

인간시각기반 DCT분류기와 VQ를 이용한 계층적 映像符號化

正會員 金 錫 鉉*, 正會員 河 永 浩** 正會員 金 秀 重**

(DCT Classifier based on HVS and Pyramidal Image Coding using VQ)

Seok Hyun Kim*, Yeong Ho Ha**, Soo Joong Kim** *Regular Members*

要 約

본 연구는 인간시각을 기반으로 하는 DCT 분류기를 사용하여 영상의 계층적 VQ부호화를 시도하였다. 제안된 인간시각기반 DCT분류기에서는 쏘 변환블록에 대역통과필터인 MTF을 곱하여 가중치를 두고, 쏘 블록들의 DCT계수의 ac 에너지 크기를 구하여, 크기순서대로 나열하여, 문턱치를 이용하여 높은분산 블록들을 얻어낸 다음 이 블록들에 대해서 에지방향 성분이 뚜렷한 계수들의 에너지합을 비교하여 최대 에너지를 갖는 방향을 그 에지의 방향으로 한다.

ABSTRACT

In this paper, pyramidal VQ image coding by DCT classifier based on HVS is studied. The proposed DCT classifier based on HVS is that the transform subblocks of the image are multiplied by MTF which is a sort of band pass filter and sorted by the magnitude of their ac energy levels and classified into three classes such as low, middle and high variance class by the threshold and then edges are detected in comparison of the energy sum of ac transform coefficients corresponding to the different edge directions.

1. 서 론

벡터양자화는 영상의 효율적 데이터 압축기법의 하나로 널리 사용되고 있다[1-3]. 그 이유는 Shannon의 왜곡을 이론에 의해 스칼라 코딩 방식 대신 벡터코딩 방식을 사용하는 것이 더 큰 압축효과를 얻을 수 있기 때문이다[5]. 그러나 이 방식에서는 비

트율전송에서 발생하는 블록화 현상 및 에지열화 때문에 영상의 질이 떨어지는 것이 문제점이다

블록화 현상은 각 블록들을 독립적으로 양자화하는 과정에서 오차들이 필연적으로 발생하여 재생시 그 블록 전체의 특성에 영향을 미치게 되어 결국 블록들 사이에 불연속이 유발되기 때문에 일어난다. 이의 개선을 위하여, 1989년에 Ho[6]가 제안한 계층적 피라미드 부호화 방법에서는 인접화소사이와 블록 사이의 상호관계를 이용함으로써 블록화 현상을 현저히 감소시켰다.

* 大邱大學校 制御計測工學科
 ** 慶北大學校 電子工學科
 Dept. of Electronics, Kyungpook Nat'l Univ.
 論文番號 : 93-6 (接受1992. 6. 2)

에지열화의 원인 중에 하나는 일반적으로 벡터양자화의 왜곡률 척도로서 사승오차평균을 사용하기 때문이다. 즉, 작은 수의 에지블록들은 상대적으로 많은 수의 에지가 아닌 블록들과의 경쟁력을 잃고 에지가 아닌 큰수의 그룹에 흡수되어서 에지 성질이 제대로 표현되지 않는다. 이의 개선책으로서 1987년도에 Lee[8]와 1989년도에 Ho[9]등이 DCT분류기를 이용한 VQ방법을 제안하였으며 현재 이 방법이 많이 이용되고 있다.

Lee[8]는 DCT계수 중에서 2행 1열 H1과 1행 2열 V1의 두 계수들의 크기와 부호만 가지고 미리 설정한 H1및 V1값에 따른 에지그룹에 소속시켜서 에지 방향을 구별하였다. 그러나 에지가 dc근처의 낮은 주파수부터 높은 주파수에 걸쳐 분포해 있기 때문에, H1및 V1만 가지고서는 수직 및 수평이외의 에지를 제대로 찾아 내지 못 한다. Ho[9]는 수직, 수평 및 경사방향의 에지에서 그 방향의 ac변환계수들의 에너지 합을 비교하여 에지방향을 알아 내었다. 이렇게 할 경우, 높은 주파수 성분이 많은 길잡들도 ac에너지가 높기때문에 에지로 잘못 오인 될 수 있다. 인간 시각 특성을 나타내는 MTF(modulation transfer function)은 2.4 cycles/degree에서 최대의 감도를 갖는 일종의 대역통과필터이다[12]. 이 필터는 높은 주파수 성분에 대하여는 가중치를 적게 두어서 이를 억제하고 우리눈에 민감한 2.4 cycles/degree근방의 주파수 성분에 대하여는 가중치를 많이 두어서 이를 강조한다. 이미 Nagan[11]과 Chitprasert[12]는 DCT변환계수의 비트배정에 효율적으로 이를 이용하였다. 이러한 사실을 볼 때 VQ부호화를 위한 DCT분류기에서도 MTF를 이용하면 효과적으로 에지를 검출할 수가 있다.

