

UHDTV 방송 서비스를 위해 요구되는 비디오 부호화기의 성능 분석

□ 조속희*, 김제우**, 최진수* / * ETRI, **전자부품연구원

1. 서론

지난 10여년에 걸쳐 세계 각국에서 아날로그 TV 방송을 종료하고 디지털 TV 방송으로 속속 전환하면서, HDTV 방송 이후의 3DTV 및 UHDTV(Ultra High Definition TV)와 같은 차세대 방송 시장을 선점하기 위한 경쟁이 본격화되고 있다. 특히 HDTV와 비교해서 4배에서 16배 해상도의 비디오와 10채널 이상의 다채널 오디오로 사실감과 현장감을 극대화한 초고품질 AV 서비스인 UHDTV 방송 서비스에 대한 관심이 급증하고 있다.

일반적으로 방송 서비스는 콘텐츠 제작, 부호화, 전송, 수신, 재현 단계를 거쳐서 시청자에게 제공된다. 이러한 일련의 처리 단계는 기존 HDTV 방송 서비스뿐만 아니라 UHDTV 방송 서비스에도 동일

하게 적용될 수 있다. 따라서 기술적인 측면에서는 일반적으로 디지털 TV 방송 기술을 그림 1과 같이 획득, 편집, 부호화, 전송, 단말 및 디스플레이 기술로 분류할 수 있는데[1], 여기서 UHDTV 방송 기술은 HDTV 방송 기술을 바탕으로 소형화, 고속화, 대용량화를 어떻게 달성하느냐가 주요 기술 이슈가 된다.

UHDTV 방송 서비스를 위하여 가장 기본이 되는 콘텐츠 제작은 획득 및 편집 분야의 기술 개발을 요한다. UHD 비디오 획득 기술 분야는 일본 NHK가 2000년대 초반부터 연구를 수행하기 시작하여 2008년에 3,300만 화소의 비디오를 촬영할 수 있는 8K-UHD 카메라를 시제품으로 개발하였으며, 현재는 현장에서 쓰일 수 있도록 하기 위하여 소형화에 노력을 기울이고 있다. 한편, 4K UHD 카메라

※본 연구는 방송통신위원회의 UHDTV 방송 표준 개발 과제의 수행으로 도출된 것입니다.



〈그림 1〉 UHDTV 방송 요소기술 분류

의 경우에는 DALSA가 2003년 NAB에서 최초로 Origin 제품을 시연한 후 2006년에 상용화 제품을 출시하였고, RED Digital은 2007년, 2011년에 각각 Red One, Red EPIC, 2012년에 JVC는 GY-HMQ10, Sony는 CineAlta F65, 캐논은 EOS C500, EOS4K, Astrodesign은 AH-4413 를 상용 제품으로 대거 출시하였다. 4K 카메라 출시 초기에는 주로 영화 제작에 많이 사용되다가, 최근에는 국내 방송사에서도 일부 드라마나 다큐멘터리 프로그램 제작에 Red One 카메라 또는 F65 카메라를 사용하고 있는 추세이다.

콘텐츠 제작의 다음 단계로 신호처리에 해당하는 UHD 미디어 부호화 및 전송 기술 분야는 대용량의 4K-UHDTV 방송 콘텐츠를 고효율로 압축하여 전송하는 기술 분야로서, 효율적인 4K-UHDTV 방송 서비스를 위한 핵심기술 분야에 해당된다. UHD 비디오 부호화 기술로는 2013년 상반기에 국제표준

으로 승인될 예정인 HEVC(High Efficiency Video Coding) 비디오 부호화 기술이 활용될 것으로 예상된다. 한편, 전송 기술에 대해서는 지상파의 경우 UHD와 같은 대용량 데이터 전송이 가능한 ATSC 3.0 기술에 대한 CFP가 나온 상황이며, 물리계층 제안서를 올해 9월까지 제출 받을 계획이다. 그리고 현재 시점에서 가용한 전송 표준 기술로는 지상파의 경우 DVB-T2, 케이블의 경우 ITU-T J.83B 및 DVB-C2, 위성의 경우에는 DVB-S2를 들 수 있겠다.

