

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제24권 제4호, 2019년 7월 (JBE Vol. 24, No. 4, July 2019)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2019.24.4.643>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

ATSC 3.0 기반 UHD, 이동HD, 디지털라디오 통합전송 연구

서 창 호^{a)}, 임 윤 혁^{a)}, 전 성 호^{b)}, 서 재 현^{c)}, 최 성 진^{d)†}

A Study on Delivery Integration of UHD, Mobile HD, Digital Radio based on ATSC 3.0

Chang Ho Seo^{a)}, Yoon Hyeock Im^{a)}, Sung Ho Jeon^{b)}, Jae Hyun Seo^{c)}, and Seong Jhin Choi^{d)†}

요 약

본 논문에서는 국내 방송환경에 적합한 차세대 방송기술 및 서비스의 기술적 검증을 통해 지상파 UHD 방송의 정착 및 활성화 등을 추진하고자 ATSC 3.0 기반 서비스에 대한 기술적 검증을 실시하였다. ATSC 3.0 기반 이동HD 방송은 방송사, 연구기관 등에서 다양한 파라미터로 실험을 추진 중에 있으나, 오디오 서비스에 대한 실험은 추진되지 않았다. 본 실험을 통해 한 채널(6MHz) 내에서 ATSC 3.0 기반 UHD 방송의 최대 서비스 개수, 이동성을 고려한 HD 방송의 최대 서비스 개수, 오디오 방송의 최대 서비스 개수 등에 대한 이론 및 실험을 진행하였고, 각 서비스(UHD방송, HD방송, 오디오방송)를 한 채널 내에서 통합으로 전송하기 위한 파라미터를 도출하고, 이를 직접 필드에서 이동하면서 수신해보는 필드테스트를 통해 기술적 가능성을 수행하였다.

Abstract

In this paper, the technology verification of next generation broadcasting technology and service suitable for domestic broadcasting environment was carried out to build and activate domestic terrestrial UHD broadcasting. ATSC 3.0-based mobile HD broadcasting is currently conducting experiments with various parameters from broadcasting companies, research institutes and others. However, experiments on integrated transmissions, including audio services, have not been carried out. Through this experiment, we first performed the theory and experiment on the maximum number of ATSC 3.0 based UHD broadcasting service, maximum service number of HD broadcasting considering mobility, and maximum service number of audio broadcasting within one channel (6MHz). Second, parameters for integrated transmission of each service (UHD broadcasting, mobile HD and audio broadcasting) in one channel were derived. Finally, we studied technical possibilities through field tests that we receive while moving directly in the field.

Keyword : ATSC 3.0, UHD, Mobile HD, Digital Radio, Delivery Integration

I. 서 론

우리나라는 2017년 5월 세계 최초로 지상파 UHD 방송 서비스를 실시함에 따라 차세대 방송시대를 열었다. 차세대 방송은 기존 RF방송에 IP를 결합한 방송통신융합서비스를 가속화하며, 지상파방송사도 TIVIVA와 같은 새로운 플랫폼을 제시하기도 했다. 최근 미디어 소비행태는 총 가구 시청률의 변화가 적은 상황에서 채널간 경쟁은 심화되고 전반적으로 지상파는 하락하고 종편은 지속적인 상승세를 유지하고 있다. 또한 지상파방송사는 넷플릭스, 헐루 등 IP 플랫폼사업자와 경쟁구도에서 방송콘텐츠 및 플랫폼 경쟁력 우위를 유지하기 위한 매체진화를 시도하고 있다. 시청자의 매체이용에도 TV, PC보다 모바일로 방송미디어 시청이 변화하며 일상생활 속으로 모바일이 강력히 침투하고 있다. 그러나 모바일방송의 중요한 매체인 라디오는 지난 10년간 디지털라디오 도입에 대한 다양한 논의가 있었지만, 이해관계자들의 다양한 의견을 수렴하지 못해 아직 도입을 위한 기술표준도 구체적으로 제시하지 못하고 있다. 국내 차세대방송으로 UHD 방송은 성공적으로 서비스되었기 때문에 이제는 디지털라디오가 차기 기술진화 매체로 다시 논의되어야 한다.

UHD 모바일로 불리는 이동HD 방송은 지상파 3사가 2018년 1월 방송통신위원회로부터 한시적으로 허가를 받아 실험방송을 실시하였고, 2월에는 강릉지역에서 평창동계올림픽 외신기자들을 대상으로 이동HD 시범서비스^[1] 형태로 체험버스를 성공적으로 운영하였다. ATSC 3.0 기반의 이동HD 방송은 HD-DMB 대비 고화질의 풀HD 비디오 서비스 지원이 가능하며, 브로드밴드 연동을 통한 다양한 부가 데이터서비스 제공이 용이한 장점을 가지고 있다^[2]. 현재 대부분의 스마트폰이 풀HD 이상의 고해상도를 지원

하고 있으며, 자동차는 커넥티드 차 또는 자율주행차로 변화가 예상되므로, 이에 적합한 고품질의 이동방송서비스가 요구되고 있다. 따라서 장기적인 관점에서 고정 UHD 및 이동HD 서비스가 가능한 UHD 모바일방송으로의 진화에 대한 방안 검토가 필요한 시점이다.

이에 본 연구에서는 6[MHz] 한 채널 내에서 ATSC 3.0 기반 UHD 방송의 최대 서비스 개수, 이동성을 고려한 HD 방송의 최대 서비스 개수, 오디오방송의 최대 서비스 개수 등에 대한 이론 및 연구실 실험을 진행하고, 각 서비스 (UHD방송, HD방송, 오디오방송)를 한 채널 내에서 통합으로 전송하기 위한 파라미터를 도출하였다. 또한 이를 직접 필드에서 이동하면서 수신해보는 필드테스트를 통해 기술적 가능성을 검증하였다. 그리고 이를 통해 디지털 라디오의 전송표준^[3]으로 최근 UHD 방송으로 도입된 ATSC 3.0 방송표준을 적용할 수 있는지 기술적 가능성을 분석하였다.

II. 실험환경 및 평가방법

1. 필드테스트 환경

필드테스트 서비스 시나리오에 따른 실험을 위해 기존에 제주테크노파크에 구축된 ATSC 3.0 송출시스템과 본 실험을 위해 개발한 MPEG-H 기반 오디오 인코더를 정합하여 최대한 방송국 환경과 유사하게 필드테스트에 필요한 송출 시스템을 구성하였다. 실험주파수는 제주테크노파크 디지털융합센터에서 보유한 DTV CH50(689MHz), DTV CH51 (695MHz), T-DMB 12A(205.28MHz)를 활용하였으며, 송신소 제원은 표 1과 같다.

표 1. 송신소 제원

Table 1. Transmitting station specification

transmitting station name	longitude	latitude	transmitting station altitude	antenna height
Jeju techno park	126°34' 18.96'' (E)	33°27' 3.37'' (N)	357M	21M

a) 한국전파진흥협회(Korea Radio Promotion Association)
b) 한국방송공사(Korea Broadcasting System)
c) 한국전자통신연구원(Electronic Telecommunication Research Institute)
d) 서울과학기술대학교(Seoul National Univ. of Science and Technology)
‡ Corresponding Author : 최성진 (Seong Jhin Choi)
E-mail: ssjchoi@seoultech.ac.kr
Tel: +82-2-970-6428
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6495-3826>
· Manuscript received April 19, 2019; Revised June 12, 2019; Accepted June 12, 2019.

