

# 양방향 반올림 필터를 이용한 객체 영역 우선 전송 기법

강 경 원, 문 광 석

## Object Regions Prior Transmission Method Using Bidirectional Round Filter

Kyung-Won Kang, Kwang-Seok Moon

### 요 약

일반적으로 영상내의 중요한 정보는 객체 영역에 많이 포함되어 있다. 따라서 본 논문에서는 양방향 반올림 필터를 이용한 객체 영역 우선 전송 기법을 제안한다. 제안한 방법은 양방향 반올림 필터에 의해 객체 영역을 추출한 후, SPIHT를 이용한 부호화시 객체 영역의 웨이브릿 계수들을 우선 전송함으로써 짧은 시간내에 영상내 중요 정보들이 다른 정보들 보다 빨리 복원되도록 한다. 따라서 매우 낮은 비트율에서 영상내의 중요 정보를 파악할 수 있어, 인터넷 상에서 사용자가 영상을 검색할 경우 보다 빨리 중요한 정보를 파악하여 지속적인 전송 여부를 판단할 수 있기 때문에 검색 시간과 검색 효율을 개선시킬 수 있다.

### Abstract

Generally, most significant information of images is included in the object regions. Thus, this paper proposes the object regions prior transmission method using the bidirectional round filter. The proposed method extracts the object regions, and then transmits the wavelet coefficients of the object regions, prior to others, in the encoding procedure using SPIHT. So, it makes significant image information be restored faster than others for a short time. Consequently, through the proposed method the significant information of images is able to be recognized at a low bit rate and the condition of the continuous transmission is decidable by recognizing significant information fast, so that the searching time and efficiency can be improved.

**key words** : Wavelet Transform, Bidirectional Round Filter, SPIHT, Progressive transmission, Object Region

### 1. 서 론

최근 멀티미디어 정보에 대한 요구와 사용이 증대함에 따라 영상 데이터의 효율적인 처리 및 전송은 매우 중요한 현안으로 대두되고 있다. 그러나 영상 데이터는 정보량이 많기 때문에 큰 저장 공간과 넓은 전송 대역폭을 필요로 한다. 이러한 이유로 웹 상에서 다양한 영상과 비디오를 짧은 시간 내에 효율적으로 전송하여 검색하는 것은 매우 중요하다. 일반적인 영상 전송 기법은 순차적 전송(sequential transmission) 기법과 점진적 전송(progressive transmission) 기법으로 분류할 수 있다. 이 중 순차적 전송 기법은 영상 데이터를 좌측 상단부터 우측 하단 방향으로 화소들을 순차적으로 전송하는 방법으로, 영상을 판별하기 위해서는 많은 데이터를 수신하여야 하므로, 많은

시간이 소요되는 단점이 있다. 따라서 적은 전송 데이터만으로도 영상의 종류를 판별할 수 있는 점진적 전송 기법이 요구된다. 기존의 점진적 영상 전송 기법들은 주로 DCT(discrete cosine transform)를 기반으로 한 계층적 피라미드 구조나 벡터 또는 스칼라 양자화를 이용한 방법들이다. 이러한 DCT를 이용한 점진적 영상 전송 기법은 블록 단위를 기반으로 하기 때문에 낮은 비트율(bit rate)에서는 블록킹(blocking effect)현상이 발생하는 단점이 있다[1-3]. 이를 보완하기 위해 블록킹 현상이 발생하지 않고 계산량이 적은 웨이브릿 변환을 기반으로 한 점진적 영상 전송 기법이 제안되었다.

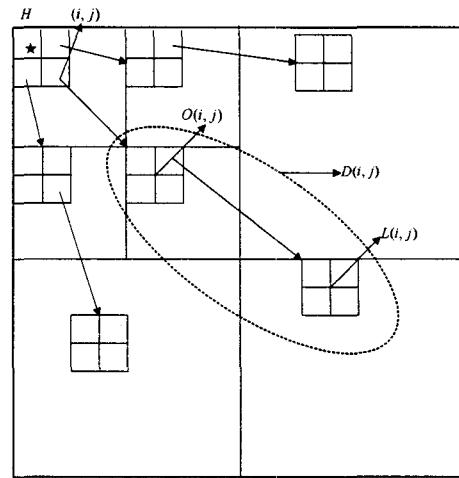
웨이브릿 변환은 시간과 주파수에 대한 국부성(locality)을 가지고 있어서 비정상 과정(non-stationary process)을 가지는 영상 신호를 해석하는데 유리하고 변환 영역이 인

