

선자름 방법을 이용한 JPEG2000에서의 부호화 시간 단축 알고리즘

준회원 양 낙 민*, 정회원 정 재 호*

Compression-time Shortening Algorithm on JPEG2000 using Pre-Truncation Method

Nak-min Yang*, Jae-Ho Chung* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 정지 영상의 압축 방식인 JPEG2000에서 영상의 질을 일정하게 유지하면서 부호화 시간을 단축시키는 알고리즘을 제안하였다. 전체 이미지의 주파수 분포를 추정하여 출력 비트스트림을 위한 최적의 자름점(Truncation Point)을 찾아 선택된 비트플레인만 부호화하는 방법이다. 다해상도의 특징을 갖는 웨이블릿은 각각의 해상도마다 수직, 수평 및 대각선 주파수 성분을 얻을 수 있다. 이 주파수 상관관계는 전체 레벨에서 유지되며 입력영상에 따라 고유한 주파수 특징을 나타낸다. 따라서, 최상위 레벨의 주파수 관계로 각각의 코드블럭에서 부호화할 비트를 예측하여 적절한 자름점을 선택할 수 있어 부호화 시간을 단축시켰다. 또한 명도 성분보다는 에너지가 작은 컬러 성분에서 부호화되지 않는 하위 레벨은 단순한 다운 샘플링만으로 저주파 통과 필터를 대신함으로써 부호화 시간을 줄이는 성과를 보였다. 이러한 제안된 알고리즘으로 부호화 시간을 약 15~36% 줄였으며 PSNR을 30±0.5dB로 유지하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed an algorithm that shorten coding time maintaining image quality in JPEG2000, which is the standard of still image compression. This method encodes only the bit plane selected as appropriate truncation point for output bitstream, obtained from estimation of frequency distribution for whole image. Wavelet characterized by multi-resolution has vertical, horizontal, and diagonal frequency components for each resolution. The frequency interrelation addressed above is maintained thorough whole level of resolution and represents the unique frequency characteristics for input image. Thus, using the frequency relation at highest level, we can pick the truncation point for the compression time decrease by estimating code bits at encoding each code block. Also, we reduced the encoding time using simply downsampling instead of low-pass filtering at low-levels which are not encoded in color component of lower energy than luminance component. From the proposed algorithm, we can reduce about 15~36% of encoding time maintaining PSNR 30±0.5dB.

I. 서론

다양한 멀티미디어 정보를 좀더 효율적으로 다루기 위한 필수 방법인 압축은 작은 정보량으로 입력 신호를 표현하고 복원되어진 신호가 최대한 작은

변화를 갖도록 하는 방법이다. 특히, 정보량이 큰 영상 신호는 통신이나 저장을 위한 필수요건이다. 이러한 압축의 중요성으로 정지 영상에는 JPEG, 동 영상에는 MPEG, H.263과 같은 국제 표준들이 제안되었다. 하지만, DCT(Discrete Cosine Transform)

* 인하대학교 전자공학과 디지털 신호처리 연구실(c2011011@inhavision.inha.ac.kr),
논문번호 : 020500-1126, 접수일자 : 2002년 11월 26일

기반의 이러한 방법들은 일정한 크기의 블록으로 나누어 압축을 하기 때문에 고압축에서 블록간에 상호 연관 정보를 잃어버려 블록화 현상으로 인한 화질열화^[1]가 발생하고 DCT로는 무손실 압축을 할 수 없는 단점을 갖는다. 이를 개선하기 위하여 DWT (Discrete Wavelet Transform)^[2]를 사용한 압축 기술들이 많이 연구되고 있다.

정지 영상 압축 표준에서도 JPEG보다 장점이 많고 더욱더 새로워진 JPEG2000^{[3][4]}이 제안되었다. 이는 DCT를 DWT기반으로 전체 영상을 변환하여 압축하므로 블록화 현상을 없애고 다해상도로 복호가 가능하다. 허프만(Huffman)방법 대신 입력 데이터의 확률 변화에 대해 새로운 코드워드를 만들 필요가 없는 산술(Arithmetic)부호화기를 사용한다. 컬러, 그레이, 이진 영상과 같이 영상 구성성분에 상관없이 높은 압축률로 좋은 화질을 내고, 비트 에러에 강인하며 임의의 부분을 다른 부분보다 좋은 화질로 부호화 할 수 있는 장점이 있다. 또한 EBCOT (Embedded Block Coding with Optimized Truncation)^[5]를 사용하여 목표하는 압축률에서 MSE (Mean Squared Error)를 최소로 하는 비트만을 선택하는 최적화 알고리즘을 사용한다. 이와 같은 장점으로 같은 비트율에서 JPEG보다 약 2~4dB 좋은 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)을 얻는다.

