

論文2002-39SP-6-7

# 에지검출을 기반으로 한 새로운 에러 은닉 기법

## (A New Error Concealment Based on Edge Detection)

梁堯晉\*, 孫南禮\*\*, 李貴相\*\*\*

(Yo Jin Yang, Nam Rye Son and Guee Sang Lee)

## 요 약

네트워크 혼잡으로 인한 패킷 손실은 인터넷 망에서는 필수 불가결이고, 압축된 비디오 비트 스트림을 인터넷 망에 전송할 경우 공-시간적 도메인상에 에러 전파를 야기하므로 화질에 심각한 화질열화를 초래한다. 본 논문에서는 수신측에서 손상된 영상 일부분을 복구하기 위하여 새로운 에러 은닉 알고리즘인 EBMA(Edge Detection on Boundary Matching Algorithm)를 제안한다. 기존 BMA는 부호화된 인접한 블록의 움직임벡터들이 상당히 높은 유사도 혹은 상관도(correlation)를 갖고 있다는 점과 손실블록과 인접블록 경계에 존재하는 화소간의 유사도를 이용하기 때문에 비교적 신뢰할 수 있지만, 손실블록과 정확히 복원된 인접블록 화소간의 방향성을 고려하지않는 단점이 있다. 따라서 제안한 알고리즘은 에지영역을 검출하고 검출된 에지영역에서 방향성을 조사하므로 기존 BMA 방법 보다 성능이 향상되었다. 실험결과는 제안한 알고리즘이 기존 BMA 및 MBMA 방법보다 계산 및 화질측면에서 우월하였을 뿐만 아니라, PSNR 값과 주관적인 화질상에서도 좋은 결과를 나타내었다.

## Abstract

In transmitting compressed video bit-stream over Internet, packet losses cause error propagations in both spatial and temporal domains, which in turn leads to severe degradation in image quality. In this paper, a new error concealment algorithm, called EBMA(Edge Detection based Boundary Matching Algorithm), is proposed to repair damaged portions of the video frames in the receiver. Conventional BMA(Boundary Matching Algorithm) assumes that the pixels on the boundary of the missing block and its neighboring blocks are very similar, but has no consideration of edges across the boundary. In our approach, the edges are detected across the boundary of the lost or erroneous block. Once the orientation of each edge is found, only the pixel difference along the expected edges across the boundary is measured instead of the calculation of differences between all adjacent pixels on the boundary. Therefore, the proposed approach needs very few computations and the experiment shows an improvement of the performance over the conventional BMA in terms of both subjective and objective quality of video sequences.

**Keywords** : 에러은닉(Error Conceal), BMA(Boundary Matching Algorithm), MBMA(Modified BMA), 후보벡터(Candidate Vector Sets), H.263

\* 學生會員, \*\*\* 正會員, 全南大學教 精報通信研究所, 電算學科

(Department of Computer Science and the Information & Telecommunication Research Institute, Chonnam National University)

\*\* 學生會員, 全南大學教 電算學科

(Department of Computer Science, Chonnam National University)

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 (R05-2000-000-00280 -0) 지원으로 수행되었음

