

논문 2007-44SP-1-4

장면전환에 효율적인 H.264/AVC 비트율 제어 기법

(An Effective of Rate Control for Scene Change in H.264/AVC)

손남례*, 신윤정**, 이귀상***

(Nam-Rye Son, Yoon-Jeong Shin, and Guee-Sang Lee)

요약

H.264/AVC 표준은 기존의 부호화 기법보다 뛰어난 압축 성능 때문에 비디오 데이터의 압축과 전송에 널리 응용될 것으로 전망된다. 그러나 H.264/AVC 표준도 기존의 비디오 압축표준과 마찬가지로 가변길이부호화 방식을 따르기 때문에, 동영상 부호화할 때 발생하는 데이터량은 시간의 흐름에 따라 큰 폭으로 변한다. 이 때문에 PSTN이나 ISDN 망과 같이 대역폭이 고정된 네트워크를 통해 비디오 비트 스트림을 전송하고자 할 경우에는 부호기로부터 출력되는 비트량을 제어할 필요가 있다. 본 논문에서는 전송율이 고정된 비디오 전송채널 환경에서 H.264/AVC 부호화 기법으로 압축된 영상 데이터를 전송할 때 장면전환에 효율적인 비트율 제어 방식을 제안한다. 즉, 제안하는 비트율 제어 방식은 장면 전환과 같이 움직임이 많은 부분에서는 이전 프레임과 현재 프레임간의 움직임 변화량을 예측하여 움직임의 양에 따라 2차원 RD 모델 식을 수정하여 프레임 단위로 비트량을 효율적으로 제어하는 방법이다. 또한 장면전환이 많은 영상일 경우에 버퍼의 넘침을 방지하기 위해서 효율적인 프레임 스킵 방법을 제안한다. 실험 결과는 화면간 움직임이 많은 영상의 경우, 기존의 비트율 제어 방법이 채널 전송에 부적합할 정도로 비트량을 초과하지만, 제안한 방법은 채널 전송에 적합하게 효율적으로 부호화한다. 또한 기존 비트율 방법보다 제안한 방법의 프레임 스킵 개수가 적어 화면간의 끊김 현상이 줄었다.

Abstract

In recent years, rate control is an important technique in real time video communication applications using H.264/AVC. Many existing rate control algorithms employ the quadratic rate-distortion model, which is determine the target bits for each P frame. In this paper, a new rate control algorithm for transmission of H.264/AVC video bit stream through CBR(Constant Bit Rate) channel is proposed. The proposed algorithm predicts an adaptive QP(Quantization Parameter) for improving video distortion, due to high motion and abruptly scene change, which target bit rate and MAD(Mean of Absolute Difference) for current frame considering image complexity variance between previous and current frames. Additionally, it uses frame skip technique to maintain bit stream within a manageable range and protect buffer from overflow or underflow. Experimental results show that the proposed method gives a quality improvement of about 0.5dB when compared to previous rate control algorithm. Also our proposed algorithm encodes the video sequences with less frame skipping compared to the existing rate control for H.264/AVC

Keywords : H.264/AVC, rate control, Mean Absolute Difference, quadraic rate-distortion model

I. 서론

최근 다양한 멀티미디어 매체의 발전으로 고화질 서

비스의 수요가 증가하고 있으며 이에 따라 MPEG 및 H.264/AVC 등 국제 압축 표준이 제정되어 사용되고 있다^[1]. 이동통신의 발달은 기존 유선망에서의 서비스를 시간과 장소의 제한 없이 이동 중에도 이용할 수 있도록 하였고 국내에서는 세계 최초로 디지털 멀티미디어 방송(DMB: Digital Multimedia Broadcasting)이 상용화 단계에 있다. 영상시스템의 경우 서비스에 대한 수요는 막대하게 증대되고 있으나 실제 망의 용량이 한정되어 있기 때문에 주어진 채널용량 한도에서 비트를 효율적으로 할당하여 최적의 화질을 얻을 수 있도록 하는 영

* 학생회원, 건국대학교 인터넷.미디어학부 Post.Doc (Konkuk University, Dept. of Internet&Media)

** 정회원, 광주대학교, 컴퓨터공학과 (Gwangju University, Dept. of Computer Science)

*** 정회원, 전남대학교 컴퓨터정보학부 (Chonnam National University, Dept. of Computer Science)

접수일자: 2006년4월12일, 수정완료일: 2006년11월21일

상 압축 기법 연구가 활발히 진행되고 있다. 대부분의 영상 압축 표준에서는 시공간적으로 중복되어 있는 정보를 제거하기 위해서 움직임 보상기법과 DCT 변환기법을 사용한다. 움직임이 크고 화면의 복잡도가 큰 영상일수록 부호화해야 하는 정보량이 증가하게 된다. 실제 상용되는 영상은 움직임의 변화와 화면의 복잡도가 다양하므로 영상 압축 부호화기를 통과하면 변동이 심한 비트율이 출력되는데 이는 제한된 채널용량과 부호화기의 버퍼용량에 의해 화질의 열화를 야기한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 인코더에서는 출력 비트율의 변동을 줄이고 주어진 비트를 영상 데이터에 효과적으로 할당하기 위한 비트율 제어 알고리즘을 적용한다.

비트율 제어 기법은 우선 전체 영상의 왜곡을 최소화하도록 영상의 프레임이나 하위 매크로 블록에 목표 비트를 할당한다. 그 후 매크로 블록마다 할당된 비트에 따른 양자화 계수(QP: Quantization Parameter)를 설정하여 부호화한다. 이러한 과정에서 두 가지 방향으로 연구가 이루어져 왔다. 하나는 모델 기반의 비트율 할당으로 통계적 특성을 바탕으로 비트율과 양자화 계수 그리고 왜곡 값과 양자화 계수 사이의 관계를 정의하여 수식적으로 최적의 양자화 계수를 찾아 부호화하는 방식이다^[2-13]. 이는 정해진 모델을 기반으로 지연을 최소화하는 실시간 코딩 환경에서 많이 사용하고 있지만 통계적 특성에 따른 모델을 사용하기 때문에 장면이 급격히 변하는 프레임에서는 비트-왜곡 특성의 예측이 어려워 화질 열화를 가져온다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 프레임 내의 매크로 블록 단위의 코딩으로 현재 프레임의 특성을 비트 모델에 피드백으로 반영하는 연구가 이루어져 왔지만 문제를 완전히 해결하지는 못했다. 비트율 할당을 위한 두 번째 접근방식은 실제 코딩에 의한 최적의 코딩 파라미터를 찾는 것이다. 다이나믹 코딩기법^{[14][15]}이나 라그랑지 최적화 기법^{[16][17]}을 이용하여 가능한 코딩 파라미터 조합 중 주어진 비트율 조건을 만족시키고 왜곡을 최소화 하는 것을 찾아보고 코딩하는 방식이다. 가장 이상적인 방법이지만 모든 양자화 파라미터에 따른 실제 비트율과 왜곡 값을 구해야 하므로 계산량이 큰 단점이 존재한다.

현재 H.264/AVC의 참조 소프트웨어에서 사용하는 비트율 제어 알고리즘은 두 번째 방법을 취하고 있다. 즉, 주어진 비트율에 최소의 왜곡 값을 가진 매크로블록 모드를 결정하여 부호화하는 방법을 취하고 있다. 하지만 이 방법 역시 장면전환과 같이 움직임이 많은 영상인 경우에는 비트율과 왜곡 특성의 예측이 어려워

화질 열화를 가져온다. 따라서 본 논문에서는 장면전환에 효과적인 비트율 제어 방법을 제안한다. 또한 장면전환이 많은 영상인 경우에는 버퍼의 넘침을 방지하기 위해서 효율적인 프레임 스킵 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 II장에서는 H.264/AVC의 RDO(Rate Distortion Optimization)기법과 III장에서는 기존 비트율 제어 기법에 대하여 간단히 언급한다. IV장에서는 장면전환에 효과적으로 대처할 수 있는 제안한 알고리즘을 설명하고, V장에서는 버퍼의 넘침을 방지하기 위해서 프레임 스킵 방법에 대하여 기술하고, VI장에서는 기존 비트율 제어 알고리즘과 제안한 비트율 제어 알고리즘에 대하여 비교, 분석한다. 마지막으로 VII장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 비트율-왜곡 최적화(RDO)

H.264/AVC의 RDO의 최종 목적은 부호화측에서는 최소의 비트량을 부호화하여 손실없이 최종단말기에 전송하는데 목적이 있고, 복호화측에서는 최대의 화질을 제공받고자 왜곡 값이 최소인 매크로블록을 최적의 매크로블록 모드로 결정한다. 그림 (1)와 같이 결정된 매크로블록 모드에 대하여 움직임벡터 값과 원 영상과 보상된 영상에 대한 차분(MAD: Mean Absolute Difference)인 텍스처(texture)을 DCT(Discrete Cosine Transform) /양자화 과정을 수행한 후, 부호화하여 최종 단말기인 복호기에 전송한다.

