

논문97-2-1-07

HDTV 인코더용 적응적 다중채널 율제어 방식 연구

남재열*, 강병호*, 이호영**, 하영호**

Study of an Adaptive Multichannel Rate Control Scheme for HDTV Encoder

Jae Yeal Nam*, Byung Ho Kang*, Ho Young Lee**, and Yeung-Ho Ha**

요 약

HDTV의 경우 기존의 DTV에 비해 약 4~6 배의 많은 화소수를 처리해야 하므로 HDTV의 한 프레임을 몇개의 분할화면으로 나누어서 각각의 분할화면을 병렬처리하는 방식을 많이 이용하고 있다. 본 논문에서는 HDTV한 프레임을 4개의 분할화면으로 나누어서 처리하는 시스템 구조를 채택하고, 국부분산을 이용한 새로운 장면전환 검출 방식을 제안하였으며 또한 장면전환 검출시 계산된 각각의 분할화면 영상의 활동도를 이용하여 적응적으로 비트를 할당하는 새로운 적응적 다중채널 율제어 방식을 제안하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 장면전환 검출방식은 HDTV동영상의 장면전환을 정확히 검출하였으며, 제안된 적응적 다중채널 율제어 방식은 각 밴드별로 일정하게 비트할당을 한 것과 비교하였을 때 우수한 성능을 보여주었다.

Abstract

An HDTV frame has 4 ~ 6 times more pixels than a DTV frame. In order to encode the HDTV image in real time, parallel processing architectures have been widely used in many HDTV codec developments. That is, an HDTV image is divided into several subbands and each subband is encoded in parallel using some DTV level encoders. In this paper, we adopt an HDTV codec architecture which divides an HDTV frame into 4 subbands and propose a new scene change detection algorithm using local variance. In addition, a new adaptive multichannel rate control scheme which allocate target bits adaptively to each subband of the HDTV image based on the activities of subband images is suggested in this paper. The activities of subband images are calculated at scene change detection part and reused at the adaptive rate control part. The simulation results show that the proposed scene change detection algorithm detects the scene change of HDTV video very accurately. Also the suggested adaptive multichannel rate control scheme shows better performance than the rate control method which allocates target bits equally to each subbands of the HDTV image.

* 계명대학교 컴퓨터 전자공학부
Dept. of Computer Science, Keimyung University

** 경북대학교 전자 전기공학부
Dept. of Electronic Engineering, Kyungpook National University

※ 이 논문은 1995년도 한국 학술진흥재단의 신진 교수 연구비에 의하여 연구되었음.

I. 서 론

앞으로 수년 이내에 훌륭한 화질과 음질을 보장하는 HDTV(High Definition Digital Television)가 널리 대중화되어 질 것으로 예상된다. 이러한 HDTV방식으로 한국을 비롯한

여러 나라에서 비디오, 오디오 데이터 압축 및 다중화 방식의 국제 표준인 MPEG-2를 기본으로 한 방식이 채택될 예정이다.

디지털 비디오 신호의 전송은 매우 큰 데이터 전송폭을 요구하지만 실제로 사용 가능한 전송로는 매우 제한된 신호만을 전송할 수 있다. 따라서 비디오 신호의 압축이 절대적으로 필요하다. MPEG-2비디오 부호화 방식은 시간중복성(temporal redundancy)과 공간중복성(spatial redundancy)을 제거함으로써 효과적으로 신호 대역폭을 줄일 수 있는데 여기에서 시간중복성은 움직임 보상을 예측 부호화 기법을 이용하여 제거하며, 공간중복성은 적응적 필드/프레임 DCT를 이용하여 제거할 수 있다. 또한 MPEG에서는 압축효율을 증대시키기 위하여 I, P, B-프레임의 영상 타입을 정의하고 전체 영상 시퀀스는 이러한 I, P, B-프레임으로 구성되게 된다. 이렇게 I, P, B-프레임으로 차별화되어 부호화된 영상의 부호화 비트수는 각각 약 5:2:1 정도의 비율을 가지게 된다. 하나의 시퀀스가 부호화 되면서 각각의 영상타입에 따른 부호화 비트수의 차이로 인해 발생하는 비트수는 가변비트율을 가지게 되는데 이러한 가변 비트율의 압축된 비트스트림을 고정비트율의 채널로 전송하기 위해 비트스트림을 조절하기 위한 방법이 필요하게 된다. 이러한 방법으로 채널로 전송되기 이전에 채널 버퍼를 두게 되며 이에 따른 율제어(Rate control)방법이 필요하게 된다. 이러한 율제어 방법은 재구성된 영상의 화질에 커다란 영향을 미치게 되는데, MPEG-2비디오 표준은 현재 압축된 비트스트림의 선택스와 복호화 과정만을 정의하고 있기 때문에 인코더 설계자가 어떠한 율제어 방식을 선택하느냐에 따라 코덱의 성능은 크게 달라질 수 있다. 그림1은 MPEG-2 비디오 부호화기의 일반적인 블럭도이다. 이 블럭도에서 점선으로 둘러싸인 부분이 이제까지 설명된 율제어부이다.

MPEG-2의 TM-6 (Test Model-6) 에서 이용된 율제어 방식은 3단계로 수행되는데 장면전환이 발생되지 않는 동영상의 율제어에는 상당히 좋은 성능을 보이나, 장면전환이 발생할 경우에는 잘 대처하지 못하는 단점이 있다.[1] 이러한 MPEG-2 TM6의 단점을 개선시키기 위해 많은 연구가 수행되었는데 그 중에서 이상미등은[2] DMAD (Differential Mean Absolute Error)를 이용하여 장면전환을 검출하는 방안을 제안하였는데 이 방식은 장면전환은 정확하게 검출하나 장면전환 검출시 수행된 많은 연산들이 율제어에는 전혀 이용되지 않아 장면전환 검출만을 위한 별도의 연산 또는 H/W장치가 필요한 단점을 갖고 있다.

