

DCT 변환상에서 방향성 Zonal 필터를 이용한 화상 데이터 압축

正會員 鄭 東 範* 正會員 金 海 洙** 正會員 趙 成 桓*** 正會員 李 根 泳****

In DCT, Image Data Compression via Directional Zonal Filters.

Dong Bum JUNG*, Hae Soo KIM**, Seong Hwan CHO*** Keun Young LEE****

Regular Members

要 約 본 논문에서는 화상 데이터에 대해 에너지 밀집성이 좋은 DCT 부호화를 사용하여 하나의 저주파 성분과 여러개의 고주파 방향성 성분으로 나누어 처리하는 효율적인 부호화 방법을 제시하였다. DCT 변환후 저주파 및 고주파 성분의 변환계수들을 각각 연두 길이 Huffman 부호화 방법을 적용하여 전송하였고, 수신단에서는 고주파 및 저주파 성분들을 각각 역변환하였으며, 특히 고주파 성분인 방향성 성분들에 대해 영교차점들을 중심으로 전체 윤곽선을 복원하였다. 실험결과, 제안한 방법이 Kunt 등이 제안한 방법보다 처리할 데이터량의 감소로 인하여 처리시간과 소모 메모리를 줄일 수 있었으며, 처리해야 할 방향성들에서 관련된 것들을 찾을 수 있었다. 영상품질의 척도로서 PSNR을 사용하여 객관적인 평가를 하였으며 압축률도 0.26bpp로 만족할 만한 결과를 보였다.

ABSTRACT In this paper we have proposed an efficient coding algorithm using directional filtering. First, an image is transformed by using DCT which has better energy compaction, and then the transformed image is divided into a low frequency component and several high frequency components. The transformed coefficients of each parts are transmitted respectively by using Huffman code and these are transformed inversely at receiver. For the directional components total edge images are reconstructed at zero crossing points.

We are able to reduce the amount of data by getting rid of complex component and making directional angles 90°. As a results, this proposed method is better than that of Kunt in respect of processing time and memories. We have 38dB of image quality with objective measurement of PSNR and 0.26bpp of compression ratio which is acceptable.

I. 서 론

디지털 화상을 표현하고 저장하며, 전송하기 위해서는 많은 양의 데이터가 필요하기 때문에 원화상과 가깝도록 신뢰성을 유지하면서 가능한 한 데이터를 줄이는 것이 화상 부호화의 목적이 다^[1].

화상 부호화 기법은 인접 화소와의 상관관계가 있으므로 정보이론에 근거하여 화상을 압축하는 1세대 부호화 기법과 인간의 시각구조를 이용하

는 2세대 부호화 방법이 있다. 화상은 일반적으로 평탄한 배경을 포함한 저주파 성분과 급격한 변화를 일으키는 윤곽선을 포함한 고주파 성분으로 구성되어 있으므로 높은 압축율로 효율적인 화상 부호화를 위해서는 이 두 가지 성분의 구성 요소를 분리하여 처리하는 것이 바람직하다^[2]. 이에 대한 특성은 참고문헌 [5], [6]의 Kunt가 제안한 논문에 잘 나타나 있으며 이 방식이 2세대 부호화를 대표하고 있으나 많은 계산량과 처리시간등의 문제점을 안고 있다.

본 논문에서는 에너지 밀집성이 좋은 것으로 판명된 DCT 부호화를 이용함으로써 기존의 Fourier 변환 방법보다 저주 부분이 없음으로 인하여 처리할 데이터량의 감소와 이로 인한

*韓國電子通信研究所
ETRI
**安養專門大學 電子通信科
***大有工業專門大學
Dept. of Elec. Comm. Dae Yeu Technical Junior College
****成均館大學校 電子工學科
Dept. of Electronic Engineering, Sung Kyun Kwan Univ.
論文番號 : 91-16(收受1990. 10. 23)

