

새로운 방송 플랫폼, Video over IP 전송 기술

신화철 (주)피아인인터내셔널 이사

개요

방송 시장은 현재 방송기술의 혁신적인 발전에 따라 4K/UHD, 8K 등 초고화질 방송을 요구하고 있다. 이런 요구에 따라 방송 환경 또한 진화해야 하는데, 이전보다 4배 또는 8배가량 더 많은 데이터를 처리해야 하는 부담을 갖고 있다. 즉, 기존 BNC를 이용할 경우 신호당 4개 또는 8개의 케이블을 이용하므로 이로 인해 관리, 전송거리 제약 및 공간 효율성이 떨어지며, 현 시스템보다 엄청나게 투자 비용이 증가할 것으로 예상된다.

이런 문제점 및 불편함을 해결하기 위해 대두되고 있는 것이 IP를 통한 방송 신호의 전송기술이며, 기존과 다른 새로운 방송 플랫폼을 제시하고 있다. 현재 HD 시스템보다 많은 데이터를 IP 패킷으로 스위칭하여 라우터 크기를 줄이고, 공간 효율성도 높일 수 있다는 것이다. 또한 이미 네트워크화로 진행 중인 방송 환경과 잘 맞아떨어진다고 볼 수 있다.

SMPTE 2022-6 Video over IP

우선, IP를 통한 비디오 전송 기술을 알아보려고 한다. 이를 정의하고 있는 것이 SMPTE 2022이며, [표 1]과 같다.

간단히 SMPTE 2022의 역사를 살펴보면, Pro-MPEG Forum에서 출발하였으며 CoP3로 불린다. 그리고 VSF(Video Services Forum)에서 작업하여 표준화가 진행되었다.

SMPTE family	Content	Remark
SMPTE2022-1	MPEG2 TS CBR FEC	Compressed signal
SMPTE2022-2	MPEG2 TS CBR Encapsulation	Compressed signal
SMPTE2022-3	MPEG2 TS VBR Encapsulation & FEC	Piecewise constant VBR
SMPTE2022-4	MPEG2 TS VBR Encapsulation & FEC	Non-Piecewise constant VBR
SMPTE2022-5	HBRMT(High Bitrate Media Transport) FEC	Uncompressed Video
SMPTE2022-6	HBRMT(High Bitrate Media Transport) Encapsulation	Uncompressed Video
SMPTE2022-7	HBR Hitless Encapsulation	Uncompressed Video

[표 1] SMPTE2022 standard family

[표 1]에서 보듯이 SMPTE1~4까지는 MPEG으로 압축된 낮은 비트율의 TS 신호를 IP화하여 전송하는 것으로, 이미 우리가 인터넷 환경에서 많이 보고 있는 것이다. SMPTE5~6은 IP 네트워크를 통한 높은 비트율을 가진 SD/HD/3G 비디오/오디오의 실시간 전송에 대한 사용할 수 있는 전송 프로토콜을 설명하고 있다. 이 표준은 하나의 스트림으로 모든 VANC, HANC 신호를 포함하는 시리얼 디지털 인터페이스 신호 전체를 압축하지 않고 페이로드로 캡슐화하는 것이다.

[표 2]는 SMPTE2022-6 계층 모델로 최외곽에서 내각으로 각 계층을 살펴보면, 이더넷, IP, UDP, RTP, HBRMT 및 마지막으로 SDI 페이로드로 구성된다.

layer	Abbreviation	Full name	Standard	Length
Application	SDI(Payload)	Serial Digital Interface	SMPTE259M, 292M, 424M	1376
	HBRMT	High Bitrate Media Transport	SMPTE2022-6	8-16 *
	RTP	Real-Time Transport Protocol	RFC3550	12 *
Transport	UDP	User Datagram Protocol	RFC768	8
Internet	IP	Internet Protocol(IPv4/v6)	RFC791/2460	20/40 *
Link	MAC	Media Access Control (Ethernet)	IEEE802.3	42

【표 2】 SMPTE2022-6 layer 모델

* 선택적 가변필드

[표 3]은 3개의 일반적인 SDI 속도에 대한 데이터 수용 결과를 보여주며, 기존 1대 1일 전송을 하는 BNC 체계와 다르게 10GE 또는 100GE를 통한 여러 SDI를 동시 전송할 수 있다는 것이다.

