

논문 2010-47CI-1-6

데이터 은닉 기법을 이용한 BTC(Block Truncation Coding) 영상의 압축 (Compression of BTC Image Utilizing Data Hiding Technique)

최 용 수*, 김 형 중**, 박 춘 명***, 최 희 진****

(YongSoo Choi, HyoungJoong Kim, ChunMyung Park, and HuiJin Choi)

요 약

이 논문에서는 데이터 은닉기법을 적용하여 BTC 영상을 압축하는 방법을 제안한다. BTC는 일반적인 디지털 영상을 2진 영상으로 압축하는 알고리즘이며 프린터와 같은 응용에서도 사용이 가능하다. BTC 알고리즘에서 이진영상과 함께 전송되는 부가정보의 크기가 이진영상의 크기와 같을 정도로 크므로 이 정보를 정보은닉 기법을 이용하여 줄임으로서 전체적인 전송량을 줄이고자 한다. 하지만 일반적인 BTC 영상에서 데이터 은닉을 위한 공간이 충분하지 않으므로 본 논문에서는 Adaptive AMBTC 알고리즘을 적용하여 생성된 이진영상에 가상 히스토그램을 구한 후 히스토그램 변형을 통하여 부가정보의 양을 줄이고자 한다. 논문에서 제공하는 알고리즘은 기존의 BTC 또는 Adaptive AMBTC 알고리즘에서 생성된 영상과 화질의 차이를 크게 보이지 않는 범위 내에서 파일 크기를 6-11%정도 줄일 수 있다.

Abstract

In this paper, It propose methods compressing BTC image utilizing data hiding technique. BTC is used to compress general digital image into binary image and applied into application such as printer. Additional information ,transferred with binary image, is as big as the size of binary image. therefore, we wish to reduce the total transmission bandwidth by decreasing the additional information with sustaining the small image degradation. Because typical BTC image doesn't have enough space for data hiding, we adopt Adaptive AMBTC (Absolute Moment BTC) algorithm to produce the binary image, and calculate virtual histogram from created binary image and modify this histogram for reducing the additional information. The proposed algorithm can reduce about 6-11 % of the image file size ,compared with the existing BTC algorithm, without making perceptible image degradation.

Keywords : 구획절단 부호화(Block Truncation Coding), 정보은닉(Data Hiding),
압축(Compression), 이진영상(Binary Image), 망판화(Halftoning)

I. 서 론

BTC는 일반적인 디지털 영상을 위한 간단하고 빠른 손실 압축 기법이다^[2-5, 8-9]. BTC 알고리즘의 주요 기법 중 하나는 각 블록마다 모멘트(Moment)를 이용하여 해당 블록을 가장 잘 표현할 수 있는 양자화 값을 찾아 내어 압축 및 복원 후에도 수용할만한 화질을 보존하도록 픽셀 블록들에 대해 양자화를 수행하는 것이다. 또한 영상의 저장 공간을 줄이는 것이 가능하다. $N \times N$ 크

* 정회원, ** 평생회원, **** 학생회원, 고려대학교 정보
경영공학전문대학원

(Graduate School of Information Management &
Security Korea University)

*** 정회원, 충주대학교 컴퓨터공학과

(Department of computer, ChungJu National
University)

※ 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의
2009년도 문화콘텐츠산업기술지원사업의 연구결과
로 수행되었음

접수일자: 2009년12월16일, 수정완료일: 2010년1월11일

표 1. 일반영상(Gray)영상과 BTC 영상의 정보량 비교
Table 1. The Comparison of information quantity between Gray and BTC Images.

구분	영상정보 크기
Gray Level	$(N \times N) \times 8$
BTC Image	$(N \times N) + \left(\frac{(N \times N)}{(m \times m)} \times 2 \times 8 \right)$

* NxN 영상, 블록크기는 mxm를 기준으로 함

기의 회색 영상(Gray Level Image)을 BTC 알고리즘을 통해 압축하게 되면 $N \times N$ 크기의 이진영상(bitmap)과 함께 영상내의 블록들을 대표하는 Gray 값(양자화 값)들이 부가정보(Additional Information)로서 저장된다 [표 1].

