

+ Randy Conrod & Paul Briscoe · Harris Broadcast Communications

에이브넷

3Gb/s 기반을 위한 데이터 조직

소개

시리얼 디지털 기반 덕분에 오늘날의 270Mb/s와 1.5Gb/s 텔레비전 환경에서 비디오 및 오디오, 기타 데이터를 전송할 수 있다. 최대 16채널의 임베디드 오디오가 실린 비디오 및 오디오의 에센스와 무관한 추가 데이터, 비디오와 오디오의 메타데이터가 하나의 데이터 스트림에서 처리되고 단일 동축케이블을 통한 전송을 위해 시리얼화 된다.

새롭게 부각되고 있는 3Gb/s 기반은 YCbCr 비디오 신호를 위해 동일한 샘플링 구조를 사용하지만 밴드위스(1080p-50/59.94/60)가 시리얼 디지털 2배의 오디오 및 추가 데이터, 메타데이터를 포함한 부가 데이터를 전송할 수 있다. 3Gb/s 기반(듀얼링크로 알려진)은 제작포맷용으로 2개의 1.5Gb/s 신호를 전송하거나 2개의 HD 1080i/720p, 또는 2개의 SD 483i/576i와 같이 텔레비전 프로그램 신호를 전송한다. 이 듀얼링크 포맷은 스테레오코픽 3D 텔레비전과 같은 애플리케이션에 사용된다.

비디오는 원래 RGB 색상으로 캡처되어 디스플레이 된다. RGB 색 공간을 YCbCr로 변환해주기 위한 데이터 축소 기술은 전송 용도의 비디오 시스템에 이용된다. 이 기술은 제한된 밴드와 컴포지트 비디오에서의 성공과 같은 구태한 환경에서 기능했다. 오늘날에는 카메라에서 캡처된 원 RGB 신호를 싱글링크 상에서 RGB로 제작 스트림까지 확장시킬 수 있게 되었다. 그러나, 텔레비전 제작자들이 이와 같은 고화질에서 이점을 찾을 수 있을까?

데이터 처리와 다양한 포맷의 기능을 이해하는 것은 3Gb/s가 시장에 선보이면서 중요해 질 것이다. 잠재력을 이해함으로써 양질의 비디오 제작과 프로세싱을 구현하고, 새로운 성능을 가능케 하는데 도움이 될 것이다.

용어

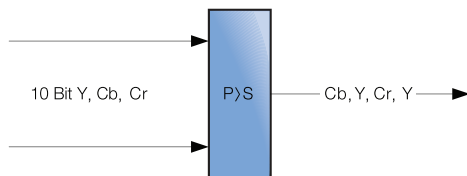
북미에서 사용하는 30/60Hz와 그 밖의 지역에서 사용하는 29.97/59.94Hz(NTSC - 1000/1001) 프레임레이트 사이의 차이에서 보듯이 '프레임레이트'라는 용어는 혼동될 수 있다. 30/60과 29.97/59.94의 차이점에 관한 사항은 여기에서 논의되지 않을 것이므로 이후부터는 30/60이라는 용어는 29.97/59.94Hz 프레임레이트를 의미하는 것으로 이해하면 되겠다.

비트레이트도 마찬가지로: 1.5Gb/s HD는 실제로 1.485Gb/s(25/50Hz 시스템에서)와 1.483516(30/60Hz 시스템에서)로 구동되며 3Gb/s는 이들보다 2배의 레이트로 구동된다. 여기서는 이들 규격을 의미하는 1.5와 3Gb/s로 단순화하여 사용 할 것이다. 끝으로, SD 상에서 프레임당 라인 수는 각각 다르게 표현될 수 있는데, 525/625는 스캔된 총 프레임을 가리키고, 487/576은 활성화 된 그림을 나타낸다. 이 용어도 단순화시켜 525/625로 사용 할 것이다.

