

IP 방송제작 기술 10

4K 비디오 데이터 전송

글. 조인준 KBS 미디어기술연구소 차장

지난 연재에서 1.5Gbps의 전송용량을 가지는 HD-SDI 신호의 포맷에 관해 설명을 드렸습니다. 이번 연재에서는 HD의 4배 해상도를 가지는 4K 영상을 전송하기 위한 SDI 신호 포맷에 관해 설명하겠습니다.

현재 우리나라의 UHD 방송영상은 4K(3840×2160)의 해상도에 59.94Hz의 Frame Rate를 갖고 있습니다. HD 방송영상이 2K(1920×1080)의 해상도에 29.97Hz의 Frame Rate(59.94Hz 인터레이스 방식은 29.97Hz로 프레임 재생하는 것과 동일한 데이터양)를 갖고 있으니 UHD 영상이 HD 영상 대비 해상도 4배, Frame Rate 2배, 고로 총 8배의 데이터를 갖습니다. 다시 말해 UHD 영상제작을 위해서는 $1.5\text{Gbps} \times 8 = 12\text{Gbps}$ 의 전송이 가능한 제작신호를 사용해야 합니다. 이를 위해 UHD 제작에서는 4개의 3G-SDI 신호(3Gbps 전송 가능)를 사용하는 '쿼드(Quad) 방식'과 하나의 SDI 신호를 사용하는 '12G 방식'이 있습니다.

우선 4개의 3G-SDI 신호를 사용하는 쿼드 방식부터 설명하겠습니다. 앞서 이야기되었듯이 3G-SDI는 HD-SDI와 비교해 전송용량이 1.5Gbps에서 3Gbps로 증가하였으므로 2K(1920×1080) 영상을 60Hz의 Frame Rate까지 전송할 수 있습니다. 이에 따라 4K 60Hz 영상을 3G-SDI로 전송할 경우 4개의 3G-SDI 신호를 이용해야 합니다. 이는 다시 말해 4K 영상을 4분할하여 각각의 분할 영상을 3G-SDI 신호로 전송해야 한다는 것과 같습니다. 4를 뜻하는 쿼드를 써서 '쿼드 방식'이라는 이름을 붙인 이유가 쉽게 와 닿지 않나요?



그림 1. Square Division



그림 2. 2SI(2 Sample Interleave)

‘쿼드 방식’으로 4개의 3G-SDI 신호를 이용해 4K 영상을 전송하려면 4K 영상을 4분할하는 것이 필요합니다. 4K 영상을 4분할하는 방법은 [그림 1]과 같이 직관적으로 영상을 상하좌우 4분할하는 Square Division 분할 방식이 있고, [그림 2]와 같이 영상의 화소를 2개씩 묶어서 4개의 그룹으로 나누는 2SI 분할 방식이 있습니다.

4K 영상을 상하좌우 4개로 나누던, 화소의 데이터를 2개씩 묶어서 4개의 그룹으로 나누던, 각각의 분할된 영상은 3G-SDI 신호로 전송할 수 있는 2K 영상이 됩니다. 그렇다면 [그림 1]의 Square Division 분할 방식과 [그림 2]의 2SI 분할 방식의 차이점은 무엇일까요? [그림 1]과 [그림 2]를 잘 보시면 4분할 된 영상이 확연히 다른 것을 금방 아실 수 있습니다. Square Division 분할 방식의 경우 분할 전의 4K 영상의 일부만이 각각의 3G-SDI 신호로 전송되는데 반해 2SI 분할 방식은 분할된 각각의 2K 영상이 분할 전의 4K 영상과 같은 내용을 담고 있습니다. 2SI 분할 방식으로 분할된 모든 2K 분할 영상이 분할 전의 4K 영상과 모두 같은 내용을 담고 있는 이유는 간단합니다. [그림 2]와 같이 각각의 분할 영상이 4K 영상의 전체 화소를 처음부터 끝까지 띄엄띄엄 추출했기 때문입니다. 그렇지만 2SI 분할 방식으로 분할된 각각의 영상이 서로 동일하지는 않습니다. 각 영상이 같아 보일 뿐, 화소 단위로 들어가면 서로 상하 또는 좌우로 조금씩 어긋나 있는 영상들입니다.