본 논문에서 사용하는 BTC 압축 알고리즘은 JPEG 과 같은 압축 알고리즘에 비하여 압축률이 떨어지는 것은 사실이지만 사용되는 용도에 따라 JPEG보다 더 효율적이기도 하다. 또한 BTC는 최근 들어 많은 발전된 알고리즘들이 제안되어지며 보다 높은 화질을 가지도록 개발되어지고 있다^[8].

예를 들어, 512×512 영상을 샘플 영상으로 사용할 경우 Gray Level에서는 2,097,152 bits가 필요하며 4×4 블록마다 BTC 알고리즘을 적용하게 되면 524,288 bits를 필요로 하게 되므로 4:1 압축이 실현된다.

정보은닉은 문서, 이미지, 오디오와 같은 매체에 비밀 메시지를 숨기는 신호처리기법이다. 메시지를 숨기기 위해 매체의 구성요소 또는 특성 등을 변형하는 방법으로 스테가노그래피, 워터마킹과 같은 응용기술로 많이 사용되어져 왔다. 특히 가역 정보 은닉 (Reversible Data Hiding)에서 송신자는 원본 콘텐츠(매개물)에 메시지를 숨겨 은닉 콘텐츠를 만든 다음 전송 하고, 수신자는 은닉 콘텐츠에서 메시지를 읽은 다음 원래의 원본 콘텐츠를 복원해 내도록 하는 방법이다.

일반적으로 BTC 알고리즘에 의한 영상에 대해 히스토그램을 구했을 때 정보은닉을 위한 공간은 그리 많지 않다. 그러므로 본 논문에서는 히스토그램 변형을 이용하는 Adaptive BTC 알고리즘을 적용하여 정보은닉 공간이 확대함을 보였다.

본 논문은 II장에서 BTC 알고리즘들에 대해 소개하고, III장에서 가역 정보 은닉 기술을 변형하여 비밀 메시지를 숨기는 대신 BTC 압축영상 이진영상에 부가정보를 숨김으로서 전송되는 전체 영상정보의 크기를 줄

이도록 하였다. 그리고 IV장에서 테스트 영상들을 이용한 실험, 마지막 V장에서 제안아이디어 및 실험결과에 대한 결론으로 마친다.

II. Block Truncation Coding

1. Block Truncation Coding^[4]

전통적인 BTC 알고리즘^[4, 8]은 다음과 같은 순서로 동작하며 입력영상(I)을 일정크기의 블록(B)으로 분할하고 매 블록마다 다음의 동작들을 반복한다.

블록별로 평균값과 분산을 구한다음 각 픽셀의 값이 평균이상이면 1, 미만이면 0을 해당 픽셀(b_i)에 할당한다. 여기서 m 은 픽셀의 개수이다.

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i \tag{1}$$

$$\overline{x^2} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_i^2 \tag{2}$$

$$\sigma = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \tag{3}$$

$$b_i = \begin{cases} 1 & \text{if } B_i \geq \bar{x} \\ 0 & \text{if } B_i < \bar{x} \end{cases}$$

1차 모멘트(Moment) 식 1.과 식 2.는 식 4.와 식 5.로 표현하는 것이 가능하며, 이를 h, l 에 대해 정리하면 다음과 같이 식 6. 이 얻어진다. 즉, h, l 은 블록의 양자화 값으로 저장된다. 여기서 m 은 블록 내 픽셀의 개수이며, q 는 평균보다 큰 픽셀의 개수이다.

$$m\bar{x} = (m - q)l + qh \tag{4}$$

$$m\overline{x^2} = (m - q)l^2 + qh^2 \tag{5}$$

$$\begin{aligned} h &= \bar{x} + \sigma \sqrt{\frac{m - q}{q}} \\ l &= \bar{x} - \sigma \sqrt{\frac{q}{m - q}} \end{aligned} \tag{6}$$

영상복원(Decoding) 시에는 매 블록마다 bitmap의 0 과 1에 따라 h, l 값을 해당 bitmap에 대응하는 픽셀의 값으로 대치한다.

$$Out_i = \begin{cases} h & \text{if } b_i = 1 \\ l & \text{if } b_i = 0 \end{cases}$$

2. Absolute Moment Block Truncation Coding^[6]

AMBTC는 BTC에서 제곱근을 구하는 식을 간략화하여 연산 시간을 줄였으며, 결과적으로 원래의 픽셀 값에 근사치를 얻도록 설계가 되었다. 그 과정은 다음과 같으며 입력영상을 일정크기의 블록으로 분할하고 매 블록마다 다음의 동작들을 반복한다.

