

논문-99-4-1-08

프랙탈 외삽을 이용한 프랙탈 부호화 영상에서의 블록 손실 복구

노윤호*, 소현주*, 김상현*, 김남철*

Block Loss Recovery Using Fractal Extrapolation for Fractal Coded Images

Yun Ho Noh*, Hyun Joo So*, Sang Hyun Kim*, and Nam Chul Kim*

요 약

프랙탈 부호화 방식에서의 블록 손실 효과는 DCT 기반 블록 부호화 방식에서와는 달리 손실 블록의 참조에 의한 에러 전파 효과 때문에 보다 심각한 화질 저하를 초래한다. 따라서 본 논문에서는 Jacquin 방법에 의해 프랙탈 부호화된 영상을 ATM망과 같은 손실망을 통해 전송할 경우 발생할 수 있는 블록 손실을 복구하는 방법을 제안한다. Jacquin의 프랙탈 부호화 체계는 중요도에 따라 머리 부호와 본체 부호의 2계층 부호화 체계로 구성된다. 제안된 블록 손실 복구 알고리즘의 핵심 기법은 블록 특성이 손실 블록과 유사한 인접 지역 블록들의 축소 사상 파라미터들을 사용하여 손실 화소들을 추정하는 프랙탈 외삽이며, 이는 복호화 과정에서 반복적으로 손실 블록들에 적용된다. 실험을 통하여, 제안된 복구 알고리즘이 주관적 화질 뿐만 아니라 PSNR에서도 우수한 성능을 갖고 있음을 보인다.

Abstract

The degradation of image quality by block loss is more serious in fractal coded images with the error propagation due to mapping from the lost blocks than in DCT coded images. Therefore, a new algorithm is presented for recovering the blocks lost in the transmission through the lossy network as ATM network of the images coded by Jacquins fractal coding. Jacquins fractal code is divided into two layers of header code and main code according to its importance. The key technique of the proposed BLRA (block loss recovery algorithm) is a fractal extrapolation that estimates the lost pixels by using the contractive mapping parameters of the neighboring range blocks whose characteristics are similar to a lost block. The proposed BLRA is applied to the lost blocks in the iteration of decoding. Some experimental results show the proposed BLRA yields excellent performance in PSNR as well as subjective quality.

I. 서 론

ATM(asynchronous transfer mode)은 고해상도 영상과 비디오의 전송을 포함하는 다양한 응용을 지원하는 BISDN(broadband integrated-services digital networks)을

위한 통신 프로토콜이라 할 수 있다. 이러한 전송 시스템의 주요 장점은 가상 경로와 채널을 통한 고속의 다양한 비트율 전송이 가능하다는 것이다. ATM이 갖고 있는 많은 장점에도 불구하고, 발생 가능한 셀 손실의 문제는 영상과 비디오 전송의 큰 장애로서 남아 있다^[1]. 따라서, 셀 손실로 인하여 손실된 블록의 복구는 비디오 코덱의 설계 시에 고려되어야 할 가장 중요한 문제들 중의 하나라 할 수 있다. 근래에, 블록 부호화 영상에서 발생하는 블록 손실의 문제를 해결하기 위하여 다양한 기법들이 제안되었다^{[2][3][4]}. 이들 기법 중 대부분은 공간 영역에서 손

* 경북대학교 전자·전기공학부

School of Electronic & Electrical Engineering., Kyungpook Nat'l University.

※ 본 연구는 한국과학재단 98핵심전문연구 지원(981-0912-055-1)에 의하여 수행하였음.

실 블록에 이웃하는 블록들의 정보로부터 손실 블록내의 각 화소의 밝기나 DCT 계수들을 추정하기 위해 선형 보간(linear interpolation)을 이용한다. 예를 들어, Salama 방법^[2]에서는 4 방향으로 가장 가까운 손상되지 않은 4개 화소들을 사용하여 선형 보간함으로써 손실 블록내의 화소들을 복구한다. 이 알고리즘은 다소 간단하며 평탄이나 중간 영역에서는 좋은 성능을 보이나, 에지 영역에서는 선형 보간으로 인하여 몽롱화 현상이 발생한다. 또한, 기존의 복구 알고리즘들은 프랙탈 부호화 영상들에 적용하기 보다는 DCT 부호화 영상과 같이 각 블록들이 독립적으로 부호화되는 블록 부호화 영상들에 적용할 목적으로 고안된 것이다.

영상 내의 자기 유사성(self-similarity)을 이용하는 프랙탈 기법들은 매력적인 특성 때문에 영상 및 비디오 부호화를 포함하는 많은 응용 분야에 광범위하게 사용되어 왔다. 프랙탈 부호화의 대표적인 기법인 Jacquin의 방법^[5]에서는 우선, 원영상이 부모 블록이라 불리는 지역 블록(range block)으로 겹침이 없이 분할된다. 상태에 따라서 부모 블록은 4개의 겹침이 없는 자식 블록들로 나뉘기도 한다. 각 지역 블록은 기하학적 특징에 따라 평탄(shade), 중간(midrange), 에지(edge)의 3개 부류로 분류된다. 다음, 각 지역 블록에 대해서 같은 영상 내에서 더 큰 크기를 갖는 정의역 블록(domain block)들이 축소 사상(contractive mapping)된 것들과 그 지역 블록 사이의 거리를 최소화하는 축소 사상 파라미터를 찾는다. 이때, 최선의 축소 사상 파라미터는 각 부류에 따라 다른 방법으로 부호화된다. 부호화 후, 블록 유형(자식, 부모)과 블록 부류에 대한 정보가 부호화된 파라미터들과 함께 전송된다. 수신측에서는, 초기 영상에서 시작하여 축소 사상을 반복 적용함으로써 영상을 재생한다.

