

직교 웨이브릿 기반의 동영상 부호화를 위한 대역 확산 부호화 알고리즘

서정희*, 박홍복*

*부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부

e-mail:jhseo@tit.ac.kr

Bands Spread Coding Algorithm for Video Coding based on Forward Orthogonal Wavelet

Jung-Hee Seo*, Hung-Bog Park*

*Division of Electronic, Computer and Telecommunication
Engineering, Pukyong National University

요 약

영상회의 시스템과 같은 멀티미디어 데이터 통신에서 스케일러빌리티 및 점진적인 전송을 구현하기 위해서 웨이브릿 기반의 영상을 부호화한다. 웨이브릿 기반의 동영상 부호화 기법인 SAMCoW 알고리즘은 움직임이 보상된 오차 영상의 웨이브릿 변환 계수들의 특성으로 인해 제로 트리의 무효 계수 예측이 효과적이지 못하다. 따라서 본 논문에서는 직교 웨이브릿(Forward Orthogonal wavelet)을 기반으로 스케일러빌리티 및 점진적인 전송을 지원하며, 움직임이 보상된 오차 영상의 효율적인 부호화를 위해 적응적 임계치를 이용한 대역 확산 부호화 알고리즘을 제안한다.

1. 서론

영상 회의 시스템과 같은 대용량 오디오/비디오 데이터는 네트워크 상의 실시간 서비스를 요구하고 있으나 대부분의 컴퓨터 네트워크의 대역폭은 비디오와 같은 데이터를 전송하는데 많은 문제점을 가지고 있고, 또한 사용자들은 다양한 화질의 비디오 시퀀스를 요구한다. 그러나 사용자들의 다양한 요구와 네트워크 트래픽(traffic)의 변화는 비디오 인코딩, 저장, 비디오 화질, 데이터율 등을 주어진 시간 내에 사용자들에게 제공하기 위한 예측은 비디오 서버의 부하를 야기시킨다.

따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 동영상 데이터의 효율적인 압축과 비디오 시퀀스를 다양한 데이터율로 저장하는 기술이 요구되고 있다. 다른 데이터율로 압축된 시퀀스를 부호화하는 스케일러빌리티(scalability)는 동영상 부호화에 있어서 매우 중요한 논점으로 제시되고 있다. 스케일러블(scalable) 동영상 부호화 기법은 비디오 데이터베이스 시스템,

비디오 스트리밍, 화상전화, 디지털 TV 등에서 응용되고 있다.

또한 기존에 활발한 연구가 진행되고 있는 동영상 압축 기법 중의 하나인 웨이브릿 변환(Wavelet Transform)은 코사인 변환(Cosine Transform)이나 푸리에 변환(Fourier Transform)에 비해 지역적 특성 및 데이터에 대한 다중해상도 분석이 가능하고, 양자화와 엔트로피 인코딩으로 보다 높은 영상 압축률과 고화질을 제공한다[2]. 그리고 코사인 변환을 기반으로 한 MPEG 영상은 일정한 해상도를 유지함으로써 상이한 스케일과 해상도를 적용하면 픽셀의 손상으로 인하여 영상의 깨짐이 나타나지만 웨이브릿은 영상을 축소, 확대하더라도 영상에는 전혀 영향을 주지 않는다.

본 논문에서는 직교 웨이브릿(Forward Orthogonal wavelet)을 기반으로 스케일러빌리티 및 점진적인 전송을 지원하며, 또한 움직임 보상을 위한 움직임 벡터(Motion Vector)들은 현재 프레임과 참조 프

레이의 매칭에 의해서 생성하고, 움직임이 보상된 오차 영상의 효율적인 부호화를 위해 적응적 임계치를 이용한 대역 확산 부호화 알고리즘을 제안한다.

