

ATM 망을 위한 가변 비트율 비디오 부호화 방법

신태환, 호요성
광주과학기술원 정보통신공학과
광주광역시 광산구 쌍암동 572 번지
thshin@gogh.kjist.ac.kr

Two-Layer Video Codecs with Variable Bit Rates for the ATM Networks

Tae-Hwan Shin, Yo-Sung Ho
Dept. of Info. & Comm., K-JIST
572 SSangAm-Dong, KwangSan-Gu, Kwang-Ju 506-303, South Korea

요약

최근 음성과 영상 정보를 포함한 멀티미디어 통신 서비스의 수요가 증가하고 있다. 이에 따라 ATM 망을 이용한 가변 비트율 전송 서비스가 많이 사용될 것으로 예측된다. ATM 망을 이용한 가변 비트율 전송에서 가장 큰 문제는 정보를 실은 셀들이 일시적으로 많이 몰려 정보를 담고 있는 셀들의 일부를 잃어버리는 것이다. 본 논문에서는 셀의 손실로 인하여 화질이 급격히 저하되는 것을 막기 위한 방법으로 가변 비트율을 지원하는 두계층 DCT 변환 부호화 방식과 계층을 구분하는 여러 가지 알고리즘을 제안한다. 또한 제안한 두계층 DCT 변환 부호화에 대하여 고정 비트율로 전송하는 경우와 가변 비트율로 부호화하는 경우들에 대하여 실험한 결과를 제시한다.

1. 서론

현재 국내외에서는 21세기 정보화 사회에 대비하여 음성, 데이터, 영상 등 다양한 형태의 정보를 전달할 수 있는 정보고속도로를 구축하고 있다. 이러한 정보고속도로 구축의 궁극적인 목표는 광대역 통신망 구축을 통하여 다양한 형태의 광대역 멀티미디어 통신서비스를 제한없이 제공하는데 있다. 광대역 종합정보통신망에서 정보 전달 방식의 근간이 되는 ATM(Asynchronous Transfer Mode)은 전달할 정보를 일정한 크기의 정보 셀로 나누어 전달하는 방법이다. 이 방식은 다양한 트래픽 특성을 갖는 서비스의 수용이 용이하고, 통계적 다중화 방식을 통한 망자원으로 효율적인 이용이 가능하다.

비디오 코딩의 관점에서 ATM은 기존의 PSTN 망에서는 제공하기 어려운 가변 비트율 서비스가 가능하다. 비디오를 가변 비트율로 코딩할 경우 영상의 복잡도와 관계없이 화질을 일정하게 유지할 수 있다. 그리고 복잡한 영상에 대해서는 높은 비트율로

덜 복잡한 영상에 대해서는 낮은 비트율로 보냄으로써 채널 이용을 최적화한다. 또 버퍼 제어가 없으므로 인코더가 간단해지고 시간적인 투명성이 보장된다. 그러나 가변 비트율로 코딩하는 경우, 전달할 정보의 트래픽이 아주 불규칙하므로 트래픽 제어가 어렵다. 또 ATM에서는 고정된 길이의 셀로 포장(Packetization)하기 때문에 포장 지연과 큐잉 지연이 항상 존재한다. 특히 비디오나 오디오 신호와 같이 실시간으로 처리해야 할 셀들은 지연이 많을 경우 셀을 폐기(Cell Loss)하게 되는데, 이러한 셀 폐기를 최대한 줄이는 방향으로 코딩을 해야 한다[1][2][3].

위에서 언급한 문제에 대한 대처 방법으로 비트율을 제어하는 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이는 크게 부호화율 제어와 전송율 제어로 나눈다. 부호화율 제어에서는 부호기와 복호기의 버퍼에 부과되는 전송 데이터 양에 대한 제약을 설정하여 정해진 양의 데이터를 발생시킨다. 전송율 제어에서는 부호화된 영상 데이터를 망으로 전송할 때 부호기로부터 망내로 유입되는 트래픽의 최대 셀율과 셀의 물림을 감소시킴으로써 망내에서 셀 손실 가능성을 줄인다.

