

다발적 패킷 손실 네트워크에서 저비트율 영상의 에러은닉

정진우, 변재영, 고성제
고려대학교 전자공학과

Error concealment for Low Bit Rate Video over Burst- Packet-Loss Networks

Jin-Woo Jeong, Jae-Young Pyun and Sung-Jea Ko
Dept. of Electronics Engineering
Korea University
E-mail: zski@dali.korea.ac.kr

Abstract

This paper presents a robust error concealment method for burst-packet-loss networks. The proposed error concealment algorithm can reduce the computational complexities of the existing error concealment methods. Moreover, experimental results show that the proposed method produces the better video quality than the conventional boundary matching algorithm.

I. 서론

에러은닉은 디코더에서 인코더로부터의 추가적인 정보에 의존하지 않고 이전에 수신된 에러가 없는 영상 정보를 이용하여 손실되거나 에러가 있는 영상 데이터를 적절히 복구하는 순수 디코더 기반의 기술이다[1].

최근 영상통신 서비스의 출현과 더불어 무선망에서의 에러없는 실시간 비디오 전송에 대한 관심이 증가하였다. 무선망에서의 큰 단점은 심각한 양의 전송에러이다. 또한 제한된 대역폭과 망상황의 변화는 낮은 계산량과 QCIF (176 x 144 pixels) 같은 프레임 사이즈로 제한을 하게 되어 하나의 프레임은 하나 혹은 여러 개의 패킷으로 나뉘게 된다. 따라서 패킷의 다발적 손실은 프레임 내에서 여러 줄이 한꺼번에 손실되는 현상을 가져오게 된다. 또한 압축된 영상 데이터에서는 이러한 다발적 에러가 연속된 프레임으로 전파되는 특성을 보이게 된다. 따라서 적은 계산량을 가지고 적절히 손상된 영상을 보정할 수 있는 에러은닉 기법이 필요하다. 이전에 이미 여러 개의 전송에러에 의한 영상 화질 열화를 최소화 하는 기법들이 개발되었다 [2]-[11]. 그러나 이러한 기법들은 다발적 에러환경에서 만족하지 못할 화질이나 많은 계산량으로 무선 영상통신에는 적합하지 못하다[3]-[4]. 이 문제를 해결하기 위해서 차별화된 후보 MV (Motion Vector)들과 손상된 MB (Macro Block)를 우선순위에 따른 구역으로 나눔으로써 후보 MV 들로부터 손상된 MB 의 손실된 MV 를 추정할 수 있는 새로운 에러은닉기법을 제안한다.

우선 2 장에서는 기존의 에러은닉 기법을 소개하고,

3 장에서는 제안된 기법을 제안한다. 4 장과 5 장에서는 실험결과와 결론을 서술하겠다.

II. 기존 에러은닉 기법

이 장에서는 3 개의 대표적 에러은닉 기법과 영상 비트스트림 에서의 에러에 의한 영향을 살펴본다.

경계 매칭 알고리즘 (BMA)은 좌측상단의 블럭에서부터 오른쪽 아래 방향으로 차례로 손실된 MV 를 복구한다. 이 알고리즘은 이웃하는 픽셀들이 높은 상관관계를 가진다는 사실에 근거한다. 따라서, 올바른 MV 가 선택이 되었다면, 이웃하는 블럭의 픽셀값의 차이가 최소화 된다. 손상된 MB 에 대한 후보 MV 의 수는 블럭의 유용성에 따라 결정된다. 하지만 선이나 에지가 있을 경우에는 이웃하는 블럭 사이에서 급격한 픽셀값의 변화가 일어난다. 따라서 BMA 는 대각선이나 역대각선의 에지가 존재할 때 적절히 작동하지 않을 수도 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 에지의 방향에 따라 경계에서의 차이값을 구하는 방식을 취하면 될 것이다.

BMA 에서 Side Match Distortion (SMD)는 가장 잘 매치가 되는 MV 에 의해 보상된 MB 를 찾는데 사용된다. 즉, SMD 는 손상된 MB 를 둘러싸고 있는 이웃 MB 들의 후보 MV 를 가지고 각각 후보 MV 들 중에 4 방향 (아래, 위, 오른쪽, 왼쪽) 으로 가장 적은 grey-level 값의 변화를 보여주는 MV 를 찾는 방법이다.

