



특집 미래 방송 환경

정지영상에서 관심영역 전송의 부호화

□ 이수종 / 협성대학교

1. 서론

인터넷의 발달로 인해 영상정보는 이전의 텍스트 전형에서 탈피해 중요한 통신정보의 수단이 되고 있다. 모뎀과 같은 저속의 통신 수단을 이용하여 인터넷에 접속하는 사용자들에게는 짧은 응답시간을 요하는 효율적인 영상정보의 전송 방법이 요구된다. 정지영상의 압축기술은 좀 더 효율적이고 고 압축률에서도 화질의 열화가 심하지 않도록 하기 위한 것이다.

현재의 정지영상 압축표준인 JPEG(Joint Photographic Expert Group)[1]은 이산 역현 변환(discrete cosine transform : DCT)[2]을 기반으로 하여 mid-bit-rate 와 high-bit-rate 에는 좋은 성능을 보이고 있으나 0.25bpp 이하의 low-bit rate 압축에서는 현저한 블록화 현상(blocking effect)으로 인하여 영상 정보로서의 가치를 기대할 수 없다.

JPEG의 단점을 보완한 JPEG 2000의 주요 목적은 기존의 JPEG의 한계인 사진, 그래픽, 의료 영상, 원격 감지 영상(인공위성 사진) 및 텍스트 등의 다양한 특성(bi-level, gray-level, color)을 갖는 정지화상을 하나의 시스템 하에서 주문자의 다양한 요구에 대해 하나의 구조를 적용하는 것이다. 또한 0.25bpp 이하의 low bit-rate 전송을 가장 큰 목적으로, 정지화상을 고밀도로 압축하여 전송하고 복원시 원본의 화질에 손색없는 영상 화질의 향상을 제공하여 대용량의 데이터베이스 구성 및 검색, 네트워크 상에서의 점진적인 화상전송, 상업용 사진에 대한 저작권 보호, 그리고 MPEG-4(Motion Picture Expert Group)와의 호환 등이다.

영상 인식 분야(computer vision)에서 발전되어 온 다해상도 신호 해석(multiresolution signal analysis)은 움직임 추정에서 물체 인식에 이르기까지 여러 가지 문제를 해결하는데 중요한 역할을

하였다. 이는 입력신호를 서로 다른 해상도로 표현하여 공간 주파수 특성에 따라 각각의 해상도에 적합한 처리를 하는 것으로 제로트리(zerotree)를 이용한 부호화 방법은 웨이브렛 변환된 영상에서 상위 단계의 계수값이 양자화 임계값(threshold)보다 작다면 공간적으로 대응하는 하위 단계의 계수값도 작을 것이라는 가정하에 부호화 하는 방법으로 매우 효율적인 압축 성능을 보인다. Shapiro(3)(4)는 웨이브렛 분해된 같은 방향의 부대역간의 자기 유사성(self-similarity)을 이용한 연속적인 근사 양자화(successive approximation quantization : SAQ)를 사용한 EZW(embedded zerotree wavelet) 알고리즘을 제안하였고, Said and Pearlman은 Shapiro의 방법을 개선하여 더욱 압축 효율을 높인 SPIHT(Set Partitioning in Hierarchical Trees) 알고리즘을 제안하였다(5)(6). Embedded 영상 부호화기는 임의의 순간에 부호화와 복호화를 멈출 수 있는 특성을 가지고 있기 때문에 정확한 압축률의 조정이 가능하고, 점진적인 전송(progressive transmission)이 가능해 정지영상 및 동영상 부호화에 이용될 수 있다.

많은 영상 부호화의 응용에서 수신자가 실시간으로 송신단으로부터 더 많은 비트를 전송 받음으로써 주기적으로 복원되는 정제된 영상을 볼 수 있다는 것은 매우 중요하다. 이러한 점진적인 비트(bit) 전송 시스템은 전송되는 영상의 기초적인 이해를 빨리 할 수 있다. 즉, 적은 양의 영상 정보만으로도 개략적인 영상의 재구성이 가능하고 전송량이 증가함에 따라 점진적으로 영상의 화질을 향상시킬 수 있다. 웨이브렛 변환 부호화의 발달로 약 0.05 bits/pixel 정도의 전송율에서도 영상의 대체적인 이해가 가능하다.

본 논문에서는 이러한 웨이브렛을 이용한 영상

부호화의 점진적인 전송의 특징을 살려 영상의 어느 특별한 부분만을 임의적으로 선택하여 원하는 비트율에서 원하는 속도로 영상 통신을 할 수 있는 관심영역(Region of Interest)의 부호화에 대한 연구를 하였다. 영상의 어떤 특별한 부분을 상세하게 보기 위해서는 그 부분에 더 많은 비트를 할당함으로써 고해상도의 영상을 획득할 수 있다. 이것은 영상의 관심 영역만 추출하여 그 부분에 보다 많은 비트를 할당하고 그 영역을 먼저 전송함으로써 영상의 대강의 형태를 알 수 있다는 장점을 가지고 있다. 이것의 응용으로는 인간의 얼굴, 쓰여진 단어, 부분적인 배경 및 군에서의 목표물 인식 등 네트워크(network)를 통한 영상 통신의 경우에 매우 다양하게 사용자의 요구에 응할 수 있는 시스템에 이용될 수 있다. 몇몇 응용에서는 무손실 압축이 요구된다(7)(8). 예를 들어, 의료 영상을 이용하는 원격 의료 환경에서는 정확한 진단을 위해서 점진적인 전송과 함께 무손실 압축이 요구된다. 그러나 이러한 요구는 매우 큰 저장장소를 요구하게 된다. 이것을 해결하기 위한 하나의 방법으로 관심 영역에서는 완전복원과 함께 빠른 전송이 요구되고 나머지 영역에서는 사용자의 요구에 의한 효율적인 압축 방법이 요구된다. 완전복원을 이루기 위해서는 웨이브렛 필터의 실수 탭은 유한 허용 오차로 인한 절사오류(truncation error)로 인해 완전 복원이 불가능해 정수를 사용하는 필터를 사용하여 완전복원을 가능하게 한다. 정수 웨이브렛 필터는 계산이 간단하고 속도가 빨라 소프트웨어와 하드웨어의 구현이 쉽다. 이러한 정수를 이용하는 웨이브렛은 Said and Pearlman의 집합 분할 정렬(Set Partitioning in Hierarchical Trees : SPIHT)의 S+P 알고리즘이 알려져 있다(9)(10).

