

특집논문-00-5-2-03

## 디지털 TV 화질 개선을 위한 전송 오류 은폐 기법

서재원\*, 호요성\*

### Error Concealment Techniques for Image Quality Improvement of Digital TV

Jae-Won Suh\* and Yo-Sung Ho\*

#### 요 약

디지털 TV의 영상 신호를 전송하기 위해 많이 사용되는 MPEG-2 비디오 압축 비트열은 전송 채널의 오류에 매우 민감하다. 즉, MPEG-2 비디오 압축 알고리즘의 부호화 비트열에서 단 하나의 비트 오류만 발생하더라도 현재 복호할 화면에 화질 저하를 초래할 뿐만 아니라, 이후에 복원되는 화면에도 많은 영향을 미친다. 오류은폐 기법은 정상적으로 복원된 화면의 공간적 또는 시간적 상관정보를 이용하여 현재 화면의 손상된 부분의 복원을 시도한다. 본 논문에서는 MPEG-2 비디오 압축 비트열에서 전송 오류의 영향을 분석하고, 화면들 사이에 존재하는 시간적인 중복성을 이용하여 손상된 매크로블록의 움직임 벡터를 추정한다. 즉, 손상된 매크로블록의 위와 아래에 인접한 화소값을 이용하여 움직임 벡터를 추정하고, 이를 사용하여 손상된 부분을 움직임 보상 시켜서 오류를 은폐시킨다. 본 논문에서 제안된 방법들 중에서 주변 움직임 벡터들의 가중치를 이용한 합산 방법과 초기 움직임 벡터를 이용한 확장 영역 움직임 추정 방법이 시각적으로나 PSNR 비교에서 우수한 결과를 보였다.

#### Abstract

Compressed bitstreams generated by an MPEG-2 video encoder for digital TV picture transmission are quite sensitive to channel errors. Due to the coding structure of the MPEG-2 video compression algorithm, a single bit error can affect not only the current picture frame but also succeeding frames. Error concealment algorithms attempt to repair damaged portions of the picture by exploiting spatial and temporal redundancies in the correctly received and reconstructed video frames. In this paper, we analyze the effect of channel errors in MPEG-2 video bitstreams and estimate lost motion vectors by exploiting temporal redundancies in the video frames. Motion vectors can be estimated from the vertically adjacent extended region of lost macroblocks. Finally, we conceal the damaged macroblocks by compensating the displacement with the estimated motion vectors. Simulation results demonstrate that both the weighted sum algorithm and the extension matching algorithm achieve good performance in terms of PSNR values as well as subjective image quality.

#### I. 서 론

디지털 신호처리와 컴퓨터 기술의 발전에 힘입어 영상

을 포함한 멀티미디어 서비스의 사용이 급증하고 있다. 이런 디지털 TV나 고선명 TV와 같은 디지털 방송을 실현하기 위해서는 제한된 대역폭에서 비디오, 오디오, 데이터 등의 방대한 양의 디지털 정보를 전송해야 한다. 이때 제한된 대역폭의 전송 채널을 통해 많은 양의 동영상 정보를 효율적으로 전송하거나 저장하기 위해 MPEG 표준화 그룹에서는 영상 정보를 압축 부호화하는 국제 표준 방식을 만들었다. 최근 디지털 TV나 고선

\* 광주과학기술원 정보통신공학과  
Dept. of Information & Communication, Kwang-Ju Institute of Science and Technology

※ 본 연구는 광주과학기술원(K-JIST) 초고속광네트워크연구센터(UFON)를 통한 한국과학재단 우수연구센터(ERC)와 교육부 두뇌한국21(BK21) 정보기술사업단의 지원에 의한 것입니다.

명 TV 방송을 위해 MPEG-2<sup>[1]</sup> 표준이 주로 채택되고 있는데, 이때 압축된 디지털 TV 및 고선명 TV 신호는 위성, 지상파, 광케이블 등의 전송 선로를 통하여 수신자에게 전송된다. 압축 신호는 전송 선로 상에서 전송 신호간의 간섭이나 열 잡음 등으로 인해 전송 오류가 발생할 수 있는데, 수신단에서 재생되는 신호의 질적 저하를 초래한다. 특히, MPEG-2 동영상 압축 기법은 화면간 DPCM (Differential Pulse Code Modulation) 기법인 움직임 예측 및 보상 기법과 가변 길이 부호화 기법들을 조합하여 사용하기 때문에, 부호화된 영상 정보에 오류가 발생할 경우에 오류가 발생한 화면에서의 공간적인 오류 전파와 시간적으로 인접한 화면들 사이의 오류 전파를 피할 수 없다.

MPEG-2 시스템<sup>[2]</sup>에 관한 표준 문서에는 오류가 있는 채널에서의 전송열(Transport Stream, TS)을 가정한 디지털 TV나 고선명 TV 방송을 위한 시스템 모델이 제시되어 있다. MPEG-2 TS 패킷은 4 byte의 헤더 정보를 포함하여 188 byte로 구성된다. 방송 채널의 특성상 오류에 전혀 영향을 받지 않는 시스템을 구현하는 불가능하다. 만약 전송 오류 때문에 수신된 TS 패킷이 손상되면, 복호기는 다음 동기 지점에서 재동기가 이루어질 때까지 화면의 재생 능력을 잃어버린다. 디지털 방송은 기존의 아날로그 방송보다 향상된 화질과 현장감을 제공해야 하며, 향후 멀티미디어의 확산 등을 고려하여 다양한 매체와의 결합에 의한 부가 서비스 기능을 지녀야 한다. 그런데, 많은 디지털 방식으로 전송되는 영상은 전송 채널에서 발생할 다양한 종류의 오류에 의해 영향을 받으므로, MPEG-2 표준을 사용하는 디지털 TV나 고선명 TV 시스템에서 전송 오류에 대한 대책은 시스템의 성능을 보장하기 위해서 반드시 필요한 사항이다.