DCT 부호화 영상에서는 각 블록들이 독립적으로 처리되기 때문에 블록 손실의 효과는 해당 손실 블록에만 국한된다. 그러나, 프랙탈 부호화 영상에서 블록 손실의 효과는 각 손실 블록 자체에만 국한되는 것이 아니라 손실 블록들로부터 축소 사상된 지역 블록들로 전파된다. 따라서, DCT 부호화 영상에서보다 더욱 심각하게 영상의 품질이 저하된다.

본 논문에서는 Jacquin의 프랙탈 부호화 기법에 의해 부호화된 영상들의 통신망 전송 중 손실된 블록들을 복구하기 위해 프랙탈 외삽(extrapolation)을 사용하는 새로운 알고리즘을 제안하였다. 이때, 프랙탈 부호화 체계는 머리 부호와 본체 부호의 2계층 부호화 체계로 나누어서, 영상

재생에 필수적인 각 지역 블록의 유형과 부류에 대한 정보는 더 높은 우선순위로 보호 전송되는 것으로 간주하였다. 제안된 블록손실 복구 알고리즘의 핵심 기법은 블록 특성이 손실 블록과 유사한 인접 지역 블록들의 축소 사상 파라미터들을 사용하여 손실 화소들을 추정하는 프랙탈 외삽이다. 그러한 인접 블록이 없는 경우에는, 선형 보간을 적용한다. 에러 전파를 방지하기 위하여 복호화 시, 반복되는 축소사상의 매 단계마다 손실 블록들에 대해 제안된 복구 알고리즘을 수행한다. 따라서, 제안된 복구 알고리즘은 복호화 후 적용되는 후처리 과정이 아니라 복호화 내에서 적용되는 반복처리 과정이다.

II. 프랙탈 부호화

Jacquin의 프랙탈 부호화^[5]에서는 부호화 효율을 높이기 위해 2레벨 분할과 블록 분류의 방식을 도입하고 있다. 먼저, 원영상을 부모 블록이라 불리는 겹쳐지지 않는 지역 블록들로 분할한다. 만약 부모 블록의 프랙탈 근사화가 만족스럽지 않으면, 부모 블록을 겹침이 없이 다시 분할하여 4개까지 자식 블록들을 얻는다. 다음, Ramamurthi와 Gersho가 제안한 블록 분류 방법^[6]을 사용하여 부모 또는 자식인 각 지역 블록을 평탄, 중간, 또는 에지로 분류한 후, 부류에 따라 각기 다른 방법으로 부호화한다. 각 부류에 따른 상세한 부호화 과정은 다음과 같다.

지역 블록 R_i 의 밝기 변화가 매우 작으면 평탄 블록으로 분류한다. 이 블록들에 대해서는 단지 R_i 의 평균 밝기를 다음 식으로 얻어지는 축소 사상 파라미터 g_i 로서 부호화한다.

$$g_i = \text{quant}[\overline{R}_i] \quad (2)$$

여기서, \overline{R}_i 는 지역 블록 R_i 의 평균 밝기를 나타내고 $\text{quant}[\cdot]$ 는 균일 양자화를 의미한다. 지역 블록 R_i 의 밝기 변화가 중간 정도이면 중간 블록으로 분류한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 R_i 는 영상 자체 내에서 크기가 더 큰 정의역 블록의 모든 가능한 축소 사상 결과들과 정합된다. 먼저, 정의역 블록인 D_j 를 다음과 같은 공간 축소에 의해 지역 블록의 크기만큼 줄인다.

$$[S(D_j)](k, l) = \frac{1}{4} (D_j(2k, 2l) + D_j(2k, 2l+1) + D_j(2k+1, 2l) + D_j(2k+1, 2l+1)) \quad (2)$$

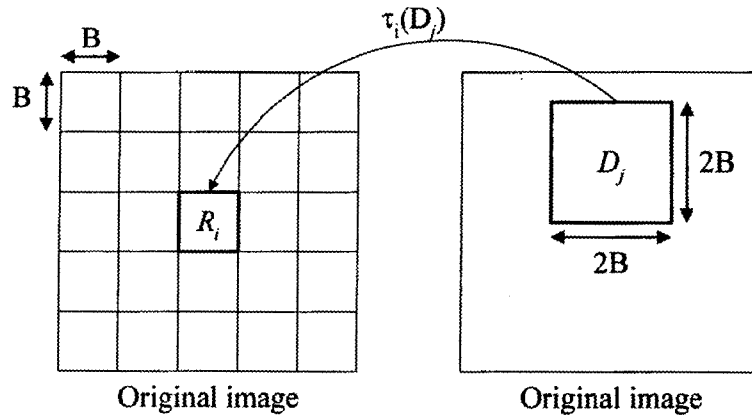


그림 1. 축소 사상 과정

Fig. 1. Procedure of contractive mapping

여기서, $k, l \in \{0, 1, \dots, B-1\}$ 이다. 다음, 대비 조정 (contrast scaling) 인자와 휘도 변이(luminance shift) 인자를 조합하여 모든 가능한 축소 사상들을 다음과 같이 수행한다.

$$\tau_i(D_j) = \alpha_i[S(D_j)] + \Delta g_i \quad (3)$$

여기서, 대비 조정 인자 α_i 의 값으로는 부모 블록에 대해서는 {0.55, 0.7, 0.85, 1.0}중 하나를 선택하며 자식 블록에서는 {0.5, 0.6, 0.8, 1.0}중 하나를 선택한다. 그리고, 휘도 변이 인자 Δg_i 는 다음과 같이 얻는다.

$$\Delta g_i = \text{quant}(\overline{R_i} - \alpha_i \overline{D_j}) \quad (4)$$

여기서, $\overline{D_j}$ 는 정의역 블록 D_j 의 평균 밝기이다. 치역 블록 R_i 와 $T_i(D_j)$ 사이의 왜곡을 최소화하는 최상의 축소 사상을 찾기 위해 전역 탐색(full search)을 한다.

