

映像壓縮을 위한擴張된 BTC의 새로운提案

(A New Proposal of Extended BTC for Picture Data Compression)

高 亨 和*, 李 忠 雄**

(Hyung Hwa Ko and Choong Woong Lee)

要 約

本 論文에서는 기존의 BTC 符號化方式을擴張하여 새로운 EBTC(extended block truncation coding) 方式을 提案하였다. 이 方式은 BTC의 短點인 해상도의 低下와 블럭화現象을 없애면서 BTC가 갖고 있는 實時間具現可能性과 비교적 간편한 시스템具現의 長點을 갖고 있다. 2 차원 예측 DPCM과 대개의 變換부호화에 비해 더 優秀한 性能을 갖고 있으며 특히 高畫質傳送에 적합한 符號化方式이다. 이 方式은 30~50 (Mbit/sec)의 速度로 디지털映像을 傳送하는데 매우 有望하다고 생각된다. 제안된 EBTC와 벡터量子化를 結合하여 데이터 부호율이 1.25 (bit/pel)로 화질의 열화가 거의 없었다. 벡터양자화를 적용하지 않을 경우 符號率은 2.6~3.7 (bit/pel)이다.

Abstract

This paper proposes a new EBTC(extended block truncation coding) algorithm extended from the BTC for image compression. The EBTC has a capability to eliminate the defects of BTC, such as the deterioration of resolution or blocky effect, and to make a real-time processing like BTC.

It shows better performances than the DPCM and the transform coding. Especially, it is a suitable coding method for the high quality picture transmission. It may be adequate to the system of transmission rate of 30-50 Mbits/sec.

The picture quality has been scarcely degraded with a vector quantization to the EBTC output at the bit rate of 1.25 bits/pel. The bit rate of the scalar quantized EBTC method is 2.6 - 3.7 bits/pel.

I. 序 論

映像데이터壓縮은 映像이 갖고 있는 많은 冗長性(redundancy)을 除去하고 정보량을 최소로 하는 것을

目的으로 한다. 즉, 영상을 貯藏하는 메모리를 최소화시키거나, 傳送하는데 必要한 대역을 最小로 하는 것이다. 이와 같은 映像壓縮에는 必然적으로 歪曲이 따르게 되는데 壓縮方法의 有用성은 壓縮率과 歪曲 및 具現의 複雜度에 의해 測定된다. 특히 구현의 복잡성은 하드웨어 實現性的의 面에서 重要하다.^{1),2)}

豫測符號化와 變換符號化는 代表的인 映像壓縮方法 이라 할 수 있는데 압축율은 後者가 많은 反面, 具現의 簡易성은 前者가 좋다. Rate distortion 函數는 理論的인 壓縮의 限界를 나타내는 式으로 變換符號化가

*正會員, 光云大學校 電子通信工學科
(Dept. of Elec. Comm., Eng., Kwang Woon Univ.)

**正會員, 서울大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Seoul Nat'l Univ.)

接受日字: 1987年 8月 14日

더욱 効果인 方法임이 알려져 있다.¹⁾ 그러나, 變換符號化는 計算量이 너무 많아 시스템이 複雜해지는 短點이 있다. 따라서 實時間其現에는 어려움이 따른다. 그러나, 豫測符號化는 압축율은 적지만 실시간 其現可能性으로 因하여 여러 사람들에 의해 실시간 구현되었다.¹⁴⁻¹⁶⁾

