DVB-T2 기반으로 지상파 UHDTV방송과 직접수신환경 구축 연구

*박성규 , **박구만
서울과학기술대학교
*skpark@sbs.co.kr

The Research on the UHDTV Broadcasting and Construction of Direct Reception Environment with the DVB-T2 Base

*Park, Sung-Kyu , **Park, Goo-Man
Seoul National University of Science and Technology

요 약

본 논문에서는 현재의 HDTV와 3DTV보다 4배 이상 초고화질의 UHDTV와 Full-HD급 3DTV 등 지상파에서의 차세대방송 구현 가능성을 DVB-T2 전송방식과 HEVC 압축방식을 기반으로 설명한다. 4K 혹은 8K-UHDTV 대용량 데이터전송을 위하여 일본과 여러 나라에서 새로운 전송기술을 연구 중이지만 여기서는 현재 상용화된 기술 중 DVB-T2 전송기술을 중심으로 자료를 통하여 가능성을 알아본다. 지상파방송 디지털전환에 이어 또다시 차세대방송을 위한 전환의 성공조건으로 UHDTV와 3DTV전송도 중요하지만 시청자 직접수신과 실내수신 및 언제 어디서나 자유로운 수신환경 제공도 매우 중요하다. 그러므로 본 논문에서는 효율적인 주파수 활용과 수신능률 향상을 위하여 VHF대역과 UHF 700MJHz대역 등 2개의 서로 다른 주파수 대역을 이용한 SFN 송출망의 효과를 제시하고, 소출력 Gap Filler 및 가정용 SFN Gap Filler를 활용한 자유로운 수신환경 구성을 제안하고 있다.

I. 서 론

지상파방송은 2012년 12월 31일 디지털전환 이후부터는 아날로그TV 방송은 종료되고 완전한 디지털방송 환경이 만들어진다. 통신기술의 비약적인 발전과 비교하여 지상파방송도 이제 완전한 디지털 시대에 들어갔을 때 기술적 진화의 필요성과 초고품질 차세대방송 서비스 도입을 회피할 수 있는 것이 아님을 예측할 수 있다.

지상파방송은 1956년 흑백TV방송 시작에서 1980년 컬러TV시대에 돌입하였고 2001년 디지털TV 본방송 시작으로 약 20년마다 한 단계씩 진화해 왔던 과거 국내 TV방송의 역사를 생각해 보면 디지털 방송이 시작한지 벌써 12년이 지난 이 시점에서 차세대방송을 논의하는 것이 결코 성급한 것만은 아니라고 본다.

지상파방송의 진화는 지금의 HDTV나 3DTV보다 4배 이상 더 좋은 4K-UHDTV(Ultra-HDTV)(3840x2160) 혹은 16배이상 더 좋은 8K-UHDTV(7680x4320) 및 초고화질 3DTV 방송을 비롯하여 22.2채널의 입체음향 서비스가 제공될 수 있으며, 하나의 채널을 통하여 4개 이상의 HD-MMS(HDTV Multi Mode Srevice) 방송이 데이터방송과 함께 다중화 되어 서비스 될 수 있다.

그러나 차세대방송이 이러한 초고품질 방송만이 목표가 된다면 일부 시청자 외에는 큰 호응을 받기 어렵다. 차세대방송이 성공하기 위해서는 지금보다 훨씬 수신이 용이하고 이동통신과 버금가도록 언제 어디서나 쉽게 이용할 수 있는 수신환경 구축이 오히려 중요한 요소가 될 수 있다,

지상파방송은 최근 많은 나라에서 HDTV 다중방송용으로 상용화되고 있는 DVB-T2 전송방식과 함께 2013년 초 발표를 목표로 개발되고 있는 HEVC (High Efficiency Video Coding) 초고효율 압축 기술과 MIMO 등 다중안테나 송수신 기술을 서로 접목하는 노력이 계속되고 있다. 그 결과 지상파 8MHz 혹은 6MHz의 지상파 TV 한 채널만으로도 HDTV 4~6개 동시전송이 가능한 HD-MMS 방송이나 4K 혹은 8K-UHDTV와 고품질 3DTV 등 차세대방송 구현 가능성이 커지고 있다.

