

論文98-35S-8-10

# 영상 압축 부호화를 위한 DCT 영역에서의 예측 부호화 방법 (Predictive Coding Methods in DCT Domain for Image Data Compression)

李相熙\*, 金在均\*

(Sang-hee Lee and Jae-kyoon Kim)

## 요 약

시간 방향 예측을 사용할 수 없는 Intra-프레임 부호화는 Inter-프레임 부호화에 비해 상당히 높은 비트율을 필요로 한다. 이러한 Intra-프레임의 비트율 감축을 위하여 최근 표준화가 진행중인 MPEG-4에서는 DCT 영역에서의 화면내 예측 부호화 방식에 관한 연구를 진행해 왔다. 본 논문에서는 기존 방식들에 비해 약간의 복잡도가 추가된 DCT 영역에서의 화면내 예측 부호화 방식들을 제안한다. 제안 방식은 DC 계수 예측 방식과 2가지의 AC 계수 예측 방식들로 구성된다. DC 계수 예측 방식으로는, 이웃 블록들의 DC 계수간 기울기를 이용하여 부가 정보없이 선택적으로 예측 방향을 결정하는 방식을 제안한다. AC 계수 예측 방식으로는, 현재 블록의 DC 계수를 고려하여 MPEG-4의 AC 계수 예측 방향을 개선한 방식을 제안하며, 또한, AC 계수 단위로 예측 여부를 결정하는 방식을 제안한다. 실험을 통하여 제안 방식에 의해 상당한 비트율 감축을 얻을 수 있음을 보인다.

## Abstract

Intra-frame video compression, which cannot make use of temporal predictions, requires much higher bit rates compared with inter-frame schemes. In order to reduce bit rates, intra-frame predictive coding methods in DCT domain have been studied especially within the framework of the MPEG-4 video coding standard currently being developed.

In this paper, we propose novel intra-frame predictive coding methods in DCT domain with the marginal complexity increase over the conventional methods. The proposed methods consist of a DC coefficient prediction method and two AC coefficient prediction methods. The proposed DC coefficient prediction method makes it possible to adaptively select the prediction directions without overhead bits, by comparing gradients of DC coefficients from neighboring blocks. As the AC coefficient prediction methods, first, we present an effective method which can improve the prediction directions of the MPEG-4 scheme by considering the DC coefficient of the current block to be coded. And, we present another effective method that decision on the prediction is carried out for each AC coefficient. Simulation results show that substantial bit savings can be achieved by the proposed methods.

## I. 서 론

기존의 동영상 국제 표준 방식들은 이동 보상

(motion compensation)과 변환 부호화 (transform coding)를 결합한 복합 부호화 (hybrid coding) 방식

\* 正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科 映像通信研究室

(Visual Communications Lab., Dept. of Elec. Eng., KAIST)

※ 본 연구는 부분적으로 현대전자(주)의 연구비 지원을 받았음.

接受日字: 1998年3月10日, 수정완료일: 1998年5月30日

에 바탕을 두고 있다. 대부분의 동영상 부호화 방식은 화면간 예측 (inter-frame prediction)을 사용할 수 있는 P- 또는 B-프레임과 화면내 예측 (intra-frame prediction)만을 사용할 수 있는 I-프레임으로 구성되. 는 프레임 구조를 갖는다. P- 또는 B-프레임의 경우, 이동 보상을 이용하여 상당한 압축률을 얻을 수 있다. 반면에, 에러 강인성 (error resilience), 임의 접근 (random access) 등을 가능케 하기 때문에 그 중요 성이 큰 I-프레임의 경우, 화면간 예측을 사용할 수 없으므로 상대적으로 많은 비트율을 필요로 한다. 이 와 같은 이유로 현재 진행중인 MPEG-4 표준화에서 는 효과적인 화면내 예측 부호화 방식에 대한 연구가 활발히 진행되어져 왔다. 특히 초저속 부호화 (very low bit-rate coding)와 같은 응용에서는 압축률측면 에서 뿐만 아니라 지연(delay) 감소를 위하여, I-프레 임에 소요되는 비트수의 감축이 절실히 요구된다. DCT (Discrete Cosine Transform) 영역에서의 화 면내 예측 부호화 방식은 이미 기존의 여러 표준 방식 들에서 채택하고 있다. JPEG<sup>[1]</sup> 및 MPEG-1<sup>[2]</sup>, MPEG-2<sup>[3]</sup>의 경우, DCT 계수중 DC 계수에 대하 여만 예측 부호화를 수행하며, MPEG-4<sup>[4]</sup>의 경우는 AC 계수까지도 이웃 블록들의 정보를 이용하여 예측 부호화를 수행하고 있다.

본 논문에서는 약간의 복잡도 추가로 기존 방식들의 성능을 개선한 DCT 영역에서의 화면내 예측 부호화 방식들을 제안한다. 제안 방식은 DC 계수 예측 방식과 2가지의 AC 계수 예측 방식들로 구성된다. DC 계수 예측 방식으로는, 이웃 블록들의 DC 계수간 기울기를 이용하여 부가 정보(overhead) 없이 선택적으로 예측 방향을 결정하는 방식을 제안한다. AC 계수 예측 방 식으로는, 현재 블록과 이웃 블록들의 DC 계수간 관 계를 이용하여 부가 정보 없이 선택적으로 AC 계수 예측 방향을 결정하는 방식을 제안하며, AC 계수 단 위의 예측 여부 결정 및 이에 필요한 부가 정보 감축 방식을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 기존의 DC 계수 예측 방식과 제안 방식을 기술한다. 제3장에 서는 MPEG-4의 AC 계수 예측 방식과 제안한 2가 지 AC 계수 예측 부호화 방식을 기술한다. 제4장에서 는 실험을 통한 성능 비교 결과를 보이고, 끝으로 제5 장에서 결론을 맺는다.

