

# 차이영상에 대한 DCT 계수의 끼워짜기를 이용한 비트율 감소 (Bitrate Reduction by Interleaving DCT Coefficients for Differential Images)

李相吉\*, 梁景好\*\*, 李忠雄\*\*

(Sang Gil Lee, Kyeong Ho Yang and Choong Woong Lee)

## 要約

본 논문에서는 움직임 보상 부호화에서 움직임 보상 예측 오차신호 (motion compensated prediction error signal, MCP 오차신호)를 전송하는데 필요한 비트율을 감소하는 방법을 제안한다. MCP 오차신호를 압축하는 방법으로는 MCP 오차신호를 DCT 변환하여 양자화한 후, 양자화된 DCT 계수들을 엔트로피 부호화하는 방법이 많이 사용되고 있는데, 이 방법에서 엔트로피 부호화는 하나의 기본 구획내의 DCT 계수들의 통계적인 상관성을 이용하여 데이터를 압축하는 것이다. 그러나 DCT 계수들의 통계적인 상관성은 구획내에서만 존재하는 것이 아니라 DCT 구획간에도 존재하므로, 본 논문에서는 DCT 구획간에 존재하는 통계적인 상관성도 함께 이용하여 데이터를 압축하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 양자화한 DCT 구획을 그 특성에 따라 비끼워짜기 그룹과 끼워짜기 그룹으로 분류한 다음, 각 그룹의 구획들을 그 특성에 적합한 방법으로 부호화한다. 비끼워짜기 그룹에서는 구획내의 통계적인 상관성만을 이용하여 엔트로피 부호화하며, 끼워짜기 그룹에서는 구획간의 통계적인 상관성도 함께 이용하기 위해 구획간 끼워짜기를 한 다음 엔트로피 부호화한다. 모의 실험을 통하여 제안 방법이 기존 방법보다 비트율 감소 성능이 우수함을 보였다.

## Abstract

This paper proposes an algorithm to reduce the bitrate for transmission of MCP(motion compensated prediction) error signals. Many digital image coders have recently employed hybrid coding schemes which perform motion compensation, DCT transform, quantization, and variable length coding. The variable length coding compresses the quantized DCT coefficient data by removing their statistical redundancy. But some DCT blocks have the interblock statistical redundancy as well as the intrablock one. To utilize both of them, the DCT blocks are classified into the interleaving group and the non-interleaving group. And then each DCT block in the non-interleaving group is encoded independently, and the DCT blocks in the interleaving group are encoded after interleaving the DCT coefficients. Through the simulations, it is shown that the proposed method outperforms the conventional method in which each DCT block is encoded independently.

\*正會員, KBS技術研究所  
(Technical Research Institute Korean  
Broadcasting System)

\*\*正會員, 서울대학교 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Seoul Nat'l Univ.)  
接受日字: 1992年 6月 15日

## I. 서론

디지털 HDTV 등의 영상신호는 음성신호 등 다른 신호들에 비해 그 데이터량이 방대하므로, 영상신호를 대역이 제한된 채널을 통하여 디지털적으로 전송하기 위해서는 영상 데이터를 압축하는 것이 필요하다. 영상신호를 압축하는 대표적인 기법으로 움직임 보상 예측 및 변환 부호화 방법이 있다. 이 방법은 현재 CCITT H.261<sup>[1]</sup>, MPEG-I<sup>[2]</sup>, MPEG-II<sup>[3]</sup>, 그리고 미국 FCC(Federal Communications Commission)에 제안된 완전 디지털 HDTV 시스템<sup>[4-7]</sup> 등에서 널리 사용되고 있다. 이들은 대부분 움직임 보상 예측, DCT 변환, 양자화, 엔트로피 부호화 등으로 구성된다.<sup>[8-12]</sup>

연속영상에서는 대표적으로 세가지의 중복성, 즉 시간 중복성, 공간 중복성, 통계적인 중복성이 존재하게 된다. 영상신호의 압축은 이들을 제거하는 과정을 통하여 이루어질 수 있다. 움직임 보상 예측/변환 부호화에서 움직임 보상 예측은 TV 등의 연속영상신호에 존재하는 프레임간 시간 중복성을 제거하기 위한 것이다.<sup>[13]</sup> 그러나 움직임 보상 예측을 통하여 얻은 MCP 오차신호는 프레임간 중복성은 거의 제거되었지만 공간 중복성은 많이 남아 있으므로, MCP 오차신호의 공간 중복성을 제거하기 위해 변환 기법이 사용된다. 변환 방법으로는 공간 상관성이 큰 신호에 대해 에너지 집중 효율이 좋은 DCT 변환이 널리 사용된다. 그리고 변환된 DCT 계수는 인간 시각 시스템의 특성을 고려하여 각 계수마다 다른 양자화 간격을 사용하여 양자화한다.<sup>[14]</sup> 일반적으로 고주파 영역의 계수들에서는 양자화 간격을 크게 하고 저주파 영역의 계수들에 대해서는 양자화 간격을 작게 하여 양자화한다. 이 과정에서 데이터의 양은 크게 압축되는데, 압축되는 정도에 비례하여 도입되는 일그러짐의 양도 증가한다. 이러한 과정을 통하여 얻은 양자화된 DCT 변환 계수는 시간 및 공간 중복성은 제거되었지만 각 계수마다 통계적인 중복성은 남아있다. 따라서 대부분의 시스템 들에서는 각 계수에 존재하는 통계적인 상관성을 제거하기 위해 DCT 계수들의 통계적인 특성을 이용하여 엔트로피 부호화 한다. 이 과정에서는 일그러짐이 도입되지 않으며, 대표적인 방법으로는 허프만 부호화<sup>[15]</sup> 및 산술 부호화<sup>[16]</sup>, UVLC(Universal Variable Length Coding)<sup>[17]</sup>, MUVLC(Modified UVLC)<sup>[18]</sup> 등이 있다.

