

論 文

이 웨이트드 아다마르 變換을 利用한
映像信號 處理에 關한 研究

正會員 李 門 浩*

Image Data Processing by Lee Weighted
Hadamard Transform

Moon Ho LEE*, Regular Member

要 約 대역폭 압축에 의한 디지털 신호처리 기술은 최근 몇년 동안에 집적회로 기술의 발달에 따라 급성장해왔다. 본 연구에서는 화면의 중앙에 시야가 돋보이며 눈의 감각과 일치하는 Hadamard Matrix의 중앙에 Weight 를 준 Nonorthogonal 변환인 Weighted Hadamard Matrix 를 구하여 실시간처리를 위한 고속계산방법과 Hardware system 을 연구하였다. 따라서 본 연구는 항공사진, X-Ray, CATV, 인공위성통신등 디지털영상신호처리에 사용할 수 있을 것이다.

ABSTRACT The digital signal processing technique by bandwidth compression has been grown up rapidly owing to integrated circuit developments. In this project, we have proposed the Lee Weighted Hadamard (LWH) transform which retains the main properties of Hadamard matrix. The LWH matrix was weighted in the center of the spatial domain. The human visual of the mid spatial are emphasized more than the low and high spatial frequencies. The fast algorithms of the LWH transform has been studied for hardware realization. The result of this project are available to airplane photograph, X-Ray, CATV and the artificial satellite of the digital image processing.

1. 서 론

디지털 통신방식의 사용이 늘어남에 따라, 디지털 통신로에 요구되는 전송용량을 감소시키는 방법으로써 디지털 정보량 압축 기술이 큰 관심을 끌고 있다. 영상신호 처리에서 대역폭 압축을 하기 위한 방법으로 아다마르(Hadamard:H) 변환 부호화를 이용한 논문이 Pratt, Kane, Andrew 등이 1969년에 발표한 것을 비롯하여 Fukinuki가 하드웨어로 구현시켰다^{(1),(6)} 1970년

대 중반부터 최근까지 디지털 영상신호 처리가 활발히 연구되면서 왈쉬 함수에 대한 재평가를 하고 있다. 국내에서는 고⁽³⁾가 아다마르 변환에 의해 영상신호 처리를 했고, 1983년 윤, 함, 이 등이 웨이트드 아다마르 (weighted hadamard: WH) 변환을 국내 및 IEEE에 발표했다.^{(3)~(5)} 이는 비직교변환인 이 웨이트드 아다마르(Lee Weighted Hadamard) 변환의 고속알고리즘을 내놓았다^(11, 12).

본 논문에서는 아다마르 변환과 아다마르 행렬의 중심에 웨이트를 준 이웨이트드 아다마르 변환을 64×64 링컨 데이터로 컴퓨터 시뮬레이션 하며 이 결과와 하드웨어를 구성한 것의 영상 신호처리 결과와 비교 검토한다. 아다마르변환

* 全北大學校 工科大学電子工學科
Dept. of Electronic Engineering Chonbuk National University ChonJu, 520, Korea.
論文番號 : 85-13 (接受 1985. 2. 13)

의 하드웨어는 가감산만으로 처리되며, 이웨이트드 아다마르변환은 중심부분의 행열의 원소가 모두 2의 배수로 되어 시프트레지스터(shift register)를 사용하여 가감산으로 처리 한다.

아다마르 변환은 송수신단이 동일한데 비하여 이웨이트드 아다마르변환은 약간의 변화를 주어 해결한다. 카메라 신호를 A/D변환하고 변환부호화를 거치고 양자화하여 송신한 것을 역변환한 다음 D/A를 거치고 모니터에 원래의 영상신호를 재현한다.

2. 웨이트드 아다마르 변환의 영상부호화

우리의 시각은 화면의 가장자리 보다는 화면 중심의 화질에 대해 더욱 민감하다⁽⁹⁾ 따라서 영

상변환 후의 수신단의 신호대 잡음비를 크게 개선시킬 수 있는 새로운 행열을 웨이트드 아다마르(WH) 변환이라 하였고^(3,4,5), 식(1)과 식(2)에서 기본 8×8 및 16×16 행열을 보였다. WH 행열의 요소는 ±1, ±2, ±3, ±4 이고 H의 성질을 그대로 보존한다.

