

ATSC 3.0 기반 UHD 방송기술 동향

글. 박성익, 권선형, 이봉호, 임현정 · ETRI 미디어방송연구실

서론

초실감 미디어 시대에 발맞추어 시청자에게 고품질의 콘텐츠를 제공하기 위한 방송사업자의 노력이 이어지는 가운데, 2017년 5월 국내 지상파방송 3사는 전 세계 최초로 4K-UHD 지상파방송을 송출하며 4K-UHD 지상파방송의 상용화를 이끌었다. 국내에 도입된 4K-UHD 지상파 방송표준은 2세대 지상파 DTV 표준 중 하나인 북미 방송 표준 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 3.0 방식을 기반으로 하고 있다. 우리나라는 ATSC 3.0 기반 차세대 방송 서비스 상용화에 가장 먼저 성공하여 전 세계 방송기술 분야에서 그 영향력을 널리 펼치고 있다. 이와 관련하여, 전 세계 지상파방송 표준 및 지상파 UHD 최신 방송기술 동향을 살펴보고, 8K-UHD와 같은 새로운 서비스를 위한 UHD 방송망과 5G망 융합 전송 기술을 소개하고자 한다.

전 세계 지상파방송 표준 동향 및 국내 지상파 UHD 방송

전 세계 지상파방송 기술시장은 현재 주요 4개 표준단체의 기술이 분할하여 점유하고 있다. 해당 표준단체는 ATSC, DVB-T(Digital Video Broadcasting-Terrestrial), ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial)와 DTMB(Digital Terrestrial Multimedia Broadcast)이다. 북미지역과 대한민국을 중심으로 ATSC 방식을 사용하고 있으며, 유럽, 아프리카 및 오세아니아에서는 DVB-T 방식을 사용하고 있다. 이 밖에도 일본과 남미에서는 ISDB-T 방식을, 중국, 쿠바, 일부 아프리카 국가에서는 DTMB 방식을 채택하고 있다. ATSC와 DVB-T에서는 UHD 방송이 가능한 2세대 디지털방송 표준 제정을 완료하고 일부 국가에서 본방송을 하고 있으며, ISDB-T와 DTMB에서는 2세대 디지털방송에 대한 표준화 논의가 진행 중이다.

현존하는 2세대 디지털 지상파방송 표준인 ATSC 3.0과 DVB-T2의 특징은 [표 1]과 같다. 두 표준 모두 1세대 표준 대비 전송효율을 약 30% 이상 향상시켰으며, OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기반으로 물리계층 규격을 설계하여 다중경로채널 환경에서의 성능 향상과 단일주파수망 기반 방송 서비스를 염두에 두었다. 또한, 기존 1세대 디지털 방송은 단일 전송률만을 지원하였으나, 2세대 디지털 방송부터는 다양한 서비스 품질을 가지는 비디오/오디오 등을 포괄적으로 서비스하기 위해 상당히 넓은 범위의 전송률을 지원하고 있다. ATSC 3.0이 DVB-T2와 차별화되는 점으로는, 모바일 HD 방송과 고정 UHD 방송을 동시에 효율적으로 전송하기 위한 최신 다중화 기술인 LDM(Layered Division Multiplexing)을 포함하고 있고, 시스템이 완전히 IP 기반

