

## 디지털 TV 수신기 성능을 개선하기 위한 전송 오류 은폐 기법

서재원, 호요성

광주과학기술원 정보통신공학과

### I. 서 론

디지털 TV 또는 고선명 TV 수상기를 위한 신호는 위성, 전파, 광 케이블 등의 전송로를 통해 수신자에게 전송된다. 이때, 전송 신호간의 간섭, 열 잡음, 병목 현상 등의 여러 가지 원인으로 인해 전송 오류가 발생할 수 있다. 이런 전송 오류는 수신기에서 복원되는 영상의 화질 저하를 초래한다. 따라서 DTV 시스템에서 영상 신호를 충실히 복원하기 위해서는 전송 오류에 대한 분석과 보정이 필요하다.

전송 오류를 제거하기 위해 송신기에서 취할 수 있는 방법으로는 전향 오류정정(FEC: Forward Error Correction Code) 부호화 방법이 있다. 이 방법은 패리티 비트를 추가로 전송하여 소수의 비트 오류를 검출하고 정정한다. 전송 오류가 제한되어 있을 경우에는 오류정정 부호를 사용하면 발생한 전송 오류를 검출하여 이를 완벽하게 제거시킬 수 있지만, 정정 능력을 벗어나는 전송 오류의 경우에는 오류정정 부호화에 의해 오히려 오류를 증가시킬 수도 있다. 전향 오류정정 부호화 방법을 사용하면 전송할 데이터 외에 부가정보가 늘어나는 단점이 있다.

다른 방법으로는 후향 오류정정(Backward Error Correction)이 있다. 이 방법은 전송 데이터에 전송 오류가 감지되면 수신기에서 송신단으로 재송신을 요구하는 방법(Request for Retransmission)이기 때문에, 후향 오류정정 방법은 오류없는 신호를 얻을 수 있다. 하지만 오류율이 높은 전송로에서는 오류없는 신호가 수신

될 때까지 기다려야 하기 때문에, 실시간 처리가 불가능한 단점이 있다.

전송 오류에 대처하기 위해 수신기에서 취할 수 있는 방법으로는 영상 신호에 내재하는 정보의 중복성을 이용하여 손상된 부분을 은폐하는 오류 은폐 기법이 있다. 오류 은폐 기법은 완벽하게 오류를 복원하는 것이 아니라, 예민하지 못한 인간의 시각 특성을 이용하여 오류가 발생한 부분을 은폐시킨다. 이 방법은 부가되는 정보가 없기 때문에, 할당된 채널 용량을 최대한 사용할 수 있고, 오류를 은폐시키기 위한 처리 시간은 후향 오류정정 방법에서 발생하는 전송 지연시간보다 적게 소요되기 때문에 실시간 처리가 가능한 장점이 있다.

오류 은폐 기법은 화면내의 중복성을 이용하는 공간적 오류 은폐 기법과 화면들 사이의 중복성을 이용하는 시간적 오류 은폐 기법으로 분류할 수 있다. 공간적 오류 은폐 기법은 이웃한 화소간에는 화소값들의 갑작스러운 변화가 없다고 가정하고 공간적인 보간법을 이용하여 손상된 부분을 복원한다<sup>[1][2]</sup>. 보간법을 이용한 은폐는 오류의 형태가 매크로블록 단위로 고립적일 때에는 우수한 결과를 보이지만, MPEG-2 비트열 전송에서 발생하는 가로 방향으로 연속된 매크로블록 오류에는 적용하기도 어렵고, 적용하더라도 복원성능이 좋지 못하다.