처리시간의 단축, 소모 메모리의 감소, 그리고 DCT 변환영역에서도 방향성분을 추출할 수 있으며⁶⁾, 처리해야할 변환 영역에서의 방향도 360°가 아닌 90°내에서 처리하므로 보다 단순하고 간단한 방향성 Zonal 필터를 사용할 수 있었다¹¹⁾¹³⁾. DCT 부호화후 고주파 성분과 저주파 성분을 각각 분리한 후 저주파 성분은 변환계수를 지그재그 스캐닝(Zigzag Scanning)을 하여 고압축 전송하고, 고주파 성분은 방향성 Zonal 필터를 사용하여 각 방향을 분리한 후 각각의 고주파 계수들을 연속길이 Huffman 부호화 방법을 적용하여 전송하였다¹⁴⁾. 전체 화상의 복원은 수신단에서 저주파 성분은 그대로 역변환하고, 고주파 방향성 성분들에 대해서는 역변환 후 영교차 점들을 중심으로 전체 윤곽선을 복원하여 저주파 화상과 합성하였다. 복원된 화상은 PSNR로 화상의 품질을 평가하였으며 실험을 통하여 제안된 부호화의 성능을 검토하였다.

II. 고주파와 저주파의 분리

DCT 변환 영역상에서 2개의 Zonal 필터를 이용하여 저주파 성분과 고주파 성분을 분리할 수 있었다. 사용된 2개의 Zonal 필터를 그림 (1)에 나타내었다.

1. DCT 변환

DCT 변환은 다른 모든 변환들 보다 성능이 우수하고 에너지 밀집도가 뛰어나기에 특히 고압축에 사용된다. 2차원 DCT 변환은

$$F(u, v) = \frac{4C(u)C(v)}{N^2} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{2N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N} \right] \quad (1)$$

u, v=0, 1, ..., N-1

여기서

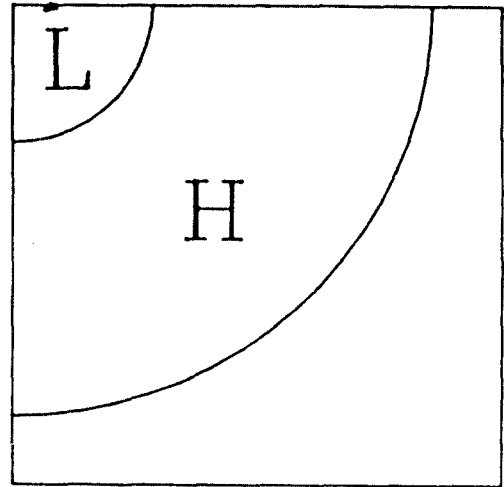


그림 1. 저, 고주파를 분리한 Zonal 필터
Fig. 1. Zonal filter for separating the low and high frequency.

$$C(w) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & w=0 \\ 1, & w=1, 2, \dots, N-1 \end{cases}$$

역변환은

$$f(x, y) = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v)F(u, v) \cos \left[\frac{(2x+1)u\pi}{N} \right] \cos \left[\frac{(2y+1)v\pi}{N} \right] \quad (2)$$

x, y=0, 1, ..., N-1

이 된다.

공간 영역에서의 8 방향 성분들은 DCT 변환 영역에서도 수직, 수평, 대각선등 각 방향별로 방향 성분들을 갖고 있음이 알려져 있고¹⁵⁾, 이에 따라 각 방향의 윤곽선 성분들을 추출할 수 있음을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

2. 분 리

(1) 저주파 성분

그림(1)에 나타낸 저주파 성분은 추출해내는

지역 Zonal 필터(L)의 특징은 식(1)로 나타낸다.

$$L_{ZF}(u, v) = \begin{cases} 1 & u^2 + v^2 \leq r_c^2 \\ 0 & \text{그 외} \end{cases} \quad (4)$$

여기서 r_c : 차단 주파수

(2) 고주파 성분

고주파 성분은 그림(1)에 나타난 Zonal 필터(H)를 이용하였으며 식(5)로 표시된다.

$$H_{ZF}(u, v) = \begin{cases} 1 & u^2 + v^2 > r_c^2 \\ 0 & \text{그 외} \end{cases} \quad (5)$$

여기서 r_c : 차단 주파수

이렇게 분리된 고주파 부분을 공간 영역에서 여러 방향성 성분들을 가지는데 이러한 성질을 이용하여 식(6)으로 동일 방향 성분을 변환 영역 내에서 분리할 수 있다.

