

# 혼합영상 전송을 위한 내용기반 율제어

정희원 황재정\*, 정동수\*

## Content-based Rate control for Hybrid Video Transmission

Jae-jeong Hwang\*, Dong-soo Jeong\* *Regular Members*

### 요약

객체기반 동영상 부호화에서 고정 비트율을 얻도록 하는 율제어기는 채널의 비트율, 원하는 화질, 객체간 분배, 텍스처 및 형상간 관계, 프레임스킵 결정 등에 적응성을 부여하기 위한 중요한 요소이다. 따라서 이 논문에서는 율제어에 이용되는 내용기반 제어를 제안한다. 이것은 이차 율제어 모델을 이용하는 MPEG-4 기법을 확장한 것이다. 객체간 중요성을 분석하여 VOP로 나뉘어지고 객체기반 모델링에 의해 비트가 할당된다. 중요성을 파악하기 위해 시험 영상을 비전문가에게 관측토록 하여 관심영역 VOP를 분석하였다. 이에 의해 초기 목표치가 구해지고 오버플로우나 언더플로우를 방지하기 위해 전체 목표치를 설정한다. 객체간 목표치 분배는 움직임벡터 크기, 객체의 크기, 이전 프레임의 왜곡 등을 반영하는 통계적 특성에 따라 이루어짐과 동시에 객체의 중요성에 따라 분배하는 기법을 제안한다. 제안한 기법을 MPEG-4 VM8 부호기에 사용된 것과 비교한다.

### ABSTRACT

A bit-rate controller that can achieve a constant bit rate when coding object-based video sequences is an important part to achieve an adaptation to bit-rate constraints, desired video quality, distribution of bits among objects, relationship between texture and shape coding, and determination of frame skip or not. Therefore we design content-based bit rate controller which will be used for relevant bit-rate control. The implementation is an extension of MPEG-4 rate control algorithm which employs a quadratic rate-quantizer model. The importance of different objects in a video is analyzed and segmented into a number of VOPs which are adaptively bit-allocated using the object-based modelling. Some test sequences are observed by a number of non-experts and interests in each object are analysed. The initial total target bit-rate for all objects is obtained by using the proposed technique. Then the total target bits are jointly analyzed for preventing from overflow or underflow of the buffer fullness. The target bits are distributed to each object in view of its importance, not only of statistical analysis such as motion vector magnitude, size of object shape, and coding distortion of previous frame. The scheme is compared with the rate controller adopted by the MPEG-4 VM8 video coder by representing their statistics and performance.

### I. 서론

율제어 기술은 여러 표준과 응용에서 광범하게 연구되었다. 예를 들어 H.261과 H.263<sup>[1]</sup>과 같은 영

상회의, MPEG-1과 MPEG-2<sup>[2],[3]</sup>와 같은 저장매체 및 실시간 전송, 그리고 최근 MPEG-4의 객체기반 부호화 등이다. 부호기에 따라 서로 다른 부호화 변수가 적용되고 다른 제한사항이 주어진다. 예를 들

\* 군산대학교 전자정보공학부

논문번호: 접수일자:

\* 본 연구는 군산대학교 학술연구조성비 지원에 의한 것임.

어, MPEG-2에서 화질에 가장 영향을 주는 변수는 텍스처 부호화를 위해 이용되는 양자화변수 (QP: quantization parameter)이다. 이것은 전체 프레임 또는 매크로블록 단위로 선택된다. 대부분의 구현에서 버퍼 충만도를 근거로 선택하여 목표 비트율에 이르도록 한다. 또한 MPEG-2의 주요 응용이 디지털 비디오 방송이므로 고정된 GOP (group of pictures) 구조가 바람직하다. 이에 앵커프레임 거리와 I프레임 간격이 특정의 GOP에서 고정된다. 따라서 율제어 기법은 버퍼제어를 위해 시간적 부호화 변수를 변경할 수는 없다<sup>[4]</sup>.

이와 반대로 H.263은 프레임스킵을 허용한다. 부호기에서 주어지는 낮은 비트율 조건으로 인해 율제어기로 하여금 공간 및 시간 부호화 변수를 적절히 결정하도록 한다<sup>[5]</sup>. 일반적으로, 만일 버퍼가 오버플로우될 위험이 있으면 부호기는 전체 픽처를 버린다. 대신에 이전 프레임에서 사용된 비트를 전송하도록 하여 버퍼레벨을 감소시킨다. 이러한 프레임 스킵과 결합하여 율제어는 원하는 비트율을 얻기 위해 적절한 QP를 결정해야 한다.

ISO/IEC MPEG-4의 표준화 활동은 이러한 진보된 영상정보 개념을 지원하며 광범한 비트율과 응용을 위한 범용 영상음향 부호화를 지원하게 되었다<sup>[6]</sup>. MPEG-4에서 영상정보는 비디오객체(VO: video object) 개념으로 구성되며 임의형상의 시변 영상으로 표현되어 개별적으로 다루어지고 하나의 장면을 구성하기 위해 비슷한 객체와 조합되기도 한다. VO에 연관된 정보는 비디오객체레이어(VOL: video object layer) 집합으로 표현된다. 각 레이어에는 주어진 시공간 해상도에 관한 정보를 포함하여 계위 전송 및 저장을 가능케 한다. 하나의 비디오 시퀀스가 다중의 VO로 분할되어 처리하는 경우  $n$ 개의 VOL이 얻어진다. 각 VOL은 비디오객체평면(VOP: video object plane)의 시퀀스로 간주되어서 주어진 시간적 사상에 관한 정보를 포함하고 전통적인 비디오 프레임에 해당한다. VOP내에 형상과 텍스처는 서로 다른 것으로 부호화되며 예측된다. 형상이 먼저 부호화되고 텍스처는 예측변환부호화의 변형이며 영상정보를 이용해 부호화된다<sup>[7]</sup>.

다중객체(MO: multiple object) 부호화에서 서로 다른 객체간 비트율 분배는 사용자 또는 응용에 따라 객체에 부여하는 값에 따라 할당된다. 객체는 예를 들어 가능한 최적의 전역화질을 얻는 데 관심이 있도록 하여 같은 중요도로 간주할 수 있다. 그러나 일반적으로 가장 적절한 객체가 최상의 화질로 부

호화될 것을 사용자는 원한다. 예를 들어 영상회의 시스템에서 화자나 감시 시스템에서 침입자 등이다. 결국 적절성에 따른 부호화의 질이야말로 사용자 대화성을 증가시키는 방법이다. 율제어는 응용 및 통신 환경이 부여한 제한사항을 반영하며 동작을 최적화하기 위해 부호기에 규준을 가하는 것이며 MO의 경우에 비트할당 기능과 관련하여 부호기의 중요한 요소가 된다. 이 논문은 신호원의 모델링과 비용척도를 최적화하여 MO RC 시스템을 설계하는 체계적 접근 방식을 제안한다. 하나의 비디오 시퀀스는 다중의 VOL로 나누어지고 VOL은 다시 해당 VOP로 이루어지고 하나의 VOP는 부호화 단위인 매크로블록으로 나누어진다. 따라서 RC도 이러한 단계에 적절히 이루어진다.

