

# 적응적 웨이블릿 변환을 사용한 영상 코딩 기법에 관한 연구

김 혜경, 이 옥경<sup>\*</sup>, 오 해석  
승실대학교 컴퓨터학과 멀티미디어연구실

## A Study of Image Coding Technique Using Adaptive Wavelet Transform

Hye\_Kyung Kim, Ok\_Kyung Lee, Hae\_Seok Oh  
Department of Computer science, Soongsil University

### 요 약

본 논문은 이미지 데이터의 효율적인 코딩에 대한 새로운 방법을 나타낸다. 웨이블릿 변환을 기초로 한, 알고리즘은 서브밴드 간의 남아있는 상관관계를 이용한다. 웨이블릿 계수들에 대한 성공적인 대략값은 계층적인 심볼 스트림을 초래하고, 그것은 PSD(의미있는 자손에 대한 예언)과 함께 매우 높게 압축된다. 코딩 알고리즘은 이미지 콘텐츠에 대한 높은 적응성에 의해 그자체를 구별한다. 초래하는 비트스트림은 그것들의 중요도에 대한 순서에 있어서 모든 이미지 정보를 구성한다. 그러므로 그것은 위험한 디코딩 과정 없이 어떤 지점에서 절단하는 것이 가능하다. 이러한 내장된 비트스트림의 이점은 공간적인 규모성(scalability)과 왜곡율이다. 좀더 나은 향상은 웨이블릿 패킷으로 알려진 새로운 적응적인 웨이블릿 변환을 사용하여 획득된다. 초기의 기법들과 적합하지 않은, 현재의 서브밴드에 대한 관련성있는 통계적인 특성들(특히 상관관계)은 처음으로 분석된다. 그것들에 의존하는, 서브밴드가 분해 유무에 관계 없이 분해 결정이 만들어진다. 이러한 절차는 최고의 기본적인 선택이 아니고 최적에 가까운 분해 구조를 초래한다. 본 논문에서 제안한 모델의 가장 주요한 이점은 계산적인 비용의 축소이다.

### 1. 서 론

웨이블릿 기반 압축 기법들은 정지이미지 코딩분야에서 잘알려져 있으며 JPEG 기법보다 더 높은 압축률을 수행함을 보여주고 있다. 웨이블릿 기반의 영상 코딩에서 최종적인 성질상의 단계이래 shapiro에 의한 제로트리 코딩을 통하여 사용되었고, 단지 양의 변화를 기록하였다. 중요한 새로운 단계는 코딩 알고리즘과 함께 웨이블릿 계수의 성공적인 대략값에 대한 조합이고, 내장된 방법에서 비트 전송을 허락한다. 이것은 이미지 콘텐츠의 점진적인 전송을 가능하게 한다. 그 다음에, 제로트리 코딩의 변형들과 관계되었고, 일부 발표된 기법들은 제로트리와 유사하였으며, 또한 높은 압축 성능을 가지고 있다 [1]. 더욱이, 매우 좋은 결과를 가지고 있는 일부 다른 기법들이 있고, 그러나 그것들은 내장된 비트스트림을 산출하는 가능성을 가지지 못한다.

이러한 모든 기법들의 결과를 비교하면, 그것은 증가하는 코딩 성능 내에서 포화지점에 도달된 것처럼 생각되었다. 단지, 2가원소 웨이블릿 변환에 대한 제한이 들어올려지고, 제멋대로 분해 구조가 사용된다면, 웨이블릿 부호기의 더 나은 향상이 예고될 수 있다. 일부 이미지에 대하여, 웨이블릿 패킷이 적용된다면 객관적인 이미지의 질에서 중요한 상상이 달성될 수 있다. 웨이블릿 패킷을 사용함에 따라, 어떤 2가원소 구조들이 존재하는 한계가 없지만, 분해는 이미지 콘텐츠에 의존한다. 적응적인 웨이블릿 패킷 스킴에서, 처음으로 전체적인 분해가 적용되었다. 분해 트리에 대한 가장 깊은 단계의 처음부터, 불필요

한 브랜치들이 제거되고, 부모 브랜치에서는 자식들보다 더 낮은 비용의 표현을 부여한다. 이것은 왜곡률의 의미에서 최적의 해결책을 산출하지만, 절차는 높은 계산 복잡도 때문에 매우 비싸다.

