

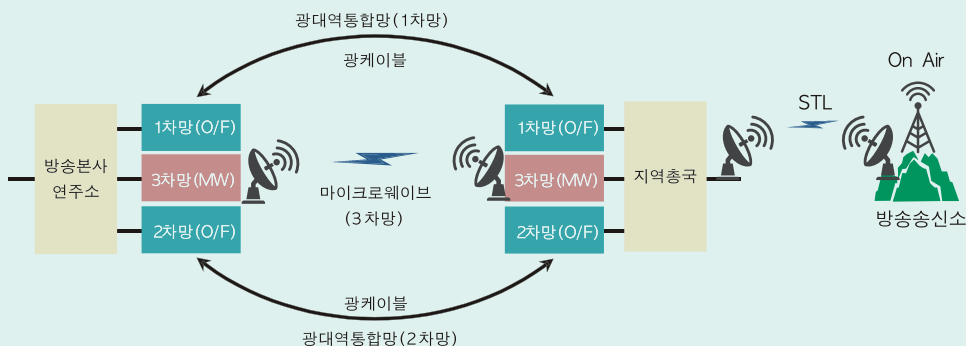
지역방송국 방송신호 전달

광대역통합전송망

우리나라 지상파방송사에서는 지역방송국으로 방송프로그램을 보내고 받는 데에는 유선의 광케이블 통신과 무선의 마이크로웨이브 통신을 이용하고 있습니다. 지역방송국에서 생방송 뉴스 등 본 방송에 참여하거나 방송프로그램을 본사 연주소로 보낼 때 이용하는 네트워크는 유선의 MSPP 방식 광대역통합전송망(DWDM)을 이용하여 왔습니다만 현재는 대부분 새로운 ROADM 방식의 광대역통합전송망으로 대체하고 있습니다. 이 광대역통합전송망은 노드별 시스템 이중화로 구성되어 있어 어느 구간에서 고장이 발생하더라도 방송신호에 끊김 없이 전송됩니다. 현재 방송중계 전송망은 유선 광통신의 1차망 → 유선 광통신의 2차망 → 무선의 마이크로웨이브 3차망 순서로 운용하고 있습니다.

방송신호의 비압축전송

현재 지상파(KBS, MBC, SBS) 방송신호는 방송본사와 지역방송국간 유선의 광대역통합전송망을 이용하여, 광대역통합전송망을 이용한 비압축전송으로 지연 현상 없이 고품질의 디지털방송을 전송하고 있습니다. 이 비압축전송방식은 국내 통신사업자의 10Gbps 급 이상의 광대역통합전송망을 이용하여 전송합니다. 초기의 디지털방송 전송방법은 방송신호를 45Mbps급으로 압축하여 전송하였으나 이때 압축과 복원으로 여러 단계를 거쳐 전송하므로 생방송의 경우에는 약 3~4초간의 지연 현상이 발생하였습니다. 반면, 비압축전송방식은 HDTV(1.5Gbps), SDTV(270Mbps), 라디오(AES/EBU 신호) 방송 프로그램을 동시에 압축하지 않고 전송해 지연 현상이 발생하지 않는 특징이 있습니다.