다중객체의 객체별 중요성은 첫째로 산술적 특성, 즉, 객체의 움직임, 부호화되는 객체의 크기를 부호화 단위인 매크로블록 수로 표현한 것, 그리고 이전 프레임들 부호화한 결과 오차를 고려한다. 그러나 다중객체를 효과적으로 부호화하기 위해 객체별 중요도를 평가하여 중요도에 따른 목표비트를 설정하고 비트량을 분배하는 기법을 제안하였다. 제안된 MVO(multiple video object) 율제어는 현존하는 SVO(single video object) 기법의 확장이다. MVO 기법은 SVO 블록도에 네 부분을 첨가하여 구성되는데, 목표치 분배, 사전프레임스킵 제어, 동작모드 절제, 형상부호화 제어(AlphaTH 계산)이다. 첫 번째는 분리된 객체에 대한 별도의 율제어를 담당하고, 둘째는 영상정보가 비트량의 많은 부분을 차지할 때 버퍼를 안정화시키기 위한 것이다. 다음 두 성분은 공간 및 시간부호화 해상도간, 형상과 텍스처부호화 정확도간 트레이드오프를 제공하며 낮은 비트율에서 시스템 성능을 향상시키기 위한 것이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서 MPEG-4 MVO 율제어를 기준으로 다중객체 부호기에 관련된 율제어 기법을 설명한다. 제3장에서는 다중객체의 객체별 중요성을 부호화에 도입하는 기법을 전개하며 전체 목표비트를 객체별로 분배하는 기법을 제안한다. 제4장에서 다양한 테스트 조건하에 실험을 행하였다. 이전 복원 결과에 따라 목표치를 다중객체 전체에 대해 설정하고 적절히 분배한 결과를 보인다. 끝으로 제5장에서는 논문의 주요 결과를 요약하고 향후 나아갈 방향을 제시한다.

## II. 다중객체 율제어

데이터 영역에서 영상 신호는 일반적으로 가우시안 분포로서 모델링되며, DCT 등에 의해 주파수 영역으로 변환되어 움직임보상과 프레임간 예측에 의한 오차 신호는 라플라시안 분포라는 것이 잘 알려져 있다. 또한 왜곡 기준을 결정하는 문제에서는 절대오차 기준에 비해 자승오차 기준은 정확도를 기할 수 있으나 복잡도에 비해 성능 향상이 뚜렷하지 않음이 알려져 있다. 따라서 절대오차 기준에 의해 라플라시안 분포를 가정한 울-왜곡 함수는 표준편차  $\sigma$ 를 갖는 신호원에 대해 다음과 같은 대수함수로 주어진다.

$$R_L(D) = -\log(aD), \quad (1)$$

$$0 \leq D \leq \frac{1}{a}, \quad a = \frac{\sqrt{2}}{\sigma}$$

이것을 실제 울제어기에 이용하려면 유한한 수의 변수를 설정하여 제어하기 위해 근사화가 필요한데 일반적으로 테일러 급수로 전개하여 2차제수까지 고려하면 성능과 복잡도 면에서 절충점을 이룬다<sup>[8]</sup>. 식 (2)와 같이 전개된다.

$$R(D) = \left(\frac{1}{aD} - 1\right) - \frac{1}{2} \left(\frac{1}{aD} - 1\right)^2 + R_3(D) + \dots \quad (2)$$

$$= -\frac{3}{2} + \frac{2}{a} D^{-1} - \frac{1}{2a^2} D^{-2} + R_3(D) + \dots$$

윗 식에 근거하여 우리는 실제 부호화를 행하기 전에 목표비트율을 계산하고자 한다. 새로운 VOP가 입력되면 이전에 사용한 비트 수와 양자화 변수(QP)를 이용하여 현재 프레임 또는 매크로블록에 할당되어야 하는 목표 비트 수를 결정하는 것이다. 급수식에서 2차항수까지 제한하면 울-왜곡 모델은 다음과 같은 식으로 형성된다.

$$R = aQ^{-1} + bQ^{-2} \quad (3)$$

식 (2)의  $D$ 를 식 (3)에서는  $Q$ 로 대체하여 표기하였다. 왜냐하면 실제 부호기에서 왜곡은 양자화 과정에서 발생하며 양자화는 양자화 변수 즉 QP에 의해 제한 제어되기 때문이다. 따라서  $Q$ 는 왜곡을 의미하지만 동시에 부호기에 적용되는 QP를 의미한다. 상수  $a, b$ 는 식 (2)에서  $a$ 를 포함한 상수로서 정리한 것이다. 여기서  $b=0$ 이면 전형적인 1차원 모델이 된다. 1차원 모델은 MPEG-2, H.263과 같은 대부분의 표준에서 채택되었으며 2차원 모델은 MPEG-4에서 채택되었다. 특정한 픽처예측 형식에서 부호화 단위인  $16 \times 16$  크기의 매크로블록마다

QP를 다르게 할 수 있으며 1부터 31까지 변화한다. 주어진 양자화 행렬에 QP를 이용하여 양자화 계위 (scaling)를 형성한다. 이런 기법은 정보량에 근거한 최적 양자화는 아니지만 실제 부호기에서 단순화를 위해 사용되는 기법이다. 왜곡 측정은 MSE 또는 MAD가 사용될 수 있다. 이 왜곡측정을 이용하여 실제 부호화 전에 픽처의 목표비트율을 예측하고 부호화가 진행되는 중에 비트율을 갱신하여 화질에 적합하게 비트율을 할당하고 버퍼 오버플로우나 언더플로우를 피하게 된다. 비트율  $R$ 은 실제 부호기에서 다중객체를 위한 객체별 목표비트  $T_i$ 로 표현되고 하중치  $a, b$ 와 함께 왜곡이 많으면 목표비트를 크게 하고 적으면 낮추기 위해 텍스처 평균 절대오차  $MAD$ 를 첨가하여 다음 식으로 주어진다.

$$T_{texture, i} = \left[ \frac{a_i \cdot MAD_i}{Q_i} + \frac{b_i \cdot MAD_i}{Q_i^2} \right] \quad (4)$$

그림 1에 다중객체 울제어 기법을 위한 블록도가 보인다. 크게 3단계 블록으로 나누어지는데, 사전부호화, 부호화, 사후부호화이다. 실제로 울제어 기법은 부호화 엔진에 어떤 변화를 가져오지는 않고 단지 사후부호화 단계에서 얻어진 데이터를 근거로 입력 QP를 부호화 엔진에 제공하는 역할을 한다. 여기서 다음의 정보가 분석된다. 즉, 현재 프레임에 적용된 QP, 이것으로부터 초래된 비트수, 전송되는 전체 비트수이다. QP와 텍스처 비트수를 이용하여 모델변수를 결정하고 전송되는 전체 비트수는 버퍼레벨을 갱신하기 위해 이용된다. 갱신된 버퍼량이 너무 많으면 사후프레임스킵(postframeskip) 제어기에 의해 적절한 수의 프레임이 건너뛰어진다.

사후부호화 단계에서 얻어진 정보를 사전부호화에서 이용한다. 우선, 이전 프레임에 사용된 비트수와 가용 비트에 기초하여 초기목표치를 산출한다. 이것은 버퍼충만도에 따라 조정되고 최종 QP가 계산된다. 최종 계산은 가장 최근의 사후부호화 단계에서 결정된 현재 모델변수에 근거한다.

