

輪廓保存을 위한 改善된 벡터 量子化 알고리즘에 關한 研究

(A Study on the Advanced Vector Quantization Algorithm for Edge Preserving)

金栢起*, 李大寧**

(Baek Ki Kim and Dae Young Lee)

要約

본 논문에서는 윤곽보존 벡터양자화 방법을 이용한 디지털 영상데이터의 압축에 관하여 나타내었다. 새로운 샘플링 방법과 윤곽영역 추출을 사용한 새로운 벡터 양자화 알고리즘이 제안되었다. 기존의 클러스터링 알고리즘에 비해 코드북 구성시간과 복원영상의 화질에서 개선된 점을 볼 수 있었으며, 기존의 BPVQ 나 HVMVQ에 비해 압축률과 신호대 잡음비에서 개선된 점을 발견할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we present a digital image data compression method using vector quantization preserving edges. A new vector quantization algorithm is proposed using a new sampling method and edge region extraction. The codebook generation time is faster than existing algorithms and the quality of decompressed images is much improved. Experimental results suggest that the resultant compression ratio and PSNR are better than those of BPVQ and HVMVQ methods.

1. 서론

정보화 사회의 발전과 더불어, 영상 데이터의 이용과 응용 분야가 증대됨에 따라서 영상 압축 방법에 관한 연구와 필요성이 더욱 중요한 부분으로 대두되고 있다.

이와 같은 영상 압축 방법은 크게 예측부호화(Predictive coding) 방식과 변환부호화(Transform coding) 방식으로 대별되는데, 예측부호화 방식은 영상 샘플이 갖는 상관관계를 이용하는 방법으로서, 압축률이 낮을 때는 복원영상의 왜곡이 적고 시스템의 구성이 간단하다는 장점을 갖지만 압축률을 높이면 왜곡이 크게 증가하는 단점을 갖고, 변환부호화 방식은 영상 화소간에 높은 상관도를 갖는 공간영역에서 주파수영역으로의 변환을 통해 상관도를 낮추고 에너지를 집중시킨 후에 높은 에너지 분포를 갖는 변환계수만을 부호화하는 방식으로서, 비교적 높은 압축률에서 좋은 성능을 나타내지만 시스템의 구성이 복잡해지게 된다.^{1) 2) 3)}

*正會員, 原州專門大學 電子通信科
(Dept. of Elec. Communication Wonju Junior College)

**正會員, 慶熙大學校 電子工學科 電子通信科
(Dept. of Elec. Eng., Kyunghee Univ.)
接受日字 : 1993年 11月 15日

반면에 이와는 다른 압축방식인 벡터 양자화 (Vector Quantization)는 압축효율에 비해 시스템의 구조가 간단하다는 장점을 지니기 때문에 최근에 많이 연구되고 있다.¹⁵⁾

그러나 이러한 벡터 양자화 방법은 코드북 (codebook)의 크기를 줄여 압축률을 높이면 복원 영상의 화질, 특히 윤곽(edge) 부분의 화질이 저하되고, 화질 저하를 막기 위하여 코드북의 크기를 크게 하면 코드북 구성 시간의 증가, 부호화-복호화 (encoding-decoding)시간의 증가, 코드북 저장을 위한 기억장소의 증가 등의 문제점이 발생하게 된다.

이러한 벡터 양자화 방법의 전반적인 문제점 해결 방법은 효율적인 코드북 구성 방식 수립, 효율적인 코드북 이용 방식 수립의 크게 두가지로 나눌 수 있다.^{4),16),17)}

1980년 Y.Linde, A.Buzo, R.M.Gray 등에 의해 LBG 알고리즘이 제안된 이후로 효율적인 코드북 구성을 위한 방법들이 계속 연구되어 왔는데, 순차 클러스터링(Successive clustering) 알고리즘의 경우 코드북 구성시간이나 효율면에서 많은 개선이 있었고, PNN(Pairwise Nearest Neighbor) 알고리즘은 코드북 구성시간을 크게 줄일 수 있었지만 여전히 코드북 구성시간, 코드북의 민감도 문제, 복원영상의 화질 등에 개선의 여지가 남아있는 실정이다.^{4),13)}

또한, 효율적인 코드북 이용을 위하여 Sherif A.Mohamed와 Moustafa M.Fahmy에 의해 제안된 BPVQ(Block Pattern VQ)방식과 P.Yu와 A.N.Venetsanopoulos에 의해 제안된 HMV-Q(Hierarchical Multirate VQ) 방식의 경우, 영상의 각 부분블록(sub-block)의 특성에 따라 코드북의 크기를 달리하거나, 벡터를 이루는 부분블록의 크기를 여러 단계로 하는 방법 등으로 압축률을 높일 수 있었지만, 압축률이나 복원영상의 화질-특히, 윤곽선 부분에서의 화질-에서 매우 만족할 만한 성과를 거두지는 못하고 있는 실정이다.^{16),18)}

이와 같이, 원하는 정도의 화질을 유지하면서 압축률을 최대 높이려고 하는 최근의 연구방향이 만족할만한 성과를 보이고 있지 못하므로, 본 논문에서는 새로운 클러스터링 알고리즘을 제안하여 좀 더 효율적인 코드북을 구성할 수 있는 방법을 찾아보고, 복원영상에서 특히 윤곽선 부분의 화질을 높게 유지하면서 압축률을 높일 수 있는 새로운 방식의 벡터 양자화를 제안하고자 한다.