- ① 블록별로 식 1.에 따라 평균값(\bar{x})을 계산하여 각 픽셀의 값과 비교하여 평균이상이면 1, 미만이면 0을 할당한다.
- ② 평균(\bar{x})과 모멘트(식 6.)를 이용하여 복원 시에 사용할 평균이상 픽셀그룹(H)의 대푯값 h , 평균 미만 픽셀그룹(L)의 대푯값 l 을 계산하여 부가정보로 저장한다.

$$\alpha = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k |x_i - \bar{x}| \tag{7}$$

$$h = \bar{x} + \frac{k\alpha}{2q} \tag{8}$$

$$l = \bar{x} - \frac{k\alpha}{2(k-q)} \tag{9}$$

0과 1로 이루어진 이진영상과 h 과 l 을 전송한다.

3. Adaptive AMBTC

Adaptive AMBTC는 AMBTC^[4, 6]를 좀 더 개선한 방법으로서 비트율(bits per pixel)을 적응적으로 개선하는 장점이 있다. 물론 비트율을 조정함으로써 전체적인 정보량은 줄어들지만 일정량의 화질저하를 감수해야 한다. 아래에서 Adaptive AMBTC의 원리를 간단히 설명한다.

- Adaptive AMBTC에서는 영상의 매 블록에 대해 BTC 적용시 Th(Threshold)를 적용하여 두 가지 모드를 사용한다.

$$\begin{cases} < h, l > = \bar{x} & \text{if } |h - l| \leq Th, \text{ Mode I} \\ < h, l > & \text{else Mode II} \end{cases}$$

즉, $|h - l| \leq Th$ 인 경우라면 블록내의 각 픽셀들이 임계치 이내의 차이를 가지므로 h, l 값을 각각 저장하는 대신 \bar{x} 만을 저장함으로써 하나의 값으로 전체 블록을 표현함을 의미한다.

일반적인 BTC 또는 AMBTC 출력으로 생성된 이진 영상에서는 데이터 은닉을 위한 공간을 충분히 확보할

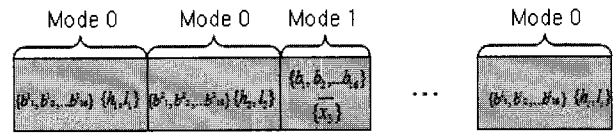


그림 1. BTC 영상 파일의 구조
Fig. 1. File Structure of BTC Image.

수 없었다. 하지만 Adaptive 알고리즘을 적용함으로써 수%~수십%의 BTC 영상 압축이 가능해짐을 발견할 수 있었다. 아래 그림 1.에서는 Adaptive AMBTC 알고리즘으로 생성된 BTC 영상정보의 파일 구조를 보인다.

III. 정보은닉을 이용한 AMBTC 영상의 압축

제안된 알고리즘에 의한 BTC 영상의 압축과정은 그림 2.(흐름도)에서 보이는 바와 같이 수행된다.

1. histogram 생성 및 변형을 통한 부가정보 은닉

II장에서 생성된 이진 영상을 일정크기(4×4)의 블록으로 나눈 다음 블록마다 횡 또는 열 기준으로 4개의 픽셀(이진 데이터)의 배열을 10진수 값으로 변환한다.

