다. 특히 Hagenauer에 의해 소개된 RCPC 코드는 간단한 구조로 가변 채널 부호화가 가능하기 때문에 매우 일반적인 UEP 부호화 방법이다. 최근에는 RCPC 코드와 반복 복호에 의해 우수한 성능을 갖는 터보코드의 연결 부호화 방법이 연구되고 있다. 이러한 방법들 중의 하나로 IP-SCCC는 인터리버를 천공

0	1	4	5	16	17	20	21
2	3	6	7	18	19	22	23
8	9	12	13	24	25	28	29
10	11	14	15	26	27	30	31
32	33	36	37	48	49	52	53
34	35	38	39	50	51	54	55
40	41	44	45	56	57	60	61
42	43	46	47	58	59	62	63

그림 1. Depth-3의 트리 구조를 갖는 8×8 DCT 블록

하는 방법으로 부호율 변환을 수행한다.

IP-SCCC의 부호율 변환 과정은 다음과 같다. 먼저 k비트의 정보비트는 부호율이  $R_c^o=k/p$ 로 주어진 외부 부호기로 부호화 되어 p 비트의 부호어 정보를 출력한다. 이때 인터리버가  $p_r$ 의 천공율을 갖는다고 가정하면, 외부 부호기를 지친 부호어는 천공과 동시에 인터리빙된 후 부호율이  $R_c^i=p/n$ 인 내부 부호기에 의해 n 비트의 부호어로 부호화 되어 전체 부호기의 부호율은  $R_c=(R_c^o \times R_c^i)/p_r$ 이 된다. 따라서 인터리버 천공 비율  $p_r$ 값을 변화시킴으로써 다양한 채널 부호율을 얻을 수 있다[6].

IP-SCCC는 SCCC의 외부 부호기에 의해 생성된 패리티 비트만을 천공하기 때문에 내부 부호기에 의해 생성된 패리티 비트의 보호가 가능하다. 이런 이유로 통신 시스템의 수신단에서 정보 비트에 대한 비교적 정확한 추정이 가능하게 된다. 따라서 SCCC가 갖는 구조적인 특징으로 인해 터보코드와 마찬가지로 반복 복호가 가능하며 우수한 성능을 갖는다.

### II.3 UEP 채널 부호화를 위한 소스와 결합된 채널 부호기

그림 2는 영상 전송 시스템에 대한 모델을 나타낸 것이다. 그림과 같은 무선 채널환경은 다경로 페이딩이나 레일리 페이딩 등에 의해 시변적인 특성을 갖는다. 또한 영상 부호화 비트율이 본질적으로 가변적인 속성을 지니므로, 이러한 소스 부호화 과정의 특성과 채널의 상태를 이용한 UEP 채널 부호화는 효율적인 정보전송을 위해 필수적이다. EZ-DCT 소스 부호화 과정은 Spiht 알고리즘의 부호화 과정과 같다. 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. 그림 3은 각 비트 스트림별 오류의 전파정도를 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

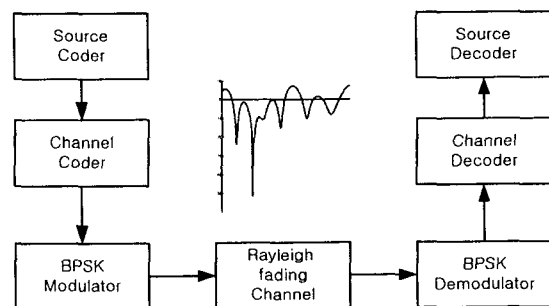


그림 2. 영상 전송 시스템 모델

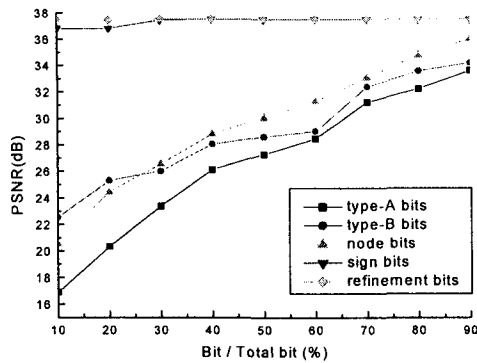


그림 3. EZ-DCT의 각 비트 스트림에서 오류의 위치에 따른 복원 영상의 PSNR (1bpp)

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.

