

## 무선 비디오 통신을 위한 피드백 채널 기반의 에러복구 알고리즘의 개발

노 경 택\*

## An Error Control Algorithm for Wireless Video Transmission based on Feedback Channel

Kyung-Taeg Rho\*

### 요 약

피드백 채널을 이용한 디코더는 인코더로 전송에러에 의한 오염된 매크로 블록들의 주소를 알려준다. NACK 메시지의 수신으로 인코더는 전송에러가 발생된 프레임의 GOB와 MB를 기준으로 forward dependency를 적용으로 확산된 에러전파영역을 지닌 다음순서의 프레임을 만들어낸다. 이 프레임으로 현재 인코딩 하려는 프레임의 각 MB안에 4-corner에 존재하는 픽셀들에 대한 backward dependency를 적용함으로써 오염된 MB를 찾아낼 수가 있다. 이들 오염된 MB들에 대한 INTRA 코딩을 적용함으로써 에러확산을 완전히 중단시킬 수 있다. 이와 같이 빠른 알고리즘의 적용으로 보다 적은 연산량과 보다 적은 양의 메모리 요구를 얻을 수 있다. 또한 이러한 장점은 실시간 비디오 전송에 특히 적합하다.

### Abstract

By feedback channel, the decoder reports the addresses of corrupted macroblocks induced by transmission errors back to the encoder. With these negative acknowledgements, the encoder can make the next frame having propagated errors by using forward dependency based on GOBs and MBs of the frame happening transmission errors. The encoder can precisely calculate and track the propagated errors by examining the backward motion dependency for each of four corner pixels in the current encoding frame until before-mentioned the next frame. The error-propagation effects can be terminated completely by INTRA refreshing the affected macroblocks. Such a fast algorithm further reduce the computation and memory requirements. The advantages of the low computation complexity and the low memory requirement are particularly suitable for real-time implementation.

## I. 서론

ITU-T H.263(1)은 다양한 네트워크 상에서 화상 회의를 위해 사용되는 낮은 비트율 비디오 코딩 방안이다. motion estimation / compensation, discrete cosine transform (DCT), and variable length coding (VLC)을 이용함으로써 상당한 압축효과를 얻을 수 있다. 그러나 이들 기법은 채널 상태에 상당히 민감하게 영향을 받는다. H.263에서는 조그만 에러조차 시공간적 영역에서 에러가 확산되고 상당한 화질의 저하를 야기한다.

낮은 비트율 비디오 코딩 방식은 높은 코딩 효율을 목적으로 한 프레임 간 코딩 (interframe coding)에 의존하기 때문에 압축된 비디오 신호는 전송에러에 매우 취약하다. 이들은 다음 프레임을 예측하기 위하여 이전에 인코딩되고 재구성된 비디오 프레임을 이용한다. 그러므로 하나의 프레임에서의 정보의 손실은 뒤따르는 프레임의 화질에 상당한 영향을 준다. 약간의 전송에러는 비디오 비트 스트림을 깨트리기 때문에 이러한 취약성으로 인하여 특별한 대책 없이는 에러가 발생하지 않는 채널을 목적으로 설계된 낮은 비트율 비디오 코딩에는 적합하지 않다. 이러한 문제점 대책방안을 비디오 코딩과 비디오 디코딩 알고리즘에 설치해야한다. 따라서 만약 FEC와 ARQ같은 기법이 실패할 때는 이들 기법을 최후의 수단으로 이용한다. 본 논문은 낮은 비트율 비디오 코딩들로 하여금 error-resilient 하도록 하기 위한 기법 가운데 feedback channel에 의해 제공되는 승인 정보를 이용하는 기법에 중점을 두고자 한다. 피드백 기반 기법은 계속적으로 변화하는 전송조건에 즉시 적응하고 채널의 효율적 사용을 가능하게 한다.