BTC는 계산량이 적고 비교적 優秀한 畫質을 갖는 새로운 壓縮方式이다.¹⁷⁾ 실시간其現이 가능하고,¹⁸⁾ 10~20(Mbit/sec)의 전송율로 전송하는데 적합한 畫像符號化 方式이다. 이 방식의 短點은 블럭내의 데이터가 2 레벨로 量子化되기 때문에 블럭화現象이 나타난다. 이 현상은 相關관계가 적은 畫像에서 두드러진다. 또, 다른 부호화방식과 달리 畫質의 要求조건 (저화질~고화질)에 따라 데이터符號率을 可變시킬 수 없는 것이 欠點이다. 본 論文에서는 위에 지적한 BTC의 단점을 없애고 畫質을 改善하기 위해 BTC 方法을 擴張시킨 EBTC 알고리즘을 새로이 提案하고, 그 性能을 他方式과 比較檢討하였다. EBTC는 2.5~3.7(bit/pel)의 데이터符號率로 우수한 畫質을 유지하며, 30~50(Mbit/sec) 수준의 고품질傳送에 적합하다.

II. BTC 理論

BTC(block truncation coding) 理論은 1979년 처음 發表된 이래,¹⁷⁾ 1984년 計算이 간단하고 性能이 우수한 AMBTC(absolute moment block truncation coding) 理論이 발표되었다.¹⁸⁾ BTC는 약 2(bit/pel)의 데이터符號率을 가지므로 PCM에 비해 1/4 정도로 데이터를 壓縮시킨다. AMBTC에 대해 살펴보면, 먼저 디지털화된 畫像을 (N×N) 크기의 겹치지 않는 블럭으로 나눈다. 각 블럭마다 平均(m)과 절대中心모멘트(a)를 求한다. M, a는 다음의 (1)식과 (2)식으로 表現할 수 있다.

$$m = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^k X_i \tag{1}$$

$$a = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^k |X_i - m| \tag{2}$$

여기서 X_i 는 각 畫素의 gray level이다. 또, K는 한 블럭내의 畫素의 個數이다. 平均(m)을 기준으로 하여 각 블럭의 畫素를 2 레벨 量子化한다. 즉, 平均보다 큰 gray level를 갖는 畫素는 1로, 平均보다 작은 gray level을 갖는 畫素는 0으로 量子化하여 (0, 1)로 構成된 비트平面을 만든다. 이렇게 符號化한 後 각 블럭의 m, a 및 비트평면을 수신측에 전송한다. 수신측에서는 각 블럭마다 m과 a가 保存되도록 畫像을 復元한다. 각 블럭마다 비트평면의 0은 a로, 1은 b로 復元시키도

록 하면, 다음의 (3)식과 (4)식이 成立되어야 原畫像의 特性이 保存된다.

$$Km = qb + (K - q)a \tag{3}$$

$$Ka = q(b - m) + (K - q)(m - a) \tag{4}$$

여기서 K는 한 블럭내의 화소의 個數이고, q는 비트평면의 1의 個數이다.

(3)식과 (4)식을 利用하여 a, b를 求하면 (5)식과 (6)식이 얻어진다.

$$a = m - \frac{\gamma}{K - q} \tag{5}$$

$$b = m + \frac{\gamma}{q} \tag{6}$$

여기서 $\gamma = K\alpha/2$ 이다.

(5)식과 (6)식을 다른 表現식으로 쓰면 다음의 (7)식과 (8)식과 같이 된다.

$$a = \frac{Km - \sum_{x_i \geq m} X_i}{K - q} \tag{7}$$

$$b = \frac{\sum_{x_i \geq m} X_i}{q} \tag{8}$$

(7)식과 (8)식의 意味는 平均을 基準으로 하여 a는 平均보다 작은 畫素들의 平均値이고, b는 平均보다 큰 畫素들의 平均값임을 알 수 있다. 即, AMBTC는 한 블럭내의 화소를 平均보다 작은 畫素들의 集合과, 큰 畫素들의 集合으로 나누어 각 集合의 平均値로 그 集合의 모든 畫素를 代置시키는 方法임을 알 수 있다.

