

특집논문-00-5-2-01

## 한국의 지상파 DTV 필드테스트 결과

목하균\*, 서영우\*, 황해섭\*

### Field Test Results of Terrestrial Digital TV in Korea

Ha-Kyun Mok\*, Young-Woo Suh\* and Hae-Sub Hwang\*

#### 요약

1999년 5월부터 지상파 디지털TV(DTV) 실험방송이 시작된 이래 정부 지원 하에 방송사를 비롯한 관련 기관들로 실험방송 전담반을 구성하여 2000년 8월까지 공동으로 실험방송을 수행하였다. 여기서 DTV 필드테스트(field test)를 위한 소위원회를 조직하고 약 1년 동안 관악산 송신소를 중심으로 필드테스트를 수행하였다. 이 필드테스트에서는 DTV의 예상 서비스 구역의 검증, 우리나라의 지형 및 도심지에서의 DTV 전파 전파 특성 측정, 기존 아날로그 방송과의 적정 출력 비교 및 간섭효과 등 포괄적인 DTV 성능 검증이 이루어졌다. 측정 결과 DTV 방송의 수신성공 확률은 70% 이상으로 기존 아날로그 방송의 출력보다 10dB 낮은 상태에서 보다 양호한 수신이 가능했으며, 시스템 성능지수도 80%가 넘는 결과를 나타냈다.

#### Abstract

Testing of terrestrial Digital TV(DTV) broadcasting in Seoul and Kyung-gi region was started in May 1999. Tasks of the committee for DTV technical evaluation were to implement test procedures for DTV transmitting systems, to analyze various technical aspects of DTV and to complete a field test. This paper summarizes the field test results. The field test vehicle was designed and constructed to measure field data. We chose over 200 test points to verify the receiving status of DTV signals and compared them with the analog TV signals at the same site. The results showed stable and satisfactory reception of DTV signals over 70%. The system performance index was over 80%.

#### I. 서론

지상파 디지털 방송의 필드테스트는 방송망 구성 및 채널 배치 연구와 전파 전파 환경의 분석, 기존 아날로그 방송망과의 상호영향 분석을 주목적으로 하며, 미국, 유럽 등 디지털 지상파 방송을 실시하거나 준비하고 있는 여러 국가에서 이미 수 차례의 필드테스트가 이루어진 바 있다 [3][4][5][6][7][8][9][10][11]

미국에서는 1994년 본격적인 필드테스트가 샬럿(Charlotte, NC) 지역에서 실시된 이래로 새로운 방송방식의 송신 및 수신 특성을 측정하기 위해 워싱턴, 시카고, 뉴욕 등 미국 전역에서 방대한 필드테스트를 수행하였다. 초기 필드테스트에서는 전파 전파 예측 결과를 토대로 해서 주로 송신기 출력, 기존 NTSC와의 간섭, 송신 안테나 패턴에 따른 특성 등을 비교 및 검증했으며 그 이후에는 필드테스트 절차를 규격화하고 다양한 수신기 측정항목을 포함시켜, 지역 및 지형 특성에 따른 측정 결과 데이터 베이스 구축을 여러 지역에서 수행하고 있다<sup>[10][11]</sup>. 여기에는 옥외 및 옥내측정이 모두 포함된다. 1999년 한 해 동안 이루어진 주요 필드테스트를 보면 9개 지역에서 12번에 걸쳐 총 2682

\* 한국방송공사, 기술연구소  
Korean Broadcasting System, Technical Research Institute

※ 본 연구는 정보통신부가 지원한 정부통신연구개발사업으로 수행되었음.

지점의 실외측정, 242지점의 실내측정이 이루어졌다<sup>[9]</sup>. 현재 미국에서는 전파 수신 장애 지역과 실내 수신에서의 수신을 개선에 중점을 두고 FCC(Federal Communications Commission), ATSC(Advanced Television Systems Committee) 및 각 방송사 등은 자체적으로 필드테스트를 지속적으로 수행하고 있다. 유럽은 영국 및 독일 등을 중심으로 DVB(Digital Video Broadcasting)-T의 필드테스트가 이루어져 왔으며, 고정수신, 이동수신, 단일주파수망(SFN, Single Frequency Network) 등에서의 전송 특성이 측정되었다<sup>[12]</sup>.

우리나라에서는 디지털 지상파 TV 방송 방송방식을 1997년 미국방식(ATSC)으로 결정한 이후 실험방송 전담반을 결성하여 1999년 5월부터 준비작업을 거쳐, 2000년 3월부터 본격적인 필드테스트를 실시하였다. 참여기관은 실험방송 전담반내의 KBS를 비롯한 방송 4사, 전자통신연구원, 전파연구소 등 국책 연구기관 및 관련업체 등이었으며 1999년 7월부터 필드테스트 전담 소위원회가 구성되어 2000년 2월까지 수 차례의 회의를 통해서 미국 필드테스트 결과 분석 뿐 아니라, 측정항목, 측정절차, 측정지역 선정 원칙 수립 및 측정차량 구성 등 지상파 DTV 필드테스트 계획을 위한 주요 내용을 토의 및 결정하였다. 또한 약 1달에 걸친 예비 필드테스트를 통해서 본격적인 DTV 필드테스트에 앞서 주요항목 및 방법들을 점검하였다<sup>[13]</sup>. 2000년 3월부터는 본격적인 필드테스트가 실시되어 약

240지역에서 모두 6개의 매체(DTV 3채널, NTSC 3채널)에 대하여 종합적인 테스트가 수행되었다.

이번 필드테스트의 가장 중요한 목표는 기존 아날로그 방송방식인 NTSC의 서비스 상태와의 직접적인 비교를 통하여 기존 방송 인프라의 디지털 방송 전환을 위한 기준 자료를 얻는 것이다. 주요 측정결과로는 수신 전계강도 분포, 송신소로부터의 거리 및 채널별 NTSC - DTV 수신상태 비교, 지형 및 지역별 전파 전파 환경 분석, DTV-DTV 및 아날로그-DTV 인접채널 간섭 영향 검증, 다중경로(multipath), 충격 잡음(impulse noise), 페이딩(fading) 등 분석, 수신기 성능 검증, 동일채널 중계기 성능검증 등을 포함하였다.

## II. 필드테스트 송신설비

DTV 필드테스트를 위한 송신설비는 모두 관악산 송신소에 설치되어 있다. DTV 채널은 MBC, KBS, SBS 각각 채널 14, 15, 16이며 송신기 평균출력 1kW이고 NTSC 채널은 SBS, KBS, MBC 각각 채널 27, 36, 41이며 송신기 최대출력 10kW 로 모두 6개 채널이다. 그러나 비록 송신기 출력은 같고 주파수 대역도 비슷하지만 송신 철탑과 안테나를 모두 각기 사용하므로 엄밀히 말하여 송신 조건이 동일하다고는 할 수 없다(그림 1). 즉, KBS와 MBC

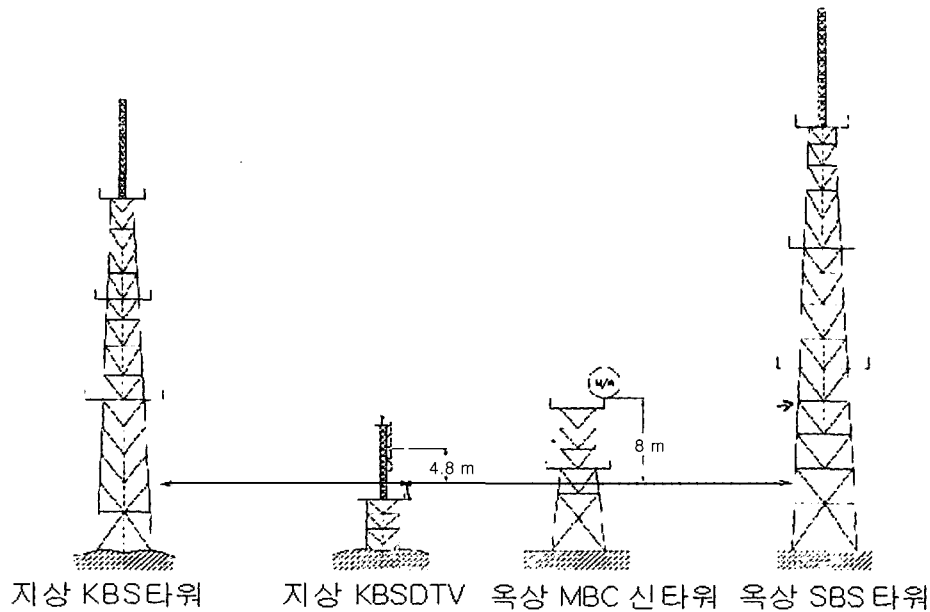


그림 1. 각 방송사 철탑 높이비교 (관악산 송신소)

Fig. 1. Comparison of transmitting antenna towers for each DTV channels(Site on Mt. Kwanak)

