

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.4.21>

IIBC 2014-4-4

지역 방송국을 고려한 T-DMB기반 전국 SFN 구성 방안

National SFN Composition Method based on T-DMB considering Local Broadcasting Station

주상임*, 정원호**, 김경석***

Sang-Lim Ju*, Won-Ho Jeong**, Kyung-Seok Kim***

요약 2012년 아날로그 TV가 종료되고 디지털 TV로의 전환이 이루어졌으며 최근 디지털 라디오의 도입 방안을 수립하기로 하는 등 아날로그 방송의 디지털화와 새로운 서비스의 등장으로 방송 주파수의 효율성을 높이기 위한 노력이 필요하게 되었다. 2005년 도입된 T-DMB는 기존 아날로그 TV 대역을 사용하며 상호 서비스 간 간섭을 피하기 위해 비효율적으로 채널 배치가 되어있다. 하지만 아날로그 TV가 종료되어 새롭게 정비할 수 있는 기반이 마련되었고, 이에 본 논문에서는 방송 주파수 사용의 효율성을 높이고 사용자에게 더 나은 서비스를 제공하기 위해 기존 지역 방송국을 고려하면서 전국 공통 방송을 제공할 수 있는 전국 SFN 구성 방안을 제안한다.

Abstract The broadcasting of the analog TV was terminated in 2012 and was converted into the broadcasting of the digital TV, so methods for arrival of DAB(Digital Audio Broadcasting) are planned recently. Thus, with digitization of analog broadcasting and appearance of new service, it takes effort to improve efficiency of broadcasting frequency. T-DMB which came in 2005 uses existing analog TV band and its channel is allocated inefficiently in order to avoid interference between mutual services. However, the foundation which can afresh reorganize T-DMB channel is building up because the broadcasting of the analog TV was terminated. So, this paper proposes the method for national SFN composition of T-DMB considering existing local broadcasting in order to provide better service to users as well as improve efficiency of broadcasting frequency.

Key Words : DAB, T-DMB, National SFN, Broadcasting frequency

1. 서 론

우리나라는 2001년 수도권에서 지상파 디지털 TV 방송을 시작하여 2012년 12월 31일 지상파 아날로그 방송이 완전히 종료되었고, 현재는 완전한 디지털 TV방송으로 전환이 되었다. 또한 2006년부터 논의돼 오던 디지털 라디오의 도입을 위해 최근 미래창조과학부와 방송통신

위원회가 공동 연구반을 발족하여 2014년 기본 계획을 수립하기로 하는 등 방송통신 환경이 재편성되고 있다. 이렇게 다양한 매체를 통한 디지털 방송 서비스가 점차 증가되고 있어, 이에 따른 방송 주파수의 효율적 사용에 대한 필요성이 크게 증가하고 있다.

이에 따라 아날로그 TV 채널 7~13번(174~215MHz)에 배정되어 2005년 본방송을 시작한 T-DMB의 채널을

*준회원, 충북대학교 전자통신공학과

**준회원, 충북대학교 전자통신공학과

***정회원, 충북대학교 전자통신공학과, 교신저자

접수일자 : 2014년 7월 15일, 수정완료 : 2014년 8월 4일

게재확정일자 : 2014년 8월 8일

Received: 15 July, 2014 / Revised: 4 August, 2014

Accepted: 8 August, 2014

***Corresponding Author: kseokkim@cbmu.ac.kr

Department of Electrical and Electronic Engineering, Chungbuk National University, Korea

재정비하는 방안을 수립할 필요성이 증가하고 있다.^{[1],[2]} 현재 T-DMB는 동일한 지역 방송을 제공하는 권역에 단일 채널을 배치한 권역별 SFN(Single Frequency Network)이 구성되어 있다. 하지만 일부 지역에서는 기존 아날로그 TV 채널과 간섭을 피하기 위해 다수의 채널을 사용하여 방송망이 구성되어 있다. 이로 인해 사용자는 이동함에 따라 방송 채널을 재설정해야 하는 불편을 갖고 있고, 비효율적인 방송 주파수 사용으로 방송 품질의 향상이나 신규 서비스를 위한 주파수 확보도 어려운 현황이다. 하지만 2012년을 끝으로 아날로그 TV 방송이 종료됨에 따라 기존 아날로그 TV 채널과의 간섭문제가 사라지게 되었으므로 T-DMB의 지역 방송을 권역별 단일 채널로 제공할 수 있게 되었을 뿐만 아니라 모든 권역에 단일 채널을 추가 배치하여 전국 SFN을 구성함으로써 사용자의 편의성을 크게 증대시킬 수 있게 되었다.^[3]

