

특집 UHDTV 방송장비 기술

지상파 UHDTV 실험방송

□ 이근식, 김상훈, 왕수현, 임종곤 / KBS

I. 서론

DTV 이후 차세대 방송 서비스의 핵심 키워드는 실감방송이다. 시청자는 현재의 한정된 크기의 스크린과 영상품질에 만족하지 않고 보다 크고 선명하며 입체감 있는 생생한 영상 속에서 콘텐츠를 즐기려 하는데, 이를 만족시켜 줄 서비스를 제공하고자 실감방송연구와 실험방송을 수행하였다.

시청자에게 마치 현장에 가 있는 듯한 느낌을 갖도록 하기 위해 대형 화면을 사용하여 현장감(Sense of Presence)을 전달하고 표현하는 것이 UHDTV 방송 서비스이며, 시청자에게 실제 물체를 보는 것과 같은 입체감을 제공하는 것이 3DTV이다.

UHDTV는 현재의 DTV 크기를 가로, 세로 방향으로 각각 2배 또는 4배로 키운 텔레비전 규격으로,

면적으로 따지면 4배에서 16배의 크기가 되며, 이에 걸맞는 해상도를 유지하기 위해 가로, 세로의 화소수도 각각 2배(4K-UHD, 3,840×2,160) 또는 4배(8K-UHD, 7,680×4,320)로 증가시켜, 가정에서 70mm 영화 이상의 초고선명 비디오를 즐길 수 있도록 하는 방송기술이다. 시청자의 시청 시야각 대부분을 화면이 차지하게 되면 그만큼 현장감과 사실감이 증가하게 되고 콘텐츠에 몰입하게 된다는 개념이다. 그 외에 빠른 동작이나 빠르게 움직이는 물체를 보다 매끄럽고 선명하게 표현할 수 있도록 초당 프레임 수를 최대 120까지 확대하고, 각 화소의 밝기와 색상을 보다 폭넓고 정밀하게 표현할 수 있도록 최대 12비트(현재 8~10비트)까지 할당하고, 보다 현장감 있는 최대 22.2채널의 음향(현재 5.1채널)을 제공할 수 있도록 하고 있다. 이와 같이 비약적으로 방대해진 비디오/오디오 데이터를 안정적으로 서비스하기 위해 고효율 부호화, 영상처리, 영상

편집 및 대용량 데이터 전송기술과 디스플레이 기술까지 모든 분야의 기술개발과 표준화가 필요한 상황이다.

UHD TV 기술개발은 DTV 시작 때와 마찬가지로 일본의 NHK가 SHV(Super Hi-Vision)라는 명칭으로 주도하고 있다. NHK는 1995년 차세대 DTV 방송기술 개발을 목적으로 연구를 시작하여, 2000년 SHV 개발 프로젝트에 본격 착수하였으며, 카메라, 디스플레이, 전송, 부호화 기술 등 전 분야에 걸친 연구개발을 진행하고 있다. 2002년 처음으로 대내외에 SHV를 공개하였으며, 2006년부터 NAB와 IBC 등 국제 방송 전시회에 연구개발 결과를 본격적으로 전시하기 시작하였다. 2007년에는 H.264 인코더와 디코더 16개를 병렬로 구성하고 SHV 영상을 부호화하여 광케이블 전송 및 위성 전송 기술을 이용하여 실시간 중계하였으며, 2012년에는 영국 BBC와 공동으로 런던 올림픽을 8K UHD TV로 중계하였고, 2014년에는 소치 동계 올림픽을 8K UHD TV로 중계하였다. NHK는 BBC 외에도 KBS, 이탈리아의 RAI와도 협력하고 있으며, KBS와는 UHD TV 콘텐츠와 영상압축 실험 결과를 공유하는 협력을 하고 있다.

국내에서는 KBS가 2012년 10월부터 12월까지 지상파 66번 채널을 통하여 DVB-T2, HEVC(High Efficiency Video Coding) 등의 최신 전송 및 압축 기술을 활용하여 지상파 4K UHD TV 실험방송을 진행하였고, 2013년 5월부터 10월까지 2차 실험방송을 진행하였다. 2차 실험방송의 핵심은 초당 화면비율을 60으로 확대한 것이었다.

일본의 경우 4K-UHD TV에는 별 관심이 없었으나, 한국의 KBS와 가전사가 발 빠르게 UHD TV를 추진하는 것과 이로 인한 전 세계 TV 수신기 시장을 한국에 빼앗길 것을 우려하여 일본정부 주도로

위성을 이용한 4K 테스트베드 구축을 통해 2014년도에는 시청자가 4K 체험이 가능한 환경을 조성하는 것을 목표로 움직이고 있다. 또한 2016년에는 시청자가 8K-UHD TV를 체험할 수 있도록 환경조성을 하는 것을 목표로 하고 있으며, 2020년까지 시청자가 4K/8K 시청이 가능한 환경을 조성하여 2020 도쿄 올림픽을 4K/8K로 중계하는 목표를 세우고 추진 중에 있다.

미국 역시 FCC의 허락을 얻어 2013년 2월부터 볼티모어에서 실험방송을 추진하고 있는데 KBS와 마찬가지로 6MHz 대역에서 DVB-T2 기반의 UHD TV 전송실험을 하고 있다. 한편 ATSC는 UHD TV를 지향하는 ATSC3.0의 제안서 접수를 완료하고 2015년 표준안 완성을 목표로 LG, 삼성, 소니 등 여러 회사들과 함께 협력하고 있다.

