

論文2000-37SP-2-2

움직임 벡터 및 보상 블록의 특성을 이용한 움직임 보상된 차영상 CVQ

(Motion Compensated Difference Image CVQ Using the Characteristics of Motion Vectors and Compensated Blocks)

崔正鉉*, 李京桓*, 李法基*, 鄭元植*, 金慶圭*, 金德奎*

(Jung-Hyun Choi, Kyeong-Hwan Lee, Bub-Ki Lee, Won-Sik Cheong, Kyoung-Kyoo Kim, and Duk-Gyoo Kim)

요 약

본 논문에서는, 움직임 벡터와 보상 블록을 이용한 분류기를 제안하고, 이 분류기로서 MCD(motion compensated difference) 블록을 CVQ(classified vector quantization)하는 새로운 MCDI(motion compensated difference image) 부호화 방법을 제안하였다. MCD 블록의 분산은 움직임 벡터의 크기뿐만 아니라 보상 블록의 분산과도 밀접한 관계가 있으므로, 이 특성들을 이용하여, 새로운 분류기를 제안하였다. 제안한 방법은 서브 코드북(sub-codebook)을 선택하는 분류기에 대한 부가 정보가 필요 없으면서, 모의 실험 결과 분류 비트가 필요한 기존의 방법에 비해 제안한 방법이 좋은 성능을 나타내었다.

Abstract

In this paper, we presents a new MCDI(motion compensated difference image) coding method using CVQ(classified vector quantization) whoes MCD(motion compensated difference) block is classified by proposed classifier using motion vector and compensated block. The variance of MCD block is closely related with the magnitude of motion vector as well as the variance of compensated block, so using this property, we propose a new classifier. This scheme has no side information of the classifier what sub-codebook is selected, and simulation results show that the proposed method exhibits a good performance even when compared with a conventional method that requires classification bits.

I. 서론

영상 신호는 프레임내(intraframe)의 공간적 상관성(spatial correlation)이 높으며, 특히 동영상 신호는 인

접 프레임간(interframe)의 시간적 상관성(temporal correlation)이 아주 높다. 동영상 부호화는, 인접 프레임간의 시간적 중복성(temporal redundancy)을 제거하는 움직임 추정 과정과, 움직임 보상된 영상과 원영상과의 차영상(motion compensated difference image; MCDI)의 공간적 중복성(spatial redundancy)을 제거하는 MCDI 부호화 과정으로 이루어진다. 움직임 추정 기법들 중 화소 단위의 추정 방법(pel recursive algorithm; PRA)은 알고리즘이 복잡하고 계산량이 많아서 잘 사용되지 않고, 대부분의 동영상 부호화에서는

* 正會員, 慶北大學校 電子電氣工學部
(School of Electronic and Electrical Engineering,
Kyungpook National University)
接受日字: 1999年6月23日, 수정완료일: 2000年2月10日

비교적 간단하고 계산량이 적은 블록 정합 방법(block matching algorithm; BMA)으로 움직임을 추정한다. BMA 방법으로 움직임을 추정하면, 인접 프레임간의 시간적 중복성이 어느 정도 제거되지만 제거되지 않은 성분들은 MCDI에서 고주파 에너지의 형태로 나타난다. 또한 BMA 방법은 블록 단위의 움직임 추정 방법이기 때문에, MCD 블록 내의 화소들 사이에는 공간적 상관성이 적지 않게 남아 있다^[2]. 그러므로 MCDI의 효율적인 부호화가 영상의 복원 화질 측면에서 아주 중요한 역할을 한다.

MCDI 부호화 기법들 중, DCT를 이용한 방법에서는 MCDI의 특성 때문에 모든 주파수에 걸쳐서 변환 계수값이 고루 분포되므로, 부호화 효율이 떨어지며 구획화 현상(blocking effect)이 생긴다^[3]. 이를 보완하기 위해 Furner 등은 MCDI 부호화에 벡터 양자화(vector quantization; VQ)를 이용하는 방법을 제안하였으나^[4], 블록들마다의 특성을 고려하지 않고 모든 MCD 블록들에 대해 단일 코드북(codebook)을 사용하였으므로 화질을 크게 향상시킬 수 없었다.

