2000년 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집 제7권 제2호

웨이브렛 변환에 기반을 둔 점진적 영상전송에 관한 연구

윤국진, 유강수, 박정호, 곽훈성
전북대학교 컴퓨터공학과
e-mail:jhpark@moak.chonbuk.ac.kr

Progressive Image Transmission based on Wavelet Transform

Kug-Jin Yun, Kang-Su You, Jeong-Ho Park, Hoon-Sung Kwak
Dept. of Computer Engineering, Chonbuk University

요 약

본 논문에서는 공간영역에서 수행한 영상의 영역분류와 웨이브렛 변환대역 사이의 상관 관계를 이용한 새로운 점진적 영상 부호화 전송기법을 제안한다. 제안한 방법은 원 영상을 $2^n \times 2^n$ 블록으로 분할 한 뒤, 각 블록의 표준편차에 따라 저주파수 영역, 중간주파수 영역, 고주파수 영역으로 분류하고 각 영역의 특성에 따른 부호화 방식을 적용하여 부호화 효율을 증가시켰다. 실험의 결과 제안한 부호화 전송기법은 EZW 방식에 비해 복원화질 및 전송 비트율에서 좋은 결과를 나타내었으며, 사용자의 요구조건과 응용분야에 따라 점진적 전송이 가능함을 확인하였다.

1. 서 론

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 정보교환 및 공유에 대한 서비스도 증가하고 있다. 그러나 인터넷 같은 대역폭이 제한적인 통신망에서 멀티미디어 데이터 서비스는 정해진 시간 내에 필요한 정보를 보낼 수 없기 때문에 높은 압축율과 에러의 영향을 적게 받는 데이터 압축 및 부호화 기법이 필수적으로 요구되고 있다[1].

현재 정지 영상은 JPEG과 같은 영상 압축 표준에 있어 근간이 되고 있는 DCT 알고리즘이 사용되어진다. DCT는 높은 압축율과 고속 알고리즘 등으로 많이 사용되고 있지만, 기본적으로 블록 단위의 압축 방법이기 때문에 압축율을 높일수록 블록화 현상(Blocking Artifact)이 심해지는 문제점을 가지고 있다[2].

최근의 영상 부호화 방식은 기존의 방식처럼 데이터량을 최소화하는 데에 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[3].

본 논문에서는 공간 영역과 웨이브렛 변환 대역이 공간적으로 높은 상관 관계를 갖는다는 특성을 이용한 새로운 부호화 전송기법을 제안한다. 즉, 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 세 개의 영역(region), LAR(low activity region), MAR(midrange activity region), HAR(high activity region)으로 분류하고 각 영역의 특성에 따른 부호화 방식을 적용하여 부호화 효율을 증가시켰다. 먼저, LAR 영역은 영상 복원에 미치는 영향이 작다는 특성을 이용하여 소량의 정보만으로도 매우 높은 압축율을 얻을 수 있는 부호화 방식을 이용하고, HAR 영역은 영상 복원에 미치는 중요계수가 많이 분포되어 있는 특성을 고려한 부호화 방식을 적용한다. 그리고 MAR 영역은 압축율 및 네트워 환경을 고려하여 LAR 부호화 알고리즘 혹은 HAR 부호화 알고리즘을 선택적으로 적용한다.

본 논문의 2장에서는 제안한 영상 부호화 전송시스템을 기술하고 3장에서는 각 영역에 대한 부호화 방식에 대해 알아본다. 4장에서는 모의 실험을 통하여 제안한 방식의 시스템 성능을 실험하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 제안한 영상부호화 전송 시스템

본 논문에서는 이러한 웨이브렛의 특성과 공간영상의 영역분류의 상관관계에 의한 새로운 영상부호화 전송기법을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안한 영상 부호화 전송 시스템이다.

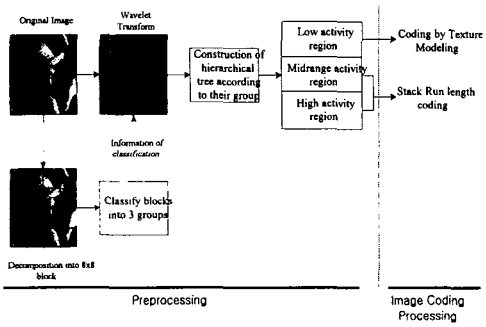
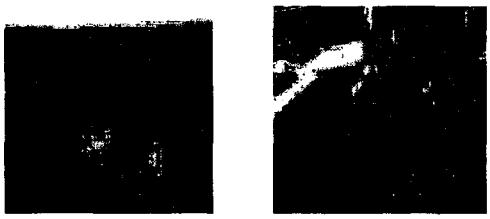


그림 1. 제안한 영상부호화 전송 시스템
Fig. 1. The proposed image coding transmission system

본 논문에서 제안한 영상 부호화 시스템은 크게 3단계로 영역분류 과정과 영상 부호화 과정, 마지막으로 영상전송 과정으로 나눈다.