양자화된 DCT 계수들을 표현하는 데 필요한 비트율을 감소시키기 위해서는 DCT 구획을 갈짓자 형태로 주사하면서 0의 줄길이  $r$ 과 0이 아닌 계수 1을 조

합한 심볼  $(r, 1)$ 을 엔트로피 부호화하는 방법이 많이 사용된다.<sup>[5]</sup> 그런데 이 방법은 하나의 기본구획내의 DCT 계수들의 통계적인 상관성을 이용하여 전송 비트율을 낮추고자 하는 것이다. 그러나 MCP 오차영상의 DCT 계수들을 보면 통계적인 상관성이 구획내에서만 존재하는 것이 아니라 인접 DCT 구획간에도 존재한다는 것을 알 수 있다. 따라서 인접 DCT 구획간에 존재하는 통계적인 중복성도 함께 고려하면 DCT 계수 정보의 전송 비트율을 더욱 감소시킬 수 있을 것이다.

본 논문에서는 이러한 점에 착안하여 DCT 구획내의 통계적 상관성 뿐만 아니라 DCT 구획간에 존재하는 통계적 상관성도 같이 이용하여 데이터를 압축하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법에서는 양자화한 DCT 구획을 0이 아닌 DCT 계수들의 갯수에 따라 비끼워짜기 그룹과 끼워짜기 그룹으로 분류한 다음, 각 그룹의 특성에 적합한 방법으로 새로운 신호를 구성한 다음 엔트로피 부호화한다. 비끼워짜기 그룹에서는 구획내의 통계적인 상관성만을 이용하여 DCT 구획 단위로 엔트로피 부호화하며, 끼워짜기 그룹에서는 구획간의 통계적인 상관성도 함께 이용하기 위해 DCT 구획들을 끼워짜기하여 새로 구성된 신호를 엔트로피 부호화한다.

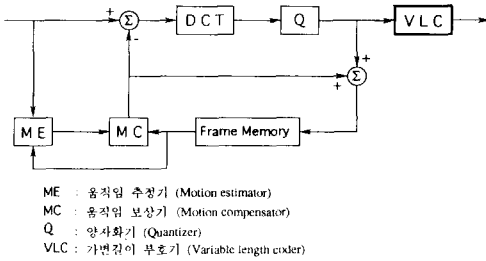
II장에서는 본 논문에서 제안하는 DCT 계수 데이터의 전송 비트율 감소 방법에 대해 구체적으로 설명하며, III장에서는 제안 방법에 대한 여러가지 분석을 행하고, 실제 영상 부호기에 적용할 수 있도록 모의 실험을 통해 여러가지 파라미터들을 결정한다. 그리고 IV장에서는 모의실험을 통하여 제안 방법의 결과를 나타내고, V장에서 본 논문에 대한 결론을 맺는다.

## II. 제안 알고리즘

MCP 오차영상을 DCT 변환한 다음 양자화한 값을 보면, 일반적으로 DCT 계수의 고주파 영역으로 갈수록 0인 값을 가지는 확률이 높다. 이러한 이유 때문에 갈짓자 주사를 하면서 엔트로피 부호화하는데 사용하는 심볼, 즉 0의 줄길이  $r$ 과 0이 아닌 계수 1을 조합으로 하는 심볼  $(r, 1)$ 을 구성하는 것이 수평 주사를 하는 경우보다 효율적이다. 이 방법은 양자화한 DCT 계수들의 통계적 특성을 고려하고 있지만, DCT 구획간에 존재하는 통계적 상관성은 이용하지 않고 있다. 그러나 인접 구획들의 DCT 계수들을 살펴보면 비슷한 성질을 나타낸다는 것을 알 수 있으며, 이러한 성질도 함께 고려하면 데이터 압축 성능

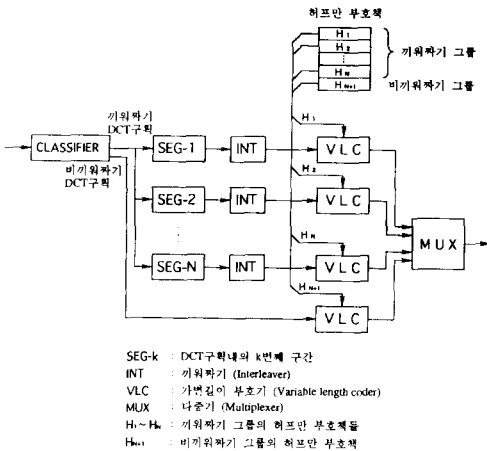
을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 끼워짜기 방법을 도입하는 영상 부호기의 전체 구성도를 나타낸 것이다. 그림 1(b)에서 보듯이, 양자화한 DCT 계수의 부호화는 DCT 구획의 분류, 끼워짜기 그룹의 부호화, 비끼워짜기 그룹의 부호화 등으로 구성된다. 아래의 절들에서는 제안 방법을 수행하는 구체적인 방법을 단계적으로 기술한다.



ME : 움직임 추정기 (Motion estimator)  
 MC : 움직임 보상기 (Motion compensator)  
 Q : 양자화기 (Quantizer)  
 VLC : 가변길이 부호기 (Variable length coder)

(a)



SEG-k : DCT구획내의 k번째 구간  
 INT : 끼워짜기 (Interleaver)  
 VLC : 가변길이 부호기 (Variable length coder)  
 MUX : 다중기 (Multiplexer)  
 H<sub>1</sub>~H<sub>n</sub> : 끼워짜기 그룹의 허프만 부호코드  
 H<sub>n+1</sub>~H<sub>m+1</sub> : 비끼워짜기 그룹의 허프만 부호코드

그림 1. 제안 알고리즘의 전체 구성도

- (a) 일반적인 움직임 보상 예측/변환 부호기
- (b) 제안 방법에 의한 가변길이 부호기

Fig. 1. Block diagram of the proposed algorithm.

