

MPEG-2 비디오의 인트라 프레임을 위한 효율적인 에러 은닉 기법

정회원 강세민*, 정제창**

An Efficient Error Concealment Technique for I-frames in MPEG-2 Video

Se-min Kang*, Je-chang Jeong** *Regular Members*

요약

에러가 존재하는 전송 환경을 통해 MPEG-2 비디오를 전송하기 위해서는 다양한 에러 정정, 에러 은닉 기법이 필요하다. 특히, 수신단에서 독립적으로 구현될 수 있는 에러 은닉 기법은 양질의 영상을 얻기 위한 중요한 기술이다. 이러한 에러 은닉 기술을 위해 영상의 공간적, 시간적 상관도 관점과 인트라, 인트라 프레임 관점에서 많은 노력이 있어왔다. 본 논문에서는 영상의 시간적 상관도를 이용하여 MPEG-2 비디오의 인트라 프레임을 위한 효율적인 에러 은닉 기법을 제안한다. 에러가 발생한 인트라 프레임의 에러 은닉을 수행하기 위해 이전의 인트라 프레임 정보를 이용한다. 인트라 프레임에 있는 움직임 벡터들의 방향성을 고려하고 가중치를 부여함으로써 에러 은닉에 효과적인 움직임 벡터를 얻을 수 있다. 이러한 에러 은닉 방법은 영상의 움직임 정도에 관계없이 좋은 성능을 유지하며, 15% 이상의 매크로 블록이 손실되는 에러 환경에서도 효과적인 에러 은닉을 수행한다.

ABSTRACT

To transmit MPEG-2 video on an erroneous channel, a number of techniques for error handling are needed such as error correction, error concealment, etc. Especially, error concealment techniques which can be implemented on receivers independent of transmitters become more important to obtain good video quality. There have been much efforts for developing error concealment techniques with respect to spatiotemporal redundancy and intra-inter frames. In this paper, we propose an efficient error concealment technique for I-frames(intra-frames) in MPEG-2 video utilizing temporal redundancy. We conceal erroneous blocks using information of the previous intra frame. Considering the directions of motion vectors in the inter frames, we can obtain a motion vector which can be used for error concealment. This error concealment technique maintains good performance regardless of moving level and provides good results in seriously erroneous conditions.

1. 서론

본격적인 디지털 시대의 개막과 더불어 2002년 3월 무궁화 3호 위성을 이용한 디지털 위성 방송 시대가 시작되었다. 고성능 디지털 압축 기술을 이용하여 기존의 아날로그 텔레비전, 라디오 방송에 비해 다채널 고품질 그리고 고음질 서비스를 제공하고 있다. 이러한 서비스에는 MPEG-2(Moving

Picture Expert Group-2) 기술이 그 바탕을 이루고 있다. 그림 1과 같이 MPEG-2 비디오, MPEG-2 오디오, MPEG-2 시스템 기술과 여러 가지의 전송 관련 기술이 결합하여 디지털 방송 시스템을 구성하게 된다^{1,2)}.

그러나, 이러한 디지털 방송에도 아날로그 방송에 비해 단점이 있다. 전송 매체의 에러 환경에 의한 디지털 데이터의 손실은 화질의 열화를 야기 시킨

* 현대 디지털 테크 부설 연구소 (heaven1202@dreamwiz.com), ** 한양대학교 전자컴퓨터공학부(jjeong@ece.hanyang.ac.kr)
논문번호 : 020424-1004, 접수일자 : 2002년 10월 4일

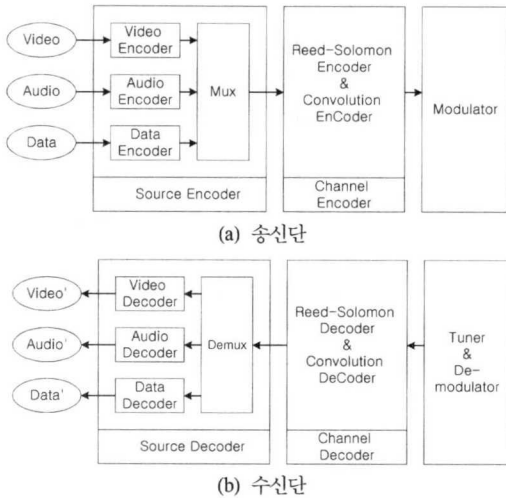


그림 1. 디지털 방송 시스템 블록도

다^[3]. 아날로그 방송과는 달리 압축된 신호가 패킷화 되어 전송되기 때문에 신호 감쇠와 같은 전송 과정에서의 에러 발생은 화면의 특정 부분을 열화시킨다^[1]. 특히 MPEG-2 비디오의 경우 슬라이스 단위로 에러가 발생하기 때문에 주관적 화질 열화가 두드러지게 나타난다.