따라서 본 논문에서는 기존 지역 방송을 보장해주면서 모든 권역에 단일 채널 추가 배치를 통한 T-DMB의 전국 SFN 구성 방안을 제안하고, 이에 따른 전국 SFN 구성 가능 여부를 검증한다. 본 논문의 구성으로 2장에서 현재 우리나라의 권역별 T-DMB 채널 할당 현황을 파악하고, 3장에서 SFN 구성 원리와 검증을 위한 파라미터를 제시한다. 4장에서는 단일 채널 배치를 통한 T-DMB의 전국 SFN 구성 방법에 대해 제안하고, 5장에서 전국 SFN 구성의 가능 여부를 검증한다.

II. 우리나라의 T-DMB 현황

우리나라의 권역별 T-DMB 채널 할당 현황을 보면, 그림 1과 같이 동일한 지역 방송을 서비스하는 권역에 단일 채널이 할당되어 SFN을 구성하고 있다. 하지만 전라도, 경상북도, 경상남도, 제주도 권역은 권역별 동일한 지역 방송을 서비스하고 있지만 기존 아날로그 TV 채널과의 간섭문제로 인해 방송 권역을 분할하여 채널이 다르게 배치되어 방송 주파수의 사용이 비효율적이다.^[3]

T-DMB에서 채널의 대역폭은 6MHz이고, 1.536MHz 대역폭을 갖는 3개의 앙상블로 나뉜다. 그리고 각 앙상블당 하나의 방송사업자에게 배정하여 방송을 제공한다. 수도권에는 6개의 방송사업자가 배정되어 2개 채널이 할당되어 있고, 나머지 지역은 3개의 방송사업자가 배정되어 하나의 채널씩 할당되어 있다.



그림 1. 권역별 T-DMB 채널 할당 현황 및 여유 채널
Fig. 1. Current state of regional T-DMB channel allocation and available channels

현재 T-DMB 채널 할당 현황에서 신규서비스나 품질 향상에 활용할 수 있는 여유채널을 도출해보면, 수도권의 경우 T-DMB 채널 7~13번 중 8, 12번은 사용 중이므로 7, 9, 10, 11, 13번을 여유채널 후보로 도출할 수 있다. 하지만 인접한 권역인 충청도와 강원도 권역에서 각각 11, 13번을 사용하고 있으므로 수도권에서 동일 채널을 사용할 경우 간섭이 발생하게 된다. 따라서 11, 13번을 제외한 7, 9, 10번을 수도권의 여유채널로 확보할 수 있다. 같은 방법으로 각 권역에서 확보할 수 있는 여유채널을 도출하면 그림 1과 같다. 이때 전국 공통적으로 확보할 수 있는 여유 채널은 10번 채널이다.

방송 권역이 분할되어 있는 지역을 단일 채널로 통합하고, 전국 SFN을 구성한다면 전국 여유 채널 추가 확보를 통한 전국적인 신규 서비스를 제공할 수 있게 되며, 사용자 입장에서는 이동함에 따라 채널을 재설정하는 불편함 해결과 전국 방송을 시청할 수 있는 이익을 얻을 수 있을 것이다.

III. SFN 구성 원리

1. DMB 시스템

DMB는 유럽에서 개발된 디지털라디오 표준인 Eureka-147(European REsearch Coordination Agency project-147)을 기반으로 본 목적인 오디오뿐만 아니라

