

IP 방송제작 기술 20

SMPTE ST 2110-20 Part - 1

글. 조인준 KBS 미디어기술연구소 차장

지난 연재에서 SMPTE ST 2110 표준의 전반적인 내용 설명과 함께 시리즈의 첫 번째인 SMPTE ST 2110-10 'Professional Media Over Managed IP Networks : System Timing and Definitions'에 관해 설명해 드렸습니다. 이번 편에서는 SMPTE ST 2110의 핵심으로서 무압축 비디오 데이터를 IP 패킷에 실어 전송하는 방법을 정의하고 있는 SMPTE ST 2110-20 'Professional Media Over Managed IP Networks : Uncompressed Active Video'에 관해 소개하겠습니다.

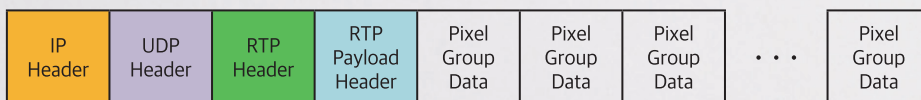


그림 1. SMPTE ST 2110-20 IP 패킷 구조

[그림 1]은 SMPTE ST 2110-20 표준이 정의하는 무압축 비디오전송을 위한 IP 패킷의 구조입니다. SMPTE ST 2110-20에서는 영상을 Pixel Group이라는 화소의 묶음으로 나눈 뒤, Pixel Group의 영상 데이터를 담은 Pixel Group Data를 RTP Payload/ RTP/UDP/IP 헤더로 싸서 IP 네트워크를 통해 전송하는 방식입니다. 우선 SMPTE ST 2110-20 전송의 설명을 위한 기본 내용인 Pixel Group에 대해 알아보겠습니다.

• Pixel Group

SMPTE ST 2110-20 전송의 기초단위인 Pixel Group은 아래와 같은 특징을 가지고 있습니다.

- 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0 영상 샘플링 포맷에 의해 서로 연관된 화소들은 같은 Pixel Group에 속함
- Pixel Group Data의 비트수는 8의 배수가 되어야 함

영상 샘플링	색 데이터 비트수	Pixel Group 데이터 사이즈	Pixel Group 화소수	색공간
4:4:4	8bit	24bit (3byte)	1	YCbCr, ICtCp, RGB, XYZ
	10bit	120bit (15byte)	4	
	12bit	72bit (9byte)	2	
	16bit	48bit (6byte)	1	

표 1. 4:4:4 샘플링 포맷 영상과 Pixel Group

[표 1]에 4:4:4 색공간 샘플링의 색 데이터 비트수에 따른 Pixel Group의 데이터 사이즈와 화소수, 적용 가능 색공간 등이 정리되어 있습니다. SMPTE ST 2110-20은 YCbCr, ICtCp, RGB 등의 다양한 색공간 데이터를 가진 영상을 무압축 전송하도록 설계되었으나 본 연재에서는 방송제작에서 사용

하는 YCbCr 색공간에 한해서 설명하겠습니다. 4:4:4 샘플링 포맷의 경우 모든 화소가 색 데이터를 전부 가지고 있으므로 서로 간에 색 데이터 관련 연관 화소는 존재하지 않습니다. 그러므로 4:4:4 포맷의 경우 Pixel Group은 데이터 사이즈에 의해 정해집니다. 4:4:4 샘플링에서 색 데이터 비트수에 따라 Pixel Group을 형성하는 화소 수가 어떻게 달라지는지 하나하나 따져보겠습니다. 색 데이터 비트수가 8bit인 경우 4:4:4 포맷의 영상은 YCbCr, ICtCp, RGB 등의 색공간에 상관없이 화소마다 $8 \times 3 = 24\text{bit}$ (각 색요소가 8비트, 총 3가지 색 데이터로 화소값이 구성)의 데이터를 가지게 됩니다. 24는 8의 배수이므로 4:4:4 8bit 영상은 하나의 화소가 하나의 Pixel Group을 형성합니다. 다음으로 색 데이터가 10bit인 경우는 화소마다 $10 \times 3 = 30\text{bit}$ 이며 이는 8의 배수가 아닙니다. 4개의 화소를 묶어서 데이터 사이즈를 120bit로 만들어야 8의 배수가 되므로 4:4:4 10bit 영상은 4개의 화소를 [그림 2]와 같이 수평 방향으로 묶어 하나의 Pixel Group을 형성합니다. 12bit인 경우와 16bit인 경우도 같은 방식으로 따져보면 각각 2개와 1개의 화소가 Pixel Group을 형성하게 되는 것을 쉽게 알 수 있습니다. 4:4:4 샘플링의 Pixel Group Data는 Cb, Y, Cr 순으로 [표 1]의 화소수에 맞춰 순차적으로 Packing 하여 IP 패킷으로 실어 보냅니다.

