

# 웨이블릿 계수들의 트리 구조를 이용한 EBCOT 연산량 감소 기법

백영민 최현준 서영호 김동욱

광운대학교 전자재료공학과

myth013@kw.ac.kr

## The Reduced Computation Quantities of EBCOT Using Wavelet Coefficients Tree Structure

Baek, Yaeung-Min Choi, Hyun-Jun Seo, Young-Ho Kim, Dong-Wook

Department of Electronic Materials Eng, Kwangwoon University

### 요약

본 논문에서는 JPEG2000의 연산 시간을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다. JPEG2000의 EBCOT(Embedded Block Coding with Optimized Truncation)는 전체 연산시간의 70%이상을 차지하여 실제 구현 시 많은 문제점으로 지적되고 있다. 본 논문에서는 EBCOT의 연산 시간을 줄이기 위해 웨이블릿 변환 영역에서 구성되는 부대역간의 트리구조(Tree structure) 이용하여 하위 부대역의 스캔 횟수를 줄이는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘을 적용하였을 경우 표준에 비해 스캔 횟수가 35% 이상 감소함을 확인하였다.

### 1. 서론

멀티미디어 기술의 이용 증가와 더불어, 영상 압축은 새로운 기능과 보다 나은 성능을 필요로 한다. 또한, 효율적인 압축과 방대한 데이터를 빠르게 처리하는 문제가 대두 되고 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 1992년 JPEG(Joint Photographic Expert Group)이 국제 표준으로 채택되어 다양한 멀티미디어 분야에 적용되고 있다. 그러나 JPEG은 낮은 비트율에서 화질 저하 문제를 보인다. 이러한 문제를 해결하기 위해 새로운 정지영상 압축 표준의 표준화 작업이 진행되었고, 2000년 JPEG2000이 국제표준으로 개발되었다[1]. JPEG2000은 기존 JPEG보다 낮은 비트율에서 화질 저하는 적지만, 영상 압축시 많은 연산 시간을 필요로 한다는 단점을 가진다. JPEG2000은 다섯 개 블록으로 나눌 수 있는데, 그 중에서 전체 연산량의 70%를 차지하는 하위 부분이 EBCOT 이다. 이 부분은 실질적인 압축이 이루어지며, 무손실 압축, 점진적인 전송 및 높은 압축률을 제공하게 된다. 또한, EBCOT는 코드 블록 안에 계수들의 비트 평면 단위로 산술 부호화를 수행하기 때문에 많은 연산량을 소모하게 된다. 따라서, JPEG2000에서 문제가 되었던 많은 연산량은 EBCOT의 연산을 감소시켜, 해결이 가능하다.

현재 진행되는 연구들은 대부분 EBCOT 알고리즘의 연산시간을 줄이는데 그 목적을 두고 있다. Chen은 컨텍스트 추출 알고리즘을 수행하는 과정에서 생기는 과잉 (redundancy)을 줄이기 위해 Sample Skipping(SS), Group-of-column Skipping(GOCS), Multi Column Skipping(MCOLS)등의 방법들을 제안하였다[2]. SS 방법을 사용하였을 경우 연산량이 기존의 방법에 비해 약 22.2%감소하고, GOCS를 사용하였을 경우는 약 55%가 감소한다. 그리고 두 가지 방법을 모두 사용(MCOLS)하였을 경우 60%정도 연산량이 감소한다. 최근 Aguzzi는 Prediction Matrix를 이용해서 CUP Pass에서 발생하는 컨텍스트를 줄여 전체 문맥 정보량을 10% 감소시키는 방법을 제안하였다.[3]

본 논문에서는 웨이블릿 변환된 계수가 서로 대응되는 주파수 대

역의 부대역에서 상관성이 높다는 특성[4]을 이용하여 비트 평면 코딩에서 스캔 횟수를 줄이는 방법을 제안하였다.

### 2. JPEG2000 비트 평면 코딩

JPEG2000은 입력받은 영상을 각 구성 성분별로 분해하여 사각형의 타일(Tile)로 분해한 뒤 각 타일에 웨이블릿 변환을 수행하게 된다. 타일은 여러 해상도의 레벨로 변환하게 되고 주파수 특성을 설명하는 부대역(Subband) 계수로 구성되어 양자화를 거쳐 코드블록(Code-block)의 사각형 배열로 만들어지게 된다. 코드블록 내의 계수들은 EBCOT 통해 부호화된다.

