

論文93-30B-12-8

인간 시각 체계를 이용한 적응 구획 절단 부호화

(An Adaptive Block Truncation Coding Using Human Visual System)

申容達*, 李奉洛**, 李健一***

(Yong Dal Shin, Bong Lak Lee and Kuhn Il Lee)

要約

본 논문에서는 인간 시각 체계를 이용한 적응 구획 절단 부호화(BTC)를 제안하였다. 인간 시각계의 민감한 영역에서 보일 수 있는 영상의 구획화 현상을 줄이기 위해서 새롭게 수정된 인간 시각 체계(HVS) 및 표준편차를 결합하여 새로운 등급 결정 계수를 제안하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 제안방법이 기존의 Hui 방법보다 낮은 비트율 부호화에서 구획화 현상이 더욱 크게 감소됨을 확인하였다.

Abstract

An adaptive block truncation coding(BTC) using human visual system(HVS) is proposed. To reduce visible blocking effect at sensitive area in HVS, a new category classification coefficient is proposed. The category classification coefficient was derived by combining the modified HVS and standard deviation. By computer simulations, we showed that the proposed method reduced blocking effect at low bit rate coding more than the conventional Hui's method.

1. 서론

구획 절단 부호화 (block truncation coding: BTC)는 공간 영역에서 영상을 압축하는 방법의 하나

로서 Delp 등^[1]에 의해서 처음으로 제안되었다. 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 응용 되고 있다.^[1-4]

표준 BTC^[1]에서는 영상을 4x4 화소 구획으로 중복되지 않게 분할한 후 구획의 평균과 분산을 이용하여 2 레벨로 양자화한다. 그러나 이 방법은 불충분한 양자화 레벨로 인하여 복원된 영상의 경사성 에지부분에서 톱니 모양의 결점이 나타난다. 한편 Lema 등^[3]은 표준 BTC의 분산 대신에 구획내의 평균값을 기준으로한 절대값 1차 모멘트를 이용하여 양자화하는 절대값 모멘트 구획 절단 부호화 (absolute moment BTC: AMBTC)를 제안하였다. 그러나 이

*正會員, 慶州專門大學 電子科
(Dept. of Electronics, Kyongju Junior College)

**正會員, 安東工業專門大學 電子科
(Dept. of Electronics, Andong Technical Junior College)

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

接受日字: 1993年 6月 1日

방법도 불충분한 2 레벨 양자화로 인하여 표준 BTC와 거의 동일한 결점을 갖는다. 이러한 결점을 줄이기 위해서 Hui^[4]는 4x4 화소 구획의 표준편차를 구획들의 등급(class)을 결정하는 계수로 사용하여 적응적으로 각각 1 레벨, 2 레벨 및 4 레벨 양자화를 적용함으로써 평균 자승 오차(mean square error: MSE)를 줄일 수 있는 적응 BTC를 제안하였다. 그러나 이 방법은 영상의 밝기에 대한 인간의 시각적 특성을 고려하지 않고 통계적 특성을 갖는 표준편차를 근거로 양자화 레벨을 가변시켰기 때문에 가시도 특성이 좋은 구획에서는 비록 작은 MSE일지라도 낮은 비트율에서 구획화 현상이 발생하는 결점이 있다.

재구성된 모든 영상들은 궁극적으로 인간의 눈으로 판단되므로 인간 시각 체계(human visual system: HVS)의 성질을 적용하는 것이 타당하여 영상 압축 방법에서 HVS를 폭 넓게 사용하고 있다. 빛의 세기에 대한 HVS의 특성은 일반적으로 Weber의 법칙으로 잘 알려져 있다. 따라서 본 논문에서는 이 법칙을 수정 보완하였다. 이와같은 HVS의 특성을 이용하면 낮은 비트율에서 복원된 영상의 주관적인 화질을 개선할 수 있다. 본 논문에서는 인간 시각 체계를 이용한 적응 BTC를 제안하였다. 인간 시각계의 민감한 영역에서 보일 수 있는 구획화 현상을 줄이기 위해서 수정된 인간 시각 체계 및 표준편차를 결합하여 새로운 구획 등급 결정 계수를 제안하였다. 제안된 방법의 성능을 확인하기 위해서 컴퓨터 모의실험을 하였으며, 낮은 비트율에서 제안 방법이 기존의 Hui방법보다 재구성 영상에서 구획화 현상이 크게 감소되었기 때문에 주관적인 화질이 기존의 Hui방법보다 우수함을 확인하였다.

