

# 비트평면 감축을 이용한 블록 절단부호화에 관한 연구

## (A Study on the Block Truncation Coding Using the Bit-plane Reduction)

李 炯 鎬\*, 朴 來 弘\*\*

(Hyung Ho Lee and Rae-Hong Park)

### 要 約

Multilevel 화상신호의 압축을 위해 비트평면(bit-plane)을 감축시켜서 DPCM을 이용한 Block Truncation Coding의 새로운 방법을 제안하였고, 기존의 BTC방법들과 비교하였다. 이 논문에서 제안한 방법은 부화상(subblock)이 균일하다고 판단할 수 있을(merge mode)때와 균일하다고 판단할 수 없을 (split mode)때를 구별한다. 그래서 부화상이 균일하다고 판단할 수 있을 경우는 그레이레벨(gray-level)정보만 전송하고, 균일하다고 판단할 수 없을 경우는 비트평면과 그레이레벨 정보를 전송한다. 본 논문에서 부화상이 merge mode일 때 DPCM을 화상신호의 그레이레벨 정보를 전송하는데 제안하였다. 또 부화상이 split mode일 때는 그레이레벨 정보를 전송하는데 변형된 양자화를 이용하였다. 제안된 BTC방법은 256레벨 화상신호에서 평균 0.75bits/pel의 압축 효과를 보였다.

### Abstract

A new Block Truncation Coding (BTC) technique reducing the bit-plane and using differential pulse code modulation (DPCM) is proposed and compared with the conventional BTC methods. A new technique decides whether the subblock can be approximated to be uniform or not. If the subblock can be approximated to be uniform (merge mode), we transmit only the gray-level information. If not (split mode), we transmit both the bit-plane and the gray-level information. DPCM method is proposed to the encoding of gray-level information when the subblock can be approximated to be uniform. Also modified quantization method is presented to the encoding of gray-level information when the subblock is not uniform. This technique shows the result of coding 256 level images at the average data rate of about 0.75 bits/pel.

### I. 서 론

현대는 정보의 시대라고 한다. 이처럼 정보의 중요성은 커지고 통신기술의 발전은 필수 불가결한 것이

다. 화상신호의 전송을 위해서는 넓은 주파수의 대역폭과 빠른 속도를 요구하므로 디지털화된 정보를 한정된 전송속도를 갖는 전송로를 통하여 전송하기 위해서는 화상코딩(image coding)을 통한 데이터의 압축이 필요하다. 또한 미래는 음성신호(speech signal)뿐 아니라 화상신호(image signal)등을 ISDN(integrated services digital networks)을 이용하여 전송하게 된다. 더욱 더 데이터의 압축은 필수 불가결한 것이다.<sup>[1][2]</sup> 화상코딩 방법은 크게 3가지로 구분할 수 있다. 즉 공간영역코딩(spatial domain coding), 변환코딩(frequ-

\*準會員, 三星綜合技術院 情報시스템 研究所  
(Computer & Communication Center, Samsung Advanced Institute of Technology)

\*\*正會員, 西江大學校 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Sogang Univ.)

接受日字: 1987年 1月 9日

ency domain coding) 및 하이브리드 코딩(hybrid coding)이다.<sup>13)</sup> 일반적으로 변환코딩은 계산과정은 복잡하고 많은 메모리가 필요하여 오래 걸리지만 높은 데이터 압축효과를 얻는다. 반면 공간영역코딩은 압축효과는 작지만 계산과정이 간단하여 계산시간이 적게 걸리며 적은 양의 메모리가 필요하다. 그리고 하이브리드 코딩은 위에서 열거한 공간영역코딩과 변환코딩의 장단점을 비교하여 필요에 알맞게 두 방법을 절충하는 코딩 방법이다.

Block truncation coding(BTC) 방법은 공간영역에서 화상을 코딩하는 방법으로 1979년에 Delp와 Mitchell이 제안한 multilevel에 대한 코딩 방법이다.<sup>14)</sup> (original BTC : 2bits/pel) 화상에 있어서 부화상은 비슷한 그레이 레벨을 가지고 있는 특징이 있다. 이와 같은 부화상의 특징을 이용한 코딩 방법의 한 방법이 BTC 방법이다. 이 BTC방법은 화상을 부화상으로 나누어 각각의 영역에 대해서 샘플평균(sample mean)과 샘플 표준편차(sample standard deviation) 및 비트평면 정보를 전송하여, 보내진 화상과 재구성될 화상 사이에 1차 및 2차 모멘트가 같도록 하는 원리에 의하여 수신측에서는 이 변수들로서 화상을 재구성하는 것이다. BTC방법은 계산과정이 간단하고 계산하는데 필요한 메모리가 적게 필요하다. 이 BTC의 간단함(simplicity)과 성능(performance)은 실시간(real time) 화상신호 전송에 적합하다. Standard BTC의 전송율(bit rate)은 1.63 bits/pel이다.<sup>15)</sup> BTC는 이진 화상신호뿐 아니라 컬러 신호의 경우에도 좋은 결과를 보여준다.<sup>16)</sup>

본 논문에서는 부화상 간의 비슷한 그레이레벨을 갖는 특징을 이용하여 부화상이 균일하다고 판단할 수 있을 경우는 비트평면을 근사시킨 후에 비트평면은 전송하지 않고, 그레이레벨 정보만 전송한다. 그리고 그레이레벨 정보를 전송할 때 DPCM을 이용함으로써 더욱 많은 데이터 압축을 실현시키는 BTC 방법을 제안하였고, 전송율과 mean square error(MSE)에 대해서 기존의 방법들과 비교하였다.