- (a) Typical motion compensated predictive/transform coder.
- (b) Variable length coder for the proposed algorithm.

1. 구획의 분류

DCT 구획을 엔트로피 부호화하기 위해 일반적인

로 같짓자 주사를 하면서 심볼 (r,l)을 구성하는 이유는 양자화한 DCT 계수들이 0이 아닌 값을 가질 확률이 저주파 방향으로 갈수록 증가하기 때문이다. 즉, 같짓자 주사는 발생 확률의 크기 순서로 주사하므로 수평 주사를 하는 경우에 비해 보다 집중된 확률 분포를 얻을 수 있어 엔트로피 부호화에 유리하게 된다. 따라서 인접 DCT 구획들간에 상관성이 크다면 인접하는 몇개의 구획들 단위로 구획들 내의 모든 계수들을 발생확률 크기 순서대로 주사하면서 심볼 (r, l)을 구성하여 엔트로피 부호화하면 부호화 효율을 개선할 수 있을 것이다. DCT 구획들간의 끼워짜기는 이러한 성질을 이용하는 유용한 방법이다.

그러나 끼워짜기를 하는 구획들간에 0이 아닌 계수들이 상관성이 작으면 성능개선을 가져오지 못한다. 즉, 대부분이 0인 계수들로 이루어지거나 0이 아닌 계수가 존재하여도 펄스 형태로 존재하는 구획들에서는 끼워짜기가 효율이 좋지 않다. 이러한 구획들에 존재하는 0이 아닌 계수들은 인접 구획간의 상관성이 거의 없으며, 끼워짜기를 하면 0의 길이가 증가하는 심볼들이 많이 발생하여 확률 분포가 덜 집중되게 되는 것이다. 따라서 이러한 구획들에 대해서는 끼워짜기를 하지 않고 구획내에서 같짓자 주사를 하여 구성된 심볼을 엔트로피 부호화하는 것이 좋다. 본 논문에서는 끼워짜기의 성능을 향상시키기 위해 구획내의 0이 아닌 계수들의 갯수에 따라 구획을 분류한다. 즉, 각각의 DCT 구획에 대하여 DC 계수부터 시작하여 p개의 계수들 중에서 0이 아닌 계수가 q개 이상 존재하면 그러한 구획들은 끼워짜기를 한 다음 엔트로피 부호화하며, 그렇지 않으면 끼워짜기를 하지 않고 엔트로피 부호화한다. 본 논문에서는 전자의 구획들의 집합을 "끼워짜기 그룹"이라고 하고, 후자의 구획들의 집합을 "비끼워짜기 그룹"이라고 한다.

DCT 구획들을 끼워짜기 그룹과 비끼워짜기 그룹으로 분류하는 단위는 임의로 결정할 수 있으나, 부호화에 적용하는 경우를 고려하면 한 프레임내에서 일정한 크기를 가지도록 하는 것이 편리하다. 본 논문에서는 분류하는 단위를 "슬라이스(slice)"라고 하고, 한 프레임이 정수개의 슬라이스로 구성되도록 한다. 하나의 슬라이스는 수직 M개의 DCT 구획과 수평 N개의 DCT 구획으로 구성한다. 그림 2는 슬라이스의 크기를 수직으로 2개, 수평으로 88개(MPEG 영상에서 수평 704 화소를 전부 포함)의 DCT 구획으로 구성하는 경우, 하나의 슬라이스 내에서 구획을 분류하는 주사 순서를 나타낸 것이다. 주사방법은 그림 2에서 보듯이 인접 구획간의 상관성을 고려하여 같짓자 주사를 한다. 이 방법은 수평 주사 방법에 비

해 유리하다. 왜냐하면 영상신호는 급격한 edge나 복잡한 부분을 제외하면 인접한 구역들 간에 상관성이 크므로, 같짓자 주사를 하면 끼워짜기를 수행할 때 이러한 상관성을 충분히 이용할 수 있기 때문이다. 즉, 같짓자 주사는 끼워짜기 할 때 상관성이 많은 계수들이 서로 인접할 수 있도록 배열하여 이 계수들로부터 얻는 심볼 (r,l)의 확률 분포가 보다 더 집중할 수 있도록 한다.

2. 비끼워짜기 그룹의 부호화

비끼워짜기 그룹내의 구획들은 양자화한 계수들의 값이 대부분 0이다. 이러한 구획들은 끼워짜기를 하더라도 성능개선이 거의 없으므로, 구획내에서만 같짓자 주사하면서 구성된 심볼들로 엔트로피 부호화한다. 즉, 구획 단위로 같짓자 주사를 하여 얻은 1차원 배열에서 0의 줄길이 r과 0이 아닌 계수 l로 구성되는 심볼 (r,l)을 계속하여 구하고, 0이 아닌 계수가 발생한 후에 배열의 끝까지 0이 연속되는 경우에는 EOB(End Of Block)라는 심볼을 할당한다. 이렇게 하여 구성된 심볼들을 가변길이 부호화한다. 비끼워짜기 그룹내의 구획에서 발생하는 심볼들의 확률분포는 두개의 그룹으로 분류하기 전에 전체 구획에서 발생할 수 있는 심볼들의 확률 분포와는 다르다. 그러므로, 이 그룹의 심볼들에 대해서 비끼워짜기 그룹내의 DCT 구획들의 특성에 적합한 가변길이 부호화를 행하면, 구획을 분류하기 전의 모든 DCT 구획들의 특성에 적합한 가변길이 부호화를 행하는 것보다 비트율을 더 감소할 수 있다. 식 (1)과 식 (2)는 각각 구획을 분류한 경우와 분류하지 않은 경우에 비끼워짜기 그룹의 구획들을 표현하는 데 필요한 이론적인 비트수를 나타낸 것이다.

$$T_c = \sum_{i=1}^M N(i) \cdot \log \frac{1}{P_c(i)}, \tag{1}$$

$$T_p = \sum_{i=1}^M N(i) \cdot \log \frac{1}{P_p(i)}. \tag{2}$$

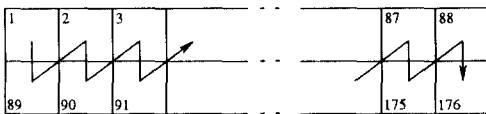


그림 2. 구획 분류를 위한 슬라이스 단위의 주사 방법

Fig. 2. Scanning order for classification of DCT blocks into the interleaving group and the non-interleaving group in a slice.

