

BTC와 DPCM을 결합한 映像信號의 複合符號化와 性能評價

(A Hybrid Image Coding Using BTC and DPCM with Performance Evaluation)

高 亨 和*, 李 忠 雄**

(Hyung Hwa Ko and Choong Woong Lee)

要 約

本 論 文 에 서 는 BTC와 DPCM을 結 合 한 複 合 符 號 化 (hybrid coding) 方 式 을 새 로 이 提 案 하 여 符 號 化 性 能 을 改 善 시 켰 고, 畫 質 評 價 를 위 해 새 로 운 客 觀 적 評 價 법 을 제 안 하 여 실험 결과와 잘 一 致 함 을 보 였 다.

AMBTC와 DPCM을 結 合 시 킨 HYB-1 方 式 은 1.5 bit/pel의 傳 送 륜 로 우 수 한 畫 質 을 유 지 하 였 으 며, EBTC-3과 DPCM을 結 合 시 킨 HYB-3 方 式 은 原 畫 像 에 비 해 거 의 손 상 을 받 지 않 고 2.1 bit/pel의 傳 送 륜 를 갖 는 다. 새 로 이 提 案 된 畫 質 評 價 법 은 輪 廓 部 에 서 는 블 러 크 잡 음 을, 平 坦 部 에 서 는 임 펄 스 성 잡 음 을 선 택 적 으 로 더 해 서 그 의 크 기 로 화 질 을 평 가 하 는 方 法 으 로 주 관 적 평 가 와 잘 一 致 하 는 것 으 로 확 인 되 었 다.

Abstract

This paper proposes a hybrid image coding in order to improve the coding performance by combining the BTC with the DPCM. And utilizing the human perceptual characteristics, a new objective image quality evaluation method has been proposed to obtain an excellent result in good agreement with the subjective quality evaluation.

A hyb-1 method consisting of the DPCM and the AMBTC has retained a good picture quality at the bit rate of 1.5 bits/pel. A hyb-3 method combining the EBTC-3 with the DPCM has scarcely degraded the picture quality compared with the original image at the bit rate of 2.1 bits/pel. A newly proposed method of picture quality evaluation accumulating a blocky noise at the edge block and an impulsive noise at the flat block selectively has been coincident with the subjective evaluation of quality.

I. 序 論

지 금 까 지 研 究 된 화 상 데 이 타 壓 縮 은 畫 質 의 劣 化 를 어 느 정 도 감 수 하 고 큰 압 축 륜 을 얻 고 자 하 는 試 圖 였 다. 그 러 나, 화 질 의 열 화 라는 면 에 서 많 은 거 부 감 이 있 었 던 것 이 사 실 이 다. 따 라 서, 研 究 方 向 은 화 질 의 열 화 가 거 의 없 으 면 서 實 時 間 處 理 가 可 能 하 고

*正會員, 光云大學校 電子通信工學科
(Dept. of Elec. Comm. Eng., Kwangwoon 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 12月 8日

시스템이 간단하며 전송률이 약 1 bit/pel 이하로 壓縮시키는 것이 바람직하다.

實時間處理가 가능한 方式으로는 BTC^[1,2]와 DPCM^[3]을 들 수 있고, 1 bit/pel 정도의 전송률을 갖는 것으로는 複合符號化 방식이나 벡터量子化등을 들 수 있다. 그러나, 두 方式 모두 시스템이 복잡하고 實時間處理가 어려운 점이 공통이다.

본 논문에서는 BTC와 DPCM의 長點인 實時間具現性을 이용하여 전송률이 1.5 bit/pel에서 畫質의 劣化가 많지 않으며 시스템이 간단한 새로운 複合부호화方式을 提案하였다. BTC가 갖는 블럭화현상은 DPCM으로 줄일 수 있고, DPCM이 낮은 비트전송률에서 나타내는 임펄스성 잡음은 BTC로써 줄일 수 있어서 전체적인 부호화성능을 개선시킬 수 있다. 또, 3 레벨 Extended BTC (EBTC-3)^[4]와 DPCM을 結合시켜 더 많은 성능개선을 도모하였다.