시간적 오류 은폐 기법은 연속된 화면간의 유사성을 이용하여 현재 화면에서 손상된 부분을 이전 기준 화면에서 가장 비슷한 부분의 값으로 대체시켜서 복원한다<sup>[3]</sup>. 가장 간단한 방법은 현재 화면의 손상된 위치의 매크로블록의 움직임 벡터

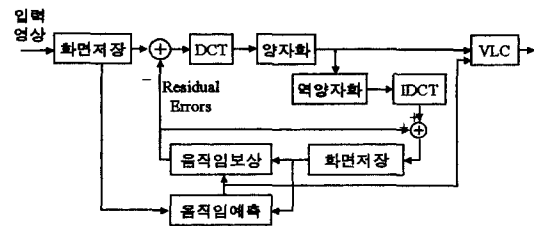
가 0이라고 가정하고, 이미 복호된 기준 화면에서 똑같은 위치의 매크로블록 데이터를 복사하는 것이다. 다른 방법들은 손상된 매크로블록의 움직임 벡터값을 추정하고 움직임을 보상함으로써 오류를 은폐한다<sup>[4][5]</sup>. 따라서 손상된 움직임 벡터의 추정 방법이 매우 중요하다.

본 논문에서는 MPEG-2 비트열의 전송 오류로 인한 화질 저하를 최소화시키는 오류 은폐 기법에 대해서 알아본다. 먼저 디지털 TV의 표준인 MPEG-2 동영상 압축 표준에 대해서 알아보고 압축된 비트열에 오류가 발생했을 경우에 대한 영향을 살펴본다. 다음으로 오류 은폐 기법을 종류별로 간단히 살펴보고, 설명된 방법들에 대한 성능을 비교 평가하고 결론을 맺는다.

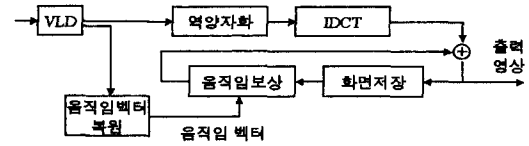
## II. MPEG-2 비디오 코덱

디지털 TV와 같이 시간에 따라 변하는 영상을 효율적으로 압축하기 위해서는, 각 화면이 가지고 있는 이차원 공간상의 중복성 뿐만 아니라, 시간축상에서 이웃하는 화면 사이에 존재하는 중복 정보를 제거하는 것이 필요하다.

오류 은폐를 고려한 MPEG-2 비디오 코덱 구성도를 <그림 1>에 나타내었다. <그림 1(a)>에서 알 수 있듯이, MPEG-2 비디오 인코더는 시간적 중복성을 줄이기 위해 시간축에 대해 DPCM(Differential Pulse Code Modulation) 구조를 갖는다. 현재 입력되는 화면과 메모리에 저장된 기준 화면을 이용하여 움직임 예측과 움직임 보상을 실행한다. 이때 얻어지는 예측 화면과 입력 화면의 오차 화면(Residual Errors)은 입력 화면에 비해 시간적 상관성이 제거된 형태이다. 이 오차 화면은 DCT 변환과 양자화를 거치면서 공간적 중복성이 제거되고 중요한 DCT 계수만이 남게 된다. 이렇게 시/공간적 상관성이 제거된 데이터는 가변길이 부호화 방법인 Huffman 부호화를 통해 통계적인 중복성도 제거된다. MPEG-2 동영상 압축 표준은 상기와 같이 여러 가지 압축 방법을 복합적으로 사용하는 대단히 효율적



(a) MPEG-2 비디오 인코더



(b) MPEG-2 비디오 디코더

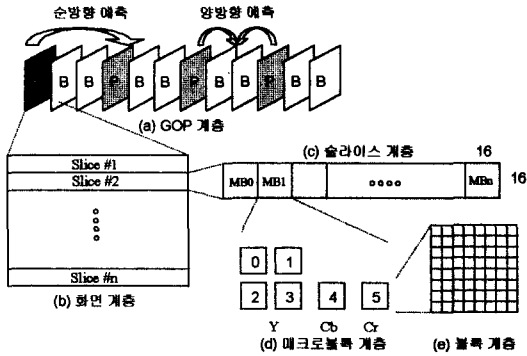
<그림 1> 오류 은폐를 고려한 MPEG-2 비디오 코덱

인 부호화 방법이다.

