

論文98-35S-6-15

영상 압축을 위한 혼합형 구조를 이용한 변형된 다단계 벡터 양자화기

(A Modified Multistage Vector Quantizer Using a Hybrid Structure for Image Compression)

李相雲*, 李斗秀*, 林寅七*

(Sang-Un Lee, Doo-Soo Lee, and In-Chil Lim)

요 약

본 논문에서는 혼합형 구조를 이용한 새로운 MVQ(Multistage Vector Quantizer)를 제안한다. 기존의 MVQ는 입력 신호에 대하여 모든 단의 양자화기가 부호화를 수행한 반면에 본 논문에서는 선택적으로 동작하도록 설계한다. 제안한 양자화기의 첫 번째 단은 FSVQ로 구성하고 두 번째 단은 일반 VQ(Vector Quantizer)로 구성된 혼합형 구조이다. 입력 블록은 우선 첫 번째 단의 FSVQ를 이용하여 부호화 한다. 이때 원 신호와 상태 부호책에서 선택된 부호 벡터 사이의 유클리디안 왜곡량이 미리 설정한 임계값보다 작으면 두 번째 단의 양자화기를 이용하지 않고, 유클리디안 왜곡량이 미리 설정한 임계값보다 클 경우는 두 번째 단의 일반 VQ도 이용하여 영상을 부호화 한다. 기존의 MVQ는 일반 VQ와 비교하였을 때 부호화 복잡도가 낮다는 장점이 있는 반면 화질이 저하되고 비트율 감소 효과는 없는 반면에 제안한 방법은 비트율을 감소시킬 뿐 만 아니라, 화질상의 개선도 얻을 수 있다.

Abstract

This paper proposes a new MVQ(Multistage Vector Quantizer) using a hybrid structure. While in a conventional MVQ, the quantizers of all stages perform the encoding procedure for input signals, we introduce a quantizer that performs selectively. The proposed quantizer with a hybrid structure is composed of a FSVQ(Finite-State Vector Quantizer) for the first stage and a ordinary VQ(Vector Quantizer) for the second stage. A input block is firstly encoded by the FSVQ of the first stage. If the Euclidean distortion measure between original signals and the codevector selected from the state codebook of the FSVQ is less than a prespecified value, only the FSVQ is used for image coding. Otherwise, both the FSVQ of the first stage and the ordinary VQ of the second stage are used for image coding. While the conventional MVQ has an advantage that can achieve low encoding complexity in comparison to the ordinary VQ, but has a disadvantage that is suboptimal with respect to the performance measure and can not achieve the bit rate reduction, the proposed method achieve not only the bit rate reduction but also the performance improvement.

I. 서 론

VQ^[1-2] 기법은 낮은 비트율을 요구하는 영상 압축

에서는 다른 어떤 부호화 방법보다 더 좋은 성능을 나타내는 효율적인 압축 기술이다. VQ는 복호기의 연산이 단순히 TLU(Table-LookUp)연산에 의해 영상을 재구성하기 때문에 자료 보관이나 일 대 다 통신 등에 매우 유용하다.

* 正會員, 漢陽大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Engineering, Hanyang Univ.)

接受日字: 1997年10月9日, 수정완료일: 1998年6月3日

그러나 VQ를 이용하여 영상을 부호화할 경우 큰 단일 부호책을 이용하여 영상을 부호화 하기 때문에

부호화 복잡도가 높다는 단점이 있다. 그리고 입력 블럭의 크기를 증가시키면 압축율을 높일 수 있으나 블럭의 크기는 계산 복잡도와 메모리 요구 량에 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 블럭을 무조건 크게 하여 처리할 수 없다는 문제점이 있다. 왜냐하면 비트율 R 은 블럭의 크기가 증가하면 부호화 과정의 계산 복잡도가 지수 함수적으로 증가하기 때문에 블럭의 크기는 작게(일반적으로 4×4 의 크기) 유지된다.

이와 같이 블럭의 크기를 작게 유지하여 영상을 부호화할 경우 각 블럭간에 높은 상관 관계가 존재하지만 일반 VQ는 각 블럭들을 독립적으로 처리하기 때문에 인접 블럭간에 존재하는 상관 관계를 이용하지 못한다는 단점이 있다. 위와 같은 문제들을 해결하기 위하여 MVQ^[1,13]와 FSVQ^[3-10] 등이 제안되었다.

MVQ는 전체 부호책을 구성하는데 필요한 Rk 비트를 각 단 $i, i \in \{1, \dots, L\}$ 이고 $\sum_{i=1}^L b_i = Rk$ 에 b_i 비트씩 할당하고 각 단은 k 차원을 가진 2^{b_i} 개의 부호 벡터를 가진 부호책을 가지고 있다. 입력 블럭 X 의 재구성된 값 \bar{X} 는 각 단 i 의 부호책에서 선택된 부호 벡터 \bar{y}_i 의 합, $\bar{X} = \sum_{i=1}^L \bar{y}_i$ 으로 얻을 수 있다. 그러므로 일반 VQ는 부호화 복잡도가 $\prod_{i=1}^L 2^{b_i}$ 인 반면에 MVQ는 $\sum_{i=1}^L 2^{b_i}$ 로 나타나기 때문에 일반 VQ에 비해 복잡도가 낮다는 장점이 있다. 그러나 MVQ는 각 단에 대하여 독립적으로 연속적인 탐색을 수행하여 영상을 부호화 하기 때문에 동일한 비트율을 가질 때 일반 VQ에 비해 화질이 떨어진다.