이러한 과정은 단일객체 부호화나 마찬가지로이다. 다중객체의 경우 목표치를 예측하여  $n$ 개의 객체에 적절히 분배해주어야 하며 이때 스킵될 프레임이 얼마인지를 고려한다(사전프레임스킵 제어). 다중객체는 일반적으로 임의의 형상을 갖는 객체의 집합이므로 단일객체와 달리 형상정보를 부호화할 필요가 있다. 이 경우 형상에 대한 울제어가 요구되며 형상과 텍스처간 비트율 분배도 주의해야 한다. 비트율

이 낮으면 형상을 위한 비트가 상대적으로 크게 되며 반대의 경우에는 낮게 된다. 이와 같이 비트율의 분배는 다중객체 부호화에서 가장 중요한 요소로 대두된다.

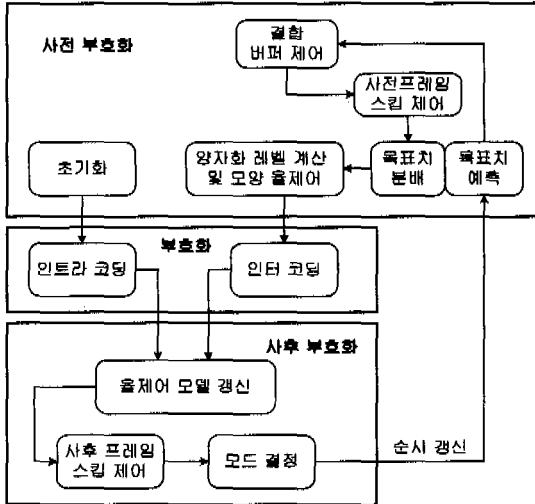


그림 1. 다중객체 부호화를 위한 블록도

다중의 객체는 의미적으로 상호 관련되어 있고 화질은 VO들의 종합된 화질로써 복잡한 함수가 된다. 객체들은 공통자원 즉 채널을 공유하므로 성능의 최적화는 전역 제어를 요구한다. 그림 2에서 입력되는  $n$  개의 VOL은 각각의 특성과 중요도를 제시한다. 전체 시퀀스의 목표 비트율은 물리적인 채널용량에 따르며 주어진 비트율이 각 VOL에 배분된다. 이때 VOL의 시각적인 관심도는 배분에서 중요한 변수로 도입되어야 한다. VOL 부호기에서 생성된 비트량은 버퍼에 모아져서 전역적으로 제어된다.

VOL에 대한 비트율을 결정하는 데에는 시각적 관심도에 의해 별다른 방법이 없다. 일단 이것이 정해지면 VOP 내부에서 프레임 또는 매크로블록 단위로 목표비트가 설정되고 제어 가능하다. 관심도는 매우 주관적인 것이며 실제 인간의 관측에 의해 수행되어야 한다. 이 연구에서는 훈련되지 않은 일반인을 대상으로 실험하여 관심도를 측정하였다. 대체로 배경보다는 전경을, 정적인 객체보다는 움직이는 객체에 관심이 집중됨을 알 수 있었다.

그림 1의 MVO 기법은 SVO와 비교하여 대부분의 블록이 동일하지만 일부는 객체기반으로 동작한다는 점이 다르다. 아래에서 MVO 부호기를 단계별로 설명한다.

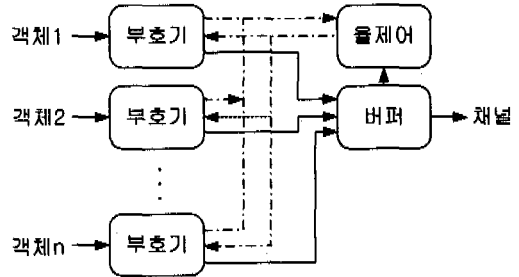


그림 2. 다중 비디오 객체를 위한 율제어 개념

**초기화** : 버퍼에 관한 사항이 정의되고 부호화 파라미터가 초기화된다. I 프레임을 부호화하기 위해 QP의 초기치가 정의된다. 첫 프레임을 위한 비트수  $T_1$  비트를 이용하여 프레임을 부호화한 후 시퀀스 나머지를 위해 가용한 비트수  $i_r$ 을 결정한다. 즉,

$$i_r = t_s \cdot R_s - T_1 \quad (5)$$

여기서  $t_s$ 는 시퀀스의 주기를 초로 나타내고  $R_s$ 는 시퀀스의 원하는 비트율이다. 또한 하나의 VOP가 부호화된 후 버퍼로부터 제거되는 비트수를 다음과 같이 정의한다.

$$R_{drain} = \frac{i_r}{n_r} \quad (6)$$

여기서  $n_r$ 는 I 프레임 후 부호화되는 P 프레임 수를 의미한다. 이들 변수는 각각 MVO마다 같거나 다르게 정의한다.

**초기 목표 비트율 예측** : 이전 프레임의  $i$ -번째 객체에 사용된 비트율  $R_{p,i}$ 와 비례하여  $i$ -번째 객체를 위한 비트율을 배정하는 방식으로 목표치가 설정된다. 즉,

$$T_1 = \sum_{i=1}^M T_i$$

$$T_i = \max \left\{ \frac{R_s}{m F_s}, (1 - w_p) \frac{T_r}{m N_r} + w_p R_{p,i} \right\} \quad (7)$$

식 (7)에서  $M = \{0, 1, \dots, m\}$ 은 영상객체(VO)들의 집합이다. 하중치  $w_p$ 값의 증가는 개별 목표치를  $R_{p,i}$ 에 더욱 비례하도록 만든다. 실험에서는  $w_p = 0.25$ 가 사용되었다.  $R_s$ 는 시퀀스 비트율,  $F_s$ 는 소스의 프레임율,  $T_r$ 는 가용 비트수,  $N_r$ 는 부호화될 잔여 P 프레임 수를 각각 의미한다.

**결합 버퍼 제어** : 초기 목표치가 결정되면 현재 버퍼레벨  $B_c$ 와 버퍼크기  $B_s$ 에 근거하여 조정된다. 즉,

$$T_2 = T_1 \cdot \frac{B_c + 2 \cdot (B_s - B_c)}{2 \cdot B_c + (B_s - B_c)} \quad (8)$$

이러한 조정은 매 프레임을 부호화한 후 버퍼점 유도를 약 50%로 유지하도록 한다. 오버플로우나 언더플로우를 피하기 위해 추가로 조정된다. 최종 목표치는 다음과 같이 결정된다.

$$T = \begin{cases} (1-\delta)B_s - B_c, & \text{if } B_c + T > (1-\delta)B_s \\ R_{drain} - B_c + \delta B_s, & \text{if } B_c - R_{drain} + T < \delta B_s \\ T_2, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (9)$$

대표적으로 안전마진  $\delta$ 값은 0.1이나 낮은 비트율에서 형상 정보를 부호화하기 위해 0.2~0.25로 증가될 수 있다.

**목표치 분배** : 이 단계에서 목표 비트수  $T_i$ ,  $i \in M$ 을 만족하도록 각각의 임의 형상 VO에 결합 버퍼제어의 출력목표치가 분배된다. 형상의 크기, 움직임벡터의 크기, 그리고 분산량(왜곡)의 크기에 따라 객체간 분배가 이루어진다. 주어진 목표치에서 객체  $i$ 의 목표치는 다음과 같다.

$$T_i = T \cdot (w_s \text{SIZE}_i + w_m \text{MOT}_i + w_v \text{VAR}_i) \quad (10)$$

여기서  $\text{SIZE}_i$ ,  $\text{MOT}_i$ ,  $\text{VAR}_i$ 는 각각 객체  $i$ 의 크기, 움직임, 및  $\text{MAD}^2$ 이며 모든 객체의 전체  $\text{SIZE}$ ,  $\text{MOT}$ ,  $\text{VAR}$ 로 정규화된다. 따라서  $i$ -번째 객체의 움직임 크기  $\text{MOT}_i$ 는 각 움직임벡터 성분의 절댓값이며 크기  $\text{SIZE}_i$ 는 객체에 포함된 매크로블록 또는 부분 매크로블록 수이다. 객체는 임의 형상이기 때문에 경계면에서 구형 매크로블록과 부분적으로 형성된 블록이 존재한다. 하중치  $(w_s, w_m, w_v) \in [0, 1]$ 은  $w_s + w_m + w_v = 1$ 을 만족한다.