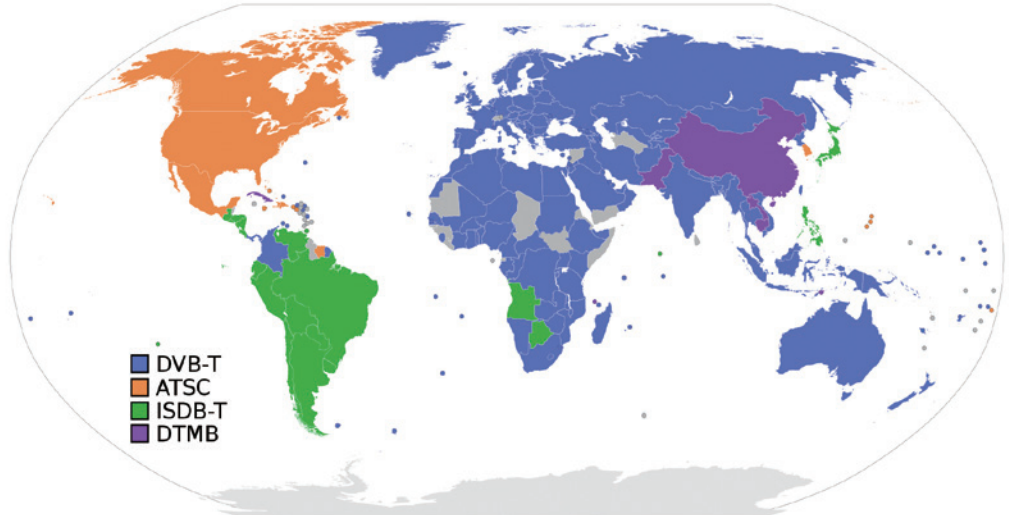


그림 1. 국가별 지상파방송 표준 채택 현황 / 출처 : en.wikipedia.org/wiki/Digital_terrestrial_television

으로 설계되어 통신망과의 연동이 가능해짐으로써 다양한 단말에 고품질 미디어 제공이 가능해진 점을 꼽을 수 있다. 이러한 특징점으로 인해, 개인화된 단말 및 미디어 서비스 다양화로 대표되는 최근 미디어 시장 트렌드에서 지상파방송이 경쟁력을 확보하는데 큰 역할을 할 것으로 기대되고 있다.

구분	ATSC 3.0	DVB-T2
표준화 완료 시기	2018년	2009년
영상압축 포맷	HEVC, SHVC	MPEG-4, HEVC
오디오압축 포맷	MPEG-H	AC3
입력 인터페이스	IP	TS, GSE(IP 기반)
스펙트럼 효율	0.27 ~ 10.37 bits/s/Hz	0.87 ~ 6.65 bis/s/Hz
재난방송	EAS(Emergency Alert System)	미지원
전송 다중화 방식	TDM, FDM, LDM	TDM

표 1. ATSC 3.0과 DVB-T2 주요 특징 비교

국내에서는 2016년 ATSC 3.0 방식 기반 지상파 UHD 방송표준을 제정하고, 2017년 5월 31일 수도권 지상파 UHD 본방송을 시작하였다. 이는 ASTC 3.0 방식 기반 본방송을 세계 최초로 시행한 것으로 그 의미가 매우 깊다. 2017년 말에는 광역권으로 지상파 UHD 방송 권역을 확장하였으며, 이러한 경험을 바탕으로 2018년 평창 동계올림픽 개·폐막식과 쇼트트랙 등 주요경기를 세계 최초로 지상파 UHD 방송으로 생중계하기도 하였다. 또한, 평창 동계올림픽 당시 평창 및 강릉 일대에서 ATSC 3.0 모바일 수신기를 셔틀버스에 장착하여 모바일 HD 방송



그림 2. 평창 동계올림픽 당시 ATSC 3.0 모바일 전송 시연 - 시연버스 외부(좌), 내부(우)

과 고정 4K-UHD 방송을 하나의 주파수 채널을 이용하여 서비스하는 기술을 함께 시연하기도 하였다.

미국에서는 FCC(Federal Communications Commission)에서 2017년 11월에 ATSC 3.0의 사용을 승인하였다. 이에 따라 클리블랜드 등지에서 2017년 11월부터 CTA(Consumer Technology Association)와 NAB(National Association of Broadcasters)가 공동 필드테스트를 시작하였으며, 알리 지역에서는 2018년 2월부터 CBC(Capitol Broadcasting Company) 주도로 라이브 실험방송과 ATSC 3.0 LDM 기반 평창 동계올림픽 생중계가 이루어지기도 하였다. 2021년 현재는 약 62개 DMA(Designated Market Area)에서 75%가 넘는 시청자들이 ATSC 3.0 방송을 수신할 수 있는 방송 인프라를 구축하고 있다.

