

웨이브렛 변환을 이용한 점진적 영상 부호화

황도연, 박정호, 유강수, 곽훈성

전북대학교 컴퓨터공학과

전화 : 063-270-2417 / 핸드폰 : 017-656-3326

The Progressive Image Coding using Wavelet Transform

Doh-Yeun Hwang, Jeong-Ho Park, Kang-Soo You, Hoon-Sung Kwak

Dept. of Computer Engineering, Chonbuk University

E-mail : ambuscade@mail.chonbuk.ac.kr

Abstract

We propose a new method for image coding that it is based on highly related property between a spatial image and wavelet transform image. The characteristics have an important role in the design of proposed algorithm.

This algorithm for image coding is to obtain high compression rate at low bit rate.

The other side, the high activity regions are related to significant coefficients which give much influence to image reconstruction, because they mean the important factor to represent the appearance of images such as edge or boundary.

For some images with low activity, we can obtain the reconstructed image with near to 30 dB at 150:1 compression ratio.

I. 서론

최근 급변하는 정보화 시대에 있어 다양한 미디어를 이용하여 정보를 제공하는 멀티미디어 환경이 크게 부각되고 있으며 멀티미디어 서비스에 대한 욕구가 날로 커지고 있다. 그 가운데 사용자에게 다양한 영상 서비스를 제공하는 인터넷은 지속적인 사용자의 증가와 더불어 정보 교환 및 공유에 대한 서비스도 증가하고 있다. 그러나 인터넷과 같은 대역폭이 제한적인 통신망에서 멀티미디어 데이터 서비스시 정해진 시간 내에 필요한 정보를 보낼 수 없기 때문에 높은 압축률과 여러 영향을 적게 받는 데이터 압축 및 부호화 기법이 필수적으로 요구되고 있다[1][2].

영상 부호화 방식은 DCT를 기반으로 한 JPEG 이나 MPEG-1,2,4 등 표준화 된 부호화 기법들이 현재 널리

사용되고 있다. 그러나 이들 방식이 갖는 많은 효율성에도 불구하고 블록 효과와 같은 복원 오류가 발생하며 매우 낮은 비트율에서는 복원이 어렵고 다양한 전송매체에 적용성이 부족하다는 문제점을 안고 있다[2].

최근의 영상 부호화 방식은 기존의 방식처럼 데이터량을 최소화하는 것에만 목적을 두는 것이 아니며, 영상의 내용에 관심을 두어 다양한 영상서비스를 제공하기 위한 기반을 마련하는데 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 연구 가운데 하나가 웨이브렛 변환을 기반으로 한 영상처리 시스템이다. 웨이브렛 변환은 영상처리 분야에서 그 효율성이 입증되어 차세대 영상부호화 방식에 적용되어질 가능성이 높다[1][2][3].

본 논문에서는 공간 영역과 웨이브렛 변환 대역이 공간적으로 높은 상관 관계를 갖는다는 특성을 이용한 새로운 부호화 전송기법 제안하고 이를 이용해 다변화된 전송매체에 적응적으로 동작할 수 있는 점진적 전송 기법이 가능함을 실험을 통해 입증하고자 한다. 제안한 방식은 공간 영역에서 변화가 크지 않은 영역은 웨이브렛 변환 후에도 위치적으로 같은 공간에서 중요 계수가 나타날 확률이 적다는 특성을 이용한다. 이를 위해 원 영상을 $2^n \times 2^n$ 블록으로 분할 한 뒤, 각 블록에 대해 주어진 기준에 따라 두개의 영역, BR (background region), ER(edged region)으로 분류하고 각 영역의 특성에 따른 부호화 방식을 적용하여 부호화 효율을 증가시켰다. 먼저, BR 영역은 영상 복원에 미치는 영향이 작다는 특성을 이용하여 소량의 정보만으로도 매우 높은 압축률을 얻을 수 있는 색 정보 부호화 방식을 이용하고, 반면, ER 영역은 영상 복원에 미치는 중요계수가 많이 분포되어 있는 특성을 고려하여 양자화 기반 비트 플레인 부호화 방식을 적용한다.