보안용으로 쓰이는 DVR (Digital Video Recorder)은 주로 동영상을 부호화하지만 순간적인 장면에서의 영상의 질을 향상시키기 위해서 정지 영상의 부호화가 필수적이다. 따라서 일정한 화질로 영상을 빠른 시간 내에 큰 압축률로 부호화하는 것에 있다. 여기에 JPEG2000을 응용하기 위해서는 웨이블릿 변환과 산술 부호화기의 부호화 시간이 많이 걸리는 단점을 보완해야 한다. JPEG2000의 손실 압축에 있어서 부호화하지 않는 낮은 레벨의 부밴드(Subband)가 생길 수 있어 비효율적이며, EBCOT은 코드블럭(Codeblock)의 최상위 비트부터 산술부호화기로 얻은 결과가 압축률과 왜곡에 대해 적절한지를 살펴보는 PCRD-opt (Post Compression R-D optimization)^{[4][5]}를 사용하지만 출력에 포함되지 않는 불필요한 비트까지 부호화하여 부호화시간을 증가시킨다.

본 논문에서는 이러한 단점을 보완하고자 웨이블릿의 계층적인 주파수 특징을 이용하여 명도 성분의 최상위 웨이블릿 영역에서 영상의 복잡성을 알 수 있는 부밴드의 웨이블릿 계수의 평균 비트 플레인 값과 부밴드 사이의 차이값의 정보를 가지고 하

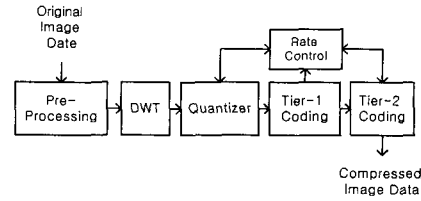


그림 1. JPEG2000블럭도

위 레벨에서 압축할 웨이블릿 계수의 자름점을 결정하고, 칼라성분 웨이블릿 단계를 결정하여 JPEG2000의 부호화시간보다 평균 25%을 줄이고 복원된 영상의 PSNR을 $30 \pm 0.5\text{dB}$ 로 유지하는 방법을 소개한다.

II. JPEG2000

JPEG2000표준안의 부호화 단계는 그림 1과 같다. 블럭도의 순서로 부호화 방법을 간단히 알아보겠다.

1. 전처리기 (Pre-Processing)

입력 영상은 효율적인 부호화를 위해 예비 3단계로 거친다. 먼저 타일의 크기를 결정한다. 타일은 입력영상을 같은 크기의 사각형으로 나눈 독립적인 부호화 단위이다. 두 번째는 P비트로 표현되어진 입력 영상의 계수들을 모두 -2^{P-1} 만큼 이동시켜 에너지의 중심을 0으로 만든다. 마지막으로는 각 성분을 명도와 컬러 성분으로 나누어 변환시켜 준다. 이러한 컬러 변환에는 YCbCr로 변환하는 ICT (Irreversible Color Transform)와 YUV로 변환하는 RCT (Reversible Color Transform)두 가지가 있다.

2. 이산 웨이블릿 변환 (DWT)

1) 1차원 DWT

DWT는 그림 2와 같이 1차원 QMF (Quadrature Miller Filter)를 연속적으로 사용하여 구현된다. 그림의 왼쪽은 분해과정을 나타낸다. h_0 (저주파 분해

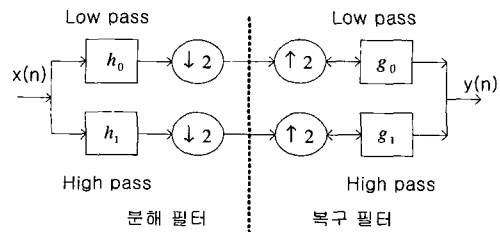


그림 2. 1차원 이산 웨이블릿 변환

필터)과 h_1 (고주파 분해필터)을 통과하고 각각 2:1 다운샘플링(downsampling)을 적용하여 저주파와 고주파 영역으로의 분리가 된다. 그러므로 입력 이미지와 DWT후의 계수의 개수는 변함이 없고 영역별로 신호 성분의 위치가 입력 이미지와 같게 되어 주파수 분석을 쉽게 할 수 있는 장점이 있다. 분해 과정과 대칭의 모습으로 복구된 출력을 얻어낸다.

