

특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제22권 제6호, 2017년 11월 (JBE Vol. 22, No. 6, November 2017)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2017.22.6.744>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

지상파 UHD 방송 AV 스트림 오버헤드 분석

김 나 연^{a),b)}, 배 병 준^{a),b)†}

Transport Overhead Analysis in Terrestrial UHD Broadcast A/V Stream

Nayeon Kim^{a),b)} and Byungjun Bae^{a),b)†}

요 약

본 논문에서는 기존 DTV 방식과 UHDTV의 두 가지 방식에 대한 상세한 전송 효율 비교를 위해, DTV 방송에서 오디오, 비디오, 부가 정보를 다중화하고 동기화하는 데에 널리 쓰이던 MPEG-2 TS 스트림과 새로운 방송 통신 환경에 맞추어 등장한 차세대 멀티미디어 방송 규격인 MMT, ROUTE 등 세 가지 프로토콜의 전달 오버헤드를 분석하여 비교한다. 신뢰성 있는 비교를 위해 실제 상용 UHD 방송서비스에서 제공되고 있는 ROUTE 및 MMT AV 스트림을 캡처하고, 이를 개발한 전달 오버헤드 분석 프로그램을 이용해 상세 결과를 도출한다. 또한, 동일한 조건에서의 비교를 위해서 UHD 스트림으로부터 추출한 ES를 DTV 표준에 적용하여 MPEG-2 TS 스트림의 오버헤드를 계산한다. 이를 종합하여 별도의 부가서비스를 제외하고 기본적인 AV 스트림만을 전송하는 경우에 프로토콜 간 전송 효율을 계산 및 분석한 결과, MMT와 ROUTE는 오버헤드가 비슷한 양상을 보이고 MPEG-2 TS는 상대적으로 작게 보임을 알 수 있었다. 그러나 MPEG-2 TS의 경우 널 패킷을 고려하지 않았으므로 이를 고려하면 상대적 오버헤드 차이는 줄어들 것으로 예상된다.

Abstract

This paper compares transport overhead of MPEG-2 TS, MMT and ROUTE in order to compare transport efficiency between the DTV and UHDTV. The MPEG-2 TS standard, widely used, was established for multiplexing and synchronizing encoded audio and video, additional information. In recent years, MMT and ROUTE was established as a next generation multimedia transport standard for the new broadcasting communication environment. In this paper, we compare and analyze transport overhead about three protocol. In order to analysis, we captured the UHD A/V stream in real-time broadcasting service using ROUTE and MMT, and we calculated and analyzed transport overhead using the overhead analysis program which was developed in our laboratory. Furthermore, for comparison under the same conditions, we assumed the MPEG-2 TS stream by extracting ES of UHD A/V stream based on the DTV standard. In this paper, we show the results of protocol transport efficiency in case of basic A/V stream except for additional services. And result show that MMT and ROUTE have similar overhead and MPEG-2 TS is relatively small overhead. However, since MPEG-2 TS result does not consider null packets, it is expected that the relative overhead difference will be reduced.

Keyword : MPEG-2 TS, MMT, ROUTE, transport overhead, UHD

1. 서론

최근 통신 기술의 발전과 방송 시장의 변화로 기존 DTV에서 사용되고 있는 전송 표준 MPEG-2 TS(Transport Stream)를 대체할 차세대 멀티미디어 방송서비스 전송 표준인 ROUTE(Real-Time Object Delivery over Unidirectional Transport)와 MMT(MPEG Media Transport)가 등장하였다^{[1][2]}. 북미의 방송 표준 개발 기구 ATSC에서는 ROUTE와 MMT를 미디어 전송(Transport) 규격으로 채택하여 차세대 방송 표준 ATSC 3.0을 작성하고 있으며, 국내에서는 이를 기반으로 지상파 UHD TV 방송 표준을 제정하여 지상파 UHD 상용 방송서비스를 제공하고 있다^{[3][4]}. 현재 국내 방송사는 UHD 서비스 시 ROUTE와 MMT를 중의 하나를 선택하여 실시간 방송을 UDP/IP를 통하여 제공할 수 있다. ROUTE와 MMT는 MPEG-2 TS와 달리 방송통신 융합과 부가서비스 등 다양한 방안을 고려하여 설계되었는데, 이는 기존 지상파 디지털 TV 방송과 지상파 UHD TV 간 전달 효율의 단순한 비교를 어렵게 한다. 또한 UHD TV에서 ROUTE와 MMT 간의 비교 시에도 ROUTE는 전달을 위해 DASH(Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) 파일 포맷을 사용하지만 MMT는 표준 내부에서 자체적으로 파일 포맷을 설계하기 때문에 두 프로토콜 간 파일 포맷화와 패킷화 과정이 상이하고, 서비스의 부가 정보 전달을 위한 시그널링 또한 다르게 쓰는 등의 문제로 정확한 전달 효율 비교가 어렵다. 이렇듯 세 전송 프로토콜 차이로 인해 기존 DTV와 UHD TV 간의 전송 효율 비교는 물론 UHD TV의 두 방식에 대한 전송 효율 비교 또한 매우 어려운 실정으로,

DTV와 UHD TV의 상세한 비교를 위해서는 세 프로토콜의 오버헤드 계산 및 분석에 대한 연구가 필요하다^[5].

따라서 본 논문에서는 실제 방송사에서 서비스 중인 ROUTE와 MMT 방식의 UHD AV 스트림을 캡처하고 ES를 추출하였고, 지상파 디지털 TV 방송 송수신 정합 표준을 기반으로 MPEG-2 TS 스트림을 생성하였다. 또한 이를 전달 오버헤드 분석 프로그램에 입력하여 세 가지 프로토콜의 오버헤드 결과를 보이고 상호 비교 분석한다^[6]. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 정확한 전달 오버헤드 정의를 위한 각 프로토콜 별 AV 스트림과 데이터의 구조를 설명한다. 제 3장에서는 오버헤드의 종류와 전달 오버헤드를 정의하여 프로토콜 별로 비교 및 분석한다. 마지막으로 제 4장에서 비교 결과 분석의 결론을 내린다.

