

논문-05-10-4-08

신뢰성 있는 무선 미디어 전송을 위한 네트워크 적응형 전송오류 제어

이철호^{a)}, 최정용^{b)}, 권영우^{a)}, 김종원^{a)*}, 신지태^{b)}, 전동산^{c)}, 김재곤^{c)}

Network-Adaptive Transport Error Control for Reliable Wireless Media Transmission

Chul-Ho Lee^{a)}, Jeong-Yong Choi^{b)}, Young-Woo Kwon^{a)}, JongWon Kim^{a)*}, Jitae Shin^{b)}, Dong-San Jeon^{c)}, and Jae-Gon Kim^{c)}

요 약

무선 네트워크 환경은 채널의 페이딩 현상 및 채널 잡음으로 인해 다량의 패킷 손실 및 전송 지연의 변동이 유발되며 이는 스트리밍 미디어의 급격한 화질 열화를 발생시킨다. 이러한 채널 변동이 심한 무선 네트워크 환경에서 성공적으로 미디어를 전송하기 위해서는 유동적이고 네트워크에 적응적인 전송 기법이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 무선 채널의 변동에 적응적이고 패킷 손실을 최소화하는 패킷 단위 interleaved FEC와 delay-constrained ARQ로 이루어진 응용계층 레벨에서의 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법을 제안한다. 또한 제안 기법을 포함한 각종 전송오류 제어 (혼합) 기법들을 검증하기 위해 시뮬레이션 툴을 개발하였다. 이를 통해 전송 계층에서의 전송오류 제어 성능을 확인하고, 전송되는 영상에 대한 객관적인 품질 평가를 진행한다. 진행된 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 전송오류 제어 기법이 전송 계층에서의 전송오류 제어 성능을 향상시키며, 나아가서 전송되는 영상의 품질을 개선함을 확인한다.

Abstract

In wireless network environments, wireless channels are characterized by time-varying fading and interference conditions, which may lead to burst packet corruptions and delay variation. This can cause severe quality degradation of streaming media. To guarantee successful transmission of media over the hostile wireless networks, where channel conditions are highly fluctuating, a flexible and network-adaptive transport method is required. Thus, we propose a network-adaptive transport error control consisting of packet-level interleaved FEC and delay-constrained ARQ, which acts as an application-level transport method of streaming media to alleviate burst packet losses while adapting to the changing channel condition in wireless networks. The performances of the proposed network-adaptive transport error control, general error control schemes, and hybrid schemes are evaluated by a developed simulator at the transport-level and video quality of streaming media. Simulation results show that the proposed mechanism provides the best overall performance among compared other schemes in terms of the transport-level performance of error control and the performance of video quality for streaming media.

Keywords : Wireless networks, multimedia application, network-adaptive transport error control, packet-level interleaved FEC, delay-constrained ARQ.

a) 광주과학기술원 정보통신공학과 네트워크미디어 연구실
Networked Media Lab., Department of Information and
Communications, Gwangju Institute of Science and Technology(GIST)
b) 성균관대학교 정보통신공학부 멀티미디어 네트워킹 연구실
Multimedia Networking Lab., School of Information and

Communication Engineering, Sungkyunkwan University(SKKU)
c) 한국전자통신연구원 방송미디어연구그룹
Broadcasting Media Research Group, Electronics and
Telecommunications Research Institute(ETRI)

I. 서론

최근 급격한 무선 네트워크 기술의 발달과 다양한 멀티미디어 서비스에 대한 사용자들의 요구들로 인해 무선 네트워크에서의 멀티미디어 전송에 대한 연구와 개발이 활발히 진행되고 있다. 실시간 미디어 스트리밍 응용프로그램은 네트워크의 변동을 극복하면서 미디어 스트림을 연속적으로 전송할 수 있어야 한다. 하지만 무선 네트워크에서의 미디어 스트리밍은 무선 네트워크의 채널 특성 및 이동 단말의 성능에 의해 여전히 해결해야 할 문제점들을 지니고 있으며 전송 지연, 패킷 손실 및 대역폭의 변동을 겪게 된다. 그 중에서도 무선 채널의 페이딩 현상 및 채널 잡음으로 인해 다량의 채널 에러가 발생한다. 이를 극복하기 위해서 일반적인 무선 네트워크에서는 링크 계층에서 ARQ(automatic repeat request)와 같은 전송오류 제어를 수행한다. 하지만 모든 에러를 극복할 수는 없으며 이는 상위 계층에서 패킷 손실 및 전송 지연의 변동을 유발하고 스트리밍 미디어의 급격한 화질 열화를 발생시킨다. 따라서 채널 변동이 심한 무선 네트워크 환경에서 성공적으로 미디어를 전송하기 위해서는 응용계층 레벨에서의 유동적이고 네트워크에 적응적인 전송 기법이 필요하다^[1].

