

## 비 신뢰성 네트워크에서 에러를 극복하는 비디오 전송 기법

노 경 택\*

### Error-Resilient Video Transmission Techniques over Unreliable Networks

Kyung-Taeg Rho\*

#### 요 약

비 신뢰성 네트워크에서 실시간 비디오 전송을 위한 에러 복원 (Error Resilience) 기법들을 살펴보고자 한다. 소스 코딩 단계에서 에러 제어를 위해서 각 디코더는 에러검출 (Error Detection), 재동기화 (Resynchronization) 그리고 에러감춤 (Error Concealment)을 할 수 있어야 한다. 더군다나 소스 코더를 채널환경에 맞추기 위한 코딩제어 (Coding Control)를 통해서 반송정보에 대한 적절한 처리 기법을 논하였다. 우리는 채널환경에 맞춘 소스코딩을 목적으로 한 에러 추적 (Error Tracking), 에러 국한 (Error Confinement) 그리고 참조그림선택 (Reference Picture Selection) 기법을 검토하고 비교하고자 한다. 그리고 피드백 기반 소스코딩이 미디어 서버에 저장되어 있는 이전에 압축된 비디오와 어떻게 관련되어 있는지 살펴보고자 한다.

#### Abstract

We review error resilience techniques for real-time video transport over unreliable networks. For error control on the source coding level, each decoder has to make provisions for error detection, resynchronization, and error concealment, and we review techniques suitable for that purpose. Further, techniques are discussed for intelligent processing of acknowledgment information by the coding control to adapt the source coder to the channel. We review and compare error tracking, error confinement, and reference picture selection techniques for channel-adaptive source coding. We review how feedback-based source codings are related with the precompressed video stored on a media server

---

\* 서울보건대학 사무자동화과 조교수

## I. 서론

비디오 전송 시스템은 그림 1에서 보여주듯이 다섯 단계로 나누어진다. 비디오는 먼저 데이터 율 (rate)을 낮추기 위해 비디오 인코더에 의해 압축된다. 압축된 비트 스트림은 고정길이 혹은 가변길이 패킷으로 분할되고 오디오와 같은 다른 데이터 타입들과 함께 멀티플렉싱된다. 네트워크가 비트에러가 발생하지 않는 전송을 보장한다면 패킷들은 네트워크를 통해 전송되어진다. 그렇지 않을 경우 패킷들을 전송에러로부터 보호하기 위해 전진에러정정 (FEC)방식을 이용한 채널 인코딩 단계를 거친다. 수신측에서 전진에러정정 방식으로 수신된 패킷들을 디코드하고 언패킷 (unpacked) 과정을 거치고 난 후 최종 비트스트림은 원래 비디오를 재생하기 위해 비디오 디코더에 입력된다. 실제로 많은 응용 프로그램은 패킷과정과 채널 인코딩을 네트워크 상에 하나의 적응 계층 (Adaptation layer)으로써 송신 코더에 설치한다.

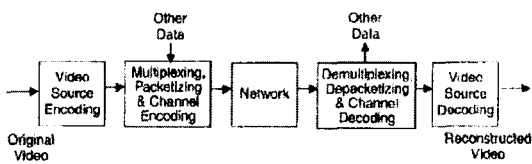


그림 1. 비디오 전송 시스템

만약 서비스 품질 (QoS)을 보증하는 링크가 송수신 사이에 제공되지 않는다면 물리적 채널의 손상에 기인한 비트에러나 트래픽 혼잡 때문에 데이터 패킷이 손실되거나 깨질 수가 있다. 이러한 환경에서는 자동반복요청방식 (ARQ)과 같은 방법을 통해서 손실되거나 손상된 패킷들을 재전송을 함으로써 완전한 (error free) 데이터 패킷의 전송을 얻을 수가 있다. 그러나 이러한 재전송은 실시간 응용에 적용하기 힘든 지연을 야기할 수 있다. 그러므로 압축된 비트 스트림을 전송에러로부터 견디게 하는 비디오 인코딩/디코딩 방안을 연구하는 것이 중요하다. 코덱 (codec)이 네트워크 상황에 맞춰서 작동할 수 있도록 코덱과 네트워크 사이에 적절한 접속 메커니즘을 설계

하는 것이 중요하다. 비디오 전송에서 여러 가지 문제를 고려한 에러제어 방안을 생각해야 한다. 첫째, 압축된 비디오 스트림은 송신측 코더에 의한 예측 코딩 (predictive coding)과 가변길이 코딩 (VLC) 때문에 전송에러에 매우 민감하다. 공간적 시간적 예측 (spatio-temporal prediction)을 이용하기 때문에 단 에러를 지닌 상태로 복원된 샘플이 동일 프레임과 그 다음 프레임들에게 연이어서 에러를 발생시킨다. 또한 가변길이코딩 사용으로 하나의 비트에러는 디코더로 하여금 동기율을 잃도록 만들기 때문에 뒤이어서 정확하게 수신된 비트들을 소용없게 만든다. 비디오 소스 (video source)와 네트워크 상황은 시간에 따라 변한다. 그 결과로 비디오 소스와 네트워크의 통계적 모델에 기초한 최적화 방법을 유도하기가 어렵다.

