

Quadtree 분할을 이용한 무손실 영상 압축

°성우석*, **윤정오, *황찬식

*경북대학교 전자·전기공학부

**경운대학교 컴퓨터·전자·정보공학부

Lossless Image Compression Using Quadtree Decomposition

°Woo-Seok Sung*, Jeong-Oh Yoon*, Chan-Sik Hwang*

*School of Electronic & Electrical Eng., Kyungpook National University

**School of Computer, Electronic & Information Eng., Kyungwoon University

sosshy97@palgong.knu.ac.kr

요약문

영역 기반의 영상 압축 방법으로 quadtree 분할 압축 방법이 있다[1][2]. 이 방법은 낮은 bpp환경의 손실 압축에서 우수한 압축성능을 나타내지만 무손실이나 혹은 손실이 거의 없는 그레이 영상 압축에는 적당하지 않다. 본 논문에서는 quadtree 분할 압축을 예측자 및 F함수와 함께 사용하여 무손실이면서 우수한 압축성능을 가지는 무손실 압축 방법을 제안한다.

I. 서론

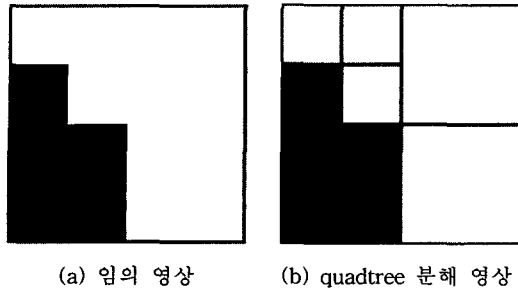
대용량의 멀티미디어 데이터를 제한된 공간에 저장하기 위해서는 데이터의 압축이 필요하다. 영상 데이터의 경우, 사용 목적에 따라 손실 혹은 무손실의 압축 방법을 사용한다. 손실 압축 방법으로는 대표적으로 DCT를 이용한 JPEG[3]이 있고, 손실 DWT 필터를 이용하는 JPEG2000[4]등이 있다. 이러한 방법들은 영상 데이터를 높은 압축 효율을 가지며 저장할 수 있는 반면, 화질의 열화나 양자화 오차를 허용한다. 무손실 압축 방법으로는 예측자를 이용하는 무손실 JPEG이나 JPEG-LS등이 있고, 무손실 DWT 필터를 이용하는 JPEG2000[4] 방법도 소개되어 있다. 무손실 압축 방법은 손실 압축 방법과 같이 높은 압축율을 기대할 수는 없다. 대신 영상의 보존 가치가 높은 경우, 이러한 영상 데이터에 대한 효과적인 저장 방법이 될 수 있다. 고정밀 영상 해석, 예술작품의 보존, 의료 영상, 위성 영상 등이 이러한 경우에 해당한다.

DCT나 DWT 등의 변환 기반 압축 방법외에 영역 기반의 압축 방법으로 quadtree 분해를 이용한 압축 방법이 있다. 이것은 무손실 이진 영상 압축이나 손실 그레이 영상 압축 방법으로 높은 압축 효율을 나타낸다. 이 방법이 무손실 그레이 영상 압축에 사용되지 못하는 것은 그레이 영상의 공간적 복잡성을 효과적으로 줄여 줄 방법이 없었기 때문이다.

본 논문에서는 그레이 영상의 공간적 복잡도를 단순화하는 전처리 과정을 통해, 그레이 영상에 대해서도 무손실 quadtree 분할 압축을 구현하고자 한다. 특히 제안한 방법은 의료영상과 같이 배경에 동질영역이 많은 그레이 영상에 대해 효율적이다. 이 과정은 그레이 영상에 F함수를 이용하여 공간적 복잡도를 제거하는 과정과 각각의 비트 평면에 대해 무손실 quadtree 분할 압축을 적용하는 두 가지 부분으로 나누어진다. II장에서는 quadtree 분할에 대해 설명하고, III장에서는 F함수 및 비트 평면 분할에 대해 설명한다. IV장에서는 예측자에 대해 설명하고, V장에서는 제안하는 구조에 대해서 소개한다. VI장에서는 실험 결과 및 분석, VII장에서 결론을 맺는다.

II. Quadtree 분할

quadtree 분할은 영상을 다양한 해상도로 표현할 수 있는 방법이다. 이 방법은 주로 이진 영상의 분할에 주로 사용되어 왔다[1]. 다른 영상 압축 방법들에 비해 계산이 간단하고, 손실 압축시 R-D 성능도 기존의 방법과 견줄만한 성능을 가지고 있다.



