

# H.264 디코더에서 기울기 벡터를 이용한 에러복원 방법

전 성 훈<sup>†</sup> · 유 재 명<sup>\*\*</sup> · 이 귀 상<sup>\*\*\*</sup>

## 요 약

이동 통신의 급속한 발전으로 고품질 영상 서비스가 요구됨에 따라 이동 통신 환경과 같은 에러에 노출된 채널환경 하에서 고품질 영상 서비스를 제공하기 위한 에러 복원 기술의 필요성이 증가되고 있다. 본 논문에서는 H.264 화면간(Inter) 프레임에서의 채널 에러에 대한 보완 방법으로 기울기 벡터를 이용한 강화된 BMA(Boundary Matching Algorithm) 방법을 제안 한다. 일반적인 BMA 방법은 후보블록과 인접블록에 대해 차분을 계산할 때, 인접한 픽셀들의 차분의 합을 구한다. 이는 인접한 픽셀들이 대체적으로 같다는 가정에서 이루어지나 실제 영상에서는 기울기가 존재하게 되고 인접한 픽셀들은 특정한 방향으로 픽셀값이 증가하거나 감소하게 된다. 본 논문에서는 이러한 영상에서의 기울기를 고려한 정확한 차분방법을 개발하여 이를 적용한 영상복원을 시도한다. 채널 에러로 손실된 영상에 제안 방법을 적용한 결과 기존에 적용된 방법에 비해 약 1~3dB 정도 향상된 영상을 획득할 수 있었다.

키워드 : H.264, 에러은닉, 기울기, 채널에러, BMA

## Error Concealment Using Gradient Vectors in H.264 Decoder

SungHoon Jeon<sup>†</sup> · JaeMyeong Yoo<sup>\*\*</sup> · GueeSang Lee<sup>\*\*\*</sup>

## ABSTRACT

Recent advances in information technology have resulted in rapid growth in the mobile communication. With this explosive growth, reliable transmission and error concealment technique become increasingly important to offer high quality multimedia services. In this paper, we propose an improved BMA(Boundary Matching Algorithm) method using gradient vectors to conceal channel errors in inter-frames of H.264 video images. General BMA method computes the sum of pixel differences of adjacent pixels of the candidate block and its neighbouring blocks, assuming that adjacent pixels have almost the same value. In real images, however, there exist some gradients, which means that the pixel values are increasing or decreasing in a specific direction. In this paper, we develop a precise estimation method of errors in candidates blocks using gradient information and try to recover lost blocks with this technique. Experimental results show the improvement of picture quality about 1~3dB compared to existing methods.

Key Words : H.264, Error Concealment, Gradient, Channel Error, BMA

## 1. 서 론

최근 인터넷과 이동 통신의 급속한 성장과 영상통신 서비스의 보편화에 따라 화상회의, 화상전화, 디지털 TV와 같은 다양한 멀티미디어 서비스가 대중화 되어 가면서 신뢰성 있는 실시간 멀티미디어 서비스에 대한 관심이 증가하고 있으며, 신뢰성 있는 서비스를 제공하기 위한 대처 방안으로 유·무선 망에서의 데이터 전송시 발생하는 에러에 대한 관심이 고조되고 있다. 데이터 전송시 발생할 수 있는 유·무

선망에서의 에러유형으로는 무선망에서 채널 전송시 다 경로 반사(multipath reflection)나 페이딩(fading)과 같은 현상에 의한 random bit error나 burst bit error[1-3]와 같은 비트 오류와, 유선망에서 패킷손실 에러가 있다. 신뢰성 있는 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 이와 같은 데이터 스트림 내의 오류에 대해 빠르고 정확한 오류복구 기법이 필요하며, 이를 효과적으로 취급하기 위한 영상 부호화 및 복호화 알고리즘을 개발하는 것이 중요하다[4].

에러가 발생할 환경 하에서 압축된 동영상 데이터의 전송을 위해 다양한 에러 복원 기술들이 개발되어 왔다. 일반적으로, 이들 에러 복원 기술들은 에러 검출, 재 동기화, 데이터 복원, 에러 은닉 기술로서 분류된다. 에러 검출기술은 예측할 수 없는 장애 요인에 의해서 발생하는 에러로 인해서 다른 내용이 송신될 수 있는데 이러한 에러를 줄이기 위해

※ 이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원(과제번호 KRF-2004-041-D00527)에 의하여 연구되었음.

† 준 회원 : 전남대학교 대학원 전산학과 석사과정

\*\* 준 회원 : 전남대학교 대학원 전산학과 박사과정

\*\*\* 종신회원 : 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수  
논문접수 : 2006년 3월 9일, 심사완료 : 2006년 4월 26일

에러가 존재하는 경우에 정확한 정보가 어떤 것인가를 수신한 비트열로부터 유추할 수 있는 기술로 전방향 에러수정(FEC : Forward Error Correction) 방식과 후진 에러수정(BEC : Backward Error Correction)방식, 그리고 자동재송 요구(ARQ : Automatic Repeat on Request)방식이 있다[7, 8]. 에러은닉 기술은 디코더에서 인코더로부터의 추가적인 정보에 의존하지 않고 이전에 수신된 에러가 없는 영상정보를 이용하여 손실되거나 에러가 있는 영상 데이터를 적절히 복구하는 순수 디코더 기반의 기술이다[6]. 많은 에러 강화 비디오 코딩 중에, 에러은닉 기술은 독립적이면서 서로 다른 강인한(robust) 비디오 코딩방법과 함께 사용되어지므로 에러 내성(error resiliency) 측면에서 가장 효율적인 방법 중 하나로 고려되어 지고 있다.

