

디지털 비디오의 시작 - 5

IP Video의 개요

향후 몇 년 동안 방송 산업계에 영향을 미칠 막대한 기술의 흐름에 대해 충분히 논의하지 않고 방송 산업의 새로운 뉴스를 읽는 것은 쉽지 않을 것이다. 사실 4K/UHD, HDR, HFR은 진화라고 간주될 수 있으나 비디오 워크플로우의 전체 IP 전환은 일종의 혁명이라고도 생각될 수 있다.

IP 전환은 모든 방송산업 전체에 걸쳐 콘텐츠 공급자, 방송 운영자, 프로듀서, 콘텐츠 배포자, 장비 업체들에 영향을 미칠 것이다. 이에 IP를 통한 Video 전송의 개념 및 방법들에 대해 알아보하고자 한다.

The Transition To IP Is Not New?



그림 1. SDI 케이블

비록 IP를 통한 Video가 새로운 기술로 보이나, 사실 비디오 배포 워크플로우 상에서의 ASI 인터페이스에서 IP로의 전환은 15년 전부터 시작되었고, 파일 기반의 워크플로우는 10년 전부터 IT 기술을 활용하여 전환할 수 있었다. 사실 프로덕션만이 SDI를 유지하며 사용하고 있고 변화를 준비 중인 마지막 단계라 할 수 있다.

Why do we still use SDI?

한 마디로 잘 쓰이고 있다. 아직까지 SDI 기술을 라이브 프로덕션에서 사용하고 있는 이유는 이미지 품질에 뛰어나며, 지터도 낮은 레벨을 유지하고 지연율도 방송에 적합하며 정확한 프레임 스위칭을 자랑하며 설치하기에도 용이하다. 그리고 SDI는 개방형이며, 재산권이 없으며, 전 세계 공용으로 지원하는 표준이다.

그렇다면 왜 IP인가? 추론할 수 있는 가장 일반적인 이유는 IT 기반 시설의 COTS(Commercially off the shelf : 기성품) 사용에 있다고 할 수 있다. 더욱이 IP 전환은 케이블링 가격을 줄이고 무게를 줄일 수 있는 장점을 제공할 수 있다. 그러나 아마 가장 큰 장점은 중앙집중/배포형의 프로덕션과 같은 새로운 워크플로우를 가능하게 해 줄 수 있는 강력한 라우팅의 유연성이라 할 수 있다. 차례로 이러한 새로운 워크플로우는 새로운 수익 창출과 함께 시청자에게 새로운 유형의 콘텐츠로 이어질 가능성이 높다. 그리고 또 다른 비디오 전송을 위한 IP 사용의 장점은 더 이상 포트의 수가 아니라 대역폭을 통한 확장성이라 할 수 있다.

What Are The Challenges of Using IP?

IP 기술은 지터, 지연, 그리고 패킷 손실, 비동기방식, 비대칭 구조 같은 몇 가지 과제를 불러온다. 그러나 방송환경을 위한 IP 기술은 사실 이러한 문제들은 극복할 수 있다. 비압축 신호 또는 가볍게 압축된 비디오 신호를 전송하는 것이 IP 기술에 있어서 가장 어려운 어플리케이션이라 종종 생각되었다. 하지만 사실 증권거래와 같은 응용분야에서 쓰이는 스위치는 250ns 이하의 지연율을 보이며 이는 약 1μs 정도의 타이밍 정확도를 가지는 IP 비디오 응용분야에 충분한 성능을 제공한다.

The Application of Standards

일반적으로 우리는 비디오 제작 워크플로우에서 IP를 통한 비디오(Video over IP)를 언급할 때 RTP를 통한 Baseband(SDI Signal) 비압축 또는 가볍게 압축된 비디오를 언급할 수 있다.

