

IP 방송제작 기술 16

SMPTE ST 2022-5/6 Part 1

글. 조인준 KBS 미디어기술연구소 차장

지난 연재를 통해서 소개해 드린 SMPTE ST 2022-1부터 2022-4까지의 표준은 압축된 비디오/오디오 데이터를 MPEG-2 TS를 통해 IP로 전송하는 것에 관한 내용이었습니다. 압축 데이터 전송에 관련된 내용이다 보니 실제 스튜디오나 부조정실 같은 제작현장과는 거리감이 있었는데, 이번 연재부터 소개해 드릴 내용인 SMPTE ST 2022-5와 SMPTE ST 2022-6은 무압축 비디오/오디오 신호의 IP 전송에 관한 내용입니다. 미리 힌트를 드리자면 SMPTE ST 2022-6은 SDI 신호와 동일한 데이터를 무압축 IP 전송하는 방법에 관한 표준입니다. SDI 포맷의 데이터를 무압축 IP 전송하니 방송 제작과 매우 친근하게 느껴지지 않나요? 그럼 자세한 이야기를 시작하기 전에 앞으로 다룰 표준에 대해 간단히 소개하겠습니다. SMPTE ST 2022-5 표준 문서의 제목은 ‘Forward Error Correction for Transport of High Bit Rate Media Signals over IP Networks’로써 무압축 비디오/오디오 신호를 SMPTE ST 2022-6 표준에 따라 전송할 때 적용하는 순방향 오류제어(Forward Error Correction)에 관한 사항을 정의하고 있으며, SMPTE ST 2022-6 표준 문서의 제목은 ‘Transport of High Bit Rate Media Signals over IP Networks’로써 SDI 신호와 동일한 데이터를 IP 패킷으로 만들어 전송하는 방법에 관한 사항을 정의하고 있습니다. SMPTE ST 2022-5와 2022-6은 내용상으로 분리가 힘들어 같이 묶어서 다룰 것이며, SMPTE ST 2022-5는 SMPTE ST 2022-6의 내용을 알아야 쉽게 이해가 되므로 우선 SMPTE ST 2022-6에 대해 설명한 후 SMPTE ST 2022-5에 관한 내용을 이어가겠습니다.

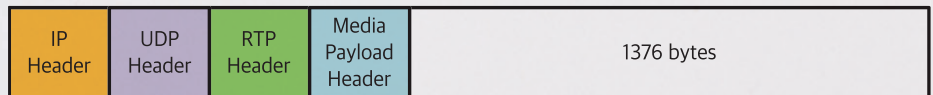


그림 1. SMPTE ST 2022-6 IP 패킷 형태

[그림 1]은 SMPTE ST 2022-6의 표준이 정의하는 무압축 비디오/오디오 전송을 위한 IP 패킷 형태입니다. SMPTE ST 2022 방식으로 MPEG-2 TS를 전송하기 위한 IP 패킷과 마찬가지로 IP/UDP/RTP 헤더를 가지고 있지만, RTP 헤더 이후에 Media Payload 헤더와 현재 방송제작에 쓰이는 SDI

신호 데이터를 그대로 1376바이트씩 나누어 붙인 부분이 MPEG-2 TS를 전송하는 IP 패킷과 다릅니다. [그림 1]에서 SDI 신호 데이터를 1376바이트씩 나누어 전송하는 이유는 1500바이트 이하가 되어야 대부분의 네트워크에서 조각으로 나뉘지 않고 전송되기 때문이라고 합니다.

이전의 SMPTE ST 2022 관련 연재에서는 RTP 헤더의 상세한 내용을 다루지 않았지만, SMPTE ST 2022-6 표준의 이해에는 어느 정도 RTP 헤더의 구조를 설명하는 것이 필요하여 [그림 2]에 RTP 헤더의 구조를 표시했습니다. RTP 헤더는 12바이트로 이루어져 있으며 헤더 안의 각 필드의 내용은 아래와 같습니다.

