DBpia

논문 99-24-5B-15 한국통신학회논문지 '99-5 Vol.24 No.5B

블록기반 비디오 코딩기법에서 움직임 계수 정보를 이용한 새로운 에러 은닉기법

정회원 박 수 열*, 유 상 조*, 홍 성 훈*, 김 성 대*

A New Error Concealment Method Using Motion Parameter in Block Based Image Coding Schemes

Soo-Yeal Park*, Sang-Jo Yoo*, Seong-Hun Hong*, Seong-Dae Kim* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 MPEG-2, H.261, H.263, H.263+ 와 같은 움직임 보상 블록 기반 영상 코딩 기법에서 인코더 구조나 비트 열 문법의 수정 없이 6계수 움직임 정보를 사용한 에러 은닉 기법을 제안한다. 제안된 방법은 이동통신망과 같이 에러가 발생할 확률이 높고 비교적 작은 대역폭을 지원하는 환경에서 영상 정보의 시간방향의 에러 은닉을 위해서 사용될 수 있다. 디코더 측에서 정확한 6 계수 움직임 정보의 추정을 위해서, 손실된 블록 경계에 있는 주변의 마크로 블록들을 4x4 블록으로 분할하여 2-D 움직임 정보를 다시 구하였다. 실험영상을 통한 모의 실험결과 제안한 움직임 계수를 사용한 방법은 2차원 움직임 벡터들을 사용하는 방법들에 비해서 전송 프레임 율이 낮은 경우 효과적으로 사용될 수 있으며, 움직임 보상에러가 큰 경우 즉 2차원 병진운동 뿐만 아니라 회전운동, 크기 변환 같은 3차원 움직임 있을 때 우수한 에러은닉 성능을 제공한다는 결론을 얻을 수 있었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a new error concealment method using 6 parameter affine transform in the block based image coding schemes such as H.236, H.261, and MPEG-2 without modifying the encoder structure and bit stream syntax. This method can be used for temporal direction error concealment of visual information under the channel environment with high BER and low bandwidth, especially mobile networks. For extracting the exact 6 parameter motion information in the decoder side, we partition believable adjacent macro blocks of lost macro blocks into 4x4 blocks, and re-search the 2-D motion vector of the 4x4 blocks in the boundary area. Compared to the conventional concealment method using 2-D motion vectors, the proposed method provides the effective error concealment in the low frame rate visual communications and when the compensation error using 2-D motion vector is large.*

I. 서 론

최근 들어 이동 통신 분야에서 인터넷 서비스와 같은 비음성 데이터 서비스 수요의 증가와 함께 IMT-2000 같은 고속망의 출현은 그림1에서와 같이 비디오 폰, 주문형 비디오 서비스 같은 높은 대역폭을 요구하는 실시간 멀티미디어 서비스의 제공이 현실적으로 가능하게 되었고 이에 대한 연구가 활발하게 진행 되고 있다.

그러나 이러한 무선 이동 통신망은 고정망(fixed network)인 NISDN, BISDN의 ATM 망에 비해 전파 환경, 이동체의 위치, 이동체의 속도, 이동체의 핸드오버, 셀(Cell) 내의 이동체의 수, 다양한 RTT(radio transmission technology) 기법

* 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (syp@sdvision.kaist.ac.kr)
논문번호 : 98428-0929 접수일자 : 1998년 9월 29일

www.dbpia.co.kr

(CDMA, TDMA, FDMA 등), 전력 제어기법 등으로 인한 복합적인 이유로 인하여 멀티미디어 데이터 전송 시 랜덤에러, 레이레이(ray-leigh) 페이딩 에러, 연집 에러를 발생시키다.

또한 기지국 셀에서 상향링크(uplink link), 하향링크(down link) 전송 시 발생하는 에러 패턴들의 차이점 등으로 인해 실시간 멀티미디어 서비스 제공을 위해 반드시 필요한 고정된(static & deterministic) QOS (대역폭, 전송지연, 셀 또는 프레임 손실 비율, BER) 의 제공을 어렵게 한다.

특히 유무선 통합 망에서의 종단간 실시간 비디오 서비스 통신에서 특히 MBI(mobile-to-base station Interface)에서 고정된QOS 서비스 제공의 어려움은 전체 구간에서의 고정된 QOS의 보장을 어렵게 한다.

이러한 특성으로 인한 채널의 높은 BER 때문에 H.261[1], H.263[2], H.263+[3], MPEG-2[4]와 같은 MC+DCT 방식의 가변길이 부호화 코딩(VLC)기법을 사용하는 비디오 통신에서 전송 비트 열에 채널 에러가 발생하게 되고 이로 인하여 에러가 발생한 영역의 화질 열화는 물론이고 발생된 에러가 시·공간적으로 전파되는 특성을 가진다.

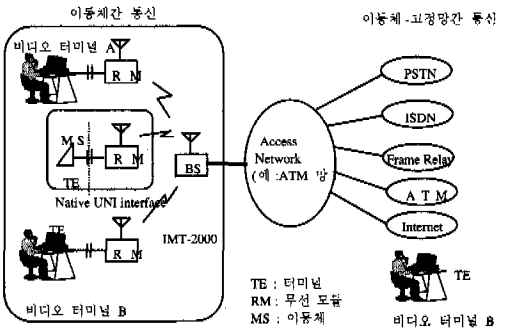


그림 1. 이동통신망에서의 서비스 구성도

이동 통신망에서의 영상 부호화 기법은 에러 방지(error protection), 에러 회복(error recovery), 에러 은닉(error concealment) 기법 크게 세 가지 분야로 크게 분류할 수 있다. 첫번째 에러 방지 기법은 무선 구간에서 전송에러가 발생시 영상 데이터 자체를 보호하는 연구를 들 수 있으며, 순방향 에러 정정(FEC:forward error correction) 코딩기법과 타입 I,II ARQ(automatic repeat request) 같은 선택적인 재 전송 방법들이 있다.

순방향 에러 정정 채널 코딩기법을 사용하여 영상 부호화 정보를 보호하는 방법은 무선 구간에서 랜덤 에러가 발생하는 할 때 적용될 수 있으며 발생된 비디오 비트 열을 인터리버(interleaver)을 사용하여 연집 에러를 확산(disperse) 시켜 페이딩 구간이 짧은 경우(short term fading)에 효과적으로 사용될 수 있다. 그러나 순방향 에러 정정 만을 사용하는 기법은 이동 통신에서 자주 발생하는 수십 ms - 수 sec 간 지속되는 긴 페이딩(long-term fading) 상황에서는 효과적으로 사용 할 수 없다. 무선 구간의 채널 상태를 예측 또는 모니터링하여 채널 상황에 가변적인 순방향 에러 정정 채널 코딩(channel adaptive FEC, RCPC: rate-compatible punctured convolution code) 을 수행하면 좀더 효과적이나 이 방법 역시 완벽하게 전송에러로부터 영상 부호화 정보를 보호 할 수 없다.

전송에러가 발생 했을 때 재 전송 기법을 사용하는 방법은 타입 I,II ARQ 같은 채널 코딩 계층과 프로토콜 계층에서 고속 재 전송 방법 (RLP : radio link protocol (IS-95))으로 분류 할 수 있다[5][6]. 타입 I,II ARQ 같은 채널 코딩을 사용하여 영상 부호화 정보를 전송하는 방법은 손실된 프레임을 MBI 구간에서 재 전송으로 인한 지연이 비디오 서비스 전체 구간에서의 종단간 지연 QOS을 만족하는 한, 재 전송하는 방법으로 순방향 에러 정정에 비해 효과적이다.