UDP(Universal Datagram Protocol) 대비 RTP의 사용의 장점은 RTP는 타임스탬프를 사용하여 패킷의 지연 변화를 측정하고, 시퀀스 넘버를 전송하여 패킷의 잘못된 순서, 손실을 상대적으로 직관적으로 검색할 수 있다. 라이브 프로덕션 환경에서의 IP를 통한 비디오 전송에 있어서 동기화와 타이밍의 고려는 매우 중요하다. 비동기 방식인 IP 기술의 장점은 동기화를 고려하지 않고 네트워크에 여러 타입의 서로 다른 트래픽이 전송될 수 있다. 그러나 방송은 다르다. 정확한 프레임 스위칭을 요구하는 방송 환경에서 동기화는 매우 중요하다.

필수적인 "젠락(Genlock)"을 제공하기 위해 정교한 타이밍 표준이 필요하며 IP와 Ethernet을 위한 PTP version2로 참조되는 IEEE 1588-2008 Precision Time Protocol이 사용된다. 이것은 특히 RTP 네트워크를 통한 비디오 전송을 위한 타이밍과 동기화를 위해 최근에 소개된 SMPTE PTP 스탠다드에 기초한다. - 두 파트 : SMPTE 2059-1, SMPTE 2059-2 마찬가지로 AES67 형식을 사용하여 RTP를 통해 오디오 전송 사용을 위한 AES67-2015 PTP도 있다.

SMPTE 2059 스탠다드 프로파일의 첫 번째 파트는 SMPTE Epoch(Date 1970-01-01 Time 00:00:00 TAI)에 대한 인터페이스 신호의 발생과 얼라인먼트를 참조하며 두 번째 파트는 전문 방송응용에서의 IEEE 15888 PTP 사용의 SMPTE 프로파일을 참조한다. SMPTE ST 2059-2는 어떠한 슬레이브가 네트워크에 연결 시 5초 이내에 동기화되고 슬레이브 간의 타임 정확도를 네트워크를 기반으로 1 micro second 이내로 유지시켜 주기 위해 디자인되었다.

한 가지 확실히 할 건 PTP는 실시간으로 네트워크상의 장치들을 동시에 동기화시켜 주기 위한 메커니즘을 제공하는 것이지 네트워크 자체를 동기화시키지는 않는다. (네트워크 자체를 동기화시켜 주는 것은 Synchronous Ethernet 즉 SyncE로 참조되는 기술이다.)

다시 IP를 통한 비디오 전송으로 돌아가서 얘기하면, 몇 가지 특정한 산업 표준과 특허권(특정 비디오 장비회사의 소유권이 있는)이 있는 방식이 있다.

SMPTE ST2022는 RTP/UDP를 통한 비압축 SDI Video, Embedded Audio 그리고 메타데이터의 전송을 위해 설계된 표준이다. 비록 SMPTE ST2022-6 표준은 AES67과 같이 오디오를 별도로 분리하여 보낼 수 있지만 페이로드는 전체의 SDI 데이터그램을 Constant Bitrate로 보내야 한다.

오디오는 별도의 흐름으로 분배될 때, 이 플로우의 비트율은 SMPTE ST 259M, 292M 또는 424M에 필요한 비트레이트 외에, 프로비저닝 되어야 한다.

Source IP Address	Dest IP Address	SMPTE RTP Headers	SDI Payload
-------------------	-----------------	-------------------	-------------

그림 2. SMPTE ST 2022-6 IP Packet Format : (Single IP Stream Can Carry Video, Audio and Metadata)

SMPTE ST 2022 규격은 여러 파트로 나누어져 있는데, SMPTE ST 2022-5는 FEC(Forward Error Correction) 방법을 정의하고 SMPTE ST 2022-7은 끊김 없는 프로텍션 스위칭 기술을 서술하고 있다.

SMPTE 2022-5 FEC는 비디오 데이터 패킷들의 에러를 정정하기 위한 행과 열에 여분의 FEC 패킷들을 생성한다. 에러 복구 기능을 위한 FEC 기능을 사용한다는 것은 사실 여분의 대역폭과 추가적으로 프로세싱이 더 소요되며 이는 수신기 측의 지연을 야기할 수도 있다.

