

고주파 에너지에 의한 가변블럭 변환 부호화법

正會員 곽 내 정*, 準會員 이 승 희*, 송 영 준*, 正會員 안 재 형*

A Variable Block-Size Transform Coding by High-Frequency Energy

Nae Joung Kwak*, Seung Hee Lee*, Young Jun Song*, Jae Hyeong Ahn* *Regular Members*

요 약

가변블럭 변환부호화는 변환부호화에 적용되는 블럭의 크기를 다르게 하여 코딩의 효율을 좋게 한다. 변환블럭의 크기는 블럭의 활성도에 따라 적용된다. 즉, 블럭의 활성도가 크면 블럭의 크기는 작아지고, 반대로 활성도가 작으면 블럭의 크기가 커진다. 본 논문에서는 블럭의 활성도로서 분산값 대신에 변환계수의 고주파 에너지를 이용하였다. 컴퓨터 시뮬레이션 결과, 제안한 방법이 분산값을 이용한 방법보다는 약 1~5 dB, MAD를 이용한 방법보다는 약 0.5~3 dB정도의 성능개선을 보여주었다.

ABSTRACT

We propose a variable block-size transform coding. The size of transform block is adapted by the activity of the block. If the activity is lower than the given threshold, then the block-size is enlarged. In this paper, we use the energy of the transformed coefficients with high frequency instead of the block variance as the block activity. The computer simulation results show that the reconstruction image by the proposed activity measure gives superior picture quality to that by the block variance and the mean absolute difference.

I. 서 론

영상정보를 압축하기 위한 방법에는 DPCM(Differential Pulse Code Modulation), 변환부호화(transform coding), VQ(Vector Quantization)^[1] 등이 있다. 이

중에서 변환 부호화 방법은 압축효율이 높으며, 전송 잡음의 영향이 국소적인 지역에 한정되는 등의 장점으로 많이 사용되고 있다^[2].

Vaisey와 Gersho^[3]는 변환블럭의 크기가 커짐에 따라 변환부호의 성능은 증가하지만 영상의 세밀한 부분의 화질은 저하한다는 사실을 발견하고 이러한 부분을 개선하기 위한 방법으로 변환블럭의 크기를 가변시키는 가변블럭 변환부호화를 제시하였다. 이것은 영상중에서 세밀한 부분은 변환블럭의 크기를 작게 하고 그 외의 부분은 블럭의 크기를 크게 하여 세

*충북대학교 공과대학 정보통신공학과
Dept. of Information and Communication Eng. ChungBuk
National University.
論文番號: 94322-1119
接受日字: 1994年 11月 19日

밀한 부분과 그 밖의 부분 모두에 대하여 화질을 잘 보존하게 하는 방법이다.

가변블록 변환부호화에서 블록의 세밀성을 측정하는 방법으로 블록의 활성도가 주로 사용된다. Dinstein 등⁴⁾은 블록의 분산값을, 김 광택 등¹⁵⁾은 블록들간의 화소차를 사용하여 성능의 저하가 거의 없으면서도 계산량을 줄이는 방법을 제시하였다.

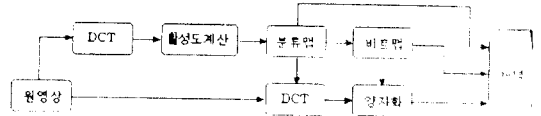
그러나 이러한 방법들은 모두 블록자체의 활성도나 블록간의 차만을 이용하는 것이므로, 영상의 세밀성에 따라 나누는 것이 아니다. 따라서 영상의 세밀성을 변환계수중에서 고주파에 해당되는 계수들이 주로 결정하므로¹⁶⁾ 본 연구에서는 영상의 세밀성을 나타내는 척도로서 블록의 고주파 성분의 에너지를 사용하였고, 이것을 이용하는 가변블록 변환부호화 방법을 제시하였다.

