

# 동적 주소 사상을 이용한 벡터 양자화

배 성 호<sup>†</sup> · 서 대 화<sup>†</sup> · 박 길 흠<sup>†</sup>

## 요 약

본 논문에서는 인접블록들간의 높은 상관성을 이용한 동적 주소 사상에 의한 벡터 양자화 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 부호화할 입력블록에 대한 벡터 양자화의 주소를 사이드 매치 오차를 이용하여 재정렬된 부호책에서의 새로운 주소로 사상하는 주소 변환 함수를 정의하여 비트율을 효율적으로 감소하였다. 이러한 방법은 주소 변환 함수에 의한 새로운 주소가 주소 문턱값 이하인 낮은 주소로 사상된 경우에는 새롭게 사상된 주소를 부호화하고, 그렇지 않은 경우에는 재정렬되지 않은 부호벡터 주소를 부호화하는 방법이다. 실험을 통하여, 제안한 방법에서의 복원영상의 화질은 일반적인 벡터 양자화 방법에서의 복원영상의 화질과 동일하고 비트율은 약 45~50% 감소함을 확인하였다.

## Vector Quantization Using a Dynamic Address Mapping

Sung-Ho Bae<sup>†</sup> · Dae-Wha Seo<sup>†</sup> · Kil-Houm Park<sup>†</sup>

## ABSTRACT

In this paper, we propose a vector quantization method which uses a dynamic address mapping based on exploiting the high interblock correlation. In the proposed method, we reduce bit-rate by defining an address transform function, which maps a VQ address of an input block which will be encoded into a new address in the reordered codebook by using side match error. In one case that an original address can be transformed into a new transformed address which is lower than the threshold value, we encode the new address of the transformed codevector, and in the other case we encode the address of the original codevector which is not transformed. Experimental results indicate that the proposed scheme reduces the bit-rate by 45~50% compared with the ordinary VQ method for image compression, at the same quality of the reconstructed image as that of the ordinary VQ system.

### 1. 서 론

최근 디지털 영상 신호를 압축하여 저장하거나 전송하는 영상 부호화 기법들에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 영상 부호화 기법들 중 벡터 양자화(VQ: Vector Quantization)는 낮은 전송률에서도 효율적인 성능을 나타내는 압축 기법으로 하드웨어 기

술의 발전과 더불어서 점차 실용화가 가까워지고 있다[1]. 또한, Shannon의 Rate Distortion 이론[2]에 의하면 스칼라 대신 벡터로 조합된 신호를 부호화하는 것이 낮은 전송률에서도 좋은 성능을 얻을 수 있으므로 영상 신호를 벡터 양자화하여 큰 데이터 압축 효과를 얻을 수 있다. 벡터 양자화는 메모리가 없는 벡터 양자화와 메모리가 있는 벡터 양자화로 나뉘어진다. 메모리가 없는 벡터 양자화는 인접한 블록의 정보를 이용하지 않고 독립적으로 블록들을 양자화하는 방식이므로 일반 영상과 같이 인접블록들간의 상

<sup>†</sup> 정 회 원: 경북대학교 공과대학 전자공학과  
논문접수: 1996년 1월 18일, 심사완료: 1996년 5월 30일

관성이 큰 정보원을 부호화할 때에는 블록간의 상관성을 이용하지 못하게 된다. 반면에, 메모리가 있는 벡터 양자화는 인접블록들간의 상관성을 이용해서 부호화하여 압축 효율을 크게 높일 수 있다. 벡터 양자화는 양자화되는 단위 벡터의 차원이 클 때 최적의 성능을 나타낸다고 알려져 있다[2]. 그러나 실제 단위 벡터의 차원은 CPU 시간과 메모리 저장 측면에서 기하급수적으로 증가하는 복잡도에 의해 제한되어야 한다. 따라서 이 문제를 극복하는 방법은 인접블록들의 부호벡터(codevector) 주소를 상관성 있게 부호화함으로써, 인접블록들간에 잔여하는 상관성을 이용하는 방법이 필요하다. 이러한 인접블록들간의 상관성을 적절히 이용하여, 평균 왜곡을 일반적인 벡터 양자화 시스템에서와 같이 유지하면서 평균 비트율을 감축시키는 대표적인 방법에는 FSVQ(finite state VQ)[3], PVQ(predictive VQ)[4]와 AVQ(address VQ)[5] 등이 제안되었다.

일반적인 영상에서는 인접화소들 간에 화소값의 급격한 변화가 없는 화소값들간의 연속성을 가지므로, 인접블록들간에 서로 접하고 있는 화소값들도 연속성을 가지게 된다. 그러므로 본 논문에서는 인접블록들간에 서로 접하고 있는 화소값들의 오차합인 사이드 매치 오차[6]가 작은 순으로 부호책 내의 부호벡터를 재정렬하여, 입력블록에 대응하는 부호벡터 주소가 새로운 주소로 사상하는 주소 변환 함수를 이용한 벡터 양자화 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 부호화할 입력블록에 인접한 이미 부호화된 인접블록들과 부호책의 부호벡터와의 사이드 매치 오차(side match error)가 작은 순으로 부호책을 재정렬할 경우, 인접블록들간에 서로 접하고 있는 화소값들의 연속성으로 인하여, 새롭게 사상된 부호벡터 주소의 확률 분포가 낮은 주소로 집중할 확률이 높은 특성을 이용하여 비트율을 효율적으로 줄였다. 이러한 방법은 새롭게 사상된 부호벡터 주소가 주소 문턱값 이하인 낮은 주소로 사상된 경우에는 새롭게 사상된 부호벡터 주소를 부호화하고, 그렇지 않은 경우에는 일반적인 벡터 양자화 방법과 동일하게 재정렬되지 않은 부호책의 부호벡터 주소를 부호화하여, 벡터 양자화 주소의 손실이 없으므로 복원 영상의 화질은 일반적인 벡터 양자화 방법과 동일하다. 또한, 제안한 방법에서는 주소 변환 함수에 의하여 주소 문턱값 이하인

낮은 주소로 사상이 가능한 네 개의 부호벡터 주소들을 결합하여 계층적으로 부호화함으로써 부호화 효율을 더 높였다.

