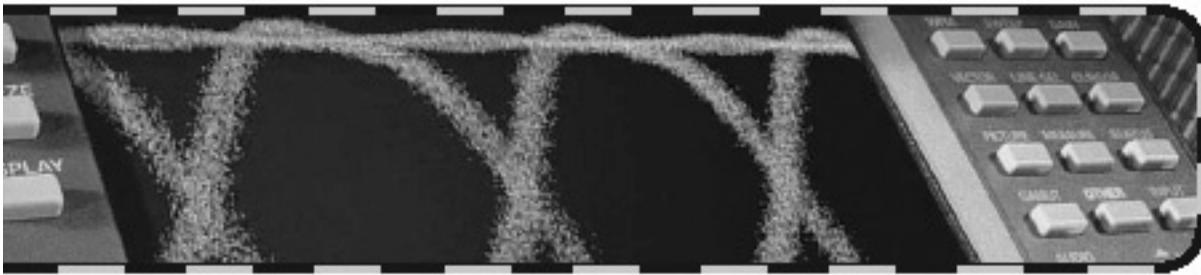


표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드



컴퓨팅

커뮤니케이션

비디오

▶ **표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드**▶ **목차**

▶ 시작하며	1
현재의 텔레비전	1
▶ "새로운" 디지털 텔레비전	2
아날로그 세상을 묘사하는 숫자들	2
컴포넌트 디지털 비디오	2
▶ 아날로그에서 디지털로의 전환	3
RGB 컴포넌트 신호	3
감마 보정	4
CRT 응답에 대한 보정 이상의 의미를 가지는 감마보정	5
Luma 및 색차신호로의 R'G'B' 변환	5
▶ 디지털 비디오 인터페이스	7
601 샘플링	9
병렬 디지털 인터페이스	11
직렬 디지털 인터페이스(SDI)	12
표준 화질 원리 위에 구축된 고화질 비디오	14
▶ 타이밍 및 동기화	17
아날로그 비디오 타이밍	17
수평 타이밍	18
수직 타이밍	20
아날로그 고화질 컴포넌트 비디오 파라미터	24
▶ 디지털 스튜디오 주사 형식	25
세그먼트 프레임 제작 형식	25
▶ 디지털 스튜디오 동기화 및 타이밍	27
텔레시네 동기화	30
▶ 디지털 오디오	31
컴포넌트 디지털 비디오의 내장 오디오	32
확장된 내장 오디오	33
AES/EBU 오디오의 체계화	34
▶ 비디오 측정	35
모니터링 및 측정 툴	35
디지털 및 아날로그 신호의 모니터링	36
비디오 신호 저하의 평가	36
비디오 진폭	36

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

신호 진폭	37
주파수 응답	39
그룹 지연	39
비선형 효과	40
미분 이득	41
미분 위상	41
비디오 소스 간의 타이밍	41
컴포넌트 신호의 채널 간 타이밍	41
파형 측정 방식	41
Tektronix 화이트닝 디스플레이를 이용한 타이밍	42
보우타이(bowtie) 방식	43
▶ 디지털 텔레비전 시스템의 운영	45
RGB 및 색차 신호 파형	45
컴포넌트 이득 밸런스	45
벡터 디스플레이	45
화이트닝 디스플레이	47
다이아몬드 디스플레이	48
애로우헤드 디스플레이	49
▶ 디지털 시스템 테스트	51
스트레스 테스트	51
케이블 길이 스트레스 테스트	51
SDI 검사 필드	51
CRC 오류 테스트	52
지터 테스트	52
아이 패턴 테스트	53
결론	54
▶ 부록 A-색상 및 색체계	55
백색(white)	56
적색, 녹색 및 청색 컴포넌트	56
허용되는 유효 색역(gamut)	59
형식 변환 표	61
▶ 부록 B-텔레비전 클럭 관계	63
▶ 부록 C-표준 화질 아날로그 컴포지트 비디오 파라미터	65
▶ 부록 D-텔레비전 관련 참조 표준 및 기술	67
▶ 부록 E-참고 문헌	69
▶ 부록 F-용어 설명	71
감사의 말	79
저자 소개	79
책임 한도	79

▶ 시작하며

사람들은 디지털 텔레비전을 뭔가 아주 과학적이고 심지어는 복잡한 것으로 생각하는 경우가 많다. 그러나 최종 결과를 살펴보면 예전부터 존재했던 무엇인가가 있음을 알 수 있다. 그것은 바로 텔레비전 엔지니어들이 처음부터 추구해 온, 예술가의 성능을 관객에게 전달하기 위한 비디오와 오디오의 품질을 더욱 더 향상시키기 위한 노력이다. 디지털 텔레비전에 있어 새로운 점은 여기저기서 메시지를 얻는 방식뿐이다.

메시지가 어떻게 전달되는지가 정말로 문제가 될까? 예술가와 관객 (그리고 여러 국가에서는, 광고주) 들은 아마도 신호가 어떤 경로를 취하는 지에 관심을 두지 않을 것이다. 그들은 자세한 내용을 몰라도 디지털 텔레비전의 향상된 성능을 활용할 수 있다. 하지만 과학이란.. 흥미로운 것이 아닌가. 텔레비전의 기술적인 측면에 종사하고 있는 우리들은 이것에 큰 관심을 가지고 있으며, 또한 지난 60여년 동안 - 특히 지난 20년 동안 - 의 디지털 텔레비전이 가져온 텔레비전 과학의 상당한 발전의 혜택을 누리고 있다.

프로그램 비디오, 디지털 오디오, 그리고 관련 보조 데이터 신호 모두가 디지털 텔레비전 신호를 이룬다. 아날로그 세계의 텔레비전에서는, 비디오와 오디오는 소스에서 가정의 텔레비전 수상기에 이르기까지 완전히 별개의 경로에서만 존재할 수 있다. 디지털 신호는 훨씬 더 자유롭게 비디오, 오디오 및 다른 신호들을 하나의 데이터 스트림으로 구성할 수 있다. 원하는 것을 추출하기 위해 데이터를 어떻게 구성하는가? 이것이 우리가 알아야 하는 전부이다.

현재의 텔레비전

아날로그 비디오와 아날로그 오디오가 일반 텔레비전의 요소라고 할 수 있다. 그러나, 우리는 아직도 예전의 목표를 성취하기 위해 노력중이라는 사실을 인식하는 것이 중요하다. 디지털 텔레비전은 아날로그 토대에서 구축되었으며, 디지털 텔레비전에 대한 우리의 이해는 아날로그 텔레비전에 대하여 우리가 이미 알고 있는 것을 토대로 구축되어 있다. 카메라 렌즈로

들어오는 빛과 마이크로 들어오는 소리는 여전히 아날로그이다. 디스플레이에서 나오는 빛과 귀에 들리는 소리는 여전히 아날로그 현상이다.

아날로그 비디오가 빛의 값의 "샘플링" 임을 우리는 이미 알고 있다. 휘도 값은 전압에 의해 주어진다. 그리고 추가 정보는 샘플의 색을 제시한다. 샘플들은 전송 시스템을 통하여 동기화 되어 원래의 장면을 디스플레이에 재현한다. 아날로그 비디오는 수송기가 그 정보를 어떻게 처리해야 하는가를 알게 되었을 때 화면을 만들기에 필요한 모든 "데이터" 가 담긴 일종의 "직렬" 스트림 전압 값으로 전달된다. 따라서 몇 마디 단어를 바꾸고, 지난 50년 간 익혀 온 것을 몇 가지만 달리 한 것임을 알 수 있을 것이며, 디지털 비디오가 아날로그 비디오와 그다지 다르지 않음을 이해할 수 있을 것이다.

그러면, 아날로그 빛에서 시작하여 아날로그 빛으로 끝난다면, 왜 디지털 비디오를 이용하는 것일까? 대부분의 경우 카메라 센서는 여전히 아날로그 비디오를 만들어 내고 있지만, 이제는 성능 저하 없이 처리하기 위하여 비디오의 순간 값을 나타내는 아날로그 전압의 변화를 즉시 디지털로 변환시키는 것이 보편화되어 있다. 컴퓨터 생성 비디오 또는 그래픽과 같은 일부의 경우에는, 그 비디오가 디지털 형식으로 시작하여 새로운 디지털 텔레비전 시스템을 통해 아날로그로 가지 않고도 디스플레이에 도달할 수 있다.

우리는 여전히 아날로그 NTSC, PAL, 또는 SECAM 전송을 통하여 텔레비전 신호를 송수신할 수 있지만, 보다 우수하고 보다 효율적인 방식으로 텔레비전 신호를 가정으로 전달하기 위한 디지털 전송도 이미 널리 이용되고 있다. 디지털 텔레비전은 우리가 일상 생활에서 이용할 수 있는 것들 중 하나다. 우리들 중 누군가는 이를 이용할 것이며 그 발전에 기여할 것이다. 어떤 사람들은 자세한 내용을 모르는 채로 이를 활용할 것이다.

▶ "새로운" 디지털 텔레비전

수 년간 발전을 거듭해 온 디지털 신호는 처음에는 테스트 신호 및 문자 발생기와 같은 장비 내부에 심어졌고, 그 후 전체 시스템 전반을 차지한 텔레비전의 일부가 되었다. 이 입문서에서는, 간단하게 텔레비전 신호의 비디오 부분을 먼저 다루고자 한다. 오디오 또한 디지털화 될 것이며, 텔레비전 수상기에서 복원될 디지털 데이터 스트림의 일부분을 차지할 것이다. 디지털 오디오는 다음 장에서 다룰 것이다.

디지털 비디오는 아날로그 비디오를 연장한 것일 뿐이다. 일단 아날로그 비디오를 이해하면, 디지털 비디오의 생성, 취급, 처리 및 아날로그와의 변환 방법을 쉽게 이해할 수 있다. 아날로그 및 디지털 비디오는 여러 동일한 한계를 가지고 있으며, 디지털 도메인에서 발생할 수 있는 많은 문제점들은 부정확한 아날로그 소스 비디오 때문이다. 따라서, 아날로그 및 디지털 비디오 디바이스의 설계 및 운영의 기준이 되는 표준을 갖추는 것이 중요하다.

아날로그 세계를 묘사하는 숫자들

초기의 디지털 비디오는 아날로그 NTSC 또는 PAL 컴포지트 아날로그 비디오 신호의 디지털 묘사에 지나지 않았다. 운영 한계를 언급하고 각 전압 레벨과 각 숫자가 어떻게 생성되고 복구되는지를 나타내는 수치 데이터를 규정하는 표준이 작성되었다. 고속 데이터 때문에, 디지털 비디오 데이터를 8 또는 10 비트 버스 상에서 내부적으로 처리하는 것이 일반적이었으며, 초기 표준은 다중 와이어 외부 연결도를 언급하였다. 그 표준은 또한 수신기와 전송된 데이터를 동기화하고, 내장 오디오와 같은 부가 서비스를 허용하는 특정 보조 및 관리 데이터도 언급하였다. 이후, 더 빠른 처리 속도가 현실화됨에 따라, 단일 와이어 컴포지트 직렬 인터페이스가 개발되었다. 그 기본 형태에 있어, 디지털 비디오는 비디오 및 필요로 하는 보조 데이터의 변화를 수용하기에 충분히 빠른 숫자 데이터를 가진 아날로그 전압의 수치 표현이다.

컴포넌트 디지털 비디오

초기 아날로그 특수 효과 장비 설계자들은 프로세싱 중에 적, 녹, 청 비디오 채널을 가능한 한 분리하는 것이 유리하다는 점을 인지하였다. NTSC 및 PAL 부호화/복호화 프로세스는 투명하지 않으며 여러 번의 부호화 및 복호화는 점진적으로 신호의 품질을 저하시킨다. 카메라의 신호는 독립 채널의 적, 녹, 청 정보로 시작하며, 가정으로의 전송을 위해 이를 NTSC 또는 PAL로 부호화하기 전에 형식을 가능한한 적게 생성하면서 시스템을 통해 이 신호들을 처리하는 것이 가장 좋다. 그러나, 세 가지의 대등한 채널 정보를 텔레비전 장치를 통하여 처리하는 것에는 논리적 및 현실적 문제가 있다. 실질적으로 이 세 가지 신호들은 하나의 와이어 또는 일반적으로 하나의 동축 케이블에 공존하여야 한다. 따라서, 적, 녹, 청 비디오 채널의 세 가지 컴포넌트를 Luma 및 두 색차 신호로 이루어진 보다 효율적인 세트로 간단히 행렬화 할 수 있다. 즉, 그 각각을 디지털화하고, 단일 동축 케이블 상에 데이터를 다중화할 수 있다. 종래의 NTSC 또는 PAL 컴포지트 비디오를 처리하듯이 이 데이터 신호를 처리할 수 있다. 현재 우리는 고속의 숫자 데이터 스트림을 처리할 수 있다. 이 데이터 신호에 NTSC 또는 PAL 비디오 신호의 5 ~ 6 MHz 에너지 보다 훨씬 빠른 속도로 변하는 에너지가 들어 있더라도, 상당히 먼 거리에서도 손실없이 그리고 훨씬 적은 유지 보수 작업으로 이를 처리할 수 있다. 비디오 신호가 디지털 도메인에 있다면, 개별 프로세싱을 위해 그 컴포넌트를 쉽게 추출하여 추가 손실이나 채널 간의 상호 작용 없이 디지털 도메인에서 이들을 다시 결합시킬 수 있다.

컴포넌트 및 디지털 기술은 비디오 품질 관리에 상당한 기여를 하고 있으며, 디지털 디바이스의 빠른 속도는 고화질 비디오 대역폭을 실용화시켰다. 디지털은 또한 자체적으로 다양한 압축 알고리즘을 처리할 수 있어 필요한 데이터의 전체 크기를 감소시키게 되었다. 이제는 고화질 비디오와 관련 다중 채널 오디오를 고품질 실시간 아날로그 비디오가 필요로 하는 대역폭으로 전달할 수 있다. 비디오 압축과 관련된 주제는 여러 문헌에서 다루어져 있으며 (**문헌 목록 참조**) 이 입문서에서는 다루지 않을 것이다.

▶ 아날로그에서 디지털로의 전환

디지털 데이터 스트림을 아날로그의 대응되는 각 부분과 동일한 기능을 수행하는 각각의 컴포넌트로 나누는 것은 매우 용이하다. 여기서는 아날로그와 디지털 비디오 도메인을 설명하고 비교함에 있어 이러한 유추를 계속 이용하고자 한다. 아날로그와 디지털 비디오 간의 유사성을 분명히 이해하고 나면, 상응하는 고화질 아날로그 형식의 디지털 표현인 HDTV로 넘어갈 수 있다.

NTSC 및 PAL 비디오 신호들은 적, 녹 청의 주요 색 컴포넌트인 세 가지 카메라 채널의 합성물로서, 서로 연결되어 두 채널의 색 정보를 가진 역압 부반송파의 변조 결과로 집약된 휘도 채널을 이룬다. 단일 채널 컴포지트 전송의 세 번째 시스템이 한 쌍의 주파수 변조 부반송파를 이용하여 채도 정보를 전달하는 SECAM 시스템이다. 스튜디오에서는, 카메라 RGB 픽업 디바이스와 최종 디스플레이 디바이스의 RGB 채널 간에 신호가 NTSC, PAL, 또는 SECAM이어야 한다는 특정 요건이 없다. NTSC, PAL, 또는 SECAM에 대한 지식은 유용하지만, 컴포지트 비디오를 새로이 공부할 필요는 없다.

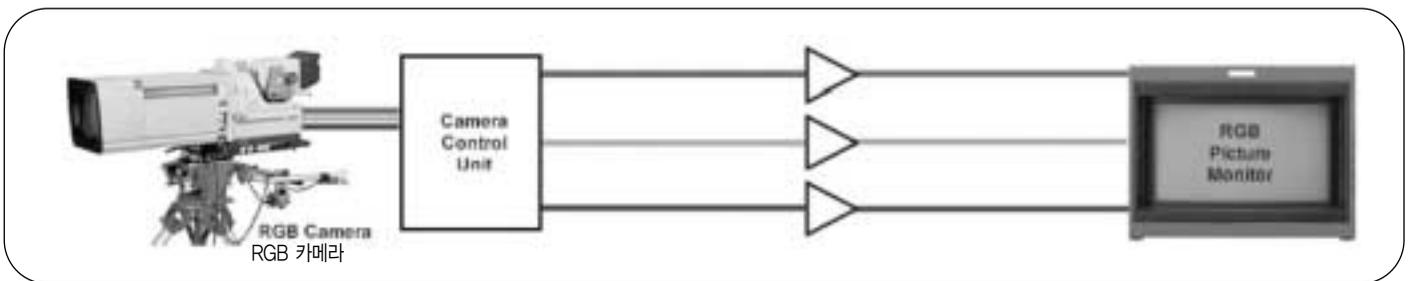
RGB 컴포넌트 신호

비디오 카메라는 이미지의 광원을 세 가지 주 색상인 적, 녹, 청으로 분리한다. 카메라의 센서는 이 각각의 단색 이미지를 개별적인 전기적 신호로 변환시킨다. 그 신호에 동기화

정보를 추가하여 화상 좌단과 화상 상단을 식별한다. 디스플레이를 카메라와 동기화 하기 위한 정보를 녹색 채널에 또는 세 채널 모두에 또는 별도의 경로에 추가할 수도 있다.

그림 1에 나와 있는 바와 같이 가장 간단한 접속도는 카메라에서 나온 R,G,B를 화상 모니터에 직접 연결하는 것이다. 다중 와이어 전송 시스템은 아날로그 표준 또는 고화질 비디오와 동일하다. 다중 와이어 연결은 소형의 구성 불변 서브시스템에 쓰이기도 한다.

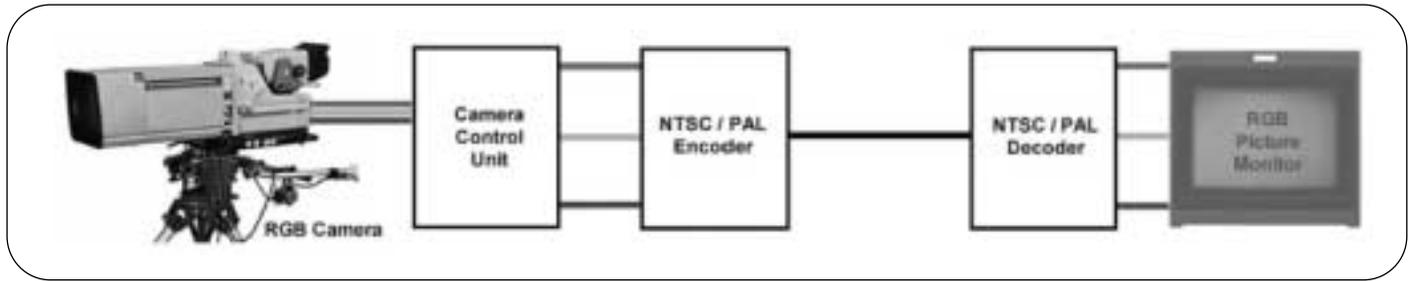
이 방법은 카메라에서 디스플레이로 전송되는 고품질 이미지를 생성하나, 세 가지 개별 채널로 신호를 전달하므로 엔지니어는 각 채널이 신호를 동일한 총 이득, DC 오프셋, 타임 딜레이, 및 주파수 응답으로 처리하도록 하여야 한다. 채널 간의 이득 불일치 및 DC 오프셋 에러는 최종 디스플레이의 색상에 미세한 변화를 일으키게 된다. 또한 시스템은 케이블 길이의 차이나 카메라에서 디스플레이로의 라우팅 방법이 달라서 생길 수 있는 타이밍 오류를 겪게 된다. 이는 채널 간의 타이밍 오프셋을 일으켜, 화상의 감도 저하나 흐림, 심한 경우 다중의 분리 이미지 현상이 발생하게 된다. 채널 간의 주파수 응답의 차이는 채널이 재결합 될 때 과도 효과를 발생시킨다. 따라서, 세 채널을 하나로 처리해야 할 필요가 있다.



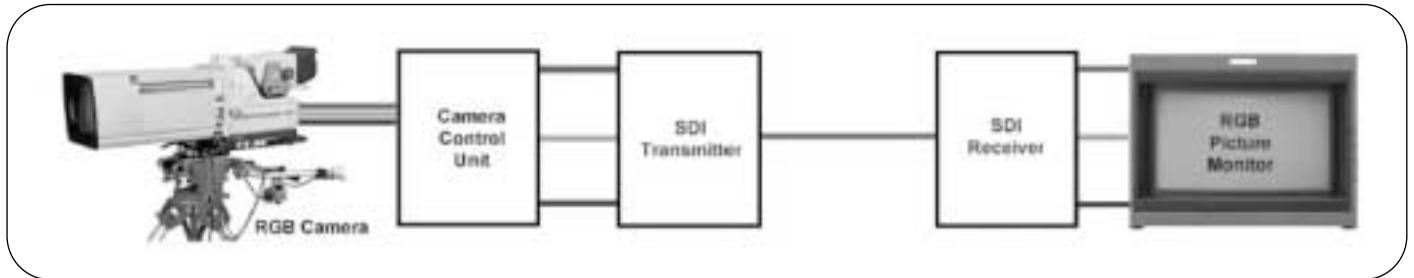
▶ 그림 1. 모니터에 직접 연결된 카메라의 RGB

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 2. 단일 동축 케이블에서의 전송을 위해 NTSC 또는 PAL로 부호화된 비디오



▶ 그림 3. 디지털 전송으로 아날로그 신호 저하를 피할 수 있다.

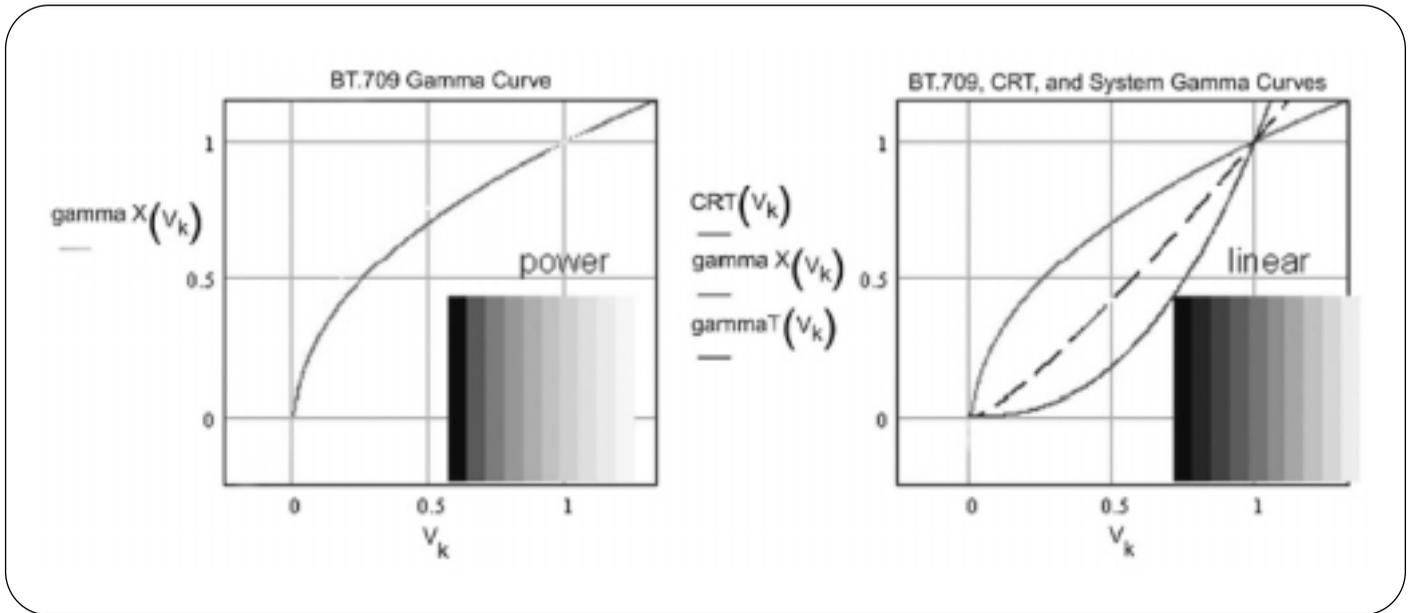
NTSC 또는 PAL 부호기 및 복호기를 사용하는 것은 (그림 2) 텔레비전 장치의 한 와이어 상에서 신호를 처리하기 쉽다는 점을 제외하고는 단순화와 아무 상관도 없다. 시스템 대역폭은 4.2 MHz (NTSC) 또는 5.0 ~ 5.5 MHz (PAL)의 세 비디오 신호 에너지를 쉽게 포함할 수 있도록 절충된다. 단일 와이어 구성은 비디오 라우팅이 훨씬 용이하나, 긴 경로에 대한 주파수 응답 및 타이밍을 반드시 고려하여야 한다. NTSC 또는 PAL 콤포지트 신호의 채도 및 luma는 4.2 MHz, 5.0 또는 5.5 MHz를 공유하고 있으므로, 여러 차례의 부호화 및 복호화를 피하여야 한다.

컴포넌트 디지털 부호기 및 복호기를 대체하면, 접속도 (그림 3) 가 복잡하지 않으며 성능이 보다 우수해진다. 현재 단일 동축 케이블의 에너지는 표준 화질 신호의 경우 270 Mb/s의 데이터 전송률이며 고화질 신호의 경우 1.485 Gb/s 또는 그 이상이다. 기존 방송 텔레비전 채널에서의 전송을 위해 표준 화질 신호를 아날로그 NTSC 또는 PAL로 변환시킬 수 있다. 기존의 NTSC 또는 PAL 채널의 채널 대역폭 내에서 공중파 전송을 수행하려면 고화질 신호를 압축하여야 한다.

감마 보정

비디오 신호의 처리에 있어 고려해야 할 한가지 아날로그 요인은 비디오 디스플레이가 장면의 각 요소의 휘도를 정확히 재현하는 지에 대한 식별이다. 브라운관 (CRT) 디스플레이는 본질적으로 비선형 디바이스이므로, 광 출력 양은 디스플레이에 가해진 전압의 비선형 함수이다. 이 함수를 디바이스의 감마라고 한다. 선형 응답을 얻으려면, TV 시스템에 보정 계수를 적용하여야 한다. 따라서, 카메라의 RGB 신호를 CRT의 역 함수로 감마 보정한다. 감마 보정 신호를 R', G', 및 B'로 표시하며, 프라임 기호(') 는 픽업 및 디스플레이 디바이스의 전달 특성을 보상하기 위한 보정 계수가 적용되었음을 나타낸다. 프라임 기호가 다소 거추장스러워 보이고, 때로는 부정확하게 누락되어 있을 수도 있겠지만, 표준 문서와의 상관성을 위해 이 입문서 전반에 이를 사용할 것이다.

새로운 LCD 및 플라즈마 디스플레이 기술이 오늘날 널리 사용되고 있으므로, 앞으로는 감마 보정이 필요하지 않을 것이라고 생각하는 사람도 있을 것이다. 그러나 휘도에 대한 인간의 시각 응답 또한 파워 함수로, 약 1/3 파워까지 상승된 강도이다. 최적의 명암 묘사 및 신호 대 잡음비 (S/N) 를 위해, 비디오 부호화는 이와 동일한 파워 함수를 이용한다. 이를 개념적 코딩이라 한다.



▶ 그림 4. BT.709 감마 보정은 CRT 디스플레이 응답을 향상시킨다.

감마 보정에는 CRT 응답에 대한 보정 이상의 의미가 있다.

CRT에 필요한 감마 보정은 개념적 보정에 있어 거의 최적이다. 이 때문에, 감마 보정을 위해 보정 계수가 디바이스에 적용된 시스템을 평가할 때 주의를 기울여야 한다.

그림 4는 디지털 고화질 비디오의 대표적인 표준 중 하나인 ITU-R BT.709에 규정되어 있는 0.45의 파워 함수인 감마 보정을 보여주고 있다. 이 감마 보정을 카메라에 적용하여 CRT의 비선형성을 보정하고 개념적 코딩을 제공한다. CRT의 비선형성은 2.2 ~ 2.6의 파워 함수로 존재하며, 대부분의 CRT들은 약 2.5의 값을 가진다. 그 결과 전체 시스템 감마는 약 1.2로, 전형적인 관람 조건에 대하여 거의 이상적이다. 이 응답은 인간의 광원 감지를 대체적으로 보정하여, 전송을 위해 비디오 신호를 디지털화 할 때 필요한 비트 수가 줄게 된다.

luma 및 색차신호로의 R'G'B' 변환

비디오 컴포넌트인 적, 녹, 청은 카메라 픽업 디바이스에서 비롯된 것이며 비디오 컬러 관리 시 조작자들이 거의 항상 사용하고 있다. 그러나, RGB는 세 가지 모든 컴포넌트가 동일한 대역폭이어야 하므로 비디오 프로세싱 중 이미지 전달에 있어 대역폭 효율이 가장 우수한 방법은 아니다. 인간의 시각은 색상의 변화보다 휘도의 변화에 보다 민감하므로, 전 대역폭

luma 정보를 유도하여 나머지 가용 대역폭에 색차 정보를 할당함으로써 대역폭 효율을 향상시킬 수 있다.

비디오 신호 컴포넌트들을 luma 및 색차 값으로 처리하면 전달되어야 할 정보량을 줄일 수 있다. 하나의 전 대역폭 luma 채널 (Y) 이 밝기 및 신호의 상세 정보를 묘사하게 하면, 두 색차채널들 (R'-Y' 및 B'-Y') 을 대략 luma 채널 대역폭의 절반으로 제한할 수 있으며 또한 충분한 색상 정보를 제공할 수 있다. 이로써 간단한 선형 행렬로 R'G'B' 및 Y, R'-Y', B'-Y' 간의 변환이 가능하다. 색차 채널들의 대역폭 제한이 행렬에 따라 이루어진다. 채널들이 디스플레이용 R'G'B' 아날로그 부호화에 흔히 쓰이는 Y, R'-Y', B'-Y'로 복원될 때, 밝기 상세 정보가 전 대역폭에 복원되며 공간 색상 상세 정보는 적절한 방식으로 제한된다. 다음의 단락 및 표는 부호기 및 복호기에서 일어나는 R'G'B' 에서 Y, R'-Y', B'-Y'로의 변환 과정을 다루고 있다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

표 1. Luma 및 chroma 비디오 컴포넌트

아날로그 인코딩에 흔히 쓰이는 Y', R'-Y', B'-Y'

형식	1125/60/2:1, 720/60/1:1	525/59.94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y'	$0.2126 R' + 0.7152 G' + 0.0722 B'$	$0.299 R' + 0.587 G' + 0.114 B'$
R'-Y'	$0.7874 R' - 0.7152 G' - 0.0722 B'$	$0.701 R' - 0.587 G' - 0.114 B'$
B'-Y'	$-0.2126 R' - 0.7152 G' + 0.9278 B'$	$-0.299 R' - 0.587 G' + 0.886 B'$

Y', P'b, P'r 아날로그 컴포넌트

형식	1125/60/2:1 (SMPTE 240M)	1920 x 1080 (SMPTE 274M) 1280 x 720 (SMPTE 296M)	525/59.94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y'	$0.212R' + 0.701G' + 0.087B'$	$0.2126R' + 0.7152G' + 0.0722B'$	$0.299R' + 0.587G' + 0.114B'$
P'b	$(B'-Y') / 1.826$	$[0.5 / (1 - 0.0722)] (B'-Y')$	$0.564 (B'-Y')$
P'r	$(R'-Y') / 1.576$	$[0.5 / (1 - 0.2126)] (R'-Y')$	$0.713 (R'-Y')$

디지털 정량화를 위해 스케일되고 오프셋된 Y', C'b, C'r

형식	1920 x 1080 (SMPTE 274M) 1280 x 720 (SMPTE 296M)	525/59.94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y'	$0.2126 R' + 0.7152 G' + 0.0722 B'$	$0.299 R' + 0.587 G' + 0.114 B'$
C'b	$0.5389 (B'-Y') + 350 \text{ mV}$	$0.564 (B'-Y') + 350 \text{ mV}$
C'r	$0.6350 (R'-Y') + 350 \text{ mV}$	$0.713 (R'-Y') + 350 \text{ mV}$

감마 보정 RGB' 컴포넌트들은 행렬화되어 감마 보정 컴포넌트 luma, 지정 Y' 및 두 색차 컴포넌트를 생성한다. luma 및 색차 컴포넌트들은 R', G' 및 B'에서 표 1에 나와 있는 값들로 유도된다 (각 계수의 단위는 볼트임).

표 1은 R'G'B'에서 Y', (R'-Y'), (B'-Y') 로의 변환에 대한 전압 범위를 보여주고 있다. luma 신호는 0 ~ 700 mV의 동적 범위를 가지고 있다. 색차 신호 R'-Y' 및 B'-Y'는 여러 컴포넌트 형식에서의 변환에 대한 스케일링 함수에 따라 동적 범위가 다를 수 있다. Y'P'bP'r로 표시된 아날로그 컴포넌트 형식은 스케일되므로 두 색차 값은 ±350 mV의 동적 범위를 가지게 된다. 이로써 비디오 신호 프로세싱이 더욱 간단해진다. 아날로그 Y'P'bP'r 값들은 오프셋되어 디지털 표준에 일반적으로 쓰이는 Y'C'bC'r 값들을 생성하게 된다. 그 결과인 비디오 컴포넌트는 단색 비디오 신호와 유사한 Y' 또는 luma 채널이며, 디지털 데이터로 정량화하기에 모두 적절히 스케일된, 밝기 정보 없이 색 정보를 전달하는 두 색차 채널인 C'b 및 C'r이다.

다른 수많은 색차 형식들이 여러 애플리케이션에 쓰이고 있다. 특히, 표 2에 나와 있는 바와 같이 컴포지트 PAL, SECAM, 및 NTSC 인코딩에 현재 사용되고 있는 계수들은 서로 다른 점을 이해하는 것이 중요하다.

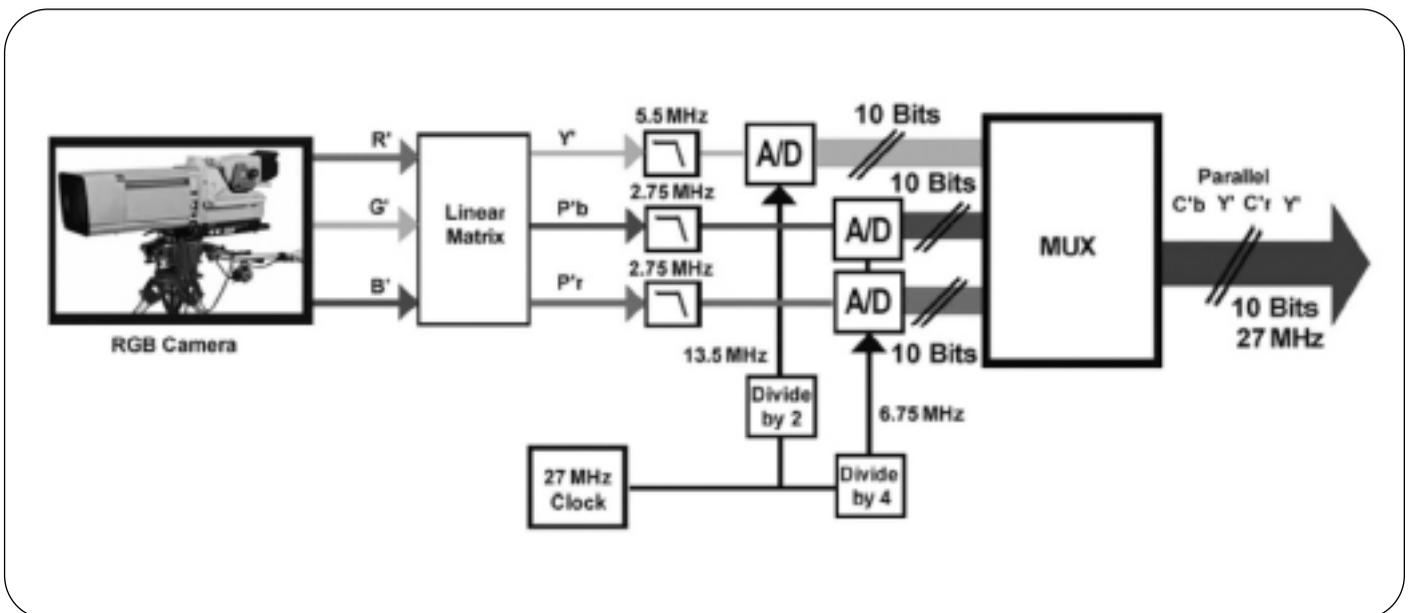
표 2. 컴포지트 비디오 인코딩에 대한 Luma 및 chroma 값

컴포넌트	근사값 (SMPTE 170M 및 ITU-R BT.470-6)
Y	$0.299 R' + 0.587 G' + 0.114 B'$
NTSC I	$-0.2680 (B'-Y') + 0.7358 (R'-Y')$
NTSC Q	$+0.4127 (B'-Y') + 0.4778 (R'-Y')$
PAL U	$0.493 (B'-Y')$
PAL V	$0.877 (R'-Y')$
SECAM Dr	$-1.902 (R'-Y')$
SECAM Db	$1.505 (B'-Y')$

▶ 디지털 비디오 인터페이스

아날로그 세계의 비디오를 연결하는 디지털 인터페이스를 이 시점에 간단히 살펴 볼 필요가 있다. 그림 5 ~ 8의 블록 다이어그램들이 비디오 제작 장비가 디지털 컴포넌트 비디오 신호들을 어떻게 다루는 지를 이해하는데 도움이 될 것이다. 이 블록 다이어그램들은 표준 화질 시스템을 묘사하고 있지만, 고화질 형식에 대한 개념을 갖추고 있다. 고화질 형식의 경우, 샘플링 및 데이터 전송률이 훨씬 빠를 것이며 빠른 데이터 전송률로 작동하는 회로의 크기를 최소화하기 위하여 시스템 전체에 걸쳐 luma 및 chroma에 대한 별개의 10 비트 버스를 유지하여야 할 수도 있다.

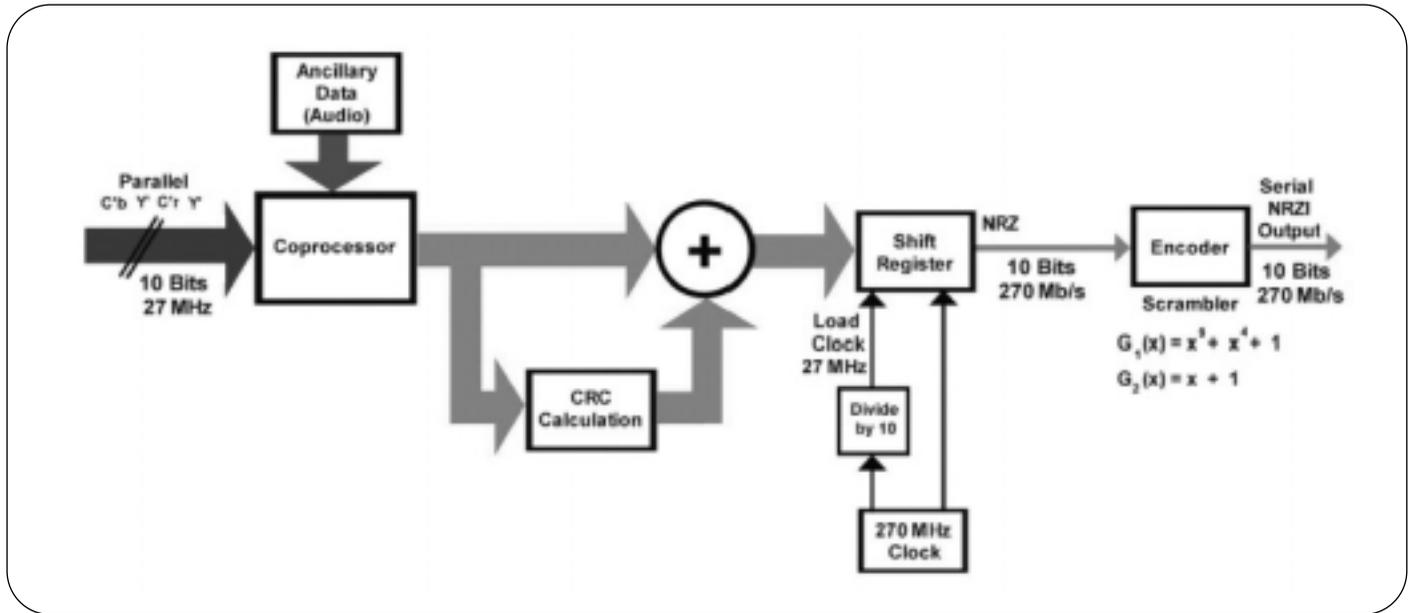
감마 보정 RGB (그림 5) 는 선형 행렬에서 luma 컴포넌트인 Y, 그리고 두 스케일 된 색 컴포넌트인 P'b 및 P'r로 변환된다. 인간의 눈은 색상의 변화보다 밝기 (디테일) 의 변화에 더욱 민감하므로, 이는 시스템을 통해 Y 신호가 높은 대역폭 (표준 화질의 경우 5.5 MHz) 에서 전달된다. luma 및 색 신호는 저역 통과 필터를 거쳐 샘플링 (디지털화) 프로세스에서 앨리어싱을 일으킬 수 있는 높은 비디오 주파수들을 제거하게 된다. 여과된 luma 신호는 아날로그 대 디지털 변환기에서 13.5 MHz의 속도로 샘플링되어 13.5 MB/s의 10 비트 데이터 스트림을 생성한다. 두 색 채널은 여과된 다음, 아날로그 대 디지털 변환기에서 6.75 MHz의 속도로 샘플링되어 6.75 MB/s의 두 데이터 스트림을 생성한다. 세 가지 비디오 채널이 다중화되어 27 MB/s의 단일 10 비트 병렬 데이터 스트림을 생성하게 된다.