본 논문의 구성은 제II장에서 original BTC와 original BTC를 개선한 기존의 방법들을 그리고 제III장에서는 제안한 BTC를 기술하였고, 제IV장에서는 컴퓨터 시뮬레이션 과정 및 결과를 보였고 제V장에서 결론을 내렸다.

## II. 기존의 Block Truncation Coding

이 장에서는 Delp와 Mitchell이 처음에 제안한 original BTC 방법을 기술하고, 기존의 original BTC 방법을 개선한 BTC방법에 대해서 기술한다.

Delp와 Mitchell이 제안한 original BTC 알고리즘은,<sup>15)</sup> 먼저 입력 화상신호  $X(i, j)$ 를  $N \times N$  부화상으로 나누어 준다. 여기서  $N$ 은 부화상의 크기로서 여러 실험결과  $N$ 이 4일때가 가장 좋은 결과를 주기 때문에 주로  $N = 4$ 를 쓴다(이하  $N = 4$ ) 각 부화상에 대해서 threshold인 샘플 평균  $\bar{X}_k$ 를 구하고,  $\bar{X}_k$ 를 이용하여 '0'과 '1'로 구성된 비트평면  $B_k(i, j)$ 를 얻고, 샘플 모멘트  $\bar{X}_k$ 와 샘플 표준편차  $\sigma_k$ 를 얻어서 송신측에서는 각 부화상 단위로 샘플 평균(8bits)과 샘플 표준편차(8bits) 및 '0', '1'로 구성된 비트평면(16bits)를 전송하므로 전송율  $r = (8+8+16)/16 = 2.00$  (bits/pel)로 정보 전송한다.

수신측에서는  $\bar{X}_k, \sigma_k, B(i, j)$ 를 수신하여 1차 및 2차 모멘트를 보존시킬 수 있도록 재구성 화상을 얻는 관계식에 의하여 화상을 재구성한다.

이 코딩 방법은 계산과정이 간단하여 적은 메모리량이 필요하고 구현시키기 쉬운 특징이 있다. 그리고 샘플 모멘트대신 샘플 절대 모멘트(sample absolute moment)를 이용한 코딩방법은 계산을 더 간단히 하여 계산시간을 빠르게 하면서 더 작은 MSE를 갖게 하고 컬러 화상에도 적용할 수 있다.<sup>17)</sup>

그러나 Original BTC가 2bits/pel로 좋은 성능을 보이지만 이것을 그대로 응용하는 데는 몇가지 미흡한 점이 있으므로 이것을 보완하기 위해서 여러가지 방법들이 제안되었다.<sup>18-20)</sup> 즉 BTC에 대한 연구는 그레이레벨 정보에 대한 압축방법인  $\bar{X}_k - \sigma_k$ 의 2차원 양자화(standard BTC)<sup>15)</sup>와 비트평면 정보의 압축 방법인 table look-up 방법,<sup>17)</sup> median filtering 방법,<sup>18)</sup> vector quantization BTC 방법<sup>19,20)</sup> 등의 연구가 진행되었다.

## III. 제안한 Block Truncation Coding

각 부화상의 비트평면에서 16개의 화소들이 모두 같은 '0' 또는 '1'이거나 거의 같은 경우 그리고 그레이레벨차이가 작은 경우에 비트평면을 모두 '0' 또는 '1'로 근사시킨다.<sup>11,12)</sup> 비트평면이 모두 '0' 또는 '1'로 근사될 경우를 merge mode로 취급하며, merge mode에서 샘플평균을 전송할 때 인접된 부화상 간의 샘플평균은 비슷하므로 DPCM을 사용하고, 그렇지 않을 경우 split mode로 취급하여 변형된 양자화를 이용해서 그레이레벨을 전송함으로써 전송율을 감소시킬 수 있다.