## 2. 기존의 벡터 양자화 방법

벡터 양자화는  $k$ 차원 유클리드 공간  $R^k$ 로부터  $R^k$ 의 유한한 부분집합  $Y$ 로의 사상(mapping)  $Q$ 로 정의한다.

$$Q: R^k \rightarrow Y \quad (1)$$

여기서  $Y = \{y_i; 1 \leq i \leq N\}$ 는 대표벡터의 집합이며,  $N$ 은 대표벡터의 수이다. 벡터  $X$ 에서  $\hat{X}$ 으로의 사상은 여러 가지 왜곡척도가 사용되며 많이 쓰이는 자승 오차는 다음과 같이 주어진다.

$$d(X, \hat{X}) = \|X - \hat{X}\|^2 = \sum_{i=1}^k (X_i - \hat{X}_i)^2 \quad (2)$$

일반적으로 원영상  $X$ 와 복원영상  $\hat{X}$ 에 대한 객관적인 화질의 비교는 평균 자승 오차를 이용한 식 (4)와 같은 PSNR이 사용된다.

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (X(i, j) - \hat{X}(i, j))^2 \quad (3)$$

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

여기서  $M$ 은 영상의 행의 크기이며,  $N$ 은 열의 크기이다.

벡터 양자화를 영상 부호화에 이용할 경우 몇 가지 문제점이 발생한다. 그 중 하나는 부호화의 복잡성이다. 벡터 양자화에서 벡터의 차원을 증가시키면 양자화 왜곡치를 감소시킬 수 있으므로 성능은 좋아지나 벡터의 차원이 증가함에 따라 부호화의 복잡성은 기하급수적으로 증가하게 된다. 또한 왜곡 척도로서 일반적인 자승 오차를 사용하므로 각 영상에서의 에지와 평탄의 특성을 잘 나타내지 못하여 계단화 현상이 나타나고, 블록을 독립적으로 부호화하는 과정에서 생기는 오차로 인해 블록화 현상이 나타나 눈에 거슬림이 심하게 된다. 이러한 현상을 줄이기 위하여 Ramamurthi와 Gersho는 영상의 각 벡터를 여러 개의 부류로 분류하는 분류 벡터 양자화(CVQ)를 제안

하였다[7]. CVQ는 일반적으로 훈련 영상의 각 블록을 에지블록과 평탄블록으로 분류한다. 그리고 에지블록에 대해서는 에지의 위치와 방향에 따라 더 세밀하게 분류한다. 각 부류에 따라 별도의 부호책을 설계하므로 각 입력블록을 할당된 부류에 해당하는 부호책만 탐색하여 부호화시 계산량이 감소되고, 에지의 위치와 방향이 보존되므로 시각적으로 우수한 영상을 얻을 수 있다. 그러나 CVQ 방법에서는 분류기의 설계가 다소 복잡해지는 단점이 있다.

벡터 양자화를 영상 부호화에 이용할 경우 나타나 는 또 다른 문제점은 벡터 양자화의 불안정성이다. 이 불안정성은 부호책 설계시 사용된 영상으로부터 추출된 벡터와 통계적 특성이 다른 벡터를 부호화할 때 나타난다. 이러한 통계적 특성 중 가장 큰 영향을 미치는 것은 다음과 같이 정의되는 벡터의 표본 평균  $M_x$ 이다.

$$M_x = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k X_i \tag{5}$$

여기서  $X$ 는 입력벡터이고  $k$ 는 벡터의 차원이다. 이러한 평균치를 따로 부호화하기 위하여 Baker와 Gray는 MSVQ(mean shape VQ)를 제안하였다[8]. MSVQ에서는 먼저 입력벡터의 표본 평균을 구하여 입력벡터의 각 화소값들에서 표본 평균을 제거한 잔여 벡터를 벡터 양자화하여 전송하고, 표본 평균은 스칼라 양자화하여 전송하는 방법이다. 여기서 평균을 전송하기 위하여 일반적인 예측 부호화를 사용한다. 그러나 평균의 전송으로 인한 비트율이 증가되는 단점이 있다.

MSVQ의 수정은 입력벡터의 각 화소값들로부터 스칼라 양자화된 표본 평균을 제거한 잔여 벡터를 벡터 양자화하는 MRVQ(mean residual VQ)가 있다[9]. MRVQ는 표본 평균의 양자화 오차가 잔여 벡터에 더해짐으로써, 블록의 왜곡을 줄이는 장점이 있다.

Hang과 Haskell[9]은 입력블록의 표면(surface)의 근사화에 있어 보간 벡터 양자화(interpolative VQ)방법을 제안하였다. 이 방법은 입력블록에서 보간된 표면을 제거한 잔여 벡터를 벡터 양자화함으로써 시각적으로 우수한 복원영상을 가져왔다.