Limin Wang[3-4]은 미리 정해진 목표 비트율(target bit rate)과 결과비트율을 반복적으로 비교하여 한개의 양자화 scaling factor를 선택하여 전 프레임을 처리하였다. 시뮬레이션 결과 출력 비트율의 변화는 작은 범위안에 있게 되고 재구성된 프레임들의 PSNR도 연속된 장면들에 대해 비교적 안정적이었으나 이 방식은 반복방식이어서 실시간 처

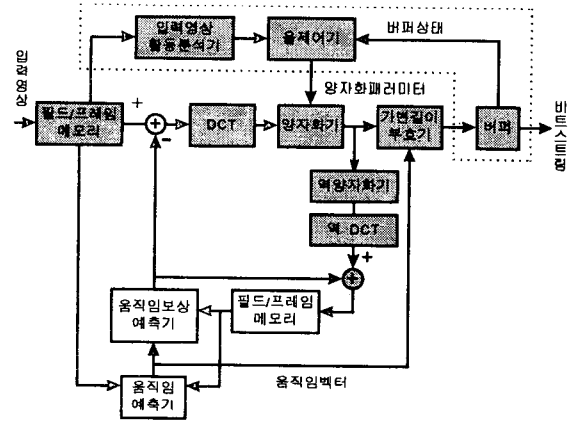


그림 1. MPEG-2 인코더 블럭도
Fig. 1. Block diagram of MPEG-2 encoder

리가 요구되는 코덱에는 부적합한 단점을 갖고 있다.

그외 여러 방안들[5-15]은 적응적 율제어기법을 제안하고 있으나 동영상 처리시 자주 발생하는 장면전환 검출 및 이를 이용한 율제어 방식이 모두 독립적으로 다루어지고 있다.

본 논문에서는 국부분산(local variance)를 이용한 새로운 장면전환검출방식을 제안하였다. 제안된 방식은 매크로블럭 단위로 수행되기 때문에 HDTV 한 프레임내에서의 국부적인 변화정보를 이용함으로써 보다 정확하게 장면전환을 검출할 수 있다. 또한 국부분산을 이용한 장면 전환 검출시 수행된 연산 결과를 율제어부에서 이용한 새로운 율제어 방식을 제안하였다. HDTV는 DTV에 비해 약 4~6배 많은 화소수를 처리해야 하는데 현재 HDTV인코더를 구현할 때 한 화면을 몇개의 분할화면으로 나누고 각각의 분할화면을 DTV급의 코덱으로 구현하는 방식을 많이 채택하고 있다. 본 논문에서는 HDTV 한 프레임을 4개의 분할화면으로 나누고, 장면전환 검출시 수행된 연산결과를 이용하여 영상의 활동도에 따라 각 밴드별로 부호화 비트를 차등할당하는 새로운 율제어방식을 제안하였다. 그 결과 차등비트할당을 하지 않은 것에 비해서 우수한 PSNR값을 얻어낼 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 연구의 기본이 되며 또한 비교 대상이 되는 MPEG-2의 TM-6의 율제어 방식을 간단히 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 국부분산을 이용한 장면전환 검출방식을 설명하고, 4장에서는 HDTV코덱에서 분할화면별 적응적비트할당방식을 이용한 새로운 율제어 방식을 설명하며 5장에서는 그에 따른 실험 결과를 보여준다. 그리고 마지막으로 6장에서는 결론으로 본 논문을 끝맺는다.

II. TM6 율제어 방식

이 장에서는 본 연구에서 제안한 방안의 이해를 돕기

위해서 간단하게 MPEG-2 TM6의 율제어 방식을 설명하고자 한다. 자세한 설명은 [1]에 잘 설명되어 있다. MPEG-2 TM6 율제어 방식의 기본 블럭도는 그림 2와 같다.

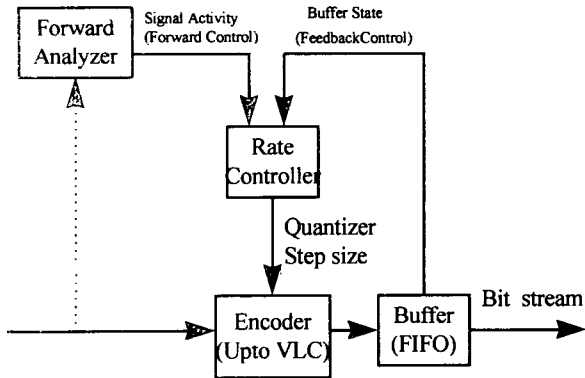


그림 2. MPEG-2 TM6 율제어 방식 블럭도
Fig. 2. Block diagram of rate control scheme of MPEG-2 TM6

MPEG-2 TM6에서 이용된 율제어 방식은 영상의 종류 (I-frame, P-frame, B-frame)에 따라 다르며 그 기본 방식은 목표 비트 할당, 율제어 및 적응적 양자화의 3단계로 구성되어 있다. 목표 비트 할당 단계에서는 영상의 종류 (frame type)에 따라 다음 영상을 부호화하는데 사용할 비트수를 예측한다. 한 영상이 부호화된 후 각각의 "Global complexity measure"는 다음 식에 의해서 계산된다.

$$\begin{aligned} X_i &= S_i Q_i \\ X_p &= S_p Q_p \\ X_b &= S_b Q_b \end{aligned} \quad (1)$$

여기에서 X_i , X_p , X_b 는 I, P, B타입 영상 각각의 "Global complexity measure"를 나타내며 S_i , S_p , S_b 는 I, P, B타입 영상을 이전 부호화할 때 발생된 비트 수를 나타내며, Q_i , Q_p , Q_b 는 각각의 영상타입의 건너뛴 매크로블럭 (skipped macroblock)을 포함하는 모든 매크로블럭을 부호화할 때 사용된 평균 양자화값이다.

