

우선순위화 기반 적응형 전송 기능을 가진 MPEG-4 스트리밍 시스템의 설계 및 구현

준회원 박 상 훈*, 장 혜 영**, 권 영 우*, 정회원 김 종 원*,
비회원 유 응 식***, 권 오 형***

Design and Implementation of MPEG-4 Streaming System with Prioritized Adaptive Transport

SangHoon Park*, Hyeyoung Chang**, Youngwoo Kwon* *Associate Members*, JongWon Kim*
Regular Member, Woongshik You***, O-Hyung Kwon*** *Non Members*

요 약

최선형 서비스를 지향하는 인터넷에서 양질의 미디어 스트리밍을 서비스하기 위해서는 시간에 따라 변하는 네트워크 대역폭에 적응할 수 있는 스트리밍 기법이 필요하다. 본 논문에서는 미디어 패킷들의 중요도에 기반한 적응형 전송 기능을 가진 MPEG-4 스트리밍 시스템을 설계하고 구현한다. 구현 시스템은 기초 스트림 제공자, 동기 계층, DMIF 계층 등의 기본 MPEG-4 시스템 구성요소들과 데이터 우선순위화에 따른 FEC 제어 기반 적응형 전송 모듈로 구성된다. 구체적으로, 동기 계층 패킷들은 객체 단위에 기반하여 우선순위화되어 전송모듈로 전달되며 신뢰적 전송을 위해 FEC 부호화된다. FEC 조합은 수신측 피드백 정보에 따라 동적으로 조절되며 대역폭 제한에 맞추어 중요도가 떨어지는 패킷들을 폐기한다. 에뮬레이션기반 테스트베드에서의 실험 결과는 제안 시스템이 네트워크 대역폭 변동의 영향을 줄이고 스트리밍 서비스의 질을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

Key Words : media streaming; MPEG-4 system; data prioritization; network adaptive transport; forward error correction(FEC).

ABSTRACT

To provide high-quality media streaming service over the best-effort Internet, a streaming methodology is required to response to the dynamic fluctuation of underlying networks. In this paper, we implement the MPEG-4 streaming system with adaptive transport based on priorities of media packets. The implemented system is composed of the common MPEG-4 streaming components such as elementary stream provider, sync and DMIF layer, and adaptive transport module including data prioritization and FEC control. More specifically, the prioritized sync layer packets (based on object level) are delivered to the transport module and then are encoded by an adaptive FEC encoder to help reliable transport. The FEC combination is dynamically adjusted by the feedback information from the receiver. In addition, low priority packets are selectively dropped to meet the limitation of available bandwidth. The experimental results over the emulation-based testbed show that the proposed system can mitigate the impact of network fluctuation and thus improve the quality of streaming.

* 광주과학기술원 정보통신공학과 네트워크미디어 연구실({shpark75, ywkwon, jongwon}@gist.ac.kr)

** 광주과학기술원 정보통신공학과 네트워크미디어 연구실, 2004년 2월부터 삼성전자 디지털 총괄 근무(hye.chang@samsung.com)

*** 한국전자통신연구원 디지털방송연구단 방송시스템연구그룹 ({wyou, ohkwon}@etri.re.kr)

논문번호 : 040111-0308, 접수일자 : 2004년 3월 9일

※본 연구는 ETRI 위탁과제 및 대학 IT연구센터 육성*지원 사업의 연구결과로 수행되었음.

I. 서론

최근 멀티미디어와 네트워크 기술의 급속한 발전으로 인해 인터넷을 이용한 스트리밍 서비스에 대한 수요가 기하급수적으로 늘어나고 있다. 스트리밍 기술은 서버로부터 클라이언트로 전송되는 미디어 스트림을 따로 저장하지 않고 메모리 상에서 직접 처리하므로 응답 시간(response time) 측면에서 큰 장점을 갖고 있다. 그러나 클라이언트에서 연속적인 미디어 재생(continuous media playout)을 수행하기 위해서는 송신측과 수신측에서 해당 미디어 스트림에 요구되는 비트율(bitrate) 이상의 송신율 및 수신율이 각각 요구된다. 그러나 최선형(best-effort) 서비스를 지향하는 인터넷 환경에서는 이러한 요구사항을 충족시키기가 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 다양한 측면에서의 최적화된 기법들이 요구된다. 이러한 기법들은 일반적으로 비디오 압축(video compression), 응용 계층에서의 서비스 품질 제어(application-layer QoS control), 전송 프로토콜(transport protocol), 미디어 분배 서비스(media distribution service), 스트리밍 서버(streaming server), 미디어 동기화(media synchronization) 등의 분야로 크게 나눌 수 있다 [11]. 본 논문에서 제안하는 시스템은 이 중에서 앞의 세 가지 분야에 대해서 고려하며 먼저 주요 관련 연구들에 대해 살펴본 후 제안 기법에 대해 설명한다.

