일반논문-08-13-3-04

DTV 분산중계망 필드 테스트 결과

왕 수 현^{a)*}, 서 영 우^{a)}, 목 하 균^{a)}, 이 재 영^{b)}, 이 용 훈^{b)}, 김 흥 목^{b)}

Field Test Results Of A DTV Distributed Translator Network

Soo-Hyun Wang^{a)*}, Young-Woo Suh^{a)}, Ha-Kyun Mok^{a)}, Jae-Young Lee^{b)}, Yong-Hoon Lee^{b)},
and Heung-Mook Kim^{b)}

요 약

분산중계 방식은 기존 중계기를 이용하는 MFN(Multiple Frequency Network)과 OCR(On Channel Repeater)을 이용한 SFN(Single Frequency Network)에 비해 기존의 송출시설을 최대한 활용할 수 있고, 짧은 시간에 구축이 가능하여 비용이 효율적이며, 주파수 이용 효율을 높일 수 있는 방식이다. 본 필드 테스트는 이러한 분산중계 방식의 성능을 검증하고자 서울 서북부 지역을 중심으로 3세대, 5세대 그리고 6세대 수신기를 이용하여 총 30개 지점에 대하여 수신 전계강도와 노이즈마진 및 수신가능각을 측정하였고, 수신화질의 주관적 평가를 수행하였다. 필드 테스트를 수행한 결과 모든 조건의 수신기에서 수신 성능의 향상을 보였다. 각 수신기별 특성을 볼 때 3세대 수신기에 비해 5세대 수신기 및 6세대 수상기는 수신율의 향상뿐만 아니라 수신가능각도 증가되어 분산중계망의 가능성을 알 수 있었다.

Abstract

A Distributed Translator Network(DTxR) is a cost-effective and frequency-effective method which can use existing transmission utilities and can be constructed in a shorter time as compared with Multiple Frequency Network(MFN) or Single Frequency Network(SFN) using On Channel Repeater(OCR). In order to verify the feasibility of DTxR, this field test was done in 30 points of north-west area in Seoul using 3rd, 5th, and 6th generation DTV receivers. Electric field strength, noise margin and ease of reception were measured and subjective evaluation of video quality was done in these points during the field test. With the test result, an improvement of receiving quality was obtained and an ease of reception was increased in case of the 5th. and 6th. receiver. From the results, we conclude that DTxR is a feasible method in DTV networks.

Keyword : MFN, SFN, OCR, DTxR, TxID, IMAS, Field Test

1. 서 론

현재 지상파 디지털 방송서비스를 위해 사용되고 있는 중계기들은 주 송신기로부터 방송신호를 받아 각각에 할당

된 상이한 주파수를 통해 방송 신호를 전송한다. 이러한 중계기를 이용한 방송서비스를 MFN 방식이라고 하며 기존에 설치된 중계소에 사용되고 있다. 그러나 MFN 방식은 각각의 주파수를 할당받아야 하므로 주파수 이용 관점에서는 매우 비효율적이다.

반면 복수개의 중계기가 주 송신기와 동일한 주파수를 사용하여 방송서비스를 실시하게 된다면 근거리 지역에서도 주파수를 재사용하는 효과를 얻으므로 주파수 이용 효

a) 한국방송 방송기술연구소

Broadcast Technical Research Institute, KBS

b) 한국전자통신연구원 방송시스템연구부

Broadcasting System Research Department, ETRI

* 교신저자 : 왕수현(shwang@kbs.co.kr)

율이 높아진다. 이러한 동일채널중계기(OCR)를 이용한 방송서비스의 개념을 SFN 방식이라 한다. 그러나 SFN 방식을 사용하려면 중계기, 안테나 등 중계소 시설들을 모두 교체해야 하는 등 기존 송출 시설의 활용도가 낮고 많은 투자가 소요되는 등의 제한이 있다. OCR을 이용한 SFN 방식은 전파가 완전히 차단되는 소규모 지역의 갭필러나 외곽 지역의 방송구역 확장등에 사용된다. 동일한 주파수를 사용하면 송수신 전파간 분리나 혼신 등의 문제로 넓은 지역보다는 소규모 지역의 난시청 해결에 주로 적용 가능하다.

이에 기존 중계방식의 단점을 극복하기 위해 효율적인 방식으로 분산중계(DTxR) 방식을 개발 적용하고자 한다. 분산중계 방식은 ATSC 방식의 주파수 효율을 높이기 위해서 기존 중계기를 이용하는 MFN 방식과 OCR을 이용한 SFN 방식에 비해 기존의 송출시설을 최대한 활용할 수 있고, 짧은 시간에 구축이 가능하여 비용이 효율적이며, 주파수 이용 효율을 높일 수 있는 방식이다.^{[12][13]} 송신 주파수와 상이한 수신 주파수를 중계소간에는 동일하게 사용할 수 있는 것이 가장 큰 장점이며, 기존 중계소 시설도 대부분 그대로 사용할 수 있다.

본 연구의 목적은 분산중계망의 서비스 영역을 파악하고 분산중계기의 적용에 따라 필수적으로 요구되는 채널분석을 수행하기 위해 분산중계망 수신부에서의 수신 전계레벨을 측정하고 수신 임계값, 시간 지연 등을 분석하여 그 결과를 시스템 개발에 이용하고자 하는데 있다. 또 향후 단일 주파수 네트워크를 구축함에 있어서 기초자료로 사용하는 데도 그 목적이 있다.

II. 필드 테스트 개요

신호가 중복되는 지역을 대상으로 다수의 분산중계기에 의한 단일 주파수 네트워크를 구성하여 DTV 수신 성능을 조사하였다. 해당지역의 수신점을 선정하여 관련항목 등에 대해 고정수신 측정을 하였다.

