

論文 2002-39SP-6-6

저대역폭 통신망에서의 시간적 에러 은닉에 관한 연구

(A Study of Temporal Error Concealment in Low Bandwidth Network)

朴星鑽*, 李貴相**

(Sung Chan Park and Guee Sang Lee)

요 약

본 논문에서는 압축된 비디오 비트스트림이 전송시 전송 에러에 의해 발생하는 화질 열화를 복원하기 위한 시간적 에러 은닉 기법에 대해 논의한다. 또한, 손실된 블록의 주변 블록이 가지는 움직임을 동일 움직임 여부에 따라 분류함으로써 손실된 블록의 움직임을 복원하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서는 손실 블록의 주변 블록들의 동일 움직임을 분석하여 손실 블록의 움직임을 잘 예측할 수 있도록 하기 위해서, 손실 블록의 이웃 블록들의 움직임 벡터는 각 움직임 벡터의 방향에 따라 분류되고, 각 분류된 클래스의 대표 움직임 벡터는 후보 움직임 벡터군에 포함된다. 후보 움직임 벡터군에 속한 각 움직임 벡터에 의해 예측된 블록과 손실 블록 주변간의 왜곡을 측정하여, 최소의 왜곡을 가지는 블록의 움직임 벡터가 선택된다. 실험 결과는 제안된 방법이 다른 손실 블록 복구 알고리즘보다 더 좋은 결과를 나타낸다.

Abstract

In this paper, we review temporal error concealment for video transport over unreliable networks, and a new approach for the recovery of lost or erroneous motion vector(MV)s by classifying the movements of neighboring blocks by their homogeneity is proposed. MVs of the neighboring blocks are classified according to the direction of MVs and a representative value for each class is determined to obtain the candidate MV set. By computing the distortion of the candidates, a MV with the minimum distortion is selected. Experimental results show that the proposed algorithm exhibits better performance in many cases than existing methods.

Keywords : Motion Vector Recovery, Error Concealment, Temporal Error Concealment

I. 서 론

최근 디지털 비디오 응용에 대한 많은 관심으로

* 正會員, 全南大學校 電算學科

(Dept. of Computer Science, Chonnam Nat'l Univ.)

** 正會員, 全南大學校 情報通信研究所 · 컴퓨터情報學部

(Dept. of Computer Science and the Information & Telecommunication Research Institute Chonnam Nat'l Univ.)

※ 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2000-000-00280-0) 지원으로 수행되었음.

接受日字: 2002年7月15日, 수정완료일: 2002年10月15日

ITU-T(International Telecommunications Union-Telecommunications Sector) H.261, H.263, ISO/IEC(International Organization for Standards) MPEG(Moving Picture Experts Group)-1/2/4등 다양한 비디오 압축 기법들이 연구되어 왔다.^[1~3] 이러한 연구의 발전으로 더욱 증가된 멀티미디어 서비스 요구를 다양한 범위의 통신 환경에서 가능하도록 하고 있다. 그러나, 위와 같은 기존의 비디오 압축에 관련된 연구는 해당 대역폭에 적합한 비디오 데이터를 생성하기 위한 연구에 초점을 맞추어져 왔다. 또한, 비디오 화상회의, 화상 전화와 같은 디지털 비디오 통신에 대한 요구는 더욱 증가된 반면, 공중전화망(Public Switched Telephone

Networks)과 무선 통신망에서의 전송 대역폭은 여전히 제한적이며 이러한 저 대역폭에서의 비디오 전송을 위해 가변 길이 부호화(Variable Length Coding:VLC) 기법 및 예측 부호화(Predictive Video Coding) 기법등 효율적인 비디오 압축 기법을 이용하고 있다. 그러나, 이와 같은 기법에 의해 압축된 비디오 데이터를 전송 시 1 비트 에러에 의해서도 시간적, 공간적으로 수신측 화질에 많은 영향을 발생시킬 수 있게 되며, 더욱이 실제 통신 환경은 패킷 스위칭 네트워크에서, 패킷들은 중간 노드의 버퍼 넘침(Overflow)으로 손실되거나 긴 큐잉 지연(Long queuing delay)으로 손실 패킷으로 간주되는등 다양한 전송 에러 발생 요인을 내재하고 있어, 전송 에러에 의한 화질 열화(Quality degradation)가 심각한 결과를 초래할 수 있다. 예를 들면, 인터넷과 같은 환경에서는 20%정도까지 패킷 손실이 발생하기도 한다.^[6]

그러므로 이러한 전송 에러에 대처하기 위한 방법으로 첫 번째, 해밍 코드와 같은 부가 정보를 삽입함으로써 에러를 탐지하고 수정하는 방안으로 이 방법은 부가적인 코드 정보 삽입으로 비트량을 증가시킨다. 두 번째 방법은 기존의 비디오 부호화기를 수정하여 생성된 비트 스트림이 이러한 에러에 강인하도록(Resilient) 만드는 방법으로, 이 방법은 기존의 비디오 부호화 표준을 수정해야 하는 단점이 있다. 마지막으로 이러한 전송 에러에 의한 화질 열화된 영상을 복원하기 위해 수신측, 즉 디코더측에서 올바르게 수신된 비디오 데이터의 시간적, 공간적 상관 관계를 이용하여 손실된 비디오 데이터와 유사한 영상을 예측하는 에러 은닉(Error concealment) 기법이 있다. 일반적으로 에러 은닉은 다음과 같은 장점으로 무선 비디오 전송(Wireless video)과 같은 저 대역폭 네트워크 응용에 적합하다고 볼 수 있다.^[7] 첫째, 원래의 비디오 데이터에 비해 비트량을 증가시키지 않고, 둘째, 부호화기의 변화 및 지연

(Delay)을 요구하지도 않으며, 마지막으로 응용이 쉽게 이루어질 수 있다.