1. 관련 연구

비디오 압축 측면에서 MPEG(Moving Picture Experts Group)-4는 기존의 프레임 기반 부호화 방식(MPEG-1, MPEG-2, H.26x)들과 달리 객체 기반 부호화(object-based encoding) 방식을 새롭게 지원하며 무선망과 같은 저비트율(low-bit rate) 환경을 주요 대상으로 한 동영상 부호화의 표준으로서 미디어 스트리밍과 같은 응용에 보다 적합한 표준이다 [9]. 또한 전송 프로토콜에 대한 공통 인터페이스를 제공하는 DMIF(Delivery Multimedia Integration Framework) 계층을 가짐으로서 다양한 전송 방식과의 결합이 가능하다 [14].

응용 계층에서의 서비스 품질 제어 기법에서는 전송율¹⁾ 및 손실 복구를 중요하게 고려해야 한다.

데이터 우선순위화(data prioritization) 기법은 효율적인 전송을 적응에 유용하게 사용될 수 있다. 일반적으로 미디어 데이터는 따라 블록(block), 프레임(frame), 객체(object) 등의 다양한 단위로 나눌 수가 있는데 단위 내에서 데이터 간의 중요도는 다르게 된다. 이에 따라 데이터의 우선순위에 기반하여 네트워크의 상황에 따라 적응적으로 전송을 하면 제한된 대역폭(bandwidth) 내에서 효율적인 스트리밍이 가능하다. 따라서 MPEG의 시간적 중복성(temporal redundancy)을 이용하도록 I/P/B 프레임 유형에 따른 우선순위화 기법이 가장 널리 활용되고 있다 [6,8]. 또한 MPEG-4 부호화 방식의 특성을 이용한 객체 단위의 우선순위화 방법도 가능하다 [10,15]. 최근에는 이러한 우선순위화에 대한 다양한 요구 조건들을 포괄하여 지연과 패킷 손실에 따른 계층화된 RPI(layered relative priority index)로 정리하고 이를 기반으로 한 네트워크 적응형 미디어 전송 프레임워크가 제안되었다 [13]. 여기서 패킷화된 미디어 스트림은 세션, 프레임, 패킷 등의 다양한 계층에서의 우선순위화를 가정하고 이를 기타 응용프로그램과의 상대적인(relative) 측면에서 반영된다.

전송시 발생하는 패킷 손실에 대한 오류제어 기법으로서 ARQ(Automatic Repeat Request) [4]와 FEC(Forward Error Correction) [3] 방식이 일반적이다. ARQ는 손실을 감지했을 경우 해당 패킷에 대한 재전송을 요청하는 반응적 오류제어(reactive error control) 방식으로 분류할 수 있다. 그러나 RTT(round trip time)가 아주 짧지 않은 이상 실시간 전송을 요구하는 미디어 스트리밍 응용에는 적용하기가 어려운 단점이 있다. 이에 반해 FEC 방식은 패킷 손실에 미리 대비하여 내성 정보를 부가적으로 전송하는 방식으로서 순항적 오류제어(proactive error control) 방식으로 분류된다. 별도의 재전송이 필요 없다는 장점과 함께 FEC 부호화 및 복호화에 대한 부가 연산량과 약간의 계산지연이 요구된다는 단점을 갖고 있다. 이러한 ARQ와 FEC에서 각 장점만을 이용하기 위해서 두 가지 방식을 같이 적용하는 하이브리드(hybrid) ARQ/FEC 방법도 있다 [7]. 이외에도 오류가 발생했을 경우 이것을 적절히 숨기는 오류 은닉(error concealment) 방법이 있다 [1].

전송 프로토콜 측면에서 응용 계층에서의 RTP(real-time transport protocol) / RTCP(real-time

1) 본 논문에서 전송율은 송신측에서 초당 전송하는 데이터 양을 의미한다.

transport control protocol)는 자체적으로 QoS (Quality of Service)를 보장하지는 않지만 손실 (loss) 및 지연(delay) 등을 측정할 수 있는 유용한 기능들을 제공한다 [5].

2. 제안 기법

본 논문에서는 상기한 기법들을 바탕으로 데이터 우선순위화를 기반으로 적응형 전송기능을 갖는 MPEG-4 스트리밍 시스템을 설계 및 구현한다. 기본 구조는 스트리밍 서버와 클라이언트로 구성되며 각각은 MPEG-4 시스템에서 제안하는 터미널과 호환되며 전송 미디어의 형식 또한 MPEG-4 스트림을 가칭한다. 또한 응용 계층에서의 전송 프로토콜로서 RTP/RTCP를 결합한다. 데이터 우선순위화 기반 적응형 전송 모듈은 스트리밍 서버에 통합되며 FEC 복호기(decoder)는 스트리밍 클라이언트에 통합된다. 데이터 우선순위화 모듈은 MPEG-4 동기 계층(synchronization layer) 패킷 단위로 중요도 정보를 파악하고 이것을 패킷에 포함시켜 적응형 전송 모듈로 전달하는 역할을 한다. 적응형 전송 모듈에서는 먼저 가용 대역폭에 맞추어 전송율을 제어하기 위해 우선순위가 낮은 패킷들을 폐기(dropping)하여 데이터의 양을 조절한다. 이후 네트워크 혼잡(congestion) 등으로 인한 손실 상황에 대처하기 위해 전송할 패킷들에 대해 FEC 부호화를 수행한다. FEC 부호화시에는 클라이언트로부터 피드백(feedback) 받은 정보를 기반으로 잉여 데이터의 양을 조절하는 적응형 FEC(adaptive FEC)를 적용함으로써 차별화된 신뢰성을 제공하게 한다. 제안된 시스템은 임의의 손실 삽입이 가능한 LAN(Local Area Network) 환경의 테스트베드에서 실험을 통하여 비교 평가된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 제안하는 적응형 MPEG-4 스트리밍 시스템의 설계 부분에 대해 설명하고, 3절에서는 구현에 관련된 세부 사항들을 다룬다. 네트워크를 이용한 실제 전송을 활용한 실험 결과를 4절에 제시한 다음, 5절에서 결론을 맺는다.