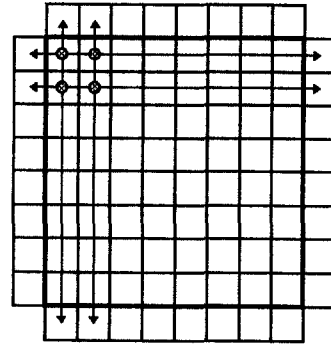
여러 압축 방법이 복합적으로 사용되어 생성된 MPEG-2 압축 비트열은 전송 오류에 매우 민감하다. 움직임 예측 및 보상 기법의 사용하기 때문에, 복호기의 기준 화면에 오류가 발생하면 기준 화면을 참고하여 이후에 복호되는 프레임에 그 오류를 전파시킨다. 또한 가변길이 부호화 기법을 사용하면 오류 발생 위치나 오류 내용을 정확히 알 수가 없기 때문에, 재동기가 이루어지는 곳까지의 데이터를 모두 손실한다. 하지만 오류가 발생하더라도 손상된 매크로블록의 움직임 벡터를 정확히 추정할 수 있다면, 추정된 움직임 벡터로 움직임 보상을 하여 어느 정도 복원하여 오류전파 영향을 최소화해서 화질 저하를 줄일 수 있다. 손실된 움직임 벡터를 추정하여 오류를 은폐하는 방법을 고려한 MPEG-2 비디오 복호기를 <그림 1(b)>에 나타내었다.

## III. 오류 분석 및 오류 검출 방법

MPEG-2 동영상 압축 표준<sup>[3]</sup>은 비트열의 계층적 구조를 이용하여 오류의 전파를 제한시킬 수 있다. <그림 2>에 보인 것과 같이, 연속적인 영상은 GOP(Group of Pictures), 화면, 슬라



〈그림 2〉 MPEG 영상의 계층적 구조



〈그림 3〉 선형 보간법

이스, 매크로블록, 블록 순서로 정보를 포함하는 정도가 적어진다. 각 계층에는 헤더가 있어서 전송 오류가 발생하면, 계층별로 헤더정보를 이용하여 재동기를 설정할 수 있다. 그 중에 GOP에서 주기적인 I-화면은 화면 사이의 무제한 오류 전파를 막는 역할을 하고, 슬라이스는 화면 내에서 오류 전파를 막는 역할을 한다. 슬라이스 헤더 정보는 동기를 잃거나 오류가 발생하여 복호할 수 없을 경우에 다음 슬라이스 헤더를 찾아 재동기를 이룰 수 있기 때문에 매우 중요하다.

전송 오류는 압축 비트열의 계층적 구조와 구분법을 이용하여 검출할 수 있다<sup>[6]</sup>. 본 논문에서 오류검출은 매크로블록의 주소값을 이용한다. 매크로블록은 각각 고유값을 가지며, 이 값들은 화면의 왼쪽 상단의 매크로블록부터 오른쪽 하단의 매크로블록으로 0, 1, 2 순으로 증가한다. 따라서 복호할 때 정상적으로 복호된 매크로블록의 주소값을 저장하였다가 전송 오류로 인해 복호화가 진행되지 못하고 다음의 매크로블록 슬라이스 헤더에서 동기가 재설정되면, 저장된 매크로블록 주소값의 다음 위치에서 오류가 발생했다고 가정한다.

IV. 보간법을 이용한 오류 은폐 방법

1. 선형 보간법

〈그림 3〉과 같이 손상 블록 내의 복원될 위치의 화소 값은 손상 블록과 인접한 네 블록의 최

외각 화소 값들을 이용하여 거리차를 고려하여 손상 블록을 보간한다<sup>[1]</sup>. 다음의 식 (1)은 손상 블록을 보간하는데 사용된 식이다.