II. 프로토콜 별 AV 스트림 및 데이터 구조 소개

1. MPEG-2 TS 스트림과 패킷의 구조

MPEG-2 시스템에서는 인코딩된 미디어 데이터인 ES(Elementary Stream)를 패킷화하는 과정을 거쳐 PES(Packetized Elementary Stream) 패킷을 만들어내고, 패킷화된 각각의 Audio/Video PES 패킷은 다중화기를 통해 일련의 TS 패킷으로 구성된 TS(Transport Stream)이 된다. 그림 1은 MPEG-2 시스템에서 ES(Elementary Stream)을 패킷화하는 과정을 나타내고 그림 2는 ES, PES, TS의 스트림 구성 및 패킷 구조를 나타낸다.

PES 스트림은 같은 스트림 ID를 가지는 일련의 PES 패킷 나타내며, PES 패킷은 현재 패킷의 유료부하(Payload)가 포함하고 있는 데이터의 종류, 특성 및 시간, 길이, 전체 스트림과의 관계 정보를 가지는 헤더와 유료부하로 구성된다. 첫 번째 패킷화 과정을 거친 PES 패킷은 두 번째 패킷화 과정을 통해 TS 패킷의 유료부하 부분에 입력되며, TS 패킷은 4바이트의 헤더와 184바이트의 유료부하로 총 188바이트의 고정 길이를 가진다. TS 패킷은 4바이트 길이 헤더의 필드 값에 따라 스트림에 관한 부가정보를 갖는 적응 필드(Adaptation field)를 가질 수 있으며, 채워 넣기(Stu-

a) 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학(Mobile Communication & Digital Broadcasting Engineering, UST)

b) 한국전자통신연구원 미디어전송연구그룹(Media Transmission Research Group, ETRI)

‡ Corresponding Author : 배병준(Byungjun Bae)
E-mail: 1080i@etri.re.kr
Tel: +82-2-860-3888

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0872-325X>

※ 이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임(20170-00176, 지상파 UHD 방송 기반 융합플랫폼 및 서비스 기술 개발).

※ 위 논문의 연구결과 중 일부는 “2017년 한국방송 미디어공학회 하계 학술대회”에서 발표한 바 있음.

· Manuscript received September 11, 2017; Revised October 24, 2017; Accepted October 24, 2017.

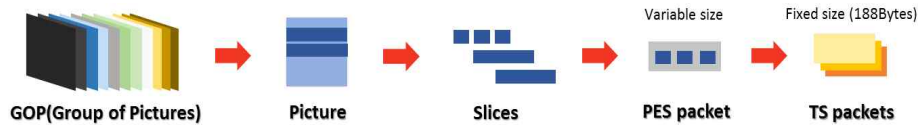


그림 1. MPEG-2 시스템의 Elementary Stream 패킷화 과정

Fig 1. The packetization process of elementary stream in MPEG-2 system

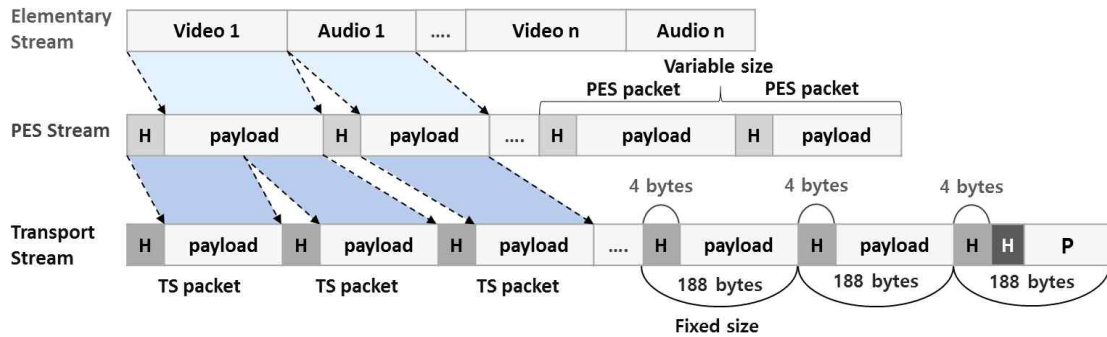


그림 2. ES, PES, TS의 스트림 구성 및 패킷 구조

Fig 2. Structure of stream and packet of ES, PES, TS

ffing) 바이트 또한 적응 필드에 포함될 수 있다. 채워 넣기 바이트는 PES 패킷의 마지막 부분을 담는 패킷이 188 바이트의 고정 길이를 유지하기 위해 남는 공간을 채울 때 사용되며, 이는 MPEG-2 TS 시스템에서 PES 패킷의 첫 바이트가 반드시 TS 패킷 유료부하의 첫 바이트부터 시작해야 하도록 정의되어있기 때문이다.

TS 패킷의 유료부하 부분에는 AV PES 패킷과 프로그램에 관한 부가정보를 가지는 PSI(Program Specific Information)와 PSIP(Program and System Information Protocol, ATSC A/65)가 포함될 수 있다. PSI와 PSIP 테이블들은 각

각 프로그램에 관한 정보를 나타내는 PAT(Program Association Table), PMT(Program Map Table)와 MGT(Master Guide Table), TVCT(Virtual Channel Table), EIT(Event Information Table), ETT(Extended Text Table)가 존재하며 한 개의 TS 패킷에 한 종류의 테이블만 실어서 전송되고, 테이블의 길이가 긴 경우 여러 섹션으로 나뉘어 전송된다.

