

論文97-34S-4-3

# 차신호 특성을 이용한 효율적인 적응적 BTC 영상 압축 알고리즘

## (An Adaptive BTC Algorithm Using the Characteristics of the Error Signals for Efficient Image Compression)

李相雲\*, 林寅七\*

(Sang-Un Lee and In-Chil Lim)

### 요 약

본 논문에서는 차신호 특성을 이용한 적응적 BTC 알고리즘을 제안한다. BTC 알고리즘은 계산이 간단하다는 장점이 있는 반면 입력 영상을 2-레벨로 부호화하기 때문에 경사형 영역이 포함된 영역을 부호화할 경우 재구성된 값에 지그재그 형태의 윤곽이 나타난다는 단점이 있다. 제안하는 알고리즘은 우선 입력 영상의 통계적 특징 값인 분산값을 이용하여 입력 영상 블록을 저활성 영역, 중활성 영역, 고탈성 영역으로 분류하고, 저활성 영역일 경우는 1-레벨 양자화기, 중활성 영역일 경우는 2-레벨 양자화기, 고탈성 영역일 경우는 4-레벨 양자화기를 사용함으로써 비트율과 2-레벨 양자화기에 내재된 양자화 잡음을 감소시키는 적응적 방법이다. 또한 고탈성 영역을 처리할 경우는 원 신호와 2-레벨 양자화기에 의해 재구성된 신호사이의 차신호의 특성을 이용한 새로운 양자화 레벨 할당 알고리즘을 제안하여 기존의 4-레벨 양자화기보다 비트율을 감소시키도록 한다. 특히, 고탈성 영역에 일률적으로 4-레벨을 할당하지 않고 입력 영상의 특성을 고려하여 처리함으로써 비트율을 감축시키면서 시각적 잡음을 유발시키지 않는 장점이 있다.

### Abstract

In this paper, we propose an adaptive BTC algorithm using the characteristics of the error signals. The BTC algorithm has a advantage that it is low computational complexity, but a disadvantage that it produces the ragged edges in the reconstructed images for the sloping regions because of coding the input with 2-level signals. Firstly, proposed methods classify the input into low, medium, and high activity blocks based on the variance of the input. Using 1-level quantizer for low activity block, 2-level for medium, and 4-level for high, it is adaptive methods that reduce bit rates and the inherent quantization noises in the 2-level quantizer. Also, in case of processing high activity block, we propose a new quantization level allocation algorithm using the characteristics of the error signals between the original signals and the reconstructed signals used by 2-level quantizer, in order that reduce bit rates superior to the conventional 4-level quantizer. Especially, considering the characteristics of input block, we reduce the bit rates without incurring the visual noises

### I. 서 론

영상 압축은 TV방송, 원격 탐사, 항공사진, 원격지

간 회의, 컴퓨터 통신, FAX 전송 등에 폭 넓게 사용되고 있으며 사무실의 문서나, 원격 탐사 자료, 의학 정보 등의 자료들을 줄이는 데도 유용하게 사용된다. 이와 같이 폭 넓은 응용 때문에 영상 압축은 디지털 영상 처리에서 매우 중요한 연구 분야가 되고 있다.<sup>1)-2)</sup>

영상 압축의 기법에는 여러 종류가 있으나 BTC (Block Truncation Coding) 알고리즘은 변환 부호화

\* 正會員, 漢陽大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Engineering, Hanyang University)

接受日字: 1996年11月26日, 수정완료일: 1997年3月27日

(transform coding)나 벡터 양자화(vector quantization)와는 달리 적은 계산 복잡도를 요구하고 작은 량의 메모리를 필요로 하는 이점이 있다.<sup>[3-11]</sup> Delp와 Mitchell에 의해 제안된 표준 BTC(standard BTC) 알고리즘<sup>[3]</sup>은 2-레벨 비파라메타 양자기(2 level nonparametric quantizer)로써, 입력 영상을 4×4 화소 블록(pixel block)으로 중복되지 않게 분할한 후 각각의 입력 블록의 1차 및 2차 모멘트 보존 원리에 기초하여 해당 블록의 평균값과 분산값을 이용하여 2-레벨로 양자화 한다. 그러나 이 방법은 불충분한 양자화 레벨로 인하여 경사형 부분에 대한 복원된 영상에 톱니 형태의 모습을 발생시킨다. 그리고 Lema와 Michell이 제안한 AMBTC<sup>[14]</sup>(Absolute Moment Block Truncation Coding)는 입력 블록의 2차 모멘트를 보존하는 대신에 1차 절대 모멘트 보존 원리에 의해서 2 레벨 양자기를 설계하였다. 비록 이 방법이 기존의 표준 BTC보다 속도와 화질 면에서는 개선되었지만 경사형 부분을 표현하는데 있어서는 기존의 표준 BTC와 동일한 결점을 가지고 있다.