간의 시각 특성과 비슷한 다중 해상도(multiresolution)로 표현된다[4-7]. 최근 웨이브릿 변환을 이용한 영상 부호화 방법들 중 임베디드 (embedded) 기법을 이용한 부호화 방법들이 많이 연구되고 있다. 이 방법은 주어진 영상이 매우 낮은 비트율에서 압축될 경우에도 좋은 화질을 유지할 수 있는 장점이 있고, 점진적 전송에 적합한 부호화 방법이다. 임베디드 부호화 방법에는 Shapiro[8]가 제안한 EZW(embedded zerotree wavelet)와 Said 등[9]이 제안한 EZW를 개선한 SPIHT(set partitioning in hierarchical trees) 방법이 있다. Shapiro는 웨이브릿 분해에 따른 대역간 상관관계를 이용하여 기존의 DCT 기반의 영상 부호화 기법보다 낮은 비트율에서 높은 비트율에 이르기까지 좋은 성능을 보이는 EZW 알고리즘을 제안하였다. 이 기법은 부호화시 비트율 제어가 가능한 장점이 있다. 그러나 정보를 나타내기 위한 각 심볼에 부여되는 데이터 양이 많은 단점이 있다. Said 등은 웨이브릿 분해에 따른 계수들을 중요도에 따라 부분 집합으로 분할하여 분할된 계수들을 부호화하는 SPIHT 알고리즘을 제안하였다. 이는 비트 단위로 처리하므로 정보를 심볼로서 나타내는 EZW의 단점을 개선하였다.

본 논문에서는 양방향 반올림 필터를 이용하여 영상 내에 중요한 정보를 포함하는 객체 영역을 추출하여 SPIHT 부호화의 점진적 전송 기법을 이용한 우선 전송 기법을 제안한다. 제안한 방법은 도비치 9-7 쌍직교 웨이브릿 필터를 사용하여 저주파 대역과 고주파 대역을 분해한 후, 양방향 반올림 필터를 이용해 객체 영역에 대해서 SPIHT 부호화를 이용한 우선 전송을 수행한다. 따라서 적은 전송 데이터 양만으로도 보다 빨리 원영상을 인식할 수 있다. 인터넷 상에서 사용자가 영상을 검색할 경우, 주어진 영상 내의 객체 영역에 해당되는 정보가 우선적으로 추출되어 점진적 전송함으로써 사용자가 원하지 않는 영상이면 전송을 중단하고 다른 영상을 검색할 수 있다. 따라서 검색 시간을 효율적으로 단축시킴으로 인터넷 사용이 폭주할 경우에 발생하는 병목현상을 완화시켜 인터넷 검색에 효과적으로 사용할 수 있다.

## II. SPIHT 웨이브릿기반 부호화

SPIHT는 EZW 부호화 방법을 개선하여 압축 효율을 향상시킨 방법이다. 그림 1은 웨이브릿 부밴드간의 공간적 자기 유사성을 이용한 공간-방향 트리에서의 부모-자식간의 의존 관계를 나타낸 것이다. 트리의 각 노드는 하나의 화소에 대응하며, 하나의 화소 좌표의 직접적인 자식(offspring)은  $(i, j)$ 와 동일한 방향과 위치에 있는 하위 대역의 모든 계수들을 말하며, 자손(descendant)은 자식에서  $(i, j)$ 의 바로 밑의 대역에 있는 4개의 계수를 제외한 모든 계수 집합을 의미한다. 그림 1에서 별표 표시된 부분들은 자손을 갖지 않는다.



$O(i, j)$ : 노드  $(i, j)$ 의 모든 자식들의 좌표 집합  
 $D(i, j)$ : 그 노드  $(i, j)$ 의 모든 자손들의 좌표 집합  
 $L(i, j) = D(i, j) - O(i, j)$   
 $H$ : 모든 공간 근원 트리 뿌리들의 좌표 집합

그림 1. 공간-방향 트리에서의 부모-자식 의존관계 예  
 Fig. 1. Examples of parent-offspring dependencies in the spatial-orientation tree.