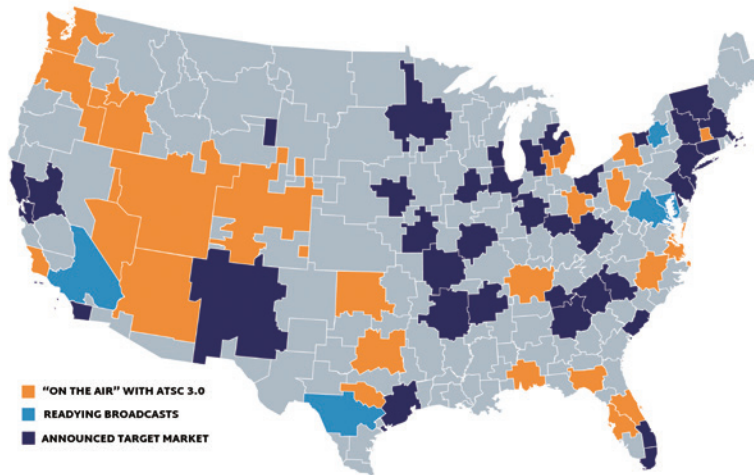


그림 3. 미국의 ATSC 3.0 도입 현황 / 출처 : www.atsc.org/nextgen-tv/deployments

ATSC 3.0 기반 2세대 디지털 방송 서비스

ATSC 3.0 표준 기반 서비스는 크게 Linear Audio/Video 서비스, Linear Audio-only 서비스, App-based 서비스, ESG 서비스 및 EAS 서비스로 구분할 수 있다. Linear Audio/Video 서비스는 현재 상용 방송 중인 4K-UHD 서비스와 2021년 후반에 시작할 예정인 모바일 TV 서비스가 포함된다. Linear Audio-only 서비스는 오디오 전용 서비스로 디지털 라디오 서비스에 해당된다고 할 수 있다. App-based 서비스는 HTML 5 기반의 Interactive 서비스로 일반적으로 데이터 서비스에 해당한다. 이외에도 전자 프로그램 안내인 ESG(Electronic Service Guide) 서비스 제공이 가능하며 또한 자동인지 Wake-up이 가능한 EAS(Emergency Alerts Service)를 제공할 수 있다. 또한, 시청자에게 맞춤형 광고를 제공할 수 있는 타겟 광고 제공도 가능하다.

4K-UHD는 3840×2160 해상도를 갖는 비디오 및 고품질 오디오 데이터를 지상파 방송망을 통해 전송하여, 기존 FHD보다 우수한 품질의 콘텐츠를 제공하는 서비스로 국내에서는 2017년 본방송을 개시하였다. 이를 위해 국내 UHDTV 표준에서는 비디오 데이터의 압축기술에는 HEVC(High Efficiency Video Coding)를, 오디오 데이터의 압축기술로는 MPEG-H를 채택하였다. 기존 DTV 방식의 경우 6MHz 대역폭에서 19.4Mbps 정도의 전송 용량을 제공하지만 ATSC 3.0 기반 UHD 방송의 경우 DTV 대비 30% 이상 향상된 25Mbps 전송 용량 제공이 가능하다. 통상적으로 하나의 4K-UHD 비디오 서비스를 위해서는 20Mbps 정도가 요구된다. 향후 HEVC 인코더의 성능이 향상되면 10~15Mbps 정도만으로도 4K-UHD 비디오 전송이 가능하며, [그림 4]에 예시된 바와 같이 여유 전송 용량에 모바일 TV 및 다양한 부가데이터 서비스 제공이 가능할 것으로 기대된다.

모바일 TV 서비스는 DMB에서 제공하고 있는 이동 TV 서비스와 유사한 개념의 서비스로 UHD 방송망에 4K-UHD 비디오와 Simulcast 방식 혹은 별도의 모바일 TV를 제공할 수 있으며, 이동 수신에 강인한 전송 파라미터를 사용한다. 모바일 TV 서비스는 4K-UHD와 달리 해상도를 FHD(1080p) 또는 HD(720p)를 적용하여 1~2Mbps 정도의 전송 용량을 필요로 한다. 모바일 TV 서비스는 한 개의 채널에 4K-UHD와 이동용 FHD 서비스를 동시 제공하는 것으로, 2018년 평창 동계올림픽 때 강릉지역 경기장과 숙소를 이동하는 버스에서 직접 수신하여 그 성능과 품질을 확인하였다. 향후 지상파 방송사에서 4K-UHD와 이동용 FHD 서비스를 동시에 전송할 것으로 기대된다.

