

웨이브렛 변환을 이용한 점진적 영상 부호화

김 정 일[†] · 안 광 태[†] · 김 재 철^{††} · 유 충 열^{†††} ·
이 광 배[†] · 김 현 옥[†]

요 약

본 논문에서는 웨이브렛 변환 특성을 이용한 대역별 계층적 비트 평면을 구성, 비트 평면 별 로 점진적 전송을 수행하는 새로운 영상 부호화 방법을 제안한다. 제안한 방식은 Antonini의 웨이브렛 기저함수를 사용하여 대역 분할된 영상을 특정대역과 다양한 해상도를 갖는 대역들로 나누어 분리함으로써 다해상도를 지원한다. 대역별 특성을 고려한 부호화의 전송시 대역별 영상의 우선 순위를 고려할 수 있고, 영상의 고속 검색에도 응용될 수 있다.

Progressive Image Coding using Wavelet Transform

Jeong Il Kim[†] · Kwang Tae An[†] · Jae Cheol Kim^{††} · Choong Yeol Yoo^{†††} ·
Kwang Bae Lee[†] · Hyen Ug Kim[†]

ABSTRACT

In this paper we propose new image coding using wavelet transform. The new method constructs hierarchical bit plane and progressively transports each bit plane. The Proposed algorithm not only supports multi-resolution, dividing original image into special band and various resolution but also reduces blocking effects that come into JPEG. In encoding time this algorithm considers each band characters and priority of transport order, and applies to fast search of image.

1. 서 론

컴퓨터와 통신, 방송등 다중 매체가 결합된 다중 미디어 환경이 다양하게 발전하고 있는 멀티미디어 시대에 있어서 방대한 정보량을 가지는 영상 데이터를 전송 채널의 대역폭이나 저장장치의 저장용량에

알맞게 효과적으로 처리하는데는 여러가지의 어려움이 따른다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 영상 압축 기술의 개발은 필수적이라해도 과언이 아니다.

영상 압축 기술로는 크게 영상의 예측성(predictability), 불규칙성(randomness) 및 평탄성(smoothness) 등의 특성을 이용하는 예측부호화와 영상을 다른 영역으로 변환함으로써 많은 정보들이 몇 개의 샘플에 집중되는 에너지 집중(compaction)을 이용하는 변환부호화(transform coding)[1,2]로 나눌 수 있다. 변환부호화를 이용한 기존의 표준화된 영상 압축 기법은 직교 변환의 일종인 DCT (discrete cosine transform)를 근간으로 하고 있으며, 균일하게 분할된 영상 블록에 이산

※본 논문은 명지대학교 부설 산업기술 연구소의 '97 교내 연구비 지원으로 수행된 과제임

† 정 회 원: 명지대학교 전자공학과

†† 준 회 원: 명지대학교 전자공학과

††† 정 회 원: 여주전문대학 전자과

논문접수: 1997년 3월 4일, 심사완료: 1977년 9월 11일

여현 함수의 커널을 적용하여 새로운 영역으로 변환될 때 얻어지는 에너지 집중 효과와 중복성(redundancy) 효과를 이용한다. 그러나 이 방법은 변환 기법상, 입력 영상의 통계적 특성과는 무관하게 고정적이고 적용적이지 못한 변환을 수행한다. 또한 영상을 블록단위로 나누어서 부호화하기 때문에 고압축시 블록화 현상(blocking effect)이 심하게 나타나는 단점이 있다. 벡터 양자화(vector quantization)[3] 부호화는 부호책(code book) 생성에 많은 시간이 소요되며, 부호화하는 블록의 크기가 작기 때문에 균일하고 구조적이지 못한 영역에 대해서는 장점이 적다는 문제점을 가지고 있다. 프랙탈(fractal)[4, 5]을 이용한 영상 부호화는 기존의 방법과는 달리 영상 내에서의 자기 유사성(self-similarity)을 이용하여 압축을 할 수 있는 방법이나, 현재 압축률 및 복원된 영상화 질의 향상 등의 해결해야 할 문제점이 있다.

이러한 단점과 한계를 극복하기 위해 최근 영상 처리에 새로운 변환기법인 웨이브렛 변환(wavelet transform: WT)[6]이 도입되어, 활발한 연구가 진행되고 있다. WT는 영상을 피라미드 구조로 표현하는 기존의 방식인 다해상도 분석(multiresolution analysis)과 대역분할 부호화[7]를 하나로 통합한 변환 방식이다. WT는 고주파 대역에서는 시간 분해능(resolution)을 높이고, 저주파 대역에서는 주파수 분해능을 높이는 옥타브 대역 분할을 통해 시간과 주파수에 대한 국부성(locality)을 가지고 신호를 표현하므로 저주파 성분이 많은 일반 영상신호의 분석에 유리하다. 또한 이 표현 방법이 인간의 시각 체계와 유사하다는 장점으로 인해 최근 영상 처리 분야에서 각광을 받기 시작했다. 따라서 WT로 변환된 각 대역들은 저주파 대역으로부터 고주파 대역으로의 계층적 정보를 갖고 있고, 이를 이용하여 보다 적절한 부호화를 수행할 수 있다.

