

論文94-31B-8-12

비월 주사 방식의 디지털 HDTV 영상 부호화를 위한 새로운 필드/프레임 모드 선택 및 버퍼 제어 기법

(A New Field/Frame Mode Selection and Buffer Control Strategy for Interlaced Digital HDTV Image Coding)

金 仲 坤*, 宋 奎 翼*, 金 德 奎*, 李 健 一*

(Joong-Gon Kim, Kyu-Ik Sohng, Duk-Gyoo Kim, and Kuhn-Il Lee)

要 約

본 논문에서는 비월 주사 방식의 디지털 HDTV 화상 부호화를 위한 새로운 필드/프레임 모드 선택과 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법을 제안하였다. 필드/프레임 모드 선택은 각 필드/프레임 슈퍼블럭의 평균 자승 오차와 발생 비트수에 따라 결정하였다. 또한, 각 슈퍼블럭의 양자화 요소값은 인간 시각 특성과 버퍼 상태 등을 이용하여 구하였으며, 단위 블럭당 발생 비트수에 대한 통계적 특성 그리고 버퍼 상태 예측 등을 이용하여 버퍼 제어를 행하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안한 기법의 타당성을 확인하였으며, 필드/프레임 모드 선택 및 버퍼 제어 기법 각각의 성능이 기존의 방법들 보다 모두 우수하였다.

Abstract

We proposed new field/frame mode selection, quantization, and buffer control strategy for interlaced digital HDTV image coding system. The field/frame mode selection is performed based on the mean square error and number of generated bits for each superblock. The quantization factor for each superblock is determined by the characteristics of human visual system and buffer status. The statistical characteristics of the number of generated bits for basis block and the prediction of buffer status are used for buffer control. Simulation results show that the proposed field/frame mode selection and rate buffer control strategy have good subjective image quality and have stable buffer status.

1. 서 론

차세대 텔레비전 방송인 HDTV 방송의 미국내 방

식 결정을 위하여 FCC(federal communications commission)에는 DigiCipher, AD(advanced digital)-HDTV, DSC(digital spectrum compatible)-HDTV, 그리고 CCDC(channel compatible DigiCipher) 방식등이 제안되어 있다.¹⁾ 이들 제안 방식은 모두 완전 디지털 방식을 채택하고 있으며, HDTV 화상을 기존의 6 MHz의 TV 지

*正會員, 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Kyungpook Nat'l Univ.)
接受日字: 1993年 10月 4日

상 방송 채널을 통하여 전송하기 위하여 전송 정보의 대부분을 차지하는 화상 데이터를 여러가지 처리 기법을 이용하여 압축한다. 이들 제안 방식중 DigiCipher 방식과 AD-HDTV 방식은 비밀 주사 방식으로서 프레임내 부호화와 프레임간 부호화의 복합 구조를 가지며, 화상 데이터의 압축은 필드/프레임 모드 선택, 움직임 추정과 보상, DPCM과 DCT, 적응 양자화 및 버퍼 제어 그리고 허프만 부호화의 과정을 통하여 이루어진다.^{[2] [3]}

DigiCipher 방식에서의 필드/프레임 모드 선택은 평균 자승 오차를 기준으로 행하며^[2], MPEG (motion picture experts group) II에서는 필드/프레임 모드를 선택하여 사용되 선택 방법은 제작자가 결정할 수 있다.^[4] MPEG TM 5(test model 5)에서는 알고리즘 비교를 위하여 수직 방향의 상관관계를 기준으로 필드/프레임 모드를 선택한다.^[5] 그리고 다른 비밀 주사 방식의 화상 부호화에서는 영이 아닌 DCT 계수의 수, 에너지, 움직임 벡터 그리고 발생 비트수로써 필드/프레임 모드를 선택하고 있다.^{[6] [11]} 평균 자승 오차를 기준으로 필드/프레임 모드를 선택 할 경우에는 복원 화상의 오차는 최소가 되지만 발생 비트수는 최소가 되지 않는다. 그리고 발생 비트수를 기준으로 필드/프레임 모드를 선택할 경우에는 발생 비트수는 최소가 되지만 평균 자승 오차가 최소가 되지 않는다. 또한, 수직 방향의 상관관계, 영이 아닌 DCT 계수의 수, 에너지, 움직임 벡터 등을 기준으로 필드/프레임 모드를 선택할 경우 하드웨어 구현은 간단하지만, 발생 비트수와 복원 화상의 오차는 최소가 되지 않는다.

발생 비트수와 복원 화상의 오차를 모두 최소로 만들 수 있는 필드/프레임 모드 선택 기법은 현재까지 제시되지 않고 있으나 화상의 압축 효율을 높이기 위해서는 이에 대한 연구가 필요하다.