더 낮은 계산비용에 대하여, 다른 적용할 수 있는 접근들은 개발되었고, 그것은 복잡하고 강제적인 에너지 표준을 사용하여, 전체 웨이블릿 패킷 라이브러리를 줄인다.

새로운 웨이블릿 기반의 코딩 스킴은 웨이블릿 계수들의 성공적인 정제를 경유하여 이미지 정보에 대한 점진적인 전송의 이점으로 사용한다. 웨이블릿 계수들은 계층화된 방식으로 양자화되고, 모든 단계에서, 데이터 심볼은 계수들로 할당되고, 이 심볼들은 1/4 트리로 그룹화된다. 컴팩션은 제로트리 대신에 PSD(의미있는 자손들에 대한 예견) 트리를 사용하여 수행된다. 압축 성능을 증가시키기 위하여, 일부 변형 모델을 제시한다.

서브밴드에 대한 관련된 통계적인 특성들(주로 상관관계)이 분석되고, 분해결정에 따라, 근접한 최적의 분해 구조를 야기한다[2].

2절은 성공적인 대략값에 대한 아이디어를 설명하고, 3절은 의미있는 자손들에 대한 예견(PSD: Prediction of significant descendants)과 관련된 모델을 제시한다. 4절에서 PSD-트리에 대한 코딩을 최적화하는 방법을 설명하고, 5절에서는 적응적인 웨이블릿 변환(AWT: Adaptive wavelet transform)에 대한 새로운 접근이 설명되었다. 마지막 6절에서 결론과 향후 연구방향을 제시한다.

## 2. 웨이블릿 계수의 양자화

### 2.1 Wavelet transform

웨이블릿 변환은 최초의 크기 9\*9 픽셀로 로우패스 밴드를 코딩하는 최적의 방법에서 수행된다. 분해 레벨 z의 수는 다음에 의해 계산된다. 즉,

$$z = \lfloor \log_2 \left( \frac{\text{size}}{9} \right) \rfloor, \quad (1)$$

size는 로우와 컬럼 크기에 대한 가장 작은 값을 의미한다. 새로운 코딩전략이 서브 밴드간의 웨이블릿 계수에 대한 상관관계를 이용하고, 그것은 쉬프트 단계를 갖는 것이 유리하고, 또한 될 수 있는 대로 작아진다.

### 2.2 원리(fundamentals)

웨이블릿 계수에 대한 성공적인 대략값의 원리는 Shapiro 에 의해 처음 제안되었다[1]. 그것은 진폭에 대한 단계화된 집합체를 의미하고, 그것을 통하여, 가장 거친 하위의 해상도로 시작하여, 계수값은 매 단계마다 정제된다. 8비트로 표현되는 정의역은 256의 다른 값을 구성하고, 해상도에 대한 증가는 양자화 간격의 이동분에 의해 수행된다. 처음 비트는 정의역역을 두 개의 간격 [0;128] 과 [128;256] 으로 세분하고, 다음에 계속되는 비트는 처음 비트에 의존하여 다시 나누어주는데, 더 낮은 간격인 [0;64] 와 [64;128] 영역으로 다시 나누든지, 더 높은 쪽의 간격인 영역 [128;192] 와 [192;256] 으로 다시 나누는 방법을 반복한다.

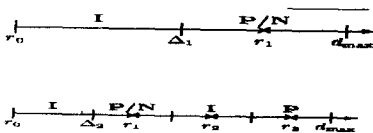
새로운 코딩 스킴에서, 웨이블릿 계수  $d_i$  에 대한 양자화는 유사한 방식으로 만들어진다. 첫째, 계수에 대한 정의역역은 다음에 의해 계산된다. 즉,

$$d_{\max} = \lceil \max_i |d_i| \rceil \quad (2)$$

모든 계층 l 에 대하여, 양자화기의 간격  $\Delta_l$  의 길이는 다음에 의해 계산된다. 즉,

$$\Delta_l = \frac{d_{\max}}{K_l} \quad \text{with} \quad K_l = 2^l, l=1, 2, \dots \quad (3)$$

$K_l$  은 간격의 개수이고, 시작하는 값은 2를 가지고, 두 개로 다시 나누기 때문에 모든 계층에서 증가된다.



