

Video over IP 실현을 위한 TICO 압축에 대하여

윤현동 삼아디엠에스(주) 이사

UHD 방송의 실현을 위한 다양한 기술적 접근 중에서 가장 많이 논의되고 있는 것 중에 하나가 영상 신호의 전송에 관한 부분입니다. 4096×2160에 해당하는 신호를 초당 60프레임으로 형성하기 위해서는 12Gbps의 대역이 필요하며, 기존에 사용 중인 1080P 영상의 3.0Gbps 신호에 비하여 4배 정도의 대역이 필요합니다.

12Gbps 신호를 영상 제작에서 사용하기 위한 방안으로는 동축케이블을 이용하는 12G SDI 방식과 IP 네트워크를 이용하는 방식으로 구별되고 있으며, 각각의 방식은 나름 데로의 장단점을 보유하고 있습니다.

동축케이블을 이용한 12G SDI 신호 송수신에 비하여 다양한 포맷을 수용할 수 있으며 보다 우수한 발전 지향성을 보유하는 IP 네트워크를 이용한 방식이 미래 지향적이어서 좋다고 평가할 수 있으나 현실적으로 극복하여야 하는 몇 가지 난관을 보유하고 있는 상황입니다.

4K/UHD 영상 신호의 전송을 위한 다양한 VoIP 기술들이 출시되고 있는 상황이며 가장 많이 논의되고 있는 TICO 방식에 대하여 살펴해보도록 하겠습니다.

Video over IP 기술의 당위성

12G SDI 신호를 동축케이블로 구성하는 것에 대하여 IT 기반의 IP 기술을 사용하여 구축하는 것이 보다 발전 지향적인 이유를 들자면 다음과 같습니다.

다양한 포맷 변화에 대한 유동성 확보

기존의 방송 시설은 SD, HD 등의 포맷 변화에 맞추어서 기간 시설들을 교체하여야 하는 불편함이 있었습니다. 그러나 IT 기술의 도입은 포맷의 변화에도 기간 시설을 더 이상 바꾸지 않고 사용이 가능합니다.

장거리 전송의 편리성

최신 출시되고 있는 4K UHD 전용 동축케이블의 규격은 최대 사용 거리가 100m를 넘지 못하며 현장에서의 구축 거리는 70m 미만일 것으로 추정됩니다. 그러나 IP 기술을 기반으로 한 IP 방식은 장거리 시설 구축에 매우 유리합니다.

여러 신호의 통합 전송 및 양방향 전송 가능

동축케이블의 연결 구성은 단일 방향의 신호 전송만이 가능합니다. 그러나 IP 기반의 시설은 양방향 전송이 가능하게 되므로 시설

구축이 편리합니다. 또한 하나의 케이블에 여러 신호의 통합 전송이 가능하게 됨으로써 대역폭이 충분하다면 여러 신호들을 동시에 송수신이 가능하게 됩니다.

기존 다양한 IT 분야에서 검증된 안정성 및 경제성

IT 기술은 이미 국방, 금융 및 정보처리 등에서 이미 국제적으로 안정성이 검증된 기술 분야입니다. 또한 기술의 발전 속도가 매우 빨라서 단위 대역폭 당의 가격이 급속하게 떨어지고 있고, 충분한 경제성 확보가 가능할 것으로 예상되고 있습니다.

기존에 이미 다양한 방식으로 방송 시설에서도 네트워크 기반의 워크플로우가 구성되어 있으나 제한적인 분야에서 사용되고 있습니다. 1080i 신호나 1080P 신호를 전송하기 위하여 이미 10Gb 네트워크들을 사용하여 신호 전송에 사용하고 있으나 10Gb 네트워크를 통하여 12GB의 신호를 전송할 수는 없는 상황이라 40Gb 네트워크를 사용하여야 하지만 경제성이 매우 떨어져서 현실화하기가 불편한 상황입니다.

