실감 지상파 디지털 방송기술

음호민, 서재현, 김흥묵, 허남호
한국전자통신연구원

요 약

최근 디지털방송의 화두는 단연 UHD 이다. 케이블방송, 위성방송, IPTV 등 유료방송을 중심으로 2014년부터 UHD 방송 상용서비스 경쟁이 본격화 되었다. 지상파에서도 2009년 9월 표준 제정된 DVB-T2를 기반으로 HEVC(High Efficiency Video Coding)을 적용한 실험방송이 진행되고 있으며, ATSC[1]에서는 HEVC를 적용하여 UHD 방송의 고정수신과 HD 방송의 이동수신 동시서비스를 목표로 ATSC 3.0 표준화가 빠르게 진행되고 있다. 특히, ATSC 3.0 표준화는 국내 가전사와 ETRI가 주도하고 있으며, 유럽의 DVB[2]와 중국의 NERC-DTV[3], 일본의 NHK, Sony 등도 참여하고 있는 등 전 세계 방송 관련 기관들로부터 차세대 지상파 방송표준으로 주목을 받고 있다.

본고에서는 지상파 UHD 고정수신 및 이동방송서비스 관련 기술개발과 표준화 동향을 살펴보고, 최근 ATSC 3.0에서 주목받고 있는 LDM(Layered Division Multiplexing) 기술의 장점 대해서 소개하고자 한다.

Ⅰ. 서 론

디지털방송은 2013년 ITU-T[4]에서 승인된H.265(HEVC, ISO/IEC 23008-2)의 등장에 따라 UHD 방송서비스라는 새로운 전환점을 맞이하였다[1]. 케이블방송, 위성방송, IPTV를 중심으로 UHD방송 상용서비스가 잇따르고 있으며, 지상파방송 또한 UHD 실험방송을 활발히 진행하고 있다[2].

하지만, 지상파 UHD 방송서비스의 상용화를 위해서는 두 가지 해결해야 할 과제가 있다. 새로운 서비스를 위한 주파수가 있어야 하고, HD방송에서 UHD방송으로의 전환이 용이해야 한다. 국내 UHD 방송 상용서비스가 2014년 케이블방송을 시작으로 IPTV, 위성방송으로 이어지고 있는 반면, 지상파 UHD 방송서비스는 아직도 논란 중인 이유이기도 하다.

특히, 주파수 할당 문제는 국내에만 국한된 것은 아니며, 국외에서도 디지털전환 후 여유 주파수 대역 반환에 대한 유예를 요청하거나 기존 방송주파수 대역 효율화를 위해 채널공유를 통한서비스 도입 등의 노력을 기울이고 있다.

유료방송 매체와 달리 지상파 방송방식은 한 번 정해지면 최소 10년 이상 유지된다. 미국의 ATSC 방식 표준은 1995년 제정된 이래로 20년 만인 2015년 말 ATSC 3.0 표준이 완료될 예정이고, 유럽의 DVB-T 방식 표준은 1997년 제정된 후 2009년 DVB-T2 표준이 제정되기까지 12년이 소요되었다. 그만큼 새로운 지상파방송 방식의 도입에는 신중을 기할 필요가 있다. 국내에 ATSC 방식의 전국방송이 시작된 지 9년, 아날로그방송이 종료된 지 4년째를 맞이하는 시점에 지상파 UHD 방송서비스는 단순히 새로운 방송서비스 도입 이상의 의미를 갖는 것이다.

그럼에도 지상파 UHD 방송서비스는 가까운 장래에 반드시 상용화될 것으로 예상된다. 방송콘텐츠의 70%[5] 이상을 지상파 방송사가 제작하고 있는 현실을 고려하면 지상파방송 자체의 경쟁력 제고는 물론UHD 방송산업 전체의 활성화를 위해 필수적이기 때문이다.

또한, 지상파방송은 UHD 방송뿐 아니라, HD방송의 이동수신 서비스에도 주목할 필요가 있다. 지상파 직접수신율이 저조한 현실에서 지상파방송의 경쟁력을 제고하려면 타 매체보다 우위를 점할 수 있는 서비스가 반드시 필요하다.

DVB 진영에서도 이를 인식하고 DVB-T(1997년) 표준제정 이후 DVB-H(-Handheld, 2004년)를, DVB-T2(2009년) 표준제정 이후 DVB-T2 Lite(2011년)와 DVB-NGH(-Next Generation Handheld, 2013년) 표준을 제정하는 등 많은 노력을 기울여 왔다. ATSC 진영에서는 ATSC 1.0의 이동수신 성능을 강화하기 위해 ATSC-M/H(-Mobile/Handheld, 2009

1) Advanced Television Systems Committee(www.atsc.org)
2) Digital Video Broadcasting(www.dvb.org)
3) National Engineering Research Center(www.nercdtv.org)
4) International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector(www.itu.int/en/ITU-T)
5) 2012년 콘텐츠 산업통계(한국콘텐츠진흥원)

년) 표준을 제정하였다[3].

하지만, 많은 노력에도 불구하고 현재까지는 지상파 이동방송 서비스가 성공적이지 못한 것으로 보인다. 수익창출을 위한 비즈니스 모델 부재와 모바일 수신단말의 배터리 소모문제, 기존 방송시스템과의 호환성 충족에 따른 기술적 한계 등으로 활성화되지 못하고 있다.

ATSC 3.0은 미국 주요 방송사들과 NAB[6]등 방송연합단체의 요구를 반영하여 표준화 초기부터 시스템 요구사항에 UHD 방송의 고정수신과 HD 방송의 이동수신 동시서비스를 포함하였다. 특히, HD 방송의 이동수신에 대해서는 실외 차량이동 및 보행 중 수신뿐 아니라 실내수신 성능도 중요시 하고 있다. 서로 다른 화질의 비디오 스트림을 동시에 전송하는 다중화(multiplexing) 방식으로는 TDM(Time Division Multiplexing), FDM (Frequency Division Multiplexing), LDM이 있다. TDM은 DVB-T2에서 사용하는 방식으로 데이터전송 시간의 일부를 이동방송에 할애하는 방식이고, FDM은 일본의 ISDB-T에서 사용하는 방식으로 데이터전송 주파수의 일부를 이동방송에 할애하는 방식이다. LDM은 ATSC 3.0 표준에서 새롭게 주목 받고 있는 기술로서 ETRI와 캐나다의 CRC[7]가 공동으로 제안하여 미국 방송사들로부터 전폭적인 지지를 받아 물리계층 기반기술로 채택되었다[8].

