

우선순위화에 기반한 적응형 전송 기능을 가진 MPEG-4 스트리밍 시스템의 설계 및 구현

박상훈*, 장혜영*, 권영우*, 김종원*[†], 유웅식**, 권오형**
광주과학기술원 정보통신공학과 네트워크미디어 실험실*,
한국전자통신연구원 전파방송연구소 방송시스템연구부**

Design and implementation of MPEG-4 streaming system with prioritized adaptive transport

Sanghoon Park*, Hyeoung Chang*, Youngwoo Kwon*, JongWon Kim*[†],
Woongshik Yoo**, OHyung Kwon**

*Networked Media Lab., Department of Information and Communications, K-JIST,

**Broadcasting System Research Department., ETRI

E-mail: *{shpark75, tarilove, ywkwon, jongwon}@kjist.ac.kr, **{wsyou, ohkwon}@etri.re.kr

Abstract

To provide high-quality media streaming service over the best-effort Internet, an efficient streaming system with a network-adaptive transport is essential. By adopting FEC-based adaptive transport and by matching it to the priority of media packets, in this paper, an enhanced MPEG-4 streaming system is implemented. The implemented adaptive transport can complement the existing MPEG-4 streaming server with components such as elementary stream provider, sync layer and DMIF layer. Sync layer packets of each MPEG-4 elementary stream are prioritized and then selectively dropped at the sender to match the currently available bandwidth. Also, with the proposed adaptive transport module, the level of FEC protection is dynamically adjusted based on the underlying network condition. With preliminary verification over the emulated network testbed, it is shown that the proposed implementation can mitigate the impact of network fluctuation and thus improve the quality of streaming.

I. 서론

최선형(best-effort) 서비스를 지향하는 인터넷에서는 응용 프로그램이 실제 사용할 수 있는 네트워크 대역폭이 상황에 따라 변하게 된다. 이러한 환경에서 미디어 스트리밍과 같이 일정 수준 이상의 대역폭을 요

구하는 응용을 효과적으로 서비스하기 위해서는 여러 가지 적응적인 기법들이 필요하다.

이를 위하여 본 논문에서는 데이터 우선순위화에 기반한 적응형 전송 기능을 가진 IP 기반 MPEG-4 스트리밍 시스템을 설계 및 구현한다. 서버와 클라이언트는 유무선 네트워크를 통해 연결될 수 있으며 일대일(unicast) 방식을 가정한다. 기본 스트리밍 구조는 MPEG-4 에서 제안하고 있는 DMIF(delivery multimedia integration framework)에 RTP(real-time transport protocol)를 결합한 구조를 기반으로 한다[1,2].

데이터 우선순위화 기반 적응형 전송은 데이터 우선 순위화(prioritized packetization) 과정과 이를 기반으로 한 적응형 전송(adaptive transport)으로 나누어진다. 먼저 데이터 우선순위화에서는 전송할 데이터를 분석하여 상대적인 중요도를 파악하고 이 정보를 패킷에 포함시켜 적응형 전송 부분으로 보내는 역할을 한다. 적응형 전송에서는 클라이언트로부터 받은 피드백 정보를 기반으로 전송할 패킷들을 우선 순위에 따라 적응형 FEC(forward error correction)를 적용하여 차별화 된 신뢰성을 제공한다. 제안된 기법은 손실 삽입이 가능한 기가비트 LAN 환경의 테스트베드에서 실험들을 통하여 실제적인 전송 성능을 비교 평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II 절에서는 네트워크 적응형 MPEG-4 스트리밍 시스템의 전체 구조에 대해 설명하고, III 절에서는 데이터 우선순위화 기반 적응형 전송 부분에 대해 설명한다. IV 절에서는 구현된

[†] Corresponding author.

본 논문은 ETRI 위탁과제의 지원에 의하여 수행되었음.

시스템 및 결과에 대해 설명하고, V 절에서 결론을 맺는다.