1. Mode 선택을 이용한 비트평면 감축(PBTC-1) 이해를 돕기 위하여 제안한 알고리즘을 아래에 기술하였다.

step 1: 입력 화상신호  $X(i, j)$ 를  $N \times N$  부화상으로 나

누어 준다. 여기서 N은 부화상의 크기로서  $N = 4$  를 쓴다(이하  $N=4$ ).

step2 : 각 부화상에 대해서 threshold인 샘플평균  $\bar{X}_k$ 를 구하고,  $\bar{X}_k$ 를 이용하여 '0'과 '1'로 구성된 비트평면  $B_k(i, j)$ 를 얻는다.

$$\bar{X}_k = \frac{1}{N \cdot N} \sum_i \sum_j X_k(i, j)$$

$$B_k(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{for } X_k(i, j) \leq \bar{X}_k \\ 1, & \text{for } X_k(i, j) > \bar{X}_k \end{cases}$$

step3 : 각 부화상의 비트평면에서 '0', '1'인 화소의 수  $K0_k, K1_k$  각각을 구하고 비트평면에서 '0', '1'인 화소의 평균  $P0_k, P1_k$  각각을 구한다.

$$K0_k = \sum_i \sum_j \bar{B}_k(i, j), \quad K1_k = \sum_i \sum_j B_k(i, j)$$

$$P0_k = \frac{1}{K0_k} \sum_i \sum_j X_k(i, j) * \bar{B}_k(i, j)$$

$$P1_k = \frac{1}{K1_k} \sum_i \sum_j X_k(i, j) * B_k(i, j)$$

여기서  $\bar{B}_k(i, j) = 1 - B_k(i, j)$ 이다.

step4 : 다음과 같은 경우에 따라 두 경우로 구분하여  $\bar{X}_k$  혹은  $B_k(i, j), P0_k, P1_k$ 을 전송한다.

i) Split mode

if  $|P0_k - P1_k| > n$  and  $K0_k > m$  and  $K1_k > m$

Then  $P0_k, P1_k, B_k(i, j)$ 를 전송

여기에서  $n$ 은  $0 \leq n < 256$ 인 원래 화상에서의 그레이 레벨의 범위보다 작은 정수 값이고,  $m$ 은  $0 < m < 16$ 인 부화상에서의 화소의 수보다 작은 정수 값이다.

ii) Merge mode

If  $|P0_k - P1_k| \leq n$  or  $K0_k \leq m$  or  $K1_k \leq m$

Then DPCM을 이용하여  $\bar{X}_k$ 만 전송

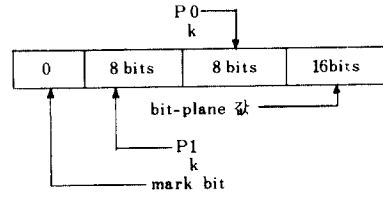
위에서 제안한 BTC 알고리즘은 균일한 부화상(uniform subblock)으로 근사시킬 수 있을 때는 merge mode로 취급하여 표 1 과 같은 DPCM을 이용한 부화

표 1.  $\bar{X}_k$ 의 양자화  
Table 1. Quantization of  $\bar{X}_k$ .

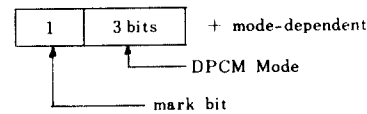
| DPCM mode | Th                     |
|-----------|------------------------|
| 0         | $-18 \leq Th \leq -13$ |
| 1         | $-13 < Th \leq -8$     |
| 2         | $-8 < Th \leq -3$      |
| 3         | $-3 < Th \leq 3$       |
| 4         | $3 < Th \leq 8$        |
| 5         | $8 < Th \leq 13$       |
| 6         | $13 < Th \leq 18$      |
| 7         | $ Th  > 18$            |

여기서  $Th = \bar{X}_{k-1} - \bar{X}_k$ 이다.

상 평균만 전송하고, 균일한 block으로 근사시킬 수 없을 때는 split mode로 취급하여 비트평면에서 '0'과 '1'에 대한 평균  $P0_k, P1_k$  그리고 비트평면을 전송한다.  $P0_k$ 와  $P1_k$ 을 전송할 때는 다음에 서술될 변형된 양자화를 이용해서 전송한다. 표 1에 merge mode에서 사용된 DPCM 과정이 있으며 그림 1에는 전송할 정보의 전송 형태를 설명하였다. 그림 1에서 mark bit는 부화상이 merge mode인지 split mode인지를 나타내는 것으로, 부화상이 merge mode 또는 split mode인 경우에 mark bit를 각각 '1', '0'으로 만들어 준다.



(a) Split Mode



\*mode dependent

- i) 0 - 6 DPCM mode : 0 bits
- ii) 7 DPCM mode : 8 bits

(b) Merge Mode

그림 1. 전송형태  
Fig. 1. Transmission Format.