본고에서는 지상파 디지털방송 전송기술 현황으로 UHD 전송기술과 이동방송 전송기술을 소개하고, 최근 표준화가 진행 중인 ATSC 3.0 기술 및 표준화 동향을 소개하고자 한다.

Ⅱ. 지상파 디지털방송 전송기술 현황

지상파 디지털방송 전송기술은 미국과 유럽의 ATSC와DVB로 각각 발전되어 왔다. 변조방식 측면에서 보면 VSB와 OFDM으로 나눌 수 있는데, 다양한 서비스 모드 지원과 우수한 채널 등화 성능으로 OFDM 방식이 지상파방송은 물론 통신분야에서도 널리 사용되고 있다.

OFDM 방식의 DVB-T2는 현재까지 상용화된 가장 최신의 전송표준으로서 국내외에서 HEVC를 적용하여 UHD 실험방송에 사용되고 있다.

UHD방송과는 별개로 국내외 방송사들은 지상파방송에 특화된 서비스로 이동방송 서비스의 활성화를 위해 지속적인 노력을 기울여 왔다. ATSC의 ATSC-M/H, DVB의 DVB-H, DVB-T2 Lite, DVB-NGH, 일본 ISDB-T의 1-Seg, 중국 모바일방송 표준인 CMMB(China Mobile Multimedia Broadcasting) 등은 이러한 노력의 산물이다.

본 장에서는 현재까지 진행된 UHD 실험방송 관련 전송기술 현황과 몇 가지 이동방송 기술에 대해 간략히 살펴본다.

1. UHD 전송기술 현황

2013년 HEVC 표준 승인에 따라 국내외에서 지상파 4K UHD 실험방송이 확대되고 있는 추세로 미국, 유럽 등과 국내에서는 이미 2012년부터 DVB-T2에 기반한 실험방송이 이어지고 있다. 다만, 일본은 SHV(Super Hi-Vision)이라는 이름으로 자국 표준인 ISDB-T를 기반으로 고차변복조, 이중편파 MIMO(dual polarized Multiple-Input Multiple-Output), 채널본딩 등의 기술을 접목하여 8K UHD 전송기술 개발에 주력하고 있다.

가. DVB-T2기반 전송기술

스페인 공영방송인 RTVE는 EBU[9], Abertis Telecom, Sony 등과 공동으로 2013년 2월 스페인 바르셀로나에서 개최된 Mobile World Congress에서 DVB-T2 UHD 방송을 시연하였다. 비디오 코덱은 H.264/AVC(@35Mbps)를 사용하였으며, DVB-T2 Lite 실험도 병행하였다.

미국은 FCC의 허가로 2013년 2월부터 2014년 3월까지 WNUV-TV(Sinclair Broadcast Group)가 볼티모어 지역에서 DVB-T2, DVB-T2 Lite/HEVC를 이용하여 UHD 및 이동에 대한 실험방송(CH40/6MHz)을 실시하였다. 실험방송의 목적은 DVB-T2를 도입한다기 보다 현재 사용중인 UHF 6MHz 방송채널 내에서 UHD 방송서비스가 가능한지 여부를 확인하는 데에 있다.

프랑스에서는 2014년 5월 롤랑가로스 프랑스 오픈 테니스 대회를 DVB-T2/HEVC 로 실험방송을 수행하였으며, 7월부터는 프랑스 지상파 송출 사업자인 TDF가 유럽 음악 유료 방송 전문 채널인 NRJ와 함께 에펠탑에서 UHD 실험방송을 실시하고 있다. 프랑스 방송 분야 규제기관인 CSA는 2018년부터 DVB-T2/HEVC를 사용하여 1개의 UHDTV 멀티플렉스 서비스를 개시할 계획을 밝혔다.

독일은 공영방송사인 BR이 방송연구기관 IRT와 함께 2014년 7월부터 뮌헨에 두 곳의 송신사이트를 설치하여 SFN(Single Frequency Network)으로 DVB-T2/HEVC 기술을 이용한 실험방송(CH43/8MHz)을 실시 중이며, 고정수신뿐만 아니라 이

6) National Association of Broadcasters(www.nab.org)

7) Communications Research Centre(www.crc.gc.ca)

8) 2015년1월30일, TG3/S32 회의

9) European Broadcasting Union(www.ebu.ch)

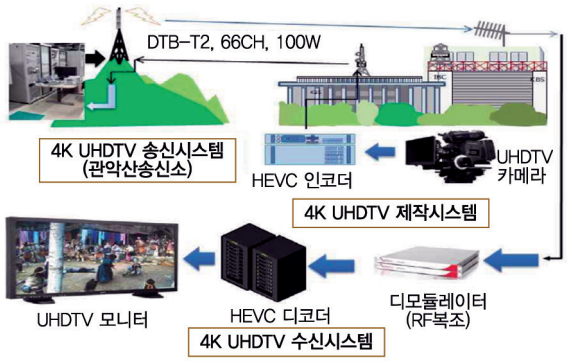


그림 1. KBS 지상파 4K UHDTV 실험방송 시스템[4]

동수신 테스트도 병행하고 있다.

국내에서는 2012년부터 KBS의 주도로 UHD 방송을 위한 실험방송이 진행되어 왔다.

KBS는 지상파 방송망을 통한 4K 30p/60p UHDTV 송수신 성능 검증과 송수신 파라미터에 따른 가시청 범위 조사 등을 목적으로 2012~13년 2차에 걸친 4K UHDTV 실험방송을 수행하였다. 〈그림 1〉과 같이 관악산 송신소에 DVB-T2/HEVC 기반의4K UHDTV 송신시스템 구축하여 지상파 66번 채널에 100W급 출력으로 실험방송을 추진하였다. 전송모드는 〈표 1〉과 같이 2013년 1차 실험방송에서는 22dB의 다소 높은 CNR이 요구되는 최대 전송률 36.9Mbps을 제공하는 모드를 사용하였고, 2차 실험방송에서는 현재의 지상파방송보다 약 1dB 높은 16.1dB CNR이 요구되는 전송률 26.55 Mbps를 제공하는 모드를 사용하였다[4].

표 1. KBS 4K UHDTV 실험방송 송신 파라미터[4]

	1차 실험방송	2차 실험방송
FFT	32K	32K
파일럿	PP7	PP7
변조차수	256 QAM	256 QAM
FEC Type	64K LDPC	64K LDPC
부호율	5/6	4/5
성상회전	On	On
인터리버	Type 1	Type 1
인터리버 길이	3	3
보호구간	1/128 (37 us)	1/128 (37 us)
캐리어 모드	Normal	Normal
캐리어 간격	209 Hz	209 Hz
비트율	36.9 Mbps	26.55 Mbps
CNR	22 dB	16.1 dB

KBS는 두 차례의 실험방송으로 LoS(Line of Sight) 52km 거리의 장거리수신과 실내수신 성능을 확인하였다. 다만, 보호구간의 길이가 37us로 SFN을 구현하는 데에 적합하지 않은 점과 이동 HD 방송 실험이 이루어지지 않은 점은 아쉬움으로 남았다.