WH 행열은 중심부분이 가장자리 요소에 비해 그 크기가 크므로 중심부분에 역점을 둔 신호가 얻어진다. 또한 변환 후의 신호에너지 분포가 몇 개의 데이터에 밀집되는 현상을 갖는다. 단점은 송수신단의 하드웨어가 다르게 구성된다는 점과 수신단의 값이 실수로서 데이터 처리시간이 많이 지연된다는 점이다. 이것은 앞으로 IC발달로 문제가 안될 것이다.

$$[WH]_8 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -3 & 2 & -2 & 2 & 2 & 3 & -1 \\ 1 & 2 & -4 & -3 & 3 & 4 & -2 & -1 \\ 1 & -2 & -3 & 4 & 4 & -3 & -2 & 1 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & -4 & -3 & -2 & -1 \\ 1 & -2 & 4 & -3 & -3 & 4 & -2 & 1 \\ 1 & 3 & -2 & -2 & -2 & -2 & 3 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$[WH]_{16} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -3 & -3 & 2 & 2 & -2 & -2 & 2 & 2 & -2 & -2 & 3 & 3 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -3 & 3 & 2 & -2 & -2 & 2 & 2 & -2 & -2 & 2 & 3 & -3 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & -4 & -4 & -3 & -3 & 3 & 3 & 4 & 4 & -2 & -2 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 2 & -2 & -4 & 4 & -3 & 3 & -3 & 3 & 4 & -4 & -2 & 2 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -2 & -2 & -3 & -3 & 4 & 4 & 4 & 4 & -3 & -3 & -2 & -2 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -2 & 2 & -3 & 3 & 4 & -4 & 4 & -4 & -3 & 3 & -2 & 2 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & 3 & 3 & 4 & 4 & -4 & -4 & -3 & -3 & -2 & -2 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 2 & -2 & 3 & -3 & 4 & -4 & -4 & 4 & -3 & 3 & -2 & 2 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -2 & -2 & 4 & 4 & -3 & -3 & -3 & -3 & 4 & 4 & -2 & -2 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -2 & 2 & 4 & -4 & -3 & 3 & -3 & 3 & 4 & -4 & -2 & 2 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & 3 & 3 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & -2 & 3 & 3 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 3 & -3 & -2 & 2 & -2 & 2 & -2 & 2 & -2 & 2 & 3 & -3 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

WH 행렬의 확장은 WH의 기본행렬 (8×8)에 H의 기본행렬 (2×2)의 Kronecker 적을 하여 확장할 수 있으며 일반식은 식(5)와 같다.

$$[H(1)] = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$[WH]_{16} = [WH]_8 \otimes [H(1)] \quad (4)$$

$$\vdots \quad \vdots$$

$$[WH]_N = [WH]_{N/2} \otimes [H(1)] \quad (5)$$

$$[LWH]_8 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -2 & -2 & 2 & 2 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -2 & 2 & 2 & -2 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 2 & 2 & -2 & -2 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 2 & -2 & -2 & 2 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

일반식

$$[LWH]_N = [LWH]_{\frac{N}{2}} \otimes [H(1)] \quad (8)$$

3. 이웨이트드 아다마르 변환

공간영역에서 WH 행렬과 같이 웨이트가 중심에 주어지는 새로운 행렬을 LWH라 한다^(5, 11, 12). LWH 행렬은 대칭적이지만 직교행렬은 아니다. 그렇지만 바로 인접한(adjacent) 행과 열에서는 그 곱의 합이 0이 되어 직교행렬에 유사한 형태로 됐으며, 그 요소는 $\pm 1(2^\circ)$, $\pm 2(2')$ 이고 기본행렬 및 일반식은 다음과 같다.

$$[LWH]_4 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \\ 1 & 2 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$\begin{pmatrix} + & + & 0 & 0 \\ 0 & 0 & + & + \\ + & - & 0 & 0 \\ 0 & 0 & + & - \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} + & + & 0 & 0 \\ 0 & 0 & + & + \\ + & - & 0 & 0 \\ 0 & 0 & + & - \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} + & + & + & + \\ + & - & + & - \\ + & + & - & - \\ + & - & - & + \end{pmatrix} \quad (10)$$

$$\begin{pmatrix} X_2(0) \\ X_2(1) \\ X_2(2) \\ X_2(3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1(0) \\ X_1(1) \\ X_1(2) \\ X_1(3) \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} X_3(0) \\ X_3(1) \\ X_3(2) \\ X_3(3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_2(0) \\ X_2(1) \\ X_2(2) \\ X_2(3) \end{pmatrix} \quad (11)$$

3-1. LWH 변환의 고속알고리즘.

Cooley-Tukey의 고속푸리에 변환과 고속 H 변환을 이용하고 H와 LWH 행렬의 곱은 웨이트드 계수 행렬이 된다.

즉,

$$[H][LWH] = [\text{Weighted Coefficient}]$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & -1 \\ 1 & 2 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & -2 & 0 \\ 0 & -2 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix} \quad (9)$$

LWH 변환의 고속알고리즘은 고속 H 변환에 웨이트드 계수행렬을 곱해주고, 앞단과 계승(Successive)해서 처리한다^(2, 10). 먼저, H 행렬에서 +1은 (+)로, -1은 (-)로 해서 Sparse 행렬로 쓰면 식(10) 및 식(11)과 같다.

$$\begin{pmatrix} X_4(0) \\ X_4(1) \\ X_4(2) \\ X_4(3) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & -2 & 0 \\ 0 & -2 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_3(0) \\ X_3(1) \\ X_3(2) \\ X_3(3) \end{pmatrix}$$

윗식을 신호흐름선도로 그리면 그림 1 과 같으며 8×8 은 그림 2 와 같다.