DCT 변환 계수들의 진폭을 줄여 부호화 효율을 높이는 양자화에서는 화상의 통계적인 특성과 인간 시각 체계(human visual system: HVS)의 특성을 이용하여 구한 양자화 요소값으로 DCT 변환 계수들을 나누어 부호화한다. DCT 변환 계수의 양자화는 항상 양자화 오차를 동반하기 때문에 발생 비트수와 복원 화상의 화질에 영향을 미친다. 낮은 비트율에서 우수한 화질의 복원 화상을 얻기 위한 양자화 기법에 대한 많은 연구가 진행되어 오고 있다.^{[2] [5], [12] [19]} 비밀 주사 방식의 디지털 HDTV 부호화에서는 공간적인 중복성과 시간적인 중복성 그리고 주관적인 중복성을 제거하기 위하여 화상의 복잡도, 변조 전달 함수 및 버퍼 상태 등을 이용하여 DCT 변환 계수들

을 양자화한다.^{[2], [3]} 양자화된 변환 계수들은 허프만 부호화 과정을 거쳐 가변 길이의 이진 비트열로 변환되어 지상 방송 채널을 통하여 전송된다. 이 비트열을 고정된 용량의 지상 방송 채널을 통하여 전송하기 위해서는 부호화기의 출력단에 버퍼를 두고, 버퍼의 상태에 따라 구한 양자화 요소값을 조정하여 비트율을 일정하게 유지 시켜야한다. 이러한 양자화 요소 결정과 버퍼 제어 기법에 대해 국내에서도 연구되어 오고 있으며^{[17] [19]}, 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

본 논문에서는 비밀 주사 방식의 디지털 HDTV 화상 부호화를 위한 새로운 필드/프레임 모드 선택과 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법을 제안하였다. 필드/프레임 모드 선택은 각 필드/프레임 수퍼블럭의 평균 자승 오차와 발생 비트수를 고려하여 결정하였다. 또한, 각 수퍼블럭의 양자화 요소값은 인간 시각 특성과 버퍼 상태 등을 이용하여 구하였으며, 단위 블럭당 발생 비트수에 대한 통계적 특성 그리고 버퍼 상태 예측을 이용하여 버퍼 제어를 행하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안한 기법의 타당성을 확인하였으며, 필드/프레임 모드 선택 및 버퍼 제어 기법 각각의 성능이 기존의 방법들 보다 모두 우수하였다.

II. 비밀 주사 방식의 디지털 HDTV 화상 부호화

1. 비밀 주사 방식의 디지털 HDTV 화상 부호화의 구성

비밀 주사 방식의 디지털 HDTV 화상 부호화는 그림 1에서와 같이 색신호 전처리, 움직임 추정과 보상, DCT 변환, 계수 양자화, 허프만 부호화, 그리고 필드/프레임 모드 선택을 거쳐 이루어진다.^{[2], [3]}

DigiCipher HDTV의 경우 부호화기의 입력은 비밀 주사된 960(V)x1408(H)의 YUV 화상이며, 수퍼블럭은 8개의 8(V)x8(H)의 기본블럭으로 구성된 16(V)x32(H)의 Y 화상과 이에 해당하는 색신호인 8(V)x8(H)의 U 및 V 화상으로 구성되어 있다. 이 방식에서는 입력된 수퍼블럭으로부터 필드의 수퍼블럭과 프레임의 수퍼블럭을 구성하고, 이들 수퍼블럭을 다시 차 성분과 원 화상으로 구성된 블럭으로 변환한다. 그리고 이 블럭에 대하여 DCT 변환과 양자화 및 허프만 부호화를 수행한 후 프레임간/프레임내 선택과 필드/프레임 모드를 선택한다. 여기서, 프레임간/프레임내의 선택은 각 모드 별로 부호화한 후 발생된 비트수에 따라 기본블럭 단위로 결정되고, 필드/프레임 처리는 수퍼블럭 단위로 최소 오차에 따라 선택된다.

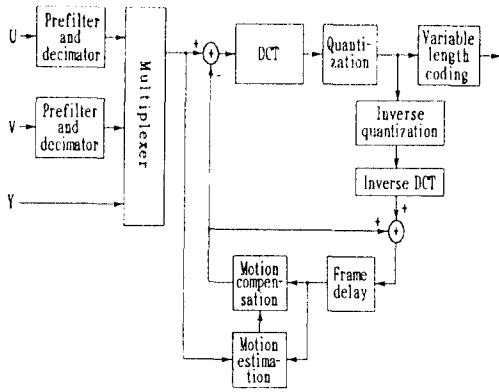


그림 1. 비월 주사 방식의 디지털 HDTV 화상 부호화기 블럭도

Fig. 1. Block diagram of the interlaced digital HDTV video encoder.

2. 평균 자승 오차와 발생 비트수에 의한 필드/프레임 모드 선택

화상 부호화기에서는 화상 데이터의 압축율을 증가시키기 위하여 비월 주사된 화상의 라인 사이의 상관성을 고려한다. 이에는 각 프레임을 두 개의 필드로 나누어 이 두 필드를 독립적으로 처리하는 필드 단위 부호화와 각 필드를 사이에 넣어 하나의 프레임으로 처리하는 프레임 단위 부호화 그리고 필드/프레임 단위를 적응적으로 선택하여 처리하는 적응 필드/프레임 부호화 방법이 있다. 필드 단위 부호화는 움직임이 있는 복잡한 화상을 처리할 때 유리하며, 프레임 단위 부호화는 움직임이 없거나 적은 경우 또는 비교적 빠르게 움직이는 단순한 부분의 화상을 처리할 때 유리하다. 비월 주사 방식의 디지털 HDTV 화상 부호화 시스템에서는 필드 단위 부호화와 프레임 단위 부호화의 장점을 이용하여, 수퍼블럭 단위로 필드/프레임 모드를 선택하는 적응 필드/프레임 부호화 방법을 이용한다. 이때 필드/프레임 선택에 따른 부가 정보를 수퍼블럭당 1 비트씩 복호화기로 전송한다.

