

# KBS IP 제작 워크플로우 UHD 멀티 부조정실 구축

□ 신종섭 / KBS

## 요약

KBS는 차세대 방식인 IP 전송 기술을 UHD 방송에 적용하기로 결정하고 2017년 9월부터 18년 3월까지 약 7개월에 걸쳐 IP UHD 부조정실 구축을 완료하였다. 이후 약 3개월간의 시뮬레이션 기간을 거치고 23년 2월 현재까지 KBS 1TV '아침마당', '무엇이든 물어보세요', '더 라이브'와 KBS 2TV '해 볼만한 아침'을 생방송으로 제작하고 있다. 본 글에는 UHD 비디오 신호와 오디오 신호를 IP로 전송하기 위해 참조한 표준 기술과 각 파트별 구축 세부내용을 소개한다. 또한 지속적으로 발전할 IP 제작 시스템에 대해 효율적인 계획과 대응을 할 수 있도록 구축 사례에 대한 경험을 논하고자 한다.

## 1. 서론

KBS는 1TV와 2TV 2개의 매체를 가지고 있기 때문에 UHD 의무편성 시간이 타 방송사보다 길다. 이러한 이유로 후반 제작이 필요한 녹화 방송보다는 생방송으로 바로 제작, 송출할 수 있는 부조정실 구축을 계획하고 다음 두 가지의 사업 목표를 세웠다. 첫째, 2개 이상의 데일리 생방송과 3개 이상의 녹화 방송 제작이 가능하고 둘

째, UHD와 HD 동시 제작이 가능하도록 하는 것이었다. 이러한 운용이 가능하려면 최소 3개 이상의 부조정실과 스튜디오를 구축해야 했는데 초기 투자비용 절감을 위해 KBS는 IP 방식을 채택하기로 하고 하나의 부조정실(M)에서 복수의 스튜디오(N)를 운용할 수 있도록 M:N 구조로 설계하였다. 그리고 IP로 변환된 신호를 통합 운영할 수 있는 데이터 센터를 만들어 멀티캐스트 방식으로 공유하도록 하였다.