본 연구에서는 인간시각을 기반으로 하는 DCT분류기를 사용하여 영상의 계층적 VQ부호화를 시도하였다. 제안된 인각시각기반 DCT분류기에서는 변환블록에 대역통과필터인 MTF를 곱하여 가중치를 두고, 모든 블록들의 DCT계수의 ac에너지를 구하여 크기 순서 대로 나열하여 문턱치를 이용하여 높은분산블록들을 얻어 낸 다음, 이 블록들에 대해서 에지방향 성분이 뚜렷한 계수들의 에너지 합을 비교하여 최대 에너지를 갖는 방향을 그 에지의 방향으로 분류한다.

영상의 계층적 VQ부호화는 각 레벨의 양자화에서 생긴 잔차에러들을 앞으로 되먹여, 높은 레벨에서 낮은 레벨로 전하고, 각 영상의 예측된 값을 제거하여 마지막 단의 잔차 에러영상의 강한 값들을 대부분 에

지와 경계선으로 이루어지게 하는 부호화이다. 에지 방향을 6개로 수정한 Ho의 분류기에 의한 방법과 본 연구에서 제안한 방법을 동일한 0.38bits/pixel에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 비교 검토하여 그 효율성을 확인 하였다.

II. 제안된 분류기

영상의 최종 관찰자는 결국 인간이므로 인간시각의 성질을 이해하고 이를 영상 전송에 도입하는 것이 중요하다. 최근에 Chitprasert[12]등은 최적의 MTF를 얻기 위하여 광범위한 실험을 통하여 모든 시험영상에 좋은 결과를 주는 다음과 같은 MTF를 얻었다.

$$H(f) = 2.46(0.1 + 0.25f) \exp(-0.25f) \quad (1)$$

이 함수의 피크치는 $f = 3.75$ cycles/degree이다. 본 연구에서도 이 MTF를 사용하였다.

그림 1은 분류맵을 얻기 위한 블록 다이어그램이다. 이쪽은 제안된 HVS를 이용한 분류기이고, 뒷쪽은 높은 분산 그룹을 다시 일곱 범주로 나눈 확장된 DCT분류기이다. 영상은 에지 6, 중간분산 1, 낮은 분산 1의 총 8 범주로 나누어 진다. 일곱 범주로 나누어지는 에지 그룹 중에 모호한 에지그룹은 중간 분산에 합쳐지기 때문에 에지는 6 그룹으로 되어 있다. 여기서 얻어지는 분류맵은 영상전송전에 부가정보로서 수신단에 미리 보내어 진다. 동작 원리는 다음과 같다. 입력으로서는 크기가 $P \times Q$ 인 영상이 들어오면 서로 겹치지 않는 $N \times N$ 블록으로 나눈다. 본 연구에서는 N 의 값을 8로 하였다. 다음에는 빛의 세기를 밝기의 세기로 바꾼다. 왜냐하면 우리눈은 넓은 범위의 빛의 세기에 선형으로 작용하지 않고, 눈에 자극되는 빛의 양에 의해서만 주관적인 밝기를 느끼므로 비선형적으로 작용하기 때문이다[10]. 바꾸어진 밝기 값들은 2차원 DCT에 의해서 변환 되어지고, 이 DCT 계수 값들은 해당되는 주파수에서 선택된 MTF에 의해서 곱하여 진다. 다음에 각 블록들의 DCT계수의 ac에너지 크기를 구하여 크기 순서대로 나열하여 3개의 분산 그룹으로 나눈다. 각 블록의 HVS에 가중치를 둔 ac에너지는 다음의 식에 의해서 구하여 진다.

$$E_n = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{k=0}^{N-1} |F_n(i,k)|^2 - |F_n(0,0)|^2; n=1,2,\dots,B-1 \quad (2)$$

여기서는 n 은 왼쪽에서 오른쪽, 위에서 아래로 세어지는 블록의 넘버이다. $F_n(i,k)$ 은 MTF을 곱한 i 행 k 열의 2차원 DCT계수값이다.