III. Extended BTC(EBTC) 方式

BTC가 블럭별로 畫素들을 두 領域으로 나누어 符號化하는데 착안하여, 구분시키는 영역을 좀더 細分하여 符號化하였다. 한 블럭내의 全畫素를 3영역, 또는 4영역으로 나누어 特性이 保存되도록 符號化한다. 영역을 이것보다 더 細分하는 것은 壓縮率의 면에서 별로 効果가 없다. 이렇게 하면 2레벨量子化에 비해 畫像이 훨씬 自然스러워지고 블럭화현상도 줄어 든다. 단지 符號率이 증가하나 이것은 벡터量子化 등을 통해 줄일 수 있다.

1. 3레벨 EBTC 方法

디지털화된 영상을 (N×N) 크기의 블럭으로 나누어 平均(m)과 절대중심모멘트(a)를 計算한다. 각 블럭의 畫素들을 $m - \Delta$ 와 $m + \Delta$ 를 基準으로 하여 量子化하는데, 畫素의 gray level이 $m - \Delta$ 보다 작으면 '10'으로, $m - \Delta$ 보다 크고 $m + \Delta$ 보다 작으면 '0'으로, $m + \Delta$ 보다 크면 '11'로 符號化한다. 이렇게 하여 (1, 0)으로

구성된 可變長비트평면을 構成한다. 수신측에 m , a 및 비트평면을 전송하면 수신측에서는 보내 온 데이터로부터 화상을 再現한다. 비트평면의 '10'은 a 로, '0'은 b 로, '11'은 c 로 復元한다면 다음의 (9)식과 (10)식이 成立되어야 한다.

$$Km = pa + qb + rc \quad (9)$$

$$Ka = p(m-a) + q|m-b| + r(c-m) \quad (10)$$

여기서 p 는 한 블록내의 '10'의 個數를, q 는 '0'의 個數를, r 은 '11'의 個數를 각각 나타낸다.

그런데, 만약 $m-\Delta$ 보다 크고 $m+\Delta$ 보다 작은 畫素들을 m 으로 復元한다고 가정하면 b 는 m 이 된다. 이 조건을 利用하여 (9)식과 (10)식을 풀어 보면 다음의 (11)식~(13)식이 얻어진다.

$$a = m - \frac{Ka}{2p} \quad (11)$$

$$b = m \quad (12)$$

$$c = m + \frac{Ka}{2r} \quad (13)$$

이 式으로부터 計算量은 AMBTC와 같음을 알 수 있다. 블록의 크기를 (4×4)로 할 때, 비트전송율은 평균에 8비트, 절대中心모멘트에 8비트, 비트평면은 平均的으로 26비트가 必要하므로 전체적으로 2.63(bit/pel)이 된다.

여기서 비트평면은 可變長이므로 명확히 알기는 어려우며 Δ 값에 따라 달라진다. 실험적으로 얻은 결과 SNR이 커질수록 비트전송율이 많이 필요하게 되며, Δ 값은 대략 $0.5a$ 부근에서 최대 SNR을 얻을 수 있었다. 이 경우 비트평면은 平均적으로 26비트가 필요했다. 최적의 Δ 값의 선정은 모든 화상에 대해 동일한 값을 갖지 않기 때문에 매우 어렵다. 단지 실험적으로 Δ 는 $a/1.5 \sim a/2$ 사이에서 가장 좋은 性能을 보였다.

2. 4 레벨 EBTC 方法

한 블록내의 平均(m)과 절대中心모멘트 (α_1)을 計算한다. (7)식과 (8)식에 의해 a , b 를 구한 後, 각 화소의 gray level이 m 보다 작은 畫素들만의 절대中心모멘트 (α_2)를 求한다. 또, m 보다 큰 화소들만의 절대중심모멘트 (α_3)을 구한다. 이제 각 畫素를 a , m 및 b 에 의하여 量子化하는데 각 畫素의 gray level 이, a 보다 작으면 '00'으로, a 보다 크고 m 보다 작으면 '01'로, m 보다 크고 b 보다 작으면 '10'으로, b 보다 크면 '11'로 量子化한다. 송신측에서 m , α_1 , α_2 , α_3 , 비트평면을 전송하면 수신측에서는 각 畫素를 再生한다. 수신측에서 비트평면의 '00'은 y_0 으로, '01'은 y_1 로, '10'