전송 오류로 인한 데이터 손실의 영향을 감소시키기 위해서, 부호화 비트열이 오류에 강인하게 하는 여러 가지 방법을 적용할 수 있다. 먼저 부호화 단계에서 블록끼워넣기 방법<sup>[3]</sup>과 같은 부호화 과정의 변형을 통해 오류가 발생하여도 수신단에서 오류를 복원할 때 이용할 수 있는 정보를 많게 할 수 있다. 또한 오류를 검출하고 교정하기 위해서 데이터를 전송하기 전에 FEC (Forward Error Correction) 부호나 RS (Reed-Solomon) 부호 등을 이용한 오류정정 부호화 방법<sup>[4]</sup>을 채널 부호화/복호화 부분에서 적용할 수 있다. 이와 더불어, 복호기에서 오류은폐 기법을 적용할 수 있다. 오

류은폐 기법은 오류가 발생한 데이터 주변의 정상적으로 복원된 정보를 이용하여 원 영상에 가깝게 복구하는 방법이다. 디지털 방송이나 영상 회의 등의 실시간 서비스에 적용할 수 있는 방법은 채널에서 발생하는 오류에 대해 적은 계산량으로 실시간 화질 보상을 수행할 수 있어야 하고 비트율의 증가를 극소화시켜야 한다. 따라서 동작이 비교적 간단하며 비트율의 증가가 전혀 없는 오류은폐 방법이 상당히 효과적이다.

오류은폐 방법은 크게 화면내의 유사성을 이용하는 공간적 오류은폐 기법과 화면간의 유사성을 이용하는 시간적 오류은폐 기법으로 분류할 수 있다. 공간적 오류은폐 기법에서는 이웃한 화소간에는 화소값들의 갑작스러운 변화가 없다고 가정하여 공간적인 보간법을 이용하여 손상된 부분을 복원한다<sup>[5][6][7]</sup>. 이런 방법들은 블록끼워넣기 방법 등을 적용하여 오류의 형태가 매크로블록 단위로 고립적일 경우에는 우수한 결과를 보이지만, 실제로 발생하는 가로 방향으로 연속된 매크로블록들의 오류에는 복원 성능이 좋지 못하다. 시간적 오류은폐 기법에서는 연속된 화면간의 유사성을 이용한다. 즉, 현재 화면에서 손상된 매크로블록을 시간적으로 앞서 재생된 이전 화면에서 가장 비슷한 데이터로 대치시켜 복원한다. 손상된 매크로블록에 인접한 매크로블록의 움직임 벡터값들을 선형 조합해서 손상된 매크로블록의 움직임 벡터값으로 추정하는 방법<sup>[7][8]</sup>들이 있다. 본 논문에서는 복호기에서 이용 가능한 주변의 모든 정보로써 이용하여 손상된 매크로블록의 움직임 벡터를 추정하고, 추정된 움직임 벡터를 이용하여 손상된 매크로블록의 움직임을 보상하여 손상된 정보를 복원하는 시간적 오류은폐 방법들을 제안한다.

## II. 디지털 TV 시스템

단일 비디오 기초열(Elementary Stream, ES)과 오디오 기초열을 다중화하는 디지털 TV 코덱의 구성도를 그림 1에 나타내었다. 시스템 부호기의 입력부에 표시된 비디오와 오디오 데이터 외에 일반적인 데이터도 포함될 수 있으며, 이렇게 구성된 프로그램은 채널을 통해 전송 오류의 영향을 최소화시키기 위해 TS 형태로 전송된다. TS 패킷은 전송 중에 손상을 입거나 오류가 발생하면 채널 복호기에 의해서 검출되며 비디오나 오디오 복호기에 여러 방법으로 전달될 수 있다.

