

EZW의 수정된 제로트리를 이용한 영상 압축

(Image Compression using Modified Zerotree of the Embedded Zerotree Wavelet)

엄 제 덕^{*} 이 지 범^{**} 구 하 성^{***} 김 진 태^{****}
(Je-Duk Uhm) (Ji-Bum Lee) (Ha-Sung Koo) (Jin-Tae Kim)

요 약 EZW는 웨이블릿 변환된 영상을 효과적으로 부호화하는 알고리즘이다. 이 알고리즘에서 영상의 웨이블릿 변환 계수는 정해진 기호들 중의 하나를 부여받고, 그 계수의 중요도의 순서에 따라 부여받은 기호를 부호화한다. 본 논문에서는 EZW에서 사용하는 기호들을 분석하고 수정된 EZW 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법에서는 중요한 IZ 기호를 계수의 절대값뿐만 아니라 여러 조건들을 검사하여 결정한다. 중요도가 낮은 IZ 기호의 발생 확률을 줄이고 비트를 절감하여 복원 영상의 화질을 개선하였다.

키워드 : 웨이블릿 변환, 중요도, IZ, 화질 개선

Abstract EZW (Embedded Zerotree Wavelet) is an efficient algorithm to encode wavelet-transformed image. In this algorithm, each coefficient of wavelet transformed image is given one of the specific symbols and encoded according to its significant priority. In this paper, we analysis the occurrence conditions of symbols in EZW and propose a modified EZW algorithm. In the proposed algorithm, the significance of an IZ (Isolated Zero) symbol is determined by the additional conditions as well as its absolute value. The occurrence of IZ symbols is decreased and the required bits for insignificant IZ symbols is saved, so we obtained good quality of the reconstructed image.

Key words : Wavelet transform, Significant priority, Isolated zero, Good quality

1. 서 론

영상을 디지털 형태로 나타내는 데는 다른 형태의 정보보다 상대적으로 많은 양의 기억 공간이 필요하므로 어떤 중간 처리 없이 영상을 저장, 전송하는 것은 하드웨어의 유연성에 기인하여 큰 부담이 된다. 이로 인해, 영상을 보다 적은 양의 기억 공간에 같은 영상 품질을 유지할 수 있도록 하는 영상 압축 기법이 필요하다. 영상 압축 표준으로는 정지영상을 압축하는 JPEG(Joint Photographic Experts Group)과 동영상 압축 표준인

MPEG(Moving Picture Experts Group) 등이 있다. 또한 차세대 영상 부호화 표준으로 정지 영상의 JPEG2000과 동영상의 MPEG-4[1]가 개발되었다.

웨이블릿 변환은 JPEG2000[2] 등에서 사용되는데, 입력 영상을 고주파 통과 필터와 저주파 통과 필터를 사용하여 다해상도 영상을 표현한다. 또한 영상을 주파수 영역과 공간 영역에서 동시에 표현하므로 영상 분석이나 압축 등의 여러 분야에서 많은 이점을 갖는다[3-4].

EZW(Embedded Zerotree Wavelet)[5]는 웨이블릿 변환된 영상을 효과적으로 부호화하는 알고리즘이다. 웨이블릿 변환 영상의 각 해상도의 동일한 위치의 화소간에 제로트리(zerotree)를 생성하고, 트리 구조의 계층 관계와 점진적으로 양자화 값을 본래의 값에 접근시키는 SAQ(Successive Approximation Quantization)를 사용한다. 그리고 중요도 순으로 비트열을 발생시켜 목표 전송률(target bit rate)과 목표 왜곡율(target distortion)에 부합하도록 부호화할 수 있다. EZW는 발생하는 기호의 종류가 적고, 부호화와 복호화 시에 추가적으로 전

* 본 연구는 한국과학재단 목격기초연구(R02-2000-00278) 지원으로 수행되었음.

† 비 회 원 : (주)ASIC Bank
jeuhm@asicbank.com

** 비 회 원 : 광운대학교 전자통신공학과
haje@clubjd.co.kr

*** 비 회 원 : 한서대학교 컴퓨터정보학과 교수
hskoo@hanseo.ac.kr

**** 정 회 원 : 한서대학교 컴퓨터정보학과 교수
jtkim@hanseo.ac.kr

논문접수 : 2002년 1월 24일

삼사완료 : 2002년 5월 17일

달해야할 정보가 없기 때문에 엔트로피 부호화에도 장점을 제공한다.