II. 적응형 MPEG-4 스트리밍 시스템 설계

1. 시스템 구조

최선형 서비스를 지향하는 인터넷 환경에서의 미디어 스트리밍 서비스를 제공하기 위해서는 시간에 따라 가변하는 네트워크 상황에 적응적으로 대

처할 수 있는 기법이 요구된다. 이를 위해서 네트워크 적응형 응용프로그램과 네트워크 자원들 사이의 대등한 상호작용을 증진하기 위한 네트워크 적응형 미디어 스트리밍 시스템의 프레임워크가 제시된 바 있다[13]. 제시된 프레임워크는 동영상 부호화 전송/분배를 하는데 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방법으로서 수시로 변하는 네트워크 환경에 대처함으로써 사용자에게 보다 나은 품질의 전송을 제공하는 목적을 가지고 있다. 주기적으로 현재의 네트워크 상황에 대한 정보를 판단한 후 이를 이용하여 전송 서버 및 클라이언트들이 전송률 및 재생 방법에 적응적으로 대처함으로써 사용자에게 일정 수준의 QoS를 보장하도록 한다.

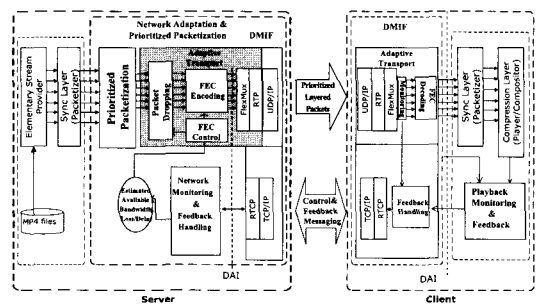


그림 1. 적응형 MPEG-4 스트리밍 시스템 구조

본 논문에서는 상기한 프레임워크를 기반으로 하여 데이터 우선순위화와 적응형 전송 모듈을 기존의 MPEG-4 전송 시스템에 결합한 구조를 제안한다. 그림 1은 제안하는 적응형 MPEG-4 스트리밍 시스템의 전체 구조에 대해 보여준다. 서버는 기본적으로 MPEG-4 시스템의 기본 구성 요소들과 적응형 전송 관련 모듈로 구성된다. MPEG-4 시스템 기본 구성 요소들에는 기초 스트림 제공자(elementary stream provider), 동기계층 및 DMIF가 포함된다. 기초 스트림 제공자는 MPEG-4 시스템 터미널 구조에서 압축 계층(compression layer)에 해당되며, 보조 기억장치에 미리 저장되어 있는 MP4 파일을 읽어와 기초 스트림들을 동기계층으로 전달한다. 동기계층으로 전달된 기초 스트림들은 동기계층 패킷(sync layer packet) 단위로 분리되며 각 패킷에는 미디어 동기화를 위한 시간 정보가 추가되게 된다. DMIF 계층은 다양한 전송 프로토콜

2) MPEG-4 미디어 정보를 저장하기 위해서 제안된 파일 형식으로서 메타 데이터를 포함하는 'moov' 아톰과 미디어 데이터를 포함하는 'mdat' 아톰으로 구성된다 [9].

들에 대한 공통 인터페이스를 제공함으로써 시스템과 전송 부분과의 종속 관계를 줄이는 역할을 한다 [9,15].

적응형 전송 관련 모듈들은 동기계층과 DMIF 사이에 위치하며 우선순위화 패킷화(prioritized packetization), 적응형 전송(adaptive transport), 네트워크 감시(network monitoring) 및 피드백 처리(feedback handling) 모듈 등으로 구성된다. 우선순위화된 패킷화 모듈은 데이터를 우선순위화하는 곳으로서 동기계층 패킷 단위의 데이터들을 입력 받아 우선순위 정보를 할당한 후 적응형 전송 모듈로 전달하는 역할을 한다. 적응형 전송 모듈에서는 패킷 단위의 FEC 부호화를 수행하며 부호화시 생성되는 잉여패킷의 수는 손실율에 따라 조절된다. 이전에 위치하는 패킷 폐기 과정에서는 우선순위가 낮은 패킷들을 폐기함으로써 FEC 부호화에서의 잉여패킷 생성에 필요한 추가 대역폭을 확보하게 한다. 손실율은 클라이언트로부터 측정된 후 RTCP RR(receiver report)을 이용해 피드백되며 서버에서는 RTCP SR(server report)을 통해 피드백 처리 모듈로 전달되게 된다. 서버와 클라이언트간의 피드백 정보는 신뢰성을 위해 TCP(Transport Control Protocol)/IP 방식으로 전송된다. 이에 반해 FEC로 부호화된 미디어 패킷들은 실시간 전송을 위하여 RTP/UDP(User Datagram Protocol)/IP 방식으로 전송된다.

