

# KBS UHD 주조정실

## 구축 및 운용

글.  
윤민준 KBS TV송출부

‘감성을 자극하라!’ ATSC 3.0은 감성을 건드리는 방통 융합의 산물이다. 2016년 11월 방송통신위원회가 “지상파 UHD 방송허가”를 결정함에 따라 시청자의 감성을 자극하기 위해 숙련된 기술자들이 KBS TV송출부에 모였다.

초기 UHD 주조에서 송출해야 하는 4K 콘텐츠 편성비율은 3년간 5%로 고정돼있었다. 그래서 주조의 설계방향은 ‘최소비용, 최소인력으로 5%만 커버할 수 있는 ‘간이주조’였다. 먼저 편성비율의 대부분을 차지하는 업스케일러 장비선정을 위해 2016년 7월 BMT(Bench Marking Test)를 실시했다.



그림 1. 업스케일러 BMT 테스트

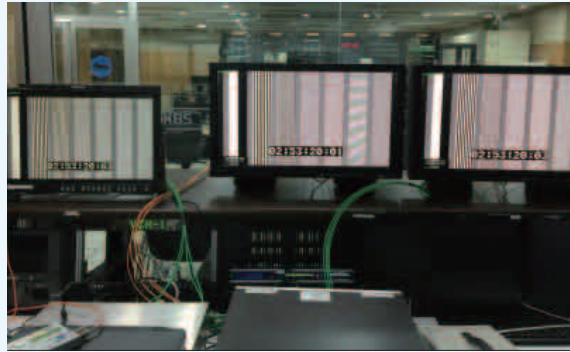
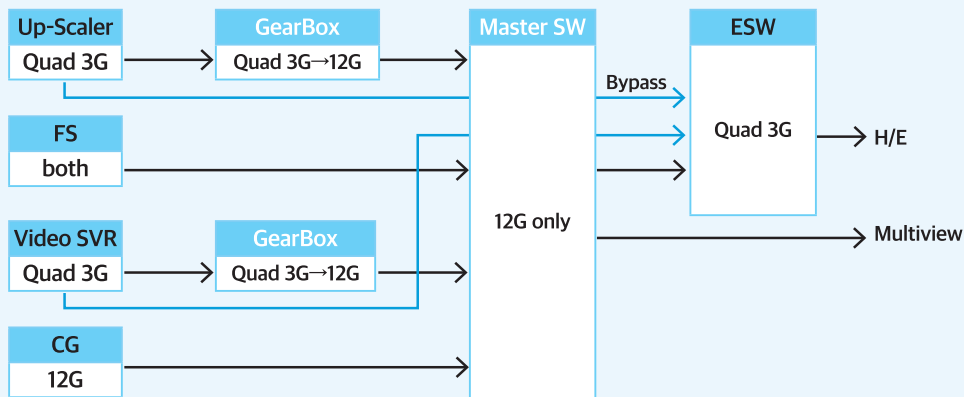


그림 2. 업스케일러 화질 테스트

베이스밴드를 구성할 수 있는 물리적인 인터페이스는 Quad 3G-SDI, 12G-SDI, IP 방식이 있다. ‘세계최초 UHD 방송’이라는 타이틀은 아직 UHD에 대한 시장이 형성되지 않았다는 방증이었다. 방송 시장의 추세는 효율적이지만 구축비용이 비싼 IP, 안정적인 Quad 3G-SDI, 효율적인 12G-SDI였고 우리는 안정적인 Quad 3G-SDI를 사용하는 장비와 초기모델의 12G-SDI 인터페이스를 사용하는 장비를 혼용하는 구성을 선택했다.



구성도 1. 베이스밴드 인터페이스 구성도

UHD 주조의 베이스밴드 패치는 꼭 필요한 부분만 구성하기로 했다. 하지만 3G-SDI와 12G-SDI의 패치 구성을 위한 상호호환성은 없었다. 장비별 커넥터가 BNC, HD-BNC, DIN 형태로 달랐기 때문이다. 이 문제를 보완하기 위해 상호호환할 수 있는 별도의 커넥터를 제작했다. 또 12G-SDI의 패치 패널은 48홀의 조밀한 구성으로 2.5C 두께의 케이블을 사용할 수밖에 없었다. 그래서 12G-SDI에 대한 최대임계거리 측정을 실시했다.