수신 장비는 ATSC 3.0 기반의 국내 제조사 TV 2대와 USB 동글형 수신기^{[4][5]}를 태블릿 PC에 설치하여 이동수신에 사용하였으며, RF 파형과 레벨을 보기 위해 스펙트럼 분석기를 사용하였다. 또한 제주시에서의 ATSC 3.0 이동 방송 수신범위와 송출신호에 따른 수신율을 측정하기 위해 한국전자통신연구원의 측정차량을 이용하였다. 본 측정차량은 수신안테나를 통해 수신 받은 신호를 스펙트럼 분석기와 수신기로 분배하여 레벨과 수신율을 실시간으로 저장하고 지도에 반영하여 수신범위를 측정하였다. 필드테스트 전송파라미터는 고정 1채널, 이동 1채널, 이동 오디오 3채널로 구성되며 현재 방송 중인 지상파 UHD 방송과 최대한 유사한 전송파라미터로 구성하였으며, 오디오서비스는 시그널 신호에 오디오서비스 코드를 삽입하여 ATSC 3.0 표준문서^[6]에 근거하여 필드테스트 환경 및 시나리오별 프로파일을 구성하였다. 이는 표 2와 같다.

2. 실험절차 및 평가방법

ATSC 3.0 기반 통합전송(UHD, 이동HD, 라디오)의 각

서비스별 품질, 수신환경, 방송 커버리지 및 기존 방송서비스(DMB, 라디오 등)와 비교 분석한 전송파라미터를 도출하기 위해 이론적 연구, 실험실 테스트, 필드테스트의 3단계 연구를 진행하였다. 수신환경 측면에서 UHD는 고정수신, 이동HD와 라디오는 이동수신을 기준으로 하고, 양시청 가능한 최소 신호대 잡음비를 기준 방송서비스의 기준과 비교하였다. 단, 라디오의 경우 FM라디오가 아날로그 방송으로 직접 비교가 불가하여 T-DMB^[7]의 오디오서비스와 비교하였다. 이러한 이동수신측정은 제주특별자치도 제주시 일대 83.4km를 ATSC 3.0 이동수신 측정차량을 이용하여 고속, 중속, 저속으로 이동하며 수신레벨, CNR¹⁾, MER²⁾, FEC³⁾ 등의 수신데이터를 측정하였다.

표 3. 고정 UHD와 고정 HD 서비스 사양 비교

Table 3. Comparison between Fixed UHD and fixed HD service specification

Division	UHD	DTV
Resolution	3840x2160	1920x1080
Frame rate	60 Hz	30 Hz
Video compression	HEVC	MPEG-2
Audio compression	MPEG-H	AC-3
Transmission rate	11.5 Mbps	17.4 Mbps

표 2. 필드테스트 프로파일

Table 2. Field test profile

Test frequency UHF CH50	Receive service channel	Audio Broadcasting 3 channel		Mobile HD 1 channel	Fixed UHD 1 channel
	transmission parameter	Subframe #0		Subframe #1	Subframe #2
		PLP #0	PLP #1	PLP #1	PLP #2
Control Signal	Preamble FFT Size			8K	
	Preamble Pilot Dx			4	
	L1-Detail FEC Type			Mode 1	
PLP Signal	FFT Size	8K	8K	32K	
	Guard Interval	6_1536	6_1536	6_1536	
	Scattered Pilot Pattern	4_2	4_2	16_2	
	Modulation	QPSK	16QAM	256QAM	
	Code rate	8/15	8/15	7/15	
	FEC Type	BCH + 16k LDPC	BCH + 16k LDPC	BCH + 64k LDPC	
	TI Mode	CTI	CTI	CTI	
	CTI Depth	1024	512	512	
Transmission capacity		645 kbps	2.07 Mbps	11.8 Mbps	

- 1) CNR(Carrier To Noise Ratio, 반송파 대 잡음비) : 전송에서 반송파와 잡음의 크기를 비율로 나타낸 것. 일반적으로 베시벌(dB)로 나타낸다.
- 2) MER (Modulation Error Ratio, 변조오류율) : 아날로그 시스템에서 발생되는 신호 대 잡음에 상응하는 디지털 신호치이며, 복조된 디지털 신호의 측정값
- 3) FEC(Forward Error Correction, 순방향 오류 정정) : 전송할 데이터에 오류 정정을 위한 비트를 추가하여, 수신측에서 데이터 오류 검출 과정을 수행하여 오류 발생 시 정정하는 방식

표 4. 이동HD와 HD-DMB 서비스 사양 비교

Table 4. Comparison between Mobile HD and HD-DMB service specification

Division	Mobile HD	HD-DMB
Resolution	1920x1080	1280x720
Frame rate	60 Hz	30 Hz
Video compression	HEVC	HEVC
Audio compression	MPEG-H	BSAC
Transmission rate	2 Mbps	0.5 Mbps

표 5. 라디오와 T-DMB 오디오 서비스 사양 비교

Table 5. Comparison between radio and T-DMB audio service specification

Division	Radio	T-DMB Audio
Audio compression	MPEG-H	BSAC
Transmission rate	128 kbps(64kbps × 2 L, R)	64 kbps(32kbps × 2 L, R)

III. 방송서비스 시나리오 실험

ATSC 3.0 기반 통합전송서비스를 위한 이론적 분석 및 실험실 테스트를 기반 한 실험은 고출력 송신환경에서 고정UHD, 이동HD, 오디오 채널서비스 가능 여부를 검증하였고, 실험실 테스트에서 고려하지 않았던 LLS, 시그널링 등도 본방송 조건에 맞도록 수정하여 필드테스트를 진행하였다. 이동 조건에서 DMB와의 수신 성능에 대한 객관적인 비교평가를 진행하였고, 특히 ESR5 물리계층 성능지표로 객관적 비교를 진행하였다. FM은 아날로그 방식이기 때문에 ESR5와 같이 디지털 방송표준용 성능지표를 활용할 수 없으므로 정성적 비교를 진행하였다.

1. 이론적 분석

ATSC 3.0 기반 서비스의 성능평가를 위해 기존 FM라디오 또는 DMB와 동일한 수신성능(커버리지)을 가지면서 동일 전송률 또는 그 이상을 제공하는 전송 파라미터를 표준 문서 분석을 통해 도출하였다. 첫 번째로 FM과 DMB 각각

의 CNR(dB) 기준 수신 성능과 현재 서비스되고 있는 전송률(kbps)을 분석하였다.

표 6. FM과 DMB의 수신 성능과 전송률

Table 6. Reception performance and transmission rate of FM and DMB

Service	Reception performance	transmission rate	Note
FM radio	0dB	96kbps	converting into digital
Low quality DMB	6.4dB	1.2Mbps	EEP 3-A 1/2 standard, radio installation rule
High quality DMB	8.0dB	2Mbps	EEP 3-B 2/3 standard

120가지 MODCOD⁴⁾ 조합 각각에 대한 기준 성능은 표준문서 A/327⁵⁾를 참조하였고, 동일한 전송률을 가지는 전송률 조합을 조사하였다. 그리고 표준문서를 기반으로 FM, 저화질DMB, 고화질DMB 각 서비스에 대한 MODCOD를 도출하였다. 도출된 서비스별 MODCOD 중에서 서비스 다중화(Multiplexing) 구성을 고려해서 전송률(kbps)을 산출하고, 현재의 전송률과 동등 또는 그 이상 되는 MODCOD 조합을 추려내었다. 이 중에서 첫 번째 조건은 하나의 PLP에 여러 개의 IP 스트림을 넣는 IP계층 다중화까지 고려하면 무한대로 채널을 늘릴 수 있지만, 물리계층 다중화는 최대 64개까지 가능하므로 한 채널(6MHz)에서 최대 64개 채널까지만 서비스를 한다고 가정하였다. 또한 본방송 중인 지상파 UHD 전송파라미터를 최대한 고려하여 실제 서비스가 가능한 전송파라미터 조합에서 결과를 도출하였으며, 마지막으로 각 채널은 동일한 품질을 가진다고 가정, 즉 각 채널의 파라미터는 모두 동일한 것으로 가정하여 추려내었다.