식 (1)과 식 (2)에서는 구획을 분류하지 않는 경우 DCT 구획 전체로부터 구해진 심볼 i의 발생확률을, 구획을 분류하였을 때 비끼워짜기 그룹내의 DCT 구획들로부터 구해진 심볼 i의 발생확률을 나타내며, M은 비끼워짜기 그룹에서 발생가능한 심볼의 종류를, n은 그룹의 분류 여부에 상관없이 비끼워짜기 그룹에 속할 DCT 구획에서 심볼 i가 발생하는 갯수를 의미한다.

식 (2)를 이용하여 구한 비트수는 표현하고자 하는 모든 심볼들의 엔트로피로부터 구해진 것이므로, 비끼워짜기 그룹내의 심볼들을 표현하는 데 필요한 비트수의 최소값이다. 따라서 로부터 구해진 총비트수는 보다 크다. 즉, 비끼워짜기 그룹도 한 프레임 내에서 비슷한 특성을 갖는 구획들을 모아 놓은 것이므로 기존의 방법으로 부호화해도 어느정도의 부호화 이득을 얻을 수 있다.

3. 끼워짜기 그룹의 부호화

끼워짜기 그룹내의 구획들은 비끼워짜기 그룹내의 구획들에 비해 0이 아닌 계수들의 갯수가 많다. 이 그룹내의 구획들도 비슷한 특성을 갖는 구획들로 분류된 것이므로 끼워짜기를 하지 않고 비끼워짜기 그룹에서와 같은 부호화를 하더라도 어느정도의 이득을 얻을 수 있다. 그러나 II장 1절에서 기술하였듯이 이 그룹내의 그룹들은 끼워짜기를 적용함으로써 전송 비트율을 더욱 개선시킬 수 있다. 그리고, 양자화한 DCT 계수들의 0이 아닌 값의 발생확률이 DCT 계수들의 위치에 따라 크게 다르므로, 끼워짜기 그룹에서는 이 성질을 이용하기 위하여 각각의 DCT 구획을 몇개의 구간으로 나누는 다음 각각에 대하여 끼워짜기를 수행하고 각각의 특성에 적합한 엔트로피 부호화를 함으로써 비트율 감소 효율을 높인다. 즉, 끼워짜기 그룹의 부호화는 슬라이스 단위로, 각 DCT 구획의 분할과 분할된 구획들의 끼워짜기, 그리고 끼워짜기하여 구성된 심볼 (r,l)의 엔트로피 부호화로 구성된다. DCT 구획의 분할은 구획내의 계수들을 같짓자 순서로 주사하면서 K개의 구간으로 나누는 과정이다. 끼워짜기 그룹내의 DCT 구획의 갯수를 L이라고 하고, i번째 구획에 대하여 같짓자 주사하여 얻은 배열을 [i] [j] 라고 하면, k번째 분할 구간의 데이터는 식 (3)과 같다.

$$D_k[i][j_k] = X[i][j] \tag{3}$$

DCT 구획에서 k번째 분할 구간의 시작점을 seg [k-1] 라고 하면, 식(3)에서, j<sub>k</sub> = j - seg [k-1]

이고,  $0 \leq i < L$ ,  $0 \leq j < 64$ ,  $1 \leq k < K$ ,  $0 \leq j < \text{seg}[k] - \text{seg}[k-1]$  이다. 그림 3은 각 DCT 구획을 5개의 구간으로 구분한 예를 나타낸 것이며, 이 경우  $\text{seg}[0] = 0$ ,  $\text{seg}[1] = 10$ ,  $\text{seg}[2] = 21$ ,  $\text{seg}[3] = 36$ ,  $\text{seg}[4] = 49$ ,  $\text{seg}[5] = 64$  이다. 각 DCT 구획의 k번째 분할 구간 데이터들  $D_k[i][j_k]$  를 슬라이스 내에서 끼워짜기하여 얻은 데이터  $I_k[l]$ 는 식 (4)와 같다.

$$I_k[l] = D_k[i][j_k]. \tag{4}$$

식 (4)에서,  $l = L \cdot j_k + i$ 이고,  $0 < l < L(\text{seg}[k] - \text{seg}[k-1])$  이다.

이와 같이 끼워짜기하여 구성된 K개의 데이터배열  $I_k[l]$  각각에 대하여 0의 줄길이 r과 0이 아닌 계수 l로 구성되는 심볼 (r,l)을 계속하여 구하고, 0이 아닌 계수가 발생한 후에 배열의 끝까지 0이 연속되는 경우에는 EOB(End Of Block)라는 심볼을 할당한다. 이렇게 하여 구성된 심볼들을 가변길이 부호화한다. 이때 데이터  $I_k[l]$ 의 각각으로부터 구성된 심볼들은 분할 구간의 위치에 따라 확률분포가 크게 다르므로, 각 심볼들의 특성에 적합하게 미리 구성된 허프만 부호책을 이용하여 독립적으로 엔트로피 부호화한다. 따라서, 제안 알고리즘을 도입하는 부호화에서는 비끼워짜기 그룹의 부호화에 1개의 허프만 부호책이 필요하고, 끼워짜기 그룹의 부호화에는 각 분할 구간에 대하여 구성된 심볼들의 특성에 적합한 K개의 허프만 부호책이 필요하다. 즉, 전체 K+1개의 허프만 부호책을 사용한다.