그림 1은 각 타일에 대해 2D DWT(Discrete Wavelet Transform)을 수행한 후 코드블록단위로 MSB(Most Significant Bit) 위치를 스캔하는 과정을 나타내었다. 양자화 된 각 DWT 계수 값은 MSB부터 LSB(Least Significant Bit)까지의 각 비트 평면으로 나누어지고 상위 평면부터 하위 평면까지 처음으로 '1' 나오는 평면을 검색한다. 찾은 평면으로부터 각 비트 평면은 매 열당 4 비트씩 스캐닝되어 해당 Stripe의 끝에 도달하게 된 후 다음 행의 Stripe를 동일한 방법으로 4비트씩 스캐닝하여 비트 평면 코딩을 수행한다.

### 3. 웨이블릿 영역에서의 트리 구조

웨이블릿 변환은 주파수 영역에서 위치 정보와 주파수 정보를 표현함으로써 영상 압축을 위한 계층적인 부대역 구조를 제공한다. 저주파 부분으로 갈수록 웨이블릿 계수들의 크기는 커지고 계수들의 분산이 크다. 반면, 수직/수평 고주파수 부분으로 갈수록 웨이블릿 계수들의 크기가 작아지고 분산도 작아진다. 이때, 저주파수 부분에 해당하는 부분을 "coarse", 고주파수 부분에 해당하는 부분을 "finer"이라고 정의한다. 트리 구조는 웨이블릿 특성인 자기 상관성(Self-similarity)에

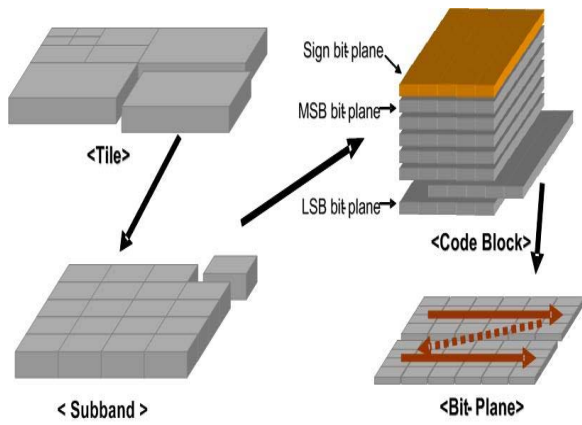


그림 1. JPEG2000의 부호화 순서

기초한 이론이다.

그림 2는 2D DWT된 후 각 부대역의 상관관계를 나타내었다. 예를 들어, LH3 부대역에서 특정 계수의 크기가 정해진 문턱 값(threshold)보다 클 경우 LH2 부대역의 동일한 위치에 존재하는 4개의 계수 값들도 정해진 문턱 값보다 클 확률이 높다.[4] 이때, “coarse”계수를 “parent”라 하면, “parent”와 같은 방향, 같은 위치에 해당하는 바로 다음 레벨의 “finer”계수는 “children”이라고 정의한다.

각 부대역의 정보는 같은 위치의 “parent”계수와 “children”계수 간에 상관성이 존재하게 되고, 보통 “parent”계수에서 “children”계수로 내려갈수록 계수의 값이 감소하는 특징을 가지게 된다. 따라서, “parent”계수의 값이 클 경우 “children”계수의 값이 클 확률이 높으며 “parent”계수의 값이 작은 경우 “children”계수의 값이 작을 확률이 높다.

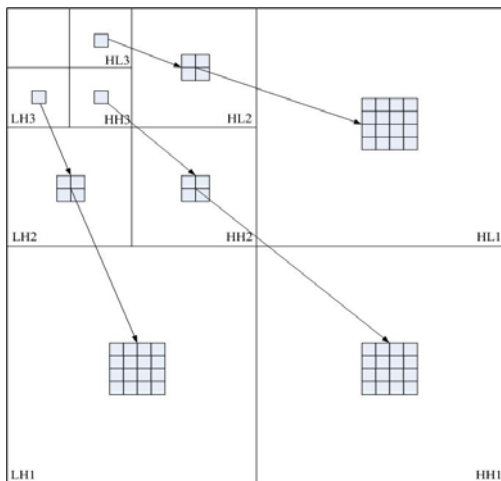


그림 2. 웨이블릿 트리 구조

#### 4. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 EBCOT 연산량을 줄이기 위한 방법을 제안한다. 제안한 방법은 영상을 2D DWT 수행 후 유사성을 가지는 부대역간의 계수분포를 이용해서 상위 부대역 MSB 위치 정보를 이용해서 하위 부대역 MSB 위치를 예측하는 방법이다. 이를 통해 하위 부대역의 스

캔 횟수를 줄일 수 있다.

