

다중점 영상회의를 위한 적응적 부호화율 제어방법

정희원 권순각*, 김재균**, 박영덕***

Adaptive Bitrate Control for Multi-point Video Conferencing

Soon-kak Kwon*, Jae-kyoon Kim**, YoungDuk Park*** *Regular Members*

요약

다중점 영상회의 시스템에서는 고해상도 영상들로부터 하향변환된 저해상도 영상들이 하나의 영상으로 혼합된다. 본 논문에서는 혼합된 영상 전송에 필요한 대역폭이 제한될 때, 혼합되는 저해상도 영상 사이에서 균등한 화질을 제공해주기 위한 부호화율 제어방법을 제안한다. 먼저, 영상 조작 및 혼합 시스템에 알맞은 부호화율과 양자화 변수의 관계를 규명한다. 그리고 나서, 혼합 영상의 갑작스런 변화 정도에 따라서 저해상도와 고해상도 영상의 부호화 결과가 적응적으로 이용되어, 저해상도 영상들 사이의 양자화 변수를 같게 하는 부호화율을 얻는다. 실험결과로부터 기존의 부호화율 제어방법에 비해서 제안된 부호화율 제어방법이 혼합된 영상의 저해상도 영상들 사이에서 거의 균등하게 화질을 유지시켜줄 것을 보인다.

ABSTRACT

In the multi-point video conferencing system, the low spatial resolution sequences, which are down-converted from the high spatial resolution sequences, are composed into an output video sequence. This paper presents a bitrate control method to keep the uniform picture quality among the low spatial resolution sequences when the bandwidth to transmit the composed sequence is fixed. We first find a relationship of bitrate and quantizer parameter for the video manipulation and composition environments. Then we obtain the bitrate for each low spatial resolution sequence to have same quantizer parameter among the sequences by adaptively using the coded results of low or high spatial resolution sequences with considering the scene change of each sequence. It is shown by simulation that the proposed adaptive bitrate control method can keep almost uniform picture quality among the low spatial resolution sequences in comparison to a conventional bitrate control method.

I. 서론

ISO/IEC 세계 표준화기구에 의해서 표준화된 MPEG-1^[1]과 MPEG-2^[2] 영상표준화 기법으로 말미암

아 영상정보의 저장, 통신 등의 다양한 응용에 대한 연구가 활발하게 진행되어 오고 있다. 그중에서 대표적인 예로는 실시간 다자간 영상회의 시스템이다. 다수의 사람이 참가하는 다자간 영상회의 시스템에서는 MCU(multi-point control unit)가 참가자의 모든 압축비트열을 입력받아서, 하나의 압축비트열로 만들어 출력시켜준다. 특히 연속표현 MCU^[3,4]에서는 회의 참가자들의 모습이 동시에 보여지는데, 이를 위해서는 입력되는 압축비트열이 조작되고 혼합되

* Visual Communications Section, ETRI
 ** Dept. of Electrical and Electronics Eng., KAIST
 ***IMPRESS Technology
 論文番號:98045-0203
 接受日字:1997年 2月 3日

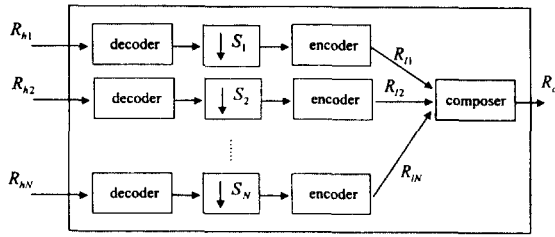


그림1. 영상의 조작과 혼합을 위한 MCU(multi-point control unit)의 구성도 (R_o : 고해상도 영상의 부호화율, R_i : 저해상도 영상의 부호화율, R_o : 혼합된 영상의 부호화율, S_i : 해상도 크기의 감축비율)

어져야 한다.

그림1은 MCU내에서 영상이 조작되고 혼합되는 과정을 나타낸다. N개의 고해상도 영상들의 압축비트열이 입력되어 복호화된 후에 원하는 저해상도 영상들로 하향변환된다. 여기서 모든 영상이 동일한 크기로 변환될 필요는 없다. 변환된 영상들은 다시 부호화기를 통해서 압축된 후에 동시에 하나의 압축비트열로 혼합되어 출력된다. 하향변환은 화소단위에서 이루어지는 것에 비해서 DCT단위에서 이루어질 때 구현의 복잡성이 크게 줄어들 수 있다^{19,10,11}.

출력 비트열을 위한 전송로의 대역폭이 제한될 때, 혼합되는 저해상도 영상들의 대역폭의 전체합을 일정하게 유지시키는 부호화율 제어 방법이 필요하게 된다. 이를 위해서 각 저해상도 영상을 독립적으로 생각하여, 기존의 부호화율 제어방법^{15,6,7}으로 해상도 비율에 따라 일정하게 부호화율을 분배해줄 수 있다. 예를 들어 $N=4$ 이고 고해상도 영상이 1/4크기의 해상도로 하향변환될 때, 출력될 비트열의 부호화율이 R_o (초당 화소수)인 경우에 각 저해상도 영상에 할당되는 부호화율은 다음식과 같다.

$$R_{i_j} = \frac{R_o}{4} \tag{1}$$

여기서 R_{i_j} 는 j번째 저해상도 영상에 대한 부호화율 (초당 화소수)이다. 하지만 식(1)에서처럼 저해상도 영상의 특성에 관계없이 서로 독립적으로 부호화율이 할당되면, 혼합영상내에서 복잡한 영상에 발생된 부호화 오류가 단순한 영상에 비해서 더 크게 된다.