적응 필드/프레임 부호화에서 필드/프레임 모드는 수직 방향의 상관 관계, 영이 아닌 DCT 계수의 수, 에너지, 움직임 벡터, 평균 자승 오차, 그리고 데이터 발생량 등에 의해 결정된다. 이들 중 수직 방향의 상관 관계, 영이 아닌 DCT 계수의 수, 에너지, 움직임 벡터 등을 기준으로 필드/프레임 모드를 선택할 경우에는 하드웨어 구현은 간단하지만 발생 비트수와 복원 화상의 오차는 최소가 되지 않는다. 평균 자승 오차를 기준으로 필드/프레임 모드를 선택 할 경우에는 복원 화상의 오차는 최소가 되지만 발생 비트수는

최소가 되지 않는다. 그리고 데이터 발생량을 기준으로 필드/프레임 모드를 선택할 경우에는 발생 비트수는 최소가 되지만 평균 자승 오차가 최소가 되지 않는다.

본 논문에서는 평균 자승 오차와 발생 비트수를 모두 최소치에 근접 시킬 수 있도록 PSNR의 변화값과 bpp(bits per pixel)의 변화값을 이용하여 필드/프레임 모드를 선택하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법에서는 평균 자승 오차에 따른 필드/프레임 모드와 데이터 발생량에 따른 필드/프레임 모드를 각각 구하고 이 모드를 비교하여 두 모드가 서로 같을 경우 이 모드를 최종 모드로 선택하고, 비교한 모드가 서로 다를 경우에는 PSNR의 변화값 및 bpp의 변화값을 이용하여 최종 모드를 결정한다.

제안한 필드/프레임 모드 선택의 흐름도는 그림 2에서와 같다. 입력된 프레임 화상으로부터 필드 및 프레임의 수퍼블럭을 구성하고, 이를 부호화한 후 각 필드/프레임 수퍼블럭의 평균 자승 오차와 발생 비트수를 구한다. 평균 자승 오차에 따른 필드/프레임 모드와 데이터 발생량에 따른 필드/프레임 모드를 각각 구하여 이들 모드를 비교하여 두 모드가 서로 같을 경우 이 모드를 최종 모드로 선택한다. 그리고 비교한 모드가 서로 다를 경우에는 PSNR의 변화값 VP (variation of PSNR) 및 bpp의 변화값 VB (variation of bpp)를 다시 비교하여 VB가 VP 보다 크면 데이터 발생량에 의한 방법으로 필드/프레임 모드를 선택하여 처리한다. 그러나 그렇지 않은 경우에는 평균 자승 오차에 의한 방법으로 필드/프레임 모드를 선택하여 처리한다. 즉,

$$\begin{aligned} & \text{IF } (VB > VP) \text{ Method of DATA RATE} & (1) \\ & \text{ELSE} \text{ Method of MEAN SQUARE ERROR.} \end{aligned}$$

여기서, VP 및 VB 는 각각

$$VP = |PSNR(FIELD) - PSNR(FRAME)| \quad (2)$$

$$= 10 \cdot \log_{10} [MSE(FRAME) / MSE(FIELD)] \quad (3)$$

$$VB = |bpp(FIELD) - bpp(FRAME)| * a \quad (3)$$

로 정의하였으며, PSNR 및 MSE 는

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{255^2}{MSE} \right] [dB] \quad (4)$$

$$MSE = \frac{1}{N^2} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} [\bar{x}(i, j) - x(i, j)]^2 \quad (5)$$

이다. α 는 1 bpp 증가에 대한 PSNR의 증가를 나타내는 상수로서 라플라스 분포를 갖는 DCT 변환 계수를 충분히 세밀한 양자화를 사용하여 양자화하고, 이를 고정 길이 부호화할 경우 근사적으로 6 dB 이다. 본 논문에서는 양자화 간격이 큰 양자화기로 양자화하고 가변 길이 부호화를 사용하기 때문에 실험을 수행하여 α 값을 구하였다. 실험 결과 본 논문에서 사용한 부호화기의 α 는 약 5.9 이며, $5.5 < \alpha < 6.5$ 의 범위에서는 성능이 유사하기 때문에 대부분의 부호화기에서는 $\alpha = 6$ 으로 두면 된다.

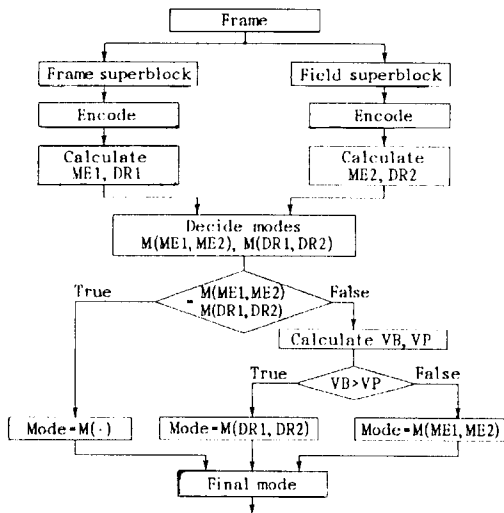


그림 2. 제안한 필드/프레임 모드 선택 방법의 흐름도

Fig. 2. Flow chart of the proposed adaptive field/frame mode selection method.

3. 계수 양자화 및 버퍼 제어 기법

DCT 변환된 계수들은 각 주파수 성분에 대한 하중값으로 나누어진 후 발생 데이터의 비트율을 맞추기 위해서 화상의 활동도와 인간의 인식 특성에 의해 주기적으로 조정되는 양자화 요소값으로 다시 나누어져야 한다. 그러나 이러한 양자화 과정에서 양자화 오차가 발생하게 되며, 그 결과 복원 화상의 화질에 큰 영향을 미치게 된다.