그러나 다음의 문제점을 갖는다. 형상의 크기는 배경 VO에서 가장 크게 되며 가장 많은 비트가 할당된다. 물론 움직임이 적다는 가정하에 전체 비트는 줄어 들 수 있으나 형상 크기의 면에서 배경에 과다한 비트가 할당되는 문제점을 갖는다. 움직임에서도 만일 특정 객체가 계속 큰 움직임을 갖는 경우 계속 많은 비트가 할당되게 된다. 그러나 지속적으로 움직이는 물체의 부호화는 갑자기 움직임이

시작되거나 끝난 객체에 비해 시각적으로 덜 중요하다는 점을 간과하고 있다. 이 문제의 해결책을 다음 장에 논의한다.

**양자화 레벨 계산** : 울제어 모델변수  $a_i$ ,  $b_i$ , 왜곡량  $\text{MAD}_i$ , 텍스처를 위한 비트  $T_{\text{texture}, i}$  등이 주어지면, 적절한  $Q$ 값은 쉽게 구해진다.  $i$ -번째 객체의 텍스처에 대한 목표 비트수는 다음으로 정의된다.

$$T_{\text{texture}, i} = T_i - T_{\text{hdr}, i} \quad (11)$$

$T_{\text{hdr}, i}$ 는 이전 프레임의  $i$ -번째 객체에 사용된 형상, 움직임, 헤더 비트량이다. 실험에서 움직임은 언제나 무손실 부호화되며 형상은 무손실 또는 손실 부호화된다. 양자화레벨  $Q$ 는 식 (4)를 이용하여 주어진 목표치에 적합하게 계산된다.

**형상부호화 변수 (AlphaTH) 계산** : 이 블록은 형상 왜곡을 제어하는 변수 AlphaTH를 결정하기 위해 사용된다. 이것의 조정에 의해 텍스처와 형상 부호화 정확도간의 트레이드오프를 제공한다. 잠시 이것이 영으로 고정되었다고 가정하여 무손실 형상 부호화를 하도록 한다.

**모델변수 갱신** : 식 (4)를 이용하여 객체기반 모델변수  $a_i$ ,  $b_i$ 가 결정된다. 이들은 현재 프레임과 과거  $n$  프레임의 부호화 결과에 의해 지속적으로 갱신된다. 텍스처 성분을 위한 비트만 여기서 고려되고 헤더 및 움직임 정보는 제외된다.

**사후프레임스킵 제어** : 다중객체부호기는 각 객체를 다른 프레임율로 부호화할 수 있도록 한다. 제안된 기법에서 우리는 같은 프레임율로 제한한다. 이리하여 재구성에서 문제점을 피할 수 있다. 즉, 두 객체가 다른 프레임율로 부호화되면 재구성된 시퀀스에서 미정의된 화소가 존재하게 된다. 따라서 서로 다른 프레임율로 부호화하면 비트량을 크게 절약할 수 있지만 재구성 문제를 극복해야 하는 문제점이 있다. 버퍼레벨은 텍스처, 움직임, 헤더 정보뿐만 아니라 형상 정보에 의해 갱신된다.

**사전프레임스킵 제어** : 높은 비트율에서 형상 비트수는 적고 단지 부가정보로 간주될 수 있다. 그러나 낮은 비트율에서는 그렇지 않다. 형상정보의 높

은 비율로 인해 버퍼 오버플로우나 사후프레임스킵이 발생한다. 이러한 오버플로우를 예상하여 사전부호화 단계에서 부가적으로 프레임스킵 제어가 포함된다.

**모드결정** : 제안된 율제어 기법은 높거나 낮은 비트율 등의 부호화 환경에 따라 적용되어야 한다. 이것은 두 모드간 스위칭에 의해 이루어진다. 높은 비트율에서 형상 비트는 텍스처에 비해 상대적으로 적은 양이 되며 낮은 비트율에서는 많은 비중을 차지한다. 또한 스킵되는 프레임 수가 많으면 이를 줄이기 위해 거친 양자화를 선택해야 되고 이 경우 *LowMode*라 한다. 스킵 수가 적으면 *HighMode*로 하여 정상적인 부호화가 이루어진다.

### III. 내용기반 율제어

일반적으로, 객체기반 부호기는 각 객체를 다른 양자화변수로 부호화한다. 각 객체에 적절한 화질을 얻기 위해서는 같은 정확도로 양자화될 필요가 없기 때문이다. 예로서 QP값 25로 부호화된 정적인 배경은 QP값 18로 부호화된 복잡한 움직임 객체보다 고화질로 복원될 수 있는 것이다. 하나의 장면에서 객체에 대한 적절한 QP를 구하기 위해, SVO 기법을 객체기반으로 분석하여 전체 목표비트를 분배해야 한다.

비트할당 문제가 여러 논문에서 다루어졌다. 매크로블록 레벨에서 Pickering과 Arnold는 감각적으로 효율적인 율제어를 제안하였다<sup>[9]</sup>. 이 논문에서 감각적 마스크인자가 제안되어 블록을 분류하는데, 마스크인자는 공간적 변화량, 활동도, 움직임에 의해 결정된다. 관련된 논문 [10],[11]에서는 분산, 콘트라스트, 크기 등을 측정하여 관심영역을 결정하고 부호화에 의해 얻어지는 화질을 예측하였다. 다른 연구자는 얼굴 모델을 이용하여 영상전화 장면에서 영역에 따라 다른 공간 및 시간 계위를 계산하였다<sup>[12]</sup>. 통계적 다중화(StatMUX) 문제에서<sup>[13]</sup>, 채널용량이 효율적으로 이용되도록 양자화변수 조정이 제안되었다. 이 방법은 프로그램간 통계적 변화량에 크게 의존하며 각각에 대한 균일한 화질을 얻고자 하였다. MPEG-4는 앞에서 설명한 바와 같이 형상 크기, 움직임 그리고 분산과 유사한  $MAD^2$ 을 이용하여 분배한다. 식(7)에 의해 주어진 목표치를 나누어 객체  $i$ 의 목표치로 설정한다.

이러한 객체의 산술적 특성에 따른 객체간 비트

율 분배는 인간의 시각적 관심도 즉 객체가 갖는 중요도를 고려하지 않은 것이다. 따라서 우리는 제4장에서 실험한 객체별 중요도를 고려하여 목표치를 분배하는 기법을 제안한다. 이것은 식 (10)에 중요도 인자를 첨가하여 얻어지며 다음과 같이 정의된다.

$$T_i = \frac{1}{2} T (W_i + w_s SIZE_i + w_m MOT_i + w_v VAR_i) \quad (12)$$

여기서  $\sum W_i = 1$ 이며 중요도에 따른 것과 산술적 특성에 따른 결과를 평균한 결과이다.