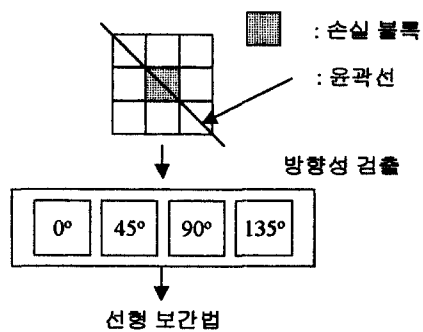
$$b(i,k) = \frac{d_R b_L(i,N) + d_L b_R(i,1) + d_B b_T(N,k) + d_T b_B(1,k)}{d_L + d_R + d_T + d_B}$$

i, k=0, 1, ..., N (1)

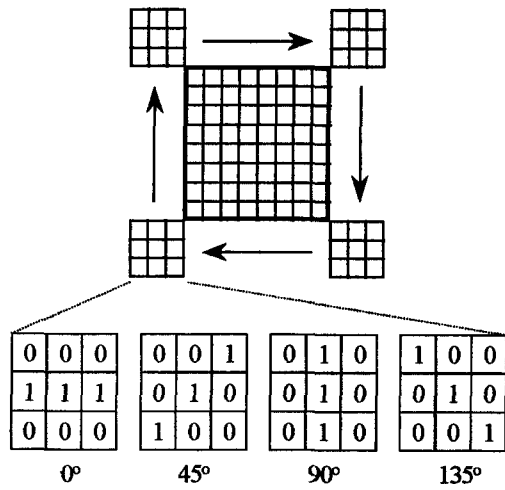
여기서 N은 블록의 크기, b는 손상 블록, b<sub>x</sub>는 b와 인접한 네 주위 블록, d<sub>x</sub>는 손상 블록 내의 화소값 b(i, k)와 b<sub>x</sub> 내의 각 화소 사이의 거리차를 나타낸다. 아래 첨자 x는 왼쪽(L), 오른쪽(R), 위쪽(T), 아래쪽(B)을 가리킨다.

2. 방향성을 고려한 보간법

〈그림 4〉와 같이 손실된 블록을 중심으로 정상적으로 복원된 주위의 정보들을 이용하여 방향성을 결정한 후, 방향성에 따라서 선형 보간법에 의



〈그림 4〉 전체적인 블록도



〈그림 5〉 방향성 검출부

해 복원한다.

〈그림 5〉의 방향성 검출부에서는 손실된 블록을 포함한 영상을 윤곽선 검출하여 정의된 방향성 마스크로 손실 블록의 주변을 회전시켜 가며 각 마스크를 연산시켜 산출되는 최대값 4개의 값을 합하여 최대값을 나타내는 마스크의 형태에서 방향성을 결정한다.

보간법을 이용한 오류 은폐 방법들은 오류의 형태가 매크로블록 단위로 고립적일 때에는 우수한 결과를 보인다. 따라서 오류의 형태가 고립적으로 발생하도록 블록 끼워 넣기<sup>7)</sup>를 구현하기도 한다. 하지만 블록 끼워 넣기는 MPEG-2 부호화/복호화에 변형을 요구하기 때문에 직접 적용하기는 불가능하다.

### V. 움직임 벡터 추정 기법

#### 1. 시간적 대체

가장 간단한 움직임 벡터 추정은 손실된 매크로블록의 움직임 벡터를 0이라고 가정하는 것이다<sup>3)</sup>. 즉, 이전에 복호된 화면과 현재 복호하는 화면 사이에 움직임이 없거나 있어도 아주 적어서 무시할 수 있다고 가정하는 것이다. 따라서 현

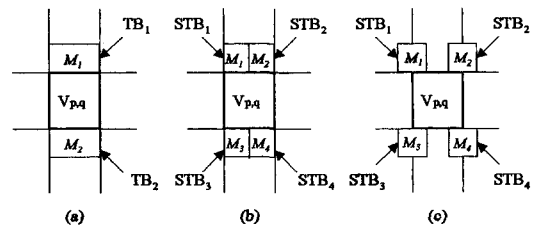
재 화면에서 손상된 매크로블록을 시간적으로 앞서서 복호된 기준 화면에서 동일한 위치의 매크로블록을 복사하여 손실된 데이터를 복원하는 방법이다.