양자화 기법은 원하는 비트율에서 복원 화상의 PSNR을 높이기 위한 기법과 인간의 시각 특성에 따른 주관적 화질을 높이기 위한 기법으로 나눌 수 있다. 단순히 복원 화상의 PSNR을 높이기 위한 양자화는 인간 시각 특성이 민감한 평탄한 영역 및 중간 휘도값을 갖는 영역에서 주관적인 화질을 나쁘게 한

다. 따라서 최근에는 인간 시각 특성이 덜 민감한 복잡한 경계 영역이나 휘도값이 높거나 낮은 영역에서 양자화 오차를 많이 허용하고, 인식 특성이 민감한 부분에서 양자화 오차를 적게 발생시켜 주관적인 화질을 높이는 적응 양자화 기법이 많이 이용되고 있다.^{[12], [15], [12], [19]}

양자화된 DCT 변환 계수들은 최종적으로 허프만 부호화기를 거쳐 가변 길이의 이진 비트열로 변환된다. 가변적으로 발생하는 부호화된 이진 비트열을 고정된 채널로 전송하기 위해서는 허프만 부호화기와 채널 사이에 버퍼를 두어야 한다. 데이터 발생율과 채널 전송율이 일치하지 않을 경우 버퍼의 넘침(overflow)이나 고갈(underflow) 현상 등이 발생할 수 있으며, 이를 방지하기 위하여 양자화기에서는 항상 버퍼의 상태를 관찰하여 버퍼에 입력되는 데이터의 발생율을 조정하여야 한다. 이러한 데이터 발생율은 양자화 요소값을 버퍼의 상태에 따라 증가 혹은 감소시켜 조정한다.

가장 간단한 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법에서는 화상의 국부적인 특성은 고려하지 않고 이전 수퍼블럭의 버퍼 상태만을 고려하여 선형적으로 양자화 요소값을 결정한다. 즉, 이 기법에서는 화상의 특성과 HVS 특성을 고려하지 않고 단순히 버퍼 상태를 고려하기 때문에 버퍼 제어는 비교적 잘 이루어지지만, 복원 화상에 구획화나 몽롱화 현상 등이 심하게 나타난다.

버퍼 상태 및 공간 마스크 특성을 이용하여 주관적인 화질을 개선시키는 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법^[12]에서는 복잡한 경계 영역의 양자화 잡음이 단순 영역이나 단순 경계 영역의 양자화 잡음보다 덜 민감한 특성을 이용하여 복잡한 경계 영역에 양자화 요소의 값을 크게 한다. 이 경우 복잡한 경계 영역의 판단은 화상의 활동도를 측정하여 정한다. 버퍼 상태 및 공간 마스크 특성을 이용한 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법에서는 화상의 국부적 특성인 활동도를 고려하여 단순 영역에서의 구획화 현상을 줄여서 시각적으로 양호한 화상을 얻고, 또한 버퍼의 상태를 고려하여 버퍼 제어를 행한다. 그러나, 휘도 특성과 현재 수퍼블럭의 발생 비트수를 고려하지 않았기 때문에 구획화나 몽롱화 그리고 버퍼의 넘침이나 고갈 상태가 발생할 가능성이 높다.

본 논문에서는 구획화나 몽롱화 현상을 줄이고 버퍼의 넘침이나 고갈 현상을 효과적으로 제어하기 위하여 HVS의 휘도 특성과 주파수 특성 및 공간 마스크 특성을 이용하여 기준 양자화 요소값을 정하고, 비트 발생량의 통계 특성을 이용하여 현재 수퍼블럭

을 부호화한 후의 버퍼 상태를 예측하여 최종 양자화 요소값을 결정하는 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법을 제안하였다.

1) HVS 특성을 이용한 기준 양자화 요소 결정

각 수퍼블럭의 활동도와 밝기 정보를 이용하여 수퍼블럭에 대한 기준 양자화 요소값을 구하고, 이를 최종 양자화 요소값 결정에 이용한다. 먼저, i 번째 수퍼블럭의 활동도 A_{si} 는 각 기본블럭의 활동도 A_{bi} 중 가장 작은 값으로

$$A_{si} = \text{MIN}_{bi} [A_{bi}], \quad bi = 1, 2, \dots, M \quad (6)$$

와 같이 정의하였다. 여기서, 각 기본블럭의 활동도 A_{bi} 는

$$A_{bi} = \frac{1}{N^2} \left(\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} X^2(i, j) - X^2(0, 0) \right) \quad (7)$$

로서, DCT 변환 계수인 $X(i, j)$ 의 AC 계수의 평균 에너지이고, M 은 수퍼블럭내의 Y 신호의 기본 블럭의 개수이다. 또한, i 번째 수퍼블럭의 밝기 L_{si} 는

$$L_{si} = \text{MIN}_{bi} [L_{bi}] \quad (8)$$

로 정의하였다. 여기서, L_{bi} 는 각 기본블럭의 평균 기값이다.

수퍼블럭 단위의 활동도 A_{si} 따른 기준 양자화 요소 Q_{Asi}^{REF} 및 화상의 밝기 정보 즉, Weber을 이용한 기준 양자화 요소 Q_{Wsi}^{REF} 는 각각

$$Q_{Asi}^{REF} = \sqrt{A_{si}} \cdot T_v \quad (9)$$

$$Q_{Wsi}^{REF} = (Q_{MAX} - Q_{MIN}) \cdot \frac{2(L_{si} - 128)}{L_{MAX} - L_{MIN}} \quad (10)$$

와 같이 구한다. 여기서, T_v 는 가시 임계(visibility threshold)값으로서 인간의 인식 특성에 따라 실험적으로 구하는 값이며, L_{si} 가 L_{MAX} 보다 큰 경우와 L_{si} 가 L_{MIN} 보다 작은 경우 각각의 L_{si} 는

$$L_{si} = L_{MAX}, \quad L_{si} > L_{MAX} \quad (11)$$

$$L_{si} = L_{MIN}, \quad L_{si} < L_{MIN} \quad (12)$$

로 두었다.

