

LDM/TDM 기반 고정/이동 수신을 지원하는 ATSC 3.0 다채널 방송 서비스

서재현, 권선형, 김흥목, *김용석
 한국전자통신연구원, *디지털스트림테크놀로지
 jhseo@etri.re.kr, *yskim@dstreamtech.com

ATSC 3.0 Multi-channel Broadcasting Service based on LDM/TDM supporting Fixed/Mobile Reception

Jae Hyun Seo Sunhyoung Kwon Heung Mook Kim *Yongsuk Kim
 ETRI *DIGITAL STREAM

요 약

본 논문에서는 국내 지상파 UHD 본방송을 위해 채택한 차세대 방송 규격인 ATSC 3.0 시스템의 전송 다중화 기술을 기반으로 다채널 방송 제공을 위한 서비스 기술에 대해 살펴본다. 기존의 지상파 DTV 방송은 고정 HDTV 방송 서비스에 최적화된 시스템으로 다양한 방송 서비스에 한계를 가지고 있는데 반해 ATSC 3.0 시스템에서는 다양한 방송 서비스를 위한 전송 다중화 기술들을 포함하고 있다. 특히, 하나의 RF 채널 내에서 고정 방송과 이동 방송을 동시에 제공 가능한 시간분할다중화 및 계층분할다중화 기술을 가지고 있으며, 이러한 기술을 적용하여 다채널 방송 서비스의 모델을 제시하고 미래의 지상파 방송 서비스 발전 전망에 대해 알아본다.

1. 서론

세계 최초로 지상파 UHD 방송 서비스가 수도권 지역에서 시작하여 단계적으로 전국으로 확대될 예정이다. 이를 위해 국내에서는 차세대 디지털 방송표준으로 북미의 ATSC (Advanced Television System Committee) 3.0 시스템을 채택하였다[1]. ATSC 3.0 시스템은 ATSC 1.0 시스템 대비 30% 이상 향상된 전송률을 제공한다. 또한 4K UHD 와 이동 HD 서비스를 동시에 제공할 수 있는 전송 다중화 기술을 도입하였다. 기존의 ATSC 1.0 시스템의 경우 TS(Transport Stream)에서 스트림 다중화를 통해 다채널 서비스를 제공할 수 있지만 고정 방송 서비스만 제공 가능하였다. 이를 보완하기 위해 국내에서는 별도의 주파수 대역을 할당하여 지상파 DMB(Digital Multimedia Broadcasting)를 통해 이동 방송 서비스를 제공하고 있다.

ATSC 3.0 표준에서는 고정 방송과 이동 방송 서비스를 동시에 제공하기 위한 전송 다중화 방식으로 시간분할 다중화 (TDM, Time Division Multiplexing), 계층분할다중화 (LDM, Layered Division Multiplexing) 등의 기술을 포함하고 있다. 기존에는 지상파 DTV 와 지상파 DMB 를 통해 서로 다른 주파수 대역에서 각각 고정 방송과 이동 방송 서비스를 제공하였지만, ATSC 3.0 시스템을 통해 다양한 방송 서비스가 동일한 주파수 대역에서 가능하게 되었다.

본 논문에서는 ATSC 3.0 표준에서 채택한 시간분할다중화 및 계층분할다중화 기술을 기반으로 UHD, HD 등의 다채널 서비스 모델을 제시하고, 고정 및 이동 수신에 대한 서비스 형태를 분석한다. 마지막으로 향후 이러한 기술을 바탕으로 미래의 지상파 방송 서비스에 대해 예측해 본다.

2. ATSC 3.0 다채널 방송 서비스

ATSC 3.0 표준은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송방식을 사용하고 있으며 기본적으로 전송 프레임의 시간 자원을 분할하여 전송함으로써 다양한 수신 환경에 대응할 수 있다. 그림 1에서는 8 개의 HD 다채널 서비스를 위한 시간분할다중화 기반의 ATSC 3.0 전송 프레임 구성 예를 보여준다. 전송 프레임 중 가장 앞 단에는 ATSC 3.0 시스템의 버전, 재난 정보 등을 포함한 부트스트랩(Bootstrap)이 나오고, 전송 프레임의 다양한 시그널링 정보를 포함한 프리앰블(Preamble)이 그 뒤에 위치한다. 그리고, 방송 프로그램이 포함되는 부프레임(Subframe)을 시간 자원의 분할을 적용해 8 개의 PLP (Physical Layer Pipe)로 나누어 전송한다. 이때, 각 PLP 는 서로 다른 변조차수 및 부호율의 적용이 가능하여 PLP 별로 수신 요구 CNR(Carrier to Noise Ratio)을 다양하게 제공할 수 있다.