FSVQ는 비트율과 계산 복잡도의 감소를 위해 블럭 내의 인접 화소간의 상관 관계뿐만 아니라, 인접 블럭간의 상관 관계도 이용하여 영상을 부호화 한다. FSVQ는 입력 블럭에 인접한 미리 부호화된 블럭들의 상태와 부호 벡터를 이용하여 현재 입력 블럭에 대한 상태를 예측한 후, 예측된 상태에 대한 부호책을 대부호책(super codebook)으로부터 부호 벡터들을 선택하여 작성한다. 이때 작성된 부호책을 상태 부호책(state codebook)이라 한다. FSVQ를 이용하여 부호화할 경우 대부호책의 부호 벡터를 탐색하는 것이 아니라 선택된 상태 부호책만 탐색하고 상태에 대한 정보는 복호기에 전송해 줄 필요가 없기 때문에 계산 복잡도와 비트율을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 어떤 경우에는 입력 블럭의 상태를 잘못 예측하여 최적의 부호 벡터가 작성된 상태 부호책에 존재하지 않는

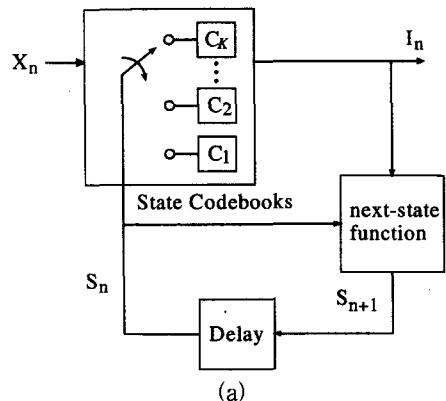
경우도 존재할 수 있다. 이러한 경우가 발생하면 최적의 부호 벡터를 선택하지 못할 뿐만 아니라, 이 잘못 예측된 상태는 다음 블럭의 상태를 예측할 때 사용되기 때문에 상태 오류가 다음 블럭까지 전이 된다는 문제점이 있다.

위에서 언급한 MVQ와 FSVQ의 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 새로운 MVQ 기법을 제안한다. 제안한 방법은 혼합형 구조를 갖는 변형된 다단계 양자화기로서 기존의 MVQ는 입력 블럭에 대하여 모든 단의 양자화기가 동작하여 양자화를 수행한 반면 본 논문에서는 선택적으로 동작하도록 설계하였다. 입력 블럭을 우선 첫 번째 단의 FSVQ를 이용하여 부호화 한다. 만약 원 신호와 선택된 부호 벡터 사이의 유클리디안 왜곡량(Euclidean distortion measure)이 미리 설정한 임계값보다 작으면 입력 블럭에 대한 상태를 정확히 예측하였다고 간주하여 양자화 과정을 종료하고 선택한 부호 벡터의 인덱스를 복호기에 전송하고 다음 입력 블럭을 받아들인다. 그러나 주어진 임계값을 초과하였을 경우는 상태 오류가 발생한 경우로서 입력 블럭과 상태 부호책에서 선택된 부호 벡터 사이의 차를 구한 후, 이 차신호에 대하여 두 번째 단의 일반 VQ를 이용하여 양자화 과정을 수행한다. 제안한 방법은 입력 블럭의 상태를 잘못 결정하였을 경우 이를 정정하여 올바른 부호 벡터를 선택 할 수 있도록 함으로써 부호화된 영상의 화질을 개선한다.

II. 기존에 제안된 양자화 기법

1. FSVQ

FSVQ^[3]는 일반 VQ와 같이 부호기와 복호기로 구성되고 구조는 그림 1과 같다.



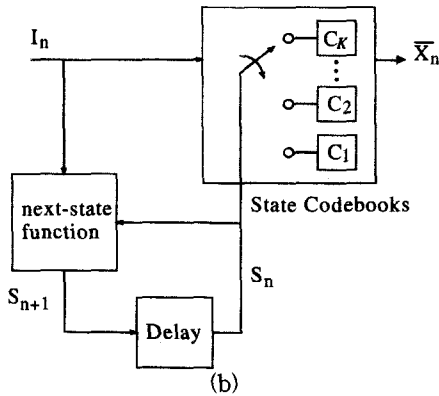


그림 1. FSVQ의 블럭도
(a)부호기 (b) 복호기
Fig. 1. Block diagram of FSVQ.
(a) Encoder (b) Decoder

입력 블럭 X_n 에 대한 부호화 과정을 수행하기 위하여 부호기는 대부호책을 탐색하는 것이 아니라 입력 블럭 X_n 에 대한 현재 상태 S_n 의 상태 부호책 C_n 에 대하여만 탐색한다는 것만 제외하고 일반 VQ와 동일하다. 입력 블럭 X_n 에 대한 상태 S_n 은 미리 부호화된 인접 블럭의 부호 벡터와 상태에 의해 결정된다. 입력 블럭 X_n 에 대한 상태가 결정되면 결정된 상태 S_n 의 상태 부호책에서 최적의 부호 벡터를 선택하여 부호화 한다.

부호기는 다음과 같이 입력 블럭 X_n 을 인덱스 I_n 으로 바꾸어 주는 사상 E 로 간주할 수 있다.

$$I_n = E(X_n, S_n) \quad (1)$$

위 식에서 S_n 은 입력 블럭 X_n 에 대응하는 상태 즉, 현재 상태를 나타내며 현재 상태는 다음 상태 함수 F 에 의해 이전에 부호화된 인접 블럭의 인덱스 I_{n-1} 와 이에 대한 상태 S_{n-1} 를 이용하여 다음과 같이 결정된다.

$$S_n = F(I_{n-1}, S_{n-1}) \quad (2)$$

복호기 D 는 부호기에서 사용된 부호책과 동일한 부호책을 가지며, 동일한 다음 상태 함수를 이용하기 때문에 부호기와 동일한 상태를 유지한다. 복호기는 우선 복호화 하고자 하는 블럭에 대한 인덱스를 수신하면 미리 부호화된 인접 블럭들로부터 현재 입력되는 인덱스의 상태를 결정한 후, 결정된 상태의 상태 부호책에서 일반 VQ와 같은 TLU연산에 의해 부호 벡터

를 추출하여 영상을 재구성한다.

복호기에 의해 재구성된 값 \bar{X}_n 은 다음과 같은 사상 D 로 간주한다.

$$\bar{X}_n = D(I_n, S_n) \quad (3)$$

위 식에서 I_n 은 부호기에서 전달된 인덱스를 나타내고 S_n 은 복호화 하고자 하는 블럭 X_n 의 상태를 나타낸다.