본 논문에서는 EZ-DCT의 부호화 임계레벨과 각 비트 스트림에 대한 오류 전과정도를 기준으로 UEP 채널 부호화를 수행한다. 그림 4는 UEP 채널 부호화를 수행하기 위해 EZ-DCT의 비트 스트림을 재배열한 것이다. 알고리즘의 수행 과정은 다음과 같다. 먼저 layer1은 임계 레벨이 n, n-1, n-2인 type-A, type-B, node로 구성되고 터보 코드의 인터리버를 고려해 프레임 단위로 전송된다. 또한 그림 3의 결과로부터 오류에 민감한 n-3의 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.

### III. 시스템 구성

제한한 부호화 방법의 성능을 평가하기 위해 레일리 페이딩과 부가 백색 가우시안 잡음이 동시에 존재하는 채널을 모델링해서 실험을 수행한다. 여기서 채널의 전체 데이터 전송률은 128kbps이며 프레임 크기는 1024bit이고 초당 한이미지 크기의 영상이 전송된다고 가정한다. 레일리 페이딩은 Clak's 모델[8]을 사용하여 구현한다. 이는 이동체에서 수신된 신호에 대한 전자의 통계적 특성을 추정된 모델이다. 실험에서는 2GHz대역에서 120km/h의 속도로 이동체가 움직인다는 가정하에 최대 도플러 천이 주파수가 222Hz인 모델로 페이딩을 구현한다.

실험 대상 영상은 256×256 그레이 레벨 LENA영상을 사용하였고, 소스 부호화 방법의 성능을 평가하기

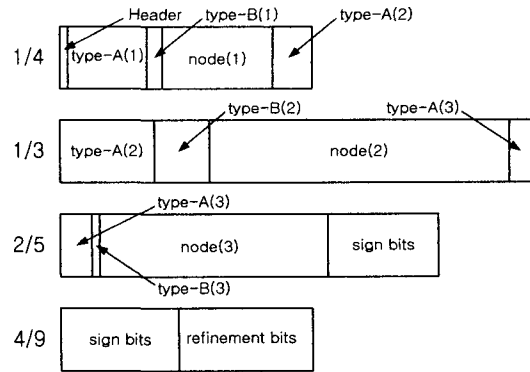


그림 4. 오류의 연속 비트 스트림에 대한 전과정도와 부호화 임계레벨을 고려한 EZ-DCT 비트 스트림의 재배열

위한 객관적인 화질 평가 방법인 PSNR(Peak signal to noise ratio)을 사용한다.

실험은 산술 부호화를 하지 않은 DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호기에 의해 생성된 비트 스트림을 사용한다. 이어서 생성된 비트 스트림에 대해 터보 코드에 의한 EEP(equal error protection) 채널 부호화 방법과 IP-SCCC를 사용한 UEP모델과의 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]에서 사용한 천공 행렬을 적용한다. 복호 방법은 터보 코드와 IP-SCCC 모두 성능이 우수한 log-MAP를 사용하고 30개의 LENA영상을 연속적으로 전송하여 얻어진 PSNR의 평균값으로 결과를 도출한다.

### IV. 실험 결과

그림 5는 부가 백색 가우시안 잡음 채널에서 각 부호화 방법에 대한 LENA영상의 PSNR을 나타낸 것이다. SCCC가 갖는 부호화 특성으로 인해 낮은 신호대 잡음비에서는 EEP를 사용한 터보코드에 비해 다소 성능이 뒤지지만 신호대 잡음비가 높아질수록 성능이 좋아짐을 알 수 있다. 또한 EEP를 사용한 IP-SCCC에 비해 성능이 상당히 개선됨을 확인 할 수 있다.

그림 6은 레일리 페이딩이 존재하는 채널에서 각 부호화 방법에 대한 LENA영상의 PSNR을 나타낸 것이다. 터보 코드에 비해 연립 오류에 대한 정정 능력이 좋은 IP-SCCC의 특성으로 인해 제안한 알고리즘이 EEP를 사용한 터보코드에 비해 PSNR이 상당히 개선됨을 알 수 있다.