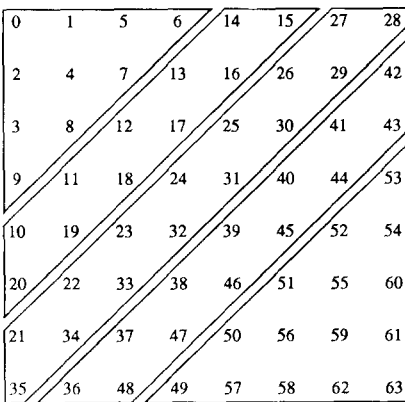


그림 3. DCT 구획의 분할  
Fig. 3. Segmentation of a DCT block.

끼워짜기 그룹의 부호화에서는 분할 구간 단위로 끼워짜기하여 구성된 K개의 배열을 독립적으로 부호

화하므로 하나의 슬라이스내의 끼워짜기 그룹의 부호화에서 나타나는 심볼 EOB의 갯수는 분할하는 구간의 갯수 K와 같다. 이것은 끼워짜기를 하지 않는 방법에서 매 DCT 구획마다 1개씩의 EOB가 발생하는 것과 비교하면 매우 적은 갯수이며, 이러한 EOB 심볼들의 감소는 압축률 개선에 많은 영향을 준다.

### III. 제안 방법의 분석

II장에서 제안한 양자화한 DCT 계수의 엔트로피 부호화 방법에서 부호화 성능에 영향을 주는 파라미터들은 다음과 같다.

- 끼워짜기 그룹과 비끼워짜기 그룹의 분류 기준
- 슬라이스의 크기
- DCT 구획을 분할하는 갯수

이 장에서는 이러한 파라미터들의 변화에 따른 부호화 성능의 개선 정도를 모의실험을 통하여 분석하고, 분석한 결과를 토대로 부호화 성능 개선에 적합한 파라미터를 선택한다.

#### 1. 끼워짜기 그룹과 비끼워짜기 그룹의 분류 기준

II장에서 기술하였듯이, 양자화된 각각의 DCT 구획은 DC 계수부터 시작하여 p개의 계수들 중에서 0이 아닌 계수가 q개 이상 존재하면 끼워짜기 그룹으로 분류하고, 그렇지 않으면 비끼워짜기 그룹으로 분류한다. 따라서 끼워짜기 그룹에 포함되는 DCT 구획의 갯수는 p와 q의 조정에 따라 변화하며, 부호화 효율을 높이기 위해서는 적당한 p, q를 선택하는 것이 요구된다. MCP 오차영상의 특성과 양자화 행렬의 특성으로부터 각 DCT 구획에서 0이 아닌 계수들은 대부분 저주파 영역에 존재한다. 따라서 0이 아닌 계수들의 갯수를 탐색하는 구간 p는 DCT 구획의 크기보다 작아도 된다. 이 논문에서는 모의실험을 통하여 대부분의 0이 아닌 계수들이 저주파 영역에서 나타난다는 것을 확인하고, p를 10으로 선택하였다.

p가 일정할 때, q를 너무 크게 하면 끼워짜기 그룹에 포함되는 DCT 구획들의 갯수가 너무 적게 되어, 전체적인 부호화 성능의 개선도가 낮아지게 된다. 반면에 q를 너무 작게 선택하면, 끼워짜기에 포함되는 DCT 구획들의 갯수는 증가하지만 II-1절에서 살펴본 바와 같이 끼워짜기에 부적합한 구획들, 즉 대부분이 0인 계수들로 이루어지는 구획들도 함께 끼워짜기하여 부호화하게 되므로 부호화 효율의 개선 정도가 낮게 된다. 따라서 부호화 효율을 높이기 위해서는 p가 일정할 때 q를 적절하게 선택하는 것이 필요하다. 표 1은 p를 10으로 고정하고 mquant에 해당하는 양자

화 계단크기<sup>[3]</sup> Qstep을 14로 하였을 때, q의 변화에 따라 기워짜기 그룹에 속하는 DCT 구획들의 갯수와 이론적인 평균 비트율(식 (2) 참조) 감소의 개선도가 변화하는 형태를 나타낸 것이다. 여러가지 연속 영상들에 대한 모의실험 결과 q가 2 ~ 4인 경우에 비트율 감소 성능이 상대적으로 우수한 것을 볼 수 있었으며, 뒤에 수행하는 모의실험에서는 q를 3으로 하여 사용하였다.

2. 슬라이스의 크기

DCT 구획들을 구획의 특성에 따라 기워짜기 그룹과 비기워짜기 그룹으로 분류할 때 슬라이스의 크기를 증가시키면 II-1절에서 기술하였듯이 하나의 단위로 기워짜기하는 데 사용하는 구획들이 증가하므로 전송비트율의 개선도가 높아진다. 표 2는 슬라이스의 크기를 변화시킬때 한 슬라이스내에서 기워짜기 그룹에 속하는 평균 DCT 구획수와 이론적인 평균비트율의 변화를 나타낸 것이다. 표 2를 보면, 슬라이스의 크기를 증가시킴에 따라 기워짜기 그룹에 속하는 DCT 구획수의 증가와 비트율 감소 성능의 개선을 알 수 있다.

대역이 제한된 채널을 통하여 영상 신호를 전송하기 위해서는 부호기의 출력 비트율을 어느 정도로 유지하여야 하므로, 디지털 HDTV 시스템 등에서 사용하는 대부분의 영상 부호화 기법들에서는 완충기의 상태(buffer fullness)에 따라 양자화 파라미터를 변경함으로써 출력 비트율을 조정한다.

