

낮은 비트 레이트에서의 동영상 부호화를 위한 I-frame의 고능률 부호화

조 경 식, 이 연 문, 정 차 근

호서대학교 제어계측공학과

전화 : (0418) 540-5429 / 팩스 : (0418) 540-5480

An Efficiency Intra frame coding for low bit-rate video coding

Kyung-Sik Cho, Youn-Moon Lee, Cha-Keon Cheong

Dept. of C&I Eng., College of Eng., Hoseo University

E-mail : 99140301@icando.hoseo.ac.kr

Abstract

본 논문에서는 정확한 비트 제어가 가능한 I-frame의 효율적인 부호화 방법을 제안 한다.

기존 H.263+의 DCT 계수들을 트리 구조로 재구성하여 각 계수에 대해 임베이드 제로트리 부호화 알고리즘을 적용시켜 부호화 함으로써 코딩 효율을 향상 시키고 동시에 비트 율의 제어가 용이 하도록 한다.

제안 방법의 유효성을 검증하기 위해 표준 동영상에 대한 컴퓨터 모의 실험 결과 제안 방법은 기존의 부호화 방법에 비해 비트 제어가 용이하고 부호화 성능이 개선됨을 확인했다.

I 서 론

최근 멀티미디어 통신이 급격히 증가하는 추세에 따라서 영상 전달이 더욱 많아지고 있다. 그러나, 영상 정보는 크기가 매우 커서 압축을 하지 않고는 실시간에 전달하기는 거의 불가능하다. 현재 널리 퍼져 있는 가정용 전화선 정도의 회선을 이용하기 위해서는 압축 율이 뛰어난 영상 압축 알고리즘이 필요하다. 이를 위하여 64kbps 이하의 통신 환경에서 영상 통신을 할 수

있는 영상 압축 알고리즘이 개발되었으며, 이는 현재 H.263+으로 표준화되었다.

일반적으로 I 프레임에서 발생하는 비트 량은 전체 비트 량의 40-70%을 차지할 정도로 비중이 매우 높으며 연속되는 P 프레임이나 B 프레임의 부호화에도 많은 영향을 준다. 따라서 낮은 비트레이트 부호화의 경우 I 프레임의 효율적인 부호화는 전체적인 부호화의 성능향상에 매우 중요하다.

또한 낮은 비트레이트 부호화기에서 전송 대역폭을 효율적으로 사용하기 위해서는 비트 율 제어가 특히 중요한데 H.263 하이브리드 부호화기의 경우 양자화 값을 변화시켜 비트 율을 제어하고 있으나 양자화 레벨에 따라 발생하는 비트 량의 변동폭이 크며 비트 율의 정확한 제어가 어렵다. 따라서, 우수한 성능의 저 전송률 영상 부호화기를 개발하기 위해서는 I 프레임의 효율적인 부호화 방법과 정확한 비트 율 제어가 가능한 부호화기가 필요하다.

본 논문에서는 H.263+ 부호화기의 인트라 프레임을 효율적으로 부호화 하기 위해 8x8 DCT변환한 계수를 3 레벨의 웨이브렛 구조로 보고 제로 트리 구조로 재구성 후 임베이드 제로트리 부호화기를 적용하여 인트라 프레임의 비트 제어가 정확하고 성능이 우수한 부호화기를 제안하였다. 2, 3 장에서는 H.263+와 임베이드 영상 부호화기에 대하여 간략히 설명하고 4 장에서는 본 논문에서 제안한 방법인 DCT 변환 계수에 임베

이 논문은 1999년 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음 (KRF-99-003-E00264)

이드 변환 부호화를 적용하는 방법에 대해 설명한다. 5 장에서는 기존의 방법과 비교하기 위해 QCIF 영상에 대해 H.263+와 성능을 비교 분석한다.

II. H.263+

H.263+는 ITU-T에서 제안된 저 전송률을 가지는 통신 선로(64kbps이하)에서 영상 회의나 비디오 전화 등을 위한 멀티미디어 통신 서비스의 동영상 부분에 대한 압축에 쓰일 수 있는 부호화된 표현에 대한 권고안이다. 기본적인 영상 소스 코딩 알고리즘은 H.261에 기반하고 있다. 그러나 H.261에 비하여 같은 화질의 영상에 대해 거의 반정도의 비트를 생성한다.

H.263+는 H.263의 확장된 버전으로 기본 구조는 H.263과 같다. 그림 1은 H.263의 부호화기의 알고리즘을 나타내는 블록도 이다. 입력 영상은 먼저 여러개의 매크로 블록으로 이루어진 GOB(Group of block)으로 나누어 지고 매크로 블록은 4개의 8x8 휘도 블록과 2개의 색차 블록으로 구성된다.

