

---

# 고속 동영상 부호기를 위한 부호화 방법에 관한 연구

김용욱\* · 허도근\*

A study on the Encoding Method for High Performance Moving Picture Encoder

Yong-Wook Kim\* · Do-Guen Huh\*

---

이 논문은 2002년도 원광대학교 교비지원에 의해서 수행됨

---

## 요 약

본 논문은 움직임 벡터의 분포특성을 이용한 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘과 정수 연산만을 필요로 하는 정수형 DCT(Discrete Cosine Transform)를 사용하여 H.263 환경에서 동영상 부호기의 성능향상에 대해 연구한다.

정수형 DCT는 WHT(Walsh-Hadamard Transform)와 정수 lifting을 이용하여 정수의 덧셈 연산만으로 DCT 연산을 수행하므로 부동소수점수의 곱셈을 포함하는 기존 DCT에 비하여 연산량은 줄이면서도 동일한 PSNR을 얻는다. 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘은 기존의 움직임 벡터 탐색 알고리즘인 3SS(Step Search)나 4SS에 비하여 움직임 추정에 필요한 연산량을 감소시키면서 거의 비슷한 PSNR을 보인다. 또한 모의 실험에서 H.263 부호기 환경에서 정수형 DCT와 기존 DCT는 서로 호환됨을 보인다.

따라서 본 논문에서 제안한 부호화 방법은 H.263 부호화 과정에서 동영상 정보의 효율적인 실시간 처리를 가능하게 하며 다른 동영상 부호기에도 적용하여 부호화 성능을 향상시킬 수 있다.

## ABSTRACT

This paper is studied the improvement of performance for moving picture encoder using H.263. This is used the new motion vector search algorithm using a relation with neighborhood search point and is applied the integer DCT for the encoder.

The integer DCT behaves DCT by the addition operation of the integer using WHT and a integer lifting than conventional DCT that needs the multiplication operation of a floating point number. Therefore, the integer DCT can reduce the operation amount than basis DCT with having an equal PSNR.

The new motion vector search algorithm is showed almost similar PSNR as reducing the operation amount than the conventional motion vector search algorithm. To experiment a compatibility of the integer DCT and the conventional DCT, according to result compare case that uses a method only and case that uses the alternate two methods of the integer DCT or the conventional DCT to H.263 encoder and decoder, case that uses the alternate two methods is showed doing not deteriorate PSNR and being each other compatible visually than case that uses an equal method only.

## 키워드

WHT, 정수형 DCT, lifting scheme, 움직임 추정

---

\* 원광대학교

접수일자 : 2004. 3. 31

## 1. 서론

PSTN(Public Switched Telephone Network)이나 이동통신망과 같은 64kbps 이하의 초 저속망에서 동영상을 전송하기 위한 H.263은 동영상 정보의 효율적인 실시간 처리를 위해 DCT를 이용하여 동영상의 공간 중복성을 제거하고 움직임 추정과 보상을 통하여 시간 중복성을 제거한다. 이는 최근 동영상 부호화 방법의 기본이 되었다.

그러나 기존의 DCT는 변환 과정에서 부동소수점 수의 곱셈으로 인해 부호화 비용과 연산 시간이 증가하므로 부동소수점 수의 연산을 줄이거나 제거할 수 있는 DCT에 대한 새로운 알고리즘이 필요하다.

움직임 벡터 탐색을 위한 고속 블록 정합 알고리즘인 3SS와 4SS은 픽셀 단위로 움직임 추정하는 화소 순환 알고리즘보다 움직임 추정에 필요한 연산량을 줄일 수 있지만 정해진 절차에 따라 움직임 추정을 행하므로 움직임 추정에 불필요한 연산이 포함된다. 따라서 불필요한 연산을 제거하여 움직임 추정의 연산량을 더욱 감소시킬 수 있는 움직임 벡터 탐색 알고리즘이 필요하다[1].

