

특집논문 (Special Paper)

방송공학회논문지 제21권 제5호, 2016년 9월 (JBE Vol. 21, No. 5, September 2016)

<http://dx.doi.org/10.5909/JBE.2016.21.5.726>

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

VHF대역의 효율적 재활용을 위한 T-DMB 수신환경 조사

박성규^{a)}, 이상운^{a)}, 채수현^{b)}, 박구만^{c)†}

A Research On the T-DMB Received Environment For the Efficient Reuse of the Band of VHF Frequency

Sung-Kyu Park^{a)}, Sang-Un Lee^{a)}, Su-Hyun Chae^{b)}, and Gooman Park^{c)†}

요 약

본 논문은 가정용 T-DMB 수신기와 갭 필러를 이용한 실질적인 이용자 환경에서의 실험을 통해 VHF 대역의 주파수 특성을 파악하고, 디지털라디오 및 UHDTV 방송을 위한 VHF대역의 효율적인 활용 방안을 제안한다. 먼저 디지털라디오에 적합한 주파수 대역을 찾기 위해 승용차에 탑재된 DMB/FM CAR Radio를 이용하여 DAB의 특성을 가지고 있는 T-DMB의 가시청 지역 내에서 이동수신 중 끊김 현상 빈도수를 조사하였다. 그리고 UHDTV방송에 적합한 SFN전송망 구성 방법을 찾기 위해 UHDTV방송과 동일한 OFDM 변조를 사용하고 있는 T-DMB의 가정용 갭 필러를 이용하여 동일채널 전파의 피드백 현상을 실험해 보았다. 이와 같은 실험을 통해 VHF 대역에서 디지털라디오에 적합한 주파수 대역 선정과 UHDTV의 효율적인 SFN망 구성을 위한 VHF대역의 활용 방안을 제안한다.

Abstract

This study analyzed the properties of VHF band and suggested an efficient VHF band application plan for digital radio and UHDTV broadcasting through the experiment by the house T-DMB device in practical user environment. In order to find an efficient frequency band for digital radio broadcasting, this study examined first, to check the times of drop-out receive occurring in the audible area using a DMB/FM CAR Radio for T-DMB that has the characteristics of DAB. Second, this article explored the phenomenon of feedback loops in the same channel using a T-DMB house gap filler transmitting the signal by the same OFDM modulation scheme with UHDTV for configuring suitable SFN transmission network of the UHDTV broadcasting. Based on these experiments, this study suggested a suitable VHF band for digital radio and an efficient utilization of the VHF frequency band for the SFN network configuration of UHDTV.

Keyword : Digital Radio, UHDTV, VHF, Feed Back, T-DMB

a) 동아방송예술대학교 방송기술계열(Dong-Ah Institute of Media and Arts, Division of Broadcasting Engineering)

b) SBS 라디오기술팀(SBS, Radio Engineering Team)

c) 서울과학기술대학교 전자T미디어공학과(Seoul National University of Science and Technology, Dept Electronics and IT Media Engineering)

† Corresponding Author : 박구만(Gooman Park)

E-mail: gmpark@seoultech.ac.kr

Tel: +82-2-970-6430

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7055-5568>

· Manuscript received July 27, 2016; Revised September 2, 2016; Accepted September 2, 2016.

1. 서론

국내 지상파방송은 2012년 12월 31일 디지털방송 전환 종료를 계기로 아날로그TV 방송을 중지하고, UHF(Ultra High Frequency)대역 중 700MHz대역(698~806MHz)의 주파수와 VHF(Very High Frequency)대역(54~216MHz)에서 아날로그TV 방송 당시 주력 채널로 사용하던 TV주파수를 비워두었다. 나머지 UHF대역(470~698MHz)에서는 현재 HDTV(High Definition Television)방송을 하고 있고, VHF 상위대역 일부에서는 T-DMB(Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting) 방송을 서비스하고 있다. 그 외에도 하위 VHF대역(L-VHF)과 상위VHF대역(H-VHF) 사이에 분포하고 있는 FM라디오 대역(88~108MHz)에서는 기존 아날로그 FM(Frequency Modulation) 라디오방송을 계속 하고 있다. [그림 1]은 국내 VHF와 UHF대역의 방송용주파수 분배와 디지털라디오 전송방식에 따른 주파수 활용 대역 및 700MHz 대역의 UHD TV(Ultra HDTV)방송과 통신용 주파수 할당을 보여주고 있다.

이미 TV방송은 HDTV방송을 위한 디지털 전환을 마치고 이제는 고품질 UHD TV 방송을 준비하고 있지만, 라

디오방송은 아직 디지털라디오의 전송방식도 확정하지 못한 채 아날로그 FM방송을 유지하고 있다^[1]. 디지털 시대에 아직도 아날로그 FM방송이 유지되는 이유는 오디오 품질이 양호하며, 전파 전달 능력도 광범위한 영역을 커버할 정도로 매우 좋은 편이고, 특히 차량으로 이동하면서 수신하여도 큰 불편이 없으며, 제작과 전송과정에서 Delay가 발생하지 않아 전화연결 등 시청자 참여가 거부하지 않고 자연스러운 점 등 많은 장점 때문이라고 말할 수 있다.

만약 디지털라디오 방송으로 전환한다고 하여도 위와 같은 장점을 뛰어넘어야 하는 고민이 있을 수 있다. 특히 라디오는 차량으로 이동하면서 청취하는 이용자가 큰 비중을 차지하므로, 최소의 송신기로 최대한 넓은 영역에서 끊어짐이 없이 자유롭게 이동수신을 할 수 있는 방안 마련이 중요하다^[2]. 또 디지털 처리과정에서 최소한의 Delay발생으로 전화 참여가 자연스럽게 이루어져야 한다. 특히 오디오 품질은 원본에 크게 손상이 없는 한도에서 압축하여야 하고, 디지털 전송으로 FM보다 편리한 수신환경 제공과 CD에 버금가는 고품질 전송이 가능해야 한다.

