

경사도를 이용한 적응 구획 절단 부호화

正會員 申 容 達* 正會員 李 奉 洛** 正會員 李 健 一***

Adaptive Block Truncation Coding Based on Gradient Information

Yong Dal Shin*, Bong Lak Lee**, Kuhn Il Lee*** *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 경사도 및 새로운 초기값을 이용한 적응 BTC를 제안하였다. 에지부분에서 발생하는 톱니 모양의 문제점을 줄이기 위해 구획의 등급을 결정하는 새로운 계수로서 sobel 연산자의 경사도를 이용하였다. 에지를 포함한 복잡한 영역에서 선택되는 4 레벨 양자화에서 발생하는 심한 양자화 오차를 줄이기 위해서 새로운 초기값을 정의하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안방법이 기존의 적응 BTC보다 계산량이 간단하며, 에지 부분에서 톱니모양의 결점이 감소되었으며, 또한 PSNR이 개선됨을 확인하였다.

Abstract

We proposed an adaptive block truncation coding(BTC) using gradient and a new initial value. We used gradient of sobel operator as a new category classification coefficient to reduce jagged appearance at edge part. We defined a new initial value to reduce large quantization error in the 4-level quantizer block including edge part. By computer simulations, we showed that the proposed method less computation load, reduced jagged appearance at edge part, also improved PSNR more than the conventional adaptive BTC.

I. 서 론

구획 절단 부호화 (block truncation coding : BTC)

*慶州專門大學 電子科

Dep. Electronics Engineering, Kyongju junior college.

**安東工業專門大學 電子科

Dep. Electronics Engineering, Andong Technical junior college.

***慶北大學校 電子工學科

Dep. Electronics Engineering, Kyungpook Nat'l University.

論文番號 : 93-156

는 공간 영역에서 영상을 압축하는 방법의 하나로서 Delp 등⁽¹⁾이 처음으로 제안한 것으로서, 이를 표준 BTC라고도 부른다. 이는 구획을 기초로 압축하는 변환 부호화 방법 및 벡터 양자화 방법에 비하여 구현이 간단하고, 채널 오차에 견실하여 영상압축 및 전송에 효과적이다. 따라서 BTC는 디지털 영상 압축 분야에 많이 응용되고 있다.⁽¹⁻⁴⁾

표준 BTC에서는 영상을 4x4 화소 구획으로 중복

되지 않게 분할한 후 구획의 평균과 분산을 이용하여 2 레벨로 양자화한다. 그러나 이 방법에서는 불충분한 양자화 레벨로 인하여 복원된 영상의 경사성 에지 부분에서 톱니 모양의 결점이 나타나며, 또한 양자화를 위한 계산량도 많다. 따라서 이러한 결점을 줄이기 위한 BTC에 관한 연구가 진행되어 왔다.^(2-4,6-8) Hui⁽⁴⁾는 4x4 화소 구획의 표준편차를 구획들의 등급(class)을 결정하는 계수로 사용하여 적용적으로 각각 1 레벨, 2 레벨 및 4 레벨 양자화기를 적용함으로써 평균 자승 오차(mean square error : MSE)를 줄일 수 있는 적응 BTC를 제안하였다. 그러나 이 방법에서는 구획의 등급 결정 계수로서 표준편차를 사용하였으므로 계산량이 많으며, 에지 성분을 고려하지 않았기 때문에 에지부분에서 톱니 모양의 결점이 나타난다. 또한 이 방법에서는 4 레벨 양자화에서 적절하지 못한 초기값으로 인하여 순환 반복 처리하면 양자화 레벨이 3 레벨 및 2 레벨로 줄어드는 구획들이 많이 발생되어 심한 양자화 오차를 야기 시킨다.

본 논문에서도 경사도 및 새로운 초기조건을 이용한 적응 BTC를 제안하였다. 계산량의 간단화 및 에지 부분에서 발생하는 톱니 모양의 문제점을 줄이기 위해 구획의 등급을 결정하는 새로운 계수로서 sobel 연산자의 경사도를 이용하였다. 에지를 포함한 복잡한 영역에서 선택되는 4 레벨 양자화에서 발생하는 심한 양자화 오차를 줄이기 위해서 새로운 초기값을 정의하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안방법이 기존의 적응 BTC보다 계산량이 간단하며 에지 부분에서 톱니모양의 결점이 감소되었으며, 또한 양자화 오차를 줄여 PSNR이 개선되었음을 확인하였다.