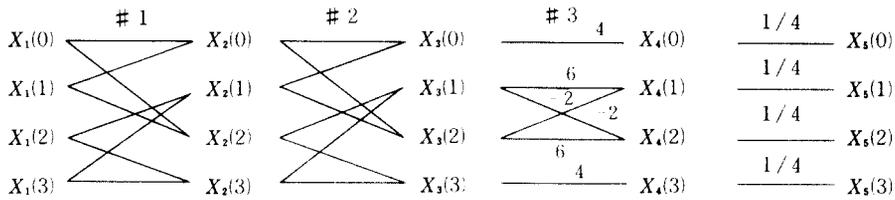


그림 1 고속 LWH 신호흐름선도, $N=4$
Fast LWH signal flow graph, $N=4$

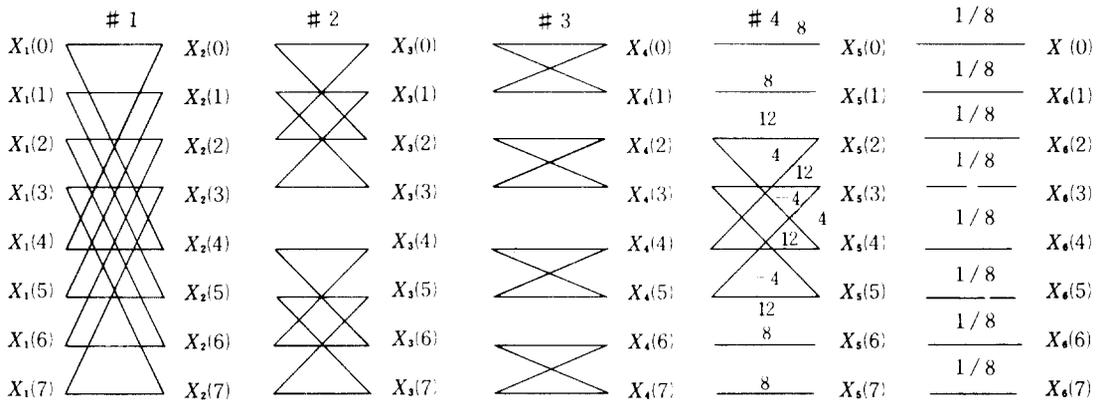


그림 2 고속 LWH 신호흐름선도, $N=8$
Fast LWH signal flow graph, $N=8$.

윗그림에서 보듯이 고속 LWH가 고속H에 비해 반복계산 회수가 한단계 더 늘어나고 있으며 계산속도 비교는 표 1 과 같다.

즉,

$$\text{반복회수} = \log_2 N + 1$$

표 1 아다마르와 고속 LWH의 계산값 비교
Comparison to computing number of Hadamard and fast LWH.

Form	H	FH	LWH		FLWH		Improvement ratio.	
	Add	Add	Add	Mult	Add	Mult	Add	Mult.
4×4	12	8	12	4	10	6	1.2	0.67
8×8	56	24	56	16	28	12	2	1.34
16×16	240	64	240	64	72	24	3.3	2.7
EQ.	$N(N-1)$	$N \times n$	$N(N-1)$	2^{2n-1}	$\frac{N}{2}(2n+1)$	$6 \times 2^{n-2}$		

3-2. LWH 변환의 웨이트드 계수행렬

LWH 변환의 기본 4×4 행렬에서 웨이트드 계수 행렬 및 일반식은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} \text{Weighted} \\ \text{coeff.} \end{pmatrix}_4 = \begin{pmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 6 & -2 & 0 \\ 0 & -2 & 6 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{pmatrix} \otimes \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 2 \end{pmatrix} \quad (13)$$

$$\begin{pmatrix} \text{Weighted} \\ \text{coeff.} \end{pmatrix}_N = \begin{pmatrix} \text{Weighted} \\ \text{coeff.} \end{pmatrix}_{N/2} \otimes \begin{pmatrix} \log_2 N - 1 & 0 \\ 0 & \log_2 N - 1 \end{pmatrix} \quad (14)$$

고속 LWH 변환시에는 고속 H 변환에 웨이트드 계수 행렬을 곱했지만, 역변환시에는 웨이트드 계수역행렬을 곱해 줘야 한다.