수신측에서는  $B_k(i, j), \bar{X}_k, P0_k, P1_k$ 을 이용하여 다음과 같이 재구성될 화상  $Y_k(i, j)$ 를 얻는다.

i) Split mode

If  $|P0_k - P1_k| > n$  and  $K0_k > m$  and  $K1_k > m$

Then  $Y_k(i, j) = \bar{B}_k(i, j) * P0_k + B_k(i, j) * P1_k$

ii) Merge mode

If  $|P0_k - P1_k| \leq n$  or  $K0_k \leq m$  or  $K1_k \leq m$

Then  $Y_k(i, j) = \bar{X}_k$

1983년 Kobayashi가 제안한 BTC 방법<sup>12)</sup>은 각 부화상을 균일한 경우와 균일하지 않은 경우로 구분하여 비트평면을 근사시켜서 비트평면과 그레이 레벨정보를 얻는다. 입력 화상신호의 4 줄에 대해서 비트평면과 그레이 레벨정보를 위와 같은 방법으로 얻은 후에 비트평면을 facsimile 부호화 방식인 MH(Modified Huffman) 또는 MR(Modified READ)을<sup>12,13)</sup> 적용하였고, 그레이 레벨정보는 그레이 레벨에 대한 Run-length coding을 이용하여 화상신호를 전송한다. 즉 입력 화상신호의 각

4 줄마다 비트평면과 그레이 레벨을 교대로 전송한다. 이처럼 Kobayashi가 제안한 방법은 비트평면의 정보를 보내주어야 하지만, 본 논문에서 제안한 방법은 merge mode일 때는 비트평면의 정보를 전송하지 않는다.

2.  $P0_k - P1_k$ 의 변형된 양자화(PBTC-2)

Split mode인 경우에  $P0_k$ 와  $P1_k$ 을 그대로 8bits 씩 이용해서 전송하는 것은 낭비이므로 이것을 변형된 양자화를 이용해서 전송하면 데이터 양을 줄일 수 있다.

먼저  $P0_k$ 와  $P1_k$ 의 평균을  $avg_k$ 라고 하면,  $avg_k$ 의 범위는 0 - 255가 되고, 이  $avg_k$ 와  $P0_k$ 의 차이를  $Pdiff_k$ 라 하면  $Pdiff_k$ 의 범위는 0 - 127이 된다. 따라서 오차없이 16bits 대신 15bits로 전송할 수 있다. 그리고 약간의 오차를 감수하여 송신측의  $Pdiff_k$ 를 4 또는 8로 나누어서 5bits 또는 4bits로 그리고  $avg_k$ 를 8bits로 전송하여 그레이 레벨정보  $P0_k$ ,  $P1_k$ 를 16bits대신 13bits 또는 12bits로 정보를 전송할 수 있다. 수신측에서는 얻은  $Tdiff_k$ 에 4 또는 8을 곱해서  $Ddiff_k$ 를 구하여  $avg_k$ 와 함께 이용해서  $P0_k$ 와  $P1_k$ 를 구할 수 있다. 그 과정이 밑에 설명되었다. 본 논문에서 시뮬레이션할 때는 송신측에서  $Pdiff_k$ 를 8로 나누고, 수신측에서는  $Tdiff_k$ 를 8로 곱해 주었다.

\* Encoding

$$avg_k = \frac{P0_k + P1_k}{2}$$

$$Pdiff_k = avg_k - P0_k$$

$$Tdiff_k = Pdiff_k / 4 \text{ or } 8$$

\* Decoding

$$Ddiff_k = Tdiff_k * 4 \text{ or } 8$$

$$P0_k = avg_k - Ddiff_k$$

$$P1_k = avg_k + Ddiff_k$$

IV. 실험 및 결과

사용된 입력 화상은 256 레벨의 240 \* 240 화소들로 구성된 화상이다. 실험은 코딩부분에서 많이 사용되고 있는 Girl 화상과 Cronkite 화상을 시뮬레이션하였다. 그리고 성능 평가를 위해서 MSE면과 전송율 및 실제 화상을 코딩한 후 화질을 비교하였다. MSE는 다음과 같이 구하였다.

$$MSE = \frac{1}{240 * 240} \sum_i \sum_j \{Y(i, j) - X(i, j)\}^2$$

시뮬레이션 결과는 표 2와 표 3과 같다. 표 2은 Girl과 Cronkite 화상에서 original BTC와 standard BTC를 수행했을 때의 전송율과 MSE이고, 표 3는 제안한 PBTC-1 알고리즘만을 이용하여, 또 제안한 PBTC-1과 PBTC-2 알고리즘을 동시에 이용하여 파라미터 값 n을 변화시켰을 때의 전송율과 MSE의 결과이다.

표 2 및 표 3에 대한 설명을 그림 2 - 6과 함께 아래에 설명하였다.

