# MMT 기반 UHDTV 방송 시스템

**양현구** 삼성전자 책임연구원

## 1. 머리말

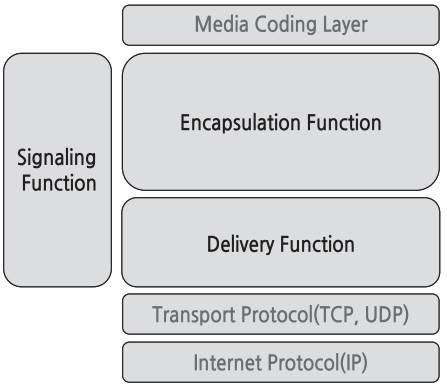
MPEG(Moving Picture Experts Group)은 멀티미디어 분야의 기술 발전을 선도해온 표준 제정 기관으로 멀티미디어 콘텐츠의 저장 및 전송에 관한 수많은 표준을 제정하였다. 그 중에서도 MPEG-2 TS[1] 기술은 유/무선 네트워크상에서 실시간 멀티미디어 스트림을 전송하기 위한 기술로 지난 20여 년간 디지털 방송 시스템에서 독보적인 지위를 유지하여 왔다. 하지만 MPEG-2 TS의 단일망에 최적화된 다중화 구조 및 상대적으로 짧은 고정 패킷 길이(188 bytes)는 IP 기반의 이종망을 사용하여 UHD 서비스와 같은 고용량의 데이터를 전송하기에는 부적합한 것으로 평가되고 있다. 이에 대한 대안으로 MPEG-2 TS의 장점을 계승하면서 이종망 및 다기기 서비스의 지원이 용이하도록 개발된 MMT(MPEG Media Transport)[3] 표준이 차세대 방송 시스템의 핵심 기술로 각광받고 있다.

ATSC 3.0은 기존 ATSC 1.0 시스템과의 역호환성을 고려하지 않고 설계된 디지털 방송 표준으로 전통적인 방송 시스템에서 고려되지 않았던 혁신적인 기술들을 포함하고 있다. 특히 MMT[3]는 IP 기반 전송 프로토콜로 ISO BMFF(ISO Base Media File Format)[2] 파일 기반 실시간 스트리밍에 최적화된 기술이다. 본고에서는 ATSC 3.0의 핵심 축을 담당하는 MMT 기술에 대해 간략히 소개하고 MMT 기반 UHD 방송 시스템의 최적화 방안을 살펴본다

## 2. MMT 기술

MMT는 MPEG에서 개발된 IP 기반 저지연(low latency) 미디어 전송 기술로 2014년 6월에 ISO 국제 표준으로 채택되었다[1]. MMT는 [그림 1]에 나타낸 바와 같이 크게 다음과 같은 3개의 기능 영역으로 구성된다.

- **Encapsulation:** ISO BMFF 기반의 미디어 데이터 컨테이너(MPU)
- **Delivery:** IP 기반의 응용 계층 전송 프로토콜 및 페이로드 포맷
- **Signaling:** 미디어 데이터의 전송 및 소비를 위한 시그널링 프레임워크




[그림 1] MMT의 기술 영역

### 2.1 Encapsulation

MPU는 ISO BMFF의 'mpuf' 브랜드를 준수하는 MMT 규격[3]의 6절에 정의되어있다. 'mpuf' 브랜드에 적용되는 제약사항들은 ISO BMFF의 효율적인 스트리밍을 가능하게 하는 중요한 기술 요소이다. 일례로 MPU는 독립적인 재생이 가능한 파일이다. 이는 MPU 내에 포함된 미디어 데이터를 디코딩하기 위하여 필요한 초기화 정보 및 메타데이터들이 해당 MPU 내에 포함되어 있다는 것을 의미한다. 또한, MPU는 해당 MPU에 포함된 미디어 컴포넌트를 식별하기 위한 Asset ID와, 동일한 Asset ID를 가지는 각각의 MPU를 구별하기 위한 순차번호(sequence number)를 포함한다. 위의 Asset ID는 전 세계적 단일 식별자(globally unique ID)로 미디어 컴포넌트가 서비스나 전송 프로토콜과 무관하게 식별 가능하므로, 서비스의 유연한 구성이 가능하다.

