

DC값 차이와 AC계수 유사성을 이용한 방향성 블록 보간

정회원 이 홍엽*, 엄 일규**, 김 유신***

Directional Interpolation of Lost Block Using Difference of DC values and Similarity of AC Coefficients

Hong Yub Lee*, Il Kyu Eom**, Yoo Shin Kim*** *Regular Members*

요 약

본 논문은 잡음이 존재하는 전송 선로를 통해 전송된 영상의 손실 블록에 대해 방향성 복구 방법을 제안한다. 손실된 DCT 계수나 화소값들은 손실된 블록 주위의 마주보는 블록 간 DC값 차이(DDC: Difference of DC)와 AC계수의 유사성(SAC: Similarity of AC)으로 구성된 방향성 척도에 의해 적응적으로 선택되어진 이웃 블록들을 이용해서 선형 보간법으로 복구된다. 본 논문에서 제안하는 방향성 복구 방법은 고정된 이웃 블록을 사용하지 않고 국부 영상 내의 방향성 정보에 따라 적응적으로 변하는 이웃 블록들이 사용하기 때문에 강한 에지 성분이나 텍스처 영역에 대해서 효과적이다. 본 논문에서는 DDC와 SAC로 구성된 새로운 방향성 척도(CDS: Combination of DDC and SAC)를 구하고 그 방향성 척도를 통해 국부 영역의 특성에 따라 손실된 블록을 복구하기 위한 블록들을 선택한다. 모의실험에서 제안 방법은 기존의 방법보다 평균적으로 약 0.6dB의 PSNR 개선을 보였다.

Key Words : block recovery, difference of DC, similarity of AC, directional interpolation.

ABSTRACT

In this paper, a directional reconstruction of lost block in image over noisy channel is presented. DCT coefficients or pixel values in the lost blocks are recovered by using the linear interpolation with available neighboring blocks that are adaptively selected by the directional measure that are composed of the DDC (Difference of DC opposite blocks) and SAC (Similarity of AC opposite blocks) between opposite blocks around lost blocks. The proposed directional recovery method is effective for the strong edge and texture regions because we do not make use of the fixed 4-neighboring blocks but exploit the varying neighboring blocks adaptively by the directional information in the local image. In this paper, we describe the novel directional measure (CDS: Combination of DDC and SAC) composed of the DDC and the SAC and select the usable block to recover the lost block with the directional measure. The proposed method shows about 0.6dB PSNR improvement in average compared to the conventional methods.

1. 서 론

많은 정보량을 가지는 디지털 데이터는 전송의 용이성을 위해 일반적으로 블록 변환 기반의 JPEG,

MPEG 등과 같은 압축 방법을 사용하고 있다. 그러나 블록 기반의 압축 영상은 에러가 존재하는 전송 선로를 통해 전송될 경우 예상하지 못한 블록 손실이 발생할 수 있다. 압축된 영상 신호는 전송 오류

* LG전자 디스플레이 사업부 연구원, ** 밀양대학교 정보통신공학부(ikcom@mnu.ac.kr),

*** 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신연구소(kimys@pusan.ac.kr)

논문번호 : KICS2004-09-206, 접수일자 : 2004년 10월 4일

에 매우 민감하기 때문에 패킷이나 블록의 손실이 발생하면 복호화 과정에서 정확한 영상 복원을 할 수 없게 된다. 패킷이나 블록 손실에 의한 한 블록의 비트 스트림은 연속해서 다음 블록까지 영향을 미치게 된다.

이러한 오류를 정정하기 위하여 다음과 같은 방법들이 수행되고 있다. 순방향 에러 정정 기법(Foreword Error Correction)은 비트의 양을 증가시키며, 정정 영역을 벗어난 에러의 경우 오히려 에러를 증가시킬 수 있는 단점이 있다. ARQ(Automatic Repeat Request)는 단방향의 비디오나 영상 전송의 경우에 버퍼링 기법 등을 적용하여 시간 지연 문제 등을 해결할 수 있지만 영상회의와 같은 양방향 실시간 통신의 경우에는 네트워크 상황에 따라 큰 지연을 초래하게 되어 원활한 양방향 통신이 불가능할 수 있다. 따라서 영상이 가지는 정보의 중복성과 연속성 등을 이용하여 수신 측에서 부가적인 정보 없이 후처리를 이용하여 손실 블록을 복구하는 방법들이 다양하게 연구되고 있다.

시간 영역에서의 복구 방법은 영상에서 존재하는 시간적 중복성을 이용하는 방법으로써 이전 프레임의 정보를 이용해서 영상 내 손실 정보를 복구하거나 움직임 벡터를 복구를 한다. 움직임 벡터가 손실되었을 경우 공간적 혹은 시간적으로 인접한 블록들로부터 움직임 벡터를 추정하고 보상할 수 있다. 이러한 방법으로는 움직임 보상된 예측 및 보간 기법을 통해 손상된 블록의 에러 은닉하는 방법[1]과, 4-이웃 인접 블록의 움직임 벡터를 이용하여 움직임을 보상하고 가장자리 정합 기준에 의해 최소의 오차를 가지는 블록을 이용해서 움직임 보상하는 가장자리 정합기준 기법[2]이 제시되었다. 이러한 방법들은 동영상에서만 적용 가능하고 복잡하게 움직이는 영상에서는 좋은 복구 성능을 가지지 못하는 단점이 있다.

