

# H.26L을 위한 다차원 에러 은닉 기법

박 영 오, 김 창 수, 이 상 욱

## Multi-Hypothesis Error Concealment Algorithm for H.26L Video

Young-O Park\*, Chang-Su Kim\*\* Associate Member, Sang-Uk Lee\*\*\* Life Member

### 요 약

본 논문은 다차원(multi-hypothesis) 기법을 이용한 에러 은닉 알고리즘(error concealment algorithm)을 제안한다. 제안하는 알고리즘은 손실된 블록(block)을 보상하기 위해서, 이전 프레임에서 두 개 이상의 블록을 선택하여 각각에 가중치를 적용한 후, 중첩을 수행함으로써 손실된 블록을 보상한다. 참조되는 블록과 가중치 계수를 정하기 위해서 세 가지 방법을 제안한다. 이 방법들을 H.26L 동영상 표준에 기반하여 구현하였으며, 각각의 성능은 모의 전산 실험을 통하여 비교되었다. 제안하는 다 차원 에러 은닉 기법은 기존의 한 개의 프레임만을 이용하는 방법에 비해서 약 1.5dB의 PSNR 성능 향상이 있음을 확인한다.

주요어 - 다차원 에러 은닉, H.26L

### ABSTRACT

In this work, we propose a multi-hypothesis error concealment algorithm, which replaces a lost block with a weighted superposition of more than two reference blocks in previous frames. Three methods are developed to find the set of reference blocks and determine the weighting coefficients. These methods are implemented based on H.26L standard, and their performances are evaluated. It is shown that the proposed multi-hypothesis algorithm provides up to 1.5 dB better PSNR performance than the conventional single-hypothesis concealment algorithm.

Key Words - multi-hypothesis error concealment, H.26L

### I. 서론

최근에 에러가 발생하는 네트워크를 통한 동영상 전송이 멀티미디어 응용에 있어서 중요한 연구 주제가 되고 있다. 실제적으로 사용되는 네트워크는 에러가 항상 존재한다고 가정하므로, 데이터의 전송시 에러의 영향을 최소화시키는 작업이 필요하다. 또한 동영상 정보는 본래 데이터의 정보량이 방대하기 때문에 직접 채널

을 통한 전송의 어려움이 있다. 따라서 동영상 데이터의 효과적인 전송을 위해서 국제 표준의 부호화 기법인 H.263, MPEG-4, H.26L 등이 제안되었다. 이러한 동영상 부호화 표준들은 데이터의 효율적인 압축을 위하여 움직임 보상 예측(motion compensated prediction), 이산 코사인 변환(DCT: discrete cosine transform), 가변장 부호화(VLC: variable length coding) 기법 등을 핵심 기술로 사용하고 있다. 하지만 이러한 기법들의 사용은 데이터의 압축에는 효과적이나 에

\* 삼성전자 (yungoo.park@samsung.com), \*\*홍콩중문대학 (cskim@ieee.org) \*\*\*서울대학교 (sanguk@ipl.snu.ac.kr)

논문번호: 030059-0206, 접수일자: 2003년 2월 6일

러의 발생시 복호된 영상의 화질에 치명적인 손상을 가져올 수 있다.

에러 강인화 부호화(error resilient coding)란 에러의 영향을 최소화시키는 모든 작업들로 정의할 수 있다. 에러에 강인한 데이터의 획득을 위해서 많은 기법들이 제안되었다. 특히 에러 강인화 기법 중 수신단에서의 에러 강인화 기법을 특히 에러 은닉(EC: error concealment)이라 한다. 에러 은닉은 은닉하는 방법에 따라서 공간적 은닉(spatial concealment)과 시간적 은닉(temporal concealment)의 두 가지로 구분된다. 공간적 은닉은 에러가 발생한 프레임의 주변 화소의 정보를 이용하여, 상호 보간(interpolation)을 통하여 에러의 영향을 최소화한다. 시간적 은닉은 에러가 발생한 블록을 복원하기 위해서 손실된 움직임 정보를 추정한 후, 이전 프레임에서 현재 프레임의 블록을 대체한다.

