

일반논문-10-15-1-12

에지-기반 분할과 잎 노드의 예측부호화를 적용한 쿼드트리 영상 압축

장 호 석^{a)}, 정 경 훈^{a)}, 김 기 두^{a)}, 강 동 욱^{a)‡}

Quadtree Image Compression Using Edge-Based Decomposition and Predictive Coding of Leaf Nodes

Ho-Seok Jang^{a)}, Kyeong-Hoon Jung^{a)}, Ki-Doo Kim^{a)}, and Dong-Wook Kang^{a)‡}

요 약

본 논문은 영상을 효율적으로 부호화하면서도 자연스러운 압축 영상을 만들어내는 쿼드트리 영상 압축 기법을 제안한다. 제안하는 압축 기법은 유의미한 에지 선을 보존하기 위해서 에지-기반 쿼드트리 분할을 적용하고, 잎 노드 블록 사이의 높은 상관성을 활용하기 위해서 예측부호화 기법을 이용한다. 제안하는 압축 기법이 JPEG에 비해서 부호 효율이 27% 이상 개선됨을 256×256 휘도영상에 대한 전산실험을 통하여 검증하였다. 제안하는 압축 기법은 JPEG과 같은 고정 블록 부호화 기법에서 나타나곤 하는 압축 영상에서의 파문 현상을 발생시키지 않아서, 보다 자연스러운 압축 영상을 제공할 수 있다.

Abstract

This paper proposes a quadtree image compression method which encodes images efficiently and also makes unartificial compressed images. The proposed compression method uses edge-based quadtree decomposition to preserve the significant edge-lines, and it utilizes the predictive coding scheme to exploit the high correlation of the leaf node blocks. The simulation results with 256×256 grayscale images verify that the proposed method yields better coding efficiency than the JPEG by about 25 percents. The proposed method can provide more natural compressed images as it is free from the ringing effect in the compressed images which used to be in the images compressed by the fixed block based encoders such as the JPEG.

Keywords : Edge-Based Quadtree Decomposition; Image Compression

1. 서 론

영상 압축의 기본 원칙은 가능한 적은 비트를 사용해서 원영상과 시각적으로 최대한 비슷한 근사 영상을 표현해내는 것이다. 인간 시각이 저주파 성분보다는 고주파 성분에

대해서 대체적으로 둔감하기 때문에 영상 압축 과정에서 고주파 성분들을 주로 희생시키게 된다. 그러나 객체의 윤곽선을 따라서 나타나는 에지(edge)는 고주파 성분으로 구성되어 있지만 시각적으로도 매우 민감하기 때문에 특별한 취급이 요구된다^[1].

객체의 경계가 뚜렷하게 구분되면서도 질감이 매우 단순한 영상을 압축하는 경우에 쿼드트리 영상 압축 기법이 대단히 우수한 성능을 보인다^[2]. 이때 경계의 선명성이나 질감의 단순함은 압축 영상의 목표 화질 또는 목표 근사 오차

a) 국민대학교 전자공학부

School of Electrical Eng., Kookmin University

‡ 교신저자 : 강동욱(dwkwang@kookmin.ac.kr)

※ 본 연구는 2009년도 국민대학교 교내연구비를 지원받아 수행되었음.
접수일(2009년12월14일), 수정일(2010년1월29일), 게재확정일(2010년1월29일)

에 의해서 정해지는 상대적인 양임을 이해할 필요가 있다. 다시 말해서 영상을 매우 낮은 비트율로 부호화하고자 하는 경우에는, 압축 영상의 목표 근사 오차가 크고 따라서 이 근사 오차에 비해서 질감이 단순하고 경계가 뚜렷하다면 이 영상은 앞의 조건이 성립된다고 할 수 있다. 그러나 동일한 영상이라도 높은 비트율로 부호화하는 경우에는 질감이 단순하다고 할 수 없거나 경계가 희미한 객체들이 다수 존재한다고 이해될 수 있다.

일반적으로 영상을 매우 낮은 비트율로 부호화하는 경우에는 JPEG 등의 질감부호화 기법에 비해서 쿼드트리 압축 기법이 더 우수한 압축 성능을 보인다^[2]. 이 성질은 다음과 같이 이해할 수 있다. JPEG 엔코더를 사용해서 매우 낮은 비트율로 영상을 부호화하는 경우, 블록 내의 높은 주파수 성분들을 대거 제거하게 되고 이에 따라 객체의 윤곽선이 대부분 사라지게 되어 화질이 크게 손상된다. 그러나 쿼드트리 영상 압축 기법을 사용하면, 목표 근사 오차에 비해서 상대적으로 강한 에지가 있는 영역에서는 더 작은 크기의 블록으로 영상을 분할해서 표현함으로써 에지의 훼손이 상대적으로 적게 발생하기 때문에, JPEG에 비해서 더 우수한 부호율-왜곡 특성을 보인다.