마지막으로 시청자에게 UHDTV 서비스를 제공하기 위하여 비디오와 오디오를 재현하는 단계에 해당하는 디스플레이 기술 분야에서는 4K-UHD 디스플레이의 경우 기술 개발이 완료되어 상용 제품들이 출시되고 있고, 8K-UHD 디스플레이는 NHK와 Sharp 공동으로 8K LCD 디스플레이 시제품이 개발된 수준이다. 4K-UHD 디스플레이는

Astrodesign에서 2009년에 화소당 비트수가 10bit 인 신호를 재생하는 4K 모니터를 출시하였으며, Sony, 티브이로직 등에서 4K 모니터 제품을 출시하였다. 또한 LG전자는 2012년 84인치 4K LCD 디스플레이를 상용제품으로 출시하고, 삼성전자는 2013년 상반기에 85인치 LCD 상용제품을 출시한 바 있다. 특히 2013년 1월 CES 전시회를 기점으로 우리나라는 삼성전자, LG전자에서 4K LCD 디스플레이의 라인업을 강화하는 중이며, 일본은 Sony, Panasonic, Sharp, Toshiba, JVC 등에서 4K LCD 디스플레이를 대거 출시하였다. 특히 중국의 경우도 Hisense, TCL, Hier 등에서 4K LCD 디스플레이를 출시함으로써 UHD 시장에 가세한 상황이다. 더욱이 2013년 4월의 NAB 전시회에서는 일본 가전사들의 저가 출시로 시장 경쟁은 더욱 가열되고 있는 실정이다.

상기에서 언급한 바와 같이, 4K-UHDTV 서비스를 위하여 필요한 획득, 부호화, 전송 및 디스플레이 등의 요소기술 및 관련 표준은 상당 수준 준비되어 있으며, 몇몇 분야는 상용 제품이 가용한 상태라고 할 수 있다. 더불어 우리나라를 비롯해서 일본, 영국 등 여러 나라에서 위성 및 케이블 기반의 UHDTV 실험방송이 이미 실시된 바 있으며, 특히 우리나라는 케이블이나 위성 매체에 비해 전송대역폭이 상대적으로 낮은 지상파 기반으로 UHDTV 실험방송도 2012년에 실시한 바 있다. 이처럼 4K UHDTV 방송을 위한 요소기술 개발뿐만 아니라 현장에서의 실험방송도 병행하여 지속적으로 시도되고 있는 점을 고려하면 가까운 시기에 4K-UHDTV 방송 상용 서비스가 이루어질 것으로 예상된다. 특히 최근 보도에 따르면 일본의 경우에는 8K UHDTV 방송 서비스를 목표로 추진하다가 4K UHDTV 위성방송을 2014년 7월 실시

하겠다는 계획을 발표한 바 있어 향후 귀추가 주목된다.

이러한 상황에서 향후 4K-UHDTV 방송 서비스를 도입하기 위해서는 각 방송 매체별 환경에 가장 적합한 4K-UHDTV 방송을 위한 AV 신호규격을 어떻게 정의하고, 또한 효율적인 전송이 가능한 압축부호화 방식을 무엇으로 할 것인지에 대한 연구 고찰이 무엇보다 중요하다고 하겠다. 따라서 본 고에서는 이를 위한 선행 연구로, 다양한 4K-UHD 비디오 신호 포맷에 따라 요구되는 전송 비트율이 어떻게 되는지 비디오 부호화기 성능 관점에서 살펴보고자 한다.

II. 4K-UHDTV AV 신호 규격

4K-UHDTV AV 신호 규격은 ITU-R 및 SMPTE표준에서 정의하고 있다[2-4]. <표 1>은 ITU-R 및 SMPTE 표준에 정의되어 있는 UHDTV와 기존 HDTV의 신호규격을 비교한 것이다. 기본적으로 해상도의 경우 4K-UHDTV는 3,840x2,160, 8K-UHDTV는 7,680x4,320으로 정의되어 있으며, 나머지 프레임율(초당 프레임 수), 비트심도, 컬러 샘플링 등은 다양한 값을 포함하도록 정의되어 있다[2-4]. 따라서 UHDTV는 HDTV에 비해 4배 또는 16배 큰 해상도로 구성되지만, 실제 프레임율, 비트심도, 컬러샘플링 등의 다양한 조합에 따라 발생하는 원본 비디오 데이터량은 <표 2>에 나타난 바와 같이 HDTV에 비해 최소 4배에서 최대 192배에 이르게 된다.