II. 경사도 및 새로운 초기값을 이용한 구획 절단 부호화

기존의 적응 BTC⁽⁴⁾는 일반적인 통계적인 특성인 표준편차를 구획의 등급 결정 계수(category classification coefficient : CCC)로 사용하였다. 그러나 이를 사용하여 적응 BTC를 수행하면 계산량의 복잡성, 에지 부분에서 톱니모양의 결점 및 선(line)과 같은 영상이 사라지는 현상이 나타난다. 이런 문제점을 해결하기 위해 적응 BTC에서 구획의 등급을 결정하는 계수로서 에지 부분을 나타낼 수 있는 연산자를 이용하면 에지부분에서 화질을 개선할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 에지 추출 연산자 중 일반적으로 굵은 에지를 찾는 sobel 연산자의 경사도를 이용하여

각 구획의 등급을 결정하였다.

Sobel 연산자는 2차원 (x, y) 위치의 영상 f(x, y)에 대한 경사도의 벡터 G[f(x, y)]의 크기는

$$G[(x, y)] \cong |G_x| + |G_y| \tag{1}$$

이다.⁽⁵⁾여기서, G_x 및 G_y는 그림1에서와 같은 3x3 마스크를 사용하여 계산하면

$$G_x = (x_7 + 2x_8 + x_9) - (x_1 + 2x_2 + x_3) \tag{2}$$

$$G_y = (x_3 + 2x_6 + x_9) - (x_1 + 2x_4 + x_7) \tag{3}$$

이다. 따라서 본 논문에서는 경사도의 크기인 식(1)을 이용해서 4x4구획 내에서 계산하면 그림2에서와 같이 G₁, G₂, G₃, 및 G₄인 경사도를 구할 수 있으며 이의 총합

$$CCC = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 \tag{4}$$

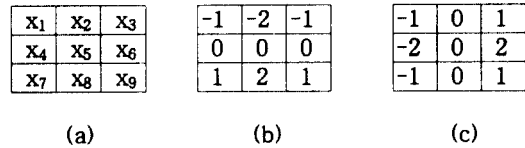


그림 1. 3x3 마스크 : (a) 3x3 영상 영역 ; (b) 3x3 영상 중심에서 G_x를 계산하기 위한 마스크 ; (c) 3x3 영상 중심에서 G_y를 계산하기 위한 마스크.

Fig 1. The 3x3 mask : (a) 3x3 image region ; (b) Mask used to compute G_x at center point of the 3x3 region ; (c) Mask used to compute G_y at center point of the 3x3 region.

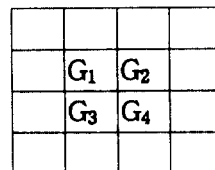


그림 2. 4x4 구획내의 경사도

Fig 2. The gradients of the 4x4 block.

표 1. CCC의 계산량 비교

Table 1. A comparison to computation load of the CCC.

	Conventional CCC (standard deviation)	Proposed CCC (gradient)
Adder	32	72
Multiplier	17	0
divider	2	0
Square root	1	0

를 계산해서 적응 BTC의 구획 등급을 정하는 새로운 등급 결정 계수(CCC)로 사용한다. 이 CCC와 표준편차간의 계산량을 비교하면 표1에서와 같다. 이 표에서 제안한 CCC는 무곱셈으로서 계산량이 간단하여 하드웨어 구현이 용이하다. 이 CCC 값에 따른 적응 BTC의 수행은 다음과 같이 한다.

CCC 값이 작은 구획은 매우 평탄한 대역이므로 시각적으로 둔감하기 때문에 구획의 평균값만을 전송하는 1 레벨 양자화를 수행한다. CCC 값이 중간인 영역은 최소 자승 오차(minimum mean square error : MMSE) 양자화를 기초로한 최적 양자화를 수행한다. 이 최적 양자화에서는 왜곡함수 $D(a, b, t)$

$$D(a, b, t) = \sum_{x_i < t} (x_i - a)^2 + \sum_{x_i \geq t} (x_i - b)^2 \quad (5)$$

를 반복 처리하여, 이 D 를 최소화하는 양자화를 구현한다. 여기서, t 는 양자화 레벨의 문턱값이며, a 와 b 는 양자화 레벨이다. 이 방법에서는 D 를 최소화하는 t 를 결정하고, 이를 기준으로 a 및 b 를 각각

$$a = \frac{1}{m-q} \sum_{x_i < t} x_i \quad (6)$$

$$b = \frac{1}{q} \sum_{x_i \geq t} x_i \quad (7)$$

로 결정한다. 여기서, m 은 구획의 전체 화소 갯수이고, q 는 t 보다 큰 화소 수를 나타낸다. 그러나 영상의 모든 영역에서 2 레벨 양자화를 수행하면 경사성 에지 영역에서의 불충분한 양자화로 복원된 영상의 에지 부분에 심한 톱니 모양이 발생하여 화질의 열화된다.