따라서 본 논문에서는 동영상 정보의 효율적인 실시간 처리를 위해 H.263 부호기에 기존의 DCT 대신 정수형 DCT (Integer DCT)를, 기존의 움직임 벡터 탐색 알고리즘인 3SS나 4SS 대신 움직임 벡터의 분포특성을 이용한 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘을 적용시켜 고속처리 동영상 부호기를 연구한다.

## II. WHT를 이용한 DCT

본 논문에서는 직교 변환의 특성과 정수간 변환을 보장하며, 기존 DCT 표준들과 호환될 수 있는 정수형 DCT를 사용한다. 1차원 정수형 DCT 수행과정은 그림 1과 같다.

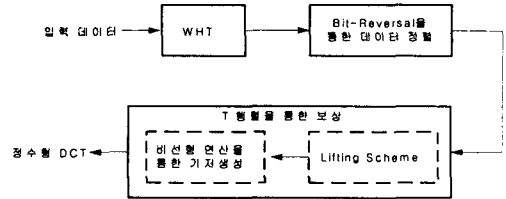


그림 1. 정수형 DCT 알고리즘

그림 1에서 입력 데이터는 먼저 WHT되어 Bit-Reversal을 통하여 홀수 번째 데이터와 짝수 번째 데이터로 정렬한다. 기존 DCT 커널과의 보상을 위하여  $T$  행렬을 곱한 후 이때 발생하는 부동소수점 수의 기저를  $\pm 1$  또는  $0$ 으로 만들기 위하여 비선형 연산을 행하여 정수형 DCT를 수행한다.

### (1) WHT 과정

WHT는 알쉬 변환과 하다마드 변환에 기초하므로 WHT 커널 행렬  $H_w(x, u)$ 는  $H_w^{-1} = H_w^T$ 를 만족시키며 행렬의 기저로  $\pm 1$ 만을 갖는다. 따라서 WHT는 덧셈 연산만으로 직교 변환을 수행한다. 본 논문에서는 식 (1)의 8-point WHT 커널  $H_w(x, u)$ 을 사용한다.

$$H_w(x, u) = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

식 (1)의 WHT 커널을 이용한 WHT는 식 (2)와 같다.

$$F = H_w \cdot f_{BRO} \quad (2)$$

$f_{BRO} = [f(0), f(4), f(2), f(6), f(1), f(5), f(3), f(7)]^T$ 는 입력  $f = [f(0), f(1), f(2), f(3), f(4), f(5), f(6), f(7)]^T$ 를 식 (3)

의 bit-reversal 행렬  $B$ 를 이용하여 재정렬 시킨 8-point 입력 데이터이다.

$$B = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

여기서  $B = B^{-1} = B^T$ 이고  $B^2 = I$ 이다.

그림 2는 식 (2)의 WHT 과정을 나타낸다. 그림 2에서 실선은 식 (1)의 기저 중 +1을 나타내고 점선은 -1을 나타내며 24번의 덧셈연산으로 8-point WHT를 수행한다.

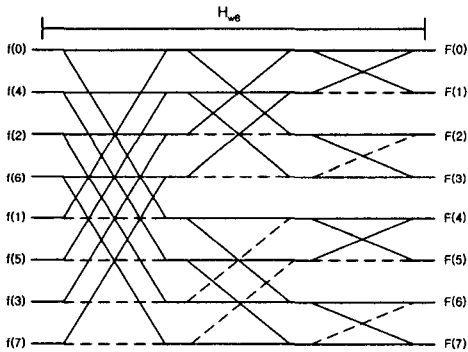


그림 2 WHT의 lattice structure

(2) WHT를 통한 DCT

입력  $f$ 의 기존 DCT는 식 (4)와 같은 행렬식으로 표현할 수 있다.

$$F = A f \quad (4)$$

여기서  $A$ 는 DCT 커널이다.