## II. DCT 기반 영상 부호화 방식

기존의 동영상 부호화 표준 방식들은 영상을 8x8 크기의 블록들로 나눈 후, 이를 단위로 하여 DCT를 수행한다. 그림 1은 일반적인 DCT 기반 영상 부호화 방식의 블록도를 나타낸다. 그림에서, 입력 신호  $f(y,x)$  는 블록내의 화소값을 나타내며,  $y$ 와  $x$ 는 0에서 7까지 의 값을 가질 수 있는 수직, 수평 방향의 좌표이다.  $f(y,x)$ 는 이동 보상과 같은 화면간 예측이 사용되는 경우는 화소값의 차분값(difference value)이며, 화면 내 예측만이 사용되는 경우는 원래 화소값이다.

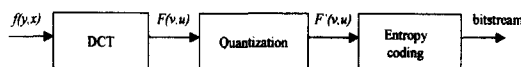


그림 1. DCT 기반 영상 부호화 방식의 블록도  
Fig. 1. Block diagram of DCT-based image coders.

공간 영역(spatial domain)의 입력 신호  $f(y,x)$ 는 DCT 연산에 의하여, 주파수 영역(frequency domain)의 신호  $F(v,u)$ 로 변환된다. 이렇게 구해진  $F(v,u)$ 는 양자화(quantization) 과정을 거쳐 정수값을 갖는  $F'(v,u)$ 가 되며, 이  $F'(v,u)$ 로부터 무손실 (lossless) 부호화에 의하여 최종적으로 비트스트림을 얻게 된다.  $F'(0,0)$ 을 (양자화된) DC 계수,  $F'(i,j)$ 을 제외한 나머지 값들을 (양자화된) AC 계수라고 부른다.

본 연구는 양자화된 후의 값인  $F'(v,u)$ 의 부호화에 관한 연구이다. 그러므로, 비교 방식들간에 화질의 차 이는 없으며 부호화에 소요되는 비트율의 차이만이 있 다. 이 후부터는 표기의 편의를 위하여, 임의의 블록 X에 대한 DC 계수  $F'(0,0)$ 을  $DC_x$ 로 표기하며, i번 째 행, j번째 열의 AC 계수  $F'(i,j)$ 는  $AC_{ijx}$ 로 표기 하도록 하겠다.

## III. DC 계수 예측 부호화 방식

### 1. 기존의 H.263과 MPEG-1의 방식

I-프레임의 경우, DCT에 의해 계산된 DC 계수는 0에서 255까지의 범위를 갖는 정수값으로 양자화 된 다. 이 후, H.263<sup>[5]</sup>의 경우, DC 계수는 예측없이 8 비트로 고정 길이 부호화 (fixed length coding)된다.

반면에 MPEG-1<sup>[2]</sup>의 경우, 그림 2와 같이 각 색상 블록별로 가장 최근에 부호화된 DC 계수를 예측값으로 사용하여 차분값이 부호화된다. H.261은 H.263과 마찬가지로 예측이 수행되지 않으며, JPEG 및 MPEG-2는 MPEG-1과 같은 예측 방식을 사용한다.

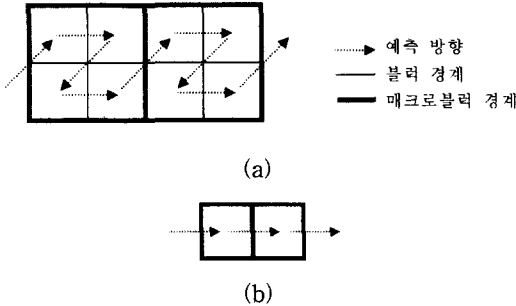


그림 2. MPEG-1의 DC 계수 예측 방향 (a) 휘도 성분 (b) 색차 성분

Fig. 2. DC coefficient prediction directions of MPEG-1.

(a) luminance components (b) chrominance components

2. 제안한 DC 계수 예측 부호화 방식<sup>1)</sup>: 인접 블록들의 DC 계수간 기울기를 이용한 예측 방향 결정

제안 방식은 부호화할 현재 블록과 인접한 위 또는 왼쪽 블록의 DC 계수를 선택적으로 예측값으로 사용한다. 이러한 방법으로 예측을 하면 기존 방식에 비해 예측 효율을 높일 수 있는 것은 자명하지만, 예측 방향에 대한 부가 정보로 인해 오히려 비트수가 증가할 수 있다. 제안 방식은 인접 블록 DC 계수간의 기울기를 이용하여 예측 방향을 결정함으로써 부가 정보의 전송이 필요없다.