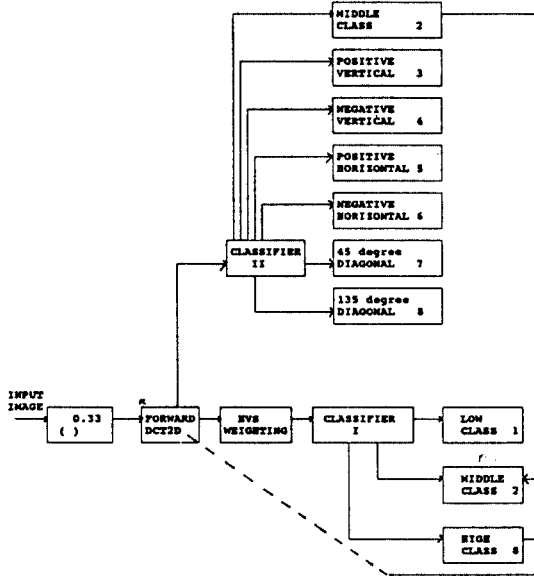


그림 1. 분류맵을 얻기위한 블록 다이어그램
Fig. 1. Block Diagram for the proposed classification Map

그림 2는 식(2)에서 얻어진 블록들의 ac 에너지들의 분포를 가지고 만든 전형적인 누적확률분포이다. 누적 확률분포가 제로에서 3/8되는 구간을 낮은분산, 3/8에서 5/8되는 구간을 중간분산, 5/8이상 되는 구간을 높은분산으로 하였다. 높은분산을 전체의 3/8정도로 한 이유는 시험영상의 거의 대부분이 그 범위에서 에지와 경계선을 잘 드러 내었기 때문이다. 어떤 그림은 에지와 경계선을 담고 있는 블록의 범위가 전체영상의 3/8이상일 수도 있고, 혹은 그 이하일 수도 있다. 3/8이하인 경우는 다시 한번 더 확장된 DCT분류기에 의해서 걸러질 때, 에지가 모호한 경우는 중간분산으로 병합되기 때문에 별 문제가 되지 않는다. 전체영상의 3/8이상인 경우는 일단 눈에 가장 민감한 3/8만 에지와 경계선 블록으로 판단하여 처리하고 나머지 부분은 중간분산 그룹에서 처리되지만, 이미 HVS를 사용하여 우리 눈에 가장 민감한 전체영상의 3/8정도를 먼저 골라 놓았기 때문에 그 이상의 에지들이 중간분산 영역에 포함되더라도

최종 관찰자인 우리 눈에 거슬리지 않는다고 판단하였다. 중간분산을 전체영역의 2/8정도를 잡은 것은 계층적으로 부호화하기 위하여 여러단계로 나누어야 하는데, 높은 분산에서부터 전체 비트율이 0.5bpp까지의 영역을 중간분산영역으로 정하였을 뿐이다. 비트율이 0.5bpp까지는 전체영역의 5/8에 해당한다.

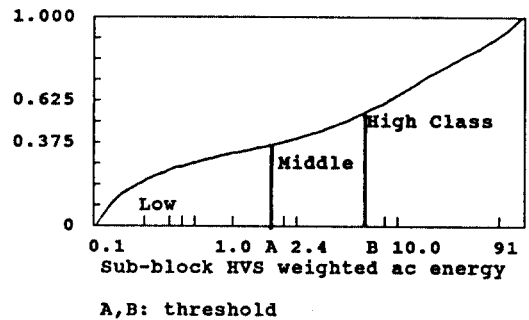


그림 2. 인간시각에 가중치를 블록들의 ac축적확률분포
Fig. 2. Cummulative probabily distribution of ac energy of the HVS-weighted subblocks

그림 3은 높은분산 “8”, 중간분산 “2” 및 낮은 분산 “1”로 나타낸 블록맵으로서, 윤곽들이 에지와 경계선을 잘 따르는 것을 볼 수 있다.

영상을 높은분산, 중간분산, 낮은분산으로 분류한 다음, 높은분산은 가장 에지의 가능성이 높은 부분이므로 이부분을 Ho[9]가 제안한 DCT분류방법과 DCT계수의 부호를 조사하여 수정, 확장하였다. DCT계수들은 해당되는 기저 그림의 가중치라고 볼 수 있다. 그림 4는 8×8 DCT계수들 중에서 수직, 수평 및 대각선 방향으로 성질이 강한 계수들을 큰 점으로 표시해 놓은 그림이다.