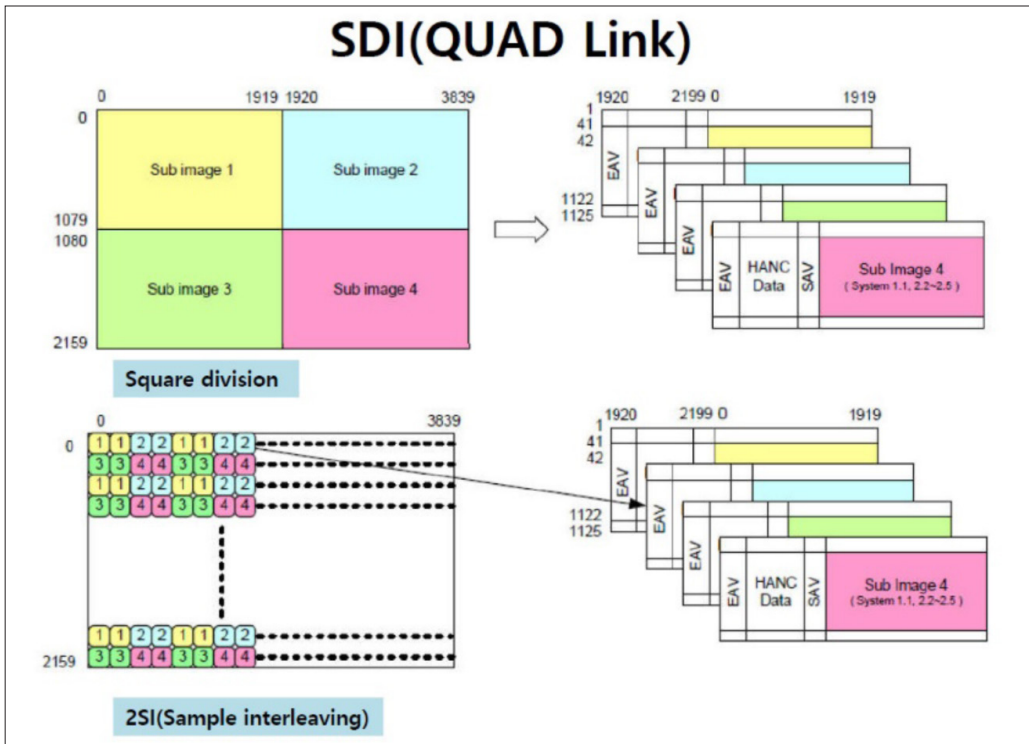
<그림 1> IP-UHD 멀티 부조정실 구축 컨셉

## II. UHD ALL-IP 멀티 부조정실 구축 표준기술

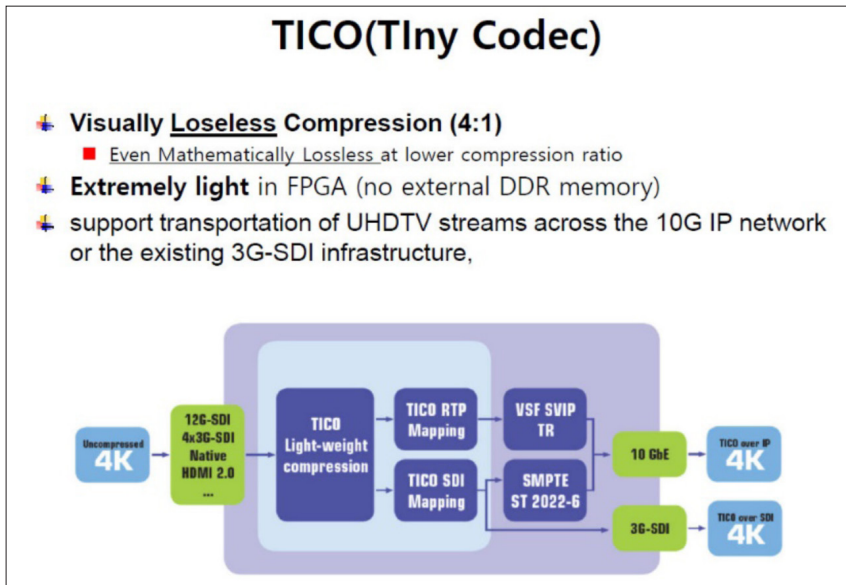
### 1. 비디오 Reference

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 425-5 표준은 최대 12Gbps의 단일 이미지를 4개의 3G Quad-SDI 링크를 이용하여 전송하는 방식으로 SQD 방식과 2SI 방식이 있다.



<그림 2> Square Division & 2 Sample Interleave

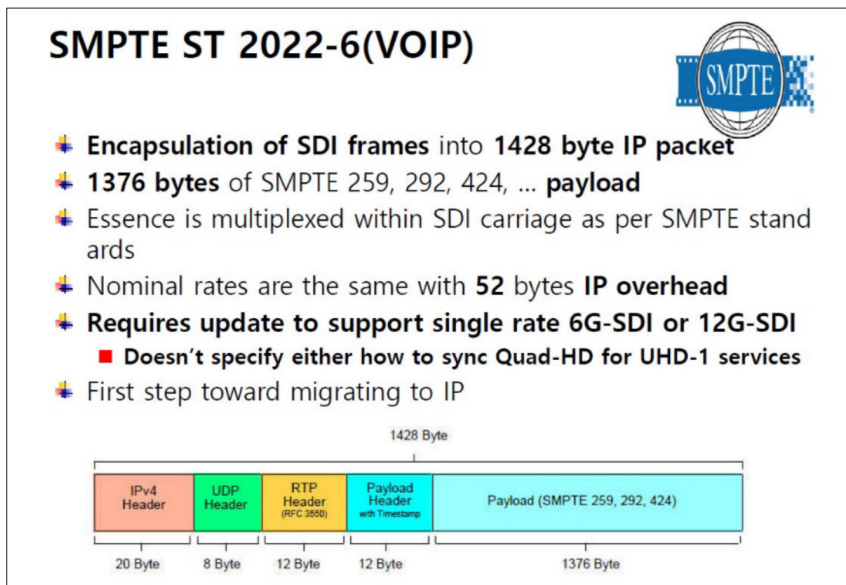


<그림 3> TICO(Tiny Codec)

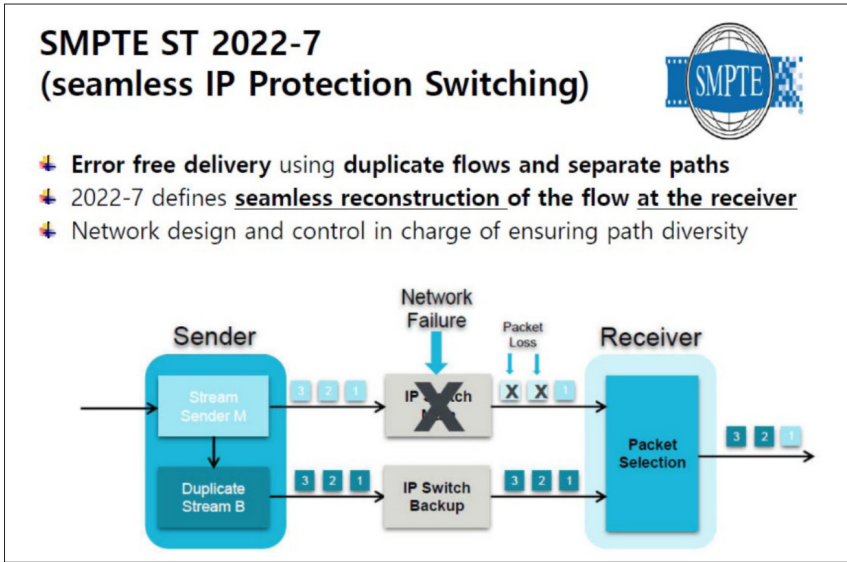
KBS는 12G Quad-SDI(2SI)를 TICO 포맷으로 압축하고 ST 2022-6으로 VoIP 전송을 하였다. TICO 압축은 FPGA 칩셋을 이용하여 3G(4:1) 압축을 지원하고 10G 네트워크로 전송이 가능하여 4K 비압축 표준화가 진행 중인 상황에서 선택할 수 있는 최선의 방안이었다.

SMPTE ST 2022-6은 VoIP를 전송하는 표준으로 총 1428byte로 구성되어 52byte는 헤더정보를, 1376byte는 4개의 3G-SDI 데이터를 Payload로 패킷화하여 UTP 방식으로 전송한다.

