

특집논문-00-5-2-05

MPEG-2 비디오 스트림 편집시의 비트율 제어

윤 범 식*, 노 흥 진*, 최 윤 식*

Image Retrieval using Adaptable Weighting Scheme on Relevance Feedback

Bumsik Yoon*, Hongjin Noh* and Yoonsik Choe*

요 약

편집 과정에서의 언더플로우의 문제는 이미 이전에 페이드-인 시퀀스를 삽입하여 해결하는 방법이 연구된 것이 있으나, 이는 원하지 않는 영상신호를 임의로 삽입한다는 점이 문제였다. 본 연구에서는 압축영역에서 수행할 수 있는, 시퀀스의 압축율에 따른 적절한 재양자화를 통한 기법을 적용하여 이러한 페이드-인 시퀀스 삽입 방법에서와 같은 문제점 없이 언더플로우를 해결하였다. 제안된 방법은 본래의 움직임 예측 영상에 재양자화에 의한 에러를 보상하여 재양자화로 인하여 발생하는 GOP 전체로의 영상 에러의 흐름에 의한 화질 열화를 방지하여 PSNR에서 약 0.5~1dB 화질이 향상되었음이 실험 결과 확인되었다.

Abstract

As MPEG-2 is introduced, a new editing system that works at the compressed domain is required. It is efficient to paste the two different video sequences in the compressed domain, but after repeated pasting, the result sequence can violate MPEG-2 rate control algorithm. In other words, it causes the underflow of the buffer during the decoding time. The earlier study inserted an additional fade-in sequence but it is not natural when we make a program. In this paper, a novel method using requantization of the underflow sequence is presented.

I. 서 론

멀티미디어 기술이 발달함에 따라, 대역폭이 상당히 큰 동영상에 대한 압축 방식도 많은 발전을 이루었다. 동영상 압축 방식은 여러 가지가 있겠으나 MPEG(Moving Picture Expert Group)은 지금까지 발전하면서, 상당한 고압축율을 보이면서 동시에 고화질을 유지하여 여러 곳에서 동영상 압축 표준이 되었다. MPEG-2는 현재 디지털 방송의 표준으로 자리잡고 있다.

그런데, MPEG같은 움직임 예측 부호화를 기반으로 하는 압축 기법은 높은 압축율을 이룰 수 있는 반면에, 이렇게 압축되어 있는 동영상을 곧바로 편집하기에는 적당한

구조를 가지고 있지 않다. ISO 산하 국제 표준화 기구에서는 비트스트림 상의 편집을 위하여, 몇몇 픽처 묶음 단위인 GOP(Group Of Pictures) 단위의 편집을 가능하게 하고 있지만^[1], 보다 정교한 편집을 위해서는, 픽처 단위의 편집이 필요하다.

픽처 단위의 편집을 하기 위해서는, 픽처의 변환이 필수적이다^[2]. MPEG의 압축 방식이 움직임 예측 방식이기 때문에, 한 픽처를 복원하려면, 이전의 픽처를 복호화하여야 가능하기 때문에 서로 연관이 없는 두 픽처를 접합하려면, 접합 부분의 픽처들을 변환처리 해주어야 한다.

또한, 이러한 편집 방법을 사용하게 되면 문제가 되는 것이 비트율의 문제이다. 픽처를 변환하게 되면, 본래의 율제어 방식에 의한 비트량이 변화하기 때문에, 비트율을 재조정해 주지 않는다면, 원만한 복호화를 이룰 수 없다. 즉, 복호화기의 버퍼에서 오버플로우가 발생하면, 픽처 생

* 연세대학교 전기전자공학과
Dept. of Electrical and Electronic Eng., Yonsei Univ.

락이 일어나게 되고, 언더플로우가 발생하면, 동영상의 복호화가 늦어져 동영상과 오디오 사이에 지터링(jittering)이 일어난다. 오버플로우의 처리는 제로 삽입의 방법으로 간단하게 처리되지만, 언더플로우의 경우에는 간단하지 않다. 기존의 언더플로우시의 문제 해결 방법은 페이드-인 시퀀스를 삽입하여, 비트율을 재조정하는 방법^[3]으로써, 비트를 제어하는 면에서는 효과가 있지만, 사용자가 확연히 눈으로 확인할 수 있는 원하지 않는 영상 신호를 삽입한다는 면에서는 좋은 방법이 아니다.

본 논문에서는 압축영역에서 임의의 픽처 단위로 정교한 편집이 가능한 MPEG-2 비디오 편집 방법을 연구하고, 또한 편집 후의 오버플로우 문제를 해결하기 위하여 기존에 제안된 제로삽입 방법을 수식으로 전개하고 언더플로우를 방지하기 위하여 재양자화를 통한 새로운 비트율 제어 방식을 제안한다. 또한 이러한 재양자화 처리를 할 때 생길 수 있는 화질 열화의 전파를 막을 수 있도록 화질 열화를 보상하는 기법을 적용한다.

본 논문의 전반부에서는 이러한 제안 이론들의 바탕이 되는 기반 이론들을 살펴보고, 후반부에서는 본 연구의 제안 이론을 소개하고 제안한 이론에 대한 실험 결과를 제시하여 결론을 내리고자 한다.