그러나 긴 구간 페이딩 상황에서는 재전송 가능성이 높아지고 이로 인한 전송지연이 커지는 단점이 있다. RLP 와 같이 프로토콜 계층에서 재전송하는 경우는 앞의 경우와 마찬가지로 MBI에서 채널코딩, 인터리버, RF전송지연, 인터리버, 채널코딩을 재 전송시 마다 두 번 이상 거쳐야 하므로 BER이 높은 경우에 전송 지연이 커지므로 종단간 전송지연 QOS 을 만족 하기가 어렵다.

특히 그림 1에서 이동체 영상단말에서 유선 망에 있는 영상 단말로 연결되는 호(mobile-to-land call) 가 아니라 이동체에서 유선 망을 거쳐서 이동체로 연결되는 호인 경우는 재 전송으로 인한 지연이 매우 커지게 된다. 이 경우에 프레임 헤더에 영상 정보의 중요도 정보를 입력하여 긴 구간 에러 발생시 우선 순위에 따라 재전송 하는 방법들을 사용하면 전송지연 QOS 를 만족하면서 가변길이 부호화 코딩(VLC)를 사용하는 영상 부호화 코딩 방법에서 영상 헤더 같은 중요한 정보들을 효과적으로 보호 할 수 있다.

두 번째는 ACK/NACK 메시지를 사용하여 피

www.dbpia.co.kr

드백 채널(예: H.263+, RPS: reference picture selection)을 통한 비디오 데이터 에러 회복 분야이다. MC+DCT 방법을 사용한 블록 기반 코딩 기법들은 기본적으로 인코더와 디코더 사이에 일대일 대응되는 움직임 벡터를 사용한 프레임 버퍼 구조를 사용하고 있다. 무선 채널 구간에서 에러가 많이 발생할 때 비디오 데이터는 에러 방지 기법에 의해 적절하게 보호 될 수 없으면 에러 은닉 기법을 사용하여 순간적인 에러로부터 비디오 데이터를 은닉할 수 있다. 그러나 MC+DCT 블록 기반 코딩 기법에 기반을 둔 에러 은닉 방법으로는 에러 없이 수신된 경우와 같은 완벽한 영상을 복원 할 수 없고 은닉 오차가 발생하게 된다.

이 상태에서 수신 단 디코더는 오차가 있는 이전 프레임 정보를 사용하여 다음 프레임을 계속 디코딩 하므로 복원 에러가 시공간 방향으로 전파된다. MPEG-2와 같이 I 프레임이 주기적으로 디코더 단에 전송되는 구조는 시공간 에러 전파가 최대 I 프레임 주기 단위지만, H.263 과 같이 저속의 이동통신망에서 사용되는 비디오 코덱 구조는 비트량을 줄이기 위해 I-프레임의 주기적 전송은 사용하지 않는다.

이런 상황에서 에러 전파는 프레임이 진행될수록 화질을 열화 시킨다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 수신 단에서 에러가 발생한 영역의 정보를 피드백 채널을 통하여 인코더 단에 전송하여 에러 전파를 최소화 하는 기법들이 제시되고 있다. 대표적인 방법으로는 에러 추적기법[H.263 Appendix I] 과 인코더에서 가변적인 참조 프레임을 사용하는 방법[7], 독립적인 픽쳐 세그먼트 방법[3] 등이 있다.

세 번째는 전송 에러 발생시 영상 정보 에러를 은닉(error concealment) 하는 분야로서 전송 에러 발생시에 종단간 전송 지연 QOS을 만족 하기 위하여 영상 정보를 완벽하게 보호 할 수 없는 경우 즉 에러 정정 능력을 벗어나는 경우에 에러에 대한 화질 열화 및 에러 전파를 최소화 하기 위해서 사용된다. 가변길이 부호화 코딩을 사용하는 영상 코딩 방법들은 가변길이 부호화 정보에 에러가 발생하면 나머지 정보들도 연속적으로 오류가 발생할 가능성이 높아진다. 가변길이 부호화 정보에서 효과적인 에러 은닉은 에러가 발생한 부분을 최소화 시키는 전처리 방법들이 필요하다. 이러한 전처리 방법들로는 인코더에서 발생되는 비트 열에 GOB(group of block) 단위의 세그먼트 식별자 정보를 삽입하는 방법, 마크로 블록 절대 어드레스 사용 방법[8], 역 방향 가변길이 부호화 코딩[9] 등이 있다.

에러 은닉은 에러 검출 전처리 과정이 처리된 후에 수행되며 주변 마크로 블록 정보들을 사용하여 공간적인 영역에서 손실된 블록들을 보상하는 방법들과 시간적 영역에서 보상하는 방법들이 있다.

공간 영역에서의 에러은닉 기법들은 손실된 블록이 에러 없이 수신된 영역에 비해서 작은 경우에 적용될 수 있으며 선형 삽입 에러 은닉기법[10][11], 주파수영역 에러 은닉기법[12], 프로젝션 에러은닉기법[13] 등이 있으며 인트라 모드 코딩에서 효과적으로 에러를 은닉 할 수 있다. 시간적 방향에서의 에러 은닉은 움직임 보상 기법을 사용하는 코딩기법에서 사용되며 에러 없이 수신된 주변 마크로 블록의 움직임 벡터 정보들을 사용하여 에러 은닉을 수행하며 프레임 율이 높고 움직임 보상 에러가 적은 경우에 우수한 효과를 얻을 수 있으나 ATM 망과 같은 초고속 통신망에 비해 상대적으로 전송 대역폭(64Kbps-128kbps, 옥외 이동통신) 이 작고 사용되는 프레임 율이 낮은 경우와, 영상 내에 물체의 수가 많고 움직임이 많거나 갑자기 장면 변화가 발생하는 경우에는 화질이 떨어지는 단점이 있다.

본 연구에서는 이동통신망과 같이 에러가 발생할 확률이 높고 비교적 작은 대역폭을 지원하는 환경에서, MPEG-2, H.261, H.263, H.263+ 와 같은 움직임 보상 블록 기반 영상 코딩 기법에서 에러 없이 수신된 주변 마크로 블록들의 2차원 움직임 벡터들로부터 구한 3 차원 움직임 계수(motion parameter)를 이용하여 시간방향에서의 효과적인 에러 은닉 방법을 제안하였다. 제안한 움직임 계수를 사용한 방법은 2차원 움직임 벡터들을 사용하는 방법들에 비해서 전송 프레임 율이 낮은 경우에 특히 효과적으로 사용될 수 있으며, 움직임 보상에러가 큰 경우, 즉 2차원 병진운동 뿐만 아니라 회전운동 같은 3차원 움직임 있을 때 우수한 에러은닉 성능을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 기존에 제안된 에러은닉 기법 관련연구 들에 대해서 고찰해보고 III 장에서는 본 논문에서 제안한 3차원 움직임 계수를 사용한 에러 은닉 기법에 대해서 설명한다. IV 장에서는 제안한 방법에 대한 모의 실험 결과에 대해서 고찰해보고 마지막으로 V 장에서 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