관심영역 부호화의 특징은 임의의 모양을 가진

영역이 설정 될 수 있어야 하고, 관심영역은 점진적인 전송에 있어서 나머지 부분보다 더 빨리 전송될 수 있어야 하고, 관심영역의 지정과 비트율이 부호화에 또는 부호화 중간에 사용자에게 의해 유연하게 조절이 가능해야 한다. 그리고 관심영역의 화질은 그 나머지 부분보다 나아야 하고 관심영역을 형성하고 있는 경계부분이 시각적으로 훼손되지 않아야 하기 때문에 영상의 양자화, 엔트로피 부호화 그리고 관심영역의 형태 부호화는 모두 독립적이다.

본 논문에서는 관심영역의 부호화를 위하여 크게 세 가지의 방법을 통하여 구현해 본다. 첫번째 방법에서는, 관심영역과 그 나머지영역을 분리하여 관심영역과 나머지 영역을 각각 부호화 하여 각각의 비트스트림으로 전송하는 방법으로 이는 필요에 따라서 관심영역의 부호화는 무손실 부호화 방법을 이용할 수도 있다. 두번째 방법으로는, 영상에서 영역을 설정한 후에 웨이브렛 변환을 한 후 계수들의 크기를 크게 하여 계수들의 재정렬을 통해 관심영역이 먼저 전송되게하고 복원단에서는 원래의 계수값을 회복하는 방법이다. 위와같은 두가지의 방법은 손실 부호화 방법인 실수탐을 사용해 부호화 효율을 높인다. 세번째 방법으로는, 관심영역의 완전 복원을 위한 방법으로 SPIHT의 S+P를 이용하여 실험을 하였다.

II. 관심영역 부호화

점진적인 영상의 전송은 전체 영상을 다 전송하지 않고 그 일부단으로도 대략적인 영상의 재구성이 가능하다. 이런 형태의 부호화는 높은 압축률과 빠른 속도를 요구하는 영상 자료의 통신인 원격 의료 진료, 영상 데이터 베이스, 낮은 대역폭을 통한

시스템에서의 화상회의 등에 적절한 방법으로 수신자에 따라서 화질의 충실도(fidelity)와 전송시간의 고려를 달리 할 수 있는 곳에 이용이 가능하다.

관심영역을 가진 영상의 전송이란, 점진적 전송의 기반 위에 어느 특정한 영역을 사용자가 선택하여 전송할 수 있는 방법으로 단순한 점진적 전송의 방법보다 압축률과 전송시간을 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라 효율적인 메모리 관리 등 사용자의 다양한 요구에 응할 수 있다. 관심영역 부호화의 특징은, 관심영역이 그 나머지영역(배경영역)보다 먼저 전송되어야 하며, 관심영역의 화질은 그 나머지영역보다 좋아야 하고, 전체적인 영상의 비트율과 관심영역의 비트율도 조절이 가능해야 한다. 또한, 영역의 선택에 있어서 직사각형, 원 및 임의의 모양을 선택하여 부호화, 복호화가 독립적으로 수행된다. 이는 마스크를 이용하여 수행되며 마스크에 대한 정보는 비트스트림 헤더(Header)에 부가적인 정보로 제공된다.

1. 기존의 관심영역 부호화

기존의 관심영역 부호화의 방법으로는 DCT를 이용한 점진적인 영상 부호화를 들 수 있다. 많은 변환 부호화 가운데 DCT는 최적 변환인 KLT(Karhunen Loeve Transform) 성능에 매우 근접한 특성을 가지고 있으며 고속 알고리즘의 개발과 구현의 용이성 때문에 가장 많이 사용되고 있다. DCT 영상 부호화는 2차원 영상 신호를 $N \times N$ (pel) 크기의 블록들로 나눈 후 블록사이의 독립성을 가정하고 2차원 DCT 변환을 취한 다음 블록 양자화 하는 것이다.

변환에 의하여 공간에 흩어져 있던 에너지를 변환영역에서 한쪽으로 집중되는 특성을 이용하여 처

음에는 에너지 집중도가 높은 저주파 영역의 변환 계수부터 전송하여 영상의 개략적인 형태를 재생하고 점진적으로 집중도가 낮은 변환계수를 전송하여 더 세밀한 영상을 점진적으로 전송할 수 있다. 특히 이웃하는 변환계수의 에너지의 집중도를 고려하여 계수단위로 지그재그(zig-zag) 주사방식으로 점진적 전송을 함으로써 비교적 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

이외에 적은 양의 정보를 전송하고도 영상의 개략적인 형태를 더 빨리 인식할 수 있도록 하기 위하여 변환계수를 양자화 한 후, 한 비트 전송시 가장 많이 줄어드는 비트부터 한 비트씩 비트 단위로 나누어 전송하고 한 비트씩 추가 비트가 전송될 때마다 점진적으로 개선된 재생화질을 얻을 수 있는 비트 단위 점진적 영상 부호화가 있다. 그러나 DCT를 이용한 부호화는 블록 효과가 발생하고, 낮은 비트율에서는 심한 화질의 열화로 정보로서의 가치를 기대할 수 없다.