분류 벡터 양자화(classified VQ; CVQ) 방법^[5]에서는, 훈련 벡터(training vector)를 그 특성에 따라 몇 개로 분류하고 각각에 대해 다른 서브 코드북(sub-codebook)을 만든다. 이 방법에서는 부호화할 때 분류기(classifier)로써 입력 벡터의 특성에 맞는 서브 코드북을 선택하여 양자화함으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있다. Akansu 등은 MCDI를 부호화할 때 블록의 에너지에 따라 CVQ하는 방법을 제안하였다^[6]. 이 방법에서는 각 블록의 에너지를 나타내는 분산(variance)의 크기에 따라 만든 여러 개의 서브 코드북들을 사용하여 MCDI를 부호화함으로써, 화질을 향상시켰다. 그러나, 움직임을 추정한 후 MCD 블록의 분산을 계산해 주어야 하므로 부호화 시간이 많이 걸리며, 분류 정보에 대한 부가 비트의 전송이 필요하다.

MCD 블록의 특성은 움직임 벡터(motion vector)의 크기와 관계가 많은데, 일반적으로 움직임이 큰 영역일수록 현재 프레임과 이전 프레임의 화소들간의 시간적 상관성이 떨어지게 되어 MCD 블록이 큰 분산을 가진다^[3]. 한편, MCD 블록과 보상 블록(compensated block)도 많은 상관성을 가진다. 다시 말하면, 보상 블록이 에지 부분일 경우 움직임 추정 오차는 주로 큰 값을 가지게 되어, 보상 블록의 분산이 크면 MCD 블록의 분산도 커지는 경향이 있다^[7].

이러한 특성들을 이용하여, 본 논문에서는 움직임 벡터와 보상 블록의 특성을 이용한 MCDI 부호화 방법을 제안하였다. 움직임 벡터의 크기와 보상 블록의 분산을 곱하여, 이 값을 코드북의 분류 정보로 하여 MCDI를 CVQ하였다. 제안한 부호화기에서는 움직임 벡터와 보상 블록을 부호기측에서도 알고 있으므로 분류 정보에 대한 부가 비트가 전송될 필요가 없다. 모의 실험 결과, 제안한 방법의 분류기로 차영상 분산을 이용한 분류기를 적절하게 대처할 수 있음을 확인할 수 있었으며, 시험 영상에 대해서 우수한 성능을 나타내었다.

II. 움직임 보상된 차영상의 벡터 양자화

BMA 방법에서는, 블록내의 화소들이 동일한 움직임을 가진다는 가정 하에, 영상을 작은 블록으로 나누어 블록단위로 이전 프레임의 주어진 탐색 영역 내에서 움직임을 추정한다. 움직임 벡터는 현재 프레임의 블록과 최소 오차를 가지는 이전 프레임 블록과의 변위로 결정되고, 빠른 탐색을 위해 블록 정합 척도로는 평균 절대 오차(mean absolute difference; MAD)가 널리 사용된다.

동영상에서, 움직임 추정을 통하여 현재 프레임을 이전 프레임의 블록들로 보상하더라도 이들 사이의 오차 성분은 무시할 수 없을 정도의 큰 값을 가지므로, 우수한 복원 영상을 얻기 위해서는 이 차영상을 따로 부호화 해주는 것이 필수적이다. 또한 영상 신호는 이웃 화소들간의 공간적 상관성이 크기 때문에, 대부분의 부호화 방법들에서는 효율적인 정보 압축을 위하여 영상을 블록 단위로 부호화한다. 특히 동영상 부호화에서 BMA 방법으로 움직임을 추정하면, 움직임 보상이 블록을 기반으로 행해지므로, MCDI에는 블록 단위의 화소들간의 중복성이 많이 남아있게 된다. MCDI를 부호화하는 방법들 중, 변환 부호화 방법은 MCDI의 특성상 변환 계수값들이 저주파에서 고주파까지 고루 분포되어서 비효율적이다. BMA 방법으로 추정된 움직임 벡터로써 움직임 보상된 차 영상에는 블록 단위의 공간적 상관성이 많이 남아있으므로, VQ를 이용한 MCDI 부호화 방법이 제안되었다^[4].