영상전송에서 VQ를 이용하여 전송하려고할 때 에지를 보존하기 위해서는 같은 성질을 갖는 에지들은 함께 모아서 양자화하는 것이 중요하다. 같은 수평, 수직에지라도 밝은 곳에서 어두운 곳으로 변하는 것과 그 반대로 변하는 것은 다른 성질이라고 볼 수 있고, 같은 대각선 에지라도 45도 대각선과 135도 대각선은 그 성질이 다르다고 볼 수 있다. 따라서 Ho가 제안한 DCT분류기를 확장하기 위하여 그림 5에서와 같은 각각의 성질에 따른 에지를 정의하고, 나중에 그림을 보고 직접 성능을 확인하기 위하여 그림 5과 같이 에지를 정의하였다.



그림 7. 에지를 여섯 그룹으로 나눈 인간시각기반 LEAN's 영상의 분류맵

Fig. 7. Classification map of the HVS-weighted LEA's image divided 3 edges into 6 classes

III. 피라미드 평면 구성 및 부호화

1. Gauss 평면 및 Laplace 평면의 구성

계층적인 피라미드 형태의 영상을 구성하기 위해서, 먼저 수평과 수직으로 각각 2:1로 subsampling 하여 512×512 크기의 영상을 256×256 크기의 영상으로 구성한후 다시 128×128, 64×64크기의 영상으로 계층적으로 원하는 크기의 영상까지 구성한다. 이때 각 층들의 영상을 Gauss평면이라 하고, 각층의 Gauss평면과 바로 위층의 Gauss평면과의 오차를 Lapalce평면이라 한다. 그림 8은 기존의 피라미드 부호화의 전체 구성도이다. 원영상인 G₀에서 subsampling과 저역 필터링을 동시에 행하여 G₁G₂G₃등을 각각 원하는 층까지 구성하는데, 이때

계층적인 Gauss평면의 구성식은 다음과 같다.

$$G_{l+1}(i, j) = \sum_{m=-3}^3 \sum_{n=-3}^3 h(m,n)G_l(2i+m, 2j+n) \quad (3)$$

$l=0,1,2,\dots,N-1$

여기서, l은 평면의 각층의 레벨, N은 구성되는 층의 갯수를 나타낸다. 그리고, h(m,n)은 Gauss평면에 적용되는 가중함수로서 다음과 같은 관계식을 만족시킨다.

$$h(m,n)=h(m)h(n) \quad (4)$$

필터 성능과 계산의 복잡성을 고려할때, 대칭인 half-band 필터가 특히 피라미드를 구성할 때, 좋은 성질들을 갖는 다고 알려져 있다[16]. 이 필터는 다음의 구속조건하에서 α에 따라서 대칭적으로 분포하는 함수로서

$$h(m) = \begin{cases} 1, & m=0 \\ 0, & m=+2, +4, \dots \end{cases} \quad (5)$$

이며, (6)식과 같은 조건을 만족시킨다. 본 논문에서는 α=0.3을 사용하였다.

$$\begin{aligned} h(0) &= 0.5 \\ h(1) &= h(-1) = \alpha \\ h(2) &= h(-2) = 0.0 \\ h(3) &= h(-3) = \beta = 1/4 - \alpha \end{aligned} \quad (6)$$

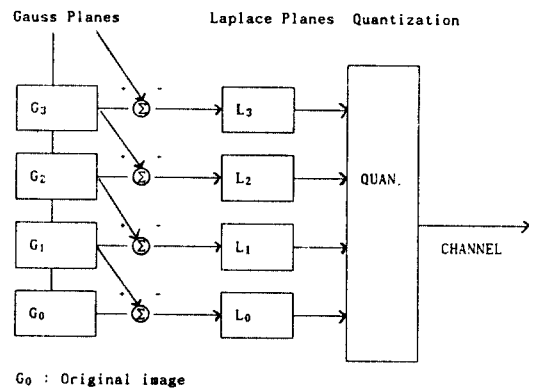


그림 8. 기존의 피라미드 부호화의 블록도
Fig. 8. Block diagram of the conventional pyramid coding

각 층에서의 Laplace 평면 L_n 은 Gauss 평면 G_1 과 그바로 윗층의 Gauss 평면 G_{1+n} 을 G_1 과 같은 크기로 보간한 영상과의 차로써 구성된다. 보간 영상에도 위와 동일한 가중함수가 적용되었다. 그리고 가장 높은 층에서는 $G_{N-1} = L_{N-1}$ 으로 Gauss 평면이 그대로 Laplace 평면이 된다.

