

블록 신뢰도와 경계면 매칭 기반의 잡음 은닉 알고리즘

(Boundary Match and Block Reliability Based Error Concealment Algorithm)

김도현*, 최경호**

(Do Hyun Kim, Kyoung Ho Choi)

요약

무선 환경에서의 패킷 손실은 비디오 통신과정에서 심각한 비디오 품질 저하를 초래한다. 이 논문에서는 블록의 신뢰도와 블록 경계면 매칭을 기반으로 한 비디오 에러 은닉 기술에 대해서 제안한다. 손실된 블록의 모션 정보를 참조 프레임의 동일한 위치에 존재하는 블록의 모션 정보를 복사하여 사용함으로써 임시로 손실된 블록의 잡음을 은닉하고, 블록의 신뢰도를 기준으로 블록의 신뢰도가 낮은 경우에는 추가적으로 블록의 경계면 매칭을 이용하여 모션 벡터를 재탐색하여 잡음 은닉에 대한 정확도를 높이도록 하였다. 실험을 통해서 제안된 기법이 다양한 패킷 손실 환경에서 우수한 에러 은닉 성능을 보임을 확인하였다.

■ 중심어 : 잡음 은닉; 블록 신뢰도; 비디오 패킷 손실; 경계면 매칭; 비디오 통신

Abstract

A packet loss in wireless environments causes a severe degradation of video quality in video communications. In this paper, a novel video error concealment algorithm is presented by combining boundary errors and a block reliability measure. The block reliability measure decides the reliability of a block by checking residual errors of a block. In the proposed approach, a motion vector of a missing unreliable block in an inter coded frame is obtained initially based on the motion vector of the same block in the reference frame. Furthermore, if the block in the reference frame is unreliable according to the reliability measure, a new motion vector is decided based on block boundary errors around the initial motion vector. According to our simulations, the proposed approach shows promising results for error concealment in error-prone wireless environments.

■ keywords : Error concealment; Block reliability; Packet loss; Boundary matching; Video communications

I. 서론

2013년도 1월에 발표된 HEVC (High Efficiency Video Coding) 혹은 H.265 표준은 초고해상도 HDTV를 위해 개발 되었으며, 기존의 H.264/AVC 압축 표준에 비해 압축 성능을 약 두 배 개선하였다. 기존의 H.264/AVC 표준에서는 4x4에서 16x16까지 크기의 코딩 블록을 사용하였으나 HEVC 표준에서는 코딩 블록의 크기가 4x4에서 64x64까지로 커지게 되었다[1-3]. HEVC에서 슬라이스는 가장 큰 코딩 유닛인 LCU(Largest Coding Unit)의 시퀀스로 이루어져 있으며, 하나의 LCU는 일반적으로 64x64로 정의되어 있고 이것은 H.264/AVC 매크로 블록의 16배에 해당하는 크기이다. 코딩 블록의 크기가 커짐에 따라, 슬라이스가 통신과정에서 소실되는 경우에는 영상의 큰 영역이

사라짐을 의미하고 이는 기존의 MPEG-2, MPEG-4, H.264/AVC 등 표준에서 사용된 에러 은닉 기법들을 적용하기에 장애요인으로 작용하고 있다[4]. HEVC 표준의 압축 성능은 크게 향상 되었지만 패킷 로스가 발생하게 되면 확대된 코딩유닛의 크기로 인해서 디코딩된 영상 품질이 영향을 받게 된다. 연구에 의하면, HEVC 비트 스트림에서 3% 이상의 패킷 로스가 발생되면 불편한 느낌을 가지게 된다고 한다[5]. 즉, 잡음 환경에서의 패킷 로스 상황에 대처하기 위한 잡음 은닉 기술의 개발이 요구된다. 본 논문에서는 참조 프레임의 동일한 블록의 모션정보를 이용하여 잡음을 은닉하되, 블록의 신뢰도가 낮은 경우에는 블록의 경계면 오류를 추가적으로 최소화 하도록 모션 정보를 미세 조정하는 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안된 기법은 그림 1과 같다. 패킷 손실에 의한 슬라이스 로스가 검출되면 블록이 인트라 모드인지 아닌지를 먼저 확인한다. 인트라 모드인 경우에는 블록의 모

* 정회원, 한국전자통신연구원

** 정회원, 목포대학교 전자공학과

본 논문은 2014학년도 목포대학교 교내연구과제 지원에 의하여 연구되었음.