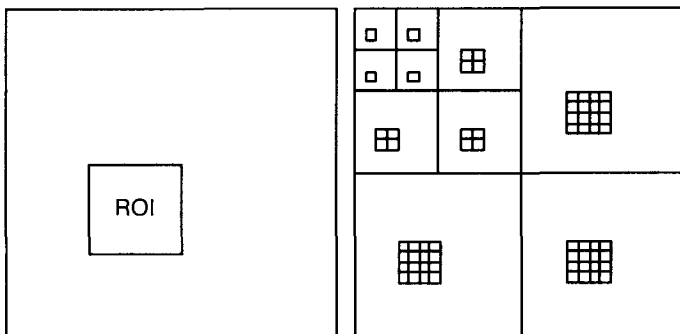
기존의 웨이브렛을 이용한 점진적인 관심영역 부호화 방법으로는 웨이브렛 변환에 의해 얻어진 계수들은 큰 값을 갖는 계수들이 작은 값을 갖는 계수들에 비해 원영상의 정보를 많이 포함하고 있어 큰 계수값을 갖는 계수를 먼저 전송함으로써 근

사적인 정보를 얻을 수 있다는 생각에서 지정된 관심영역에 있는 계수값들을 왼쪽으로 비트 천이 시켜서 큰 값을 가지게 하여 먼저 전송될 수 있게 하는 방법이다. 왼쪽 비트 천이의 값을 S라고 한다면, 관심영역의 계수들은 원래 계수값의 배가 된다. 그림 1에 관심영역의 웨이브렛 변환상태를 보여주고 있다.

이 방법은 S가 클수록 관심영역의 계수가 큰 값을 가지게 되므로 관심영역의 계수가 배경영역 보다 먼저 전송되는 효과를 볼 수 있다. S가 배경영역의 값보다 충분히 크지 않다면 배경영역보다 큰 계수는 먼저 전송되고 그렇지 않은 계수는 배경영역과 함께 전송된다. 이 방법은 관심영역의 화질은 떨어지지만 전체적인 영상의 화질은 앞의 방법에 비해 좋아진다. 즉, 관심영역과 배경영역의 중요도를 판단하여 균형(trade-off)을 맞추어야 한다. 또한, 관심영역의 계수가 배경영역의 계수보다 월등하게 크다면 특별한 위치정보의 전송 없이 부호화를 한다.

3. 제안하는 부호화 방법

관심영역의 부호화는 특성상 영상의 점진적인 전송을 기반으로 한다. 본 논문에서는 점진적인 영상의 부호화의 방법으로 이미 학술적으로 입증된 알고리즘들을 이용하여 사용자의 다양한 요구에 부응하는 부호화 방법들을 세가지로 제안한다. 첫번째 방법은, 영상의 관심영역과 배경영역을 분리하여 부호화하는 방법으로 여기에는 다시 관심영역으로 지정된 부분을 분리하였을



〈그림 1〉 관심영역의 웨이브렛 변환

때 그 부분의 처리를 위한 방법을 두가지로 나누어 비교하였다. 두번째 방법으로는, 관심영역과 배경영역의 통합 부호화로 관심영역의 계수들의 값을 배경영역의 값들보다 크게 하여 먼저 전송시키는 방법으로 관심영역의 고 화질을 보장할 수 있는 방법을 연구하였다. 세번째 방법으로는, 관심영역의 무손실 부호화 방법으로 정수를 이용하는 웨이브렛 알고리즘을 이용하여 구현하였다.

3.1 관심영역과 배경영역의 분리 부호화

관심영역의 부호화는 가장 단순하게는 관심영역과 배경영역을 별도의 두 장의 영상으로 분리하여 각각 다르게 부호화하는 방법이 있을 수 있다. 그림 2에 이 방법의 블록도를 나타내었다. 즉, 관심영역이 있는 영상에 대해서는 세밀한 양자화를 수행하여 영상의 질을 높이고, 배경영상에 대해서는 덜 세

밀한 양자화를 수행하여 압축 전송하는 방법이다. 이 방법은 마스크를 이용하여 관심영역과 배경영역을 분리하게 되고 이 마스크에 대한 정보는 부호화 시 헤더에 포함되어 복호화기로 보내지게 된다. 이렇게 각각 압축되어진 두 장의 영상은 관심영역에 대한 위치정보와 함께 두개의 비트스트림을 융합(merge)하여 하나의 비트스트림으로 만들어 복호화기로 전송되고, 복호화기에서는 하나의 비트스트림을 다시 두 개로 분리하여 부호화기에서와 마찬가지로 별도의 두 개의 비트스트림을 복원하여 하나의 영상으로 재구성하게 된다.

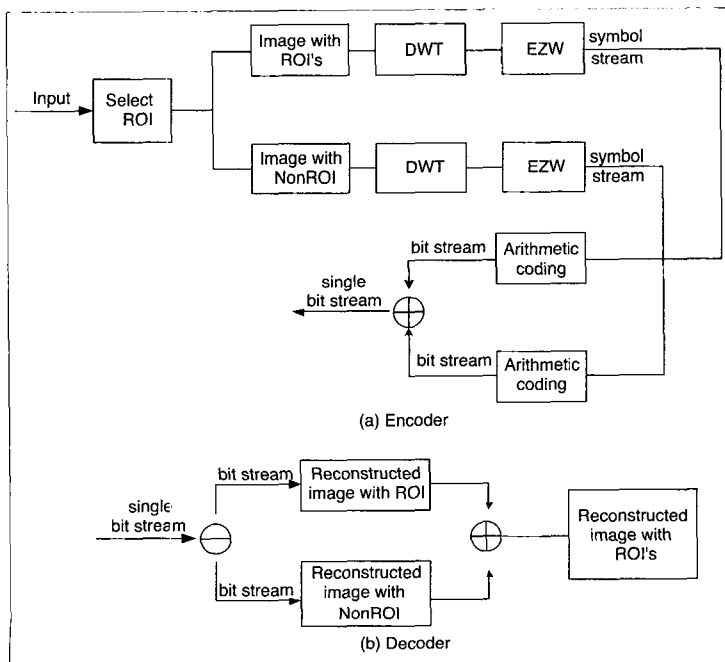
부호화 알고리즘. I_{ROI} I_{NonROI}

1. 영상내에서 관심영역의 지정
2. 관심영역과 배경영역을 별도의 영상으로 분리 (I_{ROI} , I_{NonROI}): 관심영역에 대한 마스크를 생성한다.