EZW에서 사용되는 IZ(Isolated Zero) 기호는 현재의 화소는 의미 없는 값(insignificant value)이지만 하위 계층의 자식들 중에 의미 있는 값(significant value)이 존재함을 의미한다. IZ 기호의 하위 계층에 있는 다른 의미 없는 값들도 위치 정보를 나타내기 위해서 부호화해야 한다. 어떤 경우에는 부호화할 의미 없는 계수가 많지만 의미 있는 자식의 중요도가 높지 않아 복원 영상의 화질에 큰 영향을 미치지 않는 경우도 있다. 즉, 크게 중요치 않은 계수를 부호화하기 위해서 많은 부가적인 부호화 비용을 들인다는 것이다. 본 논문에서는 위와 같은 EZW의 단점을 보완하기 위해 IZ 기호를 여러 기준에 의해 중요도를 판별하고, 중요도 낮은 IZ 기호는 의미 없는 값을 나타내지만 하위 계층의 자식들을 부호화하지 않는 ZTR 기호로 대체하였다. 따라서 중요도가 낮은 고주파 영역의 계수를 부호화하기 위해 소비되는 부호화 비용을 절약하기 위한 방법으로 낮은 중요도를 갖는 IZ 기호를 ZTR 기호로 대체하는 효과적인 방법을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어, 본 논문에서 사용하는 임베디드 부호화 특성을 갖는 EZW 알고리즘을 2장에서 살펴보고, 3장에서 IZ 기호를 중요도를 판별하고 그에 따라 처리하는 제안한 알고리즘에 대해 설명한다. 4장은 컴퓨터 시뮬레이션과 그 결과를 토의하며, 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. EZW 알고리즘

2.1 제로트리 구조

제로트리[6-7]는 웨이블릿 변환 영상에서 각 해상도의 동일한 위치의 화소들 간에 부모-자식 관계를 영상 부호화에 사용한다. 그림 1에 제로트리의 구조를 나타내었다.

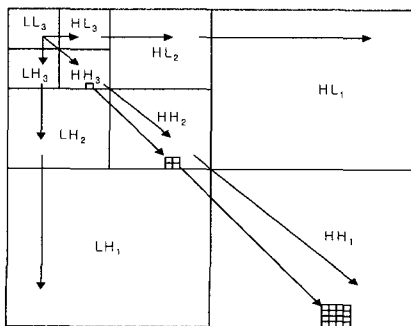


그림 1 제로트리의 구조

웨이블릿 변환 영상의 특성에 의해서 트리 구조를 생성한다. 가장 작은 해상도의 영역에 중요 계수들이 집중되기 때문에 트리 구조의 근원으로 하고, 세부 영역의 계수는 중요도가 상대적으로 낮으므로 자식으로 정하는 것이다. 부모-자식의 관계는 웨이블릿 변환하기 이전의 원영상에서 서로 같은 위치의 화소들 간에 맺어진다. 제로트리 구조를 살펴보면 LL 대역의 계수들은 HL, LH, HH 대역의 3방향으로 각각 하나의 자식과 연결되고, 그 이외의 영역은 자식들의 수의 증가에 의해서 하나의 계수가 네 개의 자식을 갖는다. 제로트리는 방향성을 갖는데 그림 1에서 보면 LL 대역을 제외한 HL, LH, HH 대역은 모두 같은 방향의 세부 영역의 방향으로 연결된다. 결국, LL 대역을 근원으로 하고 HL, LH, HH 대역의 3방향으로 자식들의 수가 증가하는 트리 구조를 갖게 된다. 이러한 제로 트리 구조를 영상 부호화에 적용시킨 알고리즘이 EZW이다.

2.2 EZW 알고리즘

① Dominant 과정

EZW는 제로트리 구조를 갖는 웨이블릿 변환 영상을 정해진 스캐닝 순서에 의해 양자화할 웨이블릿 변환 계수를 임계값과 비교하여 몇 가지의 기호들로 표현한다. Dominant 과정에서 사용되는 기호들은 다음과 같다. 의미 있는 계수의 기호로 POS와 NEG가 있으며, 의미 없는 계수를 나타내는 기호로는 IZ와 ZTR이 있다. 그림 2는 dominant 과정의 흐름도를 나타낸다.

