

웨이블릿 변환과 MPEG 부호화 방법을 사용한 동영상 부호화

*고준혁, 조재만, 고희화
광운대학교 전자통신공학과

Video Coding Based on Wavelet Transform and MPEG Coding

*June Hyuk Ko, Jae Man Cho, Hyung Hwa Ko

Dept. of Electronic communication Eng., Kwangwoon University

E-mail : obbajiang@hanmail.net

요약문

본 논문에서는 영상데이터의 효율적인 압축과 전송을 위하여 이산 웨이블릿 변환(Discret Wavelet Transform)과 MPEG 부호화 방법을 이용한 영상 부호화 방법을 제안하였다. 이 방법은 다해상도를 제공하는 계층적 피라미드 구조를 이용한다. DWT로 영상을 여러 개의 밴드들로 분해한 다음, 각 밴드에서 MPEG 부호화기에서 사용하는 방법을 그대로 이용하여, 광범위하게 쓰이는 MPEG 하드웨어나 소프트웨어를 재 사용한다는 이점을 가진다. 기존의 DWT-MPEG 방법[1]은 MPEG 부호화 방법을 쓰기 전에 웨이블릿 필터 분해를 여러 번을 하여, 움직임 추정을 정확하게 하지 못하였으나, 제안한 방법은 웨이블릿 필터 분해를 한 번만 하고, MPEG 부호화를 할 때, 웨이블릿 분해를 한번 더 사용하여, 움직임 추정과 보상을 좀 더 개선되게 하였다.

실험 결과, 기존의 DWT-MPEG 방법보다 제안한 방법이 화질이나 압축면에서 좀 더 향상된 결과를 얻을 수가 있었다.

I. 서론

최근 멀티미디어 통신이 급속하게 발전을 하면서 영상정보의 처리에 관해 많은 관심을 가지게 되었다. 영상 부호화의 목적은 적은 양의 정보로 원 영상을 충실히 표현하고 재생하는데 있다. 일반적으로 비디오 영상은 연속한 프레임간의 높은 상관성으로 인하여 많은 시

간적 중복성을 지니고 있다. 비디오 영상에서 연속한 프레임간의 중복성을 찾고 움직임 정보를 전송한다면 각각의 프레임 내에서 압축뿐만 아니라 시간적 중복성을 제거하여 고압축을 할 수 있다. 영상 정보는 그 데이터의 크기가 방대하기 때문에 효율적인 전송을 위한 압축기법에 관해 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중 현재 JPEG과 MPEG[2]의 핵심기술인 DCT(Discrete Cosine Transform)와 JPEG2000의 표준에 포함될 예정인 DWT가 대표적이라 할 수 있다.

기존의 DWT-MPEG 방법은 영상을 여러 개의 밴드로 분해하기 위해 DWT를 전처리기로 사용하여 공간 스케일러블 부호화 기법을 포함하였으며, 현존하는 MPEG 부호화기에 약간의 수정을 가하여 영상 압축 부호화를 고안하였다. 그러나, 여러 번의 웨이블릿 분해로 인하여 움직임 추정시 움직임 벡터의 불일치로 인하여 움직임을 제대로 추정하지 못하는 단점이 있다.

본 논문에서는 DWT를 전처리기로 사용을 하지만, 웨이블릿 분해를 한 번만 하여 움직임 벡터의 불일치를 최소화하고 전송되는 움직임 정보량을 줄일 수 있게 하였으며, MPEG 부호화를 적용하기 전에 전송하는 오차 프레임을 한 번 더 웨이블릿 분해를 한 다음, 수정된 MPEG 부호화 방법을 사용하여 부호화함으로써 인해 압축 효율도 증가시킬 수 있는 방법을 제안하였다.

2장에서는 기존의 DWT-MPEG 부호화기의 부호화 방법을 기술하고, 3장에서는 제안 배경과 제안한 DWT-MPEG 부호화 방법을 기술하고, 4장에서는 실험

환경 및 실험 결과를 다루었으며, 마지막으로 5장에서는 결론으로 끝을 맺는다.

II. DWT-MPEG System

웨이블릿 변환의 다해상도 분석은 저역통과필터(LPF)와 고역통과필터(HPF)를 번갈아 수행함으로써 이루어진다[3]. 웨이블릿 변환은 분해(Analysis)와 합성(Synthesis)과정에서 각각 다운샘플링과 업샘플링이 사용되기 때문에, 원 영상의 크기를 그대로 유지할 수 있다. 그림 1에 영상에 대한 다해상도 분해 과정 및 분할된 영상을 나타내었다.