#### 2. 이웃한 매크로블록의 움직임 벡터 이용

이 방법은 움직임 벡터들의 공간적 상관도를 이용한다. 즉, 화면의 개체들 움직임은 대부분 같은 방향을 가지므로, 손실된 움직임 벡터를 추정하기 위해서 손실된 매크로블록의 수직으로 이웃한 매크로블록의 움직임 벡터를 이용한다. 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 한다.

만약 상하 매크로블록이 모두 움직임 벡터를 가지고 있을 경우에는, 그들의 평균이 손실된 매크로블록의 움직임 벡터로 이용된다. 만약 둘 중 하나의 매크로블록만 움직임 벡터를 가졌을 경우에는, 그것을 손실 매크로블록의 움직임 벡터로 간주한다. 불행히도 어느 하나도 움직임 벡터를 갖지 못했을 경우에는, 손실 매크로블록의 움직임 벡터를 0으로 간주한다<sup>4)</sup>. 이 방법은 위와 아래의 매크로블록 모두가 움직임 벡터를 가졌을 때 평균값을 적용하였을 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 위해서, 위와 아래의 움직임 벡터를 모두 이용할 수 있는 방법이 개발되었다.

〈그림 6(a)〉 방법은<sup>8)</sup> 손실 매크로블록의 위



〈그림 6〉 이웃 매크로블록의 움직임 벡터의 평균

나 아래 매크로블록이 움직임 벡터를 가지지 않았을 경우에, 복호기에서 새로운 목표 블록(TB: Target Block)을 정의하여 블록 정합 알고리즘(BMA: Block Matching Algorithm)을 이용하여 움직임 벡터를 예측한다. 그러면 추정된 움직임 벡터와 존재하는 움직임 벡터의 평균을 손실된 매크로블록의 움직임 벡터로 사용할 수 있다. 이때 목표 블록의 폭을 가변적으로 할 수 있는데, 폭이 넓을수록 계산량이 많아진다. 또한 그 폭이 너무 좁거나 너무 넓으면 정확한 움직임 벡터를 찾을 수 없다.

〈그림 6(b)〉의 방법은<sup>[8]</sup> 〈그림 6(a)〉 방법과 계산량은 같으면서 좋은 성능을 얻기 위해 개선된 방법이다. 〈그림 6(a)〉 방법은 위와 아래의 움직임 벡터의 방향이 반대인 경우에는 예측된 움직임 벡터값이 0에 가까운 값으로 결정된다. 이런 문제를 조금이라도 해결하기 위해서 〈그림 6(a)〉의 하나의 TB를 두개의 STB(Small Target Block)로 잘라서 각각의 움직임 벡터를 구하고 평균값을 구한다. M은 STB의 예측된 움직임 벡터값이다. 각 STB에 대해서 각각의 움직임 벡터를 예측함으로써 이런 문제를 줄일 수 있다.

〈그림 6(a)〉나 〈그림 6(b)〉 방법은 앞선 방법들보다 좋은 결과를 얻을 수 있지만, 수신기에서 BMA를 수행해야 하기 때문에 처리시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 따라서 처리시간을 줄이면서 은폐 성능은 우수한 〈그림 6(c)〉 방법이<sup>[8]</sup> 제안되었다. 〈그림 6(c)〉처럼 매크로블록의 경계에서 엇갈리면서 STB를 정의하여 현재 위치의 매크로블록의 움직임 벡터값의 추정에 사용된 M값을 다음 매크로블록의 움직임 벡터 예측 때에도 다시 사용한다. 이 방법은 앞선 방법들에 비해서 수행시간을 반정도 줄이면서 성능은 비슷하거나 우수하다.