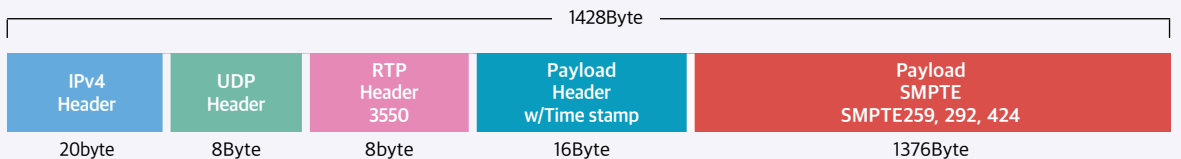
SDI format	Speed	Packets/frame	Packets/Sec	Streams		
				1GE	10GE	100GE
SD	270Mbit/s	818	24528	3	33	335
HD	1.485Gbit/s	2249	134902		6	60
3G	2.970Gbit/s	4497	269804		3	30

【표 3】 SMPTE2022 standard family

* 비디오 포맷에 따라 프레임당 패킷은 달라짐.

1) IP 캡슐화 구조

모든 데이터 작은 패킷으로(일반적으로 1500바이트 이하) 여러 프로토콜 열 계층을 포함한다. 따라서, IP 패킷을 여러 다른 프로토콜 헤더와 함께 시작하고 마지막으로 가장 안쪽 계층에 실제 페이로드를 포함한다. 이 페이로드는 1376바이트를 구성되며, 실제 데이터가 1376바이트로 끝나지 않을 경우 널(Null) 패킷으로 채워 1376바이트를 구성한다.



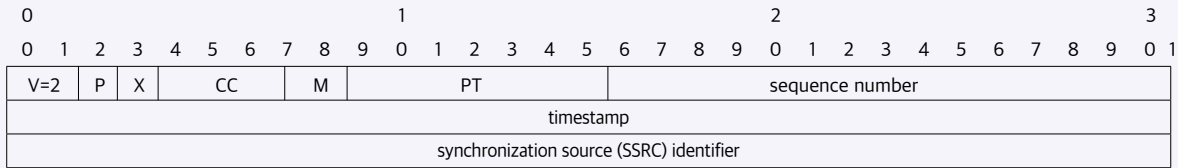
【그림 1】 SMPTE 2022-6 IP 패킷 구조

RTP/UDP/IP header

미디어 및 FEC 데이터그램에 전송을 위한 IP/UDP/RTP를 요구하며, 상호 운용성을 위해 장비는, 송수신 간의 주요 RTP 통신에만 의존한다. 미디어 데이터그램에 대한 UDP 포트 번호는 고유하며, 행 FEC와 열 FEC에 대한 데이터그램의 UDP 포트 번호와 다르다. 미디어 데이터그램에 대한 UDP 포트 번호보다 Colum(행), FEC, UDP 포트 번호는 +2, Row(열) FEC UDP 포트 번호는 +4 이상이 되어야 한다.

RTP 헤더를 살펴보면 다음페이지의 그림과 같은 구조로 되어 있다.

V는 2비트 필드로 RTP의 버전을 식별한다. P는 1비트로 패딩 없는 경우 0으로, 패딩이 사용된 경우 1로 설정된다. 패딩 비트가 설정되어 있는 경우 데이터그램은 하나 또는 그 이상의 패딩 바이트를 마지막 부분에 포함하며, 이 값은 실제 페이로드는 아니다. 패딩의 마지막 바이트는 자신을 포함하여 얼마나 많은 패딩 바이트를 무시 하여야 하는지를 알려준다. X는 1비트가 0으로 설정, 추가적인 헤



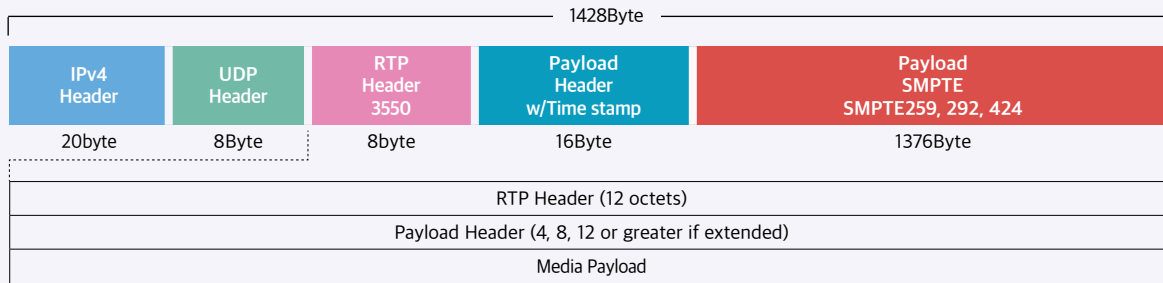
더의 확장이 없음을 알려준다. CC는 4비트로 CSRC 수를 나타내며, 0으로 설정한다. 미디어 데이터그램에는 CSRC 목록이 없다. M은 마커 비트로 비디오 프레임의 마지막 미디어 데이터그램 표시하기 위해 1로 설정한다. 그리고 모든 다른 미디어 데이터그램 (RFC 3497에 정의 된) 대로 0으로 설정한다.