접수일자 : 2017년 04월 13일

수정일자 : 2017년 05월 23일

게재확정일 : 2017년 06월 07일

교신저자 : 최경호 e-mail : khchoi@mkpo.ac.kr

선 정보를 0 으로 지정한다. 인터 모드인 경우에는 이전 프레임의 동일한 위치 블록의 모션 정보를 복사하여 현재 블록의 모션으로 지정한다. 이때 이전 블록의 블록 신뢰도를 판정하여 블록의 신뢰도가 낮은 경우에는 블록 경계면의 유사도를 비교하여 블록 경계면에서의 오류가 최소화 되도록 블록의 모션 정보를 재조정한다.

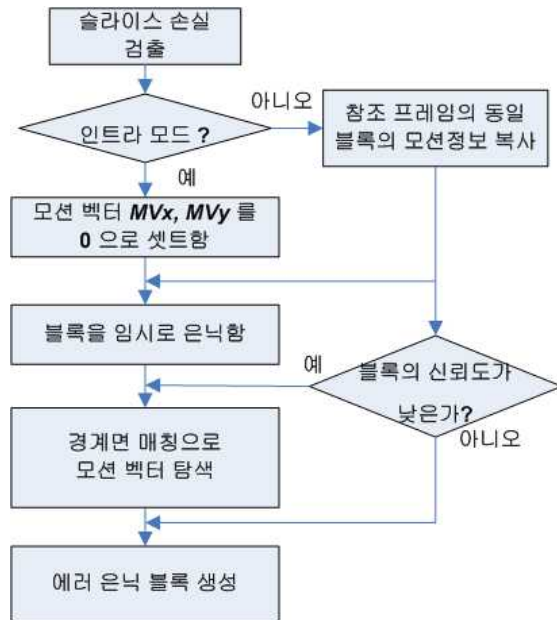


그림 1. 제안된 시스템의 구성도

제안된 기법에서는 블록의 신뢰도를 기반으로 우선적으로 블록의 모션 정보를 추정하고 신뢰도가 낮은 블록에 대해서 추가적으로 블록 경계면에서의 매칭 오류가 최소화 되도록 블록의 모션을 조정함으로써 영상 은닉에서 발생하는 경계면에서의 부자연스러움을 줄이도록 하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 에러 은닉을 위한 관련 기술동향에 대해서 기술한다. 3장에서는 제안된 블록 신뢰도와 경계면 매칭 기반의 에러 은닉 기술에 대해서 자세한 내용을 소개한다. 4장에서는 에러 은닉을 위한 실험 결과를 기술하고 5장에서는 결론과 향후 연구 방향에 대해서 설명한다.

II. 에러 은닉 기법 연구 동향

전송 환경에서의 패킷 로스에 대응하여 영상을 복원하기 위해 인코더와 디코더에서는 별도의 에러 방지 기법이 활용된다. 인코더에서는 압축 성능 측면에서 덜 효과적인 수 있지만 중복된 정보(redundancy) 비트를 추가하고 패킷 로스 발생시에 해당 정보를 활용하여 영상을 복원하도록 하고 있으며, 디코더에서는 공간적인 혹은 시간적인 유사성을 활용하거나, 공간과 시간의 유사성을 결합한 하이브리드 형태의 접근방법 등 다양한 잡음 은닉 기법이 제안되었다 [6-9].