본 논문은 이러한 WT의 특징을 이용하여 다차원의 계층적 피라미드를 구성하고, 이를 영상의 상관관계를 이용하여 각 계수 값들을 조사한 후, 가장 큰 계수 값을 갖는 비트 플레인(bit plane) [8]들을 구성하고 계층에 따라 통계적 런 렉스(run length) 부호화하여 점진적으로 전송하는 방법을 사용하였다. 제안한 방법은 점진적 전송시 우선적으로 전송되는 큰 계수 값을 가지는 정보를 전송하기 위하여 필요로 되는 위

치정보의 크기를 감소시켰고, 고압축시 발생하는 블록킹 효과를 줄일 수 있었을 뿐만 아니라, 대역별 가변 비트 플레인 전송방식을 취함으로써 전송시간을 크게 감소시킬 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어 2장에서는 웨이브렛 변환의 기본적인 개념과 웨이브렛 기저의 적용에 대해서 기술하고, 3장에서는 계층적 부호화의 장점과 제한한 알고리즘을 설명한다. 그리고, 4장에서는 실험 환경 및 실험 결과를 나타내고 이를 검토한 후, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 웨이브렛 변환

2.1 웨이브렛 변환

WT란 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성을 갖는 웨이브렛 기저함수(basis function)의 선형 결합(superposition)으로 나타내는 것을 말하며, 다음과 같은 수식으로 표현된다.

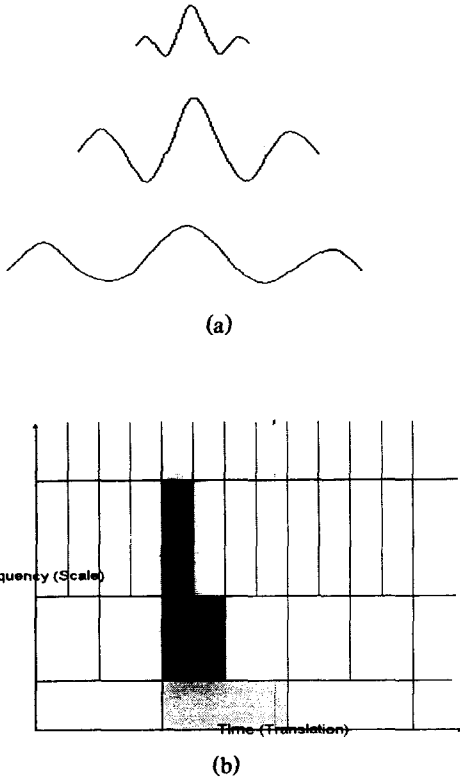
$$h_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} h\left(\frac{t-b}{a}\right), a, b \in R \quad (2.1)$$

큰 a 값에 대해서는 기저함수는 모 웨이브렛(mother wavelet)[9]을 팽창시킨 형태로 저주파의 기저함수가 되고, 작은 a 값에 대해서는 모 웨이브렛을 수축시킨 형태로 고주파의 기저함수가 된다. WT는 다음과 같이 정의된다.

$$X_w(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{+\infty} h^*\left(\frac{t-b}{a}\right) x(t) dt \quad (2.2)$$

(그림 2.1)에서 보듯이 원형 웨이브렛을 수축/팽창시키는 스케일 변수인 a 가 작으면 시간축 상에서 좁은 구역에 놓이게 되며 Heisenberg의 불확정성 원리에 의해 주파수 축에서 넓은 영역을 차지한다. 따라서 ψ 를 고주파수 대역에서 세밀한 해상도를 가지게 하고 낮은 주파수 대역에 대해서는 상대적으로 나쁜 시간 해상도를 가지게 할 경우 긴 저주파수 성분에서의 갑자기 나타나는 고주파수 성분이 섞인 신호의 경우에도 쉽게 처리할 수 있다. 따라서 자연영상의 경우 화소의 값이 천천히 변해가며, 어느 순간 물체의 가장자리 부분에서 화소의 값이 바뀔을 생각하면 WT

를 영상 압축에 이용함으로써 윤곽을 뚜렷이 살리면서도 최대한 압축이 가능함을 알 수 있다.



(그림 2.1) WT의 기저함수와 주파수 해상도
 (a) 기저 함수 (b) 시간과 주파수 영역에서의 해상도
 (Fig. 2.1) Basis of wavelet transform and frequency resolution
 (a) Basis functions (b) Time-frequency space resolution

2.2 웨이블릿 기저의 적용

(1) 쌍직교 웨이블릿 기저

계수 값들이 평이(smooth)한 영상들에 있어서 정확한 복원을 위한 대역분할 부호화 방법은 이상적으로 평이한 모 웨이블릿(mother wavelet)을 가진 정규직교 기저이어야 하며, 빠른 연산 수행을 위해서는 필터의 계수(filter tap)들이 적어야만 한다. 또한 FIR 필터는 위상의 보상 없이 계층적 필터 구조로 쉽게 구현되어지기 위해서 선형적 위상(linear phase) 이어야

만 한다. 왜냐하면 피라미드 필터구조에서 중첩되어 사용되어질 수 있어야 하므로, 각 단계에서 일일이 위상에 대한 보상을 해 줄 필요가 없어야 하기 때문이다. 선형 위상의 특성을 만족시키기 위해선 다음의 식과 같이 정규직교 특성을 완화시킨, 쌍직교 기저들(biorthogonal bases)[10]을 사용해야 한다.

$$a_{m-1, n}(f) = \sum_l [\tilde{h}_{2n-l} a_{m, n}(f) + \tilde{g}_{2n-l} c_{m, n}(f)] \quad (2.3)$$