1단계 이론적 연구를 통해 도출된 전송파라미터 조합 중에서 서비스 가능성이 높은 조합에 대해 실제 ATSC 3.0 장치를 통해 실험실 운용을 실행하고 기술적 가능성을 검증하였다. 실험실에서는 고정UHD, 이동HD, 오디오의 통합전송 시 서비스 가능한 전송파라미터 구성안 도출을 위한 실험을 진행하였고, 이 실험에서는 송신계통 구성만 변경해가면서 테스트, LLS 등 시그널링은 별도로 고려하지 않았다.

4) MODCOD : MOD(Modulation, 변조약어), COD(Code Rate, 채널부호율 약어)의 조합

5) A/327:2018, "GUIDELINES FOR THE PHYSICAL LAYER PROTOCOL"

표 7. 지상파 UHD 전송파라미터 조합

Table 7. Terrestrial UHD transmission parameter combination

	Frame Length	around 250ms (Including Bootstrap)
	Bandwidth	6 MHz
Preamble Parameters	FFT Size	choice among 8K, 16K and 32K
	Guard Interval	GI5_1024, GI6_1536, GI7_2048
	Pilot Pattern	decision automatically depending on FFT size and Guard Interval
	Signaling Protection	L1-Basic / Detail Mode 1
	# of Preamble Symbols	calculate automatically by precede parameters
	Reduced Carriers	0

2. 단독서비스 구성에 따른 전송 파라미터 분석

사전 표준문서 분석 등을 통해 도출된 FM, 저화질DMB,

고화질DMB^[8]의 MODCOD 조합을 기반으로 ATSC 3.0 기반의 UHD, 이동HD, 오디오 별 단독서비스 구성을 위한 전송파라미터와 각 서비스를 한 채널에서 통합하여 전송하기

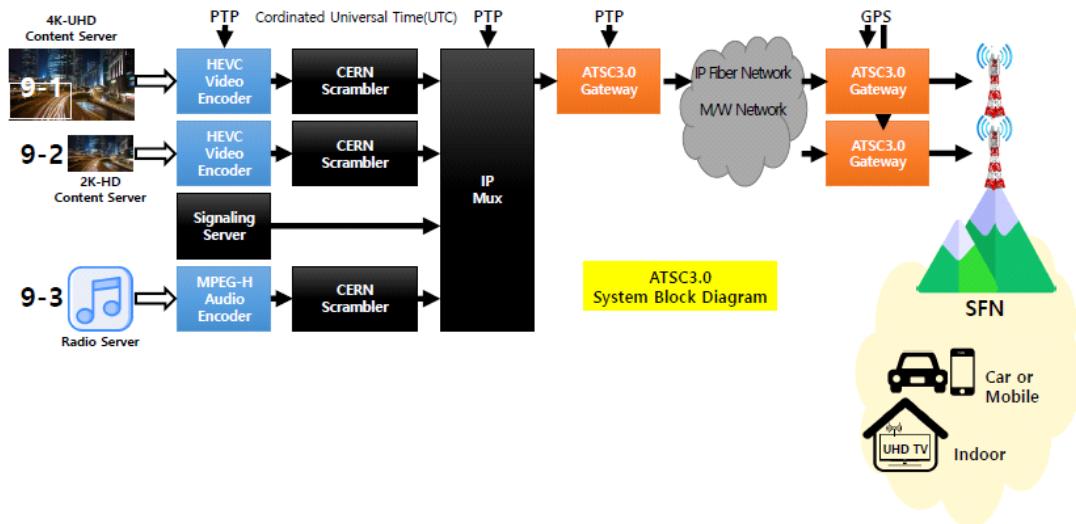


그림 1. ATSC 3.0 기반 통합전송 실험을 위한 시스템 구성도

Fig. 1. System block diagram for aggregated transmission experiment based on ATSC 3.0

표 8. 이론 분석을 위한 파라미터별 기본 가정

Table 8. Basic assumption of each parameter for theory analysis

Division	Basic assumption of each parameter
FFT Size	<ul style="list-style-type: none"> Mobile reception : 8K, indoor reception : 16K, fixed reception : 32K
Guard Interval	<ul style="list-style-type: none"> It is preferable to use GI6_1536 (222μs, 66.6km) when constructing single frequency network (SFN) for each broadcasting area (city / province area) considering the maximum transmitter spacing in Korea (Note) As of November 2018, all three terrestrial broadcasters in the Seoul metropolitan area used GI6_1536. In case of T-DMB, 246μs (maximum transmitter spacing of 73.7km) is being used
LDPC Size	<ul style="list-style-type: none"> 16200 Blocks for main service of mobile reception 64800 Blocks for fixed reception
Outer Code	<ul style="list-style-type: none"> For robust reception, consider the BCH code as the basis → the BCH+LDPC configuration is basic.
Preamble mode	<ul style="list-style-type: none"> For L1-Basic / L1-Detail Signaling, Mode 1 is considered as the basis for receiving robust control information
Maximum physical layer channel number in a channel	<ul style="list-style-type: none"> physical layer multiplexing is possible the maximum 64 as per A/322 standard
Frame Length	<ul style="list-style-type: none"> It is possible to set up to 5 seconds. However, when it is desirable to operate at 200 ms level considering the switching time between channels, the frame length mode uses symbol-aligned (L1B_frame_length_mode = 1)

위한 통합 전송파라미터에 대한 연구를 진행하였다. 여기서 단독서비스는 한 채널(6MHz) 안에 동일한 서비스를 위해서 활용하는 것을 의미한다. 먼저 이론적 연구를 위해 일부 전송파라미터는 표 8과 같은 기본가정을 하고 진행하였다⁹⁾.

2.1 ATSC 3.0 오디오 서비스

ATSC 3.0 오디오서비스는 FM 라디오서비스의 품질을 가지면서 T-DMB 오디오서비스의 방송 커버리지(FM은 아날로그 방식이므로 방송구역을 측정할 수 없음)를 만족하거나 그 이상의 성능을 갖는 서비스를 위한 MODCOD 조합을 통해 최대 서비스 개수를 도출하였다. 오디오서비스

는 모바일 수신이 기본이기 때문에 16200LDPC를 사용하였고, ATSC 3.0 표준에서 제시된 ToV CNR⁶⁾ 수신 성능에서 6.4dB보다 작은 MODCOD 조합을 추려내었다.