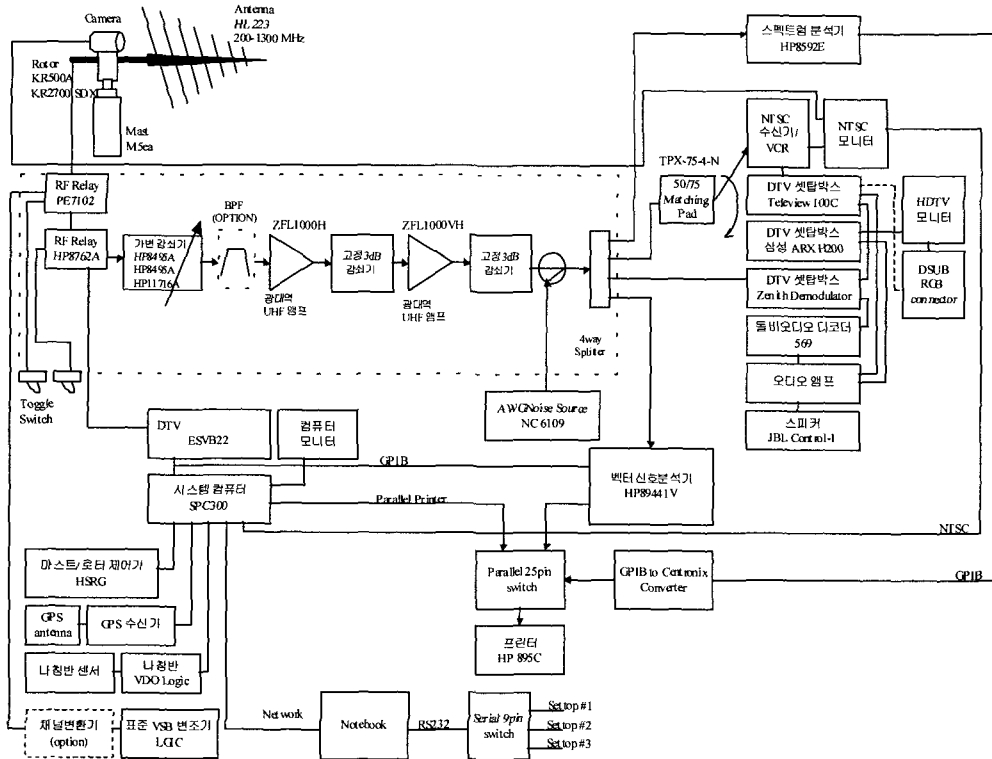


그림 2. DTV 측정 차량의 시스템 블록 다이어그램  
Fig. 2. Block diagram of the field test vehicle system

는 SBS-DTV나 기타 NTSC 안테나에 비해 낮은 철탍에 설치되어 인근 대형 철탍에 의해 측정 방향에 따라 전파 장애를 일으킬 가능성이 있으므로 송신 조건이 상대적으로 불리했다고 여겨진다.

### III. 필드테스트 측정 차량

DTV 측정 차량은 미국의 필드테스트 측정 결과와의 직접적인 비교를 위해 미국에서 사용된 측정 시스템[14]과 일관성 유지 및 측정의 효율성과 운영의 편의를 고려하여 KBS에서 직접 설계 및 제작하였다. 미니버스를 개조한 차량으로 내부에 세 개의 랙을 장착하고 있으며 전계강도 측정기 및 벡터신호 분석기를 주요 측정 장비로 하여 스펙트럼분석기, DTV 및 NTSC 수신기, HDTV 모니터 등을 내장하고 있다(그림 2). 차량에는 7kW 발전기가 내장되어 전원을 공급하며 접이식 마스트는 지상 높이 기준으로 최소 3.4m에서 최대 10m까지 올리고 내릴 수 있다. 수신 안테나는 UHF대역 전계강도 측정용 로그 파

리어드 다이폴(LPD, Log Periodic Dipole) 안테나이다. 측정은 최소 3인 이상이고, 특히 측정 운영을 담당하는 연구원은 고정적으로 참가하여 측정 결과의 일관성을 유지하도록 하였으며, 방송사 인원이 반드시 참가하여 NTSC와의 비교 측정을 객관적으로 수행할 수 있도록 하였다.

### IV. 필드테스트 개요

#### 1. 측정 목적

이번 필드테스트의 목적으로 가장 중요한 것은 DTV 서비스 도입을 위한 전파 전파 특성 파악이다. 이 외에도 기존 NTSC 방송과의 커버리지, 서비스 가능성, 화면 수신 상태 등의 특성 비교가 있으며, 기타 주요한 목적들은 다음과 같은 것들을 들 수 있다.

- 지역, 지형에 따른 수신 상태 비교
- 디지털-디지털, 디지털-아날로그간 인접채널 간섭 영향 확인

- 송신기 출력에 따른 서비스 영향 비교
- 실내 수신 특성 측정

2. 측정 항목

중요 측정 항목은 수신 가능성(수신 성공 확률)과 수신 전계 강도이다. 이를 위해 각 채널별로 수신안테나의 360도 수신 전계 패턴을 6MHz 대역으로 측정하여 정밀하게 수신신호 분포를 측정하였으며 디지털 이동통신 신호측정에서도 사용하는 벡터신호 분석기를 도입하여 기저대역 데이터 수준에서의 S/N, MER(Modulus Error Ratio) 등을 측정하였다. 또한 디지털 방송과 기존 아날로그 방송의 수신가능여부측정을 위한 세그먼트 오류율, NTSC 화질등급 평가 등이 이루어졌다.

집중적인 DTV 신호 분석을 위해 수신기의 등화기 탭 에너지, 등화기 탭정보, 등화기 입출력 S/N, 수신 마진, 직접파 및 반사파 특성 비교를 수행하였다. 특히 수신기를 이용한 수신 특성 측정의 경우 수신기 성능에 따른 편차를 감안하여 미국 필드테스트에서 사용되었던 제니스사의 전문용 표준 수신기와 해리스사의 측정차에 사용되는 삼성의 3세대 수신기(ARX-H200)를 동시에 측정에 활용하여 측정 결과의 객관성을 도모하였다. 모든 측정 항목은 각 채널에 동일하게 적용되었다. 또한 장소에 따른 측정값의 차이를 확인하기 위해 주변 건물 및 지형에

대한 자세한 정보도 추가적으로 기록했다. 이밖에도 날씨 정보나 지리 정보(GPS) 등을 측정하여 추후 데이터 분석에 참고한다.

3. 필드테스트 분류

측정은 크게 실외 수신과 실내 수신으로 나눌 수 있으며, 실외 수신은 방사선, 원거리, 도심지, 특수지역, 인접 채널간섭, 고출력, OCR(On Channel Repeater), 기타 측정(수신 높이, 수신 안테나, 이동수신 등)으로 구분하였다. 총 측정 지점은 240지역으로 대부분의 지역에서 DTV 3채널, NTSC 3채널의 모든 매체에 대한 측정이 이루어졌다. 실외 측정을 세분화하여 서비스 커버리지, 지형 및 지역 별 수신 특성, 특정 조건 수신 특성 등 다양한 분석을 할 수 있었다.

3.1 방사선 측정

NTSC 및 DTV 송신기의 예상 서비스 구역으로 여겨지는 관악산을 중심으로 한 반경 60km이내의 지역에 대한 커버리지 측정이다. 즉, 거리에 따른 수신 전계의 특성을 측정하고자 하는 것으로 다양한 종류의 지형에 대해 DTV 전파 특성을 파악할 수 있었다. 일정 거리 간격으로 전계 강도 및 서비스 가능성을 측정하여야 하므로 실제로 관악산 송신소로부터의 서비스 구역으로 볼 수 없는 지역

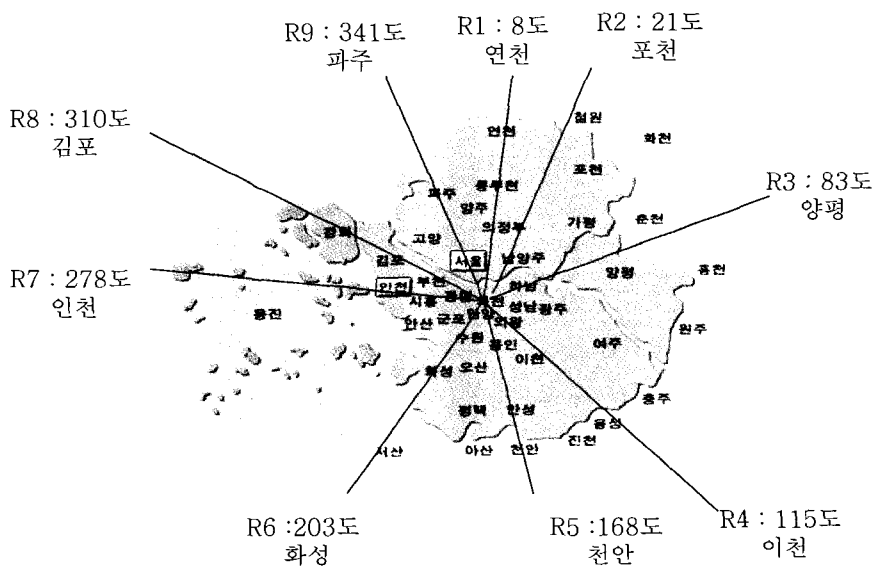


그림 3. 방사선 측정 지역  
Fig. 3. Location of Radial Test Areas

표 1. 방사선 측정 지역  
Table 1. List of Radial Test Areas

방사선 번호 및 방위각	방향	비고
R1 - 8도	연천	산악 지형
R2 - 21도	포천	산악 지형
R3 - 83도	양평	산악 지형
R4 - 115도	이천	산악 지형
R5 - 168도	천안	원거리 측정
R6 - 203도	화성	논밭
R7 - 278도	인천	도심
R8 - 310도	강화	산지
R9 - 341도	파주	산지

이라도 예상 커버리지 이내면 포함시켜 측정했다. 전체적인 측정 지역은 북부(R9, R1, R2)와 동부(R3, R4)의 산지, 남부(R5, R6) 및 서부(R7, R8)의 평탄 지역으로 구분된다. 표1과 그림3은 각 방사선의 위치이다. 방사선 측정은 관악산을 중심으로 주요 국도를 따라 9개의 방사선으로 구분하여 이루어졌으며, 전체 측정 지역은 95 지역

이다.

### 3.2 원거리 측정

DTV의 전파의 수신 한계를 확인하기 위한 측정으로 천안 남쪽의 충청도 및 태안반도 지역 중 8곳을 선정하여 측정했다. 최대 측정거리는 108km로서 충청도 광천 지역이다.