가장 간단한 방법은 공간적인 유사성을 활용한 에러 은닉 기법으로, 블록의 손실이 발생시에 주변 블록의 화소값을 이용하여 화소값을 추정하게 된다. 이 기법은 인트라모드인 경우에 손실된 블록의 영상을 복원하기 위해서 사용되나, 은닉된 영상에 블러링 효과가 발생하는 단점이 있으며 64x64 로 확장된 HEVC의 경우에는 블러링 효과가 극대화 되는 문제가 있다. 시간적인 유사성을 이용한 에러 은닉 기법은 인터모드에서 블록의 복원을 위해서 사용되며, 시간축 상에서의 영상의 연속성을 가정으로 한다. 즉, 이전 프레임의 동일한 위치에서의 화소값을 복사하여 손실된 블록을 복원하게 된다. 그러나, 블록에 모션이 있는 경우에는 좋은 결과를 기대하기 어렵다는 문제가 있으며, 이를 해결하기 위해서 이전 프레임의 모션 정보를 이용하여 화소의 위치를 결정하고 해당 위치의 화소를 복사해서 사용한다. 하이브리드 에러 은닉 기법은 이 두 방법을 결합한 기법으로 오류가 없는 혹은 복원된 매크로 블록의 모드정보를 이용하여 인트라 모드인 경우에는 공간적인 유사성을 이용하여 잡음을 은닉하고 인터 모드인 경우에는 손실된 블록의 주변 블록 모션 정보를 기반으로 모션정보를 추정하여 활용한다.

모션 정보 추정을 위해서는 손실된 블록의 모션이 없는 것으로 가정하거나, 이전 프레임의 동일한 블록의 모션정보를 이용하거나, 이웃한 블록의 모션 벡터 평균을 이용하거나, 이웃한 블록 모션의 미디안 값을 이용하는 방법이 있으며, 기타 방법으로 모션 벡터 보간을 이용한 기법도 많이 제안되었다. 가장 간단한 방법으로 모션벡터 외삽법이 있다. 이 방법은 블록의 모션이 일정하다고 가정할 때, 손실된 블록의 모션이 이전 참조 프레임의 모션 정보의 확장으로 볼 수 있다는 것을 기본으로 하고 있다[10]. 또 다른 방법으로, 주변 블록의 모션 정보를 B-스플라인 함수를 이용하여 보간하여 사용하는 방법도 제안 되었다[11]. 모션 벡터의 외삽법에 블록의 파티션 정보를 이용한 기법도 제안되었다. 이 방법은 기존 모션 벡터 외삽 기법에 외삽에 사용된 블록의 크기정보를 결합한 것이다. 블록의 크기가 크면 해당 블록의 모션에 비례적으로 더 많은 비율을 할당하여 모션이 결정되도록 하였다[12]. 최근에는 CU(Coding Unit)의 잔차 정보를 이용하여 에러 은닉을 하는 기법이 제안되었다. 이 방법에서는 손실된 블록의 참조 프레임에서 해당 블록의 잔차를 확인하고 잔차가 크게 나타나면 해당 블록의 모션 정보의 신뢰도가 낮은 것으로 판정하고 주변 블록과 결합하여 새로운 모션 벡터를 할당하도록 하였다 [4].

