

# 단순 엘레먼트 인버스를 이용한 DCT/DFT 하이브리드 알고리즘

정회원 이광재\*, 박대철\*\*, 이문호\*\*\*, 준회원 신태철\*\*\*, 진주\*\*\*

## DCT / DFT Hybrid Algorithm using Simple Element Inverse

Kwang-jae Lee\*, Dae-chul Park\*\*, Moon-ho Lee\*\*\* *Regular Members,*  
Tae-chol Sin\*\*\*, Zhu Chen\*\*\* *Associate Members*

### 요약

본 논문에서는 하이브리드 구조에 의한 DCT/DFT 행렬의 새로운 표현을 제시한다. 엘레먼트 인버스 소행렬 분해 알고리즘에 근거하여 DCT와 DFT가 동일한 반복 연산 패턴을 갖고 있음을 보이며, 몇몇 대각행렬을 이용한 하이브리드 구조를 개발한다.

**Key Words :** DCT, DFT, Element inverse, Matrix factorization.

### ABSTRACT

In this paper, we present new representation of DCT/DFT matrices via one hybrid architecture. Based on a element inverse matrix factorization algorithm, we show that the DCT and DFT have a same recursive computational pattern, and we can develop an hybrid architecture by using some diagonal matrices.

### I. 서론

DCT(discrete cosine transform)는 신호의 분류 및 표현을 위한 다양한 응용분야에서 이용되고 있다<sup>1,2,3</sup>. DCT-II는 통계적으로 최적 Karhunen-Loeve 변환에 근접하는 성능을 가지는 우수한 부 최적 변환으로 잘 알려져 있다<sup>3,4,5</sup>. 또한 DFT 역시 신호처리와 통신을 위해 자주 이용되는 변환이다<sup>6,7,8</sup>. 이 두 가지 서로 다른 변환을 해석하기 위해 이들 전달 행렬에 대한 희소 행렬 분해를 고찰한다. 희소 행렬 분해 및 합성은 특성 생성 및 고속 연산의 개발을 도구로서 활용되어 왔다<sup>9,10,11</sup>.

한편, 엘레먼트 인버스 희소 행렬 분해의 기본 개념은 문헌<sup>12</sup>의 저자에 의해 가장 보편적인 직교

변환의 형태로 일반화시킨 재킷 변환(Jacket transform)에서 소개하고 있으며, 재킷 행렬의 주요 특성은 이 행렬의 원소에 대한 역행렬이 매우 용이하게 얻어질 뿐만 아니라 특별한 구조를 갖는다는 점이다. 재킷변환 외에도 다양한 직교변환의 소행렬 분해과정에서 엘레먼트 인버스 특성을 확인할 수 있다. DCT-II 및 DFT 행렬 또한 문헌<sup>19-13</sup>과 유사하게 하나의 특성 행렬과 특별한 희소 행렬로 분해할 수 있으며, 이러한 형태에서 희소 행렬의 역은 블록 단위 역이거나 또는 엘레먼트 단위의 역의 형태를 갖는다.

본 논문에서는 희소 행렬 분해의 구조 그리고 DCT와 DFT를 함께 결합한 하이브리드 구조를 제시하며, 제안 방법을 엘레먼트 인버스 희소 행렬 분

※ 본 연구는 MOC ITRC, KOSEF, ETRI, Post BK21 지원에 의한 결과임.

\* 한려대학교 멀티미디어정보통신공학과 (kjlee@hanlyo.ac.kr), \*\* 한남대학교 정보통신공학과 (daechul@hannam.ac.kr)

\*\*\* 전북대학교 전자정보공학부 (moonho@chonbuk.ac.kr), (tcshin@naver.com), (chenzhu@chonbuk.ac.kr)

논문번호 : KICS2006-10-415, 접수일자 : 2006년 10월 10일, 최종논문접수일자 : 2007년 5월 21일

해로 명명한다<sup>[10,11]</sup>.