### 3.3 도심지 측정

주로 관악산에서 30km 이내 근거리의 인구밀집 지역인 도심지에서 수신 상태를 점검하기 위한 것으로 모두 9개 지역에서 측정을 수행하였다. 주로 신도시 아파트 단지 주변, 일반 주택가, 사무실 밀집 지역 등이며 각 지역에서 약 10지점 가량 측정했다.

### 3.4 특수지역 측정

실험방송 전담반의 필드테스트 서브그룹 회의 결과 전파 전파 특성에 영향을 줄 수 있는 원인으로 고압선, 전철, 비행기, 고속 차량, 강물에 의한 반사, 건물에 의한 영향 등이 지적되었다. 특수지역 측정은 이를 확인하기 위하여 서울 지역에서 대표적인 몇 지역을 선택하여 집

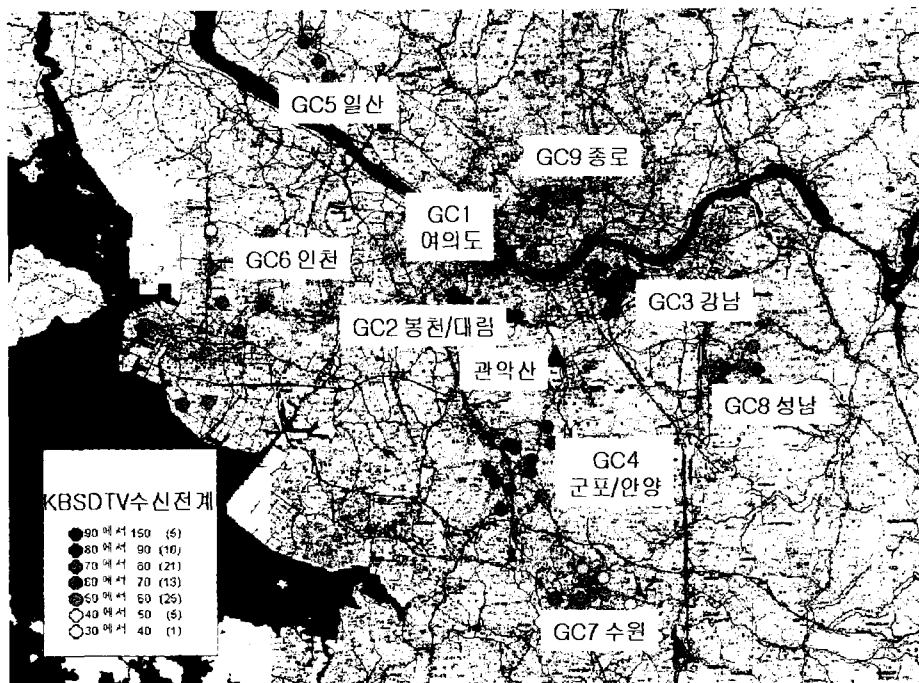


그림 4. 도심지 측정 지역  
Fig. 4. Location of Grid Test Points

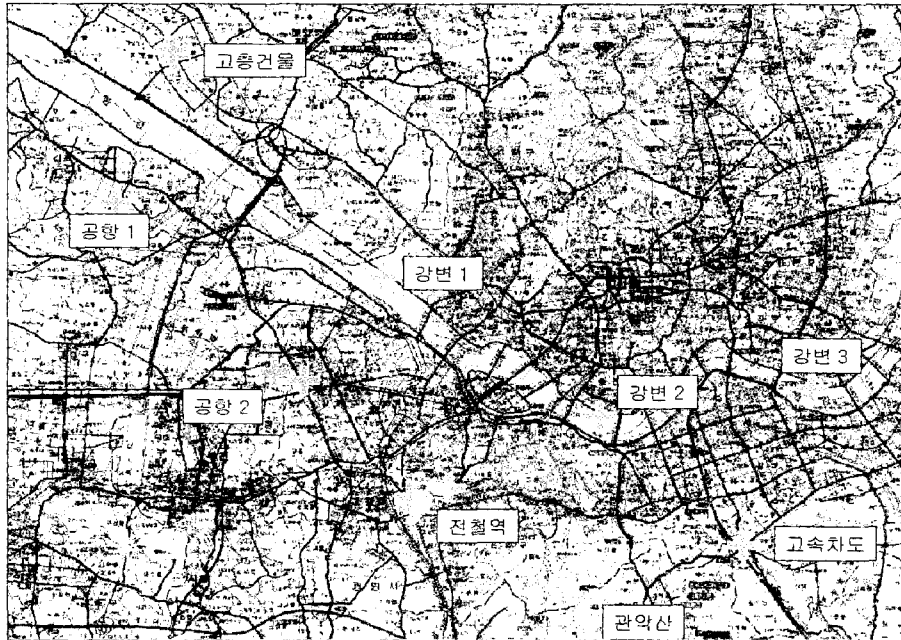


그림 5. 특수지역 측정 위치  
 Fig. 5. Location of Specific Test Points

중적으로 측정하였다. 모두 5개 지역에서 총 14지점을 측정하였다.

### 3.5 인접채널 간섭 측정

디지털과 아날로그간의 동일, 인접 및 터부 채널 간섭은 방송망 설계시 채널 배치에 있어 매우 중요한 문제이다. 그러나 실제로는 디지털 실험방송용으로 할당된 실험국 채널에 동일 및 인접채널 조건의 아날로그 방송 신호를 송출하기 곤란하여 실험실 테스트로 대체하였다. 다만, 각 DTV간의 채널 배치가 인접해 있으므로 실제 필드테스트에서는 DTV와 DTV간의 인접채널 간섭에 대해서만 측정을 수행하였다. 측정위치는 도심지 몇 지역과 전계강도의 변화에 따른 영향을 볼 수 있는 방사선 한 개 지역으로 선정되었다.

### 3.6 고출력 비교 측정

송신기의 수신 가능성을 높이는 방법 중 하나가 송출전력을 높이는 것이다. 실험 전파를 송출한 각 방송사의 송신기는 평균출력이 1kW였다. 이 출력으로 측정한 결과와 2.5kW로 출력을 높인 후 서비스 가능성의 변화 측정을 하였다. 단, 측정 기간이 많지 않았으므로 1kW 송신기로 수신이 불안한 지역을 몇 군데 선택하여 증점적

으로 측정하였다.

### 3.7 동일채널 중계기(OCR, On Channel Repeater) 측정

디지털 방송 수신기의 경우 고스트(ghost)를 제거할 수 있는 등화기가 내장되어 있으므로 아날로그 방송에 비해 임계 수신 C/N비가 약 30dB 더 마진이 있다고 조사되었으며, 이와 같은 잇점으로 동일채널 중계기의 활용 가능성 여부가 제안되고 있다<sup>[15][16][17]</sup>. 동일채널 중계기가 사용될 수 있는 좋은 위치 중 하나는 지형 등에 의한 영향으로 국부적으로 장애를 받는 지역일 것이다.

실제 중계기 설치장소는 위의 조건을 어느 정도 만족시키는 수원 팔달산 KBS 중계소이다. 실험에 사용한 중계기는 두 가지 형태이다. 한 가지는 신호를 기저대역까지 완전히 복조 후 재변조 송신하는 중계기로서 재생 중계기라고 불린다. 다른 한 가지는 RF 신호를 증폭해서 재 전송하는 것으로 단순 중계기라고 불린다. 재생중계기의 경우 S/N비 등 신호 특성은 좋으나 기존 신호와 완전히 다른 신호이므로 동일채널 간섭신호로 서로 작용하므로 D/U 비를 15dB 이상 확보해야 하는 어려움이 있다. 반면, 단순중계기 출력신호는 송신기 신호를 증폭한 것에 불과하므로 원신호에 고스트로 작용한다. 따라서 D/U비가 3-4dB만 확보되면 수신이 가능하므로 재생중계방식보다는

수신 실패율이 적어지나 팔달산 중계소와 같이 중계소에 서의 수신신호의 S/N이 안 좋은 경우 중계신호 역시 S/N이 좋지 않다.

KBS의 팔달산 중계소에는 두 가지 방식의 중계기를 모두 설치하였으며 관악산 서비스 지역을 고려하여 측정계획이 수립되었다. 약 11개 지역에 대해서 정밀측정이 이루어졌고, 25지역에서 간이측정이 이루어졌다. 정밀측정은 DTV 측정차를 이용하여 수신마진 및 등화기 정보 등 전체 항목에 대해 측정하는 것을 의미하며, 간이측정은 전계강도 측정기, 스펙트럼분석기와 상용 수신기 등 최소한의 측정장비를 갖추고서 약 1-2m 높이의 수신안테나 높이에서 전계강도, 탭에너지, 스펙트럼, 수신여부 등을 간이 측정하는 것이다.

3.8 기타 측정

수신 성능 판단시 변수로 작용할 수 있는 수신 안테나의 종류 및 수신 높이에 따른 차이를 확인하기 위해 비교 측정을 수행하였다. 우선 일반적인 UHF 옥외 야기(yagi) 안테나와 측정에 사용한 LPD 안테나(그림 6)의 특성비교를 위해 동일 지역에서 360도 수신전계와 DTV 수신기의 탭에너지 등이 측정되었다. 이를 통해 측정용 안테나와 일반 안테나의 특성을 비교할 수 있었고, 결과의 해석에 참고 자료로 활용하였다. 수신 높이별 특성 측정에서는 ATSC 필드테스트의 기준 높이인 9m에서부터 4m정도의 낮은 높이까지 일정 간격으로 직접파 및 반사신호 등을 정밀하게 측정하였다.

이외에도 이동수신에 따른 수신기의 복조 특성을 보기 위하여 제한적인 간이 이동수신 실험을 여의도 지역에서 수행하였다. 안테나 높이는 도로 여건상 4m로 고정해서 실시했으며, 주행 중 안테나 방향은 고정하였지만, 90도 위치가 바뀌는 길에 대하여는 그 만큼 안테나 방향을 수정하여 주었다.