본 논문에서는 무선 채널의 변동에 적응적이고 패킷 손실을 최소화하는 패킷 단위 interleaved FEC(forward error correction)와 delay-constrained ARQ의 조합으로 이루어진 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법을 제안한다. 이를 검증하기 위해서 H.263+^[2] 인코딩/디코딩 과정과 이벤트 기반 무선 네트워크 시뮬레이션으로 이루어진 시뮬레이션 툴을 개발하였으며, 제안된 기법뿐만 아니라 일반적인 전송오류 제어 기법(ARQ, 패킷 단위 FEC, 패킷 인터리빙)들 및 이의 혼합 기법에 대한 성능을 함께 검증한다. 이때 전송 계층에서의 전송오류 제어 성능에 대한 검증과 전송되는 영상에 대한 객관적인 품질 평가를 동시에 진행한다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법이 전송 계층에서의 전송오류 제어를 향상시키고, 나아가서 전송되는 영상의 품질을 개선하는 효과가 있음을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구들에

대해서 소개한다. 3절에서는 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법을 제시한다. 4절에서는 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 기법의 성능을 검증하며, 5절에서 본 논문을 마무리한다.

II. 관련 연구

손실된 패킷을 복구하기 위해 사용되는 대표적인 패킷 레벨의 전송오류 제어 방식에는 ARQ와 패킷 단위 FEC, 패킷 인터리빙(interleaving) 방식들이 있다^[3-5]. ARQ 방식은 손실된 패킷을 송신 측에서 재전송하는 방식으로 신뢰성 측면에서 효율적이긴 하지만 예측 불가능한 상당한 지연을 야기하며, 엄격한 실시간의 제약을 갖는 멀티미디어 응용 서비스에 적절하지 못하다. 하지만, 전송 지연이 작은 환경이나 영상의 사전 버퍼링(pre-buffering)을 통해서 지연과 신뢰성 사이의 trade-off를 적절히 고려한다면 재전송을 통해 손실된 패킷을 복원시킬 수 있다. 패킷 단위 FEC 방식은 잉여 패킷들의 추가 전송을 통해 최소한의 지연만으로 손실된 패킷들을 복원할 수 있다. 하지만 적절하지 않은 양의 잉여 패킷들은 무선 네트워크의 대역폭의 낭비를 야기하며 잉여 패킷들을 사용하고도 손실된 패킷들이 복원되지 않는 경우가 생기게 된다. 또한 패킷 손실이 연속적으로 발생하는 경우에는 패킷 손실 복구율이 그리 높지 않은 단점이 있다. 패킷 인터리빙 방식은 연속적인 패킷 손실을 분산시키는 효과를 가지며 급격한 영상의 화질 열화를 줄일 수 있다. 하지만 손실된 패킷 자체를 복구할 수는 없으며 송신측에서 인터리빙을 수행하고 수신측에서 재구성하는 과정에서 상당한 지연이 발생하는 문제점을 갖고 있다.

한편 이러한 패킷 레벨의 손실 복구 방식들을 적절히 조합하여 무선 멀티미디어 전송에 적용하는 혼합형 전송오류 제어 기법들이 있다^[6-8]. S. Aramvith 등은 무선 채널 상태나 전송지연을 고려하여 조건부 재전송 방식과 FEC기반에 low-delay 인터리빙 방식의 혼합을 통해서 영상을 전송하는 기법에 대해서 제안하였다^[6]. D.G. Sachs 등은 ARQ와 FEC를 결합하여 사용하는 혼합형 ARQ(hybrid ARQ) 방식을 제안하였다^[7]. 우선 송신측에서는 Reed-Solomon (n, k) 코딩 방법을 사용하여 FEC 인코딩을 하고 k개의 미디어 패킷

들을 전송한다. 수신측에서는 k 개의 미디어 패킷을 제대로 수신하게 되는 경우에만 송신측으로 ACK(acknowledgement)를 보내게 된다. 만약 송신측에서 ACK를 받지 못하게 되는 경우에 잉여 패킷이 필요함을 인지하고 수신측으로부터 ACK가 올 때까지 $n-k$ 개의 잉여 패킷들을 차례로 전송하는 방식이다. F. Hartanto 등은 미디어 패킷의 우선순위에 기반한 혼합형 ARQ 방식을 제안하였다^[8]. 송신측에서는 우선 FEC 인코딩을 수행하는데 미디어 패킷의 중요도에 따라서 잉여 패킷의 양을 다르게 할당을 하여 전송한다. 수신측에서는 FEC 블록을 수신하여 디코딩하고도 손실된 패킷들이 발생하는 경우에 NACK(negative ACK)기반에 재전송 요청을 하여 손실된 패킷을 복원하는 방식을 사용한다.