하나의 GOP(Group Of Picture)내에서 다음 영상을 위한 목표 비트수(target bit)는 다음과 같이 계산된다.

$$T_i = \max \left\{ \frac{R}{1 + \frac{N_p X_p}{K_p X_i} + \frac{N_b X_b}{K_b X_i}}, \text{bit_rate} / (8 * \text{picture_rate}) \right\} \quad (2)$$

$$T_p = \max \left\{ \frac{R}{N_p + \frac{N_p K_p X_b}{K_p X_p}}, \text{bit_rate} / (8 * \text{picture_ra}) \right\}$$

$$T_b = \max \left\{ \frac{R}{N_b + \frac{N_p K_p X_b}{K_b X_p}}, \text{bit_rate} / (8 * \text{picture_rate}) \right\}$$

윗 식에서 T_i , T_p , T_b 는 각각 I, P, B 영상타입에 따른 목표 비트수를 나타낸다. R은 한 GOP에 할당된 비트 중에서 부호화에 사용되고 남은 비트수를 가리킨다. N_p 와 N_b 는 현 GOP내에서 아직 부호화되지 않은 P 및 B-영상의 수이다. K_p 와 K_b 는 양자화 매트릭스에 따른 상수들로서 MPEG-2에서 사용된 기본 양자화 매트릭스 (default matrix)에 대해 K_p 는 1.0, K_b 는 1.4가 이용되었다. bit_rate 은 전송채널의 목표 비트율이며, $\text{bit_rate} / (8 * \text{picture_rate})$ 은 최악의 경우 각 영상에 할당되어질 최소 비트 수이다.

두번째 단계로 율제어 (rate control)를 한다. 이 단계에서는 버퍼의 참 정도 (buffer fullness)를 이용하여 각 매크로블럭에 대한 기준 양자화 변수값 (reference quantization parameter)을 결정한다. j-번째 매크로블럭을 부호화하기 전에 가상버퍼 (virtual buffer)의 참 정도는 각 부호화 타입 (I-picture, P-picture, B-picture)별로 각각 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} d_{ij} &= d_{i0} + B_{j-1} - \frac{T_i(j-1)}{MB_cnt} \\ d_{pj} &= d_{p0} + B_{j-1} - \frac{T_p(j-1)}{MB_cnt} \\ d_{bj} &= d_{b0} + B_{j-1} - \frac{T_b(j-1)}{MB_cnt} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 d_{ii} , d_{pi} , d_{bi} 는 각각 I, P, B영상의 (j-1)번째 매크로블럭까지의 가상버퍼의 참 정도를 나타낸다. d_{i0} , d_{p0} , d_{b0} 는 각 영상타입의 초기 가상버퍼 참 정도를 나타낸다. B_j 는 한 영상에서 j-번째 매크로블럭을 포함하여 그때까지 모든 매크로블럭을 부호화할 때 발생된 비트 수이다. MB_cnt 는 한 영상에서 매크로블럭의 수이다.

j-번째 매크로블럭에 대한 기준 양자화 변수값, Q_j , 은 다음과 같이 계산된다.

$$Q_j = \frac{d_j * 31}{r} \quad (4)$$

여기에서 reaction parameter인 r은 다음과 같이 정의된다.

$$r = 2 * \text{bit_rate} / \text{picture_rate} \quad (5)$$

r이 감소함에 따라 기준 양자화 변수는 가상버퍼의 참 정도에 더욱 민감해진다.

마지막 단계로 적응적 양자화 조절단계가 있다. 이것은 해당 매크로블럭의 공간활동도 (spatial activity)에 따라 양

자화 변수값인 mquant값을 구하는데, 이 값이 그 매크로블럭의 양자화에 실제로 사용된다.

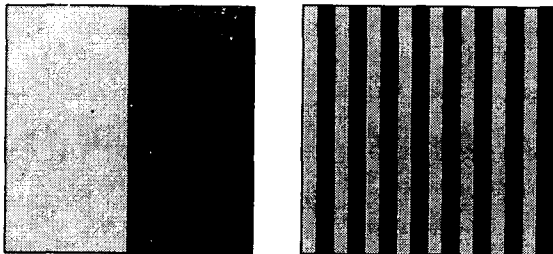
III. 국부분산을 이용한 장면 전환 검출 방식

El-sakka등은 영상압축을 위한 영상구역분리(segmentation)를 위한 새로운 척도로 국부분산(local variance)을 제안하였는데[16], 본 논문에서는 이 국부분산을 동영상의 장면전환 검출에 이용한 새로운 장면전환 검출 방식을 제안하였다. 두 연속한 영상간의 밝기 신호성분의 국부분산은 아래와 같이 정의된다.

$$Lmean(i, j) = \frac{1}{4} \{ X(i+1, j) + X(i-1, j) + X(i, j+1) + X(i, j-1) \} \quad (6)$$

$$Lvar = \frac{1}{N_2} \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} \{ X(i, j) - Lmean(i, j) \}^2 \quad (7)$$

일반적으로 분산(variance)을 영상의 활동도의 척도로 많이 이용하지만 실제 분산은 영상의 국부적인 변화를 제대로 검출하지 못하게 된다. 그림3은 256x256 영상을 만들어 32 x 32의 블록을 사용하여 분산과 국부분산을 비교한 것이다.