이와 같이 FSVQ는 각 상태를 이전에 부호화된 인접 블럭들을 이용하여 결정하기 때문에 입력 블럭의 상태에 대한 정보를 복호기에 송신할 필요가 없고 각 입력 블럭을 부호화 하기 위해 대부호책을 탐색하는 대신 입력 블럭의 상태에 대한 상태 부호책만 탐색하기 때문에 비트율과 탐색 시간을 감소시킬 수 있다는 장점이 있다. 그러나 FSVQ는 상태에 대한 오류가 발생하면 재구성된 영상의 화질이 낮고 이 오류 상태가 다음 블럭의 상태를 결정하는데 이용되기 때문에 오류 상태가 다음 블럭에까지 천이 된다는 문제가 있다.

2. MVQ

2단으로 구성된 MVQ^[1,13]의 기본 구조는 그림 2와 같다. 첫 번째 단의 양자화기 Q_1 의 부호책 Y 와 두 번째 단의 양자화기 Q_2 의 부호책 Z 은 서로 다른 부호책을 이용한다. 입력 블럭 X_n 은 우선 첫 번째 단의 양자화기 Q_1 의 부호책 Y 에 의해 부호 벡터 $\bar{y}_1 = Q_1(X_n)$ 으로 양자화 된다. 여기서 $Q_1(\cdot)$ 은 i -번째 단의 양자화 연산을 의미한다. 차신호 E_1 은 X_n 에서 \bar{y}_1 을 뺀으로써 형성된다. 그리고 E_1 은 두 번째 단의 양자화기 Q_2 에 의해 양자화 된다.

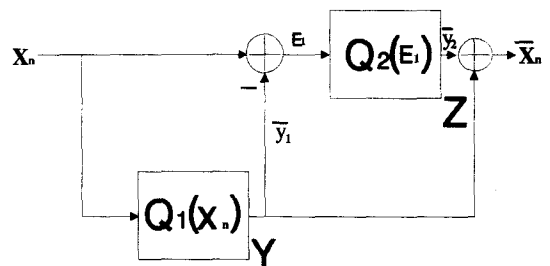


그림 2. 2단으로 구성된 MVQ
Fig. 2. MVQ with two stages.

복호기는 각 단에서 선택된 부호 벡터들의 인덱스를 수신하여 그 인덱스에 대한 부호 벡터들을 추출한 후,

각 부호 벡터를 합하여 영상을 재구성한다. 두 번째 단의 양자화기의 부호책 Z는 원 신호 X_n 과 첫 번째 단에서 선택된 부호 벡터 \bar{y}_1 의 차를 혼련 벡터로 하여 작성한 것으로 첫 번째 단의 양자화 과정중 잃은 정보를 보상해 준다는 기능이 있다.

Ⅲ. 혼합형 구조를 이용한 영상 압축 알고리즘

1. 제안한 양자화기의 구조

본 논문에서는 효율적인 영상 압축을 위한 혼합형 구조를 갖은 새로운 MVQ를 제안한다. 제안한 부호기의 구조는 그림 3와 같다.

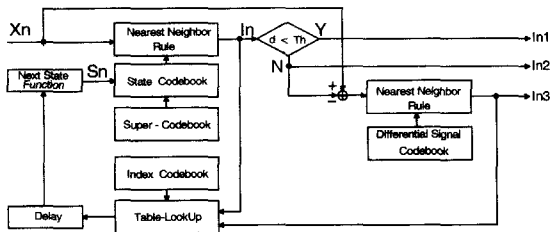


그림 3. 제안한 양자화기의 부호기
Fig. 3. Encoder of the proposed quantizer.

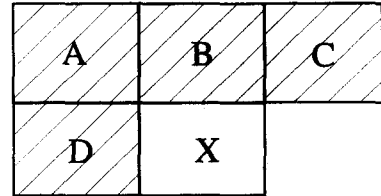
제안한 부호기는 MVQ를 선택적으로 동작할 수 있도록 설계한 변형한 구조로써 첫 번째 단은 FSVQ로 구성하고 두 번째 단은 일반 VQ로 구성된 혼합형 구조이다. 첫 번째 단의 각 입력 블록 X_n 의 상태에 대한 상태 부호책은 미리 작성한 대부호책에서 일정한 개수의 부호 벡터를 선택하여 구성한다. 대부호책에서 부호 벡터들을 선택하는 방법은 조건부 히스토그램 기술^[7-8]을 이용하여 각 부호 벡터들에 대한 스코어 함수(score function) $s(I_n)$ 의 값에 기초하여 스코어 값의 크기가 큰 부호 벡터들을 크기순으로 일정한 개수를 선택하여 입력 블록에 대한 상태 부호책을 구성한다.

각 부호 벡터에 대한 스코어 함수는 다음과 같은 식에 의해 결정한다.^[7-8]

$$s(I_n) = \prod_{i=A}^D P(I_n | I_i) \quad (4)$$

위 식에서 I_n 은 대부호책의 부호 벡터들의 각 인덱스를 나타내고 I_i 은 $i = A, B, C, D$ 일 경우 그림 4

에서 나타난 것과 같이 현재 부호화 하고자 하는 입력 블록 X_n 에 대한 이전에 부호화된 인접 블록들에 대한 부호 벡터의 인덱스를 나타낸다. 즉 스코어 값은 대부호책의 각 부호 벡터들간의 상관 관계를 나타낸 것으로 상관 관계가 큰 부호 벡터를 선택하여 상태 부호책을 구성한다.



▨ : Previously encoded blocks
□ : A current input block

그림 4. 입력 블록 X에 대한 네 개의 인접 블록
Fig. 4. Four adjacent blocks of the input block X.