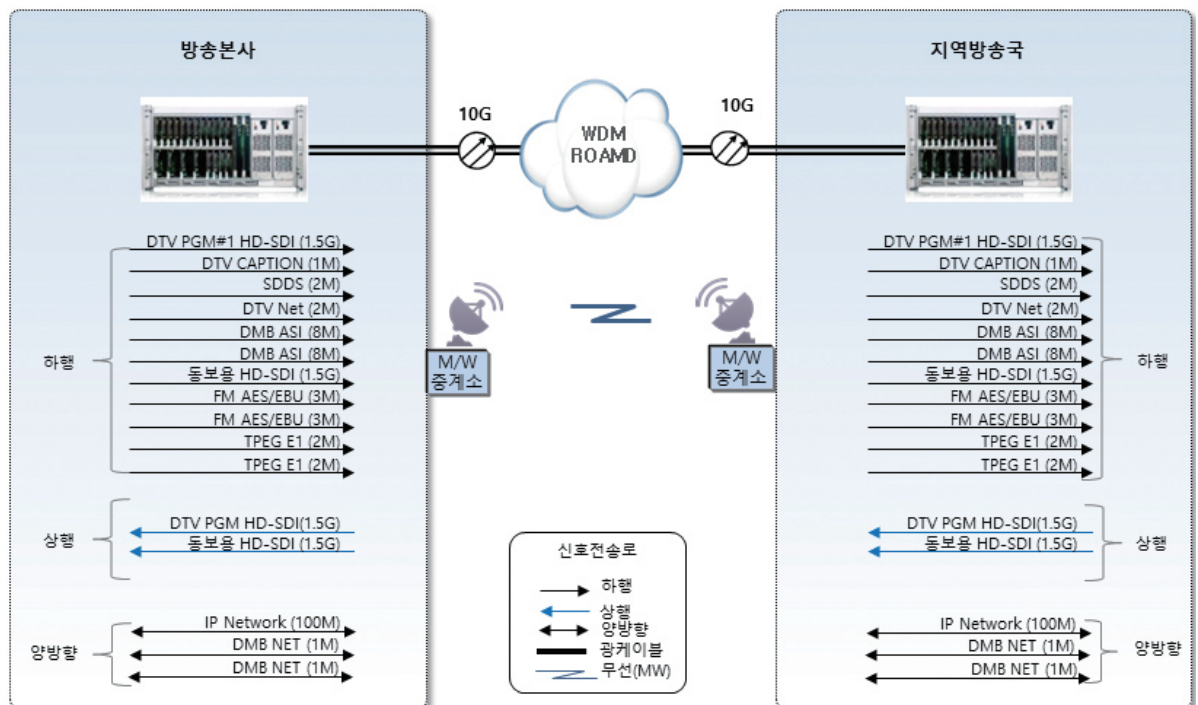
- 1차망 : 유선 광대역통합전송망(DWDM), 비압축전송(10Gbps)
- 2차망 : 다른 경로의 유선 광대역통합전송망(DWDM), 비압축전송(10Gbps)
- 3차망 : 무선 마이크로웨이브전송망(M/W), 압축전송(45~155Mbps)

방송본사-지역방송국간 유·무선 광대역통합망 구성도

* **DWDM** : Dense Wavelength Division Multiplexing의 약어, 유선/무선/방송/인터넷이 하나로 융합된 광대역 멀티미디어 서비스, 하나의 광케이블에 파장을 달리하는 여러 개의 광신호를 동시에 송/수신하는 전송 방식이다. 10Gbps의 광신호를 파장변환하여 수십 개의 파장(4~40개)을 동시에 전송하는 방식으로 40Gbps~400Gbps의 전송용량을 가진다.

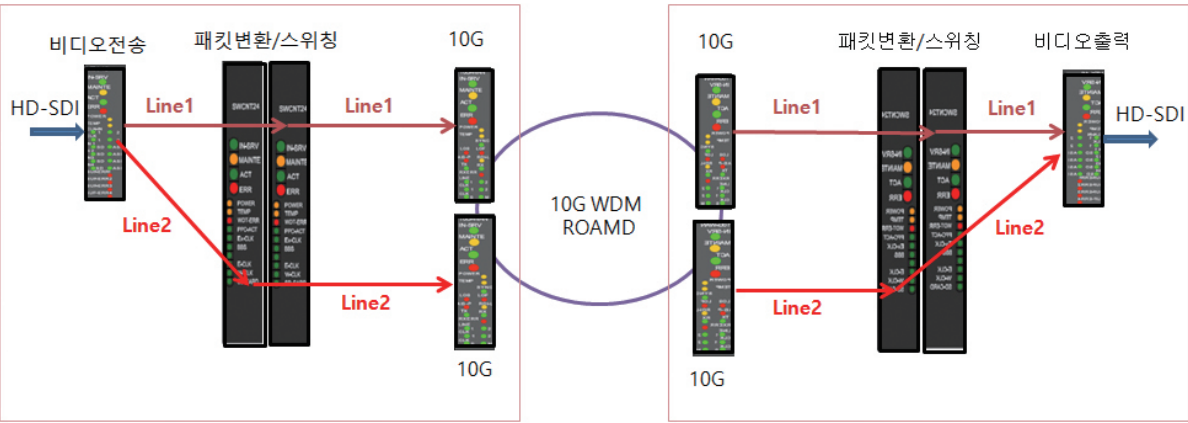
* **ROADM** : Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer의 약어. 차세대 광통신기술의 하나, 새로운 광통신 회선을 추가하거나 변경할 때 수작업으로 조정해야 하는 이전의 광분기(OADM)의 단점을 개선한 기술이다. ROADM 방식은 소프트웨어만으로 회선망 설정과 회선 변경이 가능하며, 원격으로 네트워크 구성이 가능하기 때문에 유지보수 비용을 절감할 수 있는 것이 특징이다. 10Gbps를 수용하던 광파장에서 최근 광파장은 100Gbps 신호를 수용하는 추세이며, ROADM 방식은 100 Giga bps 신호를 수용하여 1.2 Tera bps 전송용량으로 확장하여 이용하고 있다.