2. ROUTE/DASH 스트림과 패킷의 구조

ROUTE는 미디어 전송 포맷인 DASH를 이용하여 미디어

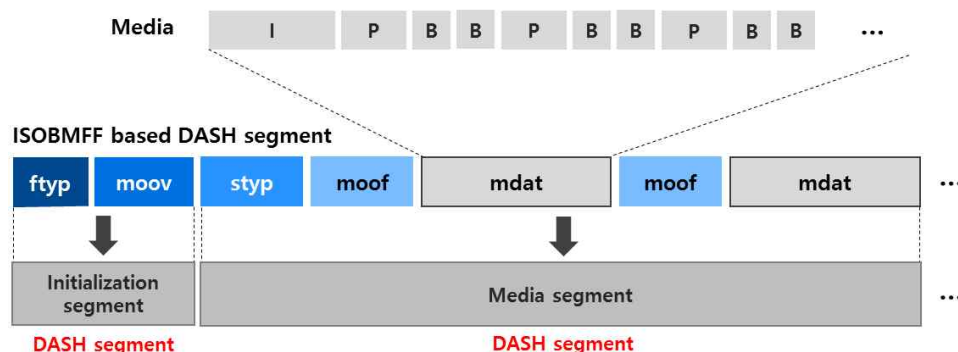


그림 3. ISO BMFF 기반 DASH 세그먼트 생성 과정

Fig 3. The segmentation process of DASH segment based on ISO BMFF

데이터를 전송한다. DASH는 미디어 데이터를 ISOBMFF (ISO Base Media File Format) 기반의 DASH 세그먼트로 포맷하는데, 하나의 ISOBMFF 파일은 미디어 데이터와 그 미디어 데이터에 관련된 다양한 메타데이터 컨테이너들로 구성된다^[7]. 그림 3은 미디어 데이터를 ISOBMFF 기반 DASH 세그먼트로 생성하는 과정을 나타낸다. 초기화 (Initialization) 세그먼트는 미디어 DASH 세그먼트를 화면에 표현하기 위해 필요한 초기화 정보를 가지며, 파일의 타입 및 호환성을 포함하는 ‘ftyp’와 미디어 데이터의 재생에 관한 정보를 포함하는 ‘moov’가 있다. 미디어 세그먼트는 실제 미디어 데이터를 포함한 ‘mdat’과 그에 대한 메타데이터를 가지며, 메타데이터는 전송되는 세그먼트에 대한 정보를 포함하는 ‘styp’와 각 ‘mdat’에 관한 정보를 포함하는 ‘moof’로 구성될 수 있다.

ROUTE는 위와 같이 구성된 DASH 세그먼트들을 ROUTE 패킷의 유효부하에 실어 전송하며 ROUTE 패킷의 구조는 그림 4와 같다. ROUTE 패킷은 MPEG-2 TS와 다르게 IP 네트워크를 통해 전송되기 때문에 최대 MTU(Maximum Transmission Unit)길이를 20 바이트의 IP 헤더와 8 바이트의 UDP 헤더를 가진다^[8]. 또한 LCT(Layered Coding Transport) 패킷을 기본 전송 단위로 하여 필요에 따라 최소 4 바이트, 최대 16바이트의 크기를 가지는 확장 헤더인 EXT_FTI(FEC Object Transmission Information), EXT_TOL (Transport Object Length), EXT_ROUTE_PRESENTATION_TIME, EXT_TIME들을 포함할 수 있어 가변길이의 헤더와 유효부하를 가진다. 본 논문에서 패킷의 헤더는 오버헤드에 속하며 ROUTE의 경우 그 길이를 ROUTE 헤더의 HDR_LEN 필드를 통해 확인이 가능하므로 확장 헤더의 상

세 필드는 나타나지 않는다.

ROUTE 패킷의 유효부하에는 DASH 세그먼트 외에도 방송 서비스를 위한 부가 정보를 나타내는 시그널링이 포함될 수 있다. 시그널링은 크게 두 가지로 구분되며 프로토콜을 발견하기 위한 LLS(Low Level Signaling)와 서비스의 발견과 소비 및 미디어 데이터를 표현하기 위한 정보를 포함하는 SLS(Service Layer Signaling)가 있다. LLS에는 기본적인 서비스 리스트 구성 및 각 서비스의 SLS 발견을 돕는 SLT(Service List Table)가 존재하며 SLS에는 지상파 UHDTV 송수신정합 표준에서 제공하는 USBD (User Service Bundle Description), S-TSID(Service-based Transport Session Instance Description)와 DASH 세그먼트들에 대한 모든 URL을 제공하는 MPD(Media Presentation Description) 등이 존재한다. 각 테이블은 하나의 패킷에 한 종류의 테이블만 실어서 전송된다.

3. MMTP 스트림과 패킷의 구조

MMT는 미디어 데이터를 MPU(Media Process Unit)라는 ISOBMFF기반 미디어 전송 포맷으로 캡슐화하여 전송한다. 그림 5는 미디어 데이터를 MPU로 캡슐화하는 과정을 예시로 나타내며, 본 논문에서는 실시간 방송서비스에서 발생하는 오버헤드를 다루므로 비실시간 미디어(Non-timed media)를 담는 MPU는 나타나지 않는다. MPU는 ISOBMFF를 기반으로 하여 미디어와 함께 다양한 메타데이터를 포함할 수 있다. MPU의 구성은 MPU 메타데이터 (MPU metadata), 프래그먼트 메타데이터(Movie fragment metadata), MFU(Media Fragment Unit) 세 가지 부분으로