III. 블록 신뢰도 및 경계면 매칭 기반 에러 은닉 기법

1. 블록 신뢰도 판정

통신과정에서 LCU가 손실되면, CU/PU 파티션 정보를 알 수 없다. 그러나, 통계적으로 CU/PU 파티션 정보는 참조 프레임의 동일한 위치의 정보와 매우 유사하므로 참조 프레임의 동일한 위치의 파티션 정보를 이용할 수 있다[13]. 코딩과정에서 블록의 파티션을 결정하기 위해서 블록내 서브 블록간 모션벡터의 상관관계를 계산 후, 서브 블록간 모션벡터가 상이하면 큰 블록을 서브블록으로 나누어서 모션벡터를 할당할 수 있으며, 에러가 최소화 되도록 모션을 추정하게 된다. 그러나 PU가 높은 잔차 에너지(예측 후 차이 값)를 가진다면 모션정보가 진짜 모션정보를 잘 표현하지 못한다고 할 수 있다. 따라서, 손실된 CU의 모션정보가 동일한 위치의 모션정보와 동일하다는 것을 가정하지만 동일한 위치의 모션정보가 신뢰도가 높은지 낮은지를 판단할 수 있게 된다. 블록 신뢰도는 다음과 같이 정의된다. 블록을 4x4 블록으로 나누고, 해당 블록에서 밝기(Luma) 성분의 예측 오차 값의 합을 다음의 식 (1)을 이용하여 구한다.

$$E = \sum_{(i,j) \in b_{m,n}} |r_Y(i,j)| \quad (1)$$

여기서, $r_Y(i,j)$ 는 Y 컴포넌트의 잔차를 의미한다. 합을 구한 후에 해당 합이 정해진 문턱치 값 보다 크면 해당 블록을 신뢰도가 낮은 블록으로 분류하고, 문턱치 보다 낮은 경우에는 해당 블록을 신뢰도가 높은 블록으로 분류하게 된다[4]. 즉, 블록 신뢰도라는 것은 인코딩 과정에서 모션 추정을 한 이후에 나머지 잔차 신호에 대한 변환 코딩을 진행하게 되는데, 잔차 신호가 큰 경우에는 모션 값이 정확하게 블록의 모션을 반영하지 못하는 것이고, 잔차 신호가 작은 경우에는 모션 값이 블록의 모션을 잘 나타내고 있는 것으로 보는 것이다.

슬라이스 손실이 검출되면, LCU 순서대로 루프를 돌면서 각 LCU의 CU 레벨을 확인하고 각 CU 에서 PU 의 내용을 확인한다. 각 PU에 대해서 참조 프레임의 4x4 동일 블록에서 잔차 에너지를 확인하고, PU 내 하나의 4x4 블록이 신뢰할 수 없으면 현 PU 는 신뢰할 수 없는 블록으로 처리된다. 그림 2는 테스트 비디오 샘플에 대한 블록 신뢰도를 계산하여 보여준다. 그림 2(a)는 BQMall 영상의 3번째 프레임을 보여주며, 그림 (b)에서 하얀색으로 마킹된 부분이 신뢰도가 낮은 블록을 의미한다. 영상의 다른 블록에 비해 움직임이 있는 객체의 경계 부분 블록에서의 모션 신뢰도가 상대적으로 낮음을 알 수 있다.

2. 블록 신뢰도와 경계면 매칭 기반의 에러 은닉

제안된 시스템은 블록 신뢰도를 이용하여 블록의 모션 정보를 추



(a)



(b)

그림 2. 블록 신뢰도 계산 예: (a) BQMall 영상의 3번째 프레임, (b) 신뢰도가 낮은 블록을 하얀색으로 디스플레이

정한 이후에 신뢰도가 낮은 블록에 대해서는 추가적인 경계면 매칭을 수행하여 손실된 블록에 대한 은닉을 진행하도록 제안되어 있다. 추정된 블록의 모션 정보를 기반으로 에러를 은닉하기 위해서, 손실된 블록의 CU/PU 파티션 정보와 참조 프레임의 동일한 위치에서의 블록은 CU/PU 파티션 정보가 유사하다는 것과 블록에서 계산된 신뢰도는 해당 블록의 모션 정보를 잘 반영한다는 것을 가정으로 하고 있다. 따라서, 블록의 신뢰도가 높으면 모션 정보를 그대로 사용해도 되고, 블록의 신뢰도가 낮으면 모션 정보는 다시 계산되어야 한다. 제안된 시스템에서의 에러 은닉 과정은 다음과 같다.

