

실시간 방송의 재전송을 위한 MMT 스트리밍 시스템 구현

*박민규 **정주용 ***김용한

서울시립대학교

***yhkim@uos.ac.kr

An implementation of MMT streaming system for real-time re-broadcast

*Park, MinKyu **Jeong, JuYong ***Kim, Yong Han

The University of Seoul

요약

MPEG-2 TS(Transport Stream)는 DTV(Digital Television), IPTV(Internet Protocol Television), DMB(Digital Multimedia Broadcasting) 등 디지털 방송 분야에서 압축된 오디오 및 비디오 데이터를 다중화하는 데에 전 세계적으로 널리 사용되고 있다. MPEG-2 TS 표준이 제정된 것은 1990년대 초반으로서 20여 년이 지난 오늘날의 방송과 통신 환경에 적합하지 않은 부분이 많이 포함되어 있다. 이러한 상황을 고려하여, MPEG(Moving Picture Experts Group)에서는 2014년에 MPEG-2 TS를 대체하고자 차세대 멀티미디어 전송 표준으로서 MMT(MPEG Media Transport)를 표준화하였다. 특히 네트워크 환경의 발전에 따라, MMT 표준은 IP 친화적이고 여러 가지 다른 종류의 네트워크를 병용한 멀티미디어 전달이 쉽도록 설계되었다. 본 논문에서는 실시간 방송에 의해 수신되는 MPEG-2 TS로부터 실시간으로 MMTP(MMT Protocol) 스트림을 생성하여 UDP/IP로 유무선 인터넷을 통해 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제공하는 시스템을 구현하였다. 이를 위해 MPEG-2 TS 실시간 변환 기능을 갖춘 MMT 스트리밍 서버와 이로부터 서비스를 받을 수 있는 MMT 클라이언트를 구현하고 그 동작을 실험을 통해 검증하였다.

1. 서론

MPEG-2 TS(Transport Stream)^[1]는 1990년대 초반에 MPEG-2 표준의 첫 번째 파트(part)로서 음성, 영상 데이터를 다중화하여 전송하기 위해 표준화되어 현재 전 세계적으로 거의 모든 디지털 방송 분야에서 사용되고 있다. 하지만 표준화 이후, 2000년 초반부터 인터넷이 급속도로 발전하였으며, 2000년 후반부터는 모바일 분야의 성장과 함께 무선 인터넷이 널리 보급되었다. 이에 따라 인터넷을 통한 멀티미디어 콘텐츠 전송기술이 발전하였으며, 근래에는 UHD(Ultra-High-Definition Television) 화질의 고전송률 멀티미디어 콘텐츠까지 제작되어 이를 서비스하기 위한 기술 또한 상용화되고 있다. 이렇게 방송과 통신 환경의 발전에 따라 발생하는 요구사항을 충족하는 서비스와 고전송률 멀티미디어 서비스에 대해서 MPEG-2 TS는 점차 비효율적이 되고 있다. 이에 따라 MPEG에서는 MPEG-2 TS를 대체하기 위해 2009년부터 새로운 AV(Audio-Visual) 전달 포맷(format)에 대한 요구사항을 정리하였으며, 2014년에 공식 표준 번호 ISO/IEC 20008-1(MPEG-H Part 1: MPEG Media Transport, MMT)^[2]로 MMT 표준을 발간하였다.

MMT 표준은 MPEG-2 TS와 마찬가지로 방송을 위한 미디어 데이터를 전달을 위해 설계되었으며, 더불어 IP 네트워크를 통한 멀티미디어 전달이 쉽도록 설계되었다. 본 논문에서는 지상파 디지털 TV 방송^[3]의 MPEG-2 TS로부터 실시간으로 MMTP 스트림을 생성하여 UDP/IP로 유무선 인터넷을 통해 멀티미디어 스트리밍 서비스를 제

공하는 시스템을 구현하였다. 그리고 제안한 시스템을 검증하기 위해 MPEG-2 TS 실시간 변환 기능을 갖춘 MMT 스트리밍 서버로부터 UDP/IP에 의해 전달되는 MMTP 스트림으로부터 멀티미디어 서비스가 가능한 MMT 클라이언트를 구현하였으며 그 동작을 실험을 통해 검증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안한 실시간 방송의 재전송을 위한 MMT 스트리밍 시스템에 대해서 설명한다. 3장과 4장에서는 각기 본 논문에서 구현한 MPEG-2 TS 실시간 변환 MMT 스트리밍 서버와 MMT 클라이언트에 대해서 설명한다. 5장에서는 실험 결과를, 6장에서는 결론을 제시한다.