따라서 CCC 값이 큰 구획은 에지가 존재하는 복잡한 영상이기 때문에 4 레벨로 양자화한다. 이를 설계하기 위해서는 위의 2 레벨 최적 양자화기를 기초로

확장하여 초기값 X_{min} , $(X_{max} + 2 \cdot X_{min})/3$, $(2 \cdot X_{max} + X_{min})/3$, X_{man} 를 사용하여 순환 반복적으로 처리하여 4 레벨 양자화기를 설계한다. 여기서 X_{max} 및 X_{min} 는 각각 구획의 최대 화소값 및 최소 화소값을 나타낸다. 이 초기값은 구획내 화소값들에 상관없이 항상 최소값 및 최대값만을 이용해서 등간격으로 결정된다. 이 초기값을 이용해서 양자화하기 위한 문턱값이 결정되고, 이 문턱값에 맞는 양자화레벨이 결정되어야 하는데, 구획내에 있는 화소값들 중에서 문턱값에 맞는 화소값이 존재하지 않아 구획의 양자화 레벨이 4 레벨로 되지 않고 3 레벨, 2 레벨 및 1 레벨로 줄어드는 구획들이 많이 발생되어 심한 양자화 오차를 야기 시킨다. 이런 결점을 제거 하기 위해서 본 논문에서는 4 레벨 양자화기를 설계하기 위해 필요한 새로운 초기값을 다음과 같이 정의하여 4 레벨 양자화를 수행시켰다. 즉, 4×4 구획의 화소값을 먼저 최소값에서 최대값의 크기 순서로 배열(sorting)한다. 이 배열된 값 중에서 초기값으로는 최소값, 5번째 값, 10번째 값 및 최대값(0, 5th, 10th, 15th)을 사용한다. 이 초기값들은 기존의 것과 달리 구획내 화소값들에 상관하여 결정되고, 이 초기값을 사용하여 양자화를 위한 문턱값이 결정된다. 이 문턱값에 맞는 화소값들이 항상 구획내에 존재하여 양자화레벨이 감소되지 않으므로 양자화 오차를 줄일 수 있어 PSNR을 개선시킬 수 있다. 그러나 배열하는 과정에서 약간의 계산량이 요구되지만 구획의 크기가 4×4 이고, 기존의 초기값 또한 최소값 및 최대값을 구해야 되므로 기존의 것에 비해 계산량은 크게 증가되지 않는다.

III. 컴퓨터 모의실험 결과 및 고찰

먼저, 제안한 초기값의 타당성을 확인하기 위해서 그림3의 (A)와 같은 실제의 영상에서 나타나는 한 예의 화소값을 사용하여 기존의 초기값 및 본 논문에서 제안한 초기값 각각에 따른 양자화 레벨의 변화에 대하여 컴퓨터 모의실험을 하였다. 각각의 초기값을 사용하고 순환 반복 처리하여 얻은 4 레벨 양자화의 최종 문턱값은 각각 $th_1 = 0.0$, $th_2 = 50.625$, $th_3 = 131.75$ 및 $th_1 = 127.75$, $th_2 = 158.375$, $th_3 = 166.25$ 로 결정되었다. 이 문턱값들을 기준으로 그림3의 (a)의 데이터를 양자화 결과는 그림 (b) 및 (c)에서와 같이 각각 $Q_1 = 101$, $Q_2 = 162$ 및 $Q_1 = 101$, $Q_2 = 154$, $Q_3 = 162$, $Q_4 = 170$ 로 되었다. 즉, 그림 (b)에서는 양

자화가 2 레벨로만 된 셈이다. 각 경우 평균 자승 오차를 구한 결과는 각각 37.5 및 6.5였다. 따라서 제안 방법의 양자화 오차가 현저하게 줄어들음을 알 수 있다.

150	96	162	168	162	101	162	162	154	101	162	170
157	99	154	170	162	101	162	162	154	101	154	170
163	105	161	172	162	101	162	162	162	101	162	170
164	105	156	170	162	101	162	162	162	101	154	170
(a)			(b)				(c)				

그림 3. 초기값에 따른 양자화 레벨 변화 (a) 원영상 화소 값; (b) 기존의 초기값을 이용한 양자화; (c) 제안 방법의 초기값을 이용한 양자화

Fig 3. The variation of quantization level based on initial value : (a) The original image data ; (b) the quantization using the conventional initial value ; (c) the quantization using the proposed initial value.

