

TV채널 폭 확장에 의한 지상파 UHD-TV방송 효과 연구

*박성규 **박구만

서울과학기술대학교 IT정책대학원

*skpark@sbs.co.kr

A Study on The Terrestrial UHD-TV effect by TV channel width expansion

*Park, Sung-Kyu **Park, Goo-Man

Seoul National University of Science and Technology

요약

UHD-TV방송을 준비하면서 대용량 영상데이터의 전송이 중요시 되고 있다. 그러나 이용자의 미디어 이용행태는 언제 어디서나 쉽게 이용할 수 있는 매체를 더 선호하고 있다. 본 연구에서는 수신능률을 높이고, 향후 8K UHD-TV 등 초고화질 서비스도 가능하도록 TV채널 폭의 확장에 의한 UHD-TV방송의 효과를 제시하고자 한다.

1. 서론

방송기술은 계속 진화하여 UHD-TV 시대를 맞이하고 있다. 초고화질 UHD-TV방송이 가능하려면 대용량 영상데이터의 압축과 전송기술이 필요하다. 그리고 언제 어디서나 수신이 가능한 수신환경 구축 및 효율적인 주파수 활용이 중요해졌다. 방송기술의 발달은 2013년 UHD-TV방송을 위한 새로운 영상압축 기술로 HEVC(High Efficiency Video Coding) 규격을 탄생시켰다. 그리고 용량이 커진 데이터를 전송하기 위해 기존의 DVB-T2를 비롯하여 FOBTV(Future of Broadcast TV)와 ATSC3.0 및 새로운 일본 방식 등 세계 여러 나라에서 새로운 전송규격 마련을 위한 협력과 경쟁이 이루어지고 있다.

그러나 UHD-TV방송을 위해 강인한 신호와 대용량 데이터 전송이 필요함에도 불구하고, 최근 모바일트래픽 급증을 이유로 통신의 방송 주파수 진입에 대한 강한 의지로 인해, 지상파방송은 TV채널의 주파수 폭 확장에 따른 효과에 대하여 제대로 된 연구와 주장을 펴지 못하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 TV채널 주파수의 폭을 확장함으로써 얻을 수 있는 UHD-TV방송의 효과에 대해 연구하고 설명하고자 한다.

2. 본론

1) UHD-TV방송의 서비스 목표

UHD-TV방송이 사회적으로 정착하고 새로운 미디어시대를 열어가기 위해서는 분명한 서비스 목표가 필요하다. 특히 이용자를 위하고 이용자 중심의 수신 환경 구축을 위한 서비스 목표 선정이 중요하다.

(1) 고품질 서비스

4K-UHD-TV방송은 기존 HDTV방송보다 화소가 4배 이상 더 많으며, 프레임 수와 화소당 비트수도 증가된 고품질 영상 서비스이다.

향후 8K-UHD-TV 기술이 발전하고 상용 장비의 보급이 확산된다면, 또다시 HDTV보다 16배 이상 더 고화질 영상에 이용자의 관심이

옮겨가게 되고, 결국은 8K-UHD-TV 시대가 도래 할 것으로 예상된다.

(2) 강인한 수신율

그동안 아날로그방송과 HDTV방송의 이용자 서비스형태를 보면 방송사는 옥외수신 규정의 전과환경만 만들고, 이용자가 어떻게든 방송 신호를 수신하여 거실의 TV까지 연결하는 형태로써 '이용자 수고 의존형 서비스'라고 말할 수 있다. 그러나 최근 이용자들의 미디어 이용행태에서는 수신기를 통해 직접수신이 가능하지 않다면 바로 유료 매체나 통신의 힘을 빌려 수신하려는 경향이 강하게 나타나고 있다.

그러므로 UHD-TV방송을 통해 이용자에게 더 나은 방송서비스를 제공하기 위해서는 서비스 목표가 이용자 중심으로 바뀌어야 하고, 방송 전과는 이용자 단말기까지 직접 도달할 정도로 강인해야 한다.