표 9. ATSC 3.0 오디오 단독서비스 전송파라미터 구성을 위한 조건
Table 9. Condition for transmission parameter organization of ATSC 3.0 audio single service

Division	Main facts
Minimum service quality	• more 192kbps @ MPEG-H
Broadcasting service area	• ToV CNR (good watching minimum S/N ratio) below 6.4 dB ※ equal to or more T-DMB audio service

표 10. ToV CNR(dB)

Table 10. ToV CNR(dB)

Modulation	Code Rate (16200 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK	-5.55	-3.73	-2.32	-1.30	-0.33	0.56	1.38	2.20	2.94	3.82	4.70	5.76
16QAM	-2.15	0.35	1.99	3.16	4.45	5.51	6.51	7.58	8.59	9.74	10.81	12.09
64QAM	0.35	2.85	4.65	6.30	7.93	9.29	10.56	11.83	13.13	14.52	15.86	17.33
256QAM	2.27	4.78	7.19	8.93	10.91	12.57	14.25	15.80	17.45	19.08	20.78	22.55

※ (출처) A/327 표준에서 제시된 16200 LDPC를 사용한 경우의 AWGN 수신 성능

표 11. 6MHz 전체 전송률(Mbps)

Table 11. Total transmission rate in 6MHz

Modulation	Code Rate (16200 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK	1.02	1.58	2.13	2.69	3.25	3.80	4.36	4.91	5.47	6.03	6.58	7.14
16QAM	2.05	3.16	4.27	5.38	6.50	7.61	8.72	9.83	10.95	12.06	13.17	14.28
64QAM	3.07	4.74	6.41	8.08	9.75	11.42	13.08	14.75	16.42	18.09	19.76	21.43
256QAM	4.10	6.32	8.55	10.77	13.00	15.22	17.45	19.67	21.90	24.12	26.35	28.54

※ FFT Size : 8K / GI6_1536 / SP4_2

표 12. 최대 서비스 개수

Table 12. Maximum number of service

Modulation	Code Rate (16200 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK	5.3	8.2	11.1	14.0	16.9	19.7	22.7	25.6	28.5	31.4	34.3	37.2
16QAM	10.7	16.5	22.2	28.0	33.9	39.6	45.4	51.2	57.0	62.8	68.6	74.4
64QAM	16.0	24.7	33.4	42.1	50.8	59.5	68.1	76.8	85.5	94.2	102.9	111.6
256QAM	21.4	32.9	44.5	56.1	67.7	79.3	90.9	102.4	114.1	125.6	137.2	148.6

※ 소수 첫째 자리에서 버림

6) ToV CNR : 양시청 최소 신호 대 잡음비

2.2 ATSC 3.0 이동HD 서비스

ATSC 3.0 이동HD 서비스도 기존 HD-DMB의 최소 서비스 품질과 수신 성능을 만족하는 서비스를 위한 MODCOD

조합을 통해 최대 서비스 개수를 도출하였고, 최소 서비스 품질의 기준은 자체 실험실 테스트를 통해서 확인하였다.

표 13. ATSC 3.0 이동HD 단독서비스 전송파라미터 구성을 위한 조건

Table 13. Condition for transmission parameter organization of ATSC 3.0 mobile HD single service

Division		Main facts									
Minimum service quality		• more 2Mbps @ MPEG-H, 1080p60Hz									
Broadcasting service area		• ToV CNR good watching minimum S/N ratio) below 8.0dB ※ equal to or more HD-DMB high quality service									

표 14. ToV CNR(dB)

Table 14. ToV CNR(dB)

Modulation	Code Rate (16200 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK	-5.55	-3.73	-2.32	-1.30	-0.33	0.56	1.38	2.20	2.94	3.82	4.70	5.76
16QAM	-2.15	0.35	1.99	3.16	4.45	5.51	6.51	7.58	8.59	9.74	10.81	12.09
64QAM	0.35	2.85	4.65	6.30	7.93	9.29	10.56	11.83	13.13	14.52	15.86	17.33
256QAM	2.27	4.78	7.19	8.93	10.91	12.57	14.25	15.80	17.45	19.08	20.78	22.55

※ (출처) A/327 표준에서 제시된 16200 LDPC를 사용한 경우의 AWGN 수신 성능

표 15. 6MHz 전체 전송률(Mbps)

Table 15. Total transmission rate in 6MHz

Modulation	Code Rate (16200 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK	1.02	1.58	2.13	2.69	3.25	3.80	4.36	4.91	5.47	6.03	6.58	7.14
16QAM	2.05	3.16	4.27	5.38	6.50	7.61	8.72	9.83	10.95	12.06	13.17	14.28
64QAM	3.07	4.74	6.41	8.08	9.75	11.42	13.08	14.75	16.42	18.09	19.76	21.43
256QAM	4.10	6.32	8.55	10.77	13.00	15.22	17.45	19.67	21.90	24.12	26.35	28.54

※ FFT Size : 8K / GI6_1536 / SP4_2

표 16. 최대 서비스 개수

Table 16. Maximum number of service

Modulation	Code Rate (16200 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK	0.5	0.8	1.1	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6
16QAM	1.0	1.6	2.1	2.7	3.3	3.8	4.4	4.9	5.5	6.0	6.6	7.1
64QAM	1.5	2.4	3.2	4.0	4.9	5.7	6.5	7.4	8.2	9.0	9.9	10.7
256QAM	2.1	3.2	4.3	5.4	6.5	7.6	8.7	9.8	11.0	12.1	13.2	14.3

※ 소수 첫째 자리에서 버림 / : 최소 서비스 품질을 만족하지 못하는 MODCOD 조합 제외

2.3 ATSC 3.0 고정UHD 서비스

ATSC 3.0 고정UHD 서비스는 새로운 서비스임에 따라 자체 평가기준에 따라 최소 서비스 품질기준을 도출하였고,

수신 성능은 기존 DTV(ATSC 1.0) 서비스 대비 동등하거나 그 이상의 서비스를 위한 MODCOD 조합을 통해 최대 서비스 개수를 도출하였다.

표 17. ATSC 3.0 고정UHD 단독서비스 전송파라미터 구성을 위한 조건

Table 17. Condition for transmission parameter organization of ATSC 3.0 fixed UHD single service

Division	Main facts
Minimum service quality	• more 11.5Mbps @ MPEG-H, 2160p60Hz
Broadcasting service area	• ToV CNR (good watching minimum S/N ratio) below 14.9 dB ※ equal to or more ATSC 1.0 HDTV

표 18. ToV CNR(dB)

Table 18. ToV CNR(dB)

Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK	-6.23	-4.32	-2.89	-1.70	-0.54	0.30	1.16	1.97	2.77	3.60	4.49	5.53
16QAM	-2.73	-0.25	1.46	2.82	4.21	5.21	6.30	7.32	8.36	9.50	10.57	11.83
64QAM	-0.26	2.27	4.15	5.96	7.66	8.92	10.31	11.55	12.88	14.28	15.57	17.03
256QAM	1.60	4.30	6.57	8.53	10.61	12.10	13.91	15.55	17.13	18.76	20.44	22.22
1024QAM	3.23	6.17	8.77	11.07	13.46	15.30	17.46	19.45	21.35	23.43	25.52	27.62
4096QAM	4.58	7.85	10.73	13.45	16.04	18.22	20.69	23.05	25.55	28.11	30.34	32.83

※ (출처) A/327 표준에서 제시된 64800 LDPC를 사용한 경우의 AWGN 수신 성능

표 19. 6MHz 전체 전송률(Mbps)

Table 19. Total transmission rate in 6MHz

Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK	1.17	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9.19
16QAM	2.77	--	--	--	--	--	11.29	12.71	14.13	15.55	16.97	18.39
64QAM	4.16	6.29	8.42	10.55	12.68	14.81	16.94	19.06	21.19	23.32	--	--
256QAM	5.55	8.39	11.23	14.06	16.90	19.74	22.58	--	--	--	--	--
1024QAM	6.94	10.48	14.03	17.58	21.13	--	--	--	--	--	--	--
4096QAM	8.32	12.58	16.84	21.10	--	--	--	--	--	--	--	--

※ FFT Size : 32K / GI6_1536 / SP16_2

표 20. 최대 서비스 개수

Table 20. Maximum number of service

Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
	2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
QPSK												
16QAM								1.1	1.2	1.4	1.5	1.6
64QAM					1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0		
256QAM				1.2	1.5	1.7	2.0	--				
1024QAM			1.2	1.5	1.8							
4096QAM		1.1	1.5	1.8								

※ 소수 첫째 자리에서 버림

3. 혼합서비스 구성에 따른 전송 파라미터 분석

3.1 서비스별 최소 할당율 분석

이론적 연구를 통해 각 서비스별 최대 전송률과 품질 등을 고려하여 방송주파수 한 채널(6MHz) 내에서의 할당비율(UHD : 이동HD : 오디오 = X : Y : Z)을 산출하였다. 할당비율은 한 채널에서 각 서비스별 할당비율 최소값을 나타내는 것이며, 전체시간 100% 중에서 UHD채널에 X%, 이동HD 채널에 Y%, 오디오 채널에 Z%를 할당하는 것을 의미한다. 6MHz 전체 전송률(Mbps)에 따르면 현재 DTV(ATSC1.0)와 동일한 서비스 커버리지를 확보하면서 100% RF 자원을 활용하는 UHD 단독전송의 최대 전송률

은 23.32Mbps이다. 여기서 X%를 할당했을 때 국내 지상파 UHD 본방송 중인 KBS1 채널의 최소 신호품질인 11.5 Mbps를 기준으로 할 경우, 표 21과 같이 전체 RF자원의 50%는 반드시 할당해야 하며, KBS2 채널은 KBS1 채널보다 고품질로 전송 중으로 KBS2의 신호품질 17.0Mbps를 초과하기 위해서는 전체 RF자원의 73%는 반드시 할당해야 한다.