II. 네트워크 적응형 MPEG-4 스트리밍 시스템

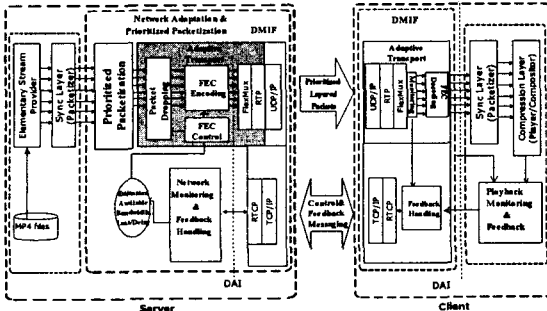


그림 1. 네트워크 적응형 MPEG-4 스트리밍 시스템 구조.

그림 1 은 기존의 MPEG-4 스트리밍 시스템에 제안하는 네트워크 적응형 전송 부분을 결합한 시스템 구조를 보여준다. 서버는 기본적으로 MPEG-4 에서 제안하고 있는 단일 스트림 제공자(elementary stream provider), 동기계층(synchronization layer), DMIF 계층들을 포함한다[1]. 단일 스트림 제공자는 클라이언트가 요청한 MP4 파일을 디스크로부터 읽어와 분리하는 역할을 하며, 동기계층은 재생시 동기화에 필요한 정보를 삽입한다. DMIF 계층은 다양한 전송 방식들과의 인터페이스를 제공한다. 데이터 우선순위화와 네트워크 적응형 전송 부분은 동기 계층과 DMIF 계층 사이에 삽입된다. 또한 현재의 클라이언트로부터 전송 받은 피드백 정보를 처리하기 위한 부분 (network monitoring & feedback handling)이 필요하다.

데이터 우선순위화에서는 동기계층(sync layer packet) 패킷 단위의 데이터들을 입력 받아 우선순위를 분석하여 적응형 전송 모듈로 전달한다. 우선순위화된 패킷들은 패킷 폐기(packet dropping) 모듈에서 네트워크 환경 변화에 대한 적응성을 증진시키기 위하여 우선순위가 낮은 패킷을 폐기함으로써 전송율을 제어한다. 이후 동기계층 패킷들은 잉여 패킷 생성을 위하여 블록별로 FEC 기법을 적용해 인코딩 된다. 생성된 원본/잉여 패킷들은 실시간 전송을 위하여 RTP/UDP/IP 방식으로 스트리밍되며, 피드백 정보는 신뢰성 제고를 위해 RTCP/TCP/IP 방식으로 전송된다. 한편 수신측에서는 동일 블록에 속한 패킷들의 순서번호(block sequence number)를 확인하여 패킷 손실 상황을 확인한다. 패킷

이 손실된 경우 FEC 디코딩을 통하여 복원한 다음 MPEG-4 에서 제안된 동기화된 디코딩 모델(synchronized decoding model)에 맞추어 재생된다.

이와 같이 적응형 전송모듈은 우선순위 패킷들에 대해 원본/잉여 패킷의 양을 제어하여 차별화된 신뢰성을 제공하며 수신측에서 보내온 피드백 정보를 기반으로 네트워크 손실에 적응적으로 대처한다.

III. 우선순위화에 기반한 적응형 전송

본 절에서는 적응형 네트워크 전송을 위한 데이터 우선순위화 방법과 적응형 네트워크 전송 방법의 세부적인 내용에 대해 설명한다.