이로 인해 복잡한 영상과 단순한 영상 사이에서 주관적 화질의 차이가 커지게 된다. 따라서 혼합된 영상 내의 저해상도 영상들의 특성을 고려하여 화질이 균등하게 분배되도록 각 영상에 적절하게 부호화율을 할당해주는 제어방법이 필요하게 된다. 이와 같이 혼합되는 저해상도 영상들 사이에서 균등한 화질이 제공되면, 혼합되는 각 영상내의 화면사이에서도 일정한 화질이 제공되는 잇점을 얻을 수 있다^{11,13,14}.

화질은 양자화 계단크기 (MPEG에서는 양자화 변수)의 조절에 의해서 변화된다. 혼합되는 저해상도 영상들 사이에서 양자화 계단크기를 서로 같도록 해 줌으로써 화질은 균등하게 분배될 수 있다. 기존의 일부 부호화율 제어방법^{15,12,14}에서는 양자화 계단크기와 부호화율의 관계가 제시되었다. 이러한 관계는 부호화시스템에 크게 의존되는 것으로서, 그 시스템에 최적인 관계식이 설정되어야 한다. 결국 부호화율과 양자화 계단크기 사이의 관계가 이용되어서 혼합 영상간 화질이 균등하게 분배되는 부호화율이 찾아질 수 있다.

본 논문에서는 조작 및 혼합된 영상을 위한 전송로의 대역폭이 제한된 상황에서, 혼합되는 저해상도 영상들 사이에서 균등한 화질을 제공해주기 위한 부호화율 제어방법을 제안한다. 이를 위해서 영상의 해상도 크기와 부호화화면의 종류에 따른 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계식을 규명한다. 그리고 나서, 화면변화 정도에 따라서 고해상도 영상과 저해상도 영상에 대한 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계식을 적응적으로 이용하여, 혼합되는 저해상도 영상들 사이에서 화면단위로 양자화 변수를 서로 같게 해 주는 부호화율을 찾는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. I장의 서론에 이어서 II장에서는 MPEG 부호화시스템에 대한 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계식을 모의실험을 바탕으로 구한다. III장에서는 혼합되는 저해상도 영상들 사이에서 균등한 화질을 제공해주는 적응적 부호화율 제어방법을 제안한다. IV장에서는 모의실험을 통해서 제안된 방법에 대한 성능을 평가한다. 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계

MPEG-1, MPEG-2와 같은 영상압축기법에서 양자화는 정보의 감축에 주된 역할을 한다. 양자화기에서는 양자화 계단크기가 조절되어 정보의 감축정도가 결정된다. MPEG 양자화기에는 양자화 변수가 정의되어 있다. 양자화 변수는 1-31 범위의 정수값으로서 매크로블록(명도성분에는 16 화소수 x 16 주사선수) 단위마다 결정된다. 실제 양자화 계단크기는 양자화 변수에 양자화 가중행렬이 곱하여져 얻어진다^[2,5].

다음은 대표적인 균일 양자화기(uniform quantizer)에서 양자화 계단크기(step size)와 부호화율(화소당 비트수)의 관계를 살펴보고, MPEG-2의 부호화시스템에서 양자화 변수와 부호화율의 관계를 살펴본다.

1. 균일 양자화기

균일 양자화기를 통하여 $[-\frac{x_{max}}{2} \sim \frac{x_{max}}{2}]$ 범위내에서만 존재하는 입력 신호 X 가 부호화율 B (화소당 비트수)로 표현될 경우에, 양자화 계단크기 Q_u 와 부호화율의 관계는 다음 식과 같다^[8].

$$Q_u = \frac{x_{max}}{2^B} = x_{max} \cdot 2^{-B} \quad (2)$$

식(2)는 다음 식처럼 다시 쓰여질 수 있다.

$$Q_u = 10^{\alpha - \beta B} \quad (3)$$

여기서 α 는 입력신호에 의존되고, β 는 입력신호에 의존되지 않는 일정한 상수값으로서, $\alpha = \log(x_{max})$, $\beta = \log 2 \approx 0.602$.

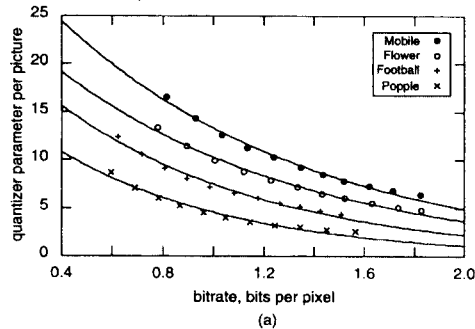
2. MPEG-2 부호화시스템내의 양자화기

MPEG-2 부호화시스템에서는 양자화기와 더불어 가변길이 부호화에 의해서 정보가 감축되기 때문에, 비록 균일 양자화기가 사용되더라도 정확하게 앞의 관계식이 만족되지 않는 것을 것이다. 따라서 MPEG-2 부호화시스템에 대한 양자화 변수와 부호화율 관계를 모의실험을 바탕으로 조사한다.