입력 블록은 식 (4)를 이용하여 계산한 스코어 값이 큰 일정한 개수의 부호 벡터들을 대부호책에서 선택하여 구성된 상태 부호책에서 입력 블록을 대표할 수 있는 최적의 부호 벡터를 유클리디안 왜곡량(d)이 최소인 부호 벡터를 선택하고 이를 나타내는 인덱스를 부호기에 전송한다. 이때 입력 블록과 선택된 부호 벡터간의 유클리디안 왜곡량이 미리 설정해 둔 임계값 (Th)보다 클 경우, 입력 블록에 대한 상태를 잘못 결정한 것으로 간주하여 선택된 부호 벡터를 보낼 때 플래그 비트(flag bit)를 '1'로 하여 전송한다. 그리고 유클리디안 왜곡량이 임계값보다 작은 경우, 입력 블록에 대한 상태를 정확히 결정하였다고 간주하여 플래그 비트를 '0'으로 하여 선택된 부호 벡터의 인덱스와 같이 전송한다. 플래그 비트가 '0'인 경우는 현재 입력 블록의 상태를 정확히 선택한 경우이고 어느 정도의 화질을 보장해 주기 때문에 두 번째 단의 양자화 과정을 수행하지 않고 첫 번째 단의 FSVQ에 의해 선택된 인덱스만 수신기에 전송하고, 플래그 비트 값이 '1'인 경우는 두 번째 단의 일반 VQ를 이용하여 수행한 결과를 함께 전송한다.

두 번째 단에서는 일반 VQ를 이용하여 영상을 부호화 하는데 플래그 비트가 '1'인 경우 즉, 첫 번째 단에서 선택된 부호 벡터와 입력 블록간의 유클리디안 왜곡량이 임계값을 초과한 경우로써 현재 입력 블록에

대한 상태를 잘못 결정할 경우에만 적용한다. 두 번째 단의 입력은 그림 3에서 나타낸 것과 같이 입력 블럭과 첫 번째 단인 FSVQ에서 선택된 부호 벡터 사이의 차신호를 입력으로 벡터 양자화 과정을 수행한다. 이때 사용하는 부호책은 FSVQ단에서 사용된 대부호책과는 다른 부호책으로써 차신호 부호책이라 한다.

차신호 부호책은 MVQ의 두 번째 단 부호책 작성과 유사하게 입력 블럭을 FSVQ를 이용하여 부호화하는 과정에서 입력 블럭에 대하여 상태 결정을 잘못하였을 경우, 상태 부호책에서 선택된 부호 벡터와 입력 블럭 사이의 차신호들을 훈련 벡터로 이용하여 작성한 부호책으로써 에지의 영역에 대하여 좀 더 잘 표현해 줄 수 있다. 왜냐하면 첫 번째 단에서 사용한 부호책은 영상의 특징들을 고려하지 않고 단순히 유클리디안 왜곡률을 기준으로 작성하였기 때문에 에지 부분을 제대로 표현해 줄 수 없으나, 두 번째 단의 부호책은 첫 번째 단의 부호책과는 다르게 원 신호와 첫 번째 단의 FSVQ에 의해 선택된 부호 벡터 사이의 차신호를 이용하여 작성하였기 때문에 첫 번째 단에서 잃은 정보들을 보상에 준다는 기능이 내포하고 있기 때문이다. 또한, 차신호 부호책은 대부호책보다 작은 크기로 유지할 수 있어 부호 벡터를 탐색하는데 소요되는 검색 시간을 감소시킬 수 있다.

그림 3에서 나타낸 인덱스 부호책(index codebook)은 FSVQ가 입력 블럭에 대한 상태를 잘못 결정하였을 경우, FSVQ와 일반 VQ의 출력 결과를 이용하여 입력 블럭에 대해 대부호책의 올바른 부호 벡터로 정정해 주는 기능을 한다. 인덱스 부호책의 작성은 FSVQ단의 대부호책과 일반 VQ단의 차신호 부호책의 각 부호 벡터의 합이 대부호책의 어떤 부호 벡터와 가장 유사한지를 미리 계산하여 기록한 것으로써 단순히 TLU 연산에 의해 대부호책의 올바른 부호 벡터로 정정해 줌으로써 현재 오류 상태를 정정해 줄 뿐만 아니라 오류 상태가 다음 블럭에 전이되지 않도록 한다. 그림 3에서 나타낸 전송하는 인덱스 I_1 은 상태를 제대로 결정하였을 때는 플래그 비트 값이 '0', I_2 는 플래그 비트 값이 '1'인 FSVQ에 의해 선택된 부호 벡터의 인덱스이고 I_3 는 차신호 부호책에서 선택된 부호 벡터의 인덱스를 나타낸다.

본 논문에서 제안한 복호기의 구조는 그림 5와 같다. 복호기는 일반적인 VQ와 마찬가지로 부호기로부터 전송된 인덱스를 TLU 연산에 의해 대응하는 부호

벡터를 추출하여 영상을 재구성한다. 제안한 복호기의 구조는 FSVQ 단에 대한 복호기와 일반 VQ에 대한 복호기로 구성되었다. 부호기에서 인덱스가 전송되면 우선 플래그 비트를 살펴보고 만약 플래그 비트가 '0'일 경우는 FSVQ에 대한 복호기만 이용하고, 플래그 비트가 '1'일 경우는 FSVQ와 일반 VQ를 이용하여 영상을 재구성한다.

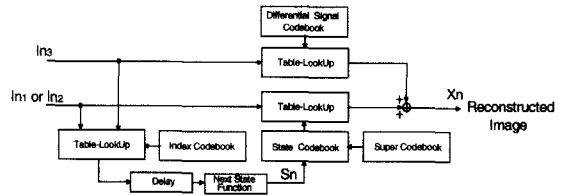


그림 5. 제안한 양자화의 복호기
Fig. 5. Decoder of the proposed quantizer.