그러나 비트율을 점차 증가시키면, 쿼드트리의 장점보다는 단점이 두드러지게 나타난다. 쿼드트리 영상 압축 기법에서는 분할된 블록을 블록의 크기에 상관없이 동일한 정보량을 갖는 것으로 간주하여 일반적으로 하나의 휘도값을 갖는 평면으로 표현하는데, 이는 영상의 디테일을 표현하는데 한계가 있다. D. L. Donoho는 쿼드트리로 영상을 분할하는 것을 높이와 모양, 넓이가 다른 입체 기둥 조각들을 적절한 위치에 배치함으로써 전체 영상을 구성해 내는 퍼즐과 같이 보아서, 각 잎 노드 블록들을 하나의 상수 높이를 갖는 평면 기둥으로 표현하지 않고, 1차나 2차 다항식 곡면 기둥으로 근사하는 방법을 소개하였다^[3]. 복잡하고 다양한 종류의 기둥 조각들을 사용할수록 한 블록으로 표현할 수 있는 영상의 종류가 늘어나서 영역을 분할하는 횟수를 줄일 수 있다^[4]. 이와 같은 기법들은 매우 낮은 비트율로 영상을 압축할 때의 성능을 더욱 개선한다. 그러나 다양한 곡면 기둥을 이용한다 하더라도 일정 수준 이상의 디테일을 갖는 객체는 작은 크기의 블록

들로 분할하여 표현하여야만 하며, 이로 말미암아 상대적으로 더 큰 블록에서 고주파 DCT 파형들을 조합해서 부드러운 질감을 표현해내는 JPEG에 비해서 부호화 효율이 떨어진다.

한편 목표 화질을 더욱 높여서 영상을 압축하는 경우 주관적 화질의 측면에서 쿼드트리 영상 압축 기법이 JPEG보다 유리하다. 일반적으로 압축 영상의 왜곡은 방향별 고주파 성분을 포함하고 있는 에지 영역에서 가장 심하게 발생한다. 그런데 에지는 객체들의 경계를 따라 나타나는 휘도 변화로서, 인간 시각은 에지 선과 평행한 방향의 왜곡에는 비교적 둔감하지만, 에지 선과 수직 방향으로 왜곡이 발생하여 에지 선 자체가 왜곡되는 것에 대해서는 대단히 민감하다^[5]. 따라서 에지의 끊김 현상이나 에지 선 주위의 파문 현상(ringing effect)은 다른 영역에서 발생하는 왜곡에 비해서 같은 크기의 왜곡이라도 시각적으로 더 크게 손상된 느낌을 주게 된다. 그런데 JPEG 등 고정 블록 부호화 방식을 이용해서 영상을 압축하면 강한 에지 주위의 파문 현상(ringing effect)을 완전히 없애기가 쉽지 않다. 반면에 객체 기반 부호화를 행하면, 에지 선을 따라 영역을 서로 분리해서 부호화할 수 있기 때문에 파문 현상을 원천적으로 피할 수 있다^[2].

중간 화질을 목표로 영상을 객체 기반 부호화하고자 한다면, 압축 영상에서 에지 선 주위의 파문 현상이나 에지 선의 끊김 현상이 생기지 않도록 하는 것이 중요하다. 즉 화질을 높이기 위해서는 분할된 각 영역의 경계선을 입력 영상의 에지와 정확하게 일치시키는 것이 필요하다. 그러나 허용된 부호율 범위에서 원영상과 압축 영상의 평균제곱오차를 최소화하도록 정방향으로 영상을 4-분할해가는 기존의 쿼드트리 기법에서는 강도가 약한 에지들이 무시되는 경향이 있다. 이에 따라 분할된 블록의 경계선과 영상의 에지가 서로 일치하지 않게 되어 에지 선들이 끊어져 보이는 경우가 종종 발생한다^[5]. 만일 이를 해결하기 위해서 보다 세밀한 블록들로 영상을 분할하다보면 일반적으로 부호율-왜곡 성능이 저하된다. 즉, 분할의 섬세함과 부호율-왜곡 성능과는 상충 관계가 있다.

R. Shukla는 인접 블록의 대푯값과의 차이가 기준보다 작으면, 두 블록을 결합(joining)하고 결합된 블록에 대해

서 전체의 대푯값으로 갱신하는 방법을 제시하여 부호화 효율을 높일 수 있음을 보여주었다^[6]. 이는 분할된 블록 사이에 여전히 상관성이 남아있음을 의미하며, 이 상관성을 이용해서 부호화 효율을 개선할 수 있음을 보여준다. 특히 변화가 단순한 영역이나 대각선 에지를 가진 영역을 정방형 블록들로 분할하는 경우 주변 블록간의 상관성이 높게 나타난다. 이 방법을 이용하면 목표 화질을 높여서 영상을 압축하는 경우에도 JPEG과 비등한 부호화 효율을 보인다.

본 논문에서는 평균제곱오차와 함께 블록 내에 포함된 에지의 강도를 분할 기준으로 하여 영상을 분할함으로써 블록의 경계가 영상의 에지와 최대한 일치하도록 분할할 것을 제안한다. 이렇게 하면 분할된 블록의 수가 늘어날 수 있다. 즉 전송해야 할 잎 노드 블록의 수가 증가하여 효율적인 부호화에 부담으로 작용할 수가 있다. 그러나 이 문제점은 잎 노드 블록에 대한 차동펄스부호변조(differential pulse code modulation) 구조를 적용하고 예측 오차에 대해서 가변길이 부호화를 수행함으로써 효과적으로 해결할 수 있음을 보인다.