Fail Over 표준은 SMPTE ST 2022-7 표준을 이용하였



<그림 4> SMPTE ST 2022-6



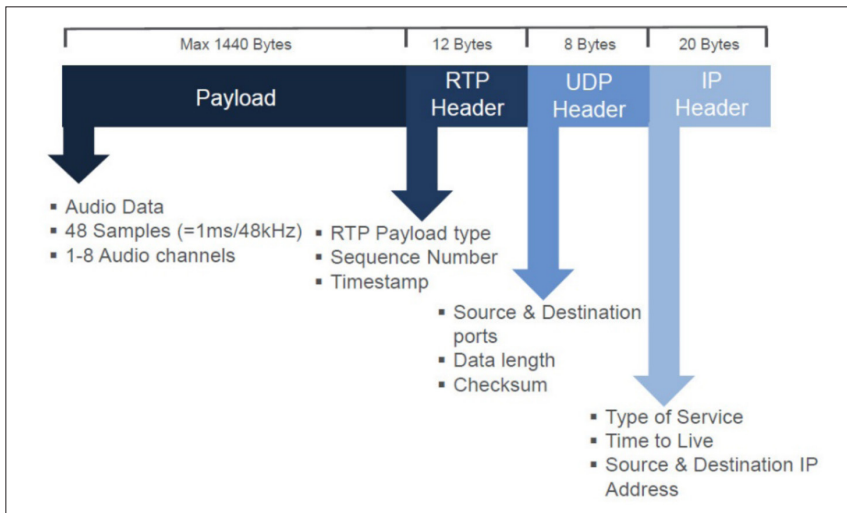
<그림 5> SMPTE ST 2022-7

다. 이는 하나의 네트워크 회선에 문제가 생길 시 끊임 없이 자동 절체를 해주는 IP 전송 표준이다.

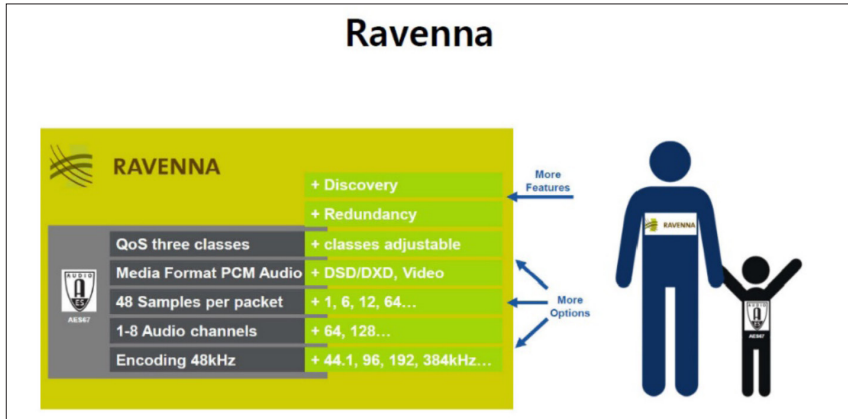
## 2. 오디오 Reference

음성기술표준은 AES/EBU와 AoIP 표준인 Ravenna/

AES67을 이용하였다. AES67은 비디오 신호(VoIP)와의 Muxing/De-Muxing 관계로 비디오 장비에서 지원하는 24bit, 48kHz와 Stream당 8채널을 사용하였다. AES67의 Payload는 1440byte이고 RTP(Real-Time Transport Protocol) 헤더를 포함하여 UTP 방식으로 전송한다. Synchronization은 PTP를 지원한다.



<그림 6> AES-67 Packet



<그림 7> RAVENNA

Ravenna는 AES67의 확장 개념이다. 특징으로는 다양한 Sample Rate를 지원하고 스트림당 전송 가능한 채널이 최대 128채널까지 확장이 가능하다.

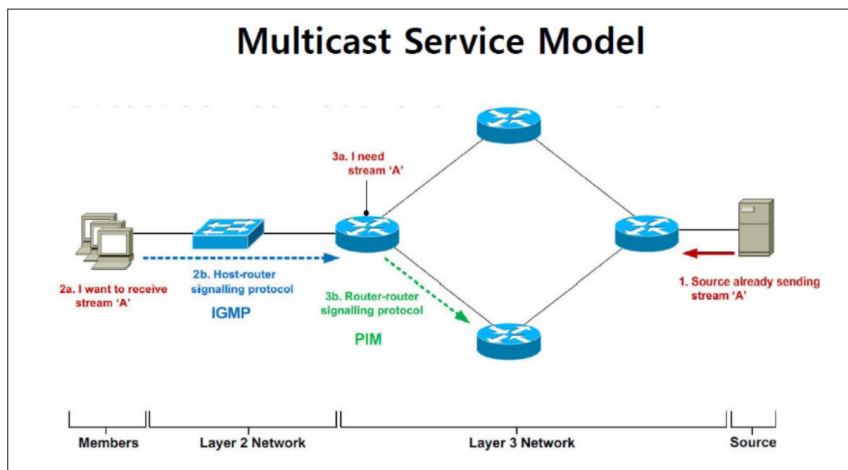
### 3. 네트워크 Reference

기존의 SDI 라우터와 분배기를 대신해 네트워크 스위치를 사용하였으며, 멀티캐스트 방식을 이용하여 신호를 공유하고 필요한 장비로 전송하였다. 동일 네트워크에서는 IGMP Ver.2기술을 사용하여 Query와 Join메시지를