기존의 대부분의 영상 압축 표준(H.263, H.26L, MPEG-1,2,4)들은 기본적으로 공간적 중복성을 줄이기 위해 블록 기반 이산 역현 변환(DCT : discrete cosine transform)과 양자화 기술을 사용하며, 시간적 중복성을 줄이기 위해 가변장 부호화 기술(VLC : Variable Length Coding)과 움직임 보상(MC : motion compensation)기술을 사용한다. 또한 부호화 효율을 높이기 위해 예측 부호화기술 등을 이용해 상호 연관성을 제거함으로써 비디오 데이터를 고밀도로 압축한다. 하지만 이러한 예측 부호화 기술은, 전체 영상을 통해 에러가 전파되도록 만들어졌기 때문에, 전송 채널 환경에서의 에러는 복원 영상의 품질을 저하시키고, 심지어 전체 영상 통신 시스템의 서비스 단절을 초래하기도 한다.

본 논문에서는 채널 전송 시에 발생하는 에러에 대한 복원 기술 중 H.264에 적용된 에러 은닉에 관한 부분을 다룬다. 지금까지의 에러은닉 기술은 공간적 상관성과 시간적 상관성을 고려하여 발전하여 왔다. 공간적 상관성을 고려한 방법으로는 화면내(Intra) 프레임에서의 보간(interpolation) 방법이 대표적이고, 시간적 상관성을 고려한 방법으로는 화면간(Inter) 프레임에서의 BMA(Boundary Matching Algorithm)방법이 가장 대표적이며 이러한 방법들은 기존의 표준 압축 코덱인 H.26x, MPEG-1,2,4에 적용되었다. 시간적인 상관성을 고려한 방법으로 자주 사용되는 BMA 방법은 이웃하는 화소들이 높은 상관관계를 가진다는 사실에 근거한 복원 방법으로, 손실 블록 주변의 움직임벡터를 이용하여 후보블록을 생성하고 이 후보블록의 경계에 있는 픽셀과 손실 블록에 인접한 인접블록 상, 하, 좌, 우 블록의 경계에 존재하는 픽셀간의 유사성을 검사하여 가장 유사도가 큰 후보블록을 선택하는 방법이다[9, 10].

후보 블록을 생성하기 위해서는 특정 움직임벡터를 이용하여 참조프레임에서 후보블록을 떼어오는 방법을 사용한다. 이렇게 생성된 후보 블록과 손실블록 주변의 경계선에 있는 픽셀들과의 차이점을 계산하여 후보블록이 손실블록 주변의 블록들과 가장 유사한 것을 선택하여 손실블록을 복원하도록 한다. 여기서 후보 블록을 생성하기 위해서는 특정 움직임벡터와 참조프레임이 필요하게 되므로 사실상 특정 움직임벡터가 후보블록을 결정하게 되고, BMA방법은 여러 개의 움직임벡터 중에서 가장 유사도가 높은 후보블록을 만드는 것을 선택하게 된다.

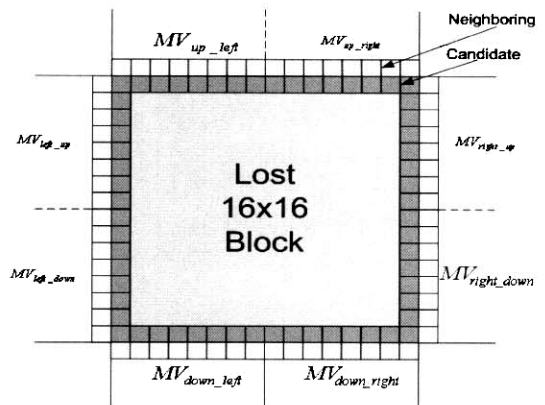
그러나, 이 방법에서는 기본적으로 인접한 픽셀이 같거나 매우 유사하다고 가정한다. 많은 경우 근사적인 해를 구할 때 이 방법은 쉽게 적용될 수 있으나 인접 블록 간에 경사를 가진 윤곽선(Edge)나 변화도가 있는 경우에는 이러한 가정이 적절하지 못하게 된다. 영상에서 어떤 경사도가 존재하게 될 때, 픽셀 값들은 특정방향으로 감소하거나 증가하게 되며, 이러한 증가치나 감소치가 존재하는 상황에서는 인접한 픽셀들의 차이만으로는 정확한 유사도 측정이 어렵게 된다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 영상에 존재하는 윤곽선 성분을 고려한 BMA 방법이 제안되었다. [9]에서는 원래의 블록경계정합방식에서 단순히 수평이나 수직 방향 블록 경계간의 차이 값을 에러로 두고 있는 것과는 달리, 블록경계정합을 적용하는 위, 아래, 왼쪽 블록과의 블록경계간의 에러를 구하는 비용함수가 블록경계 간에 걸쳐 있는 영상의 윤곽선에 대해 3가지(사선방향, 직선방향, 역 사선방향)방향 성분에 대해서 고려하였다. 그러나 이 방법은 너무 단순화된 모델링으로 인하여 정확도가 떨어지며 계산량도 많은 단점이 있으며, [11]에서는 [9]의 방법에 대해서 계산 복잡도를 감소하는 방법으로 블록경계정합 수행 전 방향을 결정하는 방법을 제시하였으나, 충분히 개선된 성능을 보이지 못하고 있다. 이러한 방법들은 윤곽선성분을 추출하고 이를 적용하는 알고리즘의 정확도가 떨어지고, 윤곽선성분만을 고려하여 일반적인 경사도에 대한 문제로 접근하지 못하고 있다. 본 논문에서는 영상의 일반적인 경사도를 계산하고 이 정보를 이용한 경계면의 인접 픽셀의 예측치를 적용하여 정확한 유사도를 계산하여 BMA에 적용하고자 한다. 2장에서는 기존 방법과 제안 방법에 대해서 기술하고, 3장에서는 실험 결과를 기술하며, 4장에서 본 논문에 대한 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