은 y_2 으로, '11'은 y_4 로 再生한다고 가정하면 畫像의 特性을 保存하기 위해 다음의 (14)식~(18)식이 성립되어야 한다.

$$Km = py_1 + qy_2 + ry_3 + sy_4 \quad (14)$$

$$(p+q)\alpha_2 = p(a-y_1) + q(y_2-a) \quad (15)$$

$$(r+s)\alpha_3 = r(b-y_3) + s(y_4-b) \quad (16)$$

$$(p+q)a = py_1 + qy_2 \quad (17)$$

$$(r+s)b = ry_3 + sy_4 \quad (18)$$

여기서 p , q , r , s 는 각각 비트平面的 00, 01, 10, 11의 個數를 나타낸다. a 및 b 는 (7)식과 (8)식에 의해 計算된 값이다.

$p+q+r+s=K$ 임을 利用하여 (14)~(18)식으로부터 y_1 , y_2 , y_3 , y_4 를 求하면 (19)~(22)식이 얻어진다.

$$y_1 = a - \frac{(p+q)\alpha_2}{2p} \quad (19)$$

$$y_2 = a + \frac{(p+q)\alpha_2}{2q} \quad (20)$$

$$y_3 = b - \frac{(r+s)\alpha_3}{2r} \quad (21)$$

$$y_4 = b + \frac{(r+s)\alpha_3}{2s} \quad (22)$$

이 式의 意味를 알아보면, 앞의 (19)~(22)식이 (23)~(26)식과 같이 달리 表現할 수 있다.

$$y_1 = \frac{\sum X_i}{p} \quad (23)$$

$$y_2 = \frac{\sum_{a \leq X_i < m} X_i}{q} \quad (24)$$

$$y_3 = \frac{\sum_{m \leq X_i < b} X_i}{r} \quad (25)$$

$$y_4 = \frac{\sum_{X_i \geq b} X_i}{s} \quad (26)$$

이 式에 의하면 再現되는 畫素값은 原來의 畫素값이 속한 領域의 平均값이 됨을 알 수 있다. 이제 비트전송율은 平均(m)에 8비트, α_1 에 7비트, α_2 와 α_3 에 각각 6비트, 비트평면에 32비트 ($N=4$ 인 경우)가 必要하므로, $(8+7+6+6+32)/16 = 3.7$ (bit/pel)이 얻어진다.

IV. 性能分析 및 比較

提案된 EBTC의 性能을 알아보기 위해 다른 符號化方式과 比較하여 나타내 보기로 한다. 우선 rate distortion 函數의 限界值¹⁰⁾과 Karhunen-Lóeve 변환 (KLT)의 限界值¹¹⁾ 및 DPCM의 限界值¹¹⁾를 比較하였

다. 사용된 데이터가 Gaussian이고 1차 markov 신호라고 가정하고 相關係數가 0.95일때 S/N의 限界를 그림 1에 보였다. 3레벨 EBTC 및 4레벨 EBTC의 성능은 相關係數가 0.95에 가까운 畫像에 대한 實驗結果이다. 그 밖에 2차원 豫測 DPCM의 경우를 보였다. 그에 따르면 KLT가 rate distortion 한계에 가장 가깝고, 3레벨 EBTC와 4레벨 EBTC는 optimum-DPCM에 비해 다소 열등함을 알 수 있다. 그렇지만 DPCM은 채널에러에 매우 弱한 단점을 갖고 있어서 수신단에 에러가 累積되는 短點이 있다. 이점이 EBTC가 DPCM보다 더 有價해 보이는 理由이다. EBTC는 블럭별로 처리하기 때문에 에러가 블럭내에 制限된다. 이점은 變換符號化와 비슷하다. 그러나, 變換부호화는 그의 計算量이 莫大하여 EBTC에 비해 實時間具現面에서 뒤떨어진다. EBTC는 비교적 高畫質을 要求하는 경우에 適用될 수 있다고 생각된다.