낮은 비트율 (low bit-rate) 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 프레임에서 정보의 손실은 뒤따르는 프레임의 화질에 상당한 영향을 준다. 약간의 전송에러는 비디오 비트 스트림을 깨트리기 때문에 이러한 취약성은 특별한 대책 없이 에러가 발생하지 않는 채널을 목적으로 설계된 낮은 비트율 비디오 코딩에는 적합하지 않다. 이러한 문제점 대책을 비디오 코딩과 비디오 디코딩 알고리즘에 설치해야한다. 따라서 만약 FEC와 ARQ 같은 기법이 실패할 때는 이들 기법을 최후의 수단으로 이용한다. 본 논문은 낮은 비트율 비디오 코더들로 하여금 error-resilient 하도록 하기 위한 최종 기법을 논하고자 한다. 피드백 채널에 의해 제공되는 승인 정보를 이용하는 기법에 중점을 두고자 한다. 피드백 기반 기법은 계속적으로 변화하는 전송조건에 즉시 적응하고 채널의 효율적 사용을 가능하게 한다. 본 논문은 2장에서 전송에러가 미치는 영향을 알아보고 3장에서 피드백을 이용한 에러 완화 방안으로 Error Tracking, Independent segment Decoding, Reference Picture Selection 기법을 비교 검토한다. 끝으로 4장에서 결론을 기술하였다.

## II. 전송 에러 효과 (Transmission Error Effects)

INTER 방식에서 한 프레임에서 정보의 손실은 뒤따르는 프레임들의 화질에 상당한 영향을 미친다. 따라서 시간적 에러 전파 (temporal error propagation)는 예측 코딩 (predictive coding)에 따른 대표적인 전송에러 효과이다. 그림 2은 프레임 4에서 하나의 GOB 손상에 대한 전송에러효과를 설명한다. 보여준 것과 같이 예측 루프 (prediction loop)에서 번짐 (leakage)으로 인해 에러가 발생된 지점부터 공간적으로 에러가 확산하게 된다. 그러나 H.263과 같은 표준 비디오 디코더에서 정보 손실은 그렇게 강력하지는 않다. 왜냐하면 이전 프레임에 참고 없이 손상된 부분을 INTRA 방식으로 인코딩 할 때 빠른 복구를 얻을 수 있기 때문이다. 그러나 INTRA 방식은 평상시 인코딩 할 때 빈번히 선택되지 않는다. 왜냐하면 낮은 비트율에서는 코딩 효율을 떨어뜨림으로 인한 화질이 떨어트리는 결과를 가져오기 때문이다.

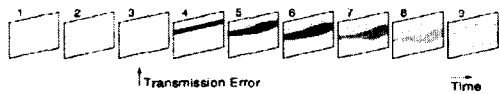


그림 2. H.263에서 공간적 시간적 에러 전파 (spatio-temporal error propagation) 영향

눈에 띄는 왜곡을 감추기 위해 감춤기법 (concealment techniques)을 디코더에 적용한다면 에러 발생에 따른 손상을 감소시킬 수 있다. 에러 감춤기법의 목표는 비디오 신호의 중복성을 이용함으로써 에러를 지닌 상태로 복원된 이미지 영역을 평가하는 것이다. 혼합 (hybrid) 비디오 코딩에서 제안된 감춤기법의 설명이 [1]에 있다. 그러나 정교한 (sophisticated) 감춤기법조차도 이미지 손상을 완전히 피할 수가 없다. 여러 개의 작은 에러들의 축적은 낮은 화질을 야기한다. 앞으로 우리는 손상된 GOB들의 이미지 내용을 단순하게 이전 프레임의 대치로

써 가정할 것이다. 이 방식은 움직임이 거의 없는 비디오에는 좋은 결과를 낳지만 움직임이 큰 이미지 영역에는 심각한 왜곡현상을 일으킨다. H.263은 특별한 에러조정 방식을 정의하거나 요구하지 않는다. 단지 H.263에서 에러조정방식의 도입은 H.263 구현자에 맡겨진다.

