

# ATSC 3.0 기반 모바일HD 물리계층 필드테스트 결과: 제주테크노파크 100W 실험국과 제주시내 이동측정을 위주로

권성호<sup>1</sup>, 임보미<sup>2</sup>, 박성익<sup>2</sup>, 이재권<sup>1</sup>, 장진영<sup>3</sup>, 이권익<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국방송공사 미래기술연구소 미디어연구부  
{jeonsh, breeze}@kbs.co.kr

<sup>2</sup>ETRI 방송 · 미디어연구소 미디어연구본부 미디어전송연구그룹  
{blim\_vrossi46, psi76}@etri.re.kr

<sup>3</sup>SBS 기술국 기술인프라팀  
hydrian98@sbs.co.kr

<sup>4</sup>제주테크노파크 디지털융합센터  
kilee@jejutp.or.kr

## 요약

지상파 방송 3사(KBS/MBC/SBS) 수도권 본방송 파라미터와 동일하게 설정한 제주테크노파크 100W 실험국에서 ATSC 3.0 신호를 발사한 뒤, 제주시내 일대를 이동하면서 양시청 여부는 물론 실측값을 수집하였다. 결론적으로, 현재 전송파라미터 구성으로 송수신 정합에 이상 없이, 기술적인 관점에서 수도권 모바일HD 본방송이 가능함을 검증하였고, 커버리지 산출에 필수적인 물리계층 성능 지표인 ESR5에 대한 기준값, 즉 변조오류율(MER) 기준으로 11.3dB, 수신 신호 세기(Level) 기준으로 -85.0dBm 정도임을 도출하였다.

## 1. 서론

지난 5월 31일 새벽 5시에 개시한, 세계 최초로 시작된 지상파 UHD 방송은 ATSC 3.0 표준[1]에 기반을 두고 있어 UHD 방송용으로 할당된 6MHz 대역폭 내에서 4K-UHD 방송(해상도:3896×2160)과 모바일 HD 방송(해상도:1920×1080)을 동시에 송신할 수 있어, 언제 어디서나 방송 시청이 가능한 시청자 친화적인 수신환경을 제공할 수 있다 [2]. 이를 위해서, 방송 3사는 본방송 시점부터 2.5Mbps 가량의 모바일 HD용 전송용량을 확보하여 온에어 중이며, 아직 HD 영상을 실어 보내는 채널 운용에 대한 감독기관의 결정이 늦어지고 있어 현재까지 비워져있는 상태이다. 이 때문에 수도권 SFN 환경에서는 온전한 필드테스트가 불가능한 상황이다.

이에 지상파 3사와 RAPA, ETRI, 제주테크노파크 방송통신융합센터가 함께 실시한 모바일HD 물리계층 필드테스트는, ‘창의적 전파활용지구’ 인 제주도에서 지상파 방송3사 수도권 본방송과 동일한 송신환경을 설정하고, 모바일HD 영상을 실어 송출한 뒤, 기술적인 관점에서 수도권 모바일HD 서비스 개시가 가능한지를 검증하고 본방송 커버리지 확보에 필요한 물리계층 성능 지표 값들을 제주시내 이동측정을 통해서 수집하였다. 따라서, 본방송 개시 이후 처음으로 물리계층과 영상을 모두 전송하는 실제 방송 환경에서 실험이 이뤄졌다는 데 의미가 있으며, 특히, 수도권 지상파 UHD 본방송과 동일한 송신 환경에서 모바일 HD 방송 가능성을 검증한 것이어서 의미가 더 크다.

본 논문에서는 제주테크노파크 100W 실험국에서 모바일HD 신호를 발사하고 이동측정 차량으로 제주시내를 돌면서 측정한 결과를 위주로, 본방송 커버리지 산출에 필수적인 물리계층 주요 성능 지표들 [3], 가령 수신레벨, 변조오류율(MER), 그리고 ESR5(Erroneous

Seconds Ratio 5%) 등에 대해서 분석하고자 한다.

## 2. 필드테스트 ATSC3.0 온에어 송수신 환경

### 2.1. 제주테크노파크 실험국 제원 및 송신시스템 구성

ATSC 3.0 송신 신호 발사를 위해, [그림 1]가 같이 제주첨단단지 내에 위치한 제주테크노파크 디지털융합센터 실험국을 활용하였다. 출력 주파수는 UHF 채널 50번(중심주파수 689MHz)를 사용하였고, 안테나 공급전력은 100W를 기본으로 하되, 수신 성능 테스트를 위해서 최소 50W까지 낮춰가면서 실험을 실시하였다.