이러한 2-레벨 양자기의 결점을 해결하기 위해서 Hui는 4×4화소 블록의 통계적 특성에 따라 적응적으로 1-레벨, 2-레벨, 4-레벨을 각각의 블록에 할당함으로써 2-레벨 양자기의 단점을 해결한 적응적 BTC를 제안하였다.<sup>[8]</sup> Hui의 방법<sup>[8]</sup>은 블록의 통계적 특성에 따라 적응적으로 블록에 레벨을 다르게 할당시켜 줌으로써 기존의 2-레벨 양자기보다 압축률을 향상시키고 경사형 부분을 잘 복원해 줄 수 있었으나, 각각의 블록에 대한 레벨을 할당하는데 있어서 수학적 통계치, 즉 분산값으로 결정하기 때문에 적용에 있어서 비합리적인 경우가 있다. 예를 들어 같은 분산값을 가지는 에지(edge)중 경사형 에지와 계단형 에지를 고려할 때 경사형 에지에 대해서는 4-레벨을 할당하는 것이 효과적인 것이나 계단형 에지인 경우는 2-레벨을 할당하여도 특별한 시각적 잡음을 유발시키지 않을 것이다.

본 논문에서는 분산값이 큰 블록에 대하여 조건적 2단계 구조를 가지는 적응적 BTC 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 4×4 화소 블록의 수학적 통계치인 분산값에 따라 적응적으로 1-레벨, 2-레벨, 4-레벨을 할당한다. 특히 분산값이 큰 블록에 대하여는 1차적으로 2-레벨 BTC를 수행한 후 MSE (Mean Square Error)를 구하여 이 값이 주어진 임계치보다 클 경우에만 다시 원 영상과 2-레벨 BTC에 의해 재구성된

영상 사이의 차신호에 대한 2-레벨 BTC를 수행하고 만약 MSE가 주어진 임계치보다 작은 경우는 차신호에 대한 2-레벨 BTC를 수행하지 않고 다음 화소 블록을 받아들이도록 한다.

또한 차신호에 대하여 2-레벨 BTC를 수행할 때 수학적 모델링을 통하여 평균값을 구함으로써 차신호에 대한 2-레벨 BTC를 수행할 때 요구되는 평균값에 대한 정보를 제거하여 압축률을 향상시킨다.

## II. 모멘트 보존 양자기

### 1. 표준 BTC

표준 BTC 알고리즘은 우선적으로 영상을  $n \times n$  블록으로 분할한 후, 블록들을 독립적으로 부호화하여 두개의 레벨 신호로 바꾼다.<sup>[3]</sup> 이때 각 블록들의 레벨들은 1차 및 2차 표본 모멘트를 보존하도록 선택된다.  $m = n^2$  이라고 하고,  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ 을 원 영상의 화소 값이라고 하면, 1차 및 2차 표본 모멘트( $\bar{x}$  및  $\overline{x^2}$ )와 표본 분산( $\overline{\sigma^2}$ )은 각각 아래와 같다.

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i, \overline{x^2} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i^2, \overline{\sigma^2} = \overline{x^2} - \bar{x}^2 \quad (1)$$

기존의 다른 1 비트 양자화기의 설계와 같이 임계치  $x_{th}$ 에 대한 두개의 출력 레벨 a와 b를 다음과 같이 정의한다.

$$\begin{aligned} \text{if } x_i \geq x_{th}, \text{ output} &= b, \\ \text{else output} &= a. \quad (\text{for } i=1, 2, \dots, m) \end{aligned} \quad (2)$$

기본적인 양자기를 설계하기 위해서  $x_{th} = \bar{x}$  라고 정하면 출력 레벨 a와 b는 다음과 같다.

$$a = \bar{x} - \sigma \sqrt{\frac{q}{m-a}}, \quad b = \bar{x} + \sigma \sqrt{\frac{m-a}{q}} \quad (3)$$

여기서  $q$ 는 임계치( $x_{th}$ ) 보다 큰 화소의 수이다. 즉 표준 BTC에서 양자화에 필요한 정보는 평균값과 표본 분산 그리고 임계치보다 큰지 작은지를 나타내는 비트 플레인(bit plane)이 필요하다.

### 2. AMBTC

AMBTC 알고리즘의 수행은 다음과 같다. 우선 영상을  $n \times n$  화소 블록으로 나누고 각각의 블록은 표본 평균과 1차 절대 중심 모멘트가 같도록 출력한다.<sup>[14]</sup>

<sup>1</sup> 만약  $m = n^2$ 이라 하고  $x_i$  ( $1 \leq i \leq m$ )을 각 블록

의 화소라 하자. 이때 표준 평균( $\bar{x}$ )과 1차 절대 중심 모멘트( $\bar{a}$ )는 다음과 같다.