3.1 데이터 우선순위화

데이터 우선순위화에는(전송하는 데이터의 중요도에 따라 우선 순위를 부가하는) 객체, 기초 부호화 스트림, 프레임 등 여러 가지 단위에 기반한 기법들이 적용될 수 있다. MPEG-4 에서 제안하는 파일 형식인 MP4 파일 내에는 복수의 객체가 존재할 수 있으며 하나의 객체는 복수의 기초 부호화 스트림(elementary stream)으로 구성될 수 있다. 또한 하나의 비디오 스트림에는 I, P, B 등 여러 가지의 프레임 유형이 있을 수 있으며 각각의 중요도는 서로 다르다. 예를 들어, MP4 파일 내에 비디오 기초 부호화 스트림과 오디오 기초 부호화 스트림이 있을 경우는 상대적으로 오디오 스트림의 중요도가 높게 된다. 이러한 특성을 이용하여 중요도에 따른 데이터 우선순위화 및 선별적 데이터 전송을 할 수 있다. 본 논문에서는 기초 부호화 스트림 단위의 데이터우선 순위화를 이용하였다.

그림 2 는 데이터 우선순위화의 간략한 블록 다이어그램을 보여준다. 먼저 데이터 우선순위화는 동기계층 패킷들을 입력으로 받는다. 그 후 동기계층 패킷으로부터 스트림 ID 를 얻어내기 위해 파싱(parsing) 과정을 거친다. 여기서 스트림 ID 란 MPEG-4 에서 정의하는 단일 스트림 ID(Elementary Stream ID)와 같은 것으로서 각 스트림에 대한 고유 번호를 의미한다. 이후 동기계층 패킷으로부터 얻은 스트림 ID 를 이용하여 미리 정의된 스트림 우선순위 테이블(stream priority table)로부터 우선순위 정보를 얻을 수 있다. 스트림 우선순위 테이블 은 MPEG-4 단일 스트림 기술자(ES_Descriptor)에 정의되는 StreamPriority 필드를 이용하여 구성할 수 있다. 이렇게 하여 얻어진 동기계층 패킷에 대한 우선순위 정보는 해당 동기계층 패킷과 같

이 적응형 전송 모듈로 전달된다.

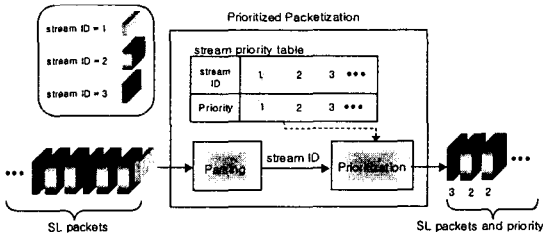


그림 2. 데이터 우선순위화 블록 다이어그램.

3.2 신뢰성 보장을 위한 적응형 전송 기법

실시간성 미디어 전송에 신뢰성을 부여할 때 잉여 패킷의 양이 고정된 경우(static FEC), 적절하지 않은 양의 잉여 패킷은 네트워크 혼잡의 원인이 되거나 대역폭 낭비의 원인이 된다. 따라서 네트워크 상황에 맞게 잉여 패킷의 양을 조절해야 FEC의 효율성을 최대화할 수 있다. 본 논문에서는 적응형 FEC(Adaptive FEC)기법을 적용하여 손실율을 최소화함과 동시에 대역폭을 효율적으로 사용할 수 있도록 한다[5]. 구현 시스템은 그림 3에 제시한 바와 같이 크게 송신측 처리 모듈과 수신측 처리 모듈로 나뉜다. 우선 송신측에서는 데이터 우선순위에 의해 구분된 동기계층 패킷이 계층별로 나뉘어져 처리된다. 동기계층 패킷은 잉여 패킷 생성을 위하여 블록별로 버퍼링 되어 같은 크기로 패딩된 후 FEC 인코딩 되어 패킷화된다. 한편 수신측에서는 손실율과 연속 손실 정도등의 패킷 손실 상황을 모니터링하여 주기적으로 피드백 하며 수신 패킷들은 원래 크기로 복원된 후 넘겨진다.