공간 영역에서의 손실 블록 복구 방법은 공간적으로 인접한 4개 또는 8개의 이웃하는 화소간의 밝기 값이 유사하는 점에 근거한다. 영상 신호의 평활화 척도가 최대가 되도록 손상된 블록을 복구하는 방법들[3-5]과 블록 집합에 투영(POCS) 방법을 이용한 블록 복구[6], 퍼지 이론을 이용해서 손실된 블록을 복구하는 방법[7], 손실 블록의 경계에 존재하는 화소 값들의 선형 조합으로 손실 블록을 복구하는 방법[8, 9] 등이 제안되었다. 하지만 공간 영역에서의 복구는 주관적이나 객관적으로 좋은 결과를 얻을 수 있는 장점이 있으나 계산량이 많기 때

문에 실시간 구현이 어렵다는 단점이 있다.

주파수 영역에서의 블록 복구는 인접하는 화소 정보를 이용해서 DCT 계수를 추정하는 방법[10, 11]과 인접하는 DCT 블록내의 동일한 위치에서의 계수 값을 선형 보간 방법에 의해 복구하는 방법[12] 등이 있다. 인접하는 DCT 계수 블록 내에서 동일한 위치에 있는 계수들의 선형 조합으로 손실된 계수 블록을 복구는 방법은 비교적 상관성이 높은 DC 값들과 저주파 계수 성분들의 복구에 효과적이다. 그러나 적절한 저주파 계수 및 고주파 계수들의 추정은 공간 영역으로의 변환 후 화질의 저하 및 에지 영역에서 번짐 현상 등을 야기할 수 있다.

공간 영역 또는 주파수 영역의 블록의 복구 방법에서 에지의 방향성을 추정하는 것은 손실 은닉에서 중요한 요소를 차지한다. 방향성을 가지는 여러 복구 방법들은 고정된 4-이웃 블록이나 8-이웃 블록을 사용하는 것이 아니라 에지의 방향 특성에 따라 사용하는 블록을 제한하게 된다. 공간 영역의 경우 "Sobel edge detector"를 이용해서 이웃블록의 강한 에지의 방향이나 방향성 정보를 추정한 후에 복구하는 방법[6]이 있으나 이 경우 방향을 찾는 데 계산량이 많이 증가하게 된다. 주파수 영역에서도 이웃 블록내의 방향성을 찾기 위해 DCT 기저함수의 에너지 비를 이용하는 방법[13] 등이 제안되었는데 이웃 하는 8개의 블록 각각의 에지 방향을 찾기 위해 많은 계산이 필요로 하고 또한 복구를 위한 많은 제약조건이 따른다.

본 논문은 DCT 영역에서 마주보는 블록의 DC 값의 차이와 AC 계수간의 유사성으로 구성된 방향성 척도를 구하고 선형 보간법이나 기존의 복구방법으로 손실블록을 복구 시 고정된 이웃 블록간의 선형 보간 방법이 아닌 그 척도에 의해 적응적으로 선택된 블록을 사용한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 주파수 영역과 공간영역에서 동일한 방법으로 손실블록을 복구하는 간단한 선형 보간법에 대해 설명하고 III장에서는 손실 블록의 주위의 방향성 정보를 찾기 위해 DC값 차이와 AC계수의 유사성으로 구성된 새로운 방향성 척도를 만들고, 그 방향성 척도에 의해 선택된 블록들을 국부영역의 특징에 따라 2개 또는 4개의 블록을 이용해서 복구하는 방법을 기술한다. IV장에서는 모의실험을 통해 제안한 방향성 척도를 이용한 기존의 손실블록 복구 방법에 적용, 개선에 관하여 객관적 및 주관적인 비교 분석을 수행한다. V장에서 결론 및 앞으로의 과제를 기술한다.

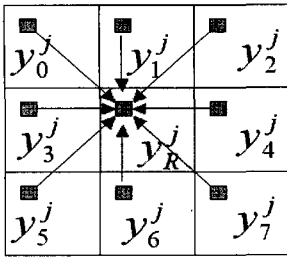


그림 1. 동일한 기저 함수를 가지는 계수들의 선형 조합에 의한 손실블록 복구

II. 공간 및 주파수 영역에서의 선형 보간을 통한 블록 복구

손실 블록과 유사한 특성을 가지는 이웃 블록들은 DCT 변환을 수행한 후의 동일한 기저함수를 가지는 계수들에 대해서도 유사한 특성을 가진다. 따라서 그림 1에서 보는 바와 같이 DCT 영역에서의 손실 블록은 이웃하는 블록내의 동일한 기저함수를 가지는 계수들과 특정한 가중치를 사용하여 선형 보간을 통해 복구 되어질 수 있다. 이러한 선형 복구 방법은 공간 영역에서도 동일하게 적용할 수 있다.

DCT를 이용한 변환은 다음과 같은 행렬 변환 형태로 나타낼 수 있다.

$$y = T \cdot x \tag{1}$$

여기서 x, y 는 64×1 로 구성된 벡터들이다. T 는 64×64 로 구성된 실수이고 직교하는 변환 행렬이다. x 는 공간 영역의 화소값들로 구성되고 y 는 x 에 대한 변환된 계수들로 구성된다. 손실된 블록은 손실되지 않은 n 개의 이웃 블록으로부터 복구된다고 가정한다.