아래 그림은 광대역통합전송망(10G WDM ROADM)을 이용하여 방송본사와 지역방송국 간에 지연시간 발생 없이 방송신호를 보내고 받는 비압축전송방식의 사례입니다.



- 광케이블 경로가 서로 다른 2개의 이원구조로 비압축전송(1차망과 2차망 이원루트운용)
- 광케이블 1차망, 2차망 모두에 고장이 발생한 경우 마이크로웨이브 압축망을 선택사용
- HDTV 신호의 비압축 데이터량(8Bit = 1,188Mbps, 10Bit = 1,485Mbps)
- SDTV 신호의 비압축 데이터량(8Bit = 216Mbps, 10Bit = 270Mbps)
- HDTV 지상파 신호의 압축 데이터량 = 19.39Mbps(19.392658Mbps)/SMPTE-310M

광대역통합망을 이용한 비압축전송방식 구성도



광대역통합 이원망을 이용한 비압축전송 구성도

* 광대역통합망에 전송되는 디지털방송 신호종류

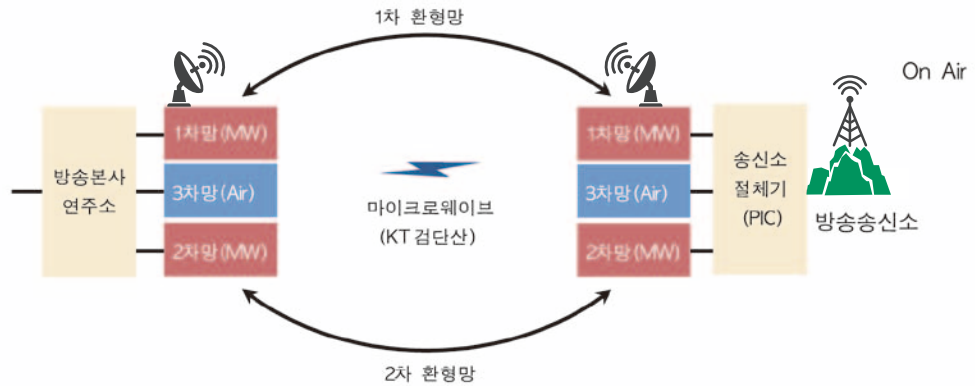
전송신호	신호규격	전송속도
HDTV 비압축전송	HD-SDI(SMPTE292M)	1.485Gbps
SDTV 비압축전송	HD-SDI(SMPTE259M)	270Mbps
아카이브	Ethernet IP	100Mbps
HD 압축송신용	DS-3(45Mbps)	19.8Mbps
SD 압축송신용	DS-3(45Mbps)	10Mbps
DMB 전송	E1(2M)	2.048Mbps
디지털오디오	AES/EBU	1.152Mbps
데이터방송	DVB-ASI	8Mbps

- SDI : Serial Digital Interface
- AES/EBU : Audio Engineering Society / European Broadcasting Union
- DVB-ASI : Digital Video Broadcasting-Asynchronous Serial Interface
- SMPTE : Society of Motion Pictures and Television Engineers