2. 스케일러빌리티 영상 부호화

2.1 EZW 알고리즘

멀티미디어 통신에서 스케일러빌리티 기능을 구현하기가 용이한 웨이블릿 기반의 부호화 방법에 대한 많은 연구가 이루어지고 있고, 또한 디지털 신호와 영상 압축, 디지털 신호의 잡음 제거 등 웨이블릿을 이용한 어플리케이션에 응용되고 있다. 웨이블릿의 다중해상도 영상 및 동영상 부호화는 향상된 인코딩 기술과 스케일러빌리티를 지원한다. 스케일러빌리티는 적절한 서브셋 비트(subset bit)의 사용만으로 이전에 부호화된 신호를 다른 화질 수준으로 부호화 한다. 웨이블릿을 이용한 영상 부호화의 기본적인 알고리즘은 EZW(Embedded Zero-Tree Wavelet)으로 Shapiro[1]에 의해서 소개되었다. 이 알고리즘은 저주파수의 계수가 제로(zero)이면 같은 공간적 위치에 있는 고주파수의 모든 계수도 제로이므로 부대역 피라미드 부호화는 저주파수 부대역으로 부터의 서브셋(subset) 추출에 의해 스케일러빌리티를 성취할 수 있다. 그러나 부대역의 서브셋 기반만으로는 재구성은 지각적인 화질의 저하를 초래한다.

2.2 SAMCoW 알고리즘

일반적인 정지영상과 동영상 압축 기법으로 DCT 변환을 기반으로 한 JPEG, MPEG, H.263은 블록 단위의 부호화로 인하여 압축률이 낮을 경우 블록킹 현상이 나타나며, 일정한 해상도를 유지하기 때문에 스케일을 변경할 경우 화질에 손상을 초래한다. 그러나 웨이블릿 변환의 영상 부호화 방식은 다중 해상도를 지원하므로 영상을 확대/축소하더라도 영상에 전혀 손상을 주지 않는다. 또한 웨이블릿 변환에서는 DCT 부호화에서와 같이 블록킹 현상이 생기지 않고, 영상의 점진적인 전송이 가능하여 사용자의 요구에 따른 시간적인 효과를 극대화할 수 있다.

기존의 웨이블릿 기반의 동영상 부호화 기법인 SAMCoW(Scalable Adaptive Motion Compression Wavelet)는 EZW(Embedded Zerotree Wavelet) 부호화 방법과 움직임 보상으로 이루어져 있다. SAMCoW는 화면내 부호화, 움직임 보상 후 예측 오차 프레

임의 부호화는 EZW 부호화를 기반으로 한다. EZW 부호화는 원영상의 신호를 점진적으로 근사해 가는 방식으로 부호화가 진행됨에 따라 영상 복원에 중요한 정보가 전송되어 화질이 조금씩 향상되는 방식이다. 이러한 화질은 목표로 한 비트율에 도달할 때까지 반복된다[3][4].



그림 1 SAMCoW의 적응적 움직임 보상 기법

그러므로 EZW 부호화 방식은 중요 웨이블릿 변환 계수의 위치를 부호화하는데 매우 효과적이며 한 영상의 웨이블릿 변환에 의하여 얻어진 에너지 집중 현상을 효과적으로 이용한 알고리즘으로 원하는 비트율에 도달할 때까지 부호화가 진행되는 점진적인 전송이 가능하다. 따라서 SAMCoW의 적응적 움직임 보상 기법을 위한 블록 다이어그램은 그림 1과 같다.

본 논문에서는 영상의 압축 효율을 높이기 위해 저주파수 대역을 반복적으로 분해하는 옥타브(octave) 분해 방식을 이용한 직교 웨이블릿(Forward Orthogonal wavelet) 기반으로 스케일러빌리티와 점진적인 전송을 지원하고, 시간적인 중복성을 제거하기 위해서 움직임 보상 기법을 사용한다.