부호화 과정은 초기화 과정과 분류 과정(sorting pass) 그리고 세분화 과정(refinement pass), 마지막으로 양자화 단계 갱신 과정(quantization-step update)으로 구성된다. 초기화 과정은 먼저 부분 집합들의 중요성 테스트를 하는 순서가 중요하기 때문에 중요 정보가 저장되는 목록을 다음과 같이 세 가지 순서 목록으로 구분한다. 세 가지 목록에는 중요하지 않은 집합들의 목록인 LIS(list of insignificant sets), 중요한 화소들의 목록인 LSP(list of significant pixels), 그리고 중요하지 않은 화소들의 목록인 LIP(list of insignificant pixels)가 있다. 이 목록들에는 좌표  $(i, j)$ 가 저장되며 이 좌표가 LSP와 LIP에서는 각 화소를 의미하지만 LIS에서는 그 노드  $(i, j)$ 의 모든 자손들의 좌표 집합인  $D(i, j)$ 를 의미하는 type-A와 모든 자식들의 좌표 집합을 뺀  $L(i, j)$ 를 의미하는 type-B로 표현된다. 분류 과정에서는 LIP에 있는 모든 화소들이 테스트되며, 중요한 화소인 경우 LSP에 포함된다. 비슷한 방법으로 LIS에 있는 집합들도 테스트되며, 중요한 집합인 경우 목록에서 제거되면서 4개의 새로운 집합을 형성한다. 새로운 부분집합들은 하나 이상의 구성요소들을 가지면 다시 LIS에 들어가게 되며, 하나의 좌표만 가지고 있으면 이 화소값이 중요도에 따라 LSP와 LIP에 각각 들어가게 된다. 그리고 세분화 과정에서는 LSP에 있는 모든 화소들의 MSB(most significant bit)는 수신측으로 전송된다. 이들 과정은 그림 2와 같이 단계별로 수행되며, 정해진 비트율에 도달할때까지 반복 수행된다.

```

<step 1> 초기화 과정
n = ⌊ log2(max(i,j){|ci,j|}) ⌋, (단, ci,j ∈ 모든 화소)
LSP = ∅, LIP = { all pixels in lowpass subband }.
LIS = { pixels in lowpass subband | which have descendants }
    → type-A로 설정.
<step 2> 분류 과정
while( (i,j) of LIP ) {
    LIP에 있는 각각의 (i,j)에 대해 Sn(i,j)을 전송.
    if( Sn(i,j) == 1 ) (i,j)를 LSP에 포함, ci,j의 부호를 전송.
}
while ( (i,j) of LIS ) {
    if (type-A) {
        Sn(D(i,j))을 전송.
        if( Sn(D(i,j))==1) k,l ∈ O(i,j)에 대해 Sn(k,l)을 전송.
        if( Sn(k,l)==1) (k,l)을 LSP에 포함, ck,l의 부호를 전송.
        if( Sn(k,l) == 0 ) (k,l)을 LIP의 끝에 추가.
        if( L(i,j) ≠ 0 ) (i,j)를 LIS의 끝에 type-B로 포함.
        else (i,j)를 LIS에서 제거.
    }
    if (type-B) {
        Sn(L(i,j))를 보냄.
        if( Sn(L(i,j))==1) (k,l) ∈ O(i,j)를 LIS에 type-A로 추가.
        (i,j)를 LIS에서 제거.
    }
}
<step 3> 세분화 과정
마지막 분류 과정에서 포함된 것을 제외하고 LSP에 있는 모든 |ci,j|의 n 번째 MSB를 전송.
<step 4> 양자화 단계 갱신 과정
n = n - 1, step 2로 이동.
    
```

그림 2. SPIHT 부호화 알고리즘  
Fig. 2. SPIHT encoding algorithm.

### III. 제안한 양방향 반올림 필터를 이용한 객체 영역 추출

인터넷에서 영상을 검색 할 경우, 사람의 얼굴이나 특정 사물등과 같이, 그 영상의 특징을 잘 나타낼 수 있는 정보를 우선적으로 전송하면 적은 양의 전송 데이터만으로도 원하는 영상인지 여부를 빠른 시간 내에 판단할 수 있다. 만약 사용자가 원하지 않는 영상이면 전송을 중단하고 다른 영상을 검색할 수 있어 검색 시간을 효율적으로 단축시킬 수 있다.