II. 인간 시각 체계를 이용한 적응 BTC

영상 부호화에서는 정보의 정확한 보존이 아니라 정보의 근사화에 목적을 두고 있기 때문에 복원된 영상은 항상 어느 정도의 왜곡을 수반한다. 이러한 영상의 화질에 대한 최종 판단은 인간의 시각에 의하므로 HVS를 영상압축에 적용하는 것은 타당하며, HVS에 부합되는 눈의 휘도특성은 Weber의 법칙으로 알려져 있다.

Peterson 등^[5]이 제안한 확장된 Weber의 법칙은 인간 시각계에서 감도가 가장 민감한 최대 회색 준위 G 의 중간값($G/2$)을 기준으로 좌 우 대칭 즉, $G/2$ 를 기준으로 낮은 회색 준위로의 밝기차 변화와 높은 회색 준위로의 밝기차 변화에 대한 가중치(weighting factor)를 동일하게 하였기 때문에 낮은 화소값에서 화질의 열화가 발생되어 HVS에 정확하게 부합 되지 않

으며, 이는 그림 1에서와 같았다. 따라서 본 논문에서는 영상의 낮은 화소값에서의 잡음에 대한 인간 시각계의 감도는 높은 화소값에서의 잡음에 대한 감도보다 더욱 민감하여 양자화를 세밀히(finely) 해야 된다^[6]는 점을 고려하였다. 또한 HVS의 특성은 아주 밝은 부분과 아주 어두운 부분에서는 Weber의 법칙이 맞지 않고 밝기 차에 따른 HVS의 감도가 크게 감소함도 고려하였다. 이와같은 두가지 성질을 이용하여 본 논문에서 수정하여 정의한 HVS의 특성은 다음과 같다. 4x4 화소 구획내에서 화소들의 평균값을 M 이라 할때

1) Weber영역에서 낮은 화소값으로의 문턱값 th_1 과 $G/2$ 사이에서 존재할 경우에는 M 과 $G/2$ 와의 회색 준위차는 하한값 d 에서 가중치 ω_1 에 비례하여 증가하고 M 값이 $G/2$ 에서 멀어질수록 HVS의 감도는 둔감해진다.

2) M 이 $G/2$ 보다 크고 Weber영역에서 높은 화소값으로의 문턱값 th_2 보다 작을 경우에는 M 과 $G/2$ 와의 회색 준위차는 하한값 d 에서 가중치 ω_2 에 비례하여 증가하고 M 값이 $G/2$ 에서 멀어질수록 HVS의 감도는 둔감해진다.

3) M 이 매우 크거나 매우 작은 즉, 매우 밝은 부분과 매우 어두운 부분에서는 Weber의 법칙이 만족되지 않으며 밝기에 따른 HVS의 감도는 크게 감소되어 $G/2$ 와의 회색 준위 차는 GD_{max} 이 되며 이의 값은 GD 보다 크다.

따라서 HVS에서 회색 준위차의 특성 GD 는

$$\begin{aligned}
 & \text{if}(th_1 < M < G/2) \\
 & \quad GD = (\omega_1 \times |G/2 - M|) + d \\
 & \text{else if}(G/2 < M < th_2) \\
 & \quad GD = (\omega_2 \times |G/2 - M|) + d \\
 & \text{else} \\
 & \quad GD = GD_{max}
 \end{aligned} \tag{1}$$

이며, 그림 2와 같다.

