

論文2003-40SP-1-10

적응 양자화 제한 집합으로의 투영을 이용한 블록 현상 제거 (Blocking-Artifact Reduction using Projection onto Adaptive Quantization Constraint Set)

鄭淵植*, 金仁謙**

(Yeonsik Jeong and Inkyeom Kim)

요 약

본 논문에서는 블록 변환된 영상의 블록 현상을 제거하기 위해 POCS(Projection Onto Convex Set) 이론을 바탕으로 하는 적응 양자화 제한 집합을 제안한다. POCS 이론을 바탕으로 하는 블록 현상 제거 기법은 크게 부드러움 제한 집합과 양자화 제한 집합으로의 반복적인 투영을 통해 이루어진다. 기존의 양자화 제한 집합은 원 영상의 데이터가 가질 수 있는 최대 구간을 지정해 주므로 반복이 계속될수록 over blurring 현상이 심화된다. 제안한 양자화 제한 집합은 이산 여현 변환(DCT) 계수의 특성에 따라 적응적으로 제한 구간을 조절하므로 복호화된 영상의 선명도를 유지하면서 동시에 효과적으로 블록 현상을 제거할 수 있다. 기존의 후처리 알고리즘의 양자화 제한 집합을 제안한 적응적 양자화 제한 집합으로 대체하여 실험을 수행한 결과 적은 반복 횟수로도 수렴에 도달하였고 후처리 된 영상 역시 선명도를 유지하면서 블록 현상이 효과적으로 제거되었음을 알 수 있었다.

Abstract

A new quantization constraint set based on the theory of Projection Onto Convex Set(POCS) is proposed to reduce blocking artifact appearing in block coded images. POCS based postprocessing for alleviating the blocking artifact consists of iterative projections onto smoothness constraint set and quantization constraint set, respectively. In general, the conventional quantization constraint set has the maximum size of range where original image data can be included, therefore over blurring of restored image is unavoidable as iteration proceeds. The projection onto the proposed quantization constraint set can reduce blocking artifact as well as maintain the clearness of the decoded image, since it controls adaptively the size of quantization constraint set according to the DCT coefficients. Simulation results using the proposed quantization constraint set as a substitute for conventional quantization constraint set show that the blocking artifact of the decoded image can be reduced by the small number of iterations, and we know that the postprocessed image maintains the distinction of the decoded image.

Keyword : Projection Onto Convex Set(POCS), Block Region Classification(블록영역분류), Adaptive Quantization Constraint Set(적응적 양자화 제한 집합)

* 正會員, 聖公會大學校 컴퓨터情報工學部
(Division of Computer & Information Science,
SungKongHoe University)

** 正會員, 聖潔大學校 情報通信工學部
(Division of Information and Communications, SungKyul
University)

接受日字:2002年2月21日, 수정완료일:2002年10月15日

I. 서 론

현재 정보 전달 매체로 사용되고 있는 여러 도구 가운데 영상이 차지하는 비율은 계속 증가하고 있으며 통신망의 광대역화와 VLSI 기술의 발달로 영상 통신에 대한 질적인 향상이 이루어지고 있다. 이러한 추세에

맞춰 여러 국제 표준화 기구에서는 영상 부호화 알고리즘의 표준화를 추진하고 있지만 영상 정보의 효율적인 이용을 위해서는 영상 정보의 전달을 위한 영상 압축 기법 뿐만 아니라 화질 개선을 위한 새로운 기법에 대한 연구가 필요하다. 이러한 새로운 기법은 크게 전처리 과정을 이용하는 방법과 후처리 과정을 이용하는 방법으로 구분될 수 있다. 전처리 과정은 영상 신호를 부호화하기 이전에 영상 신호의 내용을 재구성함으로써 부호화 효율을 높이는 과정이고, 후처리 과정은 부호화가 끝난 뒤 영상 내에 존재하는 결점들을 처리하는 과정이다. 후처리 과정의 주 관심은 대부분의 표준화 알고리즘에서 사용되고 있는 DCT에 의해 유발되는 블록 현상 제거에 관한 문제이다. DCT는 영상 신호와 같이 자기 상관 계수가 큰 ARI 모델에 대해서는 최적에 가까운 압축률을 나타내지만, 실제 적용을 위해서는 계산량을 고려하여 블록 단위로 처리하게 된다. 이 과정에서 블록 간의 독립적인 처리로 인해 블록 현상이 발생하게 되며 이러한 블록 현상은 특히 저 전송률로 압축된 영상에서 두드러지게 나타난다.