WHT 커널  $H_w$ 를 이용하여 입력 데이터  $f$ 에 대한 DCT를 표현하면 식 (5)와 같다[2].

$$F_{BRO} = B F = T B H_w f_{BRO} \quad (5)$$

식 (5)에서  $F_{BRO}$ 는 WHT가 bit-reversal을 통해 재정렬된 입력 데이터를 사용하므로 기존 DCT된 결과  $F$ 의 데이터 순서를 이와 일치시키기 위하여 사용한다.

또한  $T$ 는  $T = B(A H_w^T) B$ 이고 기존 DCT의 순방향 커널  $A$ 와 식 (4)의 WHT를 이용한 정수형 DCT 커널의 계수값을 일치시키기 위한 행렬이다. 행렬  $T$ 의 사용으로 인해 정수형 DCT가 기존 DCT와 동일한 동작이 가능해진다.  $N=8$ 에 대한  $T$ 의 행렬식은 식 (6)과 같다.

행렬  $T$ 는 부동소수점 수를 포함하므로 이는 정수형 DCT의 동작을 제한하는 요소로 작용한다. 따라서 이러한 부동소수점 수를 “lifting scheme”와 비선형 연산을 이용하여 정수로 변환하는 과정이 필요하다.

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9239 & 0.3827 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.3827 & 0.9239 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9061 & -0.0747 & 0.3753 & 0.1802 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2126 & 0.7682 & -0.5133 & 0.3182 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.3182 & 0.5133 & 0.7682 & 0.2126 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1802 & -0.3753 & -0.0747 & 0.9061 \end{pmatrix} \quad (6)$$

그림 3은 식 (5)의 행렬  $T$ 를 이용한 WHT를 통한 DCT과정이다.

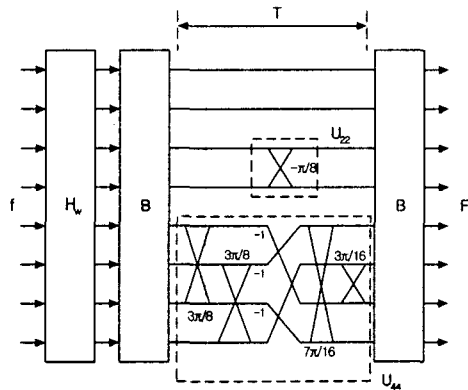


그림 3 WHT와 행렬  $T$ 를 이용한 DCT수행

### III. lifting scheme를 이용한 정수형 DCT

식 (5)의 행렬을 block-diagonal의 형태로 다시 쓰면 식 (7)과 같다.

$$T = \begin{bmatrix} [1] & & & \\ & [1] & & 0 \\ & & [U_{22}] & \\ 0 & & & [U_{44}] \end{bmatrix} \quad (7)$$

여기서  $U_{22} = R_{(-\frac{\pi}{8})}$ 은  $2 \times 2$  행렬이고

$U_{44}$ 는  $4 \times 4$  행렬이다.  $R_{\theta}$ 는 Givens rotation 이고  $\theta$ 는 rotation 각이다. WHT를 통하여 구성되는 정수형 DCT는 기존 DCT 커널과의 보상을 위해 사용된 행렬  $T$ 를 Givens rotation으로 분해함으로써 이루어진다[3].

$2 \times 2$  Givens rotation  $U_{22}$ 은 식 (8)과 같이 표현되고 분해(decomposition)된다[4].

$$R_{\theta} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & -\sin(\theta) \\ \sin(\theta) & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & \cos(\theta)-1 \\ 0 & \sin(\theta) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \sin(\theta) & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(\theta)-1 \\ \sin(\theta) & 1 \end{bmatrix}$$

여기서  $\theta$ 는  $2\pi$ 의 정수배가 되어서는 안된다. 식 (8)의 과정을 "lifting scheme"라 하고 1과 0이 아닌 행렬의 요소는 lifting 곱이라 하며 one-wing 버터플라이 구조에서 가중계수가 된다. "lifting scheme"는 부동소수점 수만으로 구성되는 행렬을 하나의 부동소수점 수만을 갖는 행렬들로 분해하여 연산의 부담을 줄인다.