본 논문의 구성을 보면 먼저, Ⅱ장에서 기존의 클러스터링 알고리즘이나 벡터양자화 방법에 대해 간략히 설명하였으며, Ⅲ장에서는 본 논문에서 새로이 제

안하고자 하는 방법에 대한 개념을, Ⅳ장에는 모의실험 결과를 나타냈으며, Ⅴ장에서 결론을 맺는 순서로 이루어져 있다.

Ⅱ. 기존의 벡터 양자화 알고리즘

1. 클러스터링 알고리즘(Clustering Algorithm)

벡터 양자화 방법은 그림 1에서 보인 바와 같이 입력영상을 $n \times n$ 의 작은 부분블록(subblock)으로 나누고, 이를 n^2 차원의 벡터형태로 구성한 후 이를 코드북(codebook)의 코드벡터(codevector)들과 비교하여 식①에 주어진 유클리드의 거리(euclidean distance) $d(X, Y)$ 의 값이 가장 작아지는 코드벡터의 인덱스(index)만을 전송하고, 수신측에서는 수신된 인덱스를 가지고 송신측에서와 같은 코드북을 이용하여 영상을 재구성하는 과정으로 이루어지게 된다.^{11),12)}

$$d(X, Y) = \|X - Y\|^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad (1)$$

그러나, 벡터 양자화 방법을 사용할 경우 수신측의 복원영상에서 블록화 현상(blocky effect)이 발생하고, 입력영상에 따라 코드북의 효율이 변화되는 코드북 민감도(sensitivity) 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 가장 기본적인 방법으로는 코드북의 크기를 크게 하거나 많은 양의 트레이닝 데이터(training data)를 사용하는 것이 있는데, 이때 코드북 구성을 위한 연산시간의 증가, 코드북 저장을 위한 기억장소(memory)의 크기가 증가하는 새로운 문제가 발생되므로 효과적인 코드북을 설계하는 방법은 벡터양자화에서 가장 기본적이고도 중요한 문제라고 할 수 있다.

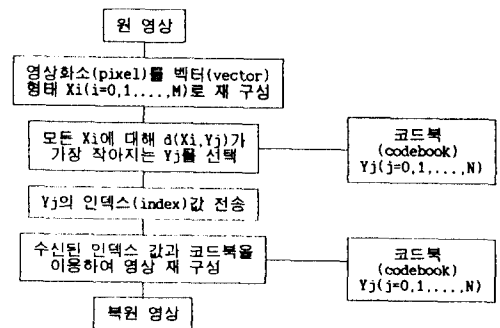


그림 1. 벡터 양자화(VQ)의 블록도
Fig. 1. Block diagram of Vector Quantization.

1) LBG(Linde-Buzo-Gray) 클러스터링 알고리즘

LBG 클러스터링 알고리즘은 다음과 같다.^{14),17)}

- (1) 트레이닝 데이터로 사용될 영상을 $n \times n$ 의 부분 블록(subblock)으로 나누고 이를 n^2 차원의 트레이닝 벡터로 만든다.
- (2) 초기 클러스터링(clustering) 중심 $Y_i(t)$ 를 정한다. ($i=0, 1, \dots, N-1$ t =반복(iteration) 횟수)
- (3) 트레이닝 벡터를 $d(X, Y_i(t)) < d(X, Y_j(t))$ ($i \neq j$, $0 \leq i, j < N-1$)를 만족하는 클러스터 $C_i(t)$ 로 분류한다.
- (4) 클러스터 $C_i(t)$ 의 중심 $Y_i(t)$ 를 식②에 따라 갱신한다.

$$Y_i = \frac{1}{n_i} \sum_{x \in C_i} x \quad (2)$$

(n_i : C_i 로 분류된 트레이닝 벡터의 수)

- (5) 식③의 조건을 만족하면 중단하고, 아니면 3부터 반복한다.

$$D = \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{x \in C_i} \|X - Y_i\|^2, \frac{D(t) - D(t+1)}{D(t)} < \epsilon \quad (3)$$

2) 순차(Successive) 클러스터링 알고리즘

LBG 알고리즘에서 트레이닝 데이터 전체를 클러스터링 한 후에 클러스터의 중심을 갱신하는 반면에, 각 입력 트레이닝 계열마다 순차적으로 클러스터의 중심을 갱신하는 방법으로써, 알고리즘의 종료와 반복에 관한 조건은 LBG 알고리즘과 동일하지만 클러스터의 중심을 갱신하는 방법이 틀리게 된다. LBG 알고리즘에 비해 반복횟수와 계산량이 줄어들고 수신측 복원영상의 화질도 개선되는 경향을 보인다.

