

IP 방송제작 기술 15

SMPTE ST 2022-4

글. 조인준 KBS 미디어기술연구소 차장

지난 연재에서는 SMPTE ST 2022-3 'Unidirectional Transport of Variable Bit Rate MPEG-2 Transport Streams on IP Networks'에 대해 소개해 드렸습니다. 제목이 의미하듯이 가변 비트율(Variable Bit Rate, 이하 VBR)인 MPEG-2 TS의 IP 네트워크 전송을 위한 표준입니다. 하지만 SMPTE ST 2022-3은 임의의 VBR MPEG-2 TS에 적용되는 표준이 아닌 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'인 MPEG-2 TS에 적용되는 표준이었습니다.

독자 여러분의 기억을 환기해드리기 위해 지난 연재의 내용을 다시 반복하면 SMPTE ST 2022-3에서 정의하는 'Piecewise Constant Variable Bit Rate'는 MPEG-2 TS 패킷 중 [그림 1]과 같이 비디오/오디오의 재생 시간 동기화를 위한 시간 정보인 PCR(Program Clock Reference)을 포함한 패킷 이후에만 비트율이 바뀌는 것을 의미합니다. 다시 말해 PCR을 포함한 패킷과 패킷 사이에서는 'Bit Rate'가 변하지 않으며, PCR을 모든 패킷에 넣을 필요는 없고 100ms에 1회 이상만 반복되도록 띄엄띄엄 넣으면 됩니다. 같은 시간에 부호화된 비디오/오디오 데이터가 하나의 스트림으로 전송 시에는 순차적으로 스트림 앞뒤에 실리게 되므로, 이 비디오/오디오 데이터를 수신받아 재생할 경우 재생 시간 동기화를 위해 PCR이 필요하다는 것도 지난 연재에서 설명하였습니다.

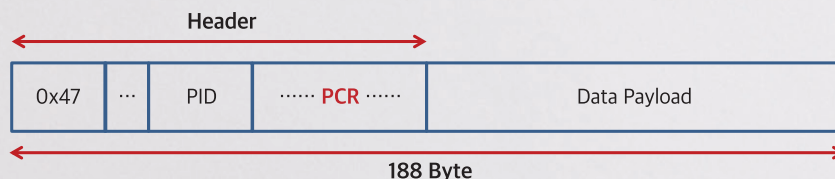


그림 1. MPEG-2 TS 패킷과 PCR (Program Clock Reference)

이에 반해 이번 연재에서 소개해드릴 SMPTE ST 2022-4 'Unidirectional Transport of Non-Piecewise Constant Variable Bit Rate MPEG-2 Streams on IP Networks'는 SMPTE ST 2022-3과 달리 'Piecewise Constant' 하지 않은 VBR MPEG-2 TS에 대한 전송표준입니다. 'Piecewise Constant' 하지 않은 MPEG-2 TS는 PCR을 포함하는 패킷과 패킷 사이에서도 비트율이 바뀌는 특

성을 가지며, 이로 인해 수신단에서 비디오/오디오를 동기화하기 위해 MPEG-2 TS의 송신단에서 시간과 관련된 부가적인 정보를 실어줘야 합니다. 그리고 SMPTE ST 2022-4는 바로 이 부가적인 정보에 관한 표준입니다.

SMPTE ST 2022-4

SMPTE ST 2022-4에서 정의한 시간 관련 부가정보를 설명하기 SMPTE ST 2022로 MPEG-2 TS를 전송하는 경우의 일반적 IP 패킷 구조를 [그림 2]에 나타내었습니다. [그림 2]에서 임의의 개수로 표현한 188바이트의 MPEG-2 TS 패킷들은 1~7개까지 하나의 IP 패킷으로 묶는 것이 가능합니다. [그림 2]의 일반적 구조에 SMPTE ST 2022-4가 적용되면 [그림 3]에서 붉은색 상자로 표시한 부분과 같이 IP 패킷의 뒷부분에 부가적인 데이터를 붙여서 전송합니다.

