
지상파 DTV 추진계획/현황 및
에비 필드 테스트 결과

1999. 11

KBS 기술연구소

1

1. 개요

필드테스트 목적

- 도심지, 교외지역 등 국내 지형에 따른 DTV 전파전파 특성 확인
- DTV 와 NTSC의 수신가능지역 비교
- 본격적인 국내 DTV 필드테스트 계획을 위한 기본 자료 수집

필드테스트 개요

- 측정 매체
KBS DTV (Ch 15, 1kW avg)
KBS 2TV (Ch 37, 10kW, 관악)
- 테스트 기간 : 1999년 9월 1일 - 10월 8일
- 측정 장소 : 서울 경기, 충청권 130개소
- 측정 항목
전계 강도, 스펙트럼, BER, 등화기 계수 등
- 참여인원 및 장비
1회당 2명, 측정차량 1대

필드테스트 수행 과정

- 1단계 : 필드 테스트 계획 수립
 - 측정항목 및 송수신 사이트, 장비 선정 등
- 2단계 : 송신 시스템 구축
- 3단계 : 수신 시스템 구축
- 4단계 : 필드 테스트 수행

2. 필드 테스트 계획 수립

필드테스트 계획 수립 과정

- 송신소 및 송신 시스템 선정
 - 채널 및 서비스 지역 고려
- 측정항목 및 방법 결정
- 수신 지역 선정
- 필드테스트 수행 계획 작성

국내 필드테스트 주안점

- 지형에 따른 서비스 가능 영역 확인
- 지역에 따른 서비스 가능 영역 확인
 - 도심지, 부도심, 농촌 등
- 인접 채널과의 간섭 등의 영향
- NTSC와의 비교 / DTV성능 파라미터 확인

송신소 및 송신 장비 선정

- 고려사항
 - 채널(VHF, UHF), 기존 NTSC 서비스 영역
 - 타 방송국 채널, 가용한 송신소 위치 등
 - 결정사항
 - 송신기 출력, 각종 RF 사양, 안테나 높이 등
- * 현재 DTV 필드테스트를 위한 실험 장비 일부는 관악산에 설치

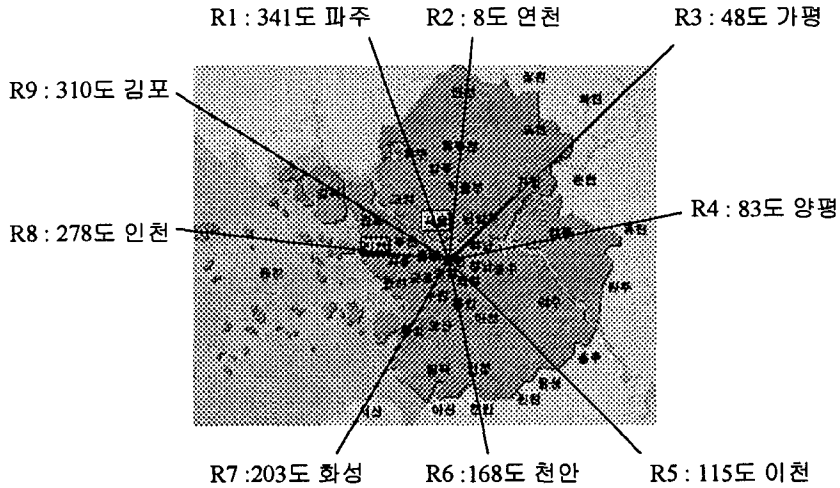
측정 항목

- 수신예상 구역에서의 전계 강도 측정
- S/N 및 EVM 계산 및 산출
- 수신 margin 측정 및 수신화상 등급 평가
 - 주관적 평가
- Equalizer Tap Energy 측정
 - Multi-path 성분을 조사
- 수신 TOV, BER, SER 측정
- 수신 스펙트럼 측정

측정지점(1)

* 방사상 지역 (Radial): 5km ~ 60km 지점까지 측정

* 특정 지역 (special)- 도심 멀티패스, 전파 장애 지역 (여의도, 종로, 강남 등)



측정지점(2)

사이트 번호	측정 지역 개수	송신소에서 거리		송신소기준 방위각 (도)	비 고
		최소 (km)	최대 (km)		
R1 파주	12	8.3	59.3	341	산악지형
R2 연천	12	4.8	52.8	8	산악지형
R3 가평	11	10.75	60	48	산악지형
R4 양평	10	7.5	60	83	산악지형
R5 이천	12	9.5	66	115	산악지형
R6 천안	20	5.3	95	168	원거리측정
R7 화성	7	10	38.8	203	
R8 인천	6	5.5	27.8	278	
R9 김포	11	4.8	52.3	310	
Special	20	8.4	16.8	-	여의도, 종로, 강남

3. 송신소 구축

송신소 장비구성

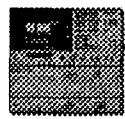
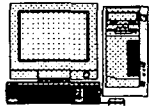
관악산 설치 장비 리스트 (KBS)