3. 움직임 보상에 대한 대역 확산 부호화 알고리즘

Interframe 부호화는 DPCM(Differential Pulse Code Modulation)에 기반을 두고 있고, 프레임과 프레임상의 시간적인 중복성을 제거하기 위해서 움직임 추정(motion estimation)과 움직임 추정 후의 움직임 보상(motion compensation)으로 이루어진다. 그러므로 움직임 보상은 이전 프레임을 참조로 하여 현재의 영상을 부호화하는 방법이다. 그러나 EZW 부호화와 같이 다양한 비트율로 부호화되는 경우 참조 프레임 또한 다양한 화질로 부호화된다. 즉 이전 영상을 참조하여 움직임 보상을 하면 다양한 비트율로 부호화된 이전 영상은 다양한 왜곡을 포함하고, 복

호화 측에서는 이러한 왜곡을 포함한 영상을 참조로 움직임 보상을 하기 때문에 GOP(Group Of Picture) 내에서의 왜곡을 전파하는 결과가 나타난다. 이러한 전파를 막기 위해서 부호화와 복호화에서 같은 참조 영상을 유지함으로써 GOP 내에서 왜곡이 전파되는 것을 막을 뿐만 아니라 화질을 향상시킬 수 있다[3].

그림 2와 같이 정지 영상은 저주파수 대역에 에너지가 집중되어 있지만, 그림 3과 같이 움직임이 보상된 오차 영상의 웨이브릿 변환 계수들의 특성은 정지영상의 웨이브릿 변환 계수의 특성과는 달리 저주파수 대역에 상대적으로 적은 에너지 분포로 대역별로 큰 차이가 없이 주파수 전역에 에너지 값이 분포되어 있으므로 ZTR(Zero Tree Root)의 발생 빈도가 정지 영상보다 상대적으로 적어 EZW 알고리즘을 이용한 오차 영상의 부호화는 효율적이지 못한 결과가 나타난다.

또한 제로 트리(Zero Tree)의 무효 계수 예측은 ZTR를 판단하기 위해서 현재 계수의 모든 하위 계수를 탐색한다. 이 때 현재 계수가 무효 계수의 하위 무효 계수인지를 판단하기 위해 하위 계수 이하의 모든 계수를 탐색하는 문제점이 있다.

따라서 적응적 임계치(Threshold)를 이용한 대역 확산 부호화 알고리즘은 움직임 보상된 오차 영상을 효과적 부호화한다.

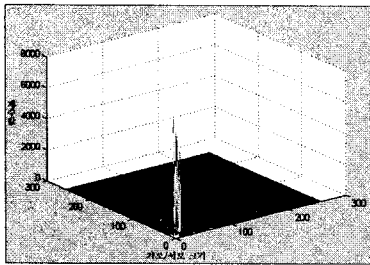


그림 2 화면내 부호화의 웨이브릿 계수값

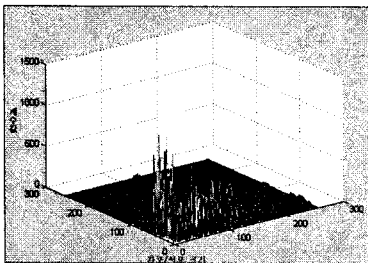


그림 3 화면간 부호화의 웨이브릿 계수값

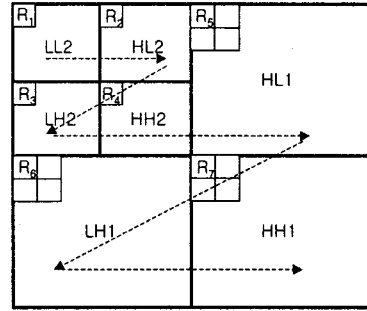


그림 4 적응적 임계치를 이용한 대역 확산 부호화

프레임간 부호화는 웨이브릿 주파수 영역의 계수 값들이 주파수 전역에 분포하고 저주파수 대역에서 고주파수 대역으로 계수 값들이 점진적으로 감소하는 현상을 나타낸다. 따라서 처음의 저주파수의 임계치를 크게 두어 유효 계수를 먼저 부호화 하고, 각 부대역에서 점차적으로 임계치를 줄여 다음 대역에서의 유효 계수를 부호화한다. 즉, 적응적 임계치를 이용한 대역 확산 부호화를 함으로써 대역 전역에 분포해 있는 유효 계수 값을 점진적으로 전송할 수 있다. 그러므로 고압축시에도 저주파수 대역의 유효 계수가 먼저 부호화되므로 영상 복원에도 효율적이다. 움직임 보상에 대한 대역 확산 부호화 알고리즘은 그림 4와 같다.