www.dbpia.co.kr

MC+DCT 블록 기반 영상 압축 기법들 (MPEG-2, H.261, H.263) 들은 일반적으로 영상 시퀀스를 픽쳐 그룹 (GOP:group of picture), 픽쳐, 마크로 블록 그룹 (GOB: group of block), 마크로 블록, 블록 단위로 분류하여 영상 압축 알고리즘을 수행한다. 이러한 블록 기반 코딩기법에 효과적인 에러은닉은 우선적으로 에러 발생 영역을 최소화 하는 게 중요한다. 그러나 비트 열에 GOB 단위의 세그먼트 식별자 정보를 삽입하는 방법이나 마크로 블록 절대 어드레스 사용 같은 에러 영역을 최소화 하기위한 기법들은 추가 정보를 디코더 단에 전송해야 하므로 전송 비트량 증가를 야기 시킨다[8]. 예를 들면 세그먼트 단위를 GOB 단위로 하지 않고 마크로 블록 단위로 분리 식별자를 삽입하면 마크로 블록 단위로 에러 방화벽이 설치 되므로 가변장 길이 디코딩 에러가 마크로 블록 단위로 제한된다. 그러나 채널 전송 에러가 발생 하지 않을 경우 분리 식별자 같은 에러 방화벽 설치를 위한 추가적인 정보는 불 필요하게 되며 특히 전송 대역폭이 작고 고정되어 있는 경우 영상정보 자체에 대한 비트 할당이 적어져서 화질 열화를 초래한다. 반대로 세그먼트 단위를 몇 개의 GOB 단위로 할 경우 이에 따른 비트량 증가는 작아져서 인코더 단에서 전송되는 영상의 화질은 좋아지지만 채널 에러가 발생하게 되면 수신 단에서 영역 손실이 몇 개의 GOB에 발생하게 되고 에러 발생 영역이 커지게 되므로 효과적인 에러 은닉이 어렵다. 이로 인하여 시공간 에러 전파가 수신 단에서의 PSNR 을 크게 저하 시킨다.

수신 단에서의 기존에 제안된 에러 은닉 기법들을 살펴보면 기본적으로 공간적인 영역에서 손실된 블록들을 보상하는 방법들[10][11][14]과 움직임 벡터를 사용하여 시간적 영역에서 보상하는 방법[14][15][16]들이 있으며 두 가지 방법을 결합(hybrid) 한 형태의 방법[10][15]들이 제안되었다.

손실된 영역의 에러 은닉에서 성능 추정에 사용되는 측정치(correctness measure)는 AID (average inter-sample distance), AIDB (average inter-sample difference across block boundary), AMD(average mean difference), AVD(average variance difference)[15] 등이 있으며 가중치를 사용하여 에러 은닉에 대한 정확성을 추정하는 측정치로 사용한다. AID는 자연 영상이 부드럽게 변한다는 가정에 의한 측정치이고 AIDB 는 블록경계정합과 유사한 개념으로 은닉되어질 블록이 에러 없이 수신된 주변 마크로 블록 영역들과 상, 하, 좌, 우 경계 영역을 따라서 연속적인 영상이 되어야 한다는 가정에 의한 측정치이다. AMD,AVD 는 손실된 영역의 통계적 특성의 정도를 결정하는 측정치이다.

2.1 공간 방향 에러 은닉기법

에러 없이 수신된 주변 마크로 블록들이 공간 방향 영역에 손실된 마크로 블록을 은닉하기위한 후보들로 사용된다. JPEG 같은 정지영상 코딩기법에서 손실된 영역을 은닉 하는데 사용될 수 있으며 MC+DCT 동영상 코딩기법에서는 인트라 모드 코딩시나 물체의 움직임이 커서 시간 방향의 에러 은닉의 오차가 많이 발생할 경우에 사용될 수 있다.

대표적인 방법으로는 공간예측 은닉기법[10][11][14]과 주파수 영역 은닉 기법 등이 있다. 공간예측 은닉기법은 선형 방정식을 사용하여 주변 마크로 블록의 경계에 있는 영상정보를 사용하여 손실된 영역을 은닉한다. 공간영역에서 보간(interpolation)을 수행하므로 각도(angle) 및 에지(edge) 성분이 마크로 주변 블록들로부터 연속적으로 보장되므로 시각적인 효과가 우수하다. 그러나 주변 경계 영상 정보로부터 멀어질수록 에러 은닉에 대한 오차가 커지는 단점을 가지고 있다

주파수 영역에서의 에러 은닉은 DCT 같은 주파수 영역에서 주변 마크로 블록들과의 상관성을 이용하여 에러 은닉을 수행 한다. 기본적으로 주변 블록의 DCT 계수의 선형 보간, 다항식 보간을 통한 에러 은닉 방법[16] 들이 있으며 주파수 영역에서 주변 블록 들과의 연속적인 점을 에러 은닉의 정확성 측정치로 사용하여 에러 은닉을 하는 방법[12]도 있다 그러나 주파수 영역의 에러 은닉기법은 DCT 계수의 정확성에 따라 성능이 좌우된다. 또한 손실된 블록의 고주파 성분은 인접한 주변 블록과의 상관성이 떨어지므로 주파수 영역의 에러 은닉은 DC 성분만을 사용하는 것이 일반적이다.

2.2 시간 방향 에러 은닉 기법

H.263, H.261, MPEG-2와 같은 영상코딩 기법들은 효과적인 영상 정보의 압축을 위하여 시간 방향의 상관성을 이용한 MC+DCT 블록 기반 방법을 사용한다. 영상 시퀀스의 시간 방향의 현재 프레임과 이전 프레임 사이에 상관성이 크면 클수록 움직임 보상에러가 작아지게 되고 압축 율은 높아지게 된다. 이러한 점은 에러 은닉 관점에서 볼 때 압축

www.dbpia.co.kr

율이 클수록 영상 시퀀스내의 물체의 움직임이 작다는 의미이고 시간 방향 움직임의 상관성이 매우 크고 결과적으로 셀 손실, 영역 손실이 발생시에 움직임 보상을 통하여 이전 프레임의 영상을 대치하여 효과적인 시간 방향 에러 은닉을 수행할 수 있다. 이와 같은 시간방향 에러 은닉의 장점 때문에 인트라 모드 코딩에서도 움직임 벡터를 전송하는 방법을 사용하여 시간 방향 에러은닉의 장점을 이용할 수도 있다.

그러나 H.263 같은 디지털 영상 압축 기법들에서 사용되는 VLC 코딩 구조들은 마크로 블록 단위로 움직임 벡터 및 블록 DCT 정보를 함께 전송하는 구조로 되어있어 채널 전송에러가 GOB 비트 열에 발생할 때 각 블록의 DCT 계수 뿐만 아니라 움직임 벡터도 함께 손실 되어 마크로 블록의 정확한 움직임 벡터를 구할 수 없다. 이러한 움직임 벡터의 손실은 시간 방향의 에러 은닉을 어렵게 만드는 주요인이 된다. 물론 움직임 벡터를 BER 이 낮은 별도의 채널을 통해 전송하거나 비트 열 발생 구조를 수정하여 움직임 벡터를 중복 전송을 하는 방법들을 통해서 움직임 벡터를 보호 할 수 있다.

대표적인 시간 방향의 에러 은닉 기법으로는 인코더에서 전송된 움직임 벡터 가 손실된 상황에서 영상 화소 간에 공간적 상관성을 이용한 블록경계 정합 알고리즘[17][18][19], 수정된 블록경계 정합 알고리즘[20] 같은 방법들과 주변 마크로 블록의 움직임 벡터 정보들의 평균값(mean)이나 중간 값(median)을 사용하여 이전 프레임으로부터 시간 방향 움직임 보상을 수행하는 방법들을 들 수 있다.