SMPTE ST 2022-5 Row/Column FEC

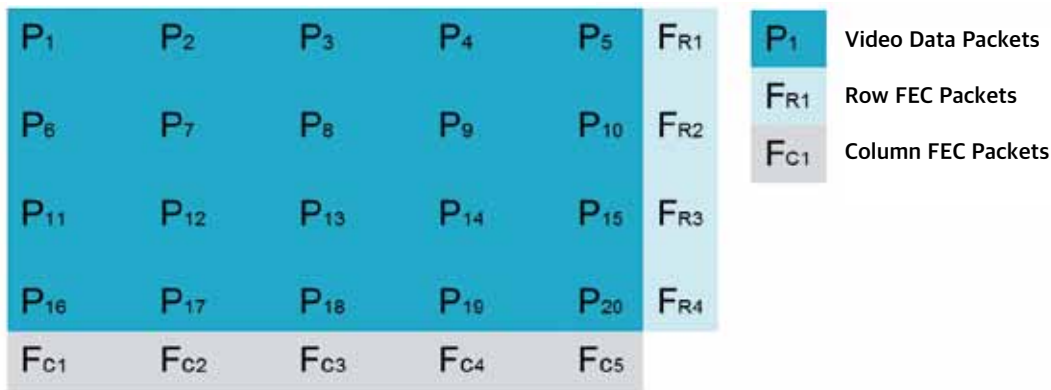


그림 3. SMPTE ST 2022-5

SMPTE 2022-7 IP 프로텍션 스위칭 기술은 IGMP 멀티캐스트에 의해 프레임 넘버를 사용하는 RTP 패킷들의 끊김 없는 스위칭 방법을 제공하며 네트워크 경로상에 전송 실패에 허용치를 증대시킨다. 끊김 없는(히트리스로 알려진) 스위칭 방법은 수신기가 무결점 아웃풋을 제공하기 위한 메인 또는 백업 스트림의 패킷들을 선택할 수 있다.

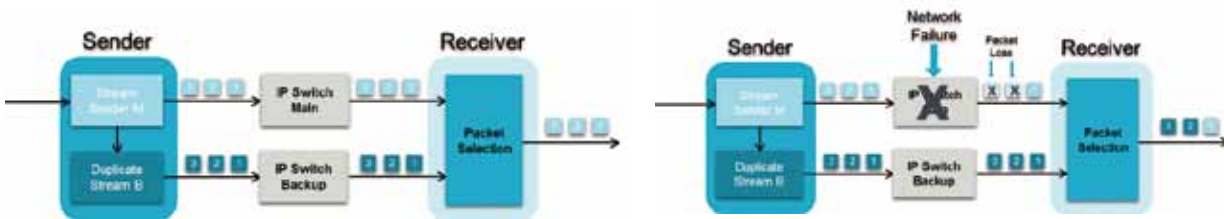


그림 4. SMPTE ST 2022-7 Seamless IP Protection Switching.

Source IP Address	Dest IP Address	RTP Header	Video Payload (RFC 4175)
Source IP Address	Dest IP Address	RTP Header	Audio Payload (AES67)
Source IP Address	Dest IP Address	RTP Header	ANC Metadata Payload (IETF Draft)

그림 5. VSF TR-03 IP Packet Formats. Dedicated IP Flows Carry Video, Audio and Metadata Essence

Source IP Address	Dest IP Address	MPEG-2 TS	Video Payload (SMPTE RDD 37)
Source IP Address	Dest IP Address	MPEG-2 TS	Audio Payload (SMPTE 302)
Source IP Address	Dest IP Address	MPEG-2 TS	Metadata Payload (SMPTE 2038)

그림 6. ASPEN IP Packet Formats. Dedicated IP Flows Carry Video, Audio and Metadata Essence over TS.

IP를 통한 비디오 전송의 2번째 방법은 VSF TR-03으로 명칭하는 Video Service Forum에서 정의되어 있다. 이 방법은 SMPTE 2022-6과 RTP/UDP를 사용하는 분리된 IP에 비디오, 오디오, 메타데이터를 각각 나누어 실어 보내는 방법이 다르다.