현재 아날로그TV 방송 중단으로 재활용이 가능한 대역

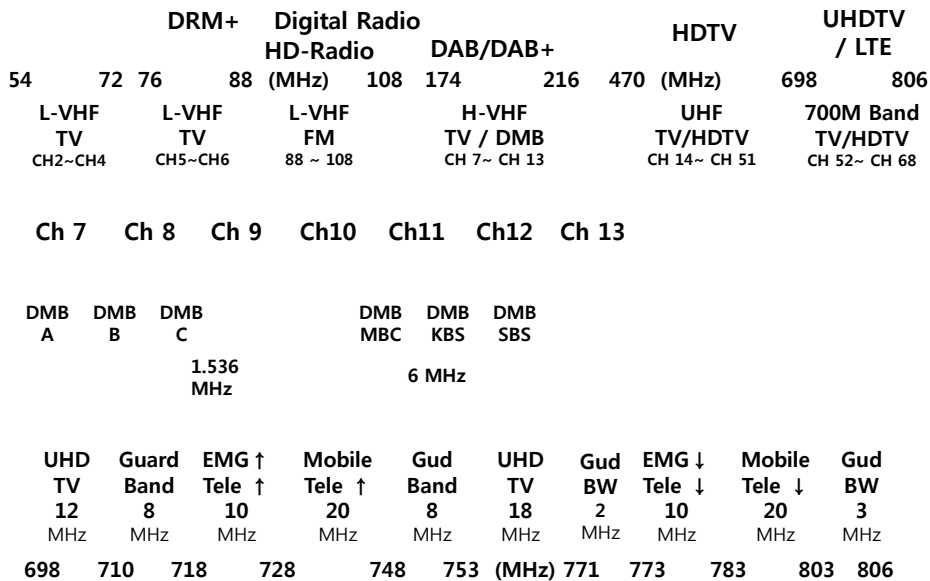


그림 1. 국내 수도권 VHF/UHF 방송용주파수 분배표와 디지털라디오 전송방식
 Fig. 1. VHF/UHF frequency diagram in Korea & the mode of digital radio

은 TV채널 2~6번 VHF하위대역(54~88MHz)과 TV채널 7~13번 VHF상위대역(174~216MHz)대역 중 DMB채널을 제외한 일부 주파수가 대상이 된다. 그 외에도 VHF 대역 내에서 VHF하위대역과 인접한 FM대역(88~108 MHz) 중 FM라디오 채널 사이사이의 빈 주파수도 재활용의 대상이 되고 있다^[3]. 그러나 각각의 대역이 보여주는 전파 특성과 안테나 크기는 크게 차이가 있으므로 주파수 특성을 고려한 정교한 주파수 활용 정책 수립과 연구가 요구된다. 주파수가 낮으면 전파의 회절성이 좋아 전파음영지역이 적으며 멀리까지 전파할 수 있지만, 안테나가 커지는 불편이 있다^[4]. 반면에 주파수가 높아지면 짧은 안테나로도 방송이 가능하지만 직진성이 강하여 전파 음영지역 많아지므로 수신 환경 개선을 위해 송신기와 중계기 개수가 증가하는 단점도 있다.

본 연구는 DAB(digital Audio Broadcasting)의 특성과 OFDM(Orthogonal Frequency Division Modulation) 변조 특성을 모두 가지고 있는 T-DMB 방송을^{[2][3]} 실험대상으로 선정하고, 평범한 가정용 수신기와 장비를 이용하여 실질적인 이용자 환경에서 향후 디지털라디오 방송과 UHDTV 방송에서 발생할 수 있는 예상 문제점을 실험으로 확인하는데 목적이 있다. 첫 번째 실험으로 T-DMB에 포함된 라디오 채널에 대한 수신 실태를 조사함으로써 향후 디지털라디오 전송방식 선정에 고려해야 할 가장 중요한 변수가 각각의 대역별 전파 특성임을 입증하고 있다^[5]. 실험방법으로는 T-DMB 수신이 가능한 범용 CAR Radio를 이용하여 VHF 상위대역에 배치된 T-DMB 내 라디오 채널의 이동수신 시 끊김 현상 빈도수를 측정해 보았다. 또 다른 실험으로 T-DMB는 SFN(Single Frequency Network) 전송망 구성이 가능한 OFDM 변조의 특징도 가지고 있으므로 만약 UHDTV 방송을 준비하면서 과연 한 개의 주파수를 허가받았을 때 중계기 설치 및 전파 출력 선정이 얼마나 자유로울 수 있는지 가정용 갭 필러(Gap Filler)를 통해 동일채널 Feedback 현상에 대한 실험을 해 보았다. 이러한 두 가지 실험을 통해 얻어진 결과를 이용하여 디지털라디오 방송에 적합한 주파수 대역에 대한 제안과 더불어 VHF대역 주파수와 UHF대역 주파수를 활용하여 UHDTV방송의 효율적인 SFN망 구축 방안을 제안하

고자 한다.

II. VHF 대역별 전파특성

1. VHF 상위대역 주파수의 특성

VHF 대역 주파수는 크게 VHF 상위대역과 VHF 하위대역 및 FM 대역으로 나눌 수 있다. 그 중 VHF 상위대역은 174~216MHz 대역을 의미하며, TV채널 7~13번 채널이 된다. 이대역의 주파수는 과거 지상파 아날로그TV 방송의 메인송신기에 주로 할당하던 대역으로써 방송대역으로서는 매우 소중한 주파수이다^[5].

과거 아날로그TV 시절 강력한 전파 송출에도 불구하고 거의 대부분의 가정에서는 옥외 높은 곳에 야기 안테나를 설치하고 거실의 TV까지 안테나선을 연결하여 TV를 시청하였다. 여기서 옥외 안테나를 주로 사용하였다는 것은 그만큼 거실의 TV수상기로 직접 수신이 어려웠다는 점을 쉽게 예측할 수 있다. 왜냐하면 VHF 상위대역 주파수부터는 주파수가 높아질수록 직진성이 강해져 수신 지점에서 송신소 안테나를 직접 볼 수 있는 정도의 LOS(line of sight) 조건을 요구하기 때문이다^{[1][6]}. 수신지점과 송신소 사이에 높은 산이 있거나 건물이 가로 막혀 있다면 수신이 불가능한 난청지역이 발생하기 쉽다. 그러나 VHF 대역만 해도 UHF 대역과 비교하여 어느 정도 회절 특성을 가지고 있으므로 꼭 LOS 조건이 아니더라도 수신이 가능한 지역이 많았기 때문에 대부분의 방송국은 VHF 상위대역의 주파수를 선호해 왔다^[7].