텔레비전 기반용 270Mb/s

SMPTE 259M 규격은 초당 50과 60필드로 비월주사되어 각각 초당 25와 30프레임을 얻는 525-와 625- 라인 포맷을 위해 사용된다. 시리얼 디지털 데이터 스트림을 단일망으로 전송 할 때, SD 비디오는 신호의 루미넌스 부분은 Y로, 신호의 색차 부분은 CbCr로 처리된다. YCbCr은 다음의 공식을 사용하여 RGB full-bandwidth로 변환된다.

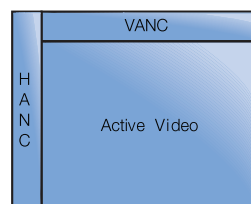
- ITU-R BT.601에 의한 SD 색 공간 정의
 - $Y = 0.587G + 0.114B + 0.299R$
 - $Cb = -0.587G + 0.886B - 0.299R$
 - $Cr = -0.587G - 0.114B + 0.701R$



[그림 1]

CbCr 색차 신호는 데이터레이트를 줄이기 위해 샘플링을 적게 하여 밴드워스가 제한적이다. 이는 컬러TV(NTSC/PAL 사용)의 역사만큼 오래된 기술이며 대부분의 제작과 비디오 애플리케이션에서 봐 줄만한 영상 재현을 가능케 하였다.

병렬 도메인에서 10비트폭 신호는 [그림 1]에서 보여 지는 방법으로 시리얼화 된다.



[그림 2]

V와 H에 해당하는 VANC와 HANC 부가 데이터 공간이 포함된 비디오는 [그림 2]와 같다.

비디오 데이터는 최대 16채널의 오디오를 위한 HANC 부가 데이터 공간과 HANC, 그리고 타임코드, 클로즈드 캡셔닝, 큐 데이터와 같은 기타 형태의 데이터를 위한 VANC 데이터 공간이 Cb, Y, Cr, Y를 샘플링 한 단일스트림으로 조직된다. 이것을 일반적으로 standard-definition serial digital interface(SD-SDI)라고 부른다. 270Mb/s 장비를 아직 사용하고 있지만, 이 규격이 1990년대 초부터 사용되어왔기 때문에 이전 상당히 구식이 되어 버렸다. 오늘날의 대부분 장비는 SD와 HD를 모두 지원한다.

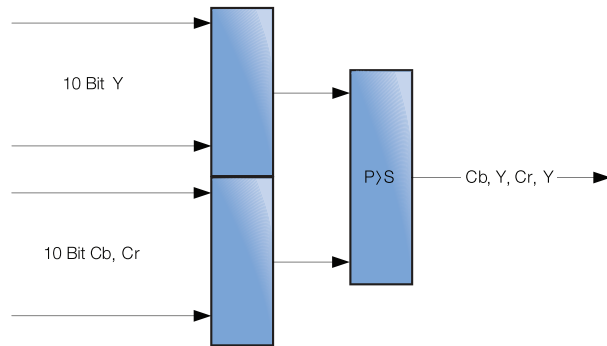
텔레비전 기반용 1.5Gb/s

SMPTE 292M 규격은 720p에서 50과 60fps로 1080i HDTV 방송 기반에서 25와 30fps로 사용된다. 또한, 이 규격은 1080p에서 25/30fps를 제공한다. 시리얼 디지털 데이터 스트림으로 단일망을 통해 전송 할 때 HD 비디오는 SD와 같이 신호의 루미넌스 부분은 Y로, 신호의 색차 부분은 CbCr로 처리된다. YCbCr은 다음의 공식을 사용하여 RGB full-bandwidth로 변환된다.

- ITU-R BT.709에 의한 HD 색 공간 정의
 - $Y = 0.715G + 0.072B + 0.213R$
 - $Cb = -0.715G + 0.928B - 0.213R$
 - $Cr = -0.715G - 0.072B + 0.78R$

HD 색 공간 공식은 SD 공식과는 약간 차이가 남을 발견하게 된다. 이것은 현재 디스플레이장치가 지원하는 색 영역 차이 때문이다. CbCr 색차 신호는 SD에서와 마찬가지로 데이터 레이트를 줄이기 위해 샘플링을 적게 하여 밴드워스가 제한적이다.