MCDI에는, 움직임이 비교적 정확하게 추정되어서 오차가 적은 부분이 있는 반면, 시간에 대한 화소값의 변화가 아주 크거나 움직임이 너무 커서 탐색 영역을 벗어나는 경우에는 오차가 큰 부분이 생긴다. 이러한 특

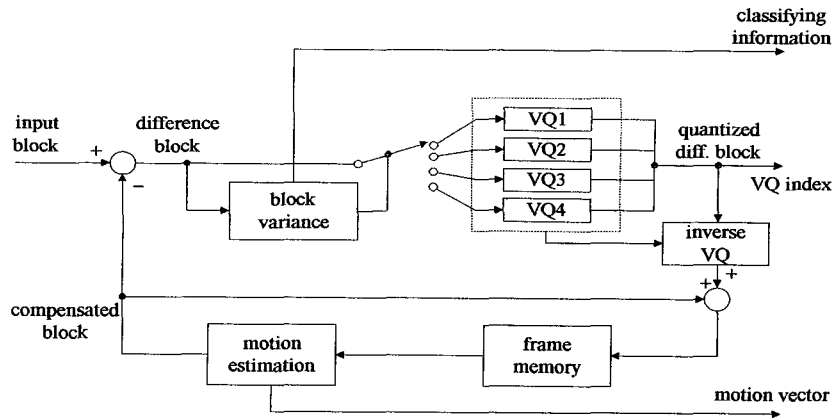


그림 1. CVQ를 이용한 MCDI 부호기^[6]
 Fig. 1. A block diagram of MCDI coder using CVQ^[6].

성을 지니는 MCDI를 부호화할 때, 단일 코드북을 사용하여 VQ하면 부호화 효율이 떨어진다. 더욱이 통계적으로 분산이 작은 블록이 많은 일반적인 MCDI를 훈련 영상(training image)으로 하여 코드북을 만들었을 경우, 분산이 작은 코드 벡터(code vector)들이 많이 만들어져서, 분산이 큰 블록에 대한 부호화 오차가 커지므로 전체 영상의 화질을 떨어뜨리는 원인이 된다.

여러 개의 서브 코드북을 사용하여 양자화하는 CVQ는 블록 벡터를 그 특성에 맞게 효율적으로 부호화하는 방법이다. MCD 블록의 분산을 분류값으로 두고서 MCDI를 CVQ하는 방법이 제안되었다^[6]. CVQ를 이용한 MCDI 부호화기의 블록 다이어그램을 그림 1에서와 같이 나타내었다. 이 방법에서는 MCD 블록을 부호화할 때마다 블록의 분산을 구해야 하므로 부호화 시간이 많이 소요된다. 또한 어떤 코드북이 블록의 특성에 맞는지를 나타내는 분류 정보(classifying information)가 부가적으로 수신측에 전송되어야 한다.

III. 움직임 벡터 및 보상 블록의 특성을 이용한 MCDI 부호화

동영상 부호화에서 움직임 추정으로 시간적인 중복성이 제거된 후에도, 움직임이 클 경우에는 차영상에 공간적인 중복성이 많이 남아 있게 되어서, MCD 블록은 적지 않은 분산값을 가지게 된다. 즉, 움직임이 큰 영역일수록 현재 프레임과 이전 프레임의 화소들간의 시간적 상관성이 떨어지게 되어 MCD 블록의 에너지가 커지는 경향이 있으며, 이는 움직임 벡터의 크기가

MCD 블록의 분산에 영향을 미치기 때문이다. 그러나, 작은 분산값의 평탄 영역에 있는 현재 블록과 보상 블록들은 이러한 경향을 따르지는 않는다.

또한, 현재 블록이 이전 프레임의 에지 부분으로 보상될 경우, 작은 움직임에 대해서도 상대적으로 많은 오차가 생기므로 MCD 블록의 에너지가 커지며, 이는 보상 블록의 분산과 MCD 블록의 분산은 서로 큰 상관성을 가지기 때문이다.

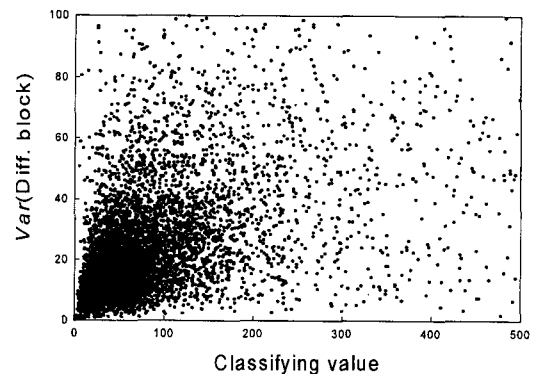


그림 2. 제안한 분류값과 MCD 블록의 분산과의 관계
 Fig. 2. The relation between the proposed classifying value and the variance of MCD block.