공간 영역에서 손실된 블록이 이웃하는 블록들의 같은 위치에 있는 화소값들의 선형 조합으로 복구 되어지는 식은 다음과 같이 표현된다.

$$x_R = \sum_{i=0}^7 w_i x_i \tag{2}$$

여기서 x_R 은 복구된 화소 벡터이고 x_i 는 이웃하는 8개의 화소 벡터들이다. w_i 는 스칼라 가중치들이다. 같은 방식으로 손실된 블록을 DCT 영역에서 계수들의 선형 조합으로 복구할 수 있다. 즉,

$$y_R = \sum_{i=0}^7 v_i y_i \tag{3}$$

여기서 y_R 은 복구된 DCT 계수이고 y_i 들은 이웃하는 계수 블록내의 계수들이다. v_i 들은 스칼라 가중치를 나타낸다. 식 (1)의 조건을 식 (3)에 적용하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$y_R = \sum_{i=0}^7 v_i T \cdot x_i = T \cdot \sum_{i=0}^7 v_i x_i \tag{4}$$

만약 $v_i = w_i$ 라 두면,

$$y_R = T \cdot X_R \tag{5}$$

식 (5)에서 $v_i = w_i$ 이면 DCT 영역에서의 선형 조합을 이용한 복구 결과는 공간 영역에서의 복구 결과와 일치한다는 것을 보여준다. 위 복구 방법을 기준으로 하여 본 논문에서 제안하는 방향성 척도의 효과를 보여 줄 것이다.

III. DC값 차이와 AC계수의 유사성을 이용한 블록 복구

공간영역이나 주파수 영역에서 에지의 정확한 방향의 추정은 손실 블록을 복구를 위해 매우 중요한 요소이다. 공간 영역에서는 차분 방정식 등을 이용해서 에지 방향을 찾는 방법이 제안되었고[5], 주파수 영역에서는 기저 함수의 방향성 특징을 고려한 계수들의 에너지 비로 방향을 찾는 방법이 제안되었다[14]. 공간 영역에서의 에지 검출 방법은 컨벌루션 등을 수행하기 때문에 계산량을 요구한다. 마찬가지로 주파수 영역에서의 방향성을 찾는 방법도 각각 계수 블록에 대한 에너지 비를 구하기 때문에 많은 계산 량과 그 이외의 다양한 조건이 필요함으로 다소 복잡하다.

본 논문에서는 DCT 영역에서 손실블록 주위의 에지의 방향을 찾는 새로운 방법을 제안한다. 즉, 이웃영역의 방향성 정보를 구하는 것이므로 공간영역에서 적용 할 때 역변환 후 주파수영역에서 찾은 손실블록 주위의 방향성 정보는 변하지 않으므로 공간영역 복구 시에도 사용가능하다. 본 논문의 방법은 영상내의 국부 영역의 DC 값이 급격히 변하지 않고 에지의 방향이 갑작스럽게 변하지 않는다는 가정에 바탕을 두고 있다.

3.1 DDC(Difference of DC)

그림 2와 같이 손실된 블록을 복구하기 위해 사용되어지는 전체 블록의 집합을 Ω 라고 두면,

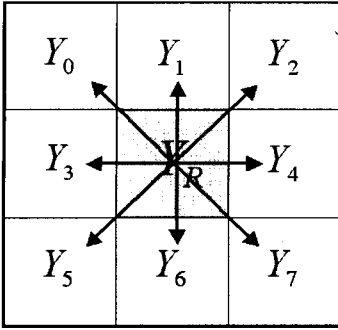


그림 2. 손실 블록 주위의 4개의 방향을 가지는 8개의 이웃 블록들.

$$\Omega = \{ Y_0, Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6, Y_7 \} \quad (6)$$

여기서 Y_0, \dots, Y_7 은 DCT 블록을 나타낸다. 손실 블록을 중심으로 마주보는 블록들 쌍 (Y_0, Y_7) , (Y_1, Y_6) , (Y_2, Y_5) , (Y_3, Y_4) 는 에지 방향이 그 블록을 통과할 때 매우 유사한 DC값을 가진다. 즉, 손실 블록을 통과하는 에지를 포함한 마주보는 블록의 DC 값의 차이는 이웃 영역에서 남아있는 3개 방향의 마주보는 블록들의 DC 값의 차이보다 작다. 따라서 주기적인 반복영상의 방향이나 에지의 방향을 고려한 복구를 할 때, DC값의 차이는 손실 블록 복구에 사용될 블록을 결정하는 중요한 척도가 될 수 있다.

각각의 마주보는 블록의 DC 값의 차이들은 다음과 같이 정의되어 진다.

$$\begin{aligned} DDC(Y_0, Y_7) &= |y_0^0 - y_7^0| \\ DDC(Y_1, Y_6) &= |y_1^0 - y_6^0| \\ DDC(Y_2, Y_5) &= |y_2^0 - y_5^0| \\ DDC(Y_3, Y_4) &= |y_3^0 - y_4^0| \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 $y_i^0 (i = 0, 1, \dots, 7)$ 는 DCT 계수 블록인 $Y_i (8 \times 8)$ 의 DC 값이다. 마주보는 4개의 방향에 대해 구해진 DDC값들은 다음과 같이 나열할 수 있다.

$$DDC_{\min} < DDC_2 < DDC_3 < DDC_{\max} \quad (8)$$

여기서 DDC_{\max} 과 DDC_{\min} 는 각각 구해진 DDC 값들 중 가장 큰 값과 작은 값을 나타낸다. 만약 $DDC(Y_3, Y_4)$ 의 값이 가장 작으면 에지 방향은 수평이고, 반면에 $DDC(Y_1, Y_6)$ 의 값이 가장 작으면 에지의 방향은 수직이라고 간주한다.