에러 은닉 기법 중 손상된 비디오 블록을 은닉하기 위해서 이전 또는 참조 프레임을 이용하여 손상된 블록의 움직임 벡터를 구하는 기법을 시간적 영역에서의 에러 은닉(Temporal error concealment)이라 하며, 이 기법은 비디오 신호의 높은 시간적 상관 관계를 이용함으로써, 올바르게 수신된 이전 프레임(Previous frame) 또는 참조 프레임(Reference frame)의 데이터를 이용하여 손실된 블록과 유사한 블록을 예측하여 손실된 블록을 복원하는 방법이다. 본 논문에서는 기존의 시간적 에러 은닉 기법들에 대해 살펴보고, 또한 손실된 블록의 주변 블록이 가지는 움직임을 동일 움직임 여부에 따라 분류함으로써 손실된 블록의 움직임 벡터를 복원하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 비디오 전송 시스템의 구조를 보이고, III장에서는 비디오 부호화 및 전송 에러에 대해 기술하고, IV장에서는 기존의 시간적 에러 은닉 기법을 보인다. 그리고, V장에서는 제안 알고리즘을 나타내고, VI장에서 제안 알고리즘의 실험 결과를 보이고, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 비디오 전송 시스템

다음 <그림 1>은 유·무선 비디오 전송 시스템의 기본 요소를 나타낸다. 그림에서 입력되는 원영상에 대해 비디오 부호화 과정을 수행 후 채널 부호화를 마치고 네트워크를 통해 전송되며, 수신측에서는 이와는 반대의 과정을 거친다. 이러한 비디오 전송 시스템에서 에러 은닉 기법은 시스템의 마지막 단계인 Video Source Decoding 유닛(Unit) 블록에서 수행하게 된다.

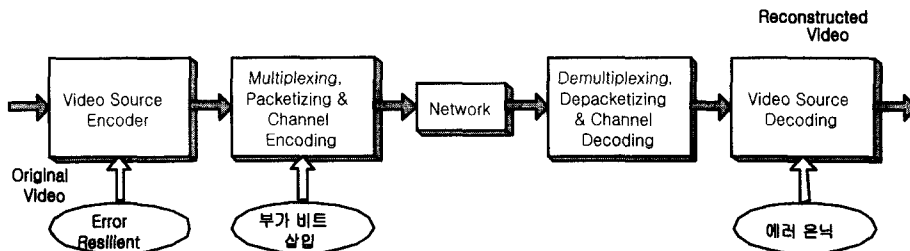


그림 1. 비디오 전송 시스템

Fig. 1. A typical video communication system.

III. 비디오 부호화 및 전송 에러

1. 비디오 부호화

제한된 네트워크 대역폭을 가지는 통신망 환경에서 비디오 데이터를 전송하기 위해서는 움직임 보상(Motion compensation), 예측 비디오 부호화 그리고 이산 여현 변환(DCT)등 하이브리드 블록 기반(Hybrid block-based) 압축 기법을 이용한다. 이중에서 시간적 중복성(Temporal redundancy) 제거를 통해 부호화 효율을 높이기 위한 방법으로 매크로블록의 시간에 따른 공간적 이동을 예측하는 움직임 예측 및 보상기법을 이용한다. 즉, 아래 그림에서 보이는 바와 같이 시간 t 인 현재프레임의 매크로블록은 이전 또는 참조 프레임인 시간 $t-1$ 의 프레임으로부터 예측되어 사용된다. 이때 현재 프레임의 각 매크로블록은 자기 주변의 일정한 탐색 영역 내에서 각 픽셀의 휘도값의 차이의 합과 같은 비용 함수(Cost function)를 이용하여 가장 작은 값을 가지는 위치를 그 매크로블록의 움직임 벡터로 간주한다.

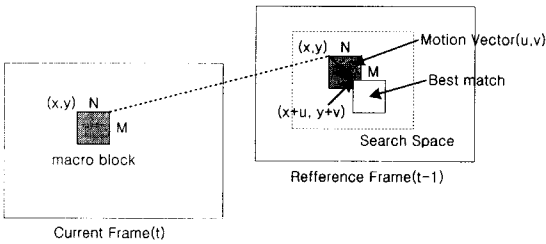


그림 2. 움직임 예측 및 보상
Fig. 2. Motion estimation and compensation.

2. 에러 전파 및 에러 탐지

가. 에러 전파(Error propagation)

예측 부호화 기법 및 가변 길이 부호화 기법은 압축 효율은 매우 높으나, 압축된 비디오 스트림을 전송 에러에 매우 민감하게 만든다. <그림 3>에서 보이는 바와 같이 예측 부호화된 영상에서 첫 번째 영상에서 임의의 블록에서 에러가 발생되었을 때 두 번째 영상은 이전 프레임(첫 번째 영상)으로부터 움직임 벡터를 예측하므로 이전 프레임의 에러를 그대로 가져오게 되며, 세 번째 영상 역시 이와 같은 원리로 이전 프레임에 발생된 에러에 영향을 받게 된다. 즉, 예측 부호화 기법에 의해 부호화된 영상을 디코딩할 때 발생된 에러를 내재한 영상으로부터 예측함으로써 직접적인 영향을 받게된다. 또한 가변길이부호화의 사용으로, 1비트 에러

에 의해 다음 동기화 코드(Codeword)를 만날때까지 복호화가 불가능하게 된다. 그리고, 비교적 큰 패킷 크기(128kbit/s over IP networks)를 가지는 저대역폭 응용에서는 패킷 한 개의 손실이 큰 영역 또는 전체 프레임 손상을 초래할 수 있다.

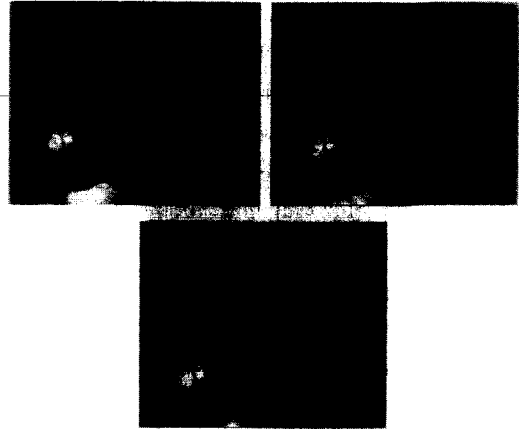


그림 3. 에러 전파
Fig. 3. Error propagation.