위 식에서 $a_{m, n}(f)$ 와 $c_{m, n}(f)$ 는 다음과 같다.

$$a_{m, n}(f) = \sum_k h_{2n-k} a_{m-1, k}(f)$$

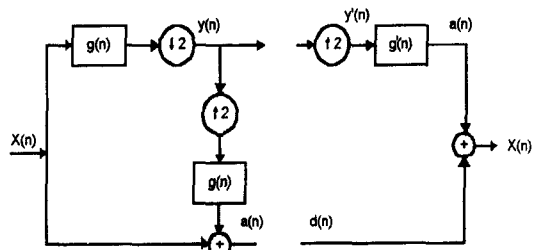
$$c_{m, n}(f) = \sum_k g_{2n-k} a_{m-1, k}(f)$$

또한, 완전 복원을 위해서 식 (2.3)은 다음과 같은 조건이 만족되어야 한다.

$$\begin{aligned} \tilde{g}_n &= (-1)^n h_{-n+1} \\ g_n &= (-1)^n \tilde{h}_{-n+1} \quad \sum_n h_n \tilde{h}_{-n+2k} = \delta_{k,0} \end{aligned} \quad (2.4)$$

(2) 다해상도 피라미드

라플라시안 피라미드(Laplacian Pyramid)[11]는 다음 (그림 2.2)와 같이 원 신호 $X(n)$ 을 저주파 신호 $y(n)$ 과 차신호 $d(n)$ ($d(n) = x(n) - a(n)$)으로 분리한다. $a(n)$ 은 $y(n)$ 으로부터 $x(n)$ 을 근사화한 신호이다. (그림 2.2)는 1단(one stage) 라플라시안 피라미드에 해당하며, 이 과정을 순환적으로 반복하여 원신호를 다해상도 구조로 분할할 수 있다.

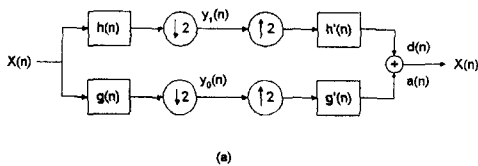


(그림 2.2) 피라미드 구조의 블록도
 (Fig. 2.2) Block diagram of pyramid structure

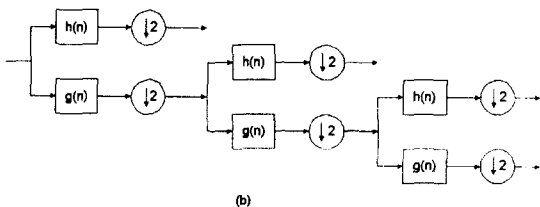
영상을 WT와 같이 다중 해상도로 표현할 경우 각 대역에 적합한 부호화를 선택할 수 있고 점진적 전송이 용이하고 인간 시각 체계의 민감도에 따라 각 대역에 서의 왜곡(distortion)을 조절할 수 있어서 화질에 영향을 적게 주면서 높은 압축율을 얻을 수 있다. 다중 해상도의 표현에서는 에너지의 대부분이 계층적 구조에서의 상위 레벨에 모이고, 하위 레벨은 시각적으로 중요한 정보인 에지정보를 가지고 있기 때문에 선택적 부호화가 가능하다.

(3) 대역분할 부호화

인간의 시각 시스템은 입력영상을 여러 개의 연속되는 공간주파수 대역으로 분할하는 기능이 있으며 분리된 특정대역의 주파수 정보는 타대역의 정보와 독립적으로 처리된다. 영상의 대역 분할 부호화에서는 위와 같은 인간시각 체계의 특징을 이용하여 입력신호를 여러 개의 주파수 대역으로 분할한 후, 각 대역신호를 간축(decimation)하여 해당 대역의 통계적 특성에 최적인 부호화뿐만 아니라, 인간의 시각특성에 따른 적응적 부호화를 할 수 있다. 대역분할 부호화 방법은 입력신호를 분해(analysis)/합성(synthesis)하는 필터와 분할한 각 대역 신호를 독립적으로 부호화, 전송, 복원하는 부분으로 구성된다.



(a)



(b)

(그림 2.3) 대역분할 부호화 체계

(a) 다운/업 샘플링에 의한 고주파 대역과 저주파대역의 근사화

(b) 이산 웨이브렛 변환의 필터 뱅크

(Fig. 2.3) Structure of hierarchical subband coding
(a) Approximation of high and low frequency by down/up sampling

(b) Filter bank of DWT

(그림 2.3(a))는 원신 $x(n)$ 을 두 개의 대역성분 $y_0(n)$ 과 $y_1(n)$ 으로 나누고 다시 복원하는 과정이다. 필터 $g(n)$ 과 $h(n)$ 은 각각 저주파, 고주파, 통과 필터에 해당하므로 이들을 통과한 신호는 정보의 손실 없이 결국 원신호와 동일한 개수의 샘플 수가 유지된다. 그리고, (그림 2.3(b))는 이산 웨이브렛 변환의 필터 뱅크를 나타낸 것이다.