클라이언트는 서버에서 전송된 MPEG-4 스트림 패킷들을 복원하고 재생하기 위한 DMIF, 동기계층 및 복호화 계층 등을 기본적으로 포함한다. 여기에 FEC 부호화된 패킷들을 복원하기 위한 FEC 복호기가 부가적으로 추가된다. 패킷이 손실된 경우는 FEC 복호기에서 잉여패킷 정보를 이용하여 복원되며 이후에는 미디어 복호화 및 재생 과정을 거친다. 또한 FEC 부호화를 수행하기 전에 패킷들의 순서 번호(sequence number)를 감시함으로써 손실율을 측정한다.

2. 우선순위화 패킷화

동기계층 패킷들을 중요도에 따라 우선순위화하기 위해서는 먼저 기준 단위를 결정하는 것이 필요하다. 일반적인 방법으로서 MPEG의 프레임 유형을 이용한 프레임 기반 우선순위화 방법이 있다. 이에 따라 우선순위화를 할 경우 프레임의 중요도는 I(Intra), P(Predictive), B(Bidirectional) 프레임 순서가 된다³⁾. 프레임 단위의 우선순위화는 대역폭의

가장 많은 부분을 차지하는 비디오 스트림의 전송율을 조절할 수 있다는 점에서 장점이 있으나 하나의 패킷 내에 두개 이상의 프레임에 대한 정보가 있을 경우 프레임 단위의 우선순위화를 용이하게 하기 위해서 각각을 분리하여 재패킷화(re-packetization)해야 하는 부가 과정이 필요하다.

본 논문에서는 구현의 편의를 위하여 객체 단위의 우선순위화 방법을 적용한다. MPEG-4는 기존 방식과 달리 객체 기반 부호화 방식을 지원하는데 하나의 객체는 하나의 기초 스트림으로 구성된다. 그리고 각 객체의 중요도는 MPEG 프레임과 마찬가지로 서로 다르다. 예를 들어, 비디오 객체와 오디오 객체가 있을 경우, 오디오의 품질이 보다 사람에게 민감하다는 점에서 상대적으로 오디오 객체의 중요도가 높게 된다. MPEG-4에서는 객체를 표현하는 기초 스트림 이외에도 객체에 대한 정보를 묘사하는 기술자(descriptor)도 별도의 기초 스트림으로 정의한다 [9]. 이러한 기술자 스트림들은 손실이 발생할 경우 연관된 객체들이 재생이 불가능하다는 점에서 중요도가 가장 높다고 할 수 있다.

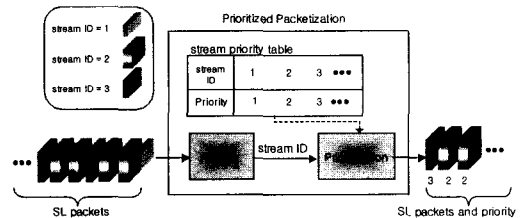


그림 2. 데이터 우선순위화 모듈의 블록 다이어그램.

그림 2는 객체 기반의 데이터 우선순위화 모듈의 블록 다이어그램을 보여준다. 입력은 동기계층 패킷들이 되며 각 동기계층 패킷에 대해 파싱 과정을 거쳐 각 객체의 기초 스트림 고유 번호(ES_ID)를 알아낸다. 이후 ES_ID를 이용해 미리 정의된 스트림 우선순위 테이블(stream priority table)과의 비교 과정을 거친 후 해당 동기 계층 패킷의 우선순위 정보를 얻어낸다. 스트림 우선순위 테이블은 MPEG-4 기초 스트림 기술자(ES_Descriptor)에 정의되는 StreamPriority 필드를 이용하여 구성될 수

3) MPEG에서는 시간적인 중복성(temporal redundancy)을 이용한 압축을 하기 위해 프레임의 유형을 I, P, B 등의 세 가지 유형으로 나누고 I 프레임에 대해서는 프레임내 부호화(intra-coding)를, P와 B 프레임에 대해서는 프레임간 부호화(inter-coding) 기법을 각각 적용한다 [2].

있다 [10]. 이렇게 하여 얻어진 동기계층 패킷에 대한 우선순위 정보는 해당 동기계층 패킷과 같이 적응형 전송 모듈로 전달된다. 결과적으로 중요도가 높은 객체의 패킷들에 대한 우선적인 전송을 보장할 수 있게 된다.

3. 신뢰성 보장을 위한 적응형 전송

실시간성 미디어 전송에 신뢰성을 부여할 때 잉여패킷의 양이 고정되는 정적 FEC(static FEC)의 경우, 적절하지 않은 양의 잉여패킷은 네트워크 혼잡의 원인이 되거나 대역폭 낭비의 원인이 된다. 따라서 네트워크 상황에 맞게 잉여패킷의 양을 조절해야 FEC의 효율성을 최대화 할 수 있다. 본 논문에서는 적응형 FEC 기법을 적용하여 손실율을 최소화함과 동시에 대역폭을 효율적으로 사용하고자 한다.