III. 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법

본 논문에서 제안된 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법은 패킷 단위 interleaved FEC와 delay-constrained ARQ로 이루어진다. 무선 네트워크 환경은 채널의 변동으로 인해 연속적인 패킷 손실이 빈번하게 발생하며 이는 영상의 화질 열화를 심하게 한다. 이때 패킷 단위 FEC와 패킷 인터리빙이 결합된 interleaved FEC 방식의 사용을 통해 인

터리빙의 효과로서 연속적인 패킷 손실들이 분산되고 보다 향상된 FEC의 디코딩 성능을 이끌어 낼 수 있다. 그림 1은 이러한 interleaved FEC 방식을 나타낸다.

이때 패킷 단위 FEC로서 packet-erasure 코드 기반의 Reed-Solomon 코딩 방법이 사용된다. 이는 비트 단위 FEC를 패킷 단위로 확장한 것으로 Vandermonde matrix^[4]에 의한 디코딩 알고리즘을 사용하는 다음과 같은 FEC 인코딩/디코딩 과정을 갖는다. 송신측에서 패킷화된 인접한 미디어 패킷들을 모아 k 패킷 단위의 블록으로 그룹화한 후, 인코딩하여 $n-k$ 개의 잉여 패킷들을 추가적으로 생성한다. 수신측에서는 전송된 n 개의 패킷들 중에서 미디어 패킷이나 잉여 패킷에 상관없이 k 개 이상의 패킷들이 제대로 수신되면 전송하고자하는 미디어 패킷 k 개는 복원된다. 또한 패킷 인터리빙은 일반적인 (n, d) 인터리버를 사용한다. 여기서 n 은 인터리빙 블록의 크기(block size), d 는 인터리빙 깊이(interleaving depth)이다. 이때 인터리빙 블록의 크기(n)은 잉여 패킷이 추가된 FEC 블록의 크기(n)과 동일하며 인터리빙 깊이(d) 만큼의 FEC 블록들이 모여서 인터리빙이 수행된다. 일반적으로 d 의 값이 클수록 연속적인 패킷 손실을 분산시키는 효과가 크다. 이로 인해 수신측에서의 각 FEC 블록에 대한 디코딩 성능이 향상된다. 하지만 인터리빙은 상당한 인코딩/디코딩 지연을 야기하므로 전송되는 미디어 패킷의 디코딩 시간을 고려하여 최적의 (n_{opt}, d_{opt}) 을 선택하는 것이 필요하다. 한편, delay-constrained ARQ는 수신측 기반 제어 방식과 송신측 기반 제어 방식으로 이루어진다^[3]. 수신측 기반 제어 방식과 송신측 제어 방식을 통해 재전송 패킷이 디코딩 시간에 맞게 도착하는지 여부를 예측하여 불필요한 재전송 시도 및 재전송을 최소화하고자 하는 것이다.

패킷 단위 interleaved FEC와 delay-constrained ARQ로 이루어진 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법은 그림 2와 같은 디코딩 절차를 갖는다. 수신측에서 수신된 패킷을 처리하게 될 때, 우선적으로 interleaved FEC의 디코딩이 이루어지게 된다. 인터리빙된 패킷들의 재복원(de-interleaving)을 위하여 하나의 인터리빙 블록을 이루는 $n \times d$ 만큼의 패킷이 수신될 때까지 기다리며 하나의 블록에 해당하는 패킷들이 모두 수신되어 재복원되면 n 개의 패킷으로 이루