분산 : ① 22008, ② 17008 분산 : ① 22008, ② 17008
 국부분산 : ① 93.75, ② 10.4 국부분산 : ① 1406, ② 156

그림 3. 분산과 국부분산의 비교
 Fig. 3. Comparison between variance and local variance

그림 3 에서 ①은 Gray level을 50과 200을 이용했고 ②는 100과 150을 이용한 결과이다. 이를 분석해 보면 세계의 블럭이 다른 무늬를 가지는데도 분산은 같은 값을 나타내고 있고 국부분산은 다른 값을 나타내고 있다. 즉, 분산보다 국부분산이 영상의 국부적인 활동도를 더 정확하게 측정할 수 있음을 보여준다. 이와 같은 국부분산을 장면전환검출에 적용하여 새로운 검출방식을 제안하였다. 이 제안된 방식은 각 매크로블럭의 국부분산을 구하여 이웃한 영상간에 대응하는 매크로블럭간에 그 값의 차를 구한다.

장면전환이 일어날 경우 국부분산값이 크게 달라진다는 성질을 이용한 방식이다. 이때 국부분산의 차가 어떤 정해진 문턱값을 넘어서는 매크로블럭의 수를 계산하고 그 수가 일정 수준을 넘어설 경우 장면전환이 일어난 것으로 처리했다. 이때 매크로블럭의 크기인 16x16 전체에 대해서 국부분산값을 구하며 이렇게 구해진 값은 장면전환 검출에서도 사용하고 또한 울제어부의 적응적 양자화단계에서도 다시 이용함으로써 장면전환부와 울제어부에서 이중으로 계산하는 것을 피함으로써 계산량 및 H/W복잡도를 줄일 수 있다. 이 방식에 대한 순서도는 그림4에 나타내었다. 그림4에서 D_Local_var는 국부분산차, NB_Local_var는 국부분산의 차가 임계치를 넘는 매크로블럭의 갯수, MBSUM은 한 프레임내 총 매크로블럭수, Th1 및 Th2는 임계치를 나타낸다.

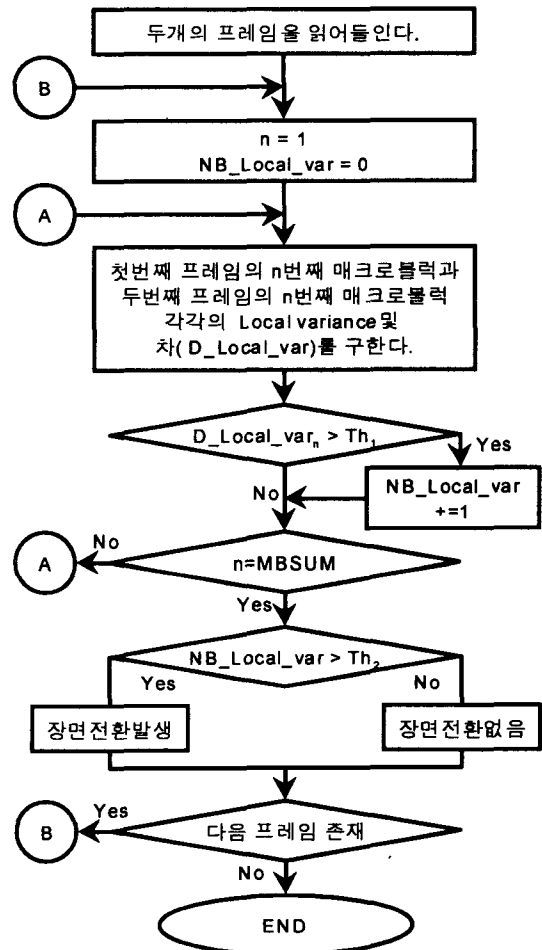


그림 4. 국부분산을 이용한 장면 전환 검출 방식의 순서도
 Fig. 4. Flow chart of scene change detection scheme using local variance

IV. HDTV 코덱을 위한 적응적 다중채널 율제어 방식

현재 기술수준으로는 1920x1024의 해상도를 가진 HDTV영상전체를 실시간으로 부호화하는 시스템을 구현하는 것이 어렵기 때문에 하나의 프레임을 여러개의 분할 화면으로 나누어서 압축부호화를 병렬로 수행하도록 HDTV 인코더 시스템을 많이 구현하고 있다. 이때, 화면을 분할하여 처리하게 되면 기존의 율제어 방법을 그대로 적용하기가 어려우므로 기존의 율제어 방법을 개선하거나 새로운 율제어 방법을 사용하여야 한다. 본 논문에서는 HDTV 영상을 몇 개의 분할화면으로 나누었을 때 적용할 수 있는 율제어 방식 개발에 초점을 두어 수행하였으며, 방식 개발의 용이성과 실현성을 고려하여 HDTV 프레임을 4개의 분할화면으로 나누어 방식 개발 및 실험을 수행하였다. 본 논문에서 하나의 HDTV 프레임을 4개의 분할 화면으로 나누는 방식은 그림 5와 같다.

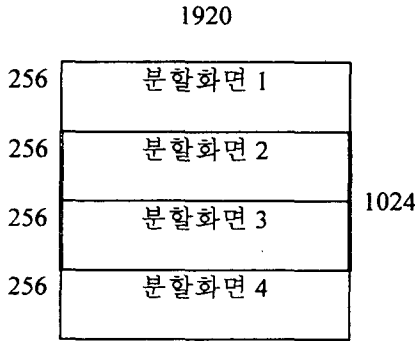


그림 5. HDTV영상 화면분할
Fig. 5. Division of HDTV image

본 논문에서 제안한 적응적 다중채널 율제어 방식의 기본 개념은 각 분할화면에 대해 각각의 버퍼를 따로 두어 각 밴드별로 율제어를 수행하게 한다. HDTV 입력영상 전체에 대해 국부분산을 이용한 영상의 특성을 검출, 분석하여 이 결과를 토대로 각 밴드별로 입력 영상의 특성에 따라 적응적으로 목표 비트를 차등할당한다. 개발된 방식의 기본 개념을 블록도로 나타내면 그림 6과 같다. HDTV전체 영상에 대해서 적용된 율제어 방식은 MPEG-2 TM6 방식과 비슷하나 몇 가지 변수 및 초기값들이 HDTV해상도 및 특성에 따라 달리 사용되었다.