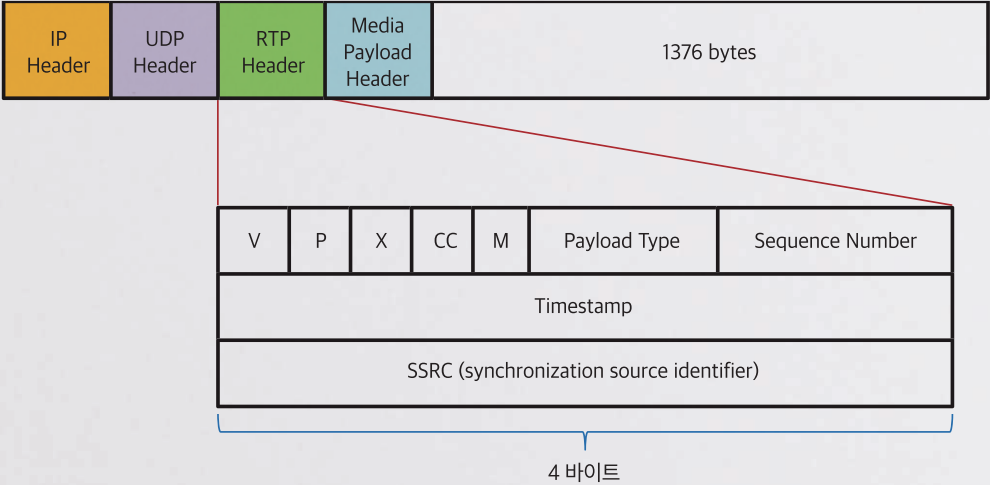


그림 2. SMPTE 2022-6의 RTP 헤더 구조

• SMPTE ST 2022-6 RTP 헤더

V (Version)	RTP 버전을 나타내는 2비트 필드이며 현재 SMPTE 2022-6에서 사용하는 값은 2임
P (Padding)	- RTP로 전송되는 데이터 뒤에 추가로 패딩 되는 데이터 유무를 나타내는 1비트 필드 0이면 패딩 데이터 없음 1이면 패딩 데이터 있음
X (Extension)	헤더 확장 여부를 나타내는 1비트 필드이며, SMPTE ST 2022-6에서는 0으로 사용
CC (Contributor Source Identifier Counter)	4비트 데이터 필드 - SMPTE ST 2022-6에서는 0으로 고정(사용하지 않음)
M (Marker)	- 비디오 프레임의 마지막 데이터를 나타내는 1비트 필드 - 해당 패킷이 비디오 프레임의 마지막 데이터일 경우 1 - 그 이외의 경우는 0
Payload Type	[그림 1]의 1376바이트 공간에 실리는 데이터를 식별하기 위한 7비트 필드 27MHz Clock 기반의 고용량 미디어 데이터 : 필드 값을 98로 세팅 (예 : SDI 신호 포맷의 데이터 전송) 27MHz Clock 기반의 고용량 미디어 데이터 FEC : 필드 값을 99로 세팅 (예 : 전송되는 SDI 신호 포맷의 데이터를 위한 FEC 전송)
Sequence Number	- RTP로 전송되는 패킷의 순서를 구분하기 위한 16비트 필드 - 패킷을 보낼 때마다 1씩 증가
Timestamp	- RTP 패킷의 첫 바이트가 송신단에서 처리된 시점을 나타내는 32비트 필드 - 초기값은 랜덤으로 정해지며, 통상적으로 카운터에 의해 1씩 증가됨
SSRC	- 데이터 송신 소스 ID를 위한 32비트 필드 - 각각의 발송 소스는 무작위 SSRC ID를 가지며, 중복 ID는 없음

SMPTE ST 2022-6 RTP 헤더의 구조에서 알 수 있듯이 RTP 헤더는 전송되는 데이터의 종류와 조각조각 나뉘어 전송되는 비디오 프레임 데이터의 순서 등에 관한 정보만 제공하고 있습니다. 하지만 SDI 신호의 경우 여러 가지 해상도와 주파수의 비디오 포맷을 제공하고 있어서 이에 대한 정보를 추가로 제공하는 헤더가 필요합니다. 그래서 RTP 헤더 뒤에 [그림 3]과 같은 Media Payload 헤더가 다시 붙게 되며, 각 필드의 내용은 다음과 같습니다.