각 수퍼블럭의 활동도와 밝기 정보에 대한 기준 양자화 요소값을 이용하여 최종 기준 양자화 요소 Q_{AWsi}^{REF} 를

$$Q_{AWsi}^{REF} = \text{INT}[Q_{Asi}^{REF} + Q_{Wsi}^{REF} + 0.5] \quad (13)$$

와 같이 구하였다.

2) 버퍼 상태의 예측

수퍼블럭 단위의 양자화 요소값을 구하거나 버퍼 제어를 행하기 위하여 기본블럭 단위로 화상의 활동도와 영이 아닌 DCT 변환 계수의 수에 따른 발생 비트율의 통계적 특성을 구하였다. 이는 여러가지 실험 화상을 DigiCipher HDTV 화상 부호화기로 수행시켜 실험적으로 구하였으며, 그 결과는 그림 3에서와 같았다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 동일 양자화 요소값에 대해서는 활동도 값이 클수록 그리고 영이 아닌 DCT 변환 계수의 수가 많을수록 발생 비트수가 지수적으로 증가하고, 또한 양자화 요소값이 작을수록 발생 비트수가 지수적으로 증가하였다.

현재 수퍼블럭을 부호화한 후의 버퍼 상태 변화를 예측하기 위해서는 먼저 각 기본블럭의 활동도와 영이 아닌 변환 계수의 수에 대한 발생 비트수의 통계 특성을 이용하여 각 수퍼블럭의 발생 비트수를 예측한다. 그리고, 현재 수퍼블럭을 부호화한 후의 예측 버퍼 상태 B_{si}^{pred} 는 예측 비트수 BIT_{EST} 로부터 구하였다. 즉,

$$B_{si}^{pred} = B_{si-1} + \frac{BIT_{EST} - BIT_{REF}}{L} \quad (14)$$

여기서, B_{si-1} 은 $(si-1)$ 번째 수퍼블럭을 부호화한 후의 버퍼 상태 값으로 본 논문에서는 버퍼 상태값을 -0.5 (empty) ~ 0.5 (full)로 정의하였다. 또한, BIT_{REF} 는 기준 발생 비트수이며, L 은 버퍼의 크기로서 한 프레임의 화상의 평균 비트 발생량을 저장할 수 있는 600k 바이트를 사용하였다.

3) HVS와 통계 특성 및 버퍼 상태 예측을 이용한 적응 양자화와 버퍼 제어

최종 양자화 요소값의 결정은 HVS 특성에 따른 기준 양자화 요소값과 이전 수퍼블럭의 버퍼 상태 및 현재 수퍼블럭에 대한 버퍼 상태의 예측값을 이용하여 구한다. 즉, 각 수퍼블럭의 최종 양자화 요소값 Q_{si}^{FIN} 는

$$Q_{si}^{FIN} = Q_{AWsi}^{REF} + K_1 \cdot (1 - \exp(-k_2 \cdot k_3 \cdot B_{si-1})), \quad (15)$$

$$B_{si-1} > 0, \quad k_3 \geq 0.8$$

$$= Q_{AWsi}^{REF} - K_1 \cdot (1 - \exp(\frac{k_2 \cdot B_{si-1}}{k_3})), \quad (16)$$

$$B_{si-1} < 0, \quad k_3 \leq 2.0$$

$$= Q_{AWsi}^{REF}, \quad o.w. \quad (17)$$

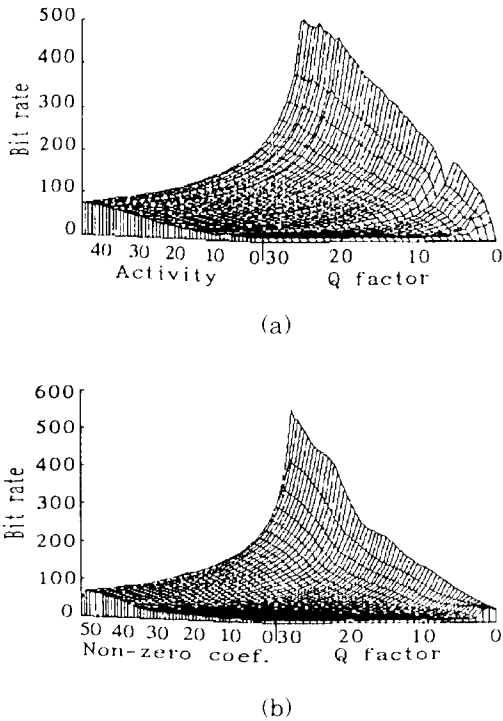


그림 3. 기본블럭 단위에 대한 (a) 활동도 및 (b) 영이 아닌 DCT 변환 계수에 따른 각각의 발생 비트율 변화의 통계적 특성

Fig. 3. Statistical characteristics of variation of generated bit rate for basis block with (a) activity and (b) non-zero coefficients, respectively.