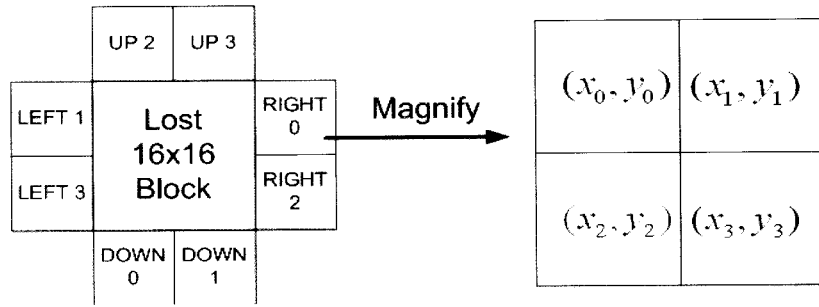
## 2. 기존 연구

### 2.1 H.264에 적용된 BMA 방법

H.264에서는 화면간 프레임에 대한 에러 복원방법으로 BMA 방법을 이용할 수 있다. 이 때 BMA 방법에서는 후보 벡터를 선정함에 있어 (그림 1)과 같이 손실된 16x16 블록



(그림 1) 손실블록에 대한 후보벡터 지역



(그림 2) 8x8 블록(RIGHT0)가 보다 작은 서브 블록으로 나누어진 상태의 움직임벡터

의 주변에 인접한 상, 하, 좌, 우의 16x16 블록에 대해 8x8 블록별 벡터 8개와 Zero벡터를 사용한다.

만약 (그림 2)와 같이 하나의 8x8블록이 더 작은 서브 블록으로 나누어져 각기 다른 벡터 값을 갖는 경우, 너무 많은 벡터를 사용하기는 어려우므로 근사값으로 (식 1)에 의해서 8x8블록 단위의 벡터  $(X, Y)$ 를 획득하게 된다.

$$X = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N x_i, \quad Y = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^N y_j, \quad N = \text{세부분록의 수} \quad (식 1)$$

이렇게 얻어진 9개의 후보벡터들을 사용하여 유사도를 검사하게 된다. (식 2)는 임의의 후보벡터  $mv_j, j=1,9$ 에 의하여 후보블록의 경계 픽셀값  $Y(mv_j)_i^{Candidate}$ 과 손실블록의 인접블록의 경계 픽셀값  $Y_i^{Neighboring}$ 의 차이를 합산하여 유사도  $d_{sm,j}$ (Side Match Distortion)를 구한다. 각 후보벡터에 대하여 유사도 값이 작은 후보벡터가 손실블록을 대치하여 에러를 복원하게 된다.

$$d_{sm,j} = \sum_i \left| Y(mv_j)_i^{Candidate} - Y_i^{Neighboring} \right| \quad (식 2)$$

$$i \in \{up, down, left, right\}, j = 1, 9$$

(식 2)에서 I는 (그림 1)에서의 *up,down,left,right*의 4지역을 가리킨다. 이러한 유사도 측정방법은 영상에서 임의의 인접한 픽셀값은 같거나 매우 유사하다는 가정 하에 만들어진 것이다. 그러나 실제 영상에서는 윤곽선성분이나 경사도가 크게 존재하는 경우에는 적합하지 못한 방법이다. 따라서 본 논문에서는 좀 더 적응적인 에러복원을 위해 손실블록의 주변픽셀에 대한 기울기 정보를 고려한 에러복원 기술을 제안한다.