TICO의 필요성

4K/UHD 신호를 전송하기 위하여는 최소 12Gbps 이상의 대역폭이 필요합니다. 통상적으로 상용화된 광대역 네트워크는 10Gbps와 40Gbps이며 40Gbps의 네트워크를 사용하면 4K UHD 신호를 전송하기에 충분하기는 하지만 경제성이 매우 떨어져서 일반 단말 장비에 적용하기가 어렵습니다. 따라서 SMPTE-2022-5/6 규격으로 생성된 최종 신호들을 약간의 압축을 실행하여 전송하며 수신단에서 다시 압축을 풀어서 사용하는 방안이 4K/UHD 송수신에서 가장 유력한 방식으로 각광받고 있습니다. 12Gbps의 신호로 형성된 SMPTE 2022-5/6 기반의 신호를 압축하여 10Gb 네트워크를 사용하여 구현한다면 경제성을 확보함과 동시에 다양한 IT 기술의 장점들을 구현할 수 있기 때문에 대부분의 방송 장비 제작사들에서 추가적인 압축 기술을 4K UHD 장비에 접목하고 있습니다.

TICO 압축 방식은 약 4:1 정도의 압축을 실행한 뒤, 단일 4K UHD 신호를 약 3Gbps 정도의 신호로 형성하여 10Gb 네트워크에 3개의 4K UHD 신호를 양방향으로 송수신하게 됩니다. 이러한 추가적인 압축 기술의 접목에서는 압축과정에서 발생하는 신호의 지연 시간과 신호 손실에 대한 충분한 검증이 필요하며, 라이브 방송 제작환경에서 사용 가능한 심호 품질과 고정형 지연시간을 구현하여야만 합니다.

TICO 압축에서는 대상 영상 신호를 4 픽셀 라인 정도의 단위로 압축하여 전송하는 방식을 사용하기 때문에 프레임 단위의 기존 압축 기술에 비하여 영상 압축과정의 지연 시간을 최소화함과 동시에 항상 고정 지연 시간을 유지하여 방송 제작과정에서 시설 구축에 매우 유리합니다.

통상적인 제작 과정에서는 여러 단계의 장비를 통하여 신호처리를 수행하기 때문에 고정형 지연 시간과 함께 여러 단계의 최종 지연 시간의 합산이 라이브 방송 환경에서 사용 가능한 수준이어야 하며, TICO 압축 기술은 매우 짧은 지연 시간으로 인하여 영상 제작 환경에서 실시간 제작이 가능하게끔 지원합니다.

방송 장비 제작사들의 동향

현재 방송 장비 제작사들의 4K UHD 장비들의 동향을 살펴보면, 크게 3가지 정도의 추가적인 압축 기술을 사용하여 VoIP 기술을 접목하고 있습니다. SONY 사의 경우는 LLVC라는 기술을 사용하여 12Gbps 신호를 약 4:1 정도로 압축하여 송수신하는 방식을 채택하고 있으며 Evertz 사에서는 JPEG2K를 이용한 압축을 진행하고 있습니다. Grass Valley 사와 Imagine 사에서는 TICO 압축 방식을 사용한 제품들을 준비하고 있습니다.

그중에서도 TICO를 채택한 여러 제작사들은 TICO Alliance 라는 연합체를 NAB 2015를 기점으로 발족하여 기술을 공유하고 있으며, 자체적인 압축 기술의 개발보다는 이미 검증된 intoPIX 사의 TICO 기술 제품에 접목하고 있습니다.



[그림 1] TICO Alliance

TICO압축 방식의 장점

TICO 압축 방식은 무손실에 가까운 4:1 압축을 실행하여 다단계의 Compression과 De-Compression 과정에서의 신호 손실을 최소화하였습니다. 또한 4K UHD 및 8K UHD 방송 포맷에서도 편리하게 구현할 수 있습니다.