이러한 에러 환경에서 일정한 화질을 유지하기 위해 여러 가지 기술이 연구 되어왔다. 이러한 방법은 그림 1에서와 같이 압축, 다중화가 있는 소스 코딩 단과 여러 에러 정정 기술이 있는 채널 코딩 단에서의 방법으로 나눌 수 있다^[1]. 소스 코딩 단에서는 전송 단에서 일어나는 에러로 인한 데이터 손실로부터 비디오, 오디오 데이터를 복원하기 위한 에러 내성 방법이 구현된다^[4]. MPEG-2 비디오에서는 슬라이스 구조를 이용하여 에러 상황에서도 복원이 가능하도록 하고 있다^[1,3]. 또한, 송신 측의 MPEG-2 비디오 인코딩 옵션으로 인트라 프레임에 움직임 정보를 추가하는 방법이 있으며 수신단에서 이 정보를 이용하여 상당한 화질 개선을 얻을 수 있다. 채널 코딩 단에서는 전송 데이터가 전송 단에서 일어나는 에러에 강인할 수 있도록 처리를 한다. 이러한 대표적인 기술에는 에러 유무를 알려주는 CRC-Code(Cyclic Redundancy Check Code), 그리고 에러를 정정해 주는 RS-Code(Reed Solomon Code)와 Convolution-Code가 있다. 현재 유럽 디지털 방송의 표준인 DVB(Digital Video Broadcasting)에서는 RS-Code와 Convolution-Code를 사용하고 있으며 얼마 전 표준화가 끝난 DVB - RCS(Digital Video Broadcasting - Return Channel Satellite System)에

서는 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication-2000)에서 사용되는 Turbo-Code를 사용한다.

그러나, 소스 코딩 단과 채널 코딩 단을 통한 에러 정정 기술은 송신단과 수신단에 공통적으로 적용 되어야 하는 단점이 있다. 또한, 전송되는 데이터가 전송 매체의 에러 환경으로부터 완전히 자유로울 수 없기 때문에 소스 코딩 단과 채널 코딩 단을 통한 에러 정정 기술에는 한계가 있다. 이를 극복하기 위해 수신단에서 후처리 방식으로 에러 은닉 기술이 연구되어 왔고, 다양한 에러 은닉 기법을 통한 화질 개선이 가능하게 되었다. 이러한 후처리 방식에는 인트라 프레임을 위한 방식과 인터 프레임을 위한 방식이 있으며, 압축된 데이터의 대부분을 차지하는 인트라 프레임을 이용한 에러 은닉 기술이 화질 개선에 큰 효과를 준다^[5,6]. 따라서, 본 논문에서는 MPEG-2 비디오의 인트라 프레임을 위한 에러 은닉 기법을 제안하려 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 기존의 에러 은닉 기법을 살펴보고 각 기술의 장단점을 분석한다. 그리고, 3장에서는 전송 매체에서 발생하는 에러를 고려한 인트라 프레임 에러 은닉 기법을 제안하고자 한다. 4장에서 실험 과정과 그 결과를 언급하고, 마지막으로 5장을 통해 결론을 맺는다.

II. MPEG-2 비디오를 위한 에러 은닉 기법

에러가 발생한 MPEG-2 비디오의 화질을 개선하기 위해 일반적으로 영상의 시간적, 공간적 상관도를 이용한다^[1,2]. 대부분 영상의 경우 시간적, 공간적 상관도가 매우 크기 때문에 이를 이용하여 에러를 은닉한다. 시간적 상관도가 크다는 것은 현재 프레임과 이전 프레임의 영상 특성이 비슷하다는 의미로서 비록 인트라 프레임이라 해도 이전 GOP (Group Of Picture)의 인터 프레임과 상관도가 높다는 의미를 내포하기도 한다. 따라서, 인트라 프레임, 인터 프레임에 관계없이 이전 프레임의 영상을 이용하여 에러가 발생한 영상의 화질을 개선시킬 수 있다. 또한, 공간 영역의 상관도는 한 프레임 내에서 이웃하는 화소 간의 비슷한 정도를 의미하는 것으로 일반적인 영상의 경우 큰 공간적 상관도를 지닌다.

에러 은닉 기법 중, 공간 영역의 상관도를 이용하는 대표적인 방법으로 보간법이 있다. 에러가 발생한 블록의 데이터는 에러가 발생하지 않은 주변의 데이터와 큰 공간적 상관도를 가지고 있어 에러가

발생하지 않은 블록으로부터 손실된 값을 추정할 수 있다. 시간 영역의 상관도를 이용하는 방법에는 손실된 블록과 동일한 위치에 있는 이전 프레임의 움직임 벡터를 이용하는 기법이 있다. 또한, 영상을 주파수 영역으로 변환하여 에러가 발생한 블록 주변의 저주파와 고주파 성분을 이용하여 에러 은닉을 수행 할 수 있다.

1. 공간 영역의 상관도를 이용한 에러 은닉 기법

이 방법은 손실된 블록 주위의 데이터로부터 손실된 영역을 복구하는 방법으로 빠른 움직임이 있는 영상을 에러 은닉 할 경우 좋은 성능을 나타낸다^[7]. 이러한 방법은 정지 영상의 에러 은닉에서도 높은 효과를 나타낸다. 그러나, 보간법은 과도한 계산 량으로 인해 실시간 에러 은닉에는 적용하기 어렵다^[8]. 또한, 보간법은 에러가 발생한 영역의 주변 화소 값을 이용하여 에러를 은닉하기 때문에 슬라이스 단위의 에러로 인해 주변 화소 값 역시 손실된 상황인 경우 에러가 공간적으로 전파되는 결과를 나타낸다.