DCT 변환에서 방향성 Zonal 필터는 다음과 같은 특징을 갖는다.

- 1) 방향성 Zonal 필터는 기준 방향을 따라 고역 통과 필터이다.
- 2) 방향성 Zonal 필터는 적외 방향을 따라 저역 통과 필터이다.
- 3) 방향성 Zonal 필터는 제한된 방향내에서만 유효성을 검증한다.
- 4) 방향성 Zonal 필터의 특징은 그림(2)와 같으며 식(6)에 따라 각 방향성분이 얻어진다.

$$D_{ZONI}(u, v) = \begin{cases} 1 & (\theta_i < \tan^{-1}(v/u) < \theta_{i+1}) \text{ 이고} \\ & (u^2 + v^2 > r_c^2) \text{ 일 때} \\ 0 & \text{그 외} \end{cases} \quad (6)$$

$i=0, 1, 2, \dots, 7$

여기서 $\theta_i = (arg-1)\pi / 2n$, $\theta_{i+1} = arg\pi / 2n$ 은 그림(2)의 각 방향성 Zonal 필터의 영역을 구분하는 각도이며 이를 조절하기 위해 arg가 상수로 작용하며 r_c 는 차단 주파수이다.

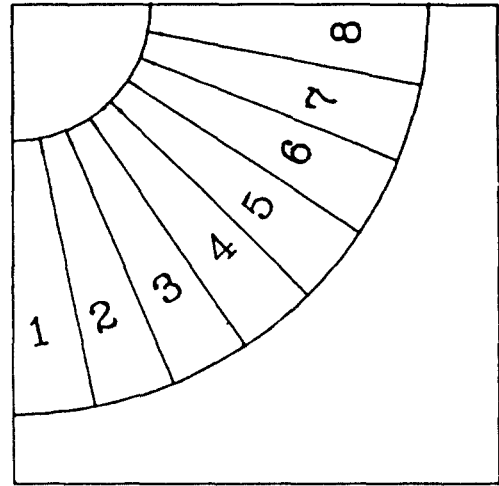


그림 2. 방향성 Zonal 필터
Fig. 2. Directional Zonal filter

III. 부호화

1. 저주파 성분의 부호화

저주파 화상은 급격한 유효성 성분이 없기 때문에 식(1)의 DCT변환을 취한 후 식(3)을 이용하여 얻은 저주파 부분의 에너지만을 따로 분리한다.

분리된 변환계수들은 256 x 256의 블록중에서 차단주파수내의 블록안에 있는 변환 계수들로서 zigzag 스캐닝(Zigzag Scanning)에 따라 처리한다. 이것을 다른 순서에 따라 처리한 것보다 변환계수들의 분산치 사이에 상관 관계가 강하며, 변환 영역에서 계수의 분산이 큰 값부터 시작하여 작은 값으로 시작해 변하기 때문이다. 이 zigzag 스캐닝에 따라 계수값을 정규화시킨 후 매정된 비트에 따라 계수값을 크기와 같이에 따라 각각 임의값이 Huffman 부호화를 적용하여 전송한다^{[2][3]}.

2. 고주파 방향성 성분의 부호화

고주파 방향성 성분들을 부호화하기 위하여 필요한 각각의 방향성 Zonal 필터내에 있는 변환 계수들은 계수값의 분포가 -2~2 사이에 있으며

그 중 95% 이상이 $-1 \sim 1$ 사이에 있으므로 적절히 양자화 하여 전송해야 한다. 전송에는 계수의 크기와 연속길이 Huffman 부호화 기법을 이용하였다.

