

## KBS ALL-IP 기반 UHD LIVE 방송시스템

\*신종섭, 고우종, 이승호, 김철환, 김봉성, 최무경, 송재호, 고용석, 이돈일, 최민영, 이재관, 최종철, 황인주, 조승완, 김병우, 박호철, 우덕준, 박인수, 김진홍, 홍석명, 김성태, 김해중, 조형준, 신현욱, 유경호, 이문식, 함정완  
\*한국방송공사

## KBS ALL-IP based UHD LIVE Broadcasting System

\*Shin Jongseob, Koh Ujong, Lee SeungHo, Kim Chulhwan, Kim Bongseong, Choi Mugyeong, Song Jaeho, Ko Yongseok, Lee Donil, Choi Minyeong, Lee Jaegwan, Choi Jongcheol, Hwang Inju, Cho Seungwan, Kim Byeongu, Park Hocheol, Woo Deokjun, Park Insu, Kim Jinhong, Hong Seokmyeong, Kim Seongtae, Kim Haejung, Cho Hyeongjun, Shin Hyeonuk, Yu Gyeongho, Lee Munsik, Ham Jeongwan  
\*Korean Broadcasting System

### 요약

KBS는 차세대 방식인 IP전송 기술을 UHD방송에 적용하기로 결정하고 2017년 9월부터 2018년 3월까지 약 7개월에 걸쳐 ALL-IP UHD부조정실 구축을 완료했다. 이후 약 3개월간의 시물레이션 기간을 거쳐, 현재 KBS 1TV ‘아침마당’과 ‘무엇이든 물어보세요’ 를 생방송으로 제작하고 있고 KBS 2TV ‘그녀들의 여유만만’을 녹화 제작하고 있다. 본 논문은 UHD비디오신호와 오디오신호를 ALL-IP로 전송하기 위해 참조한 표준기술과 각 파트별 구축 세부내용을 소개한다. 또한 향후 지속적으로 발전할 IP제작 시스템에 대해 효율적인 계획과 대응을 할 수 있도록 구축사례에 대한 경험을 결론으로 논한다.

### 1. UHD ALL-IP 멀티부조정실 구축 개요

KBS는 1TV와 2TV, 2개의 매체를 가지고 있기 때문에 UHD의 무편성 시간이 타 방송사 보다 길다. 때문에 시간과 비용이 많이 드는 후반제작 보다는 비교적 포맷의 변화가 적고 생방송으로 바로 송출할 수 있는 부조정실을 만드는 것을 목표로 하였다. 최종 사업 목표는 첫째 2개 이상의 데일리 생방송과 녹화 제작이 가능하고, 둘째 UHD와 HD 동시 제작이 가능하도록 하는 것이었다. 이러한 편성이 가능하려면 최소 3개 이상의 부조정실과 제작 스튜디오를 구축해야 했는데, 초기 투자비용 절감과 IP구축방식의 장점을 살려 기존의 1:1구조가 아닌 하나의 부조정실(M)에서 다수의 스튜디오(N)를 운용할 수 있도록 M:N구조로 설계하였다. 그리고 IP로 변환된 신호를 통합 운영할 수 있는 데이터센터를 만들어 멀티캐스트 방식으로 공유하도록 하였다.



<IP-UHD멀티부조정실 구축 컨셉>

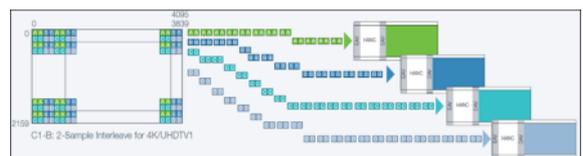
### 2. UHD ALL-IP 멀티부조정실 구축 표준기술

#### ■ 비디오 Reference

영상기술표준은 SMPTE ST 425-5(Quad Link SDI)와 SMPTE ST 2022-6(VoIP)를 혼용하여 사용하였다. 당시 IP 입/출력을 지원하는 소스단 장비가 많지 않아서 Quad-SDI를 VoIP(Video over IP)로 변환하는 IP Gateway를 사용하였다. ST 425-5표준은 최대 12Gbps의 단일 이미지를 4개의 3G Quad-SDI링크를 이용하여 전송하는 방식으로 SQD방식과 2SI방식이 있다.