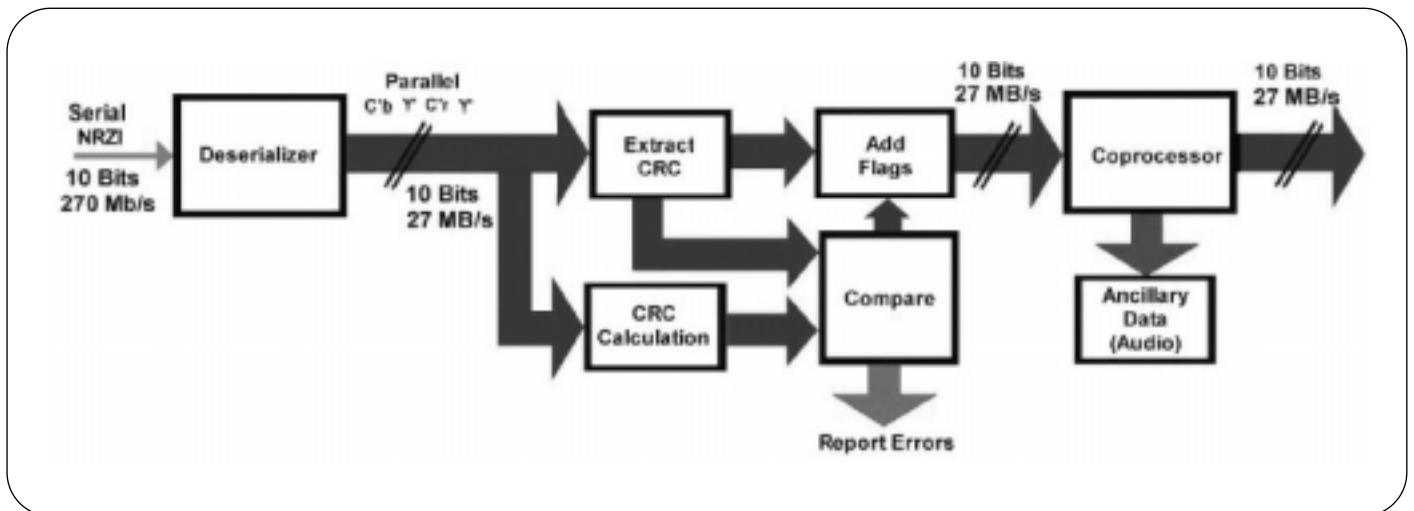
▶ 그림 5. RGB 카메라 비디오의 디지털화

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 6. 병렬 데이터 스트림의 프로세싱 및 직렬화



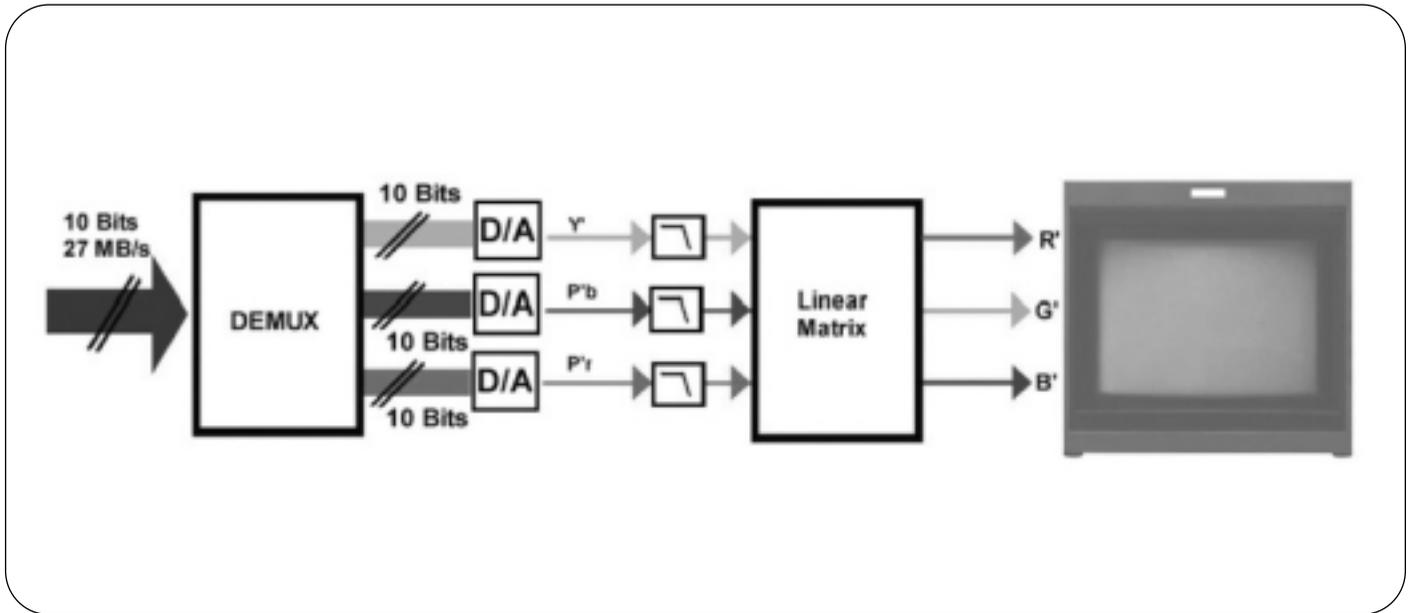
▶ 그림 7. SDI 수신기-비디오 데이터를 병렬로 변환시킴

보조 처리기 (그림 6) 를 사용하여 타이밍 레퍼런스 신호, AES/EBU 형식 디지털 오디오, 기타 보조 데이터를 추가한다. 데이터에 대한 체크섬 (checksum) 을 계산하여 병렬 데이터 스트림에 추가한다.

그런 다음, 27 MB/s, 10 비트 병렬 데이터가 쉬프트 레지스터 또는 직렬 변환기로 로드되며, 본 예에서는 270 Mb/s의 속도로 클럭되고 표준 화질 ITU-R,BT-656/ SMPTE 259M에 준하는 효율적인 전송을 위해 스크램블된다.

표준 화질 ITU-R,BT-656/SMPTE 259M에 준하는 신호들은 거의 100%에 이르는 데이터 무결성으로 최대 약 300 미터까지의 표준 비디오 케이블로 전송될 수 있으며, 데이터 전송률이 1.485 Gb/s인 고화질 SMPTE 292M에 준하는 신호들은 약 100 미터까지로 제한된다.

수신기에서 (그림 7), 반 클럭 주파수의 에너지가 감지되어 인입되는 270 Mb/s 데이터 신호에 적절한 아날로그 등화가 적용된다. 새로운 270 MHz 클럭이 NRZI 신호 단에서 복구되고, 등화 신호가 샘플링되어 그 로직 상태를 결정하게 된다. 직렬 변환기는 부호기의 스크램블링 알고리즘에 맞는 알고리즘을 이용하여 데이터를 해독하고 27 MB/s의 10 비트 데이터 스트림을 출력한다. 수신기가 내장된 체크섬을 추출하여 수신 데이터에서 생성한 새로운 체크섬과 비교한 다음 오류를 보고하고 데이터 스트림에 고유의 플래그를 추가한다. 보조 처리기는 오디오 또는 기타 보조 데이터를 추출한다.



▶ 그림 8. 병렬 데이터에서 아날로그 R'G'B'의 복원

그런 다음, 10 비트 데이터는 디지털 luma 및 색 데이터 스트림으로 역다중화되고 (그림 8), 세 개의 디지털 대 아날로그 변환기를 통해 아날로그로 변환되고, 개별적인 데이터 레벨들을 원만한 아날로그 파형으로 복원하도록 여과되어, 디스플레이를 위해 원래의 R'G'B'로 다시 행렬화된다.

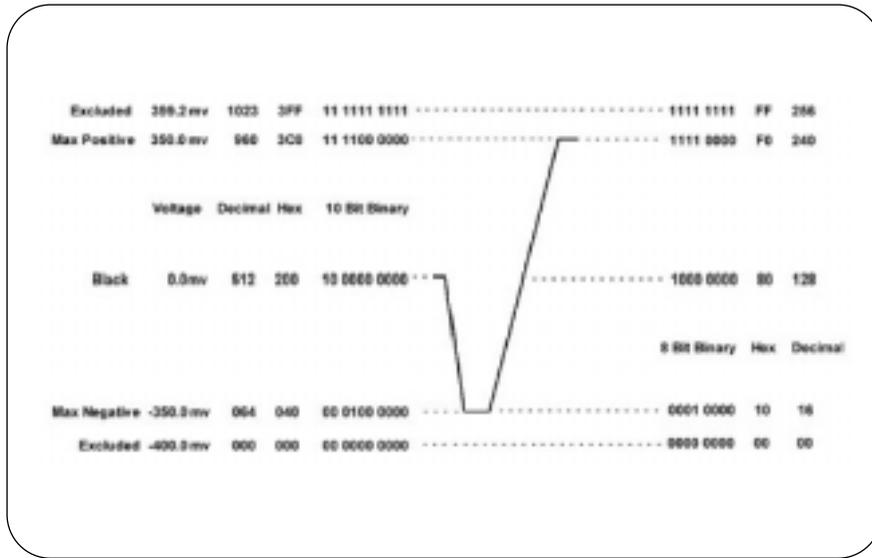
지금까지 간단히 살펴 본 시스템 개요는 시스템 작동 원리의 이해에 도움이 될 것이다. 디지털 인터페이스에 대한 추가 상세 정보는 다음 단락에 제공되어 있다.

601 샘플링

ITU-R BT.601은 625/50 및 525/60 텔레비전 시스템용 디지털 컴포넌트 비디오에 대한 파라미터를 정하기 위해 공동 SMPTE/EBU 특별팀이 제시한 샘플링 표준이다. 이 작업은 1981년에 SMPTE가 후원한 일련의 테스트에 의해 완성되었으며, 유명한 CCIR Recommendation 601 (지금은 ITU-R BT.601로 알려짐) 을 낳게 되었다. 이 문서는 525 및 625 주사선 신호에 쓰이는 샘플링 메커니즘을 규정하고 있다. 이는 아날로그 휘도에 대하여 13.5 MHz에서의 그리고 두 아날로그 색차 신호에 대하여 6.75 MHz에서의 직교 샘플링을 규정하고 있다. 샘플 값들은 디지털 luma Y' 그리고 두 디지털 색차 C'b 및 C'r로, 아날로그 감마 보정 B'-Y' 및 R'-Y'의 스케일된 버전이다. 서브 다중 2.25 MHz가 525 및 625 주사선 시스템 모두에 공동인 함수이기 때문에 샘플링 주파수로 13.5 MHz가 채택되었다. (부록 B-텔레비전 클럭 관계 참조).

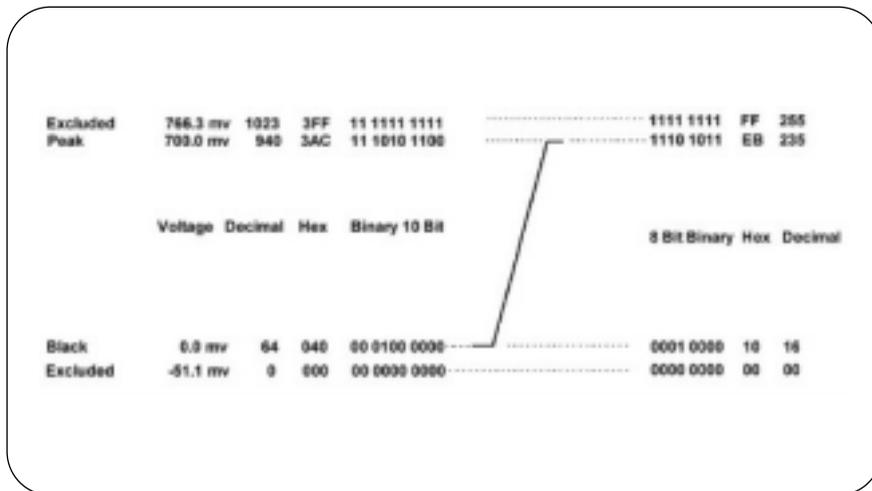
표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 9. 색차 정량화

비록 현재는 여러 가지의 ITU-R BT.601 구현에서 10 비트 샘플링을 이용하고 있지만, ITU-R BT.601은 8 비트 샘플 (256 레벨의 범위에 상응, $00_n \sim FF_n$), 또는 10 비트 샘플 (1024 레벨의 범위에 상응, $000_n \sim 3FF_n$)을 허용하고 있다. 상호 운용성을 위해 지정된 8 비트 단어 값을 10 비트 값으로 바로 변환할 수도 있으며, 10 비트 값을 8 비트 값으로 반올림하여 처리할 수 있다. 범위 $040_n \sim 3C0_n$ 의 색차 C'b 및 C'r 컴포넌트 값들은 (그림 9) ± 350 mV 간의 아날로그 신호에 해당된다. 신호 편위는 이 범위를 벗어날 수 있으며 전체 가용 범위는 공칭상으로 ± 400 mV이다. 범위 $040_n \sim 3AC_n$ 의 Luma 컴포넌트 값 Y' (그림 10)은 0.0 mV ~ 700 mV 간의 아날로그 신호에 해당된다. 신호 편위는 이 범위를 벗어날 수 있으며 총 범위는 공칭상으로 -50 mV ~ $+766$ mV로서, 백색 레벨 이상의 과부하에 대한 여유가 더 크다. A/D 컨버터는 8 비트 시스템과의 상호 운용성을 부여하기 위해 10 비트 레벨 $000_n \sim 003_n$, 그리고 $3FC_n \sim 3FF_n$ 를 생성하지 않도록 구성되어 있다. 정량화 레벨을 선택하여, 두 "0s"가 추가된 8 비트 레벨들이 10 비트 레벨들과 동일한 값을 가지게 된다. 휘도 및 색차 A/D의 경우, 값 $000_n \sim 003_n$ 및 $3FC_n \sim 3FF_n$ 가 동기화를 위해 확보 된다.



▶ 그림 10. 휘도 정량화

그림 11은 아날로그 수평 주사선에 대한 디지털 단어 및 샘플의 위치를 보여 주고 있으며 그림 12는 화상 면적에 대한 공간 상의 관계를 보여주고 있다. 타이밍 정보가 액티브 비디오 종료 (EAV) 및 액티브 비디오 시작 (SAV) 패키지에 의해 전달되므로, 기존의 신호 동기화가 필요치 않다. 수평 귀선 소거 간격 및 수직 귀선 소거 간격 중의 전체 주사선 주기를 이용하여 오디오 또는 다른 보조 데이터를 전달할 수 있다. EAV 및 SAV 타이밍 패키지는 단어 3FF_n, 000_n, 000_n로 시작하는 헤더로 데이터 스트림에서 식별된다. EAV 및 SAV의 네 번째 단어 (xyz)에는 신호에 대한 정보가 들어 있다. 컴포넌트 디지털 비디오의 보조 데이터 패키지는 워드 000_n, 3FF_n, 3FF_n로 시작하는 헤더에 의해 식별된다.

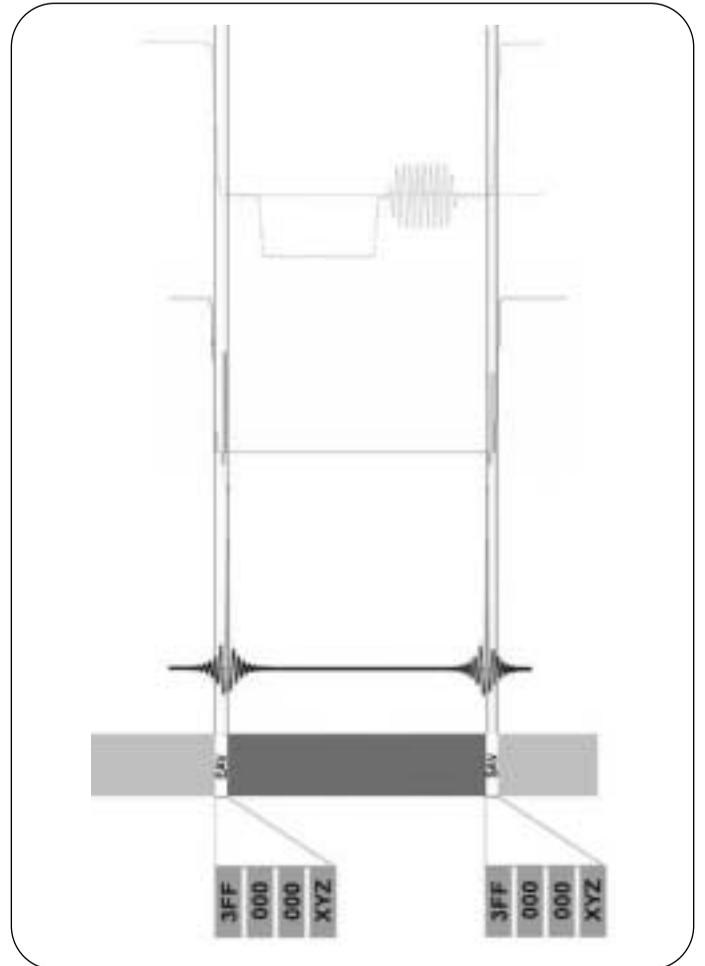
"xyz" 워드는 8 비트 신호 경로를 존속시키기 위해 0으로 설정된 가장 중요하지 않은 두 개의 비트를 가진 10 비트 워드이다. 표준 화질 "xyz" 단어에 들어 있는 것은 함수 F, V, 및 H로서, 다음 값들을 가진다:

- ▶ 비트 8 - (F 비트) 필드 1에 대하여 0 그리고 필드 2에 대하여 1
- ▶ 비트 7 - (V 비트) 수직 귀선 소거 간격에서 1; 액티브 비디오 주사선 중에는 0
- ▶ 비트 6 - (H 비트) 1은 EAV 시퀀스를 나타냄; 0은 SAV 시퀀스를 나타냄

병렬 디지털 인터페이스

Recommendation 601 샘플링으로 생성된 데이터에 대한 전기적 인터페이스는 525/59.94에 대한 SMPTE 표준 125M으로 SMPTE에 의해, 그리고 625/50 형식에 대해서는 EBU Tech. 3267에 의해 각각 표준화되었다. 이들 둘 다 CCIR (지금의 ITU)에 의해 채택되었으며 병렬 하드웨어 인터페이스를 설명한 문서인 Recommendation 656에 포함되었다. 병렬 인터페이스는 11개의 연선과 25 핀 "D" 커넥터를 이용한다. 병렬 인터페이스는 시퀀스 C'b, Y', C'r, Y...의 데이터 워드들을 다중화하며 데이터 전송률은 27 MB/s가 된다. 타이밍 시퀀스 SAV (액티브 비디오 시작) 및 EAV (액티브 비디오 종료)가 각 라인에 추가되었다. 525 및 625 형식에 대한 디지털 액티브 비디오 라인에는 720 luma 샘플이 타이밍 및 기타 데이터에 사용할 수 있는 아날로그 귀선 소거 중의 잔여 데이터 샘플과 함께 들어있다.

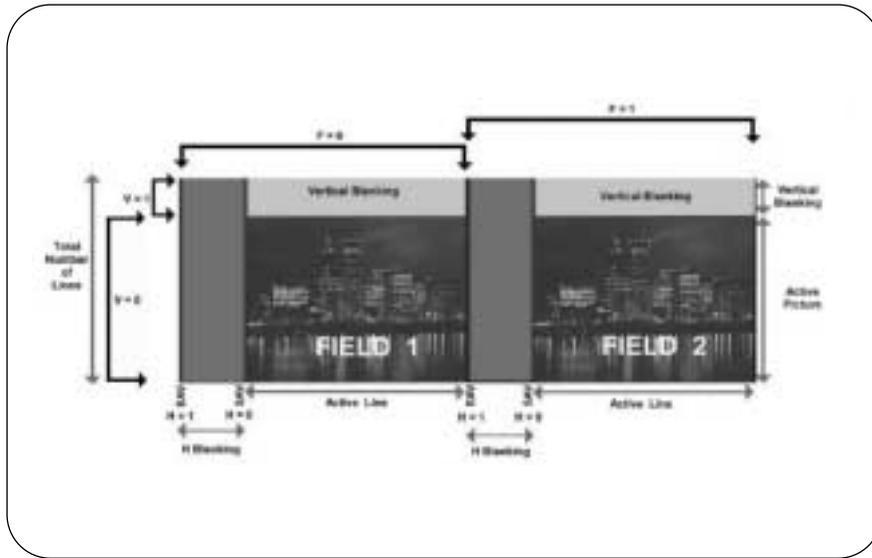
다중 컨덕터 케이블 및 패치 패널에 대한 요건 때문에, 디지털 스튜디오 장비의 병렬 연결은 소형의 구성불변 설치 시에만 가능하다.



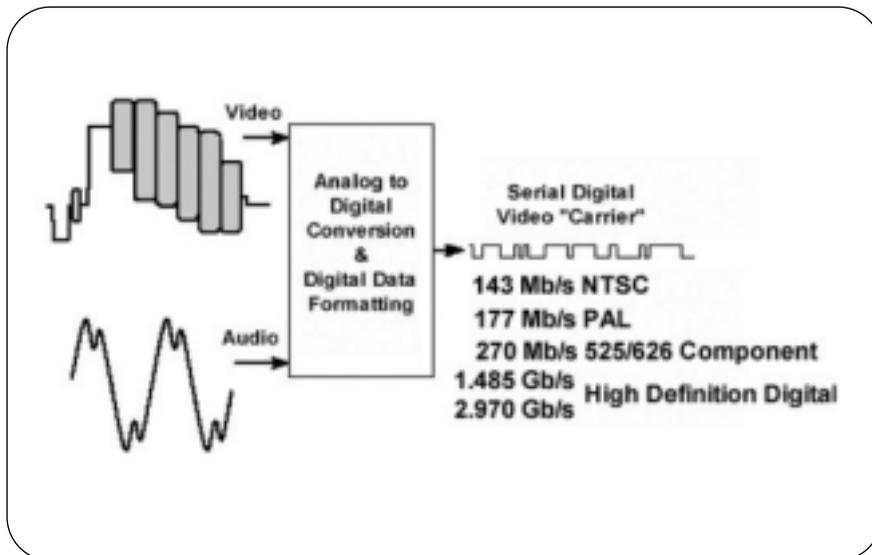
▶ 그림 11. 디지털 수평 귀선 소거 간격

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 12. 2:1 인터레이스 디지털 프레임의 레이아웃



▶ 그림 13. 반송파 개념

직렬 디지털 인터페이스 (SDI)

형식에 상관없이 단일 동축 케이블로 데이터를 전송할 필요가 있다. 데이터 전송률이 비교적 높기 때문에 이는 간단하지 않으며, 그리고 수정하지 않고 신호가 전송된 경우 신뢰할 만한 복구가 어려울 것이다. 전송하기 전에 신호를 수정하여야만 신뢰할 수 있는 클럭 복구에 충분한 에지를 확보할 수 있으며 전송 신호의 저주파 내용을 최소화하고, 에너지 스펙트럼을 분산시켜 RF 방출 문제를 최소화할 수 있다. 현재는 스캔블링과 NRZ로 변환을 이용하는 직렬 디지털 인터페이스가 개발되어 이러한 필요성을 충족시키고 있다. 이 직렬 인터페이스는 표준 화질 컴포넌트 및 내장 디지털 오디오를 포함하는 컴포지트 신호 모두에 대하여 ANSI/ SMPTE 259M, ITU-R BT.656, 및 EBU Tech. 3267에 규정되어 있다. 또한 이 직렬 인터페이스의 스케일된 버전이 고화질 전송에 대하여 규정되어 있다.

개념상으로, 직렬 디지털 인터페이스는 스튜디오 애플리케이션용 반송파 시스템과 아주 유사하다. 베이스밴드 비디오 및 오디오 신호를 디지털화 하여 그림 13에서와 같이 직렬 디지털 "반송파" 상에서 결합한다. 이는 베이스밴드 디지털 신호이며 반송파 상에서 변조되는 신호가 아니라는 점으로 인해, 엄밀히 말해서 반송파 시스템이 아니라는 점에 유의하여야 한다. 비트율 (반송파 주파수)은 디지털 데이터의 클럭 속도에 의해 결정되며, 표준 화질 컴포넌트 디지털의 경우 270 Mb/s, 그리고 고화질 형식의 경우 1.485 Gb/s (또는 2.97 Gb/s) 이다. (NTSC 및 PAL 컴포지트 직렬 인터페이스에 대한 143 Mb/s 및 177 Mb/s를 포함한 다른 속도들도 쓰이지만 이 입문서에서는 다루지 않을 것이다.)

아날로그 신호 컴포넌트의 샘플을 나타내는 병렬 데이터는 그림 14에서와 같이 처리되어 직렬 디지털 데이터 스트림을 생성하게 된다. 병렬 클럭을 이용하여 샘플 데이터를 쉬프트 레지스터에 로드하고, 각 10 비트 데이터 워드에 대하여 병렬 클럭의 10배 배수로 LSB 부터 비트를 편이시킨다. 8 비트 데이터만을 사용할 수 있는 경우, 직렬 변환기는 두 LSB에 0을 두어 10 비트 워드를 완성한다. 컴포넌트 형식의 경우, 병렬 인터페이스 상의 EAV 및 SAV 타이밍 신호는 직렬 도메인에서 인식될 수 있는 독특한 시퀀스를 제공하여 워드 프레임을 가능하게 한다. EAV 및 SAV 데이터 패킷의 코딩은 이 입문서의 **디지털 스튜디오 동기화 및 타이밍** 섹션에 설명되어 있다. 오디오 등과 같은 다른 보조 데이터가 병렬 신호에 삽입된 경우, 이 데이터 또한 직렬 인터페이스에 의해 전달될 것이다.

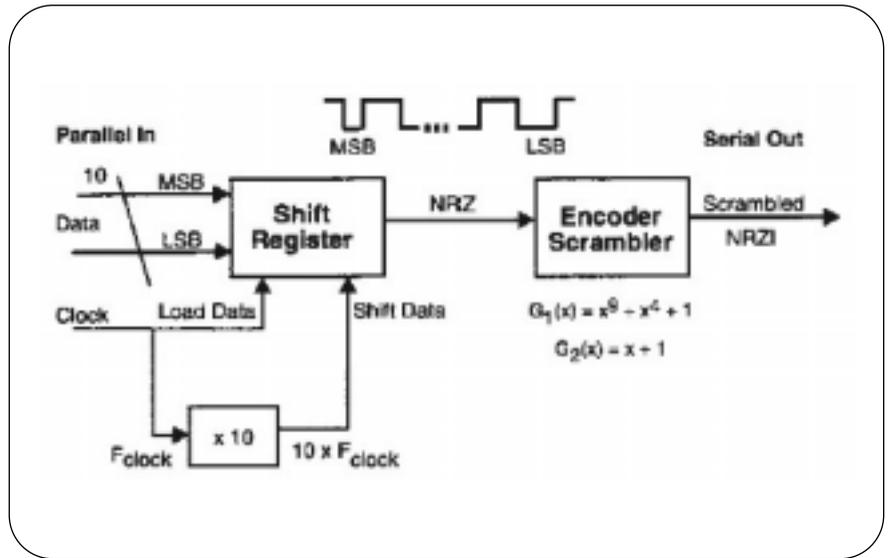
병렬 정보의 직렬화에 이어, 데이터 스트림은 연산 알고리즘에 의해 스캔블된 다음, 다음 두 함수의 조합에 의해 NRZI (비제로 복귀 반전) 로 부호화 된다:

$$G_1(X) = X^9 + X^4 + 1$$

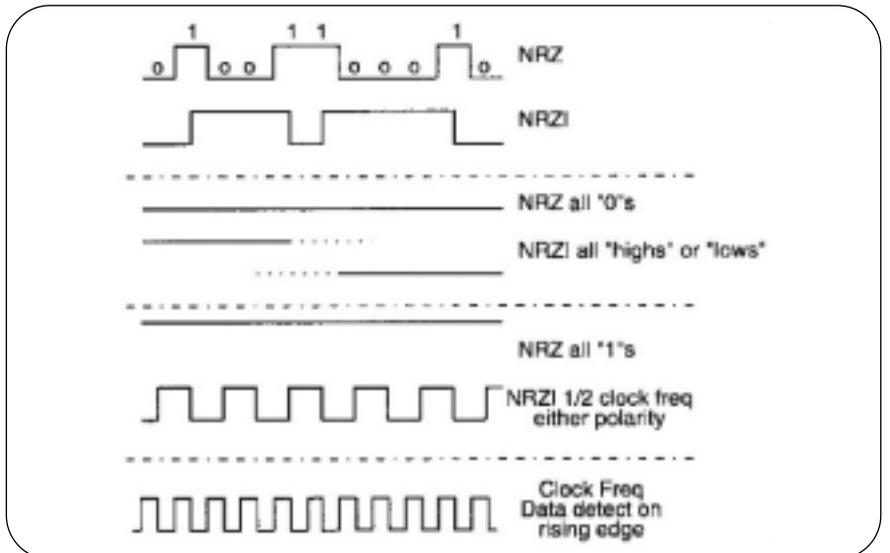
$$G_2(X) = X + 1$$

신호를 스캔블 하면 통계적으로 처리가 쉽도록 낮은 DC 콘텐츠를 가지게 되는 경향이 있으며 클럭 복구가 용이하도록 큰 수의 전이를 가지게 된다. NRZI 형식은 신호의 극성에 둔감하게 만든다.

수신기에서는, 직렬 변환기에 이 알고리즘의 역을 이용하여 정확히 데이터를 복구하므로 최종 사용자는 원래의 스캔블 되지 않은 컴포넌트를 보게 된다. 직렬 디지털 전송 시스템에서는, 별도의 클럭 라인이 있는 병렬 시스템과는 반대로 데이터에 클럭이 들어 있다. 데이터를 스캔블 시키면, 클럭 복구에 필요한 다량의 전이를 확보할 수 있다. 시스템 스트레스 테스트를 위해 (**디지털 시스템 테스트** 섹션 참조), SDI 수신기 회로의 효율성을 테스트하기 위한 높은 DC 콘텐츠 및 최소 전이를 가진 시퀀스를 도입한 특정 테스트 신호가 개발되었다. 정상적으로 작동하는 직렬 디지털 시스템은 까다로운 신호에 의해 스트레스를 받아도 문제가 생기지 않을 것이다.



▶ 그림 14. 병렬 대 직렬 변환



▶ 그림 15. NRZ와 NRZI 간의 관계

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

NRZ로 부호화하면 직렬 데이터 스트림이 극성에 둔감해진다. NRZ (비제로 복귀)는 높음 = "1", 낮음 = "0"인 잘 알려진 로직 레벨이다. 전송 시스템에서는, 수신기에서 신호의 특정 극성을 요구하지 않는 것이 편리하다. 그림 15에 나와 있는 바와 같이, 데이터 전이를 이용하여 각 데이터 "1"을 나타내며 데이터 "0"에는 전이가 없다. 그 결과, 어떤 신호 극성을 이용했다고 해도 전이를 검출하기만 하면 된다. NRZ 부호화의 또다른 결과는 모두 "1"들이 신호가 매 클럭 간격마다 전이를 생성하게 되어 1.5 클럭 주파수의 구형파가 된다. 그러나 "0"들은 전이가 없으므로, 스크램블이 필요하게 된다. 수신기에서는, 클럭 주파수에서의 구형파의 상승 에지를 이용하여 데이터를 복구하게 된다.

정규 75-ohm 비디오 케이블, 커넥터, 및 패치 패널을 갖춘 잘 설계된 시스템에서는 제법 먼 거리에서도 직렬 디지털 인터페이스를 사용할 수 있다. 한 예로, T 커넥터에서 볼 수 있는 것과 같은 무단 케이블 효과를 아날로그 비디오에서는 감지할 수 없을 수도 있으나, 직렬 디지털 비디오에서는 상당한 반사와 잠재적 프로그램 손실이 발생하게 된다.

병렬 및 직렬 도메인에서의 컴포넌트 비디오에 대한 이 내용은 표준 화질 및 고화질 주사 형식 모두에 일반적으로 적용할 수 있다. 샘플링 및 정량화 레벨은 동기화 정보의 형식과 마찬가지로 일반적으로 동일하다. 고화질 형식에서는 샘플링 속도가 더 높으며, 일반적으로 보조 데이터에 사용할 수 있는 샘플이 더 많이 있다. 라인 번호 지정 및 오류 검사 워드가 고화질 형식에 있으며, 다중 채널 오디오에 사용할 수 있는 샘플도 더 많이 있다. 그러나, 그 원리는 표준 화질 및 고화질 형식 모두 동일하다. 한 컴포넌트 디지털 형식을 이해하면 다른 것도 잘 이해할 수 있다. 이 입문서의 내용이 진행됨에 따라 그 차이점이 밝혀질 것이다. 디지털 표준 및 고화질 비디오 주사 형식은 이 입문서의 타이밍 및 동기화 섹션에 논의 및 비교되어 있다.

표준 화질 원리를 토대로 구축된 고화질 비디오

디지털 고화질로의 전환에 있어, 표준 화질에 대하여 알고 있는 기본 원리를 이용하고 이를 HDTV의 특정 요건에 적용할 수 있다. 아날로그 신호를 샘플링하는 방법은 원칙적으로 동일하며, 단지 보다 높은 채널 대역폭과 샘플링 속도를 이용할 따름이다. 디지털 신호를 처리하는 방법은 원칙적으로 동일하며, 단지 보다 높은 데이터 전송률을 다루고, 시스템 설계에 보다 더 주의를 기울일 따름이다. 라인을 따라 모든 것이 보다 빠른 데이터 전송률과 보다 높은 대역폭에서 작동하나, 거의 모든 원리가 유사하다.

고화질 텔레비전에는 아주 다양한 형식들이 있다. 이로써 방송 엔지니어는 폭넓은 유연성을 가지게 되나, 이는 방송 시스템을 더욱 복잡하게 만들기도 한다.

표준은 고화질 비디오의 생성 및 처리에 필요한 주사 형식, 아날로그 인터페이스, 병렬 디지털 인터페이스 및 직렬 디지털 인터페이스를 규정하고 있다. 중요한 표준들은 다음과 같다:

- ▶ **ANSI/SMPTE 240M, 텔레비전-신호 파라미터 - 1125 라인 고화질 제작 시스템.** 60 Hz 및 59.94 Hz 필드율로 1125 (1035 액티브) 제작 시스템에서 운영되는 장비와 관련된 아날로그 비디오 신호의 기본 특성을 규정
- ▶ **SMPTE 260M, 텔레비전 - 디지털 표현 및 비트-병렬 인터페이스 - 1125/60 고화질 제작 시스템.** ANSI/SMPTE 240M으로 아날로그 형식으로 규정된 1125/60 고화질 신호 파라미터의 디지털 표현을 규정
- ▶ **ANSI/SMPTE 274M, 텔레비전 - 다양한 영상 비율의 그림 처리 속도를 위한 1920 x 1080 주사 및 아날로그 및 병렬 디지털 인터페이스.** 영상비 16:9이며 1920 픽셀 x 1080 주사선의 액티브 화면을 가진 주사 시스템 제품군을 규정
- ▶ **ANSI/SMPTE 292M, 텔레비전 - 고화질 텔레비전 시스템용 비트-직렬 디지털 인터페이스.** 1.485 Gb/s 및 1.485/1.001 Gb/s에서 작동되는 고화질 컴포넌트 신호에 대한 비트-직렬 디지털 동축 및 광섬유 인터페이스
- ▶ **ANSI/SMPTE 296M - 1997, 텔레비전 - 1280 x 720 주사, 아날로그 및 디지털 표현과 아날로그 인터페이스.** 영상비 16:9이며 1280 픽셀 x 720 주사선의 액티브 화면을 가진 프로그레시브 스캔 형식 군을 규정

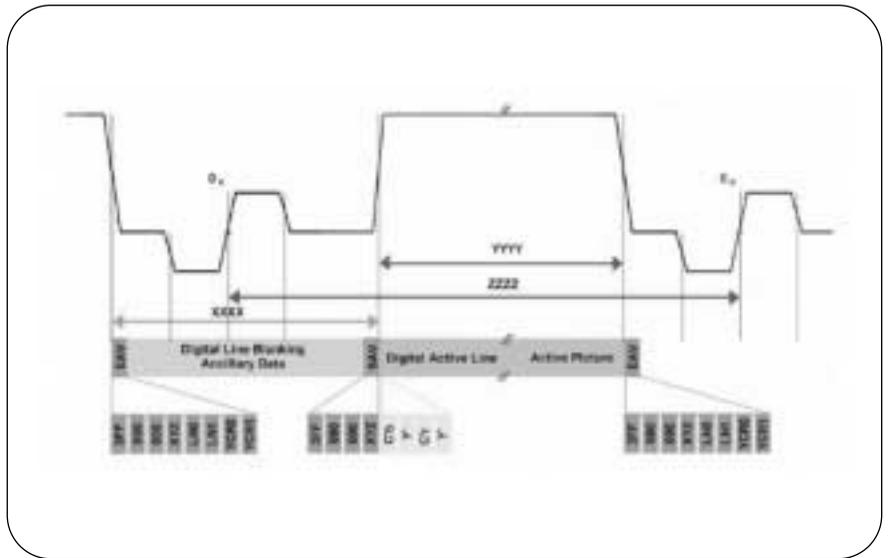
고화질 비디오 적, 녹, 청 컴포넌트의 전형적인 아날로그 비디오 대역폭은 1080 인터레이스 스캔 및 720 프로그레시브 스캔의 경우 30 MHz, 그리고 1080 프로그레시브 형식의 경우 60 MHz이다. 따라서, 행렬화된 luma 및 색차 신호를 디지털이징 하기 위해서는 높은 샘플링 속도를 필요로 한다. 30 MHz luma Y 채널의 샘플링 속도는 74.25 MHz이며 그 속도의 절반인 37.125 MHz가 15 MHz 색차 신호 C'b 및 C'r 각각의 샘플링에 사용된다. 신호는 10 비트 해상도로 샘플링된다. C'b 및 C'r은 74.25 MB/s로 단일 스트림의 10 비트 병렬 데이터로 행렬화된 다음, 74.25 MB/s luma 데이터와 행렬화되어 표준 규정과 동일하게 C'b, Y', C'r, Y'의 워드 순으로 148.5 MB/s의 10 비트 병렬 데이터 스트림을 생성하게 된다. 표준 화질에서와 마찬가지로, 병렬 데이터는 이 경우에 스튜디오 장치에서의 전송을 위해 스크램블된 NRZ, 1.485 Gb/s 데이터 스트림으로 직렬화된다.

색 및 luma 정량화 (그림 9 및 10 참조) 는 표준 화질 및 고화질 신호에 있어 동일하며 십진 10 비트 부호 워드 0, 1, 2, 3 및 1020, 1021, 1022, 그리고 1023은 여전히 배제 값들이다. EAV 및 SAV의 부호 워드는 표준 화질 및 고화질에 있어 동일한 기능을 지니고 있다. 고화질 형식의 EAV 및 SAV에 추가 워드들이 이어져 개별 라인의 번호를 지정하며 두 색차 채널 및 luma의 라인별 오류를 검사한다.

비디오 라인의 데이터 형식이 그림 16에 나와 있으며, 이는 아날로그 고화질 비디오와의 타이밍 관계도 설명하고 있다.

고화질 형식에서, 네개의 워드 EAV 시퀀스에 이어 두 워드 라인 번호 (LNO 및 LN1) 가 뒤따르며, 이어 두 워드 CRC (YCRO 및 YCR1) 가 뒤따른다. 이 중 첫 번째가 표 3에 나와 있는 바와 같이 두 데이터 워드 LNO 및 LN1에 분산된 11 비트 이진 값인 라인 카운터이다. 예를 들면 라인 1125의 경우, 두 데이터 워드는 이진 데이터 워드 10001100101에 대하여 LNO=394, 및 LN1=220,의 값을 가지게 된다.

고화질의 경우, CRC 검사는 각 라인 상에서 luma와 색에 대하여 별도로 이루어진다. CRC 값을 이용하여 첫 번째 액티브 라인 워드의 시작에서 초기 값이 0이고 라인 번호의 최종 워드에서 종료되는 계산식 $CRC(X) = X18 + X5 + X4 + 1$ 으로 디지털 액티브 라인의 오류를 검출한다. 그런 다음 그 값을 표 4에서와 같이 분산시킨다. luma 신호에 대하여 YCRO 및 YCR1에 대한 값을 계산하고 색차 데이터에 대하여 또 다른 값 CCRO 및 CCR1을 계산한다.



▶ 그림 16. 디지털 라인 대 아날로그 표현의 보조 데이터

표 3. 라인 번호 단어의 비트 분산

단어	9(MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0(LSB)
LNO	Not B8	L6	L5	L4	L3	L2	L1	L0	R (0)	R (0)
LN1	Not B8	R (0)	R (0)	R (0)	L10	L9	L8	L7	R (0)	R (0)

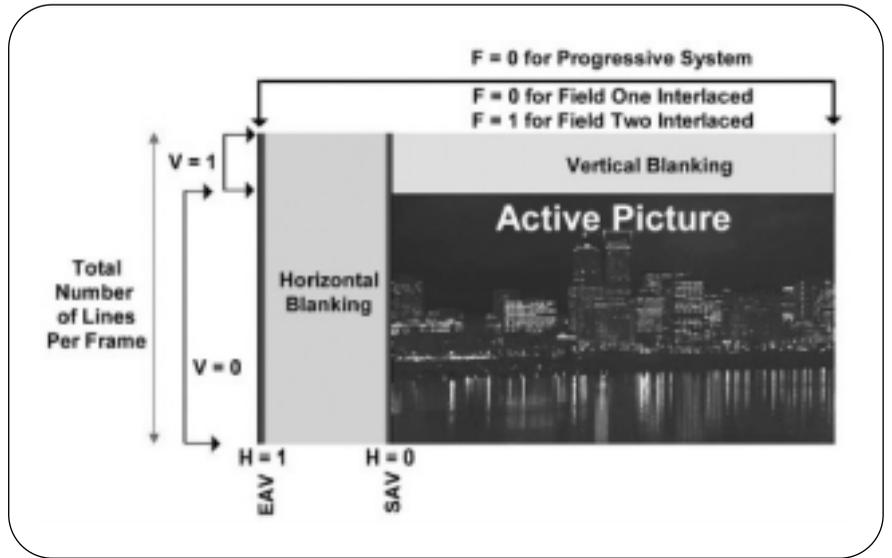
표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

Luma 및 색 CRC 값들을 측정 기기 상에 디스플레이 할 수 있어 포인트에서 포인트로 이동함에 따라 신호에 누적되는 오류를 측정할 수 있다.

표준 화질 형식에서, EAV는 xyz 단어로 끝이 나며, 라인 번호 지정이 없다. 액티브 화상에 대한 CRC, 전체 필드에 대한 CRC (수직 간격 신호 스위칭을 제외한 타임 세트는 제외) 는 SMPTE RP-165에 언급되어 있는 바와 같이 수직 귀선 소거 간격에 필드당 한 번씩 선택적으로 이루어진다.

EAV 및 SAV 간의 디지털 라인 수평 귀선 소거 영역의 모든 워드들 (그림 17) 은 보조 데이터에 사용되지 않을 경우 흑색 ($Y' = 040$, $C'b$ 및 $C'r = 200$) 으로 설정된다.



▶ 그림 17. V, F, 및 H 비트값들을 가진 디지털 프레임의 공간 레이아웃

표 4. 고화질 형식에서 Luma 및 색 CRC를 구성하는 워드들의 비트 분포

단어	9(MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
YCRO	Not B8	CRC8	CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0
YCR1	Not B8	CRC17	CRC16	CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9
CCRO	Not B8	CRC8	CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0
CCR1	Not B8	CRC17	CRC16	CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9

▶ 타이밍 및 동기화

표준은 end-to-end 비디오 체인의 여러 디바이스들 간의 교환 및 상호 운용성을 허용하는 정보를 제공한다. 우수한 표준은 자원과 기술을 경제적으로 활용할 수 있게 한다. 표준은 사용자들 간의 협력을 장려하며 혁신을 촉진시킨다. 비디오 전문가와 가정의 시청자들이 동일한 프로그램을 제작하고 시청하려면 표준이 반드시 필요하다.