II. 기반 이론

1. 기존의 비디오 스트림 편집시의 비트율 제어 방법

언더플로우를 해결하기 위한 방법으로써 그림 1과 같이

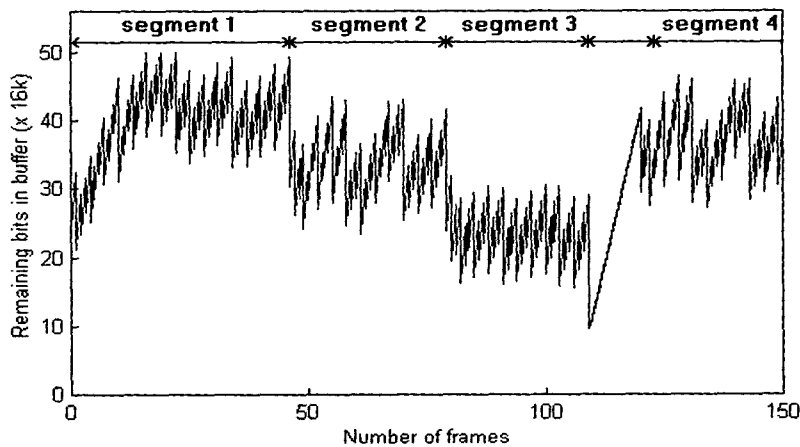


그림 1. 페이드-인 시퀀스의 삽입
Fig. 1. Insertion of fade-in sequence

비트량이 적은 페이드-인 시퀀스를 삽입한다. 삽입된 GOP는 보통 GOP 비트 양의 약 1/3에서 1/2만 사용하므로, 언더플로우에 대한 문제 해결이 가능하다^[3].

페이드-인 시퀀스의 적용은 다음과 같이 한다. 세그먼트의 끝에서 버퍼 상태가 문턱값(버퍼 크기의 20% 정도) 아래로 떨어지면 다음과 같은 식의 목표 비트량을 가지는 GOP를 삽입한다.

$$B_{gop} = r \cdot d - (B \cdot b - B_n) \quad (1)$$

여기서

B_{gop} : 삽입된 GOP를 위한 목표 비트 할당

r : 시퀀스의 비트율

d : 페이드-인 구간. 별도로 정하지 않은 경우는 두 번째 세그먼트의 vbv_delay

B : 복호화기 비디오 버퍼의 크기

b : 복호화기가 복호화를 시작할 때의 버퍼의 충만도

B_n : 첫 번째 세그먼트의 끝에서 버퍼의 충만도

페이드-인 시퀀스의 P 픽처의 주기율이 3이라고 가정하면 ($M = 3$) 시퀀스는 $I_0P_3B_1B_2P_6 \dots I_NB_{N-2}B_{N-1}$ 과 같이 된다. 여기서 I_N 은 연결되는 다음 세그먼트의 첫 번째 I 픽처이다. 이 시퀀스의 밝기는 검은 상태에서 점차 선형적으로 증가한다. 이는 압축영역에서 DCT DC 레벨을 조정함으로써 조절할 수 있다. 각 픽처의 내용을 픽처의 타입에 따라 다음방식으로 만든다.

- I_0 는 빈 픽처이다. DCT 계수없이 헤더만 있는 픽처이다.
- P 픽처에 대해서 모든 매크로 블록은 (0,0) 움직임 벡터로 움직임 보상된다. 밝기는 바로 전 참조 픽처의 $(3/N) \times I_N$ 만큼씩 증가한다. 그러므로 움직임 보상이후 오차에 대한 DCT DC 계수는 $(3/N) \times I_N$ 과 동일하고 AC 계수는 '0'이다.
- B 픽처에 대해서도 P 픽처와 같은 방식으로 한다. 단, DC 계수의 비트량을 줄이기 위하여 참조 픽처와 가까운 픽처으로 움직임 보상을 한다.

상기의 알고리즘을 적용했을 때의 버퍼 상태는 새로이 복호화를 시작할 때처럼 초기화 상태로 돌아간다. 즉, 복호화기의 버퍼의 비트량 축적 상태는 버퍼 크기의 약 80%로 다시 돌아간다.

2. 재양자화에 따른 화질 열화의 보상

MPEG-2 비디오를 위한 비트율을 감쇄시키는 변환 부호화시, 재양자화에 따르는 화질 열화의 전과를 보상하는 이론에 대하여 논한다. GOP의 첫 인트라 픽처가 재양자화 되면, 그에 따라 GOP 전체의 화질에 영향을 주기 때문에, 이러한 재양자화에 따른 화질 열화를 고려하는 것은 중요하다^[4,5].

그림 2의 복호화기와 부호화기가 단계적으로 결합된 변환 부호화기의 경우로 분석해본다.

그림에서 R_{in} 은 재양자화 하기 전인 입력의 비트스트림이고 R_{out} 은 재양자화 후의 출력의 비트스트림이다. 또한 R_{in}^α 과 R_{out}^α 은 각각 픽처 타입 $\alpha = I, P, B$ 일 때의 입력과 출력의 비트스트림으로 한다.

I, P, B 각각의 픽처 타입에 대하여 재양자화에 의한

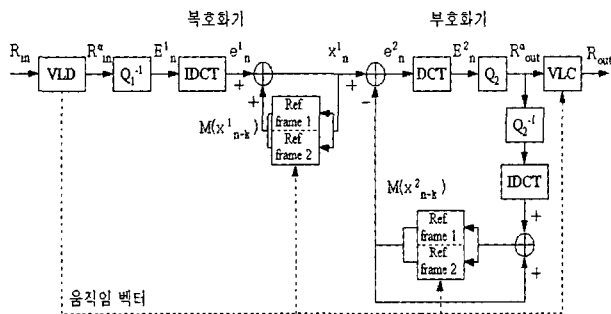


그림 2. 복호화기와 부호화기가 단계적으로 결합된 재양자화기
Fig. 2. Requantizer in coder cascaded with decoder

에러의 전과를 분석해보면 다음과 같다.