## III. 피드백 (FEEDBACK)을 이용한 에러완화방안

손상된 이미지 영역에 에러감춤기법의 도입은 몇 초 동안 연속된 이미지 상에 눈에 띄는 왜곡이 남아 있다. 이 절에서 우리는 수신측에서 송신측으로 피드백 채널을 이용한 에러복원 (error resilience) 기법을 논하겠다. 이러한 피드백 채널은 비트 스트림 중에서 어느 부분이 손상 없이 수신되었고 또한 어느 부분이 손상되어 감춤을 적용해야 하는지를 지적한다. ACK 혹은 NACK 메시지를 이용한 두가지 에러복구 방식이 있다. 일반적으로 ACK 혹은 NACK은 일련의 매크로 블록이나 하나의 GOB 전체를 가르킨다. NACK을 이용한 방식은 ACK을 이용한 방식보다 낮은 비트율을 요구한다. 왜냐하면 NACK 방식은 에러가 발생할 때만 NACK 메시지가 전송되기 때문이다. 반면에 ACK 메시지는 계속 전송되어야 한다. 어느 방식이든 비디오 비트율에 비교할 때 상당히 적은 양이다. 피드백 메시지는 비디오 구문 (syntax)의 한 부분이 아니라 제어정보가 교환되는 프로토콜 스택 계층이다. 예를들면 ITU-T 추천 H.245 [2]는 성공적으로 해독되지 못하여 감춰져야하는 매크로블록의 시간적 공간적 위치를 알려 준다. 정보가 재전송 프로토콜을 이용하여 전송되기 때문에 무손실 (error-free) 수신을 보장한다. 앞으로 우리는 ACK/NACK 메시지가 비교적 큰 왕복지연 후에 무손실로 도달한다고 가정한다. 이러한 지연은 여러 번의 재전송 시도를 용인하고 또한 최악의 실제 지연상태를 만족한다고 가정한다.

### 1. 에러 추적 (Error Tracking)

에러 추적 방식은 프레임간 에러 전파를 중단하기 위해 일부 매크로블록에 대해 INTRA 방식을 적용하지만

단지 심각하게 훼손된 부분에만 적용을 한다. 에러가 발생되지 않는 전송 기간 동안 INTER 방식이 INTRA 방식에 비해 더욱 효율적으로 사용되고 그러므로 시스템은 변화하는 채널 상태에 따라 효율적으로 적용한다. 이것은 인코더의 코딩제어에서 피드백 채널로부터 NACK 메시지를 처리함으로써 이루어진다. NACK 메시지에 정보를 이용하여 인코더는 에러가 발생한 프레임에서부터 현재 프레임까지 에러를 추적함으로써 현재 프레임 안에 존재하는 에러가 확산된 영역을 만들 수 있다. 그렇게 하기 위하여 인코더는 선입선출방식으로 가장 최근 인코딩된 프레임에 대한 에러를 추적하기 위한 정보를 저장한다. NACK 메시지를 받자마자 인코더는 에러 추적 알고리즘 (Error Tracking)을 이용해서 에러 확산 과정을 만들기 위해서 이 정보를 사용한다. 인코더는 공간적 시간적 에러 확산된 영역을 완전히 재구성하는데 필요한 정보를 알고 있다. 그러나 메모리와 연산량이 상당히 커서 실제 시스템에서 구현하기 힘들다. 대신 정확하게 에러가 확산된 영역을 계산할 수 있는 낮은 연산량 (low-complexity) 알고리즘이 사용될 수 있다 [3]. 그림 3은 그림 2에서와 같은 예에 대한 에러추적을 설명한다.

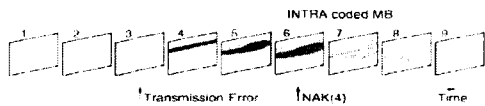


그림 3. 에러추적이 사용될 때 에러분산 효과

인코더의 코딩제어는 심각하게 손상된 매크로 블록에 대해 INTRA 방식을 적용함으로써 프레임간의 에러 전파를 효율적으로 중단시킬 수가 있다. 한편 에러감춤기법이 적당하고 해당 매크로 블록 에러가 작은 경우 인코더는 INTRA 코딩이 필요하지 않다고 결정을 한다. 그러나 심하게 손상된 에러들에 대해서는 많은 수의 매크로 블록이 선택되어지고 인코더는 일정한 프레임율과 비트율을 유지하기 위해 큰 양자화 값을 이용해야한다. 이 경우 전반적인 화질은 높은 빈도의 NACK 메시지로 감소된다. ARQ와 같은 재전송 기법들과 달리 에러추적방식은 인코더와 디코더 사이에 지연을 증가시키지 않는다. 그러므로 이 기법은 짧은 지연을 요구하는 응용에서만 적당하다.

