

論文 2002-39SP-4-9

# SA-DCT 성능 향상을 위한 적응적 1차원 변환 순서선택방법

## (Adaptive 1-D Transforms Order Selection Methods for Performance Improvement of SA-DCT)

宋準鎬\*, 文柱禧\*\*, 鄭在阮\*\*\*

(Joon-Ho Song, Joo-Hee Moon, and Jae-Won Chung)

## 요약

물체 단위의 동영상 콘텐츠(contents) 저작 부호화를 가능하게 하는 SA-DCT (Shape-Adaptive Discrete Cosine Transform)는 기존의 블록 DCT와는 달리 수평과 수직 방향의 1차원 변환을 수행하는 순서에 따라 서로 다른 변환 결과를 보인다. 변환 대상 블록의 수평과 수직 방향 중 상관 관계가 크거나 변환시 화소의 이동이 작은 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행함으로써 최종 2차원 변환된 계수들의 에너지 분포가 DC 계수를 중심으로 보다 집중화 됨을 알 수 있었다. 본 논문에서는 공간 상관도가 높은 방향으로 먼저 1차원 변환을 적용하므로써 보다 높은 에너지 집중화가 이루어짐을 실험적으로 확인한다. 그리고 1차원 변환 방향 순서를 매 블록별로 적응적으로 결정하기 위하여 두가지 방법을 제안한다. 하나의 방법은 주변 블록과 현재 블록의 DC 값들의 경사도를 이용하는 간접적 방법이며, 또다른 방법은 블록의 2차원 변환 데이터를 부호화하여 발생하는 비트수를 비교하는 직접적 방법이다. 제안 방법들을 MPEG-4 동영상 부호화에 적용하여 모의 실험한 결과, 제안된 적응적 SA-DCT 방법이 기존의 SA-DCT에 비하여 경계 블록에서 최대 10.87%의 부호화 비트 감소 효과가 있음을 알 수 있었다.

## Abstract

It's noticed that the SA-DCT (Shape-Adaptive Discrete Cosine Transform) produces different 2-dimensional transform coefficients according as the first 1-dimensional transform is applied in horizontal or vertical direction for an arbitrarily shaped boundary block. Performing the first 1-dimensional transform in the direction, which has higher spatial correlation or smaller shifting distance, can compact the energy on the smaller number of AC coefficients around DC. This paper shows, experimentally, the compaction capability improvement by choosing the first 1-dimensional transform direction with higher spatial correlation or smaller shifting distance. Two adaptive selection methods are proposed to decide efficiently the spatial direction with higher correlation in a boundary block. One is based on the gradients between DC coefficients of neighboring and current blocks, and the other is based on the final coding efficiency that means the number of bits required for coding the block. Using the MPEG-4 video coder, the proposed method shows coding efficiency gain up to 10.87% compared to the conventional SA-DCT method.

**Key Words** : 영상부호화, 변환, SA-DCT, 물체, 변환순서

\* 正會員, 바로비전(주)

(Varo Vision Co., Ltd.)

\*\* 正會員, 世宗大學校 情報通信工學科

(Dept. of Information and Communications Engineering, Sejong University)

\*\*\* 正會員, (주)새롬기술

(Serome Technology)

※ 이 논문은 2000년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2000-041-E00232)

接受日字:2002年3月23日, 수정완료일:2002年6月3日

I. 서론

유무선 통신, 디지털 방송, 디지털 저장매체, 인터넷 등과 관련된 산업이 급속히 활성화되고 있으며 이러한 분야의 서비스에서 동영상이 차지하는 중요성이 점점 높아지고 있기 때문에, 이러한 서비스에서 활용될 수 있는 동영상 콘텐츠 저작기술을 확보하려는 노력이 이루어지고 있다. 특히, 상호작용성(interactivity)이 강조되고 있는 동영상 서비스에서 효과적으로 사용될 수 있는 동영상 콘텐츠 저작을 위해서는 물체별 화면 합성 및 물체별 부호화 기술이 중요하다. 즉, 저작된 영상은 화면을 구성하는 물체별로 나누어져 압축되어 전송되거나 저장될 수 있어야 하며, 언제든지 재사용(reuse)될 수도 있어야 한다. 이러한 동영상 콘텐츠 저작을 위해서는 MPEG-4에 포함되어 있는 SA-DCT(Shape-Adaptive Discrete Cosine Transform)와 같은 물체 내용 기반 압축 방법이 필요하다.

내용 기반 부호화(content-based coding) 방법은 영상을 다수의 영역(region) 혹은 물체(object)들로 분리한 후에, 분리된 물체들을 독립적으로 압축 부호화한다. 각각의 물체들은 물체 영역을 나타내는 모양 정보(shape information), 물체 화소들의 색상 - 휘도(luminance)와 색도(chrominance) - 을 나타내는 색상 정보(texture information), 그리고 물체의 움직임을 나타내는 움직임 정보(motion information) 등으로 기술되며, 이러한 정보들이 부호화되어 수신단에 전송되므로써 물체를 복원할 수 있다. 내용 기반 부호화 방법은 물체의 경계 부분을 부호화하는데 있어서, 내용 기반 부호화 방법을 사용하지 않은 방법에 비해, 동일한 물체의 영상 특성만을 사용하므로써 보다 좋은 화질의 영상 복원이 가능하며 압축 비트수를 줄일 수 있다는 장점이 있다. 특히, 저속 전송을 위한 부호화 방식에서 발생하는 문제인 블록화 현상(blocking effect)을 현저히 줄일 수 있다.<sup>[1]</sup> 이외에도 사용자의 목적에 따라 물체들을 독립적으로 합성 또는 조작할 수 있으며, 자연 영상(natural image) 뿐 아니라 합성영상(synthetic image)에서 추출한 물체를 부호화할 수도 있다.<sup>[2]</sup>

내용 기반 영상 부호화 방식을 지원하는 새로운 동영상 부호화 국제 표준 규격인 MPEG-4는 임의의 모양을 가진 물체를 일정한 크기 8×8의 정방형 블록으로 분할하고, 이를 블록 단위로 변환 부호화(transform

coding)할 수 있다.<sup>[3]</sup> 분할된 블록들은 물체의 어느 부분에 존재하느냐에 따라 내부 블록(interior block)과 경계 블록(boundary block)으로 분류된다. 내부 블록은 블록의 모든 화소가 물체에 속하는 블록을 의미하며, 경계 블록은 블록의 일부 화소만이 물체 내부에 존재하고 나머지 화소는 물체에 속하지 않는 블록을 의미한다. 내부 블록은 기존의 8×8 DCT를 사용하여 변환 부호화를 수행한다. 경계 블록에서는, 물체에 속하는 화소와 물체에 속하지 않는 화소가 공존하기 때문에, 물체 경계에서 발생하는 신호의 불연속으로 인한 부호화 성능 저하를 방지하기 위한 변환 부호화 방법들이 사용된다. MPEG-4에서는 영상내(intraframe) 부호화되