2. 실시간 방송의 재전송을 위한 MMT 스트리밍 시스템

<그림 1>은 본 논문에서 제안한 실시간 재전송을 위한 MMT 스트리밍 시스템의 개념도이다. 제안한 시스템은 방송국으로부터 전달되는 실시간 방송 데이터의 MPEG-2 TS로부터 자동으로 MMTP 스트림을 실시간으로 생성하여 UDP/IP로 스트리밍한다.

본 논문에서는 실험을 위해 서울시립대학교 영상통신연구실(이하 '연구실'이라 칭함)의 PC에 마이크로소프트 사의 윈도우 7 OS를 설치하고, 본 논문에서 구현한 MPEG-2 TS 실시간 변환 MMT 스트리밍 서버를 설치하여 재전송의 기능을 수행할 수 있도록 하였다. 마찬가지로 연구실의 PC에 윈도우 7 OS를 설치하고, 본 논문에서 구현한

MMT 클라이언트를 설치하여 방송 단말기 역할을 수행하도록 구현하였다.

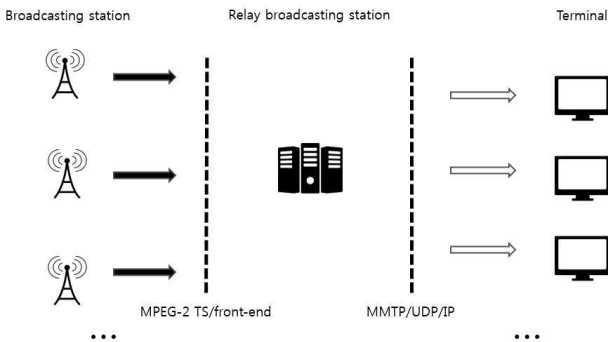


그림 1. 실시간 방송의 재전송을 위한 MMT 스트리밍 시스템 개념도

구현한 시스템의 검증 과정에서는, 실시간으로 지상파 방송을 수신하는 프론트엔드 수신기와 이로부터 MPEG-2 TS를 추출하여 넘겨 받을 수 있는 API가 없는 연구실 여건 상 본 논문의 MMT 스트리밍 서버에서는 현재 방송 중인 지상파 디지털 TV 방송의 MPEG-2 TS를 캡처하여 사용하도록 하였다. 그리고 MMT 클라이언트에서 방송 서비스를 제공 받기 위한 스트리밍 서버 인증을 위해 RTSP(Real Time Streaming Protocol)^[4]를 사용하였다.

3. MPEG-2 TS 실시간 변환 MMT 스트리밍 서버

MPEG-2 TS 실시간 변환 MMT 스트리밍 서버 프로그램 개발은 PC의 윈도우 7 64 비트 운영체제 상에서 진행하였으며, 프로그램 개발 도구로는 마이크로소프트 비주얼 스튜디오 2012를 사용하였다. 프로그램은 QT 프레임워크^[5] 기반으로 개발하였으며, 개발 언어로 C++을 사용하였다.