3) PNN(Pairwise Nearest Neighbor) 클러스터링 알고리즘

트레이닝 데이터로 사용될 모든 트레이닝 벡터들을, 벡터를 이루는 요소들의 그레이 레벨(gray level) 값을 기준으로 한 트리(tree) 구조로 구분한 후 원하는 코드북 크기 만큼의 트레이닝 벡터들이 남을 때까지 유사한 벡터들을 병합(merge)시켜 나간다. 이때 두 벡터를 병합시킨 새로운 클러스터의 값은 두 벡터의 중간값을 취한다.¹³⁾

계산량을 크게 줄일 수 있기 때문에 코드북 구성시 간면에서 볼 때는 효율적이라고 할 수 있지만 반복, 갱신 조건이 없기 때문에 수신측 복원영상의 화질저하가 다른 알고리즘에 비해 높게 나타나는 경향이 있다.

2. 벡터 양자화(Vector Quantization) 방법

1) BPVQ(Block-Pattern VQ)

BPVQ 알고리즘은 다음과 같다.¹⁰⁾

- (1) 트레이닝 데이터를 그림2(a)와 같이 4×4 의 부분 블록으로 구분한다.
- (2) 블록내의 평균값 m 을 구한다.
- (3) 블록내의 화소들의 그레이 레벨(gray level) 값에 대해 평균값 m 을 넘는 화소와 넘지 않는 화소를 그림2(b)와 같이 구분한 후, 그레이 레벨값이 m 보다 큰 화소들의 평균값 m_a 와 작은 화소들의 평균값 m_b 를 구한다.
- (4) $m_a - m_b$ 에 대한 임계값(threshold value)을 정해서 윤곽영역, 평탄영역 등의 구분을 행한다.
- (5) 구분된 영역들에 대해 각각의 코드북을 구성한다. 이때 $m_a - m_b$ 의 값이 큰 영역에 대해서는 큰 크기의 코드북을 구성하고 그렇지 않을 경우에는 코드북의 크기를 작게 한다.
- (6) 압축하고자 하는 입력영상에 대해서도 위와 같은 기준으로 블록을 구성한 후, 이미 만들어져 있는 코드북을 이용해 인덱스 값을 구한다.

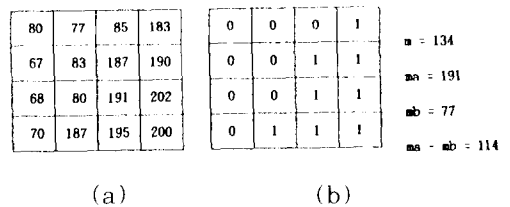


그림 2. BPVQ에서의 영역 구분 예
Fig. 2. Example of region classification at BPVQ.

2) HMQV(Hierarchical Multirate VQ)
HMQV 알고리즘은 다음과 같다.¹¹⁾

- (1) 트레이닝 데이터로 사용될 영상을 8×8 의 부분 블록으로 나눈다.
- (2) 8×8 블록이 윤곽영역을 포함하고 있는지 평탄영역인지의 여부를, BPVQ에서와 같은 방법으로 판단하여, 평탄영역이면 Layer1(L1)으로 정하고 윤곽영역을 포함하였다고 판단되면 이를 4개의 4×4 블록으로 나누어 이를 Layer2(L2)라고 정한다.
- (3) Layer2로 구분된 4×4 블록들을 윤곽영역, 평탄영역 등으로 구분한다.
- (4) 8×8 블록, 영역 구분된 4×4 블록들에 대해서 각각의 코드북을 구성한다.
- (5) 압축하고자 하는 입력영상에 대해서도 위와 같은 방법으로 블록을 구성한 후, 각각의 인덱스 값을 구한다.

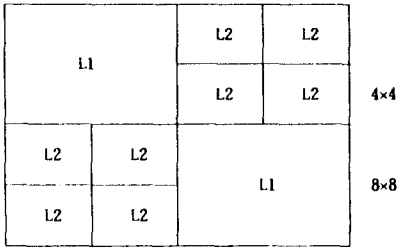


그림 3. HMVQ에서의 계층 구분 예
Fig. 3. Example of layer classification at HMVQ.

Ⅲ. 압축률 향상과 윤곽보존을 위한 개선된 벡터 양자화 알고리즘

서론에서 언급한 바와 같이 영상압축의 기본적인 목적은 필요한 만큼의 영상화질을 유지하면서 압축률을 최대한으로 높이는 것이라 할 수 있는데, 압축률을 높이자면 당연한 결과로 복원영상 화질의 왜곡이 심해지게 되며, 이때 특히 윤곽영역(edge region)에서의 왜곡은 다른 영역에 비해 그 영향이 크다고 할 수 있다.

지금까지 여러가지 벡터양자화 방법들이 위와 같은 가장 기본적이고도 중요한 문제의 해결을 위하여 제안되어 왔지만, 압축률과 복원영상 화질의 상반된 과제에 대해 모두 훌륭한 결과를 얻지는 못하였다.