와 같이 결정한다. 여기서, k_1 , k_2 및 k_3 는 버퍼 상태의 감도를 결정하는 상수값이다. 제안 방법에서는 k_1 및 k_2 를 모두 15로 두었으며, k_3 는

$$k_3 = \frac{BIT_{EST}}{BIT_{REF}} \quad (18)$$

로 예측된 발생 비트수에 따라 결정되도록 하였다. k_1 의 값이 1 보다 클 경우 예측 버퍼 상태값이 증가되며, 1 보다 작을 경우에는 예측 버퍼 상태값이 감소된다.

위와같이 수퍼블럭 단위로 예측된 발생 비트수를 이용하므로 버퍼의 넘침이나 고갈 상태를 효과적으로 방지할 수 있으며, 버퍼 상태값이 높은 경우의 단순한 영역에서는 작은 양자화 요소값을 선택하여 구획화 현상을 줄이고, 버퍼 상태값이 낮은 경우의 복잡한 영역에서는 큰 양자화 요소값을 선택하여 과도한

비트 발생을 줄일 수 있다.

III. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 필드/프레임 모드 선택 방법과 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법의 성능을 확인하기 위하여 실험을 하였으며, 실험 결과를 기존의 방법들과 비교하였다. 본 실험에서는 비밀 주사된 4:2:2 형태의 YUV로 구성된 MODEL 화상과 SWIMMEN 화상을 색신호 전처리를 통하여 8:1:1 형태의 YUV로 변환하여 시험 영상 신호로 각각 사용하였다. 여기서, Y 화상 데이터의 크기는 DigiCipher HDTV 화상 규격인 960(V)x1408(H)로 하고, U 와 V 화상 데이터의 크기는 960(V)x704(H)로 하였다. 처리한 YUV 영상 신호를 DVS ISP 200 시뮬레이터로써 실시간 디스플레이 시켜 그 화상을 고찰하였다. MODEL 화상은 정지 영역이 많고 움직임이 부분적으로 있는 화상이며, SWIMMEN 화상은 카메라 패닝(panning)으로 인하여 전체적으로 움직임이 많고 부분적으로 빠른 움직임이 있는 화상이다. 필드/프레임 모드 선택 기법에 대한 실험에서는 전체적으로 움직임이 많은 512(H)x512(V)의 SWIMMEN 화상을 사용하였으며, 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법에 대한 실험에서는 단순 화상과 움직임이 많은 화상 그리고 갑작스런 화상의 변화에 대한 효과를 조사하기 위하여 MODEL 화상의 11 프레임과 SWIMMEN 화상의 19 프레임을 합한 총 30 프레임의 연속 화상을 사용하였다. 필드 단위 처리와 프레임 단위 처리의 장점을 이용한 여러 가지 적응 필드/프레임 모드 선택 기법에 대하여 실험을 수행하고 각 기법들을 비교하였다. 본 실험에서는 영이 아닌 DCT 계수의 개수에 의한 방법, 수직 방향의 상관 관계에 의한 방법, 데이터 발생량에 의한 방법, 평균 자승 오차에 의한 방법, 그리고 제안된 PSNR 변화와 bpp 변화에 의한 방법 등의 여러 가지 필드/프레임 모드 선택 기법들을 사용하였다. 각 필드/프레임 모드 선택 기법들을 비교하기 위하여 양자화 요소값을 모두 15로 고정시키고, 필드/프레임 모드 선택 기법을 제외한 나머지 부호화 기법을 동일하게 처리하여 데이터 발생량과 PSNR을 조사하였다.

데이터 발생량에 의한 방법을 기준으로 각 기법들의 수퍼블럭당 평균 발생 비트수를 비교하고, 최소 오차에 의한 방법을 기준으로 수퍼블럭당 PSNR을 비교한 결과는 표 1에서와 같았다. 이 표에서 보는 바와 같이 적응적으로 필드/프레임 모드를 선택한 기법들이 프레임 단위로만 선택한 기법에 비하여 비트

율을 감소시키고, PSNR을 증가시킴을 알 수 있다. 적응적으로 필드/프레임 모드를 선택하는 기법 중에서 데이터 발생량에 의한 방법이 발생 비트수가 가장 적고, 평균 자승 오차에 의한 방법이 PSNR은 가장 높지만 발생 비트수가 많음을 알 수 있다.

제한한 PSNR 및 bpp의 각 변화에 의한 방법은 MPEG II 에서 사용하는 수직 방향의 상관 관계에 의한 방법보다 0.06 dB (0.2%) 높은 PSNR을 유지하면서 발생 비트 수가 0.014 bpp (1.8%) 감소되어 좋은 PSNR을 유지하면서 bpp를 낮출 수 있는 우수한 필드/프레임 모드 선택 기법임을 알 수 있다. 또한, 제한한 방법은 발생 비트수가 데이터 발생량에 의한 방법보다 0.004 bpp (0.6%) 증가되고, PSNR은 평균 자승 오차에 의한 방법보다 0.03 dB (0.09%) 감소되어 bpp와 PSNR이 모두 최소치에 근접함을 알 수 있다.

표 1. 필드/프레임 모드 선택 기법에 대한 성능 비교

Table 1. The performance comparison for field/frame mode selection methods.

| Mode selection criterion | Number of bit per superblock [bit] | PSNR [dB] |
|---------------------------------|------------------------------------|-----------|
| Frame only | 498 | 34.04 |
| Number of non-zero coefficients | 495 | 34.12 |
| Vertical correlation | 493 | 34.13 |
| Data rate | 481 | 34.11 |
| Mean square error | 492 | 34.22 |
| Proposed method | 484 | 34.19 |

적응 양자화 및 버퍼 제어 기법에 따른 성능을 분석하기 위하여 화상 부호화기의 나머지 처리 기법은 고정시키고 양자화 요소와 버퍼 제어 기법만을 변경시켜 버퍼 상태, 평균 자승 오차 그리고 복원 화상의 화질을 조사하였다.