1.1 이차원 선형 보간법

대표적인 보간법으로 손실된 영역의 경계 데이터를 이용하여 에러를 은닉한다. 한 화소의 에러를 은닉하기 위해서 주변 블록의 여러 화소 값들이 사용된다. 에러 은닉에 사용되는 화소 값들은 여러 가지 방법을 통해 결정 될 수 있다^[9]. 식 (1)과 그림 2는 최단 거리에 있는 이웃 매크로 블록의 경계 화소들의 값을 이용해 에러를 은닉하는 방법을 나타내고 있다.

$$mb(i, k) = \frac{1}{d} \times (d_R \times mb_L(i, 2N) + d_L \times mb_R(i, 1) + d_B \times mb_T(2N, k) + d_T \times mb_B(1, k))$$

$$d = 2k \times (2N + 1)$$

$$i, k = 1, \dots, 2N \tag{1}$$

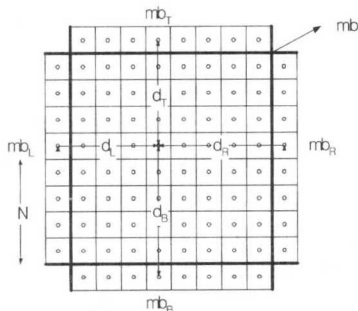


그림 2. 이차원 선형 보간법

1.2 주변 블록의 방향성을 고려한 일차원 보간법

에러가 발생한 영역 주변 블록들의 방향성을 고려하여 에러를 은닉하는 기법이다^[10]. 에지가 존재하는 주변 블록들의 특성을 효과적으로 반영하여 에러가 발생한 블록을 은닉하고자 할 때 좋은 성능을 나타낸다. 손상된 블록 주변의 경계 화소에 방향성을 갖는 마스크들을 이용하여 경계 화소들이 방향을 추측하고 1차원 선형 보간법을 통해 에러를 은닉을 한다. 그림 3은 0도, 45도, 90도, 135도의 방향성을 갖는 마스크의 예를 보여준다.

0도	45도	90도	135도
0 0 0	0 0 1	0 1 0	1 0 0
1 1 1	0 1 0	0 1 0	0 1 0
0 0 0	1 0 0	0 1 0	0 0 1

그림 3. 방향성 선택을 위한 마스크의 예

2. 시간 영역의 상관도를 이용한 에러 은닉 기법

시간적 상관도를 이용하는 경우 에러를 은닉하기 위해 이전 프레임의 정보를 이용한다. 이러한 기법은 주로 하나의 GOP내에서 시간적 상관도 정보를 지닌 인터 프레임 에러 은닉을 위해 연구 되었다. 그러나, 인트라 프레임과 이전 GOP의 인터 프레임과의 높은 시간적 상관도를 고려한다면, 기존의 연구 되었던 에러 은닉 방법들은 인트라 프레임에도 응용 될 수 있다. 에러 은닉에 사용되는 이전 프레임의 정보에는 움직임 벡터와 화소 값 등이 있다. BMA(Block Matching Algorithm)의 경우 화소 값들을 이용하며 움직임 벡터 대체 기법, 움직임 벡터 치환 기법 등은 움직임 벡터를 이용하여 에러를 은닉한다.

2.1 BMA를 이용한 에러 은닉 기법

이 방법은 그림 4와 같이 에러가 발생한 블록의 주변 경계 화소 값들을 기준 값으로 사용하여 이전 프레임에서 공간적 상관도가 가장 높은 영역을 찾

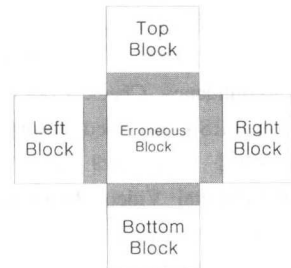


그림 4. BMA 방법

아내는 방법이다^[7,11]. 이러한 기법 매우 우수한 성능을 나타내는 반면 계산 량이 많아 복잡도가 증가한다는 단점이 있다. 또한, 에러가 연속된 블록으로 나타나게 될 때 에러 값이 기준 값이 되어 효과적인 에러 은닉이 수행되지 않는다.

2.2 움직임 벡터 대치 기법

에러 은닉을 위해 움직임 벡터를 이용하는 대표적인 방법으로 에러가 발생한 블록과 동일한 공간적 위치에 있는 이전 프레임의 매크로 블록 정보를 이용하는 것이다. 매크로 블록의 움직임 벡터를 손실된 블록의 움직임 벡터로 가정하여 에러를 은닉한다. 움직임의 방향이 일정한 영상에서 좋은 성능을 나타내는 반면 움직임 방향의 변화가 잦은 영상에서는 화질 저하가 두드러지게 나타난다^[2].