측정 지역으로 서울시 은평구 일원을 방송구역으로 하는 백련중계소, 불광중계소, 상암동 디지털미디어센터(DMC) 등에 분산중계기를 설치하였고 관악산 송신소의 DTV 신호를 받아 동일 채널(46번)로 해당지역에 재송신하였다.

측정 지역의 수신점을 총 30개소 선정하여 관련항목 등에 대해 고정수신신호의 품질 측정을 하였다. 수신기는 텔레뷰 3세대 STB, LG 5세대 STB, 삼성 6세대 TV등 3가지를 사용하여 측정하였다.

수신기의 세대별 구분은 고스트 처리 구간의 확장으로 구별된다. 통상적으로 1997년에 미국의 Zenith사에서 개발한 수신기를 1세대로 간주하며, 고스트 처리 구간은 $-3\mu\text{sec}$ 에서 $+22\mu\text{sec}$ 이다. 2세대를 거쳐 2000년에는 국내 수신기 업체들이 개발한 3세대 수신기가 주류를 이루었는데 고스트 처리 구간은 $-6\mu\text{sec}$ 에서 $+44\mu\text{sec}$ 로 늘어났다. 4세대 수신기는 3세대 수신기의 복조부를 디지털화 하였고, 현재는 새로운 형태의 등화기를 도입한 LG 5세대 수신기가 2003년에 개발되어 보급되고 있다. 5세대 수신기의 고스트 처리 구간은 $-50\mu\text{sec}$ 에서 $+50\mu\text{sec}$ 로 향상되었다. 삼성의 6세대 TV는 통상적으로 LG 5세대 수신기와 비슷한 성능을 갖는 것으로 조사되었다.

1. 분산중계소 선정

분산중계소 선정 시 아래 사항을 고려하였다.

- 중계소 2곳 이상의 방송구역이 중복되는 지역(최악의 경우 고려)
- 중계소와 모국의 상대적인 거리가 10km 미만일 것
- 동일 채널의 다른 신호가 넘어오지 않을 것
- 접근성, 중계소 공간, 전력 용량 등 실험조건이 양호할 것

KBS 중계소 중 위의 조건을 만족하는 곳으로 백련/불광 중계소와 상암동 디지털미디어센터(DMC)에 분산중계기를 설치하고, 동일 채널(46번)로 분산중계용 무선국 실험국 허가와 준공검사를 받고 필드 테스트를 수행하였다.

표 1. 중계소 위치
Table 1. Sites of TVRs

중계소명	위 치
백련 TVR	서울시 은평구 응암동 신7-5(백련산)
불광 TVR	경기도 고양시 덕양구 용두동 신30-1(매봉)
상암 TVR	서울시 마포구 상암동 DMC E3-1블록 KBS 미디어센터

2. 분산중계망 필드 테스트

분산중계망 필드 테스트는 백련중계소, 불광중계소, 상

그림 1. 필드 테스트 측정지점(30개소)
Fig. 1. Field Test Points(30 Points)

암중계소의 서비스 지역을 대상으로 아래와 같이 수행되었다.

- 일 시 : 2007년 10월 11일 ~ 11월 5일
- 장 소 : 서울시 은평구, 서대문구, 종로구, 영등포구, 경기도 고양시 일원
- 측정점 : 30개 지점(A1~A9, B1~B9, C1~C12)
- 측정수신기 : 3종류(3세대 STB, 5세대 STB, 6세대 TV)

그림 1은 측정지점 30개소를 나타낸 그림이다.

III. DTV 분산중계기(DTxR) 시스템

1. 개요

분산중계기(DTxR) 시스템이란 주 송신기에서는 방송신호를 송신주파수 A를 통해 신호를 송출하고, 각각의 분산중계기에서는 수신주파수 A와 다른 주파수 B로 신호를 중계하는 방식을 말하며, DTV 수신 영역을 확장하기 위해서 전파 신호를 증폭하여 재송출할 때 채널을 효과적으로 사

그림 2. 분산중계기(DTxR) 블록도
Fig. 2. Block Diagram of DTxR

용하기 위한 시스템이다. 이러한 시스템의 이용으로 기존의 송출 시설을 최대한 활용할 수 있고 짧은 시간에 구축이 가능하여 비용이 효율적이고 주파수 이용 효율을 높일 수 있다.

ATSC 전송방식인 8-VSB 방식은 NTSC 방식보다 수신 상 C/N비가 19 dB정도 더 유리하며 다중경로에 의한 페이딩 현상 특성도 우수하다. 즉, NTSC 방식이나 PAL 방식은 C/N비가 34 dB 이상 유지해야만 양호한 화질을 보장하며, 20 dB 이하가 되면 고스트 현상이 발생하게 된다. 그러나 8-VSB는 C/N비가 15.2 dB까지 화질에 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있다. 이러한 특성을 이용하면 분산중계기(DTxR)의 구현이 가능하다. 그림 2에 분산중계기(DTxR) 송수신 블록도가 나타나 있다.^{[4][5]}

2. DTV 분산중계기(DTxR) 시스템 구성

분산중계기 설계 및 구현 시 적용되는 기술은 다음과 같다.

분산중계기간 주파수가 일치하지 않으면 신호 중첩 지역에서 다른 중계기 신호가 동적 고스트(dynamic ghost)

즉 도플러 효과로 작용하여 수신 성능에 영향을 미친다. 주파수를 일치시키는 방법으로는 GPS 신호를 사용하거나 수신 신호로부터 기준 주파수를 생성하여 사용한다. 또 TCM 부호/복호를 이용하면 데이터 스트림에 모호성 문제가 생기므로, 분산중계기간 데이터 스트림을 동일하게 유지하기 위해 오류정정 능력을 갖는 등화기를 사용한다.