다양한 시간적 은닉 기법이 제안되어져 왔다. 가장 단순한 방법은 손실된 블록의 정보를 이전 프레임의 같은 위치에서 보상하는 방법(CRA: copying reconstruction algorithm)이다. Haskell과 Messerschmitt는 주변 움직임 벡터의 중간 값을 이용하여 손실된 움직임 벡터 값을 찾아내는 방법을 제안했다 [1]. Lam은 경계 정합 알고리즘(boundary matching algorithm)을 제안하였다. 경계 정합 알고리즘은 손실된 블록의 경계 부분이 연속적으로 연결되어 있다는 사실을 이용하여 움직임 벡터 값을 추정하는 방법이다 [2]. Tsekeridou와 Pitas는 블록 정합 알고리즘(block matching algorithm)을 제안하였다. 이 방법은 에러가 없이 수신된 주변의 정보를 이용하여 에러가 발생한 블록의 움직임 벡터 값을 추정한다 [3]. 하지만 이러한 방법들은 모두 현재 복호화 하는 프레임의 이전 프레임에서만 필요한 정보를 찾는다. 한편, H.26L을 포함한 최근의 동영상 표준들은 높은 화질의 획득을 위해서 부호화시 여러 장의 정보를 이용하는 다중 참조 프레임(multiple reference frame) 기법을 사용하고 있다. 따라서 복호기에서도 이러한 다중 프레임 정보를 에러 은닉 기법의 적용에도 사용할 수 있게 되었으며, 다중 참조 프레임의 사용이 기존의 하나의 이전 프레임만을 사용하는 경우보다 높은 성능을 보여줌이 확인되었다 [5][6].

따라서 본 논문에서는 다중 참조 프레임을 사용한 다차원 에러 은닉 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 다중 참조 프레임 중에서 선택되어진 몇 개의 후보 블록에 적절한 가중치를 주어서 중첩을 한 후, 손실된 블록을 보상한다. 후보 블록은 블록 정합 알고리즘에 의해서 찾고, 가중치 값들은 은닉 에러가 최소가 되는 방향으로 결정한다. 제안하는 알고리즘을 H.26L에 기반하여 구현한 후, 다양한 실험 영상에 대해서 전산 모의 실험 후 결과를 비교하였다. 제안하는 알고리즘은 기존의 에러 은닉 알고리즘에 비해서 우수한 성능을 나타냄을 실험 결과의 비교로 확인할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서 H.26L의 간략한 특징을 기술한다. 제 III장에서는 제안하는 알고리즘을 설명하고, 제 IV장에서는 전산 모의 실험 결과를 비교한다. 마지막으로 제 V장에서 본 논문의 결론을 제시한다.

## II. H.26L의 특징

본 장에서는 H.26L 동영상 표준의 특징들을 간략히 기술한다.

H.26L은 ISO/IEC의 MPEG과 ITU-T의 VCEG 두 그룹이 공동 연구 기관 JVT (Joint Video Team)를 창설하여 새롭게 제안한 동영상 압축에 관한 국제 표준이다[4]. H.26L 동영상 부호화의 기본 개념은 기존의 동영상 압축 알고리즘과 비슷하지만, 우수한 화질 획득을 위해서 이전과는 다른 몇 가지 특징들을 제안하였으며, 그 특징들은 다음과 같다.

첫째로, 범용 가변장 부호화(UVLC: universal variable length coding)라는 하나의 가변 길이 부호화 테이블을 사용한다. 기존의 H.263과 같은 표준에서는 부호화하는 과정에 따라서 서로 다른 가변 길이 부호화 테이블을 제공하였으나, H.26L은 부호화하는 과정에 상관없이 하나의 가변 길이 부호화 테이블만을 사용한다.

둘째로, 1/4 화소 움직임 정확도(1/4 pixel motion accuracy)로 움직임 보상을 수행한다. 기존의 표준들이 정수 또는 반 화소 단위의 움직임 정확도로 움직임 보상을 하는데 비하여 H.26L은 더 정확한 해상도로 움직임 보상을 하기 때문에 보다 높은 화질의 예측 영상을 얻

<b>Mode 1</b>	<b>Mode 2</b>	<b>Mode 3</b>	<b>Mode 4</b>
0	0 1	0 1	0 1 2 3
<b>Mode 5</b>	<b>Mode 6</b>	<b>Mode 7</b>	
0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15	

그림 1. 변환 블록 크기.  
Fig 1. Variable block size.

을 수 있다. 그리고 선택 사항으로 1/8 화소 움직임 정확도까지 움직임 보상이 가능하다.

셋째로, 변환 블록 크기(variable block size)에 의해서 부호화를 수행한다. 이전의 표준에서는 주로 16x16 크기로 고정된 매크로 블록(MB: macroblock)을 사용하여 부호화를 한 반면, H.26L에서는 그림 1.과 같이 16x16크기 기존의 MB를 여러 개의 블록 크기로 세분화한 후, 각각에 대해서 부호화를 한다. 그리고 가장 높은 성능을 보여주는 블록 크기를 비용 함수를 통하여 계산한 후 최적의 MB 크기를 결정한다. 그림 1의 각 블록 내에 제시되어있는 숫자는 부호화시의 순서를 표시한다. 즉, 이전의 동영상 표준에서는 mode 1만을 사용했으나 H.26L에서는 mode 1부터 7까지를 부호기에 모두 부호화를 한 후 가장 효율이 좋은 mode를 선택하여 부호화를 한다.