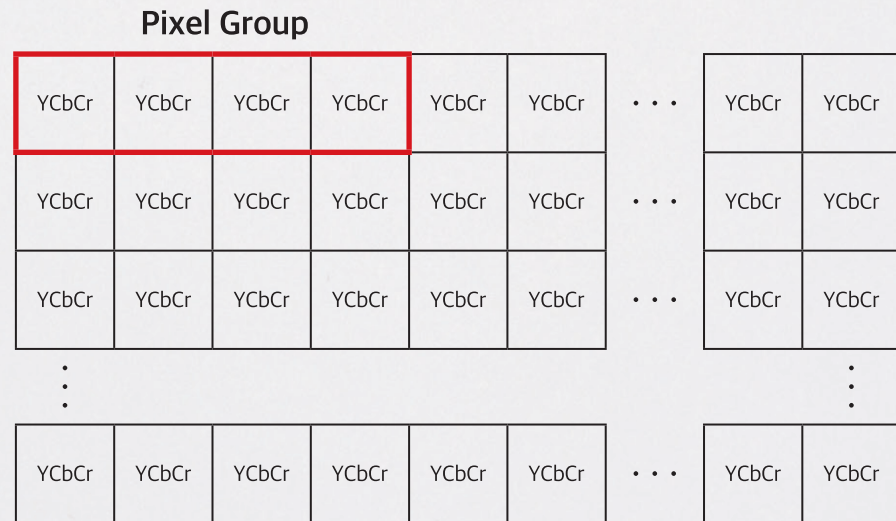


그림 2. 4:4:4 10bit 영상의 Pixel Group

4:2:2 샘플링 포맷의 Pixel Group은 4:4:4 포맷의 경우보다는 약간 복잡합니다. 4:2:2 샘플링 포맷은 YCbCr의 샘플링 위치를 나타낸 [그림 3]과 같이 2개 화소를 단위로 한 화소에서 Y, Cb, Cr 정보를 모두 샘플링하고, 다른 한 화소는 Y 정보만을 샘플링합니다. Cb, Cr 정보가 없는 화소는 옆 화소의 Cb, Cr 값을 가져다 씁니다. [그림 3]처럼 두 개의 화소를 하나의 Pixel Group으로 묶으면 두 화소에 포함된 화소의 색 데이터는 **Y, Cb, Cr, Y** 총 4개가 됩니다. 두 화소가 4개의 색 데이터로 이루어져 있으므로 색 데이터가 8bit인 경우 두 화소 당 $8 \times 4 = 32\text{bit}$, 색 데이터가 10bit인 경우 두 화소 당 $10 \times 4 = 40\text{bit}$, 색 데이터가 12bit인 경우 두 화소 당 $12 \times 4 = 48\text{bit}$, 색 데이터가 16bit인 경우 두 화소 당 $16 \times 4 = 64\text{bit}$ 로 모두 8의 배수가 되어 자연스럽게 Pixel Group의 조건을 만족합니다. [그림 3]의 Pixel Group 화소 데이터를 [그림 4]의 순서로 묶으면 4:2:2 영상 포맷의 Pixel Group Data가 됩니다.

영상 샘플링	색 데이터 비트수	Pixel Group 데이터 사이즈	Pixel Group 화소수	색공간
4:2:2	8bit	32bit (4byte)	2	YCbCr, ICtCp, CLYCbCr
	10bit	40bit (5byte)	2	
	12bit	48bit (6byte)	2	
	16bit	64bit (8byte)	2	

