

UHD R&S 송신기 소개 및 운영

전규철 KBS 네트워크운영부 팀장



KBS는 정말 많은 송신시설을 보유하고 있습니다. 여기에 2018년 평창 동계올림픽 시기부터 UHD를 도입하기 시작하여, 현재까지 전국 22개소 44매체가 운영 중에 있습니다. 저는 KBS가 UHD를 처음 도입하기 시작할 때부터 KBS 강릉국 패방산송신소에서 UHD 송신기를 운영하였습니다. UHD 도입 시부터 정말 많은 일들이 일어났고, 여러 우여곡절이 있었습니다.

이번 지면을 빌려 지금까지 제가 UHD 송신기를 운영 및 유지관리를 하며 알게 된 짧은 지식들을 공유해보고자 합니다.

KBS UHD 송신시스템 구성

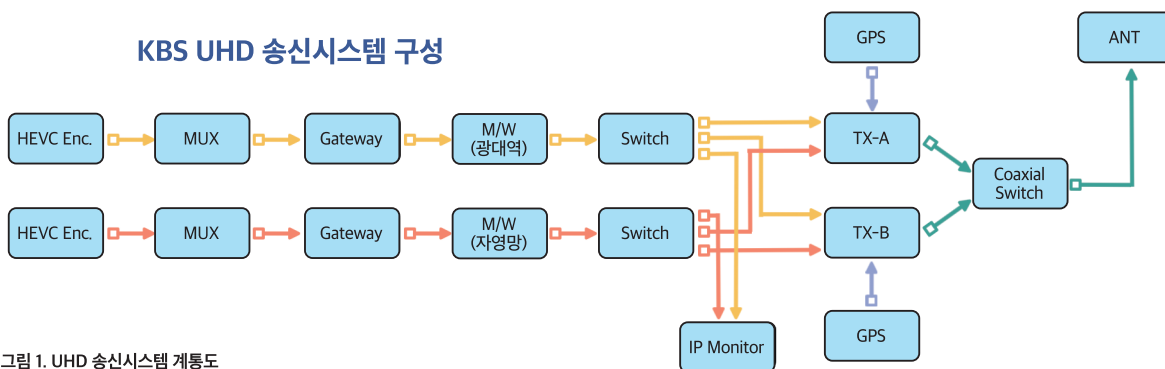


그림 1. UHD 송신시스템 계통도

KBS 연주소에서 제작된 UHD 방송소스는 HEVC 압축방식으로 인코딩된 신호가 부가서비스 신호와 함께 MUX 되고, Gateway를 거쳐 27Mbps 신호의 IP 신호로 만들어집니다. 이 IP 신호는 M/W 링크를 통해 송신소로 전송됩니다.

KBS의 M/W는 광대역 MSPP M/W와 자영 M/W로 이중 구성되어 있으며, 각 M/W를 통해 동일한 IP 신호가 송신소로 전달됩니다. 또는 송중계소 환경에 따라 통신사 망으로 UHD IP 소스가 송신소로 전달됩니다. 이후 각 신호는 Switch를 통해 각 송신기 입력 1, 2에 연결됩니다. 전송링크 상 입력신호의 품질 체크를 위해 IP Monitoring 장비를 연결하여 관제도 합니다.

송신기에서 IP 신호를 Decoding 하여 방송소스를 OFDM 변조를 하게 되고, 출력 증폭을 하여 방송신호를 송신하게 됩니다.

