

논문 2009-46SP-1-7

임의의 직교 블록 변환 영역에서의 영상 크기 변환 방법

(Changing Image Resolution In A Block Transform Domain)

이 남 구*, 오 형 석*, 김 원 하**

(Namkoo Lee, Hyungsuk Oh, and Wonha Kim)

요 약

본 논문에서는 임의의 직교 블록 변환 영역에서 직접 영상 크기를 변경하는 기법을 개발한다. 이를 위해, 임의의 직교 변환 영역에서 영상 크기 변환을 수행하는 모든 과정을 행렬 곱으로 표현하여, 해상도 변환을 수행하는 행렬을 유도한다. 해상도 변환 행렬은 영상 특성에 따라 직교 블록 변환에 알맞은 일반식으로 설계한다. 개발된 기법은 기존의 실수 DCT 영역 뿐만 아니라 H.264/AVC에 적용 가능한 4×4 Modified DCT 및 Hadamard 변환과 같은 다양한 직교 변환 영역에 적용할 수 있고, 동 영상 부호화시 사용되는 대표적인 시퀀스 영상들의 해상도 변환에 적용 가능성을 실험을 통하여 검증하였다.

Abstract

This paper develops a methodology for resizing the resolution of an image in an arbitrary block transform domain. To accomplish this, we represent the procedures resizing images in an orthogonal transform domain in the form of matrix multiplications from which the matrix scaling the image resolutions is produce. The experiments showed that the proposed method produces the reliable performances without increasing the computational complexity, compared to conventional methods when applied to various transforms.

Keywords: Image resizing, block transform, image/video coding, scaling matrix, H.264/AVC

I. 서 론

현재의 통신환경은 유무선 연동, 방송망과 통신망의 융합 등, 비균일 통신망이 서로 융합되고 있으며 앞으로 이러한 추세는 더욱 가속화될 것이다. 이와 같은 통신 환경에서는 영상과 동영상의 전송이 다양한 단말기에 적응적인 해상도 변환이 제공되어야 한다. 영상과 동영상은 효과적으로 저장 또는 전송되기 위해 변환계수로 부호화 압축되기 때문에 공간 영역에서의 영상 크

기 변경은 부호화된 압축 데이터를 복호화 시켜야하며 다시 부호화 과정이 필요하다. 그러므로 부호화된 동영상을 복호화 시켜 영상 해상도 변경을 하고 다시 부호화 시키는 방법보다 부호화 상태에서 직접 해상도 변경하는 것이 훨씬 효율적이다. 압축된 영상과 동영상 데이터는 변환 계수로 표현되어 있어서 부호화된 영상의 해상도를 변환하기 위해서는 변환 영역에서 해상도를 변환하는 기법은 필수적이다^[1].

동영상/영상 부호화 기술들이 진화하면서, 영상 블록 변환은 실수 DCT뿐만 아니라 H.264/AVC에서 사용하는 정수 DCT, Discrete Hadamard Transform (DHT) 등과 같이 다양한 block transform이 사용되었다^[2]. 따라서 임의의 영상 변환 영역에서 해상도를 조절할 수 있는 기법이 개발되어야 한다.

기존의 연구들은 실수 DCT영역에서만 영상 해상도 변환이 가능하도록 되어있다, Dugad 기법은 실수

* 학생회원, ** 정회원, 경희대학교 전자정보대학
(College of Electronic and Information Engr.,
Kyunghee University)

※ 본 연구는 과학기술부 과학재단 목적기초연구
(R01-2005-000-11054-0)지원과 경희대학교 대학원
의 2007학년도 우수연구논문 장학금으로 지원받아
수행되었음.

접수일자: 2008년6월11일, 수정완료일: 2008년12월30일

DCT영역에서 고주파 부분을 이상적으로 없애는 필터링을 수행하여 해상도를 변화시키는 과정을 matrix 형태로 나타내었다^[3]. Park 기법은 신호처리 이론인 convolution-multiplication 이론을 사용하여 실수 DCT 영역에서 해상도를 변환 한다^[4]. Symmetrically extension 은 영상의 고주파 성분을 유지하기 때문에 Park 기법은 Dugad 기법보다 더 좋은 화질을 보장하지만 복잡도가 증가한다. Salazar와 Shu의 기법은 실수 DCT영역에서 임의의 비율로 해상도를 변환 시킨다^[5-6].

기존의 방법에 비하여, 본 논문에서는 임의의 직교 블록 변환영역에 적용 가능하며 영상 신호의 특성에 적절한 down/up scaling 필터의 사용이 가능한 해상도 변환 기법을 개발한다. 이를 위하여 본 논문에서는 <그림 1> 과 같이 임의의 직교 변환 영역에서 해상도 변환을 수행하는 단계별 과정을 고안하고 각 중간 과정을 행렬의 곱으로 표현한다. 이 행렬 곱은 영상 해상도 변환을 수행하는 하나의 행렬이 된다. 때문에 계산 복잡도가 감소된다.