제안된 알고리즘은 각 대역의 루트 트리 R_1, R_2, \dots, R_7 을 중심으로 대역별 임계치를 이용한 유효 계수의 위치 정보를 다음과 같이 탐색한다.

- (1) 저주파수(LL) 대역에서 임계값 T_1 보다 큰 값은 유효 계수, 작은 값을 무효 계수의 위치 정보를 탐색
- (2) HL 대역에서는 임계값을 $T_2 = T_1/3$ 으로 지정하고 유효계수와 무효계수의 위치 정보를 탐색
- (3) LH 대역에서는 임계값을 $T_3 = T_2/3$ 으로 지정하고 유효계수와 무효계수의 위치 정보를 탐색
- (4) HH 대역에서는 임계값을 $T_4 = T_3/3$ 으로 지정하고 유효계수와 무효계수의 위치 정보를 탐색
- (5) 목표 비트율에 도달할 때까지 T_1 임계치를 조정하여 (1)번을 반복한다

이런 적응적 임계치는 $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$ 이고, 대역 전역에 점진적으로 확산된 계수 값들의 유효 계수를 목표 비트율에 도달할 때까지 임계치를 조절하여 점진적인 전송을 수행한다.

마지막으로 유효 계수의 위치 정보는 적응적 산출

부호화를 사용하여 부호화한다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안한 방법의 성능을 위한 실험은 직교 웨이브릿의 Daubechies 3 Level과 256 x 256 해상도의 비디오 영상을 사용하였고, 객관적 화질 성능을 평가하기 위해 PSNR을 사용하였다. 그림 5의 (a)는 프레임 시퀀스의 원영상, (b)는 움직임 보정을 한 후의 오차 영상, (c)는 데이터율 0.25bpp에 대한 압축 영상을 나타낸다. 제안된 알고리즘의 압축률에 대한 PSNR는 표 1과 같다. 화면간 부호화에서 데이터율에 대해 SAMCoW 알고리즘에 비해 0.5dB ~ 1dB 정도의 성능 향상을 나타내었다.



(a) 원영상 (b)움직임보정 영상 (c) 0.25bpp 압축영상

그림 5 움직임 보정 후의 압축영상

프레임	bpp	제안된 방법의 PSNR	SAMCoW의 PSNR
1	0.25	38.85	38.25
2	0.20	36.25	35.97
3	0.15	33.46	32.98
4	0.10	30.26	29.22
5	0.05	26.28	25.65

표 2 압축률 대 PSNR

5. 결론

기존의 동영상 부호화 기법의 SAMCoW에서 움직임이 보상된 오차 영상은 EZW 알고리즘으로 부호화 하지만 프레임간 오차 영상의 주파수 계수값들의 특징은 EZW 알고리즘에서 제로 트리의 무효 계수를 예측하는데 비효율적이다. 따라서 본 논문에서는 영상회의 시스템과 같은 대용량의 데이터를 사용자의 요구와 트래픽의 변화에 효율적인 서비스를 위해서 직교 웨이브릿을 이용한 저주파수 대역을 반복적으로 분해하는 옥타브 분해 방식을 사용함으로써 높은 압축률을 제공할 뿐만 아니라 스케일러빌리티와 점진적인 전송을 지원한다. 그러므로 적용적 임계치를 이용한 대역 확산 부호화 알고리즘을 적용한 결과 대역 전역에 분포되어 있는 유효 계수값을 점진적으로 전송하고, 고압축시 영상 복원에서 효율적이었다.

참고문헌

- [1]. Jerome M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotrees of Wavelet Coefficients," IEEE Transactions On Signal Processing, Vol. 41, No. 12, December 1993.
- [2]. B. Girod, F. Hartung, U. Horn, "Multiresolution Coding of Image and Video Signals," Proceeding European Signal Processing Conference, September, 1998.
- [3]. K. Shen and E. J. Delp, "Wavelet based rate scalable video compression," IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol.9, no 1, pp. 109-122, February 1999.
- [4]. E. Asbun, p. Salama and E. J. Delp, "A Rate-Distortion Approach to Wavelet-Based Encoding of Predictive Error Frames," Proceeding of the IEEE International Conference on Image Processing, September 10-13, 2000.