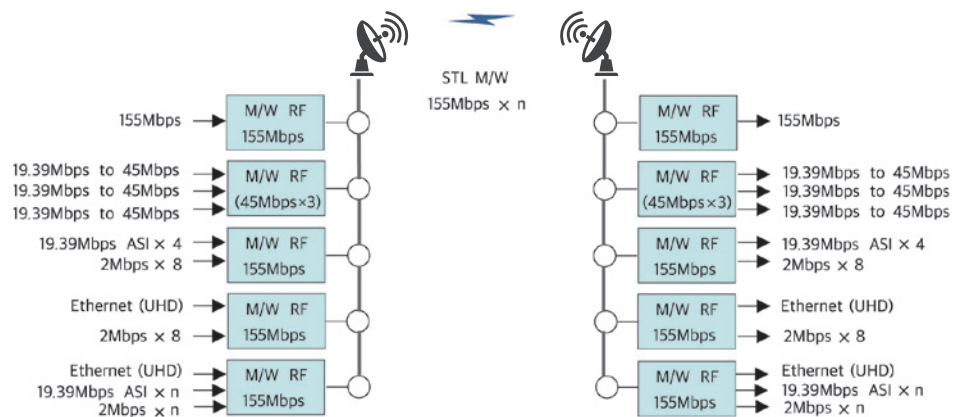
방송신호의 압축전송

현재 EBS 교육방송 프로그램은 마이크로웨이브 통신망을 이용하여 고품질의 다채널 디지털방송(MMS)을 전국에 서비스하고 있습니다. EBS 교육방송의 경우에는 지역방송국과 편집, 생방송하는 시스템이 아니기 때문에, EBS 방송 주조정실에서 송신용으로 압축된 HD급 19.39Mbps 방송신호를 45Mbps급 전송신호 대역 내에 실어 전송합니다. 이 전송신호는 압축과 복원의 변경 단계를 거치지 않고 통신사업자(KT) 마이크로웨이브 통신망을 이용하여 지역송신소로 바로 보내집니다. 마이크로웨이브 통신소는 고지에 위치하여 지역송신소까지의 전송거리를 단축하는 이점이 있습니다. 마이크로웨이브 통신망은 환형(Ring망)으로 구성되어 어느 구간에서 고장이 발생할 경우에 양호한 마이크로웨이브 통신망으로 자동 전환하는 전송방식을 이용하고 있습니다.



- 1차망 : 마이크로웨이브망(M/W), 고장 시 환형망 내에서 선택사용
- 2차망 : 마이크로웨이브망(M/W), 고장 시 환형망 내에서 선택사용
- 3차망 : 1,2차망 모두 고장 시 인근 송신소 방송파(ON-Air)를 수신하여 사용

EBS 지상파방송의 마이크로웨이브 무선통신망 구성도



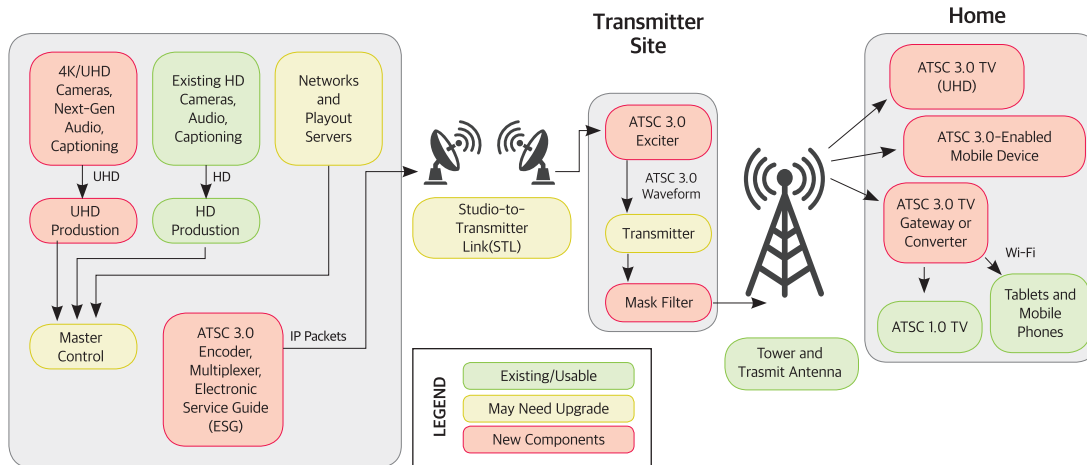
* 마이크로웨이브 주파수별로 1개의 안테나에 대역 내 주파수를 결합 사용할 수 있음

주파수	채널당 대역폭(MHz)	송신주파수(채널수)	수신주파수(채널수)	총대역폭(MHz)
6GHz (5.925~6.425)	30	8	8	240
7GHz (6.430~7.110)	40	8	8	320
8GHz (7.725~8.275)	40	6	6	240
11GHz (10.7~11.7)	40	12	12	480