나. 에러 탐지(Error detection)

에러 은닉 기법이 디코더에서 적용되기 전에, 전송 에러가 발생했는지를 알아내야 한다. 일반적인 에러 탐지 방법은 다음과 같다.^[7]

① 트랜스포트 레벨에서 탐지

압축된 비디오 비트스트림이 ATM 네트워크 또는 IP 네트워크와 같은 패킷 기반 네트워크상에서 전송될 때, 각 트랜스포트 패킷에 헤더가 덧붙여지고 각 패킷의 헤더의 시퀀스 번호를 이용하여 패킷 손실의 여부를 판단할 수 있다.

② 디코더측에서 탐지

VLC 부호화 레벨에서 부호된 비트스트림의 VLC 코드값이 VLC 테이블에 존재하지 않을 때 에러가 발생된 것으로 간주한다. 또한, 부호화된 양자화 스텝 사이즈가 주어진 범위 이내에 존재하지 않거나, 부호화된 DCT 계수의 수가 64개보다 클 때 에러가 발생한 것으로 본다.

IV. 시간적 에러 은닉 기법(Temporal error concealment)

본 절에서는 디코더측에서 수신된 비디오 데이터를

복호화하다가 에러 발생을 탐지하면 올바르게 수신된 비디오 데이터의 시간적 중복성을 이용하는 기존의 시간적 에러 은닉 기법에 대해 살펴본다. 먼저 시간적 에러 은닉 기법에 대한 기존 연구를 보기 전에, 시간적 에러 은닉 기법이 가지는 특성을 먼저 살펴보고자 한다. 시간적 방향에서의 에러은닉은 비디오 시퀀스의 높은 시간적 상관성을 이용하는 기법으로 움직임 보상 기법을 사용하는 부호화 기법에서 사용된다. 현재 프레임의 손상되거나 손실된 블록을 복원하기 위해 미리 재구성된 이전 또는 참조프레임을 이용한다. 이는 식 (1)과 같이 표현될 수 있다.

$$MB_i = MV_i + Coeffs_i \quad (1)$$

여기에서 MB_i 는 디코딩이 이루어지는 현재 프레임의 i 번째 매크로블록이며, MV_i 는 현재 프레임에서 i 번째 매크로블록의 이전 또는 참조 프레임으로부터 예측된 움직임 벡터에 예측된 데이터 값이고, $Coeffs_i$ 는 원 영상과 MV_i 에 의해 움직임 보상된 영상간의 차분치를 나타낸다. 만약 수신측에서 모든 데이터를 올바르게 수신하였다면 현재 프레임의 모든 매크로블록은 움직임 벡터에 의해 구한 블록과 차분값을 합하여 올바른 영상이 재생된다. 이 두 정보(MV_i , $Coeffs_i$)가 부호화되어 전송되는 도중에 에러가 발생하면 시간적 에러 은닉에서는 단지 원래의 움직임 벡터(MV)와 근사한 MV' 를 예측한다. 즉, 차분 정보는 0으로 간주되어, $MB'_i = MV'_i$ 로 구성된 복호화된 영상을 만들어 낸다.

1. 단순 대체 기법(Simple temporal replacement)

현재 프레임의 손실된 매크로블록에 대한 움직임 벡터를 0(zero)으로 간주하는 방법으로, 현재 프레임과 참조 프레임간의 움직임이 거의 없다고 가정하여 현재

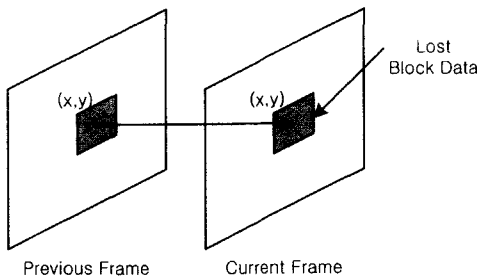


그림 4. 단순 대체 은닉 기법
Fig. 4. Simple temporal replacement.

프레임의 손실된 매크로블록을 손실된 매크로블록과 같은 위치에 존재하는 이전 프레임의 매크로블록으로 대체하는 방법이다. 다음 그림은 단순 대체 기법의 처리과정을 보인다. 이러한 기법은 움직임이 거의 없는 영상에서는 효과적이거나, 움직임이 많은 영상에서는 좋은 결과를 얻기 어렵다.^[8]

2. 평균(Average) 또는 중간값(Median) 기법

한 프레임내에서 인접한 블록들간에는 공간적 상관성이 높기 때문에 비슷한 움직임벡터 값을 갖는 경우가 많다. 따라서 이 기법에서는 손상되거나 손실된 매크로블록을 예측하기 위해 손실블록의 인접블록들이 가지는 움직임 벡터의 평균값이나 중간값을 취하여 손실블록의 움직임 벡터로 복원한다. 즉, 주변블록을 참조할 때 <그림 5>와 같이 손실블록의 주변에 있는 8개의 블록을 모두 사용하거나 손실블록과 직접적으로 인접한 상, 하, 좌, 우 4개의 블록의 움직임 벡터에 대해 평균 또는 중간값을 취해 이용할 수 있다.

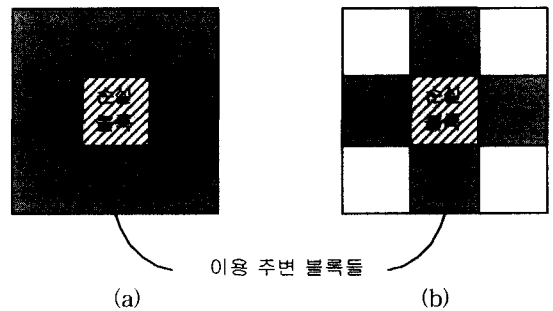


그림 5. 손실 블록의 MV 복원시 참조되는 블록
Fig. 5. Referenced blocks to recovery the MV of a lost block.