3.2 SAC(Similarity of AC)

마주보는 블록 간에 에지가 통과하면 DCT의 기저 함수 계수들은 통과하지 않은 블록들의 계수들보다 더 유사한 특징을 가질 수 있다. 수직에 지나 수평에지, 대각선 에지의 경우 각각의 에지 특성에 따라 DCT 기저함수의 특성이 달라지고 그 변화의 정도에 따라 그 계수 값들은 달라진다. 따라서 동일한 기저 함수간의 유사도(Similarity)는 에지가 통과하지 않은 블록들의 계수 간 유사도보다 클 것이다. 따라서 손실블록 주위의 방향성 정보를 구할 때, SAC는 에지의 방향을 찾는 중요한 척도로 사용될 수 있다.

각각의 마주보는 블록의 AC 계수 유사도는 다음과 같이 정의되어진다.

$$\begin{aligned} SAC(Y_0, Y_7) &= \frac{\langle y_0^j, y_7^j \rangle}{\|y_0^j\| \|y_7^j\|} \\ SAC(Y_1, Y_6) &= \frac{\langle y_1^j, y_6^j \rangle}{\|y_1^j\| \|y_6^j\|} \\ SAC(Y_2, Y_5) &= \frac{\langle y_2^j, y_5^j \rangle}{\|y_2^j\| \|y_5^j\|} \\ SAC(Y_3, Y_4) &= \frac{\langle y_3^j, y_4^j \rangle}{\|y_3^j\| \|y_4^j\|} \end{aligned} \quad (9)$$

여기서 $\langle y_i^j, y_{7-i}^j \rangle$ 는 각각 블록내의 계수간의 내적을 나타내고 $\|y_i^j\| \|y_{7-i}^j\|$ 는 각 블록 내 계수들의 크기(Norm)의 곱을 나타낸다. 그리고 그 범위는 다음과 같다.

$$-1 \leq SAC(Y_i, Y_{7-i}) \leq 1 \quad (10)$$

3.3 CDS(Combination of DDC and SAC)

새로운 방향성 척도인 CDS는 다음과 같이 밝기 정보인 DDC와 블록내의 변함의 정도인 SAC로 구성되어있다.

$$\begin{aligned} CDS(Y_i, Y_{7-i}, \alpha, \beta) &= \alpha \left(1 - \frac{DDC(Y_i, Y_{7-i})}{\beta} \right) \\ &+ (1 - \alpha) \left(\frac{1 + SAC(Y_i, Y_{7-i})}{2} \right) \end{aligned} \quad (11)$$

여기서 $Y_i, Y_{7-i} (i = 0, 1, 2, 3)$ 는 손실블록 주위의 마주보는 블록들이고 $DDC(Y_i, Y_{7-i})$ 는 그 마주보는 블록간의 DC 차이를 의미하고 $SAC(Y_i, Y_{7-i})$ 는 마주보는 블록간의 AC 계수들의 유사도를 의미

한다. α 는 손실 블록 주위의 블록 간 에지의 방향을 결정할 때 사용되는 DDC와 SAC의 비중을 정하는 값이다. 예를 들어 α 가 1이면 DDC에 의해 에지의 방향이 결정되고 0이면 SAC에 의해 에지의 방향이 결정된다. β 는 구해진 DDC 값을 정규화 시켜주는 값이다.

DDC는 이웃하는 블록간의 평균값기를 이용해서 손실블록을 통과하는 에지의 방향 추정한다. DDC만 이용해서 복구를 해도 방향성 추정에 대한 좋은 성능을 얻을 수 있지만, 블록내의 다양한 에지나 영상들의 변화를 특징을 반영하는 것이 어렵고, SAC의 경우 기저함수를 분석함으로써 방향성 정보는 알 수 있지만 밝기 값을 고려하지 않음으로 인한 잘못된 방향 추정을 할 수가 있다.

식 (11)에서 α 는 손실 블록 주위의 마주보는 블록들의 에지의 방향을 결정할 때 DDC와 SAC의 비중을 정하는 값이고 β 는 구해진 DDC 값을 정규화 시켜주는 값이다. 따라서 β 값은 손실블록 주위의 블록에서 구해진 4개의 DDC 값들 중 가장 큰 값을 이용해서 정규화할 수 있다. 즉, $\beta = DDC_{max}$ 라 두면 식 (11)의 첫째항은 0~1사이의 값을 가진다. 그러나 이러한 정규화 방법은 DDC 값이 유니폼 분포를 가진다고 가정할 경우 타당하다. 그림 3은 블록 손실률이 24%일 때 실제 영상에 대한 DDC의 분포이다.

그림 3에서 볼 수 있는 바와 같이 손실블록 주위의 이웃블록 간 DDC 값 분포를 보면 그 값의 분포가 지수 형태를 가지는 것을 볼 수 있다. 따라서 $\beta = DDC_{max}$ 로 정규화하는 것은 DDC 값의 분포를 고려하지 못한 정규화이기 때문에 올바른 파라미터로 볼 수 없다.

본 논문에서는 각 영상에 대해서 손실블록 주위

의 DDC 값들의 통계적 특성을 이용하여 정규화를 수행하는 방법을 사용한다. 그림 3에서 보는 바와 같이 DDC 값들의 분포가 지수 형태를 가진다면 DDC의 분포를 다면 다음과 같이 지수 분포로 나타낼 수 있다.

$$p(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (12)$$

여기서 x 는 손실블록 주위의 마주하는 블록간의 DDC값들이고, λ 는 지수 함수의 분포를 결정하는 파라메타고 지수 분포의 평균 m 및 표준편차 σ 다음과 같이 나타낼 수 있다.