그림 3과 같이 현재 블록을 X, 인접 블록들을 A, B, C라고 하면, 예측값  $DC_P$ 는 다음과 같이 결정된다.

$$\begin{aligned} \text{If } (|DC_A - DC_B| < |DC_B - DC_C|) \quad DC_P &= DC_C, \\ \text{else} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad DC_P &= DC_A. \end{aligned} \tag{1}$$

위 식은 매크로블록과는 무관하게 블록 단위로 수행된

다. 또한, 각 색상 성분들에 대하여 동일하게 적용된다. 영상 경계 또는 MPEG-4의 VOP(Video Object Plane)<sup>2)</sup> 경계 부분에서와 같이 인접 블록의 DC 계수가 존재하지 않는 경우는 다음의 규칙을 적용한다.

- $DC_B$ 가 존재하지 않으면,  $DC_B$ 를 128로 가정한다. 이렇게 한 후,
- $DC_A$ 가 존재하지 않으면,  $DC_A$ 를  $DC_B$ 로 가정한다.
- $DC_C$ 가 존재하지 않으면,  $DC_C$ 를  $DC_B$ 로 가정한다.

위의 과정을 행한 후, 식(1)을 적용한다.

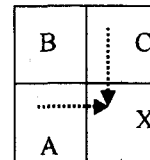


그림 3. 제안한 방식의 DC 계수 예측 방향 (X: 현재 블록)

Fig. 3. DC coefficient prediction directions of the proposed method (X: current block).

제안 방식은 영상내의 밝기 변화가 주로 수평 또는 수직 방향으로 발생할 것이라는 가정 아래에 고안된 방식이다. 블록당 2회의 뉘셀 연산과 1회의 절대값 비교 연산만이 필요하므로 복잡도도 무시할 수 있을만큼 낮다고 볼 수 있다. 제안 방식에 대한 실험 결과는 5장에서 보인다.

IV. AC 계수 예측 부호화 방식

현재까지 표준화가 완료된 영상 부호화 방식들의 경우, 양자화된 AC 계수는 예측을 하지 않고 직접 가변 길이 부호화된다. 반면에 표준화가 진행중인 MPEG-4의 경우, I-프레임에 대해서 AC 계수를 예측 부호화함으로써 약 10% 내외의 비트율을 감축시킬 수 있음이 보고되었고, 제36차 MPEG회의부터 MPEG-4 검증 모델에 AC 계수 예측 방식이 포함되어졌다. 본 장에서는 MPEG-4의 AC 계수 예측 방식을 기술하고,

1) 제안 방식은 96년 9월 제36차 MPEG 회의에서 본 저자에 의해 발표되어[6] MPEG-4 검증 모델(Verification Model : VM)에 채택되었으며, 현재 MPEG-4 Visual CD(Committee Draft) 1.0[4]의 내용이기도 하다.

2) H.263이나 MPEG-1에서 다루는 정방향 영상과 MPEG-4에서 다루는 VOP의 가장 큰 차이점은, VOP가 임의의 모양을 가질 수 있다는 점이다.

이를 개선할 수 있는 2가지 방식을 제안한다.

1. MPEG-4 검증 모델의 방식

MPEG-4 검증 모델<sup>[7]</sup>에서 AC 계수의 예측은 블록별로 3.2절의 DC 계수 예측 방식이 적용된 후 수행된다. 예측 방향은 식(1)에 의해 결정된 DC 계수 예측 방향을 AC 계수에도 동일하게 사용한다. 그림 4에 보인 것처럼, 윗 블록으로부터 예측되는 경우, 윗 블록의 첫번째 행 7개 AC 계수를 현재 블록의 대응되는 AC 계수들의 예측값으로 사용하며, 왼쪽 블록으로부터 예측하는 경우도 마찬가지로 방법을 사용한다. 영상 경계나 VOP 경계에서처럼, 위 또는 왼쪽 블록의 AC 계수가 존재하지 않는 경우에는 그 AC 계수값을 0으로 가정하고 마찬가지로의 예측 과정을 수행한다.

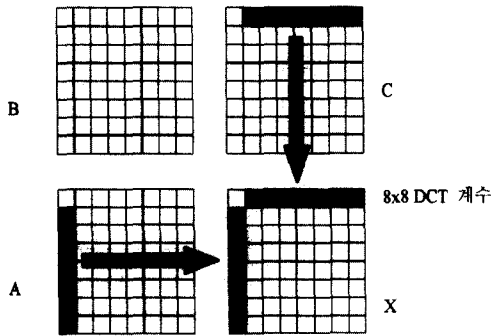


그림 4. MPEG-4의 AC 계수 예측 방식 (X: 현재 블록)  
 Fig. 4. AC coefficient prediction method of MPEG-4 (X: current block).