그림 4. ROUTE 패킷의 구조
Fig 4. Structure of ROUTE packet

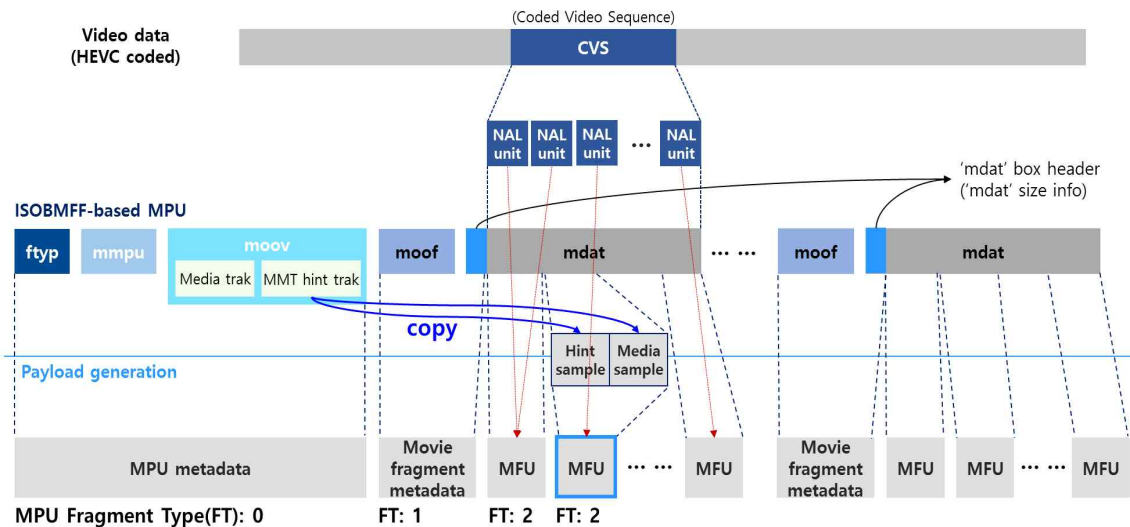


그림 5. ISOBMFF 기반 MPU 및 유료부하 생성 과정

Fig 5. The segmentation process of MPU and payload based on ISOBMFF

나뉜다. MPU 메타데이터는 파일 타입을 포함하는 'ftyp', 같은 MPU의 논리적인 그룹인 애셋(Asset)을 식별하기 위한 asset_id와 애셋 내에서 MPU를 식별하기 위한 시퀀스 넘버를 포함하는 'mmpu', 미디어에 대한 힌트 샘플을 포함한 'moov'로 되어있다. 프래그먼트 메타데이터는 'mdat'에 관한 정보를 포함하는 'moof'와 'mdat'의 길이를 나타내는 헤더로 구성된다. MFU는 실제 미디어 데이터를 가진다. MPU의 각 부분은 MMTP 패킷의 유료부하에 입력되어 전송되며 MFU의 경우 추가적으로 힌트 샘플과 미디어 샘플에 대한 정보를 헤더에 담게 된다.

MMTP에는 세 가지 전송 모드가 있는데, 위와 같은 실시간 미디어 데이터인 MPU를 전송하기 위한 MPU 전송 모드, 비실시간 미디어 데이터를 전송하기 위한 GFD(Ge-

ric File Delivery) 모드, 방송 서비스의 발견 및 소비, 제어에 대한 정보를 전달하기 위한 시그널링 모드이다^{[9][10]}. 본 논문에서는 비실시간 미디어를 위한 GFD 모드는 다루지 않는다. MPU 모드는 MPU 메타데이터, 프래그먼트 메타데이터, MFU 각각을 MMTP 패킷의 유료부하에 실어서 전송하고, 시그널링 모드는 USBD, 패키지의 소비에 필요한 정보를 가진 MPT(MMT Package Table), 수신기의 버퍼에 관한 정보를 제공하는 HRBM(Hypothetical Receiver Buffer Model) 메시지 등을 유료 부하에 실어 전송한다. 이 때 각 테이블은 한 패킷에 한 종류의 테이블만 포함되어 전송된다. 이 유료부하들은 공통적인 헤더 외에도 그 종류에 따라 각기 다른 MMTP 유료부하 헤더(MMTP payload header)를 가지기 때문에 헤더 오버헤드가 다를 수 있다.

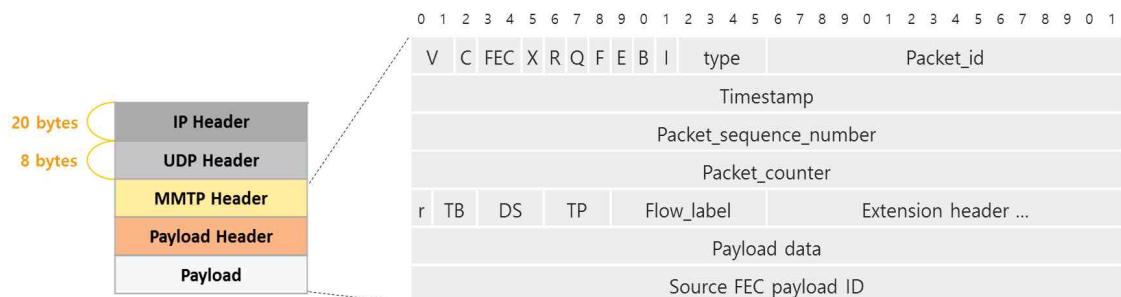


그림 6. MMTP 패킷의 구조

Fig 6. Structure of MMTP packet

그림 6은 MMTP 패킷의 구조를 나타낸다. MMTP 패킷 또한 IP 네트워크를 통해 전송되기 때문에 최대 MTU (Maximum Transmission Unit) 길이를 가지며 20 바이트의 IP 헤더와 8 바이트의 UDP 헤더를 가진다. MMTP 헤더의 type 필드를 통해 MPU 모드인지 시그널링 모드인지 구분할 수 있으며, MPU 모드일 때 유료부하가 MFU인 경우에는 DU(Data Unit) 헤더가 추가될 수 있다. 각 유료부하 헤더는 종류에 따라 최소 4바이트에서 최대 26 바이트의 크기를 가지며 본 절에서 상세 필드까지는 나타내지 않는다.

III. 프로토콜 별 AV 스트림 오버헤드 분석 및 비교

1. 전달 오버헤드 정의

표 1은 본 논문에서 정의한 오버헤드의 종류를 나타낸다. MPEG-2 TS의 오버헤드는 PES 헤더와 TS 헤더, 적응 필드, 실제 방송서비스에서 쓰이는 부가 정보를 전달하는 PSI/PSIP 등으로 정의하였다. 이 때 PES 헤더에는 시각 참조 정보인 PTS(Presentation Time Stamp)와 DTS(Decoding Time Stamp)를 포함하였으며, 또한 적응 필드에는 프로그램 기준 시각인 PCR(Program Clock Reference)과 188 바이트의 고정 길이를 위한 채워 넣기 바이트를 포함하였다. ROUTE의 경우 IP/UDP 헤더와 ROUTE 헤더, 확장 헤더, 시그널링 메시지인 USBD, MPD, S-TSID, DASH 세그먼트의 메타데이터 등을 오버헤드로 정의하였다. MMT는 IP/UDP 헤더, MMTP 헤더, MPU 모드 헤더와 유료부하가

MFU일 경우 추가되는 DU 헤더, 시그널링을 위한 USBD, MPT, HRBM_message 등을 오버헤드로 정의하였다. ROUTE와 MMT의 경우 실제 기본적인 AV 방송 서비스에서 전송되는 LLS의 SLT와 SLS의 시그널링들만 포함하였으며, MPEG-2 TS의 경우 지상파 디지털 송수신정합 표준을 기반으로 기본적인 AV 방송 서비스에서 필요한 시그널링들을 포함하였다.