(3) 다양한 단말기 활용

앞으로는 거실의 대형TV뿐만 아니라 노트북과 태블릿PC 및 핸드폰 등 디스플레이가 부착된 대부분의 기기는 모두 TV가 될 수 있으므로 이러한 단말기에 서비스가 가능하려면 실내수신이 가능하고, 안테나 케이블과 옥내배선 없이도 직접수신이 이루어져야 한다.

(4) 초기부터 부가서비스 제공

UHD-TV방송은 초기부터 다양한 부가서비스를 제공하지 못한다면 시간이 지날수록 점점 더 그 기능을 추가하기 어려워진다. DTV 전환 초기에 데이터방송이 지연되었고, 이용자가 추후 DTV에 장비를 추가하지 않음으로써 결국 실패로 이어진 시행착오가 좋은 교훈이 된다.

(5) 재난방송 활용

지상파방송의 중요한 목적인 공공적 서비스의 하나로 국민의 생명과 재산 보호를 위한 재난방송의 역할을 들 수 있다. 지상파방송이 재난방송에 효율적으로 활용되기 위해서는 언제 어디서나 무선에 의한 직접수신이 가능하고, 강인한 수신 능률이 요구된다.

(6) 효율적인 주파수 활용

UHDTV방송이 성숙되기까지 상당기간 HDTV방송과 공존기간이 필요하므로 충분한 주파수 확보의 어려움이 있어 SFN과 같이 효율적인 주파수 활용 방안이 요구되고 있다. 또 향후 8K-UHDTV방송을 하게 된다면 주파수의 필요성은 더욱 절실해 진다고 볼 수 있다.

(7) 수신기 수신능률 향상

고정수신 UHDTV 수상기뿐만 아니라 포터블TV와 태블릿PC 및 스마트폰으로 언제 어디서나 쉽게 수신할 수 있도록 다이버시티 안테나 적용 등 수신기의 수신능률을 높이는 연구가 동시에 이루어져야 한다.

2) UHDTV방송 서비스 구현 방안

(1) UHDTV 전송 규격 작업 국제 동향

① 고효율 압축 기술 동향

2013년 1월에 발표된 HEVC(High Efficiency Video Coding) 새로운 영상데이터 압축기술은 기존 MPEG-2보다 4배의 효율이고, 기존 H.264 보다 약 2배의 효율이 있으므로 향후 UHDTV방송뿐만 아니라 디지털시대의 새로운 미디어 환경을 여는데 큰 역할을 하게 된다.

② UHDTV 전송방식 규격 제정 동향

지상파 UHDTV방송을 위해 만들어진 전송방식은 아직 없다. 그러나 2014년 현재까지 UHDTV방송 구현이 가능한 기술로 2009년 DVB가 HD 다채널방송용으로 발표한 DVB-T2 전송기술이 유일하다.

그 후 2011년 11월에 중국 상하이에서 세계 여러 나라가 모여 UHDTV방송 및 모바일방송 등 차세대방송 규격 마련을 위한 세계 공동연합으로 FOBTV(Future of Broadcast TV) 기구를 결성하였다. 그러나 많은 나라에서 참여하여 공동규격을 만드는 것인 만큼 공동연구와 합의가 이루어져야 하므로 공동규격 탄생 시기는 추측이 어렵다.

미국 역시 뒤늦게 UHDTV방송 시대를 열어가고자 2013년 8월까지 여러 단계와 기업으로부터 새로운 전송방식을 위한 제안을 받아들이고, 2015년 말 발표를 목표로 ATSC3.0 규격을 제정 중에 있다.

