

+ 정동호 · 한국텍트로닉스 Application Engineer

디지털 Waveform 모니터의 활용(2)

Tektronix

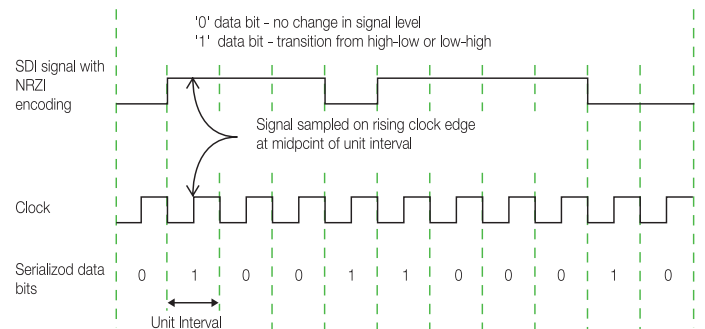
지난 호에는 Waveform 모니터를 활용한 카메라 조정 및 오디오-비디오 딜레이 측정에 관하여 다루었다. 이번 호에는 Waveform 모니터의 심층 분석 기능을 활용한 SD의 물리적인 특성 측정, ANC Data 분석, Dolby Guard Band 측정 등에 대하여 살펴보도록 한다.



SDI 물리적 특성 측정(EYE 및 Jitter)

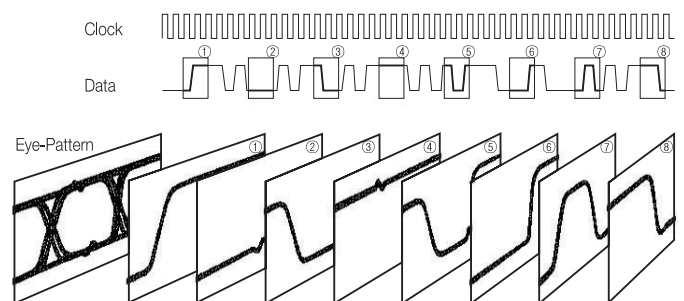
SMPTE 표준에는 SDI 신호를 생성하는 데 사용되는 클럭 주파수가 신호 비트율과 같을 것이라고 지정되어 있다. 결과적으로 SDI 신호는 한 클럭 사이클에서 한 개의 비트를 인코딩한다. 즉, 단위 간격이 클럭 주기와 같다. 따라서, 270Mb/s SD-SDI 신호의 단위 간격은 270MHz 클럭의 1주기 또는 3.7ns와 같다. 마찬가지로, 1.485Gb/s HD-SDI 신호의 단위 간격은 673ps 또는 1.485GHz 클럭의 1주기와 같다.

SMPTE 표준에는 SDI 신호가 NRZI(Nonreturn to Zero Inverted) 방식을 사용하여 직렬화된 데이터 비트 값을 인코딩해야 한다는 점도 지정한다. 이 방식에서는 '0' 비트 값이 신호 레벨에 아무런 변화가 없는 것으로 인코딩되고 '1' 비트 값은 현재 신호 레벨에 변화가 있는 것으로 인코딩된다. 현재 신호 레벨이 높은 경우에는 '1' 비트 값이 낮은 신호 레벨로 전이된다. 반대로 현재 신호 레벨이 낮은 경우에는 '1' 비트 값이 높은 신호 레벨로 전이된다.



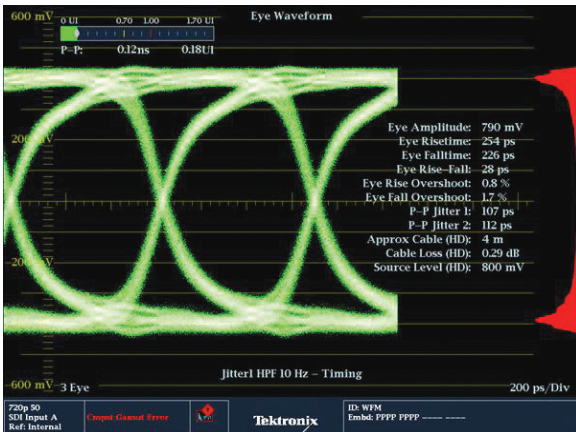
[SDI 신호에 대한 단위 간격과 인코딩 방식]

하지만, SDI 신호의 레벨이나 타이밍이 적절하지 않다면, 이는 수신기에서 비트 에러를 발생 시키며 이러한 비트 에러는 바로 화면에 노이즈 혹은 블록킹 등으로 나타난다. 이러한 SDI 신호의 물리적인 특성을 측정하기 위한 가장 손쉬운 방법이 EYE-Pattern이다.