II. 가변블록 변환부호화법

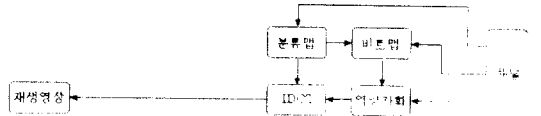
일반적인 블록 변환부호화는 원영상을 균일한 작은 블록으로 나누고, 각각의 블록들을 독립적으로 처리하므로 재생영상의 화질이 블록 단위로 제한되는 단점을 갖는다. 블록의 크기가 클수록 에너지 집적(energy compaction)효과가 좋으므로 변환계수들의 에너지가 저주파 성분을 갖는 변환계수들로 모인다. 그러므로 양자화효율이 증가하고 결국 재생영상의 화질이 좋아진다. 그러나 영상의 세밀한 부분은 상대적으로 저주파 부분보다는 고주파 부분을 많이 포함하고 있으므로 변환블록의 크기가 커지면 고주파 부분이 제대로 복원되지 않게 된다. 반면, 블록의 크기가 작을수록 공간 적응(spatial adaptation)이 좋으므로 영상의 세밀한 부분을 잘 보존 시켜준다. 참고문헌 [3]에 영상의 세밀한 부분인 모자의 무늬가, 블록의 크기가 16×16 보다는 8×8 일 경우에 상세히 복원된다는 것을 보여주었다. 그러므로, 이 두 가지 특성을 코딩에 효과적으로 이용하기 위해 변환블록의 크기를 영상의 내용에 따라 다르게 적용하면 전체적인 영상의 화질과 부분적인 영상의 화질 모두, 개선된 화질을 가지게 할 수 있다.

일반적인 가변블록 변환부호화 시스템은 그림 1과 같이 구성된다. 먼저 원영상을 $N \times N$ 의 서브 블록들로 나눈 뒤 나누어진 각각의 $N \times N$ 블록에 DCT변환

을 실행하여 변환계수를 구한다. 각 블록의 변환계수에서 블록의 활성도를 구하고 그 값들이 주어진 문턱치보다 작은 4개의 블록들은 병합되어 $2N \times 2N$ 의 크기를 갖는 새로운 블록이 된다. 영상의 분류맵(classification map)이 결정되면 결정된 블록의 크기에 따라 변환하고 그 계수들을 블록양자화하여 그 값을 수신측으로 전송한다. 수신측에서는 송신측에서 오버헤드(overhead)로 보낸 $N \times N$ 블록의 분류맵으로 부터 변환블록의 크기를 결정하고 전송된 양자화 인덱스로부터 변환계수들을 계산한다. 계산된 변환계수들은 역 DCT에 의해 재생영상을 구성하게 된다.



(a) 송신측



(b) 수신측

그림 1. 일반적인 가변블록 변환부호화

Fig. 1 Generalized variable block-size transform coder

III. 고주파 에너지에 의한 가변블록 변환부호화법

영상의 각 부분의 화질을 고르게 개선하기 위한 가변블록 변환부호화법은 블록의 크기를 영상의 세밀성에 따라 정하는 것이 원칙이다. 영상의 세밀한 부분은 세밀하지 않은 부분에 비해 저주파 성분보다는 고주파 성분이 많이 포함되어 있을 것으로 추정된다. 왜냐하면, 영상의 변환에 사용되는 변환기조합수(transform basis function)¹⁶⁾의 모양이 고주파로 갈수록 영상의 세밀성을 대변하기 때문이다. 이러한 영상의 세밀성에 근거한 블록의 활성도를 사용하는 것이 원칙이다. 계산상의 편리함 때문에 분산이나 MAD 등이 사용되어왔다⁴⁾¹⁵⁾.

블록의 크기를 결정짓는 기준이 되는 블록의 활성

도로서 식 (1)과같이 정의하는 블럭의 분산값이 흔히 쓰였다.

$$\sigma^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} [f(j, k) - \mu]^2 \quad (1)$$

$$\mu = \frac{1}{N^2} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} f(j, k)$$

여기서 μ 는 블럭내 화소의 평균값으로 블럭의 DC에너지이며, σ^2 은 블럭의 분산값이다. 실제로 분산은 해당 블럭 내의 DC에너지를 제외한 모든 AC에너지들의 합이다^[2].