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i, \quad \bar{a} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |x_i - \bar{x}| \quad (4)$$

q를 임계치( $\bar{x}$ )보다 큰 화소의 수라하고,  $\bar{y}$ 를 다음과 같이 정의하면

$$\bar{y} = \frac{m\bar{a}}{2}$$

이다. 임계치  $\bar{x}$ 에 대한 출력 레벨 a와 b는 다음과 같이 정의한다.

$$\text{if } x_i \geq \bar{x}, \text{ output} = b, \\ \text{else output} = a. \text{ (for } i = 1, 2, \dots, m \text{)}$$

이때, 출력 레벨 a와 b는 다음과 같다.

$$a = \bar{x} - \frac{\bar{y}}{m-q}, \quad b = \bar{x} + \frac{\bar{y}}{q} \quad (5)$$

즉, AMBTC를 이용하여 부호화하기 위해서는 평균값, 1차 절대 중심 모멘트 그리고 입력 신호가 임계치보다 큰지 작은지를 나타내 주는 비트 플래인이 필요하다.

### 3. ABTC(Adaptive Block Truncation Coding)

Hui에 의해 제안된 ABTC<sup>[8]</sup>는 각 블록을 부호화하기 위해 기존의 2-레벨 양자화기<sup>[3,4]</sup> 같이 모든 블록에 대하여 일률적으로 같은 수의 양자화 레벨을 할당하지 않고 각 블록의 특성에 따라 각기 다른 양자화기를 사용하여 영상을 양자화 하였다. 각 블록은 분산값을 이용하여 저활성 영역, 중활성 영역, 고탈성 영역으로 분류하였고, 각 영역은 다음과 같은 특징이 있다.

첫 번째 부류인 저활성 영역은 블록 내의 분산값이 작은 영역으로 이 영역의 화소값의 크기가 거의 균일하여 시각적으로 특별한 차이를 감지할 수 없는 영역을 말한다. 두 번째 부류인 중활성 영역은 분산값이 중간 값으로써 화소간의 작은 변화는 있지만 대비되는 에지는 나타나지 않는 영역을 말한다. 마지막으로 고탈성 영역은 분산값이 큰 영역으로써 화소간의 변화가 크고 에지가 나타나는 영역을 말한다.

위와 같이 영상은 서로 다른 성질로 분류할 수 있기 때문에 확일적 방법에 의해 영상을 양자화할 경우 어떤 블록은 너무 많은 양자화 레벨 수를 할당하여 비트율의 증가를 가져오고 반면에 어떤 블록은 적은 레벨 수 할당에 의한 화질의 저하를 야기시킨다. 그래서 ABTC는 각 영역에 대하여 각기 다른 양자화기를 적

용시킴으로써 비트율을 감소시켰을 뿐 만 아니라 화질도 개선하였다. 본 논문에서도 이와 같이 영상에 특성에 따라 서로 다른 양자화기를 도입하여 영상을 부호화하고자 한다.

## III. 에지의 형태와 BTC 알고리즘의 특징

### 1. 에지 형태

일반적으로 에지의 형태는 그림 1과 같이 계단형과 경사형 2가지로 생각할 수 있다. 그림 1에서 나타나는 두 형태는 모두 큰 분산값을 가지는 영상이다. 기존의 Hui의 방법은 입력 영상을 저활성 영역, 중활성 영역, 고탈성 영역으로 분류할 때 그 기준을 에지의 형태를 고려하지 않고 단순히 분산값의 크기만을 고려하여 양자화 레벨 수를 할당하였다.

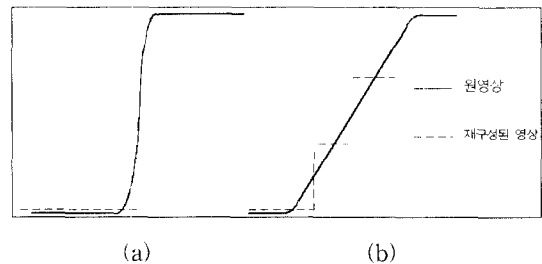


그림 1. 에지의 형태와 양자화 레벨 할당  
(a)계단형 에지 (b)경사형 에지

Fig. 1. Edge representation and quantization level allocation (a) Step edge (b) Sloping edge.

그러나 그림 1을 살펴보면 경사형 에지인 경우는 많은 레벨 수를 할당하여야 좋은 화질을 얻을 수 있겠으나 계단형 에지인 경우는 2 개의 레벨만 할당하여도 원하는 화질을 얻을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 우선 분산값을 가지고 각각의 영역을 결정하여 저활성 영역을 1-레벨 양자기, 중활성 영역은 2-레벨 양자기, 고탈성 영역은 4-레벨 양자기를 이용하여 처리한다. 그러나 고탈성 영역을 처리할 경우는 무조건 4 레벨을 할당하지 않고 에지의 특성을 고려하여 양자화 레벨 수를 할당한다.