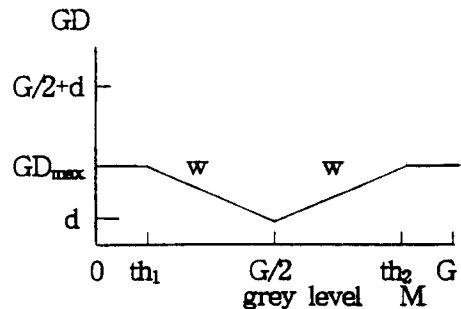


그림 1. 확장된 Weber의 법칙
Fig. 1. Extended Weber's law.

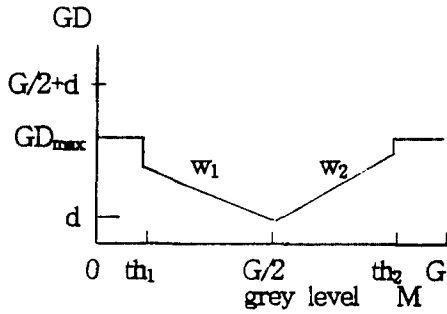


그림 2. 수정된 Weber의 법칙
Fig. 2. Modified Weber's law.

기존의 적응 BTC 방법^[4]에서는 통계적 특성인 영상의 표준편차를 이용하여, 이의 값을 기준으로 영상의 복잡도에 따라 구획들의 등급을 결정하여 가변적으로 1 레벨, 2 레벨 및 4 레벨로 양자화 레벨을 결정하는 적응적으로 BTC를 수행한다. 따라서 이 방법에서는 등급을 결정하는 계수가 매우 중요한 요소가 된다. 그러나 이 방법은 영상의 밝기에 따른 인간 시각의 성질을 고려하지 않았기 때문에 비록 작은 MSE일지라도 가시도 특성이 좋은 구획에서 구획화 현상이 나타나서 화질이 열화되는 문제가 발생한다.

따라서 본 논문에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위하여 시각적으로 둔감한 영역에서는 양자화레벨을 낮게하고 시각적으로 민감한 영역에서는 양자화레벨을 높게 할 수 있도록 인간 시각계의 성질을 이용하여 구획의 등급을 결정하는 새로운 계수를 사용하였다. 즉, 구획의 표준편차를 구획의 HVS에 따른 회색 준위 차이값으로 정규화하여 구획의 등급을 결정하는 새로운 계수 HC 는

$$HC = \frac{\sigma}{GD} \tag{2}$$

이다. 여기서 σ 는 구획의 표준편차이다. 기존의 적응 BTC의 등급 결정 계수인 σ 외에 GD 의 값에 따라 구획들의 등급이 많이 변하기 때문에, 이 HC 로써 구획화 문제를 줄일 수 있다.

즉, 구획내의 σ 값에 따라 양자화 레벨이 결정되는 것 보다 구획내의 화소값들이 시각적으로 민감한 화소값 혹은 둔감한 화소값에 따라 구획의 등급을 변화시키므로 인간 시각적인 측면에서 주관적인 화질의 향상을 얻을 수 있다. HVS를 이용한 공간 영상 압축에서, 구획의 등급을 결정하는 문턱값은 영상의 부호화율을 고려하여 결정된다.

HC 가 낮은 구획은 시각적으로 둔감한 구획으로 판

단되기 때문에 구획의 평균값 만을 전송하는 1 레벨 양자화를 수행한다. HC 가 중간인 영역은 최소자승오차(minimum mean square error: MMSE)양자화를 기초로한 최적 양자화를 수행한다. 이 최적 양자화에서는 왜곡함수 $D(\{a, b\}, t)$, 즉

$$D(\{a, b\}, t) = \sum_{x_i < t} (x_i - a)^2 + \sum_{x_i \geq t} (x_i - b)^2 \tag{3}$$

을 반복 처리하여 이를 최소화한다. 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

$$a = \frac{1}{m - q} \sum_{x_i < t} x_i \tag{4}$$

$$b = \frac{1}{q} \sum_{x_i \geq t} x_i \tag{5}$$

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 부분에서 심한 톱니 모양이 발생하여 화질이 열화된다. 따라서 HC 가 높은 구획은 에지가 존재하는 복잡한 영상 구획이기 때문에 4-레벨로 확장하여 양자화를 수행한다.