개발된 방법이 임의의 직교 블록 변환영역에서 해상도 변환이 가능함을 검증하기 위해서 실수 DCT, H.264/AVC에 사용되는 Modified DCT, Hadamard transform에 적용하였다^[2]. 개발된 방법은 적용된 transform의 부호화 이득(coding gain)에 따라서 성능은 달라지나 실험한 모든 transform에 대하여 신뢰성 있는 성능을 보였다^[7].

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 영상처리에 주로 적용되는 블록 변환들을 소개한다. III장에서는 임의의 블록 변환 영역에서 down-sampling 기법을 개발하고, IV장에서는 up-sampling 기법을 개발한다. V장에서는 개발된 기법을 이용하여 실수 DCT, Modified DCT와 Hadamard Transform에서의 down/up sampling을 수행하는 행렬을 구한다. VI장에서는 실험을 통하여 제안하는 기법이 임의의 변환에서 적용 가능하고 정지영상 및 동영상에도 적용 가능함을 검증한다. VII장에서는 본 논문의 결론을 도출한다.

II. ORTHOGONAL BLOCK TRANSFORM

이 장에서는 영상처리에 주로 사용되는 직교 블록 변환을 소개한다. 크기가 $N \times N$ 인 공간 영역에서의 블록을 $x_{N \times N}$ 이라 하고 $x_{N \times N}$ 에 해당하는 블록 변환된 블록을 $X_{N \times N}$ 이라 한다. $T_{N \times N}$ 을 크기가 $N \times N$ 인 직

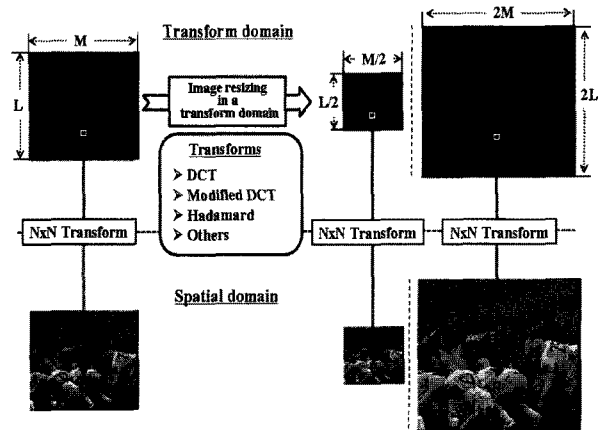


그림 1. 임의의 블록 변환 영역에서 영상 크기변환을 위해 개발된 기법의 개념도

Fig. 1. Overview of the developed image resizing methodology. The developed method can scale image resolution in an arbitrary block transform domain.

교 블록 변환 행렬(Orthogonal block transform matrix)이라 한다. 그러면 $x_{N \times N} = T_{N \times N}^t \cdot X_{N \times N} \cdot T_{N \times N}$ 이고, $X_{N \times N} = T_{N \times N} \cdot x_{N \times N} \cdot T_{N \times N}^t$ 이다. 영상처리에 사용되는 대표적인 블록변환의 예를 들면 다음과 같다.

- 실수 DCT [7]

실수 DCT변환의 경우 $T_{N \times N}$ 의 (k, n) 번째 원소는 다음과 같다.

$$T_{N \times N}^{kn} = c_k \sqrt{\frac{2}{N}} \cos \left[\left(\frac{n+1}{2} \right) \frac{k\pi}{N} \right]$$

for $k, n = 0, \dots, (N-1)$.

여기서 $k=0$ 일 때 $c_0 = \frac{1}{\sqrt{2}}$ 이고, $k > 0$ 일 때 $c_k = 1$ 이다.

- H.264/AVC에서의 Modified DCT(MDCT) [2][8]

MDCT는 실수 DCT의 원소를 근사화 시킨 것이다. 4×4 블록크기의 MDCT(를 $T_{4 \times 4}$ 이라 할 때 다음과 같다.

$$T_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} a & a & a & a \\ b & c & -c & -b \\ a & -a & -a & a \\ c & -b & b & -c \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 $a = 1/2, b = \sqrt{2/5}, c = \sqrt{1/10}$ 이다.

H.264 extended profile에 적용되는 8x8 블록크기의 MDCT를 $T_{8 \times 8}$ 이라 할 때 다음과 같다.

$$T_{8 \times 8} = \begin{bmatrix} d & d & d & d & d & d & d & d \\ e & f & g & h & -h & -g & -f & -e \\ i & j & -j & -i & -i & -j & j & i \\ f & -h & -e & -g & g & e & h & -f \\ d & -d & -d & d & d & -d & -d & d \\ g & -e & h & f & -f & -h & e & -g \\ j & -i & i & -j & -j & i & -i & j \\ h & -g & f & -e & e & -f & g & -h \end{bmatrix} \quad (2)$$

여기서 $d=1/(2\sqrt{2}), e=12/(17\sqrt{2}), f=10/(17\sqrt{2}),$
 $g=6/(17\sqrt{2}), h=3/(17\sqrt{2}), i=1/\sqrt{5}, j=1/(2\sqrt{5})$
 이다.