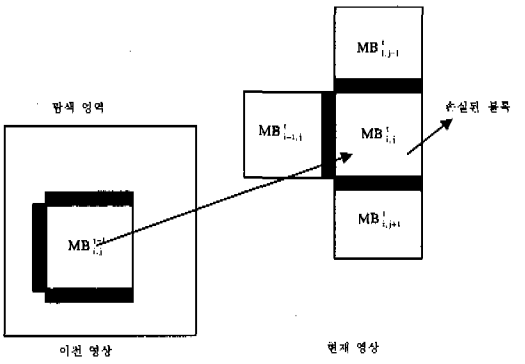


그림 2. 블록 정합 기법을 사용한 에러 은닉 방법

블록 경계 정합 알고리즘은 손실된 블록과 가장 잘 일치하는 것으로 예상되는 블록을 이전 프레임으로부터 추정하여 손실된 블록의 영상 블록 데이터로 대치하는 방법으로 그림 2에서 볼 수 있듯이 이전 프레임에서 움직임 벡터의 최대 범위까지 탐색 하면서 블록 경계 값을 비교하여 MSE 값 또는 절대치를 사용하여, 최소 값을 가지는 이전프레임 영역을 이용하여 손실된 영역을 대치한다. 그러나 블록 경계 정합류의 알고리즘들은 비교 대상이 경계 부분에 있는 영상 화소들 만을 사용하기 때문에 정확하게 움직임 보상을 하지 못하고 로컬 최소(local minimum)에 빠지기 쉽다. 이런 경우에 움직임 벡터의 예측 오차가 매우 크게 되고 화질 열화가 매우 심하게 되는 단점이 있다. 로컬 최소 영역에 빠지지 않기 위해서는 주변 마크로 블록들의 움직임 벡터의 평균 값 등을 사용하여 움직임 벡터의 탐색 영역을 제한 해야만 움직임 벡터의 예측 오차가 특정 범위 내로 제한되며 오류 시 심한 화질 저하를 막을 수 있다.

2.3 시공간 결합기법

시공간 결합기법은 에러 은닉 정확성 측정치를 사용하여 공간 방향 에러 은닉기법, 시간 방향 에러 은닉 기법, 시공간 에러 은닉기법을 선택적으로 사용한다. Max Chien[14] 방법은 손실 영역에 대한 시간 방향에 대한 정확성 측정치를 상,하 마크로 블록들의 방향성 등을 이용하여 구한 후 이 값을 이용하여 측정치가 특정 임계치 보다 큰 경우에는 시간 영역 에러은닉을 수행하고 작은 경우에는 공간 방향 에러 은닉을 수행한다. Wen-Jung [15] 방법은 주변 마크로 블록들을 사용하여 시간, 공간 방향에서 식 (1)과 같은 AID, AIDB, AMD, AVD 측정치의 가중치 합으로 이루어진 정확성 측정치를 사용하여 에러 은닉을 수행한다. 에러 은닉에 사용되는 주변 마크로 블록의 선정은 에러 은닉 성능에 중요한 영향을 끼친다. 이 방법에서 사용되는 인접 마크로 블록의 후보들로는 에러 없이 수신된 마크로 블록, 공간적으로 에러 은닉된 마크로 블록들을 선정한다. 후보들이 선정되면 후보 마크로 블록들의 평균값, 중간값, 후보 자체값, 움직임 보상된 값, 움직임 보상된 평균값, 움직임 보상된 중간 값 등 8개의 경우에 대해서 정확성 측정치를 구하여 가장 값이 큰 값이 나오는 값이 나오는 방법으로 에러은닉 한다.

$$CF(C) = W_B * AIDB(C) + W_M * AMD(C) + W_V * AVD(C) + W_S * SD(C,S)$$
$$SD(C,S) = 1/64 \sum_{7} \sum_{7} |C(i,j) - S(i,j)| \quad (1)$$

www.dbpia.co.kr

W = 가중치
$CF(C)$ = 에러은닉 측정치
$C(i, j)$ = 에러 은닉된 블록
$S(i, j)$ = 움직임 보상된 블록
$SD(C,S)$ = 움직임 보상 측정치

Ⅲ. 움직임 계수를 사용한 제안된 에러은닉기법

MC+DCT 방식을 사용하는 H.26X, MPEG-2 같은 블록 기반 영상 코딩 기법에서는 물체의 2차원 병진운동만을 모델링하여 물체의 움직임 추정을 하고 움직임 보상 후 발생하는 에러는 DCT 하여 전송하는 구조를 사용한다. 이러한 모델링 방법은 ATM 망과 같은 초고속 통신망에서 초당 전송 할 수 있는 프레임 율(예: 30프레임/초) 이 높은 경우에 물체의 3 차원 운동도 2 차원 운동처럼 단순화 시킬 수 있으므로 적합한 모델이 될 수 있다. 그러나 이동 통신망에서와 같이 망에서 제공하는 전송 대역폭이 작은 경우 (예: CDMA(9600bps), PCS(14400 bps), IMT2000(옥외 64~128Kbps)) 에는 낮은 프레임 율로 인하여 3차원으로 운동하는 물체의 2차원 모델링은 많은 움직임을 보상 에러를 유발한다. 특히 이동통신망의 높은 BER에 적응하기 위하여 최근의 H.263+ 에서 사용되는 ACK/NACK 피드백 채널을 통한 RPS 같은 방법들은 수신 단에서의 에러 전파를 줄이기 위해서 움직임 보상에 사용되는 참조 프레임을 링 버퍼를 사용하여 선택적으로 사용한다. 이러한 방법들은 낮은 프레임 율과 함께 2차원 움직임 벡터를 사용한 블록 기반 영상 코딩 기법들의 성능을 저하시키는 원인이 되고 있다.

피드백 채널을 통한 참조프레임을 선택적으로 사용하는 방법들은 전송 에러가 많이 발생게 되면 ACK 방법을 사용하고 드물게 발생하면 NACK 방법을 사용한다. ACK 방법은 수신 단에서 TRD (temporal reference: decoder) 정보를 이용하여 특정 프레임을 정확하게 수신했다는 메시지를 인코더 측에 전송 할 때 까지 현재 프레임의 참조 프레임을 TRD-1 프레임을 사용하여 움직임 보상 후 DCT 코딩을 수행한다. 이 경우 인코더 단의 현재 프레임의 TRE (temporal reference: encoder) 와 TRD-1 사이의 시간 간격이 발생하는데 이 시간은 이동통신망의 경우에 이동체-고정망 사이의 예를 들면 비디오 인코딩 프로세싱 지연, 채널코딩 지연, 인터리빙 지연, 무선구간 전송지연, 인터리빙 지연, 채널코딩 지연, 유선구간 전송지연, 디코딩 지연 등으로 이루어져 있으며 이 시간에 따라 TRE -TRD-1 이 결정된다. 이동체간(mobile-to-mobile)의 비디오 통신은 더 많은 지연을 야기 시키며 2차원 움직임 벡터를 사용한 움직임 보상 에러가 많이 발생하게 된다. 이렇게 움직임 보상 에러 즉 블록 DCT 정보가 많이 발생하는 이유는 그림3 과 같이 물체의 3차원 운동이 2차원 병진 운동으로 모델링이 어렵기 때문이고 이동 통신망 비디오 코딩 구조에서의 3차원 운동을 모델링한 움직임 계수 (MP: motion parameter)의 필요성을 나타낸다.

수신 단에서의 시간 방향 에러 은닉에서도 GOB 전송에러가 발생하여 움직임 벡터 및 블록 DCT 정보가 함께 손실 되어 움직임 보상 에러인 DCT 정보를 구할 수 없을 때 움직임 계수를 이용한 물체의 3차원 운동 모델을 에러 은닉에 사용할 수 있다. 특히 물체의 회전, 크기 변환 등이 커서 2차원 움직임 벡터 보상 에러가 큰 경우, 전송 프레임 율이 낮은 경우에 움직임 계수 모델이 사용되면 단순 2차원 병진 운동을 모델링한 방법보다 움직임 보상된 DCT 정보의 오차를 줄일 수 있다. 이러한 움직임 계수를 사용한 에러 은닉의 장점은 모의 실험 결과에서도 볼 수 있지만 손실된 블록의 2차원 움직임 벡터 알고 있고 DCT 정보만 손실 되는 경우 (움직임 벡터 재전송, 중복 전송, 별도의 통신 채널 사용) 에도 에러 은닉 성능이 우수함을 보였다.