입력과 출력이 서로 완전 복구 (Perfect Reconstruction: PR) 조건을 만족하기 위해서는 Z-영역에서의 다음과 같은 식이 성립되어야 한다.^[8]

$$H_0(z)G_0(z) + H_1(z)G_1(z) = 2 \quad (1)$$

$$H_0(-z)G_0(z) + H_1(-z)G_1(z) = 0 \quad (2)$$

식 (1)은 스케일을 1로 만들어 주며 식 (2)는 에일리어싱(aliasing)을 없애주는 조건이다. 분해 필터들의 성질에 따라 $G_0(z)=H_1(-z)=H_0(z)$ 와 $G_1(z)=-H_0(-z)=-H_1(z)$ 이 유도되고 진폭과 위상의 왜곡이 없어야 하는 조건에 따라 다음 식 (3)이 성립된다.

$$-cz^{-n_0}H_0(z)H_1(-z) + cz^{-n_0}H_1(z)H_0(-z) = 2 \quad (3)$$

n_0 은 지연(delay) 상수이고 C 는 정규화 상수이다. 이러한 모든 관계를 가진 것을 쌍직교하다고 한다. h_0 과 g_1 그리고 h_1 과 g_0 은 서로 직교의 성질을 갖고 있다. JPEG2000에서 제안하는 (9,7)과 (5,3)의 필터 계수들을 보면 알 수 있다.^[3]

2) 2차원 DWT

1차원 분해 필터를 영상의 수평, 수직의 순서로 반복하여 2차원으로 적용하는 과정이 그림 3이다. 0LL은 타일이나 입력 이미지이고 한 레벨 변환을 하면 1HL, 1LH, 1HH, 1LL의 부밴드가 생성된다. HL은 수평방향으로 고주파 통과필터, 수직방향으로 저주파통과필터를 적용시켜 수직 주파수 성분을 나타낸다. LH는 HL과는 반대의 경우이고 HH는 수평, 수직 방향으로 모두 고주파통과필터가 적용되어 대각 주파수 성분을 나타낸다. LL은 수평, 수직 방향으로 모두 저주파통과필터가 적용되어 다음 레벨의 입력이 된다.

3. 양자화 (Quantization)

모든 웨이블릿 계수를 식 (4)로 양자화를 시킨다.

$$q_b(x, y) = \text{sign}(a_b(x, y)) \left\lfloor \frac{|a_b(x, y)|}{\Delta_b} \right\rfloor \quad (4)$$

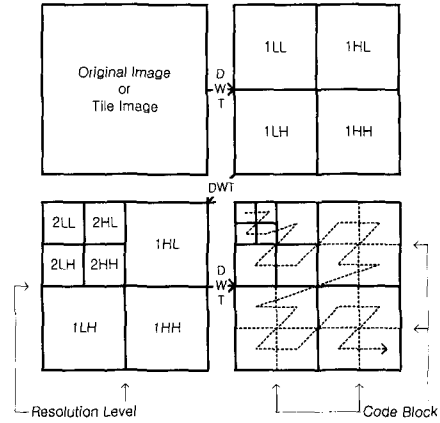


그림 3. 2차원 DWT 과정

x, y 는 부밴드 b 에서의 위치이고, Δ_b 는 양자화 간격이다. 양자화 간격은 각 부밴드 계수의 최고 비트에 따라 달라진다. 양자화를 통하면 손실 압축이 되지만 양자화 간격이 1이 되는 (5,3)정수 웨이블릿에서는 무손실 압축이 된다.

4. 1단계 부호화기

(Adaptive Binary Arithmetic Coding)

양자화된 웨이블릿 계수들로 구성된 각각의 부밴드에서 일정한 크기의 코드블럭으로 나누어 독립적인 부호화를 한다. 코드블럭은 MSB로부터 LSB방향으로의 비트플레인 부호화를 사용하여 임베디드 스트림을 만들어 낸다. 비트플레인 부호화 과정은 다음과 같이 세 가지의 패스로 나누어져 있다. 첫 번째로는 현재의 비트플레인 상에서 아직 중요화되지 않은 계수(0)가 중요화 될 때(1)의 계수와 계수의 부호(+, -)까지 부호화하는 중요도 전달 패스(Significance propagation pass)이다. 두 번째로는 이전의 패스에서 중요화 된 계수의 다음 비트를 부호화하는 단계인 정제 패스(Refinement pass)이고 마지막으로 이전과 현재 패스에서 아직 중요화되지 않은 계수와 현재 패스에서 중요화 된 비트를 부호화하는 클린업 패스(Cleanup pass)가 있다. 각각의 패스들은 주위 8개의 픽셀 값들에 따라 19개의 상황(Contexts)으로 나누어지고 그 중 하나에 속하게 되어 산술 부호화기에 넣어진다.

5. 2단계 부호화기 (Bitstream Organization)

압축된 비트 스트림을 영상 구성 성분, 타일, 부밴드, 해상도 단계, 레이어등의 패킷으로 나누어 사용자의 용도에 알맞게 순서를 재배열한다.

6. 압축률 조정 (Rate Control)

각 계수에 대하여 LSB쪽의 비트를 알맞은 자름점을 선택하여 왜곡을 최소로 하는 EBCOT을 사용한다. 다음 식 (5)를 이용하여 입력 계수 $y_i(x, y)$ 와 t점까지 잘라진 양자화된 계수 $y'_i(x, y)$ 사이의 MSE를 구한다.

$$D'_i = \sum_{x,y} w_i(x, y) [y_i(x, y) - y'_i(x, y)]^2 \quad (5)$$

t는 자름점이고, $w_i(x, y)$ 가중치(weighting factor)이다.

$$D = \sum_i D'_i \quad (6)$$

$$\sum_i R'_i \leq R \quad (7)$$

각 자름점에서 목표하는 압축률(식(7))을 만족하면서 최소의 왜곡(식(6))을 만족하는 자름점을 찾는 과정이다.