2.1.1 픽처

I 픽처는 복호화된 픽처 x_n^1 이 Q_2 에 의하여 양자화되어질 것이므로 부호화기의 출력단에서의 비트스트림은

$$R_{out}^I = Q_2[DCT(x_n^1)] \quad (2)$$

여기서

$$x_n^1 = IDCT[Q_1^{-1}(R_{in}^I)]$$

이므로, DCT의 orthonormality 성질에 의하여^[6]

$$R_{out}^I = Q_2[Q_1^{-1}(R_{in}^I)] \quad (3)$$

이라 말할 수 있다. 이는 입력 비트스트림을 Q_1 보다 큰 Q_2 로 재양자화한 것으로써, 이는 I 픽처에 대한 왜곡을 일으키는데, 이에 대한 이유를 다음의 3가지로 분류하면

- ① 몇몇 제로가 아닌 입력 픽처의 DCT 계수의 등성난 재양자화에 의한 제로화
- ② 양자화 자체에 의한 에러
- ③ 재양자화에 의한 에러

①, ②는 대체로 잘 알려진 왜곡의 이유이고, ③은 많이 연구되지는 않은 부분이다.

그림 3은 재양자화 과정에서 생기는 에러를 보여준다.

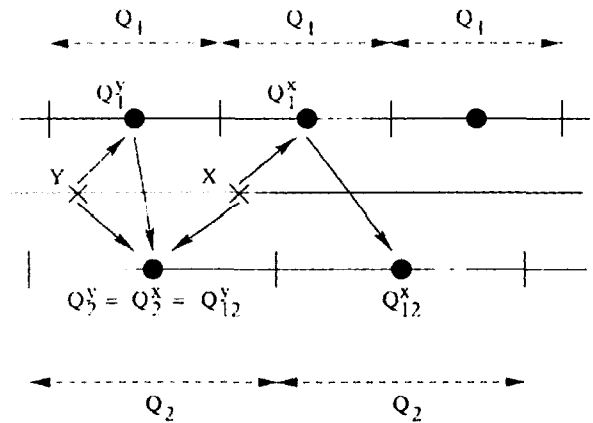


그림 3. 재양자화 에러
Fig. 3. Requantization error

DCT 계수 X, Y가 각각 Q_1 , Q_2 의 크기를 갖는 양자화 값에 의해 Q_1^X 와 Q_2^Y 으로 양자화 되었다. 만약 더욱 듬성한 양자화 값을 갖는 Q_2 에 의해 X, Y가 양자화 되었다면, 두 양자화 레벨은 $Q_2^X = Q_2^Y$ 으로 같을 것이다. 그러나, 만약 X, Y가 먼저 Q_1 에 의해 양자화 된 후 Q_2 로 재양자화 되었다면 Y의 경우는 양자화 레벨이 Q_{12}^Y 으로 Q_2 로 직접 양자화 했을 때와 같아질 것이지만, X의 경우는 $Q_{12}^X \neq Q_2^X$ 가 되어 재양자화 과정에서 에러가 발생하게 된다.

즉, 듬성한 양자화 간격에 그에 상응하는 조밀한 양자화 간격을 완전히 포함한다면 직접 듬성하게 양자화 하는 것과 재양자화 하는 것과의 양자화 왜곡은 같으나, 그렇지 않은 경우는 재양자화의 왜곡이 더 크다. 그러나, 재양자화가 선행 양자화와는 독립적으로 이루어지기 때문에, 재양자화 에러는 피할 수 없다.

2.2 P 픽처

만약 P 픽처의 주기가 M이고 n번째 들어오는 픽처가 P 타입이라면, 그 픽처가 복원되기 위해서는 (n - M)번째의 픽처가 필요하다. 그림에서 보듯이 입력 예측 에러 e_n^1 과 출력 예측 에러 e_n^2 는 각각 식 (4)와 식 (5)와 같이 입력 비트스트림 R_{in}^P 와 출력 비트 스트림 R_{out}^P 과 관계되어 있다.

$$e_n^1 = IDCT[Q_1^{-1}(R_{in}^P)] \quad (4)$$

$$R_{out}^P = Q_2[DCT(e_n^2)] \quad (5)$$

복호화된 픽처 x_n^1 과 예측 에러 e_n^2 는 다음 식과 같다.

$$x_n^1 = e_n^1 + M_P(x_{n-M}^1) \quad (6)$$

$$e_n^2 = x_n^1 - M_P(x_{n-M}^2) \quad (7)$$

여기서

- M_P : P 픽처의 움직임 보상
- x_{n-M}^1 : 이전 복호화된 참조 입력 픽처
- x_{n-M}^2 : 이전 복호화된 참조 출력 픽처

식 (6)을 식 (7)에 대입하면

$$e_n^2 = e_n^1 + M_P(x_{n-M}^1) - M_P(x_{n-M}^2) \quad (8)$$

이 된다. 이는 입력 예측 에러가 출력 예측 에러로 그대로 출력되는 것이 아니고 입력 예측 에러에 입력과 출력의 움직임 보상된 참조 픽처의 차가 더하여져서 나타남을 말하는 것이다. 또한 식 (8)은 다음 식과 같이 간단히 할 수 있다.

$$e_n^2 = e_n^1 + M_P(x_{n-M}^1 - x_{n-M}^2) \quad (9)$$

또한 식 (9)를 식 (5)에 대입하면 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$R_{out}^P = Q_2[E_n^1 + DCT(M_P(x_{n-M}^1 - x_{n-M}^2))] \quad (10)$$

여기서

$$E_n^1 = Q_1^{-1}(R_{in}^P)$$

즉, P 픽처를 재양자화 할 때는, 들어오는 DCT 계수를 본래 양자화 값으로 역양자화 한 후 축적된 에러가 더해져서 재양자화 되어야 한다. 만약 이러한 에러를 더하지 않는다면, 에러가 재양자화 될 때마다 누적되어 전체 GOP의 화질을 열화시키게 된다.