[그림 1] (좌) 제주테크노파크 디지털융합센터 실험국 전경

(우) 실험국 옥상 송신안테나. 해발고 357m, 지상고 25m

콘텐츠는 KBS, MBC, SBS 본사에서 생성한 MMT/ROUTE 스트림을 PCAP 파일 형태로 저장한 뒤 실험국 내 IP 패킷 플레이어로 반복 재생하였으며, 출력된 스트림은 [그림 2]와 같이 IP-MUX, Broadcast Gateway, 그리고 Exciter로 구성된 ETRI 송신시스템에 입력시킨 뒤 RF 신호로 온에어 하였다.



[그림 2] ETRI 송신시스템 구성도: IP-MUX(카이미디어), Broadcast Gateway(마루이엔지), Exciter(클레버로직), 스펙트럼분석기 등

송신신호가 정상적인지 모니터링하기 위해서, [그림 3]과 같이 Broadcast Gateway 출력에 STLTP 모니터링 시스템을 연결하여 영상을 관찰하면서 송신기에 IP 신호가 정상적으로 입력되고 있는지를 확인하였고, 실내 안테나를 설치하여 삼성전자/LG전자 상용 수신기를 통해서 직접 수신된 온에어 영상에 문제가 없는지 관찰하였다.



[그림 3] (좌) STLTP 모니터링 시스템(마루이엔지) 영상 확인  
(우) 상용 ATSC3.0 UHDTV 온에어 직접수신 영상 확인

### 2.2. 이동측정 차량 구성 및 필드테스트 경로

이동측정을 위해서, [그림 4]과 같이 제주테크노파크에서 보유하고 있는 이동측정차량을 활용하였다. 차량 지붕 위에 Omni-Directional 안테나를 설치하고, 내부에는 ATSC3.0 Professional Receiver와 통합 분석시스템인 IMAS로 구성된 ETRI 수신시스템을 설치하여, 영상은 물론 실시간 계측되는 값들을 모니터를 통해서 확인하였고, 매초 다양한 물리계측 성능 지표에 대한 실측값들을 저장하였다. 특히, 이동측정에 있어서는 측정 위치와 계측값이 동시에 저장되는 것이 중요한 데, 안테나 옆에 GPS 수신기를 설치하여 경위도 좌표가 계측값과 함께 저장 되도록 하였다.



[그림 4] (좌) 이동측정차량 외관 및 이동측정용 안테나 상세 모습  
(우) ETRI 수신시스템 구성도: ATSC3.0 Professional Receiver(클레버로직), 통합분석시스템 IMAS(에니퓨처릭) 등

[그림 5]는 제주 시내 이동측정 필드테스트 측정 경로를 나타낸다. 9월 11일부터 13일간 총 3일 동안 방송3사의 수도권 본방송 파라미터를 검증하기 위해서, 제주TP를 출발하여 다시 복귀하는 형태로 구성하였고, 고속으로 달릴 수 있는 코스와 시내 중심지, 그리고 거리별 특징이 반영되도록 측정 코스를 구성하였다. 측정은, 한 방송사의 파라미터를 송신시스템에 설정한 뒤, 대략 4시간가량 소요되는 [그림 5]의 경로를 돌고 난 뒤, 파라미터를 바꿔서 다시 동일한 경로를 도는 방식으로 실시했으며, 각 측정 회차별 이동속도에 따른 편차를 최소화하기 위해서 동일 코스에서는 동일한 속도로 이동하고자 노력하였다.



