

무선 채널 환경에서 IP-SCCC에 의한 정지 영상의 전송

이연문, 조경식, 정차근
호서대학교 제어계측공학과

An Image Transmission with Interleaved Puncturing Serially Concatenated Convolutional Codes for Wireless Communication

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

요약

채널만을 고려한 부호화 방법보다 소스의 특성을 이용해 채널 부호화를 수행하는 것이 더 효율적이라는 사실은 일반적으로 잘 알려져 있다. 따라서 소스의 특성을 이용한 채널 부호화 방법은 중요한 연구과제이며 이에 대한 많은 연구가 진행되었다. 이러한 연구 결과로써 IP-SCCC (Interleaved puncturing serially concatenated convolutional codes)는 터보코드와 마찬가지로 반복복호가 가능하고 가변 부호율의 채널부호화를 수행할 수 있는 특징을 갖는다.

본 논문에서는 영상에 대한 웨이블릿 변환의 다른 스케일간의 자기 유사성을 이용한 SPIHT(set partitioning in hierarchical tree) 알고리즘으로 부호화된 정지영상에 대해 IP-SCCC를 사용한 UEP(unequal error protection) 채널 부호화 방법을 제시한다. 또한 레일리 페이딩과 부가 백색 가우시안 잡음이 동시에 존재하는 채널을 모델링해서 실험을 수행하고 제안 방법의 성능을 검증한다.

1. 서론

채널의 대역이 제한되어 있는 무선 이동 통신에서 정보의 효율적인 전송을 위해 여러 분야에 걸쳐 연구가 진행되고 있다. 그러나 전송 방법에

대한 연구는 소스의 특성을 고려하지 않고 채널의 특성만을 고려한 채널 부호화 방법이 대부분이었다.

소스의 특성을 고려한 채널 부호화 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 RCP-Turbo 코드와 비교해 볼 때 인터리버의 길이가 길고 낮은 BER에서 우수한 성능을 보인다. 또한 SC[4]에 의해 생성된 부호어를 천공하는 방법으로 부호율 변환이 가능한 RCP-SCCC에 비해 복호속도가 빠르고 부호화 이득이 큰 장점을 갖는다[5].

본 논문에서는 실행속도가 매우 빠르고 임베디드 비트 스트림 생성이 가능한 SPIHT[6]로 영상을 부호화 한 후 IP-SCCC에 의한 UEP 채널 부호화로 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

무선 채널환경은 다경로 페이딩이나 레일리 페이딩 등에 의해 시변적인 특성을 갖는다. 따라서 채널환경에 따른 소스의 특성을 이용한 UEP 채널 부호화를 수행하기 위해서는 채널 상태에 대한 정보(Channel State Information CSI)가 필요하다. 따라서 수신단에서 채널의 상태를 추정 한 후 이에 대한 정보를 송신단에 전송한다. 송신단에서는 CSI를 이용해서 소스와 채널에 대한 부호율의 Trade-off로 효율적인 정보 전송이 가능하게 된다. 그림 1은 소스와 결합된 채널 부호화 방법을 적용한 영상 전송 시스템을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것처럼 채널 부호기는 소스 부호기의 SSI(Source Significance Information)와 채널에서의 CSI를 이용해서 가변 부호화를 수행한다.

소스 부호화는 SPIHT방법을 사용한다. 이는 크기에 따른 부분 정렬, 옥타브하게 감소하는 임계치에 대해 크기의 유의여부에 의한 집합 분할, 정렬된 비트 플레인 전송 및 영상의 웨이블릿 변환에서 다른 스케일간 자기 유사성을 이용한 방법이다. 또한 정합된 부호화 및 복호화 알고리즘에서 이전에 제시되었던 EZW (embedded zerotree wavelet)부호화 방법보다 더 효율적이다. 이것은 전송의 우선순위를 바꿈으로써 하나의 임

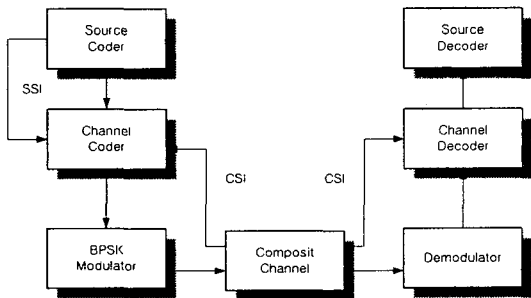


그림 1. 영상 전송 시스템 모델

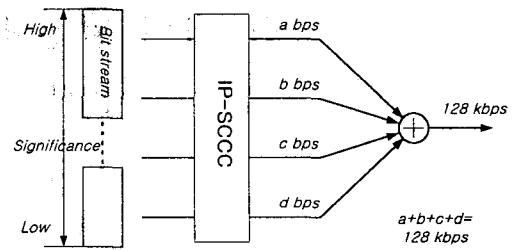


그림 2. 중요도에 따른 가변 채널 부호화 방법

베디드 파일에 대한 모든 부호율에서 최적의 성능을 얻어내는 것이 가능하다. 따라서 어떠한 압축 파일의 크기에서도 중단되도록 할 수 있고 거의 무손실에 가까운 영상을 표현하는 수준까지 압축이 가능하다.