넷째로, 기존의 DCT와 비슷하지만 차이점이 있는 4x4 정수 변환 부호화 (4x4 integer transform based coding) 방법에 의해서 데이터를 변환한다. 이는 H.26L의 블록의 크기 중 가장 작은 것이 4x4 이기 때문이며, 또한 정수 변환을 통하여 변환 과정의 속도 향상을 얻는 것과 실수 연산의 시스템에 대한 의존성을 제거하는 것을 목표로 하고 있다.

마지막으로, 가장 큰 특징 중의 하나는 다중 참조 프레임의 사용이다. 기존의 표준은  $k$ 번째 프레임  $F_k$ 를 부호화하기 위해서  $F_{k-1}$ 만을 참조하였다. 하지만 H.26L은 그림 2.에 제시되어있는 것처럼 최대 5 프레임 즉,

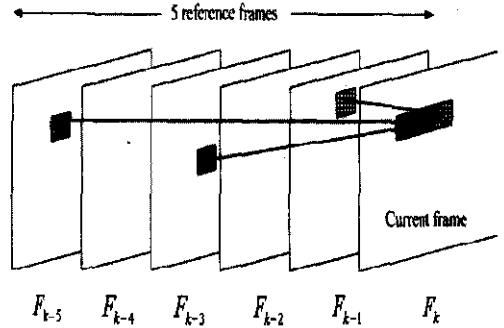


그림 2. 다중 참조 프레임.  
Fig 2. Multiple reference frame.

$F_{k-1}, F_{k-2}, F_{k-3}, F_{k-4}, F_{k-5}$ 의 정보를 이용하여 움직임 보상이 가능하다. 참조되는 영상의 정보가 기존의 방법에 비해서 많기 때문에 더 좋은 부호화 효율을 기대할 수 있다. 하지만 복호기에서 기억 용량을 많이 필요로 하는 단점이 있다.

본 논문에서는 이러한 H.26L의 다양한 특성 중에서 다중 참조 프레임 기법을 이용한 여러 은닉 기법을 제안한다. 다중 참조 프레임의 이용은 손실된 블록의 은닉시, 기존의 단일 참조 프레임보다 많은 정보를 포함하기 때문에 더 좋은 은닉 성능을 기대할 수 있다. 또한 H.26L의 복호기는 기본적으로 다중 참조 프레임 기법을 사용하고 있으므로 제안하는 방법의 구현을 위해서 추가적인 복호기 구조의 수정이 필요 없는 장점이 있다. 그리고 H.26L은 변환 블록 크기 방법을 사용하고 있지만, 본 논문에서는 은닉화 과정에서 복원되는 MB는 16x16 크기의 블록의 재구성을 기본으로 한다. 복호화 과정에서 에러 없이 전송된 MB들이 우선적으로 복호화되고, 이후에 에러가 존재하는 매크로 블록이 제안하는 은닉화 기법에 의해서 재구성된다.

### III. 제안하는 알고리즘

일반적인 동영상 부호화는 인트라(I: intra) 프레임 부호화와 인터(P: inter) 프레임 부호화의 두 개의 형태로 구분할 수 있다. I 프레임은 영상의 시작 부분이나 화면 변환 같은 경우에 전체 화면을 DCT 정보만을 이용해서 압축한다. 이러한

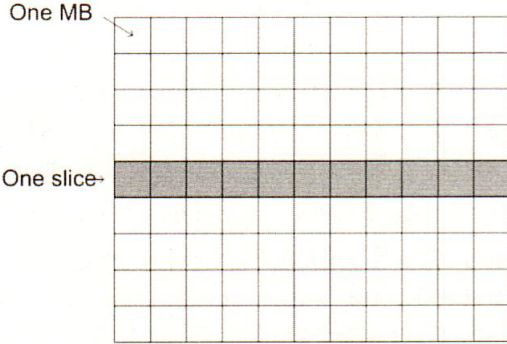


그림 3. QCIF 영상의 슬라이스.  
Fig 3. Slice of QCIF sequence.

경우에는 움직임 정보를 전송하지 않기 때문에 이전 프레임이 존재하지 않거나, 혹은 존재하더라도 상관도가 낮은 경우에 효과적인 부호화가 가능하다. 하지만 부호화 효율이 낮은 단점이 있으며, 일반적으로 동영상의 시작 부분에만 삽입하거나 에러의 방지를 위해서 주기적으로 삽입을 한다.