이 기법은 인접블록들의 움직임 벡터간 상관성이 높은 부드러운 움직임을 갖는 영역에서 성능이 좋다. 인접블록의 움직임 벡터가 언제나 동일하지는 않기 때문에 평균을 이용한 방법은 잘못된 결과를 가져오기도 한다. 위 두 가지 방법은 <그림 5>의 움직임을 갖는 객체에 대해 좋은 성능을 보인다. 일반적으로 중간값을 이용한 방법이 평균값을 이용한 방법보다 좋은 성능을 보이며 <그림 5(a)>와 같이 8개의 주변블록을 참조할 때보다는 <그림 5(b)>처럼 4개의 주변블록을 이용할 때 더 효과적이다.^[9]

3. Boundary Matching Algorithm(BMA)

BMA 기법^[10]은 손실된 블록의 오류 은닉을 위해 가

장 널리 사용되는 방법으로, 공간적으로 이웃한 블록들은 그 움직임 벡터와 블록 경계에서의 화소 휘도값에 있어서 유사성이 크다는 가정을 이용한다. 이 에러 은닉기법은 손실된 블록의 움직임 벡터를 후보 움직임 벡터 집합에 속한 임의의 값으로 주고 이전 프레임으로부터 손실된 블록을 보상한 후에, 그 보상된 블록의 경계 픽셀의 휘도값과 손실된 블록에 인접한 주변 블록들의 경계 픽셀의 휘도값을 비교하는 방법이다. 이때 그 경계값들이 가장 유사한 후보 벡터를 손실된 블록의 움직임 벡터로 추정하여 손실블록 영상을 복구하게 된다.

가. 왜곡 측정에 사용되는 경계 영역

<그림 6>은 매크로블록에 대하여 BMA를 적용할 때의 블록 경계 화소들을 보여주며, M_T , M_B , M_L , M_R 은 각각 손실된 블록의 상·하·좌·우에 위치한 블록을 의미한다.

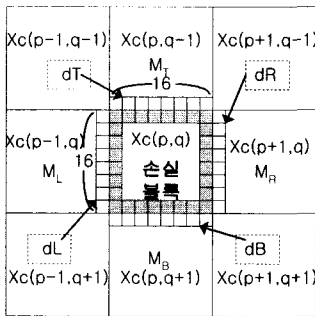


그림 6. BMA에서 사용되는 경계 선택 방법
Fig. 6. Boundary selection used by BMA.

이때 블록 경계에서 화소값의 연속성은 Side Match Distortion(SMD)에 의해서 잘 표현된다. 후보 움직임 벡터들을 이용하여 움직임 보상된 블록의 경계 화소값과 주변 블록의 경계 화소값의 차이에 의해서 SMD를 구하여 최소의 SMD를 갖는 후보움직임벡터를 손실블록의 움직임벡터로 복원한다. SMD는 식 (2)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned}
 dT &= \sum_{j=1}^{row} | [X_{MC}(p, q)]_{1,j}^{row} - [X(p, q-1)]_{1,j}^{row} | \\
 dL &= \sum_{j=1}^{col} | [X_{MC}(p, q)]_{1,j}^{col} - [X(p-1, q)]_{1,j}^{col} | \\
 dR &= \sum_{j=1}^{col} | [X_{MC}(p, q)]_{1,j}^{col} - [X(p+1, q)]_{1,j}^{col} | \\
 dB &= \sum_{j=1}^{row} | [X_{MC}(p, q)]_{n,j}^{row} - [X(p, q+1)]_{1,j}^{row} | \\
 dSum &= dT + dB + dL + dR
 \end{aligned} \quad (2)$$

프레임에서 좌표 (p, q) 에 위치한 크기가 $n \times n$ 인 블록을 $X(p, q)$, 이 블록에 해당하는 움직임 벡터를 $V(p, q)$ 라고 가정했을 때 $V(p, q)$ 가 손실되었을 경우 복원된 움직임벡터를 $\hat{V}(p, q)$ 로 나타내고 $[X_{MC}(p, q)]^{row}$ 과 $[X(p, q)]^{row}$ 은 블록 $X(p, q)$ 의 1번째 column에 있는 픽셀들의 휘도값과 1번째 row에 있는 픽셀들의 휘도값을 나타낸다. 식 2에서 dT , dB , dL , dR 은 각각 손실블록과 인접한 블록인 M_T , M_B , M_L , M_R 의 경계 화소값과 보상된 매크로 블록의 경계 화소값의 차에 절대값을 취한 것이다. $dSum$ 은 추정된 블록의 경계 정합 왜곡을 나타내며 그 값이 최소가 될 때 이웃한 블록들의 경계 화소값이 가장 유사하다는 것을 의미하므로, 이때의 후보 움직임 벡터를 손실 블록의 움직임 벡터로 복원하게 된다.

나. 후보 움직임 벡터

BMA에서 사용되는 후보 움직임 벡터들은 다음과 같다.

- ① 참조 프레임에서 손실 블록과 같은 위치에 있는 블록의 움직임 벡터
- ② 인접블록의 움직임 벡터의 평균 값
- ③ 인접블록의 움직임 벡터의 중간 값
- ④ 0(zero)

일반적인 경우 BMA가 좋은 성능을 보이지만 움직임 객체의 경계가 손실블록과 주변블록에 걸쳐있는 경우 최적의 움직임벡터를 찾는 데 어려움이 있다. 이것은 BMA가 손실블록과 주변블록 중 일부만이 움직임 객체에 포함되어 있는 경우에도 손실블록의 움직임과 관련이 있는 주변블록만을 참조하는 것이 아니라 일반적인 경우와 똑같은 주변블록을 참조하게 되고 또한 손실블록과 주변블록의 경계 픽셀간의 유사성만을 고려하기 때문이다.

4. Side Motion Estimation(SME)

손실된 블록을 참조 프레임으로부터 예측으로 구한 움직임 벡터에 따라 획득한 블록이 손실된 블록을 대체 가능한지 판별하는 또다른 기준으로 <그림 7>에서 보여지는 것처럼 현재 프레임에서 손실블록의 경계 바깥쪽에 있는 픽셀과 참조프레임에서 움직임 보상된 블록의 경계 바깥쪽에 있는 픽셀간의 휘도값의 유사성을 비교하는 SME방법이다.^[11]

이 기법은 움직임 예측(Motion Estimation)과 방법이 비슷하지만 비교되는 픽셀이 손실블록 자체가 아니라 손실블록 경계 픽셀의 바깥쪽에 있는 픽셀들이라는 점과 탐색을 하는 것이 아니라 손실블록이 동일 움직임 영역에 포함되었을 때의 움직임벡터와 움직임이 독립적일 때의 움직임벡터를 대입하여 비교하는 것이 차이점이다.