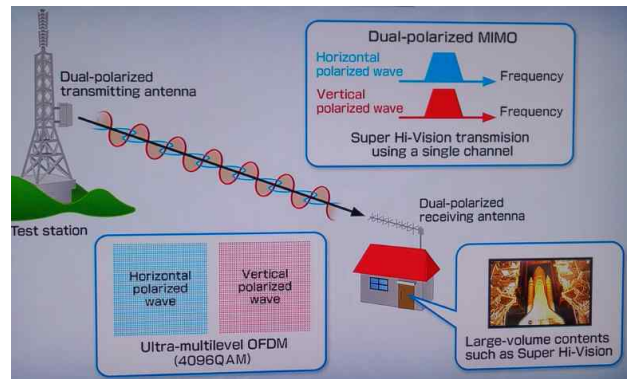
일본은 위성을 이용하여 2014년 브라질월드컵 4K-UHDTV중계와 2020년 동경올림픽 8K-UHDTV중계를 상용서비스로 방송할 예정이다. 지상파방송의 UHDTV방송 전송방식에 대한 연구도 1024QAM, 4096QAM 등 고차변조 편파 방식을 이용한 실험이 계속되고 있다¹⁾

<표 1> 8K-UHDTV 실험방송 전송모드 (NAB2014, NHK)

Transmission Test Specifications	
Modulation scheme	OFDM
Occupied bandwidth	5.57MHz
Transmission frequency	671.142857 MHz (UHF 46ch)
Transmission power	Horizontal polarized wave : 10W ERP : 140W Vertical polarized wave : 10W ERP : 135W
Carrier modulation scheme	4096QAM
FFT size (Total number of carriers)	32k (22,465 carriers)
Guard interval ratio	1/32 (128 μ seconds)
Error-correcting code	Inner code : LDPC, r=3/4 Outer code : BCH
Transmission capacity	91.8 Mbps (4096QAM, r=3/4)
Video coding scheme	MPEG-4 AVC/H.264
Audio coding scheme	MPEG-4 AAC

③ 일본의 6MHz 대역, 8K-UHDTV 전송실험

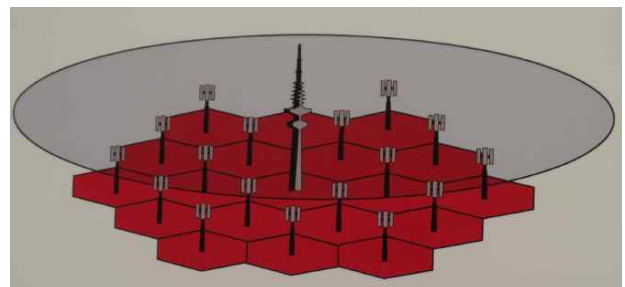
NHK는 2014년 4월 NAB에서 8K-UHDTV 전송실험 방법을 공개하였다. 6MHz 채널대역에서 4096QAM 변조기술과 수직과 수평 전송에 의한 MIMO 방법으로 91.8Mbps 데이터의 27Km 전송 실험 모드를 보여주었다. 그러나 현재 UHDTV수신을 위한 최소 C/N값이 30dB 이상이라고 밝히고 있어 수신능률에 대한 검토가 필요하다고 본다.



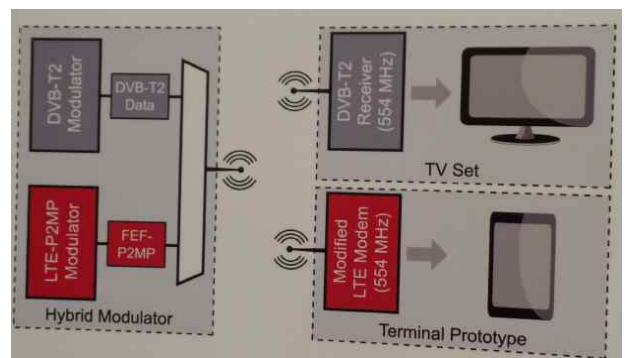
<그림 1> 8K-UHDTV 실험 구성도 (NAB2014, NHK)

④ 미국의 ATSC3.0, 6MHz대역 4K-UHDTV 전송 실험.