II. 본론

1. 4K UHD 콘텐츠

1차 UHD TV 실험방송 말기부터 다양한 4K UHD 콘텐츠들이 제작되었다. 2012년 말에 촬영된 ‘색(Color) 네 개의 욕망’ 콘텐츠는 양산 통도사의 전경과 천 염색하는 내용으로 구성되었고, ‘정선’ 콘텐츠는 강원도 정선, 남이섬, 서울 한강변의 전경, 그리고 ‘낙산’ 콘텐츠는 해화동 부근과 남산 전

〈표 1〉 2012년 제작된 4K 콘텐츠

제목	장르	분량	Fps	카메라	워크플로우
색	다큐멘터리	4분53초	60	Sony F65	Proxy 편집/FCP7
정선	다큐멘터리	6분48초	30	Sony F65	Premiere CS6
낙산	다큐멘터리	5분56초	30	Sony F65	Premiere CS6

경 등으로 이루어져 있다. 모두 Sony사 F65 카메라를 사용하였는데, ‘색 네 개의 욕망’은 60p로, ‘정선’과 ‘낙산’은 30p로 촬영되었다.

NLE 편집과 색 보정이 완료되어 MOV 파일 형태로 만들어진 4K 콘텐츠들은 DPX 파일 변환 후 후반 작업을 통해 선명한 화질로 바뀌었다. 60p로 촬영된 ‘색 네 개의 욕망’은 짝수 프레임을 제거하여 30p 콘텐츠로도 만들어졌고, 30p로 촬영된 ‘정선’과 ‘낙산’은 동일 프레임을 추가하여 60p 콘텐츠로도 제작되었다.

2차 실험방송 전에는 HEVC 부호화를 위해 HM6.0 버전을 사용하였는데, 비실시간 S/W 인코더여서 1분 인코딩에 1~2일 정도의 시간이 소요되었다. 비트율 조정도 화질과 부호화 비트량을 절충하여 QP값을 수동으로 조절하였다. 그래서 DPX 파일에서 YUV 파일 변환 시 30p인 경우 4개, 60p인 경우 6~8개로 파일을 분리해서, 여러 대의 서버에 분산 처리하여 부호화 시간을 단축하였다. 부호화된 비디오 파일은 여러 개의 BIN 파일 형태의 ES 스트림으로 만들어졌고 하나의 BIN 파일의 ES 스트림으로 합쳐진 후, AC3로 부호화된 오디오 파일과 Mux되어 TS 파일 형태의 MPEG-2 TS 스트림으로 최종 출력되었다. 30p인 경우 30Mbps, 60p인 경우 35Mbps로 비디오 데이터가 부호화되었다.

2차 실험방송부터는 HEVC 부호화를 위해 HM10.0 버전을 사용하였는데, 부호화시 비디오 입력이 MOV 파일도 가능하며, YUV 파일 변환이나 파일 분리 없이 TS 파일 형태의 MPEG-2 TS 스트림이 생성되었다. AC3로 부호화된 오디오 파일과의 Mux 작업도 부호화 과정에서 이루어졌고, 비트율 조정도 자동으로 되었다. 생성된 MPEG-2 TS 스트림은 주소 MNC 룸에 설치된 TS Player에

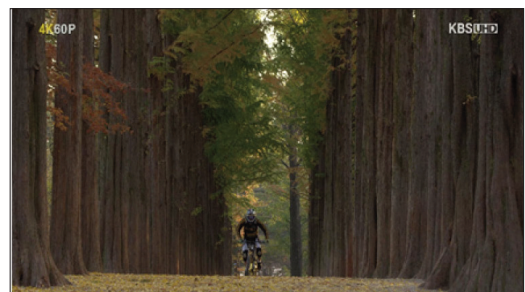
서 관악산 송신소로 마이크로웨이브 전송되었는데, TS Player는 연구소에서 원격으로 제어하였다. 30p/60p 콘텐츠 모두 25/30/35Mbps로 비디오 데이터가 부호화가 이루어졌다. <그림 1>에서부터 <그림 6>까지는 HEVC HM10.0으로 부호화된 30p/60p 4K UHD 콘텐츠를 실험방송 기간 동안 온에어 수신한 화면을 캡처한 사진들이다.



<그림 1> 색(60p)



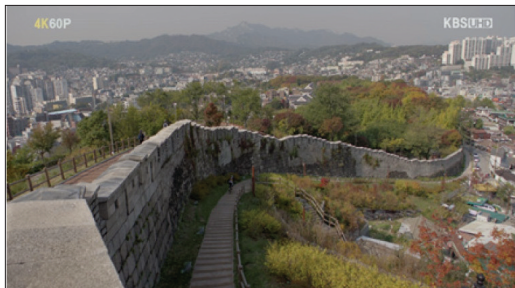
<그림 2> 색(30p)



<그림 3> 정선(60p)



〈그림 4〉 정선(30p)



〈그림 5〉 낙산(60p)



〈그림 6〉 낙산(30p)

2013년에 촬영된 4K UHD 콘텐츠는 〈표 2〉와 같다. ‘요리인류’는 전 세계 인류가 음식을 요리하는 내용으로, RED EPIC 4K 카메라를 사용하여 60p로 촬영되었다. ‘조선의궤’는 조선시대 임금 정조가 수원에서 열었던 어머니 혜경궁 홍씨의 회갑잔치를 포함한 8일간의 축제 행차 내용을 담고 있는데, 4K UHD 콘텐츠는 RED EPIC 4K 카메라, 30p로 촬영되었다. ‘사랑과 전쟁’은 아이돌 특집편이 RED

EPIC 4K 카메라, 30p로 촬영되었다. ‘봉산탈춤’은 ‘색 네 개의 욕망’의 후속 콘텐츠로 Sony F65 4K 카메라, 60p로 촬영되었다.