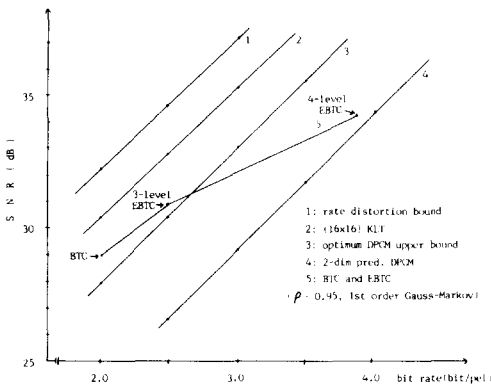


그림 1. 각종 부호화방식 성능 비교
Fig. 1. Performance comparison of various coding method.

V. 實驗結果 및 檢討

컴퓨터모의실험을 통해 EBTC의 성능을 評價하였다. (256×256)의 標準畫像데이터를 使用하여 2레벨 AMBTC, 3레벨 EBTC 및 4레벨 EBTC의 實驗을 하고 그 結果를 보였다. 또, 벡터量子化를 비트평면, 평균 및 절대중심모멘트를 對象으로 시행하였다. 처리하는 블럭은 (4×4)로 잡았다.

1. EBTC 및 스칼라量子化

水平相關係數가 0.88, 垂直相關係數가 0.91인 '모자 쓴 여인'의 畫像에, 提案한 方法을 적용하여 實驗한 結果를 표 1에 보였다. 2레벨 BTC가 S/N이 22.9 (dB), 3레벨 EBTC가 S/N이 25.7 (dB) ($\Delta = \sigma/1.7$),

4레벨 EBTC가 S/N이 30.1 (dB)이 얻어졌다. 3레벨 EBTC는 Δ 값에 따라 S/N이 변하였다. S/N을 求하는 式은 (27)식과 같다.

$$SNR (dB) = 10 \log_{10} \frac{\sum_i \sum_j X_i Y_j}{\sum_i \sum_j (X_i - Y_i)^2} \quad (27)$$

여기서 X_i 는 原來的의 畫素값이고, Y_i 는 再現된 畫素값이다.

再現된 畫像의 사진은 그림 2에 보였다. 그림 2(a)는 原畫像이고, 그림 2(b)는 BTC後 再現한 畫像이다. 그림 2(c)와 그림 2(d)는 각각 3레벨 및 4레벨 EBTC 후 再現한 畫像이다. 그림 3은 畫像의 일부를 4배 擴大한 그림이다. BTC는 해상도의 劣化가 두드러졌고, 4레벨 EBTC는 原畫像과 거의 差異가 없음을 確認하였다.

표 1. '모자 쓴 여인'에 적용한 BTC와 EBTC의 스칼라 양자화 실험 결과

Table 1. Simulation results on 'woman with hat' image for BTC and EBTC with scalar quantization.

	BIT RATE (bit/pel)	SNR (dB)	그림
BTC	2.0	22.90	그림 2 (b)
3 level EBTC ($\Delta = \frac{\sigma}{1.5}$)	2.6	25.22	
3 level EBTC ($\Delta = \frac{\sigma}{1.7}$)	2.6	25.67	그림 2 (c)
3 level EBTC ($\Delta = \frac{\sigma}{2.0}$)	2.6	25.56	
4 level EBTC	3.7	30.10	그림 2 (d)

2. EBTC 및 벡터量子化

EBTC후 생기는 情報, 즉 비트平面과 平均 및 절대 중심모멘트를 벡터量子化하는 것으로 많은 데이터를 壓縮시킬 수 있다.¹²⁻¹⁴⁾ 첫째로, 평균 및 절대중심모멘트에 대해서만 벡터量子化를 行하는 方法이 있다. 이 方法은 S/N의 감소가 거의 없다. 둘째로, 비트平面만 벡터量子化 하는 方法이 있다. 이 方法은 코드語가 많더라도 화질의 劣化가 심하다. 셋째로, 두가지를 전부 利用하여 벡터量子化하는 方法이 있다. 그림 4는 BTC와 EBTC의 벡터양자화를 적용시킨 경우와 스칼라量子化를 적용시킨 경우의 結果를 보였다.