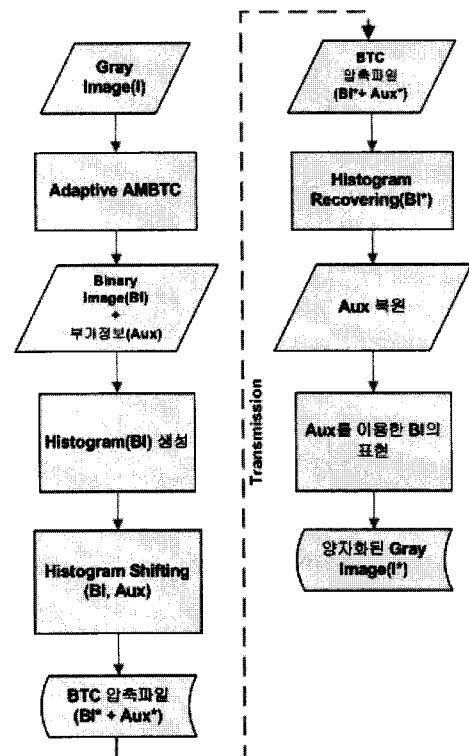


그림 2. 제안하는 가역 데이터 은닉 BTC 알고리즘
Fig. 2. Proposed Reversible Data Hiding of BTC algorithm.

영상전체로 본다면 전체 블록 개수의 4배에 해당하는 10진수(0~15 사이의 값)집합이 생성된다. 이 집합의 히스토그램을 구함으로서 압축 가능 정도를 측정할 수 있다.

위의 그림 2.에서 수행되는 히스토그램 이동^[1]과정에 대하여 단계적으로 설명한다.

- ① 히스토그램에서 최소 빈도(히스토그램 값 179)를 가지는 위치를 MIN 값으로 설정한다[그림 3. 위].
MIN값을 가지는 블록의 행 또는 열을 만나면 차(次)하위 빈도(히스토그램 값 229)의 위치 값(MIN*)으로 대치함으로서 MIN값의 빈도를 0으로 만든다[그림 3. 가운데].
- ② 최대 빈도(히스토그램 값 42,436)를 가지는 위치를 MAX라 정하고 MAX를 가지는 블록의 행 또는 열을 만났을 때 0을 숨기면 MAX값을 유지, 1을 숨기면 MIN값으로 대치한다. 단, 이때 숨겨지는 메시지는 h, l 값의 이진변환 값이며 가변길이를 이용할 경우 구분자가 필요하므로 8 bits 고정길이를 이용하여 변환한다[그림 3. 아래].
- ③ 가능한 정보량을 은닉한 후 히스토그램이 변형된 이진 영상과 정보은닉 후 남은 부가정보, MIN, MAX, MIN*의 맵 정보 등을 파일로 전송한다.

P_T 는 BTC 압축 파일의 전체 용량, P_t 는 정보은닉 후 압축된 BTC 파일의 전체 용량이다.

$$P_T = (N_{width} \times N_{height}) + ((N_{blk}) \times 2 \times 8)$$

$$P_t = (N_{width} \times N_{height}) + ((N_{blk}^{mode1}) \times 2 \times 8) + ((N_{blk}^{mode2}) \times 8) + N_{hist}^{Min} + N_{hist}^{Min*} - N_{hist}^{Max}$$

아래에서 압축률에 영향을 미치는 변수들에 대해서 정의한다.

- $N_{width}, N_{height}, N_{Blk}$: 각각은 전체 영상이 너비, 높이, BTC 블록의 수
- $N_{blk}^{mode1}, N_{blk}^{mode2}$: 각각은 Mode1 경우의 블록 수, Mode2 경우의 블록 수
- $N_{hist}^{Max}, N_{hist}^{Min}, N_{hist}^{Min*}$: 각각은 MAX, MIN 그리고 차 하위 MIN의 히스토그램 크기