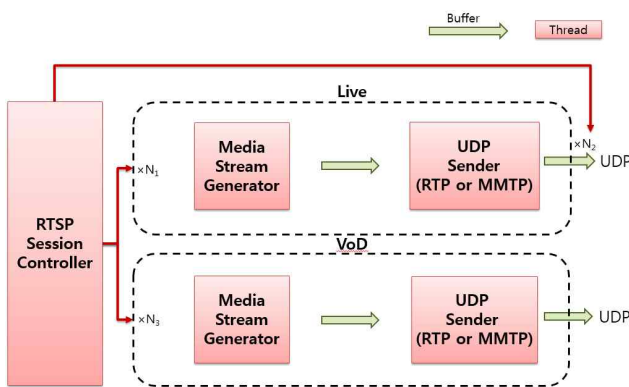


그림 2. 스트리밍 서버의 구조

<그림 2>는 본 논문에서 구현한 스트리밍 서버의 구조를 보여준다. 구현한 스트리밍 서버는 라이브(live)와 VoD(Video on Demand)를 동시에 지원하며, 컴퓨터와 네트워크 환경이 허락하는 한 동시에 여러 서비스를 제공할 수 있게 설계되었다. 또한 MPEG-2 TS로부터 실시간으로 MMTP 스트림을 생성하여 MMT 스트리밍을 할 수 있을 뿐

만 아니라 입력되는 MPEG-2 TS를 그대로 재전송할 수 있도록 구현하였다. 본 논문에서 구현한 스트리밍 서버에서는 RTSP 세션 제어부에 의해 라이브 채널 수(N_1)가 관리되며, VoD 모드로 접속하는 클라이언트 수에 따라 VoD 채널 수(N_3)가 관리된다. 또한 RTSP 세션 제어부에서 각 라이브 채널에 접속한 클라이언트의 수에 따라 각 라이브 채널에 대한 UDP 소켓의 수(N_2)를 관리한다. 서버에서 클라이언트로 전송하는 UDP는 유니캐스트(unicast)방식을 사용하였다.

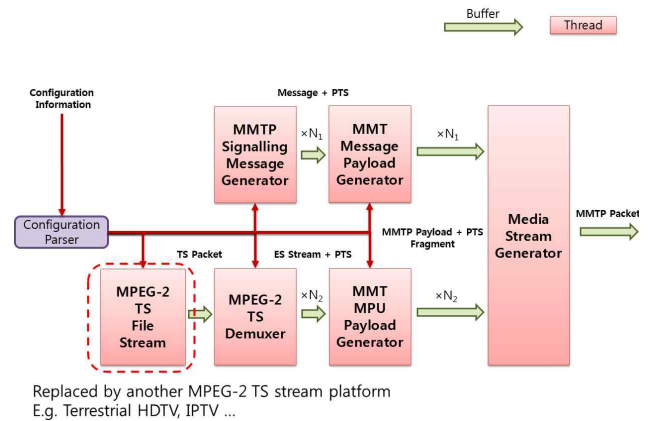


그림 3. MPEG-2 TS에서 MMTP 스트림으로의 변환을 위한 미디어 스트림 생성기(Media Stream Generator)의 구조

<그림 3>은 MPEG-2 TS에서 MMTP 스트림으로의 변환을 위한 <그림 2>의 미디어 스트림 생성기(Media Stream Generator)의 구조이다. 미디어 스트림 생성기는 설정 정보(Configuration Information)를 바탕으로 <그림 3>과 같이 구성되며, 설정 정보에 포함되는 내용으로는 MPEG-2 TS 파일 위치, MMTP 패킷 최대 크기, 오디오 MPU(Media Process Unit)의 지속 시간(duration)과 MMT 메시지 생성을 위한 정보 등이 있다. MMT 메시지 생성을 위한 정보로는 MPEG-2 TS를 MMTP 스트림으로 변환하기 위한 MMT 메시지 기본 구성 정보, MMT 메시지의 주기, MPEG CI(Composition Information)^[6] 파일 위치, HTML5^[7] 파일 위치, MMT 애셋(asset)을 생성하기 위한 MPEG-2 TS의 비디오, 오디오 ES(Elementary Stream) 기본 정보를 포함한다.

MMTP 시그널링 메시지 생성기(Signalling Message Generator)는 설정 정보에 정의된 MMT 메시지 정보에 따라 N_1 개 생성되며, 그 개수만큼 MMT 메시지 유료부하 생성기(Message Payload Generator)가 생성된다. MMT MPU 유료부하 생성기(MPU Payload Generator)는 보통 오디오 및 비디오 애셋에 속한 MPU에 대해서 각기 하나씩 2개(N_2)가 생성되며, MPEG-2 TS 역다중화기(Demuxer)에서 전달되는 ES들을 분석하여 MPU를 생성한다. 이 때 비디오 MPU는 GOP(Group of Picture) 단위로 생성되며, 오디오 MPU는 설정 정보에 정의된 시간에 따라 MPU가 생성된다. MMT 유료부하 생성기에서는 MMT 시그널링 메시지나 MPU를 바탕으로 MMTP 유료부하를 생성하는데 이 때 유료부하가 MTU(Maximum Transmission Unit)의 크기에 의해 결정되는 MMTP 패킷의 최대 크기보다 크다면, 이를 파편화(fragmentation)하여 MMTP 유료부하들을 생성한다.