여기에서 당연한 질문이 생겨납니다. “왜 4K 영상을 4개로 분할하는 방식이 하나가 아닌 2가지일까?” 하는 질문입니다. C군이 간단히 조사해본 결과 초기의 4K 영상을 4분할하는 방식은 Square Division 분할 방식이었습니다. 하지만 Square Division 분할 방식을 이용하여 4K 영상을 전송할 경우 4개의 영상신호 중에 하나만 유실되어도 영상의 1/4이 블랙이 되는 문제점이 있습니다. 게다가 영상에 추가적인 처리를 할 필요가 있을 경우 분할 영상들을 합쳐 4K 영상으로 복원한 상태에서 처리를 하는 등의 불편함도 있습니다. 이러한 문제점들이 노출되면서 2SI 방식이 대안으로 떠오른 것 같습니다. 2SI 분할 방식의 경우 4개의 영상신호 중의 하나가 유실되어도 영상의 화소가 띄엄띄엄 빠져있는 것으로 보이는 정도이므로 전체 영상은 대체로 파악이 가능합니다. 또한 영상에 추가적인 처리를 수행할 때에도 4개의 분할 영상에 대해 따로 처리 후에 4K 영상으로 합쳐도 대체로 문제가 없는 경우가 많고, HD로 프리뷰를 할 때도 4개의 분할 신호 중 하나를 그대로 사용하여 프리뷰를 할 수 있는 등의 장점이 있습니다.

이처럼 4K 영상을 Square Division이나 2SI로 4분할한 후에는 각각의 분할 영상이 3G-SDI 신호로 전송이 됩니다. 그런데 3G-SDI 신호에 조금은 복잡한 내용이 또 숨어있습니다. 3G-SDI 신호의 종류가 3가지나 되기 때문입니다.

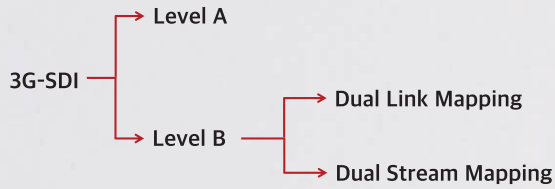


그림 3. 3G-SDI 신호의 종류

3G-SDI 신호는 [그림 3]과 같이 Level A와 Level B로 나뉘며, Level B는 또다시 Dual Link Mapping과 Dual Stream Mapping으로 나뉩니다. 그렇다면 우선 3G-SDI Level A부터 살펴 보겠습니다.

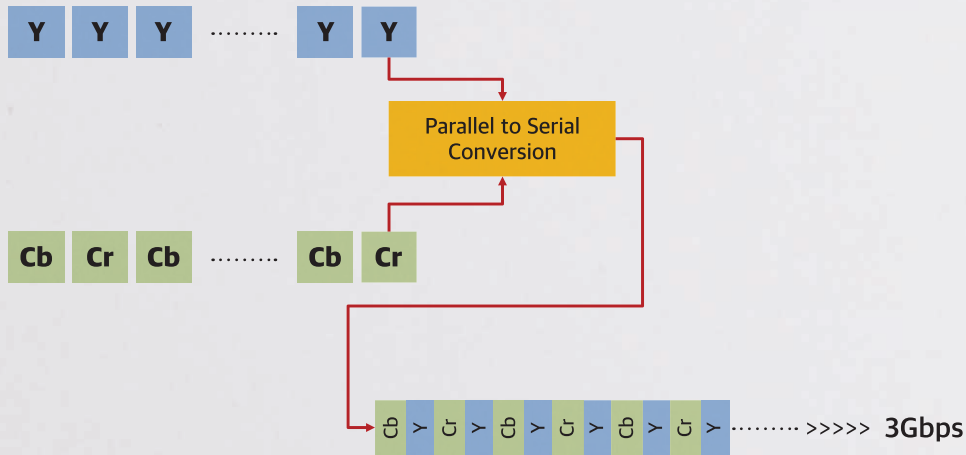


그림 4. 3G-SDI Level A

[그림 4]는 3G-SDI Level A 신호의 생성 구조를 보여주고 있습니다. 각 화소에서 샘플링 된 휘도 신호 Y의 스트림과 색차 신호 Cb와 Cr의 스트림을 하나의 스트림으로 합쳐서 3Gbps의 데이터 스트림으로 출력하는 구조입니다. 이 구조는 지난 연재에서 설명한 HD-SDI와 동일한 구조이며 전송용량이 1.5Gbps에서 3Gbps로 2배 증가한 것만 제외하면 서로 동일한 구조입니다.