TV채널은 VHF 상위대역 이상 높은 주파수를 사용함으로써 발생하는 난시청지역을 커버하기 위하여 전국에 수많은 보조중계기를 설치하였다. [표 1]에서 보여주듯이 현재 수도권권의 경우만 하더라도 방송사별로 VHF 메인 채널을 제외하고도 10개 이상의 보조중계기를 설치해 왔었다. 현재 T-DMB의 경우도 아날로그TV 중계기가 있던 곳 대부분에 중·대형 중계기 혹은 보조중계기를 설치하고 있으므로 수도권에 방송사별로 15곳 이상의 T-DMB 송·중계기를 운용하고 있다. T-DMB의 경우 SFN 전송망 구성이 가능하

표 1. 수도권 아날로그TV와 디지털TV 및 DMB 송신기와 주파수 할당 비교 (출처 : SBS)

Table 1. Compare the Frequency assignment of Analog TV & Digital TV with DMB in Capital Region. (source: SBS)

TX Pos.	Analog TV		Digital TV		TX Pos.	T-DMB	
	Channel	Power	Physical Channel.	Power		Frequency	Power
관악산	Ch. 27	10KW	Ch.16(6-1)	2.5KW	관악산	SFN Freq. Ch.12C 208.736 MHz	2KW
남산	CH. 6	50KW	Ch.68(6-1)	5KW	남산		2KW
용문산	Ch.55	10KW	Ch.29(6-1)	1Kw	용문산		1KW
파평	-	-	-	-	파평		20W
동두천	Ch.21	100W	-	-	불광		90W
불광	Ch.57	500W	Ch.58(6-1)	90W	포천		20W
백련	-	-	Ch.54(6-1)	90W	계양산		1KW
장위	Ch.51	500W	-	-	만월		90W
행당	Ch.60	10W	-	-	하점		100W
시흥	Ch.39	10W	-	-	안산		20W
계양산	-	-	-	1KW	광교산		100W
인천	Ch.47	500W	Ch.58(6-1)	90W	운중		20W
광명	Ch44	10W	-	20W	광주		20W
광교산	-	-	Ch.26(6-1)	200W	용인		90W
성남	Ch.45	100W	Ch.29(6-1)	20W	이동	90W	

므로 모두 VHF 대역의 단일채널 중계기이다.

만약 VHF 상위대역을 디지털라디오 대역으로 사용하려면 DMB 앙상블(DMB Ensemble) 한 사업자에게 주어진 1,536MHz 한 채널에서 약 24개의 오디오방송을 할 수 있는 DAB+ 전송기술이 유용하다^[3]. 그러나 DAB 계열의 T-DMB 경우 FM보다 높은 주파수를 사용함으로써 산이 많은 국내 환경에서 FM 송신기보다 15배 이상 송·중계기 개수를 많이 사용하고 있는 단점도 쉽게 발견할 수 있다.

2. VHF 하위대역 주파수 특성

VHF 하위대역은 54~88MHz 사이의 대역을 의미한다. TV 채널로는 2~6번 대역을 말한다. VHF 상위대역(174~216 MHz)보다 훨씬 낮은 주파수 대역이며, FM 대역(88~108 MHz)과 인접한 바로 아래 대역이다. 그러므로 수신 안테나는 매우 커지며, TV 수신을 위해서는 Long Yagi Antenna 가 이용되었다. 그러나 FM 대역과 인접해 있으므로 TV Ch. 5~6번 주파수를 사용하여 디지털라디오방송 구현 시 FM 송신기와 콤바인하여 하나의 안테나로 전송하기 쉬운 장점도 가지고 있다. 만약 디지털라디오를 이대역에서 상용화한다면 DRM+ 전송방식을 이용하여 Out of Band 방식으로 서비스할 수 있다^[3]. 향후 FM 방송 종료 시에는

FM 대역까지 디지털라디오 방송을 확장하여 All Digital Radio 대역으로 폭 넓은 서비스를 실행할 수 있게 된다.

특히 이대역은 VHF 방송대역 중 가장 낮은 주파수 대역이므로 DAB 혹은 DAB+ 방식을 사용하려는 VHF 상위대역이나 현재 아날로그 FM 방송보다 훨씬 적은 수의 송·중계기를 사용하여도 충분히 더 넓은 지역을 커버할 수 있는 특징을 갖고 있다.

3. FM 대역 주파수 특성

FM 대역은 VHF 상위대역과 하위 대역 중간에 위치하며 VHF 하위대역과 인접한 바로 위 대역이다. 현재 아날로그 FM 방송을 서비스하고 있지만 품질이 우수하고 전파전달 특성도 매우 좋아 차량에서 이동수신도 잘 되고 있다. 아날로그 방송 특성상 인접지역에서 동일채널 사용 시 충돌이 일어날 수 있으므로 FM 방송사들은 수도권에서는 송신기를 관악산 혹은 남산 중 한곳에서만 운용하고 있다. 관악산 FM 송신기의 경우 10KW 출력으로 송신기 1개 사용 시 동쪽으로는 원주까지 수신권역이 이루어지고 남쪽으로는 당진 남쪽까지도 라디오를 들을 수 있다^[4].

방송통신위원회가 조사한 방송매체 이용행태 보고서(2015)에 의하면 매체를 주 5일 이상 이용하는 비율은 TV

(76.2%)와 스마트폰(73.7%)이 압도적으로 높고 PC/노트북(29.5%), 라디오(8.9%), 신문(7.1%)로 라디오의 이용이 낮은 편이지만 신문보다는 조금 더 높다. 라디오 이용률을 보면 22.8%로 2010년(30.7%) 이후 감소하는 추세이고, 주 청취자는 30~50대로 자가용에서 이용하는 비율이 64.1%로 가장 높고, 집에서 이용하는 비율은 32%로 나타났다. 그 외에도 라디오 수신기를 통한 평균 청취하는 시간은 1시간 21분이며, 스마트폰 하루 평균 이용시간은 1시간 40분으로 나타나 스마트폰 이용시간이 조금 더 높지만 라디오는 여전히 중요한 방송 매체로 자리매김하고 있음을 알 수 있다^[10].

최근 이용자들은 스마트폰을 이용하여 통신과 방송뿐만 아니라 인터넷과 오락을 즐기려는 경향이 강하게 나타나고 있다. 그러므로 라디오도 점차 스마트폰 앱으로 전달되는 라디오 방송 외에도 지상파방송을 직접 스마트폰으로 수신할 수 있도록 디지털라디오로 전환할 필요가 있다. 일단 디지털로 전환이 되어야 스마트폰에 디지털 튜너를 탑재할 가능성이 높아지기 때문이다.

III. 조사와 연구

1. 연구방법

본 연구는 현재 아날로그TV 종료 이후 비어있는 VHF 대역의 주파수를 현재 T-DMB 활용 외에도 디지털라디오가 사용해야 할지 아니면 UHDTV 방송에 활용되어야 할지 주파수 활용 방안을 찾아보는데 목적이 있다. 실질적인 이용자 환경에서 VHF 주파수의 활용 방안을 찾아보기 위해 시청자가 사용하는 범용 DMB/FM CAR Radio와 가정용 DMB Gap Filler를 이용한 실험과 조사를 통해 VHF 상·하위 대역과 FM대역에 적합한 매체를 확인하고자 한다.