2. 두계층 코딩 방식

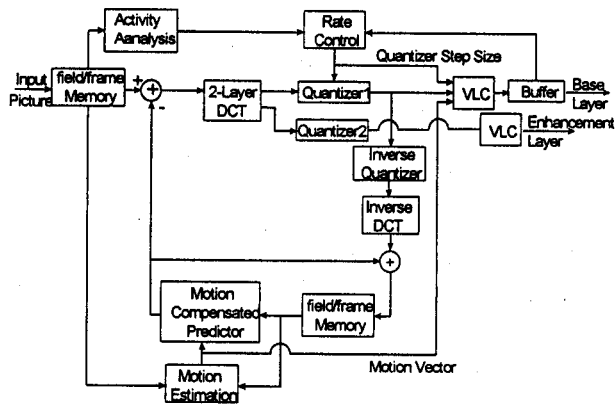
가변 비트율 비디오 신호를 망을 통해서 전송할 경우 전송채널의 오류로 인하여 생기는 손실들을 줄이기 위한 방법으로 부호화기에서 비트열을 두 부분으로 나누어 부호화하는 방식이 도입되었다[4][5][6]. 중요한 데이터들은 에러가 적은 채널을 사용하여 망에서 전송을 보장한다. 이 부분을 기본계층(Base Layer)이라 한다. 나머지 데이터들은 채널을 통하여 전송될 때 보장되지 않는데 이 부분을 향상계층(Enhancement Layer)이라 일컫는다. 망에서 데이터의 폭주가 일어나거나 셀들이 손실되는 상황이 발생할 경우 기본계층의 정보들을 보장하기 위해서 향상계층의 정보들을 버린다. 이것은 두 가지 우선순위를 가지는 ATM의 특성을 이용한 것이다.

기본계층에는 망에서 전송을 보장받을 수 있으므로 헤더 정보나 움직임 벡터와 같이 중요한 정보들을 포함하고 있다. 기본계층의 정보들은 복호화함에 있어서 필수적이고, 화질이 좋지 않더라도 기본계층에 포함된 정보만으로 복호화할 수 있다. 복원된 영상의 화질은 주로 기본계층의 정보에 의하여 크게 좌우된다.

향상계층에서는 원래의 입력 영상정보에서 기본계층에 포함된 정보를 제외한 나머지 정보를 부호화한다. 복호화기는 향상계층의 정보만으로 영상정보를 완전히 복원할 수 없기 때문에 향상계층의 정보는 기본계층의 정보에 더해져서 화질을 개선하는 역할을 한다. 따라서 향상계층을 이용하면 기본계층보다 좋은 화질을 얻을 수 있다. 여기서 기본계층의 정보만으로 복호화가 가능하므로 향상계층은 망에서 낮은 우선순위를 갖는다.

3. MPEG-2 를 이용한 두계층 부호화기

두계층 부호화 방식 중에서 DCT(Discrete Cosine Transform)를 이용한 두계층 부호화 방식에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 입력 영상을 DCT 변환하면 정보가 주파수 성분에 따라 나누어지는데, 대부분의 정보가 저주파쪽으로 몰리는 현상이 나타난다. 영상을 IDCT(Inverse DCT)변환을 이용해서 복원할 때에도 저주파 성분들이 고주파 성분보다 중요하다. 이러한 특성을 이용해서 두계층 부호화기에서는 저주파 성분들을 기본계층에 포함시키고 고주파 성분들을 향상계층에 포함시킨다.



<그림 1> MPEG2 를 이용한 두계층 부호화기

<그림 1>은 본 논문에서 제안한 부호화기로, MPEG-2 부호화기에 근거하여 두계층 부호화를 하는 부호화기의 블럭도를 나타내었다. 각 프레임 영상을 8x8 화소 영역으로 분리하고 이를 DCT 변환한 후 기본계층과 향상계층으로 나눈다. 기본계층의 정보만으로 복호화가 가능하여야 하므로, 움직임 추정(ME)과 움직임 보상(MC)은 기본계층 부호화기에서만 한다.