그럼 다음으로 3G-SDI Level B에 대해서 알아보겠습니다. Level B의 경우는 두 개의 HD-SDI 데이터 스트림을 하나로 묶은 형태이며 묶는 방법에 따라 2가지로 나뉩니다.

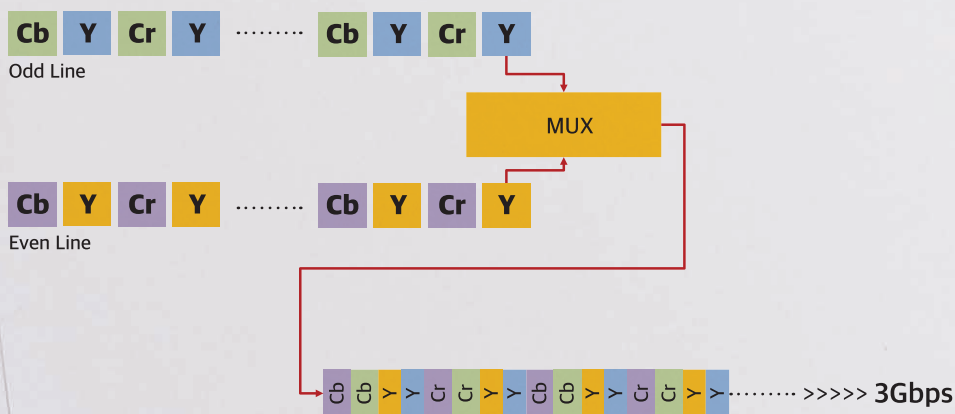


그림 5. 3G-SDI Level B (Dual Link Mapping)

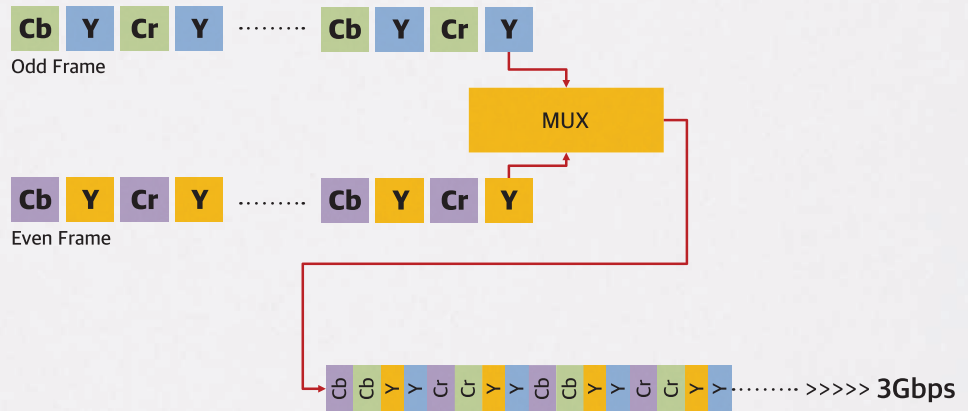


그림 6. 3G-SDI Level B (Dual Stream Mapping)

[그림 5]는 3G-SDI Level B의 Dual Link Mapping 신호 생성 구조이며, [그림 6]은 3G-SDI Level B의 Dual Stream Mapping 신호 생성 구조입니다. Level A와 비교했을 때 [그림 5]는 영상의 홀수라인과 짝수라인 각각이 HD-SDI 스트림 데이터 구조와 동일하게 색차 신호와 휘도 신호가 합쳐진 스트림으로 만들어지고, 이 두 스트림을 다시 하나의 스트림으로 합

치는 구조입니다. 그래서 최종 출력을 비교해보면 Level A와 휘도와 색차 데이터 순서가 완전히 다른 것을 금방 알 수 있습니다. [그림 6]은 [그림 5]가 영상의 홀수라인과 짝수라인을 HD-SDI 스트림 데이터 구조로 만들어 합친 것과 달리 홀수 프레임과 짝수 프레임의 같은 라인을 HD-SDI 스트림 데이터 구조로 만든 다음 하나의 스트림으로 합치는 구조입니다.