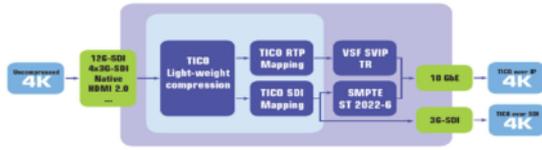


<Square Division>



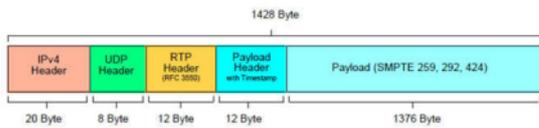
<2 Sample Interleave>

KBS는 12G의 Quad-SDI(2SI)를 TICO포맷으로 압축하고 ST 2022-6으로 VoIP전송을 하였다. TICO압축은 FPGA칩셋을 이용하여 3G(4:1)압축을 지원하고 손실을 최소화 할 수 있으며 10G 네트워크로 전송이 가능하여 4K 비압축 표준화가 진행 중인 상황에서 선택할 수 있는 실질적인 방안이다.



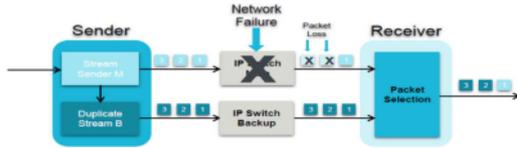
<TICO(Tiny Codec)>

SMPTE ST 2022-6는 VoIP를 전송하는 표준으로 총 1428byte로 구성되어 52byte는 헤더정보를 1376byte는 4개의 3G-SDI데이터를 Payload로 패킷화하여 UTP방식으로 전송한다.



<SMPTE ST 2022-6>

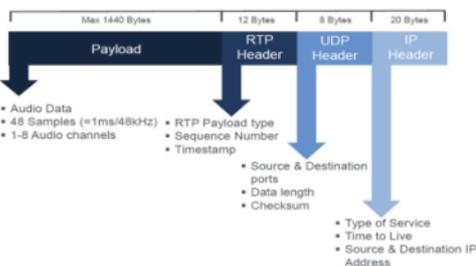
Fail Over표준은 SMPTE ST 2022-7표준을 이용하였다. 이는 하나의 네트워크 회선에 문제가 생길 시 끊김 없이 자동 절체를 해주는 IP전송 표준이다.



<SMPTE ST 2022-7>

■ 오디오 Reference

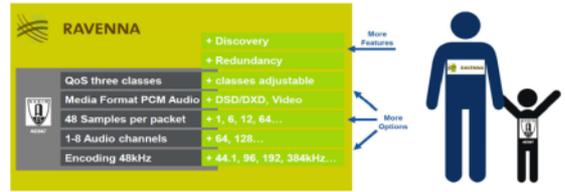
음성기술표준은 AES/EBU와 AoIP표준인 Ravenna/AES67을 이용하였다. AES67은 비디오신호(VoIP)와의 Muxing/De-Muxing관계로 비디오장비에서 지원하는 24bit, 48kHz와 Stream당 8채널을 사용하였다. AES67의 Payload는 1440byte이고 RTP(Real-Time Transport Protocol)헤더를 포함하여 UTP방식으로 전송한다. Synchronization은 PTP를 지원한다.



<AES-67 Packet>

Ravenna는 AES67의 확장 개념이다. 특징으로는 다양한 Sample Rate를 지원하고 스트림 당 전송 가능한 채널이 최대 128채널까지 확

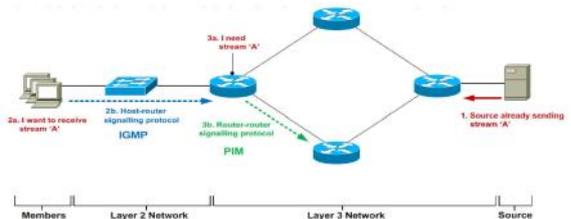
장이 가능하다.