UHDTV 오디오 신호는 일반적으로 10채널 이상의 다채널 오디오로 정의하고 있으며, 일본 NHK에서는 극장과 같은 넓은 공간에서는 그림 2와 같이

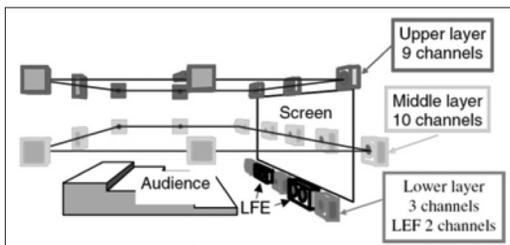
〈표 1〉 UHDTV와 HDTV의 주요 특징 비교

파라미터	UHDTV 비디오 신호		HD 비디오 신호	
	4K	8K		
비디오	해상도	3,840x2,160 (4K)	7,680x4,320 (8K)	1,920x1,080 (2K)
	프레임율	120p, 60p, 50p, 48p, 30p, 25p, 24p		30p
	비트심도	8, 10, 12bits		8bits
	컬러 샘플링	YUV 4:4:4, 4:2:2, 4:2:0		4:2:0
	중횡비	16:9		16:9
오디오	채널 수	10.1~22.2		2, 5.1
	샘플링 주파수	48, 96khz		48khz
	양자화 비트	16, 20, 24bits		16bits

〈표 2〉 UHDTV 비디오 파라미터에 따른 원본 데이터량

	규격	데이터 량
HD	1,920x1,080, YUV4:2:0, 8bits, 30fps	746Mbps
4K UHD (UHD-1)	3,840x2,160, YUV4:2:0, 8bits, 30fps	3Gbps(HD의 약 4배)
	3,840x2,160, YUV4:2:2, 10bits, 30fps	5Gbps(HD의 약 7배)
	3,840x2,160, YUV4:2:2, 10bits, 60fps	10Gbps(HD의 약 14배)
	3,840x2,160, YUV4:4:4, 12bits, 60fps	18Gbps(HD의 약 24배)
	3,840x2,160, YUV4:4:4, 12bits, 120fps	36Gbps(HD의 약 48배)
8K UHD (UHD-2)	7,680x4,320, YUV4:2:0, 8bits, 30fps	12Gbps(HD의 약 16배)
	7,680x4,320, YUV4:2:2, 10bits, 30fps	20Gbps(HD의 약 27배)
	7,680x4,320, YUV4:4:4, 12bits, 60fps	72Gbps(HD의 약 96배)
	7,680x4,320, YUV4:4:4, 12bits, 120fps	144Gbps(HD의 약 192배)

스피커를 설치하고, 가정에서는 스피커의 수를 줄이기 위해 스피커 1개에 상단, 중단, 하단의 3개 계층 구조로 구성하여 22.2채널의 오디오를 제공하는 방안을 제시하였다[5].



〈그림 2〉 UHDTV 오디오 22.2 채널 구성도

ITU-R 및 SMPTE 표준에서 정의된 4K-UHDTV AV 신호 파라미터 값은 〈표 1〉에 나타난 바와 같이 복수 개의 값으로 정의되어 있으며, 방송 등 실제 응용 서비스에서는 이들 값 중에서 각 서비스에 적합한 값을 선택하여 사용하도록 하고 있다. 따라서 방송 서비스의 경우에도 방송 매체 별로 망의 전송환경을 고려하여 각각의 파라미터에 대하여 적절한 수준의 값이 제시되어야 할 것이다. 본 고에서는 4K-UHDTV 방송 서비스에 적절한 비디오 신호규격의 프레임율, 비트심도 및 컬러 샘플링의 파라미터 값이 어떻게 되는지를 선정함에 있어서 근거자료가 될 수 있는 비디오 부호화기 성능을 알

아본다.

한편, 오디오 신호규격의 경우는 10.2채널 및 22.2채널 등의 다채널이 되더라도 압축된 데이터는 2Mbps내외이며, 오디오 신호규격의 파라미터 값 변동에 따른 부호화율 변동은 1Mbps 내외로 예상되므로, 비디오 부호화율에 비하여 상대적으로 훨씬 적은 양을 갖는 오디오 신호규격 변동에 따른 부호화율에 대해서는 논외로 한다.