위와 같이 본 논문에서는 오버헤드를 지상파 UHD 기반 A/V 서비스에서 순수한 미디어 데이터인 ES를 제외한 패킷 헤더와 메타데이터 및 시그널링으로 간주하며, 이에 따라 본 논문에서 정의한 전달 오버헤드는 다음과 같다.

전달 오버헤드

$$= \frac{\text{데이터 구조 및 전달로 인해 추가되는 바이트 수}}{\text{AV 스트림의 ES 바이트 수}}$$

2. MPEG-2 TS 전달 오버헤드 계산

실제 방송사에서 서비스 중인 기본적인 UHD AV 방송 서비스 스트림을 캡처한 후 ES를 추출하여 지상파 디지털 TV 방송 송수신정합 표준에 따라 가상의 MPEG-2 TS 스트림을 가정하였다. 이에 따라 MPEG-2 TS 스트림에 대해서 4 바이트의 헤더와 184 바이트의 유료부하를 가지는 188 바이트 고정 길이 패킷으로 설정하고, 실제 국내 지상파 방송에서 쓰이는 PSI/PSIP 중 PMT의 주기는 0.4초로, PAT의 주기 0.1초, MGT는 0.15초, TVCT는 0.4초 EIT/ETT의 주기는 0.5초를 갖게 하였다. 그리고 ATSC와 지상파 디지털 TV 방송 송수신정합에서는 MPEG-2 TS에 대해 19.39265846

표 1. 오버헤드 정의

Table 1. The overhead definition

	MPEG-2 TS	ROUTE	MMT
Packet header	- PES header - TS header - Adaptation Field	- IP/UDP header - ROUTE header - EXT. header	- IP/UDP header - MMTP header - Payload header - Data Unit header
Metadata		- Initialization segment - 'styp', 'moov' box	- MPU metadata - Movie Fragment metadata
Signaling	- PSI (PAT, PMT) - PSIP (MGT, TVCT, EIT, ETT)	- LLS(SLT) - SLS(USBD/S-TSID/MPD)	- LLS(SLT) - SLS(USBD/MPT/HRBM)

표 2. 가정된 MPEG-2 TS 스트림 분석 결과

Table 2. Analysis of assumed MPEG-2 TS stream

	Video	Audio	PSI	PSIP	Total
TS packet count (packets)	5.42×10^5	5.16×10^3	7.37×10^2	1.17×10^3	5.49×10^5
Sum of TS packet size (bytes)	1.02×10^8	5.79×10^5	1.39×10^5	2.20×10^5	1.03×10^8
Sum of ES data size (bytes)	9.95×10^7	5.58×10^5			1.00×10^8
Sum of TS packet header size (bytes)	2.17×10^6	2.07×10^4			2.19×10^6
Sum of Adaptive field size (bytes)	3.08×10^5	3.92×10^4			3.47×10^5
Sum of PES header size (bytes)	4.66×10^4	3.57×10^4			8.23×10^4
Sum of overhead data size (bytes)	2.53×10^6	9.56×10^4	1.39×10^5	2.20×10^5	2.98×10^6

bps로 엄격한 고정 비트율을 요구하는데, 이를 위해 다중화기는 유효 데이터가 들어있지 않은 188바이트의 널(Null) 패킷을 추가적으로 전송할 수 있다. 가정된 MPEG-2 TS에서 널 패킷은 오버헤드에서 제외하였다. 표 2는 이에 대해서 오버헤드 계산을 위해 제작한 스트림 분석 프로그램으로 분석한 결과이다.

총 패킷 수는 5.49×10^5 개로 총 패킷 크기는 1.03×10^8 바이트이다. 이 중 오버헤드로 간주되지 않는 오디오와 비디오의 ES 크기는 1.00×10^8 바이트이고 그 외 오버헤드로 간주되는 헤더와 PSI/PSIP 등의 크기를 더한 총 오버헤드 크기는 2.98×10^6 바이트이다. 이는 전체 패킷 중 약 2.89%를 차지하며 본 논문에서 정의한 전달 오버헤드에 따라 MPEG-2 TS의 전체 오버헤드는 다음과 같다.

$$\text{전달 오버헤드} = \frac{\text{데이터 구조 및 전달로 인해 추가되는 바이트 수}}{\text{AV 스트림의 ES 바이트 수}}$$

$$= \frac{2.98 \times 10^6}{1.00 \times 10^8} \times 100\% = 2.980\%$$

3. ROUTE 전달 오버헤드 계산

표 3과 표 4는 더욱 정확한 오버헤드 비교를 위해 실제 서비스 중인 기본적인 UHD AV 방송서비스 스트림을 서로 다른 A, B 방송사에서 캡처한 후, 오버헤드 계산을 위해 제작한 ROUTE 스트림 분석 프로그램으로 분석하여 나타낸 결과이다. 본래 ROUTE 패킷의 크기는 MTU 크기가 허용되는 만큼인 1500바이트에서 20바이트의 IP 헤더와 8바이트의 UDP 헤더 크기를 뺀 값으로 보아야 하지만, 본 논문에서는 실제 지상파 방송을 기준으로 하여 UHD AV 오버헤드를 분석하므로 ROUTE 패킷의 크기를 표현할 때 UDP/IP 헤더를 포함한다. 두 방송사의 ROUTE를 통한 UHD AV 스트림을 캡처한 결과 ROUTE 패킷의 최대 크기는 A사와 B사 모두 1476으로 같은 것을 확인했다.