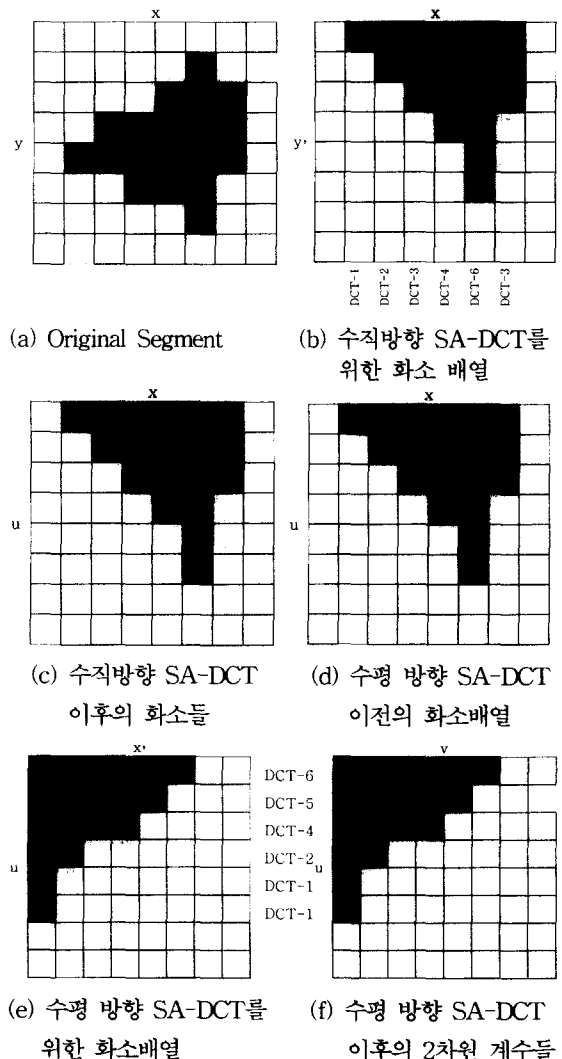


그림 1. SA-DCT 과정

Fig. 1. Successive steps involved for performing SA-DCT.

는 프레임에서 LPE(Low Pass Extrapolation)-padding<sup>[4]</sup>과 SA-DCT(Shape Adaptive DCT)<sup>[5-10]</sup>가 경계 블록을 변환 부호화하기 위하여 사용되고 있다. 일반적으로, 경계 블록의 물체 내부 화소들만을 사용하여 부호화하는 SA-DCT가 물체 외부 화소들까지도 함께 부호화하는 LPE-padding에 비하여 성능이 우수한 것으로 알려져 있으며,<sup>[11]</sup> 특히 높은 영상 품질을 원하는 응용에서 물체 경계의 화질 저하를 최소화할 수 있다.

SA-DCT는, 그림 1에서 볼 수 있는 바와 같이, 수평 혹은 수직 방향의 1차원 변환 전에 블록의 첫번째 행 혹은 열에 신호를 정렬시키는 과정을 수행한다. 따라서, 화소의 상대 위치가 변화하게 되며 두번의 1차원 변환을 순차적으로 수행할 수 밖에 없다. 이러한 과정으로 인해 2차원 변환된 SA-DCT 결과는 1차원 변환을 수평 방향으로 먼저 수행하느냐 혹은 수직 방향으로 먼저 수행하느냐에 따라 서로 다른 결과가 나타나는 특징이 있다. 본 논문에서는 입력 영상 블록의 특성에 따라 수평과 수직 방향의 1차원 변환 순서를 다르게 하는 블록 적응형 1차원 변환 순서 선택 SA-DCT 부호화 방법을 제안한다. 제안 방법은, 1차원 변환 순서를 고정한 기존의 SA-DCT에 비하여, 높은 에너지 집중 효과를 가져와 부호화 성능을 향상시킨다. 본 논문의 제II장에서는 기존의 SA-DCT 방법에 대해 서술한다. 제III장에서는 블록별로 1차원 변환 순서를 변화시킴으로서 SA-DCT의 성능을 향상시킬 수 있는 방법을 제안하며, 특정한 특성을 갖는 블록들을 사용하여 제안 방법의 타당성을 보인다. 제IV장에서 실제 영상들을 사용한 모의 실험 결과를 통하여 제안 방법의 효과를 살펴보고, 마지막으로 제V장에서 결론을 맺는다.

## II. 기존의 SA-DCT 부호화 방법

SA-DCT를 사용한 변환 과정이 그림 1에 나타나 있으며, 회색으로 칠해진 부분이 변환될 물체의 내부 화소들이다. 그림 1(a)와 같은 모양 정보를 갖는 블록이 입력으로 주어질 경우, 먼저 그림 1(b)와 같이 각 열의 시작 위치를 입력 블록의 상단에 정렬한 다음 수직 방향으로 1차원 DCT를 수행한다. 이때, 각 열에 존재하는 물체 화소들의 개수에 의하여 사용될 DCT의 차수가 결정된다. 즉, 각 열을 1차원 변환하게 될 DCT의 차수는 열에 따라 달라지게 된다.  $N$ 개의 화소를 1차원

DCT하기 위한  $N \times N$  변환 기저 행렬(transform kernel matrix)  $DCT-N$ 은

$$DCT-N(p, k) = c \cdot \cos \left[ p \cdot \left( k + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{\pi}{N} \right] \\ k, p = 0, \dots, N-1 \quad (1)$$

과 같이 정의된다. 이때,  $p$ 는  $N$ 개의 기저 벡터(basis vector)들 중  $p$ 번째 기저 벡터,  $(p, k)$ 는  $p$ 번째 기저 벡터의  $k$ 번째 원소임을 나타내며,  $p=0$  일 때  $c = \sqrt{\frac{1}{2}}$ 이고,  $p \neq 0$  일 때  $c=1$ 이다.<sup>[5]</sup> 식 (1)을 이용하여  $N \times 1$  신호 벡터  $f$ 를 변환한 차수  $N$ 인 DCT 계수 벡터  $F$ 는

$$F = M_f \cdot DCT-N \cdot f \quad (2)$$

이다. 이때  $M_f$ 는 변환을 위한 정규화(normalization) 상수이다. 식 (1)과 식 (2)를 사용하여 입력 블록을 수직 방향으로 1차원 DCT한 결과로서 그림 1(c)와 같이 수직 방향으로 DCT된 계수를 얻는다. 수평 방향으로의 1차원 DCT는 그림 1(d)의 신호를 그림 1(e)와 같이 블록의 첫번째 열로 정렬한 다음 수행된다. 이때, 각 행에 존재하는 물체 화소의 수를 이용하여 식 (1)과 식 (2)에 따라 수평 방향으로 DCT를 수행하며, 최종적으로 그림 1(f)와 같이 2차원 SA-DCT된 결과를 얻는다. 역 SA-DCT(inverse SA-DCT)를 위해서는

$$f = M_i DCT-N^T \cdot F \quad (3)$$

을 사용한다. 이때,  $M_i$ 는 역변환을 위한 정규화 상수이고, 위 첨자  $T$ 는 대각선 교환(transpose)을 나타낸다. 즉, 식 (3)을 이용하고 변환 과정의 역 과정을 통하여 원래의 신호를 복원할 수 있다.