[26]에서는 라그랑지 최적화 모드와 움직임 추정 방법에 대하여 설명하고 있다. 또한 H.264/AVC의 테스트 모델인 참조소프트웨어 [24,25]에서도 [26]에서 제시한 방법을 채택하고 있다. 이 방법에서 라그랑지 계수(λ)

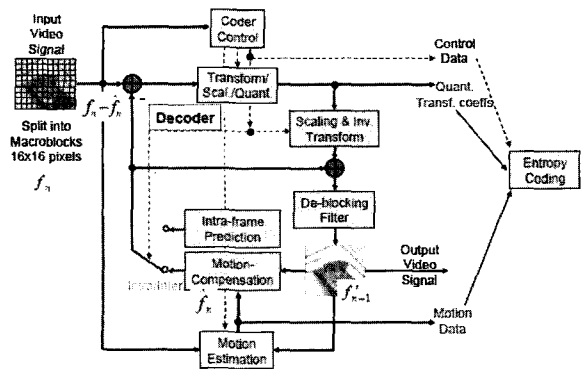


그림 1. H.264/AVC 인코더
Fig. 1. H.264/AVC encoder.

는 다음 식 (1)와 같이 각각의 매크로블록에 대하여 양자화 계수(QP)을 사용하여 라그랑지 값을 결정한다.

$$\lambda = 0.85 \times 2^{\frac{QP-12}{3}} \quad (1)$$

라그랑지 최적화 방법^[30,31]에서 있어서, 라그랑지 계수가 작을수록 높은 비트량과 좋은 화질을 보인 반면에 라그랑지 계수가 높을수록 낮은 비트량과 나쁜 화질을 초래한다. [30,31]의 결과와 같이 라그랑지 계수는 화질과 비트량에 영향을 끼치는 것을 알 수 있다. 또한 매크로블록에 대한 모드를 결정할 때 식 (2)와 같이 왜곡 값과 비트율 그리고 라그랑지 계수에 의해서 결정된다.

$$J_i = D_i + \lambda \times R_i^{MV} \quad (2)$$

부호화중 각각의 매크로블록에 대하여 모든 코딩 모드(16x16, 16x8, 8x16, sub 8x8)의 비트율(R_i)과 왜곡(D_i) 값을 계산한다. 그리고 식 (2)와 같이 비트율과 왜곡 값이 최적인 모드를 선택하고 선택한 모드를 가지고 매크로블록에 대하여 최종적으로 부호화한다.

이 방법에서 보면 각각의 매크로블록에 대하여 라그랑지 계수(λ)를 결정하기 위하여 고정된 양자화 계수를 먼저 결정한 후, 최적의 매크로블록 모드를 결정한다. 따라서 각각의 프레임에 대한 비트량을 제어할 수 없는 단점이 있다. 이런 단점을 보완하고자 [24,25]에서는 적응적인 선형 모델(Adaptive Linear Model)을 기반으로 한 비트량 제어 방법이 제안되었다. 적응적인 선형 모델 방법에서 사용하는 기본 단위는 프레임, 슬라이스 또는 매크로블록을 의미한다. 현재 H.264/AVC의 비트량을 제어하기 위해서 프레임 단위당 양자화 계수는 식 (3)와 같이 2차 방정식 비트율-왜곡 모델을 사용한다.

$$T = \frac{x_1 \times MAD}{QP} + \frac{x_2 \times MAD}{QP^2} \quad (3)$$

식 (3)에서 T 는 프레임당 목표 비트량이고, MAD 는 프레임당 차분 부호 정보량이다. MAD 은 그림 (2)와 같이 복원된 이전 프레임(F'_{n-1})의 매크로블록의 동일 위치($MB'_{n-1}(i, j)$)가 아닌 움직임 벡터 (x, y) 를 적용한 매크로블록의 위치($MB'_{n-2}(i+x, j+y)$)에 대한 차분으로 식 (4)와 같이 $MAD_n(i, j)$ 값을 구한다. 그리고 매크로블록들을 구성하고 있는 한 프레임에 해당하는 MAD 는 식 (5)와 같다.

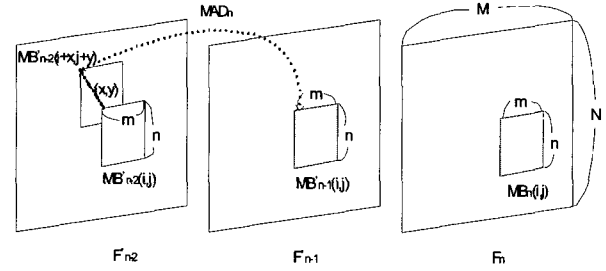


그림 2. 기존 MAD(Mean Absolute Difference) 방법
Fig. 2. Method of existing MAD.

$$MAD_n(i, j) = \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |MB'_{n-1}(i, j) - MB'_{n-2}(i+x, j+y)| \quad (4)$$

$$MAD = \frac{1}{X \times Y} \sum_{i=0}^{X-1} \sum_{j=0}^{Y-1} MAD_n(i, j), (X = \frac{M}{m}, Y = \frac{N}{n}) \quad (5)$$

그리고 프레임당 목표 비트량과 차분 부호 정보량을 2차 방정식 비트율-왜곡 모델 식을 이용하여 도출된 양자화 계수는 프레임을 구성하고 있는 매크로블록에 대하여 부호화하고, [26]에서 제안한 최적화된 비트율-왜곡 값을 최종 모드로 선택하여 부호화한다.

III. 기존 비트율 제어 알고리즘

지금까지 동영상 부호기에서 부호화된 가변 비트량을 제어하는 방법은 크게 피드백워드(feed backward) 방법^[18,19], 피드포워드(feed forward) 방법^[20,21], 하이브리드 방법^[22~26]으로 구분 할 수 있다. 피드백워드 방법은 그림 3(a)와 같이 현재 버퍼의 상태를 예측하여 버퍼 상태에 따라 비트량을 조절하는 양자화 계수를 사용한다. 즉, 버퍼 상태가 차분 부호 정보량을 부호화할 수 있는 충분한 양을 가지고 있으면 양자화 계수를 낮추어 비트량을 늘리고 화질을 높인다. 반대로 버퍼 상태가 차분 부호 정보량을 충분히 부호화할 수 없는 상태이면 양자화 계수를 높여 비트량을 줄이고 화질을 떨어뜨린다. 피드포워드 방법은 그림 3(b)와 같이 이전에 부호화된 영상들의 통계적 자료에 기초하여 영상의 복잡도를 예측하고 비트량을 조절하는 방식이다. 하이브리드 방법은 그림 3(c)와 같이 현재 전송해야 하는 차분 부호 정보량과 버퍼 상태간의 관계를 이용하여 프레임당 부호화할 비트량을 제어하는 방법이다.

특히, 하이브리드 방법의 종류로는 H.264/AVC 부호기 이전에 개발된 MPEG-2의 TM5^[2], H.263의

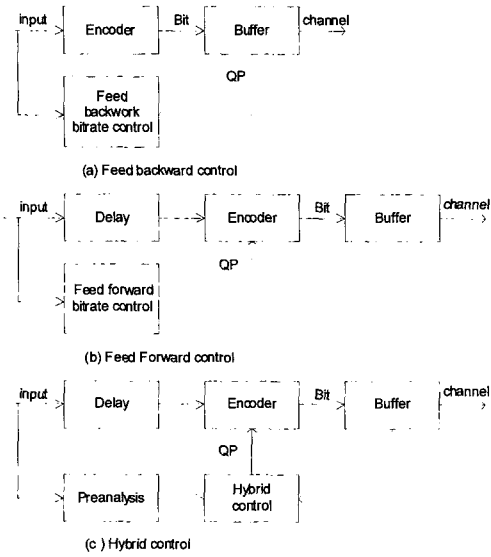


그림 3. 기존 동영상 부호기의 비트율 제어방법
Fig. 3. Existing rate control algorithms.