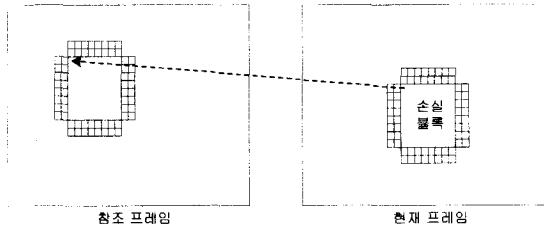


그림 7. SME에서 비교하는 픽셀
Fig. 7. Pixels used in SME.

객체의 에지가 손실블록의 경계부근에 있을 때 BMA에서 사용하는 SMD는 블록 경계의 유사성만을 이용하기 때문에 정확한 움직임벡터를 찾는데 실패할 확률이 높다.

5. 다중 참조 에러 은닉(Multiple-Reference Error Concealment)

지금까지 언급된 에러 은닉 기법들은 손실된 블록을 복원하기 위해 하나의 참조 프레임으로부터 예측하는 방법을 이용하였다. 다중 참조 에러 은닉 기법은 손실블록을 복원하기 위해 현재 프레임 이전까지 올바르게 수신된 여러 개의 참조 프레임을 이용하는 방법^[12]으로, 하나 이상의 참조 프레임을 저장하기 위해 다중 프레임 메모리(버퍼)가 필요하게 되므로 이동 통신 단말기 등에 이용하기에는 어려움이 있다.

d_L, d_R, d_T, d_B 를 손실된 블록 D의 좌측, 우측, 위쪽 및 아래쪽 블록의 다중 참조 움직임 벡터라고 하고, 이런 다중 참조 움직임 벡터들은 3가지 요소로 구성된다. 예를 들어, $d_L = (d_L^x, d_L^y)$ 로, d_L^x 은 움직임 벡터(d_L^x, d_L^y)를 나타내고, d_L^y 은 여러개의 참조 프레임에 대한 인덱스값을 나타낸다. 따라서, 각 다중 참조 움직임 벡터들을 나타내면 다음 식과 같다.

$$\hat{d}^s(x, y)_{idx} = \frac{(1-x_n)d_L + x_n d_R + (1-y_n)d_T + y_n d_B}{2} \quad (3)$$

여기에서, (x_n, y_n) 은 손실된 블록내의 (x, y) 에 대해 0,

0)에서 (1, 1)로 정규화된 값을 의미하며, idx 는 해당되는 참조 프레임 번호이다. 따라서, 위와 같이 구한 움직임 벡터중 가장 정확한 움직임 벡터를 얻기 위해서는 BMA와 같은 기법을 적용하여 왜곡이 가장 작은 블록의 움직임 벡터를 선택하게 된다.

V. 제안 알고리즘

일반적인 비디오 영상에서 하나의 큰 움직임 객체는 여러 개의 작은 블록들로 이루어져 있으며, 이렇게 공간적으로 인접한 블록들은 비슷한 속도로 유사한 방향으로 움직이게 된다. 따라서, 공간적으로 인접한 블록들의 움직임 벡터 정보는 상관성이 높다고 할 수 있다. 이와 같은 특성을 이용하여 기존의 움직임벡터 복원 알고리즘은 손실된 블록의 움직임 벡터를 복원하기 위해 주변 블록의 움직임 벡터 정보의 평균이나 중간값을 이용한다. 그러나, 움직임은 객체의 경계 부근에서 손실이 발생할 때, 즉 움직임 객체의 경계가 손실블록과 주변블록에 걸쳐있는 경우 기존의 움직임벡터 복원 알고리즘은 손실된 블록을 예측하기 위해 단순히 주변 블록들의 움직임 벡터를 BMA와 같은 왜곡 측정자에 적용하여 가장 최소의 왜곡값을 가지는 움직임 벡터를 구하는 방법을 사용한다. 이러한 방법은 손실된 블록과 이웃한 주변 블록이 가지는 동일 객체가 가지는 내용(Content) 상관성을 무시하므로 이러한 방법으로 복원하게 되면 정확한 움직임벡터를 찾기 어렵다. 손실블록과 주변블록들 중 일부만이 움직임 객체에 포함되어 있지만 일반적인 경우에 참조하는 주변블록들을 똑같이 참조하므로, 주변블록들 중에서 어떤 블록들이 하나의 움직임 객체에 포함되는지 판단하여 손실블록과 상관성이 높은 블록들과 그렇지 않은 블록들을 구별하여 참조할 필요가 있다. 제안 알고리즘에서는 손실블록의 주변블록들 중 일부 블록만이 동일한 움직임 객체에 포함될 경우 주변블록들 중에서 동일한 움직임을 갖는 영역을 추출하고 이 영역에 포함된 블록들의 움직임벡터를 조합하여 손실블록에 대한 후보 움직임 벡터를 생성하며, 이 후보 움직임 벡터들중에서 왜곡 측정자에 의해 최소의 왜곡을 가지는 움직임 벡터를 선택한다.

1. 주변 블록의 움직임 크기와 방향

먼저 <그림 8>과 같이 에러 전파에 의해 손실된 블록과 올바르게 수신되어 이용 가능한 주변 블록들에

대해서, 손실된 블록에 대한 동일 움직임영역을 구분하기 위해 각 주변 블록의 움직임을 비교하게 되는데, 이때 블록의 움직임은 그 블록이 이동하는 방향과 크기로 나타낼 수 있다.



그림 8. 손실 블록 및 이용 가능한 주변 블록
Fig. 8. Lost blocks and available adjacent blocks.