- 슬라이스 손실을 검출하여 에러가 발생되었음을 확인하고, 슬라이스 손실이 검출되면 참조 프레임의 해당 슬라이스 정보를 읽어옴
- 이전 프레임의 PU 정보와 현재 프레임의 PU 정보가 매우 유사하다는 통계적인 특성을 이용하여 손실된 블록에 대한 블록 정보를 이전 프레임의 해당 블록에서 가져옴
- 블록이 인트라 블록인지 확인을 하며, 만일 인트라 블록이면 해당 블록의 모션 벡터 MV_x , MV_y 를 0 으로 지정하고, 인트라 블록이 아니면 블록의 모션 정보를 복사해서 현재 블록의 모션정보로 지정

함

- 지금까지의 작업으로 손실된 블록의 복구가 우선 이루어지며, 이제 추가적인 작업을 통해서 블록의 모션 정보를 개선하는 작업을 진행하게 됨

- 인트라 블록이 아닌 경우, 해당 블록의 신뢰도를 식 (1)을 이용하여 확인함

- 블록 신뢰도 확인 결과가 정해진 문턱치보다 높으면, 해당 블록의 모션 벡터 신뢰도가 낮은 것으로 판정하고 해당 블록에 대한 모션 정보를 추가로 개선하기 위한 작업을 진행함

- 인트라 블록과 인터 블록이지만 신뢰도가 낮은 블록에 대해서 블록 경계면에서의 매칭을 수행하여 모션 벡터 조정을 진행함

- 그림 3과 같이 탐색 영역을 설정하고 해당 탐색 영역 내에서의 모션 벡터에 대해서 경계면 매칭 오류를 계산하고 경계면 오류값이 가장 작은 모션 벡터를 해당 블록의 새로운 모션으로 지정함

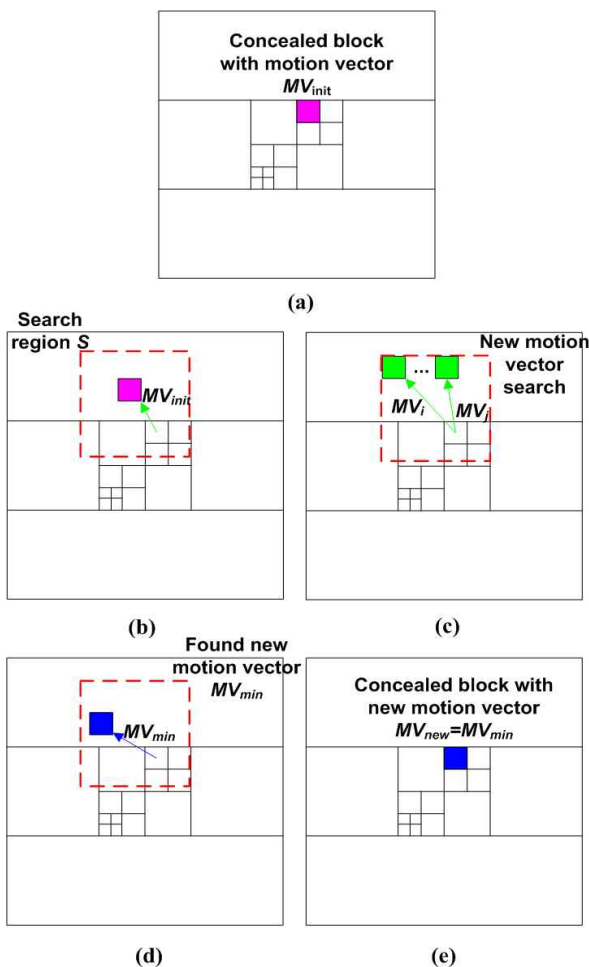


그림 3. 블록 경계면 매칭을 통한 모션 벡터 검색과정

- 그림 3 (a)는 코딩 모드와 블록 신뢰도를 이용하여 은닉된

블록을 의미하며, (b)는 해당 블록을 중심으로 탐색 영역을 설정한 것을 의미하고, (c)는 탐색 영역내에서 블록 경계면 매칭도가 가장 높은 블록을 탐색하는 과정을 보여주며, (d)는 경계면과 매칭도가 가장 높은 모션을 찾은 것을 의미하며, (e)는 해당 모션으로 블록의 은닉을 완성하는 것을 의미함