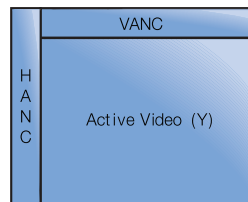
10비트폭 병렬데이터는 [그림 3]과 같이 처리된다.



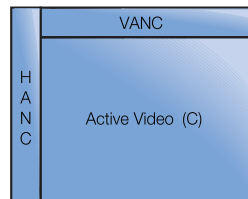
[그림 3]

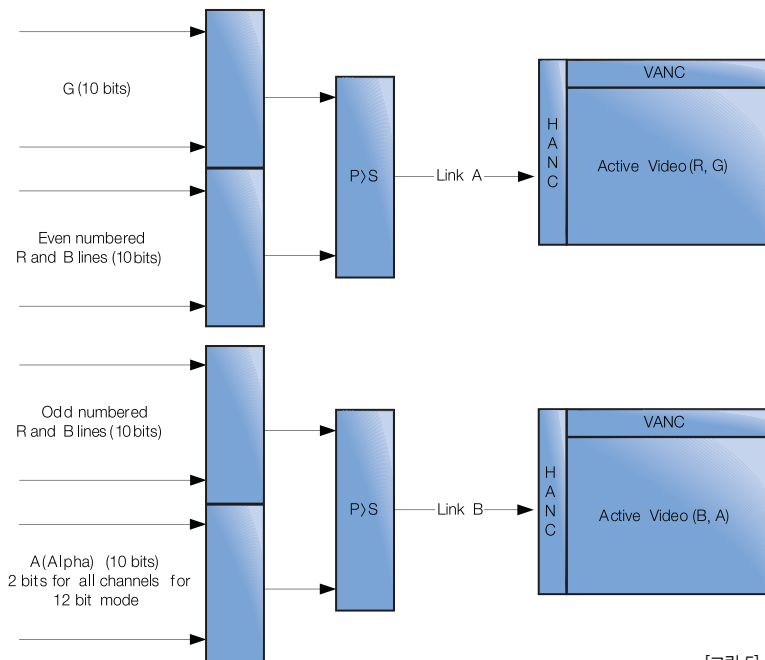
비디오 데이터는 Y와 C채널의 두 개 스트림으로 처리되는데, 여기에는 16채널 오디오와 타임코드, 클로즈드 캡셔닝, 큐 데이터와 같은 기타 형태의 부가 데이터가 포함된다. 시리얼 스트림은 Y와 C채널을 함께 믹스하여 ~75MHz로 20비트폭 Cb/Y:Cr/Y 스트림을 준 후, 1.5Gb/s로 시리얼화 하는 방법으로 생성된다.

부가 데이터는 [그림 4]에서 보는 바와 같이 Y와 C 비디오 데이터 스트림의 HANC와 VANC로 처리된다. 일반적으로 이를 high-definition serial digital interface(HD-SDI)라고 부른다. 오늘날 대부분의 HD 장비는 HD-SDI와 SD-SDI를 지원한다.



[그림 4]





[그림 5]

SMPTE 346M

SMPTE 346M 규격은 1.5Gb/s SMPTE 292 링크를 통해 4개의 SD-SDI(270 Mb/s) 채널과 기타 데이터 전송을 가능케 한다. 이 규격은 원래는 HD 기반에서 SD 신호를 전송하는 한 방법으로 개발되었다. 채널이 들어올 때 각각이 다른 규격이나 비동기 신호일 수 있기 때문에 이들을 TDM(time division multiplexing)을 이용하여 SMPTE 292M 스트림으로 패키징시킨다. 수신단에서 각 채널은 TDM에서 추출되고 전송이나 프로세싱을 위해 원래 포맷으로 재구성된다. 페이로드 데이터는 VANC에서 전송되고 컨트롤 데이터가 포함된 HD 신호의 활성화 그림 영역은 HANC 데이터 공간에서 전송된다. SMPTE는 몇 년 동안 대세였던 이 규격을 재고해왔고, 현재 규격의 확장이 검토되고 있다. 확장되는 규격에는 오디오 채널과 기타 부가 데이터 소스, 그리고 3Gb/s 환경에서 이용 가능하도록 하는 매핑이 포함된다.