이동HD는 이론적 연구의 전체 전송률(Mbps)에 따라, 현재 HD-DMB 고화질 채널과 동일한 서비스 커버리지를 확보하면서 100% RF자원을 활용하는 이동HD 단독전송의 최대 전송률이 9.83Mbps이다. UHD와 마찬가지로 Y%를 할당했을 때 최소 신호품질 2.0Mbps를 초과하기 위해서는

표 21. ATSC 3.0 혼합전송을 위한 UHD 서비스의 최소 할당율

Table 21. Minimum allocation rate of UHD service for ATSC 3.0 mixed transmission

Service	Signal quality	Maximum transmission rate	Allocation formula	Minimum allocation rate
UHD (KBS1 criterion)	11.5Mbps	23.32Mbps	$X \geq 11.50/23.32 = 0.4931$	50%
UHD (KBS2 criterion)	17.0Mbps	23.32Mbps	$X \geq 17.00/23.32 = 0.7289$	73%

표 22. ATSC 3.0 혼합전송을 위한 이동HD 서비스의 최소 할당율

Table 22. Minimum allocation rate of mobile HD service for ATSC 3.0 mixed transmission

Service	Signal quality	Maximum transmission rate	Allocation formula	Minimum allocation rate
Mobile HD	2.0Mbps	9.83Mbps	$Y \geq 2.0/9.83 = 0.2034$	21%

표 23. ATSC 3.0 혼합전송을 위한 오디오서비스의 최소 할당율

Table 23. Minimum allocation rate of audio service for ATSC 3.0 mixed transmission

Service	Signal quality	Maximum transmission rate	Allocation formula	Minimum allocation rate
Audio	192kbps	8.08Mbps	$Z \geq 0.192/8.08 = 0.0237$	3%

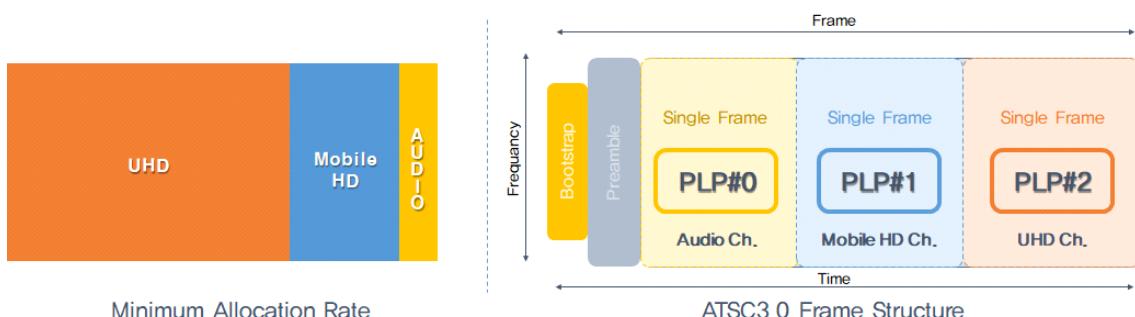


그림 2. ATSC 3.0 혼합전송을 위한 최소 할당율과 프레임 구조도

Fig. 2. Minimum allocation rate and frame structure for ATSC 3.0 mixed transmission

전체 RF 자원의 21%는 반드시 할당해야 한다.

오디오서비스는 6MHz 전체 전송률(Mbps)에 따라, 현재 T-DMB 오디오 채널과 동일한 서비스 커버리지를 확보하면서 전체 100% RF 자원을 활용하는 오디오서비스 단독전송의 최대 전송률은 8.08Mbps이다. 마찬가지로 Z%를 할당했을 때 최소 신호품질 192kbps를 초과하기 위해서는 전체 RF 자원의 3%는 반드시 할당해야 한다.

본 연구를 통해 ATSC 3.0 기반 UHD, 이동HD, 오디오서비스를 통합전송하기 위해 그림 2와 같이 각 서비스별로 UHD는 50% 초과, 이동HD는 21% 초과, 오디오는 3% 초과해야하는 최소 할당 비율을 구할 수 있었다.

3.2 최소 할당비율을 만족하는 전송파라미터 조합 분석

최소 할당비율 연구를 통해 도출된 결과 값(UHD채널 50%, 이동HD채널 21%, 오디오채널 3% 최소 할당 비율)을 기준으로 표 24와 같이 6가지의 조합을 구분하여 각 경우별 구체적인 전송파라미터 조합을 연구하였다.

ATSC 3.0 기반 통합전송 시 UHD 서비스는 표 25의 MODCOD 조합에 따르면 최소 할당율을 만족하는 UHD 서비스(11.5Mbps를 만족)는 최대 1개 채널만 전송할 수 있다.

ATSC 3.0 기반 통합전송 시 이동HD 서비스는 표 26과 같이 MODCOD 조합에 따르면 최소 할당율을 만족하는 이동HD 서비스는 16-QAM, 9/15(45%)의 경우 2개 채널을 전송할 수 있고, 이를 제외하면 이동HD 서비스(2.0Mbps를 만족) 1개 채널만 전송할 수 있다.

표 24. ATSC 3.0 통합저송을 위한 서비스별 조합

Table 24. Combinations of each service for ATSC 3.0 mixed transmission

UHD 50% criterion		UHD 60% criterion		UHD 70% criterion	
Case 1	X:Y:Z = 50:25:25	Case 4	X:Y:Z = 60:25:15	Case 6	X:Y:Z = 70:25:5
Case 2	X:Y:Z = 50:35:15				
Case 3	X:Y:Z = 50:45:5	Case 5	X:Y:Z = 60:35:5		

표 25. ATSC 3.0 혼합전송을 위한 UHD 서비스의 MODCOD 조합

Table 25. MOPCOP Combinations of UHD service for ATSC 3.0 mixed transmission

표 26. ATSC 3.0 혼합전송을 위한 이동HD 서비스의 MODCOD 조합

Table 26. MODCOD Combinations of mobile HD service for ATSC 3.0 mixed transmission

Y=45% 15 combinations	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
	QPSK			0.9585	1.2105	1.4625	1.71	1.962	2.2095	2.4615	2.7135	2.961	3.213
	16QAM	0.9225	1.422	1.9215	2.421	2.925	3.4245	3.924	4.4235				
	64QAM	1.3815	2.133	2.8845	3.636								
	256QAM	1.845	2.844	3.8475									
Y=35% 11 combinations	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
	QPSK			0.7455	0.9415	1.1375	1.33	1.526	1.7185	1.9145	2.1105	2.303	2.499
	16QAM	0.7175	1.106	1.4945	1.883	2.275	2.6635	3.052	3.4405				
	64QAM	1.0745	1.659	2.2435	2.828								
	256QAM	1.435	2.212	2.9925									
Y=25% 4 combinations	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
	QPSK			0.5325	0.6725	0.8125	0.95	1.09	1.2275	1.3675	1.5075	1.645	1.785
	16QAM	0.5125	0.79	1.0675	1.345	1.625	1.9025	2.18	2.4575				
	64QAM	0.7675	1.185	1.6025	2.02								
	256QAM	1.025	1.58	2.1375									