고속 LWH 변환:

$$[H] [LWH] = [\text{Weighted coeff}] \quad (15)$$

$$[\text{fast Hadamard}] [\text{Weighted coeff.}] = [\text{FLWH}] \quad (16)$$

고속 LWH 역변환:

$$[\text{FLWH}]^{-1} = [FH] [\text{Weighted coeff.}]^{-1} \quad (17)$$

4. 수신단의 신호대 잡음비

변환부호화 방식인 H와 LWH 변환의 전송 계통도는 그림 3과 같다^{(7), (8)}

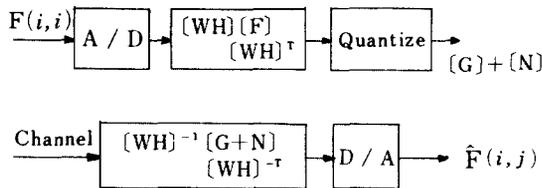


그림 3 영상처리 변환 Transform of image processing.

H 변환은 중복도만 고려되어 양자화에 생기는 잡음이 수신단에 미치는 영향에 대한 고려가 부족하여 신호대 잡음비가 크게 저하된다. 따라서 양자화 잡음이 수신단에 미치는 영향을 고려할 필요가 생긴다. 각 입력 영상신호 $F(i, j)$ 에 대한 확률밀도함수(PDF)가 그림 4과 같은 균일분

포(uniform distribution)를 가지며 입력영상 신호간에 교차상관(Cross correlation)이 없다고 한다. 또한 전송 양자화 레벨을 N_1 으로 하여 이 때 수신단의 신호대 잡음비를 구한다.

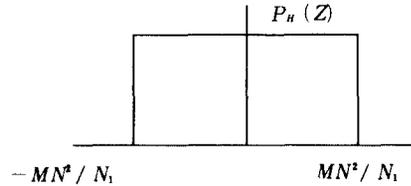


그림 4 아다마르영역의 선형양자화 Hadamard domain linear quantization.

H 변환:

$\overline{F}_h(i, j)$ 와 $\overline{F}_w(i, j)$ 를 각각의 변환에서 얻은 수신신호라면 다음 식과 같다.

$$[\overline{F}_h] = [F] + [H]^{-1} [N_{th}] [H]^{-T} [N_{th}] [H]^{-T} \quad (18)$$

$$[\overline{F}_w] = [F] + [WH]^{-1} [N_{th}] [WH]^{-T} \quad (19)$$

따라서 $P_{Fh}(i, j)$, $P_{nrh}(i, j)$ 를 각각 H 변환의 수신 신호와 잡음 전력이라면 신호대 잡음비는 다음식과 같다.

$$P_{th} = E [F_h(i, j)]^2 = M^2 / 12 \quad (20)$$

$$P_{nrh} = 1 / 12 (2 N^2 M / N_1)^2 \left[\sum_{k=1}^N H^{-1}(i, k)^2 \right]$$

$$\left[\sum_{l=1}^N H^{-T}(l, j)^2 \right] = N^6 M^2 / 3 N_1^2 \quad (21)$$

$$(S/N)_{rh} = N_1^2 / 4 N^6 \quad (22)$$

WH 변환도 마찬가지로 구할 수 있다.

$$(S/N)_{rw} = 4 N_1^2 / 825 N^4 \left[\sum_{k=1}^N WH^{-1}(i, k)^2 \right]$$

$$\left[\sum_{l=1}^N WH^{-T}(l, j)^2 \right] \quad (23)$$

LWH:

$$(S/N)_{rlw} = 4 N_1^2 / 81 \left[\sum_{k=1}^N LWH^{-1}(i, k)^2 \right]$$

$$\left[\sum_{l=1}^N LWH^{-T}(l, j)^2 \right] \quad (24)$$

앞에서 구한 식(22), (23), (24)에 16×16 블록 전송

의 대각선 값을 구하면 표 2와 같고 그림 5에 그 결과를 그렸다.

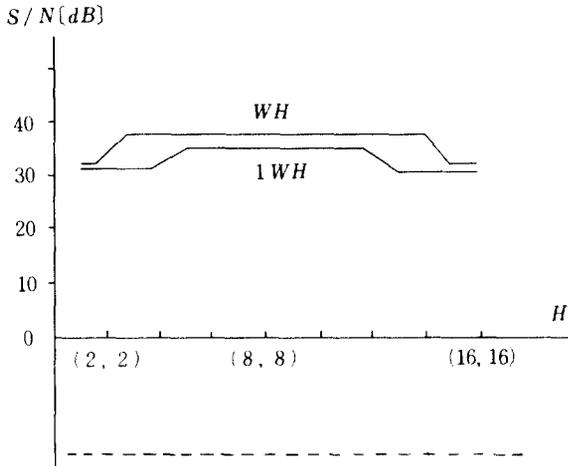


그림 5 16×16블록에서 WH와 LWH의 신호대 잡음비 SNR comparison between Hadamard and LWH in 16×16 block.

16×16블록의 신호 대 잡음비증가는 그림 5와 표 2에서처럼 WH이 32~38dB이고 LWH는 32~36dB이나.