블록의 움직임 방향은 그 블록에 대한 움직임벡터의 x, y 좌표의 기울기를 이용하는데 우선 식 (4)을 이용하여 원점에서 움직임벡터가 위치한 좌표까지 이은 직선과 X 좌표축이 이루는 각을 계산한다. 즉, 이 각은 <그림 9>에서 보이는 것처럼 움직임벡터의 x, y 좌표의 위치에 따라 각각 1사분면에서 4사분면까지 각 direction으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{radian} &= \arcsin\left(\frac{|y|}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \\ \text{MV_Angle} &= \text{radian} \times \frac{180}{\pi} \end{aligned} \quad (4)$$

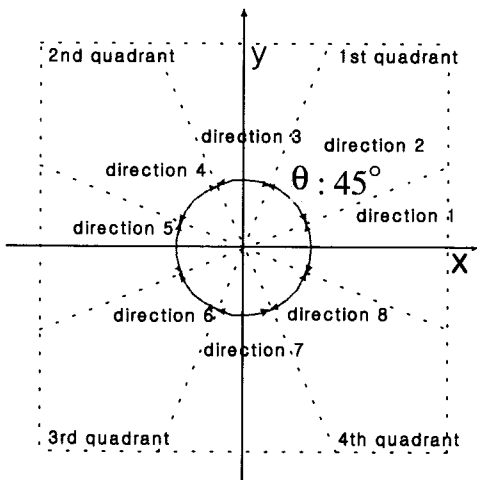


그림 9. 주변 블록의 움직임 벡터 방향
Fig. 9. Direction of motion vector in adjacent blocks.

각 direction의 기울기를 0° 에서 360° 까지 45° 간격으로 9가지 방향으로 구분한다. 즉, 주변 블록은 움직임

벡터의 기울기에 따라 9가지 방향 중 하나를 갖게 된다.

표 1. 움직임벡터의 기울기와 블록의 방향과의 관계^[13]

Table 1. Relation between angle/direction of MV and direction of block.

Gradient of Motion Vector	Direction of block
$0 < \text{angle/direction} < 22.5$ and $337.5 < \text{angle/direction} < 360$	direction 1
$22.5 < \text{angle/direction} < 67.5$	direction 2
$67.5 < \text{angle/direction} < 112.5$	direction 3
$112.5 < \text{angle/direction} < 157.5$	direction 4
$157.5 < \text{angle/direction} < 202.5$	direction 5
$202.5 < \text{angle/direction} < 247.5$	direction 6
$247.5 < \text{angle/direction} < 292.5$	direction 7
$292.5 < \text{angle/direction} < 337.5$	direction 8

2. 주변 블록의 분류

손실된 주변 블록을 주변 블록이 가지는 움직임 벡터에 의해 8가지 방향중 하나의 direction으로 먼저 분류된다. 따라서, 몇 개의 블록들이 같은 direction으로 분류되면, 이 블록들은 같은 클래스(class)에 속하여 동일 움직임 객체로 간주된다. 이러한 분류는 각 direction을 더 작은 단위로 분할함으로써 더 정교한 분류를 할 수 있지만, 이럴 경우 더 적은 후보 움직임 벡터를 생성하여 손실된 움직임 벡터를 예측하는데 더 적은 계산을 이끌어 낼 수 있다.

3. 후보 움직임 벡터 선택

제안된 방법에서는 주변 블록이 임의의 클래스로 분류되었을 때, 하나의 클래스에는 하나 이상의 블록들이 존재하므로 이 블록들의 움직임 벡터로부터 이 클래스를 대표하는 움직임 벡터를 만들어야 한다. 본 논문에서는 각 클래스에 존재하는 블록의 움직임 벡터들에 대해 중간값을 취해 각 클래스를 대표하는 움직임 벡터를 생성한다.

4. 왜곡 측정자(Distortion Measure)

주변 블록들이 각 클래스로 분류되고 각 클래스를 대표하는 움직임 벡터들에 대해서 손실된 블록과 가장 유사한 블록을 찾기 위해 본 논문에서는 좌우측 블록의 해당 픽셀 참조를 제거한 다음과 같은 왜곡 측정자를 이용한다. 즉, 손실 블록이 16×16 크기의 블록일 때 상,하 픽셀만을 이용하는 SME방법으로 왜곡을 측정한다.

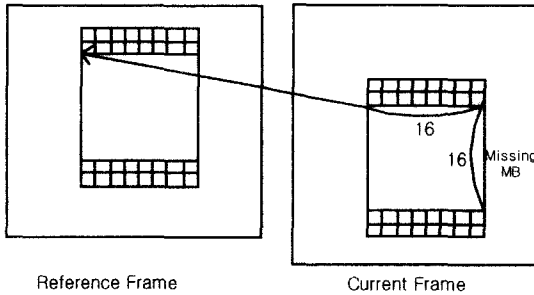


그림 10. 변형된 왜곡 측정자
Fig. 10. Modified distortion measure.

5. 손실 블록의 움직임 벡터 선택

각 클래스를 대표하는 후보 움직임 벡터에 대해 왜곡을 측정하여, 가장 작은 왜곡을 가지는 블록의 움직임 벡터를 손실된 블록의 움직임 벡터로 간주한다. 제안된 알고리즘을 좀더 자세히 살펴보기 위해 Suzie 영상의 47번째 프레임의 80번째 매크로블록에서 에러가 발생했다고 가정하면, <그림 11>의 경우, 손실 블록 주변의 각 블록이 가지는 움직임 벡터를 <표 1>에 따라 방향성을 조사하여 방향성에 따라 direction이 결정됩니다. 몇 개의 블록들이 같은 direction으로 분류되면, 이 블록들은 같은 클래스(class)에 속하여 동일 움직임 객체로 간주된다. 즉, 인접 블록의 direction이 같으면 같은 클래스로 분류합니다. <그림 11>에서는 손실된 주변 블록 중 위쪽의 두 개 블록은 direction 5로 분류되

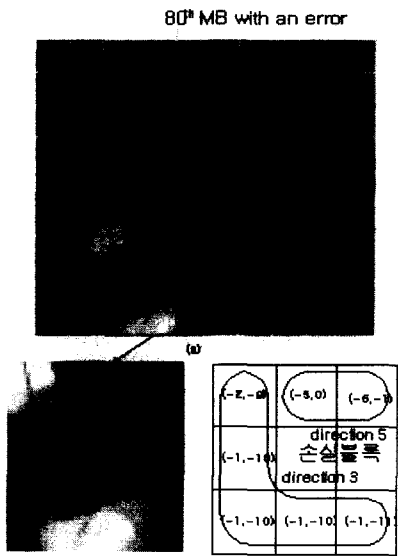


그림 11. 제안 방법의 예
Fig. 11. An example of proposed method.