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 구하였다. 표준편차는 각 블록의 특성을 나타낸 것으로 표준편차가 작으면 저주파 영역으로 보고 LAR로 정하였다. LAR은 웨이브렛 변환상의 LH, HL, HH 대역에서 zero region으로 나타나며, 영상의 복원 화질에는 큰 영향을 미치지 않는다. 반면, 블록의 표준편차가 크면 중간주파수와 고주파수 영역으로 보고 MAR, HAR으로 정하였다. MAR과 HAR, 특히 HAR 영역에는 영상의 복원 화질에 있어 큰 영향을 미치는 중요계수가 포함되어 있다.



(a)Goldhill(26.9dB) (b)Barbara(27.6dB)
그림 2. HAR 영역과 LL대역에 의해 복원된 영상
Fig. 2. The reconstructed images by HAR and LL regions

그림 2는 단지 HAR 영역과 최저주파수 대역만을 이용하여 복원된 영상을 나타낸 것이다. 예상할 수 있는 것처럼 영상의 에지 부분이 크게 손상되어 있지만, 영상의 개략적인 형상을 얻어볼 수 있음을 알 수 있다.

본 논문에서 각 블록의 크기를 n=3, 즉 8×8로 설정하였다. 실험결과, 블록의 크기를 8×8로 했을 때, 영상의 복원 화질 및 압축율에서 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었으며, 각 블록들은 웨이브렛 변환영역에서 최저주파수 대역을 제외한 63개의 계수(256×256 크기의 영상인 경우)들과 상관성을 가지고 있다.

2.2 영상 부호화 과정

웨이브렛 변환은 영상내의 엔트로피를 줄임으로써 효율적으로 부호화를 할 수 있다. 앞에서 언급했듯이, 각 블록은 웨이브렛 변환영역에서 최저주파수 대역을 제외한 63개의 계수들과 상관성을 가지고 있어, 63개의 계수들을 가지고 영상 부호화를 수행하게 된다. 또한 영상 부호화에 앞서 최저주파수 대역을 제외한 모든 대역에 스칼라 양자화를 적용하였다. 스칼라 양자화가 적용된 웨이브렛 영역의 계수들은 zero value와 non-zero value의 두 개의 그룹으로 나뉘어지게 된다.

공간 영역에서 LAR은 영상의 복원에 큰 영향을 미치지 않는다는 특성을 가지고 있다. 이러한 LAR 영역의 부호화는 가장 적절하게 묘사해줄 수 있는 몇 개의 파라미터를 찾음으로써 매우 적은 비트로도 영역을 표현할 수 있는 텍스처 모델링 기법(texture modeling technique)을 이용하였다[4].

또한, HAR 영역은 영상 복원에 있어 큰 영향을 미치는 중요계수가 포함되어 있으므로 zero의 개수와 중요계수의 부호 및 계수값을 나타내는 네 개의 심벌을 사용한 스택 런 코딩 기법(stack-run coding)을 이용하였다[5]. 그러나, MAR 영역의 경우는 다른 두 가지 영역의 특성을 조금씩 포함하고 있기 때문에, 이 영역에 대해서는 사용자가 요구하는 데이터량 혹은 네트웍상의 트래픽을 고려하여 텍스처 모델링 혹은 스택 런 코딩 방식을 선택적으로 적용하도록 구성하였다.

2.3 영상 전송 과정

우선, 웨이브렛 변환영역에서 최저주파수 대역은 에너지가 집중되어 있는 원 영상의 축소판(thumbnail image)이기 때문에 복원 화질에 있어 가장 중요한 대역이라 볼 수 있다. 따라서 최저주파수 대역은 DPCM과 같은 무손실 부호화(Lossless Coding)로 처리한 후 전송을 한다. 또한 세 영역에 대해서는 각각 표준편차의 크기에 따라 정렬을 한 후, 사용자의 요구조건과 응용분야에 따라 가장 큰 표준편차의 영역부터 계수 값들을 점진적으로 전송한다.

3. 영역별 부호화 알고리즘

본 논문에서는 각 영역이 영상 복원에 미치는 영향을 분석한 결과들을 토대로 블록들의 표준편차 값이 15이하를 저주파 영역, 15에서 30까지를 중간주파 영역, 30이상을 고주파 영역으로 분류하였다.

3.1 LAR 부호화 알고리즘

본 논문에서는 LAR 영역에 대하여 텍스춰 모델링 기법을 적용한다. 기존의 방식과는 달리 이 기법은 영역 분할(segmentation)을 수행하지 않으며, 또한 분할되어진 영역이 항상 사각형 모양이므로 영역과 영역의 경계에 대한 처리를 고려하지 않아도 좋은 결과를 예상할 수 있다. 이 기법이 좋은 성능을 나타내기 위해서는 LAR 영역이 넓은 동질영역으로 이루어져 있다는 가정이 확실해져야만 한다.