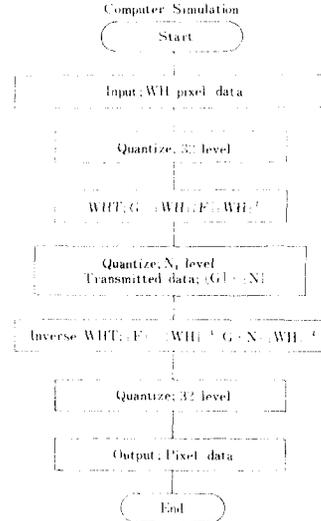


그림 6 영상처리 순서도
Flow chart of image processing

표 2 WH와 LWH의 16×16블록에서 신호대 잡음 개선비 SNR improvement in 16×16 block of WH and LWH

S / N	Hadamard	WH	LWH	Improvement ratio (dB)	
				WH	LWH
1, 1	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$250N_1^2 / (3000)^2$	$0.25 \times 10^{-4} N_1^2$	32.14	32.25
2, 2	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$250N_1^2 / (3000)^2$	$0.25 \times 10^{-4} N_1^2$	32.14	32.25
3, 3	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.25 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	32.25
4, 4	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.25 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	32.25
5, 5	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.64 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	36.33
6, 6	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.64 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	36.33
7, 7	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.64 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	36.33
8, 8	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.64 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	36.33
9, 9	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.64 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	36.33
10, 10	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.64 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	36.33
11, 11	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.64 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	36.33
12, 12	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.64 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	36.33
13, 13	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.25 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	32.25
14, 14	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$1000N_1^2 / (3000)^2$	$0.25 \times 10^{-4} N_1^2$	38.165	32.25
15, 15	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$250N_1^2 / (3000)^2$	$0.25 \times 10^{-4} N_1^2$	32.14	32.25
16, 16	$N_1^2 / (16)^2 \times (512)^2$	$200N_1^2 / (3000)^2$	$0.25 \times 10^{-4} N_1^2$	32.14	32.25

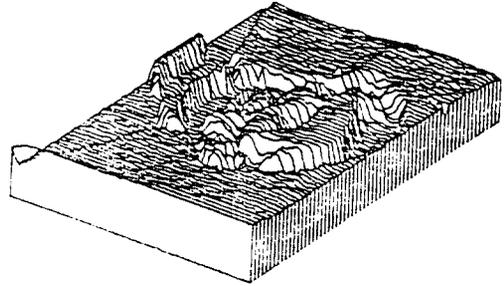
5. 컴퓨터 시뮬레이션

흑백 64×64 링컨사진 (32 Gray level)을 LWH 변환으로 그림 6 과 같은 순서도로 영상신호 처리

를 해서, 그 결과를 컴퓨터 (HP-1000) 라인프린터로 뽑은 것이 그림 (7)-(9)이다.

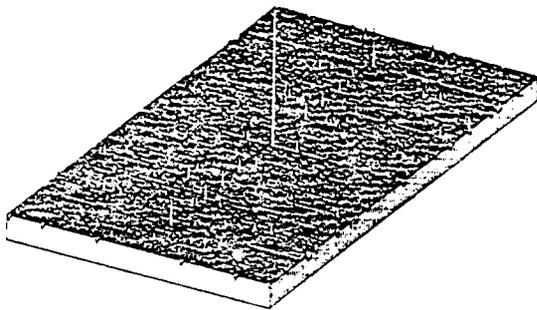


(a) 원래 링컨 이미지
Original Lincoln image

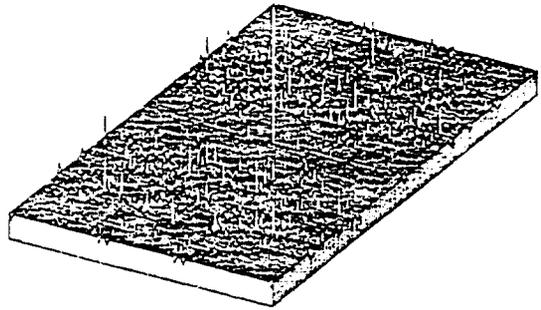


(b) 원래의 링컨 신호 32 그레이 레벨
Original Lincoln signal 32-Gray level

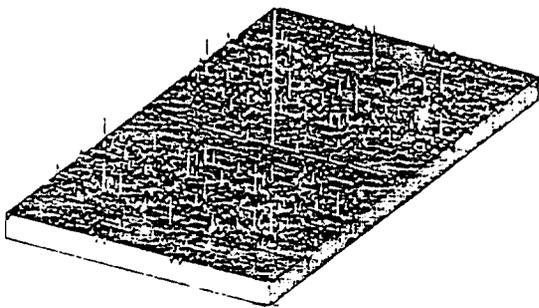
그림 7 64×64 링컨데이터
64×64 Lincoln data.