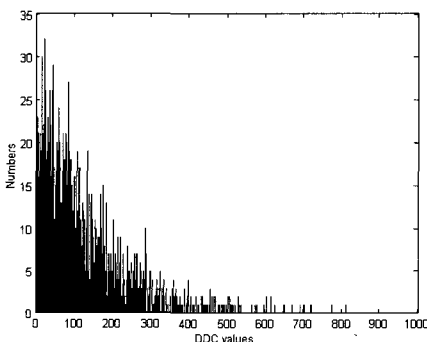
$$m = \frac{1}{\lambda}, \sigma = \frac{1}{\lambda} \quad (13)$$

본 논문에서는 지수 분포의 평균과 표준편차를 이용하여 정규화 파라메터 β 를 다음과 같이 결정한다.

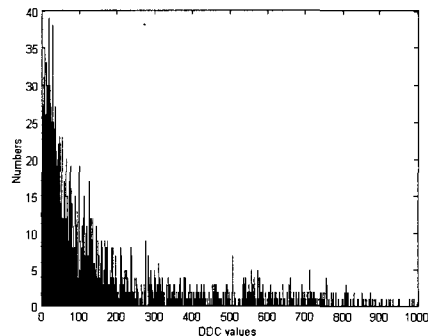
$$\beta = \max(m + k\sigma, DDC(Y_i, Y_{7-i})) \quad (14)$$

여기서 k 는 영상에 따라 β 을 조절할 수 있는 상수이다. 식 (14)는 DDC의 값이 확률적으로 $m + k\sigma$ 값 내에 분포한다고 가정하고 정규화 파라메터 β 를 결정한 것이다. 만약 DDC의 값이 지수 분포의 꼬리 부분에 존재하는 큰 값이라면, $\beta = DDC(Y_i, Y_{7-i})$ 로 두어 첫 번째 항의 영향을 없앨 수 있다. 사실 이 때의 DDC 값은 아주 큰 값이기 때문에 DC 값의 차이로 방향성을 판별하기 어렵고 또한 확률적으로 아주 작게 존재한다.

앞서 언급했듯이 α 는 손실 블록 주위의 마주보는 블록들의 에지의 방향을 결정할 때 DDC와 SAC의 비중을 정하는 값이다. 본 논문에서는 α 값



(a)



(b)

그림 3. 블록 손실률이 약 24%인 영상들의 DDC값들 분포 (a)Lena (b)Baboon

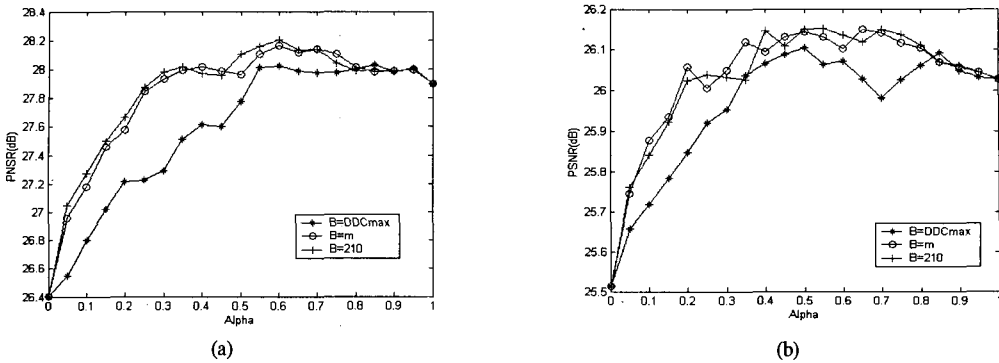


그림 4. 고정된 β 에 대한 α 에 따른 PSNR 결과(BLR=24%). (a)“Lena” (b)“Couple”

을 구하기 위하여 고정된 β 값에 대하여 가장 좋은 결과를 나타내는 α 값을 구하는 방법을 사용하였다. 그림 4는 “Lena”와 “Couple” 영상을 이용하여 CDS에서의 고정된 β 값에 대한 α 의 효과를 보여준다. 그림 4에서 볼 수 있는 바와 같이 β 은 α 값이 0.5 부근에서 좋은 결과가 나타나는 것을 확인할 수 있다. α 가 0.5에 가까울 때 가장 좋은 결과를 얻는다는 것은 DDC와 SAC의 특징을 동일한 비로써 사용하기 때문에 영상의 밝기 정보와 변환의 정도를 모두 일정한 비로 사용할 수 있고 영상의 특성에 상관없이 변수 α 를 상수인 0.5로 들으므로 보다 정량화하여 사용할 수 있다.

3.4 CDS 이용한 복구

S 를 손실 블록을 복구하기 위해 사용되어지는 이웃 블록들의 집합이라 두면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$S \subseteq \Omega \tag{15}$$

영상의 국부적인 특징 때문에, 만약 복구하기 위해 2개 혹은 그 이상의 블록을 사용한다면 S 의 카디널리티는 즉, $|S|$ 는 2,4,6,8 이 된다. 본 논문에서는 영상의 특징에 따라 $|S|$ 가 오직 2개 또는 적응적으로 2개 혹은 4개가 되는 손실블록 복구방법을 제안한다.