물론 응용 분야에 따라 압축률 또는 복원영상의 화질이 더욱 중요시 될 수도 있지만, 높은 압축률에서 영상의 화질 특히, 윤곽영역의 화질을 양호하게 유지할 수 있는 방향으로의 개선방법이 제시된다면 매우 바람직하리라 생각되므로, 본 논문에서는 PNN 클러스터링 알고리즘과 순차 클러스터링 알고리즘을 결합하여 코드북 구성시간을 줄일 수 있고, 코드북의 효율을 높일 수 있도록 한 새로운 클러스터링 알고리즘과 샘플링(sampling)을 통하여 높은 압축률을 유지할 수 있는 벡터양자화를 행하고, 여기에 윤곽영역의 왜곡을 줄일 수 있는 방법을 추가하는 새로운 벡터양자화 방법을 제안하고자 한다.

1. PNN-순차 결합 클러스터링 알고리즘

본 논문에서 제안하고자 하는 새로운 형태의 클러스터링 알고리즘은

- (1) PNN 알고리즘을 이용한 초기 클러스터의 선정 과정
- (2) 순차 클러스터링 알고리즘을 이용한 클러스터의 갱신 과정의 단계를 거치게 된다.

1) PNN 알고리즘을 이용한 초기 클러스터 중심의 선정 과정

기존의 알고리즘에서 사용되는 단순 초기 클러스터 선정방법의 경우 트레이닝 데이터로 사용되는 영상에 따라 코드북의 효율이 달라지게 되는 경향을 보이는데, 이의 극복을 위하여 트레이닝 데이터에 대해 PNN 알고리즘을 적용시켜 이때의 결과를 초기 클러스터 중심으로 선정하여 다음 단계를 수행하게 된다.

2) 순차 클러스터링 알고리즘을 이용한 클러스터의 갱신 과정

PNN 알고리즘을 이용하여 얻어진 결과를 초기 클러스터 중심으로 하여 순차 클러스터링 알고리즘을 실행시켜 클러스터의 중심을 갱신, 반복, 종료하는 과정을 거치도록 한다. 위와 같은 방법으로 제안된 알고리즘의 경우, 불필요한 초기 클러스터 중심을 줄일 수 있어 압축률을 높힐 수 있으며, 같은 압축률에서는 더 좋은 화질의 복원영상을 얻을 수 있다.

2. 새로운 샘플링 방식과 윤곽영역 추출을 이용한 벡터 양자화 알고리즘

1) 코드북(Codebook) 구성

(1) 샘플링(Sampling)

영상의 화소들은 주변 화소들과 높은 상관도를 갖는데, 이는 윤곽정보를 포함하지 않는 영역의 화소와 그 주변 화소들간의 그레이 레벨값의 차가 크지 않다는 뜻으로도 해석할 수 있다. 본 논문에서는 영상의 이러한 성질을 이용하여 압축률을 매우 높힐 수 있는 샘플링(sampling) 방법을 사용하였다.

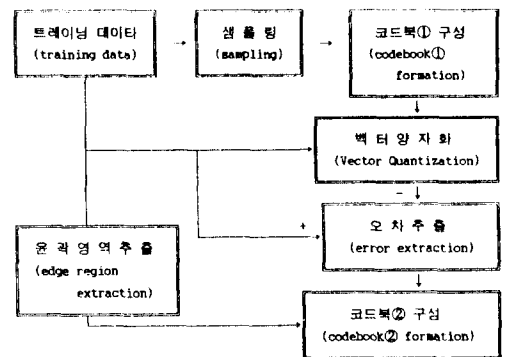


그림 4. 코드북 구성의 블록도
Fig. 4. Block diagram of codebook formation.

그림5(a)는 영상의 8×8 부분록(subblock)을 나타낸 것이다. 그림의 8×8 영역이 평탄한 그레이 레벨값을 갖는 영역이라고 가정하면 1번 화소의 경우 2,9,10번

화소와 그레이 레벨의 차가 크지 않을 것이라고 생각할 수 있다. 따라서 그림5(a)의 화소들을 그림5(b)에서와 같은 4×4 블록으로 표현하더라도 8×8 블록에 대한 그레이 레벨 분포를 유사하게 나타낼 수 있게 된다.

코드북 구성을 위한 트레이닝 데이터에 대해 이러한 개념을 도입하면 트레이닝 데이터의 양을 1/4로 줄여 코드북 구성시간, 코드북 저장장소를 줄이면서도 트레이닝 데이터의 정보를 충분히 살릴 수 있는 코드북①을 구성할 수 있게 된다.

1	2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31	32
33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48
49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63	64

1	3	5	7
17	19	21	23
33	35	37	39
49	51	53	55

(a) (b)

그림 5. 샘플링
Fig. 5. Sampling.