이와 같이 정의된 값들을 이용함으로써 BTC 이진 영

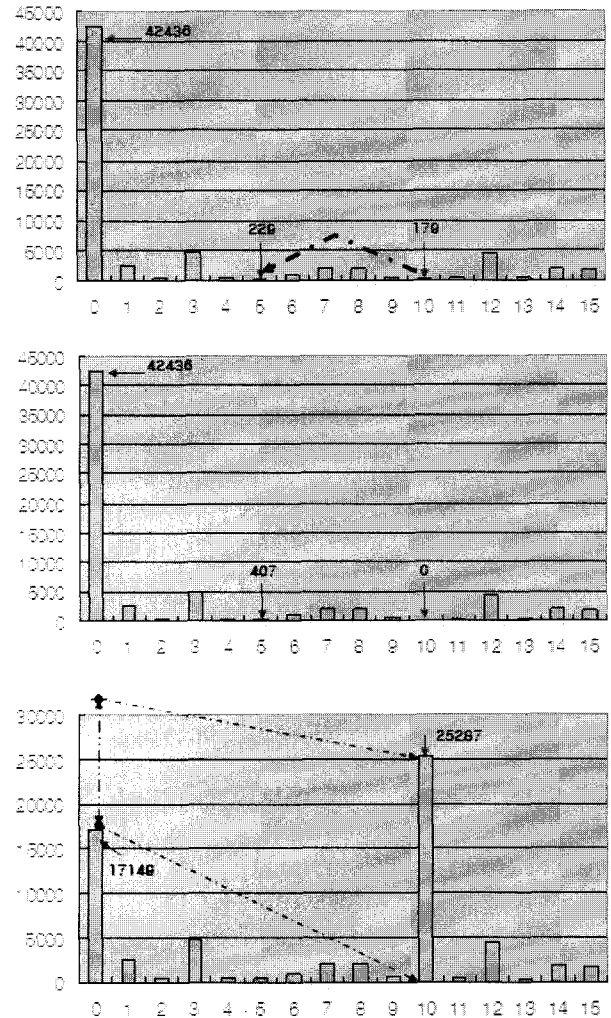


그림 3. Histogram Shifting을 통한 데이터 은닉과정 (위) 원본 히스토그램 (가운데) 히스토그램 비율 (아래) 데이터 은닉

Fig. 3. Data Hiding by Histogram Shifting (Top)Original Histogram, (Middle) Histogram Cleaning, and (Bottom) Histogram Shifting.

상에 데이터 은닉을 적용하여 얻어지는 최종적인 압축률을 얻을 수 있다.

$$\frac{P_T - P_t}{P_T} \times 100$$

2. BTC 영상의 복원

III장의 그림 2.의 오른쪽에서 보이는 바와 같이 히스토그램 복원과정을 통해 Cover 영상의 이진 비트맵을 복원한다.

- ① III장 1절에서와 같이 전송된 이진 영상을 일정

크기(4×4)의 블록으로 나눈 다음 블록마다 횡 또는 열 기준으로 4개의 픽셀(이진 데이터)의 배열을 10진수 값으로 변환한다.

- ② 10진수 값이 MAX이면 0을 읽고, MIN이면 1을 읽는다. 그리고 1을 읽은 경우 MIN은 MAX로 대체된다.
- ③ 위의 과정에서 MIN의 빈도는 다시 0이 되었으므로 MIN*의 맵 정보를 이용하여 MIN의 빈도를 원래크기만큼 복원한다.
- ④ 읽어진 0과 1의 배열을 8개씩 잘라 10진수로 변환을 수행한다.
- ⑤ 복원된 10진수 값들을 전송되어진 부가정보에 덧붙인 후 BTC 압축과일 구조를 복원한다.
- ⑥ 부가정보를 이용하여 이진영상의 각 블록에서 픽셀 값 1에는 h 를, 0에는 l 을 대치하여 복원 영상을 구성한다. 또한 이진영상의 블록이 0 또는 1의 한 가지 값으로 쓰여진 경우 Mode 1의 경우이므로 블록에 대응하는 $\bar{x}(=h, l)$ 를 읽어 모든 픽셀에 표현한다.

IV. 실험

본 논문에서는 제안된 방법을 검증하기 위하여 영상처리에서 대표적으로 쓰이는 Lena, Baboon(Mandrill), Pepper 영상을 사용하였다. 각각의 영상들은 512×512 크기이며 8 bits gray 영상이다. 실험을 위한 프로그래밍은 MATLAB Ver.7.2에서 하였다. 아래 표 2.에서는 BTC압축영상 대비 제안된 알고리즘의 압축 비율을 보여준다.

또한 각각의 영상에 대해서 원본에 비해 1 dB 정도의 화질저하를 생성하는 Th를 측정해보았다. Lena는 14, Pepper는 11 그리고 Baboon은 30일 때 1dB 정도의

표 2. 임계치(Threshold)의 변화에 따른 압축률 및 화질저하

Table 2. Compression Rate and Image Degradation by The change of Threshold.

