정규논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제18권 제4호, 2013년 7월 (JBE Vol. 18, No. 4, July 2013)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2013.18.4.572>

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

DVB-T2기반으로 지상파 UHDTV방송과 직접수신환경 구축 연구

박 성 규^{a)}, 조 영 준^{a)}, 김 동 우^{a)}, 박 구 만^{b)†}

A Study on Terrestrial UHDTV Broadcasting and Construction of Direct Reception Environment by DVB-T2

Sung-Kyu Park^{a)}, Young-Joon Jo^{a)}, Dong-Woo Kim^{a)}, and Goo-Man Park^{b)†}

요 약

본 논문에서는 지상파방송 무선전송 환경에서 4K-UHDTV 혹은 8K-UHDTV 및 UHD-3DTV 등 차세대방송 구현 및 효과적인 수신환경 구축 가능성을 현재 상용화된 전송방식 중 DVB-T2 기술을 중심으로 제안하였다. 특히, 2012년 완료된 지상파방송 디지털전환에 이어 또다시 UHDTV방송을 위한 차세대방송 투자와 전환의 성공조건으로 초고화질 영상 전송 외에도 TV뿐만 아니라 개인형 멀티미디어 단말기에서도 수신 가능한 직접수신과 실내수신 및 언제 어디서나 자유로운 수신환경 제공도 매우 중요함을 강조하고 있다. 본 논문에서는 UHDTV방송 구현 시 효율적인 주파수 활용과 효과적인 수신환경 구축방안을 찾는데 목적을 두고 있다. 아울러 DVB-T2 전송방식이 가지고 있는 SFN 기능 및 강력한 수신오류정정 능력을 이용하여 VHF대역과 UHF대역 등 2개의 서로 다른 주파수에 의한 SFN 송출망 구성 방법을 제시하고, SFN 소출력중계기 및 가정용 Gap Filler를 활용한 자유로운 무선수신환경 구축 방안을 제안하고 있다. 그 외 10MHz 폭 채널을 이용한 UHDTV방송 효과와 주파수 소요량을 제시한다.

Abstract

In this paper, 4K-UHDTV or 8K-UHDTV and UHD-3DTV that the next generation broadcasting implementation and the possibility of direct receiving environment construction is analyzed on the terrestrial broadcasting. Particularly, we investigated the possibility by analyzing the previous and related works with regard to UHDTV transmission by DVB-T2 that is one of the best commercialized transmission mode. In order that the UHDTV broadcasting succeeds once again after completion of digital terrestrial switch over at the end of 2012, the ultra high resolution image transfer is important. However, the direct, the indoor and ubiquitous receiving environment is important in not only TV but also the personal type multimedia terminal in the sense of UHDTV service penetration. Therefore, in this paper, by using SFN and high error-correcting mode in DVB-T2 standard, the efficient frequency utilization and effective reception environment construction is illustrated. Particularly, SFN network constitution by 2 mutually different frequencies including the VHF bandwidth and UHF band, and etc. is shown. And the method that builds the free wireless receive environment by using SFN low power radio repeater and for home use gap filler is proposed. And the effect and frequency amount required are presented, when UHDTV broadcasting use 10MHz bandwidth.

Keyword : DVB-T2, UHDTV, SFN, Gap Filler, Next Generation broadcasting

I. 서 론

2012년 12월 31일 디지털전환 이후 지상파방송은 HDTV 품질의 완전한 디지털환경을 맞이하게 되었다. 아날로그 방송이 이제 막 종료되었지만 방송기술은 벌써 UHDTV (Ultra HDTV)를 비롯하여 UHD 3DTV와 22.2채널 완전 입체음향 서비스 등 차세대방송이 가능할 정도로 기술적 진화를 보이고 있다. 그 외에도 고화질 영상 구현을 위해 초당 30프레임에서 60프레임 혹은 120프레임으로 프레임 수를 늘리는 실험이 이루어지고 있고, 컬러샘플도 화소당 8비트에서 10비트 혹은 12비트 표현으로 더욱 사실감을 높이고 있다. 그러나 이렇듯 초고품질 영상과 음향으로의 진화는 기하급수적으로 늘어나는 데이터 용량으로 인해 새로운 압축방식과 전송방식의 개발과 도입을 필요로 하며, 좀 더 넓은 폭의 채널이용을 요구하고 있다. 그러므로 새로운 주파수의 확보와 주파수의 효율적 이용은 차세대방송에서 또 하나의 중요한 수단과 목표라고 말할 수 있다.

그 외에도 차세대방송은 새로운 투자와 노력에 대한 이용자의 호응을 얻기 위해서는 영상의 품질 향상만 필요한 것이 아니라, 시청자의 수신환경을 크게 개선할 수 있는 방안에 대한 연구 역시 중요하게 인식되고 있다. 그러나 초고 화질의 품질 추구하고 높은 수신능률을 추구하는 2가지 목표 모두를 이루기 위해서는 전송방식의 특성과 채널당 전송용량의 한계로 인해 서로 양보되어야 하고 타협되어야 할 부분이 있으므로 신중한 절충이 필요하다.

최근 대용량 데이터의 압축방법으로 새로운 HEVC(High Efficiency Video Coding) 압축표준이 2013년 1월 발표되었다. 전송방식으로는 DVB-T2 전송방식이 현재 유일하게 UHDTV를 전송할 수 있는 지상파 전송방식으로 우리나라

와 미국 등에서 실험방송에 이용되고 있다. 그 외에도 향후 UHDTV 전송을 위한 국제표준을 만들기 위해 2011년 11월 11일 중국 상하이에서 FoBT(Future of Broadcast Television) 국제협력기구가 결성되었고, 미국 역시 2012년부터 추진하고 있는 ATSC3.0 규격에 2013년 3월 UHDTV 전송과 모바일방송을 위한 새로운 제안을 받기 시작하였다. 한편 주파수의 효율적 이용방안으로 여러 가지 형태로 SFN (Single Frequency Network) 전송망 구성이 연구되고 있고, 주파수 확보 방안으로 곧 디지털전환 이후 정부에 반납해야 할 700MHz대역 주파수와 VHF 상위대역 주파수를 UHDTV방송용으로 재활용할 수 있기를 요구하고 있다.

본 논문에서는 전송신호의 강인한 수신능률과 SFN (Single Frequency Network) 기능을 가진 DVB-T2 기술의 특징 연구를 통하여 초고화질 영상전송 목적과 자유로운 직접수신환경 구축 목표 등 모두를 만족시킬 수 있는 기술적 가능성을 찾는 데 목적을 두고 있다. 특히 VHF 대역과 UHF 대역 등 2개의 주파수 대역을 이용한 SFN 송신망 구성 방법과 극소출력중계기 및 가정용 갭필러(Gap Filler) 사용으로 방송사와 시청자의 공동 노력에 의한 직접수신과 실내수신 및 자유로운 수신환경 구축 방안을 제시하고 있다. 그 외에도 우수한 전파능력을 가진 VHF 주파수 이용으로 무선기반 지상파방송의 특징을 최대한 활용하며, 향후 방치되거나 철거될 수 있는 공동주택용 VHF안테나 시설을 계속 사용함으로써 국가적 낭비를 줄이는 효과를 강조하고 있다. 또 우수한 UHDTV 품질과 편리한 수신환경을 동시에 만족시키면서 향후 8K-UHDTV방송 도입에도 유연하게 대처할 수 있는 기술적 방안으로 10MHz폭 채널환경 채택과 UHDTV방송 활용을 제안한다.