중첩된 움직임 보상 방법 (OMC)은 공간적으로 이웃하는 블럭들을 이용하여 복구된 MB 를 스무딩 해준다[4]. 이것은 공간적으로 이웃하는 블럭들이 비슷한 속도로 같은 방향으로 움직이는 성질을 이용한 것이다. 또한 이것은 공간적으로 이웃하는 블럭들의 MV 정보의 상관관계가 높다는 것을 의미한다. 이 알고리즘의 첫 번째 단계로 손상된 MB 는 이웃 MB 중에 최소한의 SMD 값을 가지는 MV 로 복구한다. 그리고, 수평과 수직 방향으로 각각 두 개의 부분으로 나누어 다시 각 나뉜 방향마다 인접하는 MB 의 MV 로 스무딩하는 작업을 거친다. 이것은 영상의 화질을 개선시키는데 효과가

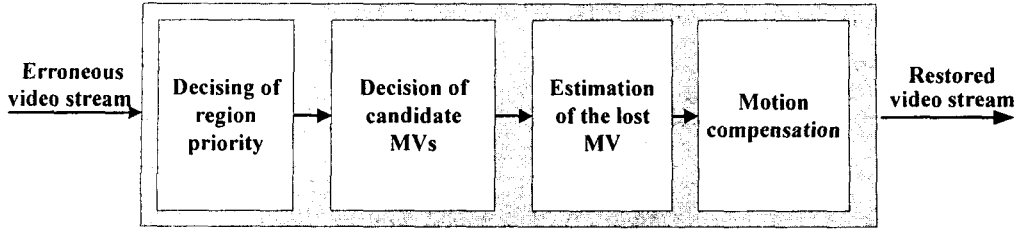


그림 1 제안된 에러은닉 시스템의 블록도

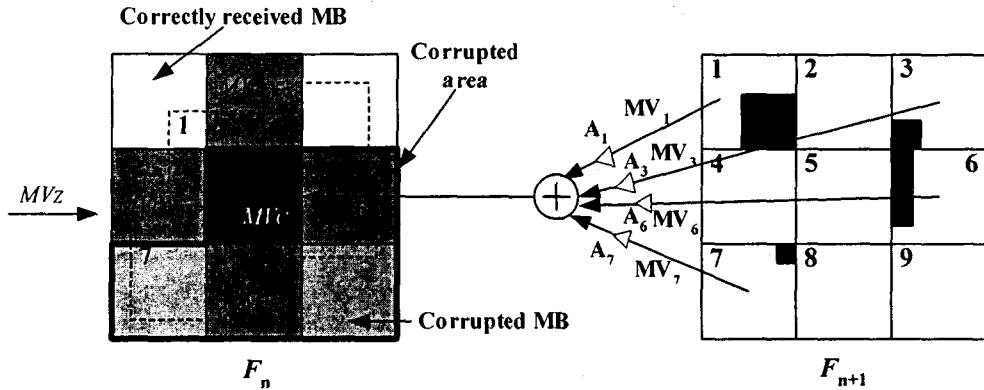


그림 2 제안된 에러은닉 시스템의 블록도

이다. 그러나 이러한 스무딩 기술은 계산량을 심각하게 증가시키는 단점이 있다.