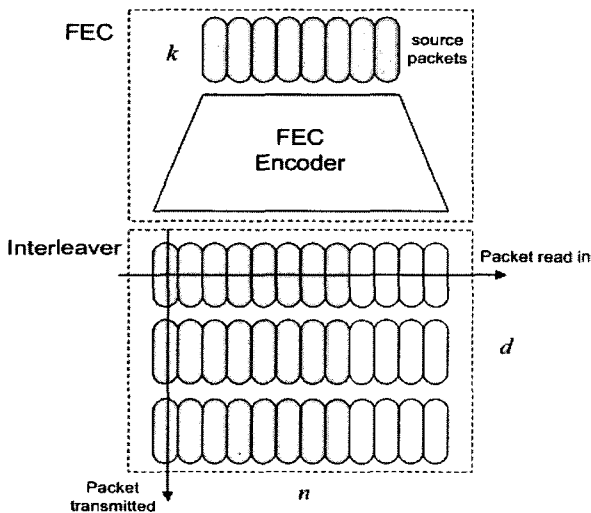


그림 1. Interleaved FEC
Fig. 1. Interleaved FEC

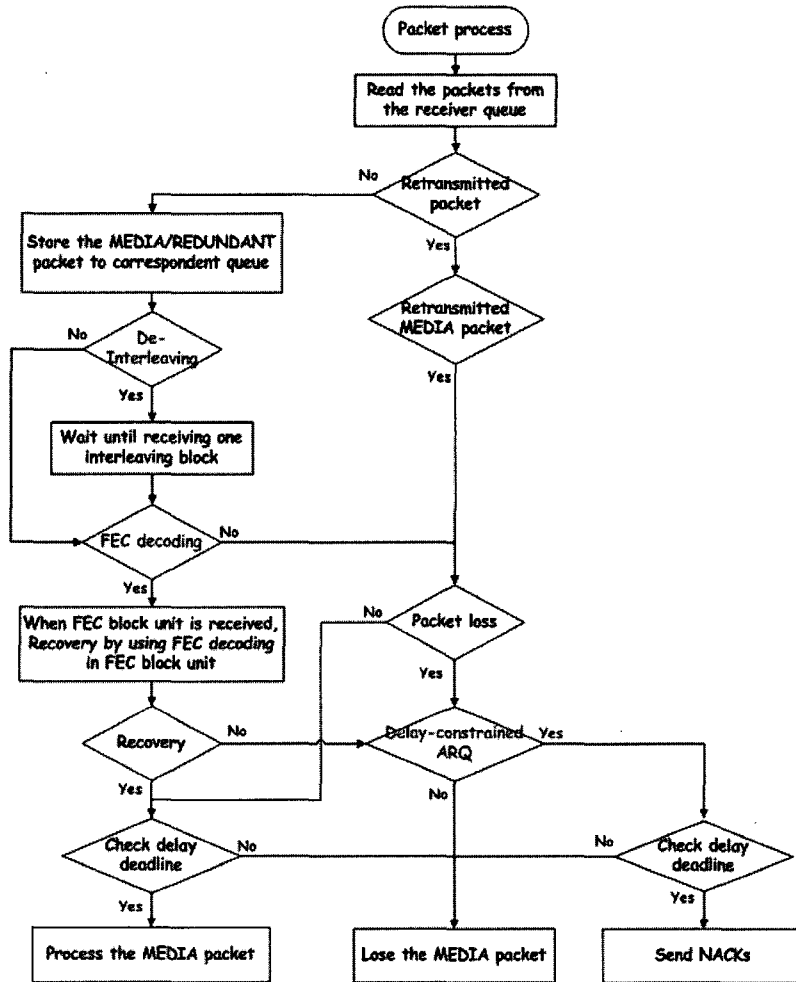


그림 2. 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법의 디코딩 절차
 Fig. 2. The decoding procedure of network-adaptive transport error control

어진 FEC 블록들이 차례로 디코딩 된다. 이러한 interleaved FEC 디코딩 과정을 거치고도 복원되지 않은 패킷에 대해서는 패킷이 디코딩되는 시간(dead-line)을 고려하는 delay-constrained ARQ를 사용하여 패킷 손실을 복원하게 된다.

제안된 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법은 다음과 같은 네트워크 적응 특성을 갖고 있다. 패킷 단위 FEC를 사용함에 있어 잉여 패킷의 양이 고정되는 정적 FEC(static FEC)의 경우, 적절하지 않은 양의 잉여 패킷들은 무선 네트워크의 대역폭의 낭비를 야기하며 잉여 패킷들을 사용하

고도 손실된 패킷들이 복원되지 않는 경우가 생기게 된다. 따라서 무선 네트워크 환경의 변화에 부합해서 잉여 패킷의 양을 조절해야 FEC의 효율성을 최대화할 수 있다. 이를 감안하여 제안된 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법에서는 적응적으로 (예를 들면 손실되는 패킷의 비율에 따라서) FEC의 잉여 패킷의 양을 조절하는 기능이 구현한다. 주어진 네트워크의 오류 특성에 부합하도록 패킷 손실률을 최소화함과 동시에 대역폭을 효율적으로 사용하고자 한다. 단 제안된 기법에서는 interleaved FEC 방식이 사용되기 때문에 FEC의 잉여 패킷의 양이 변경되면 FEC 블록의 크

기(n)가 변경되므로 이에 따라 인터리빙 블록(n)의 크기도 변경되게 된다. FEC의 잉여 패킷의 양을 조절하는 방식은 수신측에서 보고하는 피드백 정보들 중에 패킷 손실률을 바탕으로 수식 (1)을 이용하여 잉여 패킷의 양에 따른 FEC의 효율성(throughput)^[7]을 계산하고 최적의 잉여 패킷의 양을 선택하여 사용하는 방식을 적용한다. 이때 패킷 손실은 독립적으로 발생한다고 가정한다.

$$\begin{aligned}
 T_{FEC} &= \frac{k}{n} \text{Prob}(X \leq n-k) \\
 &= \frac{k}{n} \sum_{j=0}^{n-k} \binom{n}{j} P_e^j (1-P_e)^{(n-j)} \\
 &= \frac{k}{n} \sum_{j=0}^{n-k} P_e^j (1-P_e)^{(n-j)} \frac{n!}{j!(n-j)!}
 \end{aligned} \quad (1)$$

여기서 X는 n개의 패킷으로 이루어지는 FEC 블록에서 손실된 패킷의 개수를 나타내는 랜덤 변수, P_e 는 독립적으로 발생하는 패킷 손실률이다.