먼저 디지털라디오 방송을 실행하기 위해서는 VHF 대역 주파수 중 적합한 주파수 대역을 찾아 볼 필요가 있으므로 지금의 국내 방송환경에서 실험할 수 있는 방법을 찾아 직접 실험을 해 보기로 한다. 첫 번째 실험으로 DAB의 특성과 성질을 갖고 있는 국내 T-DMB의 라디오 채널을 이용하

여 장거리 이동수신 중 끊김 현상 빈도수 측정 등 수신환경 실태를 조사함으로써 DAB+(Digital Audio Broadcasting) 혹은 IBOC(In Band On Channel) 및 DRM+(Digital Radio Mondial) 등 디지털라디오 전송방식 선정에 도움이 되는 주파수 특성 자료를 확보하는데 목적을 두고 있다.

두 번째 실험 역시 OFDM 변조의 특성과 성질을 갖고 있는 T-DMB를 이용한 실험을 통해 UHDTV 방송의 SFN 전송망 구축에 필요한 정보를 얻고자 한다. 두 번째 실험은 T-DMB의 가정용 갭 필러를 이용하여 수신과 송신 안테나 위치 선정에 따라 송·수신 동일 채널 주파수의 Feedback 현상을 조사함으로써 향후 UHDTV 방송을 위한 SFN 전송망 구축에 VHF 대역 주파수의 활용방안을 찾아본다.

2. 연구문제 제시

실험에 앞서 실험의 연구방법과 목적을 연구문제로 제시함으로써 실험 결과를 통해 연구문제와 비교하여 궁극적으로 얻고자 하는 목적에 어느 정도로 적절한 결과를 얻었는지 확인하는데 척도로 이용하고자 한다.

연구문제 1. 최소의 송신기 배치로 최대한 넓은 서비스 구역을 확보할 수 있고, 이동 수신 중 끊김 없는 디지털라디오 방송 환경을 구축하고자 할 때, DAB 계열의 전송방식은 어떤 문제점을 갖고 있는가?

연구문제 2. 송·수신 안테나의 위치에 관계없이 Feedback 걱정이 없고, 원하는 위치에 쉽게 소출력중계기 및 갭 필러를 설치할 수 있는 UHDTV 이용 환경을 구축하고자 할 때, 하나의 채널만으로 SFN 전송망을 구축하는 방식은 어떤 문제점을 갖고 있는가?

3. DAB 라디오 채널의 이동수신 실험

첫 번째 실험의 목적은 최소의 송신기 대수로 최대한 넓은 지역에 이동 수신 중 끊김 현상 없는 디지털라디오 전송방식과 주파수 대역 선정을 위한 방안을 찾는 데 목적을 두고 있다. 국내 방송 환경에서 실험해 볼 수 있는 방법으로

DAB 규격을 기반으로 만들어진 T-DMB의 채널 중 라디오 채널을 승용차용 DMB/FM CAR Radio를 이용하여 장거리 이동수신 중 끊김 현상의 발생 빈도수를 조사함으로써 DAB계열 전송방식과 VHF 상위채널 L-Band의 사용이 국내 디지털라디오 환경 구축에 어느 정도 적합한 방식인지 확인하기로 하였다.

- 장거리 이동수신 구간 : 서울 목동 ~ 안성 동아방송에 솔대학교
- 장거리 이동수신 경로 : 경부고속도로, 중부고속도로, 서해안고속도로, 양지국도 이용
- 이동수신 라디오 채널 : T-DMB, 12C Ensemble, SBS V-Radio Channel
- 이동수신 측정 장비 : T-DMB 수신 가능한 승용차용 DMB/FM CAR Radio

[표 2]는 서울에서 안성까지 여러 코스를 통해 T-DMB의

표 2. 서울-안성 이동수신 구간 T-DMB 라디오 채널 끊김 현상 빈도수 조사 결과

Table 2. Seoul-Ansung Mobile Receive Test to check the Number of Silent on T-DMB Radio Channel

Mobile Recv. Course (Seoul - Ansung) 150Km	Silent(Drop out) Times					Total
	1 Sec.	3 Sec.	5 Sec	10 Sec	more than 20s	
Kyung Boo Exp.Way	31	12	6	3	2	54
Joong Boo Exp.Way	27	10	4	5	8	54
Seahaeann Exp.Way	35	18	7	4	2	66
Yangjee National Road	28	13	8	4	5	58
(Analog FM Radio)	No	No	No	No	No	No

라디오 채널을 이용하여 이동수신 중 끊기는 현상 빈도수 조사 실험을 한 결과를 보여주고 있다. 오디오가 끊기는 구간에서 아날로그 FM방송을 수신해 보았지만 어느 구간에서도 FM방송이 끊기는 현상은 없었다. SBS는 최근까지 아날로그 SBS Love FM 혹은 SBS Power FM 방송과 대부분 동일한 내용의 SBS T-DMB V-Radio(visual Radio) 채널을

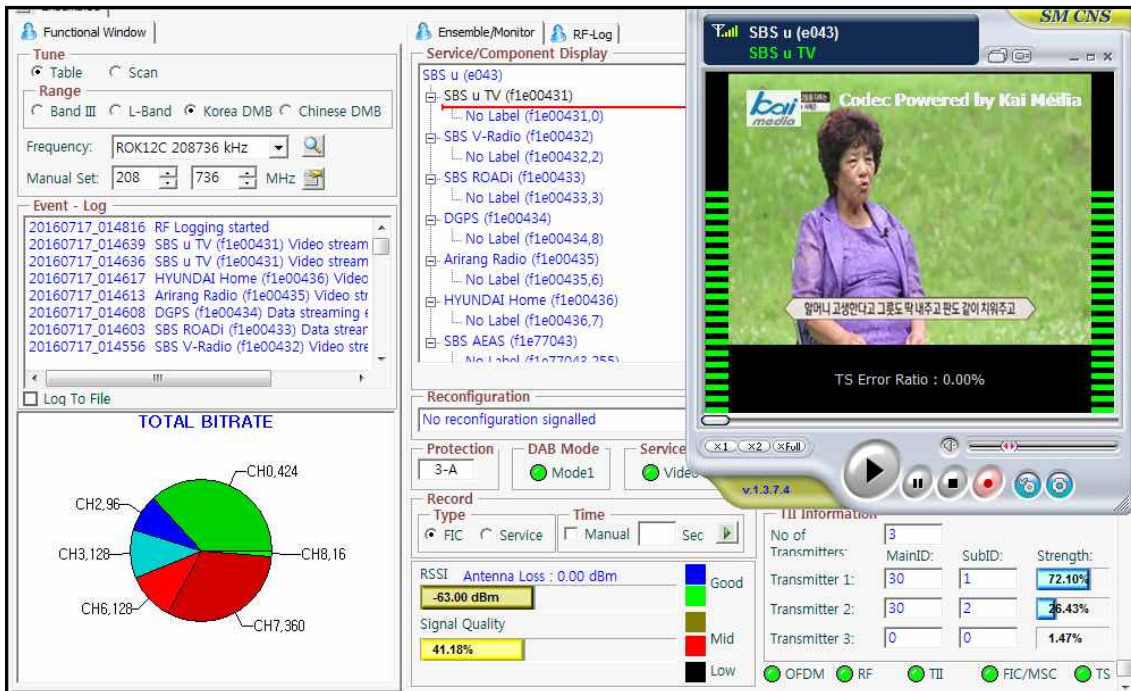


그림 2. SBS T-DMB Ensemble 스트림 구조 (측정기 : DABAIR II (SMCNS 사))