2장에서는 에지 성분을 분할 조건에 포함한 쿼드트리 영상 압축과 효율적인 부호화 기법에 대해서 설명하고, 3장에서는 전산모의실험을 통해 얻은 부호율-왜곡 성능과 부호화된 영상들의 화질에 대해서 비교·분석하며, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 에지-기반 쿼드트리 영상 분할과 잎 노드 블록의 예측부호화 기법

그림 1은 제안하는 쿼드트리 영상 분해 및 데이터 압축의 절차를 보여준다.

1. 에지 검출

에지 검출은 평활화, 방향성 마스크를 이용한 컴퍼스 에지 검출을 적용한 에지 강도와 방향의 추정, 에지 세션화 등 3 단계를 거쳐서 에지 맵을 추출한다.

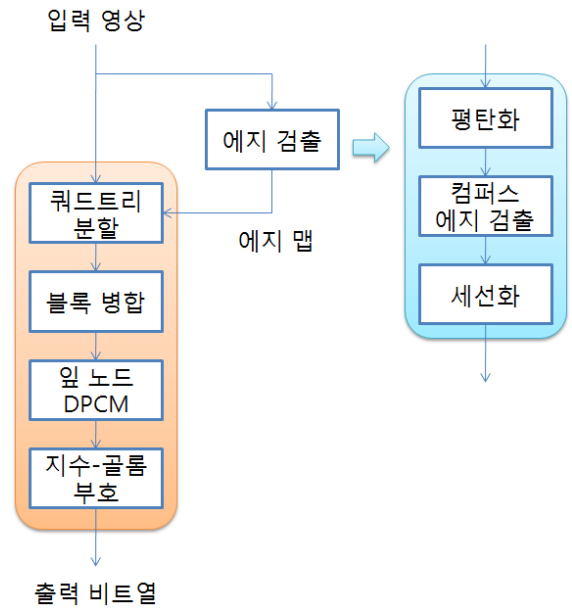


그림 1. 쿼드트리 분해 및 부호화 절차
Fig. 1. Quadtree decomposition and encoding procedure

1.1 평활화

먼저 5×5 가우스 평활화 필터를 적용해서 영상에 존재하는 과도한 디테일이나 잡음의 영향을 배제하는 저역 필터링을 행한다. 가우스 필터의 임펄스 응답은 다음과 같다.

$$h(m,n) = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

1.2 에지 강도와 방향 검출

식(1)을 사용해서 평활화된 입력 영상에 대해서 그림 2와 같은 3-레벨 로빈슨(Robinson) 연산자를 적용한 컴퍼스 에지 검출(compass edge detection)을 수행한다. 8방향의 그라디언트의 절대값 중에서 최대값을 그 위치에서의 에지 강도 $G(m,n)$ 이라 놓고 그 방향을 에지의 방향 $D(m,n)$ 이라 놓는다^[7]. 그라디언트의 절대값으로 에지 강도를 결정하기 때문에 그림 2에서 서로 마주 보는 두 연산자는 같은 에지 방향을 나타내어, 수평 축을 기준으로 0°, 45°, 90° 와 135° 의

1	1	0
1	0	-1
0	-1	-1

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

0	1	1
-1	0	1
-1	-1	0

1	0	-1
1	0	-1
1	0	-1

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

0	-1	-1
1	0	-1
1	1	0

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

-1	-1	0
-1	0	1
0	1	1

그림 2. 컴퍼스 에지 검출을 위한 3-레벨 로빈슨 연산자
 Fig. 2. 3-level Robinson operators for the compass edge detection

4 가지로 구분된다.

1.3 에지 세선화

램프형의 에지에서는 휘도 변화가 몇 화소에 걸쳐서 연속적으로 일어난다. 이 연속되는 휘도 변화 중에서 국부 극대점만을 남기는 에지 세선화를 수행한다. 에지 세선화는 (m,n) 위치에서의 에지 강도가 에지 방향에 놓여 있는 이웃 화소 점에서의 에지 강도보다 더 크지 않으면 이를 에지 맵에서 제거함으로써 달성된다^[8]. 다음은 실제 구현된 방식이다.

$D(m,n)=0^\circ$ 인 경우, (수평 방향의 휘도 변화가 가장 심한 경우) 식 (2)와 같다.

$D(m,n)=90^\circ$ 인 경우, 식 (3)과 같다.

$D(m,n)=45^\circ$ 인 경우, 식 (4)와 같다.

$D(m,n)=135^\circ$ 인 경우, 식 (5)와 같다.

$$G'(m,n) = \begin{cases} G(m,n), & G(m,n) \geq G(m,n-1) \text{ and } G(m,n) \geq G(m,n+1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{2}$$

$$G'(m,n) = \begin{cases} G(m,n), & G(m,n) \geq G(m-1,n) \text{ and } G(m,n) \geq G(m+1,n) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{3}$$

$$G'(m,n) = \begin{cases} G(m,n), & G(m,n) \geq G(m-1,n-1) \text{ and } G(m,n) \geq G(m+1,n+1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{4}$$

$$G'(m,n) = \begin{cases} G(m,n), & G(m,n) \geq G(m-1,n+1) \text{ and } G(m,n) \geq G(m+1,n-1) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \tag{5}$$

2. 영상 분할 및 부호화

영상 분할과 표현은 그림 1에 보인 바와 같이 4 단계를 거쳐서 이루어진다.

2.1 영상의 초기 분할

32×32 블록 영상을 전체 영역 R 로 하여 다음과 같은 과정에 따라 영상을 분해한다.