P 프레임은 현재 부호화하는 블록의 정보를 부호화하기 위해서 이전 프레임에서 움직임 보상을 통하여 가장 유사한 블록을 추정한 후, 그 움직임 정보와 현재 프레임의 오차 정보만을 전송한다. 이 방법은 부호화 효율이 높기 때문에 프레임간의 상관도가 높은 동영상의 부호화에 효율적으로 적용될 수 있다. 하지만 이 방법은 이전 프레임의 의존적이기 때문에 이전 프레임에 에러가 발생할 경우 에러가 전파되는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 176x144 크기의 QC (quarter common intermediate format) 기준으로 모의 전산 실험을 하였다. 일반적으로 P 프레임의 움직임 벡터 부호화시, 부호화하는 MB의 위쪽 MB와 왼쪽 MB의 움직임 벡터값들을 이용해서 예측 부호화하는 차부호 (differential coding) 방법을 사용한다. 하 이러한 경우에 위쪽 MB에 에러가 발생한 경우에 에러가 발생하지 않은 아래쪽 MB의 움직임 벡터의 정보도 손상될 수 있다. 이러한 경우를 방지하고 에러에 강인성을 높이기 위해서 한 개의 열을 독립적으로 부호화하는 슬라이스 (slice) 개념이 도입되었다. 즉 그림 3.에 제시어있는 것처럼 QCIF 영상에서 한 개의 열을 하나의 슬라이스로 정하고, 움직임 벡터를 부호



그림 4. Foreman 테스트 영상 I 프레임 은닉 결과.

Fig 4. I frame error concealme Foreman sequence.

화하는 경우에 위쪽 MB의 정보는 이용하지 않고 왼쪽 MB의 움직임 벡터 값만을 이용하여 차부호한다.

본 논문에서는 I 프레임과 P 프레임의 에러 은닉 과정을 구분하여 실험을 하였으며 자세한 내용은 다음과 같다.

### 1. 공간적 은닉 기법 (I 프레임 은닉 기법)

지금까지 다양한 방법의 공간적 은닉 기법이 제안되었다. 하지만 본 논문에서는 I 프레임의 손상된 정보를 단순히 주변 화소들로부터의 보간에 의해서 은닉한다.  $p(i, j)$ 를 에러가 발생한 MB의  $(i, j)$ 번째 화소라고 가정한다. 이때  $p(0, 0)$ 는 MB의 가장 좌측의 위쪽 화소를 표시하고  $i, j$ 는  $0 \leq i, j \leq 16$ 의 범위에서 변화한다. 그러면  $p(i, j)$ 는 다음과 같이 보간된다.

$$p(i, j) = \frac{(16-j)p(i, -1) + (j+1)p(i, 16)}{17} \quad (1)$$

여기서  $p(i, -1)$ 은 위쪽 MB의 가장 아래쪽 화소를 표시하고  $p(i, 16)$ 은 아래쪽 MB의 가장 위쪽 화소를 나타낸다. 만일 가장 위쪽 MB에 에러가 발생하면 아래쪽 MB의 가장 위의 화소 값으로 대체되고, 가장 아래쪽 MB에 에러가 발생하면 위쪽 MB의 아래의 화소 값으로 대체된다.

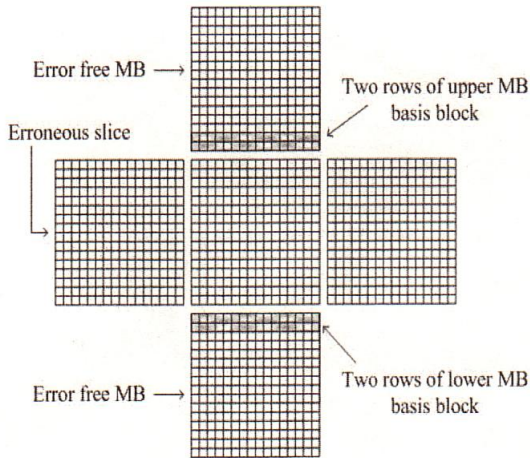


그림 5. 블록 정합에 의한 움직임 벡터 복구.  
Fig 5. Motion vector recovery by matching.

그림 4는 Foreman 테스트 영상의 첫 번째 I 프레임의 네 번째 슬라이스(slice)가 손실되었을 경우의 은닉 결과이다. 그림에서 제시되어 있는 것처럼 간단한 방법을 사용하였기 때문에 은닉 효율이 좋지 않음을 알 수 있다.