움직임 보상된 오차 영상에서 SA-DCT를 효과적으로 사용하기 위해 정규화된 1차원 DCT 기저 벡터를 사용할 수 있다.<sup>[7,8]</sup> 정규화된 기저 벡터를 사용할 경우, 움직임 보상된 경계 블록의 오차 영상을 부호화하는데 최대 2dB의 성능 향상 효과를 나타낸다.<sup>[8]</sup> 또한, 모양 정보에 따라 양자화 오차가 변화하는 효과를 제거하기 위하여 DC 성분을 분리하여 보정하는 DC 및 AC 계수 분리 변환 방법<sup>[9,10]</sup>이 제안되었으며, 부호기와 복호기의 복잡도가 증가되는 단점은 있으나 영상내 부호화에서 경계 블록의 화질을 최대 2dB 정도 개선할 수 있다.<sup>[10]</sup>

### Ⅲ. 제안된 블록 적응형 변환 방향 선택 SA-DCT 부호화 방법

본 장에서는 수평과 수직 방향의 1차원 변환들을 적용하는 순서를 변화시킬 때 나타나는 SA-DCT의 성능 변화를 실험적으로 분석하고, 변환될 블록의 신호 특성 및 모양 정보에 따라 1차원 변환들을 적용하는 순서를 매 블록별로 선택할 수 있는 적응형 변환 방향 선택 SA-DCT 부호화 방법을 제안한다. 제안 방법은, 변환 방향 순서를 결정하는 방법에 따라, 주변 블록들의 경사도를 이용하는 간접 선택 방법과 부호화 비트수를 이용하는 직접 선택 방법으로 나뉜다. 경사도에 의한 간접 선택 방법은 부호화하려는 블록 및 주변 블록들의 DC 값 변화율을 사용하여 1차원 변환 순서를 결정하는 방법이며 수신단에 어느 방향의 변환이 먼저 수행되었는지를 알려줄 필요가 없다. 반면에, 부호화 비트수에 의한 직접 선택 방법은 수평 방향으로 먼저 변환했을 경우와 수직 방향으로 먼저 변환했을 경우에 대한 부호화 성능을 비교하여 보다 좋은 부호화 성능을 보이는 변환 순서를 선택하는 방법으로서, 변환 순서와 관련된 부가정보를 수신단에 전송해 주어야 한다.

#### 1. 1차원 변환 순서 변경에 따른 SA-DCT 성능 분석

블록 DCT가 1차원 변환 순서에 관계없이 동일한 2차원 변환 결과를 보이는데 비하여, SA-DCT는 변환과정에 존재하는 영상데이터 정렬 단계로 인하여 1차원 변환 순서에 따라 상이한 2차원 변환 결과를 보이는 특성이 있다. 그림 2는 영상 블록에 1차원 변환 순서를 다르게 적용했을 때의 SA-DCT 변환 결과의 예를 보여준다. 그림 2로부터 1차원 변환 순서에 따라 최종 변환 결과가 다름을 알 수 있으며, 화소들 간의 상관관계가 높은 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행하는 경우에 SA-DCT 부호화 효율이 높아진다는 것을 알 수 있다. 즉, 그림 2(a)와 같이 수평 방향으로의 상관관계가 수직 방향으로의 상관관계보다 높은 영상 블록을 변환할 때, 수직 방향의 1차원 변환을 먼저 적용한 SA-DCT 변환계수는 그림 2(b)와 같고 수평 방향의 1차원 변환을 먼저 적용한 변환계수는 그림 2(c)와 같다. 직관적으로도 그림 2(c)에 있는 변환계수를 부호화할 때, 그림 2(b)의 변환계수를 부호화 하는 것보다, 부호화 비트수가 적을 것임을 알 수 있다.

					100		
				130	130		
		150	150	150	150		
	200	200	200	200	200		

(a) 입력블록의 예

1304	32	35	-24	17			
-95	6	25	-14				
16	2						
-14							

(b) 수직방향으로 먼저 변환한 경우의 변환계수

1304	0	0	0	0			
-101	0	0	0				
46	0						
-26							

(c) 수평방향으로 먼저 변환한 경우의 변환계수

그림 2. 1차원 변환방향 순서에 따라 다른 변환계수를 보이는 예

Fig. 2. An example, which produces different transform coefficients for different 1-D transformation order.

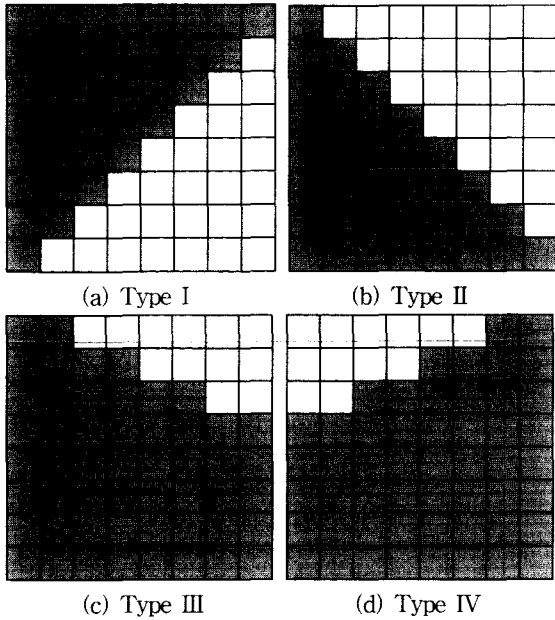


그림 3. 분석에 사용된 전형적인 모양정보 블록 형태  
Fig. 3. Typical binary shape mask types used for analysis.

그림 4는 그림 3에서 보이는 4가지 종류의 모양 정보를 가진 영상 블록들에 대해서 수평과 수직 방향의 영상 데이터 상관관계를 변화시켰을 때, 1차원 변환 순서에 따른 SA-DCT 변환계수의 에너지 집중도 차이를 보여준다. 이때 그림 3은 사용된 블록의 모양정보를 나

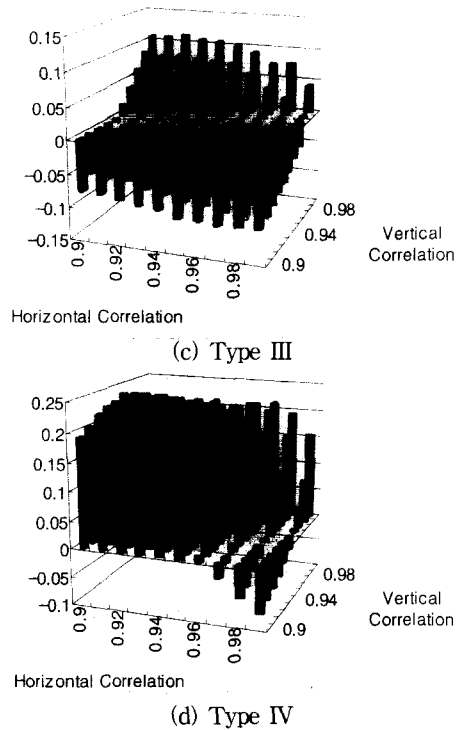
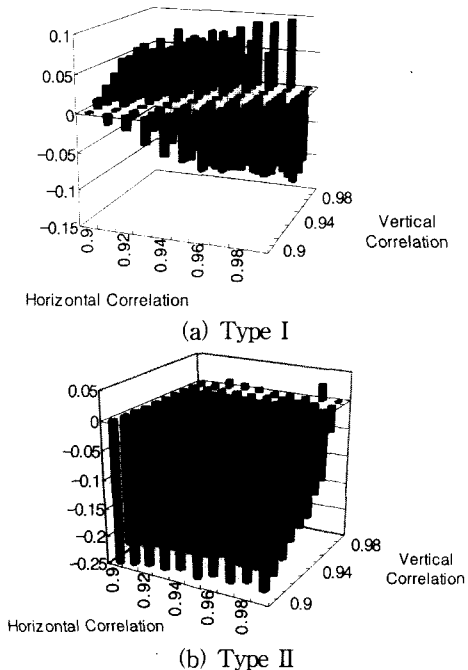


그림 4. 변환 방향순서에 따른 에너지 집중도의 차이  
Fig. 4. Differences of energy compaction between two 1-D transformation orders.