본 논문에서는 DVB-T2 기술의 특징을 연구해 봄으로써 고품질과 직접수신환경 양쪽을 만족시킬 수 있는 대안을 찾는데 목적을 두고 있다. 특히 VHF 대역과 UHF 700MHz 대역 등 2개의 주파수 대역을 이용한 중·대형 SFN 송신망 구성과 극소출력중계기 혹은 가정용 SFN Gap Filler에 의해 효율적인 주파수 활용을 제시하고 있다. 2개의 주파수 이용 SFN 송출망과 가정용 Gap Filler 활용은 2012년 디지털전환 이후 사라지거나 방치될 VHF 송수신 안테나시설의 재활용으로 국가적 낭비를 줄이고 저비용으로 시청자 직접수신환경 개선 방안을 찾을 수 있음을 제안하고 있다.

II. 차세대방송 기술 목표

1. 차세대방송 성공 요소

차세대방송이란 지금의 HDTV(1920x1080/60i) 품질보다 4배 이상 고품질의 4K-UHDTV(3480x2160) 혹은 16배 이상 해상도의 8K-UHDTV(7680x4320) 고품질방송이 목표가 되고 있다. 그

러나 아무리 좋은 화면도 수신이 잘되어야 하는 것이 더 중요하므로 시청자 수신환경 개선이 차세대방송의 또 다른 목적과 수단이 되어야 한다.

차세대방송이 시청자의 호응을 얻기 위해서는 첫째, UHDTV와 Full-HD 3DTV 등 지금의 HDTV보다 월등하고 획기적인 품질의 진화가 필요하다. 둘째, HD-MMS 등 HD급 이상의 고품질 다채널 서비스로 시청자의 프로그램 선택권의 확장이 이루어져야 한다. 셋째, 실내수신 등 수신환경 역시 획기적으로 개선되어 언제 어디서나 자유로운 수신이 가능할 수 있어야 한다. 넷째, 데이터방송 등 다양한 부가서비스 제공의 필요성으로 서비스 초기부터 방송망과 IP망이 융합된 스마트 기능 제공이 요구된다. 다섯째, SFN 등 주파수의 효율적 활용이 이루어지고 주파수의 절약이 있어야 한다, 여섯째, 개인형 셋톱박스 기기 등 궁극적으로 방송과 통신이 비슷한 환경을 이룸으로써 방송과 통신이 융합되어 다양한 디스플레이와 연결시킬 수 있는 개인형 수신기와 멀티미디어 기기의 개발과 확산이 필요하다고 볼 수 있다.

2. 초고품질 방송환경 구축 목표

차세대방송에서는 Side-by-Side 3DTV보다 4배 이상, Dual Stream 방식보다 2배 이상 선명한 Full-HD급 3DTV 구현이 목표가 될 수 있다. 즉 현재의 Blue-Lay Disk로 보는 3D보다 2배 이상 선명할 것으로 기대할 수 있다. 머지않아 8K-UHDTV 전송이 가능해지면 3DTV 화질도 8배 이상 더 선명해지게 된다.

차세대방송에 대해서는 2012년 4월 KBS, MBC, SBS, EBS 지상파방송사들은 차세대방송 조기실험을 할 것을 합의하고 2012년 9월 KBS부터 관악산 채널 66번을 통하여 DVB-T2방식으로 UHDTV를 비롯한 차세대방송을 실험방송 할 계획을 발표하였으며 방통위에서도 주파수 사용을 허가하였다.

차세대방송으로 현재 실현 가능한 전송방식인 DVB-T2의 경우 전송용량이 기존 DVB-T보다 30%이상 크게 늘어났다. OFDM기술 특성을 이용한 MISO(Multi Input Single Output) 혹은 MIMO(Multi Input Multi Output) 전송기술을 사용한다면 전송용량은 더 늘어날 것으로 예상된다.

한편으로 소스압축 기술은 H.264 AVC 의 등장으로 기존 MPEG-2보다 절반정도의 전송용량으로도 HD구현이 가능해 졌고, 곧 2013년경 사용화가 예상되고 있는 HEVC(High Efficiency Video Coding) 압축 기술을 사용하면 H.264보다 또 절반정도의 용량으로도 HD급 영상전송이 가능할 것으로 기대하고 있다. 즉, 차세대방송은 채널 전송용량은 늘어나고 있으며, 반대로 소스데이터 용량은 줄어들고 있으므로 현재의 기술로도 TV 한 채널에서 HD영상 4개 정도의 동시 서비스 혹은 4K-UHD급 영상 1개 정도의 전송을 추진할 수 있게 되었다.