### 3. 제안 방법

#### 3.1 경사도를 이용한 BMA 방법

본 논문에서는 프리윗(Prewitt) 필터를 사용하여 손실블록 주변의 인접 블록의 경사도를 조사하고 이를 이용하여

손실블록 경계면의 픽셀값을 예측한다. 이러한 예측값과 후보블록의 픽셀간의 차이점을 계산하여 유사도를 계산하도록 한다. (식 3)은 경사도에 의한 예측값  $Y_i^{Candidate}$ 을 이용한 유사도 계산방법을 보여주고 있다. 즉, (식 2)와 같이 단순히 인접블록의 경계 픽셀값  $Y_i^{Neighboring}$ 을 유사도 계산에 사용하는 것이 아니라 주변 경사도를 고려하여 손실블록의 경계면에 있어야 할 픽셀의 값  $Y_i^{Prediction}$ 을 예측하여 이와 비교하는 것이다. 여기서는 먼저 경사도 계산에 대한 일반적인 사항을 기술하고 이의 구체적인 적용내용을 기술한다.

$$d_{sm,j} = \sum_i \left| Y(mv_j)_i^{Candidate} - Y_i^{Prediction} \right| \quad (식 3)$$

$$i \in \{up, down, left, right\}, j = 1, 9$$

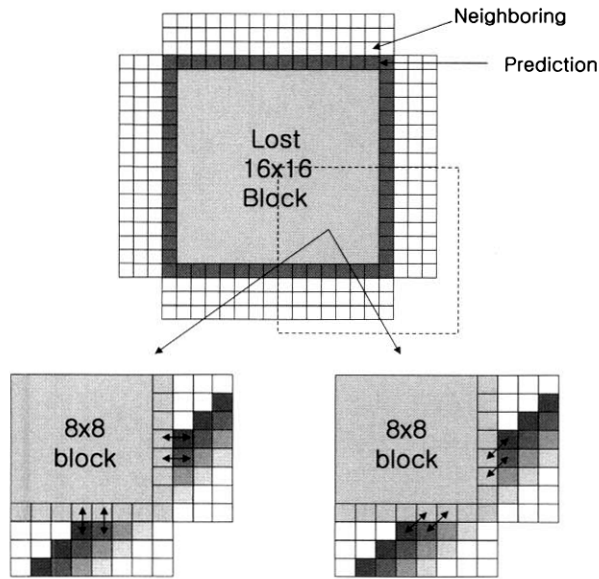
#### 3.1.1 경사도 정보 추출

경사도(gradient)는 영상에 존재하는 인접한 픽셀 간의 변화 정도를 말한다. 특히 두 영역의 경계에 위치하는 픽셀들은 심한 경사도를 보이며, 영역간의 경계부분은 한 영상 안에서 명암도의 불연속성으로 나타난다. 인간의 시각 시스템은 이들 경계에 매우 민감하다는 것이 실험을 통하여 입증되었고, 종종 대강의 윤곽만으로도 대상을 인식 할 수 있다고 알려지고 있다[12]. 윤곽선 정보를 추출하는 방법으로 1, 2차 미분을 통해 기울기가 변하는 점을 윤곽선으로 검출하는 방법이 가장 기본적인 원리라 할 수 있고, 그것을 응용한 방법들도 많이 제안되어 있다. 기울기 연산자를 사용하여 크기와 방향을 갖는 벡터값으로 표현하는 방법으로는 1차 미분 연산자로 로버츠(Roberts) 연산자, 소벨(Sobel) 연산자, 프리윗(Prewitt) 연산자가 있고, 2차 미분연산자로 라플라시안(Laplacian) 연산자가 있으며, 보다 정확한 윤곽선을 구하기 위한 방법으로는 형태학(morphology) 연산 가운데 팽창(dilation)/침식(erosion) 기능을 사용하여 끊어진 윤곽선을 연결하는 방법이나 윤곽선 화소들을 의미 있는 경계로 결속하기 위해 고안된 다른 경계 검출 방법을 거치는 경우도 많이 사용한다.

본 논문에서는 경사도 계산을 위해 가장 간단하고 경사도의 방향을 설정하기에 적합한 프리윗 연산자를 사용하여 경사도를 찾아내고 경사도 방향에 따라서 간단하게 예측 픽셀

값을 얻는다. (그림 3)의 (a)는 인접블록의 경계 픽셀 값을 예측 픽셀 값으로 사용하는 기존의 방법이며, (그림 3)의 (b)는 경사도 정보를 고려했을 경우 예측되는 픽셀 값을 사용하는 경우를 나타낸다. 인접블록 픽셀 간의 상관관계를 고려할 때, (그림 3)에서 (a)보다 (b)의 방법이 더욱 정확한 예측이 이루어짐을 알 수 있다.

경사도 정보를 추출하기 위해 8x8 블록 단위로 (그림 3)과 같이 손실블록의 주변에 인접한 블록에 존재하는 각 3x3 픽셀에 대해 기울기 벡터  $G=(G_x, G_y)$ 를 프리윗 필터를 적용하여 (식 4)와 (식 5)와 같이 구한다. 기본적으로 각 3x3 블록은 마스크  $\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ 와  $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$ 를 적용하여 컨벌루션(convolution)을 구하게 된다.