본 논문에서는 S/N比 등을 이용한 기존의 客觀적 畫質評價方法이 주관적 평가와 잘 맞지 않는 점을 감안하여 주관적 평가에 近似한 새로운 客觀적 평가 方法을 提案하여 HYB-1과 HYB-3의 性能이 優秀함을 보였다.

II. BTC와 DPCM을 結合한 複合符號化

BTC가 공간영역에서 블럭별로 평균과 분산을 保存하는 부호화방식^[1]임에 대하여 DPCM은 인접화소간의 相關性을 이용하여 重複性(redundancy)을 제거하는 방식이다. 예측부호화로 원래신호와 예측신호와의 差信號를 얻은 다음 BTC 부호화하면 性能이 개선될 것이라는 點에 착안하여 複合符號化를 구현하였다.

1. HYB-1 方式

AMBTC와 DPCM을 結合시킨 方式을 HYB-1으로 부르기로 한다. 그림 1과 그림 2에 符號器와 復號器의 블럭圖를 각각 보였다. 프레임內에서 예측부호화後 그의 差信號를 AMBTC 부호화하여 전송한다. (4×4)의 크기로 잘라낸 후 平均과 절대중심모멘트를 각각 4비트로 量子化시켜서 비트평면과 함께 전송한다. 量子化는 MAX 量子器^[5]로 具現하였다.

예측기는 그림 3과 같이 구성된다. 최초의 1 주사선은 그대로 전송하고, 以後의 주사선은 예측부호화하여 전송한다. 예측기의 구조는 영상의 종류에 따라 최적계수가 달라진다. 原信號와 豫測信號와의 差信號는 그의 分布가 原信號의 分布보다 훨씬 밀집되어 있으므로 전송률의 壓縮이 가능하다. 예를 들어,

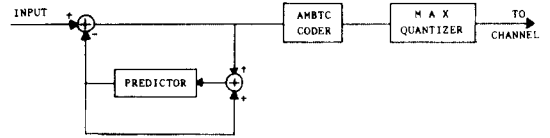


그림 1. 複合符號器의 블럭圖
Fig. 1. Blockdiagram of the hybrid coder.

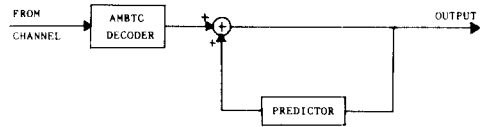


그림 2. 復號器의 블럭圖
Fig. 2. Blockdiagram of the decoder.

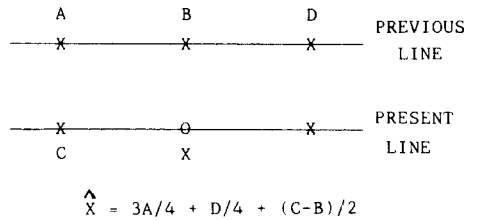


그림 3. 예측기의 動作說明圖
Fig. 3. Illustration of the operation process of the predictor.

原信號를 AMBTC하여 평균과 절대중심모멘트를 보내는데 각각 8비트가 必要한데 비하여 差信號는 각각 4비트로 줄일 수 있다. 이는 예측부호화의 效果이다. 그런데, BTC와 예측부호화를 單獨으로 구현할 경우 고유한 단점을 각기 保有하고 있다. 즉, BTC는 블럭화 現象을 갖고 있으며 예측부호화는 임펄스성 잡음을 보여준다. 따라서, 새로운 HYB-1은 블럭화잡음과 임펄스성 잡음의 발생을 두 方式을 結合시킴으로써 많이 줄일 수 있음이 豫상되며 실험으로 확인되었다. 비트전송률은 평균과 절대중심모멘트에 4비트, 비트평면은 (4×4) 크기로 16비트이다. 따라서 전송률은 (4+4+16)/16=1.5 bit/pel 이 된다.

2. HYB-3 方式

DPCM後 출력되는 差信號를 3레벨 Extended BTC(EBTC-3)^[4]로 處理하면 더욱 좋은 畫質이 期待된다. 이 方式을 HYB-3으로 부르기로 한다.