• Hadamard 변환 [9]

Hadamard 변환일 경우 $2^n \times 2^n$ ($N=2^n$) 블록크기의 행렬은 다음과 같다.

$$T_{2^n \times 2^n} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} T_{2^{n-1} \times 2^{n-1}} & T_{2^{n-1} \times 2^{n-1}} \\ T_{2^{n-1} \times 2^{n-1}} & -T_{2^{n-1} \times 2^{n-1}} \end{bmatrix}$$

여기서 $T_0 = [1]$ 이다.

III. 변환영역에서의 Down-Sampling

본 장에서는 크기가 $2N \times 2N$ 인 블록 변환 영역에서의 블록 $X_{2N \times 2N} = \begin{bmatrix} X_{N \times N}^0 & X_{N \times N}^1 \\ X_{N \times N}^2 & X_{N \times N}^3 \end{bmatrix}$ 를 다운 샘플링하여 크기가 $N \times N$ 인 변환 영역의 블록 $Y_{N \times N}$ 을 생성하는 방법을 개발한다. $X_{2N \times 2N}$ 에 해당하는 공간영역에서의 블록을 $x_{2N \times 2N} = \begin{bmatrix} x_{N \times N}^0 & x_{N \times N}^1 \\ x_{N \times N}^2 & x_{N \times N}^3 \end{bmatrix}$ 이라 하고, 여기서 $n=0,1,2,3$ 에 대하여 $x_{N \times N}^n = T_{N \times N}^t \cdot X_{N \times N}^n \cdot T_{N \times N}$ 이다.

$$x_{2N \times 2N} = \begin{bmatrix} T_{N \times N}^t & 0_{N \times N} \\ 0_{N \times N} & T_{N \times N}^t \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_{N \times N}^0 & X_{N \times N}^1 \\ X_{N \times N}^2 & X_{N \times N}^3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} T_{N \times N} & 0_{N \times N} \\ 0_{N \times N} & T_{N \times N} \end{bmatrix} \quad (3)$$

일반적으로 영상들은 공간영역에서는 영상 신호들 간에 상관성이 높으나, 블록 변환되면 블록들 간의 상관성이 적고 서로 독립적이다^[10]. 변환영역의 블록

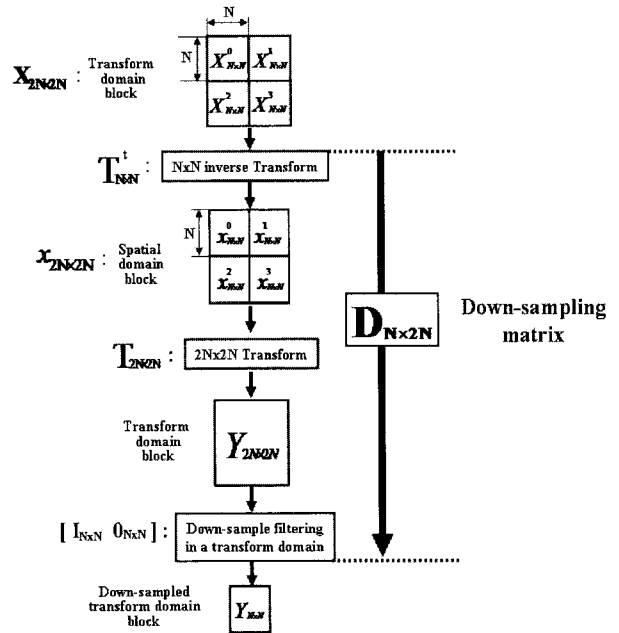


그림 2. Down-sampling 과정. $X_{2N \times 2N}$: 입력 변환영역 블록, $Y_{2N \times 2N}$: 다운 샘플링된 변환영역 블록
 Fig. 2. Down-sampling procedures. $X_{2N \times 2N}$ is the input transform domain block. $Y_{2N \times 2N}$ is the down-sampled transform domain block.

$X_{2N \times 2N}$ 은 4개의 관계성이 적은 독립적인 블록들로 구성되어 있기 때문에 $X_{2N \times 2N}$ 에서 down-sampling 하면 $x_{2N \times 2N}$ 에 해당하는 영상 특성을 유지할 수 없게 된다. Down/up-sampling과 같은 해상도 변환에서는 블록 영상에 원 영상의 특성을 되도록 많이 유지하여야 하기 때문에, $x_{2N \times 2N}$ 의 전체적인 영상특성을 포함하고 있는 $Y_{2N \times 2N}$ 에서 down-sampling해야 한다.