<Ravenna>

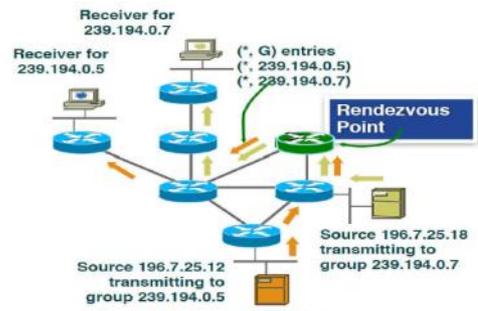
■ 네트워크 Reference

기존의 SDI라우터와 분배기를 대신해 네트워크 스위치를 사용하였으며 멀티캐스트 방식을 이용하여 신호를 공유하고 필요한 장비로 전송하였다. 동일 네트워크에서는 IGMP Ver.2기술을 사용하여 Query와 Join메시지를 상호 교환하여 멀티캐스트 그룹을 관리하고, 타 네트워크에서는 PIM기술을 사용하여 구현하였다.



<Multicast Service Model>

PIM-SM(Protocol Independent Multicast - Sparse Mode)은 Unicast라우팅에 프로토콜과 관계없이 동작하는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이다. 특징으로는 중앙에 RP(Rendezvous Point)라우터를 설치하여 멀티캐스트 서비스를 중재하는 역할을 한다.



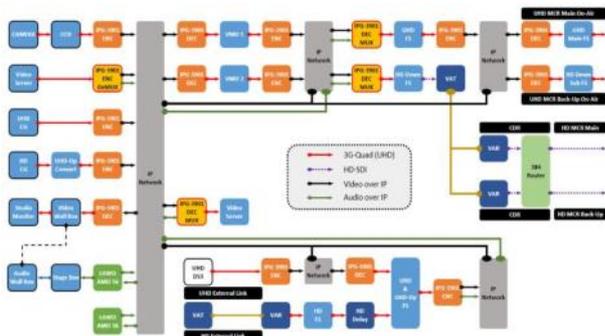
<Shared Tree방식>

IP신호의 동기를 위한 PTP(Precision Time Protocol)는 IEEE 1588표준 시간 전송 프로토콜을 사용하였다. PTP Clock방식은 크게 두 가지로 분류 되는데, 네트워크 포트가 Master 또는 Slave로 동작하는 방식의 Boundary Clock과 PTP메시지만 전달하는 방식의 Transparent Clock이 있다. KBS UHD시스템은 Boundary Clock이 적용되어 있으며 스위치의 Slave로 동작하는 포트와 Master로 동작하는 포트 모두 SMPTE ST 2059를 사용 중이다.

3. UHD ALL-IP 멀티부조정실 구축 세부내용

■ 비디오 시스템

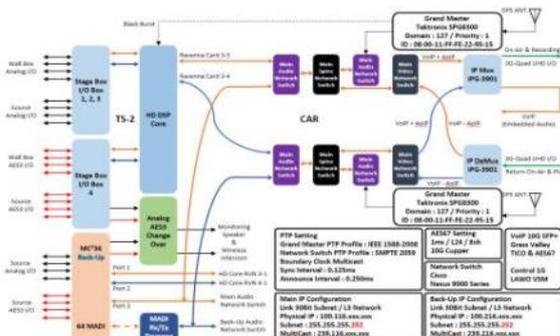
VoIP는 GV장비를 이용하여 구현하였다. GV시스템의 핵심은 IP-SDI Converter이다. 이는 Quad-SDI(12G)신호를 TICO(3G)로 압축하여 UHD 2채널, HD(1.5G)최대 2채널을 10G 네트워크를 통해 ST2022-6표준으로 전송하고 IP-Encoder/Decoder를 동시에 지원한다. 또한 ST2022-7기반의 Seamless 기능과 PTP를 기반으로 AES67(AoIP) Mux/Demux 기능, VSM(Virtual Studio Management)과 연동을 위한 SWP-08 프로토콜을 지원한다. 비디오 시스템의 기본 컨셉은 다음과 같다. 카메라CCU, 비디오, CG등 각 장비에서 나오는 Quad-SDI 출력신호를 IP converter로 Encoding하여 네트워크 스위치로 입력한다. 이 신호들은 비디오스위처, 비디오서버 등의 장비로 다시 Decoding되어 전달이 된다. 비디오스위처를 거친 최종 PGM신호는 IPG converter에서 오디오 PGM신호와 Multiplexing되어 Embedded VoIP를 만들고 HDR Converting을 위한 최종 Frame Synchronizing을 거쳐 다시 VoIP로 Encoding하여 UHD주조정실로 전송된다.