FSVQ에 대한 복호기의 동작은 다음과 같다. 인덱스가 전송되면 부호기와 동일하게 식 (4)를 이용하여 미리 부호화된 인접 블럭들을 이용하여 상태 부호책을 작성한 후, 작성된 상태 부호책에서 전송된 인덱스에 대응하는 부호 벡터를 선택하여 영상을 재구성하는 것으로 일반 VQ와 동일하게 TLU연산에 의해 동작한다. FSVQ단에 대한 부호기와 복호기의 동일한 동작을 보장하기 위해서는 항상 같은 부호 벡터들로 구성된 상태 부호책을 작성하는 것이 중요한데 이것은 동일한 스코어 값 계산 절차를 사용함으로써 자동적으로 성취된다.

2. 제안한 영상 압축 알고리즘의 절차

본 논문에서 제안한 적응 영상 압축 알고리즘의 부호화 절차는 다음과 같다.

단계 1 : 입력 블럭 X_n 을 수신.

단계 2 : 대부호책에서 식 (4)를 이용하여 입력 블럭 X_n 에 대한 상태 부호책 작성.

단계 3 : 상태 부호책에서 X_n 의 부호 벡터 \overline{X}_n 선택. 만약 $d(X_n, \overline{X}_n) < Th$ 이면, 플래그 비트를 '0'으로 하여 선택된 부호 벡터의 인덱스를 복호기에 전송한 후 단계 5로 이동.

단계 4 : 만약 $d(X_n, \overline{X}_n) \geq Th$ 이면, 플래그 비트를 '1'로 하여 상태 부호책에서 선택한 인덱스를 복호기에 전송한 후, 입력 블럭

X_n 과 상태 부호책에서 선택한 부호 벡터 \overline{X}_n 사이의 차를 일반 VQ단의 입력으로 하여 차신호 부호책에서 최적의 부호 벡터를 선택한 후 복호기에 전송.

단계 5 : 다른 부호화할 입력 블록이 있으면 단계 1로 이동.

여기서 Th 는 미리 설정한 임계값을 나타내고, $d(X_n, \overline{X}_n)$ 는 유클리디안 왜곡량을 나타내는 것으로 다음과 같이 정의된다.

$$d(X_n, \overline{X}_n) = \|X_n - \overline{X}_n\|^2 = \sum_{i=0}^{N-1} (X_{ni} - \overline{X}_{ni})^2 \quad (5)$$

제한한 복호화 알고리즘의 절차는 다음과 같다.

단계 1 : 복호화될 블록 X_n 에 대한 인덱스 I_n 수신.

단계 2 : 대부호책에서 식 (4)를 이용하여 복호화할 블록 X_n 에 대한 상태 부호책 작성.

단계 3 : 송신기에서 전송된 인덱스의 플래그 비트가 '0'이면 단계 2에서 작성한 상태 부호책만을 이용하여 전송된 인덱스에 대응하는 부호 벡터를 상태 부호책에서 선택하여 영상을 재구성한 후, 단계 5로 이동.

단계 4 : 만약 전송된 인덱스의 플래그 비트가 '1'이면 단계 2에서 작성한 상태 부호책에서 전송된 인덱스에 대응하는 부호 벡터를 선택하고, 다음에 송신되는 인덱스는 차신호 부호책에 대한 인덱스로써 차신호 부호책을 탐색하여 대응되는 부호 벡터를 선택한 후, 두 부호 벡터의 합으로 영상을 재구성.

단계 5 : 만약 재구성할 영상이 존재하면 단계 1로 이동.

본 논문에서 제안된 MVQ는 첫 번째 단의 FSVQ를 이용하여 부호화 과정에서 잘못 결정하였을 경우 이를 올바른 상태로 정정하여 입력 블록을 부호화 하기 때문에 좋은 화질을 얻을 수 있을 뿐만 아니라 첫 번째 단에서 어느 정도의 화질을 보장할 경우는 두 번째 단의 양자화기는 이용하지 않게 설계하였기 때문에 비트율 감축 효과도 얻을 수 있다.

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안된 영상 압축 알고리즘의 효율성을

입증하기 위하여 실제 영상 데이터를 제한한 알고리즘에 적용시켜 모의실험 하였다. 사용한 영상은 512×512 의 해상도와 256레벨의 휘도 성분을 갖은 8개의 흑백 정지 영상들을 훈련 벡터로 이용하여 LBG 알고리즘^[12]을 이용하여 대부호책과 차신호 부호책을 작성하였고, 부호책 작성에 사용하지 않은 512×512 의 해상도와 256 레벨의 휘도 성분을 갖은 LENNA와 AIR 영상을 제한한 알고리즘에 적용시켜 제안된 알고리즘의 효율성을 입증하였다. 그림 6은 모의 실험에 이용한 LENNA와 AIR의 원 영상들이다.

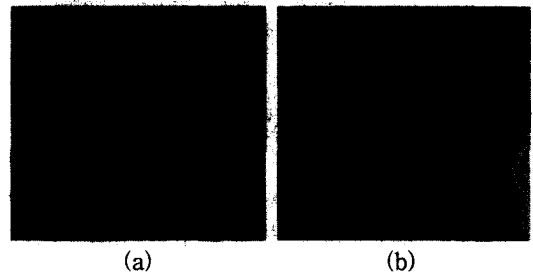


그림 6. (a) LENNA의 원 영상 (b) AIR의 원 영상
Fig. 6. (a) Original image "LENNA"(b) Original image "AIR".

블록의 크기는 4×4 로 하였고 성능 평가를 위하여 일반 VQ^[12], MVQ^[1,13], N. M. Nasrabadi가 제안한 적응 FSVQ^[8]와 본 논문에서 제안한 알고리즘과 비교하였으며 각 방식간의 평가 요인으로써 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)와 비트율을 이용하였다.