치역 블록 R_i 의 밝기 변화가 매우 크면 에지 블록으로 분류한다. 대비 조정 인자, 휘도 변이 인자, 회전 및 반전 변환(isometry)에 의해 모든 가능한 축소 사상들을 다음과 같이 수행한다.

$$\tau_i(D_j) = I_i[\alpha_i[S(D_j)] + \Delta g_i] \quad (5)$$

여기서, 회전 및 반전 변환 I_i 는 4개의 회전 및 4개의 반전 중의 하나를 의미하고, 대비 조정 인자 α_i 는 중간 블록에서와 같다.

이렇게 계산 및 탐색에 의해 구해진 각 치역 블록의 축소 사상 파라미터들이 부호화되고 수신기로 전송된다. 수신기에서는 임의의 초기 영상에 대해 축소 사상을 반복하여 원영상을 재생한다.

III. 프랙탈 부호화 영상의 블록 손실 복구

Jacquin의 프랙탈 부호를 ATM과 같은 손실망을 통하여 전송할 경우, 비록 어떤 블록의 정보가 손실되더라도 만약 그 블록의 유형과 부류가 어떤 것인지를 알고 있다면 손실 블록의 복구가 용이해진다. 따라서, 이들 정보는 재생을 위해 필수적이기 때문에 Jacquin의 프랙탈 부호를 머리 부호와 본체 부호의 2계층 부호^[1]로 분리 전송하는 것으로 한다. 머리 부호는 블록 유형과 부류에 대한 정보를 포함하며, 본체 부호는 축소 사상 파라미터들을 포함하도록 한다. 머리 부호에는 높은 우선순위를 주고, 본체 부호에는 낮은 우선순위를 주어 전송한다.

Jacquin의 프랙탈 부호화에서, 각 치역 블록은 부모 블록만으로 또는 4개의 자식 블록들만으로 부호화될 수 있고, 부모 블록과 3개 이하의 자식 블록들로도 부호화될 수 있다. 부모 블록이나 자식 블록들은 프랙탈 부호화 비트열의 전송 중 손실될 수 있다. 특히 부모 블록이 손실된 경우에는 자식 블록들의 부호화 유형에 따라 부모 블록의 손실 패턴이 결정된다. 부모 블록의 손실 유형은 그림 2와 같다.

제안된 복구 알고리즘은 부모 블록과 자식 블록 사이의 상관성이나 손실된 부모 블록 또는 자식 블록과 인접

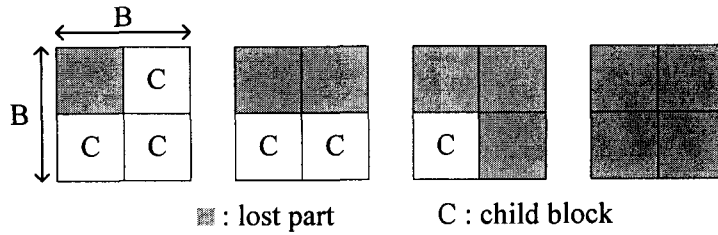


그림 2. 부모 블록의 손실 유형
Fig. 2. Loss pattern of lost parent block

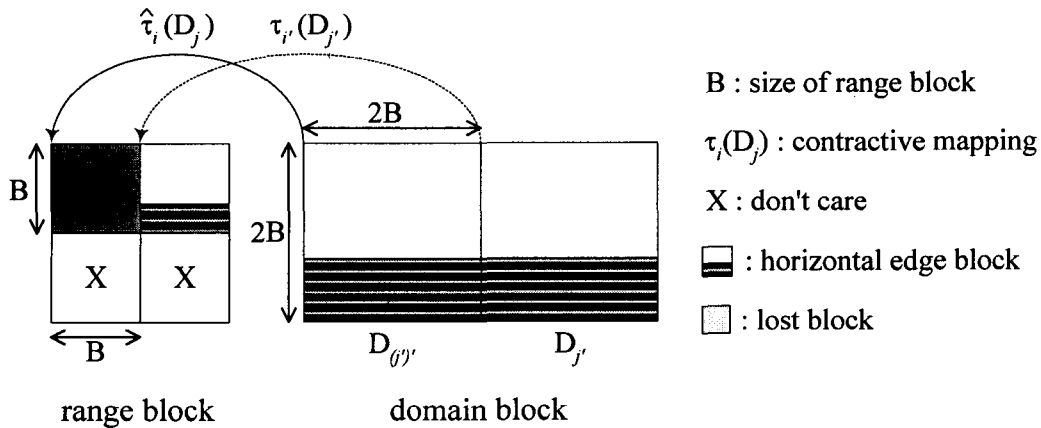


그림 3. 프랙탈 외삽의 예
Fig. 3. Example of fractal extrapolation

블록들 사이의 상관성을 이용한다. 또한 블록 부류의 특성들과 에지의 방향성을 고려하여 각 부류에 따라 다른 과정을 수행한다. 부모 블록이 손실된 경우, 제안된 복구 알고리즘은 손실된 부분과 블록 특성이 유사한 자식 블록의 존재 여부를 조사한다. 만약 존재한다면 그 자식 블록들을 가지고 프랙탈 외삽하여 손실 부분을 복구한다. 블록 특성이 유사한 자식 블록이 존재하지 않을 경우, 블록 특성이 유사한 인접 부모 블록들이 있으면 프랙탈 외삽하여 복구한다. 블록 특성이 유사한 인접 블록마저 없다면, 4개의 인접 블록들을 선형 보간하여 손실 부분을 복구한다. 제안된 복구 알고리즘을 복호화를 위한 반복 과정의 단계마다 수행하여 손실 블록들로부터의 치역 블록 사상으로 인한 에러 전파를 방지한다. 따라서, 제안된 방법은 후처리 과정이 아니고 복호화 과정에서의 반복적인 처리 과정이다.

제안된 복구 알고리즘에서 사용된 프랙탈 외삽은 다음 식으로 표현된다.

$$\hat{\tau}_i(D_j) = I_i[\alpha_i[S(D_{(j)})] + \Delta g_i] \quad (6)$$

여기서, α_i , I_i , Δg_i 는 각각 손실 부분들과 블록 부류와 방향성에서 연관이 있는 자식 블록이나 인접 치역 블록 R_i 의 대비 조정 인자, 회전 및 반전, 휘도 변이 인자를 나타내며, $D_{(j)}$ 는 정의역 블록 D_j 에 인접한 해당 정의역 블록이다.