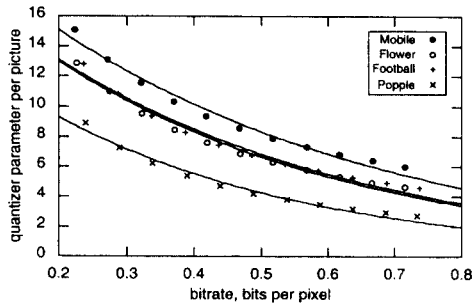
영상 조작 및 혼합 방법에서는 고해상도 영상이 입력되어 저해상도 영상으로 변환되기 때문에 두 가지 해상도 영상에 대한 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계가 찾아져야 한다. MPEG에서 제시된 "Flower Garden", "Football", "Mobile & Calendar", "Popple" 의 네가지 영상 45화면이 사용되는데, 고해상도 영상의 명도(luminance) 성분은 704 화소수와 480 주사선의 30Hz 격행주사 규격(interlaced format)이고 색차(chrominance) 성분은 352 화소수와 240 주사선의 30Hz 격행주사 규격이다. 저해상도 영상의 명도성분은 352 화소수와 240 주사선의 30Hz 격행주사 규격이고, 색차성분은 176 화소수와 120 주사선의 30Hz 격행주사 규격이다. 여기서 저해상도 영상은 고해상도 영상으로 부터 하향변환된 영상으로 MPEG에서 제시된 하향변환 필터가 사용된다. 각 해상도 영상은 TM5^[5] 부호화방법에 의해서 부호화되고, 한 GOP내의 화면수는 15이고 B-화면이 없는 I-화면과 P-화면으로 구성된다. 여기서는 TM5^[5] 부호화율 제어방법에서의 적응적 양자화과정은 고려되지 않는다. 부호화율과 양자화 변수의 관계를 얻기위해서, 저해상도 영상에는 1.0 ~ 3.0Mb/s 범위에서 부호화율이 가변되고, 고해상도 영상에는 4.0 ~ 8.0Mb/s 범위에서 부호화율이 가변된다.

그림2는 저해상도 영상의 부호화화면 종류에 대하여 부호화율의 변화에 따라 화면당 평균된 양자화 변수를 나타낸다. 또한 부호화율과 양자화 변수 사이를 근사화시킨 선을 나타낸다. 그림3은 고해상도 영상에 대한 부호화율과 양자화 변수의 관계를 나타낸다. 그림2와 그림3에서 근사화 관계식은 식(3)과 같으나, β 값이 표1과 표2에서처럼 화면종류에 따라서 차이를 보인다. β 값은 I-화면에서는 앞의 균일 양자화기에서의 0.602와 비슷하지만, P-화면에서는 I-화면에 비해 약 2배정도 더 크다. 그러나, 해상도 크기가 변화더라도 큰 차이없이 거의 일정함을 알 수 있다. 따라서 MPEG-2 부호화시스템에 대한 부호화율과 양자화 변수의 관계를 관심있는 영역에서 다음식으로 근사화시킬 수 있다.

$$Q = 10^{\alpha - \beta B} \quad (4)$$



(a)



(b)

그림2. 저해상도 영상에 대한 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계; (a) I-화면, (b) P-화면

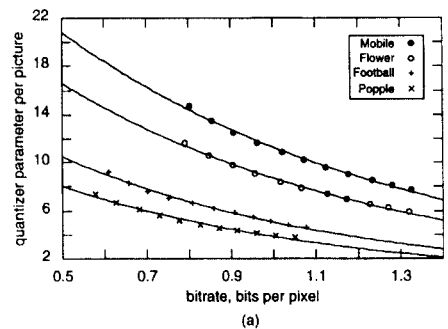
여기서 Q 는 양자화 변수이고, α 는 입력신호에 의존되고, β 는 입력영상의 종류와 해상도 크기에는 의존되지 않고, 부호화화면 종류에만 의존되는 상수이다. 표1과 표2로 부터 근사화된 (평균된) β 를 사용한다. 즉, I-화면에서는, $\beta=0.6$, P-화면에서는 $\beta=1.2$.

표1 저해상도 영상에 대한 α 와 β 값의 비교

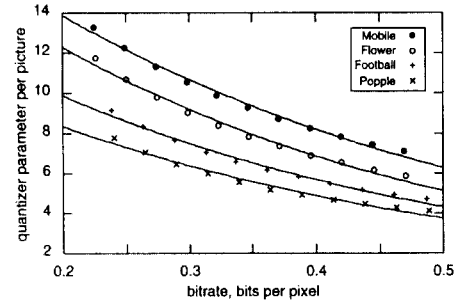
실험 영상	I-화면		P-화면	
	α	β	α	β
Flower Garden	1.4615	0.4489	1.3067	0.9661
Football	1.4065	0.5324	1.3059	0.9418
Mobile & Calendar	1.5622	0.5622	1.3498	0.8573
Popple	1.2820	0.6223	1.1925	1.1227

표2 고해상도 영상에 대한 α 와 β 값의 비교

실험 영상	I-화면		P-화면	
	α	β	α	β
Flower Garden	1.4996	0.5598	1.3422	1.2634
Football	1.3385	0.6357	1.2330	1.1934
Mobile & Calendar	1.5851	0.5330	1.3711	1.1441
Popple	1.2263	0.6419	1.1532	1.1590



(a)



(b)

그림3. 고해상도 영상에 대한 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계; (a) I-화면, (b) P-화면

III. 균일화질 분배를 위한 부호화율 제어

MCU내의 부호화율 제어방법은 입력되는 고해상도 영상의 부호화율, 혼합되어 출력되는 영상의 부호화율 등과 같은 상황에 크게 의존하게 된다. 다음은 본 논문에서 다루는 그림1의 MCU내의 영상 조작 및 혼합 시스템의 상황을 나타낸다.

