

무선채널환경에서 웨이블릿 기반 정지영상 전송에 관한 연구

나 원, 백 중환
한국항공대학교

전화 : 02-3158-5065 / 핸드폰 : 016-543-9973

A Study on the Wavelet based Still Image Transmission over the Wireless Channel

Won Nah, Joong-Hwan Baek

Dept. of Telecommunication & Information Eng., Hankuk Aviation University

E-mail : nahwon@mail.hangkong.ac.kr

Abstract

This paper has been studied a wavelet based still image transmission over the wireless channel. EZW(Embedded Zerotree Wavelet) is an efficient and scalable wavelet based image coding technique, which provides progressive transfer of signal resulted in multi-resolution representation. It reduces therefore the reduce cost of storage media. Although EZW has many advantages, it is very sensitive on error. Because coding are performed in subband by subband, and it uses arithmetic coding which is a kind of variable length coding. Therefore only 1~2bit error may degrade quality of the entire image. So study of error localization and recovery are required. This paper investigates the use of reversible variable length codes(RVLC) and data partitioning. RVLC are known to have a superior error recovery property due to their two-way decoding capability and data partitioning is essential to applying RVLC. In this work, we show that appropriate data partitioning length for each SNR(Signal-to-Noise Power Ratio) and error localization in wireless channel.

I. 서론

현재의 무선통신 시스템은 그 동안의 비약적인 발전으로 고속의 데이터 전송률을 실현하였다. 이에 발맞추어 사용자들의 멀티미디어 서비스에 대한 요구도 점차 증대되고 있다. 무선채널상의 영상데이터 전송에서 부가되는 잡음은 음성데이터와 달리 1~2비트의 에러만으로도 심한 화질 열화를 야기한다. 또한 영상데이터는 압축방식에 따라 상대적으로 에러에 민감한 특성을 지닌다. 본 논문은 최근 많이 연구되고 있는 EZW(Embedded Zerotree Wavelet)[1]로 압축된 영상을 무선채널환경에서 전송할 때 발생하는 에러에 견고하도록 하는 방식을 제안한다. EZW는 웨이블릿 기반의 정지영상 압축 기법으로 우수한 코딩효율과 다중해상도를 제공한다. EZW는 다중해상도를 가짐으로서 여러 해상도의 데이터를 따로 보관해야할 필요가 없어 저장공간을 줄일 수 있으나 에러에 상당히 민감한 구조를 가지고 있다. 제안한 기법은 RVLC(Reversible Variable Length Codes)를 EZW에 적용하여 에러를 국소화 하여 에러에 견고한 구조를 만든다.

2장에서는 BPSK 전송 시스템의 전반적인 내용을 다루고, 3장과 4장에서는 EZW와 RVLC에 관한 내용과 제안한 방식을 설명한다. 5장은 제안한 방식을 적용한 실험결과를 보이고 마지막으로 6장에서 결론을 내린다.

II. BPSK 전송 시스템

BPSK 변조방식은 구조가 간단하고 부호오율이나 대역폭 양면에서 우수하고 PCS나 위성통신에 사용된다. BPSK에서 디지털 신호의 한 예로 식 (1)과 같이 표현된다. 식 (1)에서 $s(t)$ 는 에너지 E 를 갖는 임의의 신호이다.

$$s_0(t) = s(t), s_1(t) = -s(t) \quad (1)$$

변조된 신호는 AWGN 채널을 거치게 되어 잡음에 노출된다. 잡음에 노출되어 수신된 신호는 식 (2)와 같다.

$$r(t) = \pm s(t) + n(t), 0 \leq t \leq T_b \quad (2)$$

$n(t)$ 는 가우스 분포($E(n)=0, \sigma^2=N_0E/2$)를 따르는 잡음이다. 이렇게 수신된 신호 $r(t)$ 는 그림 1과 같이 정합필터나 상관기와 같은 최적 수신기를 사용하여 신호를 판정한다.