버퍼 상태만을 이용한 기법, 화상의 복잡도와 버퍼 상태를 이용한 기법, 그리고 제안 기법인 화상의 복잡도 및 밝기에 대한 HVS 특성과 버퍼 상태 및 통계 특성을 이용한 기법 각각에 대한 30 프레임의 버퍼 상태를 조사한 결과는 그림 4에서와 같았다. 이 그림에서, 각 프레임의 버퍼 상태는 해당 프레임의 마지막 수퍼블럭에서의 버퍼 상태로서 화상의 갑작스런 변화가 있는 12번째 프레임에서 버퍼 상태가 높게

나타나고, 움직임이 적은 11번째 프레임까지는 비교적 버퍼 상태가 낮은 값을 유지하며, 움직임이 많고 복잡한 12번째부터 30번째 프레임은 높은 값을 가짐을 알 수 있다. 제안한 기법은 기존의 기법들보다 전체적으로 낮은 버퍼 상태값을 유지하며, 화상 시퀀스의 변화가 있는 경우에도 버퍼 상태값이 가장 낮음을 알 수 있다.

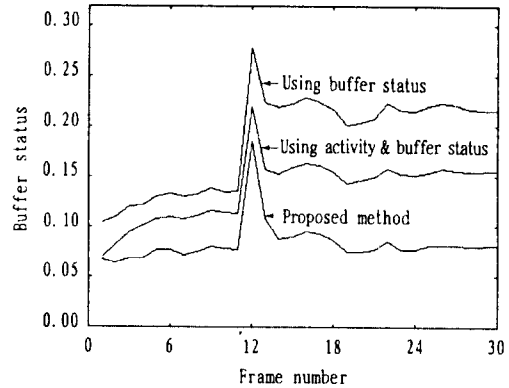


그림 4. 제안 양자화 기법 및 기존 기법에서의 버퍼 상태의 변화

Fig. 4. Variation of buffer status in proposed quantization method and conventional methods.

각 기법들의 수퍼블럭당 평균 자승 오차의 프레임당 평균치를 조사한 결과 세가지 처리 기법의 평균 자승 오차는 모두 화상의 복잡도와 버퍼 상태에 따라 증가하였으며, 제안한 기법이 약간 높은 평균 자승 오차값을 나타내었다. 이는 주관적 화질을 개선하기 위하여 인식이 낮은 명암 영역과 복잡한 영역에서 양자화 오차를 크게 하였기 때문이다.

제한된 기법에 의해 부호화된 이진 비트열을 복호화하여 얻은 연속된 30개의 프레임 중 11번째 프레임의 복원 화상은 그림 5에서와 같았으며, 각 기법에 대한 복원 화상의 인식 특성이 민감한 부분을 확대한 화상들은 그림 6에서와 같다. 그림 6의 (a) 및 (b)의 확대된 화상은 복잡도가 낮은 평탄한 부분에서 구획화 현상이 나타나고, 단순 에지에서 몽롱화 현상이 생김을 알 수 있다. 제안 방법인 그림 6의 (c)의 확대된 화상은 인식이 높은 평탄한 부분에서의 구획화 현상과 단순 에지에서의 몽롱화 현상이 적게 나타남을 알 수 있다. 각 기법에 대해 비슷한 비트율로 부호화 할 경우 본 논문에서 제안한 HVS, 버퍼 상태 및 통계 특성을 이용한 기법의 복원 화상이 구획

하나 뭉뚱화 현상이 적고 주관적 화질이 우수함을 확인할 수 있다.

이상에서 버퍼 상태만을 이용한 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법은 계산량이 적고, 하드웨어 구현이 간단하며, 평균 자승 오차는 적지만 복원 화상의 주관적 화질이 나쁘다. 복잡도와 버퍼 상태를 이용한 기법은 계산량이 적고 하드웨어 구현이 간단하지만, 복원 화상의 주관적 화질이 중간 정도였다. HVS 특성과 버퍼 상태 및 통계 특성을 이용한 제안 기법은 계산량의 증가는 적지만 통계 특성을 위한 LUT(look-up table) 등의 하드웨어가 필요하다. 그러나 이 기법은 화상의 복잡도와 밝기 및 비트 발생량에 대한 통계적 특성을 고려하였기 때문에 안정된 버퍼 상태를 유지하면서 복원 화상의 주관적 화질이 가장 우수한 기법으로 판단된다.

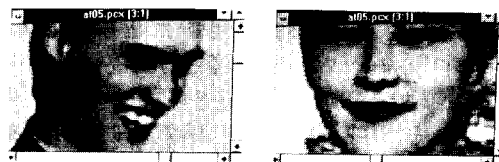


그림 5. 제안 기법에 의한 11번째 프레임의 복원 MODEL 화상

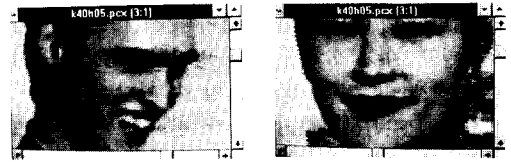
Fig. 5. Reconstructed 11-th image of MODEL with a proposed method.