제안한 방법의 감축 효과는 부영상의 merge mode와 split mode의 분포에 의하여 크게 결정된다. 그림 2는 입력 영상에서 m=2일 때의 파라미터 값 n의 변화에 대한 merge mode와 split mode의 빈도수를 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 파라미터 n이 증가할수록 merge mode 분포가 커지므로 전송율이 낮아지는 것을 알 수 있다. 그리고 그림 3은 merge mode 부영상의 평균값  $\bar{X}_k$  상호간의 차이에 대한 통계특성을 보여주고 있다. 즉  $Th(\bar{X}_{k-1} - \bar{X}_k)$  값은 -20~20사이에 많이 분포되어 있으므로 ( $Th$ 의 -18과 18사이의 분포는 Girl과 Cronkite 영상에서 merge mode 부영상의 82.8%, 89.2%를 각각 차지하고 있다.) 이 특징을 이용하여 평균값  $\bar{X}_k$ 를 DPCM을 이용해 영상을 전송해서 정보량을 줄이는 것이 합당함을 알 수 있다. DPCM을 적용시  $\bar{X}_k$ 의 양자화에 있어서  $\bar{X}_k$ 의 양자화 간격의 크기가 크면 클수록 MSE는 커지고 전송율은 감소하는데, 실험결과  $\bar{X}_k$ 의 양자화 간격이 5일때가 영상을 크게 손상시키지 않고 전송율을 줄일 수 있어서 택하였다.

그림 4, 5는 재생된 화상을 나타낸 것으로, 제안한 BTC 방법인 비트평면 감축을 하는 PBTC-1 알고리즘을 이용한 것이다. 그림 4는 Girl 화상에 대한 것이

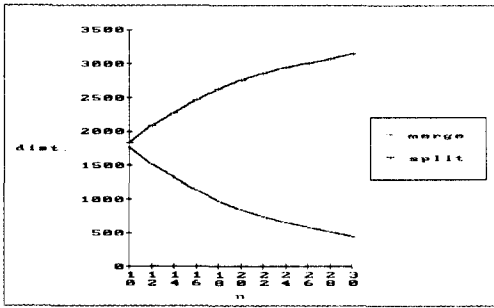
표 2. Original BTC와 Standard BTC의 실험결과  
Table 2. The Result of Original BTC and Standard BTC.

| 비교<br>방법<br>입력 | bit-rate  |            | MSE       |            |
|----------------|-----------|------------|-----------|------------|
|                | Orig. BTC | Stand. BTC | Orig. BTC | Stand. BTC |
| Girl           | 2.00      | 1.63       | 40.5      | 58.8       |
| Cronkite       | 2.00      | 1.63       | 31.8      | 45.2       |

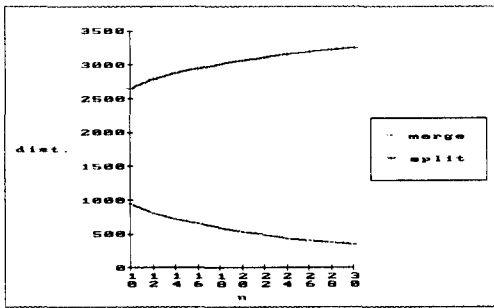
표 3. Parameter n의 변화에 따른 제안방법의 실험결과

Table 3. The Result of a Proposed Method with the Change of Parameter n.

| 입 력      | parameter |   | PBTC-1만 적용 |      | PBTC-1, 2적용 |      |
|----------|-----------|---|------------|------|-------------|------|
|          | n         | m | bit-rate   | MSE  | bit-rate    | MSE  |
| Girl     | 20        | 2 | 0.741      | 61.0 | 0.683       | 65.7 |
|          | 16        | 2 | 0.878      | 54.3 | 0.799       | 59.1 |
|          | 12        | 2 | 1.063      | 48.7 | 0.958       | 57.4 |
| Cronkite | 20        | 2 | 0.564      | 42.5 | 0.642       | 42.0 |
|          | 16        | 2 | 0.622      | 39.6 | 0.577       | 42.6 |
|          | 12        | 2 | 0.698      | 37.5 | 0.527       | 45.3 |



(a)



(b)

그림 2. Merge Mode와 Split Mode의 빈도수 비교 (PBTC-1)

- (a) Girl 영상에 대한 빈도수 관계 (m=2)
- (b) Cronkite 영상에 대한 빈도수 관계 (m=2)

Fig. 2. Distribution of Merge mode and wode Split Mode (PBTC-1).

- (a) Distribution for a Girl Image (m=2).
- (b) Distribution for a Cronkite Image (m=2).
- ..... : Merge Mode.
- : Split Mode.