PSNR은 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \log(255^2 / MSE) \quad (6)$$

여기서 $x(i, j)$ 는 원 영상이고, $\hat{x}(i, j)$ 는 재구성된 영상이고 H와 V는 원 영상의 수평, 수직 해상도를 나타낸다고 하였을 때, MSE는 다음과 같다.

$$MSE = \frac{1}{H \times V} \sum_{i=0}^{H-1} \sum_{j=0}^{V-1} (x(i, j) - \hat{x}(i, j))^2 \quad (7)$$

비트율은 다음과 같이 계산된다. P를 상태 적응률 즉, 현재 입력 블록에 대한 상태를 FSVQ의 다음 상태 함수가 정확히 예측한 경우, M을 대부호책의 크기, N을 상태 부호책의 크기, C를 차신호 부호책의 크기, k를 입력 블록의 크기라고 할 때, 일반 VQ의 비트율 R은 대부호책의 크기에 의해서만 결정되고 비트율 R은

$$R = \frac{\log_2 M}{k} \text{bpp(bits per pixel)} \quad (8)$$

이고, MVQ는 일반 VQ와 동일한 비트율을 의지하도록 설계하였고, N. M. Nasrabadi가 제안한 적응 FSVQ의 비트율은 상태 적응률, 상태 부호책의 크기 그리고 대부호책의 크기에 의해 결정되며 비트율 R 값은

$$R = \frac{P \times (\log_2 N) + (1-P) \times (\log_2 N + \log_2 M)}{k} \text{bpp} \quad (9)$$

이다. 여기서 상태를 적응시키지 못한 경우의 비트율이 $\log_2 N + \log_2 M$ 인 이유는 상태 부호책을 작성할 때 상태 부호책의 마지막 부호 벡터를 상태를 적응시키지 못한 경우를 나타내는 부호 벡터로 사용하기 때문에 대부호책의 부호 벡터와 상태 부호책의 부호 벡터 둘 다를 요구한다.

마지막으로 본 논문에서 제안한 적응 영상 압축 알고리즘의 비트율 R은 상태 적응률, 상태 부호책의 크기 그리고 차신호 부호책에 의해 결정되며 이 값은

$$R = \frac{P \times (\log_2 M) + (1-P) \times (\log_2 N + \log_2 C) + 1}{k} \text{bpp} \quad (10)$$

이다. 여기서 상태를 적응시키지 못한 경우, 본 논문에서 제안한 방법은 상태 부호책에서 선택된 부호 벡터와 차신호 부호책에서 선택된 부호 벡터 둘 다를 요구하기 때문에 상태 부호책의 부호 벡터를 나타내는 인덱스 $\log_2 N$ 과 차신호 부호책의 부호 벡터를 나타내는 인덱스 $\log_2 C$ 가 요구되고, '1'을 더해 준 이유는 본 논문에서 제안된 알고리즘은 부가 비트 한 개를 사용하여 상태 적응 여부를 나타내기 때문이다.

본 논문에서 제안된 방법과 기존의 N. M. Nasrabadi의 방법을 비교하기 위해 대부호책의 크기는 256, 상태 부호책의 크기는 4, 8, 16, 32, 64, 차신호 부호책의 크기는 32, 64, 128, 256으로 변화시키면서 모의 실험하였다. 그리고 일반 VQ에 대하여 실험하기 위해서 부호책의 크기를 32, 64, 128, 256으로 변화시켰으며 MVQ의 경우는 첫 번째 단의 크기는 8로 고정시키고 두 번째 단의 크기는 2, 4, 8, 16, 32로 변화시키며 각 경우에 대하여 비트율과 PSNR을 구하였다. 기존의 N. M. Nasrabadi의 방법과 본 논문에서 제안된 방법을 실험하기 위해서 사용된 임계값 Th는 "Th=3000", 대부호책의 크기는 256으로 고정시킨 후에 실험하였다. 이 임계치는 모의 실험 결과를

통해 결정하였는데 너무 크게 하였을 경우는 상태 적응률은 증가하여 비트율을 감소시킬 수 있으나 화질이 떨어지고 너무 작게 한 경우는 적응률이 낮기 때문에 압축 효과가 적게 된다.

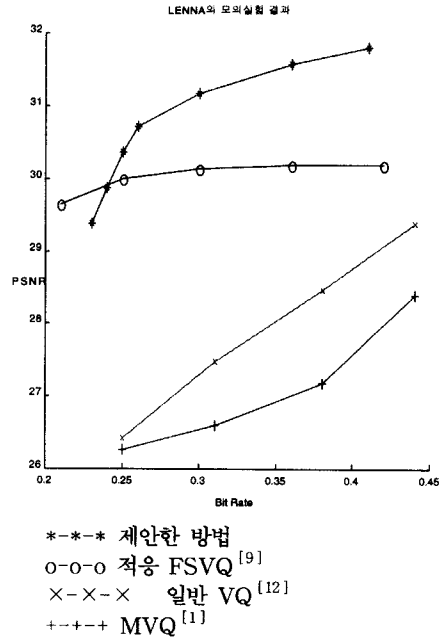


그림 7. LENA의 실험 결과
Fig. 7. Simulation result for Lenna.

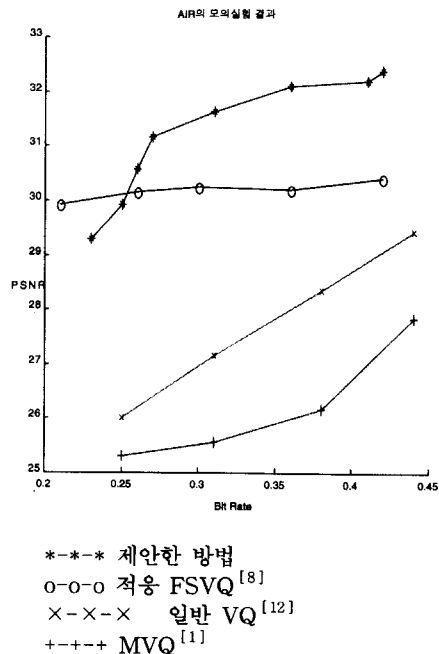


그림 8. AIR의 실험 결과
Fig. 8. Simulation result for AIR.