각각의 영역에 대한 부호화를 통해 전송되는 순서는 먼저 최상위 계층의 최저주파수 대역이 무손실 부

호화 되어 전송되고, BR 영역이 그 뒤에 전송되며 마지막으로 ER 영역이 하나의 비트 플레인 단위로 전송되어 점진적 전송을 구현하게 된다.

II. 영상 부호화 시스템

본 절에서는 공간 영상의 영역분류와 웨이브렛 변환 사이의 상관 관계를 이용한 새로운 영상 부호화 기법에 대하여 기술한다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 영역 분류를 이용한 영상 부호화 시스템을 나타낸 것이다.

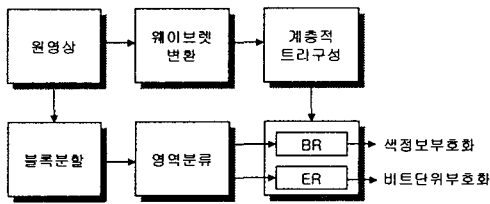


그림 1. 제안한 영상 부호화 시스템

2.1 영역 분류 과정

웨이브렛 변환 후, 중요계수는 영상의 의미있는 정보를 제공할 뿐 아니라 복원시 시각적으로 매우 중요한 역할을 한다. 이에 본 논문은 영상의 중요계수를 효율적으로 찾기 위한 방법으로 원 영상을 웨이브렛 변환과 동시에 $2^n \times 2^n$ ($n > 2$) 블록들로 나눈 후, 각 블록에 대한 표준편차를 구했다. 표준편차는 각 블록의 특성을 나타낸 것으로 표준편차가 작으면 저주파 영역으로 보고 BR(background region)으로 정의하였다. BR은 웨이브렛 변환상의 LH, HL, HH 대역에서 zero region으로 나타나며, 영상의 복원 화질에는 큰 영향을 미치지 않는다. 반면, 블록의 표준편차가 크면 고주파수 영역 즉, ER(edged region)로 정의하였다. ER 영역에는 영상의 에지등을 포함하고 있기 때문에 영상의 복원 화질에 큰 영향을 미치는 중요계수가 웨이브렛 변환 대역에 포함되어 있음을 예상 할 수 있다. 이하에서 BR에 해당하는 웨이브렛 변환 대역의 영역은 IR(Insigificant region)이라 부르고 ER에 해당하는 웨이브렛 변환 대역의 영역은 SR(significant region)이라 부르기로 한다.

2.2 영역별 부호화 알고리즘

본 논문에서는 분류한 영역의 특성에 따른 영역별 부호화 방식을 적용함으로써 부호화 효율을 높였다. 각 영역을 결정하기 위해 사용된 블록들의 표준편차 값은 영역 분류를 위한 임계치로 사용되었다. 임계치의 결정은 10으로 결정하는 것이 가장 이상적이었으며, 이에 임계치 이하에 속하는 영역을 BR, 그 이상의

영역은 ER로 분리하였다. BR 영역에 해당하는 웨이브렛 변환대역에서의 IR 영역은 영상 복원에 큰 영향을 미치지 않기 때문에 데이터량을 최소화 할 수 있는 방식을 제안하고, SR 영역의 경우 원 영상에서 에지와 같이 영상의 특성을 나타내는 중요한 부분이기 때문에 영상 복원시 점진적 전송이 가능하고, 사용자의 요구 조건에 따라 융통성있게 동작할 수 있으며 무손실 부호화는 물론 고 압축이 가능한 부호화 방식 즉, 양자화에 기반한 비트플레인 영상부호화 기법을 제안하였다.