마이크로웨이브를 이용한 전송방식 구성도

지상파 UHD 방송신호의 전송

우리나라는 국내 지상파 UHDTV의 방송표준방식을 복미식으로 정한 “방송표준방식과 방송업무용 무선설비의 기술기준”을 2016년 9월 30일 확정 시행하였습니다. 따라서 국내 지상파 UHDTV 방송은 복미식 방송표준에 따라 2017년 5월 31일 ATSC 3.0 방식으로 본 방송을 시작하였고, 지상파 UHD 방송은 종전에 사용하던 지상파 UHF 5개 채널을 4K UHD 방송채널로 전환하였습니다. 4K UHD 전송은 IP 기반으로 256QAM 변조방식, 25Mbps 전송비트율, OFDM 전송방식의 SFN 단일주파수 시스템으로 구성됩니다.



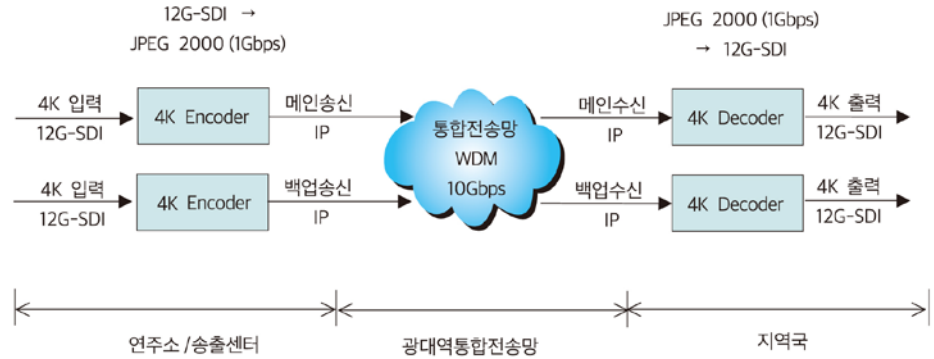
ATSC 3.0 UHD TV 방송 전송신호 흐름도

비디오 압축방식은 HEVC, 오디오 압축방식은 MPEG-H Part. 3, IP 기반의 다중화 방법을 적용합니다. 오류정정 방식으로 LDPC 부호 등을 적용하고 있으며, 수신기의 수신율을 높이기 위해서 25Mbps 전송비트율 보다 낮은 약 20Mbps로 송출하고 있습니다.

- * UHD(Ultra High Definition), Full HDTV(2K)가 제공하는 화질보다 4배에서 16배 선명한 초고화질 해상도에 음질도 최대 22.2채널을 사용하여 실제 현장에서 듣는 것과 같은 느낌을 구현하는 차세대 실감방송 서비스 기술
- * HEVC(High Efficiency Video Codec), 초고화질 영상을 다루기 위해 종전보다 2배로 압축효율을 높인 고효율 비디오 코덱기술
- * MPEG-H Part. 3(Moving Picture Expert Group), 다채널 지원이 가능한 오디오 압축 코덱기술
- * LDPC(Low Density Parity Check Code), 정보유실을 최소화할 수 있도록 개발된 오류정정보호 기술
- * QAM(Quadrature Amplitude Modulation, 직교진폭변조), 위상과 진폭을 동시에 결합하여 전송효율을 높이는 변조기술
- * OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 직교주파수분할다중화) 상호직교성을 갖는 다수 방송파를 이용하여 신호를 변조하여 다중화하는 전송방식

국내 4K UHD 방송 지역전송

국내 4K UHD 방송 지역전송은 12G-SDI 입력신호를 JPEG2000 압축방식을 이용하여 1Gbps로 전송하고 있습니다. 방송사에서는 통신사업자의 10Gbps 대역 광대역통합전송망을 확보하고 있으나, 이미 사용하고 남아있는 약 5Gbps 여유 대역을 활용하여 1Gbps 용량으로 UHD 방송 신호를 전송하고 있습니다. 통합전송망 대역이 부족한 방송사는 12G-SDI 방송신호를 80Mbps HEVC로 압축 전송하는 경우도 있습니다. 만약 100Gbps 신호의 광파장을 이용한다면 12G-SDI 방송신호를 압축과정 없이 실시간 전송할 수 있습니다. 이는 대용량 네트워크 사용에 따른 비용 측면 해결이 있어야 가능할 것으로 보입니다.