3. 계층적 부호화와 제안한 알고리즘

3.1 계층적 부호화의 장점

계층적 부호화의 장점은 다음과 같다. 첫째, 데이터 전송시 손실 등으로 인한 에러보상(errorconcealment)에 적합하다. 둘째, 계층적 부호화는 영상서비스를 가입자의 요구에 부합시키는 데 용이하다. 셋째, 계층적 부호화는 수 Mbps의 영상서비스에서 수백 Mbps의 HDTV에 이르기까지 여러 종류의 영상서비스 간의 호환성(compatibility)을 보장한다. 그러므로 모든 종류의 영상서비스를 동일한 부호화 방식으로 통합시킬 수 있다. 따라서 계층적 부호화는 영상전화부터 HDTV까지 확장 가능한 개념을 포함하며 모든 영상서비스가 하나의 통합된 부호화로 이루어질 수 있음을 의미한다.

3.2 제안한 영상 부호화

제안한 알고리즘은 Antonini의 9-7tap 웨이브렛 필터를 사용하여 256×256 영상을 4레벨 웨이브렛변환을 하였고, 새로운 영역 설정방법을 사용하여 변환된 영역에 대해 각각의 비트플레인 구성하고 각 레벨의 특징에 따라 런-랭스 부호화하는 방식을 사용하였다.

(1) 비트 플레인의 개념

비트 플레인(bit plane) 영상이란 다중 레벨 영상을 이진영상들로 분리하여 나타낸 영상을 말한다. m 비트로 그레이 스케일된 영상의 계조도는 다음의 식과 같은 다항식으로 나타낼 수 있다.

$$a_{m-1}2^{m-1} + a_{m-2}2^{m-2} + \dots + a_02^0 \tag{3.1}$$

위 식을 이용한 0차 비트 플레인 영상은 각 화소의 a_0

비트만을 이용하여 구성될 수 있으며, $m-1$ 차 비트 플레인 영상은 각 화소의 a_{m-1} 비트만 이용하여 구성된다. 256계조도를 가지는 영상인 경우 $m=8$ 이 된다.

(2) 영상의 점진적 전송

일반적으로 좌표 (i, j) 인 곳에서의 픽셀 값(pixel value)을 $p_{i,j}$ 라고 가정하자. 정의를 간단히 하기 위하여 2차원 배열형태를 취하면

$$c = \Omega(p) \tag{3.2}$$

같이 표현된다. 여기서 $\Omega(\cdot)$ 은 단위 계층적 대역 변환을 나타낸다. 여기서 2차원 배열 c 는 p 와 동일한 차원을 가지며, 각 요소 $c_{i,j}$ 는 좌표 (i, j) 에서의 변환 계수값(transform coefficient)이라 한다. 점진적 영상 부호화를 위하여 $c_{i,j}$ 가 가장 작은 비트를 차지하는 고정된 크기(fixed point)의 2진수 형태를 가지며, 정수 형태라고 가정한다.

점진적 영상 전송에 있어서, 디코더는 초기에 복원 벡터 \hat{c} 를 0으로 한다 그리고 부호화된 정보에 따라 각 요소를 갱신한다. 근사화된 계수값들을 수신한 후, 디코더는 복원된 영상을 얻을 수 있으며, 수식은 아래와 같다.

$$\hat{p} = \Omega^{-1}(\hat{c}) \tag{3.3}$$

점진적 영상 전송에 있어서의 주요한 목적은 큰 왜곡을 줄일 수 있는 가장 의미(significant) 있는 정보를 선택하기 위한 것이다. 이런 선택을 위하여 우리는 MSE(mean squared-error) 왜곡 척도를 사용했다.

$$D_{mse}(P - \hat{P}) = \|p - \hat{p}\| / N = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j (p_{i,j} - \hat{p}_{i,j})^2 \tag{3.4}$$

여기서 N 은 픽셀의 수이다. 그리고 우리는 유클리디안 놈(euclidian norm)이 단위 변환 Ω 에 대해서 불변이다 라고 하는 원리를 이용할 수 있다. 즉,

$$D_{mse}(p - \hat{p}) = D_{mse}(c - \hat{c}) = \frac{1}{N} \sum_i \sum_j (c_{i,j} - \hat{c}_{i,j})^2 \tag{3.5}$$

식 (3.5)로부터 변환 계수 $c_{i,j}$ 의 정확한 값이 디코더 측에 전송된다면, MSE의 값이 $|c_{i,j}|^2/N$ 에 따라

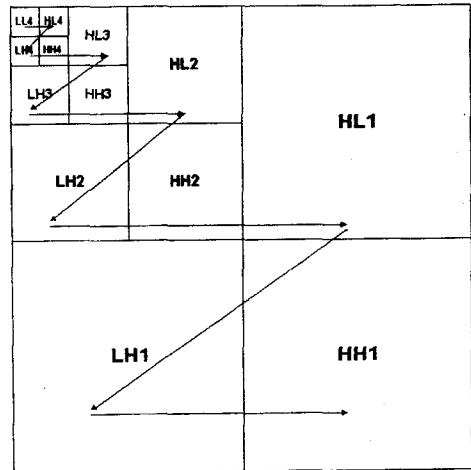
감소한다는 것을 알 수 있다. 이것은 큰 크기를 가지는 계수들이 큰 정보량을 가지고 있기 때문에 우선적으로 전송되어야 함을 의미한다. 위의 내용은 DeVore [12]에 의하여 제안된 점진적 전송방법과 일맥 상통한다.

(3) 제안한 부호화

제안한 알고리즘은 아래 <표 3.1>에서 제시된 것과 같은 Antonini[13] 웨이브렛의 9-7 tab을 사용하여 원 영상을 (그림 3.1)에서와 같이 4레벨로 다해상도로 분해하여 그림과 같은 순서로 점진적 전송을 하였다.