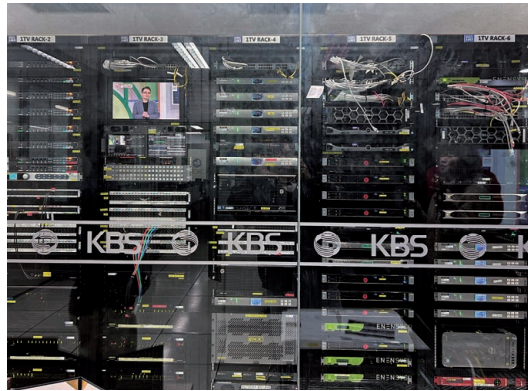


그림 2. KBS 본사 1 UHD 주조정실



그림 3. Gateway



그림 4. 송신소 M/W 장치

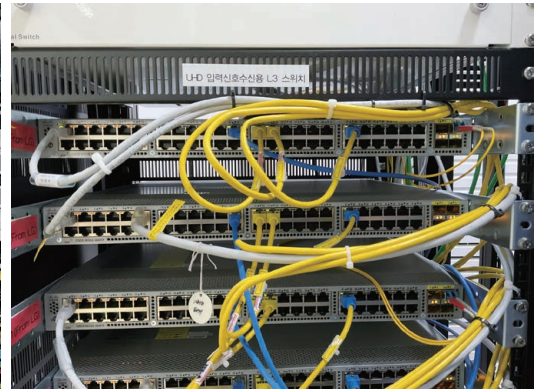


그림 5. Switch



그림 6. IP Monitoring



그림 7. UHD 송신기

UHD 송신기 구성

현재 KBS의 UHD 송신기는 대부분 R&S의 THU9, THU9 evo 모델 두 종류가 운영되고 있습니다. 타 방송사의 UHD 송신기의 경우 약간의 차이가 있겠으나 구성과 기능은 대동소이할 것으로 생각됩니다. 이번 글에서는 R&S의 THU9 시리즈 송신기를 기준으로 설명하겠습니다.

기본적으로 THU9 시리즈 송신기는 크게 SDE900(IP Decoder), TCE900(System Controller, Exciter), PA, BPF, GPS Receiver 등으로 구성되어 있습니다. R&S DTV 송신기와 크게 다른 점은 GPS Receiver와 SDE900(IP Decoder)이 추가 설치되어 있다는 점입니다.

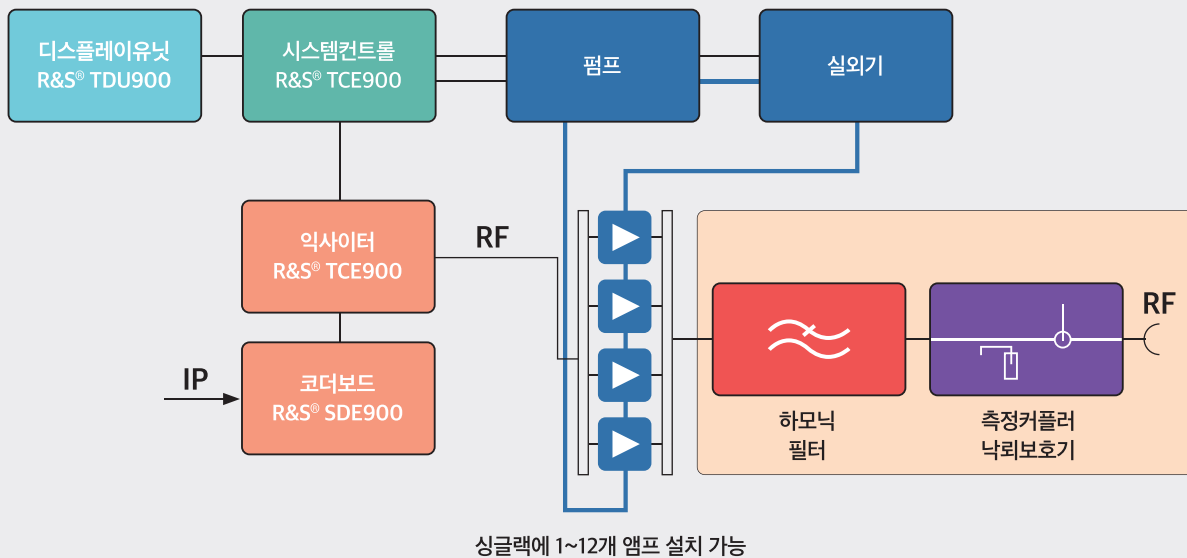


그림 8. R&S THU9 블록도, 단일 송신기 구성

SDE900, IP Decoder

SDE900은 각 M/W로 넘어온 HEVC로 압축된 27Mbps 용량의 IP 신호 2개가 입력되고, 2개 신호 중 하나를 선택하여 I+Q 신호로 변환하는 역할을 합니다. SDE900에서는 입력신호의 Seamless 절제를 담당하여 무중단 방송신호를 만들게 됩니다. 또한 SDE900은 TCE900의 코더보드와 연계하여 Exciter에 입력신호를 생성합니다.