제작 기반용 듀얼링크 1.5Gb/s

SMPTE 372M은 1.5Gb/s에서 1080i와 1080p 해상도를 위한 듀얼링크 인터페이스로 제작 시스템에서 사용된다. 두 개의 HD-SDI 채널을 이용하여 RGBA와 같은 듀얼링크 제작 포맷이 가능하다.([그림 5] 참조)

텔레비전 기반을 위한 신개념 3Gb/s

크로스포인트 2개를 스위치하고, 2개의 케이블을 설치하고, 케이블 길이를 맞추어야 하며, 장비에 패널 공간 부족 등 듀얼링크가 단일 동축 링크와 비교하면 분명 바람직하지는 않다. 뿐만 아니라, 2개의 물리적인 링크 상에서 밀접한 2개의 신호를 전송한다는 것은 효율적인 것과는 거리가 멀다. 듀얼링크 솔루션의 목적은 SMPTE 292 HD 신호의 비트레이트를 1.5에서 3Gb/s로 올리고, 듀얼링크 애플리케이션을 위한 매핑을 정의하며, p-50과 p-60 신호를 위해 매핑 정보를 알려주는 것이었다. 그리고 3Gb/s SDI 규격이 여기에 적합하다. 3Gb/s 기반에는 2개의 운용 레벨이 있는데 Level A는 HD 비디오를 높은 프레임 레이트로 전송하기 위한 것이고, Level B는 듀얼링크 신호를 전송하기 위한 것이다.

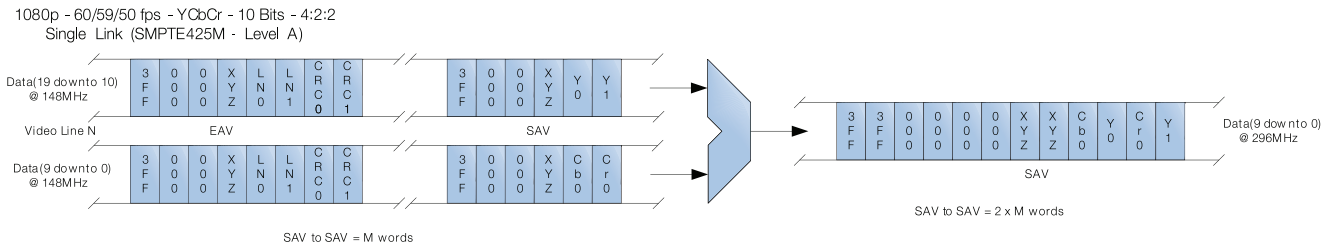
Level A

Level A는 1080p 50/60을 지원하며 두 배의 비트레이트에서 운용된다는 점을 제외하고는 1.5Gb/s 25/30 규격과 본질적으로 같다. 라인당 픽셀 수와 프레임당 라인 수가 동일하지만 프레임레이트는 두 배이다.([그림 3, 4] 참조)

1.5Gb/s 기반 구조에서와 같이 부수적인 데이터는 Y와 C 비디오 데이터 스트림의 HANC와 VANC 데이터로 실리는 타임코드, 클로즈드 캡싱, 큐 데이터와 같은 기타 다른 형태의 데이터로 이루어진다.

다시 말해서, 시리얼 스트림은 Y와 C 채널을 함께 먹스하여 20비트폭의 Cb/Y:Cr/Y 스트림을 주도록 만들어지지만, 이 경우에는 150MH, 그 다음 3Gb/s로 시리얼화 된다.