VLC를 적용함으로써 에러를 지닌 압축된 데이터는 다음 재동기 시점, 즉 다음 group of blocks (GOB)이 나타날 때까지 완전히 디코드 될 수 없다. 결과적으로 같은 GOB상에서 에러가 발생한 MB를 뒤따르는 MB들은 보통 모두 파괴된다. 더구나 인코더 상태와 디코더 상태의 동기를 맞추지 못함으로써 시간적 도메인 상에 뒤따르는

모든 프레임들 또한 에러상태를 지니고 계속 확산된다. 일반적으로 decoded bit stream 상에 존재하는 에러들은 인코더 측에서는 거의 인식되지 않는다. 따라서 디코더 측에서는 MB는 수신된 MV가 가리키는 손상된 영역을 참고하게된다. 결과적으로 재구성된 비디오 화질은 떨어지고 에러가 확산하게된다. 본 논문은 2장에서 기존의 에러추적 기법을 알아보고 3장에서 IFET기법을 제시하고, 끝으로 결론을 맺으려고 한다.

## II. Error Tracking 방법

에러를 복구하는 방안을 기존에 Unequal Error Protection(3), ARQ(4), 그리고 Error Concealment(5, 6, 7)와 같은 기술들은 에러 전파의 효과를 제한하기 위해 제안되었다.

그러나 Unequal Error Protection과 ARQ은 비트 스트림의 구문 변경이 필요하게 되고 표준과는 양립되지 않는 단점을 지닌다. 반면 수신측에서의 Error Concealment (5, 6, 7) 기술은 에러로 인한 피해를 효과적으로 줄이는 결과가 증명되었다. Error Concealment 기술 대부분은 잘못된 블록을 추적하기 위해 하나 이상의 도메인 안에서 이웃으로부터의 정보를 활용한다. 불행하게도 Error Concealment 기술이 실질적으로 비디오의 품질을 향상시킬 수 있다 하더라도 피하기가 어렵거나 완벽하게 시간적인 에러 전파를 종결시킬 수는 없다. 에러의 누적을 피하기 위한 또 다른 접근으로는 속도의 Penalty가 증가되는 비디오를 INTRA Mode로 인코딩 하는 것이다. H.263표준은 P-picture안의 각 MB이 최소한 132프레임

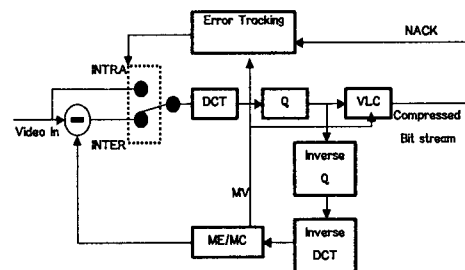


그림 1. H.263 encoder with Error Tracking

에 한번은 INTRA Mode로 인코딩하게 되어 있다. 이는 에러를 완전하게 복원할 수는 있지만 에러로부터 회복하는 시간이 오래 걸리게 된다. 따라서 실시간 H.263 비디오의 견고한 전송을 위한 정확한 Error-Tracking 스킴 [8, 9, 10, 11]을 소개하고자 한다. [그림 1]에서는 Error Tracking을 가지는 H.263의 인코더의 코드 스킴을 보여주고 있다.

Error-Tracking 스킴은 ISD(Independent Segment Decoding)[10], RPS(Reference Picture Selection)[11]과 함께 기본 Error Resilience 스킴의 세 가지 방법 중 하나로써 에러가 발생한 부분을 정확하게 추적하여 인코딩함으로써 정확한 에러 복원이 가능한 장점을 지니고 있는 방법이다. 하지만 이 방법은 대역폭이 작고 에러가 발생하기 쉬운 무선환경에 그대로 적용하기에는 무리가 따르게 된다. 이는 에러가 발생한 부분을 찾기 위한 연산시간과 메모리 요구량이 무선환경에서의 실시간 전송에 적용하기에는 부하가 크기 때문이다. 따라서 이를 극복할 수 있는 방안이 필요하게 된다. 먼저 피드백 기반의 Error Tracking[12]의 기본 동작을 살펴보면 Error Tracking 수행을 피드백 채널을 활용하여, 디코더가 인코더에게 역으로 전송 에러를 추적하도록 에러가 발생한 블록의 주소를 보고한다.

이러한 신호를 NACK(Negative Acknowledgement) 신호라고 부른다. 이러한 NACK 신호를 가지고 인코더는 에러가 발생한 프레임을 정확하게 계산할 수 있다. 이런 NACK 신호를 이용한 방안으로 Pao-Chi Chang과 Tien-H Lee이 제안한 방안[12]인 PET(Precise Error Tracking)[12], FET(Fast Error Tracking)[12]이 있다. 안은 현재 인코딩된 프레임 안에서 각 픽셀에 대한 Backward-Motion Dependency를 검사함으로써 에러전를 추적할 수 있다.