### 2. BTC알고리즘의 차신호에 대한 해석

영상이 ergodic한 특성이 있다고 가정하고, 표준 BTC와 AMBTC의 특징을 살펴보기로 한다. 표준 BTC에서 원영상과 재구성된 값 사이의 차신호의 평균값은 다음과 같이 구할 수 있다.  $x_i$ 를 원영상이라 하고

$x_i$ 을 표준 BTC에 의한 값이라 하면,

$$\begin{aligned} E(x_i - x'_i) &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - x'_i) \\ &= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i - \frac{1}{m} \left( \sum_{x_i < \bar{x}} x'_i + \sum_{x_i > \bar{x}} x'_i \right) \end{aligned}$$

여기에서

$$x'_i = \begin{cases} \bar{x} + \bar{\sigma} \sqrt{\frac{m-q}{q}} & \text{if } x_i \geq \bar{x} \\ \bar{x} - \bar{\sigma} \sqrt{\frac{q}{m-q}} & \text{otherwise } x_i < \bar{x} \end{cases}$$

이다. 위 식은 식(3)에 의해서 다음과 같다.

$$= \bar{x} - \frac{1}{m} \left( \sum_{x_i < \bar{x}} (\bar{x} - \bar{\sigma} \sqrt{\frac{q}{m-q}}) + \sum_{x_i > \bar{x}} (\bar{x} + \bar{\sigma} \sqrt{\frac{m-q}{q}}) \right)$$

이때  $x_i \geq \bar{x}$  경우인 개수는  $q$ 이고  $x_i < \bar{x}$ 는  $(m-q)$ 개이므로

$$\begin{aligned} &= \bar{x} - \frac{1}{m} \left( (m-q) \bar{x} - \bar{\sigma} \sqrt{\frac{q}{m-q}} + q \bar{x} + \bar{\sigma} q \sqrt{\frac{m-q}{q}} \right) \\ &= \bar{x} - \frac{1}{m} (m \bar{x} - \bar{\sigma} \sqrt{(m-q)q} + \bar{\sigma} \sqrt{q(m-q)}) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

이다. 즉, 표준 BTC의 차신호 평균값은 '0' 임을 알 수 있다. 그러므로 만약 원영상과 표준 BTC에 의해서 재구성된 값 사이의 차신호에 대한 표준 BTC를 수행할 경우는 차신호의 평균값이 '0' 이기 때문에 평균값에 대한 정보는 보내줄 필요가 없고 분산값과 비트 플레인만 보내 주어도 영상을 부호화할 수 있다.

표준 BTC와 동일하게 AMBTC<sup>[4]</sup>에서 원영상과 재구성된 값 사이의 차신호의 평균값은 다음과 같이 구할 수 있다.  $x_i$ 를 원영상이라 하고  $x'$ 을 AMBTC에 의해 재구성된 값이라 하면

$$E(x_i - x') = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_i - x')$$

이다. 위 식은 식 (5)에 의해서

$$= \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i - \frac{1}{m} \left( (\bar{x} + \frac{\bar{\gamma}}{q})_{\text{for } x_i > \bar{x}} + (\bar{x} - \frac{\bar{\gamma}}{m-q})_{\text{for } x_i < \bar{x}} \right)$$

이때  $x_i \geq \bar{x}$  경우인 개수는  $q$ 이고  $x_i < \bar{x}$ 는  $(m-q)$ 개이므로

$$\begin{aligned} &= \bar{x} - \frac{1}{m} (q \bar{x} + \bar{\gamma} + (m-q) \bar{x} - \bar{\gamma}) \\ &= \bar{x} - \frac{1}{m} (m \bar{x}) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

이다. 표준 BTC와 동일하게 AMBTC의 차신호 평균값은 '0'이다. 따라서 원영상과 AMBTC에 의해 재구성된 영상 사이의 차신호에 대한 AMBTC를 수행할 경우는 평균값에 대한 정보는 필요치 않고 1차 절차 모멘트와 비트 플레인만 보내 주어도 영상을 부호화할 수 있다.

#### IV. 제안한 차신호를 이용한 적응적 블럭 절단 부호화

본 논문에서 제안한 알고리즘은 영상 압축을 위하여 입력되는 화소 블럭 ( $4 \times 4$  화소)의 분산값을 이용하여 저활성 영역, 중활성 영역, 고태성 영역으로 분류하고 각각의 영역에 대하여 다른 양자화 방법을 적용시키는 적응적 영상 압축 알고리즘이다. 영상을 부호화하는데 있어 영상의 특성을 고려하지 않고 획일적인 방법으로 부호화하게 되면 원하는 화질을 얻을 수 없고 비트율에 대한 손실이 있게 된다. 따라서 본 논문에서는 입력 영상의 특성에 따라 다른 양자화 방법을 적용시킴으로써 화질의 개선 및 비트율의 감소를 가져오는 적응적 영상 압축 알고리즘과 새로운 양자화 레벨 할당 알고리즘을 제안한다.

제안한 적응적 양자화 레벨 할당 방법은 다음과 같다.