그림 3. HD-BNC



그림 4. DIN과 BNC

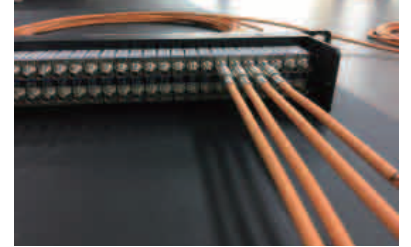


그림 5. 48홀 12G 패치

테스트 결과는 12G-SDI 인터페이스 표준인 SMPTE-2082-1과 달랐다. Waveform으로 신호의 Eye Pattern을 측정했는데 패턴이 뚜렷하지 않아도 신호를 정상적으로 보여주거나 패턴이 뚜렷해도 신호가 비정상적인 경우가 발생했다. 정확한 기준을 잡을 수 없어서 12G-SDI 사용 시 케이블 길이를 최대한 짧게 구성할 수밖에 없었다.

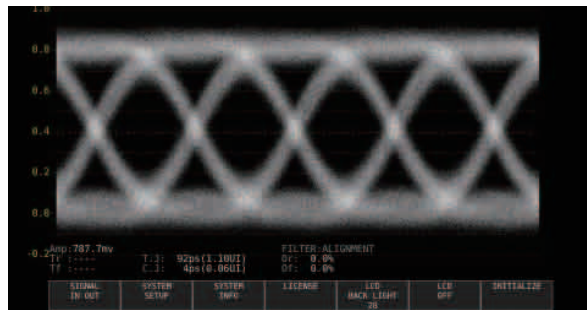


그림 6. 원 신호 EYE Pattern

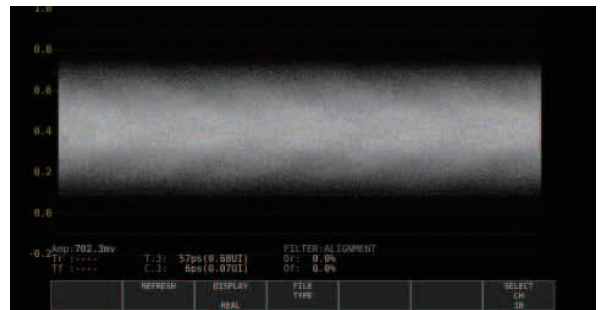


그림 7. 20M EYE Pattern

베이스밴드의 신호구현 인터페이스는 SQD(Square Division)와 2SI(2Sample Interleave)이다. 두 방식 모두 화면을 4분할 하지만 화면에 표현하는 방법은 달랐다. 12G-SDI는 기본적으로 2SI밖에 지원하지 않는다. 우리는 2SI 인터페이스로 2017년 2월 평창 동계올림픽 테스트 이벤트인 'FIS WorldCup 에어리얼 남녀 결선 경기'를 생중계했고 이를 기본인터페이스로 확정했다.



그림 8. 평창 생중계 ON-AIR 테스트



그림 9. 평창 생중계 전시

UHD의 편성은 HD와 완벽하게 동일하다. 이것은 주조 설계 시 사전에 고려된 또 다른 점이다. 이것은 운영인력과 맞물려 있다. 먼저 설계방향에서 언급한 최소인력이란 1인 시스템을 말한다. 혼자서 2채널의 편성을 관리하는 것은 불가능에 가깝기 때문에 동일편성은 피할 수 없는 선택이었다. HD와 동일편성을 맞추기 위해서 APC(Auto Programs Control) 데이터 연동 및 5%의 4K 프로그램을 송출하기 위한 비디오서버가 필요하다. 또 4K 콘텐츠를 비디오서버에 입력할 수 있는 CMS(Contents Management System)가 필요한데 간이주조에 CMS까지 구성할 여력은 없었다. 현재 4K 콘텐츠의 이동, 관리 및 송출은 UHD 주조 TD(Technical Director)에 의해 수동 관리된다. 이것을 우스갯소리로 '인간 CMS'라고 부른다.

