

화면간 영상 변화량을 고려한 H.264/AVC 비트율 제어 방법

손 남 례[†] · 이 귀 상^{††}

요 약

H.264/AVC 표준은 기존의 부호화 기법보다 뛰어난 압축성능 때문에 비디오 데이터의 압축과 전송에 널리 응용될 것으로 전망된다. 그러나 H.264/AVC 표준도 기존의 비디오 압축표준과 마찬가지로 가변길이부호화방식을 따르기 때문에, 동영상을 부호화할 때 발생하는 데이터 량은 시간의 흐름에 따라 큰 폭으로 변할 수 있다. 이 때문에 PSTN이나 ISDN 망과 같이 대역폭이 고정된 네트워크를 통해 비디오 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 필요한 새로운 비트율 제어방식을 제안한다. 제안하는 비트율 제어방식은 우선 화면간 영상 변화량 따른 프레임당 목표비트량과 MAD간의 관계를 선형회귀분석기법을 이용하여 분석한 다음, 이를 기반으로 프레임 단위로 효율적인 비트율 제어 방법을 제안한다. 실험결과 화면간 움직임이 많은 영상의 경우 기존의 비트율 제어 방법이 채널 전송에 부적합할 정도로 비트량을 초과하지만, 제안한 방법은 채널 전송에 적합하게 효율적으로 부호화한다. 또한 프레임 스킵 방법은 기존의 비트율 제어 방법에 비하여 제안한 방법이 평균 1~15% 감소하였다.

키워드 : H.264/AVC, 비트율 제어, 프레임 스킵, 차분부호정보량(MAD)

A Bitrate Control considering Interframe Variance of Image for H.264/AVC

Son, nam rye[†] · Lee, guee sang^{††}

ABSTRACT

In this work, 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 target bit rate and MAD(mean of absolute difference) for current frame considering image complexity variance between neighboring backward and current images. In details, respective linear regression analysis for MAD and encoded bit rate against image complexity variance produce correlation parameters. Additionally, it uses frame skip technique to maintain bit stream within a manageable range and protect buffer from overflow or underflow. Implementation and experimental results show that the proposed algorithm can provide accurate bit allocation, and can effectively visual degradation after scene changes. Also our proposed algorithm encodes the video sequences with less frame skipping compared to the existing rate control for H.264/AVC.

Key Words : H.264/AVC, Bit Rate Control, Frame Skipping, MAD(Mean of Absolute Difference)

1. 서 론

실시간 스트리밍이나 주문형 비디오 서비스와 같이 네트워크를 기반으로 한 멀티미디어 서비스가 보편화되면서 동영상의 압축과 전송기술에 대한 수요가 증가하고 있다. 비디오 데이터는 텍스트나 이미지 데이터와 비교하여 방대한 양의 정보를 포함하고 있기 때문에 압축과 같은 전처리 과

정이 다른 데이터들 보다 우선적으로 요구된다. 동영상 압축기술 표준은 ITU-T와 ISO/IEC에서 각각 H.263 계열과 MPEG 계열로 발전되어 오다가 최근에 이르러 H.264/AVC 라는 공통표준이 개발되는데 이르렀다[1]. H.264/AVC 표준은 동영상 전송과 부호화의 효율을 높이기 위해 시간적 중복성(Temporal Redundancy)과 공간적 중복성(Spatial Redundancy)을 줄이는 방법을 혼합한다. H.264/AVC 표준은 프레임간 움직임 추정 및 보상기술을 이용하여 시간적 중복성을 줄이고 이미지 프레임 내에 이산 코사인 변형(Discrete Cosine Transform) 기술을 이용하여 공간적 중복성을 줄이는 방법을 통해 부호화 효율을 높인다.

H.264 부호화 방식으로 동영상을 압축할 경우, MPEG-4

※ 이 논문은 2004년도 전남대학교 연구년교수연구비 지원에 의하여 연구되었음(This study was financially supported by Chonnam National University in his/her sabbatical year of 2004)