이러한 방법을 사용하면 부가 정보 없이 블록별로 AC 계수 예측을 할 수 있으나, AC 계수는 일반적으로 DC 계수에 비하여 상관성이 낮으므로, 차분값이 원래값보다 더 큰 경우들이 자주 발생하게 된다. 그러므로, 매크로블록 단위로 1 비트의 flag (ACpred\_flag)를 두어 예측 여부를 부호화한다. 즉, ACpred\_flag가 1이면 그 매크로블록의 모든 블록들에 대하여 AC 계수 예측 부호화를 수행하며, 0인 경우는 수행하지 않고 원래값을 그대로 부호화한다. 예측 여부의 판단은 다음과 같이 결정한다. 우선, 다음과 같은 방법으로 매크로블록내의 각 휘도 성분 블록들에 대하여 S를 계산한다. 만약 DC<sub>A</sub>가 현재 블록 X의 DC 계수 예측값으로 결정된 경우는

$$S = \sum_{i=1}^7 |AC_{0,iX}| - \sum_{i=1}^7 |AC_{0,iX} - AC_{0,iA}| \quad (2)$$

이며, 만약 DC<sub>C</sub>가 예측값으로 결정된 경우는

$$S = \sum_{i=1}^7 |AC_{0,iX}| - \sum_{i=1}^7 |AC_{0,iX} - AC_{0,iC}| \quad (3)$$

이다. 이렇게 각 블록별로 S를 계산한 후, 이 값의 매크로블록내 합 S를 이용하여 다음과 같이 ACpred\_flag를 결정한다.

If (S > 0) ACpred\_flag = '1',  
 else ACpred\_flag = '0'.

결국, 차분값의 절대값 합이 원래값의 절대값 합보다 작아지면 예측 부호화가 수행된다.

2. 제안한 AC 계수 예측 부호화 방식 A : 현재 블록과 인접 블록들의 DC 계수 비교를 이용한 예측 방향 결정

MPEG-4 검증 모델의 AC 계수 예측 방향은 DC 계수의 예측 방향과 동일하다고 가정함으로써 부가 정보에 대한 부담을 없애고 있다. 이러한 가정은 직관적으로 상당히 설득력이 있는 가정이라고 볼 수 있다. 그러나, DC 계수 예측 방향 자체가 식(1)에 의해 추정된 것이므로 이것이 잘못된 추정인 경우, DC 계수 뿐만 아니라 AC 계수까지도 성능 저하를 유발시키게 된다. AC 계수 부/복호화가 이루어지기 전에 이미 부/복호기간에는 현재 블록의 DC 계수값을 알 수 있다. 그러므로, 예측 방향의 결정에 이 값을 사용함으로써 예측 성능을 높일 수 있을 것이다.

이러한 이유로 제안 방식은 현재 블록의 DC 계수 값 DC<sub>X</sub>를 이용하여, 절대 오차 측면에서 최적인 DC 계수 예측 방향을 다시 찾아 이를 AC 계수 예측 방향으로 사용한다. 즉,

If ( | DC<sub>X</sub> - DC<sub>C</sub> | < | DC<sub>X</sub> - DC<sub>A</sub> | )  
 윗 블록으로부터 AC 계수 예측,  
 else  
 왼쪽 블록으로부터 AC 계수 예측.

위와 같이 예측 방향을 다시 결정함으로써 생기는 복잡도는 DC 계수 예측 방향 결정시와 동일하므로, 무시할 수 있을 정도로 낮다고 볼 수 있다. 매크로블록 단위의 ACpred\_flag 결정은 4.1절의 방법과 동일한

방법을 사용한다.

3. 제안한 AC 계수 예측 부호화 방식 B : 계수 단위의 예측 여부 결정

앞에서 살펴본바와 같이 MPEG-4의 AC 계수 예측 방식은 매크로블록 단위로 AC 계수들의 예측 여부를 판단한다. 예측하기로 결정된 매크로블록에 포함된 6개의 블록 각각에 대하여 7개씩의 AC 계수들, 즉, 42개의 AC 계수들이 모두 예측 부호화된다. 그러나, 확률적으로 AC 계수의 분포는 0 주위에 집중된 분포를 갖는 Laplacian 분포로 근사화할 수 있다는 사실이 잘 알려져 있으며<sup>[8]</sup>, 이러한 이유로 42개의 계수들 중 상당수의 계수들은 예측 후에 그 절대 크기가 오히려 커질 수 있다. 본 절에서는 계수 단위로 예측 여부를 결정하고 이에 대한 부가 정보를 효과적으로 감축할 수 있는 방식을 제안한다.

제안 방식과 앞 절의 방식과의 가장 큰 차이점은 계수 단위로 예측 여부를 결정한다는 점이다. 즉, 현재 블록의 부호화할 7개의 AC 계수 각각에 대하여 예측 전의 원래값과 예측 후의 차분값의 절대 크기를 비교하여 크기가 작은 값들을 부호화한다. 이와 같이 하면, 부호화할 값의 절대 크기가 작아지는 것은 분명하지만, 예측 여부를 복호기가 판단해야 하는 문제가 발생한다. 이를 위해서는 1비트의 부가 정보가 각각의 계수들에 대하여 필요한 것처럼 생각될 수 있으나, 예측값과 원래값의 관계로부터 부가 정보가 필요없는 경우가 존재한다.

그림 5는 현재 부호화할 AC 계수의 예측값이 3인 경우의 예이다. 그림 5-(a)는 기존 방식이고, 그림 5-(b)는 3과 0 (예측을 안하는 것과 동일), 2개의 예측값을 사용하는 경우이다. 그림 5-(b)에서 주목할 점은, 차분값이 2 이상인 경우(범위 A)는 예측값이 3인 경우에만 발생하며, 차분값이 2 이하인 경우(범위 D)는 예측값이 0인 경우에만 발생한다는 것이다. 이는 차분값을 계산할 때, 2개의 예측값중 가까운 값을 취하기 때문이며, 이로 인해, 부가 정보가 필요한 경우는 차분값이 1~1에 있는 경우(범위 B, C)만이다.