즉, 현재 블록의 움직임이 클 경우 MCD 블록은 큰 분산값을 가지나, 평탄 영역에 있는 현재 블록과 보상 블록들은 이러한 경향을 따르지는 않으며, 또한 보상 블록의 분산이 클 경우에는 움직임이 작더라도 MCD 블록은 큰 분산값을 가지는 경향이 있다.

본 논문에서는 위의 특성들을 근거로 움직임 벡터의 크기와 보상 블록의 분산을 곱하여 이를 분류값(classifying value)이라고 정하고, 이 분류값을 이용하여 MCDI를 CVQ하였다. 분류값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{if } \text{Var}(C_Block) = 0, X_{\text{class}} = \text{Mag}(MV) \\ & \text{else if } \text{Mag}(MV) = 0, X_{\text{class}} = \text{Var}(C_Block) \\ & \text{else } X_{\text{class}} = \text{Mag}(MV) \cdot \text{Var}(C_Block) \end{aligned} \quad (1)$$

where, $\text{Var}(\cdot)$; the variance of \cdot ,
 $\text{Mag}(\cdot)$; the magnitude of \cdot ,
 X_{class} ; classifying value,
 C_Block ; compensated block,
 MV ; the magnitude of motion vector.

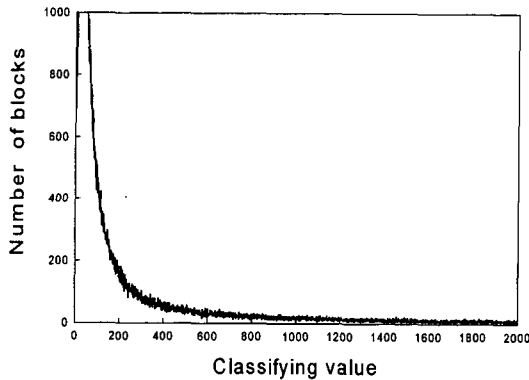


그림 3. 제안한 분류값의 통계 특성
 Fig. 3. The statistical characteristics of the proposed classifying values.

그림 2는 제안한 분류값과 MCD 블록의 분산과의 관계를 보이고 있는데, MCD 블록의 분산(기존 방법의 분류값)을 직접 구하지 않더라도 이를 잘 대치할 수 있음을 알 수 있다. 그림 3에서는 제안한 분류값에 대한 MCD 블록들의 통계적 특성을 나타내었다.

제안한 분류기를 이용한 움직임 보상과 분류 벡터 양자화 방법의 블록 다이어그램을 그림 4에 나타내었다. 이 부호기에서는 분류 정보가 부가적으로 전송되지 않고, 보상 블록의 분산이 움직임 보상 과정과 병렬적으로 구해져서 이로부터 분류값을 구할 수 있다. 또한, 일반적으로 움직임 추정에서의 기본 블록의 크기가 VQ에서 블록 벡터의 크기보다 크므로, 움직임 벡터의 크기는 VQ 부호화를 할 때마다 매번 구하지 않아도

된다. 결과로서, 제안한 방법의 부호화 시간은 기존의 CVQ를 이용한 방법보다는 빠르고, 단일 코드북의 VQ를 이용한 방법과는 비슷하다.

IV. 실험 결과 및 고찰

제안한 방법의 성능 비교를 위해 모의 실험을 행하였다. 움직임 추정은 16×16 크기의 블록 단위로 전역 탐색 블록 정합 방법(full search BMA)으로 행하였으며, 탐색 영역은 $-16 \sim 15$ 로 하였다. VQ에 사용될 벡터의 크기는 16차원, 즉 4×4 블록으로 하였으며, 704×480 크기의 FLOWER GARDEN, MOBILE 및 TABLE TENNIS 각각 5 프레임, 모두 15 프레임을 혼련 영상으로 사용하여 각 코드북을 설계하였다.

움직임 탐색에 사용된 거리계산법으로 다음과 같은 MAD를 사용하였다.

$$d[X, Y] = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K-1} |x_k - y_k| \quad (2)$$

이때, X, Y 는 거리를 계산할 K 차원 블록 벡터이고 x_k, y_k 는 각 블록의 요소값이다. 또한 VQ 코드북 설계 및 부호화 과정에는 다음과 같은 평균 자승 오차(MSD; mean squared difference)를 사용하였다.

$$d[X, Y] = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K-1} (x_k - y_k)^2 \quad (3)$$

또한 복원된 영상의 성능을 평가하기 위해, 널리 사용되는 PSNR(peak signal-to-peak signal to noise ratio)를 사용하였다.