타내며 회색으로 칠해진 부분이 물체에 해당하는 부분이다. 선택된 모양 정보는 SA-DCT의 정렬 단계에서 화소들의 상대 위치가 많이 변경되거나 그렇지 않게 되는 대표적인 형태들이다. 그림 3(a)는 SA-DCT과정에서 변환 순서에 관계없이 화소들의 정렬이 발생하지 않는 특징을 갖는 모양정보이다. 그림 3(b)는 수평방향으로의 정렬은 발생하지 않는 반면 수직방향으로의 정렬이 수행되는 특징을 보이며, 그림 3(c)는 수평방향으로의 정렬은 발생하지 않지만 그림 3(b)에 비해 수직방향으로 화소의 이동이 작은 특징을 보인다. 그림 3(d)는 양방향 모두 화소의 이동이 발생하나 수평방향으로의 화소 이동이 수직방향으로의 화소 이동보다 큰 특징을 갖는다. 그림 4에서 보여주는 결과는 변환 순서에 따른 에너지 집중도의 차이로서, 양의 값은 수직 방향 변환을 먼저 수행한 경우의 에너지 집중도가 높다는 것을 나타낸다. 사용된 블록 데이터들은 1차원 1차 자동회귀모형(first-order auto-regressive model)을 2차원으로 확장한<sup>[12]</sup> 2차원 분리형 상관모형(2-D separable correlation model)에 의해 상관도를 변화 시켜가며 합성되었다. 합성된 영상신호는 ( $\angle$ DCT-SA-DCT<sup>[10]</sup>)를 사



용하여 변환하였으며, 이 방법을 사용할 경우 DC 성분 분리 과정을 통해 1차원 변환 순서에 관계없이 동일한 DC 계수가 발생한다. 따라서, 사용된 에너지 집중도  $\rho$  는 다음 식 (4)와 같이 DC 변환 계수를 제외한 AC 변환 계수,  $T(i, j)((i, j) \neq (0, 0))$ 들의 에너지 총합에 대한 첫번째 열 및 첫번째 행의 가장 낮은 주파수를 갖는 AC 변환 계수들의 에너지 합의 비율을 사용한다.

$$\rho = \frac{T(0,1)^2 + T(1,0)^2}{\sum_{(i,j) \neq (0,0)} T(i,j)^2} \quad (4)$$

그림 3(a)와 같이 SA-DCT를 위한 정렬과정에서 화소들의 상대위치가 변경되지 않는 블록은 그림 4(a)에서 볼 수 있는 바와 같이, 높은 상관관계를 갖는 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행하는 것이 보다 높은 에너지 집중효과가 나타난다. 또한 각 방향으로의 상관관계 차이가 클 수록 에너지 집중도의 차이도 커지는 특징을 보인다. 또한 이로부터 수평과 수직 방향으로의 화소 이동 비율이 동일한 블록에 대한 SA-DCT는 같은 특징을 보일 것임을 예상할 수 있다. 따라서, 이러한 특징을 갖는 블록은 화소간의 상관관계가 큰 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행할 때 높은 에너지 집중효과를 얻을 수 있다. 그림 4(b)의 결과로 부터는, SA-DCT 과정에서 화소의 이동이 아주 큰 방향과 이동이 없는 방향이 존재할 경우에는 이동이 없는 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행하는 것이 거의 항상 유리하다는 것을 알 수 있다. 그림 3 (c) 그리고 그림 3(d)와 같은 모양정보를 갖는 블록은 정렬과정을 위한 수평방향과 수직방향으로의 화소의 이동 비율이 약간 상이한 특징을 갖는다. 그림 3 (c)와 같은 모양정보를 갖는 블록의 경우 수평방향으로의 화소의 이동은 존재하지 않으며 수직방향으로 약간의 화소 이동만이 존재한다. SA-DCT를 위하여 수직방향으로의 화소들이 이동되게 되면 수직방향으로의 상관관계는 유지되는 반면 수평방향으로의 상관관계는 원래의 상관관계보다 화소가 이동한 만큼 낮아지게 된다. 그러므로 수직방향으로 먼저 1차원 변환을 수행한 후 수평방향으로 변환을 수행하는 경우, 수직방향으로의 신호성분 이동으로 인해서 두번째 변환 즉, 수평방향 1차원 변환의 성능이 저하되게 된다. 반면 수평방향으로 먼저 1차원 변환을 수행한 후 수직방향으로 1차원 변환을 수행하는 경우에는 수평방향으

로의 1차원 변환의 성능은 유지되며, 화소의 이동으로 인한 수직방향의 상관관계 또한 유지되므로 수직방향으로의 변환에도 원래의 변환에 의한 이득이 유지된다. 이와 같은 성질로 인하여 그림 4(c)에서 알 수 있듯이 많은 경우 수평방향으로 먼저 1차원 변환을 수행할 때 더 많은 에너지 집중효과를 얻을 수 있다. 입력 블록이 그림 3(d)와 같은 모양정보를 갖는 경우, 수직방향으로의 화소의 이동보다 수평방향으로의 화소의 이동량이 많이 발생하게 된다. 그러므로 그림 4(d)와 같이 입력 블록의 수평방향으로의 상관관계보다 수직방향으로의 상관관계가 낮은 대부분의 경우에도, 수직방향으로 먼저 1차원 변환을 수행한 후 수평방향으로 1차원 변환을 수행한 경우의 에너지 집중도가 보다 높게 나타나게 된다.

결론적으로, 1차원 변환 방향 순서를 변화시킬 경우 에너지 집중도의 차이는 화소간의 상관관계와 화소들의 이동량에 의해 결정됨을 알 수 있다. 즉 화소간의 상관관계가 큰 방향과 화소의 이동량이 적은 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행할 때 더 높은 에너지 집중효과를 얻을 수 있고 이에 따른 부호화 효율의 향상이 기대된다.