III. 컴퓨터 모의실험 결과 및 고찰

모의 실험에서 사용한 영상은 그림 3에서와 같은 공간 해상도가 512x512이고 화소의 밝기가 8 bits로 표시되는 LENA 영상이었다.

모의실험에서는 낮은 회색준위 및 높은 회색준위에



그림 3. LENA 원영상
Fig. 3. The original image of LENA.



그림 4. 1.50 bits/pixel에서 복원한 영상의 양자화 레벨 비교: (a) 제안 방법1: (b) 제안 방법 2

Fig. 4. A comparison of the quantizer level of the reconstructed images at 1.50 bits/pixel: (a) Proposed method 1: (b) proposed method 2.

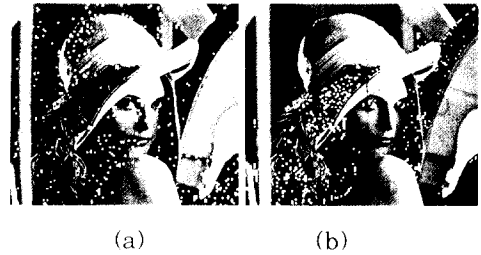


그림 6. 1.11 bits/pixel에서 복원한 영상의 양자화 레벨 비교: (a) 제안 방법 1: (b) 제안 방법 2

Fig. 6. A comparison of the quantizer level of the reconstructed images at 1.11 bits/pixel: (a) Proposed method 1: (b) Proposed method 2.

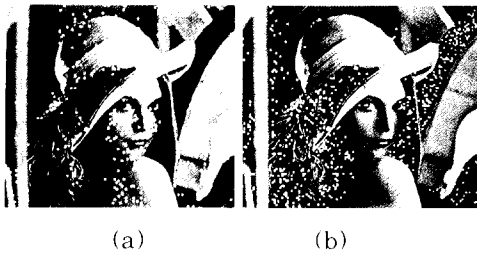


그림 5. 1.50 bits/pixel에서 복원한 영상의 양자화 레벨 비교: (a) 제안 방법 2: (b) Hui 방법

Fig. 5. A comparison of the quantizer level of the reconstructed images at 1.50 bits/pixel: (a) Proposed method 2: (b) Hui's method.

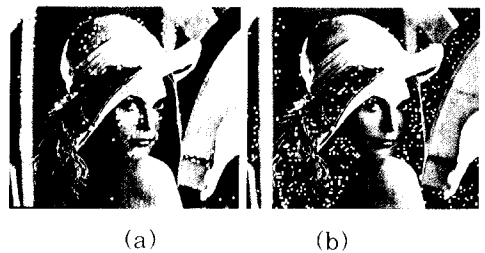


그림 7. 1.11 bits/pixel에서 복원한 영상의 양자화 레벨 비교: (a) 제안 방법 2: (b) Hui 방법

Fig. 7. A comparison of the quantizer level of the reconstructed images at 1.11 bits/pixel: (a) Proposed method 2: (b) Hui's method.

대한 가중치를 각각 $w_1=0.014$ 및 $w_2=0.016$ 로 하였는데, 이들은 HVS성질을 적용하여 실험을 통하여 결정하였다. 이 가중치를 이용한 적응 BTC(제안 방법 1), Peterson^[5]이 제안한 가중치 $w=0.015$ 의 HVS를 이용한 적응 BTC(제안 방법 2) 및 기존의 적응 BTC인 Hui방법 각각에 대하여 1.50 및 1.11 bits/pixel에서 모의실험을 한 결과는 각각 그림 4와 그림 5 및 그림 6과 그림 7에서와 같았다. 이들 그림에서 흰점은 4x4 화소 구획들로서 이는 동일 구획에 대하여 양자화 레벨이 서로 비교한 상대의 방법의 것보다 높게 선택된 것을 나타낸 것이다.