미국 표준 협회, 영화 텔레비전 기술자 협회, 음향 기술 학회, 그리고 국제 전기 통신 연합은 비디오 및 오디오에 대한 레퍼런스 표준 및 권장사항을 공표하고 있다. **부록 D-텔레비전 관련 참조 표준** 및 기술에 열거되어 있는 대표 표준 및 권장사항들에는 호환성 및 규제 순응성을 허용하는 신호 파라미터들이 규정되어 있다. 이 기관들이 발행한 표준들은 신중하게 개발되었으며, 각 시스템의 특성을 정확히 설명함에 있어 큰 도움이 된다. 다음 내용에는 여러 다른 개별 표준화 형식에 대한 독자들의 폭넓은 이해를 돕기 위해 이러한 표준들에 대한 해석이 포함되어 있다.

성공적인 비디오 화상의 생성, 전송 및 복구 여부는 모든 다른 디바이스와 동기화 상태로 작동하는 시스템의 각 디바이스에 달려 있다. 텔레비전 카메라가 장면의 특정 위치의 화상 요소의 값을 검출하게 되면, 텔레비전 디스플레이 상에 최종적으로 재생될 값을 어떻게든 파악하여야 한다. 요소 동기화는 다른 카메라 및 소스와 동시에 어떻게 화상을 만들어야 하는가를 카메라에 전달하며 화상을 최종적으로 디스플레이할 때 스크린 상에 화상을 어디에 어떻게 두어야 하는 지를 수신기에 전달하게 된다.

결국 카메라와 디스플레이는 검출기나 스크린을 어떻게 스캔해야 할 지를 알게 된다. 이들은 어디서부터 시작하며, 어떻게 단계를 유지하는가에 대해서만 알면 된다. 동기화 정보는 각각의 수평 주사선 당 한 번씩 그리고 디스플레이의 수직 스위프 당 한 번씩 재생된다. (2:1 인터레이스 형식의 각 전 화상당 두 스위프). 대규모 스튜디오 장치 내에서는, 외부 마스터 동기화 발생기에 의해 동기화 정보가 제공된다. 소규모 시스템에서는, 하나의 카메라가 자체 뿐만 아니라 다른 비디오 소스의 동기화 정보를 제공하기도 한다.

아날로그 비디오 타이밍

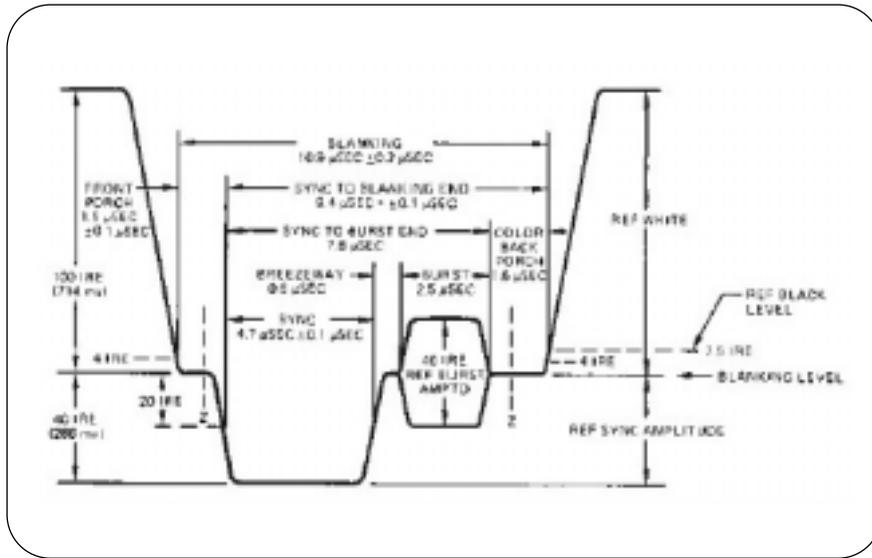
널리 쓰이는 표준 화질 컴포지트 아날로그 비디오 형식으로는 PAL, PAL-M, PAL-N, 셋업을 갖춘 NTSC, 셋업이 없는 NTSC, 그리고 SECAM 등의 여섯 가지가 있다. 또한, 일부 국가에서는 보다 높은 비디오 대역폭에 대한 여유를 갖춘 보다 넓은 전송 대역폭을 허용하고 있다. SECAM 국가들에서의 스튜디오 제작은 흔히 컴포넌트나 PAL로 이루어지고, 전송을 위해 SECAM으로 형식된다. SECAM 및 PAL 비디오 형식은 색 정보가 luma 비디오 상에서 변조된다는 점에서 유사하다.

스튜디오 비디오는 발생되고, 다른 소스와의 일치를 위해 지연되며, 또는 추후 재생을 위해 기록되는 방식으로 사용할 수 있는 일종의 연속 스트림의 정보이다. 이는 이동할 때 항상 실시간으로 이동하며, 수신지에서 화상을 생성하는데 필요한 모든 정보를 수반하여야 한다. 비디오에는 화상을 적절히 재현할 수 있는 화상 정보와 타이밍 정보가 들어 있다. 타이밍 정보에는 스크린 상단에서부터 화상을 쓰기 시작하도록 디스플레이에 지시하는 저 발생 빈도 수직 동기 정보에 인터럽트되는, 비디오의 각 라인을 인식하는 예약 데이터 워드 또는 규칙적으로 발생하는 수평 동기 펄스의 패턴이 들어 있다.

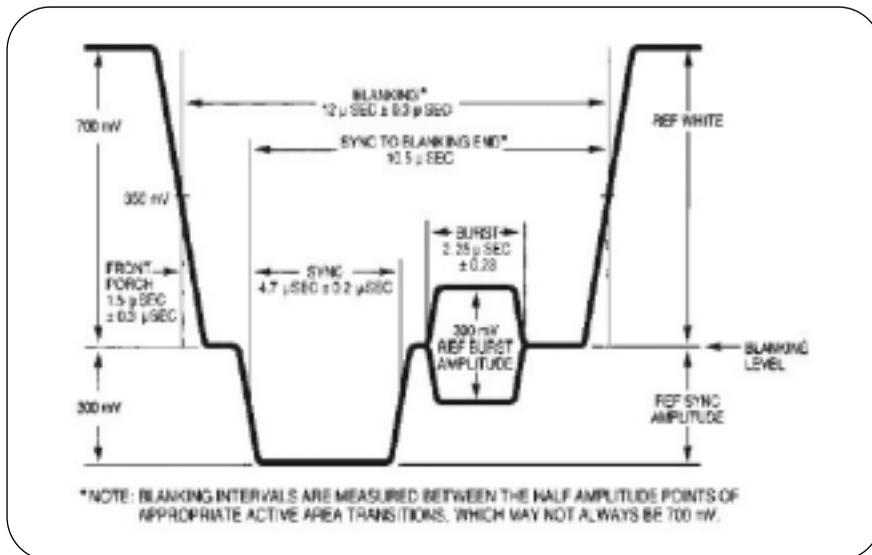
NTSC 또는 PAL 컴포지트 비디오 형식에서는, 비디오 및 타이밍 정보를 쉽게 파악할 수 있다. 사전 조절 스위프 속도 선택을 갖춘 비디오 파형 모니터가 장착되어 비디오 수평 주사선, 수평 귀선 소거 간격, 모든 화상 라인의 스위프 (수직률), 또는 수직 귀선 소거 간격에서의 라인만을 디스플레이한다. 이러한 디스플레이들이 모두 동일한 비디오 신호이며, 차이점은 '신호가 언제 그리고 매번 얼마나 오랫동안 디스플레이 되는가' 라는 점을 인식하는 것이 중요하다. 현대 용어에서의 컴포지트 아날로그 비디오는 동기화 정보 및 휘도 비디오의 시분할 다중 시스템이다. 색 정보는 두 색차 채널의 주파수 분할 다중 시스템이다. 따라서 발생시 필요한 것만을 찾아 보면 된다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 18. NTSC 수평 귀선 소거 간격

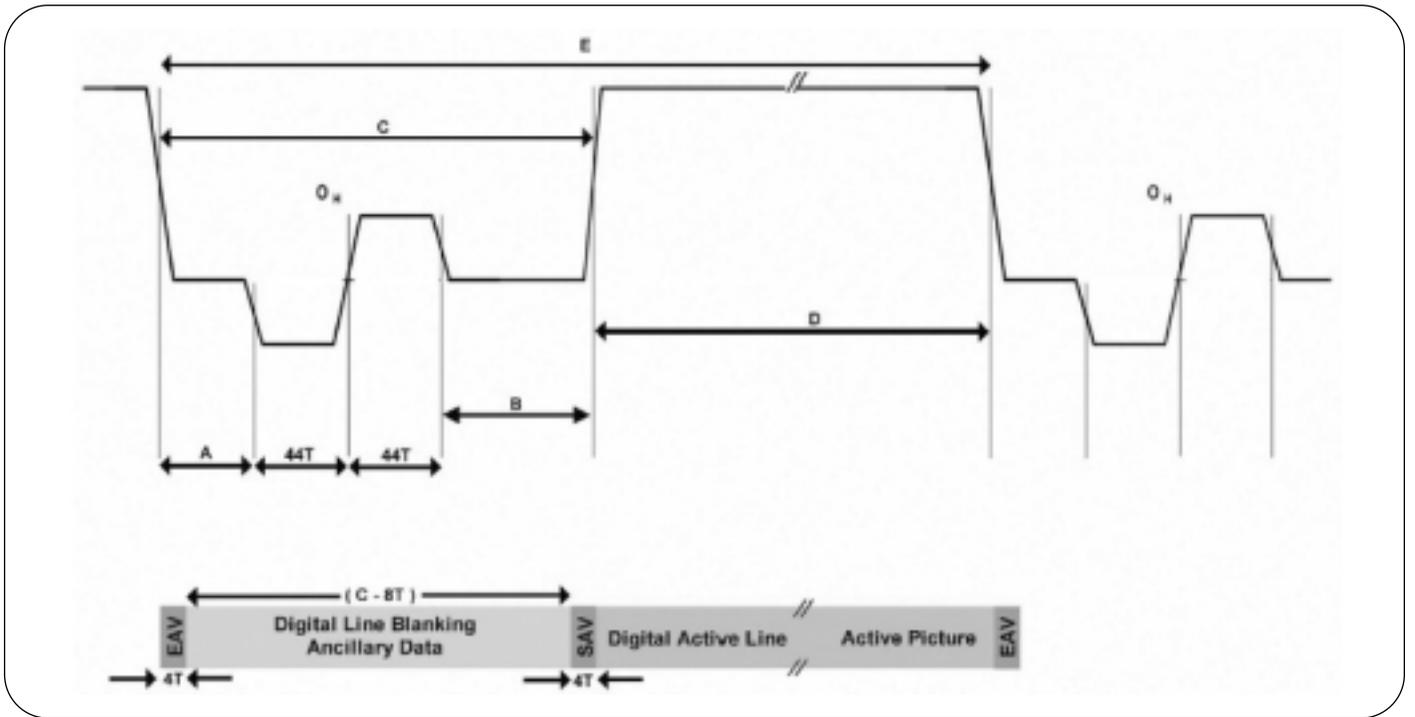


▶ 그림 19. PAL 수평 귀선 소거 간격

수평 타이밍

525/59.94 NTSC (그림 18) 및 625/50 PAL (그림 19) 주사 형식의 수평 타이밍 다이어그램은 개념상 유사하며, 1900대 중반의 사용 가능한 카메라 및 디스플레이의 제약 하에서 개발되었다. 수평 귀선 소거 간격은 비디오 정보 라인당 한 번씩 일어나며 수직 귀선 소거 간격을 제공하도록 수정된다.

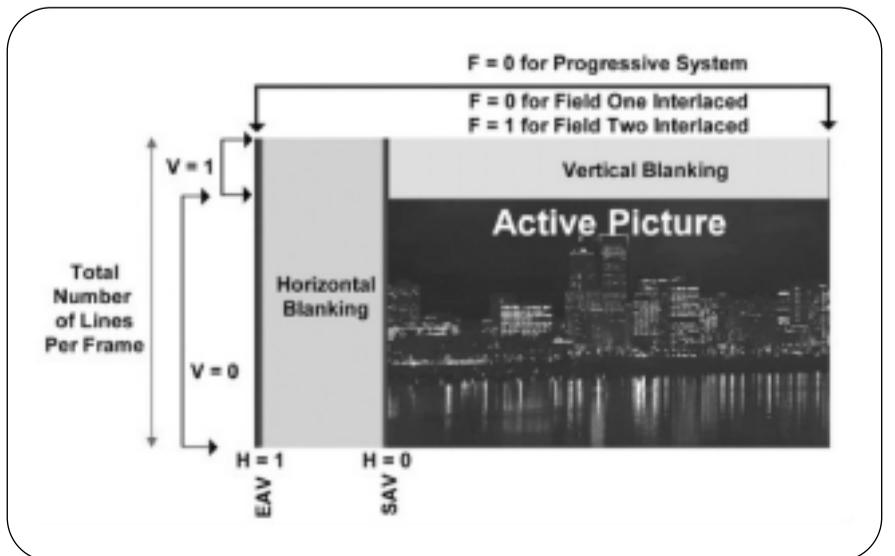
수평 프론트 포치 (FRONT PORCH)는 빔이 스크린의 우측에 도달하여 각 라인이 종료되는 비디오에 대한 시간을 규정하고 있다. 그러면, 동기화 펄스의 하강 에지 상의 50% 포인트인 시스템 타이밍 레퍼런스는 수상관 빔의 귀선을 트리거 할 수 있게 된다. 귀선 소거 종료에 대한 동기 (SYNC TO BLANKING END)는 빔이 투사되고 있는 동안에 비디오가 주사되지 않도록 한다. 레퍼런스 백색 (REFERENCE WHITE) 및 레퍼런스 흑색 (REFERENCE BLACK) 레벨들이 규정되어 시청자가 조정하지 않아도 일정한 명암에 대하여 동일한 최고 및 최저 밝기에서 디스플레이 상에 모든 프로그램이 나타나도록 한다. NTSC 형식에서 셋업 상의 7.5 IRE 차이 (귀선 소거 및 블랙 레벨의 차이)는 수 년 동안 일부 토포의 주제가 되어 왔으며 일부 국가에서는 셋업 없이 운영되고 있다. 컬러 부반송파 버스트는 색 정보의 안정적인 복조를 위한 수신기 컬러 오실레이터 동기화에 대한 주기적 안정 레퍼런스를 제공한다. 부반송파 버스트가 정주파의 8~10 주기 샘플이라도, 파형 모니터는 수평 동기 펄스 타이밍 레퍼런스에 대하여 고정될 것이며 NTSC 버스트는 라인 별 위상에서 교대로 나타나게 되고, 25 Hz 주파수 오프셋 때문에 PAL 버스트는 일정하게 변하도록 나타날 것이다. 동기 에지 타이밍 레퍼런스 및 컬러 부반송파 버스트는 각각 자신만의 정위상이며, 이들은 주기적으로만 서로 만나게 되므로 교대로 나타나거나 변하게 된다.



▶ 그림 20. 고화질 라인 타이밍

아날로그 비디오의 라인은 바이레벨 (bi-level) 동기 펄스의 상승 에지의 50% 포인트에서 시작하여 다음 수평 비디오 라인의 동일 포인트에서 종료된다. 고화질 아날로그 제작 형식은 하위 첫 번째, 그 후 상위 귀선 소거 레벨까지 연장된 트라이레벨 (tri-level) 동기 타이밍 펄스를 이용할 수도 있다. 아날로그 트라이 레벨 동기 타이밍 펄스에 대한 타이밍 레퍼런스 A는 귀선 소거 레벨을 거치는 동기 파형의 양의 방향 진행 전이이다 (그림 20 및 표 5).

비디오 신호의 영상 시간에 대한 타이밍 신호의 공간 관계가 그림 21에 도시되어있다. 프로그레시브, 1:1 형식의 경우, 단일 패스의 모든 영상 라인을 포함하여 전체 영상 (프레임) 이 상단에서 하단에 이르기까지 스캔된다. 인터레이스 2:1 형식의 경우, 상단에서 하단까지의 첫 번째 패스는 수직으로 간격을 두고 있는 각 라인에 대하여 라인들의 절반을 기록하고, 두 번째 패스가 오프셋 되어 이전 패스의 라인 간의 새로운 필드를 채우게 (그리고 프레임이 완성하게) 된다.



▶ 그림 21. 비디오 프레임의 공간 레이아웃

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

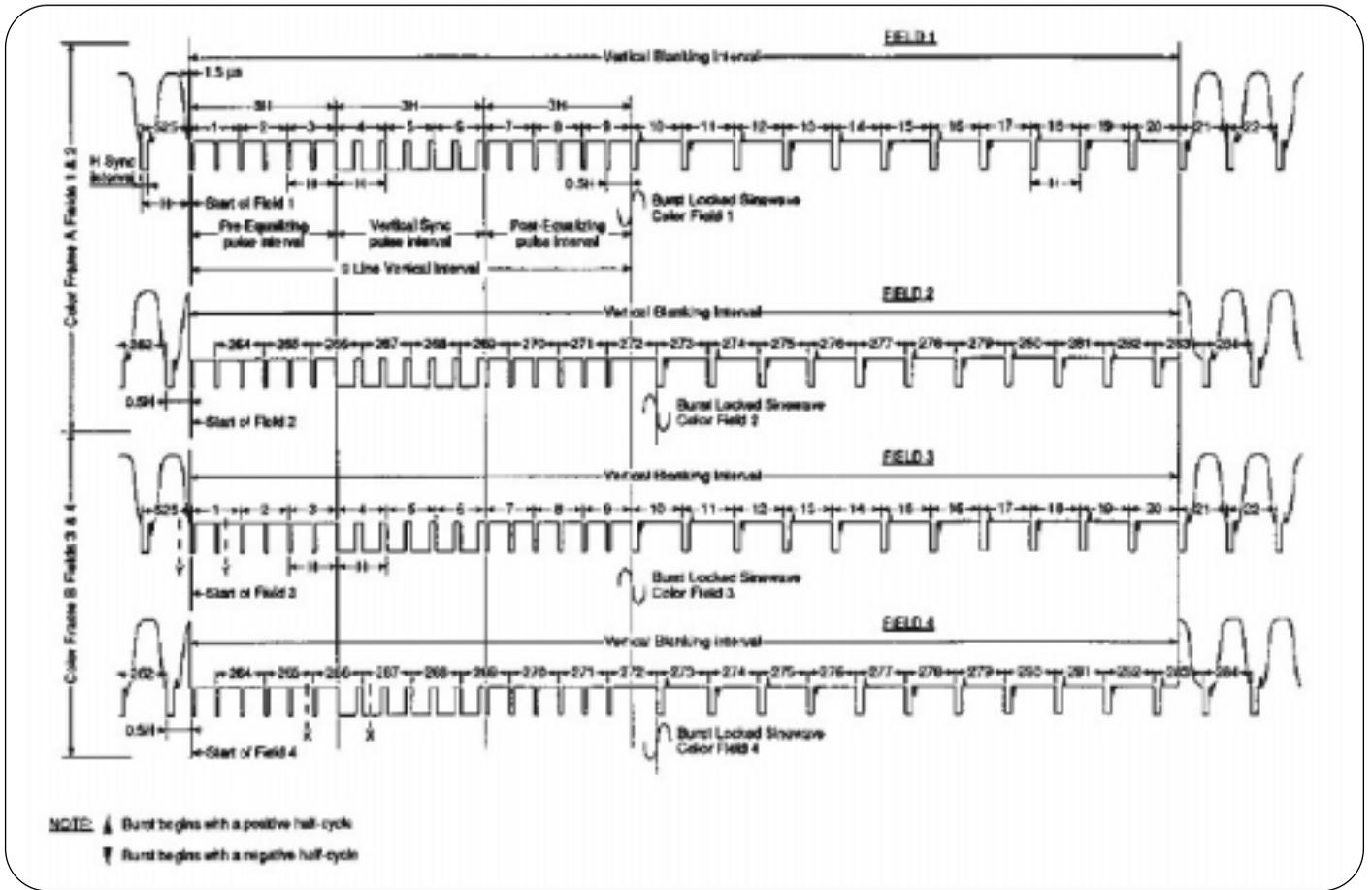
표 5. 샘플링 클럭 주기에서의 고화질 라인 타이밍 (T)

형식	샘플링 주파수 (MHz)(1/T)	A	B	C	D	E
1920x1080 60 1:1	148.5	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 59.94 1:1	148.5/1.001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 60 2:1	74.25	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 59.94 2:1	74.25/1.001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 30 1:1	74.25	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 29.97 1:1	74.25/1.001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 50 1:1	148.5	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 50 2:1	74.25	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 25 1:1	74.25	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 24 1:1	74.25	594T	148T	830T	1920T	2750T
1920x1080 23.98 1:1	74.25/1.001	594T	148T	830T	1920T	2750T
1280x720 60 1:1	74.25	70T	212T	370T	1280T	1650T
1280x720 59.94 1:1	74.25/1.001	70T	212T	370T	1280T	1650T
1280x720 50 1:1	74.25	400T	212T	700T	1280T	1980T
1280x720 30 1:1	74.25	1720T	212T	2020T	1280T	3300
1280x720 29.97 1:1	74.25/1.001	1720T	212T	2020T	1280T	3300
1280x720 25 1:1	74.25	2380T	212T	2680	1280T	3960
1280x720 24 1:1	74.25	2545T	212T	2845	1280T	4125
1280x720 23.98	74.25/1.001	2545T	212T	2845	1280T	4125

수직 타이밍

수직 타이밍 정보는 추가 등화 펄스 및 규칙적으로 발생하는 수평 동기화 펄스 외형의 변화이다. 수직 귀선 소거 간격 (그림 22 NTSC, 그림 23 PAL) 은 시간 기간에 있어 20 ~ 25

비디오 라인이며 파형 모니터 2 필드 디스플레이의 중앙 스크린에 디스플레이 된다. 수직 귀선 소거 시간이 길수록 스크린 상단으로의 수상관 전자 빔의 수직 복귀가 더욱 느려지게 된다.



▶ 그림 22. NTSC 수직 귀선 소거 간격

상기 그리고 다음 페이지에 도시되어 있는 다른 패턴들은 스크린 상단의 좌측 및 중앙에 있는 비디오 라인에서 시작하여 PAL 및 NTSC 형식 필드의 2:1 인터레이스를 제공한다. 가시 비디오 주파수에서 작동하는, 컬러 부반송파 정보의 가시성을 줄일 수 있는 주파수들을 선택한다. 모든 것이 원 위상 관계 (완전 컬러 프레임) 가 되기에는 PAL 신호의 경우 8 필드가 소요되며, NTSC의 경우에는 4 필드가 소요된다.

그림 22는 교차 필드, 그리고 4 필드 NTSC 컬러 프레임들을 보여 주고 있다. 컬러 부반송 파는 4 필드 후 수직 동기화 및 동일한 관계로 복귀한다.

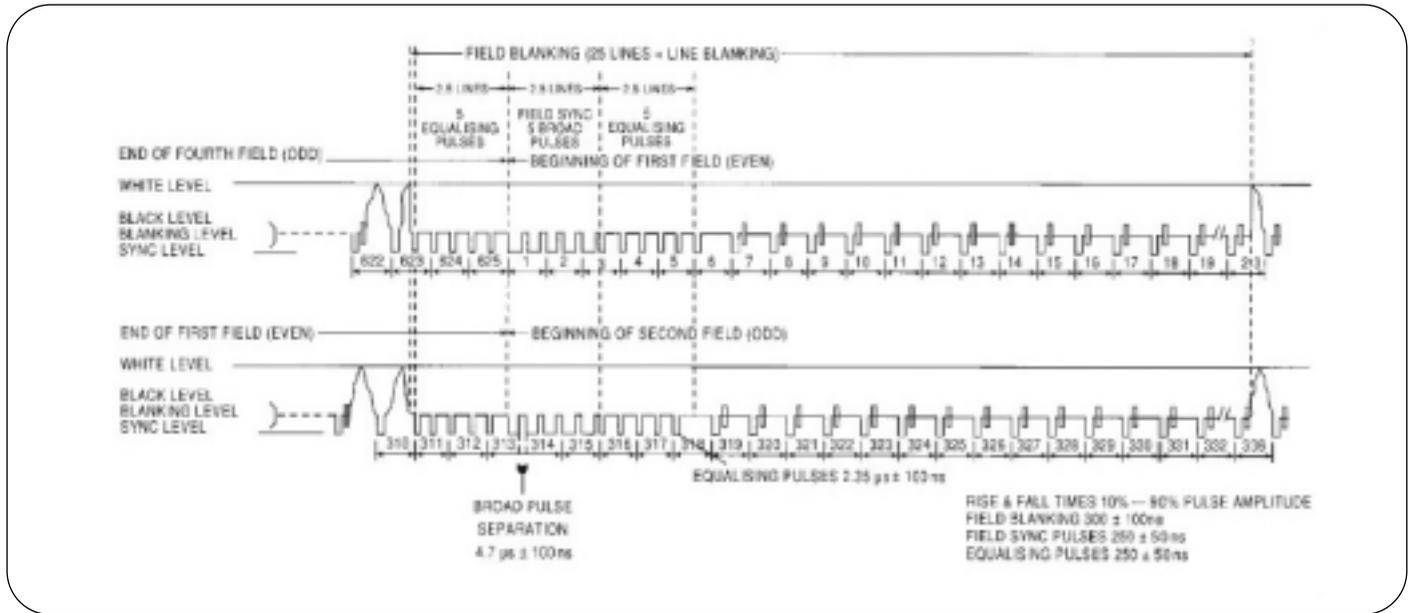
그림 23의 PAL 수직 귀선 소거 간격은 인터레이스 프레임들을 발생하는 교차 동기화 패턴을 보여주고 있다. 25 Hz 오프셋 때문에, PAL 부반송파 위상은 8 필드 컬러 프레임의 경우

모든 8 필드에서 수직 동기화 및 동일한 관계가 된다. SECAM 수평 및 수직 동기 타이밍은 PAL과 유사하나, 채널이 휘도 신호 상에서 변조된다는 방식에서 차이가 있다.

특수 장비로 비디오를 편집하거나, 전환하거나 또는 결합할 때, 한 소스 비디오 신호가 다른 소스에 의해 결합되거나 갑자기 교체될 때 정확한 필드를 식별하는 PAL 또는 NTSC 수직 동기 패턴 간의 위상 관계, 그리고 컬러 부반송파 위상이 중요하다. 이 중요한 관계를 SCH 또는 부반송파 대 수평 위상이라고 한다. 컴포넌트 비디오의 경우, 복조된 부반송파에 의해 채널 정보가 표시되지 않으므로 컬러 영상을 이루는 세 채널의 정확한 위치 이동에만 관심을 기울이면 된다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

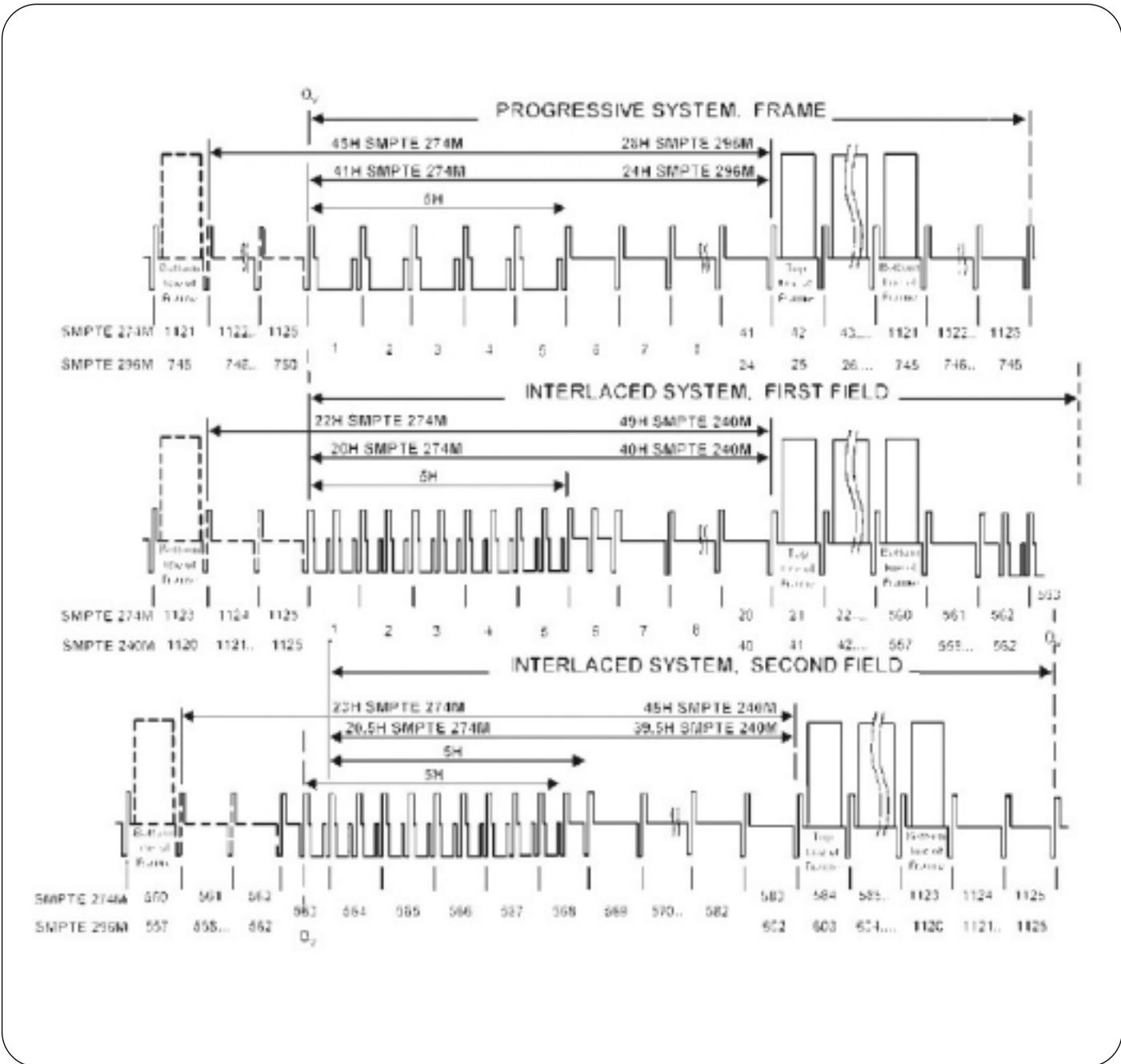
▶ primer



▶ 그림 23. PAL 수직 귀선 소거 간격

NTSC에서의 라인 번호 지정은 최종 전체 라인의 비디오 다음의 최초 수직 등화 펄스로 시작하여 각 필드를 거칠 때까지 계속된다 (필드 1 및 3의 경우 263 라인, 필드 2 및 4의 경우 262 라인). PAL 및 대부분의 아날로그 고화질 형식의 라인 번호지정은 최종 비디오 반라인 다음의 최초 광 펄스로 시작하여 풀 프레임 (PAL의 경우 625 라인) 을 거칠 때까지 카운트가 계속된다.

고화질의 경우, 그림 24와 같이 프로그레시브 및 인터레이스 주사 형식이 있다. 수직 간격 광 펄스의 다섯 라인은 고화질에 사용된 트라이 레벨 동기 펄스 때문에 표준 화질의 그것들과는 약간 다르다. 프로그레시브 형식의 수직 간격 1080P (SMPTE 274M) 가 해당 라인 번호와 함께 나타나 있다. 1080I 형식 (SMPTE 274M) 및 1035I 형식 (SMPTE 240M) 의 인터레이스 라인 번호도 나타나 있다.



▶ 그림 24. 아날로그 고화질 수직 귀선 소거 간격

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

표 6. 선택된 디지털 관계를 가진 고화질 타이밍 파라미터

	1125/60/2:1 (1125/59.94/2:1)	1250/50/2:1
동기 형식	트라이레벨 극성	트라이레벨 극성
수평 타이밍 레퍼런스	50% 포인트, 상승 에지 부호 변환점	50% 포인트, 상승 에지 부호 변환점
총 라인/프레임	1125	1250
액티브 비디오 라인/프레임	1035	1152
필드 주파수	60 (59.94) Hz	50 Hz
라인 주파수	33,750 (33,71628372) kHz	31,250 kHz
라인 주기	29,62962963 (29,65925926) ms	26,00 ms
라인 귀선 소거	3,771 ms	6,00 ms
SAV에 대한 타이밍 레퍼런스	2,586 ms	3,56 ms
백 포치	-	2,67 ms
타이밍 레퍼런스에 대한 EAV	1,185 ms	1,78 ms
프런트 포치	-	0,89 ms
음 동기 폭	0,593 ms	0,89 ms
양 동기 폭	0,593 ms	0,89 ms
동기 진폭	±300 mV	±300 mV
동기 상승/하강	0,054 ms	0,050 ms
필드 펄스	-	8,00 ms
필드 주기	20 ms	16,6833 ms
필드 귀선 소거	45 lines	98 lines
비디오 신호 진폭	700 mV	700 mV
공칭 신호 대역폭	30 MHz R, G, B	30 MHz R, G, B

아날로그 고화질 컴포넌트 비디오 파라미터

ANSI/SMPTE 240M은 1125/60(59.94)/2:1 형식의 아날로그 고화질 비디오를 규정하고 있다. ITU-R BT.709 (Part 1)은 1125/60/2:1 및 1250/50/2:1 모두를 인식한다. 이 아날로그 비율들이 각각의 디지털 대응 부분에 관한 일부 타이밍과 함께 표 6에 나와 있다.

▶ 디지털 스튜디오 주사 형식

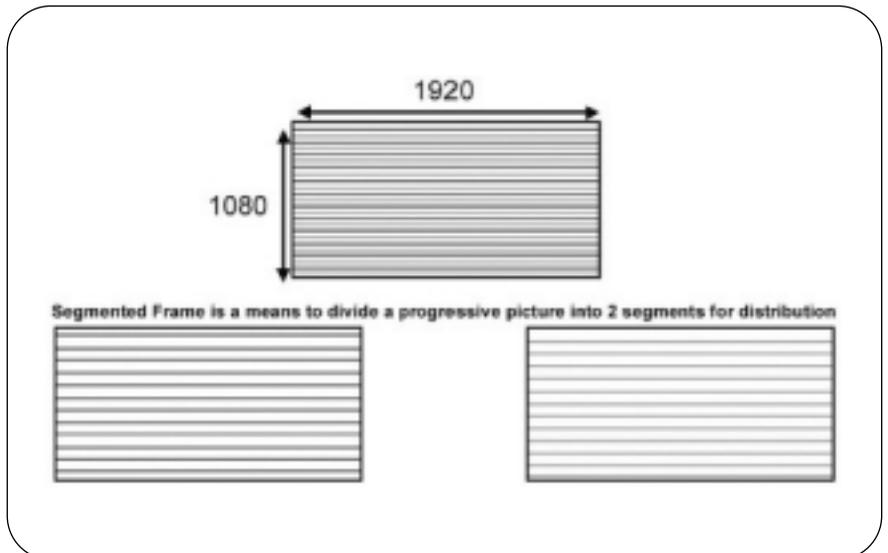
다양한 형식으로 비디오 주사 표준을 작성할 수 있다. 실제로, 여러 표준들은 산업 전반에 걸친 호환성의 목표를 이룰 수 있다는 것을 나타내고 있다. 오늘날에는 표준 또는 고화질 텔레비전에 대한 하나의 유니버설 주사 형식이 없지만, 그 대신 한 지역 내에 사용할 수 있는 모든 주사 시스템과 호환되는 텔레비전 수상기로 나아가는 경향이 있다. 이는 전세계 시장을 겨냥한 프로그램을 제작해야 하는 비디오 전문가에게 상당한 문제거리가 된다.

일부 디지털 비율은 표준 변환에 아주 적합하다. ITU-R BT.709 Part 2는 영상 비율과 상관없는 공통 화상 파라미터를 가진 디지털, 정방형 화소, 공통 화상 규격 (CIF) 을 규정하고 있다. 이 권장사항은 모두 액티브 영상 라인이 1080이고 영상 샘플이 1920이며 화면 비가 16:9인 60, 59.94, 50, 30, 29.97, 25, 24, 및 23.976 Hz의 영상 비율을 지정하고 있다. SMPTE RP 211은 래스터 주사 시스템의 1920 x 1080 군인 SMPTE 274M을 확장한 것으로, 30, 29.97, 25, 24, 및 23.976 Hz 제작 형식에서 1920 x 1080에 대한 세그먼트 프레임임을 구현한다. 이 CIF 비율은 표 7의 1920x1080 비율이다.

이 표에서의 1280x720 비율들은 ANSI/SMPTE 296M 으로 규정된다. SMPTE 293M은 720x483 프로그레시브 비율을 규정하고 있다. 이 표에 열거되어 있는 프레임 속도 및 샘플링 주파수는 소수점 둘째 또는 세째 자리에서 반올림되었다는 점에 유의하여야 한다. 비정수 프레임 속도 시스템의 경우, 정확한 프레임 및 샘플링 주파수는 1,001로 나눈 보정수 비율 (complimentary integer rate) 이다.

세그먼트 프레임 제작 형식

주사 형식 표의 몇 가지 형식들은 1:1 SF로 명명되어 있다. "SF"는 SMPTE 권장사항 RP211에 따라 "세그먼트 프레임" 형식을 나타낸다. 세그먼트 프레임 형식에서, 화상은 프로그레시브 형식에서와 마찬가지로 한 스캔의 프레임으로 캡처되지만, 한 필드의 짝수 라인, 그리고 다음 필드의 홀수 라인을 가진 인터레이스 형식으로 전송된다. 라인의 할당은 인터레이스 시스템과 동일하지만, 화상은 한 패스의 두 필드 모두에 대하여 캡처되어 인터레이스 시스템에서의 이동으로 발생하는 공간상의 오동록 (mis registration) 현상을 배제시킨다. 이는 프로그레시브 스캔에 장점이 되지만 필요한 신호 처리량을 줄이며 아날로그 도메인에서의 침투 속도를 배가시킨다 (24에서 30 Hz 영상 흔들림을 줄임). 세그먼트 프레임을 그대로 처리하거나, 그림 25에 나와 있는 바와 같이 프로그레시브 형식으로 쉽게 변환시킬 수도 있다.



▶ 그림 25. 프로그레시브 프레임의 세그먼트로 변환

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

표 7. 스튜디오 디지털 비디오에 대한 주사 형식

시스템 명칭	액티브 라인 당 Luma 또는 R'G'B'	샘플프레임 당 액티브 라인	프레임 속도 (Hz)	주사 형식	Luma또는 R'G'B' 샘플링 주파수(MHz)	총 라인 당 Luma 샘플	아날로그 동기 타임 레퍼런스 워드	프레임 당 총 라인
1920x1080/60/1:1	1920	1080	60.00	프로그레시브	148,500	2200	2008	1125
1920x1080/59.94/1:1	1920	1080	59.94	프로그레시브	148,352	2200	2008	1125
1920x1080/50/1:1	1920	1080	50.00	프로그레시브	148,500	2640	2448	1125
1920x1080/60/2:1	1920	1080	30.00	2:1 인터페이스	74,250	2200	2008	1125
1920x1080/59.94/2:1	1920	1080	29.97	2:1 인터페이스	74,176	2200	2008	1125
1920x1080/50/2:1	1920	1080	25.00	2:1 인터페이스	74,250	2640	2448	1125
1920x1080/30/1:1	1920	1080	30.00	프로그레시브	74,250	2200	2008	1125
1920x1080/29.97/1:1	1920	1080	29.97	프로그레시브	74,176	2200	2008	1125
1920x1080/25/1:1	1920	1080	25.00	프로그레시브	74,250	2640	2448	1125
1920x1080/24/1:1	1920	1080	24.00	프로그레시브	74,250	2750	2558	1125
1920x1080/23.98/1:1	1920	1080	23.98	프로그레시브	74,176	2750	2558	1125
1920x1080/30/1:1SF	1920	1080	30	프로그레시브 SF	74,250	2200	2008	1125
1920x1080/29.97/1:1SF	1920	1080	29.97	프로그레시브 SF	74,176	2200	2008	1125
1920x1080/25/1:1SF	1920	1080	25	프로그레시브 SF	74,250	2640	2448	1125
1920x1080/24/1:1SF	1920	1080	24	프로그레시브 SF	74,250	2750	2558	1125
1920x1080/23.98/1:1SF	1920	1080	23.98	프로그레시브 SF	74,176	2750	2558	1125
1280x720/60/1:1	1280	720	60.00	프로그레시브	74,250	1650	1390	750
1280x720/59.94/1:1	1280	720	59.94	프로그레시브	74,176	1650	1390	750
1280x720/50/1:1	1280	720	50.00	프로그레시브	74,250	1980	1720	750
1280x720/30/1:1	1280	720	30.00	프로그레시브	74,250	3300	3040	750
1280x720/29.97/1:1	1280	720	29.97	프로그레시브	74,176	3300	3040	750
1280x720/25/1:1	1280	720	25.00	프로그레시브	74,250	3960	3700	750
1280x720/24/1:1	1280	720	24.00	프로그레시브	74,250	4125	3865	750
1280x720/23.98/1:1	1280	720	23.98	프로그레시브	74,176	4125	3865	750
625/50/2:1 (BT.601)	720	581	30.00	2:1 인터페이스	13,500	864	732	625
525/59.94/2:1 (BT.601)	720	483	29.97	2:1 인터페이스	13,500	858	736	525
720x483/59.94/1:1/4:2:2	720	483	59.94	프로그레시브	2x13,500	858	736	525
720x483/59.94/1:1/4:2:0	720	483	59.94	프로그레시브	18,000	858	736	525

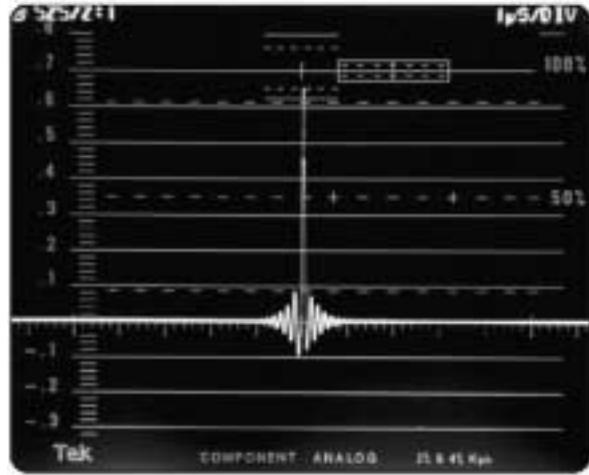
▶ 디지털 스튜디오 동기화 및 타이밍

아날로그 형식의 고찰을 통해 볼 때, 수많은 비 비디오 (non-video) 시간이 단지 동기화 정보를 전달하기 위하여 할당되어 있고 수상관이 빔을 적절히 다시 그릴 때까지 대기하는 경우가 많다. 디지털 컴포넌트 스튜디오 형식의 경우 동기는 짧은 예약어 패턴이며, 이 시간의 밸런스를 다중 채널 오디오, 오류 검사 합계 및 다른 보조 데이터에 사용할 수 있다. PASS 모드에서 디지털 파형 모니터를 이용하면, 이러한 짧은 디지털 시간 패킷들은 복호화된 비디오 파형의 수평 라인의 각 종단의 짧은 펄스로 보인다 (그림 26, 그리고 그림 11도 참조). 데이터 워드가 아날로그 디스 플레이 시스템의 대역 통과를 훨씬 상회하는 27 MHz 속도로 발생하므로, 링잉이 아날로그 표현에 나타나게 된다. WFM601M은 각 단어 및 그 값을 정확히 인식하는, 이 데이터 워드들의 로직 레벨 DATA 뷰 (Figure 27) 를 제공한다.