† 준 회 원 : 전남대학교 컴퓨터정보학부 박사

†† 중 신 회 원 : 전남대학교 컴퓨터정보학부 교수

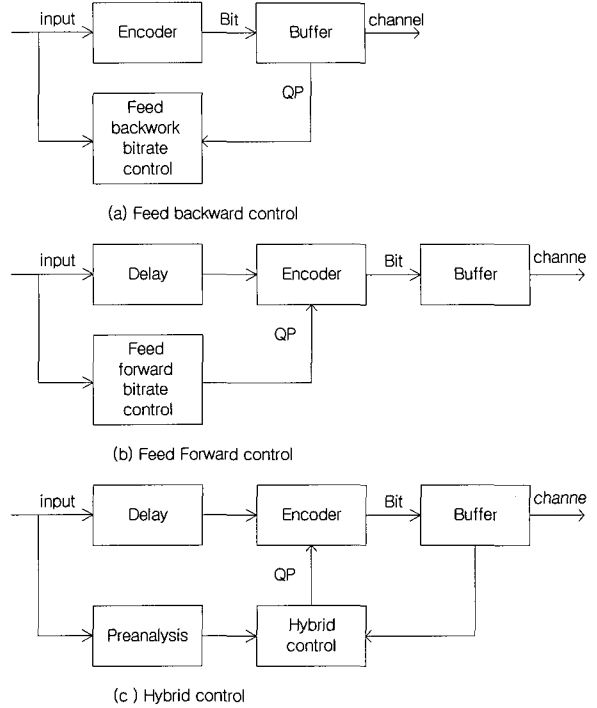
논문접수 : 2005년 5월 9일, 심사완료 : 2006년 5월 18일

ASP(Advanced Simple Profile)에 비해 약 40~50%의 압축 성능이 향상되는 것으로 보고 되고 있다. 그러나 H.264/AVC 표준은 다른 비디오 압축표준과 마찬가지로 가변길이 부호화방식(Variable Length Coding)을 따르기 때문에, 동영상을 부호화할 때 발생하는 패킷 데이터 량은 영상의 특징으로 인하여 시간에 따라 큰 폭으로 변할 수 있다. 이 때문에 PSTN이나 ISDN과 같이 대역폭이 고정된 네트워크를 통해 비디오 스트림을 전송하고자 할 경우에는 부호기로부터 출력되는 비트량을 제어할 필요가 있다. 예컨대, 스포츠중계와 같이 움직임이 많고 장면전환이 빈번한 동영상을 실시간으로 전송할 경우, 전송되는 데이터의 비트율을 제어하지 못하면 영상정보가 손실되어 화면의 끊김 현상이 발생하거나 화면이 부적절한 양자화에 의해 화질이 열화되는 문제점이 발생한다. 본 논문은 네트워크의 대역폭이 고정된 환경에서 H.264/AVC 방식으로 코딩되는 동영상 데이터의 비트율을 효율적으로 제어하기 위한 기법을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 2장에서는 기존의 동영상 부호기의 비트율 제어 기법과 H.264 참조 모델의 비트율 제어 기법과의 근본적인 차이점을 기술한 다음, H.264 부호기 참조모델에서의 비트율 제어 기법의 문제점을 고찰한다. 3장에서는 새로운 비트율 제어 방법을 기술한다. 4장에서는 실험 및 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

지금까지 동영상 부호기에서 부호화된 가변 비트량을 제어하는 방법은 크게 피드백(feed backward) 방법[2, 3], 피드포워드(feed forward) 방법[4, 5], 하이브리드 방법[6-10]으로 구분 할 수 있다. 피드백 방법은 (그림 1) (a)와 같이 현재 버퍼의 상태를 예측하여 버퍼 상태에 따라 비트량을 조절하는 양자화 계수를 사용한다. 이때 버퍼 상태가 차분부호정보량(MAD : 원영상과 보상된 영상의 차분)을 충분히 부호화할 수 있는 양을 가지고 있으면 양자화 계수를 낮추어 비트량을 늘리고 화질을 높인다. 반대로 버퍼 상태가 차분부호정보량을 충분히 부호화할 수 없는 상태이면 양자화 계수를 높여 비트량을 줄이고 화질을 떨어뜨린다. 피드포워드 방법은 (그림 1) (b)와 같이 이전에 부호화된 영상들의 통계적 자료에 기초하여 영상의 복잡도를 예측하고 비트량을 조절하는 방식이다. 하이브리드 방법은 (그림 1) (c)와 같이 현재 전송

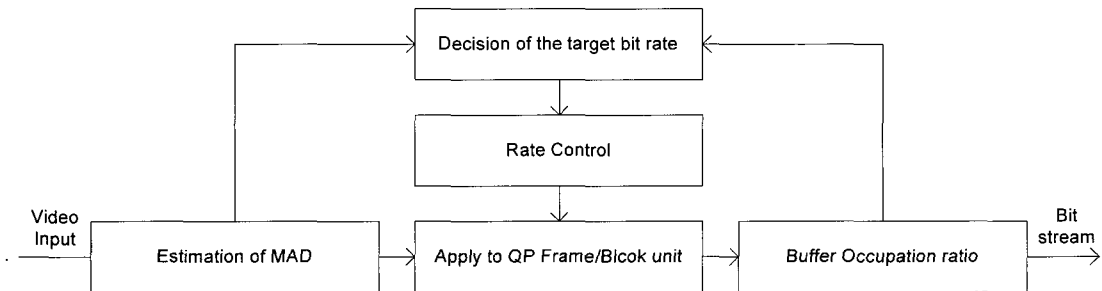


(그림 1) 기존 동영상 부호기의 비트율 제어 방법

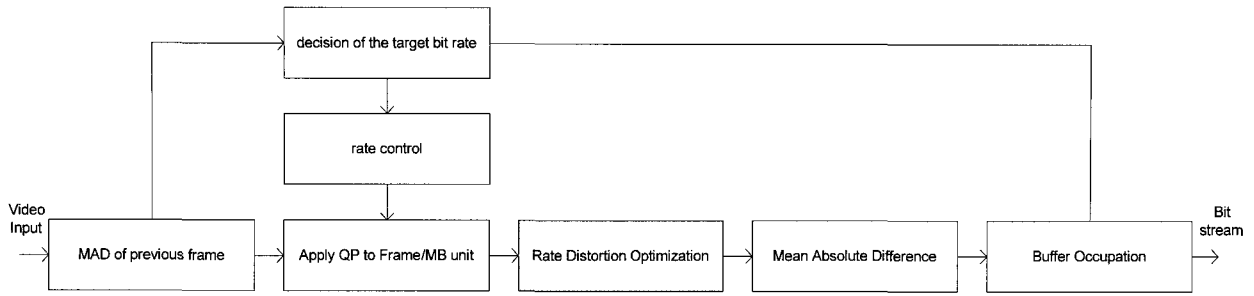
해야 하는 차분부호정보량과 버퍼 상태간의 관계를 이용하여 프레임당 부호화할 비트량을 제어하는 방법이다.

특히, 하이브리드 방법의 종류로는 H.264/AVC 부호기 이전에 개발된 MPEG-2 TM5[11], MPEG-4 Q2[12], H.263 TMN8[13, 14] 등의 모델이 있고, H.264/AVC 부호기의 비트율 제어를 위한 참조 모델로는 JVT-E069[6, 7], JVT-G012r1[8, 9] 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 제어 방법 (그림 2)와 같이 예측된 차분 부호 정보량(MAD : Mean of Absolute Difference)를 부호화하는데 버퍼를 예측하고 버퍼 상태에 따라 양자화 계수(QP : Quantization Parameter)를 사용하여 비트량을 조절한다.

그러나 H.264/AVC 부호기의 비트율 제어 참조 모델은 (그림 3)과 같이 비트율-왜곡 최적화(RDO : Rate Distortion Optimization)) 기법을 사용한다. 이 때문에 H.264는 부호화



(그림 2) H.264/AVC 부호기 이전의 하이브리드 비트율 제어 방법



(그림 3) H.264 참조 모델 비트율 제어 알고리즘

할 차분 부호 정보량을 알 수 없는 상태에서 비트율 제어에 필요한 목표 비트량을 할당해야 한다. 목표 비트량이 할당되면 프레임 또는 매크로 블록 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 비트율 조절방법은 기존의 동영상 표준 부호기의 그것과 근본적으로 다르기 때문에 H.264/AVC 부호기에 적합한 새로운 비트율 제어기법이 필요하다.