UHD 주조의 또 다른 고민은 CG와 로고였다. HD 주조에서 송출하는 CG와 로고를 UHD 주조에서 모두 다룰 순 없었다. 마스터 스위처는 입력신호 스위칭과 6채널의 DSK(Down Stream Keyer)를 수용할 수 있는 All in One 형태지만 각 채널 당 하나의 CG 장비를 사용하는 최소한의 구성을 선택했다. CG 장비를 사용하면서 UHD 채널로고도 변했다.

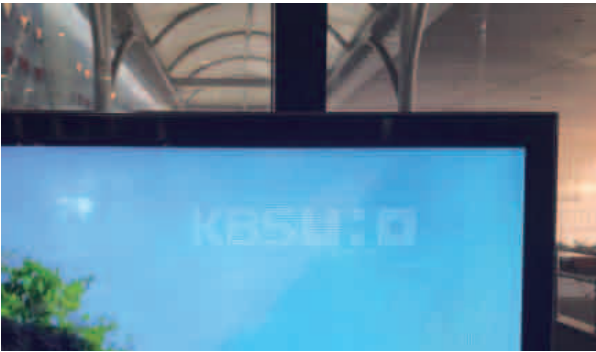


그림 10. 이전 채널로고

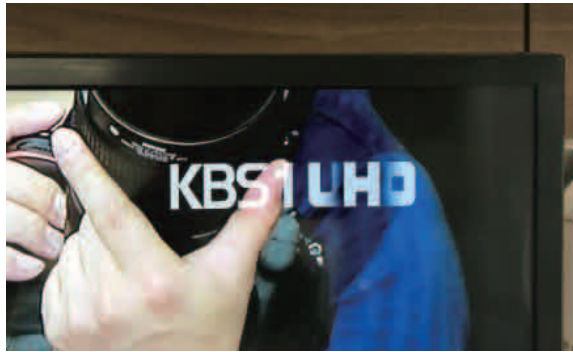
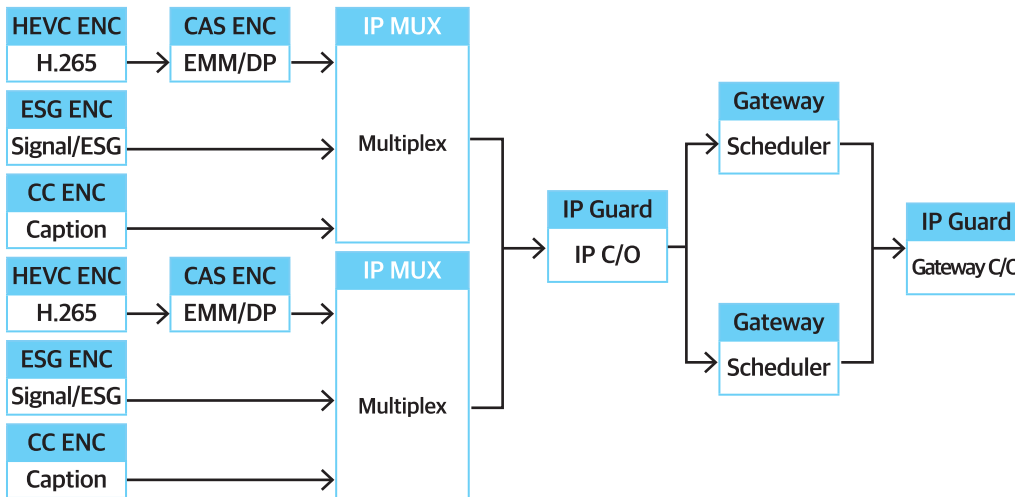
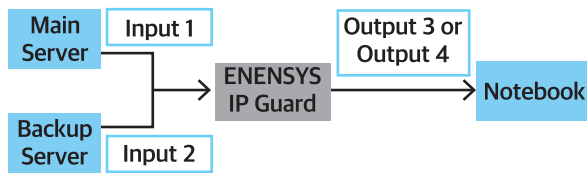