〈표 2〉 2013년 제작된 4K 콘텐츠

제목	장르	분량	Fps	카메라	워크플로우
요리인류	다큐멘터리	8분59초	60	RED EPIC	Proxy 편집/FCP7
조선의궤	다큐멘터리	2분12초	30	RED EPIC	Proxy 편집/FCP7
사랑과전쟁	드라마	5분(예정)	30	RED EPIC	Premiere CS6
봉산탈춤	다큐멘터리	4분4초	60	Sony F65	Proxy 편집/FCP7



〈그림 7〉 요리인류(60p)



〈그림 8〉 조선의궤(30p)



〈그림 9〉 사랑과 전쟁(30p)



〈그림 10〉 봉산탈춤(60p)

2. HEVC 부호화

차세대 동영상 부호화 표준화 기술인 HEVC는 2013년 1월에 FDIS(Final Draft International Standard) 표준이 발표되면서 1차 표준화가 완료되었다. 이에 따라 2013년에 실시한 2차 지상파 UHDTV 실험 방송에는 표준화가 완료된 HEVC 기술을 적용하기 위해, HM10.0(HEVC Model : HEVC reference software)을 송출용 부호화기로 선정하였다.

HEVC 표준화가 완료됨에 따라, 소프트웨어 기반의 HEVC 상용 제품이 출시되고 있으며, 실험방송에는 이러한 상용 HEVC 부호화기를 적용하여, 수행속도가 느린 HM 부호화기를 보완함과 더불어 상용 제품에 대한 HEVC 호환성 검증도 수행하였다.

1) 4K 60p UHDTV HEVC 부호화 실험

2013년 지상파 UHDTV 실험방송에서 가장 중점적으로 실험한 것은 60p 4K UHDTV 비디오에 대한 부호화 및 전송이었다. 60p 4K UHDTV 서비스를 위해서 가장 먼저 결정해야 할 사항은 전송해야 할 비디오 데이터량이었다. 원본 상태에서 4K 60p 비디오는 4K 30p 비디오 대비 2배로 늘어난다. 실험방송에 사용할 HEVC로 부호화된 비디오 데이터는 증가량에 대한 예측이 실험방송 실시 전에 필요했다.

부호화된 비디오 데이터는 얼마만큼 증가되는지에 대한 예측 실험을 〈표 3〉과 같이 실시하였다. 실험 비디오는 MPEG에서 제공되는 것과 KBS 자체

〈표 3〉 4K 30p 와 4K 60p 비디오 HEVC 부호화 비트량 비교 실험 결과

Test Sequences	QP	30p		60p		BD	
		Bitrate (kbps)	PSNR-Y	Bitrate (kbps)	PSNR-Y	PSNR	rate mode (%)
BQTerrace HD(1920x1080) JCT-VC	22	15,812.02	36.795	18,631.29	36.306	- 0.2697	17.82
	27	3,872.01	34.866	4,205.54	34.744		
	32	1,476.70	33.473	1,567.59	33.439		
	37	719.79	31.760	756.81	31.762		
Cactus HD(1920x1080) JCT-VC	22	8,933.35	38.051	10,383.02	37.854	- 0.4222	18.22
	27	3,394.45	36.315	3,938.54	36.256		
	32	1,614.56	34.210	1,857.01	34.195		
	37	843.56	32.001	962.14	31.995		
Color HD(3840x2160) KBS	22	106,840.81	39.609	148,722.41	38.996	- 0.9227	32.25
	27	25,452.59	36.154	34,284.64	35.436		
	32	7,408.75	34.852	9,616.56	33.716		
	37	3,022.75	33.475	3,787.51	32.520		
average						- 0.5382	22.76

영상으로 QP별로 30p와 60p로 부호화했을 경우 발생 부호화 비트량 비교를 실시하였다. 실험 결과에 의하면 동일 비디오가 30p에서 60p로 프레임율이 증가하였을 경우, 최소 17%에서 최대 40%까지 발생 부호화 비트량이 증가하는 결과를 보였으며, 평균적으로 발생 부호화 비트량이 30% 정도 증가한다고 판단되었다.

2) 4K 60p UHDTV 실험방송 HEVC 부호화

이번 실험방송에 사용한 HEVC는 MPEG에서 제

공하는 표준화가 완료된 HM10.0 이후의 참조 소프트웨어 부호기를 사용하였다. 4K 60p UHDTV 부호화를 위한 HEVC 부호화 설정은 <그림 11>과 같다.