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{\text{FMSD}} \right) \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

이때 FMSD는 원 프레임과 각 방법으로 복원한 프레임간의 전체 MAD이다.

한편 CVQ를 행할 때, 기존 및 제안한 방법의 분류 문턱값은 통계적 특성을 보고 각 클래스에 똑같은 개수의 벡터가 속하도록 문턱값을 조절하여 각각 구하였는데, 기존의 CVQ의 경우 9, 25, 100이며, 제안한 분류기의 문턱값은 80, 300, 1200으로 하였다.

먼저, 단일 코드북 VQ 방법의 코드북을 128 크기로 만들었고, 기존의 CVQ 방법 및 제안한 방법의 각 부코드북(sub-codebook)들도 128 크기로 만들었다. 표 1에

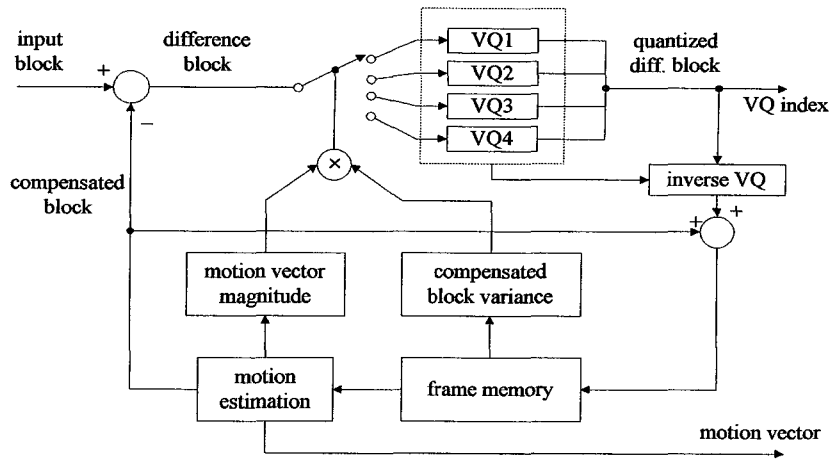


그림 4. 제안한 분류기를 사용한 CVQ를 이용한 MCDI 부호기의 블록 다이어그램
 Fig. 4. The block diagram of MCDI coder using CVQ with the proposed classifier.

표 1. FOOTBALL과 FLOWER GARDEN 영상에 대한 비트율과 평균 PSNR 비교

Table 1. The comparison of bit rate and average PSNR for FOOTBALL and FLOWER GARDEN images.

Methods	VQ bit rate [bpp]	Classifying bit rate [bpp]	PSNR [dB]		
			FOOTBALL	FLOWER GARDEN	SUSIE
VQ	0.4375	0	28.53	28.55	38.29
CVQ	0.4375	0.125	29.66	30.24	39.25
Proposed	0.4375	0	29.43	29.83	38.76

표 2. 서브 코드북의 크기를 가변시켰을 때의 비트율과 평균 PSNR 결과

Table 2. The comparison of bit rate and average PSNR for varying the size of sub-codebooks.

Methods	FOOTBALL		FLOWER GARDEN		SUSIE		
	Bit rate [bpp]	PSNR[dB]	Bit rate [bpp]	PSNR[dB]	Bit rate [bpp]	PSNR[dB]	
CVQ	0.4425	28.75	0.4298	29.57	0.3936	38.42	
Proposed	Scheme 1 [*]	0.4218	30.06	0.4496	30.17	0.3849	38.60
	Scheme 2 ^{**}	0.3858	29.08	0.4277	30.03	0.3246	38.47

*; the size of each sub-codebook is 64, 128, 128 and 256

**; the size of each sub-codebook is 32, 64, 128 and 256

서는, 움직임이 큰 영상인 FOOTBALL 영상, 카메라에 의한 규칙적인 움직임이 있는 훈련에 쓰이지 않은 부분의 FLOWER GARDEN 영상, 화상전화 영상인 SUSIE 각 20프레임씩을 사용하여 각 방법들의 비트율과 평균 PSNR을 나타내었다. 제안한 방법은 동일한

비트율을 가지는 단일 코드북을 이용한 VQ 방법보다 좋은 화질을 보이고, 분류 비트가 첨가되어 부코드북들의 크기는 같으나 비트율이 높은 기존의 CVQ 방법에 비해 22.2%의 비트율을 감소시키면서 0.8~1.4%의 PSNR 감소만을 보여 좋은 성능을 보임을 확인할 수 있다.