그림 11. 현재 채널로고

헤드엔드 시스템은 높은 압축률과 고화질의 서비스가 가능한 HEVC(High Efficiency Video Coding) 엔코더를 사용한다. UHD 엔코더는 온에어 지연을 최소화하기 위해 Quad 3G Level-A 3840×2160 60P의 비디오를 입력받아 HEVC로 압축하고, 오디오는 AES/EBU 8개를 입력받아 채널오디오 기반의 MPEG-H로 압축하여 MMT(MPEG Media Transport) 또는 ROUTE(Real-time Object Delivery over Unidirectional Transport)로 출력한다.



구성도 2. 헤드엔드 구성도



구성도 3. IP 절체기 테스트 구성도

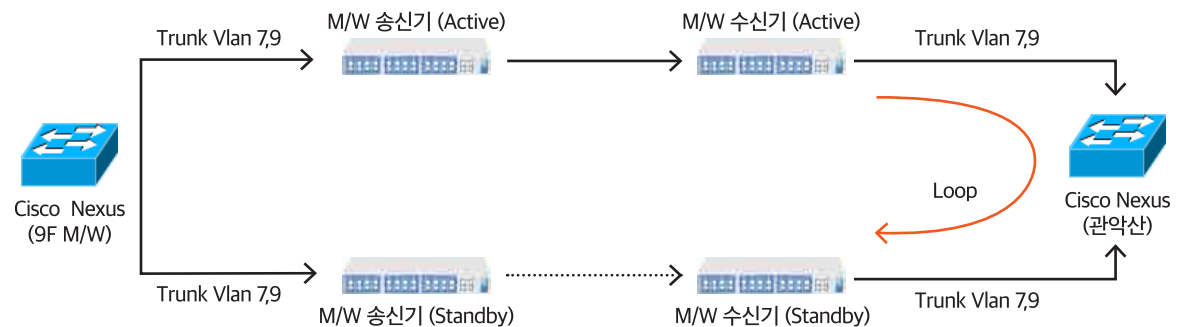
헤드엔드의 출력 스트림은 IP 기반의 스트림이다. 세계 최초로 IP 스트림에 의한 RF 방송을 구현하기 위해 헤드엔드 시스템의 이중화가 필요했다. 이때 가장 중요한 것은 IP 스트림의 유연한 절체였다. 이중화 시스템을 구축해도 Seamless 절체가 불가능하면 불필요한 투자였기 때문이다. IP Guard는 이러한 문제를 어느 정도 해소해주는 장비였다.

ATSC 3.0의 특징 중 하나는 SFN(Single Frequency Network) 구성이 가능한 것이다. 수도권은 남산, 관악산, 광고산 송신소를 통해 SFN을 구성하는데 방송에서 다소 생소한 PTP(Precision time Protocol, IEEE-1588) 동기신호를 사용한다. PTP는 nano( $10^{-9}$ )초의 정밀한 타임스탬핑을 가능하게 한다. UHD 주조에서 송출하는 신호가 송신기까지 도달할 때 두 신호가 동일한 기준시간을 가지려면 반송파 주파수 정밀도(Carrier Frequency Accuracy)가  $\pm 0.5\text{Hz}$  이내인 Timing Reference를 사용해야 한다. 이를 충족하는 신호는 GPS를 이용한 GNSS(Global Navigation Satellite System)나 PTP이다. 이 동기신호를 사용하면서 헤드엔드의 네트워크 구성은 더욱 복잡해졌다.

헤드엔드 네트워크 구성은 멀티캐스트를 이용한다. 멀티캐스트의 특징은 효율적인 네트워크 구성이 가능하다는 것이다. UDP를 이용하기 때문에 TCP에 비해 오버헤드가 적고 Join 기능을 통해 특정 대상 그룹에만 데이터 전송이 가능하기 때문에 스위치에 가해지는 부담이 적다. 현재 KBS는 LLS(Low Level Signal)로 224.0.0.0 대역의 고정 IP와 Port를 할당받아 UHD 방송을 서비스하고 있다.