PT(Payload type)는 7비트로 RTP 페이로드 형식을 식별하고, 응용 프로그램에 의해 그것의 해석을 결정한다. 98인 경우 HBRMT 비압축 SDI를, 99인 경우 SMPTE 2022-5 FEC를 가리킨다. Sequence number는 16비트로 RTP 시퀀스 카운터에 대한 낮은 순서 비트인데, 시퀀스 번호는 전송되는 각 RTP 데이터그램에 대해 하나씩 증가한다.

Timestamp는 32비트로 전송 동기화를 위해 사용되는 것으로, RTP 타임스탬프 지원 수신기에서 데이터그램 버퍼 관리와 함께 선택적으로 보호 스위칭을 위한 수신된 데이터그램의 식별에 사용된다. SSRC는 32비트로 동기화 소스를 식별하며, RFC 3550 규격에 따른다.

2) 미디어 데이터그램(Media Datagram)

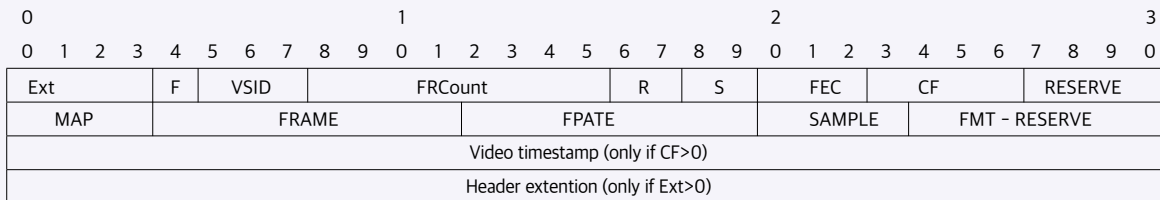
미디어 데이터그램은 실제 압축되지 않은 비디오를 실시간 전송하는 것으로 SD(270Mbps), HD(1.5Gbps), 3G(2.97Gbps)를 페이로드에 1376바이트 단위로 나누어 실는다.



[그림 2] 미디어 데이터그램 구조

High Bit Rate Media Payload Header

실제 전송되는 비디오 페이로드의 정보를 포함하는 것으로, 몇 가지 살펴보면 다음과 같다.



(1) FEC

3 비트 필드는 송신에서 FEC 스트림이 미디어 스트림에 연관된 여부를 식별하는 것으로 아래와 같다.

000 = No FEC stream

001 = L (Column) FEC 사용됨

010 = L & D (Column & Row) FEC 사용됨.

(2) MAP 코드

MAP 코드는 데이터그램에서 비디오 최상위 구조를 알려준다.

0x00	Direct sample structure as per SMPTE ST 292-1, SMPTE ST 425-1 Level A, etc.
0x01	SMPTE ST 425-1 Level B-DL Mapping of ST 372 Dual-Link
0x02	SMPTE ST 425-1 Level B-DS Mapping of two ST 292-1 Streams
0x03-0x0F	Reserved

[표 4] MAP 코드에 따른 비디오 맵핑

(3) FRAME

8비트 필드로 전송되는 페이로드 비디오에 픽셀 구조를 나타낸다.

FRAME code	Horizontal Active	Vertical Active	Vertical Total	Sampling Structure	Transport Structure
0x00	Unknown/Unspecified Frame Structure				
0x01-0x0F	Reserved				
0x10	720	486	525	Interlace	Interlace
0x11	720	576	625	Interlace	Interlace
0x12-0x1F	Reserved				
0x20	1920	1080	1125	Interlace	Interlace
0x21	1920	1080	1125	Progressive	Progressive
0x22	1920	1080	1125	Progressive	Interlace (Segmented)
0x23	2048	1080	1125	Progressive	Progressive
0x24	2048	1080	1125	Progressive	Interlace (Segmented)
0x25-0x2F	Reserved				
0x30	1280	720	750	Progressive	Progressive
0x31-0xFF	Reserved				

[표 5] 페이로드 비디오의 픽셀 구조

(4) Sample

4비트 필드로 전송되는 페이로드의 샘플링 구조를 나타낸다.