2014년 4월 NAB 전시장에서 ATSC3.0 공모안 중 하나를 제시한 FUTURECAST사가 6MHz 대역폭으로 DVB-T2와 LTE-A를 결합한 형태의 UHDTV 전송과 모바일방송의 동시 전송을 시연하였다.



<그림 2> ATSC3.0 공모안 송신망 구성도 (FUTURECAST사)



<그림 3> ATSC3.0 공모안 시스템구성도 (FUTURECAST사)

FUTURECAST 사는 DVB-T2 전송방식과 LTE-A 모바일 통신기술을 결합한 방법으로 Broadcasting과 Multicasting을 동시에 이루는 효과를 보여주고 있다. 이 시스템은 대출력 TV송신소와 소출력 LTE-A 기지국을 동시에 확보해야 하는 복합구조를 보여주고 있다.

⑤ 국내 DVB-T2, 6MHz 대역 4K-UHDTV 전송실험

국내 KBS는 2013년 10월 DVB-T2에 의한 1차 4K-UHDTV 전송실험에 이어서 2014년 2차 실험을 실시 중이며, 2014년 NAB 전시장에서 시연하였다. 국내에서는 KBS와 MBC, SBS가 5월부터 각각의 실험주파수를 확보하고 4K-UHDTV 실험방송을 하게 된다.

⑥ UHDTV 전송방식 선정 조건

지상파방송의 전송방식은 공공의 재원인 주파수를 사용하고, 공공적 서비스를 목표로 만들어지는 만큼 신중한 표준마련이 요구된다. 현재로서는 DVB-T2가 UHDTV 방송을 구현할 수 있는 유일한 방식임을 알 수 있으며, ATSC3.0과 FOBTB 규격 역시 아직은 DVB-T2 기술에 기반을 두고 연구를 진행 중에 있다.

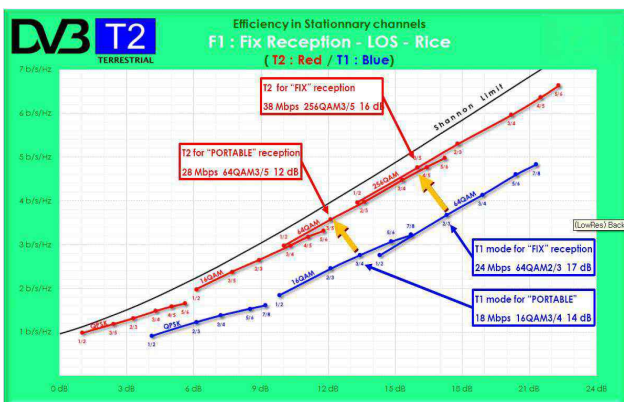
그러므로 정부는 다른 국가보다 일찍 지상파방송 표준안 마련으로 국내 UHDTV산업의 활성화와 세계시장 점유에 도움을 줄 필요가 있다. 특히 세계 최상의 UHD 영상 품질을 추구하면서 동시에 최고의 강인한 수신환경 구축을 목표로 전송규격이 마련되어야 한다. 위 조건을 만족시키기 위해 TV채널 폭의 확장도 검토할 필요가 있다고 본다.

b) 강인한 수신율 구현 방안

UHDTV방송은 고품질 품질과 다양한 서비스도 중요하지만, 방송은 무엇보다도 쉽고 편리하게 수신하는 것이 가장 중요하므로 강인한 수신환경을 구축하기 위한 방법으로 다음과 같은 연구가 필요하다.

① 전송모드 선택에 의한 방법

현재 DVB-T2 전송방식은 OFDM 변조를 사용하면서 LDPC와 BCH 등 강력한 FEC코드를 이용함으로써 에러정정능력이 뛰어나다. 즉, DVB-T2 전송방식은 캐리어 수와 QAM 변조방법 및 에러정정코드의 코드레이트와 Guard Interval 길이 등 매우 다양한 변수들의 조합에 의해 수 백 가지의 전송모드를 선택할 수 있으며, 방송사는 이 전송모드 중 가장 적절하고 필요한 모드를 선택하여 사용하게 된다. 그러나 DVB-T2방식은 전송하려는 데이터의 용량을 늘리면 영상복원에 요구되는 최소 C/N비 값이 커져 수신능률이 떨어지고, 반면에 전송 용량을 줄이면 낮은 최소 C/N비 값으로 인해 수신에 수월해지는 특징을 갖고 있으므로 트레이드 오프에 의한 신중한 선택의 묘가 요구된다.