[그림 4]는 DTV, DMB 및 UHD 방송망을 통해 제공 가능한 비디오 서비스에 대한 예시로 UHD 방송이 도입되기 전에는 DTV를 통해 고정 FHD 비디오 서비스를 제공하고 이동 방송의 경우 DMB를 통해 HD급 비디오 서비스를 별도로 구성하여 제공하였다. UHD의 경우에는 예시된 그림과 같이 6MHz 대역에 4K-UHD 비디오와 하나 이상의 HD 비디오를 동시에 전송할 수 있다. 특히, 차량에 UHD 수신기를 장착할 경우 차량 시청자는 4K-UHD 비디오를 포함하여 FHD 급의 고품질 TV 서비스를 무료로 시청할 수 있을 것으로 예상된다. 현재 미국에서는 이러한 이동 TV 서비스를 위해 NextGenTV란 이름으로 여러 도시에서 시범 서비스를 하고 있으며 SGB(Sinclair Broadcast Group)의 자회사인 OneMedia에서는 인도 SaankhyaLab 및 Borqs사에서 개발한 ATSC 3.0 수신기 가능한 세계 최초 스마트폰을 도입하여 이동 수신 테스트를 진행 중이다. 또한 Sony에서는 차량용 멀티미디어 서비스 및 소프트웨어/펌웨어 업데이트 등을 ATSC 3.0 방송망을 통해 갱신하도록 하는 다이버시티(diversity) 수신 칩을 개발하였다. 향후 ATSC 3.0 신호 수신기 가능한 차량 및 다양한 모바일 디바이스가 출시될 경우 ATSC 3.0 지상파 방송망을 통해 4K-UHD 비디오, 모바일 FHD 및 소프트웨어/펌웨어 업데이트와 같은 서비스를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

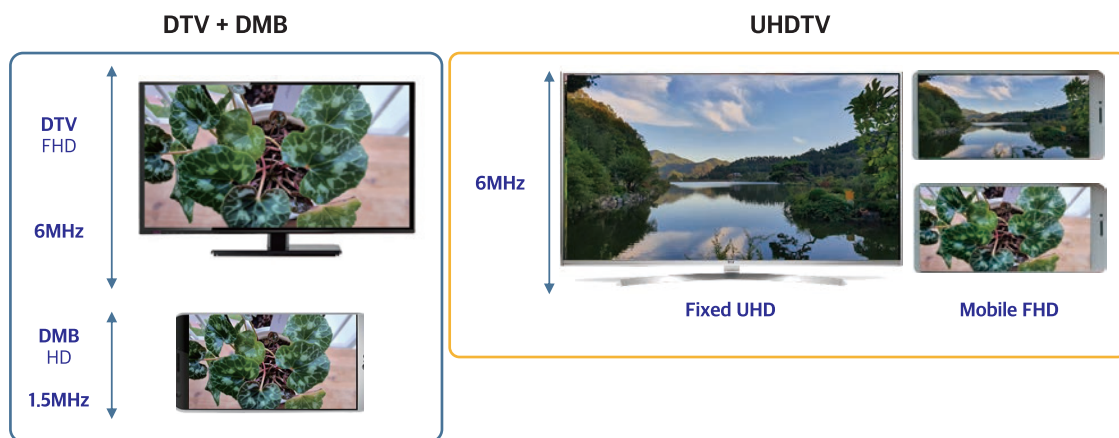


그림 4. DTV, DMB 및 UHD 비디오 서비스 예

ATSC 3.0은 비디오 외에도 시청자에게 도움이 될 수 있는 다양한 데이터 서비스를 제공하기 위해 앱 서비스 표준을 제정하였다. HTML 5 기반의 애플리케이션 데이터를 UHD 방송망을 통해 전송하여 다양한 멀티미디어 데이터를 비디오와 동기화하여 보여줄 수 있을 뿐만 아니라, 비디오와 관련이 없는 고유의 데이터(예 : 일기 예보)도 시청자에게 제공할 수 있다. 국내에서는 이를 위해 HbbTV(Hybrid broadcast broadband TV) 기반의 데이터 서비스가 가능하며 현재는 종료되었지만 Tiviva 서비스를 제공하기도 하였다. 앱 기반 서비스의 특징은 양방향성에 있다. 시청자가 원하는 추가 정보 및 콘텐츠를 클릭하여 탐색할 수 있고, 통신망과 연동할 경우 시청 중인 Linear 서비스와 연관된 다양한 Interactive 콘텐츠(부가적인 클립이나 이미지 또는 웹 페이지)도 제공할 수 있다. Linear Audio 서비스의 경우 오디오와 관련된 부가 정보, 예로 음원 관련 이미지나 링크를 통한 웹 페이지 등을 추가로 제공할 수 있다.