표 II에는 비트傳送率과 S/N을 '모자 쓴 여인'에 대한 實驗結果로 보였다. 먼저 BTC後 비트평면을 벡

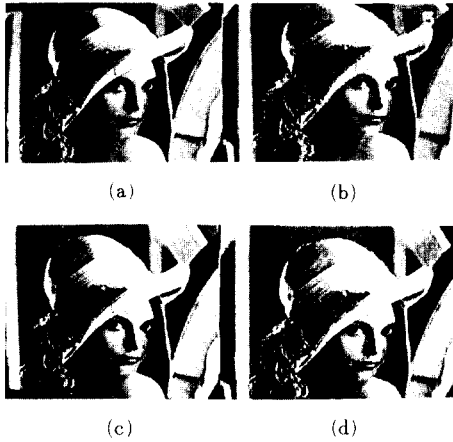


그림 2. (a) 原 畫 像 (8.0bit/pel)
 (b) BTC 후 再現한 畫像 (2.0bit/pel)
 (c) 3level EBTC 후 再現한 畫像 (2.6bit/pel)
 (d) 4level EBTC 후 再現한 畫像 (3.7bit/pel)

Fig. 2. (a) Original image at 8.0 bits/pel.
 (b) BTC coded image at 2.0 bits/pel.
 (c) 3level EBTC coded image at 2.6 bits/pel.
 (d) 4level EBTC coded image at 3.7 bits/pel.

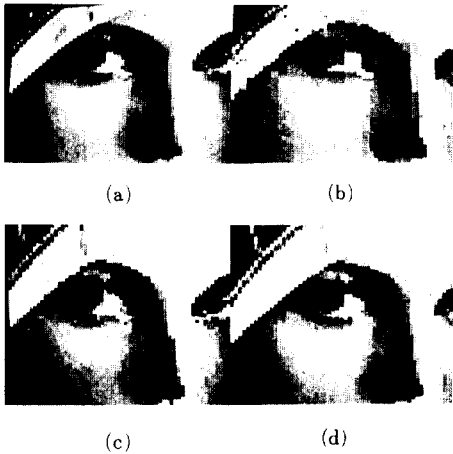


그림 3. 그림 2 를 4 배 확대한 사진.
 그림 3 (a)~(d)는 각각 그림 2 (a)~(d)를 확대한 것

Fig. 3. 4-time enlarged image of Fig.2.
 Fig.3(a)~(d) corresponds to Fig.2(a)~(d), respectively.

터量子化한 경우 128個의 코드語로 S/N비가 21.1 (dB) (비트전송율=1.44bit/pel)이 얻어졌다. 그림5 (b)가 그의 結果사진이다. 둘째로, 4 레벨 EBTC의 경우, 평균과 절대중심모멘트를 벡터量子化하였다. 비트전송율

표 2. '모자쓴 여인'에 적용한 BTC와 EBTC의 벡터 양자화 실험 결과

Table 2. Simulation results on 'woman with hat' image for BTC and EBTC with vector quantization.