III. 4K-비디오 신호포맷 변화에 따른 비디오 부호화기 성능 분석

현재 4K-UHDTV 방송 서비스를 통하여 시청자가 고품질의 비디오를 감상하기 위해서 주로 논의되고 있는 비디오 신호포맷은 <표 3>과 같다. 화면당 화소수인 3,840x2,160 해상도를 제외하고, 프레임율, 비트심도 및 컬러 샘플링의 파라미터는 복수개의 값이 논의되고 있다. 4K-UHDTV 방송 서비스에 적용되는 신호포맷은 각 매체별 환경을 고려하여 동일 부호화율에서 좀 더 고품질의 비디오를

제공하는 파라미터 값을 선택하여 사용할 것으로 예상된다.

<표 3>에 나타난 신호포맷에서 현재 HDTV 방송 기준으로 해상도만 4배로 증가한 경우, 즉 프레임율, 비트심도 및 컬러 샘플링이 각각 30p, 8bits, YUV4:2:0 값을 갖는 4K-UHD 비디오를 MPEG-2, H.264/AVC 및 HEVC 표준기술을 이용하여 부호화하였을 때 부호화율은 <표 4>와 같이 예상된다. 현재 HDTV 방송은 MPEG-2 부호화 기술을 적용하여 14~18Mbps 정도의 부호화율로 부호화 할 수 있으며, 통상 H.264/AVC 부호화 기술은 MPEG-2 대비 약 2배 정도의 압축성능 향상, HEVC 부호화 기술은 H.264/AVC 대비 약 2배 정도의 압축성능 향상이 가능함을 고려하여 계산한 값이다. 본 장에서는 <표 4>에 나타난 부호화율을 기준으로 4K-UHDTV비디오 신호포맷 중에서 프레임율, 비트심도 및 컬러 샘플링의 3개 파라미터가 변화함에 따른 비디오 부호화기 성능에 대하여 알아본다.

1. 실험환경

프레임율, 비트심도 및 컬러 샘플링 변화에 따른 부호화율을 조사하기 위한 부호화 방식은 HEVC 참조 S/W인 HM(HEVC test Model)을 기본으로 사용하였다. 단, HM이 YUV4:2:2 포맷의 비디오 부호화를 지원하지 않으므로, 컬러 샘플링에 대한 실험은 H.264/AVC부호화 기술을 사용하였다. 실험

<표 3> 4K-UHD 비디오 주요 신호포맷

구분	4K-UHDTV
해상도	3,840x2,160
프레임율	30p, 60p
비트심도	8, 10bits
컬러 샘플링	YUV4:2:0, YUV4:2:2

<표 4> 최저 규격의 4K-UHD 콘텐츠에 대한 예상 부호화율

부호화 방식	4K-UHDTV@{30fps, 8bits, YUV4:2:0} 부호화율	Full-HDTV@{30fps, 8bits, YUV4:2:0} 부호화율
MPEG-2	56~72Mbps	14~18Mbps
H.264/AVC	28~36Mbps	7~9Mbps
HEVC	14~18Mbps	3.5~4.5Mbps

〈표 5〉 테스트 시퀀스 및 실험대상 항목

해상도	테스트 시퀀스	프레임수	원 신호 포맷			실험대상 항목
			프레임율	비트심도	컬러 샘플링	
4K (3840x2160)	Lupo_candlelight	600	50P	12	YUV4:4:4	프레임율, 컬러 샘플링
	Rain_fruits	600	50P	12	YUV4:4:4	
Full-HD (1920x1080)	Cactus	500	50P	8	YUV4:2:0	프레임율
	BasketballDrive	500	50P	8	YUV4:2:0	
	BQTerrace	600	60P	8	YUV4:2:0	
HD (1280x720)	Vidyo1	600	60P	8	YUV4:2:0	
	Vidyo4	600	60P	8	YUV4:2:0	

에 사용된 테스트 시퀀스는 다양한 장르의 4K-UHD 테스트 시퀀스가 부족하여 〈표 5〉에 나타난 바와 같이 HD급 비디오부터 4K-UHD 비디오로 구성된 총 7종의 테스트 시퀀스를 이용하였다. 4K-UHD 비디오인 Lupo_candlelight와 Rain_fruits는 EBU가 제공한 시퀀스이며, 나머지 5종은 JCT-VC 표준화에서 이용된 시퀀스이다. 컬러 샘플링 변화에 따른 부호화율 실험은 테스트 시퀀스의 원 신호포맷이 YUV4:2:2 이상으로 획득된 Lupo_candlelight와 Rain_fruits 2종의 콘텐츠에 대해서만 수행하였다. 비트심도 변화에 따른 부호화율 변동은 기 발표된 자료를 참고한다[6]. 동일 화질에 대한 부호화율의 성능 평가 지표는 JCT-VC표준화 기구에서 사용하는 BD-Rate[7]를 이용하였다.