이러한 점을 보완하여 2014년 4월부터 지상파 방송사들(KBS, MBC, SBS)는 각각 지상파 54, 52, 53번 채널을 UH-DTV 실험방송용으로 할당 받아[10] 실험방송을 수행하였으며, 2014년 7월 라이브 중계방송 시스템을 구축하고, SFN 실험, 화질 측정, UHD 콘텐츠 최적 비트율, 인접채널 DTV 영향 등을 실험하였다.

또한, 2014년 4월에는 브라질 월드컵을 실시간으로 시험중계하였으며, 9월에는 인천 아시안게임 주요경기를 제작하여 실시간 중계하기도 했다.

나. NHK SHV 전송기술

일본의 NHK는 4K UHD에서 시작하여 8K UHD로 확장하고 있는 세계적인 추세와 달리 일찍부터 SHV라는 이름으로 8K UHD 방송기술을 개발해 왔다. 일본의 지상파방송 전송표준인 ISDB-T에 기반하여 4096QAM에 이르는 고차변조, 채널본딩, 이중편파MIMO 등 다른 국가에서 시도하지 않았던 기술들을 적용하고 있다. 이러한 기술적 접근은 HEVC 표준이나 장비가 없었던 시기에 MPEG-4 AVC로 압축된 대용량의 8K UHD 전송을 위한 불가피한 선택으로 보인다.

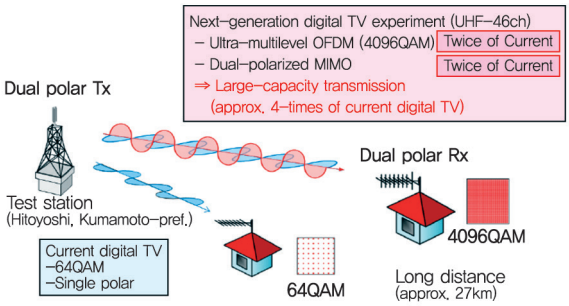


그림 2. NHK SHV 전송실험 구성도[5]

NHK는 2012년 5월 4.2km 떨어진 거리에서 채널본딩을 통해 183.6Mbps의 8K UHDTV 전송실험을 최초로 성공하였으며, 2014년 1월 지상파 디지털방송 영역과 비슷한 27km 떨어진 지점에서 8K UHDTV의 전송실험에 성공하였다[5][6]. 이 실험에서는 6MHz 대역에서 91.8Mbps의 데이터를 전송하였는데, 30dB 이상의 매우 높은 CNR이 요구되어 현재 방송 환경에 적용하기 어려워 보인다. 하지만, HEVC를 적용하여 4K UHD를 전송할 경우 전송용량이 20~30Mbps로 대폭 줄어들어 15dB 이하의 낮은 CNR로도 전송이 가능할 것으로 보인다. 또

10) European Broadcasting Union(www.ebu.ch)

한, 송수신 인프라 구축 측면에서 보면 하나의 안테나를 사용하는 이중편파 MIMO 기술은 여러 개의 안테나를 사용하는 다중 안테나 MIMO 기술보다 전송용량 증대를 위한 좀 더 현실적인 대안이 될 수 있을 것이다.

2. 이동방송 기술

이동방송 또는 모바일 방송이란 이동 중에 선명한 화질의 영상과 CD 수준의 음질로 콘텐츠를 이용하는 서비스를 의미한다. 기술 방식으로는 미국의 ATSC-M/H, 우리나라의 T-DMB, 유럽의 DVB-H, 일본의 1-Seg (ISDB-T), MediaFLO(Forward Link Only) 등이 있다[3][7]-[9].

유럽에서는 이동방송 표준으로 DVB-H가 노키아 주도로 개

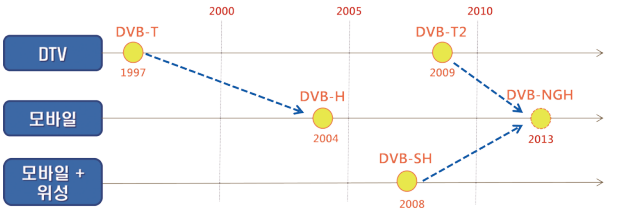


그림 3. 유럽의 이동방송 표준 흐름도[15]

발되어 2004년 ETSI(European Telecommunications Standards Institute)가 유럽 모바일 방송 표준으로 채택하였고, DVB-T와 호환성을 가지고 있다. 또한, 위성망과 지상파망을 함께 사용하는 DVB-SH(-Satellite Handheld)가 2008년에 표준 완료되었으며, 2세대 디지털 방송 표준인 DVB-T2가 2009년에 완료되었고, DVB-T2 규격에 이동방송을 위한 DVB-T2 Lite 규격이 2011년에 추가되었다.

가. DVB-T2 Lite

DVB-T2 기반으로 이동방송을 위해 확장된 DVB-T2 Lite는 아래 〈표 2〉와 같은 특징을 가진다[10].

DVB-T2 Lite는 TDM 방식으로 DVB-T2 서비스와 동일

표 2. DVB-T2 Lite의 특징[15]

	DVB-T2 대비 차이점
데이터 전송률	최대 4 Mbps
FFT 크기	2K, 4K, 8K, 16K
Rotated Constellation	256QAM에서 사용 금지
부호율	1/3, 2/5 추가
TI Memory	DVB-T2의 절반으로 제한
파일럿 패턴	PP8 사용 금지
기타	L1 post preamble signaling bits의 scrambling 제공

한 채널 내에서 동시 서비스가 가능하다. 영국 BBC는 2011년 〈표 3〉과 같은 송신 파라미터 조합으로 DVB-T2만으로 8 MHz 대역을 통해 40.21 Mbps HD방송서비스를 제공하는 환경에서 DVB-T2 Lite를 동시에 서비스하는 실험을 하였다. 실험결과 HD방송(DVB-T2, 33.36 Mbps)과 이동방송서비스(DVB-T2 Lite, 1.02 Mbps)를 동시에 제공할 수 있었다[15].