- ① R 에 대해서 다음 조건을 만족하지 않으면, R 을 4개의 정방형 블록 $R_i, i=0,1,2,3$ 으로 나눈다.

$$\frac{1}{|I_B|} \sum_{m,n \in I_B} (f(m,n) - \bar{f}_B)^2 \leq T_1 \text{ and } \sum_{m,n \in I_B} G'(m,n) \leq T_2 \tag{6}$$

여기서 f 는 입력 영상을 나타내며, \bar{f}_B 는 블록 B 를

구성하는 화소들의 평균값을 나타낸다. 그리고 G' 는 식 (2)-(5)를 통해 세션화된 에지 맵이다. 분할을 멈추게 되는 식 (6)의 첫 번째 조건은 블록을 평균화소값으로 근사할 때 그 평균제곱오차가 문턱값보다 작아야 함을 의미하고, 두 번째 조건은 그 블록 내에 포함된 에지 성분의 합이 문턱값보다 작아야 함을 의미한다.

식 (6)의 두 문턱값 중에서 T_1 은 근사 영상의 목표 평균제곱오차(MSE)로서, 이를 통해서 근사 영상의 목표 화질을 보장한다.

$$T_1 = MSEt \tag{7}$$

문턱값 T_2 의 결정은 다소 경험적일 수밖에 없다. 만일 $T_2 = 0$ 라고 놓으면, 모든 에지들은 1x1 블록까지 분할되어 표현된다. 이 경우 근사 영상에서 에지가 가장 잘 보존되지만 반면에 부호율-왜곡의 관점에서는 과도한 분할로 인한 효율의 저하가 두드러지게 나타난다. 반면에 $T_2 = \infty$ 라고 놓으면 높은 부호율-왜곡 성능에서는 손해가 발생하지 않지만, 이 경우에는 근사 영상에서 에지 선의 끊김 현상이 발생할 가능성이 높아진다. 여러 실험 영상에 적용한 결과 T_2 는 127과 255 사이의 값에서 가장 우수한 성능을 보인다. 3장의 모의실험에서는 T_2 는 다음과 같이 정하여 사용하였다.

$$T_2 = 127.5 \tag{8}$$

- ② 동질성 조건을 만족하지 못하는 각각의 R_i 에 대해서, 다시 4개의 정방형 블록으로 분할한다.
- ③ 2번과 같은 과정을 재귀적으로 반복해 나간다.
- ④ 모든 R_i 에 대하여 동질성 조건을 만족하거나 또는 블록이 더 이상 나누어질 수 없는 크기의 영역일 때 분할을 종료한다.

2.2 블록 병합(merging)

앞 노드 블록의 평균화소값을 양자화할 때, 본 논문에서는 하위 레이어, 즉 작은 크기의 블록에 적용하는 양자화

스텝 크기를 상위 레이어, 즉 큰 블록에 적용하는 스텝 크기보다 크게 하여 양자화하도록 설계하였다. 이 때문에 4개의 하위 레이어 블록들을 따로따로 양자화하기보다 그것들을 묶어서 하나의 블록으로 양자화하는 것이 양자화 잡음을 더 줄일 수 있는 경우가 있다. 이 경우에는 4개의 하위 블록들을 하나의 상위 레이어 블록으로 병합하는 것이 유리하다. 블록 평균화소값을 레이어별 양자화 스텝 크기를 사용해서 균일 양자화한 후 그 양자화잡음을 비교하여 병합해서 양자화하는 경우에 양자화잡음이 더 적으면 블록을 병합한다.

2.3 앞 노드 블록의 DPCM

앞 노드 블록에 대해서 블록의 평균화소값을 부호화하는 대신에 인접 블록을 이용해서 평균화소값을 예측한 다음 그 예측 오차를 부호화한다. 에지 영역에서는 작은 블록들로 영상이 분해되는데 이 작은 블록들은 상관성이 매우 높은 블록들이 인접해 있을 가능성이 높다. 따라서 이 블록들을 예측부호화를 행함으로써 부호화 효율의 향상을 기대할 수 있다.

32x32 블록에서부터 1x1 블록까지 탑-다운(top-down) 방식으로 다음과 같은 절차를 따라서 쿼드트리의 분할 구조와 노드 블록의 양자화된 평균화소값을 부호화한다.

- ① 현재 블록과 경계를 이루는 블록 중에서 이미 부호화된 블록이 존재하는지를 확인한다. 탑-다운 방식으로 부호화하고 있으므로 부호화된 이웃 블록은 현재 블록의 크기보다 크거나 같다. 또 현재 분할되는 블록이 스캔 순서에서 어디에 해당되는지에 따라서 부호화된 이웃 블록의 수가 최소 0개에서 최대 4개가 될 수 있다(그림 3 참조).
- ② 부호화된 이웃 블록의 수에 따라서 다음과 같이 현재 블록의 평균화소값을 예측한다.
 - a. 부호화된 이웃 블록이 없으면, 현재 블록의 평균화소값을 8-비트 영상의 중간값인 128로 예측한다.
 - b. 부호화된 이웃 블록이 하나만 있으면, 그 이웃 블록의 평균화소값으로 현재 블록을 예측한다.
 - c. 부호화된 이웃 블록이 두 개이면, 두 이웃 블록의