2. 프레임율 변화에 따른 부호화기 성능

4K-UHD 비디오의 프레임율이 30p/25p에서

60p/50p로 높아질 경우 부호화기 성능을 알아보기 위하여 HEVC HM ver. 8.2를 이용하여 〈표 5〉에 나타난 7종의 시퀀스에 대하여 실험을 수행하였다. 60p/50p 프레임율의 시퀀스는 단순히 홀수 또는 짝수번째의 프레임율 제거하는 Frame dropping 방식을 이용하여 30p/25p시퀀스로 변환하였다. HEVC 부호화에 있어 주요 파라미터 값은 〈표 6〉과 같다. Intra 주기, GOP(Group of Picture) 크기는 시간을 기준으로 동일한 조건이 되도록 설정하였다.

실험 결과에 따르면 〈표 7〉에 나타난 바와 같이 프레임율이 30p/25p에서 60p/50p로 증가할 경우, 움직임이 많은 basketballDrive 시퀀스는 약 30% 부호화율이 증가하였으며, 상대적으로 움직임이 적은 나머지 시퀀스에 대해서는 약 6~18% 정도의 부호화율이 증가함을 알 수 있다. 또한 비디오 해상도가 달라도 프레임율 변화에 따른 부호화율 변동은 거의 차이가 없는 것으로 확인되었다.

〈표 6〉 HEVC 부호화 주요 파라미터 값

프레임율	컬러샘플링	비트심도	QP	Intra 주기	GOP 크기	참조영상 수	Active 참조영상 수
60p/50p	YUV4:2:0	8bits	22, 27, 32, 37	64 frames	32 frames	최대 6개	2개
30p/25p				32 frames	16 frames	최대 5개	2개

3. 비트심도 변화에 따른 부호화기 성능

4K-UHD 콘텐츠의 비트심도가 8bits에서 10bits로 높아질 경우 부호화기 성능은 JCT-VC 기고서로 제출된 참고문헌 [6]에 나타난 부호화율을 참고하였다. 참고문헌 [6]에 따르면 랜덤 액세스가 가능 한 클래스에서 10bits 신호가 8bits 신호 대비 평균

2.5% 정도의 부호화율이 감소되었음을 알 수 있다. 이는 10bits의 신호가 8bits의 신호보다 더 정확한 움직임 예측 및 보상이 이루어짐에 따라 잔차 신호의 에너지가 더욱 작게 형성되고, 이러한 상태에서 양자화는 비트심도에 상관없이 동일하게 적용될 수 있기 때문에 비트심도가 증가함에도 불구하고 부호화율이 오히려 감소하게 된 것으로 판단된다.

〈표 7〉 프레임율 변화에 따른 부호화율 비교

Test Sequences	30P/25P		60P/50P		BD	
	Bitrate (kbps)	PSNR-Y	Bitrate (kbps)	PSNR-Y	PSNR mode	rate mode (%)
Lupo_candlelight	16,054.91	38.03	17,164.57	37.912	-0.1077	18.35
	2,811.81	37.42	3,156.65	37.408		
	1,210.48	36.699	1,357.62	36.698		
	612.63	35.680	691.29	35.695		
Rain_fruits	14,187.28	40.66	15,572.22	40.598	-0.1474	5.89
	6,311.29	39.093	6,687.19	39.085		
	3,106.05	37.035	3,243.01	37.040		
	1,613.38	34.827	1,682.43	34.827		
BasketballDrive	8,607.00	38.709	10,862.35	38.452	-0.6847	30.25
	3,379.97	36.868	4,276.13	36.755		
	1,610.29	34.765	2,005.53	34.712		
	858.50	32.655	1,049.53	32.640		
BQTerrace	15,812.02	36.795	18,631.29	36.306	-0.2697	17.82
	3,872.01	34.866	4,205.54	34.744		
	1,476.70	33.473	1,567.59	33.439		
	719.79	31.760	756.81	31.762		
Cactus	8,933.35	38.051	10,383.02	37.854	-0.4222	18.22
	3,394.45	36.315	3,938.54	36.256		
	1,614.56	34.210	1,857.01	34.195		
	843.56	32.001	962.14	31.995		
Vidyo1	1,165.95	43.190	1,295.79	43.042	-0.3293	10.05
	543.11	41.234	586.01	41.149		
	291.46	38.915	312.75	38.887		
	166.54	36.373	179.19	36.366		
Vidyo4	1,229.07	42.931	1,388.77	42.660	-0.4513	14.58
	549.12	40.924	602.53	40.740		
	289.40	38.598	315.93	38.524		
	162.45	36.149	177.47	36.118		
average					-0.1276	16.45