이번 실험방송에서는 부호화율 조정(Rate Control)을 부호기에서 제공하는 기능을 사용하였다. 하지만, HM에서 제공하는 부호화율 조정 기능은 방송 서비스를 수행하기엔 기능이 다소 부족한 점이 발견되어, 부호화율을 정교하게 제공하는 상용 HEVC 부호화기를 사용하기도 하였다. 2차 실험

```
##### File I/O #####
InputFile      : nhk_4k_lanc_00600-09999.yuv
InputBitDepth  : 8          # Input bitdepth
FrameRate      : 60         # Frame Rate per second
FrameSkip      : 0          # Number of frames to be skipped in input
SourceWidth    : 3840       # Input frame width
SourceHeight   : 2160       # Input frame height
FramesToBeEncoded : 3400    # Number of frames to be coded
BitstreamFile  : New_NHK60p_25K_GS_Intra64_1.bin

##### Unit definition #####
MaxCUWidth     : 64        # Maximum coding unit width in pixel
MaxCUHeight    : 64        # Maximum coding unit height in pixel
MaxPartitionDepth : 4      # Maximum coding unit depth
QuadtreeTULog2MaxSize : 5  # Log2 of maximum transform size for
                             # quadtree-based TU coding (2..6)
QuadtreeTULog2MinSize : 2  # Log2 of minimum transform size for
                             # quadtree-based TU coding (2..6)
QuadtreeTUMaxDepthInter : 3 # quadtree-based TU coding (2..6)
QuadtreeTUMaxDepthIntra : 3

##### Coding Structure #####
IntraPeriod     : 64        # Period of I-Frame (-1 = only first)
DecodingRefreshType : 2     # Random Access 0:none, 1:LCR, 2:IDR
GOPSize         : 8         # GOP Size (number of B slice = GOPSize-1)
#
#   Type POC QPoffset QPfactor tcoffsetDiv2 betaoffsetDiv2 temporal_id #ref_pics_active #ref_pics reference pictures predict_deltaFPS #ref_idcs reference idcs
Frame0: B 8 1 0.442 0 0 0 4 4 -6 -10 -12 -16 0 4 5 1 1 0 0 1
Frame1: B 4 2 0.3536 0 0 0 3 3 -4 -6 4 1 1 2 4 1 1 1 1
Frame2: B 2 3 0.3536 0 0 0 5 5 -2 -4 2 6 1 1 2 4 1 1 1 1
Frame3: B 1 4 0.68 0 0 0 2 4 -1 1 3 7 1 1 1 5 1 0 1 1 1
Frame4: B 3 4 0.68 0 0 0 2 4 -1 -3 1 5 1 -2 5 1 1 1 1 0
Frame5: B 6 3 0.3536 0 0 0 5 5 -2 -4 -6 2 1 -3 5 1 1 1 1 0
Frame6: B 5 4 0.68 0 0 0 4 4 -1 -5 1 3 1 1 5 1 0 1 1 1
Frame7: B 7 4 0.68 0 0 0 2 4 -1 -3 -7 1 1 -2 5 1 1 1 1 0

##### Motion Search #####
FastSearch      : 1         # 0:Full search 1:TZ search
SearchRange     : 64        # (0: Search range is a Full frame)
BipredSearchRange : 4       # Search range for bi-prediction refinement
HadamardME      : 1         # Use of hadamard measure for fractional ME
FEN             : 1         # Fast encoder decision
FDM             : 1         # Fast Decision for Merge RD cost

##### Quantization #####
QP              : 32        # Quantization parameter(0-51)
MaxDeltaQP      : 0         # DJ-based multi-QP optimization
MaxCUDQDepth    : 0         # Max depth of a minimum CUDQP for sub-LCU-level delta QP
DeltaQP_RD      : 0         # Slice-based multi-QP optimization
RDQD            : 1         # RDQD
RDQDTS          : 1         # RDQD for transform skip

##### Deblock Filter #####
DeblockingFilterControlPresent : 0 # Deblock control params present (0=not present, 1=present)
LoopFilterOffsetInPPS          : 0 # Deblock params: 0=various params in SliceHeader, param = base_param + GOP_offset_param; 1=constant params in PPS, param = base_param
LoopFilterDisable               : 0 # Disable deblocking filter (0=Filter, 1=No Filter)
LoopFilterBetaOffsetDiv2        : 0 # base_param: -6 ~ 6
LoopFilterTcoffsetDiv2          : 0 # base_param: -5 ~ 6
DeblockingFilterMetric          : 0 # blockiness metric (automatically configures deblocking parameters in bitstream)

##### Misc #####
InternalBitDepth : 8        # codec operating bit-depth

##### Coding Tools #####
SAO                : 1      # Sample adaptive offset (0: OFF, 1: ON)
AMP                : 1      # Asymmetric motion partitions (0: OFF, 1: ON)
TransformSkip      : 1      # Transform skipping (0: OFF, 1: ON)
TransformSkipFast  : 1      # Fast transform skipping (0: OFF, 1: ON)
SAOLcuBoundary     : 0      # SAOLcuBoundary using non-deblocked pixels (0: OFF, 1: ON)
```

<그림 11> HM HEVC 부호화 설정

방송에서는 4K 60p UHDTV의 비디오 부호화율을 26Mbps에서 30Mbps까지 다양하게 실험하였으며, 현재의 전송 방식(DVB-T2)에서 제공하는 전송량을 고려하여 CBR(Constant Bit Rate) 26Mbps가 현재 KBS의 전송환경과 기술에 적당한 전송 비트율로 선정되었다.

3. UHDTV 수신 시스템

HEVC로 부호화된 MPEG-2 TS 파일은 TS 플레이어를 통해 송출되고, 여의도 KBS에서 마이크로웨이브로 관악산 송신소로 전송된다. 관악산 송신소에서는 이를 DVB-T2 송신기로 변조하여 전파를 발사한다. 100W의 송신 출력에 채널 66번으로 발사된 실험방송 전파는 LOS(Line Of Sight)가 보장된 KBS 기술연구소 옥상에 설치된 수신 안테나로 수신된다. 수신된 신호는 DVB-T2 디모듈레이터 장비를 거쳐 MPEG-2 TS 스트림으로 복원되고, TS 스트림은 ASI(Asynchronous Serial Interface)로 4K UHDTV HEVC 실시

간 디코딩 시스템으로 전달된다. 수신시스템은 4K 영상 제공은 물론, 수신신호의 RF 수신품질 분석과 TS 분석도 함께 수행되도록 구성되었다.

UHDTV 수신 시스템의 핵심적인 부분은 HEVC 실시간 디코딩 시스템의 개발이었다. 1차 실험방송 때와 마찬가지로 HEVC 디코딩 시스템은 KBS, ETRI, (주)카이미디어가 공동으로 수행하고 있는 미래창조과학부 국책과제의 결과물이었다. HEVC로 인코딩된 4K 60p 영상을 실시간 소프트웨어 기반으로 디코딩하여 두 라인의 HDMI1.4 신호로 UHDTV TV에 출력하는 기능을 구현하였는데, 조만간 HDMI2.0 규격의 TV와 PC가 출시되면 하나의 HDMI 신호로 구성된 시스템이 될 것이다. (참고로 현재 HDMI1.4 규격은 4K 30p까지만 가능하다.)

2차 실험방송 후반에는 5.1채널 오디오를 비디오와 Mux하여 전송하고, 5.1채널 시스템을 구성하여 On Air로 수신하였다. <그림 14>는 5.1채널 수신 시스템을 나타내고 있다.