II. 차세대방송 전송기술

1. 차세대방송 성공요소

차세대방송을 위한 투자와 노력이 성공하고, 시청자의 호응을 얻기 위해서는 다음의 요소에 대한 준비가 필요하다. 첫째, UHDTV와 UHD-3DTV 등 지금의 HDTV보다 월

a) 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원(Seoul National University of Science and Technology, Graduate School of Public Policy and Information Technology)

b) 서울과학기술대학교 전자HT미디어공학과(Seoul National University of Science and Technology, Dept. Electronics and IT Media Engineering)

* Corresponding Author : 박구만(Goo-Man Park)

E-mail: skpark@sbs.co.kr

Tel: +82-2-2651-3967

※ 이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.
· Manuscript received January 22, 2013 Revised May 6, 2013 Accepted June 5, 2013

등하고 획기적인 품질의 진화가 필요하다. 둘째, HD 다채널 혹은 UHD 다채널방송 등 고품질 다채널 서비스로 시청자의 프로그램 선택권의 확장이 이루어져야 한다. 셋째, 직접수신과 실내수신 등 수신환경이 획기적으로 개선되어 TV뿐만 아니라 언제 어디서나 다양한 수신기로 자유로운 수신이 가능해야 한다. 넷째, SFN 기능으로 주파수의 절약과 효율적 활용이 이루어져야 한다. 다섯째, 데이터방송과 T-커머스 등 다양한 부가서비스 제공은 서비스 초기부터 준비되어 추가 장비의 도움 없이도 이용이 가능해야 한다. 여섯째, 보편적 서비스와 재난·재해방송 수신을 위해 송신에서 수신까지 무선에 의한 수신환경 구축 의지가 필요하다. 일곱째, UHDTV 단말기와 주위의 다양한 디스플레이를 서로 무선으로 연결시켜 언제 어디서나 쉽고 편리하게 시청할 수 있어야 한다. 여덟째, 차세대방송 수신 칩을 탑재한 개인형 스마트 수신기와 멀티미디어 기기의 개발과 확산 노력이 필요하다고 볼 수 있다.

2. UHDTV 품질 규격

UHDTV를 위한 차세대방송이란 <표 1>에서 보듯이 지금의 HDTV(1920x1080/60i) 품질보다 최소 4배 이상 고해상도의 4K-UHDTV(3840x2160) 영상 혹은 16배 이상 초고해상도의 8K-UHDTV(7680x4320) 고품질방송이 목표가

되고 있다. 그러나 방송은 아무리 좋은 화면일지라도 수신이 잘되어야 하는 것이 더 중요하므로 시청자 수신환경 개선이 차세대방송의 또 다른 목적과 수단이 되어야 한다.

3. UHDTV영상 압축기술

UHDTV 영상의 대용량 데이터 압축기술로 현재 HDTV와 통신 및 각종 멀티미디어기기에 사용하고 있는 MPEG-2 압축과 H.264/AVC 압축기술을 대신하여, 올해 2013년 1월 25일 ITU와 ISO/IEC가 발표한 H.265 일명 HEVC(High Efficiency Video Coding)¹⁾ 표준에 기대를 걸고 있다¹⁾. HEVC는 MPEG-2보다 4배 이상 압축기능을 가지며, H.264/AVC보다는 2배 이상 압축효과를 목표로 만들어진 고효율 동영상 압축기술이다. HEVC 압축은 8K-UHDTV, 120p 해상도까지 부호화가 가능하도록 표준이 진행 중이다.

4. UHDTV방송 전송방식과 실험방송

UHDTV방송을 위한 전송방식으로는 현재 유럽을 비롯하여 아프리카와 아시아 등 약 60개국에서 HD다채널 방송용으로 이미 상용화가 이루어진 DVB-T2 전송방식이 유일하며, 2012년 10월부터 국내 UHDTV방송 실험에도 이용되고 있다²⁾. 최근 2013년 2월 미국에서도 DVB-T2방식의

표 1. UHDTV와 HDTV의 주요 특성 비교 (출처 : SMPTE 2031-1,2)

Table 1. Comparison of the UHDTV and HDTV characteristic (source : SMPTE 2031-1,2)

구분	서비스 규격		HDTV	비고	관련표준
	4K	8K			
화소수	3,840 × 2,160	7,680 × 4,320	1,920 × 1,080	4K 4배, 8K 16배	ITU-R BT.1769, BT.1361 (colorimetry)
주사율	60 Hz(60 progressive)		30Hz	2배	
화소당 비트수	24 ~ 36 bits		24 bits	1~1.5배	
샘플링형식	4:4:4, 4:2:2, 4:2:0		4:2:0	1~2배	
가로세로비	16:9		16:9	동일	SMPTE2036-2
오디오채널수	10.1 ~ 22.2		5.1	2~4.4배	
수평시야각	55°	100°	30°	3.3배	
시청거리	1.5H	0.75H	3H	H:화면높이	

1) HEVC(High Efficiency Video Coding)는 MPEG과 VCEG가 공동으로 연구한 차세대 동영상 압축부호화 명칭으로 2013년 1월25일 표준화가 완료되었으며, ITU-T H.265, ISO/IEC 23008-2 HEVC로 명명되었다.

2) KBS, MBC, SBS, EBS 지상파방송사들은 2012년 4월 차세대방송 초기실험을 할 것을 합의하였으며, KBS는 방통위로부터 2012년 7월 실험용주파수 사용을 허가받아, 2012년 10월부터 KBS가 관악산 채널 66번을 통하여 DVB-T2 전송방식과 HEVC 압축 코덱으로 UHDTV를 비롯한 차세대방송 실험방송을 시작하였다.

로 UHDTV방송 실험이 허가되었다³⁾).

ATSC의 경우 2012년 2월 ATSC3.0 개발 계획을 발표하면서 ATSC3.0은 기존의 방송시스템과 호환성을 유지하지 않을 것이며, 그 대신 시스템의 성능과 기능에서 높은 효율성을 제공하고, 제작 시스템과의 상호운용성과 방송 외 유통시스템도 고려한 방식 개발에 들어갔다⁴⁾. ATSC는 2013년 8월 13일까지 UHDTV 전송과 모바일 수신을 모두 만족할 수 있는 기술에 대한 1차 초기제안서를 받고 있다.

한편 FoBTv는 2011년 11월 유럽과 미국과 중국, 일본, 한국 등 많은 나라가 참여하여 UHDTV 차세대방송의 공통규격을 마련하자는 취지로 중국 상하이에서 1차 정상회의가 개최되었다⁵⁾. FoBTv는 방송, 가전, 네트워크 기술의 융합이 빠르게 진행되고 있는 현실에서 글로벌 협력을 통해 기술을 서로 공유하기 위한 목적으로, ATSC, DVB, EBU, NAB, IEEE, ETRI, PBS, NHK, CRC, NERC, Rode Globo 등 방송관련 중요단체 및 연구소가 참여하여 방송의 미래를 위한 공동전략 개발을 논의하고 있다.

일본은 처음으로 UHDTV방송과 관련하여 카메라와 디스플레이 개발을 시작한 나라이다. 지난해 2012년 런던 올림픽 때에는 런던과 일본을 실험용 IP망으로 연결하여 8K-UHDTV 영상 전송도 성공하였다. 최근 NHK에서는 고차원 QAM변조와 동시에 두 개의 수평, 수직 편파를 이용하는 MIMO방송을 실험하였다. 실험결과를 보면 4096 QAM, 3/4 부호화율, 이중편파를 사용할 때 73Mbps의 전송속도로 100m거리를 전송하였다²⁾.

국내에서는 2012년 10월 세계 최초로 DVB-T2 전송방식으로 관악산 66번 실험채널을 통하여 KBS에서 UHDTV

실험방송을 실시하였다. DVB-T2 방식 외에도 ATSC DTV와 하위 역호환성을 위해 16-VSB 전송방식을 사용하자는 의견과 8-VSB 방식 기저대역에 HEVC 신호를 중첩하여 전송하는 다중전송방식을 사용하자는 의견도 일부 있었다. 그러나 16-VSB 방식은 ATSC 전송방식 개발 당시 38.78 Mbps 용량을 전송할 수 있는 케이블TV 전송방식으로 개발된 만큼 노이즈 없는 깨끗한 전송환경에서 사용하는 전송방식이며, 8-VSB와 역호환성도 확보되지 않은 방식이다. 그리고 8-VSB 기저대역을 이용한 HEVC 다중전송방식은 수신가능 C/N값 증가로 높은 송신 출력 증가를 요구하게 됨으로 다양한 실험과 고품질 영상 전송에 한계가 있어 국내 지상파 UHDTV 실험방송에서 제외되었다.