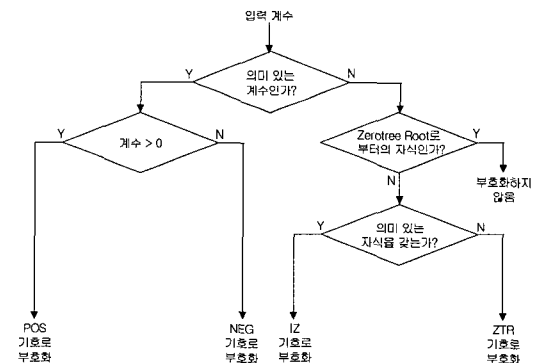


그림 2 Dominant 과정에서의 계수 부호화 흐름도

② Subordinate 과정

Dominant 과정에서 정해진 기호를 subordinate 과정에서는 양자화를 한다. 먼저 dominant 과정의 기호를 초기 값으로 양자화하고, 양자화 값과 실제 계수의 차이를 '보다 크다'와 '보다 작다'라는 의미를 가지는 두 기

호를 사용하여 점진적으로 본래의 계수와 근사하도록 한다. Subordinate 과정에서 사용하는 기호들은 HIGH와 LOW가 있으며, HIGH는 실제 계수의 절대값이 양자화된 값의 절대값보다 큰 경우이고, LOW는 반대의 경우이다. 이와 같은 과정을 여러번 반복하여 초기 양자화 값이 점진적으로 실제 값에 근접해지도록 한다.

EZW의 부호화 과정은 미리 정해진 순서에 의해서 진행된다. 이는 계수의 위치 정보를 위한 것으로, 부호화에서처럼 정해진 순서에 의해서 복호화하기 때문에 계수의 위치 정보를 전송할 필요가 없다. 또한 부호화 순서에 의해서 임베디드 부호화(embedded coding)[8]가 가능하다.

3. IZ 기호 발생 빈도를 줄이는 알고리즘

3.1 IZ 기호의 특성과 부호화

EZW의 dominant 과정에서는 웨이블릿 변환 계수를 제로트리에서의 위치와 절대값의 크기에 의해 POS, NEG, IZ, ZTR의 네 가지 기호로 부호화한다. 본 논문에서는 이 중 IZ 기호의 역할과 특성에 대해 분석하여 EZW 알고리즘에서 IZ 기호를 처리하는 부분을 수정하였다. 즉, 부가적인 부호화 비용이 크지만 중요도가 낮은 경우에 IZ 기호로 부호화하지 않고 ZTR 기호로 부호화하여 부가적인 부호화 비용을 절약하고, 이를 이용하여 복원 영상의 화질을 개선할 수 있는 방법을 연구하였다.

그림 2의 dominant 과정의 부호화 흐름도 중에서 ZTR 기호로 부호화된 계수의 자식들은 의미 없는 계수일 경우 부호화하지 않음을 나타내고 있다. ZTR 기호는 자식들도 모두 의미 없는 계수일 경우에 부호화되는 기호이다. 즉, 부모가 ZTR 기호로 부호화된 계수이면 자식들 중에 의미 있는 계수가 있는 경우는 없다. ZTR 기호에 의해 자식들의 부호화를 행하지 않음에 따라 발생하는 압축에 대한 이점은 크다. 웨이블릿 변환 특성에 의해 하위 계층일수록 자식의 수가 증가하여 부호화해야 할 계수의 수가 많아지므로, 이를 수행하지 않아도 된다면 그 만큼의 부호화 비용을 절약할 수 있다.

IZ 기호는 자신은 의미 없는 계수이지만 자식들 중에 의미 있는 계수가 있을 경우에 부호화된다. 이는 자신과 자식들 모두 의미 없는 계수일 경우 부호화되는 ZTR 기호와 구분된다. 이것은 제로트리 구조의 중간 단계에 의미 없는 계수들이 더 많다고 하여도 마찬가지이다. 몇 개 혹은 하나만의 의미 있는 계수를 위하여 여러 개의 의미 없는 계수의 부호화를 수행해야 하기 때문에 부호화 부하가 많이 걸리는 IZ 기호가 발생한다.

표 1은 512×512 크기의 영상을 EZW 알고리즘에 의해 처리한 경우의 부호화된 기호의 수를 나타낸다. 표 1의 결과는 Daubichies (7)(9) 웨이블릿 변환 필터를 사용하여 3번 웨이블릿 변환하여 얻어진 결과이다. 표 1에서 보듯이 IZ 기호와 ZTR 기호로 부호화된 횟수가 많음을 알 수 있다. 결과적으로 표 1에서 의미하는 것은 IZ 기호에 의한 하위 계층의 부가적인 부호화가 무시할 수 없을 정도로 수행이 된다는 것을 증명한다. 특히, IZ에 비해서 ZTR 기호의 발생빈도가 5배정도 많이 나타난다는 것은 IZ 기호로 부호화된 계수의 하위 계층에 의미 있는 계수의 수보다 의미 없는 계수의 수가 많다는 것을 의미한다.