<그림 12> 306호(60p)



<그림 13> 104호 전시실(30p)



(그림 14) 5.1채널 수신

국내외 여러 기관에서 KBS를 방문하여 기술연구소 전시관에 배치된 30p용 4K UHD TV 수신 시스템과 실험실에서 운용한 60p용 수신 시스템에서 시연된 30p 및 60p 4K UHD 콘텐츠를 참관하였고, 신문 및 방송에 KBS의 4K 실험방송이 홍보되었다.

4. UHD TV 필드 테스트

2012년 UHD TV 실험방송의 목적이 지상파 방송망을 통한 4K 30p UHD TV 송수신 가능성 확인과 송수신 성능 검증이었다면, 2013년 2차 실험방송의 목적은 지상파 방송망을 통한 4K 60p UHD TV 송수신 성능 검증과 송신 파라미터에 따른 가시청 범위 조사였다. 2013년 5월 10일부터 10월 15일까지 KBS 관악산 UHD TV 실험국을 운용하였으며, 송신 파라미터 변경에 따른 수신 성능 비교와 최대 수신 커버리지 도출, 실내수신 가능성 검증, 본방송을 대비한 방송망 구축 및 운영 기술 획득, 다양한 송수신 환경에 따른 전송 성능 검증을 세부 목표로 필드 테스트를 수행하였다.

송신시스템의 중심 주파수는 785MHz, 공중선 전력 100W, 안테나는 4 다이폴, 수평편파, 60°/150°/330° 3면, 6.03dBi, 대역폭은 6MHz, 전송방

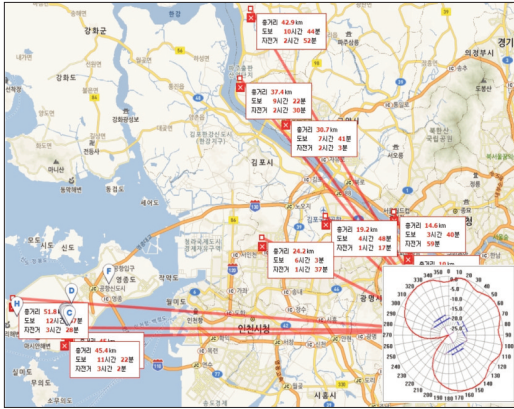
식은 DVB-T2 이다. 이러한 조건하에 선정된 DVB-T2 전송 파라미터 세트는 <표 4>와 같다.

(표 4) 4K UHD TV 필드 테스트 송신 파라미터 세트

	SET1	SET2
FFT	32K	32K
파일럿	PP7	PP7
변조	256QAM	64QAM
FEC Type	64K LDPC	64K LDPC
부호율	5/6	4/5
성상화전	On	On
인터리버	Type 1	Type 1
인터리버 길이	3	3
보호구간	1/128 (37us)	1/128 (37us)
캐리어 모드	Normal	Normal
캐리어 간격	209Hz	209Hz
비트율	36.9Mbps	26.55Mbps
C/N(Gauss Raw)	22dB	16.1dB

HEVC 인코더 성능 개선에 따라 4K 60p 영상은 26Mbps로 압축되었으며, 이를 전송하기 위해 <표 4>의 2가지 파라미터 세트를 선정하였다. SET1은 2012년 1차 실험방송에 사용된 세트로서 DVB-T2가 6MHz 대역에서 제공 가능한 최대 전송률을 제공하지만, 전송 오류에 취약하다. SET2는 전송용량은 감소하지만 26Mbps를 전송할 수 있는 파라미터 조합들 중 가장 낮은 C/N, 즉, 가장 우수한 수신 성능을 제공한다. SET1, SET2 모두 MFN(Multi Frequency Network) 기반의 고정수신에 최적화된 모드이다. 최소 2개의 무선국 운용이 필요한 SFN(Single Frequency Network)은 여건상 고려되지 않았으며, 이는 2014년 3차 실험방송에서 SFN 기반의 라이브 방송 형태로 검증될 예정이다.

1차 실험방송은 관악산 송신소 거리 5km 등각 16개 지점에서 필드 테스트를 수행하였으나, 2차 실험방송은 최대 커버리지를 측정하기 위해 관악산



〈그림 15〉 측정점 위치

송신소 거리 10km에서 52km까지 거리별로 총 10개 지점을 선정하였다. 10개 측정점은 KBS가 개발한 방송망 정보 통합관리 시스템(MIDAS)을 통해 송신소와의 LOS를 확인하여 선정하였으며, 송신 안테나 방향, 지형 요건, 측정 편의성 등을 고려하여 52km까지 LOS 수신점이 존재하는 관악산 송신소 중심 2사분면(북서방향)의 측정점을 선정하였다. 측정 점의 위치는 〈그림 15〉와 같다.