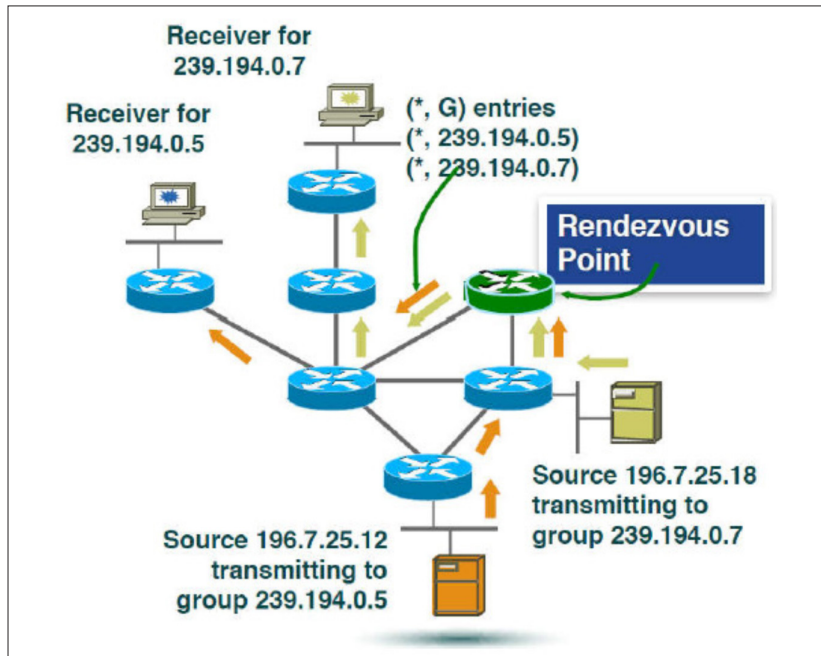
상호 교환하여 멀티캐스트 그룹을 관리하고, 타 네트워크에서는 PIM 기술을 사용하여 구현하였다.

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

IP 신호의 동기를 위한 PTP(Precision Time Protocol)는 IEEE 1588 표준 시간 전송 프로토콜을 사용하였다. PTP Clock 방식은 크게 두 가지로 분류되는데, 네트워크



<그림 8> Multicast Service Model



<그림 9> Shared Tree방식

포트가 Master 또는 Slave로 동작하는 방식의 Boundary Clock과 PTP 메시지만 전달하는 방식의 Transparent Clock이 있다. KBS UHD 시스템은 Boundary Clock이 적용되어 있으며 스위치의 Slave로 동작하는 포트와 Master로 동작하는 포트 모두 SMPTE ST 2059를 사용 중이다.

### III. UHD IP 멀티 부조정실 구축 세부내용

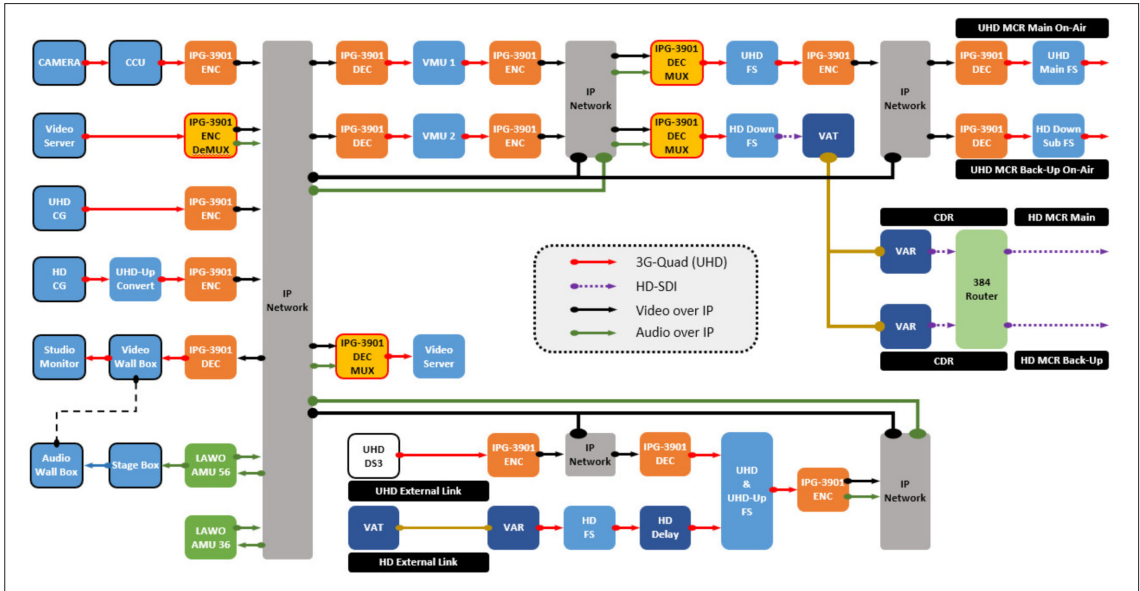
#### 1. 비디오 System

VoIP는 GV 장비를 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 ST 2022-6 표준으로 전송하고 IP-Encoder/Decoder를 동시에 지원한다. 또