EBTC-3은 AMBTC의 短點을 改善하여 (4×4)의 처리블럭내에서 再現레벨이 3개가 되게 하므로써 블럭화 현상을 줄인다. EBTC-3의 符號化 및 復號化를 살펴보면 다음과 같다.

한 블럭내의 平均을 \bar{m} , 절대중심모멘트를 \bar{a} 라고 하면 符號器와 復號器의 動作은,

```

p:=0; q:=0; {초기화}
encoder ;
if  $x_i < \bar{m} - \frac{\bar{a}}{1.7}$  then bit:=0; p:=p+1;
else if  $\bar{m} - \frac{\bar{a}}{1.7} \leq x_i < \bar{m} + \frac{\bar{a}}{1.7}$  then bit:=1 ;
else if  $x_i \geq \bar{m} + \frac{\bar{a}}{1.7}$  then bit:=2; q:=q+1 ;
decoder ;
if bit=0 then  $\hat{x}_i := \bar{m} - \frac{8\bar{a}}{p}$  ;
else if bit=1 then  $\hat{x}_i := \bar{m}$  ;
else if bit=2 then  $\hat{x}_i := \bar{m} + \frac{8\bar{a}}{q}$  ;
    
```

으로 說明된다. 여기서 x_i 와 \hat{x}_i 는 각각 原信號와 再現된 信號를 나타내며, 한 블럭내에서 平均과 절대중심모멘트가 保存된다.

비트전송율은 EBTC-3의 경우, 평균에 8비트, 절대중심모멘트에 7비트, 비트평면에 26비트로 약 2.6 bit/pel 이 된다. 그리고 HYB-3은 평균과 모멘트에 각각 4비트, 비트평면에 26 비트로 약 2.1 bit/pel 이 된다.

III. 새로운 畫質評價方法

기존의 畫質評價方法 중에서 객관적인 評價方法으로 S/N比가 가장 많이 쓰인다. 그러나, 이것은 종종 주관적인 평가와 일치하지 않는 結果를 가져오는 경우가 있다. 따라서, 화상의 주관적인 畫質評價와 부합되는 객관적인 평가방법의 開發이 要望된다.

사람의 시각특성을 고려하여 새로운 객관적 畫質評價法을 제안하여, 본 논문에서 제안한 복합부호화 방식의 성능을 分析하고자 한다.

잡음 중에는 사람눈에 거슬리는 잡음과 과히 거슬리지 않는 잡음이 있다. 눈에 거슬리는 잡음으로는 블럭성 잡음(blocky noise)과 임펄스성 잡음(impulsive noise)이 있다. 블럭성 잡음은 저주파적인 잡음이고, 임펄스성 잡음은 고주파적인 잡음이다. 화상의 윤곽(edge)에 블럭성 잡음이 나타나면 눈에 매우 거슬린다. 또, 임펄스성 잡음은 화상의 平坦한 부분에 나타날 때 눈에 거슬린다. 따라서, 윤곽부에 나타나는

블럭성 잡음과 평탄부에 나타나는 임펄스성 잡음의 합으로 화질평가의 基準으로 삼고자 한다.

그의 알고리즘은 다음과 같다.

- ① 原畫像 (4×4)의 겹치지 않는 블럭으로 나누어 그 블럭이 輪廓部(edge)인지 아닌지를 판정한다.^[1]
- ② 原畫像과 再現畫像의 각 畫素마다 인접한 (2×2) 크기의 소블럭의 平均(m)과 절대중심모멘트(a)를 計算하여 α/m 값을 求한다.
- ③ (2×2) 크기의 소블럭이 輪廓部에 속할 경우, 原畫像의 α/m 값이나, 再現畫像의 α/m 값이 어떤 임계치 T_1 보다 작으면 블럭성잡음을 예상하여 (2×2)의 소블럭내의 原信號와 再現信號와의 差信號成分을 供給하여 合한다.
- ④ (2×2)의 소블럭이 윤곽부에 속하지 않을 경우, 原畫像의 소블럭이 평탄할 때(즉, α/m 값이 T_1 보다 작을 때), 再現畫像의 같은 위치의 소블럭의 α/m 값이 T_2 보다 크면 임펄스성 잡음으로 간주하여 (2×2)의 소블럭내의 原信號와 再現信號와의 差信號成分을 供給하여 合한다.
- ⑤ 위 과정을 全體畫素에 걸쳐 시행하여 ③과 ④의 結果를 합하여 전체잡음으로 한다. (손상잡음(im-pairment noise)이라고 하자)