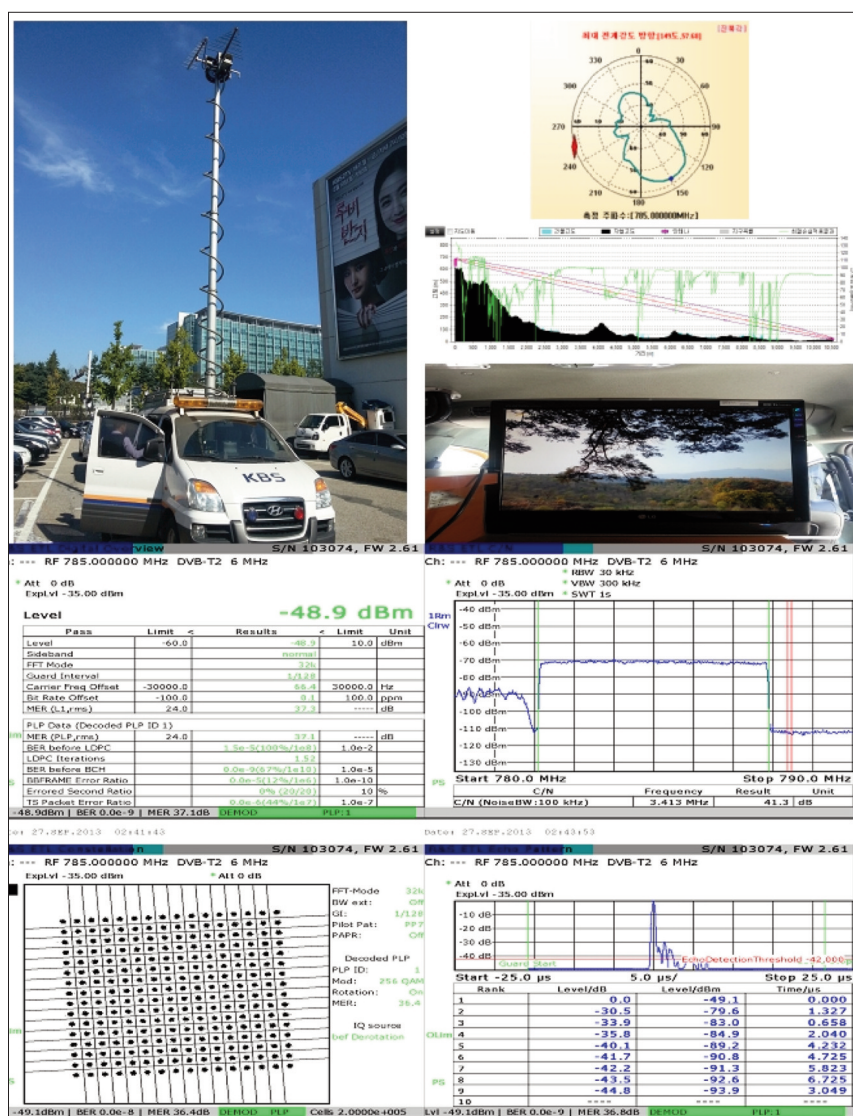
필드 테스트를 위한 수신 시스템은 KBS의 DTV 통합 측정 차량에 탑재되었다. 이는 RF신호를 복조하

		SET1 (256QAM, 5/6)				SET2 (64QAM, 4/5)			
		9m	3m	실내	실내 참가	9m	3m	실내	실내 참가
KBS연구동 (10km)	화면(양호/불량)	양호	양호	불량	양호	양호	양호	양호	양호
	채널파워(dBm)	-48.9	-57.8	-74.2	-68.2	-49.1	-57.9	-74.9	-67.9
	MER(dB)	37.1	30.7	—	27.6	36.7	30.7	—	27
	L1 MER(dB)	37.3	30.9	14.2	27.1	37.1	30.8	17.2	27
상암동 (15km)	화면(양호/불량)	양호	양호	불량	불량	양호	양호	불량	양호
	채널파워(dBm)	-52.7	-64	-75.5	-72.3	-52.8	-64.3	-75.7	-72.4
	MER(dB)	38	30.3	—	24.6	37.6	29.9	—	24dB
	L1 MER(dB)	37.9	29.9	13.8	23.1	37.7	29.7	14.3	23dB
김포공항 (20km)	화면(양호/불량)	양호	양호	불량	양호	양호	양호	양호	양호
	채널파워(dBm)	-53.1	-50.4	-71.6	-64.2	-53.4	-50.6	-71.9	-64.7
	MER(dB)	36.6	36.4	—	30.3	36.6	38	21.8	30.2
	L1 MER(dB)	36.7	37.6	20.8	29.9	36.2	38.2	20.9	30.5
경인교대 (25km)	화면(양호/불량)	양호	양호	불량	양호	양호	양호	양호	양호
	채널파워(dBm)	-55.8	-58.8	-73.9	-68.1	-55.5	-57.6	-73.6	-67.7
	MER(dB)	32.7	31.8	—	26.8	32.8	31.5	20.6	27.2
	L1 MER(dB)	32.3	31.7	19.1	26.4	32.6	31	19.8	26.1
킨텍스 (30km)	화면(양호/불량)	양호	양호	불량	양호	양호	양호	양호	양호
	채널파워(dBm)	-56.7	-57.8	-72.5	-69.2	-56.6	-57.8	-72.3	-69.4
	MER(dB)	30.7	33.7	—	26.7	30.8	33.3	20.7	26.1
	L1 MER(dB)	30.6	33.4	19.3	25.5	30.5	33.4	19.5	25.9
파주출판도시 (38km)	화면(양호/불량)	양호	양호			양호	양호		
	채널파워(dBm)	-60.3	-57			-60.3	-56.9		
	MER(dB)	26.8	29.4			28.6	30.1		
	L1 MER(dB)	26.4	28.7			28.3	30.3		
파주프리미엄 아울렛 (45km)	화면(양호/불량)	양호	양호			양호	양호		
	채널파워(dBm)	-66.4	-64.1			-66.2	-64.4		
	MER(dB)	24.7	27.8			25.4	27.8		
	L1 MER(dB)	24.1	27.5			25.1	27		
인천국제공항 (45km)	화면(양호/불량)	불량	불량			양호	불량		
	채널파워(dBm)	-75.1	-84.9			-74.6	-84.8		
	MER(dB)	—	—			18.7	—		
	L1 MER(dB)	17.6	9.1			17.7	9		
영종도하얏트 (45km)	화면(양호/불량)	불량	불량			양호	양호		
	채널파워(dBm)	-68.2	-72.8			-68.4	-72.8		
	MER(dB)	—	—			—	—		
	L1 MER(dB)	16.4	16			16.1	16		
영종도 북측방 조제 (52km)	화면(양호/불량)	불량	불량			양호	양호		
	채널파워(dBm)	-70.9	-70.7			-70.9	-70.6		
	MER(dB)	—	—			22.6	22.0		
	L1 MER(dB)	21.6	20.9			21.9	20.6		

〈그림 16〉 측정결과 종합

고 TS 스트림을 분리하여 ASI로 전송함과 동시에 다양한 측정값을 제공한다. 주요 측정값으로는 채널파워, MER(Modulation Error Rate), BER (Bit Error Rate) before BCH(Bose, Chaudhri, Hocquenghem), 스펙트럼, 성상도, CIR(Channel Impulse Response), TS PER(Packet Error Rate) 등이 있다.