2.3 B 픽처

B 픽처의 재양자화 과정은 P 픽처와 비슷하다. 단지 다른 점이 있다면 B 픽처에 대한 움직임 보상은 순방향 예측, 역방향 예측을 위한 두 개의 참조 픽처를 필요로 한다는 것이다. 그러므로, B 픽처에 대한 에러 보상의 식은 식 (10)을 다음과 같이 수정한 것과 같다.

$$R_{out}^B = Q_2[E_n^1 + DCT(M_B(x_f^1 - x_f^2, x_b^1 - x_b^2))] \quad (11)$$

여기서

- M_P : P 픽처의 움직임 보상
- x_f : 순방향 참조 픽처
- x_b : 역방향 참조 픽처

다음은 본 이론을 적용하는 데 필요한 압축움직임 보상에 대하여 살펴본다.

다음 장에서는 본 장에서 정리한 기반 이론을 바탕으로

MPEG-2 비디오 스트림의 편집 방법과, 편집 후 필요한 비트율 제어 방법을 제시한다.

III. MPEG-2 비디오 스트림 편집시의 비트율 제어

1. MPEG-2 비디오 편집시의 울제어

모든 편집 작업을 마친 후 최종 시퀀스는 적적할 비트율을 가지고 있어야 원활한 복호화가 이루어진다. MPEG은 버퍼 문제를 해결하기 위해 vbv(video buffering verifier) 버퍼를 사용하는데, 이러한 요구조건을 적절히 조정해주지 못하면, 복호화기에서 오버플로우나 언더플로우가 발생하게 된다^[7]. 다음에 이 두가지 경우에 대한 문제 해결 방법을 제시한다.

1.1 오버플로우

편집 후, 페이드-인 시퀀스와 같이 비트율이 낮은 픽처가 계속되거나, 서로 다른 비트율을 가진 시퀀스가 연속되었을 때, 그림 4와 같이 오버플로우가 발생할 수 있다. 오버플로우가 발생하여 복호화기가 비디오 버퍼에서 비트들을 충분히 빠르게 제거하지 못하면 복호화기의 비디오 버퍼는 넘치게 된다. 이 때 복호화기는 새로 도착한 비트들을 버려야 한다.

오버플로우 문제는 픽처 끝에 적당한 양의 제로를 덧붙여 줌으로써 간단하게 해결할 수 있다. 그림에서 오버플로우가 발생하기 바로 전의 픽처에 해당하는 부분이 처리해주어야 하는 부분이다.

덧붙여줄 제로의 비트량은 다음과 같다.

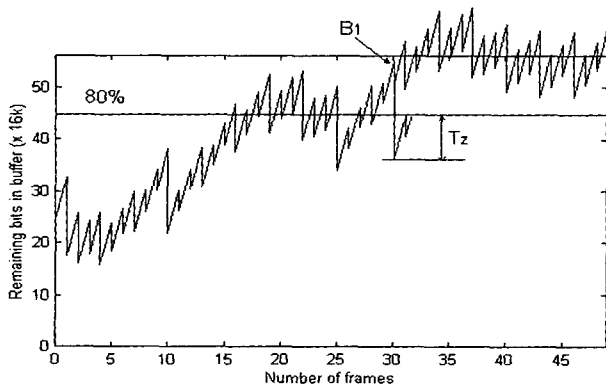


그림 4. 오버플로우
Fig. 4. Overflow

$$T_z = B_1 - bB - T_1 + \frac{r}{f} \quad (12)$$

여기서

T_z : 덧붙여줄 제로의 비트량

B_1 : 오버플로우 바로 전 픽처를 복호화기 직전의 버퍼 비트량 상태

b : 제로 덧붙임 처리 후의 비트 점유율 (0.8)

B : 버퍼의 크기

r : 시퀀스의 비트율

f : picture_rate

1.2 언더플로우

갑작스런 장면 전환이나 비디오 편집 경우와 같이 짧은 시간 동안 비트율이 높은 픽처가 계속되면 비디오 버퍼는 언더플로우가 발생하게 된다. 이 때 복호화기는 신속히 버퍼를 비워야 하므로 예정된 복호화 시간에 버퍼에서 완전한 픽처에 해당하는 데이터를 가져가지 못하므로 비디오 복호화에 지연이 생기고, 이는 비디오와 오디오 사이에 지터링을 초래한다. 언더플로우는 비디오 편집시에서는 주로 두 시퀀스를 접합할 때에 발생한다. 즉, 원래 비트량이 적은 움직임 보상 픽처로부터 비트량이 많은 인트라 픽처으로 변환되는 것과, GOP의 길이가 짧아지는 것이 주 요인이다.

그림 5는 다섯 개의 세그먼트를 연결 편집한 후의 복호화기 버퍼의 점유 양을 보여준다. 각 세그먼트는 I 픽처로 시작하기 때문에, 복호화기가 I 픽처의 복호화를 시작하면, 버퍼의 비트량이 많이 줄어들음을 알 수 있다. 세 번째 세그먼트의 첫 번째 I 픽처 이후에 비디오 버퍼의 비트량은 아주 낮은 높이로 줄어든다. 다섯 번째 세그먼트를 붙이면