표 1. 기워짜기 그룹에 포함된 DCT 구획수 (%)와 각 그룹에서 q에 따른 성능비교 (15 프레임의 Flower 휘도성분, Qstep = 14, p=10)

Table 1. Average number(%) of DCT blocks in the interleaving group and the improvement of the bitrate reduction in each group according to q (Luminance of Flower : 15 frames,

q	기워짜기 그룹에 속하는 DCT 구획수 (%)	비기워짜기 그룹에서의 비트율 감소의 개선도(%)	기워짜기 그룹에서의 비트율 감소의 개선도(%)	전체 개선도 (%)
0	100.0	0.000	5.534	5.534
1	69.8	1.649	5.605	7.254
2	57.8	1.724	5.697	7.421
3	46.4	1.825	5.812	7.637
4	35.2	1.588	5.068	6.676
5	25.0	1.230	4.199	5.429
6	16.3	0.823	3.213	4.036
7	9.4	0.450	2.201	2.651
8	4.6	0.184	1.301	1.485
9	1.8	0.048	0.565	0.613
10	0.4	0.004	0.071	0.075

따라서 제안하는 방법을 영상 부호화에 적용하는 경우에는 완충기 제어를 고려해야 하는데, 이 경우에는 슬라이스 단위로 양자화 파라미터를 변경하는 것이 좋다. 이때 슬라이스의 크기를 크게 하면 완충기의 크기도 따라서 커져야 하므로, 슬라이스의 크기는 사용하는 완충기의 크기를 고려하여 선택하여야 한다. 그리고 슬라이스의 크기가 증가하면 부호화 복잡도도 따라서 증가하게 되므로, 부호화 복잡도도 함께 고려하여야 한다. 이상의 사항들을 고려하여 본 논문에서는 하나의 슬라이스를 수직 2개, 수평 88개 (수평 화소를 전부 포함)의 DCT 구획으로 구성하여 사용한다.

3. DCT 구획을 분할하는 갯수

양자화한 DCT 계수들의 0이 아닌 값의 발생확률은 DCT 계수들의 위치에 따라 크게 다르다. 따라서 각각의 DCT 구획을 몇개의 부분으로 나눈 다음 각각에 대하여 기워짜기를 수행하고 각각의 특성에 적합한 엔트로피 부호화를 수행하면 부호화 효율을 높일 수 있다. DCT 구획을 분할하는 갯수를 증가시킬수록 평균 비트율은 보다 더 감소할 수 있을 것이다.

구획을 분할하는 갯수를 변화시킬 때 이론적인 평균 비트율의 개선 정도를 표 3에 나타내었다. 표 3을 보면, 분할하는 갯수를 증가시킴에 따라 비트율이 계속적으로 감소함을 알 수 있다. 그러나 기워짜기 그룹의 부호화에서 사용하는 허프만 부호책의 갯수는 DCT 구획을 분할하는 갯수와 같으므로, 분할하는 갯수를 늘릴수록 그만큼 허프만 부호책의 갯수도 증가하게 되어 하드웨어가 복잡해진다. 따라서 구획을 분

표 2. 한 슬라이스 당 기워짜기 그룹의 평균 DCT 구획수와 평균 비트율감소 개선도 (15프레임의 Flower 휘도성분, Qstep =14, p=10, q=3)

Table 2. Averagenumber of the interleaved DCT blocks per a sliceand the gain of the bitrate reduction (Luminance of Flower : 15 frames, Qstep=14, p=10, q=3).

슬라이스의 크기	1x88	2x88	4x88
기워짜기 그룹에 속하는 평균 DCT 구획수	40.9	81.7	163.5
비트율 감소의 개선도(%)	6.574	7.637	8.136

할하는 갯수는 전송 비트율 개선도와 하드웨어 복잡성을 동시에 고려하여 선택하여야 한다. 이상의 사항들을 고려하여 본 논문에서는 DCT 구획을 5개로 분할하여 끼워짜기한다.

표 3. DCT 구획의 분할 구간수에 따른 평균 비트율 감소 개선도(15프레임의 Flower 휘도성분, Qstep=14, p=10, q=3)

Table 3. Average gain of the bitrate reduction according to the number of segments in a DCT block. (Luminance of Flower : 15 frames, Qstep=14, p=10, q=3).

DCT구획의 구간수	1	2	3	4	5	6	7	8	9
비트율 감소의 개선도(%)	5.789	7.206	7.490	7.430	7.637	7.655	7.699	7.698	7.729

#### IV. 모의 실험 결과 및 검토

이 장에서는 제안된 방법을 모의실험을 통하여 분석하고, 끼워짜기를 도입하지 않는 기존의 방법과 성능을 비교한다. 모의 실험에 사용한 조건들은 다음과 같다.

- 움직임 추정 및 보상기법 :  
완전탐색 구획맞추기 (full search block matching)  
구획의 크기 : 16 x 16
- 탐색 구간 : 수평 -16 ~ +15, 수직 -16 ~ +15
- Discrete Cosine Transform (구획 크기:8x8)
- 가중치 행렬 [3] : MPEG-2의 프레임간 부호화 모드에서 사용하는 가중치 행렬
- 양자화 : 균일 양자화
- 끼워짜기 그룹과 비끼워짜기 그룹의 분류 기준 :  
p=10, q=3
- 슬라이스 크기 : 수직 2 DCT 구획, 수평 88 DCT 구획
- DCT 구획을 분할하는 갯수 : K=5

이상의 실험 조건하에서 MPEG 표준 영상(휘도 성분 : 15 프레임)을 사용하여 모의실험한 결과를 표 4에 나타내었다. 이 결과에는 각 구획이 끼워짜기 구획인지 아닌지를 나타내는 정보도 포함되어 있다. 이를 위해서는 매 구획당 1 bit의 정보가 소요되므로 0.0156 bpp의 데이터량을 필요로 하게 되나 이 실험