2. 코드북 설계

제안된 엔코오드의 블록다이어그램은 그림 9와 같다. 기본적으로 이 블록다이어그램은 Ho[6]가 제안한 시스템을 수정 보완한 것이다. 즉 Ho는 마지막 단계에서 블록의 잔류오차 에러가 문턱치를 넘는 값만 다시 한번 더 벡터양자화한 반면, 본 연구에서는 HVS를 기반으로 하여 에지의 범위를 결정하고, 그 범위 내에서 에지의 방향과 성질을 고려하여 양자화하도록 하였다. 엔코오드의 동작원리는 다음과 같다. 먼저 입력영상이 들어오면 여러단계의 저역필터링과 다운샘플링을 통하여 단계별로 낮은 해상도를 갖는 영상을 만든다. 가장 낮은 해상도의 영상이 먼저 정해진 부호화 기술로 전송되고 그 다음 단계에서는 전단 다음의 해상도를 갖는 영상과 전단에서 재구성된

영상의 잔차에러 영상을 부호화 하여 보낸다. 즉, 각 레벨에서 생긴 양자화에 의한 잔차 에러들은 앞으로 넘어감 되어서 다음 레벨에 포함되고, 결국 모든 양자화 에러들은 높은 레벨에서 낮은 레벨로 전하여진다. 이전 레벨에서 잃어버린 정보가 다시 처리될 수 있도록 각 영상으로 부터 예측된 값을 빼는 기법은 화소와 화소사이의 상관관계를 많이 제기한다. 그 결과로서 에러값들은 감소된 분산과 엔트로피를 갖고 제로(zero) 주위에 모인다. 마지막 남은 잔차 에러영상의 강한 에러들은 대부분 에지와 경계선으로 이루어져 있기 때문에 분류맵의 정보에 의해서 에지 여섯 그림, 중간분산과 낮은분산 각각 한 그룹, 총 여덟 그룹으로 분리되어 독립적으로 벡터양자화된다.

IV. 시뮬레이션 및 고찰

화소당 8 비트를 갖는 흑백 영상에 제안된 영상 코딩 방법을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다. 학습된 영상은 Girl flo, Martha 및 실험실에서 얻은 총 512×512 의 8장의 영상을 사용하였다. 여기서 제시된 3 영상은 훈련 데이터에 포함시키지 않았다. 원래의 블록 크기, 영상 축소율 및 각 레벨의 코드북 크기를 표 1에 나타내었다. 그림 10은 높은분산을 전 영역의 $3/8$ 로 가정하였을 때 HVS가중치를 두지 않은 것과 둔 것의 LENA영상의 분류맵이다. 그림에서 낮은분산과 중간분산은 나타내지 않았다. HVS에 가중치를 둔 것은 머리부분을 적게 강조하고, 모자의 선과 턱부분, 배경의 경계부분을 보다 많이 강조하는 것을 볼 수 있다. 그림 11은 0.38bits/pixel 에서 HVS가중치를 두지 않은 것과 둔 것의 LEAN영상의 재생영상이다. 사진에서 HVS가중치를 둔 영상은 분류맵을 보고 판단할 그대로 모자의 선 부분과 얼굴의 턱 부분의 선이 더욱 뚜렷함을 알 수 있다.

표 2는 HVS가중치를 두지 않은 것과 둔 것의 PSNR을 나타낸다. 기존의 각 class의 비트 할당은 전체 비트율이 정하여지면 전체 왜곡치가 최소인 방향으로 각 class의 비트율을 정하고 있다[16]. VQ에서 이 방법의 문제점은 training 벡터들이 달라짐에 따라 왜곡치가 변화되고, 따라서 할당되는 비트율이 바뀌어진다. 본 연구에서는 왜곡율이 최소가 되지 않더라도 인간 시각에 어느 벡터들이 가장 민감한가를 알아 내어서 이 벡터들을 먼저 보낸다. 그러므로 신호대 잡음비는 HVS를 평가 하는 척도가 아니고, 영상의 質을 어느 정도 평가하는 기준일 뿐이다. 보내