그림 3은 제안한 알고리즘의 블록도를 보이고 있다. EBCOT는 크게 Tier-1, Tier-2로 나눌 수 있으며 Tier-1은 MSB 위치를 찾는 스캔 과정과 비트 평면 코드, 그리고 코드블록 내의 계수들을 산술 부호화하는 과정으로 나뉜다. 제안한 알고리즘에서는 스캔 과정에서 예측을 통해 스캔 횟수를 줄일 수 있다.

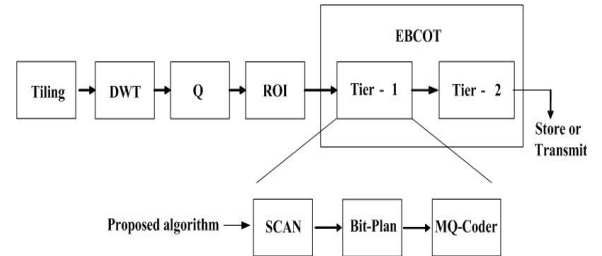


그림 3. 제안한 알고리즘의 적용 위치

그림 4는 상위 부대역의 MSB 위치와 하위 부대역의 MSB 위치 간에 상관관계를 나타내었다. 영상을 2D DWT를 수행 후 최상위 부대역의 크기(32X32)를 코드블록 크기로 결정한다. 최상위 부대역을 이용해 대응되는 하위 부대역의 MSB 위치를 예측하기 위해서는 하위 부대역을 코드블록 크기(32X32)만큼 분할하게 된다. 예를 들어, 하위 부대역 LH3를 코드블록 크기만큼 나누고 나누는 개수만큼 상위 부대역 LH4를 나누게 된다. 하위 부대역에 의해 나누어진 상위 부대역이 갖는 블록을 서브코드블록이라고 정의한다. 상위 부대역의 서브코드블록이 갖는 MSB 위치를 이용해 하위 부대역의 코드블록이 갖는 MSB 위치를 예측할 수 있다.

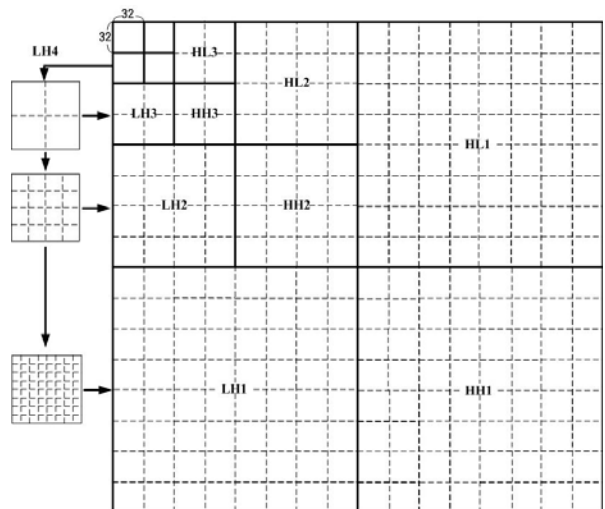


그림 4. 각 부대역의 MSB 상관관계

그림 5는 lena(512X512) 영상을 2D DWT를 수행한 후 최저주파 부대역인 LL2를 제외한 나머지 부대역을 4개의 블록으로 나누고 각 블록마다 MSB 위치를 나타내었다. 각 부대역의 블록에 적절한 숫자는 MSB 위치를 나타내고, 블록 내의 우측 하단에 적절한 숫자는 상위 부대역 블록으로부터 하위 부대역 블록까지 순서를 나타낸다. 검색한 결과 상위 부대역(LH2, HL2, HH2)의 서브코드블록과 하위 부대역(LH1,