제안한 방법은 분해된 웨이브릿 영상을 2진 영상으로 변환 한 후, 레벨 1의 고주파 대역인 HL<sub>1</sub>, LH<sub>1</sub>, HH<sub>1</sub> 영역에 대하여 논리합을 적용한 후, 이 영역에 대해 본 논문에서 제안한 양방향 반올림 필터를 적용하여 객체 영역을 추출한다. 양방향 반올림 필터는 우측 하단 방향과 좌측 상단 방향으로 2번에 걸쳐 필터링을 수행한다. 필터링

과정은 3×3 마스크 내의 화소 중, 1의 값을 갖는 화소의 수가 5개 이상이면 반올림을 수행한 것과 같이 마스크 내의 모든 화소의 값을 1의 값으로 설정하고, 마스크내의 화소 중, 1의 값을 갖는 화소의 수가 5개 미만이면 마스크 내의 모든 화소의 값을 0의 값으로 설정한다. 양방향 반올림 필터의 이동은 수평 방향과 수직 방향으로 2 화소씩 이동하면서 적용한다. 우측 하단 방향으로 수행되는 필터링에 의해 생성된 결과 영상은 대각선 방향으로 화소 값이 1의 값으로 채워지는 특징이 있으므로, 좌측 상단 방향으로 수행되는 필터링에 의해 생성된 결과 영상은 그 반대의 특징을 갖는다. 따라서 최종적으로 추출되는 객체 영역은 이 두 결과의 논리곱을 수행함으로써 얻을 수 있다. 그림 3은 제안한 양방향 반올림 필터에 의해 객체를 추출하는 방법을 흐름도로 나타낸 것이다. 그림 3에서와 같이 원영상이 B인 경우, 좌측 상단에서 우측하단으로 필터링된 결과 영상은 B1에 저장이 되며, 우측 하단에서 좌측 상단으로 필터링 된 결과는 B2에 저장이 된다. 최종적으로 양방향 반올림 필터에 의해 생성되는 결과 영상은 논리곱에 의해 B에 저장이 된다. 그림 4는 양방향 반올림 필터를 이용하여 추출한 객체 영상을 나타낸 것이다. 여기서 Th는 2진 영상으로 변환할 때 사용된 임계값(threshold)을 의미한다.

```

// N×N 크기의 원영상 B, 각 필터링 결과 영상 B1, B2
// B(i, j) : 이미지 B의 (i, j) 화소 값

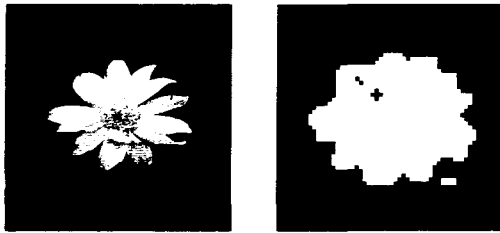
B1 = B2 = B // 영상 B의 내용을 B1, B2에 복사

// 좌측 상단에서 우측 하단으로 진행
for ( i=0 ; i<N; i+=2)
    for ( j=0 ; j<N; j+=2)
        num_one = 0; // num_one : filter window 내의 1의 수
        for ( l=0 ; l<3; l++)
            for ( m=0 ; m<3; m++)
                if (B1(i+l, j+m) == 1) num_one ++;
        for ( l=0 ; l<3; l++)
            for ( m=0 ; m<3; m++)
                if (num_one >= 5) B1(i+l, j+m) = 1
                else B1(i+l, j+m) = 0

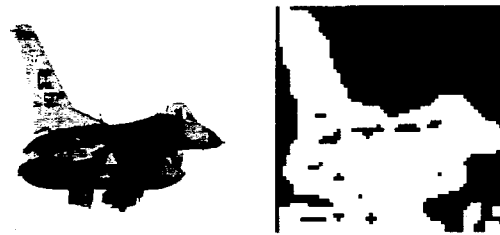
// 우측 하단에서 좌측 상단으로 진행
for ( i=N-1 ; i>=0; i-=2)
    for ( j=N-1 ; j>=0; j-=2)
        num_one = 0; // num_one : filter window 내의 1의 수
        for ( l=0 ; l<3; l++)
            for ( m=0 ; m<3; m++)
                if (B2(i-l, j-m) == 1) num_one ++;
        for ( l=0 ; l<3; l++)
            for ( m=0 ; m<3; m++)
                if (num_one >= 5) B2(i-l, j-m) = 1
                else B2(i-l, j-m) = 0

for ( i=0 ; i<N; i+=2)
    for ( j=0 ; j<N; j+=2)
        B(i, j) = B1(i, j) AND B2(i, j)
    
```

그림 3. 양방향 반올림 필터 알고리즘  
Fig. 3. bidirectional rounder filter algorithm.