(1) IR 영역 부호화 알고리즘

본 논문에서는 IR 영역에 대하여 색정보 부호화 기법을 적용하였다. 기존의 방식과는 달리 이 기법은 세그멘테이션(segmentation)을 수행하지 않으며, 또한 처리하고자 하는 영역이 항상 사각형 모양이므로 영역의 외곽선에 대한 처리를 고려하지 않아도 되어 높은 부호화 효율을 예상할 수 있다. 이 기법이 좋은 성능을 나타내기 위해서는 IR 영역이 넓은 동질영역으로 이루어져 있다는 가정이 확실해져야만 한다. 색정보 부호화 기법은 유사한 질감을 가지고 있는 영역의 내부를 표현하는데 사용되며, 기존의 객체지향 부호화 기법등에서 공간영역에서 영상 내 객체의 내부를 부호화 하는데 사용되었다. 그러나, 이러한 방식에서는 영역의 범위가 넓고, 동질영역을 형성하는 테이더의 범위가 크다는 특징 때문에 간단한 방식보다는 주로 벡터양자화 방법처럼 좀 복잡한 방법등이 많이 이용되었다. 본 논문에서는 복잡성을 배제하고 영역의 평균값과 표준편차만으로 이를 부호화 하기 위한 새로운 방안을 제안한다.

먼저 계층적 트리 구조상의 63개의 모든 계수들을 1차원으로 표현한다. 이들 계수에 대한 평균과 표준편차를 구하여 식 (1)과 같은 단순한 부호화 모델을 사용하여 영역의 색 정보를 표현할 수 있다.

$$WC_{kp} \leftarrow GM_k \pm \sigma_k \quad (1)$$

WC_{kp} : K번째 영역의 위치 p의 웨이브렛 계수

GM_k : K번째 영역의 기하평균

σ_k : K번째 영역의 표준편차

이러한 형태의 모델에서, 데이터를 전송한다고 가정할 때, 수신측에 전달되어야 할 파라미터는 기하평균과 표준편차 그리고 특별한 경우 보다 정확한 복원을 위해 필요한 부가정보이다. 이 모델의 기본 아이디어는 본 논문에서 표현하고자 하는 영역의 데이터의 분포가 매우 작은 범위내에 존재 한다고 가정할 때, 단순히 평균값에 표준편차를 보정해 줌으로서 이들을 표현할 수 있다는 데 있다.

(2) SR 영역 부호화 알고리즘

SR 영역은 영상 복원시 영상의 에지와 같이 영상의 특성을 결정짓는 중요한 영역에 해당하므로 적은 오차를 갖는 범위내에서 부호화가 이루어져야 할 뿐 아니

라, 사용자가 요구하는 조건을 만족할 수 있어야 하고 더욱이 무손실 부호화부터 고 압축이 가능하도록 시스템을 구성하여야 한다.

SR 영역은 영상내에서 에지부분과 같이 영상의 특성을 나타내는 중요한 부분에 해당하지만 계수값이 크기 때문에 이를 전송하기 위한 데이터량이 많아지게 된다. 이러한 영역을 효율적으로 처리하면서 점진적 전송이 가능한 부호화 방식을 제안한다. 이 부호화 방식은 기본적으로 비트 플레인(bit-plane) 방식과 유사하지만, 제안한 방식에서는 굳이 비트 플레인으로 나누는 과정 없이 양자화 값을 조절하여 부호화가 가능하도록 구성되었다.