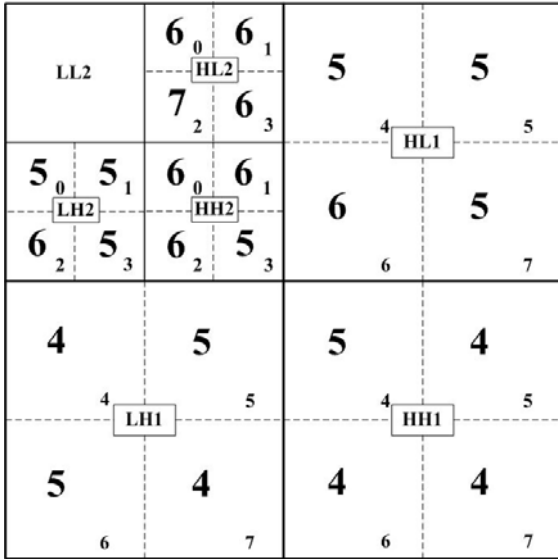


그림 5. DWT 이후 각 서브 블록별로 MSB 위치를 검색한 결과

HL1, HH1)의 코드블록이 갖는 MSB 위치는 유사하다.

그림 6은 100개 영상을 2D DWT를 수행한 후 상위 부대역의 4개에 서브 코드블록과 하위 부대역의 4개에 코드블록이 갖는 MSB 위치값들을 그래프로 나타내었다. x축은 100개 영상을 나타내며, y축은 MSB 위치를 나타낸다. 또한, 우측에는 상위 부대역 블록에서부터 하위 부대역 블록까지 블록 순서를 나타내었다. 결과에서 보듯이 상위 부대역 LH2의 서브코드블록과 하위 부대역 LH1의 코드블록 간에 MSB 위치는 거의 유사함을 확인할 수 있다. 또한, 다른 부대역에서도 동일한 결과를 보였다. 따라서, 상위 부대역에서 예측된 MSB 위치 정보를 통해 하위 부대역에 MSB 위치를 예측할 수 있게 되어 EBCOT의 연산량을 줄일 수 있다.

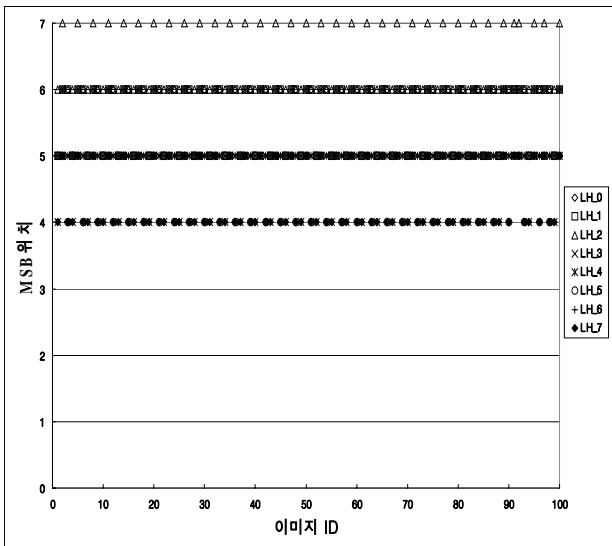


그림 6. 부대역 LH의 MSB 분포

## 5. 실험 및 결론

본 장에서는 4장에서 설명한 상위 부대역의 MSB 위치를 이용해

하위 부대역의 MSB 위치를 예측한 방법을 실험 결과로 나타냈다.

실험은 Lena(512x512)영상을 이용하여 4-레벨 2D DWT을 수행한 후 실험 결과를 표와 그림으로 나타내었다.

그림 7은 2D DWT를 수행한 후 부대역 내의 코드블록(32X32)이 갖는 MSB 분포를 나타내었다. 상위 부대역과 하위 부대역 내의 코드블록이 갖는 MSB 위치를 비교한 결과 대응되는 부대역 간에는 유사한 분포를 가진다.