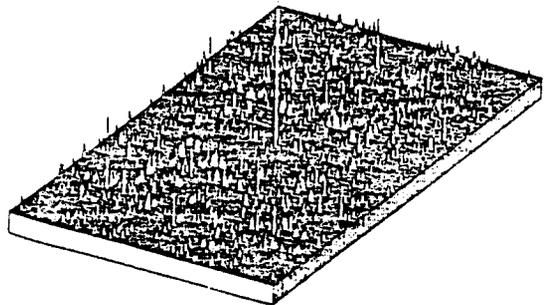
(a) Hadamard TX 32-Gray level



(b) Lee Weighted Hadamard TX 32-Gray level

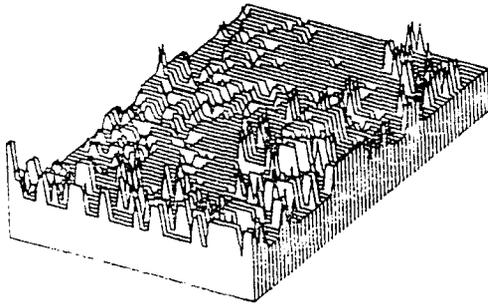


(c) Hadamard TX 64-Gray level

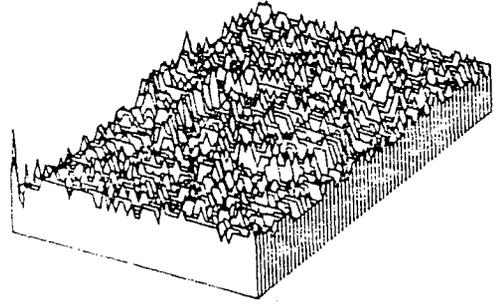


(d) Lee Weighted Hadamard TX 64-Gray level

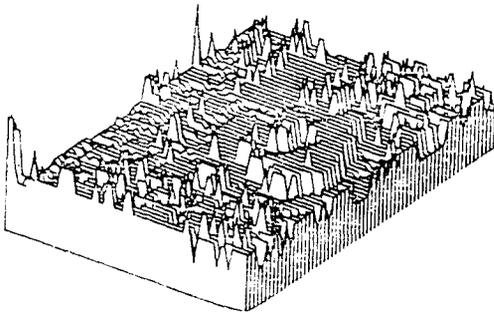
그림 8 송신단의 링컨데이터
Lincoln data in TX.



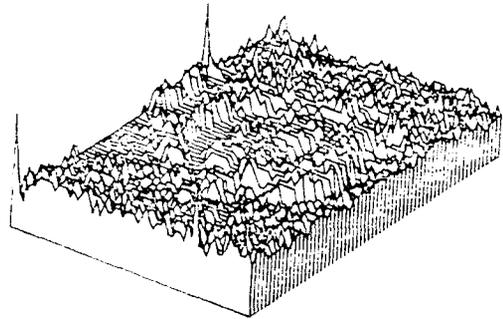
(a) Hadamard RX 32-Gray level



(c) Hadamard RX 84-Gray level



(b) Lee Weighted Hadamard RX 32-Gray level



(d) Lee Weighted Hadamard RX 84-Gray level

그림 9 수신단의 링컨데이터
Lincoln data in RX.

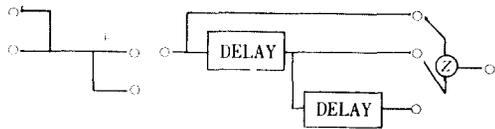
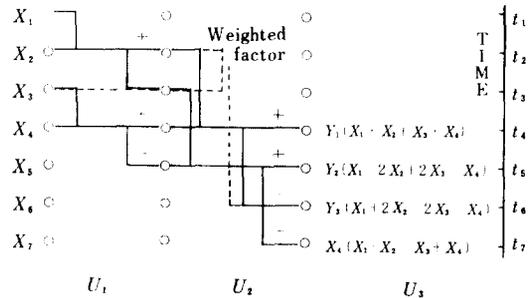
그림 결과를 보면 수신단 측에서 H 변환 보다 LWH 가 중앙에 데이터가 물리는 것을 확인할 수가 있다. 이것은 본 논문에서 제안한대로 WH 변환이 중앙에 웨이트를 준 결과 때문이다. 물론, 양자화 레벨을 증가하면 할수록 화소(pixel)가 선명해져 화면의 해상도가 증가됨을 알 수 있다.

6. 하드웨어 구현

H 변환을 1차원의 실시간으로 처리하여 중심에 웨이트를 준다. 표본입력신호(X_1, X_2, \dots, X_N)에 대해 출력신호($Y_1, Y_2 \dots Y_N$) = ($X_1, X_2 \dots X_N$) H_N 을 1차원 변환이라고 하면, $N=4$ 일 때,

$$[LWH]_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

이같은 변환을 실시간 처리하는 알고리즘은 그림10과 같다.