## II. DCT-II 행렬을 위한 엘레먼트 인버스 최소 행렬 분해

재킷 행렬<sup>[12,14]</sup>의 정의와 유사하게  $N \times N$  최소 행렬의 역은 단지 블록 단위 역이거나 또는 엘레먼트 단위의 역의 형태를 가지므로 이를 엘레먼트 인버스 최소 행렬로 부르기로 한다. 전형적인 DCT 행렬은 DCT-II의 경우이며, 이는 다음과 같이 정의된다.

$$[C_N]_{m,n} = \sqrt{\frac{2}{N}} k_m \cos \frac{m(n+\frac{1}{2})\pi}{N}, m,n=0,1,\dots,N-1. \quad (1)$$

여기서  $k_j = \begin{cases} 1, & j=1,2,\dots,N-1 \\ \sqrt{\frac{1}{2}}, & j=0,N \end{cases}$ .

본 논문에서는 DCT-II 행렬 위주로 간단한 행렬 분해 알고리즘을 고찰한다. 먼저,  $2 \times 2$  DCT-II 행렬은 다음과 같이 주어지며

$$[C_2] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ C_4^1 & C_4^3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad (2)$$

여기서  $1/\sqrt{2}$ 은 이의 역이  $\sqrt{2}$ 이면 차수 1의 특별한 엘레먼트 인버스 최소 행렬로 간주할 수 있으며,  $C_l^i = \cos(i\pi/l)$ 은 DCT 계산을 위한 cosine unit이다. 다음으로,  $4 \times 4$  DCT-II 행렬은 다음과 같이 주어진다.

$$[C_4] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ C_8^1 & C_8^3 & C_8^5 & C_8^7 \\ C_8^2 & C_8^6 & C_8^4 & C_8^8 \\ C_8^3 & C_8^7 & C_8^4 & C_8^8 \end{bmatrix} \quad (3)$$

행 연산 행렬  $[Pr]_N$ 은 다음과 같이 정의된다.

$$[pr]_2 = [I]_2 \text{ and } [pr]_N = [pr_{i,j}]_N, N \geq 4 \quad (4)$$

여기서

$$\begin{cases} pr_{i,j} = 1, & \text{if } i=2j, 0 \leq j \leq N/2-1 \\ pr_{i,j} = 1, & \text{if } i=(2j+1) \bmod N, 0 \leq j \leq N/2-1, \\ pr_{i,j} = 0, & \text{others} \end{cases}$$

그리고  $i,j \in \{0,1,\dots,N-1\}$ . 또한 가역(reversible) 치환행렬  $[Pc]_N$ 은 다음과 같이 정의된다.

$$[Pc]_2 = [I]_2, [Pc]_4 = \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{4}} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & I_{\frac{N}{4}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_8^2 \\ 0 & 0 & I_{\frac{N}{4}} & 0 \end{bmatrix}, N \geq 4 \quad (5)$$

따라서 이는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$[Pr]_4 [C_4] [Pc]_4 = \left( \begin{bmatrix} I_2 & I_2 \\ I_2 & -I_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_2 & 0 \\ 0 & B_2 \end{bmatrix} \right)^T \quad (6)$$

여기서  $C_2$ 는 식 (2)의  $[C_2] = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$ ,  $(\cdot)^T$ 는

행렬의 전치, 그리고  $[B_2] = \begin{bmatrix} C_8^4 & C_8^8 \\ C_8^8 & -C_8^4 \end{bmatrix}$ 를 나타낸다.

명백하게 다음과 같은 블록단위 인버스 최소행렬을 얻을 수 있다.

$$\begin{bmatrix} C_2 & 0 \\ 0 & B_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (C_2)^{-1} & 0 \\ 0 & (B_2)^{-1} \end{bmatrix} \quad (7)$$