한편 향후 지상파방송으로 8K-UHDTV 방송까지 이루자면 두 개의 채널을 이용한 채널본딩을 이용한 방법도 제안되고 있다³⁾. 이 제안은 <그림 1>과 같이 현재 방송사가 이용하는 채널에 현재와 같이 MPEG-2 압축에 의한 HDTV 방송을 하고, 추가로 할당받은 채널에 HEVC 압축으로 4K-UHDTV 방송을 동시에 방송하게 된다. 그리고 향후 두 채널을 결합하여 8K-UHDTV로 확장한다는 이론이다. 그러나 지상파방송 환경에서 채널본딩은 추가주파수 확보와 SFN 도입 결정을 비롯하여 서로 다른 전송방식간 결합기술 및 채널 재배치와 수신환경 일치 그리고 채널결합 시점 결정 등 고려해야 할 요소가 많을 것으로 보인다.

반면에 동일한 전송방식과 동일 케이블로 전송되는 케이블TV 환경에서의 채널본딩 기술은 2013년 1월 국내 케이블TV 방송사인 CJ헬로비전이 두개의 채널을 결합하여 70Mbps 용량으로 4K-UHDTV 영상전송을 실험에 성공하였다⁶⁾. 케이블방송은 2013년 7월 시범방송을 실시하고, 향후 채널본딩 기술에 의해 200Mbps 전송도 실험할 예정이

-
- 3) 2013년 2월 미국 FCC는 볼티모어에서 싱클레어 그룹의 WNUV-TV가 DVB-T2 전송방식을 이용하여 6개월간 전송실험을 할 수 있도록 허가하였다. (출처 : FCC)
- 4) 2012년 2월 제임스 쿡즈너 ATSC 3.0 기술/표준그룹(TG3) 의장은 UHDTV 등 차세대방송을 위한 ATSC 3.0 기술 및 표준화를 추진할 것임을 발표하였다. (출처 : ATSC저널)
- 5) FoBTv 정상회의는 2011년 11월 10~11일 중국 상하이에서 개최되었다. 중국 국립디지털텔레비전 엔지니어링리서치센터(NERC) 웬쥔 장(Wenjun Zhang) NERC 최고과학위원이 주관을 맡았고, FoBTv 프로그램 위원회 공동대표를 맡은 이안 우(Yiyan Wu) 캐나다 커뮤니케이션 리서치 센터 (Communications Research Centre, CRC) 수석리서치과학위원과 필립 레이븐(Philip Laven) 유럽 디지털 비디오 방송 프로젝트(Digital Video Broadcast Project, DVB) 회장은 이번 정상회의의 주요 세션을 진행하였다. (출처: BW/뉴스)
- 6) CJ헬로비전과 한국전자통신연구원(ETRI)는 2013년 1월 2일 케이블방송망을 활용해 4K급 초고화질방송(UHDTV)의 최대 80Mbps 콘텐츠 전송 실험방송을 채널본딩 방법으로 서울 목동에서 시작하였다. 2013년 7월 17일에는 5개 MSO가 UHD 전용채널을 개설하고 시범방송을 시작하였다.

다. 그리고 2012년 9월 KT스카이라이프는 한국전자통신연구원(ETRI)와 공동으로 천리안 위성을 통하여 Ka-Band에서 UHDTV 전송실험을 한 바 있으며, 방통위는 2013년부터 위성을 통한 4K-UHDTV 시험방송을 추진하고 있다⁷⁾.

그림 1. 채널 본딩에 의한 8K-UHDTV 전송 모델
Fig 1. 8K-UHDTV Model by Channel Bonding

5. UHDTV 방송용 주파수

최근 일본과 영국을 비롯하여 중국, 이탈리아, 미국 등 많은 나라에서 지상파 UHDTV방송을 위해 효과적인 전송 방식 실험과 연구가 이루어지고 있다⁴⁾. 만약 차세대방송이 4K-UHDTV 영상을 넘어서 8K-UHDTV 등으로 진화한다면 전송방식은 더 발전되거나 TV 채널당 주파수폭이 지금의 6MHz 채널 폭보다 훨씬 더 넓은 채널 폭으로 전환이 요구 된다⁵⁾. 현재 전송용량을 높이기 위해 MISO(Multi Input Single Output) 혹은 MIMO(Multi Input Multi Output)기술을 이용한 다중 안테나 전송에 대한 연구가 이루어지고 있다.

그 외에도 차세대방송용 주파수 확보와 효율적 주파수 이용방안도 UHDTV방송 도입의 중요한 변수이다. 디지털전환 이후 채널재배치 계획에 의해 정부에 반납해야 하는 700MHz대역(698~806MHz) 주파수를 정부와 통신은 경매에 의해 이동통신 채널로 할당할 수 있기를 희망하고 있지만, 지상파방송은 이 대역을 난시청해소와 차세대방송용으로 재활용할 수 있기를 요구하고 있다⁶⁾.

III. DVB-T2 전송방식의 특징과 효과

1. DVB-T2 전송기술 활용 개요

이 장에서는 DVB-T2 전송방식과 새로운 HEVC 압축기술을 사용할 때 고품질 영상과 수신환경 개선을 제공할 수 있는 차세대방송의 구현 가능성이 있는지 검토해 보고, 높은 수신능률과 SFN 기능에 의한 난시청해소와 효율적 주파수 사용 방안을 알아본다⁷⁾.

2. DVB-T2 전송방식의 UHDTV방송 가능성

차세대방송에서는 UHDTV방송과 함께 초고품질 3DTV 서비스도 중요한 요소가 된다. 기존 Side-by-Side 3DTV 나 Dual Stream 3DTV방식보다 더욱 선명한 Full-HD급 3DTV 구현이 가능하게 된다. 머지않아 8K-UHDTV 전송이 가능해지면 UHD급 3DTV 화질도 가능하여 시청자는 실제보다 더 실감나는 영상세계에 몰입하게 될 것으로 보인다.

차세대방송용으로 현재 국내 실험에 이용되고 있는 DVB-T2 전송방식의 경우 전송용량이 기존 DVB-T보다 30%이상 크게 늘어났다. 만약 채널 폭이 확대되거나 MISO 혹은 MIMO 등 다중안테나 송수신 기술개발이 이루어진다면 전송용량은 더 늘어날 것으로 예상하고 있다⁸⁾.

<그림 2>에서 보듯이 전송기술의 발달로 인해 채널 전송용량은 점차 늘어나고 있으며, 반대로 압축기술의 발달은 압축된 영상데이터의 용량을 계속 줄이고 있으므로 현재의 기술로도 TV 한 채널에서 HDTV 영상 4개 혹은 4K-UHDTV 영상 1개 정도의 전송은 충분히 가능하게 되었다⁹⁾. <표 2>와 같이 전송 기술의 발달에 의해 향후 4K-UHDTV 4개 혹은 8K-UHDTV 서비스도 지상파 환경에서 가능할 것으로 영국 Ofcom은 예상하고 있다.

7) 2012년 10월 4일 KT스카이라이프는 ETRI와 공동으로 천리안 위성을 이용하여 Ka밴드 30GHz대역 송신과 20GHz대역 수신으로 H.264 압축 UHDTV 영상전송에 성공하였다. (출처 : 아시아투데이)

그림 2. 압축기술과 전송기술의 진화
Fig 2. The evolution of the compression and transmission technology

표 2. 지상파방송 UHDTV 전송 목표 (출처 : Ofcom)
Table 2. Terrestrial Broadcasting of UHDTV (Source : Ofcom)

	UHDTV Required Bit-rate (CBR)	No. UHDTV services in 8MHz channel	Stat Mux Gain	Total video bit- rate	Bit-rate in a 8MHz terrestrial channel	Residual bit-rate for audio, SI, etc.
Pessimistic	34.6 Mb/s	1	0%	34.6 Mb/s	35.9Mb/s	1.3 Mb/s
Most Probable	23.4 Mb/s	2	8%	43.1 Mb/s	43.1Mb/s	0.04 Mb/s
Optimistic	17.7 Mb/s	4	15%	60.1 Mb/s	71.8Mb/s	11.7 Mb/s

3. 수신환경 개선

DVB-T2는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 전송기술의 특성상 대용량 영상데이터 전송과 높은 수신능률 사이에서 어느 한쪽에 무게를 두면 다른 한쪽에서는 손해가 발생하는 특징이 있기 때문에 선택의 고민을 필요로 하는 트레이드오프 상황을 DVB-T와 DVB-T2 특성 비교표를 통해 검토해 본다.