이 방법의 장점은 IP를 통한 비디오 SDI 전송에 있어서 오디오 없이 비디오만을 보내는 방법 등을 통하여 비효율적인 대역폭 낭비를 줄일 수 있다. SMPTE ST 2059-2 프로파일 역시 동기화를 위해 사용된다. 이와 관련된 TR-04 표준은 어떻게 TR-03 환경에서 SMPTE ST 2022-6 미디어 플로우와 상호 운용될 수 있는 방법을 정의한다. PTP 동기화는 SMPTE ST 2059-2와 호환성을 제공하여 지원된다.

또 다른 IP를 통한 비디오 전송으로 Evertz ASPEN(RDD 37으로 SMPTE에 제출) 포맷이 있다.

TR-03과 분리된 IP 플로우를 통해 비디오, 오디오, 메타데이터를 따로 보내는 점과 같이 몇 가지 비슷한 점이 있다. 그러나 ASPEN의 경우 이 각각의 비디오, 오디오, 메타데이터의 요소들은 RTP/UDP를 통해 MPEG-2 전송스트림(Transport Stream : TS)으로 보낸다. PTP 동기화는 SMPTE ST 2059-2와 호환성을 제공하여 지원된다.

12G into 10G Won't Go - Light Compression

가장 보편화된 10GigE Ethernet 인터페이스를 사용하여 4K/UHD 환경을 구축할 경우 현실적으로 12Gbps의 대역을 하나의 10GigE 인터페이스에 전송하기에는 무리가 있기 때문에 가벼운 압축(Light Compression) 방법을 고려할 수 있다. 비록 10-bit High Dynamic Range(HDR) 비트레이트에 최소한의 영향을 미친다고 하지만 만일 약 20%의 대역폭의 상승을 불러일으키는 12-bit HDR의 경우엔 어떻게 할 것인가? 그리고 High Frame Rate(100/120fps) 사용에 있어서도 10GigE 네트워크 환경에서는 가벼운 압축을 필요로 한다.

모든 압축 방법은 일종의 지연, 압축률 그리고 화질 간의 일종의 거래(Trade off)이다. 라이브 프로덕션 어플리케이션에서는 4:1 정도의 저 레벨 압축이 요구되며 저 지연 및 고화질이 우선시 된다.

블록 변형 코덱(MPEG-2, H.264, HEVC etc)은 높은 수준의 변환의 복잡성과 지연에서 높은 압축률을 제공한다. Wavelet 기반의 코덱은 고화질과 무손실 압축 어플리케이션을 위해 낮은 수준의 압축률을 제공할 수 있지만 너무 낮은 수준의 복잡성은 지연을 유발시킬 수 있다.

프로덕션 어플리케이션을 위해 3가지 압축 방법이 일반적으로 제안되고 있으며 이는 간단하고 가벼운 가중치를 둔 Wavelet 압축 알고리즘을 사용한다. 소니 사의 Low Latency Video Codec - LLVC(SMPTE RDD34로 제안), Intopix Tiny Codec인 TICO(SMPTE RDD35로 제안) 그리고 BBC 리서치가 개발했으며 Dirac Pro로 알려진 VC-2(SMPTE2042)가 있다.

이 모든 Wavelet Codec들은 인트라 코딩 방식이며 고화질 비디오 및 저 레벨 압축 및 저 지연을 제공하기 위해 개발되었다. 

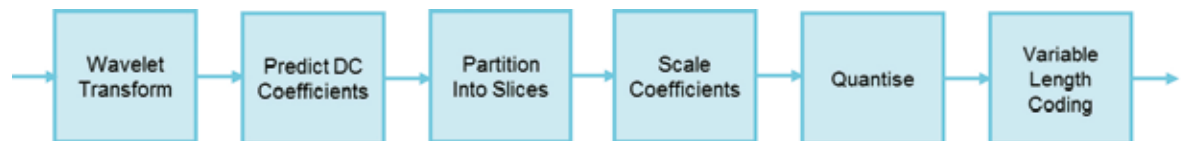


그림 7. VC-2 Signal Processing Chain.