ATSC 3.0 방송은 보다 진보된 재난재해 경보방송 서비스를 제공할 수 있다. 새로운 재난방송은 자동인지 기능, 맞춤형 재난정보 전달 및 리치미디어 서비스 제공이 가능하다. 자동인지 기능은 수면 모드의 수신기가 자동으로 재난정보를 탐지하고 재난정보가 있을 경우 스스로 깨어나는 것으로, 단말기가 꺼져 있는 경우 효과적으로 사용될 수 있다. ATSC 3.0은 재난정보를 효율적으로 전송하기 위한 AEAT(Advanced Emergence Alert Table)를 정의하고 있으며, AEAT를 통해 지역 기반 재난정보 및 다중언어 지원 등과 같은 맞춤형 재난정보 전달이 가능하다. 그뿐만 아니라, 기존 문자 위주의 재난정보만이 아닌 HTML이나 동영상을 포함한 리치미디어를 활용한 재난정보 전달이 가능하다.

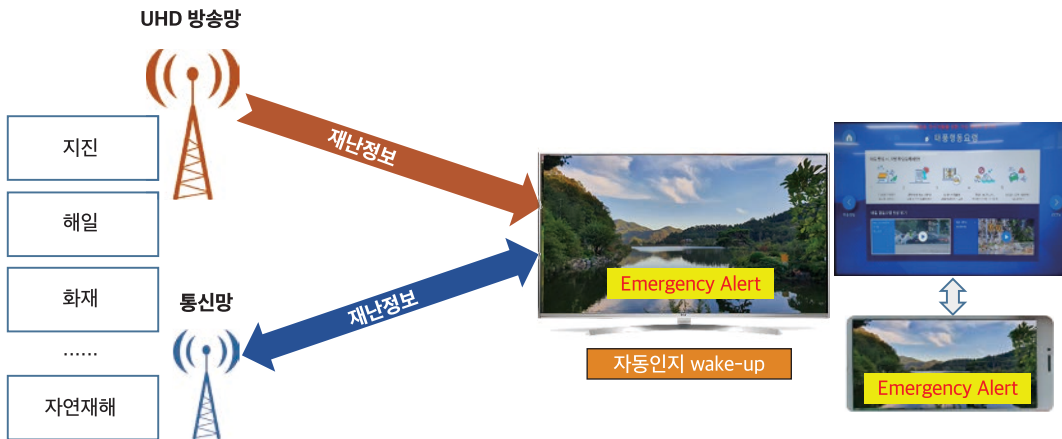


그림 5. ATSC 3.0 재난경보 서비스 예

ATSC 3.0은 교통 및 여행 정보(TTI : Traffic and Travel Information)를 별도의 채널을 구성하여 전송할 수 있다. TTI 서비스는 실시간 교통 정보를 포함한 차량 운전자에게 도움이 되는 다양한 관련 정보를 TPEG(Traffic Protocol Expert Group) 데이터로 가공하여 방송망을 통해 전송하는 서비스이며, 내비게이션과 연동하여 최적의 목적지를 선정하거나 운전 중에 유교 정보를 반영하여 경로를 변경하거나 주변 정보를 제공받아 안전하고 편리한 운전을 할 수 있도록 해주는 서비스에 해당한다. 이러한 TTI 서비스를 ATSC 3.0 방송망을 통해서 전송할 경우 실시간 교통 정보, 주차장 정보, 대중교통 정보, POI(Point Of Interest) 서비스 등 차량 운전자에게 도움이 되는 정보를 실시간으로 제공할 수 있다. TTI 서비스는 통신망과 연동할 경우 통신망을 통해 특정 차량의 위치와 연동된 location triggered 정보를 추가로 전달받아 차량의 운행에 도움을 줄 수 있다. 미래 차량은 커넥티드카(Connected Vehicle)와 자율주행(AD : Autonomous Driving) 환경으로 진화가 예상되며, 이를 위해 TISA(Traveller Information Services Association)에서도 자율주행 서비스를 위한 TPEG3 표준을 개발하고 있다. 앞서 언급한 다이버시티 수신 기술도 이와 같은 차량 서비스를 유즈 케이스(use cases)로 고려하여 펌웨어 업데이트 및 지도 전송과 같은 기술 개발을 진행하고 있다.