##### 1. 저활성 영역에 대한 평균값에 의한 부호화

저활성 영역을 부호화하다 경우는 그 블럭의 평균값으로 재구성한다. 이 영역의 특징은 블럭내의 화소값들의 변화가 시각적으로 감지할 수 없기 때문에 평균값으로 원신호를 부호화하여도 시각적 양자화 잡음이 유발하지 않는다. 평균값에 의해  $4 \times 4$  화소 블럭을 처리할 경우의 비트율은 다음과 같다. 평균값을 표현하는데 8 bits를 할당하면 화소당 비트율은  $8/16 = 0.5$  bits/pixel이 된다. 평균값에 의해 부호화할 경우는 평균값만 가지고 표현하여도 시각적 잡음을 유발시키지 않고 원영상을 재구성 할 수 있으므로 비트율 감축 효과를 얻을 수 있다는 장점이 있다.

##### 2. 중활성 영역에 대한 BTC에 의한 부호화

중활성 영역은 2-레벨 표준 BTC 혹은 AMBTC를 이용하여 부호화한다. 이 영역은 화소간의 작은 변화는 있지만 대비되는 에지가 나타나지 않는 영역이기 때문에 2-레벨로 표현하여도 양자화 잡음을 유발시키지 않

고 좋은 화질을 얻을 수 있다.

이 경우의 비트율을 계산하면 4×4 화소 블록의 평균값과 분산값에 대하여 각각 8 bits, 비트 플레인에 대하여 16 bits 따라서 총 32 bits가 필요하므로 비트율은 32/16 = 2 bits/pixel이 된다.

### 3. 고크발성 영역에 대한 2 단계 기법을 이용한 적응적 BTC

마지막 경우인 고크발성 영역을 부호화하기 위해서는 2 단계 기법을 이용한 적응적 BTC에 의해 부호화한다. 이 영역의 특징은 대비되는 에지를 포함한 화소간의 변화가 큰 영역으로써 만약 2-레벨만 할당하면 1 bit 양자기에 내재된 양자화 잡음에 의해 에지 부분을 제대로 표현할 수 없다. 따라서 이 영역을 부호화할 경우는 좀 더 많은 양자화 레벨을 할당하여야 양자화 잡음을 제거하여 화질이 개선된 결과를 얻을 수 있다. 이러한 영역을 부호화하다 위하여 기존의 방법으로는 Hui가 제안한 방법<sup>[8]</sup>이 있다. Hui는 고크발성 영역을 부호화하기 위하여 4-레벨을 할당 하였는데 그림 1에서 살펴보았듯이 에지의 형태에 따라 양자화 레벨을 할당하는 것이 효율적으로 비트율을 감소시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 고크발성 영역을 처리하는데 있어 무조건 4-레벨을 할당하지 않고 원영상과 재구성된 영상의 차신호 특성에 따라 선택적으로 양자화 레벨을 할당하고 4-레벨을 할당하는데 있어서 새로운 양자화 할당 알고리즘을 제안하여 비트율을 감소시킨다.

2-레벨 표준 BTC를 이용한 고크발성 영역에 대한 부호화 방법은 다음과 같다. 우선 입력 신호에 대하여 2-레벨 표준 BTC를 수행한 후 복원된 영상과 원영상의 MSE를 구한 후 MSE를 미리 설정한 임계치와 비교하여 MSE가 임계치보다 클 경우만 원영상과 2-레벨 표준 BTC에 의해 재구성된 값 사이의 차신호를 입력으로 2-레벨 표준 BTC를 수행한다. 만약 MSE가 미리 설정한 임계치를 초과하지 않을 경우는 차신호에 대한 2-레벨 표준 BTC를 수행하지 않고 다음 화소 블록을 받아들인다. 차신호에 대한 부호화를 수행할 경우는 식 (6)에서 살펴보았듯이 차신호의 평균값이 '0'이기 때문에 평균값에 대한 정보는 보내 줄 필요는 없고 분산값과 비트 플레인만 보내 주면 된다.

그림 2는 원신호와 2-레벨 BTC에 의해 재구성된 값사이의 MSE가 임계치를 초과할 경우의 양자기 구조를 나타내고 있다. 처음 단 BTC를 수행하는 경우는

평균값, 분산값, 그리고 비트 프레임을 보내 주어야 하지만 두 번째 단 BTC를 수행할 경우는 식 (6), (7)에서 살펴보았듯이 원신호와 2레벨 BTC에 의해 재구성된 값사이의 평균값이 '0'이기 때문에 평균값에 대한 정보는 보내 줄 필요가 없고 분산값과 비트 플레인만 보내주어도 되기 때문에 비트율 감축 효과를 얻을 수 있다.

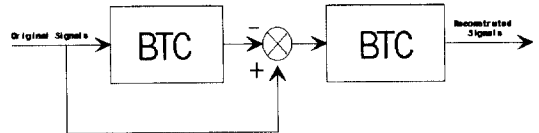


그림 2. 제안한 차신호를 이용한 BTC  
Fig. 2. The proposed BTC using the error signals.

입력 영상이 4×4 화소 블록일 경우 고크발성 영역에서의 비트율을 계산하면 다음과 같다. 우선 1차 BTC를 수행한 후 MSE가 기준치를 초과하지 않은 경우는 중화성 영역에서와 동일한 비트율을 가지고 기준치를 초과했을 경우의 비트율은 다음과 같이 계산할 수 있다.