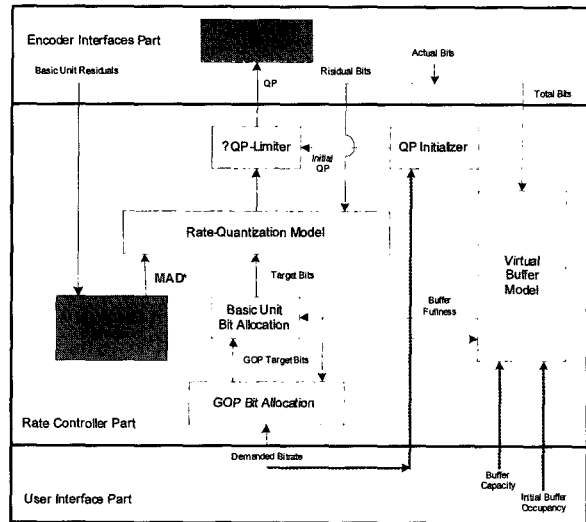


그림 5. H.264/AVC 참조 모델의 비트율 제어 방법
Fig. 5. H.264/AVC Reference Software.

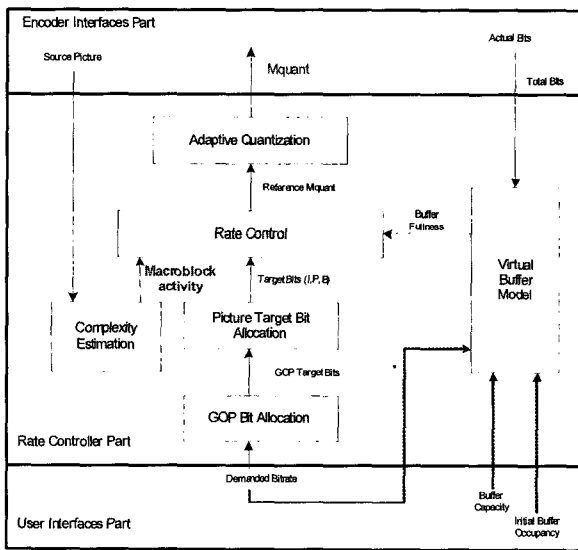


그림 4. MPEG-2의 TM 비트율 제어 방법
Fig. 4. MPEG-2 TM5.

TMN8^[3], MPEG-4의 Q2^[4] 등의 모델이 있고, H.264/AVC 부호기의 비트율 제어를 위한 참조 모델로는 JVT-E069^[22,23], JVT-G012r1^[24,25] 등이 있다. 그러나 H.264/AVC 부호기 이전에 사용하는 하이브리드 방법의 비트율 제어 방법과 H.264/AVC 부호기의 비트율 제어방법은 다음과 같은 차이점이 있다.

즉, H.264/AVC 부호기 이전에 사용하는 MPEG-2의 TM5의 비트율 제어방법은 그림 (4)와 같이 매크로블록 활성도(macroblock activity)를 이용하여 차분 부호 정보량을 예측하고, 각 I, P, B 프레임에 해당하는 가상

버퍼를 사용하여 적응적인 양자화 계수(Mquant)를 결정하고 최종적으로 적응적인 양자화 계수에 의해 비트량이 조절된다.

그러나 H.264/AVC 부호기의 비트율 제어 참조 모델은 그림 (5)와 같이 비트율-왜곡 최적화 방법을 사용한다. 이 때문에 H.264/AVC는 부호화할 차분 부호 정보량을 알 수 없는 상태에서 비트량 제어에 필요한 목표 비트량을 할당해야 한다. 목표 비트량이 할당되면 프레임 단위로 양자화 계수를 결정하여 부호화한다. 그런 다음 비트율-왜곡 최적화를 수행한 후, 화질과 비트량을 모두 만족하는 매크로 블록 모드를 부호화한다. 이처럼 H.264/AVC 부호기의 비트량 조절 방법은 기존의 동영상 표준 부호기의 비트량 조절 방법과 근본적으로 다르기 때문에 H.264/AVC 부호기에 적합한 새로운 비트율 제어방법이 필요하다.

H.264/AVC 부호기의 비트율 제어방법을 위한 참조 모델로는 "Siwei"^[22,23]와 "Zhengguo"^[24,25]이 있다. 그러나 "Siwei"와 "Zhengguo"의 비트율 제어 방법은 다음과 같이 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, "Siwei"와 "Zhengguo" 비트율 제어 방법은 현재 프레임에 목표 비트량을 할당하는데 문제가 있다. 즉, "Siwei"의 방법은 MPEG-2의 TM5와 같이 이전에 부호화되었던 영상의 복잡도를 계산하여 현재 프레임에 대하여 목표 비트량을 할당한다. "Zhengguo"의 방법은 이전 영상의 차분정보 부호량을 이용하여 부호화할 현재프레임의 목표 비트량을 할당한다. 따라서 영상의 움직임이 비슷하거나 시간적으로 서서히 변화하는 경우에는 현재 프레임

에 대한 목표 비트량을 효율적으로 할당할 수 있다. 그러나 이전 영상과 현재영상간의 움직임이 많거나 없는 경우 현재 프레임에 목표 비트량을 효율적으로 대처하지 못하고 있다. 둘째, "Siwei"와 "Zhengguo"의 방법은 매크로블록 단위로 비트율을 제어한다. 하지만 "Siwei"의 방법은 한 영상 내에서 공간적 비트할당을 고려하지 않기 때문에 같은 영상 내에서도 영상의 화질차이가 발생할 수 있다. 또한 "Zhengguo"의 방법은 한 영상 내에서도 공간적인 비트할당을 고려하기 때문에 한 영상 내에서도 화질 차이가 발생하지 않는다. 그러나 프레임을 구성하고 있는 매크로블록에 대한 목표 비트량을 예측할 때 부호화할 현재프레임에 대한 정확한 목표 비트량을 예측하지 못한다. 셋째, "Siwei"의 방법은 실제 부호화의 버퍼를 고려하지 않고 I, P, B 프레임 부호화 모드마다 가상 버퍼를 사용하여 비트량을 제어함으로써 버퍼가 넘치거나 고갈되는 문제에 적절하게 대처하는 방안이 없다. "Zhengguo"의 방법은 부호화에 맞는 실제 버퍼를 사용하지만 버퍼가 넘치면 이 방법 역시 대처할 방안이 없다.

지금까지 제시된 H.264/AVC 부호기 비트율 제어 방법은 이전 영상들의 차분 부호 정보량을 이용하여 현재 영상을 부호화한다. 따라서 네트워크 전송 환경이 급변하거나 영상 특징이 급격히 변화하는 경우 즉, 움직임이 많거나 장면전환이 발생하는 경우에는 효율적으로 대처하지 못하고 화질 열화가 발생한다. 따라서 영상 정보를 효율적으로 실시간으로 전송하기 위해서는 화면간 영상의 변화량을 고려하여 효율적인 비트율 제어 방법이 필요하다.

IV. 제안한 비트율 제어 알고리즘

4.1. 초기화

비디오 시퀀스는 i 개의 GOP(Group of Picture)로 구성되어 있고, GOP의 첫 번째 프레임은 INTRA(I) 부호화하고 연속적으로는 INTER(P)로 부호화한다. 비디오 시퀀스를 구성하고 있는 GOP의 총 프레임 개수가 N 이면 $n_{i,j}$ ($j = 1, 2, \dots, k$)은 i^{th} 번째 GOP에 있는 j^{th} 번째 프레임을 의미한다. 프레임당 비트량을 제어하기 위해서는 식 (6)와 같이 첫 번째 프레임에 대한 가상 버퍼 점유량($B_c(b_{i,1})$)을 설정한다. 이때 B_s 는 버퍼 사이즈(buffer size)이다.

$$B_c(n_{i,1}) = \frac{B_s}{8} \quad (6)$$

MPEG-2의 TM5에서는 가상버퍼를 사용하여 실제 버퍼의 상태를 알 수 없었으나, H.264/AVC 비트율 참조 모델은 현재 버퍼 상태에 적합하도록 목표 버퍼 레벨(TBL: Target Buffer Level)을 설정한다. 또한 이 논문에서도 H.264/AVC에서 사용하는 목표버퍼 레벨을 사용한다. 초기 목표 버퍼 레벨은 식 (7)와 같다.