블록 변환된 영상의 블록 현상을 제거하기 위해 기존에 많은 연구가 진행되어 왔으며 이들은 크게 POCS 이론을 바탕으로 한 집합 이론적 접근 방법과 정규화에 기초한 제한 최소 자승 방법의 두 종류로 분류할 수 있다. [1]에서는 복호화된 영상이 공간 변화 필터를 이용하여 처리되었고, Zakhor^[2]는 영상 복원의 방식을 통해 블록 현상의 제거를 시도하였으며 이 방법의 수렴성을 증명하기 위해 POCS 이론을 사용하였다. Yang^[3,4]은 블록 현상이 블록 경계에서 발생한다는 사실에 근거하여 블록 경계 화소 사이의 차를 줄임으로써 블록 현상을 효과적으로 제거하였다.

POCS 이론은 집합 이론적 추정 방법의 일종^[5]으로 Youla^[6]가 영상 처리 분야에 처음 적용한 이후 블록 현상을 제거하기 위한 영상 복원 분야에서 활발히 연구되고 있는 방법이다. 블록 현상의 제거를 위한 POCS 방식에서는 전송된 영상 데이터와 여러 제한 조건으로부터 각각의 convex 집합과 투영자를 정의한 후, 각 집합으로 반복적인 투영을 통해 블록 현상이 존재하지 않으면서 동시에 원 영상의 특성을 유지하는 영상으로 복원해 나간다. 이와 같은 POCS 기반의 알고리즘들은 크게 부드러움 제한 집합(Smoothness Constraint Set: SCS)과 양자화 제한 집합(Quantization Constraint Set: QCS)으로의 반복적인 투영으로 이루어져 있다. SCS는

영상의 제한 조건 중 블록 현상이 없어야 한다는 조건을 만족시키기 위한 제한 집합으로서 블록 사이의 불연속을 줄이기 위해 영상을 blurring하는 투영자를 갖게 된다. 이 때 블록 현상 이외의 영상의 고주파 성분들을 어떻게 보존하는가 하는 것이 중요한 문제이다. QCS는 이러한 문제점을 해결하기 위한 기본적인 제한 집합으로 SCS로의 투영으로 인해 발생하는 over-blurring 현상을 방지하는 역할을 수행한다. 즉 원 영상의 데이터가 가질 수 있는 구간을 convex 집합으로 정의한 후 이 구간으로 데이터를 복구시키는 과정을 투영자로 정의한다. 기존의 대부분의 연구는 SCS에 초점을 맞춰 진행되어 왔으나 SCS에 대한 개선만으로는 효과적인 블록 현상의 제거를 기대할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 각 DCT 계수의 특성에 따라 QCS의 구간을 조절하는 새로운 적응적 양자화 제한 집합(Adaptive Quantization Constraint Set: AQCS)을 제안한다. 제안한 AQCS를 기존의 Zakhor와 Yang의 알고리즘에 적용한 결과 선명도를 유지하면서도 블록 현상이 제거된 영상을 얻을 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 기존의 후처리 알고리즘들에 대해 살펴본 후 III장에서 제안한 AQCS에 대해 설명한다. IV장에서는 JPEG으로 압축된 여러 표준 영상에 대해 제안한 AQCS를 적용하여 후처리 과정을 수행한 실험 결과에 대해 살펴 보고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 기존의 후처리 기법

Zakhor는 블록 현상의 제거를 위해 POCS 이론을 처음으로 도입하였으며 이의 적용을 위해 SCS와 QCS의 두 제한 집합을 정의하였다. 그러나 SCS를 convex 집합으로 정의하지 않고 블록 현상의 특성이 수직, 수평으로 존재한다는 성질을 이용하여 FIR 저역 통과 필터를 투영자로 정의하였다. 그리고 필터링에 의한 경계선 정보의 손상을 보상하기 위해 복호화된 영상의 DCT 계수를 중심으로 원 영상의 데이터의 범위를 QCS로 정의한 후, 각 반복 단계에서 이 범위를 벗어나는 값을 QCS 내로 clipping시키는 연산을 투영자로 이용하였다. 그러나 저역 통과 필터링이 convex 집합으로의 투영자가 아니기 때문에 Zakhor의 방법은 POCS이론 관점에서 수렴을 보장할 수가 없으나 그 기본적인 접근 방식은 대부분의 후처리 알고리즘에서 이용되고

있다.

Yang은 Zakhor의 방법에서 SCS를 개선하여 영역 기반적인 새로운 투영자를 제안하였다. 즉 블록 현상이 블록의 경계에서 발생한다고 생각하여 영상의 블록 경계 화소들의 차의 에너지가 전체 영상의 평균적인 변화도보다 작도록 하는 convex 집합을 정의하였다. 그리고 이로 인한 경계선의 손상을 보호하기 위해 블록의 통계적인 특성을 SCS로의 투영을 위한 가중치로 사용하였다. 즉 밝고 평탄한 영역은 블록 현상이 두드러지게 나타나므로 blurring 효과를 크게 하였고 어둡고 변화가 많은 영역은 상대적으로 블록 현상이 잘 나타나지 않으므로 경계선을 보호하기 위해 blurring 정도를 작게 하였다. 그러나 블록 현상은 단지 블록의 경계 화소에 의해서만 생기는 것이 아니라 블록 내 모든 화소들의 전체적인 경향과 영상 전체에서의 블록 현상의 패턴에 의해서 생기게 되므로 이 방법은 블록 내에 새로운 고주파 성분을 만드는 단점이 있다.