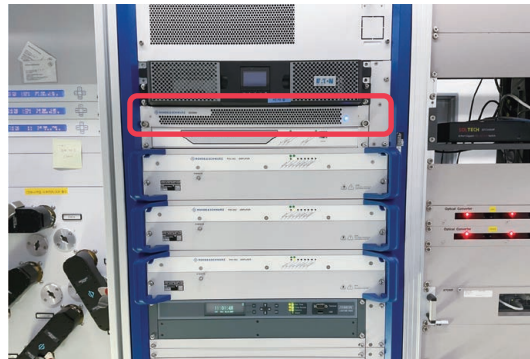


그림 9. SDE900 (빨간색)

TCE900, 송신기 제어유닛

TCE900은 공용플랫폼으로 만들어져 있어서, Exciter와 Controller 기능이 모두 TCE900 플랫폼으로 동작할 수 있습니다. 대신 어떤 보드를 장착하느냐에 따라 Exciter 또는 Controller로 나뉘게 됩니다. 기본적으로 IP 입력 인터페이스를 제공하며, 리눅스 운영체제로 운영됩니다.

① Controller 모듈

TCE900 플랫폼에 TX Interface 보드, Cooling Interface 보드, LAN Switch 보드가 장착되어 있습니다. TX Interface 보드는 Coaxial Switch에서 넘어오는 Feedback 신호를 받아서 송신기 절제 등에 관여하고 있으며, Cooling Interface 보드는 펌프, 열교환기와 통신을 하여, 펌프와 열교환기 팬모터를 작동시켜 펌프 Fault 및 냉각수 온도, 압력, 열교환기 팬 스피드 및 작동상태를 통신하고 있습니다.

LAN Switch 보드는 UPS 장비와 통신하여 UPS 작동상태를 알 수 있으며, LAN Switch 보드가 소손되어도 UPS와의 통신을 무시시키면 송신기 동작에 문제는 없습니다.

② Exciter 모듈

TCE900 플랫폼에 코더보드, Exciter 보드가 장착되어 있습니다. 코더보드는 SDE900과 연계하여 Exciter의 입력신호를 생성합니다. 1PPS(GPS 신호)를 받아서 SFN 구성이 가능하게 하는 역할을 하고 있습니다.

ATSC 3.0 coder 메뉴에서는 TxID를 설정할 수 있습니다. 기존 DMB 송신기에서 지원이 안 되었던, SFN 구성 내에서 자기 송신기 위치를 모르는 단점을 개선하였습니다. TxID를 통해 송신기 고유번호를 넣어서 방사하는 주파수를 수신 측(SFN 구성 내에서)에서 어느 송신기에서 방사한 송신신호인지 파악할 수 있게 되었습니다. 평상시에는 TxID가 노이즈 레벨로 떠서 수신 측 SN비를 좋지 않게 해서, 전파조사나 필요시에만 넣어서 사용합니다.

ATSC 3.0 coder 메뉴에서 Test 시그널을 발생시킬 수 있습니다. 기존 DMB 송신기와 마찬가지로 스펙트럼으로 주파수 허용편차를 측정할 때 사용할 수 있습니다.

Exciter 보드는 SDE900에서 IP 신호에서 I+Q 신호로 변환된 신호를, OFDM 변조한 RF 신호로 만드는 역할을 합니다. 또한 RF 모니터 단자를 통해 Feedback 받은 신호로 Pre-Correction 기능을 하고 있습니다. 필요시 Auto Correction을 통해, Linear 및 Non-Linear 특성을 개선할 수 있습니다.

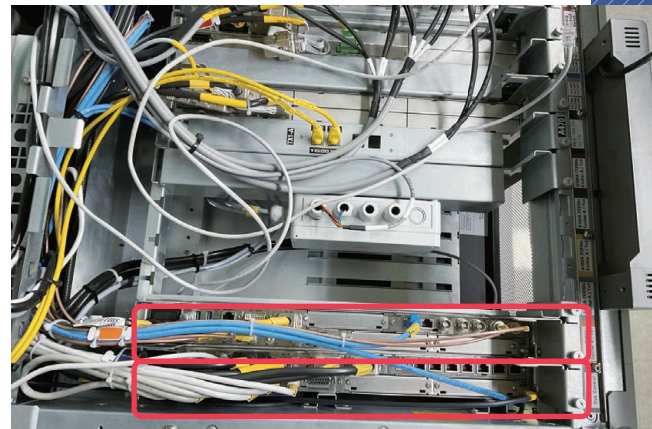


그림 10. TCE900 (빨간색, 1번 : Exciter 모듈, 2번 모듈 : Controller 모듈)