$$TBL(n_{i,2}) = B_c(n_{i,2}) \quad (7)$$

버퍼의 상한($U(n_{i,1})$) 및 하한 ($L(n_{i,1})$)의 초기값은 식 (8)와 같이 설정하고, $u(n_{i,1})$ 은 채널 대역폭으로 압축된 영상 시퀀스를 일정하게 전송하는 비트량이고, F_r 은 초당 부호화되는 프레임 율이다.

$$\begin{aligned} L(n_{i,1}) &= \frac{u(n_{i,0})}{F_r} \\ U(n_{i,1}) &= \alpha \times B_s, (\alpha = 0.8) \end{aligned} \quad (8)$$

4.2. 프레임에 대한 가상 버퍼 점유량

가상 버퍼 점유량(virtual buffer occupancy)과 목표 버퍼 레벨(TBL)은 부호화할 때 마다 유동적으로 변하는 유동 트래픽 모델(fluid traffic model)을 따르므로 가상버퍼 점유량은 식 (9)와 같다. 식 (9)에서 $A(n_{i,j})$ 는 j^{th} 번째 프레임의 부호화된 비트량이다.

$$B_c(n_{i,j}) = \min(\max(0, B_c(n_{i,j-1}) + A(n_{i,j-1}) - \frac{u(n_{i,j-1})}{F_r}), B_s) \quad (9)$$

프레임당 부호화할 수 있는 목표 버퍼 레벨은 식 (10)과 같다. 식 (10)에서 N_p 는 GOP을 구성하고 있는 P 프레임의 개수이다.

$$TBL(n_{i,j}) = TBL(n_{i,j-1}) - \frac{TBL(n_{i,2}) - B_s / 8}{N_p - 1} \quad (10)$$

4.3. 프레임에 대한 목표 비트량 결정

일반적으로 I-프레임과 P-프레임을 똑같은 화질로 부호화하는 경우, I-프레임은 P-프레임보다 3배 정도 더 많은 비트량이 부호화하고, B-프레임은 P-프레임보다 절반 이하의 비트량이 부호화된다. 이러한 변동 특성들은 전송 대역폭의 활용 측면이나 버퍼관리에 있어서 매우 바람직하지 못한 영향을 준다^[27]. 따라서 본 논문

서는 실험적으로 INTRA 모드로 부호화된 비트량은 다음 프레임 예측하는데 부호화된 비트량($I_{bitrate}$)이 크게 증가하므로 버퍼 사이즈도 역시 크게 증가한다. 따라서 두 번째 INTER 프레임에 대해서만 INTRA 부호화 후 부호화된 비트량에 대하여 30%정도만 첫 번째 INTER 프레임 $T(n_{i,2})$ 에 대해 목표 비트량을 식 (11)와 같고, $\tau(=0.3)$ 는 실험치이다.

$$T(n_{i,2}) = A(n_{i,1}) \times \tau \tag{11}$$

두 번째 INTER 프레임부터 부호화할 때 선형 트래킹 이론(linear tracking theory)을 이용하여 프레임당 목표 비트량을 할당한다. 이때 프레임에 대하여 예측할 목표 비트량은 식 (12)와 같이 목표 버퍼 레벨, 프레임 율, 채널대역폭, 가상 버퍼 점유량에 의해 결정된다.

$$T'_{buf}(n_{i,j}) = \frac{u(n_{i,j})}{F_r} + r(TBL(n_{i,j}) - B_C(n_{i,j})) \tag{12}$$

프레임당 목표 비트량이 결정되면 버퍼가 고갈되거나 넘치지 않도록 식 (13)과 같이 버퍼의 상한 및 하한 범위를 만족하는 가상 버퍼 점유량을 다시 조절한다.

$$\begin{aligned} T_{buf}(n_{i,j}) &= \max(L(n_{i,j}), T'_{buf}(n_{i,j})) \\ T_{buf}(n_{i,j}) &= \min(U(n_{i,j}), T'_{buf}(n_{i,j})) \end{aligned} \tag{13}$$

버퍼의 상한과 하한 범위 내에서 프레임당 목표 비트량을 재설정 한 후, 사용할 비트량 즉 현재 버퍼에 남아 있는 비트량과 부호화할 프레임의 개수를 고려하여 각 프레임에 할당할 비트량을 예측한다. 식 (14)에서 $T_r(n_{i,j})$ 는 현재 남은 비트량(R_r)을 앞으로 부호화할 INTER 프레임의 개수(N_r)로 나눈 값이다.

$$T_r = \frac{R_r}{N_r} \tag{14}$$

식 (14)는 현재 부호화할 수 있는 비트량인 T_r 을 식 (15)와 같이 평균하여 부호화할 목표 비트량을 결정한다. 또한 프레임당 목표 비트량을 결정하기 위해서 버퍼 상태(T_{buf})도 고려한다. 이때 $\beta(=0.5)$ 는 현재 버퍼 상태와 화면간 영상 변화량을 고려하여 비트량을 평균한다.

$$T(n_{i,j}) = \beta \times T_r(n_{i,j}) + (1 - \beta) \times T_{buf}(n_{i,j}) \tag{15}$$

4.4. 프레임에 대한 양자화 계수 예측

본 논문에서 프레임에 대한 양자화 계수(\hat{Q})는 식 (16)과 같이 2차원 RD 모델식을 사용한다. 이때 프레임당 목표 비트량은 식 (15)과 같고 제안한 프레임에 대한 MAD 값은 식 (17)과 같다.

$$T(n_{i,j}) = \frac{x_1 \times MAD'}{\hat{Q}} + \frac{x_2 \times MAD'}{\hat{Q}^2} \tag{16}$$

2.1절에서 제시한 H.264/AVC 참조모델의 MAD은 현재 프레임을 부호화하는데 이전 프레임(f_{n-1})과 이전 프레임(f_{n-2})간의 MAD이므로 장면 전환과 같이 움직임이 큰 경우가 발생할 경우에는 이전 프레임과 현재 프레임간의 차이를 정확히 알 수 없다. 따라서 이전 프레임과 현재 프레임간의 실제 영상의 움직임을 예측해야 한다. 따라서 본 논문에서 제안한 화면간 움직임 변화량(MAD')은 식 (17)과 같다.

$$\begin{aligned} MAD_n(i,j) &= \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |MB_n(i,j) - MB'_{n-1}(i,j)| \\ MAD' &= \frac{1}{X \times Y} \sum_{i=0}^{X-1} \sum_{j=0}^{Y-1} MAD_n(i,j), (X = \frac{M}{m}, Y = \frac{N}{n}) \end{aligned} \tag{17}$$

예측된 양자화 계수(\hat{Q})는 이전 프레임의 양자화 계수(Q_p)를 참고로 식 (18)과 같이 프레임단위로 부호화할 양자화 계수(Q^P)를 결정한다.

$$Q^P = \max\{1, Q_p - \Delta, \min\{51, Q_p + \Delta, \hat{Q}\}\} \tag{18}$$

이때 최종적으로 부호화할 양자화 계수는 이전 프레임에 대한 양자화 계수(Q_p)와 큰 차이가 난 경우에는 영상의 화질 차이가 급격하게 변하기 때문에 화질의 연속성을 유지하도록 이전 프레임의 양자화 계수에서 $\pm\Delta(=2)$ 을 한다^[28].

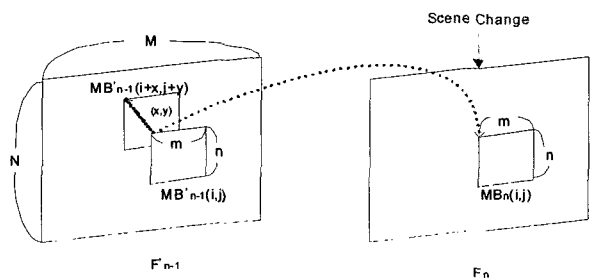


그림 6. 제안한 MAD 방법
Fig. 6. Method of proposed MAD.