4. 계층 구분 알고리즘

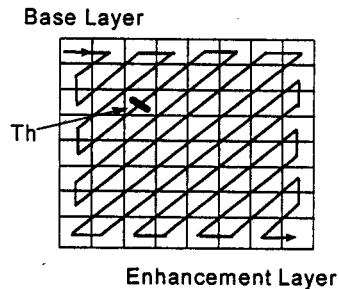
본 절에서는 앞서 언급한 바와 같이 두 계층으로 나누는 알고리즘에 대하여 설명한다.

4.1 에너지에 의하여 구분

이 알고리즘에서는 먼저 블럭의 총 에너지를 계산한 후, DCT 계수들을 <그림 2>와 같이 지그재그 순서로 하나씩 첨가하여 에너지를 구한다. 에너지 비율은 다음과 같이 계산한다.

$$E = \frac{\sum R_i^2}{\sum S_i^2} \quad (1)$$

여기서 R_i 는 기본계층의 DCT 계수이고, S_i 는 기본계층과 향상계층을 모두 포함한 전체 DCT 계수이다. 일정한 경계값을 정해주면 기본계층은 항상 일정한 비율의 에너지를 가지게 되며, 블럭에 따라 가지는 DCT 계수의 갯수가 바뀌게 된다. 에너지가 DC에 많이 몰리는 경우 모든 AC 성분들이 무시될 수 있는데, 이러한 경우 블럭킹 현상(Blocking Effects)이 생긴다.



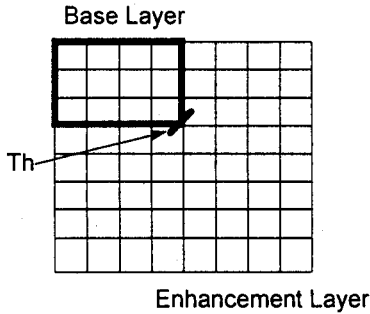
<그림 2> Zig-zag Scan Order

4.2 DCT 계수의 수에 의하여 구분

이 알고리즘에서 기본계층은 단순히 일정한 갯수의 DCT 계수들을 갖고, 향상계층은 나머지 DCT 계수들을 가진다. DCT 계수를 가지는 순서는 <그림 2>의 지그재그 스캔 순서를 따른다. 이 알고리즘에 의하면 기본계층과 향상계층 모두 고정된 갯수의 DCT 계수를 가지고, 기본계층의 고주파 성분들이 무시되기 때문에 경계 열화(Edge Blurring) 현상이 생긴다.

4.3 사각형 모양으로 구분

이 알고리즘에서는 지그재그 스캔 순서에 따르지 않고 <그림 3>과 같이 사각형 모양으로 기본계층과 향상계층을 구분한다. 이 경우도 DCT 계수의 갯수에 의하여 구분하는 경우와 마찬가지로 경계 열화 현상이 생긴다. 사각형 모양으로 구분하는 알고리즘은 화소영역에서 가로 방향의 성분과 세로 방향의 성분들이 일정한 비율이 아닌 영상에 적용될 수 있다.



<그림 3> 사각형 모양으로 구분

4.4 MSE 에 의하여 구분

이 알고리즘은 기본계층에 얼마만큼의 에러를 허용할 것인가에 의해서 기본계층과 향상계층을 구분하게 된다. 식 (2)에 MSE(Mean Square Error)를 구하는 식을 나타내었다.

$$MSE = \frac{1}{M} \frac{1}{N} \sum_i \sum_j |S_i - R_i|^2 \quad (2)$$

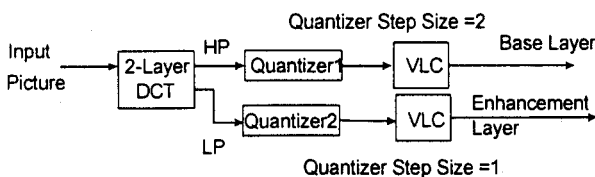
여기에서 R_i 는 기본계층의 DCT 계수이고 S_i 는 기본계층과 향상계층을 모두 포함한 계층의 DCT 계수이다. 이 경우에 각 블럭마다 일정한 에러를 포함하기 때문에 복잡한 영상인 경우에도 경계(Edge)의 구분이 확실하고 화질이 일정하다. 하지만 이 경우에도 에러를 많이 첨가하면 블러킹 현상이 생기는 단점이 있다.