### 2.2 Delivery

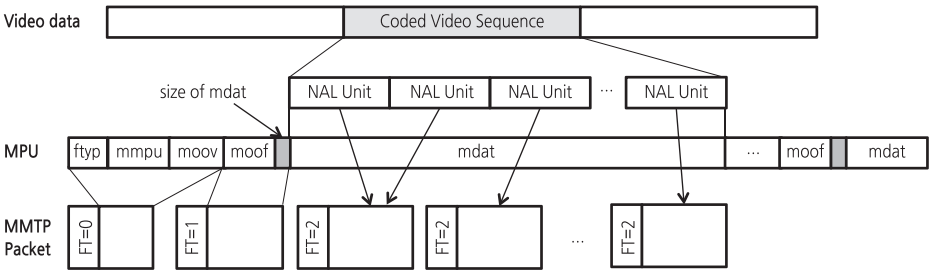
MMTP(MMT 프로토콜)는 단방향 네트워크에서 ISO BMFF 파일의 실시간 스트리밍에 최적화된 위한 응용 계층 프로토콜로 다음과 같은 특징을 가진다.

- 미디어 속성을 고려한 ISO BMFF 파일의 패킷화(media-aware packetization)
- 하나의 MMTP 세션을 활용한 다양한 미디어 컴포넌트의 다중화(multiplexing)
- 전송 네트워크에서 발생하는 지터(jitter) 제거
- 수신기의 버퍼 오버플로/언더플로를 방지하기 위한 버퍼 모델 제공
- 전송 과정에서 손실된 패킷 간파

MMT는 MPEG-2 TS의 T-STD(Transport stream System Target Decoder) 유사한 버퍼 모델인 HRBM(Hypothetical Receiver Buffer Model)을 정의한다. HRBM은 비디오, 오디오 등의 에셋 단위로 정의되며, MMT 서버에서 수신기 버퍼의 상태를 정확하게 관리할 수 있게 한다. 따라서 MMT 서버는 수신기의 버퍼 상태를 에뮬레이션하고 수신기의 버퍼가 넘치거나 비지 않도록 MMTP 패킷 전송 간격을 조절하여 서비스를 안정적으로 제공할 수 있다. HRBM의 동작을 위한 정보는 MMT 시그널링 메시지로 전달된다.

### 2.3 Signaling

MMT 시그널링 메시지는 송/수신기에서 공유되어야 할 정보들을 정의한다. MMT 시그널링 메시지는 용도에 따라 효율적인 패킷 전송을 위한 시그널링과 미디어 소비를 위한 시그널링으로 분류될 수 있다. 효율적인 전송과 빠른 처리를 위하여, 통상적으로 MMT 시그널링 메시지는 바이너리 형태로 제공된다. 물론 확장성이 중요시되는 응용 서비스를 위하여 시그널링 메시지를 XML 문서로 구성할 수 있으며, 이 XML 문서들의 스키마(schema)는 MMT 규격[3]에서 제공된다.




[그림 2] 미디어 속성을 고려한 MMTP 패킷화의 예

## 3. MMT 기반 UHD 방송 시스템

앞서 기술한 MMT의 특성을 활용하면 수신기가 패킷 단위 처리를 통하여 하나의 MPU를 모두 수신하기 이전에 영상을 재생할 수 있으며, 이는 디지털 방송 시스템의 가장 중요한 평가 요소인 채널 전환 시간 감소로 이어진다. 이러한 기술적 우수성을 바탕으로 MMT는 ATSC 3.0뿐만 아니라 ARIB[4] 및 ITU-R[5]의 전송 표준 프로토콜로 채택되었다. 또한, MMT를 기반으로 한 일본의 8K 디지털 방송 서비스인 슈퍼하이비전은 NHK에 의하여 방송 장비 풀 라인업이 공개되었으며, 2016년 시험 방송 및 2018년 본 방송 개시가 예정되어있다. 이 장에서는 MMT의 특성을 활용한 UHD 방송 시스템에 대해 논의하고자 한다.