III. 제안된 에러은닉 알고리즘

3.1 제안된 에러은닉

그림 1 은 제안된 에러은닉의 디코딩 과정에서의 필수적 요소를 보여주고 있다. 새로운 에러은닉 시스템은 다발적 패킷 손실 채널에서 영상 스트림의 서비스의 질 (QoS)을 향상시키도록 고안되었다. 또한 낮은 계산량이 그 목적이다. 첫 번째, 손상된 MB 들은 그림 2에서 보여지는 것처럼 그들의 위치에 따른 여러 개의 구역으로 나뉘게 된다. 따라서, 구역의 우선순위에 따라 손상된 MB 에 대한 후보 MV 의 수를 자동화 할 수 있다. 두 번째로 각 구역에 있는 손상된 MB 에 대한 후보 MV 를 결정한다. SMD 를 적절히 사용하기 위해서 손상된 MB 주위에 모든 MB 의 MV 들이 요구된다. 하지만 몇몇 주위의 MB 들은 손상되어 있을 수도 있기 때문에 그들의 MV 를 찾을 수 없게 된다. 우리는 3.3 장에서 이러한 주위 손상된 MB 의 MV 를 찾는 새로운 방법을 소개한다. 이렇게 복구된 MV 들은 손상된 MB 를 위한 후보 MV 들로 사용하게 된다. 다음으로 가장 적은 SMD 값을 가지는 MV 를 선택한다. 마지막으로 공간적으로 에러가 누적되어 낮은 화질로 복구된 구역 3 에 OMC 방법을 사용한다

3.2 에러가 있는 MB 들의 구역분할

제안된 알고리즘은 손상된 MB 들을 그림 3 처럼 3 개의 구역으로 분할한다. 각 구역에서 에러은닉 처리는 좌측 블록부터 시작해서 오른쪽으로 진행하면서 아래로 내려간다. 프레임 사이즈는 가로와 세로로 각각 $M \times N$ 개의 MB 들로 가정한다.

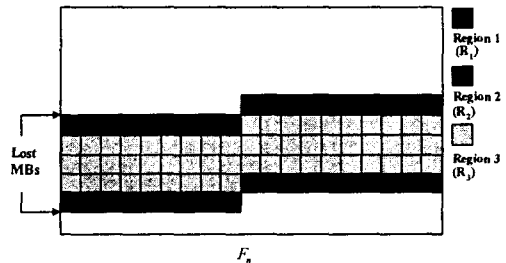


그림 3 한 프레임에서 손상된 MB 들의 구역

구역 1 은 다발적 에러 영역에서 처음으로 손상된 M 개의 MB 들로 구성된다. 따라서, 구역 1 의 윗쪽에 인접하는 MB 들은 손상되지 않았고, 아랫쪽에 인접하는 MB 들은 손상된 것을 알 수 있다. 반면에 구역 3 은 다발적 에러 영역에서 마지막의 M 개의 MB 들을 포함한다. 그리고 구역 2 는 구역 1 과 구역 3 에 속하지 않는 MB 들로 구성된다. 낮은 계산량으로 손상된 MB 들을 복구하기 위해서 각 구역에 다른 수의 후보 MV 들이 할당된다. 복구된 영상의 경계에서 부자연스러운 영상

이 나타나므로 구역 1 과 3 에는 더 많은 후보 MV 들이 할당된다.

3.3 후보 Motion Vector

본 논문에서는 8 개의 후보 MV 들이 사용된다. 이것들은 각각 아래쪽 MV (MV_B), 오른쪽 MV (MV_R), 왼쪽 MV (MV_L), 위쪽 MV (MV_T), 가운데 MV (MV_C), 제로 MV (MV_Z), 가중치에 의한 평균 MV (MV_{M3}), 가중치에 의한 median MV (MV_{M3})이다. 구역 1 에서는 주위의 아래와 오른쪽의 블럭이 손상되었기 때문에 MV_R 와 MV_B 이 없게 된다. 존재하지 않는 이 MV 들을 복구하기 위하여 본 논문은 그림 2 에서와 같이 다음 프레임과 이전 프레임의 선형적 제적의 특징을 이용하여 새로운 예측 방법을 제시한다. 이 방법은 손상된 MV 들을 연속하는 두 개 프레임의 시간적 상관성을 이용하기 된다. F_N 은 패킷 에러로 인한 손상된 MB 들을 가지고 있는 프레임이고, F_{N+1} 은 에러가 없는 다음 프레임이라 가정하자. F_{N+1} 은 F_N 을 이용하여 움직임 보상이 되어 얻어진 프레임이다. F_{N+1} 에 있는 4 개의 MB(1, 3, 6, 그리고 7 MB) 들은 F_N 에 있는 점선의 사각형 부분으로부터 보상 되어진 프레임이다. 이 4 개의 MB 들은 프레임 F_N 에서 손상된 MB 인 MB_2 와 시간적인 상관관계를 가지게 된다. 따라서, MB_2 의 MV 는 프레임 F_{N+1} 의 MV 들에 가중치를 가한 평균으로 추정할 수 있다. 가중치는 식 (1)과 같이 프레임 F_{N+1} 의 A_1, A_3, A_6 , 그리고 A_7 영역에서의 픽셀 수로 나타낼 수 있다.