그림 5-(b)의 마지막 열은 제안 방식에 의한 차분값의 절대 크기 감소량을 표시한 것이다. 각 범위 A~D에 대하여 제안 방식의 효과를 보면, 우선, 범위 A는 부가 정보가 필요없으며 차분값도 기존 방식과 같으므로 이득은 없다. 범위 B는 부가 정보로 인해 1

비트의 손해를 보게 된다. 범위 C는 부가 정보 1비트가 필요하지만 차분값의 크기가 감소하며 그 크기가 음의 방향으로 갈수록 상당한 양이 되므로 이득을 얻을 수 있다. 영역 D의 경우는 부가 정보가 필요없고 차분값의 크기만이 크게 감소하므로 상당한 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

부호화할 AC 계수값 C	예측값 P	차분값 T
...		...
6		6-3=3
5		5-3=2
4		4-3=1
3	P=3	3-3=0
2		2-3=-1
1		1-3=-2
0		0-3=-3
-1		-1-3=-4
-2		-2-3=-5
-3		-3-3=-6
...		...

(a)

C	예측값 P 또는 0	T	부가 정보	T 의 감소값
...		...		...
6		6-3=3	↑ A	0
5		5-3=2	↑ A	0
4		4-3=1	↑ A	0
3	P=3	3-3=0	B	0
2		2-3=-1	↑ A	0
1		1-3=-2	↑ A	1
0	0	0-0=0	C	3
-1		-1-0=-1	↑ A	3
-2		-2-0=-2	↑ A	3
-3		-3-0=-3	D	3
...		...		...

(b)

그림 5. 예측값이 3인 경우의 기존 방식과 제안 방식의 비교 (a) 기존 방식 (b) 제안 방식

Fig. 5. Comparison between the conventional and the proposed method in the case that the prediction value is 3. (a) the conventional method (b) the proposed method

다음에 제안 방식에서 계수간의 예측 부호화를 수행할 때의 과정을 자세히 기술한다. 부호화할 AC 계수들 C, 예측값을 P라고 하고, 편의를 위해 다음을 정의한다.

$$[n]_p = \begin{cases} n, & \text{if } P \geq 0 \\ -n, & \text{if } P < 0 \end{cases}$$

$$C' = [C]_P, \quad T' = [T]_P, \\ P_1 = [P/2+P]_P, \quad P_2 = [P/2]_P, \\ P_3 = [P/2-P]_P$$

위 식에서 '/'는 나누기 후 0의 방향으로 내림 연산

이며, 우측 shift 연산으로 간단히 구현 가능하다. 차분값  $T$ 는  $C$ 와  $P$ 를 이용하여 다음의 부호기 알고리즘에 의하여 구하며,  $C$ 는  $T$ 와  $P$ 를 이용하여 다음의 복호기 알고리즘에 의해 재생된다. 'NOPRED' 비트는 예측 여부를 가르키는 부가 정보를 나타낸다.

부호기 알고리즘:

- $P = 0$ 인 경우,  $T = C$ .
- $P \neq 0$ 인 경우,

$$T = \begin{cases} C - P, & \text{if } C > P_2, \\ C, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Flag bit 'NOPRED': } \begin{cases} 1 \text{ bit '0',} & \text{if } P_2 < C \leq P_1, \\ 1 \text{ bit '1',} & \text{if } P_3 < C \leq P_2, \\ \text{필요없음,} & \text{otherwise} \end{cases}$$

복호기 알고리즘:

- $P = 0$ 인 경우,  $C = T$ .
- $P \neq 0$ 인 경우,  
 $P_3 < T < P_1$  이면, flag bit 'NOPRED'를 복호함.

$$C = \begin{cases} T + P, & \text{if } T > P_1 \text{ or } \text{NOPRED} = 0, \\ T, & \text{if } T \leq P_3 \text{ or } \text{NOPRED} = 1 \end{cases}$$

매크로블록 단위의 예측 여부 결정은 식(2), (3)의  $S$ 와 다음의  $S'$ 을 이용해 결정된다. 만약,  $DC_A$ 가 DC 계수 예측값으로 결정된 경우는

$$S' = \sum_{i=1}^N |AC_{0iX}| - \sum_{i=1}^N \min(|AC_{0iX} - AC_{0iA}|, |AC_{0iX}|)$$

이며, 만약,  $DC_C$ 가 DC 계수 예측값으로 결정된 경우는

$$S' = \sum_{i=1}^N |AC_{0iX}| - \sum_{i=1}^N \min(|AC_{0iX} - AC_{0iC}|, |AC_{0iX}|)$$

이다. 위의 방법으로 매크로 블록내의 각 블록별로  $S'$ 을 계산한 후, 이 값의 매크로블록내 합계  $S'$ 를 이용하여, 다음과 같이 ACpred\_flag를 결정한다.

If ( $\sum S \geq 0$  and  $\sum S \geq (-F + \sum S')$ ) ACpred\_flag = '11',  
 else if ( $(-F + \sum S') \geq 0$ ) ACpred\_flag = '10',  
 else ACpred\_flag = '0'.