그림 7은 각 부호화 방법에 대한 복호 영상의 비교 결과를 나타낸 것이다. 그림과 같이 레일리 페이딩 채널 환경에서의 주관적인 화질을 비교하면 IP-SCCC에

의한 UEP 채널 부호화 방법이 터보코드에 의한 EEP 부호화 방법에 비해 우수함을 알 수 있다.

### V. 결론

대역이 제한된 무선 채널 환경에서 DCT 기반의 임베디드 트리 영상 부호화 방법과 결합된 IP-SCCC의 UEP 채널 부호화 방법의 성능을 터보코드에 의한 EEP 부호화 방법과의 비교를 통해 결과를 분석하였다.

실험 결과 제안한 UEP 채널 부호화 방법은 EEP 채널 부호화 방법에 비해 부가 백색 가우시안 잡음 채널과 레일리 페이딩 채널에서 우수한 성능을 보인다. 또한 레일리 페이딩 채널과 같이 연결 오류가 존재하는 채널 환경에서 UEP 부호화 방법을 사용한 알고리즘이 EEP 부호화 방법을 사용한 터보코드에 비해 연결 오류에 강인한 특성을 보인다.

### 참고문헌

- [1] J. Hagenauer, "Rate compatible punctured convolutional codes(RCPC codes) and their applications." IEEE Trans. on Comm., vol. 36, pp. 389~400, April 1988.
- [2] C. Berrou, A. Galviex, and P. Thitimajshima, "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding : Turbo-codes", Proc. ICC'93, Geneva, Switzerland, pp. 1064~1070, May 1993.
- [3] Ömer F. Açikel and William E. Ryan, "Punctured Turbo codes for BPSK/QPSK Channels", IEEE Trans. on Comm., vol. 47, no. 9, pp.1315~1323, September 1999.
- [4] S. Benedetto, D. Divsalar, G. Montorsi, F. Pollara, Serial Concatenation of Interleaved Codes: Performance Analysis, Design, and Iterative Decoding, IEEE Trans. on Information Theory, vol. 44, No. 3, pp. 909~926, May 1998.
- [5] 이연문, 조정식, 정차근, "IP-SCCC에 의한 가변 부호율의 채널 부호화", 대한 전자공학회 하계종합학술발표회논문집, vol.23, no.1, pp. 17~20, 2000. 6.
- [6] Zixiang 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.
- [7] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients", IEEE Trans. Signal Processing, Vol. 41, No. 12, pp. 3445~3463, Dec., 1993.
- [8] Theodore S. Rappaport, Wireless Communication: Principles & Practice, Prentice Hall, 1996.

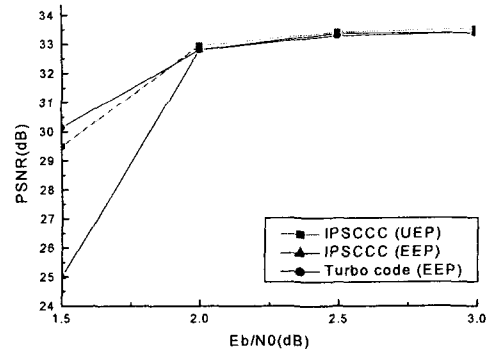


그림 5. 부가 가우시안 잡음 채널에서 LENA 영상의 평균 PSNR

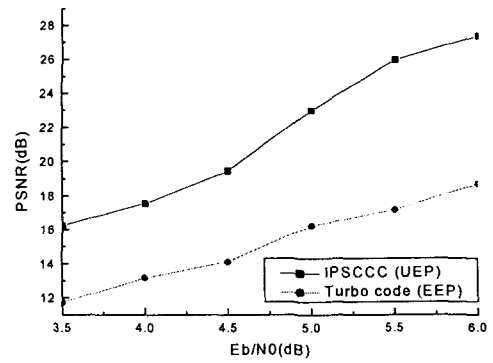


그림 6. 레일리 페이딩 채널에서 LENA 영상의 평균 PSNR



그림 7. 각 부호화 방법에 대한 복원 영상 (상좌 : Turbo code/AWGN 채널/2.5dB, 상우 : IPSCC C/AWGN 채널/2.5dB, 하좌 : Turbo code/페이딩 채널/5.5dB, 하우 : IPSCCC/페이딩 채널/5.5dB)