III. 제안한 적응적 양자화 제한 집합

POCS 이론을 바탕으로 하는 블록 현상 제거 기법은 크게 SCS와 QCS로의 반복적인 투영으로 구성되어 있다. SCS는 영상 내의 블록 현상을 제거하기 위한 제한 집합이며, QCS는 SCS로의 투영에 의해 영상이 over-blurring되는 현상을 방지하기 위한 제한 집합이다. 일반적으로 QCS로의 투영은 DCT 영역에서 수행되므로 투영을 위해 DCT와 IDCT를 수행해야 하는 단점이 있지만 SCS로의 투영에서 나타나는 over-blurring을 보완하기 위해 대부분의 후처리 알고리즘에서 사용하고 있는 제한 집합이다^[7].

기존의 QCS는 모든 DCT 계수에 대해 그 위치에 해당하는 양자화 스텝 크기의 구간을 적용하여 convex 집합을 구성하였으며 이는 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$QCS_{ij} = \left[\hat{d}_{ij} - \frac{q \cdot i \bmod BS, j \bmod BS}{2}, \hat{d}_{ij} + \frac{q \cdot i \bmod BS, j \bmod BS}{2} \right], \quad (1)$$

$$0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq N-1.$$

이때 \hat{d}_{ij} 는 $M \times N$ 크기의 복호화된 영상의 DCT 계수이다. $q \cdot i \bmod BS, j \bmod BS$ 는 DCT 영역 내 (ij) 위치에서의 양자화 스텝 크기이며 mod는 modulus 연산자이며 BS는 블록의 크기를 나타낸다. 그러나 식 (1)의 구간은

원 영상의 데이터가 가질 수 있는 최대 구간을 지정해 주므로 SCS로의 투영에 의한 over-blurring 현상을 효과적으로 방지할 수 없다. [7]에서는 QCS의 구간을 작게 할 때 후처리 된 영상의 성능이 향상될 수 있음을 보였다. 그러나 이 방법에서는 영상 내의 모든 계수에 대해 같은 구간을 적용하였으므로 DCT 계수의 특성을 적용하지는 못하였다. 따라서 본 논문에서는 영상의 over-blurring 현상을 방지하면서 동시에 블록 현상을 효과적으로 제거할 수 있도록 하기 위해 각 DCT 계수에 대해 QCS 구간을 달리 적용하는 다음과 같은 AQCS를 제안한다.

$$AQCS_{ij} = \left[\tilde{d}_{ij} - \lambda_{ij} \cdot \frac{q \cdot i \bmod BS, j \bmod BS}{2}, \tilde{d}_{ij} + \lambda_{ij} \cdot \frac{q \cdot i \bmod BS, j \bmod BS}{2} \right] \cap QCS_{ij}, \quad (2)$$

$$0 \leq i \leq M-1, 0 \leq j \leq N-1.$$

여기서 \tilde{d}_{ij} 는 \hat{d}_{ij} 와 주변의 DCT 계수들을 이용하여 추정된 원 영상의 데이터이다. AQCS 계수 λ_{ij} 는 $0 \leq \lambda_{ij} \leq 1$ 의 범위 안에서 결정되며, λ_{ij} 가 0일 경우는 QCS를 적용하지 않은 경우이고 λ_{ij} 가 1일 경우는 기존의 QCS와 같은 경우가 된다. <그림 1>에 DCT 영역에서의 제안한 AQCS를 표시하였다.

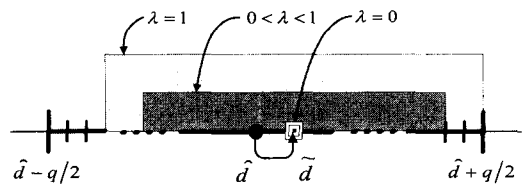


그림 1. DCT 영역에서의 제안한 AQCS.
Fig. 1. The proposed AQCS in the DCT domain.

제안한 알고리즘에서는 계산량을 고려하여 $M \times N$ 개의 λ_{ij} 대신 $BS \times BS$ 개의 λ_{mn} ($0 \leq m, n \leq 1$)을 구한다. 즉 JPEG에서 양자화 테이블을 블록 단위로 적용하는 것과 마찬가지로 블록 크기의 AQCS 계수 테이블을 사용하여 AQCS를 구한다. 그러나 이와 같은 접근을 위해서는 블록 간의 통계적 특성이 어느 정도 비슷해야 하므로 블록에 대한 영역 분류를 통해 이 문제점을 해결한다.

1. 제안한 블록 영역 분류

본 논문에서는 통계적 특성이 유사한 블록에 대해

같은 AQCS 계수 테이블을 적용하기 위해 각 블록을 영역 특성에 따라 평탄 영역, 수평 경계선 영역, 수직 경계선 영역, 그리고 중간 변화 영역으로 구분한다.