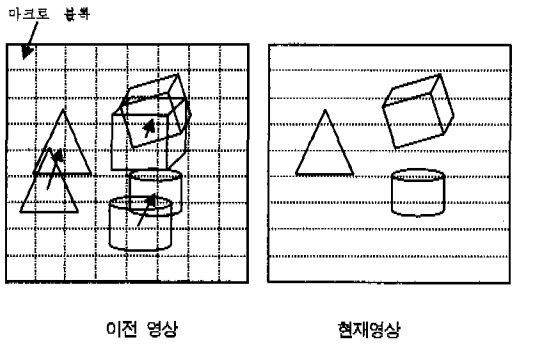


그림 3. 물체의 3차원 운동 모델

제안한 3차원 움직임 계수 정보를 사용한 에러 은닉 방법은 비트열의 문법(syntax), 움직임 벡터 기반의 인코더 구조를 그대로 사용하면서 디코더 단의 에러은닉 부분만 수정하여 사용한다. 움직임 계수 에러 은닉을 수행하기 위해서는 에러 없이 수신된 주변 마크로 블록들의 2차원 움직임 벡터들로부터 3차원 움직임 정보를 구한다. 3차원 움직임

www.dbpia.co.kr

정보는 6 계수 모델, 8 계수 모델 방법 등 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 다양한 움직임 모형 중 계수를 추출하는데 요구되는 계산량 등을 고려하여 가장 널리 사용되는 6 계수 모델을 사용하였다. 6 계수 움직임 모형은 영상 평면상에 있는 물체가 2 차원 병진운동, 회전 운동 및 크기 변화를 행할 수 있다고 가정한다. 6계수 움직임 모형에서 영상 평면상에 있는 화소 (X,Y) 의 이동된 위치 (X′ ,Y′) 을 나타내는 이동 표현식은 식 (2) 와 같이 표현된다.

여기서 (2x2) 행렬은 회전 운동과 선형 변형을 나타내고 (2x1) 벡터는 병진 운동을 나타낸다. 6계수 모형은 식 (3) 과 같이 표현될 수도 있다. 그러므로 6계수 모형에서는 움직임 계수의 집합 (α_0, α_1, α_2, α_3, α_4, α_5)에 의하여 영역이나 물체의 움직임 특성을 표현할 수 있다.

6 계수 움직임 정보를 구하기 위해서는 최소한 3 개 이상의 2차원 MV 만 있으면 구할 수 있으나 6 계수 움직임 정보는 후보 움직임 벡터 개수가 많을수록 정확한 값을 얻을 수 있다. 2차원 MV 값이 3개 이상이 되면(over-determinant problem) MSE를 최소화 하는 방법을 사용하여 움직임 계수 값을 구한다.

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_x \cos\theta_x & -S_y \sin\theta_y \\ S_x \sin\theta_x & S_y \cos\theta_y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} d_x \\ d_y \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 + 1 & \alpha_2 \\ \alpha_4 & \alpha_5 + 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_3 \end{pmatrix} \quad (3)$$

제안한 방법에서는 손실된 마크로 블록의 경계상에 주변 인접 마크로 블록 영역을 그림 4에서 볼 수 있듯이 4x4 블록으로 분할하여 이 영역들에 대하여 다시 움직임 벡터 정보를 구하여 6 계수 움직임 정보를 구하였다. 4x4 블록으로 분할하는 이유는 손실된 마크로 블록 주변 영역들에서 물체(object) 단위의 움직임 계수를 구할 때 블록 크기가 작을수록 손실된 영역과 같은 물체에 속할 가능성이 크기 때문이다. 그러나 2x2 와 같이 블록 크기가 너무 작으면 움직임 벡터를 디코더에서 다시 구할 때 비교 화소 수가 너무 작기 때문에 로컬 최소에 빠지기 쉽다. 반대로 블록 크기가 8x8 이 되면 움직임 계수를 구하기 위해 사용되는 움직임 벡터수가 너무 작아지고 8x8 영역들과 손실된 마크로 블록이 같은 물체가 될 가능성이 작아져서 움직임 계수 정보에 에러가 발생할 가능성이 높아진다.

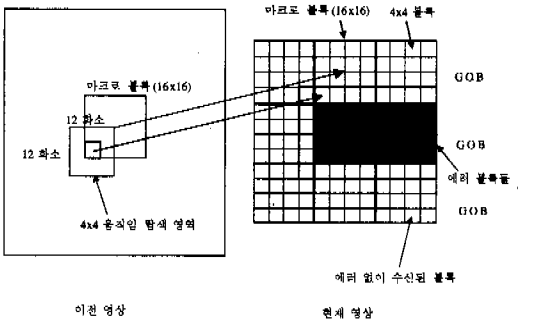


그림 4. 4x4 블록의 움직임 벡터 정보 탐색 방법

4x4 블록의 움직임 벡터를 다시 구하는 첫번째 이유는 16x16 마크로 블록 내에 각기 상이한 움직임 벡터를 가지는 영역이 특히 손실된 마크로 블록의 경계 영역에서 존재 할 수 있는 점이다. 두 번째 이유로는 움직임 계수의 정확성을 위해서는 많은 2차원 움직임 벡터 정보들이 필요하기 때문이다. 4x4 블록의 움직임 벡터를 구할 때도 16x16 마크로 블록의 움직임 벡터를 찾을 때와 마찬 가지로 현재 영상과 이전 영상사이의 화소 차이의 절대치의 합을 측정치로 하였다. 4x4 블록인 경우 비교 화소 수가 16 개 이므로 탐색 영역이 클 경우 로컬 최소치에 빠지기 때문에 탐색 영역을 마크로 블록 단위로 움직임 보상된 이전 영상에서 12x12 크기의 영역으로 제한하여 전역 탐색(Full Search) 를 수행하였다.

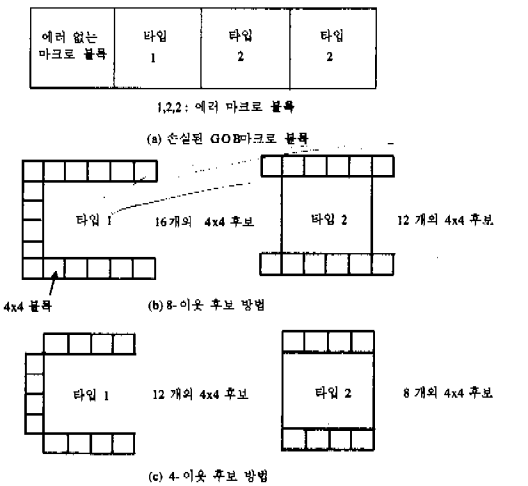


그림 5. 손실된 영역과 주변 마크로 블록 후보 선택 방법

www.dbpia.co.kr

움직임 계수를 이용한 에러은닉 과정에서 사용되는 인접 마크로 블록의 후보들은 그림 5-(a) 에서와 같이 한 GOB 라인이 손실 됐을 때 가장 왼쪽에 있는 손실된 블록 (그림 5에서 타입 1번 마크로 블록) 과 수평 방향으로 연속되는 나머지 마크로 블록 (그림 5에서 타입 2 번 마크로 블록)들에 따라 서로 다른 형태를 가진다. 1,2번 마크로 블록은 8 이웃 방법, 4 이웃방법에 따라 그림 6-(b),(c)와 같은 후보 마크로 블록들을 가진다. 타입 2번 마크로 블록은 움직임 벡터의 정확성을 위하여 움직임 계수로 은닉된 마크로 블록들은 후보 마크로 블록들로 사용하지 않는다.