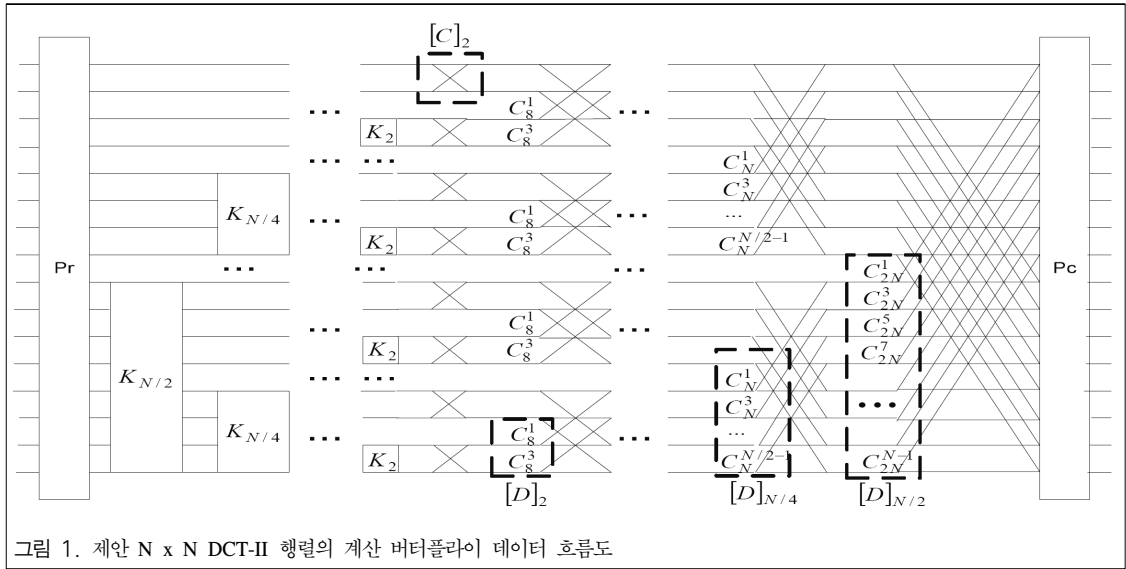
일반적으로 치환된 DCT-II 행렬  $[\tilde{C}]_N$ 은 다음의 관계를 이용하여 반복적(recursively)으로 구성할 수 있다.

$$[\tilde{C}]_v [Pr]_N [C]_N [Pc]_N = \left( \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{2}} & I_{\frac{N}{2}} \\ I_{\frac{N}{2}} & -I_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{\frac{N}{2}} & 0 \\ 0 & B_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} \right)^T \quad (8)$$

여기서,  $[B]_{\frac{N}{2}}$ 은 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} [B]_{\frac{N}{2}} &= [(C_{\frac{N}{2}}^{f(m,n)})_{m,n}]_{\frac{N}{2}}, \\ f(m,1) &= 2m-1, \\ f(m,n+1) &= f(m,n) + 2f(m,1). \end{aligned} \quad (9)$$

여기서  $m,n \in \{1,2,\dots,N/2\}$ . 식 (8)의 역은 다음과 같이 간단히 계산할 수 있다.



$$([\tilde{C}_v]^{-1}) = \frac{N}{2} \left( \begin{bmatrix} (C_N/2)^{-1} & 0 \\ 0 & -(B_N/2)^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_N & I_N \\ I_N & -I_N \end{bmatrix} \right)^T \quad (10)$$

또한, 부행렬  $[B]_N$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[B]_N = [K]_N [C]_N [D]_N \quad (11)$$

여기서,

$$[K]_N = \begin{bmatrix} \sqrt{2} & 0 & \dots & 0 \\ -\sqrt{2} & 2 & 0 & \dots \\ \sqrt{2} & -2 & 2 & \dots \\ \dots & \dots & \dots & 2 \end{bmatrix}, [D]_N = \text{diag} [ C_{4N}^{\phi_0}, \dots, C_{4N}^{\phi_{N-1}} ],$$

그리고

$$\phi_i = 2i+1, i = \{0, 1, \dots, N-1\}.$$

식 (11)의 증명:  $N \times N$  DCT-II 행렬은 다음과 같은 구성된다.

$$[C]_N = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \dots & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ C_{4N}^{2k_0\phi_0} & C_{4N}^{2k_0\phi_1} & \dots & C_{4N}^{2k_0\phi_{N-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{4N}^{2k_{N-2}\phi_0} & C_{4N}^{2k_{N-2}\phi_1} & \dots & C_{4N}^{2k_{N-2}\phi_{N-1}} \end{bmatrix} \quad (12)$$

여기서  $k_i = i+1, i \in \{0, 1, 2, \dots\}$ . 식 (9)로부터  $[C]_{2N}$ 으로 부터의 행렬  $[B]_N$ 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[B]_N = \begin{bmatrix} C_{4N}^{\phi_0} & C_{4N}^{\phi_1} & \dots & C_{4N}^{\phi_{N-1}} \\ C_{4N}^{(2k_0+1)\phi_0} & C_{4N}^{(2k_0+1)\phi_1} & \dots & C_{4N}^{(2k_0+1)\phi_{N-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{4N}^{(2k_{N-1}+1)\phi_0} & C_{4N}^{(2k_{N-1}+1)\phi_1} & \dots & C_{4N}^{(2k_{N-1}+1)\phi_{N-1}} \end{bmatrix} \quad (13)$$