그림 7은 LENA 영상, 그림 8은 AIR 영상을 일반 VQ, MVQ, 기존의 N. M. Nasrabadi의 적응 FSVQ와 본 논문에서 제안된 방법에 실제로 적용시킴의 실험하여 비트율과 PSNR에 대하여 비교 평가한 결과이다. 기존의 방법은 대부호책에 화질이 종속되어 비트율이 증가하여도 일정한 값이 수렴하는 반면에 논문에서 제안된 방법은 대부호책과 차신호 부호책을 갖은 혼합형 구조이기 때문에 화질이 대부호책에 종속된다는 단점을 보완해줌으로써 화질이 비트율의 증가에 따라 많이 향상된다는 것을 알 수 있다. 그림 7, 8의 결과를 살펴보면 비트율이 낮을 때, 본 논문에서 제안된 알고리즘이 기존의 방법보다 화질이 떨어지지만 비트율이 증가됨에 따라 1dB이상의 화질 개선이 있음을 알 수 있다.

비트율이 낮은 경우에 화질이 나쁜 이유는 상태 부호책과 차신호 부호책의 크기 등에 관련이 있다. 낮은 비트율일 경우는 상태 부호책과 차신호 부호책의 크기가 작은 경우를 의미는 것으로써 상태 부호책이 적기 때문에 FSVQ를 이용하여 영상을 부호화 하면 상태의 적중률이 낮아 많은 차신호 벡터가 생성된다. 이 차신호들을 혼련 벡터로 이용하여 차신호 부호책을 생성하면 차신호 부호책이 혼련 벡터들을 제대로 표현을 해 줄 수 없기 때문에 화질이 떨어진다. 그리고 상태 부호책이 작은 경우는 상태 적중 여부를 나타내는 플래그 비트가 낮은 비트율일 경우에는 비트율에 미치는 영향이 높은 비트율일 경우에 비해 상대적으로 크다. 반대로 비트율이 높은 경우는 상태 부호책의 크기가 어느 정도 큰 경우로써 이 경우는 상태 적중률이 증가되어 차신호 벡터가 적게 생성되기 때문에 차신호 부호책이 대부호책에서 잃은 정보들을 제대로 표현해 주기 때문에 화질이 기존의 방법보다 개선된다는 것을 알 수 있다.

그림 9 (a)는 본 논문에서 제안된 방법에 의해 재구성된 영상으로 비트율은 0.36 bpp, PSNR은 31.58 dB, (b)는 기존의 적응 FSVQ에 의해 재구성된 영상으로 비트율은 0.36 bpp, PSNR은 30.18 dB, (c)는 MVQ에 의해 재구성된 영상으로 비트율은 0.38 bpp, PSNR은 27.18 dB 그리고 (d)는 d일반 VQ에 의해 재구성된 영상으로 비트율은 0.38 bpp, PSNR은 28.47 dB인 결과 영상이다.

그림 10 (a)에 나타난 검은 부분은 그림 9 (a)의 결과 영상중 첫 번째 단의 FSVQ가 상태 오류를 범

해 두 번째 단의 VQ과 같이 이용하여 영상을 부호화된 부분을 나타낸 것이고 그림 10 (b)에 나타난 검은 부분은 FSVQ가 상태 오류를 범해 그림 9 (b)영상중 대 부호책을 전 탐색에 의해 부호화된 영역을 나타낸 것이다.

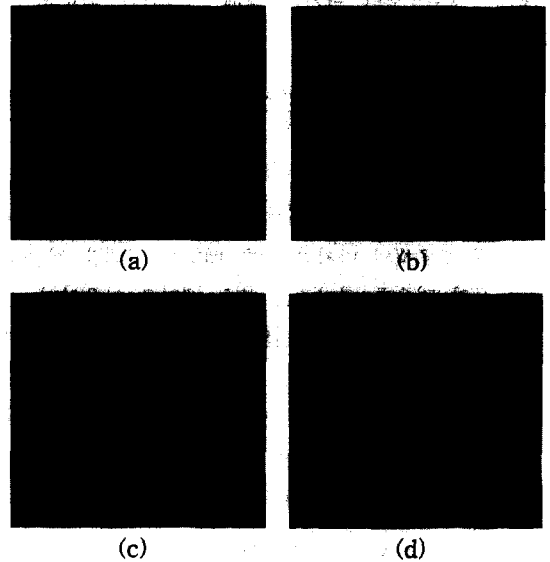


그림 9. (a) 제안한 방법에 의해 재구성된 영상 (b) 적응 FSVQ^[8]에 의해 재구성된 영상 (c) MVQ^[1]에 의해 재구성된 영상 (d) 일반 VQ^[12]에 의해 재구성된 영상

Fig. 9. (a) Reconstructed image using the proposed method (b) Reconstructed image using adaptive FSVQ^[8] (c) Reconstructed image using MVQ^[1] (d) Reconstructed image using ordinary VQ^[12].



그림 10. (a) 그림 9 (a)의 2단계 양자화에 의해 부호화된 영역 (b) 그림 9 (b)의 전 탐색에 의해 부호화된 영역

Fig. 10. (a) Encoded regions using 2-stage quantizer for Fig. 2 (a) (b) Encoded regions using full search for Fig. 2 (b).

이 영상에서 알 수 있듯이 상태 오류는 대부분 예지

영역에서 발생한다는 것을 알 수가 있다. 이렇게 에지 부분에서 상태 오류가 발생하는 원인은 앞에서 언급했듯이 일반적인 부호책 작성 알고리즘은 영상의 특징을 고려치 않고 작성하기 때문에 에지 부분을 제대로 표현을 못하고 대부호책에 에지에 대한 부호 벡터가 존재하더라도 MSE에 의한 부호 벡터 선택은 그 에지 부호 벡터로 입력 블럭이 사상된다는 것을 보장해줄 수 없기 때문이다.