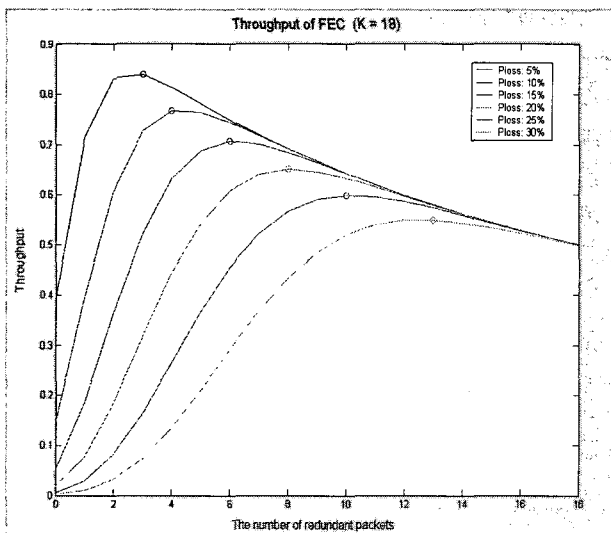


그림 3. 패킷 손실률에 따른 패킷 단위 FEC의 효율성(k=18)
Fig. 3. The throughput of FEC according to packet loss rate (K=18)

그림 3은 미디어 패킷의 개수가 18개일 때의 패킷 손실률에 따른 패킷 단위 FEC의 효율성을 나타내는 그래프이

며 최적의 잉여 패킷의 양을 확인 할 수 있다. 구현 시에는 구현상의 용이를 위해서 FEC의 효율성 계산으로부터 얻어진 패킷 손실률별 최적의 잉여 패킷의 양을 룩업 테이블 형태로 저장하여 사용한다.

IV. 네트워크 적응 시뮬레이터

네트워크 적응 시뮬레이터는 제안된 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법 및 일반적인 전송오류 제어 기법들과 혼합 기법들의 성능 평가를 위해 자체 구현된 시뮬레이션 툴이다. 윈도우 기반의 플랫폼에서 동작하며 C/C++ 그리고 Visual C++언어로 구현되었다. 그림 4는 구현된 시뮬레이션 툴의 기본 구조를 나타내며 다음과 같은 특징들을 갖는다.

구현된 시뮬레이션 툴은 H.263+ 인코딩/디코딩 과정과 이벤트 기반 무선 네트워크 시뮬레이션으로 이루어진다. 시뮬레이션에서 무선 채널은 네트워크 계층 레벨에서의 packet-erasure 채널로 가정한다. 일반적인 무선 네트워크 환경(무선랜, GSM)에서는 링크 계층에서 checksum을 통해 패킷의 손상 유무를 판별하며 손상된 패킷들은 폐기한다. 또한 일반적으로 TCP/IP 프로토콜 체계가 사용되기 때문에 응용 계층에서는 무선 채널이 IP packet-erasure 채널로서 인식된다. 따라서 무선 채널은 Gilbert 모델^[9](two-state Markov 모델)로 근사^[7]되며 Gilbert 모델을 바탕으로 패킷 손실이 발생된다. 그리고 전송 지연의 분포는 지수 분포를 갖는 랜덤 함수를 통해 발생된다. 이때 무선 채널의 파라미터로서 평균 패킷 손실률, 연속적인 패킷 손실의 길이(burst packet loss length) 그리고 평균 전송 지연의 값들이 입력 가능하며, 이를 통해 다양한 무선 채널 환경에 대한 시뮬레이션을 할 수 있다. 하지만 오류 모델에 근거한 모의환경이 실제적인 환경을 완벽하게 반영하는 것은 쉽지 않으므로, 일정 수준의 차이가 나타날 수 있으며 시뮬레이션의 결과를 해석할 때는 이러한 요소도 감안하는 것이 필요하다. 한편, 시뮬레이션 결과로서 최종 패킷 손실률과 전송오류 제어를 위해서 사용된 오버헤드(미디어 패킷 이외의 추가적인 패킷들의 양)를 얻을 수 있으