<표 3.1> 적용된 Antonini의 분해 및 합성 필터
<Table 3.1> Antonini's decomposition and synthesis filters.

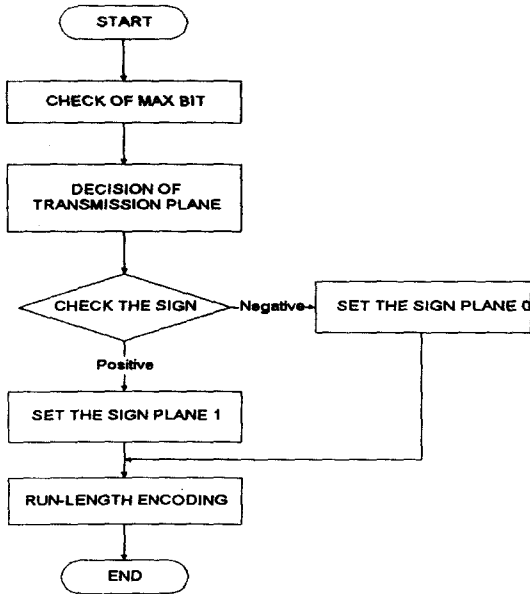
n	0	±1	±2	±3	±4
$2^{-1/2} \hat{h}_n$	0.602948	0.266864	-0.078223	-0.016864	0.026749
$2^{-1/2} \hat{h}_n$	0.55743	0.295636	-0.028772	-0.045636	0



(그림 3.1) 다차원 대역에서의 스캐닝 순서
(Fig. 3.1) Scanning order on multi-dimensional band

(그림 3.2)와 (그림 3.3)은 제안한 알고리즘에 대한 흐름도이다.

제안한 알고리즘을 정리해서 나타내면 다음과 같다.



(그림 3.2) 부호 플레인의 부호화
(Fig. 3.2) Encoding the sign plane

ALGORITHM

1단계: 최상위 비트 플레인의 크기를 조사한다.

$$n = \log_2(\max_{(i, j)} \{|c(i, j)|\})$$

2단계: 전송하고자 하는 비트 플레인을 설정하여 부호 플레인(sign plane)을 런-랜스 부호화하여 전송한다.

- i. 전송하려는 비트 플레인까지만의 부호를 검사한다.
- ii. 양수는 0으로 음수는 1로 설정하여 런-랜스 부호화한다.

3단계: 각 비트별 비트 플레인을 구성 부호화 한다.

- i. 좌표 $\eta(k)$ 에 대한 계수 값들의 범위를 설정한다.
 $2^n \leq |c_{\eta(k)}| < 2^{n+1}$
- ii. 위의 범위에 들어가는 개수를 파악하고, 해당범위의 값을 1로 세팅한다.
- iii. 전송시 1의 개수를 검사하여 같으면 전송을 중지한다.

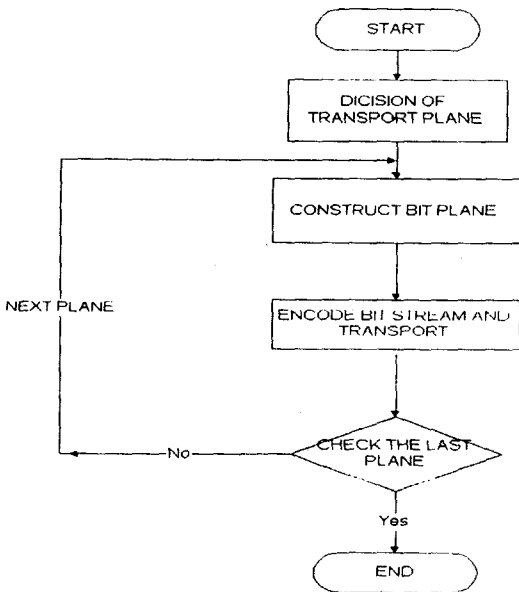
4단계: 전송하려는 비트 플레인까지 3단계를 반복한다.

4. 실험 및 검토

4.1 실험 환경

본 연구에서는 제한한 부호화기의 성능을 분석하기 위하여 다양한 통계적 특성을 가지는 256×256 영상과 256 계조도를 갖는 10장의 학습영상을 사용하였으며, 각각의 영상에 대하여 4레벨까지 Antonini의 9-7 tab을 적용하여 계층적 대역분할을 수행하였으며, 또한 각 대역간의 변환 계수값들을 조사하여 계수값의 크기에 따라 점진적 전송을 하였다.

본 연구는 PC(586-90MHz)에서 수행하였으며, 각 비트 플레인간의 구분과 각대역별 구분을 위하여 3 바이트의 헤더를 사용하였다. <표 4.1>과 <표 4.2>는 부호화시 각 대역별 0과 1의 런에 대한 비트 할당을 표로 보여준 것이다. <표 4.1>은 0의 런에 대한 대역별 비트 할당을 보여준 것인데, 런의 범위가 할당된 비트를 넘어서면 1비트를 할당하여 데이터의 연속인지 또는 새로운 데이터의 출현인지를 결정하고, 연속된 데이터의 형태라면 추가 비트를 할당한다.