형상의 크기가 크면 비례하여 많은 비트가 할당되는 문제점을 해결하고 움직임이 시작되거나 멈추어 시각적으로 높은 감도를 갖는 경우를 위해 식 (12)에서 하중치를 적용적으로 부여하는 기법을 제안하였다. 주관적인 관측결과에 따른 하중치 외에 산술적 통계로 얻어지는 하중치를 가변시키는 기준은, 첫째로 하중치의 합은 1이라는 점과, 둘째로 부호기에서만 계산되고 적용되며 복호기에 부가정보를 전송할 필요가 없다는 것이다.

형상의 크기는 시각의 공간주파수 감도 특성으로 표현된다. 가장 큰 크기는 전체 영상을 포함하는 객체 즉 배경과 같은 경우에 해당하며 가장 낮은 공간주파수를 의미한다. 낮거나 높은 공간주파수에 대해 인간의 감도는 낮고 중간주파수(약 5내지 10 cycles/degree)에서 감도가 낮은 다음과 같은 감도특성을 갖는다<sup>[14]</sup>. 객체의 크기가 작으면 공간주파수는 높아지고 감도는 떨어지며 대체로 인물에 해당하는 중간 크기의 객체의 감도가 높게된다(그림 3). 따라서 형상에 대한 하중치는 크기에 따른 방상상 주파수를 식 (13)에 대입하여 적용적으로 얻어진다. 공간주파수는 관측거리에 따라 상대적으로 변하는 것으로서 거리가 가까우면 공간주파수는 낮아진다. 따라서 주어진 해상도의 영상에 대한 가장 낮은 주파수 기준을 정하여 가장 높은 주파수는 하나의 화소가 반 사이클을 차지하는 경우로 해석한다. 전체 영상을 위한 기준 주파수가 정해지면 그에 따라 관측거리를 선정하고 객체별 공간주파수가 계산된다.

$$H(f) = 2.6(0.0192 + 0.114f) \exp(-0.114f)^{1.1} \quad (13)$$

움직임의 크기에 대한 중요성도 감도특성으로 설명된다. 공간주파수 대신에 시간주파수로 표현되며 마찬가지로 중간 정도의 움직임에 대해 높은 감도를 갖는다. 또 다른 특징은 움직임이 시작되었거나

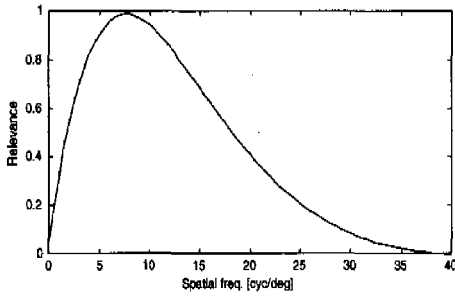


그림 3. 인간 시각시스템의 공간주파수 특성<sup>[14]</sup>

멈춘 경우에 높은 감도를 갖는다는 것이다. 따라서 이 두 가지 특성을 이용하여 두 번째 하중치가 결정된다. 왜곡량은 일반적으로 절대 크기 자체로 이용한다. 상기와 같이 세 가지 변수에 대한 적응값이 결정되면 목표치의 전체 합을 일정히 하기 위한 기준 즉 하중치의 합이 1이 되게 하기 위해 비율을 재조정한다.

목표비트 분배의 마지막 단계로서 제안하는 것은 현재 프레임에 대한 특성뿐만 아니라 과거 프레임의 결과도 매우 중요한 것이다. 즉 형상, 움직임, 분산량은 과거 프레임에서도 존재하였으며 현재 프레임의 결과와 비교하여 차이값(DM, DS, DV)을 살펴보면 예를 들어 움직임이 시작되었는지 멈추었는지 알 수 있다. 단 시작된 경우나 멈춘 경우 모두 우리는 대칭적으로 (같은 값으로) 가정한다. 차이값을 이용한 목표비트의 재분배는 다음과 같이 얻어진다.

$$T_i = T_i \frac{DM_i + DS_i + DV_i}{\frac{1}{\text{num VOs}} \sum_i (DM_i + DS_i + DV_i)} \quad (14)$$

각 객체에 대한 전체 비트수가 결정되면 텍스처를 위한 가용 비트수는 움직임, 형상, 다른 부가정보를 제외하고 얻어진다. 양자화 변수는 앞에 언급한 바와 같이 각 객체에 대한 움직임양자화 모델을 이용하여 얻는다.

SVO의 경우, 형상 비트는 영이며 움직임과 헤더 정보는 텍스처에 비해 상대적으로 적은 양이다. 이 때문에 움직임양자화 모델에 의해 주어진 움직임양자화를 정확히 예측할 수 있으며 식 (8)에 주어진 조건을 이용하여 보상이 이루어져 버퍼가 안정되게 한다. 낮은 비트율의 MVO에서는 상대적으로 많은 양의 형상정보로 인해 버퍼레벨 예측이 어렵게 된다. 형상을 위한 비트수가 버퍼레벨에 큰 영향을 미치므로 다른 보상기법이 요구된다. 첫 조치는 사후

프레임스킵 제어를 강인하게 하는 것이다. 현재 버퍼레벨보다 이전 프레임에 이용된 비트  $T_p$ 를 고려하여 이루어진다. 현재 프레임 버퍼레벨  $B_c$ 에 이전 프레임 비트수를 더하고 버퍼에서 제거된 비트가 빠지면 현재 프레임 부호화 후 버퍼레벨이 되며 이것이 버퍼키보다 적어질 때까지 사후프레임스킵  $N_{post}$ 를 증가시킨다. 즉,

$$B_c + T_p - R_{drain} < \gamma B_s \quad (15)$$

이때 버퍼레벨  $B_c$ 는 이전 버퍼레벨  $B_p$ 에 현재 프레임 비트수  $T_c$ 를 더하고  $(N_{post} + 1)$ 개의  $R_{drain}$ 을 뺀 값이다.

$$B_c = B_p + T_c - R_{drain}(N_{post} + 1) \quad (16)$$

상기 조건에 의해 헤더비트를 건너뛰기 구조에 반영하도록 사전프레임스킵 제어에 동기를 부여한다. 실제로  $T_c$ 는 낮은 전송률에서 많은 양의 형상정보를 포함하고 있다.

두 번째 조치로서 사전 프레임스킵  $N_{pre}$ 를 고려한다. 일단  $N_{post}$ 가 구해지면  $N_{tot} = N_{post} + N_{pre}$ 의 전체 스킵수가 얻어지고 버퍼는 다음을 이용해서 갱신된다.

$$B_c = B_p + T_c - R_{drain}(N_{tot} + 1) \quad (17)$$

즉 사전 및 사후 프레임스킵 제어에서 발생한 전체 프레임 스킵수를 고려하여 버퍼레벨이 결정된다. 비디오 코딩에서 부호화 동작 환경은 여러 요소, 즉, 채널 전송률, 부호화율, 장면 내용 등에 의해 좌우된다. 움직임은 이들 요소에 적응적으로 대처해야 한다. 저프레임율/고화질과 고프레임율/저화질 모드를 선택하는 실험이 행해졌다. 즉, 거친 QP로써 많은 프레임을 주거나 미세한 QP로써 적은 프레임을 주도록 한다. 적용에 복잡도를 줄이기 위해 현재의 시간해상도를 기준으로 두 모드간 절체 기법을 채택하였다. 프레임스킵은 이 정보를 반영하며 움직임은 다음과 같이 동작모드에서 객체별 중요도에 따라 목표치가 분배된다.

$$\begin{aligned} & \text{if } (N_{tot} > \text{SkipTH}), \\ & \quad \text{LowMode로 동작} \\ & \text{else} \\ & \quad \text{HighMode로 동작} \end{aligned} \quad (18)$$

사전 및 사후 프레임스킵 제어에 의해 얻어진 전

체 스킵 수  $N_{sk}$ 가 스킵 임계치  $SkipTH$ 보다 크면 *LowMode*로 동작하여 가능한 한 저진 양자화로 스킵을 줄이고, 반대이면 스킵은 해야 하나 적은 수의 프레임스킵을 요구하기 때문에 아직도 미세한 양자화가 가능함을 의미한다. 현재 상태로 스킵 임계치를 2로 하였다. 진보된 스킵에서 스킵 임계치는 허용치로 간주되는데, 실제 프레임율이 목표 프레임율로부터 일정 비율 변동하는 것을 말한다. 실제 프레임율 기록을 유지하기만 하면 되므로 이것의 복잡도는 무시할 만하다.