배경영역으로 구성된 영상 (I_{NonROI})내에는 관심영역이 포함된다. I_{NonROI} 내에 포함된 관심영역을 원래의 영상으로 그대로 두고 부호화하는 방법이 있을 수 있고, 0으로 채우고 부호화하는 방법이 있을 수 있다. I_{NonROI} 내의 관심영역의 채움방식에 따라 부호화 성능이 약간의 차이를 가져올 수 있다.

3. I_{ROI} 에 대해 비트율을 M 으로 설정하여 SPIHT부호화를 수행한다. 결과 비트스트림을 B_{ROI} 라 한다.

4. I_{NonROI} 에 대해 비트율을 m 으로 설정하여 SPIHT부호화를 수행한다.



〈그림 2〉 제안된 방법 1의 블록도

결과 비트스트림을 B_{NonROI} 라 한다. 당연히 $M > m$ 이 된다.

5. 두 개의 비트스트림을 하나의 비트스트림으로 융합 (merge)하여 전송한다.

복호화 알고리즘. I_{ROI} I_{NonROI}

1. 전송된 비트 스트림을 와 로 분리한다.
2. B_{ROI} 를 복호화하여 I_{ROI} 를 얻어내고, B_{NonROI} 를 복호화 하여 I_{NonROI} 를 구성한다.
3. I_{ROI} 와 I_{NonROI} 를 위치정보를 이용하여 하나의 영상으로 재구성한다.

이 방법에 대한 문제점으로는 관심영역과 배경영역을 분리하여 분리된 2개의 영상에 대해 각각 별도의 부호화기, 복호화기를 사용한다는 것이다. 이 문제점을 해결하기 위한 두번째 방법으로 관심영역과 배경영역을 통합해서 부호화를 해보았다.

3.2 관심영역과 배경영역의 통합 부호화

이 절에서는 관심영역과 배경영역을 따로 분리하지 않고 관심영역을 먼저 전송하게 하는 방법을 연구하였다. 그림 3에 이 방법의 블록도를 나타내었다.

EZW에서는 MSE를 가장 크게 줄일 수 있는 계수를 먼저 전송한다. 관심영역에 해당하는 계수들을 먼저 전송한다면 관심영역에 대한 고화질을 보장할 수 있다. 이 방법 또한, 방법 1에서와 같이 관심영역

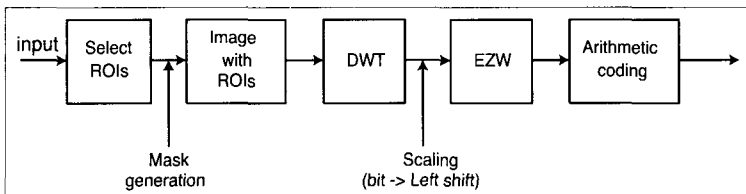
의 지정에 마스크를 이용한다. 마스크를 설정하고, 이를 웨이브렛 변환하게 된다. 또한 마스크는 임의의 영역을 설정이 가능해야 하고, 여러 영역의 설정이 가능해야한다. 관심영역을 먼저 전송하기 위해서는 관심영역내의 계수들을 크게 해주면 된다. 이것을 스케일링 인자(scaling factor : S)라고 하면 S가 크면 클수록 관심영역의 계수들은 먼저 전송되게 된다. 하지만 EZW의 연속적인 근사 양자화로 인해 불필요한 단계를 거치게된다. S가 충분히 크지 않다면 관심영역내의 계수들 일부는 관심영역과 분리되어 배경영역과 같이 부호화 된다.

부밴드에서의 관심영역에 속하는 계수가 상위레벨에서 관심영역에 반드시 포함되어 지지는 않는다. 웨이브렛 필터의 특성상 상위레벨에서는 그 값의 분포가 퍼지게 되어 나타난다. 그래서 복원된 영상에서는 관심영역의 부분이 영역인자(Region factor)에 의해 제한을 받게된다. 이러한 스케일링 인자와 영역인자를 이용하여 인간의 시각의 차이에 따른 사용용도를 달리 할 수 있게 한다.

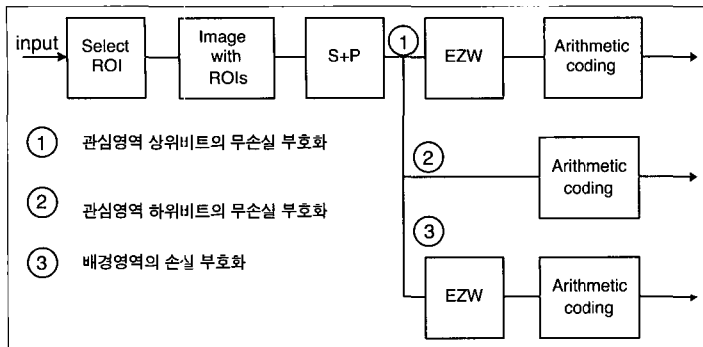
3.3 관심영역의 무손실 부호화

의료영상과 같은 특정의 응용분야에서는 관심영역에 대해 원래의 영상이 그대로 전송되어야 하는 경우가 있다. 본 논문에서 사용하고 있는 웨이브렛 필터는 실수필터이다. 이러한 필터를 그대로 사용할 경우, 이론적으로는 원영상의 완전 복원이 가능

하나, 실제로 실수계수가 정수계수로 변환되는 과정에서 발생하는 절사에러로 인해 완전 복원을 보장할 수 없다. 이런 경우 정수에서 정수로 매핑하는 웨이브



(그림 3) 제안된 방법2의 블록도



(그림 4) 제안한 방법 3의 블록도

렛 변환을 사용하여 완전복원을 구현할 수 있다. 정수 웨이브렛을 사용하는 전체영상의 무손실 부호화에 관한 연구는 활발하게 진행되어 왔다. 반면, 관심영역만의 무손실 부호화에 대한 연구가 상대적으로 부족했다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 SPIHT에서 S+P트랜스폼을 이용한 무손실 부호화기를 관심영역 부호화에 적합한 형태로 변환하여 사용하고, 그 결과를 확인한다. 그 블록도를 그림 4에 나타내었다.