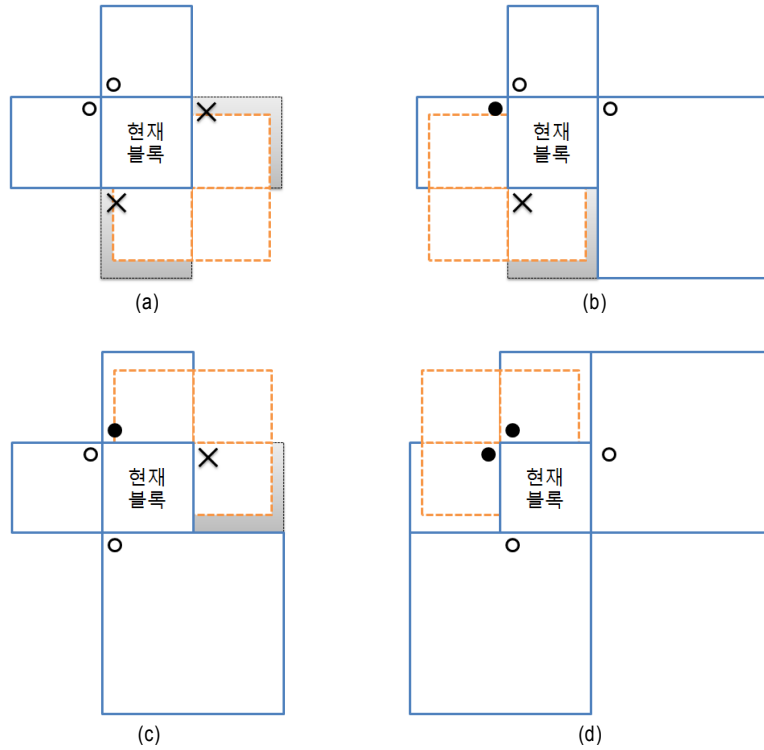


그림 3. 현재 블록의 예측 부호화에 사용되는 예측신호 후보들 (●: 항상 존재, ○: 존재 가능, ×: 항상 비존재), (a) 4분할시 첫 번째 스캔되는 블록의 경우, (b) 두 번째 스캔되는 블록, (c) 세 번째 스캔되는 블록, (d) 마지막으로 스캔되는 블록
 Fig. 3 Prediction candidates for predictive encoding of current block (●: always exist, ○: possible to exist, ×: never exist), (a) In the case that the current block is the first-scanned block in the dyadic decomposition, (b) the second-scanned block, (c) the third-scanned block, (d) the finally-scanned block

- 평균화소값들의 평균으로 현재 블록을 예측한다.
 - d. 부호화된 이웃 블록이 세 개이면, 세 이웃 블록 평균화소값들의 중간값(median)으로 현재 블록을 예측한다.
 - e. 부호화된 이웃 블록이 네 개이면, 네 이웃 블록의 평균화소값들 중에서 중간 크기의 두 점의 평균을 취하여 현재 블록을 예측한다.
- ③ 현재 블록의 평균화소값을 위 단계를 통해 예측하고 남은 예측 오차를 균일 양자화(uniform quantization) 한다. 이때 양자화 스텝 크기는 다음과 같이 결정한다. 먼저 1x1 블록(제1 레이어)에 대해서는 양자화 스텝 크기를 다음과 같이 정한다.

$$\Delta_1 = \text{MAX}(1, \sqrt{3 \times \text{MSEt}}) \quad (9)$$

여기서 MSEt는 식 (7)에서 사용된 부호기의 목표 평균제곱오차 값이다.
 다음에는 제2 레이어부터 제6 레이어까지 레이어가 높을수록 양자화 스텝 크기를 하위 레이어의 절반으로 줄이되, 그 값이 1보다 작으면 1로 한다.

$$\Delta_i = \text{MAX}(1, \Delta_{i-1}/2), \quad i = 2, 3, \dots, 6 \quad (10)$$

2.4 양자화 인덱스의 가변길이부호화

앞 절에서 구한 DPCM의 예측 오차는 라플라스 분포를 갖는다. 따라서 이 예측 오차를 지수-골롬 부호(exponential-Golomb code)를 사용해서 부호화함으로써 평균부호길이를 대폭 줄일 수 있다. 지수-골롬 부호는 지수 분포를 갖는 심벌을 매우 효율적으로 부호화하는 것으로 알려져 있