2.3 움직임 벡터 치환 기법

이전 프레임의 움직임 벡터를 이용한다는 점에서 움직임 벡터 대치 기법과 동일한 개념을 지닌 방법이지만 움직임 벡터를 선택하는 방법에 있어 대치 방법과 구분이 된다. 에러 은닉을 위해 에러가 발생한 블록과 동일한 공간적 위치에 있는 이전 프레임의 매크로 블록 정보 뿐 만 아니라, 그 주위의 정보를 이용하게 된다. 그림 5와 식 (2)와 같이 매크로 블록들의 상대적 위치와 움직임 벡터의 방향성을 고려하여 적절한 움직임 벡터를 선택하게 된다^[12].

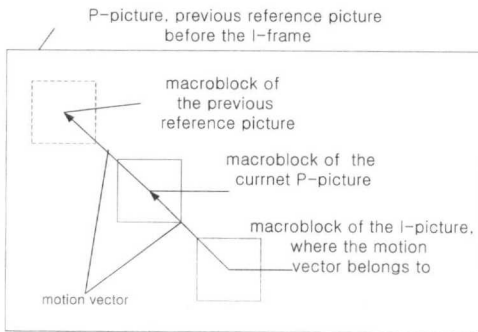


그림 5. 움직임 벡터 치환 기법

$$X_p = (((16 \times X) + 8) - V_m(X, Y, 0)) \bmod (16) \quad (2)$$

$$Y_p = (((16 \times X) + 8) - V_m(X, Y, 1)) \bmod (16)$$

- X, Y : the spatial position of macroblock
- X_p, Y_p : the new spatial position of macroblock
- X_E, Y_E : the spatial position of erroneous macroblock
- $V_m(X, Y, n)$: motion vector of macroblock V_m

if $n=0$, $V_m(X, Y, n)$ is X position of motion vector V_m
 if $n=1$, $V_m(X, Y, n)$ is Y position of motion vector V_m

매크로 블록의 공간적 위치인 (X, Y) 와 움직임 벡터 $V_m(X, Y, 0)$, $V_m(X, Y, 1)$ 를 이용하여 새로운 (X_p, Y_p) 를 계산하고, (X_p, Y_p) 가 에러 은닉을 위한 매크로 블록의 공간적 위치와 일치할 때의 (X, Y) 를 구한다. 그런 후, 식 (3)과 같이 (X_E, Y_E) 의 움직임 벡터를 (X, Y) 의 움직임 벡터로 치환하는 방법이다.

$$V_m(X_E, Y_E, 0) = V_m(X, Y, 0)$$

$$V_m(X_E, Y_E, 1) = V_m(X, Y, 1) \quad (3)$$

이 방법은 움직임 벡터의 방향성을 고려하기 때문에 움직임 벡터 대치 기법보다 좋은 성능을 나타낼 수 있다. 그러나, 움직임이 작은 영상에 대해서는 움직임 벡터 대치 기법과 비슷한 결과를 나타내게 된다.

III. 인트라 프레임을 위한 효율적인 에러 은닉 기법

본 논문에서 제안하는 인트라 프레임을 위한 에러 은닉 방법은 시간적으로 근접한 인트라 프레임의 움직임 벡터를 이용하여 에러 은닉을 수행하는 방법이다. 인트라 프레임의 움직임 벡터의 방향성을 이용하여 에러 은닉에 효과적인 움직임 벡터를 얻어낸다. 이러한 방법은 유효한 움직임 벡터 선택 단계와 움직임 벡터의 가중치 부여 및 에러 은닉을 위한 움직임 벡터 계산 단계로 나눌 수 있다.

1. 유효한 움직임 벡터 선택

우선, 에러 은닉을 수행할 매크로 블록과 동일한 공간적 위치에 있는 인트라 프레임의 매크로 블록과 그 주변 매크로 블록으로부터 에러 은닉에 사용될 유효한 움직임 벡터들을 선택한다. 그림 6의 (a)는 에러 은닉을 하려는 프레임의 이전 인트라 프레임 매크로 블록의 인덱스 이다. #4 매크로 블록의 공간적 위치는 에러 은닉을 수행하고자 하는 매크로 블록과 동일한 위치이다.

유효한 움직임 벡터는 식 (4)와 같이, 그림 6 (a)의 #n ($n=0-8, n \neq 4$) 매크로 블록들과 #4 블록의 상대적 위치 벡터 $V_{d(n,4)}$ 과 #n 블록의 움직임 벡터 V_n 과의 상관도 k 를 통해 결정된다. 단, #4의 경우 $V_4(0)$, $V_4(1)$ 이 특정 값 범위 이내 일때만 유효한 움직임 벡터로 선택하고 가중치를 부여한다. 그림 6의 (b)는 $V_{d(n,4)}$ 벡터를 나타내고 있다.