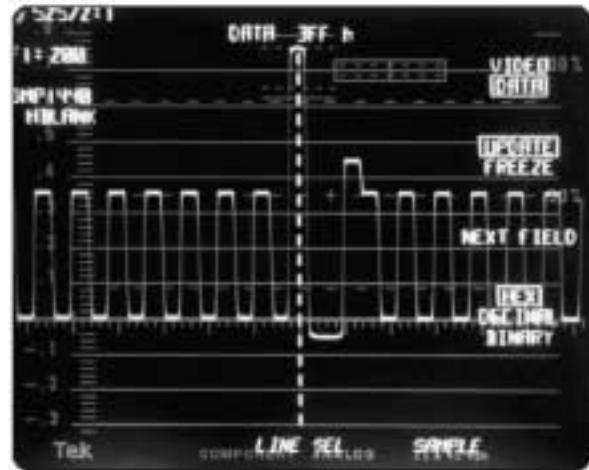
아날로그 및 디지털 비디오를 비교할 때 몇 가지 중요한 타이밍 정의를 염두에 두는 것이 중요하다:

1. 디지털 비디오의 라인은 EAV (액티브 비디오 종료) 데이터 패킷의 첫 워드인 3FF로 시작하여, 그 라인의 비디오 데이터의 최종 워드로 종료된다. 디지털 라인 번호 지정은 수직 귀선 소거의 첫 라인으로 시작한다.
2. 디지털 비디오 라인의 샘플 번호는 네 단어인 SAV 시퀀스의 첫 번째 워드인 액티브 비디오의 첫 번째 워드로 시작한다. (샘플 0). 그러므로 라인 번호는 샘플 번호가 0으로 복귀함과 동시에 변하지 않는다.
3. 디지털 타이밍과 달리, 아날로그 라인은 바이 레벨 동기의 선행 구간의 50% 포인트, 또는 트라이 레벨 동기의 양의 방향 진행 부호 변화점인 타이밍 레퍼런스 포인트에서 시작하고 종료된다. 그러므로, 아날로그 타이밍 레퍼런스는 신호를 디지털화 할 때 보조 데이터에 시간이 할당되는 동안 디지털 타이밍 레퍼런스 이후이며 디지털 라인 최초 샘플 이전이다. 아날로그 타이밍 레퍼런스에 상응하는 디지털 샘플 워드는 디지털 표준으로 지정되어 있다.

디지털 비디오 동기화는 특유의 세 워드 패턴 3FF_n (워드 세트의 모든 비트를 1로 설정), 000_n (모두 0), 000_n (모두 0) 으로 시작하고, 표 8에 설명되어 있는 형식의 네 번째 "xyz" 단어가 이어지는 EAV 및 SAV 시퀀스에 의해 이루어진다.



▶ 그림 26. 아날로그 luma 채널 신호로 나타난 270 Mb/s EAV 타이밍 레퍼런스 패킷



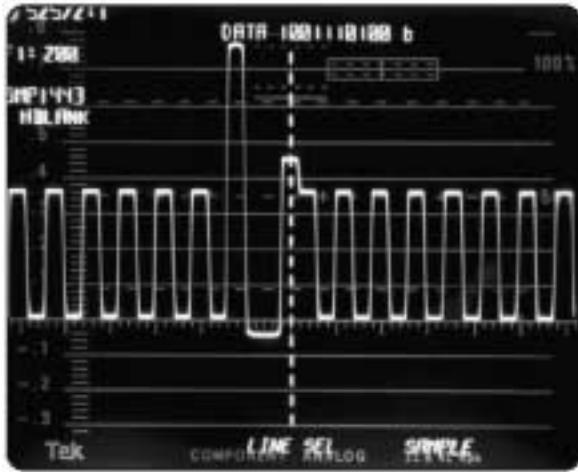
▶ 그림 27. 다중화 데이터로 나타난 270 Mb/s EAV 타이밍 레퍼런스 패킷

표 8. EAV/SAV "xyz" 단어의 형식

비트 번호	9(MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0(LSB)
기능	고정 (1)	F	V	H	P3	P2	P1	P0	고정 (0)	고정 (0)

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 28. "xyz" 단어 이진 디스플레이

"xyz" 워드는 두 가지 최저 중요도 비트가 0으로 설정되어 8 비트 시스템으로부터 옮겨질 때 원래 형태를 유지하기 위한 10 비트 워드이다. "xyz" 워드의 비트들은 다음 기능을 가진다:

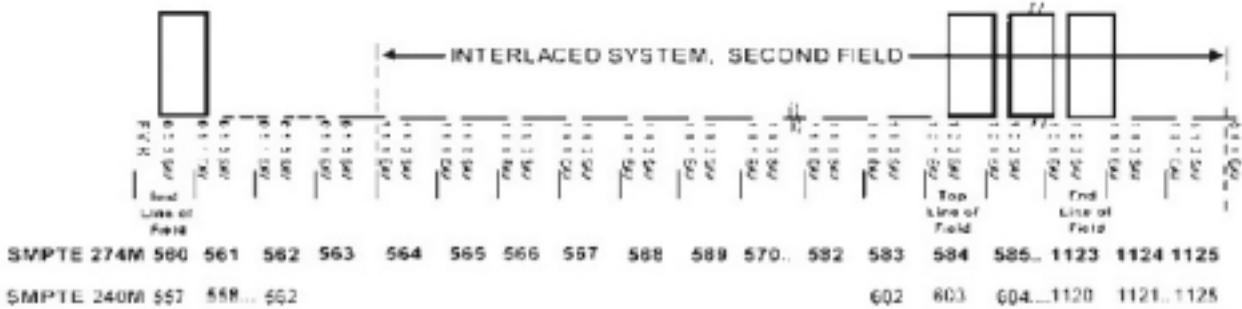
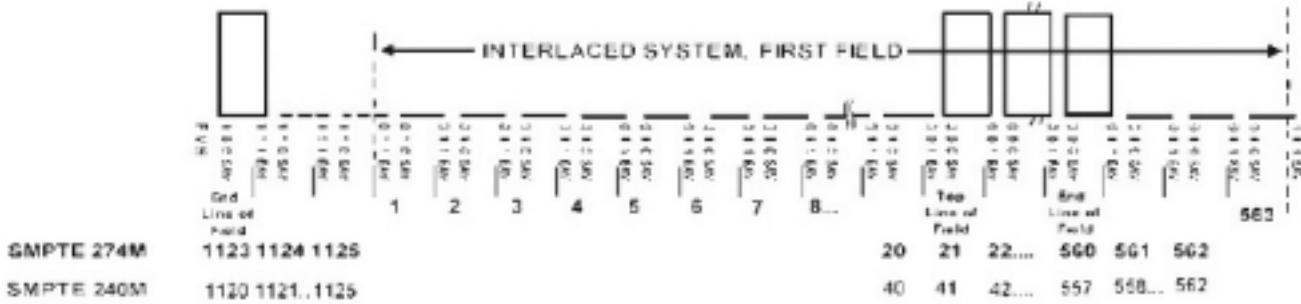
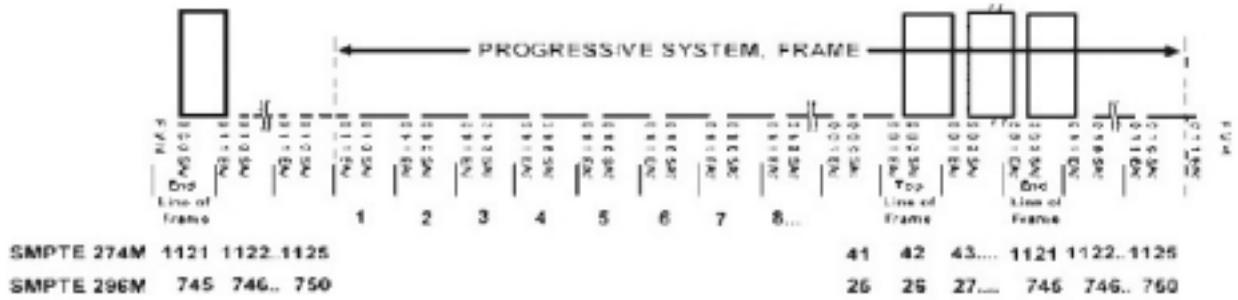
- ▶ 비트 9-(고정 비트) 항상 1로 고정
- ▶ 비트 8-(F-bit) 프로그래시브 스캔 시스템에서는 항상 0; 인터레이스 시스템의 필드 1의 경우 0, 그리고 필드 2의 경우 1
- ▶ 비트 7-(V-bit) 수직 귀선 소거 간격에서는 1; 액티브 비디오 라인 중에는 0
- ▶ 비트 6-(H-bit) 1은 EAV 시퀀스를 나타냄; 0은 SAV 시퀀스를 나타냄
- ▶ 비트 5, 4, 3, 2-(보호 비트) F, V, 및 H 비트의 데이터 오류를 제한적으로 보정
- ▶ 비트 1, 0-(고정 비트) 0으로 설정되어 10 또는 8 비트 시스템에서 동일한 워드 값을 가짐

그림 28의 xyz 워드는 가장 중요한 비트인 비트 9로 시작하는 이진 값 1001110100을 디스플레이한다. 본 예에서, 비트 8, 7, 및 6은 액티브 비디오 라인의, 그리고 EAV 시퀀스의 인터레이스 형식의 필드 1의 xyz 워드를 나타낸다. 다음 필드를 디스플레이 하도록 파형 모니터를 변경하면, 새로운 이진 xyz 워드는 비트 8이 이진 1로 바뀌는 1101101000이 된다. 보호 비트 5, 4, 3, 2 또한 바뀌어 새로운 이진 워드의 오류를 한정적으로 처리하게 된다.

이 xyz 워드 패턴에 이어 몇 가지 F 비트 및 V 비트의 예제들이 표 9에 포함되어 있으며 고화질 수직 간격의 레이아웃이 그림 29에 도해되어 있다.

표 9. 디지털 신호에 대한 수직 타이밍 정보

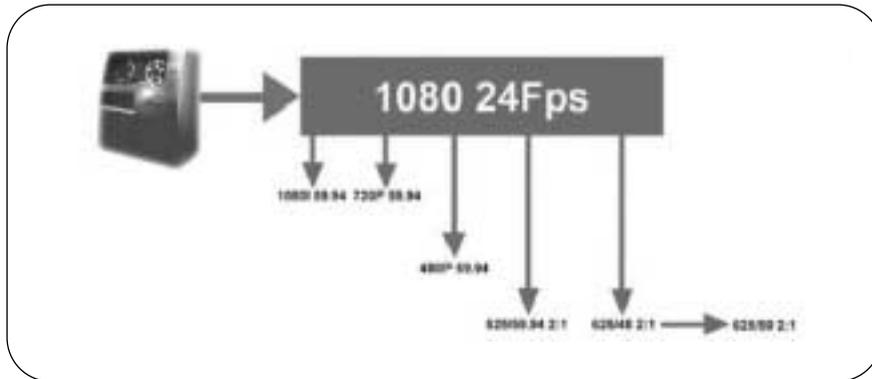
형식	F = 0	F = 1	V = 1	V = 0
1920x1080P	항상 = 0	NA	라인 1-41, 1122-1125	라인 42-1121
1280x720P	항상 = 0	NA	라인 1-25, 746-750	라인 26-745
1920x1080i	라인 1-563	라인 564-1125	라인 1-20, 561-583, 1124-1125	라인 41-557 603-1120
1035i	라인 1-563	라인 564-1125	라인 1-40, 558-602, 1121-1125	라인 41-557 603-1120
525/60	라인 4-255	라인 1-3, 256-525	라인 1-19, 264-282	라인 20-263 283-525
625/50	라인 1-312	라인 313-625	라인 1-22, 311-335, 624-625	라인 23-310 336-623



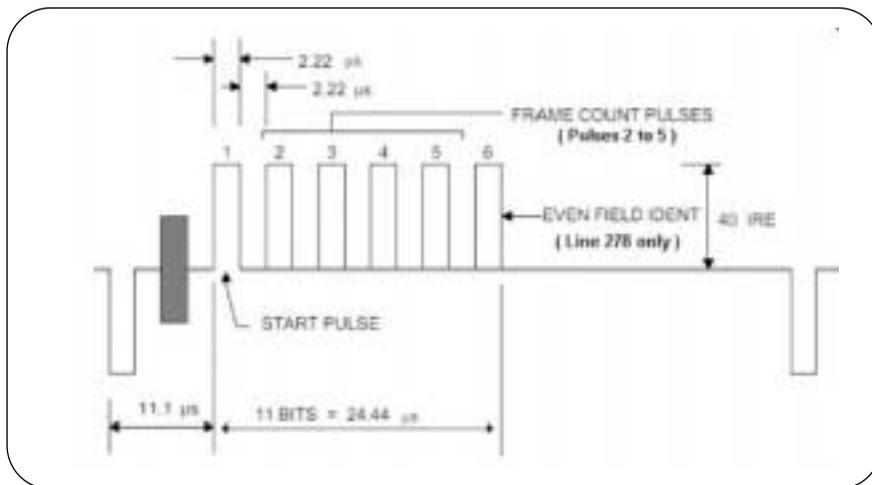
▶ 그림 29. 고화질 디지털 수직 타이밍

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 30. 고화질 텔레시네 전송 프로세스



▶ 그림 31. SMPTE 318M 타이밍 레퍼런스 동기화 라인

텔레시네 동기화

고화질로의 전환으로 프로그램 자료의 기록 보존과 마스터링에 유용한 몇 가지 형식이 탄생했다. 예를 들면, 23.976 Hz의 1080 프로그레시브는 필름 프레임을 디지털 파일로 직접 전송하는 수단이 된다. 컬러리스트는 텔레시네 전송 프로세스 중 하나의 마스터를 제작하기만 하면 된다. 그런 다음, 이 디지털 마스터를 필요한 모든 다른 형식의 배치 형식으로 변환시킬 수 있다.

이 다중 형식 시스템을 동기화 할 때 사용되는 표준 레퍼런스는 필드 주파수가 59.94 Hz인 NTSC 블랙 버스트이다. 23.976 Hz (24/1.001) 또는 48 kHz로 작동하는 장비로 동기화하면, 블랙 버스트 신호가 SMPTE 318M에 지정되어 있는 바와 같이 신호 인식을 위해 선택적 10 필드 시퀀스를 전달할 수도 있다.

타이밍 레퍼런스 동기화 라인이 그림 31에 나와 있으며, NTSC 525/59.94 Hz 신호의 라인 15 및 278에 삽입되어 있다. 첫 번째 펄스 (1) 이 10 필드 인식 시퀀스의 시작에 항상 존재한다. 0과 4 프레임 카운트 펄스들 사이에 있는 펄스 (2-5) 가 이 뒤를 따른다. 종료 펄스 (6) 은 라인 15에는 항상 없으며 라인 278에 항상 존재한다. 표 10에 이 정보가 요약되어 있다.

Tektronix TG700 신호 발생기 플랫폼은 AGL7 아날로그 젠록 (gunlock) 모듈에 SMPTE 318M에 대한 젠록 기능을 제공하며 CB 컬러 바 옵션을 갖춘 BG7 블랙 버스트 발생기에 SMPTE 318M 출력 레퍼런스를 제공한다.

표 10. SMPTE 318M 10 필드 타이밍 시퀀스

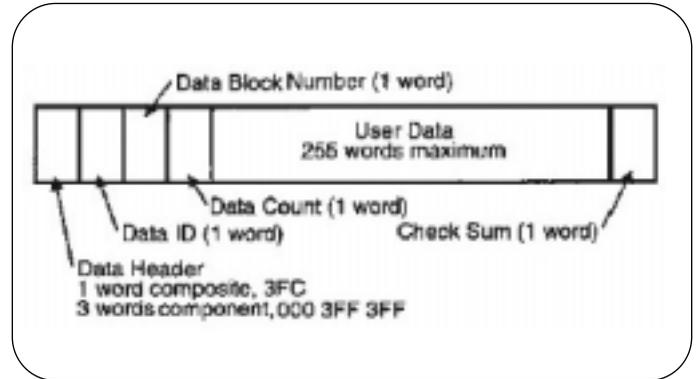
10 필드 위치	시퀀스펄스						위치라인	
	1	2	3	4	5	6		
0	1	0	0	0	0	0	라인 15	필드 1
1	1	0	0	0	0	1	라인 278	필드 2
2	1	1	0	0	0	0	라인 15	필드 1
3	1	1	0	0	0	1	라인 278	필드 2
4	1	1	1	0	0	0	라인 15	필드 1
5	1	1	1	0	0	1	라인 278	필드 2
6	1	1	1	1	0	0	라인 15	필드 1
7	1	1	1	1	0	1	라인 278	필드 2
8	1	1	1	1	1	0	라인 15	필드 1
9	1	1	1	1	1	1	라인 278	필드 2

▶ 디지털 오디오

디지털 인터페이스의 장점 중 하나는 여러 채널의 디지털 오디오를 디지털 비디오에 내장 (다중화) 시킬 수 있다는 점이다. 이는 디지털 오디오의 별도 라우팅이 비용 측면의 고려 사항이 되고 오디오를 해당 비디오와 적절히 연관시키는 것이 중요한 대규모 시스템에 특히 유용하다. 제작 후 모음과 같은 소규모 시스템에서는, 일반적으로 오디오를 별도로 유지하는 것이 보다 경제적이므로 수많은 다중화기 및 역다중화기 모듈이 필요치 않다. 디지털 오디오의 처리는 525/60 및 625/50 ANSI /SMPTE 259M 형식의 경우 ANSI/SMPTE 표준 272M, AES/EBU 오디오 및 보조 데이터의 디지털 비디오 보조 데이터 공간으로의 형식에, 그리고 ANSI/SMPTE 292M 형식의 경우 ANSI/SMPTE 299M, HDTV 비트 직렬 인터페이스에 대한 24 비트 디지털 오디오 형식에 규정되어 있다.

2 ~ 16개의 AES/EBU 오디오 채널은 쌍으로 전송되어 적절한 곳에서 4 채널의 그룹으로 결합된다. 각 그룹은 특유의 보조 데이터 ID에 의해 인식된다. 오디오는 48 kHz의 비디오 동기 클럭 주파수로, 또는 32 kHz ~ 48 kHz의 동기 또는 및 비동기 속도로 선택적으로 샘플링 된다.

보조 데이터는 그림 32에 나와 있는 바와 같이 비디오 데이터 스트림에서 다중화 되기 전에 패킷으로 형식된다. 각 데이터 블록에는 7 (컴포넌트 비디오의 경우) 워드의 오버헤드가 포함 될 수 있는 충분한 총 데이터 공간이 제공된 최대 255 사용자 데이터 워드가 포함되어 있다. 컴포지트 디지털의 경우, 수직 동기 광 펄스만이 전체 255 워드에 대하여 충분한 여유를 가지고 있다. 개별 데이터 공간에 다중 데이터 패킷이 있을 수 있다.

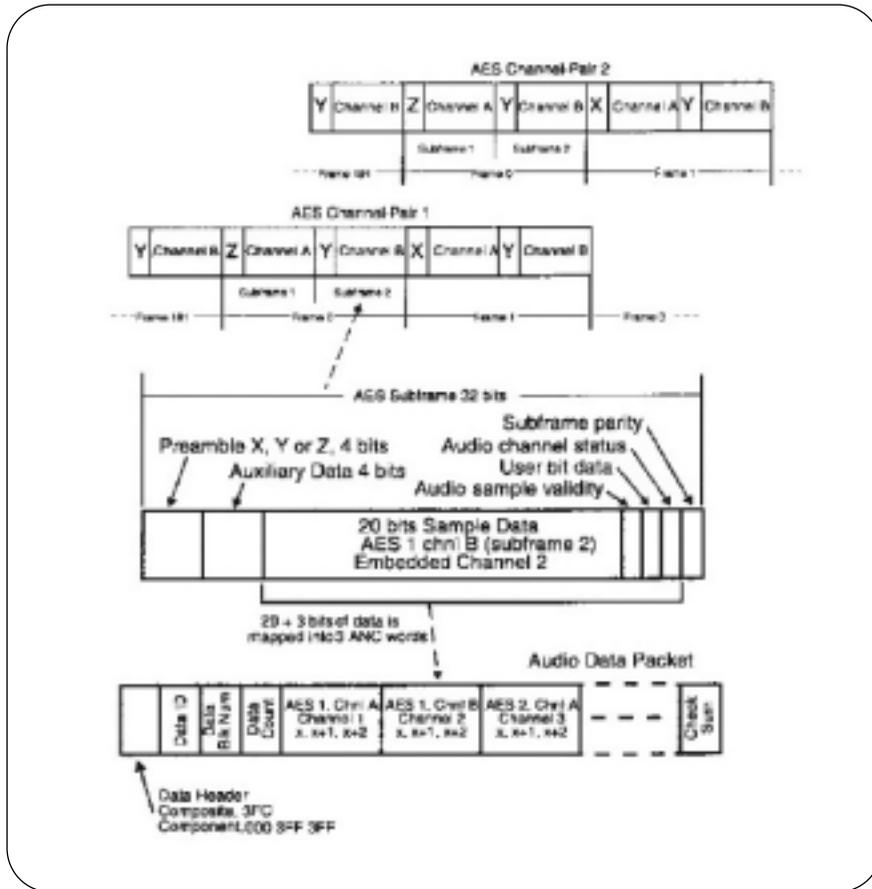


▶ 그림 32. 보조 데이터 형식

각 데이터 패킷의 시작 부분에는 디지털 비디오 데이터에서 제외되어 동기화를 위해 예비 할당된 워드 값을 이용하는 헤더가 있다. 컴포넌트 비디오의 경우, 세 워드 헤더 000,, 3FF,, 3FF,가 이용된다. 각 형식의 데이터 패킷은 서로 다른 데이터 ID 워드로 식별된다. 오디오 내장에 쓰이는 다양한 데이터 패킷을 체계화하기 위하여 몇 가지 다른 데이터 ID 워드들이 규정되어 있다. 데이터 블록 번호 (DBN) 는 보조 데이터 패킷에 순차 명령을 주어 수신기가 손실된 데이터가 없는 지를 파악하게 할 때 쓸 수 있는 선택형 카운터이다. 한 예로, 내장 오디오가 있을 경우, DBN 시퀀스의 중단을 이용하여 수직 간격 스위치의 발생을 검출함으로써, 수신기가 오디오 데이터를 처리하여 과도 "클릭"이나 "팝"과 같은 것을 제거할 수 있다. 이 데이터 바로 앞의 패킷 내의 데이터 양을 나타내는 데이터 카운트 워드이다. 마지막으로, 그 데이터에 데이터 패킷의 오류 검출에 쓰이는 검사 합이 뒤따른다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 33. 기본 내장 오디오

컴포넌트 디지털 비디오의 내장 오디오

내장 오디오 및 가용 옵션이 표준 화질의 경우 ANSI/SMPTE 표준 272M에 그리고 고화질 스튜디오 디지털 형식의 경우 ANSI/SMPTE 299M에 규정되어 있다. 해당 문서의 최신 버전을 참조하기 바란다. 소스로 두 AES 채널 쌍을 가진 기본 내장 오디오 구성이 그림 33에 나와 있다.

오디오 데이터 패킷에는 최대 4개의 오디오 채널의 하나 이상의 오디오 샘플이 들어 있다. 각 AES 서브 프레임의 23 비트 (20 오디오 비트 + C, U, 및 V 비트) 는 표 11에 나와 있는 바와 같이 세 10 비트 비디오 워드 (X, X+1, X+2) 로 매핑된다.

비트 9는 항상 비트 8의 역으로, 어느 제어 워드 값 (3FF_n ~ 3FC_n 또는 003_n ~ 000_n) 도 쓰이지 않도록 한다. Z 비트는 192 프레임 AES 블록의 첫 번째 프레임에 상응하는 "1"로 설정되어 있다. 내장 오디오의 채널들은 본질적으로 독립되어 있으므로 (항상 쌍으로 전송되지만), 동일한 AES 소스에서 나온 것일지라도 Z 비트는 각 채널에 "1"로 설정되어 있다. C, U, 및 V 비트들은 AES 신호에서 매핑된다; 그러나 패리티 비트는 AES 패리티 비트가 아니다. X+2의 비트 8은 모든 세 단어의 비트 0-8에 대하여 짝수 패리티이다.

오래된 장비가 모든 제한사항을 지킬 수 없는 원인이 되는 "기준 조항 (grandfather clause)"이 표준에 있지만, 또한 오디오 데이터 패킷의 분포에 관한 몇가지 제한이 있다. 오디오 데이터 패킷은 RP 168에 규정되어 있는 것과 같이 일반 수직 간격 스위치가 뒤따르는 수평 보조 데이터 공간에 전송되지 않는다. 이들은 RP 165에 규정되어 있는 오류 검출 검사 워드로 지정된 보조 데이터 공간에도 전송되지 않는다. 이러한 제한 사항들을 고려할 때, 데이터는 비디오 필드 전반에 가능한 한 균일하게 분포되어야 한다. 이는 컴포지트 디지털 시스템에서 24 비트 오디오를 전송하기 위한 수신기 버퍼 크기를 최소화하는데 중요하다. 이로써 오디오 데이터 패킷에 3 또는 4개의 오디오 샘플이 있게 된다.

표 11. 내장 오디오 비트 분포

비트	X	X + 1	X + 2
b9	b80이 아님	b80이 아님	b80이 아님
b8	aud 5	aud 14	패리티
b7	aud 4	aud 13	C
b6	aud 3	aud 12	U
b5	aud 2	aud 11	V
b4	aud 1	aud 10	aud 19 (msb)
b3	aud 0	aud 9	aud 18
b2	ch bit-1	aud 8	aud 17
b1	ch bit-2	aud 7	aud 16
B0	Z-bit	aud 6	aud 15

확장 내장 오디오

상기 표준에 규정되어 있는 완전한 기능의 내장 오디오에는 다음과 같은 특징이 포함되어 있다:

- ▶ 4 AES 보조 비트 (24 비트로 오디오 샘플을 확장할 때 사용할 수 있는)의 전달
- ▶ 비동기 클럭 조정이 가능
- ▶ 48 kHz 외의 샘플링 가능
- ▶ 각 채널에 오디오 대 비디오 지연 정보 제공
- ▶ 데이터 ID들을 문서화 하여 컴포넌트 디지털 시스템의 16 채널 오디오를 허용
- ▶ 525 라인 시스템에 대한 "오디오 프레임" 계수

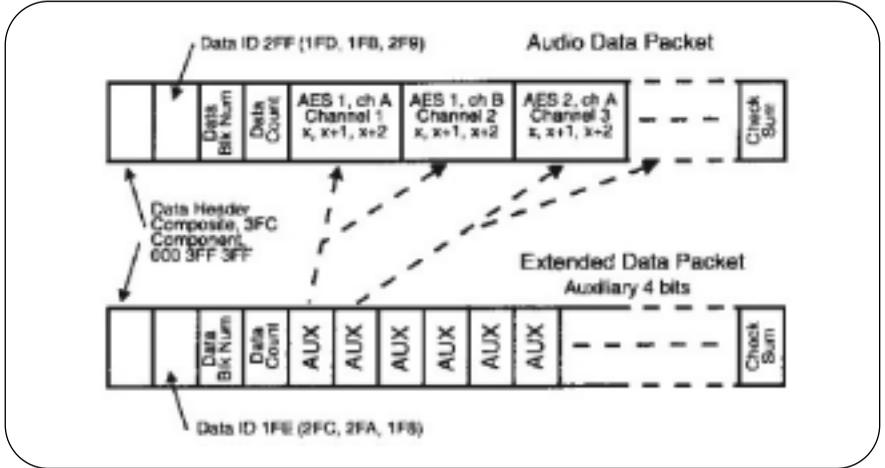
이러한 기능들을 제공하기 위하여, 두 가지 추가 데이터 패킷이 규정되어 있다. 확장 데이터 패킷은 한 비디오 워드에 두 오디오 샘플에 대한 보조 데이터가 들어가도록 형식된 4 AES 보조 비트를 전달한다 (그림 34).

확장 데이터 패킷은 관련 오디오 데이터 패킷과 동일한 보조 데이터 공간에 위치하여야 하며 오디오 데이터 패킷 뒤에 이어져야 한다.

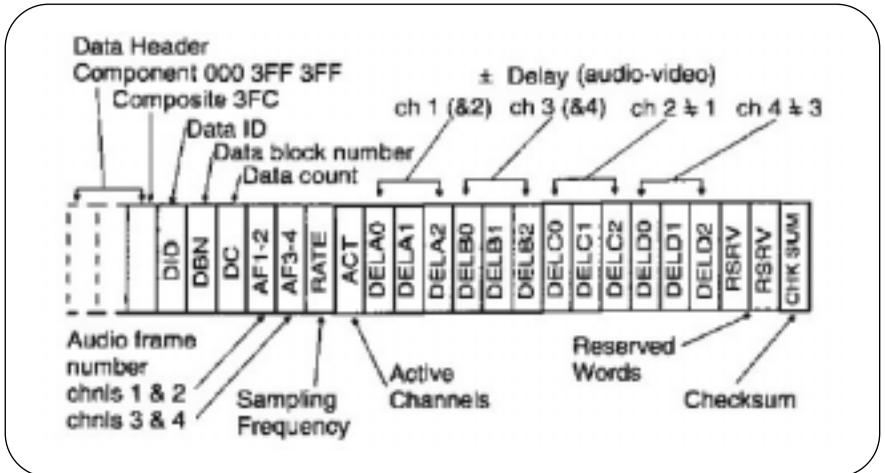
오디오 제어 패킷 (그림 35에 나와 있는) 은 수직 간격 스위치 포인트 다음의 두 번째 수평 보조 데이터 공간의 필드당 한 번 전송된다. 여기에는 오디오 프레임 번호, 샘플링 주파수, 액티브 채널 및 각 채널의 관련 오디오 대 비디오 지연에 관한 정보가 들어 있다.

오디오 제어 패킷의 전송은 48 kHz 동기 조정이 가능한 경우 선택적이며 모든 다른 모드의 조정에는 반드시 필요하다 (여기에는 어느 모드가 사용되는 지에 대한 정보가 들어 있으므로).

오디오 프레임 번호는 525 라인, 29.97 프레임/초 조정의 아티팩트이다. 5 프레임에 정확히 8008 오디오 샘플이 있으며, 이는 프레임당 비정수 번호의 샘플들이 있음을 의미한다. 오디오 프레임 시퀀스는 정수 샘플 (이 경우 5) 프레임 수이며 오디오 프레임 번호는 특정 프레임이 시퀀스의 어디에 속하는 지를 나타낸다. 특히 디지털 비디오 레코더와 같은 특정 장비가 버퍼 오버/언더 플로우를 방지하기 위해 무모순 동기화 작업을 필요로 하므로, 이는 소스 간의 스위칭 시에 중요하다. 잦은 스위칭이 필요할 경우, 시퀀스가 끊기는 다섯 경우 중 네 경우의 스위칭에 이어지는 샘플을 추가하거나 버리도록 수신 장비를 설계할 수 있다. 그러한 시스템에서의 문제는 스위치 발생 여부를 검출하는 것이다. 보조 데이터 형식 구조의 데이터 블록 번호로 그리고 오디오 제어 패킷의 오디오 프레임 번호 워드의 미사용 비트가 있는 옵션 프레임들을 포함시킴으로써 이를 해결할 수 있다.



▶ 그림 34. 확장 내장 오디오



▶ 그림 35. 오디오 제어 패킷 형식

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

오디오 제어 패킷에 들어 있는 오디오 지연 정보는 디플트 채널 쌍 모드를 이용한다. 즉, 지연-A (DELA0-2) 는 채널 2의 지연 정보가 채널 1과 동일하지 않는 한 채널 1 및 채널 2 모두에 대한 것이다. 그러한 경우, 채널 2에 대한 지연은 지연-C에 위치한다. 샘플링 주파수는 한 쌍의 각 채널에 대하여 동일해야 하며, 따라서 "ACT"의 데이터는 채널 1 및 2에 대한 값과 채널 3 및 4에 대한 값의 두 값을 제공한다.

컴포넌트 디지털 시스템에서 최대 16개의 채널을 제공하기 위해, 내장 오디오는 기본 4 채널 조작에 상응하는 오디오 그룹으로 분할된다. 각각의 세 데이터 패킷 형식은 표 12에 나와 있는 바와 같이 네개의 데이터 ID로 할당된다.

컴포넌트 디지털 비디오의 경우, 훨씬 더 많은 보조 데이터 공간이 있고 오디오 보조 데이터가 제외된 라인이 거의 없으므로 오디오 역다중화기의 수신기 버퍼는 중요한 문제가 아니다. 등화 펄스에서는 데이터가 제외되어 있고, 보다 중요한 것은 확장 오디오에서 데이터 패킷 분포를 필요로 하므로, 컴포지트 디지털 비디오의 경우는 상당히 다르다. 이 때문에, 표준은 오래 된 장비의 제한을 설계자에게 알리는 채널 당 48 샘플의 기준 조항이 있는, 채널당 64 샘플의 수신기 버퍼를 필요로 한다.

표 12. 최대 16 채널 조작에 대한 데이터 ID

	오디오 채널	오디오 데이터 패킷	확장 데이터 패킷	오디오 제어 패킷
그룹 1	1-4	1FF	1FE	1EF
그룹 2	5-8	1FD	2FC	2EE
그룹 3	9-12	1FB	2FA	2ED
그룹 4	13-16	2F9	1F8	1EC

AES/EBU 오디오의 체계화

직렬 디지털 비디오와 오디오는 제작 및 후제작 시설 뿐만 아니라 텔레비전 방송국에서도 보편화되고 있다. 수많은 경우에 있어, 비디오와 오디오는 메리드 소스이며, 이를 함께 보존하고 하나의 데이터 스트림으로 취급하는 것이 바람직할 것이다. 한 예를 들면, 이는 디지털 도메인에서 신호를 유지하고 직렬 디지털 비디오 라우팅 스위처로 서로 스위치시킬 수 있는 장점이 있다. 오디오 소스의 일부를 분리하는 것이 바람직한 특별한 경우에는, 디지털 오디오를 역다중화하여 AES/EBU 디지털 오디오 라우팅 스위처로 별도로 스위치시킬 수 있다.

다중화된 오디오가 직렬 디지털 라우팅 스위처를 통과한 다음, 수신 측에서는 비디오에서 오디오를 추출하여, 편집, 오디오 스위칭, 또는 다른 프로세싱이 이루어지도록 할 필요가 있을 것이다. 이는 직렬 디지털 비디오에서 AES/EBU 오디오를 분리하는 역다중화기를 필요로 한다. 전형적인 역다중화기의 출력은 두 스테레오 쌍 AES/EBU 디지털 오디오 신호에 대한 커넥터 외에도 직렬 디지털 비디오 BNC를 가지고 있다.

▶ 비디오 측정

모니터링 및 측정 툴

디지털 텔레비전은 수개의 스트림임을 우리는 알고 있으며, 이로써 일부 불필요한 두려움을 가지게 되는 경우도 있다. 모든 것이 정말 빨리 일어나는 것처럼 보이며, 모든 것을 구별하는 데에는 약간의 도움이 필요하다. 다행히도 비디오, 그리고 특히 보조 정보 지원 비디오는 아주 반복적이어서, 이 고속의 수치 데이터를 우리가 연구하고 이해할 수 있는 무언가로 변환시키기만 하면 된다. 이를 아날로그 비디오와 같이 우리가 익히 알고 있는 것으로 변환시키면 되지 않을까?

표준 화질이건 보다 새로운 고화질 스튜디오 형식이건 디지털 비디오는 그 아날로그 원형과 아주 똑같다. 많은 것들이 시간이 지남에 따라 향상되었지만, 여전히 카메라로, 필름으로부터, 오늘날에는 컴퓨터로부터 비디오를 제작하고 있다. 디지털 비디오의 기본적인 차이점은 아날로그 비디오를 수치 데이터로 변환하고 보조 데이터를 덧붙여 그 비디오 데이터를 어떻게 이용하는 지를 설명하는 체인 초기에 데이터를 처리한다는 점이다. 실험 카메라 및 텔레시네의 경우, 광원의 아날로그 값들은 라인 어딘가에서 수치 데이터로 변환되는 아날로그 응답을 생성하는 센서에 모여진다. 아날로그 파형 모니터로 모니터링하여 이 아날로그 신호를 얻을 수 있는 경우도 있으나, 흔히 비디오는 데이터의 형태로 장비로부터 나오게 된다. 컴퓨터 생성 비디오의 경우, 그 신호는 원래부터 데이터이다. 데이터는 소스 장비로부터 전달 계층의 수신지로 이동한다. 이는 아날로그 전달 메커니즘이며, 흔히 와이어 또는 광섬유 경로로 데이터가 특정 수신지로 전달된다. 이 데이터를 고대역폭 오실로스코프로 모니터하거나, 비디오로 그 데이터 정보를 추출하여 모니터 할 수 있다.

조작 측면에서, 우리는 비디오의 모니터링에 관심을 갖고 있다. 이를 위해, 익숙한 아날로그 형식으로 비디오를 볼 수 있게 해주는 표준 순응 데이터 수신기가 장착된 고품질의 파형 모니터가 필요하다. Tektronix는 표준 화질 컴포넌트 디지털 비디오용 WFM601 시리즈 (그림 36) 및 오늘날 널리 쓰이는 모든 컴포넌트 디지털 형식에 대하여 구성 가능한 새로운 WFM700 시리즈 (그림 37) 를 포함하여, 여러 디지털 입력 파형 모니터를 제공하고 있다.



▶ 그림 36. WFM601 시리즈 표준 화질 디지털 비디오 파형 모니터



▶ 그림 37. WFM700 표준 및 고화질 디지털 파형 모니터

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 38. Tektronix TG700 신호 발생기 플랫폼

기술적으로, 카메라 또는 텔레비전이 정확한 비디오 데이터를 생성하고 있으며 보조 데이터가 정확한 지를 알고 싶어 할 것이다. 또한, 전달 계층의 아날로그 특성을 평가하기를 원할 것이다. 디지털 옵션을 갖춘 Tektronix VM700T, WFM601M, 및 WFM700M은 심층 데이터 분석과 표준 화질 전달 계층의 아이 패턴 모양의 직접적인 뷰가 가능하다. 새로운 WFM700 시리즈 고화질 모니터는 전달 및 데이터 계층 기술 평가 툴을 제공하고 있다.

테스트 신호 발생기는 두 가지 용도를 가지고 있다. 이는 신호 프로세싱 및 전송 경로의 평가를 위한 이상적인 레퍼런스 비디오 신호를 제공하며, 오늘날의 고품질 시스템 컴포넌트에서 기대할 수 있는 전형적인 성능을 제공한다. 그림 38의 Tektronix TG700 신호 발생기 플랫폼과 같은 일부 발생 장비는 아날로그 및 디지털, 표준 및 고화질 신호 형식 모두에 대한 옵션을 제공하고 있다.

이 툴들을 이용하면 조작자는 전송 시스템, 비디오 프로세싱 디바이스, 그리고 최종적으로 시청자의 디스플레이와 완벽하게 호환되는 비디오를 생성할 수 있다. 가장 중요한 것은, 이 툴들이 비디오 시스템 자체의 작동에 대한 전문 지식을 제공하여 기술적 확신과 인지를 향상 시켜 작업을 더욱 원활하게 처리할 수 있게 해 준다는 것이다.

디지털 및 아날로그 신호의 모니터링

모든 비디오 신호를 종래의 시간/진폭 파형으로 생각하는 경향이 있다. 이는 타당성 있는 개념이며 아날로그와 디지털 모두에 적용된다. 아날로그 비디오의 경우, 오실로스코프나 파형 모니터는 시간이 경과함에 따라 신호 전압의 플롯을 디스플레이한다. 파형 모니터는 동기화되어 라인에 수평으로, 또는 필드에 수직으로 발생할 때마다 파형 모니터 디스플레이

상의 동일한 수평 위치에서 발생하는 원하는 신호 특성을 보여준다. 디지털 파형 모니터는 아날로그 파형 모니터와 동일한 방법으로 수신 데이터 신호에서 추출한 비디오 정보를 보여 준다. 아날로그 및 디지털 신호에서 동일한 방법으로 동일한 정보를 보게 된다. 아날로그의 경우 직접 신호를 보게 되며, 디지털의 경우 데이터로 묘사된 신호를 보게 된다. 조작상으로는, 모니터를 이용하여 동일한 비디오 평가를 하게 된다.

추가 측정은 모니터하고 있는 시스템에 대한 특유의 것일 수 있다. 아날로그 벡터 스코프 상의 디스플레이를 위해 NTSC 또는 PAL 컬러 정보를 복조하기를 원할 수도 있다. 컬러 부반송파를 생성하거나 복조하지 않고 아날로그 벡터 디스플레이를 시뮬레이션하기 위하여 디지털 컴포넌트 신호의 색차 채널의 X 대 Y 디스플레이를 보려고 할 수도 있다. 수치 또는 로직 레벨 디스플레이로 디지털 신호의 내용을 직접 관찰하기를 원할 수도 있다. 그리고 아날로그나 디지털 신호의 색역을 관찰하기를 원할 수도 있을 것이다. 색역 (Gamut) 은 **부록 A-허용되는 유효 색역**에 보다 자세히 다루어져 있다.

비디오 신호 저하의 평가

아날로그 NTSC 또는 PAL과 관련된 일부 신호 저하는 표준 화질 컴포넌트 비디오에서는 그다지 중요하지 않다. 고화질 비디오로 옮겨가면 저하는 보다 기본적인 이유로 다시 중요하게 된다. 실제 아날로그 효과를 고려한다면, 이들은 동일하다. 컬러 비디오 품질의 저하를 피하기 위하여 아날로그의 신호 무결성을 모색하였지만, 고화질의 경우에는 결함 그 자체를 보는 것으로 시작할 수 있다.