<표 3>의 DVB-T와 DVB-T2의 특성비교표에서 수신이

가능한 C/N(Carrier/Noise)값을 약 20dB의 동일한 C/N값 기준으로 봤을 때 DVB-T (64 QAM, 2/3) 모드의 데이터 레이트는 약 20~24Mbps이고 DVB-T2(256QAM, 2/3) 모드의 경우는 약 33~36Mbps로 증가하므로 대용량 데이터 전송에 효과가 있음을 알 수 있다. 반대로 전송할 수 있는 데이터 레이트를 20Mbps로 고정하면 DVB-T(64QAM, 2/3) 모드에서는 C/N값이 19.3dB 이고, DVB-T2(16QAM, 5/6) 모드에서는 C/N값이 14.4dB으로 약 5dB정도 낮아졌으므로 QAM변조 모드와 C/N값 모두에서 DVB-T2가 수신

표 3. DVB-T와 DVB-T2 : C/N과 데이터 레이트 (출처 : DVB)

Table 3. DVB-T and DVB-T2 : C/N and Data rate (source : DVB)

DVB-T					DVB-T2				
		C/N (dB)	Useful data rate (Mbit/s)				C/N (dB)	Useful data rate (Mbit/s)	
Modulation	Code rate	Rayleigh channel	GI = 1/4 (8K)	GI = 1/32 (8K)	Modulation	Code rate	Rayleigh channel	GI = 1/8 (16K)	GI = 1/32 (16K)
QPSK	1/2	5.4	5.0	6.0	QPSK	1/2	1.8	6.2	6.8
QPSK	2/3	8.4	6.6	8.0	QPSK	2/3	4.6	8.3	9.1
QPSK	3/4	10.7	7.5	9.1	QPSK	3/4	5.9	9.4	10.2
QPSK	5/6	13.1	8.3	10.1	QPSK	5/6	7.2	10.4	11.4
16-QAM	1/2	11.2	10.0	12.1	16-QAM	1/2	7.3	12.5	13.6
16-QAM	2/3	14.2	13.3	16.1	16-QAM	2/3	10.5	16.7	18.2
16-QAM	3/4	16.7	14.9	18.1	16-QAM	3/4	12.2	18.8	20.5
16-QAM	5/6	19.3	16.6	20.1	16-QAM	5/6	14.4	20.9	22.8
64-QAM	1/2	16.0	14.9	18.1	64-QAM	1/2	11.7	18.7	20.4
64-QAM	2/3	19.3	19.9	24.1	64-QAM	2/3	15.4	25.0	27.9
64-QAM	3/4	21.7	22.4	27.1	64-QAM	3/4	17.5	28.2	30.7
64-QAM	5/6	25.3	24.9	30.2	64-QAM	5/6	19.9	31.3	34.1
256-QAM	1/2	-	-	-	256-QAM	1/2	15.4	25.0	27.3
256-QAM	2/3	-	-	-	256-QAM	2/3	20.0	33.4	36.5
256-QAM	3/4	-	-	-	256-QAM	3/4	22.5	37.6	41.0
256-QAM	5/6	-	-	-	256-QAM	5/6	25.3	41.9	45.6

능률을 올리는데 효과가 있음을 확인할 수 있다.

4. DVB-T2 전송용량 증가와 적용 사례

<표 4>을 보면 영국의 경우 DVB-T방식에서는 8MHz 채널에서

평균 24Mbps정도의 비트레이트를 전송하고 있으며, DVB-T2 방식으로는 약 40Mbps의 비트레이트 전송을 확인할 수 있다. 실제 DVB-T와 DVB-T2 적용 사례를 보면, 영국에서 DVB-T를 MFN으로 이용하고 있다. DVB-T 파라미터는 (64-QAM, 2K mode, coding rate 2/3, guard inter-

표 4. DVB-T와 DVB-T2를 특성 비교 (출처 : Wikipedia)

Table 4. Comparison of DVB-T and DVB-T2 characteristic (source : Wikipedia)

	DVB-T	DVB-T2 (new/improved options in bold)
FEC	Convolutional Coding+Reed Solomon 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	LDPC + BCH 1/2, 3/5 , 2/3, 3/4, 4/5 , 5/6
Modes	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Guard Interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128 , 1/8, 19/256 , 1/16, 1/32, 1/128
FFT Size	2k, 8k	1k , 2k, 4k , 8k, 16k , 32k
Scattered Pilots	8% of total	1%, 2%, 4% , 8% of total
Continual Pilots	2.6% of total	0.35% of total
Bandwidth	6, 7, 8 MHz	1.7 , 5 , 6, 7, 8, 10 MHz
Typical data rate (UK)	24 Mbit/s	40 Mbit/s
Max. data rate (@20 dB C/N)	29 Mbit/s	47.8 Mbit/s
Required C/N ratio (@22 Mbit/s)	16.7 dB	8.9 dB

val 1/32)를 사용하여 24.13Mbps로 전송하고 있으며, DVB-T2의 경우에는 동일 환경에서 (256-QAM, 32k, coding rate 3/5, guard interval 1/128)를 사용하여 전송용량을 35.4Mbps로 전송함으로써 약 46.5% 정도 데이터를 증가하여 서비스하고 있다.

또 다른 예로 이태리의 경우를 보면 DVB-T방식으로 SFN을 구성하여 사용하고 있다. DVB-T 사용 파라미터는 (64-QAM, 8k, coding rate 2/3, guard interval 1/4)를 사용하여 19.91Mbps를 전송하고 있으며, DVB-T2의 경우 동일 조건에서 (256-QAM, 32k, coding rate 3/5, guard interval 1/16)을 사용하고 있어 이 경우 전송 비트레이트는 33.3Mbps로 약 67% 증가하여 서비스되고 있다^[10].

5. DVB-T2 신호의 강인성 (Robustness)

앞서 보여준 <표 4>를 통해 DVB-T와 DVB-T2 신호의 강인성을 비교 분석해 보면 동일한 수신환경으로 C/N값을 20dB로 동일하게 고정시켰을 때 DVB-T의 경우는 29Mbps 용량을 전송할 수 있었지만, DVB-T2의 경우는 47.8Mbps

용량을 전송할 수 있음을 보여주고 있다. 반대로 전송용량을 22Mbps로 동일하게 고정시켰을 때 요구되는 C/N비를 보면 DVB-T는 16.7dB이고, DVB-T2는 8.9dB 값이 요구됨을 알 수 있다. 즉 DVB-T2의 전송신호가 DVB-T 신호에 비해 약 7.8dB정도 더 강인함을 보여주고 있다.

<그림 3>은 그래프 위에 그려진 그림처럼 옥외고정수신에서 요구되는 C/N값을 17~18dB로 고정시키고 실제 DVB-T와 DVB-T2의 전송 비트레이트를 측정해 봤을 때 DVB-T (64QAM, 2/3)의 경우 24Mbps 전송용량을 보여주고 있는 반면에 DVB-T2 (256QAM, 2/3)의 경우 약 40Mbps의 전송용량을 보여줌으로써 약 16Mbps 가 더 많은 데이터 전송이 가능함을 보여주고 있다.