마지막으로, ATSC 3.0은 시청자 맞춤형 서비스의 일환으로 타겟 광고 기술을 포함하고 있다. ATSC 3.0의 타겟 광고와 관련된 기술들은 A/344: Interactive Content 표준에 정의되어 있으며, 이 규격은 인터랙티브 서비스와 관련된 런타임 환경 및 애플리케이션 기반 방송 서비스를 제공하기 위한 관련 기술에 대해서도 기술하고 있다. 앱 기반 방송 서비스는 ATSC 3.0의 주요 서비스 중 하나이며 기존의 Linear 방송 서비스를 넘어선 다양하고 유용한 서비스를 제공할 수 있다. [그림 6]은 타겟 광고 서비스 개념을 보여주며, 타겟 광고 콘텐츠는 NRT(Non-Real-Time) 파일 형태로 방송망을 통해 전달되거나 통신망을 통해 수신기에 전달된다.

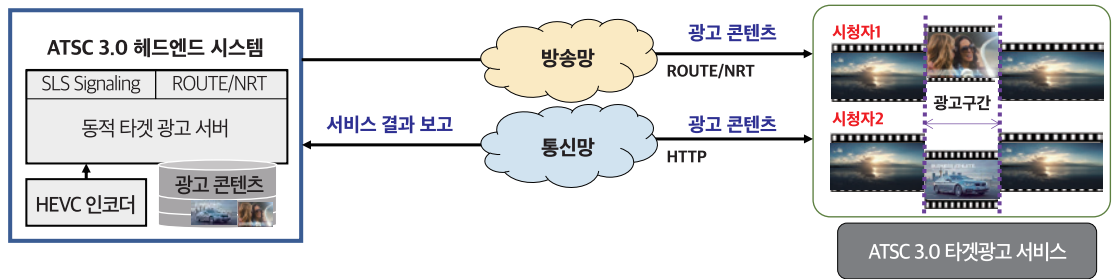


그림 6. ATSC 3.0 기반 타겟 광고 서비스 개념도

타겟 광고를 제공하기 위해서는 심리스(Seamless)한 콘텐츠 교체가 필수적이다. 따라서 타겟 광고 콘텐츠는 광고 교체 시점 이전에 수신기에 전달되어야 하며, 실시간으로 전달되는 서비스 시그널링을 통해 광고 교체가 가능한 타겟 광고 구간에 대한 정보가 전달되어야 한다. 또한 시청자 선호도에 맞는 타겟 광고 서비스를 제공하기 위해서는 수신기의 지리적 위치, 인터넷 쿠키 등에 저장된 개인 정보, 이전 시청 정보와 같은 개인화된 데이터 등이 이용될 수 있다. 이렇게 분석된 정보를 토대로 수신기는 타겟 광고를 선택 수신하며, 정확한 광고 교체 시점에 타겟 광고를 교체하여 재생한다. 그리고 타겟 광고 재생이 종료되면 다시 실시간 방송 스트림으로 재생할 콘텐츠를 스위칭한다.

ATSC 3.0 방송망과 통신망 융합 전송 기반 스케일러블 8K-UHD 서비스

고품질 미디어에 대한 수요가 증가함에 따라 8K-UHD 서비스를 제공하기 위한 관련 기술들이 최근 활발히 연구되고 있다. CES(Consumer Electronics Show) 2020에서는 다양한 8K-UHD 수신기가 전시되었으며 8K-UHD 서비스를 위한 비디오 스트리밍 및 콘텐츠 업 컨버팅 등의 관련 기술들이 소개되었다. 이와 같은 기술 변화에 따라 지상파방송에서도 8K-UHD 서비스를 제공하기 위한 연구들이 진행되고 있다. 그러나 지상파 방송망을 이용하여 8K-UHD 서비스를 제공하기에는 전송 대역폭이 충분하지 못하다. 따라서 고품질의 대용량 미디어를 전송하기 위해서는 5G와 같은 통신망과 지상파 방송망을 함께 이용하는 융합망 전송 기술 연구가 필수적인 상황이다.