(a) Calculation algorithm

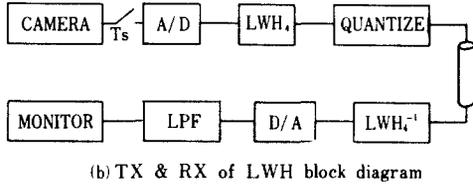
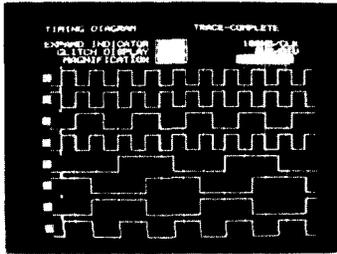


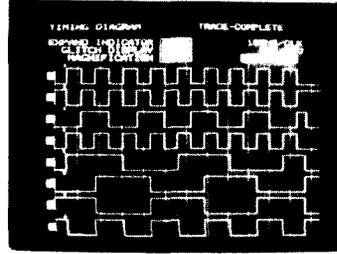
그림10 LWH의 연산알고리즘과 전송도
LWH transform circuit and its calculation algorithm.

그림10과 같은 블록다이어그램으로 영상신호를 표본화한 후 A/D변환과 LWH 변환을 하여 전송한다. 수신측에서는 다시 역변환을 한 다음 D/A 변환을 하여 원래의 영상신호를 복원하여 모니터에 디스플레이 한다. 전시스템을 마스터 클럭에 의한 Synchronous 시스템으로 설계했다.

그림10(a)의 구현은 shift regista (7496)와 data selector (74157)로써 할 수 있다. 실시간으로 하기 위해서 앞서 들어온 data들이 계속 shift regista에 의해 기억되고, t_4 내에 처리된다. 가감산 동작은 진가산기(7483)을 이용하고 Clock에 따라서 바뀌도록 하였다. 점선부분이 LWH의 웨이트를 주는 부분인데, 예를 들어, t_2 때에 1주기 지연된 X_1 이 X_2 와 더해진다. t_3 때는 2주기 지연된 X_1 에서 1주기 지연된 X_2 를 뺀다. 두번째 유니트에서는 t_4 때 $X_1 + X_2$ 가 2주기 지연되어 $X_3 + X_4$ 와 더해진다. t_6 때는 4주기 지연된 $X_1 + X_2$ 에서 2주기 지연된 $X_3 + X_4$ 를 뺀다. 또 입력이 4 bit 였다면 출력은 7 bit이며 M SB는 부호 bit이다.

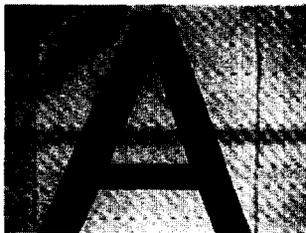


(a) 송신단 마스터 클럭 사이클
Master clock cycle in TX

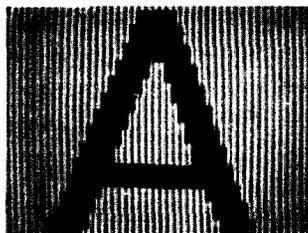


(b) 수신단 마스터 클럭 사이클
Master clock cycle in RX

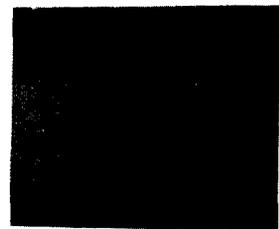
사진 1 마스터 클럭사이클
Master clock cycle.



(a) A/D · D/A



(b) Hadamard



(c) LWH

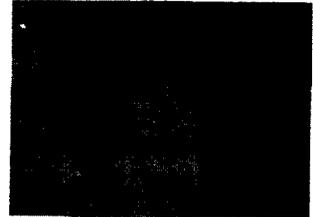
사진 2 A 문자를 Hadamard와 LWH로 실시간 처리한 영상
Real time image processing of A letter in Hadamard and LWH.



(a) A/D · D/A



(b) Hadamard

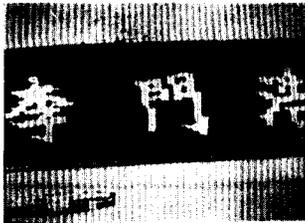


(c) LWH

사진 3 할아버지 사진을 Hadamard와 LWH로 실시간 처리한 영상
Real time processing of grandfather photo in Hadamard and LWH.



(a) A/D · D/A



(b) Hadamard



(c) LWH

사진 4 이름을 Hadamard와 LWH로 실시간 처리한 영상
Real time processing of name in Hadamard and LWH.

사진 2(a), 3(a), 4(a)는 원래의 영상신호를 카메라로 잡아 A/D, D/A 변환한 것을 모니터에 재현시킨 것이다. 또 2(b), 3(b), 4(b)는 H 변환이고, 2(c), 3(c), 4(c)는 LWH 변환을 4 MHz로 표본화로 실시간 처리한 결과이다.