(2) 오차(Error)에 대한 코드북 구성

- a. 샘플링을 통하여 구성된 코드북①을 이용하여 트레이닝 데이터를 벡터 양자화 시키고, 이때의 결과와 트레이닝 데이터와의 오차(error)를 추출한다.
- b. 그림7의 소벨 연산자(Sobel operator)를 사용하여 트레이닝 데이터의 윤곽선(edge)을 검출한다.
- c. 추출된 오차중에서 소벨 연산자에 의해 윤곽선으로 판명된 영역만으로 코드북②를 구성한다.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(a) (b)

그림 6. 소벨 연산자
Fig. 6. Sobel operator.

2) 부호화(Encoding)

부호화 과정은 다음과 같다.

- (1) 압축하고자 하는 원영상을 샘플링 과정을 거친 후 코드북①을 이용하여 인덱스① 값을 구한다.
- (2) 인덱스①을 사용하여 영상을 재 구성한 후 원영상과의 오차영상 (error image)를 구성한다.
- (3) 원영상의 윤곽영역을 추출하여 영역도(region map)를 구성하게 되는데, 여기서 영역도란 원영상의 4×4 부분블록이 윤곽영역으로 구분되면 1로, 평탄영역이면 0으로 표현하여, 코드북 ②를 적용시킬지의 여부를 판단할 수 있는 자료이다.
- (4) 오차영상에서 윤곽영역에 해당되는 부분만을 코드북②를 사용하여 벡터 양자화하여 인덱스 ②를 구한다.

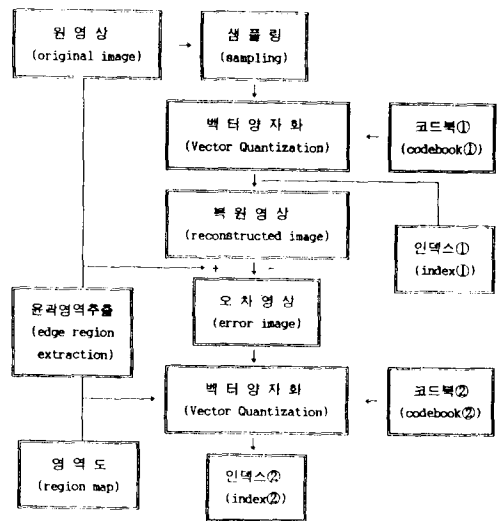


그림 7. 부호화 과정의 블록도
Fig. 7. Block diagram of encoding process.

본 논문에서 제안된 방법으로 4×4 블록 단위로 n × n 영상을 벡터양자화 하면 영역도(region map)에 $B_{\text{region map}} = (n/4) \times (n/4)$ bit 가 필요하고,

인덱스①에 $B_{\text{index①}} = (n \times n) \times (1/16) \times (\log_2 N_1)$ bit [N_1 : 코드북①의 코드벡터의 수]

인덱스②에 $B_{\text{index②}} = M \times (\log_2 N_2)$ bit [M : 윤곽영역으로 판별된 4×4 블록의 갯수]

가 필요하게 되므로 필요한 총 비트수 B는

$$B = B_{\text{region map}} + B_{\text{index①}} + B_{\text{index②}}$$

$$= \frac{(n \times n)}{16} + \frac{(n \times n)}{16} \log_2 N_1 + (M \times \log_2 N_2)$$

가 되고 화소당 비트율 R은

$$R = \frac{B}{(n \times n)}$$

이 된다.

3) 복호화(Decoding)

인덱스①과 코드북①, 인덱스②와 코드북②를 사용하여 복원시킨 영상을 더하여 최종 복원 영상을 얻는다.

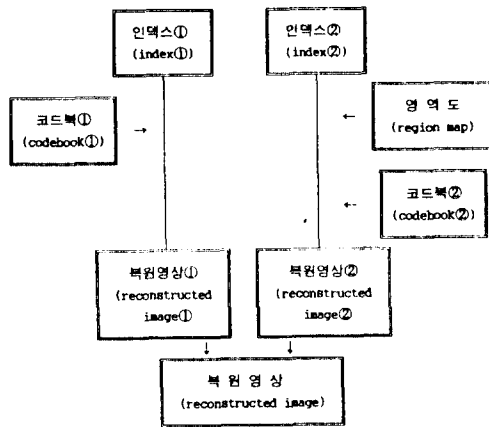


그림 8. 복호화 과정의 블록도
Fig. 8. Block diagram of decoding process.

IV. 모의실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안된 벡터 양자화 방법과 기존의 방법들에 대한 모의실험은 Spark-workstation과 IBM PC-486에서 C언어를 사용하여 수행하였다.

코드북 구성을 위한 트레이닝 데이터로는 256 × 256 couple 영상(8bpp)과 LENNA 영상(8bpp)을 사용하였으며 256 × 256 GIRL 영상(8bpp)을 사용하여 각 방식의 효율을 비교하였다.