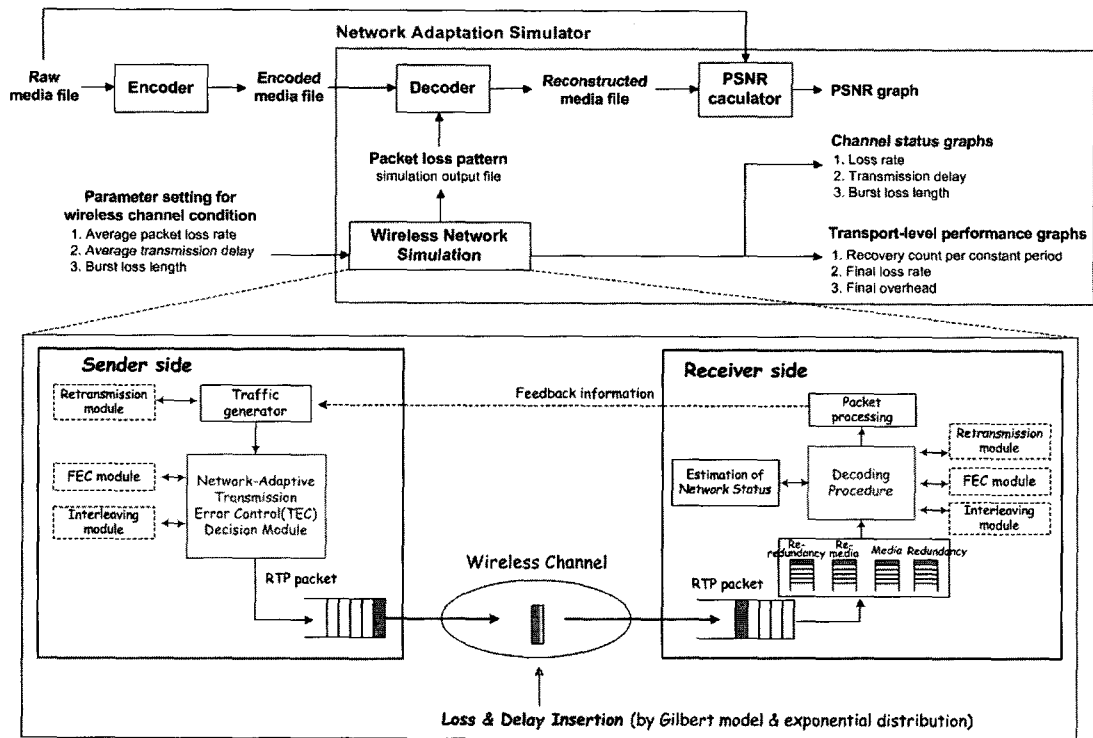


그림 4. 네트워크 적응 시뮬레이터의 기본 구조.
Fig. 4. The basic architecture of network-adaptive simulator

며 이를 통해서 전송 계층에서의 전송오류 제어 성능을 알 수 있다. 또한 전송되는 영상에 대한 PSNR(peak signal-to-noise ratio) 계산을 통해 객관적인 품질 평가를 할 수 있다.

V. 시뮬레이션 결과

시뮬레이션을 위해서 다음과 같은 환경을 가정한다. 스트리밍 서버는 무선 네트워크의 기지국에 근접한 위치에 존재한다. 따라서 유선 네트워크에 발생하는 네트워크 혼잡 등의 영향은 고려하지 않으며 무선 네트워크에 발생하는 채널의 변동에 의한 패킷 손실의 극복에 초점을 맞춘다. 또한 예측(estimation)되는 네트워크 상태인자들을 보고하는 피드백 채널은 신뢰성이 보장된다. 단, 재전송 요청에서 사용되는 피드백 채널은 전송 채널(forward channel)과 같

은 채널 환경을 사용하기 때문에 신뢰성이 보장되지 않는다. 응용 계층에서 고려되는 종단간 최대 전송 지연은 250msec이다. 생성되는 비디오 스트림은 약 400kbps 정도의 전송률을 가지며 CBR(constant bit rate)이다. 영상의 한 GOB(group of block)가 한 개의 고정된 길이의 패킷으로 매핑되어 생성되며 CIF(common intermediate format) 해상도의 픽처 포맷이 사용되므로 한 영상 프레임 당 18개의 패킷이 생성된다.

전송오류 제어에 대한 성능 평가는 일반적인 전송오류 제어 기법들(ARQ, 패킷 단위 FEC, 패킷 인터리빙) 및 이들로부터 혼합될 수 있는 4가지 조합 그리고 제안된 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법에 대해서 이루어졌다. 기본적으로 (24, 18) FEC 코딩과 (24, 3) 인터리빙이 사용되었으며 이는 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법의 초기 설정값으로도 이용되었다. 그리고 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법에서 잉여 패킷의 수는 한 블록당 최대 12개로

제한되었다. 시뮬레이션에서 사용된 채널 환경은 표 1과 같은 채널 환경의 파라미터들을 사용하여 설정하였다.

표 1. 채널 환경 파라미터 설정

Table 1. Parameter setting for wireless channel condition

	1 구간	2 구간	3 구간	4 구간
평균 패킷 손실률(%)	10	15	20	18
연속적인 패킷 손실의 길이(ms)	10	15	20	10
평균 전송 지연(ms)	0.8	1	0.9	1

표 2. 전체적인 성능 비교

Table 2. Overall performance evaluation

	FEC/ARQ	ALL	NA-TEC
2500 프레임에 대한 평균 PSNR(dB)	28.78	29.61	29.76
최종 패킷 손실률(%)	3.67	2.54	1.84
최종 오버헤드(%)	41.58	38.30	37.94

표 2는 성능이 우수한 FEC와 ARQ를 조합한 방식(FEC/ARQ) 및 세 가지 일반적인 전송오류 제어 기법을 결합한 방식(ALL) 그리고 제안된 기법(NA-TEC)에 대해서 전체적인 성능을 비교한 것이다. 제안된 기법이 전송 계층