IV. 복호화

전송된 화상을 복원하기 위해서는 저주파 성분과 고주파 성분을 각각 나누어서 복호화하고 이를 결합시켜 복원된 화상을 얻는다.

1. 저주파 성분의 복호화

지그재그 스캐닝(Zigzag Scanning)에 따라 부호화된 계수값을 수신단에서는 역 지그재그 순서에 따라 변환 계수들을 원래의 변환 영역으로 재배치한 후 식(2)의 역 DCT 변환을 취한 후 저주파 화상을 얻는다.

2. 고주파 성분의 복호화

(1) 역 DCT 변환

방향성 Zonal 필터링된 각각의 고주파 방향성 계수들을 각 방향성 성분들에 대해 각각 역 DCT 변환을 취한다.

(2) 영교차

하나의 윤곽선으로서 주어진 방향과 그 크기를 갖는 것을 윤곽선 원소(edge element, EE)라 하고 주어진 방향내에 속한 윤곽선원소들의 부집합을 EES(edge element subset)이라 하고 화상내의 모든 윤곽선원소들은 윤곽선원소집합 (edge element set, ES)이라 한다. 여기서 EES를 주방향이라 하며 하나의 주방향성 Zonal 필터는 이 윤곽선에서 고역 통과 필터역할을 하기 때문에 영교차가 발생한다. 윤곽선을 찾기 위해서는 영교차의 위치와 크기를 알아내야 한다.

① 영교차점의 위치

고역 필터링한 상태에서 임의의 화소 $f(u, v)$ 를 중심으로 그 주변화소 사이의 부호가 바뀌면 영교차점으로 간주할 수 있다. 식(7)은 영교

차점을 찾는 식이다. 여기서 $P_1 \leq 0$ 일 때만 부호가 바뀌고 영교차가 발생한다. 수직방향에 대한 영교차점은 P_1, P_2 로 수평 방향에 대한 영교차점은 P_3, P_4 로, 그리고 대각선 방향에 대해서는 P_5, P_6, P_7, P_8 를 중점적으로 영교차점을 찾는다.

$$\begin{aligned} P_1 &= f(u, v) \cdot f(u+1, v) \\ P_2 &= f(u, v) \cdot f(u-1, v) \\ P_3 &= f(u, v) \cdot f(u, v+1) \\ P_4 &= f(u, v) \cdot f(u, v-1) \\ P_5 &= f(u, v) \cdot f(u-1, v-1) \\ P_6 &= f(u, v) \cdot f(u-1, v+1) \\ P_7 &= f(u, v) \cdot f(u+1, v-1) \\ P_8 &= f(u, v) \cdot f(u+1, v+1) \end{aligned} \quad (7)$$

2 영교차의 크기

영교차의 크기는 복호화된 화소의 휘도값자에 따라 좌우된다. 따라서 휘도차가 크면 영교차의 크기가 크고 휘도차가 작으면 영교차의 크기가 작다. 영교차의 크기는 임의의 화소와 다음 화소와의 절대값에 대한 합으로 나타낸다.

$$P_3 = |f_1(u, v) - f_1(u=u', v=v')| \quad (8)$$

여기서 u', v' 은 0 또는 1이다.

위 식으로 휘도차에 비례하는 영교차의 크기를 찾는다.

3 방향성 윤곽선의 복합

한 방향성 성분은 여러 방향성 Zonal 필터에 의해서 나타나게 되는데 이를 가장 주된 하나의 방향성으로 복합하는 과정이 필요하다. 방향성 성분은 주방향에서 가장 강하고 다른 방향에서는 약한 성분을 나타내므로 이를 복합하기 위하여,

첫째, 같은 위치에 놓여진 윤곽선의 값들을 먼저 더한다.