S+P변환을 이용한 무손실 부호화에서는 실제로 두개의 부호화기를 사용한다. S+P변환을 이용하여 얻어진 계수들 중 중요계수를 SPIHT에서 설명한 점진적 전송방법으로 전송하고, 나머지 여분의 정보를 산술 부호화기를 이용한 무손실 부호화기로 전송하는 방법을 사용한다. 즉, 중요정보에 대해서는 EZW부호화 방법을 이용하여 점진적으로 전송하고, 나머지 여분의 정보에 대해서는 무손실 부호화기를 이용하여 전송하게 된다. 이 방법은 계수를 비트 플레인으로 분할하여 상위 비트플레인은 따로, 하위 비트플레인은 또 별도의 산술부호화기를 이용하는 방법이다. 상위와 하위의 기준은 부호화기의 성능을 고려할 때 대략 3비트 정도이다.

관심영역에 대한 무손실 부호화기는 웨이브렛 변환을 정수 웨이브렛 변환으로 대치함으로써 얻을 수 있다. 본 실험에서는 S+P변환을 이용하여 관심영역에 대한 무손실 부호화기를 구현한다.

S+P변환으로 대치하여 관심영역의 무손실 부호화

를 행할 경우, 실제 사용되는 부호화기는 중요정보를 전송하기 위한 EZW부호화기와 여분 정보를 전송하기 위한 별도의 부호화기가 모두 사용된다는 사실이다. 즉, 부호화가 스케일링 된 관심계수의 중요정보를 전송하기 위한 EZW부호화기와 SPIHT 알고리즘은 영상을 정확히 복원하기 위해서 모든 비트플레인을 부호화하기 위해서 사용될 수 있다. 그러나 최하위 비트들을 부호화 할 때 효율은 감소하는데 그것은 주로 속도와 메모리 용량 때문이다. 이것은 대개 영상의 손실이 원 영상과 눈으로 구분될 수 없을 때 비트율 때문에 발생한다. 그런 이유로 SPIHT는 3번째 하위 비트까지 부호화하기 위해서 사용되고 남은 비트플레인을 부호화하기 위해서 고정된 일정하게 분포된 산술 부호화기로 부호화한다. 계수의 여분정보를 전송하기 위한 산술부호화기, 그리고 스케일링되지 않은 배경영역의 계수를 전송하기 위한 EZW부호화기의 순서로 부호화가 진행된다.

이 경우 관심영역의 계수의 중요정보와 배경영역의 계수의 정보를 전달하기 위한 EZW부호화기에서는 불연속성이 발생되며, 실제로 별도의 코더로 압축되어야 하며, 비트스트림도 서로 성질이 틀린 3개의 비트스트림이 발생하게 된다.

III. 실험 및 결과 고찰

본 논문의 실험환경은 운영체제 : Windows98, cpu : pentium 500Mhz, memory : 128M Ram, 프로그램 개발 기구 : Visual C++ 6.0 이다.

실험에 사용된 영상은 Lena 512x512 이다. 알고리즘들의 성능평가를 위한 방법으로 PSNR(peak signal to noise ratio)을 사용하였다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{E\{f(i,j) - \hat{f}(i,j)\}^2} \quad (1)$$

실험에서 사용된 웨이브렛 변환은 Antonini가 제안한 9-7 탭 필터를 사용하였다. 이 필터는 비교적 적은 탭으로 완전복원 조건을 만족하고 좌우대칭의 구조를 갖고 있어 영상신호의 경계부분에 대해서 대칭확장이 가능하다. 관심영역과 배경영역의 분리 부호화에서는 마스크를 이용하여 영상내에서 부호화를 행하게 되는데 이때 이 필터의 영향으로 인한 관심영역의 경계부분이 상위 밴드에서의 위치가 모호하게 된다. 그래서 리전 인자(Region factor)를 도입해 그 경계를 정해준다.

웨이브렛 변환을 이용한 영상의 점진적 부호화 기법으로 대표적인 방법으로는 EZW가 있다. EZW는 제로트리를 이용한 연속 근사 양자화를 통하여 부호화하는 방법으로 본 논문에서 구현해 보고 그 개선 방안인 SPIHT와 비교하였다. SPIHT는 현재 점진적인 영상의 부호화 방법으로 가장 좋은 성능을 보여 본 논문에서의 비교대상으로 하였다. 또한, 본 논문에서 사용되는 알고리즘 역시 SPIHT

를 수정하여 이용하고 3번째 방법인 관심영역의 무손실 부호화 방법은 S+P 변환을 개선하여 이용하였다.

1. 관심영역과 배경영역의 분리 부호화

이 방법은 가장 간단한 방법으로 영상을 두 장으로 분리 처리하는 방식이다. 마스크의 영역을 분리하지 않은 것처럼 여기고 계산하는 방법(Method 1)으로 관심영역의 비트율을 1.2bpp로 놓고 실험을 하였다. 이것은 실험영상의 관심영역 PSNR이 39~42dB 정도로 인간시각에서는 거의 원영상에 가깝기 때문이다.

실험의 결과로 관심영역의 크기를 64x64로 했을 때 실험영상의 PSNR을 보면 기존의 방법인 SPIHT 방법보다는 약간 떨어지지만 EZW보다는 높게 나타난다. 관심영역의 PSNR을 고려한다면 상당히 효율이 높은 방법이라 하겠다. 또한 관심영