接受日字:2002年7月15日, 수정완료일:2002年10月22日

## I. 서 론

하이브리드 블록 기반으로한 MC/DPCM/DCT 알고리즘은 국제 표준 코딩 규격인 ITU-T H.261, H.263, MPEG-1, 2, 4, 7으로 채택되었다.<sup>[1,2]</sup> 이런 전형적인 어플리케이션은 화상회의, 화상전화, 그리고 디지털 TV 등에 포함된다. 대부분 어플리케이션인 경우, 비트스트림은 에러 영향을 많이 받는 통신채널상을 통해서 전송되어지므로 비트 에러나 패킷 손실 발생은 필수 불가결하다. 신뢰할수 있는 화상 통신을 제공하기 위한 에러 은닉 방법은 계속해서 발전해왔고, 디지털 비디오 어플리케이션을 패킷 망이나 무선망에 전송할 경우 중요한 역할을 하고 있다. 하이브리드 블록 기반으로한 MC/DPCM/DCT 코딩 알고리즘을 채택하였으므로 움직임 벡터들은 예측된 프레임으로부터 복원하는데 있어서 중요한 역할을 한다. 예를 들어 만약 VLC된 하나의 움직임 벡터가 Burst Error에 의해 손실된 경우, 새로운 재동기(Resynchronization)가 나타날 때 까지 연속적으로 에러전파(Error Propagation)가 발생된다. 따라서 에러를 방지하기 위해서 최소 재동기 단위인 매크로블록(MB:MacroBlock)의 행, GOB(H.26x), 그리고 슬라이스(MPEG-2)을 사용한다. 따라서 에러가 있는 한 블록의 영향은 공간상의 슬라이스 끝까지 에러가 전파된다. 더욱이 움직임 보상(MC:Motion Compensation) 방법은 전 프레임을 사용하므로 에러가 있는 블록은 다음 새로운 인트라프레임이 나타날 때까지 에러가 전파된다.

많은 에러 강화 비디오 코딩 중에, 에러 은닉 기술은 독립적이고 다른 Robust 비디오 코딩방법과 함께 사용되어지므로 오류 내성 측면에서 가장 효율적인 방법 중 하나로 고려되고 있다. 현재 에러 은닉 알고리즘에 대한 2가지 종류가 연구되어왔다. 첫째, 부분적인 손실이나 에러가 있는 DCT 계수는 손실 블록과 인접한 블록 경계의 변동 차이가 가장 작은 값을 바탕으로 복원하는 방법이고,<sup>[3]</sup> 둘째, 손실된 MB 들은 경계 매칭 척도를 바탕으로 복원된 움직임 벡터를 보상하는 방법이다.<sup>[4]</sup>

본 논문에서는 인트라프레임에 손실된 움직임 벡터를 복원하는 새로운 에러 은닉 방법을 제안한다. 또한 인트라프레임에 손실되었거나 잘못된 MB들은 [7][8]와 같이 완전히 검출된다는 가정하에 실험하였다. 기존

BMA<sup>[4]</sup> 방법은 부호화된 인접한 블록의 움직임 벡터들이 상당히 높은 유사도 혹은 상관도를 갖고 있는 점과 손실블록과 인접블록 경계에 존재하는 화소간의 유사도를 이용하기 때문에 영상의 수평 또는 수직 에지가 놓여져 있을 때 비교적 신뢰할 수 있는 복구가 가능하지만, 에지들이 사선으로 있을 경우 에러 비용함수의 특성으로 인해 조금씩 어긋나게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 [5]에서는 수정된 블록 경계정합 방식이 제안되었지만, 실제영상에서 에지는 다수 존재하고 서로 다른 방향성을 가지고 있으므로 [5]는 주변블록의 경계에서 한 개의 방향성만을 고려했다는 단점을 가지고 있다. 그리고 블록경계정합 수행전에 결정 척도(Decision Factor) 등을 이용하므로 계산량이 많아지는 문제점이 있다. 따라서 본 논문에서는 블록경계정합을 처리하기 전에 결정 척도를 간소화하여 계산량 문제점들을 개선하였고, 보다 효율적으로 영상의 에지를 맞출 수 있는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 손실된 블록의 오류 은닉을 위해 현재 가장 많이 사용하고 있는 블록정합기법인 BMA(Boundary Matching Algorithm)와 수정된 BMA 기법에 대해 설명하고, 3장에서는 수신측에서 손상된 영상 일부분을 복구하기 위하여 새로운 에러 은닉 알고리즘인 EBMA(Edge detecting for Boundary Matching Algorithm) 및 계산 시간 복잡도를 비교한다. 그리고 4장에서는 본 논문에서 제시한 알고리즘으로 실험한 결과를 제시하고, 마지막으로 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