4.5. 사후부호화

부호화 수행 후, 현재 버퍼의 상한 및 하한 값을 식 (19)과 같이 갱신하여, 다음 프레임에서 버퍼가 넘치거나 고갈되지 않도록 한다. $\varpi (= 0.8)$ 은 버퍼의 넘침을 방지하기 위한 상수이다.

$$L(n_{i,j}) = \min(\max(0, L(n_{i,j-1}) + \frac{u(n_{i,j-1})}{F_r} - A(n_{i,j-1})), B_S) \quad (19)$$

$$U(n_{i,j}) = \max(\min(U(n_{i,j-1}) + (\frac{u(n_{i,j-1})}{F_r} - A(n_{i,j-1})) \times \varpi), B_S, 0)$$

그리고 부호화 수행결과로 발생하는 프레임에 대한 발생 비트량 즉 움직임 벡터와 차분정보에 대한 비트량, 양자화 계수를 저장하여 다음 프레임을 부호화 할 때 사용한다.

V. 프레임 스킵 방법

5.1. 버퍼의 넘침 발생

4.1절에서 제안한 비트율 제어 알고리즘과 "Zhengguo" 비트율 제어 알고리즘을 GOP 단위로 정기적(i=10)으로 INTRA 부호화 한 경우, 그림 (7)와 같이 "Zhengguo"의 비트율 제어 방법은 본 논문에서 제안한 비트율 제어방법보다 프레임당 목표 비트량을 적절하게 예측하지 못한다. 예를 들어 움직임이 많은 "Table Tennis" 영상을 부호화된 비트량을 일정한 채널 대역폭(64kbps)으로 전송 할 경우, "Zhengguo"의 방법은 움직임이 많은 영상에서는 많은 비트량을 할당하지 못하고 반대로 움직임이 적은 영상에 대해서는 많은 비트량을 할당함으로써 그림 (8)와 같이 버퍼가 지속적으로 넘침 상태가 발생된다.

그림 (7) 결과는 프레임당 예측한 목표 비트량이다. 프레임당 예측한 목표 비트량은 '양수(Positive)', '음수

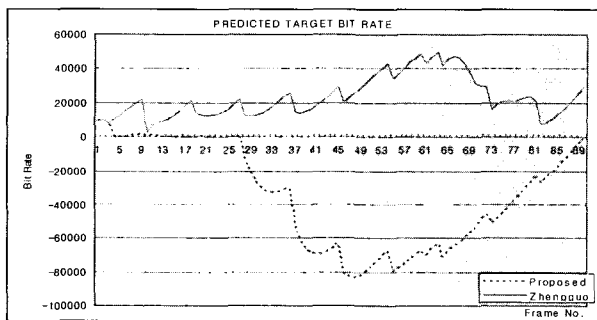


그림 7. "Table tennis" 영상의 예측 목표 비트량 비교
Fig. 7. Comparison of estimated target bits rate for "Table tennis".

(Negative)', '0' 인 3가지 값으로 나타난다. "Zhengguo"의 비트율 제어 방법은 현재 버퍼 상태(T_{buf})와 남은 비트량에 대한 남은 프레임 개수로 나눈 값(T_r)으로 프레임당 예측한 목표 비트량을 할당한다. 이로 인해 '양수'인 경우에는 T_r 이 T_{buf} 보다 큰 경우로 채널로 전송되어지는 비트량보다 부호화된 비트량이 적은 경우이다. 반대로 '음수'인 경우에는 T_{buf} 가 T_r 보다 큰 경우로, 이때 현재 버퍼상태에서는 채널로 전송되는 양보다 부호화된 비트량이 많은 경우에 발생한다. 마지막으로 '0'인 경우에는 부호화될 목표 비트량인 T_r 과 현재 버퍼 상태인 T_{buf} 만큼 채널로 전송 되어지는 비트량을 의미한다. 그림 (7)의 "Zhengguo" 방법의 결과를 보면, 13th 프레임에서 27th 프레임까지 프레임당 목표 비트량을 보면 '0' 값이다. 즉 부호화될 목표 비트량과 현재 버퍼에서 채널 전송로를 통해 전송될 비트량이 같은 경우이다. 이때 "Zhengguo" 방법에서 프레임당 양자화 계수를 결정할 때 프레임당 목표 비트량이 '양수' 또는 '0'인 경우에는 이전 프레임의 양자화 계수에 -2를 하여 이전 프레임에 비해 현재 프레임에 대한 비트량은 증가되고 화질 역시 증가시킨다. 따라서 움직임이 많지 않은 부분에 양자화 계수를 감소하여 화질 및 비트량을 증가하여 버퍼 상태를 지속적으로 증가시키는 상태가 되었다. 움직임이 많은 부분에서는 앞에서 움직임이 적은 부분에서 많은 비트량을 사용하여 남은 비트량이 적어서 28th 프레임부터 100th 프레임까지 현재프레임에 이전 프레임 양자화 계수에 +2을 하여 비트량을 줄이지만 이때부터 움직임이 많기 때문에 부호화된 비트량은 예상대로 줄어들지 않고 버퍼는 지속적으로 넘침 상태가 된다.

예측한 목표 비트량이 '0'과 '양수'인 경우, "Zhengguo" 방법 및 제안한 방법에 대하여 부호화된

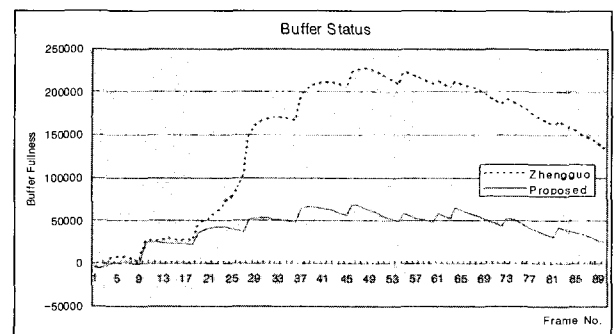


그림 8. "Table tennis" 영상에 대한 버퍼 상태 비교
Fig. 8. Comparison of estimated buffer status for "Table tennis".

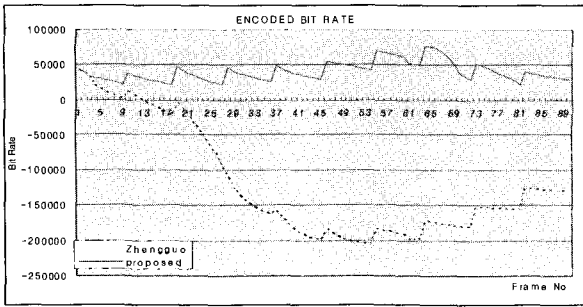


그림 9. "Table tennis" 영상에 대한 부호화된 비트량 비교
 Fig. 9. Comparison of encoded bits rate for "Table tennis".

비트량 결과는 그림 (8)와 같다. "Zhengguo" 방법에서는 13th 프레임부터 부호화된 비트량이 '음수' 상태로 보여진다. 즉, 예측한 목표 비트량보다 채널로 전송 되어 질 비트량이 더 많은 경우이다.

5.2. 제안한 방법

"Zhengguo"의 방법 및 제안한 방법에서는 버퍼의 넘침 상태가 지속적으로 발생되면 네트워크 경로상 특정 라우터에서 트래픽이 발생하므로 데이터가 대량 손실되고 이로 인하여 부호화된 데이터가 최종 목적지까지 수신되지 않는다. 따라서 "Zhengguo"의 방법과 제안한 방법의 버퍼 넘침을 방지하기 위해서는 프레임 스킵이 필요하다. 프레임 스킵은 버퍼 상태가 일정하게 안정이 될 때까지 기다렸다가 프레임을 다시 부호화하는 방법으로서, 연속적인 프레임이 끊기는 현상에도 불구하고 버퍼의 넘침 상태가 지속적으로 발생함으로 인해 악화될 수 있는 네트워크 상태의 악화를 방지할 수 있다. 현재 프레임당 목표 비트량을 예측할 때 "Zhengguo"의 방법은 앞으로 부호화 할 남은 비트량과 버퍼상태를 고려한다. 이때 프레임당 목표 비트량이 '0'인 경우, 부호화 할 남은 비트량 만큼 버퍼 상태가 '음수'인 경우이다. "Zhengguo"의 방법에서 '0'인 경우를 '양수'로 인식하여 2차원 RD모델을 이용하여 양자화 계수를 이전 프레임의 양자화 계수 이내로 예측한다. 그리고 앞에서 예측한 양자화 계수로 프레임을 부호화하면 버퍼의 넘침 상태는 더욱 악화된다.