(표 1) 방법 1을 이용한 부호화기의 성능비교(ROI bit rate = 1.2bpp)

| Method 1 | | | | | | |
|--------------------|----------------|--------------|---------------------|--------|-------|-------|
| ROI size = 64 · 64 | | | | | | |
| | | | conventional method | | | |
| Image | Bit rate (bpp) | ROI + NonROI | ROI | NonROI | EZW | SPIHT |
| Lena 512x512 | 0.1 | 29.50 | 39.05 | 29.44 | 28.93 | 30.22 |
| | 0.25 | 33.81 | 39.05 | 33.77 | 32.75 | 34.11 |
| | 0.5 | 37.06 | 39.05 | 37.04 | 36.01 | 37.21 |
| | 1 | 40.27 | 39.05 | 40.29 | 39.33 | 40.40 |

| Method 1 | | | | | | |
|----------------------|----------------|--------------|---------------------|--------|-------|-------|
| ROI size = 128 · 128 | | | | | | |
| | | | conventional method | | | |
| Image | Bit rate (bpp) | ROI + NonROI | ROI | NonROI | EZW | SPIHT |
| Lena 512x512 | 0.1 | 21.88 | 42.26 | 21.60 | 28.93 | 30.22 |
| | 0.25 | 32.29 | 42.26 | 32.04 | 32.75 | 34.11 |
| | 0.5 | 36.50 | 42.26 | 36.30 | 36.01 | 37.21 |
| | 1 | 40.01 | 42.26 | 39.90 | 39.33 | 40.40 |



〈그림 5〉 방법 1과 기존의 방법과의 비교(Lena 512x512, ROI=64x64 1.2bpp)

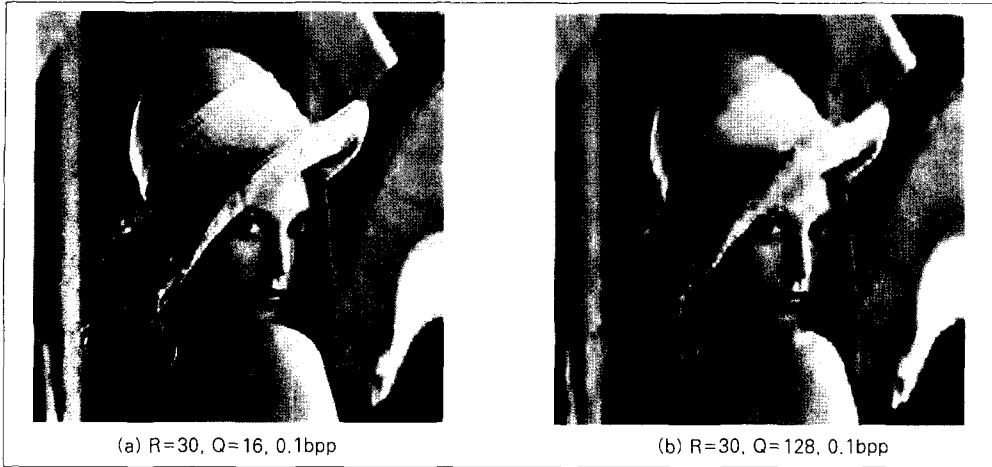
역을 제외한 배경영역 역시 EZW보다는 화질이 좋았다. 그림 5에 Lena 영상의 관심영역의 크기를 64×64 로 하고 1.2bpp를 할당하여 전체적으로 0.1bpp로 압축된 영상과 EZW를 이용하여 0.1bpp로 압축된 영상을 비교하여 보았다. 관심영역의 크기를 64×64 에서 128×128 로 변경했을 때는 더 많은 비트가 관심영역에 소요되어 0.1bpp에서는 현저하게 화질이 저하되었고 크기가 64×64 일 경우보다 약 4dB정도 떨어졌으나 0.25bpp 이상의 비트율에서는 다시 EZW에 비해 좋게 나타났다. 관심영역의 비트율을 1.5bpp로 했을 때 관심영역의 PSNR이 증가되어 배경영역은 약간의 화질의 저하가 발생했으나 크게 영향을 미치지 않았다. 이것은 관심영역의 크기가 낮은 비트율에서는 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

2. 관심영역과 배경영역의 통합 부호화

이 절에서는 관심영역과 배경영역을 통합해서 부호화하는 방법에 대해서 설명한다. 이 방법은 스

케일링을 이용하는 방식으로 계수의 값이 큰 계수부터 먼저 전송되는 방식이다. 부호화 순서는 입력 영상에 관심영역을 마스크를 이용하여 영상내에 영역을 설정하게 된다. 관심영역을 포함한 전체 영상을 DWT를 하여 계수를 발생시킨다. 발생된 계수에 대해서 마스크의 영역을 스케일링하여 값을 크게 하고 제로트리 부호화를 통해 관심영역의 계수들이 먼저 전송되게 하는 방법이다. Q factor와 R factor의 최적치를 찾기 위해 관심영역을 64×64 , 256×256 으로 분리하고 그 각각에 대해 Q factor를 $2^3 \sim 2^8$ 까지 변환하여 실험을 하였다. R factor는 Q factor의 각각에 대해 임의로 30, 100, 200으로 나누어 각각에 대해 0.1의 비트율에 대해 실험을 하였다.

실험의 결과로 관심영역의 크기 변화는 영역이 64×64 를 경계로 전체적인 PSNR 및 관심영역의 PSNR이 증가하다가 그 이상 영역이 커지면 다시 감소하는 현상을 보였다. 사용자의 측면에서 본다면 영역의 크기는 128×128 정도가 좋다고 볼 때 64×64 에 비해 약 2dB 정도가 떨어지게 나타났다.



(그림 6) R=30에서 Q factor의 변화(Lena512 image, ROI size=64×64, 0.1bpp)

(표 2) 방법 2를 이용한 관심영역의 PSNR(Lena512, ROI size=64×64, 0.1bpp)

| Method 2 Lena512, ROI size = 64 64, 0.1bpp | | | | | | |
|---|----------------|----------|--------|----------------|----------|--------|
| | Q factor = 8 | | | Q factor = 16 | | |
| R factor | F-PSNR | ROI-PSNR | B-PSNR | F-PSNR | ROI-PSNR | B-PSNR |
| 30 | 29.65 | 39.04 | 29.59 | 28.95 | 39.26 | 28.89 |
| 100 | 29.86 | 37.29 | 29.80 | 29.29 | 37.27 | 29.24 |
| 200 | 30.00 | 35.36 | 29.95 | 29.53 | 35.93 | 29.47 |
| | Q factor = 128 | | | Q factor = 256 | | |
| R factor | F-PSNR | ROI-PSNR | B-PSNR | F-PSNR | ROI-PSNR | B-PSNR |
| 30 | 25.22 | 36.85 | 25.16 | 23.59 | 34.75 | 23.53 |
| 100 | 26.26 | 33.13 | 26.21 | 25.12 | 32.25 | 25.06 |
| 200 | 27.07 | 33.40 | 27.02 | 26.29 | 32.49 | 26.24 |