표 1 Dominant 과정에서 부호화된 기호의 수

기호	POS	NEG	IZ	ZTR
Tiffany	84095	80205	54433	252491
Lena	92988	88624	54866	267645
Couple	103956	100959	56180	285564

그림 3은 IZ 기호와 하위 계층의 부호화의 3세대에 걸친 관계를 나타낸 것이다. IZ 기호로 부호화된 계수와 하위 계층의 의미 있는 계수가 한 계층의 차이 이상인 경우, 즉 IZ 기호보다 ZTR 기호의 발생 빈도가 많은 경우는 일반적인 영상에서 그림 3과 같은 불합리한 구조가 빈번하게 나타난다. 이런 불합리한 부호화를 하는 이유는 스캐닝 순서가 곧 위치 정보를 대신하므로 의미 있는 계수가 나타날 때까지는 IZ 기호나 ZTR 기호로 계속 부호화를 해야하기 때문이다.

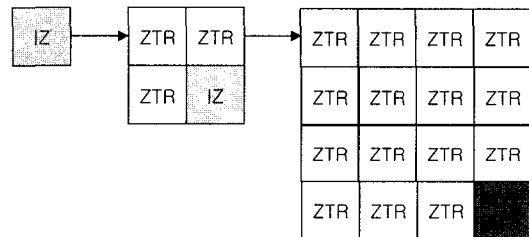


그림 3 IZ 기호에 의한 하위 계층 부호화

3.2 수정된 EZW 알고리즘

본 논문은 IZ 기호로 부호화를 수행하는데 있어 더욱 효과적인 방법을 제안한다. 그림 3에서와 같이 하위 계층의 의미 있는 계수를 위해 의미 없는 중간 단계도 부호화 해야하는 EZW의 단점을 보완한다. IZ 기호에 의해 수행되는 부가적인 많은 기호의 부호화 과정을 줄임

으로써 부호화 성능의 향상을 도모한다. 그러나 현재의 임계값보다 높은 의미 있는 계수를 모두 부호화하기 위해서는 중간 단계에 있는 기호들의 부호화가 필요하다. 일정한 스캐닝 순서가 위치 정보를 대신하기 때문이다. 따라서 LZ 기호에 의한 부가적인 부호화를 직접적으로 줄이는 방법보다는 LZ 기호의 발생 빈도를 줄이는 것이 본 연구의 중점적인 부분이다.

본 논문에서는 임계값을 EZW와 같이 일정한 값으로 하고, 비록 계수의 절대값이 임계값보다 커도 그 계수의 중요도를 살핀 후, 중요도가 낮을 경우에 LZ 기호로 부호화하지 않는 방법을 제안한다. 중요도를 의미하는 부호화 기호의 결정 요소들을 정의하고 이 요소들로 계수의 중요도를 판단한다. 이 요소들은 dominant 과정의 부호화 수행 과정에서 쉽게 알아낼 수 있는 정보로 구현이 용이하다는 장점을 갖는다. 본 논문에서 LZ 기호를 결정하는데 사용한 부호화 기호의 결정 요소들은 모두 네 가지이며 그 내용과 의미는 다음과 같다.

① 하위 계층의 의미 있는 계수의 절대값

계수의 절대값이 어느 정도 이상이면 하위 계층의 정보가 상위 계층에 비해 중요도가 낮다고 해도 정확히 부호화해야 할 필요가 있다. 그러므로 일정한 임계값 이상의 절대값을 갖는 계수는 부호화를 하고 반대의 경우에 다른 결정 요소의 값에 따라서 부호화를 해야 하는지를 결정한다.

② 하위 계층의 의미 있는 계수의 절대값과 EZW 임계값과의 차이

이 요소는 의미상으로는 분명 부호화하려는 계수의 중요도를 나타내지만 첫 번째 요소가 가지는 특성에 의해 먼저 부호화의 수행 여부를 결정하게 되면 판별력이 많이 낮아진다. 따라서 이 요소에 의해서 계수를 판별하는 범위는 임계값이 작은 경우이다. EZW의 임계값은 매 단계마다 크기가 지수 함수적으로 감소한다. 예를 들어 임계값을 t 인 경우에는 중요도가 낮아 부호화하지 않더라도 다음 단계에서 임계값이 $t/2$ 일 경우에는 충분히 중요도가 높아질 수 있기 때문이다. 결국 이 요소는 이전 단계에서의 부호화되지 못한 계수의 중요도를 다음 단계에서 높이기 위한 것이다.

③ 하위 계층의 의미 있는 계수의 수

하위 영역의 의미 있는 계수는 여러 개 존재할 수 있다. 따라서 그 수가 많을 경우에는 하위 계층을 부호화할 필요가 있다.