(a) 꽃 영상 (Th=8)



(b) 비행기 영상 (Th=5)

그림 4. 양방향 반올림 필터에 의해 추출된 영상  
Fig. 4. Extracted image using bidirectional rounder filter.

이렇게 추출된 객체 영역의 웨이브릿 계수들은 식 (1) 과 식 (2)에 의해 정렬된다.

$$\lfloor \log_2 |c_{i,j}(k)| \rfloor \geq \lfloor \log_2 |c_{i,j}(k+1)| \rfloor \quad k=1, \dots, N \quad (1)$$

$$2^n \leq |c_{i,j}(k)| < 2^{n+1} \quad (2)$$

여기서  $c_{i,j}(k)$ 는 객체 영역의 웨이브릿 계수들이다. 모든 계수값들은 2의 승수인 플레인 형태로 표현할 수 있으며 최상위 비트 플레인부터 최하위 비트 플레인까지 단계적으로 계수값을 2의 승수로 감소되므로 계수값이 큰 중요 정보가 먼저 선택되어 전송하게 된다. 식 (2)의 범위내의 모든 계수들은 같은 중요도를 가지며, 각각의 플레인들은 연속하여 전송된다.

#### IV. 실험 및 고찰

본 논문에서는 512×512 크기의 인터넷 상의 임의의 영상에 대해서 적용하였다. 실험에는 도비치의 9-7 쌍직교 웨이브릿 필터를 사용하여 입력 영상을 5번 웨이브릿 분해하였다[6]. 영상의 화질을 평가하는 객관적인 평가의 척도로 식(3)과 같이 원영상과 복원영상의 MSE에 대한 평균값을 이용한 PSNR을 사용하였다. 여기서  $f(x, y)$ 는 원영상의 화소,  $\hat{f}(x, y)$ 는 복원영상의 화소이다. 그리고,  $X$ 는 영상의 가로축 화소 수를 의미하며,  $Y$ 는 세로축 화소 수를 의미한다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left[ \frac{255^2}{MSE} \right] \quad [dB], \quad (3)$$

$$MSE = \frac{1}{X \cdot Y} \sum_{y=1}^Y \sum_{x=1}^X [f(x, y) - \hat{f}(x, y)]^2$$

표 1. 기존의 방법과 제안한 방법의 PSNR 비교  
Table 1. Comparison of PSNR of the proposed method and conventional method.

Method/ Input image/ Bitrate(bpp)		SPIHT (dB)		Proposed method (dB)
		Entire image	Object region	
flower	0.001	13.43	10.05	13.81
	0.005	18.75	15.07	18.21
	0.01	22.86	18.67	19.97
plane	0.001	12.24	10.82	10.91
	0.005	18.96	17.03	18.42
	0.01	23.00	20.07	20.12

표 1은 원영상을 5번 웨이브릿 분해한 후, 기존의 방법의 영상 전체를 전송하는 방법과 제안한 객체 영역에 해당된 부분의 우선 전송하는 방법의 PSNR 결과를 비교하였다. 기존의 객체 영역에 해당되는 부분에 대해서만 결과를 비교할 경우, 꽃 영상인 경우에는 0.001 bpp에서 2.76 dB, 0.005 bpp에서 3.14 dB 그리고 0.01 bpp에서 1.3 dB가 향상되었다. 비행기 영상인 경우에는 0.001 bpp에서 0.009 dB, 0.005 bpp에서 1.29 dB 그리고 0.01 bpp에서 0.005 dB가 향상되었다. 즉, 제안한 방법은 중요하지 않은 배경 영역에 해당되는 정보를 전송하지 않기 때문에, 기존의 전체 영상과 비교하면 동일한 비트율에서 화질이 향상됨을 알 수 있었다. 그림 5와 그림 6은 꽃 영상에 대해서 표 1에 제시한 0.005 bpp와 0.01 bpp의 비트율에서 기존의 방법과 제안한 방법에 의해 복원된 영상을 비교한 것이다. 동일한 조건하에서 비행기 영상인 경우 기존의 방법과 제안한 방법에 의해 복원된 영상의 비교는 그림 7과 그림 8에 나타내었다.