[그림 1] 성공적인 대략값의 첫 번째, 두번째단계

## 3. Prediction of significant Bandants

성공적인 대략값을 사용함에 따라, 인접한 서브밴드에 대한 계수들간의 상관관계를 코딩 알고리즘으로 통합하는 것은 단순하다.

예지로서 높은 대조를 이루는 지역은, 다른 주파수로 구성된다. 그러한 이유에 대하여, 그들은 둘 또는 그이상의 서브밴드로 집중될 수 있다. 그것과 반대적으로, 매끄러운 지역은 모든 서브밴드에서 작은

계수들을 가진다. 계수들을 연결하여, 같은 지역에 대한 정보를 구성하고, 하나는 4분의 일 구조체를 얻는다. 가장 높은 주파수를 제외하는 서브밴드는, 주어진 서브밴드에서 모든 계수는 네 개의 계수들과 관련될 수 있다. 이러한 구조는 효율적인 정보 간결화(compaction)에 대한 좋은 조건을 제공한다.

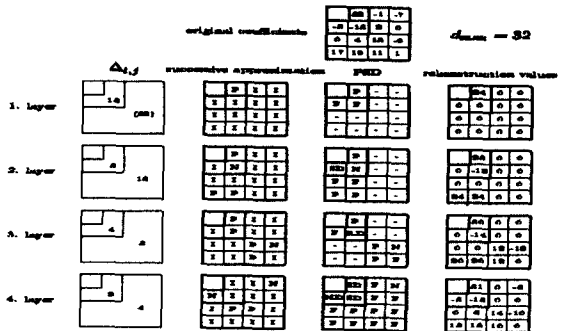
심볼 알파벳 (I, P, N)은 부가적인 데이터 심볼을 사용하여 확장되고, 예견이 가능한 것들과 함께 서브밴드  $j=i$  내의 웨이블릿 계수는 서브밴드  $j < i$  범위내에서 의미있는 자손을 갖든지, 또는 갖지 않는다. 세 개의 새로운 심볼이 있다. 즉,

- P\_SD : 계수는 의미있고, 적극적인(명확한), 그리고 적어도 하나의 의미있는 자손을 가짐.
- N\_SD : 계수는 의미있고, 쓸모없는(소극적), 그리고 적어도 하나의 의미있는 자손을 가짐.

- SD : 계수는 의미 없지만, 적어도 하나의 의미있는 자손을 가짐
- SD-확장은 "의미있는 자손"을 대표한다. 이러한 데이터 심볼을 적용하여, PSD-트리를 세우는 것이 가능하고, PSD-트리의 전체 수는 가장 낮은 서브밴드  $j=z-1$  내에 있는 계수들의 수에 의해 주어진다.

무엇보다도, 세 개의 심볼 I,P,N에 대하여, 현재의 계수가 I-심볼을 가지지 않는다면, 부모 계수에 대한 심볼을 SD-확장으로 받는다. 심볼 위치에 대한 정확에 대하여, 두 번째 패스는 요구된다. 만약 계수가 I-심볼을 갖고, 그것의 부모는 SD-표시를 가진다면, I-심볼은 F(III)-심볼로 교체된다. 차이점은 F-심볼은 부호화되어야 하지만, I-심볼은 그렇지 않다.

[그림 2] 은 데이터 심볼에 대한 할당의 예를 보여준다. 두 번째 단계로의 변환은 계수로 끝난다.



[그림 2] PSD 의 예

## 4. Coding of PSD-Trees

전체 적용적인 산술적 코더는 PSD-트리에 대한 코딩을 위해 사용된다. 동시에, 이미지에 대한 통계적인 특성으로 최적의 적용이 가능하다. 모든 서브밴드가 첫 번째 단계에서 양자화와 코딩 프로세스에 대한 제약사항으로 가져오지 못한다는 사실은, 모든 계수에 대한 코딩을 하기 전에 네 가지 경우를 구별해야한다.