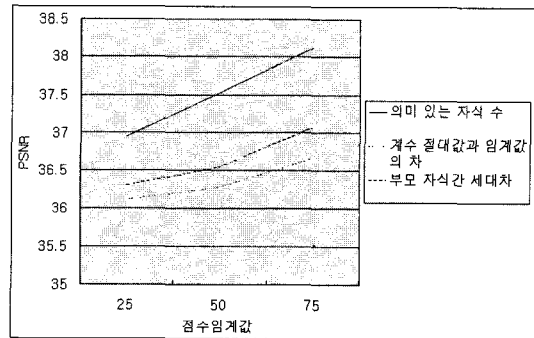
④ 현재의 웨이블릿 계수와 하위 계층의 세대차(거리차)

세대차가 많이 날수록 계수의 위치 정보를 위해 부가

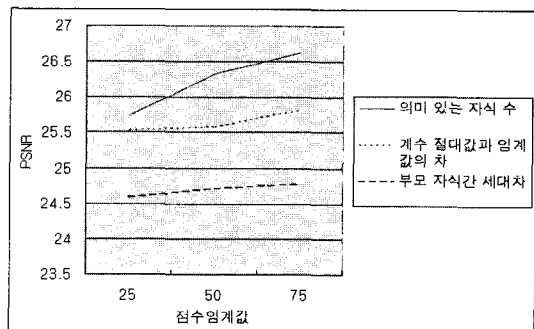
적으로 부호화해야 할 양은 증가한다. 반대의 경우에는 하위 계층을 부호화하더라도 비용이 크지 않게 된다.

3.3 결정 요소의 점수 배정 및 적용 순서

그림 5는 제안한 알고리즘에서 사용된 4가지 요소간의 성능을 평가한 것으로 각 요소가 복원 영상의 화질에 미치는 영향을 점수 임계값을 다르게 하였을 경우의 결과이다. 그림 5에서 보듯이 제안한 알고리즘의 성능에 가장 많은 영향을 미치는 요소는 의미 있는 자식의 수라는 것을 알 수 있다. 이런 이유로 의미 있는 자식의 수 요소의 가중치를 다른 요소와 달리 부여하였다. 즉, 4가지 요소 중에서 의미 있는 자식의 수 요소에는 40점을 할당하였고 40점을 할당하여 가장 많은 비중을 차지하도록 하였고, 그 밖의 세 요소들에는 각각 20점을 할당하였다. 각각의 웨이블릿 계수를 4가지 요소의 점수를 계산하고 그 값에 따라 LZ 기호로 부호화 할 것인지 또는 ZTR 기호로 부호화할 것인지를 결정한다. 그리고 각 요소의 적용순서는 점수를 가장 많이 부여한 요소부터 각 계수의 점수를 계산해간다.



(a) 'Lena' 영상 8:1 압축



(b) 'Babara' 영상 32:1 압축

그림 4 중요도 결정 요소간 비교

그림 5는 제안한 알고리즘들의 흐름도이다. 실제 알고리즘들은 구현이 쉬운 점수 계산 방식으로 작성하였다. 초기 점수를 100점 부여하고 중요도가 높을수록 점수를 차감하여, 점수 결과가 낮으면 IZ, 높으면 ZTR로 부호화한다. 그림 5(a)는 하위 계층의 의미 있는 자식의 수의 경우이다. 의미 있는 자식의 수가 4개를 초과하면 중요도가 아주 높은 것으로 하고, 더 이상 점수 계산을 하지 않고 바로 IZ 기호로 부호화한다. 점수를 저장하는 변수 Score의 초기값은 100이다. 그림 5(b)는 하위 계층의 의미 있는 계수의 절대값의 경우이다. 웨이블릿 계수의 크기가 큰지 작은지는 EZW의 임계값으로 알 수 있다. 즉, 현재의 EZW 임계값을 초기 임계값과 비교해서 어느 정도 크면 중요도를 높다고 판별한다. 크기 비교를 위한 비교값은 초기 EZW 임계값의 1/4으로 결정하였다. 그림 5(b)에서 Th는 현재의 EZW 임계값이고, Init_Th는 EZW의 초기 임계값을 나타낸다.

여 많은 점수를 차감해야 하지만, 웨이블릿 변환 해상도를 3으로 고정해서 실험을 했기 때문에 부모와 의미 있는 자식간에 세대차이가 크게 나지는 않았다. 그래서 바로 다음 세대인 경우에만 점수를 차감하였다. 그림 5(c)에서 $5 \times (4/\text{의미 있는 자식의 수})$ 의 식은 이 요소에 할당된 점수인 20점에 근접하도록 의미 있는 자식의 수에 따라 차감 점수를 다르게 할당하도록 한 식이다. 그림 5(d)는 하위 계층의 의미 있는 계수의 절대값과 EZW 임계값과의 차이의 경우이다. 의미 있는 계수의 절대값이 임계값보다 큰 정도를 임계값의 1.5배가 되는 값과 비교하였다. 즉, 의미 있는 계수 크기가 임계값의 1.5배가 되는 값보다 크면 중요도가 높다고 판정한 것이다. 그림 5(d)에서 Th는 EZW의 임계값이다. 그림 5의 과정이 끝나면 웨이블릿 계수의 점수가 산출되고, 이 점수 값에 의해 계수의 기호가 IZ 또는 ZTR로 결정된다.