이와는 달리 김광택 등은 블럭의 병합 조건으로 MAD (Mean Absolute Difference)를 사용하였다^[5]. MAD는 이웃 블럭 화소값의 차의 평균값으로 식 (2)와 같이 나타난다.

$$MAD = \frac{1}{N^2} \sum_{j=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} |f(j, k) - f'(j, k)| \quad (2)$$

여기서 N 은 블럭의 크기이고 $f(j, k)$ 는 블럭의 (j, k) 번째의 화소값, 그리고 $f'(j, k)$ 는 이웃 블럭 (j, k) 번째 화소값이다. MAD와 분산은 블럭을 변환하지 않고도 값을 구할 수 있어, 계산을 빠르게 할 수 있지만 세밀한 영상이 포함된 블럭을 정확하게 찾아낼 수 없다. 기존에 사용하는 블럭의 활성화도로서 사용되는 분산은 식 (1)에서 처럼 DC에너지를 제외한 값이기 때문에 그림 2에서 볼 때 저주파 에너지와 고주파 에너

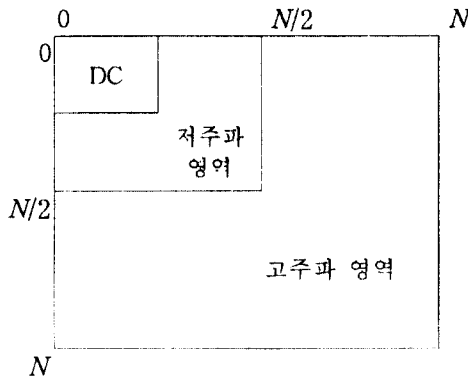


그림 2. $N \times N$ 블럭의 변환 영역

Fig. 2 Transform domain of $N \times N$ block

지를 합한 영역으로 고주파 에너지뿐 아니라 저주파 에너지를 포함하기 때문에 블럭의 활성화도로서 적절치 않다.

따라서 본 연구에서는 블럭의 활성화도로서 저주파 성분을 제외한 고주파 성분만으로 계산되는 값을 제안하였다. 이 값을 고주파 에너지라고 하며 각각의 블럭을 변환한 뒤 변환 영역에서의 계수를 이용해 값을 구한다. 고주파 영역이 변환영역의 오른쪽 하단이므로, 블럭의 수평, 수직 크기의 1/2 이상의 영역으로 정하여, 그림 2에서 처럼 $N \times N$ 크기의 블럭일때 $N/2 \times N/2$ 이상의 지역이 여기에 해당되며 식 (3)과 같이 정의한다.

$$E_{hf} = \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v)^2 - \sum_{u=0}^{N/2-1} \sum_{v=0}^{N/2-1} F(u, v)^2 \quad (3)$$

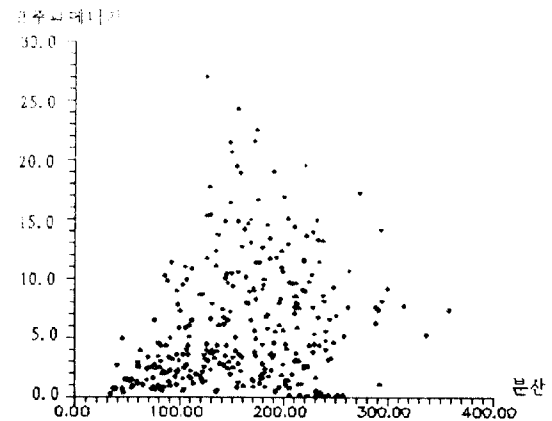


그림 3. 블럭의 분산값과 고주파에너지의 분포

Fig. 3 Distribution of high frequency energy-variance in block

그림 3은 제안한 고주파 에너지와 분산값이 서로 다른 분포 특성을 가진다는 것을 보여준다. 즉, 큰 분산 값을 갖는 블럭이 반드시 큰 고주파 에너지를 갖는다는 것을 의미하지는 않는다는 것이다. 따라서 본 연구에서는 블럭의 활성화도로서 블럭의 분산값 대신에 블럭의 고주파 에너지를 사용함으로써 가변블럭 변환부호화의 효과를 증대하고자 한다.

고주파 에너지를 이용한 가변블럭 변환부호화는 먼저 원영상을 가장 작은 블럭의 크기로 나눈 뒤 변환을 하고, 각 블럭의 변환계수들을 이용하여 고주파

에너지를 구한다. 계산된 고주파 에너지가 문턱값보다 크면 그 크기 그대로 비트맵을 만들어 부호화 하고, 문턱값보다 작으면 블럭간 연관도가 더 크다는 것을 말하므로 블럭들을 병합한다. 작은 블럭의 변환 계수들로 큰 블럭의 변환계수를 구하는 것은 어려운 일이 아니므로⁶⁾, 병합된 블럭의 변환계수를 구하여 그 블럭의 고주파 에너지를 구한다. 반복하여, 가장 큰 블럭까지 부호화 되었을 때, 전체 영상의 분류맵을 작성하여 채널에 전송한다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 고찰