일반적인 벡터 양자화 방법은 입력벡터를 주어진 왜곡척도에 의해 그 값이 최소가 되는 부호책 내의

부호벡터와 대응시키는 것이다. 벡터 양자화를 영상 부호화에 적용할 경우 일반적인 벡터 양자화 방법에서 사용되는 입력벡터는 4x4 크기의 입력블록으로 나타나고, 부호책의 크기가 128일 때, 입력블록에 부가되는 비트가 7 비트가 할당되므로 입력영상에 대한 비트율은 0.4375 [bpp]이며, 일반적인 실험 영상에서 PSNR은 28~30 [dB]로 나타난다.

일반적인 벡터 양자화 방법들 보다 비트율을 감소하기 위해서는 블록들간의 상관성을 이용하거나 입력블록의 크기를 크게하는 것이 필요하다. 비트율을 감소하기 위한 방법으로는 TVQ(transform VQ)[11], HVQ(hierarchical VQ)[12], FSVQ[3], AVQ[5]등이 있다.

TVQ는 입력블록의 크기를 8X8이나 16X16으로써 입력블록을 cosine 변환과 같은 선형 변환에 의한 변환 영역으로 사상하여 고주파수의 계수들을 제거함으로써 비트율을 감소하였다. 또한 변환 영역에서 벡터 양자화를 함으로써 블록화 현상을 감소하였다.

HVQ는 섬세도에 따라서 블록의 크기를 달리하여 부호화하는 방법이다. 이러한 방법은 에지 성분이 있는 블록은 블록의 크기를 작게하여 부호화하고 평탄 성분이 있는 블록은 블록의 크기를 크게하여 부호화함으로써 복원영상의 화질의 열화가 없이 비트율을 효과적으로 감소시키는 방법이다.

FSVQ는 이미 부호화된 블록들을 이용하여 입력벡터에 대하여 상태 공간을 지정하여 각 상태에 따른 부호화 과정을 행하는 방법이다. 따라서 각 상태에 따른 부호책 크기를 일정하게 하고 상태 공간을 크게 하면, 계산량을 줄일 수 있으며, 또한 일반적인 벡터 양자화 방법보다 전체 대표벡터 양이 증가하여 복원영상의 화질의 향상을 기대할 수 있다. 그러나 FSVQ의 단점은 다음 상태를 선정하는 방식에 따라 성능이 좌우되며, 상태를 잘못 선정함으로써 부호화 에러의 누적을 초래한다.

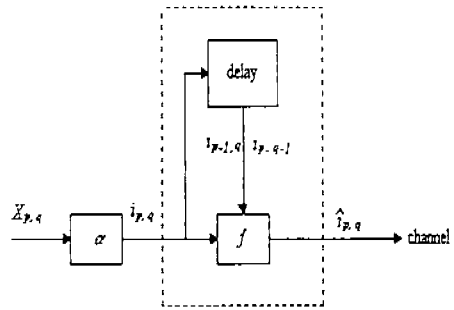
AVQ는 벡터 양자화된 인접블록들간에 남아 있는 상관성을 이용하여 인접블록들의 부호벡터 주소들을 묶어서, 가장 적절한 인접블록들의 주소 조합이 저장되어 있는 주소 부호책을 참조하여 주소벡터를 양자화하는 효율적인 방법이다. 주소벡터 양자화는 두 개의 부호책으로 구성되어 있다. 첫 번째 부호책은 수정된 PMRVQ(predicted mean residual VQ)[5]를 이용한 부호책이며, 두 번째 부호책은 네 개의 인접블

록들을 부호책의 주소의 조합으로 나타내는 주소 부호책이다. AVQ는 블록들의 주소를 각각 부호화하지 않고, 인접블록들간에 잔여하는 상관성을 이용하여, 주소벡터를 부호화하여 일반적인 벡터 양자화 방법보다 두배 정도의 부호화 효율을 높이는 장점이 있다. 그러나 AVQ는 양자화 과정에서 모든 가능한 주소 조합을 포함하여야 하므로, 주소벡터 부호책의 요소들을 재정렬하기 위하여서는 많은 수의 비교가 이루어져야 하며, 주소벡터 부호책을 저장하는데 필요한 메모리 량이 방대하다는 문제점을 갖고 있다. 또한 양자화할 블록들의 주소벡터가 주소 부호책에 존재하지 않으면 재정렬이 되지 않은 부호책의 주소인 블록들 각각의 주소를 부호화해야 하므로 부호화 효율이 떨어진다. 그러므로, AVQ는 주소벡터를 부호화할 수 있는 확률이 낮은 영상에 대해서는 압축 효율이 떨어진다.