이 알고리즘의 重要한 點은 윤곽부의 검출과 T_1 과 T_2 의 적절한 선정이다. 또한 윤곽이 전체화면중에 어느정도가 되도록 할 것인가도 고려할 점이다. T_1 을 작게 하면 블럭성잡음이 무시되고, T_1 이 너무 크면 임펄스성잡음이 相對的으로 작아진다. T_2 가 작으면 임펄스성잡음이 강조되고, 너무 크면 임펄스성잡음이 무시된다. 평탄하다는 基準이 되는 T_1 은 0.05 이하가 좋고, 변화부로 판정하는 기준이 되는 T_2 는 0.1 이상으로 하는 것이 좋다. 최적의 T_1 과 T_2 는 시각특성을 고려하여 결정되는데 T_1 은 0.005~0.05 정도이고 T_2 는 0.1~0.5 정도이다. 좀더 범위를 압축시키면 T_1 은 0.02~0.04 정도, T_2 는 0.2~0.4 정도가 적당하다.

IV. 實驗 및 檢討

本 論文에서 제안한 복합부호화방식의 성능을 새로운 畫質評價方法에 의한 컴퓨터 시뮬레이션에 의해 分析하였다. (256×256)의 표준화상에 대해 AM-BTC, EBTC-3, 2 bit/pel의 DPCM2, 3 bit/pel의 DPCM3, HYB-1, HYB-3의 성능을 비교 평가하였다. 표 1에 재래식 평가방법인 NMSE와 S/N의 結果值를 비교하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 AM-BTC가 잡음이 제일 크고, DPCM2, HYB-1, EB-

TC-3, HYB-3, DPCM3의 順序로 잡음이 감소하였다. 그러나, 화상은 결국 사람의 눈에 의해 판정되는 것이므로 주관적인 評價가 重要하다. 표 2의 주관적 평가基準에 따라 50명에게 실시한 평가결과를 표 3에 보였다. 이 표는 95%의 신뢰도를 갖도록 계산한 母평균의 범위를 적었다. AMBTC가 제일 나쁘고, EBTC-3, DPCM2, HYB-1, HYB-3, DPCM3의 순으로 좋아지는 것으로 평가되었다. 이 결과는 표 1의 SNR에 의한 평가순서와는 다른 것을 보여준다. 표 4와 표 5는 각기 T_1 과 T_2 를 변화시키면서 블럭성잡음과 임펄스성잡음을 구한 결과를 나타냈다. 윤곽부는 전체화면중에 37% 정도가 되도록 하였다. 표 6은 T_1 과 T_2 를 결합하여 얻은 전체손상잡음을 표시하였다. 그림 4는 시뮬레이션 결과 얻은 화상을 보여준다. 그림 4(a)~그림 4(g)는 각각 原畫像, DPCM2, DPCM3, AMBTC, EBTC-3, HYB-1, HYB-3의 再現畫像이다. 그림 4는 (256×256) 크기의 畫像을 (512×512)로 확대하여 디스플레이

표 1. 재래식 평가(NMSE, S/N) 결과
Table 1. Conventional evaluation (NMSE, S/N) results.

방 법	잡음전력 ($\times 10^4$)	NMSE ($\times 10^{-3}$)	S/N (dB)	BIT RATE (bit/pel)
AMBTC	4.196	5.133	22.90	2.0
DPCM2	3.896	4.722	23.26	2.0
HYB-1	3.224	3.944	24.04	1.5
EBTC-3	2.235	2.734	25.65	2.6
HYB-3	1.662	2.034	26.92	2.1
DPCM3	1.209	1.479	28.30	3.0

(신호전력 = 8.174×10^4)

표 2. 주관적 평가 기준
Table 2. Subjective quality evaluation standard.