(그림 3.3) 데이터 비트 플레인의 부호화
(Fig. 3.3) Encoding of data bit plane

〈표 4.1〉 0 런에 대한 비트 할당
 〈Table 4.1〉 Bit allocation of zero run.

band	number of 0 run	bit allocation
LL4~HH4	$0 \leq x < 8$	3
	$8 \leq x < 16$	7
	$16 \leq x < 24$	11
HL3~HH3	$0 \leq x < 32$	5
	$32 \leq x < 64$	11
	$64 \leq x < 96$	17
HL2	$0 \leq x < 128$	18
	$128 \leq x < 1024$	18
LH2	$0 \leq x < 256$	8
	$256 \leq x < 1024$	19
HH2	$0 \leq x < 256$	8
	$256 \leq x < 2048$	20
HL1~HH1	$0 \leq x < 512$	9
	$512 \leq x < 5096$	22

〈표 4.2〉 1 런에 대한 비트 할당
 〈Table 4.2〉 Bit allocation of one run.

band	number of 1 run	bit allocation(code)
LL4~HH4	$0 \leq x < 8$	3
	$8 \leq x < 16$	7
	$16 \leq x < 24$	11
	$24 \leq x < 32$	15
HL3~HH3	$0 \leq x < 4$	2
	$4 \leq x < 8$	5
	$8 \leq x < 12$	8
HL2~HH1	$12 \leq x < 16$	11
	1	1(1)
	2	2(01)
	3	3(001)
	4	4(0001)
	5	5(00001)
	6	6(000001)
	7	7(0000001)
	8	8(00000001)
	9	9(000000001)
10	10(0000000001)	

〈표 4.2〉는 1의 런에 대한 비트 할당을 표로 보여준 것이다. 〈표 4.2〉는 HL2 대역부터는 〈표 4.1〉의 방식과는 달리 0의 런의 개수에 비하여 1의 런의 개수는 발생 빈도수가 현저히 적기 때문에 엔트로피(entropy) 부호화 방식을 사용하여 비트 할당을 한 것이다.

재구성 영상의 화질을 평가하는 방법으로 RMSE (root mean square error)와 PSNR(peak signal to reconstruction noise error)을 사용하였다. $N \times N$ 영상을 A 라 하고 복원된 영상을 \hat{A} 라 표시했을 경우 RMSE는 다음과 같이 식 (4.1)로 표시되고 여러 영상의 표준 편차(standard deviation)를 나타낸다.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N^2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (A(i, j) - \hat{A}(i, j))^2} \quad (4.1)$$

RMSE를 이용한 PSNR(dB)의 측정은 8비트(0~255) 영상에 대해 다음과 같은 식(4.2)을 이용하여 계산한다.

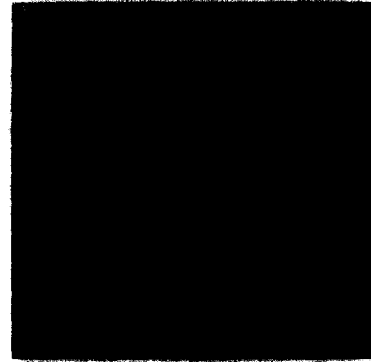
$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{RMSE} \right) \quad (4.2)$$

4.2 실험 결과 및 검토

제안한 영상부호화기는 주어진 영상을 웨이브렛으로 4레벨 13대역으로 분할한 다음, 대역별로 순차적으로 가변 비트 플래인을 설정한 후, 제안한 알고리즘을 적용하여 부호화하였다. (그림 4.1)과 (그림 4.2)는 Lenna의 원영상과 영상에 대한 4레벨 WT를 한 영상이고, (그림 4.3), 4.4, 4.5, 4.6은 Lenna영상에 대하여 10비트 플래인중 4플레인부터 7플레인까지 영상을 각각 나타낸 것이며, 〈표 4.3〉은 그에 대한 압축율과 화질 및 부호화 시간을 나타낸 것이다. 비트 플래인의 번호가 증가함에 따라 압축율은 높아지고, PSNR은 낮아짐을 알 수 있다.

〈표 4.4〉는 가변 비트 플래인 전송방식과 고정 비트 플래인 전송방식의 성능 비교표이다. 가변 비트 플래인 전송 방식은 (그림 4.7)과 같이 각 대역별로 가변적인 비트 플래인을 선택하여 전송하는 방식을 말하며, 고정 비트 플래인 전송방식은 모든 대역에 고

정된 비트 플레인 선택하여 전송하는 방식을 말한다. <표 4.4>에 나타낸 것은 대표적으로 5비트 플레인으로 고정된 전송방식의 성능을 나타낸 것이다. 이 두 가지 방식을 비교해 보면 상대적으로 압축율은 가변 비트 플레인 방식이 높고, PSNR은 고정 비트 플레인 방식이 높은 것을 알 수 있다. 그러나, <표 4.3>에 나타낸 바와 같이, 고정된 6비트 플레인을 사용하게 되면 가변 비트 플레인을 사용했을 때보다 PSNR은 낮아지고, 압축율은 높아진다. 또한, 고정된 4비트 플레인을 사용하게 되면 그와 반대의 성능을 나타낸다. 따라서, 고정 비트 플레인 전송 방식은 압축율과 PSNR 측면에서 서로 상반되기 때문에 이들 두 가지 성능을 적절히 유지하기가 어렵다. 이에 반해, 가변 비트 플레인 전송방식은 영상의 특성에 따라 대역별로 가장 적합한 비트 플레인을 선택할 수 있기 때문에 압축율과 PSNR을 유효 적절하게 유지할 수 있다는 장점을 가지고 있다. <표 4.4>에서 Baboon 영상의 경우는, 어떤 필터를 사용하여도 전체적으로 다른 영상에 비하여 부호화 효율이 많이 떨어지는 것을 볼 수 있는데, 이는 영상이 상당히 복잡하여 저주파 대역으로 정보가 집중되지 않기 때문이다. Miss America 영상과 같이 단순 영상인 경우, WT를 이용하여 정보를 상위 대역에 집중시킴으로써 높은 압축율과 뛰어난 화질을 얻을 수 있었다.