2. 다차원 시간적 은닉 기법 (P 프레임 은닉 기법)

본 논문에서는 에러에 의해서 손실된 움직임 벡터를 블록 정합 알고리즘에 의해서 찾는다. 블록 정합 알고리즘은 이전 장에서 설명했듯이 에러가 발생하지 않은 이웃 화소의 정보를 이용한다. 그림 5에 제시되어있는 것처럼 위쪽 MB의 아래쪽 두 열의 화소들과 아래쪽 MB의 위쪽 두 열의 화소들이 정합을 위한 블록이 되고, 이를 기준 블록(basis block)이라 부른다.

또한, 손실된 움직임 벡터  $v_t = (x, y, -t)$ 를 찾기 위해서 각각의 참조 프레임  $F_{k-t} (1 \leq t \leq 5)$ 에서 기준 블록과 가장 유사한 블록을 검색한다. 유사도는 화소 값의 절대값의 합(SAD: sum of absolute difference)으로 측정하며 다음과 같이 주어진다.

$$SAD(v) = \sum_{i=0}^4 \left( \sum_{j=2}^4 |p(i, j) - C_v(i, j)| \right)$$

$$+ \sum_{j=16}^{17} |p(i, j) - C_v(i, j)|. \quad (2)$$

이 식에서  $(i, j)$ 는 에러가 발생한 MB의 좌측 상단 화소에 대한 상대적인 위치를 표시한다. 따라서 식 (2)에서  $p(i, j)$ 는 기준 블록의 화소의 위치를 표시하고,  $C_v(i, j)$ 는 벡터  $v$ 에 의해서 결정된  $p(i, j)$ 를 보상하기 위한 화소를 의미한다. 이때, SAD를 최소화시키는 벡터  $v$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$v_t = \arg \min_{v=(\alpha, \beta, -t)} SAD(v), (0 \leq t \leq 5). \quad (3)$$

이 식에서  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 0에서 5로 고정된 t 프레임에 대해서 SAD를 최소화하는 좌표를 의미한다. 따라서 본 논문에서는 잃어버린 MB를 찾기 위해서 다섯 개의 움직임 벡터  $v_t (1 \leq t \leq 5)$ 를 이용한다. 그리고 이 벡터를 이용하여 서로 다른 세 가지 새로운 에러 은닉 방법을 제안한다.

2.1. 방법 1: 상수 가중법

$v_t$ 는 다섯 개의 다중 참조 프레임 각각에 대해서 하나의 값을 가진다. 이때,  $MB_i (1 \leq i \leq 5)$ 는  $v_t$ 에 의해서 결정되는 MB를 표시한다. 이들을 해당하는 SAD에 의해서 내림차순으로 정렬한 결과를  $\widehat{MB}_i$ 라 표시하자. 즉,  $\widehat{MB}_1$ 은 SAD 값이 가장 작은 MB를 나타내고  $\widehat{MB}_5$ 는 SAD 값이 가장 큰 MB를 나타낸다.

이때, 상수 가중법(constant weights)은 손실된 MB를 복원하기 위해서 동일한 가중치를 이용한다. 즉 아래 식과 같이 복원되는 MB가 결정된다.

$$\widehat{MB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \widehat{MB}_i. \quad (4)$$

식 (4)에서  $\widehat{MB}$ 는 대체되는 MB를 표시한다. 모의전산실험에서 방법 1은 2차원 ( $n=2$ )인 경우에 가장 좋은 성능을 제공하고 있음을 확

인할 수 있다.

2.2. 방법 2: 적응적 가중법

적응적 가중법(adaptive weights)은 상수 가중법의 2차인 경우와 같이 두 개의 MB를 사용하여 손실된 MB를 복원한다. 즉,  $\widehat{MB}_1$ 과  $\widehat{MB}_2$ 를 이용하지만 상수 가중법과 달리 적응적 가중치를 다음과 같은 방법으로 부여한다.

$$\widehat{MB} = w \cdot \widehat{MB}_1 + (1 - w) \cdot \widehat{MB}_2 . \quad (5)$$

$\widehat{MB}_i$ 는 앞에서 기술된 것처럼 SAD에 의해서 내림차순 정렬된 결과이다. 손실된 MB와 그것의 기준 블록은 영상의 특성상 높은 상관관계(correlation)를 가지게 되고, SAD는 대체되는 MB가 에러의 영향 없이 얼마나 잘 복원되는지를 나타내는 척도가 될 수 있다. 방법 2에서는 보다 높은 신뢰도를 위해서 SAD 대신에 블록간 제곱 거리의 합(SSD: sum of squared distances)을 이용한다.  $\sigma_1^2$ 과  $\sigma_2^2$ 을 각각  $\widehat{MB}_1$ 과  $\widehat{MB}_2$ 에 대한 SSD라 가정하면, 최적의 가중치 계수는 다음과 같이 주어진다.

$$w = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} . \quad (6)$$

즉, 식 (5)와 식 (6)에 의해서 방법 2에 의해서 복원되는 MB가 선택된다.