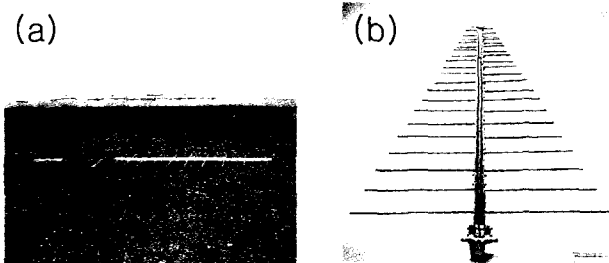


그림 6. (a) 일반 UHF 안테나 (b) LPD 안테나  
Fig. 6. (a) General-purpose consumer UHF antenna (b) LPD antenna

V. 필드테스트 결과 및 분석

1. 결과 개요

방사선 측정 지역의 수신 성공율은 DTV의 경우 66.3 - 76.8 %, NTSC의 경우는 CCIR 화질 3등급 이상이 63.2%로 DTV의 수신율이 좀 높았다. 그러나 NTSC 화면 평가의 주관성을 감안하면 차이가 많다고는 볼 수 없다. 이천, 양평 등 산악지형의 경우, NTSC, DTV 모두 수신율이 매우 낮았는데 이는 UHF대역의 전파 특성상 장애물을 통과하기 어렵기 때문이며 실제로도 관악산 서비스 구역으로 볼 수 없는 지역도 있었다.

도심지 측정 결과는 수신 성공율에서 보면 DTV는 52.5 - 62.5 %, NTSC 62.8 %로서 NTSC가 비슷하거나 오히려 높게 나왔다. 측정점이 대부분 고층건물 사이 대로변이라서 건물에 의한 전파 수신장애로 인해 NTSC, DTV 모두 수신율이 매우 낮았다. 특히 수신이 가능한 지역이라도 NTSC의 경우 고스트가 많이 보이는 다중경로 수신지역이라서 DTV 수신기의 등화기 탭에너지가 높음을 알 수 있었다. 이번 측정 결과로부터 NTSC 3등급 이상 되는 지역이면 특별히 예외적인 곳을 제외하고는 DTV 신호의 양호한 수신을 기대할 수 있었다. 도심지의 경우는 수신기에 따라 수신 특성에 차이가 있었다. 표 2는 측정결과를 요약한 것이다.

표 2. 방송수신가능성 (NTSC는 화질 3등급기준)  
Table 2. List of DTV and NTSC service availability (CCIR impairment grade 3 for NTSC service criterion)

		DTV(ATSC)			NTSC
		MBC	KBS	SBS	SBS
방사선 (95지점)	수신양호	63	63	73	60
	수신불량	32	32	22	35
	수신율(%)	66.3	66.3	76.8	63.2
도심지 (80지점)	수신양호	50	42	50	49
	수신불량	30	38	30	29
	수신율(%)	62.5	52.5	62.5	62.8
전체 (175지점)	수신양호	113	105	123	109
	수신불량	62	70	52	64
	수신율(%)	64.6	60.0	70.3	63.0

DTV 전파의 경우 NTSC의 문제점인 고스트나 노이즈 현상이 나타나지 않으므로 일단 수신이 안정적인 곳에서는 깨끗한 화질을 볼 수 있었다. 그러나 고스트가 매우 심한 지역, 주변에 큰 건물들이나 산으로 둘러싸인 지역 등

에서는 수신 실패율이 높아짐을 알 수 있다. 또한 전파 경로 앞뒤로 대형 차량이 지나갈 경우 화면이 깨지는 현상도 종종 발생했다.

측정에 사용한 DTV 수신기는 2세대와 3세대 칩세트로 제작이 된 것으로 98년에서 99년에 걸쳐 개발된 것이다. ATSC의 경우 간섭이 없는 환경에서는 수신율이 높으나 문제는 다중경로 등 간섭신호가 발생하는 지역이었다. 이들 지역은 수신기의 성능에 따라 그 결과가 상이하게 나타나므로 결국 결과로 제시되는 수치는 수신기의 성능에 많이 좌우된다. 본 필드테스트 결과에서는 미국의 GA수신기(제니스사 2세대 칩세트)를 기준으로 통계를 작성하였다. 물론 DTV 수신기의 발전에 따라 이러한 고스트나 다이나믹 간섭 등에 의한 처리 능력은 향상될 수 있다.

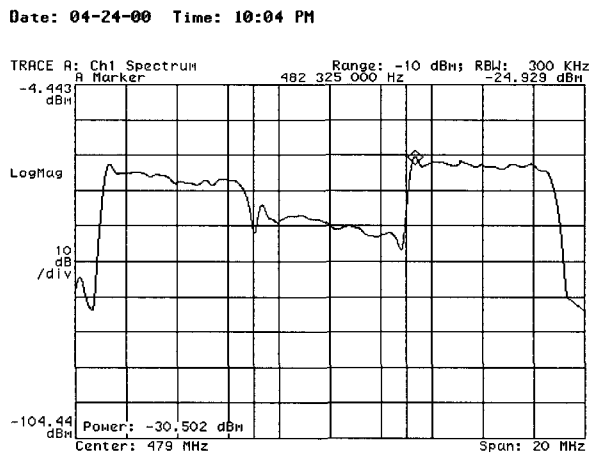
NTSC의 화질 평가는 측정에 참여한 인원의 주관적인 판단에 의하므로 편차가 있을 수 있다. 측정 기준이 된 CCIR 화질 손상도 평가는 원칙적으로 5단계로 수행하며 1단계(very annoying)가 가장 나쁜 화질, 5단계(imperceptible)가 가장 양호한 화질을 의미한다. 보통 수신 가능성은 3단계(slightly annoying) 이상을 기준으로 삼는다. 실제 측정시, 측정참가 인원간의 이견이 있는 경우도 있어 이를 반영하기 위해서 모두 10단계로 평가를 하였다. 결과에서는 2.5등급 정도까지 3등급으로 처리하여 수신양호 지역으로 간주했다. 전반적으로 NTSC 3등급 이상의 화질이 나오는 지역에서 DTV 역시 수신 가능했다.

## 2. 실외 측정 결과

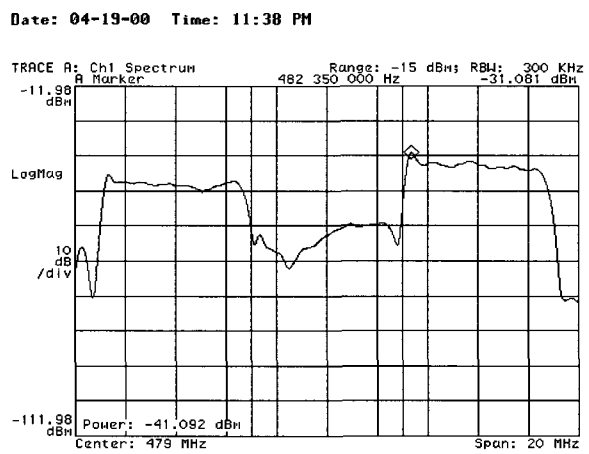
### 2.1 방사전 측정 결과

#### 2.1.1 방송수신 가능성(Service Availability)

방송수신 가능성은 측정 지역을 어떻게 선정하였는가에 따라 결과가 달라질 수 있다. 즉 좋은 위치를 많이 선정할수록 수신 성공율이 높아지므로 성공율 자체의 절대적인 수치보다는 비교 대상이 되는 매체(NTSC)와의 값을 비교해 보는 것이 수신성능을 가늠하는 데 더 유용하다. 특히 방사전 측정의 경우 지형적인 장애물로 인하여 관악산 NTSC의 서비스 구역을 벗어나는 사이트도 많이 있으므로 전체적인 성공률 수치는 낮게 나왔다(표2). 또한 전반적으로 DTV 3개 채널 중 SBS의 수신율이 타 방송보다 10%이상 높게 나왔는데 그 이유로는 안테나의 높이(SBS 680m, KBS 641m)가 가장 높게 설치되어 상대적으로 다른 타워에 의한 간섭을 덜 받았으며 또한 높은 위치에서 송출하므로 장애물을 통과하기 유리한 위치에 있기 때문이라고 여겨진다. KBS와 MBC의 DTV 타워는 인접 타워에 의해 전파장애를 많이 받아서 특정 방사전의 경우 기타 방송사 신호보다 많게는 20dB까지 낮게 나오는 경우도 있었다(그림 7). 따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 안테나 설치시 인접 장애물이 없도록 동일 철탑에 설치하거나 신호를 결합(combine)하는 등의 공동 송출시설을 갖추는 방법이 있다.



R 5-7



R 2-10

그림 7. KBS DTV신호(가운데 채널, CH 15)의 장애 지역 스펙트럼  
 Fig. 7. Spectrum of an area not able to receive well KBS DTV signals



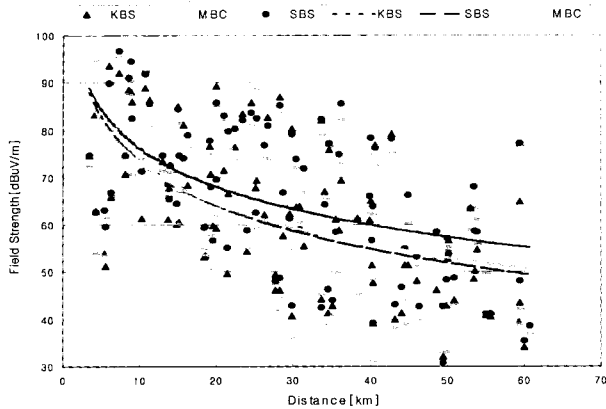


그림 8. 거리별 DTV 수신전계 강도  
Fig. 8. DTV reception field strength vs. distance

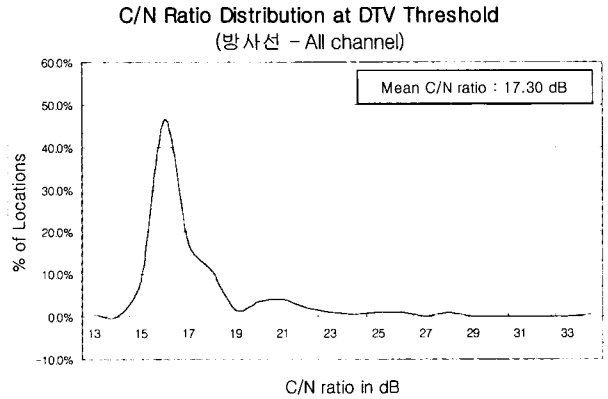


그림 9. DTV 임계 C/N 값 분포  
Fig. 9. Distribution of DTV threshold C/N ratio

2.1.2 거리별 수신전계 강도

그림8에 거리별 측정값과 전반적인 추세선(평균)을 표시하였다. 동일거리에서도 40dB가 넘는 측정값의 차이를 보이고 있으며 SBS DTV의 평균 수신전계가 다른 신호에 비해 원거리에서 약 5dB가량 차이가 나고 있음을 확인할 수 있다. 이와 같은 현상의 주요 이유 중 하나는 앞서 설명한 바와 같이 송출 높이가 상대적으로 높아서 장애물에 의한 영향이 가장 적었을 것이라는 점이다.