텍스춰 모델링을 적용하기 위하여 LAR 영역의 평균과 표준편차로 이루어진 아래와 같은 단순 텍스춰 모델을 제시한다.

$$WC_{x,y,k} = GM_k \pm \sigma_k \qquad (1)$$

이때,

$WC_{x,y,k}$ K번째 영역의 (x,y)좌표상의 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 보다 정확한 복원을 위해 필요한 부가정보이다. 이 모델의 기본 아이디어는 표현하고자 하는 영역의 분산 분포가 매우 작다고 가정할 때, 그 영역에 포함된 데이터들은 평균을 중심으로 매우 작은 범위내에 분포하기 때문에, 단순히 평균값에 표준편차를 보정하여 줌으로써 이들을 표현할 수 있다.

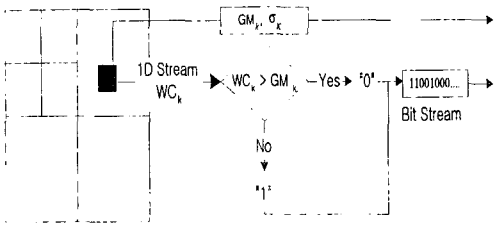


그림 3 텍스춰 모델링에서 보다 정확한 복원을 위한 비트 스트림 알고리즘

Fig. 3. A bit stream algorithm for making more accurate reconstruction in texture modeling

물론 이러한 기능이 가능하기 위해서는 표준편차가 작아야 하는데, 실제 LAR 영역에 대하여 이들을 조사한 결과 대부분이 2 미만의 매우 작은 값들을 갖고 있음을 확인하였다. 이에 부가하여 보다 정확한 보정을 위하여서 그림 3과 같은 과정을 수행한다. 즉, 표현하고자 하는 계수값이 평균을 중심으로 분포되어 있으므로 평균값보다 '작다 또는 크다'를 구분하여 각각을 처리한다.

3.2 MAR 부호화 알고리즘

MAR 영역의 경우는 두 가지 영역의 특성을 조금씩 포함하고 있기 때문에 이 영역에 대해서는 사용자가 요구하는 데이터량 혹은 네트웍상의 트래픽을 고려하여 텍스처 모델링 혹은 스택 런 코딩 방식을 선택적으로 적용하도록 구성하였다. 즉, MAR 영역가운데 중요계수를 좀 더 많이 포함하고 있는 영역은 스택 런 코딩을 적용하였고 나머지 영역의 경우는 전송 비트가 적은 텍스춰 모델링 기법을 적용하여 적응적인 전송이 가능하도록 하였다.

3.3 HAR 부호화 알고리즘

본 논문에서는 HAR 영역에 대하여 각 대역별로 raster scan하여 zero의 개수와 중요계수의 부호 및 계수 값을 나타내는 두 개의 파라미터를 사용한 것으로 알고리즘이 간단하고 계산량이 적다. 또한 zero tree algorithm보다 압축율이 좋은 장점을 가지고 있다.

표 1은 stack-run 알고리즘으로 HAR 영역의 각 블럭과 상관관계를 가지는 63개의 계수 값을 순서대로 스캔하여 값이 '0'이면 zero 개수를 하나씩 증가시키고 '0'이 아니면 누적된 zero의 개수(zero run-length)와 '0'이 아닌 값(value)을 2진수로 표현한다. zero의 개수(run-length)는 항상 양의 값을 가지게 되며 각각 2진수 1은 '+'로 0은 '-'로 표현한다.

표 1. Stack-Run 알고리즘

```
if(data==0)
    count=count+1;
else {
    if(count!=0) { binary_rbit(count); }
    value=data;
    binary_vbit(value);
    count=0;
    value=0;
}
```

또한 값(value)은 양수나 음수로 나타나며, 각각 2진수 1은 '1'로 0은 '0'으로 표현한다. 단, 값이 양수 일 때는 2진수의 MSB를 '+'로 음수 일 때는 MSB를 '-'로 표시하여 값이 양인지 음인지를 구분하게 된다. 즉, 스택 런 알고리즘은 데이터를 압축하는데 있어 4개의 변수를 사용하게된다.

4. 실험 결과

제안한 방식의 효율성을 증명하기 위하여 다양한 특성을 갖는 여러 영상을 제안한 부호화 알고리즘에 적용하였다. 실험에 사용된 영상은 256×256 크기에 256 그레이 레벨을 갖고 있는 Goldhill, Cronkite, Barbara 영상이며, 본 실험을 위해 5-tap QMF 필터가 사용되었고 각각의 영상은 모두 3 계층으로 분할되었다.