따라서 본 논문에서 제안한 프레임 스킵 방법의 pseudo-code은 식 (20)과 같이 프레임당 목표 비트량인 T 가 '0' 이면 현재 버퍼가 넘치고 있는 상태이므로 부호화할 프레임도 버퍼 넘침이 예상되므로 프레임에 할당된 목표 비트량이 '0'이면 '음수'로 취급하여 비트량을

제어 한다.

```

if(T < 0)
{
    while(CurrentBufferFullness > BufferMaxSize)
    {
        frameskip++;
        CurrentBufferFullness = max(CurrentBufferFullness -  $\frac{u(n_{i,j})}{F_r}$ , 0)
    }
}
else
{
    frame encoding
}
    
```

식 (18)에서 CurrentBufferFullness는 현재 버퍼 상태를 알려주고, BufferMaxSize는 넘침을 방지하기 위하여 버퍼 사이즈의 80%로 한다.

VI. 실험 및 결과

본 논문에서는 영상 복잡도를 고려하여 H.264/AVC 부호기에 효율적인 비트율 제어 방법을 제시하였다. 제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 H.264/AVC 참조 소프트웨어 JM7.5c 부호기를 사용하였다^[29]. 실험환경은 표 (1)와 같고 실험에 사용된 영상은 기존 영상 부호기에서 성능 평가 테스트로 광범위하게 사용되는 QCIF 급의 "FOREMAN", "CONTAINER", "MOTHER& DAUGHTER", "STEFAN", "TABLE TENNIS", "MOBILE", "SILENT" 영상으로서 초당 10Hz의 프레임 임율(frame/second)로 부호화한다. 첫 번째 영상에 대한 양자화 계수는 '28'로 고정하여 INTRA로 부호화하고, 두 번째 프레임의 양자화 계수는 '28'로 고정하여

표 1. 실험환경
 Table 1. Test Environment.

| | |
|--------------------|---------|
| MV Resolution | 1/4 pel |
| Hadamard Transform | ON |
| RDO | ON |
| Search Range | ±16 |
| Reference Frames | 1 |
| Symbol Mode | CAVLC |
| GOP Structure | IPPPP |
| Intra Period | ON(=10) |

표 2. 32, 48, 64kbps 전송채널환경에서 각 영상들의 PSNR 비교

Table 2. Comparison of PSNR values at 32, 48 and 64kbps for Siwei, Zhengguo, and proposed algorithm.

| Sequence | Algorithm | 32Kbps | 48Kbps | 64Kbps |
|------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| FOREMAN | Siwei | 29.59 | 31.83 | 33.42 |
| | Zhengguo | 31.25 | 32.74 | 34.43 |
| | Proposed Algorithm | 31.86 | 33.96 | 34.48 |
| CONTAINER | Siwei | 34.22 | 36.32 | 37.71 |
| | Zhengguo | 35.91 | 37.47 | 38.89 |
| | Proposed Algorithm | 35.89 | 37.77 | 38.40 |
| MOTHER& DAUGHTER | Siwei | 36.71 | 38.79 | 40.20 |
| | Zhengguo | 37.31 | 39.05 | 40.37 |
| | Proposed Algorithm | 37.72 | 39.05 | 40.80 |
| STEFAN | Siwei | 22.36 | 33.85 | 25.57 |
| | Zhengguo | 26.30 | 34.36 | 26.30 |
| | Proposed Algorithm | 25.57 | 34.82 | 27.02 |
| TABLE TENNIS | Siwei | 29.74 | 32.23 | 33.90 |
| | Zhengguo | 30.41 | 33.22 | 34.53 |
| | Proposed Algorithm | 31.08 | 33.06 | 34.90 |
| MOBILE | Siwei | 21.96 | 24.09 | 25.65 |
| | Zhengguo | 24.29 | 26.01 | 27.19 |
| | Proposed Algorithm | 24.50 | 26.09 | 27.23 |
| SILENT | Siwei | 31.68 | 33.85 | 35.50 |
| | Zhengguo | 33.09 | 34.36 | 36.62 |
| | Proposed Algorithm | 32.54 | 34.82 | 35.90 |

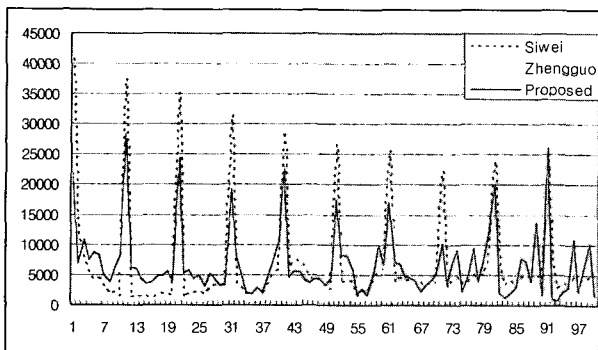


그림 10. "FOREMAN" 영상의 제안 및 기존 방법들의 부호화된 비트량 비교

Fig. 10. Comparison of encoded bits rate at each frame for "FOREMAN" sequence.

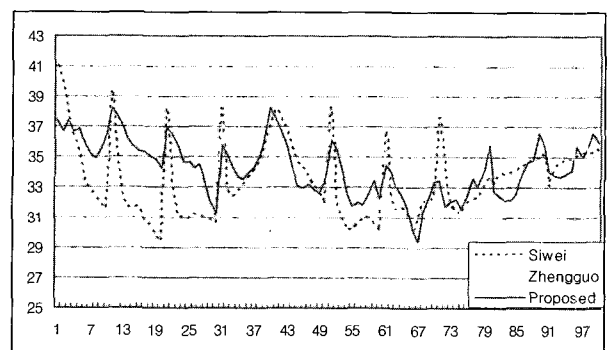


그림 11. "FOREMAN" 영상의 제안 및 기존 방법들의 PSNR 비교

Fig. 11. Comparison of the PSNR values at each frame for "FOREMAN" sequence.

INTER로 부호화 한다. 기존의 비트율 제어 알고리즘인 "Siwei" 와 "Zhengguo" 그리고 본 논문에서 제안한 비트율 제어 알고리즘은 영상압축 부호화에 의하여 저하

된 복원 영상의 품질을 평가하기 위하여 일반적으로 사용하고 있는 PSNR(Peak-to-Noise Ratio)을 사용한다. 다음 표 (2)와 표 (3)은 채널 전송대역폭이 32, 48,

표 3. 32, 48, 64kbps 전송채널환경에서 각 영상들의 부호화된 비트량 비교

Table 3. Comparison of encoded bits rate at 32, 48 and 64kbps for Siwei, Zhengguo, and proposed algorithm.

| Sequence | Algorithm | 32Kbps | 48Kbps | 64Kbps |
|------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| FOREMAN | Siwei | 31.93 | 47.90 | 63.96 |
| | Zhengguo | 39.09 | 58.44 | 67.74 |
| | Proposed Algorithm | 32.03 | 48.06 | 63.44 |
| CONTAINER | Siwei | 31.96 | 47.97 | 63.96 |
| | Zhengguo | 41.00 | 59.37 | 78.08 |
| | Proposed Algorithm | 31.84 | 47.62 | 63.17 |
| MOTHER& DAUGHTER | Siwei | 31.98 | 47.99 | 63.94 |
| | Zhengguo | 39.02 | 51.34 | 67.13 |
| | Proposed Algorithm | 31.51 | 47.86 | 63.10 |
| STEFAN | Siwei | 32.04 | 48.05 | 64.12 |
| | Zhengguo | 47.76 | 64.37 | 81.86 |
| | Proposed Algorithm | 32.05 | 48.47 | 64.11 |
| TABLE TENNIS | Siwei | 31.98 | 47.97 | 63.98 |
| | Zhengguo | 42.33 | 58.69 | 73.11 |
| | Proposed Algorithm | 32.07 | 48.37 | 63.97 |
| MOBILE | Siwei | 32.01 | 48.00 | 63.99 |
| | Zhengguo | 52.99 | 63.91 | 77.51 |
| | Proposed Algorithm | 32.05 | 48.09 | 63.94 |
| SILENT | Siwei | 31.91 | 47.82 | 63.82 |
| | Zhengguo | 41.10 | 57.30 | 77.26 |
| | Proposed Algorithm | 31.46 | 47.95 | 63.99 |