## 2. 개별 영역 디코딩 (Independent Segment Decoding)

개별영역디코딩 방식은 H.263의 부록 R에 설명되었고 H.263+에서 채택되었다. 개별영역 디코딩 방식에서 각 GOB는 다른 GOB와는 별도의 개별적인 그림으로 간주되고 인코딩된다. 특히 모든 GOB 경계선은 각각 다른 그림 경계선으로 간주된다. 이 방식은 지정된 GOB 바깥 이미지 내용이 예측기법을 위해 사용될 수 없기 때문에 움직임 보상 (motion compensation)의 효율을, 특히 수직 움직임에 대해, 감소시킨다. 전송에러의 경우에 개별영역디코딩 방식은 그림 4에서 설명되듯이 한 GOB안의 에러들이 다른 GOB들로 전파되는 것을 방지한다. 물론 개별영역디코딩 방식만이 에러가 미치는 범위를 추적하는 것을 쉽게 한다. 에러 확산은 피드백을 기본으로 한 인트라 코딩 방식 혹은 참조그림선택 (Reference Picture Selection) 방식을 이용해서 다루어져야 한다.



그림 4. 개별 영역 디코딩 방식에서의 에러 분산 효과

## 3. 참조그림선택 (Reference Picture Selection)

에러추적방식과 유사하게 H.263+의 참조그림선택 방식은 피드백 채널을 이용하여 전송에러로 인한 에러 전파를 효율적으로 중단시킨다. 디코더에서 프레임간 에러전파를 중단하기 위하여 인코더에서 INTRA 코딩 방식으로 전환하기보다는 이전에 성공적으로 디코딩된 프레임을 참조로 현재 프레임을 인코딩한다. 참조그림선택 방식은 NACK 메시지 사용으로 INTRA 코딩에 기인한 높은 비트율을 낮출 수가 있다 [4,5]. 참조된 그림은 GOB 단위로 선택되어 진다. 즉, 한 GOB에 속하는 모든 매크로 블록들은 같은 참조그림을 이용한다. 최상의 코딩 효율을 유지하면서 에러전파를 막기 위하여 디코더에서 마지막으로 에러없이 수신된 프레임을 선택한다. 참조그림선택 방식은 공간적 에러 확산을 막기 위하여 개별영역디코딩 (ISD) 방식과 결합될 수 있다. 또한 효율적인 코딩 효율을 위해서 에러추적 방식과 결합될 수도 있다. 참조그림선택은 두 가지 방식이 있다. ACK 방식은 정확하게 전송된 GOB들에 대해서만 승인하고, 인코더는 승인된 GOB들만을 참조로 한다. 이들 신호의 왕복지연 시간이 그림을 인코딩하는데 걸리는 시간보다 크다면 인코더는 시간적으로 좀더 떨어진 GOB들을 참조로 하게 된다. 그러나 전송에러가 발생한 경우에 화질에 있어서 약간의 변

화면 있을 뿐이다. 두 번째 방식은 NACK 방식이다. 이 방식에서는 단지 에러를 지닌 GOB들만이 참조방식을 이용한다. 전송에러가 발생된 후 디코더는 에러가 발생된 GOB들에 대해서 NACK 신호를 보내고 에러가 발생된 GOB를 포함한 프레임 이전 프레임을 참조 GOB로서 사용할 것을 요구한다. 이 방식은 에러가 계속 왕복지연 시간동안 전파됨으로써 보다 오래 화질의 악화를 초래한다. 그러나 에러가 발생하지 않는 전송 기간 동안의 성능 감소가 발생하지 않는다. 그러므로 ACK 방식은 높은 에러 발생 환경에서 유리하고 NACK 방식은 에러발생이 거의 없는 환경에서 유리하다.

두 가지 신호방식을 이용한 전송에러 효과를 그림 5에서 설명하고 있다. 이곳에서 참조 GOB를 화살표로 나타내고 개별영역디코딩 방식을 도입했다. NACK 방식에서 인코더는 프레임 7을 인코딩하기 전에 프레임 4에 대한 NACK 신호를 받는다. NACK 신호는 예측을 위해서 프레임 3을 사용하라는 요구를 포함한다. 반대로 ACK 방식에서는 프레임 4에 대한 어떠한 ACK 신호도 받지 않고 예측을 위해 사용되지 않는다.