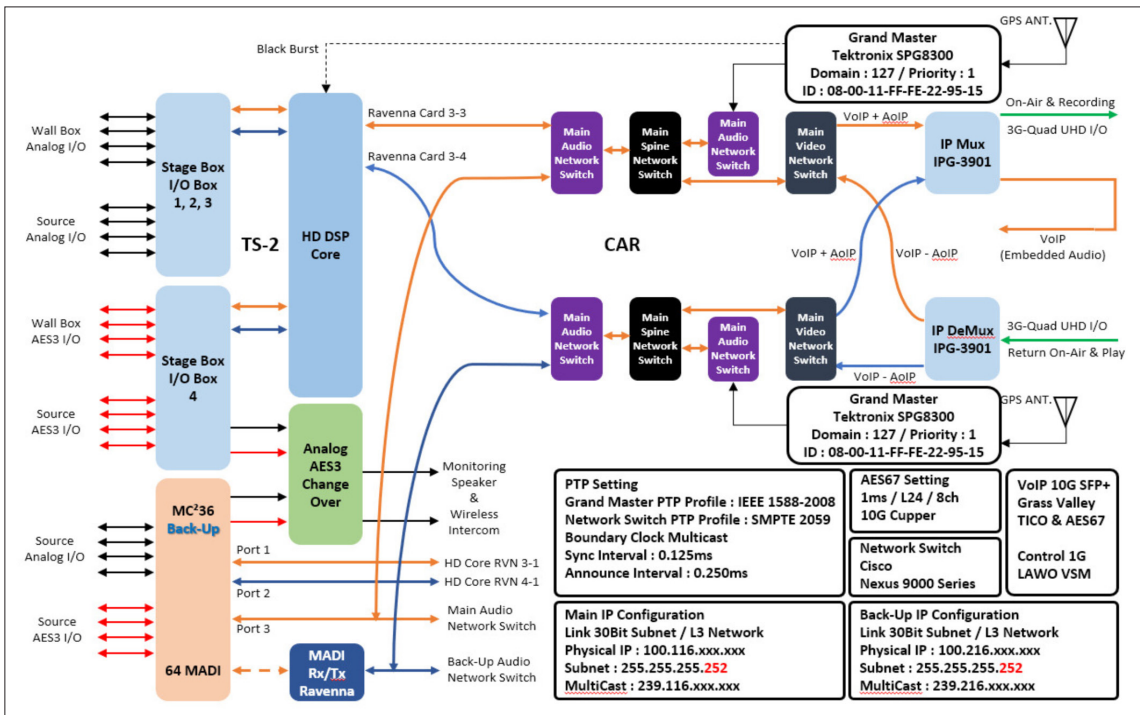
한 ST 2022-7 기반의 Seamless 기능과 PTP를 기반으로 AES67(AoIP) Mux/Demux 기능, VSM(Virtual Studio Management)과 연동을 위한 SWP-08 프로토콜을 지원한다. 비디오 시스템의 기본 컨셉은 다음과 같다. 카메라 CCU, 비디오, CG 등 각 장비에서 나오는 Quad-SDI 출력신호를 IP converter로 Encoding하여 네트워크 스위치로 입력한다. 이 신호들은 비디오 스위처, 비디오 서버 등의 장비로 다시 Decoding되어 전달이 된다. 비디오 스위처를 거친 최종 PGM 신호는 IPG converter에서 오디오 PGM 신호와 Multiplexing되어 Embedded VoIP를 만들고 HDR Converting을 위한 최종 Frame Synchronizing을 거쳐 다시 VoIP로 Encoding하여 UHD 부조정실로 전송된다.

#### 2. 오디오 System

KBS 본관 부조정실의 메인콘솔은 MC56sc, 예비콘솔



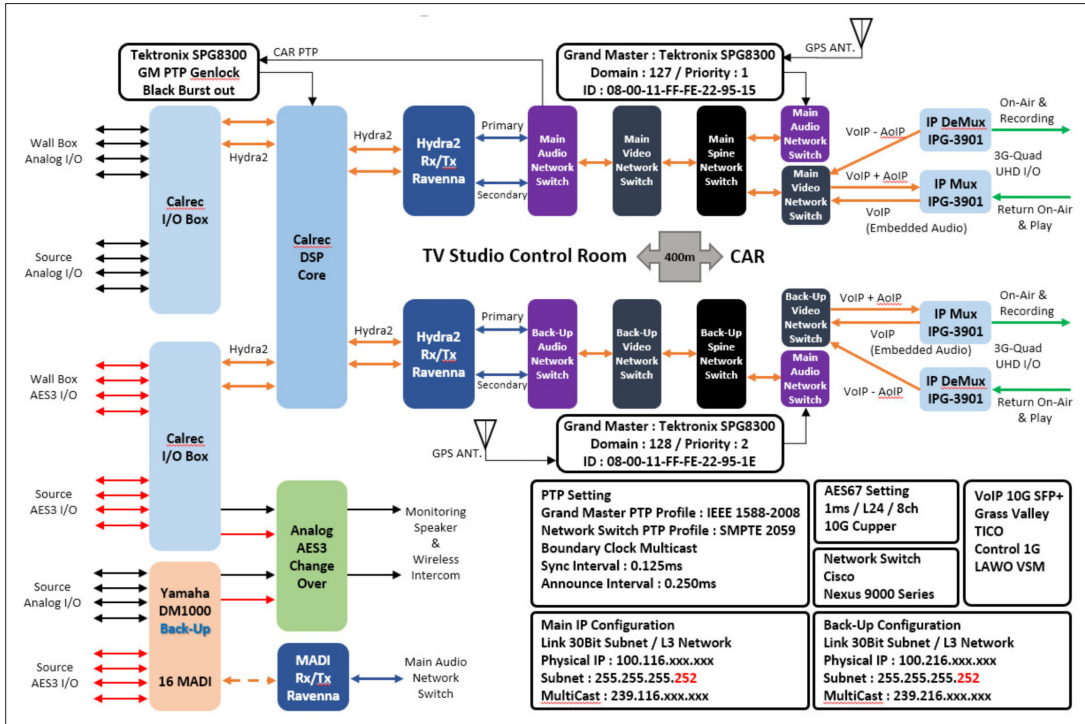
<그림 10> 비디오 시스템 블럭도



<그림 11> 본관 오디오 시스템 블럭도

은 MC36으로 정하고 콘솔본체(HD-DSP Core)의 신호를 공유하여 이중화를 구성하였다. 신관 부조정실의 메인 콘

솔은 Calrec社의 ARTEMIS, 예비콘솔은 YAMAHA社의 DM1000을 재활용하였으며 소스 신호를 분배하여 이중



<그림 12> 신관 오디오 시스템 블록도

화하였다. 콘솔 내부 I/O는 StageBox(IP Converter)를 거쳐 본관은 Ravenna, 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.