(그림 3) 윤곽선성분 추출

$$G_x = \frac{\partial f(x,y)}{\partial x} = -f(x-1,y-1) - f(x-1,y) - f(x-1,y+1) + f(x+1,y-1) + f(x+1,y) + f(x+1,y+1) \quad (식 4)$$

$$G_y = \frac{\partial f(x,y)}{\partial y} = f(x-1,y-1) + f(x,y-1) + f(x+1,y-1) - f(x-1,y+1) - f(x,y+1) - f(x+1,y+1) \quad (식 5)$$

위에서 구해진  $G_x$ 와  $G_y$ 을 이용하여 (식 7)에 의해서 벡터에 대한 크기값과 방향성분  $\theta$ 를 구한다.

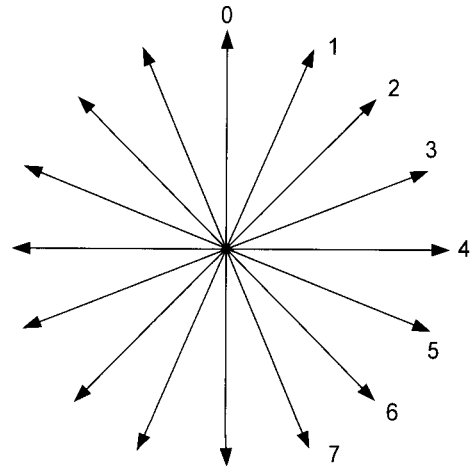
$$\bar{G} = \text{sqrt}(G_x^2 + G_y^2) \quad (식 6)$$

$$\theta(x,y) = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) + \frac{\pi}{2} \quad (식 7)$$

각 인접블록 3x8 픽셀 행렬에 내재한 각각의 3x3 블록에 대한 방향성분과 크기를 구하여 가장 큰 크기값  $\bar{G}$ 를 갖는  $G=(G_x, G_y)$ 를 선택하며 이 경사도 벡터의 방향성분  $\theta$ 를 취하여 전체 3x8블록의 방향성분에 대한 대표값으로 사용한다. 방향성분의 대표값은 계산과정의 단순화를 위하여 (그림 4) (a)와 같이 8개의 방향 중의 하나를 취하도록 하여 일정 구간별로 구분한다.

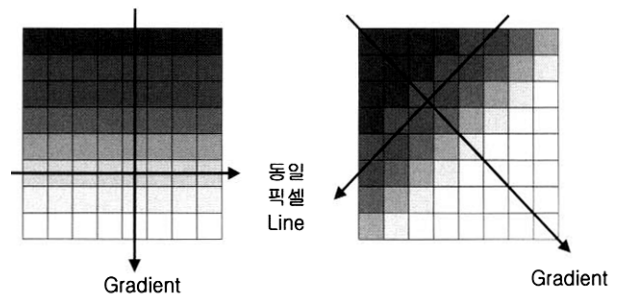
### 3.1.2 예측 픽셀 생성

경사도의 방향성에 대한 대표값이 (그림 4)에 나타난 방향 중의 하나로 정해지면 이러한 방향성에 의하여 픽셀의 예측값을 구한다. 예측값을 구하는 방법은 선형보간법을 사용할 수 있으며 이러한 경우 경사도에 따라 주변픽셀의 명암을 보간법에 의해 구하게 된다. 그러나 이는 많은 계산량을 요구하게 되고, 위의 (그림 4)와 같이 단계별로 구분된 방향에 대하여는 효율적인 방법이라 할 수 없다.

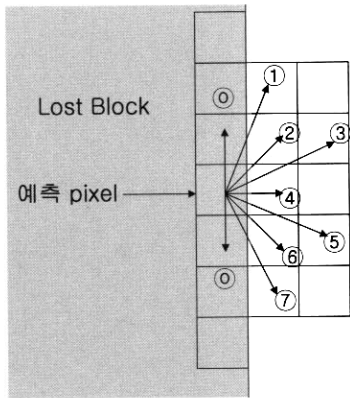


(그림 4) 경사도(gradient) 방향의 구간별 구분

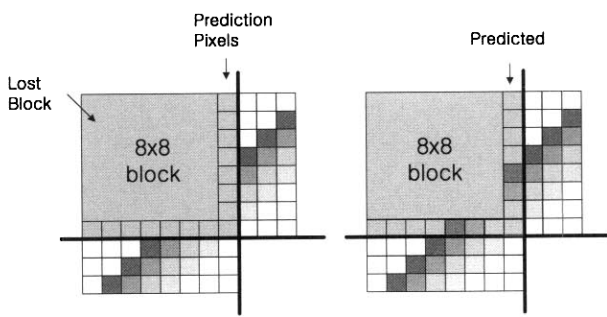
본 논문에서는 보간법에 대한 근사해로서 방향성을 이용하여 주변의 특정 픽셀의 값을 예측 픽셀 값으로 선택한다. (그림 5)는 임의의 영상에서의 경사도와 이 경사도에 수직



(그림 5) 경사도 방향과 동일 픽셀 라인



(그림 6) 8 방향의 동일 픽셀라인에 의해 근사 추정된 예측 픽셀



(그림 7) 예측블록 생성

인 동일 픽셀 라인을 설정하고 있다. 여기서는 임의의 영상에서 국부적인 픽셀 블록은 같은 경사도를 가지며 이러한 경우 경사도의 방향에 수직인 방향에 있는 픽셀들은 같은 값을 갖게 된다. 이러한 특성을 이용하면 (그림 6)에서 손실 블록의 경계면에 있는 픽셀들의 값을 구하기 위해 보간법에 의한 픽셀값을 계산하기보다 동일픽셀라인 위에 있는 기존의 픽셀값을 이용하면 근사치를 쉽게 구할 수 있다. 방향 0 부터 방향 7까지의 경우에 대하여 동일 픽셀라인을 따라서 주변의 픽셀을 취하게 되므로 별다른 보간식을 사용하지 않고 동일 픽셀 값을 갖는 셀을 추적할 수 있다.