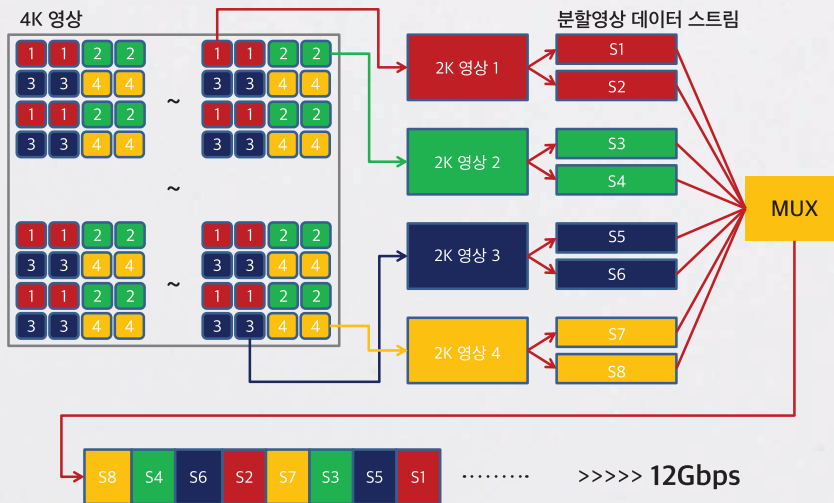


그림 7. 12G-SDI 데이터 스트림 생성 구조

지금까지 4K 영상 전송을 위한 쿼드 방식과 3G-SDI 신호 구조에 대해서 간단히 알아보았습니다. 이제 남은 것은 4K 영상을 하나의 신호로 전송할 수 있는 12G-SDI 신호입니다.

[그림 7]은 4K 영상 전송을 위한 12G-SDI 신호 생성 구조를 간략히 나타내고 있습니다. 12G-SDI 신호를 만들기 위해서는 4K 영상을 2SI 방식으로 샘플링하여 4개의 2K 영상으로 분할합니다. 그다음 각각의 분할된 영상을 두 개의 데이터 스트림으로 변환합니다. 이 두 개의 데이터 스트림은 3G-SDI 생성 구조를 설명하는 [그림 4], [그림 5], [그림 6]에서 하나의 데이터 스트림으로 합쳐지기 전의 두 개의 데이터 스트림과 같은 형태를 보입니다. 바꾸어 이야기하면 [그림 7]의 분할영상 데이터 스트림은 3G-SDI Level A 및 Level B 신호의 최종 데이터 스트림으로 합쳐지기 전의 두 개의 데이터 스트림이 가질 수 있는 형태 중 하나를 가질 수 있습니다. 이렇게 4K 영상을 4분할하고, 각 분할 영상을 2개의 데이터 스트림으로 분리하여 총 8개의 데이터 스트림을 만든 후에, 이 8개의 데이터 스트림을 [그림 7]의 하단과 같이 하나의 데이터 스트림으로 묶으면 12G-SDI 신호가 생성됩니다. 조금 복잡해 보이지만 내용은 비교적 단순하지 않나요? 이제 독자 여러분은 HD-SDI 신호부터 12G-SDI 신호까지 대략의 데이터 포맷에 관해 알게 되었습니다. 이 포맷에 관한 지식이 업무나 개인적 학습에 도움이 되면 좋겠습니다.

지금까지 2회에 걸쳐서 HD 및 4K 영상 전송을 위한 SDI 신호의 구조에 대해서 설명드렸습니다. 다음 연재부터는 IP 방송 제작시스템을 위한 전송 표준에 관해 알아보겠습니다. 📡