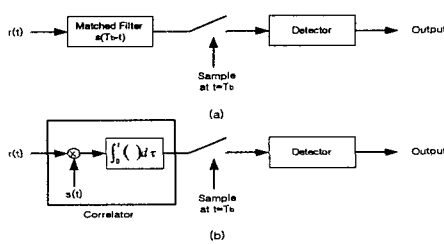


그림 1. 최적 수신기(a)정합필터 복조 (b)상관기 복조

AWGN 채널에서 BPSK의 에러 확률은 상관기 복조에 의해 유도된 식 (3)과 같다.

$$P_e = Q\left(\sqrt{\frac{2E}{N_0}}\right) \quad (3)$$

III. EZW와 RVLC

3.1 EZW

EZW는 부호기가 Target Rate나 Target Distortion을 만족하는 임의의 점에서 부호화를 중단할 수 있고, 복호기는 임의의 점에서 중단된 비트열을 가지고 원 영상을 복원할 수 있다. EZW 압축방식은 그림 2와 같은 순서로 이루어진다.

(1) Discrete Wavelet Transform

웨이블릿 변환은 주파수 영역과 공간 영역 모두에서의 분할이 가능하고 정보를 유지한다. 그러므로 주파수 대역별 부호화를 적용할 수 있고, 영상의 점진적 전송에 적합한 변환 방식이다. 본 논문에서는 Antonini의 9/7 필터를 사용하여 웨이블릿 변환을 수행하였다.

(2) Zerotree Coding

Zerotree Coding은 저해상도 부대역내의 어떤 계수가 주어진 경계값보다 작아서 중요하지 않다고 판명되면 같은 위치를 갖는 고해상도 대역의 계수도 중요하지 않다는 가정을 기반으로 하고 있다. 이러한 관계를 이용하여 각 대역에서 서로 같은 위치관계를 갖는 계수들을 조상-후손, 부모-자식 관계를 갖는 트리로 구성할 수 있다. 이렇게 구성된 트리는 저주파대역에서 고주파대역으로 스캔되면서 Positive(POS), Negative(NEG), Zerotree Root(ZTR), Isolated Zero(IZ)와 같은 4개의 값으로 중요도 맵을 구한다.

(3) SAQ(Successive Approximation Quantization)

SAQ는 Dominant List(초기 스캔시 아직 중요하다고 발견되지 않은 계수의 좌표를 저장)와 Subordinate List(각 경계값에 대해 중요하다고 발견된 계수값의 크기를 저장)를 가지며 Dominant Pass와 Subordinate Pass의 두 단계로 구성된다.

(4) Arithmetic Coding

EZW는 이와 같이 Zerotree Coding과 SAQ를 거친 후 나온 값들을 Arithmetic Coding[2]으로 엔트로피코딩하여 결과 비트열을 만들어 낸다.

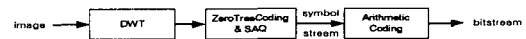


그림 2. EZW

3.2 RVLC

RVLC는 순방향뿐 아니라 역방향으로 복호가 가능하여 에러의 복구에 뛰어난 코딩 방식이다. 본 논문에서는 두 가지 종류의 RVLC를 참고로 하였는데 Golomb-Rice와 Exp-Golomb[3][4] 코드이다. 이 코드들은 Prefix와 Suffix로 구성되고, 2^k 으로 나눈 몫과 나머지를 이용하여 코드를 만든다. 그러므로 나머지의 길이는 k 비트로 고정되어 표현되고 값의 범위는 $0 \sim 2^{k-1}$ 이다. RVLC를 적용 시 먼저 순방향으로 디코딩을 시작하여 에러가 발생하면 분할된 비트열의 끝에서 역방향으로 디코딩을 시작하여 에러를 국소화한다. 그러므로 RVLC를 적용시 중요하게 고려해야 할 사항으로

무선채널환경에서 웨이블릿 기반 정지영상 전송에 관한 연구

는 비트열의 분할 길이를 적절히 조절하는 것이다.

IV. 제안한 방법

본 논문에서는 EZW에 RVLC를 적용하여 에러의 국소화를 꾀하고, 무선채널에서 에러율에 따른 적절한 비트열의 분할 길이를 보였다. 또한 EZW 심볼의 오류를 수정하여 오류를 최소화한다. 제안한 방식은 그림 3과 같다.