[EYE-Pattern의 생성]

다음 Waveform 모니터의 그림은 사람의 눈 모양처럼 생겼다고 해서 EYE-Pattern이라고 불리며, “EYE가 열렸다”라는 표현은 신호의 품질이 좋다는 것을 의미하고 “EYE가 닫혔다”라는 것은 신호의 품질이 나쁠 때 사용된다. WFM7120에서는 여러 주파수의 HPF(High Pass Filter)를 적용해서 최대 4개의 EYE-Pattern을 살펴 볼 수 있다.



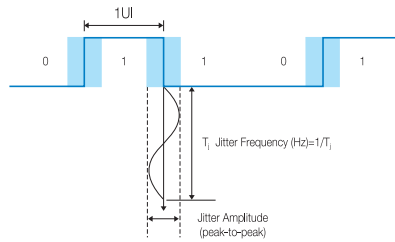
[Waveform 모니터에서의 EYE-Pattern]

케이블 Type을 지정해 놓으면 실제 연결되어 있는 케이블의 길이도 자동으로 측정해 볼 수 있다. Picture 화면과 Video Status 화면에서 신호 품질 저하에 따른 Bit Error의 발생을 CRC Error로 확인해 볼 수 있는데, 다음은 신호의 레벨 감쇄에 의해서 발생된 CRC Error이다.

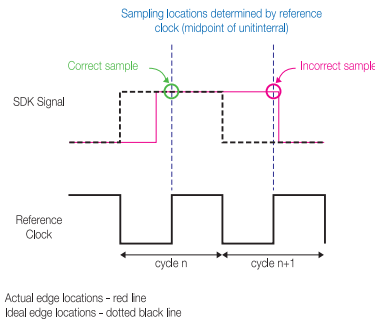


[신호 감쇄에 의한 CRC Error]

신호의 품질은 일종의 타이밍 에러인 지터에 의해서도 발생할 수 있다. SDI 신호에서 신호의 전이가 발생할 때(주로 1의 값을 가질 때) 이상적인 위치와는 차이가 날 수 있는데, 이런 편차를 TIE(Time Interval Error, 시간 간격 오류)라고 하며 이를 보통 지터라고 부른다.



[TIE(지터)를 포함하는 SDI 신호]



[지터에 의한 Bit Error]

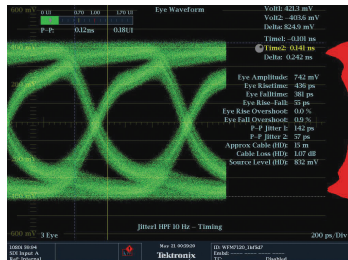
이러한 지터는 지터 진폭이 클수록 수신기 쪽에서 비트 에러가 발생할 확률이 높아지게 되며, 이로 인해 CRC Error가 발생된다. 발생하는 에러 비트의 수가 많아지면 모니터 화면에서도 에러를 인식할 수 있게 된다.



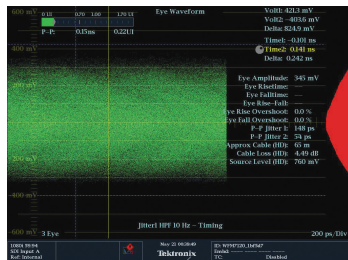
[지터에 의한 CRC Error]

케이블의 길이가 길어지면 고주파 대역 성분들의 감쇠로 인하여 Rising/Falling 시간이 증가하게 되어, EYE-Pattern이 누워져 있는 형태로 나타난다. 따라서, 케이블 길이가 더욱 길어져 EYE의 눈을 전혀 볼 수 없는 경우도 발생한다.