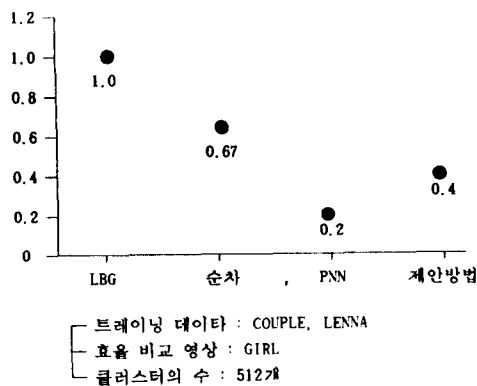


그림 9. 코드북 구성시간 비교
Fig. 9. Comparison of codebook formation time.

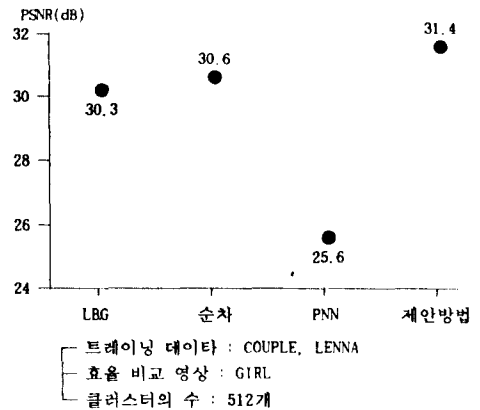


그림 10. 복원영상에서의 PSNR (Basic VQ, 0.56bpp)
Fig. 10. PSNR of reconstructed image(Basic VQ, 0.56bpp).

벡터 양자화 방법	화소당 비트율(bpp)	PSNR (dB)
BLOCK PATTERN VQ	0.3	22.2
	0.4	22.5
	0.5	24.8
	0.6	25.9
HIERACHICAL MULTIRATE VQ	0.2	16.6
	0.3	16.9
	0.4	23.6
	0.5	26.8
제안 알고리즘	0.21	25.1
	0.28	25.8
	0.34	27.5

(a)LENNA 영상

벡터 양자화 방법	화소당 비트율(bpp)	PSNR (dB)
BLOCK PATTERN VQ	0.3	21
	0.4	27.5
	0.5	30.9
	0.6	33
HIERACHICAL MULTIRATE VQ	0.2	25.2
	0.3	27.3
	0.4	28.9
	0.5	29.6
제안 알고리즘	0.21	27.9
	0.28	28.9
	0.34	32.6

(b)GIRL 영상

그림 11. 화소당 비트율, PSNR 비교
Fig. 11. Comparison of bitrate per pixel, PSNR.

기존의 클러스터링 알고리즘과 본 논문에서 제안한 알고리즘의 코드북 구성시간 비교를 그림9에

LBG 알고리즘을 1로 보았을 때의 상대적 크기로 나타내었으며, 구성된 코드북의 효율비교를 위하여

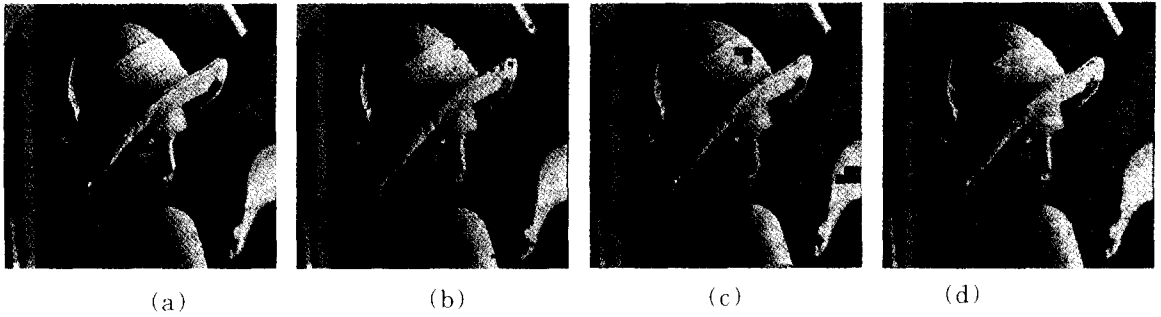


그림 12. 복원 영상의 비교 (LENNA) (a)원 영상 8bpp (b)BPVQ의 결과영상 PSNR=25.9dB, 0.6bpp (c)HMVQ의 결과영상 PSNR=26.8dB, 0.5bpp (d)제안 알고리즘의 결과 PSNR=27.5dB, 0.28bpp

Fig. 12. Comparison of reconstructed image (LENNA).