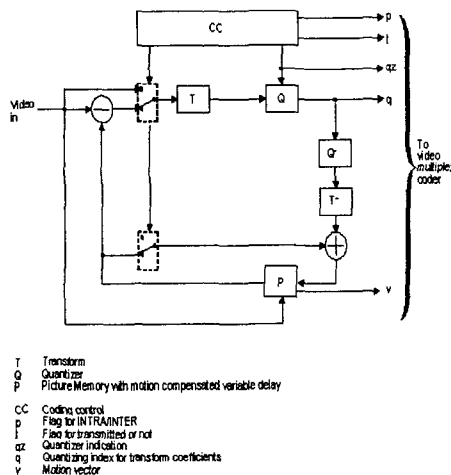


그림 1 H.263 부호화기

Fig. 1 H.263 Source Coder

QCIF(176x144)의 경우 16라인이 하나의 GOB을 구성하여 9개의 GOB로 이루어지며 하나의 GOB는 11개의 매크로 블록으로 구성되어 총 99개의 매크로 블록으로 이루어져 있다. 부호화는 각 매크로 블록에 대해 좌에서 우로, 위에서 아래로 스캔 방식으로 이루어지는데 각 매크로 블록의 6개의 8x8블록에 대해 DCT변

화(T)을 한 후 양자화(Q)하여 엔트로피 부호화 한다. 인터 프레임의 부호화는 전 프레임을 Q 인버스와 T인 버스에 의해 복호화된 프레임과 현재 프레임의 차분을 구해 움직임 벡터(v)를 발생 시키고 움직임 보상 에러에 대하여 부호화를 한다[9].

H.263+의 비트율 제어는 양자화 값을 비트량에 따라 조정 하는데 양자화 값에 따라 발생하는 비트량이 일정하지 않기 때문에 비트 제어가 어렵다. 그래서 본 논문에서는 DCT변환 계수를 제로 트리 구조로 재구성하여 임베이드 제로 트리 부호화를 하였다. 이 부호화 방식은 비트 발생이 임베이드하게 발생되기 때문에 원하는 비트량에서 부호화를 중단 하더라도 복호측에서 전체 영상을 복원하는 것이 가능하므로 비트 제어면에서 매우 좋은 특성을 가지고 있다.

III. 임베이드 영상 부호화기

Shapiro에 의해 EZW (Embedded Zerotree Wavelet)[1]의 개념이 소개된 후 정지 영상 압축에서 기존의 DCT 기반 영상 부호화기보다 뛰어난 rate-distortion 성능 향상을 갖는 임베이드 제로 트리 영상 부호화 방법에 관한 많은 연구가 진행되어 왔다 [2][3][4]. 이들의 방법은 주로 웨이브렛 변환등 대역 분할된 계수의 효율적 부호화를 위한 것으로 비교적 간단한 알고리즘으로 높은 부호화 성능과, 계수의 위치 및 크기정보에 따라 부호화 함으로써 출력 비트 스트림의 임베이드화가 가능한 특징을 갖는다.

즉, 비트 스트림 발생의 임베이드화로 인해, 다양한 해상도가 가능한 scalability 특성과 정확한 비트율 제어가 가능하다. 제로 트리구조에 의한 임베이드 영상 압축은 SAQ (Successive Approximation Quantization)알고리즘을 기본으로 사용하고 있다. SAQ는 자기 유사 성질(self-similarity)을 이용해 대역 간 중요도가 높은 계수의 위치를 예측하는 significance map coding과 웨이브렛 계수의 크기가 순차적으로 근사화가 되도록 하는 refinement로 이루어진다. Significance map coding을 효율적으로 수행하기 위해 그림 2와 같은 제로 트리구조를 사용한다. 이는 상위레벨에 있는 웨이브렛 계수가 임의의 주어진 임계값 T 보다 작다면 그것의 하위 레벨의 계수도 역시 작을 확률이 높다는 것을 이용한 것이다.