- 고해상도 영상은 일정 부호화율 (CBR: constant bitrate)로 입력된다. 고해상도 영상 사이의 부호화율은 서로 같을 필요는 없다.
- 저해상도 영상이 하나의 영상으로 혼합되어 일정 부호화율 (초당 비트수)로 출력된다.
- 모든 고해상도 영상들의 해상도 크기는 같다. 고해상도 영상의 해상도 크기와 혼합된 영상의 해상도 크기는 같다. 즉, $\sum_{i=1}^N 1/S_i = 1$. 그러나, 저해상도 영상 사이의 해상도 크기는 서로 같을 필요는 없다.

세가지 부호화화면 (즉, I-화면, P-화면, B-화면)이 있는 MPEG에서는 일정 부호화율로 부호화되면 초당 발생된 부호화율은 일정하게 되지만, 화면당 발생된 부호화율은 일정하게 되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 혼란을 피하기 위해서 초당 발생된 부호화율 R (초당 비트수)과 화면당 발생된 부호화율 B (화소당 비트수)를 구분하여 사용한다.

일정 부호화율로 부호화된 고해상도 압축비트열이 N 개 입력되어 하향변환되고 하나의 압축비트열로, 혼합되어 일정 부호화율로 출력되는 경우에, 조작 및 혼합되는 저해상도 영상의 화면들 사이에 화질을 균등하게 분배하기 위한 부호화율 제어방법을 제안한다. 그림4는 저해상도 영상과 혼합 영상내의 k 번째 화면들을 나타내는데, $P_{1j}(k), P_{2j}(k), \dots, P_{Nj}(k)$ 사이에서 화질이 서로 같도록 만든다. 제안된 부호화율 제어방법은 세가지 과정으로 구성된다. 첫째는 혼합영상내의 저해상도 영상들의 k 번째 화면 전체에 할당된 부호화율을 할당하고, 둘째는 k 번째 화면 전체에 할당된 부호화율로부터, 저해상도 영상들의 화면들 사이에 균일 화질이 제공되도록 각 화면의 부호화율을 할당한다. 마지막으로 버퍼 충만도에 따라서 각 매크로블록 단위로 양자화 변수가 결정된다. 다음은 각 과정을 설명한다.

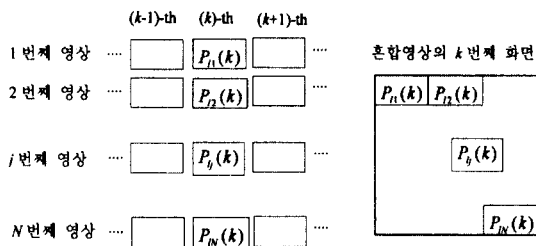


그림4. 저해상도 영상들과 혼합영상 $P_{ij}(k)$: j 번째 저해상도 영상의 k 번째 화면)

1. 저해상도 영상들의 화면 전체에 부호화율 할당
 N 개의 저해상도 영상이 혼합되어 일정부호화율 R_o 로 출력될 때, 혼합영상내의 k 번째 화면 전체에 할당되는 부호화율을 찾아야 한다. N 개의 저해상도 영상들의 k 번째 화면 전체에 할당되는 부호화율은 다음과 같다.

$$B_{1j}(k) = \sum_{j=1}^N B_{ij}(k) \quad (5)$$

여기서 $B_{1j}(k)$ 는 j 번째 저해상도 영상의 k 번째 화면에 할당되는 부호화율 (화소당 비트수)이다. 식(5)의 $B_{1j}(k)$ 은 기존의 여러 비트량 예측방법^[5,6]에서처럼 이전 $k-1$ 번째 화면의 부호화결과 또는 현재 k 번째 화면의 영상특성의 예측으로부터 얻어질 수 있다. 그러나, 이를 위해서는 다소 복잡한 계산과정이 필요하다. 제안방법에서는 간단한 구현을 위해서 고해상도 영상의 k 번째 화면의 부호화된 결과가 이용된다. 저해상도 영상은 고해상도 영상으로 부터 하향변환된 영상이므로 저해상도 영상의 특성과 고해상도 영상의 특성은 상당히 유사할 것이다. 그리고 고해상도 영상의 복호화과정에서 얻어진 부호화 결과 (부호화율)가 쉽게 이용될 수 있는데, 본 논문에서처럼 화면 단위 제어인 경우에는 한 화면간격, 슬라이스 단위 제어인 경우에는 한 슬라이스 간격의 처리지연이 초래된다. 따라서 N 개의 고해상도 영상의 화면들에서 발생된 부호화율로부터 혼합 화면 전체에 할당되는 부호화율을 다음 식과 같이 얻는다.

$$B_{1j}(k) = \sum_{j=1}^N \frac{\bar{B}_{ij}(k)}{S_j} \cdot \frac{R_o}{R_{ij}} \quad (6)$$

여기서, $B_{ij}(k)$ 는 j 번째 고해상도 영상의 k 번째 화면에서 발생된 부호화율 (화소당 비트수)이고, S_j 는 j 번째의 고해상도 영상에 대한 저해상도 영상 사이의 해상도 크기의 감축 비율이다. 그리고 R_{ij} 는 j 번째 고해상도 영상의 일정한 부호화율 (초당 비트수)이다.