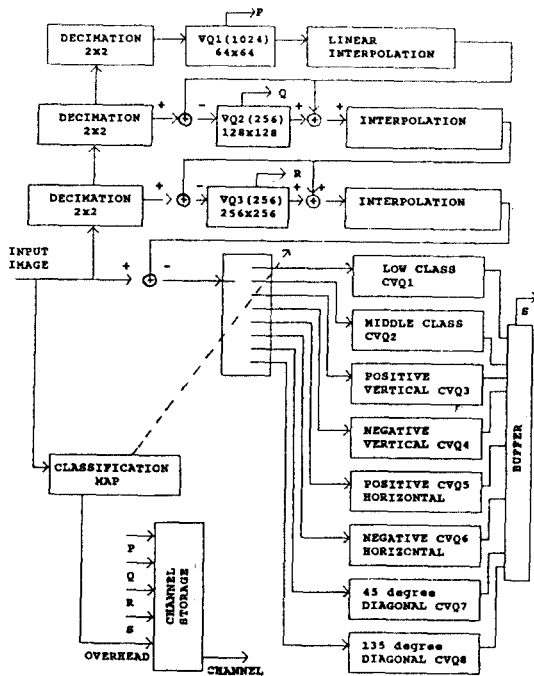


그림 9. 제안된 엔코오드 블록 다이어그램
Fig. 9. Block diagram of the proposed encoder

표 1. 영상의 블록 크기, 축소율, 비트율 및 코드북 크기

Table 1. Block sizes, decimation factor, codebook sizes, and bit rates of an image

Level	Original block size (pixels)	Decimation factor	Codebook size		Bit rates
			Dimension	Number of codewords	
1	32×32	64	4	1024	0.039
2	16×16	16	16	256	0.070
3	8×8	4	16	256	0.195
4	4×4	1	16	-*	-*

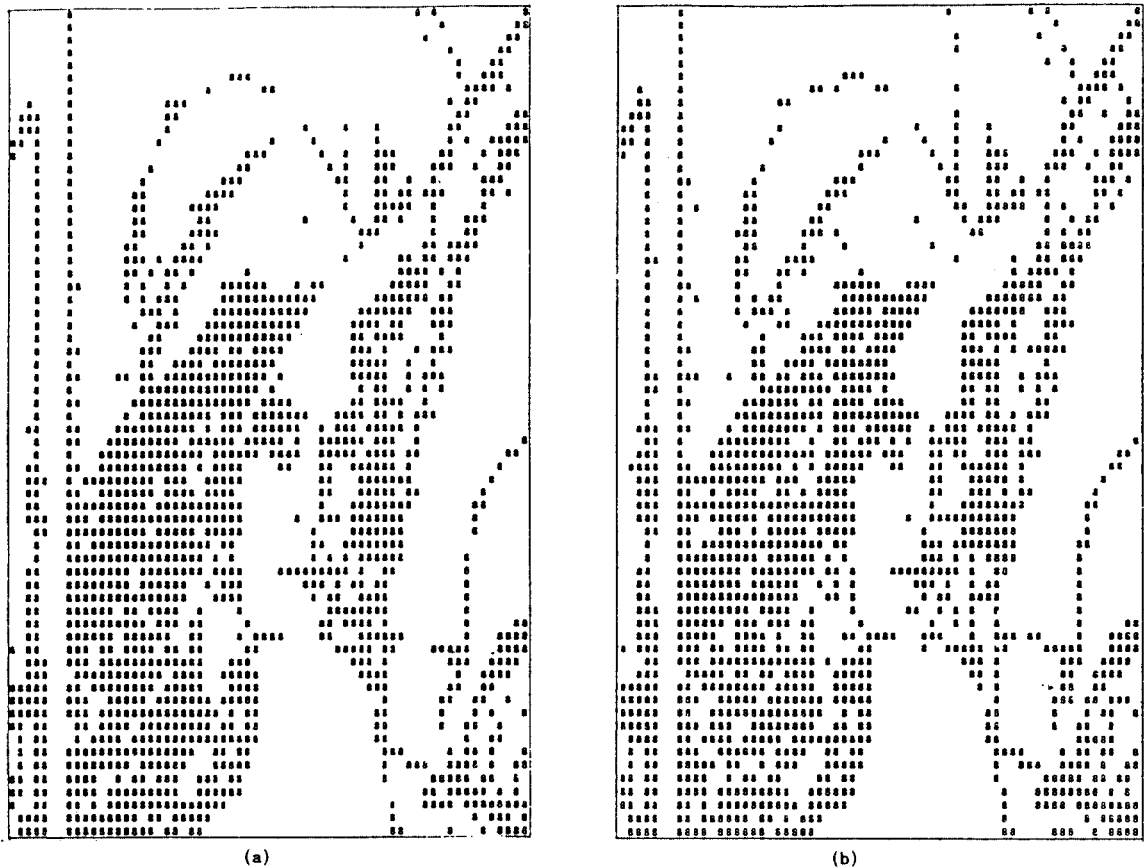


그림 10. 높은 분산에서 LENA영상의 분류맵

(a)인간시각의 가중치를 두지 않은 영상

(b)인간시각의 가중치를 둔 영상

Fig. 10. Classification of LENA's image in high class

(a)The unweighted image

(b)The HVS-weighted image



(a)