3. 직접 수신환경 개선 목표

차세대방송은 전송기술과 방송사의 의지에 의해 시청자에게 새로운 수신환경 제공에 목표를 두어야 한다고 본다. 차세대방송 전송방식이 가지고 있는 신호의 강인성과 수신능률 및 SFN 송출망의 장점을 최대한으로 이용한 자유로운 수신환경 창출이 중요하게 고려되어야 한다. 그러나 OFDM전송방식과 디지털변조의 특성상 대용량 영상데이터 전송과 높은 수신능률은 한쪽에 중점을 두면 다른 한쪽에서는 희생이 요구되므로 선택의 고민이 필요한 트레이드오프 사항이다. 즉, UHDTV 등 대용량 고품질 서비스에 무게를 두면 수신능률은 낮아지게 되고, 반대로 HDTV 프로그램을 한 두개 정도만 보낸다고 하면 현재보다 훨씬 수신률이 좋아질 수도 있고 실내수신도 가능할 정도로 성능이 개선되므로 화질과 수신률은 서로 트레이드오프 해야 할 요소가 있다. 결국은 방송사의 방송 품질과 수신환경에 대한 목표와 투자의지가 더 중요한 요소라고 볼 수 있다.

4. HD-MMS와 데이터방송 부가서비스 확대

차세대방송의 또 하나의 목표는 전파를 이용하는 강점과 서비스의 다중화가 가능한 디지털의 장점을 이용하는 다양한 서비스로 더 많은 정보와 재미를 무선 환경에서 서비스할 수 있어야 한다.

차세대방송은 대용량 서비스로 인해 하나의 TV 채널을 통하여 HD-MMS(Multi Mode Service)가 가능하므로 UHDTV와 Full-HD 3DTV 및 4HD-MMS 등 편성 스케줄에 따라 가변적으로 다양한 서비스를 제공할 수 있어야 한다.

5. 주파수의 효율적 이용

차세대방송은 주파수를 효율적으로 이용하는 방식이 필요하다. SFN(Single Frequency Network)구성에 의해 방송국별로 주어진 권역을 커버하는데 1~2개 정도의 주파수만으로도 모두 커버할 수 있어야 한다. SFN이 가능한 방식은 대형빌딩이나 작은 마을 및 아파트 단지를 커버하는 방안으로도 매우 유리하다. 또 각 가정에서도 가정용 초소형 갭필러를 설치함으로써 점차 언제 어디서나 수신이 가능한 무선수신 환경을 자연스럽게 구축할 수 있다.

국내 지상파방송도 차세대방송을 OFDM 기술에 의한 SFN 송신망 구성으로 주파수 사용 대역을 줄여 나간다면 훗날 제2차 디지털전환이 완전히 이루어졌을 때, 그 때에는 방송용주파수에도 여유가 생길 수 있으므로 통신에게도 일부 할애가 가능할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

III. 효율적 주파수 활용과 공익적 가치 창출

1. VHF와 700MHz 대역을 활용한 2개의 주파수 이용 SFN 효과

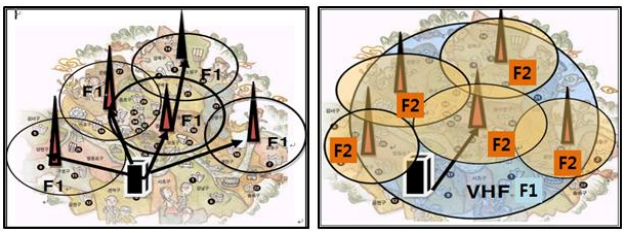

그림 1. (a) 1개 주파수로 SFN 구성 (b) 2개 주파수로 SFN구성

차세대방송 SFN망 구성에서는 방송국에서 UHDTV나 초고화질

3DTV 혹은 HD-MMS 프로그램의 압축 된 데이터를 공급하자면 DS3(45Mbps) 이상의 통신망이 각 송·중계기로 연결되어야 한다. 그러므로 권역이 넓어지고 새로운 중계기가 설치될 때마다 프로그램 망을 하나씩 더 증설하고 운용해야 하는 부담이 발생한다.

만약 디지털전환 이후 기존 VHF대역 주파수와 반환이 추진되고 있는 UHF 700MHz대역의 주파수를 이용하여 2개의 주파수에 의한 SFN 기술로 차세대방송을 구현할 수 있다면 효과적으로 주파수를 활용할 수 있게 된다.