<그림 2>는 제안하는 down-sampling 과정을 도식화하여 보여준다.

$Y_{2N \times 2N}$ 은 $x_{2N \times 2N}$ 을 $2N \times 2N$ 변환하여 얻어 지므로 다음과 같다.

$$Y_{2N \times 2N} = T_{2N \times 2N} \cdot x_{2N \times 2N} \cdot T_{2N \times 2N}^t \quad (4)$$

영상 신호의 에너지가 저주파 대역에 주로 집중되어 있으므로, down-sampling filter는 고주파 성분을 제거하고, 저주파 성분을 보존하는 low-pass 필터이어야 한다. 변환영역에서 low-pass 필터링을 수행하는 행렬은 $[I_{N \times N} \ 0_{N \times N}]$ 이다. 여기서, $I_{N \times N}$ 과 $0_{N \times N}$ 는 각각 $N \times N$ 크기의 identity matrix와 zero matrix 이다^[3~4]. 따라서 $Y_{2N \times 2N}$ 을 다운샘플링 한 $N \times N$ 변환 영역 블록 $Y_{N \times N}$ 은 다음과 같이 구하여 진다.

$$Y_{N \times N} = [I_{N \times N} \ 0_{N \times N}] \cdot Y_{2N \times 2N} \cdot [I_{N \times N} \ 0_{N \times N}]^t \quad (5)$$

식(3), 식(4)와 식(5)에 의하여 다음과 같이 표현한다.

$$Y_{N \times N} = \left\{ [I_{N \times N} \ 0_{N \times N}] \cdot T_{2N \times 2N} \cdot \begin{bmatrix} T_{N \times N}^t & 0_{N \times N} \\ 0_{N \times N} & T_{N \times N}^t \end{bmatrix} \right. \\ \left. \cdot \begin{bmatrix} X_{N \times N}^0 & X_{N \times N}^1 \\ X_{N \times N}^2 & X_{N \times N}^3 \end{bmatrix} \right. \\ \left. \left\{ [I_{N \times N} \ 0_{N \times N}] \cdot T_{2N \times 2N} \cdot \begin{bmatrix} T_{N \times N}^t & 0_{N \times N} \\ 0_{N \times N} & T_{N \times N}^t \end{bmatrix} \right\}^t \right. \\ = D_{N \times 2N} \cdot \begin{bmatrix} X_{N \times N}^0 & X_{N \times N}^1 \\ X_{N \times N}^2 & X_{N \times N}^3 \end{bmatrix} \cdot (D_{N \times 2N})^t \quad (6)$$

여기서,

$$D_{N \times 2N} \equiv [I_{N \times N} \ 0_{N \times N}] \cdot T_{2N \times 2N} \cdot \begin{bmatrix} T_{N \times N}^t & 0_{N \times N} \\ 0_{N \times N} & T_{N \times N}^t \end{bmatrix}.$$

$D_{N \times 2N}$ 은 변환영역에서 다운샘플링을 수행하는 행렬이다. $D_{N \times 2N}$ 은 다운샘플링 과정의 각 과정을 행렬 곱으로 표현한다. 일련의 중간과정은 결국 행렬 $D_{N \times 2N}$ 으로 통합되기 때문에, 제안 방법은 기존 방법과 비교해 계산 복잡도가 증가하지 않는다^[4]. 다양한 변환에 대해 down-sampling을 수행하는 $D_{N \times 2N}$ 는 V장에서 논한다.

IV. 변환영역에서의 UP-SAMPLING

본 장에서는, $N \times N$ 크기의 변환영역 블록 $X_{N \times N}$ 을 $2N \times 2N$ 크기의 변환영역 블록 $Y_{2N \times 2N} = \begin{bmatrix} Y_{N \times N}^0 & Y_{N \times N}^1 \\ Y_{N \times N}^2 & Y_{N \times N}^3 \end{bmatrix}$ 으로 up-sampling하는 기법을 개발한다. <그림 3>은 up-sampling 과정을 도식화한다. 주어진 변환영역의 블록 $X_{N \times N}$ 을 변환영역에서 up-sampling하여 $X_{2N \times 2N}$ 을 구한다. Up-sample된 $2N \times 2N$ 블록을 구성하는 4개의 $N \times N$ 블록은 공간영역에서 각 위치에 해당하는 블록의 영상 스펙트럼이어야 한다. $X_{2N \times 2N}$ 은 $N \times N$ 크기의 영상 블록의 스펙트럼인 $X_{N \times N}$ 에서 생성된 것이기 때문에 $X_{2N \times 2N}$ 을 구성하는 $N \times N$ 블록들은 각 블록에 해당하는 영상 신호 스펙트럼이 아니다. 따라서, $X_{2N \times 2N}$ 은 $X_{N \times N}$ 의 up-sample된 블록이라고 할 수 없다. 대신에 $X_{2N \times 2N}$ 을 역변환하여 얻은 공간영역의 블록 $Y_{2N \times 2N}$