위 식에서  $F$ 는 NOPRED flag 비트수의 매크로블록

내 합이다. ACpred\_flag가 '11'일때는 기존의 블록 단위 예측 방식을, '10'일때는 계수 단위의 예측을 의미하며, '0'일때는 예측을 하지 않음을 의미한다. 제안 방식은 계수 단위의 계산으로 인한 복잡도의 증가가 있으나, 단순히 덧셈, shift, 비교 연산들로 구현 가능하므로 그 양은 크지 않다고 볼 수 있다.

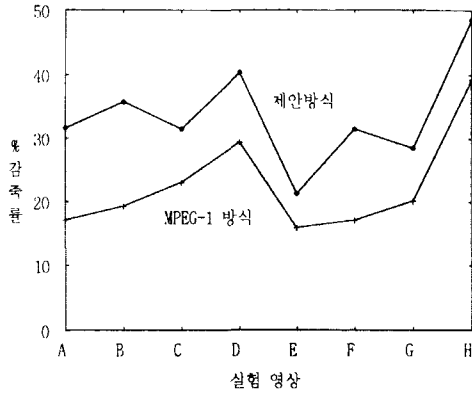
V. 실험 결과

제안 방식들과 기존 방식들의 공정한 비교를 위하여 DC/AC 계수 예측 방식을 사용하지 않는 H.263 방식을 기본으로, 이를 수정하여 구현하였다. H.263의 경우는 현재 GOB (Group of Blocks) 외부의 블록은 예측값으로 사용할 수 없으나, GOB 구조가 존재하지 않는 MPEG-4의 경우가 대상이므로 이를 무시하였다. 즉, 첫 블록의 계수들을 예측값으로 자유롭게 사용할 수 있다. 실험에 사용된 영상은 표 1에 보인바와 같이, MPEG-4 test sequence중 class A, B의 8가지이며 각각 첫번째 프레임만을 사용하였다. 본 실험은 화면 내 예측에 관한 것이므로 이 후 프레임들을 이용하더라도 결과는 매우 유사할 것임을 예상할 수 있다. 영상 크기는 QCIF (176x144), CIF (352x288)이며 각각에 대하여 실험하였다. 본 연구에서 다루는 예측 부호화 방식들은 양자화 이후에 수행되므로, 예측 부호화 이전과 이후 사이에 화질의 변화는 전혀 발생하지 않으며, 단순히 발생 비트수만이 차이가 나게 된다. 그러므로, 비교의 척도는 비트수 감축률이다.

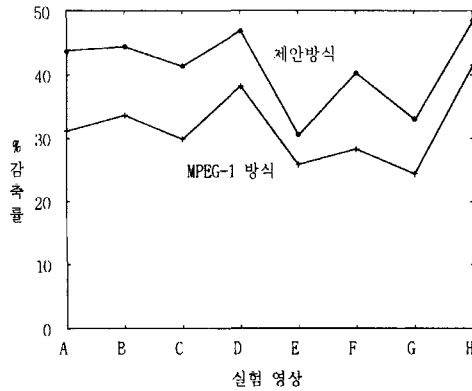
표 1. 실험에 사용된 영상들  
 Table 1. Test images for experiments.

Class A	Akiyo (A), Mother & Daughter (B), Hall Monitor (C), Container Ship (D)
Class B	Foreman (E), News (F), Silent Voice (G), Coastguard (H)

그림 6은 제안한 DC 계수 예측 방식의 성능을 보여주는 그래프로써, H.263의 DC 계수 비트수에 대한, MPEG-1 예측 방식과 제안 방식의 비트수 감축률을 보이고 있다. 제안 방식이 모든 실험 영상들에 대해 기존 방식보다 우수하였다. 감축률의 범위는 H.263에 대해서는 약 21~49%, MPEG-1 방식에 대해서는 약 5~16%였다.



(a)



(b)

그림 6. DC 계수 예측 방식의 성능 비교 : H.263 DC 계수 비트수에 대한 % 감축률  
(a) QCIF (b) CIF

Fig. 6. Performance comparison of DC coefficient prediction methods : % reduction compared with the number of DC coefficient bits of H.263.  
(a) QCIF (b) CIF

표 2는 영상들에 대한 평균 성능으로 MPEG-1 방식에 비하여 평균 약 10% 정도의 감축을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 참고로 QCIF, CIF 영상에 대한 H.263의 DC 계수 비트수를 표 3에 나타내었다.

그림 7과 그림 8은 각각 QCIF, CIF 영상들에 대해 제안한 2가지 AC 계수 예측 방식의 성능을 보여주는 그래프로, MPEG-4 AC 계수 예측 방식에 대한 제안 방식들의 비트수 감축률을 보여주고 있다. DC 계수 비트수는 계산에서 제외시켰으므로, 감축률은

AC 비트수와 그밖의 모든 부가 정보에 대한 것이다. 그래프에서 Q는 H.263의 Quant 파라미터를 의미하며, 실제 양자화 스텝 크기는 Q값을 2배한 값이다.

표 2. DC 계수 예측 방식의 평균 성능 비교 : H.263 DC 계수 비트수에 대한 % 감축률

Table 2. Average performance comparison of DC coefficient prediction methods : % reduction compared with the number of DC coefficient bits of H.263.