표 3. DVB-T2와 DVB-T2/Lite 비교[15]

	DVB-T2 only	DVB-T2 (83%)	DVB-T2 Lite(17%)
채널대역폭	8 MHz	8 MHz	
FFT 크기	32K	32K	8K
보호 구간	1/128	1/128	1/32
변조 레벨	256QAM	256QAM	QPSK
부호율	2/3	2/3	1/2
데이터 전송률	40.21Mbps	33.36Mbps	1.02Mbps

나. DVB-NGH

DVB-NGH는 DVB-T2를 기반으로 새로운 16/64K LDPC(Low-Density Parity-Check) 코드, DVB-T2 블록 인터리버 개선, MIMO 기술 도입, 위성망과의 연계 등이 추가되었다. 개발 방향은 방송사 입장에서의 서비스 호환성과 수신 성능, 그리고 수신기와 네트워크 측면에서의 복잡도 및 전력 소모 등이 고려되었다.

DVB-NGH는 MIMO기술이 최초로 도입된 표준으로서 기본 프로파일, MIMO 프로파일, 하이브리드 프로파일, 하이브리드 MIMO 프로파일 등 4개의 프로파일을 지원한다[11]. DVB-NGH도 NHK의 SHV처럼 이중편파 MIMO를 사용한다.

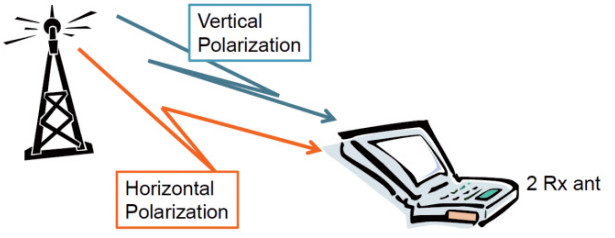


그림 4. 이중편파 2x2 MIMO 시나리오[15]

이중편파 안테나는 하나의 안테나로 2개의 독립적인 신호 전송이 가능한 장점이 있지만, 실제 채널 환경에서는 수직 및 수평 편파간 일정 정도의 간섭이 존재하며, 각 편파 신호의 송수신 강도가 다르다는 단점이 있다.

DVB-NGH에서는 이중편파 안테나 사용 시 기존의 다른

SISO(Single-Input Single-Output) 시스템과의 간섭 현상을 줄이기 위하여 수직 및 수평 편파 간의 송신 전력의 차이를 0dB, 3dB, 6dB로 선택할 수 있도록 하였다[8].

데이터 전송률을 증가시키기 위한 방법으로는 DVB-T2와 달리 이동통신 시스템에서 사용된 2X2 SM(Spatial Multiplexing)[12]을 기본 구조로 하여 〈그림 5〉와 같은 eSM(enhanced SM) MIMO[13]를 포함시켰다.

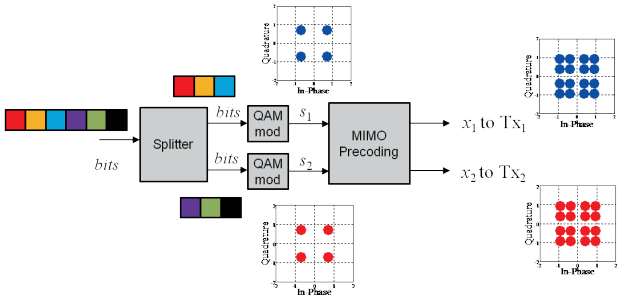


그림 5. 4 bits/cell의 eSM 송신 기법[15]

또한, eSM에서 채널 변화에 따른 시간 다이버시티 이득을 얻기 위해 〈그림 6〉과 같은 PH(Phase Hopping)-eSM[14]도 추가로 사용한다.

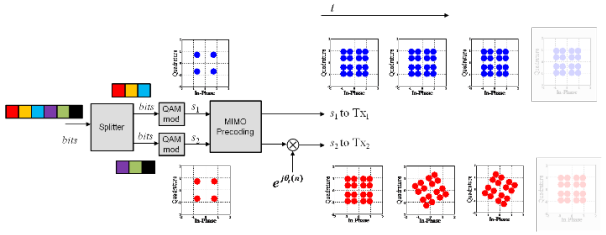


그림 6. 4 bits/cell의 PH-eSM 송신 기법[15]

PH-eSM은 두 번째 송신 안테나의 전송 신호에 매 OFDM 심볼마다 선형적으로 증가하는 위상을 곱하여 LoS로 인한 시간에 따른 신호의 burst 현상을 상쇄함으로써 채널 복호에서 시간적인 다이버시티 이득을 추가로 얻도록 한다.

〈그림 7〉은 DVB-NGH 채널 환경에서 16K LDPC (부호율 = 2/3)를 8 bits/cell(16QAM+16QAM)로 전송할 경우 세가지 SM 기법들에 대한 시뮬레이션 결과이다[15].

Ⅲ. ATSC 3.0 표준화 동향

미국 ATSC에서는 2015년 12월 표준 완료를 목표로 기존의

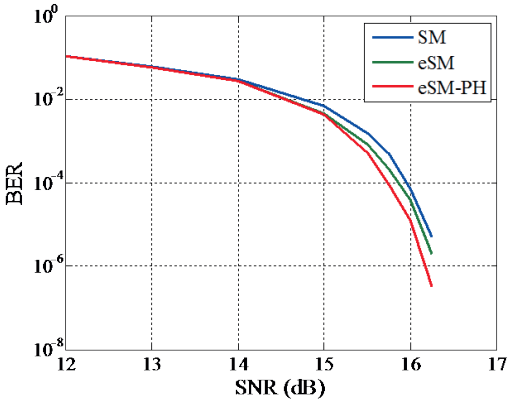


그림 7. SM, eSM, PH-eSM 성능 비교[15]

ATSC 1.0 또는 ATSC 2.0과 호환성이 없는 ATSC 3.0 표준화가 진행 중이다. ATSC 3.0의 주요한 요구사항으로는 UHD방송의 고정수신 및 HD방송의 이동수신 동시서비스, 하이브리드 방송, 개인화 및 양방향 서비스, 스펙트럼의 유연한 사용 등이 있다. 기존 ATSC 대비 두드러진 기술적인 변화는 VSB 대신 OFDM 변조방식을 채택했다는 점이다.

2011년 11월 TG3(Technology Group on ATSC 3.0)에서 표준화 논의가 시작되어 2015년 1월 현재 표준초안(Full System Working Draft) 작성이 진행 중이다. 표준초안 작성 완료 후 2015년 하반기부터 후보표준(Candidate Standard)으로 승격하여 전체 시스템에 대한 소프트웨어 및 하드웨어 검증을 할 예정이다.