- 그림 3에서 언급된 과정을 거치고 새로운 모션 정보를 이용하여 최종적으로 은닉된 영상을 생성함

경계면에서의 매칭 오류를 최소화하기 위해서 다음과 같은 목적함수를 정의하여 사용하며,

$$f(x, y, dx, dy) = \sum_{\substack{\text{for all } x_i, y_i \in B \\ \text{and } dx, dy < D_i}} |I_{in}(x_i + dx, y_i + dy) - I_{out}(x_i + dx, y_i + dy)| \quad (2)$$

여기에서, I_{in} 과 I_{out} 은 블록의 경계면 안쪽과 바깥쪽의 화소에서의 Y 값을 의미한다. 모션 정보를 의미하는 dx , dy 는 x 방향과 y 방향의 모션을 의미한다. 즉, 탐색 영역내에서 임의의 모션 dx , dy 를 이용하여 영상을 생성하고 해당 영상에서의 경계면 매칭 오차를 계산하게 된다.

IV. 실험 결과

무선 환경에서 발생하는 다양한 에러 상황을 시뮬레이션 하기 위해서 다양한 패킷 손실 율에 대해서 실험을 진행하였다. 패킷 손실율 6.25%, 12.5%, 18.7%, 25%의 패킷 손실 상황을 가정하고 실험을 진행하였으며 5개의 비디오에 대해서 테스트를 진행하였다. 실험에 사용된 알고리즘은 1) 손실된 블록의 참조 블록의 위치를 복사하여 사용하는 픽셀 복사법과, 2) 모션 기반 에러 은닉(MCEC: motion compensated error concealment) 기법, 그리고 3) 제안된 블록 신뢰도와 경계면 매칭 기반의 에러 은닉 기법이다. MCEC 기법에서는, 인트라 블록인 경우에는 해당 참조 블록을 복사하고 인터 블록인 경우에는 해당 모션 정보를 그대로 이용하였다.

제안된 기법의 성능 검증을 위해서 사용된 테스트 비디오 시퀀스는 HEVC 성능 테스트 시퀀스로 많이 활용되는 BQMall, Basketball-Drill, Keiba 등 5개의 시퀀스이다. 해당 테스트 시퀀스에 대한 성능 검증 결과 PSNR이 테이블 1에 나타나 있다. PSNR은 패킷 손실 없이 전송되는 데이터와 에러 은닉을 수행한 결과 데이터를 비교하여 계산되었으며, 패킷 손실율은 해당 비율의 패킷만을 인위적으로 손실 처리하여 시뮬레이션을 수행하였다. 테이블 1에 나타난 것과 같이 패킷 손실율이 증가함에 따라 모든 에러 은닉 기법의 PSNR이 감소함을 알 수 있다. Pixel copy, MCEC 기법의 경우 패킷 손실율이 증가함에 따라 PSNR이 많이 낮아짐을 알 수 있다.

표 1. 제안된 기법과 다른 기법과의 PSNR 비교

Test sequences	Methods (dB)	Packet loss rate			
		6.25%	12.5%	18.7%	25%
Basketball-Drill	Pixel copy	27.8	26.8	24.0	23.6
	MCEC	37.2	37.3	34.0	33.0
	Proposed Approach	39.7	39.6	36.2	35.0
BQMall	Pixel copy	27.9	27.2	24.5	24.1
	MCEC	39.2	38.0	35.6	34.9
	Proposed Approach	41.3	40.1	37.6	36.9
Keiba	Pixel copy	20.9	19.0	16.8	16.4
	MCEC	31.2	30.4	27.5	26.9
	Proposed Approach	32.5	31.1	28.5	27.9
Party Scene	Pixel copy	31.7	27.3	26.0	25.8
	MCEC	38.3	33.2	31.9	31.8
	Proposed Approach	39.1	33.6	32.4	32.3
Race Horses	Pixel copy	22.3	21.2	19.3	19.1
	MCEC	33.9	32.9	30.2	30.0
	Proposed Approach	36.3	34.8	32.2	31.8