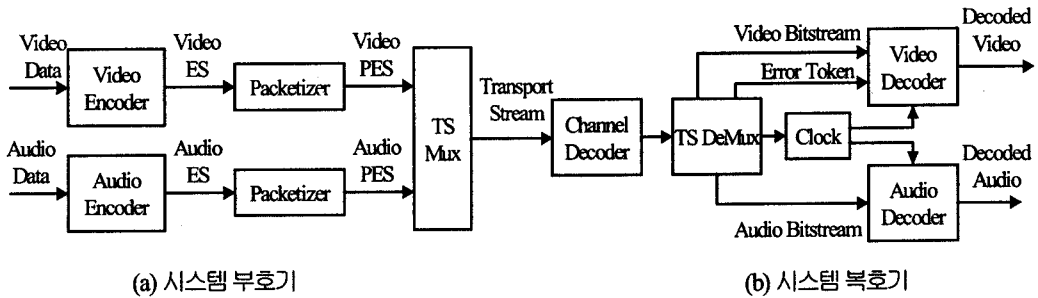


그림 1. 디지털 TV 시스템의 구성도  
Fig. 1. Structure of digital TV system

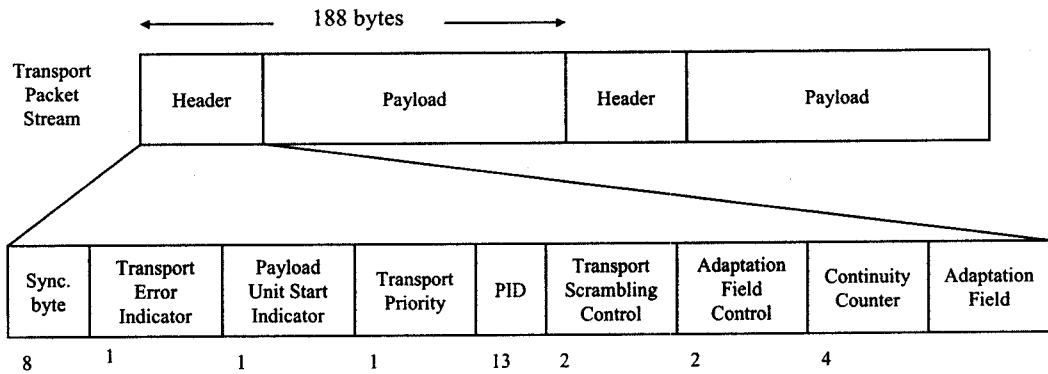


그림 2. TS 패킷의 구성  
Fig. 2. Structure of TS packet

TS 구분법에 따른 구성도를 그림 2에 나타내었다. 188 byte의 TS 헤더정보 중에는 전송 오류를 표시하는 1 비트의 항목이 있으며, 전송 도중에 패킷에 오류가 발생하여 정정이 불가능한 경우에 그 항목의 값이 1로 셋팅된다. 본 논문에 사용된 시스템에서는 오류가 검출되면 TS DeMux가 비디오 복호기에 오류 검출 신호를 전달한다고 가정한다. TS 패킷을 구성하는 실질 데이터는 압축된 각 기초열들로 구성된다. 일반적으로 압축된 데이터로 구성된 패킷에 오류가 발생하면 패킷에 담긴 정보가 얼마만큼인지 알 수 없기 때문에 그 패킷을 모두 버린다. 게다가 재동기가 이루어지기 전까지는 오류없이 수신되는 패킷들도 복호가 불가능하다. MPEG-2 표준에서 재동기의 최소 단위는 매크로블록 슬라이스이기 때문에 연속적인 매크로블록 데이터를 모두 잃어버린다. 또한 패킷 오류를 알리는 신호를 받은 비디오 복호기는 정확한 오류의 발생 위치를 알 수 없다. 따라서 오류는 폐기법은 적절한 오류검출 작업이 선행되어야 한다.

디지털 TV에서는 비디오 압축 비트열의 계층적 구조<sup>[1]</sup>를 이용하여 오류의 전파를 제한시킬 수 있다. 그림 3에 보인 MPEG-2 비디오 압축 구조에서는 시퀀스, GOP (Group of Picture), 화면, 슬라이스, 매크로블록, 블록 순서로 정보를 포함하는 정도가 적어진다. MPEG-2 비디오 압축 표준에서는 각 GOP마다 하나의 I-프레임을 두어 계속되는 움직임 예측과 움직임 보상을 통해 누적될 수 있는 오류를 GOP 단위로 제한한다. 또한 GOP내에서 오류가 발생하더라도 그 영향이 해당 GOP에만 제한되도록 한다. 움직임 보상 동작의 기준이 되는 I-프레임이나 P-프레임에서 오류가 발생하면, 기준 프레임을 이용하여 연속적으로 재생되는 다른 프레임에도 오류의 영향이 전파된다. 따라서 오류가 발생하는 프레임의 종류에 따라 오류의 패턴이 달라진다. I-프레임에서 오류가 발생한 경우에는 장면 전환 등이 발생할 수 있으므로, 공간적인 상관성을 이용하는 방법이 적합하다. P-프레임일 경우에는 손실된 매크로블록의 움직임

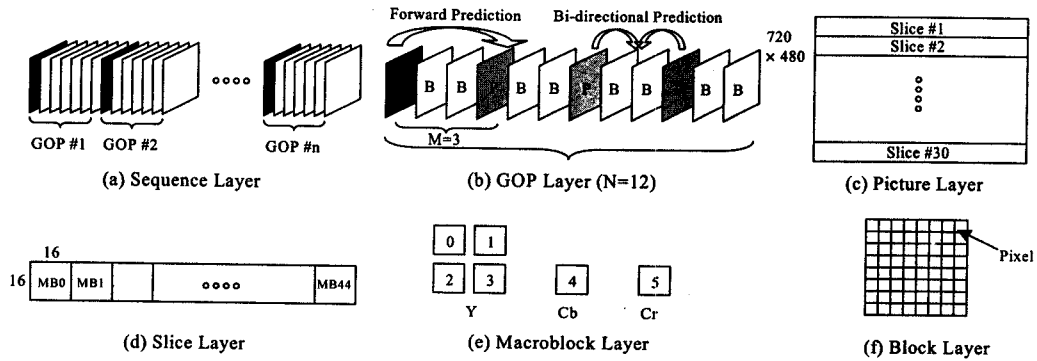


그림 3. 디지털 TV 영상의 계층적 구조  
Fig. 3. Hierarchical structure of digital TV sequence

벡터를 추정하여 움직임을 보상하는 시간적인 상관성을 이용하는 방법이 적합하다. 주기적인 I-프레임이 GOP 사이의 오류 전파를 막는 역할을 하며, 슬라이스 구조는 프레임 내에서 오류 전파를 막는 역할을 한다. 만약 슬라이스 내에서 오류가 발생하면, 복호기는 비트열 내에서 다음 슬라이스 헤더를 찾아서 복호기와 동기를 맞추어 복호화를 진행한다. 따라서 오류의 전파를 슬라이스 헤더와 슬라이스 헤더 사이로 제한시킬 수 있다.