표 3을 보면 A사 스트림의 총 패킷 수는 7.16×10^4 개로

표 3. A사 ROUTE 스트림 분석 결과

Table 3. Analysis of ROUTE stream of A broadcaster

	Video	Audio	SLT	SLS	Total
ROUTE packet count (packets)	7.08×10^4	4.60×10^2	7.9×10	2.34×10^2	7.16×10^4
Sum of ROUTE packet size (bytes)	1.04×10^8	3.86×10^5	3.09×10^4	3.43×10^5	1.05×10^8
Sum of ES data size (bytes)	9.97×10^7	3.12×10^5			1.00×10^8
Sum of UDP/IP header size (bytes)	1.98×10^6	9.20×10^3			2.00×10^6
Sum of ROUTE packet header size (bytes)	2.55×10^6	1.76×10^4			2.57×10^6
Sum of metadata size (bytes)	7.30×10^4	4.32×10^4			1.16×10^5
Sum of overhead data size (bytes)	4.60×10^6	7.37×10^4	3.09×10^4	3.43×10^5	5.05×10^6

표 4. B사 ROUTE 스트림 분석 결과
Table 4. Analysis of ROUTE stream of B broadcaster

	Video	Audio	SLT	SLS	Total
ROUTE packet count (packets)	7.08×10^4	5.40×10^2	1.68×10^2	3.33×10^2	7.19×10^4
Sum of ROUTE packet size (bytes)	1.04×10^8	5.53×10^5	5.32×10^4	4.80×10^5	1.05×10^8
Sum of ES data size (bytes)	9.96×10^7	4.45×10^5			1.00×10^8
Sum of UDP/IP header size (bytes)	1.99×10^6	1.51×10^4			2.00×10^6
Sum of ROUTE packet header size (bytes)	2.55×10^6	2.09×10^4			2.57×10^6
Sum of metadata size (bytes)	1.04×10^5	7.13×10^4			1.75×10^5
Sum of overhead data size (bytes)	4.64×10^6	7.37×10^4	5.32×10^4	3.43×10^5	5.15×10^6

총 패킷 크기는 1.05×10^8 바이트이다. 이 중 오버헤드로 간주되지 않는 오디오와 비디오의 ES 크기는 1.00×10^8 바이트이고 그 외 오버헤드로 간주되는 헤더와 메타데이터 시그널링 중 ROUTE 헤더가 2.57×10^6 바이트로 총 오버헤드 크기에 대비하여 50.891%의 가장 큰 오버헤드 비율을 차지했고, 그 다음은 UDP/IP 헤더가 2.00×10^6 바이트로 총 오버헤드 크기 중 39.604%를, SLT와 SLS가 각각 3.09×10^4 바이트와 3.43×10^5 바이트로 총 오버헤드 중 총 시그널링 크기는 7.404%를 보였으며, 마지막으로 메타데이터가 1.16×10^5 바이트로 오버헤드 비율 2.297%를 보였다. 모든 오버헤드의 크기를 더한 총 오버헤드 크기는 5.05×10^6 바이트이다. 이는 전체 모든 패킷의 바이트 중 약 4.810%를 차지하며 본 논문에 따라 A사의 ROUTE 스트림 전달 오버헤드는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{전달 오버헤드} \\
 &= \frac{\text{데이터 구조 및 전달로 인해 추가되는 바이트 수}}{\text{AV 스트림의 ES 바이트 수}} \\
 &= \frac{5.05 \times 10^6}{1.00 \times 10^8} \times 100\% = 5.054\%
 \end{aligned}$$

표 4는 B사의 ROUTE 스트림 분석 결과로 총 패킷 수 7.19×10^4 개, 총 패킷 크기는 1.05×10^8 바이트를 보였다. 이 중 ES 크기는 1.00×10^8 바이트이고 그 외 오버헤드를 크게 차지하는 비중은 B사 역시 ROUTE 헤더, UDP/IP 헤더, 시그널링, 메타데이터 순을 보였다. ROUTE 헤더가 2.57×10^6 바이트로 총 오버헤드 크기에 대비하여 50.000%

의 가장 큰 오버헤드 비율을 차지했고, 그 다음은 UDP/IP 헤더가 2.00×10^6 바이트로 총 오버헤드 크기 중 38.844%를, SLT와 SLS가 각각 5.32×10^4 바이트와 3.43×10^5 바이트로 총 오버헤드 중 총 시그널링 크기는 10.367%를 보였으며, 마지막으로 메타데이터가 1.75×10^5 바이트로 오버헤드 비율 3.402%를 보였다. 모든 오버헤드의 크기를 더한 총 오버헤드 크기는 5.15×10^6 바이트로 이는 전체 모든 패킷의 바이트 중 약 4.891%를 차지한다. 따라서 B사의 ROUTE 스트림 오버헤드를 본 논문에 따라 전달 오버헤드로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \text{전달 오버헤드} \\
 &= \frac{\text{데이터 구조 및 전달로 인해 추가되는 바이트 수}}{\text{AV 스트림의 ES 바이트 수}} \\
 &= \frac{5.15 \times 10^6}{1.00 \times 10^8} \times 100\% = 5.149\%
 \end{aligned}$$

표 3과 표 4의 내용을 비교하였을 때, 표 3의 결과가 좀 더 낮은 전달 오버헤드를 보이는 것을 알 수 있다. 분석한 결과에 따르면 표 4에서 SLT와 메타데이터가 더 많은 바이트 수를 보이기 때문인 것으로 추정된다. SLT의 경우 최대 2초 이내에 채널을 전환할 수 있도록 권장되어 그 주기가 조절되어 전송될 수 있으며, 메타데이터의 경우 전송하는 미디어 데이터 파일에 따라 달라질 수 있으므로 좀 더 상세화된 분석을 위해서는 향후 같은 프로그램의 비디오와 오디오 스트림으로 비교하는 연구가 필요하다.

4. MMT 전체 오버헤드 계산

MMT 전달 오버헤드 계산을 위해, 기본적인 UHD A/V를 MMT로 전송하는 스트림을 서로 다른 A, B 두 방송사에서 캡처한 후 제작한 MMT 스트림 분석 프로그램으로 분석하였다. 본 논문에서는 MMTP 패킷의 크기를 표현할 때 ROUTE와 마찬가지로 UDP/IP 헤더를 포함하여 표현한다. 두 방송사의 스트림을 캡처한 결과 MMTP 패킷의 최대 크기는 A사와 B사 모두 1344 바이트로 같은 것을 확인했다. 표 5는 A사의 MMT 스트림을 분석한 결과를 나타냈고, 표 6은 B사의 MMT 스트림을 분석한 결과를 나타냈다.