(a) 임의의 영상 (b) quadtree 분해 영상

그림 1. 임의의 영상과 quadtree 분해 영상

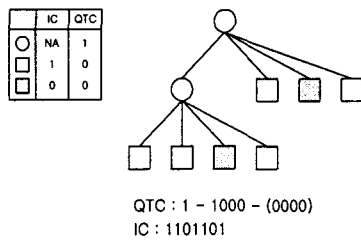


그림 2. 임의영상에 대한 quadtree와 QTC(quadtree code) 및 IC(intensity code)

quadtree를 이용한 영상 압축 알고리즘은 영상을 루트노드와 여기서 분리되는 4개의 리프노드로 나누는 것을 기본으로 한다. 이 때 나누어진 리프노드들에 대해 영상의 동질성 검사를 하게 되는데, 검사 방법에 따라 무손실 압축과 손실 압축 방법으로 나누게 된다. 무손실 압축의 경우, 리프노드의 값들이 같은 값을 가지는 경우에만 하나의 동질영역으로 구분한다. 손실 압축의 경우는 픽셀의 편차나 질감 정보들을 이용하여 유사한 영역을 동질영역으로 구분하게 된다. 또 영역을 나누는 방식에 따라 TOP-DOWN과 BOTTOM-UP방식이 있는데 일반적으로 BOTTOM-UP방식을 선호한다.

그림 1(a)과 같은 임의의 영상에 대해 quadtree 분해를 적용하면 그림 1(b)와 같은 분해 영상을 얻게 된다.



(a) 이진 레나 영상 (b) quadtree 분해 영상

그림 3. 이진 레나 영상과 quadtree 분해 영상

다. 또 그림 1(a)의 영상을 트리 모양으로 구조화 하면 그림 2의 트리 모양이 되고, 이를 부호화하면 QTC가 1-1000, IC가 1101101이 된다.

실제 이진 레나 영상에 quadtree 분해를 적용하면 그림 3과 같은 분해가 가능하다.

III. F함수 및 비트 평면 분할

이진영상에 적용되는 압축 알고리즘을 그레이 영상에 바로 적용하면 우수한 압축성능을 기대할 수 없다. 따라서 그레이 영상에 적절한 전처리를 필요로 하는데 그러한 방법 중에 하나가 F함수의 적용 및 비트 평면 분할이다. 이것은 그레이 영상을 여러 장의 비트 평면으로 나누어서 이진 영상 압축 알고리즘을 적용하는 것이다. 이 때 보다 효율적인 압축을 위해 F라는 함수를 사용한다. 식 (1)과 (2)는 F함수의 변환과 역변환 식이다.

$$d(i, j) = F[d'(i, j)] = \begin{cases} 0 & \text{if } d'(i, j) = 0 \\ d'(i, j) - 1 & \text{if } d'(i, j) \leq 2^k - m \\ 2(2^k - d'(i, j)) & \text{if } d'(i, j) > n \end{cases} \quad (1)$$

$$d'(i, j) = F^{-1}[d(i, j)] = \begin{cases} 0 & \text{if } d(i, j) = 0 \\ 2^k - m & \text{if } d(i, j) = 2m \\ n & \text{if } d(i, j) = 2n - 1 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{단, } m = 1 \dots 2^{k-1} - 1, \quad n = 1 \dots 2^{k-1}$$

그레이 영상에 이진 압축 방법을 사용하기 위해서는 영상을 비트 평면으로 나누어야 한다. 그레이 영상을 몇 개의 평면으로 어떻게 나눌 것인가를 결정하는 것이 비트 평면 분할이다. 엔트로피 조사에 의해 최적의 비트 평면 분할 방법이 연구된 바 있다[5]. 그림 4와 같이 2비트씩 네 개의 비트 평면으로 분할하는 방법이 비트 평면간의 상관성을 최적으로 줄여준다.