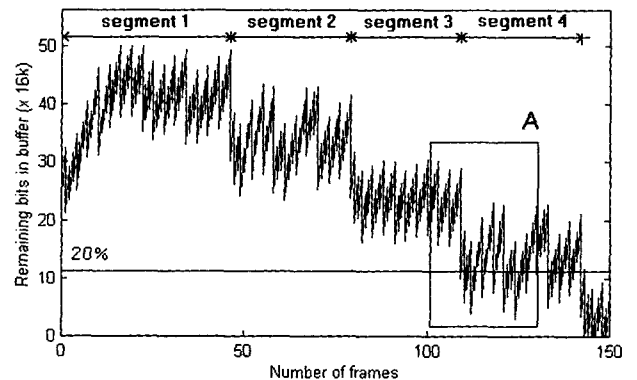


그림 5. 언더플로우
Fig. 5. Underflow

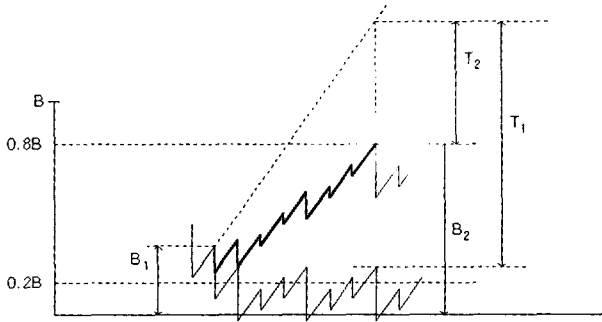


그림 6. 재양자화를 통한 비트율 제어
Fig. 6. Bit-rate control using requantization

버퍼에 언더플로우 문제가 생기게 된다. 그러므로 언더플로우가 발생하기 이전에 이를 방지하여야 한다.

그림 6은 언더플로우시 재양자화를 통한 비트율 제어를 보여준다. 버퍼 상태가 버퍼 크기의 20%보다 더 내려가게 되면, 언더플로우를 예측하고 재양자화를 시작한다. 재양자화는 GOP가 너무 짧지 않은 경우에 해당 GOP내에서 모두 이루어질 수 있다. 재양자화를 하기 위해서는 전체 GOP에 대한 평균 양자화 비율을 알아야 한다. 이를 구하기 위한 과정은 다음과 같다.

그림 6에서 재양자화 하기 전의 GOP의 비트량을 T_1 이라 하고, 재양자화 후의 GOP의 비트량을 T_2 라고 하면, 양자화 비율 S 는 다음과 같이 근사화 할 수 있다.

$$S = \frac{Q_{1avg}}{Q_{2avg}} \approx K(Q_{1avg}) \frac{T_2}{T_1} \quad (13)$$

여기서 $K(Q_{1avg})$: 비례상수

그림 7에서 알 수 있듯이, 비례상수 $K(Q_{1avg})$ 는 T_2/T_1

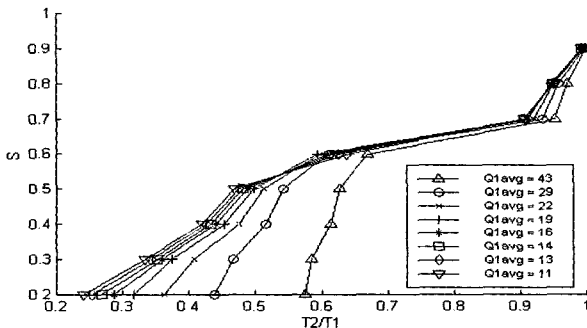


그림 7. T_2/T_1 과 S 와의 관계
Fig. 7. Plot of T_2/T_1 versus S

에 대한 S 의 기울기로서, 비디오 스트림의 압축률을 결정하는 Q_{1avg} 에 의하여 특성지어진다. $K(Q_{1avg})$ 는 대체로 Q_{1avg} 가 작을수록 크다. 이는 재양자화 비율이 작아질수록, 매크로블록의 AC DCT 계수가 0이 되는 부분이 많아짐에 따라 이에 대한 가변장 부호화에 의해 더욱 작아짐을 말한다. 또한 이러한 K 값은 헤더 크기, 매크로블록의 부호화 패턴의 변화 등에 의하여 영향을 받는다.

그림 7에서 알 수 있듯이 재양자화 후의 버퍼 비트량 상태 B_2 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_2 = B_1 + \left(\frac{r}{f}N - T_2\right) \quad (14)$$

여기서 B_1 : GOP를 복호화기 직전의 버퍼 비트량 상태

N : GOP의 픽처의 갯수

T_2 : 재양자화 후의 GOP의 비트량

식 (14)를 T_2 에 대하여 정리하면

$$T_2 = B_1 + \frac{r}{f}N - B_2 \quad (15)$$

로 나타낼 수 있다.

또한 목표하는 버퍼의 비트량 B_2 는 복호화기 버퍼의 크기에 대하여 다음과 같이 표현할 수 있으므로

$$B_2 = bB \quad (16)$$

여기서

b : 재양자화 후의 비트 점유율 (0.8)

식 (15)와 식 (16)을 식 (13)에 대입하면 양자화 비율 S 는 다음과 같다.

$$S = K(Q_{1avg}) \frac{B_1 + \frac{r}{f}N - bB}{T_1} \quad (17)$$

그런데, 만약 GOP 픽처의 개수 N 이 너무 작아서 양자화 비율이 적당한 값을 갖지 않는다면 곤란하다.