분명히 다음의 관계를 얻게 된다.

$$C_{4N}^{\phi_m} - 2C_{4N}^{2k_0\phi_m} C_{4N}^{\phi_m} = -C_{4N}^{(2k_0+1)\phi_m} \quad (14)$$

$$C_{4N}^{\phi_m} - 2C_{4N}^{2k_1\phi_m} C_{4N}^{\phi_m} + 2C_{4N}^{2k_2\phi_m} C_{4N}^{\phi_m} = -C_{4N}^{(2k_1+1)\phi_m} \quad (15)$$

식 (14) 및 (15)를 이용하면 식 (11)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[K]_N [C]_N [D]_N = \begin{bmatrix} C_{4N}^{\phi_0} & C_{4N}^{\phi_1} & \dots & C_{4N}^{\phi_{N-1}} \\ C_{4N}^{(2k_0+1)\phi_0} & C_{4N}^{(2k_0+1)\phi_1} & \dots & C_{4N}^{(2k_0+1)\phi_{N-1}} \\ C_{4N}^{(2k_1+1)\phi_0} & C_{4N}^{(2k_1+1)\phi_1} & \dots & C_{4N}^{(2k_1+1)\phi_{N-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix} \quad (16)$$

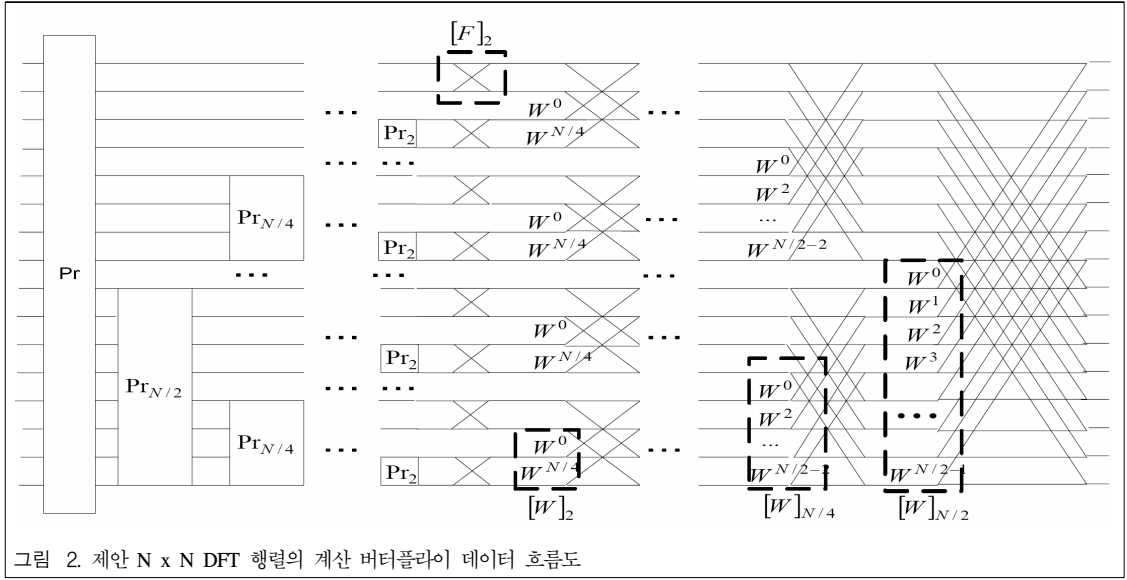
이상과 같이 증명된다. 따라서 DCT-II 행렬은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$[\tilde{C}_N] = \begin{bmatrix} I_N & 0 \\ 0 & K_N/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_N & 0 \\ 0 & C_N/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_N & 0 \\ 0 & D_N/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_N & I_N \\ I_N & -I_N \end{bmatrix} \quad (17)$$

또한 반복식의 일반형은 다음과 같이 주어진다.