그림 3에서와 같이, 손실된 치역 블록 R_i 의 복구를 위한 프랙탈 외삽 $\hat{\tau}_i(d_j)$ 는 정의역 블록으로 R_i 의 정의역 블록 D_j 에 인접하는 블록 $D_{(j)}$ 로 사용하는 것 외에 인접 치역 블록 R_i 에 대한 모든 축소 사상 파라미터들을 그대로 사용하여 프랙탈 외삽한다. 만약 손실 블록에 의해 수평 경계가 잘려 있다면 수평으로 인접한 치역 블록의 프랙탈 사상 파라미터들을 사용하여 복구한다. 만약 손실 블록에 의해 수직 경계가 잘려 있다면 수직으로 인접한 치역 블록의 프랙탈 사상 파라미터들을 사용하여 복구한다. 만약 대각선 경계가 잘려 있으면 대각으로 인접한 치역 블록의 프랙탈 사상 파라미터들을 사용하여 복구한다. 손실 블록이 에지 블록이라면 (6)식을 사용하여 복구

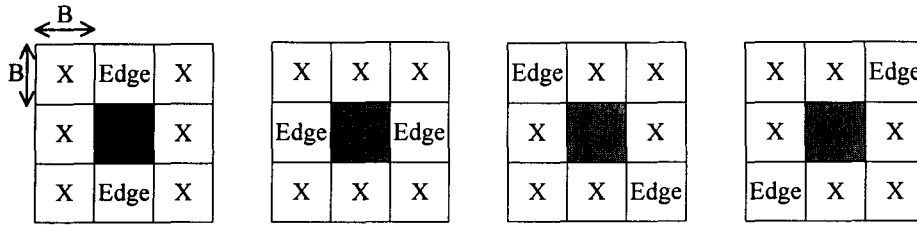


그림 4. 에지 부모 블록의 인접 유형
Fig. 4. Neighbor pattern of a lost edge parent block

하며, 인접하는 해당 정의역 블록을 선택할 때 회전 및 반전 특성을 고려한다.

중간 블록이 손실되었을 경우에는 (6)식에서 I_i 가 제외된다.

1. 평탄 부모 블록의 손실 복구

평탄 부모 블록이 손실된 경우에는 다음과 같이 복구한다. 손실된 부모 블록이 손실되지 않은 평탄 자식 블록들을 가진다면 그 자식 블록들로부터 프랙탈 외삽하여 손실 부분을 복구한다.

그렇지 않으면, 8개의 인접 블록들 중에서 손실되지 않은 평탄 블록들로 프랙탈 외삽하여 손실된 부분을 복구한다. 자식 블록이나 인접 부모 블록을 이용하는 경우 모두에서, 평탄 블록들이 2개보다 많으면 그들을 평균한다. 만약 인접하는 블록들 중에서 평탄 블록이 없다면 선형 보간하여 손실 부분을 복구한다.

2. 중간 부모 블록의 손실 복구

중간 부모 블록이 손실된 경우에는 다음과 같이 복구한다. 만약 손실 부모 블록이 손실되지 않은 중간 자식 블록을 가진다면 그 자식 블록으로부터 프랙탈 외삽하여 손실 부분을 복구한다. 그렇지 않은 경우에, 8개의 인접하는 블록들 중에서 수직·수평·반대각·대각의 쌍으로 배치된 중간 부모 블록들이 있으면, 그 중에서 손실되지 않은 블록으로 프랙탈 외삽한다.

배치된 블록들이 모두 손실되지 않았으면, 먼저 부호화된 블록을 선택한다. 배치된 인접 부모 블록이 없거나, 또는 있어도 손실된 경우에는 선형 보간하여 손실 부분을 복구한다.

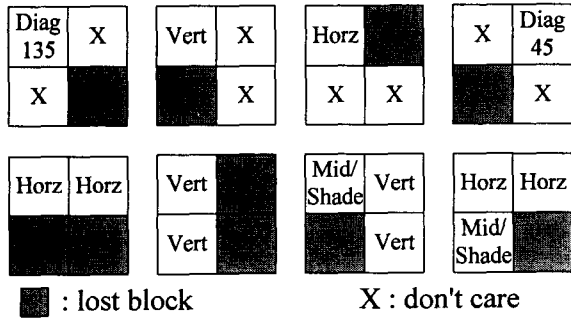
3. 에지 부모 블록의 손실 복구

에지 부모 블록이 손실된 경우에는 다음과 같이 복구한다. 8개의 인접하는 블록들 중에서 그림 4에서처럼 인접하는 에지 블록들 중에서 2개가 수직·수평·반대각·대각으로 배치된 것이 있으면 그 블록들의 에지의 방향성을 조사한다. 그래서, 에지의 방향성이 배치 상태와 같으면 그 에지 블록으로 프랙탈 외삽하여 손실 부모 블록을 복구한다. 예를 들어 두 개의 에지 블록이 수직으로 배치된 경우, 두 에지 블록 모두 수직 방향 에지를 가지면 두 블록 중에서 먼저 부호화된 위쪽의 블록을 이용하여 프랙탈 외삽한다. 만약 8개의 인접 블록들 중에서 그러한 에지 블록이 없으면 선형 보간하여 손실 부모 블록을 복구한다.