(표 3) 방법 2를 이용한 관심영역의 PSNR(Lena512, ROI size=256×256, 0.1bpp)

| Method 2 Lena512, ROI size = 256 256, 0.1bpp | | | | | | |
|---|----------------|----------|--------|----------------|----------|--------|
| | Q factor = 8 | | | Q factor = 16 | | |
| R factor | F-PSNR | ROI-PSNR | B-PSNR | F-PSNR | ROI-PSNR | B-PSNR |
| 30 | 26.09 | 30.54 | 25.24 | 24.37 | 30.51 | 23.40 |
| 100 | 25.91 | 30.30 | 25.07 | 23.97 | 29.53 | 23.04 |
| 200 | 25.95 | 28.76 | 25.32 | 23.68 | 26.72 | 23.01 |
| | Q factor = 128 | | | Q factor = 256 | | |
| R factor | F-PSNR | ROI-PSNR | B-PSNR | F-PSNR | ROI-PSNR | B-PSNR |
| 30 | 20.20 | 28.94 | 19.10 | 19.27 | 28.68 | 18.15 |
| 100 | 18.36 | 22.53 | 17.54 | 16.01 | 19.72 | 15.25 |
| 200 | 17.48 | 18.09 | 17.29 | 15.02 | 15.00 | 15.03 |

실험적인 측면에서 영역의 크기가 64×64에서 가장 좋은 결과라고 할 때 그림 6에 전체 비트율을 0.1bpp, 관심영역의 크기를 64×64, R=30으로 고정하고 (a) Q=16, (b) Q=128일 때의 Lena512 영상을 보였다. 관심영역을 코 부분을 설정했을 때 전체적인 PSNR과 관심영역의 PSNR은 (a)가 약 3dB정도 높게 나타났고, 시각적으로 확연히 차이가 있음을 보인다. 그림 6에서 보듯이 관심영역의 크기가 (a)가 (b)에 비해 더 넓은 영역을 나타내어 관심영역의 PSNR은 높지만 R이 커질 경우 (b)가 관심영역은 좀 더 깨끗한 영상을 보여준다.

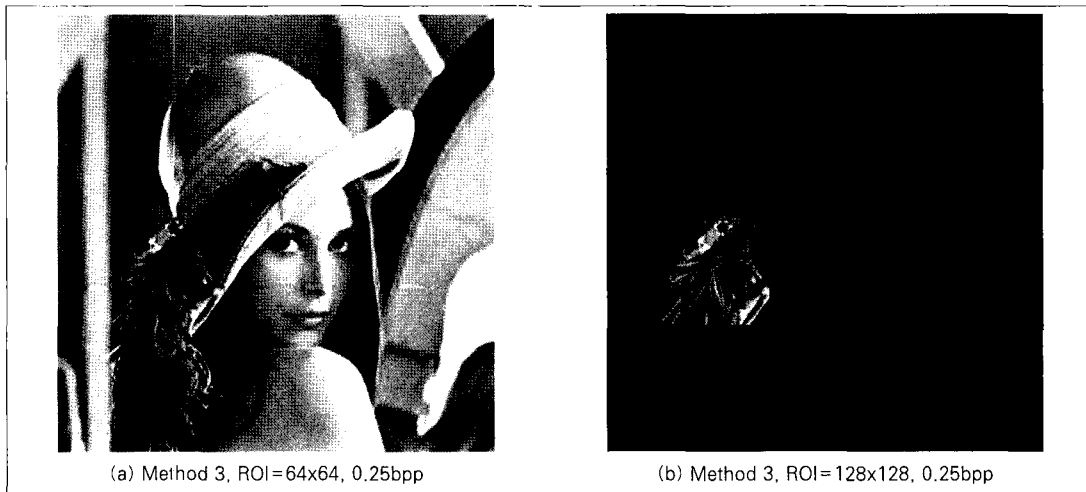
3. 관심영역의 무손실 부호화

무손실 부호화를 위해 실험에서는 S+P변환을 이용하였다. S+P 변환은 정수를 이용하는 변환으로 완전복원을 이룰 수 있다. 각 실험영상에서 관심영역의 크

〈표 4〉 관심영역의 무손실 부호화

| Method 3 | | | |
|--------------------|---------------|----------------|----------------------|
| ROI size = 64 × 64 | | | |
| Image | Bit rate(bpp) | ROI+NonROI(dB) | Lossless region(bit) |
| Lana 512 | 0.1 | 23.91 | 5.46 |
| | 0.25 | 32.17 | |
| | 0.5 | 35.18 | |
| | 1 | 39.18 | |
| | 2 | 43.71 | |

| ROI size = 128 × 128 | | | |
|----------------------|---------------|----------------|----------------------|
| Image | Bit rate(bpp) | ROI+NonROI(dB) | Lossless region(bit) |
| Lana 512 | 0.1 | 5.97 | 4.74 |
| | 0.25 | 5.97 | |
| | 0.5 | 33.28 | |
| | 1 | 38.18 | |
| | 2 | 42.80 | |



〈그림 7〉 방법 3을 이용한 ROI의 영역변화에 따른 화질 비교(0.25bpp)



〈그림 8〉 방법 3을 이용한 ROI의 크기변화에 따른 화질 비교(1bpp)

기를 64×64 와 128×128 로 하고 전체 비트율을 0.1에서 2까지 변화하여 실험하고 그 결과를 표 4에 나타내었다. 영역의 크기가 작을 때는 낮은 비트율에서도 어느 정도의 화질이 보장되지만 영역의 크기가 커졌을 때 낮은 비트율에서는 영상정보로서의 가치가 없었다. 이는 관심영역에 무손실을 위해 많은 비트를 할당했기 때문에 낮은 비트율에서는 관심영역만이 나타나는 결과를 보였다. 그 실험 결과 영상을 그림 7에 나타내었다. 비트율이 높아졌을 때에는 오히려 관심영역의 크기변화에 대해 영상은 PSNR의 측면에서 점점 차이가 줄어들었다. 그 실험 영상을 그림 8에 나타내었다. 관심영역의 무손실을 위해 할당되는 비트율은 약 5비트 정도가 할당됐고 낮은 비트율에서의 완전복원은 관심영역의 크기에 크게 좌우되는 것을 볼 수 있었다.