(a)



(b)



(c)

그림 6. (a) 버퍼 상태만을 이용한 기법, (b) 복잡도와 버퍼 상태를 이용한 기법, 및 (c) 제안 기법에 의하여 각각 처리한 MODEL 데이터로 복원한 화상들

Fig. 6. The enlarged reconstructed images by processed MODEL data with quantization methods of using (a) only buffer status, (b) activity and buffer status, and (c) proposed algorithm, respectively.

IV. 결론

본 논문에서는 비밀 주사 방식의 디지털 HDTV 화상 부호화를 위한 새로운 필드/프레임 모드 선택과 적응 양자화 및 버퍼 제어 기법을 제안하였다. 필드/프레임 모드 선택은 각 필드/프레임 수퍼블럭의 평균 자승 오차와 발생 비트수에 따라 결정하였다. 또한, 각 수퍼블럭의 양자화 요소값은 인간 시각 특성과 버퍼 상태 등을 이용하여 구하였으며, 단위 블럭당 발생 비트수에 대한 통계적 특성 그리고 버퍼 상태 예측 등을 이용하여 버퍼 제어를 행하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안한 기법의 타당성을 확인하였으며, 필드/프레임 모드 선택 및 버퍼 제어 기법 각각의 성능이 기존의 방법들 보다 모두 우수하였다.

參考文獻

- [1] W. Y. Zou, "Digital HDTV compression techniques for terrestrial broadcasting," *SMPTE Journal*, pp. 127-131, Feb. 1993.
- [2] General Instrument Corporation VideoCipher Division, "DigiCipher HDTV system description," Aug. 1991.
- [3] Advanced Television Research Con-

- sortium, "System description-advanced digital television." Feb. 1991.
- [4] Motion Picture Experts Group, "MPEG II Committee Draft." Doc. ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11/602, Nov. 1993.
- [5] Motion Picture Experts Group, "MPEG II Test Model 5, Draft Revision 2." Doc. ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11/N0400, April 1993.
- [6] E. Nakasu, Y. Shishikui, H. Imaizumi, H. Nakanishi, and Y. Ohtsuka, "Intra/inter mode adaptive DCT coding system of HDTV signals," 4th Int'l Workshop on HDTV and beyond, pp. 421-428, Torino, Italy, Sept. 1991.
- [7] M. K. Kim and J. K. Kim, "A motion adaptive hybrid coding for HDTV signals," 4th Int'l Workshop on HDTV and beyond, pp. 429-436, Torino, Italy, Sept. 1991.
- [8] M. Barbero, S. Cucchi, and M. Stroppiana, "Coding strategies based on DCT for the transmission of HDTV," Proceedings of the 2nd Int'l Workshop on HDTV, pp. 503-508, L'Aquila, Italy, Feb. 1988.
- [9] R. Kutka, "Block adaptive frame/field DCT coding decided by the vertical difference test," 3rd Int'l Workshop on HDTV, pp. 111-120, Torino, Italy, Aug. 1989.
- [10] D. Westerkamp and H. Peters, "Comparison between progressive and interlaced scanning for a future HDTV system with digital data rate reduction," Proceedings of the 2nd Int'l Workshop on HDTV, pp. 15-23, L'Aquila, Italy, Feb. 1988.
- [11] H. Hoffman and W. Tenglér, "A CODEC for the distribution of digital HDTV signal via broadcasting satellites and digital networks," 4th Int'l Workshop on HDTV and beyond, pp. 263-270, Torino, Italy, Sept. 1991.
- [12] K. N. Ngan, K. S. Leong, and H. Singh, "Adaptive cosine transform coding of images in perceptual coding domain," IEEE Trans. Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 37, no. 11, pp. 1743-1750, Nov. 1989.
- [13] D. L. McLaren and D. T. Nguyen, "Removal of subjective redundancy from DCT-coded images," IEE Proc. Part I, vol. 138, no. 5, pp. 345-350, Oct. 1991.
- [14] A. N. Netravali and B. G. Haskell, Digital Pictures-Representation and Compression, Plenum Press, New York, pp. 245-459, 1988.
- [15] H. Watanabe and S. Singhal, "Bit allocation and rate control based on human visual sensitivity for interframe codes," ICASSP-92, pp. 521-524, March 1992.
- [16] C. Horne and A. Puri, "Video coding with adaptive quantization and rate control," SPIE vol. 1818 Visual Comm. and Image Processing, pp. 798-806, Nov. 1990.
- [17] 정 제창, 조 재문, "Full-digital HDTV에 있어서의 화상 신호 데이터 압축," 전자 공학 회지, 제 19권, 제 12호, pp. 1-14, 1992년 12월
- [18] 최 윤식, 어 정선, "완전 디지털 HDTV 시스템에서의 적응 양자화 방법," 제 5회 신호처리 합동 학술대회 논문집, 제 5권, 제 1호, pp. 442-445, 1992년 9월
- [19] K. W. Chun, K. W. Lim, H. D. Cho, and J. B. Ra, "An adaptive perceptual quantization algorithm for video coding," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 39, no. 3, pp. 555-558, Aug. 1993.

著者紹介



金 仲 坤(正會員)

1963年 3月 15日生. 1988年 2月
경북대학교 전자공학과 졸업(공학
사). 1990年 2月 경북대학교 대학
원 전자공학과 졸업(공학석사).
1990年 3月 ~ 현재 경북대학교
대학원 전자공학과 박사과정. 주

관심 분야는 영상압축 및 영상신호처리 등임.

宋 奎 翼(正會員) 第 30卷 B編 第 7號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 부교수

•

金 德 奎(正會員) 第 30卷 B編 第 7號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 부교수

•

李 健 一(正會員) 第 24卷 第 4號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 교수