마이크로 초 단위의 고정 지연 시간 구현

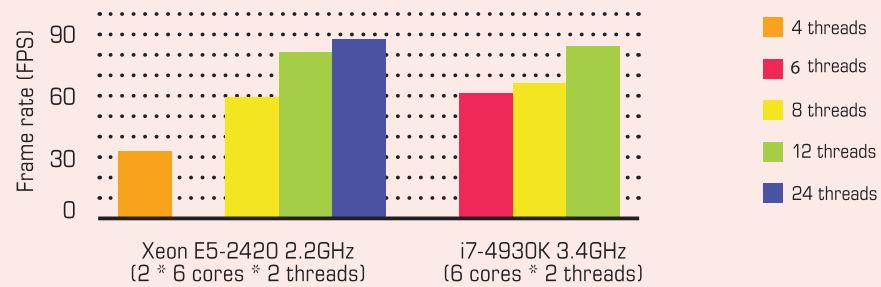
TICO 압축 방식은 사용자가 영상의 압축 과정에서 몇 개의 픽셀 주사선 들을 단위 압축으로 지정하도록 설정할 수 있습니다. 하나의 압축 단위를 IP 기반의 패킷으로 전송함으로써 전송 손실 및 지연 시간을 최소화합니다. 통상적으로 4개의 픽셀 주사선을 압축하는 것이 보통이며, 대상 라인의 증가는 압축 과정에서 전체적인 영상 신호 압축의 지연 시간과 직접적으로 관련됩니다. 제작사의 특성에 따라서 4개에서 8개 정도의 픽셀 주사선 단위로 압축할 것으로 예상되며 마이크로 초 단위의 지연 시간이 발생합니다. 따라서 픽셀 라인 단위의 압축을 실행함으로써 다단계의 압축과 추출 과정에서도 최소의 지연 시간을 구현하여 라이브 제작에서의 활용성이 좋습니다.

CPU에서의 실시간 프로세싱 구현

TICO 압축기술의 원천 기술 보유사인 intoPIX에서는 별도의 추가 하드웨어 없이 제품들의 프로그램 실행만으로 CPU를 이용하여 구현할 수 있는 코덱과 SDK를 제공하고 있습니다. CPU를 탑재하여 개발되는 장비들의 경우 별도의 FPGA나 ASIC 부품을 사용하지 않고 해당 CPU에서 소프트웨어의 구동만으로 TICO 압축을 실행할 수 있으며 아래의 도표와 같은 성능을 제공할 수 있습니다.

	Software implementation
Image features	- Color modes : 422 and 444, RGB, YCbCr, XYZ. - Bit Depth : 8, 10 or 12. - Resolutions : Any up to 8K (8192 x 8192). - Frame Rates : Depending on CPU performance.
Compression	(Sub) Intra-frame. - Designed for real-time operation in CPU (no overflow or underflow). - Allows high speed parallel processing in a multiprocessor environment. - Latency - About 1 frame. - Slice support : Support partial update of compressed frame buffers via compressed data, using slices.
Quality and Bit Rate Control	- Adjustable compression rate for Lossy/Visually lossless/Math. lossless. - CBR (constant bit rate) operation (optional capped VBR mode).
SDK environment requirements	- OS : Microsoft Windows 7/8 or newer - CPU : Intel-compatible CPU (SSE4.1 or newer).

4K UHD Decoding Performance of IPX-TICO1-SDK (3840x 2160 - 4:2:2 -10 bpp compression)



[그림 2] 소프트웨어와 SDK를 이용한 TICO 구현

FPGA를 활용한 TICO 코덱 구현

프로그램만으로 TICO 코덱은 해당 제품에서 보유하고 있는 CPU의 성능에 따라서 지연 시간이 발생할 수 있는 단점이 있을 수 있습니다. 따라서 주요 라이브 제작에 필요한 방송 장비들은 내장된 FPGA나 ASIC 부품에서 실행할 것으로 예상됩니다.

TICO 압축을 실행하기 위한 하드웨어의 구성에서는 FPGA나 ASIC 내부에 있는 작은 메모리의 사용만으로 구현이 가능하며 버퍼링하고 자 하는 픽셀 라인이 작을수록 필요로 하는 메모리의 용량이 작으므로 별도의 외부 메모리를 필요로 하지 않습니다. 따라서 매우 경제적으로 하드웨어의 구성이 가능할 것으로 판단됩니다.

FPGA 생산 업체인 ALTERA사와 XILINK사에서는 각각 TICO 압축을 구현할 수 있는 FPGA에 대한 제품을 출시하고 있으며, Altera Cyclone FPGA와 Xilinx Artix-7 / Spartan-6 등의 최소사양 FPGA에서 TICO 압축을 지원합니다.