## 2. 제안된 경사도 기반 간접 선택 방법

부호화 하려는 블록에 대한 최초 변환 방향을 구하기 위해 본 논문에서 제안하는 첫 번째 방법은, 이웃 블록들간의 영상 신호 변화율을 나타내는, 경사도를 이용하는 간접 선택 방법이다. 블록간의 경사도는 블록들의 DC 계수를 사용하여 계산된다. 그림 5에 경사도를 구하는 방법이 나타나 있다. 현재 부호화 하려는 블록 X를 기준으로, 왼쪽에 블록 A, 왼쪽 위에 블록 B, 그리고 위쪽에 블록 C가 위치해 있다. 이때, 수평 방향으로의 경사도  $Grad\_Hori$ 와 수직 방향으로의 경사도  $Grad\_Vert$ 는 다음과 같이 정의된다:

$$\begin{aligned} Grad\_Hori &= |QDC_B - QDC_d| + |QDC_A - QDC_x| \\ Grad\_Vert &= |QDC_B - QDC_A| + |QDC_c - QDC_x| \end{aligned} \quad (5)$$

$QDC_i$ 는 양자화 오차가 첨가된 블록  $i$ 의 ADC-SA-DCT 변환된 DC 계수를 나타낸다. 식 (5)는 현재 부호화하려는 블록 X의 수평과 수직 방향 중 상관 관계가 높은 방향에 대한 정보를 제공한다. 즉,  $Grad\_Hori$ 가  $Grad\_Vert$ 보다 작을 경우, 수평 방향으로의 상관 관계가 높다고 볼 수 있으며, 수평 방향으로 1차원

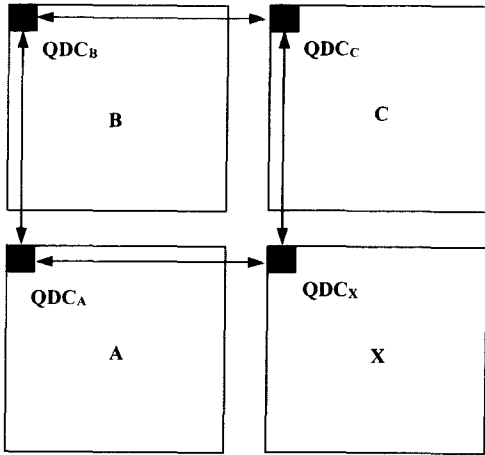


그림 5. 주변블록을 이용한 경사도의 계산  
Fig. 5. Gradients calculation method.

변환을 수행한 다음에 수직 방향으로 1차원 변환을 수행한다. 반대로  $Grad\_Hori$ 가  $Grad\_Vert$ 보다 클 경우, 수직 방향으로의 상관 관계가 높다고 볼 수 있으며, 수직 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행하게 된다. 한편, A 혹은 C 블록의 DC가 없는 경우 즉, 물체가 존재하지 않는 블록인 경우에는 물체가 존재하는 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행한다. 예를 들어, A는 DC가 존재하고 C는 없는 경우, 수평방향으로 먼저 1차원 변환을 수행하게 된다.

부호화 하려는 블록에 대한 영상 신호의 수평과 수직 방향 상관 관계를 주변 블록들을 이용하여 간접적으로 추정하는 본 방법은 기존의 방법과 비교하여 식 (5)를 위한 4회의 절대값 연산과 2회의 덧셈, 그리고 4회의 비교연산이 블록마다 증가되며, 이는 전체 부호화 과정 중 대단히 적은 계산량이다. 또한 복호기에서도 동일한 방법으로 변환 순서를 알아낼 수가 있으므로, 복호화를 위한 계산량 증가 역시 거의 발생하지 않으며, 변환 순서가 어떻게 결정되었는지를 나타내는 부가 정보(overhead information)를 수신단에 전송할 필요가 없다. 만일, MPEG-4 부호화 방식을 그대로 사용할 경우에는 DC 계수 부호화 및 복호화에서 이러한 계산과정이 필요하므로 추가의 계산량 증가는 없다고 할 수 있다. 본 방법은 부호화하려는 블록의 실제 상관 관계를 이용하는 것이 아니므로 경우에 따라서는 부호화 효율이 떨어지는 블록도 발생할 수가 있다.

### 3. 제안된 부호화 효율 기반 직접 선택 방법

본 논문에서 제안하는 두번째 방법은, 부호화하려는

블록에 대해서 두 가지 변환 순서에 따른 부호화 성능을 직접 비교하는 것이다. 즉, 수평 방향으로 먼저 1차원 변환을 시작하는 경우와 수직 방향으로 1차원 변환을 먼저 시작한 경우의 부호화 성능을 직접 비교하여 보다 좋은 성능을 갖는 변환 순서를 선택하여 부호화하는 방법이다. 부호화 성능에 대한 척도로는 블록을 부호화하기 위해 필요한 비트율 또는 재현된 블록의 MSE(Mean Square Error)등이 사용 될 수 있는데, 본 논문에서는 비트율을 부호화 성능에 대한 척도로 삼았다. 본 방법은, 두 가지 부호화 방향에 대해 모두 변환(Transform), 양자화(Quantization), 역양자화(Inverse Quantization), 역변환(Inverse Transform), 가변길이 부호화(Variable Length Coding)를 수행하여야 하므로 경계 블록에서 움직임 추정(Motion Estimation) 및 움직임 보상(Motion Compensation)을 제외한 부호화 과정의 복잡도가 2배로 증가하게 되는 반면에, 부호화 성능면에서 최적의 변환 순서를 결정할 수 있으므로 SA-DCT 변환으로 얻을 수 있는 최대의 부호화 효율을 줄 수 있는 방법이다. 본 방법은 부호기의 복잡도는 많이 증가시키지만, 최초 1차원 변환 방향에 대한 정보가 복호기에 부가적으로 전송되므로, 복호기에서 변환 순서를 결정하기 위한 추가적인 계산과정이 필요 없으므로 복호기의 계산량은 증가시키지 않는다.

## IV. 모의 실험 결과 및 검토

제안 방법들의 부호화 성능을 평가하기 위해서 MPEG의 공식 시험 동영상인 *Fish-and-Logo*, *Stefan*, *Dancer1*, 그리고 *Dancer2*를 사용하였다. *Fish-and-Logo*와 *Stefan*은 300 프레임으로 구성되어 있으며, 각 프레임은 720 pixels/line × 480 lines/frame의 크기를 가진다. *Dancer1*과 *Dancer2*는 250 프레임으로 구성되어 있으며, 720 pixels/line × 576 lines/frame의 크기로 되어 있다. 그림 6에 실험 영상의 첫 번째 프레임들이 나타나 있다. 실험을 위해서 MPEG-4 비주얼 버전 1(Visual Version 1)의 국제 표준 규격<sup>[3]</sup>(International Standard)에 기술된 부호화 방법을 사용하였으며, 영상 내 부호화(intra coding)에서의 성능이 비교된다. 모양 정보등은 모두 기존의 MPEG-4 기술을 그대로 사용하였으며, SA-DCT 변환에 의해 부호화가 이루어지는 색상 정보 부호화 방법에 기존 SA-DCT와 제안 기술들을 적용하여 성능이 비교된다.