압축률 Th	Lena		Baboon		Pepper	
	압축비	PSNR	압축비	PSNR	압축비	PSNR
0	1.1%	33.23	1.15	26.98	0.38	33.42
2	1.2	33.23	1.15	26.98	0.39	33.42
5	10.77	33.11	1.33	26.98	5.80	33.35
10	23.49	32.63	5.70	26.93	23.83	32.61
15	28	32.13	10.90	26.76	29.39	32.04

화질저하를 보여주었으며 각각 1.45 bpp, 1.49 bpp 그리고 1.60 bpp로 압축이 되었음을 알 수 있다. 그림 4.에서는 제안된 알고리즘(Th=15)을 적용하여 얻은 복원영상을 보이며, 그림 5.에서는 블록별로 h 또는 h, l 값으로 양자화 된 효과를 확연하게 구분할 수 있도록 그림 4.의 Lena영상 일부를 확대하였다.

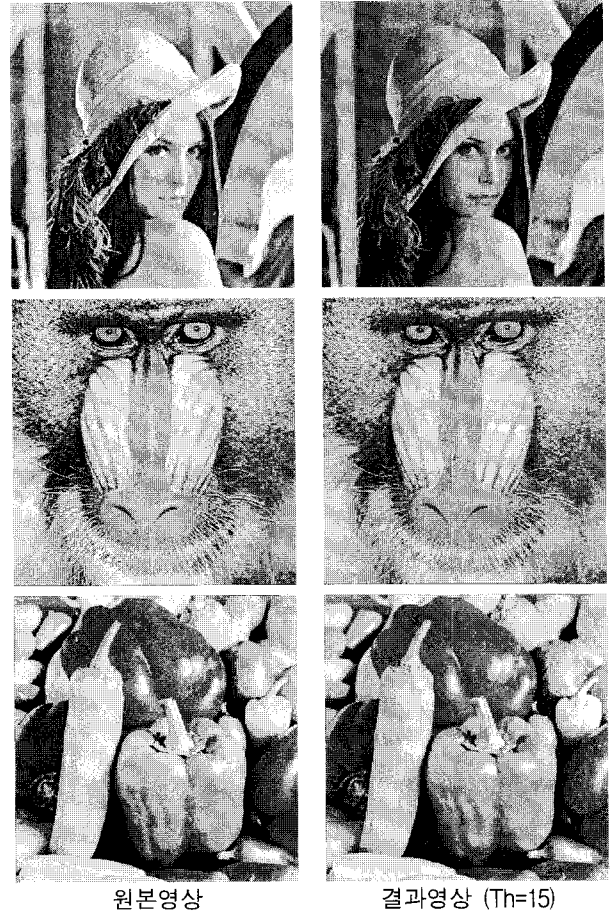


그림 4. 원본영상과 제안된 알고리즘 적용 후 복원영상
Fig. 4. Original Images and Recovered Images after applying proposed algorithm.

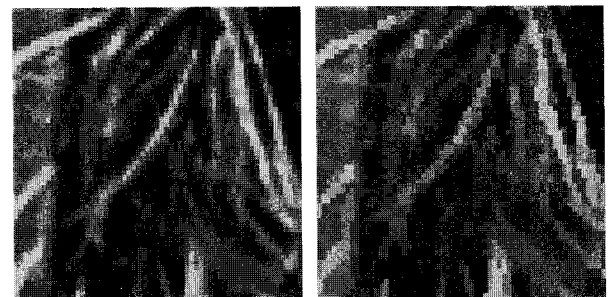


그림 5. 원본영상과 제안된 알고리즘 후의 복원영상의 일부
Fig. 5. Original Image Part and Recovered Image Part after proposed algorithm.