시뮬레이션은 편리를 위해 가변블럭의 크기를 8×8 과 16×16 만을 사용하였다. 전체 블럭의 비율은 8×8 크기와 16×16 크기의 블럭이 1:2가 되도록 고주파 에너지의 문턱치를 결정하였다. 변환방법은 DCT를 사용하였고, 변환계수들의 양자화에는 블럭 양자화를 사용하였으며, 사용한 비트할당식은 식 (4)와 같다⁷⁾.

$$B(u, v) = \frac{1}{2} \log_2[\sigma^2(u, v)] - \log_2[D] \quad (4)$$

여기서 $B(u, v)$ 는 (u, v) 위치의 변환계수에 할당된 비트값이고 $\sigma_k^2(u, v)$ 는 (u, v) 위치의 변환계수의 분산값이다.

시뮬레이션에 사용한 시험영상(test image)은 그림 4와 같이 흑백영상으로 크기가 512×512인 Lena, Milk-drop, 그리고 Barbara영상을 사용하였다. 여기서 Milk-drop은 단순한 영상으로, Lena는 단순한 부분과 세밀한 부분이 적당히 섞인 중간영상으로, Barbara는 복잡한 영상으로 선택하였다. 복잡도가 다른 세 영상으로 테스트를 하여 각각의 블럭 활성화도에 의한 가변블럭 변환부호화의 성능변화를 실험하였다. 객관적인 성능평가의 척도로는 객관적인 화질 평가 척도로서 식 (5)와 같은 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였고, 가변블럭 변환부호화가 전체영상의 화질을 크게 떨어뜨리지 않으면서 실제적으로 세밀한 부분을 잘 복구하였는가를 평가하기 위해 주관적인 화질 관측 척도인 MOS(Mean Opinion Score)를 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{MSE} \text{ [dB]} \quad (5)$$

표 1은 블럭의 크기를 결정하는 기준으로 MAD와 분산 및 고주파 에너지를 사용하였을 경우의 재생영상의 PSNR 값이다. 평균비트율은 양자화 계수의 값과 분류맵, 비트맵의 전송비트를 합친 총 전송 비트율이다. 표 1에 따르면 평균비트율에 관계없이 MAD나 분산에 의한 방법보다는 고주파 에너지를 이용하



(a) Milkdrop

(b) Lena

(c) Barbara

그림 4. 원 영상 (512×512, 흑백영상)

Fig. 4 Original images (512×512, grey image)

표 1. MAD와 분산 및 고주파 에너지에 의한 가변블럭 변환부호화의 PSNR 성능

Table. 1 PSNR performance of variable block-size transform coding by MAD, variance, and high frequency energy

[단위 : PSNR]

영 상 방법 비트율(bpp)	Lena			Barbara			Milkdrop		
	분 산	MAD	고주파 에너지	분 산	MAD	고주파 에너지	분 산	MAD	고주파 에너지
0.25	27.92	30.08	30.22	24.08	24.67	25.12	31.49	32.47	32.02
0.5	30.15	32.92	33.64	25.51	26.44	27.97	34.63	35.73	35.72
0.75	31.39	34.58	35.75	26.59	27.88	30.30	35.97	37.47	37.67
1.0	32.79	35.91	37.31	27.61	29.16	32.27	37.45	38.82	39.13

는 방법이 화질이 좋아졌음을 알 수 있다. Milkdrop과 같이 영상이 단순할 경우는 분산이나 고주파 에너지로 가변블럭 변환부호화를 한 것이 0~1.68 dB의 화질개선을 보여 방법간의 성능 차이가 적지만, Lena와 같이 중간영상은 분산보다는 2.3~4.5 dB, MAD 보다는 0.14~1.4 dB의 화질개선을, Barbara와 같이 복잡한 영상은 분산보다는 1.04~4.66 dB, MAD 보다는 0.45~3.11 dB의 화질개선을 보여 영상이 복잡해질수록 고주파 에너지를 사용하여 가변블럭 변환부호화를 하는 것이 효과적임도 알 수 있다.