비디오 진폭

시스템을 통한 단일체 이득은 텔레비전의 시초부터 기본이 되어 왔다. 비디오 진폭의 표준화로 최적의 신호 대 잡음 성능을 위한 각 시스템 요소의 설계가 가능하게 되었고 신호 및 신호 경로를 자유로이 호환시킬 수 있게 되었다. 특수한 형태의 오실로스코프인 비디오 파형 모니터를 이용하여 비디오 진폭을 측정한다. 아날로그 비디오 진폭을 설정할 때, 신호 경로의 최종 장비의 출력 레벨만을 조절하는 것으로는 부족하다. 입력에서 출력으로 신호를 적절히 전달할 수 있도록 모든 장비를 조절하여야 한다.

디지털 형식의 경우, 비디오 진폭의 유지는 더욱 어렵다. 시스템으로의 적절한 아날로그 비디오 진폭은 만족스런 화상을 재현하기 위한 디지털이징 프로세스에 최적의 정량화 레벨이 사용되도록 한다. 한계 내에서 최소 및 최대 진폭 편위를 유지하면 비디오 전압 진폭이 디지털 타이저의 범위를 벗어나지 않게 된다. 정확한 컬러 밸런스, 명암 및 밝기를 유지하는 것 외에도, 전송이 허용된 전송이며 다른 비디오 형식으로의 변환이 가능하도록 색역 한계 내로 비디오 진폭을 유지하여야 한다. 잘 설계된 단일체 이득 비디오 시스템에서는, 비디오 진폭 조절이 소스에서 이루어지며 출력에서 보정된다.

아날로그 도메인에서는 비디오 진폭이 규정되어 있으며, 해당 형식에 대한 표준으로 파형 모니터가 구성되어 있다. NTSC 신호는, 140 IRE 유니트, 동기 팁에서 화이트 레벨까지 공칭상으로 1 볼트일 것이다. NTSC 비디오 휘도 범위는 (그림 39) 100 IRE, 공칭상으로 714.3 mV로서, 7.5 IRE 블랙 레벨 셋업을 포함하면 53.5 mV가 줄게 될 수도 있다. 컬러 정보에 따라, 휘도 및 크로미넌스 컴포넌트들은 이 범위의 위 아래까지 연장될 수도 있다. NTSC 동기는 -40 IRE 유니트, 귀선 소거 레벨에서 동기 팁까지 공칭상으로 -285.7 mV 이다. NTSC 비디오 신호는 일반적으로 귀선 소거 레벨까지 클램프되며 비디오 모니터는 블랙 레벨에서 꺼지도록 설정되어 있다.

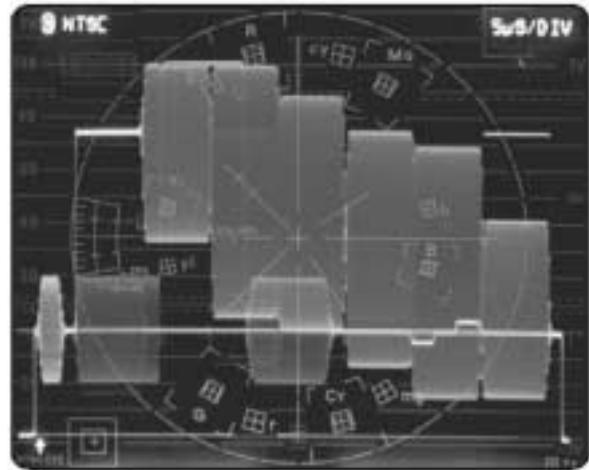
PAL 신호 역시 화이트 레벨에 대하여 비디오 휘도 범위가 700 mV이며, 셋업이 없는 1 볼트 동기 팁으로 형식된다. PAL 동기는 -300 mV이다. 이 신호가 클램프되면, 모니터 밝기가 블랙 레벨에서 꺼지도록 설정되어 있다. 크로미넌스 정보는 비디오 휘도 범위의 위 아래까지 연장될 수도 있다.

비디오 진폭은 단계별로 검사된다. 기지의 진폭의 저주파 컴포넌트를 가진 아날로그 테스트 신호 (귀선 소거 및 컬러 바 테스트 신호의 화이트 레벨과 같은) 가 각 단계의 입력에 연결 되고 출력 단계의 그 레벨들에서 복제되도록 조절될 것이다.

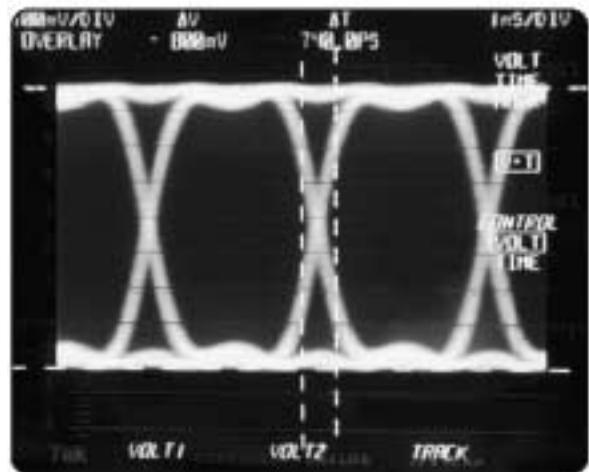
국제 협약을 맺은 각국의 규제 기관들은 공중파 전송 표준을 지정해 두고 있다. NTSC, PAL, 및 SECAM 비디오 송신기는 피크 파워와 비디오 화이트 레벨 및 최소 전력으로 연장된 채도에서의 동기 팁으로 진폭 변조된다. 이 변조 체계는 효율적이며 가시 노이즈를 줄이지만, 선형 효과에 민감하다. 백색 및 컬러 컴포넌트가 0 반송파 파워로 확장될 때 경계적인 전력 동기 팁 송신기 출력과 허용 가능한 비디오 신호 왜곡을 얻으려면 비디오 레벨을 세심하게 제어하여야 한다. 비디오 레벨이 너무 낮으면 비디오 신호/잡음 비율에 문제가 발생하며 전력 소모가 커지게 된다. 비디오 레벨이 너무 높으면 반송파가 0에 가까워지며 송신기가 더욱 큰 왜곡을 일으키게 되고, 인터캐리어 텔레비전 오디오 수신기의 성능이 저하되기 시작한다.

신호 진폭

아날로그 시스템에서, 스튜디오 컴포넌트 간의 신호는 비디오를 직접 표현하는 전압 변화이다. 해당 형식의 아날로그 비디오 파형 모니터를 이용하면 분명한 타이밍 패턴과 관련된 아날로그 비디오 신호의 전압 레벨을 쉽게 볼 수 있다.



▶ 그림 39. 정확히 조절된 컴포지트 비디오 진폭, NTSC, 무 셋업



▶ 그림 40. WFM601M으로 관찰된 올바른 270 Mb/s 데이터 신호

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

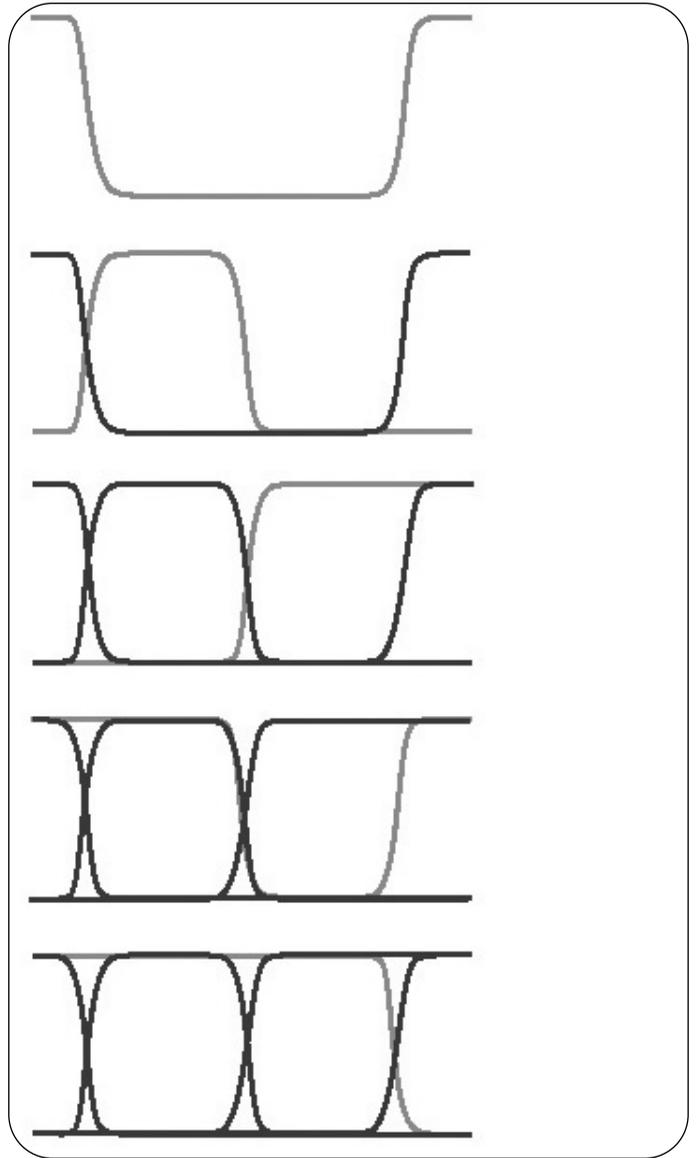
▶ primer

디지털 비디오 시스템에서, 신호는 전달 계층의 데이터 "반송파"이며, 데이터 스트림은 비디오 정보를 표현한다. 이 데이터는 내용 상의 정보를 제공하기에 예상 시간들에서 높거나 낮은지를 정확히 식별해야 하는 일련의 아날로그 전압 변화이다 (그림 40 및 41). 전달 계층은 입력이 무엇든 간에 그 수신지로 전달하는 아날로그 신호 경로이다. 디지털 신호는 800 mV 레벨에서 시작하며 수신지에서의 클럭 주파수 절반에서 그 스펙트럼의 내용은 수신기에 의해 가해진 등화 양을 결정하게 된다.

전달 계층의 비디오 신호는 고주파 오실로스코프, 표준 화질의 경우 Tektronix WFM601E 또는 WFM601M, 표준 및 고화질 형식의 경우 새로운 WFM700M 모니터와 같은 비디오 파형 모니터로 볼 수 있다. 아이 패턴 모드에서, 파형 모니터는 비디오 비율에서 디스플레이 스위치가 일어나는 아날로그 샘플링 오실로스코프로 작동한다. 등가 대역폭은 충분히 높으며, 복귀 손실이 상당히 크고, 측정 커서는 수신 데이터 신호를 정확히 측정할 수 있도록 적절히 교정되어 있다. 전달 계층에서 급속히 변하는 데이터는 아이 패턴을 생성하는 일련의 0과 1 오버레이드이다. 아이 패턴 테스트는 모니터가 짧은 케이블로 측정 대상 디바이스에 연결된 경우에 비등화 모드로 모니터를 사용할 수 있어 가장 효율적이다. 케이블이 길면, 데이터가 노이즈 속에서 사라지는 경향이 있으므로 등화 모드를 이용하여야 한다. 등화 모드는 헤드를 확인에 유용한 반면, 측정 대상 디바이스의 출력에서의 정확한 신호 지지자를 제공하지 않는다. WFM601M 및 WFM700은 지터, 상승 시간, 아이 개방 (소광비), 반사 및 수신 데이터 자체 상에서의 데이터 분석 등과 같은 추가 전달 계층 정보도 제공한다.

데이터 전달 스트림에는 표준 화질 ITU-R BT.601 컴포넌트 비디오의 경우 270 Mb/s, 일부 고화질 형식의 경우 최대 2.970 Gb/s 의 속도 근처에서 변하는 컴포넌트들이 포함되어 있기 때문에, 비디오 파형 모니터 상에 디스플레이 하기 위해 1 등과 0 등이 오버레이드 될 것이다. (그림 41). 수많은 단어들에 대한 누적 데이터를 볼 수 있어, 개방된 아이에 침입한 오류나 왜곡을 파악하고 수신기로는 어려운 데이터 고저를 복구할 수 있으므로 이는 장점이 된다. Tektronix WFM601E 및 WFM601M, 그리고 다중 디지털 형식용 신형 WFM700 시리즈와 같은 디지털 파형 모니터는 아이 패턴 디스플레이를 위한 동기화 스위프에 대한 선택권을 부여하므로, 워드, 라인, 및 필드 교란을 상관시킬 수 있다.

기존의 아날로그 파형 (베이스밴드 비디오) 과 유사한 디지털 비디오 파형 디스플레이는 실은 전달 계층의 수치 데이터에 의해 전환된 아날로그 파형이다. 디지털 데이터는 아날로그 신호로 디스플레이되고 측정될 수 있는 고품질 아날로그 컴포넌트 비디오로 복호화된다. 디지털 경로에서의 모니터링이 올바른 선택이라고 해도, 디지털 비디오에서 관찰되는 많은 오류들은 아날로그 도메인에서 일찍이 생성되었을 것이다.



▶ 그림 41. 아이 다이어그램의 전개

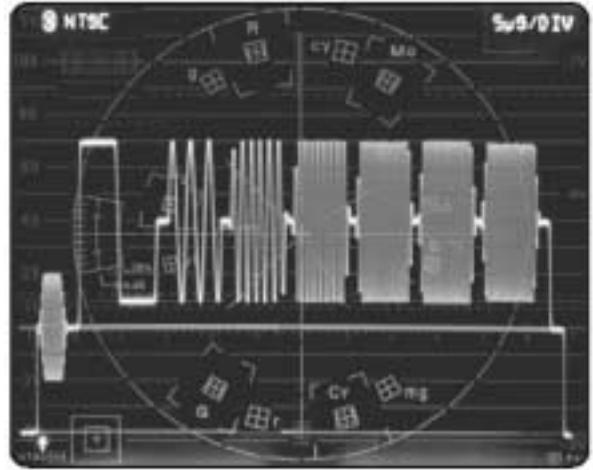
주파수 응답

아날로그 비디오 시스템에서, 케이블이 길 때 발생하는 고주파 비디오의 손실을 보상해주어야 할 때 비디오 주파수 응답이 등화된다. 그 목적은 시스템의 각 단계를 "평탄"하게 만들어 모든 비디오 주파수가 이득이나 손실 없이 시스템을 거쳐 이동하도록 하는 것이다. 다중 버스트 테스트 신호 (그림 42) 를 이용하면 필요한 조절이 무엇인지를 신속하게 파악할 수 있다. 다중 버스트 신호의 주파수 패킷이 출력 단계의 진폭과 동일하지 않은 경우 (그림 43), 등화 비디오 분포 증폭기를 이용하여 보상하고, 다중 버스트 테스트 신호를 원래의 값으로 복원시킬 수 있다.

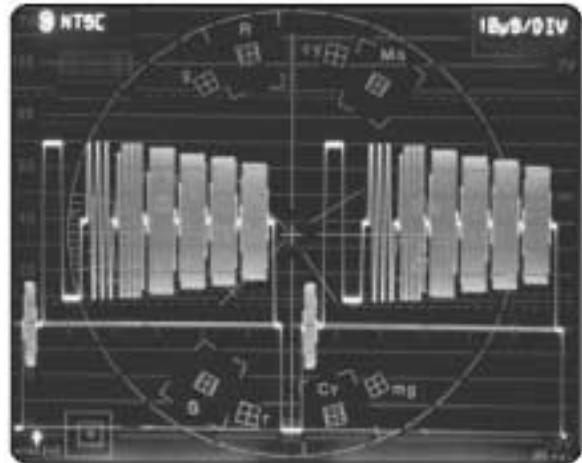
디지털 시스템의 경우, 고주파 손실은 전달 데이터 스트림 (전달 계층) 의 에너지에만 영향을 미칠 뿐 데이터 번호 (데이터 계층) 에는 영향을 미치지 않으므로, 고주파 손실이 너무 커 데이터 번호를 복원할 수 없을 때까지는 비디오 디테일이나 컬러에 영향을 주지 않는다. 수신기의 등화기는 입력에서의 고주파 손실을 자동으로 보상한다. 시스템 설계자들은 거의 100%의 데이터 무결성을 이루기에 충분히 짧도록 케이블 길이를 유지해야 주파수 응답 조절이 필요치 않게 된다. 모든 비디오 주파수 응답의 저하는 아날로그 효과 때문일 것이다.

그림 지연

표준 화질 시스템의 경우, 기존의 아날로그 비디오 설계는 10 MHz 대역폭의 순서가 허용되었으며 대부분의 비디오 에너지가 들어있는 0-6 MHz 범위에 걸쳐 아주 평탄한 주파수 응답을 제공하였다. 간혹 발생하는 지연이나 주파수 의존 위상 오류로 불리는 그림 지연 오류는 한 주파수에서의 에너지가 다른 주파수에서의 에너지보다 시스템 통과 시간이 길거나 짧은 경우의 결과이며, 흔히 대역폭 한계와 관련된 효과이다. 영상에 나타나는 효과는 높은/낮은 밝기 레벨 간의 신속한 전이의 오버슈트나 라운딩일 것이다. 컴포지트 NTSC 또는 PAL 텔레비전 시스템의 경우, 영상의 컬러는 관련 휘도의 좌 또는 우측으로 오프셋될 것이다. 그림 지연 오류에 가장 큰 영향을 미치는 것은 NTSC/PAL 부호기, 음성노치 필터, 및 고전력 텔레비전 송신기의 잔류 측파대 필터, 그리고 또한 텔레비전 수신기의 NTSC 또는 PAL 복호기의 색통과 대역 필터 등이다. 조작상의 관점에서, 그림 지연 응답을 제어하기 위한 노력의 대부분은 아날로그 송신기 플랜트에 집중된다. 그러나, 일부 개별 디바이스의 고장을 나타내는 전체 오류를 식별하기 위하여 아날로그 스튜디오 플랜트를 통해 그림 지연이나 위상 오류를 점검하는 것은 일상적이다. 스튜디오 플랜트에서의 그림 지연 오류는 펄스 및 바 테스트 신호로 쉽게 점검할 수 있다 (그림 44). 이 테스트 신호에는 반사인 곡선 2T 펄스와 상승 및 하강 시간이 제어된 저주파 백색 바가 들어 있다. 시스템 대역폭의 절반인 2T 펄스는 펄스 베이스 주변에서 대칭을 이루는 저 레벨의 링잉을 발생시킨다. 예지에서의 고주파 에너지가 저주파 에너지보다 더 빠르거나 느리게 통과할 경우, 예지가 왜곡될 것이다. (그림 45). 고주파 에너지가 지연될 경우, 링잉은 이후에 발생하며 2T 펄스의 우측에 나타날 것이다.



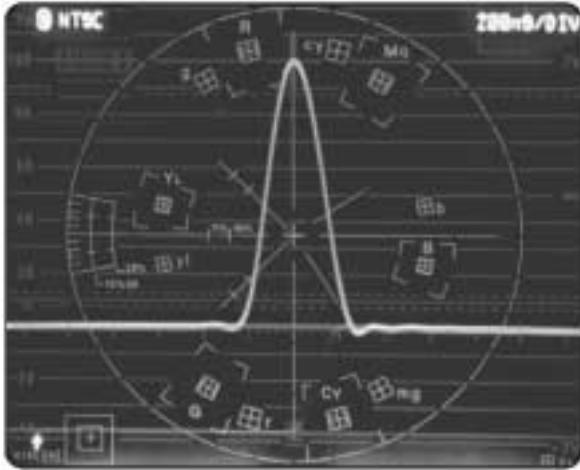
▶ 그림 42. 각 주파수, 1H 디스플레이에서 동일한 진폭을 가진 다중 버스트 테스트 신호



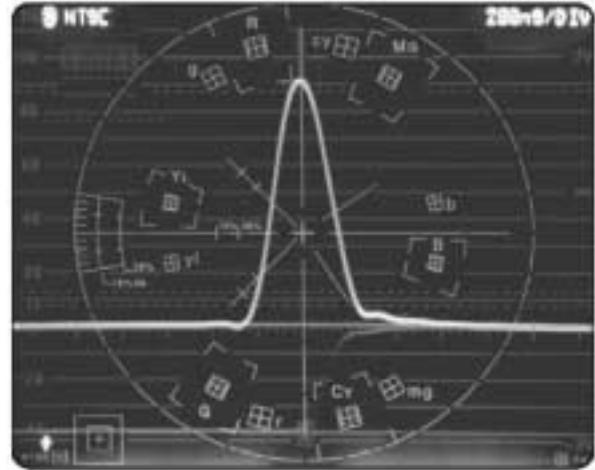
▶ 그림 43. 주파수 응답 롤 오프, 2H 디스플레이를 가진 다중 버스트

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 44. 정확한 2T 펄스, 1H MAG 디스플레이



▶ 그림 45. 저하된 2T 펄스 및 바

컴포지트 펄스 및 바 테스트 신호는 시스템 위상 응답의 측정에 유용한 기능을 가지고 있다. 컴포지트 시스템 테스트에서, 부반송파 주파수의 에너지로 변조된 12.5T 또는 20T 펄스를 이용하여 색도-luma 지연 및 부반송파 주파수 대 저주파에서의 상대 이득을 신속하게 검사할 수 있다. 평탄한 기준선은 이득과 지연 모두가 정확하다는 것을 나타낸다. 시스템을 통과하는 기준선이 위를 향한다는 것은 부반송파 주파수에서의 이득이 낮다는 것을 나타낸다. 아래로 향하는 것은 부반송파 주파수에서의 이득이 높다는 것을 나타낸다. 시작 시에는 위를 향하고 종료 시에는 아래를 향하는 것은 고주파 에너지가 이후에 도달했거나 그 반대임을 나타낸다. 컴포넌트 비디오 시스템에서는, 컬러 부반송파가 없을 때 2T 펄스 및 바 신호의 예제가 가장 중요하다.

다중 펄스 또는 $\sin x/x$ 펄스를 이용하면 보다 포괄적인 그룹 지연 측정이 가능할 수 있으며 문자 다중 또는 동기 음성과 같은 데이터가 비디오 신호 내에 전송되는 것을 볼 수 있다.

디지털 비디오 시스템 컴포넌트들은 아날로그 도메인으로부터의 부호화/복호화 프로세스에 반 앨리어스 및 복구 필터를 이용한다. 이 내부 필터들의 차단 주파수는 표준 화질 컴포넌트 비디오 채널의 경우 약 5.75 MHz 및 2.75 MHz이므로 비디오 에너지에 대하여 반응하지만,

이 에너지는 NTSC 또는 PAL 부호기의 1 MHz 및 1.25 MHz 필터에 존재하는 것 보다 적다. 디지털 고화질 형식의 필터에 대한 해당 차단 주파수는 luma의 경우 약 30 MHz, 색도 정보의 경우 약 15 MHz이다. 디지털 장비의 반 앨리어스 및 복구 필터는 아주 정확하며 조작 시 조절할 수 없다.

비선형 효과

비디오 작동 전압이 변하게 되면 여러 방식으로 아날로그 회로에 영향을 미치게 된다. 증폭기의 이득이 작동 레벨의 차이에 따라 다를 수 있어 (미분 이득), NTSC 또는 PAL 비디오 형식에서 부정확한 컬러 포화를 일으키게 된다. 컴포넌트 아날로그 형식의 경우, 밝기 및 컬러 값이 변할 수도 있다.

미분 이득

미분 이득은 아날로그 효과이며, 디지털 도메인에서는 발생하거나 수정되지 않는다. 그러나, 신호가 예약 값의 범위 내로 아날로그 대 디지털 변환기를 구동할 경우 디지털 비디오가 클립될 수도 있다. 이 색역 위반은 일부 컴포넌트의 부정확한 밝기 및 컬러 편이를 일으키게 된다. **부록 A - 허용되는 유효 색역을 참조하기 바란다.**

미분 위상

회로 상의 시간 지연은 비디오 전압 값의 차이에 따라 변할 수 있다. 이는 아날로그 효과로서, 디지털 도메인에서는 발생하지 않는다. NTSC의 경우, 이는 컬러 부반송파의 순시 위상 (미분 위상) 을 변화시켜, 밝기 변화와 함께 컬러 색상의 편이를 일으키게 된다. PAL 시스템에서는, 이 색상 편이가 평준화되어, 처음에는 한 방향으로 그리고 라인 별로 색상 편이를 일으킨다. 아날로그 또는 디지털 컴포넌트 비디오 신호의 효과는 세 채널 중에 얼마나 많은 채널이 영향을 받았는지에 따라 색 윤곽 효과를 일으킬 수도 있다. 고화질에서의 동등한 효과는 밝기 레벨의 급속한 변화 상의 링 또는 오버슈트일 수 있다.

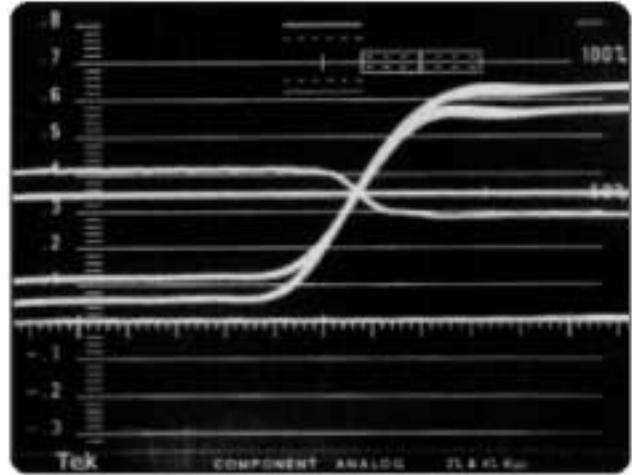
비디오 소스 간의 타이밍

시청자와 신호를 처리하는 시스템 하드웨어 모두에 정보를 평활하게 전송하려면, 혼합 또는 순차 절제 비디오 소스를 함께 도달하는 포인트의 단계에 두어야 할 필요가 있다. 스튜디오 장비에 사용하는 작동 범위 내에 있는 직렬 디지털 비디오 신호들 간의 상대 타이밍은 수 나노초에서 수 텔레비전 라인에 이르기까지 다양하게 변할 수 있다. 이 상대 타이밍은 파형 모니터를 외부 소스에 동기화하여 알려진 영상 요소의 상대 위치를 비교하면 측정할 수 있다.

작동 신호 경로에서의 타이밍 차이는 외부에서 참조된 WFM601 또는 WFM700 시리즈 직렬 컴포넌트 파형 모니터의 타이밍 커서 및 라인 선택과 함께 TG700 디지털 컴포넌트 발생기에서 이용할 수 있는 액티브 영상 타이밍 테스트 신호를 이용하여 측정할 수 있다. 액티브 영상 타이밍 테스트 신호는 다음 라인들에 휘도 백색 바를 가지게 된다:

- ▶ 525 라인 신호: 라인 21, 262, 284, 및 525
- ▶ 625 라인 신호: 라인 24, 310, 336, 및 622
- ▶ 1250, 1125, 및 750 라인 형식: 각 필드의 최초 및 최종 액티브 라인

카메라, 텔레시네 또는 비디오 레코더와 같은 신호 소스의 상대 타이밍을 설정하면, 수직 귀선 소거가 액티브 비디오에 대하여 변할 때 진폭이 변하는 SAV 타이밍 레퍼런스 신호의 아날로그 표현을 관찰할 수도 있다. 파형 모니터를 "PASS" 모드로 설정하여야만 타이밍 레퍼런스 신호의 아날로그 표현을 디스플레이 할 수 있으며, 외부 동기화 레퍼런스 (EXT REF) 에 대하여 고정될 수 있다.



▶ 그림 46. 녹/적 전이를 이용한 채널간 타이밍 측정

컴포넌트 신호의 채널 간 타이밍

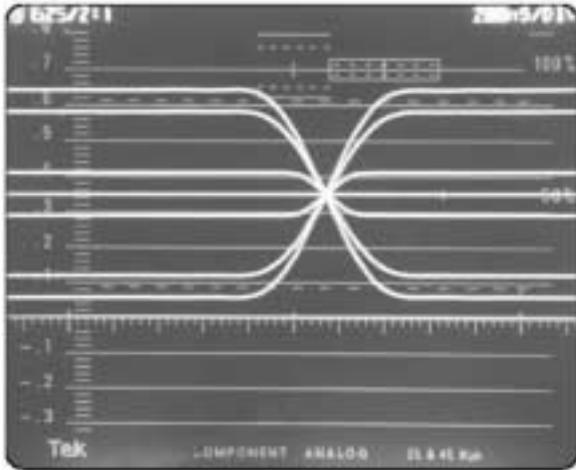
단일 컴포넌트 비디오 채널들 간의 타이밍 차이는 오류가 아주 작지 않은 한 문제를 일으키게 된다. 디지털 도메인에서 신호들을 모니터 할 수 있으나, 원 아날로그 소스에서부터 타이밍 오류가 존재할 가능성이 있다. 아날로그 컴포넌트는 서로 다른 케이블, 라우팅 스위처 등의 서로 다른 증폭기를 거쳐 이동하므로, 장비를 세심하게 설치하여 조절하지 않으면 타이밍 오류가 발생할 수 있다. 컴포넌트 신호의 채널간 타이밍을 검사하는 방법은 여러 가지가 있다. 컬러 바 테스트 신호의 전이를 아래 설명한 파형 방식과 함께 이용할 수 있다. 그러나, Tektronix 컴포넌트 파형 모니터는 표준 컬러 바 테스트 신호를 이용하는 라이트닝 디스플레이, 그리고 Tektronix 컴포넌트 신호 발생기로 발생되는 특수 테스트 신호를 필요로 하는 보우 타이 (bowtie) 디스플레이 등의 효율적이며 정확한 대안을 제공한다.

파형 방식

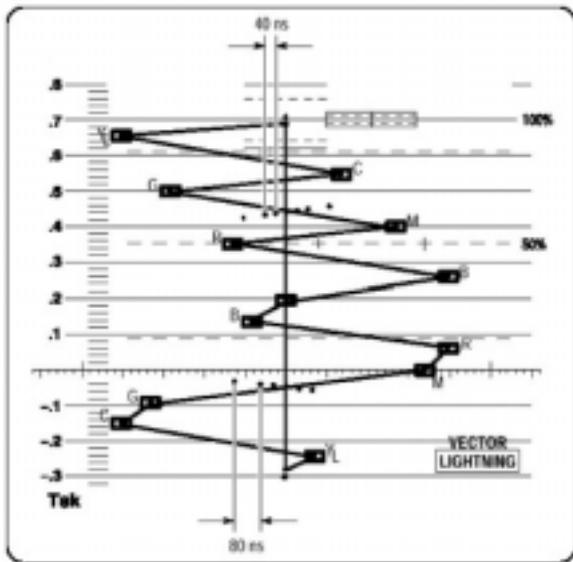
정확히 교정된 3 채널 파형 모니터와 함께 파형 기술을 이용하면 세 채널 모두에서 전이가 동시에 발생하는 지를 검증할 수 있다. 예를 들면, 컬러 바 신호는 녹색 및 적색 바 간의 경계에서 모든 세 채널이 동시 전이를 일으킨다 (그림 46).

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 47. TG700 반전 컬러 바 신호, H MAG, 오버레이



▶ 그림 48. 100% 컬러 바 신호에 대한 라이트닝 디스플레이

파형 방식을 이용하여 녹-적 전이의 타이밍이 적절한 지를 검사하려면:

1. 측정 대상 시스템을 거치도록 컬러 바를 라우트시키고 파형 모니터에 연결한다.
2. 파형 모니터를 PARADE 모드 및 1 라인 스윙프로 설정한다.
3. 필요한 경우 디스플레이를 수직으로 위치시켜, 채널 1 녹-적 전이의 중간점이 350 mV 라인에 있도록 한다.
4. 채널 2 및 채널 3 위치 제어를 조절하여 색차 채널의 0 레벨이 350 mV 라인에 오도록 한다. (색차 신호의 범위는 -350 mV ~ +350 mV이므로, 그 0 레벨은 수직 상의 중심이다.)
5. 파형 오버레이 모드와 수평 MAG를 선택한다.
6. 적절한 세트의 전이를 볼 수 있도록 트레이스를 수평으로 위치시킨다. 세 트레이스 모두 350 mV 라인 상에 일치되어야 한다.

Tektronix TG700 및 TG2000 테스트 신호 발생기를 프로그래밍하여 각 필드의 절반에 대하여 컬러 바 순서가 반전된 특수한 반전 바 테스트 신호를 발생시킬 수 있다. 이 신호를 이용하면 세 신호의 크로스오버 포인트를 간단하게 정렬할 수 있으므로 타이밍 차이를 쉽게 파악할 수 있다. 그 결과가 그림 47에 나와 있다.

Tektronix 라이트닝 디스플레이를 이용한 타이밍

Tektronix 전광 디스플레이를 이용하면 채널간 타이밍을 신속하고 정확하게 검사할 수 있다. 컬러 바 테스트 신호를 이용하는 라이트닝 디스플레이에는 타이밍 오류를 나타내는 격자 마킹이 들어 있다. 각각의 녹/적 전이는 그 경로를 교차하는 일련의 일곱 격자점의 중앙 점을 통과하여야 한다. 그림 48은 정확한 타이밍을 보여 주고 있다.

밀접한 점들은 전이 검사의 안내 역할을 한다. 이 점들은 40 ns 떨어져 있으며 넓게 포진한 점들은 80 ns를 나타낸다. 전자 격자는 CRT 비선형성의 효과를 배제시킨다. 색차 신호가 luma와 일치하지 않은 경우, 컬러 점들 간의 전이가 휘게 된다. 이 벤딩의 크기는 luma 및 색차 신호 간의 상대 신호 지연을 나타낸다. 디스플레이의 상반부는 Pb 대 Y 타이밍을 측정하며, 하반부는 Pr 대 Y 타이밍을 측정하게 된다. 전이가 블랙 영역의 수직 중심에서 휘게 되면, 색차 신호는 luma에 대하여 지연된다. 전이가 백색을 향하여 휘게 되면, 색차 신호는 luma 신호를 앞서게 된다.

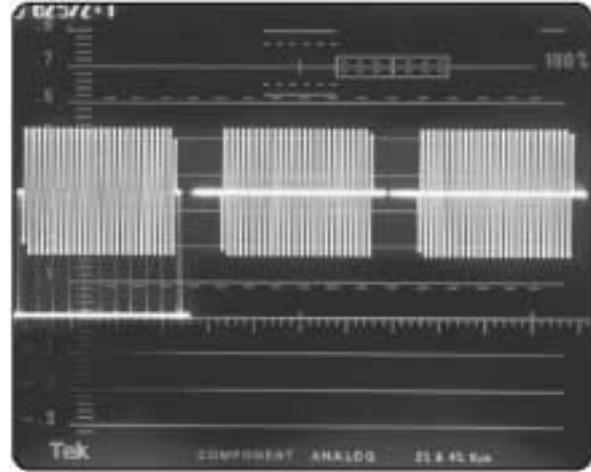
보우타이 (bowtie) 방식

보우타이 디스플레이는 luma 채널과는 약간 다른 색도 채널 상의 주파수 신호를 가진 특수한 테스트 신호를 필요로 한다. 표준 화질 형식의 경우, 500 kHz 정현파 패킷이 luma 채널 상에 그리고 502 kHz 정현파 패킷이 색도 채널 상에 있을 것이다. (그림 49). 다른 주파수들을 이용하여 측정 디스플레이의 감도를 바꿀 수 있다.

고화질 컴포넌트 시스템의 테스트에는 보다 높은 패킷 주파수를 선택할 수 있다. luma 채널의 몇 라인에서 생성된 마커는 상대 타이밍 오류의 측정을 위한 전자 격자로 작용한다. 중심 마커가 더 크면 오류가 0임을 나타내며, 500 kHz 및 502 kHz 패킷 주파수를 이용할 경우 다른 마커들은 20 ns 간격으로 포진한다. 세 가지 정현파 패킷이 그 중심의 위상에 정확히 발생된다. 주파수 오프셋 때문에, 두 색도 채널은 luma 채널이 어느 한 편의 중심에 있는 위상을 점점 벗어나게 된다.

파형 모니터는 보우타이 디스플레이의 좌반부에 대하여 luma 채널에서 하나의 색도 채널을 그리고 디스플레이 우반부의 경우 luma 채널에서 또 다른 하나의 색도 채널을 감하게 된다. 각 감산은 두 컴포넌트가 정확히 일치하는 점에서 (이상적으로 중심에서) 널 (null) 을 생성한다. 예를 들면, 한 색도 채널 및 luma 간의 상대 타이밍 오류는 두 채널 간의 상대 위상을 변화시켜, 그 채널에 대한 디스플레이 측의 중심에서 널이 벗어나게 된다. 중심 좌측으로의 널의 편이는 색차 채널이 luma 채널에 비하여 앞서 있음을 나타낸다. 널이 우측으로 편이 되어 있을 경우, 색차 신호는 luma 채널에 비하여 지연되어 있다.

두 정현파 패킷의 진폭이 동일하다면, 그 위치에 상관없이 널은 0 진폭이 될 것이다. 상대 진폭 오류는 널을 넓고 좁게 만들어, 타이밍을 정확히 평가하는 것이 어렵게 된다. 타이밍 측정을 제대로 해야 할 경우, 먼저 측정 대상 장비의 진폭을 조절하여야 한다. luma (CH1) 채널의 이득 오류는 파형이 완전한 널이 아님을 뜻한다. 이득이 Pb (CH2) 에서만 벗어난 경우, 좌측 파형은 완전한 널이 되지 않으나, 우측 파형은 널이 된다. 이득이 Pr (CH3) 에서만 벗어난 경우, 우측 파형은 완전한 널이 되지 않으나 좌측 파형은 완전한 널이 될 것이다.



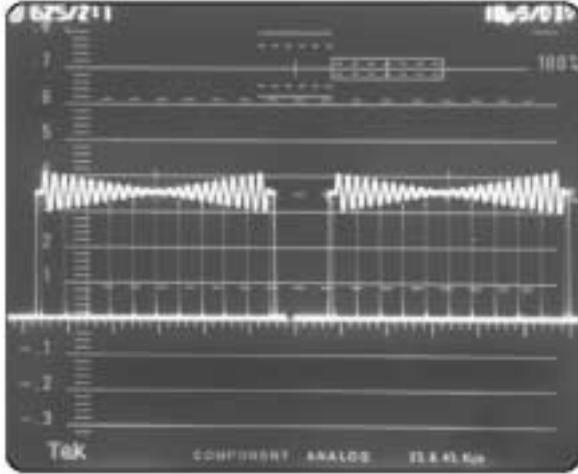
▶ 그림 49. 보우타이 테스트 신호

보우타이 테스트 신호 및 디스플레이는 다음의 두 가지 이점을 제공한다: 파형 및라이트닝 디스플레이 보다 뛰어난 타이밍 해상도를 제공하며, 파형 모니터 스크린에서 약간 떨어져서도 디스플레이를 읽을 수 있다.

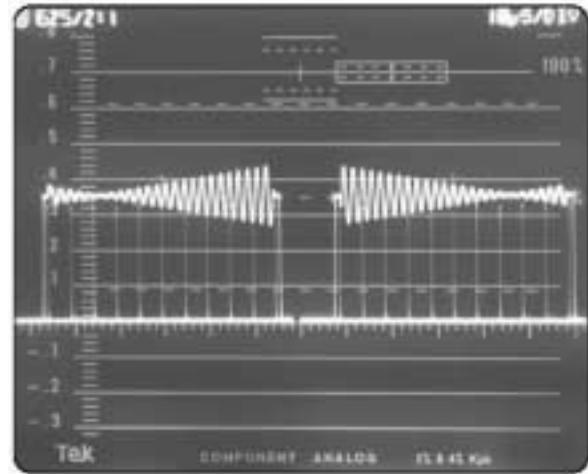
보우타이 테스트 신호는 무효 신호이며, 색차 형식에서만 허용됨을 유의하여야 한다. RGB 또는 컴포지트 형식으로 변환되면 비허용이 되며, RGB를 내부적으로 처리 하는 장비에 부작용을 일으킬 수 있다 (허용 및 유효 신호에 대한 개념은 **부록 A -허용되는 유효 색역**에 논의되어 있다).

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

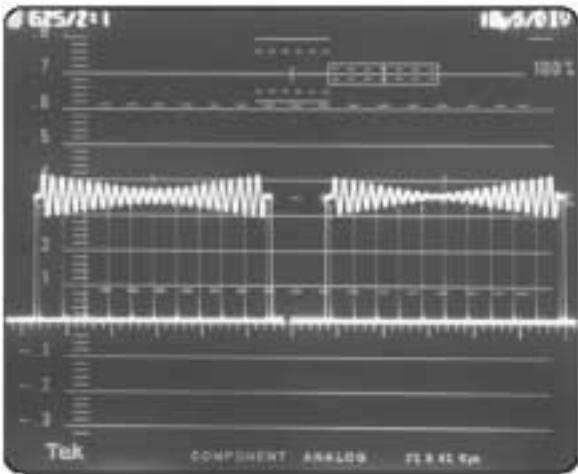
▶ primer



▶ 그림 50. Pr 대 Y 타이밍에서 5 ns 빠른 보우타이 디스플레이



▶ 그림 51. 보우타이 디스플레이, 55 ns 빠른 Pb, 50 ns 지연된 Pr 대 Y



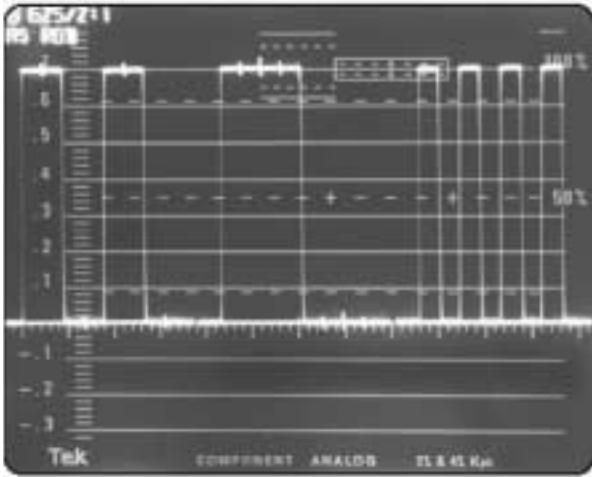
▶ 그림 52. 보우타이 디스플레이, Pb 이득 오류 대 Y

Tektronix 1765, WFM601 시리즈, 및 보우타이 디스플레이 모드를 갖춘 WFM700 시리즈 등과 같은 컴포넌트 파형 모니터를 이용하여 상대 진폭 및 상대 타이밍을 평가할 때 보우타이 테스트 방식을 이용할 수 있다.

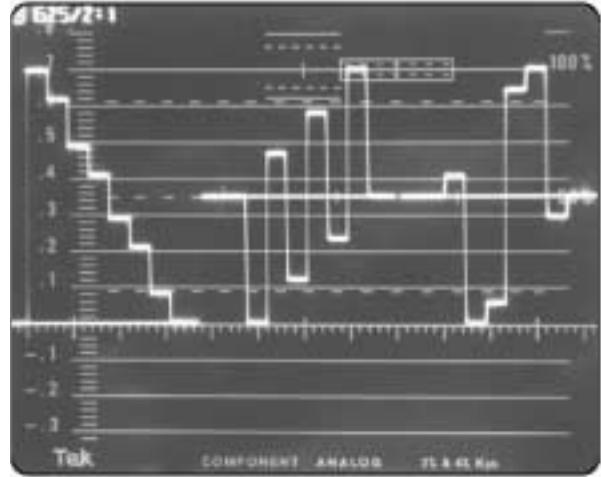
디스플레이의 좌측은 (그림 50) Y와 Pb를 비교하며, 우측은 Y와 Pr을 비교한다. 5 ns 빠른 Pr 컴포넌트 대 Y는 일반적으로 허용된다.