### 1. 블록경계정합방식(BMA)

블록경계정합방식은 손실 블록의 주변에 바르게 복호 되어 있는 블록과 블록경계선간의 유사성을 고려하여 가장 유사한 블록경계선을 갖는 블록으로 손실 블록을 대체한다는 개념에서 시작된 알고리즘이다[3]. 이러한 개념은 연속도 측정식(Smoothness Constraint)라는 척도를 통해 설명될 수 있다.<sup>[6]</sup> 본 논문에서는 H.261, H.263, MPEG계열에서와 같이 차분 부호화 방식과 가변장 부호화방식을 사용함으로써 인해 블록에러가 생길 때 해당블록의 오른쪽, 즉 연속되는 블록까지 복호가 불가능해지는 최악의 상황을 고려하기 때문에

(식1)와 같이 오른쪽 블록의 에러 비용 함수(Error Cost Function)는 제외시키기로 한다. 에러 비용 함수를 적용하여 움직임벡터를 추정하는 후보 움직임벡터군(Candidate Set)는 다음과 같다.

1) 이전 프레임에서 같은 위치의 블록이 갖고 있는 움직임 벡터

- 2) 에러의 영향을 받지 않아 복원이 가능한 주변의(위, 아래, 왼쪽) 움직임벡터
- 3) 이용 가능한 주변블록들의 움직임 벡터들의 중앙값
- 4) 이용 가능한 주변블록들의 움직임 벡터들의 평균값
- 5) 시간적 내삽을 위한 제로 움직임 벡터

$$d_L = \sum_{i=0}^{N-1} [\hat{X}(p, i) - X_L(p-1, i)]^2$$

$$d_T = \sum_{i=0}^{N-1} [\hat{X}(i, q) - X_T(i, q-1)]^2 \quad (\text{식 1})$$

$$d_B = \sum_{i=0}^{N-1} [\hat{X}(i, q+N-1) - X_B(i, q+N)]^2$$

$$d_S = d_L + d_T + d_B \quad (\text{식 2})$$

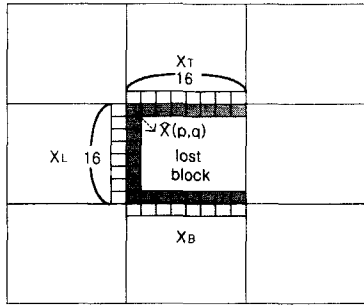


그림 1. 블록경계정합알고리즘  
Fig. 1. BMA(Boundary Matching Algorithm).

<그림 1>은 영상의 최측상단을 기준으로  $N \times N (N=16)$  크기의 매크로블록 X상의 화소 위치(p,q)을 표현하고, X는 현재 복원하려고 하는 픽셀상의 좌표이고,  $\hat{X}$ 는 후보 움직임벡터군에서 최적으로 선택한 후보벡터의 픽셀 값이다.  $d_L, d_T, d_B$ 은 각각  $X_L, X_T, X_B$ 에 대한 손실된 매크로블록 경계의 왜곡값이다. 그리고