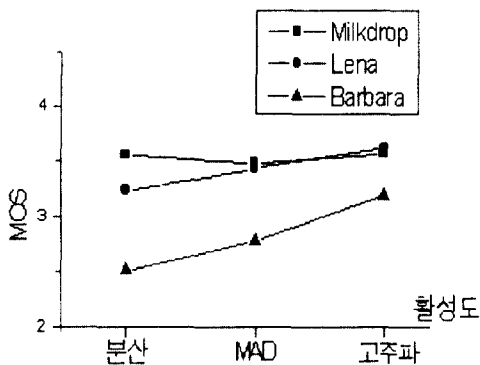
가변블럭 변환부호화는 세밀한 블럭과 그 외의 블럭을 조절하여 효과적으로 부호화하기 때문에 시각적으로도 화질의 개선을 얻을 수 있다. 동일한 비트율에서는 분류가 잘 이루어지면 더욱 좋은 효과를 얻

을 수 있다. 여기서, 제안한 방법의 확실한 화질의 개선효과를 확인하기 위하여 재생영상에 대한 주관적인 관측방법을 시행하였다. 시도된 관측방법은 CCIR의 추천방법¹⁰⁾을 시행하였으며, 관측자는 숙련가와 비숙련가 포함한 전체 10명이 2회 관측하는 것으로 하였고, 화질평가 등급은 표 2를 적용하였다. 관측자

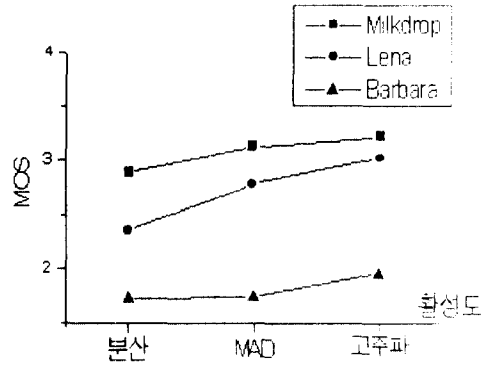
표 2. 5단계 화질평가 등급

Table. 2 Five-point scale to assess the image quality

등 급	화 질
5	아주 좋음
4	좋음
3	보통
2	나쁨
1	아주 나쁨



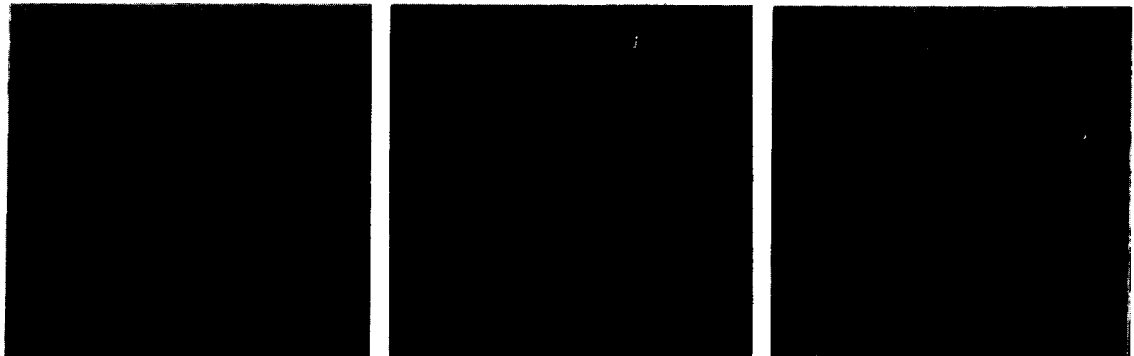
(a) 1.0 bpp



(b) 0.5 bpp

그림 5. 가변블럭 변환부호화법에 의한 재생영상의 화질

Fig. 5 Quality of reconstructed image by variable block-size transform coding



(a) 분산에 의한 가변

(b) MAD에 의한 가변

(c) 고주파에너지에 의한 가변

그림 6. 가변블록 변환부호화법의 재생영상의 차영상:1 [bit/pel]

Fig. 6 Difference image by variable block-size transform coding: 1 [bit/pel]

들의 관측결과는 모두 평균되어 그림 5에 나타내었다. 그림 5를 보면 주관적인 화질평가에서도 단순한 영상인 Milkdrop에서는 세방법의 화질 차이가 비슷함을 알 수 있다. 하지만 중간영상인 Lena와 복잡한 영상인 Barbara에서는 분산이나 MAD에 의한 방법보다 고주파 에너지에 의한 화질이 평균비트율이 0.5일때는 0.2~0.8, 1.0일때는 0.2~0.6 정도 개선되었음을 알 수 있다.