ATSC 3.0은 물리계층 전송표준에 국한된 DVB-T2와 달리 물리계층, 매니지먼트 및 프로토콜계층, 애플리케이션 및 서비스 표현계층 표준을 모두 포함한다. 표준화 조직으로는 〈그림

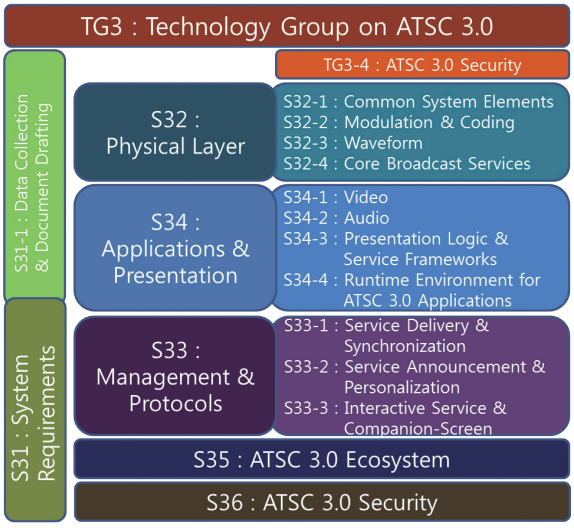


그림 8. ATSC 3.0 표준그룹 조직도

8)과 같이 ATSC 3.0 표준 전체를 총괄하는 TG3 아래에 6개의 전문가 그룹(Specialist Group)과 13개의 임시 그룹(AHG:Ad Hoc Group)이 활동 중이다.

본 장에서는 각 표준 전문가 그룹의 활동을 간략히 소개하고, 물리계층 표준의 요소기술을 BICM(Bit-Interleaved Coding & Modulation) 위주로 살펴본다. 특히, NAB와 미국 주요 방송사들이 관심을 갖고 있는 LDM기술에 대해 자세히 소개한다.

1. 표준 전문가 그룹 활동

S31은 ATSC 3.0 전체 시스템 요구사항을 작성하는 전문가 그룹으로서 2012년8월까지 접수된 사용자 요구사항으로부터 13개의 서비스 시나리오를 도출하여 2014년 4월 148개의 시스템 요구사항 작성을 완료했다. 이에 앞서 TG3는 S31에서 작성한 물리계층 요구사항을 바탕으로 2013년 9월까지 물리계층 제안서를 접수 받음으로써 본격적인 표준화 작업이 시작되었다.

S32는 물리계층 전문가 그룹으로서 S32-1, S32-2, S32-3, S32-4의 AHG를 두고 있다.

S32-1은 수신기의 공통 시스템 요소, 즉 RF AMP 및 noise figure, 주파수 변환, RF gain control, 아날로그 필터 등 주로 아날로그 튜너 설계에 관련된 고려사항에 대해 정의한다. 물리계층 표준은 디지털 영역에 국한되므로 표준과 직접적인 관련이 없어 현재는 활동이 없지만, 후보표준의 하드웨어 검증이나 수신기 제작 가이드라인을 제시할 것으로 보인다.

S32-2는 변조 및 코딩 AHG로서 입력 포맷(input format)부터, FEC 코덱, 성상(constellation), 인터리버(interleaver), MISO/ MIMO, 시그널링 등의 기반기술을 대부분 확정하고 표준초안을 작성 중이다.

S32-3은 Waveform AHG로서 변조, 다중화, Pilot, Preamble, Framing, PAPR, LDM 등을 다루며, Preamble과 LDM 기술이 주요한 이슈로 논의되고 있다.

S32-4는 핵심 방송서비스(Core Broadcast Service)에 관한 AHG로서 송신기의 송출전력, 송출타워 높이, 송신기의 수 등 다양한 환경의 방송망 내에서 고정/실내수신 또는 이동방송서비스를 위한 데이터 전송률과 요구 CNR을 정의한다.

S33은 매니지먼트 및 프로토콜 전문가 그룹으로서 3개의 AHG에서 표준화가 진행되고 있다.

S33-1 Service Delivery & Synchronization AHG로서 서비스 전송 프로토콜, 동기화, 시그널링, 오류 복구에 대해 다룬다. 2014년 1월 전송, 동기화, FEC에 대해 DVB, LGE, NERC, NHK/Sharp/NTT, Qualcomm/Sony, Samsung, Technicolor로부터 제안서를 접수했다. 기고서의 주요한 내용은 방송망에서의 IP(Internet Protocol) 사용, 콘텐츠 전달을 위해 ISOBMFF(ISO Base Media File Format) 사용, 동기화와 버퍼 관리를 위한 UTC(Universal Time Coordinated) 사용 등이다.

S33-2는 Service Announcement & Personalization AHG로서 서비스 어나운스먼트(announcement), 개인화 서비스, 서비스 등급(parental guide)에 대해 다룬다. 2014년 1월부터 기존의 ATSC A/153과 OMA BCAST 1.1을 기반으로 서비스 어나운스먼트와 서비스 이용 보고에 대한 표준 초안 작업이 진행 중이다.

S33-3은 Interactive Service & Companion-Screen AHG로서 세컨드 스크린, 양방향 지원, 재난 알림, 다른 매체로의 서비스 재전송 등을 다룬다. 현재 다른 매체로의 서비스 재전송 방법의 일환으로 ACR(Automatic Content Recognition)을 위한 워터마크(water mark) 기술 선정에 대한 논의가 진행 중이다.

S34는 애플리케이션 및 서비스 표현 전문가 그룹으로서 4개의 AHG에서 표준화가 진행되고 있다.

S34-1은 HEVC를 포함한 비디오 코덱을 다루며, S34-2는 오디오 코덱을 비롯한 오디오 시스템을 다룬다.

S34-3은 서비스의 표현과 동작을 위한 개념적 모델을 정의하기 위해 N-스크린 서비스를 위한 컴패니언(companion) 스크린 모델, 시청 제한 정보 제공 및 개인화 서비스를 다룬다.

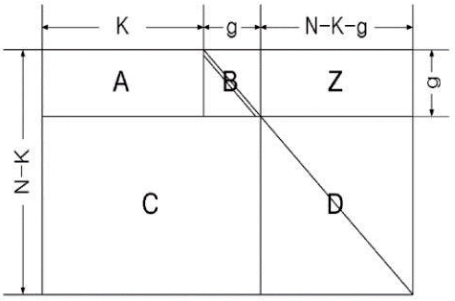
S34-4는 애플리케이션을 위한 실행 환경을 정의하고, 기준 수신기(reference receiver)에 대한 가이드 라인 작성을 담당한다. 기존의 HbbTV 2.0과 ATSC A/105(Interactive Services)를 기반으로 ATSC 3.0을 위한 runtime specification을 2015년 10월까지 완료할 예정이다.