Shapiro의 EZW 방법 외에 부호화 성능을 개선 시킨 알고리즘으로 SPECK[2], SPIHT[3]등이 있다. 이런 제로 트리 부호화 기법들은 웨이브렛 변환을 사용하기 때문에 높은 해상도(512x512) 영상을 이용하는 정지 영상 압축 부호화에는 매우 효율적이지만 QCIF와 같

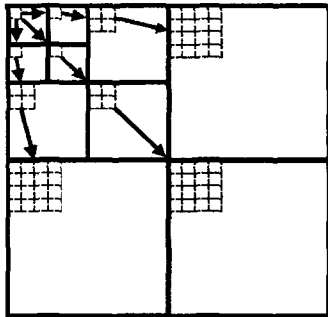


그림 2 3 레벨 제로 트리 구조
Fig. 2 3 Level Zerotree Structure

은 낮은 해상도를 주로 사용하는 저전송율 비디오 압축에서는 필터 특성 및 불충분한 대역 분해, 즉 웨이브렛의 공간 주파수 특성 저하로 부호화 성능이 현저히 저하되는 문제점이 있다.

IV. 임베이드 DCT 변환 부호화

기존 방식의 양자화 방식 대신에 DCT 계수들을 제로 트리 구조로 재배치한 후 임베이드 제로 트리 부호화의 양자화 방법인 연속 추정 양자화(SAQ)을 하였다. 일반적으로 전 프레임에 대한 DCT 변환에 의한 화상의 표현은 웨이브렛 변환에 의한 화상의 표현과 동일하다[7]. 이 성질을 이용해서, DCT에 의한 입력 화상의 대역 분할을 피라미드 구조로 재배치함으로써, DCT의 높은 에너지 compaction 특성을 활용하여 부호화 성능을 개선시키는 것이 가능하다. 그림 3 은 본 논문에서 제안한 DCT 계수를 피라미드 구조로의 재배치 방법을 간략히 나타낸 것이다. 즉, 한 프레임 전체에 대해 8x8크기의 각 블록에 대한 DCT변환으로부터, DC성분, 저역 주파수성분, 고역 주파수 성분으로의 3 레벨 피라미드 구조로 재배치한다. 그림 3 에서 DCT 변환 계수의 parent-children 관계는 $i(1 \leq i \leq 63)$ 에 대해 parent는 $[i/4]$ 이고, $j(1 \leq j \leq 15)$ 에 대해 children은 $[4j, 4j+1, 4j+2, 4j+3]$ 이다.

인트라 프레임의 DC계수의 경우 다른 주파수 계수들에 비해 계수 값이 매우 커서 refinement시 불필요한 bit가 발생한다. 이를 방지하기 위해 DC레벨 값을 평균값으로 바이어스 시켜 부호화의 효율을 높였다.

재배열된 제로 트리 구조의 DCT계수를 양자화 하기 위해 향상된 임베이드 제로 트리 부호화의 한 방법으로 SPIHT[3]을 이용한다. 이 임베이드 제로 트리 부호화 방법은 significant계수들이 주로 가장 상위 대역

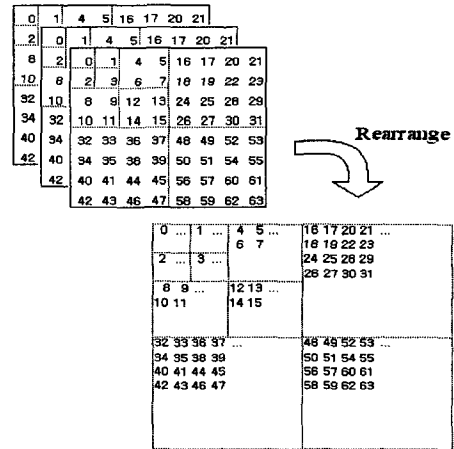


그림 3 DCT의 3 Level 구조로의 재배치
Fig. 3 Rearrange 3 level DCT structure

에 주로 분포한다는 성질을 이용함으로써 계수간 중복성을 효율적으로 제거한다. DCT변환된 각 블록의 DC는 주변 블록의 DC값과 공간적 상관성이 매우 크다. 따라서, DCT 계수의 재배열로 가장 상위 대역에는 공간적 상관성이 큰 DC 계수들이 주로 분포하므로 임베이드 제로트리 부호화에 매우 적합하다.

전체 pixel set의 subset T_m 에 대해 다음과 같은 significance test를 한다.

$$S_n(T_m) = \begin{cases} 1, & \max_{(i,j) \in T_m} \{|c_{i,j}|\} \geq 2^n \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

식(1)에 의해 주어진 임계값 보다 크면 비트 '1'을 발생하고 그렇지 않으면 '0'을 발생한다. S_n 이 0이면 다음 pass에서 $n-1$ 에 대해 다시 test를 하고 1이면 T_m 을 새로운 subset $T_{m,i}$ 로 나누어 significance test를 한다. subset이 단일 계수가 될 때까지 모든 계수에 대해 적용하여 중요한 계수부터 부호화를 행한다.