디지털 TV와 같이 시간에 따라 연속적인 정보를 가지는 비디오 시퀀스를 효율적으로 압축하기 위해서는, 각 화면이 가지고 있는 이차원 공간상의 중복성 뿐만 아니라 이웃하는 화면 사이에 존재하는 시간축상의 중복 정보를 제거하는 것이 절대적으로 필요하다. 디지털 TV 방송의 기본 부호화 방식으로 사용되는 MPEG-2 비디오 표준 방식에서는 공간상의 중복성을 줄이기 위해 DCT 변환을 수행하며, 시간축의 중복성 제거를 위해 움직임 예측과 움직임 보상 방법을 사용한다.

III. MPEG-2 비디오 코덱과 오류 검출

전송 오류를 은폐하는 방법을 고려한 MPEG-2 비디오 코덱을 그림 4에 나타내었다. 그림 4(a)를 자세히 살펴

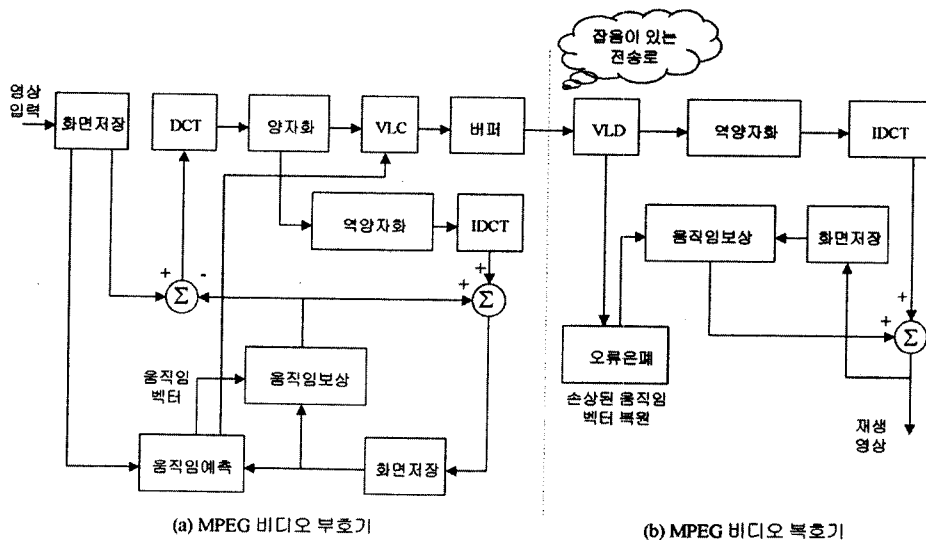


그림 4. 오류은폐를 고려한 MPEG-2 비디오 코덱  
Fig. 4. MPEG-2 video codec for error concealment

면, 시간적인 상관성을 제거하기 위한 일종의 DPCM 구조이다. 현재 입력되는 프레임과 메모리에 저장된 기준 프레임을 이용하여 움직임 예측과 움직임 보상을 실행한다. 기준 프레임에서 현재 입력 프레임의 부호화할 매크로블록과 가장 유사한 부분을 찾는 동작을 움직임 예측이라 하며, 이때 구해진 움직임 변위 정도를 움직임 벡터라 한다. 이렇게 구한 움직임 벡터를 이용하여 현재 입력 프레임과 가장 유사한 예측 프레임을 만드는 것을 움직임 보상이라고 한다. 이런 과정을 통해서 얻어지는 예측 프레임과 현재 입력되는 프레임의 오차 프레임은 입력 프레임에 비해 시간적 상관성이 제거된 형태이다. 이러한 오차 프레임은 DCT 변환과 양자화 과정을 거쳐 공간적 상관성이 제거되고 가변길이 부호화를 통해 압축되어 전송된다. 물론 움직임 벡터 정보도 전송된다. 그림 4(b)에 보인 것처럼, 복호화 과정은 부호화의 반대 과정이다. 수신된 압축 비트열을 복호화할 때, 전송 오류로 인해 데이터를 잃어버리면 정상적인 화면의 복원이 불가능하다. 이때 오류은폐 과정에서는 손상된 매크로블록의 움직임 벡터값을 추정하고 움직임 보상을 수행하여 원 영상과 비슷하게 보이게 하는 역할을 한다.

MPEG-2 비디오 복호화기에서는 압축 비트열의 계층적 구조를 이용하여 전송 오류가 발생한 매크로블록의 위치를 알아낼 수 있다. 실제로 시각적으로 문제가 되는 오류는 매크로블록 단위의 영상 데이터이다. 슬라이스 헤더는 재동기의 최소 단위이기 때문에, 오류검출과 오류은폐 동작에 매우 중요하다. 오류검출은 매크로블록의 주소값을 이용한다. 매크로블록은 매크로블록마다 고유의 값을 가지며, 이 값들은 화면의 왼쪽 상단의 매크로블록부터 오른쪽 하단의 매크로블록으로 0, 1, 2 순서로 증가한다. 따라서 복호화할 때 정상적으로 복호된 매크로블록의 주소값을 저장하였다가, 전송 오류로 인해 복호화가 진행되지 못하고 다음의 재동

기 부분에서 동기가 재설정 된다면, 저장된 매크로블록 주소값의 다음 위치에서 오류가 발생했다고 가정할 수 있다.