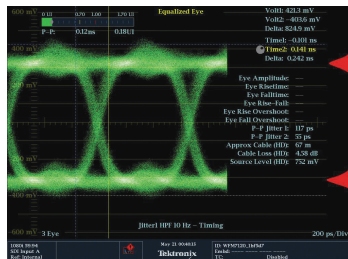
하지만, 대부분의 방송 장비에서는 이러한 신호를 입력으로 받아들이는 때 아무런 에러도 발생하지 않는 경우가 많다. 그 이유는 장비 내의 이퀄라이저가 감쇄된 고주파 성분들을 다시 복구해주기 때문이다.



[15M 케이블을 연결했을 때 EYE]



[70M 케이블을 연결했을 때 EYE]



[이퀄라이저를 통과한 EYE]

방송 장비 업체의 경우, 출력되는 신호의 컴플라이언스 테스트(Compliance Test)를 위해서 여러 HPF(High Pass Filter)를 적용하면 신호의 Level, Rising/Falling Time, Under/Over shooting, Timing Jitter와 Alignment Jitter 등을 동시에 측정해 볼 수 있다.

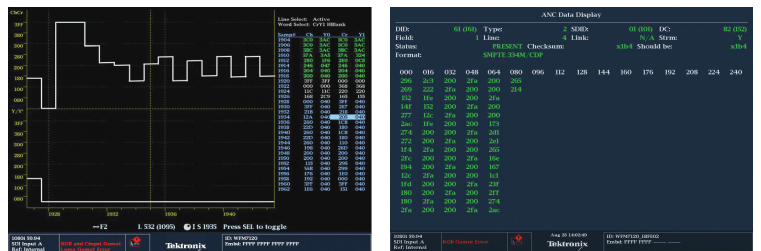


[Timing Jitter와 Alignment Jitter 측정]

ANC Data 분석

SDI 신호에는 AES/EBU 및 돌비 오디오, 오디오 Ctrl Packet, 시간 정보, Closed Caption(608, 708) 데이터 등을 HANC 또는 VANC 영역에 임베딩해서 비디오 신호와 함께 전송할 수 있다. 이를 ANC(Ancillary) Data라고 하는데 이는 Waveform에서 Data List 및 ANC Display에서 확인할 수 있다.

하지만, 기존의 Data List Display에서는 해당 데이터의 위치를 알아야만 하고, ANC Data List에서는 해당 데이터의 DID(Data ID)를 사용자가 알고 있어야지만 해당 데이터를 찾아볼 수 있기 때문에 ANC Data 분석에 익숙하지 않은 사람들에게는 쉽지 않은 일이다.



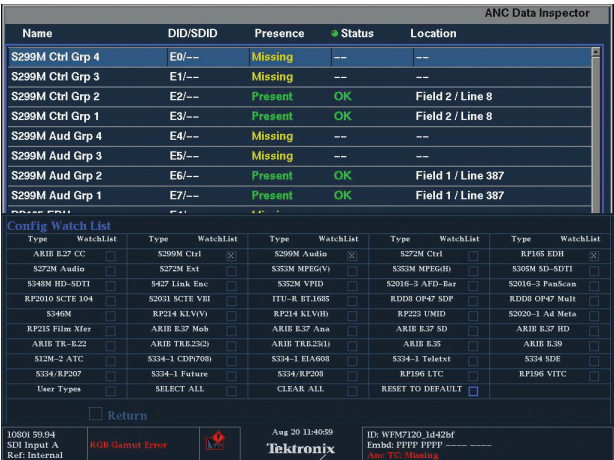
[Data List Display 및 ANC Data Display]

그렇지만, 최근에는 Ancillary Data Inspector 라는 기능이 추가되어 현재 SDI에 실어서 보낼 수 있는 거의 대부분의 ANC Data를 쉽게 모니터링 할 수 있다. 이 ANC Data Inspector는 사용자 ANC Data 전체를 모니터링하거나 혹은 원하는 데이터들만 구성해서 모니터링 할 수 있도록 해준다. 따라서, 선택한 데이터가 현재 입력되고 있는 SDI 내에 존재하는지의 유무, 데이터의 상태, 데이터의 위치, 실제 해당 데이터의 내용을 손쉽게 확인할 수 있다.