<그림 4>는 그래프 위에 그려진 그림처럼 실내수신 포터블 수신기로 수신이 가능할 것인지를 알아보기 위해 전송용량을 18Mbps를 기준으로 비교했을 때 DVB-T와 DVB-T2로 수신이 가능한 C/N값을 보여주고 있다. DVB-T (16QAM code rate 2/3)의 경우 C/N값이 15dB를 보여주고 있으며, DVB-T2 (16QAM code rate 3/5)이 경우는 C/N값이 약 9dB임을 나타내고 있어 역시 DVB-T2의 경우

그림 3. 동일조건(C/N)에서 DVB-T와 DVB-T2 Bit Rate (출처 : 2011, Teamcast)

Fig. 3. DVB-T and DVB-T2 Bit Rate on Same C/N (source : 2011 Teamcast)

그림 4. 동일조건(18Mbps)에서 DVB-T와 DVB-T2 C/N값 (출처 : Teamcast)

Fig. 4. DVB-T and DVB-T2 C/N Value on Same Bit Rate(18Mbps) (source : Teamcast)

18Mbps 동일한 비트레이트에서 DVB-T보다 약 6dB정도 신호가 강인하여 실내수신 수신기로 수신 가능한 환경 구축에 유리함을 보여주고 있다^[11].

6. 옥외수신과 실내수신 전계강도 차이

현재 국내 DTV 가청범위를 결정하는 전계강도 측정 기준은 9m높이의 야기 안테나를 이용하여 41dBuV/m이다⁸⁾. 반면에 DMB의 경우는 높이 2m 기준으로 45dBuV/m 이상으로 가청대역을 규정하고 있다. 9m높이의 국내 DTV 가청

범위 기준은 스마트폰 시대와 모바일 시대와 동떨어진 기준으로 현실과 잘 맞지 않으며, 언제 어디서나 자유롭게 쉽게 수신할 수 있는 차세대방송 수신환경 구축 목적에도 맞지 않는다. 그러므로 차세대방송으로 수신환경을 개선하려면 실내수신이 가능하고 포터블 수신이 가능한 새로운 전계강도 측정 기준 마련이 요구된다.

실내수신 전파 유입방향은 베란다 유리창문 정면일 때 가장 유리하고, 전파가 창문을 통과하는 것이 콘크리트벽을 통과할 때 보다 훨씬 유리하다. <표 5>는 EBU-UER의 건물투과 손실에 대한 실험결과를 보여주고 있다^[12].

표 5. 건물 투과 전파 손실 (출처 : EBU)

Table 5. Building Penetration Loss (Source : EBU)

Band	Class B / Portable indoor reception Class H-B / Handheld portable indoor reception	
	Median value	Standard deviation
Band III	9 dB	3 dB
Bands IV/V	11 dB	6 dB

8) 정보통신부고시 제2005-35호, '방송구역 전계강도의 기준, 작성요령 및 표시방법'의 1호 가목에 TV 채널 14~69 CH의 UHF 방송인 경우 방송구역 전계강도 기준은 수신 안테나 높이를 지상 9m 기준으로 할 경우 41 dBuV/m 로 규정하고 있다.

표 6. 안테나 피더 전파 손실 (출처 : EBU)

Table 6. Feeder loss in dB for the different bands (Source : EBU)

	Feeder loss (dB)		Reception Mode
	Band III	Bands IV/V	
Rooftop antenna	2	4	Fixed rooftop

특히 주파수의 특성에 의해 Band III는 건물투과에 9dB의 손실을 나타내고 있으며, Band IV/V에서는 11dB 투과 손실을 보여주고 있어 VHF 주파수가 건물투과에 더 유리함을 알 수 있다. 또 안테나 피더에서도 손실이 발생한다. <표 6>에서 보여주듯이 안테나 피더에 의한 손실도 주파수가 낮은 Band III가 유리함을 알 수 있다. 또 건물면과 송신소간에 LOS(Line of Sight)가 성립될 때 경험적으로 수립된 COST231 LOS모델을 적용할 수 있다. COST231 LOS모델은 창문 통과 시에는 약 7dB 손실을 나타내고, 콘크리트 벽을 통과할 때에는 약 10~20dB가량 손실이 있을 것으로 근사값 계산이 되어 있다^[13].

7. 무선기반 실내수신 구축 방안

실내수신 전파환경은 건물의 재질과 구조 및 전파유입 방향에 따라 천차만별로 다르고, 실내에 들어 온 전파는 실내에서 반사와 회절 및 투과와 산란 등에 영향을 받으며, 사람의 움직임이나 환경변화에 민감하게 반응하게 된다. 그러므로 이러한 영향을 적게 받기 위해서는 <그림 6>과

그림 6. 갭필러 활용 개념도

Fig 6. Gap Filler application conceptual diagram

그림 7. 가정용 갭필러 (DMB용)

Fig 7. Home Gap Filler (For DMB)

같이 창가에서 수신한 신호를 가정용 갭필러를 통해 증폭한 다음 실내로 다시 전송하는 방법이 효과적인 방안이 될 수 있다. <그림 7>과 같은 가정용 갭필러는 동일채널 재전송 방법일 경우 자기 안테나로 다시 유입되는 송출 신호의 간섭을 줄이기 위한 에코캐슬러 때문에 가격이 오르고 성능이 열화 된다. 그러나 VHF로 들어온 신호를 수신하여 700MHz대역으로 재전송하는 변파중계기라면 에코캐슬러도 필요 없고 설치가 자유로우며 가격도 저렴해진다. UHF 대역은 470~806MHz로 매우 주파수폭이 넓다. 가정용 갭필러 뿐만 아니라 중소형 중계기의 광대역 리니어 증폭앰프를 값싸게 만들기 위해서라도 지역별로 100MHz폭 내외의 군집된 주파수 할당이 필요하다.

가정용 갭필러를 자유롭게 설치하려면 송신신호가 배란다 안쪽까지 도달해야 전원 사용이 가능하고 시청자 스스로 무선환경과 실내수신 환경을 꾸미는데 유리해진다. 그러기 위해서는 전파의 신호 강인성이 옥외수신환경보다 7dB 이상 더 높을 필요가 있다. 그러므로 동일 비트레이트 전송에서 DVB-T보다 약 6dB 이상 C/N 값이 유리한 DVB-T2의 특성을 이용할 필요가 있다.

그림 8. 소출력 중계기와 가정용 Gap Filler를 이용한 SFN 수신환경

Fig. 8. SFN Receive Environment by The Small Power Repeater & Home Use Gap Filler

IV. 효율적 주파수 활용과 공익적 가치 창출

1. 주파수의 효율적 이용

차세대방송은 주파수를 효율적으로 이용하는 방식이 필요하다. <그림8>과 같이 SFN(Single Frequency Network) 구성에 의해 방송국별로 주어진 권역을 커버하는데 1~2개 정도의 주파수만으로도 모두 커버할 수 있어야 한다.

2. VHF 대역과 700MHz 대역을 활용한 2개의 주파수 이용 SFN

넓은 지역을 커버하는 방송사의 경우 VHF와 UHF 2개의 주파수에 의한 SFN 구성 방법이 저비용으로 송신과 수신

환경을 구축하는데 효과적인 대안이 될 수 있음을 제시 한다^[14].

<그림 9>(a)와 같이 1개의 주파수로 SFN망 구성방법에서는 방송국에서 UHDTV 프로그램의 압축된 데이터를 각 송신기에 공급하자면 DS-3(45Mbps) 이상의 마이크로 웨이브 혹은 광 통신망이 방송국에서 각 송·중계기까지 하나하나 서로 연결되어 있어야 한다. 이렇게 공급받은 UHDTV 프로그램은 GPS에 동기 되어 동시에 전파를 방사하게 된다. 그러므로 권역이 넓고 산악지형이 많은 지역을 커버하고 새로운 중계기를 증설해 나가자면 방송사는 일일이 고가의 DS-3급 이상의 프로그램망을 증설하고 유지해야 하는 부담이 발생한다.

그러나 만약 <그림 9>(b)와 같이 VHF대역 주파수와

그림 9. (a) 1개 주파수로 SFN 구성도 (b) 2개 주파수로 SFN 구성도 (출처 : 방송공학회논문지 2012.3)

Fig. 9. (a) SFN Diagram using Single Frequency (b) SFN Diagram using Double Frequencies

UHF대역 주파수를 이용하는 2개의 주파수에 의한 SFN망 구성으로 차세대방송을 구현할 수 있다면, 각 각의 송신기로 연결되는 프로그램망을 획기적으로 줄이며 효과적으로 주파수를 활용할 수 있게 된다. <그림 9>(b)의 그림을 보면 먼저 가장 중심이 되고 높은 위치의 메인 송신기에 프로그램망을 통해 방송 프로그램을 보낸다. 그러면 메인 송신기는 VHF주파수와 같이 낮은 대역의 주파수로 가급적 넓은 지역을 향해 F1신호를 방사한다. 그 다음 중·소형 중계기들은 메인신호 VHF F1 신호를 받아서 다시 UHF F2 주파수로 중계하는 시스템이다.