ATSC 3.0은 방송 서비스를 인터넷 기반 기술들과 통합하기 쉽도록 IP 기반 전송 기술을 채택하였다. 그리고 이를 기반으로 방송망과 통신망을 함께 활용하는 다양한 서비스 시나리오가 연구되고 있다. 스케일러블 코덱을 활용한 고품질 방송 서비스도 그중 하나이다. ATSC 3.0 표준은 HEVC Main 10 프로파일을 기반으로 기본 계층과 향상 계층으로 구성된 2계층 스케일러블 비디오, 즉 SHVC(Scalable HEVC) 코딩을 지원한다. 하나의 방송 콘텐츠를 스케일러블 코덱 기반으로 서로 다른 QoS(Quality of Service)로 제공하는 경우 다양한 방송 수신환경 및 단말에 대응할 수 있는 방송 서비스로 구성하여 제공할 수 있다. 스케일러블 코덱 기반 서비스는 사용자의 시청 환경에서 방송망과 통신망을 어떻게 활용하느냐에 따라 다양한 전송 시나리오가 존재할 수 있다. 따라서 지상파 방송 및 통신망 연동 환경에서 다수의 서로 다른 품질의 방송 서비스를 제공하기 위해서는 미디어 콘텐츠에 대한 계층적 서비스를 적절하게 구성하여 서비스 목적에 부합하도록 전송하는 것이 중요하다.

ETRI는 지상파방송에서 8K-UHD 서비스를 제공할 수 있도록 융합망 전송을 활용한 스케일러블 코덱 기반 8K-UHD 서비스 플랫폼을 세계 최초로 개발하였다. 개발된 시스템은 8K-UHD 서비스를 제공하기 위해 8K-UHD 영상을 4K-UHD 구성이 가능한 기본 계층으로 구성하고, 4K-UHD 영상에 더하여 8K-UHD 영상을 구성하는 부가 데이터를 향상 계층으로 구성하여 이 두 계층을 분리하여 수신기에 전달한다.

ETRI에서 개발한 스케일러블 코덱 기반 8K-UHD 송수신 플랫폼은 두 가지 서비스 전송 시나리오를 기반으로 8K-UHD 서비스를 제공한다. 첫 번째 전송 시나리오는 [그림 7]과 같이 방송망으로 기본 계층을 전달하고, 통신망으로 향상 계층을 전달하여 8K-UHD 서비스를 제공하는 형태이다. 방송망을 통해 기본 계층을 전송하기 때문에 방송망만을 이용할 수 있는 수신기는 기본 계층을 통해 4K-UHD 서비스를 제공 받을 수 있으며, 방송망과 통신망을 모두 사용할 수 있는 수신기는 기본 계층과 향상 계층을 모두 수신하여 8K-UHD 서비스를 제공 받을 수 있다. 이러한 전송 방법은 방송망이 아닌 다른 네트워크(5G, Wi-Fi, 가정용 인터넷)를 사용하여 방송 콘텐츠를 구성하는 정보를 분리된 계층으로 전송함으로써 기존 4K-UHD 수신기에 대한 호환성을 제공할 수 있다는 장점이 있다.