H.264/AVC 부호기의 비트율 제어 방법을 위한 참조 모델로는 Siwei[6, 7]와 Zhengguo[8, 9]이 있다. 그러나 Siwei와 Zhengguo의 비트율 제어방법은 다음과 같이 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째, Siwei와 Zhengguos 방법은 현재 프레임에 목표 비트량을 할당하는데 문제가 있다. Siwei의 방법은 MPEG-2 TM5와 같이 이전에 부호화되었던 영상의 복잡도를 계산하여 현재프레임에 대하여 목표 비트량을 할당한다. Zhengguos의 방법은 이전 영상의 차분정보부호량을 이용하여 부호화할 현재프레임의 목표 비트량을 할당한다. 따라서 영상의 움직임이 비슷하거나 시간적으로 서서히 변화하는 경우에는 현재 프레임에 대한 목표 비트량을 효율적으로 할당할 수 있다. 그러나 이전 영상과 현재 영상간의 움직임이 많거나 없는 경우 현재 프레임에 목표 비트량을 효율적으로 대처하지 못하고 있다. 둘째, Siwei와 Zhengguo의 방법은 매크로블록 단위로 비트율을 제어한다. 하지만 Siwei의 방법은 한 영상내에서 공간적 비트할당을 고려하지 않기 때문에 같은 영상 내에서도 영상의 화질차이가 발생할 수 있다. 또한 Zhengguo의 방법은 한 영상 내에서 공간적 비트할당을 고려하기 때문에 Siwei의 방법과 같이 한 영상 내에서는 화질 차이가 발생하지 않는다. 그러나 프레임을 구성하고 있는 매크로블록에 대한 목표 비트량을 처음으로 예측할 때 부호화할 현재프레임에 정확한 목표 비트량을 예측하지 못한다. 셋째, Siwei의 방법은 실제 부호기의 버퍼를 고려하지 않고 I, P, B화면 부호화 모드마다 가상 버퍼를 사용하여 비트율을 제어함으로써 버퍼가 넘치거나 고갈되는 문제에 적절히 대처할 수 없다. Zhengguo의 방법은 부호기에 맞는 실제 버퍼를 사용하지만 버퍼가 넘치면 대처할 방안이 없다.

요컨대 지금까지 제시된 H.264/AVC 부호기 비트율 제어 방법은 이전 영상들의 차분부호정보량을 이용하여 현재 영

상을 부호화한다. 따라서 네트워크 전송 환경이 급변하거나 영상특징이 급격히 변화하는 경우에는 효율적으로 대처하지 못하고 화질열화가 발생한다. 따라서 영상정보를 효율적으로 전송하기 위해서는 화면간 영상의 변화량을 고려하여 효율적인 비트율 제어 방법이 필요하다.

3. 제안한 알고리즘

이 장에서는 H.264/AVC 동영상의 화면간 영상 변화량을 고려한 비트율 제어 방법을 제시한다. 이를 위해 우선 화면간 영상 변화량에 따른 프레임당 목표비트량과 MAD간의 관계를 선형회귀분석기법을 이용하여 분석한 다음, 이를 기반으로 프레임을 단위로 비트율 제어 방법을 제시한다. 마지막으로 버퍼가 넘치는 원인과 이를 해결할 수 있는 프레임 스킵 방법을 제시한다.

3.1 화면간 영상 변화량과 MAD 및 부호화된 비트량간의 상관관계

[15]에서, 양자화 계수와 부호화된 비트량은 반비례 관계이고, 부호화된 비트량과 MAD(이전 영상과 현재 영상간의 차분부호정보량)은 비례 관계를 보인다. 따라서 이 절에서는 이전 영상의 화소값과 현재 영상의 화소값의 변화량을 알 수 있는 화면간 영상 변화량을 구하고, 화면간 영상 변화량에 따른 MAD와 부호화된 비트량에 대한 상관관계를 분석한다. 화면간 영상 변화량($frame_{diff}$)은 식 (1)와 같이 이전 영상(F_{n-1})의 화소값에서 현재 영상(F_n)의 화소값을 뺀 나머지의 절대값이다.

$$frame_{diff} = |F_{n-1}(i, j) - F_n(i, j)| \quad \text{식 (1)}$$

화면간 영상 변화량에 따른 MAD와 부호화된 비트량을 비교하기 위하여 MPEG과 ITU에서 제공하는 영상을 ‘화면간 움직임이 거의 없는 영상’, ‘화면간 일정하게 움직임이 있는 영상’, ‘화면간 움직임이 많은 영상’으로 나누어 분석하였다. 실험 데이터는 화면간 영상 변화량에 따라 400개의 데이터를 추출하고, 화면간 영상 변화량에 따른 MAD와 부호화된 비트량의 관계는 SPSS 패키지를 사용하여 실험하였다. 실험결과를 보면, 움직임이 없는 “Container”, “Silent” 영상이나 장면전환이 많은 “Table tennis”, “Tempete”, “Mobile”

영상은 이전 영상을 참조 및 참조하지 않으므로 화면간 영상 변화량에 따라 MAD와 부호화된 비트량은 거의 유사한 분포를 가지고 있다. 그러나 움직임이 일정한 영상 즉 현재 영상이 이전 영상을 참조하는 “Foreman”, “Mother&daughter”은 화면간 영상 변화량에 따라 다소 MAD와 부호화된 비트량은 유사하지 않다. 그 이유는 부호화된 비트량은 MAD에 대한 비트스트림과 움직임 정보 비트스트림의 합이므로 움직임 정보 비트스트림에 좌우된다.