4. 실험 및 결과

본 논문에서는 EZW 알고리즘들과 제안한 알고리즘들을 구현하여 성능을 비교하였다. Visual C++ 언어를 사용하였고, 실험은 Windows ME인 OS가 탑재된 펜티엄 III 데스크탑 PC에서 하였다. 실험을 위한 영상은 512 x 512 크기의 'Lena'와 'Barbara'를 사용하였다.

실험 결과의 객관성 비교를 위해서 다음 식의 PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)을 이용하였다.

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

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N [f(i, j) - \hat{f}(i, j)]^2}$$

여기서, f 는 원 영상의 화소값, \hat{f} 는 복원영상의 화소값을 나타내고, M과 N은 영상의 크기이다. 웨이블릿 변환에 사용한 필터는 Daubichies (7)(9)이고, 웨이블릿 변환 차수는 3으로 하였다. 엔트로피 부호화는 JPEG 2000에서 사용하는 MQ 부호화기[9]를 사용하여 수행하였다.

같은 압축율에서의 EZW와 제안한 방법의 PSNR 값을 비교하였다. 표 2와 표 3의 결과는 제안한 알고리즘에서 점수 임계값을 80으로 하여 얻어진 경우이다.

표 2 'Lena' 영상 결과(PSNR [dB])

압축율	PSNR(EZW)	PSNR(제안)	IZ→ZTR
8 : 1	38.19	38.57	12526
16 : 1	34.95	35.35	3375
32 : 1	31.46	31.84	648
64 : 1	28.41	28.22	229
128 : 1	25.46	25.48	28

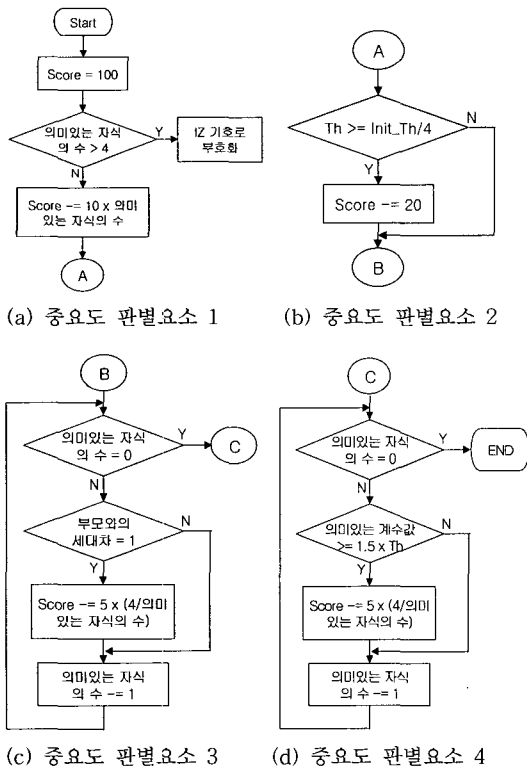


그림 5 제안한 알고리즘들의 흐름도

그림 5(c)는 부모와 의미 있는 자식의 세대차의 경우이다. 세대차가 조금 날수록 IZ 기호로 부호화하기 위하

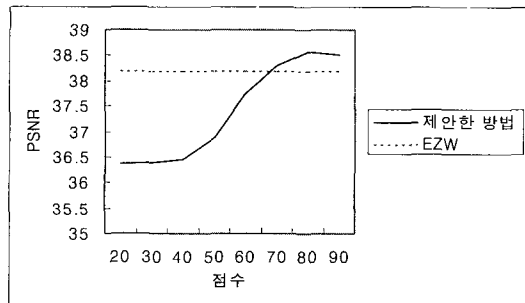
표 3 'Babara' 영상 결과(PSNR [dB])

압축율	PSNR(EZW)	PSNR(제안)	IZ→ZTR
8 : 1	34.60	34.92	3467
16 : 1	29.88	30.18	1296
32 : 1	26.12	26.38	515
64 : 1	24.00	24.02	122
128 : 1	21.99	21.98	93