고, 나머지 주변 블록은 direction 3의 클래스로 분류됨을 보여줍니다.

VI. 실험 결과

실험은 TMN 3.2의 H.263 비디오를 기반으로 4개의 QCIF, Suzie, Carphone, Mother&daughter 그리고 Foreman 영상 영상에 대해 5%~20%의 블록 손실율에 따라 실험하였다. 실제 통신 채널 상에서의 전송효과를 재현하기 위해 에러는 랜덤하게 주었으며 디코더에서 손실블록의 위치는 알고있는 것으로 가정하였다.

<표 2>는 블록 손실율에 따른 각 결과 영상에 대한 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio) 값을 나타내며, 이때 'NO-EC'는 에러 발생이 없는 경우를 나타내고, 'TR(Simple temporal replacement)'은 모든 손실블록의 움직임벡터에 0을 대입한 것이며, 'Average'와 'Median'은 주변블록의 움직임벡터의 평균과 중간값을 이용하여 복원한 경우이다. PSNR은 원영상과 각 에러 은닉 기법에 의해 복호화된 영상간 계산되었다. <표 2>에서 제안된 동일 움직임 영역 추출 기법을 이용하여 손실된 블록을 복원한 경우의 PSNR 값이 기존의 에러 은닉 기법들에 비해 조금 더 우수함을 알 수 있고, <그림 13>에서 보이듯이 실제 복원 영상을 비교시 더 부드러운 이미지를 생성한다.

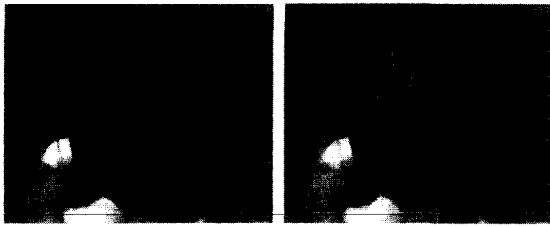
<그림 12>는 복원된 영상의 주관적 화질을 보기 위한 것으로, 원영상, BMA에 의해 복원된 영상과 제안된

표 2. QCIF 크기 영상의 에러율에 따른 PSNR 비교(dB)

Table 2. PSNR comparison according to error rates in QCIF images.

영상	Block Loss Rate	no-EC	TR	Average	Median	BMA	Proposed
Suzie	5%	38.66	37.59	38.06	38.53	38.25	38.66
	10%		36.19	37.59	37.29	37.78	38.66
	15%		36.57	37.32	37.19	36.76	38.66
	20%		35.56	36.98	36.59	36.13	37.13
Carphone	5%	37.63	37.59	37.58	37.59	37.59	37.44
	10%		37.56	37.56	37.58	37.56	37.55
	15%		37.46	37.44	37.46	37.46	37.55
	20%		37.43	37.41	37.43	37.51	37.55

방법으로 복원된 이미지를 보여주며, <그림 13>의 (a)는 BMA에 의해 복원된 영상의 확대된 영상을, (b)는

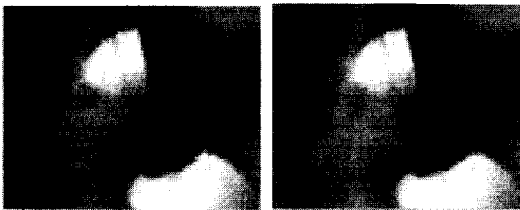


(a) 원 이미지 (b) BMA에 의한 복원 이미지



(c) 제안된 방법으로 복원된 이미지

그림 12. Suzie 영상에 대한 에러 은닉 예(10% errors)
Fig. 12. An error concealment example of suzie image (10% errors).



(a) 그림 12 (b)의 확대 영상 (b) 그림 12 (c)의 확대 영상

그림 13. 확대 영상 예
Fig. 13. An example of enlarged images.



(a) BMA에 의한 복원 이미지 (b) 제안된 방법으로 복원된 이미지

그림 14. carphone 영상의 에러 은닉 예(20% errors)
Fig. 14. An error concealment example of carphone image (20% errors)

제안된 방법으로 복원된 영상의 확대 영상을 보여준다. 그림에서 알 수 있듯이 제안된 방법이 더 부드러운 영상을 복원함을 알 수 있다.

특히, 손가락과 전화기 부분에서 주변 블록과의 동일 움직임 상관성을 이용함으로써 더 부드러운 영상을 만들어 낸다. 또한 <그림 14>는 Carphone 영상에 대한 에러 복원을 나타낸다.

VII. 복잡도 분석

BMA 방법과 제안된 방법에 사용된 수식을 이용하여 복잡도를 분석하면 다음과 같다.

1. BMA 방법

가. 사용된 후보 벡터 : 3절 나항에서 기술된 후보 움직임 벡터 4개

나. 각 후보 움직임 벡터 당 식 (2)에서 사용된 $dSum = dT + dB$

2. 제안된 방법

가. 사용된 후보 벡터 : 손실 블록을 중심으로 오른 쪽 블록을 제외한 7개 주변 블록에 대한 움직임 벡터

나. 각 후보 움직임 벡터에 대해 식 (4)에 의해 움직임 방향을 검출하고, 표 1에서 direction 결정

다. 각 후보 블록의 direction에 따라 동일 클래스로 분류

라. 각 동일 클래스에서 중간값을 취해 각 클래스를 대표하는 움직임 벡터를 생성

마. 생성된 각 클래스의 대표 움직임 벡터에 대해 다음과 같은 SME 수행

$$dT = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 |[X_{MC}(p, q-i)]_{1,j}^{row} - [X(p, q-i)]_{1,j}^{row}|$$

$$dB = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^4 |[X_{MC}(p, q+i)]_{1,j}^{row} - [X(p, q+i)]_{1,j}^{row}|$$

여기에서, $X_{MC}(p, q)$ 는 참조 프레임, $X(p, q)$ 는 현재 프레임, row는 행의 좌표, (p, q) 는 손실블록의 좌측 상단 좌표를 의미한다.