표 27. ATSC 3.0 혼합전송을 위한 오디오 서비스의 MODCOD 조합

Table 27. MODCOD Combinations of audio service for ATSC 3.0 mixed transmission

Z=25% 24 combinations 1~10 CH	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
	QPSK	0.255	0.395	0.5325	0.6725	0.8125	0.95	1.09	1.2275	1.3675	1.5075	1.645	1.785
	16QAM	0.5125	0.79	1.0675	1.345	1.625	1.9025						
	64QAM	0.7675	1.185	1.6025	2.02								
	256QAM	1.025	1.58										
Z=15% 10 combinations 1~6 CH	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
	QPSK	0.153	0.237	0.3195	0.4035	0.4875	0.57	0.654	0.7365	0.8205	0.9045	0.987	1.071
	16QAM	0.3075	0.474	0.6405	0.807	0.975	1.1415						
	64QAM	0.4605	0.711	0.9615	1.212								
	256QAM	0.615	0.948										
Z=5% 4 combinations 1~2 CH	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
	QPSK	0.051	0.079	0.1065	0.1345	0.1625	0.19	0.218	0.2455	0.2735	0.3015	0.329	0.357
	16QAM	0.1025	0.158	0.2135	0.269	0.325	0.3805						
	64QAM	0.1535	0.237	0.3205	0.404								
	256QAM	0.205	0.316										

ATSC 3.0 기반 통합전송 시 오디오서비스는 표 27의 MODCOD 조합에 따르면 최소 할당율을 만족하는 오디오서비스(0.192Mbps를 만족)는 최대 10개 채널을 전송할 수 있다.

4. 혼합서비스 구성 연구를 적용한 사례 분석

ATSC 3.0 기반 혼합서비스 구성을 위한 최소 할당율과 MODCOD 조합 등을 활용하여 현재 방송중인 KBS를 대상으로 사례분석을 진행하였다. KBS가 운영하고 있는 UHD

채널 2개(KBS1 52번, KBS2 56번)와 라디오 채널 6개, DMB 채널 2개를 대상으로 통합전송하기 위한 전송파라미터에 대하여 분석하였다.

4.1 사례분석-1

현재 KBS 방송을 KBS1 52번 채널과 KBS2 56번 채널을 각각 UHD 1개+DMB 1개+라디오 3개로 묶을 경우 현재 각 채널을 사용하면서 방송중인 10개의 서비스가 2개 채널로 서비스가 가능하다.

▶ X_UHD : Y_이동HD : Z_오디오 = 60% : 25% : 15%

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
UHD X=60%	QPSK								7.626	8.478	9.33	10.182	11.034
	16QAM												
	64QAM					7.608	8.886	10.164	11.436	12.714	13.992		
	256QAM				8.436	10.14	11.844	13.548					
	1024QAM			8.418	10.548	12.678							
	4096QAM		7.548	10.104	12.66								

※ 32K-FFT, 256QAM, 7/15 = 11.8Mbps

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
Mobile HD Y=25%	QPSK			0.5325	0.6725	0.8125	0.95	1.09	1.2275	1.3675	1.5075	1.645	1.785
	16QAM	0.5125	0.79	1.0675	1.345	1.625	1.9025	2.18	2.4575				
	64QAM	0.7675	1.185	1.6025	2.02								
	256QAM	1.025	1.58	2.1375									

※ 8K-FFT, 16QAM, 8/15 = 2.18Mbps

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
Audio Z=15%	QPSK	0.153	0.237	0.3195	0.4035	0.4875	0.57	0.654	0.7365	0.8205	0.9045	0.987	1.071
	16QAM	0.3075	0.474	0.6405	0.807	0.975	1.1415						
	64QAM	0.4605	0.711	0.9615	1.212								
	256QAM	0.615	0.948										

※ 8K-FFT, QPSK, 8/15 = 0.654Mbps(218kbps×3)

4.2 사례분석-2

현재 KBS 방송을 UHD 1개+DMB 1개+라디오 6개로 묶

을 경우 현재 서비스 중인 라디오 채널 전체를 1개 채널로

묶을 수 있다.

▶ X_UHD : Y_이동HD : Z_오디오 = 60% : 25% : 15%

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
UHD X=60%	QPSK								7.626	8.478	9.33	10.182	11.034
	16QAM												
	64QAM				7.608	8.886	10.164	11.436	12.714	13.992			
	256QAM			8.436	10.14	11.844	13.548						
	1024QAM			8.418	10.548	12.678							
	4096QAM		7.548	10.104	12.66								

※ 32k-FFT, 256QAM, 7/15 = 11.8Mbps

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
Mobile HD Y=25%	QPSK			0.5325	0.6725	0.8125	0.95	1.09	1.2275	1.3675	1.5075	1.645	1.785
	16QAM	0.5125	0.79	1.0675	1.345	1.625	1.9025	2.18	2.4575				
	64QAM	0.7675	1.185	1.6025	2.02								
	256QAM	1.025	1.58	2.1375									

※ 8K-FFT, 16QAM, 8/15 = 2.18Mbps

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
Audio Z=15%	QPSK	0.153	0.237	0.3195	0.4035	0.4875	0.57	0.654	0.7365	0.8205	0.9045	0.987	1.071
	16QAM	0.3075	0.474	0.6405	0.807	0.975	1.1415						
	64QAM	0.4605	0.711	0.9615	1.212								
	256QAM	0.615	0.948										

※ 8K-FFT, 16QAM, 8/15 = 1.1415Mbps(190kbps×6)

▶ X_UHD : Y_이동HD : Z_오디오 = 50% : 45% : 5%

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
UHD X=50%	QPSK												
	16QAM								6.355	7.065	7.775	8.485	9.195
	64QAM				6.34	7.405	8.47	9.53	10.595	11.66			
	256QAM			7.03	8.45	9.87	11.29						
	1024QAM		7.015	8.79	10.565								
	4096QAM	6.29	8.42	10.55									

※ 32K-FFT, 64QAM, 11/15 = 11.66Mbps

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
Mobile HD Y=45%	QPSK			0.9585	1.2105	1.4625	1.74	1.962	2.2095	2.4615	2.7135	2.961	3.213
	16QAM	0.9225	1.422	1.9215	2.421	2.925	3.4245	3.924	4.4235				
	64QAM	1.3815	2.133	2.8845	3.636								
	256QAM	1.845	2.844	3.8475									

※ 8K-FFT, 16QAM, 4/15 = 4.4235Mbps(2.2Mbps×2)

	Modulation	Code Rate (64800 LDPC, AWGN)											
		2/15	3/15	4/15	5/15	6/15	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	13/15
Audio Z=15%	QPSK	0.051	0.079	0.1065	0.1345	0.1625	0.19	0.218	0.2455	0.2735	0.3015	0.329	0.357
	16QAM	0.1025	0.158	0.2135	0.269	0.325	0.3805						
	64QAM	0.1535	0.237	0.3205	0.404								
	256QAM	0.205	0.316										

※ 8K-FFT, 64QAM, 5/15 = 0.404Mbps(202kbps×2)

4.3 사례분석-3

현재 KBS 방송을 UHD 1개+DMB 2개+라디오 2개로 묶을 경우 현재 서비스 중인 DMB 채널 전체를 1개 채널로 묶을 수 있다.