표 2. 4:2:2 샘플링 포맷 영상과 Pixel Group

Pixel Group

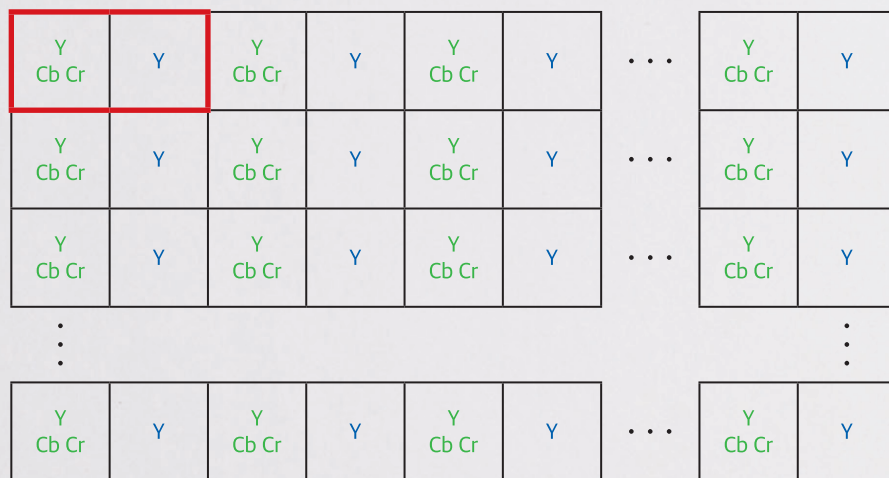


그림 3. 4:2:2 영상의 Pixel Group

Pixel Group Data (4:2:2)

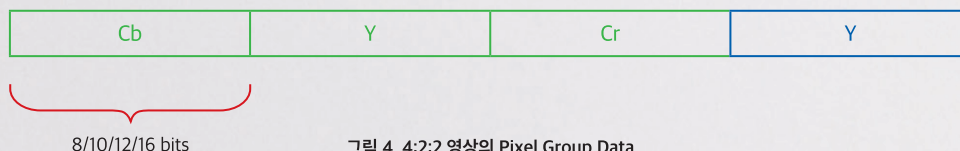


그림 4. 4:2:2 영상의 Pixel Group Data

마지막으로 4:2:0 샘플링 포맷의 Pixel Group에 대해 설명하겠습니다. 4:2:0 샘플링 포맷은 YCbCr의 샘플링 위치를 나타낸 [그림 5]와 같이 4개 화소를 단위로 한 화소에서만 Y, Cb, Cr 정보를 모두 샘플링하고, 다른 세 화소는 Y 정보만을 샘플링합니다. Cb, Cr 정보가 없는 화소들은 [그림 5]에 함께 묶여 표시된 화소 중에 Y, Cb, Cr 정보를 모두 갖는 화소의 Cb, Cr 값을 가져다 씁니다. [그림 5]처럼 네 개의 화소를 하나의 Pixel Group으로 묶으면 두 화소에 포함된 화소의 색 데이터는 Y, Cb, Cr, Y, Y, Y 총 6개가 됩니다. 네 화소가 6개의 색 데이터로 이루어져 있으므로 색 데이터가 8bit인 경우 네 화소 당 $8 \times 6 = 48\text{bit}$, 10bit인 경우 네 화소 당 $10 \times 6 = 60\text{bit}$, 12비트인 경우 네 화소 당 $12 \times 6 = 72\text{bit}$ 로 8bit 및 12bit의 경우에는 8의 배수가 되지만 10bit인 경우는 8의 배수가 안 됩니다. 그래서 4:2:0 샘플링의 경우 8bit와 12bit는 [그림 5]와 같이 네 개의 화소를 묶어서 Pixel Group을 만들고, 10비트인 경우는 [그림 6]과 같이 네 개의 화소 묶음 두 개를 묶어 총 여덟 화소당 $(10 \times 6) \times 2 = 120\text{bit}$ 로 만들어 8의 배수 조건을 만족시킵니다. 이렇게 Pixel Group을 정의한 후 8bit와 12bit의 경우는 [그림 7], 10bit인 경우는 [그림 8]의 순서로 Packing 하면 4:2:0 영상 포맷의 Pixel Group Data가 됩니다.

영상 샘플링	색 데이터 비트수	Pixel Group 데이터 사이즈	Pixel Group 화소수	색공간
4:2:0	8bit	48bit (6byte)	4	YCbCr, ICtCp, CLYCbCr
	10bit	120bit (15byte)	8	
	12bit	72bit (9byte)	4	

표 3. 4:2:0 샘플링 포맷 영상과 Pixel Group

Pixel Group (4:2:0 8bit/12bit)