4K HEVC 디코더/플레이어는 디모듈레이터에서 복조된 ASI를 입력받아서 TS Demux후 HEVC 60p ES를 실시간으로 복호하여 PC 화면에 출력한다. 출력 영상은 주관적 수신 품질 평가에 사용된다. 스펙트럼 분석기는 측정 지점에서 360도 전파 패턴 측정을 위해 사용되며, KBS가 개발한 DTV



〈그림 17〉 KBS연구동, 송신 SET1, 수신 안테나 높이 9m 측정결과

통합 측정 및 분석 시스템(IMAS)에 의해 자동 제어된다. 수신점에서 마스트를 제어하여 안테나를 최대 9m 높이로 올리고 로터 제어를 통해 안테나를 360도 회전하면서 전계 강도를 측정한 후, 그 결과에 따라 최대 전계 지점을 찾아서 해당 지점으로 안테나 위치를 자동 설정하고 세부 측정을 시작한다.

측정 결과는 측정 안테나 위치 (9m, 3m, 실내, 실내창가), 송신 파라미터 (SET1, SET2)를 구분하여 수집하였으며, 대표 측정 항목에 대한 종합적인 결과는 <그림 16>과 같다. <그림 17>은 전체 측정 결과를 대표하여 KBS 연구동에서 (SET1, 안테나 높이 9m)의 조건으로 측정한 결과를 보여준다.

필드 테스트 결과, SET1은 45km까지, SET2는 52km까지 수신이 가능하였다. 실내 수신은 SET1은 불가능, SET2는 가능하였으며, 실내 창가 수신은 SET1, SET2 모두 가능하였다. 실내 수신, 실내 창가 수신은 편의상 실내 안테나를 이용하여 차량 내에서 측정하는 방식으로 진행하였다. 인천 국제공항, 영종도 하얏트 호텔, 영종도 북측 방조제 측정 결과는 관악산 송신 안테나 수평 패턴에 의한 영향을 받았다. 관악산 송신 안테나가 4면이 아니라 3면으로 되어 있는데, 송신 안테나 수평 패턴에서 전파가 작게 방사되는 지역에 해당 수신점이 위치하였다.

위의 필드 테스트 결과를 종합하면 4면 안테나, LOS 환경에서는 수도권 대부분 지역을 커버할 수 있을 것으로 예상되며, 100W 송신 출력을 현재 2.5kW인 DTV 송신 출력 이상으로 증강하고 SFN을 구성한다면 유효 커버리지는 대폭 확대될 것으로 예상된다. 이는 2014년 3차 실험방송에서 검증할 예정이다.

III. 결론

차세대 방송으로 인식되고 있는 실감방송은 3DTV와 UHD TV가 두 축이다. 두 서비스 모두 시청자들에게 현장감(Sense of Presence)과 실재감(Sense of Realness)을 서비스하는 목적은 같지만 접근방식에서는 차이가 있다. 즉, 3DTV는 두 시점 이상의 영상을 이용하여 입체감 있는 영상을 시청자에게 제공하는 것이라면 UHD TV는 HDTV와 마찬가지로 한 시점의 영상을 더욱 큰 화면에서 보다 선명한 콘텐츠로 시청할 수 있도록 하는 것이다. 이 두 가지 실감방송 중에서 3DTV는 콘텐츠 제작 및 편집이 어렵고, 시청자의 시청 안전을 담보할 수 없다는 단점이 있다. 반면 UHD TV는 초고해상도와 대화면을 시청자에게 제공함으로써 시청자에게 현장감과 함께 입체감까지 제공할 수 있으며, 기존의 HDTV 제작 방식과 크게 다르지 않아 촬영 및 편집이 3DTV에 비해 용이한 장점이 있으나, 초고해상도에 따른 데이터량의 증가로 인한 편집/저장 시에 시간과 비용이 대폭 증가하는 문제와 지상파 6MHz 대역폭에 넣을 수 있는 비트율이 36Mbps 정도로 한정되어 있는 단점이 있다. 이런 전송상의 문제를 제외한 제작상의 문제점들은 시장이 활성화되고 기술이 성숙되어 저장 매체의 용량이 커지고 빨라지면 해결될 것으로 판단된다.

KBS는 지속적으로 차세대 방송에 대한 기술개발과 시스템 구축을 추진하여 왔으며, 이를 통해 2012년 UHD TV 1차 실험방송을 성공적으로 수행하였다. 2013년에는 4K 60p를 적용하는 것과 HEVC IS(International Standard) 버전의 인코더/디코더를 송수신 정합에 적용하는 것을 목표로 추진하였다. 프레임율을 60으로 올리는 데 있어 가장 큰 문제는 제작시의 데이터량이 2배로 증가하는 것이었

으나, 송출시의 데이터량의 증가는 30% 내외에 그쳐, DVB-T2 6MHz 대역폭에 수용하는데 문제가 없음을 확인할 수 있었다. 또한, 100W의 송신 출력으로도 LOS 기준 약 52km까지 서비스 제공이 가능함을 확인하였으며, 변조와 부호율 등 전송 파라미터의 선택에 따른 수신 성능 차이가 상당함을 확인하였다. 변조 및 부호율 선택에 따라 실내 수신도 제공 가능함을 확인하였다. 출력 증강, SFN이 병행된다면 수신 성능은 더욱 개선될 것이다.