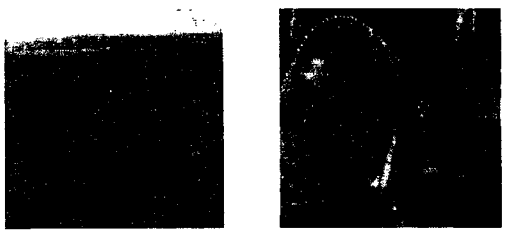
표 2는 실험 결과를 통해 얻어진 PSNR 값을 나타낸 것이다. 표 2를 통해 알 수 있듯이, 기존의 zero tree 방식(EZW)에 비하여 약 5~9 dB 이상 향상된 매우 좋은 결과를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

표 2. 실험결과 비교표

Images	bpp	EZW(dB)	Proposed(dB)
Goldhill	0.09	24.8	31.8
Barbara	0.07	25.2	32.4
Cronkite	0.07	28.2	37.3

특히, 공간영상에서 변화가 크지 않았던 Cronkite영상의 경우는 성능 차이가 매우 크게 나타남을 확인할 수 있는데 이 것은 변화가 크지 않은 영상의 경우, 웨이브렛 변환된 대역에서 대부분 LAR 영역이나 MAR 영역으로 분류되고 이들은 부호화 할 때 적은 비트로도 영역을 압축할 수 있기 때문이다.

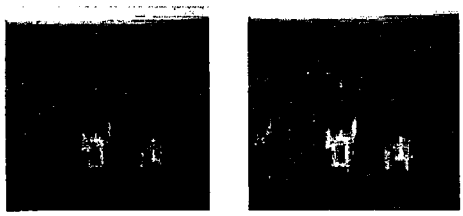
복원 영상의 일부를 확대한 부분은 그림 4에 제시하였다. 매우 낮은 비트에서 복원된 영상임에도 불구하고 에지와 같이 고주파 대역을 포함한 부분들이 비교적 잘 복원되었음을 확인할 수 있다.



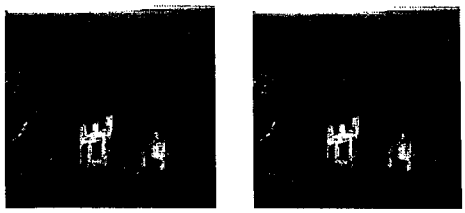
(a) (b)

그림 4. 복원영상의 일부를 확대한 영상
Fig. 4. The magnified images of reconstructed ones

그림 5는 표준편차의 크기에 따라 데이터를 전송하여 점진적으로 복원된 영상을 나타낸 것이다. 그림을 통해 알 수 있듯이 본 논문에서 제안한 영상 부호화 전송기법은 매우 간단한 방식으로 변환 대역의 중요계수 여부를 판단하고 이를 부호화 할 수 있음은 물론, 그러한 특성을 이용하여 사용자의 요구 조건에 맞는 영상 전송이 가능함을 확인하였다.



(a) 70이상(24.7dB) (b) 50이상(25.5dB)



(c) 25이상(28.2dB) (c) 10이상(33.7db)

그림 5. 점진적 전송에 의한 영상 복원
Fig. 5. The image reconstruction by progressive transmission.

5. 결 론

본 논문에서는 공간영역에서 영상의 특성과 웨이브렛 변환 대역이 큰 상관 관계를 가지고 있다는 특성을 이용하여 공간영역상의 영상을 블록으로 나눈 후, 각 블록을 세 개의 영역으로 분류하고 각 영역의 특성에 맞게 부호화하고 이들을 점진적으로 전송하는 기법을 제시하였다. 실험의 결과, 제안한 방식이 기존의 zero tree 부호화 방식에 비하여 우수한 결과를 나타낼 수 있음을 확인하였다. 특히 낮은 비트율(0.5bpp 이하)에서 복원화질 및 비트율 모두 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

기존의 시스템과 비교하여 본 시스템이 갖는 장점은 공간 영역에서 간단한 방식으로 분류한 영역 데이터를 웨이브렛 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.

참 고 문 헌

[1] 박근한 등 "인터넷 상에서의 요구형 멀티미디어 서비스 시스템 구현",정보과학회논문지,제2권 제4호, 1996.

[2] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1993.

[3] A. K. Jain, Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall, 1989.

[4] J H. Park, J. H .Choi and H. S. Kwak, "Image Compression by Texture Modeling of Wavelet coefficients", ICSPAT, SanDiego, pp.1208-1212, Sept. 1997.

[5] M.J.Tsai, J.D. Villasenor and F.Chen, "Stack-Run Image Coding", IEEE Trans on Circuits and System for Video Technology, vol.6, pp.519-521, Oct. 1996.