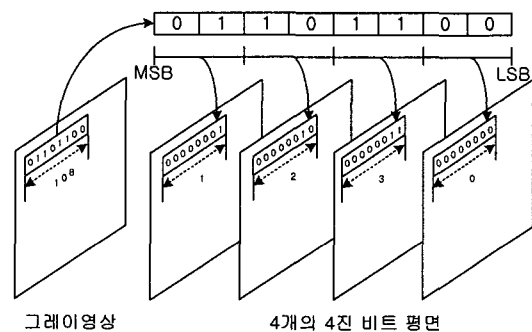


그림 4. 그레이 영상의 4진 비트 평면 분할

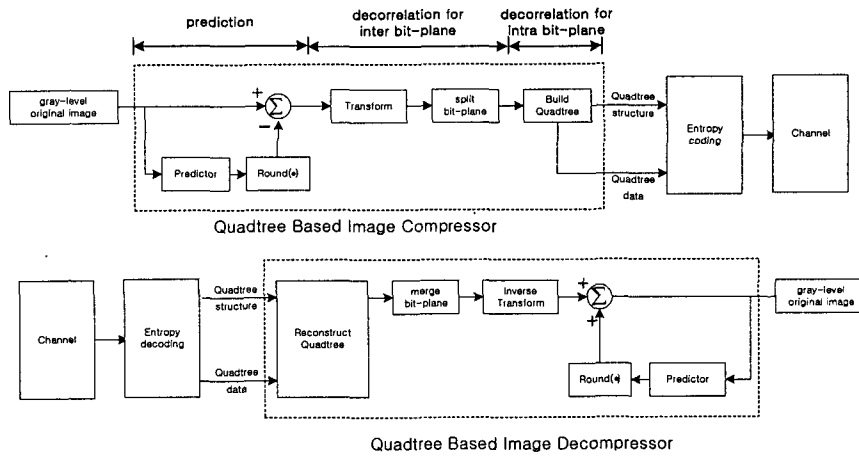


그림 5. quadtree 기반 영상 압축기 및 복원기 구성도

IV. 예측자

무손실 영상 압축 방법은 DPCM 방법을 사용하기 위해 예측자(predictor)를 사용한다. 이러한 예측자로 대표적으로 3가지가 알려져 있다. L-JPEG에서는 선형의 예측자 7가지를 제시하고 있으며 일반적으로 mode 6에서 가장 높은 압축율을 나타낸다. 유사한 방법으로 비선형의 예측자를 사용하는 MED와 GAP가 있다. MED는 LOCO-I(Low Complexity LOSSless Compression for Images)[6]에서 사용한 비선형 예측자의 일종이다. GAP는 CALIC(Context-based, Adaptive, Lossless Image Codec)에서 사용된 비선형 예측자로 지금까지 알려진 예측자 기반의 무손실 압축 방법 중 가장 성능이 우수하다.

V. 제안한 방법

무손실의 이진 영상 압축 방법인 quadtree 분해 알고리즘을 그레이 영상 압축에 적용하기 위해 제안한 구조는 그림 5와 같다. 영상 압축기는 예측자를 이용하여 차영상을 만드는 부분과 F변환 및 비트 평면 분할을 하는 부분, 그리고 quadtree 분해 압축을 하는 세 부분으로 나누어져 있다. 이 때 F변환 및 비트 평면 분할은 영상의 분할시 나누어진 bit-plane 사이의 상관성을 떨어뜨리는 과정이고, 이진 영상 압축 방법인 quadtree 압축은 각각의 bit-plane 내의 상관성을 떨어뜨리는 역할을 한다. 예측자로는 L-JPEG에서 사용하는 선형 예측자나 비선형 예측자인 GAP를 사용하였다. quadtree 압축에서는 II장에서 소개한 이진 영상에 대한 분할 대신 4진 영상에 대한 quadtree 압축을 적용하였고, 모든

과정에서 무손실 압축 및 복원이 가능한 가역 변환을 사용하였다.

VI. 실험 및 분석

제안한 무손실 영상 압축 방법의 성능 평가를 위해 6가지 실험 영상을 사용하였다. 실험에 사용된 영상들은 512×512 크기의 8비트 그레이 레벨 영상이다. 그림 6은 차례로 CT, MRI, X-Ray, US(ultrasound), Lena, Peppers의 6가지 실험영상을 나타내었다.

본 논문에서는 압축율을 비교하기 위한 방법으로 bpp(bit per pixel)을 사용하였으며 식(3)으로 표현된다.