제안한 방법에서는 블록 내의 에너지 변화를 반영하기 위해 각 블록 내의 분산과 수평 축의 차 분산과 수직 축의 차 분산을 기준으로 영역 분류를 수행한다. 전체적으로 분산이 T_s 이하인 경우와 수평 및 수직 축의 차 분산 T_h 와 T_v 가 일정 값 이하인 경우, 또한 수평 축의 차 분산과 수직 축의 차 분산의 비율인 R_{hv} 와 R_{vh} 가 정의된 값 이하인 경우 역시 평탄 영역으로 구분하였다. 또한 블록 평균이 아주 작은 경우는 인간의 시각이 인식을 하지 못하므로 역시 평탄 영역으로 분류하였다. 경계선 영역의 구분을 위해 블록 내의 분산이 T_e 보다 크거나 R_{hv} 와 R_{vh} 가 각각 T_{R_e} 와 T_{R_e} 보다 큰 경우는 수평 및 수직 경계선 영역으로 구분하였으며 위의 조건을 만족하지 않는 모든 경우의 블록은 중간 변화 영역으로 분류하였다. <그림 2>와 <그림 3>에 블록 영역 분류를 위한 블록도와 512×512 Lena 영상에 대한 영역 분류 결과를 나타내었다.

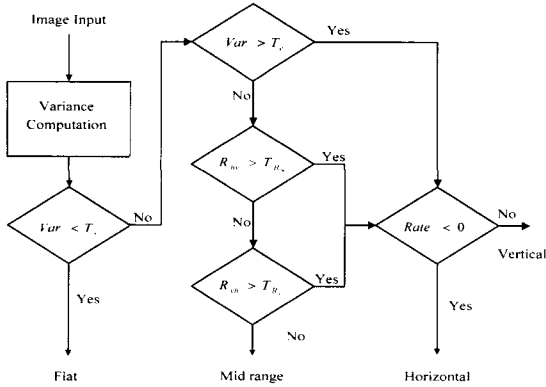


그림 2. 블록 영역 분류를 위한 블록도
Fig. 2. The block diagram for block region classification.

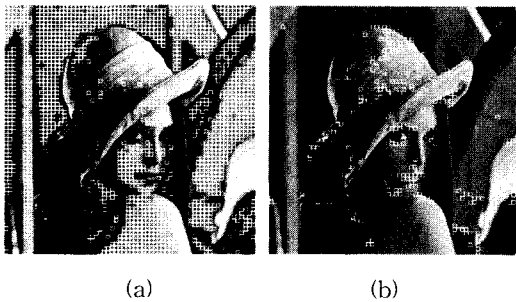


그림 3. Lena 영상에 대한 블록 영역 분류
(a) 평탄 영역, (b) 수평 경계선 영역,
(c) 수직 경계선 영역, (d) 중간 변화 영역.
Fig. 3. Results of block region classification for Lena Image.
(a) flat region, (b) horizontal edge region,
(c) vertical edge region, (d) mid range region.

2. AQCS 계수의 결정

복호화된 영상에 대해 III.1절에서 제안한 방법대로 영역 분류를 수행한 후 각기 분류된 영역에 대해 AQCS 계수 테이블을 결정한다. 기존의 QCS는 복호화된 영상의 데이터를 기준으로 제한 구간을 결정하였지만 제안한 AQCS에서는 복호화된 영상의 데이터와 주위 블록의 데이터를 이용하여 원 영상의 데이터를 기존의 QCS 구간 안에서 추정하였다. 추정된 원 영상의 데이터 \hat{d}_{ij} 를 구하기 위한 식은 다음과 같다.

$$\hat{d}_{ij} = \hat{d}_{ij} + \frac{\bar{d}_{ij} - \hat{d}_{ij}}{2^{10}} \cdot \frac{q_{imodBS, imodBS}}{2}, \quad (3)$$

$$0 \leq i \leq M-1, \quad 0 \leq j \leq N-1.$$

여기서 \bar{d}_{ij} 는 <그림 4>에서와 같이 이웃하는 여덟 블록 중 같은 영역으로 분류된 블록들 내의 같은 위치에 있는 DCT 계수들의 평균이며 2^{10} 은 DCT 계수의 정규화(normalization)를 위한 상수이다. 이 과정을 통해 원 영상의 DCT 계수들을 추정함으로써 정확한 AQCS 계수 테이블을 결정할 수 있다.