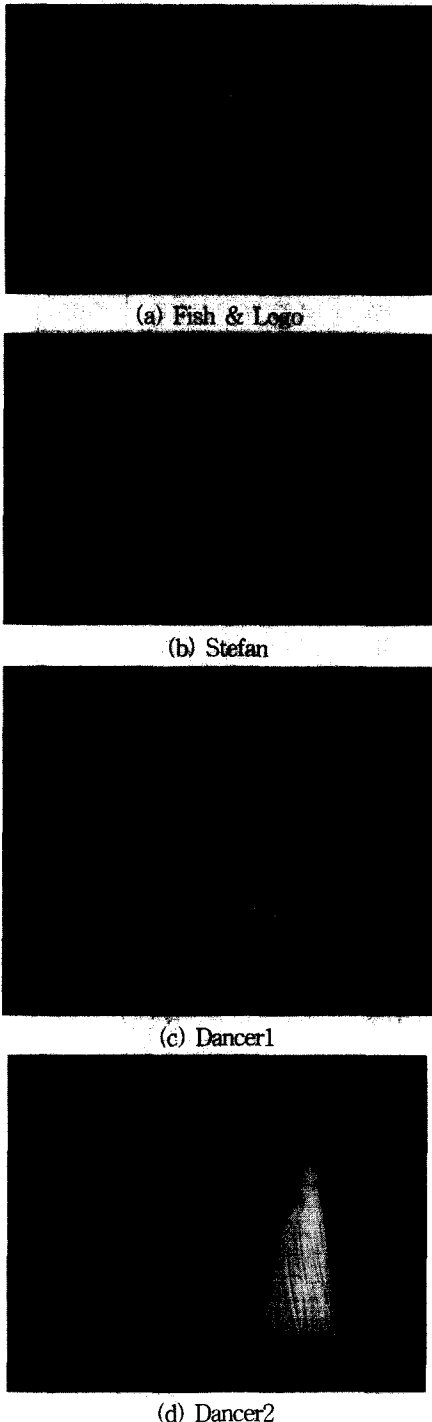


그림 6. 실험영상  
Fig. 6. Test sequences.

표 1은 경사도 기반 간접 선택 방법을 사용하여 변환하였을 때 적용된 변환 순서 및 발생 비트 감소율 등을 보여준다. SA-DCT는 높은 영상 품질이 필요한

응용에서 사용하기 위한 변환 방법으로 고려되고 있으므로, 양자화 간격 크기(quantization step size, QP)는 2, 4, 8이 사용되었다. 표 1에서 VOP(Video Object Plane)는 MPEG-4에서 사용되는 부호화 단위이며 MPEG-2의 픽처(picture)에 해당한다. 경계 블록만이 SA-DCT가 수행되며 내부 블록은 기존의 블록 DCT방법이 사용된다. 표 1에서 알 수 있듯이, 일반적으로 경계 블록은 전체 블록의 30% 이상을 차지하며 물체의 모양 정보가 복잡하거나 물체가 작을 경우에 그 비율을 커진다. A는 경사도 기반 간접 선택 방법으로 변환 순서를 결정할 때, 수평 방향으로 최초 변환이 수행된 블록의 평균 개수, B는 수평 방향으로 최초 변환을 수행하였기 때문에 부호화 효율이 높아지는 블록의 비율을 A에 대하여 백분율로 나타낸 결과이다. 약 50%의 경계 블록에서 수평 방향으로 최초 1차원 변환이 수행되며, 이중 약 70~97%의 블록에서 수직 방향 1차원 변환을 먼저 수행하는 경우 보다 비트율이 감소하였다. 따라서, 제안된 간접 선택 방법은 부호화 효율이 향상될 수 있는 변환 순서를 상당히 정확히 결정하고 있으며, 항상 수직 방향 1차원 변환을 먼저 수행하는 고정된 SA-DCT를 사용하는 경우 보다 부호화 이득이 발생할 것임을 예상할 수 있다. 한편, C는 부호화 효율이 향상되는 블록에 대해서 감소되는 블록 당 평균 비트 수, 그리고 D는 부호화 효율이 감소되는 블록에 대해서 증가되는 블록 당 평균 비트 수 나타낸다.

표 2에는 부호화 효율 기반 직접 선택 방법을 사용하여 적응적으로 변환 순서를 결정하였을 때의 변환 순서에 대한 특성이 나타나 있다. 표 1에서의 마찬가지로 A는 경계 블록들 중 수평 방향으로 먼저 1차원 변환이 수행된 블록의 수를 나타낸다. 직접 선택 방법의 경우 항상 적은 비트수를 발생시키는 변환 순서가 선택되므로 표 1의 나머지 항목들에 대해서는 표시하지 않았다. 실험결과, 경사도를 이용한 간접 선택 방법보다 많은 수의 블록들이 수평 방향으로 먼저 변환됨을 알 수 있으며, 부호화 이득 또한 클 것임을 예상할 수 있다.

표 3에서는 제안 방법과 기존 SA-DCT를 MPEG-4 부호화기에 적용했을 때의 부호화 성능을 보인다. 표 3에서 사용된 SA-DCT는 기존의  $\Delta$ DC-SA-DCT를, 제안 방법 1은 경사도 기반 간접 선택 방법을 사용한 SA-DCT를, 그리고 제안 방법 2는 부호화 효율 기반 직접 선택 방법을 사용한 SA-DCT를 의미한다. 한편,



표 1. 경사도 기반 간접 선택 방법에 대한 부호화 효율 평가표

Table 1. Coding efficiency analysis for gradient based indirect decision method.

		Blocks / VOP	Boundary Blocks / VOP	A	B	C	D
Fish & Logo	QP 2	1557.86	1000.58	560.54	70.27 %	12.09	8.77
	QP 4			560.54	70.52 %	10.18	8.41
	QP 8			563.15	70.70 %	7.31	7.61
Stefan	QP 2	560.71	279.55	143.28	84.33 %	14.35	5.67
	QP 4			143.28	76.34 %	9.83	6.25
	QP 8			144.51	74.05 %	5.04	6.30
Dancer 1	QP 2	895.94	314.47	156.66	90.34 %	13.20	7.18
	QP 4			156.66	93.58 %	10.26	6.44
	QP 8			157.87	97.70 %	6.24	6.46
Dancer 2	QP 2	1656.12	525.22	228.94	94.38 %	14.21	6.86
	QP 4			228.94	92.56 %	11.84	6.58
	QP 8			231	94.79 %	7.71	6.20

- A: 수평방향으로 최초 변환이 수행된 블록의 평균개수
- B: A중 부호화 효율이 높아지는 블록의 비율 (%)
- C: 부호화 효율이 향상되는 블록에 대해 감소되는 블록 당 평균 비트 수
- D: 부호화 효율이 감소되는 블록에 대해 증가되는 블록 당 평균 비트 수

표 2. 부호화 효율 기반 직접선택 방법에 대한 부호화 효율 분석

Table 2. Coding efficiency analysis for coding efficiency based direct decision method.