IV. 결 론

영상의 관심영역에 대한 점진적인 전송을 수행하기 위한 방법을 제시하였다. 관심영역의 부호화에 대한 아이디어는 두가지로 나누어진다. 그중 한가지는 영상을 분리해서 부호화하는 방법이고 또 하나는 스케일링 방식을 이용한다. 영상을 두개로 분리해서 부호화 하는 방법은 비교적 간단하다. 영상을 두개로 분리해서 각각 독립적으로 부호화를 행하여 다시 융합하는 과정을 거치면 된다. 분리하는 방법으로는 마스크를 사용하였으며 마스크에 대한 정보는 부가 정보가 된다. 마스크는 임의의 모양과 두개 이상의 영역을 지정할 수 있도록 설계되었다. 실험에서 증명되었듯이 이 방법들은 EZW에 비해 좋은 성능을 나타내었다. 다만, 기본 알고리즘으로

사용된 SPIHT의 한계를 넘지는 못하였으나 관심영역의 지정과 관심영역에 대한 비트율의 조정이 가능한 점은 사용용도를 달리 했을 때 매우 좋은 부호화 효율이라고 볼 수 있다. 관심영역의 크기는 부호화 효율에 큰 영향을 미친다. 특히 완전복원을 위해서는 관심영역의 크기에 따라서 모든 정보가 관심영역에 집중되어 나머지 정보는 전혀 식별이 불가능할 수도 있다. 관심영역의 지정에 따른 전체적인 부호화 효율을 높이기 위해서는 관심영역과 배경영역에 상호 절충이 필요하다.

영상을 통합해서 부호화 하는 방법은 분리하는 방법에 비해 좀더 복잡한 과정을 거친다. 영상의 경계부분의 처리에 대한 문제로 스케일링 인자(Q factor)와 리전 인자(R factor)를 도입해 관심영역에 속하는 부분을 조절하도록 하였다. 스케일링을 크게 할수록 관심영역의 화질은 좋아졌으나 전체적인 화질은 떨어지는 결과를 보였다. 리전 인자도 크게 할수록 같은 결과를 보였다. 실험을 통해서 본 결과로는 영역을 분리해서 부호화 하는 방법이 더 좋은 결과를 나타내었다. 그러나 관심영역의 확실도를 위해서는 통합해서 부호화 하는 방법이 이용될 수도 있다.

무손실 부호화 방법의 수행방법은 방법 1의 분리해서 부호화 하는 방법과 유사하다. 다만, 관심영역의 완전복원이 가능 하느냐의 차이이다. 무손실 복원을 하기 때문에 전체적인 화질은 떨어지나 관심영역은 무손실 복원이라는 장점을 가지고 있다. 위와 같은 방법들은 각기 사용자에 따라 용도를 달리해 사용될 수 있다.

제안된 방법들은 원격 의료 진료, 영상 데이터베이스의 구성 및 검색 그리고 인터넷의 영상통신을 위한 하나의 도구로 이용될 수 있다.

● 참고문헌 ●

- (1) W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, JPEG still image data compression standard, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.
- (2) K. R. Rao and P. YIP, Discrete Cosine Transform - algorithms, advantages, applications, Academic Press, San Diego, 1990.
- (3) J. M. Sapiro, "Embedded image coding zerotrees of wavelet coefficients," IEEE Trans. Signal Proc., vol. 41, pp. 3445-3462, Dec. 1993.
- (4) J. M. Shapiro, "An embedded hierarchical image coder using zerotrees of wavelet coefficients" Proc. Data Compression Conf., Snowbird, Utah, IEEE Computer Soc. Press, 1993.
- (5) A. Said and W. Pearlman, "A New Fast and Efficient Image coded Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 6, pp. 243-249, June 1996.
- (6) A. Said and W. Pearlman, "An image multiresolution representation for lossless and lossy image compression," IEEE Trans. on Image Processing, vol. 5, no. 9, pp. 1303-1310, September 1996.
- (7) V. N. Ramaswamy, K. R. Namuduri and N. Ranganathan, "Lossless Image Compression using Wavelet Decomposition", Proc. of Intl. conf. on Pattern Recognition, Vol. III, pp 924-928, August 25-30, 1996, Vienna, Austria.
- (8) V. N. Ramaswamy, K. R. Namuduri and N. Ranganathan, "Performance Analysis of Wavelets in Embedded Zerotree based Lossless Image Coding Schemes", Proc. of Intl. conf. on Image Processing, October 26-30, 1997, Santa barbara, California.
- (9) M. Boliek, M. J. Gormish, E. L. Schwartz, A. Keith, and A. Zandi "Lossless and near-lossless compression for high quality images," SPIE, San Jose, California, February 1997.
- (10) A. Said and W. Pearlman, "Reversible image compression via multiresolution representation and predictive coding," SPIE Visual Communications and Image Processing, vol. 2094, pp. 664-674, November 1993.

필자소개



이수종

-1989년 2월 : 국민대학교 전자공학과(학사)
 -1992년 8월 : 연세대학교 전자공학과(석사)
 -2000년 8월 : 연세대학교 전기·컴퓨터공학과(박사)
 -2002년 3월~현재 : 협성대학교 컴퓨터공학과 전임강사
 -주관심분야 : 영상처리, 영상통신, 신호처리, 컴퓨터비전 멀티미디어, 데이터베이스