식 (3)에서 추정된 원 영상의 DCT 계수를 기준으로 AQCS 계수 테이블 λ_{mn} 을 구하기 위해 다음과 같은 식을 정의한다.

$$\lambda_{mn}^k = \arg \min_{\lambda_{mn}^k} \left| \sum_{BSu+m, BSv+n=\Lambda_k} \hat{d}_{BSu, BSv+n} \right|^2 - \sum_{BSu+m, BSv+n=\Lambda_k} |P_{AQCS}(P_{SCS}(\hat{d}_{BSu+m, BSv+n}))|^2, \quad (4)$$

$$0 \leq k \leq 3, 0 \leq m, n \leq BS-1, 0 \leq u \leq M/BS-1, 0 \leq v \leq N/BS-1.$$

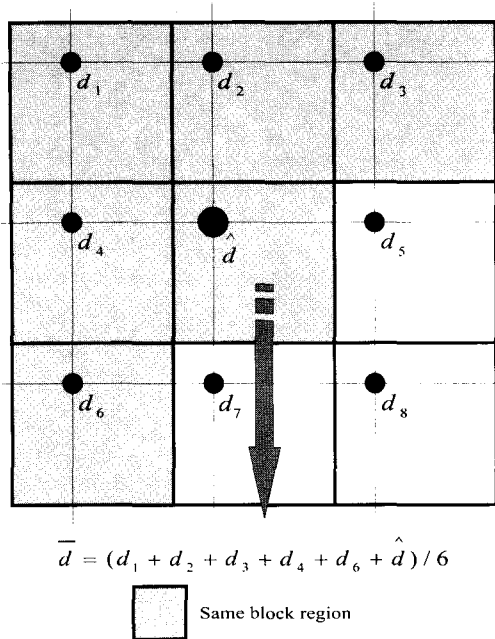


그림 4. 이웃 블록들을 이용한 원 영상 데이터의 추정.
Fig. 4. Estimation of original image data using neighbor blocks.

이때 $P_{AQCS}(\cdot)$ 와 $P_{SCS}(\cdot)$ 는 각각 AQCS와 SCS로의 투영을 나타내며, 합 연산은 같은 영역으로 분류된 블록 λ 에 대해서만 수행한다. 즉 하나의 DCT 주파수 위치에서, 복호화된 영상의 에너지의 총합과 SCS와 AQCS로 투영된 결과 영상의 에너지의 총합과의 차를 최소로 만드는 λ_{min} 을 구한다. 이 연산은 4종류로 영역 분류된 블록들에 대해 각각 수행되므로 결과적으로 4개의 λ_{min} 테이블을 결정하게 되며 식 (4)에 대한 closed form이 존재하지 않으므로 0과 1사이에서 최적의 λ_{min} 의 쌍을 실험적으로 결정한다. 그러나 λ_{min} 을 결정하는 과정에서 식 (4)를 만족하는 λ_{min} 이 하나 이상 존재할 경우가 발생한다. 즉 SCS로의 투영 결과가 추정된 원 영상의 데이터와 유사할 때 λ_{min} 이 여러 개 존재할 수 있다. 이 경우에는 블록 영역 분류 결과를 참조하여 평탄 영역일 경우에는 λ_{min} 중 최대값을 선택하고 그 외의 영역에 대해서는 최소의 λ_{min} 을 선택한다. 일반적으로 영상 신호에서는 경계선 성분이 존재하는 영역을 중요한 영역으로 구분하지만 인간의 시각 특성은 2차원 저주파 대역 필터 역할을 하기 때문에 평탄 영역에서의 잡음에는 민감하나 경계선 영역에서의 잡음에는 커다

란 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다^[6]. 따라서 평탄 영역에서는 가능한 한 모든 블록 현상을 제거하기 위해 AQCS 구간을 크게 하고 그 외의 경계선 영역과 중간 변화 영역에서는 블록 현상이 비교적 잘 보이지 않으므로 AQCS 구간을 작게 하여 복원 영상의 선명도를 향상시키도록 한다.

IV. 실험 결과

본 논문에서는 기존의 QCS와 제안한 AQCS의 성능을 비교하기 위해 Zakhor와 Yang의 알고리즘을 이용하였다. Zakhor와 Yang의 알고리즘의 QCS를 제안한 AQCS로 대체하였을 때 블록 현상이 얼마나 효과적으로 제거되었는지를 실험하였다. 실험을 위해 512x512 Lena, Baboon 영상을 사용하였으며 <그림 5>와 <그림 6>에 각각의 원 영상과 JPEG 복호화된 영상을 나타내었다. <그림 5>는 고주파 성분이 그리 많지 않은

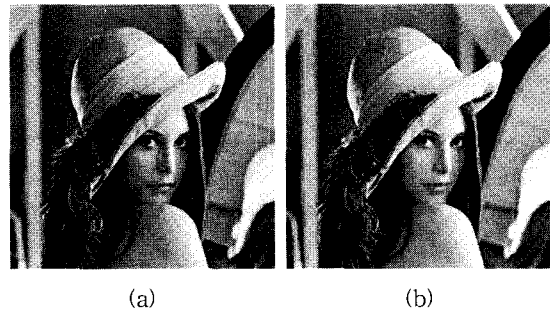


그림 5. Lena 영상: (a) 원 영상, (b) JPEG 복호화 (30.6760dB).
Fig. 5. Lena image: (a) original, (b) JPEG decoded (30.6760dB).