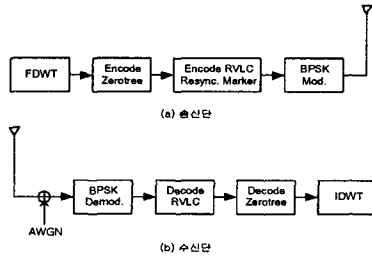


그림 3. 제안한 방식의 전체 구성도

무선채널을 통과하면서 일단 발생한 에러는 크게 복호가 불가능한 에러, 에러가 발생하였지만 에러에 의해 다른 값으로 복호되는 에러로 나누어질 수 있다. 먼저 에러의 복호가 불가능한 에러는 복호과정에서 확실히 에러의 발생을 알 수 있으므로 역방향으로 복호를 시작하여 복호를 끝낼 위치를 지정할 수 있다. 그러나 에러에 의해서 같은 비트 길이를 갖는 다른 심볼로 복호되면 에러의 발생을 알 수 없게 된다.

(1) 본 논문에서는 에러 발생 시 복호된 심볼들의 논리적인 오류가 있을 경우 오류가 없는 심볼로 대처하는 과정을 거친다.

- Zerotree Coding의 부호화 과정에서는 POS 심볼과 NEG 심볼 후에는 정확도 비트들이 첨가되는 특성을 이용한다. 또한 한 블록에서 두 개 이상의 에러가 발생했을 때는 에러구간의 심볼값들은 ZTR로 대체하였다.

- IZ심볼과 ZTR심볼 후에는 주로 ZTR 심볼이 발생하는 특징을 이용하여 에러에 노출된 심볼을 적절한 심볼로 대체하였다. 이것은 웨이블릿 변환 후 공간정보가 남아있기 때문에 주변의 심볼들은 유사하다는 가정하에 적용하였다.

(2) 에러에 취약한 EZW의 심볼들은 에러의 국소화와 더불어 에러의 수를 최대한 줄여야 적절한 화질을 얻을 수 있다. 그러므로 데이터 분할에 있어서도 Bit Error Rate(BER)에 따라 적절한 길이의 블록으로 분할해야 한다. 만약 에러가 하나의 블록에 2개 이상 발

생한 경우에는 순방향 복호중 최초의 에러발생위치와 역방향 복호중 최초의 에러발생위치들 사이의 값들을 모두 잃게된다. 특히 EZW와 같이 에러에 취약한 구조를 가진 압축기법에서는 이와 같은 경우 영상의 화질을 크게 열화시킨다. 그러므로 본 논문에서는 에러가 하나의 블록에 하나가 생길 수 있도록 적절한 분할 길이를 실험을 통하여 보인다. 그림 4는 에러갯수에 따른 에러확산의 영향을 보인다.

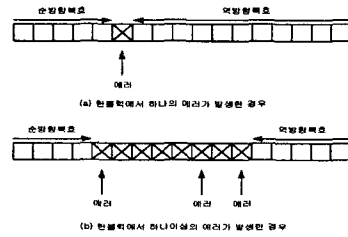


그림 4. RVLC 복호시 에러 비트수의 영향

V. 실험 결과

EZW로 압축되어 전송될 영상은 5단계의 SAQ를 거쳐 PSNR이 32.69dB인 Lena영상으로 실험하였다. 무선채널에서 BPSK 신호의 전송시 이론적인 에러확률 곡선과 실험에서 얻은 에러 확률은 그림 5와 같다. 본 논문에서는 무선채널의 신호대 잡음비 E_b/N_0 는 8dB, 9dB에서 실험하였고 각 E_b/N_0 에서 적절한 분할 길이를 실험을 통하여 찾았다. RVLC 부호화 한 후의 총 비트수는 105002bit이고 E_b/N_0 가 8dB에서 9bit, 9dB에서 3bit에러가 발생하였다. 또한 복호된 EZW 심볼의 문맥상오류를 수정하여 더 나은 결과를 보였다. 그림 6, 7은 RVLC를 적용하지 않고 전송했을 때 그림이고, 그림 8, 9는 심볼 오류를 제거하지 않은 복원영상이다. 제안한 방법을 이용하여 얻은 결과 영상은 그림 10~13이다. 그림 14, 15은 블록길이당 복원 영상의 PSNR을 나타낸다.