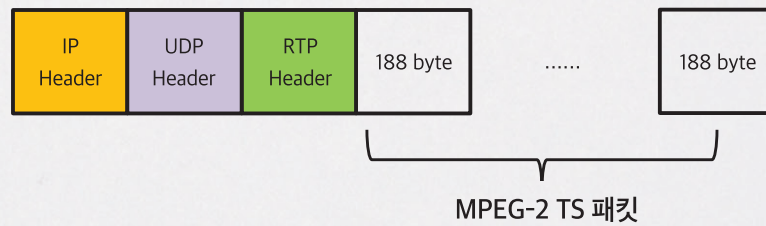


그림 2. SMPTE 2022-2/3/4 IP 패킷

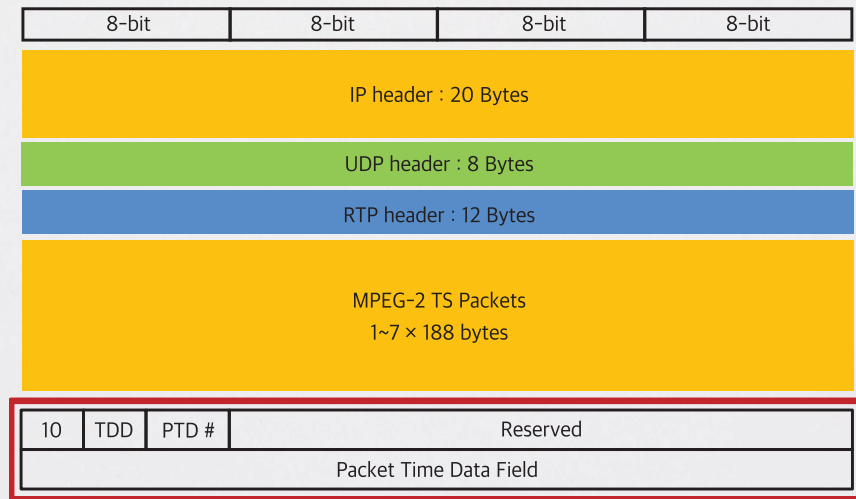


그림 3. SMPTE 2022-4를 위한 부가정보(붉은 테두리 안쪽)

TDD	내용
000	Reserved
001	Running TS Packet Counter
010	27MHz Clock Time Stamp
011	Reserved
100	Reserved
101	Reserved
110	Reserved
111	Reserved

표 1. TDD (Timing Data Descriptor)

[그림 3] 붉은 상자 내부 좌상단의 10은 십진수가 아닌 1과 0의 2비트 정보이며 IP 패킷 안에 포함된 MPEG-2 TS의 마지막을 알리는 역할을 합니다. 10 옆의 TDD는 Timing Data Descriptor의 약자로 Packet Time Data Field를 통해 전해지는 시간 정보의 종류를 알려주며, 그 내용은 [표 1]과 같습니다. 3비트로 표현할 수 있는 8가지 경우 중에 현재 TDD를 통해 구분되는 경우는 조금 허전해 보이지만 001의 Running TS Packet Counter와 010의 27MHz Clock Time Stamp 두 가지뿐이며, 나머지 여섯 가지 경우는 미래의 다른 옵션을 위해 유보되어 있습니다. 그리고 마지막으로 Packet Time Data Field는 TDD에 정의된 대로 Running TS Packet Counter 또는 27MHz Clock Time Stamp의 값을 담고 있으며 32비트가 할당되어 있습니다.

그렇다면 SMPTE ST 2022-4 에서는 어떤 경우에 Running TS Packet Counter를 쓰고 어떤 경우에 27MHz Clock Time Stamp를 쓸까요? 우선 Running TS Packet Counter를 쓰는 경우를 설명하기 위해 [그림 4]를 보겠습니다.