[그림 5] 제주 시내 이동측정 필드테스트 측정 경로

### 2.3. 수도권 본방송 전송파라미터 설정

[표 1] 필드테스트 전송파라미터 주요 설정값

항목		KBS	MBC	SBS
제어 정보	FFT Size	16K	8K	16K
	Preamble Pilot	4_1		
	L1-Basec/Detail FEC	Mode 2	Mode 1	
모바일 HD	FFT	16K	8K	16K
	Guard Interval	GI6_1536		
	Pilot Pattern	4_2		
	Pilot Boost	0	1	
	Modulation	16-QAM		
	Code rate	7/15	8/15	7/15
	FEC Type	BCH + 16K-LDPC		
	Time Interleaving	CTI		
	CTI Depth	512	887	1024
<b>전송속도(Mbps)</b>		<b>2.38</b>	<b>2.54</b>	<b>2.38</b>
<b>ToV S/N(dB) @ AVGN</b>		<b>5.6</b>	<b>6.6</b>	<b>5.6</b>
고정 UHD	FFT	32K		
	Guard Interval	GI6_1536	GI7_2048	GI6_1536
	Pilot Pattern	16_2	12_2	8_2
	Pilot Boost	0		
	Modulation	256-QAM		
	Code rate	9/15		
	FEC Type	BCH + 64K-LDPC		
	Time Interleaving	CTI		
CTI Depth	1024	512		

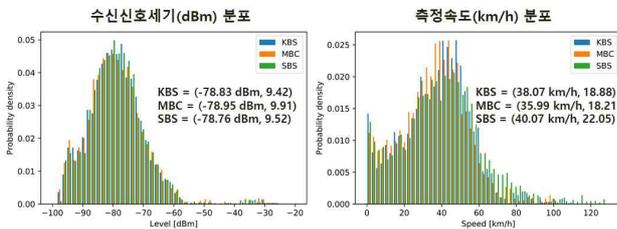
필드테스트는 [표 1]과 같이, KBS/MBC/SBS 방송3사의 온에어 전송파라미터를 그대로 적용하여 실시하였다. 2017년 9월 11일 기준으로

수도권에서는 모바일HD 서비스를 위한 Subframe0(PLP0) 전송용량은 확보되어 있으나 영상이 실려 있지 않은 것과 달리, 제주도 필드테스트에서는 수도권 본방송 파라미터와 동일하게 설정한 뒤 HD 영상까지 입력시켰다. 때문에, 필드테스트 측정 경로를 이동하면서 양시청 유무를 판단하고 양시청 유무에 따른 물리계층 성능 평가가 가능하였다.

### 3. ATSC3.0 모바일HD 필드테스트 결과

#### 3.1. 필드테스트 측정 구간 수신레벨 분포

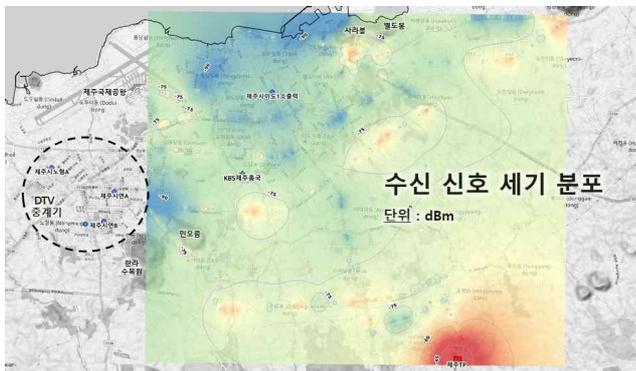
[그림 6]은 필드테스트 수신 조건을 수신신호세기와 이동측정속도에 따른 분포로 나타낸 그래프이다. 각 방송사 전송파라미터를 설정한 뒤에 동일한 코스를 반복해서 도는 방식으로 측정을 실시하였음에도 반복 회차별 편차가 거의 없이 동일한 분포를 가지는 것을 알 수 있다. 즉, 수신신호세기는 측정 회차별 평균값 -78dBm에 표준편차 9dB 가량으로 거의 동일하며, 측정속도 역시 평균값 38km/h 내외에 표준편차 18km/h 정도로 거의 동일함을 확인할 수 있다.



[그림 6] 측정값 분포. 괄호 안은 (평균, 표준편차)를 표시.

(좌) 수신신호[dBm] (우) 이동측정속도(km/h)

[그림 7]은 GPS경위도 좌표와 연동하여 수집된 수신신호세기를 지도상에 표시한 그림이다. [그림 5]의 이동측정 경로 상에서 측정된 값을 바탕으로 측정점 이외의 지역의 값을 IDW(Inverse Distance Weighting) 기법[3]을 사용하여 보간(Interpolation)하였고, 전계강도가 높을수록 붉은색으로, 낮을수록 푸른색으로 표시하였다. 제주테크노파크 송신점 근처에서는 -50dBm 수준의 중전계가 형성되어 있고, 제주 시내 중심부에는 -80dBm 내외의 약전계가 형성되어 있음을 확인할 수 있다.