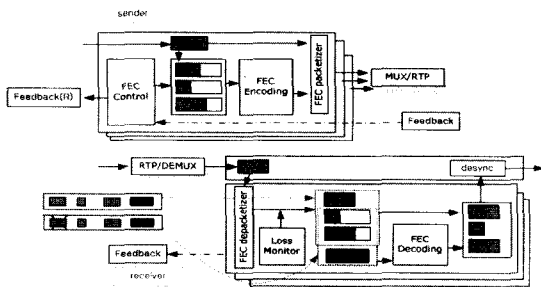


그림 3. 피드백 기반 적응형 전송 시스템.

적응형 전송 시스템은 그림 3에 제시한 바와 같이 크게 송신측 처리 모듈과 수신측 처리 모듈로 나뉜다. 우선 스트리밍 서버에 존재하게 되는 송신측 모듈에서는 데이터 우선순위화에 의해 구분된 동기계층 패킷들이 계층별로 나뉘어져 처리된다. 동기계층 패킷은 잉여패킷 생성을 위하여 블록별로 버퍼링된 후 FEC 부호화 과정을 거쳐 패킷화된다. MPEG-4 스트림은 기본적으로 가변적인 패킷크기를 가진다. 따라서 부호화 전에 같은 크기로 패딩 처리되어 전송되며, 대역폭의 낭비를 막기 위해 원본 패킷은 원래 크기 그대로 FEC 패킷화 과정을 거친다. 한편 스트리밍 클라이언트에 존재하는 수신측 모듈에서는 손실율과 연속 손실 정도 등의 패킷 손실 상황을 감시하여 주기적으로 피드백 하고, 패킷 손실이 발생한 경우 복원 가능 여부를 판단하게 된다. 복원이 가능하다고 판단되면 수신 패킷들은

잉여패킷 크기에 맞추어 패딩된 후 복원 과정을 수행한다.

송신측의 각 계층에 있는 제어모듈은 수신측 피드백을 기반으로 적정량의 FEC 조합을 결정한다. 먼저 손실율과 연속 손실 (burst loss) 정도 등에 기초하여 네트워크 상태를 구분한다. 보장하고자 하는 손실율을 L_r 라 할 때, 현재 손실율이 L_r 이하인 경우 전송 품질이 양호하게 유지되고 있는 영역으로 판단하여 FEC 조합을 현 상태로 유지한다. 반대로 L_r 이상인 경우 지속적 불규칙 손실 상황으로 판단하고 잉여 데이터는 현재 발생하는 연속 손실 정도를 복원할 수 있는데 초점을 맞추어 결정된다.

한편 잉여패킷의 전송은 신뢰성을 제공하는 대신 패킷 양만큼의 대역폭을 희생하게 된다. 따라서 가용할 수 있는 대역폭 안에서 결정된 FEC 조합에 따라 전송율을 제어하는 것이 필요하다. 가용 대역폭을 T , 단위 주기당 블록 개수를 N , 패킷 크기를 S 로 정의할 때 전송율(R)은 식(1)과 같이 구할 수 있다. 그러므로 계산된 전송율에 맞추어 패킷 전송 속도가 결정된다. 하지만 보내는 데이터양을 조절하지 않고 전송율만을 제어하는 것은 전송 시간 제한을 보장하지 못하여 수신측 재생 속도에 영향을 미친다. 따라서 송신측의 FEC 부호화 전 단계에 존재하는 패킷 폐기 모듈에서는 조정된 전송율에 근거하여 중요도가 낮은 패킷을 폐기하여 데이터의 양을 제한한다.

$$R = T / ((k+h) \times N \times S) \quad (1)$$

III. 적응형 MPEG-4 스트리밍 시스템 구현

구현 시스템의 기본 소프트웨어로서 UBC (University of British Columbia) MPEG-4 스트리밍 시스템을 사용하였다. UBC 시스템은 DMIF 모듈들을 각각 포함하는 ApadanaServer와 IM-1 2D Player로 구성된다 [14]. 이러한 기본 시스템 위에 본 논문에서 제안한 적응형 모듈들과 실시간 스트리밍 전송에 필요한 RTP/RTCP 계층을 추가하였다. RTP/RTCP의 경우 공개 소프트웨어 라이브러리인 UCL (University College London) 공통 멀티미디어 라이브러리 (common multimedia library) [16]를 사용하였다.

를 포함한 블록 당 총 패킷수를 n , 블록 당 원본 패킷수를 k 라 한다. 수신한 패킷(k)이 k 이상일 경우($k > k$) 복원 가능하다.

4) FEC 조합은 일반적으로 (n,k) 로 표기하며 잉여 패킷의 수(h)

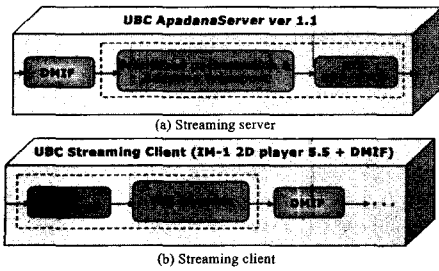


그림 4. 구현 소프트웨어 아키텍처.