표 5에서 총 패킷 수는 8.14×10^4 개, 총 패킷 크기는 1.05×10^8 바이트로 나타났으며 오직 AV데이터만을 나타내는

ES의 크기는 1.00×10^8 바이트이다. 오버헤드에 관련해서는 모든 헤더, 메타데이터, 시그널링 순으로 오버헤드 비율을 보였다. 여기서 ES가 아닌 메타데이터가 포함된 패킷의 헤더 크기 또한 MMTP 헤더 크기에 포함하였다. 따라서 헤더 중에서는 MMTP 헤더가 가장 높은 비중을 차지했고 다음으로 UDP/IP 헤더, DU 헤더의 순서를 보였다. 총 오버헤드 크기 중 97.485%를 차지하는 헤더 오버헤드는 총 2.92×10^6 바이트를 차지한 MMTP 헤더 44.990%, 다음으로 2.00×10^6 바이트의 UDP/IP 헤더 35.027%, 1.13×10^6 바이트의 DU 헤더가 17.468%로 나타났다. 나머지는 메타데이터가 총 1.63×10^5 바이트로 2.471%를, 시그널링이 5.32×10^4 바이트로 1.746%를 보였다. 총 오버헤드 크기는 6.60×10^6 바이트로 모든 MMTP 패킷의 바이트 중 약 6.254%

표 5. A사 MMTP 스트림 분석 결과

Table 5. Analysis of MMTP stream of A broadcaster

	Video	Audio	SLT	SLS	Total
MMTP packet count (packets)	7.91×10^4	1.93×10^3	1.17×10^2	2.40×10^2	8.14×10^4
Sum of MMTP packet size (bytes)	1.05×10^8	5.72×10^5	3.88×10^4	7.63×10^4	1.05×10^8
Sum of ES data size (bytes)	9.96×10^7	3.78×10^5			1.00×10^8
Sum of UDP/IP header size (bytes)	2.22×10^6	5.41×10^4			2.27×10^6
Sum of MMTP packet header size (bytes)	2.85×10^6	6.84×10^4			2.92×10^6
Sum of MPU metadata size (bytes)	6.62×10^4	4.30×10^4			1.09×10^5
Sum of fragment metadata size (bytes)	2.57×10^4	2.81×10^4			5.38×10^4
Sum of data unit header size (bytes)	1.11×10^6	2.59×10^4			1.13×10^6
Sum of overhead data size (bytes)	6.26×10^6	2.19×10^5	3.88×10^4	7.63×10^4	6.60×10^6

표 6. B사 MMTP 스트림 분석 결과

Table 6. Analysis of MMTP stream of B broadcaster

	Video	Audio	SLT	SLS	Total
MMTP packet count (packets)	7.95×10^4	2.67×10^2	1.66×10^2	3.37×10^2	8.27×10^4
Sum of MMTP packet size (bytes)	1.05×10^8	8.01×10^5	5.27×10^4	1.14×10^5	1.06×10^8
Sum of ES data size (bytes)	9.95×10^7	5.22×10^5			1.00×10^8
Sum of UDP/IP header size (bytes)	2.23×10^6	7.47×10^4			2.30×10^6
Sum of MMTP packet header size (bytes)	2.86×10^6	9.44×10^4			2.96×10^6
Sum of MPU metadata size (bytes)	9.41×10^4	6.08×10^4			1.55×10^5
Sum of fragment metadata size (bytes)	3.61×10^4	4.92×10^4			8.53×10^4
Sum of data unit header size (bytes)	1.11×10^6	3.57×10^4			1.15×10^6
Sum of overhead data size (bytes)	6.33×10^6	3.15×10^5	5.27×10^4	1.14×10^5	6.81×10^6

를 차지한다. 위와 같은 결과를 토대로 계산한 A사의 MMTP 스트림 전달 오버헤드는 다음과 같다.

전달 오버헤드

$$= \frac{\text{데이터 구조 및 전달로 인해 추가되는 바이트 수}}{\text{AV 스트림의 ES 바이트 수}} \\ = \frac{6.60 \times 10^6}{1.00 \times 10^8} \times 100\% = 6.596\%$$

표 6을 보면 총 패킷 수는 8.27×10^4 개, 총 패킷 크기는 1.06×10^8 바이트로 A사보다 많이 나타났으며 순수 ES의 크기는 1.00×10^8 바이트이다. 오버헤드를 차지하는 비율 순서에 대해서는 A사와 B사가 같은 결과를 보였다. 총 오버헤드 크기 중 94.023%는 헤더 오버헤드, 3.527%는 메타데이터, 2.450%는 시그널링으로 나타났다. 역시 가장 많은 비중을 차지한 헤더 오버헤드는 각 헤더 별로 MMTP헤더 2.96 x 106바이트 43.456%, UDP/IP 헤더 2.00 x 106바이트 33.767%, DU 헤더 1.15 x 106바이트 16.883%를 나타냈다. 다음으로 메타데이터가 총 2.40 x 105바이트, 시그널링이 5.32 x 104바이트를 보였다. 총 오버헤드 크기는 6.81 x 106바이트로 모든 MMTP 패킷의 바이트 중 약 6.506%를 차지한다. 위와 같은 결과를 토대로 계산한 B사의 MMTP 스트림 전달 오버헤드는 다음과 같다.

전달 오버헤드

$$= \frac{\text{데이터 구조 및 전달로 인해 추가되는 바이트 수}}{\text{AV 스트림의 ES 바이트 수}} \\ = \frac{6.81 \times 10^6}{1.00 \times 10^8} \times 100\% = 6.847\%$$

표 5와 표 6을 비교해보면 표 5의 결과가 좀 더 낮은 전달 오버헤드를 보인다. 이는 B사의 스트림에서 더 많은 개수의 SLT, SLS가 발견되고 더 많은 크기의 메타데이터를 보이기 때문으로 추정된다. 메타데이터의 경우 전송하는 미디어 데이터 파일에 따라 달라지므로 같은 미디어 데이터를 비교하는 것이 필요하다. 또한 B사의 스트림에서 더 많은 수의 오디오 데이터를 추출했는데, 오디오의 경우 패킷의 최대 크기인 MTU만큼 채워지지 않을 경우 ES 대비 헤

더의 크기가 비디오보다 큰 경향을 보였기 때문에 이 또한 전달 오버헤드 결과에 영향을 미쳤을 것으로 보인다.