FPGA implementation	
Image features	- Color modes: 422 and 444, RGB, YCbCr, XYZ. - Bit Depth: 8, 10 or 12. - Resolutions: Any up to 8K (8192 x 8192). - Frame Rates: Any (depending on intoPIX IP-core configuration).
Compression	(Sub) Intra-frame. - Real-time operation guaranteed (no overflow or underflow). - Fixed latency - Selectable from 1 to X lines.
Quality and Bit Rate Control	- Adjustable compression rate for Lossy/Visually lossless/Math. lossless. - CBR (constant bit rate) operation (optional capped VBR mode).
FPGA	- Low cost implementation in any Altera FPGAs: very low FPGA logic and internal RAM usage. - Encoder and decoder have approximately the same complexity.

FPGA기반의 TICO 코덱은 아래의 표와 같은 성능을 보유합니다.

	IP-core Reference #	Visually Lossless with 444 8bit (in bpp*)	Visually Lossless with 422 10bit (in bpp)	Max FPS	Max Resolution	Max Buffering	Quality Profile Support **	Availability
HD	IPX-Tico1-HD-Enc	max 6bpp (4:1)	max 5bpp (4:1)	60	HD	4 lines	1	NOW
	IPX-Tico1-HD-Dec	max 6bpp (4:1)	max 5bpp (4:1)	60	HD	4 lines	1	NOW
	IPX-Tico2-HD-Enc	max 6bpp (4:1)	max 5bpp (4:1)	60	HD	16 lines	2	2015
	IPX-Tico2-HD-Dec	max 6bpp (4:1)	max 5bpp (4:1)	60	HD	16 lines	2	2015
UHD/4K	IPX-Tico1-UHD/4K-Enc	max 6bpp (4:1)	max 5bpp (4:1)	60	4K UHD1	4 lines	1	NOW
	IPX-Tico1-UHD/4K-Dec	max 6bpp (4:1)	max 5bpp (4:1)	60	4K UHD1	4 lines	1	NOW
	IPX-Tico2-UHD/4K-Enc	max 6bpp (4:1)	max 5bpp (4:1)	60	4K UHD1	16 lines	2	2015
	IPX-Tico2-UHD/4K-Dec	max 6bpp (4:1)	max 5bpp (4:1)	60	4K UHD1	16 lines	2	2015
MLS	IPX-Tico-MLS-Enc	Lossless (1.2:1 to 1.8:1)	Lossless (1.2:1 to 1.8:1)	60	4K UHD1	4 lines	Math. Lossless	NOW
	IPX-Tico-MLS-Dec	Lossless (1.2:1 to 1.8:1)	Lossless (1.2:1 to 1.8:1)	60	4K UHD1	4 lines	Math. Lossless	NOW

* bpp = bit per pixel. Example: a 444 8 bit picture equals to 24 bit per pixel (bpp). Compressed at 12bpp, it is equivalent to 2:1 compression.
 ** At 4:1, Profile 2 provides better quality than Profile 1 at short viewing distance (< 60 pixels per degree).

[그림 3] FPGA를 이용한 TICO 구현

TICO 코덱의 현황

TICO 코덱의 활용을 통하여 제한된 네트워크의 대역폭 안에서 보다 많은 신호들을 송수신할 수 있는 대역폭을 확보할 수 있습니다. 이러한 추가적인 대역폭은 HD 및 4K UHD 방송뿐만 아니라 향후 8K UHD에서도 활용이 가능하며, 구간별 네트워크 시설의 축소 등을 통하여 보다 경제적이 시설 구축이 가능하게 합니다. 적용 대상의 방송 장비들로는 카메라, 미디어 서버, 프로덕션 스위처, 라우터 및 멀티뷰어 등의 모니터링 장비들이 주요 대상이며, 거의 대부분의 방송 장비에서 사용될 것으로 예상됩니다.