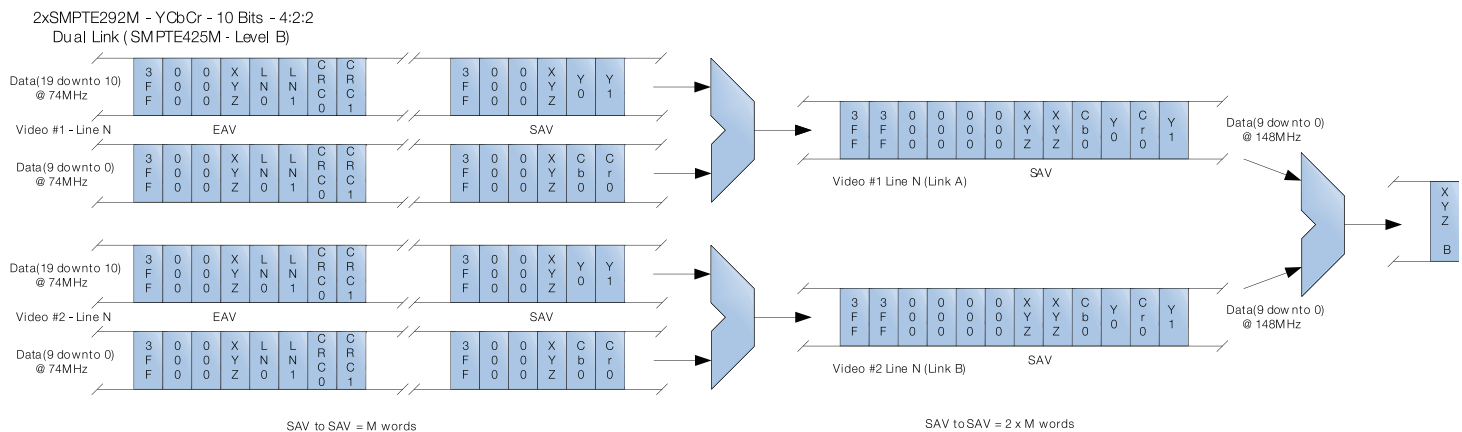
[그림 6]은 3Gb/s YCbCr 4:2:2 10비트 비디오의 데이터 구성화에 대해 상세히 보여준다.



[그림 6]

Level B

Level B 3Gb/s 비디오에서 2개의 1.5Gb/s 스트림(Link A와 Link B)은 함께 먹스되어 실질적으로 하나의 링크에 두 링크 신호를 운반하거나 독립된 1.5Gb/s 단일링크 신호를 운반한다. Link A와 Link B는 서로 연관 없는 스트림 일 수도 있지만 규격과 phase는 동일하게 관련되어 있다.([그림 7] 참조)

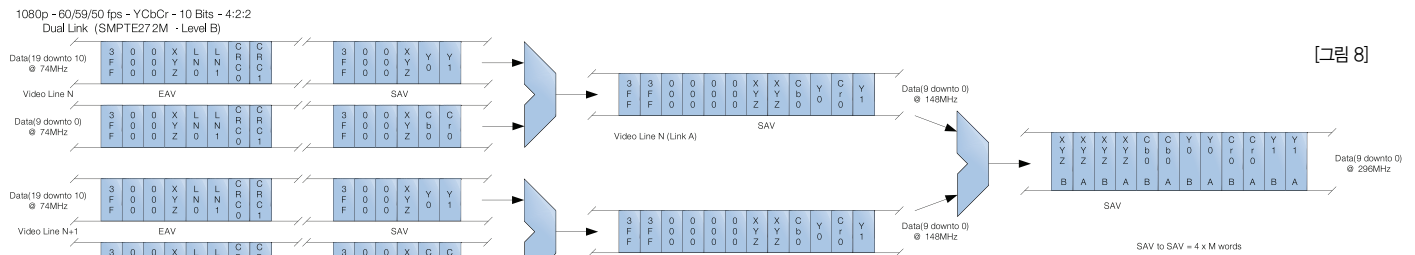


[그림 7]

Level B의 목적은 단일케이블을 이용하여 듀얼링크 인터페이스 기능을 제공하는 이점이 많은 것이다. 3Gb/s로 Level B를 이용하여 다음과 같이 2개 포맷을 전송 할 수 있다.