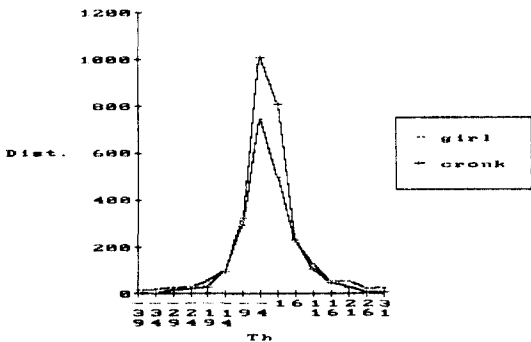
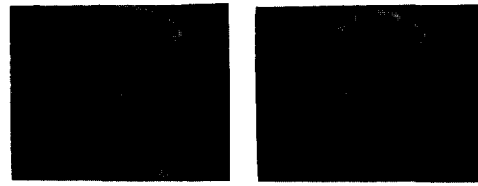


그림 3. Merge Mode에서의  $Th(\bar{X}_{k-1} - \bar{X}_k)$ 의 빈도수 분포도 (PBTC-1)

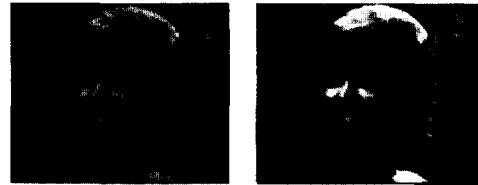
Fig. 3. Histogram of  $Th(\bar{X}_{k-1} - \bar{X}_k)$  in Merge Mode (PBTC-1).

- : Girl 영상.
- ..... : Cronkite 영상.



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

(f)

그림 4. Girl 화상 실험결과(PBTC-1)

- (a) Original 화상 (8bits/pel)
- (b) Original BTC 후 재생한 화상 (2bits/pel)
- (c) Standard BTC 후 재생한 화상 (1.63bits/pel)
- (d) n=16, m=2 일 때의 제안한 방법 후 재생한 화상 (0.88bits/pel)
- (e) n=20, m=2 일 때의 제안한 방법 후 재생한 화상 (0.74bits/pel)
- (f) n=50, m=2 일 때의 제안한 방법 후 재생한 화상 (0.42bits/pel)

Fig. 4. The Result of a Girl Image (PBTC-1).

- (a) Original Image (8bits/pel).
- (b) Original BTC Image (2bits/pel).
- (c) Standard BTC Image (1.63bits/pel).
- (d) Proposed BTC Image (n=16, m=2) (0.88bits/pel).
- (e) Proposed BTC Image (n=20, m=2) (0.74bits/pel).
- (f) Proposed BTC Image (n=50, m=2) (0.42bitr/pel).

고, 그림5은 Cronkite 화상에 대한 것이다. 그림 4, 5 (a)는 원래화상이고 그림4, 5 (b)(c)는 각각 original BTC와 standard BTC의 결과 화상이다. 그림 4, 5 (d) (e) (f)는 각각 제안한 방법의 파라미터 n=16, m=2, n=20, m=2 그리고 n=50, m=2 일 때의 결과 화상이다. 그림 4, 5 (d) (e) (f)에서 알 수 있듯이 파라미터 값n의 증가는 재생된 화상의 화질을 저하시키는 것을

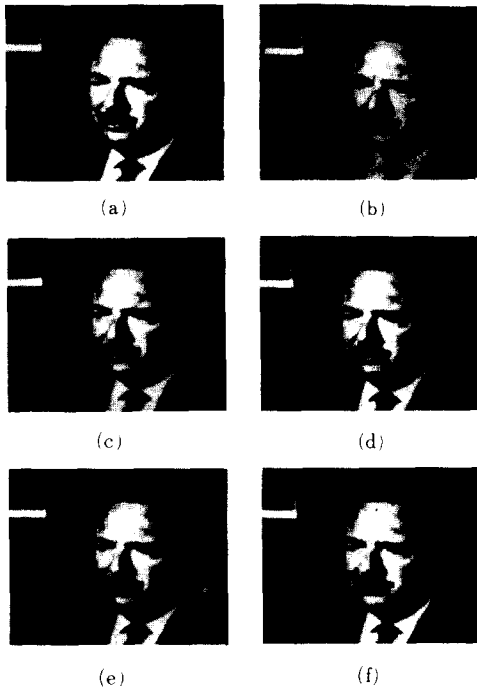
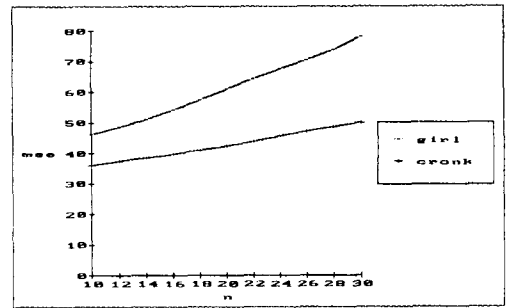


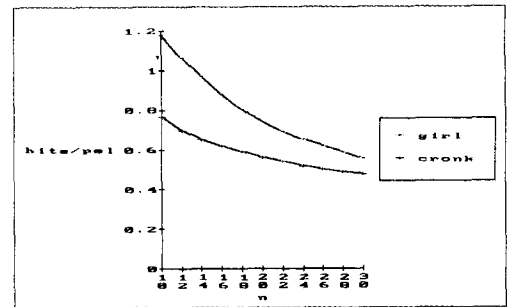
그림 5. Cronkite 화상 실험결과(PBTC-1)  
 (a) Original 화상(8bits/pel)  
 (b) Original BTC 후 재생한 화상(2bits/pel)  
 (c) Standard BTC 후 재생한 화상  
 (1.63bits/pel)  
 (d)  $n=16$ ,  $m=2$  일 때의 제안한 방법후 재생  
 한 화상(0.62bits/pel)  
 (e)  $n=20$ ,  $m=2$  일 때의 제안한 방법후 재생  
 한 화상(0.55bits/pel)  
 (f)  $n=50$ ,  $m=2$  일 때의 제안한 방법후 재생  
 한 화상(0.40bits/pel)