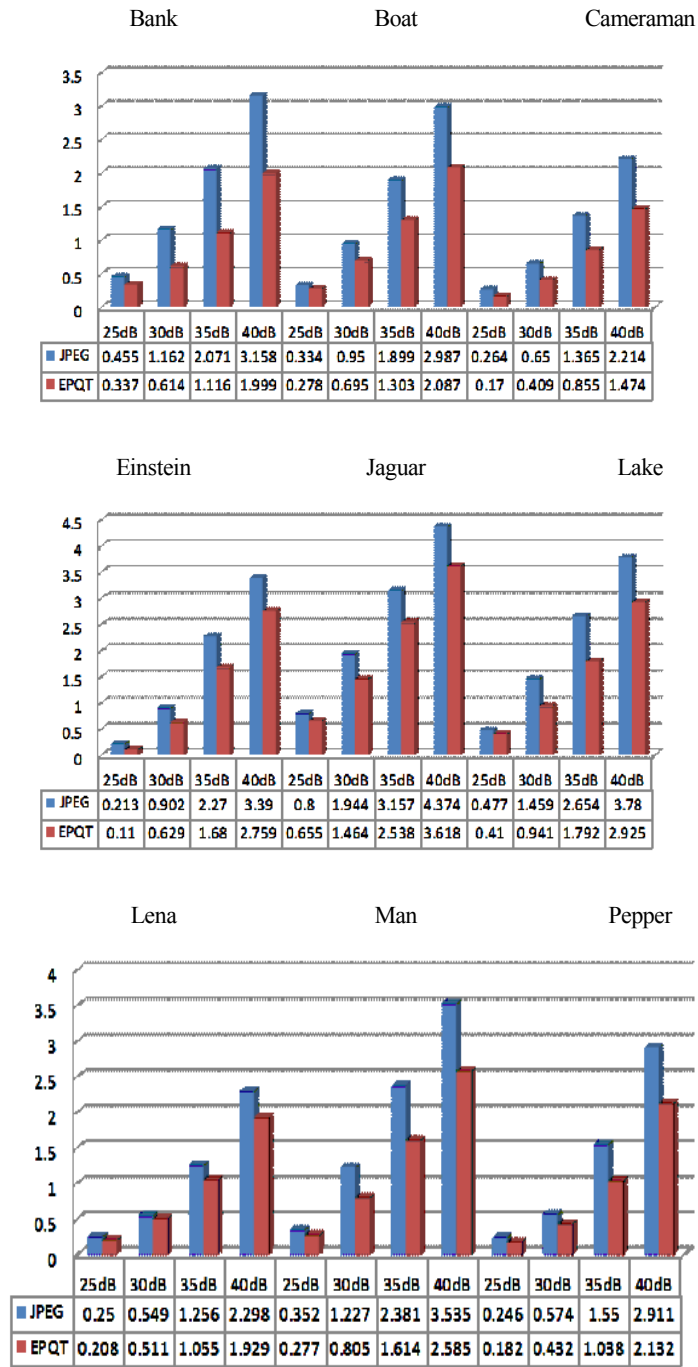


그림 4. 기준 PSNR을 만족하기 위한 소요 비트율 비교 (단위: bpp)
 Fig. 4 Bitrates for achieving the reference PSNRs (Unit: bpp)

는데, 본 논문에서는 참고문헌 [9]를 참고하여 부호기를 구현하였다.

III. 전산모의실험 결과

9개의 256×256 휘도영상(Bank, Butterfly, Camera-man, Einstein, Jaguar, Lake, Lena, Man, Peppers)에 대해서 제안하는 쿼드트리 영상 압축 기법의 부호율-왜곡 성능과 압축 영상의 화질 특성을 분석하였다. 비교대상으로는 대표적인 고정 블록 질감부호화 방식인 JPEG을 선택하였으며, 각각의 영상에 대해서 압축 영상의 PSNR (peak signal- to-noise ratio)이 25dB, 30dB, 35dB 및 40dB가 될 때의 화소당비트율(bpp, bits per pixel)을 서로 비교하였다.

제안하는 쿼드트리 영상 압축 기법은 Microsoft Visual C++로 구현하였으며, 비교대상인 JPEG은 Matlab의 함수를 사용하여 구현 결과이다. 구현된 쿼드트리 영상 압축기는 목표 1dB 단위의 목표 tPSNR을 사용자가 입력하도록 하고, 이 tPSNR 값을 사용해서 식 (7)과 (9)에서 사용된 MSEt를 아래와 같이 계산한 다음, 이를 이용하여 영상을 부호화한다.

$$MSE_t = \frac{255^2}{10^{tPSNR/10}} \quad (11)$$

반면에 JPEG은 사용자가 1부터 100까지의 정수를 품질지수(quality factor)로 입력하게 되면, 그에 맞추어 영상을 부호화한다. 품질지수가 1일 때 가장 낮은 비트율로 압축하게 되고 품질지수 100은 무손실 압축한다.

표 1은 제안하는 쿼드트리 영상 압축 기법의 JPEG 대비 화소당비트율의 감소 비율을 보이고 있다. 그리고 그림 4는 이를 막대그래프로 나타낸 결과이다. 실험결과는 동일한 PSNR을 얻기 위해서 제안하는 에지-보존 쿼드트리 영상 압축 기법을 사용함으로써 JPEG보다 화소당비트율을 24.8%에서 30.5% 정도 낮출 수 있음을 보여준다. 실험에 사용된 모든 영상에 대해서 제안하는 압축 기법의

부호율-왜곡 성능이 JPEG보다 우수함도 표 1에서 확인할 수 있다.