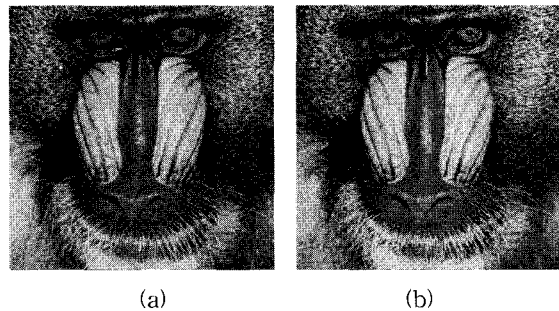


그림 6. Baboon 영상: (a) 원 영상, (b) JPEG 복호화 (24.3935dB).
Fig. 6. Baboon image: (a) original, (b) JPEG decoded (24.3935dB).

영상이므로 그림에서 보이듯이 blocking 현상이 그림 곳곳에서 나타나는 것이 눈에 띄지만 <그림 6>은 고주파 성분이 많은 영상인 관계로 인하여 그다지 시각적으로는 blocking 현상이 눈에 크게 띄지는 않는다. 일반적으로 영상내의 오류성분은 평탄성분이 많은 영상에서 더욱 심하게 나타나는 것을 알 수 있다¹⁹⁾.

III.1절에서 제안한 영역 분류 방법에 의해 복호화된 영상을 4개의 영역으로 분류하였으므로 각각의 영역에 대해 의 AQCS 계수 테이블을 결정할 수 있다. <그림 7>과 <그림 8>에 Zakhor의 알고리즘에 대해 기존의 QCS와 AQCS를 사용하였을 때의 실험 결과를 나타내었다.

기존의 QCS를 사용한 Zakhor의 알고리즘은 5회 반복에서 수렴하기 시작하였으며 AQCS는 2회 반복에서 수렴을 나타내었다. 또한 기존의 QCS는 <그림 7>과 <그림 8>에서도 볼 수 있듯이 블록 현상은 제거되었지만 영상 전체가 심하게 blurring되었음을 알 수 있다. 즉 QCS의 구간이 너무 크기 때문에 SCS로의 투영에 의한 over-blurring 현상을 효과적으로 복원할 수 없기 때문에 결과적으로 심하게 blurring된 영상을 만들게 되며 이는 반복 횟수가 증가할수록 영상을 더욱 저하시킨다. 반면에 AQCS는 각 DCT 계수의 위치에 따라 적절한 AQCS 구간을 설정하여 주므로 원 영상의 선명도를 유지하면서도 블록 현상이 제거된 영상을 복원할 수 있다. 또한 AQCS를 위한 AQCS 계수 테이블은 1회 반복에서 계산하면 되므로 convex 집합으로 정의가 가능하며 반복 횟수에 따른 추가적인 계산량의 부담이 발생하지 않는다.

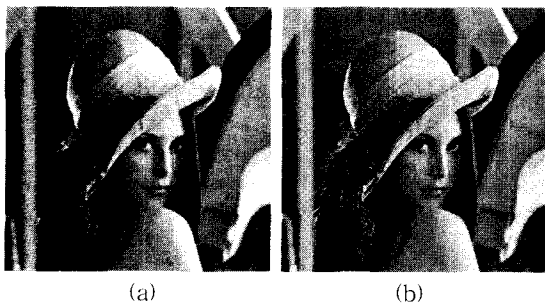


그림 7. Lena 영상에 대한 Zakhor 알고리즘의 실험 결과
(a) 기존의 QCS (30.5781dB),
(b) AQCS (31.1634dB).

Fig. 7. Experimental Results of Zakhor's for Lena image. (a) Conventional QCS (30.5781dB), (b) AQCS (31.1634dB).