4. 자식 블록의 손실 복구

평탄 자식 블록이 손실된 경우에는 인접하는 8개의 자식 블록 중에서 부호화되고 손실되지 않은 평탄 자식 블록이 있으면 프랙탈 외삽하고, 없으면 선형 보간을 한다. 마찬가지로, 중간 자식 블록이 손실된 경우에는 인접하는 8개의 자식 블록 중에서 부호화되고 손실되지 않은 중간 자식 블록이 있으면 프랙탈 외삽하고, 없으면 선형 보간을 한다. 에지 자식 블록이 손실된 경우에는 같은 블록 내에 존재하는 손실되지 않은 에지 블록의 방향성을 조사한다. 그림 5에서 상단 4개의 그림들에서와 같이 인접하는 에지 자식 블록의 방향성으로 보아 손실 자식 블록에 의해 에지가 잘려진 것으로 생각되는 경우, 손실 되지 않은 에지 자식 블록으로 프랙탈 외삽하여 손실 부분을 복구한다. 그러나, 그림 5에서 하단 4개의 그림들에서와 같이 손실되지 않은 에지 자식 블록들이 에지의 방향성을 만족하는 경우에는 손실 부분을 에지보다는 평탄이나 중간인 인접 자식

블록으로 프랙탈 외삽하여 복구한다. 에지인 자식 블록으로 프랙탈 외삽하여 손실 부분을 복구한다면 에지가 몽롱화될 것이기 때문이다. 이때, 조건을 만족하는 인접 자식 블록이 여러 개 있으면, 부호화 순서대로 선택한다. 평탄이나 중간인 인접 자식 블록이 없으면 선형 보간을 한다.



Diag135 : reverse diagonal edge block,
 Diag45 : diagonal edge block
 Horz : horizontal edge block,
 Vert : vertical edge block

그림 5. 에지 자식 블록의 손실 유형
 Fig. 5. Loss pattern of a edge child block

5. 선형 보간

본 논문에서는 선형 보간으로 Salama의 방법^[2]을 채택하였는데, 그림 6에 보이는 대로 4 방향에서 최단 거리에 있는 4개의 화소들을 이용한다. 전송 중에 손실된 $B \times B$ 크기의 블록을 D 라 하자. 그리고, D 에서 i 번째 행의 j 번째 열에 위치하는 화소의 복호화된 밝기값을 $x_{i,j}$, 복구된 밝기값 $\hat{x}_{i,j}$ 을 라고 한다. D 내의 모든 화소들은 그림 6에서 보이는 대로 4개의 최단 거리 화소들의 밝기값을 평균하여 복구된다.

$$\hat{x}_{i,j} = \lambda[\mu_1 x_{i-1,j} + (1-\mu_1)x_{i,j}] + (1-\lambda) [(1-\mu_2)x_{-1,j} + \mu_2 x_{B,j}] \quad (7)$$

위 식에서 가중치 계수 μ_1 과 μ_2 는 손실 화소에 대해 미치는 손상되지 않은 화소들의 기여를 나타내기 위한 화소들 간의 거리에 관한 함수이다. 또한 수평 방향에서의 화소들로부터는 가중치 λ 로 기여되며, 수직 방향에서는

$1-\lambda$ 로 기여된다. 가중치 λ 의 값으로는 상하의 화소들과 좌우의 화소들의 영향을 동일하게 받도록 0.5를 사용한다.

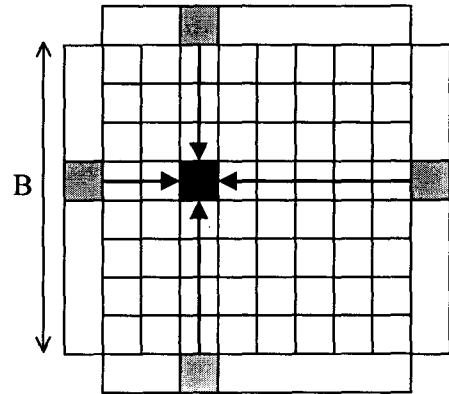


그림 6. 선형 보간
 Fig. 6. Linear interpolation

IV. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서는 제안된 BLRA의 손실 블록 복구 성능을 평가하기 위해 256가지 레벨의 밝기값을 가지는 512×512 크기의 Lena영상을 사용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고, 영상을 재생할 때 초기 영상으로는 밝기값이 모두 0인 영상을 사용하였다. 실험에서 블록의 손실 여부는 ATM망의 수신부에서 판단된 셀 손실 및 오류 발생에 기반을 둔다. 그리고, 블록 내 일부 화소의 일부가 변형된 경우도 블록의 손실로 간주한다.

그림 7은 ATM 셀 손실로 인한 블록 손실율(BLR : block loss ratio)이 10^{-1} 인 DCT 부호화 영상과 프랙탈 부호화 영상이다. 셀 손실로 인하여 블록이 연속적으로 손실되는 경우라 하더라도, 전송시에 이러한 경우를 대비하여 스캐닝 순서대로 블록을 전송하지 않기 때문에, 전체 영상에서 블록 손실은 임의로 발생하는 것으로 한다. 그림에서 블록 손실의 영향이 DCT 부호화 영상 (a)에서는 각 손실 블록으로 한정되나 프랙탈 부호화 영상 (b)에서는 손실 블록들을 참조하는 지역 블록으로 전파되는 것을 볼 수 있다.

표1은 실험에 사용된 $BLR=10^{-1}$ 으로 손실된 영상에 대한 손실 정보를 나타낸다. 블록의 부호화 여부와 부류에 대한 정보는 머리 부호로서 높은 우선 순위로 보호 전송되었기 때문에 손실되지 않았으며, 본체 부호에 속하는 축