각 쓰레드(thread)들은 버퍼를 통해 TS 패킷, ES, MMTP 유료부하와 같은 데이터들을 전달하며, 미디어 스트림 생성기는 버퍼들로부터 입력되는 MMTP 유료부하들 중에서 각각의 전송 시간을 비교하여 그 중 가장 빠른 전송 시간을 가진 MMTP 유료부하를 MMTP 패킷으로 변환하여 <그림 2>의 UDP 송신기(UDP Sender)로 버퍼를 통해 전달한다.

4. MMT 클라이언트

본 장에서는 3장에서 설명한 MMT 스트리밍 서버에 대한 동작을 확인하기 위해 본 논문에서 구현한 MMT 클라이언트에 대해서 설명한다. MMT 클라이언트 개발은 PC에서 윈도우 7 64 비트 운영체제 상에서 진행하였으며, 프로그램 개발 도구로는 마이크로소프트 비주얼 2012를 사용하였다. 프로그램 구현은 QT 프레임워크 기반으로 개발하였으며, 압축된 미디어 데이터를 복호하는 데 오픈 소스 라이브러리인 FFMPEG의 비디오/오디오 복호기를 사용하였다. 그리고 개발 언어로 C++을 사용하였다.

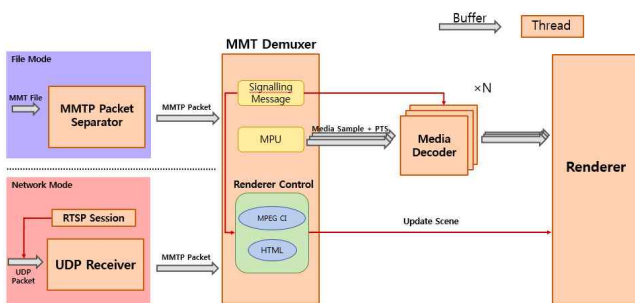


그림 4. MMT 클라이언트의 구조

<그림 4>는 본 논문에서 구현한 MMT 클라이언트의 구조를 나타낸다. MMT 클라이언트는 미디어 스트리밍에 대한 선행 작업으로 세션 인증 과정을 거친다. 세션 인증을 위한 프로토콜로 본 논문에서의 MMT 스트리밍 서버는 RTSP를 사용하기 때문에 MMT 클라이언트도 이를 수행할 수 있도록 구현하였다.

본 논문에서 구현한 MMT 클라이언트는 MMTP 스트림 파일로부터 재생하는 모드와 네트워크로부터 재생하는 모드를 모두 지원한다. 그리고 MMT 스트리밍 서버와 마찬가지로 여러 쓰레드로 구성되며, 각 쓰레드들은 버퍼를 통해 MMTP 패킷, 미디어 샘플 등과 같은 데이터들을 전달한다.

MMT 역다중화기(MMT Demuxer)에서는 전달되는 MMTP 패킷으로부터 MMT 시그널링 메시지를 추출하여 분석한다. MMT 시그널링 메시지에서 MPEG CI와 HTML5 문서를 획득하고 이들의 정보를 활용하여 렌더러(Renderer)를 업데이트하며, MMT 에셋 정보로부터 이후 전송되는 MPU를 확인하여 미리 MPU 분석부와 미디어 복호기(Media Decoder)를 준비하고 렌더러에 연결한다.