웨이브릿 변환의 분해 레벨에 따른 기존의 방법에 의한 복원 화질과 제안한 객체 영역에 대한 복원 화질을 표 2와 표 3에서 비교하였다. 표 2는 분해 레벨을 4로 설정한 경우이며, 표 3은 분해 레벨을 3으로 설정한 경우이다. 4 레벨 분해 시 0.02 bpp에서 5.64 dB까지 향상되었고 3 레벨 분해 시 0.08 bpp에서 10.25 dB까지 향상되었다. 5 레벨 분해 시 보다 4 레벨, 3 레벨로 분해 횟수가 줄어들수록 넓은 영역의 객체를 포함하게 되므로, 전체적인 복원 화질은 떨어지지만 상대적으로 넓은 객체 영역에 대해 우수한 화질을 갖게 된다. 또한 블록화 현상도 줄어들게 되어 시각적인 효과가 증대된다.

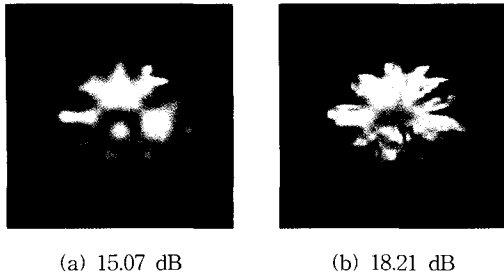


그림 5. 기존의 방법과 제안한 방법의 복원화질 비교 (꽃, 0.005 bpp)  
 Fig. 5. Comparison of reconstructed image for the conventional and proposed methods (flower, 0.005 bpp).

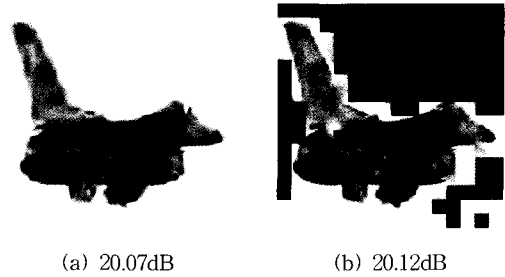


그림 8. 기존의 방법과 제안한 방법의 복원화질 비교 (비행기, 0.01 bpp)  
 Fig. 8. Comparison of reconstructed image for the conventional and proposed methods (plane, 0.01 bpp).

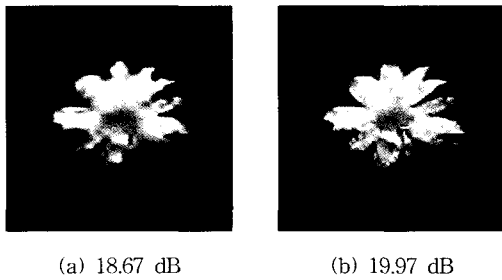


그림 6. 기존의 방법과 제안한 방법의 복원화질 비교 (꽃, 0.01 bpp)  
 Fig. 6. Comparison of reconstructed image for the conventional and proposed methods (flower, 0.01 bpp).

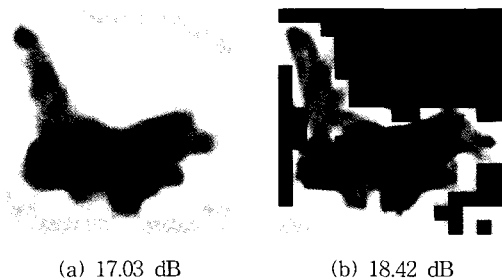


그림 7. 기존의 방법과 제안한 방법의 복원화질 비교 (비행기, 0.005 bpp)  
 Fig. 7. Comparison of reconstructed image for the conventional and proposed methods (plane, 0.005 bpp).

표. 2. 객체 영역에서의 PSNR 비교 (4 레벨)

Table 2. Comparison of PSNR in the object region.

Input Bitrate	flower		plane	
	SPIHT	Proposed	SPIHT	Proposed
0.01 bpp	16.32	18.23	11.22	15.51
0.02 bpp	17.43	22.33	15.69	21.33
0.03 bpp	22.68	24.08	20.46	23.50
0.04 bpp	24.27	25.28	23.84	24.79
0.05 bpp	25.18	26.15	24.70	25.52

표. 3. 객체 영역에서의 PSNR 비교 (3 레벨)

Table 3. Comparison of PSNR in the object region.