- 2x1080i 25/30 video payloads
- 2x720-p 25/30 video payloads
- 2x525/625 line video payloads

Level B는 [그림 8]과 같이 1080p 50/60으로 매핑 된 듀얼링크의 전송도 지원한다.



[그림 8]

[표 1]은 SMPTE 425M의 모든 소스 이미지 포맷 목록이다. Level A와 Level B에는 공통된 비디오 포맷이 있는데 이는 10-Bit YCbCr 4:2:2(하이라이트 된 부분)이다.

[표 1] SMPTE 425M의 모든 소스 이미지 포맷 목록

Mapping Structure	Reference SMPTE Standard	Image Format	Signal Format Sampling Structure/Pixel Depth	Frame/Field Rates
1	274M	1920×1080	4:2:2(Y' C' B' C' R') 10-bit	60, 60/1.001 and 50 Frames Progressive
2	296M	1280×720	4:4:4(R' G' B'), 4:4:4:4(R' G' B' +A)/10-bit	60, 60/1.001 and 50 Frames Progressive 30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive
			4:4:4(Y' C' B' C' R') 10-bit 4:4:4:4(Y' C' B' C' R' +A)/10-bit	
	274M	1920×1080	4:4:4(R' G' B'), 4:4:4:4(R' G' B' +A)/10-bit	60, 60/1.001 and 50 Fields Interlaced 30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive
			4:4:4(Y' C' B' C' R') , 4:4:4:4(Y' C' B' C' R' +A)/10-bit	
3	274M	1920×1080	4:4:4(R' G' B')/12-bit 4:4:4(Y' C' B' C' R')/12-bit	60, 60/1.001 and 50 Fields Interlaced 30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive
4	274M	1920×1080	4:2:2(Y' C' B' C' R')/12-bit	30, 30/1.001, 25, 24 and 24/1.001 Frames Progressive 60, 60/1.001 and 50 Fields Interlaced