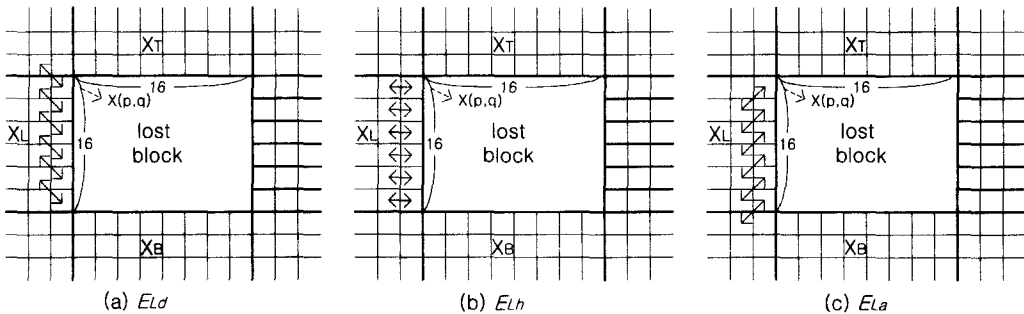
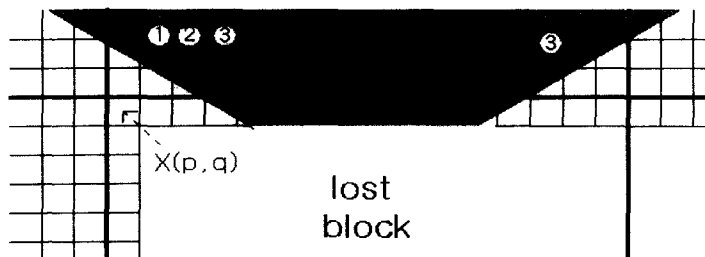


그림 2. 에지 방향 결정  
Fig. 2. Decision of edge orientations at the boundary.



- a : 에지가 검출된 화소의 좌표,  $X_T(p+i, q-1)$
- b : a화소의 좌측상단에 인접한 화소의 좌표,  $X_T(p+i-1, q-2)$
- c : a화소의 상단에 인접한 화소의 좌표,  $X_T(p+i, q-2)$
- d : a화소의 우측상단에 인접한 화소의 좌표,  $X_T(p+i+1, q-2)$

그림 3. 에지와 방향성 검출  
Fig. 3. Detection method of edge and direction.

(식2)는 후보움직임벡터군 중에서  $d_s$ 가 가장 최소인 값을 최적의 손실된 움직임 벡터로 간주한다.

## 2. 수정된 블록경계정합방식(Modified BMA)

기존 블록경계정합 방식은 블록 경계선에 영상의 수평 또는 수직 에지가 놓여져 있을 때는 효과적이지만, 이러한 에지들이 사선으로 있을 경우 에러 비용 함수의 특성으로 인해 조금씩 어긋나게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 수정된 블록 경계정합 방식이 제안되었다.<sup>[5]</sup>

[5]에서는 기존 블록경계정합방식에서 단순히 수평이나 수직 방향 블록 경계간의 차이 값을 에러로 두고 있는 것과는 달리, 블록경계정합을 적용하는 위, 아래, 왼쪽 블록과의 블록경계간의 에러를 구하는 비용함수가 블록경계간에 걸쳐 있는 영상의 에지 성분을 고려하여 왼쪽, 위쪽, 아래쪽 경계에 대하여 사선, 수평(수직), 역사선이 각각 3가지씩 존재한다. 즉 (식1)와 함께 영상의 에지 성분에 따라 식(3)을 사용하는 것이다.

<그림 2>를 손실블록에 인접한 왼쪽블록 경계면에 대한 에지방향을 결정하는 예이다. (a)는 사선 방향으로 비용함수를 적용하고, (b)는 기존 블록정합방법인 수직 및 수평으로 비용함수를 적용한다. 그리고 (c)는 그 반대인 역사선 방향으로 비용함수를 적용한다. (식3)은 <그림 2>를 표현하는 식이다. 즉,  $E_{La}$ 는 손실블록에 인접한 왼쪽블록 경계면에 대한 사선방향에 대한 비용함수이고,  $E_{Lb}$ 는 역사선에 대한 비용함수이다. 그리고  $E_{Lc}$ 는 수평방향에 대한 비용함수이다. 마지막으로 손실 블록과 주변 블록 사이에 에지의 방향이 결정되면 에지의 방향에 맞게 다시 블록경계정합을 하게 된다.

$$E_{La} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-2} [X_L(p+i, q-1) - X_L(p+i+1, q-2)]^2$$

$$E_{Lb} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} [X_L(p+i, q-1) - X_L(p+i-1, q-2)]^2$$

$$E_{Lc} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=0}^{N-1} [X_L(p+i, q-1) - X_L(p+i, q-2)]^2$$