4. 컬러 샘플링 변화에 따른 부호화기 성능

4K-UHD 콘텐츠의 컬러 샘플링이 YUV4:2:0에서 YUV4:2:2로 바뀔 경우 부호화기 성능을 알아보기 위하여 H.264/AVC JM ver.14.1을 이용하였으며, <표 5>에 나타난 시퀀스 중에서 원 신호포맷이 YUV4:2:2 이상으로 획득된 Lupo_candlelight와 Rain_fruits 2종에 대하여 실험을 수행하였다. 현재 HEVC HM 은 YUV4:2:2 부호화를 지원하지 않아 H.264/AVC JM을 이용하였다. 본 실험에서 시퀀스의 프레임율 및 비트심도는 각각 50p, 8bits로 하였다.

<표 8>에 나타난 바와 같이 실험결과에 따르면 휘도성분의 PSNR을 기준으로 YUV4:2:0신호와 YUV4:2:2 신호를 비교했을 때 부호화율이 평균 5% 정도 증가함을 알 수 있었다.

컬러 샘플링의 변화는 색차성분인 U, V 값이 증가하는 것이므로, PSNR은 휘도성분과 색차성분의 평균값인 $PSNR_{YUV} = (6 * PSNR_Y + PSNR_U + PSNR_V) / 8$ 을 기준으로 부호화율 변동을 계산하는 것이 보다 바람직할 것으로 판단된다. <표 9>는 PSNR_YUV 기준으로 YUV4:2:0 대비

YUV4:2:2 부호화율 변동을 나타낸 것으로 PSNR_Y를 기준으로 할 때와는 달리 오히려 평균 6% 부호화율이 감소하는 것을 알 수 있다. 또한, 참고문헌 [8]에서 나타난 실험결과에서도 YUV4:2:2 포맷이 YUV4:2:0 포맷에 대하여 부호화율이 감소한다는 것을 확인할 수 있다.

5. 비디오 부호화기 성능을 고려한 4K-UHDTV 서비스에 요구되는 전송용량

최근 DVB에서는 CM(Commercial Module)-UHDTV를 발족하여 실제 UHDTV 방송서비스를 위한 상업적 요구사항 도출을 진행하고 있으며, 그 일환으로 4K-UHDTV 서비스 예상 시기에 대하여 설문조사를 실시한 바 있다. 전세계 21개 기관이 응답한 설문조사 결과를 바탕으로 예상한 서비스 일정을 지난 3월에 공지하였는데, 우선적으로 4K-UHDTV 디스플레이 및 HDMI 인터페이스가 2014년경에 시장에 가용하며, 위성/IP 기반의 4K-UHDTV 서비스가 2015년, 지상파/DCATV 기반의 4K-UHDTV 서비스는 2016년쯤에 이루어질 것으로 예상하였다. 종합해 보면, 4K-UHDTV 방송 서

<표 8> 휘도성분 PSNR 기준 컬러 샘플링 변화에 따른 부호화율 비교

Test Sequences	YUV4:2:0		YUV4:2:2		BD	
	Bitrate (kbps)	PSNR-Y	Bitrate (kbps)	PSNR-Y	PSNR mode (dB)	rate mode (%)
Lupo_candlelight	65,721.26	38.110	68,085.13	38.110	-0.0307	5.79
	6,892.19	37.380	7,202.42	37.380		
	2,946.89	36.450	3,141.82	36.45		
	1,519.25	35.170	1,615.49	35.170		
Rain_fruits	36,253.53	40.800	38,159.58	40.800	-0.1353	4.69
	15,209.82	39.250	15,802.58	39.240		
	8,038.75	37.130	8,402.54	37.120		
	4,693.33	34.520	4,893.92	34.510		
average					-0.0830	5.24