채널 부호화 방법은 IP-SCCC를 사용한다. 이는 인터리버를 천공하는 방법으로 부호율 변환을 수행한다. 이것의 기본적인 구조는 SCCC와 같다. 따라서 터보코드와 마찬가지로 반복 복호가 가능한 특징을 가지며 성능 또한 우수하다.

SPIHT와 같은 임베디드 구조의 소스 부호화는 점진적인 영상 부호화가 가능하고 오류가 발생하는 위치에 따라 영상의 품질에 미치는 영향이 다르므로 소스 부호기에 의해 발생된 비트 스트림의 중요도에 따라 다른 오류 보충능력을 갖는 것이 효율적이다. 그림 2는 소스 부호기 비트 스트림의 중요도에 따른 가변 채널 부호화 방법을 나타낸 것이다. 여기서 비트 스트림은 영상의 특성과 채널의 상태를 고려하여 중요도에 따라 여러 layer로 할당된다. 예로서, 채널의 상태가 열악한 경우 적은 비트스트림을 전송하는 대신 채널의 오류 정정 능력을 증가시키고 동시에 중요도에 따른 layer별로 다른 오류 정정 능력을 부여한다. 또한 채널의 상태가 좋다면 채널의 부호율을 증가시켜 많은 비트스트림의 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.

III. 시스템 구성

제안한 부호화 방법의 성능을 평가하기 위해 레일리 페이딩과 부가 백색 가우시안 잡음이 동시에 존재하는 채널을 모델링해서 실험을 수행한

다. 여기서 채널의 전체 데이터 전송률은 128kbps이며 프레임 크기는 1024bit이고 초당 한 이미지 크기의 영상이 전송된다고 가정한다. 또한 실험에서 사용한 구성 부호기는 표1의 생성 다항식을 갖고 BPSK로 변조를 한다. 레일리 페이딩은 Clak's 모델[7]을 사용하여 구현한다. 이는 이동체에서 수신된 신호에 대한 전자자의 통계적 특성을 추정한 모델이다. 실험에서는 2GHz 대역에서 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 위한 객관적인 화질 평가 방법인 PSNR(Peak signal to noise ratio)을 사용한다.

실험은 산술 부호화를 하지 않은 SPIHT방법에 의해 생성된 비트 스트림을 사용한다. 이어서 생성된 비트 스트림에 대해 터보코드에 의한

EEP(equal error protection) 채널 부호화 방법과 IP-SCCC를 사용한 UEP모델과의 비교로 진행한다. 여기서 터보코드는 표 1의 생성 다항식을 사용하고 전체 부호율이 1/3인 고정 비트율 부호화 방법을 적용한다. 또한 IP-SCCC는 동일한 구조로 구성된 부호기를 사용하며 다양한 부호율을 얻기 위해 표 2의 천공 행렬을 사용한다. 복호 방법은 터보 코드와 IP-SCCC 모두 성능이 우수한 log-MAP를 사용하고 30개의 LENA영상을 연속적으로 전송하여 얻어진 PSNR의 평균값으로 결과를 도출한다.

일반적으로 소스에 대한 모델링은 간단한 랜덤 프로세서로 모델링하기 때문에 이론적으로 도출된 최적의 소스 채널 부호화는 실제 영상에 잘 적용되지 못하고 있다. 특히 영상신호의 모델은 복잡하고 시간적으로 모델 파라미터 값이 변하기 때문에 이론적인 최적의 소스 채널 부호화 방법은 적용이 불가능하므로 본 논문에서는 실험에 의해 얻어진 파라미터를 사용한 소스 채널 결합 부호화 방법을 적용한다.