<그림 4> 사논의 리미트 곡선 및 전송용량과 C/N값 (DVB자료)

② 송신기 출력을 높이는 방법

만약 4K-UHDTV, 60프레임, 10비트 HEVC 4:2:2 압축 영상데이터를 전송하자면 DVB-T2 6MHz채널에서 전송할 수 있는 최대 전송용량인 36Mbps에 가까이 접근하게 되어 수신능률을 나타내는 C/N비 값이 매우 커지게 되어 수신능력이 크게 떨어진다.

결국 높아진 C/N비 값에 의한 수신율 하락을 보상하기 위해서는 송신기 출력을 높여 신호를 강인하게 만들 수밖에 없다. 그러나 사논의 법칙을 통해 출력증강으로 해결하는 방법은 낮은 데이터 전송에서는 효과가 있겠지만, 점차 전송용량이 크게 늘어나게 되면 출력을 지수형태로 증가해야 효과가 있으므로 비용이 늘어나게 됨을 알 수 있다.

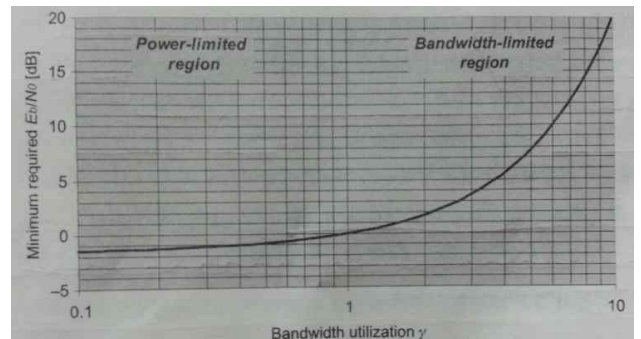
③ 채널 주파수 폭 확장에 의한 방법

사논의 법칙에 의하면 디지털통신에서 사용 주파수의 폭을 넓히면 전송할 수 있는 채널 용량이 커지게 되고 수신능률을 높일 수 있다. <그림 5>는 데이터 전송속도가 대역폭과 비슷한 수준이거나 이보다 커지는 경우 대역폭을 늘리지 않으면서 데이터 전송속도를 늘리려는 시도는 결과적으로 급격히 큰 전력증강이 필요함을 의미 한다.

Shannon's Law

$$C = B \log_2 (1 + S / N) \text{ -----식(1)}$$

(C : Capacity , B : Band Width , S/N : SNR)



<그림 5> 대역폭 활용도에 따른 수신단 요구 최소 Es/No비 값 (4G LTE/LTE-A, 2013. 2. 홍릉과학출판사자료)

즉, 데이터 전송이 작아 낮은 대역폭 활용도를 가지는 데이터전송에서는 대역폭 증가는 데이터속도 증가에 큰 영향을 주지 못하고 오히려 전송신호의 전력증강이 효과적이다. 반면에 데이터 전송용량이 크고 대역폭 활용도가 높은 전송에서는 대역폭 증가 없이 데이터 전송용량을 늘리려면 전송 전력을 급격하게 증가해야 하므로 비효율적이다.

<표 2> 국내 지상파방송 4K-UHDTV 실험방송 주파수와 출력

	SBS	KBS	MBC
실험채널	Ch63	Ch66	Ch62
관악산송신기출력	5KW	5KW로 변경 중	2.5KW
제2,3사이트 출력	1KW	600W	.
제2,3사이트장소	목동, 용문산	남산	.