#### IV. 움직임 벡터 추정에 의한 오류은폐 방법

##### 1. 평균값을 이용한 움직임 벡터의 복원

일반적인 영상에서 객체 안의 화소들은 대개 같은 방향으로 움직이기 때문에, 그림 5에 보인 것처럼, 손실된 움직임 벡터를 추정하는데 손실된 매크로블록의 수직으로 이웃한 매크로블록의 움직임 벡터를 이용할 수 있다. 손실된 매크로블록의 움직임 벡터는  $V_{p,q}$ , 손실 매크로블록의 바로 위 매크로블록의 움직임 벡터는  $V_{p,q-1}$ , 바로 아래 매크로블록의 움직임 벡터는  $V_{p,q+1}$ 이라고 하자. 만약 상하 매크로블록이 모두 움직임 벡터를 가지고 있을 경우에는, 그들의 평균이 손실된 매크로블록의 움직임 벡터로 이용하는 방법이 있다<sup>[8]</sup>. 만약 둘 중 하나의 매크로블록만 움직임 벡터를 가졌을 경우에는, 그것을 손실 매크로블록의 움직임 벡터로 간주한다. 불행히도 어느 하나도 움직임 벡터를 갖지 못했을 경우에는, 움직임 벡터를 0으로 간주한다. 이 방법은 위와 아래의 매크로블록이 움직임 벡터를 가졌을 경우에는 우수한 성능을 나타내지만, 그렇지 않은 경우에는 매크로블록 경계 부분에서 눈에 거슬리는 현상이 발생한다. 따라서 상하 매크로블록이 모두 움직임 벡터를 가지고 있는 경우에 우수한 성능을 나타내는 특성을 만족시켜주기 위해, 위와 아래의 움직임 벡터를 모두 이용할 수 있는 새로운 방법을 제안한다.

그림 5(a)에 새롭게 제안하는 방법은 손실 매크로블록의 위나 아래 매크로블록이 움직임 벡터를 갖고 있지 않

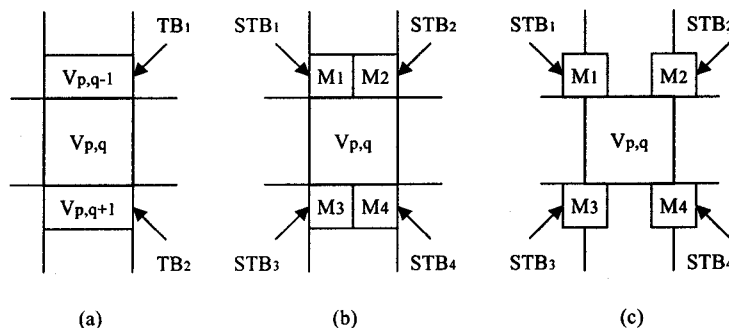


그림 5. 평균값을 이용한 손실된 움직임 벡터 추정 방법  
Fig. 5. Motion vector estimation by average value

은 매크로블록에 대해서 새로운 목표 블록 (Target Block, TB)을 정의하여 복호기에서 블록정합 알고리즘 (Block Matching Algorithm, BMA)을 이용하여 움직임 벡터를 예측한다. 이제 손상된 매크로블록의 움직임 벡터값의 추정값으로 평균값을 이용할 수 있다. 이때 목표 블록의 폭을 가변적으로 바꿀 수 있는데, 그 폭이 너무 좁거나 넓어도 정확한 움직임 벡터를 찾을 수 없다. 또한 영상에 따라 폭의 크기에 따라 결과가 달라지는데, 실험적으로 여러 실험 영상에 일반적으로 쓰일 수 있는 넓이는 8이라는 결과를 얻었다. 탐색 영역이 넓을수록 처리 시간이 오래 걸리지만, 좋은 결과를 얻는다는 보장이 없다. 따라서 적당한 범위를 선택하는 것이 중요한데, 실험적으로  $[-16, 16]$ 의 탐색 영역이 적당한 것으로 판단된다.

그림 5(b)의 방법은 그림 5(a) 방법과 계산량은 같으면서 좋은 성능을 얻기 위해 개선된 방법이다. 그림 5(a) 방법은 위와 아래의 움직임 벡터의 방향이 반대인 경우에는 예측된 움직임 벡터값이 0에 가까운 값으로 결정된다. 이런 문제를 조금이나마 해결하기 위해서 목표 블록을  $8 \times 8$  크기 (Small Target Block, STB)로 잘라서  $[-16, 16]$ 의 탐색 영역 내에서 각각의 움직임 벡터를 구하고 평균값을 이용한다.  $M_i (i=1,2,3,4)$ 는  $STB_i (i=1,2,3,4)$ 의 예측된 움직임 벡터값이다. 그림 5(a)나 그림 5(b)에서 제안하는 방법들은 단순한 평균 방법<sup>[8]</sup> 보다는 우수한 결과를 얻을 수 있지만, 복호기에서 움직임 예측을 수행해야 하기 때문에 계산량이 많다는 단점이 있다. 따라서 움직임 벡터의 예측 성능도 우수하고 계산량도 줄일 수 있는 새로운 방법이 필요하다.