*LowMode*에 있으면, 부호기는 최소의 프레임율 스킵하도록 한다. 프레임율 과다하게 스킵하는 것을 방지하기 위해 현재 프레임은 거칠게 양자화되어야 한다. 따라서 *LowMode*는 계산된 양자화 변수의 하한치를 주어야 한다. 하한치  $Q_b$ 는 앞질의 사전프레임스킵에 이용된 것과 같다. 그러나 목적은 전혀 다르다. 사전프레임스킵의 경우 목표치의 비효율성을 보상하기 위한 것인데 반해 *LowMode* 결정에  $Q_b$ 를 사용하는 것은 잔여 시퀀스를 위한 시간해상도를 증가시키기 위한 것이다. 이것은 프레임율과 관련된 공간화질을 제어하는데 매우 효과적이다.

#### IV. 실험 및 결과

율-왜곡 함수를 이차 율제어 모델로 근사화하여 다중객체 부호화에 적용하였다. 실험에 사용된 시퀀스의 객체 수는 Akiyo(2), Coastguard(4), News(4) 등이다. 실험에 이용된 시퀀스와 객체 중에 “News” 영상에 대해 그림 4에 보인다. 모두 176 x 144의 QCIF, 30 frames/sec의 영상이며 총 길이는 300 프레임으로 10초간 분량이다. 이들은 MPEG-4에서 시험 영상으로 제공된 것이다. 객체 수는 버퍼레벨 제어에서 어려움을 주는 요소이며 객체의 의미에 따라 주관적으로 결정된다. Akiyo는 뉴스룸에서 정적인 배경에서 앵커가 말하는 시퀀스이므로 2개의 VOL을 갖는다. News 영상은 배경, 춤추는 댄서의 삽입된 비디오, 두 명의 앵커, 그리고 텍스트로 구성된다. Coastguard 영상은 거의 정적인 바닷물 배경, 왼쪽에서 진입하는 배, 화면 중간에서 왼쪽으로 이동하는 조그만 보트, 그리고 상단에 해안 배경은 시간이 흐를수록 커지기 때문에 관심도가 증가되는 반면, 보트는 이동하여 사라지기 때문에 관심도가 감소되는 상태로 진행된다. VOL은 이미 사전에 자동 또는 수동의 방법으로 분할된 것으로 가정한다.

영상 부호화 분야 전문가가 아닌 일반인을 대상으로 실험용 시퀀스에 대한 관심도를 측정하였다. 내용을 전혀 모르던 다중객체로 구분이 어렵기 때문에 피실험자에게 다음의 조건을 부여하였다.

- ① 10명의 피실험자를 선정한다.
- ② 각 시퀀스를 10회 반복하여 관측하여 내용을 파악토록 한다. 이때 관측거리는 화면 높이의 6배 이상으로 한다.
- ③ 시퀀스당 2내지 4개의 VO로 구분한다.
- ④ 관측자의 관심은 임의적으로 변화하는데 눈을 깜박인 후 새로운 느낌을 갖게 되기 때문에, 눈을 깜박이는 순간마다 관측하는 VO를 표시하도록 한다.
- ⑤ 관측을 10회 이상 반복한다.

이 실험의 결과를 표 1에 보이는데, Akiyo는 전경의 객체에 약 70%의 시간동안 눈이 머무르고 있음을 의미한다. News 영상에서는 앵커보다 움직이는 삽입 객체 즉 춤추는 댄서에 가장 많은 관심으로 보이며 Coastguard에서는 처음에는 조그만 보이던 배에 가장 많은 관심이 주어진다.

표 1. VOL에 대한 인간의 관심도 측정

	VOL 1	VOL 2	VOL 3	VOL 4
Akiyo	0.31	0.69	n/a	n/a
News	0.08	0.49	0.32	0.11
Coastguard	0.16	0.38	0.16	0.30

VOL에 대한 중요도는 초기 목표 비트율에 반영된다. 예를 들어 채널용량 256 Kbps의 Akiyo 영상의 목표치는 VOL 1과 2에 대해 각각 76 Kbps와 180 Kbps로 배분하는 것이다. 주어진 비트율의 VO는 프레임 단위로 목표치가 설정되고 전송한 바와 같은 이차 율-왜곡 모델에 의해 부호화가 진행된다.



(a)



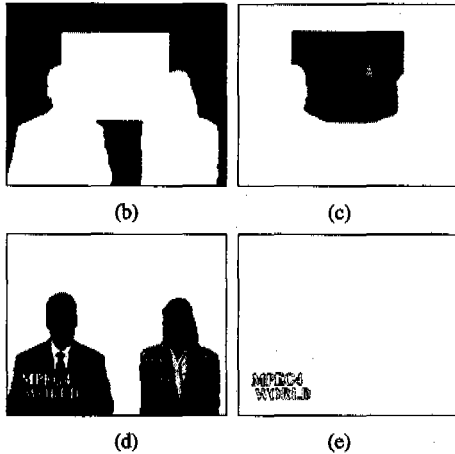


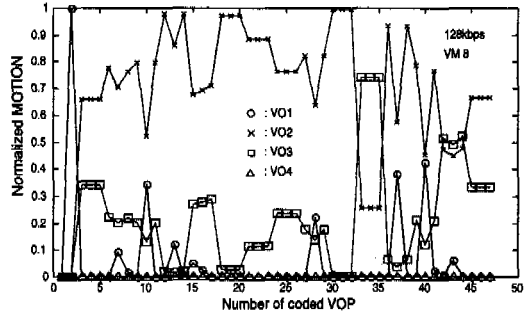
그림 4. 실험에 이용된 News 영상과 네 개의 객체

표 2. 실험을 위한 변수 설정

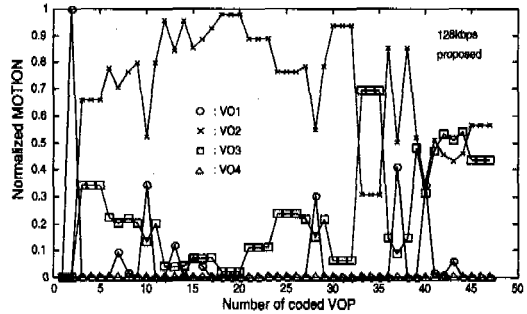
변수	설정값
시퀀스	news
객체 수	4
전송률	128 kbps, 192 kbps
프레임율	10 fps(원영상은 30 fps)
프레임 수	200 프레임
해상도	QCIF(176 x 144)
QP 초기치	16
알파 초기치	64
버퍼 크기	64 kbits, 96 kbits
양자화	MPEG-2 형식
부호화 형식	IBBPBBP...
프레임 스킵	허용