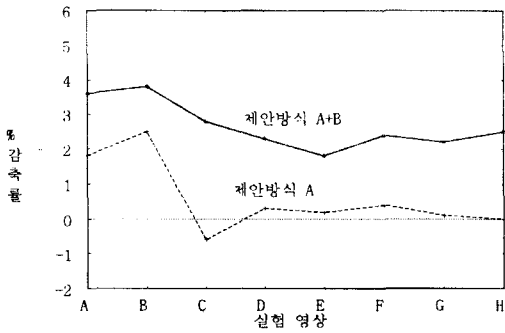
	QCIF	CIF
MPEG-1방식	22.6%	31.6%
제안방식	33.6%	41.1%

표 3. H.263의 DC 계수 비트수

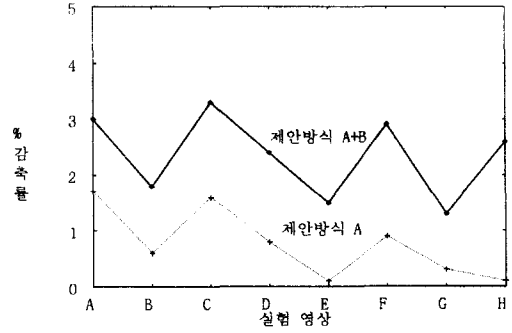
Table 3. The number of DC coefficient bits of H.263.

QCIF	4752bits	CIF	19008 bits
------	----------	-----	------------

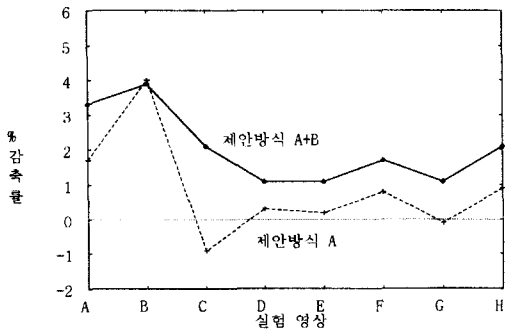
제안 방식 A는 대부분의 영상들에서 MPEG-4 방식에 비해 성능이 우수하며, CIF 영상의 경우는 전 영상들에 대하여 항상 비트수 감축을 얻고 있다. 감축률의 범위는 1% ~ 6% 이다. 제안 방식 A에 제안 방식 B를 합친 경우, 마찬가지로 대부분의 영상들에 대하여 추가적인 감축을 보이고 있다. 추가적인 감축률의 범위는 1~3.5% 이다. 특히, 제안 방식 A에 의해 비트수가 오히려 증가하는 경향을 보인 QCIF의 Hall monitor영상의 경우, 제안 방식 B에 의하여 상당한 비트수 감축이 얻어짐을 볼 수 있다. 이것은 제안 방식 A에 의해 오히려 차분값이 커진 AC 계수들이 제안 방식 B에 의해 계수 단위로 보정되기 때문이다. 표 4는 영상들에 대한 평균 성능을 나타내는 표로써, 제안 방식 A은 평균 약 1%, 제안 방식 A와 B가 합쳐진 경우는 약 2%의 감축률을 보임을 알 수 있다. 참고로 MPEG-4 AC 계수 예측 방식을 사용하는 경우의, DC 계수를 제외한 평균 비트수를 표 5에 나타내었다.



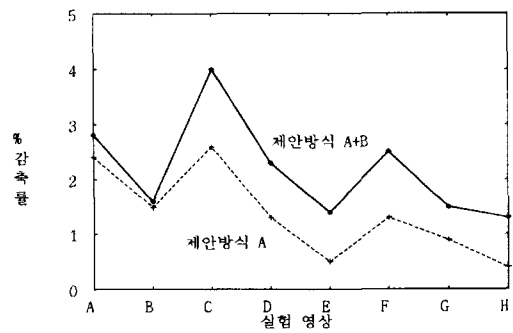
(a)



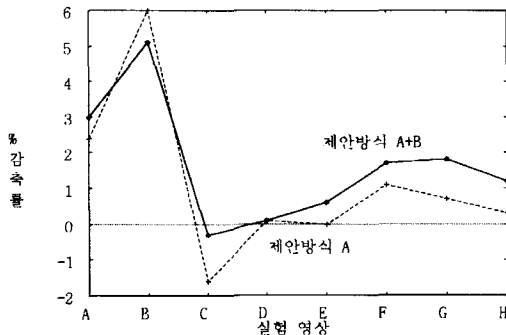
(a)



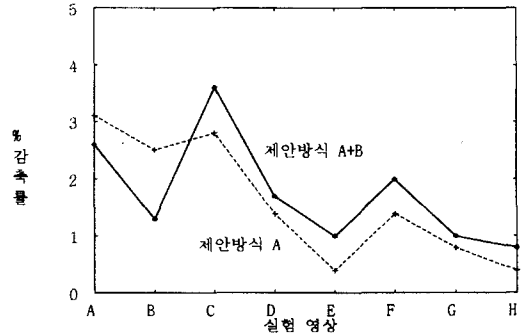
(b)



(b)



(c)



(c)

그림 7. QCIF 영상에 대한 AC 계수 예측 방식의 성능 비교 : MPEG-4 방식에서 DC 계수를 제외한 비트수에 대한 감축률 (a) Q = 4 (b) Q = 12 (c) Q = 20