제안한 방법의 알고리즘은 하나의 GOB 라인 단위로 에러은닉을 수행한다. 절차는 그림 6 과 같이 수행한다. GOB 비트 열에 에러가 발생하면 GOB 동기 패턴을 만날 때 까지 비트 열을 손실된 데이터로 간주하고 에러가 발생된 마크로 블록 뿐만 아니라 GOB 라인의 마지막 블록 까지 손실된 마크로 블록으로 간주한다.

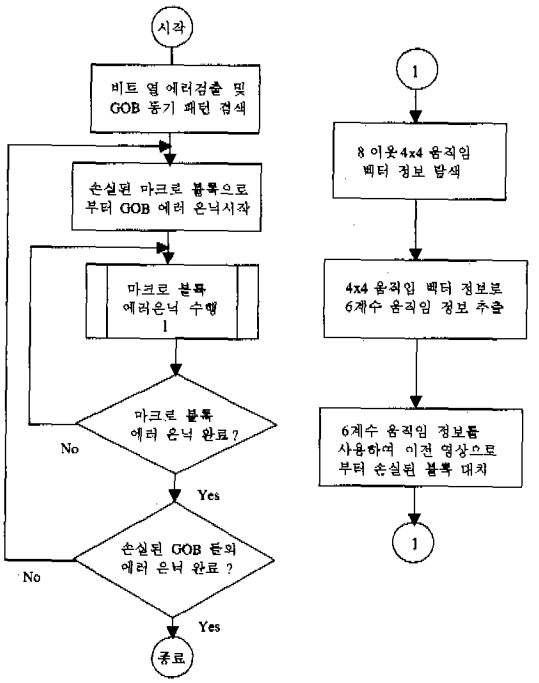


그림 6. 6 계수 움직임 정보를 사용한 제안된 알고리즘 순서도

손실된 마크로 블록의 에러은닉은 우선 8 이웃 방법을 사용하여 주변 마크로 블록들을 선정한 후에 각 선정된 후보 마크로 블록들에서 손실된 마크로 블록의 경계에 있는 영역을 4x4 블록 단위로 이전 영상으로부터 2차원 병진운동 움직임 벡터를 구한다. 이렇게 구한 움직임 벡터들을 사용하여 6계수 움직임 정보를 구한다. 그 다음에 6계수 움직임 정보를 이용하여 이전 영상으로 부터 움직임 계수 움직임 보상을 한다.

움직임 벡터들로부터 6계수 움직임 정보를 구하는 방법을 구체적으로 살펴보면, 우선 식 (3)에서 (X',Y') 값을 연산을 간단히 하기 위해 움직임 벡터 (MV_x, MV_y) 값으로 식 (4) 처럼 바꾼 다음에 이에 대한 (6x6) 역 행렬 매트릭스를 구해 6계수 정보를 구하였다. 움직임 계수를 사용하여 움직임 보상을 수행할 때 식 (4)와 같은 방법으로 보상을 하므로 직접 (X',Y') 값 사용하여 구한 값이나 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\begin{pmatrix} MV_x \\ MV_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 & \alpha_2 \\ \alpha_4 & \alpha_5 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_3 \end{pmatrix}$$

$$\alpha_1 X + \alpha_2 Y + \alpha_0 = MV_x$$
$$\alpha_4 X + \alpha_5 Y + \alpha_3 = MV_y \qquad (4)$$

식 (4) 의 첫번째, 두 번째 항에 대해서 양변에 X,Y를 각각 곱하여 정리하면 식 (5) 과 같다.

$$\alpha_1 X + \alpha_2 Y + \alpha_0 = MV_x$$
$$\alpha_1 X*X + \alpha_2 Y*X + \alpha_0 *X = MV_x *X$$
$$\alpha_1 X*Y + \alpha_2 Y*Y + \alpha_0 *Y = MV_x *Y.$$
$$\alpha_4 X + \alpha_5 Y + \alpha_3 = MV_y$$
$$\alpha_4 X*X + \alpha_5 Y*X + \alpha_3 *X = MV_y *X$$
$$\alpha_4 X*Y + \alpha_5 Y*Y + \alpha_3 *Y = MV_y *Y \qquad (5)$$

식 (6)과 같이 정리한 후에 6x6 역 행렬을 가우시안 소거(gaussian elimination) 방법으로 구하면 6 계수 정보를 구할 수 있다.

$$\begin{pmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & X & Y & 0 & 0 & 0 \\ X & X^2 & XY & 0 & 0 & 0 \\ Y & XY & Y^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & X & Y \\ 0 & 0 & 0 & X & X^2 & XY \\ 0 & 0 & 0 & Y & XY & Y^2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} MV_x \\ MV_x X \\ MV_x Y \\ MV_y \\ MV_y X \\ MV_y Y \end{pmatrix} \qquad (6)$$

움직임 계수를 사용한 움직임 보상 시에 사용되는 함수의 입력으로는 6계수 정보, 손실된 블록의 (X,Y) 좌표, 마크로 블록의 높이와 넓이 정보가 사

www.dbpia.co.kr

용된다. 결과는 부동소수점 움직임 벡터 정보이며 정확성을 위해 주위의 4개 영상 화소 (x,y), (x+1,y), (x,y+1), (x+1,y+1) 을 사용하여 보간을 수행하여 움직임 보상한다.

Ⅳ. 모의 실험

제안한 움직임 계수를 이용한 수신 단에서의 에러 은닉 기법은 MC+DCT 블록 기반 비디오 코딩 기법들(H.261,H,263,MPEG-2,등) 모두에서 일반적으로 적용 가능하다. 본 실험에서는 이중에서 PSTN, 이동 통신망과 같은 비교적 낮은 대역폭에서 사용되는 터미널 규격인 H.324, H.324M 의 H.263 비디오 코딩 기법을 사용하여 제안한 에러 은닉기법의 성능을 실험하였다.

실험에 사용된 영상은 FOREMAN 과 AKIO 이며, 영상 크기는 QCIF(176x144)이다. QP (quantization parameter)는 10으로 하였으며 제안한 방법의 에러 은닉의 성능 측정을 위해서 실험 영상을 그림 7-(d)와 같이 인위적으로 4개의 GOB 라인이 손실 되도록 하였다.

그림 7에서 (a)는 에러 없이 수신한 경우의 FOREMAN 영상이고, (b)는 영상 손실 및 은닉이 마크로 블록 단위로 수행되고 영상내의 물체의 크기와 마크로 블록의 크기를 보여주기 위해서 QCIF 영상에서 마크로 블록 단위로 영상을 분할한 그림이고, 그림 (c) 는 마크로 블록단위로 2-D 움직임 벡터의 크기를 보여준다. 영상에서 밝은 색은 (X,Y) 방향으로 움직임이 많은 마크로 블록을 나타내고 어두운 색은 영상 내에서 움직임이 거의 없는 마크로 블록을 나타낸다. 그림 (e) 에서 보여주는 영상은 그림 (d) 에서와 같은 손실된 GOB 영역에 대해서 제안한 방법에 의한 에러 은닉된 결과를 보여낸다. 본 실험에서는 순수한 에러은닉에 대한 성능을 비교하기 위해서 에러 은닉된 결과를 이전 프레임 버퍼에 피드백 시키는 에러 전파는 수행하지 않았다. 또한 실제 DECT, IMT-2000 망에서 발생되는 랜덤 비트 열 에러 발생을 통한 실험은 에러가 발생되는 영역에 따라 성능이 좌우 되므로 실험에서 제외 하였다.