5. 필드 테스트 결과

ATSC 3.0 서비스의 이론적 연구를 통해 도출된 전송파라미터 조합 중에서 서비스 가능성이 높은 조합에 대해 실제 ATSC 3.0 장치를 통해 실험실 운용 및 기술적 검증을 수행하였다. HD-DMB 고화질 서비스 본방송 수신 성능 테스트를 위해 Rohde&Schwarz의 기준신호발생기인 ‘SFU’ 장비

와 기준 성능계측기 ‘ETL’ 장비를 직결하여 테스트하였다. KBS 기술연구소 실험실 내에 ATSC 3.0 라디오채널 동시방송 테스트베드 구축을 통해 실험실 테스트를 진행할 수 있었고, 결과적으로 RTP⁷⁾ · UDP⁸⁾ · IP⁹⁾ 규격만 만족할 경우, ATSC 3.0 RF 송신이 가능함을 실험실 수준에서 확인할 수 있었다. 이를 근간으로 하여 필드 테스트를 수행하였다.

5.1 실내수신 실험

실내수신 실험은 송신 중인 ATSC 3.0 신호를 공청안테나로 수신하여 각 서비스들의 수신가능 유·무와 디코딩 정도만 실험하였고, 실내수신 실험은 이동수신 실험의 사전 실험 개념으로 실시하였다. 먼저 각 수신기들의 채널을

7) RTP(Real-Time Transport Protocol, 실시간 전송 프로토콜) : 실시간으로 음성이나 동화를 송수신하기 위한 전송 계층 통신 규약, 자원 예약 프로토콜(RSVP)과는 달리 라우터 등의 통신망 기기에 의지하지 않고 단발 간에 실행되는 것이 특징이다.

8) UDP(User Datagram Protocol, 사용자 데이터그램 프로토콜) : 인터넷의 표준 프로토콜 집합인 TCP/IP의 기반이 되는 프로토콜의 하나. TCP/IP에서는 망 계층(OSI의 제3계층에 해당) 프로토콜인 IP와 전송 계층(OSI의 제4계층에 해당) 프로토콜인 전송 제어 프로토콜(TCP) 또는 사용자 데이터그램 프로토콜(UDP)의 어느 하나를 조합하여 데이터를 주고받는다.

9) IP(Internet Protocol, 인터넷 프로토콜) : OSI 기본 참조 모델을 기준으로 하면 제3계층(네트워크 계층)에 해당되는 프로토콜, TCP/IP의 일부로 사용된다.

Locking 후 서비스 리스트(A1, A2, A3, HD, UHD)가 정상 수신되는지 확인하였다. 그리고 각 수신기들의 서비스 리스트에 나와 있는 서비스를 각각 선택하여 서비스들이 정상적으로 디코딩되는지 확인하였다. 마지막으로 실내 수신기의 오디오서비스 디코딩 시 화면에 오디오서비스 표기가 나오는지 확인하였으나, 실내 수신기 1대만이 화면에 “현재 채널은 오디오 전용으로 영상신호가 제공되지 않습니다.”라고 표시되는 것을 확인하였다. 나머지 수신기들은 검은 화면이나 마지막 디코딩 영상이 정지영상으로 표시되었다.

5.2 이동수신 실험

이동수신 측정은 제주특별자치도 제주시 일대 83.4km를 ATSC 3.0 이동수신 측정차량을 이용하여 고속(100km/h)

내), 저속(60km/h 이내)으로 이동하며 수신레벨, CNR, MER, FEC 등의 수신데이터를 측정하였다. 디지털융합센터에서 400W 출력으로 UHF CH 50번(중심주파수=689MHz)으로 송신한 결과 표 28과 같이 이동수신 결과가 측정되었다.

그림 4와 같이 한라수목원 인근의 민오름 뒤편인 신제주권과 낮은 지반으로 이루어진 구도심 일부지역에서 수신레벨이 낮게 나왔으나, 그 외의 지역에서는 전반적으로 고르게 수신레벨이 측정됨을 알 수 있었다. 반송파 대 잡음비도 수신레벨과 비례하게 수신레벨이 낮은 지역이 낮게 측정되었다. 제어신호의 수신율을 볼 수 있는 Preamble MER도 수신레벨이 낮게 측정된 지역과 비례하게 측정되었음을 알 수 있다.

그림 5에서 알 수 있듯이 MER의 낮게 수신되어도 FEC



그림 3. 실내수신 실험 결과

Fig. 3. Experiment result from indoor receiver

표 28. 측정 결과

Table 28. Measurement results

measurement Distance (km)	measurement point number	Average Level	Average CNR	Average P.MER	PLP0			PLP1			PLP2		
					Maximum FEC	Average MER	Good rate (%)	Maximum FEC	Average MER	Good rate (%)	Maximum FEC	Average MER	Good rate (%)
83.4	6,275	-64.74	26.57	16.02	77	15.5	51.20	428	17	61.67	753	17	16.94

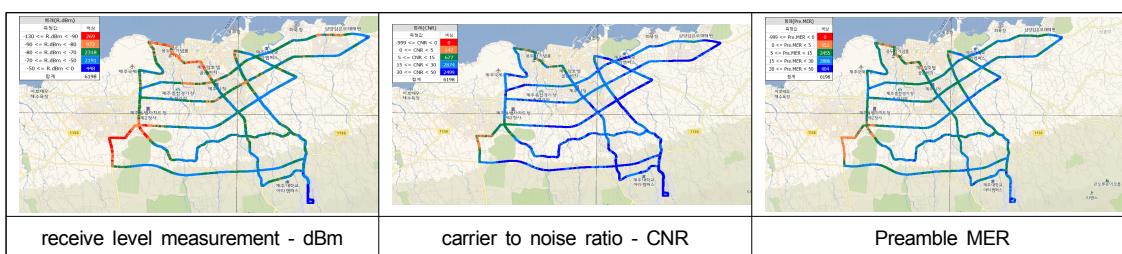


그림 4. 이동수신 시 수신레벨, 반송파대 잡음비, MER 측정 결과

Fig. 4. Receive level, CNR, MER measurement results from mobile receiver

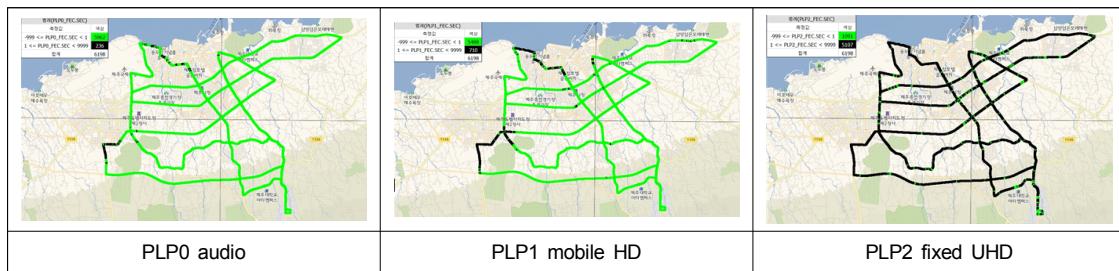


그림 5. PLP별 FEC 측정 결과

Fig. 5. Measurement results for FEC error rate by each PLP

는 이동수신에 적절하게 설정한 PLP0(오디오 서비스), PLP1(이동HD 서비스)는 FEC가 적게 발생하는 것을 볼 수 있다. 반면 고정수신에 적절하게 전송 파라미터를 설정한 PLP2(UHD 서비스)는 제주시 전지역 이동수신이 불가능한 것을 볼 수 있다.