안정적인 본방송을 위해서는 추가 검증이 필요한 부분이 아직 많다. 실제 본방송을 위한 서비스 시나리오와 송수신 환경에 맞도록 송수신 성능 검증 및 가시청 범위 조사를 통한 최적의 전송 파라미터 도출이 필요하다.

현재의 실험국의 송신출력 100W는 본방송 환경과는 차이가 많다. 본방송 수준의 출력에서 송수신 실험이 필요하다. 2차 실험방송에서는 여건상 SFN이 고려되지 않았는데, 실제 본방송은 SFN 환경에서 실시되기 때문에 SFN을 위한 최적의 전송 파라미터를 발굴하고 검증할 필요가 있다. 또한, 고정/실내/휴대/이동 등 다양한 수신환경과 다양한 변조, 부호율 등이 서로 공존하는 다중 PLP(Physical Layer Pipe)나 FEF(Future Extension Frame)를

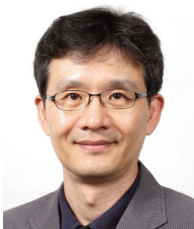
이용한 송신 환경에서 전송 다중화 성능 및 가시청 범위 조사를 위한 필드 테스트도 필요하다. 송신 안테나 편파에 대한 비교 실험도 필요하다. 현재 실험 방송에 사용 중인 수평 편파는 특정 방향에 대한 지향성을 고려한 MFN 기반의 고정 수신에 최적화되어 있다. SFN, 다양한 스크린의 단말 지원, 단말에 안테나 기본 탑재 등 수신 환경과 사용 편의성 관점에서 수직 편파나 수직/수평 편파를 동시에 사용하는 것이 보다 적합할 것으로 예상된다. 이러한 내용들은 2014년 3차 실험방송부터 순차적으로 검증될 예정이다.

지상파 방송사들은 2015년 4월 4K-UHDTV 시범방송 시작, 2015년 10월 상용화 및 2018년 8K-UHDTV 실험방송을 목표로 기존의 UHDTV 로드맵을 앞당겨 추진하고 있다. 이를 위해서는 차세대 방송용 주파수 할당이 꼭 필요하며, 정부의 차세대 방송에 대한 기술 및 예산 지원이 절대적으로 필요하다고 판단된다. KBS는 국가 기간 공영방송으로서 국가 정책에 맞는 차세대 방송을 위한 기반을 마련하고 양질의 지상파 서비스를 제공하기 위해 지속적으로 UHDTV 기술 개발과 실험방송을 추진할 계획이다.

참고 문헌

- [1] IUT-R BT. 1201-1:2004. extremely high resolution imagery.
- [2] IUT-R BT. 1361:2002. Worldwide unified colorimetry and related characteristics of future television and imaging systems
- [3] IUT-R BT. 1769:2010. Parameter values for an expanded hierarchy of LSDI image formats for production and international programme exchange
- [4] ITU-R BT. 2020:2012. Parameter values for UHD TV systems for production and international programme Exchange.
- [5] SMPTE 2036-1:2009. Ultra High Definition Television – Image Parameter Values for Program Production.
- [6] SMPTE 2036-2:2008. Ultra High Definition Television - Audio Characteristics and Audio Channel Mapping for Program Production
- [7] SMPTE 2036-3:2010. Ultra High Definition Television – Mapping into Single-link or Multi-link 10Gb/s Serial Signal/Data Interface.
- [8] JCTVC-H0022r1, Feb, 2012. JCT-VC AHG report: HM subjective quality investigation (AHG22).
- [9] JCTVC-H0360r1, Feb, 2012. Comparison of Compression Performance of HEVC Working Draft 5 with AVC High Profile.
- [10] ISO/IEC 13818-1, Oct. 2007. Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems.
- [11] ISO/IEC 13818-2, 2005. Information technology – Generic coding of moving pictures and associated audio information: Video.
- [12] HDMI Licensing, LLC, Mar. 2010. High-Definition Multimedia Interface Specification Version 1.4a
- [13] ETSI EN 302 755 v1.3.1, Apr. 2012, Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)
- [14] ETSI TS 102 831 v1.2.1, Aug. 2012, Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guideline for a second generation digital terrestrial broadcasting system (DVB-T2)
- [15] EBU TECH 3348 v3.0, Nov. 2013, Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2

필자 소개



이근식

- 1985년 : 서울대학교 제어계측공학과 학사
- 1987년 : 서울대학교 제어계측공학과 석사
- ~ 현재 : KBS 기술연구소 수석연구원
- 2011년 : 3DTV 실험방송 완료
- 2013년 : 지상파 UHD TV 실험방송 추진
- 주관심분야 : UHD TV, 하이브리드 TV, 3DTV, HEVC



김상훈

- 1998년 : 고려대학교 전자공학과 학사
- 2001년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
- ~ 2011년 : KBS 기술연구소 DMB 연구
- 2011~2013년 : KBS 정책기획국 미래전략팀
- 2013년~현재 : KBS 기술연구소 UHD TV 전송기술 연구
- 주관심분야 : UHD TV, 모바일 방송, 플랫폼

필자 소개



왕수현

- 1984년 2월 : 서울대학교 전기공학과 학사
- 1986년 2월 : 서울대학교 전기공학과 석사
- 1987년 4월 ~ 현재 : KBS 기술연구소, 실감방송연구팀 수석연구원
- 주관심 분야 : 고효율 영상압축, 영상신호 처리, UHD TV/3DTV 제작



임종곤

- 1994년 2월 : 인하대학교 공과대학 전자공학과 공학사
- 1996년 2월 : 인하대학교 대학원 전자공학과 공학석사
- 1996년 1월 ~ 현재 : KBS 기술연구소 팀장 (책임연구원)
- 2000년 6월 ~ 2001년 6월 : NHK 방송기술연구소 초빙연구원
- 주관심분야 : UHD TV 전송시스템 및 표준화, 지상파 방송용 MIMO-OFDM 테스트베드