제안한 6계수 움직임 정보를 이용한 시간 방향의 에러은닉 성능을 측정하기 위해서 실험에서 비교한 방법들은 블록경계 정합 알고리즘(1 방법), 손실된 영상을 이전 영상으로 대치하는 방법(2번 방법), 손실된 영역의 주변 마크로 블록들의 움직임 벡터 평균값을 사용하여 이전 영상으로부터 움직임 보상한 방법(3번 방법), 제안된 8 이웃(4 번 방법), 제안된 4 이웃 방법(5 번 방법), 손실된 블록의 2-D 움직임 벡터 정보를 알고 있다고 가정한 방법(6 번 방법) 즉 움직임 보상 에러인 DCT 정보만 손실되었다고 가정한 방법, (6) 번 상황에서 그림 8 와 같이 제안한 방법을 적용한 경우 (7 번 방법) 들이 사용 되었으며 실험 결과는 표 1에 나타나 있다. 표 1에서 평균 PSNR 은 그림 7-(d), (e) 와 같이 에러 은닉을 수행한 영상의 PSNR에 대해서 전체 시퀀스에서 평균한 결과 이다. 낮은 프레임 율에서의 성능분석을 위해 움직임이 많은 FOREMAN 영상은 2 프레임, 4 프레임을 생략하여 실험 하였고, 움직임이 상대적으로 적은 AKIO 영상은 5,8 프레임식 생략하여 실험을 수행하였다.

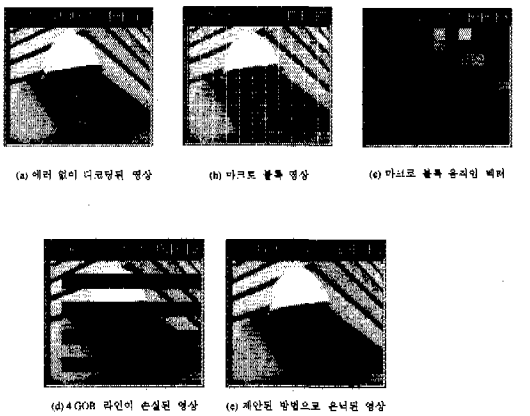


그림 7. FOREMAN 실험영상을 사용한 제안된 에러 은닉 과정

그림 9 는 각 영상 시퀀스에서의 에러 은닉 PSNR 을 나타낸다.

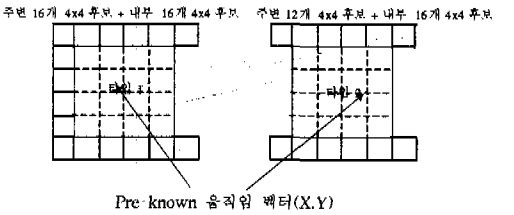


그림 8. 움직임 벡터를 알고 있는 경우에 제안한 방법 적용

실험에서 블록경계 정합 방법은 이전 프레임에서 탐색 영역을 기본 탐색 영역인 (-16.5, +15) 으로

www.dbpia.co.kr

하여 수행 하여 비교하였으나 평균 움직임 벡터 정보들을 사용하여 탐색 영역을 제한 하면 다소 나은 결과를 예측 할 수 있다.

표 1. 제안한 에러 은닉방법과 기존방법의 성능 비교

단위 : 평균 PSNR (dB)

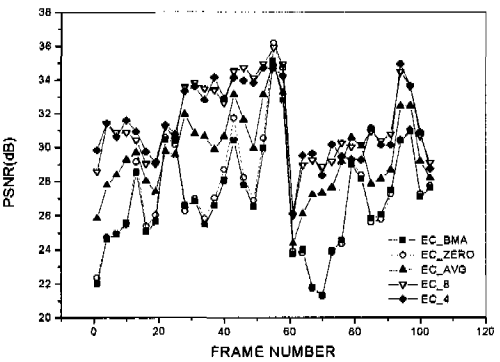
EC Methods \ image sequence	Foreman(2skip)	Foreman(4skip)
1. BMA(full search)	26.80 dB	24.56 dB
2. Zero Motion Vector	27.03 dB	24.70 dB
3. Average Motion Vector	29.28 dB	27.772 dB
4. 8 Neighbor Motion Parameter	31.16 dB	29.517 dB
5. 4 Neighbor Motion Parameter	31.14 dB	29.48 dB
6. Pre-known Motion Vector	35.84 dB	34.382 dB
7. (8 Neighbor MP+16MV) using pre-known motion vector	36.016dB	34.58 dB

(a) FOREMAN 영상

EC Methods \ image sequence	Akio(5skip)	Akio(8skip)
1. BMA(full search)	35.99 dB	34.96 dB
2. Zero Motion Vector	36.092 dB	35.02 dB
3. Average Motion Vector	36.402 dB	35.305 dB
4. 8 Neighbor Motion Parameter	38.24 dB	37.097 dB
5. 4 Neighbor Motion Parameter	38.00 dB	36.77 dB
6. Pre-known Motion Vector	39.215 dB	38.319 dB
7. (8 Neighbor MP+16MV) using pre-known motion vector	39.396 dB	38.553 dB

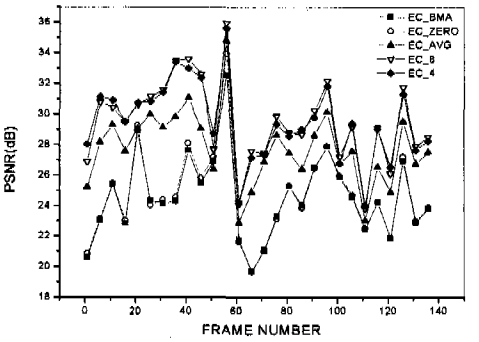
(b) AKIO 영상

제안한 8 이웃, 4 이웃 6계수 움직임 정보를 사용한 방법은 주변 블록의 움직임 벡터의 평균값을 사용한 방법보다 대략 2 dB 정도의 우수한 성능을 나타낸다. 제안한 방법 중에는 8 이웃 방법이 4 이웃 방법보다 약간 나은 결과를 보여주며 이 결과의 의미는 대각선 방향에 있는 주변 마크로 블록들도 에러 은닉에 효과적으로 사용 될 수 있음을 나타낸다.



EC_BMA : BMA
EC_ZERO : Zero Vector
EC_AVG : Average Motion Vector
EC_8 : 제안한 8 이웃 움직임 계수 방법
EC_4 : 제안한 4 이웃 움직임 계수 방법

(a) FOREMAN 영상 (2 프레임 SKIP)



(b) FOREMAN 영상 (5프레임 SKIP)

그림 9. FOREMAN 영상 시퀀스에서의 에러 은닉 성능 PSNR

그림 9. FOREMAN 영상 시퀀스에서의 에러 은닉 성능 PSNR 방법 6 은 움직임 벡터 정보를 알고 있는 경우 DCT 정보만 손실된 경우에도 좋은 결과를 나타내는데 움직임 벡터 정보가 시간 방향의 에러 은닉 성능에서 얼마나 중요한지를 나타내는 결과이다. 이 실험 결과로부터 채널 에러 상황에 강한 비디오 코딩 방법들은 움직임 벡터 정보를 우선 보호, 재전송하는 구조들을 가져야 한다는 것을 알 수 있다. 방법 7은 제안한 움직임 계수 방법이 에러 은닉기법에 반드시 사용되어야 하는 필요성,당위성을 나타내는 실험으로, 방법 6처럼 단순 움직임 벡터 보상을 하는 결과 보다 나은 실험 결과를 보여준다. 이러한 결과는 수신 단에서 움직임 계수를 이용한 방법이 DCT 보상 에러를 줄이는 효과를 나타내는 것을 의미한다.