그림 4는 구현 소프트웨어의 개략적인 아키텍처를 나타낸다. 서버의 경우 DMIF 모듈과 데이터 우선순위화 모듈과의 통합 및 적응형 전송 모듈과 RTP/RTCP 모듈과의 통합(integration)이 추가적으로 구현되었다. 또한 클라이언트에서는 RTP/RTCP 모듈, FEC 복호기, DMIF 모듈들의 통합이 구현되었다. 클라이언트로부터 서버로의 피드백을 보내기 위해서 RTCP APP(Application-defined) 패킷을 이용하였다.

그림 5는 스트리밍 서버와 클라이언트의 인터페이스 화면 및 재생 화면들을 보여준다. 먼저 스트리밍 클라이언트에서는 요구하는 MP4 파일을 전송받기 위해 대화창을 통해 서버로의 접속(connection)을 시도한다. 모든 접속 과정이 성공적으로 수행되면 서버에서 클라이언트로의 스트리밍이 이루어진다. 클라이언트에서는 전송받은 미디어를 재생창(그림 5의 우측 하단 윈도우)을 통해 재생하게 된다. 그림 5에 볼 수 있듯이 재생 화면은 복수의 객체로 구성되며 BIFS(Binary Format for Scene)에 의해 장면 구성을 이룬다. 또한 별도의 윈도우를 이용해 전송율과 수신율 및 손실율 등을 확인할 수 있게 하였다.

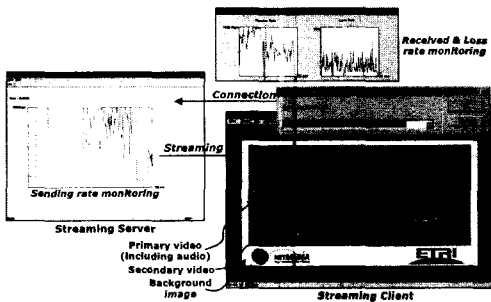


그림 5. 서버/클라이언트 인터페이스와 재생 화면 및 실험용 MP4 파일의 장면 구성.

IV. 실험 결과

1. 실험환경 구성

실험 동영상 콘텐츠는 저작툴(authoring tool)을 이용해 MP4 파일을 자체적으로 제작하였다. 그림 5의 우측 하단 윈도우는 실험을 위해 사용된 MP4 파일의 장면 구성을 보여준다. 실험용 MP4 파일은 오디오를 포함하는 주 비디오(primary video), 보조 비디오(secondary video), 배경 영상(background image)등의 기초 스트림들과 이들을 묘사하고 장면 관계 등을 나타내는 기술자 스트림들로 구성된다. 비디오 스트림들은 MPEG-4 비디오, 오디오 스트림은 MPEG-4 AAC(Advanced Audio Coding), 배경 영상은 JPEG(Joint Photographic Coding Experts Group) 방식으로 각각 부호화 되었다. 주 비디오와 보조 비디오의 해상도는 각각 352x288(CIF: common intermediate format)과 176x144(QCIF: quarter common intermediate format)이다.

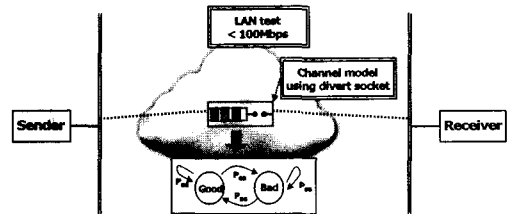


그림 6. LAN 테스트베드 구성도

제안하는 시스템의 성능 평가를 위하여 그림 6과 같이 Divert Socket [12]을 이용하여 손실 삽입 부분을 에뮬레이션(emulation)할 수 있는 테스트베드를 구성하였다. 본 논문에서 사용한 에뮬레이션 모델은 Gilbert-Elliott 채널 모델로 상태 천이 확률을 조절하여 네트워크 손실 상황을 결정한다.

2. 실험 결과

제안 시스템의 성능 측정을 위해 클라이언트에서 재생된 비디오에 대한 화질을 비교하였다. 그림 7은 손실율을 3%로 주었을때 FEC 적용 여부에 따른 복원된 영상간의 차이를 보여준다. FEC 조합은 $n=6, k=5$ 로 각각 설정되었다. 그림 7(a)는 FEC가 적용되지 않은 영상으로서 패킷 손실에 따른 화질 저하가 비교적 심함을 알 수 있다. 특히 해당 프레임이 프레임간의 시간적 중복을 이용해 부호화 되

있을 경우에는 패킷 손실에 의한 영향이 더욱 크게 나타날 것이다. 그림 7(b)는 FEC를 적용했을 때 복원된 영상으로서 화질이 뚜렷하게 개선되었음을 확인할 수 있다.



(a) FEC 적용 없이 복원된 영상 (b) FEC 적용 시 복원된 영상

그림 7. FEC 적용 유무에 따른 복원 영상 비교 (손실율 : 3%).