2. ATSC 3.0 물리계층 요소기술

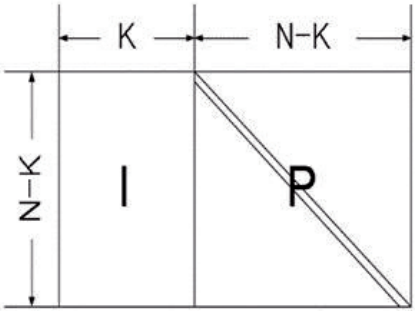
ATSC 3.0 시스템의 물리계층은 DVB-T2와 매우 유사한 구조를 가지고 있다. 크게 나누면 BICM, Frame building, Waveform generation으로 구성되어 있다. 본 절에서는 현재 기반기술로 확정된 BICM의 주요기술들에 대해 살펴본다.

BICM은 전송채널에서 발생하는 오류를 정정하기 위한 FEC, 열악한 전송채널에서 발생할 수 있는 Burst error를 분산하여 FEC가 최적의 성능을 갖도록 하기 위해 FEC부호어를 적절히 섞어주는 비트 인터리버(Bit-Interleaver)와 비트단위의 데이터를 성상으로 변환하는 성상매핑(Constellation Mapping)이 주요한 요소기술이다.

FEC는 LDPC와 BCH를 사용하며, LDPC PCM(Parity Check Matrix)는 부호율에 따라 두 가지 타입의 구조를 사용한다.



(a) Type A : ETRI 제안 PCM 구조



(b) Type B : DVB-T2/-S2 PCM 구조

그림 9. LDPC PCM 구조[22]

〈그림 9〉의 A 타입은 ETRI가 제안한 구조로서 낮은 부호율(R〈=1/2)에서 우수한 성능을 나타내며[16], B 타입은 DVB-T2/-S2에서 사용되는 구조로서 높은 부호율에서 우수하다. LDPC 부호어의 길이는 DVB-T2와 같이 64800(long code)과 16200(short code)을 사용하는데, A 타입은 long code에서 부호율 7/15과 5/15 이하, short code에서 부호율 5/15 이하에 기반기술로 채택되었다.

비트 인터리버는 열악한 채널환경에서 BICM이 최적의 성능을 갖도록 LDPC 부호어를 적절히 섞어준다. 비트 인터리버는 아래 〈그림 10〉과 같이 패리티 인터리버(Parity Interleaver), 그룹단위 인터리버(Group-wise Interleaver), 블록 인터리버로(Block Interleaver) 구성된다.

패리티 인터리버는 B 타입 LDPC에 대해서만 수행되며, A 타입 LDPC에 대해서는 수행되지 않는다. A 타입 LDPC부호어는 코딩 시 이미 유사한 과정을 거치기 때문이다. 패리티 인터리버는 계단식 구조로 되어 있는 B 타입 LDPC의 패리티 부분을

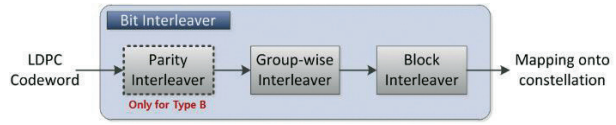


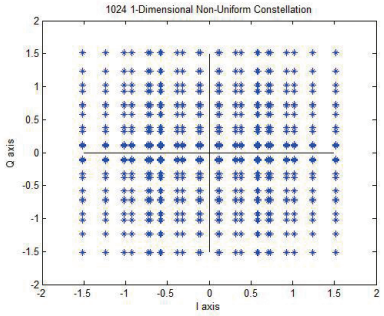
그림 10. 비트 인터리버 구성도

Quasi-cyclic 형태로 변환해 주는 역할을 한다.

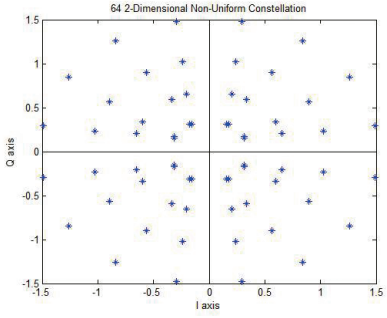
그룹단위 인터리버는 LDPC 부호어를 360bits 단위의 비트그룹으로 구분하여, 비트그룹단위로 섞어주는 역할을 수행한다. 비트 인터리버의 세 블록 중에서 그룹단위 인터리버는 시스템 성능을 결정짓는 가장 중요한 블록이다. 마지막으로 블록 인터리버는 성상매핑 수행을 위한 사전 단계로 한 심볼로 묶이게 될 비트들을 결정하는 역할을 수행한다.

성상매핑은 QPSK와 비균등 성상(NUC:Non-Uniform Constellation)이 사용된다.

NUC는 〈그림 11〉과 같이 성상을 왜곡 시켜 송신신호의 amplitude 분포가 Gaussian 분포에 가깝도록 한다[17]. 성능 측면에서는 2차원 NUC가 우수하나 디매핑 시 수신기 복잡도가 높아지므로 16QAM부터 256QAM까지만 적용하고, 1024QAM 이상에서는 1차원 NUC를 적용한다. 유사한 방식을 사용하는 DVB-NGH의 경우 부호율에 따라 NUC는 UC에 대해 약 0.4~0.95dB SNR 이득(@FER=10^{-4}, 256QAM) 을 갖는다[18].



(a) 1024QAM 1차원 NUC



(b) 64QAM 2차원 NUC

그림 11. 비균등 성상도 예시[22]

3. Layered Division Multiplexing

ATSC는 DVB에 비해 약점으로 지적되던 이동수신 성능을 개선하기 위해 2009년 ATSC-M/H 표준을 제정했다. 오류정정부호와 훈련열(Training Sequence) 등을 추가하여 이동수신 성능을 개선한 M/H프레임을 기존 ATSC 시스템과 TDM 방식으로 결

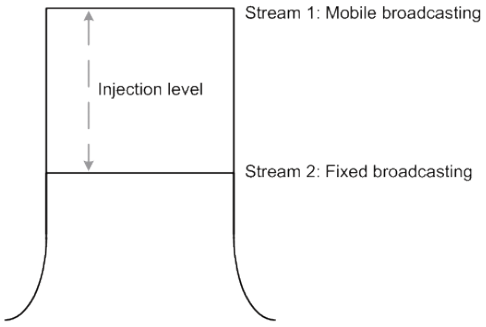


그림 12. LDM 2계층 전송 스펙트럼 개념도[22]

합하였다. 하지만, 추가된 overhead와 기존 시스템과의 역호환성 유지라는 제약으로 인해 데이터 전송효율이 저하되었다[19].