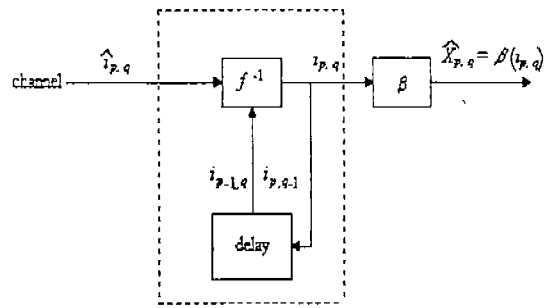
3. 동적 주소 사상을 이용한 벡터 양자화 방법

제안한 동적 주소 사상을 이용한 벡터 양자화 시스템의 부호화기와 복호화기는 (그림 1)로 표현될 수 있다. (그림 1)에서 점선으로 나타난 주소 변환기와 역 변환기를 제외하면 이는 일반적인 벡터 양자화 시스템의 구조가 된다. (그림 1)의 부호화기에서  $\alpha(\cdot)$ 는 각 입력벡터  $X_{p,q} \in R^{M \times M}$ (위에서  $p$ 번째, 왼쪽에서  $q$ 번째의 블록에 해당하는 입력벡터)와 가장 가까운 벡터를 부호책에서 찾아 그 주소  $i_{p,q} \in I$ 를 출력하는 양자화기이며, 복호화기에서  $\beta(\cdot)$ 는 전송된 주소  $i_{p,q}$ 를 복원 벡터  $\hat{X}_{p,q}$ 로 출력하는 역양자화기이다. 이 때,  $M$ 은 벡터 양자화되는 입력블록의 수평 및 수직 크기이며,  $I = \{1, 2, \dots, N\}$ 은 주소 집합이며,  $N$ 은 부호책의 크기이다. 일반적인 벡터 양자화 시스템에서는 원래의 주소  $i_{p,q}$ 가 전송되지만, 주소 변환기를 도입하는 경우에는 입력벡터의 양자화 주소  $i_{p,q}$ 가 아닌 새로운 주소  $\hat{i}_{p,q}$ 가 되도록 하는 주소 변환함수  $f(\cdot)$ 를 이용하여 새로운 주소  $\hat{i}_{p,q}$ 가 전송된다.

본 논문에서 제안한 주소 변환기의 목적은 일반적인 벡터 양자화 시스템에서와 같은 왜곡을 유지하면서 새롭게 사상된 주소의 동적 범위가 감소되도록 원래의 주소를 새로운 주소로 변환하여 비트율을 감소하는데 있다. 이러한 목적을 이루기 위하여 주소 변



(a)



(b)

(그림 1) 동적 주소 사상을 이용한 벡터 양자화 시스템의 구조도

(a) 부호화기 (b) 복호화기

(Fig. 1) Block diagram of VQ system with dynamic index mapping.

(a) encoder (b) decoder

환기에 요구되는 조건은 다음과 같다.

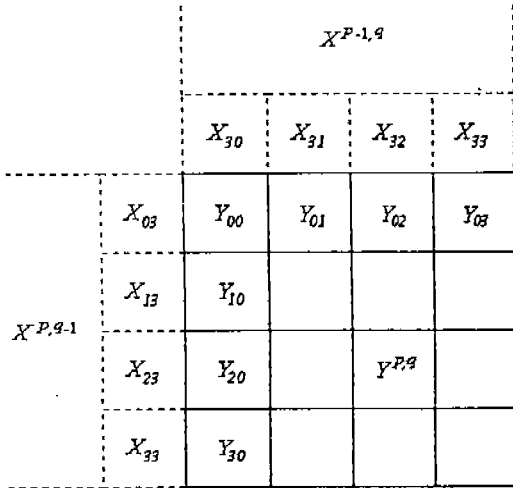
- 1) 주소 변환기는 새로운 주소의 확률 분포가 낮은 주소에 집중되도록 해야한다.
- 2) 주소 변환 함수  $f(\cdot)$ 는 역함수  $f^{-1}(\cdot)$ 가 존재할 수 있도록 일대일 함수여야 한다.
- 3) 변환 방법은 복호화기에서도 알 수 있어야 하므로 이미 부호화된 이전 블록들의 정보만을 이용하여야 한다.

위의 조건을 만족하는 주소 변환을 위하여, (그림 2)

에서 나타낸 화소들로부터 식 (6)과 같은 사이드 매치 오차를 이용하여 주소를 변환시키는 방법을 제안한다.

$$E_s(Y^{p,q}) = \left( \sum_{m=0}^3 (X_{3m}^{p-1,q} - Y_{0m}^{p,q})^2 + \sum_{m=0}^3 (X_{m3}^{p-1,q} - Y_{m0}^{p,q})^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

식 (6)에서  $Y^{p,q}$ 는 부호책 내의 부호벡터이고,  $X^{p-1,q}$ ,  $X^{p,q-1}$ 은 이미 부호화된 블록을 나타낸다.

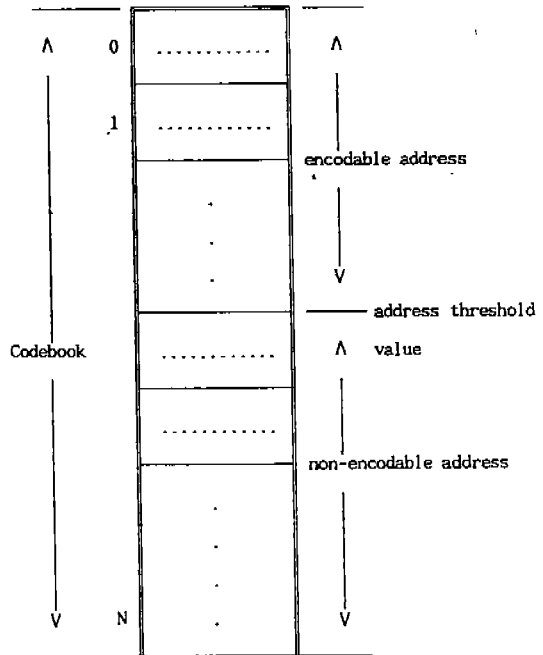


(그림 2) 사이드 매치 (Fig. 2) Side Match.