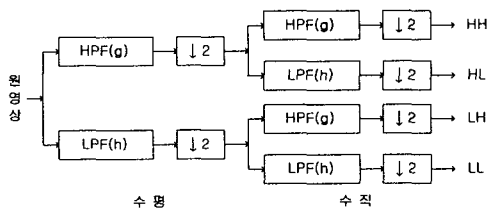


그림 1. 2차원 영상에 대한 다해상도 웨이블릿 변환

1. DWT-MPEG Overview

DWT-MPEG 방법은 웨이블릿 피라미드 구조, 계층적인 다중해상도 움직임 추정 및 보상(MRME)과 수정된 MPEG 부호화기를 사용한다. 수정된 MPEG 부호화에서는 성능향상을 위해 밴드마다 다른 스캔방향과 양자화 테이블을 적용한다.

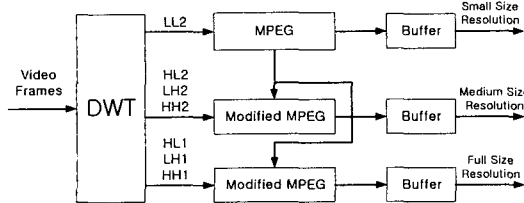


그림 2. DWT-MPEG 부호화기의 블록 다이어그램

DWT-MPEG 부호화기의 블록 다이어그램을 그림 2에 나타내었다. 선형 위상을 가지는 9-7 taps 쌍직교 웨이블릿 필터를 사용하여 그림 4에 나타난 것처럼 입력 영상을 7개의 밴드로 분해한다. LL2 밴드에서는 원 영상과 비슷한 통계적 특성을 갖기 때문에 MPEG 부호화 방법을 그대로 사용하고, 해상도가 높은 밴드에는 스캔 방향과 양자화 테이블을 수정한 MPEG 부호화 방법을 사용한다.

2. Modified MPEG Coding

수정된 MPEG 부호화기를 그림 3에 나타내었다. 그것은 계층적인 다중해상도 움직임 추정 및 보상과 밴드 특성마다 다른 스캔 방법과 양자화 테이블을 적용하여 DCT, 스칼라 양자화, 스캔, VLC(Variable Length Coding)를 사용하는 MPEG과 같은 구조를 가진다.

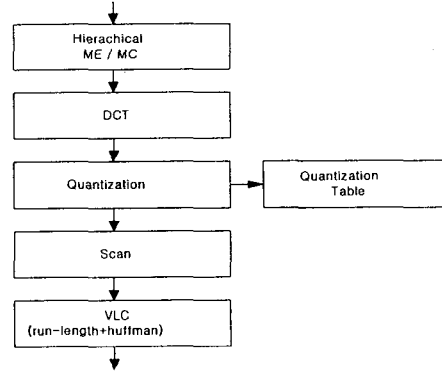


그림 3. 수정된 MPEG 부호화기

2.1 Hierarchical ME / MC (MRME/C)

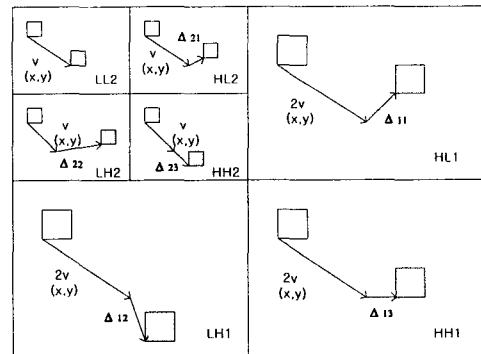


그림 4. 다해상도 움직임 추정

Zhang과 Zeter는 웨이블릿을 이용한 움직임 추정 방법 MRME [4], [5]를 제안하였다. 웨이블릿의 지역적 유사성을 이용하여 해상도가 가장 낮은 LL2 밴드에서 탐색 영역은 수평, 수직으로 ± 6 화소(pixels)로 하고 블록정합 알고리즘을 사용하여 움직임 벡터를 구한다. 이 때, 해상도가 높은 밴드 LH, HL, HH에서는 이 움직임 벡터를 초기값으로 하고, LH2, HL2, HH2 밴드는 초기값의 두 배를 하고 탐색영역은 ± 3 화소로 줄여서 움직임 세부정보를 더해준다. 이 구조는 움직임 벡터를 재사용 함으로써 움직임 추정에 소요되는 계산량을 줄일 수 있다.