방법 6은 움직임 벡터 정보를 알고 있는 경우 DCT 정보만 손실된 경우에도 좋은 결과를 나타내는데 움직임 벡터 정보가 시간 방향의 에러 은닉 성능에서 얼마나 중요한지를 나타내는 결과이다. 이 실험 결과로부터 채널 에러 상황에 강한 비디오 코딩 방법들은 움직임 벡터 정보를 우선 보호, 재전송하는 구조들을 가져야 한다는 것을 알 수 있다.

방법 7은 제안한 움직임 계수 방법이 에러 은닉기법에 반드시 사용되어야 하는 필요성,당위성을 나타내는 실험으로, 방법 6처럼 단순 움직임 벡터 보상을 하는 결과 보다 나은 실험 결과를 보여준다. 이러한 결과는 수신 단에서 움직임 계수를 이용한 방법이 DCT 보상 에러를 줄이는 효과를 나타내는 것을 의미한다.

www.dbpia.co.kr

V. 결 론

본 논문에서는 H.263,H.261,MPEG-2와 같은 MC+DCT 블록기반 비디오 코딩 방법들에서 인코더 구조나 비트 열 문법의 수정 없이 일반적으로 사용 할 수 있는 물체의 회전이나 크기 변화들을 고려한 움직임 정보 방법을 이용한 에러 은닉 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 움직임 계수 정보를 구하는 여러 가지 방법 중에 가장 많이 사용되는 6계수 방법을 선택하여 시간 방향의 에러 은닉 기능을 수행했으며 블록 경계 정합 알고리즘과 같은 기존 방법에 비해 우수한 성능을 나타냄을 실험을 통해서 알 수 있었다.

제안한 방법은 6계수 움직임 정보의 정확성을 위해서 손실된 영역의 경계에 있는 주변 마크로 블록을 4x4 블록으로 분할하여 제한된 탐색 영역(12x12) 하에서 마크로 블록내의 움직임 벡터 정보를 구하였다. 하나의 손실된 마크로 블록에 대해서 수신 단에서 움직임 벡터를 다시 구하는데 필요한 계산량은 탐색 영역이 12x12 블록 크기이고 경계에 있는 4x4블록의 수가 8이웃 방법인 경우 16,12 개 정도로 제한되므로 실시간 처리가 가능하다.

참 고 문 헌

[1] "Video codec for audiovisual services at p x 64 kbit/s", ITU-T Recommendation H.261 (3/93)

[2] "Video coding for low bit rate communication", ITU-T Recommendation H.263(3/96)

[3] "Draft Text of Recommendation H.263 Version 2", ITU-T SG 16-Contribution 26

[4] "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video", ITU-T Recommendation H.262 (07/95)

[5] Hang Liu, Magda El Zarki, "Performance of H.263 Video Transmission over Wireless Channels using Hyrbid ARQ", IEEE JSAC Vol.15,No.9,Dec, 1997

[6] Sanjiv Nanda, Richard Ejzak, "A Retransmission Scheme for Circuit-Mode Data on Wireless Links", IEEE JSAC, Vol.12, No.8, Oct,1994

[7] Niko Farber, Bernd Girod, "Extension of ITU-T Recommendation H.324 for Error-Resilient Video Transmission", IEEE Communications Magazine, June 1998

[8] Jian Zhang, Michael R. Frater, Jhon F. Arnold, Terence M.Percival. "MPEG-2 Video Services for Wireless ATM Networks", IEEE Journal on Selected Areas In Communications. Vol. 15 No.1 Jan. 1997

[9] "Simulation Results for Proposed Segmented Error Resilient Mode in H.26L", ITU-T SG.16, Video Coding Expert Group, Fourth Meeting, Filland 1998, Document Q15-D-37

[10] Paul Salama, Ness B. Shroff, Edward J. Coyle, and Edward J. Delp, "Error concealment technique for encoded video stream", Proceeding, ICIP, p-9-12 , Vol.1

[11] Susanna Aign, Khaled Fazel, " Temporal and spatial error concealment techniques for hierarchical MPEG-2 video codec", ICC '95, p1778-1783, Vol.3

[12] Jong Wook Park, Dong Sik Kim, Sang Uk Lee. "On The Error Concealment Technique for DCT Based Imgae Coding", ICCASP-94,p.III/293-6 Vol.3

[13] Huifang Sun and Willson Kwok. "Concealment of Damaged Block Transform Coded Images Using Projections onto Convex Sets", IEEE Transactions on Image Processing. Vol . 4. April. 1995.

[14] Max Chien, Huifang Sun, Wilson Kwok, "A Temporal and Spatial POCS based error concealment techniques for the MPEG encoded video sequence", proceeding of the SPIE, vol.2501 Iss pt.168-174 ,1995

[15] Wen-Jung chu and Jin-Jang Leou. "Detection and Concealment of Transmission Errors in H.261 Images", IEEE Transactions on Circuit and System for Video Technology. Vol.8 No.1 Feb. 1998

[16] Wenjin Luo, Magda El Zarki, "Analysis of Error Concealment Schemes for MPEG-2 Video Transmission Over ATM based Network",proceeding of the SPIE, Vol.2501, Iss pt.3 p.1358-1368,1995

www.dbpia.co.kr

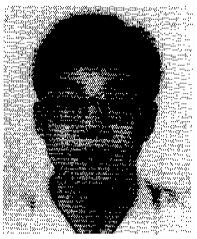
[17] Jien Feng,kwok-Tung Lo and Hansan Merphor, "Error Concealment for MPEG video transmission", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 43, No.2 pp.183-187, May, 1997

[18] Mei-Juan Chen,Liang-Gee Chen, and Ro-Min Weng, " Error Concealment of lost motion vectors with overlapped motion compensation", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Vol.7, No.3, pp.560-563. June,1997

[19] W-M. Lam, A.R. Reibman, and B.Liu, "Recovery of lost or motion or erroneously received motion vectors", ICASSP, Vol.5, pp.417-420, 1993.

[20] 황정수,김선영,정제창,원치선. "압축된 비디오 데이터 블록에러에 대한 은닉 알고리즘", TELECOM REVIEW, 제 8권 2호, 1998.3-4월

박 수 열(Soo Yeal Park) 정회원



1965년 3월 14일생

1983년 3월~1987년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1988년 3월~1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)

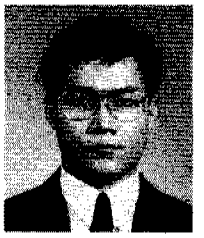
1990년 3월~1994년 9 월 : 한국통신 통신망연구소

1994년 10월~1995 년 8월 : Hankuk Microtec Research

1995년 9월~현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 영상압축 및 전송, Networking, RealTime OS

유 상 조(Sang-Jo Yoo) 1966년 10월 15일생



1984년 3월~1988년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)

1988년 3월~1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)

1990년 3월~현재 : 한국통신 연구개발본부 전임연구원

1997년 3월~현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정

<주관심 분야> 멀티미디어 통신, 트래픽 모델링 및 큐잉해석, 멀티미디어 QoS 제어

홍 성 훈(Sung-Hoon Hong)

현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정.

한국통신학회 논문지 제 23권 5호 참조

김 성 대(Seong-Dae Kim)

현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 교수

한국통신학회 논문지 제 23권 10호 참조

www.dbpia.co.kr