(그림 4)는 화면간 영상 변화량과 MAD에 대한 산점도이고, 식 (2)는 화면간 영상 변화량과 MAD의 모델 식이다.

$$y = 0.415 \times x + 60.565 \quad \text{식 (2)}$$

<표 1>은 SPSS 패키지를 사용하여 화면간 영상 변화량과 MAD간의 선형회귀 분석결과 계수이다. 본 논문에서는 식 (2) 모델의 기각 및 채택 여부를 다음과 같이 하였다. 귀무가설(H_0): “화면간 영상 변화량에 따라 MAD는 선형이 아니다.”, 대립가설(H_1): “화면간 영상 변화량에 따라 MAD는 선형이다.”, 그리고 유의수준은 0.05로 실험하였다. 실험 결과에서 보면 모델의 유의확률(=0.00)이 유의수준보다 작으므로 “ H_0 이 참이다”라고 성립한다. 따라서 귀무가설을 기각하고 대립가설을 채택하므로 화면간 영상 변화량과 MAD 모델인 식 (2)는 성립한다고 말할 수 있다.

<표 1> 화면간 영상 복잡도와 MAD 간의 계수

모형	비표준화 계수		t	유의 확률	B에 대한 95% 신뢰 구간	
	B	표준오차			하한값	상한값
(상수) 절편	60.565	11.830	5.120	.000	37.298	83.832
화면간 영상 변화량(x)	.415	.009	47.386	.000	.398	.433

. a 종속변수 : MAD(y)

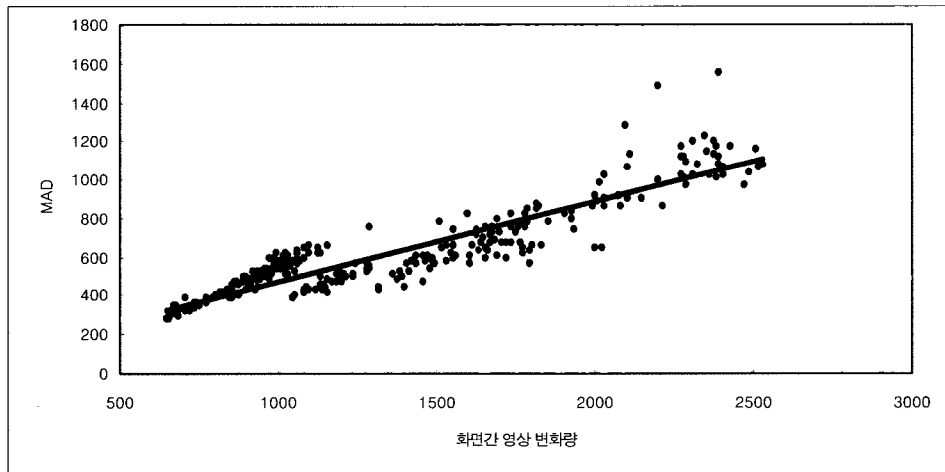
또한 화면간 영상 변화량과 부호화된 비트량에 대하여 SPSS 통계 패키지 프로그램을 이용하여 선형회귀분석을 수행한 결과 식 (3)와 같은 식이 유도된다.

$$y = 1.181 \times x - 310.236 \quad \text{식 (3)}$$

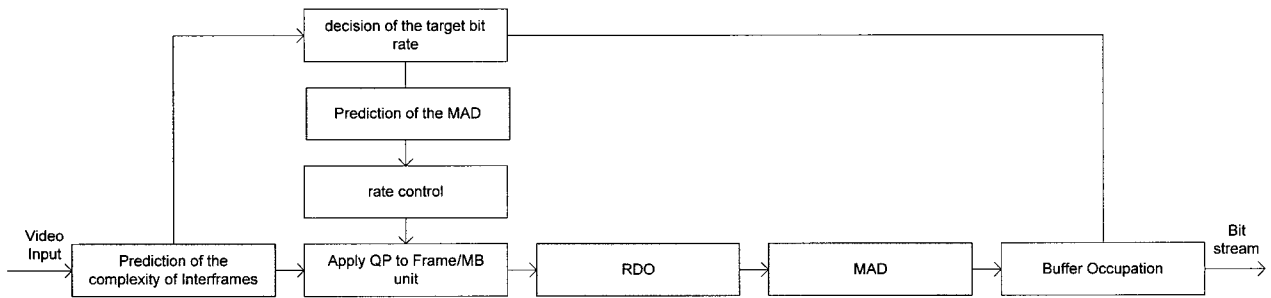
선형회귀분석을 통해 얻어진 프레임당 예상 목표 비트량 (T')과 MAD은 3.2절에서 프레임 단위로 부호화하는데 필요한 양자화 계수를 결정하는데 사용된다.

3.2 프레임 단위 비트율 제어

프레임당 목표 비트율 제어 과정은 (그림 5)와 같이 2차원 RD모델 식을 이용하여 양자화 계수를 결정하는 단계와 프레임에 대한 부호화 단계로 구성된다.



(그림 4) 화면간 영상 변화량과 MAD의 산점도



(그림 5) 제안한 비트율 제어 방법

3.2.1 초기화

비디오 시퀀스는 i 개의 GOP로 구성되어 있고, GOP의 첫 번째 프레임은 인트라코딩되고 연속적으로는 인터코딩된다. 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. 영상의 비트량을 제어하기 위해서는 첫 번째 프레임에 대한 가상 버퍼 점유량을 식 (4)와 같이 한다. 이때 B_s 는 버퍼 사이즈이다.

$$B_C(n_{i,1}) = \frac{B_s}{8} \quad \text{식 (4)}$$

기존의 비트율 제어 방법은 가상 버퍼를 사용하여 실제 버퍼의 상태를 알 수 없었으나, H.264/AVC 비트율 참조 모델은 현재 버퍼 상태에 적합도록 목표 버퍼 레벨(TBL: Target Buffer Level)을 설정한다. 또한 초기 목표 버퍼 레벨은 식 (5)와 같다.

$$Tbl(n_{i,2}) = B_C(n_{i,2}) \quad \text{식 (5)}$$

버퍼의 상한값과 하한값의 초기값은 식 (6)와 같이 설정하고, $u(n_{i,1})$ 은 채널 대역폭으로 압축된 영상 시퀀스를 일정하게 전송하는 비트량이고, F_r 은 초당 프레임 율이다.

$$L(n_{i,1}) = \frac{u(n_{i,0})}{F_r} \quad \text{식 (6)}$$

$$U(n_{i,1}) = B_s \times 0.8$$

3.2.2 프레임에 대한 가상 버퍼 점유량

가상 버퍼 점유량과 목표버퍼 레벨은 시간에 따라 유동적으로 변하는 유동 트래픽 모델을 따르므로 가상버퍼 점유량은 식 (7)과 같고, $A(n_{i,j})$ 는 j^{th} 프레임의 부호화된 비트량이다.

$$B_C(n_{i,j}) = \min(\max(0, B_C(n_{i,j-1}) + A(n_{i,j-1}) - \frac{u(n_{i,j-1})}{F_r}), B_s) \quad \text{식 (7)}$$

목표 버퍼레벨은 식 (8)과 같고, N_p 는 GOP을 구성하고 있는 P 프레임의 총 개수이다.