III. 제안된 선자름 방법

1. 웨이블릿 계수의 분포 특성

제안한 알고리즘을 설명하기 전에 웨이블릿의 변환의 주파수의 분포 특성을 알아보겠다. 웨이블릿은 한 레벨 변환을 통하여 각각의 주파수 특성을 나타내는 3개의 부밴드가 나오며 같은 필터의 반복적인 적용으로 웨이블릿 단계마다 계층적인 주파수 특성을 가진다. 물론, 입력 영상에 따라 주파수의 분포는 달라지지만 두 가지의 일반적인 특징을 가진다. 첫 번째, 해상도마다 일정한 비율로 변화하며 두 번째, 해상도마다의 부밴드 각각의 주파수 특성이 유지된다.

그림 4는 Lenna, 실험영상1, Fruits영상의 웨이블릿 계수가 차지하는 평균 비트플레인 값을 부밴드별로 나타낸 것이다. 주파수 특징을 관찰하기 위해서는 각각의 계수값과 이웃 픽셀과의 차이를 가지고 살펴보아야 하지만, 비트플레인 정보를 부호화하는 JPEG2000에 적용하기 위해 부호 비트를 무시하고 단순히 계수의 비트 정보를 나타낸 것이다. 입력 영상의 크기가 256×256인 명도성분을 (5,3) 웨이블릿 필터로 5레벨 변환을 하였으며 코드블록의 크기는 64×64이다. 따라서, 부밴드의 코드블록 1은 5레벨의 LL을 나타내며 HL, LH, HH의 순서로 부호화되어 표의 x축을 나타내는 부밴드의 순서로

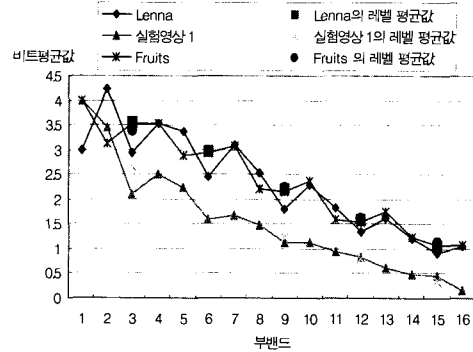


그림 4. 코드 블록의 비트플레인의 평균값

LL(1), HL(2, 5, 8, 11, 14), LH(3, 6, 9, 12, 15), HH(4, 7, 10, 13, 16)로 분해가 된다. 최상위 레벨 (2, 3, 4)의 주파수관계가 하위 레벨에서도 유지되지만 그 차이값들이 점점 작아지는 것을 알 수 있고 각 해상도의 평균 비트값(□, ×, ○)도 해상도에 따라 일정하게 변화된다. 입력영상은 달라도 해상도의 평균 비트값은 일정한 기울기에서 크게 벗어나지 않는다. 또한, LL영역을 제외한 부밴드의 비트값은 영상의 에지 부분을 나타내는 고주파 성분의 분포 크기를 말한다. 따라서 수평, 수직, 대각선 주파수 성분에 따라 영상의 주파수 특징을 짐작할 수 있어 그림 4의 Lenna영상은 수직 주파수가 많이 분포한다는 것을 알 수 있다. 전체적인 평균 비트가 적으면 영상이 저주파수가 많아 단순하다는 것을 의미하며 Lenna영상뿐만 아니라 다른 영상에도 이와 같은 성질이 있다.

코드블록의 크기가 64×64로 설정하였기 때문에 1레벨에서의 부밴드(128×128)들은 4개의 코드블록으로 나누어진다. 이것들의 주파수 특성은 5레벨의 부밴드(8×8)에서 같은 위치의 1레벨의 부밴드(4×4)의 계수들의 평균으로 주파수 분포 특징을 나타내며, 이러한 주파수특성은 최상위레벨의 주파수 분포를 이용하여 영상 전체의 분포를 예측할 수 있다.