$$MV_e^n(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^9 [A_i^{n+1} \cdot MV_i^{n+1}(x, y)]}{\sum_{i=1}^9 A_i^{n+1}} \quad (1)$$

$MV_e^n(x, y)$ 는 프레임 F_N 안에서 손실된 MB 의 예측된 MV 이고, A_i^{n+1} A 는 프레임 F_{N+1} 에서 MB_i 의 가중치이다. 그리고, $MV_i^{n+1}(x, y)$ 는 프레임 F_{N+1} 에서 MB_i 의 MV 이다. 이러한 방법으로 F_N 에서 손상된 영역의 모든 MV 는 식(1)을 사용하여 예측 될 수 있다.

IV. 실험결과

제안된 알고리즘의 성능을 측정하기 위하여 표준 실험 영상인 *Foreman* 이 사용되었다. 실험 영상은 초당 10frame 율과, 4:2:0 QCIF 의 포맷을 가진다. 본 에러는 닉 기법은 H.263+ 표준 codec 안에서 구현되었다. 아울러 선택된 프레임 내에서 전송된 에러에 의해 여러 개의 집합된 블럭 단위 (GOBs)로 손실이 되도록 설정하였다. 제안된 알고리즘에서 구역에 우선순위를 두는 것을 위해서 구역 1, 구역 2 그리고 구역 3 에 각각 8 개, 6 개, 그리고 8 개의 후보 MV 를 할당하였다. 반면에 비교를 위해 사용된 BMA 와 OMC 에는 전 MB 들에 8 개의 후보 MV 를 사용했다.

표 1 처리시간과 평균 PSNR 비교 (켄터엄 4 - 2.4GHz)

종류	평균 PSNR(dB)	처리시간(초)
OMC	26.78	0.028
BMA	23.64	0.015
제안된 알고리즘	25.25	0.020

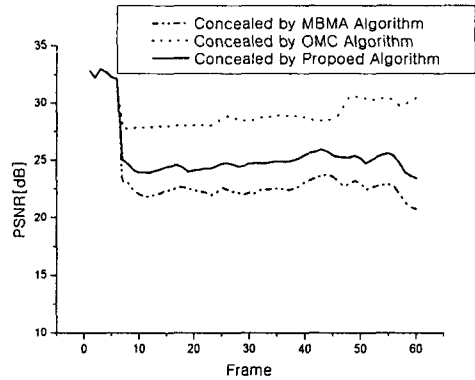
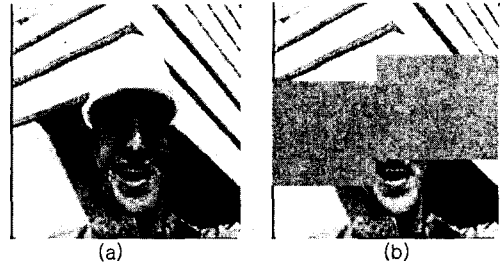


그림 4 손상된 7 번째 프레임의 에러 전파

표 1 은 *Foreman* 에서 5 개의 프레임이 손상되었을 때, 각각 BMA, OMC 그리고 제안된 알고리즘의 평균 PSNR 과 처리시간을 나타낸다. 제안된 알고리즘은 일단 BMA 보다 좋은 PSNR 을 보여주고 있고, 가장 우수한 PSNR 을 보여주는 OMC 에 비해 낮은 계산량을 보여주고 있다. 그러나, OMC 는 많은 계산량 때문에 무선 통신에서의 부적합성을 보여주고 있다.