3.4.1 2개의 블록을 이용한 복구

CDS에 따른 2개의 블록을 이용한 복구는 최대값을 가지는 CDS에 의해 결정된 2개의 블록이 손실 블록을 복구하기 위해 사용된다는 것이다. 이 특징을 블록내의 동일한 위치에 있는 계수간의 선형 보간에 의한 복구방법에 적용해 본다. 적응적으로 선택된 블록을 이용한 선형 결합 복구 방법을 수식으

로 나타내면 다음과 같다.

$$y_R^j = \frac{\sum_{i \in I} y_i^j / w_i}{\sum_{i \in I} 1 / w_i} \tag{15}$$

여기서 y_i^j ($j = 0, 1, \dots, 63$)은 이웃하는 i 블록 내에서 j 번째에 위치한 DCT 계수를 나타내고, y_R^j 은 j 번째 위치에서 복구된 계수를 의미한다. 그리고 최대 CDS 값을 가지는 인덱스 집합을 $I \subseteq \{0, 1, 2, \dots, 7\}$ 로 나타낸다.

기하학적 거리로써 나타내어지는 각각 블록들의 가중치 값은 $w_1 = w_3 = w_4 = w_6 = 1$ 이고 $w_0 = w_2 = w_5 = w_7 = \sqrt{2}$ 로 결정된다. 적응적으로 선택된 2개의 블록을 이용한 복구 방법은 예를 들어 최소 DDC 값이 $DDC(Y_1, Y_6)$ 에서 얻어지면 $I = \{1, 6\}$ 이 되고, 다음과 같이 나타낸다.

$$y_R^j = \frac{y_1^j + y_6^j}{2} \tag{16}$$

3.4.2 2개 또는 4개의 블록을 이용한 복구

CDS에 의해 결정된 2개의 블록을 이용한 복구 방법을 기반으로 해서 에지 영역뿐만 아니라 평활 영역이나 주기적인 고주파 영역에서 보다 나은 복구 성능을 위해 에지 이외의 영역에서는 4개의 블록을 이용하는 방법을 제안한다. 손실 블록 주위의 각각 마주보는 블록의 CDS 값은 아래와 같이 그 값의 크기에 따라 나열될 수 있다.

$$CDS_1 \leq CDS_2 \leq CDS_3 \leq CDS_{max} \tag{17}$$

식 (17)에서 CDS_{max} 은 CDS값이 가장 큰 값을 의

미하고 $CDS_k (k=1, 2, 3)$ 는 CDS값이 큰 순서대로 나열된 것이다. N_{2-4} 를 CDS_{max} 과 CDS_1 의 유사성을 나타내는 이진 지시기(binary indicator)라 두면,

$$N_{2-4} = \begin{cases} 1 & \text{if } |DDC_{max} - DDC_3| \leq e \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (18)$$

여기서 e 는 문턱 값이다. 식 (18)에 따라 복구를 위한 사용가능한 블록의 인덱스 집합은 정해진다. 즉,

$$|S| = \begin{cases} 4 & \text{if } N_{2-4} = 1 \\ 2 & \text{if } N_{2-4} = 0 \end{cases} \quad (19)$$

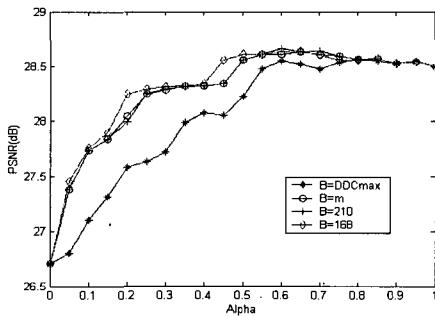
에지 영역에서는 두 개의 블록으로 복구를 수행하고 에지가 아닌 영역에서는 CDS_{max} 의 값과 CDS_3 의 값의 차이가 크지 않기 때문에 임의의 문턱 값(e)보다 작으면 평활 영역이나 주기적 공간 고주파 영역이라 판단하고 4개의 블록을 이용해서 복구한다.

IV. 모의실험 및 결과

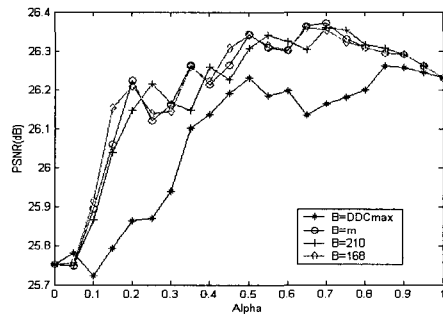
제안된 손실 블록 복구 방법의 성능을 평가하기

위해서 압축되지 않은 다양한 영상을 사용했다. 본 논문에서 제안한 CDS는 이전에 제안된 고정된 이웃블록을 이용한 방법들[3, 9]에 대해서 적용가능하다. 그림 5는 CDS에 의해 구해진 2개의 블록을 이전에 제안된 복구방법 [3]에 적용한 결과이다. [3]에 적용하기 위해 $k=-0.2 (\beta=168)$ 로 두었다. 그림 6은 이전에 제안된 복구방법[9]에 적용한 결과이다. 이 방법에 적용하기 위해 $k=-0.2 (\beta=168)$ 로 두었다. 그림 5 및 6에서 보는 바와 같이 방향성 척도인 CDS를 적용시키는 블록 복구 방법에 따라 전체적인 PSNR의 값이 달라지는 것을 확인할 수 있고 알고리즘 적용상수인 k 를 변화시켜 α 가 0.5 근방에서 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

그림 7은 2개 혹은 4개의 블록을 이용한 복구방법에서 임의의 임계 값(e)의 PSNR 결과를 보여 주는 것이다. 임계 값이 클 경우 사용되는 블록의 개수가 많기 때문에 전체적인 PSNR은 좋아지지만 에지영역에서의 복구특성을 유지하지 못하고 임계 값이 너무 작을 경우에는 복구에 사용되는 블록의 개수가 적고 또 잘못된 방향 추정으로 인한 PSNR 손실을 가져 올 수 있는 단점이 있기 때문에 적절