Input Bitrate	flower		plane	
	SPIHT	Proposed	SPIHT	Proposed
0.06 bpp	10.29	19.35	10.43	19.59
0.07 bpp	13.26	19.60	10.93	20.58
0.08 bpp	14.06	19.90	11.03	21.28
0.09 bpp	14.23	20.04	11.76	21.64
0.1 bpp	16.64	20.12	15.67	21.95

## VI. 결론

본 논문에서는 양방향 반올림 필터를 이용한 객체 영역 우선 전송 기법을 제안하였다. 제안한 방법은 양방향 반올림 필터를 이용하여 객체를 추출한 후, 이 객체 영역에 대해서 우선적으로 SPIHT 부호화를 통해 전송함으로써, 기존의 전 영역을 대상으로 전송하는 부호화 방법보다 객체 영역에 해당하는 복원 영상의 화질이 동일한 비트율에서 향상되었다. 5 레벨 분해하였을 경우 객체 영역의 화질이 0.001 bpp에서 3.76 dB, 0.005 bpp에서는 3.14 dB, 0.01 bpp에서는 1.3 dB가 각각 향상되었으며, 매우 낮은 비트율에서도 객체 영역의 화질이 향상되어 보다 빨리 객체를 인식할 수 있었다. 또한 4 레벨 분해시 0.02 bpp에서 5.64 dB, 3 레벨 분해시에는 0.08 bpp에서 10.25 dB가 각각 향상되었다. 레벨 분해 횟수가 줄어들수록 넓은 객체 영역을 포함하기 때문에 객체 영역의 데이터의 양이 많아져 영상 전체에 대한 화질은 다소 떨어지지만 상대적으로 넓은 객체 영역에 대해 우수한 화질을 갖게 되고 블록화 현상이 줄어들었다.

제안한 부호화 방법은 인터넷을 검색할 경우 객체를 추출하여 추출된 객체를 나머지 영역보다 우선 전송함으로써 적은 전송 데이터 양만으로도 보다 빨리 원영상을 판별할 수 있다. 영상에 대한 정보를 미리 주어야 하는 불편함이 없이, 원하지 않는 영상이면 전송을 중단하고 다른 영상을 검색할 수 있기 때문에 영상 검색 시간을 효율적으로 단축시킨다. 따라서 인터넷 사용자가 폭주할 경우에 발생하는 병목현상을 완화시켜 인터넷 검색에 효과적으로 적용할 수 있다.

접수일자 : 2002. 10. 12

수정완료 : 2002. 10. 22

## 참고 문헌

- [1] ISO/IEC JTC1 CD 10918, "Digital compression and coding of continuous-tone still image," ISO, 1993.
- [2] ISO/IEC JTC1 CD 11172, "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media up to 1.5 Mb/s," ISO, 1992.
- [3] Draft ITU-T Recommendation H.262, "Generic coding of moving pictures and associated audio information: video," 1995.
- [4] J. Woods and S. O'Neal, "Subband coding of images," IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing, vol. 34, no. 5, pp. 1278-1288, Oct. 1996
- [5] S. Mallat, "A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation," IEEE Transactions Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 11, pp. 674-693, 1989.
- [6] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 1, no. 2, pp. 205-221, Apr. 1992.
- [7] A. Averbuch, D. Lazar, and M. Israeli, "Image compression using wavelet transform and multiresolution decomposition," IEEE Transactions on Image Processing, vol. 5, no. 1, pp. 4-15, Jan. 1996.
- [8] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelets coefficients," IEEE Transactions Signal Processing. vol. 41, pp. 3445-3462, Dec. 1993
- [9] A. Said, and W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," IEEE Transactions Circuits and Systems for Video Technology, vol. 6, pp. 243-250, Jun. 1996.



강 경 원(Kyung Won Kang),  
準會員

1996년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1998년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2002년 2월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1998년 3월~1999년 8월 미국 Jackson State University 연구원

2002년 3월~현재 위덕대학교 멀티미디어공학과 강의전담 교수

관심분야: 멀티미디어 통신, 인터넷 방송, 영상신호처리 등



문 광 석(Kwang Seok Moon),  
正會員

1979년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1981년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1989년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1988년 1월~12월 일본 동경대학교 공학부 연구원

1997년 8월~1998년 7월 미국 Jackson State University 객원교수

1990년 3월~현재 부경대학교 전자컴퓨터정보통신공학부 교수

관심분야: 영상신호처리, 적응신호처리 등