PA

PA 내부 상하면이 다르게 구성되어 있으며 윗면은 전원부, 아랫면은 증폭부로 구성되어 있습니다. 먼저 전원부는 3개의 전원 모듈로 각각 분리되어 있습니다. 만일 전원 모듈 중 하나가 소손되어도 각 모듈의 전원 공급 능력이 여유가 있어, 나머지 두 개로 100% 전원을 공급할 수가 있습니다. (PHU902 PA 기준)

전원 모듈은 단상 230V로 작동하며 전원 모듈 초입단에 Surge Arrestor가 설치되어 있어, 어느 정도의 과전압으로부터 PA를 보호할 수 있습니다. 모듈 자체가 3개로 단독 분리되어 있어, 타사 대비 모듈 교체는 쉬운 편입니다.



그림 11. PA 내부 전원부

다음으로 증폭부는 기본적으로 Doherty 구조되어 있습니다. 80% 정도의 증폭은 AB급 FET로, 그 이상 피크치는 C급 FET로 증폭되어서 기존모델에 비해 향상된 전력 효율을 보입니다. 이를 통해 약 33% 정도의 전력을 절감할 수 있습니다.

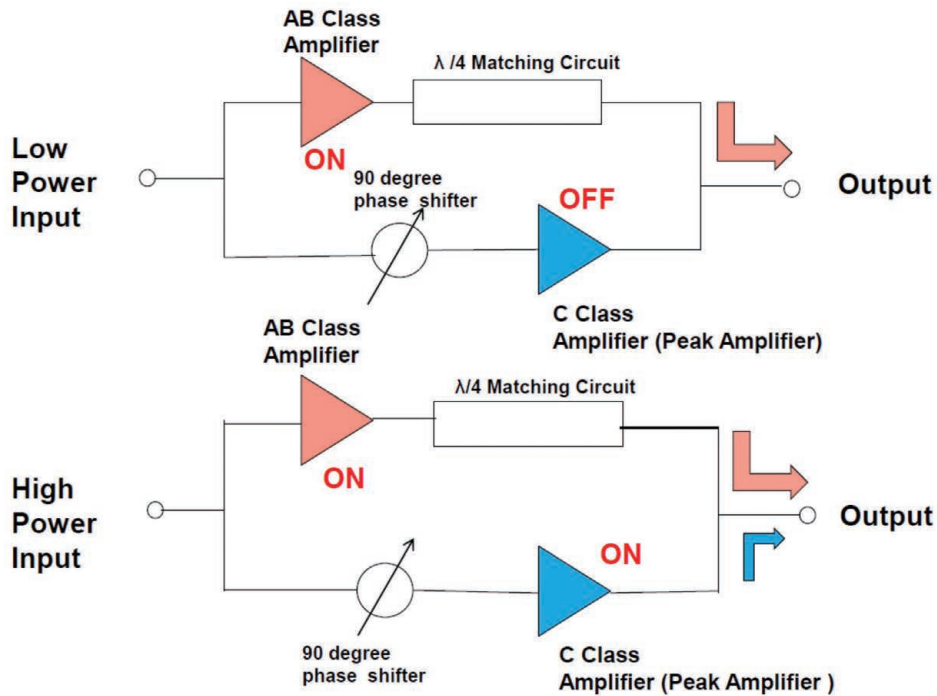


그림 12. Doherty 설명자료

※ Doherty 전력량 비교

OFDM 방식 2kW R&S 송신기 기준으로 Doherty 적용이 안 된 DMB 송신기는 소비전력이 12kW 정도이지만, Doherty 적용이 된 UHD 송신기는 8.8kW 정도의 소비전력을 보입니다. 약 33% 정도의 절감 효과가 있습니다.

PA Combiner 및 Mask Filter (BPF)

신형 PA Combiner는 기존 및 타사 Combiner에 대비해 Absorber가 내장되어 있고, 냉각수 입출력 포트가 컴팩트하게 구성되었습니다.

Mask Filter(BPF)는 내부로 수랭식 냉각라인이 들어가 있는 수랭식 모델로, 이를 통해 Mask Filter에서 발생하는 열을 좀 더 효율적으로 관리할 수 있습니다. 기존 DMB 송신기 Mask Filter는 냉각장치가 따로 없어서 발열이 좀 심한 편이었습니다.