보우타이 디스플레이를 이용하려면, 컴포넌트 발생기에서 측정 대상 장비를 거치도록 신호를 라우팅하고 이를 파형 모니터에 연결하여야 한다. BOWTIE 디스플레이를 활성화시킨다. 보우타이 패턴이 예리한 널이고, 널이 각 라인의 중심에 있다면, 상대 진폭 및 채널간 타이밍이 정확하다. 채널간 타이밍 오류는 널의 위치를 옮기게 된다. (그림 51). 상대 진폭 오류 (그림 52) 는 널의 깊이를 줄이게 된다. 중심으로부터의 오프셋과 결합된 불완전한 널은 비교되는 채널 간의 진폭과 타이밍에 문제가 있음을 나타낸다.

▶ 디지털 텔레비전 시스템의 운영



▶ 그림 53. 100% 컬러 바의 WFM601 R'G'B' 퍼레이드 디스플레이



▶ 그림 54. 100% 컬러 바의 WFM601 Y'/Cb/Cr 디스플레이

RGB 및 색차 파형

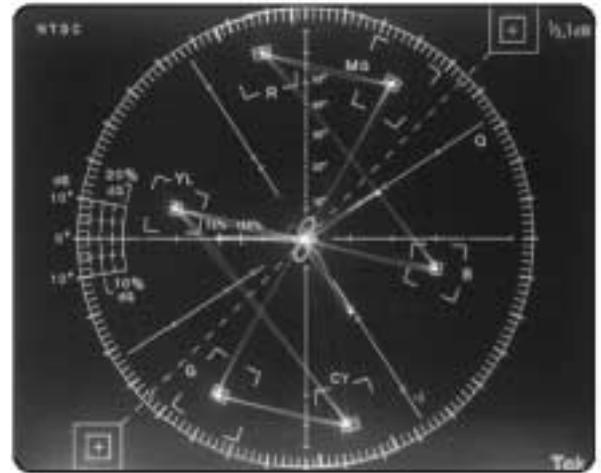
컬러리스트가 익숙한 적, 녹, 청 형식으로 장비를 조절할 것이지만, 엔지니어는 디지털 부호화에 대하여 행렬화된 신호의 아날로그 표현을 보기를 원할 수도 있다. 디지털 신호는 일반적으로 직접 정량화이며 luma, 또는 Y' 신호 및 두 색도 컴포넌트 C'b 및 C'r의 시간 다중 시스템이다. 이 세 가지 디지털 컴포넌트를 아날로그로 변환하여 색차 파형 퍼레이드로 직접 디스플레이 하거나, 또는 컬러리스트를 위해 적, 녹, 청으로 다시 행렬화 시킬 수 있다. 두 디스플레이 형식의 예가 그림 53과 54에 나와 있다.

컴포넌트 이득 밸런스

컴포넌트 신호에서, 이득 밸런스는 채널 간의 레벨 일치로 간주된다. 다른 것들에 관련된 어느 컴포넌트에 진폭 오류가 있다면, 화상의 색상 및 포화에 영향을 미치게 된다. 색차 형식에서, 여러 다른 색상들에는 적, 녹, 청 채널로부터 서로 다른 신호 진폭이 들어 있으므로, 개별 채널 이득을 어떻게 조절해야 하는 지가 항상 분명하지는 않다. 조작자가 이 조절을 수행할 수 있도록 도움을 주는 몇 가지 디스플레이가 개발되어 있다.

벡터 디스플레이

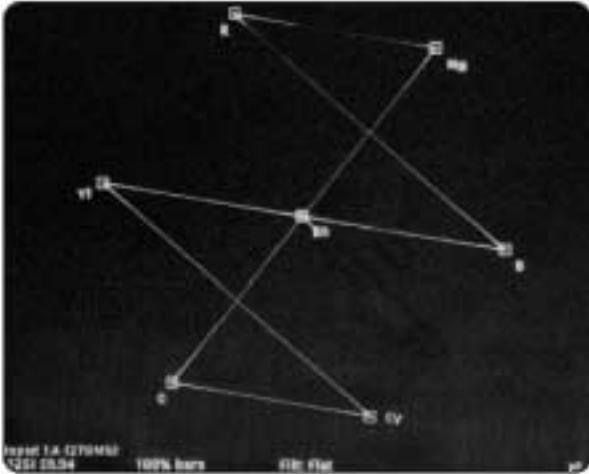
벡터 디스플레이 (그림 55)는 컴포지트 NTSC 또는 PAL 시스템의 크로미넌스 진폭 모니터 링에 오랫동안 사용되어 왔다. 흔히 조작자가 컬러 동기화 버스트가 수평 축을 따라 좌측으로 향하도록 복조 위상을 정확히 조절할 때, 컴포지트 벡터 디스플레이는 두 복호화된 컬러 컴포넌트의 데카르트 (x,y) 그래프이다. 수직 축에서 R-Y 그리고 수평 축에서 B-Y 복조 되어 있다.



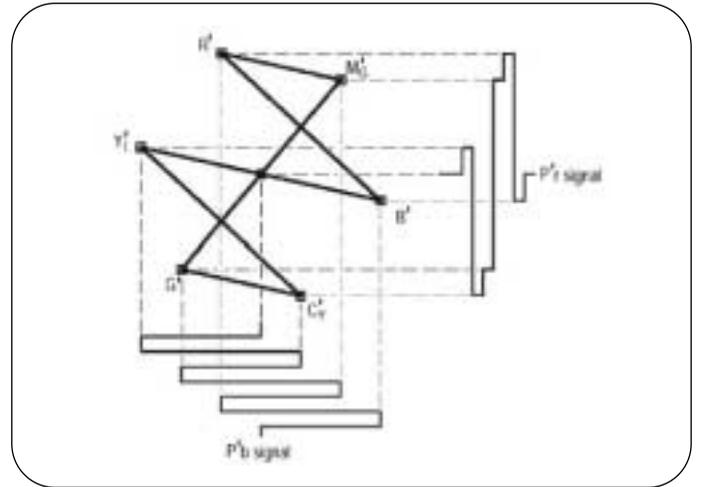
▶ 그림 55. NTSC 벡터 스코프 디스플레이

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 56. 컴포넌트 벡터 디스플레이

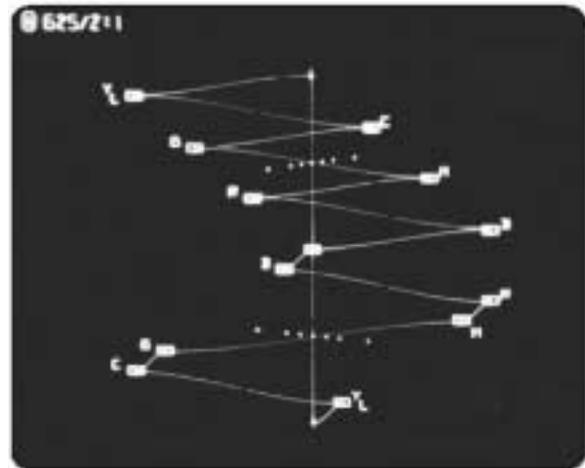


▶ 그림 57. 컴포넌트 벡터 디스플레이의 전개

수직 축 상에 $P'r$ 또는 $C'r$ 을 그리고 수평 축 상에 $P'b$ 또는 $C'b$ 를 플롯 시키면 (그림 57), 디지털 또는 아날로그 컴포넌트 시스템에 유사한 디스플레이 (그림 56)를 형성할 수 있다. 내부 이득 및 디스플레이 격자 상자 위치를 모니터링 기기의 설계 상에서 조절하므로, 플롯은 선택된 컬러 바의 진폭에 대한 상자들과 일치하게 된다. 어느 컬러 컴포넌트의 진폭이 틀리다면, 이들이 생성하는 점들은 격자 상자 내에 들어오지 않는다. 예를 들면, $P'r$ 또는 $C'r$ 이득이 너무 높을 경우, 점들은 스크린 상반부의 상자 위와 하반부의 상자 아래로 벗어나게 된다. 75% 또는 100% 컬러 바 중 하나를 사용할 수도 있다. 측정 시에는, 소스 신호 진폭이 벡터 격자와 일치하도록 하여야 한다.

극성 디스플레이를 이용하면 색도 신호의 상대 위상 관점에서의 색상 측정이 가능하다. 색도 신호의 진폭은 컬러 포인트를 향한 중심으로부터의 변위이다. 한 포인트에서 다른 포인트로의 전이는 유용한 타이밍 정보도 제공해 준다. 이러한 타이밍 차이는 전이의 루핑 (looping) 이나 보잉 (bowing) 에 따라 나타나지만, 라이트닝 또는 보우타이 방식을 이용하면 더욱 쉽게 측정할 수 있다.

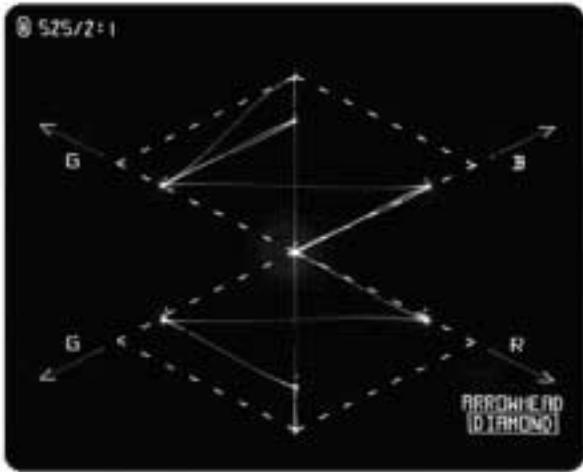
2 축 벡터 디스플레이는 두 색차 컴포넌트 세트의 모니터링과 조절에 편리하지만, luma 이득의 평가나 색도 /luma 이득의 비교는 불가능하다. 벡터 디스플레이는 luma 채널이 완전히 유실되어 있을 경우 동일하게 보일 수 있다.



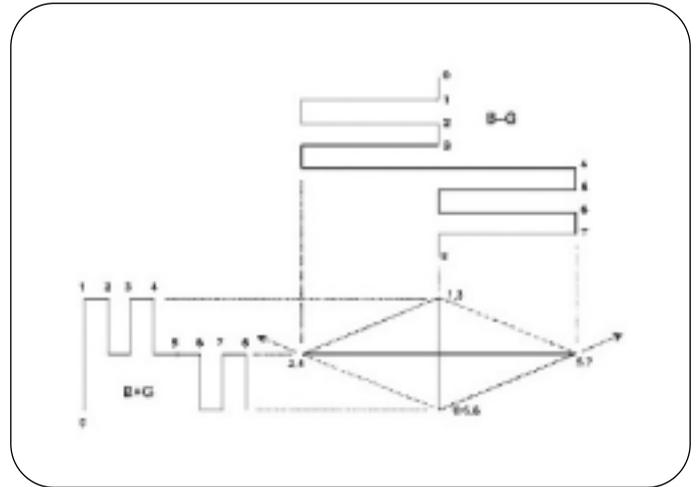
▶ 그림 58. Tektronix 라이트닝 디스플레이

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 61. 75% 컬러 바의 Tektronix 다이아몬드 디스플레이



▶ 그림 62. 다이아몬드 디스플레이의 전개, 상반부

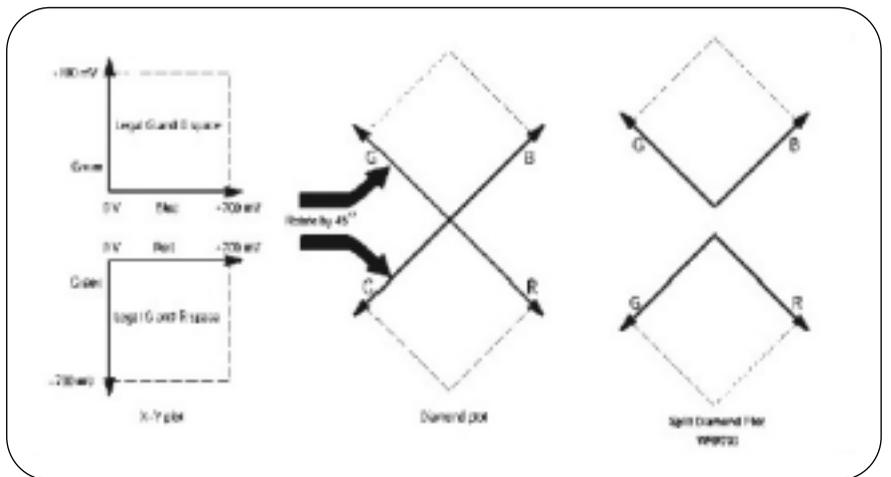
다이아몬드 디스플레이

Tektronix 다이아몬드 디스플레이 (그림 61) 는 최종 제작물에 나타나기 전에 무효 컬러들을 검출하는 믿을 수 있는 방법을 제공한다. 컬러는 흔히 'RGB' 형식으로 개발되고 최종적으로 디스플레이된다. 이 형식으로 시스템을 통해 처리한 경우, 허용되지 않은 신호를 검출하기 위한 모니터링은 아주 간단하여, 한계를 초과하지 않도록만 하면 된다. 그러나, 대부분의 시스템들은 데이터 전송 및 프로세싱에 Y, C_b, C_r 형식을 이용하여, 공중파 전송을 위해 그 신호를 종종 PAL 또는 NTSC로 변환시킨다. 궁극적으로, 모든 컬러 비디오 신호들은 항상 모니터 상의 최종 디스플레이를 위해 RGB로 변환된다.

Tektronix 다이아몬드 디스플레이는 R', G', B' 신호를 결합시키면 생성된다. 비디오 신호가 다른 형식일 경우, 컴포넌트들은 100% 컬러 바를 처리할 수 있는 형식의 유효하고 허용된 신호로 변환시킬 수 있는 R', G', B' 로 변환된다. 규제 기관들이 백색 레벨을 100% 컬러 바를 수용하기에는 0 RF 반송파에 너무 가깝게 설정해 둔 NTSC 전송 표준이 주요한 예외이다. (애로우헤드 디스플레이 참조.)

상부 다이아몬드 (그림 61 및 62) 는 B'+G'를 수직 축에 그리고 B'-G'를 수평 축에 가함으로써 트랜스코드 된 신호로 말미암아 형성된다.

하부 다이아몬드는 수직 축에 -(R'+G')를 그리고 수평 축에 R'-G'를 가함으로써 형성된다. 두 다이아몬드는 교대로 디스플레이되어 이중 다이아몬드 디스플레이를 생성하게 된다. 1.5 MHz (표준 화질, 고화질의 경우 더 넓은) 저대역 통과 필터를 각각에 적용하여 흔히 색차 형식에서 다른 대역폭 신호들의 결합물인 단기 한계 외 신호들을 제거한다.



▶ 그림 63. 허용된 컬러 공간의 다이아몬드 디스플레이

예상대로 모든 세 컴포넌트들을 디스플레이 하려면, 이들이 피크 백색, 700 mV 및 블랙 0 V 에 있어야 한다 (그림 63). 화상 모니터들은 다른 방식으로 표준 범위 (색역) 를 벗어난 편위를 처리할 수 있다. 색역 내에 있는 신호의 경우, 모든 신호 벡터들은 G-B 및 G-R 다이아몬드 내에 있어야 한다. 벡터가 다이아몬드 밖으로 확장되는 경우, 이는 색역을 벗어 나게 된다. 녹색 진폭의 오류는 두 다이아몬드에 동일하게 영향을 미치나, 청색 오류는 상부 다이아몬드에만, 그리고 적색 오류는 하부 다이아몬드에만 영향을 미친다.

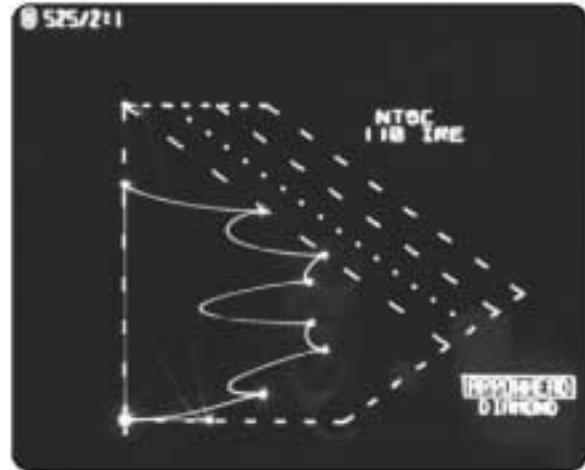
전이가 벤딩될 때, 컬러 바 테스트 신호를 이용하면 타이밍 오류를 파악할 수 있다. 다이아몬드 디스플레이에서, 단색 신호는 수직 선으로 나타난다. 그러나, 흑색 아래의 편위가 때로는 반대 다이아몬드에 마스크될 수 있다. 따라서, G-B 또는 G-R 공간의 흑색 아래의 편위를 보기 위해 다이아몬드를 두 부분으로 분할하는 것이 유용할 수도 있다.

다이아몬드 디스플레이를 관찰하면, 조작자는 모니터할 비디오 컴포넌트를 RGB 컬러 공간에 허용되고 유효한 신호로 변환시킬 수 있다. 테스트 신호 뿐만 아니라 실제 신호에도 다이아몬드 디스플레이를 이용할 수 있다.

애로우헤드 디스플레이

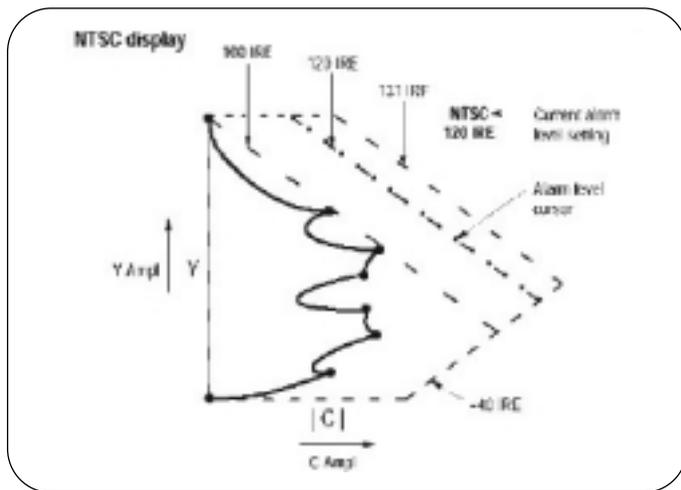
NTSC 전송 표준은 100% 컬러 바를 수용하지 않으므로, R', G', B' 형식으로 정확히 나타내야 할 비디오가 진폭 변조 NTSC 송신기를 통해 충실하게 전송될 수 있는 지를 확인할 수 없다. 전통적으로, 신호는 NTSC로 변조되어 NTSC 파형 모니터로 모니터링 해야만 했다. Tektronix 애로우헤드 디스플레이 (그림 64, 65, 및 66) 는 컴포넌트 신호로부터 직접 NTSC 및 PAL 컴포지트 색역 정보를 제공한다.

애로우헤드 디스플레이는 애로우의 좌하측 코너에 귀선 소거를, 수직 축 상에 휘도를 플롯시킨다. 애로우 좌측 예지에서 부반송파가 0인, 모든 휘도 레벨에서의 색도 부반송파의 크기가 수평 축에 플롯된다. 상부 경사 라인은 100% 컬러 바 총 luma + 부반송파 진폭을 나타내는 격자를 형성한다. 하부 경사 격자는 luma + 동기 팁으로 확장된 부반송파 (최대 송신기 파워) 를 나타낸다. 전자 격자는 신호가 후에 NTSC 또는 PAL로 부호화 될 때 휘도 + 컬러 부반송파가 무엇이 될 것인가를 측정하는 신뢰할 수 있는 레퍼런스를 제공한다.

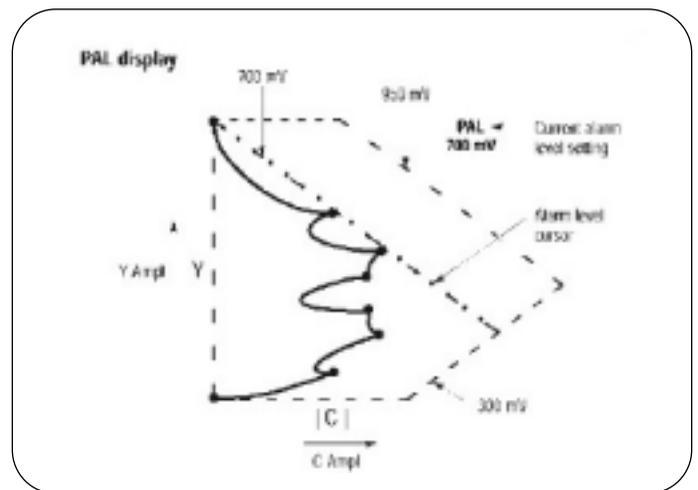


▶ 그림 64. Tektronix 애로우헤드 디스플레이, NTSC에 대한 75% 컴포넌트 컬러 바

조정 가능한 변조 깊이 경고 기능이 있어, 컴포지트 신호가 한계에 다다르면 조작자에게 이를 알려준다. 따라서, 비디오 조작자는 컴포넌트 신호가 컴포지트 전송 시스템에서 어떻게 처리되며 제작 시 보정이 필요한 지를 알 수 있다.



▶ 그림 65. NTSC 애로우헤드 격자 값



▶ 그림 66. PAL 애로우헤드 격자 값

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

▶ 디지털 시스템 테스트

스트레스 테스트

세밀하게 저하되는 경향이 있는 아날로그 시스템과 달리, 디지털 시스템은 망가질 때까지는 고장없이 작동하는 경향이 있다. 오늘날, 헤드룸을 측정할 수 있는 현행 테스트는 없다. 고장 스트레스 테스트는 시스템 작동 평가에 필요하다. 스트레스 테스트는 고장이 일어날 때까지 한 가지 이상의 디지털 신호의 파라미터를 변경시키는 것으로 이루어져 있다. 고장을 일으키기에 필요한 변화량이 헤드룸의 측정치이다. 해당 직렬 디지털 비디오 표준 (SMPTE 259M 또는 SMPTE 292M) 의 사양에서 시작하여, 오류가 일어날 때까지 케이블을 추가하는 것이 시스템에 스트레스를 주는 가장 직관적인 방식이다. 진폭 또는 상승 시간에 변화를 주고, 또는 신호에 노이즈 및 지터를 가하는 다른 테스트들도 있다. 이러한 테스트들은 하나 이상의 수신기 성능, 특히 자동 등화기 범위 및 정확도와 수신기 노이즈 특성 등을 평가한다. 실험 결과는, 특히 다음 절에 설명되어 있는 SDI 검사 필드 신호와 관련되어 사용될 때의 케이블 길이 테스트가 실제 작동을 나타내므로 가장 효과적인 스트레스 테스트임을 보여 준다. 진폭 변화와 추가 지터를 처리할 수 있는 수신기의 기능을 스트레스 테스트하는 것은 장비 평가 및 수용에 유용하지만, 시스템 작동에는 그다지 의미가 없다. (송신기에서의 신호 진폭 측정과 시스템의 여러 점에서의 지터 측정은 작동 테스트에 있어서는 중요하지만 스트레스 테스트에서는 그렇지 않다.) 노이즈의 추가 또는 상승 시간의 변화 (적당한 한계 내의) 는 디지털 시스템에 거의 영향을 미치지 않으며 스트레스 테스트에 있어 중요하지 않다.

케이블 길이 스트레스 테스트

실제 동축 또는 케이블 시뮬레이터를 이용하면 케이블 길이 스트레스 테스트가 가능하다. 동축은 가장 간단하며 가장 실질적인 방법이다. 이는 총돌 포인트를 규정하고 있기 때문에 측정할 주요 파라미터는 오류의 발생이다. 적절한 오류 측정법을 사용할 때, 측정 품질은 오류 곡선의 니 (knee) 의 날카로움에 의해 결정된다. 한 예로, 270 Mb/s 시스템에 8281 동축을 이용하는 경우, 길이 5 미터의 변화는 일반적으로 1 분간 무 오류에서 초당 1 오류로 오류가 증가된다.

실험들은 우수한 케이블 시뮬레이터는 오류가 동일하게 증가하도록 8281 동축을 추가할 경우 10 ~ 15 미터 변화를 필요로 함을 보여주고 있다.

WFM601M (그림 67) 을 이용하면 플랜트 내 배선의 작동상의 점검을 쉽게 할 수 있다. 이 현행 검사는 이전의 소스를 떠날 때 신호 상의 주요 정보와 전송 경로 상에서 어떻게 존속하는 지를 보여 준다.



▶ 그림 67. 케이블 정보 스크린, WFM601M

SDI 검사 필드

SDI 검사 필드 ("병적 신호"로도 알려진) 는 전 필드 테스트 신호이므로 고장 시에 이루어져야 한다. 이는 직렬 디지털 시스템이 처리하기에는 힘든 신호이며 수행해야 할 아주 중요한 테스트이다. SDI 검사 필드는 스크램블링 후, 그 필드의 두 별개 부분에서의 저주파 에너지의 최대 값을 가지도록 규정되어 있다. 통계적으로, 이 저주파 에너지는 프레임당 한 번 정도 발생하게 된다.

SDI 검사 필드의 한 컴포넌트는 19개 0들 다음에 하나의 1 (또는 19개 1들 다음에 하나의 0) 이 이어지는 시퀀스를 생성함으로써 등화기 작동을 테스트 한다. 이는 스크램블러가 필요한 시작 조건을 얻게 되고, 발생할 때 전 라인에 대하여 존속 하다가 EAV 패킷과 함께 종료됨에 따라 필드 당 한 번 정도 발생한다. 이 시퀀스는 신호를 처리하는 장비와 전송 시스템의 아날로그 기능에 스트레스를 주는 고 DC 컴포넌트를 생성한다. 테스트 신호의 이 부분이 화상 디스플레이의 상단에 luma 값이 198, 두 색도 채널이 300,로 설정된 심홍색 음영으로 나타나기도 한다.

SDI 검사 필드 신호의 다른 부분은 20개의 0 다음에 20개의 1이 이어지는 비정규 신호로 위상 잠금 루프 성능을 검사하도록 지정되어 있다. 이는 클럭 추출에 대하여 최소 수의 부호 변환점을 제공한다. 테스트 신호의 이 부분은 화상 디스플레이 하단에 luma가 110, 그리고 두 색도 채널이 200,로 설정된 녹색 음영으로 나타날 수 있다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 68. 데이터 정보 스크린, WFM601M

일부 테스트 신호 발생기들은 녹색 음영에 화상 디스플레이가 있는, 다른 신호 순서를 사용한다. 그 결과는 동일할 것이다. 신호 컴포넌트 중의 어느 하나가 (그리고 통계적으로 다른 컬러들이) 컴퓨터 생성 그래픽에 존재할 수 있으므로, 시스템이 오류 없이 SDI 검사 필드 테스트 신호를 처리하는 것이 중요하다.

SDI 검사 필드는 컴포넌트 디지털에 대해서는 완전히 허용되어 있지만 컴포지트 되어 있다.

CRC 오류 테스트

순환 잉여 검사 (CRC) 를 이용하면 조작자는 데이터가 손상되어 도달하는 경우에 정보를 얻거나 심지어 외부 경보를 낼 수도 있다. CRC는 고화질 형식의 경우 각 비디오 라인에 존재하며, 표준 화질 형식의 각 필드에 선택적으로 삽입될 수도 있다. 수신 측에서 새로이 계산된 CRC와 비교하기 위하여 CRC를 계산하여 데이터 신호에 삽입한다. 표준 화질 형식의 경우, CRC 값을 스위치 포인트 다음의 수직 간격에 삽입한다. SMPTE RP165는 표준 화질 비디오 형식에서의 데이터 오류 검출 및 처리에 대한 선택적 방법을 규정하고 있다. 전 필드 및 액티브 영상 데이터를 별도로 검사하며, 16 비트 CRC 단어는 필드 당 한 번 생성된다. 전 필드 검사는 수직 간격 스위칭에 예약된 라인들 (525의 경우 라인 9-11, 또는 625 라인 표준의 경우 라인 5-7) 을 제외한 모든 전송된 데이터를 다룬다.

액티브 영상 검사는 SAV와 EAV를 제외한 그 사이의 액티브 비디오 데이터 단어들만을 다룬다. 액티브 비디오의 반라인은 액티브 비디오 검사에 포함되어 있지 않다. 디지털 모니터는 CRC 값의 디스플레이와 모든 CRC 오류에 대한 경보 모두를 제공하기도 한다 (그림 68).

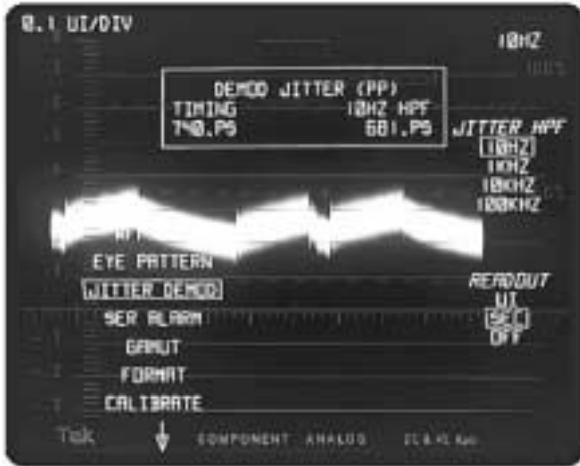
고화질 형식의 경우, luma 및 색도에 대한 CRC 다음에 EAV 및 라인 카운트 보조 데이터 단어들도 뒤따른다. 1125 라인 고화질 형식에 대한 CRC에는 EAV 및 라인 번호가 뒤따르도록 SMPTE 292M에 규정되어 있어, CRC 검사는 라인별 기준이다.

지터 테스트

비디오 데이터에 별개의 클럭이 제공되어 있지 않으므로, 데이터 전이를 검출하여 샘플링 클럭을 복구하여야 한다. 이는 예상 클럭 주파수 근처의 에너지를 복구하여 수신 신호와 거의 실시간으로 고정된 고대역폭 오실레이터 (즉, 5 MHz 대역폭 270 MHz 오실레이터) 를 구동시킴으로써 이루어진다. 그러면, 이 오실레이터는 아주 균등화된 저대역폭 오실레이터 (즉, 10 Hz 대역폭 270 MHz 오실레이터) 를 구동시킨다. 지터 측정 기기에서는, 고 및 저 대역폭 오실레이터의 샘플들을 위상 복조기에서 비교하면, 지터를 나타내는 출력 파형이 생성된다. 이를 "복조기 법"이라고 한다.

타이밍 지터는 일부 저주파수 (전형적으로 10 Hz) 이상의 무 지터 클럭에 대한 디지털 신호의 중요 인스턴스 (부호 변환점과 같은) 의 시간 상의 변화량으로 규정되어 있다. 원 레퍼런스 클럭을 이용하는 것이 바람직하지만 항상 이용할 수 있는 것이 아니기 때문에, 측정 기기에 아주 균등화된 오실레이터를 흔히 이용한다.

동기 지터, 또는 상대 지터는 신호 그 자체에서 복구된 가장 클럭에 대한 디지털 신호의 중요 인스턴스 (부호 변환점과 같은) 의 시간 상의 변화량으로 규정되어 있다. 이 복구된 클럭은, 일반적으로 1 KHz ~ 100 KHz인 상위 클럭 복구 대역폭까지의 신호에 이어질 것이다. 측정된 동기 지터에는 이 주파수 이상의 그러한 항들이 포함되어 있다. 동기 지터는 신호 대 래치 클럭 타이밍 마진 저하를 보여 준다.



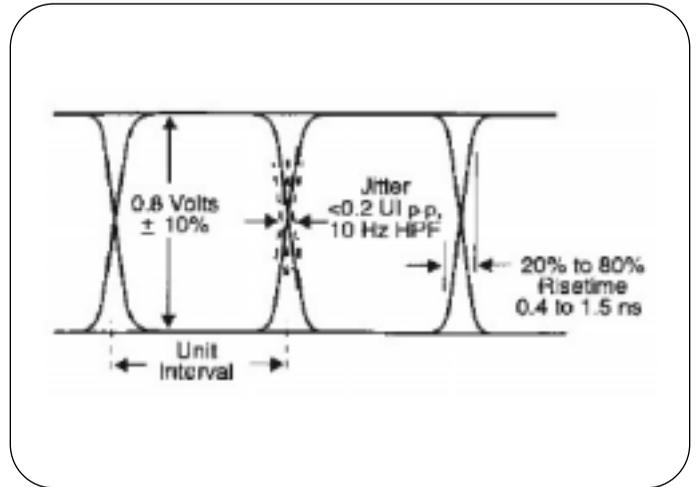
▶ 그림 69. 복조된 지터 디스플레이, 2 필드 비율, WFM601M

WFM601M (그림 69), WFM700M 및 VM700T와 같은 Tektronix 기기들은 지터 에너지를 차단하기 위한 고대역 통과 필터를 선택할 수 있다. 지터 정보는 필터링 되지 않고 (최대 10 Hz ~ 5 MHz 대역폭) 타이밍 지터를 디스플레이 하거나, 또는 1 kHz (~3 dB) 고대역 통과 필터로 필터링되어 1 kHz ~ 5 MHz 동기 지터를 디스플레이 한다. 고대역 통과 필터를 추가로 선택하여 지터 컴포넌트를 더욱 차단할 수도 있다. 이 측정 기기들은 지터 진폭을 직접 판독할 수 있으며 복조된 지터 파형을 디스플레이 하여 지터의 원인을 차단하는데 도움을 준다.

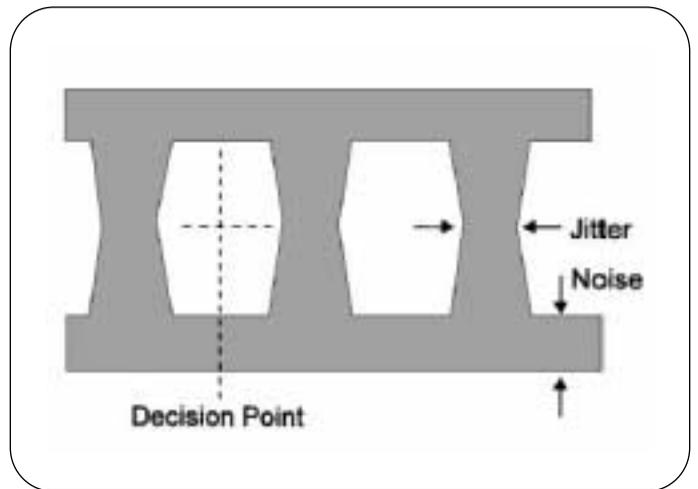
단일 경로의 데이터 수신기는 SMPTE 권장사항에 규정된 것 보다 상당히 과도한 지터에도 견딜 수 있지만, 다중 디바이스를 거친 지터의 누적 (지터 성장) 은 예기치 않은 고장을 일으킬 수 있다는 점이 아주 널리 알려져 있다. 비트-직렬 시스템의 지터는 SMPTE RP184, EG33, 및 RP192에 언급되어 있다.

아이 패턴 테스트

아이 패턴 (그림 70 및 71) 은 데이터를 전달하는 아날로그 신호의 오실로스코프 뷰이다. 신호 고저를 수신기가 안정적으로 검출하여 오류 없이 실시간 데이터를 산출할 수 있어야 한다. 아이 패턴 디스플레이로 측정되는 기본 파라미터들은 신호 진폭, 상승 시간, 오버슈트 등이다. 클럭이 세밀하게 규정되어 있는 경우, 아이 패턴으로도 지터를 측정할 수 있다. 동화가 일어나기 전에, 도달하는대로 아이 패턴이 보여진다. 이 때문에, 대부분의 아이 패턴 측정은 신호가 노이즈와 주파수 롤 오프에 영향을 받지 않는 소스 근처에서 이루어진다.



▶ 그림 70. 아날로그 전달 계층의 데이터 신호의 아이 패턴



▶ 그림 71. 직렬 신호의 데이터 복구

중요 사양에는 표준 SMPTE259M, SMPTE292, RP184에 규정되어 있는 진폭, 상승 시간, 지터 등이 포함되어 있다. 주파수 및 주기는 직렬화 프로세스가 아닌, 소스 신호를 전개하는 텔레비전 동기 발생기에 의해 결정된다.

단위 간격 (UI) 은 가역 클럭 주파수인 두 인접 신호 전이 간의 시간으로 규정되어 있다. 단위 간격은 디지털 컴포넌트 525 및 625 (SMPTE 259M) 의 경우 3.7 ns이며 디지털 고화질 (SMPTE 292M) 의 경우 673.4 ps이다. 직렬 수신기는 각 아이의 중심에서 신호가 "높거나", "낮은" 지를 파악하여, 직렬 데이터를 검출한다. 전송 채널을 통해 신호의 노이즈와 지터가 증가하면, 일부 수신기는 각 전이점 다음의 지정된 시간에서 포인트를 선택하지만 분명히 최상의 결정 포인트는 아이의 중심이다

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

(그림 7에 나와 있는 바와 같이). 아이를 달는 그 어떤 효과도 수신 신호의 효용성을 저하시킬 수 있다. 순방향 오류 보정 기능이 있는 통신 시스템의 경우, 거의 닫힌 아이로 정확한 데이터 복구가 이루어질 수 있다. 직렬 디지털 비디오의 정확한 전송에 아주 낮은 오류율이 필요한 경우, 수신기 등화 후 비교적 크고 선명한 아이 개방이 필요하다. 이는 아이를 달는 프로세스의 랜덤 특성이 비정규의 허용불가한 오류를 일으키는 통계적 "테일"을 가지고 있기 때문이다. 허용 지터는 0.2 UI로 규정되어 있으며, 이는 디지털 컴포넌트 525 및 625의 대하여 740 ps 그리고 디지털 고화질에 대하여 134.7 ps이다. 디지털 시스템은 이 지터 사양 이상에서도 작동하지만, 특정 포인트에서 고장을 일으키게 된다. 디지털 시스템의 기본은 시스템이 안전하도록 이 사양을 유지하여 클리프의 예지로 시스템이 떨어지게 되는 고장을 방지하는 것이다.

신호 진폭은 노이즈에 대한 그 관계 때문에, 그리고 수신기는 신호가 도달할 때 남아 있는 반 클럭 주파수 에너지에 의거하여 필요한 고주파 보상 (등화) 을 추정하기 때문에 중요하다. 송신 측에서의 부정확한 진폭은 수신 측에서 적용될 등화를 부정확하게 하여, 신호 왜곡을 일으킨다.

상승 시간 측정은 ECL 로직 디바이스에 적절한 20 % ~ 80 % 사이에서 이루어진다. 상승 시간이 부정확하면 링잉 및 오버슈트와 같은 신호 왜곡이 발생하며, 또는 너무 낮으면 아이 내에서의 샘플링 가용 시간이 줄게 된다.

오버슈트는 부정확한 상승 시간의 결과일 수 있으나, 임피던스 불연속성 또는 수신 또는 송신 종로의 나쁜 복귀 손실에 의해 발생하는 경향이 더 많다. 정확한 수신 단 종료에 대한 효율적인 테스트는 평가 전의 종료로 인한 결함을 파악할 수 있는 테스트 기기의 고성능 루프스루 (loop-through) 를 필요로 한다. 케이블 손실은, 특히 1.485 Gb/s 이상의 고화질 데이터 전송률에서의 반사의 가시도를 저하시키는 경향이 있다. 고화질 디지털 입력들은 흔히 내부적으로 종료되며 현행 아이 패턴 모니터링은 다른 디바이스로 공급되는 전송 경로 (케이블) 를 테스트하지 않는다. 고장 소스에 대한 테스트 신호 발생기를 대체하고, 일반적인 수신 디바이스 대신에 아이 패턴 디스플레이가 있는 파형 모니터를 설치하면 전송 경로 테스트가 이루어진다.

아이 패턴 테스트는 전달 계층 데이터 전송률 이상의 이미 알려진 응답을 가진 오실로스코프를 필요로 하며 일반적으로 샘플링 기술로 측정된다. Tektronix VM700T, WFM601E, WFM601M, 및 WFM700M은 표준 화질 (270 Mb/s 데이터) 에 대한 아이 패턴 측정 기능을 제공하며 WFM700M은 고화질 1.485 Gb/s 데이터 스트림 상의 아이 패턴 측정이 가능하다. 이 디지털 파형 모니터들은 비디오 데이터를 측정하는 것 외에도 추출하고 디스플레이 하는 것도 가능하기 때문에 여러 장점이 있다.

샘플링된 아이 패턴을 세 가지 데이터 비트 오버레이에 디스플레이하여 10 비트 데이터 단어에 대해 비상관된 지터를 보여주거나, 또는 10 비트 단어 상관 데이터를 보여 주도록 디스플레이를 설정할 수 있다. 그리고 파형 모니터 스위치를 비디오에 동기화시키면, 수평 또는 수직 비디오 정보에 상관된 데이터 스트림의 DC 편이를 쉽게 파악할 수 있다.

결론

본 입문서의 목적은 아날로그에서 디지털 및 고화질 비디오 형식으로의 변환에 관한 예비 정보를 제공하는 것이었다.

오늘날의 비디오 전문가들은 많은 문제에 직면해 있으며, 디지털로의 변환은 상당히 장기적인 투자 회수 효과를 바랄 수 있는 것들 중의 하나일 것이다. 전형적인 방송 및 제작 스튜디오는 표준 및 고화질 비디오 형식 모두를 운영할 것이다. 익숙한 아날로그 비디오의 자연스런 확장인 새로운 디지털 형식은 비디오 전문가에게는 창의성에 대한 탁월한 수단을, 엔지니어에게는 보다 높은 수준의 성능 및 신뢰도를, 소비자에게는 새롭고 흥미로운 시청 경험을 제공하여, 이 산업의 성장과 성공을 이끌어갈 것이다.

여러분의 미래에는 많은 변화가 있을 것이다. 저자는 여러분들이 아날로그에서 디지털로의 변환이 가장 보람있는 것임을 발견하게 되길 바란다.