이렇게 2개의 주파수를 이용한 SFN 송출망 구성의 장점으로서는 시청자가 F1 주파수와 F2 주파수 등 2개의 주파수를 동시에 수신할 수 있는 지역에서는 2개의 수신주파수를 확보하게 되어 전파의 상태변화가 발생할 때 수신이 잘되는 주파수를 선택할 수 있어 안정된 방송수신에 도움이 된다. 방송사에서도 추가 프로그램망 증설 없이 필요한 곳 어디에나 자유롭게 중계기를 늘릴 수 있어 경제성이 있다. 그 외에도 F2중계기는 이중채널 변화중계기이므로 동일채널 중계기와 비교하여 에코캔슬러가 필요 없어 구조가 간단해진다. 또 중계기의 재전송 안테나 설치도 위치에 대한 제약이 적어 설치가 자유롭다. 그리고 VHF대역은 산악지형이 많은 국내 지형에 유리하게 작용하여 차세대방송 실험방송과 방송 초기에 VHF송신기만으로도 상당한 효과를 얻을

수 있을 것으로 본다. 그리고 채널 재배치 이후 방치되거나 철거될 공동주택용 VHF안테나 시설을 계속 사용할 수 있어 국가적 낭비를 줄이는 효과를 가져 올 수 있다.

3. 2개의 주파수에 의한 SFN과 가정용 갭필러 이용 수신환경 구축 제안

<그림 10>은 가정용 SFN Gap Filler 사용을 보여주고 있다. 만약 각 가정에서도 Wi-Fi AP를 사용하듯이 저가의 가정용 Gap Filler를 창가에 설치한다면 시청자는 집안에서도 자유롭게 무선으로 차세대방송을 직접수신 할 수 있게 된다. 궁극적으로 옥외나 옥내 어디서든 이동통신과 비슷한 무선에 의한 수신이 가능하게 되면, 고정된 TV와 셋톱박스에서 벗어나 스마트폰을 비롯하여 각종 휴대용기기 및 게임기와 멀티미디어기기에도 차세대방송 수신 칩이 장착될 것으로 예상 된다.

V. UHDTV방송 수신환경 구축 방안

1. DVB-T2 방식 기반 고품질과 수신능률 선택 모드

현재의 HDTV는 ATSC 전송방식으로 영상은 약 18 Mbps 용량 정도의 MEG-2 압축데이터 전송을 필요로 하고

그림 10. VHF와 UHF 2개 주파수 이용 SFN 송출망 구성도

Fig. 10. SFN Diagram using Double Frequencies with VHF and UHF

있다. 만약 H.264로 4K-UHDTV 전송을 시도한다면 식 (1)에 의해 약 60Mbps가 필요하게 된다.

$$4K(3840 \times 2160) \times 30\text{Frame} \times 24(R,G,B) \times 0.01(\text{H.264 압축률}) = \text{약 } 60\text{Mbps} \quad (1)$$

$$60\text{Mbps}(\text{H.264 압축데이터}) \times 0.6(\text{HEVC 압축효과}) = \text{약 } 36\text{Mbps} \quad (2)$$

그런데 HEVC 압축시 식(2)와 같이 H.264 압축데이터보다 약 0.6배의 전송용량이 필요하다고 하면 약 36Mbps 정도의 데이터 값이 산출된다. 만약 4:2:0압축을 사용하여 현재 MPEG-2 HDTV (1920x1080/60i, 4:2:0, 8bit)의 4배 화질인 4K-UHDTV (3840x2160/30p, 4:2:0, 8bit) 30프레임 압축영상의 전송이라면 기존 HDTV 전송용량으로도 4K-UHDTV 전송이 가능할 정도로 약 18Mbps 내외에서도 압축이 이루어진다. 반면에 빠른 영상 표현을 위해 60프레임으로 프레임 증가를 원한다면 4K-UHDTV (3840x2160/60p, 4:2:0, 8bit) 60프레임 압축영상은 약 36Mbps으로 용량이 증가할 것으로 계산 된다. 그러나 36Mbps 전송용량이라면 DVB-T2 6MHz로 환산했을 때 (DVB-T2, 6MHz, 32K, 256QAM, 1/128GI, 5/6FEC)모드에 해당되며, 이 파라미터를 가지고 <표 3>을 참고하면 약 25.3dB C/N 값을 가지게 됨을 추정할 수 있다. 이 값은 옥외 고정수신 환경을 <그림 3>을 표본으로 약 18dB 정도의 C/N 값을 기준으로 봤을 때 약 7.3dB 차이가 나타나므로 동일한 가청범위를 갖기 위해서는 송신 출력을 5~6배 올려야 함을 예상하게 된다. 실제 KBS의 2012년 10월 실험방송에서도 36Mbps 전송일 경우 AWGN과 LOS 환경 실험에서 ATSC와 비교하여 송신출력을 5.6배 올려야 한다는 결과를 내 놓고 있다^[15].

반면에 4K-UHDTV, 영상을 30프레임으로 압축하여 기존 HDTV와 동일한 약 18Mbps 비트레이트로 영상을 전송한다면 (DVB-T2, 6MHz, 32K, 64QAM, 1/128GI, 1/2FEC)로 환산되며, 이 파라미터로 <표 3>을 참고하면 C/N값으로 약 11.7dB를 얻게 된다. <그림 3>으로부터 DVB-T 옥외 고정수신 환경 기준 C/N값을 약 18dB로 봤을 때 6.3dB차

이가 나므로 송신출력을 4배 정도 올린 효과를 얻게 된다.

2. 프레임 수 증가와 UHDTV 영상 품질

영상품질을 높이기 위해 프레임 수를 늘려야 한다는 의견이 많이 제기되고 있다. 실제 ITU 비디오 포맷규격 표준화 회의에서도 120Hz와 같이 높은 프레임율의 필요성에 대한 의견이 지속적으로 제기되고 있다^[2]. 일본 NHK는 100인치 화면으로 프레임 증가와 화질 관계를 조사했다. 영상프레임을 60Hz에서 120Hz로 높일 때 영상품질은 0.45(5단계점수에서)이었고 120Hz에서 240Hz로 높일 때 0.23으로 평가되었다. 즉, 120Hz까지 영상프레임과 화질은 비례한다고 판단하고 있다^[16].

3. 채널 주파수폭 확장과 효과적인 주파수 활용 방안

고품질 영상 전송도 필요하고, 수신 능력 향상도 필요하므로 두 가지 목적을 모두 이루자면 결국 채널 주파수폭의 확장을 고려해 볼 필요가 있다. DVB-T2에서는 1.7, 5, 6, 7, 8, 10MHz폭의 채널 사용이 가능하도록 규정되어 있다. 향후 8K-UHDTV 방송으로 진화를 고려해 보면 처음부터 현재의 6MHz 보다 넓은 8MHz 혹은 10MHz폭의 채널 사용이 효과적인 주파수 활용 방안이 될 수 있다. 그리고 채널 분당 방법도 고려될 수 있으므로 표준화 작업 및 수신기 제조 시 미리 규격으로 포함시켜 둘 필요성도 있다고 본다.