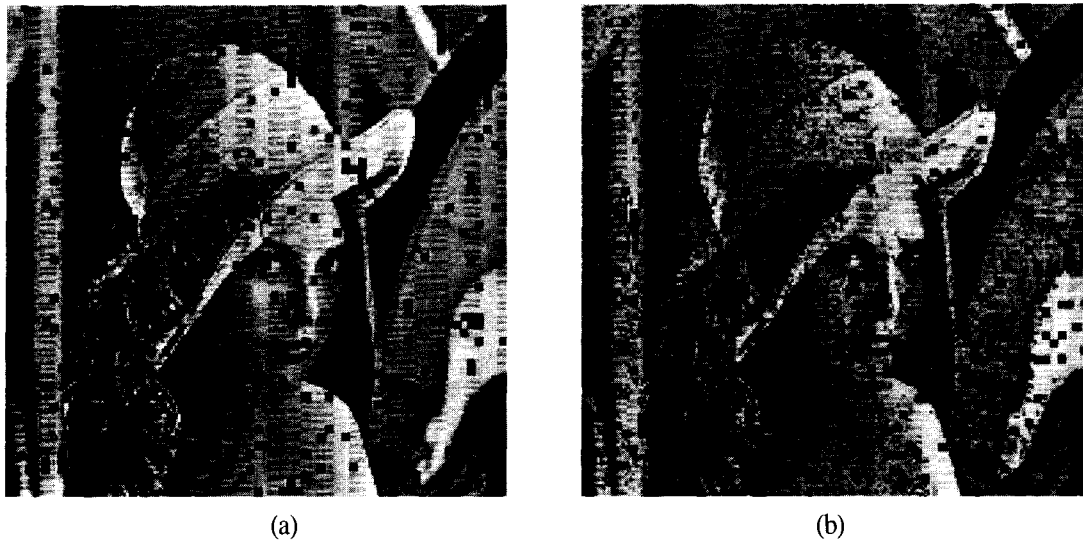


그림 7. BLR(block loss ratio) = 10^{-1} 로 손실된 영상들: (a) DCT 부호화 영상; (b) 프랙탈 부호화 영상
 Fig. 7. Lossy images of BLR(block loss ratio) = 10^{-1} : (a) DCT coded image; (b) Fractal coded image

표 1. 블록 손실 비율

Table 1. Block loss ratio

Class	Parent			Child		
	Number of blocks	Number of lost blocks	Block loss ratio	Number of blocks	Number of lost blocks	Block loss ratio
Shade	169	17	10.06%	7	0	0.00%
Midrange	779	97	12.45%	57	8	14.04%
Edge	2605	318	12.21%	3587	280	7.81%
Total	3553	432	12.16%	3651	288	7.89%

소 사상 인자들이 손실된 것을 블록 손실이라고 한다. 전체적으로는 총 720개의 블록 중에서 720개가 손실되었으며, 손실된 부모 블록 내에 존재하는 부호화된 자식 블록도 또한 손실될 수가 있다. 부모 블록이 자식 블록보다 손실이 좀 더 많이 일어나도록 실험을 수행하였다.

그림 8(a)는 BLR= 10^{-1} 인 프랙탈 부호화 영상인 그림 7(b)를 복호화 한 후 선형 보간으로 후처리한 영상으로서 반복하는 동안 손실 블록에서의 사상으로 인한 에러 전파를 고려하지 않아서 손실 블록이 잘 복구되지 않았다. 그림 8(b)는 BLR= 10^{-1} 인 프랙탈 부호화 영상을 제안된 BLRA로 복구한 결과로서, 손실 부분이 복호화 과정에서 복구되었기 때문에 블록 손실로 인한 열화가 거의 제거되

었다.

그림 9는 원영상, 손실된 영상, 반복 단계에서 선형 보간하여 복구된 영상, 제안된 방법으로 복구된 영상들의 일부분이다. 손실 영상 (b)에서, 부호화된 자식 블록이 없이 손실된 부모 블록과 부모 블록이 부호화되지 않은 상태에서 손실된 자식 블록은 전혀 재생되지 못하였으며, 이들을 참조한 다른 블록에서는 재생이 불완전하다. 각 반복 단계에서 선형 보간으로 복구한 영상인 (c)에서는 화질 열화가 여전히 존재한다. 특히 부호화된 자식 블록이 없는 에지 블록이 손실된 경우인 입술 근처에서는 복구가 잘 되지 않았다. 그러나, 제안된 방법으로 복구된 영상인 (d)에서는 화질 열화가 거의 제거되어 주관적 화질이 우수함을

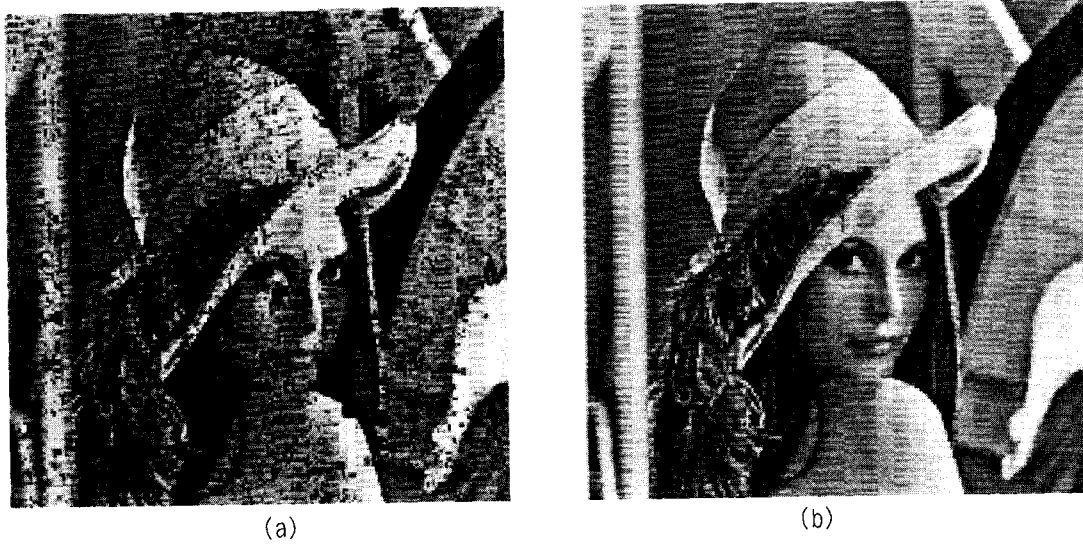


그림 8. 블록 손실 복구 영상: (a) 선형 보간에 의한 후처리; (b) 제안된 BLRA
 Fig. 8. Images to be recovered from block loss: (a) A postprocessing by linear interpolation; (b) The proposed BLRA.