S 는 다음과 같은 범위를 가지고 있으므로

$$0 < S < 1 \quad (18)$$

식 (17)를 식 (18)에 대입하면 다음의 조건식을 얻을 수 있다.

$$\frac{f}{r}(bB - B_1) < N < \frac{f}{r}\left(\frac{T_1}{K(Q_{1avg})} + bB - B_1\right) \quad (19)$$

식 (19)의 우항은 T_1 이 N 에 따라 증가하여 대체로 만족한다. 만약 N 이 식 (19)의 좌항을 만족하지 못하면, 바로 다음의 GOP를 덧붙여 다음과 같이 T_2 를 수정하여 적용한다. 즉,

$$T_2 = B_1 + \frac{r}{f}(N_1 + N_2) - bB \quad (20)$$

여기서

- N_1 : 첫 번째 GOP의 픽처의 개수
- N_2 : 두 번째 GOP의 픽처의 개수

픽처 단위로 비디오 스트림을 편집 한다면, 두 번째로 오는 세그먼트의 앞부분은 최대 2개까지 연이어 I 픽처가 올 수 있다. 즉, 처음 GOP의 픽처 개수가 1개일 수 있다. 이러한 때에 식 (20)을 적용할 수 있다. 재양자화의 방법은 위의 방법으로 양자화 비율 S 를 구한 후 이를 각 매크로블록의 *mquant* 값에 적용한다. 즉,

$$mquant_{new} = \frac{1}{S} \times mquant \quad (21)$$

과 같이 원래의 *mquant*에 양자화 비율을 곱한 후 $[2 \cdot \dots \cdot 62]$ 의 범위를 갖도록 정수화한 후 DCT 블록의 a 수를 양자화 한다.

2. 재양자화에 의한 화질 열화 보상 기법의 적용

비트율 제어를 위한 재양자화를 하는 동시에 이에 따른 GOP 내의 화질 열화의 전파를 보상하기 위하여, 그림 8의 재양자화기를 이용할 수 있다. 이는 2장 2절의 에러 보상의 기법을 MC-DCT 기법을 이용하여 압축 영역에서 수행이 가능하도록 적용한 것이다.

식 (10)과 식 (11)을 MC-DCT를 이용한 식으로 바꾸면 DCT의 과정을 생략한 다음의 식들로 바꿀 수 있다.

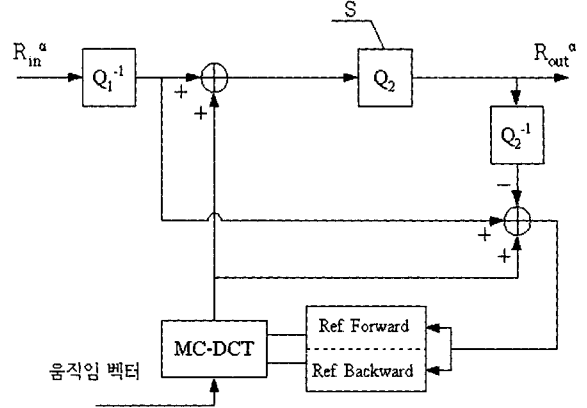


그림 8. 에러 보상 기능을 갖는 재양자화기
Fig. 8. Requantizer with error compensation function

$$R_{out}^P = Q_2[E_n^1 + \Omega_P(X_{n-M}^1 - X_{n-M}^2)] \quad (22)$$

여기서

- Ω_P : P 픽처에 대한 MC-DCT
- X_{n-M}^1 : $DCT(x_{n-M}^1)$
- X_{n-M}^2 : $DCT(x_{n-M}^2)$

그리고,

$$R_{out}^B = Q_2[E_n^1 + \Omega_B(X_f^1 - X_f^2, X_b^1 - X_b^2)] \quad (23)$$

여기서

- Ω_B : B 픽처에 대한 MC-DCT
- X_f : $DCT(x_f)$
- X_b : $DCT(x_b)$ 출력 영상의 참조 픽처

Ref. Forward와 Ref. Backward에는 각각 순방향 움직임 예측과 역방향 움직임 예측을 위한 참조 픽처의 DCT 계수의 차가 저장된다. P 픽처의 경우에는 Ref. Backward가 필요없다. 그리고, 비트율 조절을 위하여, 양자화 비율 S 를 그림 8에서와 같이 출력부의 양자화기에 적용할 수 있다.

다음 장에서는 지금까지 설명한 제안 이론의 실험 결과를 보여준다.

IV. 실험 결과

본 실험에 사용된 MPEG-2 비디오 시퀀스는 4:2:0의 크로마 신호의 704 x 480 크기를 갖는 여러 종류의 영상 신호를 TM5 모델로 부호화 한 것이며, 상세한 부호화 파라미터는 다음과 같다.

- 시퀀스 종류 : bus, football, tennis 등
- MP@ML 부호화
- 프레임 DCT 부호화
- 비트율 : 4 Mbps
- 프레임율 : 30 fps
- vbv 버퍼 크기 : 56 (x 16k) bits

1. 오버플로우

그림 9는 그림 4에서 30번째 픽처단에 제로를 덧붙여 복호화기가 비디오 버퍼에서 비트들을 처리하기 이전보다 더 많이 제거하게 함으로써 다음 픽처를 복호화하기 바로 전에 버퍼 상태가 오버플로우가 발생하지 않도록 처리한 결과이다.

버퍼의 비트량 상태를 전체 버퍼 크기의 80%로 맞추어 지도록 조정하였으며, 버퍼 상태를 보면 울제어를 하여 오버플로우 문제가 해결된 것을 알 수 있다.

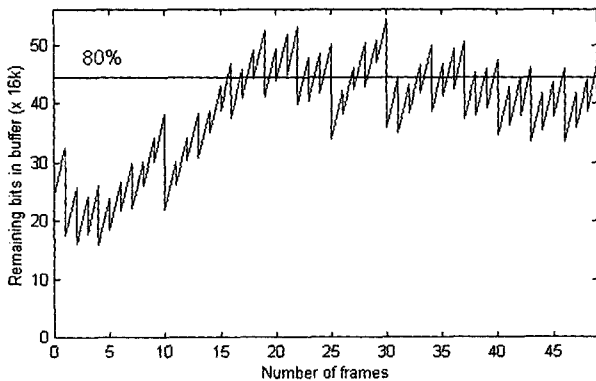


그림 9. 오버플로우 조정 후의 버퍼 상태
Fig. 9. Buffer status after overflow control

2. 언더플로우

비디오 편집시 발생할 수 있는 버퍼 언더플로우시에 재양자화를 한 결과를 알아보기 위하여, 그림 5의 여러 개의 비디오 세그먼트를 편집하여 고의로 언더플로우를