분산중계기들을 식별하기 위한 방법으로 확산 코드를 이용하여 중계기 식별신호인 TxID를 삽입한다. TxID 신호의 삽입으로 원신호의 S/N은 약간 저하되나 아주 낮은 전력으로 삽입되므로 DTV 신호에 미치는 영향은 미비하며, 코딩기술에 의해 어느 중계기 신호인지 판별이 가능하다. 그리고 선행 고스트(pre ghost) 환경을 후행 고스트(post ghost) 환경으로 바꾸는 등 지연(delay) 삽입을 통해 분산중계기의 송출시간을 조정하여 전체 채널환경을 조정한다.

분산중계기는 주 송신기에서 전송된 방송신호를 수신하는 수신 안테나 및 수신부, 필터링, 복조 및 등화 등을 수행하는 신호 처리부, TxID 삽입, 재변조, 채널변환 및 증폭 등을 수행하는 중계기 송신부 및 송신 안테나로 구성되어

그림 3. 분산중계기(DTxR)

Fig. 3. DTxR

있다. 그림 3은 분산중계망 구축을 위해 사용되는 분산중계기의 일반적인 구성도이다.

TxID(Transmitter IDentification)는 상관 특성이 우수하고 많은 패밀리를 갖는 Kasami sequence를 사용한다. Kasami sequence는 필드 동기(field sync)를 제외한 모든 ATSC 데이터에 임베디드 확산 스펙트럼(embedded spread spectrum) 형태로 삽입된다.

ATSC DTV 송신기의 FCC 규격(송신 SNR이 27 dB 보다 높아야 함)을 만족하기 위해 BR(Bury Ratio)이 30 dB보다 낮아야 한다.

3. 중계 시스템

3.1 TVR 중계소 제원

제3의 분산중계기는 디지털미디어센터(DMC)에 설치하였다. DMC의 해발고는 115m, 안테나 높이는 5m 정도이다. 안테나의 제원은 30° 방향으로 2단 1면, 20W 출력이며 동경 126 53 29, 북위 37 34 35에 위치한다. 분산중계망에 사용된 TVR의 제원은 표 3과 같다.

표 3. 분산중계망 TVR 제원

Table 3. Information of DTxR TVRs

TVR명	채널	출력	안테나	방향
백련	46(665MHz)	90W	Dipole ANT(2단 2면)	55°, 175°
불광	46(665MHz)	30W	Dipole ANT(2단 1면)	50°
상암	46(665MHz)	20W	Dipole ANT(2단 1면)	30°

3.2 중계소 및 중계기 사진

백련중계소에는 기존중계기와 분산중계기를 주기/예비기 형태로 연결하여 분산중계망 필드 테스트 시에는 분산중계기를 주기로 사용하였고, 이후에는 기존중계기를 주기로 전환하여 비교 테스트를 실시하였다. 불광중계소에는 기존의 48번 채널 이외에 46번 채널로 안테나 및 분산중계기를 설치하였고, 상암(DMC)에도 46번 채널에 대해서 테스트 기간 중 안테나와 분산중계기를 설치하여 테스트하였다. 그림 4에서 그림 6은 백련중계소와 불광중계소, 그리고 상암중계기에 대한 사진이다.

표 2. 중계소 시설의 제원

Table 2. Information of TVRs

시설명	매체	채널/주파수	출력	안테나 형식	방송 구역
백련	D 1TV	46 (665MHz)	90W	Dipole ANT 2단 2면(10.8dB) 55°, 175°	서울 은평, 서대문, 동작, 영등포, 종로, 관악, 양천, 구로 일부
	D 2TV	53 (707MHz)			
	기타 사항	- 해발고 : 210m - 위치 : 동경 126 55 49, 북위 37 35 20 - 주소 : 서울 은평구 응암동 산7-5(백련산) - 거리 : 본사로부터 차량 12km, 도보 400m - 02년 12월 DTV 1,2 설치(서화정보통신) - 송신탑 높이 : 25m(수신탑높이)			
불광	D 1TV	48 (677MHz)	90W	Dipole ANT 2단 3면 (9dB) 50°, 170°, 320°	서울 은평, 마포, 경기 고양, 양주 일부
	D 2TV	51 (695MHz)			
	기타 사항	- 해발고 : 240m - 위치 : 동경 126 54 40, 북위 37 37 38 - 주소 : 경기도 고양시 덕양구 용두동 산30-1(매봉) - 거리 : 본사로부터 차량 13km, 도보 700m - 02년 12월 DTV 1,2 설치(LG) - 송신탑 높이 : 25m(수신탑높이)

a. 안테나
a. Antenna

b. 기존중계기
b. Original Translator

c. 분산중계기
c. DTxR

그림 4. 백련 중계소
Fig. 4. Baikreon TVR

a. 안테나
a. Antenna

b. 분산중계기
b. DTxR

그림 5. 불광중계소
Fig. 5. Bulkwang TVR

a. 안테나
a. Antenna

b. 분산중계기
b. DTxR

그림 6. 상암중계기
Fig. 6. Sangam TVR

IV. 분산중계망 필드 테스트

1. 개요

필드 테스트는 약전계 지역에서 수신 성능을 향상시킬 수 있는 분산중계기(DTxR)의 성능개선 효과를 분석하기 위한 목적으로 수행하였다.

측정은 필드에서의 수신 특성을 얻기 위하여 채널 파워 및 노이즈 파워를 측정하여 신호대 잡음비(C/N)를 구하고 노이즈 발생기를 이용한 노이즈 마진을 측정하였으며, 3세대 및 5세대, 6세대 수신기를 이용하여 수신기의 수신 가능 여부와 수신 가능 각도를 측정하였다.