Fig 2. The Structure of The SBS T-DMB Ensemble Stream (TESTER : DABAIR II (SMCNS Co.))

운용하였으므로 서로 비교 측정이 가능했다. 지금은 SBS V-Radio채널에서 별도의 음악만 방송하고 있다.

[그림 2]는 전문가용 장비를 사용하여 SBS T-DMB 앙상블의 스트림 구조를 보여주고 있다.

4. T-DMB Gap Filler Feed Back 실험

두 번째 실험의 목적은 하나의 채널로 SFN 전송망 구현 시 소출력 증계기 및 가정용 갭 필러 사용에서 송·수신 안테나 위치 선정과 단일채널 송신주파수 Feed Back 현상 차단이 매우 어려운 점을 확인하기 위한 실험이다. 향후 지상파 UHDTV방송 구현 시 저비용으로 아파트나 오피스 건물 등 전파 음영지역에 소출력증계기를 설치하거나 가정에서 소규모 갭 필러를 이용하여 가정 내 무선 수신환경을 구성하고자 할 때 Feedback 발생은 출력 저하나 송·수신 안테나 분리 등 많은 숙제를 남기게 된다^[1].

이 실험은 현재 국내 방송환경에서 OFDM 변조를 사용하고 있는 T-DMB가 SFN 전송망을 이룰 수 있는 특징을 이용하고 있다. 실험 방법으로 가정용 초소형 증계기인 갭 필러(Gap Filler)를 이용하여 아파트 베란다와 거실에서 갭 필러의 위치와 송수신 안테나 분리 여부에 따라 Feedback 현상과 수신환경 변화를 측정한다. 이 실험의 목적은 현재 추진되고 있는 UHDTV 이용 환경을 하나의 채널 할당만으로 어느 정도 원활한 SFN 망 구성과 편리한 수신환경을 구성할 수 있는지 확인하는데 있다.

- 처음에는 갭 필러의 송·수신 안테나를 분리하지 않고 동일한 위치에 두고 실험하였다.
- 창가에서 거실 내부로 들어가면서 1.5m 간격으로 갭 필러를 이동하면서 파워 ON OFF 절체 시 각각 DMB 수신기의 수신 상태의 변화를 파악하였다.
- 두 번째는 갭 필러의 송·수신 안테나를 서로 격리시킨 후 실험을 하였다.
- 창가에서 거실 내부로 1.5m 간격으로 갭 필러를 이동하면서 파워 ON OFF 절체 시 각각 DMB 수신기의 수신 상태의 변화를 파악하였다.



그림 3. T-DMB 갭 필러 수신 상태 실험 위치
Fig 3. Position of the Receive test by T-DMB gap filler



그림 4. 실험에 이용된 T-DMB 수신기와 가정용 갭 필러
Fig 4. The T-DMB Receiver & Gap Filler for these test

그림 5. 갭필러 송·수신안테나 동일위치(좌), 이격위치(우) 사진
Fig 5. Same position(Left) & Isolated(Right) of the RX,TX ANT for the T-DMB Gap Filler

- [그림 3]과 [그림 4]는 측정 위치와 실험 장비 사진이며, [그림 5] 송·수신 안테나와 격리 유무를 보여준다.



그림 6. 송수신 안테나 동일위치 시 갭 필러와 수신기 동작상태
 Fig 6. State of the DMB Receiver at Gap Filler ON/OFF when Tx & Rx Antenna is same position

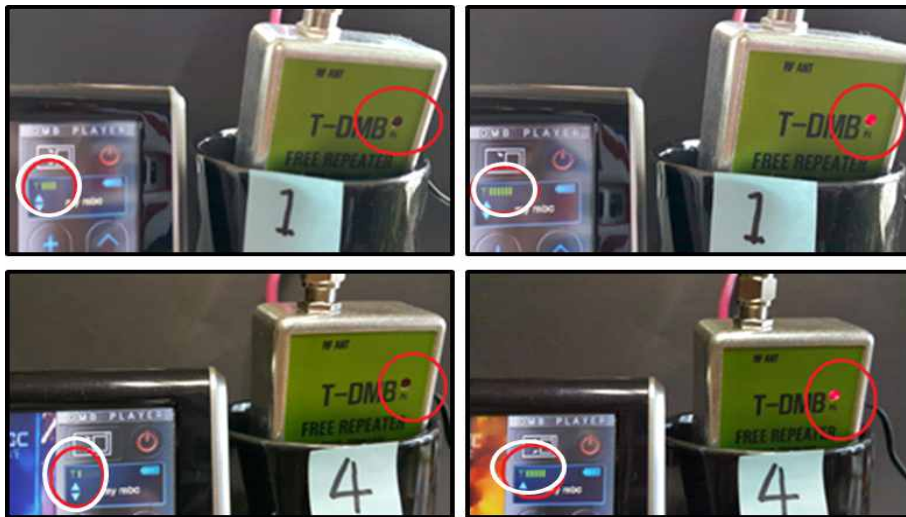


그림 7. 송수신 안테나 격리 시 갭 필러와 수신기 동작상태
 Fig 7. State of the DMB Receiver at Gap Filler ON/OFF when Tx & Rx Antenna is isolated

- [그림 6]을 보면 송·수신 안테나를 동일위치에 놓고, 갭 필러의 전원을 켜고, 수신기의 수신 상태를 알려주는 눈금수가 오히려 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.
- 두 번째 측정 때에는 송·수신 안테나를 서로 격리시키고 실험을 하였다.
- [그림 7]을 보면 송·수신 안테나를 서로 격리시키고 갭 필러의 전원을 켜고, DMB 수신기의 수신 상태를 알려주는 눈금이 이번에는 증가하였음을 확인할 수 있었다.
- [그림 6]과 [그림 7]의 결과를 [표 3]으로 정리하여 보여주고 있다.