SAMPLE code	Sampling Structure	Bit Depth
0x00	Unknown/Unspecified	
0x01	4:2:2	10bits
0x02	4:4:4	10bits
0x03	4:4:4:4	10bits
0x04	Reserved	
0x05	4:2:2	12bits
0x06	4:4:4	12bits
0x07	4:4:4:4	12bits
0x08	4:2:2:4	12bits
0x09-0x0F	Reserved for future use	

[표 6] 페이로드 비디오의 샘플링 구조

(5) Video Timestamp

32비트로 수신기에서 전송된 비디오 클럭을 재생하기 위해 사용된다.

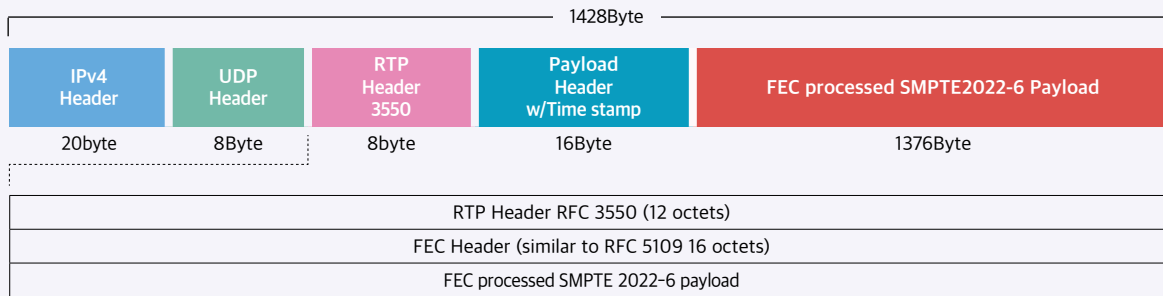
High Bit Rate Media Payload

페이로드 헤더에서 프레임에 정의된 FRATE, 샘플 필드 대로 휘도 및 색차 신호의 10비트 또는 12비트 샘플을 포함한다. 샘플 워드는 그들의 원래 모양에서 전송되어야 하며, NRZI 인코딩/스크램블을 포함하지 않는다. 모든 TRS, VANC와 HANC 미디어 데이터 페이로드에 포함되어야 한다.

Nominal Payload 1376 Octets	
Media Data 1376 Octets	
Last Payload of Media Frame	
Media Data payload	Reserved

3) 에러 교정(FEC)

SMPT 2022-6 비압축 SDI를 전송하는 UDP/IP 프로토콜은 신뢰할 수 있는 프로토콜이 아니다. 모든 패킷이 올바른 순서로 도착한다는 기본 제공 메커니즘이 없다는 것이다. 물론, RTP 계층에서 번호 매기기 순서를 통해 패킷의 순서를 복원할 수는 있다. 하지만 패킷 손실 문제가 남아 있다. 제조 업체는 대역폭을 초과하지 않는 범위 내에서 패킷 손실이 없는 네트워크 관리 및 구축을 주장하고 있다. 손실 네트워크상에서 SMPT 2022-5는 XOR 기반의 1차원 또는 2차원 순방향 오류 정정(FEC) 구성표를 제공한다. 이것으로 인해 네트워크의 오버 헤드, 추가적인 지연 및 전력 계산을 추가해야 한다.



[그림 3] FEC 데이터그램 구조

FEC의 제약 사항을 살펴보면, Column FEC인 경우, $1 \leq L \leq 1020$ $4 \leq D \leq 255$ 로 제한된다. Column & Row FEC 인 경우, $4 \leq L \leq 1020$ $4 \leq D \leq 255$ 로 제한하여야 한다. 최대 FEC 매트릭스는 6000 데이터그램으로 제한되며, 각 SDI별 제한되는 것은 [표 7]과 같다.

(SD) signals (270Mb/s)	(L x D)	≤ 1500
(HD) signals (1.485Mb/s)	(L x D)	≤ 3000
Gigabit (3G) signals (2.97Gb/s)	(L x D)	≤ 6000