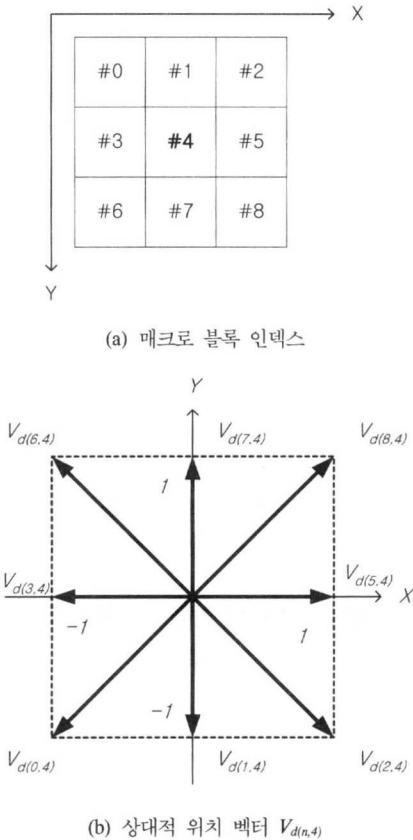


그림 6. 인터 프레임 정보

$$k = \frac{1}{|V_n(0) \times V_{d(n,4)}(0)|} \times \frac{1}{V_n(0) \times V_{d(n,4)}(0) + V_n(1) \times V_{d(n,4)}(1)} \times \frac{1}{|V_n(1) \times V_{d(n,4)}(1)|} \times \frac{1}{V_n(1) \times V_{d(n,4)}(1)} \quad (4)$$

$k = 2$, when V_n is a valid motion vector
 = otherwise, when V_n is not a valid motion vector
 $V_n(0)$: X component of Motion Vector V_n
 $V_n(1)$: Y component of Motion Vector V_n
 $V_{d(n,4)}(0)$: X component of Motion Vector $V_{d(n,4)}$
 $V_{d(n,4)}(1)$: Y component of Motion Vector $V_{d(n,4)}$

식 (4)에서 k 값이 2가 될 때, 즉 움직임 벡터 방향과 #n, #4 매크로 블록의 상대적 위치의 벡터 방향이 동일할 때 유효한 움직임 벡터로 선택된다.

2. 움직임 벡터의 가중치 부여 및 에러 은닉을 위한 움직임 벡터 계산
 위에서 선택된 움직임 벡터에 가중치를 부여하는

과정으로 V_n 과 $V_{d(n,4)}$ 의 각도 차이를 이용하여 가중치를 부여한다. 두 벡터의 각도 차이가 문턱 값 이하일 때는 식 (5)와 같이 두 배의 가중치를 부여한 후 가중치가 적용된 움직임 벡터들을 이용하여 식 (6)과 같이 에러 은닉에 사용 될 움직임 벡터를 계산하게 된다. 본 논문에서는 문턱 값으로 $\pi/4$ 를 사용했다.

$$l = \left| \tan^{-1}\left(\frac{V_{d(n,4)}(1)}{V_{d(n,4)}(0)}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{V_n(1)}{V_n(0)}\right) \right| \quad (5)$$

n = index of valid motion vector, $n=0-8, n \neq 4$
 $w[n]$ = WEIGHT $\times 2$, when $l < \text{Threshold}$ and n is a valid motion vector index
 = WEIGHT, when $l \geq \text{Threshold}$ and n is a valid motion vector index
 = 0, when n is not a valid motion vector index

$$V'(0) = \frac{1}{W} \times \sum_{n=0}^8 W[n] \times V_n(0)$$

$$V'(1) = \frac{1}{W} \times \sum_{n=0}^8 W[n] \times V_n(1) \quad (6)$$

$$W = \sum_{n=0}^8 W[n]$$

V' : new motion vector for error concealment
 $V_n(0)$: X component of Motion Vector V_n
 $V_n(1)$: Y component of Motion Vector V_n

마지막으로 식 (6)을 통해 얻어진 움직임 벡터 위치에 있는 인터 프레임의 영상 정보를 사용하여 에러 은닉을 수행하게 된다.

IV. 실험 및 결과

1. 실험 방법

실험에 사용된 테스트 영상은 표 1과 같다. 테스트 영상 중 Football 영상의 움직임이 가장 크며 Phone 영상이 상대적으로 작은 움직임을 갖는다. 영상의 움직임 정도에 따라 MPEG-2 비디오 인코딩 옵션에서 M(I 프레임과 P 프레임의 거리) 값을 조정하였다. GOP안의 프레임 개수 N 값은 12이며 기타 인코딩 옵션 파라미터 값은 표 2와 같다.

에러는 랜덤 변수를 발생시켜 에러를 발생시킬 슬라이스와 그 시작 위치를 결정하였다. 전체 매크로 블록 수 대비 에러가 발생한 매크로 블록 수를

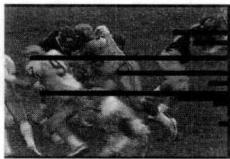
Er 이라고 할 때 Er 값에 따른 에러 발생 예가 그림 7과 같다.