(그림 7)은 위와 같은 방법으로 구해진 예측 픽셀들을 보여주고 있다. 여기서는 경사도에 대해 수직인 동일픽셀라인은 45도로 기울어진 것을 알 수 있고 이러한 라인을 따라서 예측 픽셀값을 구할 수 있음을 보여주고 있다.

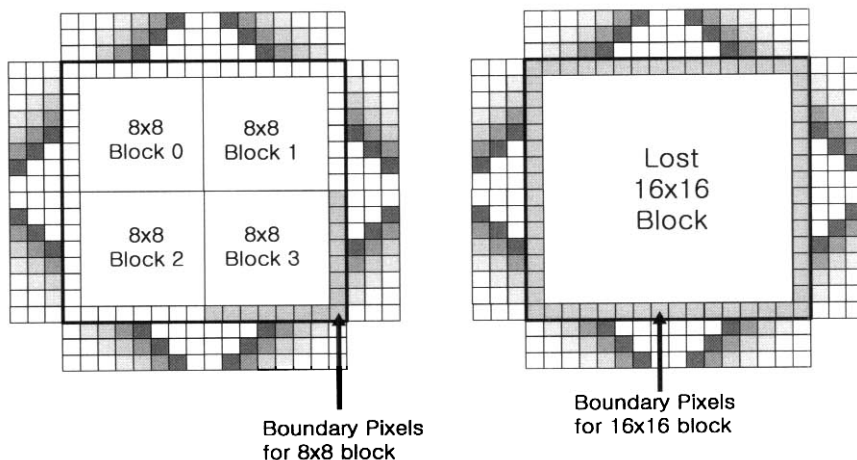
### 3.2 기울기 정보를 고려한 BMA 실행

예측 픽셀을 생성하여  $d_{sm}$ 를 구하게 되면, 기존의 BMA 방법은 각각의 후보벡터들에 대해 (식 3)을 적용하여  $d_{sm}$ 을 구하고, 가장 작은  $d_{sm}$ 을 갖는 후보벡터로 복원한다. 본 논문에서는 손실된 매크로블록에 대해 BMA를 적용하는데 8x8블록단위 복원을 시도한다. 보다 작은 블록으로 나누는 것은 경계면의 예측 픽셀의 수가 적어 후보블록의 정확성을 크게 떨어뜨리므로, 충분한 경계면의 예측픽셀을 확보하기 위해 8x8블록을 선택하여 복원을 시도한다. 그러나 8x8 블록도 16x16블록 복원과 비교하여 경계면 픽셀의 수가 적어 영상에 따라서 부정확한 예측이 존재할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 8x8 블록 복원과 16x16블록단위 복원을 비교하여 최소 MSE를 갖는 블록으로 손실블록에 적용함으로써 보다 더 정확한 복원을 선택한다.

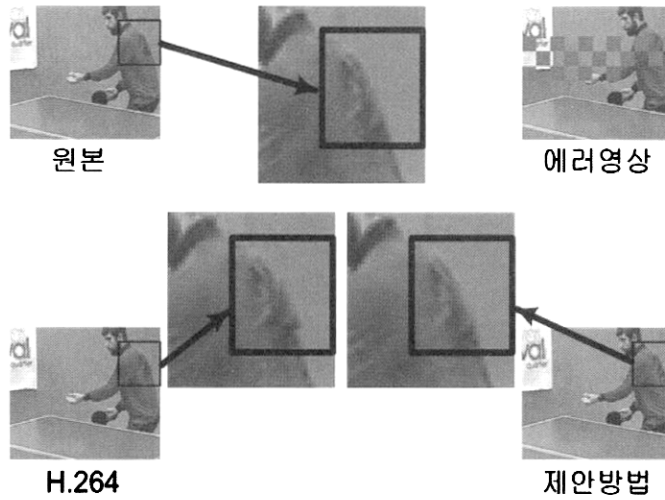
## 4. 모의실험 및 결과

H.264는 BaseLine Profile, Main Profile 그리고 Extended Profile을 제공하며, 기본 6가지 형태의 슬라이스 그룹 모드를 지원한다. 본 논문은 인코드 당시 BaseLine Profile의 규약을 따라, 1번 슬라이스 그룹모드를 사용하여 JM86으로 구현하였다. 패킷 에러삽입 방법으로는 영상에 상관없이 하나의 패킷을 손실 시키는 방법을 사용하였다. (그림 9)와 (그림 10)은 기존방법과 제안방법에 대한 실험 영상을 비교한 것이다.