그림 6c는 고주파 에너지를 이용한 가변블록 변환부호화법으로 재생한 Lena영상의 차영상이다. 이 그림에 따르면 그림 6a의 MAD에 의한 방법이나 그림 6b의 분산에 의한 방법보다 영상의 세밀한 영의, 즉 모자의 경계부분이나 머리카락 등에서의 차이가 적으므로 세밀한 부분의 영상이 잘 복원되었다는 것을 알 수 있다.

V. 결 론

변환블록의 크기가 고정되어 영상의 세밀한 부분이 잘 복원되지 못하는 단점을 가진 고정블록 변환부호화법의 성능을 개선하기 위하여 블록의 고주파 에너지에 따라 변환블록의 크기를 가변하는 가변블록 변환부호화방법을 새로이 제안하였다. 제안된 블록

의 고주파 에너지는 블록 내 AC에너지 중에서 저주파를 제외한 고주파에너지로만 정의하였으며, 단순한 AC에너지의 총 합인 분산값보다 블록의 세밀성을 구분하는 능력이 좋았음을 보여주었다.

현재 정지영상 압축방법으로 많이 쓰이는 JPEG은 8×8 고정블록 변환을 이용한 방법으로 0.6bpp일때 35.5dB의 성능을 보이며 이것은 제안한 가변블록 변환부호화 방법보다 더 좋은 성능을 보인다. 가변블록에 있어, 본 논문에서는 8×8과 16×16의 두 가지 블록을 이용했지만 4×4, 8×8, 16×16, 32×32의 다양한 블록으로 영상을 분할하는 방법과 인간의 시각효과(human visual effect)를 고려하는 방법을 적용하면 더욱 향상된 결과를 얻을 수 있으리라 기대되며, 각각의 블록을 JPEG부호화 방법으로 전송한다면 고정블록 변환부호화를 사용한 JPEG보다 나은 성능의 부호화가 이루어질 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. A. Gersho, R. M. Gray, Vector Quantization and Signal Compression., Kluwer Academic Publishers, 1992.
2. N. Ahmed, T. Natarjan, and K. R. Rao, "Discrete

Cosine Transform," IEEE Trans. Computers, vol. C-23, pp. 90-93, Jan. 1974.

3. D. J. Vaisey and A. Gersho, "Variable blocksize image coding," in Proc. ICASSP, Dallas, TX, Apr. 6-8, 1987.
4. I. Dinstein, K. Rose, and A. Heiman, "Variable Block-Size Transform Image Coder," IEEE Trans. Commun., vol. 32, no. 11, pp. 2073-2078, Nov. 1990.
5. 김 광택, 김 승중, 김 태우, 김 재훈, 민 병석, 김 한우, 최 병석, "분할 병합방식을 이용한 가변블록 변환부호화," 제7회 신호처리합동학술대회 논문집, 제 7권 1호, pp. 898-901, 1994.
6. N. Ahmed and K. R. Rao, Orthogonal Transforms for Digital Signal Processing., New York :Springer Verlag, 1795.
7. W. K. Pratt, Digital Image Processing, 1977.
8. CCIR. "Method for the subjective assessment of the quality if television pictures," CCIR Rec. 500, pp. 65-68, 1974.



곽 내 정(Nae Joung Kwak) 정회원
1971년 1월 25일생
1993년 2월:충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
1995년 2월:충북대학교 대학원 정보통신공학과 졸업(공학석사)
1996년 3월~현재:건양대학교 강사

※주관심분야: 영상신호처리, 디지털 신호처리



이 승 희(Seung Hee Lee) 준회원
1972년 2월 11일생
1994년 2월:충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
1996년 2월:충북대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정 수료
※주관심분야: 영상부호화, 영상신호처리



송 영 준(Young Jun Song) 준회원
1969년 1월 15일생
1994년 2월:충북대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
1996년 2월:충북대학교 대학원 정보통신공학과 석사과정 수료
※주관심분야: 영상압축



안 재 형(Jae Hyeong Ahn) 정회원
1959년 1월 21일생
1981년 2월:충북대학교 전기공학과 졸업(공학사)
1983년 2월:한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
1992년 2월:한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1987년~현재:충북대학교 정보통신공학과 교수
※주관심분야: 영상통신 및 데이터 감축, 인간의 시각 효과 및 응용