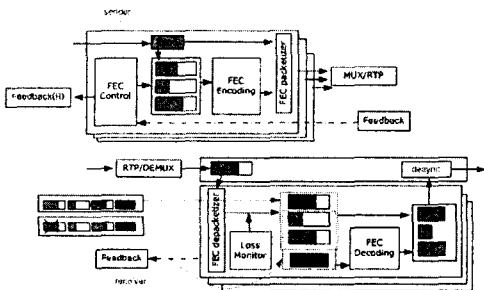


그림 3. 피드백 기반 적응형 전송 시스템.

송신측의 각 계층에 있는 제어모듈은 수신측 피드백을 기반으로 적정량의 (n, k) 를 결정하게 된다. 그림 4와 같이 기준이 되는 FEC 조합으로 전송을 시작하며

손실율과 연속 손실 정도등에 기초하여 네트워크 상태를 구분한다. 단위 블록내의 잉여 패킷의 수(h)는 연속 손실 정도를 반영하며 대역폭 사용을 최대화할 수 있는 k 를 결정한다.

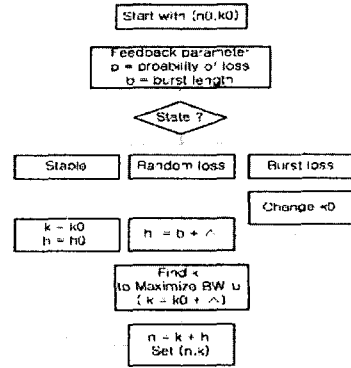


그림 4. 적응형 FEC 제어 흐름.

고속 네트워크에서 발생하는 대부분의 손실은 네트워크 혼잡으로 인한 패킷 단위 손실이다. 이 문제를 해결하기 위하여 전송율을 제어하는 것이 필수적이다. 이를 위해 제어모듈에 의해 결정된 FEC 조합을 기반으로 원본 패킷의 전송율을 계산하여 패킷 폐기 모듈로 넘긴다. 유효 대역폭을 T , 단위 주기당 블록 개수를 N , 패킷 크기를 S , FEC 조합을 (n, k) 로 정의할 때 전송율(R)은 식(1)과 같이 구할 수 있다. 결과적으로 전송율을 조절함으로써 FEC의 적용 대역폭을 변화시킬 수 있다.

$$R = \frac{T}{(k+h) \cdot N \cdot S} \dots\dots\dots (1)$$

IV. 구현 및 실험 결과

DMIF 기반 MPEG-4 스트리밍 기반 시스템을 구성하기 위해 UBC(University of British Columbia) MPEG-4 스트리밍 시스템을 이용하였다[2]. 또한 적응형 네트워크 전송에 필요한 RTP/RTCP 계층을 삽입하기 위해 UCL(University College London) RTP/RTCP 라이브러리를 추가하였다[4]. 실험을 위한 MP4 파일에 대한 미디어 스트림은 해상도가 다른 두개의 비디오 스트림과, 하나의 오디오 스트림, 배경 영상으로 구성하였다. 여기서 비디오 스트림은 MPEG-4 비디오로, 오디오 스트림은 MPEG-4 AAC 방식으로 각각 부호화 되었다. 데이터

¹ FEC의 조합은 (n, k) 로 표기하며, 단위 블록당 잉여 패킷(h)을 포함한 총 패킷 수를 n , 원본 패킷의 수를 k 으로 나타낸다.

우선순위화 방법으로는 기초 부호화 스트림 단위의 데이터 우선순위화를 이용하였다.

4.1 실험환경 구성

제안하는 시스템의 성능 평가를 위하여 그림 5와 같이 Divert Socket [3]을 이용하여 손실 삽입 부분에 에뮬레이션(emulation)할 수 있는 테스트베드를 구성하였다. 이 때 Gilbert-Elliott 모델로 상태 천이 확률을 조절하여 네트워크 손실 상황을 결정하였다.

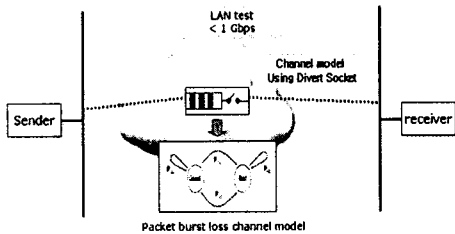


그림 5. LAN 테스트 베드 구성도.