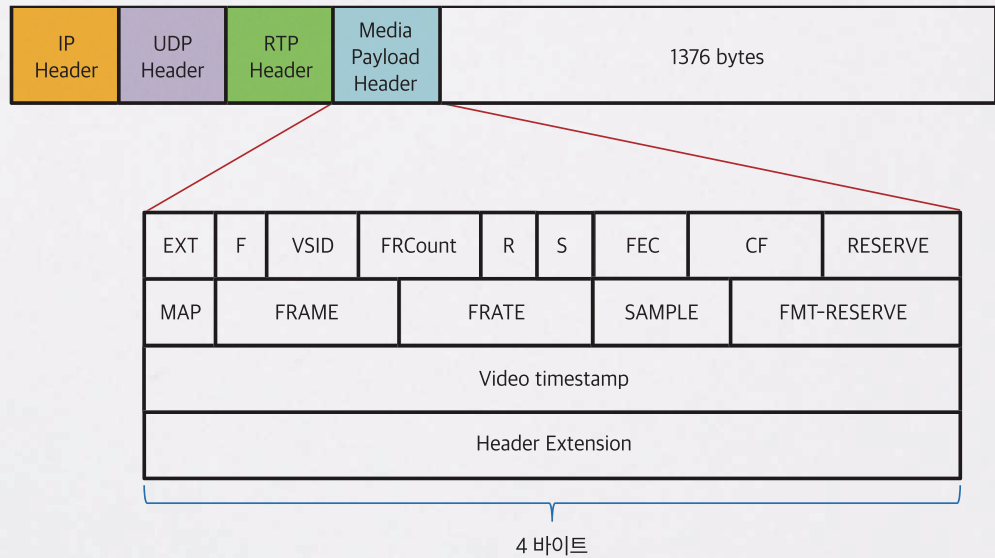


그림 3. SMPTE ST 2022-6 Media Payload Header 구조

• SMPTE ST 2022-6 Media Payload 헤더

EXT (extension field)	• 헤더 확장 여부를 나타내는 4비트 필드 • 이진수로 0001~1111까지의 값을 가지며 해당 필드 값의 4배에 해당하는 바이트 수 만큼 헤더가 확장
F (video source format)	• 비디오 소스 포맷의 존재 여부를 나타내는 1비트 필드 • SMPTE ST 2022-6에서는 값이 1로 고정
VSID (video source ID)	• 추후 설명될 SMPTE ST 2022-7에서 정의하는 스트림 이중화 여부를 나타내는 3비트 필드 • 이중화 스트림을 사용하는 경우 메인 스트림은 이진수로 000 • 이중화 스트림을 사용하는 경우 백업 스트림은 이진수로 001 • 나머지 값은 Reserved
FRCCount (frame count)	• 비디오 프레임 카운터를 위한 8비트 필드 • RTP 헤더에서 비디오 프레임의 마지막 데이터를 알리는 M 필드가 1로 된 패킷 이후에 1씩 증가 • 8비트이므로 0~255 사이의 값만 가질 수 있어서 255 이후는 다시 0에서 시작
R (reference for time stamp)	• 타임스탬프 발생의 기준 소스를 나타내는 2비트 필드 • 이진수 00 : 타임스탬프 기준 소스가 없음 • 이진수 01 : Reserved • 이진수 10 : UTC 기반의 기준 소스 사용 • 이진수 11 : 로컬 기준 소스 사용
S (video payload scrambling)	• 전송되는 비디오 데이터의 스크램블 정보를 담은 2비트 필드 • SMPTE ST 2022-6에서는 0의 값으로 고정 • 이진수 00 : 스크램블 적용 안 함 • 이진수 01 ~ 11 : Reserved
FEC (FEC usage)	• FEC를 위한 스트림을 사용하는지 여부에 관한 정보를 담은 3비트 필드 • 이진수 000 : FEC 스트림 사용 안 함 • 이진수 001 : 수직 방향 FEC 사용 • 이진수 010 : 수직/수평 방향 FEC 사용 • 나머지 값은 Reserved