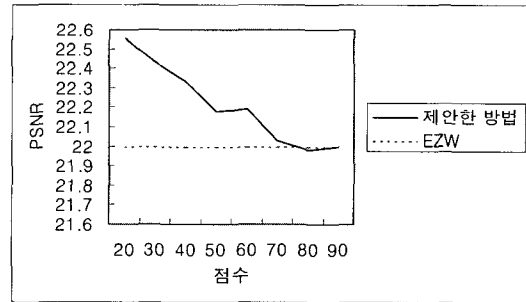
표 2와 표 3의 IZ→ZTR의 의미는 계수의 절대값 크기로만 기호를 부여하면 IZ 기호이지만 제안한 알고리즘에 의해서 ZTR 기호를 부여받은 개수이다. 즉, EZW의 IZ 기호가 제안한 알고리즘에 의해 ZTR 기호로 바뀌어진 개수이다. 표 2와 표 3에서 보듯이 임계값 점수를 80으로 고정했을 경우 성능이 좋지 못할 경우가 있다.

그림 6과 그림 7은 제안한 알고리즘에서 사용되는 점수 계산 방법에서 점수 임계값에 따른 복원 영상의 PSNR을 'Lena'와 'Babara' 영상을 사용하여 실험한 결과이다. 실험은 압축율이 8:1 ~ 128:1일 경우에 수행하였고, 점수는 각각 20점부터 90점까지 10점의 단위로 하였다. 그림 6과 그림 7에서 알 수 있듯이 높은 압축율에서는 점수 임계값이 높은 경우에 성능이 좋았고, 낮은 압축율에서는 점수 임계값이 낮은 경우에 성능이 좋았

다. 또한 높은 압축율에서는 점수에 따라 제안한 방법의 성능이 EZW보다 좋은 경우가 적은 반면, 낮은 압축율에서는 몇몇의 경우를 제외하고는 제안한 방법이 좋은 성능을 발휘하였다. 이처럼 제안한 알고리즘은 영상의 특성이나 압축율의 높고 낮음에 따라 점수 임계값을 달리하면 보다 좋은 성능을 발휘할 수 있다.

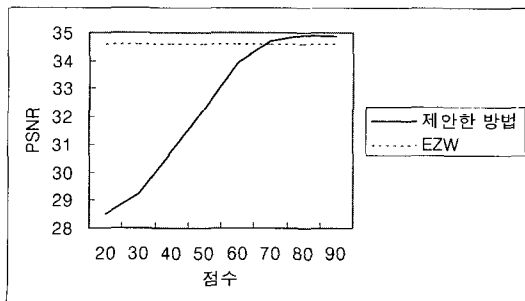


(a) 'Lena' 영상



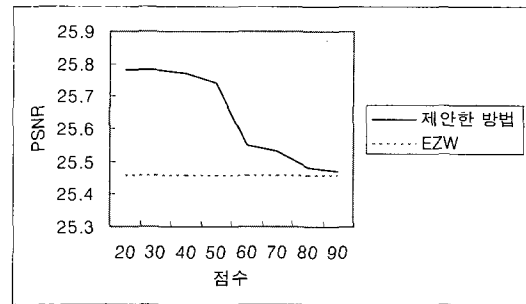
(b) 'Babara' 영상

그림 7 임계값 점수에 따른 PSNR(128:1 압축)



(b) 'Babara' 영상

그림 6 임계값 점수에 따른 PSNR(8:1 압축)



(a) 'Lena' 영상

그림 8과 그림 9는 복원한 영상을 나타낸 것으로, 압축률은 32:1이고 점수 임계값은 50으로 했을 경우이다. 복원 영상에 나타나듯이 제안한 알고리즘은 EZW에 비