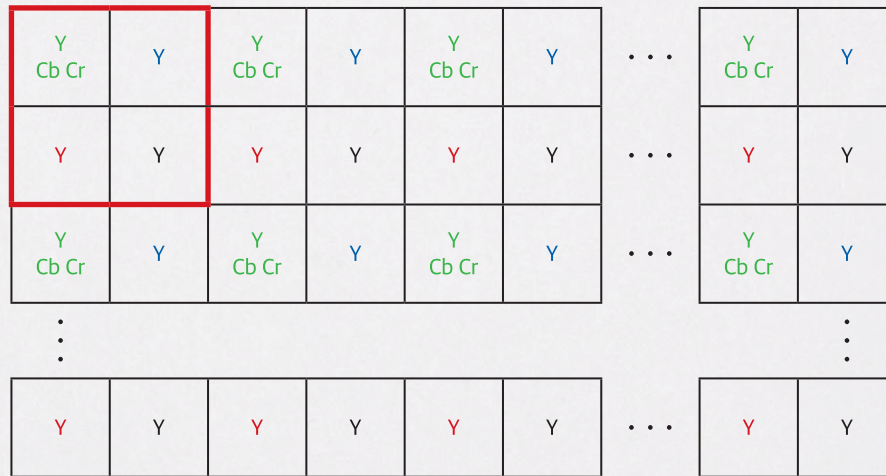


그림 5. 4:2:0 8bit/12bit 영상의 Pixel Group

Pixel Group (4:2:0 10bit)

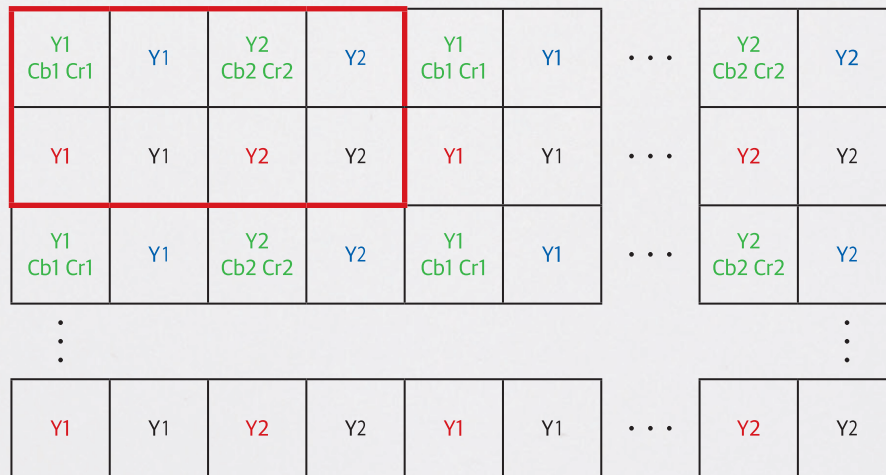


그림 6. 4:2:0 10bit 영상의 Pixel Group

Pixel Group Data (4:2:0 8bit / 12bit)

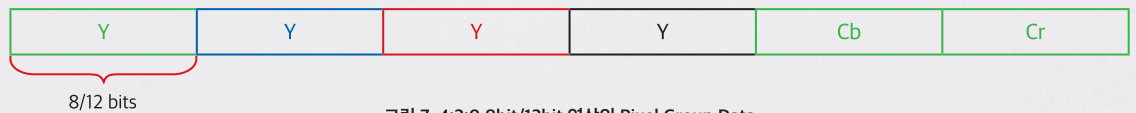


그림 7. 4:2:0 8bit/12bit 영상의 Pixel Group Data

Pixel Group Data (4:2:0 10bit)

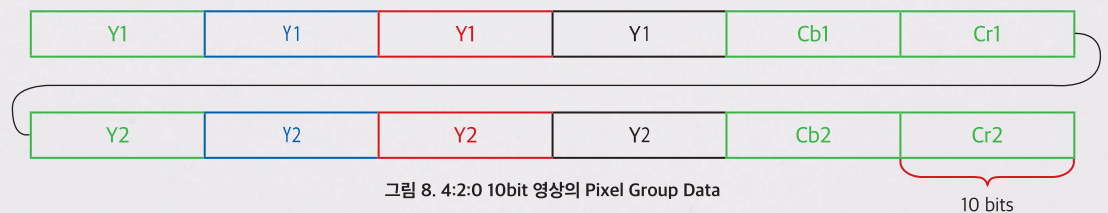


그림 8. 4:2:0 10bit 영상의 Pixel Group Data

이로써 SMPTE ST 2110-20 표준의 무압축 영상 IP 전송의 기본 단위인 Pixel Group에 대해 설명해 드렸습니다.

다음 연재에서는 [그림 1]의 RTP Payload 헤더 및 RTP 헤더에 관해 설명해 드리겠습니다. 📺