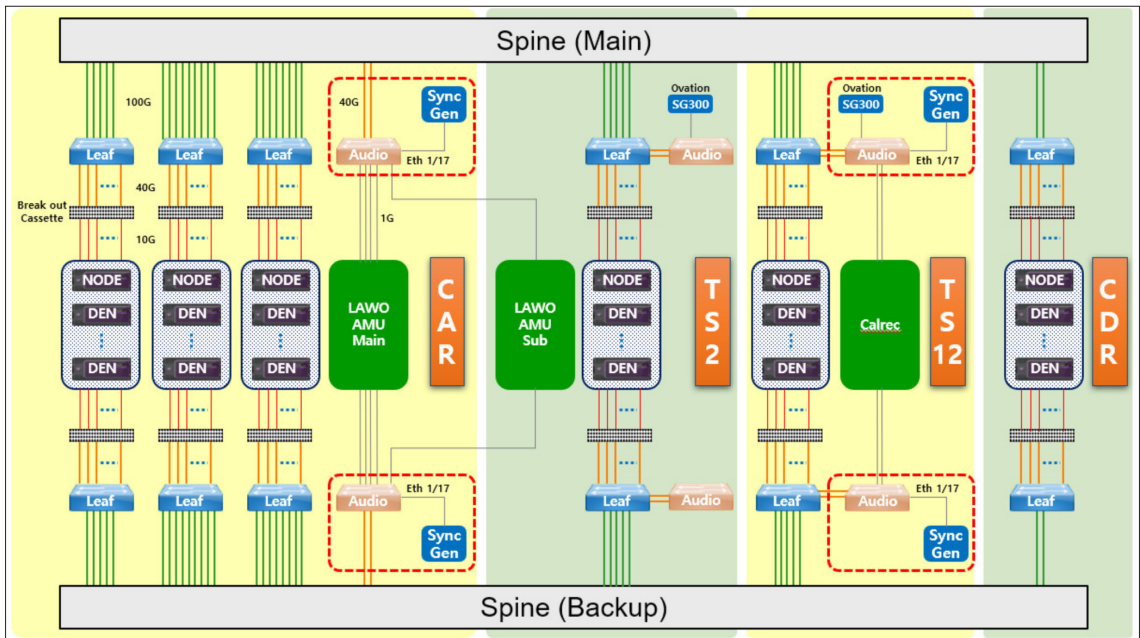
### 3. 네트워크 System

네트워크 설계의 핵심은 향후 비압축 IP 표준인 SMTPE-ST 2110으로의 마이그레이션을 고려하여 Bandwidth를 설계하였다. 모든 미디어 네트워크는 Main/Backup 이중화를 기본으로 Spine/Leaf 구조로 비디오와 오디오 미디

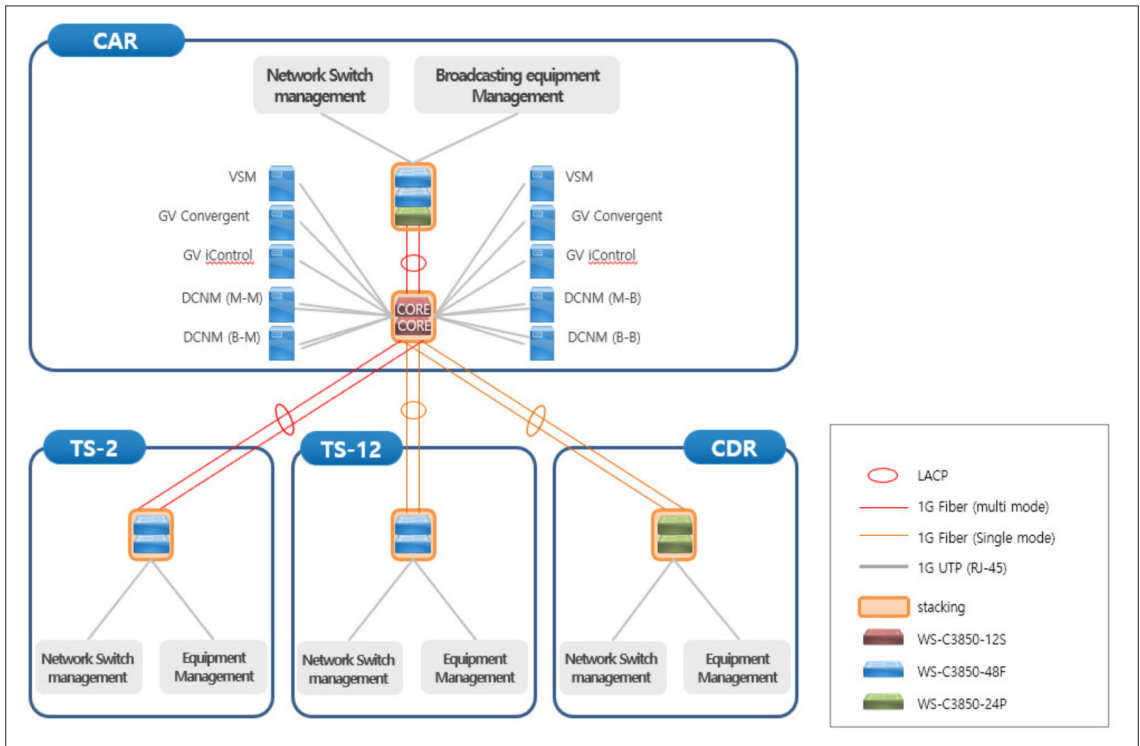
어, 장비 컨트롤 네트워크를 분리하여 구성하였다. 백본과 비디오 관련 네트워크 스위치는 각 포트에 Transceiver 교체만으로 40G/100G로 전환이 가능한 CISCO NEXUS N9K-9236C로 설계하였으며, 비디오 IP converter의 10G 입/출력은 MPO(Multi-fiber Push On)를 이용해 40G로 변환 후 백본 스위치로 입력된다. 이 장비는 Throughput 7.2Tbps, Forwarding 5.2Bpps와 PTP를 지원한다. 오디오는 마이그레이션 대상에 포함되지 않기 때문에 1/10G 포트와 Up-Link 40/100G를 지원하는 Nexus 93108TC로 구성하였고 AoIP와 PTP, Video-Server 파일전송용으로 사용 중이다.