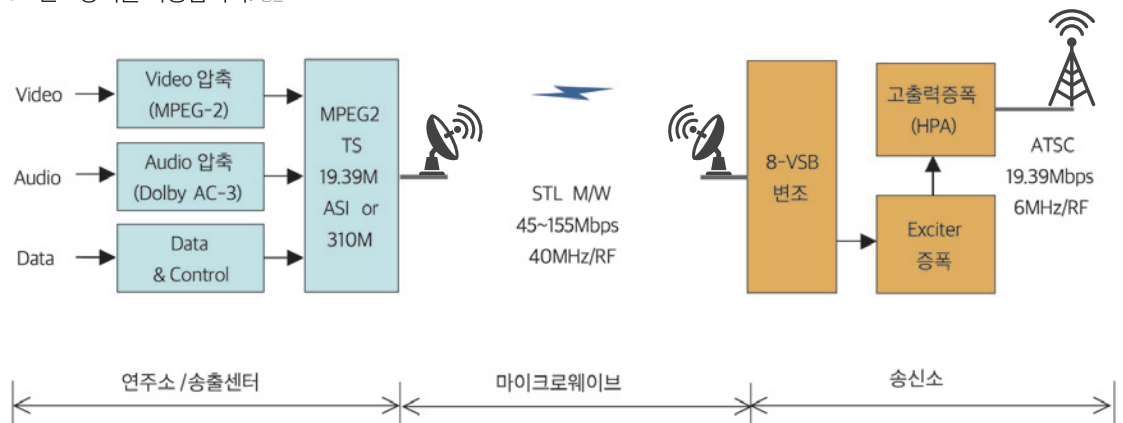
*** JPEG 2000 (Joint Photographic Experts Group), 이미지 압축표준 및 코딩 시스템**

JPEG 2000은 웨이블릿 기술에 기반한 최첨단 압축기술을 사용하는 이미지 코딩 시스템이다. JPEG에 비해 압축성능을 향상시키는 것뿐만 아니라 확장성 및 편집 가능성과 같은 기능을 추가하는 것이다. 매우 광범위한 유효 비트 전송률을 처리할 수 있는 능력은 JPEG 2000의 강점 중 하나이다.

지상파 HD 방송신호의 전송

ATSC 1.0 디지털TV 방송의 송신시스템은 부호화부, 다중화부, RF 전송부로 구성됩니다.

- (1) 부호화부는 비디오, 오디오, 데이터를 부호화하여 전송률을 줄이는 역할을 합니다. ATSC는 비디오 및 오디오 부호화를 위하여 MPEG-2 비디오 표준과 Dolby AC-3 표준을 채택하였고, MPEG-2 비디오는 비월주사(Interlaced), 순차주사(Progressive) HDTV와 SDTV 모두 표준으로 정하고 있습니다. AC-3 부호기의 입력 5.1채널 오디오는 좌, 우, 중앙, 좌/우 서라운드 등의 5개 전역 오디오 신호(3Hz~20kHz)와 1개의 LFE(Low Frequency Enhancement) 신호로 구성됩니다. LFE 채널은 3Hz~120Hz의 대역폭으로 오디오 채널 대역폭의 1/10(0.1)에 불과하여 AC-3 시스템을 5.1채널 시스템이라고 합니다.
- (2) 다중화부는 부호화된 비디오, 오디오, 데이터 비트열을 MPEG-2 시스템 규격에 따라 TS(Transport Stream)로 다중화합니다. 이를 위해서 먼저 비디오, 오디오, 데이터를 PES(Pack etized Elementary Stream) 패킷으로 패킷화합니다. PES 패킷은 188Byte의 TS 패킷 단위로 다중화 되어 전송을 위한 단일 TS가 생성됩니다. 이러한 다중화 과정은 MPEG-2 시스템 규격을 따르고 있습니다. MPEG-2 시스템에서 TS는 전송오류를 고려한 방송운용을 위한 것으로 ATSC에서 TS(Transport Stream)를 채택하고 있습니다.
- (3) RF/전송부는 채널 부호화와 변조를 포함합니다. 채널 부호화는 수신기가 전송오류로 손상된 수신 데이터를 원래의 신호로 복구할 수 있도록 부가 데이터를 입력하여 데이터 비트열에 추가하는 과정입니다. 변조기는 디지털 비트열을 송신신호로 변조하며 8-VSB 변조방식을 사용합니다.



ATSC 지상파 디지털TV 압축전송과 송신신호 흐름도