2. 제안된 선자름 알고리즘

본 논문에서 제안된 선자름 알고리즘은 그림 1의 JPEG2000과 비교했을 때 압축률 조정기 부분이 생략되어 DWT단계와 1단계 부호화기 사이에 명도성분의 최상위 레벨의 비트의 분포로 하위 레벨의 계수를 예측하여 일정한 화질을 목표로 비트의 자름점을 미리 선택하는 방법이다. 또한 컬러 성분의 웨이블릿 시작 변환단계를 결정하여 변환 시간을 효율적으로 줄이고, 컬러 성분의 자름점도 명도성

분과 같은 방법을 사용하여 선택한다. 이러한 방법은 입력 영상의 가로, 세로의 크기가 (x, y)이면 5레벨 부밴드의 크기는 (x/2⁵, y/2⁵)이 되어 자름점을 찾는 시간을 절약하고 입력 영상의 크기에 제한이 없도록 하기 위해 최상위 레벨의 계수의 평균 비트 플레인값을 이용한다. 따라서, 제안된 방법의 입력은 DWT된 명도 성분 5레벨의 웨이블릿 계수이고 각 부밴드의 자름점이 출력되어 선택된 비트만을 1단계 부호화기에 입력한다.

그림 5는 제안된 선자름 알고리즘의 블록도이다. 블록의 순서와 같이 명도 성분의 웨이블릿 변환 후 레벨 5의 LH, HL, HH의 계수가 차지하는 비트수로 매핑하고 이때 계수의 부호는 무시한다. 3개의 부밴드 전체 평균값으로 명도 성분 자름점 결정표(표 1)을 참조하여 자름점을 결정하고 컬러 성분 시작단계 결정표(표 2)로 컬러 성분의 웨이블릿 단계를 결정한다. 부밴드 전체의 평균값과 각각의 부밴드와의 차이값으로 부밴드의 가중치를 부여하여(표 4) 명도 성분의 코드블럭의 자름점을 결정한다. 컬러 성분에서는 웨이블릿 단계가 결정되면 제안된 방법(2.3절)의 DWT를 실시하고 5단계의 평균값으로 컬러 성분 자름점 결정표(표 3)에 의해 자름점을 위한 기술기가 결정되고 각각의 부밴드의 차이값으로 가중치(표 4)가 결정된다. 또한 에너지 중요도가 떨어지는 대각선 주파수 성분을 나타내는 HH는 부

표 1. 명도 성분 자름점 결정표

Y성분 평균	자름점 (Truncation Point)	
	LL 레벨(5) ···· 레벨(1)	
① 3.4 < 평균	1, 1, 6, 8, 11, 12	
② 3.1 < 평균 ≤ 3.4	1, 1, 7, 9, 11, 13	
③ 2.7 < 평균 ≤ 3.1	1, 1, 7, 10, 12, 14	
④ 2.7 ≤ 평균	1, 1, 7, 11, 13, 15	

표 2. 컬러 성분 DWT 레벨 결정 표

Y성분 평균	컬러 성분 웨이블릿 시작 단계
3.6 < 평균	1
3.3 < 평균 ≤ 3.6	2
3.0 < 평균 ≤ 3.3	3
2.5 < 평균 ≤ 3.0	4
평균 ≤ 2.5	5

표 3. 컬러 성분 자름점 표

U, V 성분의 평균	자름점 (Truncation Point)
2.3 < 평균	(5-해상도 레벨) × 4
1.6 < 평균 ≤ 2.3	(5-해상도 레벨) × 5
1.0 < 평균 ≤ 1.6	(5-해상도 레벨) × 6
평균 ≤ 1.0	(5-해상도 레벨) × 7

표 4. 자름점 결정표

부밴드	자름점	상태
LH	T.P.-1	(전체 평균값 - LH의 평균값) > 0.3
	T.P.	otherwise
HL	T.P.-1	(전체 평균값 - HL의 평균값) > 0.3
	T.P.	otherwise
LL	T.P.-1	(전체 평균값 - LL의 평균값) > 0.3
	T.P.	otherwise