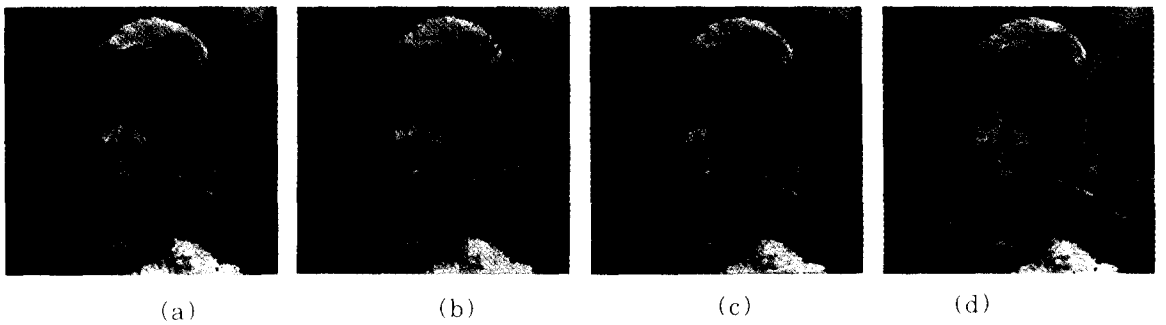


그림 13. 복원 영상의 비교 (GIRL) (a)원 영상 8bpp (b)BPVQ의 결과영상 PSNR=21dB, 0.3bpp (c)HMVQ의 결과영상 PSNR=27.3dB, 0.3bpp (d)제안 알고리즘의 결과 PSNR=28.9dB, 0.28bpp

Fig. 13. Comparison of reconstructed image (GIRL).

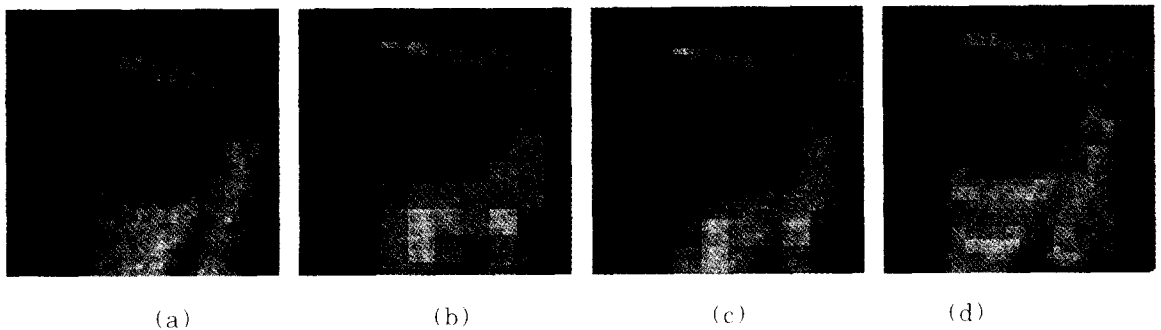


그림 14. 윤곽영역 비교 (GIRL) (a)원 영상 8bpp (b)BPVQ(0.3bpp)(c)HMVQ(0.3bpp)(d)제안 알고리즘(0.28bpp)

Fig. 14. Comparison of edge region (GIRL).

각 방식을 사용하여 구성된 코드북을 이용하여 복원된 영상에 대한 PSNR 값 비교를 그림10에 나타냈다.

그림9와 그림10에서 보면 본 논문에서 제안한 클러스터링 알고리즘은 코드북 구성시간에 있어서 PNN 알고리즘에 비해 뒤지지만, LBG 알고리즘의 40%, 순차 클러스터링 알고리즘의 60% 밖에 걸리지 않았으며, 복원영상의 화질이 다른 알고리즘에 비해 양호한 것을 알 수 있으므로, 기존의 방법에 비해 개선되었음을 알 수 있었다.

또한, BPVQ, HMVQ와 본 논문에서 제안한 벡터 양자화 방법의 비교를 위하여 그림12와 그림11에는 각 방식에 대한 화소당 비트율과 PSNR 값을 비교하였는데, BPVQ의 경우 0.3-0.5bpp에서 21-33dB의 PSNR 값을 나타내고, HMVQ는 0.2-0.5bpp에서 16.6-29.6dB, 본 논문에서 제안한 알고리즘의 경우 0.21-0.34bpp에서 27.9-32.6dB의 값을 나타내, 압축률이나 복원영상의 화질면에서 모두 제안된 알고리즘이 양호한 결과를 나타냄을 알 수 있었다.

또한 결과의 주관적 비교를 위하여 그림12-그림13에 결과영상을 보였고 윤곽선에 대한 결과를 알아보기 위하여 그림14에 영상의 일부분만을 확대하여 윤곽선의 보존 여부를 확인하였다.

V. 결론

벡터 양자화에서는 코드북에서의 코드벡터의 수를 줄이거나, 코드북의 차원수를 크게 하는 방법으로 압축률을 높힐 수 있지만, 이 경우 복원영상의 화질이 저하되는, 특히 영상의 윤곽선 부분이 많이 왜곡되는 문제점을 보이게 된다.

이와 같은 벡터 양자화 방법에서의 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 새로운 샘플링 방식을 사용하여 압축률을 높이고, 윤곽영역의 오차에 대한 코드북을 이용하여 윤곽선의 왜곡을 줄일 수 있는 개선된 벡터 양자화 방법을 제안하였다.

코드북 구성을 위해 클러스터링 알고리즘은 LBG 클러스터링 알고리즘이나 순차 클러스터링 알고리즘에 비하여 코드북 구성시간이 40%-60% 정도 밖에 걸리지 않았으며, 구성된 코드북을 사용하여 벡터 양자화를 행한 후의 복원영상의 MSE, PSNR 값에서도 좋은 결과를 보였다.