### 3. 확장 영역을 이용한 움직임 벡터 추정

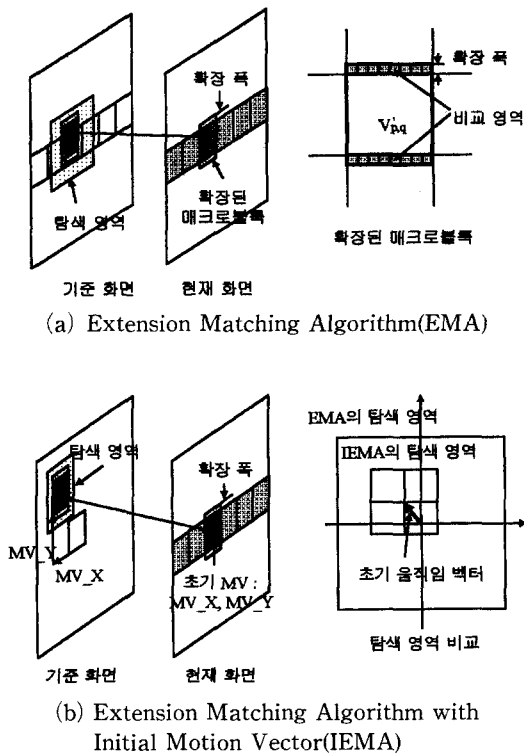
이 방법은 〈그림 7(a)〉와 같이 복호기에서 손실된 매크로블록의 수직 방향으로 화소값을 확장하여 기준 화면의 일정한 탐색 영역 내에서 확장

영역이 가장 유사한 블록을 직접 찾는 방법<sup>[8]</sup>이다. 확장 영역의 폭과 탐색 영역이 중요한 변수가 된다.

확장 영역의 폭은 손실된 매크로블록의 공간적 상관도와 매우 밀접하다. 위와 아래로 인접한 화소값들은 손실 매크로블록으로부터 멀어질수록 상관도가 떨어지고 가까울수록 상관도는 높다. 특히 손실 매크로블록 경계의 화소값들은 손실된 매크로블록과 상관성이 가장 높다. 손실 매크로블록과 상관성이 높은 데이터를 가지고 움직임 예측을 한다면 손실된 매크로블록의 움직임 벡터의 근사치를 구할 수 있다. 따라서 확장 영역의 폭을 정하는 방법에 따라서 오류 은폐 기법의 성능이 달라질 수 있다. 확장 영역의 폭을 가변적으로 변동시키면서 실험 영상들에 대해서 실험한 결과, 영상의 특성이 움직임이 많을 경우에는 확장 영역의 폭은 1로 하는 것이 좋았고, 움직임이 적을 경우에는 확장 영역의 폭을 1로 하는 것과 폭을 더 두텁게 하는 것에서 비슷한 결과를 얻었다. 결국 실험을 통해서 확장 영역의 폭은 1일 때 일반적으로 우수한 성능을 얻을 수 있음을 알았다.

또 하나 다른 중요한 변수는 탐색 영역이다. 탐색 영역이 클수록 손실 매크로블록의 후보가 많아져서 좋은 결과를 기대할 수 있지만, 수행 시간이 늘어나는 단점이 있고, 탐색 영역이 너무 커도 오히려 더 나쁜 결과를 얻을 수도 있다.

확장 영역을 이용한 움직임 벡터 추정 방법은 우수한 성능을 나타내지만, 복호기에서의 계산량이 부담이 된다. 따라서 오류 은폐 성능은 우수하며 복호기의 계산량을 줄일 수 있는 초기 움직임 벡터값을 이용한 확장 영역 움직임 추정 방법<sup>[8]</sup>이 있다. 이 방법은 먼저 손실 매크로블록의 위와 아래 매크로블록의 움직임 벡터의 평균값을 손실된 매크로블록의 움직임 벡터 초기값이라고 가정한다. 〈그림 7(b)〉와 같이 초기 움직임 벡터값만큼 탐색 영역의 시작 위치를 이동시킨다. 이렇게 초기 움직임 벡터값을 이용하여 대략적인 손실 매크로블록의 움직임 벡터값을 얻었기 때문에, 확장된 목표 블록의 움직임 예측을 위한 탐색 영



〈그림 7〉 확장 영역을 이용한 움직임 벡터 추정

역의 범위를 줄일 수 있다. 탐색 영역이 줄어든 만큼 복호기에서의 계산량을 줄일 수 있는 장점이 있고, 〈그림 7(a)〉 방법보다 우수하거나 비슷한 오류 은폐 성능을 얻을 수 있다.