2. 혼합되는 화면사이의 균일화질 분배를 위한 부호화율 할당

먼저, 혼합영상내에서 현재의 k 번째 화면에 갑작스러운 변화가 있는지 없는지를 판별한다. 혼합영상은 저해상도 영상들로 구성되므로, 적어도 하나의 저해상도 영상에서 갑작스러운 변화가 발생되면 혼합영상에서도 갑작스러운 변화가 발생된다. 따라서, 모든 저해상도 영상들에 대하여 갑작스러운 변화가 조사되어야 한다.

고해상도 영상 사이에서 갑작스런 변화가 발생되면 저해상도 영상 사이에서도 갑작스러운 변화가 발생된다. 따라서, 저해상도 영상의 혼합될 k 번째 화면(그림4에서 $P_i(k)$)에 대한 갑작스러운 변화 여부를 조사하기 위해서, 고해상도 영상의 $k-1$ 번째와 k 번째 화면사이에서 갑작스런 변화 여부가 조사된다. 여기서, $k-1$ 번째 화면은 k 번째 화면과 부호화종류가 같은 바로 이전의 화면을 의미한다. 결국, 적어도 하나의 고해상도 영상에서 다음의 식이 만족되면, 현재 k 번째 혼합화면에서는 갑작스러운 변화가 있다고 판단한다.

$$|\bar{Q}_{ij}(k) - \bar{Q}_{ij}(k-1)| \geq T_0, 1 \leq j \leq N \quad (7)$$

여기서, $\bar{Q}_{ij}(k)$ 는 j 번째 고해상도 영상의 k 번째 화면에서 화면당 평균된 양자화 변수이고, $\bar{Q}_{ij}(k-1)$ 은 이전 $k-1$ 번째 같은 종류의 부호화화면에서 화면당 평균된 양자화 변수이다. 그리고, T_0 는 상수값으로, 본 논문에서는 2가 사용된다.

위와 같이 갑작스러운 변화가 없는 화면과 있는 화면이 구분된 후에 서로 다른 부호화를 할당방법이 적용된다. 갑작스러운 변화가 없는 화면에는 저해상도 영상의 이전 같은 부호화화면의 부호화결과가 이용되고, 갑작스러운 변화가 있는 화면에는 고해상도 영상의 현재 화면의 부호화결과가 이용된다.

2.1 갑작스러운 변화가 없는 혼합 화면

혼합되는 N 개의 저해상도 영상들의 화면 사이에서 균일 화질을 부여해주기 위해서, 화면사이에서 양자화 변수가 서로 같도록 해준다. 즉, 저해상도 영상들의 k 번째 화면들 사이의 양자화 변수에 대하여 다음 식이 만족되도록 해준다.

$$Q_{ij}(k) = Q_{im}(k), 1 \leq j \neq m \leq N \quad (8)$$

여기서 $Q_{ij}(k)$ 는 j 번째 저해상도 영상의 k 번째 화면의 양자화 변수이다. 위식(8)을 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계식(4)에 대입하면 다음식과 같다.

$$10^{\alpha_{ij}(k) - \bar{\beta} B_{ij}(k)} = 10^{\alpha_{im}(k) - \bar{\beta} B_{im}(k)}, 1 \leq j \neq m \leq N \quad (9)$$

여기서 α_{ij} 는 j 번째 저해상도 영상의 k 번째 화면에 대한 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계식(4)의 요소이다.

혼합영상의 k 번째 화면 전체에 할당된 식(6)의 부호화율 $B_{ir}(k)$ 로부터, 식(5), (9)를 만족하는 j 번째 저해상도 영상의 k 번째 화면에 대한 부호화율은 다음과 같다.

$$B_{ij}(k) = \frac{B_{ir}(k)}{N} - \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \frac{\alpha_{im}(k) - \alpha_{ij}(k)}{\bar{\beta}} \quad (10)$$

위식에서 $\alpha_{ij}(k)$ 는 현재 k 번째 화면을 부호화한 후에 알 수 있는 값이다. 따라서, 현재화면에 대한 정확한 값을 얻기 위해서는 적어도 두번 이상 현재화면을 부호화해야만 한다. 이는 복잡도가 증가되고, 화면지연이 초래된다. 이러한 문제점을 극복하기 위해서, 갑작스런 화면변화가 발생되지 않으면, 저해상도 영상의 같은 부호화화면 종류의 이전화면과 현재화면 사이의 부호화특성이 상당히 유사하기 때문에, 이전 $k-1$ 번째의 같은 부호화화면에서 계산된 부호화결과를 이용한다. 위식(10)은 다음식으로 다시 쓰여질 수 있다.

$$B_{ij}(k) = \frac{B_{ir}(k)}{N} - \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \frac{\alpha_{im}(k-1) - \alpha_{ij}(k-1)}{\bar{\beta}} \quad (11)$$