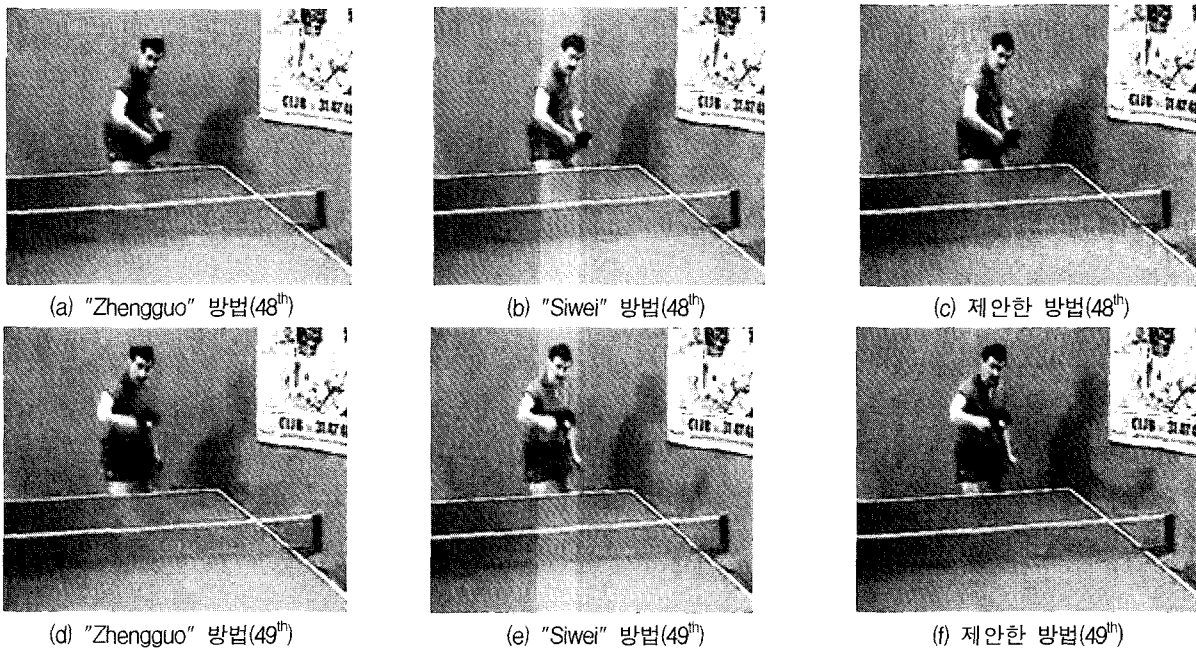


그림 12. "Table tennis" 영상의 48th 와 49th 화질비교

Fig. 12. Comparison of visual quality of 47th and 48th for "Table tennis".

표 4. 32kbps 전송 채널 환경에서 부호화된 각 영상들 성능비교

Table 4. Comparison of encoded bits rate at 32kbps for Zhengguo and proposed algo.

| Sequence | Algorithm | Frame Skip | PSNR(dB) | Bit rate(Kbps) |
|------------------|--------------------|------------|--------------|----------------|
| FOREMAN | Zhengguo | 15 | 31.57 | 33.39 |
| | Proposed Algorithm | 10(-5) | 30.86(-0.71) | 31.83(-1.56) |
| CONTAINER | Zhengguo | 13 | 35.95 | 32.96 |
| | Proposed Algorithm | 12(-1) | 36.00(+0.05) | 30.94(-2.02) |
| MOTHER& DAUGHTER | Zhengguo | 11 | 37.38 | 32.13 |
| | Proposed Algorithm | 10(-1) | 37.72(+0.34) | 31.51(-0.62) |
| STEFAN | Zhengguo | 24 | 25.75 | 40.32 |
| | Proposed Algorithm | 23(-1) | 25.04(-0.71) | 32.84(-7.48) |
| TABLE TENNIS | Zhengguo | 27 | 31.81 | 39.35 |
| | Proposed Algorithm | 17(-10) | 31.33(-0.48) | 32.73(-6.62) |
| MOBILE | Zhengguo | 23 | 24.87 | 36.81 |
| | Proposed Algorithm | 21(-2) | 24.82(-0.05) | 32.23(-4.58) |
| SILENT | Zhengguo | 13 | 33.23 | 34.89 |
| | Proposed Algorithm | 10(-3) | 32.59(-0.64) | 31.46(-3.42) |

표 5. 64kbps 전송채널환경에서 부호화된 각영상들 성능 비교

Table 5. Comparison of encoded bits rate at 64kbps for Zhengguo and proposed algo.

| Sequence | Algorithm | Frame Skip | PSNR(dB) | Bit rate(Kbps) |
|------------------|--------------------|------------|--------------|----------------|
| FOREMAN | Zhengguo | 15 | 34.43 | 65.74 |
| | Proposed Algorithm | 10(-5) | 34.28(-0.15) | 63.43(-2.31) |
| CONTAINER | Zhengguo | 12 | 38.96 | 64.63 |
| | Proposed Algorithm | 11(-1) | 38.40(-0.56) | 63.17(-1.46) |
| MOTHER& DAUGHTER | Zhengguo | 11 | 40.37 | 63.13 |
| | Proposed Algorithm | 10(-1) | 40.30(-0.07) | 62.10(-1.03) |
| STEFAN | Zhengguo | 23 | 26.55 | 65.40 |
| | Proposed Algorithm | 12(-11) | 26.52(-0.03) | 64.11(-1.29) |
| TABLE TENNIS | Zhengguo | 25 | 35.16 | 65.63 |
| | Proposed Algorithm | 10(-15) | 34.80(-0.36) | 63.86(-1.77) |
| MOBILE | Zhengguo | 20 | 27.19 | 65.51 |
| | Proposed Algorithm | 12(-8) | 27.23(+0.04) | 64.14(-1.37) |
| SILENT | Zhengguo | 13 | 36.62 | 64.26 |
| | Proposed Algorithm | 10(-3) | 35.90(-0.72) | 63.99(-0.27) |

64kbps이고 초당 프레임율이 10fps일 때 기존 비트율 제어방법인 "Siwei", "Zhengguo" 그리고 제안한 비트율 제어 알고리즘에 대한 PSNR 및 부호화된 비트량의 비교이다.

"Siwei" 방법은 제안한 방법에 비해서 효율적으로 비트량을 조절하지만 PSNR 측면에서 평균적으로 1~2dB 정도 낮다. 그리고 "Zhengguo" 방법은 제안한 방법에 비해 PSNR은 평균적으로 0~1.7dB 좋지만, 전송 채널 환경에 부적합하게 비트량을 발생하여 버퍼의 넘침 상태가 지속되고 이로 인한 네트워크 상태가 더욱

악화 될 것이다.

그림 10와 그림 11은 "FOREMAN" 영상을 64kbps 채널로 전송할 경우, 제안한 방법과 기존 방법들에 대하여 부호화된 비트량과 PSNR 비교이다.

그림 12는 "TABLE TENNIS" 영상의 48th 와 49th 영상을 "Zhengguo"와 "Siwei", 그리고 제안한 알고리즘에 대한 실험한 결과 영상이다. 실험결과에서 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 알고리즘이 기존 비트율 제어 알고리즘보다 화질 성능이 좋았다.

표 (4)와 (5)는 32kbps 와 64kbps 채널전송 대역폭에

서 "Zhengguo" 방법과 제안한 방법에 프레임 스킵을 적용한 결과로 PSNR과 부호화된 비트량 그리고 프레임 스킵 개수에 대한 비교이다.

표 (4)와 (5) 결과에서, 32kbps 와 64kbps 채널전송 대역폭에서 움직임이 적은 영상인 "SILENT", "MOTHER&DAUGHTER"은 제안한 방법이나 "Zhengguo" 방법의 프레임 스킵 개수는 비슷하지만, 움직임이 많은 "MOBILE" "TABLE TENNIS", "STEFAN" 영상은 채널전송 대역폭이 클수록 제안한 방법의 프레임 스킵개수는 적어지나 "Zhengguo" 방법의 프레임 스킵 개수는 채널 전송 대역폭의 크기와 관계없이 비슷하다. 또한 "Zhengguo" 방법으로 부호화된 비트량은 제한된 채널전송 대역폭을 초과하는 경우가 있지만 제안한 방법은 채널 전송 대역폭에 적절하게 부호화되는 것을 볼 수 있다.