		Block / VOP	Boundary Block / VOP	A
Fish & Logo	QP 2	1557.86	1000.58	555.23
	QP 4			601.67
	QP 8			626.08
Stefan	QP 2	560.71	279.55	204.66
	QP 4			220.40
	QP 8			215.35
Dancer 1	QP 2	895.94	314.47	190.44
	QP 4			211.26
	QP 8			227.59
Dancer 2	QP 2	1656.12	525.22	312.38
	QP 4			345.50
	QP 8			374.70

- A: 수평방향으로 최초 변환이 수행된 블록의 평균개수

제안 방법1에서 경사도는 식 (5)를 사용하여 계산된다. QP 값은 2, 4, 8이 사용되었으며, 경계 블록에서 DCT 계수 전송에만 필요한 VOP 당 평균 비트수, 재현된 휘

도와 색도 신호의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio), 그리고 제안 방법의 비트수 감소율 등을 사용하여 성능을 살펴본다. 모양정보를 이용한 영상정보 부호화시

표 3. 기존의 SA-DCT와 제안한 방법들 간의 성능비교

Table 3. Comparison of conventional SA-DCT and proposed methods.

	QP	Total bits/VOP	Boundary bits/VOP	PSNR-Y	PSNR-U	PSNR-V	Total Gain (%)	Boundary Gain (%)	
Fish & Logo	2	SA-DCT	229690.80	129174.90	42.73	43.86	43.64	-	-
		Proposed 2	222255.52	121742.55	42.83	44.04	43.78	3.24	5.75
		Proposed 1	225744.50	125258.40	42.79	43.90	43.69	1.72	3.03
	4	SA-DCT	147684.42	84878.94	38.12	39.88	39.23	-	-
		Proposed 2	141523.70	78718.31	38.29	39.92	39.27	4.17	7.26
		Proposed 1	144551.33	81766.51	38.24	39.92	39.28	2.12	3.67
	8	SA-DCT	96523.25	53282.49	33.03	36.18	34.39	-	-
		Proposed 2	92287.92	49042.68	33.31	36.08	34.37	4.39	7.96
		Proposed 1	94530.98	51303.44	33.25	36.19	34.39	2.06	3.71
Stefan	2	SA-DCT	82473.28	30947.92	42.61	45.15	45.14	-	-
		Proposed 2	79715.52	28187.96	42.72	45.67	45.64	3.34	8.92
		Proposed 1	80566.21	29039.32	42.68	45.50	45.47	2.31	6.17
	4	SA-DCT	52123.76	19312.48	38.19	41.39	41.46	-	-
		Proposed 2	50516.48	17700.84	38.39	41.65	41.70	3.08	8.35
		Proposed 1	51116.24	18301.71	38.35	41.72	41.78	1.93	5.23
	8	SA-DCT	34076.00	11781.34	33.42	37.62	37.78	-	-
		Proposed 2	33423.12	11127.86	33.67	37.69	37.84	1.92	5.55
		Proposed 1	33727.79	11432.37	33.66	37.83	37.97	1.02	2.96
Dancer1	2	SA-DCT	114559.07	34108.67	42.50	45.93	45.64	-	-
		Proposed 2	111778.53	31298.16	42.54	46.11	45.82	2.43	8.24
		Proposed 1	113117.47	32666.91	42.52	46.01	45.72	1.26	4.23
	4	SA-DCT	63501.47	21048.95	38.14	44.15	43.77	-	-
		Proposed 2	61289.79	18826.44	38.24	44.18	43.81	3.48	10.56
		Proposed 1	62331.71	19883.48	38.21	44.23	43.86	1.84	5.54
	8	SA-DCT	37767.39	13104.30	33.76	42.13	41.64	-	-
		Proposed 2	36396.67	11723.20	33.96	42.11	41.64	3.63	10.54
		Proposed 1	37071.43	12407.79	33.90	42.21	41.73	1.84	5.32
Dancer2	2	SA-DCT	234305.41	66055.74	42.52	44.99	44.17	-	-
		Proposed 2	229083.91	60789.49	42.56	45.14	44.28	2.23	7.97
		Proposed 1	231740.42	63496.74	42.54	45.05	44.22	1.09	3.87
	4	SA-DCT	132309.98	41926.98	38.18	42.41	41.01	-	-
		Proposed 2	128085.31	37670.67	38.26	42.47	41.09	3.19	10.15
		Proposed 1	130309.02	39926.50	38.24	42.49	41.09	1.51	4.77
	8	SA-DCT	79300.45	26154.31	33.72	39.83	37.70	-	-
		Proposed 2	76476.16	23312.21	33.89	39.83	37.76	3.56	10.87
		Proposed 1	78026.53	24883.14	33.84	39.91	37.80	1.61	4.86

Proposed 1: 경사도기반 간접 선택 방법

Proposed 2: 부호화 효율 기반 직접 선택 방법

모양정보 내부 블록들의 성능은 기존의 블록 DCT를 사용하는 방법과 동일하므로 본 논문에서는 경계블록에서 발생한 비트수만을 성능평가에 사용하였다. 그림 7에는 경계 블록들에서의 부호화 성능을 살펴보기 위하여 비트수-왜곡 곡선(rate-distortion curve)이 나타나 있다. 실험 결과, 기존의  $\Delta$ DC-SA-DCT에 비하여, 제

안된 직접 선택 방법을 사용할 경우 경계 블록에서 4.51 ~ 10.87%의 비트량 감축 효과를 보인다. 또한 최대 0.28dB의 화질향상을 얻을 수 있으므로 화질을 함께 고려할 경우 보다 높은 비트량 감축효과가 있음을 알 수 있다. 직접 선택 방법에서는 블록의 변환 순서를 나타내는 1비트의 부가정보를 발생 비트수 계산에 포

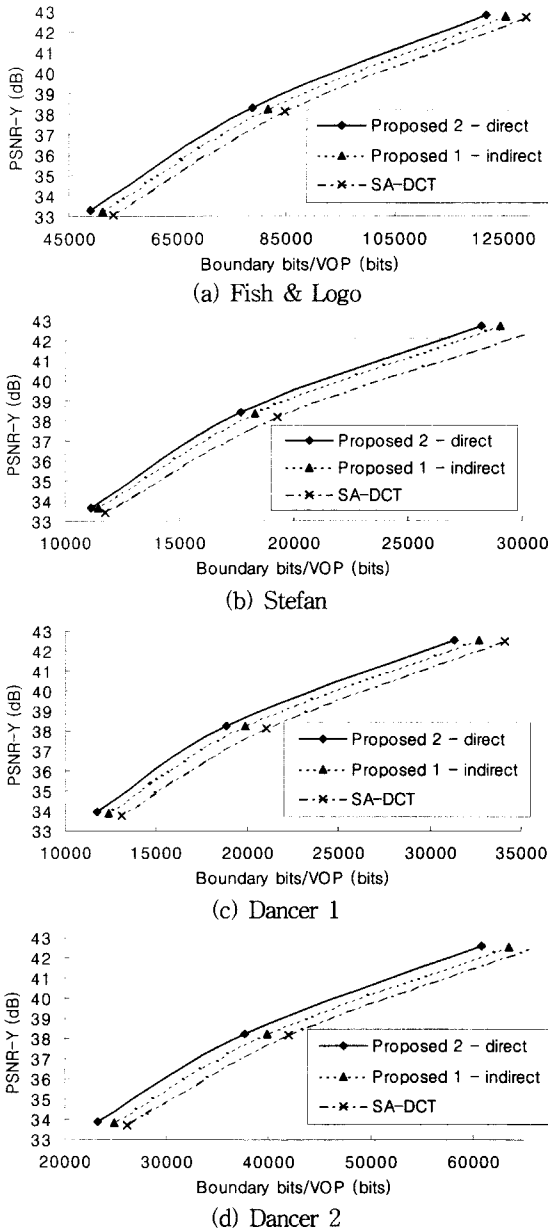


그림 7. 경계블록에서의 비트율-왜곡 비교

Fig. 7. Rate-distortion comparison in the boundary blocks.