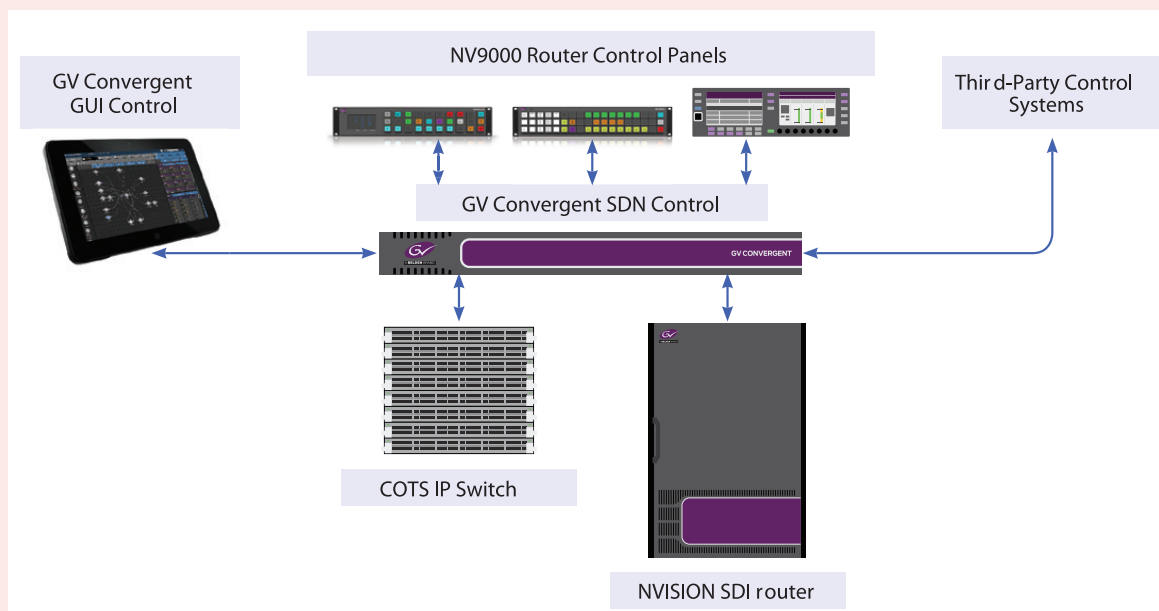
현재의 TICO 코덱은 Quality Profile 1을 지원하고 있으며 2015년 3사분기에는 Quality Profile 2를 지원하여 보다 우수한 품질의 UHD 영상 전송이 가능할 예정입니다. Quality Profile은 사용자가 제품별로 선택하여 사용할 수 있는 가변성을 제공하게 되며, 방송사의 특성에 맞추어서 설정이 가능하도록 사용자 편리성을 극대화하게 됩니다.

VoIP를 활용한 제작

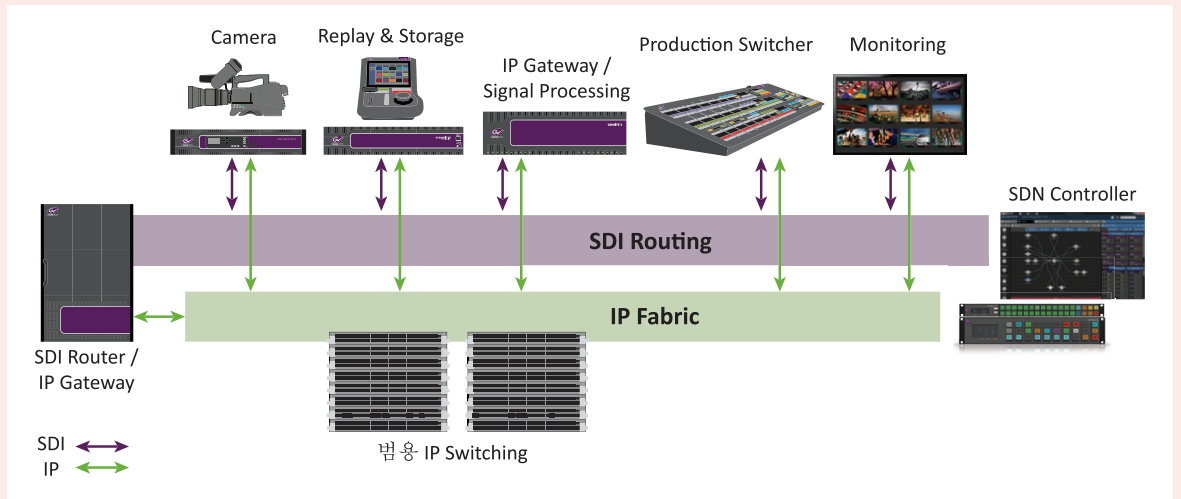
IT 기반의 VoIP 기술을 사용하여 시스템을 구축하는 경우, 가장 많은 관심사가 과연 네트워크 스위치에서 Frame Accuracy를 확보한 스위칭과 트래픽 관리가 기존의 SDI 기반의 라우터와 같은 정확성을 확보할 수 있는가라는 부분입니다. 영상의 송수신 부분에 SDI와 IP를 변환해주는 모듈을 사용하는 경우 라우터의 내부에서는 SDI로 신호 처리를 하게 됨으로써 기존의 SDI에서와 동일한 성능을 보장할 수 있습니다. 그러나 IP 신호를 직접 네트워크 스위치에 연결하여 다른 IP 장비로 이동하는 경우는 기존의 네트워크 스위치에서는 프레임 정확도에 영향을 미칠 수도 있습니다.