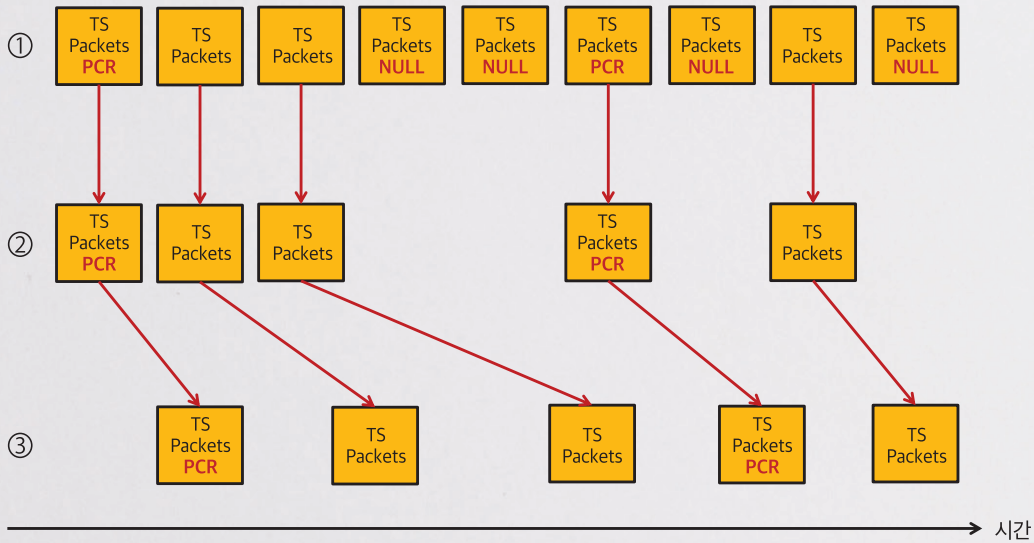


그림 4. Null 패킷을 포함한 CBR 스트림의 VBR 스트림화

[그림 4]의 ①은 비트율이 일정한 CBR의 MPEG-2 TS 패킷들이며 다수의 0으로 채워진 Null 패킷들을 가지고 있습니다. 그런데 아시다시피 0으로 채워진 패킷들은 아무 정보도 포함하지 않으므로 보내봐야 네트워크의 트래픽만 잡아먹고 아무 소용이 없습니다. 이 경우 Null 패킷들을 제거해서 ②와 같이 만들고, 이를 IP 네트워크 스위치를 통해 보내면 ③과 같이 시간 간격도 다소 흐트러져서 딱 보기에 VBR 데이터 스트림이 됩니다. ③의 스트림을 수신한 쪽에서는 ①과 같은 원래의 스트림을 복원할 수 있어야 온전한 비디오/오디오 데이터를 수신한 것이 되고, PCR을 기반으로 동기를 맞춰 재생할 수 있습니다. Running TS Packet Counter는 ①의 패킷들의 순번에 해당하는 데이터라고 보면 됩니다. ①~③을 거치는 동안 Null 패킷들은 사라졌지만, Running TS Packet Counter를 통해 순번이 기록되어 있으므로 중간에 빠진 Null 패킷들의 개수를 알 수 있고, CBR인 데이터의 특성을 통해 Null 패킷들의 데이터양도 알 수 있으므로 ①의 데이터를 복원해서 PCR을 통해 비디오/오디오 데이터의 재생동기를 맞출 수 있습니다.

그렇다면 27MHz Clock Time Stamp는 어떤 경우에 사용하는 것일까요? 이는 [그림 4]의 예처럼 원래는 CBR이었던 데이터가 Null 패킷을 제거하면서 VBR이 된 경우가 아닌, 데이터 자체가 VBR일 경우 사용하게 됩니다. 그렇다면 왜 27MHz Clock의 Time Stamp를 사용할까요? 27MHz Clock의 사용 이유를 매우 쉽게 설명할 수 있는 간단한 산수를 해보겠습니다. 27MHz로 진동하는 펄스를 세어 300개의 펄스마다 하나의 펄스를 발생시키는 회로를 만들었다고 가정하면 이 회로의 출력은 $27,000,000 \div 300 = 90,000$ 으로 90kHz의 Clock이 됩니다. 다시 이 90kHz 회로의 펄스를 세어 3,000개의 펄스마다 하나의 펄스를 발생시키는 회로를 만들면 이 회로의 출력은 $90,000 \div 3,000 = 30$ 이 되어 30Hz의 Clock이 됩니다. 그리고 또 90kHz 회로의 펄스를 세어 3,003개의 펄스마다 하나의 펄스를 발생시키는 회로를 만들면 이 회로의 출력은 $90,000 \div 3,003 = 29.97$ 이 되어 29.97Hz의 Clock이 됩니다. 30Hz와 29.97Hz..... 어디서 많이 본 주파수 아닌가요? 맞습니다. TV 영상에 쓰이는 Frame Rate들입니다. 30Hz와 29.97Hz를 만들 수 있으면, 이를 바탕으로 60Hz와 59.94Hz도 만들 수 있습니다. 그렇다면 이제 왜 27MHz Clock Time Stamp를 [그림 3]과 같이 VBR MPEG-2 TS 패킷들을 담은 IP 패킷의 마지막에 붙이는지 감이 오시죠? VBR이다 보니 송신단의 MPEG-2 TS 패킷들도 시간상으로 간격이 일정치 않고, 거기에 IP 네트워크를 거치다 보니 수신단에서는

PCR을 기준으로 정확히 어느 시점에 해당 MPEG-2 TS 패킷이 위치하는지 알 수 없는 상태에서 TV 영상의 Frame Rate를 재현할 수 있는 27MHz Clock Time Stamp를 붙여줌으로써 수신단에서 영상 프레임과 정교하게 정렬할 방법을 제공할 수 있는 것입니다.

이렇듯 SMPTE ST 2022-4는 PCR 정보를 포함한 MPEG-2 TS 패킷과 패킷 사이에서도 VBR 특성을 보이는 MPEG-2 TS 스트림으로 전송된 비디오/오디오 데이터를 수신단에서 동기화하여 재생할 수 있는 방법을 제공하는 표준입니다. 설명은 간단한 것 같은데 구현은 여러 복잡한 경우의 수들이 있어서 그런지, 아직 구현 사례가 많지는 않은 표준이라고 합니다. 지금까지 SMPTE ST 2022 계열의 표준 중 SMPTE ST 2022를 이용하여 MPEG-2 TS를 전송하는 부분들에 관해 살펴보았습니다.

다음 연재부터는 MPEG-2 TS를 전송하는 방송제작 IP 스트림이 아닌, SDI 신호와 같이 압축 부호화되지 않은 방송제작 IP 스트림 전송에 관한 SMPTE 2022 계열 표준에 대해서 설명해 드리겠습니다. 📺