(식3)

## III. 제안한 알고리즘

본 논문에서는 [5]의 블록경계정합 수행 전 결정측도를 사용하므로 계산량이 많아지는 문제점들을 개선하여 계산량을 줄이고, 더 효율적인 영상의 에지를 고려

한 EBMA 방법을 제안한다. 블록기반으로 구한 움직임 벡터는 화소 단위 기반이므로 손실 블록과 주변 블록의 경계 부분 픽셀은 손실 블록의 움직임 벡터와 상대적으로 많은 유사도를 갖는다고 볼 수 있다. 따라서 영상의 움직임은 일정하게 유지되므로 영상의 에지 역시 일정하게 움직인다는 특성이 있다. 또한 실 영상에서의 에지는 다수개를 가지고 있고 각기 다른 방향의 특성을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 <그림 3>과 같이 손실 블록에 인접한 주변블록의 2픽셀을 이용하여 에지 방향성검출 및 최적의 후보벡터 선택은 다음과 같은 방법으로 한다.

**Step 1) 에지검출 :** (식4)와 같이 손실 블록 바로 인접한 주변픽셀들간의 차분(diff)을 구한다. 이때 픽셀간의 차분이 임계치(Thread=5) 이상이면 영상이 연속되지 않기 때문에 에지 성분이 있다는 걸로 결정한다. 만약, 차분이 임계치 이하이면 기존 BMA 방법과 같이 동일하게 계산을 한다.

$$diff = |X_T(p+i, q-1) - X_T(p+i+1, q-1)| \quad (\text{식 4})$$

**Step 2) 방향성검출 :** step 1)에 의해 (식5)을 이용하여 최소값이 가장 작은 왜곡 값을 에지 방향으로 결정한다.



그림 4. 왜곡 측정

Fig. 4. Measuring distortion by the pixel difference across the boundary.

표 1. 계산 복잡도 비교  
Table 1. Time Complexity.

방법	BMA	MBMA	EBMA
처리기법			
결정요인	없음	3N×3방향	3(N-1) + E×3방향
후보벡터에 대한 계산	3N×C	3N×C	E×C

C : 후보벡터의 수, E : 검출된 에지의 수, N : 매크로 블록 경계의 픽셀수, 3 : 매크로블록의 위, 왼쪽, 아래 경계 부분 개수

표 2. 테스트 영상에 대한 PSNR  
Table 2. List of PSNR for the Test Sequences.

Carphone #20	5	37.01	37.01	37.01
	10	36.99	37.02	37.02
	15	36.97	37.04	37.04
	20	36.97	37.02	37.02
Foreman #3	5	35.70	35.16	36.53
	10	35.61	35.16	36.37
	15	35.61	35.17	36.35
	20	35.47	35.18	36.33
Mother&Daughter #15	5	52.65	53.61	53.61
	10	52.21	52.65	52.75
	15	52.45	52.53	52.65
	20	50.63	50.68	50.69
Suzie #47	5	52.90	53.11	53.20
	10	47.78	48.22	48.66
	15	47.72	47.40	47.90
	20	45.77	47.44	47.66

- ①방향(↖):  $|X_T(p+i-1, q-2) - X_T(p+i, q-1)|$
- ②방향(↓):  $|X_T(p+i, q-2) - X_T(p+i, q-1)|$  (식 5)
- ③방향(↘):  $|X_T(p+i+1, q-2) - X_T(p+i, q-1)|$

**Step 3) 후보벡터결정** : 손실 블록과 인접한 주변블록에 에지가 존재할 때, <그림 4>와 같은 방법으로 step 1)의 에지 위치와 step 2)의 에지 방향성을 이용하여 후보움직임벡터군에서 에지가 검출된 위치에서 에지의 일정한 움직임 특성을 이용하여 검출된 방향성과 같은 방향으로 왜곡을 구한다.