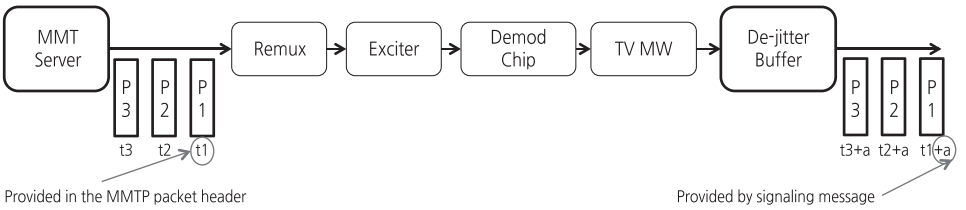
### 3.1 미디어 기반 패킷화

MPU가 단편화(fragmentation)될 때 각각의 단편(fragment)은 세 가지 종류로 구분되며, 해당 MMTP 패킷의 페이로드 헤더에 존재하는 FT(MPU Fragment Type) 필드를 사용하여 그 종류를 표시한다. HEVC로 부호화된 MPU에 미디어 속성을 고려한 패킷화 방식을 적용한 예를 [그림 2]에 나타내었다. 먼저 전체 MPU에 관한 메타데이터 box들('ftyp', 'mmpu', 'moov')은 하나의 MMTP 패킷에 포함되어 전송되며, 이때 해당 MMTP 패킷의 페이로드 헤더에 존재하는 FT(MPU Fragment Type) 필드는 0의 값을 가진다. 이어서 하나의 movie fragment에 해당하는 메타데이터('moof' 박스와 'mdat' 박스의 헤더)가 FT 필드의 값이 1인 MMTP 패킷으로 전송된다. 그리고 'mdat'에 포함된 NAL(Network Abstraction Layer) 유닛들은 FT 필드의 값이 2인 MMTP 패킷으로 전송된다. 여기서 MPU는 논리적인 파일 구조이며, MMT 서버는 하나의 MPU가 완벽하게 구성되기 전에 NAL 유닛 단위로 패킷 전송을 시작할 수 있으며, 일부 메타데이터를 미디어 데이터 이후에 전송하여 송출 지연 시간을 최소화할 수 있다는 점에 유의한다.

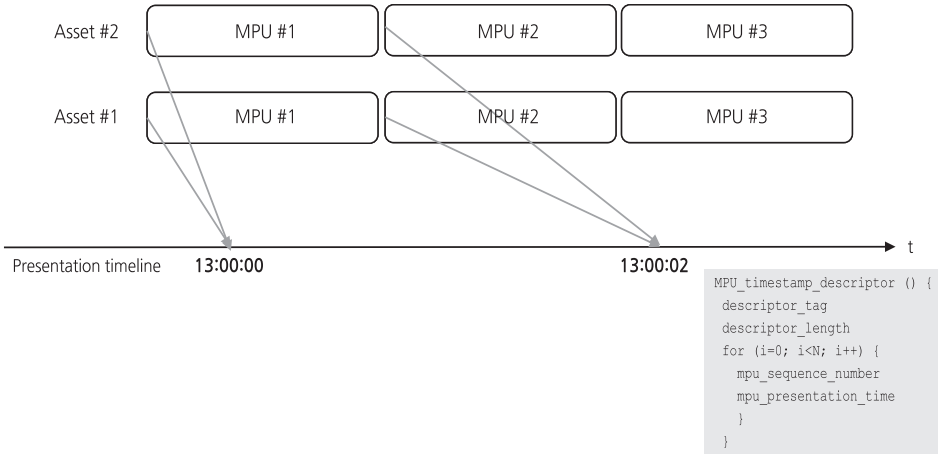
### 3.2 버퍼 모델

HRBM의 역할은 MMT 서버와 MMT 클라이언트 사이의 네트워크에서 발생하는 지터를 흡수하여 고정된 딜레이를 가지는 네트워크로 만들어 주는 것이다. 이를 통하여 MMT 서버는 MMT 클라이언트의 버퍼 상태를 정확하게 알 수 있으며, 채널 전환 시간을 최소화하면서 서비스가 끊김 없이 제공되도록 패킷 스케줄링을 수행할 수 있다.