측정 데이터의 정확성을 보장하기 위하여 먼저 기준 측정 점(reference site)을 선정하여 측정 지점에서의 측정을 시작하기 전에 기준 측정 점에서 측정을 수행(calibration)하여 측정 데이터를 검증하였다.^{[6][7][8]}

2. 측정지점 선정

측정은 서울 은평구, 서대문구, 경기 고양시 등의 북부지역에서 난시청지역 및 중계기의 신호가 겹치는 지역을 총 30지점 선별하여 측정하였으며, 기존 및 각 분산 중계기의 운용상태를 인위적으로 운용하여 지점별 신호의 세기를 측정하였다.

본 분산중계기(DTxR)의 실험방송 테스트를 위한 측정지점은 각 중계소의 위치를 중심으로 크게 세가지 지역으로 분류하였다. 참고로 기준으로 측정한 관악산송신소의 방송구역은 다음 세지역을 모두 포함하였다.

- 백련 중계소의 방송구역에 위치하는 지점(A1-A9)
- 불광 중계소의 방송구역에 위치하는 지점(B1-B9)
- 백련/불광/상암 중계소의 방송구역이 겹치는 지역에 위치하는 지점(C1-C12)

A1-A9은 백련TVR 방송권역에만 속하는 지역의 측정지점들이고, B1-B9은 불광TVR 방송권역에만 속하는 지역의 측정지점들로 각각의 TVR 신호가 양호하게 수신되리라 예상되지만 측정절차에 따라 신호들을 측정하여 중첩지역 측정지점들의 신호특성과 비교하였다. C1-C12은 백련TVR/

불광TVR/상암TVR의 전파가 중첩되는 지역의 측정지점들로, 동일채널중계기들을 설치하고 측정절차에 따라 신호들을 측정하였다. 측정지점들 중 C7-C12에서는 TxID 신호의 BR(Bury Ratio) 변경에 따른 잡음 마진(Noise Margin)을 동시에 측정하였다.

3. 측정 수행

측정 절차는 DTV 실험방송 측정절차를 준용하되, 동일 측정점에서 관악산송신소 신호 및 분산중계기들 신호의 각 상태를 측정하였다. 이때 DTxR#1(백련)은 항상 On 상태를 유지하였다. 측정은 단계별로 아래의 측정 절차에 따라 수행하였다.

- 단계 0. Calibration 사이트에서 계측기 및 시스템을 점검
- 단계 1. DTxR#2(불광) On, DTxR#3(상암) On 상태에서 TxID 분석기를 사용한 채널프로파일 측정(무지향성 및 지향성)
- 단계 2. 단계 1의 상태에서 측정항목 측정
- 단계 3. 단계 1의 상태에서 채널 분석기를 사용한 채널프로파일 측정(지향성)
- 단계 4. DTxR#2(불광) On, DTxR#3(상암) Off 상태에서 측정항목 측정
- 단계 5. DTxR#2(불광) Off, DTxR#3(상암) Off 상태에서 측정항목 측정
- 단계 6. DTxR#2(불광) Off, DTxR#3(상암) On 상태에서 측정항목 측정
- 단계 7. 주송신기에 대하여 측정항목 측정
- 단계 8. 단계 7의 상태에서 채널 분석기를 사용한 채널프로파일 측정(지향성)

DTxR의 On/Off는 측정차에서 CDMA에 의해 원격으로 제어하였다.

BR(Bury Ratio)에 대한 측정은 DTxR#1(백련)만 On되고 DTxR#2(불광) Off, DTxR#3(상암) Off된 상태에서 BR값을 -21 dB/-24 dB/-27 dB/-30 dB/-33 dB/-36 dB/-39 dB/Off

로 변화시켜 가면서 측정하였다.(텔레뷰 3세대 수신기 측정은 제외)

기존 백런중계기에 대한 측정은 별도로 수행하였다.

3.1 측정 차량 및 장비

그림 7은 분산중계망 필드 테스트를 위해 사용한 측정차량을 나타내고 있다. 측정 차량에는 먼저 9m 높이에서 DTV 신호를 수신할 수 있도록 공기압을 이용한 안테나 마스트가 설치되어 있으며, 안테나 마스트 끝에는 광대역 안테나가 설치되어 있다. 안테나가 최적의 수신 전계 분포를 수신할 수 있는 방향을 파악하여 해당 방향으로 고정할 수 있도록 하는 안테나 방향 설정 장치가 내장되어 있으며, 설정 장치의 구동은 측정 소프트웨어를 통해 조절 가능하다. 측정 시스템에는 수신 전계 분포를 360도 방향에 따라 측정하여 수신 전계 패턴을 파악하고, 신호 스펙트럼을 저장할 수 있는 기능을 가지고 있다.

그림 7. 분산중계망 필드 테스트 측정차량
Fig. 7. DTxR Field Test Vehicle

그림 8은 차량 내의 수신 시스템 내부 모습이다. 차량 내에는 3세대 및 5세대 수신기를 통해 화면을 볼 수 있는 모니터가 상단에 설치되어 있고, 뒷면에는 6세대 수상기를 설치해서 화면 상태를 비교할 수 있도록 되어 있으며, 하단 부분에는 스펙트럼 분석기와 테스트 수신기, 로터, 전자 나침반, 전계강도 측정기 및 시스템 컴퓨터 등이 설치되어 있

다. 특히, 본 측정에서는 불광 및 상암 중계기의 절체를 위해 CDMA용 모뎀을 설치하여 원격으로 중계소 장비를 제어할 수 있도록 하여 측정의 효율을 높였다.

a. 측정시스템
a. Measurement System

b. 6세대 수상기 및 배전반
b. 6th. TV and Power Control

그림 8. 측정차량 내부
Fig. 8. Inside of Field Test Vehicle

3.2 측정 시스템

그림 9는 측정차에 설치된 측정 시스템의 구성을 나타낸다.