〈표 9〉 휘도성분 및 색차성분의 평균PSNR 기준 컬러 샘플링 변화에 따른 부호화율 비교

Test Sequences	YUV4:2:0		YUV4:2:2		BD	
	Bitrate (kbps)	PSNR-YUV	Bitrate (kbps)	PSNR-YUV	PSNR mode (dB)	rate mode (%)
Lupo_candlelight	65,721.26	40.298	68,085.13	40.314	0.0822	-9.11
	6,892.19	39.429	7,202.42	39.558		
	2,946.89	38.304	3,141.82	38.591		
	1,519.25	36.864	1,615.49	37.279		
Rain_fruits	36,253.53	42.171	38,159.58	42.274	0.0840	-2.80
	15,209.82	40.555	15,802.58	40.723		
	8,038.75	38.488	8,402.54	38.769		
	4,693.33	36.074	4,893.92	36.426		
average					0.0831	-5.95

〈표 10〉 전송표준 기술별 전송률

방송매체	전송표준 기술	전송률 (6MHz 대역폭 기준)
지상파	ATSC	19.39Mbps
	DVB-T2	3.73~37.73Mbps (일반적으로 30Mbps)
케이블	DVB-C2	최대 62 Mbps
위성	DVB-S2	67Mbps (8PSK 사용 기준)

비스는 향후 2~3년 이내인 2015년을 전후해서 이루어질 것으로 예상된다. 따라서 2015년경을 기점으로 해서 지상파, 케이블, 위성 방송에서 사용 가능한 전송 표준 기술과 해당 전송률을 살펴 보면 〈표 10〉과 같이 예상할 수 있다.

한편, 3.2절에서 3.4절에 기술한 결과를 바탕으로 프레임율, 비트심도, 컬러샘플링에 따른 HEVC 부호화율 간의 관계를 정리하면 다음과 같이 요약할 수 있다.

- ① 프레임율이 30p/25p에서 60p/50p로 증가하면, 부호화율은 평균 20%¹⁾ 정도 증가한다.
- ② 비트심도가 8bits에서 10bits로 변하면, 부호화율은 2% 정도 감소한다.

③ 컬러샘플링이 YUV4:2:0에서 YUV4:2:2로 변하면, 부호화율은 6% 정도 감소한다.

따라서 상기 결과를 바탕으로 4K-UHD 비디오의 주요 신호포맷에 대한 HEVC 부호화율을 추정해 보면 〈표 11〉과 같은 결과를 얻을 수 있다. 결국 HEVC 부호화 방식을 적용하였을 때 4K-UHD 비

〈표 11〉 4K-UHDTV 서비스에 요구되는 HEVC 부호화율

4K UHD 비디오 주요 신호포맷	부호화율(Mbps)
30p/25p, 8bits, YUV4:2:0	14~18Mbps
30p/25p, 10bits, YUV4:2:0	13.5~17.5Mbps
30p/25p, 8bits, YUV4:2:2	13~17Mbps
60p/50p, 8bits, YUV4:2:0	16.8~21.6Mbps
60p/50p, 10bits, YUV4:2:2	16.2~21Mbps

1) 표 7의 실험 결과에 따르면 평균 16% 정도 증가하는 것으로 나타났으나, 실험에 사용된 테스트 시퀀스의 특성이 움직임이 많지 않은 점을 고려하여 증가 폭을 상향 조정하였음

디오 부호화율은 14~21Mbps 정도가 필요함을 알 수 있다. 그리고 HDTV와 비교했을 때 확연히 나은 화질을 보장하기 위해서는 60p를 기본적으로 고려하는 것이 바람직하고, 또한 움직임이 많은 영상의 특성을 충분히 고려했을 때에는 최소 16~21Mbps 이상의 부호화율이 필요할 것으로 예상된다.

그리고 4K-UHDTV 방송 서비스를 위해서는 비디오 신호뿐만 아니라 오디오 신호, 부가데이터, 프로그램 정보, 다중화 시 발생하는 Null 정보를 추가적으로 전송해야 한다. 이들 추가 정보에 대한 데이터 전송률을 산정해 보면, 10.2 채널 오디오 신호에 1.4Mbps, 부가데이터에 0.7Mbps, 프로그램 정보에 0.2Mbps, Null 정보에 0.2Mbps를 고려하면 모두 2.5Mbps가 추가로 요구된다. 따라서 비디오 신호와 추가 정보를 모두 합산하면 4K-UHDTV 방송 서비스를 위해서 필요한 전체 데이터 전송률은 최소 18.5~24Mbps 이상이 되어야 할 것으로 예상된다.