2.2 DCT and Quantization Matrix Design

DCT는 공간 영역에서의 화소간의 상관성을 이용하여 에너지를 좌측 상단으로 집중되도록 해 준다. DCT는 8×8 block 단위로 수행되며, $N \times N$ 2D DCT는 다음과 같이 정의된다[6].

$$F(u, v) = \frac{2}{N} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \cos -\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos -\frac{(2y+1)v\pi}{2N}$$

단, $u, v, x, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$
 x, y : 샘플 영역에서의 공간 좌표
 u, v : 변환 영역에서의 좌표

$$C(u), C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{for } u, v=0 \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$N \times N$ 2D IDCT는 다음과 같이 정의된다.

$$f(x, y) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v)F(u, v) \cos -\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos -\frac{(2y+1)v\pi}{2N}$$

DCT 계수의 통계적인 특성은 각 밴드마다 다르게 나타난다. 특히 LL밴드 영역을 제외한 고주파 영역에서 큰 값을 가진 계수가 나타나게 되며, 이럴 경우 더 많은 양자화 에러가 발생한다. 복원된 영상의 에러를 최소화하기 위해서 세 개의 밴드별로 인간 시각 시스템을 기초로 하여, 계수를 효과적으로 압축하기 위해서 각각 다른 양자화 테이블을 사용한다. 저주파수 영역을 나타내는 LL2 밴드에서는 원 영상과 통계적 특성이 비슷하므로 MPEG에 정의된 양자화 테이블을 사용하고, 고주파수 계수는 복원된 화질의 향상을 위해서 실험에 의해 설계된 양자화 테이블을 사용한다.

2.3 Scanning Direction and Variable Length Coding

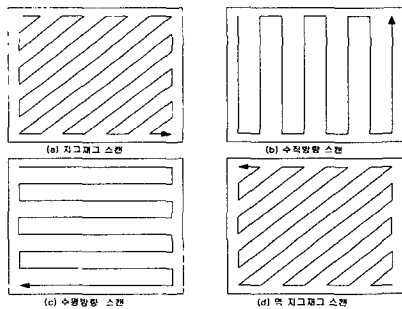


그림 5. 각 밴드를 위한 스캔 방향

VLC의 부호화 효율을 증가시키기 위하여, 계수의 중요도 순서로 2-D 신호를 1-D 신호로 변환하기 위해 적절한 스캔 방법이 선택된다. 지그재그 스캔은 JPEG와 MPEG 표준에서 일반적으로 사용된다. 그러나 높은 주파수 밴드에서는 에너지 분포가 다르기 때문에 최적

의 선택이 아니다. 그러므로, 그림 5에서 보여지는 것처럼 에너지 분포에 따라 네 가지의 스캔 방법을 적용한다. LL2 밴드는 지그재그 스캔, LH1, LH2 밴드는 수평 방향 스캔, HL1, HL2 밴드는 수직방향 스캔, HH1, HH2 밴드는 역 지그재그 스캔 방법을 적용한다. 이러한 스캔 방법은 VLC를 더욱 효과적으로 하여 비트량을 감소시킬 수 있다.

III. 제안한 방법

1. 제안 배경

웨이블릿 영역에서의 움직임 추정 및 보상 방법인 MRME/C는 확실히 탐색시간과 계산량을 줄인다. 그러나, 정확한 움직임 추정을 위해 블록 사이즈를 최대로 작게 함으로서 움직임 벡터의 수가 증가하게 되고, 주파수 변환 영역에서 움직임을 추정하기 때문에 다른 해상도를 가지는 밴드들 간에는 움직임 불일치가 발생한다. 즉, 저해상도 밴드에서의 움직임 추정에 의한 움직임의 단순한 이동은 고해상도 밴드에서 이동된 움직임의 결과가 될 수 없다. 이러한 움직임 불일치는 필터 분해 레벨에 따라서 증가하게 된다. 따라서, 움직임 불일치를 막기 위하여, 공간 영역에 가장 근접한 주파수 변환영역에서 움직임을 추정하여 움직임 불일치가 줄어들게 하는 방법을 제안한다. 이 방법은 블록 사이즈를 작게 하지 않아도 되기 때문에 움직임 정보량도 줄일 수 있다.

2. 제안한 방법

그림 6은 제안한 DWT-MPEG 부호화기를 나타낸다. 제안한 방법은 정확한 움직임 추정 및 보상을 위해 웨이블릿 분해를 한 번만 하고 분해된 네 개의 밴드(LL, LH, HL, HH)를 MRME 방법으로 움직임 추정 및 보상을 한다. 압축 효율을 높이기 위하여 전송되는 오차 프레임의 LL밴드에만 다시 웨이블릿 분해를 하여 앞에서 기술한 수정된 MPEG 부호화 방법으로 부호화한다.