여기서 $\alpha_{ij}(k-1)$ 는 이전 $k-1$ 번째의 같은 부호화화면에서 얻어진 부호화율 $\bar{B}_{ij}(k-1)$ 와 화면당 평균된 양자화 변수 $\bar{Q}_{ij}(k-1)$ 를 식(4)에 대입하여 계산되는 값으로서,

$$\alpha_{ij}(k-1) = \log \bar{Q}_{ij}(k-1) + \bar{\beta} \bar{B}_{ij}(k-1).$$

2.2 갑작스러운 변화가 있는 혼합 화면

갑작스러운 변화가 발생되면 식(11)에서처럼 이전 화면의 부호화결과가 사용되면 부호화를 할당방법의 성능이 떨어질 수 있다. 이 경우에는 영상 특성이

비슷한 고해상도 영상의 k 번째 화면의 부호화 결과가 저해상도 영상의 k 번째 화면의 부호화를 할당에 이용된다. 식(8)과 마찬가지로 고해상도 영상의 k 번째 화면에 대하여 다음식을 얻을 수 있다.

$$Q_{hj}(k) = Q_{hm}(k), 1 \leq j \neq m \leq N \quad (12)$$

$$10^{\alpha_{hj}(k) - \tilde{\beta} B_{hj}(k)} = 10^{\alpha_{hm}(k) - \tilde{\beta} B_{hm}(k)}, 1 \leq j \neq m \leq N \quad (13)$$

여기서 $Q_{hj}(k)$ 는 j 번째 고해상도 영상의 k 번째 화면의 양자화 변수이고, $\alpha_{hj}(k)$ 는 j 번째 고해상도 영상의 k 번째 화면에 대한 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계식(4)의 요소이다. 그리고 $B_{hj}(k)$ 는 j 번째 고해상도 영상의 k 번째 화면에 할당되는 부호화율이다. 한편 N 개의 고해상도 영상의 k 번째 화면 전체에 발생된 부호화율은 다음식처럼 구할 수 있다.

$$B_{hT}(k) = \sum_{j=1}^N \bar{B}_{hj}(k) \quad (14)$$

여기서 $B_{hj}(k)$ 는 j 번째 고해상도 영상의 k 번째 화면에서 발생된 부호화율이다. 식(13)과 식(14)로부터, 고해상도 영상들 사이의 균등한 화질을 위해서, j 번째 고해상도 영상의 k 번째 화면에 할당되는 부호화율을 다음식과 같이 구할 수 있다.

$$B_{hj}(k) = \frac{B_{hT}(k)}{N} - \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N \frac{\alpha_{hm}(k) - \alpha_{hj}(k)}{\tilde{\beta}} \quad (15)$$

여기서 $\alpha_{hj}(k)$ 는 j 번째 고해상도 영상의 k 번째 부호화 화면에서 얻어진 부호화율 $\bar{B}_{hj}(k)$ 와 화면당 평균된 양자화 변수 $\bar{Q}_{hj}(k)$ 를 식(4)에 대입하여 계산되는 값으로서,

$$\alpha_{hj}(k) = \log \bar{Q}_{hj}(k) + \tilde{\beta} \bar{B}_{hj}(k).$$

위식(15)에서와 같이 얻어진 고해상도 영상의 부호화율은 대응되는 저해상도 영상의 해상도 비율에 따라 각 저해상도 영상의 부호화율로 할당된다. 따라서, j 번째 저해상도 영상의 k 번째 화면에 할당되는

부호화율은 대응되는 고해상도 화면에 할당된 부호화율로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$B_{lj}(k) = \frac{\frac{B_{hj}(k)}{S_j}}{\sum_{i=1}^N \frac{B_{hi}(k)}{S_i}} \cdot B_{hT}(k) \quad (16)$$

또한, 혼합화면의 초기화면에 대해서도 위의 같은 부호화를 할당 방법이 적용된다.

3. 버퍼제어

버퍼제어는 적용 단위가 작으면 작을수록 제어의 정확도는 더욱더 증가해진다. 일반적으로 버퍼제어는 가장 작은 매크로블록 단위에서 이루어진다. 위로 부터 얻어진 혼합영상의 화면당 할당된 부호화율은 기존의 TM5에서와 같은 방법에 의해서, 매크로블록 단위로 나뉘어진다. 즉, 가상버퍼가 설정되고, 가상버퍼의 충만도가 고려되어 매크로블록마다 양자화기 변수가 조절된다. 가상버퍼의 여유가 적을수록 양자화기 변수를 크게하여 부호화를 발생량을 줄이고, 가상버퍼에 여유가 많을수록 양자화기 변수를 작게하여 데이터 발생량을 증가시킨다.

IV. 실험 결과

모의실험을 통하여 혼합 영상에 대한 독립적인 부호화율 제어방법과 제안된 부호화율 제어방법 사이의 부호화율과 양자화 변수의 성능을 비교한다. 실험에서는 4개의 고해상도 영상 45화면이 사용되는데, 각 영상은 704 화소수 x 480 주사선수 x 30 Hz의 격행규격 명도성분과 352 화소수 x 240 주사선수 x 30 Hz의 격행규격 색차성분으로서, TM5방식에 의해서 일정한 부호화율 6.0Mb/s로 부호화된다. 이때 TM5의 부호화율 제어방법에서 적응적 양자화과정은 적용되지 않는다. 부호화구조는 II장에서와 마찬가지로 하나의 GOP내에서 B-화면이 없는 15화면으로 구성된다. 고해상도 영상은 화소수와 주사선수가 각각 반으로 줄어든, 352 화소수 x 240 주사선수 x 30 Hz의 격행규격 명도성분과 176 화소수 x 120 주사선수 x 30

Hz의 격행규격 색차성분의 저해상도 영상으로 하향 변환된다. 이러한 4개의 저해상도 영상이 하나의 영상으로 혼합되어 일정한 부호화율 6.0Mb/s로 부호화되어 출력된다. 따라서, 본 실험에 대한 그림1의 상황으로는, $N=4, S=4, R_d=6\text{Mb/s}, R_o=6\text{Mb/s}$. 독립적인 부호화율 제어방법에는 식(1)로부터 각 저해상도 영상에 동일하게 1.5Mb/s의 부호화율이 할당된다.