또한 본 논문에서 제안한 벡터 양자화 방법은 화소당 비트율 0.21에서 0.34bpp 범위에서 BPVQ의 0.3에서 0.6bpp, HMVQ의 0.2에서 0.5bpp 보다

높은 PSNR 값을 나타내 고압축률 부분에서 결과가 개선되었음을 알 수 있었다. 그러나 제안된 벡터 양자화 방법에서는 두 개의 코드북을 사용하여 최종 결과영상을 얻기 때문에 중복되어 처리되는 부분이 생겨 부호화, 복호화, 시간에서 Basic VQ나 BPVQ에 비해 효율이 떨어질 수 있으나, 코드북①만을 사용한 복원영상①의 경우 화질은 떨어지는 편이지만 압축률은 매우 높은 편이므로 압축률이나 속도가 더욱 중요시되는 경우에 있어서는 코드북① 만을 사용하여도 충분하리라 생각된다.

이와 같이 본 논문에서 제안한 벡터 양자화 방법이 기존의 방법에 비해 압축률이나 복원영상의 화질면에서 좋은 결과를 보이기는 하였지만, 모의실험에 사용된 트레이닝 데이터의 크기가 작고, 코드북②를 구성하는데 있어서 윤곽영역의 판단기준에 개선점을 갖고 있으므로 이러한 문제점을 보완하면 더욱 좋은 결과를 얻을 수 있으리라 생각된다.

參考文獻

- [1] Rafael C.Gonzalez,Paul Wintz, Digital Image Processing : Addison-Wesley, 1987.
- [2] Anil K.Jain, Fundamentals of Digital Image Processing : PrenticeHall, 1989.
- [3] William K.Pratt, Digital Image Processing : Wiley-Interscience, 1991.
- [4] Allen Gersho, Robert M.Gray, Vector Quantization and Signal Pro-cessing : Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [5] Majid Rabbani, Paul W.Jones, Digital Image Compression Technique: SPIE Press, 1991.
- [6] Ross N.Williams, Adaptive Data Compression : Kluwer Academic Publishers, 1990.
- [7] John B.Anderson, Seshdri Mohan, Source and Channel Coding- an Algorithmic Approach : Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [8] P.Yu, A.N.Venetsanopoulos, "Edge Modified Vector Quantization for Image Compression", ICC '92 vol1, pp.532-536, 1992.
- [9] P.Yu, A.N.Venetsnnopoulos, "Hierarchical Multirate Vector Quanti-zation

- for Image Coding". SPICE' 92 vol.4. pp.497-505. 1992.
- [10] Sherif A.Mohamed, Moustafa M.Fahmy, "Image Compression using Block Pattern-Vector Quantization with Variable Codevector Dimensions". IEEE Trans.Comm. vol 3. pp.357-360. 1989.
- [11] Robert M.Gray. "Vector Quantization". IEEE ASSP Magazine. pp.4-29. 1984.
- [12] Morris Goldberg. Paul R.Boucher. Seymour Shilien. "Image Compression using Adaptive Vector Quantization". IEEE Trans.on Commvol. com-34 NO.2. pp.180-187.1988.
- [13] Williams H.Equitz. "A New Vector Quantization Clustering Algorithm". IEEE Trans on ASSP. vol 37. No.10. pp.1568-1575. 1989.
- [14] Yoseph Linde. Andres Buzo. Robert M.Gray. "An Algorithm for Vector Quantizer Design". IEEE Trans. on Comm. Vol.Com-28. No.1pp.84-95. 1989.
- [15] Arun N.Netravali. "Picture Coding". Proceeding of IEEE. Vol.68No.3. pp.366-406. 1980.
- [16] L.Torres. E.Arias. "Stochastic Vector Quantization of Images". ICC '92. pp.385-388. 1992.
- [17] Peter H.Westerink. Dick E.Boekee. Jan Biemond. "Subband Coding of Using Vector Quantization". IEEE Trans. on Comm. Vol.36.No.6. pp.713-719. 1988.
- [18] Garrido.D.P. and Nunes.R.R.L. "An Edge/Nonedge Image Compression Algorithm". Computer Graphics and Image Processing. Vol.CGIP-15. pp.167-181. 1981.
- [19] Faouzi Kossentini. Mark J.T.Smith. Christopher F.Barnes. "Image Coding with Variable Rate RVQ". ICC '92. pp.369-372.
- [20] Ali Habibi. "Survey of Adaptive Image Coding Techniques". IEEE Trans.on Comm. Vol.Com-25. NO.11. pp.1275-1284. 1977.

 著 者 紹 介

金 栢 起(正會員)

1962年 5月 8日生. 1985年 2月 경희대 전자공학과 학사. 1987年 8月 경희대 전자공학과 석사. 1994年 11月 현재 경희대 전자공학과 박사과정. 1990年 4月 ~ 현재 원주전문대학 전자통신과 조교수. 주관심 분야는 영상처리 등임.

李 大 寧(正會員) 第 28卷 第 9號 參照

현재 경희대학교 전자공학과 교수