그림 4 및 그림 5는 1.50 bits/pixel에서 복원한 각 영상의 양자화 레벨을 비교한 영상이다. 그림 4는 제안방법 1과 제안방법 2의 결과를 비교한 것이며, 그림 5는 제안방법 2와 Hui 방법의 결과를 비교한 것이다. 그림 6 및 그림 7은 1.11 bits/pixel에서 복원한 영상의 양자화 레벨을 서로 비교한 영상이다. 이들 그림을 비교하면 HVS를 이용한 제안 방법 1 및 제안 방법 2는 기존의 Hui 방법보다 인간 시각에 민감한 부분에서 더 많은 흰 4x4 구획이 존재함을 알 수 있다. 따라서 이는 HVS를 이용한 제안 방법들이 우수하다는 것을 확인 할 수 있다. 즉, 그림 5 및 그

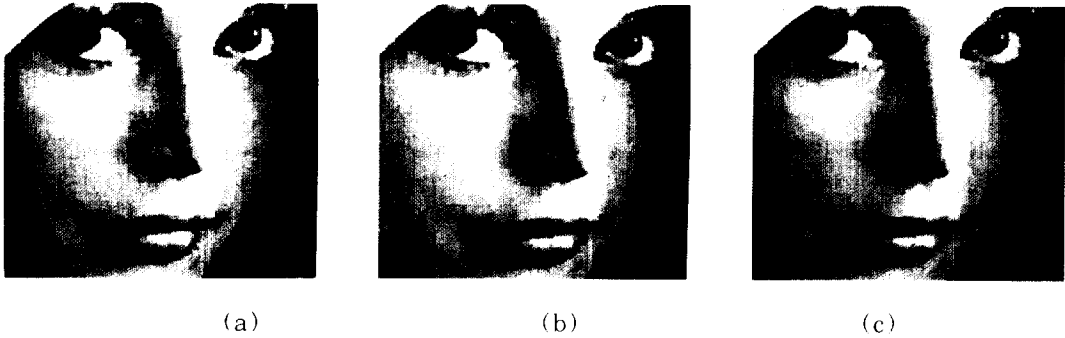


그림 8. 1.50 bits/pixel에서 복원된 영상을 확대한 영상: (a) 제안 방법 1: (b) 제안 방법 2: (c) Hui의 방법
 Fig. 8. The enlarged images of the reconstructed images at 1.50 bits/pixel: (a) Proposed method 1: (b) Proposed method 2: (c) Hui's method.

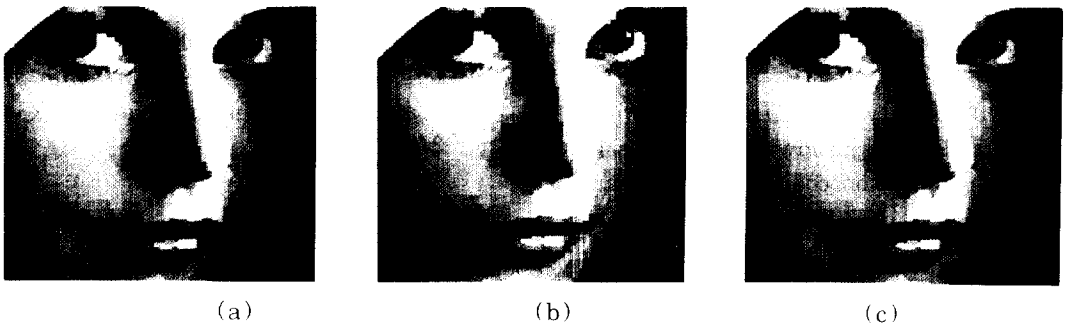


그림 9. 1.11 bits/pixel에서 복원된 영상을 확대한 영상: (a) 제안 방법 1: (b) 제안 방법 2: (c) Hui의 방법
 Fig. 9. The enlarged images of the reconstructed images at 1.11 bits/pixel: (a) Proposed method 1: (b) Proposed method 2: (c) Hui's method.