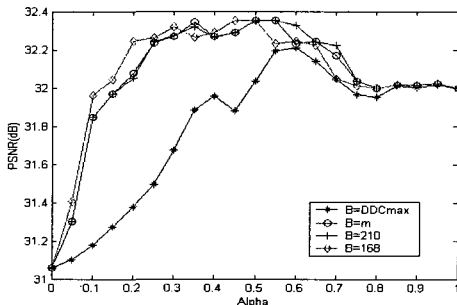


(a)

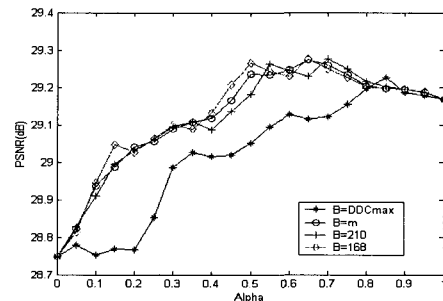


(b)

그림 5. 방법 [3]에 적용된 제안된 β 에 대한 α 값에 따른 PSNR 결과(BLR=24%). (a)“Lena” (b)“Couple”



(a)



(b)

그림 6. 방법 [9]에 적용된 제안된 β 에 대한 α 값에 따른 PSNR 결과(BLR=24%). (a)“Lena” (b)“Couple”

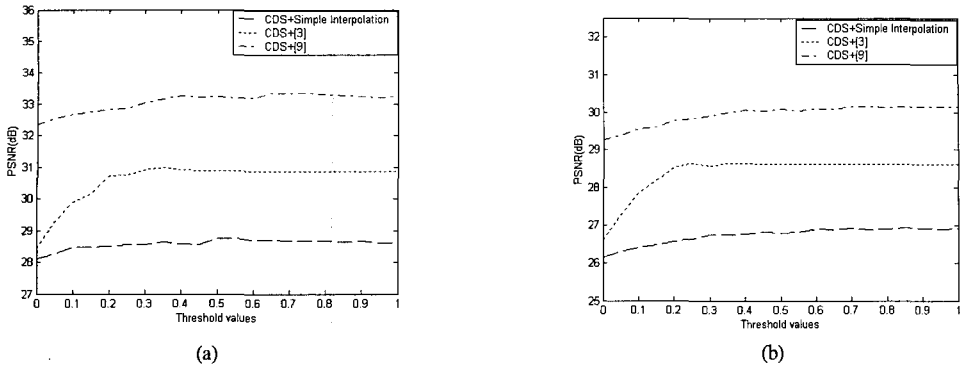


그림 7. 임의의 문턱 값에 따른 2개 혹은 4개의 블록을 이용한 복구 방법들의 PSNR. (a)“Lena” (b)“Couple”



그림 8. 이전 방법들과 제안된 방법들의 “Lena”영상에서의 주관적 화질 비교 (a)손실 블록 영상 (b) [12] 방법 (c) [3] 방법 (d) [9] 방법(e)CDS+[3] (f)CDS+[9]

한 임계 값의 사용이 중요하다. 주어진 영상의 특징에 따라 가장 좋은 결과가 나오는 임계 값은 다르지만 전체적인 특징으로 볼 때 0.5~0.7사이에서 좋은 결과를 가진다.

그림 8은 다양한 복구방법에 따른 복구영상들과 본 논문에서 제안한 CDS를 이용한 2개 혹은 4개의 블록을 이용한 복구방법의 주관적 화질을 비교한 것이다. (a)는 약 24%의 블록손실률(BLR)을 가진 영상이고 (b)는 [12]방법을 이용해서 복구된 영상이다. 에지 영역 등에서 상당한 블록화된 블러링 효과가 발생한다. (c)는 [3]방법을 이용해서 복구된 영상

이다. 좋은 복구성능을 가지지만 대각선 에지들에서 복구성능이 좋지 못하다. (d)는 [9]를 이용해서 복구된 영상으로써 좋은 결과를 얻을 수 있지만 대각선 에지나 강한 에지영역 등에서 영상의 열화가 발생하였다. (e)와 (f)는 본 논문에서 제안한 $CDS(\alpha = 0.5, \beta = 168, e = 0.7)$ 를 이용해서 기존의 복구 방법들에 대해 적용한 결과이다. 그림 8에서 보는 바와 같이 에지 영역에서의 성능이 개선된 것을 볼 수 있다.

표 1에서 보는바와 같이 대부분의 영상에 대해 개선된 성능을 확인할 수 있다. “Barbara”영상이나

표 1. 기존의 복구 방법들과 CDS적용해서 개선된 방법과의 객관적 결과 비교

	[12]	[3]	[9]	CDS+Simple Interpolation	CDS+[3]	CDS+[9]
Lena	26.96dB	30.48dB	32.07dB	28.76dB	30.85dB	33.34dB
Barbara	25.29dB	27.92dB	27.87dB	26.08dB	27.91dB	27.93dB
Peppers	26.24dB	30.88dB	32.72dB	27.51dB	30.76dB	33.26dB
Man	26.62dB	28.95dB	30.73dB	27.24dB	29.00dB	30.97dB
Elaine	28.10dB	31.39dB	33.53dB	29.44dB	31.79dB	34.21dB
Couple	26.65dB	28.15dB	29.42dB	26.82dB	28.59dB	30.14dB