2.3. 방법 3: 반복적 움직임 검색

반복적 움직임 검색(iterative motion search)은 방법2와 같이 2개의 MB를 선택한다. 하지만 방법 1과 방법 2에서는 식 (3)에 의해서 각각 독립적으로 선택된 MB를 이용하였다. 하지만 방법 3에서는 의존적으로 두 개의 움직임 벡터  $w_1$ 과  $w_2$ 를 선택한다.

$BB$ 를 기준 블록으로 정의하고,  $BB_1$ 과  $BB_2$ 는 참조 프레임에서  $w_1$ 과  $w_2$ 에 의해서 선택되는 블록으로 정의한다. 첫째로 식 (3)에 의해서  $w_1$ 은  $v_1$ 로 선택된다. 둘째로 고정된  $w_1$ 에 대해서  $w_2$ 은 비용 함수



(a) Foreman 영상



(b) Carphone 영상

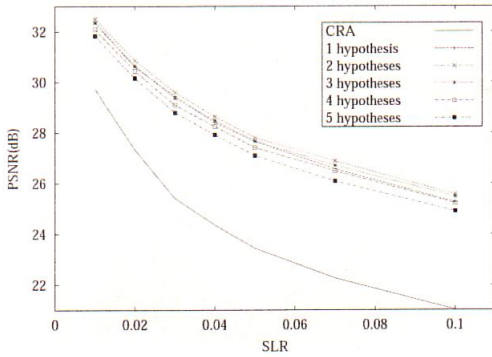
그림 6. 실험에 사용된 영상.

Fig 6. Test sequences.

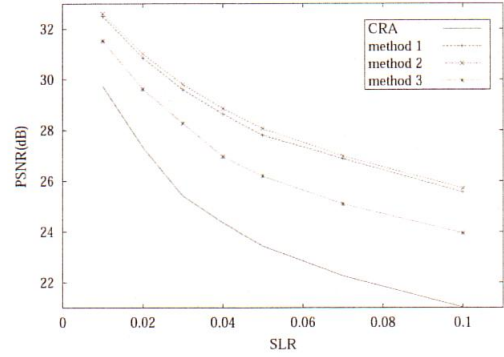
$\|BB - 1/2(BB_1 + BB_2)\|$ 를 최소로 하는 방향으로 결정된다. 셋째로 고정된  $w_2$ 에 대해서  $w_1$ 을 위와 동일한 비용 함수를 최소로 하는 방향으로 선택한다. 둘째와 셋째 단계는 비용 함수의 값이 수렴할 때까지 첫 번째와 두 번째 방법을 반복적으로 수행한다.

그 이후, 두 개의 기준 블록에 의해서 선택된 두 개의 MB가 (4)와 같이 1/2의 가중된 값으로 중첩된 후, 손실된 MB를 복원한다.

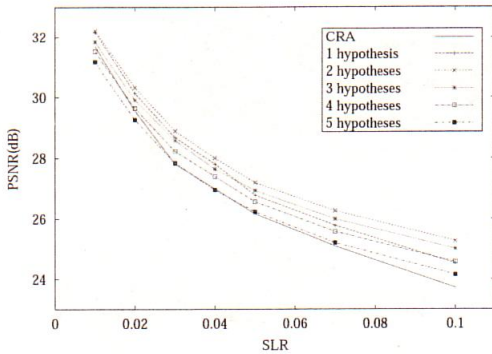
이상 세 가지 방법 모두 H.26L 복호기에서 기본적으로 사용하는 메모리를 공유하고 있으므로 추가적인 메모리의 확장은 필요 없다. 또한 계산 량에 있어서는 방법 1과 방법 2는 단순한 덧셈과 곱셈 연산이 MB단위로 한번씩 이



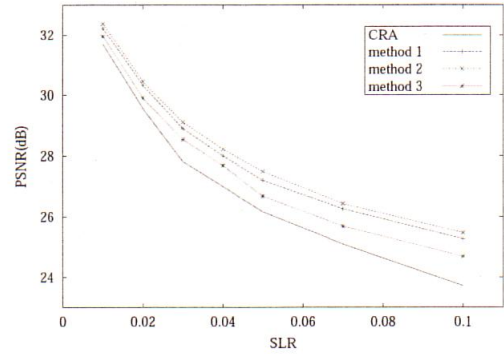
(a) Foreman 영상



(a) Foreman 영상



(b) Carphone 영상



(b) Carphone 영상

그림 7. 제안하는 알고리즘(방법 1)과 CRA와의 성능 비교.