(SBS , 2014. 4. 교육자료 재구성)

<표 2>는 관악산 송신기의 경우 기존 HDTV 및 DMB 송신기 출력이 각각 2KW로 송신하고 있는 점과 비교하여, UHDTV 실험국 출력은 5KW로 증가하여 준비하고 있음을 알 수 있다. 즉, 출력증가를 통해 높은 C/N비 값을 보상하려는 시도를 보여주고 있다.

<표 3> 36Mbps 전송시 TV채널 주파수 폭에 따른 C/N값 환산

Ch. Width	QAM Mode	Code Rate	Bit Rate Mbps	AWGN C/N dB	Max. BitRate Mbps
6 MHz	256	3/4	35.9	20.0	39.9
8 MHz	64	3/4	35.8	15.1	53.2
10MHz	64	3/5	35.8	12.0	66.5

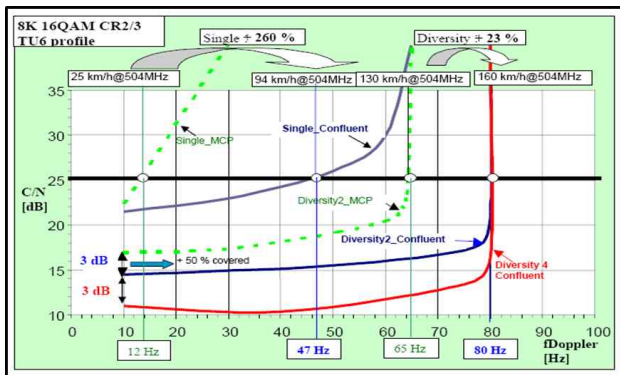
(방송공학회논문지, 2013. 7. 박성규 논문자료 재구성)

<표 3>은 만약 4K-UHDTV를 위하여 약 36Mbps의 데이터 전송이 필요할 때 6MHz, 8MHz, 10MHz 채널에서 요구되는 수신단의 최소 C/N비 값을 DVB 자료에 의해 환산한 표이다[3]. 현재 ATSC환경에서 HDTV 수신을 위한 C/N값이 약 15dB 인 점과 비교하여, DVB-T2, 4K-UHDTV의 경우 6MHz 채널에서 약 20dB의 값을 보임으로써 5dB 이상 전송출력을 높여야 한다. 그러나 10MHz 채널이라면 C/N값이 12dB이므로 오히려 전력을 3dB 즉, 1/2로 낮추어도 ATSC와 동일한 서비스가 가능함을 알 수 있다. 즉, 6MHz 채널일 때와 10MHz 채널일 때 C/N값 차이는 무려 약 8dB 차이가 있음을 알 수 있다[3].

한편 만약 10MHz 채널을 사용한다면, 8K-UHDTV 방송 시대가 도래 했을 때에도 최대 66Mbps 전송이 가능하므로, 주파수 결합이나 추가채널 배정 없이도 8K-UHD방송이 쉬워진다. <표 1>로부터 NHK는 8K-UHDTV 전송에 H.264 압축으로 약 91.8Mbps 전송용량을 사용하였다. 만약 HEVC 압축이라면 46Mbps 정도가 되므로 DVB-T2, 10MHz 채널로 충분히 전송이 가능하다고 볼 수 있다.

④ 다이버시티 안테나 수신기에 의한 방법

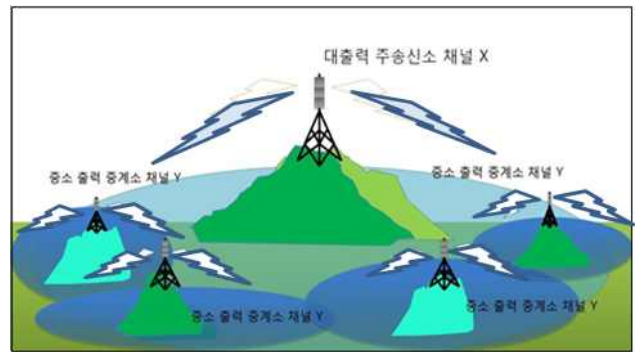
한편으로는 UHDTV 수신기에 2개 혹은 4개의 안테나를 이용한 다이버시티안테나를 내장한다면 매우 큰 수신효과를 얻을 수 있다. 다이버시티안테나 이용 시 경우에 따라 C/N값을 10dB 이상 보상효과를 얻을 수 있고, 이동수신 시 시속 100Km 이상 속도 증가에도 수신이 용이해 질 수 있다.