(그림 4.2) 4레벨 WT한 Lena 영상
(Fig. 4.2) 4 level wavelet transformed lenna image



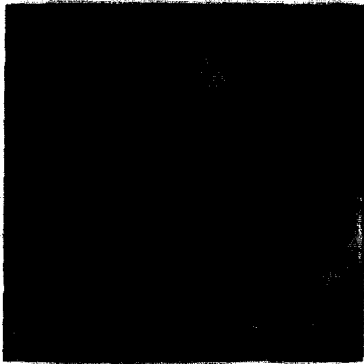
(그림 4.3) 4비트 복원 영상
(Fig. 4.3) 4bit reconstruction image



(그림 4.1) Lena의 원영상
(Fig. 4.1) Original image of lenna



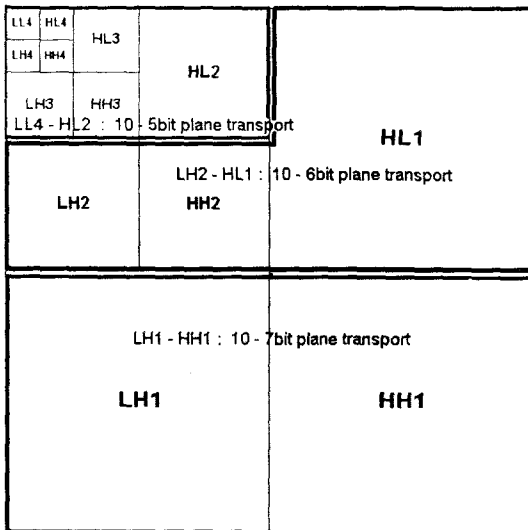
(그림 4.4) 5비트 복원 영상
(Fig. 4.4) 5bit reconstruction image



(그림 4.5) 6비트 복원 영상
(Fig. 4.5) 6bit reconstruction image



(그림 4.6) 7비트 복원 영상
(Fig. 4.6) 7bit reconstruction image



(그림 4.7) 대역별 전송 플레인 결정도
(Fig. 4.7) Decision of transport bitplane for band

<표 4.3> Lenna 영상에 대한 각 비트 플레인별 성능 비교
<Table 4.3> Performance comparison between each bit plane for lenna.

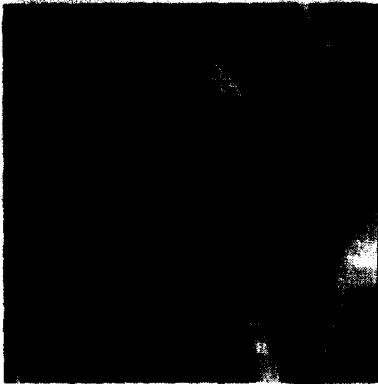
bit plance	bpp	PSNR(dB)	encoding time (sec)
4	1.59	35.00	1.68
5	0.74	30.91	1.56
6	0.31	26.88	1.35
7	0.11	23.00	1.10

<표 4.4> 가변 비트 플레인 전송방식과 고정된 비트 플레인 방식 비교

<Table 4.4> Comparison between variable bit plane transmission method and fixed bit plane transportation method.

image	transport variable bit plane		transport 5bit plane	
	bpp	PSNR(dB)	bpp	PSNR(dB)
lenna	0.50	29.48	0.74	30.91
miss	0.11	35.23	0.13	35.82
baboon	0.67	23.72.	1.70	26.54
cman	0.46	26.66	0.80	30.12
woman	0.38	28.17	0.81	30.97
couple	0.29	30.27	0.37	31.67
girl	0.27	30.34	0.38	31.62
church	0.37	28.53	0.57	30.02

제안한 알고리즘을 Shapiro[14, 15]가 제안한 EZW 방식과 비교해 보면, 256 × 256 크기의 Lenna 흑백 영상의 경우, EZW는 0.5bpp에서 31.45dB의 화질을 유지하면서 부호화 시간은 31초가 소요되었으나, 제안한 알고리즘은 0.5bpp에서 29.48dB의 화질을 유지하면서 부호화 시간은 1.47초가 소요되었다. 따라서 제안한 알고리즘을 Shapiro[14, 15]가 제안한 EZW 방식에 비하여 다소 화질은 떨어지지만, EZW 방식에서 취하여야 하는 화소의 크기 값과 위치정보를 줄임으로써 부호화 시간을 크게 줄일 수 있었다. 또한, 제안된 방식과 표준 JPEG[16]을 비교해 보면, (그림 4.8)과 (그림 4.9)에 나타낸 바와 같이, 동일한 압축율에서 JPEG 방식에서 발생하는 블록킹(blocking) 현상을 현저하게 줄일 수 있었다.