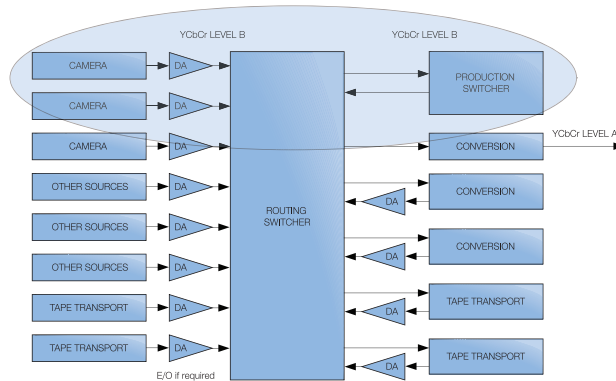
차세대 텔레비전 제작

오늘날의 텔레비전 제작 기반은 동일한 단일 동축케이블 상에서 270Mb/s와 1.5Gb/s를 이용하여 HD와 SD를 지원하고 있다. 이것은 타임코드나 클로즈드 캡서닝, 영상해설, 활성 포맷 분석, 오디오 메타데이터 등과 같은 부가 데이터를 포함하는 비디오와 오디오의 가장 일반적인 인터페이스 형태이다. 비디오 신호 포맷은 10비트 YCbCr, 4:2:2이며, 인터페이스는 모든 '보편적인' HD, SD 방송 포맷을 지원한다. 대부분의 종합 시스템 빌딩과 기반시설들에서는 인터페이스와 신호 포맷용으로 이를 포맷으로 선택한다. 이 포맷의 한계는 해상도에 있다. 모든 면에서 색상특성이 축소되고 그림 해상도가 30Hz에서 비월주사시 1920x1820으로, 60Hz에서 순차주사시 1280x720으로 제한된다. 진보된 제작시설의 경우, 1.5Gb/s에서 2개의 케이블로 구현되든지, 3Gb/s에서 한 개의 케이블로 구현되든지 상관없이 듀얼링크가 추가적인 기능을 제공한다. 60Hz의 순차 프레임레이트에서 1920x1080으로 해상도가 지원되고 RGB를 이용하여 색상기능이 향상된다. 12비트 RGB에서는 더욱 선명한 색 재현이 가능하다. '보편적인' HD key와 fill이 한 덩어리로 처리되며, 추가 오디오와 기타 부가데이터도 지원된다. 종합 시스템을 듀얼링크로 구현하는 일은 까다롭고 그다지 필요하지 않은 일이지만, 제작환경에서는 매우 유용하다. 포스트 프로덕션 편집이나 텔레시네, 컴퓨터 그래픽 분야에서는 듀얼링크의 기능이 모든 이점을 누릴 수 있다. 하지만, 이 신호 포맷이 종합 시스템 빌딩에는 적합하지 않은 이유로 제작환경에서만 사용되고 있고, 이 환경의 입력과 출력에서 사용되고 있는 시스템 포맷에서 또는 이 시스템 포맷으로 신호가 변환된다. 3Gb/s는 이러한 상황을 개선시킬 기회를 제공한다. 3Gb/s가 듀얼링크 포맷을 전송하므로 제작스튜디오 내에서 하나의 동축케이블이 두 개의 연동케이블을 대체한다. 또한, 3Gb/s가 "보편적인" HD 신호(1.5Gb/s)를 전송함으로써 제작 시스템 내에서 요구되는 입출력의 연동성을 제공한다. 마지막으로, 네이티브 50/60p 1920x1080 신호를 전송하는 기능으로 인해 3Gb/s는 제작환경뿐만 아니라 종합 방송 시스템 시설에서 이 신호를 전송하는데 사용된다. 3Gb/s 신호는 한 시스템 내의 다른 도메인을 통합하는데 필요한 유틸리티를 제공하고, 통일된 인터페이스 사용을 가능케 하며, 포맷의 기능을 확장시킨다. 커넥터 하나를 사용하여 모든 SD 인터페이스가 가능하다는 것은 3Gb/s 포맷이 제공하는 가장 흥미로운 기회 중 하나다. 단일링크 3Gb/s(네이티브)와 듀얼링크 또는 독립 1.5Gb/s, 네이티브 1.5Gb/s, 270Mb/s 신호가 하나의 인터페이스로 묶일 수 있고, 이는 장비제조사들에게 이런 형태의 인터페이스를 보편화해야 한다는 방향성을 제시한다.

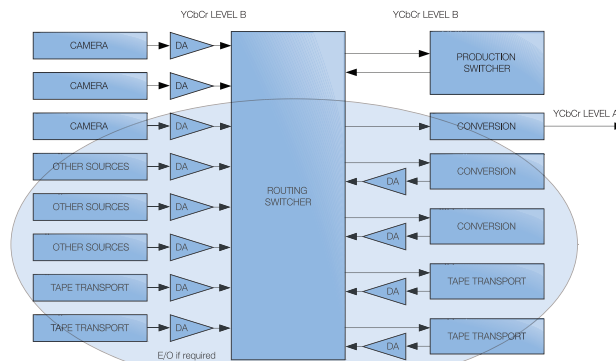
오늘날, 제작 장비들은 다양한 포맷을 지원한다. [표 2]는 제작 워크플로우에서 모두 사용이 가능한 포맷을 나타낸다. Level B를 위한 "일반 인터페이스"는 굵게 표시되어 있다. 3Gb/s를 지원하는 분배기(DA)와 라우터는 Level A와 Level B용 모든 포맷을 지원하는데 이는 단순히 데이터를 동일한 전송 포맷으로 매핑하기 때문이다. 이 장비들은 아래의 비트레이트를 지원하기 때문에, 1.5Gb/s 라우터나 분배기가 270Mb/s를 지원하는 반면 3Gb/s 라우터나 분배기는 1.5Gb/s와 270Mb/s를 지원한다. 제작이 RGB에서 이루어졌든, 4:2:2에서 이루어졌든 간에 텔레비전 분배용이라면 어디선가는 -p나 -i 프레임레이트로 변환이 되어져야 한다. 이것이 전형적인 단일링크 1.5Gb/s이며 우리가 흔히 칭하는 HD-SDI이다.