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

3.2.3 프레임에 대한 목표 비트량 결정

일반적으로 I-화면과 P-화면을 똑같은 화질로 부호화하는 경우, I-화면은 P-화면보다 3배 정도 많은 데이터가 발생하며, B-화면은 P-화면보다 절반 이하의 데이터가 발생한다. 이러한 변동 특성들은 전송 대역폭의 활용 측면이나 버퍼관리에 있어서 매우 바람직하지 못한 영향을 준다[16]. 따라서 본 논문에서는 실험적으로 인트라 모드로 부호화된 비트량은 다음 프레임을 예측하는데 부호화된 비트량($I_{bitrate}$)

이 크게 증가하므로 버퍼 사이즈도 역시 크게 증가하기 때문에 두 번째 P 프레임에 대해서만 인트라 부호화 후 부호화된 비트량에 대하여 30%정도만 첫 번째 P 프레임 $T(n_{i,2})$ 에 대해 목표 비트량을 식 (9)와 같이 할당한다.

$$T(n_{i,2}) = A(n_{i,1}) \times 0.3 \quad \text{식 (9)}$$

두 번째 P 프레임부터는 선형트래킹 이론을 이용하여 프레임당 목표 비트량을 할당한다. 프레임에 대하여 예측할 목표 비트량은 버퍼상태를 고려해야 한다. 이때 식 (10)와 같이 목표 버퍼 레벨, 프레임 율, 채널대역폭, 가상버퍼 점유량에 의해 결정된다. $r(=0.75)$ 은 상수이다.

$$T'_{buf}(n_{i,j}) = \frac{u(n_{i,j})}{F_r} + r(Tbl(n_{i,j}) - B_C(n_{i,j})) \quad \text{식 (10)}$$

프레임당 목표 비트량이 결정되면 버퍼가 고갈되거나 넘치지 않도록 식 (11)과 같이 버퍼의 상한과 하한 범위를 만족하는 가상 버퍼 점유량을 재 조절한다.

$$T_{buf}(n_{i,j}) = \max(L(n_{i,j}), T'_{buf}(n_{i,j})) \quad \text{식 (11)}$$

$$T_{buf}(n_{i,j}) = \min(U(n_{i,j}), T'_{buf}(n_{i,j}))$$

버퍼의 상한과 하한 범위내에서 프레임당 목표 비트량을 재설정 한 후, 사용할 비트량 즉 현재 버퍼에 남아 있는 비트량과 부호화할 프레임의 개수를 고려하여 각 프레임에 할당할 비트량을 예측한다. 식 (12)에서 T_r 는 현재 남은 비트량(R_r) 대비 부호화할 P 프레임의 개수(N_r)를 나타낸다.

$$T_r = \frac{R_r}{N_r} \quad \text{식 (12)}$$

그러나 식 (12)는 화면간 영상 변화량을 고려하지 않았으므로 3.1절에서 제시한 예상 목표 비트량(T')과 현재 부호화할 수 있는 비트량인 T_r 을 식 (13)와 같이 평균하여 부호화할 목표 비트량을 결정한다. 또한 프레임당 목표 비트량을 결정하기 위해서 버퍼상태(T_{buf})도 고려한다. 이때 $\beta(=0.5)$ 는 현재 버퍼 상태와 화면간 영상 변화량을 고려하여 비트량을 평균한다.

$$T(n_{i,j}) = \beta \times (\frac{T_r + T'}{2}) + (1 - \beta) \times T_{buf}(n_{i,j}) \quad \text{식 (13)}$$

3.2.5 프레임에 대한 양자화 계수 예측

3.1절에서 예측한 프레임당 목표 비트량과 MAD 값을 이용하여 식 (14)와 같은 2차원 RD 모델을 통해 한 프레임에 대한 양자화 계수를 예측한다.

$$T(n_{i,j}) = \frac{x_1 \times MAD}{QP} + \frac{x_2 \times MAD}{QP^2} \quad \text{식 (14)}$$

예측된 양자화 계수는 이전 프레임의 양자화 계수를 참고

로 보정 과정을 거친다. 이때 현재 예측된 양자화 계수가 이전 프레임에 대한 양자화 계수 값과 큰 차이가 난 경우에는 정확한 예측을 보장하지 못하기 때문에 부호화 비트량의 급격한 증가나 감소를 일으켜 버퍼가 넘치거나 고갈되게 된다. 따라서 양자화 계수에 대한 보정은 RD 모델을 바탕으로 예측된 양자화 계수가 영상품질의 연속성을 유지할 수 있도록 이전 프레임에 대한 양자화 계수의 ± 2 이내의 값을 갖도록 한다[18]. 보정된 양자화 계수를 이용하여 프레임에 대한 부호화를 수행한다.

3.2.6 사후부호화

부호화 수행 후, 현재 버퍼의 상한 및 하한 값을 식 (15)와 같이 갱신하여, 다음 프레임에서 버퍼가 넘치거나 고갈되지 않도록 한다. ($\omega = 0.8$)은 버퍼의 넘침을 방지하기 위한 상수이다.