표 1. 테스트 영상

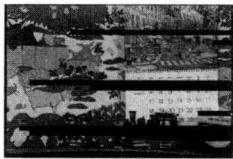
	Width	Height	Frames / second	Number of Total frame	Format
Football	720	486	25	240	YUV 4:2:2
Calendar	720	486	25	240	YUV 4:2:2
Phone	720	486	25	240	YUV 4:2:2

표 2. MPEG-2 비디오 인코딩 파라미터

	Bitrate	N	M	Profile	Level	Motion Vector Range
Football	15 Mbps	12	1	Main	Main	±16
Calendar	15 Mbps	12	2	Main	Main	±16
Phone	15 Mbps	12	3	Main	Main	±16



(a) Er = 0.10



(b) Er = 0.15



(c) Er = 0.20

그림 7. 에러 발생의 예

그림 7과 같이 Er 값에 변화를 주어 표 3과 같은 알고리즘을 이용하여 에러 은닉을 실험하였다. Alg.-1은 에러 은닉을 하지 않는 경우이며 Alg.-2 ~ Alg.-5는 2장에서 설명한 알고리즘이며 Alg.-6이 본 논문에서 제안한 방식이다. 각 영상의 인트라 프레임 20장을 100회씩 에러를 발생 시켰으며 Y(Luminance)성분에 대한 에러 은닉한 결과 영상과 원본 영상의 PSNR(Peak-to-Peak Signal to Noise Ratio) 평균 값을 표 4, 표 5, 표 6에 나타냈다. 그리고, 결과 영상은 그림 8, 그림 9, 그림 10과 같다.

2. 실험 결과 및 고찰

표 4, 표 5, 표 6 에서와 같이 보간법과 BMA를 이용한 방법보다 움직임 벡터를 이용한 방법의 성

표 3. 알고리즘

	Alg. (Algorithm)
Alg.-1	No Error Concealment
Alg.-2	이차원 선형 보간법 (2D Interpolation Error Concealment)
Alg.-3	BMA Error Concealment
Alg.-4	움직임 벡터 대체 기법 (Error Concealment by Copying a motion vector of previous frame)
Alg.-5	움직임 벡터 치환 기법 (Motion Vector Displacement Error Concealment)
Alg.-6	본 논문에서 제안한 기법 (Proposed Error Concealment)
Alg.-7	Error Free

능이 PSNR 기준으로 영상의 움직임 정도에 따라 0.3dB 에서 2.5dB 정도 뛰어나다는 것을 알 수 있다. 보간법과 BMA는 손실된 매크로 블록의 에러를 은닉하기 위해 손실된 매크로 블록의 주위 화소 값을 사용한다. 따라서, 슬라이스 단위로 에러가 발생하는 상황에서는 에러 값을 이용해 에러 은닉을 하게 되어 화질 개선에 큰 효과를 거두지 못하게 된다. BMA 경우 그림 10의 (c)영상의 하단 부와 같이 에러가 발생한 매크로 블록의 상하 매크로 블록 정보가 유효할 때만 좋은 화질을 얻을 수 있다. 그러나, 대부분 경우 슬라이스에 연속적으로 에러가 발생하기 때문에 BMA 에러 은닉에는 한계가 있다. 반면, 움직임 벡터를 이용한 Alg.-4, Alg.-5, Alg.-6은 이전 GOP에서 시간적으로 가장 근접한 인트라 프레임의 정보를 이용하기 때문에 에러 패턴에 관계 없이 좋은 결과를 얻을 수 있다. 단, Football 영상처럼 움직임이 큰 영상에 대해서는 움직임을 정확하게 예측하기 어렵기 때문에 표 4와 같이 BMA에 비해 성능이 크게 향상되지 않는다. 이러한 문제는 움직임 벡터를 추측하기 위해 여러 개의 인트라 프레임을 이용함으로써 해결 될 수 있다.

또한, Calendar와 Phone 영상의 경우 손실된 매크로 블록과 동일한 위치에 있는 이전 프레임의 움직임 벡터를 이용한 Alg.-4와 움직임 벡터 치환 기법인 Alg.-5의 결과가 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 움직임 벡터 치환 기법 알고리즘은 움직임 벡터 추측에 사용되는 벡터 값이 범위가 ±8 이상이고 영상의 움직임이 클 경우에만 좋은 효과를 나타낸다. 따라서, 움직임 벡터의 값이 ±8을 넘지 않는 Calendar, Phone 영상과 같은 경우 에러 은닉 향상을 기대하기 어렵다.

표 4. Football 영상의 실험 결과

Er	PSNR(dB)						
	Alg.-1	Alg.-2	Alg.-3	Alg.-4	Alg.-5	Alg.-6	Alg.-7
0.10	17.3236	24.2137	30.1282	30.2684	30.4240	30.4361	42.5411
0.15	15.7290	20.7129	28.6005	28.7905	28.8593	28.9256	42.5411
0.20	14.4961	19.6599	27.3190	27.5031	27.6229	27.6665	42.5411

표 5. Calendar 영상의 실험 결과

Er	PSNR(dB)						
	Alg.-1	Alg.-2	Alg.-3	Alg.-4	Alg.-5	Alg.-6	Alg.-7
0.10	15.2528	20.8428	25.7992	28.0933	28.1400	28.8192	41.8635
0.15	13.2024	17.9822	23.4847	26.3772	26.3815	27.1796	41.8635
0.20	12.0682	16.8057	22.2714	24.9127	24.9360	25.7948	41.8635