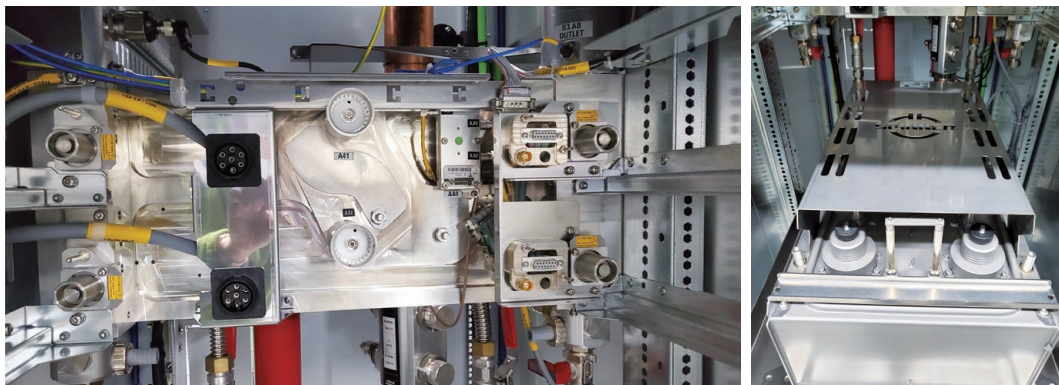


그림 13. PA Combiner 및 Mask Filter

UPS 장치

R&S UHD 송신기에 설치되어 있는 UPS는 리튬이온 배터리가 내장(12v, 7Ah, 4개)되어 있습니다. 설치되어 있는 UPS는 주기적으로 배터리 셀프 방전 테스트를 진행합니다. 배터리 노후화 시에는 셀프테스트를 하다가 Fail 신호를 발생시켜 송신기에 알람을 줍니다. 송신기에 UPS Fault로 잡힐 경우가 있으니, 배터리를 주기적으로 교체하셔야 합니다.



그림 14. UPS



GPS Receiver

UHD 송신기는 DTV 송신기와 다르게 GPS 신호를 인가해줘야 합니다. SFN/MFN 방식을 채택하고 있기 때문입니다. 기존방식(DMB)은 Exciter 내부에 내장형 타입이라 GPS 수신 불량 시 송신기 사용에 어려움이 있었습니다. THU 9시리즈로 오면서 GPS + GLONASS 위성 신호를 동시 수신 가능한 외장형 GPS Receiver가 설치되었습니다. 여러 개의 시간 정보 출력이 동시에 가능하여 다른 송신기의 GPS Receiver가 불량하여도 신호를 같이 사용할 수 있어 송신기 동작에 문제가 없도록 개선되었습니다.



그림 15. GPS Receiver



※ SFN 구성 방법 (Absolute 모드, Relative 모드, MFN 모드)

• Absolute 모드

Absolute 모드는 Time Stamp 절대시간이 정해져 있으며, 설정해 놓은 시간 내에 방송데이터가 들어와야 정상적인 송출이 가능합니다. 절대시간 동기가 맞지 않으면 송신기 출력이 불가능합니다.

송신소 간 거리 등으로 인한 전송 지연으로, 동일 데이터가 각 송신소의 송신기에 도착하는 시간이 다를 때 데이터를 동일 시간에 송신하기 위해 사용되는 모드입니다. GPS 신호와 Exciter 아웃에서 보정된 신호가 동일해서, 송신소 간 SFN 구성이 정확하게 일치합니다. 초기 버전에서는 Absolute 모드 기능을 지원하지 않다가 펌웨어 버전을 업그레이드하면서 지원하게 된 기능입니다.

•Relative 모드

Time Stamp가 0~999ms 사이 즉, 데이터 송출이 ms 단위가 동일(999ms 안에만 들어오면)하면 송신기에서는 정상이라고 판단합니다. 동일 Time Stamp로 되어 있고, 송신소 간 방송송신 시간이 좀 차이가 있더라도 송신기는 정상 송신이 가능합니다. 단, 1초 이상의 시간 오차 발생 여부를 파악할 수 없게 됩니다.

•MFN 모드

송신소 간 SFN으로 구성하고 있지 않고, 지역 내 단독으로 송신기가 설치되어 있을 경우 사용이 가능합니다.

펌프

펌프랙은 2개의 펌프가 1쌍으로 구성되어 작동하며, 냉각수 온도에 따라 가변적으로 작동합니다. 이는 전력 효율을 높이기 위한 방법입니다. 펌프 한 개가 고장 시에도 다른 펌프 한 개로도 작동합니다. 필터 거름망이 내장되어 있어서 정기적인 냉각수 품질 점검 후 거름망 청소를 해야 합니다. 냉각수 압력 하한치가 보통 1.0bar로 설정되어 있어, 설정값보다 낮을 시 Fault 발생 우려가 있어 정기적인 점검에 따라 냉각수를 보충해야 합니다.