이 방식은 모든 계수값은 $\sum_i 2^i$ 의 조합으로 표현할 수 있다는 가정하에 이루어진다. 아래에 알고리즘을 기술하였다. 아래의 알고리즘에서 C 는 웨이브렛 계수이며, LSP는 부호화 할 웨이브렛 계수를 임시 저장하고 있는 기억 장소를 의미한다.

```

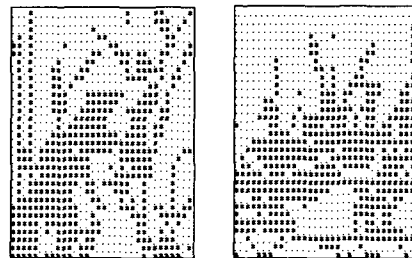
① Initialization
  l = 1;
  n = ⌊ log2( maxj∈p { |Cj| } ) ⌋;
  initial threshold Tl = 2n
  initial quantization value Ql = Tl
  for (all coefficient in a hierarchical tree; the index
of them = p) {
    tag[p] = 0;
    LSP[p] = Cp;
    // or LSP[p] = { Cp} | Cp ≥ T }
    // The threshold T can be changed by
user request or network traffic
  }

② Coding and Refinement Process
for (satisfy given condition or n ≥ 1) {
  // coding pass
  for (each entry Cp in the LSP) {
    if ( Cp ≥ Tl ) {
      if ( tag[p] = 0 ) {
        output the sign of Cp, and Ql or n;
        tag[p] = 1;
      }
      else output Ql;
      Cp = Cp - Ql;
      LSP[p] = Cp;
    }
  }
  // refinement and quantization-step pass
  l = l + 1;
  n = n - 1;
  Tl = 2n;
  Ql = Tl;
}
    
```

Ⅲ. 점진적 전송 및 고찰

3.1 기존방식과의 비교

제안한 방식에서 가장 처음 수행되는 것은 원 영상에서의 영역분류 과정이다. 그림 2는 블록의 표준편차를 구한 후, 기준값인 15와 비교하여 각각의 블록을 특정 영역으로 분류 시켜 얻은 블록맵(block-map)이다. 이 결과는 추후 웨이브렛 변환 후, 적용할 부호화 방식을 선택하는 참고 자료가 된다. 그림에서 '*'는 ER 영역을 의미하여, '.'는 BR 영역을 나타내는데, 모든 영상에서 영상이 가지고 있는 에지 성분을 잘 나타내고 있음을 쉽게 알 수 있다. ER 영역은 웨이브렛 변환 대역에서 SR 영역으로, BR 영역은 IR 영역으로 분류되어 각각 제안한 부호화 방식에 의해 처리 되어진다.

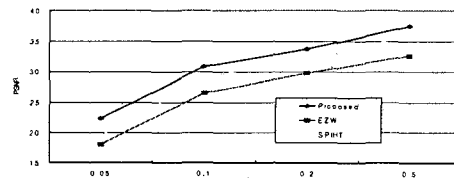


(a) Lenna (b) Boat

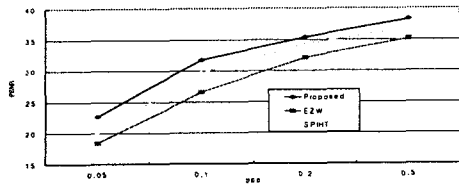
그림 2. 영역 분류결과

이때, 표준 편차 값을 유동성 있게 조정함으로써 특정 응용분야에 적합하도록 만들 수 있다. 즉, 복원 화질 측면보다는 빠른 전송을 원할 경우 표준편차 값을 높임으로써 많은 블록을 BR 영역으로 분류하여 적은 비트만으로 처리하도록 유도할 수 있다.

이제 제안한 시스템과 기존에 제안되어진 연구들의 비교를 통해 제안한 시스템의 성능을 비교 평가하고자 한다. 웨이브렛을 기반으로 한 기존의 많은 연구 가운데 계층적 트리를 구성하여 효율적인 부호화 방식으로 평가된 EZW 방식 및 SPIHT의 결과와 본 논문에서 제안한 방식과의 부호화 성능을 비교하기로 한다[5]. 그리고 제안한 방식이 점진적 전송을 위해 어떻게 동작하는지에 대한 설명을 하고자 한다. 그림 3에는 Lenna와 Boat 영상에 대해 세가지 방식을 비교한 결과를 그래프로 나타내었다.