이동방송 서비스에 대한 NAB와 미국 주요 방송사들의 요구는 ATSC 3.0 물리계층 Call for Proposal에도 그대로 반영되었다[20]. ATSC 3.0에서는 이동방송 수신단말을 Handheld, Vehicular, Portable device로 구분하고 있는데, 특히 Handheld나 Portable device의 실내수신에 관심이 높다. 지난 2015년 1월 LDM이 NAB와 주요 방송사들의 전폭적인 지지를 받으면서 물리계층 기반기술로 채택된 이유도 여기 있다. 낮은 수신 SNR이 요구되는 실내수신에 LDM이 가장 잘 부합되기 때문이다.

UHD 와 HD 콘텐츠와 같이 서로 다른 QoS의 스트림을 다중화하는 기존 기술로는 시간을 분할하여 사용하는 TDM과 주파수를 분할하여 사용하는 FDM이 있다. 대표적인 사용 예로 TDM은 DVB-T2를 들 수 있고, FDM은 ISDB-T를 들 수 있다.

LDM은 Cloud Transmission으로 불리다가ATSC 3.0 표준화 과정에 명명된 기술로서 〈그림 12〉와 같이 주파수 또는 시간을 분할하지 않고, 100%의 시간과 주파수를 사용하면서 전송신호의 power만 나누어 사용한다[21][22].

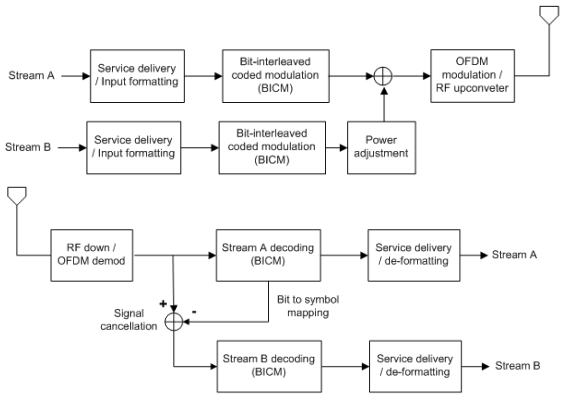


그림 13. LDM 2계층 송수신 구성도[22]

다중화 방법은 TDM에 비해 매우 간단하다. 〈그림 13〉과 같이 각기 다른 전송 스트림을 QoS에 따라 서로 다른 강인성을 갖도록 각각 BICM을 수행하고, 성상매핑된 각각의 전송 스트림을 더하면 된다. 이때, 강인성이 높은(전송률이 낮은) 전송 스트림의 power를 더 크게 하여 이동수신 단말이 상위계층만 수신하면 되도록 한다.

고정수신 단말은 상위계층(Upper layer)와 하위계층(Lower layer)을 모두 수신하여 상위계층을 제거한 후 하위계층을 복조한다[22]. LDM은 TDM에 비해 몇 가지 장점을 가지고 있다. 앞서 언급한 것처럼 다중화가 매우 간단하고, 각 전송 스트림 계층에 전송신호의 power만을 나누어 사용하는 데에 따른 이득을 얻을 수 있다.

〈표 4〉를 보면 상위계층과 하위계층의 전송 power차이가 5dB 인 경우 유사한 전송률에서 TDM 방식의 DVB-T2/NGH 보다 상당한 요구 SNR 이득이 있음을 알 수 있다[23][24]. LDM 상위계층 전송률이 4.1Mbps인 경우는 TDM Mobile 40%(4.0Mbps)보다 약 3.7dB의 SNR 이득을 가지며, 이때, 하

표 4. LDM vs. TDM 요구 SNR 비교[22]

LDM			TDM					
			Mobile 55%		Mobile 40%		Mobile 30%	
	Data rate	SNR	Data rate	SNR	Data rate	SNR	Data rate	SNR
Upper Layer	2.7 Mbps QPSK 4/15	−0.8 dB	2.7 Mbps QPSK 8/15	1.3 dB	2.7 Mbps QPSK 11/15	3.7 dB	2.6 Mbps 16Q 7/15	5.3 dB
	4.1 Mbps 16Q 3/15	2.7 dB	4.1 Mbps 16Q 6/15	4.3 dB	4.0 Mbps 16Q 8/15	6.4 dB	3.7 Mbps 16Q 10/15	8.5 dB
2nd Layer with −5 dB injection			Fixed (TDM) 45%		Fixed (TDM) 60%		Fixed (TDM) 70%	
Lower Layer	14.3 Mbps 64Q 7/15	15.3 dB	14.4 Mbps 256Q 11/15	18.9 dB	14.4 Mbps 64Q 11/15	14.4 dB	15.3 Mbps 64Q 10/15	13.0 dB
	24.6 Mbps 256Q 9/15	21.9 dB		N/A	24.0 Mbps 1 KQ 11/15	23.5 dB	24.4 Mbps 256Q 12/15	20.7 dB
	30.1 Mbps 256Q 11/15	25.1 dB		N/A		N/A	30.6 Mbps 1 KQ 12/15	25.6 dB

위계층 전송률이 24.6Mbps 인 경우는 TDM Fixed 60% 보다 약 1.6dB의 SNR 이득을 가진다.

DVB에서도 이러한 LDM의 장점에 주목하여 이미 2014년 9월 DVB-T2 이후 지상파방송 전송표준(NGT:Next Generation Terrestrial broadcast system)을 위한 Study Mission Report에 LDM을 자세히 소개한 바 있다[25].

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 HEVC 표준에 의해 가속화된 지상파 UHD 방송 관련 각국의 기술개발 및 실험방송 동향을 유럽의 DVB-T2/HEVC 방식과 일본의 ISDB-T를 기반으로 하는 SHV, 그리고 표준화가 진행 중인 ATSC 3.0을 중심으로 살펴보았다. 현재 주파수 문제와 새로운 방송방식으로의 전환 문제가 걸림돌이 되고 있지만, 지금과 같은 추세라면 수 년 내에 4K UHD방송서비스가 상용화될 것으로 보인다. 특히, 전세계에 국내 ICT 기술을 홍보할 수 있는 2018년 평창동계올림픽은 국내 UHD방송기술을 전세계에 선보일 좋은 기회가 될 것이다.