표 3. 안테나 격리 유무에 따른 실험 위치별 DMB 수신 레벨의 변화 비교

Table 3. Compare with the level of DMB Receiver by Gap Filler antenna is isolated or not.

TEST POSITION	ANT. POSITION	Same Located		Isolated	
	Gap Filler Power	OFF	ON	OFF	ON
1	Level of Received	5	1	5	6
2		5	1	4	6
3		4	1	3	6
4		3	1	1	6

IV. 실험 결과

1. T-DMB 오디오 채널 이동수신 중 끊김 현상 빈도수 조사

실험은 SBS의 T-DMB Ensemble Stream 내에 포함되어 있는 SBS V-Radio 채널(일명, 보는 라디오 채널)을 이용하여 서울에서 안성까지 약 150Km 구간을 경부고속도로, 중부고속도로, 서해안고속도로 및 양지를 경과하는 국도 등 다양한 경로를 이용하여 오디오 신호가 몇 번 끊기는지 Silent(Drop Out) 발생 빈도수를 조사하였다. 실험 기구는 차량용 DMB/FM 겸용 라디오를 이용하여 비교 실험하였다. SBS T-DMB V-Radio 채널은 DAB규격을 따르는 오디오 채널이기는 하지만 H.264규격의 정지화상의 영상이 포함되어 있으며, 오디오 압축을 BSAC(Bit Sliced Arithmetic Coding) 규격을 사용하고 있다. SBS는 최근까지 FM라디오와 동일한 내용의 방송을 해 왔다. V-Radio가 끊기는 구간에서 FM라디오는 끊기지 않음을 정확히 판단할 수 있기에 SBS V-Radio를 실험 대상으로 선정하였다.

실험 결과 SBS T-DMB V-Radio는 서울에서 안성까지 150Km 구간 모든 경로에서 50번 이상 순간 끊기거나 한참을 묵음인 상태가 빈번하게 발생하였다. 그러나 기존 FM라디오는 모든 경로에서 전 구간 끊어지지 않았고 잘 수신되었다. 그 외에도 FM보다 T-DMB의 경우 약 3~5초 정도의 Delay가 발생하는 단점도 나타났다.

더 큰 문제점은 FM송신기의 경우 수도권을 커버하는데 관악산 송신기(10KW 아날로그) 1대를 사용하고 있지만, T-DMB의 경우는 [표 1]에서 보여주듯이 관악산 송신기(2KW)를 비롯하여 15 곳 이상의 중·소형 중계기가 수도권에 배치되어 있다는 사실이다. 즉, T-DMB의 경우 15배

이상 더 많은 중계기가 배치되어 있음에도 불구하고 수 없이 끊김 현상이 발생한다면 전송방식 뿐만 아니라 주파수 밴드의 특성과 SFN전송망 구조까지도 면밀히 연구해 필요가 있다.

2. 연구문제 1. 에 대한 고찰

연구문제 1. 최소의 송신기 배치로 최대한 넓은 서비스 구역을 확보할 수 있고, 이동 수신 중 끊김 없는 디지털라디오 수신 환경을 구축하고자 할 때, DAB계열의 전송방식은 어떤 문제점을 갖고 있는가?

연구문제1.에 대한 고찰 결과 VHF 상위 대역의 주파수는 직진성이 강하여 자연적 혹은 인위적 장애물에 의한 음영지역이 많이 발생하는 것이 T-DMB의 이동수신 중 끊김 현상이 자주 발생하는 원인이라고 판단된다. 이 문제를 해결하기 위해 더 많은 중·소형 중계기를 배치해야 하므로 VHF 상위 대역을 사용하는 DAB계열 전송방식은 산이 많은 국내의 사정을 고려하면 디지털라디오 대역으로 적합하지 않은 방식으로 판단할 수 있다.

물론 1개의 T-DMB Ensemble 주파수폭(1.536MHz BW)으로 DAB+ 전송방식의 라디오를 구현한다면 약 24개 정도의 라디오방송을 동시에 전송할 수 있는 장점도 있지만, 반대로 동일한 권역에 FM보다 더 좋은 이동수신환경을 갖추기 위해서는 지금보다 더 많은 DAB+중계기가 배치되어야 한다면 장점만큼 단점도 그만큼 크다고 판단된다.

3. T-DMB Gap Filler의 Feedback 실험

이 실험은 COFDM 변조를 사용하는 UHDTV방송 수신 환경 구축을 연구하기 위해 현재 국내에서 동일한 변조방

식을 사용하는 T-DMB를 이용하여 SFN을 위한 동일채널 중계기 및 가정용 갭 필러의 Feedback 발생과 원인 제거 방법을 파악하는데 목적을 두었다. 처음에는 갭 필러의 송수신 안테나를 갭 필러에 직접 부착하고 창가에서 거실 안쪽까지 조금씩 옮겨가며 갭 필러의 파워를 ON/OFF 시켰을 때 DMB 수신기의 수신 Level을 측정하였다. 그 다음 실험에는 갭 필러의 수신 안테나를 연장하여 베란다 창가 구석에 설치함으로써 송신 안테나와 격리시키고 동일한 실험을 실행하였다.

실험 결과 갭 필러의 송·수신 안테나를 동일한 위치에 부착하고 전원을 ON 시키면 DMB 수신기의 수신 레벨은 오히려 떨어졌으며, 수신기의 위치에 관계없이 항상 수신에 방해가 되었다. 반면에 갭 필러의 수신 안테나를 연장하여 창가 구석에 놓고 송신 안테나와 격리 시켰을 경우, 갭 필러의 전원을 ON 시키면, DMB 수신기는 위치와 관계없이 수신 레벨이 올라가며, 항상 최상의 수신 상태를 보여주었다.

이 실험은 비록 가정용 갭 필러를 이용하여 동일채널 SFN 재전송을 실험한 것이지만, 주 송신기의 신호를 수신하여 동일한 주파수로 재송신하는 중·소형 동일채널중계기(DOCR, Digital On Channel Repeater)의 경우도 동일한 결과가 나올 것으로 생각한다. 다만 고가의 중계기에서는 ICS(Interference Cancelation System) 이라는 Feedback Canceler 회로를 사용할 수 있지만, 여전히 Feedback의 부

담으로 출력을 제대로 올릴 수 없는 불편이 발생하게 된다. 결국 송·수신 안테나를 서로 격리시키면 수신이 좋아진다는 것은 Feedback 현상이 나타나지 않도록 송·수신 안테나를 서로 숨겨야 하는 불편을 보여주는 것으로 판단된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 주 송신기 신호와 중계기의 재송신 신호가 서로 다른 주파수를 사용해야 한다는 어려운 문제점을 실험을 통해 확인하였다.