	VQ 적용대상	BIT RATE (bit/pel)	SNR (dB)	그림
B T C	m, α	1.63	22.88	
B T C	비트 평면	1.44	21.12	그림 5 (b)
B T C	m, α , 비트 평면	1.0	20.14	
4level EBTC	m, α	2.63	29.29	그림 5 (c)
4level EBTC	비트 평면	2.31	24.12	
4level EBTC	m, α , 비트 평면	1.25	24.0	그림 5 (d)

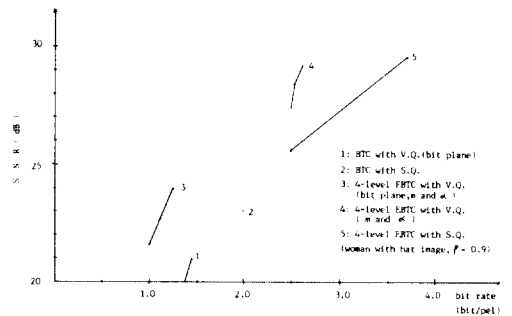


그림 4. BTC와 EBTC 실험 결과
 (V. Q.=벡터양자화, S. Q.=스칼라양자화)
 Fig. 4. Experimental results of BTC and EBTC.
 (V. Q.=vector quantization, S. Q.=scalar quantization).

이 2.63 (bit/pel)에서 29.3 (dB)이 얻어졌다. 그림5 (c)에 結果사진을 보였다. 셋째로, 4 레벨 EBTC後 비트 평면과 평균 및 절대중심모멘트를 모두 벡터量子化하였다. 사용된 코드어가 각각 1,024개 일때의 결과로 비트전송율이 1.25 (bit/pel)에서 24.0 (dB)이 얻어졌다. 그림 5 (d)에 結果사진을 보였다. 사용된 코드북은LBC 알고리즘에 의해 구하였다. 그림 6은 그림5를 4 배 擴大시킨 사진이다.

3. 檢 討

實驗결과로 보인 값은 (4×4)로 처리한 것인데 (8×8)로 처리하면 약간의 S/N의 감소로 데이터符號率을 감축시킬 수 있다. 예를 들어, (4×4)의 4레벨 EBTC는 3.7 (bit/pel)에서 30.1dB을 얻은 반면, (8×8)의 4레벨 EBTC는 2.4 (bit/pel)에서 25.2dB을 얻어 (4×4)의 3레벨 EBTC와 비슷한 성능을 얻을 수 있으나, 所要計算量으로 보아 별로 매력적이지 못하다.



그림 5. (a) 原 畫 像 (8.0bit/pel)
 (b) 벡터양자화된 BTC 畫像 (1.44bit/pel)
 (c) m, α 를 벡터양자화한 4level EBTC 畫像 (2.63bit/pel)
 (d) m, α, bit 평면을 벡터양자화한 4level EBTC 畫像 (1.25bit/pel)

Fig. 5. (a) Original image at 8.0 bits/pel.
 (b) Reconstructed BTC image with a VQ to the bit plane at the bit rate of 1.44 bits/pel.
 (c) Reconstructed 4level EBTC image with a VQ to the mean and the absolute moment at 2.63 bits/pel.
 (d) Reconstructed 4level EBTC image with a VQ to the mean, absolute moment, and bit plane at 1.25 bits/pel.

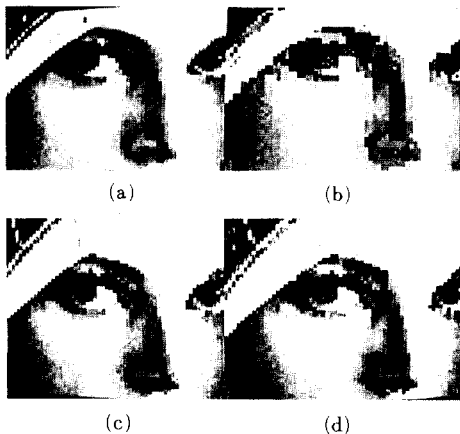


그림 6. 그림 5 를 4 배 확대한 사진.
 그림 6 (a)~(d) 는 그림 5 (a)~(d) 를 각각 확대한 것

Fig. 6. 4-times enlarged image of Fig. 5.
 Fig. 6. (a)~(d) corresponds to Fig. 5 (a)~(d), respectively.