본 논문에서는 비용함수를 적용하는 후보움직임벡터군은 기존 블록경계정합에서 사용하는 것과 손실블록에 인접한 주변블록들을 동일 움직임을 방향으로 클러스터링한 후 후보벡터군을 생성하는 [9]을 사용한다.

<표 1>은 기존 BMA와 MBMA 그리고 제안한 EBMA의 계산 복잡도를 제시한다. 결정요인 부분에서는 BMA는 방향성에 대한 결정요인이 없고, MBMA는 손실블록 경계의 3부분(위, 아래, 왼쪽)에서 각각 3개의 방향성에 대한 차분을 한다. 그리고 본 논문에서 제안한 알고리즘은 방향성을 결정하기 위한 계산이므로 단순한 뺄셈을 사용하고, 임계치 부분에서만 3가지 방향

만 계산한다. 따라서 방향성측면에서 MBMA 보다 계산량이 감소한다. 후보벡터군에 대한 계산복잡도 측면에서는 실제 후보벡터군의 수가 증가함에 따라 BMA 뿐만 아니라 MBMA의 계산횟수도 증가하지만, 본 논문에서 제안한 알고리즘은 결정요인부분에서 경계부분의 픽셀 위치 즉 결정된 에지부분의 방향을 알고 있으므로 약 20~84% 계산량이 감소하였다.

#### IV. 실험결과

실험은 각 176×144 pixels/lines의 Suzie, Carphone, Foreman 그리고 Mother&Daughter 영상을 실험하였다. 이때 영상은 움직임이 많거나 갑자기 움직임이 발생한 프레임을 선택하여 실험하였다. 실제 이동 통신 채널 상에서의 전송효과를 재현하기 위해 블록 손실율(BER: Block Error Rate)은 5%~20%까지로 랜덤하게 주었으며, 디코더에서 손실블록의 위치를 알고 있다는 것으로 가정하였다. 또한 손실 블록의 위치를 랜덤하게 주었지만, 이동 통신 채널상 특징으로 MB 단위의 에러 발생과 GOB단위로 손실이 발생할 수 있으므로 적절하게 에러를 주었다. <표 2>는 기존 BMA방법과 MBMA 방법, 그리고 제안한 알고리즘을 적용한 실험 결과

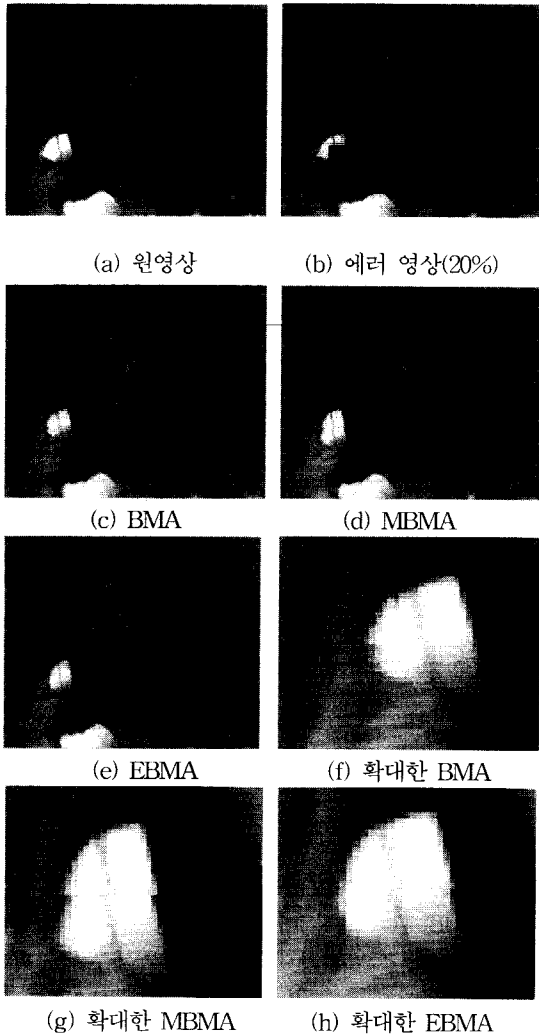


그림 5. Suzie(#47)영상에 대한 복원한 영상 비교  
Fig. 5. Reconstructed images using different computation methods.