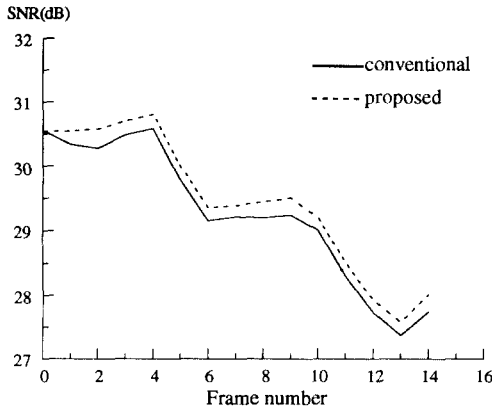
에서는 이 정보를 가변길이 부호화함으로써 소요 비트수를 더욱 낮추었다. 표 4의 결과는 양자화 파라미터를 6, 10, 14로 고정하여 양자화하고 제안하는 방법을 사용하여 가변장 부호화할 때 얻는 평균비트율 감소의 개선도를 나타낸 것이다. 표 4를 보면, DCT 구획내의 통계적인 특성만을 고려하는 기존의 방법과 비교하여 비트율 감소 면에서 각 영상에 따라 2 ~ 7 % 정도의 개선을 보임을 알 수 있다. 완충기 제어 (buffer control)를 통해 출력 비트율을 일정하게 유지하면서 부호화하는 경우의 SNR을 그림 4에 나타내었다. 그림 4는 슬라이스 단위로 완충기의 상태에 따라 양자화 파라미터를 변화시킴으로써 평균 출력 비트율이 0.4 bpp 정도가 되도록 하여 얻은 결과이다. 실험에서 사용한 완충기의 크기는 한 프레임의 영상 정보를 전송하는 데 필요한 비트수(0.4 bpp x 1 프레임 크기)가 되도록 하였으며, 완충기는 초기에 절반 정도 채워져 있다고 가정하고 있다. 그림 4를 보면, 제안하는 방법을 도입하는 경우, 끼워짜기를 하지 않는 기존의 방법에 비해 SNR 측면에서 약 0.3 dB 정도의 성능 향상을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 완충기 제어를 행하므로 완충기의 출력 비트율은 일정하지만 입력 비트율은 다르다. 그림 5는 매 프레임당 완충기의 입력 비트율을 나타낸 것이다. 제안 알고리즘을 위해 소요되는 시간은 끼워짜기에 사용되는 화소를 저장하기 위해 기본적으로 11,264 화소(88수평구획 x 2 수직구획 x 64 화소)의 지연시간과 끼워짜기 그룹의 분류와 각 구획의 구간에 대한 가변길이부호화를 행하는 시간이 소요될 것이다. 그러나 가변길이 부호화를 행하는 시간은 각 구간을 병렬로 처리하므로 소요시간은 기존 방법에 비해 많은 시간이 걸리지 않으므로 이를 무시한다면 총 소요시

표 4. 양자화 파라미터를 고정시킬 때 제안 방법의 비트율 감소의 개선도

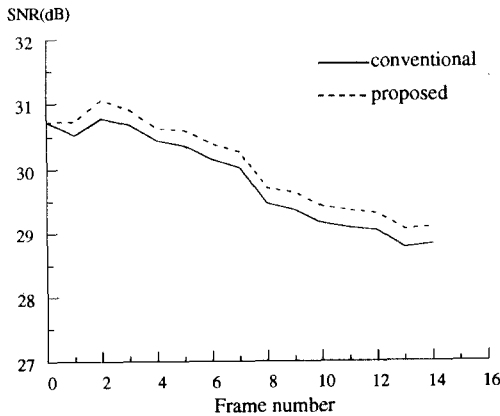
Table 4. The improvement(%) of bitrate reduction with quantization-stepsize fixed.

연속영상	양자화 파라미터, Qstep	전송비트율(bpp)		전송비트율 감소의 개선도(%)
		기존방법	제안 방법	
flower	6	1.268	1.201	5.28
	10	0.851	0.810	4.82
	14	0.635	0.606	4.57
mobile and calender	6	1.939	1.904	1.81
	10	1.350	1.323	2.00
	14	1.037	1.014	2.22
football	6	1.429	1.362	4.69
	10	0.914	0.871	4.70
	14	0.660	0.625	5.30
popple	6	1.039	0.987	5.00
	10	0.521	0.488	6.33
	14	0.368	0.344	6.52

간은 한 프레임의 지연시간인 337,920화소(수평 704 화소x 수직 480라인)보다 약 3.3 %의 지연시간 밖에 걸리지 않음을 알 수 있다. 하드웨어를 설계할때 기본적으로 하드웨어를 복잡하게 하는 연산과정을 위한 하드웨어보다는 데이터를 임시 저장하고 계수의 위치를 변경하기 위한 하드웨어량이 절대적으로 많으므로 간단하게 실현될 수 있다. 허프만 테이블 갯수가 기존의 방법보다 많아졌으나 테이블에 저장되는 데이터는 한정적이므로 하드웨어의 복잡도에 영향을 많이 주지 않는다.

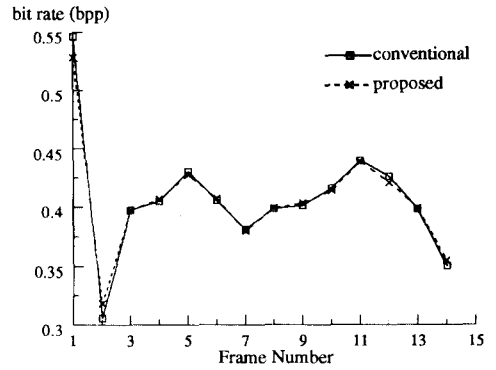


(a) flower

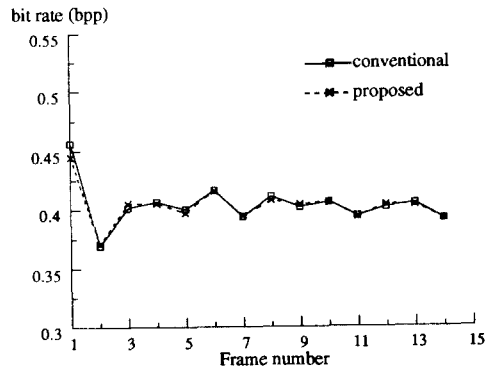


(b) football

그림 4. 버퍼제어에 의한 SNR 성능 비교  
(전송비트율 : 0.4 bpp, p=10, q=3)  
Fig. 4. Comparison of SNR performance with buffer control  
(bitrate : 0.4 bpp, p=10, q=3).