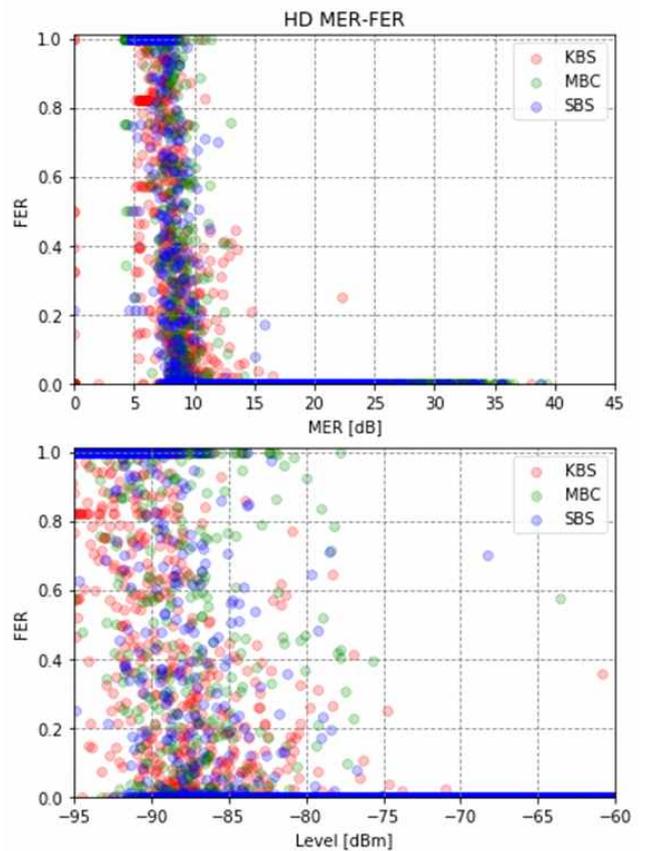
[그림 7] 제주테크노파크 송신점 기준, 수신 신호 세기 분포

#### 3.2. 서비스 커버리지 평가를 위한 ESR5 결과

통상 서비스 커버리지를 평가함에 있어서 중요한 지표 중 하나가

‘ESR(Erroneous Seconds Ratio)’ 이다[4]. ITU-R 권고 BT.1368 Annex 8[5]에 따르면, 양시청 조건이라 함은 평균적으로 20초 동안의 관찰시간 동안 1회 이내의 화면 불완 요소가 발생하는 것이라고 정의하고 있고 이를 ESR 5%라는 뜻에서 ESR5라고 부른다. 즉, 전체 관찰 시간 중 5% 이내의 오류가 발생하는 경우를 의미한다.

[그림 8]은 MER과 Level에 따른 FER 분포를 나타낸 그래프이다. 이동수신 환경에서는 동일한 MER 또는 Level 값에서도 천차만별의 수신 채널 환경을 겪기 때문에 FER 값이 다양함을 확인할 수 있다. 이 때문에, 통상 [그림 9]와 같이 평균적인 FER 그래프를 활용한다. 따라서, 매끄러운 평균적인 곡선을 얻기 위해서는 특정 채널 환경에 치우치지 않고 최대한 다양한 채널에서 가능한 많은 측정값을 획득하는 것이 필수적이라 하겠다.



[그림 8] 물리계층 성능지표와 FER 간 관계 분포 (상) MER (하) Level

[그림 9]는 MER과 Level에 따른 평균적인 FER을 나타낸 곡선으로, ESR5를 확인하기 위한 그래프이다. X축의 MER 또는 Level에 따라 Y축 평균적인 FER을 그리는데, 5% FER 직선과 측정값 곡선이 만나는 위치의 값을 ESR5로 정한다. 각 방송사별 전송파라미터가 유사하기 때문에, ESR5값이 거의 유사함을 알 수 있는데, MER 기준으로는 11.3dB 정도, Level 기준으로 -85.0dBm 정도임을 확인할 수 있다.