방송망에서의 HRBM 버퍼 동작의 예를 [그림 3]에 나타내었다. P1, P2, P3는 MMTP 패킷을 나타내며, t1, t2, t3는 각각의 패킷이 MMT 서버에서 출력된 시간을 나타낸다. MMT 서버와 MMT 클라이언트 사이의 네트워크는 IP 기반의 다중화기, 물리 계층 신




[그림 3] 방송망에서의 HRBM 버퍼 동작




[그림 4] 절대 시간 기준 서비스 동기화

호 생성기, 물리 계층 수신 칩, 수신기의 SW 프로토콜 스텍 등을 포함하며 각각의 과정을 거치는 동안 패킷이 서로 다른 딜레이를 가지고 전달될 수 있다. 'De-jitter Buffer'는 서로 다른 딜레이들의 차이를 흡수하여 가변 딜레이를 가지는 네트워크를 고정 딜레이를 가지는 네트워크로 변환시키다. [그림 3]은 t1, t2, t3에 MMT 서버에서 출력된 패킷들이 'De-jitter Buffer'를 거쳐 t1+a, t2+a, t3+a에 출력되는 상황을 나타내었다.

### 3.3 절대 시간 기준 동기화

MMT 기반의 서비스는 상대 시간이 아닌 절대 시간 기준의 동기화를 제공한다. MMT에서 미디어 데이터는 ISO BMFF를 따르는 MPU의 형태로 제공되며, ISO BMFF는 파일 내에 저장된 미디어 데이터들의 상대적인 재생 시간을 포함하고 있다. 따라서 절대 시간 기준의 재생 시간 제공을 위하여 MMT는 각 MPU의 첫 번째 샘플의 재생 시간을 절대 시간 기준으로 제공하며, 이 재생 시간은 MMT 시그널링 메시지인 MP 테이블에 포함된 MPU_timestampe_descriptor로 제공된다. 이때 모든 정보를 포함하는 MP 테이블과 각각의 Asset에 대한 정보만을 포함하는 서브셋 MP 테이블이 별도로 운용될 수 있으며, 테이블의 빈번한 업데이트 및 장비 간 인터페이스 구성의 편이를 위하여 MPU_timestamp_descriptor는 서브셋 MP 테이블로만 제공될 수 있다. [그림 4]

는 하나의 서비스를 구성하는 2개의 Asset이 절대 시간 기준으로 동기화되는 것을 나타낸다.

## 4. 맺음말

최근까지 IP 기반의 데이터 전송은 고품질의 멀티미디어 데이터를 실시간으로 전송하기에는 불충분하다고 간주되었다. 하지만 응용 계층 기술의 발달로 근래에 제공되는 IP 기반의 멀티미디어 서비스들은 IP의 한계를 극복하는 수준의 사용자 경험을 제공하고 있다. 이러한 경향을 반영하여 최근의 지상파 방송 표준은 MPEG2-TS와 함께 IP를 전송 프로토콜로 사용하고 있으며[6][7], ATSC 3.0은 MPEG2-TS를 배제하고 IP만을 전송 프로토콜로 사용한다[8].

MMT는 인터넷 환경과 통합된 차세대 방송 시스템에의 적용을 목표로 설계된 기술로, IP 기반 전송 프로토콜의 사용과 HTML5 기반 서비스 제공을 가정하여 MPEG2-TS의 장점을 계승하면서 이종망 및 다기기 서비스의 지원을 고려하여 설계되었다. 따라서 MMT는 고품질의 UHD TV 서비스를 안정적으로 제공함과 동시에 인터넷 활용 부가 서비스 제공을 목적으로 하는 차세대 지상파 방송에 있어 최적화된 표준 기술이라 할 수 있다.

## [참고문헌]


[1] ISO/IEC 13818-1, 'Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information – Part 1: Systems,' 2013.

[2] ISO/IEC 14496-12:2012(E), 'Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 12: ISO base media file format,' September 2012.

[3] ISO/IEC 23008-1:201X, 'Information technology – High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environment – Part 1: MPEG media transport (MMT)' 2nd edition 2016.

[4] ARIB STD-B60, 'MMT-Based Media Transport Scheme in Digital Broadcasting Systems, Version 1.3,' Association of Radio Industries and Businesses, July 2015

[5] ITU-R: Recommendation BT.2074, 'Service configuration, media transport protocol, and signalling information for MMT-based broadcasting systems,' International Telecommunication Union, June 2015

[6] Advanced Television System Committee A/153, 'ATSC Mobile DTV Standards,' Parts 1-10.

[7] ETSI TS 102 606 V1.1.1, 'Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol,' October 2007

[8] Advanced Television System Committee A/331, 'Signaling, Delivery, Synchronization and Error Protection,' under development.