다중객체의 객체별 중요성은 첫째로 산술적 특성, 즉, 객체의 움직임, 부호화되는 객체의 크기를 부호화 단위인 매크로블록 수로 표현한 것, 그리고 이전 프레임을 부호화한 결과 오차를 고려한다. 그러나 다중객체를 효과적으로 부호화하기 위해 객체별 중요도를 평가하여 중요도에 따른 목표비트를 설정하고 비트량을 분배하는 기법을 실험하였다. 실험에 사용된 시스템은 MPEG-4 VM8을 기초로 하여 객체별 중요도를 고려하였다. 움직임 크기는 각 움직임벡터 성분의 절대합이며 객체의 크기는 임의형상 객체에 포함된 매크로블록 수로 표현된다. 경계면에서 매크로블록이 완전히 포함되지 않고 부분적으로 포함되는 것도 계산에 산입한다. 실험을 위한 변수를 표 2와 같이 설정하였다.

그림 5에 네 개의 객체를 가진 "News" 영상의 움직임벡터 크기를 제시하는데, 춤추는 댄서의 삽입



(a)



(b)

그림 5. 네 개의 객체를 가진 "news" 영상의 움직임 벡터 크기(128kbps): a) VM8, b) 제안된 기법

된 비디오(VO2)가 가장 움직임이 크고 두 명의 앵커는 적절한 움직임을 보인다. VM8과 제안된 기법에서 대체로 비슷하나 중요도에 따라 비트량 할당이 달라지기 때문에 부호화되는 프레임과 건너뛰는 프레임이 달라지고 따라서 움직임의 비율이 달라진다. 그림 6은 객체별 크기 비율을 보이며 그림 7은  $MAD^2$ 를 보인다. 세 변수는 각자 객체에 대한 값으로 정규화된 비율이다. 시퀀스의 첫 프레임은 화면 내(I) 부호화되며 울제어는 그 다음 화면간(P 또는 B) 프레임부터 시작한다. 움직임이나 형상 크기 계산은 VO1을 기준으로 시작되기 때문에 초기에 VO1의 값이 매우 크게 되며 그림에서 초기에 안정되지 못함을 보인다. 실험에서 울제어의 시작점을 안정화된 이후로 하여 이 문제를 해결한다. 네 번째 프레임 이후에는 안정적으로 프레임별 움직임과 형상 크기 비율을 제공한다. VO1과 VO4는 각각 배경과 텍스트 객체를 의미하여 울제어가 계속될수록 적은 비트를 가지고도 매우 낮은  $MAD^2$ 를 보인다. 산술적 특성을 이용한 울제어기는 VO2와 VO3에 상대적으로 많은 비트를 할당하지만 왜곡량은 여전히 큼을 알 수 있다. 따라서 중요도를 고려한 비트 할당을 추가할 필요가 있다.

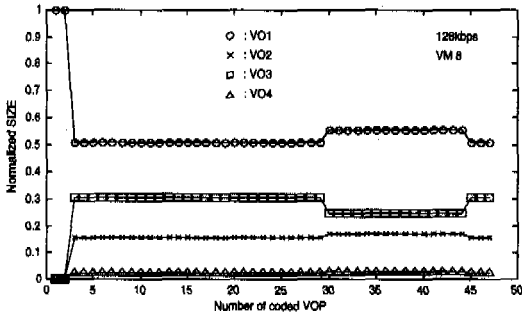


그림 6. 매크로블록 수로 표현한 “news” 영상의 재채별 크기 비율

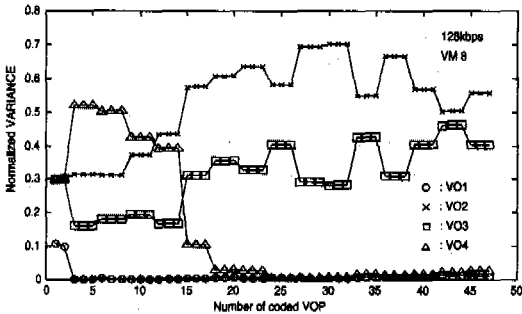


그림 7. 자승 MAD로 표현한 “news” 영상의 재채별 분산 비율

그림 8에 각 VO에 할당되는 초기 목표비트를 제시한다. VO1의 움직임과 형상 크기가 상대적으로 크기 때문에 초기에 많은 비트가 할당된다. 시간이 흐를수록 안정화되지만 VO3에 할당되는 비트가 VO1이나 VO4에 대한 것보다 크게 다르지 않은 경우가 발생한다. 이것은 그림 9 a)에서 산술적 특성에 따른 VM8 기법에 의한 목표치 분배에서 크게 달라지지 않는다. VO1과 VO3에서 비슷한 비트가 할당되는 경우가 발생한다. 그러나 그림 9 b)에서는 중요도를 고려하여 VO2에 차별성있는 비트가 분배되며 VO1과 VO4에는 형상 크기가 현격한 차이가

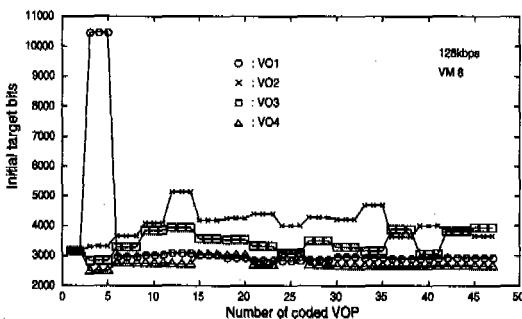
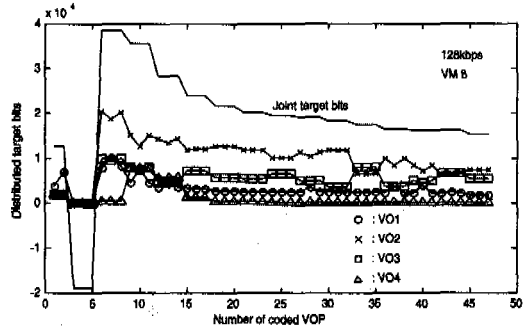
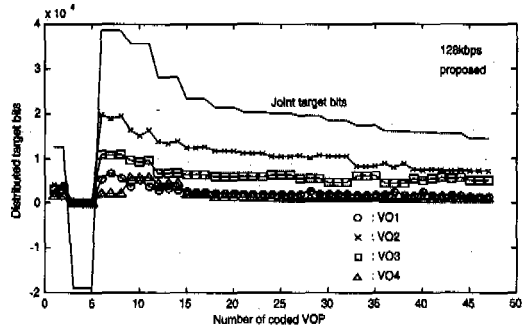


그림 8. “news” 영상의 재채별 초기 목표 비트량

있음에도 불구하고 비슷한 비트가 할당된다. 결합 버퍼제어의 크기는 재채별 전체 목표치를 버퍼 상태에 따라 재조정된 것으로 버퍼 충만도가 적으면 목표치를 증가시키고 반대이면 감소시키는 기법을 이용한다. 그림 10에서 VO2와 VO3의 성능을 비교 하는데 제안된 기법은 VM8에 비해 우수한 성능을 보인다.