다음, 완전한 영상에서 제안한 새로운 등급 결정 계수 및 초기값의 타당성을 확인하기 위해서 컴퓨터 모의실험을 수행하였다. 이 모의 실험에서는 그림4와 같이 공간 해상도가 512x512이고 화소의 밝기가 8bits 로 표시되는 CCIR 표준인 BOAT, BANK 및 PEPPER 영상들을 사용하였으며, 이의 에지 성분과 가는 선이 존재하는 부분을 확대하였다.

컴퓨터 모의실험은 기존의 적응 BTC,⁽⁴⁾ 새로운 등급 결정 계수로서 경사도의 총합인 식(4)를 이용한 적응 BTC(제안방법 1), 기존의 적응 BTC의 4 레벨 양자화에서 발생하는 국부 최소값을 제거하기 위하여 제안한 새로운 초기값을 사용한 적응 BTC(제안 방법 2) 및 제안방법 1과 제안방법 2를 결합한 방법 (제안방법 3) 각각에 대하여 행하였다. 이 모의실험에서 1.30 및 1.15 bits/pixel에서 대한 결과에서 에지 부분을 확대한 영상은 각각 그림5 및 그림6에서와 같



그림 4. BOAT, PEPPER 및 BANK의 원 영상 및 BOAT, PEPPER의 확대한 영상

Fig 4. The original images of BOAT, PEPPER, and BANK and enlarged images of BOAT and PEPPER.

았다. 이 그림들에서 제안방법들이 기존의 방법⁽⁴⁾보다 화질이 개선 되었음을 알 수 있다.

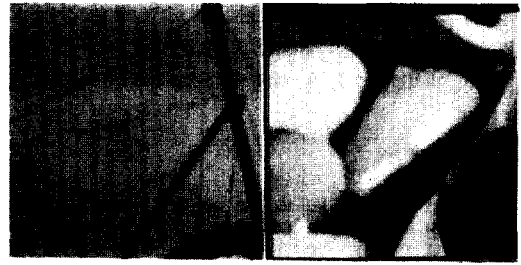
이 모의실험에서 복원된 각 영상들의 PSNR을 측정한 결과는 표2에서와 같았다. 이 표에서 제안방법들의 PSNR이 기존의 ABTC 방법의 것 보다 개선되었음을 알 수 있다. 이와같이 PSNR이 개선된 이유는 새로운 초기값을 사용한 4 레벨 양자화에서 국부 최소값을 제거하여 양자화 오차를 줄일 수 있었기 때문이다.

표 2. 모의 실험한 영상들의 PSNR 결과

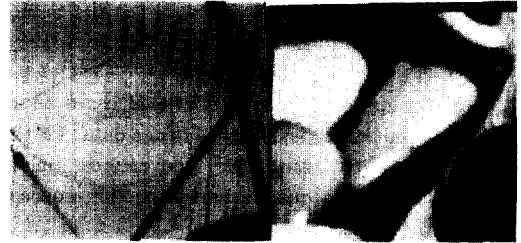
Table 2. The PSNR results of simulation for test images.

Unit : dB

Test images	bpp	Conventional ABTC	Proposed method 1	Proposed method 2	Proposed method 3
BOAT	2.00	36.18	36.25	37.48	37.40
	1.75	35.78	35.82	36.85	36.78
	1.50	35.25	35.30	36.09	36.02
	1.30	34.46	34.56	34.98	34.94
	1.15	33.56	33.61	33.77	33.71
BANK	2.00	35.51	35.70	37.71	37.64
	1.75	35.42	35.55	37.29	37.17
	1.50	35.17	35.20	35.78	35.68
	1.30	34.54	34.58	34.83	34.82
	1.15	33.17	33.20	33.24	33.27
PEPPER	2.00	36.97	36.99	37.76	37.64
	1.75	36.45	36.45	37.09	36.99
	1.50	35.79	35.78	36.28	36.20
	1.30	35.04	35.05	35.37	35.30
	1.15	34.14	34.18	34.29	34.33



(a)



(b)



(c)



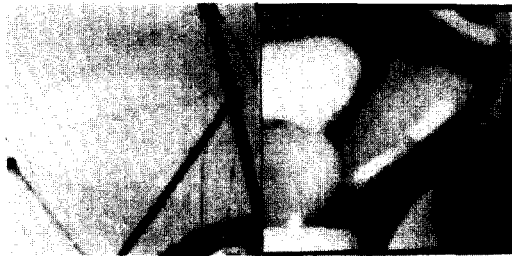
(d)

그림 5. 1.30 bits/pixel에서 복원된 영상을 확대한 영상 : (a) 기존의 방법 ; (b) 제안방법 1 ; (c) 제안 방법 2 ; (d) 제안 방법 3.