4.2 전송 실험 및 결과

그림 6은 테스트 MP4 파일을 현재 구축된 테스트 베드 시스템에서 스트리밍 방식으로 실행한 결과를 보여준다. 그림 6(a)는 서버에서 클라이언트로 전송하는 전송량을 모니터링한 결과를 보여준다.

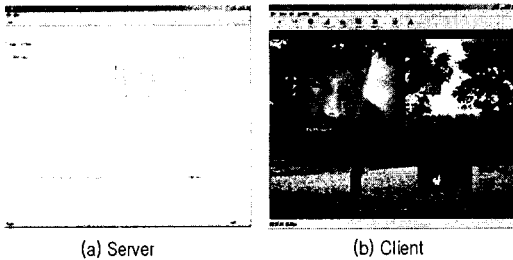


그림 6. MPEG-4 서버/클라이언트 실행화면.

적응형 FEC의 성능을 평가하기 위하여, 에뮬레이터를 이용하여 손실을 첨가하였다. 조정된 손실 확률은 그림 7(a)와 같은 양상을 보이며 1% 손실율은 약 600 time unit 이후 5%로 증가한다. 정적인 FEC의 경우 삽입 손실율의 증가와 함께 손실 변화의 폭 또한 커지는 반면 적응형 FEC를 적용한 경우에는 이와 관계없이 손실율이 0.5% 미만으로 제한되었다.

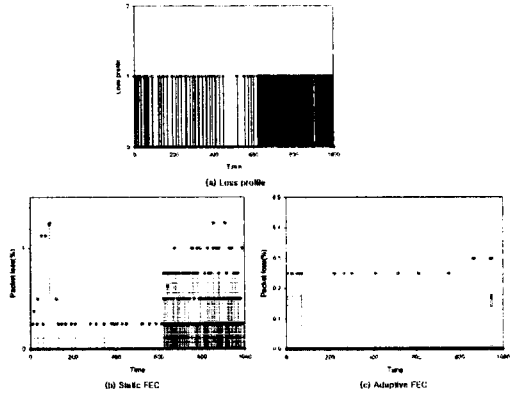


그림 7. (a) 첨가 손실 profile, (b) Static FEC(3,4) 손실율, (c) Adaptive FEC 손실율.

V. 결론

본 논문에서는 가변적으로 변하는 네트워크 전송 환경에 적응 가능한 MPEG-4 스트리밍 시스템을 설계하고 구현하였다. 데이터 우선 순위화 및 적응형 FEC를 적용한 전송을 수행 함으로서 네트워크 손실에 보다 안정된 신뢰성을 제공함을 확인할 수 있었다. 향후 계획 으로서는 비디오 프레임 단위의 데이터 우선 순위화, 대화식(interactive) 기능 지원, 외부 테스트베드 실험 등이 있다.

참고문헌

- [1] ISO/IEC JTC/SC29/WG11 N3536, "Overview of the MPEG-4 Standard," July 2000.
- [2] Y. Pourmohammadi, K. Asrar Haghighi, A. Mohamed, H.M.Alnuewiri, "Streaming MPEG-4 over IP and Broadcast Networks: DMIF based Architectures," PacketVideo 2001.
- [3] W. Kellerer, E. Steinbach, P. Eisert, and B. Girod, "A real-time internet streaming media testbed," in Proc. IEEE Inter. Conf. on Multimedia and Expo (ICME '2002), 2002.
- [4] UCL RTP/RTCP library, <http://www.mice.cs.url.ac.uk/multimedia/software/common/>.
- [5] Ken French and Mark Claypool, "Repair of streaming multimedia with adaptive forward error correction," in Proc. of SPIE Multimedia Systems and Applications (part of ITCOM), Denver, Colorado, USA, August 2001.