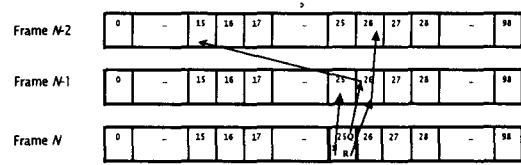


그림 2. PET Method

PET 알고리즘은 불필요한 영역을 검사하지 않고 정확하게 에러가 발생한 부분을 추적할 수 있는 방법으로 [그림 2]에서 보는 바와 같다

FET 알고리즘은 [그림 3]에서 보듯이 일정한 비율로 움직임이 지속된다는 가정 하에 오로지 MB의 네 모서리의 픽셀만을 검사함으로써 빠르게 Error Tracking [8, 9, 10, 11]을 수행할 수 있는 장점을 지니고 있다.

하지만 이 방안들조차도 문제점을 지니고 있다. PET[12]의 경우 정확한 에러추적이 가능하지만 모든 픽셀을 추적해야함으로 많은 연산량과 메모리 요구량이 요구된다는 단점을 지닌다. FET[12]의 경우에는 움직임이 일정한 비율로 움직인다는 가정을 두고 있어서 현실에 적합하다 할 수 없을 것이다.

AFET 방안은 아주 정확하고 빠른 에러추적 방안이다 [2]. 기본 아이디어는 프레임 안의 모든 픽셀들에 대한 backward motion dependency를 조사하지 않고 FET와 같이 4 모서리 픽셀들만이 motion dependency를 조사한다. [그림 4]의 프레임 N-1 상에서 점선으로 이루어진 MB크기의 사각형 부분은 프레임 N상에 특정 MB의 4 모서리 픽셀에 대한 backward tracking을 함으로써 매칭된 부분이다. [그림 4]는 AFET 방안의 실행과정을 보인다. 디코더측은 프레임 N에서 에러가 발생하였음을 발견하고 backward channel을 이용해서 NACK 신호와 함께 이들 정보를 보낸다. 인코더는 프레임상에

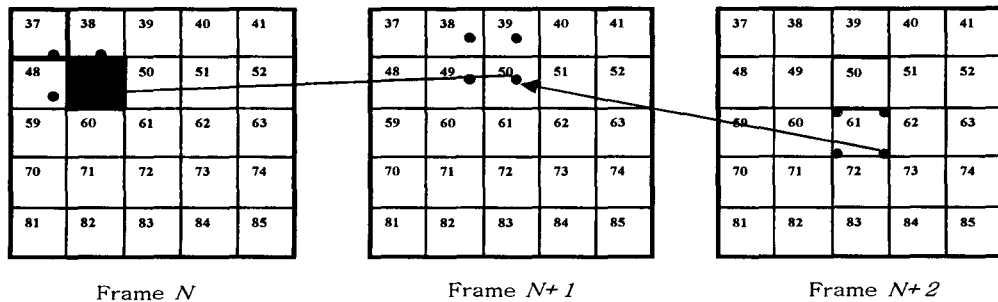


그림 3. FET Method

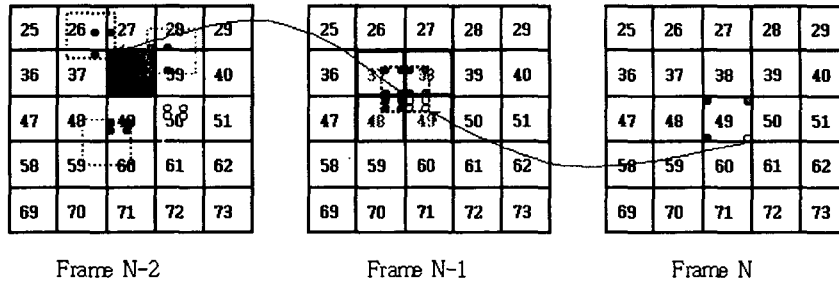


그림 4. AFET ( L = 2 )