그림 4는 식 (8)의 부동소수점 lifting 곱을 정수로 변환하기 위한 임의의 비선형 시스템  $S_0$ 와  $S_1$ 을 포함하는 lifting scheme를 나타낸다.  $S_0$ 와  $S_1$ 은 가산된 값을 반드시 감산되므로 전체 변환은 가역성을 보장한다.

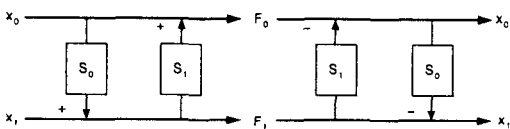


그림 4 lifting scheme

Givens rotation 분해와 반올림과 같은 비선형 연산을 통한 DCT는 -1, 0, 1만을 변환 커널의 원소로 가지므로 단순히 덧셈과 시프트 연산만으로 DCT 과정을 수행한다.

### IV. 움직임 벡터의 분포특성을 이용한 움직임 벡터 추정 알고리즘

시간적으로 이웃하는 프레임간에 프레임간에 발생하는 움직임 벡터의 대부분은 원점을 중심으로 분포한다. 그림 5는 Mom & Daughter(M&D), Susie, Carphone, Foreman의 휘도 신호(Y)에 대한 100 프레임까지의 움직임 벡터의 분포이다.

그림 5는 대부분의 움직임 벡터가 원점을 중심으로 집중 분포하는 특성을 보인다. 이를 이용한 움직임 벡터 탐색 알고리즘은 다음과 같다.

1단계로 그림 6과 같이 원점을 중심으로 탐색 거리  $\pm 4$ 를 갖는 5개의 탐색점(o, a, b, c, d)에 대해 움직임 벡터의 방향을 결정한다. 원점의 MAD 값이 최소이면 원점을 중심으로  $\pm 1$ 의 탐색 거리를 갖는 8개의 탐색점을 추가로 설정하여 최소 MAD값을 갖는 탐색점의 변위값을 움직임 벡터로 결정하고 탐색과정을 마친다[5].

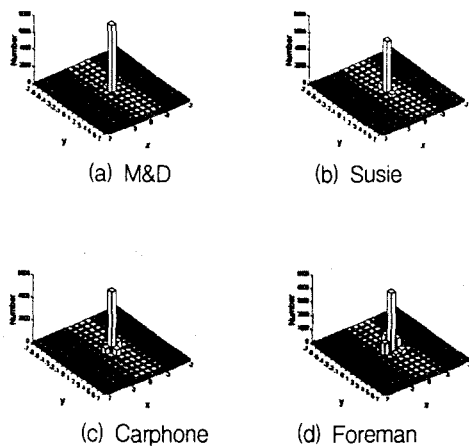


그림 5. 각 영상의 움직임 벡터 분포

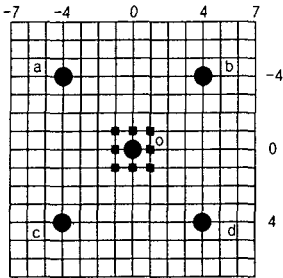


그림 6. 1단계 수행과정

1단계 탐색 과정에서 최소 MAD값으로 탐색점 a, b, c, d 중 하나가 되면 이웃하는 탐색점과의 관계성을 이용하여 움직임의 방향을 결정하고 이후 탐색 과정을 수행한다.