(d)



(e)

그림 5 캡처된 Foreman 영상의 7 번째 프레임, (a) 원본 영상, (b) 손상된 영상, (c) BMA 에 의해 복원된 영상, (d) OMC 에 의해 복원된 영상, (e) 제안된 알고리즘에 의해 복원된 영상

그림 5(a)와 5(b)는 각각 원본 영상과 손상된 원본 영상을 나타낸다. 그림 5(c)는 BMA 에 의해 복원된 영상이다. 그림에서 보듯이 BMA 는 만족하지 못할만한 화질을 보여주고 있다. 그림 5(d)와 그림 5(e)는 각각 OMC 와 제안된 알고리즘에 의해 복구된 영상을 보여주고 있다. 비록 OMC 가 제안된 알고리즘보다 PSNR 상에서 다소 우수한 화질을 보여주고 있지만, 주관적으로 볼 때, 화질의 차이는 무시할 만하다.

V. 결론

본 논문은 다발적 에러 환경에서 구역에 우선 순위를 두고 차별화된 후보 MV 수를 할당함으로써 효과적으로 계산량을 줄이면서 MB 들을 복구하는 에러온닉 기법을 제안하였다. 또한 본 논문은 OMC 기법에 비해 적은 계산량을 가지는 것으로 관찰되었다. 실험결과를 제안하는 에러온닉 알고리즘의 낮은 계산량과 적절한 PSNR 성능이 기존의 에러온닉 기법에 대한 유용한 대안이 될 수 있음을 보여주고 있다. 본 논문은 아울러 장면에 특성에 따른 낮은 계산량의 SMD 기법 개발을 다음 연구 주제로 남겨놓고 있다.

참고문헌

- [1] A. H. Sadka, Compressed video communications, John Wiley, 2002.
- [2] Y. Wang and Q. F. Zhu, "Error control and concealment for video communication: a review," *Proc. IEEE*, vol.86, pp. 974-997, May 1998.
- [3] S. Aign and K. Fazel, "Temporal and spatial error concealment techniques for hierarchical MPEG-2 video codec," *IEEE International Conf. communications*, vol.3, pp.1778-1783, 1995.
- [4] M. J. Chen, L. G. Chen, and R. M. Weng, "Error concealment of lost motion vectors with overlapped motion compensation," *IEEE Trans. Circuits and Syst. Video Technology*, vol.7, no.3, pp. 560-563, Jun.1997.
- [5] W. M. Lam, A. R. Reibman, and B. Liu, "Recovery of lost or erroneously received motion vectors," *Proc. ICASSP*, vol.5, pp. 417-420, Mar. 1993.
- [6] S. Valente, C. Dufour, F. Groliere, and D. Snook, "An Efficient error concealment implementation for MPEG-4 video streams," *IEEE International Conf. Consumer Electronics*, vol. 47, no. 3, pp. 568-578, Aug. 2001.
- [7] Y. K. Wang, M. M. Hannuksela, V. Varsa, A. Hourunranta, and M. Gabbouj, "The error concealment feature in the H.26L test model," *IEEE International Conf. Image Processing*, vol. 2, pp.729-732, Feb. 2002.
- [8] J. Zhang, J. F. Arnold, M. R. Frater, and M. R. Pickering, "Video error concealment using decoder motion vector estimation," *TENCON '97. IEEE Region 10 Annual Conf. Speech and Image Technologies for Computing and Telecommunications*, vol. 2, pp.2-4, Dec. 1997.
- [9] J. Feng, K. T. Lo, H. Mehrpour, and A. E. Karbowiak, "Cell loss concealment method for MPEG video in ATM networks," *Proc. GLOBECOM*, vol. 3, pp. 1925-1929, Nov. 1995.
- [10] F. Delicado, P. Cuenca, A. Garrido, L. Orozco-Barbosa, and F. Quiles, "On the capabilities of error concealment in MPEG-2 communications over wireless ATM," *IEEE International Conf. Multimedia and Expo*, vol. 3, pp.1443-1446, 2000.
- [11] K. Stuhlmuller, N. Farber, M. Link, and B. Girod, "Analysis of video transmission over lossy channels," *IEEE Journal Selected Areas in Communications*, vol. 18, no. 6, Jun. 2000.