평 가	평 가 기 준
1	손상을 거의 알아 볼 수 없다.
2	손상을 약간 알 수 있다.
3	손상이 있으나 두드러지지 않는다.
4	분명히 손상되어 있으나 눈에는 거슬리지 않는다.
5	약간 거슬린다.
6	분명히 거슬린다.
7	매우 거슬린다.

표 3. 주관적 평가 결과
Table 3. Subjective quality evaluation results.

방 법	평 균	표준편차	신뢰구간 (95%)
AMBTC	6.5	0.44	6.38-6.62
EBTC-3	5.7	0.70	5.59-5.81
DPCM2	4.6	1.11	4.30-4.90
HYB-1	4.1	0.94	3.84-4.36
HYB-3	3.6	0.93	3.34-3.86
DPCM3	2.2	0.82	1.97-2.43

표 4. 블럭성잡음($\times 10^4$)
Table 4. Blocky noise ($\times 10^4$).

방법 \ T_1	0.005	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
AMBTC	257.40	265.43	285.04	310.44	339.58	368.75
EBTC-3	96.93	100.80	108.73	120.91	134.03	150.51
DPCM2	0.75	3.72	12.96	27.02	44.10	65.64
HYB-1	0.74	4.63	13.78	30.48	50.68	69.79
HYB-3	0.29	3.54	10.77	20.89	31.81	42.94
DPCM3	0.14	0.63	2.30	4.29	6.94	10.39

표 5. 임펄스성잡음($\times 10^4$)
Table 5. Impulsive noise ($\times 10^4$).

방법 \ T_2	0.1	0.15	0.2	0.3	0.4	0.5
AMBTC	118.00	80.18	49.88	12.43	2.67	0.59
EBTC-3	71.06	47.34	27.81	7.88	1.65	0.38
DPCM2	143.84	99.85	62.32	26.74	13.78	10.56
HYB-1	125.37	76.53	45.79	15.38	4.92	2.37
HYB-3	73.44	48.69	31.03	12.51	3.82	1.86
DPCM3	41.41	26.64	15.38	4.20	2.77	2.52

표 6. 제안된 평가방법에 의한 손상잡음($\times 10^4$)
Table 6. Impairment noise by the proposed method ($\times 10^4$).

T_1, T_2 방법	$T_1=0.005, T_2=0.3$	$T_1=0.01, T_2=0.2$	$T_1=0.03, T_2=0.15$	$T_1=0.05, T_2=0.1$
AMBTC	269.83	315.31	390.62	486.75
EBTC-3	104.81	128.61	168.25	221.57
DPCM2	27.49	66.04	126.87	209.48
HYB-1	16.12	50.42	107.01	195.16
HYB-3	12.80	34.57	69.58	116.38
DPCM3	4.34	16.01	30.93	51.80



그림 4 (a). 原畫像
Fig. 4 (a). Original image.



그림 4 (e). EBTC-3 후 再現한 畫像
Fig. 4 (e). Reconstructed EBTC-3 image.



그림 4 (b). DPCM2 후 再現한 畫像.
Fig. 4 (b). Reconstructed DPCM2 image.



그림 4 (f). HYB-1 후 再現한 畫像
Fig. 4 (f). Reconstructed HYB-1 image.



그림 4 (c). DPCM3 후 再現한 畫像
Fig. 4 (c). Reconstructed DPCM3 image.



그림 4 (g). HYB-3 후 再現한 畫像
Fig. 4 (g). Reconstructed HYB-3 image.



그림 4 (d). AMBTC 후 再現한 畫像
Fig. 4 (d). Reconstructed AMBTC image.