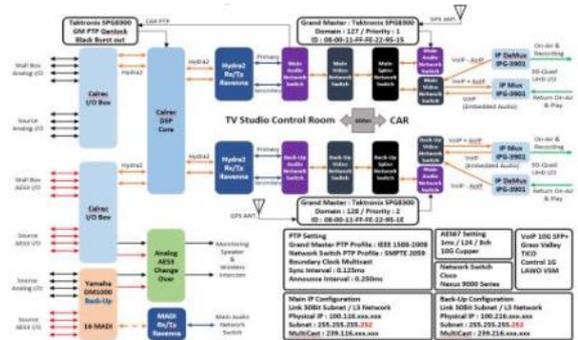
<비디오 블록도>

■ 오디오 시스템

KBS본관 부조정실의 메인콘솔은 MC56sc, 예비콘솔은 MC36으로 정하고 콘솔본체(HD-DSP Core)의 신호를 공유하여 이중화를 구성 하였다. 신관 부조정실의 메인콘솔은 Calrec社의 ARTEMIS, 예비 콘솔은 YAMAHA社의 DM1000을 제활용하였으며 소스 신호를 분배하여 이중화하였다. 콘솔 내부 I/O는 StageBox(IP Converter)를 거쳐 본관은 Ravenna와 신관은 Hydra2로 전송하고, 외부 장비들 간 I/O는 AES67을 사용하였다. 장비 이중화와 더불어 예비콘솔의 AoIP PGM도 별도 네트워크 구성을 하였다. PTP는 본관 Sync-generator를 Grand-Master로 정하고 Boundary Clock으로 오디오 네트워크 스위치를 통해 각 장비와 연결하였다. 또한 장에 시 VSM으로 콘솔 PGM과 개별 모니터 신호들의 소스 선택도 가능하게 하였다.