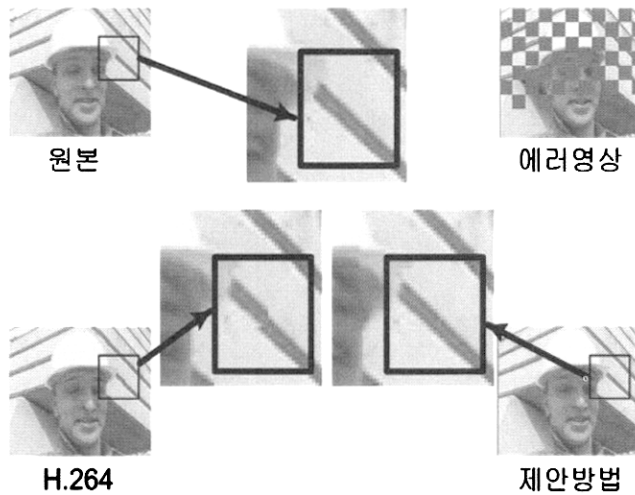
(그림 9)는 table.qcif 영상에 하나의 패킷 에러를 적용한 후 에러복원 방법에 있어서 H.264와 제안방법에 대해 비교 실험한 결과 영상을 보여준다.



(그림 8) 8x8 단위복원과 16x16 단위 복원



(그림 9) table 실험 영상



(그림 10) foreman 실험 영상

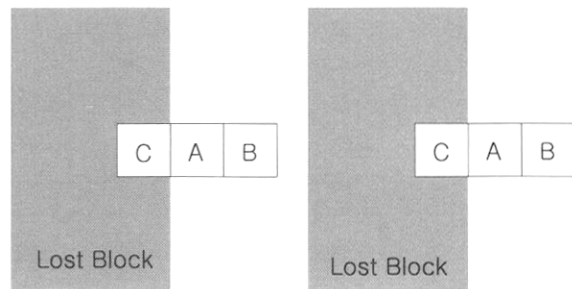
(그림 10)은 (그림 8)에서와 같은 방법으로 foreman.qcif 영상에 적용한 실험 영상을 보여준다.

제안된 기법의 성능을 평가하기 위하여 8개의 영상 각각에 대해 1개의 패킷 에러를 삽입 후 기존 방법, 선형예측 픽셀을 이용한 방법, 방향성예측 픽셀을 이용한 방법을 사용하였다. 성능 비교 함수로 다음과 같은 PSNR(Peak Signal-to-noise Ratio)을 사용하였다.

$$MSE = \left( \frac{1}{MN} \right) \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N [x(m,n) - \hat{x}(m,n)]^2 \quad (\text{식 } 8)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (\text{식 } 9)$$

(식 8)에서  $M, N$ 은 영상의 가로와 세로의 크기이고,  $x(m,n)$ 은 원영상 화면을 나타내고,  $\hat{x}(m,n)$ 은 실험방법에 의해 복원된 화면을 나타낸다. 각 영상에 대한 실험결과를 <표 1>에 나타내었다.



Linear\_1  $C = A + (A - B)$     Linear\_2  $C = A$

(그림 11) 예측 픽셀의 근사해

<표 1>에서의 JM86은 기존의 H.264 방법을 사용한 결과이며, Linear\_1은 (그림 11)에서 나타낸 것 처럼 손실영역의 픽셀 (C)에 대해  $C = A + (A - B)$ 의 근사식을, Linear\_2는  $C = A$ 의 근사식을 사용하였다는 의미이다. 이러한 근사식은 빠른 해를 제공하지만 실험결과가 보여주듯이 정확한 복원이 이루어지지 못한다. 마지막으로 방향성(Direction)은 본 논문

〈표 1〉 실험영상에서의 PSNR 비교

| 영상            | PSNR     |                 |                 |                  | Difference<br>(D) - (A) |
|---------------|----------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------------|
|               | JM86 (A) | Linear_1<br>(B) | Linear_2<br>(C) | Direction<br>(D) |                         |
| Trevor        | 31.30    | 30.38           | 30.94           | 34.23            | 2.92                    |
| Foreman       | 32.16    | 29.17           | 29.74           | 34.38            | 2.22                    |
| Suzie         | 33.40    | 30.37           | 30.75           | 35.53            | 2.12                    |
| Sign<br>Irene | 32.00    | 32.81           | 32.85           | 33.92            | 1.91                    |
| whale<br>show | 31.15    | 31.41           | 31.89           | 32.22            | 1.06                    |
| Table         | 31.54    | 31.02           | 30.13           | 32.44            | 0.89                    |
| Flow          | 24.90    | 24.85           | 25.01           | 25.78            | 0.87                    |
| Carphone      | 34.10    | 30.68           | 31.25           | 34.75            | 0.65                    |

에서 제안된 기울기 벡터를 이용한 예측픽셀 생성 방법을 사용하였다는 의미이다. (D)-(A)는 기존 방법과 제안 방법의 PSNR의 차이값을 보여준다.