(b)

그림 11. 0.38bits /pixel에서 재생된 LENA 영상

(a)인간시각의 가중치를 두지 않고 DCT분류기만 적용한 영상

(b)인간시각의 가중치를 둔 DCT분류기를 적용한 영상

Fig. 11. Reconstructed LENA's image at 0.38bits /pixel

(a)The method applied with HVS-unweighted DCT classifier

(b)The method applied with HVS-weighted DCT classifier

막 층에서는 높은 분산, 중간 분산, 낮은 분산의 순으로 보인다. 비트율에서 영상의 비교는 0.195bpp, 0.187 + 0.195bpp, 0.312 + 0.195bpp, 0.50 + 0.195bpp에서 비교하였다. 실제로 에지 영역은 그림에 따라서, 문턱치에 따라서 변화하므로, 인간시각에 가중치를 둔 것과, 두지 않은 것의 비교가 에지 영역에서는 어려웠

기 때문에, 처음에 설정한 높은 분산 영역에서 비교하였다. 표 2에서 레벨 1에서 3까지 소요되는 비트율은 0.195bpp(표 1)이고, 레벨 3에서 높은 분산까지가 0.187bpp, 중간 분산까지의 비트율은 0.312bpp, 낮은 분산까지의 비트율은 0.50bpp이다. 이는 코드북의 인덱스의 크기가 256이고, 높은 분산, 중간 분산, 낮은 분산은 전체 영상 크기의 각각 3/8, 2/8 3/8에서 계산하여 얻어진 결과이다. 마지막 잔차 에러영상의 코드북 크기를 괄호안에 나타내었다. 괄호안의 값은 왼쪽에서 부터 오른쪽으로 낮은 분산, 중간 분산, 높은 분산을 나타낸다. 높은 분산에 중간분산의 코드북이 있는 이유는 높은 분산의 모호한 에지들이 다시 DCT 분류기에서 분류될때 중간 분산으로 병합되기 때문이다.

표 2. 재생된 영상의 PSNR

(a) : 인간시각에 가중치를 두지 않은 것

(b) : 가중치를 둔 것

Table. 2. PSNR of the iamges reconstructed

(a) : the unweighted (b) : the HVS-weighted

Bits/pel Name	0.50+0.195 (256,256,256)	0.312+0.195 (0,256,256)	0.187+0.195 (0,256,256)	0.195
512x512(a) LEAN(b)	33.01dB 33.00dB	32.60dB 32.53dB	31.80dB 31.70dB	27.54dB 27.54dB
504x512(a) Baboont(b)	24.95dB 24.90dB	24.66dB 24.44dB	23.36dB 23.04dB	21.05dB 21.05dB
384x512(a) Boats(b)	33.87dB 33.73dB	33.73dB 33.63dB	33.13dB 33.08dB	28.24dB 28.24dB

V. 결 론

본 연구에서는 인간시각을 기반으로 하는 DCT분류기를 사용하여 영상의 계층적 VQ부호화를 시도하였다. 제안된 인간시각기반 DCT분류기에서는 주파수 변환블록에 대역 통과 필터인 MTF를 곱하여 가중치를 두고, 블록들의 DCT계수의 ac에너지를 구하여, 크기 순서대로 나열하여 문턱치를 이용하여 높은 분산 블록들을 얻어낸 다음 이 블록에 대해서 에지방향 성분이 뚜렷한 계수들의 에너지합을 비교하여 최대 에너지를 갖는 방향을 그 에지의 방향으로 분류하였다. 영상의 질을 개선시키기 위해서 인간시각기반 DCT분류기를 제안하여 계층적 VQ영상부호화에 적용하였다. LEAN영상을 가지고 동일한 0.38bits /-

pixel에서 실험한 결과, 에지와 경계선에서 차이가 남을 알 수 있었다. 인간시각에 가중치를 둔 것은 LEAN 영상의 경우, 머리털 부분을 적게 강조하고, 모자의 선과 턱부분, 배경의 경계부분을 보다 많이 강조하는 것을 볼 수 있었다. 에지분류 VQ에 MTF를 도입하므로서 낮은 비트율에서 더욱 영상의 질을 개선 시킬 수 있다고 생각한다.