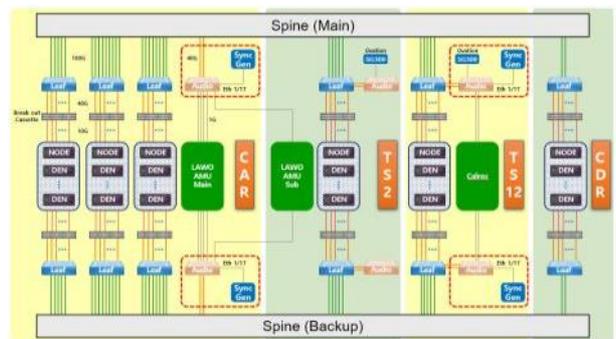
<오디오 블록도(LAWO)>



<오디오 블록도(Calrec)>

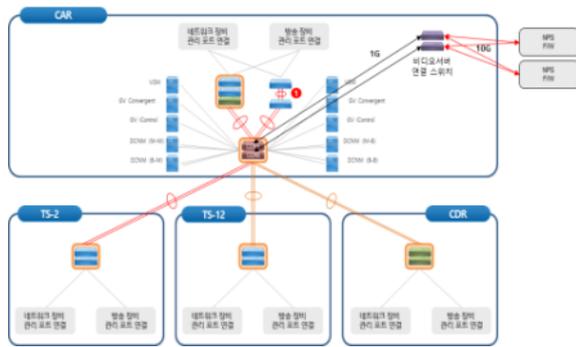
■ 네트워크 시스템

네트워크 설계의 핵심은 향후 IP 비압축 표준인 SMTPE-ST2110으로의 마이그레이션과, 향후 확장을 고려하여 비압축 표준을 기준으로 Bandwidth를 설계하였다. 모든 미디어 네트워크는 Main/Backup 이중화를 기본으로 Spine/Leaf구조로 비디오와 오디오 미디어, 장비 컨트롤 네트워크를 분리하여 구성하였다. 백본과 비디오 관련 네트워크 스위치는 각 포트에 Transceiver교체만으로 40G/100G로 전환이 가능한 CISCO NEXUS N9K-9236C으로 설계하였으며, 비디오 IP converter의 10G 입, 출력은 MPO(Multi-fiber Push On)을 이용해 40G로 변환 후 백본 스위치로 입력된다. 이 장비는 Throughput 7.2Tbps, Forwarding 5.2Bpps와 PTP를 지원한다. 오디오는 마이그레이션 대상에 포함되지 않기 때문에 1/10G포트와 Up-Link 40/100G를 지원하는 Nexus 93108TC로 구성하였고 AoIP와 PTP, Video-Server 파일전송용으로 사용 중이다.



<네트워크 블록도(미디어)>

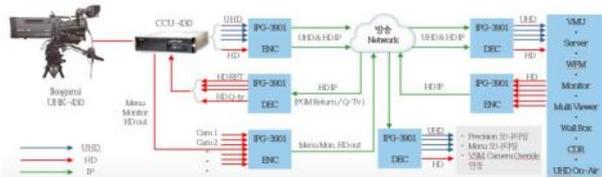
컨트롤 네트워크 스위치는 WS-C3850스위치를 사용하여 방송 장비와 네트워크 스위치의 관리포트와 연결하여 제어관리를 담당한다. 또한 PoE+를 지원하는 스위치로 구성되어 카메라OCP 등 일부장비에 전원을 공급하고 있다.



<네트워크 블록도(컨트롤)>

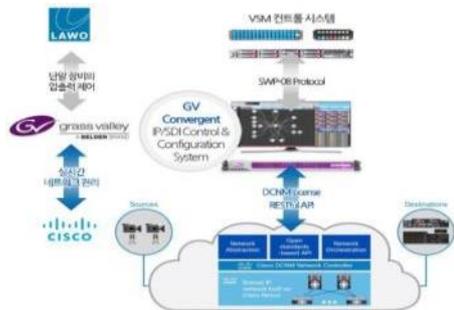
■ 기타 시스템

UHD카메라는 Ikegami UHK-430 16대를 본관 및 신관 스튜디오에 배치, 비디오 서버는 SAM LiveTouch 5대를 묶어 2개의 부조정실에서 사용가능하도록 구성하였다. 카메라는 UHD와 HD를 동시 지원하고 UHD는 소스용으로, HD는 모니터용으로 사용하였다. SAM 서버는 본체와 관리용 서버가 별도로 분리되어 있다는 점이 특징이다. 본체는 녹화, 재생, 저장 등의 기능을 하고, 관리서버는 전송, 트랜스코딩과 같은 소재 관리를 담당하여 원활한 성능을 유지하고 관리도 편리한 부분이 있다. Sync-generator는 Tektronix SPG8000A를 본관과 신관에 설치하고 본관에 GPS안테나를 설치하여 Locking시켰다. 그리고 PTP 신호를 싱글모드 광케이블로 전달하여 신관 시스템과 동기화하였다.