1차 BTC를 수행할 경우의 평균값과 분산값에 각각 8 bits, 비트 열에 대하여 16 bits, 그리고 차신호에 대하여 BTC를 수행할 경우는 평균값에 대하여는 정보를 보낼 필요가 없기 때문에 분산값에 대한 8 bits, 비트 열에 대한 16 bits, 총 56 bits가 필요하므로 비트율은 56/16 = 3.5 bits/pixel이 소요된다. 그러므로 기존의 Hui가 제안한 4-레벨을 할당할 경우 보다 0.5 bits/pixel의 비트율 감소 효과를 얻을 수 있다. 그리고 본 논문에서 제안한 알고리즘을 수행할 경우 각각의 입력 블록에 대한 정보 즉, 1-레벨, 2-레벨, 4-레벨 양자화기중 어떤 양자화기를 쓸 건지를 나타내는 2 bits의 부가 비트를 필요로 한다.

제안한 알고리즘의 흐름도는 그림 3과 같다. 입력 블록의 '분산값/평균값'이 Th1보다 작으면 저활성 영역을 나타내고 이 영역은 그 블록의 평균값으로써 표현한다. 그리고 '분산값/평균값'이 Th1보다 크고 Th2보다 작을 경우는 그 영역은 중화성 영역을 나타내고 이때는 BTC를 이용하여 처리한다. 마지막으로 분산값이 Th2보다 클 경우는 고크발성 영역을 나타내는 것으로 우선 2-레벨 BTC를 수행한 후 원신호와 2-레벨 BTC에 의해 재구성된 값사이의 MSE가 주어진 임계치 Th3보다 클 경우에만 원영상과 2-레벨 BTC에 의해 재구

성된 값사이의 차신호에 대하여 2-레벨 BTC를 수행한다. 이때, 차신호의 평균값은 '0' 이기 때문에 평균값에 대한 정보는 표현해 줄 필요가 없다. BTC 알고리즘으로는 기존의 표준 BTC와 AMBTC를 이용하였고 표준 BTC를 이용할 경우는 제안 방법 1, AMBTC를 이용할 경우는 제안 방법 2라 한다.

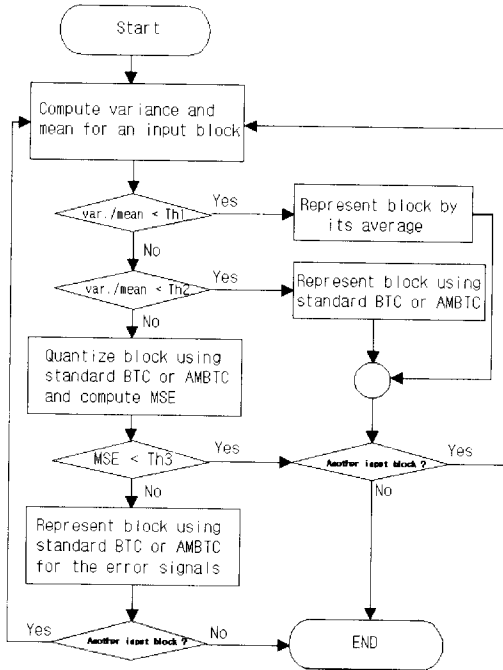


그림 3. 제안한 알고리즘의 흐름도  
Fig. 3. A flowchart for the proposed algorithm.

## V. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 효율성을 입증하기 위해 실제 영상 데이터에 적용하여 실험하였다. 사용한 영상은 256 레벨의 휘도 신호를 가지고 512×512의 해상도를 가진 PEPPER와 480×512의 해상도를 가진 LENA 영상이다. 실험 환경은 Sun Sparc 워크스테이션에서 C 언어로 프로그램 하여 시뮬레이션 하였다. 그리고 성능 평가를 위하여 2-레벨 표준 BTC<sup>[3]</sup>, AMBTC<sup>[4]</sup>, 그리고 적응적 BTC 알고리즘인 Hui의 ABTC<sup>[8]</sup>와 비교 평가하였다. 각 방식간의 성능 평가는 PSNR (Peak-Signal to Noise Ratio)을 이용하였다.

PSNR은 다음과 같다.

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

여기서 MSE는 다음과 같다.

$$MSE = \frac{1}{N \times M} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} \{x(i, j) - x'(i, j)\}^2$$

여기서  $x(i, j)$ 는 원 영상이고,  $x'(i, j)$ 는 재구성된 영상이고 N과 M은 원영상의 수평, 수직 해상도를 나타낸다.

제안된 알고리즘의 타당성을 입증하기 위해 사용한 원영상은 그림4와 같다. 실험은 각각의 임계치(Th1, Th2, Th3)를 변화시키면서 수행하였다. Th1과 Th2의 값은 평균값과 분산값을 이용하여 결정하였다. 즉 Th1과 Th2는 '분산값/평균값'으로 주었고 Th3는 MSE의 값과 비교할 수 있는 값으로 결정하였다.