일반적인 영상에서는 인접블록들간에 서로 접하고 있는 화소값들의 연속성으로 인하여 이미 부호화된 인접블록들의 부호벡터와 부호책 내의 부호벡터들중 서로 접하고 있는 화소값들간의 오차합인 사이드 매치 오차가 작은 부호벡터일수록 현재 부호화할 입력블록의 부호벡터로 부호화될 확률이 높다. 그러므로 사이드 매치 오차가 작은 순으로 부호책 내의 부호벡터를 재정렬할 경우에는, 부호화할 부호벡터 주소의 확률 분포가 낮은 주소로 집중하므로 엔트로피가 낮아지는 결과를 가져오므로써 비트율이 감소하는 결과를 가져온다. 그러므로 본 논문에서 사용한 주소 변환 함수  $f(\cdot)$ 는 사이드 매치 오차가 작은 순으로 부호책을 재정렬하여, 전송할 원래의 주소  $i_{p,q}$ 가 재정렬된 부호책 내의 새로운 주소  $\hat{i}_{p,q}$ 로 사상되는

변환으로 정의된다. 사이드 매치 오차를 이용하여 재정렬된 부호책으로 입력블록을 부호화할 경우 인접블록들간의 상관성이 높으면 현재 입력블록과 자승 오차가 가장 작은 부호벡터 주소는 재정렬된 부호책 내에서 상당히 낮은 주소를 갖게 된다. 따라서 제안한 방법에서는 비트율을 감소시키기 위하여 재정렬된 부호책에서 새롭게 사상된 주소  $\hat{i}_{p,q}$ 를 (그림 3)과 같이 주소 문턱값 이하인 주소만을 부호화함으로써 부호화 효율을 높였다. (그림 3)에서 N은 부호책 크기이다. 그리고, 인접블록들간에 급격한 변화로 재정렬된 부호책에서 주소 문턱값 이하인 낮은 주소로의 사상이 불가능한 경우에는, 일반적인 벡터 양자화 방법과 동일하게 재정렬되지 않은 부호책의 원래의 주소  $i_{p,q}$ 를 전송함으로써, 벡터 양자화된 주소의 손실이 없게되므로 일반 벡터 양자화 방법과 동일한 화질을 유지하는 방법을 제안한다.

재정렬되지 않은 부호책의 원래의 부호벡터 주소와 재정렬된 부호책에서 새롭게 사상된 부호벡터 주소를 구분하는 주소 문턱값이 높으면 새롭게 사상된



(그림 3) 사이드 매치 오차를 이용한 재정렬된 부호책 (Fig. 3) Reordered codebook with side match error.

부호벡터 주소를 부호화하는데 많은 비트 할당이 필요하지만, 새롭게 사상된 부호벡터 주소가 주소 문턱값 이하인 주소로 사상 가능할 확률이 높아지므로 재정렬하지 않은 부호책의 원래의 부호벡터 주소를 부호화할 확률이 낮아진다. 반대로, 주소 문턱값이 낮으면 새롭게 사상된 부호벡터 주소를 부호화하는데 작은 비트 할당이 필요하지만, 새롭게 사상된 부호벡터 주소가 주소 문턱값 이하인 주소로 사상 가능할 확률이 낮아지게 되어 재정렬하지 않은 부호책의 원래의 부호벡터 주소를 부호화할 확률이 높아진다. 그러므로 입력영상을 입력블록으로 분할하였을 때 입력영상에 대하여 주소 문턱값 이하인 새로운 주소로 사상 가능한 입력블록의 개수와 새롭게 사상된 주소를 부호화하는데 필요한 비트 할당 수와는 trade-off 관계가 있으며, 주소 문턱값의 결정 요인이 된다.

또한, 제안한 방법에서는 재정렬된 부호책에서 주소 문턱값 이하인 주소로 묶이는 네 개의 부호벡터들의 주소를 결합하여 상위블록(higher block)에 대한 부호벡터들의 주소로 부호화 하였다. 이러한 방법은 부호책의 재정렬 유, 무를 판별하기 위하여 각 입력블록당 한 비트의 부가비트를, 상위블록당 부가비트로 한 비트를 전송함으로써 부호화 효율을 높일 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법에서의 부호화 과정을 정리하면 다음과 같다.

단계 1: 네 개의 입력블록 각각에 대해서 이미 부호화된 인접블록들의 부호벡터들을 이용하여, 사이드매치 오차가 작은 순으로 부호책을 재정렬한다.

단계 2: 현재의 입력블록과 자승 오차가 가장 작은 부호벡터 주소가 재정렬된 부호책에서 정해진 주소 문턱값 이하인 경우인가를 판별한다.

단계 3: 네 개의 입력블록 각각에 대하여 새롭게 사상된 부호벡터 주소가 모두 정해진 주소 문턱값 이하일 경우에는, 네 개의 입력블록들에 대응되는 부호벡터 주소들이 모두 주소 문턱값 이하인 낮은 주소로 변환 가능하다는 부가비트 한 비트와 네개의 입력블록에 대응되는 재정렬된 부호책의 부호벡터 주소를 묶어 비트열로 전송한다. 네 개의 입

력블록들 중 새롭게 사상된 부호벡터 주소가 하나라도 정해진 주소 문턱값을 초과할 경우에는 네 개의 입력블록을 묶지 못하는 부가비트 한 비트와 각 입력블록당 재정렬의 유, 무를 판별하는 비트와, 재정렬의 유, 무에 따라서 재정렬된 부호책의 부호벡터 주소를 비트열로 전송하거나 재정렬되지 않은 부호책의 부호 벡터 주소를 비트열로 전송한다.

제안한 방법은 인접블록들간의 사이드 매치 오차가 작은 부호책 내의 부호벡터가 부호화될 확률이 높으므로 새롭게 사상된 부호벡터 주소는 낮은 주소로 분포될 확률이 높은 특성을 이용하여, 전송할 주소를 주소 문턱값보다 낮은 주소로 사상되는 새로운 부호벡터 주소들만을 부호화하여 비트율을 효율적으로 줄였으며, 새로운 부호벡터 주소가 주소 문턱값보다 낮은 주소로 사상되지 않는 경우에는 일반 벡터 양자화 방법과 동일하게 원래의 부호벡터 주소를 부호화함으로써 일반적인 벡터 양자화의 방법과 동일한 복원영상의 화질을 갖는다.