측정차 마스트에 무지향성 안테나와 지향성 안테나를 교체할 수 있도록 하였는데, 무지향성 안테나용 TxID 분석기 사용시 이외에는 지향성 안테나로 측정하였다. 시스템 구성도 내부의 점선으로 표시한 부분은 RF Box를 나타내는데, 입력신호의 감쇄를 조정하면서 4개의 신호로 분리할 수 있다. RF Box에는 잡음 마진을 측정하기 위해 노이즈 생성기를 연결하였다. 4개의 신호중 3개는 각각 스펙트럼 분석기(R&S ESPi), 테스트 수신기(R&S EFA), 채널 분석기로 입력되고, 나머지 1개의 신호는 다시 3개의 신호로 분리되

그림 9. 측정시스템 구성도
Fig. 9. Block Diagram of Measurement System

어 3세대 수신기(Teleview), 5세대 수신기(LG), 6세대 수상기(삼성)로 입력된다. 또 RF Box에서 통과(through)된 신호가 직접 TxID 분석기로 들어간다.

계측기는 다음 절에서 설명하는 통합 측정 및 분석 시스템(IMAS)이 장착된 노트북에 GPIB로 연결되어 제어되며, 측정차 안테나를 회전시킬 수 있는 로터제어기와 GPS 정보를 받는 센서도 RS232로 연결된다. 또 다른 노트북으로는 TxID 신호 분석과 CDMA 모뎀 제어를 수행하였다.

3.3 통합 측정 및 분석 시스템(IMAS)

필드 테스트를 수행함에 있어서 측정자가 일일이 수동으로 계측기 등의 장비를 조작하여 측정하고 그 값을 기록하는 수동 방식은 매우 많은 시간이 소요된다는 어려움이 있다. 또한 측정 시 실수로 인한 오류가 있을 수 있으며, 측정 참여 인원의 변경으로 인해 측정 장비 운용 방식이 달라질 수 있어 측정 데이터의 신뢰성에 영향을 미친다. 이를 해결

하기 위하여 KBS 방송기술연구소에서는 통합측정 및 분석 시스템(IMAS)을 개발하여 측정에 이용하였다. 그림 10은 IMAS의 구성을 나타낸다.

그림 10. 통합 측정 및 분석 시스템(IMAS)
Fig. 10. Integrated Measurement and Analysis System(IMAS)

측정에 이용된 시스템은 지리 정보를 분석하는 지리정보

(GIS: Geographic Information System) 모듈, 측정을 담당하는 자동측정모듈, 측정된 데이터를 분석하여 사용자가 원하는 양식의 보고서를 자동 생성하는 데이터 분석 및 보고서 작성 모듈, 계측장비(스펙트럼분석기 등) 및 운용장비(GPS, 로터 등)를 연결하고 제어하는 장비 인터페이스 및 관리모듈로 구성되며 전체가 하나의 프로그램으로 통합되어 운용된다.

또한, 측정용 시스템은 측정뿐 아니라 지형정보시스템을 이용한 전계강도 예측 시스템을 도입하여 측정지점 주변의 수신환경 분석 및 최적 수신위치의 검색정보 등을 제공하며, 다량의 측정결과에 대한 다양한 분석이 가능하여 커버리지 분석 및 송신 네트워크의 설계 등에 활용될 수 있도록 설계되었다.

측정용 시스템의 측정 소프트웨어는 Windows2000 및 WindowsXP 등의 Windows OS 환경에서 Delphi 5.0을 이용하여 개발하였으며, 기지국과 측정값 등의 데이터베이스화를 위해 MDB를 사용하였고, 계측 및 운용장비와의 연결은 GPIB(IEEE 488.2), RS-232 등의 인터페이스를 사용하였다.

4. 측정데이터

IMAS를 사용해서 측정점의 지도를 파일로 생성하였다. 그리고 측정차를 포함한 측정점의 사진을 촬영하고 측정차의 방위각을 측정하였다. 그림 11은 측정점 C11의 지도를

나타낸다.

그림 11. 측정점(C11)

Fig. 11. Field Test Point(C11)

측정점 C11은 calibration 지점으로도 운영하여 매일 측정 전에 측정시스템과 계측기를 점검한 후 측정을 시작하였다. 그림 12는 C11에서의 LOS 지형고도 프로파일을 나타낸 것이다. 한 지점에서 4개의 송, 중계소 지형고도 프로파일이 그려지며, 텍스트 형태로도 저장이 가능하다.

그림 13은 분산중계기가 백런on/불광on/상암on 시의 수신전계 패턴을 나타내고 있다. 수신전계 패턴은 텍스트 형태로도 저장이 가능하다. 또 계측장비인 ESPI로부터 채널 파워, 노이즈파워, Passband 스펙트럼 등을 IMAS 시스템

그림 12. 지형고도 프로파일(C11)

Fig. 12. Profile of Geographic Altitude(C11)

으로 저장할 수 있다.

그림 13. 수신전계 패턴(C11)
Fig. 13. Pattern of Receiving Electric Field(C11)

수신전계 패턴, 채널파워, 노이즈파워, Passband 스펙트럼, 안테나 방향 사진 등은 관악, 기존, 백련on/불광off/상암off, 백련on/불광on/상암off, 백련on/불광off/상암on, 백련on/불광on/상암on 등 6가지 경우 각각 파일이 생성된다. 또 6가지 경우 측정 시 데이터 파일이 엑셀로 저장된다.

그림 14는 채널분석기 파일을 나타내는데, 관악, 기존, 백련on/불광on/상암on 등 3가지 경우에만 측정하여 저장하였다.