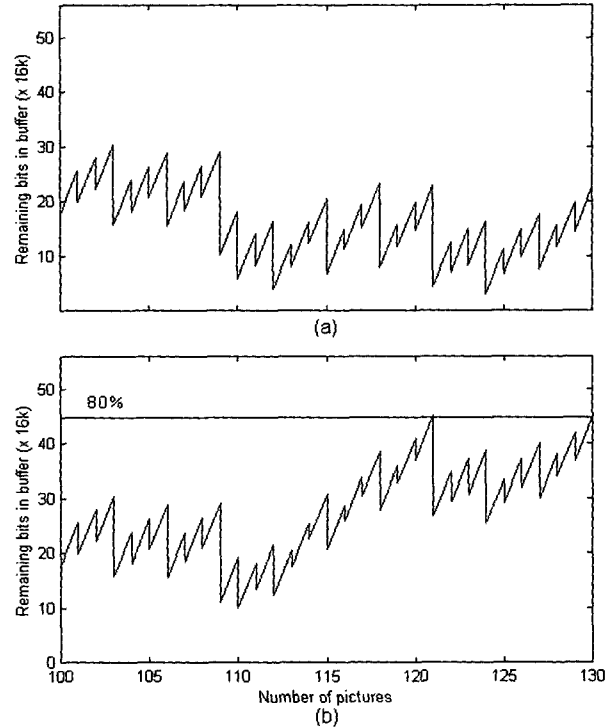


그림 10. 언더플로우시의 비트량 조절 (a) 재양자화 이전의 버퍼 상태 (b) 재양자화 이후의 버퍼 상태
Fig. 10. Bit-rate control at underflow (a) buffer status before requantization (b) buffer status after requantization

발생시킨 시퀀스를 대상으로 실험하였다. 버퍼의 비트량이 190K비트 이하로 내려갔을 때, 재양자화 과정을 시작하며, 그림 5의 A 부분이 재양자화하고자 하는 부분이 된다.

그림 10(a)는 그림 5의 A 부분을 재양자화하기 이전의 버퍼 상태이며, 해당 GOP는 109번의 I 픽처에서 시작하여 120번의 B 픽처로 끝난다. 이 픽처에서 검출된 정보는 다음과 같다.

$$\cdot N = 12, \quad Q_{1aug} = 37, \quad T_1 = 1703376bits$$

식 13와 식 15에 의하여 구하여진 재양자화 파라미터는 다음과 같다.

$$\cdot T_2 = 1336792bits, \quad S = 0.67$$

그림 10(b)는 본 논문에서 제안한 방법을 사용하여 도출된 S로 재양자화 처리한 후의 버퍼 상태를 보여준다.

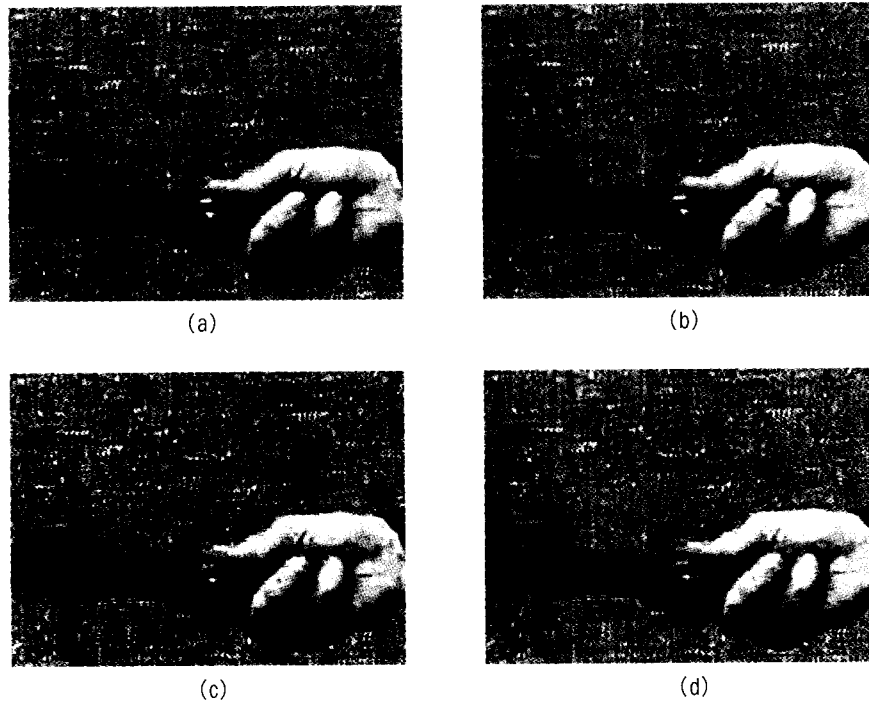


그림 11. 결과 영상의 부분 비교 (a) 편집 전 (b) 편집 후 (c) 에러 보상 없는 재양자화 (d) 에러 보상 재양자화
 Fig. 11. Comparison on result images (a) before editing (b) after editing (c) requantization without error compensation (d) requantization with error compensation

처리 후, 목표하고자 하는 버퍼 상태인 80% 에 근사하게 도달했음을 알 수 있다.