그러나 제안한 방법은 일반적인 벡터 양자화 방법보다 부호화시와 복호화시 입력영상에서 분할된 한 개의 입력블록에 대하여 부호책의 크기 만큼 사이드 매치 오차를 구하여야 하고, 사이드 매치 오차를 이용하여 부호책을 재정렬해야하는 계산이 필요하다.

#### 4. 실험 및 고찰

실험에서는 부호책 내의 부호벡터의 크기를 4x4로 하고 부호책의 크기를 128로 하여, 256의 밝기값을 갖는 다섯 장의 512×512 크기의 훈련 영상들로부터 Ramamurthi와 Gersho가 제안한 CVQ 방법[7]을 적용하여 부호책을 설계 하였다. 입력영상을 분할한 전체 입력블록들에 대하여 128 크기의 부호책을 재정렬하는 시간은 IBM PC 펜티엄 120 기종에서 2초가 소요되었다. 제안한 부호화 방법의 성능을 평가하기 위하여, 비훈련 영상인 LENA 영상, BOAT 영상, PEPPER 영상, LADY 영상등 열 장의 실험 영상을 사용하여 입력블록들을 결합한 상위블록의 크기와 재정렬된 부호책에서의 전송 가능한 주소 문턱값을 변화시켜 실험하였다. <표 1>과 <표 2>에서는 상위블록의

크기를 각각 8x8, 16x16 크기로 변화하여 주소 문턱값을 변화시켜 가면서 실험한 비트율 결과이다. 실험 결과에서 나타난 것과 같이 대부분의 실험영상에서 상위블록의 크기를 8x8 크기보다 크게 하여도 비트율 감축의 성능에 큰 효용이 없고, 주소 문턱값이 1일 때 가장 높은 비트율 감축 성능을 나타내었으며, 주소 문턱값의 변화에 따른 비트율의 변동은 미세하였다. 그러므로 본 논문에서는 상위 블록의 크기를 8x8로 제한하고 주소 문턱값을 1로 제한하여 실험하였다. 복원된 영상의 화질은 벡터 양자화 주소를 무손실 부호화로 전송하므로 복원영상의 화질은 CVQ 방법의 화질과 동일하다. 실험에서 사용한 상위블록의 크기를 8x8로 하고, 주소 문턱값을 1로 하였을 경우에 하나의 상위블록에 부가되는 비트 수는 다음 다섯 가지 경우에 대해서 각각 다른 비트 수가 부가된다.

CASE 1: 네 개의 입력블록들에 대응하는 부호벡터 주소들이 재정렬된 부호책에서 모두 주소 문턱값을 초과한 주소로 사상한 경우(1+4+0x1+4x7=33 비트)

CASE 2: 한 개의 입력블록에 대응하는 부호벡터 주소가 재정렬된 부호책에서 주소 문턱값 이하인 주소로 사상 가능한 경우(1+4+1x1+3x7=27 비트)

CASE 3: 두 개의 입력블록들에 대응하는 부호벡터 주소들이 재정렬된 부호책에서 주소 문턱값 이하인 주소로 사상 가능한 경우(1+4+2x1+2x7=21 비트)

CASE 4: 세 개의 입력블록들에 대응하는 부호벡터 주소들이 재정렬된 부호책에서 주소 문턱값 이하인 주소로 사상 가능한 경우(1+4+3x1+1x7=15 비트)

CASE 5: 네 개의 입력블록들에 대응하는 부호벡터 주소들이 재정렬된 부호책에서 모두 주소 문턱값 이하인 주소로 사상 가능한 경우(1+1x4+0x7=5 비트)

CASE 1에서 CASE 4까지인 경우에는 네 개의 입력블록들이 하나의 상위블록으로 묶여지지 않는다는 것을 나타내는 1 비트와 네 개의 입력블록당 재정렬의 유, 무를 판단하는 4 비트와 재정렬된 부호책에서

의 변환 주소 부호화할 경우에는 그 입력블록에 변환된 부호벡터 주소를 부호화하는데 필요한 1 비트를 할당하고, 그렇지 않은 경우에는 일반 벡터 양자화 방법과 동일하게 재정렬되지 않은 부호책의 부호벡터 주소를 부호화하는데 필요한 7 비트를 할당한다. CASE 5인 경우에는 네 개의 입력블록들이 하나의 상위블록으로 묶여진다는 것을 나타내는 1 비트와 각각의 입력블록에 변환된 부호벡터 주소를 부호화하는데 필요한 1 비트를 할당함으로써 하나의 상위블록에 총 5 비트가 전송된다. 그러므로 입력 영상에 대하여 비트율은 식 (7)로 나타난다.

$$bit\ rate = \frac{N_1 \times (1+K \times 4) + N_2 \times (1+4+K \times C + M \times (4-C))}{total\ pixel\ number} \quad (7)$$