CF (Clock Frequency)	• 전송되는 비디오 워드(10비트)의 클럭 주파수를 나타내는 4비트 필드 • 이진수 0000 : 타임스탬프 없음 • 이진수 0001 : 27MHz - SD-SDI 전송은 270Mbps이므로 이를 10비트인 비디오 워드로 환산하면 27MHz • 이진수 0010 & 0011 : 각각 148.5MHz, 148.5/1.001MHz - HD-SDI는 1.485 또는 1.485/1.001Gbps - 1.485 또는 1.485/1.001Gbps는 비디오 워드로 148.5 또는 148.5/1.001MHz • 이진수 0100 & 0101 : 각각 297MHz, 297/1.001MHz - 3G-SDI는 2.97 또는 2.97/1.001Gbps - 2.97 또는 2.97/1.001Gbps는 비디오 워드로 297 또는 297/1.001MHz • 이진수 0110~1111 : Reserved
RESERVE (reserved)	• 예비로 비워둔 필드이며 현재 표준에서는 0으로 채움
MAP	• SMPTE ST 2022-6으로 전송되는 SDI 포맷 데이터의 매핑 구조를 나타내는 4비트 필드 • 이진수 0000 : HD-SDI, 3G-SDI 레벨 A 매핑 • 이진수 0001 : 3G-SDI 레벨 B 듀얼 링크 매핑 • 이진수 0010 : 3G-SDI 레벨 B 듀얼 스트림 매핑 • 나머지 값 : Reserved
FRAME	• 전송되는 SDI 포맷 데이터의 비디오 데이터 포맷을 나타내는 8비트 필드 • [표 1]에 필드 값과 각각에 대응되는 비디오 데이터 포맷 정리
FRATE	• 전송되는 비디오의 프레임율을 나타내는 8비트 필드 • [표 2]에 필드 값과 각각에 대응되는 프레임율 정리
SAMPLE	• 전송되는 픽셀의 컬러 샘플링 정보 및 픽셀 비트 수를 담은 4비트 필드 • [표 3]에 필드 값과 각각에 대응되는 컬러 샘플링 포맷 및 픽셀 비트수 정리
Video timestamp	• 비디오 샘플링을 위한 Free Running Counter 값을 나타내는 32비트 필드 • 전송되는 비디오 데이터의 픽셀 중 앞선 패킷과 현재 패킷에 픽셀 정보가 분산되지 않고, 현재 패킷에 픽셀 정보가 온전히 담긴 픽셀 중 첫 번째 픽셀의 타임스탬프 값 • CF 필드 값이 0보다 클 때 사용
Header Extension	• EXT 필드가 0이 아닐 때 추가적 정보를 전달하기 위한 (1~15)×32비트 필드

이진수 값	픽셀 수 (Active 수평)	픽셀 수 (Active 수직)	총 픽셀 수 (수직)	영상 방식	전송 방식
0x00	알려지지 않은 포맷				
0x01~0x0F	Reserved				
0x10	720	486	525	인터레이스	인터레이스
0x11	720	576	625	인터레이스	인터레이스
0x12~0x1F	Reserved				
0x20	1920	1080	1125	인터레이스	인터레이스
0x21	1920	1080	1125	프로그레시브	프로그레시브
0x22	1080	1080	1125	프로그레시브	세그멘티드
0x23	2048	1080	1125	프로그레시브	프로그레시브
0x24	2048	1080	1125	프로그레시브	세그멘티드
0x25~0x2F	Reserved				
0x30	1280	720	750	프로그레시브	프로그레시브
0x31~0xFF	Reserved				

표 1

이진수 값	프레임율(Hz)
0x00	알려지지 않은 프레임율의 2.970GHz 신호
0x01	알려지지 않은 프레임율의 2.970/1.001GHz 신호
0x02	알려지지 않은 프레임율의 1.485GHz 신호
0x03	알려지지 않은 프레임율의 1.485/1.001GHz 신호
0x04	알려지지 않은 프레임율의 270MHz 신호
0x04~0x0F	Reserved
0x10	60
0x11	60/1.001
0x12	50
0x13	Reserved
0x14	48
0x15	48/1.001
0x16	30
0x17	30/1.001
0x18	25
0x19	Reserved
0x1A	24
0x1B	24/1.001
0x1C~0xFF	Reserved

표 2

이진수 값	컬러 샘플링	픽셀 비트 수
0000	알려지지 않은 포맷	
0001	4:2:2	10비트
0010	4:4:4	10비트
0011	4:4:4:4	10비트
0100	Reserved	
0101	4:2:2	12비트
0110	4:4:4	12비트
0111	4:4:4:4	12비트
1000	4:2:2:4	12비트
1001~1111	Reserved	

표 3

지금까지 현재 방송제작 현장에서 사용하고 있는 SDI 신호와 동일한 데이터를 IP로 전송하는 표준인 SMPTE ST 2022-6의 헤더 구조에 관해 다루었습니다. 지면 관계상 이번 연재는 헤더에 관한 설명으로 마무리하고, 다음 연재에서 [그림 1]의 1376바이트 공간에 어떻게 SDI 신호와 동일한 데이터가 실려서 전송되는지와 SMPTE ST 2022-6 방식으로 전송되는 데이터의 FEC(순방향 오류제어)에 관해 다루어 보겠습니다. 독자 여러분 건강하세요! 🍀