<UHD 카메라 시스템 블록도>

VSM(Virtual System Management)은 GV장비와 SWP-08 Protocol로 연동되어 소스IP 라우터 기능을 수행하고, 그 외 다른 장비들과 연동하여 프리셋 정보를 불러오거나 일부 기능들을 제어 할 수 있다. VSM Panel을 각 부조정실에 설치하여 라우팅 및 주-예비 절제가 가능하도록 구현하였다.



<VSM 시스템 개념도>

4. UHD ALL-IP 멀티부조 방송시스템 구현 결론

본 시스템은 비디오+오디오를 ALL-IP LIVE시스템으로 구현한

세계 최초의 사례가 아닐까 생각된다. 가장 큰 변화는 동축케이블 전송 방식에서 IP네트워크 전송방식으로 완전 세대교체 된 것이다. KBS UHD부조정실은 IP전송 방식의 장점을 최대한 이용하여 기존 1:1방식에서 벗어나 멀티스튜디오 형태로 설계했다. 복수의 부조정실에서 생성되는 영상과 오디오를 IP로 변환하여 데이터 센터에 모으고 멀티캐스트 방식으로 다시 필요한 부조정실로 보낸다. 이는 라우터를 이용하여 신호를 지정해주는 예전 방식과 비교하여 훨씬 유연한 리소스 운영을 가능하게 해주었다. 또한 최종 제작된 UHD신호는 실시간으로 IP전송하여 사전제작물, 녹화, 편집 및 송출 전 과정의 풀 파일 워크플로우를 가져갈 수 있도록 했다.

처음 시도하는 시스템이기에 구축 당시 어려운 점도 많았다. IP전송방식에 대한 새로운 표준들이 새롭게 발표되는 시점이었고, 기존 구축 사례를 찾기 어려웠기 때문에 프로젝트 진행과정에서 수많은 이슈와 시행착오들이 발생하였다. 또한 방대한 양의 IP시스템을 관리하기 위한 적절한 솔루션을 찾는 과정과 효율적인 네트워크 시스템을 설계하는 부분에 많은 시간을 투자해야 했다. 특히 특정 벤더에 종속된 압축표준을 사용해야하는 부분은 향후 IP방식 전환의 필수 해결과제로 생각된다.

향후 비압축 IP표준을 적용한 다양한 장비들이 개발이 되면 IP전송방식은 더욱 보편화가 될 것으로 예상된다. 또한 체계적으로 IP를 관리하고 모니터 할 수 있는 다양한 관련 표준들이 발표를 앞두고 있어 시스템 관리도 점점 수월해 질 것이다. KBS는 본 프로젝트를 통해 축적된 노하우를 바탕으로 방송 및 네트워크 관련 장비에 추가 고려되어야 할 기술을 분석하여 반영되도록 노력할 것이다. 또한 네트워크 기술이 방송 시스템에 깊숙이 들어와 있는 상황을 고려하여 방송 네트워크 엔지니어의 육성에 더욱 힘을 쓸 것이다.

참 고 문 헌

[1] Tektronix, 25W-60274-1, Creating-4K/UHD-Content,  
 [2] Digital Media World, Companies Continue to join the TICO Alliance at NAB 2016  
 (<http://www.digitalmediaworld.tv/disrupt/826-companies-continue-to-join-the-tico-alliance-at-nab-2016>)  
 [3] NAB 2015 Part One, IP Preview, 2015. 5 .29  
 (<http://www.wkumeling.net/nab2015-1.htm>)  
 [4] Tektronix, How Video Over IP Works  
 (<https://www.tek.com/how-video-over-ip-works>)  
 [5] SMPTE, SMPTE\_BbtB\_2016\_A.Hildebrand\_AES67\_rollout  
 ([https://www.smpte.org/sites/default/files/section-files/SMPT E\\_BbtB\\_2016\\_A.Hildebrand\\_AES67\\_rollout.pdf](https://www.smpte.org/sites/default/files/section-files/SMPT E_BbtB_2016_A.Hildebrand_AES67_rollout.pdf))  
 [6] MRN-CCIEW, IGMP Basics  
 (<https://mrncciew.com/2012/12/25/igmp-basics/>)