표1. 컨벌루션 코드 생성 다항식

부호율	부호화 방식	생성다항식 G(D)
1 / 2	R S C	$\left[1, \frac{1+D^2}{1+D+D^2} \right]$

표 2. 부호율에 따른 천공 행렬

부호율	천공 행렬
R = 4/15	$P_1 = \begin{bmatrix} 11111111 \\ 11101111 \end{bmatrix}$
R = 4/14 = 2/7	$P_2 = \begin{bmatrix} 11111111 \\ 11101110 \end{bmatrix}$
R = 4/13	$P_3 = \begin{bmatrix} 11111111 \\ 11011010 \end{bmatrix}$
R = 4/12 = 1/3	$P_4 = \begin{bmatrix} 11111111 \\ 10101010 \end{bmatrix}$
R = 4/11	$P_5 = \begin{bmatrix} 11111111 \\ 10100100 \end{bmatrix}$
R = 4/10 = 2/5	$P_6 = \begin{bmatrix} 11111111 \\ 10001000 \end{bmatrix}$
R = 4/9	$P_7 = \begin{bmatrix} 11111111 \\ 10000000 \end{bmatrix}$

IV. 실험 결과

그림 3은 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 성능의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않지만 신호대 잡음비가 높아질수록 성능이 좋아짐을 알 수 있다.

그림 4는 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 10dB이상 좋아짐을 알 수 있다.

그림 5는 각 부호화 방법에 대한 복호 영상의 비교 결과를 나타낸 것이다. 그림과 같이 레일리 페이딩 채널에서 본 알고리즘이 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다.

V. 결론

대역이 제한된 무선 채널 환경에서 SPIHT부호화 방법과 결합된 IP-SCCC의 UEP채널 부호

화 방법의 성능을 다른 부호화 방법과의 비교를 통해 분석하였다.

실험결과 제안한 UEP 채널 부호화 방법은 터보코드에 의한 EEP채널 부호화 방법에 비해 부가 백색 가우시안 잡음 채널과 레일리 페이딩 채널에서 우수한 성능을 보인다. 또한 레일리 페이딩과 같이 연접오류가 존재하는 채널에서 보다 더 우수한 성능을 나타낸다.

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. Berro, 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.
- [2] 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, 조경식, 정차근, "IP-SCCC에 의한 채널 부호화 방법의 성능 분석", 한국통신학회 하계종합학술발표회논문집, vol.21, no.1, pp. 657~660, 2000. 7.
- [6] Amir Said and William A. Pearlman, "A New, Fast, and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 6, no. 3, pp. 243~250, June, 1996.
- [7] Theodore S. Rappaport, Wireless Communication: Principles & Practice, Prentice Hall, 1996.

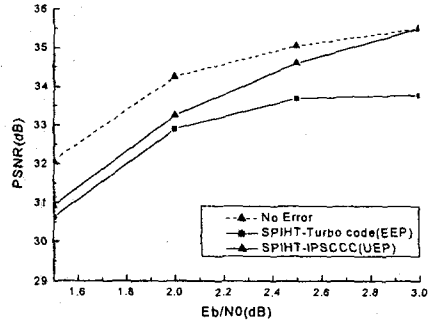


그림 3. 부가 가우시안 잡음 채널에서 LENA 영상의 평균 PSNR

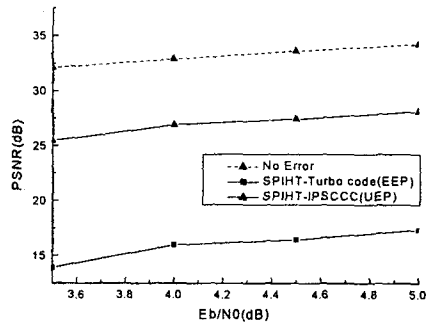


그림 4. 레일리 페이딩 채널에서 LENA 영상의 평균 PSNR

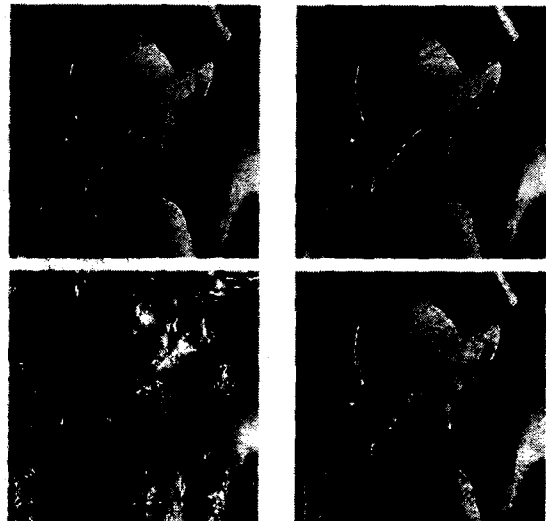


그림 5. 각 부호화 방법에 대한 복원 영상 (상좌 : SPIHT-Turbo code/AWGN채널/2.5dB, 상우 : SPIHT-IPSCCC/AWGN채널/2.5dB, 하좌 : SPIHT-Turbo code/페이딩채널/3.0dB, 하우:SPIHT-IPSCCC/페이딩채널/3.0dB)