4. 8K-UHDTV 대비, 8MHz와 10MHz 폭 채널 활용 검토

만약 처음부터 지상파방송 UHDTV방송 채널 폭을 6MHz가 아닌 8MHz 혹은 10MHz로 할당받을 수 있다면 품질과 수신능력 양쪽 모두를 동시에 만족시키는데 유리하다. 그러나 UHDTV방송 채널 폭을 8MHz로 방송하게 되면, 6MHz 채널 사용 보다는 UHDTV 품질도 어느 정도 보장하면서 수신 능력도 좋아질 수 있지만, 그렇다고 하더라도 양쪽 모두를 완전히 충족시킨다고 보기에는 부족한 점이 있다. 특히 향후 8K-UHDTV를 실행하기에는 아직도 여

그림 11. 4개 주파수 이용 권역별 SFN망 구성도 (출처 : 방송공학회논문지 2012.3)

Fig 11. Local SFN Diagram Using 4 Frequency

전히 채널당 주파수폭이 부족하다. 8MHz 채널로 주파수 소요량을 계산해 보면 초기 지역국까지 고려한 권역별 SFN망을 구성하자면 <그림 11>과 같이 지역국이 있는 4개 방송네트워크(KBS1, 2, MBC, SBS)에 각 4개씩의 채널 및 EBS와 OBS에 각 1개씩의 채널 등 총 18개 채널 144MHz 폭의 대역이 필요하게 된다. 만약 2개의 주파수에 의한 권역별 SFN을 구성을 한다면 ATSC HDTV방송이 종료되기까지는 주파수를 구하기 어렵다. 그 외에도 8K-UHDTV를 위해 채널본딩까지 생각하게 된다면 더욱 복잡해진다.

다른 방법으로 UHDTV방송을 채널 당 10MHz 대역폭을 사용할 수 있다면 처음부터 고품질 4K-UHDTV 영상서비스와 편리한 직접수신 방송환경 구축으로 시청자와 방송사는 물론이고 문화와 산업 및 국가 경쟁력 향상에 빠르게

표 7. 주파수 폭에 따른 전송효능과 모드별 수신 가능 C/N 값 (출처 : TS 102 831)

Table 7. Spectral Efficiency and Required C/N after LDPC Decoding (Source : TS 102 831)

Constellation	Code rate	Spectral Efficiency (see Note 2)	Required (C/N) ₀ (dB) for BER = 1 × 10 ⁻⁷ after LDPC decoding			
			Gaussian Channel (AWGN)	Ricean channel (F ₁)	Rayleigh channel (P ₁)	0 dB echo channel @ 90 % GI
QPSK	1/2	0.99	1.0	1.2	2.0	1.7
QPSK	3/5	1.19	2.3	2.5	3.6	3.2
QPSK	2/3	1.33	3.1	3.4	4.9	4.5
QPSK	3/4	1.49	4.1	4.4	6.2	5.7
QPSK	4/5	1.59	4.7	5.1	7.1	6.6
QPSK	5/6	1.66	5.2	5.6	7.9	7.5
16-QAM	1/2	1.99	6.0	6.2	7.5	7.2
16-QAM	3/5	2.39	7.6	7.8	9.3	9.0
16-QAM	2/3	2.66	8.9	9.1	10.8	10.4
16-QAM	3/4	2.99	10.0	10.4	12.4	12.1
16-QAM	4/5	3.19	10.8	11.2	13.6	13.4
16-QAM	5/6	3.32	11.4	11.8	14.5	14.4
64-QAM	1/2	2.98	9.9	10.2	11.9	11.8
64-QAM	3/5	3.58	12.0	12.3	14.0	13.9
64-QAM	2/3	3.99	13.5	13.8	15.6	15.5
64-QAM	3/4	4.48	15.1	15.4	17.7	17.6
64-QAM	4/5	4.78	16.1	16.6	19.2	19.2
64-QAM	5/6	4.99	16.8	17.2	20.2	20.4
256-QAM	1/2	3.98	13.2	13.6	15.6	15.7
256-QAM	3/5	4.78	16.1	16.3	18.3	18.4
256-QAM	2/3	5.31	17.8	18.1	20.1	20.3
256-QAM	3/4	5.98	20.0	20.3	22.6	22.7
256-QAM	4/5	6.38	21.3	21.7	24.3	24.5
256-QAM	5/6	6.65	22.0	22.4	25.4	25.8

기여를 할 수 있게 된다. <표 7>의 주파수폭 효율(Spectral Efficiency) 항목을 통하여 주파수 폭에 따른 가드인터벌과 동기신호를 고려하지 않은 모드별 전송용량 근사값을 계산할 수 있다. 10MHz채널이라면 <표 7>에 의해 최대 약 66.5Mbps 전송이 가능하고, 만약 60프레임 4K-UHDTV를 위해 36Mbps 용량을 전송할 목적이라면 64QAM, 3/5Code Rate 선택이 적당하며, 이때 수신에 요구되는 C/N값은 수신환경에 따라 약 12~13dB 정도임을 알 수 있다. 이 경우 DVB-T 옥외 고정수신 18dB C/N값 환경과 비교하면 약 6dB 차이로 4배의 송신출력 상승효과를 기대할 수 있다. 또, 10MHz폭 채널은 <표 9>와 같이 6MHz폭 채널 C/N값 20dB보다 8dB 정도 유리하며, 향후 8K-UHDTV 시대도 열어갈 수 있는 대용량 전송의 장점도 가지게 된다.

5. 10MHz폭 채널 할당 제안 및 소요주파수 산정

10MHz폭 채널 사용으로 UHDTV방송을 구현하려면 방송초기에는 700MHz대역을 이용하여 방송사 본사와 지역을 포함하는 네트워크별로 전국 SFN용으로 10MHz폭 채널 2개씩을 할당하고, 추후 ATSC방식 HDTV방송이 종료된 후 지역별로 10MHz폭 2개 채널씩 배정받아 권역별 SFN을 운용한다. 그동안 지역국의 로컬프로그램은 HD다채널 혹은 8K-UHDTV방송의 경우 4K-UHD 다채널방송 형태로 본사로부터 각각의 지역국 로컬프로그램 시간과 서브채널을 할당받아 전국 SFN망으로 방송을 하게 된다.

즉, KBS1, KBS2, MBC, SBS, EBS, OBS 6개 네트워크 채널은 각각 2개의 10MHz폭 채널 주파수로 전국SFN을 구성한다. 결국 <표 8>에서 보여주듯이 6개 방송 네트워크가

각각 2개의 주파수에 의한 SFN 구성방법을 사용한다면 총 12개 채널 120MHz폭 주파수로 전국 SFN 구성이 가능하다. 단, 비수도권에 대해서는 OBS를 제외하면 5개 방송채널 총 100MHz로 구성한다. 전국 SFN망 구성을 위해 전체 120MHz폭 소요량이라면 현재 비워지는 700MHz대역(108MHz폭) 주파수와 VHF상위대역(DMB주파수 제외, 30MHz폭) 주파수만으로 충분히 수용이 가능하다.

지역국 로컬주파수는 추후 ATSC방식 HDTV방송이 종료되면 4개 방송 네트워크(KBS1, 2, MBC, SBS)에 대해 기존에 할당받은 채널 외에 추가로 10MHz폭 2개 채널씩의 묶음채널 3개를 할당받아 권역별 SFN을 구축한다. 즉, <그림 11>과 같이 방송사 네트워크별로 수도권 포함 4개의 묶음채널을 서로 겹치지 않도록 재할용해 가면서 지역국에 배치를 하면 기존에 이미 할당된 120MHz주파수와 추가로 할당 될 총 240MHz폭의 주파수로 권역별 SFN 구성이 가능하게 된다. 그러면 UHDTV방송에 필요한 총 360MHz폭의 주파수는 VHF상위대역(DMB제외, 30MHz폭)주파수와 UHF(470~ 806MHz, 336MHz폭)를 이용한다면 충분히 구현이 가능한 방법임을 알 수 있다.