Fig. 7. Performance comparison of AC coefficient prediction methods for QCIF images : % reduction compared with the number of bits of MPEG-4 excluding DC coefficient bits (a) Q = 4 (b) Q = 12 (c) Q = 20

그림 8. CIF 영상에 대한 AC 계수 예측 방식의 성능 비교 : MPEG-4 방식에서 DC 계수를 제외한 비트수에 대한 감축률 (a) Q = 4 (b) Q = 12 (c) Q = 20

Fig. 8. Performance comparison of AC coefficient prediction methods for CIF images : % reduction compared with the number of bits of MPEG-4 excluding DC coefficient bits (a) Q = 4 (b) Q = 12 (c) Q = 20



표 4. AC 계수 예측 방식의 성능 비교 : MPEG-4 방식에서 DC 계수를 제외한 비트수에 대한 감축률

Table 4. Performance comparison of AC coefficient prediction methods : % reduction compared with the number of coded bits of MPEG-4 excluding DC coefficient bits

	QCIF			QCIF		
	Q=4	Q=12	Q=20	Q=4	Q=12	Q=20
제안방식 A	0.5%	0.6%	0.8%	0.7%	1.3%	1.5%
제안방식 A+B	2.6%	1.9%	1.3%	2.3%	2.2%	1.8%

표 5. MPEG-4 방식의 DC 계수를 제외한 평균 비트수

Table 5. The average number of coded bits of MPEG-4 excluding DC coefficient bits.

	Q=4	Q=12	Q=20
QCIF	41368	13392	7476
CIF	110059	28170	11419

## VI. 결 론

본 논문에서는 화면간 예측을 사용하지 않는 영상에 대하여, DCT 계수 부호화에 소요되는 비트율을 효과적으로 감축할 수 있는 3가지의 DCT 계수 예측 방법들을 제안하였다. 제안한 DC 계수 예측 방식은 인접 블록들의 DC 계수들간 기울기를 이용하여, 윗 블록 또는 왼쪽 블록으로부터 선택적으로 예측값을 취하는 방식으로, 기존의 MPEG-1 방식에 비해 DC 계수에 소요되는 비트를 평균 약 10%, 최대 약 16% 가량 감축할 수 있었다. 제안한 첫번째 AC 계수 예측 방식은, 최근 표준화 진행중인 MPEG-4의 AC 계수 예측 방향을 현재 블록의 DC 계수를 고려하여 보다 효과적으로 개선한 방식으로, MPEG-4 방식에 비해 AC 계수와 부가 정보에 소요되는 비트수를 평균 약 1%, 최대 약 6% 가량 감축할 수 있었다. 제안한 두번째 AC 계수 예측 방식은 계수 단위로 예측 여부를 결정하는 방식으로, 계수 단위의 과중한 부가 정보를 줄일 수 있는 효과적인 방안을 제안하였다. 제안 방식은 양자화 크기가 작은 경우, 제안한 첫번째 AC 계수 예측 방식에 더해 평균 약 1%, 최대 약 3.5%의 추가 감축을 가능케 하였다.

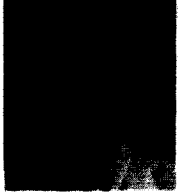
추후 연구 과제로는, 제안 방식들의 이론적 분석과 이를 통한 성능 개선이 수행되어야 할 것이며, 이를 위해서는 DCT 계수들간의 통계적 특성에 대한 심도 있는 고찰이 수반되어야 할 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- [1] ISO/IEC, "Digital compression and coding of continuous-tone still images requirements and guidelines", ISO/IEC IS 10918-1, 1993.
- [2] ISO/IEC, "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s," ISO/IEC IS 11172-2, 1993.
- [3] ISO/IEC, "Generic coding of moving pictures and associated audio: Video", ISO/IEC IS 13818-2, 1995.
- [4] ISO/IEC, "Coding of audio-visual objects : Visual", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1902, Fribourg, Oct. 1997.
- [5] Draft ITU-T Recommendation H.263, "Video coding for low bitrate communication," Dec. 1995.
- [6] Sang-hee Lee, Jae-kyoon Kim, and Joo-hee Moon, "Some results and new trials on core experiment T9/T10 - DC/AC prediction," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 MPEG96/M1312, Chicago, Sept. 1996.
- [7] Ad hoc group on MPEG-4 video VM editing, "MPEG-4 video verification model version 8.0", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N1796, Stockholm, July 1997.
- [8] A. N. Netravali and B. G. Haskell, *Digital pictures: representation and compression*, Plenum Press, 1988.

저 자 소 개

李 相 熙(正會員)



1993년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학사). 1995년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1995년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정 재학중. 주관심분야는 영상신호처리 및 멀티미디어 통신

金 在 均(正會員)

1962년 2월 한국항공대학 응용전자과 졸업(공학사). 1967년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1971년 8월 미국 남가주대학교 전자공학과 졸업(공학박사). 1972년 4월 ~ 1973년 3월 미국우주과학연구소(NASA) GSFC 연구원. 1973년 4월 ~ 현재 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수. 1993년 9월 ~ 현재 한국과학기술원 멀티미디어 통신 공동 연구센터장. 주관심분야는 정보이론, 영상 부호화 및 멀티미디어 통신