VIII. 결 론

압축된 비디오 스트림을 통신 채널을 통해 전송할 때 전송 중 발생하는 채널에러에 의해 손상된 비디오 스트림은 에러가 발생한 영역의 화질열화뿐만 아니라

에러가 시·공간적으로 전파되어 그 스트림의 다른 부분으로까지 영향을 미치게 된다. 이러한 채널 에러의 영향을 최소화하는 방법인 에러 은닉기법은 인코더의 수정이나 원래의 비디오 스트림 외에 추가 정보가 필요하지 않고 전송대역이나 전송 지연에 크게 제약을 받지 않기 때문에 많이 이용되고 있다. 본 논문에서는 통신 채널을 통해 전송되는 과정에서 발생한 에러에 의해 손상된 비디오 스트림을 복원하기 위해 손실블록의 주변에 있는 블록들의 움직임벡터 정보를 이용하여 손실블록의 움직임벡터를 복원하는 방법을 제안하였다.

본 논문에서의 손실 블록의 주변 블록들의 동일 움직임을 분석하여 손실 블록의 움직임을 잘 예측할 수 있도록 하기 위해서, 손실 블록의 이웃 블록들의 움직임 벡터는 각 움직임 벡터의 방향에 따라 분류되고, 각 분류된 클래스의 대표 움직임 벡터는 후보 움직임 벡터군에 포함된다. 후보 움직임 벡터군에 속한 각 움직임 벡터에 의해 예측된 블록과 손실 블록 주변간의 왜곡을 측정하여, 최소의 왜곡을 가지는 블록의 움직임 벡터가 선택된다.

움직이는 객체의 경계 부근에서 손실이 발생할 때, 즉 움직임 객체의 경계가 손실블록과 주변 블록에 걸쳐있는 경우 기존의 방법을 이용하게 되면 최적의 움직임벡터를 찾는 데 어려움이 따른다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안방법에서는 손실 블록의 주변블록들의 움직임을 판단하고, 주변 블록들의 움직임에 따라 손실 블록의 움직임을 잘 추정할 수 있는 후보 움직임 벡터를 생성함으로써 주변 블록과 동일 움직임영역 기반의 움직임벡터 복원 알고리즘을 제안하였다. 손실블록의 주변블록들 중 일부블록만이 움직임 객체에 포함될 경우 주변블록들 중에서 동일한 움직임을 갖는 영역을 추출하고 이 영역에 포함된 블록들의 움직임벡터를 이용하여 손실블록의 움직임벡터를 복원하게 되므로 기존의 에러 은닉 기법에 비해 효과적이다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T Rec. H.261, "Video Codec for Audio-Visual Services at 64-1920kbit/s", 1993.
 [2] ITU-T Rec. H.263, "Video Codec for Low Bit Rate Communication", 1996.
 [3] ISO/IEC 11172-2 International Standard of MPEG-1, Part2 : Video, 1993.

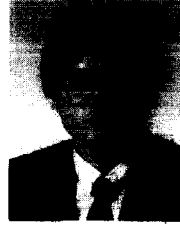
[4] ISO/IEC, 13818-2 Generic coding of moving picture and associated audio, International Standard : Video, 1994.
 [5] MPEG-4 Video Group, Generic Coding of audio-visual objects : Parts2-Visual, May 1998.
 [6] Q. F. Zhu and L. Kerofsky, "Joint source coding transport processing and error concealment for H.323-based packet video," in *Proc. of SPIE Conf. on visual communication and image processing*, San Jose CA, pp. 52~62, Jan. 1999.
 [7] M. T. Sun and A. R. Reibman, "Compressed Video over Networks," Signal Processing and Communications Series, pp. 219~223, 2001.
 [8] M. Ghanbari, and V. Seferidis, "Cell loss concealment in ATM video codecs," *IEEE Tran. Circuit and System for Video Technology*, Vol. 3, pp. 238~247, June 1993.
 [9] A. Narula, and J. S. Lim, "Error Concealment Techniques for an All-Digital High-Definition Television System," in *Proc. of SPIE Conf. on visual communication and image processing*, Vol. 2094, pp. 304~315, 1993.
 [10] W. M. Lam, A. R. Reibman, and B. Liu, "Recovery of lost or erroneously recieved motion vectors," *Proc. ICASSP*, No. 5, pp. 417~420, 1993.
 [11] Z. Yu, H. R. Wu, and S. Yu, "Lost motion vector recovery for digital video communication," in *Proc. of SPIE Conf. on visual communication and image processing*, Vol. 4067, pp. 1250~1260, 2000.
 [12] M. E. Al-Mualla, C. N. Canagarajah, D. R. Bull, "Multiple-reference temporal error concealment," in *Proc. of ISCAS Conf. on Circuits and Systems*, Vol. 5, pp.149~152, 2001.
 [13] J. Y. Nam, J. S. Seo, J. S. Kwak, and M. H. Lee, "New block-matching algorithm for motion estimation based predicted direction information", in *Proc. of SPIE Conf. on visual communication and image processing*, Vol. 4067, pp. 1212~1220, 2000.[13]

저 자 소 개



朴 星 鑽(正會員)

1994년 동신대학교 전자계산학과(학사). 1999년 전남대학교 대학원 전산학과(석사). 2002년 전남대학교 대학원 전산학과 박사과정 수료 <주관심분야 : MPEG-4 스프라이트 코딩, 비디오 코딩, 에러 은닉>



李 貴 相(正會員)

1980년 서울대 공대 전기공학과(학사). 1982년 서울대 대학원 전자계산기공학과(석사). 1983~1984년 금성통신 연구소. 1991년 Pennsylvania주립대학 전산학박사. 1984년~현재 전남대 정보통신연구소·컴퓨터 정보학부 교수. <주관심분야 : 멀티미디어통신, 영상처리 및 복원, 테스트, 논리합성, VLSI/CAD>