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

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

식 (15)

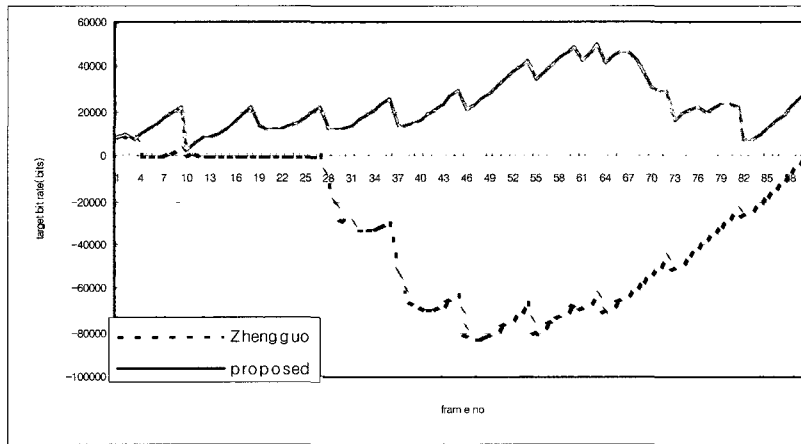
또한 부호화 수행결과로 나온 프레임에 대한 발생 비트량과 양자화 계수를 저장하여 다음 프레임을 부호화 할 때 사용한다.

3.3 프레임 스킵 방법

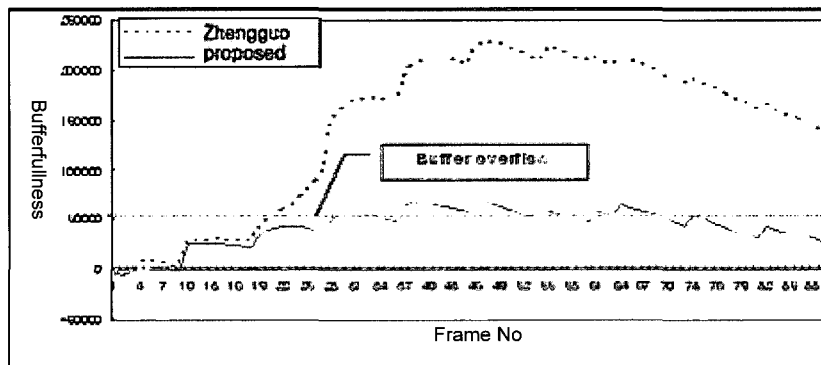
3.3.1 버퍼의 넘침 발생

GOP(=10)를 정기적으로 인트라 부호화 한 경우, (그림 6)의 실험결과와 같이 Zhengguo의 비트율 제어 방법은 본 논문에서 제안한 방법보다 프레임당 목표 비트량을 적절하게 할당하지 못한다. 예를 들어 “Table tennis” 영상과 같이 움직임이 많은 영상을 64kbps 채널 전송 할 경우, Zhengguo의 방법은 움직임이 많은 영상에서는 많은 비트량을 할당하지 못하고, 반대로 움직임이 적은 영상에 대해서는 많은 비트량을 할당함으로써 (그림 7)과 같이 버퍼가 지속적으로 넘치게 된다.

(그림 6) 결과에서 보듯, Zhengguo의 비트율 제어 방법은 현재 버퍼 상태(T_{buf})와 남은 비트량에 대한 남은 프레임 개수로 나눈 값(T_r)으로 프레임당 목표 비트량을 할당한다. 따라서 프레임당 목표 비트량은 양수, 음수, '0'으로 3가지로 나타난다. 양수인 경우에는 T_r 와 T_{buf} 둘 다 '0'보다 큰 경



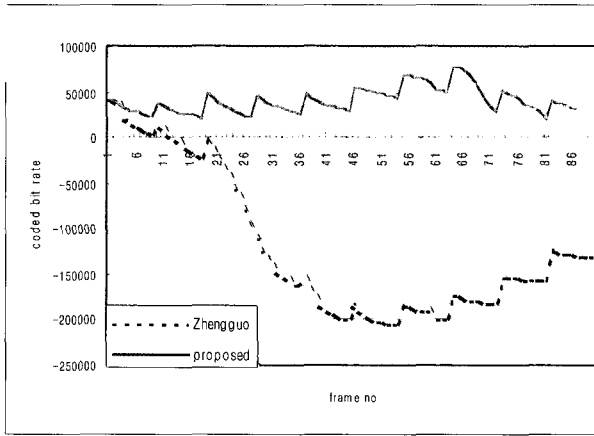
(그림 6) “Table tennis” 영상의 목표 비트량 비교



(그림 7) “Table tennis” 영상에 대한 버퍼 상태 비교

우이고, 음수인 경우에는 T_{buf} 가 T_r 보다 큰 경우이다. 이때 현재 버퍼상태에서는 채널로 전송되는 양보다 부호화된 비트량이 많은 경우에 발생한다. '0'인 경우에는 버퍼 상태가 T_r 만큼 버퍼의 넘침이 발생한 경우이다. (그림 7)에서 Zhengguo 방법의 결과를 보면 목표 비트량이 음수인 경우, 즉 현재 버퍼 상태는 넘침에도 불구하고 부호화할 양자화 계수는 이전 프레임 양자화 계수보다 2만큼 더하여 비트량은 줄이지만 화질은 떨어지고 버퍼는 지속적으로 넘침 상태가 된다.

목표 비트량이 '0'과 양수인 경우, Zhengguo 비트율 제어 방법은 2차원 RD 모델을 이용하여 양자화 계수를 결정하여 부호화한다. 부호화된 비트량 결과는 (그림 8)과 같다.



(그림 8) "Table tennis" 영상에 대한 부호화된 비트량 비교

3.3.2 프레임 스킵 방법

Zhengguo의 방법과 본 논문에서 제안한 방법에서 버퍼의 넘침 상태가 지속되면 부호화된 비트스트림이 최종 목적지까지 수신되지 않고 네트워크 경로상 특정 라우터에서 트래픽이 발생하므로 비트스트림이 손실된다. 따라서 Zhengguo의 방법과 본 논문에서 제안한 방법에 대하여 버퍼의 넘침을 방지하기 위해서는 프레임 스킵이 필요하다. 프레임 스킵은 버퍼 상태가 일정하게 안정이 될 때까지 기다렸다가 프레임들을 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 Zhengguo의 방법은 앞으로 부호화 할 남은 비트량과 버퍼 상태를 고려한다. 이때 프레임당 목표 비트량이 '0'인 경우, 부호화할 남은 비트량 만큼 버퍼 상태가 음수인 경우이다. Zhengguo의 방법은 '0'은 양수이므로 2차원 RD모델을 이용하여 양자화 계수를 이전 프레임의 양자화 계수 이내로 예측한다. 예측된 양자화 계수로 한 프레임을 부호화하면 버퍼의 넘침 상태는 더욱 악화된다. 따라서 프레임 스킵은 식 (16)과 같이 수행해야 한다. 프레임당 목표 비트량이 '0'이면 현재 버퍼가 넘치고 있는데도 부호화할 프레임도 버퍼

가 넘치게할 것이므로 프레임에 할당된 목표 비트량이 '0'이면 음수로 취급하여 비트율 제어를 한다.