Fig. 5. The Result of a Cronkite Image  
 (PBTC-1).  
 (a) Original Image (8bits/pel).  
 (b) Original BTC Image (2bits/pel).  
 (c) Standard BTC Image (1.63bits/pel).  
 (d) Proposed BTC Image ( $n=16$ ,  $m=2$ )  
 (0.62bits/pel).  
 (e) Proposed BTC Image ( $n=20$ ,  $m=2$ )  
 (0.55bits/pel).  
 (f) Proposed BTC Image ( $n=50$ ,  $m=2$ )  
 (0.40bits/pel).

알 수 있다. 그리고 그림4, 5에서 알 수 있듯이 BTC  
 는 부화상별로 처리해주기 때문에 화상신호의 불연속  
 성을 나타내는 blocky 현상이 나타나고, BTC과정시 수  
 신부에서는 송신부의 영상과 똑같은 영상을 재생시키  
 지 않고 근사시키는 것이므로 코딩 artifact가 재생된  
 영상에서 발생한다. 특히 낮은 그레이레벨 차이가 생



(a)



(b)

그림 6. 파라미터  $n$  값의 변화에 따른 MSE와 전송율 비  
 교( $m=2$ ) (PBTC-1)  
 (a) Girl 화상과 Cronkite 화상에 대한 파라미터  
 $n$ 의 변화에 따른 전송율 관계  
 (b) Girl 화상과 Cronkite 화상에 대한 파라미터  
 $n$ 의 변화에 따른 MSE 관계

Fig. 6. Relation Between Parameter  $n$  and MSE,  
 bit-rate ( $m=2$ ) (PBTC-1).  
 (a) Relation Between Parameter  $n$  and  
 bit-rate for Girl and Cronkite Images.  
 (b) Relation Between Parameter  $n$  and  
 MSE for Girl and Cronkite Images.

기는 영역에서는 blurring 현상이 원영상과는 약간의 차  
 이를 보인다.

그림 6의 파라미터 값  $n$ 의 변화에 대한 전송율과  
 MSE의 변화에 대한 결과를 보면, 파라미터  $n$  값이 증  
 가할수록 전송율은 감소하고 MSE는 증가하는 결과를  
 보여주고 있는데, 파라미터  $n$ 의 증가에 대해서 급격하  
 게 변하는 부분은 찾을 수 없고, 눈으로 보았을 경우  
 에  $n=16$ 인 경우에 재생된 화상과 원래 화상과의 차이  
 가 별로 없으므로  $n=16$ 을 택했다. 그리고 파라미터  $m$   
 의 변화에 대해서는  $m=2$ 와  $m=3$ 에서 변화가 심하다.  
 따라서  $m=2$ 를 택했다. 그래서  $n=16$ ,  $m=2$ 일 때를  
 최적의 경우라 생각해서 PBTC-1만을 이용하여  $n=$   
 $16$ ,  $m=2$ 일 때의 두 화상의 평균 전송율을 구해보면  
 $0.75\text{bits/pel}$ 이 되고, PBTC-1과 PBTC-2를 동시에

적용했을 때는 0.69bits/pel이 된다. PBTC-1과 PBTC-2를 동시에 적용했을 때는 PBTC-1만을 적용했을 때보다 전송율은 감소하지만 재생된 화상에서 화상의 손실이 많이 발생하여 본 논문에서는 PBTC-1만을 이용한 전송율을 택했다. 파라미터  $m$ ,  $n$  값이 증가할수록 전송율은 감소하지만 화상신호에서 불연속성인 blocky 현상이 많이 나타나고 MSE는 증가하게 된다(표3 참조).

표2 및 표3에서 알 수 있듯이  $n=16$ ,  $m=2$  인 경우의 제안된 방법의 압축율은 standard BTC보다 훨씬 좋으면서 MSE 또한 더 작은 것을 알 수 있다. 실제 재생한 화면에서도 화질이 더 좋은 것을 알 수 있었다.

한편, 부화상 크기의 변화에 대한 PBTC-1만을 이용해서 시뮬레이션한 결과가 표4에 있다. 표4에서 알 수 있듯이 부화상이  $4 \times 4$ 에서  $8 \times 8$ 로 커지면 전송율은 많이 감소하지만 MSE는 많이 증가한다는 것을 알 수 있으며, 실제  $8 \times 8$ 로 재생된 화상을 보면 blurring 현상이 많이 발생하여 화질이 저하되는 것을 알 수 있었다.