또한 본 논문에서는 현재 진행 중인 ATSC 3.0 표준과 관련하여 각 전문가 그룹의 활동내역과 물리계층 기반기술에 대해 간략히 소개하였다. 특히, DVB-T2 대비 차별화된 LDM의 개념과 TDM 대비 장점을 살펴보았다. LDM은 HD방송의 이동수신 서비스를 위한 기술로 주목 받고 있으며, 차량이동, 도보이동은 물론 TDM 대비 우수한 실내수신(deep indoor reception) 성능으로 기대를 모으고 있다. 또한, DVB에서 차세대 지상파방송 전송표준을 위한 논의 초기단계인 Study Mission을 통해 검토 중인만큼 국내 지상파 UHD 전송방식 선정 시 LDM을 포함하는 ATSC 3.0에 대한 고려가 반드시 필요하다. 이를 위해 최종 표준승인 전에라도 실험방송을 통해 ATSC 3.0의 성능을 검증해 보는 것이 향후 있을 국내의 지상파 UHD 전송방식 결정에도 도움이 될 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신•방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음.[14-000-02-002, 융합형 실감방송 서비스 및 전송 기술 개발]

참 고 문 헌

[1] JCT-VC Editors, Recommendation ITU-T H.265 – High Efficiency Video Coding (ITU-T Rec.H.265), Apr. 2013.

[2] 유지상, 조숙희, "UHD 방송 서비스 최근 기술 동향", 한국전자파학회지, 제 25권, 제 5호, pp. 85-94, 2014년 9월.

[3] ATSC, "ATSC Mobile DTV system," A/153: ATSC Mobile DTV Standard, Part 1, Mar. 2013.

[4] 이근식, 김상훈, 왕수현, 임중곤, "지상파 UHDTV 실험방송", 한국방송공학회지, 제 19권, 제 2호, pp. 13-26, 2014년 4월.

[5]NHK, "8K (Super Hi-Vision) Long-distance transmission test is successfully achieved," NHK, Feb. 2014.

[6]AV Watch, "NHK,8Kスーパーハイビジョンの地上波長距離伝送

[7] Telecommunications Technology Association in Korea, TTAS.KO-07.0026, "Radio Broadcasting Systems; Specification of the video services for VHF Digital Multimedia Broadcasting (DMB) to mobile, portable and fixed receivers," Aug. 2004.

[8] DVB-H, "Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)," ETSI EN 302 304 v.1.1.1, Nov. 2004.

[9] ISDB-T, "Channel coding, Frame Structure and Modulation scheme for Terrestrial Integrated Services Digital Broadcasting (ISDB-T)," ITU-R 11A/Jxx-E, Mar. 1999.

[10] DVB-T2, "Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)," ETSI EN 302 755 v.1.3.1, Apr. 2012.

[11] DVB-NGH, "Digital Video Broadcasting (DVB); Next Generation broadcasting system to Handheld, physical layer specification (DVB-NGH)," Draft ETSI EN 303 105 v.1.1.1, Nov. 2012.

[12] G. J. Foschini and M Gans, "On Limits of Wireless Communications in a Fading Environment When Using Multiple Antennas," Wireless Pers. Commun., Vol. 6, pp. 311-335, Mar. 1998.

[13] W. Ko, H. Hong, S. Moon and P. Fertl, "LG Response

to NGH Call for Technology," DVB TM-NGH076, 2010.
[14] M. Petrov, Y. Murakami, T. Kimura and M. Ouchi, "The Effect of LoS Components on MIMO Performance," DVB TM-NGH652, 2011.
[15] 정태진, 서재현, 김호준, 김홍중, 김흥묵, "차세대 모바일 방송(DVB-NGH) 기술 동향", 한국통신학회지, 제 30권, 제 5호, pp. 59-67, 2013년 4월.
[16] S. I. Park, H. M. Kim, Y. Wu and J. Kim, "A newly designed quarter-rate QC-LDPC code for the cloud transmission system", IEEE Trans. on Broadcasting, 59(1), pp.155-159, Mar. 2013.
[17] D. Sommer and G. Fettweis, "Signal shaping by non-uniform QAM for AWGN channels and applications using turbo coding", Proc. ITG Conf. Source and Channel Coding, pp.81-86, 2000.
[18] Douillard C., Nour C.A., "The Bit Interleaved Coded Modulation Module for DVB-NGH : Enhanced features for mobile reception", 19th ICT, pp.1-6, 2012.
[19] 최인환, 송재형, 서종열, "ATSC-M/H 기술 소개", 한국방송공학회지, 제 14권, 제 1호, pp. 31-52, 2009년 3월.
[20] ATSC Technology Group 3.0, "Call for proposals for ATSC 3.0 physical layer", Mar. 26, 2013.
[21] Y. Wu, B. Rong, K. Salehian, and G. Gagnon, "Cloud Transmission: A New Spectrum-Reuse Friendly Digital Terrestrial Broadcasting Transmission System," IEEE Trans. on Broadcasting, 58(3), pp.329-337, Sept. 2012.
[22] 이재영, 권선형, 박성익, 김흥묵, "ATSC 3.0 기술 및 표준화 현황", 한국전자파학회지, 제 25권, 제 5호, pp. 33-41, 2014년 9월.
[23] ETSI TS 102 831 V1.2.1 (08/12) Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system(DVB-T2), European Telecommunications Standards Institute, Geneva. 2012.
[24] J. Montalban, L. Zhang, U. Gil, Y. Wu, I. Angulo, K. Salehian, S. I. Park, B. Rong, W. Li, H. M. Kim, P. Angueira and M. Velez, "Cloud transmission: System performance and application scenarios", IEEE Trans. on Broadcasting, 60(2), Jun. 2014.
[25] DVB TM-T, "DVB Technical Module MIMO Study Mission Report", Rev. 20, DVB TM-T0016r3, Sep. 2014.

약 력

음 호 민

1998년 고려대학교 전파공학과 공학사
2000년 고려대학교 전파공학과 공학석사
2000년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
관심분야: 지상파 방송 신호처리

서 재 현

1999년 경북대학교 전자공학과 공학사
2001년 경북대학교 전자공학과 공학석사
2001년~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
관심분야: 디지털 방송시스템, 디지털 통신 신호처리

김 흥 묵

1993년 포항공대 전자전기공학과 공학사
1995년 포항공대 전자전기공학과 공학석사
2013년 KAIST 정보통신공학과 공학박사
1993년~2001년 POSCO 기술연구소 연구원
2002년~2003년 ㈜맥스웨이브 연구개발팀장
2004년~현재 한국전자통신연구원
지상파방송연구실장
관심분야: RF 신호처리, 디지털 방송/통신 신호처리

허 남 호

1992년 포항공과대학교 공학사
1994년 포항공과대학교 대학원 공학석사
2000년 포항공과대학교 대학원 공학박사
2000년~현재 한국전자통신연구원
방송시스템연구부장
2003년~2004년 Communications Research Centre Canada 방문연구원
관심분야: 3DTV 방송기술, 홀로그래피 등