본 논문에서 제안하고 있는 율제어 방식은 MPEG-2 TM6와 마찬가지로 3단계로 구성되어 있으나 MPEG-2 TM6 율제어 방식의 첫번째 단계와 세번째 단계를 변경하여 율제어 성능을 개선하였다. 첫번째 단계에서 "Global complexity measure" (X_i, X_p, X_b)는 각 영상종류에 따라 다음과 같이 정의된다.

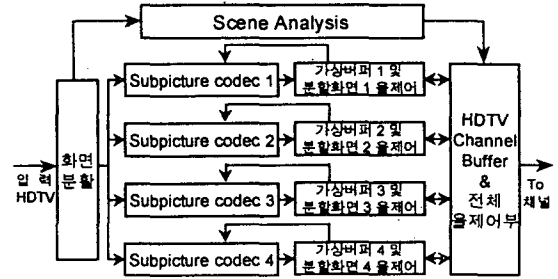


그림 6. 다중채널 HDTV 율제어 방식 블록도
Fig. 6. Block diagram of multichannel HDTV rate control scheme

$$\begin{aligned} X_i &= MS_i \cdot Q_i \cdot L_i \\ X_p &= MS_p \cdot Q_p \cdot L_p \\ X_b &= MS_b \cdot Q_b \cdot L_b \end{aligned} \tag{8}$$

여기에서

$$\begin{aligned} MS_i &= S_i / MB_SUM \\ MS_p &= S_p / MB_SUM \\ MS_b &= S_b / MB_SUM \end{aligned} \tag{9}$$

여기에서 X_i, X_p, X_b 는 I, P, B타입 영상 각각의 "Global complexity measure"를 나타내며 S_i, S_p, S_b 는 I, P, B타입 영상을 이진 부호화할 때 발생된 비트 수를 나타내며, Q_i, Q_p, Q_b 는 각각의 영상타입의 건너편 매크로블럭(skipped macroblock)을 포함하는 모든 매크로블럭을 부호화할 때 사용된 평균 양자화값이다. L_i, L_p, L_b 는 I, P, B 영상 각각의 평균국부분산값을 나타낸다.

식(9)에서 사용된 MB_SUM값은 HDTV에서는 7680이 사용되었으며 X_i, X_p, X_b 의 초기값은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} X_i &= 310 \times bit_rate / 7680 \\ X_p &= 120 \times bit_rate / 7680 \\ X_b &= 80 \times bit_rate / 7680 \end{aligned} \tag{10}$$

제안된 방식에서는 각 분할화면별 영상의 특성에 따라 목표 비트를 차등할당함으로써 영상의 국부적인 성질을 잘 이용하여 보다 효율적인 율제어 및 화질의 균일성을 도모하고자 했다.

그림 6의 Scene analysis 부에서 장면 전환 검출을 위해 각 분할화면 별 국부분산을 구하여 장면전환 검출을 수행하고 이때 계산된 이 국부분산을 각각의 그 밴드의 활동도로 이용하여 아래 식과 같이 목표비트를 차등 할당했다.

$$T_m = T_i \times \frac{avg_act_n + k}{\sum_{j=1}^m avg_act_j + 4k} \tag{11}$$

$$T_{pm} = T_p \times \frac{avg_act_n + k}{\sum_{j=1}^m avg_act_j + 4k} \tag{11}$$

$$T_{mn} = T_n \times \frac{avg_act_n + k}{\sum_{j=1}^m avg_act_j + 4k}$$

윗 식에서 n은 n번째 분할화면, m은 한 프레임내의 분할화면의 개수, k는 가중치를 나타낸다. 본 연구에서는 m은 4, k는 80을 이용하였다. T_i, T_p, T_b 는 MPEG-2 TM6[1] 울제어방식에 따라 I, P, B영상타입의 한 프레임 전체에 할당된 목표 비트를 나타내고 T_{in}, T_{pn}, T_{bn} 은 영상의 활동도에 따라 각 분할화면별로 차등할당된 목표비트를 나타낸다.

MPEG-2 TM6에서는 세번째 단계에서 매크로블럭을 4개의 luminance frame-organised subblocks과 4개의 luminance field-organised subblocks으로 재구성하여 각각의 매크로블럭의 분산값을 구하고 그중 가장 작은 분산값을 그 매크로블럭의 공간활동도(spatial activity)로 이용하여 2단계에서 구해진 기준 양자화 파라미터를 정규화해서 mquant값을 구하도록 되어있다. 본 논문에서는 MPEG-2 TM6의 세번째 단계에서 매크로블럭을 8개의 서브블럭으로 나누는 대신 장면전환검출에서 16x16매크로블럭에 대해 구했던 국부분산값을 공간활동도로 이용하였다.

TM6에서는 Initial Avg_act로 400을 이용하였으나 국부 변환을 이용한 제안된 방식에서는 Initial Avg_act는 300으로 하는 것이 가장 적합한 것으로 나타났다.

장면전환이 발생하지 않을 경우에는 위에서 언급한 방식대로 울제어를 수행하나 장면전환이 일어날 경우에는 I,P,B영상타입의 한 프레임 전체에 할당되는 비트는 수정이 되는데 본 논문에서는 한 GOP내의 몇개의(3~4프레임) 영상들로 구성된 서브 GOP(Sub_GOP)구조를 도입하여 각 Sub_GOP단위로 장면전환 검출을 수행하여 다음 Sub_GOP에 장면전환이 있는 것으로 예측이 되면 현재 Sub_GOP에 할당되는 비트수를 줄여서 장면전환된 영상에 절약한 비트수 만큼 더 할당해줌으로써 장면전환이 있는 영상의 화질저하를 줄여주게 되는데 이러한 알고리즘을 설명하면 다음과 같다.