Fig 7. Comparison of CRA and the proposed algorithm (method 1).

루어진다. 반면에 방법 3은 하나의 MB에 대해서 비용 함수가 수렴할 때 까지 계산을 하므로 방법 1, 2에 비해서 상대적으로 계산 량이 많다

#### IV. 모의전산실험

제안하는 세 가지의 알고리즘을 H.26L JM 2.0을 기반으로 구현하였다. H.26L의 다양한 선택 사항 중 실험에 사용된 환경은 다음과 같다.

그림 8. 방법 1, 2와 3의 비교.

Fig 8. Comparison of methods 1, 2 and 3.

UVLC 부호화 방법이 선택되었고, 움직임 보상 해상도는 1/4 화소 정확도로 정했다. 또한, 다중 참조 프레임 수는 다섯으로 정하였으며, 부호화되는 프레임들의 타입은 IPPP 타입으로 설정하였다. 양자화 계수는 I 프레임의 경우 15이고, P 프레임의 경우는 16으로 설정하였다.

실험에 사용된 Foreman과 Carphone의 QCIF 영상이 그림 6.에 제시되어 있다. 일반적으로 저 전송율을 목적으로 하는 동영상 부호화는 2 프레임 생략이 필요한 대역폭을 줄이기 위해서 많이 사용된다. 즉, 30 frame/sec로 부호화 되어있는 원본 영상을 10

frame/sec로 프레임 변화율을 조정하였다. Foreman 영상은 93.4 Kbps로 부호화되었고, Carphone 영상은 89.6 Kbps로 부호화되었다. 에러가 발생한 슬라이스의 위치는 주어진 슬라이스 손실 비율(SLR: slice loss rate)에 비례해서 난수열 방식으로 발생시켰다. 같은 SLR에 대해서 20번의 다른 에러 형태에 대해서 실험을 하였으며, 20개의 다른 형태에 대한 PSNR 평균에 대한 비교를 최종 화질에 대한 평가기준으로 설정하였다.

그림 7.은 방법 1에 의한 5개의 차원에 대한 결과들을 나타낸다. 그림 7.에서 제안하는 알고리즘의 방법 1은 2차원의 경우 가장 우수한 성능을 발휘함을 확인할 수 있다. 비교를 위해서 CRA를 같이 실험하였다. CRA는 Foreman 상보다 Carphone 영상에서 좋은 성능을 보이고 있다. 그 이유는 Carphone 영상이 Foreman 영상에 비해서 비교적 느린 움직임을 가지고 있기 때문이다. 하지만 Foreman 영상과 같 빠른 움직임을 가지고 있는 영상에서는 제안하는 알고리즘이 CRA에 비해서 약 4dB의 높은 PSNR 성능을 보여주고 있음을 확인할 수 있다. 또한 2차원에 의한 상수 가중법은 기존의 전통적인 1차원의 에러 은닉 기법에 비해 PSNR 성능을 약 1.5dB 향상시킨다.

그림 8에서는 방법 1, 방법 2, 방법 3의 성능을 비교하였다. 방법 1은 2차원 상수 가중법의 결과이다. 전산 모의실험에서 방법 2가 가장 좋은 성능을 나타내고 있으며, 방법 1에 비해서 평균적으로 약 0.2dB의 성능향상이 있다. 하지만 방법 3은 방법 1보다 낮은 성능을 보여준다. 그 이유는 손실된 MB와 기준 블록의 상관관계가 반복적 움직임 검색을 통하여 MB를 찾을 정도로 높지 않다는 것을 의미한다. 요약하면 방법 2가 세 가지의 제안하는 알고리즘들 중 가장 높은 성능을 보여준다.

## V. 결론

본 논문에서 H.26L을 위한 다차원 에러 은닉 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 다중 참조 프레임에서 2개 이상의 MB를 기준 블록에 의해서 선택하여, 몇 가지 다른 방법으로 중첩을 한 후에 손실된 MB를 복원한다. 가중치 계수를 정하기 위하여 세 가지의 다른 방법을 사용하였으며, 모

의 전산 실험 결과에 의해서 방법 2가 가장 우수한 성능을 발휘함을 확인했다. 기존의 1차원 에러 은닉 기법에 비해서 제안하는 알고리즘이 PSNR 성능을 약 1.5dB 향상시킴을 확인할 수 있었다. 또한, 제안하는 알고리즘은 H.26L 복호기가 이미 다중 참조 프레임을 지원하고 있기 때문에 특별한 구조의 변화 없이 적용할 수 있다는 장점이 있다. 또한 기존의 메모리를 그대로 사용하므로 메모리의 확장이 필요 없다.