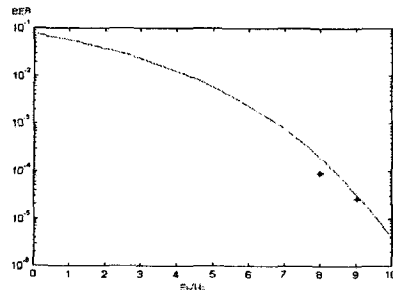


그림 5. 에러확률 (* : 영상전송 실험시 BER)



그림 6. 산술부호화
($E_b/N_0 : 8dB$)



그림 7. 산술부호화
($E_b/N_0 : 9dB$)



그림 8. RVLC 적용
($E_b/N_0:8dB$, 분할: 4×10^3 bit
심볼오류 제거전)



그림 9. RVLC 적용
($E_b/N_0:9dB$, 분할: 2×10^4 bit
심볼오류 제거전)



그림 10. 제안한 방법
($E_b/N_0:8dB$, 분할: 5×10^3 bit)



그림 11. 제안한 방법
($E_b/N_0:8dB$,분할 : 4×10^3 bit)



그림 12. 제안한 방법
($E_b/N_0:9dB$, 분할: 4×10^3 bit)



그림 13. 제안한 방법
($E_b/N_0:9dB$, 분할: 3×10^3 bit)

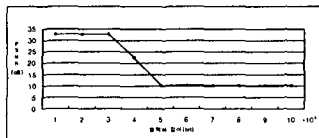


그림 14. 블록길이당 PSNR
($E_b/N_0 : 9dB$)

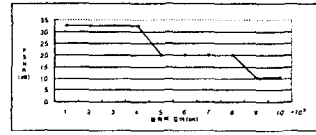


그림 15. 블록길이당 PSNR
($E_b/N_0 : 8dB$)

그림 14, 15에서 볼 수 있듯이, 블록의 길이가 에러의 진폭에 영향을 주는 것을 알 수 있다. 9dB에서는 30000bit 이하의 길이로, 8dB에서는 4000bit 이하의 길이로 블록을 나누었을 때 좋은 결과를 보였다. 또한 복호화 후의 결과에서 심볼의 오류를 줄이는 기법을 적용하면 E_b/N_0 가 9dB일 때 PSNR이 20.79dB에서 32.68dB로, E_b/N_0 가 8dB일 때 PSNR이 8.29dB에서 32.69dB로 향상되어 더 좋은 화질을 얻을 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 에러에 약한 구조를 갖고 있는 EZW를 AWGN을 고려한 BPSK 무선 전송 채널을 통해 전송하였을 때 발생하는 에러에 대응하는 기법을 제안하였다. EZW는 전송 중에 에러가 발생하면 전체 영상에 화질열화를 준다. 이것은 블록기반 압축에서는 일어나지 않는 현상으로 에러의 영향을 공간적으로 국소화할 수 없다. 본 논문에서는 RVLC와 데이터를 특정 길이로 분할하여 전송하여 에러에 강인한 구조를 만들고 실험을 통해 성능을 검증하였다. 또한 EZW 심볼의 특징을 이용하여 복원 가능한 심볼들을 복원하여 화질을 개선하였다.

참고문헌

- [1] J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotree of Wavelet Coefficient", *IEEE Trans. on Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [2] I. H. Witten, R. Neal, and J. G. Cleary, "Arithmetic coding for data compression", *Comm. ACM*, vol. 30, pp. 520-540, June 1987.
- [3] J. Wen and J. D. Villasenor, "A class of reversible variable length codes for robust image and video coding", *Proc. ICIP*, pp. 65-68, 1997.
- [4] J. Wen and J. D. Villasenor, "Reversible variable length codes for efficient and robust image and video coding", *Proceedings of Data Compression Conference*, pp. 471-480, 1998.