제안된 4 레벨 EBTC는 畫質面에서는 기존의 2 레벨 BTC에 비해 大幅的인 改善을 이루었으나, 이는 데이터符號率과 計算時間의 희생위에 얻은 것이므로 低 비트전송율이 要求되는 경우에는 使用이 困難하다. 따라서, 요구되는 비트전송율과 畫質을 고려하여 제안된 方法의 使用을 결정해야 할 것이다.

벡터量子化를 적용한 것은 그의 複雜性에도 불구하고 비트전송율을 1.0 (bit/pel)까지 낮출 수 있고, 또 다른 方式에 적용한 벡터양자화 보다 本 方式에 적용한 것이 훨씬 간단하므로 적용한 것이다.

VI. 結 論

本 論文에서는 AMBTC 方法을 擴張시킨 EBTC 方法을 새로이 提案하고 畫質面에서 大幅的인 改善이 됨을 確認하였다. 3 레벨 EBTC가 AMBTC에 비해 데이터符號率이 0.6 (bit/pel) 이 더 必要하지만 S/N은 약 3 dB 정도 증가하였다. 4 레벨 EBTC는 AMBTC에 비해 약 7 dB 정도의 SNR의 증가를 가져왔다. 4 레벨 EBTC의 데이터符號率은 스칼라量子化의 경우 3.7 (bit/pel), 벡터量子化의 경우 1.3~2.6 (bit/pel)이 필요하다. 계산량은 3 레벨 EBTC는 AMBTC와 동일하고, 4 레벨 EBTC는 AMBTC 보다 2 배가 필요하다. 畫質面에서 原來의 畫象과 거의 차이가 없으며 기존의 BTC 理論의 적용범위를 훨씬 넓혔다.

參 考 文 獻

- [1] A.N. Netravali and J.O. Limb, "Picture coding: a review," *Proc. IEEE*, vol. 68, no. 3, pp.366-406, Mar. 1980.
- [2] A.K. Jain, "Image data compression: a review," *Proc. IEEE*, vol. 69, no. 3, pp. 349-389, Mar. 1981.
- [3] W.K. Pratt, *Digital Image Processing* Wiley, pp. 723-731, 1980.
- [4] V. Devarajan and K.R. Rao, "DPCM Coders with adaptive prediction for NTSC composite TV signals," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-28, no. 7, pp. 1079-1084, July 1980.
- [5] K. Sawada and H. Kotera, "A 32 Mbit/s component separation DPCM coding system for NTSC color TV," *IEEE. Trans. Commun.*, vol. COM-26, no. 4, pp. 458-465, Apr. 1978.
- [6] H. Murakami et al, "15/30 Mbit/s universal digital TV codec using a median adaptive prediction coding method," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-35, no. 6, pp. 637-645, Jun. 1987.

- [7] E.J. Delp and O.R. Mitchell, "Image compression using block truncation coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-27, pp. 1335-1342, Sept. 1979.
- [8] M.D. Lema and O.R. Mitchell, "Absolute moment block truncation coding and its application to color images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-32, pp. 1148-1157, Oct. 1984.
- [9] H.H. Ko and C.W. Lee, "Real time implementation of block truncation coding for picture data compression," *Proc. Int. Conf. ASSP-87*, Apr. 1987.
- [10] T. Berger, "*Rate Distortion Theory*," Englewood Cliffs, NJ. Prentice-Hall, 1971.
- [11] D.S. Arnstein, "Quantization error in predictive coders," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-23, pp. 423-429, Apr. 1975.
- [12] A. Gersho, "On the structure of vector quantizers," *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. IT-28, no. 2, pp. 157-166, Mar. 1982.
- [13] Y. Linde, A Buzo, and R.M. Gray, "An algorithm for vector quantization," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-28, pp. 84-95, Jan. 1980.
- [14] Y. Linde and R.M. Gray, "Vector quantizers and predictive quantizers for gaussian sources," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-30, no. 2, pp. 381-389, Feb. 1982.