표 6. Phone 영상의 실험 결과

Er	PSNR(dB)						
	Alg.-1	Alg.-2	Alg.-3	Alg.-4	Alg.-5	Alg.-6	Alg.-7
0.10	17.0388	24.1610	35.6127	37.8570	37.8509	38.3185	47.2268
0.15	15.3239	20.9939	34.8587	36.6569	36.6493	37.2042	47.2268
0.20	14.1518	19.0059	33.1516	35.7526	35.8139	36.1882	A47.2268

반면, 본 논문에서 제안 알고리즘은 Calendar, Phone 영상과 같은 움직임이 작은 영상에 대해서는 에러 정도에 관계없이 우수한 성능을 보이며 움직임이 큰 Football 영상에 대해서도 좋은 결과를 나타내고 있다. 에러를 은닉하는데 에러가 발생한 현재 프레임의 정보를 이용하지 않고 이전 인터 프레임의 정보를 효율적으로 이용하기 때문에 좋은 결과를 나타낼 수 있다. 움직임 벡터를 수정 없이 사용하지 않고 움직임 벡터의 방향성을 고려하고 그에 따라 가중치를 부여한 수정된 움직임 벡터를 사용하기 때문에 좋은 성능이 나타나게 되는 것이다.

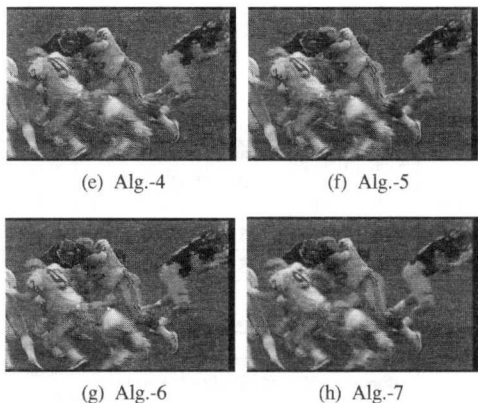
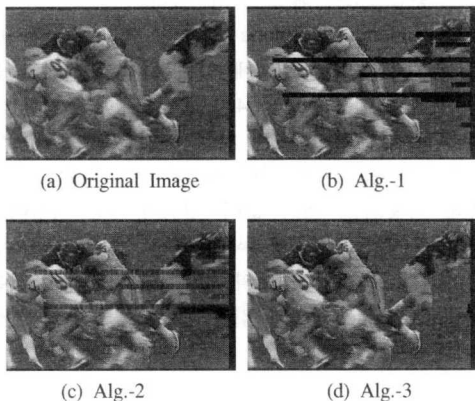


그림 8. Football 24번째 프레임의 실험 결과 영상(Er=0.10)

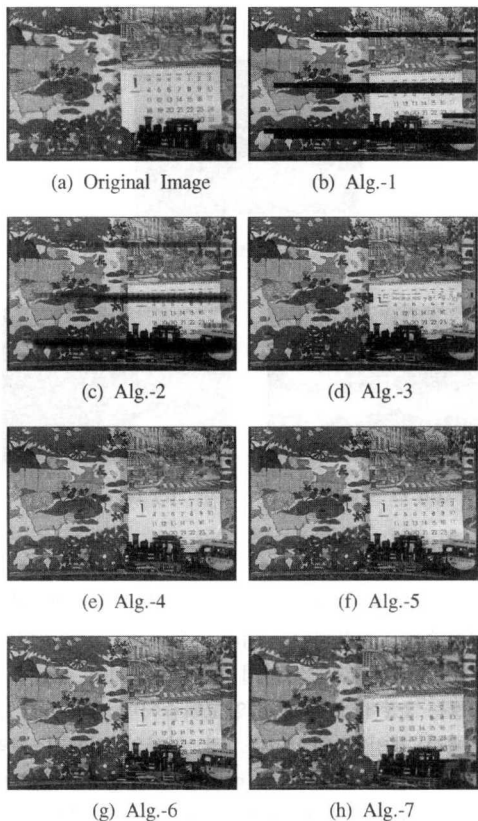
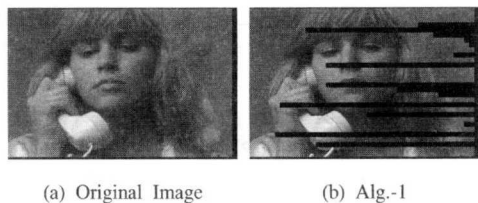


그림 9. Calendar 48번째 프레임의 실험 결과 영상(Er=0.15)