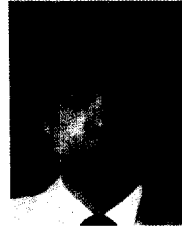
참 고 문 헌

1. A. Gersho, "On the structure of vector quantization," *IEEE Trans. Inform. Theory*, Vol. IT-28, pp.157-166, March 1982.
2. R.M. Gray, "Vector quantization," *IEEE ASSP Magazine*, April 1984.
3. Y.S. Ho and A. Gersho, "Variable rate multi-stage vector quantization for image coding," *Proc. ICASSP'88*, pp.1156-1159, April 1988.
4. C.E. Shannon, "A mathematical theory of Communication," *BSTJ*, vol. 27, pp.379-423, 1984.
5. A.K. Jain and R.C. Dubers, "Algorithms for clustering Data," *Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA*, first ed. 1988.
6. Y.S. Ho and A. Gersho, "A Pyramidal image coder with contour-based interpolative vector quantization," *SPIE*, vol. 1199, pp.733-740, 1989.
7. Y.S. Ho and A Gersho, "Variable-rate contour-based interpolative vector quantization for image coding," *Proc. GLOBECOM'88*, pp.750-754, Nov. 1988.
8. S. U. Lee and D. S. Kim, "Image vector quantization based on a classification in a DCT domain," *IEEE TENCON-87*, Vol. 2, pp.413-417, Aug. 1987.
9. Y.S. Ho and A. Gersho, "Classified transform coding of iamges using vector quantization," *Intl. Conf. On Acoust., Speech and Signal Process.*, pp.1890-1893, Glasgow, Scotland, May 23-26, 1989.
10. J.L. Mannon and D.J. Sakrison, "The effect of a visual fidelity criterion on the encoding of images," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. IT-29, pp.525-536, July 1974.
11. K.N. Ngan, K.s. Leong and H. Singh, "Cosine transform coding incorporating human visual system model." *Presented at SPIE Fiber 86*, Cambridge, MA., pp. 165-171, Sept. 14-20, 1986.
12. B. Chitpreasert and K.R. Rao, "Human visual weighted progressive image transmission," *IEEE Trans. Communication*, vol. COM-38, pp. 1040-1044, July 1990.
13. Y. Linde, A. buzo, and R.M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-28, pp.84-95, Jan. 1980.
14. D.M. Gray and Y. Linde, "Vector quantizers and predictive quantizers for gauss-markov sources," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-30, pp.381-389, Feb. 1982.
15. R.M. Gray and E.D. Karnin, "Multiple local optima in vector quantizer," *IEEE Trans, inform. Theory*, vol. IT-28(2), pp.256-261, March 1982.
16. Seop Hyeong Park and Sang Uk Lee, "A pyramid image coder using classified transform vector quantization," *Signal processing*, vol.22, no. 1, pp. 22-45, Jan. 1991.



金 錫 鉉(Seok Hyun Kim) 正會員
 1950年 1月 10日生
 1974年 2月 : 부산대학교 전자공학과 졸업
 1981年 2月 : 경북대학교 대학원 전자공학과 공학석사학위 취득
 1991年 8月 : 경북대학교 대학원 공학박사학위 취득

현재 : 대구대학교 제어계측공학과 부교수.
 ※주관심분야 : 영상처리 및 컴퓨터비전 등임



河 永 浩(Yeong Ho Ha) 正會員
 1953年 8月 10日生
 1976年 2月 : 경북대학교 전자공학과 졸업
 1978年 8月 : 경북대학교 공학석사학위 취득
 1985年 8月 : The University of Texas at austin, 박사학위 취득

현재 : 경북대학교 전자공학과 부교수
 ※주관심분야 : 영상처리 및 컴퓨터비전 등임



金 秀 重(Soo Joong Kim) 正會員
 1941年 6月 25日生
 1962年 12月 : 인하대학교 전기공학과 졸업
 1966年 2月 : 인하대학교 대학원 공학석사 학위취득
 1979年 2月 : 인하대학교 대학원 전자공학과 공학박사 학위취득

1966年 3月 ~ 1970年 12月 : 삼척공업전문대학 전임강사 조교수

1976年 9月 ~ 1977年 1月 : 미국 SUNY at Buffalo 교원 조교수

1980年 8月 ~ 1981年 8月 : 미국 University of Texas at Austin 연구교수

현재 : 경북대학교 전자공학과 교수
 ※주관심분야 : 광신호처리 및 패턴인식 등임