▶ 부록 A-색상 및 색채계

텔레비전 색상 사양 (color specification) 은 1931년에 CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) 에서 정의한 표준에 기초한다. 이 체계는 관측자 그룹에서 수행하는 세 가지 기본 색 (적색, 녹색 및 청색) 의 혼합에 색상을 매칭시키는 실험에 기반을 둔다. 이 실험의 평균 결과로서 표준 (평균) 관측자 색 매칭 기능 (그림 A1) 을 보여주는 그래프가 만들어진다. RGB 세가지 자극치 값 (tristimulus value) 은 색역 범위로 제한되며 모든 색상을 다 생성할 수는 없다. 전체 색 범위를 생성하려면 RGB의 음수 값이 필요하다. 이 모델은 텔레비전 색채계에는 부적합한 모델이다. CIE에서는 기본 XYZ 세가지 자극치 값의 이상화된 집합을 정의했다. 이 값은 값 Y가 혼색 휘도에 비례하는 RGB 세가지 자극치 값에서 변환되었으며 모두가 양수 값이다. 이 정의는 오늘날 비디오 표준에서 색상의 기초로 사용된다. CIE는 다음 공식에 정의된 바와 같이 휘도의 상대 값에 대해 모든 색상의 x 및 y 값의 2차원 플롯을 얻기 위해 XYZ 세가지 자극치 값을 표준화하는 절차를 규격화하였다. 하나의 색상이 그림 A2에서 처럼 (x, y) 색계 다이어그램에서 하나의 점으로 표현된다.

$$x = X / (X + Y + Z)$$

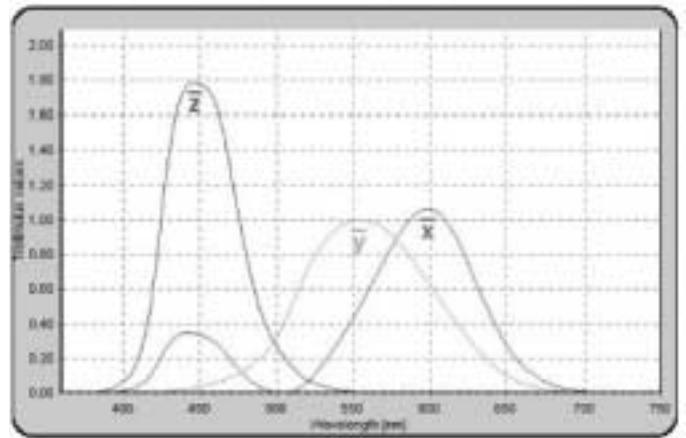
$$y = Y / (X + Y + Z)$$

$$z = Z / (X + Y + Z)$$

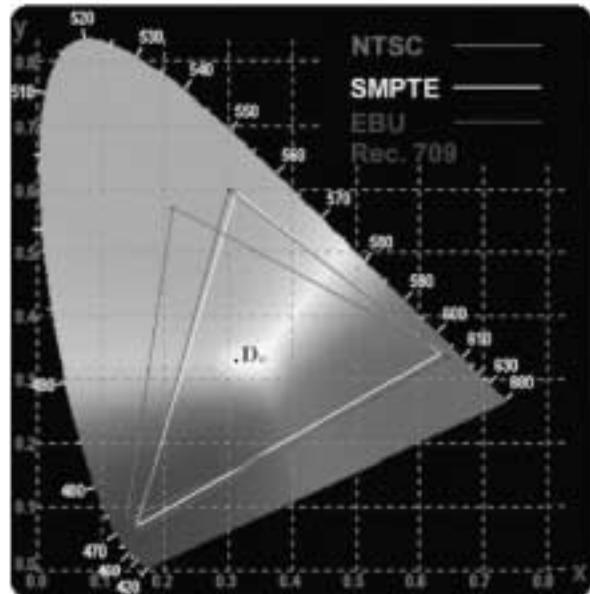
$$1 = x + y + z$$

해당 형식에 대해 사용 가능한 모든 색상을 표시하는 다양한 비디오에 대한 제한 사항이 정의되어 있다. 그림 A3에서 색상으로 표시된 삼각형 (SMPTE = 노랑색, EBU/PAL/SECAM = 청색, NTSC 1953 = 녹색) 은 표 A1의 x, y 좌표로 정의되어 있다.

선택한 x, y 좌표는 CRT 제조업체에서 사용하는 인광 물질에 따라 달라진다. 1953에 정의된 NTSC 인광 물질은 보다 밝은 화면을 원하는 업계의 요구로 인해 EBU 및 SMPTE 인광 물질로 대체되었다.



▶ 그림 A1. CIE 1931 컬러 매칭 기능 (2도 관측자)



▶ 그림 A2. SMPTE, EBU/PAL/SECAM 및 NTSC 1953의 좌표 값을 사용하는 CIE x y 색채계

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

백색 (white)

시스템의 백색 포인트는 색상을 정의할 때 고려해야 할 중요한 사항이며 각 형식 안에서 백색 포인트는 동일한 양의 적색, 녹색 및 청색을 더한 결과로서 정의된다.

CIE에서는 1931년에 다음과 같은 몇 가지 소스를 정의하였다.

- ▶ 소스 A: 2854K의 색 온도를 나타내는 텅스텐 필라멘트 램프
- ▶ 소스 B: 4800K의 색 온도를 나타내는 한낮의 햇빛
- ▶ 소스 C: 6504K의 색 온도를 나타내는 평균 일광

발광체 C (소스 C) 는 NTSC의 원래 정의에서 사용되었다. 추후에 CIE에서는 Daylight D 시리즈라고 하는 일광 발광체 시리즈를 정의했다. 6504K의 색 온도를 나타내는 발광체 D65와 조금 차이가 있는 x, y 좌표는 오늘날의 비디오 표준에서 많이 사용되고 있다.

각 소스마다 백색 포인트가 있으며 색도표에서 x, y 값으로 지정된다.

발광체 A	x = 0.4476	y = 0.4075
발광체 B	x = 0.3484	y = 0.3516
발광체 C	x = 0.3101	y = 0.3162
발광체 D65	x = 0.3127	y = 0.3290

현재의 표준에서는 텔레비전 스튜디오 조명을 발광체 D65 소스로 가정한다. 실제로 스튜디오 조명이 발광체 D65가 아닐 수도 있지만 적색, 녹색, 청색 컴포넌트의 이득을 조정할 경우 카메라의 화이트 밸런스를 보정할 수 있다.

적색, 녹색 및 청색 컴포넌트

특정 형태의 컴포넌트는 컬러 TV 시스템의 필수 부분이다. 컬러 카메라에서는 일반적으로 이미지의 빛을 분석하여 세 가지 기본 색상 (적색, 녹색 및 청색) 의 비디오 신호를 개발한다. 이러한 감마 보정된 각각의 R'G'B' 신호가 이미지 정보의 일부로 전달되고 전체 이미지를 재생성하는 데 모두 필요하기 때문에 이 신호들을 컬러 비디오 신호의 '컴포넌트'라고 한다. 컴포넌트라는 용어는 각 요소가 필수 요소이지만 전체의 일부가 되므로 각 요소 하나만으로 부족하다는 의미로 흔히 사용된다. 기본 R'G'B' 컴포넌트 신호는 텔레비전 시스템의 출력에서 다시 사용되어 모니터 또는 TV 세트에서 이미지를 표시한다. 그러므로 텔레비전 장치의 기본 작업 중 하나는 이러한 컴포넌트 신호를 분산, 기술 및 아티스틱 프로세스로 전달한 다음 마지막으로 표시할 수 있도록 디스플레이로 전달하는 것이라 할 수 있다. 일부 장비에서 (특히 기존 장비의 경우) RGB 신호를 카메라 (또는 카메라 제어 장치) 범위를 초과하여 분해했을 지라도 대개의 경우 비디오를 녹화, 상호 연결 또는 장거리 전송 시 다른 형식으로 변환 또는 인코딩한 후 화면에 표시할 때 디코딩하였다.

표 A1. 다양한 형식에 대한 CIE x, y 좌표 값

SMPTE	RED	GREEN	BLUE
	Xr Yr	Xg Yg	Xb Yb
	0.630 0.340	0.310 0.595	0.155 0.070
Illuminant D65	x = 0.3127	y = 0.3290	

EBU	RED	GREEN	BLUE
Rec 709	Xr Yr	Xg Yg	Xb Yb
	0.640 0.330	0.300 0.600	0.150 0.060
Illuminant D65	x = 0.3127	y = 0.3290	

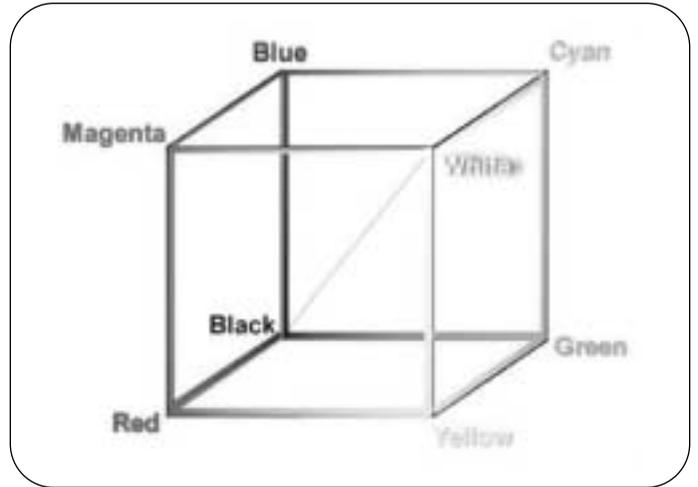
PAL/SECAM	RED	GREEN	BLUE
	Xr Yr	Xg Yg	Xb Yb
	0.64 0.330	0.290 0.60	0.150 0.060
Illuminant D65	x = 0.3127	y = 0.3290	

NTSC	RED	GREEN	BLUE
(1953)	Xr Yr	Xg Yg	Xb Yb
	0.670 0.330	0.210 0.710	0.140 0.080
Illuminant C	x = 0.3101	y = 0.3162	

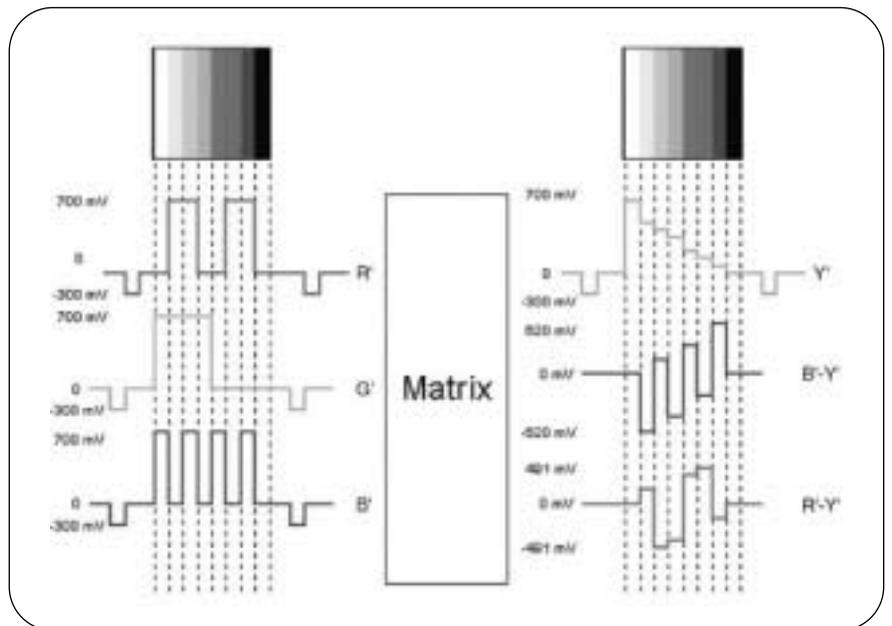
적색, 녹색 및 청색의 기본 색을 나타내는 또 하나의 방법은 3차원 'R'G'B' 컬러 수상관으로 표현하는 것이다. 모든 색은 그림 A3에서처럼 RGB 컬러 수상관의 경계 안에서 표현할 수 있다.

컬러 텔레비전 시스템은 기존 흑백 텔레비전 수신기와 호환되도록 개발되었다. 흑백 또는 컬러 수신기에 흑백 화상으로 전송하기 위해 적색, 녹색 및 청색 카메라 신호로부터 감마 보정 luma 신호 'Y'가 생성된다. 흑백 또는 luma 채널과 2개의 컬러 채널 간 차이를 알고 있으면 적색, 녹색 및 청색을 복원하여 컬러 수상관을 구현할 수 있다. 육안의 녹색 반응이 밝기에 매우 민감하기 때문에 색 정보의 대부분이 luma 신호를 구성하는 데 사용되며 나머지 적색 및 청색 색차 채널은 보다 낮은 대역폭에서 전송할 수 있다.

luma 신호 및 두 가지 색차 신호에는 원래의 이미지에서 생성 가능한 다양한 색상을 표시하는 데 필요한 모든 정보가 들어 있다. 그러므로 기본 구성 요소 (R, G 및 B)는 그림 A4에서처럼 단일 행렬을 통해 새로운 세 가지 컴포넌트 (Y, R'-Y, B'-Y)로 변환된다. 색차 컴포넌트 형태는 'R'G'B'와 비교할 때 두 가지 장점이 있다. 첫 번째는 정보를 전달하는 데 대역폭이 매우 적게 든다는 점이다. 이미지의 모든 세부 정보가 luma 신호를 통해 전달되기 때문에 색차 시스템은 하나의 고 대역 채널만 있으면 된다. 반면, 'R'G'B' 시스템의 경우에는 세 개의 채널에서 모두 고 대역폭이 필요하다. 두 번째, 이득 왜곡이 색차 컴포넌트 세트에 미치는 영향이 'R'G'B'에서보다 훨씬 적다. 색차 컴포넌트 세트의 채널 하나에 미치는 약간의 영향이 색조 또는 채도 상의 작은 차이만을 가져올 뿐이다.



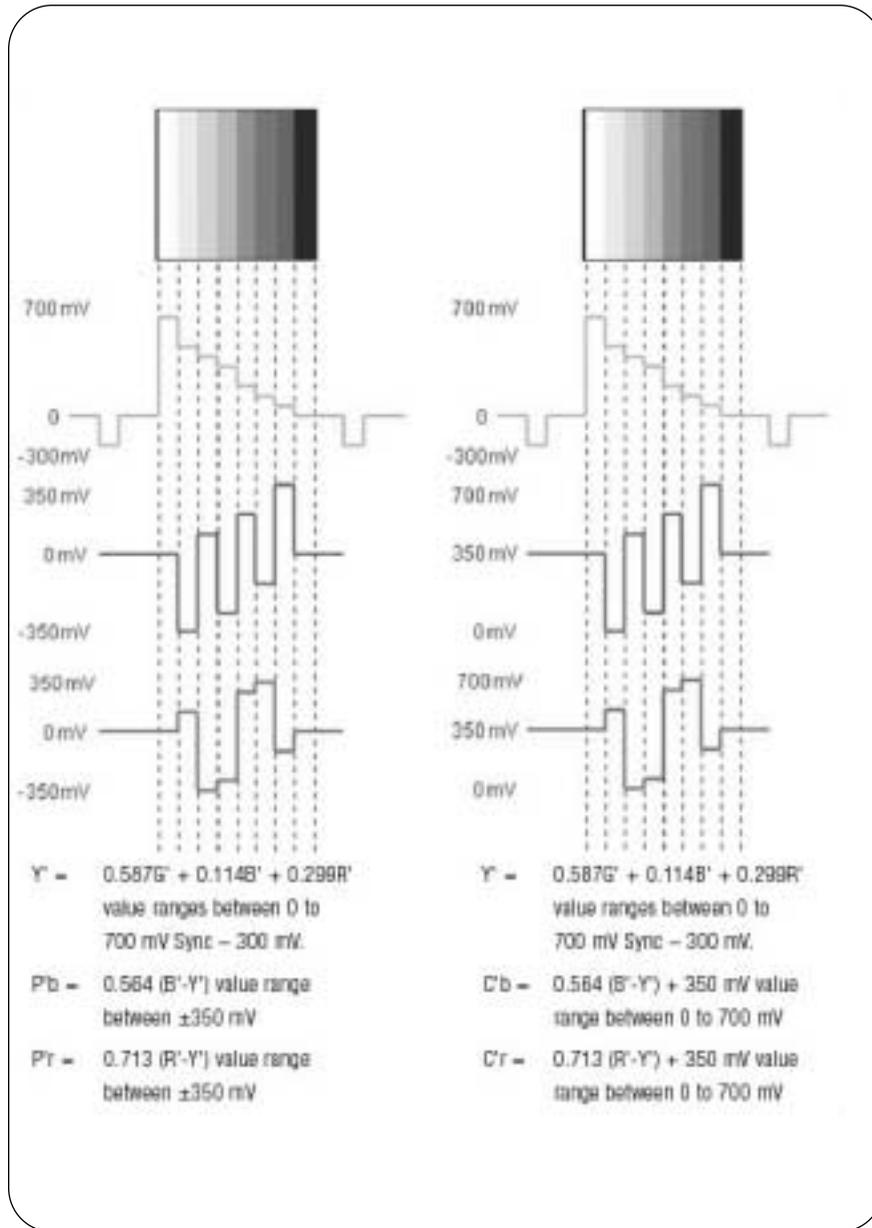
▶ 그림 A3. 'R'G'B' 컬러 수상관



▶ 그림 A4. 'R'G'B' 신호 대 색차 신호의 행렬

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer



▶ 그림 A5. 색차 신호 범위 조정 및 디지털 양자화 (quantizing) 를 위한 오프셋

그러나 낮은 수준의 R'G'B'는 잘못된 색상의 상이한 이미지를 만든다. R'G'B'를 하나의 luma와 두 개의 색차 신호로 트랜스 코딩하는 개념의 뛰어난 유용성이 입증되었다. 이러한 신호는 약간의 차이가 있기는 하지만 기존의 모든 컴포넌트 비디오 형식과 전 세계 컴포지트 방송 표준의 기초가 된다.

표준 정의 (그림 A5):

▶ $Y' = 0.587G' + 0.114B' + 0.299R'$

값 범위: 0 ~ 700 mV Sync - 300 mV

▶ $B' - Y' = -0.587G' + 0.866B' - 0.299R'$

값 범위: ± 620 mV

▶ $R' - Y' = -0.857G' - 0.114B' + 0.701R'$

값 범위: ± 491 mV

컴포넌트 비디오 범위에서 컴포넌트 R'G'B' 신호는 휘도 신호의 대부분이 녹색 채널 정보에 이루어지므로 흔히 G'B'R로 참조된다. 따라서 Y'P'bP'r과 G'B'R' 간에 대응 관계가 존재한다.

색차 값 (그림 A5) 은 먼저 다양한 시스템에서 쉽게 처리할 수 있도록 동일한 동적 범위 ± 350 mV에 맞춰진다. 아날로그 컴포넌트 신호는 Y'P'bP'r로 표시되며 디지털 컴포넌트 시스템은 YC'bC'r로 표시된다. 디지털 컴포넌트 시스템은 Y와 색차 신호 값에 대해 비슷한 처리 범위를 제공하기 위해 색차 신호에 대해 오프셋을 추가한다.

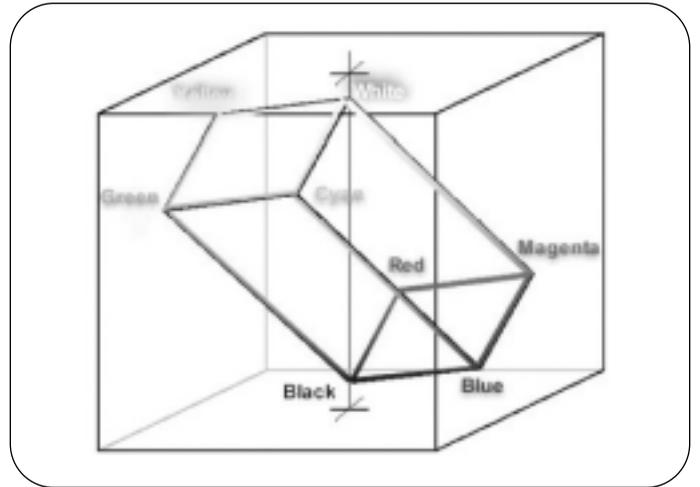
이 행렬 방식 기법 (matrixing) 과 크기 조정을 수행하면 이 신호가 RGB로 다시 변환될 때 Y'CbCr 신호의 모든 값이 다 사용되지 못한다. 그림 A6에서처럼 Y'CbCr 범위에서 모든 신호 값의 약 25%만 RGB 범위에서 전체 색역을 표현하는 데 사용된다. 따라서 동적 범위가 변환 프로세스를 초과하지 않는 형식 간에 변환하는 경우에는 각별히 주의해야 한다.

허용되는 유효 색역 (gamut)

색역 (gamut) 이라는 용어는 장면에 기준 백색 (NTSC/PAL의 경우 발광체 D₆₅) 의 조명이 비춰질 때 텔레비전 시스템에서 재현 가능한 색상의 전 범위를 말한다. 색역은 지정된 시스템의 CIE 색도 좌표 또는 색도 값으로 정의된다. 적색, 녹색 및 청색 또는 R'G'B' 신호 값을 통해 영상 감시기 (picture monitor) 에서 다양한 색도의 이 색 범위가 재현된다. 값이 동일할 경우 (예: R' = G' = B') 이미지의 색상이 없어지고 올바르게 조정된 영상 감시기에서 회색의 음영을 표현하는 범위로 바뀐다. 그렇지 않을 경우, R'G'B' 신호의 값을 개별적으로 조정하면 색도가 0이 아닌 컬러 색조와 재현 가능한 색역 내 모든 색상을 표현할 수 있다.

R'G'B' 신호의 값은 이러한 색상을 직접 표현하기 때문에 색역이라는 용어가 흔히 0 ~ 700 mV의 허용 범위 안에 속하는 모든 R'G'B' 조합으로 표현되는 색 범위를 나타내기도 한다. 이 전압 범위를 벗어나는 R'G'B' 신호는 지정된 영상 감시기에서 원하는 색상을 만들 수 있지만 유효 색역을 벗어난다. 이 신호들은 후속 신호 처리 시 잘려지거나 압축될 수 있으므로 다른 영상 감시기에서 표시될 때 색상이 왜곡될 수 있다.

그러므로 R'G'B'에서는 색상이 유효 색역 외부에 있기 때문에 상한값 또는 하한값을 초과하는 채널이 유효하지 않은 신호를 표현한다. 또한 하나 이상의 컴포넌트가 허용 제한값을 초과하기 때문에 허용되지 않는다.

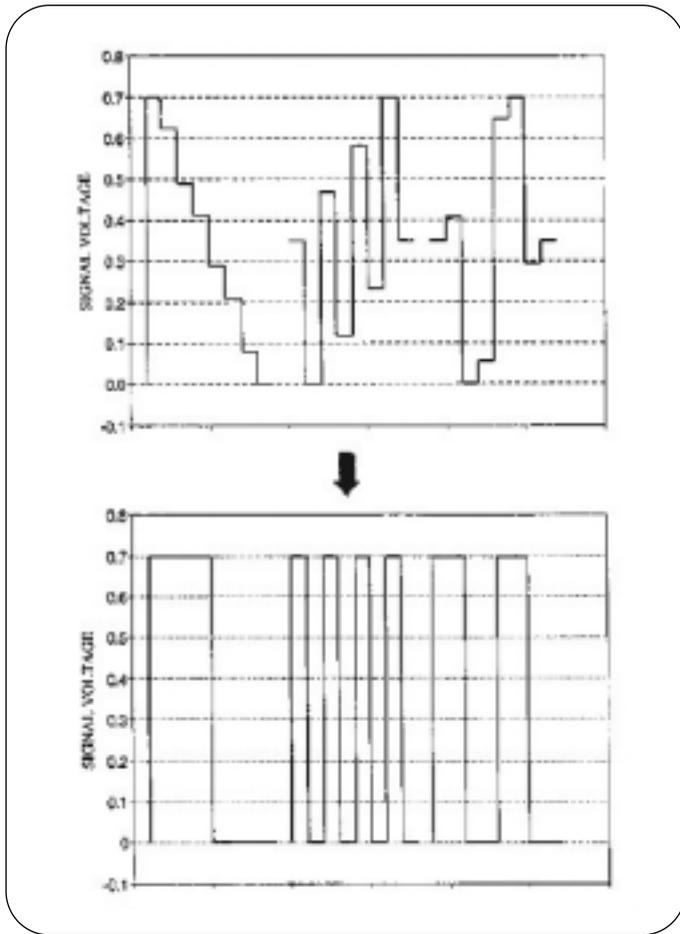


▶ 그림 A6. Y'CbCr 3D 색 공간

간단히 말해서 허용되는 신호는 사용 중인 특정 형식의 신호-전압 제한값을 벗어나지 않는 신호이다. 즉, 해당 형식에 대해 허용되는 신호 제한값 안에 포함되는 신호라 할 수 있다. 그러므로 Y'CbCr과 같은 색차 형식에서 허용되는 신호는 유효한 색역 외부에 있는 색상을 표현할 수 있으므로 유효하지 않을 수 있다. 그러한 유효하지 않은 신호는 R'G'B'로 트랜스 코딩될 때 항상 허용되지 않는 신호를 만든다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

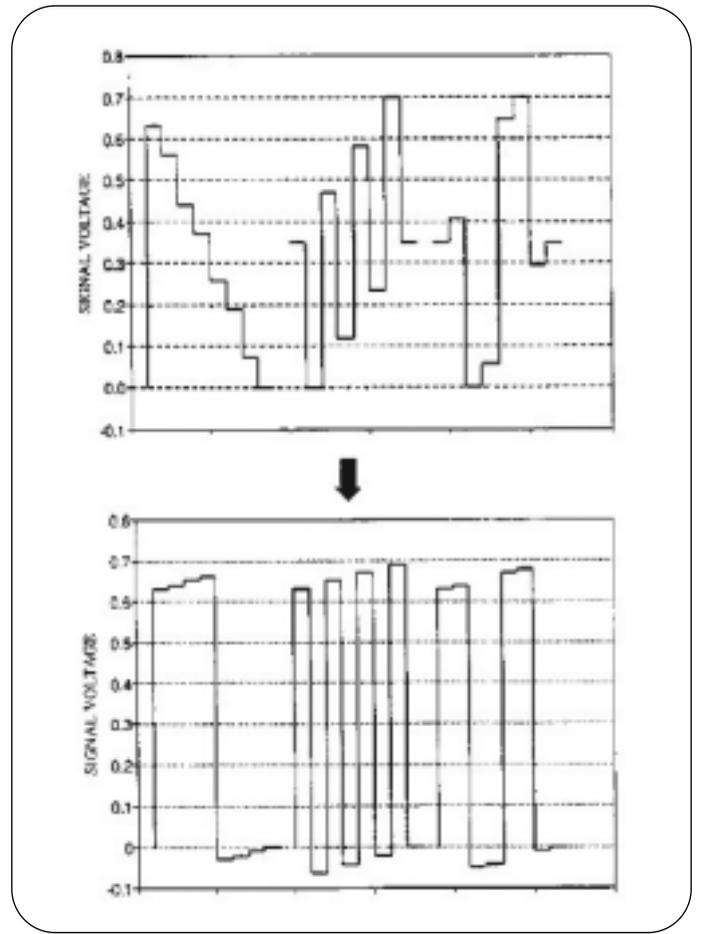
▶ primer



▶ 그림 A7. 유효 색차 신호를 허용 RGB 신호로 변환 가능

유효 신호는 색역 안에 있는 신호로서 다른 형식으로 변환될 때 허용되는 신호로 유지된다. 유효 신호는 항상 허용되지만 허용되는 신호가 항상 유효한 것은 아니다. 후자의 경우 색차 형식 컴포넌트 신호에서 자주 발생하는데, 이 경우 RGB 시스템에서처럼 신호 수준이 독립되어 있지 않다. 그림 A7과 A8은 허용되는 신호라도 색차 컴포넌트 신호의 단순 이득 왜곡을 통해 어떻게 무효화 되는지 보여준다.

그림 A7은 신호가 허용되고 유효한 색차 신호 (상단) 와 허용되는 RGB 신호 (하단) 로 변환됨을 보여준다. 그러나 그림 A8에서는 색차 신호 (상단) 의 luma 채널이 왜곡된다.



▶ 그림 A8. 하나의 형식으로 된 유효하지 않은 허용 신호는 변환될 때 허용되지 않음

즉, 상대적 이득이 90% 뿐이다. 이 왜곡된 신호가 RGB 형식 (하단) 으로 트랜스코딩되는 경우 비허용 (illegal) 신호가 되어 세 개의 모든 컴포넌트가 허용되는 최소 신호 수준 아래 까지 확장된다. 왜곡된 색차 신호는 허용되는 RGB 신호로 변환할 수 없기 때문에 유효하지 않다. 다른 형태의 왜곡도 유효하지 않은 신호를 생성할 수 있다.

유효한 신호는 진폭 관련 문제를 일으키지 않으면서 비디오 시스템의 일부로 변환, 인코딩 또는 입력될 수 있다.

형식 변환 표

다음 변환 표는 Y'P'bP'r 값과 G'B'R' 결과 간 변환을 계산하는 방법을 된다. R'G'B'의 동적 범위 (0 ~ 700 mV) 가 초과되지 않으며 변환 프로세스 결과 Y'P'bP'r의 아날로그 동적 범위 (luma 채널의 경우 0 ~ 700 mV, 색차 채널의 경우 ±350 mV) 를 초과하지 않는 신호가 만들어진다. 이 신호를 허용 (legal) 및 유효 (valid) 신호 라고 한다. 신호가 해당 형식의 동적 범위 안에 속하면 그 신호는 허용 (legal) 신호다. 신호가 유효 색역 안에 속하는 색상을 표현 하는 경우 그 신호는 유효 (valid) 신호다. 그러한 신호가 R'G'B'로 트랜스코딩될 경우 허용 R'G'B' 신호가 만들어진다.

신호가 형식의 동적 범위를 초과하면 허용되지 않는 신호가 된다. 표 A3은 Y'P'bP'r 범위에서 허용되는 신호를 보여준다. 그러나 이러한 값이 G'B'R'로 변환되는 경우 이 값 중 일부는 G'B'R'에 대해 설정된 0 ~ 700 mV 임계값을 초과하여 유효 색역을 벗어나 는 색상을 나타낸다. 신호의 왜곡은 지정된 형식 범위 내 신호만을 처리하도록 되어 있는 처리 장비에서 발생할 가능성이 높으며 이러한 값을 초과할 경우 신호를 잘라낼 수도 있다. Tektronix에서는 허용 (legal) 및 유효 (valid) 신호를 유지할 수 있도록 작업자와 엔지니어를 보조할 특수한 디스플레이를 개발하였다.

표 A2. 허용 (legal) 및 유효 (valid) G'B'R' 신호와 그에 해당하는 허용 (legal) 및 유효 (valid) Y'P'bP'r 신호

100% 컬러 바

색상	G' (mV)	B' (mV)	R' (mV)	Y' (mV)	P'b (mV)	P'r (mV)
흰색	700	700	700	700	0	0
노랑색	700	0	700	620.2	-350	56.7
청록색	700	700	0	490.7	118.3	-350
녹색	700	0	0	410.9	-231.7	-293.3
자홍색	0	700	700	289.1	231.7	293.3
적색	0	0	700	209.3	-118.3	350
청색	0	700	0	79.8	350	-56.7
검은색	0	0	0	0	0	0

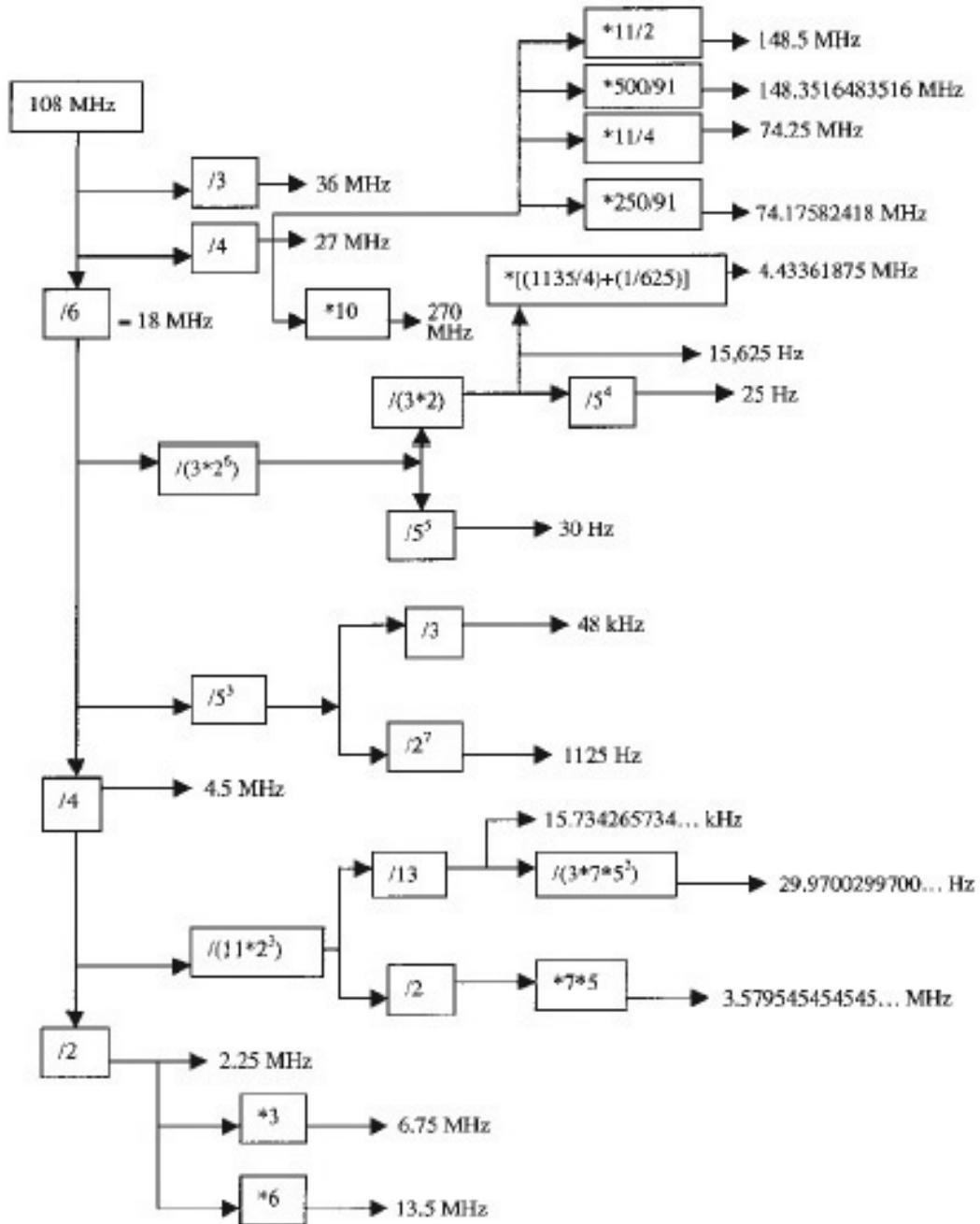
▶ 표 A3. 허용 (legal) 및 유효하지 않은 (invalid) Y'P'bP'r 신호와 그에 해당하는 비 허용 (illegal) G'B'R' 신호

Y' (mV)	P'b (mV)	P'r (mV)	G' (mV)	B' (mV)	R' (mV)	color
700	350	350	330	1320	1911	Illegal GBR
700	-350	-350	1070	80	160	Illegal GBR
700	0	350	450	700	1191	Illegal GBR
700	0	-350	950	700	160	Illegal GBR
700	350	0	580	1320	700	Illegal GBR
700	-350	0	820	80	700	Illegal GBR
700	0	0	700	700	700	White
0	350	350	-370	620	491	Illegal GBR
0	-350	-350	370	-620	491	Illegal GBR
0	0	350	-250	0	491	Illegal GBR
0	0	-350	250	0	-491	Illegal GBR
0	350	0	-120	620	0	Illegal GBR
0	-350	0	120	-620	0	Illegal GBR
0	0	0	0	0	0	Black

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

▶ 부록 B - 텔레비전 클럭 관계



▶ 그림 B1. 비디오 클럭 유도

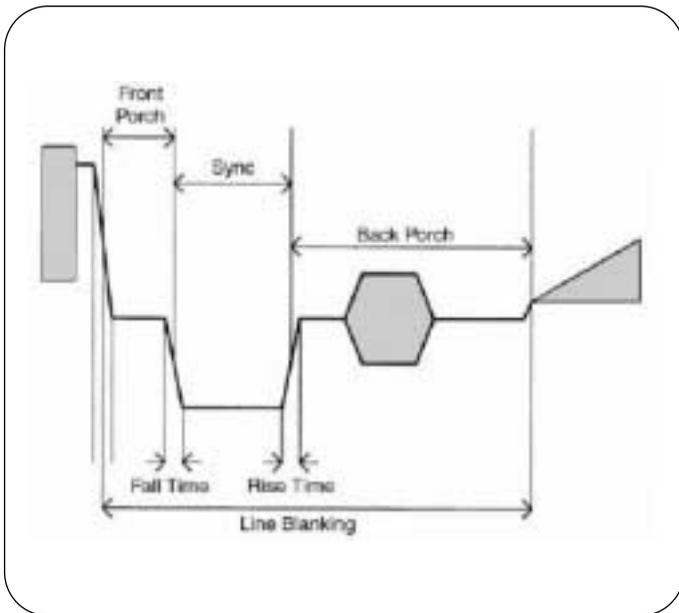
표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

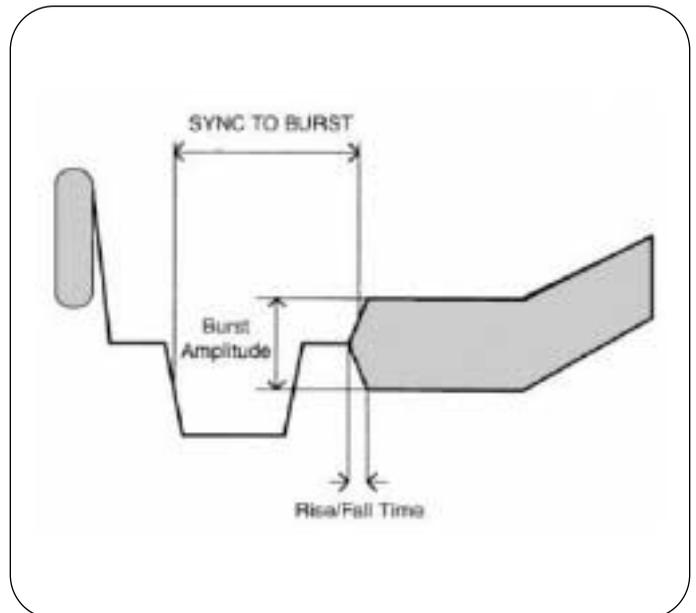
▶ **부록 C - 표준 화질 아날로그 컴포지트 비디오 파라미터**

▶ 표 C1. 표준 화질 컴포지트 비디오 파라미터

	PAL B/G	NTSC	SECAM	PAL-M	PAL-N
동기화 유형	음수 바이레벨 (bi-level)				
부반송파 주파수 (MHz)	4.43361875	3.579545	4.406250 4.250000	3.57561149	3.58205625
라인수/프레임	625	525	625	525	625
필드 주파수 (Hz)	50.00	59.94	50.00	59.94	50.00
라인 주파수 (kHz)	15.625	15.734264	15.625	15.734264	15.625
라인 주기 (ms)	64.000	63.555	64.000	63.555	64.000
라인 귀선 소거 (ms)	12.05	10.90	12.05	10.90	12.05
백 포치 (ms)	10.50	9.40	10.50	9.40	10.50
프런트 포치 (ms)	1.55	1.50	1.55	1.50	1.55
동기 폭 (ms)	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
동기 진폭 (mV)	-300	-286	-300	-286	-300
동기 진폭 (IRE)	-43	-40	-43	-40	-43
동기 상승/하강 (ms)	0.200	0.250	0.200	0.250	0.200
버스트와 동기화 (ms)	5.6	5.3	-	5.8	5.6
버스트 기간 (ms)	2.25±0.28	2.23~3.11	-	2.25±0.28	2.51±0.28
버스트 기간 (SC 주기)	10±1	9±1	-	9±1	9±1
버스트 진폭 (mV)	300	286	166	286	300
필드 주기 (ms)	20	16.6833	20	16.6833	20
필드 귀선 소거 (라인)	25	21	25	21	25



▶ 그림 C1. PAL 및 NTSC 시스템의 수평 간격



▶ 그림 C2. SECAM 시스템의 수평 간격

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

▶ **부록 D - 텔레비전 관련 참조 표준 및 기술**

ANSI S4.40-1992, Digital Audio Engineering - 디지털 오디오 데이터를 선형으로 표현하는 2채널의 직렬 전송 형식 (AES-3)

ANSI/SMPTE 125M-1992, Television - 컴포넌트 비디오 신호 4:2:2 - 비트 병렬 디지털 인터페이스

ANSI/SMPTE 170M-1994, Television - 컴포지트 아날로그 비디오 신호 - 스튜디오용 NTSC

ANSI/SMPTE 240M-1995, Television - 신호 매개 변수 - 1125라인 고화질 (HD) 프로덕션 시스템

ANSI/SMPTE 259M-1993, Television - 10비트 4:2:2 컴포넌트 및 4fsc NTSC 컴지트 디지털 신호 - 직렬 디지털 인터페이스

ANSI/SMPTE 272M-1994, Television - AES/EBU 오디오 및 보조 데이터를 디지털 비디오 보조 데이터 공간으로 포맷

ANSI/SMPTE 274M-1995, Television - 1920 x 1080 주사 및 다중 영상물을 제공하는 아날로그/병렬 디지털 인터페이스

ANSI/SMPTE 291M-1996, Television - 보조 데이터 패킷 및 공간 형식

ANSI/SMPTE 292M-1996, Television - 고화질 (HD) 텔레비전 시스템의 비트 직렬 디지털 인터페이스

ANSI/SMPTE 293M-1996, Television - 59.94-Hz 순차 주사 프로덕션에서 720 x 483개의 활성 라인 - 디지털 표현

ANSI/SMPTE 294M-1997, Television - 59.94-Hz 순차 주사 프로덕션에서 720 x 483개의 활성 라인 - 비트 직렬 인터페이스

ANSI/SMPTE 295M-1997, Television - 1920 x 1080 50 Hz 주사 및 인터페이스

ANSI/SMPTE 296M-1997, Television - 1280 x 720 주사, 아날로그 & 디지털 표현 및 아날로그 인터페이스

ANSI/SMPTE 299M-1997, Television - HDTV 비트 직렬 인터페이스의 24비트 디지털 오디오 형식

CIE Publication No 15.2, Colorimetry - Second Edition (1986), Central Bureau of the Commission Internationale de L'Eclairage, Vienna, Austria.