그림5는 독립적 부호화율 제어방법에 따른 혼합되는 저해상도 영상의 부호화 결과를 나타낸다. 모든 영상에 대하여 균등하게 부호화율이 분배되었기 때문에 저해상도 영상 사이에서 양자화 변수가 크게 차이남을 알 수 있다. Mobile & Calendar 같은 복잡한 영상은 Popple 같은 단순한 영상에 비해서 양자화 변수가 2배정도 큼을 알 수 있다. 또한 같은 영상내의 서로 다른 부호화화면 사이에서 양자화 변수가 크게 차이남을 알 수 있다.

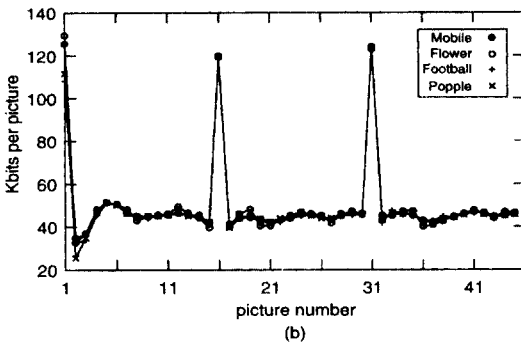
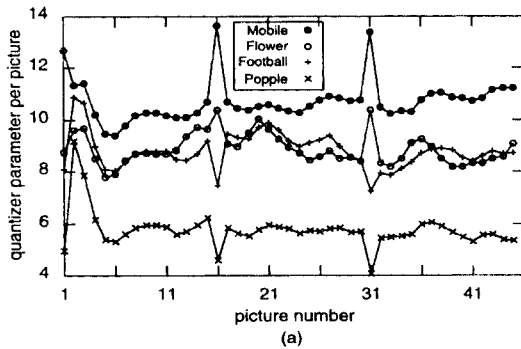


그림5. 독립적 부호화율 제어방법에 따른 혼합되는 저해상도 영상의 부호화 결과; (a) 화면당 평균된 양자화 변수, (b) 화면당 발생된 비트량

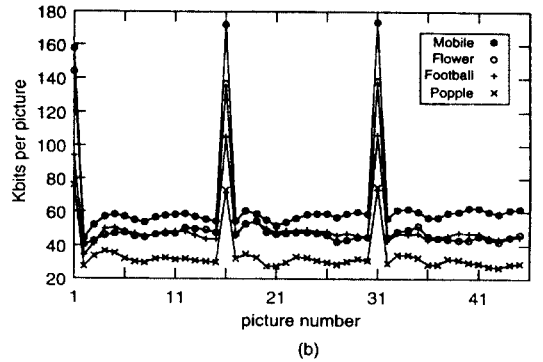
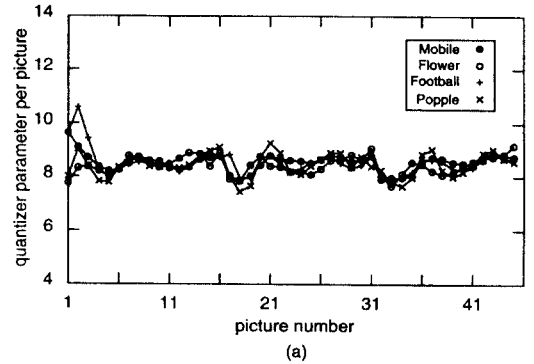


그림6. 제안된 부호화율 제어방법에 따른 혼합되는 저해상도 영상의 부호화 결과; (a) 화면당 평균된 양자화 변수, (b) 화면당 발생된 비트량

표3 양자화 변수의 평균값과 분산값의 비교

실험 영상	평균		분산	
	독립적 방법	제안된 방법	독립적 방법	제안된 방법
Flower	8.864	8.432	0.362	0.118
Football	8.800	8.547	0.475	0.213
Mobile	10.732	8.531	0.648	0.112
Popple	5.757	8.441	0.512	0.191
total	8.538	8.488	3.680	0.161

그림6은 제안된 부호화율 제어방법에 따른 혼합되는 저해상도 영상의 부호화 결과를 나타낸다. Popple 같은 단순한 영상에 비해서 Mobile & Calendar 같은 복잡한 영상에 더 많은 부호화율이 할당되므로써 영상 사이에서 양자화 변수가 거의 비슷하게 유지됨을 알 수 있다. 또한 같은 영상내의 서로 다른 부호화화

면 사이에서도 양자화 변수가 거의 비슷함을 알 수 있다.

표3은 그림5와 그림6의 두 방법에 대하여 각 영상에 대한 양자화 변수의 평균값과 분산값, 네가지 영상 (total)에 대한 양자화 변수의 평균값과 분산값을 각각 나타낸다. 각 영상에 대하여 제안된 방법의 분산값이 독립적 방법에 비해서 크게 줄어듦을 알 수 있다. Mobile & Calendar 영상에서는 0.648에서 0.112로 감소되고, Football영상에서는 0.475에서 0.213로 감소된다. 또한 네가지 영상 전체에 대한 분산값은 3.680에서 0.161로 크게 감소된다.