(a) (b)

그림 4. 원영상 (a) LENA의 원영상 (b) PEPPER의 원영상

Fig. 4. The original image. (a) The original image of LENA (b) The original image of PEPPER

그림 5는 Th3은 '0'으로 놓고 Th1과 Th2만 변화시켰을 때의 제안한 알고리즘과 Hui가 제안한 방법간의 LENA 영상에 대한 시뮬레이션 결과이다. LENA 영상에 대하여 시뮬레이션을 수행하였을 경우 본 논문에서 제안한 방법이 Hui가 제안한 방법보다 비트율이 2 bits/pixel 일 경우 약 1dB이상의 화질 개선 효과를 보았다. 그리고 그림 5에서 나타난 것과 같이 비트율 높아짐에 따라 제안한 방법이 Hui의 방법보다 점점 더 높은 PSNR를 보여 주고 있는 이유는 높은 비트율일 경우는 고품질 영역으로 분류되는 블러이 많은 경우인데 본 논문에서 제안한 알고리즘은 고품질 영역을 처리하는데 3.5 bits/pixel 이 필요한 반면 Hui가 제안한 방법은 4 bits/pixel이 요구된다. 그리고 표준 BTC와 AMBTC를 이용하여 LENA 영상에 대하여 시뮬레이션 하였을 경우 비트율은 2.0 bits/pixel이고 PSNR은 표준 BTC는 33.39dB, AMBTC는 33.68dB, 그리고 본 논문에서 제안한 방법 1은

36.1dB, 방법 2는 36.19dB를 얻었다. 즉 2.0 bits/pixel에서 본 논문에서 제안한 방법들이 기존의 표준 BTC나 AMBTC에 비해 약 3dB의 화질 개선 효과를 얻었다.

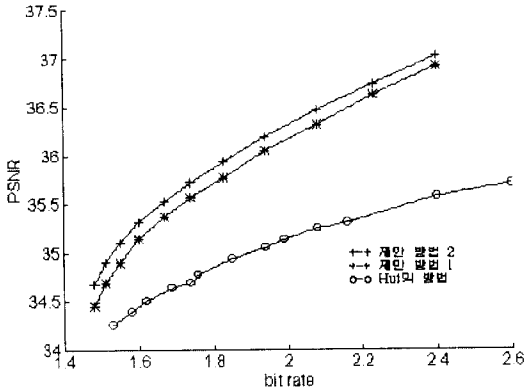


그림 5. LENA의 시뮬레이션 결과 (Th3가 '0' 일 경우)

Fig. 5. The simulation results for LENA.(When Th3 is zero)

그림 6은 그림 5의 경우와 동일하게 Th3는 '0'으로 고정시키고 Th1과 Th2만 변화시키면서 PEPPER영상에 대하여 시뮬레이션한 결과이다. 이 경우도 LENA에 대하여 실험 한 것과 거의 같은 수준의 화질 개선 효과를 보였다. 또한 높은 비트율일 경우 본 논문에서 제안한 방법이 Hui가 제안한 방법보다 더 나은 결과를 보인 이유는 그림 5의 이유와 동일하다. LENA영상과 동일하게 기존의 2-레벨 양자기인 표준 BTC와 AMBTC를 이용하여 PEPPER영상에 대하여 시뮬레이션하였을 경우와 경우 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 시뮬레이션하였을 경우의 성능을 비교 평가 해 본 결과 비트율이 2 bits/pixel일 경우 PSNR이 표준 BTC는 34.35dB, AMBTC는 34.65dB, 그리고 본 논문에서 제안한 방법 1은 36.53dB, 방법 2는 36.77dB를 얻었다. 즉 비트율이 2 bits/pixel 일 경우 PEPPER 영상에 대하여 시뮬레이션한 결과 약 2dB의 화질 개선 효과를 얻었다.

그림 7은 본 논문에서 제안한 방법 2에 의해서 LENA영상을 시뮬레이션한 것으로 Th1과 Th2는 동일하게 두고 Th3만 다르게 주었을 경우의 시뮬레이션 결과이다. Th1은 0.35, Th2는 0.05로 동일하게 설정하였고 그림 7의 (a)는 Th3를 256. (b)는 Th3를 0으로 주었을 경우의 결과이다. Th3가 0일 경우는 전체

블럭중 6160블럭을 4 레벨을 할당한 반면 Th3가 256일 경우는 4 레벨로 처리하는 블럭수가 4036이다. 곧 Th3가 256일 경우 비트율은 1.78bits/pixel, PSNR은 36.00dB이고 Th3가 0일 경우는 2.00bits/pixel, 36.19dB를 얻었다. 두 그림을 비교하면 Th3의 값을 주었을 경우 PSNR이 낮으나 시각적으로 두 영상의 차이를 느낄 수 없고, 또한 Th3을 변화시키므로써 자기가 원하는 화질을 결정하여줄 수있다.