(그림 4.8) 복원 영상
(Fig. 4.8) Reconstruction image



(그림 4.9) 0.50bpp JPEG 복원 영상
(Fig. 4.9) 0.50bpp JPEG reconstruction image

5. 결 론

본 논문에서는 ATM과 같은 광대역통신망의 특성인 다해상도 영상서비스의 제공 및 점진적 전송의 특성을 만족시키기 위하여 WT를 이용한 영상의 계층적 대역분할 부호화기를 제안하였다. 제안한 알고리즘의 주안점은 WT를 이용하여 다차원 해상도를 가지는 피라미드를 구성하고, 계층에 따라 통계적 부호화를 하였다. 제안한 알고리즘은 기존의 정지영상 압축방법에서 발생하는 블록킹 현상을 제거할 수 있었으며, 대역별 가변 비트플레인 전송방식을 취함으로써 점진적 영상 전송방법에 비해 부호화 시간을 줄일 수 있었다. 또한, 제안된 알고리즘은 영상의 특성에

따라 대역별로 가장 적합한 비트 플레인을 선택함으로써 압축율과 PSNR을 적절히 조절할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

참 고 문 헌

- [1] K. R. Rao and P. Yip, 'Discrete Cosine Transform Algorithms, Advantages, Applications', Academic Press Inc., New York, 1990.
- [2] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, 'JPEG still image data compression standard', van nostrand reinhold, New York, 1993.
- [3] A. Gersho and Robert M. Gray, 'Vector Quantization and Signal Compression', Kluwer Academic Publishers, Boston, 1992.
- [4] H. O. Peitgen, H. Jurgens and D. Saupe, 'Chaos and Fractals', Springer Verlag New York, 1991.
- [5] Manfred Schroeder, 'Fractal, Chaos, Power Laws', W.H.Freeman and Company New York, 1991.
- [6] Martin Vetterli and Jelena Kovacevic. 'Wavelets and Subband Coding', Prentice-Hall Inc., London, 1995.
- [7] J. W. Wood and S. D. O'Neil, "Subband Coding of Images", IEEE ASSP Mag., Apr. 1984.
- [8] M. Rabbani and Paul W. Jones, "Digital Image Compression Techniques", SPIE, Washington, 1995.
- [9] Randy K. Young, 'Wavelet Theory and Its Applications', Kluwer Academic Publishers, Boston, 1993.
- [10] A. Cohen, Ingrid Daubechies, J. C. Feauvea u, "Biorthogonal basis of compactly supported wavelets", Comm. Pure Appl. Math., vol XIV, pp. 485-560, 1992.
- [11] P. J. Burt and E. H. Adelson, "The Laplacian pyramid as a compact image code", IEEE Trans. commun, vol 31 pp. 532-540, April 1983.
- [12] R. A. Devore, B. Jawerth, and B. j. Lucier, "Image compression through wavelet transform coding", IEEE Trans. Inform. Theory, vol. 38,

pp. 719-746, March 1992.

- [13] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, "Image coding using lattice vector quantization of wavelet coefficients", IEEE ICASSP, pp. 2273-2276, 1991.
- [14] J. M. Shapiro, "An Embedded Wavelet Hierarchical Image Coder", Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech Signal Processing, San Francisco, CA, Mar. 1992.
- [15] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotree of wavelets coefficients", IEEE Trans. Signal Processing, vol. 41, pp. 3345-3462, Dec. 1993.
- [16] T. Lane, 'Independent JPEG Group's free JPEG software', 1991.



김 정 일

1989년 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1994년 8월 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1995년~현재 명지대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중

주관심분야: 영상통신, 음성통신, 멀티미디어 시스템



안 광 태

1995년 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1997년 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1997년~현재 대우통신주식회사 노트북 PC 개발실 근무중

주관심분야: 영상압축, 멀티미디어



김 재 철

1992년 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1996년~현재 명지대학교 대학원 전자공학과 석사과정 재학중

주관심분야: 영상통신, 영상처리 멀티미디어



유 충 열

1988년 명지대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1991년 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1996년 명지대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1994년~현재 여주전문대학 전자과 조교수

주관심분야: 컴퓨터 아키텍처, 병렬처리 컴퓨터 시스템, ASIC



이 광 배

1979년 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1979년~1981년 고려대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 1981년 3월~1982년 3월 삼성반도체연구소
 1982년 3월~1983년 4월 금성연구소

1984년~1986년 Univ. of Southern California, Computer Engineering 전공(공학석사)
 1986년~1991년 Arizona state Univ., Electrical Engineering 전공(공학박사)
 1992년~현재 명지대학교 전자공학과 부교수
 1994년~현재 대한 전자공학회 논문편집위원
 주관심분야: 멀티미디어(영상 및 음성 신호처리), 병렬처리 및 고속 컴퓨터(prolog 방식), Communication System(고장 감내형).



김 현 욱

1978년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1980년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학석사)
 1987년 2월 고려대학교 전자공학과 졸업(공학박사)
 1980년~1981년 2월 동양공업전문대학 전자과 전임강사

1981년 3월~1988년 1월 명지대학교 전자공학과 교수
 1988년 2월~1990년 1월, Dept. of Computer Science of Arizona State University Adjunct Faculty
 1990년 3월~현재 명지대학교 전자공학과 교수
 주관심분야: 병렬처리 컴퓨터 시스템, 고장 감내 시스템, 멀티미디어 시스템(영상통신, 음성통신)