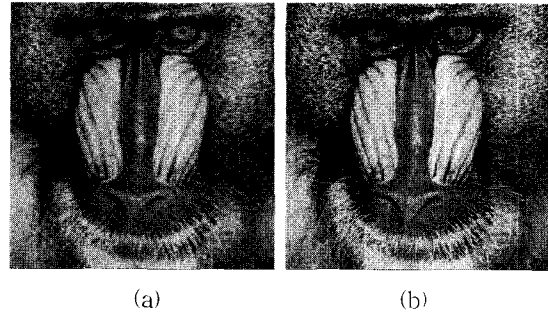
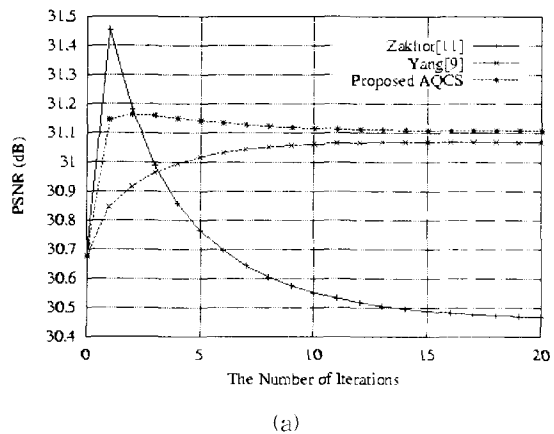
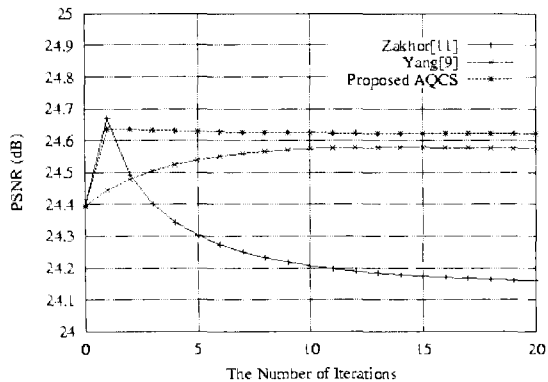


그림 8. Baboon 영상에 대한 Zakhor 알고리즘의 실험 결과
(a) 기존의 QCS (24.2992dB),
(b) AQCS (24.6355dB).

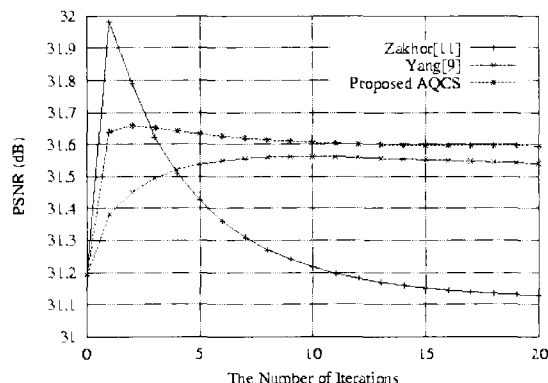
Fig. 8. Experimental Results of Zakhor's for Baboon image. (a) Conventional QCS (24.2992dB), (b) AQCS (24.6355dB).

<그림 9>는 각각의 알고리즘의 수렴도를 알아보기 위하여 각 알고리즘에 대하여 반복을 수행하면서 복원 영상에 대한 PSNR을 그림으로 나타낸 것이다. 제안한 알고리즘은 그림에서 보이듯이 적은 수의 반복으로 수렴을 하면서도 좋은 결과를 나타내는 것을 알 수 있다. Zakhor가 제안한 수행 결과가 특이하게 보이는 것은 처음 반복시 높은 PSNR 값을 가지나 반복을 수행하면서 나쁜 결과를 나타내는 것인데 이것은 Zakhor의 기법이 처음에 저역필터링을 수행함으로써 blocking 현상을 상당히 제거하면서 일시적으로 나타나는 현상이다. Zakhor의 결과 영상을 보면 blurring 현상이 나타나는 것을 볼 수 있다. 실제영상에서도 첫 번 반복을 수행한 Zakhor의 기법이 PSNR은 높으나 영상 결과에 blurring이 심하게 존재한다. Yang의 알고리즘은 많은 반복자

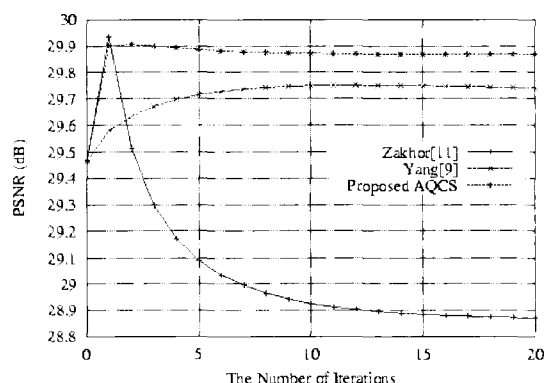




(b)



(c)



(d)

그림 9. 각각의 알고리즘에 대해 반복을 수행한 후의 복원영상에 대한 PSNR

- (a) LENA: JPEG 압축 30.6760dB
- (b) BABOON: JPEG 압축 24.3935dB
- (c) PEPPER: JPEG 압축 31.1924dB
- (d) JET: JPEG 압축 29.4649dB

Fig. 9. PSNR of reconstructed images versus the number of iterations for the respective algorithm.

- (a) LENA : JPEG-compressed 30.6760 dB
- (b) BABOON: JPEG-compressed 24.3935 dB.
- (c) PEPPER: JPEG compressed 31.1924dB.
- (d) JET: JPEG-compressed 29.4649dB

업을 수행한 후에 제안한 알고리즘과 유사한 결과 형태로 수렴하는 것을 볼 수 있다.