ATSC 3.0의 IP 신호를 RF로 서비스하려면 스트림을 송신소까지 전달해야 한다. 우리는 STL(Studio Transmitter Link)을 구성하기 위해 Scheduler를 주조 안에 설치하였다. 익숙하지 않은 IP 멀티캐스트 스트림을 Microwave Link를 통해 송신소까지 안정적으로 전달하기 위해서 안정화 테스트가 필요했다.

기본적인 네트워크 구성은 L2이다. L2는 L3 구성보다 경로설정이 유연하지 못한 단점이 있지만 L3보다 지연시간이 적고 직관적인 구성이 가능하다. 하지만 남산, 관악산, 광고산을 L2로 구성했을 때 이 중 한 곳이라도 Microwave Link가 절체되면 트래픽이 Loop 되어 방송신호가 끊기는 문제가 발생했다. 이를 해결하기 위해 구간별 스위치 경로를 고정하여 역으로 들어오는 트래픽을 차단하였다.



구성도 4. Microwave Link 구성도

ATSC 3.0은 양방향 서비스가 가능하다. 홈포털 서비스는 시청자의 선호도에 따라 뉴스, VOD, 프로그램 연동 콘텐츠를 제공하는 양방향 서비스이며 현재는 poog과 연계하여 서비스를 제공한다. 홈포털 진입 방법은 ESG나 홈포털 애플리케이션을 통해서 가능하며 단계별 개선을 통해 서비스를 확대할 예정이다.



그림 12. ESG를 통한 홈포털 진입



그림 13. 홈포털

ESG(Electronic Service Guide)는 프로그램의 세부정보를 제공하는 시그널링 정보로 ATSC 1.0의 EPG(Electronic Program Guide)가 단순히 텍스트 정보만 전달할 수 있었다면 ESG는 텍스트 외에도 그림, 동영상, Broadband 연동 서비스 등 더욱 풍부한 정보를 제공할 수 있다. 이를 통해 편성정보, 채널 대표이미지, 프로그램 대표이미지, 핫클립 URL 정보 등을 제공한다. 현재 ESG를 통한 편성정보는 Broadcast에 의해 현재와 미래, 이틀분의 데이터를 보내고 있으며 Broadband에 의해 과거 일주일의 정보를 보내고 있다. 향후 미래 일주일 정보 및 클립서비스도 제공할 예정이다. ESG 서비스는 가전사가 제공하는 UI(User Interface)에 의존할 수밖에 없지만 홈포털 진입이 가능하여 지상파TV 및 IPTV를 이용해 가능하다.



그림 14. HD 방송정보

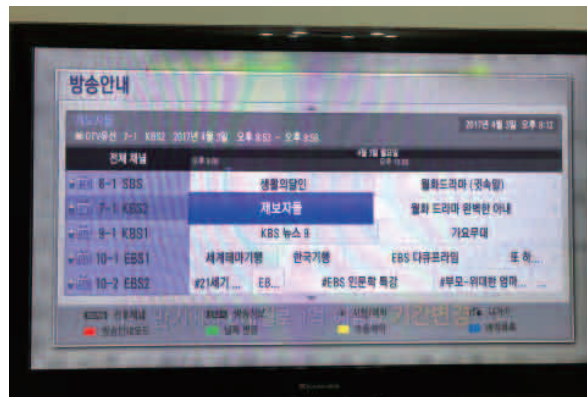


그림 15. HD 편성정보



그림 16. LG수상기 방송안내



그림 17. LG수상기 방송정보



그림 18. LG수상기 썸네일

또한, 소외계층을 위한 부가서비스를 위해 장애인자막서비스를 실시하고 있다. HD 주조의 시리얼 데이터를 IP 형태로 재가공 시킨 후 CC(Closed Caption) 엔코더를 통해 스트림으로 송출한다. 자막정보는 시청자의 선호에 따라 On/Off가 가능하다.