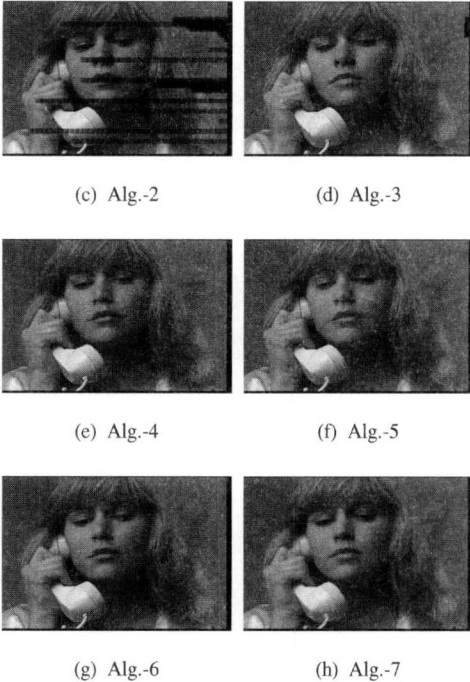


그림 10. Phone 108 번째 프레임의 실험 결과 영상(Er=0.20)

V. 결론

본 논문에서는 MPEG-2 비디오 디코더를 위한 에러 은닉 방법을 제안했다. 에러 은닉은 송신단과 독립적으로 구현 가능한 후 처리의 한 방식으로 디지털 위성 방송과 같은 에러 환경을 통한 MPEG-2 비디오 전송에 중요한 기술이다. 제안한 에러 은닉 방법은 압축 데이터의 대부분을 차지하는 인트라 프레임을 위한 방법으로 영상의 시간적 상관도를 이용하여 에러를 은닉한다. 기존의 연구되었던 방법은 공간 영역에서 손실된 블록의 에러를 은닉하거나 이전 프레임의 움직임 벡터를 선택하는 정도의 방법이었다. 그러나, 본 논문에서 제안한 방법은 이전 GOP에 있는 인트라 프레임의 움직임 벡터들을 이용하여 방향성과 가중치가 고려된 움직임 벡터를 추정해서 효과 적인 에러 은닉을 이루어 내고 있다. 제안한 방법은 영상의 움직임 정도에 따라 기존의 여러 에러 은닉 방법에 비해 향상된 PSNR 결과를 나타낸다. 영상의 움직임이 큰 경우 0.3dB에서 0.5 dB의 성능 향상을 가져오며, 움직임이 작은 경우 2.5dB 정도의 향상된 결과를 보여준다. 특히 손실된 매크로 블록의 양이 증가 할수록 우수한 성능을 보여주고 있다.

참고 문헌

- [1] Yao Wan, and Qin-fan Zhu, "Error control and concealment for video communication : a review," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 86, No. 5, pp.974-997, May 1998.
- [2] Susanna Kaiser, and Khaled Fazel "Comparison of error concealment techniques for an MPEG-2 Video decoder in terrestrial TV-broadcasting" , *Signal Processing : Image Communication 14*, pp.655-676, 1999.
- [3] Jian Zhang, John F. Arnold, and Michael R. Frater, "A cell-loss concealment technique for MPEG-2 coded video" , *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 10, No. 4, pp.659-665, June 2000.
- [4] Shahram Shirani, Faouzi Kossen tini, and Raba Ward, "Error concealment methods, A comparative study" , *IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*, pp.835-640, May 1999.
- [5] Huifang Sun, Joel W. Zdepski, Wilson Kwok, and D. Raychaudhuri, "Error concealment Algorithms for robust decoding of MPEG compressed video," *Signal Processing : Image Communication 10*, pp. 249-268,1997.
- [6] Song Cen, and Pamela Cosman, "Comparison of error concealment strategies for MPEG video" , *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 329 -333, September 1999.
- [7] J.Feng, K. Lo, and H.Mehrpour, "Error concealment for MPEG video Transmissions," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol. 43, No. 2, pp.183-187, May 1997.
- [8] 배유리, 김승중, 정제창, "주변화소의 표본화를 이용한 빠르고 효율적인 에러 은닉 기법," *한국통신 학회 하계종합학술발표회 논문집*, 23권, 2호, pp.1373-1376, 2001. 7.
- [9] Susanna Aign, and Khaled Fazel, "Temporal and spatial error concealment techniques for hierarchical MPEG-2 video codec," *IEEE International Conference on Communication*, Vol. 3, pp 1778-1783, June 1995.
- [10] J.W. Suh, and Y.S. Ho, "Error concealment

based on directional interpolation," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, Vol.43, No. 3, pp.295-302, August 1997.

- [11] W.L. Mam, A.R. Reibman, and B. Liu, "Recovery of lost or erroneously received motion vectors," *Proceedings ICASSP' 93*, pp.417-429, Minnesota, USA, April 1993.
- [12] Susanna Aign, "A Temporal Error Concealment Technique for I-Pictures in an MPEG-2 Video-Decoder," *SPIE*, Vol.3309, pp.405-416, January 1998.

강 세 민(Se-min Kang)

정회원



2000년 2월 : 한양대학교 전자,
전자통신, 전파공학부
졸업

2002년 2월 : 한양대학교 전자
통신공학과 석사

2002년 3월~현재 : 현대 디지털
테크 부설 연구소 연구원

<주관심 분야> 영상 통신, 영상 처리, 디지털 방송

정 제 창(Jechang Jeong)

정회원

한국통신학회 논문지 제22권 5월호 p.p 927 참조