둘째, 그중 가장 큰 값을 가진 점을 알아내며,

셋째, 같은 위치의 다른 값을 최대값의 점에

더해주고, 나머지의 다른 모든 점은 0으로 해준다.

이것을 수식으로 나타내면

$$X_1(u, v) = \begin{cases} s(u, v) & X_1(u, v) = m(u, v) \\ 0 & \text{그 외} \end{cases} \quad (9)$$

여기서 $m(u, v) = \max\{x_1(u, v)\}$

고리고

$$s(u, v) = \sum x_1(u, v) \quad (10)$$

이 된다. 이 때 복잡한 율리전 정분의 크기가 작은 것은 전체 영상에는 큰 효과를 나타내지 않으므로 전송 대역이 다량인 증가시키므로 일계치를 적용하여 일계치 이하의 계기치가 전체 전송 대역이량을 줄인다.

3. 저주파 화상과 고주파 화상의 합성

수직단에서 역 변환된 저주파와 고주파 화상을 최종적으로 합성하여 화상을 복원시키게 된다. 그런데 영교차가 발생하는 질에서의 율리전을 살펴보면 율리전 부분이기 때문에 크기가 급하게 변화한다. 이에 반해 저주파 부분은 변환 영역에서 차단주파수의 저주파 성분만을 통과시킨 정분이기에 영교차점들의 위치에서 고주파 성분이 제거해서 완만한 기울기를 가지게 된다. 이러한 이유로 영교차 전후의 각각 별개의 화상에 영교차의 크기에 연관된 함수를 적용시키어야 하며 이 함수를 등장상 저주파 변화를 모이게 할 수 있다. 식(11)을 적용후 영교차점을 강제로 하여 완만한 저주파 부분을 급한 경사를 이루게 하여 전체 화상에서 율리전을 이루게 한다. 이상과 같이 영교차의 크기와 위치를 이용하여 저주파 부분을 보완하는 함수를 적용시키면 복원된 화상을 얻을 수 있다.

$$f(x) = (kA/x) \cdot \exp[(-x^2/k^2A^2)] \quad (11)$$

여기서 x : 영교차로부터 부터의 거리

A : 영교차의 크기

k : 상수

V. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 사용한 화상은 256×256의 크기와 8비트의 화소를 갖는 <CHURCH> 화상이고 그림(3)에 나타내었다. DCT 변환후 저주파 부분과 고주파 부분을 분리한 후 그림(4)의 지역 Zonal 센터(1.)의 차단주파수를 70으로 하여 분리한 후 1877개의 저주파 변환계수들을 얻었으며 이를 직각계 스캐닝(Zigzag Scanning) 처리하여 얻은 값이 Huffman 부호화를 사용하여 평균 3~4비트로 전송하였다. 고주파 성분을 제거함으로써 일차로 발생하는 사이드 로브(Side Lobe)를 제거하기 위하여 수직단에서 역변환후 5×5의 평균 필터를 사용하여 복원시킨 저주파 화상을 그림(4)에 보였다. 고주파 성분은 DCT 변환을 위하여 식(6)의 방향성 Zonal 센터를 8개 사용하여 각 방향성분을 추출하고 이에 대해 균일 양자화한 결과 2168개의 변환계수들을 얻었으며 이를 Huffman 부호화를 하여 전송하였으며 평균 3비트가 소요되었다. 수직단에서는 각 방향성분에 대해 역 DCT 변환을 취한 후 각 방향성분에 대해 영교차를 구하고 이를 복합시킨 후 일계치 15를 적용한다. 8번째 방향성분의 복원된 율리전을 그림(5)에 보였다. 복원된 율리전 성분을 이용하여 영교차의 크기와 위치를 찾아 저주파 부분을 보완하는 식(11)의 함수를 적용하여 율리전 부분을 보완한 화상을 그림(6)에 보였으며, 여기서 함수의 농도를 조정하는 변수 k 값은 0.2~0.1 사이의 값을 가장 적합한을 실험을 통해 얻을 수 있었다. 그리고 저주파 화상과 보완된 고주파 화상을 결합시킨 최종 결과 화상을 그림(7)에 보였다.