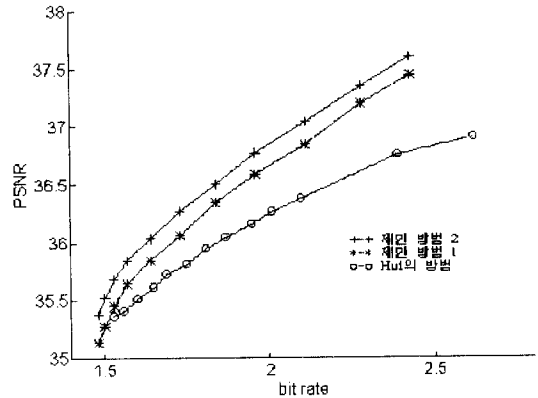


그림 6. PEPPER의 시뮬레이션 결과 (Th3가 '0' 일 경우)

Fig. 6. The simulation results for PEPPER.(When Th3 is zero)



(a) (b)

그림 7. Th1과 Th2는 같고 Th3값이 서로 다른 경우 (a) Th3가 256일 경우 (b) Th3가 0일 경우

Fig. 7. When Th3 value is different, Th1 and Th2 are equal. (a) When Th3 is 256 (b) When Th3 is 0

## VI. 결론

본 논문에서는 차신호를 이용한 적응적 BTC 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 입력 화소 블럭의 통계적 특징값인 분산값에 따라 각 입력 블럭의 특징을 고려하여 양자기를 적용함으로써 비트율을 감소시키고 2-레벨 양자화기를 사용하였을 경우 나타나는 양

자화 잡음을 제거하였다. 또한, 4-레벨 BTC를 설계하는데 있어서 원신호와 2-레벨 양자기에 의해 재구성된 값 사이의 차신호의 특징, 즉, 차신호의 평균값이 '0'이라는 특징을 이용하여 설계하였기 때문에 기존의 4-레벨 양자기보다 더 낮은 비트율을 얻을 수 있었다. 그리고 고표정 영역으로 분류된 영역에 대하여 부호화할 경우 레벨을 할당하는데 있어서 일률적으로 4-레벨을 할당하지 않고 에지의 형태를 고려할 수 있는 값을 부여하여 부호화하기 때문에 4-레벨을 할당하였을 경우보다 낮은 비트율에서 양자화하여도 시각적 잡음을 유발시키지 않았다.

앞으로의 연구 과제는 기존의 적응적 방법(가변 블록 등), 벡터 양자화 방법 및 각각의 정보(평균값, 분산값 등)에 대한 최적의 비트 할당 등을 결합 시켜 화질은 손상시키지 않고 더 낮은 비트율을 얻는 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] R. M. Gray, "Vector Quantization," IEEE ASSP Mag., pp. 4-29, Apr. 1984.
- [2] Y. Linde, A. Buzo and R. M. Gray, "An algorithm for vector quantizer design," IEEE Trans. Commun. vol. 27, pp. 84-95, Jan. 1980.
- [3] E. J. Delp and O. R. Mitchell, "Image compression using block truncation coding," IEEE Trans. Commun. vol. 27, pp. 1335-1342, Sept. 1979.
- [4] M. D. Lema and O. R. Mitchell, "Absolute moment block truncation coding and its application to color images," IEEE Trans. Commun., vol. 32, pp.1148-1157, Oct. 1984.
- [5] P. Nasiopoulos, R. K. Ward and D. J. Morse, "Adaptive compression coding," IEEE Trans. Commun. vol. COM-39, pp. 1245-1254, Aug. 1990.
- [6] M. Kamel, C. T. Sun and L. Guan, "Image Compression by variable block truncation coding with optimal threshold," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 39, pp. 208-212, Jan. 1991.
- [7] Y. Wu and D. C. Coll, "BTC-VQ-DCT hybrid coding of digital images," IEEE Trans. Commun. vol. 39, pp. 1283-1287, Sept. 1991.
- [8] L. Hui, "An adaptive block truncation coding algorithm for image compression," Proc. ICASSP, pp. 2233-2236, Apr. 1991.
- [9] H. B. Mitchell, N. Zilverberg and M. Avraham, "A comparison of different block truncation coding algorithm for image compression," Signal Processing: Image Communication, pp. 77-82, 1994.
- [10] P. Franti and O. Neralainer, "Block truncation coding with entropy coding," IEEE Trans. Commun. vol. 43, pp. 1677-1685, 1995.
- [11] S. A. Mohamed and M. M. Fahmy, "Image compression using VQ-BTC," IEEE Trans. Commun. vol. 43, July 1995.

#### 저 자 소 개



李相雲(正會員)

1991년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학사). 1993년 2월 : 한양대학교 전자공학과(공학 석사). 1993년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자공학과 박사과정. 주관심 분야: 영상 신호 처리, DSP Architecture.

林寅七(正會員) 第33卷 A編 第8號 參照

현재 한양대학교 전자공학과 교수