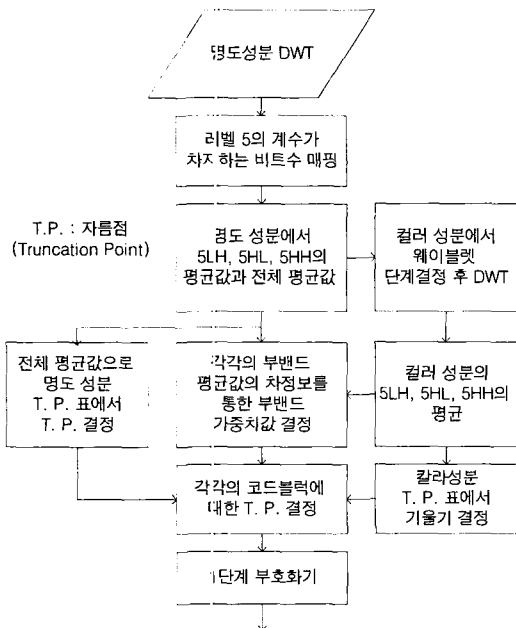


그림 5. 제안된 선자름 알고리즘의 블록도

호화 3단계를 줄여준다. 따라서 위와 같은 방법으로 결정된 각각의 코드블럭의 자름점은 LSB쪽에서 자름점까지 부호화 단계를 제외시키고 MSB부터 1단계 부호화기로 입력된다. 여기에 쓰이는 표 1~4는 영상 50장의 주파수 분포실험을 통하여 얻어낸 최적의 데이터이다. 표 1은 컬러영역을 제외한 명도 성분만을 적용하여 그레이 영상으로 출력했을 때 ④번은 PSNR이 평균 30dB 가까이 나오고 고주파가 많은 ①은 평균 28dB 정도가 나온다. 따라서 고주파가 많은 영상은 컬러 성분에서 표 3에서의 값이 낮은 자름점을 선택해 더 많은 비트를 부호화하여 보상해주기 때문에 30dB 정도가 나오게 되는 것이다. 표 2는 컬러성분 웨이블릿 결정표인데 5단계로 나누어져 있다. 시작단계가 1이면 제안된 웨이블릿 방법이 사용이 안 된다. 이러한 제안된 선자름 알고리즘은 본 논문 2.6장에 내용과 비교할 때 매우 간단하다.

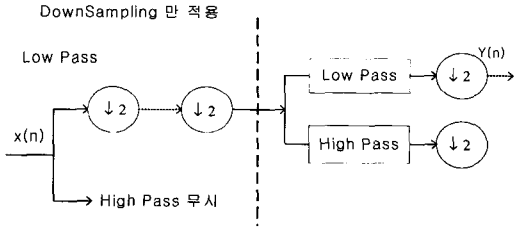


그림 6. 제안된 컬러성분 웨이블릿 변환 알고리즘

3. 제안된 컬러 성분 웨이블릿 간략화 알고리즘

명도 성분과는 다르게 컬러 성분은 복원된 영상에 대한 기여도가 떨어진다. 이는 명도 성분보다 전체적인 에너지와 고주파를 나타내는 정도가 명도 성분보다는 작기 때문이다. 따라서, 손실 압축에 있어서 부호화하지 않는 컬러 성분의 하위 레벨의 코드블럭이 생기어 전체 레벨의 DWT는 비효율적이므로 명도 성분에서의 주파수 정보를 이용하여 컬러 성분의 웨이블릿 변환 단계를 결정하여 웨이블릿 변환 시간을 단축시키는 알고리즘을 본 논문에서 제안한다.

이 제안된 방법은 그림 6과 같이 부호화하지 않는 부밴드는 분해필터를 무시하고 다운 샘플링으로 저주파 통과 필터를 대신하여 다음 레벨의 입력이 된다. 그리고, 부호화되는 부밴드부터 본 논문 2.2.1 단원의 방법(그림 2)을 적용한다. 그림 7은 Lenna의 V성분이 3레벨 이하의 부밴드는 부호화 되지 않는다고 가정하고 3레벨까지 다운샘플링을 수행한 뒤 웨이블릿을 적용한 영상이다. 부밴드 HH에서는 입력 영상이 보이고 HL은 세로축으로 LH는 수평축으로 다운 샘플링되어 축방향으로 축소된 영상을 보인다. 하지만 실제 제안된 방법에서는 3레벨 이하의 LH, HL, LL부분의 주파수 영역에서는 다운 샘플링을 수행하지 않아 더 많은 연산량을 줄일 수 있다.

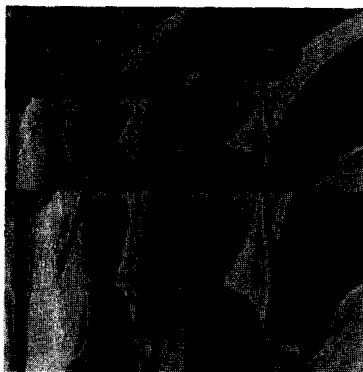


그림 7. 컬러변환의 예(시작 레벨:3)

IV. 실험 결과 및 성능 분석

제안된 선자름 알고리즘의 성능을 평가하고자 RGB형식의 크기가 256×256인 영상을 사용하였다. RCT변환 후 부동 소수점 (5,3)필터로 5단계 웨이블릿 변환하였으며 코드 블록의 크기는 64×64로 설정하였다. 시스템은 펜티엄 II 450Mhz이고 윈도우에서 c언어로 구현하였다. 선자름 알고리즘과 컬러 영역 부호화 시간 단축 알고리즘에 대한 객관적인 성능 평가를 위해 각 영상 결과파일의 bpp (bit per pixel)를 같게 하고 PSNR을 이용하여 비교하였으며 부호화 시간 단축률을 JPEG2000에 대한 퍼센트를 계산하였다. 실험영상으로는 대표적인 Lenna, Barbara, Goldhill, 그리고 그림 8의 실험 영상 1, 2로 실험을 하였다. 실험 영상1은 고주파가 많이 들어가지 않은 단순한 컬러 영상이고 이와 상반된 실험 영상2는 고주파가 많아 복잡도가 큰 영상이다.