정량적인 측정을 위해 프레임 번호에 따른 각각의 PSNR 비교를 하였다. 범위는 1번에서 1000번까지의 프레임을 연속 측정하였다. PSNR 측정을 위한 기준 프레임으로서 손실 없이 복원된 영상을 대상으로 하였다. 그림 8은 손실율이 3%로서 일정할 경우 FEC 적용 유무에 따른 PSNR 결과를 나타낸다. FEC 조합은 $n=6, k=5$ 로 각각 설정되었다. FEC가 적용되지 않았을 때는 PSNR 값이 24db~27db의 범위를 갖는데 반해 FEC 적용시에는 37db~42db의 범위를 가짐으로서 평균적으로 약 14db의 향상을 가져왔다.

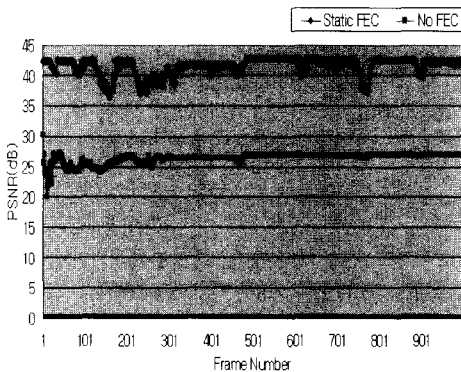


그림 8. FEC 적용 유무에 따른 PSNR 비교 (손실율 : 3%).

적응형 FEC의 성능 측정을 위해 손실율을 시간에 따라 가변시키는 실험을 수행하였다. 그림 9는 손실율이 고정되지 않고 변경될 경우의 PSNR 비교

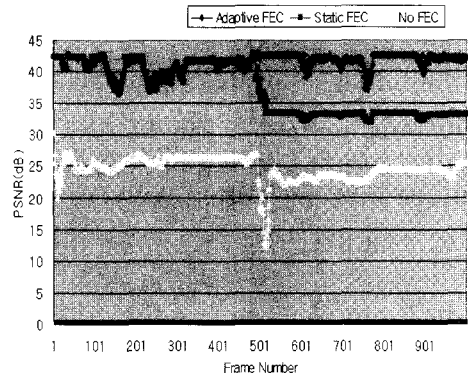


그림 9. 가변하는 손실율 환경에서 FEC 적용 유무에 따른 PSNR 비교 (손실율 : 3%(1~500)에서 5%(501~1000)로 변화).

를 보여준다. 손실율은 1~500 프레임까지는 3%이며 501~1000 프레임에서는 5%로 증가한다. 손실율이 3%인 경우, 정적 FEC와 적응형 FEC의 FEC 조합은 $n=6, k=5$ 로 동일하다. 그러나 손실율이 5%로 늘어나게 되면 적응형 FEC의 경우, FEC의 강도를 높이기 위해 $n=5, k=4$ 로 조절된다. 그림 9를 보면 손실율이 증가되는 부분에서 FEC가 적용되지 않았을 경우와 정적 FEC가 적용된 경우에는 PSNR 값이 떨어짐을 확인할 수 있다. 이에 반해 적응형 FEC를 적용했을 경우는 PSNR 값을 비슷한 수준에서 유지함을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 가변적으로 변하는 네트워크 상태에 적용하는 MPEG-4 스트리밍 시스템을 설계하고 구현하였다. 이를 위해 객체 단위의 데이터 우선순위화 기법과 FEC를 이용한 신뢰적 적응형 전송 모듈을 기존 MPEG-4 스트리밍 시스템에 추가하였다. 현재의 네트워크 상태를 알기 위해서 클라이언트에서의 손실율을 측정하여 RTCP를 이용한 피드백 기법을 적용하였다. 네트워크 상태에 따라 차별적인 적응적 전송을 위해 전송율과 FEC의 강도를 조절하였다. 제안 시스템의 성능 측정을 위해 LAN 테스트베드를 구축하였으며 스트리밍을 통하여 재생되는 영상의 PSNR을 측정하였다. 실험 결과, 네트워크 상에서의 패킷 손실이 있을 경우 제안 기법을 통해 사용자에게 보다 양질의 스트리밍 서비스를 제공할 수 있음을 확인할 수 있었다.