에서의 전송오류 제어 성능뿐만 아니라 전송되는 영상의 화질이 가장 우수함을 알 수 있다. 결과에서도 확인 할 수 있듯이 제안된 기법이 최종 패킷 손실률이 가장 낮으면서도 사용된 오버헤드가 다른 방식들보다 작음을 알 수 있다. 즉, 네트워크 적응 기능으로 인하여 예측되는 채널 환경에 적응적으로 잉여 패킷의 양을 조절하여 interleaved FEC의 효율성을 최대화하였음을 알 수 있다(그림 5). 그림 6은 개발된 시뮬레이션 툴의 결과 화면으로서 패킷 손실이 없는 경우, 제어 기법을 사용하지 않은 경우, 그리고 제안된 기법을 사용한 경우의 스트리밍 영상에 대한 PSNR 분포(1000

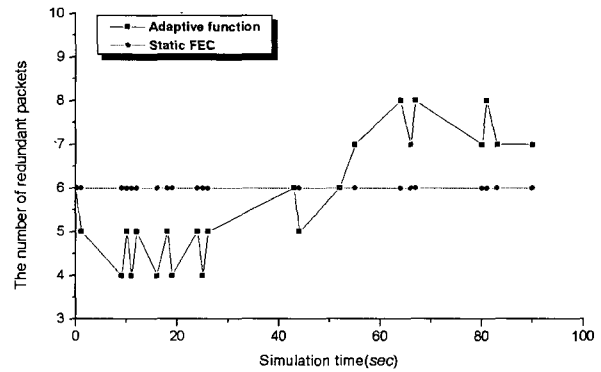


그림 5. 네트워크 적응 기능과 정적 FEC 간의 사용된 잉여 패킷 양의 비교
Table 5. The comparison for the number of redundant packets between adaptive function and static FEC

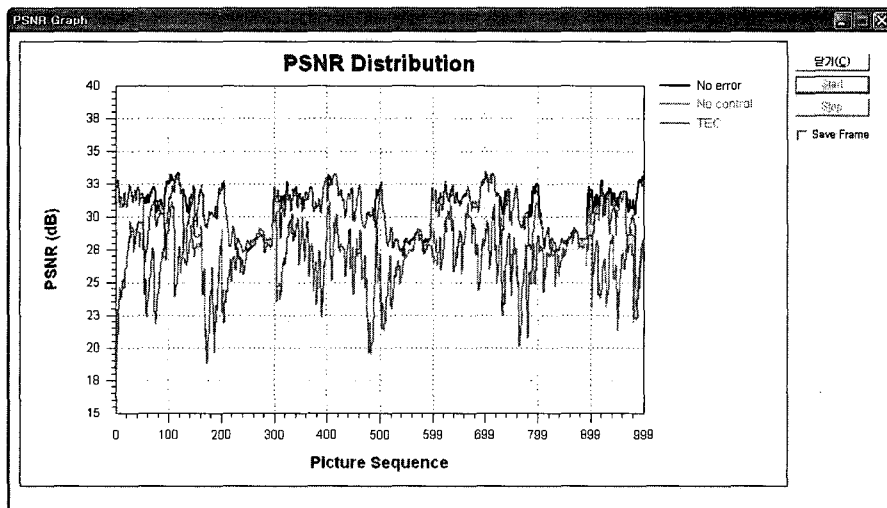


그림 6. PSNR 분포

Table 6. PSNR distribution

프레임에 대한 분포)를 나타낸다. 이를 통해 제안된 기법이 패킷 손실이 없는 경우의 스트리밍 영상의 화질(평균 PSNR: 30.53dB)에 근사함을 확인 할 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구 계획

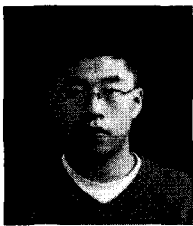
본 논문에서는 실시간으로 가변하는 무선 채널로 인한 다량의 패킷 손실을 최소화하고 변동하는 무선 네트워크 환경에 적응하는 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법 및 이를 검증하기 위해 개발된 시뮬레이션 툴에 대해서 알아보았다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법이 전송 계층에서의 전송오류 제어 성능뿐만 아니라 전송되는 영상의 품질 측면에서 성능이 우수함을 확인할 수 있다.