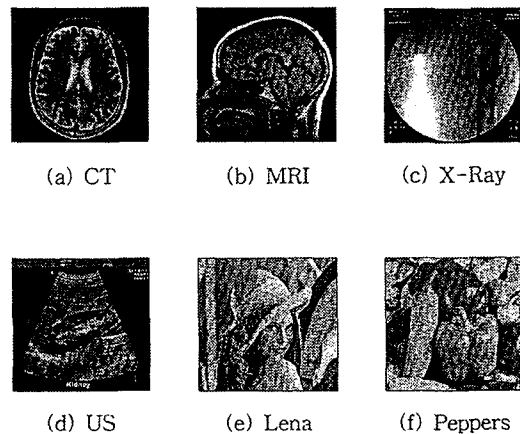


그림 6. 실험영상

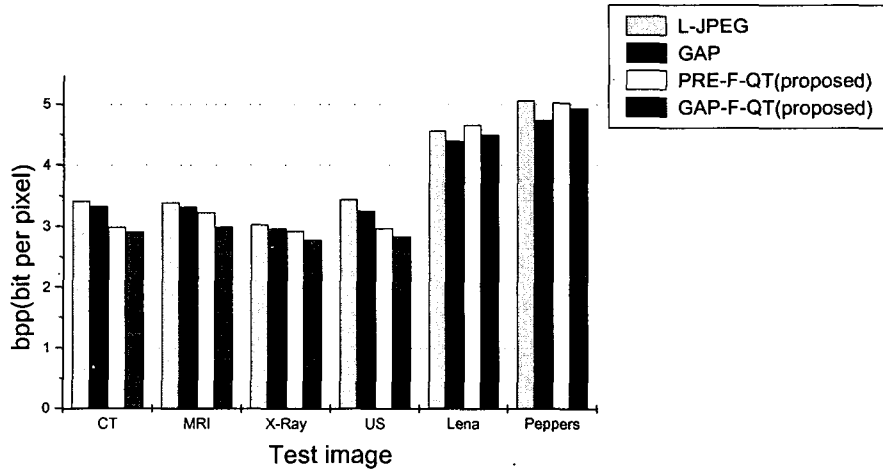


그림 7. 실험 영상에 대한 압축율 결과

$$bpp = \frac{8 \times \text{압축된 파일크기}}{\text{원래의 파일크기}} \quad (3)$$

그림 7은 기존의 압축 방법인 L-JPEG이나 GAP와 제안한 방법들을 bpp 측면에서 비교한 그림이다. 그림의 표기중에서 PRE-F-QT는 L-JPEG의 선형 예측자와 F변환, quadtree 분할 압축을 결합한 것이고, GAP-F-QT는 선형 예측자 대신 GAP의 비선형 예측자를 사용한 것을 나타낸다.

결과를 살펴보면 CT, MRI, X-Ray, US와 같은 의료 영상에 대해서는 제안한 방법이 매우 뛰어난 성능을 가짐을 알 수 있다. 반면 일반 실험용 영상인 Lena나 Peppers에 대해서는 알려진 다른 압축 방법과 유사한 압축율을 보임을 확인할 수 있다. 전체적으로는 0.19~0.32bpp의 압축 성능 개선을 확인하였다. 이러한 결과는 제안한 압축 방식이 의료영상과 같이 공간적 동질영역을 많이 가지는 그레이 영상에 대해서 효율적인 압축 방법임을 알 수 있다.

VII. 결론

본 논문은 무손실 이진 영상 압축에 사용되는 quadtree 알고리즘을 이용하여 그레이 영상에도 적용할 수 있는 방법을 구성하였다. 컴퓨터 실험을 통해 여러 가지 의료 영상의 압축에 효율적임을 살펴보고, 전체 실험 영상에 대해서도 압축 성능이 개선됨을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] E. Shusterman and M. Feder, "Image Compression via Improved Quadtree Decomposition Algorithms," *IEEE Trans., Image Proc.*, Vol.3, No.2, pp. 207-215, Mar., 1994.
- [2] Jason Knipe and Xiaobo Li, "On the Reconstruction of Quadtree Data," *IEEE Trans. on image processing* Vol. 7, No. 12, pp. 1653-1660, Dec 1998.
- [3] W. Pennebaker and J. Mitchell, "*JPEG Still Image Data Compression*," Van Nostrand Reinhold, 1993.
- [4] ISO/IEC, ISO/IEC 15444-1, Information Technology -JPEG2000 image coding system, JPEG 2000 Final Draft International Standard, 2000
- [5] L. Shen and R. M. Rangayyan, "Improved Joint Bi-level Image Experts Group(JBIG) Data Compression of Continuous-tone Images," *SPIE*, Vol.2727, pp.54-65, Mar., 1996.
- [6] M. J. Weinberger, G. Seroussi, and G. Sapiro, "LOCO-I : A Low Complexity, Context-Based, Lossless Image Compression Algorithm," *Proc. 1996 Data Compression Conference, (Snowbird, Utah, USA)*, pp. 140-149, Mar. 1996.