- 현재의 계층에서 가장 높은 주파수를 가진 서브밴드 간의 계수 등급들, 그리고 계수는 아직 중요하지 않다.
- 현재의 계층에서 가장 높은 주파수를 가진 서브밴드 간의 계수 등급들, 그리고 계수는 이미 중요하다.

(c) 서브밴드 간의 계수등급은, 적어도 하나의 서브밴드를 따르며, 계수는 아직 중요하지 않다.

(d) 서브밴드 간의 계수등급은, 적어도 하나의 서브밴드를 따르며, 계수는 이미 중요하다.

모델 (a)는 유일한 P,N,F 심볼을 구성한다. 모델 (b)에서는, N-심볼이 생략될 수 있고, 모델 (c)와 (d)는 SD-확장과 함께 부가적인 데이터 심볼을 요구한다.

Model (a) F, P, N

Model (b) F, P

Model (c) F, P, P\_SD, SD, N, N\_SD

Model (d) F, P, P\_SD, SD

이러한 네가지 모델 모두 모든 계층에 대하여 동일한 표준 분포도로 초기화된다. 모든 서브밴드가 그들 자신의 분포도 모델을 사용하여 부호화되고, 그리고 모델의 전체 수는  $(4 \cdot z)$  가 된다. 모든 모델은 영상의 끝을 결정하는 데 필수적이다.

코딩 순서는 가장 낮은 서브밴드로부터 모든 PSD-트리에 대한 데이터 심볼이 처음으로 부호화되고, 다른 서브밴드의 심볼이 트리 계층도에 따라 부호화가 수행되는 것으로 결정된다.

높은 대조를 이루는 지역에서는, 많은 웨이블릿 계수들이 높은 진폭을 가진다. 첫 번째 단계에서 쓰레스 홀드를 초과한 에너지에 따라서 영역을 소트한다면, 의미있는 심볼에 대한 우선적인 전송이 계층 이내에서 실행되어진다. 최적의 해결책에 대하여, 영역에 대한 수평적, 수직적, 그리고 대각선 사이의 컴포넌트들로 구별된다.

코딩이 의미있고 정제된 심볼에 대하여 독립적으로 수행된다면, 의미있는 심볼에 대하여 우선순위를 가진 코딩은 강요될 수 있다.

PSD-트리를 구축하여, 모든 정제된 심볼들은 I-심볼로써 간주되는 데, PSD-알고리즘을 적용함에 따라 I-심볼들은 다음처럼 교체된다.

- 만약에 의미있는 자손들이 존재하면 SD-심볼로 교체됨.
- 만약에 어떤 의미있는 자손들이 존재하지 않고, 직접적인 부모가 SD-표시를 가진다면 F-심볼로 교체됨.

이런 데이터 심볼들은 단지 두 개의 심볼을 구성하고 있는 다섯 번째 분포 모델을 사용하여 부호화된다.

Model(e) F, SD

이 모델은 모델 (c) 대신에 사용되는데, SD-확장없이 구성하면 다음 심볼이 F-심볼이라는 것이 명백하므로, 어떠한 전송도 필요하지 않다. PSD-트리에 대한 코딩을 한 후에, 두 번째 코딩은 지나쳐간다. 현재 그 계수에 대한 모든 심볼들은 전송되었고, 그것은 이전 계층에 대한 부호화를 수행한 후에 이미 제로가 아닌 회복 값을 가졌다.

Model (f) F, P.

만약 회복 값이 원래의 계수 값보다 낮다면, P-심볼은 전송되고, 반면에 F-심볼은 부호화된다. 독립적인 부호화에 대한 이런 방법은 EZT(embedded zerotree) 코딩을 위하여 Shapiro 에 의해 사용된 지배적이고 하위의 패스방법과 유사하다.