PSNR 비교이다. <그림 5>는 20%의 블록 손실율을 가진 47번째 Suzie영상을 복원한 이미지로서 (a)는 원 영상, (b)는 에러 영상이고, (c)는 BMA 방법을 이용하여 복원한 영상이고, (d)는 MBMA방법을 적용한 영상이고, 그리고 (e)는 제안한 방법을 이용하여 복원한 영상이다. (f)는 확대한 BMA방법, (g)는 확대한 MBMA 방법이다. 마지막으로 (h)는 제안한 방법을 확대한 영상이다. 특히, <그림 5>의 (f)는 주관적인 측면에서 전화기부분이 축소되었고 (g)는 겹쳐져 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 (h)는 원영상과 거의 일치하게 복원하였다. <그림 6>은 20%의 블록 손실율을 가진 3번째 Foreman영상을 복원한 실험 결과 영상이다.

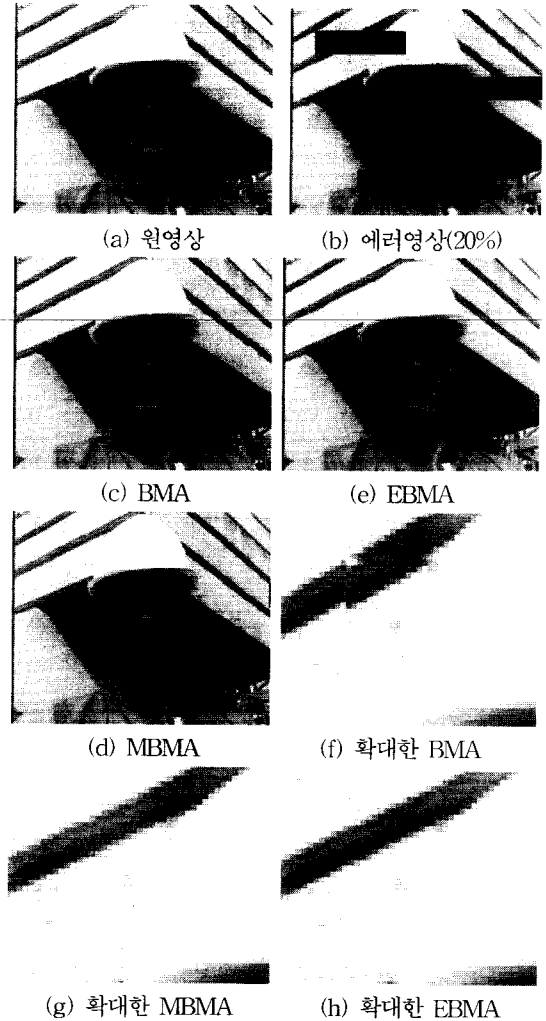


그림 6. Foreman(#3)영상에 대한 복원한 영상 비교  
Fig. 6. Reconstructed images using different computation methods.

## V. 결 론

네트워크 혼잡으로 인한 패킷 손실은 인터넷 망에서는 필수 불가결이고, 압축된 비디오 비트 스트림을 인터넷 망에 전송할 경우 공간 및 시간적 도메인상에 에러 전파를 야기하므로 화질에 심각한 화질열화를 초래한다. 본 논문에서는 수신측에서 손상된 영상 일부분을 복구하기 위하여 새로운 에러 은닉 알고리즘인 EBMA를 제안한다. 블록기반으로 구한 움직임벡터는 화소 단위 기반이므로 손실 블록과 주변 블록의 경계 부분 픽셀은 손실 블록의 움직임 벡터와 상대적으로 많은 유사도와 영상의 움직임은 일정하게 유지되므로 영상의

에지 역시 일정하게 움직이는 특성, 그리고 실제 영상에서는 다수의 에지와 서로 다른 방향을 고려하여 에러 은닉 알고리즘을 제안한다.