<그림 6> 다이버시티안테나 수신 C/N값 비교 (DVB 자료)

⑤ VHF와 700MHz 주파수를 이용한 SFN에 의한 방법

만약 VHF대역과 700MHz대역 주파수를 이용하여 2개의 주파수에 의한 SFN(Single Frequency Network)망을 구성할 수 있다면, 이용자는 2개의 주파수 다이버시티 수신 효과를 얻을 수 있고, 방송사는 VHF주파수를 메인주파수로 사용하고 이 VHF신호를 받아 700MHz주파수로 재중계하는 수많은 중계기들을 자유롭게 배치할 수 있어 유리하다. 이때 각 700MHz 중계기에 필요한 전송신호를 DS-3 등 별도의 통신망으로 모두 연결할 필요가 없으므로 비용절감에도 효과가 있다.



<그림 7> 2개주파수 이용 분산SFN망 구성도 (KOBETA자료)

3. 결론

디지털방송에서 TV채널 폭의 확장은 전송용량 증가뿐만 아니라 수신능률도 높이는 효과가 있으므로 UHDTV방송의 품질과 수신환경 구축에 우선적으로 고려될 사항이다. 지상파 UHDTV방송은 60프레임의 4K-UHDTV 고화질 영상뿐만 아니라 DVB-T2 Lite 전송방식에 의한 포터블 및 이동수신방송도 포함되고, 더 나아가 DVB-NGH 기술을 이용한 IP 서비스도 포함될 수 있다. 이렇듯 다양한 서비스의 동시 전송을 위해 증가된 데이터 용량을 전송하자면 기존의 6MHz TV채널 폭을 벗어나 10MHz TV채널 폭을 생각해볼 필요가 있다.

또, 향후 8K-UHDTV방송을 도입한다고 하여도 10MHz TV채널 폭을 사용한다면 최대 66Mbps의 데이터 용량을 전송할 수 있으므로 8K-UHDTV방송에 대한 대응이 수월해진다. 그 외에도 UHDTV방송 채널 폭을 10MHz로 확장한다면 700MHz 대역의 주파수를 통신과 동일한 10MHz 채널 폭으로 균등분할 할 수 있으므로 향후 방송과 통신의 발전 추세와 국제적 흐름에 따라 700MHz 대역 주파수의 활용 용도를 유동적으로 규정할 수 있는 효과를 예측할 수 있다.

그러므로 본 논문에서는 고화질 영상전송과 강인하고 편리한 수신환경 구축 및 부가서비스 제공 등 UHDTV 서비스 목표를 위해 10MHz로 TV채널 폭 확장을 제안하며, VHF와 700MHz 주파수의 동시사용에 의한 분산 SFN 전송망과 수신 다이버시티안테나 방법으로 효율적 주파수 활용과 수신능률을 높일 수 있는 효과를 제시하고 있다.

4. 참고 문헌

[1] 박구만, 이광직 외, 'UHDTV 영상기술-서비스개발 고려사항 및 정책적 방안', 정보과학회지, 2011. 12.
 [2] Erik Dahlman 외 (조봉원 역), 'LTE/ LTE-Advanced for Mobile Broadband', 홍릉과학출판사, 2013.2.
 [3] 박성규, 박구만 외, 'DVB-T2기반으로 지상파 UHDTV방송과 직접수신환경 구축 연구', 방송공학회논문지, 2013. 7.