표 1. JPEG 대비 제안하는 에지-보존 QT의 비트율 감소 비율(%)

Table 1. Percentage of bitrate reduction by the proposed edge-preserving quadtree compared with the JPEG

Image \ PSNR(dB)	25	30	35	40	평균
Bank	25.9	47.2	46.1	36.7	38.98
Boat	16.8	26.8	31.4	30.1	26.28
Cameraman	35.6	37.1	37.4	33.4	35.88
Einstein	48.4	30.3	26.0	18.6	30.83
Jaguar	18.1	24.7	19.6	17.3	19.93
Lake	14.0	35.5	32.5	22.6	26.15
Lena	16.8	6.9	16.0	16.1	13.95
Man	21.3	34.4	32.2	26.9	28.70
Peppers	26.0	24.7	33.0	26.8	27.63
평균	24.8	29.7	30.5	25.4	27.59

그림 5는 고화질 부호화시 주관적 화질에 가장 큰 영향을 주는 파문 현상(ringing effect)을 비교해서 보여준다. 그림 5(a)와 (b)는 35dB로 부호화한 Bank 영상을 (c)와 (d)는 40dB로 부호화한 Cameramen 영상이며, (a)와 (c)는 JPEG으로 압축된 영상을 (b)와 (d)는 제안하는 쿼드트리 영상 압축 기법을 적용해서 압축한 영상을 나타낸다. 이때 제안하는 에지-보존 쿼드트리 영상 압축 기법은 JPEG에 비해서 화소당 각각 57.0%와 69.0%의 비트를 사용하여 부호화한 경우에 해당된다. 두 경우 모두 JPEG 압축 영상에서는 에지 선을 따라서 파문 현상을 확인할 수 있다. 확대 화면은 이를 더욱 자세하게 보여준다(그림 5(e)와 (f) 참조). 특히 PSNR이 40dB가 넘는 경우에도 파문 현상이 여전히 일부 남아 있음을 주목할 필요가 있다(그림 5(f)). 그러나 제안하는 에지-보존 쿼드트리 기법의 경우에는 파문 현상이 전혀 발생하지 않는다(그림 5(g)와 (h) 참조).

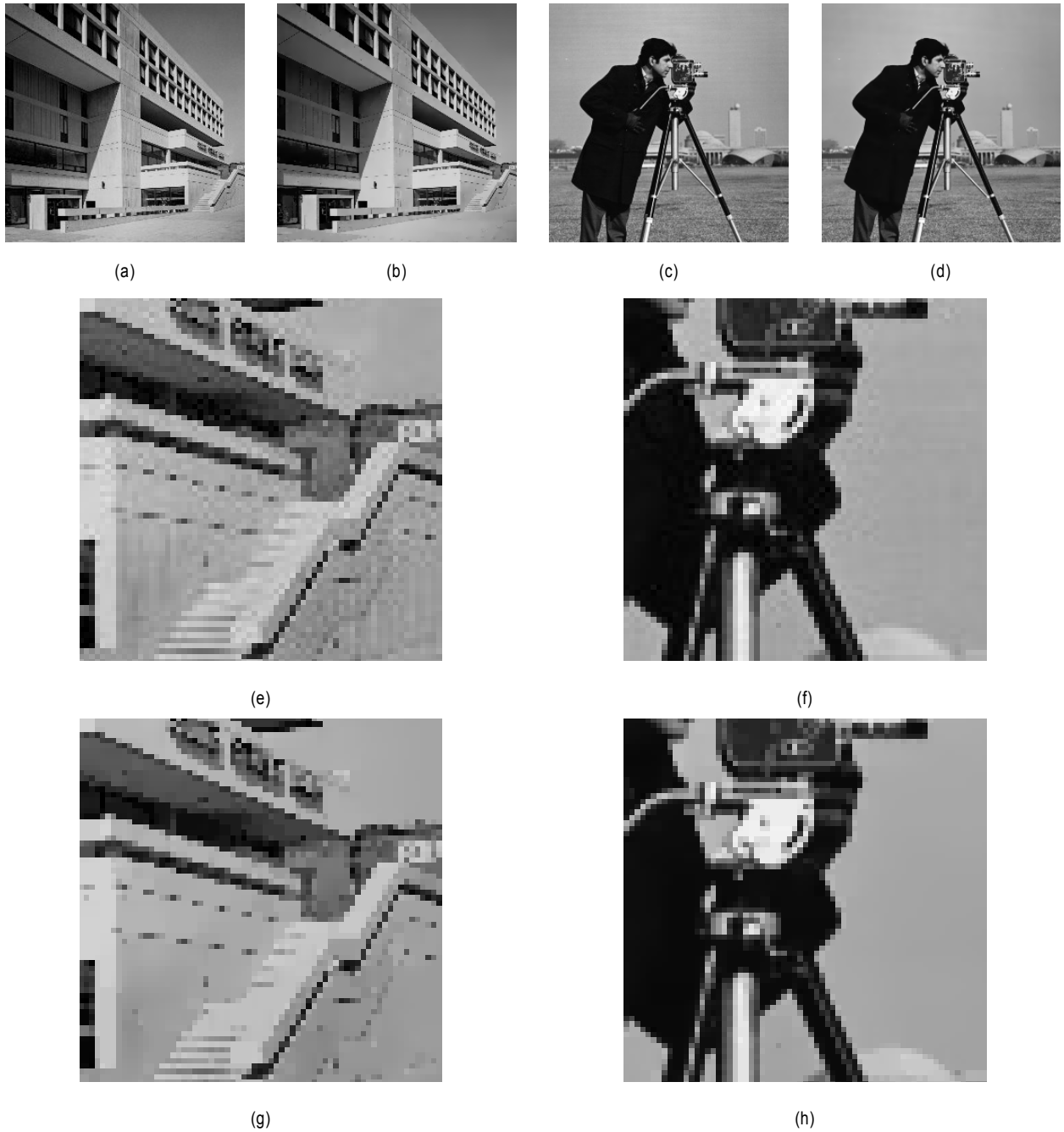


그림 5. 압축 영상, (a) JPEG-Bank(2.207bpp, 35.69dB), (b) 에지-보존 QT-Bank(1.257bpp, 35.87dB), (c) JPEG-Cameraman(2.300bpp, 40.49dB), (d) 에지-보존 QT-Cameraman(1.586bpp, 40.84dB), (e)와 (f)는 JPEG 압축된 (a)와 (c)의 일부 확대 화면이고, (g)와 (h)는 EPQT 압축된 (b)와 (d)의 일부 확대 화면