2.1.3 DTV 수신전계 강도 - 마진

DTV 마진은 일반적으로는 수신전계 강도와 비례한다. 잡음이 없는 조건에서 DTV 수신 임계 S/N 비는 실험실 테스트를 통해 약 15 dB임이 확인되었다<sup>[3]</sup>. 실제 측정 결과는 약 16-17dB에서 임계 C/N비가 주로 형성되었다(그림9). 이는 실제 수신 환경에서의 간섭요인에 의해 수신기의 성능이 약 1-2dB 평균적으로 나빠짐을 의미한다. 최소 수신전계 강도는 미국 ACATS 규격에 의하면 UHF대역에서 대략  $43 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 이다<sup>[14]</sup>. 하지만 측정결과에선  $43 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$  이상의 전계강도로 측정이 되는 지역에서도 수신 불가능한 지역이 있는데(그래프에선 마진이 0으로 표시됨) 이 경우 주변 장애물 등에 의한 다중경로 간섭이나 임펄스 잡음 때문에 전체적인 수신 신호는 세지만 수신이 불가능한 지역이다(그림10). 심지어는  $90 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 의 높은 전계에서도 수신이 곤란한 지점이 있었다. 그만큼 강한 간섭 신호가 들어오기 때문이다. 이를 수신 가능한 최저 C/N비(임계 C/N비)에 대하여 그래프를 그리면 그림 11과 같다.

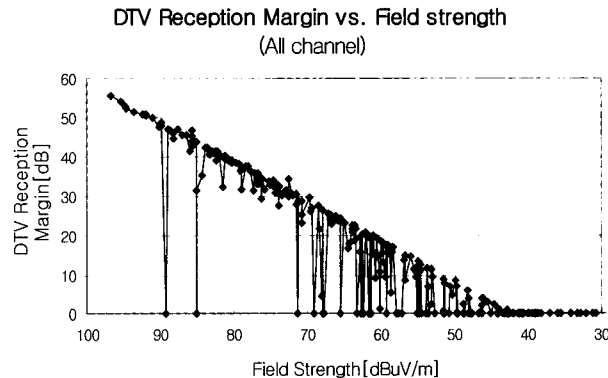


그림 10. DTV 수신 마진 대 수신전계 강도  
Fig. 10. DTV reception margin vs. field strength

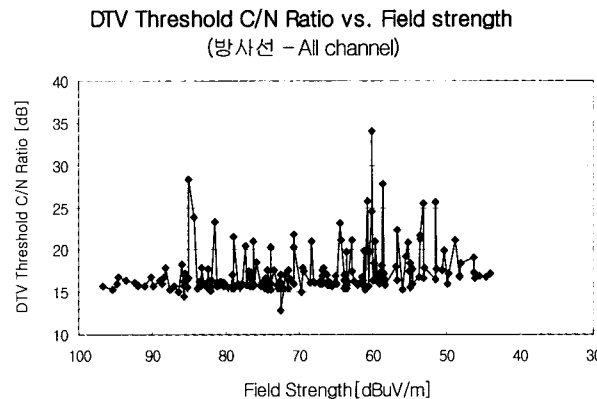


그림 11. DTV 임계 C/N 대 수신전계 강도  
Fig. 11. DTV threshold C/N ratio vs field strength

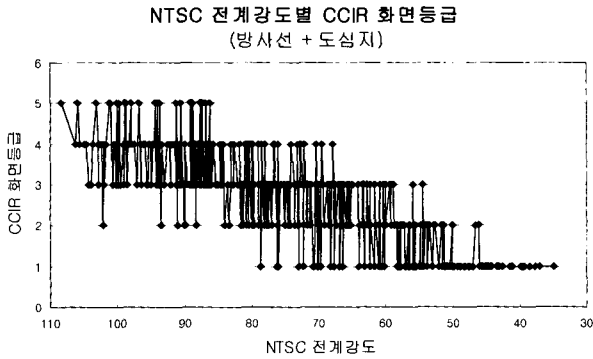


그림 12. NTSC 수신화질등급 대 수신전계강도  
Fig. 12. NTSC reception picture quality vs. field strength

2.1.4 NTSC 수신전계 강도 - 화질등급

NTSC 역시 DTV와 마찬가지로 신호 전계가 높다고 화질이 양호한 것은 아니었다. 즉 3등급의 화질을 기준으로 했을 때 약 100 dBμV/m의 전계 강도에서도 화질 등급이 2등급으로 판단되는 지역도 있었다(그림 12). 3등급의 최소 수신 전계 측정값은 약 54 dBμV/m 였다.

2.1.5 거리별 서비스 가능성 - DTV와 NTSC 비교

모든 채널의 DTV와 NTSC에 대해서 거리별 서비스

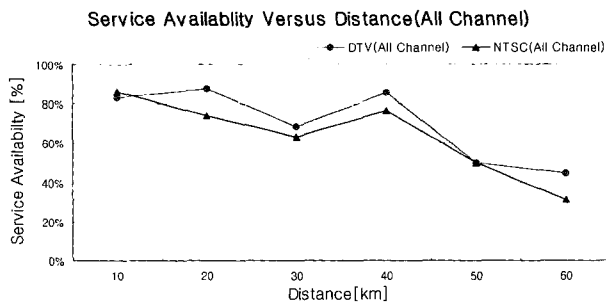


그림 13. DTV-NTSC 거리별 수신성공률 비교  
Fig. 13. Comparison of DTV and NTSC service availability vs. distance

표 3. DTV-NTSC 거리별 수신성공률 (%)  
Table 3. DTV and NTSC service availability vs. distance

구분	10km	20km	30km	40km	50km	60km
DTV (모든 채널)	83.3	87.7	68.4	85.7	50.0	44.4
NTSC (모든 채널)	86.1	73.7	63.2	76.2	50.0	31.1
MBC DTV (CH 14)	75.0	84.2	68.4	78.6	43.8	46.7
KBS DTV (CH 15)	83.3	89.5	63.2	85.7	43.8	33.3
SBS DTV (CH 16)	91.7	89.5	73.7	92.9	62.5	53.3
NTSC (CH27)	91.7	68.4	63.2	78.6	56.3	26.7

가능성을 보면 전반적으로 거리가 멀어질수록 서비스 가능성이 낮아짐을 알 수 있다(그림 13, 표 3). NTSC는 화질 3등급을 기준으로 했으며 대체로 DTV의 수신율이 NTSC와 비슷하거나 양호했다. 다만 10km까지의 근거리 지역에서는 오히려 NTSC의 수신율이 약간 더 좋게 표시가 되었는데 이는 도심지의 건물에 의해 DTV의 수신율이 영향을 더 받기 때문이다. 즉 NTSC는 고스트 등 간섭 신호가 존재하는 상태에서 방향에 따라 어느 정도 양호한 수신을 기대할 수 있는 반면 DTV의 경우는 송신소로부터의 직접신호가 건물 등에 가리는 경우 원만한 수신을 하기가 곤란했다.

2.1.6 누적 전계 강도

방사선지역 전체 측정점을 대상으로 수신전계강도를 나열해 보면, 방사선으로 측정을 한 만큼 고른 전계강도 분포를 보이고 있으며 특정 전계강도를 기준으로 한 분포 비율을 쉽게 찾아볼 수 있다(그림 14). 즉 수신전계가 43 dBμV/m 이상인 지역의 비율은 약 85%이다. 여기서 디지털 방송 방식의 성능을 나타내는 시스템 성능지수는 수식(1)의 공식에 따라 구해보면 전 채널에 대해서는 약 82%이고 SBS 채널의 경우에는 약 88%인 것을 알 수 있었다. 이는 수신전계강도가 최저수신전계강도 보다 높은 지역에서 서비스의 성공 확률이 80% 이상이라는 것을 의미한다. 즉, 수신전계가 높다면 그만큼 서비스 성공률이 높아진다.

$$\text{시스템 성능지수(System Performance Index)} = \frac{\text{(43 dB}\mu\text{V/m 이상인 수신 지역의 개수 중 수신 가능점의 수)}}{\text{(43 dB}\mu\text{V/m 이상인 수신 지역의 개수)}} \quad (1)$$

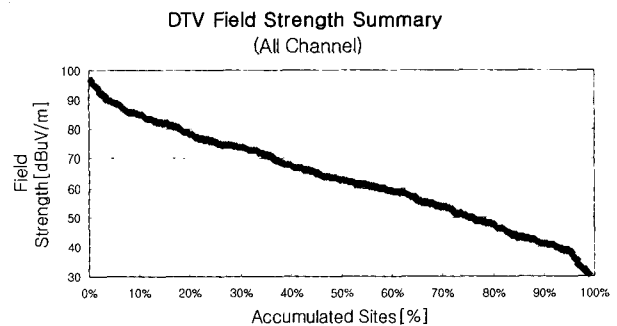


그림 14. DTV 누적전계 강도분포  
Fig. 14. Distribution of DTV field strength on all channels (Radial)