그림 5(c)와 같이  $STB_i (i=1,2,3,4)$ 를 매크로블록의 경계에 엮갈리도록 정의한다. 이 경우 첫번째 손실 매크로블록의 움직임 벡터 추정에 사용되었던  $M_2$ 와  $M_4$ 는 다음의 손실 매크로블록의 움직임 벡터 추정에서도 이용할 수 있기 때문에 계산량을 절반으로 줄일 수 있다. 본 논문에서는 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 더 정밀하게 추정하기 위해 식 (1)과 같이 STB의 예상 움직임 벡터값에 대한 가중치  $W$ 를 적용한다. 각 STB와 이전 화면에서  $M$ 으로 예측된 부분과 차이값을 계산한 후에, 차이값이 작으면 정확하게 예측하였다고 가정하여 차이값에 반비례하도록  $W$ 값을 할당하는 방법이다.

$$V_{p,q} = w_1 M_1 + w_2 M_2 + w_3 M_3 + w_4 M_4 \quad (1)$$

## 2. 확장 영역을 이용한 움직임 벡터 추정

본 절에서 기술하는 방법들은 손실된 매크로블록의 위와 아래의 인접 화소값들을 손실된 매크로블록과 동일체로 간주하고 복호기에서 움직임을 예측하여 손상된 매크로블록의 움직임 벡터값을 복원한다. 즉, 복호기에서 손실된 매크로블록의 수직 방향으로 화소값을 확장하여 확장된 매크로블록을 정의하고, 정상 복원된 이전 화면의 탐색 영역 내에서 확장 영역과 가장 유사한 블록을 직접 찾는 방법이다. 따라서 확장 영역의 폭과 탐색 영역 범위의 결정이 중요하다. 즉, 손실된 매크로블록과 공간적 상관도가 높을수록 더 정확하게 찾을 수 있기 때문에, 확장 영역의 폭이 중요하다. 본 논문에서 확장 영역의 폭을 가변적으로 변동시키면서 실험 영상들에 대해 실험한 결과, 영상에 움직임이 많을 경우에는 폭을 1로 하는 것이 가장 좋았고, 움직임이 적은 경우에는 1로 하는 것과 더 두텁게 하는 것에서 비슷한 결과를 얻었다. 전체적으로 확장 영역의 폭은 1일 때 계산량이 적고 우수한 성능을 얻을 수 있음을 알았다. 탐색 영역의 범위가 클수록 손실 매크로블록의 후보가 많아져서 좋은 결과를 기대할 수 있지만, 수행 시간이 늘어가는 단점이 있다. 하지만 탐색 영역이 너무 크면 오히려 더 나쁜 결과를 얻을 수도 있다.

그림 6(a) 방법은 주변 움직임 벡터 정보들과는 무관하게 탐색 영역을 넓게 고정시키기 때문에, 수행 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 그림 6(b)는 평균을 이용한 움직임 벡터 추정 방법으로 초기 움직임 벡터값을 설정하고, 그 위치로 이동하여 그림 6(a) 방법보다는 작은 탐색 영역 내에서 확장된 매크로블록과 비슷한 부분을 찾기 때문에, 움직임 벡터를 찾는 시간을 단축시킬 수 있다.

## V. 실험 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 방법들을 S/W로 구현하여 실험하였다. 사용된 영상은 FOOTBALL 시퀀스로 4:2:0 형식의  $720 \times 480$ 크기이다. MPEG-2 비디오 표준은 슬라이스 구조를 매우 유연하게 정의하여 매 프레임마다 그 구조를 달리할 수도 있지만, 본 논문에서는 제한된 구조의 슬라이스 형태를 이용하였기 때문에, 한 프레임내의 모든 매크로블록이 부호화되었다. 목표 비트율은 5 Mb/s로 하였으며, 첫 번째 오류가 발생하는 화면은 P-프레임으로 프레

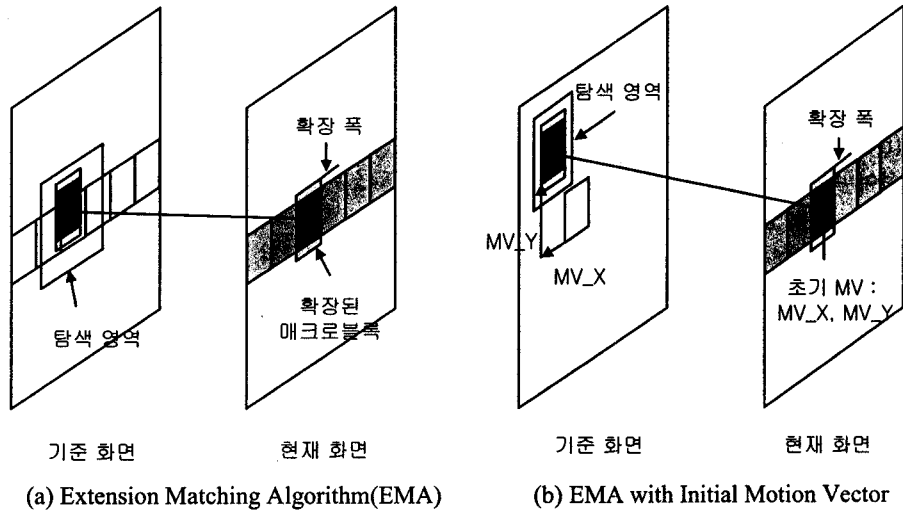


그림 6. 확장 영역을 이용한 손실된 움직임 벡터 추정 방법  
 Fig. 6. Motion vector estimation by extension region