Fig. 5. Compressed images, (a) JPEG-Bank(2.207bpp, 35.69dB), (b) Edge-preserving QT-Bank(1.257bpp, 35.87dB), (c) JPEG-Cameraman(2.300bpp, 40.49dB), (d) Edge-preserving QT-Cameraman(1.586bpp, 40.84dB), (e) and (f) are the enlarged versions of JPEG encoded images (a) and (c), while (g) and (h) are the enlarged versions of EPQT encoded images (b) and (d)

IV. 결 론

에지 선을 보존하기 위한 새로운 분할 기준을 적용한 쿼드트리 영상 압축 기법을 제안하였다. 제안하는 영상 부호화는 잎 노드 블록의 예측부호화와 양자화 인덱스에 대한 가변길이부호화를 통해서 부호화 효율을 대폭 향상시킬 수 있었다. 256×256 휘도영상을 사용한 모의실험 결과는 제안하는 쿼드트리 영상압축기법이 JPEG에 비해서 27% 이상 압축 효율이 우수함을 보여준다. 또한 제안하는 쿼드트리 영상 압축 기법에 따라 압축된 영상에서는, JPEG을 통해 압축된 영상에서 나타나는 강한 에지 주위의 파문 현상이 보이지 않음도 확인하였다. 일반적으로 강한 에지와 단순한 질감으로 표현되는 애니메이션 영상의 압축과 일정 수준 이상의 고화질을 유지할 것이 요구되는 고해상도 포스터 화면의 압축 등에 쿼드트리 영상 압축 기법을 효율적으로 활용할 수 있으리라 기대된다. 앞으로 컬러 영상 압축을 위해 제안하는 쿼드트리 영상 압축 기법을 확산하는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

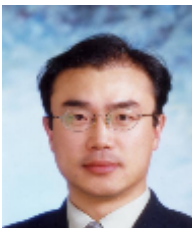
- [1] T. Sikora, "Trends and perspectives in image and video coding," Proc. IEEE, vol. 93, no. 1, pp. 6-17, Jan. 2005.
- [2] M. Kunt, A. Ikonopolous, and M. Kocher, "Second-generation image coding techniques," Proc. IEEE, vol. 73, no. 4, pp. 549-574, Apr. 1985.
- [3] J. Romberg, M. Wakin, and R. Baranjuk, "Approximation and compression of piecewise smooth images using a wavelet/wedgelet geometric model," ICIP 2003.
- [4] A. Maleki, M. Shahram, and G. Carlsson, "A near optimal coder for image geometry with adaptive partitioning," Int. Conf. Image Processing, ICIP 2008.
- [5] 채규열, 전병문, 정창성, "에지 검출과 split and merge의 통합에 의한 영상 분할," 한국정보과학회 가을 학술발표대회논문집, vol. 23, no. 3, pp. 355-358, 1996.
- [6] R. Shukla, P. Dragotti, M. Do, and M. Vetterli, "Rate-distortion optimized tree-structured compression algorithms for piecewise polynomial images," IEEE Trans. Image Processing, vol. 14, no. 3, Mar. 2005.
- [7] <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/prewitt.htm>.
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Canny_edge_detector.
- [9] http://en.wikipedia.org/wiki/Golomb_coding

저 자 소 개



장 호 석

- 2008년 2월 : 국민대학교 전자공학부 학사
- 2008년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 대학원 전자공학과 석사과정
- 주관심분야 : 영상신호처리, 비디오 코딩



정 경 훈

- 1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1989년 2월 : 서울대학교 대학원 공학석사
- 1996년 2월 : 서울대학교 대학원 공학박사
- 1991년 12월 ~ 1997년 2월 : 한국영상산업진흥원 선임연구원
- 1997년 3월 ~ 2004년 2월 : 한동대학교 전산전자공학부 교수
- 2005년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- 주관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 방송 콘텐츠

저 자 소 개



김 기 두

- 1980년 2월 : 서강대학교 전자공학과 졸업
- 1988년 8월 : The Pennsylvania State University, MS(Electrical Eng.)
- 1990년 12월 : The Pennsylvania State University, MS(Electrical Eng.)
- 1980년 3월 ~ 1985년 12월 : 국방과학연구소 연구원
- 1998년 3월 ~ 1999년 2월 : 미국 UCSD, Visiting Scholar
- 1991년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- 주관심분야 : 디지털통신, 디지털신호처리



강 동 욱

- 1986년 2월 : 서울대학교 전자공학 졸업
- 1988년 2월 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1995년 2월 : 서울대학교 전자공학과 박사
- 1995년 9월 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학부 교수
- 2000년 9월 ~ 2001년 8월 : Lucent Technology MTS
- 주관심분야 : 비디오 코딩, 영상통신, 영상신호처리