그림 14. 채널분석기
Fig. 14. Channel Analyzer

각 측정점에서 생성되는 파일은 2차원 지형고도 프로파일 관련 8개, 6가지 경우 각 7개로 모두 42개, 채널분석기 관련 6개 등 총 56개의 파일이 생성되었다.

또 각 측정점에서 수기로 측정데이터 체크표를 작성하였는데, 측정은 먼저 무지향성 안테나로 전체의 TxID 분석후 지향성 안테나로 교체하여 TxID 분석 및 채널 분석을 하였다. 그리고 분산중계기의 on/off를 최소화하기 위해 전체->불광->백련->상암 순으로 측정을 계속하고 나서 관악에 대해 측정을 하였다. 관악 측정시에는 필터와 수신기 채널을 교체해야 한다. 또 백련의 기존중계기에 대한 측정은 분산중계망 측정이 완료된 이후 추가하였다. 이외에도 측정시에는 측정일지와 측정차량 급유 및 정비일지를 작성하여 측정이 원활하게 수행되도록 하였고, 향후 다른 측정시 참고가 되도록 기록을 남겨 놓았다.

V. 측정 결과 및 분석

측정 결과 및 분석은 각 중계소의 분산 중계기(DTxR) 신호를 조건별로 나누어 송신하고 그에 따른 수신 성공율, 노이즈 마진 수신가능 방위각, 수신 전계강도 등의 수신 측정값을 항목별 및 지점별로 분석하였다.

분산 중계기의 운용조건은 백련 중계소의 분산 중계기만 운용할 때, 백련/불광 중계소의 분산 중계기 2개를 운용할 때, 백련/상암 중계소의 분산 중계기 2개를 운용할 때, 백련/불광/상암 중계소의 분산 중계기 3개를 모두 운용할 때 등 네가지 경우로 나누었으며, 이 외에 관악산 송신소의 신호 및 백련 중계소의 기존 중계기 운용 시를 기타 참고 자료로 사용하기 위해 측정하였다.

1. 수신 성공률 분석

그림 15는 측정지점 전체(30개 지점)의 평균 수신 성공률을 각 수신신호 조건별로 나타내는 그래프이다.

백련 중계소만 운용하는 것에 비하여 백련/불광 혹은 백련/불광/상암 중계소를 운용하는 경우가 수신 성공률을 높일 수 있으며, 백련/상암 중계소를 운용한 경우는 백련 중계소만 운용한 경우와 수신 성공률이 차이가 없음을 알 수 있다. 이는 상암 중계소가 백련/불광 중계소에 비해 해발고가 낮아 실제 방송 전파가 미치는 영향력이 떨어진

결과이다.

그림 15. 조건별 수신 성공률

Fig. 15. DTxR Receivability (by Case)

또한 그림 16의 수신기 세대별 수신 성공률 결과에서 보듯이 3세대 수신기 보다는 5세대 수신기 및 6세대 수상기에 수신 성공률이 높아지는 것을 알 수 있다.

그림 16. 세대별 수신 성공률

Fig. 16. DTxR Receivability (by Generation)

표 4는 조건별 평균 수신 성공률을 나타낸 것이다.

표 4. 조건별 평균 수신 성공률

Table 4. Average DTxR Receivability (by Case)

수신기	관악	기존	백이/불자/상x	백이/불자/상x	백이/불자/상o	백이/불자/상o
3세대	70	57	43	60	50	63
5세대	97	77	80	90	80	90
6세대	97	77	80	90	80	90

2. 수신 개선을 분석

표 5는 3세대 수신기의 수신신호 조건별 수신 개선을 나타낸 것이다. 백련 중계소만 운용 시 측정지점의 DTV 수신성공 지점 수가 13개 지점인데 비하여 백련/불광 중계소 운용 시 수신성공 지점 개수가 18개로 증가되고 백련/불광/상암 중계소 운용 시 19개로 증가됨을 볼 수 있다.

백련/불광 중계소 운용 시 백련 중계소만 운용 시의 수신 성공지점 13개중 2개가 수신불량(개악)으로 되었고 수신 불량지점 17개중 7개가 수신 성공(개선)함으로써 총 5개의 수신 성공지점이 증가하였다. 백련/상암 중계소 운용 시에는 백련 중계소만 운용 시에 비해 수신 성공지점 13개는 변함이 없었고 수신 불량지점 17개중 2개가 수신 성공(개선)함으로 총 2개의 수신 성공지점이 증가하였다. 백련/불광/상암 중계소에 3개의 분산중계기를 모두 운용하였을 시는 백련 중계소만 운용 시에 비해 수신 성공지점 13개중 2개가 수신 불량(개악)이 되었고 수신 불량지점 17개중 8개가 수신 성공(개선)함으로 총 6개의 수신 성공지점이 증가하였다.

표 6은 5세대 수신기 및 6세대 수상기의 수신신호 조건별 수신 개선을 나타낸 것이다. 백련 중계소만 운용 시

표 5. 3세대 수신 개선율

Table 5. Improvement of DTxR Reception (3rd Generation)

상태	구역	관악	기존	백이/불자/상x	백이/불자/상x	백이/불자/상o	백이/불자/상o
수신양호	A	6	7	6	6	6	6
	B	7	3	2	3	2	3
	C	8	7	5	9	7	10
	소계	21(70%)	17(57%)	13(43%)	18(60%)	15(50%)	19(63%)
수신불량/불가	A	3	2	3	3	3	3
	B	2	6	7	6	7	6
	C	4	5	7	3	5	2
	소계	9(30%)	13(43%)	17(57%)	12(40%)	15(50%)	11(37%)

표 6. 5세대/6세대 수신 개선을

Table 6. Improvement of DTxR Reception(5th/6th Generation)