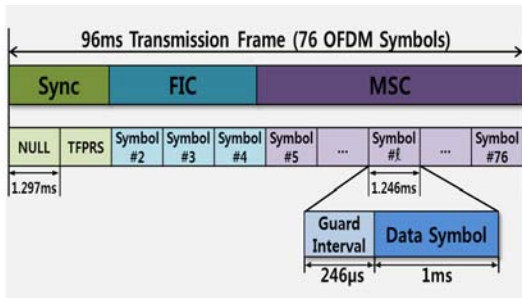


그림 2. T-DMB/DAB의 전송 프레임 구조
 Fig. 2. Transmission frame structure of T-DMB/DAB

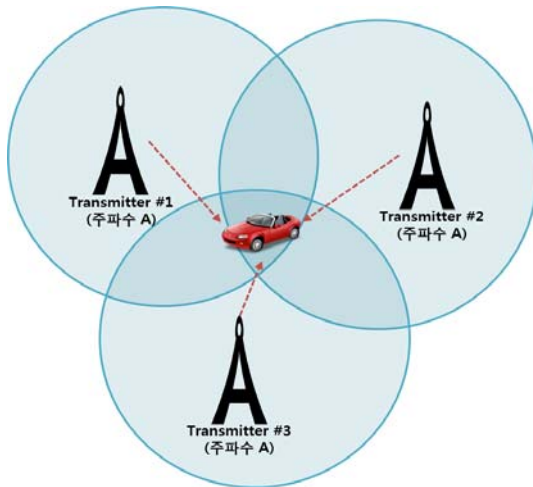


그림 3. 다수의 송신소가 있는 SFN 환경
 Fig. 3. SFN environment with multiple transmitters

영상을 서비스 할 수 있도록 우리나라에서 개발된 기술이다. T-DMB 시스템은 다반송과 변조 방식의 하나인 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 채택하여 사용한다. OFDM은 유·무선 채널에서 고속 데이터 전송과 SFN 구성을 위한 효과적인 기술로 DVB, 전력선 통신, Wireless LAN등에서도 표준 방식으로 채택되었다. SFN은 그림 3과 같이 방송망 내의 모든 송신소들이 동일한 채널에서 동일한 내용의 신호를 송출하는 기술을 말한다. 하지만 SFN을 구성한 방송망에서 수신되는 신호들이 다중경로(multi-path)나 다수의 송신소와 수신기까지의 거리가 달라 수신되는 신호사이에 지연이 발생할 경우 심볼간 간섭(Inter Symbol Interference)을 야기할 수 있다. 이를 극복하기 위해 그림 2와 같이 OFDM 심볼 사이에 Guard Interval이라고 부르는 보호

구간이 삽입되어 있다. T-DMB는 DAB transmission mode I 을 기반으로 하고, 이 모드에서 전송 프레임의 Guard Interval은 246µs이다. 따라서 최대 246µs 이내로 지연되어 수신이 되는 신호는 간섭을 일으키지 않고 양호하게 수신 할 수 있다. T-DMB 시스템은 76개의 OFDM 심볼로 전송 프레임을 구성한다. 각 심볼들은 DQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying) 방식으로 변조를 하여 송신기를 통해 신호를 전송한다.[4][6]

T-DMB 시스템에서 송신 신호 $x(t)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$x(t) = e^{j2\pi f_c t} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{l=0}^{L-1} \sum_{k=-K/2}^{K/2} X_{m,l}[k] * g_{k,l}(t - mT_F - T_{NULL} - (L-1)T_s) \quad (1)$$

$X_{m,l}[k]$ 는 m 번째 전송 프레임에서 l 번째 OFDM 심볼의 k 번째 서브캐리어에서 DQPSK 변조된 심볼을 나타낸다. T_F 는 전송 프레임의 지속시간으로 전송 모드 I 에서 96ms값을 갖는다. T_{NULL} 은 NULL 심볼의 지속시간으로 1.297ms이고, T_U 는 OFDM 심볼의 지속시간으로 1ms이고, T_s 는 전송 신호의 지속시간으로 T_U+GI 의 지속시간이다. GI의 지속시간은 0.246ms이므로 T_s 는 1.246ms이다.

SFN 환경에서 수신기는 다수의 송신소로부터 신호를 수신한다. 다수의 송신소로부터 수신되는 각각의 신호는 다중경로나 거리차이의 이유로 동시에 수신되기가 어렵다. 따라서 각 수신 신호의 지연 시간을 고려하면, T-DMB 시스템에서 수신 신호 $y_k(t)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$y_k(t) = \sum_{n=1}^N x_k^{(n)}(t) * h_k^{(n)}(t - \tau_n) + w(t) \quad (2)$$

$x_k^{(n)}$ 은 n 번째 송신소의 k 번째 전송신호를 나타낸다. $w(t)$ 는 AWGN(Additive White Gaussian Noise)이다. $h_k^{(n)}$ 은 n 번째 송신소에 의한 채널응답이다. 송신 신호의 지연 시간 τ_n 을 고려한다.