CVQ의 또 다른 장점은 각 클래스(class)의 코드북 크기를 분류값의 생동폭(dynamic range)이나 분포 특성에 따라 효과적으로 결정하여 비트율을 낮추고 코드북 탐색시간을 줄일수가 있다는 것이다. 제안한 CVQ 방법의 부코드북의 크기를 64, 128, 128, 256의 크기와 32, 64, 128, 256의 크기로 실험하였으며, 유사한 비트율에서의 비교를 위하여 기존의 방법의 부코드북의 크기는 16, 32, 32, 64로 하였다. 표 2에서는 기존의 CVQ 방법과 제안한 CVQ 방법의 복원 영상의 평균 PSNR 결과를 나타내고 있다. 제안한 방법은 기존의 방법에 비해 FOOTBALL 영상의 경우 4.6~12.8%의 비트율을 줄이면서도 1.1~4.5%의 PSNR의 증가를 보이는 등 우수한 결과를 나타낼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는, 움직임 벡터와 보상 블록을 이용한 분류기를 제안하고, 이 분류기로서 MCD 블록을 CVQ 하는 새로운 MCDI 부호화 방법을 제안하였다. MCD 블록의 분산과 움직임 벡터의 크기와의 관계와 MCD 블록의 분산과 보상 블록의 분산과의 특성을 조사하여서, 움직임 벡터의 크기와 보상 블록의 분산의 곱으로써 MCD 블록의 분산 즉, 분류값을 예측하였다. 이 방법에서는 이전 프레임에서 구할수 있는 보상 블록과 움직임 벡터로써 분류 정보를 구하므로, 이를 나타내는 부가 비트의 전송이 필요 없다. 모의 실험 결과 제안한 방법은, 기존의 CVQ에 비해 22.2%의 비트율을 감소시키면서 0.8~1.4%의 PSNR 감소 만을 보이고, 코드북 크기를 변화시켰을 경우 4.6~12.8%의 비트율을 감소시키면서도 1.1~4.5%의 PSNR의 증가를 보여 우수한 성능을 나타내었다.

참 고 문 헌

- [1] A. N. Netravali and J. O. Limb, "Picture Coding: A Review," Proc. of IEEE, Vol. 68, No. 3, pp. 366-406, March 1980.
- [2] H. G. Musmann, P. Prisch, and H. J. J. Grallert, "Advances in Picture Coding," Proc. of IEEE, Vol. 73, No. 4, pp. 523-548, Apr. 1985.
- [3] P. Strobach, "Tree-structured Scene Adaptive Coder," IEEE Trans. on Communication, Vol. 38, No. 4, pp. 477-486, April 1990.
- [4] R. R. Furner, R. W. Christiansen, and D. M. Chabries, "Motion Compensated Vector Quantization," ICASSP, pp. 989-992, 1986.
- [5] B. Ramamuthi and A. Gersho, "Classified Vector Quantization of Image," IEEE Trans. on Communication, Vol. COM-34, No. 11, Nov. 1986.
- [6] A. N. Akansu and M. S. Kadur, "Adaptive Vector Quantization of Video Signals with motion compensation and spatial masking," Proc. of IEEE Int'l Symposium Circuits and Systems, pp.1378-1381, May, 1989.
- [7] A. N. Netravali and B. G. Haskell: Digital Pictures, Plenum, 1995.
- [8] A. Gersho and R. M. Gray, Vector Quantization and Signal Compression: Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [9] Y. Linde, A. Buzo, and R. M. Gray, "An Algorithm for Vector Quantizer Design," IEEE Trans. on Communication, Vol. COM-28, pp. 84-95, Jan. 1980.

저 자 소 개

崔正鉉(正會員) 第35卷 S編 第5號 參照

李京桓(正會員) 第35卷 S編 第5號 參照

李法基(正會員) 第35卷 S編 第5號 參照

鄭元植(正會員) 第35卷 S編 第9號 參照

金慶圭(正會員) 第34卷 S編 第9號 參照

金德奎(正會員) 第35卷 S編 第5號 參照