함시켰다. 또한 제안된 간접 선택 방법을 사용한 경우, 경계 블록에서 2.35~6.17%의 비트량 감축 효과를 보이며 화질개선 효과 또한 얻을 수 있다. 제안된 두 가지 방법 모두 변환 순서가 고정된 기존 SA-DCT의 부호화 효율을 크게 개선시키며, 직접 선택 방법이 간접 선택 방법 보다 약 2배 정도의 성능 개선 효과를 가짐을 알 수 있다. 간접 선택 방법의 성능이 직접 선택 방법

에 비하여 떨어지는 것은 변환 순서 결정에 사용되는 주변 블록이 물체 내부에 존재하지 않는 경우 변환 순서를 정확히 결정하지 못하게 되는 단점이 있기 때문이다.

## V. 결 론

본 논문에서는 물체 단위로 동영상 콘텐츠를 저차 부호화하는데 사용될 수 있는 변환 방식인 SA-DCT의 부호화 효율을 높이기 위한 방법을 제안하였다. SA-DCT는 부호화되는 물체 경계 블록의 신호 특성에 따라 수평과 수직 방향의 1차원 변환들을 수행하는 순서에 따라 서로 다른 성능을 보인다. 본 논문에서는 이러한 특성을 다양한 모양과 신호 특성을 지닌 블록들에 대해서 변환 계수의 에너지 집중도를 살펴봄으로써 실험적인 입증을 하였다. 실험 결과, 화소간 상관 관계가 높고 변환 과정에서 화소의 이동량이 작은 방향으로 먼저 1차원 변환을 수행하는 것이 효율적임을 알 수 있었고, 이를 이용하는 효율적인 변화 순서 선택 방법으로 직접 선택 방법과 간접 선택 방법을 제안하였다. 실험결과 직접 선택 방식은 기존의 SA-DCT 방법에 비하여 최대 10.87%의 비트수 감축효과를 얻었으며 간접 선택 방식의 경우 최대 6.17%의 비트수 감축효과를 얻었다. 또한 두 방법 모두 기존의 방법에 비하여 약간의 화질 개선 효과가 있었다. 그러므로 두 방법 모두 변환 순서가 고정되어 있는 기존의 SA-DCT에 비해 높은 부호화 효율을 보인다.

경사도를 이용하여 변환 순서를 선택하는 간접 선택 방법은 매우 간단한 연산 과정을 통하여 1차원 변환 순서를 결정하며, 변환 순서에 대한 부가 정보를 전송할 필요가 없는 장점이 있다. 그러나 부호화하려는 블록의 변환 순서를 결정하는데 사용되는 주변 블록이 물체 내부에 존재하지 않는 경우, 변환 순서를 정확히 결정하지 못하는 단점이 있다. 부호화하려는 블록의 부호화 효율을 직접 계산해 보는 직접 선택 방법은 부호기의 계산량은 매우 높아지지만 복호기의 계산량은 증가되지 않는다. 또한 1차원 변환 순서에 대한 정보를 부가적으로 전송해야 하지만 감소되는 발생 비트수에 비해 무시할 정도이며, 주변 블록이 물체 내부에 존재하지 않을 경우에도 높은 부호화 효율을 얻을 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] T. Sikora, "Low complexity shape-adaptive DCT for coding of arbitrarily shaped image segments," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 7, pp. 381~395, 1995.
- [2] ISO/IEC MPEG Subgroups, "Overview of the MPEG-4 standard," *ISO/IEC JTC/SC29/WG11 doc. MPEG98/N2459*, Atlantic City, Oct. 1998.
- [3] ISO/IEC MPEG Video Group, *Information technology-generic coding of audio-visual objects part2: visual*, ISO/IEC 14496-2, 1998.
- [4] A. Kaup, "Adaptive low-pass extrapolation for object-based texture coding of moving video," in *Proc. Visual Communications and Image Processing 97*, SPIE, Vol. 3024, pp. 731~741, Feb. 1997.
- [5] T. Sikora and B. Makai, "Shape-adaptive DCT for generic coding of video," *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, Vol. 5, No. 1, pp. 59~62, Feb. 1995.
- [6] M. Bi, S. H. Ong, and Y. H. Ang, "Comment on 'Shape-adaptive DCT for generic coding of video'," *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, Vol. 6, No. 6, pp. 686~688, Dec. 1996.
- [7] A. Kaup and S. Paris, "On the performance of the shape adaptive DCT in object-based coding of motion compensated difference images," in *Proc. Picture Coding Symposium 97*, pp. 653~657, 1997.
- [8] A. Kaup and A. Lorenz, "A modified SA-DCT with improved coding efficiency," *ISO/IEC JTC/SC29/WG11 doc. MPEG97/M1624*, Seville, IT, Feb. 1997.
- [9] P. Kauff and K. Schuur, "An extension of shape-adaptive DCT (SA-DCT) towards DC separation and (DC correction)," in *Proc. Picture Coding Symposium 97*, pp. 647~652, 1997.
- [10] P. Kauff and K. Schuur, "Shape-adaptive DCT with block-based DC separation and (DC correction)," *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, Vol. 8, No. 3, pp. 237~242, June 1998.
- [11] J.H. Kweon, H.K. Kim, and J.H. Moon, "Results of mini-experiment SM2," *ISO/IEC JTC/SC29/WG11 doc. MPEG98/M3412*, Tokyo, Japan, Mar. 1998.
- [12] A. N. Netravali and B. G. Haskell, *Digital Pictures: Representation, Compression, and Standard*, New York, Plenum Press, 1995.

저 자 소 개



宋 準 (正會員)

1990년~1996년 서강대학교 전자공학과(학사). 1996년~1998년 서강대학교 전자공학과(석사). 1998년~2000년 현대전자 주임연구원. 2000년~현재 바로비전 선임연구원.

<주관심분야: 비디오 부호화, 영상 통신>



文 柱 禧 (正會員)

1981년~1985년 서강대학교 전자공학과(학사). 1985년~1987년 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사). 1987년~1992년 한국과학기술원 전기및전자공학과(박사). 1992년~1994년 한국과학기술원 전자정보연구소

(Post-Doc.). 1994년~1999년 현대전자 정보통신연구소 수석연구원. 1999년~현재 세종대학교 정보통신공학과 조교수. <주관심분야: 영상 압축, motion analysis, MPEG, 무선멀티미디어, 디지털TV 등>

鄭 在 阮(正會員)

1985년~1989년 한양대학교 전자통신공학과(학사). 1989년~1991년 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사). 1991년~1998년 한국과학기술원 전기및전자공학과(박사). 1995년~2000년 현대전자 단말기연구소 책임

연구원. 2000년~현재: ㈜새롬기술 멀티미디어사업부 멀티미디어플랫폼팀장. <주관심분야: 영상압축기술, MPEG 표준, 모바일멀티미디어 기술 등>