채널 응답 $h_k^{(n)}$ 은 다음과 같이 표현된다.

$$h_k^{(n)}(t) = \sum_{n=1}^N \alpha_n h_{N_n}(t - \tau_n) \quad (3)$$

α_n 은 수신 신호의 진폭이고, h_{Na} 는 자연적인 다중경로로 인한 채널 응답이다.^[4]

2. SFN 구성 가능 조건

T-DMB 시스템의 전송 신호에서는 246 μ s의 Guard Interval을 두고 있다. Guard Interval 이내로 지연되어 수신되는 다수의 신호는 상호간 간섭으로 작용하지 않는다. 이론적으로 전파는 1초에 3×10^8 m 거리를 이동하므로 246 μ s는 73.8km로 환산할 수 있다. 따라서 SFN을 구성하는 송신소들이 73.8km 이내로 위치해있으면 수신 전력에 상관없이 SFN이 가능함을 의미한다. 만일 73.8km를 넘게 되면 두 송신소 사이의 전력차이를 비교하여 SFN 가능 여부를 판단한다. 표 1에 수신전력 차이에 따른 SFN 구성이 가능한 조건들을 나타내었다.



그림 4. D/U비 예
Fig. 4. D/U ratio example

D/U비(Desired signal/ Undesired signal Ratio)는 희망신호와 간섭(비희망)신호 간의 수신 전력 비를 뜻한다. 그림 4와 같이 D/U비가 10dB인 경우는 희망신호가 간섭신호보다 10배 크게 수신되는 것이고, D/U비가 -10dB 라면 희망신호가 간섭신호의 1/10크기로 수신되는 것을 의미한다. 표 1에서 D/U비가 0dB인 경우는 어느 한 수신점에서 두 송신소의 신호가 동일한 전력으로 수신됨을 의미로 그 수신점에서 SFN이 가능한 최대 지연시간은 332 μ s이고, 두 송신소의 거리차이가 최대 99.6km 이내로 위치해야 한다. D/U비가 10dB이상 되는 경우에는 타 송신소 신호가 더 이상 간섭으로 작용하지 않다고 고려할 수 있으므로 거리 차이에 관계없이 SFN 구성이 가능하다. 이 값들은 한국전자통신연구원(ETRI)에서 실외 잡음 등이 배제된 이상적인 실험환경에서 측정되었으며, 실제 방송환경에서는 오차가 발생할 수 있다.

표 1. D/U비에 따른 SFN 구성 가능 조건
Table 1. Condition to enable SFN dictated by D/U ratio

D/U비	SFN이 가능한 최대 지연시간	SFN이 가능한 최대 거리
0 dB	332 μ s	99.6 km
1 dB	353 μ s	105.9 km
2 dB	383 μ s	114.9 km
3 dB	401 μ s	120.3 km
10 dB 이상	SFN 가능	

IV. T-DMB 채널의 전국 SFN 구성 방안

4장에서는 동일한 지역 방송을 제공하지만 예전 아날로그 TV 채널과의 간섭문제로 방송 권역을 분할하여 채널을 다르게 배치했었던 지역을 단일 채널로 통합하고 전국에 단일 채널 추가 배치를 통한 전국 SFN을 구성하는 방안을 제시한다. 현재 T-DMB는 2장의 그림 1과 같이 채널 할당이 되어 있다. 여기서 방송 권역이 분할되어 있는 전라도, 경상북도, 경상남도, 제주도 권역은 권역별 동일한 지역 방송을 제공하므로 권역별 단일 채널로 통합이 가능하다. 이때 통합한 권역과 인접한 권역 간 간섭이 발생하지 않도록 통합한 권역에 단일 채널을 배치해야 한다. 본 논문에서는 3개의 방송권역으로 나뉘어있던 전라도 지역을 하나의 방송 권역으로 통합하여 채널 8번을 배치하고 마찬가지로 경상북도 권역을 통합하여 7번, 경상남도 권역에는 13번, 제주도 권역에는 7번을 배치하여 전국 SFN을 고려한다.