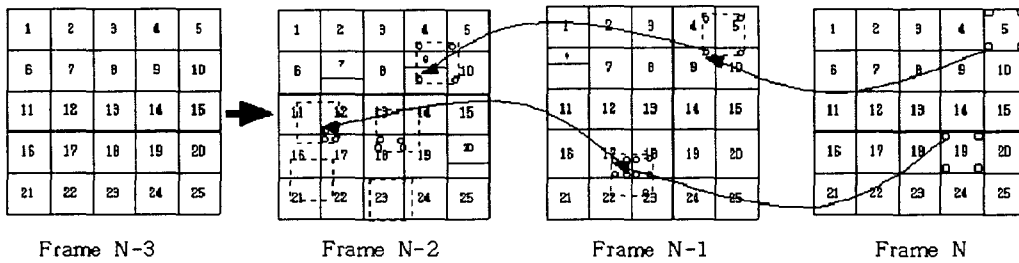


그림 5. IEFT Method ( L = 3 )

어느 곳에서 에러가 발생하였는지를 backward motion dependency를 이용하여 알 수 있다.

프레임 N상에서 각 MB의 네 모서리에 존재하는 픽셀들을 선택해서 에러를 추적한다. 프레임 N-1상에 MB 37, 38, 48, 49들과 추적된 MB의 겹치는 부분 상의 경계선 부분에 존재하는 16 픽셀들을 선택한다. 그리고 다시 선택된 픽셀들에 대한 backward motion dependency를 조사한다. 결과적으로 선택된 픽셀 중 일

부가 프레임 N-2상에서 에러가 발생한 영역을 가리켰는지에 따라 프레임 N상에 해당 MB이 오염된 영역인지 아닌지를 알 수 있다. AFET 방법은 다음과 같다.

- (1) 프레임 N상에 각 MB들에 대하여 4-corner 에러 추적을 한다.
- (2) 프레임 N-1상에 추적된 MB 크기의 영역과 겹치는 MB들과의 경계선 영역 안에 4 픽셀을 선택한 후 그들 각각에 대한 4-corner 에러추적을 한다.
- (3) 프레임 N-1에서도 에러가 발생한 프레임에 도달할 때까지 (2)의 과정을 반복한다.
- (4) 프레임 N상에 MB이 에러를 발생한 프레임의 영역을 가리키면 INTRA 코딩을 한다.

위에 알고리즘에서 알 수 있듯이 precise error tracking 과 같은 각 MB의 모든 픽셀에 대한 에러추적을 하지 않고도 정확하게 에러를 추적할 수 있기 때문에 연산량의 감소를 가져온다.

### III. Improved Fast Error Tracking(IFET)

IFET는 디코더로부터의 NACK 정보에 기반해서 (그림 5)를 가정할 때 에러가 발생한 프레임 (Frame N-3)을 우선 움직임정보를 이용한 forward dependency를 적용하여 다음 에러가 전파된 프레임 (Frame N-2)을 만들어내고 확산된 영역에 대한 정보를 유지한다. 에러가 확산된 Frame N-2까지 현재 인코딩하려는 프레임(Frame N)으로부터 기존의 AFET를 이용한 backward tracking을 이용한다.

[그림 5]에서 보여진 추적에 위한 공식은 다음과 같다.

$$P^{(N-L+1)} = P^{(N-L)} * M_P^{(N-L)}, \quad (I = N-L)$$

$$P_{S(k)}^{(i+1)} = F^{(i)}(P) = P_{S(k)}^{(i)} * M_P^{(i)}, \quad (N-L < I \leq N)$$

여기서 P는 프레임상의 픽셀의 위치를 의미하고 M<sub>P</sub>는 픽셀 P에 대한 움직임벡터를 의미하고 F()는 임의 픽셀에 대한 이전 프레임에 사상되는 픽셀을 의미하고 S(k)는 선택되어진 픽셀들로 구성된 자료구조를 의미한다.

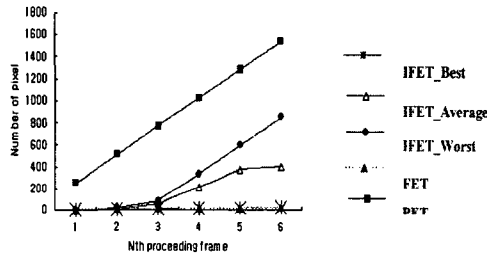


그림 6. N번째 이전 프레임에 대한 조사되는 픽셀의 수

성능분석으로 [그림 6]의 최악의 통신상태에서 PET 보다 조사되는 픽셀의 수가 대략 80% 정도 적다. 또한 IFET\_BEST는 FET 방법과 거의 계산량이 같다. IFET와 FET를 비교할 때 적은 연산량의 증가에 비해서 PET 방법과 같이 정확한 에러를 추적할 수가 있음을 알 수가 있다. 또한 PET 보다 round trip time이 적고 FET와 거의 같다. 그러므로 에러가 많이 발생하고 좁은 대역폭을 가진 무선망과 같은 환경에서 보다 나은 성능을 얻을 수가 있다.