제안된 방법은 기존 방법보다 계산량이 훨씬 줄어들었고 전체적으로 눈에 거슬리는 오류가 생기지 않으므로 주관적인 화질과 객관적 평가기준인 PSNR 측면에서는 영상의 움직임 정도에 따라 기존 방법보다 약 0.5dB~1dB까지 향상이 있었다.

참 고 문 헌

[1] ISO/IEC13818-2:Information Technology Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio, Draft International Standard, March, 1994.  
 [2] ITU-T Recommendation H.263 Version 2, ITU-T SG-16, Video Coding for Low Bitrate Communication, Sept. 1997.  
 [3] Jong Wook Park, Jong Won Kim and Sang Uk Lee, DCT Coefficient Recovery Based Error Concealment Technique and its Application to the MPEG-2 Bit Stream Error, IEEE Trans, Circuits Syst. Video Tech., Vol. 7, pp. 845~854, Dec. 1997.  
 [4] W.M. Lam, A.R. Reibman, and B.Lin, Recovery of Lost or Erroneously Received Motion Vectors,

In Proc. ICASSP, 1993, Vol. 5, pp. 417~420.  
 [5] Jian Feng, Kwok-Tung Lo and Hanssna Mehrpour, Error Concealment for MPEG Video Transmissions, IEEE Trans. Consumer Electronics, Vol. 43, No. 2, pp. 183~187, 1997.  
 [6] Y.Wang, Qin-Fan Shu and Leonard Shaw, Maximally Smoothness Image Recovery in Transform Coding, IEEE Trans. Commn., Vol.41, pp. 1544~1551, Oct. 1993.  
 [7] J.S.Hwang, D.K.Park, C.S.Won, J.C.Jung, and S.Y.Kim, A Concealment Algorithm Based on the Analysis of Transmission Errors or H.263 Bitstream, in Proceeding of the 1997 Korean Signal Processing conference Vol. 10, No. 1, pp. 555~558, 1997.  
 [8] H.C.Shyu and J.J.Leou, Detection and Concealment of Transmission Errors in MPEG-2 Images A Genetic Algorithm Approach, IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 9, No. 6, pp. 937~948, Sept, 1999.  
 [9] SungChan Park, NamRey Son, JungHyun Kim and GueeSang Lee "Recovery of Motion Vectors by Detecting Homogeneous Movements for H.263 Video Communications", IEEE ICME2001, Tokyo, Japan, pp. 33~36, 2001.

저 자 소 개



**梁堯 (正會員)**  
 1998년 전남대학교 농기계학과 졸업(학사). 2002년 전남대학교 대학원 전산학과 졸업(석사). 현재 ; 전남대학교 정보통신 연구원. <주관심분야 : 멀티미디어, 네트워크, 화상통신, 영상압축 및 복원>



**李貴相 (正會員)**  
 1980년 서울대 공대 전기공학과 (학사). 1982년 서울대 대학원 전자계산기공학과 (석사). 1983~1984년 금성통신 연구소 1991년 Pennsylvania 주립대학 전산학박사. 1984년~현재 전남대 정보통신연구소·컴퓨터 정보학부 교수. <주관심분야 : 멀티미디어통신, 영상처리 및 복원, 테스트, 논리합성, VLSI/CAD>



**孫南禮 (正會員)**  
 1996년 호남대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사). 1999년 전남대학교 대학원 전산학과 졸업(석사). 2000년~현재 전남대학교 대학원 전산학과 박사과정. <주관심분야 : 영상압축 및 복원, 화상통신, 네트워크, 에러은닉>