림 7에서, 기존의 Hui 방법의 결과 영상을 관찰하면 어두운 영역에서 불필요하게 높은 양자화 레벨이 나타남을 알 수 있다. 그리고 그림 4 및 그림 6에서, $G/2$ 를 기준으로 낮은 화소값과 높은 화소값에서 서로 다른 가중치를 적용한 제안 방법 1이 동일한 가중치를 적용한 제안방법 2보다 우수함을 알 수 있다. 그러나 제안 방법들은 Hui 방법보다 GD를 계산해야 됨으로 약간의 계산량이 더 필요로 한다.

그림 8 및 그림 9은 각 비트율에서 위의 3가지 방법으로 복원된 영상에 대하여 시각적으로 민감한 얼굴부분을 확대한 것이다. 이들 각 그림에서 제안 방법들이 시각적으로 민감한 영역에서 구획화 효과가 감소되어 주관적인 화질이 크게 향상되었음을 알 수 있다. 복원된 각 영상들의 PSNR을 측정된 결과는 표 1에서와 같았다. 이 표에서, 제안 방법의 PSNR이 감소된 이유는 Weber의 영역을 벗어나는 구획,

즉 시각적으로 둔감한 구획에서는 주로 1 레벨 양자화기로 선택되어서 많은 양자화오차를 발생시키기 때문이다. 그러나 이는 주관적인 화질에서는 문제가 되지 않는다. 즉, PSNR은 영상의 객관적인 화질 평가 요소이기는 하나 인간 시각 체계가 판단 기준인 주관적인 화질 평가에서는 의미를 갖지 못할 수 있다.

표 1. 모의 실험한 LENA 영상의 PSNR 결과
 Table 1. PSNR results of simulation for LENA image.

bit rate (bits/pixel)	Proposed method 1	Proposed method 2	Hui's method
1.50	34.28	34.85	34.88
1.25	33.44	33.86	33.86
1.11	32.19	32.47	32.49

단위: db

IV. 결론

본 논문에서는 인간 시각 체계를 이용한 적응 BTC를 제안하였다. 인간 시각계의 민감한 영역에서 보일 수 있는 구획화 현상을 줄이기위해서 수정된 인간 시각 체계 및 표준편차를 결합하여 새로운 등급 결정 계수를 제안하였다. 컴퓨터 모의실험을 통하여 낮은 비트율에서 제안 방법의 재구성 영상의 구획화 현상이 감소되어 주관적인 화질이 기존의 Hui방법에 의한 것 보다 우수함을 확인하였다.

參考文獻

- [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. ICASSP*, pp. 2233-2236, April 1990.
- [5] H. A. Peterson, S. A. Rajala, and E. J. Delp, "Human visual system properties applied to image segmentation for image compression," *IEEE GLOBECOM*, pp. 91-95, Dec. 1991.
- [6] A. N. Netravali and B. G. Haskell, *Digital pictures representation and compression*, Plenum, New York, p. 373, 1989.

著者紹介



申容達(正會員)

1962年 2月 5日生. 1984年 2月 경북대학교 전자공학과(공학사). 1986年 2月 경북대학교 대학원(공학석사). 1992年 2月 경북대학교 대학원 박사과정 수료. 1991年 3月 ~ 현재 경주전문대학 전자과 전임강사. 주관심분야는 영상압축 및 영상처리 등임.

李奉洛(正會員) 第29卷 B編 第11號 參照

현재 안동공업전문대학 전자과 전임강사

李健一(正會員) 第24卷 第4號 參照

현재 경북대학교 전자공학과 교수