[Tektronix의 ANC Data Inspector]

실제 모니터링 방법은 전체 아이템 선택, 사용자가 원하는 아이템 선택, 현재 SDI 내에 존재하는 아이템 선택 등의 방법으로 모니터링 할 수 있다.



[사용자가 모니터링 할 아이템을 선택하는 화면]

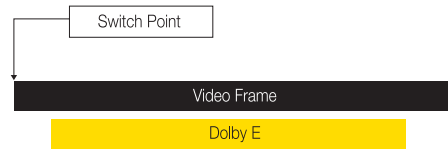
또한, 최근에는 Closed Caption 자막, AFD(Active Format Description), CGMS-A, Broadcasting Flag 등의 정보들이 SDI와 함께 전송되는데 이러한 데이터를 쉽게 디코딩하여 확인할 수 있는 기능들도 추가됐다.



[CEA-608/708 동시 디코딩 및 기타 데이터 상태 모니터링]

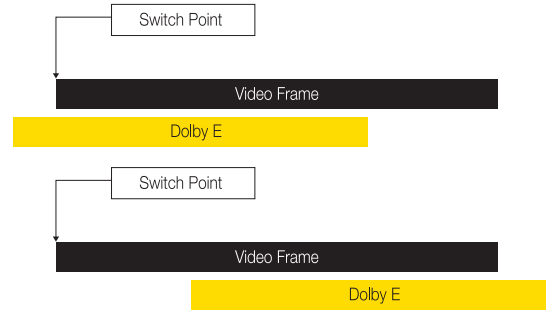
Dolby Guard Band 측정

Dolby Digital(AC-3)의 경우, AC-3의 프레임 크기와 Video Frame 상의 약 1ms 정도의 차이가 나기 때문에 임의의 위치에서 비디오를 스위칭 할 경우 AC-3 Frame이 중간에 잘리게 되어 스위칭 포인트에서 오디오가 깨지는 현상이 발생한다. 이에 대한 보안책으로 전송(Transmission)의 목적이 아닌 분배(Distribution)의 목적으로 비디오 프레임과 동일한 프레임 크기를 가지는 8채널의 Dolby-E 포맷이 사용되고 있다. 하지만, Dolby-E도 약 25라인 정도의 Guard Band를 가지고 있으나 이를 벗어나면, 마찬가지로의 문제가 발생한다.

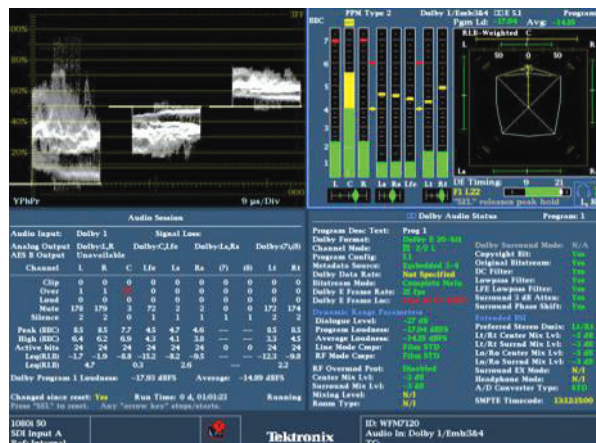


Sweet (Suite) Music

[정상적인 범위]



[Advanced 혹은 Delay]



[돌비 Guard Band 모니터링(그림 왼쪽 위)]

이를 모니터링하기 위해서 WFM7120에서는 사용자가 쉽게 Guard Band를 설정할 수 있도록 제공하며, 오디오 모니터링 화면에 그래픽 바를 이용해 Guard Band를 벗어나는지 쉽게 확인할 수 있도록 제공한다.

지금까지 Waveform 모니터의 여러 가지 기능들을 이용하여 SDI 신호 분석에 대하여 살펴보았다. 예전 비디오 신호의 레벨을 측정했던 Waveform 모니터는 현재 블랙레임 검출, 정지 영상(Freeze Frame) 검출 등의 기능뿐만 아니라 방송 엔지니어가 활용할 수 있는 많은 기능들이 추가되었고, 앞으로도 계속 진화할 것으로 생각된다.