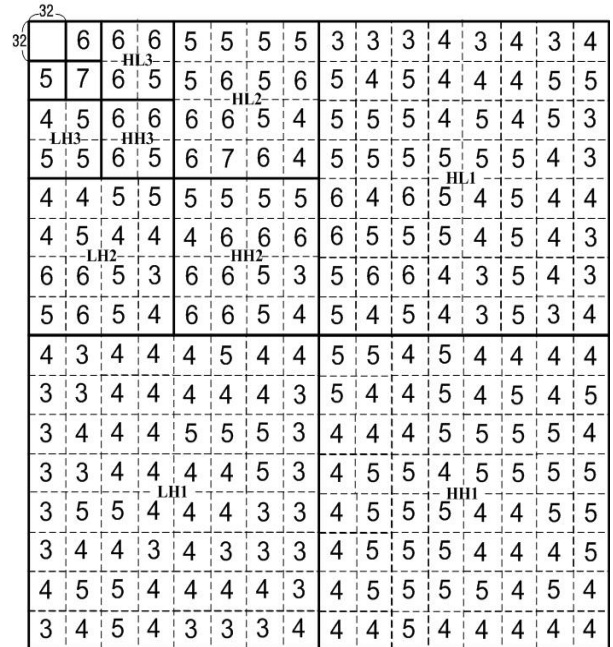


그림 7. 코드블록내의 MSB분포

표 1은 예측된 MSB 위치를 이용해서 스캔 횟수를 줄이게 되었을 때, 각 부대역에서 skip되는 코드블록 내의 비트평면 개수를 나타내었다. 하위 부대역으로 갈수록 skip되는 비트평면 개수가 증가함을 확인할 수 있으며, DWT 레벨이 증가할수록 skip되는 횟수가 증가할 것으로 예상된다. 기존 JPEG2000에서 코드블록 단위로 MSB 위치를 스캔했을 경우보다 약 35%정도 감소함을 확인할 수 있다.

## 6. 결론

본 논문에서는 정지영상 압축 기술의 새로운 표준인 JPEG2000의 EBCOT 알고리즘에 대한 연산량을 줄이기 위하여 상위 부대역의 MSB 위치로부터 하위 부대역의 MSB 위치를 예측하여 스캔 횟수를 줄이는 방법을 제안하였다.

제안한 방법은 웨이블릿 계수의 특성을 고려하여 스캔 횟수를 35%이상 감소시켰다.

본 논문의 방법은 향후 고속 JPEG2000 영상 압축기의 H/W 설계 및 시스템 구성에 핵심적인 알고리즘으로 적용될 것이며, JPEG2000에서 문제가 되었던 EBCOT의 연산량을 줄이게 되어 휴대용 멀티미디어 개발에 좋은 해결책으로 사용될 것이다.

<본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2006-000-10199-0) 지원으로 수행되었음>

표 1. 각 부대역에서 줄어드는 코드블록 횟수

부대역	skip되는 코드블록내의 비트평면 개수	줄어든 비율
LH3	9	28%
HL3	4	12%
HH3	5	15%
LH2	47	36%
HL2	29	22%
HH2	32	25%
LH1	253	49%
HL1	117	22%
HH1	208	40%
Total	708	35%

## 참고문헌

- [1] JPEG2000 Final Part I: Final Draft International Standard. ISO/IEC FDIS 15444-1, ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 N1855, Aug. 2000.
- [2] C. Lian, K. Chen, and L. Chen, "Analysis and Architecture Design of Block-Coding Engine of EBCOT in JPEG2000" IEEE Trans. on Circuit and Systems for Video Technology, Vol.13, No. 3, March 2003
- [3] Marco Aguzzi, Maria Grazia Albanesi, and Marco Martelli, "A new algorithm for the embedding of a prediction mechanism into the JPEG2000 coding chain", The Journal of The Pattern Recognition Society, vol. 39, Issue 8, pp. 1492-1508, Aug. 2006
- [4] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficient", IEEE Trans. Signal Processign, Vol. 41, No. 12, pp. 3445-3463, Dec. 1993
- [5] J. S. Chiang, Y. S. Lin, and C. Y. Hsieh, "Efficient Pass-Parallel Architecture for EBCOT in JPEG2000", IEEE Int. Citcuits and Systems, Vol. I, pp. 773-776, 2002
- [6] Quantizer and Entropy Effects on EBCOT Based Compression, IEEE trans. Consumer Electronics, Vol. 53, No. 2, pp. 661-666, May. 2007
- [7] 서영호, Sujit Det, 김동욱, "DWT 계수의 트리구조를 이용한 네트워크-적응적 JPEG2000 컨텍스트 추출방법", 한국통신학회 논문지 Vol. 30, No. 9C, pp. 939-948, 2005. 9.