이와 같이 상태 오류는 에지 부분에서 많이 발생하기 때문에 상태 오류가 발생된 부분에 대하여 차신호들을 가지고 부호책을 작성하면 에지 영역에 보상을 해주기 때문에 더 좋은 화질을 얻을 수 있게 된다는 것을 알 수 있다. 그림 11은 그림 9 (a)와 (b)의 영상을 부분 확대한 것이다. 두 그림을 비교하면 본 논문에서 제안된 방법이 기존의 적용 FSVQ보다 눈동자와 에지 영역을 더 잘 표현해준다는 것을 확인할 수 있다.

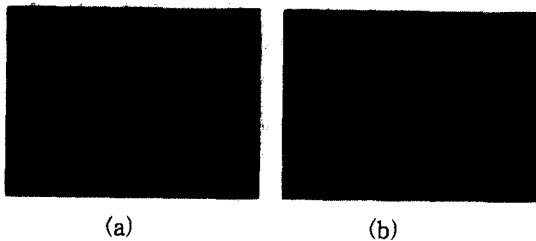


그림 11. (a) 그림 9 (a)를 확대한 영상 (b) 그림 9 (b)를 확대한 영상
Fig. 11. (a) Enlarged image for Fig. 9 (a) (b) Enlarged image for Fig. 9 (b).

V. 결 론

본 논문에서는 새로운 영상 압축 알고리즘을 제안하였다. 제안된 방법은 선택적으로 동작하는 변형된 MVQ로써 첫 번째 단은 FSVQ, 두 번째 단은 일반 VQ로 구성하였다. 우선 첫 번째 단의 FSVQ를 이용하여 입력 영상에 대한 부호화 과정을 수행중, 현재 입력 블럭에 대한 상태 결정을 잘못하였을 경우는 원 신호와 상태 부호책에서 선택된 부호 벡터 사이의 차신호를 일반 VQ를 이용하여 다시 부호화 하도록 설계하였다. FSVQ를 이용하였을 경우에 상태 오류가 발생하는 영역은 대부분 에지 영역에서 발생하기 때문에 두 번째 단의 양자화기를 이용하면 에지 영역을 잘 표현해 줄 수 있다. 왜냐하면 두 번째 단에 있는 부호

책은 첫 번째 단의 FSVQ가 상태 오류를 발생하였을 경우 원 신호와 FSVQ에 의해 선택된 부호 벡터의 차신호를 이용하여 작성한 부호책이기 때문에 전 단에서 잃은 정보는 보상해 주는 기능을 가지고 있기 때문이다. 제안된 방법은 FSVQ와 일반 VQ를 결합한 것으로 상태 결정 함수 설계가 쉽고 부호 벡터의 중복성이 없다는 기존의 N. M. Nasrabadi의 방법의 장점을 유지하면서 기존 방법의 단점인 화질이 대부호책에 의해 제한되고 에지 영역을 잘 표현해줄 수 없다는 문제점을 차신호 부호책을 적용시킴으로써 해결하였다.

향후 연구 과제로는 본 논문에서 적용한 상태 부호책 결정 방법은 각 부호 벡터의 연관성을 나타나기 위해서는 많은 양의 메모리가 요구되는데 좀더 효율적인 다음 상태 함수 알고리즘의 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] A. Gersho and R. M. Gray, *Vector Quantization and Signal Compression*. New York : Kluwer-Academic, 1991.
- [2] N. M. Nasrabadi and R. A. King, "Image Coding Using Vector Quantization : A Review." *IEEE Trans. Commun.*, vol. 36, pp. 957-971, Aug. 1988.
- [3] N. T. Garder and D. Slepian, "On Optimal Finite-State Digital Transmission System," *IEEE Trans. Infor. Theory*, vol. IT-28, pp. 167-186, Mar. 1982.
- [4] T. Kim, "Side Match and Overlap Match Vector Quantizers for Image," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 1, no. 2, pp. 170-185, Apr. 1992.
- [5] N. M. Nasrabadi and Y. Feng, "Image Compression Using Address-Vector Quantization," *IEEE Trans. Commun.*, vol. Com-38, pp. 2166-2173, Dec. 1990.
- [6] C. H. Hsieh, K. C. Chuang and J. S. Shue, "Image Compression Using Finite-State Vector Quantization with Derailment Compression," *IEEE Trans. Circuits and Syst. Vedio Technol.*, vol. 3, no. 5, Oct. 1993.
- [7] J. Forster, R. M. Gray and M. O Dunham, "Finite-State Vector Quantization for

- Waveform Coding," IEEE Trans. Inform. Theory, vol. IT-31, pp. 348-359, May 1985.
- [8] N. M. Nasrabadi, C. Y. Choo and Y. Feng, "Dynamic Finite-State Vector Quantization of Digital Image," IEEE Trans. Commun., vol. 42, no. 5, pp. 2145-2154, May 1994.
- [9] R. F. Chang and W. J. Kuo, "Two-Pass Side Match Finite-State Vector Quantization," Proc. Visual Commun. Image Processing, pp. 645-665, 1995.
- [10] N. Chaddha, S. Metrotra and R. M. Gray, "Finite State Hierarchical Table-Lookup Vector Quantization for Image," Proc. ICASSP'96, vol. 4, pp. 2024-2027, May 1996.
- [11] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Classified Vector Quantization of Image," IEEE Trans. Commun., vol. Com-34, pp. 1105-1115, Nov. 1986.
- [12] 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.
- [13] R. F. Chang, S. Gupta and A. Gersho, "Enhanced Multistage Vector Quantization by Joint Codebook Design," IEEE Trans. Commun., vol. 40, no. 11, pp. 1693-1697, Nov. 1992.

 저자 소개



李相雲(正會員)

第 34 卷 S編 第 4號 參照

1993년 3월 ~ 현재 : 한양대학교
전자공학과 박사과정. 주관심 분야 :
영상 신호 처리, DSP Archi-
tecture

李斗秀(正會員)

第 34 卷 S編 第 3號 參照

1979년 3월 ~ 현재 : 한양대학
교 전자공학과 교수. 주관심 분야
: 디지털 신호 처리. 의공학, 시
스템 해석

林寅七(正會員)

第 33 卷 A編 第 8號 參照

현재 한양대학교 전자공학과 교수