이시킨 것이므로 原來보다 畫質이 더욱 떨어진 것처럼 보인다. 그림 5는 재래식평가(NMSE), 주관적평가 및 새로이 제안한 손상잡음(impairment noise)을 比較하여 그린 곡선이다. 이 그림에서 ㉠은 재래식평가곡선이고, ㉡는 손상잡음이고 ㉢는 주관적 평가결과이다. ㉡의 경우, T_1 이 0.005인 경우에 주관적 평가와 잘 일치하는 것처럼 보이며, $T_1=0.05$, $T_2=0.1$ 인 경우에는 임펄스성잡음이 강조됨으로써 상대적으로 DPCM2와 HYB-1 등이 더 나쁘게 평가되었

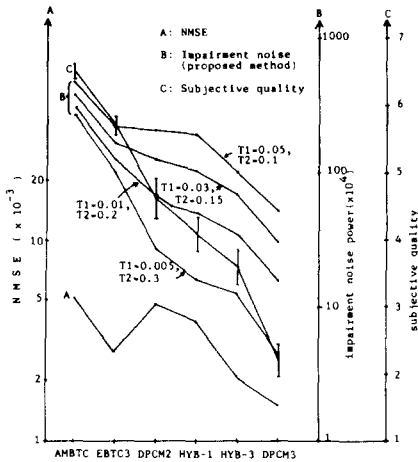


그림 5. NMSE, 주관적 평가 및 손상잡음 비교
 Fig. 5. Simulation results of NMSE, subjective quality and impairment noise.

다. 즉, T_2 를 좀더 크게 잡는것이 좋은 결과를 가져올 수 있겠다. ©의 경우는 95%의 신뢰도를 갖는 1/2평균의 범위를 같이 표시함으로써 손쉽게 비교할 수 있도록 하였다. 여기서 檢討해야 할 과제는 T_1 과 T_2 가 주어짐으로써 기존의 S/N 등의 평가방법보다 어느정도는 모호하고 복잡해졌는데 과연 최적의 T_1 과 T_2 가 存在하는가의 문제이다. Trial and Error가 아닌 理論的인 근거가 뚜렷한 최적值가 구해지느냐의 문제이다. 또, 경우에 따라서 T_1 과 T_2 를 잘못 선정함으로써 틀린 결과를 가져올 수도 있다. 또 하나는 모든 영상에 T_1 과 T_2 가 同一한 최적值가 적용될 수 있느냐의 문제이다. 이것은 앞으로 좀더 많은 대상에 대해 실험하고 연구해야될 과제라고 생각한다. 장래에 본 논문에서 처음으로 제시된 方法이 개선되어 많은 活用을 기대한다. 현재 이상의 과제에 대해 계속 연구중이며 어느정도는 汎用性이 있다는 것을 확인하였다.

V. 結 論

본 論文에서는 BTC와 DPCM을 結合한 複合符號化를 提案하여 BTC와 DPCM에 비해 훨씬 改善된 畫質을 얻었다. 비트전송율이 1.5 bit/pel에서 BTC의 블럭성잡음이나 DPCM의 임펄스성 잡음을 다같이 줄임으로써 原畫像과 거의 비슷한 畫質을 얻었다. 또, HYB-1과 HYB-3의 성능을 평가하기 위해 새로이 제안한 畫질평가방법을 적용하여 실험한 결과 기존의 S/N비율 이용한 평가방법에 비해 주관적 평가에 잘 맞는 평가 결과를 얻었다.

參 考 文 獻

- [1] E.J. Delp and O.R. Mitchell, "Image Compression using block truncation coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-27, pp. 1335-1342, Sept. 1979.
- [2] 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.
- [3] W.K. Pratt, *Digital Image Processing*. Wiley, pp. 637-657, 1980.
- [4] 고희화, 이충용, "영상압축을 위한 확장된 BTC의 새로운 提案," 대한전자공학회 논문지, 제25권, 제1호, 1988년 1월호.
- [5] J. Max, "Quantization for minimum distortion," *IEEE Trans. Information Theory*, vol. IT-6, pp. 7-12, Mar. 1960.
- [6] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Nonlinear Space-variant postprocessing of block coded images," *IEEE Trans. ASSP*, vol. ASSP-34, no. 5, Oct. 1986.