식 (16)에서 *CurrentBufferFullness*는 현재 버퍼 상태를 알려주고, *BufferMaxSize*는 넘침을 방지하기 위하여 버퍼 사이즈의 80%로 한다.

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

식 (16)

4. 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[17]. 실험환경은 <표 2>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 15Hz의 프레임율(frame/second)을 갖고 있다. 첫 번째 영상에 대한 양자화 계수는 28로 고정하여 인트라 부호화를 수행하였고, 두 번째 프레임의 양자화 계수 역시 28로 고정한 인터 부호화를 수행하였으며, 프레임 타입인 B-화면은 사용하지 않았다. H.264/AVC 부호기에서 제안한 기존의 비트율 제어 알고리즘과 본 논문에서 제안한 알고리즘은 영상압축 부호화에 의하여 저하된 복원 영상의 품질을 평가하기 위하여 일반적으로 사용하고 있는 척도인 PSNR(Peak-to-Noise Ratio)을 사용하였다.

<표 2> 실험환경

MV resolution	1/4 pel
Hadamard Transform	ON
RD Optimization	ON
Search Range	±16
Restrict Search Range	2
Reference Frames	1
Symbol Mode	CAVLC
GOP structure	IPPPP
IntraPeriod	ON(10)

다음 <표 3>과 <표 4>는 채널 전송대역폭이 64kbps이고 초당 프레임율이 15fps일 때 기존 비트율 제어방법인 Siwei, Zhengguo, 제안한 비트율 제어 알고리즘에 대한 PSNR 및 부호화된 비트율 비교이다.

〈표 3〉 64kbps 전송채널환경에서 각 영상들의 PSNR 비교

영상이름	Siwei	Zhengguo	Proposed	
"Foreman"	33.42	34.43	34.48	(0.20)
"M&D"	40.20	40.37	40.80	(0.53)
"Container"	37.71	38.89	38.40	(-0.49)
"Mobile"	25.65	27.19	27.23	(0.04)
"Silent"	35.50	36.62	35.90	(-0.72)
"Table Tennis"	33.90	34.53	34.90	(0.26)
"Stefan"	25.57	26.30	27.02	(0.68)

〈표 4〉 64kbps 전송채널환경에서 각 영상들의 부호화된 비트율 비교

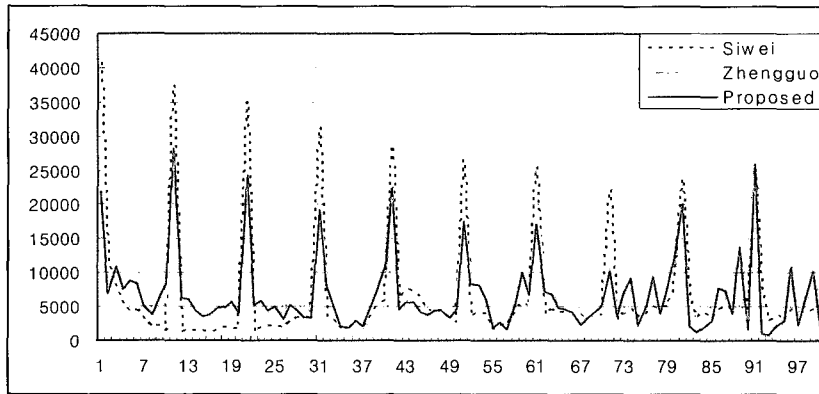
영상이름	Siwei	Zhengguo	Proposed	
"Foreman"	63.96	67.74	63.44	(-4.30)
"M&D"	63.94	67.13	63.10	(-4.03)
"Container"	63.96	78.08	63.17	(-14.91)
"Mobile"	63.99	77.51	63.94	(-13.36)
"Silent"	63.82	77.26	63.99	(-13.27)
"Table Tennis"	63.98	73.11	63.97	(-9.14)
"Stefan"	64.12	81.86	64.11	(-17.81)

Siwei의 방법은 제안한 방법에 비해서 효율적으로 비트량을 조절하지만 PSNR측면에서 평균적으로 1~2dB 정도 낮다. 그리고 Zhengguo의 방법은 제안한 방법에 비해 PSNR은 평균적으로 0~1.7dB 좋지만, 전송 채널 환경에 프레임당 정확한 목표 비트량을 할당하지 못함으로써 버퍼의 넘침 상태가 지속되고 네트워크 상태가 더욱 악화되는 단점이 있다.

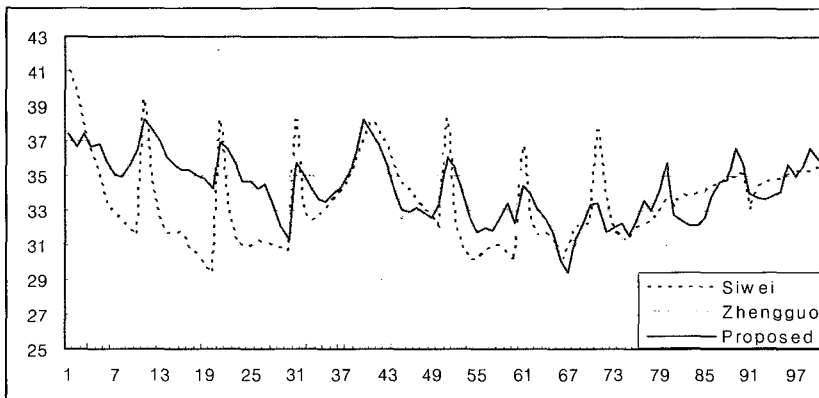
(그림 9)와 (그림 10)은 "Foreman" 영상을 64kbps 채널로 전송할 경우, 제안한 방법과 기존방법들에 대하여 부호화된 비트량과 PSNR 비교이다.