(a) Lenna



(b) Boat

그림 3. 영상별 성능 평가 비교 결과

3.2 제안한 시스템에서의 점진적 전송

그림 4는 Boat 영상에 대해 본 논문에서 제안한 방식이 어떠한 방식으로 점진적으로 복원될 수 있는가를 보여주는 예이다. 점진적 전송을 수행하기 위하여 먼저 최저주파수 대역이 전송되며, 다음으로 BR 영역이 전송되고 이어서 ER 영역이 전송되는데 이때 양자화 스텝값을 1씩 증가시키면서 전송하게 된다. 그림을 통해서 영상의 윤곽부터 점차적으로 세부 영상이 얻어지는 것을 알 수가 있다. 이러한 방식을 통해 네트워크 트래픽량과 사용자의 요구 조건에 따라 영상 부호화 시스템이 융통성있게 적응적으로 동작할 수 있기 때문에 다양한 분야에 적용이 가능한 시스템을 구축하는 것이 가능하다.



(a) 최저주파수 (TLF), 20.9dB



(b) TLF+BR, 21.4dB



(c) TLF+BR+ (n=5), 22.7dB



(d) TLF+BR+ (n=4), 26.1dB



(e) TLF+BR+ (n=3), 30.1dB



(f) TLF+BR+ (n=1), 36.9dB

그림 4. 영상의 점진적 전송

IV. 결론

본 논문에서는 공간영역에서 영상의 특성과 웨이블릿 변환 대역이 큰 상관 관계를 가지고 있다는 특성을 이용하여 공간영역상의 영상을 블록으로 나누어, 각 블록을 두개의 영역으로 분류하고 각 영역의 특성에 맞게 부호화한 후, 이들을 점진적으로 전송하는 방법을 제시하였다. 실험결과, 제안한 방식이 기존의 웨이블릿 영역에서 계층적 트리를 이용한 방식들에 비하여 우수한 결과를 나타낼 수 있음을 확인하였다. 특히 낮은 비트율(0.1bpp 이하)에서도 큰 무리없이 영상복원이 가능함을 보였고 이를 통해 네트워크 트래픽이나 사용자의 요구조건에 맞도록 점진적 영상 전송이 이루어질 수 있다는 것을 실험을 통해 확인하였다.

기존의 시스템과 비교하여 본 시스템이 갖는 장점은 공간 영역에서 간단한 방식으로 분류한 영역 데이터를 웨이블릿 변환 대역에 그대로 적용하기 때문에 매우 간단한 방식으로 변환 대역의 중요계수 여부를 판단하고 이를 부호화 할 수 있다는 데 있다. 또한 제안된 시스템은 효율적인 저장장치 및 멀티미디어 DB등에서 영상 검색 등과 같은 응용 서비스분야에 적용 할 수 있다. 더욱이 점진적 전송이 가능하기 때문에 사용자의 요구 조건에 맞는 화질의 영상과 데이터량을 적응적으로 조절할 수 있다는 장점도 가지고 있다.

References

- [1] G.K. Wallace. The JPEG still picture compression standard. Comm. of ACM, 34(4):30-44, 1991.
- [2] Martin Vetterli and Jolena Kovacevic, "Wavelets and Subband Coding", Prentice-Hall, 1995.
- [3] J.M. Shapiro, "Embedded Image coding Using Zerotree of Wavelets Coefficients," IEEE Tran. on Signal Processing, vol.41, no.12, pp.3445-3462, Dec., 1993.
- [4] A.N. Skodras, C.A. Christopoulos and T. Ebrahimi, "JPEG2000: The Upcoming Still Image Compression Standard," Proc. of the 11th Conference on Pattern Recognition, pp. 359-366, May, 2000.
- [5] A. Said and W. Pearlman, "A New, Fast, and Efficient Image codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees," IEEE Tran. on circuits and Systems or Video Technology, 6(3):243-250, June 1996.