결론적으로 방송매체 별 가용한 전송대역폭(전송률)과 4K-UHDTV 방송 서비스를 위해 요구되는 데이터 전송률을 종합적으로 고려해 보면, 케이블 및 위성 방송은 4K-UHDTV 방송 서비스를 위한 전송대역폭이 충분한 것으로 판단되고, 지상파 방송도 DVB-T2 전송 방식을 사용하는 경우에는 전송대역폭에 문제가 없을 것으로 예상된다. 반면 기존 ATSC 전송 방식을 통해서는 충분히 좋은 화질의 4K-UHDTV 방송 서비스를 제공하기에는 전송

대역폭이 부족하다고 예상할 수 있다.

IV. 결론

세계 여러 기관에서 4K-UHDTV 방송 서비스 시기를 2~3년 후인 2015년경으로 예측하고 있다. 이는 4K-UHDTV 방송 서비스가 먼 미래가 아니라 가까운 미래에 현실로 다가왔음을 의미하고, 이는 4K-UHDTV 방송 서비스 도입을 위해 요구되는 기술 및 표준 개발이 무엇보다 중요한 시기임을 말한다.

이에 본 고에서는 4K-UHDTV 방송 서비스에 적절한 비디오 신호규격의 프레임율, 비트심도 및 컬러 샘플링의 파라미터 값을 선정함에 있어서 최소한의 근거자료가 될 수 있는 비디오 부호화기 성능을 분석하였다. 하지만, 본 고에서 예측한 부호화기 성능은 실험 데이터의 한계로 인해 기존 HDTV 화질을 기준으로 가정하여 예측한 값이므로, 전반적인 경향을 파악할 수는 있어도 정확한 파라미터 값을 선정하기에는 부족할 수 밖에 없다. 따라서 향후에는 UHDTV 방송을 50인치 이상의 대화면 TV에서 시청자가 볼 것이라는 점을 고려하여 HDTV 화질 기준이 아니라 더욱 고품질의 화질을 기준으로 삼을 필요가 있고, 또한 더욱 다양한 특성의 테스트 시퀀스를 대상으로 객관적 화질 평가를 포함해서 주관적 화질 평가까지 종합적인 연구가 필요한 것으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] 조속희, 전동산, 최진수 "UHDTV 기술 및 표준화 현황", TTA저널, 제140권, pp.49-54, 2012년 3월
- [2] Recommendation ITU-R BT.2020, "Parameter values for ultra-high definition television systems for production and international programme exchange," Oct. 2012
- [3] SMPTE, "Ultra High Definition Television - Image Parameter Values for Program Production," SMPTE 2036-1, 2009
- [4] SMPTE, "Ultra High Definition Television - Audio Parameter Values for Program Production," SMPTE 2036-2, 2008
- [5] <http://www.nhk.or.jp/strl/open2008/english/index.htm>
- [6] JCTVC-J0236, "Comparison of Compression Performance of HEVC Draft 7 with AVC High Profile," Stockholm, SE, July 2012
- [7] G. Bjontegaard, "Calculation of Average PSNR Differences between RD curves", VCEG Contribution M33, April 2001
- [8] <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/penton/be0608/index.php?startid=32>, June 2008

필자 소개



조 속 희

- 1993년 2월 : 부경대학교 전자계산학과 이학사
- 1996년 2월 : 부경대학교 전자계산학과 이학석사
- 1999년 9월 : 요코하마국립대학교 전자정보통신공학과 공학박사
- 2004년 11월 ~ 2005년 10월 : 캐나다 CRC 객원연구원
- 1999년 11월 ~ 현재 : ETRI 영상미디어연구실 책임연구원
- 주관심분야 : 3D/UHD 비디오 코덱 및 시스템 기술



김 제 우

- 1997년 2월 : 서울시립대학교 제어계측공학과 공학사
- 1999년 2월 : 서울시립대학교 제어계측공학과 공학석사
- 1999년 1월 ~ 현재 : 전자부품연구원 멀티미디어IP연구센터 책임연구원
- 주관심분야 : 멀티미디어 코덱 및 3D/UHDTV 방송 시스템 기술



최 진 수

- 1990년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학석사
- 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학박사
- 1996년 5월 ~ 현재 : ETRI 영상미디어연구실장 책임연구원
- 주관심분야 : 실감미디어 코덱 및 시스템 기술