현재 시뮬레이션 결과는 제약된 환경에서 얻어낸 결과이므로 개발된 시뮬레이션 툴을 이용하여 보다 다양한 무선 채널 환경에서 시뮬레이션을 수행할 예정이며, 이를 바탕으로 최적화된 네트워크 적응형 전송오류 제어 기법을 설계하고 최종적으로 실제 신뢰성 있는 무선 멀티미디어 전송에 응용할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] J. Kim and J. Shin, "Dynamic network adaptation framework employing layered relative priority index for adaptive video delivery," in Proc. IEEE Pacific-Rim Conference on Multimedia (PCM 2002), Dec. 2002.
- [2] ITU-T, "Recommendation H.263, video coding for low bit rate communication," Feb. 1998.
- [3] D. Wu, Y. T. Hou, and Y. Q. Zhang, "Transporting real-time video over the Internet: Challenges and approaches," Proc. IEEE, Vol. 88, No.12, pp. 1855-1975, Dec. 2000.
- [4] L. Rizzo, "On the feasibility of software FEC," DEIT Technical Report LR-970131, [Online] Available as <http://www.iet.unipi.it/~luigi/softfec.ps>, Jan. 1997.
- [5] J. Liang, J. G. Apostolopoulos and B. Girod, "Model-based delay-distortion optimization for video streaming using packet interleaving," in Proc. Asilomar Conference on Signals, Systems, and Computers, Pacific Grove, CA, Nov. 2002. Invited Paper.
- [6] S. Aramvith, C.-W. Lin, S. Roy, and M.-T. Sun, "Wireless video transport using conditional retransmission and low-delay interleaving," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 12, No. 6, June 2002.
- [7] D. G. Sachs, I. Kozintsev, and M. Yeung, "Hybrid ARQ for robust video streaming over wireless LANs," in Proc. ITCC '01, Las Vegas, LV, April 2001.
- [8] F. Hartanto and H. R. Sirisena, "Hybrid error control mechanism for video transmission in the Wireless IP networks," in Proc. IEEE LANMAN '99, Sydney, Australia, Nov. 1999.
- [9] E. N. Gilbert, "Capacity of a burst-noise channel," Bell System Technology Journal, Vol. 39, pp.1253-1265, Sep. 1960.

저 자 소 개



이 철 호

- 2003년 2월 : 한국항공대학교 정보통신공학과 학사
- 2005년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
- 2005년 11월~현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 연구원
- 주관심분야 : 무선 및 이동 네트워크, 무선 망에서의 신뢰성 있는 영상 전송



최 정 용

- 1999년 2 : 성균관대학교 공과대학 전자공학과 학사
- 2001년 2월 : 성균관대학교 공과대학 전기전자 및 컴퓨터공학과 석사
- 2004년 2월 : 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 박사 수료
- 주관심분야 : 멀티미디어 통신, H.264, 무선 랜, UMTS, DMB, VoIP

 저 자 소 개

**권 영 우**

- 2003년 2월 : 경북대학교 컴퓨터과학과 학사
- 2005년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
- 2005년 2월~현재 : 대우일렉트로닉스 기술총괄/홈네트워크사업팀
- 주관심분야 : 홈네트워킹 기술, 멀티미디어 통신기술, 분산 소프트웨어 설계 기술

**김 종 원**

- 1987년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 학사
- 1989년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 석사
- 1994년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 박사
- 1994년 3월~1999년 6월 : 공주대학교 전자공학과 조교수
- 1997년 7월~2001년 6월 : 미국 USC 전자공학과 방문연구 및 연구조교수
- 2001년 9월~현재 : 광주과학기술원 정보통신공학과 부교수
- 2002년 12월~현재 : Advanced Network Forum (ANF) 산하 Application Technology Area 의장 및 Grid Forum Korea 산하 Access Grid WG 의장.
- 주관심분야 : Networked Media Systems and Protocols focusing "Reliable and Flexible Delivery for Integrated Media over Wired/Wireless Networks"

**신 지 태**

- 1986년 2월 : 서울대학교 전기공학과 학사
- 1988년 2월 : KAIST 원자력 공학과 석사
- 1988년 3월~1996년 8월 : 한전 고리발전소전문원, 한국원자력연구소 선임연구원
- 1996년 8월~2001년 5월 : 미국 USC 전자공학과 석사 및 박사
- 2001년 5월~2002년 2월 : 경북대학교 정보통신대학원 교수
- 2002년 3월~현재 : 상원대학교 정보통신공학부 교수
- 주관심분야 : 유선, 무선 통신망상의 멀티미디어 데이터 전송관련 연구, 특히 현재 무선망상의 비디오 전송을 위한 Cross-layer 시스템 연구

**전 동 산**

- 2002년 2월 : 부산대학교 전자공학과 학사
- 2004년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 석사
- 2004년 5월~현재 ETRI 방송미디어연구그룹 방통융합미디어연구팀 연구원
- 주관심분야 : 영상압축, 영상통신, TV-Anytime, 패턴인식

**김 재 곤**

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1992년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 석사
- 2005년 2월 : KAIST 전기 및 전자공학과 박사
- 2001년 9월~2002년 11월 : 뉴욕 콜롬비아대학교 연구원
- 1992년~현재 : ETRI 방송미디어연구그룹 방통융합미디어연구팀장 선임연구원
- 주관심분야 : 영상통신, 비디오 신호처리, 디지털 방송, 멀티미디어 프레임워크, TV-Anytime/MPEG-7/MPEG-21