상태	구역	관악	기존	백이/불x/상x	백이/불이/상x	백이/불x/상o	백이/불이/상o
수신양호	A	9	8	8	8	8	8
	B	8	4	4	7	4	7
	C	12	11	12	12	12	12
	소계	29(97%)	23(77%)	24(80%)	27(90%)	24(80%)	27(90%)
수신불량 /불가	A	0	1	1	1	1	1
	B	1	5	5	2	5	2
	C	0	1	0	0	0	0
	소계	1(4%)	7(23%)	6(20%)	3(10%)	6(20%)	3(10%)

측정지점의 DTV 수신성공 지점 갯수가 24개 지점인데 비하여 백련/불광 중계소 운용 시 수신성공 지점 개수가 27개로 증가되었고 백련/불광/상암 중계소 운용 시에도 27개소로 증가되었으나 백련/상암 중계소 운용 시에는 변화가 없음을 볼 수 있다. 또한 5세대 수신기와 6세대 수상기는 수신 성공율에서 같은 결과를 얻었다.

백련/불광 중계소 및 백련/불광/상암 중계소 운용 시와 비교 검토결과 백련 중계소만 운용 시의 수신 성공지점 24개는 변화가 없었고 수신 불량지점 6개중 3개가 수신 성공(개선)함으로써 총 3개의 수신 성공지점이 증가하였다. 상암 중계소의 분산 중계기 방송전파 영향력은 미미한 것으로 나타났으며, 5세대 수신기 및 6세대 수상기의 성능 차이는 없었다.

3. 수신 전계강도 분석

그림 17은 전체 30개 측정지점의 평균 수신 전계강도를 나타내는 그래프이다. 그림에서 보듯이 백련 및 불광 중계소의 기존 방송구역(A지역, B지역)보다는 중첩지역(C지

그림 17. 조건별 전계강도
Fig. 17. Electric Field Strength(by Case)

역)에서 보다 고른 전계강도가 수신되었다.

백련 중계기만 운용 했을 시 보다 백련/불광 중계기 운용 시 평균 약 5.19 dBuV/m 증가하였으며, 백련/상암 중계기 운용 시 평균 약 1.56 dBuV/m, 백련/불광/상암 중계소의 분산 중계기 3개를 모두 운용했을 시 평균 약 6.39 dBuV/m 증가하였다.

표 7은 전체 평균 전계강도의 수치를 조건별로 나타낸 것이다.

표 7. 조건별 평균 전계강도

Table 7. Average Electric Field Strength(by Case)

	관악	기존	백이/불x/상x	백이/불이/상x	백이/불x/상o	백이/불이/상o
평균값	69.93	68.04	68.39	73.58	69.95	74.78

4. 노이즈 마진 분석

그림 18은 전체 30개 측정지점의 평균 노이즈 마진을 조건별로 나타낸 그래프이다. 그림에서 보듯이 백련 중계소

그림 18. 조건별 노이즈 마진
Fig. 18. Noise Margin(by Case)

만 운용 시보다 백런/불광 중계소 운용 시 및 백런/불광/상암 중계소의 분산 중계기를 3대 모두 운용할 때가 노이즈 마진이 향상됨을 알 수 있다. 그러나 백런/상암 중계소를 운용할 때는 백런 중계소만 운용하는 경우보다 다소 상승하여 상암 중계소의 방송 신호 영향력이 미미함을 알 수 있다.

그림 19는 전체 30개 측정지점의 평균 노이즈 마진을 수신기별로 나타낸 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 3세대 수신기에 비하여 5세대 수신기 및 6세대 수상기의 성능이 월등히 향상되었음을 알 수 있다. 또한 5세대 수신기 및 6세대 수상기간의 성능차이는 거의 없는 것으로 보여진다.

그림 19. 세대별 노이즈 마진
Fig. 19. Noise Margin(by Generation)

표 8은 전체 30개 측정지점의 평균 노이즈 마진을 조건별로 나타낸 것이다. 표에서도 마찬가지로 백런/불광 및 백런/불광/상암 중계소에서 노이즈 마진 수치가 향상되었음을 알 수 있다.

표 8. 조건별 평균 노이즈 마진
Table 8. Average Noise Margin(by Case)

	관악	기존	백이/불/상x	백이/불/상x	백이/불/상o	백이/불/상o
3세대	15.46	13.16	11.56	15.52	13.64	16.63
5세대	19.81	16.35	16.07	21.03	17.64	22.10
6세대	19.57	16.85	16.23	21.16	17.82	22.23

5. 수신 가능각 분석

그림 20은 전체 30개 지점에서 측정한 누적 수신가능각의 평균을 조건별로 나타낸 그래프이다. 그림에서 보듯이

백런 중계소만 운용 시보다 백런/불광 중계소 운용 시 및 백런/불광/상암 중계소의 분산 중계기를 3대 모두 운용할 때가 수신가능 방위각이 증가됨을 알 수 있다. 그러나 백런/상암 중계소를 운용할 때는 백런 중계소만 운용할 때와 거의 차이가 없음을 나타낸다.

그림 20. 조건별 수신 가능각
Fig. 20. Ease of Reception(by Case)

그림 21은 전체 30개 측정지점의 평균 수신 가능각을 수신기별로 나타낸 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 3세대에 비하여 5세대 및 6세대 수신기의 누적 수신 가능각이 약 2배 가까이 증가되었음을 알 수 있다. 또한 5세대 및 6세대 간의 성능차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

그림 21. 세대별 수신 가능각
Fig. 21. Ease of Reception(by Generation)

5세대 수신기 및 6세대 수상기의 측정값에서 볼 수 있듯이 백런 중계기만 운용 했을 때보다 백런/불광 중계기 운용 시 약 29도 이상 증가하였으며, 백런/상암 중계기 운용 시 약 3도 이상, 백런/불광/상암 중계소의 분산 중계기 3개를 모두 운용했을 시 약 27도 이상 누적 수신 가능각이 증가하였다. 표 9는 전체 30개 측정지점의 평균 수신 가능각을 조

건별로 나타낸 것이다.