사진에서 보듯이 LWH가 화면중심이 없어졌으나 배경 잡음이 많았다. 특히 문자나 단순한 영상처리는 LWH 변환을 쓰는 것이 효과적이란 것을 확인했다. H 변환에서는 화면전체에 줄무늬노이즈가 나타났는데 이것은 블록별로 변환한 결과다. 또 주파수가 높은 관계로 상승 및 하강시간이 충분히 짧지 않으면 오차를 발생하는데, 이러한 오차는 Schmitt trigger를 삽입시키므로써 해결했다.

7. 결 론

사람의 시각은 저주파나 고주파보다 영상의 공간중역파수에 대해 더 민감하다. 즉 화면의 가

장자리보다는 화면중심에 대해 중심을 둔다. 이러한 눈의 감각과 일치하는 시각부호화 방법에 대해 연구했다. 화면 중심부분의 신호 대 잡음비를 개선시킬 수 있는 아다마르 변환인 LWH 변환으로 영상신호를 처리한 결과, 20.21~36.33 dB로 향상된 것을 컴퓨터 시뮬레이션 그림을 보임으로서 확인했다.

영상신호를 디지털화 하는 대역폭을 줄여주는 방법중 실시간 처리가 가능한 아다마르 변환을 이용하고 화면 중심 부분에 Weight를 주어 하드웨어를 구성하였다. 비직교변환인 LWH는 송수신단이 거의 같았고 화질이 아다마르 변환과 달라졌다. 아다마르 변환은 줄 무늬가 나타나면서 원래 영상이 계단모양으로 나타났는데 반해 LWH 변환은 노이즈 배경에서 영상윤곽이 바르게 재생됐다. 하드웨어에서 중요한 A/D 변환기는 CA 3300을 썼고 2의 보수를 취해 시스템의 가감산을 간략화 했다.

앞으로 이 연구결과는 유선TV, Videophone, 인공위성통신 등에 실용화될 수 있을 것이며, 비직교 변환에 대한 기초 연구가 구체적으로 있어야 할 것으로 생각된다.

本 論文은 1984년도 한국과학재단지원연구비에 의하여 研究된 論文입니다. 한국과학재단에 감사드립니다. 본 論文이 完成되기까지 적극적으로 도와 준 이광재 군에게도 감사드립니다.

参 考 文 献

(1) W. K. Pratt, J. Kane, H. C. Andrews, "Hadamard transform image coding," Proc. IEEE, vol. 57, January, 1969, pp. 58-68.

(2) D. F. Elliot, K. R. Rao, "Fast transforms algorithms, analysis applications," Academic press, 1982, pp. 362-410.

(3) 윤재우, 함윤철, 이문호, "Weighted hadamard 변환을 이용한 Image 전송에 관한 연구," KIEE, vol. 6, no. 1, pp. 44.

(4) 이문호, "Weighted Hadamard 변환에 의한 영상신호처리," 한국기술사회, vol. 16, no. 4, 1983, pp. 15-19.

(5) M. H. Lee, D. Y. Kim, "Weighted hadamard transformation for S/N ratio enhancement in image transmission," IEEE. International Symposium on Circuits and System (ISCAS) May, 1984.

(6) Takahiko Fukinuki and Masachika Miyata, "Intraframe image coding by cascaded hadamard transforms." IEEE. Transaction on Communications, vol. Com. 21, no. 3, March, 1973.

(7) Scott Knauer, "Real-time video compression algorithm for hadamard transform processing," IEEE. Trans. On Electromagnetic Compatibility, vol. EMC 18, no. 1, Feb. 1976.

(8) R. C. Gonzalez, P. Wintz, "Digital image processing," Addison-Wesley Pub. 1977, pp. 88-102.

(9) Douglas J. G., "The role of human visual models in image processing," IEEE. Proc. vol. 69, no. 5, May, 1981.

(10) E. O. Brigham, "The fast fourier transform," Academic Press, 1975, pp. 148-171.

(11) 안성렬, 이문호, "Nonorthogonal 기본함수의 신호처리," KICS, vol. 10, no. 1, 1985, 2.

(12) M. H. Lee, "Image data processing by modified hadamard transform," Ph. D. Thesis, Chonnam National University, 1984.

(13) 고흥화, "Walsh-Hadamard 변환을 이용한 영상신호의 디지털처리에 관한 연구," 서울대 석사논문, 1982.



李 門 浩 (Moon Ho LEE) 正會員
 1945年 1月 15日生
 1967年: 全北大學校 工科大學電氣工學科 卒業
 1976年: 全北大學校 大學院電子工學科 (工碩)
 1984年: 全南大學校 大學院電子工學科 (工博)
 1982年: 電氣通信技術士

1967年: 陸軍將校
 1972年~1980年10月: 南洋文化放送(株)技術部 次長, 部長
 1980年~現在: 全北大學校 工科大學電子工學科教授
 1983年~現在: 아마추어 무선국(HL 4 CDO) 運用