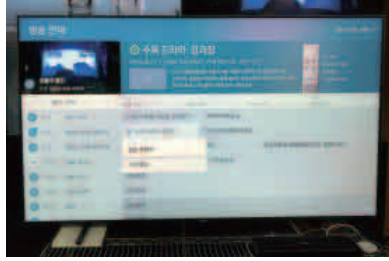


그림 19. 삼성수상기 방송안내

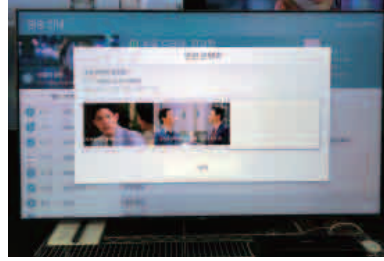


그림 20. 삼성수상기 방송정보



그림 21. 삼성수상기 썸네일

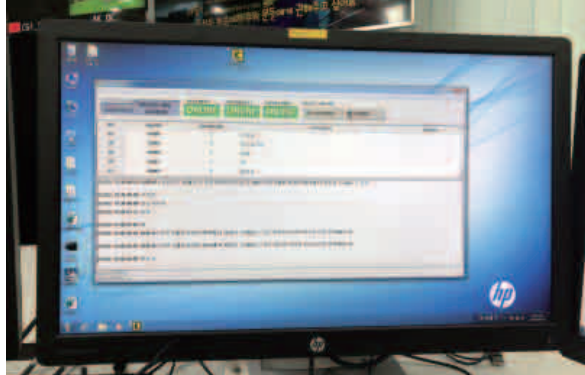


그림 22. Serial to IP 장비 모니터



그림 23. 자막 표시된 화면

UHD-CP(UHD Contents Protection) 시스템은 콘텐츠의 저작권보호를 위해 필요한 기술이다. CP 엔코더는 HEVC 엔코더의 출력을 Scrambling 하여 데이터를 암호화하기에, 인증받은 장비가 아니면 해독이 불가능하다. 사용자인증정보가 바뀌면 EMM(Entitlement Management Message)을 최신 버전으로 업데이트한다. 만약 암호화 정보가 해킹당하면 DP(Download Platform)를 통해 기존정보를 없애고 새로운 De-scrambling 정보를 내려보낸다.

이제 UHD 신호가 송신기를 거쳐 수도권에 뿌려졌다. 우리는 수상기가 UHD 신호를 정상적으로 표현하는지 확인할 필요가 있었다. 그래서 TV송출부와 방송기술연구소, 가전사가 모여 2회에 걸친 수상기 정합테스트를 실시하였다.

향후 UHD 주조는 내부적으로 시스템 안정화 및 보강, 외부적으로 고품질서비스와 서비스권역확대를 고려 중이다. 대표적으로 더 넓은 색 영역을 담을 수 있어 정밀한 표현이 가능한 HDR(High Dynamic Range)과 모바일을 이용해 ATSC 3.0 수신 가능한 AHD(Advanced HD) 서비스가 있다. 편성비율이 3년간 5%에서 3년간 매년 5%씩 증가로 변경되면서 UHD 주조 내부의 시스템 보강도 필요하다. 또 수도권과 지역권을 포함한 전국서비스도 추진될 예정이다. 재난방송에 대한 서비스 보강도 필요하다. 역시 앞으로 할 일이 태산이다.

전 세계 방송시장이 대한민국을 주목하고 있다. ATSC 3.0은 시청자의 감성을 건드릴 수 있는 잠재력을 갖고 있다. 유럽의 DVB(Digital Video Broadcasting) 협회도 방송 스트림의 IP 화를 눈여겨봤다. 앞으로 이 플랫폼은 TV를 뛰어넘어 모바일, 태블릿 등 기기를 가리지 않고 퍼져나갈 것이다. 세계최초 지상파 UHD 방송 서비스는 변화의 시발점이 될 것이다. 📺