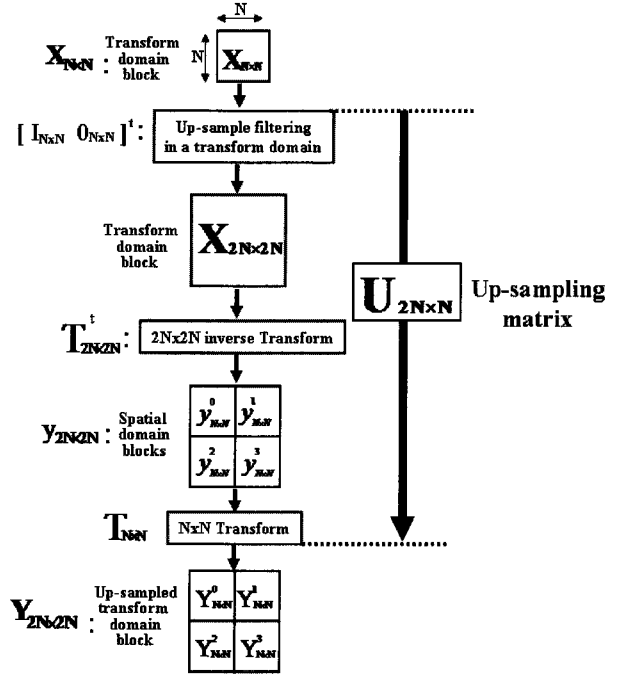


그림 3. Up-sampling 과정. $X_{N \times N}$: 입력 변환영역 블록, $Y_{2N \times 2N}$: 업샘플링 된 변환영역 블록

Fig. 3. Up-Sampling procedures. $X_{N \times N}$ is the input transform domain block. $Y_{2N \times 2N}$ is the up-sampled transform domain block.

에서 각 $N \times N$ 블록들을 독립적으로 변환하여 구해지는 변환 영역의 블록 $Y_{2N \times 2N}$ 이 $X_{N \times N}$ 을 up-sample한 블록이 된다. 영상신호의 저주파 성분을 완전히 이용하기 위해, 변환영역에 적합한 up-sampling filter 행렬은 $[I_{N \times N} \ 0_{N \times N}]^t$ 라 한다^[3,5].

$$X_{2N \times 2N} = [I_{N \times N} \ 0_{N \times N}]^t \cdot X_{N \times N} \cdot [I_{N \times N} \ 0_{N \times N}] \quad (7)$$

그러므로 공간영역에서 up-sample된 블록 $Y_{2N \times 2N}$ 은 다음과 같다.

$$Y_{2N \times 2N} = T_{2N \times 2N}^t \cdot X_{2N \times 2N} \cdot T_{2N \times 2N} \quad (8) \\ = \begin{bmatrix} Y_{N \times N}^0 & Y_{N \times N}^1 \\ Y_{N \times N}^2 & Y_{N \times N}^3 \end{bmatrix}$$

변환영역에 적합한 up-sample된 블록 $Y_{2N \times 2N}$ 은 공간영역의 블록 $y_{2N \times 2N}$ 에서 각 $N \times N$ 블록들을 독립적으로 변환하여 구해지는 블록이다. 따라서

$$Y_{2N \times 2N} = \begin{bmatrix} T_{N \times N} & 0_{N \times N} \\ 0_{N \times N} & T_{N \times N} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{y}_{N \times N}^0 & \mathbf{y}_{N \times N}^1 \\ \mathbf{y}_{N \times N}^2 & \mathbf{y}_{N \times N}^3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{T}_{N \times N}^t & \mathbf{0}_{N \times N} \\ \mathbf{0}_{N \times N} & \mathbf{T}_{N \times N}^t \end{bmatrix}$$

식(7), 식(8)과 식(9)에 의하여, 다음과 같은 식이 구하여 진다.

$$\mathbf{Y}_{2N \times 2N} = \mathbf{U}_{2N \times N} \cdot \mathbf{X}_{N \times N} \cdot \mathbf{U}_{2N \times N}^t \quad (10)$$

$\mathbf{U}_{2N \times N}$ 은 변환영역에서 up-sampling을 수행하는 행렬이다.

V. UP/DOWN SAMPLING 행렬

본 장에서는, 개발된 방법으로 다양한 orthogonal transform에 대한 up/down-sampling 행렬을 제시한다. 식(6)과 식(10)으로부터, $\mathbf{D}_{N \times 2N} = \mathbf{U}_{2N \times N}^t$ 임을 알 수 있다. 즉, 직교 변환 영역에서 up-sampling 행렬과 down-sampling 행렬은 transpose 관계에 있다.