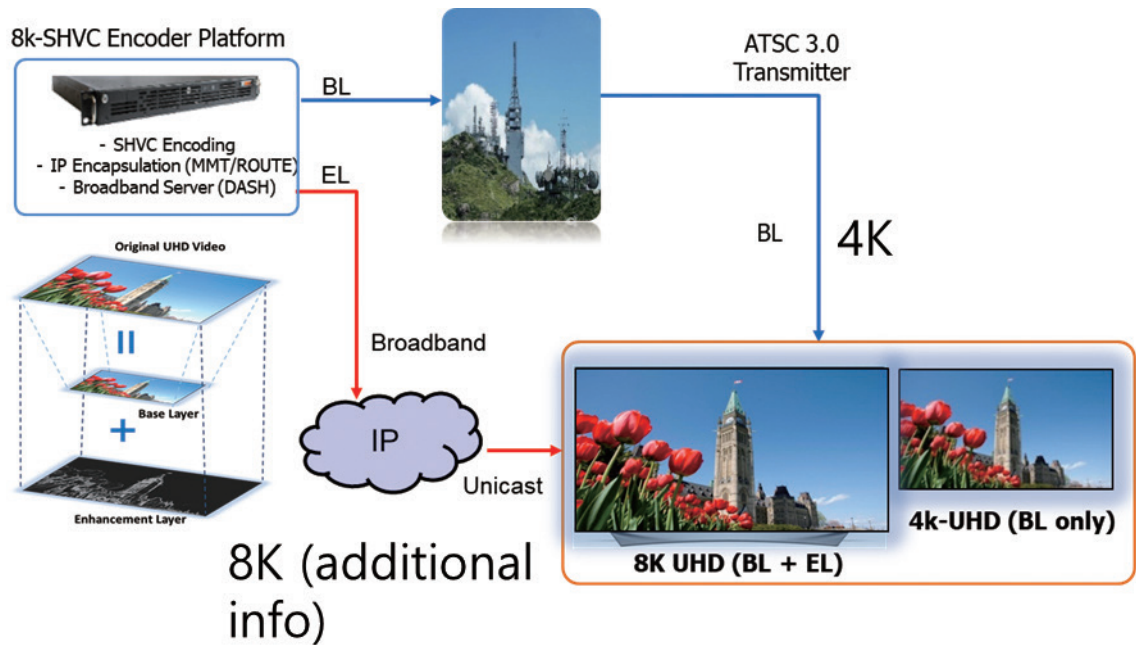


그림 7. UHD 방송과 5G 통신 융합 기반 스케일러블 8K-UHD 서비스 개념도

두 번째 전송 시나리오는 첫 번째 전송 시나리오를 더욱 확장한 형태로, 방송망으로 기본 계층을 전달하고 통신망으로 기본 계층과 향상 계층을 모두 전달한다. 통신망으로 기본 계층까지 함께 전송할 경우 방송 신호의 품질이 저하된 상황, 즉 방송 음영지역에서도 통신망을 활용하여 끊김 없이 4K-UHD 혹은 8K-UHD 서비스를 제공할 수 있다. 기본적으로 수신기는 방송망 수신에 안정적인 상태에서는 방송망을 통해서 기본 계층을 수신하고 통신망을 통해서 향상 계층만을 수신하여 8K-UHD 서비스를 구성한다. 하지만, 방송 신호가 안정적이지 못한 상황에서는 통신망의 트래픽에 따라 기본 계층만을 수신하여 4K-UHD 서비스를 제공하거나, 기본 및 향상 계층 모두 수신하여 8K-UHD 서비스를 제공한다.

이러한 방송 및 통신망 연동 기반 계층적 전송 방법은 심리스 스위칭 기술을 통해 방송 신호가 닿지 않는 음영 지역에서도 4K-UHD 혹은 8K-UHD 방송 서비스를 안정적으로 제공할 수 있기 때문에 방송 서비스 커버리지 확장이 가능하다는 장점이 있다. [그림 8]은 ETRI가 개발한 스케일러블 코덱 기반 8K-UHD 융합 전송 송수신 플랫폼으로, ATSC 3.0 기반 하이브리드 스케일러블 서비스가 세계 최초로 구현되었다. 개발된 시스템은 앞에서 소개한 두 가지 전송 시나리오 모두를 지원한다. SHVC 코덱 기반의 8K-UHD 서비스를 제공하기 위해서 스케일러블 코덱의 종속성 정보를 서비스 시그널링 정보로 제공하고, 기본 계층과 향상 계층을 방송망과 통신망 기반의 융합

전송 형태로 수신기에 전송한다. 또한 개발된 시스템은 방송과 통신 융합망 전송 환경에서 IP 기반 서비스 융합 송수신을 지원하기 위하여 ROUTE/MMT와 MPEG-DASH 동기화 재생 모듈을 탑재하고 있다.



그림 8. 융합 전송망 기반 스케일러블 8K-UHD 서비스 송수신 플랫폼

결론

ATSC 3.0 기반 UHD 지상파방송은 ATSC 1.0 기반 HD 방송이 가지지 못한 다양한 새로운 특징들을 가지고 있다. 대표적으로 통신망과의 자유로운 연동을 통해 부가가치가 높은 신규 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 ATSC 3.0 기술은 우리나라와 북미에서 상용화되었을 뿐만 아니라, 인도 및 브라질 등에서도 자국의 2세대 지상파방송 표준으로 고려되고 있다. 따라서 우리나라에서 ATSC 3.0 기반 다양한 신규 서비스를 발굴한다면, 북미뿐만 아니라 글로벌로 수출할 수 있을 것으로 예상된다.

ETRI는 ATSC 3.0 기반 UHD 방송망과 5G와 같은 통신망을 연동하여 끊김 없는 융합 서비스 제공하기 위한 핵심 기술들을 개발하고 있다. 이러한 융합망 전송 관련 기술들은 향후 대용량, 고품질 미디어(8K-UHD, AR/VR) 서비스, 모바일 서비스, 부가서비스 등에 활용될 수 있을 것이다. 더 나아가 이러한 기술들을 바탕으로 고품질 방송 미디어 서비스의 안정적·보편적 시청 환경 구축에 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 