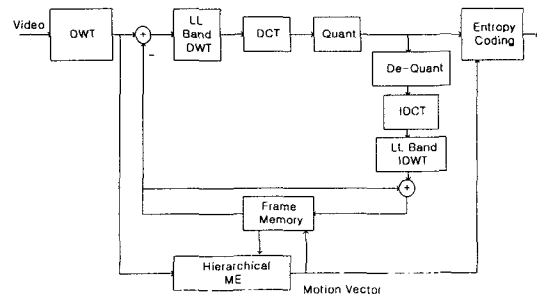


그림 6. 제안한 방식의 부호화기

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 DWT-MPEG 부호화기의 성능 평가를 위해 352×288(CIF) 크기의 Claire와 Salesman 영상을 가지고 실험하였다. 움직임 추정을 위한 블록정합 방식은 MAD(Mean Absolute Difference)를 사용하고 1화소 정밀도 방식으로 실험하였다. 9-7 탭 쌍직교 웨이블릿 필터를 이용하여 영상을 분할하였다.

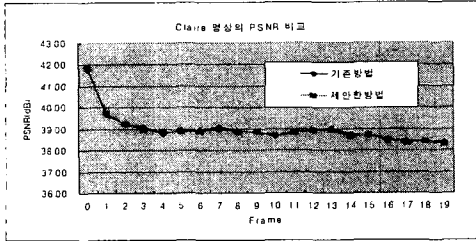


그림 7. Claire 영상의 PSNR 결과

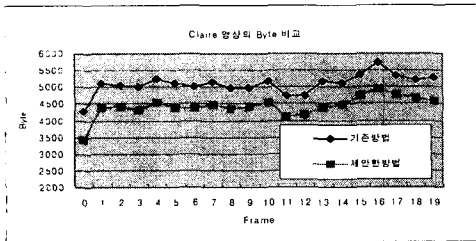


그림 8. Claire 영상의 Byte 결과

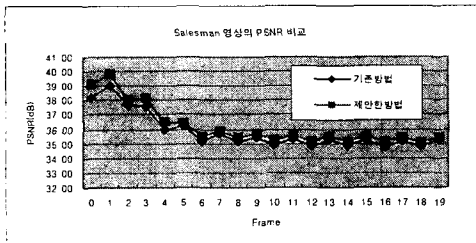


그림 9. Salesman 영상의 PSNR 결과

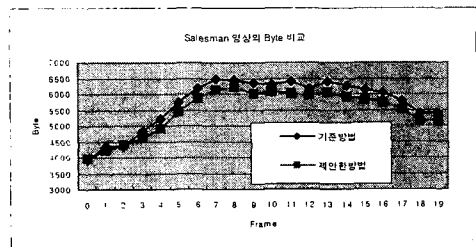


그림 10. Salesman 영상의 Byte 결과

기존의 방법과의 성능 평가를 위해 Claire, Salesman 영상의 각 20 프레임에 대해서 부호화하는데 필요한 비트량과 PSNR을 비교한다. 제안한 방법에서 Claire 영상은 동일한 PSNR하에서 약 13%의 비트율이 감소하였다. Salesman 영상은 평균 PSNR이 0.4dB가 증가하였으며, 비트율도 4.3% 감소하였다.

V. 결론

그림 7,8,9,10에 나타난 것처럼 제안한 방식이 기존의 DWT-MPEG에 비해 화질이나 압축면에서 우수한 성능을 나타내는 것을 볼 수 있다. 본 논문은 DWT를 전처리기로 사용하고, MPEG 부호화 방법과 최대한 호환성을 유지하기 위해 기존의 MPEG 하드웨어와 소프트웨어 부호화기를 재사용하기 때문에 비용을 절감할 수 있고, DWT의 구조가 스케일러블 부호화 방법에 적당하기 때문에 단지 일부의 비트 스트림으로도 비디오 시퀀스를 복원할 수 있게되는 장점을 가진다.

참고 문헌

- [1] P. C. Chang, T. T. Lu, "A Scalable Video Compression Technique Based on Wavelet Transform and MPEG Coding," IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 45, No. 3, August. 1999.
- [2] ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11, MPEG93/457, Coded Representation of Picture and Audio Information, Test Model 5, April 1993.
- [3] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image Coding using Wavelet Transform," IEEE Trans. Image Processing, Vol. 1, No. 2, pp.205-220, April. 1992.
- [4] S. Zafer, Y. Zhang, and B. Jabbari, "Multiscale Video Representation Using Multiresolution Motion Compensation and Wavelet Decomposition," IEEE Journal on Selected Areas in Communication, Vol. 11, No. 1, Jan.1993.
- [5] Y. Q. Zhang and S. Zafar, "Motion-compensated Wavelet Transform Coding for Color Video Compression," IEEE Trans. Circ. And Syst. Video Tech., vol. 2, no. 3, Sept. 1992.
- [6] K. R. Rao and J. J. Hwang, Technique, standars for Image · Video & Audio Coding, Prentice Hall PTR, 1996.