[표 2] 제작 워크플로우에서 모두 사용이 가능한 포맷

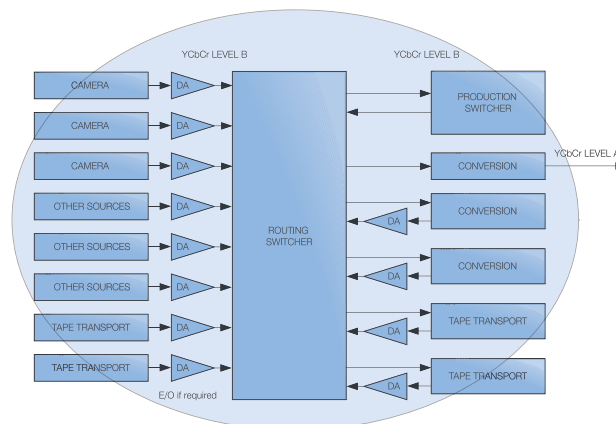
Video Format		Bit
1080/4:4:4	23.98PsF	10
	24PsF	
	25PsF	
	29.97PsF	
	30PsF	
	50i	
	59.94i	
	60i	
1080/4:4:2	23.98PsF	10
	24PsF	
	25PsF	
	29.97PsF	
	30PsF	
	50i	
	59.94i	
	60i	
1080/4:4:2	50P	10
	59.94P	
	60P	
720/4:4:2	50P	10
	59.94P	-
625/4:4:2	50i	10
525/4:4:2	59.94i	8&10



[그림 9]



[그림 10]



[그림 11]

[그림 9]는 단순하고 보편적인 워크플로우를 보여주고 있다. Level B 인터페이스가 Level A로 다시 최종 매핑 되는 것이다. 3Gb/s라는 라우터와 분배 기술의 사용만이 동일한 인프라 장비가 양쪽을 모두 처리 할 수 있게 해준다.

[그림 10]은 Level B(YCbCr)로 매핑 된 Level A 장비의 전형적인 워크플로우를 보여주고 있다.

[그림 11]에서는 RGB가 다운스트림으로 내려간 다음 YCbCr로 변환되고 있다. Level A 장비가 Level B로 매핑 되는 전형적인 워크플로우(확장된 RGB)를 보여주고 있다.

결론

3Gb/s SDI 인터페이스는 제작과 영상에 새로운 기회를 제공한다. HD-SDI 듀얼링크 신호 전송 능력뿐만 아니라 네이티브 3Gb/s 프로그레시브 HD 능력까지, 신호 전송 기술의 진화로 인해 유연성과 애플리케이션 면에서 장비에 많은 추가기능을 제공 할 수 있게 되었다.

3Gb/s와 1.5Gb/s 혼용 방송 시스템을 구현함으로써 미래에 제작이나 분배에 트렌드가 바뀌어도 기존 인프라를 이용할 수 있고, 3D나 그 밖의 진보된 텔레비전 애플리케이션으로의 이용 가능성도 열려있다. 기반시설이 대부분 라우팅이나 케이블링, 분배로 이루어져 있고, 3Gb/s 전송 애플리케이션과 상관없이 이 기반시설은 변하지 않을 것이므로 현재 진행되고 있는 방송의 진화에 탄력적으로 이용될 수 있다. 많은 제조사들이 인터페이스 면에서 멀티 포맷 기능을 강화한 장비를 내놓는 가운데, 현재는 SD, 가까운 미래에는 HD, 먼 미래에는 3D로 사용 할 수 있는 유연한 시스템을 만드는 것이 좀 더 현실적이다. 기술의 전환점을 매끄럽게 연결해주는 시스템이 구현되면, 부분장비와 큰 시스템을 이어주고, 나아가 진보된 기반시설과 직접 통합시킬 수 있다.

3Gb/s SDI는 전혀 새로운 가능성을 제시하여 좀 더 쉽게 연동되고 구조화 되는 새로운 장비와 시스템을 만들고, 우리 기술로 마술같이 편리한 운용성을 제공 할 것이다.