먼저 다음 Sub_GOP에 장면전환이 있고 현재 Sub_GOP의 마지막 영상이 P-영상이 아닐 경우 다음과 같이 목표 할당비트를 수정함으로써, 현재 Sub_GOP의 I-영상과 B-영상에 할당될 목표비트수를 줄인다.

$$\begin{aligned} T_i &= T_i * C_1 \\ RT_i &= (1 - C_1)T_i \\ T_b &= T_b * C_2 \\ RT_b &= (1 - C_2)T_b \end{aligned} \tag{12}$$

여기서 T_i', T_b', T_p' 는 현 GOP의 목표비트수를 나타내며 T_i, T_b, T_p 는 MPEG-2 TM6방식대로 유도된 현 Sub_GOP내의 각 영상타입에 대한 목표 비트수를 나타내며, RT_i, RT_b, RT_p 는 장면전환이 발생한 다음 Sub_GOP를 위해 절약한 비트수를 의미한다. C_1, C_2 는 상수로 본 논문에서는 각각 0.7과 0.8을 사용하였다. 그리고, 다음 Sub_GOP에 장면전환이 있고 현재 Sub_GOP의 마지막 영상이 P-영상일 경우 다음 Sub_GOP의 첫 영상이 I-영상이면 MPEG-2 TM6방식 그대로 목표비트를 할당하고, P-영상이면

$$\begin{aligned} T_p' &= T_p * C_1 \\ RT_p &= (1 - C_1)T_p \\ T_b' &= T_b * C_2 \end{aligned} \tag{13}$$

로 하여 현재 Sub_GOP내의 P-영상과 B-영상에 할당될 목표비트수를 줄인다. 이렇게 줄인 결과 절약된 비트수인 RT_p 와 RT_b 는 장면전환이 존재하는 다음 Sub_GOP에 부가적으로 할당된다.

이번에는 현재 Sub_GOP내에 장면전환이 있는 경우이다. 만약 현재 Sub_GOP의 첫 영상이 P-영상이 아니라면 MPEG-2 TM6방식 그대로 적용하고 P-영상일 경우에는

$$\begin{aligned} T_p &= T_p * RT_p + 2RT_b \\ T_b &= T_b \end{aligned} \tag{14}$$

와 같이 목표비트수를 수정하여 앞에서 절약한 비트수 만큼 더 할당한다.

V. 안된 장면전환 검출 및 울제어 방식 구현 및 실험고찰

본 연구에서는 제안한 방식의 모의실험을 위하여 fashion show, locomotive, fruits의 세가지 HDTV영상을 사용하였다. 이러한 영상들을 임의로 섞어서 장면전환이 GOP하나당 1회 정도가 있도록 시퀀스를 재구성하여 40프레임짜리 시퀀스 2가지를 만들어 사용하였다. 본 연구에서 이용한 실험환경은 표1에 나타내었고, 장면전환검출 및 적응적 울제어 방식의 성능을 확인하기 위해 여러 종류의 시퀀스를 조합하여 hd_temp1, hd_temp2의 두가지 재구성된 시퀀스를 만들었으며 그 구성도를 표2와 표3에 나타내었다. 성능의 객관적인 비교는 PSNR 및 주관적 화질 평가를 병행하였다.

1. 장면전환 검출

국부분산을 이용하여 hd_temp1, hd_temp2의 2가지 영상 시퀀스에 대하여 장면전환 검출 실험을 수행하였다.

표 1. 모의 실험 환경
Table 1. Simulation environment

영상의 크기	1920 x 1024
기본 부호화 알고리즘	MPEG-2 MP@HL
GOP 구조	N=12, M=3
비트율	20Mbps

표 2. 재구성된 시퀀스 hd_temp1의 구성도
Table 2. Composition of reconstructed sequence hd-temp1

Sequence Name	Frame Number
Locomotive	1~6,13~15
Fashion show	7~12,22~24,31~36
Fruits	7~12,16~21,25~30,37~40

표3. 재구성된 시퀀스 hd_temp2의 구성도
Table 3. Composition of reconstructed sequence hd-temp2

Sequence Name	Frame Number
Fruits	1, 4, 7, 11, 14, 17, 19, 22, 25, 28
Fashion show	2, 5, 8, 10, 13, 16, 21, 24, 27, 30
Locomotive	3, 6, 9, 12, 15, 18, 20, 23, 26, 29

지면 관계상 hd_temp1시퀀스와 hd_temp2시퀀스에 대한 결과를 그림7과 그림8에 나타내었다. 그림7에서 장면전환이 발생한 6~7, 12~13, 15~16, 21~22, 24~25, 30~31, 36~37영상들에서만 상당히 높은 수치를 기록하고 나머지 영상들에서는 낮은 수치를 기록하고 있으므로 정확하게 장면전환을 검출할 수 있음을 보여준다. 그리고, 그림 8의 hd_temp2에서는 모든 프레임에서 장면전환이 발생하고 있는데, 그래프를 보면 모든 프레임에 대해 한 프레임 내의 매크로블록의 갯수인 7680의 절반인 3840을 훨씬 초과한 값이 나타나고 있으므로 정확하게 장면전환을 검출하고 있음을 보여준다.