<그림 1>(b)와 같은 2개의 주파수 대역을 이용한 SFN 송출망 구성의 장점으로는 시청자가 F1 주파수와 F2 주파수 등 2개의 주파수를 동시에 수신할 수 있는 지역에서는 주·예비주파수를 확보하게 되어 날씨변화에 따른 전파의 변화가 발생할 때 상태가 좋은 주파수를 선택할 수 있어 안정된 방송수신에도 도움이 될 수 있다. 그 외에도 VHF F1 주파수를 받아 UHF F2 주파수로 이종채널 편파 송출하는 구조이므로 중·소형 중계기는 동일채널 중계기처럼 안테나에서 방출된 신호가 다시 자기안테나로 수신되는 동일채널 Echo 간섭이 없어 중계기를 값싸게 만들 수 있으며 중계기와 안테나 설치도 동일채널 중계기와 달리 지형적 제약조건 없이 자유롭게 설치할 수 있는 장점이 있다.

VHF대역과 700MHz대역이 차세대방송용으로 이용된다면 기존에 일반주택과 아파트와 공동주택에서 사용하던 VHF 안테나와 분배기 및 증폭장치들이 디지털전환 이후에도 철거되거나 방치되지 않고 그대로 재활용 될 수 있어 국가적 낭비를 줄일 수 있다. 그리고 향 후 남북한 공동의 전송방식으로 채택이 된다면 VHF대역은 산악지형이 많은 국내 지형에 유리하게 전개시킬 수 있게 된다.

IV. DVB-T2 차세대방송 전송기술

1. DVB-T2 전송기술 개요

DVB-T2는 TV 한 채널에서 H.264 AVC 코덱을 이용하여 HD 영상 5~6개가 다중화 된 신호를 전송하는 목적으로 개발되었다. 본 논문에서는 DVB-T2가 차세대방송에 가능성이 있는지 검토해 보고, 높은 전송능력과 SFN 기능에 의한 난시청해소와 주파수의 효율적 사용 방안도 함께 제시하고자 한다.

2. DVB-T2 적용 사례와 전송용량 증가

실제 DVB-T와 DVB-T2 적용 사례를 보면, 영국에서는 세계 최초로 디지털방송을 실시하면서 DVB-T를 2K mode와 짧은 Guard Interval을 사용함으로써 SFN이 아닌 MFN 형태로 이용하고 있다. 사용 중인 DVB-T 파라메터를 보면 (64-QAM, 2K mode, coding rate 2/3, guard interval 1/32)를 사용하고 있다, Freeview-HD에 적용 중인 DVB-T2의 경우에는 동일 환경에서 (256-QAM, 32k, coding rate 3/5, guard interval 1/128)를 사용하여 전송용량을 24.13Mbps에서 35.4Mbps로 46.5% 증가하여 서비스하고 있다.

또 다른 나라의 예로서 이태리의 경우를 보면 DVB-T방식으로 SFN을 구성하여 사용하고 있다. DVB-T 사용 파라메터는 (64-QAM, 8k, coding rate 2/3, guard interval 1/4)를 사용하고 있으며, DVB-T2 의 경우 동일 조건에서 (256-QAM, 32k, coding rate 3/5, guard interval 1/16)을 사용하고 있어 이 경우 전송 비트레이트는 19.91Mbps에서 33.3Mbps로 약 67% 증가되어 서비스하고 있다[1].