$$[C]_N = ([Pr]_N)^{-1} \begin{bmatrix} I_N & 0 \\ 0 & K_N/2 \end{bmatrix} \left[ \frac{I_N}{4} \otimes ([Pr]_N)^{-1} \right]$$

$$\begin{aligned} & \cdot \left[ \frac{I_N}{4} \otimes \begin{bmatrix} I_2 & 0 \\ 0 & K_2 \end{bmatrix} \right] \left[ \frac{I_N}{2} \otimes C_2 \right] \\ & \cdot \left[ \frac{I_N}{4} \otimes \begin{bmatrix} I_2 & 0 \\ 0 & D_2 \end{bmatrix} \right] \left[ \frac{I_N}{4} \otimes \begin{bmatrix} I_2 & I_2 \\ I_2 & -I_2 \end{bmatrix} \right] \left[ \frac{I_N}{4} \otimes ([Pr]_4)^{-1} \right] \end{aligned}$$



$$\cdot \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{2}} & 0 \\ 0 & D_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{2}} & I_{\frac{N}{2}} \\ I_{\frac{N}{2}} & -I_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} ([Pc]_N)^{-1} \quad (18)$$

식 (18)은 다음과 같이 간략한 형태로 다시 쓸 수 있다.

$$[C]_N = ([\tilde{Pr}]_N)^{-1} \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{2}} & 0 \\ 0 & K_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{4}} \otimes [I_2 & 0] \\ 0 & K_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{2}} \otimes C_2 \\ I_{\frac{N}{4}} \otimes [I_2 & I_2] \\ 0 & D_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{2}} & I_{\frac{N}{2}} \\ I_{\frac{N}{2}} & -I_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} ([\tilde{Pr}]_N)^{-1} \quad (19)$$

그림 1은 식 (19)와 관련된 버터플라이 데이터 흐름도를 나타낸다.

### III. DFT 행렬을 위한 엘레먼트 인버스 최소 행렬 분해

DFT는 주어진 수열  $x(m)$ ,  $0 \leq m \leq N-1$ 의 푸리에 표현이며, 이는 다음과 같이 정의된다.

$$X(n) = \sum_{m=0}^{N-1} x(m) W^{nm}, \quad 0 < n < N-1 \quad (20)$$

여기서,  $W = e^{-j\frac{2\pi}{N}}$ ,  $j = \sqrt{-1}$ . N점 DFT 행렬은

$[F]_N = [W^{nm}]_N$ 과 같이 정의할 수 있다. 제 2장에서와 유사하게 치환된  $4 \times 4$  DFT 행렬을 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$[\tilde{F}]_4 = [Pr]_4 [F]_4 = \left( \begin{bmatrix} I_2 & I_2 \\ I_2 & -I_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_2 & 0 \\ 0 & E_2 \end{bmatrix} \right)^T \quad (21)$$

여기서,  $[E]_2 = \begin{bmatrix} 1 & j \\ 1 & -j \end{bmatrix}$ , 그리고 이의 역은 다음과 같이 얻어진다.

$$[E]_2^{-1} = \left( \begin{bmatrix} 1/1 & -1/j \\ 1/1 & 1/j \end{bmatrix} \right)^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix} \quad (22)$$

일반적으로  $N \times N$  치환 DFT 행렬은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[\tilde{F}]_N = [Pr]_N [F]_N = \left( \begin{bmatrix} I_{\frac{N}{2}} & I_{\frac{N}{2}} \\ I_{\frac{N}{2}} & -I_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{F}_{\frac{N}{2}} & 0 \\ 0 & E_{\frac{N}{2}} \end{bmatrix} \right)^T \quad (23)$$

여기서,  $[\tilde{F}]_2 = [F]_2$ , 그리고 부행렬  $[E]_N$ 은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$[E]_N = [Pr]_N [\tilde{F}]_N [W]_N \quad (24)$$

여기서,  $[W]_N = \text{diag}[W^0, W^1, \dots, W^{N-1}]$ , 그리고  $W$ 는 2N점 DFT 행렬에 대한 복소 unit이다. 식 (17)과 유사하게 치환 DFT 행렬을 다음과 같이 쓸 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 DCT-II 및 DFT 행렬에 대한 반복식을 도출하였으며, 결과적으로 DCT-II 및 DFT 행렬은 동일한 희소 행렬 분해 알고리즘과 몇 가지 특성 변경을 수반하는 반복 구조를 이용하여 단일 화할 수 있음을 나타내고 있다. 그림 1 및 그림 2에 나타난 것처럼 DFT 계산은 부 행렬  $[D]_N$ 을  $[W]_N$ 으로, 치환행렬  $[Pr]_N$ 을  $[K]_N$ 으로 대체함으로써 DCT 행렬 계산으로부터 얻어질 수 있으며, 고속 알고리즘에 의한 계산 회수를 표 1에 나타내었다<sup>[15]</sup>. 결과적으로 DCT/DFT 하이브리드 구조를 위한 일반화된 간단한 블록 다이어그램과 이의 고속 알고리즘을 그림 3과 같이 나타낼 수 있다. 그림 3에서 출력 데이터 흐름을 제어하기 위해 하나의 스위칭 박스를 두고 있으며, DCT 및 DFT 계산은 단일 칩 또는 단일 연산처리 구조로 설계할 수 있다. 이는 비디오 코딩과 디지털 변조를 위한 단일 칩 설계에 있어서 매우 유용한 방법이 될 것으로 기대한다.