본 논문의 품질 평가 방법으로는 식(11)의 값에 질주대 곱을미 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 적용하여 38dB에서 압축률 0.26bpp (bits./pixel)로 연속할 만한 품질의 화상을 얻을 수 있었다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[\frac{255^2}{\frac{1}{N} \sum (P_i - P_r)^2} \right] \quad (11)$$

255 : 최대 휘도값

P_i : 원화상 i 번째 화소의 휘도값

P_r : 복원화상 i 번째 화소의 복원된 휘도값

N : 전체 화소수

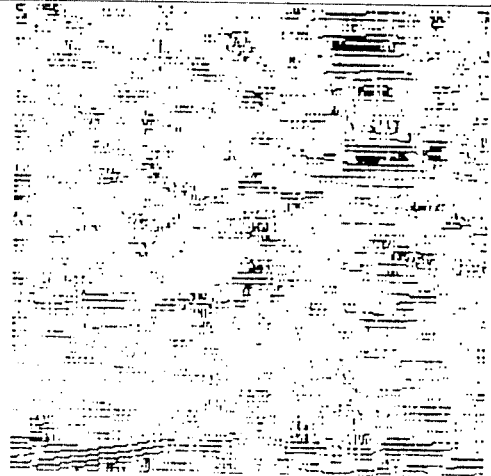


그림 5. 8비트 방향성 화상



그림 3. 원 화상
Fig. 3. Original image



그림 6. 웨이블릿을 이용한 화상



그림 4. 저수역 화상
Fig. 4. Low pass image

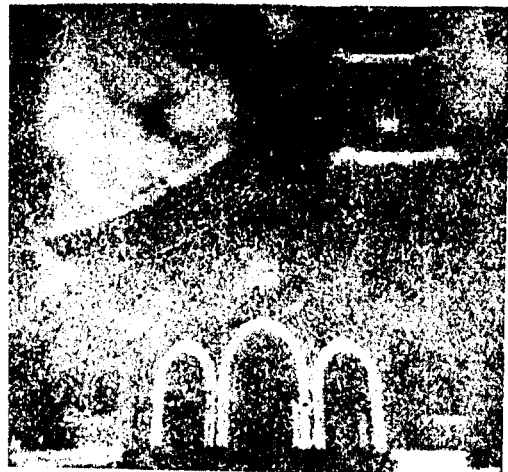


그림 7. 복원된 결과 화상
Fig. 7. Reconstructed image

VI. 결 론

본 논문에서는 DCT 변환상에서도 화상의 방향성을 추출할 수 있음을 이용하여 고주파 성분에서 동일한 방향 성분들을 추출할 수 있는 방향성 Zonal 필터를 이용하여 각 방향 성분과 저주파 성분을 분리하여 처리하는 효율적인 부호화 방법을 제안하였다. 기존의 Kunt의 방법처럼 8개의 같은 수의 방향성 Zonal 필터를 사용하였으나 본 논문에서 사용한 DCT 변환 부호화는 저주파 부분이 없으므로 처리할 데이터량의 감소와 이로 인한 처리 시간의 단축, 소요 메모리의 감소 그리고 변환 영역에서 방향성을 90° 내에서 윤곽선을 찾을 수 있는 이점을 얻을 수 있었다. 각 성분의 부호화시 특성에 따라 계수들의 크기와 연속길이에 적합한 인축길이 Huffman 부호화를 이용하여 효율적인 전송을 하였다. 본 논문의 평가방법으로는 최대 신호대 잡음비 PSNR (Peak Signals to Noise ratio)를 사용하여 객관적인 평가로 38dB의 품질과 주관적인 면에서도 0.26bpp(bits / pixel)의 높은 압축률과 좋은 화질로 만족할 만한 결과를 얻었다.