영상에 따른 PSNR 값의 차이는 있으나 위의 두개의 실험 결과와 <표 1>을 통해서 제안 방법인 방향성 예측 픽셀 적용 방법이 기존방법에 비해서 향상된 PSNR 값을 갖는 것을 알 수 있다. 결론적으로 위의 <표 1>에서 보는 바와 같이 기울기 정보를 고려하지 않거나 지나치게 부정확한 근사식을 사용한 *Linear\_1*과 *Linear\_2*의 결과는 대체적으로 좋지 않았다. 본 논문에서 제안한 경사도 정보를 활용한 방법은 근사적 예측 방법과 JM86에 적용된 방법보다 전체적으로 향상된 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 에러복원시 손실된 블록의 주변 기울기 정보를 활용하는 것이 에러 복원시 중요한 요소임을 확인 할 수 있었다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 H.264 화면간(Inter) 프레임에서의 채널 에러에 대한 보완 방법으로 기울기 벡터를 이용한 강화된 BMA(Boundary Matching Algorithm) 방법을 제안하였다. 일반적인 BMA 방법은 후보블록과 인접블록에 대해 차분을 계산할 때, 인접한 픽셀들의 차분의 합을 구하며 이는 인접한 픽셀들이 대체적으로 같다는 가정에서 이루어지나 실제 영상에서는 기울기가 존재하게 되고 인접한 픽셀들은 특정한 방향으로 픽셀값이 증가하거나 감소하게 된다. 본 논문에서는 이러한 영상에서의 기울기를 고려한 정확한 차분방법을 개발하여 이를 적용한 영상복원을 시도하였다. 채널 에러로 손실된 영상에 제안 방법을 적용한 결과 기존에 적용된 방법에 비해 약 1~3dB 정도 향상된 영상을 획득할 수 있었다. 실험에 의해 에러복원 시 손실된 블록의 주변 경사도 정보를 활용하는 것이 에러 복원 시 중요한 요소임을 확인 할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

- [1] B. Sklar, "Rayleigh Fading Channels in Mobile Digital Communication Systems, Part I: Characterization", IEEE Commun. Mag., Vol.35, No.9, pp.136-146, Sept., 1997.
- [2] W. C. Jakes, Microwave Mobile Radio Reception, New York: Wiley, 1974.
- [3] P. Wong and D. Britland, Mobile Data Communications Systems, Artech House, Norwood Ma, 1995.
- [4] Raj Talluri, "Error-Resilient Video Coding in the ISO MPEG-4 Standard." IEEE Communication Magazine, Vol.36, Issue 6. June 1998 Page(s): 112-119.
- [5] Yanling Xu and Yuanhun Zhou "H.264 Video Communication Based Refined Error Concealment Schemes", Consumer Electronics, IEEE Transactions on Volume 50, Issue 4, pp.1135-1141, Nov., 2004.
- [6] A. H. Sadka, Compressed video communications, John Wiley, 2002.
- [7] P. Cuenca, P. Garrido, F. Quiles, and O. Barbosa, "An efficient protocol architecture for error resilient MPEG-2 video communications over ATM networks," IEEE Trans. on Broadcasting, Vol.45, No.1, pp.129-140. Mar., 1999.
- [8] J. J. Chen, L. G. Chen, and R. M. Weng, "Error concealment of lost motion vectors with overlapped motion compensation," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.7, No.3, pp.560-563, Jun., 1997.
- [9] 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.
- [10] W.M Lam, A.R. Reibman and B. Siu, "Recovery of lost or erroneously received motion vectors," Proceedings of ICASSP, pp.417-420, April, 1993.
- [11] NamRye Son, YoJin Yang, GueeSang Lee, SungJu Park, "A New Boundary Matching Algorithm Based on Edge Detection", Lecture note serial: Information and Communication Technology, LNCS2510, Iran, pp.84-92, October, 2002.
- [12] A. Vailaya, A. K. Jain, and H. J. Zhang, "On image classification: city images vs. landscaper," Pattern Recognition, Vol.31, No.12, pp.1921-1933, Jan., 1998.



### 전 성 훈

e-mail: jsunghoon@hotmail.com

2002년 여수대학교 전산학과(학사)

2003년~현재 전남대학교 전산학과

대학원 석사과정

관심분야: 멀티미디어 통신, 영상처리



### 이 귀 상

e-mail : gslee@chonnam.ac.kr

1980년 서울대학교 전기공학과(학사)

1982년 서울대학교 전기계산기공학과(석사)

1982년 금성통신 연구소 근무

1991년 Pennsylvania 주립대학 전산학  
(박사)

1984년~현재 전남대학교 전자컴퓨터 정보통신공학부 교수

관심분야: 멀티미디어 통신, 영상처리 및 컴퓨터비전, 임베디드  
시스템



### 유 재 명

e-mail : jmyoo@oracle.chonnam.ac.kr

1992년 전남대학교 응용화학 공학부(학사)

2003년 전남대학교 전산학과(박사)

2006년~현재 전남대학교 전산학과 박사  
과정

관심분야: 멀티미디어 통신, 영상처리 및  
복원