4.5 복합 방법에 의하여 구분

이 알고리즘은 앞에서 설명했던 두 가지 알고리즘을 결합한 방식이다. 물체의 경계가 있거나 복잡한 영상 블럭에 대해서는 MSE 알고리즘에 의하여 기본계층과 향상계층을 구분하고, 블럭내의 화소값들이 거의 일정한 경우나 복잡하지 않은 영상 블럭에 대해서는 일정한 갯수의 DCT 계수를 갖도록 한다. 이 방법에서는 블러킹 현상을 방지할 수 있고, 물체 경계에서 생기는 경계 열화 현상을 방지할 수 있다.

5. 모의 실험 결과 및 분석

위에서 언급한 알고리즘을 비교 분석하기 위하여 <그림 4>와 같은 간단한 부호화기를 구현하여 모의 실험하였고, <그림 5>에는 실험에 사용된 영상을 나타내었다.



<그림 4> 간단한 부호화기

<그림 6>은 에너지 방법에 의하여 계층을 나누

었을 경우, 기본계층만으로 복원된 영상을 보여준다. 앞서 언급한 바와 같이, 블러킹 현상이 나타남을 볼 수 있다. 영상내에서 경계 부분의 구분도 명확하지 않다.

<그림 7>은 DCT 계수의 숫자에 의하여 구분하는 알고리즘을 적용하였을 경우 기본계층으로만 복원한 영상을 나타내었다. 이 영상의 경우 블러킹 현상은 생기지 않지만, 경계가 열화되는 현상들이 에너지 방법보다 많이 나타남을 볼 수 있다.

사각형 모양으로 구분하는 알고리즘을 적용하였을 경우 기본계층으로만 복원한 영상을 <그림 8>에 나타내었다. 이 영상의 경우 경계 부분에서 경계 열화 현상이 DCT 계수의 갯수에 의한 방법보다 많이 나타남을 알 수 있다. <그림 8>에서도 보여지듯이 DCT 영역 사각형에서 세로의 길이를 크게 하면 복원된 영상에서 가로의 경계에서 일어나는 경계 열화 현상이 세로에서 일어나는 것보다 줄어듦을 알 수 있다.



<그림 5> Lenna(256x256)



<그림 6> 에너지 99.8% 만으로 복원된 영상



<그림 7> DCT 계수 19 개 로만 복원한 영상



<그림 8> 4x5 사각형 모양 으로 복원된 영상



<그림 9> MSE=40 인 경우 복원된 영상

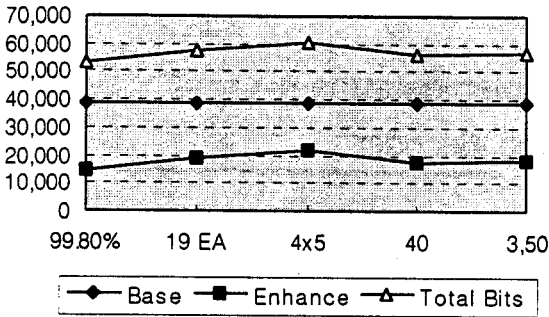


<그림 10> 복합 방법 을 적용한 영상

MSE 에 의하여 구분된 알고리즘을 사용하여 기본계층으로만 복원한 영상을 <그림 9>에 나타내었다. 이 알고리즘의 경우 첨가되는 에러의 양을 세밀하게 조정할 수 있는 장점이 있고, 각 블럭에 똑같은 양의 에러가 첨가되므로 경계면에서 생기는 경계 열화 현

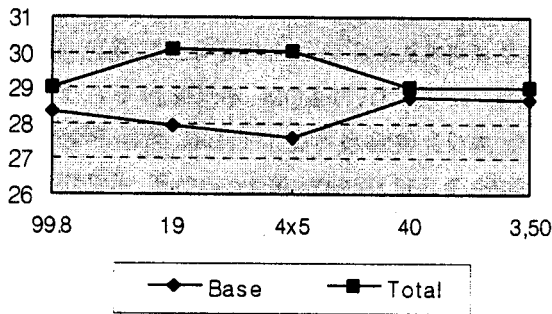
상이 상대적으로 위의 세가지 알고리즘보다 아주 적다. 하지만 이 경우에도 에러를 많이 첨가하면 블러킹 현상이 생기는 단점이 있다.