표 4. Subblok 크기 변화에 대한 실험결과 (PBTC-1)

Table 4. The Result with the Change of Block Size.

| 입 력      | parameter |   | bit-rate     |              | MSE          |              |
|----------|-----------|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
|          | n         | m | $8 \times 8$ | $4 \times 4$ | $8 \times 8$ | $4 \times 4$ |
| Girl     | 16        | 2 | 0.326        | 0.878        | 94.7         | 54.3         |
|          | 12        | 2 | 0.364        | 1.063        | 90.2         | 48.7         |
| Cronkite | 16        | 2 | 0.236        | 0.622        | 87.7         | 39.8         |
|          | 12        | 2 | 0.272        | 0.694        | 84.1         | 37.7         |

그리고 Girl 화상과 Cronkite 화상신호에 대해서 Kobayashi 방법( $n=16$ ,  $m=2$ )을 적용하여 시뮬레이션 하였을 때의 전송율은 Girl 화상 및 Cronkite 화상에 대해서 각각 1.20bits/pel, 1.05bits/pel로 평균 1.13bits/pel이다.

## V. 결 론

본 논문에서는 화상신호 압축방법의 하나인 BTC를 기본으로 해서 부화상에서의 그레이 레벨 유사성을 이용하여 부화상이 균일(merge mode)하다고 판단할 수 있을 경우 근사시켜서 비트평면의 정보를 전송하지 않고 인접된 부화상간 평균 그레이 레벨만을 DPCM을

이용하여 전송한다. 그 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 하였을 경우 standard BTC의 데이터 전송율이 1.63bits/pel인데 비해서 제안된 PBTC-1만을 사용할 경우 화상신호에 의존하여 변하지만 평균 0.75bits/pel로 데이터를 전송한다. 그리고 화질면에서도 제안한 방법을 이용하여 재생한 화면이 standard BTC 보다도 더 좋은 것을 알 수 있었다.

그리고 split mode인 경우 변형된 양자화를 이용하여 그레이 레벨정보를 전송하여 데이터 감축을 더 행할 수 있음을 보였다. 그리고 제안한 BTC 방법을 프레임간(interframe)으로 확장할 경우 더 낮은 전송율로 깨끗한 화상을 얻을 것으로 기대된다. 또한 이상 재생시 blocky 현상이 발생하는데 이 blocky 현상을 줄이는 연구가 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] R.C. Gonzalez and P. Wintz, *Digital Image Processing*. Addison-Wesley: Massachusetts 1977.
- [2] H. Teramura, K. Ono, S. Ando, Y. Tamazaki, S. Yamamoto, and K. Matsuo, "Experiment facsimile communication system on packet switched data network," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-29, no.12, pp. 1942-1951, Dec. 1981.
- [3] A.K. Jain, "Image data compression: A review," *Proc. IEEE*, vol.69, no.3, pp.349-389, March 1981.
- [4] E.J. Delp and O.R. Mitchell, "Image compression using block truncation coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-27, no. 9, pp.1335-1342, Sept. 1979.
- [5] Donald J. Healy and O.R. Mitchell, "Digital video bandwidth compression using block truncation coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-29, no.12, pp. 1809-1817, Dec. 1981.
- [6] M.D. Lema and O.R. Mitchell, "Absolute moment block truncation coding and its application to color images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-32, no.10, pp.1148-1157, Oct. 1984.
- [7] O.R. Mitchell and E.J. Delp, "Multilevel graphics representation using block truncation coding," *Proc. IEEE*, vol. 68, no.7, pp.868-873, July 1980.
- [8] G.R. Arce and N.C. Gallagher, "BTC image coding using median filter roots," *IEEE*

- Trans. Commun.*, vol. COM-31, no.6, pp. 784-793, June 1983.
- [9] 고희화, 이충용, "영상데이터 압축을 위한 프레임내/프레임간 벡터 양자화된 블록절단 부호화에 관한 연구," 전자공학회논문지, 제23권, 5호, pp. 142-146, 1986.
- [10] 박상주, "벡터 양자화된 Block Truncation Coding을 사용한 영상 정보양 압축에 관한 연구," (서울: 서울대학교 전자공학과 석사학위 논문, 1985).
- [11] Y. Yasuda, Y. Yamazaki, T. Kamae, and K. Kobayashi, "Advances in FAX," *Proc. IEEE*, vol. 73, no.4, pp.706-730, April 1985.
- [12] M. Kobayashi, "多階調 マクシミリ信號の差分ブロック符號化方式," 電子通信學會論文誌, vol. J66-B, no. 2, pp. 177-184, 1983.
- [13] R. Hunter and A.H. Robinson, "International digital facsimile coding standards," *Proc. IEEE*, vol.68, no.7, pp.425-439, July 1980.
-