수도권에 방송되는 KBS, MBC, SBS에 대해 전국 SFN을 구성한다. 수도권에서 KBS, MBC, SBS 방송용으로 사용 중인 채널이 12번이므로 이 채널을 전국적으로 배치하여 전국 SFN을 구성하면 그림 5와 같다. 따라서 전국 어디에서나 12번 채널로 동일한 내용의 KBS, MBC, SBS 방송을 시청할 수 있다.

전국 SFN 구성에 따라 확보할 수 있는 여유채널을 파악해보면, 수도권의 경우 인접한 권역인 강원권과 충청권에서 11, 12, 13번을 사용하므로 수도권에서 동일 채널을 사용할 경우 간섭이 발생한다. 따라서 인접 채널을 여유채널에서 제외하면 7, 9, 10번이 여유채널로 확보된다. 같은 방법으로 전국에서 여유채널을 도출하면 그림 5와 같고 전국 공통적으로 9, 10번을 여유채널로 확보할 수



그림 5. 전국 SFN 구성 및 여유채널
 Fig. 5. National SFN composition and available channels

있다. 2장에 언급 했던 바와 같이 현재의 T-DMB 채널 배치를 유지 할 경우 전국 공통으로 1개의 여유채널이 확보되고, 전국 SFN을 구성했을 경우 2개의 채널이 전국 공통으로 확보되어 전국적인 신규 서비스를 제공하기에 더 용이하다.

이렇게 T-DMB에 대해 전국 SFN을 구성하는 것은 방송 주파수의 효율성을 높이고 사용자의 편의성을 증대하는 효과를 가져 올 것이다.

V. SFN 구성 가능 여부 분석

본 장에서는 기존 T-DMB 채널을 전국 SFN으로 구성하기 위한 단일 채널 추가 배치 시 전국 SFN이 가능한지 여부를 분석한다. 3장에서 서술한 바와 같이 T-DMB의 Guard Interval은 246 μ s로 거리로 환산하면 73.8km이다. 임의의 수신점과 두 송신소와의 거리차이가 최대 73.8km 이내로 차이난다면 문제없이 SFN을 구성할 수 있다. 하지만 거리의 차이가 73.8km를 넘게 되면 두 송신소 사이의 수신 전력 차이를 비교하여 SFN 가능 여부를 분석한다.

그림 6은 각 권역 사이의 KW급 인접 송신소들에 대해 인접한 송신소 간의 거리를 나타낸다. 측정된 송신소 간의 거리가 73.8km 보다 먼 경우에 대해 3장에서 언급

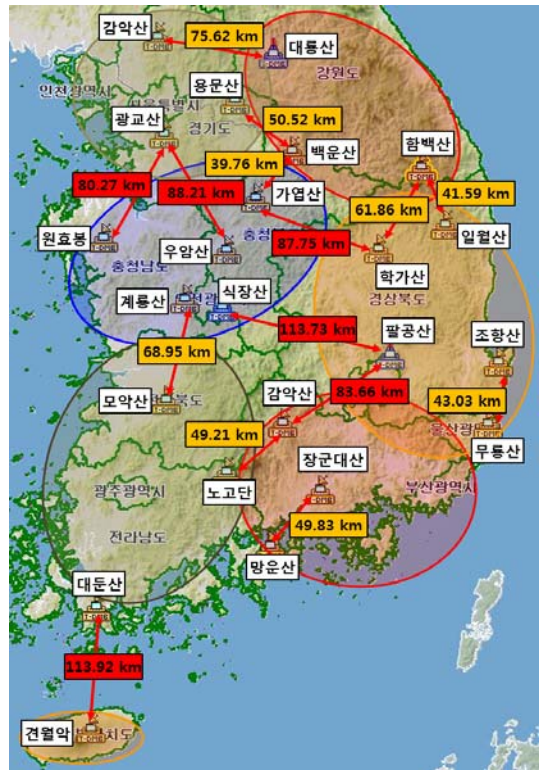


그림 6. 권역간 인접 송신소의 거리 측정
 Fig. 6. Distance measurement between regional adjacent transmitter

한 표 1을 토대로 수신 전력을 비교하여 SFN 가능성 여부를 분석한다. 그림 6의 거리 측정 결과를 보면 광고산 ↔ 원효봉, 광고산 ↔ 우암산, 가엽산 ↔ 학가산, 식장산 ↔ 팔공산, 감악산 ↔ 팔공산, 대둔산 ↔ 권월악 송신소 사이의 거리차이가 73.8km 보다 더 거리차이가 크므로 이 6가지 경우에 대해 SFN 가능 여부를 분석한다. 이러한 분석을 위해 본 논문에서는 방송통신위원회에서 제공한 SMI(Spectrum Management Integration system)를 사용하였다.