그러나 현재 적용한 객체 단위의 데이터 우선순

위화 방법은 구현에 있어 용이한 장점이 있으나 실제로 대부분의 대역폭을 차지하는 비디오 객체의 전송율을 제어하지 않는다는 점에서 한계가 있다. 이것은 비디오 스트림의 파싱을 통한 프레임 기반 우선순위화 방법을 통해 보완 될 수 있을 것이다. 패킷 단위의 차별적인 신뢰성을 부여하기 위해서는 패킷의 우선순위에 따른 적응형 FEC 기법이 적용될 수 있을 것이다. 적응형 FEC로 인한 프로세싱 오버헤드 측면에서, 현재는 네트워크 상황에 따라 미리 정의된 단계에 따라 전체적인 FEC 강도를 가변시키는 것만이 요구되기 때문에 크게 고려하지 않아도 되나 추후 패킷 단위의 적응형 FEC 적용시에는 보다 최적화된 적응형 FEC 적용 기법이 요구될 것으로 보인다. 또한 FEC 만으로는 패킷의 손실 복구에 한계가 있기 때문에 하이브리드 ARQ/FEC 기법이 추가적으로 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] M. Wada, "Selective recovery of video packet loss using error concealment," *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, vol. 7, pp. 807-814, June. 1989.
- [2] WG 11, "MPEG-1: Coded representation of picture, audio and multimedia/hypermedia information," ISO/IEC JTC 1/SC 29, Nov. 1991.
- [3] E. Biersack, "Performance evaluation of forward error correction in ATM networks," in *Proc. ACM SIGCOMM*, Aug. 1992.
- [4] C. Papadopoulos and G. Parulkar, "Retransmission-based error control for continuous media applications," in *Proc. of the Sixth International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video(NOSSDAV)*, pp.5-12, 1996.
- [5] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick and V. Jacobson, "RTP: A transport protocol for real-time applications", RFC 1889, January 1996.
- [6] J. Walpole and et. Al., "A player for adaptive MPEG video streaming over the internet," in *Proc, SPIE 26th Applied Imagery Pattern Recognition (AIPR)*, Oct. 1997.
- [7] Nonnenmacher, E. Biersack, and D. Towsley, "Parity-based loss recovery for reliable multicast transmission," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 6, no. 4, Aug. 1998.
- [8] F. Chi-Woon and S. C. Liew, "End-to-end frame-rate adaptive streaming of video data," in *Proc. IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems*, vol 2, pp 67-71, June 1999.
- [9] ISO/IEC JTC/SC29/WG11 N3536, "Overview of the MPEG-4 standard," July 2000.
- [10] E. S. Ryu, J. S. Heo, J. H. Jeong, and H. Yoo, "Selective MPEG-4 streaming based on weighted media objects," in *Proc. 27th KISS Fall Conference*. vol. 27, no. 2, pp. 287-289, 2000.
- [11] D. Wu, et. al., "Streaming video over the Internet: approaches and directions," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 11, no. 3, March 2001.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Y. Pourmohammadi, K. A. Haghighi, and H. M. Alnuewiri, "Internet delivery of MPEG-4 object-based multimedia," *IEEE Multimedia*, vol.10, issue. 3, pp. 68-78, July. 2003.
- [15] T. Ahmed and A. Mehaoua, "Adaptive MPEG-4 streaming based on AVO classification and network congestion feedback," in *Proc. Packet Video Workshop*, 2003.
- [16] UCL RTP/RTCP library, <http://www.mice.cs.ucl.ac.uk/multimedia/software/common/> .

박 상 훈(SangHoon Park)

준회원

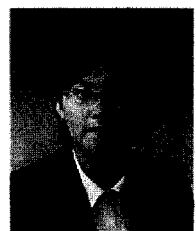


2001년 2월 : 강원대학교
정보 통신공학과 졸업
2003년 2월 : 강원대학교
컴퓨터정보통신공학과 석사
2003년 3월~현재 : 광주과학기술원
정보통신공학과 박사과정

<관심분야> Multimedia System and Multicast
Media Streaming

장 혜 영(Hyeyoung Chang)

준회원



2002년 2월 : 숭실대학교 정보
통신전자공학부 졸업
2004년 2월 : 광주과학기술원
정보통신공학과 석사
2004년 2월~현재 : 삼성전자
디지털미디어 총괄 근무

<관심분야> Reliable High-speed Media Transport
and Adaptive control

권 영 우(Youngwoo Kwon)

준회원

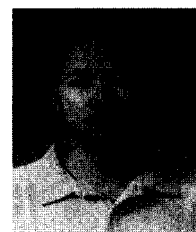


2003년 2월 : 경북대학교
컴퓨터공학과 졸업
2003년 3월~현재 :
광주과학기술원
정보통신공학과 석사과정

<관심분야> High-speed Transport and Adaptive
Transport

김 종 원(JongWon Kim)

정회원



1987년 2월: 서울대학교
제어 계측공학과 학사
1989년 2월: 서울대학교
제어 계측공학과 석사
1994년 2월: 서울대학교
제어 계측공학과 박사
2001년 9월~현재:

광주과학기술원 정보통신공학과 부교수
2000년 7월~2001년 6월: 미국 InterVideo Inc.,
Fremont, CA, 개발자문

1998년 12월~2001년 7월: 미국 Univ. of Southern
California, Los Angeles, CA, EE-Systems
Department 연구조교수

1994년 3월~1999년 7월: 공주대학교 전자공학과 조
교수

<관심분야> Networked Media Systems and
Protocols focusing "Reliable and Flexible
Delivery for Integrated Media over
Wired/Wireless Networks
(네트워크미디어: <http://netmedia.gist.ac.kr>)

유 응 식(Woongshik You)

비회원



1997년 8월 : 충남대학교
컴퓨터공학과 학사
2000년 2월 : 충남대학교
컴퓨터공학과 석사
2000년 2월~현재 : 한국전자
통신연구원 선임연구원

<관심분야> 멀티미디어 통신, 디지털 케이블방송

권 오 형(O-Hyung Kwon)

비회원



1981년 2월 : 서강대학교 전자
공학과 학사
1983년 2월 : 서강대학교 전
자공학과 석사
2004년 8월 : 서강대학교 전
자공학과 박사

1983년 8월~현재 : 한국전자통신연구원 디지털방송
연구단 책임연구원

<관심분야> 디지털 케이블방송, 방송통신융합기술,
위터마킹