“Peppers”영상의 경우 기존의 방법[3]보다 향상되지 않았는데 그 이유는 광범위하게 CDS를 사용하기 위해 정량화된 값들($\alpha = 0.5, \beta = 168, e = 0.7$)을 사용함으로써 각각의 영상의 특징을 반영하지 못한 결과이다. 만약 각각의 영상들에 특징에 맞는 변수를 사용한다면 보다 더 나은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

V. 결론

본 논문에서는 손실된 블록의 방향성 정보를 찾기 위해 이웃하는 블록 간의 DC값의 차이(DDC)와 AC계수의 유사도(SAC)로 구성된 방향성 척도인 CDS(Combination of DDC and SAC)를 정의하고 CDS의 여러 변수를 실험적으로 구하고 정량화하였다. CDS를 통해 구해진 방향성 정보들을 이용하여 국부영역의 특성에 따라 강한 에지영역에서는 2개의 블록을 이용해서 복구하고 그렇지 않은 평탄영역이나 텍스처 영역의 경우에는 4개의 블록을 이용해 복구함에 따라 보다 좋은 복구 성능을 얻을 수 있었다. 또한 기존의 고정된 이웃블록을 사용하는 복구 알고리즘에 적용가능하고 개선된 성능을 얻을 수 있는 장점이 있었다. 모의 실험 결과에서 제안 방법은 기존 방법과 비교하여 평균적으로 약 0.6dB의 PSNR 개선을 보였다. 앞으로 더욱 정량화된 방향성 척도를 구하고 다양한 복구 알고리즘에 대해서 적용 평가하고 있고 또한 연속적으로 블록손실이 발생(슬라이스 손실)한 경우에도 방향성 정보를 찾을 수 있는 CDS와 복구 방법에 대해 연구하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] W. J. Chu and J. J. Leou, “Detection and concealment of transmission errors in H.261 image,” *IEEE Transaction on Circuits and System for Video Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 248-258, Feb, 1998.
- [2] M. J. Chen, L. G. Chen and R. M. Weng, “Error Concealment of lost motion vectors with overlapped motion compensation” *IEEE Transaction on Circuits and System for Video Technology*, vol. 7, no. 3, pp. 560-563, June, 1997.
- [3] S. S. Hemami and T. Meng, “Transform coded image reconstruction exploiting inter-block correlation,” *IEEE Transaction on Image Processing*, vol.21, no.7, pp.1024-1027, July, 1995.
- [4] O. G. Guleryuz “Iterated denoising for image recovery”, *IEEE Data Compression Conference*, pp 3-12, April. 2002
- [5] Y. Wang, Q. Zhu and L. Shaw, “Maximally smooth image recovery in transform coding,” *IEEE Transaction on Communications*, vol.41, no.10, pp.1544-1551, Oct., 1993.
- [6] W. Kwok and H. Sun, “Error concealment with directional filtering for block transform coding,” *IEEE Global Telecommunications Conference*, vol.2, pp.1304-1308, Nov. 1993
- [7] X. Lee, Y. Q. Zhang and A. L. Garcia, “Information Loss Recovery for Block-Based Image Coding Techniques - A Fuzzy Logic Approach” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 4, No. 3, pp. 259-273, March. 1995
- [8] M. Ghanbari and V. Seferidis “Cell-loss Concealment in ATM Video Codecs” *IEEE Transactions on Circuits and systems for Video Technology*, vol. 3, June. 1993
- [9] S. Aign and K. Fazel “Temporal and Spatial

Error Concealment Technique for Hierarchical MPEG-2 Video Codec" *IEEE International Conference on communication*, vol. 3, pp. 1258-1267, October. 1995

- [10] J. W. Park, J. W. Kim and S. U. Lee, "DCT Coefficients Recovery-Based Error Concealment Technique and Its Application to the MPEG-2 Bit Stream Error", *IEEE Transaction. CSVT*, vol.7, no.6, pp 845-854, Dec. 1997
- [11] J. W. Suh and Y. S. Ho, "Error Concealment Based on Directional Interpolation", *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, vol. 43, no. 3, pp 295-032, Aug. 1997
- [12] J. Cao, F. Li and J. Guo, "An efficient error concealment algorithm for DCT encoded images," *IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, vol.2, pp.753-756, May. 2003.
- [13] M. Ancis and D. D. Giusto, "Reconstruction of missing blocks in JPEG picture transmission," *IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing*, pp.288-291, Aug. 1999.
- [14] 이호준, 고희화, "ATM 망에서의 MPEG-2 영상 전송시 셀 손실에 의한 손실 블록 보상기법" *한국 통신학회 논문지* 96-10 Vol. 21, No.10, pp. 2533-2540

이 흥 업 (Hong Yup Lee)

정회원

2003년 2월 부경대학교 전자공학과 졸업

2005년 2월 부산대학교 전자공학과(석사)

2005년 3월~현재 LG전자 디지털 디스플레이 사업부 연구원

<관심분야> 통계신호처리, 영상처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 신경회로망

엄 일 규 (Il Kyu Eom)

정회원



1990년 2월 부산대학교 전자공학과 졸업

1992년 8월 부산대학교 전자공학과(석사)

1998년 2월 부산대학교 전자공학과(박사)

1997년 3월~현재 밀양대학교 정보통신공학과 부교수

<관심분야> 통계신호처리, 영상처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 신경회로망

김 유 신 (Yoo Shin Kim)

정회원

한국통신학회 논문지 제27권 6A호 참조

현재 부산대학교 전자공학과 교수