VI. 결 론

차세대방송은 UHDTV 고품질 방송을 제공하며, 다양한 멀티미디어기기 사용환경을 시청자에게 제공함으로써 국내 디스플레이 산업과 방송장비 산업뿐만 아니라 고품질 콘텐츠 산업의 세계화와 디지털 시네마 산업에도 도움이 될 것으로 전망할 수 있다. 아울러 SFN 기술의 조기도입

표 8. 채널당 10MHz폭으로 2개의 주파수 이용 SFN 구성시 소요주파수
Table 8. Required Frequency amount When SFN using Double Frequency

방송사	소요 주파수	총 주파수
KBS1, KBS2, MBC, SBS, EBS, OBS	총 120 MHz 폭	초기 6개 방송사별로 수도권에 배정된 10MHz폭 2개의 채널로 전국 SFN 구성
(KBS1, KBS2, MBC, SBS) 4개 네트워크의 지역국	240MHz폭, (ATSC HDTV OFF 후 배정)	초기 HD다채널에 지역프로그램을 배정/ ATSC 종료 후 4개방송사에 수도권 채널을 제외한 나머지 3개씩 묶음채널 (10MHz폭 2개)를 할당하여 지역국 SFN 구축에 활용 함 (재할용 배치 포함)

표 9. 4K-UHDTV / 60프레임, 36Mbps 전송을 위한 채널 주파수폭에 따른 전송 모드와 C/N값 (표 7.에 의한 환산)

Table 9. Modulation Mode and C/N(dB) for 4K-UHDTV / 60Frame, 36Mbps by Channel bandwidth (Calculated from Table 7.)

Channel Freq. Width	QAM Mode	Code Rate	Spectral Efficiency	Bit Rate (Mbps)	AWGN C/N(dB)	Max. Bit Rate @256QAM, 5/6
6 MHz	256QAM	3/4	5.98	35.9	20.0	39.9 Mbps
8 MHz	64QAM	3/4	4.48	35.8	15.1	53.2 Mbps
10 MHz	64QAM	3/5	3.58	35.8	12.0	66.5 Mbps

효과를 통해 주파수 낭비가 심한 기존의 방식에서 벗어나는 시간을 줄일 수 있다면, 향후 세계적 추세에 따라 주파수 환경을 새롭게 구축해 나갈 수 있게 될 것으로 보고 있다. 그러므로 차세대방송이 성공하자면 고품질 서비스뿐만 아니라 수신환경의 개선과 효율적 주파수 활용 방안 모두가 중요한 요소로 강조되고 있다.

본 논문에서는 지상파방송에서 UHDTV와 UHD-3DTV와 HD-MMS 등 대용량 데이터 전송의 가능성을 DVB-T2 전송방식과 HEVC 압축기술의 융합을 기반으로 UHDTV 고품질방송과 수신환경 개선 등 중요한 목적을 동시에 구현할 수 있는 방법들을 확인해 보았다. 특히 송신에서 수신까지 무선 수신환경 구축을 위해 VHF와 UHF 대역을 이용한 2개의 주파수에 의한 SFN 송출망 구성의 효과를 알아보고, 저가의 가정용 Gap filler 보급과 확산으로 가정과 건물 내 무선에 의한 자유로운 수신환경 구축 방안을 제안하였다. 마지막으로 향후 8K-UHDTV방송을 대비하고, 효과적인 서비스 제공을 위하여 10MHz로 채널 폭 확장에 따른 효과와 주파수 소요량을 제시하였다.

그러나 본 논문은 장르별 콘텐츠 시연과 실제 UHDTV 디스플레이 종류와 성능에 따른 화질 비교분석 및 전송에 의한 필드테스트 결과가 아니므로 향후 실질적인 실험에 의해 품질과 수신환경 개선이 동시에 가능한 전송모드를 선택해야 하고, 시청자의 의견과 호응을 반영하여 시청자를 위한 차세대방송 환경 구축 방법과 방안을 연구할 필요가 있다.

참 고 문 헌

[1] Jae-Woo Kim, et.al, "Application View for High Efficiency Video Coding", Korea Society Broadcast Engineers Magazine, ISSN 1226-7961, Vol 15, No 4, PP135~145, Dec. 2010.

[2] Goo-Man Park, et.al, "UHDTV Video Technology-Consideration Factors in Development and Strategic Policy Evaluation," Communications of KIISE, vol.29, No.12, pp 45~54, Dec. 2011.

[3] Je-Chang Jung, et.al, "The next-generation service activation plan of the terrestrial broadcasting utilizing 700MHz idle band", Korea Society Broadcast Engineers Magazine, ISSN 1226-7961, Vol 17, No 2, Apr. 2012.

[4] Jeel-Soo Kyung, Terrestrial UHDTV Transmission System, Broadcasting & Technology Vol 203, Nov. Dec. 2012.

[5] Goo-Man Park, et.al, "Consideration Factors for UHDTV Technology and Service Development", Proc. of Korea Society Broadcast Engineer Conference, Fall 2011.

[6] Sung-Kyu Park, et.al, "700MHz frequency policy", The policy report No. 2 of The media ecosystem democratization in 2012, Media Communication Work, pp 450~498, Feb. 2012

[7] Sung-Kyu Park, et.al, "UHDTV Next Generation With the DVB-T2 Base and Frequency Utilization Reserch", Korea Society Broadcast Engineers Magazine, ISSN 1226-7961, Vol 17, No 2, Apr. 2012.

[8] Bong-Gyun Jo, et.al, "Performance Analysis and Design of MIMO Systems for Terrestrial Transmission of UHDTV", Journal of Broadcast Engineering, Vol 15, No 4, 2010.

[9] Byung-Sun Kim, et.al, "The Test of Terrestrial UHDTV", Korea Society Broadcast Engineers Magazine, ISSN 1226-7961, Vol 17, No 4, PP 15~24, Oct. 2012.

[10] Wikipedia, "DVB-T2 System differences with DVB-T", <http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T2>

[11] Gerard Faria, "DVB-T2 Forfomances and Feature", DVB @ BES INDIA2011 -T2, TeamCast 2011

[12] EBU-UER, "Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2", EBU-TECH 3348, Geneva May 2011.

[13] Young-Woo Suh, et.al, "Analysis on DTV Indoor Reception Environments", Journal of Broadcast Engineering, Vol 13, No 5, 2008.

[14] Sung-Kyu Park, et.al, "A Study on 700MHz Spectrum Utilization for the Improvement of Terrestrial Signal Reception and Next Generation Broadcasting", Journal of Broadcast Engineering, ISSN 1226-7953, Vol 17, No 2, Mar. 2012.

[15] Joong Gon Leem, et.al, "The results of the first Terrestrial 4K UHDTV experimental broadcasting and afterward, the promotion plan", Korea Society Broadcast Engineers Magazine, Vol 18, No 2, 2013, 4

[16] NHK, "NHK STRL Annual Report 2011", NHK Science & Technology Reserch Lab. 2011

저 자 소 개

박 성 규

- 1983년 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1997년 : 연세대학교 공학대학원 전자공학과 석사
- 2000년 : 정보통신기술사
- 2010년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 IT정책대학원 박사과정
- 2011년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자미디어공학과 겸임교수
- 1985년 ~ 1991년 : KBS 뉴스센터, 함백산중계소 근무
- 1991년 ~ 현재 : SBS 뉴스센터, DTV주조, DMB주조, NQC, 정비실 근무
SBS라디오기술팀 부장
- 주관심분야 : 디지털영상처리, 디지털방송전송기술, 방송기술정책

조 영 준

- 1989년 2월 : 경북대학교 전자공학과 공학사
- 1997년 2월 : 연세대학교 공학대학원 전자공학과 석사
- 2010년 3월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 IT정책대학원 박사과정
- 1992년 6월 ~ 현재 : EBS 교육방송연구소 부소장
- 주관심분야 : 방송통신정책, 디지털라디오, 미래형 콘텐츠

김 동 우

- 2011년 : 서울과학기술대학교 전자정보공학과 공학사
- 2013년 : 서울과학기술대학교 IT정책대학원 석사
- 현재 : 한국디지털미디어산업협회 정책협력부 근무
- 주관심분야 : 미디어 이용행태, 방송통신정책, 디지털방송

박 구 만

- 1984년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 공학사
- 1986년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 석사
- 1991년 2월 : 연세대학교대학원 전자공학과 박사
- 1991년 3월 ~ 1996년 9월 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1996년 9월 ~ 1999년 7월 : 호남대학교 전자공학과 조교수
- 1999년 8월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자미디어공학과 교수
- 2006년 1월 ~ 2007년 8월 : Georgia Institute of Technology Dept.of ECE, 방문교수
- 주관심분야 : 멀티미디어 통신, 디지털방송