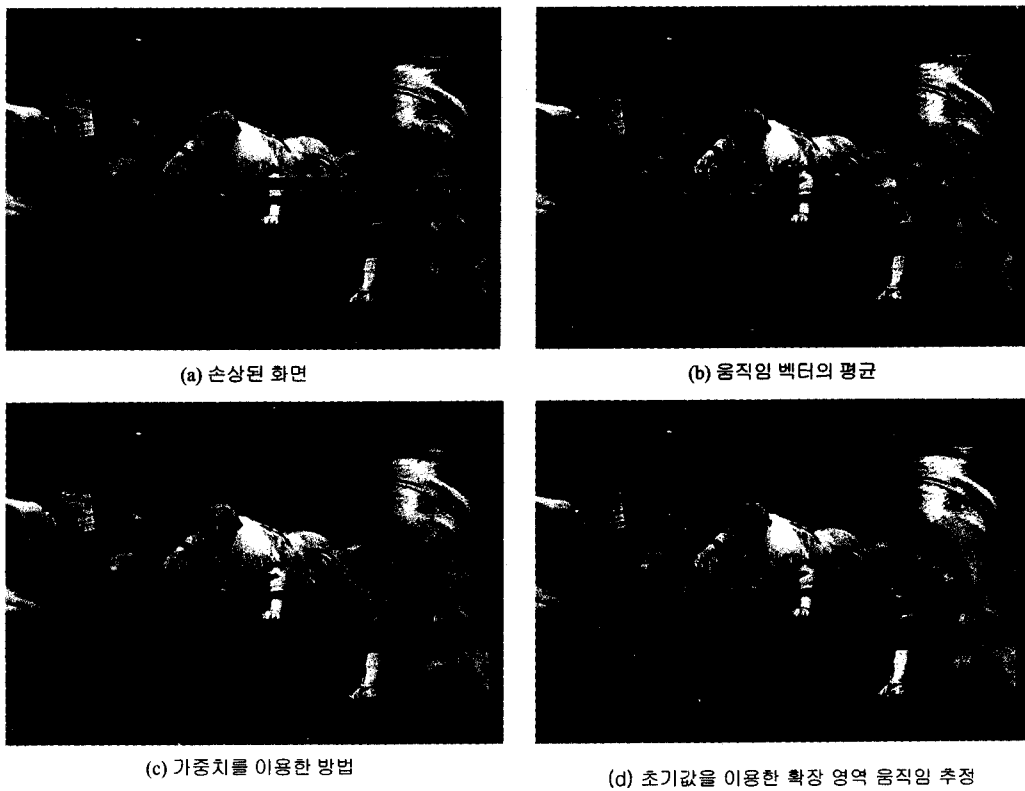


그림 7. 시각적 비교  
 Fig. 7. Subjective quality test

임 번호는 3번이다.

오류은폐는 발생한 오류가 시각적으로 보이지 않게 숨기는 것이다. 따라서 오류은폐 방법의 성능은 복원된 화면으로 판별하는 것이 중요하다. 그림 7(a)에 오류가 발생한 P-프레임, 그림 7(b)에 위와 아래 매크로블록의 움직임 벡터의 평균을 이용하여 복원한 프레임, 그림 7(c)에 가중치를 이용한 움직임 벡터 추정 방법을 이용하여 복원한 프레임, 그림 7(d)에 초기 움직임 벡터값을 설정하고 확장 영역을 이용하여 움직임 벡터를 추정하는 방법에 의해서 복원된 프레임을 나타냈다. 그림 7(b)의 결과에서 매크로블록 단위로 점처럼 보이는 단점이 있다. 그림 7(c)의 가중치를 이용한 움직임 벡터 추정 방법에서 STB의 크기는  $8 \times 8$ , 탐색 영역은  $[-16, 16]$ 으로 하였다. 초기 움직임 벡터값을 이용하지 않을 때는 확장 영역의 폭을 1로 하고 탐색 영역의 범위를  $[-25, 25]$ 로 하면 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 계산 시간을 줄이기 위해 초기 움직임 벡터값을 이용했을 때는 확장 영역의 폭을 1로 하고 탐색 영역의 범위는  $[-5, 5]$ 로 하여도 우수한 결과를 얻을 수 있었다.

본 논문에서 제안한 여러 가지 오류은폐 기법들을 이용하여 복원한 영상들의 PSNR을 그림 8에서 비교하였다. 수평축은 화면 번호이다. 정상 복원된 PSNR 곡선과 오류가 발생한 PSNR 곡선을 비교해 보면, P-프레임에만 오류가 발생했지만 P-프레임을 기준으로 복호한 앞뒤의 화면으로 오류가 전파되는 현상을 볼 수 있다. 시각적 비교와

PSNR 비교를 종합해 보면 가중치를 이용한 방법과 초기값을 이용한 확장 영역 움직임 추정 방법이 우수한 성능을 보였다.