## VI. 결 론

MPEG-2 비디오 부호기에서 생성된 압축된 비트열은 전송 오류에 매우 민감하다. MPEG-2 동영상 압축 알고리즘의 부호화 구조 때문에, 단 하나의 비트 오류만 발생하더라도 현재 복호할 화면에 화질 저하를 초래할 뿐만 아니라, 이후에 복호되는 화면들에도 오류의 영향이 전파된다. 이때 오류로 인해 발생하는 화면의 손상을 주변의 공간적 또는 시간적 상관 정보를 이용하여 화질 저하를 최소화시키는 동작을 오류 은폐 기법

이라고 한다. 본 논문에서는 MPEG-2 압축 비트열에서 전송 오류가 발생하였을 때, 화면 내에 존재하는 공간적 중복성을 이용하여 보간하는 은폐 방법과 화면들 사이에 존재하는 시간적인 중복성을 이용하여 움직임 벡터를 추정해서 손상된 부분을 은폐시키는 방법을 살펴보았다. 기술된 공간적 중복성을 이용한 오류 은폐 기법들<sup>[2]</sup>과 시간적 중복성을 이용한 오류 은폐 기법<sup>[8]</sup>들은 우수한 성능을 나타냈다. 이런 기법들을 고선명 TV나 디지털 TV 수상기에 적절히 적용하면 전송 오류에 의해 발생할 수 있는 여러 가지 화질 저하의 문제점을 개선할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] S. Aign and K. Fazel, "Temporal and Spatial Error Concealment Techniques for Hierarchical MPEG-2 Video Codec," *IEEE International Conference on Communications*, Vol. 3, pp. 1778-1783, 1995.
- [2] 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.
- [3] ISO/IEC IS 13818-2 (MPEG-2 Video): Information Technology-Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, April 1996.
- [4] 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.
- [5] A. Narula and J. Lim, "Error Concealment Techniques for an All-Digital High-Definition Television System," *SPIE Visual Communication and Image*

*Processing*, pp. 304-315, Nov. 1993.

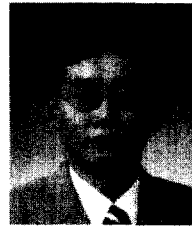
- (6) J.W. Kim, J.W. Park and S.U. Lee, "Error Resilient Decoding of Randomly Impaired MPEG-2 Bitstream," *SPIE Visual Communication and Image Processing*, pp. 78-88, March 1996.
- (7) Q. Zhu, Y. Wang and L. Shaw, "Coding and Cell-Loss Recovery in DCT-Based Packet Video," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, Vol. 3, No. 3, June 1993.
- (8) J. W. Suh and Y. S. Ho, "Motion Vector Recovery for Error Concealment," *SPIE Visual Communication and Image Processing*, pp. 667-676, Jan. 1999.

## 저자 소개



徐在源

1972년 1월 29일생, 1995년 2월 충북대학교 전자공학과 졸업 (학사), 1997년 2월 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업 (석사), 1997년 3월~현재: 광주과학기술원 정보통신공학과 전공 (박사과정), <주관심 분야: 영상 부호화, 멀티미디어 영상 통신, 디지털 비디오 오류 제어>



扈堯盛

1959년 1월 18일생, 1981년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업 (학사), 1983년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업 (석사), 1983년 3월~1995년 9월: 한국전자통신연구소 선임연구원, 1989년 12월

미국 University of California, Santa Barbara Department of Electrical and Computer Engineering (박사), 1990년 1월~1993년 5월: 미국 Philips 연구소 Senior Research Member, 1995년 9월~현재: 광주과학기술원 정보통신공학과, 부교수, <주관심 분야: 디지털 신호처리, 영상신호처리 및 압축, 초저속 영상통신, 디지털TV와 고선명 TV 방식, 멀티미디어 통신>