2. 적응적 다중채널 율제어 방식

다음으로 본 논문에서 제시한 새로운 율제어방식의 시뮬레이션 결과를 PSNR그래프를 이용하여 나타내었다. 본 논문에서 사용한 S/W코덱은 기본적으로 MPEG-2 MP@HL을 기본 방식으로 사용하였다. 본 연구의 기본 방향이 프레

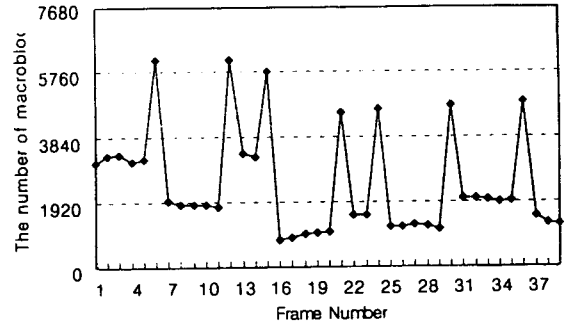


그림 7. hd_temp1에서의 장면전환 검출 결과
Fig. 7. Simulation result of scene change detection for hd-temp1 sequence

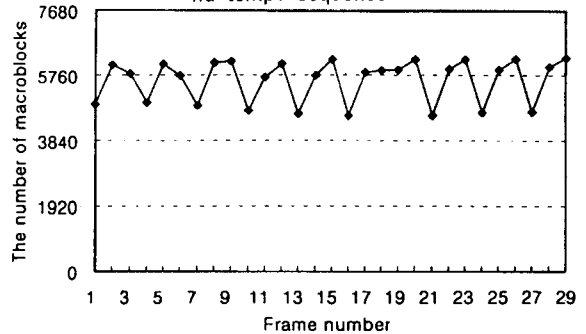


그림 8. hd_temp2에서의 장면전환 검출 결과
Fig. 8. Simulation result of scene change detection for hd-temp2 sequence

임을 몇개의 분할화면으로 나누었을 때의 율제어 방법에 대해 제안하고 있기 때문에 네개의 분할화면으로 나누어서 각각의 분할화면에 대해 같은 목표비트를 할당한 방식과 본 연구에서 제안하고 있는 방식인 각각의 분할화면에 대해 차등적으로 목표비트를 할당한 방식을 비교하여 그래프로 나타내었다. 부호화 비트율은 HDTV영상을 부호화할 때 일반적으로 많이 이용하는 20Mbps를 이용하여 실험하였다.

그림 9는 장면전환이 없는 fashion show 시퀀스에 대한 실험결과를 보여준다. 그림9에서 보듯이 제안한 방식은 영상활동도에 상관없이 각각의 분할화면별로 일정한 목표비트를 할당한 방식 보다 훨씬 우수한 성능을 보여주며, HDTV 영상 전체에 MPEG-2 TM6(HP@ ML) 방식을 그대로 적용한 경우 보다도 우수한 성능을 보여준다. 제안된 방식이 각 밴드별로 일정한 목표비트를 할당한 방식보다 우수한 성능을 보이는 것은 제안된 방식이 보다 더 영상의 국부적인 활동도를 잘 이용하여 적응적으로 목표비트를 할당하기 때문이다.

그림10은 장면전환이 있는 hd_temp1동영상에 적용한 실험 결과이다. 실험 결과에서 볼 수 있듯이 제안한 방식은 장면전환이 일어났을때 이를 정확히 검출하고 장면전환 발생 이전 영상의 부호화시 절약한 비트를 장면 전환 영상에 재분배함으로써 PSNR 및 주관적 화질의 균일성을 도모할 수 있다.

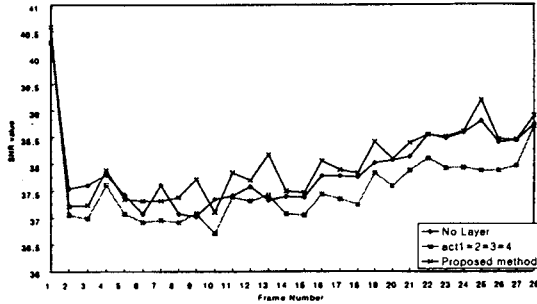


그림 9. 장면전환이 없는 Fashion show 시퀀스에 적용한 결과
 Fig. 9. Simulation result for Fashion show sequence without scene change

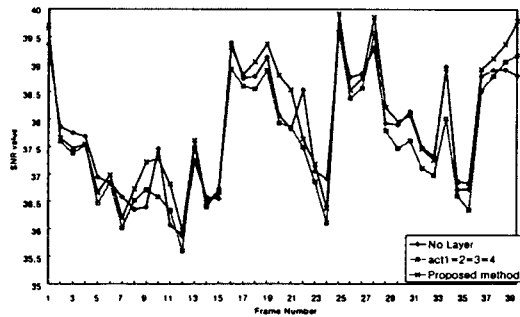


그림 10. 장면전환이 있는 hd-temp1에 적용한 결과
 Fig. 10. Simulation result for hd-temp1 sequence with scene change

VI. 결 론

비디오 코덱에서 율제어부는 어떠한 방식을 사용하느냐에 따라 재생된 영상의 화질에 큰 영향을 미치는 부분중의 하나이다. MPEG-2 비디오 TM6에서 제안된 율제어 방식은 장면전환이 발생되지 않은 동영상 율제어에는 상당히 좋은 결과를 보이나, 장면전환이 발생하여 예기치 않게 많은 비트수가 발생할 경우에는 잘 대처하지 못하는 단점을 갖고 있다. 그 결과 다음에 연속되는 영상의 화질이 전반적으로 열화되며 버퍼의 넘침현상이 자주 발생할 수도 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하여 화질의 균일성을 유지하기 위하여 국부분산을 이용한 새로운 장면전환 검출 방식을 제안하였고 장면전환검출시 계산된 국부분산 값을 율제어부에서 영상의 활동도로 이용하여 분할된 HDTV 영상의 각 분할화면에 대해 그 밴드의 영상의 활동도에 따라 목표비트수를 차등할당함으로써 영상의 국부적인 성질을 더욱 잘 고려한 적응적 율제어 방식을 제안하였다. 제안된 방식은 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 검증되었다. 시뮬레이션 결과 제안된 장면전환검출 방식은 HDTV 동영상의 장면전환을 정확히 검출하였으며, 제안된 새로운 율제어 방식은 기존의 MPEG-2 TM6 율제어 방식에 따라 HDTV 각각의 분할화면별로 일정한 목표비트를 할당할