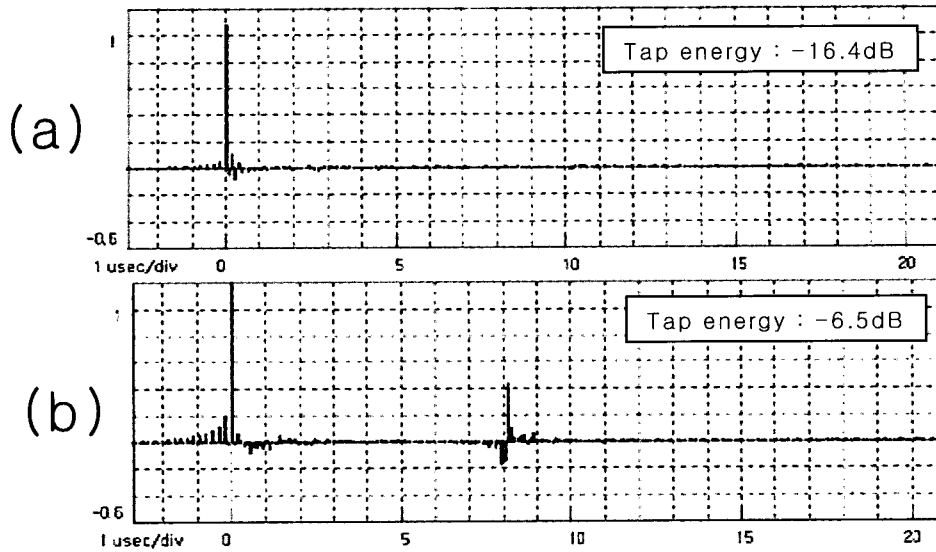


그림 15. DTV 수신기 등화기 탭계수 및 탭에너지 분포 예  
 Fig. 15. Examples of the DTV receiver equalizer taps and tap-energy

2.1.7 등화기 탭 에너지

DTV 수신기의 등화기는 다중경로의 영향을 분석하는데 주요 자료가 된다. 특히 등화기의 탭에너지는 주신호의 탭( $C_0$ ) 파워에 대한 기타의 탭( $C_i, i \neq 0$ ) 파워의 총합의 비율을 보는 것으로 값이 클수록 그만큼 간섭신호가 많다는 것을 의미한다(수식 2). 그림 15에서 등화기의 탭계수와 탭에너지의 관계를 예시하고 있다. 그림 15(b)의 경우 주신호 부근의 많은 고스트와 약  $8 \mu\text{sec}$ 의 큰 고스트에 의해 그림 15(a)에 비해 탭에너지가 무척 높음을 알 수 있다.

등화기는 수신 신호의 동기신호가 검출되는 지역에서만 의미 있는 값을 갖기 때문에 수신불가 지역은 통계에서 제외되었다. 방사선 측정결과 전체 채널에 대해 평균 등화기 탭에너지는 약 -13.2dB였다. 참고로 미국의 필드테스트에서 Charlotte은 -18.2 dB, 시카고는 -15.6dB, 워싱턴DC는 -12.4 dB로 우리나라의 경우는 거의 워싱턴DC 수준으로 간섭이 심함을 알 수 있다. 미국의 워싱턴DC의 경우 전체적으로 언덕이 많은 지형인데다가 송신안테나의 높이가 낮아서 다중경로 간섭이 상대적으로 많은 것을 감안하면 국내 여건은 지형 및 건물들이 다중경로 신호를 많이 발생시키는 것으로 여겨진다.

$$\text{탭에너지}(dB) = 10 * \log[(\sum C_i^2)/C_0^2] \quad \text{여기서 } i \neq 0 \quad (2)$$

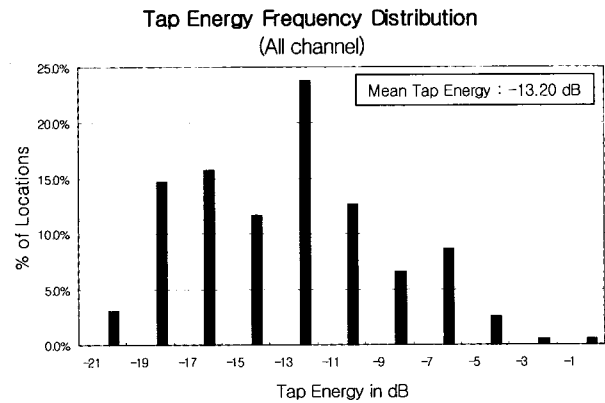


그림 16. DTV 등화기 탭에너지(방사선)  
 Fig. 16. Distribution of the DTV receiver's equalizer tap energy (Radial)

2.2 원거리 측정 결과

방사선 측정 지역은 반경 60km로 제한했지만 UHF 전파 특성상 더 원거리까지 신호가 전파될 것으로 예상되었다. 그러나 서쪽은 바다, 북쪽은 북방향계선, 동쪽은 산들로 가로막혀 있어서 원거리 전파 특성은 남쪽 및 남서 방향만 실시하였다. 총 측정 지역은 8지역으로 최소 73km에서 최대 108km까지 측정을 하였으며 중간에 가리지만 않으면 108km에서도 수신이 가능함을 확인하였다(표 4).

표 4. 원거리 측정 결과  
Table 4. Summary of Long-distance measurement results

번호	지역	거리 [km]	DTV				NTSC	
			수신전계강도 [dBuV/m]	수신가능 여부	수신마진 [dB]	탭 에너지 [dB]	수신전계강도 [dBuV/m]	화면 등급
1	충남 연기군 전의면	83	43.7	X	0	-	62.3	2
2	충남 공주시 의상면	107	33.1	X	0	-	43.0	1
3	충남 홍성군 광천읍	108	42.6	O	1.43	-13.9	50.6	1
4	충남 태안군 남면	107	42.7	O	1.06	-11.4	55.9	1
5	충남 태안군 태안읍	97	33.9	X	0	-	-	-
6	충남 예산군 삽교면	86	57.3	O	14.79	-10.3	65.1	2.5
7	충남 예산군 예산읍	85	61.1	O	19.49	-13.4	71.1	2.5
8	충남 아산시 모종동	73	41.8	X	0	-	46.1	1

2.3 도심지 측정 결과

2.3.1 방송 수신 가능성

도심지의 측정의 경우는 대표적인 인구 밀집 지역으로 9지역을 선택하여 측정하였다(표 5). 전반적으로 수신율은 좋지 않았으며 특히 남산에 가리는 종로지역은 DTV의 수신율이 평균 40%이하였다. 이는 종로지역이 남산에 가릴 뿐 아니라 고층건물이 많이 있어 다중경로 간섭도 심했기 때문이다. 관악산에 비교적 인접해 있는 봉천, 신대방 지역은 80%이상의 양호한 수신 가능성을 보여주었다. 전반적으로 큰 건물이 있는 지역은 DTV와 NTSC 모두 수신이 잘 되지 않는 문제점이 있었다.

표 5. DTV 서비스 가능성 - 도심지 (%)  
Table 5. DTV service availability (Grid, %)

구분	여의도	신대방	강남	안양	일산	인천	수원	성남	종로
DTV (전채널)	42.9	83.3	47.1	75.9	61.1	51.9	70.4	66.7	38.1
NTSC (전채널)	78.2	83.3	68.6	72.7	27.8	29.6	63.0	66.7	46.7
MBC DTV (Ch14)	57.1	87.5	47.1	81.8	66.7	44.4	88.9	66.7	28.6
KBS DTV (Ch15)	28.6	75.0	41.2	72.7	50.0	66.7	44.4	66.7	28.6
SBS DTV (Ch16)	42.9	87.5	52.9	72.7	66.7	44.4	77.8	66.7	57.1
NTSC (Ch27)	85.7	75.0	58.8	81.8	33.3	33.3	66.7	66.7	60.0

2.3.2 DTV 수신전계 강도 - 수신마진

도심지의 경우는 전계 강도의 비율이 상대적으로 높은 편이나 고전계임에도 불구하고 수신이 곤란한 경우도 많이 발생했다(그림 17).

2.3.3 DTV 등화기 정보

도심지의 평균 탭에너지는 -11.35dB로서 방사선 측정에 비해 약 2dB가량 높게 측정이 되었다. 이는 그만큼 다중 경로 간섭이 심하다는 것을 의미한다. SBS 채널만으로 평균 탭에너지를 측정하면 -12.26dB이다.

2.4 특수지역 측정 결과

2.4.1 전철역

전철이 만들어내는 간섭으로는 고압에 의한 영향과 큰 차량에 의한 영향이 있다. 실험결과는 차량이 전파경로를 가로막고 지나갈 경우 신호 전계에 영향을 주었다. 즉, 고압에 의한 영향보다는 차량 자체에 의한 신호의 간섭이 발생할 수 있는 것을 확인하였다.