<그림 10>은 각 알고리즘 별로 LENA 영상에 적용한 후에 일부분을 확대하여 화면에 보여주는 그림이다. 위에서 설명한 것처럼 Zakhor는 심한 blurring 현상을 그림에서 볼 수 있다. PSNR 측면과 시각적인 측면에서 제안한 알고리즘이 수렴도와 선명도에서 다른 여러 알고리즘에 비하여 좋은 결과를 나타내는 것을 알 수 있다.



(a)

(b)



(c)

(d)

그림 10. 각각의 알고리즘에 의해 후처리된 후 확대한 LENA 영상

- (a) JPEG 영상
- (b) Zakhor 알고리즘(20번 반복)
- (c) Yang 알고리즘(20번 반복)
- (d) 제안한 AQCS(3번 반복)

Fig. 10. Enlarged Part of the LENA images postprocessed by the respective algorithm.

- (a) JPEG decoded.
- (b) Algorithm of Zakhor(20 iteration)
- (c) Algorithm of Yang(20 iteration).
- (d) The proposed AQCS(3 iteration)

V. 결 론

본 논문에서는 블록 변환된 영상의 블록 현상을 제거하기 위해 적응적 양자화 제한 집합을 제안하였다. 기존의 양자화 제한 집합은 원 영상의 데이터가 가질

수 있는 최대 구간을 지정해 주므로 반복이 계속될수록 over-blurring 현상이 나타난다. 제안한 양자화 제한 집합은 DCT 계수의 특성에 따라 적응적으로 제한 구간을 조절하므로 복호화된 영상의 선명도를 유지하면서 효과적으로 블록 현상을 제거할 수 있다. 양자화 제한 집합은 대부분의 POCS 기반 후처리 알고리즘에서 사용되므로 제안한 양자화 제한 집합은 성능이 우수한 다른 후처리 알고리즘으로 이식되어 기존의 알고리즘의 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 제안한 알고리즘은 반복 수행 시간이 짧으므로 동영상 부호화 기법에도 적용을 할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 제안한 알고리즘은 후처리에서의 blocking 현상을 줄이는 문제에서뿐만 아니라 전처리와 후처리가 필요한 어떤 영상처리 분야에서도 결국은 가장 필요 불가결한 요소인 고화질을 위한 영상처리 여러 부분에서 좋은 결과를 제공할 것으로 기대한다

참 고 문 헌

- [1] B. Ramamurthi and A. Gersho, "Nonlinear space-variant postprocessing of block coded images," *IEEE Trans. ASSP*, Vol. 34, No. 5, pp. 1258~1267, Oct. 1986.
- [2] A. Zakhor, "Iterative procedures for reduction of blocking effects in transform image coding," *IEEE Trans. CAS Video Tech.*, Vol. 2, No. 1, pp. 91~95, Mar. 1992.
- [3] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Regularized reconstruction to reduce blocking artifacts of block discrete cosine transform compressed images," *IEEE Trans. CAS Video Tech.*, Vol. 3, No. 6, pp. 421~432, Dec. 1993.
- [4] Y. Yang, N. P. Galatsanos, and A. K. Katsaggelos, "Projection-based spatially adaptive reconstruction of block-transform compressed images," *IEEE Trans. Image Processing*, Vol. 4, No. 7, pp. 896~908, Jul. 1995.
- [5] P. L. Combettes, "The foundations of set theoretic estimation," *Proc. IEEE*, Vol. 81, No. 2, pp. 181~208, Feb. 1993.
- [6] D. C. Youla, "Generalized image restoration by the method of alternating orthogonal projections," *IEEE Trans. CAS*, Vol. CAS-25, no. 9, pp. 694~702, Sep. 1973.
- [7] D. S. Kim and S. H. Park, "Projection onto the narrow quantization constraint set for postprocessing of scalar quantized images," *VCIP'96: Visual Communication, Orlando, Vol. SPIE-2727*, pp. 1473~1483, Mar. 1996.
- [8] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing Company, 1993.
- [9] A.N.Netravali and B.G.Haskell, *Digital Pictures: representation and compression*, Plenum Press, 1988.

저 자 소 개



鄭淵植(正會員)

1995년 2월 연세대학교 전자공학과 학사. 1997년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 석사. 2001년 2월 연세대학교 대학원 전기전자공학과 박사. 2000년 1월~2001년 3월 인센 컨설팅본부 선임연구원. 2001년 4월~2002년 2월 삼성전자 통신연구소 선임연구원. 2002년 3월~현재 성공회대학교 컴퓨터정보공학부 전임강사. <주관심분야 : 영상통신, 정보보호>



金仁謙(正會員)

1990년 연세대학교 전자공학과 졸업. 1992년 8월 연세대학교 전자공학과 공학석사. 1997년 8월 연세대학교 전자공학과 공학박사. 1996년~1998년 2월 안양과학대학 전임강사. 1998년~현재 성결대학교 정보통신공학부 조교수. <주관심분야 : 영상통신, 패턴인식, 영상복원>