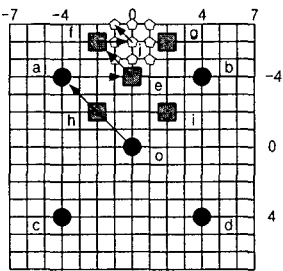


그림 7. 움직임 벡터 추정 과정의 예

### V. 모의 실험 및 결과

본 논문에서는 정수형 DCT와 최소 탐색점을 갖는 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘을 사용한 H.263 부호기의 성능을 실험한다. 첫 번째 기존 DCT와 정수형 DCT의 성능을 비교한다. 두 번째 새로운 탐색 기법과 기존의 3SS, 4SS의 성능을 비교한다. 셋째로 H.263 부호기에 정수형 DCT와 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘을 적용시킨 H.263 부호기와 기존 DCT와 4SS 탐색 알고리즘을 적용한 H.263 부호기의 성능을 비교하고, 마지막으로 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘을 사용한 H.263 부호기에서 기존 DCT와 정수형 DCT의 호환성을 실험한다. 실험은 펜티엄-III 프로세서를 탑재한 PC에서 matlab을 이용하여 모의 실험하였다.

그림 8은 "Lenna" 영상을 기존 DCT와 정수형 DCT를 통하여 변환·압축한 후 역변환하여 원래

의 정보를 재구성한 영상이다.



(a) 원영상 (b) 기존 DCT (c) 정수형 DCT  
그림 8. 기존 DCT와 정수형 DCT의 비교

표 1. 재구성된 영상의 PSNR 비교

변환 알고리즘	기존 DCT	정수형 DCT
PSNR[dB]	29.93	29.42

그림 8과 표 1로부터 정수형 DCT는 기존 DCT와 대등한 성능을 보임을 확인할 수 있다.

움직임 벡터의 분포특성을 이용한 움직임 벡터 탐색 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 M&D, "Susie", "Carphone", "Foreman" 영상 각 100 프레임을 이용한다. 표 2는 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘은 3SS에 비하여 45~47%, 4SS에 비하여 20~22% 정도의 연산량을 감소시키는 특성을 나타낸다.

표 2. 탐색 알고리즘에 대한 평균 탐색점수[개]

	M&D	Susie	Carphone	Foreman
3SS	25	25	25	25
4SS	17.0039	17.1893	17.0249	17.2818
제안 방법	13.2085	13.5189	13.6019	13.6512

표 3에서 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘은 3SS가 보인 PSNR과 -0.17~0.11[dB]의 차이를 나타내고 4SS가 보인 PSNR과 -0.16~0.05[dB]의 차이를 나타낸다.

표 3. 탐색 알고리즘에 대한 평균 PSNR[dB]

	M&D	Susie	Carphone	Foreman
3SS	37.3863	35.0970	31.9517	30.2156
4SS	37.3922	35.0892	31.9952	30.2805
제안 방법	37.3896	34.9263	31.9009	30.3276

정수형 DCT와 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘을 사용한 H.263 부호기와 기존 DCT와 4SS 탐색 알고리즘을 사용한 H.263 부호기의 성능을 평가한다. 100프레임의 "Susie" QCIF 영상을 사용하였으며 실험한다. 그림 9는 Y 신호의 PSNR의 변화를 보인다. 그림 10은 Cb, Cr 신호의 PSNR의 변화이다. 그림 9와 그림 10으로부터 두 부호기간의 PSNR은 큰 차이가 없음을 알 수 있다.

표 4 H.263 부호기에서 정수형 DCT와 DCT의 성능 비교 및 호환성 검사

	DCT	정수형 DCT
DCT		35.13/41.65/43.80
정수형 DCT	35.07/41.58/41.75	
		35.08/41.53/41.65
		35.18/41.53/41.77