광고산과 원효봉 송신소의 SFN 구성 가능 여부를 분석하기 위해 수신전력을 비교하면 그림 7과 같다. 그림 7은 두 송신소의 수신 전력차이인 D/U비가 3dB 이내로 나타나는 지역들을 빨간색으로 표시했고, 이 지역에서 D/U비와 두 송신소와의 거리 차이를 측정했다. -2.4, -1.9, -2.7, 2.3dB의 D/U비가 측정 되었지만 3dB이하의 모든 수신점에서 거리차이가 73.8km 이하로 Guard Interval의 범위를 넘지 않으므로 SFN 구성이 가능하다.

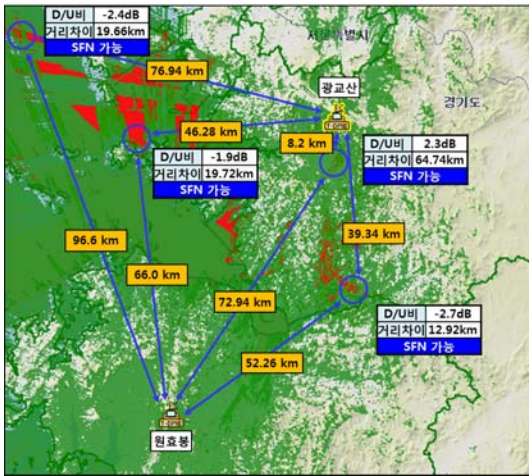


그림 7. 광교산과 원효봉 송신소의 SFN 구성 가능 여부 분석
 Fig. 7. Possibility verification of SFN composition of Gwanggyosan and Wonhyobong transmitter

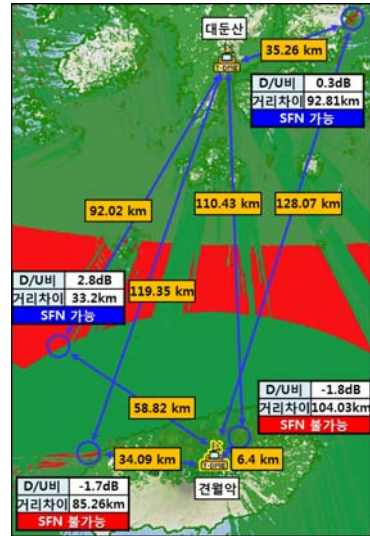


그림 9. 견월악과 대둔산 송신소의 SFN 구성 가능 여부 분석
 Fig. 9. Possibility verification of SFN composition of Gaeworioreum and Daedunsan transmitter



그림 8. 식장산과 팔공산 송신소의 SFN 구성 가능 여부 분석
 Fig. 8. Possibility verification of SFN composition of Sikjangsan and Palgongsan transmitter

마찬가지로 식장산과 팔공산 송신소의 SFN 구건 가능 여부를 분석한 그림 8을 보면 수신 전력 차이가 3dB 이하인 지역이 일부 나타났지만 거리차이가 9.51, 31.63km로 Guard Interval의 범위를 넘지 않으므로 SFN 구성이 가능하다. 대둔산과 견월악 송신소의 SFN 구성 가능 여부를 분석한 그림 9를 보면 대둔산 송신소 인근에서 D/U비가 0.3dB 인 수신점이 나타났고 이 수신점에서 두 송신소간의 거리차이는 92.81km가 측정되었다. 3장에서 언급한 표 1을 보면 D/U비가 0dB일 때 최대 99.6km 이내로 거리차이가 나면 SFN 구성이 가능하므로 이 수신점에서는 SFN 구성이 가능하다. 하지만 견월악 송신소의 인근

수신점에서 D/U비가 -1.7, -1.8dB 측정되었고 거리차이는 85.26km, 104.03km가 측정되었다. 85.26km 거리차이에서 SFN이 가능하기 위해서는 D/U비는 0dB 이상, 104.03km 거리차이에서 SFN이 가능하기 위해서는 D/U비가 1dB 이상을 만족해야 하지만 이를 만족하지 못하므로 SFN을 구성할 경우 이 수신점에서는 방송을 원활히 시청할 수 없을 것으로 고려된다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 D/U비가 낮은 수신지역에 대해 추가 중계소를 배치하거나 제주도 권역을 전국 SFN 구성에서 제외하는 방안이 고려된다. 나머지 광교산↔우암산, 가엽산↔학가산, 감악산↔팔공산 송신소는 SFN 구성이 가능한 것으로 분석되었다.