<그림 10>은 MSE 방법과 DCT 계수의 갯수 방법을 적용적으로 선택하도록 합한 복합 방법이다. <그림 10>은 MSE 를 50 으로 하고 최소 DCT 계수의 갯수를 3으로 하였을때 기본계층으로만 복원한 영상이다. 이 경우 경계면에서 생기는 경계 열화 현상도 아주 적고, 블러킹 현상도 생기지 않는다.



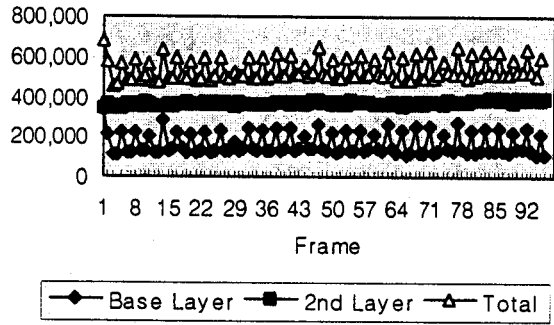
<그림 11> 비트율

<그림 11>에 각 알고리즘에 대한 비트율을 나타내었는데 사각형 모양에 의한 방법과 DCT 계수의 갯수에 의한 방법으로 부호화된 영상의 비트율이 많음을 알 수 있다. <그림 12>는 각 알고리즘에 대한 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)를 나타낸다. 그림에서 보듯이, MSE 방법과 복합 방법으로 부호화된 기본계층 영상의 SNR 이 높음을 알 수 있다.



<그림 12> PSNR

<그림 1>의 블럭도에 나타난 부호화기로 부호화된 영상의 비트율을 <그림 13>에 나타내었다. 사용된 영상은 720x480 크기의 football 영상 96 프레임이고, 기본계층은 고정 비트율로 향상계층은 가변 비트율로 부호화하였다.



<그림 13> 두계층 부호화기의 비트율

6. 결론

본 논문에서는 새로운 두계층 DCT 부호화기에 대한 알고리즘을 제안하고, 또한 계층을 나누는 여러 가지 알고리즘들을 제안하였다. 그리고 모의 실험을 통하여 위에서 언급한 다섯 가지의 알고리즘들을 비교 분석한 결과, 복합 방법이 기본계층의 SNR, 전체 비트수 면에서 그 성능이 우수하였고, 눈으로 보기에 가장 좋았다. 앞으로 계층을 나누는 새로운 알고리즘 개발, 부호화기에서 생성된 트래픽들에 대한 모델링과 분석이 더 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 장승기, 전세영, 신태환, 서덕영, "가변비트율 동영상 압축방식을 이용한 화상회의시스템의 데이터트래픽에 대한 연구," 제 7 회 신호처리합동학술대회논문집, vol. 7, no 1, pp. 625-628, 1994.
- [2] F. Kishino, K. Manabe, Y. Hayashi and H. Yasuda, "Variable Bit-Rate Coding of Video Signals for ATM Networks," IEEE J. on Selected Areas in Comm., vol. 7, no. 5, pp. 801-806, June 1989.
- [3] Willem Verbiest and Luc Pinnoo, "A Variable Bit Rate Video Codec for Asynchronous Transfer Mode Networks," IEEE J. on Selected Areas on Comm., vol. 7, no 5, pp. 761-770, June 1989.
- [4] M. Ghanbari, "Two-layer Coding of Video Signals for VBR Networks," IEEE J. on Selected Areas in Comm., vol. 7, no. 5, pp. 771-781, June 1989.
- [5] M. Ghanbari and Vassilis Seferidis, "Efficient H.261-Based Two-Layer Video Codecs for ATM Networks," IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Tech., vol. 5, no 2, pp. 171-175, April 1995.
- [6] M. Ghanbari and J. Azair, "Effect of Bit Rate Variation of the Base Layer on the Performance of Two-Layer Video Codecs," IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Tech., vol. 4, no. 1, pp. 8-17, Feb. 1994.