(a) EZW에 의한 방법

(b) 제안한 방법

그림 8 32:1 압축에서의 'Lena' 복원 영상



(a) EZW에 의한 방법 (b) 제안한 방법

그림 9 32:1 압축에서의 'Babara' 복원 영상

해 평탄한 부분이 많이 개선되어 시각적으로도 우수한 화질을 나타내었다. 'Lena' 영상의 경우, 웨이블릿 특유의 옹어리지는 현상이 많이 줄어들었고, 'Babara' 영상의 경우는 테이블 커버의 고주파 부분이 감소된 대신에 얼굴 부분의 화질이 개선되었음을 알 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 EZW를 수정하여 IZ 기호의 발생 확률을 줄임으로써 영상의 화질을 높일 수 있는 알고리즘을 제안하였다. IZ 기호로 부호화함으로써 요구되는 부가적인 부호화의 비용과 IZ 기호로 결정될 때 하위 계층의 의미 있는 계수의 중요도를 살펴보았다. 그리고 중요도에 따라 IZ 기호로 부호화하지 않고 ZTR 기호로 부호화하는 방법을 연구하였다. 이는 결국 하위 계층의 고주파 성분 정보를 어느 정도 무시하는 결과를 가져왔지만 하위 계층의 의미 있는 계수 대신에 다른 계수들을 더욱 많이 부호화하여 영상의 화질을 개선하는 효과를 보였다. 모든 경우의 압축율에서 단일의 임계값으로 성능을 개선시킨 것은 아니었지만 중요도를 계산하는 과정의 임계값을 조절하여 성능을 개선시킬 수 있음을 확인하였고, 압축율과 임계값 사이의 관계도 파악할 수 있었다. 높은 압축율과 고주파 성분이 많은 영상일수록 제안한 알고리즘의 점수 임계값을 높이고, 반대의 경우에는 점수 임계값을 낮게 정할 경우에 성능이 향상되었다. 즉, 압축율과 고주파 성분에 비례하여 점수 임계값을 정할 경우에 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 차후의 연구과제로 본 논문에서 사용한 임계값을 영상의 특성에 따라 적응적으로 결정하는 방법과 중요도를 판단하는 기준의 다양성이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Q. Shi and H. Sun, *Image and Video Compression for Multimedia Engineering* :

Fundamentals, Algorithms, and Standards, CRC Press, 1999.

- [2] ISO/IEC JTC1/SC29/WG1 (ITU-T SG8) N1646R, *JPEG2000 Part1 Final Committee Draft Version 1.0*, Mar. 2000.
- [3] C. S. Burrus, R. A. Gopinath, and H. Guo, *Introduction to Wavelet and Wavelet Transform : A Primer*, Prentice Hall, 1998.
- [4] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image Coding Using Wavelet Transform," *IEEE Trans. Image Processing*, pp. 205-220, Apr. 1992.
- [5] J. M. Shapiro, "Embedded Image Coding Using Zerotree Wavelets Coefficients," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 41, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- [6] A. Said and W. A. Pearlman, "A New Fast and Efficient Image Codec based on Set Partitioning in Hierarchical Trees," *IEEE Trans. Circuits and System for Video Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 243-250, Jun. 1996.
- [7] A. Said and W. A. Pearlman, "Image Compression using the Spatial-Orientation Tree," *Proc. IEEE Int. Symposium Circuits and Systems*, pp. 279-282, May 1993.
- [8] J. M. Shapiro, "An Embedded Wavelet Hierarchical Image Coder," *Proc. IEEE Int. Conf. Acoustics, Speech, Signal Processing*, pp. 657-660, Mar. 1992.
- [9] J. L. Mitchell and W. B. Pennebaker, "Software Implementations of the Q-Coder," *IBM J. Res. Develop.*, vol. 32, no. 6, pp. 753-774, Nov. 1998.
- [10] S. Mallat, "A Theory for Multiresolution Signal Decomposition : The Wavelet Representation," *IEEE Trans. Pattern Analysis & Machine Intelligence*, vol. 11, pp. 674-693, Jul. 1989.



엄 제 덕

2000년 2월 한서대학교 컴퓨터정보과학과 학사. 2002년 2월 한서대학교 전산학과 석사. 2001년 4월 ~ 2002년 3월 (주)A&D Systems Technology. 2002년 3월 ~ 현재 (주)ASIC Bank. 관심 분야는 영상압축, MPEG-4



이 지 범

1991년 2월 광운대학교 전자통신공학과 학사. 1993년 2월 광운대학교 전자통신공학과 석사. 1996년 2월 광운대학교 전자통신공학과 박사수료. 1997년 1월 ~ 2000년 11월 대우통신(주) 종합연구소. 2000년 11월 ~ 2001년 7월 (주)머큐리 중앙연구소. 2001년 7월 ~ 2002년 2월 (주)썬크게이트 테크놀러지. 2002년 2월 ~ 현재 (주)A&D Systems Technology. 관심 분야는 영상처리, DVR



구 하 성

1989년 2월 광운대학교 전자통신공학과 학사. 1991년 2월 광운대학교 전자통신공학과 석사. 1995년 8월 광운대학교 전자통신공학과 박사. 1995년 9월 ~ 1997년 2월 기아정보시스템. 1997년 3월 ~ 현재 한서대학교 컴퓨터정보학과 조교수. 관심 분야는 지문 인식, 웹을 이용한 영상 보안 등임.



김 진 태

1987년 2월 중앙대학교 전자공학과 학사. 1989년 2월 중앙대학교 전자공학과 석사. 1993년 8월 중앙대학교 전자공학과 박사. 1993년 9월 ~ 1995년 2월 중앙대학교 기술과학연구소 선임연구원. 1995년 3월 ~ 현재 한서대학교 컴퓨터정보학과 부교수. 관심 분야는 영상 압축, 얼굴 인식, 디지털 워터마킹