제안된 기법의 경우 기존 기법에 비해서 패킷 손실율이 증가해도 상대적으로 PSNR이 크게 감소하지 않음을 알 수 있다. 예를 들어, BQMall 시퀀스의 경우에 패킷 손실율이 6.25%인 경우에 Pixel copy 기법의 경우 27.9의 PSNR이 패킷 손실율이 25%로 증가하게 되면 24.1로 떨어짐을 알 수 있고, MCEC 기법의 경우에는 PSNR이 39.2에서 34.9로 줄어듦을 알 수 있다. 제안된 기법도 PSNR이 41.3에서 36.9로 떨어짐을 알 수 있으나, 패킷 손실이 많은 상황에서도 상대적으로 높은 PSNR을 유지함을 알 수 있다. 즉, 제안된 기법이 잡음 환경에서 강한 에러 은닉 성능을 보여줌을 확인 할 수 있다. 아울러, 바운더리 매칭 오류를 최소화하는 모션 벡터를 찾기위한 탐색 영역의 크기가 증가하면 PSNR도 비례해서 개선되는 것을 확인하였다. 그림 4에 다양한 탐색 영역의 크기별 PSNR 성능 비교 결과나 나타나 있다.

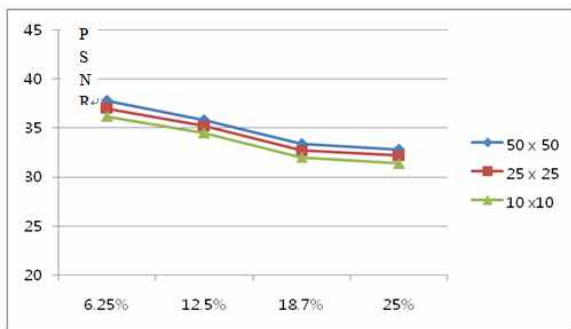


그림 4. 다양한 탐색 영역에 대한 은닉 PSNR 비교



(a)



(b)

그림 5. RaceHorses 테스트 비디오에 대한 에러 은닉 성능 비교: (a) MCEC-기반 기법, (b) 제안된 기법

영상의 시각적인 개선효과를 확인하기 위해서 에러 은닉된 영상의 결과를 출력한 것이 그림 5와 같다. 그림 5 (a)는 RaceHorses 시퀀스에 대한 MCEC 기법의 은닉 결과를 보여주고 있으며, 그림 5 (b)는 제안된 기법으로 은닉한 결과를 보여준다.

그림 5 (a)에서 네모 박스된 영역의 내부를 보면 은닉된 결과에 블록 형태의 오류가 있음을 알 수 있으며, 그림 5 (b)에 나타난 제안된 기법에 의한 은닉 결과에서는 해당 오류가 보이지 않음을 알 수 있다. 실험을 통해서 제안된 블록 신뢰도와 경계면 매칭을 기반으로 한 에러 은닉 기법이 잡음 환경에서 비교적 우수한 성능을 보임을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 잡음환경에서의 비디오 에러 은닉 기법을 제안하였다. 비디오 에러 은닉 기법은 잡음 환경에 노출된 비디오 정보가 손실된 경우에 시간 및 공간상으로 이웃한 프레임의 정보를 활용하여 영상을 복원하는 기법이다. 구체적으로, 블록의 신뢰도를 기반으로 하되 블록의 신뢰도가 낮은 경우에는 경계면 매칭을 통한 경계면 잡음을 추가로 최소화하는 모

선 벡터를 찾아냄으로써 에러 은닉을 효과적으로 수행하도록 하는 기법을 제안하였다. 향후 연구 과제로는 경계면 매칭을 효과적으로 수행하기 위한 최적화 기법과 경계면 매칭에 필요한 계산 시간을 단축하기 위한 연구를 진행하고자 한다.