VI. 결론

본 논문에서는 2012년 12월 말 아날로그 TV가 디지털 TV로 전환됨에 따라 권역별 T-DMB 지역 방송을 단일 채널로 통합하고, 전국 공통 방송을 제공하기 위한 전국 SFN을 구성하는 방안과 전국 SFN 구성이 가능한지 여부를 분석하였다. 송신소간 수신 전력 비교를 통해 전국 SFN 구성이 가능한 것을 보였다.

이에 대한 이점으로 현재는 T-DMB 사용자가 권역

간 이동하면서 방송을 시청하기 위해서는 채널을 변경해야 하는 불편함이 있지만 전국 SFN 구성을 통해 이동하면서도 채널 변경 없이 방송을 시청할 수 있어 사용자의 편의성을 높였을 뿐만 아니라 기존 지역 방송에 더하여 전국 공통 방송을 추가로 제공받을 수 있게 되었다. 또한 전국 SFN 구성으로 전국 공통 여유 채널이 증가되었고 이는 전국적인 신규 서비스 도입에서 방송 주파수의 활용도를 높일 수 있다. 확보되는 여유 채널은 디지털 라디오나 차세대 모바일 서비스, T-DMB 추가사업자 선정, DTV 서비스 개선 등에 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] J.S. Kim, K.S. Kim, "The Efficient Allocation Method of DAB Channels on T-DMB Frequency Band," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), vol. 11, no. 6, November 2011.
- [2] B. Bae, Y.-J. Song, S.-I. Lee, H.-Y. Seo, and J.-D. Kim, "A Study on the Digital Radio and DMB Disaster Broadcasting," The Journal of The Korea Society of Space Technology, vol. 3, no. 1, pp. 22 - 28, June 2008.
- [3] J.S. Kim, K.S. Kim, "Analysis of Receiving Environment Changes According to Channel Reallocation Method of Terrestrial DMB," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), vol. 13, no. 6, December 2013.
- [4] ETSI EN 300 401, "Radio broadcasting systems: digital audio broadcasting(DAB) to mobile, portable and fixed receivers," ETSI, Tech. Rep., June 2006.
- [5] M-S. Baek, Y.-H. Lee, N. Hur, K.-S. Kim, Y.-T. Lee, "Improving the Reception Performance of Legacy T-DMB/DAB Receivers in a Single Frequency Network with Delay Diversity," ETRI Journal, vol. 36, no. 2, pp. 188-196, April. 2014.
- [6] Agarwal, A. "DAB System: Transmitter, Receiver And SVM Classifier." Diss. National Institute of Technology Rourkela, 2011.

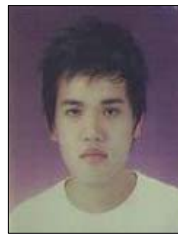
저자 소개

주 상 임(준회원)



- 2014년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업
- 2014년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전과공학과 석사 과정
- 주관심분야 : 디지털라디오, 가시광통신, Cognitive Radio, 전력선 통신

정 원 호(준회원)



- 2011년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 졸업
- 2013년 2월 : 충북대학교 전과공학과 대학원(공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 전과통신공학과 대학원(박사 과정)
- 주관심분야 : MIMO 무선채널, DDC, 디지털라디오, 위성통신

김 경 석(정회원)



- 1989년 1월 ~ 1998년 12월 : 한국전자통신연구원 무선통신연구단 선임연구원
- 1999년 1월 ~ 2002년 3월 : University of Surrey(영국) 전기전자공학과 대학원 졸업(공학박사)
- 2002년 2월 ~ 2004년 8월 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원
- 2004년 9월 ~ 2005년 2월 : 전북대학교 생체정보공학부 전임강사
- 2005년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 부교수
- 주관심분야 : SDR, Cognitive Radio, MIMO-OFDM, 전력선 통신, 가시광통신, 디지털라디오, 전파채널분석, 전파감시/관리시스템, 위성망분석