● 8 × 8 DCT

식(6)에서 $\mathbf{T}_{8 \times 8}$ 과 $\mathbf{T}_{16 \times 16}$ 은 8×8 DCT 계수와 16×16 DCT 계수이다. 8x8 DCT 영역에서 down-sampling을 수행하는 행렬은 식(11)과 같이 구해진다. 그러면, up-sampling 행렬은 $\mathbf{U}_{16 \times 8}^{\text{DCT}} = (\mathbf{D}_{8 \times 16}^{\text{DCT}})^t$ 이다.

$$\mathbf{D}_{8 \times 16}^{\text{DCT}} = [\mathbf{I}_{8 \times 8} \ \mathbf{0}_{8 \times 8}] \cdot \mathbf{T}_{16 \times 16} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{T}_{8 \times 8}^t & \mathbf{0}_{8 \times 8} \\ \mathbf{0}_{8 \times 8} & \mathbf{T}_{8 \times 8}^t \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$= \begin{bmatrix} 0.7071 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6376 & 0.2986 & -0.0585 & 0.0241 & -0.0125 & 0.0071 & -0.0039 & 0.0018 \\ 0 & 0.7071 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.2153 & 0.5446 & 0.3812 & -0.0951 & 0.0436 & -0.0235 & 0.0128 & -0.0057 \\ 0 & 0 & 0.7071 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1326 & -0.2219 & 0.5081 & 0.4008 & -0.1061 & 0.0493 & -0.0253 & 0.0110 \\ 0 & 0 & 0 & 0.7071 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.0985 & 0.1509 & -0.2024 & 0.4971 & 0.4065 & -0.1078 & 0.0476 & -0.0196 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0.7071 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.6376 & 0.2986 & 0.0585 & 0.0241 & 0.0125 & 0.0071 & 0.0039 & 0.0018 \\ 0 & -0.7071 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2153 & 0.5446 & -0.3812 & -0.0951 & -0.0436 & -0.0235 & -0.0128 & -0.0057 \\ 0 & 0 & 0.7071 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.1326 & -0.2219 & -0.5081 & 0.4008 & 0.1061 & 0.0493 & 0.0253 & 0.0110 \\ 0 & 0 & 0 & -0.7071 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0985 & 0.1509 & 0.2024 & 0.4971 & -0.4065 & -0.1078 & -0.0476 & -0.0196 \end{bmatrix}$$

H.264/AVC에 적용되는 4×4 Modified DCT (MDCT)

식(6)에서 $\mathbf{T}_{4 \times 4}$ 과 $\mathbf{T}_{8 \times 8}$ 은 4x4 MDCT 계수와 8x8 MDCT 계수이다. 4x4 MDCT에서 down-sampling 행렬은 다음과 같다.

$$\mathbf{D}_{4 \times 8}^{\text{MDCT}} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{31}{34\sqrt{2}} & \frac{11}{17\sqrt{5}} & \frac{1}{34\sqrt{2}} & \frac{1}{34\sqrt{5}} \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ \frac{11}{34\sqrt{2}} & \frac{41}{34\sqrt{5}} & \frac{19}{34\sqrt{2}} & \frac{1}{17\sqrt{5}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{31}{34\sqrt{2}} & \frac{11}{17\sqrt{5}} & \frac{1}{34\sqrt{2}} & \frac{1}{34\sqrt{5}} \\ 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ \frac{11}{34\sqrt{2}} & \frac{41}{34\sqrt{5}} & \frac{19}{34\sqrt{2}} & \frac{1}{17\sqrt{5}} \end{bmatrix} \quad (12)$$

● 4 × 4 Hadamard 변환 (DHT)

동일한 방법으로, 4x4 DHT 영역에서 down-sampling matrix는 다음과 같다.

$$\mathbf{D}_{4 \times 8}^{\text{DHT}} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

VI. 실험

개발된 방법이 다양한 변환 영역에서 해상도 변환이 가능함을 검증하기 위해 영상 및 동영상 부호화에 대표적으로 사용되고 있는 실수 8x8 DCT, 4x4 Modified DCT(MDCT), 4x4 Hadamard 변환 영역들에서 영상의 해상도 변경을 수행한다^[2~9]. 각 transform에 대한 down/up sampling을 수행하는 행렬, $\mathbf{D}_{N \times 2N}$ 과 $\mathbf{U}_{2N \times N}$ 은 V장에서 논한 방법으로 얻었다. 실험 방법은 시험 영상들을 변환영역에서 down sample하고 다시 변환영역에서 up sample하여 원 영상의 해상도로 복원하였다. 시험영상의 크기는 CIF (352×288)로 하였으며 시험 영상은 코덱의 성능을 평가하기 위해서 통상적으로 사용되는 영상들로 하였다.