DTV Reception Margin vs. Field strength  
(도심지 - All channel)

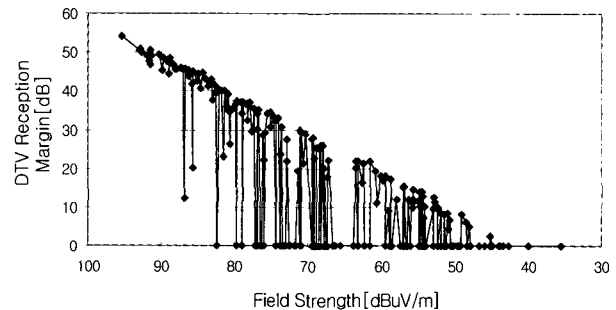


그림 17. DTV 수신전계 강도 대 마진 (도심지)  
Fig. 17. DTV reception margin vs. field strength (Grid)

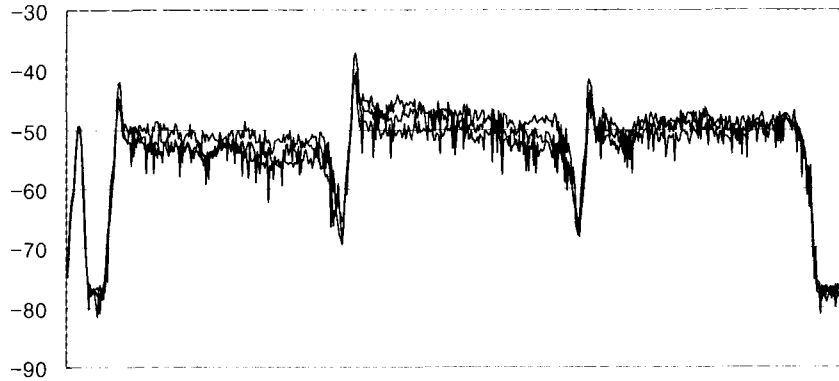


그림 18 . 고속차도변 수신전계변화 (강서구 신월IC)  
 Fig. 18. Variation of DTV spectrums near a highway

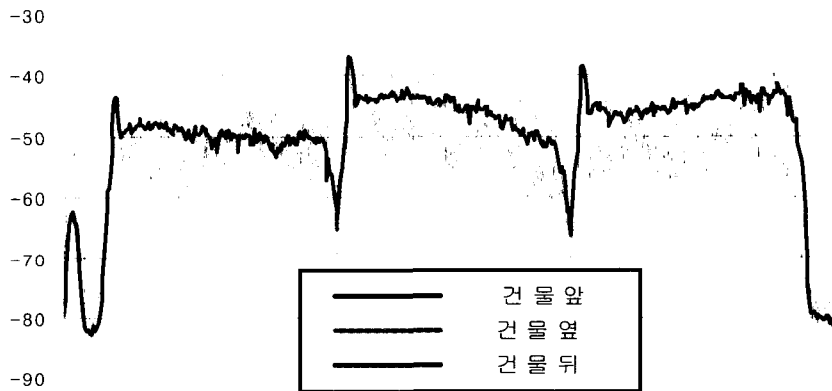


그림 19. 대형 건물 주변의 DTV 수신전계강도 분포  
 Fig. 19. Comparison of DTV reception spectrum around a test building

2.4.2 고속차도변

차량의 흐름이 많은 곳에서는 전계강도의 변화가 심하였다. 특히 대형차가 고속으로 지나갈 경우 전계강도가 양호한 지역에서도 잠시 화면을 깨지게 하는 경우가 있었다. 측정은 양재 인터체인지 부근과 10km이상 떨어진 신월 인터체인지 부근에서 측정을 했는데 양재 지역의 경우 강전계라서 화면이 깨질 정도까지의 영향은 없었다. 수신 임계점에서의 S/N도 약 16dB로 양호한 편이었다. 반면 신월 인터체인지 부근에서는 스펙트럼이 5-10dB가량 출렁거릴 정도로 영향을 많이 받았다(그림 18).

2.4.3 비행기의 영향

김포공항 주변의 김포, 신월동 및 부천 지역에서 비행

기에 의한 영향을 측정하였다. 부천 지역의 경우처럼 바로 비행기가 위로 낮게 지나가는 경우를 제외하고는 특별히 영향을 받지 않았다. 부천 지역은 수신기의 S/N이 약 2-3 dB 급격히 변화하였으나 큰 영향은 아니었다.

2.4.4 건물에 의한 영향

그림19는 특정 건물의 앞, 옆 및 뒤에서 측정한 결과이다. 이 결과에서 보듯이 건물의 옆으로만 가도 반사신호의 영향을 많이 받음을 알 수 있다. 뒤로 가면 수신전계가 옆보다 올라가는 경우도 있는데 이는 다른 건물에 의해 반사된 신호가 강하게 들어올 가능성이 있기 때문이다. 이 결과에서 보듯이 고층건물 주위에서는 일반적으로 상당한 간섭신호가 있음을 알 수 있다.

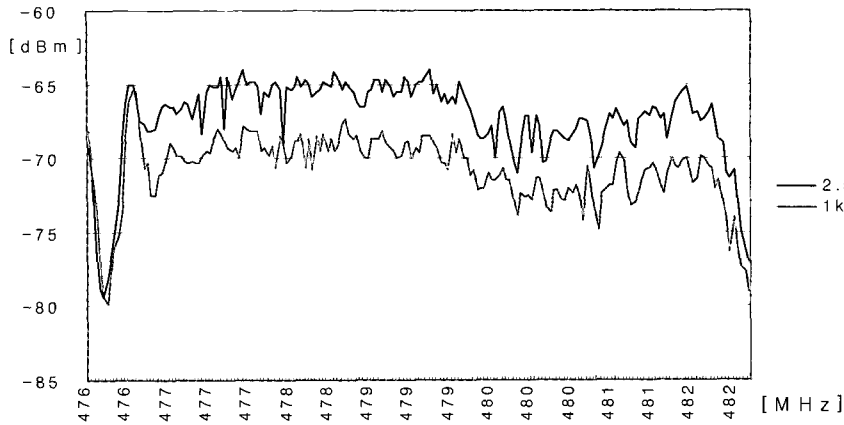


그림 20. 1kW와 2.5kW의 송신기의 수신스펙트럼 비교  
 Fig. 20. Comparison of the reception spectrum with 1kW and 2.5kW transmitters

2.5 인접채널 측정 결과

디지털 인접 채널간의 간섭신호 실험결과의 경우 송신 위치와 출력이 세 채널 모두 거의 동일하므로 큰 차이를 알 수 없었다. 각 경우에 대해서 약 2-3dB가량 차이가 나긴 하지만 그 양상이 일정하지 않고 같은 지역에서도 주변 차량의 흐름등에 의해 발생할 수 있는 신호 변화 범위를 고려하면 큰 차이가 있다고는 볼 수 없다.

2.6 고출력 측정 결과

1kW송신기와 2.5kW의 송신기의 측정결과는 스펙트럼에서 보면 매우 유사한 모양을 보이며 출력만 약 3dB가량 차이가 남을 알 수 있다. 이는 다중경로 등 외란의 영향이 거의 동일하게 적용됨을 의미한다. 실제 측정값을 보면 고스트 위치는 거의 동일하나 탭에너지는 약 2dB가량 개선됨을 알 수 있다. 이는 도심지에서 수신율을 어느 정도 개선해 줄 수 있음을 의미한다.

2.7 동일채널 중계기 측정 결과

모두 11지역에서 수행한 정밀 측정의 경우 중계기의 서비스 구역 내에서 관악산 신호 수신 지역과 수신불가 지역으로 구분하여 측정결과를 검토해 보면, 수신불가 지역은 중계기를 통해서 수신이 가능해지는 경우가 많았다(제생 단순 모두 67%수신율). 그러나 관악산 수신 지역에선 오히려 수신이 불가능해지는 결과를 볼 수 있었다. 이는 기존 수신구역에 영향을 줄 수 있다는 것으로, 동일 채널 중계기를 도입하기 위해서는 이러한 문제점을 해소하기 위해 중계소의 지형적 조건, 서비스 구역 및 중계기의 출

력 등을 면밀히 검토해야한다. 이번 측정에서는 측정점이 많지 않아 통계적으로 부족한 면이 있었으며 중계기 자체의 성능검증이 충분히 이루어지지 않았으므로 추후 중계기의 성능개선 및 서비스 방법에 대한 심도 있는 연구가 좀 더 필요하다.

2.8 기타 측정 결과

2.8.1 수신 안테나 비교 측정

그림21에서 측정에 사용한 안테나인 LPD 안테나와 일반 야기 안테나와의 차이를 보여주고 있다. 290도 방향은 송신소(관악산) 방향이며 40도 방향은 건물에 반사된 반사신호가 들어오는 곳이다. 수신 패턴을 비교해보면 반사

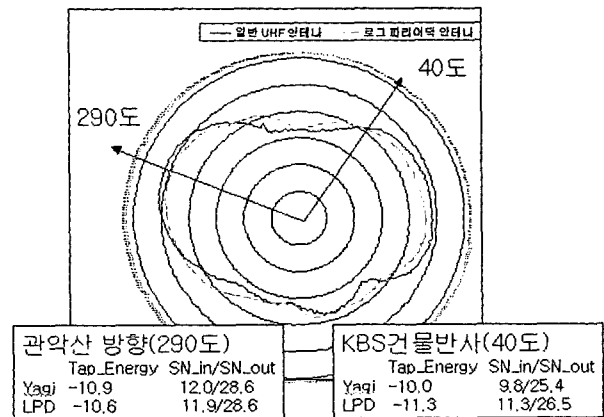


그림 21. 2종류의 수신안테나 비교 실험  
 Fig. 21. Comparison of 2 types of receiving antennas

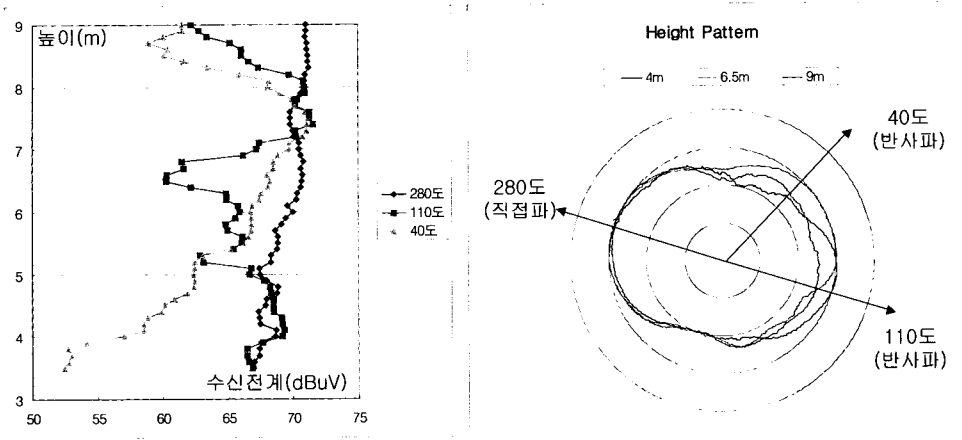


그림 23. 반사파와 직접파의 수신높이별 수신전계강도 분포  
 Fig. 23. Reflected and direct signal field strength at various reception heights