V. 결 론

영상의 조작과 혼합을 위한 연속적 표현 다중점 제어기내에서, 다수의 고해상도 영상이 입력되고 조작되어, 저해상도 영상으로 구성된 하나의 혼합영상으로 만들어진다. 본 논문에서는 혼합되는 저해상도 영상 사이에서 균등하게 화질을 분배해 주기위한 적응적 부호화를 제어방법을 제안한다. 제안된 부호화 제어방법은 영상의 해상도 크기와는 무관하고, 부호화화면의 종류에만 의존되는 부호화율과 양자화 변수 사이의 관계식을 얻는다. 이러한 관계식으로부터, 혼합영상에서 갑작스런 변화가 없는 경우에는 이전의 저해상도 영상의 부호화결과(부호화율, 양자화 변수)가 이용되고, 갑작스런 변화가 있는 경우에는 현재의 고해상도 영상의 부호화결과가 이용된다. 최종적으로 혼합되는 영상이 서로 같은 양자화 변수 값을 갖도록 해주는 부호화율을 찾는다. 실험결과로부터, 독립적 부호화율 제어방법은 혼합되는 영상 사이에서 양자화 변수가 크게 차이가 나지만, 제안된 부호화율 제어방법은 양자화 변수가 거의 차이하지 않음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. ISO-IEC/IS 11172-2, Coding of Moving Pictures and Associated Audio - for Storage at up to about 1.5 Mbit/s, Nov. 1992.
2. ISO/IEC IS 13818-2. ITU-T Recommendation H.262, Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, Nov. 1994.
3. M. E. Lukacs, The Personal Presence System-Hardware Architecture, ACM Multimedia 94.
4. D. G. Boyer and M. E. Lukacs, The Personal Presence System-A Wide Area Network Resource for the Real Time Composition of Multipoint Multimedia Communication, ACM Multimedia 94.
5. MPEG-2, Test Model 5 (TM5), Doc. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/93-400 Test Model Editing Committee, Apr. 1993.
6. A. Puri and R. Aravind, Motion-Compensated Video Coding with Adaptive Perceptual Quantization, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 1, No. 4, pp. 351-361, Dec. 1991.
7. C. A. Gonzales and E. Viscito, Motion Video Adaptive Quantization in the Transform Domain, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 1, No. 4, pp. 374-517, Dec. 1991.
8. N. S. Jayant and P. Noll, Digital Coding of Waveforms : Principles and Applications to Speech and Video, Prentice-Hall, 1984.
9. S.-M. Lei, T.-C. Chen, and M.-T. Sun, Video Bridging Based on H.261 Standard, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 4, No. 4, pp. 425-437, Aug. 1994.
10. S.-F. Chang and D. G. Messerschmitt, Manipulation and Compositing of MC-DCT Compressed Video, IEEE Journal on Selected Areas in Comm., Vol. 13, No. 1, pp. 1-11, Jan. 1995.
11. Q. Hu and S. Panchanathan, Encoding Scaled MPEG Video in Compressed Domain, Proceeding Visual Commun. Image Processing 97, Vol. 3024, pp. 983-991, Feb. 1997.
12. W. Ding and B. Liu, Rate Control of MPEG

Video Coding and Recoding by Rate-Quantization Modeling, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., Vol. 6, No. 1, pp. 12-20, Feb. 1996.

13. G. Keesman and D. Elias, Analysis of Joint Bit-Rate Control in Multi-Program Image Coding, Proceeding Visual Commun. Image Processing 94, Vol. 2308, pp. 1906-1917, Sep. 1994.
14. L. Wang and A. Vincent, Bit Allocation for Joint Coding of Multiple Video Programs, Proceeding Visual Commun. Image Processing 97, Vol. 3024, pp. 149-158, Feb. 1997.

박 영 덕 (YoungDuk Park) 정회원

1984년 : 성균관대학교 전자공학과 졸업

1987년 : 성균관대학교 전자공학과 공학석사

1990년 : 성균관대학교 전자공학과 공학박사

1990년 ~ 1998년 : 한국전자통신연구원 멀티미디어
통신 연구실장

1994년 ~ 1995년 : 일본 ATR 연구소 초빙연구원

1998년 ~ 현재 : 임프레스 기술 대표

* 주관심분야 : 멀티미디어 서비스, 망분배 프로토콜

권 순 각 (Soon-kak Kwon) 정회원

1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업

1992년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 공
학석사

1998년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 공
학박사

1998년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 박사후연수
연구원

* 주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축 및 전송

김 재 균 (Jae-kyoon Kim) 종신회원

1962년 3월 : 항공대학 응용전자공학 졸업

1967년 2월 : 서울대학교 전자공학과 공학석사

1971년 8월 : 미국 남가주대학교 전자공학과 공학박사

1972년 4월 ~ 1973년 3월 : 미국 NASA GSFC 연구원

1973년 4월 ~ 현재 : 한국과학기술원 전기및전자공학
과 교수

1984년 1월 ~ 1985년 6월 : 과학기술처 전기전자 연구
조정관

1993년 1월 ~ 1994년 12월 : 한국통신학회 회장

* 주관심분야 : 영상압축, 영상 멀티미디어 통신 시스템