먼저 선자름 알고리즘의 올바른 평가를 위해 전체적인 부분의 소스 코드는 같게 하고 JPEG2000의 압축률 조정기와 제안된 알고리즘과 비교하여 실험하였다. 실험에 대한 결과는 표 5이며, 각각 영상에 대해 PSNR(dB)과 부호화 시간의 비율(%)을 비교값으로 사용하였다. 고주파가 많은 영상을 보면 상대적으로 부호화 시간 단축률은 작았고 고주파 성분이 적으면 큰 부호화 시간 단축률을 보였다.



그림 8. 실험 컬러영상 1, 2

표 5. 제안된 선자름 방법의 결과표

	JPEG2000 (PSNR: dB)	제안된 알고리즘 (PSNR: dB)	부호화 시간 단축률 (%)
Lenna	31.42	31.12	8.5%
Barbara	29.67	29.50	8.7%
Goldhill	30.06	29.63	8.3%
실험영상1	32.7	33.15	10.4%
실험영상2	29.36	29.06	7.2%

다음으로 컬러영역 부호화 시간 단축알고리즘에 대한 실험결과이다. 실험영상1을 예로 컬러 성분 DWT단계에 따라 화질비교와 부호화 시간을 비교하였다. 실험영상1은 다른 영상에 비해 단순하므로 컬러 성분의 상위 2단계까지만 부호화 해도 PSNR이 30dB이상 나온다. 따라서, 본 논문에서 제안한 컬러 성분 웨이블릿 간략화 방법을 2단계까지 적용할 수 있다. 표 6에서 웨이블릿 시작 단계별 PSNR과 부호화 시간 단축률을 보여 준다. 부호화에 직접적으로 참여를 하지 않은 2단계 이하의 웨이블릿 변환 단계를 다운샘플링만으로도 화질의 변화는 없는 것을 보인다. 부호화 시간은 5단계 DWT의 시간을 100으로 볼 때 최고 59.2%까지 줄일 수 있었다. 따라서, 제안된 컬러 성분 웨이블릿 간략화 알고리즘은 명도 성분을 5단계 변환하고 그것의 최상위 비트 평균값으로 컬러 성분의 시작단계를 결정하여 두 개의 컬러 성분(U, V)만을 제안된 알고리즘을 사용하여도 화질변화 없이 변환 시간에서 최고 40%의 이득을 얻을 수 있다. 이 방법은 부밴드의 크기에 비례하여 시간이 단축되어진다. 웨이블릿 변환은 단순한 덧셈과 곱셈으로 이루어져 있어 입력영상에 상관없이 입력영상의 크기에 비례하여 웨이블릿 변환 단축률은 증가한다.

선자름 방법과 컬러 성분 웨이블릿 변환 단축 방법을 같이 적용한 실험결과는 표 7이다. 제안한 알

표 6. 실험영상1의 컬러성분단계에 대한 부호화 결과표

웨이블릿 시작 단계	PSNR (dB)			평균 PSNR (dB)	부호화 시간 비교
	R	G	B		
1	32.16	33.76	32.54	32.82	59.2
2	32.30	33.80	32.85	32.98	60.3
3	32.32	33.86	32.79	32.98	64
4	32.40	33.78	32.76	32.98	70
5	32.37	32.86	32.71	32.98	100

고리즘의 PSNR은 JPEG2000에 비해 평균 0.15dB 정도 떨어지고 JPEG보다는 1.47dB 더 좋은 결과를 얻었다. 부호화 시간에서는 평균 약 25%이득을 보았다. 표 5와 비교했을 때 웨이블릿 시간 단축 알고리즘을 사용했을 때와 화질 차이는 없다.

표 8은 제안된 알고리즘을 DVR에 적용했을 때의 결과를 보여준다. 감시 카메라가 많이 쓰이는 복도, 사무실 영상을 각각 40장씩 실험에 사용하였다. 복도 영상은 단순하여 화질 향상과 부호화 시간을 많이 단축시킬 수 있었으며, 그보다 복잡한 사무실 영상은 단축률이 작은 것을 보인다. 또한 이 실험은 256×256이 아닌 512×512, 640×480영상을 각각 20장씩 실험하였다. 이로써 제안한 알고리즘은 입력영상의 크기에 독립적인 것을 알 수 있지만 화질은 떨어졌다. 하지만 두 경우 모두 전체 부호화 시간을 입력영상의 크기에 따라 15~36%개선됨을 보였다.