〈표 5〉는 Zhengguo의 방법과 제안한 방법에 프레임 스킵을 적용한 결과로 PSNR과 부호화된 비트량, 프레임 스킵 수이다.

〈표 5〉의 결과에서, 64kbps 전송채널 대역폭에서 움직임이 적은 대부분 영상은 제안한 방법이나 Zhengguo가 제안한 방법에서의 프레임 스킵 수는 비슷하지만, 움직임이 많은 "Mobile", "Table tennis", "Stefan" 영상은 전송채널 대역폭이 클수록 제안한 방법의 프레임 스킵 수는 적어지나 Zhengguo의 방법의 프레임 스킵 수는 비슷하다. 또한 Zhengguo의 방법의 부호화된 비트량은 제한된 전송채널 대역폭을 초과하는 경우가 있지만 제안한 방법은 전송채널 대역폭에 맞게 부호화되는 것을 볼 수 있다.



(그림 9) "Foreman" 영상의 제안 및 기존 방법들의 부호화된 비트량 비교



(그림 10) "Foreman" 영상의 제안 및 기존 방법들의 PSNR 비교

<표 5> 64kbps 전송채널환경에서 부호화된 각 영상들 성능 비교

영상이름	프레임 스킵 수		PSNR(dB)			bit rate(kbits)		
	Zhengguo	Proposed	Zhengguo	Proposed		Zhengguo	Proposed	
"Foreman"	15	10(-5)	34.43	34.28	(-0.15)	65.74	63.43	(-2.31)
"M&D"	11	10(-1)	40.37	40.30	(-0.07)	63.13	62.10	(-1.03)
"Container"	12	11(-1)	38.96	38.40	(-0.56)	64.63	63.17	(-1.46)
"Mobile"	20	12(-8)	27.19	27.23	(0.04)	65.51	64.14	(-1.37)
"Silent"	13	10(-3)	36.62	35.90	(-0.72)	64.26	63.99	(-0.27)
"Table Tennis"	25	10(-15)	35.16	34.80	(-0.36)	65.63	63.86	(-1.77)
"Stefan"	23	12(-11)	26.55	26.52	(-0.03)	65.40	64.11	(-1.29)

5. 결 론

본 논문에서는 가변길이부호화를 사용하는 H.264/AVC 부호기에서 고정 비트율 채널을 위한 부호기의 비트율 제어 문제를 고찰하고, 영상간의 움직임 고려하지 않은 기존의 비트율 제어 방법의 문제점을 살펴보았다. 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 화면간의 움직임 변화를 고려하기 위하여 화면간 영상 변화량을 계산하는 알고리즘을 제안한다. 즉 화면간 움직임이 많은 경우, 부호기 버퍼에서 발생할 수 있는 버퍼의 넘침을 막기 위하여 프레임 스킵 방법을 제안하였다. 본 논문에서 제안한 비트율 제어 알고리즘의 성능을 측정하기 위해 기존의 비트율 제어 알고리즘과 비교 실험하였다. 실험결과 화면간 움직임이 없는 영상의 경우, 제안한 방법이나 기존 비트율 제어 방법은 PSNR 측면에서 비슷하였다. 그러나 화면간 움직임이 많은 영상에서는 기존의 비트율 제어 방법이 채널 전송에 부적합할 정도로 비트율을 초과하지만, 제안한 방법은 채널 전송에 적합하게 효율적으로 부호화되는 것으로 나타났다. 또한 프레임 스킵방법에 있어서 기존 비트율 제어 방법에 비하여 제안한 방법이 평균 1~15%으로 감소하고, 화질면에서는 기존 비트율 제어 방법보다 프레임 스킵수가 적으므로 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] ISO/IEC JTC1, "Generic coding of Moving Pictures and Associated Audio Information-Part 2: Video," ISO/IEC 13818-2(MPEG-2), Nov., 1994.
 [3] 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.
 [4] 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.
 [5] Kou-Hu Tzoe, "An Intrafield 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.
 [6] Siwei Ma, Wen Gao, Yan Lu, "Rate Control on JVT standard," JVT of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, JVT-D030.doc, 2002.
 [7] Siwei Ma, 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.
 [8] 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.
 [9] Joint Video Team(JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG Document JVT-G050r1, June, 2003.
 [10] Hung-Ju Lee, Tihao Chiang, and Ya-Qin Zhang, "Scalable rate control for MPEG-4 video," Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on , Vol.10, Issue 6, pp.878-894.
 [11] ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-TS SG15 EG for ATM video coding, "MPEG-2 Video Test Model 5," April, 1993.
 [12] F. Pan, Z.Li, K. Lim and G. Feng, "A Study of MPEG-4 rate control scheme and its improvements," IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol., Vol.13, pp.440-446, 2003.
 [13] G.M.Schuster, 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.
 [14] Debargha Mukherjee, Sanjit K Mitra, "Combined Mode Selection and Macroblock Quantization Step Adaptation for the H.263 Video Encoder", Proc. ICIP, 1994.
 [15] Bo Xie and Wdnjun Zeng, "Sequence based Rate Control for Constant Quality Video," IEEE Image Processing, 2002.
 [16] N. Ohta, "Packet Video," Artech House, 1994.
 [17] <http://iphome.hhi.de/suehring/tml/>
 [18] 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.



손 남 려

1996년 호남대학교 컴퓨터공학과(학사)

1999년 전남대학교 대학원 전산학과
(석사)

2005년 전남대학교 대학원 전산학과
(박사)

관심분야: 영상 통신, 비트율 제어, 디지
털 콘텐츠



이 귀 상

1980년 서울대 공대 전기공학과(학사)

1982년 서울대 대학원 전자계산기공학과
(석사)

1983년~1984년 금성통신 연구소

1991년 Pennsylvania 주립대학 전산학
(박사)

1984년~현재 전남대학교 정보통신 연구소·컴퓨터 정보학부 교수

관심분야: 멀티미디어 통신, 영상처리 및 복원, 테스트,
논리합성, VLSI/CAD