식 (7)에서 K는 재정렬된 부호책의 부호벡터 주소를 부호화하는데 대하여 필요한 비트 수(Log<sub>2</sub>(주소 문턱값 +1))를 나타내며, M은 재정렬되지 않은 부호책의 부호벡터 주소를 부호화하는데 필요한 비트 수(Log<sub>2</sub>(부호책의 크기))를 나타낸다. 그리고 C는 하나의 상위블록 내의 네 개의 입력블록들의 벡터 양자화 주소들 가운데 정렬된 부호책에서 주소 문턱값 이하의 주소로 변환 가능한 입력블록들의 수를 나타내며, N<sub>1</sub>은 입력 영상에 대하여 CASE 5인 경우의 상위블록들의 개수를 나타내며, N<sub>2</sub>는 CASE 1에서 CASE 4까지인 경우의 상위블록들의 개수를 나타낸다. <표 3>에서는 주소 문턱값이 1인 8x8 상위블록에 나올 수 있는 다섯 가지 경우에 대하여 입력 영상에 따라 각 경우가 차지하는 백분율을 나타낸 것이다. 제안한 방법의 실험 결과에 의하면 주소 문턱값이 1일 때, 입력영상에 대하여 재정렬된 부호책에서 주소 문턱값 1 이하인 낮은 주소로 부호화할 수 있는 입력블록의 백분율은 LENA 영상에 대해서는 66.6%, BOAT 영상에 대해서는 66.0%, PEPPER 영상에 대해서는 70.4%, LADY 영상에 대해서는 71.2%를 가진다. 이러한 실험 결과로부터 일반적인 벡터 양자화 방법에서, 입력영상에 대하여 0.4375 [bpp]의 비트율을 가지는 것에 반해, 제안한 방법에서는 PEPPER 영상과 LADY 영상과 같이 영상 내에서 연속성이 강한 영상들은 각각 0.224

<표 1> 8x8 상위블록에서의 여러 가지 주소 문턱값에 대한 비트율

<Table 1> The bit rate in various address threshold value with 8x8 higher block.

LENA		BOAT		PEPPER		LADY	
주소 문턱값	비트율 (bpp)	주소 문턱값	비트율 (bpp)	주소 문턱값	비트율 (bpp)	주소 문턱값	비트율 (bpp)
1	0.239	1	0.242	1	0.224	1	0.217
3	0.242	3	0.247	3	0.224	3	0.229
7	0.258	7	0.263	7	0.244	7	0.252
15	0.289	15	0.294	15	0.282	15	0.294

<표 2> 16x16 상위블록에서의 여러 가지 주소 문턱값에 대한 비트율

<Table 2> The bit rate in various address threshold value with 16x16 higher block.

LENA		BOAT		PEPPER		LADY	
주소 문턱값	비트율 (bpp)	주소 문턱값	비트율 (bpp)	주소 문턱값	비트율 (bpp)	주소 문턱값	비트율 (bpp)
1	0.237	1	0.239	1	0.220	1	0.215
3	0.239	3	0.244	3	0.219	3	0.226
7	0.254	7	0.260	7	0.238	7	0.247
15	0.282	15	0.289	15	0.275	15	0.279

<표 3> 8x8 상위블록에서 주소 문턱값이 1일 때, 입력 영상에 따른 각 경우에 대한 백분율

<Table 3> Percentage of each case of input image in 8x8 higher block. (address threshold value = 1)

cases Images	case 1	case 2	case 3	case 4	case 5
LENA	10.815%	14.282%	15.698%	16.088%	43.117%
BOAT	10.962%	15.014%	16.187%	14.941%	42.896%
PEPPER	6.616%	13.354%	15.674%	20.361%	43.995%
LADY	9.204%	12.744%	12.598%	14.990%	50.464%

[bpp]와 0.217 [bpp]의 비트율을 가짐으로써 일반적인 벡터 양자화 방법보다 비트율이 약 50% 감소를 가지며, LENA 영상과 BOAT 영상과 같이 영상내에서 급격한 변화가 많은 영상들은 각각 0.239 [bpp]와 0.242 [bpp]의 비트율을 가짐으로써 일반적인 벡터 양자화

방법보다 비트율이 약 45% 감소를 가지는 것을 실험을 통하여 확인하였다. (그림 4)와 (그림 5)는 각각 영상 내에서 연속성이 강한 영상들과 영상 내에서 급격한 변화가 많은 영상들에 대한 원영상과 제안한 방법에 의한 복원영상을 나타내었다.

향후 연구 과제로서는 부호화시와 복호화시 한 개의 입력블록에 대하여 부호책의 크기 만큼 사이드 매치 오차를 구하여야 하고, 부호책을 재정렬해야하는 계산의 감소와 부호화될 현재 블록의 보다 더 정확한 예측 방법의 연구가 필요하다.



(a)

(b)



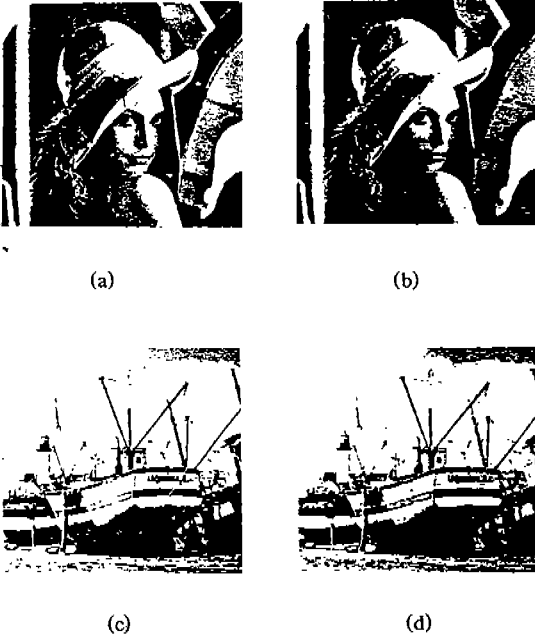
(c)

(d)

(그림 4) 실험 영상의 비교

- (a) PEPPER 원영상
  - (b) PEPPER 복원영상(0.224 [bpp], PSNR = 29.3 [dB])
  - (c) LADY 원영상
  - (d) LADY 복원영상(0.217 [bpp], PSNR = 31.0 [dB])
- (Fig. 4) Comparison of Test Images.
- (a) PEPPER Original Image
  - (b) PEPPER Reconstructed Image(0.224 [bpp], PSNR = 29.3 [dB])
  - (c) LADY Original Image
  - (d) LADY Reconstructed Image(0.217 [bpp], PSNR = 31.0 [dB])





(그림 5) 실험 영상의 비교

(a) LENA 원영상

(b) LENA 복원영상(0.239 [bpp], PSNR = 30.2 [dB])

(c) BOAT 원영상

(d) BOAT 복원영상(0.242 [bpp], PSNR = 28.2 [dB])

(Fig. 5) Comparison of Test Images.