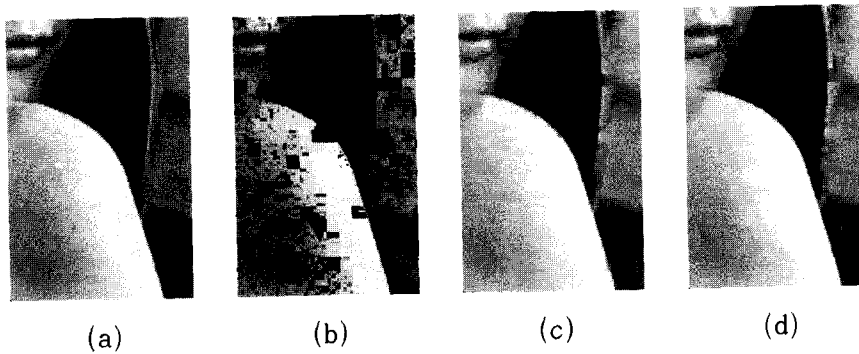


그림 9. Lena 영상: (a) 원영상; (b) 손실 영상; (c) 선형 보간에 의한 반복 처리; (d) 제안된 BLRA
 Fig. 9. Lena images: (a) Original; (b) Lossy; (c) Iterative processing by linear interpolation; (d) The proposed BLRA.

표 2. 손실 영상과 복구된 영상들의 PSNR[dB]
 Table 2. PSNR in lossy image and recovered images[dB].

Class	Lossy Image	Postprocessing	Iterative linear interpolation	Proposed Method
Shade	11.77	24.68	36.39	37.39
Midrange	11.43	15.21	37.03	37.37
Edge	14.08	17.23	30.99	31.71
Total	13.46	17.01	30.68	31.57

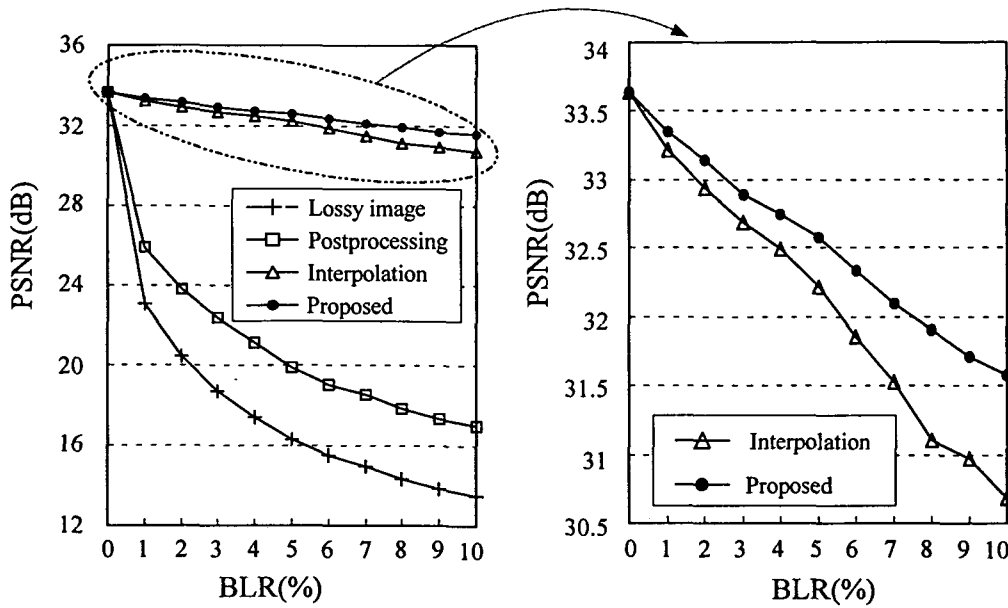


그림 10. Lena 영상에서 BLR에 따른 PSNR 성능
 Fig. 10. PSNR performance according to BLR about Lena image.

알 수 있다. 또한 제안된 방법은 각 반복 단계에서 선형 보간에 의한 것보다 더 빨리 좋은 성능에 도달하였다.

표 2는 블록 손실이 발생한 영상과 선형 보간으로 후처리한 영상, 선형 보간으로 반복 처리한 영상, 제안된 BLRA를 사용하여 손실이 복구된 영상에서의 PSNR을 나타내는 데, 제안된 BLRA의 PSNR이 가장 높음을 알 수 있다. 평탄, 중간, 에지 클래스에서 제안된 방법은 선형 보간으로 반복적으로 처리된 영상보다 각각 1.00 dB, 0.34 dB, 0.72 dB 만큼 더 높다.

그림 10은 BLR의 변화에 따른 손실 영상, 선형 보간으로 후처리한 영상, 선형 보간으로 반복 처리한 영상, 제안된 BLRA로 복구된 영상들의 PSNR 성능으로, 제안된 방법의 PSNR이 가장 높다. 또한, BLR이 높을수록 제안된 방법과 다른 방법들의 성능 차이는 증가한다.

그림 11은 512×512 크기의 Boat 영상을 사용하여 BLR=10⁻¹로 실험한 결과이다. 손실 영상의 PSNR은 12.71dB이며, 선형 보간으로 후처리된 영상, 선형 보간으로 반복적으로 복구된 영상과 제안된 방법으로 복구한 영