(a) flower



(b) football

그림 5. 매 프레임당 완충기의 입력 비트율  
Fig. 5. Buffer input bitrate at every frame.

### V. 결론

본 논문에서는 양자화된 DCT 계수들을 엔트로피 부호화하는 데 있어서 비트율 감소의 성능을 높이기 위해, 비슷한 특성을 가지는 DCT 구획들을 끼워짜기 하여 얻은 배열로부터 심볼들을 구성하는 방법을 제안하였다. DCT 계수 정보를 엔트로피 부호화하기 위해 기존의 방법에서는 DCT 구획내의 상관성만을 이용하여 같짓자 주사하면서 심볼을 구하는 것에 반해, 본 논문에서 제안하는 끼워짜기 방법은 비트율 감소 성능을 개선하기 위해 DCT 구획들간에 존재하는 통계적 상관성도 같이 이용하였다. 즉, DCT 구획들을 0이 아닌 DCT 계수들의 갯수에 따라 비끼워짜기 그룹과 끼워짜기 그룹으로 분류하였다. 비끼워짜기 그



룹에 대하여는 기존의 방법을 그대로 사용하였으나 이 그룹에 맞는 허프만 테이블을 사용함으로써 성능을 개선하였고 끼워짜기 그룹내의 구획들에 대해서는 끼워짜기하여 구성된 심볼들을 엔트로피 부호화하였다. 이때 양자화한 DCT 계수들이 0이 아닌 값을 가질 확률이 DCT 계수들의 위치에 따라 다른 특성을 이용하여, 각 DCT 구획들을 몇개의 구간으로 분할한 다음 끼워짜기함으로써 성능을 개선하였다.

그리고 제안한 방법에서 사용하는 여러가지 파라미터들의 변화에 따른 제안방법의 성능을 모의실험을 통하여 분석하였으며, 분석 결과와 하드웨어 복잡도를 함께 고려하여 파라미터들의 값들을 적절히 선택하였다. 영상 부호화에 적용한 모의실험을 통하여, 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 고정된 양자화 계단 크기에서 전송 비트율이 2 ~ 7 % 정도 더 감소할 수 있다는 것을 보였으며, 일정한 비트율에서는 약 0.3 dB 정도의 SNR 성능 개선을 얻을 수 있음을 보였다.

#### 參 考 文 獻

- [1] "Video codec for audio visual services at p x 64 Kbits/s." CCITT Recommendation H. 261, 1990.
- [2] Motion Picture Expert Group, "Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media at up to about 1.5Mbit/s," ISO-IEC/JTC1 SC29, Committee Draft 11172-1, Nov. 1991.
- [3] Motion Picture Expert Group, "MPEG-2, Test Model 1, Draft Revision 1," Doc. ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11 MPEG 92/160, May 1992.
- [4] Advanced Digital Research Consortium, "Advanced Digital Television : System Description," Jan. 1992.
- [5] General Instrument Corporation, "DigiCipher™ HDTV System Description," Aug. 1991.
- [6] Massachusetts Institute of Technology, "Channel Compatible DigiCipher HDTVSystem," May 1992.
- [7] Zenith /AT&T, "Digital Spectrum Compatible HDTV : Technical Details," Sep. 1991.
- [8] A. K. Jain, "Image Data Compression : A Review," Proc. IEEE, vol. 69, no. 3, pp. 349-389, Mar. 1981.
- [9] A. N. Netravali and J. D. Robbins, "Motion Compensated Television Coding, Part I," Bell Syst. Tech. J., vol. 58, pp. 631-670, Mar. 1979.
- [10] K. R. Rao and P. Yip, *Discrete Cosine Transform*, Academic Press, 1990.
- [11] H. G. Musmann and P. Pirsch, "Advances in Picture Coding," Proc. IEEE, vol. 73, no. 4, pp. 523-548, Apr. 1985.
- [12] Jae S. LIM, *Two-dimensional Signal and Image Processing*, Prentice-Hall, 1990.
- [13] J. D. Robbins and A. N. Netravalli, "Recursive Motion Compensation : A Review," *Image Sequence Processing and Dynamic Scene Analysis*, T. S. Huang, Ed. Berlin, Germany : Springer-Verlag, 1983.
- [14] Netravali and Prasada, "Adaptive Quantization of Picture Signals Using Spatial Masking," *Proc. IEEE*, vol. 65, no. 4, pp. 536-548, Apr. 1977.
- [15] D. A. Huffman, "A Method for the Construction of Minimum Redundancy Codes," *Proceedings IRE*, vol. 40, pp. 1098-1101, 1962.
- [16] G. G. Langdon, "An introduction to arithmetic coding," *IBM J. Res. Dev.*, vol. 28, no. 2, pp. 135~149, 1984.
- [17] B. Macq, "A Universal Entropy Coder for Transform or Hybrid Coding," PCS90, Boston, pp. 12.1-1~12.1-2, 1990.
- [18] G. Schamel et al., "Frequency Scanning & Entropy Coding using MUVLC," CCITT SGXV WP XV/1 & ISO/IEC JTC1/SC2/WG11, Jul. 1992.

著 者 紹 介

李 相 吉(正會員) 第 27卷 第 1號 參照  
현재 한국반송공사 기술연구소 근무.  
서울대학교 박사과정 재학중

李 忠 雄(正會員) 第 29卷 第 8號 參照  
현재 서울대학교 전자공학과 교수

梁 景 好(正會員) 第 29卷 第 8號 參照  
현재 서울대학교 박사과정 재학중