

# 무선 링크계층 재전송을 적용한 네트워크 적응형 전송오류제어 선택 기법의 성능 분석

배정태<sup>o</sup>, 문성태, 김종원

광주과학기술원 정보기전공학부 네트워크 미디어 연구실

[jtbae<sup>o</sup>@gist.ac.kr](mailto:jtbae@gist.ac.kr), [stmoon@gist.ac.kr](mailto:stmoon@gist.ac.kr), [jongwon@gist.ac.kr](mailto:jongwon@gist.ac.kr)

## Performance Analysis of NASTE (Network-adaptive Selection of Transport Error Control) with Link-layer Retransmission over IEEE 802.11 WLANs.

JungTae Bae<sup>o</sup>, SungTae Moon, JongWon Kim

Networked Media Lab., School of Information and Mechatronics, GIST

### 서론

최근 급격한 무선 네트워크 기술의 발달과 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 사용자들의 요구들로 인해 무선 네트워크에서의 멀티미디어 전송에 대한 연구와 개발이 활발히 진행되고 있다. 하지만 유선 네트워크와 달리 무선 네트워크에서의 특징으로 인해 신뢰성 있는 비디오 전송을 위해서는 해결해야 할 많은 도전과제가 있다. 그 중에서 무선 채널의 페이딩 현상 및 채널 잡음으로 인한 다량의 채널 오류의 발생은 미디어 전송에 큰 걸림돌이 되고 있다. 일반적으로 무선 네트워크에서는 계층마다 (물리/링크/전송/응용) 각각의 오류제어 기법을 가지고 있다. 하지만 한정된 대역폭과 높은 오류, 그리고 심한 지연변동으로 대표되는 무선 네트워크에서 계층별로 독립적으로 사용되는 오류제어만으로는 최상의 성능을 내기 힘들다. 따라서 cross-layer 개념을 도입하여 계층 간에 유기적으로 정보를 공유하면서 주어진 네트워크에 적응적으로 전송하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 전송계층에 특화된 NASTE 기법에 링크계층 재전송을 추가하여 얻을 수 있는 성능개선 효과를 분석한다. 즉 IEEE 802.11g 무선랜 환경에 대해서 실제로 구현된 NASTE 기법과 링크계층 재전송을 병행하는 비교 실험을 통하여 링크계층 오류제어 인자(retry limit 등)를 변동함에 따른 각종 성능변화를 관찰하고, 이를 기반으로 전송오류제어 선택 기법의 확장 가능성을 검토한다.

### 링크계층의 재전송을 적용한 네트워크 적응형 전송오류제어 선택 기법

NASTE 기법[1]은 무선 채널변동을 송·수신측의 피드백 정보를 통해 측정하고 채널상태에 따라 유동적으로 최적의 오류제어 기법을 선택하여 패킷손실을 최소화한다. 그림 1은 무선랜에서 적용된 NASTE 기법의 구조를 보여준다. 송신(서버) 측의 네트워크적응관리자(network adaptive manager)는 수신 측에서 받은 피드백 정보와 E2EM(end-to-end monitoring) 또는 CLM(cross-layer monitoring)을 통해 얻은 패킷손실율을 이용하여 채널상태를 분석한 후 static FEC, ARQ, adaptive FEC&ARQ, interleaved FEC&ARQ의 네가지 모드 중 이에 적절한 오류제어 모드를 결정한다. 모드가 결정되면 서버측은 비디오 패킷을 오류제어 모드에 맞게 인코딩한 후 송신 측으로 보낸다. 수신측은 수신한 패킷을 정해진 모드에 따라 디코딩을 하고 오류를 정정한다.

[1]에서 제안된 기존의 연구에서는 전송계층에서의 오류제어 기법 선택에 집중한 상태이다. 하지만

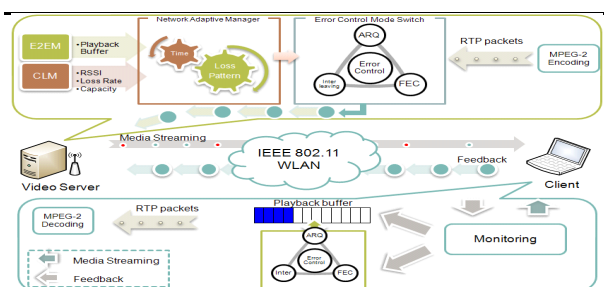


그림 1. 네트워크 적응형 전송오류제어 선택 기법의 구조.

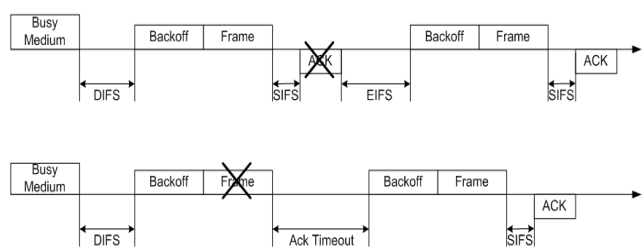


그림 2. 링크 계층에서의 재전송 동작.

링크계층에서 이루어지는 재전송과 FEC(forward error control)와 같은 전송오류 제어가 채널특성 변화에 대해 직접적으로 신속하게 대응하는 장점으로 인해 우수한 성능을 보인다고 알려져 있다. 따라서 전송/링크 계층의 전송오류 제어를 유기적으로 결합하여 네트워크 상황에 따라서 사용하게 되면 성능 향상을 기대할 수 있다. 하지만 전송계층에 적용된 NASTE 기법과 함께 링크계층에서의 재전송을 병행하여 사용하면 오류제어 성능은 향상되지만 경우에 따라서는 추가적인 지연이 발생한다.