<표 1>은 transform의 coding gain이 가장 높은 실수 8x8 DCT과 비교했을 때, 제안된 직교 변환 방법들은 transform에 따른 coding gain에 따라 다소 차이가 있지만 비슷한 성능을 보여주고 있다^[7]. 특히, 실수 8x8 DCT의 경우 제안한 방법에 의해 얻어진 down/

표 1. 원본 영상과 각 변환영역에서 업/다운샘플링된 영상의 객관적 화질 비교

Table 1. PSNR (dB) COMPARISONS OF ORIGINAL IMAGES AND UP/DOWN-SAMPLED IMAGES FOR EACH TRANSFORM DOMAIN.

	Transform Domain				
	Park method	Proposed method			
	실수 8x8 DCT	실수 8x8 DCT	실수 4x4 DCT	4x4 MDCT	4x4 DHT
Foreman	33.21	33.21	32.74	32.60	29.85
Bus	27.69	27.69	27.29	27.15	25.67
Football	28.47	28.47	27.74	27.63	25.63
Harbour	34.13	34.13	32.22	32.02	28.06
Crew	38.17	38.17	37.15	37.06	34.61
Soccer	31.60	31.60	31.03	30.95	29.48
City	30.33	30.33	30.47	29.37	28.28

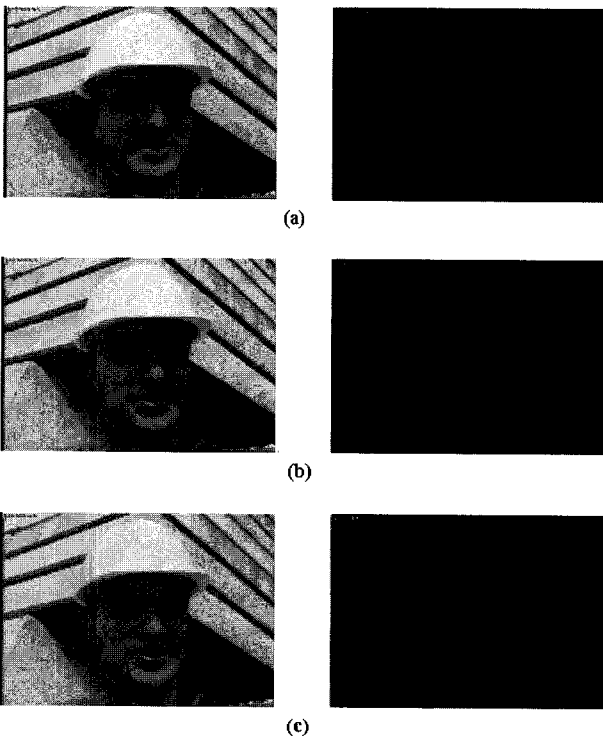


그림 4. 다양한 변환영역에서 다운/업 샘플링된 영상과 그 영상과 원본영상의 차분 영상. 영상 크기는 CIF(352x288). (a) 8x8 DCT 영역, (b) H.264/AVC의 4x4 DCT 영역, (c) 4x4 이산 하다마드 변환 영역

Fig. 4. Down-sampled and up-sampled images at various transform domains and their difference images from the original images. The image size is CIF(352x288). (a) 8x8 DCT domain, (b) 4x4 Modified DCT domain of H.264/AVC and (c) 4x4 Discrete Hadamard Transform domain.

up-sampling 행렬은 기존의 Park 방법에 의해 얻어진 scaling window와 PSNR 성능이 같다는 것을 실험을

통하여 알 수 있다^[4]. 따라서 제안된 기법은 DCT domain에서 신뢰성 있는 성능을 나타낸다. H.264/AVC에서 블록크기가 4x4인 MDCT을 적용하였을 경우 실수 4x4 DCT에 비하여 PSNR은 0.15 dB 이내의 차이로 주관적인 화질은 차이가 없다. 따라서 4x4 MDCT을 적용가능하다는 것을 알 수 있다. Hadamard transform을 적용하였을 경우 기존의 Haar filter로 공간영역에서 interpolation하였을 때와 거의 같은 결과를 얻었다. 이는 Hadamard transform의 kernel이 bilinear filter와 동일한 Haar filter를 기본으로 하여 생성되기 때문이다^[9]. Hadamard transform의 경우에 비교적 낮은 PSNR을 생성하는 것은 coding gain이 다른 transform 보다 낮기 때문이다.

<그림 4>는 복원된 영상과 원본대비 차이영상을 보여 준다. Sampling 필터를 low-pass filter를 사용하였기 때문에 복원된 영상은 원영상과 주로 edge부분에서 차이가 발생되나 <그림 4>에서 보듯이 개발된 기법은 transform에 상관없이 전반적으로 신뢰성 있는 성능을 나타낸다. 실수 DCT와 MDCT에 적용된 제안 기법은 픽셀 당 4.2 곱셈과 6.7 덧셈이 필요하고, 이 연산량은 Park의 기법의 scaling window의 연산량과 같다^[4]. Hadamard transform에 적용된 제안 기법의 연산량은 픽셀 당 2 곱셈과 2 덧셈이 필요하다. 그러므로 기존의 방법과 비교하여 복잡도가 증가하지 않음을 알 수 있다.