ITU-R BT.601-5 - 표준 4:3 및 와이드 스크린 16:9 영상비를 제공하는 디지털 텔레비전의 스튜디오 인코딩 파라미터

ITU-R BT.656-4 - 권장 표준 ITU-R BT-601 (파트 A)의 4:2:2 레벨에서 525라인과 625라인 텔레비전 시스템의 디지털 컴포넌트 비디오 신호 인터페이스

ITU-R BT.709-4-2000 - 제작 및 국제 프로그램 교환 (International Programme Exchange)을 위한 HDTV 표준의 파라미터 값

ITU-R BT.1120-2 - 1125/60 및 1250/50 HDTV 스튜디오 신호용 디지털 인터페이스

SMPTE 260M-1992, Television - 디지털 표현 및 비트 병렬 인터페이스 - 1125/60 고화질 프로덕션 시스템

SMPTE 318M-1999 - 아날로그 및 디지털 영역에서 59.94Hz 또는 50Hz 관련 비디오 및 오디오 시스템의 동기화

SMPTE Engineering Guideline EG33-1998 - 지터 특성 및 측정값

SMPTE RP160-1997 - 3채널 병렬 아날로그 컴포넌트 고화질 (HD) 비디오 인터페이스

SMPTE RP165-1994 - 텔레비전의 비트 직렬 디지털 인터페이스용 오류 검출 Checkword 및 상태 플래그

SMPTE RP168-1993 - 동기 비디오 전환을 위한 수직 간격 전환점 정의

SMPTE RP177-1993 - 기본 텔레비전 색 방정식의 유도

SMPTE RP178-1996 - 10비트 4:2:2 컴포넌트 및 4fsc 컴포지트 디지털 신호의 직렬 디지털 인터페이스 Checkfield

SMPTE RP184-1996 - 비트 직렬 디지털 인터페이스의 지터 설명

SMPTE RP186-1995 - 525 및 625라인 텔레비전 시스템의 비디오 인덱스 정보 코딩

SMPTE RP187-1995 - 비디오 이미지의 중심, 영상비 및 블랭킹

SMPTE RP192-1996 - 비트 직렬 인터페이스의 지터 측정 절차

SMPTE RP198-1998 - 고화질 (HD) 인터페이스의 비트 직렬 디지털 Checkfield

SMPTE RP211-2000 - 1920 x 1080 프로덕션 형식용 24P, 25P 및 30P 프레임 구현

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

▶ 부록 E - 참고 문헌

- Margaret Craig, *Television Measurements, NTSC Systems*, Tektronix, 1994
- Margaret Craig, *Television Measurements, PAL Systems*, Tektronix, 1991
- Keith Jack, *Video Demystified, A Handbook for the Digital Engineer*, HighText Interactive, 1996
- David K. Fibush, *A Guide to Digital Television Systems and Measurements*, Tektronix 1997
- David K. Fibush, Tektronix, *Video Testing in a DTV World*, SMPTE Journal, 2000
- Earl F. Glynn, *efg's Computer Lab*, <http://www.efg2.com/Lab>
- John Horn, *Solving the Component Puzzle*, Tektronix, 1997
- Charles Poynton, *A Technical Introduction to Digital Video*, John Wiley & Sons, 1996
- Charles Poynton, *Frequently Asked Questions about Color*, www.inforamp.n/~poynton, 1999
- Charles Poynton, *A Guided Tour of Color Space*, 1997
- Charles Poynton, *YUV and Luminance considered harmful: A plea for precise terminology in video*, 2000
- Guy Lewis, *Applied Technology, Color and the Diamond Display*, Broadcast Engineering, November 1994
- Michael Robin, *Video Concepts*, Miranda Technologies, 1999
- Michael Robin and Michel Poulin, *Digital Television Fundamentals, Design and Installation of Video and Audio Systems*, McGraw-Hill, 1997
- Peter D. Symes, *Video Compression, Fundamental Compression Techniques and an Overview of the JPEG and MPEG Compression Systems*, McGraw-Hill, 1998
- Jerry C. Whitaker, *Television Engineering Handbook, Featuring HDTV Systems*, Revised Edition by K. Blair Benson, McGraw-Hill, 1992

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

▶ **부록 F - 용어 설명**

4:2:2 - 컴포넌트 디지털 비디오 형식에 일반적으로 사용되는 용어. 형식에 대한 자세한 정보는 ITU-R BT.601 표준 문서에 명시되어 있다. 4:2:2는 단일 휘도 채널의 샘플링 주파수 대 2개 색차 채널의 샘플링 주파수 비율을 나타낸다. 각 색차 채널마다 두 개씩 4개의 휘도 샘플이 있다. ITU-R BT.601 참조.

4fsc - 컴포지트 디지털 시스템에 사용되는 부반송파 샘플링 속도 x 4. NTSC에서는 14.3 MHz이다. PAL에서는 17.7 MHz이다. 표준 정의 컴포넌트 샘플링은 luma의 경우 13.5 MHz 이고 535/60 및 625/50 형식으로 된 chroma의 경우 6.75 MHz이다.

AES/EBU 오디오 - Audio Engineering Society 및 European Broad casting Union 기관에서 공동으로 제정한 디지털 오디오 표준의 비공식적인 이름.

알고리즘 - 일정 개수의 단계를 통해 문제를 해결하기 위한 규칙 또는 프로세스의 집합.

앨리어싱 (aliasing) - 일반적으로 디지털 비디오의 불충분한 샘플링 또는 잘못된 필터링으로 인한 영상 결함. 이 결함은 대체로 영상 상세 세부 정보에서 대각선의 들쭉날쭉함과 깜박임 또는 밝아짐으로 나타난다.

아날로그 (analog) - 이진 숫자 0과 1을 나타내는 이산 레벨을 포함하는 디지털 신호와는 반대로, 끊임없이 변동되는 신호를 설명하는 형용사.

보조 데이터 (ancillary data) - 비디오 신호 또는 프로그램을 지원하는 데이터. 수평 및 수직 깜박임 간격 동안 비디오 신호로 다중 송신되는 시간. 보조 데이터는 수평 깜박임 중에 EAV와 SAV 패킷 간에, 수직 깜박임 중에 대형 블록으로 전송될 수 있다. 보조 데이터에는 체크섬, 다중 채널 디지털 오디오 및 기타 데이터가 포함될 수 있다.

비동기 (asynchronous) - 클럭에 의해 동기화되지 않는 전송 절차. 디코딩을 위해 데이터 신호 변화에서 샘플링 클럭 정보를 추출해야 하기 때문에 디지털 비디오는 동기화되지 않는다.

A/D 변환기 (아날로그/디지털) - 디지털 샘플링을 사용하여 아날로그 신호를 해당 신호의 디지털 표현으로 변환하는 회로.

대역폭 (bandwidth) - 1) 흔히 MHz (메가헤르쯔) 로 측정되는 주파수의 상한값과 하한값의 차이. 2) 신호 손실이 3dB보다 적은 상태에서 회로 또는 전자 시스템이 작동될 수 있는 주파수의 전체 범위. 3) 특정 텔레비전 채널의 정보 전송 능력.

기준 위치 설정 (baseline shift) - DC 레벨을 변환시키는 저주파 왜곡의 형태.

비트 (bit) - 1 또는 0의 이진 표현. 픽셀의 양자화된 레벨 중 하나.

비트 병렬 (bit parallel) - 비트 단위로 디지털 비디오를 다중 전도체 케이블 (각 와이어 쌍이 단일 비트 전송)로 전송. 이 표준은 SMPTE 125M, EBU 3267-E 및 ITU-R BT.656에 명시되어 있다.

비트 직렬 (bit serial) - 비트 단위로 디지털 비디오를 동축 케이블과 같은 단일 전도체로 전송. 광섬유를 통해 전송될 수도 있다. 이 표준은 ITU-R BT.656에 명시되어 있다.

비트 손실 (bit slippage) - 1) 직렬 신호에서 워드 프레임이 손실될 때 발생하므로 비트의 상대 값이 올바르지 않다. 일반적으로 이 오류는 다음 직렬 신호 (컴포지트의 경우 TRS-ID, 컴포넌트의 경우 EAV/SAV)에서 리셋된다. 2) 복구된 클럭 위상이 너무 떨어져서 비트가 손실될 때 직렬 비트 스트림의 오류 판독값. 3) 하나 이상의 비트가 나머지 비트와는 상대적으로 시간상 너무 늦는 경우 병렬 디지털 데이터 버스에서 발생하는 현상. 결과적으로 오류 데이터가 생성된다. 이 문제는 흔히 케이블 길이 차이로 인해 발생된다.

비트 스트림 (bit stream) - 라인 상에서 전송되는 연속된 일련의 비트.

BNC - "baby N connector"의 약어. 텔레비전에 널리 사용되는 케이블 커넥터.

밝기 신호 (brightness signal) - 휘도 신호 (Y) 와 같다. 이 신호는 이미지의 각 지점에서 밝기 양에 관한 정보를 전송한다.

바이트 (byte) - 모든 비트를 포함하는 양자화된 레벨의 전체 집합. 일반적으로 1 바이트는 샘플당 8 ~ 10 비트로 구성된다.

케이블 이퀄라이제이션 (cable equalization) - 동축 케이블에서 고주파 손실을 보정하기 위해 비디오 증폭기의 주파수 응답을 변경하는 프로세스.

CCIR - International Radio Consultative Committee (Comite Consultatif International en Radiodiffusion), an international standards committee. 현재는 ITU (International Telecommunication Union)로 대체되었다.

CCIR-601 - ITU-R BT.601 참조.

CCIR-656 - ITU-R BT.656 참조.

채널 코딩 (channel coding) - 전송 경로 상에서 "1"과 "0"의 데이터 스트림을 표현하는 방법을 기술한다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

크로마 키 (chroma key) - 비디오 이미지 부분과 두 번째 이미지의 교체를 제어하는 프로세스. 제어 신호는 비디오 신호의 색차 특성에서 생성된다.

색차 신호, 크로마 (chrominance signal, chroma) - 컴포지트 비디오 신호에서 변조된 부반송파 측파대. 컴포넌트 시스템에서 색차 신호 (픽셀에서 색조 (hue) 와 채도 (색 개수) 에 대한 정보를 전달하는 신호) 를 설명하는 데 사용되는 용어이기도 하다.

클럭 지터 (clock jitter) - 디지털 신호에서 데이터 셀 에지 (edge) 의 타이밍 불확실성.

클럭 복구 (clock recovery) - 수신 디지털 데이터에서 타이밍 정보 재구성.

동축 케이블 (coaxial cable) - 단일 전송 전도체에서 하나의 동심 쌍을 갖는 전송 라인. 내부 전도체와 외부 전도 금속 덮개로 이루어져 있다. 이 덮개는 외부 방사선이 내부 전도체 상의 신호에 영향을 미치지 않도록 보호하며 전송 라인에서 신호 방사선을 최소화한다.

코딩 (coding) - 비디오의 각 레벨을 숫자, 흔히 이진 형태로 표현하는 것.

상관 계수 (coefficient) - 물리적 시스템의 일부 특성을 양적인 방법으로 표현하는 값 (흔히 상수).

색 보정 (color correction) - 텔레비전 이미지에서 착색 상태를 전자적으로 변경 또는 교정하는 프로세스. 수정된 비디오가 이후 처리 또는 전송 시스템의 제한값을 초과하지 않도록 각별히 주의해야 한다.

색차 신호 (color-difference signal) - 색상 정보만을 전달하는 비디오 신호 (예를 들면, 변조되지 않은 R-Y, B-Y, I, Q, U, V, Pr 및 Pb 등).

컴포넌트 비디오 신호 (component video signal) - 각 신호가 전체 컬러 이미지를 생성하는 데 필요한 정보 부분을 나타내는 신호들의 집합 (예를 들면, R, G 및 B; Y, I 및 Q; 또는 Y, R-Y 및 B-Y).

컴포넌트 아날로그 (component analog) - 필요한 모든 영상 정보를 함께 전달하는 세 가지 기본 색상 신호 (녹색 (G), 청색 (B), 적색 (R))로 구성된 카메라, 비디오 테이프 레코더 등의 인코딩되지 않은 출력. 일부 컴포넌트 비디오 형식에서 이 세 가지 컴포넌트는 1개의 휘도 신호와 2개의 색차 신호 (예를 들면, Y, B-Y 및 R-Y) 로 변환된다.

컴포넌트 디지털 (component digital) - 컴포넌트 아날로그 신호 집합의 디지털 표현으로서 흔히 Y'CbCr로 표현된다. 인코딩 매개 변수는 ITU-R BT.601에 명시되어 있다. 표준 정의 형식의 경우 병렬 인터페이스는 ITU-R BT.656 및 SMPTE 125M (1991) 에 명시되어 있다.

컴포지트 아날로그 (composite analog) - NTSC 또는 PAL 비디오와 같은 인코딩 된 비디오 신호. 이 신호에는 수평 및 수직 동기화 정보가 포함된다.

컴포지트 디지털 (composite digital) - NTSC 또는 PAL 비디오와 같은 디지털로 인코딩된 비디오 신호로서 수평 및 수직 동기화 정보가 포함된다.

컨투어링 (contouring) - 매우 대략적인 수준에서의 양자화로 인한 비디오 영상 결함.

교차 색상 (cross color) - 컴포지트 신호를 디코딩할 때 색상 정보로 해석되는 고주파 휘도 정보로 인해 발생하는 의심스러운 신호. 대표적인 예로는 베네치아식 블라인드, 줄무늬 셔츠 등에 나타나는 "무지개"를 들 수 있다.

교차 휘도 (cross luminance) - 착색된 영역의 "도트 크롤 (dot crawl)" 또는 "비지 에지 (busy edge)"와 같이, 휘도로 해석되는 컴포지트 크로마 신호로 인해 Y 채널에 발생하는 의심스러운 신호.

디코더 (decoder) - 컴포지트 (인코딩된) 소스에서 컴포넌트 신호를 복구할 때 사용되는 장치. 디코더는 컴포지트 크로마 키잉 (keying) 또는 색 보정 장비와 같은 컴포지트 소스로부터 컴포넌트 신호를 필요로 하는 다양한 처리 하드웨어 및 디스플레이에서 사용된다. 또한 압축된 신호에서 비디오를 추출하는 장치를 나타내기도 한다.

지연 (delay) - 장치 또는 전도체를 통해 신호가 전달되는 데 소요되는 시간.

디멀티플렉서 (demultiplexer, demux) - 단일 채널 상에서 전송되거나 호환 멀티플렉서에서 이전에 결합된 두 개 이상의 신호를 분리하는 데 사용되는 장치.

직렬 변환기 (deserializer) - 직렬 디지털 정보를 병렬로 변환하는 장치.

차동 이득 (differential gain) - 신호 휘도 레벨의 변화로 인한 비디오 신호의 진폭의 변화.

차동 위상 (differential phase) - 신호의 휘도 레벨의 변화로 인한 비디오 신호의 색차 위상의 변화.

디지털 컴포넌트 (digital component) - 각 픽셀의 값이 숫자 집합으로 표현되는 컴포넌트 신호.

디지털 워드 (digital word) - 시스템에서 단일 엔티티 (entity) 로 간주하는 비트 수.

이산 (discrete) - 개별 아이덴티티를 가지는 것. 개별 회로 컴포넌트.

디더 (dither) - 일반적으로 샘플링 전에 아날로그 신호에 추가될 수 있는 낮은 레벨의 무작위 신호 (진동). 흔히 하나의 양자화 레벨 peak-to-peak 진폭의 백색 잡음 (white noise) 으로 이루어진다.

디더 컴포넌트 인코딩 (dither component encoding) - 아날로그 신호 레벨을 조금 확장하여 신호에 보다 많은 양자화 레벨을 제공하는 것. 그 결과 보다 유연하게 전환된다. 이 처리를 수행하려면 샘플링 전에 하나의 양자화 레벨 진폭에 있는 백색 잡음 (white noise) 을 아날로그 신호로 추가하면 된다.

드리프트 (drift) - 회로 컴포넌트의 변화 또는 노화로 인해 오랜 시간에 걸친 출력에서의 점차적인 이동 또는 변화.

D/A 변환기 (디지털/아날로그) - 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하는 장치.

DVTR - Digital Videotape Recorder의 약어.

EAV - 컴포넌트 디지털 시스템에서 활성 비디오의 끝, 두 개 (EAV와 SAV) 의 타이밍 참조 패킷 중 하나.

EBU - European Broadcasting Union의 약어. 이 기관은 다양한 활동을 수행하지만 그 중에서도 625/50라인 텔레비전 시스템의 기술 보고서 및 권장 사항을 발표한다.

EBU TECH.3267-E - 625라인 디지털 비디오 신호의 병렬 인터페이스에 대한 EBU 권장 사항. CCIR-601 (현재의 ITU-R BT.601) 에서 파생되어 CCIR-656 (ITU-R BT.656) 표준 제정에 기여한 이전 EBU Tech.3246-E의 개정판.

EDH (error detection and handling: 오류 검출 및 처리) - 직렬 디지털 신호에서 부정확성을 인식하기 위해 제안된 SMPTE RP 165. 이 기술은 직렬 디지털 장비에 통합될 수 있으며 단순 LED 오류 표시기를 사용할 수 있다.

이퀄라이제이션 (equalization, EQ) - 비디오 증폭기의 주파수 응답을 변경하여 동축 케이블에서 고주파 손실을 보정하는 프로세스.

임베디드 오디오 (embedded audio) - 디지털 오디오는 보조 데이터에 할당된 시간에 직렬 디지털 데이터 스트림으로 다중 통신된다.

인코더 (encoder) - 컴포넌트 신호 집합에서 단일 (컴포지트) 신호를 형성하는데 사용되는 장치. 컴포넌트 형식의 소스 (또는 레코딩) 에서 컴포지트 출력이 필요할 때마다 인코더가 사용된다. 또한 비디오 압축에 사용되는 장치를 나타내기도 한다.

오류 은폐 (error concealment) - 오류 보정이 실패하는 경우 사용되는 기술 (오류 보정 참조). 오류 데이터가 주변 픽셀로부터 합성된 데이터로 대체된다.

오류 보정 (error correction) - 특정 수준의 오류를 검출하여 보정할 수 있도록 데이터에 오버헤드를 추가하는 기법.

아이 패턴 (eye pattern) - 데이터 신호에서 오버레이된 높은 부분과 낮은 부분이 나타나는 오실로스코프 파형 형태. 변화하는 데이터와 클럭 동기화된 스위프가 아이 모양을 만든다. 파형은 전송 레이어 아날로그 성능을 평가하는 데 사용된다.

필드 시간 (선형) 왜곡 (field-time (linear) distortion) - 수직 주사의 시간 프레임에 발생하는 비디오 신호 진폭 상의 원치 않는 변화 (예를 들면, 60Hz에서 16.66Ms).

형식, 상호 연결 (format, interconnect) - 지정된 시스템에서 장비를 상호 연결하는 데 사용되는 신호 구성. 다양한 형식에서 다양한 신호 합성, 참조 펄스 등을 사용할 수 있다.

형식, 주사 (format, scanning) - 아날로그 및 표준 정의 디지털에서 전체 라인 수와 필드율 (예: 625/50). 디지털 고화질에서는 luma 픽셀 수, 활성 비디오 라인 수, 필드율 및 필드 수/펄스 (예 1280/720/59.94/2:1) 이다.

형식 변환 (format conversion) - 디지털 속도 (digital rate) 를 인코딩/디코딩 및 재샘플링하는 과정.

주파수 변조 (frequency modulation) - 변조 신호의 진폭 변동에 따라 주파수를 변화시켜 사인파 (sinewave) 또는 "반송파 (carrier)" 를 변조하는 것.

주파수 응답 롤오프 (frequency response rolloff) - 보다 높은 주파수가 원래의 전체 진폭으로 전달되지 않아 색 채도 손실을 일으킬 수 있는 전송 시스템에서의 왜곡.

이득 (gain) - 전기 신호의 강도가 증가하거나 감소하는 것. 이득은 데시벨로 표현할 수 있다.

감마 (gamma) - 전송 특성으로서 입력 대 출력. 텔레비전 시스템에서 감마 보정은 소스에 적용되어 CRT 및 인간의 시야에 맞춰지도록 어두운 영역에 이득을 추가한다. 소스에서의 감마 보정은 대상에서 잡음이 증가하지 않도록 하고 만족스러운 영상을 전달하는 데 필요한 비트 수를 줄인다.

색역 (gamut) - 비디오 신호에 허용되는 색 범위. 유효 색역은 R'G'B' 신호의 모든 허용 값 결합으로 표현되는 모든 색상으로 정의된다. 기타 형식의 신호는 유효 색역 외부 색상을 표현하겠지만 여전히 허용 제한값 안에 유지된다. 이러한 신호는 R'G'B'로 트랜스코딩될 경우 R'G'B'의 허용 제한값을 벗어난다. 따라서 잘림, 혼신 또는 기타 왜곡이 발생할 수 있다.

G'B'R', G'B'R' 형식 - R'G'B'와 동일한 신호. SMPTE 표준에서 커넥트의 기계적 순서를 나타내도록 순서가 재배열된다. 흔히 파형 모니터의 연속된 디스플레이에 이 순서가 반영된다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

그룹 지연 (group delay) - 다양한 전달 지연 (1 MHz의 지연과 5 MHz의 지연이 다름) 을 갖는 다양한 주파수로 인한 신호 결합.

수평 간격 (수평 블랭킹 (blanking), 간격) - 활성 비디오 라인 간 기간.

상호 연결 형식 (interconnect format) - 형식 참조.

상호 연결 표준 (interconnect standard) - 표준 참조.

인터레이스 주사 (interlace scanning) - 두 개 필드에서 화면이 캡처되고 표시되는 주사 형식. 두 번째 필드는 첫 번째 필드로부터 1/2 라인 만큼 수평으로 오프셋되어 다른 필드의 라인 사이에 수직으로 삽입되는 각 필드의 라인을 표현한다.

보간 (interpolation) - 디지털 비디오에서 인접 픽셀 값을 수학적으로 조작하는 방법을 통해 이미지에서 새 픽셀을 생성하는 기법.

유효하지 않은 신호 (invalid signal) - 유효 (valid) 신호 참조.

I/O - Input/Output (입/출력) 의 약어. 일반적으로 정보 또는 데이터 신호를 장치로 보내거나 장치에 받는 것을 말한다.

ITU-R - International Telecommunication Union, Radio Communication Sector (CCIR로 대체됨).

ITU-R BT.601 - SMPTE 125M (RP-125) 및 EBU 3246E 표준을 파생시킨 컴포넌트 디지털 텔레비전의 국제 표준. ITU-R BT.601은 Y, B-Y, R-Y 및 GBR 컴포넌트 디지털 텔레비전에 대한 샘플링 시스템, 행렬 값 및 필터 특성을 정의한다.

ITU-R BT.656 - ITU-R BT.601의 실제 병렬 및 직렬 상호 연결 기법. ITU-R BT.656은 병렬 및 직렬 인터페이스 모두에 사용되는 병렬 커넥터 핀아웃과 블랭킹, 동기화 및 다중 전송 기법을 정의한다. EBU Tech 3267 (625라인 신호), SMPTE 125M (병렬 525) 및 SMPTE 259M (직렬 525)의 정의를 반영한다.

재기스 (jaggies) - 대각선에 나타나는 계단 효과 앨리어싱을 의미하는 속어. 불충분한 필터링, Nyquist Theory에 위배되는 경우 및 잘못된 보간으로 인해 발생한다.

지터 (jitter) - 시간에 대해 원치 않는 무작위 신호 변동.

키잉 (keying) - 텔레비전 이미지의 부분을 다른 이미지의 비디오로 대체하는 프로세스. 예: 크로마 키잉 (chroma keying)과 삽입 키잉 (insert keying).

허용/비허용 (legal/illegal) - 사용 중인 형식에 해당하는 색역 안에 존재하면 허용되는 신호다. 허용되는 신호는 신호 채널의 형식에 대해 지정된 전압 제한값을 초과하지 않는다. 비허용 신호는 하나 이상의 채널에서 제한값을 초과하는 신호다. 신호가 허용되지만 유효하지 않다.

루마 (luma), 휘도 (Y) - 각 픽셀의 광도를 나타내는 비디오 신호. 흑백 카메라에서 제공하는 신호와 같다. Y는 흔히 R', G' 및 B' 신호의 가중치 합으로 생성된다.

MAC - Multiplexed Analog Component 비디오. MAC는 동축, 광섬유 또는 위성 채널과 같은 단일 전송 채널로의 컴포넌트 아날로그 비디오 시간 다중 전송을 의미한다. 흔히 시간 압축을 수행하기 위한 디지털 프로세스가 수반된다.

Microsecond (μ s) - 1,000,000분의 1초. 1×10^{-6} 또는 0.000001초.

모노크롬 신호 (monochrome signal) - "단일 색상" 비디오 신호. 보통은 흑백 신호를 의미하지만 컴포지트 또는 컴포넌트 컬러 신호의 휘도 부분을 나타내기도 한다.

MPEG - Motion pictures expert group. 압축된 동영상 및 오디오를 표준화하기 위해 설립된 국제 산업 전문가 그룹.

멀티 레이어 효과 - 다수의 비디오 이미지를 하나의 합성 이미지로 결합할 수 있도록 하는 합성 효과 시스템을 가리키는 일반적인 용어.

멀티플렉서 (mux) - 두 개 이상의 전기 신호를 단일 컴포지트 신호로 결합하는 장치.

나노초 (ns) - 1,000,000,000분의 1초. 1×10^{-9} 또는 0.000000001초.

중립색 (neutral color) - 컬러가 없는 검은색에서 흰색까지의 회색 범위. 이미지 중립 영역의 경우 'RGB' 신호가 모두 같아진다. 색차 형식에서는 색차 신호가 0이 된다.

NICAM (near instantaneous companded audio multiplex) - point-to-point 링크용으로 BBC에서 처음 개발한 디지털 오디오 코딩 시스템. 나중에 개발된 NICAM 728은 몇몇 유럽 국가에서 스테레오 디지털 오디오를 가정용 텔레비전 수신기로 제공하는 데 사용된다.

비선형 인코딩 (nonlinear encoding) - 매우 많은 양자화 레벨이 대형 신호 피크에 비해 매우 적은 작은 진폭 신호에 할당된다.

비선형성 (nonlinearity) - 신호 진폭의 기능 (function) 으로서 이득을 얻는 것

NRZ - Non return to zero. 극성에 반응하는 코딩 체계. 0 = 논리 낮음, 1 = 논리 높음.

NRZI - Non return to zero inverse. 극성에 반응하지 않는 데이터 코딩 시스템 체계. 0 = 논리 변환 없음, 1 = 하나의 논리 레벨에서 다른 레벨로의 전환.

NTSC (National Television Systems Committee) - NTSC 텔레비전 시스템 표준 제정 기관. 현재는 북미, 일본 및 남미 일부에서 주로 사용되는 미국 컬러 텔레캐스팅 (telecasting) 시스템을 정의한다.

Nyquist 샘플링 원리 - 연속 샘플 간 간격은 최고 주파수 기간의 1/2보다 작거나 같아야 한다.

직교 샘플링 (orthogonal sampling) - 각 라인의 샘플이 동일한 수평 위치 (동일한 시간) 에 놓여지도록 반복 비디오 신호 라인을 샘플링하는 기술.

PAL (Phase Alternate Line) - 버스트의 V 컴포넌트가 위상 내 하나의 라인에서 다음 라인으로 반전되어 컬러 전송 시 발생할 수 있는 색상 오류를 최소화하는 컬러 텔레비전 시스템의 이름.

병렬 케이블 (parallel cable) - 병렬 데이터를 전달하는 다중 전도체 케이블.

패치 패널 (patch panel) - 소스 및 대상의 소켓 패널과 상호 연결하기 위한 케이블을 사용하여 신호를 전달하는 수동적인 방법.

피크-투-피크 (peak-to-peak) - 전기 신호에서 양과 음의 최고 진폭 (피크) 간 진폭 (전압) 거리.

위상 왜곡 (phase distortion) - 다양한 임피던스 요소 (필터, 증폭기 및 전리층 변동 등) 를 통해 전달될 때 신호 안에서 다양한 주파수 컴포넌트의 동일하지 않은 지연 (위상 이동) 으로 인한 영상 결함. 이 화면 결함은 대비가 갑자기 변환하는 가장자리에서의 회절 링과 같이 "술 모양"으로 나타난다.

위상 오류 (phase error) - 다른 신호에 대한 신호의 상대적 타이밍이 잘못되어 발생하는 영상 결함.

위상 이동 (phase shift) - 다른 신호에 대한 신호의 상대적 타이밍 이동.

픽셀 또는 화소 (pixel) - 디지털 비디오 이미지에서 구분 및 분해 가능한 최소 영역. 화면의 한 점. 하나의 영상 샘플. picture element (화면 요소) 라는 단어에서 파생된 용어.

PRBS - 의사 무작위 이진 시퀀스 (Pseudo random binary sequence).

기본 색상 (primary color) - 일반적으로 세 가지 기본 색상을 결합하면 시스템 제한값 안에서 전체 범위의 다른 색상을 만들어낼 수 있다. 기본 색상 이외의 모든 색상은 두 개 이상의 기본 색상을 혼합한 것이다. 텔레비전에서 기본 색상은 적색, 녹색 및 청색으로 이루어진 특정 색 집합이다.

프로덕션 스위처 (production switcher) (비전 믹서) - 서로 비디오 영상 간에 전환할 수 있도록 하는 장치. 키잉 및 매칭 (합성)도 가능하다.

순차 주사 (progressive scanning) - 영상이 위에서부터 아래로 주사되며 캡처되는 주사 형식.

전파 지연 (propagation delay) (경로 길이) - 신호가 회로, 장비 부분 또는 케이블 길이까지 전달되는 데 소요되는 시간.

양자화 (quantization) - 연속 아날로그 입력을 이산 출력 레벨로 변환하는 프로세스.

양자화 잡음 (quantizing noise) - 양자화 프로세스로 인해 얻어지는 잡음 (원래 값 또는 수정된 값에서 파생되는 신호). 직렬 디지털에서 granular 형태의 잡음은 신호가 있을 때만 존재한다.

속도 변환 (rate conversion) - 1) 하나의 샘플링 속도를 다른 샘플링 속도로 변환하는 프로세스를 말한다. 컴포넌트 형식의 디지털 샘플링 속도는 13.5 MHz이다. 컴포지트 형식의 경우 NTSC는 14.3 MHz이며 PAL은 17.7 MHz이다. 2) 흔히 디지털 속도의 재샘플링 및 인코딩/디코딩을 나타내는 의미로 잘못 사용되고 있다.

Rec. 601 - ITU-R BT.601 참조.

재클럭킹 (reclocking) - 데이터를 재생성된 클럭으로 클럭킹하는 프로세스.

해상도 (resolution) - 비트 수 (4, 8, 10 등) 는 디지털 신호의 분해능을 나타낸다.

4비트 = 16 분해능

8비트 = 256 분해능

10비트 = 1024 분해능

8비트는 방송 TV에 사용할 수 있는 최소 비트다. RP 125 - SMPTE 125M 참조.

RGB, RGB 형식, RGB 시스템 - 신호가 각 기본 색상에 사용되는 기본 병렬 컴포넌트 집합 (적색, 녹색 및 청색). 또한 관련 장비, 상호 연결 형식 또는 표준을 가리킬 때도 사용된다. 이 신호는 SMPTE 상호 연결 표준에서 기계적 연결 순서를 나타내는 "GBR"로 불러지기도 한다.

상승 시간 (rise time) - 신호를 하나의 상태에서 다른 상태로 전환하는 데 소요되는 시간. 대체로 이 시간은 전환 시 10%와 90% 완료 지점 사이에 측정된다. 상승 시간이 보다 짧거나 "더 빠르면" 전송 채널에서 대역폭이 더 많이 필요하다.

라우팅 스위처 (routing switcher) - 입력에서 사용자 선택 출력으로 사용자 공급 신호 (오디오, 비디오 등) 를 전달하는 전자 장치.

샘플링 (sampling) - 측정 시 아날로그 신호를 캡처하는 (샘플링하는) 프로세스.

샘플링 주파수 (sampling frequency) - 지정된 기간 동안 측정된 이산 샘플링 측정값의 수. 흔히 비디오의 경우 MHz로 표현된다.

SAV - 컴포넌트 디지털 시스템에서 활성 비디오 시작 지점. 두 개 (EAV 및 SAV) 의 타이밍 참조 패킷 중 하나.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

주사 변환 (scan conversion) - 주사 형식을 다른 형식으로 변환하기 위해 비디오 신호를 재샘플링하는 프로세스.

범위 (scope) - 텔레비전 신호를 측정하는 데 사용되는 오실로스코프 (파형 모니터) 또는 벡터스코프 장치의 줄임말.

스크램블링 (scrambling) - 1) 직렬 디지털 신호와 관련된 저주파 패턴을 분해하기 위해 사전 정렬된 방식에 따라 디지털 데이터를 반전시키거나 데이터의 순서를 바꾸는 것. 2) 보다 나은 분광 분산을 생성하기 위해 디지털 신호를 뒤섞는다.

분할된 프레임 (segmented frame) - 영상이 순차 형식에서처럼 한 번 주사할 때 프레임으로 캡처되지만, 인터레이스된 형식에서처럼 짝수 라인이 하나의 필드로 전송되고 나서 홀수 라인이 다음 필드로 전송되는 주사 형식.

직렬 디지털 (serial digital) - 직렬 형태로 전송되는 디지털 정보. 흔히 비공식적으로는 직렬 디지털 텔레비전 신호를 나타내는 데 사용되기도 한다.

시리얼라이저 (serializer) - 병렬 디지털 정보를 직렬 디지털로 변환하는 장치.

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) - 텔레비전 및 영화 업계의 표준을 권장하는 전문 기관.

SMPTE 형식, SMPTE 표준 - 컴포넌트 텔레비전에서 이 용어는 병렬 컴포넌트 아날로그 비디오 상호 연결 SMPTE 표준을 가리킨다.

표준, 상호 연결 표준 (standard, interconnect standard) - 전압 레벨 등 특수한 유형의 장비에 대한 입/출력 요건을 기술한다. 일부 표준은 전문 그룹 또는 규제 기관 (SMPTE 또는 EBU) 에서 제정하였다. 다른 표준은 장비 업체 및 사용자가 결정한다.

정지화 축적 장치 (still store) - 비디오의 특정 프레임을 저장하기 위한 장치

동기화 (synchronous) - 수신 및 송신 끝 지점에서 비트 및 문자 스트림을 동기화된 클럭으로 정확히 전달하는 전송 절차. 직렬 디지털 비디오에서 동기화 수신기 샘플링 클럭은 수신 데이터 신호 전환으로부터 추출된다.

동기화 워드 (sync word) - 일반 데이터 비트 패턴과는 차별화된 동기화 비트패턴으로서, 텔레비전 신호에서 참조 지점을 식별하는 데 사용되며 직렬 수신기에서 워드 프레임링을 용이하게 하는 데 사용된다.

텔레비전 영화 (telecine) - 영화 필름을 비디오 신호로 변환하는 장치.

일시적 앨리어싱 (temporal aliasing) - 샘플링되는 이미지의 샘플링 속도가 너무 빠른 경우에 발생하는 가시적 결함. 뒤로 회전하는 것처럼 보이는 차의 바퀴를 예로 들 수 있다.

시간 축 교정 장치 (time base corrector, TBC) - 시간 축 오류를 교정하고 테이프 기계에서 비디오 출력 타이밍을 안정화하는 데 사용되는 장치.

TDM (time division multiplex) - 각 신호의 부분을 보낸 다음 특정 시간 블록에 각 부분을 할당하여 하나의 채널 상에서 다수의 신호를 관리하는 기술.

시간 다중화 (time-multiplex) - 디지털 비디오의 경우 세 개의 비디오 채널에서 데이터를 순서대로 인터리빙하여 함께 디코딩 및 사용될 수 있도록 하는 기술. 컴포넌트 디지털 형식에서는 순서가 Y, Cb, Y, Cr, Y, Cb 순이다. 이 경우 Y는 색차 채널 중 하나로서 전체 데이터 용량 (상세) 의 두 배이다. 보조 데이터는 비디오이외의 시간 중에 데이터 스트림으로 시간 다중화된다.

TRS - 합성 디지털 시스템 (4워드) 에서 타이밍 참조 신호. 컴포넌트 비디오의 경우 EAV 및 SAV는 타이밍 참조를 제공한다.

TRS-1D (timing reference signal identification) - 합성 디지털 시스템에서 타이밍을 유지할 때 사용되는 참조 신호. 길이는 4 워드다.

잘림 (truncation) - 디지털 시스템에서 낮은 유효 비트를 삭제하는 것.

유효 신호 (valid signal) - 유효 색역 안에서 모든 색상이 표현되는 비디오 신호. 유효 신호는 RGB 또는 다른 형식으로 변환될 때 허용 상태로 유지된다. 유효 신호는 항상 허용되지만 허용되는 신호라도 유효하지 않을 수 있다. 유효하지 않은 신호는 현재 형식에서는 문제 없이 처리되지만 신호를 새로운 형식으로 변환하는 경우 문제가 발생할 수 있다.

유효/유효하지 않은 (valid/invalid) - 유효 신호에는 두 가지 제한이 따른다. 유효 신호는 현재 형식에서 허용되어야 하며 다른 색상 신호 형식으로 올바르게 변환될 때 허용 상태로 유지되어야 한다.

VTR (video tape recorder) - 오디오 및 비디오 신호를 자기 테이프에 기록할 수 있도록 하는 장치.

파형 (waveform) - 전압 또는 전류와 시간의 관계를 그래픽으로 표현

워드 (word) - 바이트 참조.

Y, C1, C2 - 일반화된 CAV 신호 집합. Y는 휘도 신호, C1은 첫 번째 색차 신호, C2는 두 번째 색차 신호이다.

Y', C'b, C'r - 디지털 컴포넌트 형식에 사용되는 감마 보정된 색차 신호 집합.

Y, I, Q - 1953년에 NTSC 시스템용으로 지정된 CAV 신호 집합. Y는 휘도 신호, I는 첫 번째 색차 신호 및 Q는 두 번째 색차 신호이다.

Y, Pb, Pr - SMPTE 아날로그 컴포넌트 표준용으로 지정된 (Y R-Y B-Y) 의 버전.

Y, R-Y, B-Y - PAL 시스템은 물론, NTSC 시스템의 일부 합성 인코더 및 대부분의 합성 디코더에 사용되는 일반적인 CAV 신호 집합. Y는 휘도 신호, R-Y는 첫 번째 색차 신호, B-Y는 두 번째 색차 신호이다.

Y, U, V - PAL 시스템의 휘도 및 색차 컴포넌트. 때로는 변환 시 Y', P'b, P'r을 대신하여 부정확하게 사용되기도 한다.

표준 및 고화질 디지털 비디오 측정 가이드

▶ primer

감사의 말

이 책을 만드는 데 도움을 주신 다음 분들께 감사의 말을 전한다.

- ▶ David Fibush, Jeff Noah, Margaret Craig, Dan Baker, Ken Ainsworth, Lionel Durant, 그리고 훌륭한 비디오 기술을 개발하기 위해 많은 시간과 연구를 아끼지 않는 Tektronix의 모든 분들.
- ▶ 업계에 대한 명확한 지침을 제공하는 표준을 개발 하기위해 힘쓰시는 표준 위원회 회원 분들.
- ▶ 많은 가르침을 주신 엔지니어, 저자 및 출판사

저자 소개

Guy Lewis는 Baylor 및 Texas A&M Universities에서 물리학, 수학 및 통신을 공부했으며 텔레비전 방송국 최고 엔지니어로서 엔지니어링 텔레비전 그룹 이사를 역임했다. Lewis씨는 RCA의 방송 분야 엔지니어링, 판매 관리 및 제품 관리 부문에서 20년 동안 근무한 후 1987년에 Tektronix에 입사하였다. Lewis씨는 1999년 Tektronix를 퇴사했으며, Tektronix에서 Lewis씨는 텔레비전 파형 모니터링 및 베이스밴드 (baseband) 신호 생성 제품을 맡아 제품 마케팅 매니저로서 TV 테스트 업무를 담당했다.

Michael Waidson은 영국 캔터버리에 있는 University of Kent에서 통신 학위를 이수

했다. Waidson씨는 처음에 소비자 텔레비전 세트를 제조하는 전자 제조업체의 디지털 비디오 부서에서 고급 텔레비전 수신기 디자인 업무를 담당했다. 과거 12년 동안 Waidson씨는 유럽 및 미국의 텔레비전 방송 업계에서 근무했으며 현재는 Tektronix의 비디오 비즈니스 부서에서 애플리케이션 엔지니어로 근무하고 있다.

책임 한도

우리는 이 책 전체에 걸쳐 디지털 텔레비전의 작동 원리를 설명했습니다. 장비는 계속 향상되고, 뛰어난 엔지니어가 보다 우수하고 보다 경제적으로 텔레비전 시스템을 구현할 수 있는 새로운 기술을 개발할 것입니다. 높은 경제적 호환성을 유지하기 위해서는 개발 시 반드시 표준을 준수해야 합니다. 변화를 즐겁게 받아들이기 바랍니다.

이 책은 믿을 수 있는 참고 자료의 내용을 소개했습니다. 이는 독자들이 개별적으로 표준화된 다양한 형식을 보다 폭 넓게 이해할 수 있도록 하기 위한 것입니다. Tektronix와 저자는 이 정보의 정확성이나 완벽성을 보증하지 않으며 이 문서를 사용할 때 발생하는 오류 또는 누락을 책임지지 않습니다. 이와 같은 문제에 대해서는 특정 정보에 대한 업계 표준 조직에 문의하기 바랍니다.

동남아시아 국가 (65) 356-3900

호주 & 뉴질랜드 61 (2) 9888-0100

호주, 중부/동부 유럽,

그리스, 터키, 몰타 & 키프로스 +43 2236 8092 0

벨기에 +32 (2) 715 89 70

브라질 및 남아메리카 55 (11) 3741-8360

캐나다 1 (800) 661-5625

덴마크 +45 (44) 850 700

핀란드 +358 (9) 4783 400

프랑스 & 북아메리카 +33 1 69 86 81 81

독일 + 49 (221) 94 77 400

홍콩 (852) 2585-6688

인도 (91) 80-2275577

이탈리아 +39 (2) 25086 501

일본 (Sony/Tektronix Corporation) 81 (3) 3448-3111

멕시코, 중앙 아메리카 & 카리브해 52 (5) 666-6333

네덜란드 +31 23 56 95555

노르웨이 +47 22 07 07 00

중국 86 (10) 6235 1230

대한민국 82 (2) 528-5299

남아프리카 (27 11) 254 8360

스페인 & 포르투갈 +34 91 372 6000

스웨덴 +46 8 477 65 00

스위스 +41 (41) 729 36 40

대만 886 (2) 2722-9622

영국 & 아일랜드 +44 (0) 1344 392000

미국 1 (800) 426-2200

기타 지역, 문의: Tektronix, Inc. 전화: 1 (503) 627-1924

추가 정보

Tektronix는 최신 기술을 다루는 엔지니어에게 도움이 될 수 있는 다양하고 종합적인 애플리케이션 노트, 기술 개요 및 기타 참고 자료를 보유하고 있습니다.

Tektronix 웹 사이트 (www.tektronix.co.kr) 에서 "Resources For You"를 방문하십시오.

Copyright (c) 2004, Tektronix, Inc. All rights reserved. Tektronix products are covered by U.S. and foreign patents, issued and pending. Information in this publication supersedes that in all previously published material.

Specification and price change privileges reserved. TEKTRONIX and TEK are registered trademarks of Tektronix, Inc. All other trade names referenced are the service marks, trademarks or registered trademarks of their respective companies.