參 考 文 獻

1. Rafael C. Gonzlez and Paul Wintz, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 1987.
2. Azrial Rosenfeld and Avinash C. kak, "Digital Picture Processing" Academic-Press, 1980.
3. A.N. Netraral and J.O. Rimb, "Picture Coding : A Review", Proc. IEEE, Vol. 63, pp. 366~406, Mar., 1980.
4. A.K. Jain, "Image Data Compression : V. Review", Proc. IEEE, Vol. 69, pp. 349~389, Mar., 1981.
5. A. Ikonomopoulos and M. Kunt, "High compression image coding via Directional filtering", signal processing, vol. 8, 279~301, No. 3, May., 1985.
6. M. Kunt, A. Ikonomopoulos and M. Kocher, "Second generation image coding techniques", Proc. IEEE, Vol. 73, pp. 549~574, Apr., 1985.
7. M. Kunt, "Recent Results in High Compression image Coding", IEEE Trans. Circuits and Sys., Vol. 31, No. 11, pp. 1306~1336, Nov., 1987.
8. J. Ameye, J. Bursens, S.J.Desmet, "Image Coding using the Human Visual System", Intl. Workshop on Image Coding, The Korea Inst. of Commun. Science, pp. 229~308, Seoul, Korea, Aug. 1987.
9. 정진환, 김남권, "에지진명화에 의한 고압축 Synthetic-High 부호화", 전자공학회 논문집, 26권 9호, pp. 112~121, 1989.
10. 이강영, "화상의 방향성을 이용한 고압축 코딩", 집현전어학회, 전자공학연구부, 1990.
11. Michaels G. Perkins, "A Compression of the Hadley, Cos-cos, Rankin and Discrete Cosine Transform for image Coding", IEEE Tran. Com., Vol. 36, No. 6, June, 1988.
12. W.H. Chen, "Scene Adaptive Coder", IEEE Tran. Commun., Vol. COM 32, No. 3, March, 1984.
13. R.J. Clake, "Transform Coding of Images", Academic Press, 1985.
14. Donald Norman Graham, "Image Transmission by Two Dimensional Contour Coding", Proc. of The IEEE, Vol. 55, No. 3, March, 1967.



鄭東範(Dong Bum JUNG) 正會員
1963년 10월 12일생
1989년 2월: 성균관대학교 전자공학과 졸업
1991년 2월: 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1989년 3월~1991년 2월: 성균관대학교 전자공학과 교육조교
1991년 2월~현재: 한국전자통신연구소 광대역통신연구실 연구원



金海洙(Hae Soo KIM) 正會員
1960년 11월 20日生
1986년 2월: 성균관대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1988년 2월: 성균관대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1991년 2월: 성균관대학교 대학원 전자공학과 박사과정 수료
1991년 3월~현재: 연암전문대학 전자통신과 겸임강사



趙成桓(Seong Hwan CHO) 正會員
1980년 2월: 成均館大學校 電子工學科卒業
1982년 2월: 成均館大學校 大學院 電子工學科 卒業(工學碩士)
1990년 2월: 成均館大學校 大學院 電子工學科 博士課程 修了
1982년 9월~1985년 7월: 海軍士官學校 教授部 專任講師

1985년 9월~現在: 大有工業專門大學 助教授
관심분야: 映像處理, 패턴 認識, 神經回路網



李根泳(Keun Young LEE) 正會員
1947년 12월 30일생
1973년: 전남대학교 전자공학과 졸업
1975년: 한양대학교 대학원 전자공학과 석사학위 취득
1978년: 한양대학교 전자공학과 박사학위 취득
1979년 3월~1980년 2월: Denmark 공과대학(연구)

1987년 9월~1988년 3월: 영국 Loughborough 대학(연구)
1977년 3월~1981년 8월: 경운공대 조교수
1981년 9월~현재: 성균관대학교 전자공학과 교수
관심분야: 스위칭 이론, 마이크로 프로세서, 영상처리, 신경회로망 등.