$$[\tilde{F}]_N = \begin{pmatrix} \widetilde{F}_{N/2} & 0 \\ 0 & Pr_{N/2} \widetilde{F}_{N/2} W_{N/2} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/2} & I_{N/2} \\ I_{N/2} & -I_{N/2} \end{bmatrix}$$

$$[\tilde{F}]_N = \begin{bmatrix} I_{N/2} & 0 \\ 0 & Pr_{N/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \widetilde{F}_{N/2} & 0 \\ 0 & \widetilde{F}_{N/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/2} & 0 \\ 0 & W_{N/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/2} & I_{N/2} \\ I_{N/2} & -I_{N/2} \end{bmatrix} \quad (25)$$

결과적으로 DFT 행렬에 대한 반복식의 일반형은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$[F]_N = ([Pr]_N)^{-1} [\tilde{F}]_N$$

$$([Pr]_N)^{-1} \begin{bmatrix} I_{N/2} & 0 \\ 0 & Pr_{N/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/4} \otimes [I_2 \ 0] \\ 0 & Pr_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/2} \otimes F_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_{N/4} \otimes [I_2 \ 0] \\ 0 & W_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/4} \otimes [I_2 \ I_2] \\ 0 & I_2 - I_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/2} & 0 \\ 0 & W_{N/2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{N/2} & I_{N/2} \\ I_{N/2} & -I_{N/2} \end{bmatrix} \quad (26)$$

명백하게 식 (26)은 식 (19)와 같은 형태이며, 여기서 단지  $K_i$ 을  $Pr_i$ 로,  $D_i$ 을  $W_i$ 로 바꾸면 된다. 단,  $i \in \{2, 4, 8, \dots, N/2\}$ . 그림 2는 식 (26)과 관련된 버터플라이 데이터 흐름도를 나타낸다.

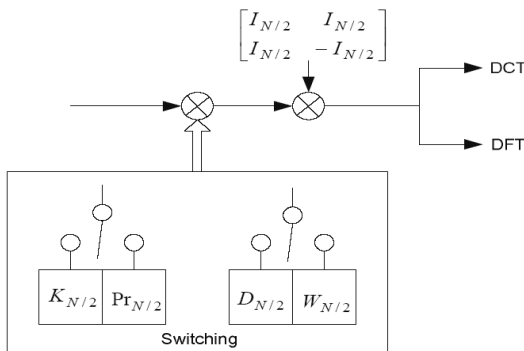


그림 3. 단순한 DCT/DFT 하이브리드 아키텍처

표 1. 연산 복잡도

	Number of computation
FFT	Complex additions : $N \log_2 N$
DCT-II (Chen Wang)	Real additions : $3N/2 (\log_2 N - 1) + 2, M \geq 4$
DCT/DFT hybrid (proposed)	Real additions : $N \log_2 N + N/2 - 1$