4. 연구문제 2.에 대한 고찰

연구문제 2. 송·수신 안테나의 위치에 관계없이 Feedback 걱정이 없고, 원하는 위치에 쉽게 소출력중계기 및 갭 필러를 설치할 수 있는 UHDTV 이용 환경을 구축하고자 할 때 하나의 채널만으로 SFN 전송망 구축 방식은 어떤 문제점을 갖고 있는가?

실험 결과 아무리 SFN 송신이 가능한 전송방식일지라도 송신기 자체는 주 송신기의 신호를 수신하여 동일한 주파수로 재 송신하는데 많은 어려움이 존재한다는 점을 확인하였다. 안테나를 서로 격리시킨다는 것은 중계기나 갭 필러를 원하는 장소에 쉽게 설치할 수 없다는 점을 의미한다. 그러므로 현재 방송사별로 UHDTV방송용 주파수를 한 개만 사용한다는 것은 Feedback 문제를 완전히 해결하지 못한다면 원하는 위치에 중계기나 갭 필러를 자유롭게 설치하는데 어려움이 발생할 것으로 판단된다.

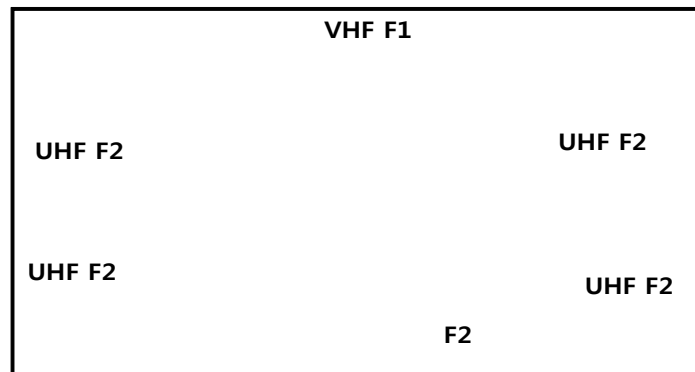


그림 8. VHF F1과 UHF F2, 2개의 주파수에 의한 SFN 망 구성도
Fig 8. A diagram of SFN by two Frequency that are VHF F1 & UHF F2

향후 UHDTV 방송 환경에서는 이용자의 편리를 위해 가정과 방송사에서 최소의 비용으로 중계기와 갭 필러를 쉽게 설치하고 활용하여 완전 무선 수신환경 구축할 필요가 있다고 본다. 이 경우 문제점 해결 방안으로 [그림 8]과 같이 방송사별로 주 송신기에 해당되는 메인 주파수는 VHF 상위대역의 주파수를 사용하고, 그 외의 중·소형 중계기나 갭 필러는 모두 동일한 UHF 대역의 주파수로 재 송신하게 된다면 Feed Back 걱정과 송·수신 안테나 격리 설치 등의 어려움은 없을 것으로 판단된다. 즉, Feedback이 없고, 어디든 쉽고 자유롭게 중계기 및 갭 필러의 설치가 가능하려면 주 송신기 주파수 F1과 다른 주파수 F2를 사용하는 무선 백본망 활용 방법으로 두 개의 주파수를 이용한 SFN 전송망 구축을 연구해볼 필요가 있다.

그 외에도 향후 UHDTV는 하나의 송신기로 UHDTV 방송과 모바일방송을 동시에 전송할 것으로 예상된다. 그러므로 현재 VHF 상위대역에서 별개의 주파수와 송신기로 운용중인 T-DMB의 경우 자연 소멸될 것인지, 아니면 새로운 압축방법 도입에 의한 고품질 DMB 서비스로 진화를 계속해야 할 것인지는 좀 더 연구와 논의가 필요한 사항이 된다.

V. 결 론

본 연구의 목적은 많은 시청자가 이용하고 있는 차량용 DMB/FM CAR Radio 및 가정용 초소형 DMB Gap Filler를 이용한 실험을 통해 실질적인 T-DMB 환경에서 발생할 수 있는 이동수신 중 신호 끊김 현상과 동일채널 갭 필러 신호의 Feedback 현상 등 문제점을 확인하고 향후 디지털 라디오 전송방식과 주파수 대역 선정 및 UHDTV SFN 전송망 구축에 적합한 방안을 제시하는데 있다.

첫 번째 실험한 T-DMB의 Radio 채널의 이동수신 중 끊김 현상 빈도 수 조사 결과 서울-안성 간 약 150Km 구간에 경로와 관계없이 약 50회 이상 끊김 현상이 발생하는 것을 확인하였다. 끊김 현상 발생 원인은 VHF 상위대역의 전파 특성상 직진성이 강하여 산과 건물 등에 의한 전파음영지

역이 많이 발생하는 단점 때문인 것으로 판단된다. 현재 수도권에서 관악산 혹은 남산 중 송신기 1곳만 사용하는 FM 방송보다 VHF 상위대역의 DAB계열 방송은 약 15배 이상 더 많은 중계기 배치에도 불구하고 끊김은 50배 이상 더 많이 발생하는 것으로 파악되었다.

만약 주파수를 낮추어 VHF 하위대역을 사용한다면 전파 음영지역은 훨씬 줄어들 것으로 예상된다. 그 외에도 VHF 하위대역은 FM대역과 안테나 콤바인이 수월하며, 향후 FM 대역과 병합하여 확장된 완전 디지털라디오 대역으로 전환이 가능하다. 단 안테나 길이가 길어지는 단점이 있지만, 최근 안테나 소형화 기술에 의하여 안테나 길이의 불편은 사라지고 있는 실정이다. 그러므로 산이 많은 국내 환경에서는 디지털라디오를 실행할 주파수를 FM대역보다 낮은 주파수를 활용하는 것이 바람직하다고 판단되어 FM대역과 인접한 VHF 하위대역 사용을 제안한다.

두 번째 실험한 T-DMB 가정용 갭 필러의 동일채널 Feedback 실험은 송·수신 안테나가 동일위치에 있으면 Feedback에 의해 오히려 수신에 방해할 주지만, 송·수신 안테나를 서로 격리시키면 수신에 도움을 주어 최상의 수신 상태가 유지됨을 확인하였다. 즉, 동일한 주파수로 수신 후 재송신 하는 방식의 중계기나 갭 필러의 경우 안테나를 격리하고 서로 숨겨야 하는 등 여러 가지 어려움이 발생할 수 있음을 예견할 수 있게 되었다.