컨트롤 네트워크 스위치는 WS-C3850 스위치를 사용하여 방송장비와 네트워크 스위치의 관리포트와 연결하여 제어관리를 담당한다. 또한 PoE+를 지원하는 스위치로 구성하여 카메라 OCP 등 일부 장비에 전원을 공급하고 있다.





<그림 13> 네트워크 시스템 블럭도



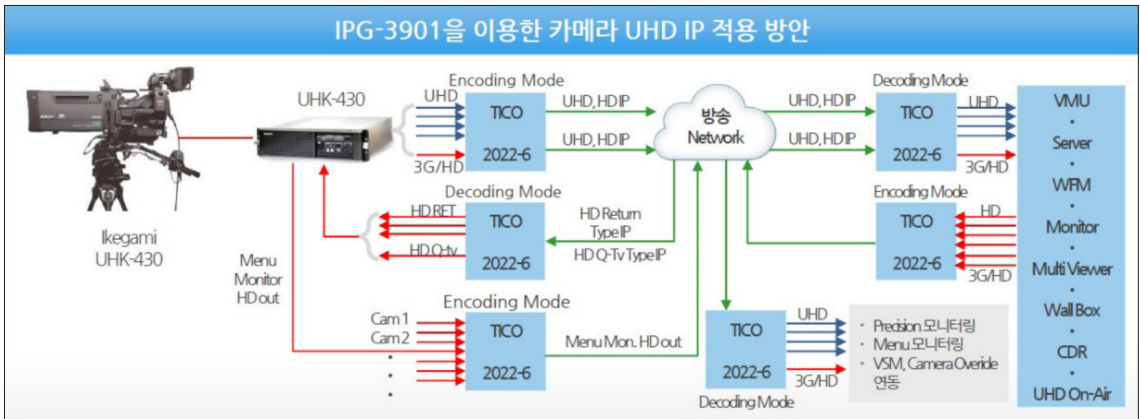
<그림 14> 컨트롤 네트워크 시스템 블럭도

### 4. 기타 System

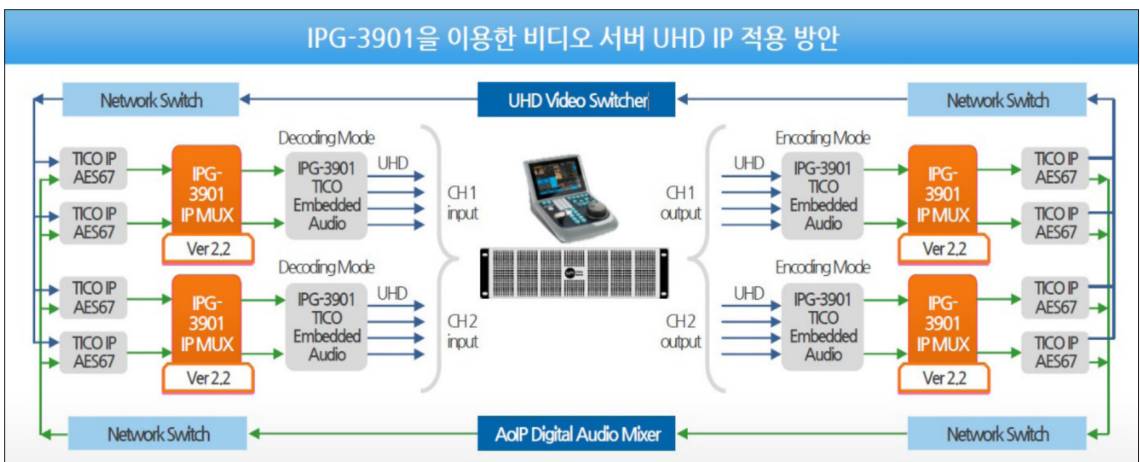
UHD 카메라는 Ikegami UHK-430 16대를 본관 및 신관 스튜디오에 배치, 비디오 서버는 GV LiveTouch 5대를 묶어 2개의 부조정실에서 사용 가능하도록 구성하였다. 카메라는 UHD와 HD를 동시 지원하고 UHD는 소스용으로, HD는 모니터용으로 사용하였다. GV LiveTouch 서버는 본체와 관리용 서버가 별도로 분리되어 있다는 점이 특징이다. 본체는 녹화, 재생, 저장 등의 기능을 하고, 관리 서버는 전송, 트랜스코딩과 같은 소재 관리를 담당

하여 원활한 성능을 유지하고 관리도 편리한 부분이 있다. Sync-generator는 Tektronix SPG8000A를 본관과 신관에 설치하고 본관에 GPS 안테나를 설치하여 Locking시켰다. 그리고 PTP 신호를 싱글모드 광케이블로 전달하여 신관 시스템과 동기화하였다.