이때, 부호화 과정은 significance map coding으로 significance 정보의 위치 및 계수의 부호(sign)를 부호화 하는 sorting pass 와 significance의 계수를 연속적으로 추정하는 refinement pass 두 단계로 이루어진다. Sorting과 refinement pass에 의해 발생된 비트는 이진 적응 산술 부호화(binary adaptive arithmetic coding)을 사용하여 엔트로피 부호화를 하였다[8].

V. 모의 실험 결과

그림 4는 제안한 부호화의 성능을 검증하기 위해 4개의 표준 QCIF 스트림의 첫 번째 I-프레임의 휘도 성분에 대해 H.263+와 제안 방법의 비트에 따른 PSNR를 나타낸 그래프이다.

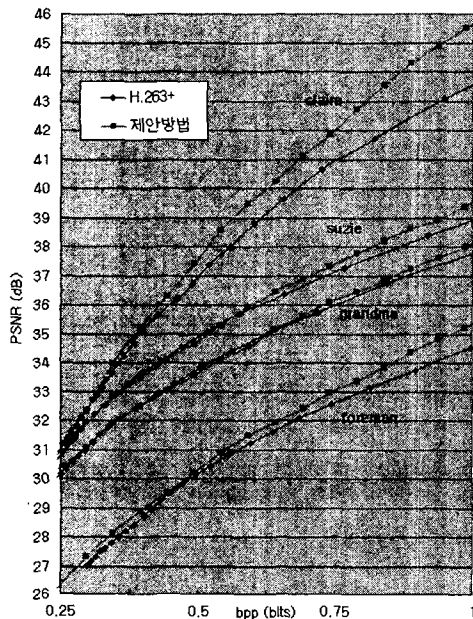


그림 4 Bits 량에 따른 PSNR 결과
Fig. 4 Results of bits to PSNR

H.263+ 부호화 프로그램으로는 tmn3.0을 사용 하였고 그림 4의 결과는 각 양자화 값에 따른 결과이다. 제안 방법은 매 1250bit 마다 얻은 결과를 나타낸 것으로 정확한 비트 제어가 가능했으며 기존 방법보다 0.75와 1bpp 에서는 부호화 효율이 0.5dB에서 2dB 향상되었으며 0.25와 0.5 bpp에서는 비슷하거나 약간 향상된 결과를 얻었다. 그림 5와 6의 (a)는 H.263+를 (b)는 제안 방법으로 부호화 했을 때의 복원 결과이다.



그림 5 a) 0.3bpp 27.02dB b) 0.3bpp 27.32dB

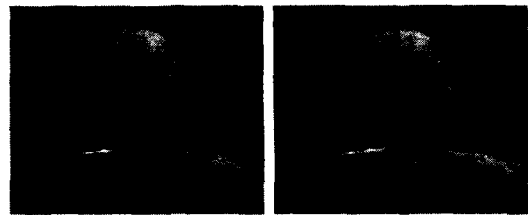


그림 6 a) 0.25bpp 30.18dB b) 0.25bpp 30.33dB

VI 결 론

본 논문은 낮은 비트 레이트에서 비트 제어가 용이하고 효율적인 I-frame 의 부호화 방법을 제안했다.

DCT와 웨이블릿 변환의 특성을 이용하여 DCT계수를 3-Level 피라미드 구조로 재배치하고 임베이드 제로트리 부호화 기법으로 부호화 하여 성능의 개선과 비트율 제어가 용이함을 확인했다.

<참고문헌>

- [1] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotree of wavelet coefficients," IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 41, No. 12, pp 3445-3456, Dec 1993.
- [2] A. Islam and W. Pearlman, "An embedded and efficient low-complexity hierarchical image coder."
- [3] A. Said and W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 6, No. 3, pp. 243-250, June 1996.
- [4] Z. Xiong, O. Guleryuz, and M. T. Orchard, "A DCT-based Embedded Image Coder," IEEE Signal Processing Letters, vol. 3, pp.289-290, Nov. 1996.
- [5] W. B. Pennebarker and J. L. Mitchell, JPEG Still Image Data Compression Standard, New York: VanNostrand Reinhold, 1992.
- [6] KHalid Sayood, Introduction to Data Compression, Morgan Kaufmann, 1996.
- [7] M. Ve Herli and C. Herley "Wavelets and filter banks: Theory and design," IEEE Trans. Signal Processing, Vol. 40, no. 9, pp. 2207-2232
- [8] I. H. Witten, R. M. Neal, and J. G. Cleary, "Arithmetic coding for data compression," Commun. ACM. vol. 30, pp. 520-540, June 1987.
- [9] DRAFT ITU-T Recommendation H.263