VII. 결 론

본 논문에서는 기존의 방법이 MPEG-2와 MPEG-4에서 사용되는 실수 DCT에서만 적용되는 반면에 실수 DCT뿐만 아니라 H.264/AVC에 사용되는 modified DCT를 비롯한 임의의 직교 변환 블록 영역에서 영상 해상도를 변환할 수 있는 방법을 제시하였다. 개발된 기법을 실수 8x8 DCT에 적용하였을 때 기존의 방법과 동일한 성능을 확인했고, 4x4 Modified DCT영역과 Hadamard 변환 영역에서도 화질의 열화를 발생시키지 않으면서 영상 해상도를 변환시킬 수 있음을 검증하였다. H.264/AVC에서 블록크기가 4x4인 MDCT을 적용하였을 경우 실수 4x4 DCT에 비하여 PSNR은 0.15 dB 이내의 차이로 주관적인 화질은 차이가 없으므로 제안된 기법과 기존의 기법에서 동일한 성능 혹은 거의 차이가 없음을 보여준다. 그러므로 기존의 기법이

MPEG-2, MPEG-4에만 적용되는 반면에 제안된 기법은 H.264/AVC에서도 적용 가능하고, 다양한 선형 직교 블록 변환 영역에서 영상 해상도를 변환시킬 수 있다고 결론을 내릴 수 있다. 향후, 제안된 기법은 임의의 직교 블록 변환영역에서 영상크기를 다양한 비율로 변화시킬 수 있도록 하는 데에도 적용 가능하다.

참 고 문 헌

- [1] H. Sun, X. Chen, and T. Chiang, "Digital Video Transcoding for Transmission and Storage," CRC Press, 2005.
- [2] H. S. Malvar, A. Hallapuro, M. Karczewicz, and L. Kerofsky, "Low-complexity transform and quantization in h.264/avc," IEEE Trans. Circ. and Syst. Video Tech., vol. 13, no. 7, pp. 598.603, July 2003.
- [3] R. Dugad and N. Ahuja, "A fast scheme for image size change in the compressed domain," IEEE Trans. Circ. and Syst. Video Tech., vol. 11, no. 4, pp. 461.474, Apr. 2001.
- [4] H.W. Park, Y.S. Park, and S.K.O, "L/m-fold image resizing in block-dct domain using symmetric convolution," IEEE Trans. Image Processing, vol. 12, no. 9, pp. 1016.1034, Sept. 2003.
- [5] C.L. Salazar and T.D. Tran, "A complexity scalable universal dct domain image resizing algorithm," IEEE Trans. Circ. and Syst. Video Tech., vol. 17, no. 4, pp. 495.499, Apr. 2007.
- [6] H. Shu and L.P. Chau, "An efficient arbitrary downsizing algorithm for video transcoding," IEEE Trans. Circ. and Syst. Video Tech., vol. 14, no. 6, pp. 887.891, June 2004.
- [7] G. Strang and T.Q. Nguyen, "Wavelets and Filter Banks," Wellesley-Cambridge Press, 1997.
- [8] S. Gorden, "Simplified use of 8x8 transforms.," JVT-I022, Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG 9th Meeting : San Diego USA, Sept. 2003.
- [9] T.K. Moon and W.C. Stirling, "Mathematical Methods and Algorithms for Signal Processing," Prentice-Hall, 2000.
- [10] K.A. Birney and T.R. Fischer, "On the modeling of DCT and subband image data for compression", IEEE Trans. Image Processing, vol. 4, No. 2, pp. 186-193, Feb. 1995.

저 자 소 개



이 남 구(학생회원)
 2007년 경희대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2007년~현재 경희대학교
 전자전파공학과
 대학원 석사과정
 <주관심분야 : 영상처리, 영상/동
 영상부호화, 통신>



오 형 석(학생회원)
 2005년 경희대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 2007년 경희대학교 전자전파공학
 대학원 석사 졸업.
 2007년~현재 경희대학교
 전자전파공학과 대학원
 박사 과정
 <주관심분야 : 영상/동영상부호화, 영상처리>



김 원 하(정회원)
 1985년 연세대학교
 전자공학과 학사졸업.
 1988년 Univ. of Wisconsin-
 Madison 전기공학과
 석사졸업.
 1997년 Univ. of Wisconsin-
 Madison 전기공학과
 박사졸업.
 1996년 1월~7월 (미) Motorola, 연구원
 1997년 8월~2000년 2월 Los Alamos National
 Lab. 연구원
 2003년 8월 명지대학교 정보통신공학과 조교수
 2003년 8월~현재 경희대학교 전자정보대학
 전자공학과 교수
 <주관심분야 : 영상/동영상부호화, 영상처리>