이러한 네트워크 스위치 사용에서의 부정확한 프레임 스위칭과 트래픽 관리 및 QoS 실현을 위하여 필요한 부분이 SDN(Software Define Network) 기술입니다. SDN 기술은 통상적인 네트워크 스위치에서의 스위칭 부분과 관리 부분을 분리하여 진행할 수 있도록 한 기술이며 이를 통하여 네트워크 스위치를 이용하면서도 프레임 정확도 및 QoS의 실현이 가능하게 됩니다.

Grass Valley에서는 GV Convergent 라는 SDN 기반의 제어 시스템을 출시하여 IP 라우터와 기존의 SDI 라우터를 함께 제어할 수 있도록 하였습니다. IP 입출력의 관리라는 거부감을 없애기 위하여 제어 단말들은 기존의 SDI 라우터 컨트롤러와 동일한 제품들을 사용합니다. 또한 IP 시설의 편리한 관리를 위하여 다양한 형태의 모니터링 및 제어 솔루션을 제공합니다.



[그림 4] GV Convergent SDN 워크플로우



[그림 5] SDI/IP 워크플로우

기존의 시설에 IP를 적용하게 과정에서 과도기적 단계에서는 SDI 입출력 신호를 같이 사용하게 되지만 궁극적으로는 SDI에 해당하는 부분의 입출력과 라우터 부분은 점차적으로 제거되게 됩니다

Grass Valley의 IP 솔루션 - “Glass to Glass”

Grass Valley는 VoIP 솔루션 공급의 선두 주자로서 카메라의 렌즈에서부터 모니터까지의 모든 제품에 IP 솔루션을 제공한다는 “Glass to Glass”라는 슬로건을 필두로 대부분의 주요 장비에서 SMPTE-2022-6와 TICO 코덱을 통한 IP 솔루션을 제공합니다.



IP 기반의 카메라 베이스 스테이션

LDX 86 시리즈의 6배속과 4K UHD 시스템은 XCU HD/4K XF IP 베이스 스테이션을 제공하여 SDI 입출력과 IP 입출력을 동시에 제공합니다.



SDN IP/SDI 제어기

GV Convergent 시스템은 SDN 기술을 바탕으로 IP 스위치의 제어와 SDI 라우터를 동시에 제어하며 다양한 GUI를 통한 모니터링을 제공합니다.



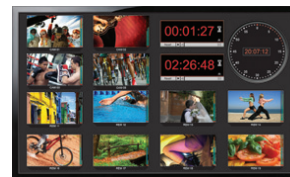
IP/SDI 게이트웨이

IPS 3901 양방향 SDI/IP(SMPTE 2022-6) 게이트웨이는 Densite 모듈러 시스템의 일부로써 IP와 SDI 신호들의 혼용 시스템 구성을 최적화 합니다.



라우터 IP/SDI 게이트웨이

NVISION 8500 IP 게이트웨이는 기존 사용하는 SDI 라우터에 IP 입출력 기능을 추가로 제공하여 외부의 IP 장비들과의 연동을 구현합니다.



멀티뷰 시스템

Kaleido 멀티뷰 시스템은 IP 입출력을 제공하는 Kaleido-X 시리즈를 출시하였습니다.



K2 Summit 서버 시스템

K2 Summit 4K UHD 서버 시스템은 SDI 입출력과 동시에 IP 입출력을 제공하여 모든 제작 과정에서 사용이 가능합니다.



프로덕션 스위처

Karrera / Kayenne 스위처 시스템은 기존의 SDI 입출력 카드와는 별도로 IP 입출력을 제공하는 카드를 출시합니다. 하나의 IP카드는 16개의 IP 입출력을 양 방향으로 제공합니다.

[그림 6] Grass Valley IP 솔루션 장비들