5. 프로토콜 별 전달 오버헤드 비교 분석

앞서 분석한 2, 3, 4절의 결과를 보면 방송사 사이의 전달 오버헤드 차이를 고려하더라도 MPEG-2 TS 전달 오버헤드가 가장 적은 값을 나타냈고 다음으로 ROUTE, MMT가 뒤를 이었다. MPEG-2 TS의 경우 고정 비트율을 위한 널 패킷을 오버헤드에서 제외하였고, UDP/IP를 통하지 않고 전송되며 각종 메타데이터를 포함하고 있지 않아 오버헤드 면에서 유리한 점이 있었기 때문에 가장 적은 값을 보였다. ROUTE와 MMT에 대해서는 MMT의 전달 오버헤드가 상대적으로 크게 보였으며 이는 헤더 오버헤드의 크기 차이로 인한 결과로 보인다. MMT는 설계 당시부터 방송통신 융합 환경과 그 외 새로운 방송 서비스에 용이하도록 캡슐화와 컨트롤, 전송 방식이 정해졌기 때문에 MPU의 메타데이터와 ES를 각기 다른 패킷으로 전송하며 미디어 데이터가 포함된 패킷의 경우 메타데이터의 일부 내용을 추가 헤더로 갖는다. 또한 두 방송사 모두 MMT를 이용한 방송 서비스 시 패킷의 최대 크기를 ROUTE에 비해 적게 보낸 것을 확인할 수 있었는데, 이는 한 패킷에 전달할 수 있는 데이터의 양이 적다는 것을 의미하므로 더 많은 헤더 오버헤드가 나타날 수 있고, 따라서 스트림 제작 환경에 따라 유동적인 차이를 가질 수 있음을 확인할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 기존 방송 서비스에서 주로 사용되던 MPEG-2 TS와 차세대 전송으로 사용되고 있는 ROUTE, MMT의 전달 오버헤드를 비교하였다. MPEG-2 TS와 ROUTE/MMT를 비교해서는 고정길이와 MTU 크기 같은 상충 용인도 있었으나, UDP/IP를 통한 전달, ISOBMFF 미디어 포맷 사용과 같은 요인으로 ROUTE/MMT의 전달 오버헤드가 더 많음을 보였다. ROUTE와 MMT 간 비교는 서로 다른 MTU 크기, 메타데이터의 패킷화 방식, 미디어 데이터마다 붙는 추가 헤더로 인해 ROUTE가 좀 더 적은 전

달 오버헤드를 보였다. 그러나 일반적인 AV 서비스가 아닌 방송통신 융합 환경에서 제공되는 하이브리드서비스 또는 부가서비스 측면에서의 장단점이 다르므로 여러 서비스와 다양한 환경에 따른 오버헤드에 대한 연구 또한 필요하다.

참 고 문 헌 (References)

- [1] ISO/IEC 13818-1, *Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information - Part 1: Systems, the International Organization for Standardization*, 2007.
- [2] ISO/IEC 23008-1, *Information technology - High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments - Part 1: MPEG media transport, the International Organization for Standardization*, 2014.
- [3] ATSC Standard, *ATSC Proposed Standard: Signaling, Delivery, Synchronization, and Error Protection (A/331)*, A/331, 2017.
- [4] TTAK.KO-07.127/R1, *Transmission and Reception for Terrestrial UHDTV Broadcasting Service*, 2016.
- [5] ISO/IEC 23009-1, *Information technology - Dynamic adaptive streaming over HTTP (DASH) - Part 1: Media presentation description and segment formats, the International Organization for Standardization*, 2014.
- [6] TTAK.KO-07.0014/R4, *Standard of Transmission and Reception for Digital Terrestrial Television Broadcasting*, 2012.
- [7] ISO/IEC 14496-12, *Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 12: ISO base media file format, the International Organization for Standardization*, 2015.
- [8] M. Park, Y. Kim, "An Overhead Comparison of MMT and MPEG-2 TS in Broadcast Services", *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 21, No.3, pp.436-449, May 2016.
- [9] Y. Sohn, M. Cho, J. Paik, "Design of MMT-based Broadcasting System for UHD Video Streaming over Heterogeneous Networks", *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 20, No.1, pp.16-25, Jan. 2015.
- [10] M. Park, Y. Kim, "MMT-based Broadcasting Services Combined with MPEG-DASH", *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 20, No.2, pp.283-299, Mar. 2015.
- [11] N. Kim, B. Bae, "A Transport Overhead Analysis in Terrestrial UHD Broadcast A/V Stream", *Proceeding of Conference, Broadcasting and media*, Jeju, Korea, pp. 44-45, June 2017.
- [12] H. An, D. Kang, K. Kim, "Method of Delivering DASH Segments based on MMTP for Re-use of DASH Contents under MMT Broadcasting Environment", *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 22, No.5, pp.548-559, Sep. 2017.
- [13] S. Song, J. Bang, J. Paik, "Design and Implementation of Receiver's Buffer Model for Stably Receiving a Hierarchically Encoded UHD Content Based on MMT", *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 22, No.5, pp.570-577, Sep. 2017.
- [14] I. Cho, S. Hahm, S. Kim, B. Kim, S. Jeon, "Terrestrial 4K UHD Live Broadcasting of Sports", *Journal of Broadcast Engineering*, Vol. 20, No.1, pp.26-39, Jan. 2015.

저 자 소 개



김 나 연

- 2015년 2월 : 충북대학교 정보통신공학부 학사 졸업
- 2015년 5월 ~ 2016년 4월 : 한국전자통신연구원 인턴연수생
- 2016년 9월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교(UST) 이동통신 및 디지털방송공학 석사과정
- 주관심분야 : 차세대 방송통신, MPEG, 멀티미디어 시스템



배 병 준

- 1997년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사 졸업
- 2006년 8월 : 경북대학교 전자공학과 박사 졸업
- 1997년 2월 ~ 2000년 10월 : ㈜엘지전자 주임연구원
- 2000년 11월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 미디어연구본부 책임연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교(UST) 이동통신 및 디지털방송공학 겸임교수
- 2015년 4월 ~ 현재 : 한국정보통신기술협회(TTA) PG802(지상파방송PG) 간사
- 2016년 9월 ~ 현재 : 미래방송미디어표준포럼 UHDTV분과 코덱&시스템즈 WG 의장
- 주관심분야 : UHDTV 방송 기술, 하이브리드 방송서비스, 멀티미디어 시스템