VII. 결 론

본 논문에서는 가변길이부호화를 사용하는 H.264/AVC 부호기에서 고정된 채널을 위한 부호기의 비트율 제어 문제를 고찰하고, 영상간의 움직임을 고려하지 않은 기존의 비트율 제어 방법의 문제점을 살펴보았다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 화면간의 움직임 변화를 고려하기 위하여 화면간 움직임 변화량을 계산하여 효율적인 비트율 제어 알고리즘을 제안하였다. 또한 장면 전환과 같이 움직임이 많은 경우, 부호기 버퍼에서 발생할 수 있는 버퍼의 넘침을 막기 위하여 프레임 스킵 방법을 사용하였다. 본 논문에서 제안한 비트율 제어 알고리즘의 성능을 측정하기 위해 기존의 비트율 제어 알고리즘과 비교 실험하였다. 실험결과에서 보여지듯이 움직임이 없는 영상인 경우에는 제안한 방법이나 기존 비트율 제어 방법의 화질 척도인 PSNR 값은 거의 비슷하였다. 그러나 움직임이 많은 영상인 경우에는 기존의 비트율 제어 방법은 채널 전송에 부적합할 정도로 비트량을 초과하지만, 제안한 방법은 채널 전송에 적합하게 효율적으로 부호화되는 것으로 나타났다. 또한 프레임 스킵 방법에 있어서 기존 비트율 제어 방법에 비하여 제안한 방법이 평균 3~4 개 적어 영상의 끊김 현상이 줄었다.

참 고 문 헌

[1] Joint Video Team(JVT) of ISO/IEC MPEG&

- ITU-T VCEG, "Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification(ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC)," Doc. JVT-G050r1, Mar. 2003.
- [2] MPEG-2, Test Model 5, Doc. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/93-400, Apr. 1993.
- [3] ITU-T Standardization Sector, Study Group 6, Video Coding Experts Group, Video Codec Test Model, Version8(TMN8), ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Portland, OR, pp. 24-27, June 1997.
- [4] F. Pam, Z Li and K. Lim, "A Study of MPEG-4 Rate Control Scheme and its Improvements", IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, vol. 13, no. 5, pp. 440-446, May 2003.
- [5] A. Ortega and K. Ramchandran, "Image and Video Compression," IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, Nov. 1998.
- [6] J. Ribas-Cobera and S. Lei, "Rate Control in DCT Video Coding for Low-delay Communications," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, vol. 9, no. 1, pp. 172-185, Feb. 1999.
- [7] J. Ribas-Cobera and S. Lei, "A Frame-layer Bit Allocation for H.263+," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, vol. 10, no. 7, pp.1154-1158, Oct. 2000.
- [8] T. Chiang and Y. Zhang, "A New Rate Control Scheme using Quadratic Rate Distortion Model," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, vol. 7, no. 1, pp. 246-250, Feb. 1997.
- [9] H. Lee, T. Chiang, "Scalable Rate Control for MPEG-4 video," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, vol. 10, no. 6, pp.878-894, Sept. 2000.
- [10] Yang, Jingyu, Dai, Qionghai, Xu, Wenli, and Ding, Rong, "A Rate Control Algorithm for MPEG-2 to H.264 Real-time Transcoding", Visual Communications and Image Processing pp. 1995-2003, 2005.
- [11] Z. He and S. K. Mitra "A Linear Source Model and a Unified Rate Control Algorithm for DCT Video Coding," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, vol. 12, no. 11, pp. 970-982, Nov. 2002.
- [12] Z. He and S. K. Mitra "Optimum Bit Allocation and Accurate Rate Control for Video Coding via ρ -domain Source Modeling," IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, vol. 12, no. 10, pp. 840-849, Oct. 2002.
- [13] S. H. Hong and S. J. Yoo, "Rate control of MPEG Video for Consistent Picture Quality," IEEE Trans. in Broadcasting, vol. 49, no. 1, pp. 1-13, Mar. 2003.

- [14] A. Ortega and K. Ramchandran, "Optimal Trellis-based Buffered Compression and Fast Approximations," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol.3, no. 1, pp. 26-40, Jan. 1994.
- [15] D. Seo and S. Han, "Optimal Quantization Parameter Set for MPEG-4 Bit-rate Control," *IEICE Trans. on Communications*, vol. E87-B, no. 11, pp.3338-3342, Nov. 2004.
- [16] Y. Shoham and A. Gersho, "Efficient Bit Allocation for an Arbitrary Set of Quantizers," *IEEE Trans. Acoustics, Speech and Signal Processing*, vol. 36, no.9, pp. 1445-1453, Sept. 1988.
- [17] K. Ramchandran and M. Vetterli, "Best Wavelet Packet bases in a Rate-Distortion Sense," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 2, no. 2, pp. 160-175, Apr. 1993.
- [18] ISO/IEC JTC1, "Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information - Part 2: Video," ISO/IEC 13818-2(MPEG-2), Nov. 1994.
- [19] Cheng-Tie Chen and Andria Wong, "A Self-Governing Rate Buffer Control Strategy for Pseudo Constant Bit Rate Video Coding," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 2, No. 1, pp. 50-59, Jan 1993.
- [20] Joel Zdepski, Dipankar Raychaudhuri, and Kuriacose Joseph, "Statistically based Buffer Control Policies for Constant Rate Transmission of Compressed Digital Video," *IEEE Trans. on Commun.*, Vol. 39, No. 6, pp. 947-957, June 1991.
- [21] Kou-Hu Tzoe, "An Intra-field DCT-based HDTV Coding for ATM Networks," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech.*, Vol. 1, No. 2, pp. 184-196, June 1991.
- [22] SiweiMa, Wen Gao, Yan Lu, "Rate Control on JVT Standard," *JVT of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG*, JVT-D030.doc, 2002.
- [23] SiweiMa, Wen Gao, P. Gao, and Y. Lu, "Rate Control for Advanced Video Coding Standard," *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Vol. 2, pp.892-895, May 2003.
- [24] Z. Li, F. Pan, K. P. Lim, G. Feng, X. Lin and S. Rahardja, "Adaptive Basic Unit Layer Rate Control for JVT," *JVT-G012r1*, 7th Meeting, Pattaya II, Thailand, Mar. 2003.
- [25] Joint Video Team(JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG Document JVT-G050r1, June, 2003.
- [26] Thomas Wiegand et al, "Rate-Constrained Coder control and Comparison of Video Coding Standards," *IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 13, No. 7, pp. 688-703, July 2003.
- [27] N. Ohta, "Packet Video," Artech House, 1994.
- [28] G. M. Schuster and A. K. Katsggelos, "Fast and Efficient Mode and Quantization Selection in the Rate Distortion Sense for H.263", *VCIP, Proceeding of the SPIE*, Vol. 2727, No. 2, March 1996.
- [29] <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>
- [30] Gary J. Sullivan and Thomas Wiegand, "Rate-Distortion Optimization for Video Compression", *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 74-90, November, 1998.
- [31] Antonio Ortega and Kannan Ramchandran, "Rate-Distortion Methods for Image and Video Compression", *IEEE Signal Processing Magazine*, pp. 23-50, November, 1998.
- [32] T. Chiang and Y.-Q. Zhang, "A New Rate Control Scheme using Quadratic Rate Distortion Model," *IEEE Trans. On Circuits Systems for Video Technology*, vol. 7, pp, 246-250, Feb. 1997.

저 자 소 개



손 남 려(학생회원)
 1995년 호남대학교 컴퓨터공학과
 학사 졸업
 1999년 전남대학교 전산학과
 석사 졸업
 2005년 전남대학교 전산학과
 박사 졸업.

2006년 건국대학교 인터넷.미디어학부 Post.doc
 <주관심분야 : 영상통신, 영상처리, 비디오 코딩,
 디지털 콘텐츠>



신 윤 정(정회원)
 1994년 목포대학교 컴퓨터공학과
 학사 졸업
 1998년 경희대학교 교육대학원
 전산교육 석사 졸업
 2001년 전남대학교 전산학과 박사
 수료.

2006년 광주대학교 컴퓨터학과 부교수
 <주관심분야 : 영상통신, 영상처리, 비디오 코딩>



이 귀 상(정회원)
 1980년 서울대학교 공대
 전기공학과 학사 졸업
 1982년 서울대학교 대학원
 전자계산기공학과
 석사 졸업
 1983년~1984년 금성통신 연구소

1991년 Pennsylvania 주립대학 전산학 박사
 1984년~현재 전남대학교 정보통신 연구소 ·
 컴퓨터정보학부 교수
 <주관심분야 : 멀티미디어 통신, 영상처리 및 복
 원, 테스트, 논리합성, VLSI/CAD>