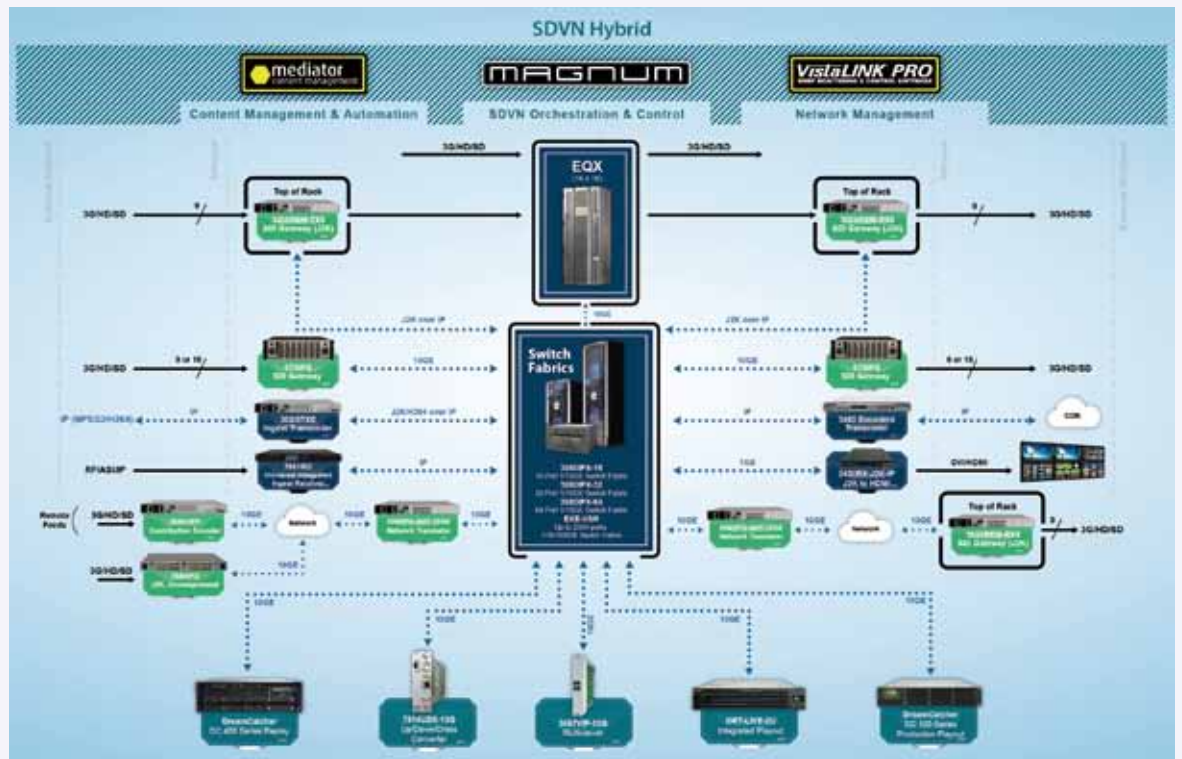
[표 7] SDI별 FEC 데이터그램의 제한.

FEC는 짧은 기간 동안 중단 및 고립된 임의의 데이터 그램 손실을 교정하기 위해 사용되며, 데이터 비트율에 따른 최대 교정 시간은 270Mb/s(SD-SDI)일 때 최대 33ms, 1.485Gb/s(HD-SDI 1080i)일 때 최대 6ms, 2.97Gb/s(3G-SDI 1080p)일 때 최대 3ms이다.

마치며

이런 IP를 통한 비디오 신호의 전송은 다가올 UHD/4K, 8K에서만 사용하는 것이 아니라 현재 시스템인 HD/SD/ASI 환경에서도 사용이 가능하다는 것이다. 이더넷의 역사를 보더라도 장비 가격이 급속도로 떨어졌으며, HD, 3G SDI 데이터를 전송하기 위한 10GE 또

한 SDI 하드웨어 수준으로 조만간 가격이 떨어질 것으로 전망되며, 기술의 발전에 따른 100GE도 함께 더 떨어질 것으로 예상된다. 새로운 기술 트렌드로 자리 잡고 있는 IT 네트워킹에서 Evertz 사는 방송 장비 업계 최초로 SDN(Software Defined Network)을 기반으로 한 SDVN(Software Defined Video Network) 시스템을 개발하였으며, IP 라우터/IP gateway 장비 등을 전 세계 방송사에 공급하고 있다. 이는 기존 HD/3G 시스템뿐만 아니라, 지금 대두되고 있는 4K/8K, 또는 그 이상의 초고화질 시장에 대응할 수 있다는 것이다. SDVN 시스템은 Evertz 사의 Magnum controller가 통합 제어하는 것으로, IP 라우팅, Gateway 서비스, playout 서비스, 포맷 변환 서비스, Production 서비스, Storage 서비스, Transcoding 서비스, 모니터링 서비스를 제공하고 있다. 



[그림 4] Evertz SDVN 솔루션

참고 사이트

<https://tools.ietf.org/html/rfc3550>
<http://www.tvtechnology.com/>
<https://tech.ebu.ch/Tech review-SDI over IP>