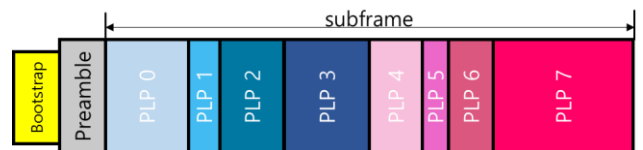


그림 1. TDM 기반의 ATSC 3.0 전송 프레임 구성 예(8 개 HD 다채널 서비스)

표 1에서는 TDM 기반의 8 개 PLP 를 적용한 경우 ATSC 3.0 의 전송 파라미터를 보여준다. 데이터율은 서비스 별로 0.6 ~ 5.3 Mbps 를 제공한다. 이때, 비디오의 경우 PLP 별 데이터율에 적합한 HD 포맷으로 720p 또는 1080p 로 나누어

지며, 요구 CNR 에 따라 이동수신, 실내수신, 고정 실외수신 등으로 구분할 수 있다. 예를 들면, 변조차수가 QPSK, 부호율이 6/15 인 PLP#0 은 0.6 Mbps 의 데이터율을 제공하며 720p 의 HD 프로그램을 전송하게 된다. 이때 요구 CNR 은 -0.5 dB 가 되며, 매우 강한 이동수신 성능을 가지게 된다. 또 다른 예로서 변조차수가 256QAM, 부호율이 9/15 인 PLP#6 은 5.3 Mbps 의 데이터율을 제공하며 1080p 의 HD 프로그램을 전송하게 된다. 이때 요구 CNR 은 기존 DTV 와 유사한 15.5 dB 가 되며, 고정 실외수신에 해당하는 수신성능을 가지게 된다.

표 1. TDM 기반 8-PLP 서비스에 대한 전송 파라미터

| PLP ID | PLP#0 | PLP#1 | PLP#2 | PLP#3 | PLP#4 | PLP#5 | PLP#6 | PLP#7 |
|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 데이터율 | 0.6 Mbps | 1.3 Mbps | 2.7 Mbps | 3.4 Mbps | 0.7 Mbps | 1.6 Mbps | 5.3 Mbps | 4.1 Mbps |
| 비디오 | 720p | 720p | 1080p | 1080p | 720p | 1080p | 1080p | 1080p |
| 요구 CNR | -0.5 dB | 10.3 dB | 17.1 dB | 21.3 dB | 2.8 dB | 10.6 dB | 15.5 dB | 20.7 dB |
| 변조차수 | QPSK | 64QAM | 256QAM | 16QAM | QPSK | 16QAM | 256QAM | 16QAM |
| 부호율 | 6/15 | 8/15 | 8/15 | 10/15 | 10/15 | 12/15 | 9/15 | 8/15 |

그림 2 에서는 LTDM(Layered-Time Division Multiplexing) 기반의 ATSC 3.0 전송 프레임 구성 예를 보여준다. 방송 프로그램이 포함되는 부프레임을 서로 다른 전력을 가지는 핵심계층(CL, Core Layer)과 향상계층(EL, Enhanced Layer)으로 분할하고, 각 계층은 2 개의 PLP 로 시간분할하여 총 4 개의 PLP 로 나누어 전송한다. 그림 1 과 같이 각각의 PLP 는 서로 다른 변조차수 및 부호율 적용이 가능하여 다양한 방송 서비스를 제공할 수 있다.

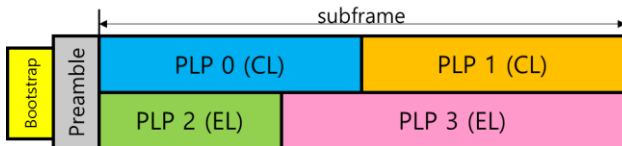


그림 2. LTDM 기반의 전송 프레임 구성 예(1 개 UHD 와 3 개 HD 다채널 서비스)

표 2 에서는 LTDM 기반의 4 개의 PLP 를 적용한 경우 ATSC 3.0 의 전송 파라미터를 보여준다. 데이터율은 서비스 별로 1.3 ~ 15.7 Mbps 를 제공한다. 이때, 비디오의 경우 PLP 별로 720p 또는 1080p 의 HD 와 2160p 의 4K UHD 로 나누어 진다. 예를 들면, 핵심계층에서 변조차수가 QPSK, 부호율이 4/15 인 PLP#0 은 1.3 Mbps 의 데이터율을 제공하며 720p 의 HD 프로그램을 전송하게 된다. 이때 요구 CNR 은 -0.4 dB 가 되며, 이동 HD 방송 서비스에 적합하다. 또 다른 예로서 향상계층에서 변조차수가 256QAM, 부호율이 8/15 인 PLP#3 은 15.7 Mbps 의 데이터율을 제공하며 4K UHD 프로그램을 전송하게 된다. 이때 요구 CNR 은 19.3 dB 가 되며, 고정 UHD 방송 서비스를 제공할 수 있다.