참고 문헌

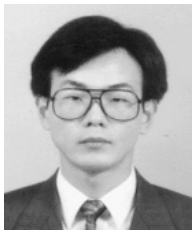
- [1] K.R. Rao, and P. Yip. Jones, Discrete Cosine Transform Algorithms, Advantages, Applications, Academic Press, USA, 1990.
- [2] K.R. Rao, and J.J. Huwang, Techniques & Standards for Image Video & Audio Coding, Prentice Hall, USA, 1996.
- [3] M.H. Lee, "Simple systolic arrays for discrete cosine transform," Multidimensional system and processing, no.1, pp.389- 398, 1990, Kluwer Academic Publishers.
- [4] M.H. Lee, "On computing 2-D systolic algorithm for discrete cosine transform," IEEE Trans. on Circuit and systems, vol.37, no.10, Oct.1990.
- [5] Seung Son Kang, and Moon Ho Lee, "An expanded 2-D DCT algorithm based on convolution," IEEE Trans. on Consumer Electronics, vol.39, no.3, pp.159-165, 1993.
- [6] N. Ahmed and K.R. Rao, Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing, Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1975.
- [7] M.H. Lee, "High Speed Multidimensional Systolic Arrays for Discrete Fourier Transform," IEEE Trans. on Circuits Syst. II, vol. 39 no.12, pp 876-879, Dec.,1992
- [8] D.C. Park, M.H. Lee, and Euna Choi,

“Revisited DFT matrix via the reverse jacket transform and its application to communication,” The 22nd symposium on Information theory and its applications (SITA 99), Yuzawa, Niigata, Japan, Nov.30-Dec.3, 1999.

- [9] M.H. Lee, “The Center Weighted Hadamard Transform,” IEEE Trans. On Circuits and Systems, vol. 36, no.9, pp.1247~1249, Sep. 1989
- [10] Chih-Peng Fan, Jar-Ferr Yang, “Fast Center Weighted Hadamard Transform Algorithm”, IEEE Trans.on CAS-II, vol.45, No.3, pp.429~432, March. 1998.
- [11] S. R. Lee, J. H. Yi, “Fast Reverse Jacket Transform as an Alternative Representation of N point Fast Fourier Transform,” Journal of Mathematical Imaging and Vision, KL1419-03, pp.1413-1420, Nov. 2001.
- [12] M.H. Lee, B. S. Rajan, and J.Y. Park, “A Generalized Reverse Jacket Transform,” IEEE Trans. Circuits Syst. II, vol.48, no. 7, pp.684-690, July, 2001.
- [13] M.H. Lee, “A New Reverse Jacket Transform and Its Fast Algorithm,” IEEE, Trans. On Circuit and System, vol. 47. no. 1, pp.39-47, Jan. 2000.
- [14] M.H. Lee, and Ken Finlayson, “A simple element inverse Jacket transform coding,” IEEE Information Theory Workshop 2005, ITW 2005, Rotorua, New Zealand, 29 Aug - 1st Sept. 2005.
- [15] Chen, Wang, “High throughput VLSI architectures for the 1-D and 2-D discrete cosine transforms”, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., 1995.

**이 광 재 (Kwang-jae Lee)**

정회원



1986년 2월 전북대학교 전자 공  
학과 졸업  
1990년 2월 전북대학교 전자 공  
학과 석사  
2006년 2월 전북대학교 전기 공  
학과 박사  
1995년 3월~현재 한려대학교 멀

티미디어정보통신공학과 전임강사

<관심분야> 이동통신, 부호이론, WLAN

**박 대 철 (Dae-chul Park)**

정회원



1977년 2월 서강대학교 전자 공  
학과 졸업  
1985년 12월 Univ. of New  
Mexico 전자공학과 석사  
1989년 5월 Univ. of New  
Mexico 전자공학과 박사  
1993년 9월~현재 한남대학교 정

보통신공학과 교수

<관심분야> 영상해석, 신호처리

**이 문 호 (Moon-ho Lee)**

정회원



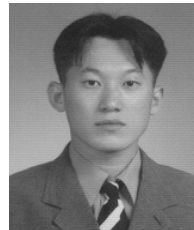
1967년 2월 전북대학교 전기 공  
학과 졸업  
1976년 2월 전북대학교 전기 공  
학과 석사  
1990년 2월 일본 Tokyo University  
정보통신공학과 박사  
1981년 3월~현재 전북대학교 전

자정보공학부 교수

<관심분야> 이동통신, 정보이론, UWB

**신 태 철 (Tae-chol Sin)**

준회원



1998년 2월 원광대학교 전자 공  
학과 졸업  
2001년 2월 전북대학교 정보 통  
신공학과 석사  
2007년 3월~현재 전북대학교 정  
보통신공학과 박사과정

<관심분야> 데이터통신, OFDM,

Synchronization

**진 주 (Zhu Chen)**

준회원



2006년 7월 중남민족대학 자동화  
공학과 졸업  
2006년 9월 전북대학교 전자 정  
보공학부 석사과정

<관심분야>