References

- [1] G.J. Sullivan, J. Ohm, W. Han, and T. Wiegand, "Overview of the high efficiency video coding standard," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 22, no. 12, pp. 1649-1668, Dec. 2012.
- [2] Z. M. Vyas, K. Lineswala and K. C. Pathak, "Error concealment techniques using intra-modes and weighted interpolation in H.264 decoder," *Proceedings of International Conference on Computer, Communication and Control (IC4)*, pp. 1-6, 2015.
- [3] G. Kulupana, D. S. Talagala, H. K. Arachchi and A. Fernando, "Error resilience aware motion estimation and mode selection for HEVC video transmission," *Proceedings of IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, pp. 85-86, 2016.
- [4] Y. Chang, Y. A. Reznik, Z. Chen, and P. C. Cosman, "Motion compensated error concealment for HEVC based on block-merging and residual energy," *Proceedings of 20th International Packet Video Workshop*, pp. 1-6, Dec. 2013.
- [5] J. Nightingale, W. Qi, C. Grecos, and S. Goma, "The impact of network impairment on quality of experience (QoE) in H.265/HEVC video streaming," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 60, no. 2, pp.242-250, May 2014.
- [6] Y. Chen, Y. Hu, O. C. Au, H. Li, and C. W. Chen, "Video error concealment using spatio-temporal boundary matching and partial differential equation," *IEEE Transactions on Multimedia*, vol. 10, pp. 2-15, Jan. 2008.
- [7] Y. Wang and Q. Zhu, "Error control and concealment for video communication: a review," *Proceedings of IEEE*, Vol. 86, No. 5, pp. 974-997, May 1998.
- [8] S. Kumar, L. Xu, M. K. Mandal, and S. Panchanathan, "Error Resiliency Schemes in H.264/AVC Standard," *Journal of Visual Communication & Image Representation*, vol. 17, no. 2, April 2006.
- [9] T. Wiegand, G. J. Sullivan, G. Bjontegaard, and A. Luthra, "Overview of the H.264/AVC video coding standard," *IEEE Trans. Circuits Systems and Video Technology*, vol. 13, pp. 560-576, July 2003.
- [10] Q. Peng, T. Yang, and C. Zhu, "Block-based temporal error concealment for video packet using motion vector extrapolation," *Proceedings of IEEE International Conference on Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions*, pp. 10-14, July 2002.
- [11] K. Seth, V. Kamakoti, and S. Srinivasan, "Efficient motion vector recovery algorithm for H.264 using B-spline approximation," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 56, pp. 467 - 480, Dec 2010.
- [12] T. Lin, N. Yang, R. Syu, C. Liao, and W. Tsai, "Error concealment algorithm for HEVC coded video using block partition decisions," *Proceedings of IEEE International Conference on Signal Processing, Communication and Computing*, pp. 1-5, Aug. 2013.
- [13] J. Leng, L. Sun, T. Ikenaga, and S. Sakaida, "Content based hierarchical fast coding unit decision algorithm for HEVC," *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia and Signal Processing (CMSP)*, vol. 1, pp. 56 - 59, 2011.

저자 소개



김도현

2015 부산대학교 전산학과 공학박사
2000~ 현재 한국전자통신연구원
책임연구원

<주관심분야 : 스마트 자동차, 스마트 공장, IoT 시스템, 데이터 베이스>



최경호

2002년 미국 워싱턴 주립대학교 전기공학과 공학박사
2005~ 현재 국립목포대학교 전자공학과 교수

<주관심분야 : 비디오 코딩, 인공지능, IoT 시스템, 멀티미디어>