3. DVB-T2 신호의 강인성 (Robustness)

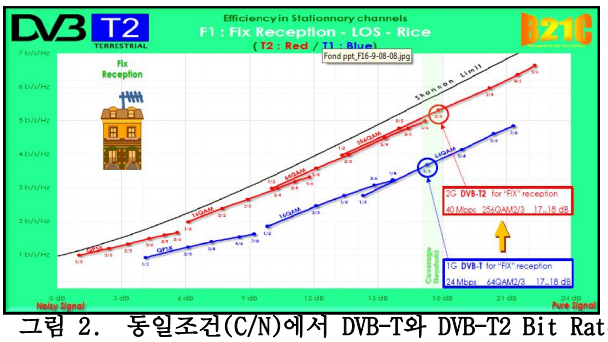

그림 2. 동일조건(C/N)에서 DVB-T와 DVB-T2 Bit Rate

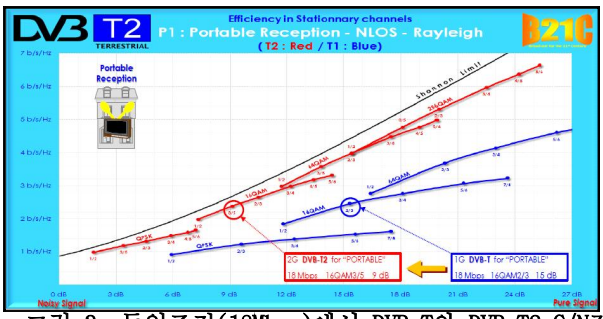

그림 3. 동일조건(18Mbps)에서 DVB-T와 DVB-T2 C/N값

<그림 2>의 경우 고정수신에 필요한 C/N값을 약 17~18dB라고 보고 C/N값을 17~18dB로 고정시키고 실제 DVB-T와 DVB-T2의 전송 비트레이트를 측정해 봤을 때 DVB-T (64QAM 2/3)의 경우 24Mbps 전송용량을 보여 준 반면에 DVB-T2 (256QAM 2/3)의 경우 약 40Mbps의 전송용량을 보여줌으로써 약 16Mbps 가 더 많은 데이터 전송이 가능함을 보여주고 있다. <그림2>에서DVB-T2의 전송용량 곡선을 보면 이미 Shannon Limit 곡선에 근접해 있음을 알 수 있다. 그만큼 DVB-T2는 강인한 신호전송으로 인해 주어진 주파수폭에서 전송할 수 있는 용량을 보여주고 있다.

<그림 3>은 전송용량을 18Mbps 정도로 고정시켰을 때 DVB-T와 DVB-T2가 나타내는 C/N값을 보여주고 있다. DVB-T (16QAM code rate 2/3)의 경우 C/N값이 15dB 정도이고, DVB-T2 (16QAM code rate 3/5)일 때는 C/N값이 약 9dB임을 나타내고 있어 역시 DVB-T2의 경우 높은 신호 강인성을 알 수 있으며 휴대수신과 실내수신 환경 구축에 유리함을 보여주고 있다[2].

4. DVB-T2의 전송용량 증가와 신호강인성 기법

DVB-T2 전송신호가 열악한 전파환경에서 매우 강한 강인성

(Robustness)을 보이고 있는 것은 무선을 통하여 전송된 데이터를 수신단에서 복원을 쉽게 하기 위해 LDPC(Low Dencity Parity Check)와 BCH(Bose-Chaudhuri-Hocquengham) 등을 이용한 매우 고효율의 FEC(Forward Error Correction) 적용과 효과적이고 다양한 신호처리 기법을 많이 사용하고 있는데 기인하고 있다. 그 중 LDPC에 의한 FEC효과가 매우 크게 작용하고 있다. LDPC와 BCH에 의해 데이터 보호능력이 크게 향상됨으로써 64800bits의 긴 Frame의 구조를 가질 수 있게 되었고, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 등 다양한 Code rate를 사용할 수 있으며, 256QAM 사용에서도 데이터를 안전하게 전송할 수 있게 되어 30% 이상의 비트레이트 증가 효과를 가져 오게 되었다[3].

5. 2개 주파수 SFN과 Gap Filler에 의한 수신환경 구축 제안

DVB-T2는 기존의 HDTV시대보다 월등히 강한 신호의 강인성과 SFN 능력을 가지고 있음을 확인하였다. <그림 8>은 앞서 제안했듯이 VHF대역 F1과 UHF대역 F2를 이용한 2개 주파수에 의한 SFN 방법으로 송출환경을 만들고, 아파트와 작은 마을에서는 극소출력 Gap Filler를 이용하며, 가정에서도 가정용 Gap Filler를 이용한 직접수신환경을 보여주고 있다. 아파트 단지에서는 공시청안테나시설과 옥내배선에 의존하여 각 가정에 지상파방송을 전달 할 수 있지만, 다른 방법으로 UHF F2 주파수 극소출력 Gap Filler를 이용하여 주민이 무선을 통해 직접수신이 자유롭도록 환경을 구성할 수도 있다.