링크계층에서의 재전송은 그림 2과 같이 동작한다. 송신 측에서는 데이터 프레임을 전송한 후에 이에 대한 ACK 프레임을 송신을 기다린다. 만약에 송신 측에서 ACK 프레임을 받지 못한다면 두 가지 경우를 생각할 수 있다. 첫 번째 경우는 수신 측에서 데이터 프레임이 제대로 받았지만 ACK 프레임이 송신 측에 제대로 전송되지 못한 경우이며, 송신 측에서 EIFS(Extended InterFrame Space) 시간을 기다린 후 재전송한다. 두 번째는 데이터 프레임이 제대로 전송되지 못해 수신 측에서 ACK 프레임을 보내지 못할 때이다. 이 경우에는 ACK Timeout 만큼 시간을 기다린 후 재전송한다. 동작 과정에 알 수 있듯이 데이터 프레임의 전송이 성공하지 못하면 추가적인 지연이 발생한다. 재전송은 retry limit 값에 따라 전송이 제대로 이루어질 때까지 재전송이 이루어지며, limit 값을 넘어가면 패킷을 버린다. 따라서 재전송에서 retry limit 값의 변화는 지연 및 신뢰성에 큰 영향을 미치게 된다.

일반적으로 전송계층 중심의 NASTE 기법만 사용할 경우 전송계층에서는 높은 패킷손실율이 관찰되면 다음과 같은 대응이 이루어진다. 높은 손실에 대응하기 위해서 강도가 큰 오류제어기가 필요하므로, 많은 ARQ 요청을 통해 재전송을 하거나 많은 잉여 패킷을 사용하는 FEC를 적용하며 인터리빙의 경우에는 큰 인터리빙 깊이(interleaving depth)를 사용한다. 하지만 이는 곧 긴 지연을 유발한다. 특히 혼합된 오류제어 모드를 사용할 경우에는 더 긴 지연이 발생하게 된다. 그러나 링크계층의 재전송을 사용하여 프레임 단위로 복구를 진행하면 상위의 전송계층에서는 낮은 패킷손실율을 얻을 수 있다. 즉 링크계층의 오류제어의 강도가 커질수록 전송계층에서는 작은 강도의 오류가 남게 되므로 전송계층에서의 지연을 줄일 수 있다. 하지만 오류를 줄이기 위해 링크계층에서 큰 retry limit 값을 사용하면 그 만큼 링크계층에서 재전송횟수가 많아져 재전송으로 인한 지연이 발생한다. 즉 채널상태에 따라서 낮은 패킷손실율을 가지면서도 적절한 지연을 가지도록 retry limit 값을 결정하는 것이 중요한 것이다.

상기한 사항을 확인하기 위하여 IEEE 802.11g 무선랜 환경에서 실제 구현을 통한 성능 평가를 진행하였다. 전송계층에서의 NASTE 기법이 적용되지 않는 경우에 대해서 링크계층 재전송의 성능을 retry limit( $R$ )을  $R=0, 1, 3, 7$ 로 변화하면서 측정해 보았다. 실험 결과를 통해 전송계층에서 본 패킷손실율은 예상대로 retry limit 값이 증가하면서 상당히 낮아짐을 확인할 수 있었다. 따라서 오류제어에 효과를 보이는 링크계층의 재전송을 NASTE 기법과 함께 적용해 보았다. 실험은 오류제어기가 없을 경우 13.2%, 22.1%, 42% 와 같이 변화되는 패킷 손실의 세 가지 다른 채널 환경에서 진행되었다. 실험 결과 분석을 통해, NASTE 기법과 링크계층의 재전송을 동시에 사용한 경우 채널상태에 따라서 다른 retry limit에서 최상의 성능을 보임을 확인할 수 있다.

### 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 IEEE 802.11g 무선랜 환경에서 효과적인 비디오 전송을 위해 전송계층 레벨에서의 네트워크 적응형 전송오류제어 기법과 함께 링크계층 재전송을 사용하는 성능을 평가해 보았다. 실제 구현을 통하여 실험해 본 결과 링크계층 retry limit이 증가함에 따라 오류제어 성능이 향상되나, 동시에 지연에도 변화가 발생함을 확인하였다. 이로부터 채널상태에 따라 적절한 retry limit 값을 결정하는 것이 중요하며, 적절한 retry limit을 사용한 경우 패킷손실율과 지연이 줄어들어 최상의 성능을 보임을 확인하였다. 앞으로는 cross-layer 개념을 도입하여 계층들 간에 유기적으로 정보를 공유하여 네트워크 상황에 적응적으로 전송하는 방법이 필요하다. 따라서 링크계층에서의 재전송이 전송계층 중심의 네트워크 적응형 전송오류제어 기법과 함께 사용된 경우 성능분석 결과를 통하여 이러한 결합에 기여할 수 있을 것이다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2006년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(R01-2006-000-10556-0).

### 참고문헌

- [1] SungTae Moon and JongWon Kim, "Network-adaptive & selective transport error control (NASTE) for video Streaming over WLAN," in *Proc. IEEE WCNC 07, Hongkong*, Mar. 2007.