표 7. 주요 영상의 결과 비교표

	Lenna			Barbara			Goldhill			실험영상 1			실험영상 2		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B	R	G	B
JPEG 2000	30.82	31.46	31.97	29.22	31.46	28.35	28.71	31.24	30.24	32.31	33.35	32.46	28.63	30.44	29.02
	31.42			29.67			30.06			32.7			29.36		
제안한 알고리즘	30.9	31.11	31.32	29.16	30.97	28.1	27.95	31.08	29.86	33.04	33.71	32.7	28.17	30.24	28.74
	31.11			29.50			29.63			33.15			29.05		
JPEG	29.85	30.22	29.85	28.39	30.29	28.39	28.02	30.29	28.26	29.57	30.22	28.14	27.48	29.11	27.23
	29.97			29.02			28.86			29.31			27.94		
부호화시간 단축률	18.3%			18.7%			17.9%			28%			14%		

표 8. 복도 영상과 사무실 영상의 실험 결과

	512×512			640×480		
	제안된 방법의 화질(PSNR)	JPEG2000과의 차이(PSNR)	부호화 시간 단축률	제안된 방법의 화질(PSNR)	JPEG2000과의 차이(PSNR)	부호화 시간 단축률
복도	30.57dB	+ 0.08dB	33.5%	30.48dB	+ 0.09dB	36.2%
사무실	29.51dB	- 0.21dB	28.3%	29.53dB	- 0.23dB	32.8%

V. 결론

본 논문에서는 정지영상 압축 표준인 JPEG2000에 부호화 시간을 단축시키는 알고리즘을 제안하였다. JPEG2000의 가장 두드러진 특징인 웨이블렛의 계층적 특징으로 인한 웨이블렛 계수 분포를 이용하였다. 상위 레벨의 계수의 비트 평균값은 하위 레벨로 갈수록 일정한 기울기로 변화를 갖고 LH, HL, HH의 주파수 분포 관계가 유지되는 특징이 있다. 따라서, 일정한 화질을 목표로 웨이블렛 레벨의 크기가 제일 작은 부밴드들의 계수의 비트 평균값으로 실험적 데이터 표를 이용하여 하위레벨의 분포를 예측하여 자름점을 찾았으며, 부호화 되지 않는 컬러 성분의 웨이블렛 단계를 결정하여 부호화 되지 않는 레벨까지는 다운샘플링을 적용하고 DWT을 실시하여 변환 시간을 단축시킬 수가 있었다. 또한 이 제안된 방법은 입력영상의 크기에 독립적이고 구조가 간단한 장점이 있다. 제안된 부호화 방법은 JPEG2000과는 비슷하지만 약간 떨어지는 화질을 얻었으며 전체 부호화 시간은 15~33% 줄일 수 있었다. 이러한 제안된 방법으로 DVR과 같은 빠른 시간 내에 압축된 결과를 얻고자 하는 응용에 쓰일 수가 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Rafel C. Gonzalez, Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, Prentice Hall, pp. 467~485, 2002

[2] C. Sidney Burrus, Ramesh A. Gopinath, Haitao Guo, *Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms*, Prentice Hall, pp. 1~40, 1998

[3] Information Technology - JPEG2000 Image Coding System, ISO/IEC Final Draft International Standard 15444-1, ITU Recommendation T.800, 2000

[4] M. Rabbani, R. Joshi "An overview of the JPEG2000 still image compression standard" *Signal Processing: Image Communication*, 17, pp. 3~48, 2002

[5] D. Taubman, High performance scalable image compression with EBCOT, *IEEE Trans. Image Process.* 9 (7) pp. 1158~1170, July 2000.

[6] D. Taubman and Michael Marcellin, *Jpeg2000 Image Compression Fundamentals, Standards and Practice*, KAP, pp. 327~396, 2001

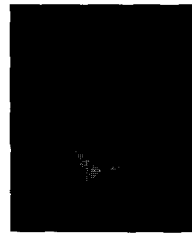
[7] J. Li, S. Lei, "Embedded still image coder with rate-distortion optimization", *IEEE Trans. Image Process.* 8 (7) pp. 916~924, July 1999

[8] P. P. Vaidyanathan, *Multirate Systems and Filter Banks*, Prentice Hall, pp. 188~285, 1993

[9] F. Sheng, a. Bilgin, P. Smentilli, M. Marcellin, "Lossy and lossless image compression using reversible integer wavelet transforms", *Proc. IEEE Int. Conf. Image Proc.* pp. 876~880, 1998

양 낙 민(Nak-min Yang)

준회원



2001년 2월 : 단국대학교 전자공학과 졸업
2001년 3월~현재 : 인하대학교 정보통신공학과 석사과정
<주관심 분야> 영상 처리, 영상 압축, 디지털신호처리

정 재 호(Jae-ho chung)

정회원



1982년 : University of Maryland (BSEE)
1984년 : University of Maryland(MSEE)
1990년 : Georgia Institute of Technology(Ph.D.)

1984~1985년 : 미국 국방성 산하 해군 연구소, 신호처리실, 연구원
1991~1992년 : AT&T Bell Labs, 음성신호처리 연구실, 연구원(MTS)
1992년~현재 : 인하대학교 공과대학 전자공학 (현) 정교수
<주관심 분야> 음성코딩, 음성인식, 영상코딩, 얼굴인식