### VI. 결 론

본 논문에서는 MPEG-2 동영상 압축 부호화 시스템에서 전송 오류의 영향을 최소화하기 위해 수신단에서 취할 수 있는 여러 가지 오류은폐 알고리즘을 기술하고 그 성능을 비교하였다. 또한 프레임들 사이의 시간적 중복성을 이용하는 시간적 오류은폐 방법을 새롭게 제안하였다. 현재 프레임에서 손상된 매크로블록의 주변 화소값들은 손상된 매크로블록과 상관성이 높다는 통계적인 정보를 최대한 이용하였다. 가중치를 이용한 방법은 수직으로 인접한 매크로블록의 움직임 벡터를 평균하는 방법을 개선한 방법이다. 상하 매크로블록이 움직임 벡터를 가질 수 있도록 새로운 블록을 정의하고 BMA를 이용하여 움직임 벡터 후보값을 구하고, 그 정확도에 따라서 가중치를 주었다. 또한 손상된 매크로블록의 경계와 맞닿는 화소값은 손상된 매크로블록과 상관성이 높은 것을 이용하여 복호기에서 확장된 매크로블록을 정의하고 일정 탐색 영역 내에서 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 추정하는 확장 영역을 이용한 움직임 벡터 추정 방법을 제안하였다. 확장

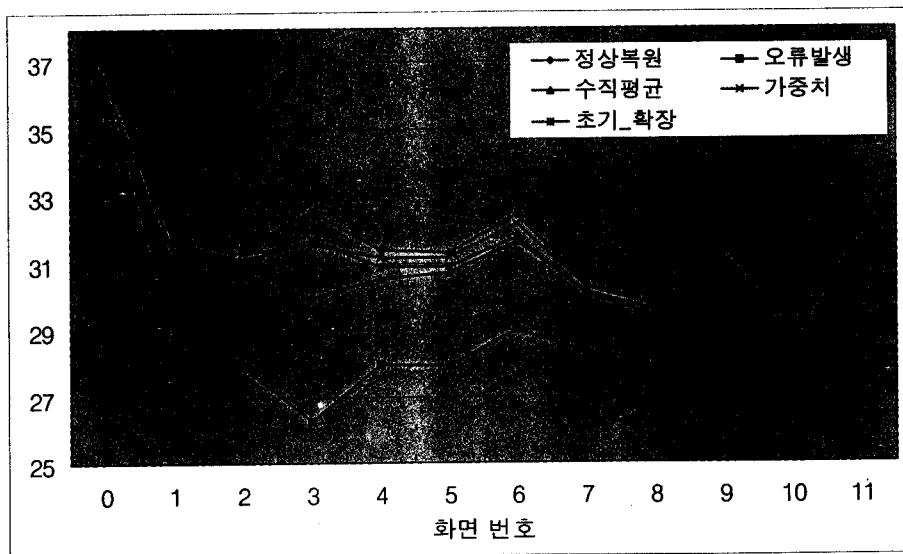


그림 8. PSNR 비교  
Fig. 8. PSNR comparison



영역을 이용한 움직임 벡터 추정 방법과 복원 성능은 비슷하거나 우수하게 유지하며 수행 시간을 줄일 수 있는 초기값을 이용한 확장 영역 움직임 벡터 추정 방법도 제안하였다. 시각적 비교와 PSNR값으로부터, 가중치를 이용한 방법과 초기값을 이용한 확장 영역 움직임 추정 방법이 우수한 성능을 보임을 확인하였다. 이러한 방법은 수행 시간을 줄이면서 우수한 성능을 나타내므로, 디지털 TV 나 고선명 TV 수신기에 실제 적용할 수 있다.

### 참 고 문 헌

[1] ISO/IEC IS 13818-2 (MPEG-2 Video): Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, Apr. 1996.

[2] ISO/IEC IS 13818-1 (MPEG-2 System): Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, Apr. 1996.

[3] Q. Zhu, Y. Wang and L. Shaw, "Coding and Cell-Loss Recovery in DCT-Based Packet Video," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 248-258, June 1993.

[4] E. Ayanoglu, P. Pancha, A. R. Reibman and S. Talwar, "Forward Error Control for MPEG-2 Video Transport in a Wireless ATM LAN," *IEEE International Conference on Image Processing*, vol. 2, pp. 833-836, Oct. 1996.

[5] W. Kwok and H. Sun, "Multi-Directional Interpolation for Spatial Error Concealment," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 39, no. 3, pp. 455-460, Aug. 1993.

[6] 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, Aug. 1997.

[7] S. Aign and K. 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.

[8] H. Sun, K. Challapali and J. Zdepski, "Error Concealment in Digital Simulcast AD-HDTV Decoder," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 38, no. 3, pp. 108-116, Aug. 1992.

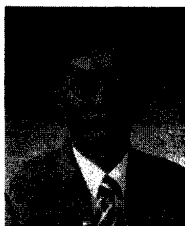
### 저 자 소 개

#### 서 재 원



1995년 2월 : 충북대학교 전자공학과 (학사)  
 1997년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (석사)  
 1997년 3월 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 전공 (박사과정)  
 주관심분야: 영상 부호화, 멀티미디어 영상통신, 디지털 비디오 오류 제어

#### 호 요 성



1981년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (학사)  
 1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (석사)  
 1983년 3월 ~ 1995. 9 : 한국전자통신연구소 선임연구원  
 1989년 12월 : University of California, Santa Barbara, Department of Electrical and Computer Engineering (박사)  
 1990년 1월 ~ 1993년 5월 : 미국 Philips 연구소 Senior Research Member  
 1995. 9 ~ 현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 부교수  
 주관심분야 : 디지털 신호처리, 영상신호처리 및 압축, 초저속 영상통신,  
 디지털TV와 고선명 TV 방식, 삼차원 영상 모델링 및 부호화