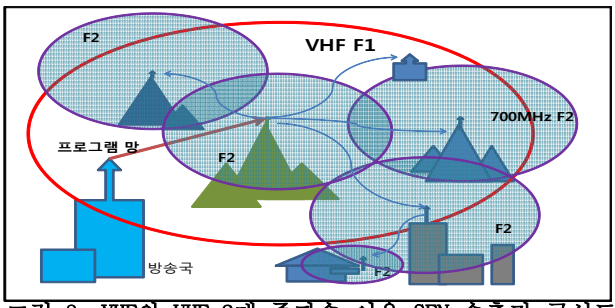

그림 8. VHF와 UHF 2개 주파수 이용 SFN 송출망 구성도

<그림 9>와 같이 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 어디에서나 이동통신과 비슷한 무선환경이 이루어지게 된다면 고정된 셋톱박스에서 벗어나 스마트폰을 비롯하여 각종 휴대용기기 및 게임기와 멀티미디어기기에도 차세대방송 수신 칩을 사용할 수 있게 된다. 즉, TV수신환경이 발달해야 개인용 셋톱박스 시대가 가능하게 되고, 개인용 셋톱박스 시대가 도래 하게 되면 각 수신기는 각종 디스플레이와 Wi-Di(Wireless Display), DLNS (Digital Living Network System) 등 표준규격에 의해 연동하게 되며, 언제 어디서나 주변의 디스플레이와 휴대폰 화면을 통하여 TV시청의 연속성을 가지고 차세대방송을 시청할 수 있게 된다.

지상파 디지털전환에 의해 송신소 및 아파트와 공동주택에서 철거되거나 방치되는 VHF대역 안테나 시설을 살리고 재활용 효과를 극대화시키기 위해서는 2012년 말 이전까지 차세대방송 기초실험이 이루어지고 2013년부터는 수도권과 지방 대도시 중심으로 VHF 대역에서 실험전파를 계속 송출하면서 점차 UHF 대역 SFN 중계기 숫자를 늘려가는 전략이 필요하다.

그림 9. 가정용 DMB SFN Gap Filler

V. 결 론

디지털방송을 시작한지 12년이 지나서야 아날로그방송을 중단하게 되었다. 이제 완전한 디지털 환경에 놓이게 되면 통신의 경우처럼 방송도 빠르게 진화할 수 있다. 이렇듯 완전한 디지털환경에 들어서면서 진화된 차세대방송을 준비함으로써 현재의 전송기술로는 쉽게 해결하기 힘든 주파수 부족문제와 난시청 문제를 해소하고 UHDTV 및 HD-MMS 서비스와 Full-HD급 3DTV 환경 및 개인용 셋톱박스 시대를 조속히 시청자에게 제공함으로써 국내 디스플레이와 방송장비 산업 뿐만 아니라 고품질 콘텐츠 산업의 세계화에도 도움이 될 것으로 전망할 수 있다. 아울러 모든 세계가 SFN 방식에 의해 효율적인 주파수 활용을 하고 있는 가운데 우리나라도 SFN이 가능한 기술의 조기 도입으로 주파수 낭비가 심한 기존의 방식에서 벗어나는 기간이 짧을수록 세계적 추세에 따라 주파수를 자유롭게 이용할 수 있게 될 것으로 보고 있다. 특히 차세대방송이 성공하자면 고품질 서비스뿐만 아니라 수신환경의 개선과 효율적 주파수 활용 방안 모두가 중요한 요소가 됨을 강조하고 있다.

본 논문에서는 지상파방송에서 UHDTV와 Full-HD 3DTV와 HD-MMS 등 대용량 데이터 전송의 가능성을 DVB-T2 전송방식과 HEVC 압축기술의 융합을 기반으로 확인해 보았다. 한편 수신환경 향상을 위해 VHF주파수와 UHF주파수를 이용한 2개의 주파수에 의한 SFN 송출망과 가정용 Gap filler에 의한 수신환경 구성의 효과를 제안하였다.

VI 참고문헌

1) 박구만 외 5명, 'UHDTV 영상기술-서비스개발 고려사항 및 정책적 방안', 정보과학회지, pp45~54, 2011년 12월
2) Gerard Faria, 'DVB-T2 Forfomances and Feature', DVB @ BES INDIA2011 -T2, TeamCast 2011
3) 서정욱 외 4명, 'ASO시대를 위한 차세대 지상파 TV표준 DVB-T2 기술 소개', 정보와 통신, 2008년 8월
4) 박성규, ?DVB-T2 중심으로 차세대방송 구현 가능성과 주파수 활용 연구', 방송공학회지 제17권 제2호, 2012년 4월
5) 백종호 외, MISO 전송모드에서 Interactive Demapping and Decoding을 사용하는 DVB-T2 수신기의 성능분석', 한국인터넷정보학회 제12권 제3호, 2011년 6월