본 논문의 MMT 클라이언트의 미디어 복호기는 오픈 소스 라이브러리인 FFMPEG의 비디오/오디오 복호기들을 활용하여 구현하였으며, 현재 지상파 디지털 TV 방송에서 사용하는 MPEG-2 Video, H.264, AAC, AC-3 등을 복호할 수 있도록 구현하였다. MPU 분석부

에서는 샘플 단위로 미디어 복호기로 데이터를 전달하며, 복호된 미디어 데이터들은 렌더러를 통해 출력 장치로 출력한다. 이 때 AV 동기화는 MPU 분석부에서 버퍼를 통해 함께 전달하는 출력 타임스탬프(PTS)를 이용하여 이루어진다.

5. 실험 결과

본 논문에서 제안한 시스템을 실험하기 위해 연구실의 PC를 이용하여 연구실 내부에 MMT 스트리밍 서버 및 MMT 클라이언트들로 시스템 구성하였다. MMT 스트리밍 서버와 MMT 클라이언트들(PC 3 대, 노트북 1 대)은 100 Mbps의 내부망(Intranet)으로 연결되어 있다.

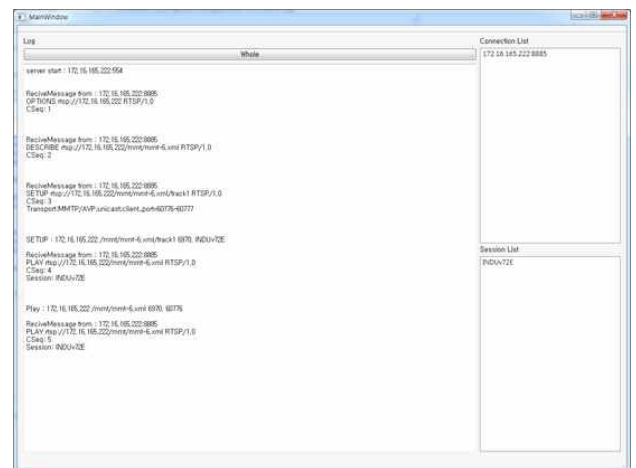


그림 5. MPEG-2 TS 실시간 변환 MMTP 스트리밍 서버 동작 화면



그림 6. MMT 클라이언트 동작 화면

<그림 5>는 MPEG-2 TS 실시간 변환 MMTP 스트리밍 서버 동작 화면으로서 MMT 클라이언트 한 대가 접속된 상태를 나타내고 있으며, <그림 6>은 MMT 클라이언트가 본 논문의 MMTP 스트리밍 서버를 통해 스트리밍 되고 있는 콘텐츠를 받아 서비스 중인 화면이다. 본 논문의 실험에서는 MMT 클라이언트 4대를 MPEG-2 TS를 실시간 변환하여 스트리밍 중인 MMTP 스트리밍 서버의 라이브 채널로 동시에 접속시켜 시스템이 정상적으로 동작되는지 확인하였다.

6. 결론 및 토론

본 논문에서는 MPEG-2 TS 파일로부터 실시간으로 MMTP 스트림으로 변환하여 스트리밍 하는 시스템을 제안하였으며, MPEG-2 TS 실시간 변환 스트리밍 서버와 MMT 클라이언트를 구현하여 그 기능을 시험하였다. 그 결과, 기능적으로 정상 동작함을 검증하였다. 향후 연구실 여건 상 진행하지 못했던 지상파 디지털 TV방송 수신기로부터 직접 전달되는 MPEG-2 TS로부터 실시간으로 MMTP 스트림으로 변환하여 스트리밍 하는 서버를 구현할 예정이다.

참고문헌

- [1] ISO/IEC 13818-1:2000, Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 1: Systems, Second edition, December 2000.
- [2] ISO/IEC 23008-1:2014, Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 1: MPEG media transport (MMT), First edition, June 2014.
- [3] TTAK.KO-07.0014/R4, 지상파 디지털 TV 방송 송수신 정합, www.tta.or.kr, 2012년 12월.
- [4] IETF RFC 2326, Real Time Streaming Protocol (RTSP), H. Schulzrinne, A. Rao and R. Lanphier, April 1998.
- [5] <http://www.qt.io/>.
- [6] ISO/IEC 23008-11:2015, Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 11: MPEG Composition Information, First edition, March 2015.
- [7] World Wide Web Consortium, HTML5 - A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML, <http://www.w3.org/TR/html5/>, October 2014.
- [8] <http://www.ffmpeg.org/>.