(a)



(b)

그림 9. 목표비트의 재채별 분배(128kbps의 “news” 영상): a) VM 8, b) 제안된 기법

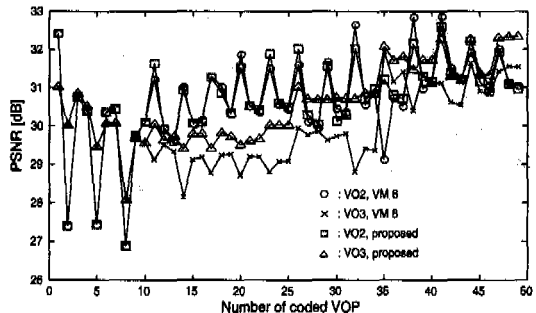


그림 10. 복원 영상의 결과 PSNR(128kbps의 “news” 영상)

## V. 결론

다양한 종류의 비트율과 공간 및 시간해상도에서

다중 객체를 효과적으로 부호화하는 여러 율제어 도구를 제안하였다. 현존하는 SVO에 첨가할 수 있도록 여러 단계로 설명되었다. 주요 첨가물은 객체간 목표비트 할당이다. 우선 SVO를 확장하는 기법에 대해 다루었고 다음에 향상된 버퍼정책이 소개되어 영상정보에 의해 초래된 과잉 부가정보를 다루도록 하였다. 사전부호화 단계에서 움직임 및 영상 부호화한 후에 가용 비트를 분석하지만 버퍼상태와 시공간해상도가 버퍼 안정을 위해 조정된다. 또한 시간해상도에 근거하여 동작모드를 선택함으로써 율제어를 적용시킨다. 서로 다른 부호화 조건에 적용토록 하며 공간 및 시간해상도간, 형상과 텍스처 왜곡간 트레이드오프를 얻도록 비트율을 분배하는 기법을 제안하였다. 객체간 중요성을 분석하여 VOP로 나뉘어지고 객체기반 모델링에 의해 비트가 할당된다. 중요성을 파악하기 위해 시험 영상을 비전 전문가에게 관측토록 하여 관심영역 VOP를 분석하였다. 이에 의해 초기 목표치가 구해지고 오버플로우나 언더플로우를 방지하기 위해 전체 목표치를 설정한다. 객체간 목표치 분배는 움직임벡터 크기, 객체의 크기, 이전 프레임의 왜곡 등을 반영하는 통계적 특성에 따라 이루어짐과 동시에 객체의 중요성에 따라 분배하는 기법을 제안하였다. 제안한 기법을 MPEG-4 VM8 부호기에 사용된 기법과 성능과 변수면에서 비교하였다.

텍스처 비트가 전체 비트에서 큰 비율 즉, 높은 비트율에서 율제어 문제는 단순하다고 본다. 이 경우 거의 모든 프레임이 부호화되고 형상은 무손실 부호화되며 영상 및 움직임에 의해 발생된 비트는 부가정보로 간주될 수 있다. 따라서 객체간 텍스처에 비트를 분배하는 것이 화질에 주 영향을 미친다. 그러나 낮은 비트율 환경에서는 상황이 급격히 변한다. 영상 비트가 전체 비트율에서 결코 적은 비율이 아니므로 커다란 복잡도가 추가되어야 한다. 또한 버퍼 조건을 충족시키기 위해 프레임을 스킵할 필요성이 제기된다. 이 경우 공간 및 시간 조정을 위한 사전프레임스킵 제어가 추가될 필요가 있다. 성능 향상을 위해 공간부호화 효율과 시간해상도 향상간 트레이드오프를 고려하여야 한다. 최종적으로 형상과 텍스처 부호화 효율 사이에 적절한 관계를 얻도록 영상왜곡이 고려되어야 한다. 특히 낮은 비트율에서 최적화가 이루어지도록 이것이 고려되어야 한다.

## 참고 문헌

- [1] T. Weigand, M. Lightstone, D. Mukherjee, T. G. Campbell, and S. K. Mitra, "Rate-distortion optimized mode selection for very low bit-rate video coding and the emerging H.263 standard," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 6, pp. 182-190, Apr. 1996.
- [2] J. Lee and B. W. Dickenson, "Rate-distortion optimized frame type selection for MPEG encoding," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, pp. 501-510, June 1997.
- [3] H. Sun, W. Kwok, M. Chien, and C. H. J. Ju, "MPEG coding performance improvement by jointly optimizing mode decision and rate control," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, pp. 449-458, June 1997.
- [4] *MPEG Test Model 5*, ISO/IEC JTC1/ SC29/WG11 Document, Apr. 1993.
- [5] ITU-T, *Draft Recommendation H.263 (Video coding for low bitrate communication)*, 9 Dec. 1995.
- [6] MPEG video group, "Text of ISO/IEC FDIS 14496-2," Doc. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N2502, Atlantic City, NJ, Oct. 1998.
- [7] T. Sikora, "The MPEG-4 video standard verification model," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, pp. 19-31, Feb. 1997.
- [8] T. Chiang and Y. Q. Zhang, "A new rate control scheme using quadratic rate-distortion modeling," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 7, pp. 246-250, Feb. 1997.
- [9] M. R. Pickering and J. F. Arnold, "A perceptually efficient VBR rate control algorithm," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 3, pp. 527-532, Sept. 1994.
- [10] P. Fleury, J. Reichel, and T. Ebrahimi, "Image quality prediction for bit rate allocation," in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing*, Lausanne, Switzerland, pp. 339-342, Oct. 1996.
- [11] X. Marichal, T. Delmot, C. DeVleeschouwer, V. Warscotte, and B. Macq, "Automatic detection of interest areas of an image or of a sequence of images," in *Proc. IEEE Int. Conf.*

*Image Processing*, Lausanne, Switzerland, pp. 371-374, Oct. 1996.

- [12] J. B. Lee and A. Eleftheriadis, "Spatio-temporal model-assisted compatible coding for low and very low bit rate video-telephony," in *Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing*, Lausanne, Switzerland, pp. 429-432, Oct. 1996.
- [13] L. Wang and A. Vincent, "Joint rate control for multi-program video coding," *IEEE Trans. Consumer Electron.*, vol. 42, pp. 300-305, Aug. 1996.
- [14] J. L. Mannos and D. J. Sakrison, "The effects of a fidelity criterion on the encoding of images," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 20, pp. 525-536, July. 1974.
- [15] A. Vetro and H. Sun, "Joint rate control for coding multiple video objects," in *Proc. IEEE Workshop Multimedia Signal Processing*, Princeton, NJ, pp. 181-186, June 1997.

황 재 정(Jae-jeong Hwang)

정회원



1983년: 전북대학교 전자공학과  
졸업  
1992년: 전북대학교 대학원  
전자공학과 공학박사  
1993년~1994년: 미국 텍사스  
주립대 객원교수

1992년~현재: 군산대학교 전자정보공 학부 부교수  
저서: Techniques and standards for image, video,  
and audio coding, Prentice Hall, 1996.

<주관심 분야> 동영상부호화, 디지털방송 신호처리,  
멀티미디어 통신, 디지털 통신

정 등 수(Dong-soo Jeong)

정회원

1975년 2월: 한국항공대학교 통신공학과 공학사  
1982년 2월: 전북대학교 대학원 전자공학과 공학석사  
1988년 8월: 전북대학교 대학원 전자공학과 공학박사  
2000년 7월: 현재 군산대학교 공과대학 전자정보공  
학부 교수

<주관심 분야> ATM 통신망, Scheduling, Flow  
control