IV. 결 론

제주 지역에서 실시한 고정UHD, 이동HD, 오디오서비스를 모두 포함한 ATSC 3.0 통합전송 필드테스트 결과에 따르면, 기존 UHD 서비스와 함께 이동HD 및 오디오서비스에 대한 가능성이 높음을 알 수 있었다. 특히, 이동수신 기반의 이동HD 및 오디오서비스는 대부분의 수신지역에서 양호한 수신 성능을 나타냈다.

이론적 연구, 실험실 테스트, 필드테스트 등을 통해 ATSC 3.0 기반의 통합전송서비스에 대한 실험을 진행하였고, 현재 UHD 방송환경에 오디오서비스를 추가하여 유럽과 같이 지상파 오디오서비스를 포함한 통합전송이 가능한 것으로 확인되었다. 현재 국내 상황을 고려할 경우 ATSC 3.0 통합전송을 하게 될 경우 다양한 서비스를 시청자에게 제공하고, 기존 서비스보다 좋은 수신환경을 제공할 수 있다. 구체적으로 ATSC 3.0 통합전송의 장점은 방송사 입장에서 DTV 서비스와 DMB 서비스를 위한 송신시설에 각각 별도로 투자함을 통해 중복투자를 방지할 수 있고, 각각의 송신시설에 의해 고정수신(ATSC1.0 서비스)과 이동수신(T-DMB) 서비스 커버리지 편차가 발생하지 않는다. 두 번째로 현재 ATSC 3.0 송신시설은 기존 DTV, DMB 송신시설에 비해 기간국은 약 2배(최대 5kW), 방송보조국은 10배

(최대 100W)의 높은 송신전력 확보가 가능하다. 마지막으로 DTV와 DMB 수신 성능보다 낮은 Fading Margin(dB)을 요구하기 때문에 방송구역을 확보하는데 유리하다.

하지만, ATSC 3.0 기반의 이동수신이 가능하려면 몇 가지 전제 조건이 있는 것을 알 수 있었다. 첫째 수신기의 전송파라미터를 모바일 환경에 맞게 설정해야 한다. 예로 FFT 크기, 변조, 코드율, FEC 형태 등의 변조설정을 모바일 수신환경에 맞게 설정해야 하고, 둘째 수신튜너가 소모전력, RF 등화기와 같이 이동수신에 필요한 기능이 있어야 원활하게 수신을 할 수 있다.

본 연구에서 ATSC 3.0 기반 통합전송서비스에 대한 기술검증을 추진하고 가능성을 확인하였다. 그리고 한 채널(6MHz) 내에서 ATSC 3.0 기반 UHD 방송의 최대 서비스 개수, 이동성을 고려한 HD 방송의 최대 서비스 개수, 오디오 방송의 최대 서비스 개수 등도 도출하였다. 최근 미국 등은 ATSC 3.0 방송기술을 활용하여 RF와 IP를 융합한 다양한 방송서비스에 대한 기술적 검토를 하고 있다. 국내 지상파방송서비스도 본 연구를 통해 글로벌 방송서비스 기술 트렌드에 대응하고 국내 방송서비스의 진화에도 도움이 되기를 기대한다.

참 고 문 현 (References)

- [1] J. H. Seo, B. H. Lee, H. M. Kim, Y. S. Kim, "Trial Service Status for Terrestrial UHD Mobile Broadcasting," *Korea Society Broadcast Engineers Magazine*, Vol. 23, No. 2, pp. 43-57, 2018.
- [2] ATSC, <http://www.atsc.org> (accessed Feb. 21, 2019).
- [3] TTA Standard, *Transmitter/Receiver Interface for Terrestrial UHDTV Broadcasting*, TTAK.KO-07.0127/R1, 2016.
- [4] ATSC Standard, *Physical Layer Protocol*, ATSC (Advanced Television Systems Committee) Std. A/322, Feb. 2017.

- [5] TTA Standard, *Transmitter/Receiver Interface for Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting*, TTAK.KO-07.0024/R2, 2009.
- [6] TTA Standard, *Transmitter/Receiver Interface of High Quality Video for Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting*, TTAK.KO-07.0126/R1, 2016.
- [7] S. H. Kwon, S. I. Park, J. Y. Lee, B. M. Lim, H. M. Kim, "Physical Layer Standard Technology for ATSC 3.0 Standards," *Korea Society Broadcast Engineers Magazine*, Vol. 20, No. 4, pp. 17-27, 2015.
- [8] J. H. Seo, S. H. Kwon, H. M. Kim, Y. S. Kim, "Implementation of Mobile HD Broadcasting Receiver for ATSC 3.0 Systems," *Proc. 2018 Winter Conference, Korea Institute of Communication Sciences*, pp.1416-1417, Jan., 2018.
- [9] Y. S. Kim, J. H. Seo, B. H. Lee, H. M. Kim, "Implementation of UHD Broadcasting Receiver Based on ATSC 3.0 Standards," *Journal of Broadcast Engineering*, Vol.23, No.6, 2018.

저자 소개

서창호



- 2010년 : 흥익대학교 영상대학원 영상디자인학과 미술학석사
- 2015년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 박사과정 수료
- 2015년 ~ 2018년 : 한국전파진흥협회 산업전략본부 차세대방송팀 팀장
- 2019년 ~ 현재 : 한국전파진흥협회 전파방송통신교육원 미디어콘텐츠교육팀 팀장
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-2885-2566>
- 주관심분야 : 차세대방송, 뉴미디어, 방송기술정책, 미디어콘텐츠교육

임윤혁



- 2015년 ~ 2018년 : 한국전파진흥협회 산업전략본부 차세대방송팀 대리
- 2019년 ~ 현재 : 한국전파진흥협회 차세대미디어진흥본부 디지털방송진흥센터 대리
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-0424-6492>
- 주관심분야 : 차세대방송기술, 디지털방송정책

전성호



- 2007년 2월 : 연세대학교 일반대학원 전기전자공학과 공학석사
- 2016년 2월 : 연세대학교 일반대학원 전기전자공학과 공학박사
- 2017년 3월 ~ 2018년 11월 : KBS 미래기술연구소 연구원
- 2018년 11월 ~ 현재 : KBS 미디어송출부 팀장(UHD시스템)
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-0417-6906>
- 주관심분야 : ATSC 3.0 표준 기반 지상파 UHD 송출/송신 시스템 운용 및 안정화

서재현



- 2001년 : 경북대학교 일반대학원 전자공학과 공학석사
- 2016년 : 경북대학교 일반대학원 정보통신공학과 공학박사
- 2001년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 미디어연구본부 책임연구원
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-4727-5581>
- 주관심분야 : 디지털방송 시스템, 디지털통신 신호처리, ATSC 3.0 전송시스템

저자 소개



최성진

- 1991년 8월 : 광운대학교 대학원 전자공학(박사)
- 1992년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 공과대학 전자T미디어공학과 교수
- 1997년 ~ 1998년 : Malaysia Saint Univ. Visiting Professor
- 1999년 ~ 2000년 : Oklahoma Stata Univ. Visiting Professor
- 2004년 6월 : 정보통신의날 국무총리상 수상
- 2006년 ~ 2007년 : 국무조정실 방송통신융합추진위원회 전문위원
- 2008년 12월 : 방송통신위원회 위원장상 수상
- 2013년 ~ 2015년 : 미래창조과학부 방송진흥정책 자문위원
- 2015년 ~ 2015년 : KBS 경영평가단 평가위원
- 2015년 ~ 현재 : 과학기술정보통신부 유료방송가입자산정위원회 위원장
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-6495-3826>
- 주관심분야 : 방송통신융합기술정책, 영상통신, 뉴미디어방송