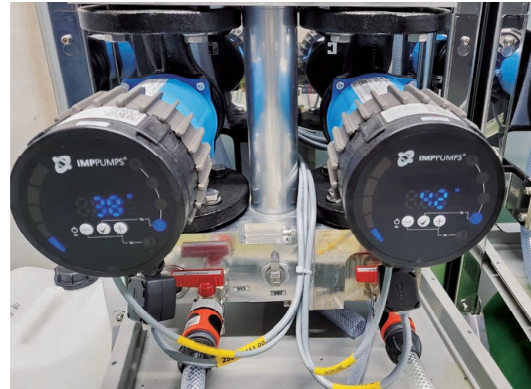


그림 16. 펌프랙

냉각수는 외부 공기와 접촉되지 않게 설계되어 있어 거의 무교환으로 사용하실 수 있습니다. 냉각수 상태를 표시창으로 확인할 수 있으며, 변색 유무를 판단할 수 있습니다. 초기 설치 시 기포가 많이 발생하여 에어벤트로 에어가 빠져나가 냉각수량이 부족해집니다. 따라서 설치 초기에는 주기적으로 냉각수를 보충해야 일정 압력을 유지할 수 있습니다.

냉각수 적정 산도 범위는 pH7.0~8.3 정도가 정상 범위입니다. 냉각수 농도는 처음 도입될 때, 냉각수와 증류수가 혼합된 제품이고, 39%의 냉각수 농도로 -24℃까지 얼지 않게 혼합이 되어 있습니다.

냉각수는 제조사에서 제공하는 냉각수로 보충하실 것을 권장드립니다. 일반 자동차용 냉각수나 타 제조사의 냉각수를 혼용할 경우 켈 현상이 나타날 수도 있습니다.



그림 17. 냉각수 상태 표시창



그림 18. 냉각수 품질 점검

※ 질소탱크 압력관리

가끔 질소탱크 압력이 떨어질 수 있는데, 내부 질소탱크와 냉각수 사이 중간막이 소손되어 질소탱크 내부로 냉각수 유입이 되는 경우가 있습니다. 제조사를 통해 질소탱크를 교체하시거나, 질소탱크를 분리하여 냉각수 제거 후 질소를 다시 채우는 방법도 있습니다.

주기적으로 질소탱크 내부 압력을 게이지로 측정해야 하며, 두드려서 둔탁한 소리가 나거나, 매년 냉각수가 부족해서 재보충을 자주 한다고 하면, 질소탱크로 냉각수가 유입될 가능성이 높습니다.



그림 19. 질소탱크 압력관리

※ 열교환기 관리

주기적인 라디에이터 청소와 팬 청소가 필요합니다. 실외에 설치되었을 경우, 특히 여름철에 벌레나 먼지 등의 이물질이 장기간 누적되어, 냉각효율이 떨어질 수 있습니다.



그림 20. 열교환기



그림 21. 겨울철 송신소 전경

송신기 전원부

배전반으로부터 380V, 3상4선식이 들어오며 메인 스위치 위에는 SPD(Surge Protect Device)가 장착되어 있습니다. 낙뢰나 서지로 인한 장비 보호를 어느 정도 하고 있습니다. 설치되어 있는 4개의 SPD는 클래스 2등급으로 이보다 큰 서지는 보호가 어려운 부분이 있습니다. 각각의 전원 스위치가 별도로 설치되어 있어서, PA 개별 전원 및 컨트롤러 등의 전원 관리가 용이합니다.

마치며

혹한, 혹서기에 24시간 365일 방송송신에 힘써 주고 계시는 방송기술인분들, 특히 각 송중계소를 지키고 계시는 모든 방송사의 방송기술인분들이 대단하시다는 생각이 듭니다. 방송환경이 급변하는 쉽지 않은 여건에서도 전문성을 가지고 RF 업무에 집중하시는 모습에 많은 자긍심을 느끼고 있습니다. 작은 지식으로 적은 글, 이쁘지 못한 글임에도 불구하고, 이렇게 기고할 수 있는 기회를 주신 한국방송기술인연합회에 감사의 인사를 드립니다. 