V. 결 론

본 논문에서는 손실압축의 한 가지인 BTC 영상압축 파일에 정보은닉 기법을 적용하여 부가적인 압축(재 압축)을 수행하였다. 압축 성능을 높이기 위하여 히스토그램 공백화(Cleaning), 히스토그램 변경(Shifting) 방법을 적용하였다^[1]. 샘플영상들에 대하여 실험을 수행한 결과 고주파 성분이 많은 영상에서는 낮은 압축률을 제공하나 이외의 영상에서는 수용할만한 결과를 보여주었다. 특히 1 dB 정도의 화질저하를 기준으로 할 때 약 23-27% 정도의 압축이 가능하므로 화질대비 성능은 우수한 것으로 볼 수 있다. 향후 정보은닉 알고리즘의 은닉 성능 향상이 이루어진다면 보다 높은 압축률을 제공하는 것이 가능할 것이다.

and Video Processing: edited by A.C. Bovik“, Academic Press, 2000.

참 고 문 헌

- [1] 김천식, 김형중, 최용수, “Reversible Data Hiding Technique Efficient for Binary Images”, 제 21회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵, 제 21권, 2009년 2월
- [2] 고희화, 이충웅 “영상압축을 위한 확장된 BTC의 새로운 제안”, 전자공학회 논문지 제 25권 1호, pp 81-87, 1988년 1월
- [3] 신용달, 이봉락, 이건일 “인간 시각 체계를 이용한 적응 구회 절단 부호화”, 전자공학회 논문지 제 30권, B편, 제 12호, pp 1216-1221, 1993년 12월
- [4] Edward J. DELP, O. Robert MITCHELL, “Image Compression Using Block Truncation Coding”, IEEE Trans. on Communications, Vol. Com-37, No.10, Sep, 1979.
- [5] Hui. L, “An Adaptive Block Truncation Coding Algorithm”, ICASSP-90, Vol. 4, pp.2233-2236, Albuquerque, USA, 1990.
- [6] K. Somasundaram and I. Kaspar Raj, “Low Computational Image Compression Scheme based on Absolute Moment Block Truncation Coding”, WASET, Vol.19, 2006.
- [7] K.W. Chan and K.L. Chen, “Optimized Adaptive AMBTC”, Proc. of ICIP-94, Vol. 2, pp. 371-374, Austin, USA, Nov. 1994
- [8] P. Franti, O. Nevalainen and T. Kaukoranta, “Compression of Digital Images by Block Truncation Coding: A Survey”, Computer Journal, Vol.37, No.4, Oct, Apr 1994.
- [9] E. J. Delp, M. Saenz, and P. Salama, “Block Truncation Coding(BTC)”, Handbook of Image

저 자 소 개



최 용 수(정회원)-교신저자
 1998년 강원대학교 제어계측 공학과 공학사.
 2000년 강원대학교 제어계측 공학과 공학석사.
 2006년 강원대학교 제어계측 공학과 공학박사.

2006년~2007년 연세대학교 첨단융합건설연구단 연구교수.

2007년~2009년 고려대학교 정보경영전문대학원 연구교수.

2008년~현재 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 논문편집위원장

<주관심분야 : IPMP, DRM, Information Hiding, Multimedia Watermarking, Steganography>



김 형 중(평생회원)
 1978년 서울대학교 제어계측 공학과 공학사.
 1986년 서울대학교 제어계측 공학과 공학석사.
 1989년 서울대학교 제어계측 공학과 공학박사.

1990년~2006년 강원대학교 교수.

2006년~현재 고려대학교 정보경영전문대학원 교수.

2008년 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 회장
 <주관심분야 : Parallel Computing, Image Hashing, Data Compression, Steganography>



박 춘 명(정회원)
 1983년 인하대학교 전자공학과 학사 졸업
 1986년 인하대학교 전자공학과 석사 졸업
 1994년 인하대학교 전자공학과 박사 졸업

1995년~현재 충주대학교 컴퓨터공학과 교수

2002년~2003년 University of California, Irvine 방문교수

2009년 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 회장
 <주관심분야 : 컴퓨터회로및시스템, 임베디드시스템, 유비쿼터스시스템 등>



최 희 진(학생회원)
 2006년 호서대학교 정보보호학과 학사 졸업
 2009년 고려대학교 정보경영전문대학원 석사 수료
 2007년~현재 다음커뮤니케이션 기업정보보호팀 연구원

<주관심분야 : DDos, IP Traceback>