(a) LENA Original Image

(b) LENA Reconstructed Image(0.239 [bpp], PSNR = 30.2 [dB])

(c) BOAT Original Image

(d) BOAT Reconstructed Image(0.242 [bpp], PSNR = 28.2 [dB])

### 5. 결 론

본 논문에서는 부호책 내의 부호벡터들을 재정렬하여, 입력블록의 부호벡터 주소를 새로운 주소로 사상하는 주소 변환 함수를 이용하여 비트율을 효율적으로 감소시킨 벡터 양자화 방법을 제안한다. 제안한 방법에서는 부호화할 입력블록에 인접한 이미 부호화된 인접블록들과 부호책의 부호벡터와의 사이드 매치 오차가 작은 순으로 부호책을 재정렬하고, 재정렬된 부호책에서 부호화할 입력블록에 대한 부호벡터 주소는 주소 문턱값 이하인 낮은 주소로 사상될 확률이 높은 특성을 이용하여 비트율을 효율적으로

감소 하였다. 또한 재정렬된 부호책에서 주소 문턱값 이하인 낮은 주소로의 사상이 불가능한 경우에는, 일반 벡터 양자화의 방법과 동일하게 재정렬되지 않은 부호책의 부호벡터 주소를 부호화함으로써 벡터 양자화 주소의 손실이 없으므로 복원영상의 화질은 일반 벡터 양자화 방법과 동일하다. 또한, 제안한 방법에서는 재정렬된 부호책에서 주소 문턱값 이하인 낮은 주소로 묶이는 입력블록들의 부호책의 부호벡터 주소들을 묶어 부호화함으로써 부호화 효율을 더 높였다. 실험 결과로부터 영상 내의 연속성이 높은 영상에서는 비트율의 많은 감소를 나타내었으며 일반 벡터 양자화방법과 비교시 비트율이 약 45~50% 감소함을 확인하였다.

### 참 고 문 헌

- [1] R. M. Gray, "Vector Quantization," IEEE ASSP Mag., pp. 4-29, Apr. 1984.
- [2] A. Gersho and R. M. Gray, Vector Quantization and Signal Compression, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [3] A. Aravind and A. Gersho, "Low-rate image coding with finite state vector quantization," IEEE proc. Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing, pp. 137-140, Mar. 1986.
- [4] N. M. Nasrabadi and R. A. King, "Image coding using vector quantization: A review," IEEE Trans. Commun., vol. 36, pp. 957-971, Aug. 1988.
- [5] N. M. Nasrabadi, Y. Feng, "Image compression using address-vector quantization," IEEE Trans. Commun., COM-38, pp. 2166-2173, Dec. 1990.
- [6] T. Kim, "Side match and overlap match vector quantizers for images," IEEE Trans. IP, vol. 1, no. 2, pp. 170-185, Apr. 1992.
- [7] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Classified vector quantization of images," IEEE Trans. Commun., vol. COM-34, pp. 1105-11115, Nov. 1986.
- [8] R. L. Baker and R. M. Gray, "Image compression using non-adaptive spatial vector quantization," in Conf. Rec. Sixteenth Asilomar Conf. Circuits, Syst., Comput., vol. 1, pp. 55-61, Oct. 1982.

- [9] R. L. Baker, "Vector quantization of digital images," Ph. D. dissertation, Stanford Univ., June 1984.
- [10] H. H. Hang and B. G. Haskell, "Interpolative vector quantization of color images," IEEE Trans. Commun., vol. 36, pp. 456-470, Apr. 1988.
- [11] T. Saito, H. Takeo, K. Aizawa, H. Harashima, and H. Mikakawa, "Adaptive discrete cosine transform image coding using gain/shape vector quantizers," in Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, Signal Processing, pp. 129-132, Mar. 1986.
- [12] N. M. Nasrabadi, S. E. Lin, and Y. Feng, "Interframe hierarchial vector quantization," Opt. Eng., vol. 28, no. 7, pp. 717-725, July 1989.



**배 성 호**

1991년 2월 경북대학교 전자공학과(학사)  
 1993년 2월 경북대학교 전자공학과(석사)  
 1993년 3월~현재 경북대학교 전자공학과 박사과정  
 관심분야: 영상처리, 컴퓨터 비전



**박 길 흠**

1982년 2월: 경북대학교 전자공학과 공학사  
 1984년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사  
 1990년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1984년 3월~현재 경북대학교 전자전기 공학부 부교수  
 관심분야: 영상신호처리, 컴퓨터 그래픽스



**서 대 화**

1981년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)  
 1983년 한국과학기술원 전산학과(석사)  
 1993년 한국과학기술원 전산학과(박사)  
 1981년~1995년 한국전자통신연구소 시스템 S/W 연구실 실장

1995년~현재 경북대학교 전자·전기공학부 조교수  
 관심분야: 병렬/분산 컴퓨터 구조, 병렬운영체제, 멀티미디어 서버