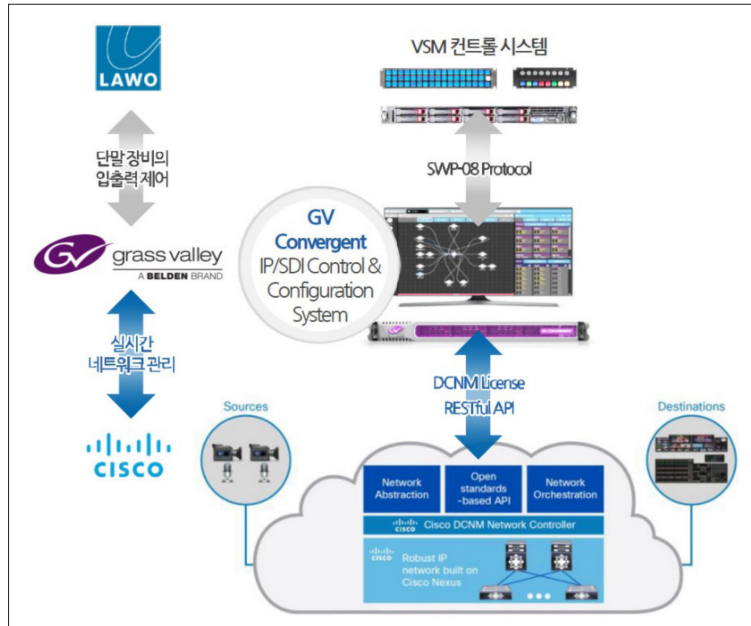
VSM(Virtual System Management)은 GV 장비와 SWP-08 Protocol로 연동되어 소스 IP 라우터 기능을 수행하고, 그 외 다른 장비들과 연동하여 프리셋 정보를 불러오거나 일부 기능들을 제어할 수 있다. VSM Panel을 각 부조정실에 설치하여 라우팅 및 주-예비 절체가 가능하도록



<그림 15> UHD 카메라 시스템 블럭도



<그림 16> UHD 비디오 서버 시스템 블럭도



&lt;그림 17&gt; VSM 시스템

록 구현하였다.

## IV. 결론

본 시스템은 UHD 비디오+오디오를 IP LIVE 시스템으로 구현한 세계 최초의 사례가 아닐까 생각된다. IP 시스템의 가장 큰 변화는 동축케이블 전송방식에서 네트워크 전송방식으로 세대교체된 것이다. KBS는 IP 전송방식의 장점을 살려 기존 1(스튜디오) : 1(부조정실) 방식에서 벗어나 멀티스튜디오 형태로 구축하였다. 다수의 스튜디오에서 생성되는 영상과 오디오를 IP 신호로 변환하여 데이터 센터로 보내고 멀티캐스트 방식으로 다시 필요한 부조정실로 보낸다. 이는 베이스밴드 라우터를 이용하여 신호를 지정해 주는 방식과 비교하여 훨씬 유연한 리소스 운영을 가능하게 해주었고 거리 제약을 없애 구축도 편리하게 해주었다. 이렇게 제작된 IP 신호는 실시간 전송을 통

해 생방송, 녹화, 후반 편집, 송출 등 방송 제작의 모든 과정을 FULL FILE WORKFLOW가 가능하게 해주었다. 처음 시도하는 시스템이기에 구축 당시 어려운 점도 많았다. IP 전송방식에 대한 표준들이 새롭게 발표되는 시점이었고, 기존 구축 사례를 찾기 어려웠기 때문에 프로젝트 진행과정에서 수많은 이슈와 시행착오들이 발생하였다. 특히 방대한 양의 IP 시스템을 관리하기 위한 솔루션을 찾는 부분과 효율적인 네트워크 시스템을 설계하는 부분에 많은 시간이 소요되었다.

하지만 최근에는 비압축 IP 전송 표준을 적용한 다양한 장비들이 출시되면서 IP 전송방식은 더욱 보편화되고 있다. 또한 체계적으로 IP 신호를 관리하고 모니터링할 수 있는 다양한 솔루션들이 출시되어 시스템 관리도 점점 수월해지고 있다. KBS는 이러한 시대 흐름을 반영하여 본 프로젝트를 통해 얻은 노하우를 다양하게 전달하고, 국내 IP 방송 산업을 선도하기 위한 노력을 지속할 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
- [4] How Video Over IP Works, Telestream (<https://www.telestream.net/video/solutions/how-video-over-ip-works.htm>)
- [5] Overview on IP Audio Networking (<https://ravenna-network.com/wp-content/uploads/2020/02/Overview-on-IP-Audio-Networking-2018-01-22.pdf>)
- [6] MRN-CCIEW, IGMP Basics (<https://mmcciew.com/2012/12/25/igmp-basics/>)

## 저 자 소 개



### 신종섭

- 2011년 : KBS 공채 38기 입사
- 2017년 1월 ~ 2017년 9월 : UHD IP 부조정실 설계
- 2017년 9월 ~ 2018년 3월 : UHD IP 부조정실 구축
- 2020년 1월 ~ 2021년 1월 : TS-15 공개홀 오디오 시스템 설계 및 구축
- 2021년 1월 ~ 2022년 1월 : 지역총국 뉴스 비디오월 시스템 설계 및 구축
- 2022년 1월 ~ 현재 : TS-D 공개홀 UHD 부조정실 설계 및 구축
- 현재 : KBS 미디어인프라국 제작시설부 근무
- 주관심분야 : 방송기술, IP 전송기술, 영상처리, 멀티미디어방송