향후 지상파 UHDTV 방송 환경을 구축하는데 UHF 700MHz 대역에서 방송사별로 1개의 주파수로만 SFN망을 구성하면 Feedback 현상 발생 때문에 중소형 중계기 및 가정용 갭 필러 사용이 자유롭지 못하게 될 우려가 있다. 그러므로 UHDTV 방송의 SFN 전송망 구축에 송·수신 주파수가 서로 다른 무선백본망 방식을 사용한다면 방송사와 이용자가 쉽게 중계기나 갭 필러를 설치할 수 있어 옥내에서도 방송 전파를 수신하는 무선형 직접수신환경을 쉽게 구축할 수 있을 것으로 예측할 수 있다. 즉, 방송사별로 UHDTV방송 주송신기 F1주파수로는 VHF 상위대역 주파수를 사용하고, 그 외 중·소형 중계기 및 갭 필러는 주송신기 F1주파수를 수신하여 모두 동일하게 UHF 대역의 통일된 F2주파수로 재송신하는 하는 방식의 사용을 제안한다.

본 논문은 [그림 9]와 같이 VHF 대역 주파수의 효율적

54	88 (MHz)	108	174	216
LOW-VHF Digital Radio Freq.	FM Band Extend Digital Radio			HIGH-VHF UHDTV Backbone Freq.

그림 9. 제안된 VHF 대역 주파수의 효율적 활용방안
 Fig 9. Suggested solution that the Efficient Reuse of the Band of VHF Frequency

활용 방안으로 범용 수신기와 장비를 이용한 두 가지 실험 결과 VHF 상위대역은 UHDTV방송의 주송신기 주파수 대역으로 사용하고, VHF 하위대역은 DRM+ 전송방식의 디지털라디오방송 대역으로 사용을 권장하며, FM대역은 향후 디지털라디오 방송이 활성화되었을 때 디지털라디오 서비스 확장대역으로 활용할 것을 제안하고 있다.

현재 본 논문에서 제안된 대역의 주파수는 대부분 비워져 있는 주파수이므로 수도권에서도 자유로운 실험이 가능하다고 본다. 그러므로 지금까지 주파수 허가 문제와 송신기 설치 문제 및 아날로그 TV와 간섭 우려로 쉽게 실험할 수 없었던 더 많은 실험이 지금부터라도 이루어져야 한다고 본다. 특히 디지털라디오 전송방식과 주파수 선정 및 UHDTV 방송망 구성을 위한 무선 백본망 구성에 대한 실제 실험과 확인이 비교실험으로 이루어지기를 기대한다.

참 고 문 헌 (References)

[1] Sang-Woon Lee, 'Digital Radio Broadcast II', Broadcasting & Technology, vol 196, pp 152~159, Apr. 2012.
 [2] Suhuyun Chae, A study on the Differences of Terrestrial Broadcasters on Transmission System Determinants of Digital Radio Broadcasting, a graduation thesis, Seoul National University of Science & Technology, pp.1~112, 8. 2014
 [3] Yong-Tae Lee, 'The digital radio comparison experimental broadcasting business and digital radio technical brief', The digital radio comparison experimental broadcasting promoting council, Oct. 2009
 [4] ETSI ES 201 980 V3.2.1, 'Digital Radio Mondiale (DRM) System Specification', ETSI, Jun. 2012
 [5] Richard Paik, ' Digital Broadcast Technology And Digital Radio', KETI, Jul. 2011.
 [6] Jung-Min Joo, 'The digital radio policy present condition and improvement plan', Korean Broadcaster's Association Magazine, Feb. 2011.
 [7] Sang-Woon Lee, 'the introduction of digital radio and need for the frequency', vol.17, no.2, pp 83~93, Korea Society Broadcast Engineers Magazine, Apr. 2012.
 [8] Yung-Jun Joe, 'The digital radio service trend using the broadcasting and Internet', Korea Society Broadcast Engineers Magazine, vol. 17, no.2, Apr. 2012
 [9] Seung-Kyu Park, Goo-Man Park, "A Study on the AM/FM Digital Radio for Practical Use Based on DRM and DRM+", Journal of Broadcast Engineering,, vol 17, pp. 990~1003, 11. 2012.
 [10] Korea Communication Commission, ' A Study on the Behavior of Using the broadcasting medium' 2015,
 [11] Seung-Kyu Park, Goo-Man Park, "A Study on Terrestrial UHDTV Broadcasting and Construction of Direct Reception Environment by DVB-T2", Journal of Broadcast Engineering,, vol 18, no. 4, pp. 572~588, 7. 2013.
 [12] Goo-jae Gil, 'The Technic of DMB system', Jinhan M&B, 2006.

저 자 소 개



박 성 규

- 1983년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1997년 : 연세대학교 공학대학원 전자공학과 석사
- 2014년 : 서울과학기술대학교 IT정책대학원 방송통신정책 공학박사
- 2000년 : 정보통신기술사
- 1985년 ~1991년 : KBS 뉴스센터, 함백산 중계소 근무
- 1991년 ~2015년 : SBS TV기술팀, 라디오기술팀 기술감독
- 2015년 ~ 현재 : 동아방송예술대학교 방송기술계열 조교수
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0001-8759-6799>
- 주관심분야 : 디지털영상처리, 디지털방송 전송방식, 방송기술정책

저 자 소 개



이 상 운

- 1991년 : 한양대학교 전자공학과 학사
- 1993년 : 한양대학교 일반대학원 전자공학과 석사
- 1999년 : 한양대학교 일반대학원 전자공학과 공학박사
- 1999년 ~ 2002년 : 삼성전자 영상디스플레이사업부 책임연구원
- 2002년 ~ 현재 : 동아방송예술대학교 방송기술계열 부교수
- 주관심분야 : 차세대미디어기술, 차세대미디어서비스, 영상처리



채 수 현

- 1992년 : 한양대학교 전자통신공학과 학사
- 2014년 : 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 석사
- 1996년 ~ 현재 : SBS 라디오기술팀 팀장
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-9258-8109>
- 주관심분야 : 방송.IT정책, 디지털 방송 시스템



박 구 만

- 1984년 2월 : 한국항공대학교 전자공학과 학사
- 1986년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 석사
- 1991년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 공학박사
- 1991년 3월 ~ 1996년 9월 : 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1999년 8월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자T미디어공학과 교수
- 2016년 1월 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 나노IT디자인융합대학원 원장
- 2006년 1월 ~ 2007년 8월 : Georgia Institute of Technology Dept of ECE 방문교수
- ORCID : <http://orcid.org/0000-0002-7055-5568>
- 주관심분야 : 컴퓨터비전, 멀티미디어 통신, 디지털방송