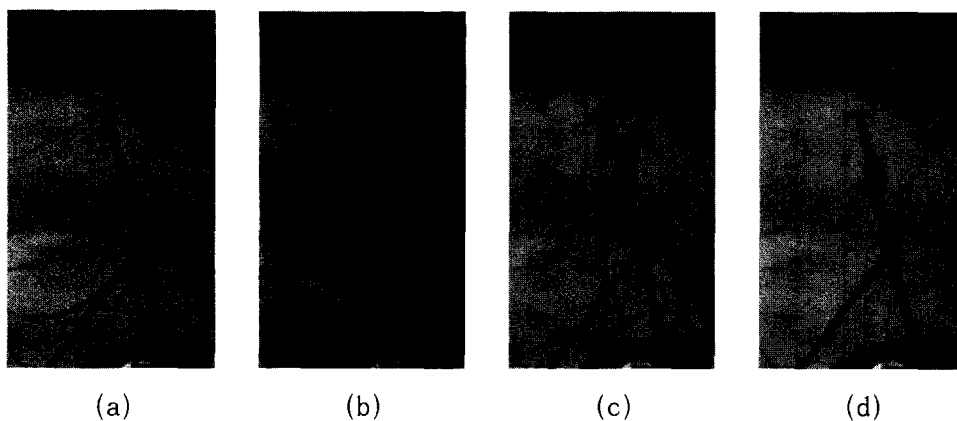


그림 11. Boat 영상: (a) 원영상; (b) 손실 영상; (c) 선형 보간에 의한 반복 처리; (d) 제안된 BLRA
 Fig. 11. Boat images: (a) Original; (b) lossy; (c) iterative processing by linear interpolation; (d) the proposed BLRA.

상의 PSNR은 각각 15.86dB, 29.60dB와 30.52dB로, 제안된 방법이 선형 보간으로 반복적으로 복구된 영상보다 0.92dB 더 우수하다. 제안된 방법은 중간, 에지 영역에서는 선형 보간으로 반복적으로 복구된 영상보다 각각 1.17dB, 0.81dB 더 좋으나, 평탄 영역에서는 0.18dB 떨어지는 결과를 보였다. 주관적 화질은 그림 11에서 보이듯이 제안된 방법이 우수하다. 또한 BLR에 따른 PSNR 성능 결과는 Lena 영상에서와 같다.

V. 결 론

프랙탈 부호화 영상에서 블록 손실은 에러 전파로 인하여 DCT 부호화 영상에서의 블록 손실보다 더 심각한 화질 열화를 일으킨다. 그러한 사실을 고려하여, Jacquin의 프랙탈 부호화 기법으로 부호화된 영상의 전송에서 손실된 블록을 복구하기 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 제안된 BLRA의 핵심 기법은 손실 블록의 방향성에서 손실 블록과의 연결성을 만족하는 치역 블록을 확장하는 프랙탈 외삽이다. 이 기법은 블록 손실 복구에서 손실 블록과 그의 인접하는 블록과의 질감의 연결성을 만족시키기 위해 이용되었다. 게다가, 복호화 과정에서 각 반복마다 제안된 BLRA를 손실 블록들에 적용함으로써 에러 전파를 방지하였다. 실험 결과, 단순한 선형 보간 방법보다 주관적 화질에서 더 우수하였고 PSNR도 더 좋은 성능을 얻었으며, 특히 에지 영역에서 더욱 우수하였다. 선형 보간으로 반복적으로 처리되어 복구된 영상들은 강한 에지에서 몽롱화되나, 제안된 방법은 그러한 영향을 극복하였다. 더구나, 제안된 방법은 다른 방법들에 비해 더 빨리 우수한 성능을 얻을 수 있었다. 제안된 방법은 프랙탈 복

호화하는 과정에 포함되어 있으며, 처리 시간은 프랙탈 복호화하는 시간에 비해 거의 무시할만하기 때문에 실시간 처리에 적합하다. 제안된 알고리즘을 향상시키기 위하여, 비디오 응용에서도 시간적 영역의 결합과 셀 패킷화를 포함시킬 것이다.

참 고 문 헌

- [1] W. Verbiest, L. Pinnoo, and B. Voeten, "The impact of the ATM concepts on video coding," *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 6, pp. 1623-1632, Dec. 1988.
- [2] P. Salama, N. B. Shroff, E. J. Coyle, and E. J. Delp, "Error concealment technique for encoded video streams," *Proc. ICIP'95*, pp. 9-12, Washington D.C., 1995.
- [3] Y. Wang and Q. Zhu, "Maximally smooth image recovery in transform coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 41, no. 10, pp. 1544-1551, Oct. 1993.
- [4] X. Lee, Y. Zhang, and A. Leon-Garcia, "Information loss recovery for block-based image coding techniques - A fussy logic approach," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, no. 3, pp. 256-273, Mar. 1995.
- [5] E. Jacquin, "Fractal image coding: A review," *Proc. IEEE*, vol. 81, no. 10, pp. 1451-1465, Oct. 1993.
- [6] Ramamurthi and A. Gersho, "Classified vector quantization of images," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 34, No. 11, pp. 1105-1115, Nov. 1986.

저 자 소 개

노 윤 호

1973년 6월생

1996년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)

1998년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1998년 3월 ~ 현재 엘지전자 디스플레이 제품연구소 연구원

주관심분야 : 디지털 신호 처리



소 현 주

1975년 1월생
 1997년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
 1999년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1999년 3월 ~ 현재 경북대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 주관심분야 : 영상처리 및 압축

김 상 현

1968년 6월생
 1991년 2월 경북대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
 1993년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1998년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
 1998년 3월 ~ 현재 메디슨 연구소
 주관심분야 : 영상처리 및 압축



김 남 철

1955년 7월생.
 1978년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1980년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)
 1984년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)
 1984년 3월 ~ 현재 : 경북대학교 전자·전기공학부 교수
 1991년 8월 ~ 1992년 8월 미국 Syracuse 전기 및 전산학과 객원교수
 1990년 1월 ~ 1994년 12월 생산기술연구원 HDTV 신호처리분과위원
 1994년 1월 ~ 1996년 12월 한국통신학회 편집위원
 1994년 1월 ~ 1996년 12월 대한전자공학회 편집위원
 1996년 1월 ~ 현재 한국방송공학회 편집위원, 이사
 1996년 11월 ~ 현재 국방과학연구소 국방과학기술분류 및 수준 조사위
 1997년 1월 ~ 1998년 12월 한국통신학회 신호처리 연구회 위원장
 주관심분야 : 영상신호처리, 영상압축, 영상복원, 컴퓨터 비전