### 5. Adaptive Wavelet Transform

영상 압축에서, 웨이블릿 변환의 목적은 픽셀간의 상관관계를 감소시키거나 제거하는 것이다. 서브밴드에 대한 중간 주파수가 낮아질수록, 대역폭은 더욱 작아지고 주파수 해상도는 더욱 높아진다. 만약 주파수 구성요소의 합계가 더 낮은 주파수에 대한 것보다 공간적 주파

수가 높은 것이 더 적다면, 이것은 영상 부호화에 대하여 최적이다. 물론, 이것은 모든 영상들에 대한 경우가 아니다. 특색있는 결을 가진 영상들은 중간 지점에 대해 높은 부분을 갖고 높은 공간적 주파수를 가진다. 이런 점에서, 표준합수가 제안되고, 그것은 서브밴드 내부에 있는 상관관계를 평가한다. 그것에 대하여, 자동 상관 함수는 소개되고,  $R_{xx}[l, k] = \sum_m \sum_n d_{m,n} \cdot |d_{m+l, n+k}|$  (4)

$$\text{비율, } q_x = \frac{R_{xx}[1,0]}{R_{xx}[0,0]} \text{ and } q_y = \frac{R_{xx}[0,1]}{R_{xx}[0,0]} \quad (5)$$

x-와 y- 방향에서 서브밴드에 대한 웨이블릿 계수들의 상관관계에 대하여 측정한다. 만약 계수들이 x-방향으로 충분히 전체상관된다면,  $R_{xx}[1,0]$  그리고  $q_x$  는 제로와 같다.

만약  $q_x = 1$  이라면, 가장 강한 상관을 획득한다. 동시에 y-방향에서의 상관에 대하여 참을 유지한다.

(5)를 사용하여, 분해구조는 일반화 될 수 있다. 루트로서 최초의 영상을 가진 공간적 1/4 트리를 기반으로 하는 세그멘테이션은, 모든 세그먼트에 대하여 하나의 선택을 형성하는데, 세그먼트의 분해와 관계없이 단지 2가원소 구조에 속하는 요소들은 모든 분해 단계에서 분해된다. LL-서브밴드에 대한 상관관계의 계산은 필요하지 않고, 반면에 세 개의 다른 서브밴드에 대한 상관비율  $q_x$  와  $q_y$  가 계산된다. 유일하게 값이 주어진 쓰레스홀드보다 크다면, 분해가 수행된다.

성공적인 역 웨이블릿 변환에 대하여, 분해 구조의 전송은 필요하다. 이것은 4-심볼-알파벳( 분해하지 않은 것, x-방향으로 분해, y-방향으로 분해, 두 가지 방향에서 분해)을 사용하여 수행된다. 전송되어진 심볼의 숫자는 모든 1/4 트리 단계에서, 4번 거듭되어진다. 적용성 있는 산술적인 코더라는 이유에 대하여, 전송 비용의 최소화를 위해 사용된다.

### 6. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 단계화된 양자화의 원리를 사용하여 새로운 PSD 전략이 제안되었다. 더욱이 새로운 적용적 웨이블릿 변환이 제안되고, 그것은 결합된 공간 주파수 분해를 수행하고 감독받지 않는 근처의 최고 기저 선택을 산출한다. 코딩 스킴은 그 자체를 이미지 콘텐츠에 대한 점진적인 전송 때문에 이미지 해상도와 전송비트를 내의 규모성에 의해 구별한다. 인코더는 웨이블릿 도메인내의 양자화 에러를 감득하고 공간적 영역에서 회복 에러에 대한 관련있는 정확한 예언을 만든다. 그러므로 향후에는 다른 패킷 알고리즘 기법들과 비교하여 좀더 비용이 적게드는 적용적 웨이블릿 영상 코딩 기법을 제시하고자 한다.

### 참고문헌

[1] Said, A., Pearman, W.A.: A NewFast and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video technology, Vol.6, June 1996, pp.243-250

[2] Smith, J.R.; Chang, S.-F.: Frequency and Spatially Adaptive Wavelet Packets. Proceeding of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP'95), Detroit, MI, USA, May 1995.