참조그림선택 방식은 여러개의 이전 프레임들을 저장하기 위해 인코더와 디코더에서 프레임 버퍼를 요구한다. 참조그림선택 방식이 아니라면 단지 하나의 프레임만이 저장되어야 한다. INTRA 방식보다 참조그림선택의 장점은 코딩 효율이 좋다는데 있다. 보통 참조 프레임과 현 프레임 사이에 시간 지연이 몇 개의 프레임 간격일지라도 비디오 신호 자체 보다 움직임 보상 예측 에러를 나타내는 데에 적은 비트를 필요로 한다.

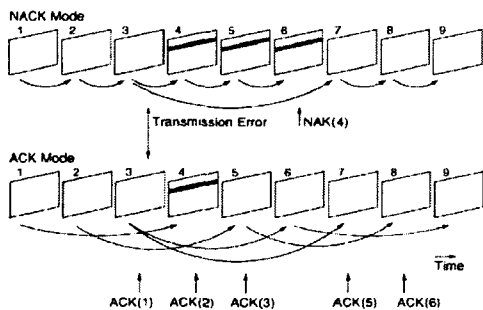


그림 5. 참조그림선택 방식이 개별디코딩방식과 결합해서 사용될 때 에러전파효과

#### IV. 결 론

본 논문에서 우리는 이동 멀티미디어 시스템에서 비디오의 견고한 전송을 위해서 피드백 기반의 기법을 검토하였다. 트랜스코더(Transcoder)는 복잡도를 크게 증가시키고 상당한 지연을 야기하기 때문에 양단간 에러 제어 사용되어야 한다. 각 디코더는 에러검출 재동기화 그리고 에러감춤 기법을 갖추어야 한다. 더군다나 채널상태에 따라 소스코더를 맞추기 위하여 코딩제어는 송신신호의 지능적 처리를 해야 한다. 에러 추적 기법은 프레임간 에러 전파를 정확하게 평가하고 전송에러의 영향을 완화하기 위하여 자신의 인코딩기법을 조절한다. 에러추적은 낮은 연산량을 통하여 가능하지만 압축효율의 회생을 통해서 에러제한기법에 의한 단순화를 이룰 수가 있다. 만약 다수개의 이전 프레임들이 그림참조기법으로 간직된다면 전송에러의 경우에 압축효율은 개선될 수 있다. 피드백 기법은 왕복지연 시간이 짧다면 효율적이고 반대로 왕복지연 시간이 증가한다면 덜 효율적이고 소용이 없다. 또한 피드백 기법은 점대점 통신에 특히 유리하다. 참조그림선택 기법의 경우에도 각각의 디코더가 각각의 참조 프레임을 요구하기 때문에 다중점 통신이 불가능하다. 일반적으로 에러제어는 비트스트림의 내용에 관계없이 FEC 방식 혹은 전송계층 재전송 방식에 의해 이루어진다. 견고한 전송을 위해 채널 적응적 소스코딩 방식은 비교적 새로운 아이디어이다. 에러 처리(error-handling) 기법이 미래 멀티미디어 터미널의 설계에 주요한 고려사항이라 여겨진다.

#### 참고문헌

[1] J.W.Park, J.W.Kim, S.U.Lee, "DCT coefficient Recovery-Based Error Concealment Technique and its Application to MPEG-2 Bit

- Stream Error," IEEE Trans. Circuit and Sys. for Video Technology, vol. 7, no. 6, Dec. 1997, pp. 845-54.
- [2] Control Protocol for Multimedia Communication, ITU-T Recommendation H.245, 1996
- [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. Fukunaga, T. Nakai, and H. Inoue, "Error resilient video coding by dynamic replacing of reference pictures" in Proc. IEEE Global Telecommunications Conf. (GLOBECOM), London, U.K., Nov. 1996, vol. 3, pp. 1503-08.
- [5] Y. Tomita, T. Kimura, and T. Ichikawa, "Error resilient modified inter-frame coding system for limited reference picture memories," in Proc. Int. Picture Coding Symp. (PCS), Berlin, Germany, Sept. 1997, pp. 743-48.

## 저 자 소 개



### 노 경 택

1986 중앙대학교 컴퓨터학과  
이학사

1989 뉴저지공대 컴퓨터학과  
이학석사

1989 사우스캐롤라이나대학교  
컴퓨터학과 박사수료

1999 고려대학교 컴퓨터학과  
박사수료

현재 서울보건대학 사무자동화  
과 조교수

관심분야: image and video  
compression and  
coding, video  
communication