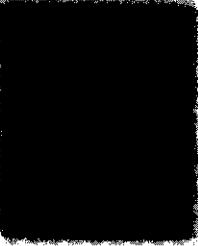
## 참고 문헌

- [1] P. Haskell and D. Messerschmitt, "Resynchronization of motion compensated video affected by ATM cell loss," in *Proc. ICASSP*, vol. 3, pp. 545-548, Mar. 1992.
- [2] W. M. Lam, A. R. Reibman, and B. Liu, "Recovery of lost or erroneously received motion vectors," in *Proc. ICASSP*, vol. 5, pp. 417-420, Mar. 1993.
- [3] S. Tsekeridou and I. Pitas, "MPEG-2 error concealment based on block matching principles," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 10, pp. 646-658, June 2000.
- [4] Text of JVT, "Joint Committee Draft (CD)," Document JVT-167, Virginia, USA, May 2002.
- [5] M. Flierl, T. Wiegand, B. Girod, "Rate-constrained multi hypothesis prediction for motion-compensated video compression," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 12, pp. 957-969, Nov. 2002.
- [6] M. E. Al-Mualla, C. N. Canagarajah and D. R. Bull, "Multiple-reference temporal error concealment," *Proc. ISCAS*, pp. 149-152, May 2001.



박 영 오 (Young-O Park)

준회원



Assistant Engineer  
Modem Algorithm Lab.  
Telecommunication R&D  
Center  
Telecommunication  
Network  
SAMSUNG ELECTRONICS

CO., LTD.

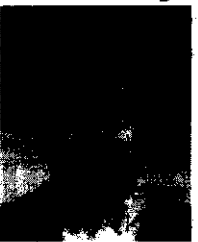
Young O Park received the B.S degree from Yonsei University, Seoul, Korea, in 2001, the M.S degree from Seoul National University, in 2003, all in electrical engineering.

Currently, he is an assistant engineer in Modem Algorithm Lab., Telecommunication R&D Center, Telecommunication Network, Samsung Electronics Co., LTD., Suwon, Korea.

His research topics include video processing, video communication system on a modem chip and 3-D graphic engine acceleration on the ARM board.

김 창 수 (Chang-Su Kim)

준회원



Assistant Professor  
Department of Information  
Engineering  
The Chinese University of  
Hong Kong

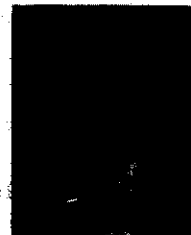
Chang-Su Kim received the B.S. and M.S. degrees in control and instrumentation engineering in 1994 and 1996, respectively, and the Ph.D. degree in electrical engineering in 2000, all from Seoul National University (SNU). From 2000 to 2001, he was a Visiting Scholar with the Signal and Image Processing Institute, University of Southern

California, Los Angeles, and a Consultant for InterVideo Inc., Los Angeles. From 2001 to 2003, he was a Postdoctoral Researcher with the School of Electrical Engineering, SNU. In August 2003, he joined the Department of Information Engineering, the Chinese University of Hong Kong as an Assistant Professor.

His research topics include video and 3-D graphics processing and multimedia communications. Dr. Kim published more than 50 papers on these areas.

이 상 욱 (Sang-Uk Lee)

중신회원



Professor  
School of Electrical Engineering  
Seoul National University  
San 56-1, Shinlim-dong,  
Kwanak-gu.  
Seoul 151-742, KOREA

E-mail address: sanguk@ipl.snu.ac.kr

Sang Uk Lee received the B.S. degree from Seoul National University, Seoul, Korea, in 1973, the M.S. degree from Iowa State University, Ames in 1976, and Ph.D. degree from the University of Southern California, Los Angeles, in 1980, all in electrical engineering.

In 1980-1981, he was with the General Electric Company, Lynchburg, VA, working on the development of digital mobile radio. In 1981-1983, he was a member of Technical Staff, M/A-COM Research Center, Rockvill, MD. In 1983, he joined the Department of Control and Instrumentation Engineering at Seoul National University as an Assistant Professor, where he is now a Professor of the School of Electrical Engineering. Currently, he is also affiliated with the Automation and System Research Institute and the Institute of New Media and

Communications at Seoul National University. His current research interests are in the areas of image and video signal processing, digital communication, and computer vision. He served as an editor-in-chief for the Transaction of the Korean Institute of Communication Science from 1994 to 1996. Currently, he is a member of the editorial board of the Journal of Visual Communication and Image Representation (Academic Press) and an Associate Editor for IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEM FOR VIDEO TECHNOLOGY. He is a member of Phi Kappa Phi.