방식과 영상전체에 대해 적용한 방식에 비하여 장면전환이 있을때와 없을시 모두 우수한 율제어 성능을 보여주었다. 또한 제안된 방식은 장면전환 검출시 계산된 결과를 율제어부에서 다시 이용함으로써 영상활동도 계산을 위한 부가적인 계산 및 H/W가 필요없기 때문에 시스템 복잡도를 줄일 수 있다. 향후 연구방향은 장면전환 검출시 사용된 임계값들을 영상에 따라 자동적으로 설정할 수 있는 방법과 제안된 방식을 율 왜곡 정리에 따른 목표비트할당 방식에 적용할 수 있는 방안을 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] ISO IEC/JTC1/SC29/WG11 MPEG93/457, "Test Model 6," 1993.
- [2] 이상미, 이현주, 김용한, "영상 프레임간 평균절대차의 차를 이용한 장면 전환 검출", 제6회 신호처리 합동 학술대회, pp. 528-532, 1993.
- [3] L. Wang, "A bit rate control approach for hybrid DPCM/DCT video coding," *Proceedings of International Workshop on HDTV '92*, pp. 85.1-85.8, Nov. 1992.
- [4] L. Wang, "Rate control for MPEG video coding," *SPIE* vol. 2501 pp. 53-64, 1995.
- [5] 이우용, 임경원, 조현덕, 최병선, 나중범, "MPEG 부호화기를 위한 효과적인 전송률 제어 알고리즘", 제8회 신호처리 합동 학술대회, pp. 932-935, 1995.
- [6] Seungkwon Paek, Jungsuk Kang, and Yongsuk Seo, "Rate control strategy based on human visual sensitivity for MPEG video coder," *Proc. of SPIE's VCIP* vol. 2308 pp. 322~330, 1994.
- [7] I. K. Sethi and N. Patel, "A statistical approach to scene change detection," *Proc. of SPIE's VCIP* vol. 2420, pp 329~338, 1995.
- [8] Seong Hwan Jang and Seop Hyeong Park, "An adaptive rate control algorithm for DPCM/DCT hybrid video codec adopting bi-directional prediction," *Proc. of SPIE's VCIP*, vol. 2094, pp. 1237~1248, Nov. 1993.
- [9] 이영선, 박상규, 장현식, 김진웅, "MPEG-2 인코더 시스템의 VBV 만족을 위한 실버퍼 제어 방식에 관한 연구", 제8회 신호처리합동학술대회 논문집 제8권 1호, pp. 936-939, 1995.
- [10] 장성환, 장순화, 권순홍, "장면전환에 적응적인 비트할당에 의한 비트 발생을 제어 알고리즘", 제8회 신호처리 합동 학술대회, pp. 912-915, 1995.
- [11] 이영선, 호요성, 남제열, "장면 전환시 비트율 제어 방식 연구", 제7회 신호처리 합동 학술대회, pp. 113-116, 1994.
- [12] A. Puri and R. Aravind, "Motion compensated video coding with adaptive perceptual Quantization," *IEEE Trans. on CSVT*, vol. CSVT-1, pp. 351-361, Dec. 1991.
- [13] C. Horne and A. Puri, "Video coding with adaptive quantization and rate control," *Proc. of SPIE's VCIP*, pp. 798-806, 1992.
- [14] Sanghoon Lee, Seop Hyeong Park and Sang-Hoon Lee, "A Rate Control Algorithm for Co-located Variable Bit-Rate MPEG-2 Video Encoders," *Proc. of SPIE's VCIP*, vol. 2727, pp. 1290-1301, 1996.
- [15] Cheng-Tie Chen and Andria Wong, "A Self-Governing Rate Buffer Control Strategy for Pseudoconstant Bit Rate

Video Coding," *IEEE Trans. on image processing*, vol. 2, no. 1, pp. 50-59, 1993.

[16] M.R. El-Sakka and M.S. Kamel, "A segmentation criterion

for digital image compression," *Proc. of ICIP '95*, pp. 2551-2554, 1995.

저 자 소 개



남 재 열

1983년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1985년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1991년 8월 University of Texas at Arlington 전기공학과 졸업(공학박사)
 1985년 5월 ~ 1987년 7월 한국전자통신연구소 연구원
 1991년 9월 ~ 1995년 2월 한국전자통신연구소 선임연구원
 1995년 3월 ~ 현재 계명대학교 컴퓨터, 전자공학부 조교수
 주관심분야 : 영상처리, 영상통신, 멀티미디어 시스템



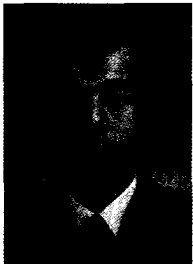
강 병 호

1995년 2월 계명대학교 전자계산학과 졸업(공학사)
 1997년 2월 계명대학교 대학원 전자계산학과 졸업(공학석사)
 1997년 1월 ~ 현재 (주)한국정보시스템
 주관심분야 : 영상처리, 그룹웨어, 인터넷 등



이 호 영

1995년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1997년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1997년 3월 ~ 현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 주관심분야 : 영상부호화, 신호처리, 컴퓨터비전 등



하 영 호

1976년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1978년 8월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1985년 8월 University of Texas at Austin 전기공학과 졸업(공학박사)
 1985년 9월 ~ 현재 경북대학교 전자, 전기공학부 교수
 주관심분야 : 컴퓨터비전, 영상처리, 신호처리, HDTV 등