## 4 결론

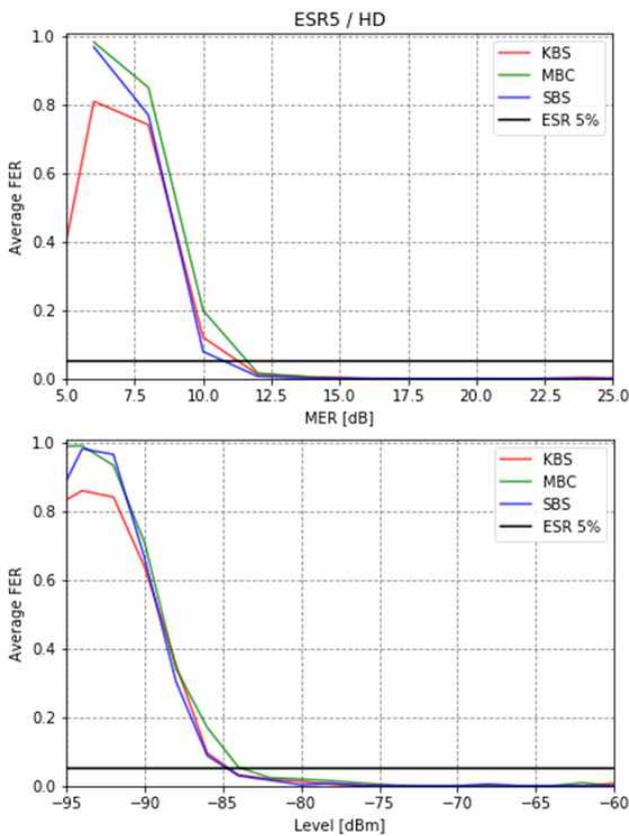
수도권 본방송 전송파라미터와 동일한 조건에서 제주도 필드테스트를 실시하여, 서비스 커버리지 구축에 필수적인 수신레벨[dBm], 변조효율[dB], 특히 ESR5와 같은 물리계층 주요 성능 지표에 대한 기

준값을 도출함은 물론, 현재의 본방송 파라미터를 통해서 지상파 모바일 HD 방송을 상용 수준으로 제공하기 위한 기술적 준비가 됐다는 점을 확인하였다.

다만, 본방송 직후부터 현재까지 지속적인 필드테스트를 통해 송신시스템 전반에 최적화가 이루어진 UHD 방송과 달리, 모바일HD의 경우에는 이번 한 번의 필드테스트가 고작이고, SFN 환경에 대한 테스트는 아직 수행한 바 없다는 점을 감안해야 한다. 따라서, 보다 고품질의 모바일HD 방송 서비스 제공을 위해서는 수도권 본방송 조건에서 더 많은 필드테스트를 통해서 송신파라미터 최적화가 필요하다는 점도 동시에 확인한 기회였고, 추가적인 필드테스트가 지속적으로 실시될 수 있기를 기대해본다.

년 12월.

[3] 전성호, 이재권, 신유상, 최우식, 이현주, 장진영, 오주봉, 이재호, 강대갑, “ATSC 3.0 기반 지상파 UHD 본방송을 위한 물리계층 필드테스트 결과”, 한국방송미디어공학회 2017 하계학술대회, 제주한라대학교 2017년 6월.  
 [4] S. I. Park, J.-Y. Lee, B.-M. Lim, S. Kwon, J.-H. Seo, H. M. Kim, M. Hur, and J. Kim, “Field Comparison Tests of LDM and TDM in ATSC 3.0,” *IEEE Trans. Broadcast.*, no. 99, pp. 1-11, 출판예정.  
 [5] Recommendation BT.1368-13 (06/2017) Planning criteria, including protection ratios, for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands



[그림 9] ESR5 산출을 위한 평균적인 FER 곡선 (상) MER (하) Level

## Acknowledgment

필드테스트를 지원해주신 한국전파진흥협회의 제주테크노파크 관계자 분들께 진심으로 감사드립니다. 또한, 필드테스트에 참가해주신 SBS, LG전자, 솔루션스, 에이티비스 관계자 분들의 노고에 감사드립니다. 이 논문은 2017년도 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 [2017-0-00442, 지상파 UHD 송수신 환경 분석 및 망구축 기반기술 개발].

## 참고문헌

[1] TTA, 지상파 UHD TV 방송 송수신 정합(TTAKO-07.0127), 2016년 12월.  
 [2] 미래창조과학부/방송통신위원회, 지상파 UHD 도입을 위한 정책 방안, 2015