#### IV. 결론

에러가 확산되는 효과를 감소시키기 위해 정확한 에러 추적이 INTRA 방법에서 필요하다. 우리는 H.263 비디오 전송에서 피드백 채널 (feedback channel)을 이용한

정확하고 빠른 에러추적 방법을 살펴보았다. 인코딩 과정에서 발생된 MV들의 이용과 디코더로부터 에러가 발생한 프레임에 대한 NACK 정보를 이용한 forward dependency와 backward dependency를 적용한 결과로 오염된 MB를 찾아낼 수 있다. 오염된 MB에 대한 INTRA 코딩을 함으로써 에러 확산을 종료시킬 수 있다. IFET 방안은 적은 메모리 양을 요구하고 빠르고 정확한 연산으로 인해 연산량의 감소를 가져온다.

#### 참고문헌

- [1] Video Coding for Low Bitrate Communication, Draft ITU-T Recommendation H.263, May 1996.
- [2] Hyoseok Lee, Sungchul Shin, Hyunki Baik, Myong-Soon Park, "AFET: Accurate and Fast Error Tracking for Error-Resilient Transmission of H.263" the 6th CIC CDMA 2001, pp. 86-90.
- [3] E.Steinbach, N.Farber, and B.Girod, "Stranard Compatible of H.263 for Robust Video Transmission in Mobile Environments," IEEE Trans. Circuits and Sys. for Video Tech., vol. 7, no. 6, Dec. 1997, pp 872-81.
- [4] S. Lin, D.J.Costello, and M.J.Miller, "Automatic repeat error control schemes", IEEE Commun. Mag., vol.22, pp. 5-17, 1984.
- [5] ISO/IEC CD 13818-2 - ITU-T H.262(MPEG-2 Video), "Information technology- Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video", 1995
- [6] P.C.Chang and M. C. Chien, "Interleaving and error concealment for MPEG video over ATM networks", in Proc. SPIE Conf.Electronic Imaging and Multimedia Systems, vol. 2898, Beijing, China,

Nov.1996, pp. 271-282.

- [7] C.C.Liao, T.H.Lee, and P.C.Chang, "Error concealment with macroblock interleaving for H.263 video transmissions", in Proc. IPPR Conf. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, CVGIP 97, Tai-Chung, Taiwan, Aug. 1997, pp. 570-577.
- [8] E.Steinbach, N.Farber, and B.Girod, "Stranard Compatible of H.263 for Robust Video Transmission in Mobile Environments," IEEE Trans. Circuits and Sys. for Video Tech., vol. 7, no. 6, Dec. 1997, pp 872-81.
- [9] Y. Wang and H. Zhu, Error Control and Concealment for Video Communication: A Review, Preceedings of The IEEE, vol. 86, no. 5, pp. 974-997, May 1998.
- [10] Y. Wang, and Q. -F. Zhu, "Error Control and Concealment for Video Communication : A Review" Proceedings of the IEEE, Vol. 86, NO. 5, MAY 1998
- [11] B. Choi, S. Chae, J. Ra, "A Feedback Channel Based Error Compensation Method for Mobile Video Communications Using H.263 Standard", IEEE Conference on Image Processing, pp. 555-559, 1999.
- [12] Pao-chi Chang and Tien-Hsu Lee "Precise and Fast Error Tracking for Error-Resilient Transmission of H.263 Video" IEEE Transactions on Circuits and Systems For Video Technology, Vol. 10, NO. 4, June 2000.

저자 소개



노 경 택

1986 중앙대학교 컴퓨터학과  
이학사

1989 뉴저지공대 컴퓨터학과  
이학석사

1989 사우스캐롤라이나대학교  
컴퓨터학과 박사수료

1999 고려대학교 컴퓨터학과  
박사수료

현재 서울보건대학 사무자동화과  
조교수

관심분야: image and video  
compression and  
coding, video  
communication,  
wireless networks