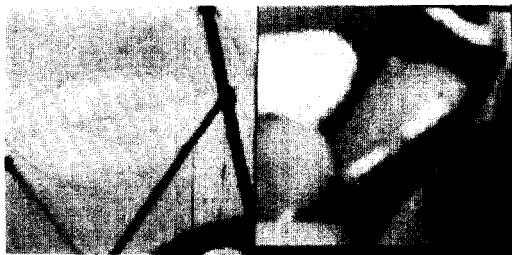
Fig 5. The enlarged images of the reconstructed images at 1.30 bits/pixel : (a) Conventional method ; (b) proposed method 1 ; (c) proposed method 2 ; (d) proposed method 3.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 6. 1.15 bits/pixel에서 복원된 영상을 확대한 영상 :
(a) 기존의 방법 ; (b) 제안 방법 1 ; (c) 제안 방법 2 ; (d) 제안 방법 3.

Fig 6. The enlarged images of the reconstructed images at 1.15 bits/pixel : (a) Conventional method ; (b) proposed method 1 ; proposed method 2 ; (d) proposed method 3.

IV. 결 론

본 논문에서는 경사도 및 새로운 초기조건을 이용한 적응 BTC를 제안하였다. 에지 부분에서 발생하는 톱니 모양의 문제점을 줄이기 위해 구획의 등급을 결정하는 새로운 계수로서 sobel 연산자의 경사도를 이용하였다. 에지를 포함한 복잡한 영역에서 선택되는 4 레벨 양자화에서 발생하는 심한 양자화 오차를 줄이기 위해서 새로운 초기값을 정의하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안방법이 기존의 적응 BTC보다 계산량이 간단하며, 에지 부분에서 톱니모양의 결점이 감소되었으며, 또한 양자화 오차를 줄여 PSNR이 개선됨을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 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.
2. D. J. Healy and O. R. Mitchell, "Digital video bandwidth compressing block truncation coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-29, pp.1809-1817, Dec. 1981.
3. M. D. Lema and O. R. Mitchell, "Absolute block truncation coding and its application to color images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. COM-32, pp.1148-1157, Oct. 1984.
4. L. Hui, "An adaptive block truncation coding algorithm for image compression," *Proc. ICA-SSP*, pp. 2233-2236, April 1990.
5. R. C. Gonzalez and P. Wintz, *Digital Image Processing*, second edition, Addison-Wesley, pp. 336-340, 1987.
6. 고희화, 이충용, "영상압축을 위한 확장된 BTC의 새로운 제안," 전자공학회 논문지, 제25권 제1호, pp. 81-87, 1988. 1.
7. L. Hui, "Optimum mean square block truncation coding of monochrome images," *Proc. ICIP*, pp. 501-504, Sep. 1989.
8. D. R. Halverson, N. C. Griswold, and G. L. Wise, "A general block truncation coding algorithm for image compression," *IEEE Trans ASSP*, vol. ASSP-32, no.1, pp. 664-668, June 1984.



申容達(Yong-Dal Shin) 正會員
1962년 2월 5일생
1984년 2월 : 경북대학교 전자공학과(공학사)
1986년 2월 : 경북대학교 대학원 전자공학과(공학석사)
1992년 2월 : 경북대학교 대학원 박사과정 수료

1990년 3월~현재 : 경주전문대학 전자과 전임강사
※주관심분야 : 영상압축, 영상통신



李奉洛(Bong-Lak Lee) 正會員
1961년 7월 28日生
1984년 2월 : 慶北大學校 電子工學科 卒業(工學士)
1986년 8월 : 慶北大學校 大學院 電子工學科 卒業(工學碩士)
1992년 8월 : 慶北大學校 大學院 電子工學科 卒業(工學博士)

1993년 2월~現在 : 安東工業專門大學 電子科 專任講士
※주관심분야 : HDTV 信號處理 및 映像壓縮



李健一(Kuhn-Il Lee) 正會員
1943년 2월 16일생
1965년 2월 : 경북대학교 물리학과(이학사)
1970년 2월 : 경북대학교 대학원 물리학과 졸업(이학석사)
1984년 8월 : 부산대학교 대학원 물리학과 졸업(이학박사)

1969년 2월~현재 : 경북대학교 전자공학과 교수
1982년 12월~1983년 12월 : 미국 RPI공대 연구교수
※주관심분야 : 비디오공학, 전자계측