그림 11은 앞의 실험에서 사용한 언더플로우 시퀀스를 본 논문에서 제안한 화질 열화 보상 기법을 적용하여 실험한 것으로 복호화 순서로 112번째인 B 픽처 영상을 보여준다. 그림 11(a)는 편집하기 전의 영상이고, 그림 11(b)는 편집한 후의 영상이고, 그림 11(c)는 편집시 본 논문에서 제안한 재양자화 방법을 적용한 것이고, 그림 11(d)는 에러 보상 재양자화한 영상이다. 그림 11(c)에서 보면 재양자화 후 영상의 화질이 다소 저하되었는데 그림 11(d) 에서와 같이 에러를 보상하면서 재양자화를 하면 화질이 개선되었음을 알 수 있다.

그림 12는 편집한 비디오 스트림에 언더플로우가 발생했을 시 재양자화 처리를 할 때, 움직임 예측 에러에 의한 화질 열화 보상을 한 경우와 하지 않은 경우의 PSNR을 비교한 것이다. 언더플로우를 발생시키는 재양자화 하지 않은 편집 비디오 스트림은 PSNR을 그대로 유지하고있는 반면에, 언더플로우 문제를 해결한 재양자화한 스트림은 PSNR이 크게 떨어짐을 알 수 있다. 그러나 에러 보

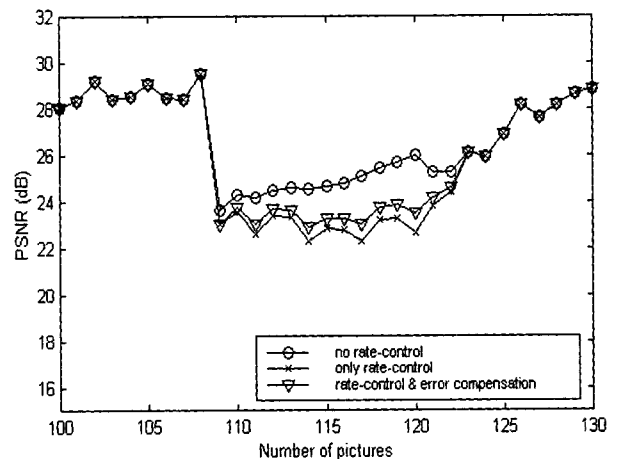


그림 12. 울제어시의 PSNR 비교 (복호화 후 순서)
 Fig. 12. PSNR comparison on rate control methods

상 처리한 스트림의 경우는 하지 않은 경우에 비하여 PSNR이 약 0.5-1dB 정도 높게 나와 화질 열화를 줄일 수 있음을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 MPEG-2 비디오 시퀀스를 편집할 때 발생할 수 있는 복호화기 비디오 버퍼에서의 언더플로우 문제를 압축영역에서의 재양자화 기법을 적용하여 사전에 미리 방지하는 방법과, 재양자화시에 야기되는 화질 열화를 보상할 수 있는 방법을 고찰해 보았다.

편집 과정에서의 언더플로우의 문제는 이미 이전에 페이드-인 시퀀스를 삽입하여 해결하는 방법이 연구된 것이 있었으나 이는 편집자가 원하지 않는 영상신호를 임의로 삽입한다는 점에서 올바른 해결 방법이라고 할 수 없었다.

그러나 본 연구에서의 압축영역에서 수행할 수 있는, 시퀀스의 압축율에 따른 적절한 재양자화를 통한 기법을 적용하면 이러한 페이드-인 시퀀스 삽입 방법에서와 같은 문제점이 없이 언더플로우를 해결할 수 있었다.

그리고, 본래의 움직임 예측 영상에 재양자화에 의한 에러를 보상하여 재양자화로 인하여 발생하는 GOP 전체로의 영상 에러의 흐름에 의한 화질 열화를 방지하여 PSNR이 약 1.5~10dB 향상되었음이 실험 결과 확인되었다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-T Recommendation H. 262, "Information Technology -Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video," July 1995.
- [2] Bo Shen, Sethi I. K. and Bhaskaran V, "Closed-loop MPEG Video Rendering," *IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems Proceedings.*, pp. 286-293, 1997.
- [3] Jianhao Meng and Shih-Fu Chang, "Buffer Control Techniques for Compressed Domain Video Editing," *IEEE Intl. Symposium Circuits and Systems, '96, Connecting the World.*, vol. 2 , pp. 600-603, 1996.
- [4] P. Assunção and M. Ghanbari, "Transcoding of MPEG-2 Video in the Frequency Domain," *IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing, Munich, Germany*, vol. 4, pp. 2633-2636, 1997.
- [5] G. Keesman, R. Hellinghuizen, F. Hocksema and G. Heideman, "Transcoding of MPEG Bitstreams," *Signal Processing: Image Commun.*, vol. 8, pp. 481-500, Sep. 1996.
- [6] K. R. Rao and P. Yip, "Discrete Cosine Transform," *Academic Press*, 1990.
- [7] S. F. Chang and D. G. Messerschmitt, "Manipulation and Compositing of MC-DCT Compressed Video," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 13, pp. 1-11, Jan. 1995.

저 자 소 개



윤 범 식

1997년 : 연세대학교 전기공학과 학사 졸업
2000년 : 연세대학교 전기공학과 석사 졸업
현재 : 삼성전자 중앙연구소 DNS lab 연구원



노 홍 진

1999년 : 연세대학교 전기공학과 학사 졸업

현재 : 연세대학교 전기공학과 석사과정 재학중



최 윤 식

1979년 : 연세대학교 전기공학과 학사 졸업

1981년 : 연세대학교 전기공학과 석사 졸업

1981~1984년 : 미국 Case Western Reserve 대학 System 공학과 MSEE

1984~1987년 : 미국 펜실베이니아 주립대 전기공학과 MS

1987~1990년 : 미국 Purdue 대학 전기공학과 Ph.D

1990~1993년 : (주) 현대전자 산업전자연구소 책임연구원

현재 : 연세대학교 기계전자공학과 부교수, 연세대학교 신호처리연구센터 소장