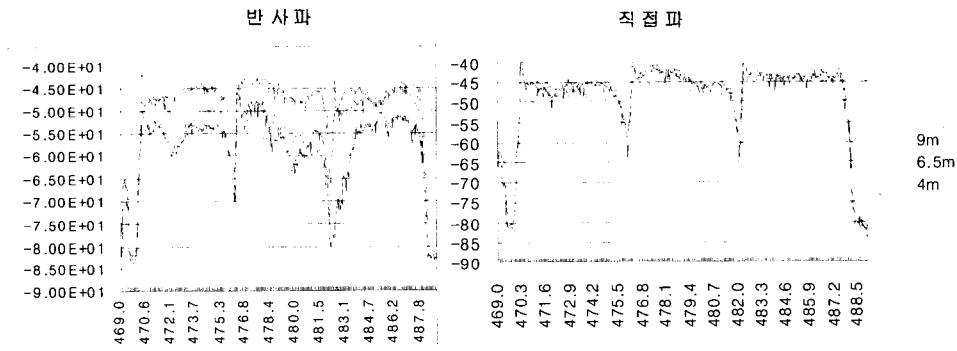


그림 22. 반사파와 직접파의 높이별 수신 스펙트럼 비교  
 Fig. 22. Comparison of reception spectrum of reflected and direct signals at various reception heights

소자가 있는 일반 야기안테나가 지향성이 좀 더 있으며 신호 방향에 대해 이득도 약 3dB가량 높은 것을 알 수 있다. 그러나 수신기에서 측정한 수치를 비교해 보면 등화기 탭 에너지나 S/N에 있어서 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 오히려 반사신호의 경우는 LPD 안테나의 S/N이 약간 더 좋게 나오기도 하였다.

2.8.2 안테나의 수신 높이별 측정

안테나의 수신패턴을 측정하여 모두 세 방향에서 수직 패턴을 측정하였다. 수평 패턴에서 280도는 송신소 방향(직접파) 나머지 두 방향은 주위 건물에 반사되는 반사파를 의미한다. 그림 22와 그림 23에서 알 수 있듯이 높이에 따라서 직접파는 선형적으로 수신 전계강도가 약해짐을 알 수 있다. 그 차이는 최대값과 최소값이 약 3dB가량인

다. 그러나 반사신호의 경우는 어느 높이에서 가장 높은 전계인지 예측하기가 곤란하다. 즉 도심지에서 직접파 수신에 곤란할 때는 무조건 안테나를 높이기보다는 가능한 높이 내에서 가장 수신전계가 양호한 위치를 수평, 수직 위치 모두 검토해보아야 가장 양전계 지점을 찾을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

2.8.3 간이 이동실험

여의도 공원 순환 실험에서는 어느 정도 LOS가 확보되는 지역에서는 수신이 가능했으나 건물이 가리면 수신이 곤란했다. 이는 30 - 40km/h의 속력으로 달리면서 측정한 것이며 이동 중이라도 LOS 조건이라면 수신이 가능함을 의미했다. 그러나 건물에 가리거나 다중경로 간섭이 심한 곳에서는 수신이 불가능했다. 이 결과는 여

의도공원 남단의 LOS 지역에서 직진 주행 실험에서도 양호한 수신결과를 보임으로써 어느 정도 확인되었다. 이 간이 측정은 지향성 안테나를 설치한 상태에서 안테나 방향을 고정하고 수행한 것으로 진정한 의미의 이동 수신 실험은 아니며 다만 건물 등이 밀집된 실제 도로를 따라 이동하며 연속으로 측정을 해 보았다는 데 의의가 있다.

### VI. 결 론

이번 필드테스트를 통하여 국내 방송방식으로 결정된 디지털 방식과 기존의 NTSC와의 비교를 통한 예상 서비스 영역 확인과 상호 영향 검증 등 방송망 설계, 채널 배치에 관한 기초 자료를 얻을 수 있었다. 측정 지역은 다양한 지형특성을 반영토록 하였으며 특수 조건의 지역에서도 측정을 수행하여 새로운 서비스를 도입하기 위한 기본적인 전파 전파 특성을 충분히 파악하도록 하였다.

절대적 수신 성공율은 NTSC 화질 3등급을 기준으로 DTV와 비교를 해볼 때 60-70% 내외로 NTSC 화면평가의 주관성을 감안하면 결과는 비슷하거나 DTV가 약간 더 우수하다고 볼 수 있다. DTV 자체의 성능을 나타내는 시스템 성능지수는 약 84% 이었다. 그리고 최저 수신 전계 강도는 DTV의 경우 약  $43 \text{ dB}\mu\text{V}/\text{m}$  정도였다. 도심지의 경우는 건물 등에 의한 감쇠와 다중경로 간섭 때문에 DTV와 NTSC 모두 수신 확률이 떨어지는 결과를 나타냈다. 이번 측정에서도 확인되었지만 송신 안테나의 높이가 수신 성공확률에 매우 중요한 요소임을 확인할 수 있었다<sup>[9]</sup>. DTV수신기의 경우 미국 GA(Grand Alliance)의 표준 수신기(2세대)와 3세대 업무용 수신기를 동시에 사용하였으며 등화기 성능이 개선된 3세대 수신기가 다중경로 간섭 지역인 도심지에서 3% 정도 수신 성공률이 높았으나 다이나믹 다중성분 처리 등 향후에도 지속적인 기술적인 개선의 여지가 있다고 판단된다.

### 참 고 문 헌

[1] ATSC, ATSC Digital Television Standard, Sep. 16, 1995.

[2] ATSC, Guide to the Use of the ATSC Digital Television Standard, Oct. 1995.

[3] W. Bretl and G. Sgrignoli, "Summary of the Grand Alliance VSB Transmission System Laboratory Tests," *ICCE96WB*, June 1996.

[4] W. Zou, Y. Wu and M. Guillet, "Analysis of ATV Transmission Subsystem Field Test Data," *IEEE Trans. On Broadcasting*, vol 42, no 1, Mar. 1996.

[5] G. Sgrignoli et al., "Summary of Grand Alliance VSB Transmission System Field Test," *NAB Proceedings*, 1996.

[6] M. McKinnon et al., "Tribune/WGN DTV field test," *Tribune broadcasting*, June 1998.

[7] L. Ritche, "WRAL-HD DTV Complete Field Testing Report," *140th SMPTE Technical Conference Pasadena, CA.*, Oct. 29.

[8] IEEE Broadcast Technology Society Committee G2.2 RF Techniques, "Draft for Standard Test Methods for Measuring the Performance of Digitally Modulated Signals in Television Transmission Systems," *IEEE Broadcast Technology Society Committee*, Aug. 1994.

[9] G. Sgrignoli, "Preliminary DTV Field Test Results And Their Effects on VSB Receiver Design," *ICCE*, Aug. 1999.

[10] G. Sgrignoli, "Model HDTV Station Project General Field Test Plan for Digital Television Propagation," *Zenith Technical Paper*, July 1999.

[11] G. Sgrignoli, "Model HDTV Station Project Indoor Field Test Plan for Digital Television Propagation for Second Generation (Portable) Hardware," *Zenith Technical Paper*, July 1999.

[12] DVB project office, "DVB-T Field Trials Around the World," <http://www.dvb.org/resources/framesets/publications-fr.html>.

[13] KBS 기술연구소, "DTV 예비 필드테스트 보고서", Oct. 1999.

[14] G. Sgrignoli, "ATSC Field Test Vehicle Design Information," *Zenith Technical Paper*, Nov. 1998.

[15] Walt Husak, C. Einolf and S. Salamon, "Implementation and Test of an On-Channel Repeater," *ATTC*, 1999.

[16] Walt Husak, "Digital On Channel Repeaters for Digital Television," *ATTC*, 1999.

[17] W. Husak(ATTC) and E. Helm(OPB), "Design and Construction of a Commercial DTV On-Channel Repeater," *ATTC*, Apr. 2000.



---

 저 자 소 개
 

---

**목 하 균**

1976 - 1980 : 서울대학교 전기공학과(B.S.)  
 1980 - 1982 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(M.S.)  
 1992 - 1995 : 무궁화 위성(Koreasat) 탑재체(payload) 현장훈련 파견연수(영국, 미국)  
 1991 - 2000 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(Ph.D.)  
 1982 - 현재 : 한국방송공사 기술연구소, 차장(선임연구원)  
 주관심분야 : 지상파 디지털TV 방송 시스템, RF 및 위성 시스템, 위성 방송

**서 영 우**

1995년 : 서울대학교 제어계측공학과 학사  
 1997년 : 서울대학교 제어계측공학과 석사  
 현재 : 한국방송공사 기술연구소 연구원  
 주관심분야 : 디지털 신호처리, 디지털 방송 시스템, 멀티미디어 서비스

**황 해 섭**

1977년 : 경북대학교 전자공학과 학사  
 1982년 : 국방과학연구소 연구원  
 현재 : 한국방송공사 기술연구소, 부장(책임연구원)  
 주관심분야 : 가상 스튜디오, 지상파 디지털 방송, DAB 방송, HDTV 카메라, 영상 정보 처리,  
 디지털 멀티미디어 방송