표 9. 조건별 평균 수신 가능각

Table 9. Average Ease of Reception(by Case)

	관악	기존	백리/불광/상암	백리/불광/상암	백리/불광/상암	백리/불광/상암
3세대	67	53	46	54	50	58
5세대	178	100	111	140	114	138
6세대	173	100	110	139	114	140

VI. 결 론

수신 성공률은 3세대 수신기는 백리 중계소만 운용하는 것에 비하여 백리/불광 혹은 백리/불광/상암 중계소를 운용하는 경우 수신 성공률을 높일 수 있었으며, 백리/상암 중계소를 운용한 경우는 백리 중계소만 운용한 경우와 수신 성공률 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 상암 중계소가 백리/불광 중계소에 비해 해발고가 낮아 실제 방송 전파의 영향력이 크지 않은 것으로 해석되었다.

백리 중계소의 분산중계기(DTxR)만 사용했을 경우의 수신 성공률이 43% 였으나 각 중계소의 분산중계기(DTxR)를 조건별로 사용한 후 50%(백리/상암), 60%(백리/불광), 63%(백리/불광/상암)로 향상되었다. 5세대, 6세대 수신기는 백리 중계소의 분산중계기(DTxR)만 사용한 경우 80% 였으나 각 중계소의 분산중계기(DTxR)를 조건별로 운용한 후 90%(백리/불광, 백리/불광/상암)로 향상되었다. 그러나

백리/상암 중계소의 조건일 경우 변화가 없었다.

노이즈 마진과 수신 가능각 측정 결과도 상암 중계소의 영향력이 미비했고, 3세대 수신기에 비해 5세대/6세대 수신기 성능이 향상되는 등 수신 성공률과 비슷한 결과를 얻었다.

이는 단일중계기를 운용했을 때보다 분산중계기로 망을 구축하여 운용했을 때 수신 성공률, 노이즈 마진, 그리고 수신 가능각 모두 향상되는 결과를 얻어, 향후 아날로그 방송 종료 후 디지털 전환시 주파수 부족 문제를 해결하는데 분산중계기 기술이 사용될 수 있을 것이라 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] ATSC, "ATSC Digital Television Standard, Rev.E with Amendments No.1 and 2", A/53E, Dec. 2005
- [2] ATSC, "Transmission Measurement and Compliance for Digital Television, Rev.A", A/64A, May 2000
- [3] ATSC, "Synchronization Standard for Distributed Transmission, Rev.A", A/110A, July 2005
- [4] ATSC, "Guide to the use of the ATSC Digital Television Standard, Rev.A", A/54, Dec. 2003
- [5] ATSC, "Receiver Performance Guidelines", A/74, June 2004
- [6] ATSC, "Developing DTV Field Test Plans", A/75, July 2001
- [7] ATSC, "Design of Synchronized Multiple Transmitter Networks", A/111, Sep. 2004
- [8] K. Salehian et al, "Design Procedures and Field Test Results of a Distributed -Translator Network, and a Case Study for an Application of Distributed -Transmission", IEEE Trans. on Broadcasting, Vol.52, No.3, Sep. 2006

저 자 소 개

왕 수 현

- 1980년 3월 ~ 1984년 2월 : 서울대학교 전기공학과 (공학사)
- 1984년 3월 ~ 1986년 2월 : 서울대학교 대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1987년 4월 ~ 현재 : 한국방송 방송기술연구소 책임연구원
- 주관심분야 : 디지털방송 시스템, 멀티미디어 서비스

 저 자 소 개

서 영 우

- 1991년 3월 ~ 1995년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)
- 1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 서울대학교 대학원 제어계측공학과 (공학석사)
- 1997년 3월 ~ 현재 : 한국방송 방송기술연구소 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, 디지털방송 시스템, 멀티미디어 서비스

목 하 군

- 1976년 3월 ~ 1980년 2월 : 서울대학교 전기공학과 (공학사)
- 1980년 3월 ~ 1982년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사)
- 1992년 9월 ~ 1995년 6월 : 무궁화위성(Koreasat) 탑재체(payload) 현장 훈련 파견연수(영국, 미국)
- 1991년 3월 ~ 2000년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학박사)
- 1982년 8월 ~ 현재 : 한국방송 방송기술연구소 수석연구원
- 주관심분야 : 지상파 디지털TV 방송시스템, RF 및 위성 시스템, 위성방송

이 재 영

- 1996년 9월 ~ 2001년 5월 : Rutgers University 전자공학과 (공학사)
- 2001년 9월 ~ 2003년 5월 : University of Wisconsin 전자공학과 (공학석사)
- 2003년 6월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 지상파방송기술연구팀 연구원
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, DTV 전송시스템

이 용 훈

- 2005년 2월 : 한밭대학교 전자공학과 학사
- 2007년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 석사
- 2008년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 정보통신공학과 박사과정
- 2001년 1월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 지상파방송기술연구팀
- 주관심분야 : DMB, DTV 시스템, 영상신호처리

김 흥 목

- 1989년 3월 ~ 1993년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학사)
- 1993년 2월 ~ 1995년 2월 : 포항공과대학교 전자전기공학과 (공학석사)
- 1995년 3월 ~ 2001년 12월 : 포스코 기술연구소 근무
- 2002년 1월 ~ 2003년 10월 : (주)맥스웨이브 연구개발팀 팀장
- 2004년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 방송시스템연구부 지상파방송기술연구팀 팀장
- 주관심분야 : RF 신호처리, 디지털 신호처리, DTV 전송시스템