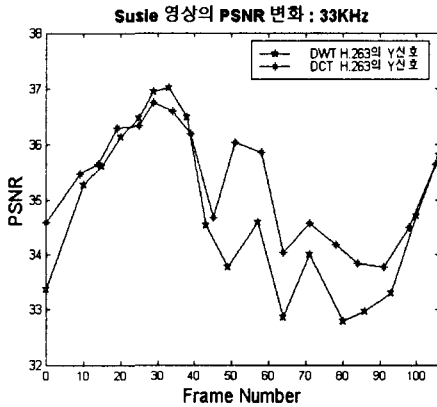


그림 9. Y 신호의 PSNR 변화

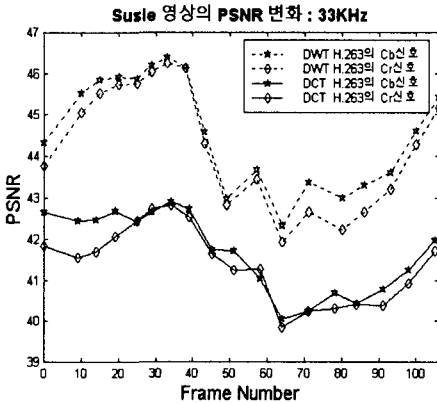


그림 10. Cb, Cr 신호의 PSNR 변화

표 4는 부호화와 복호화에서 정수형 DCT나 기존 DCT만을 사용한 경우와 각각의 방법을 부호화와 복호화에서 번갈아 사용한 경우의 Y/Cb/Cr 성분에 대한 PSNR이다. 표 4는 부호화와 복호화에서 기존 DCT와 정수형 DCT가 호환됨을 보인다.

### V. 결론

본 논문에서는 동영상을 실시간으로 압축하여 부호화하기 위한 고속 처리 동영상 부호기를 연구하였다. 이를 위해 본 논문에서는 H.263 부호기에 기존의 고속 움직임 벡터 탐색 알고리즘인 3SS나 4SS 대신 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘을 사용하였고 동영상을 변환 부호화하기 위하여 기존 DCT 대신 정수형 DCT를 적용하였다.

움직임 벡터의 분포특성을 이용한 새로운 움직임 벡터 탐색 알고리즘과 DCT는 기존 방식들에 비해 동등한 성능을 나타내며 연산량을 줄일 수 있음을 실험을 통해 증명하였고 특히 정수형 DCT는 기존의 DCT와 호환됨을 보였다.

따라서 새 움직임 벡터 탐색 알고리즘과 정수형 DCT를 적용한 H.263 부호기는 효율적인 동영상의 실시간 처리를 가능하게 하므로 PSTN이나 이동 통신망과 같은 초저속망에서 동영상의 저장 및 전송에 적합한 방식이다.

#### 감사의 글

본 연구는 2002년도 원광대학교의 교비지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] Borko Furht, Josua Greenberg, Raymond Westwater, "Motion Estimation Algorithms for Video Compression." KAP, 1997.
- [2] S. Narayan, et al., "Transform domain LMS algorithm," IEEE Trans. ASSP, vol. ASSP-31, pp. 609-615, June 1983.

- [3] R. Zelinski and P. Noll, "Adaptive transform coding of speech signal," IEEE Trans. vol. ASSP-25, pp. 229-309, Aug. 1977.
- [4] Ying-Jui Chen, Soontoro Oraintara and Truong Nguyen, "Integer Discrete Cosine Transform," IEEE Trans., Feb. 2000.
- [5] 이용식, 정상연, 서윤학, 김용욱, 심우성, 허도근, "고속 움직임 추정을 위한 2계층 탐색 알고리즘에 관한 연구," 한국통신학회 하계 종합 학술 발표회 논문집, vol. 17, no. 1, pp. 627~631, 1998.

### 저자 소개

#### **김용욱(Yong-Wook Kim)**

1998년 2월 : 원광대학교 전자공학과  
대학원 졸업(공학석사)  
1998년 3월~현재 : 원광대학교 전자공학과  
대학원 박사과정  
※ 관심분야 : 디지털 통신, 영상 처리, 신호 처리

#### **허도근(Huh Do-Geun)**

1990년 2월 : 경희대학교 대학원  
전자공학과 졸업 (공학박사)  
1980년 2월~현재 : 원광대학교 전기전자 및  
정보공학부 교수  
※ 관심분야 : 디지털 통신, 영상 처리, 신호 처리