표 2. LTDM 기반 4-PLP 서비스에 대한 전송 파라미터

| PLP ID | 핵심 계층 | | 향상 계층 | |
|--------|----------|----------|----------|-----------|
| | PLP #0 | PLP #1 | PLP #2 | PLP #3 |
| 데이터율 | 1.3 Mbps | 2.6 Mbps | 4.1 Mbps | 15.7 Mbps |
| 비디오 | 720p | 1080p | 1080p | 2160p |
| 요구 CNR | -0.4 dB | 5.8 dB | 15.8 dB | 19.3 dB |
| 변조차수 | QPSK | QPSK | 64QAM | 256QAM |
| 부호율 | 4/15 | 8/15 | 8/15 | 8/15 |

그림 3 에서는 ATSC 3.0 송수신 시스템과 다양한 수신 단말에 따른 다채널 방송 서비스의 모델을 보여준다. 720p 또는 1080p 의 HD 는 실내 및 이동수신을 위한 휴대단말, 스마트폰, 태블릿 등을 통해 시청이 가능하며, 고품질의 HD 또는 4K UHD 는 고정된 대형 TV 를 통해 시청이 가능하다. 이와 같이 ATSC 3.0 표준에서 제공하는 LDM 및 TDM 전송 다중화 기술을 적용하게 되면, 하나의 RF 채널(6 MHz) 내에서 전송 프레임의 다양한 구성 만으로도 고정 UHD 및 이동 HD 등 다수의 가상 채널을 가진 다채널 방송 서비스가 가능하다. 기존의 지상파 DTV 는 고정 HD 서비스, 지상파 DMB 는 이동 SD 급 이하의 서비스를 각각 독립된 주파수 대역에서 제공하는데 비해 ATSC 3.0 에서는 고정수신은 HD 에서 UHD 로, 이동수신은 SD 급 이하에서 HD 로 보다 향상된 고품질의 서비스를 별도의 주파수 자원없이 동시에 제공할 수 있다. 최근 지상파 DMB 에서는 HEVC(High Efficiency Video Codec)를 채택하여 HD-DMB 서비스를 제공하고 있지만, 기존의 전송 기술을 사용함으로써 비디오 서비스의 품질을 높이는 데 한계점을 가지고 있다.

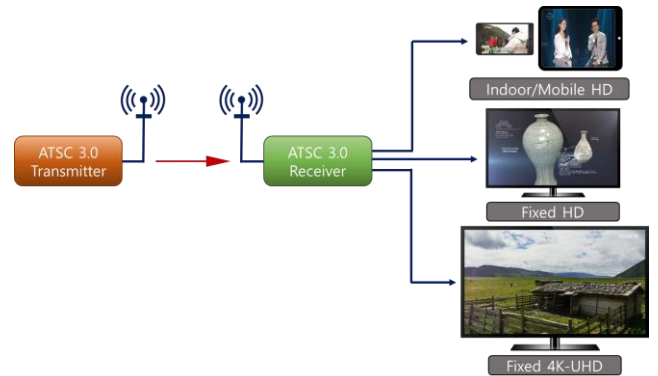


그림 3. ATSC 3.0 송수신 시스템과 고정 UHD/HD 및 실내/이동 HD 서비스 모델

3. 결론

본 논문에서는 ATSC 3.0 시스템의 전송 다중화 방식인 LDM 및 TDM 기술을 활용하여 고정 및 이동수신을 동시에 지원 가능한 지상파 다채널 서비스에 대해 살펴보았다. 고정수신을 위한 4K UHD 및 이동수신을 위한 HD 서비스를 하나의 RF 채널로 동시에 제공이 가능하므로 한정된 주파수 자원의 효율성을 높일 수 있다. 또한 현재 아날로그 라디오, DMB, DTV 등으로 나누어져 있는 지상파 방송 서비스들은 ATSC 3.0 시스템으로 통합이 가능해질 것으로 예상된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 산업통상자원부 및 한국산업기술평가관리원 의 우수기술연구센터(ATC)사업의 일환으로 수행하였음. [10062929, ATSC 3.0 기반 이동 UHD/HD 방송 수신 모듈 개발]

참고 문헌

[1] ATSC, "ATSC Standard: Physical Layer Protocol," Doc.A/322:2016, Sep. 2016.