- DTV Encoder : KBS현대전자HDTV 인코더
- DTV 송신기 : LGIC 1 kW avg.
amp type : solid state
- Feeder cable : 하이게인(Andrew)
- 안테나 : 하이게인 - UHF ch15
Gain : 10.3dB / 4단 4면
- 안테나 높이 : 660m(HAAT?)
- 계측기 : HP89441A
- MPEG신호 분석기 : MTS215
- DTV 표준 복조기 : 삼성 ARX-T100
- HDTV 모니터 : 삼성 SyncMaster 900p

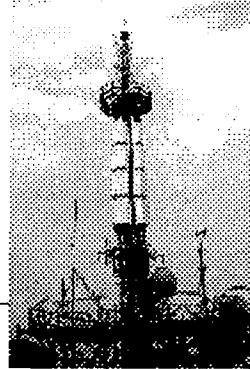
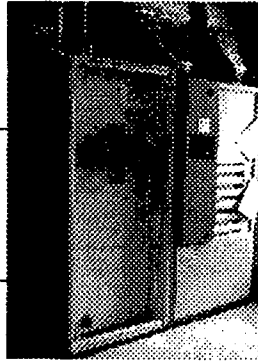
DTV 송신설비 - KBS 관악산 송신소

DTV 송신기
KBS-LGIC

TS generator,
MTS215

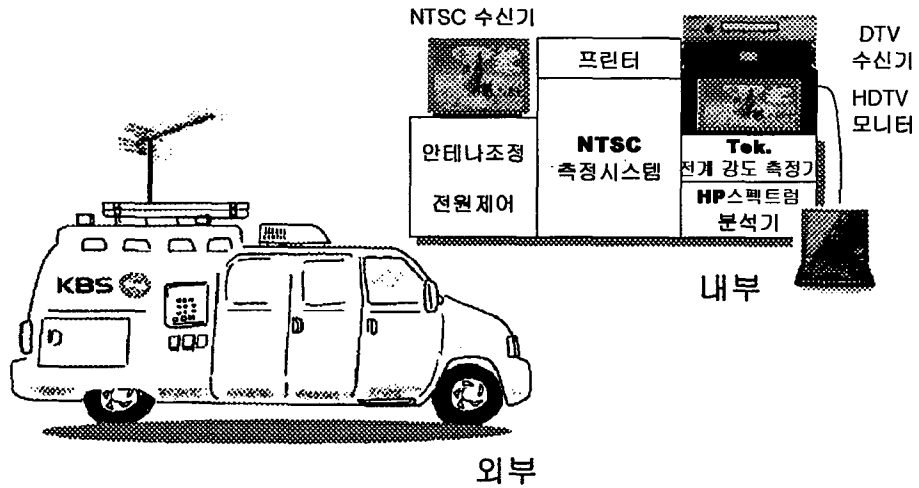


벡터신호분석기

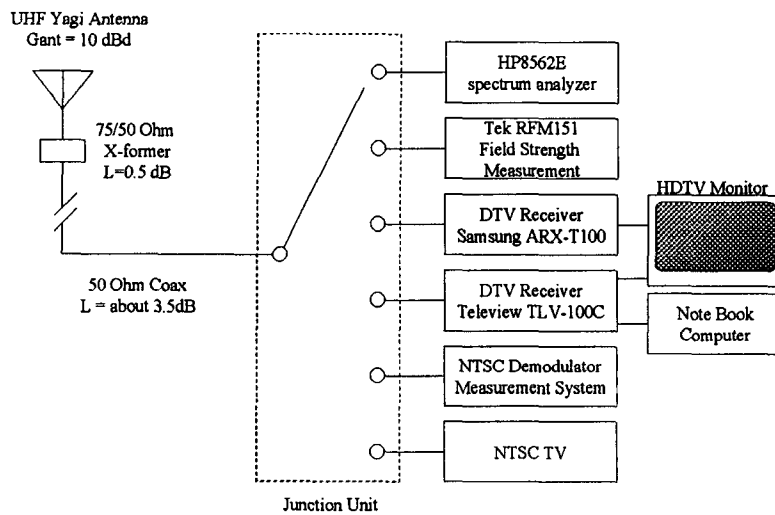


4. 측정차량 구성

측정 차량 개요



차량 내부 구성도



측정 시스템 구성 장비

- 전계 강도 측정기 Tek RFM151 휴대용
- Spectrum Analyzer HP8562E
 - 급변하는 RF 조건 [비행기 flutter, 고속 다중 경로, impulse noise) 측정위해 유용
 - 채널 파워 측정, 데이터 file로 저장
- NTSC TV 수신기 / 모니터
 - DTV와의 화질 비교위해 유용
- DTV 수신기 / 모니터
 - DTV 신호 상태 점검, 동화기 및 BER등 출력
- NTSC 측정시스템
 - NTSC 신호 품질 자동 측정 및 출력

5. 필드 측정 절차 및 항목

인원구성

- 테스트 준비
 - 1) 테스터 (2-3 명)
 - 2) 측정절차 미리 충분한 예행연습
 - 3) 특정지역에서 측정 20-30분간 실제 수행
- 테스트 인원 구성
 - 1) 측정자 : 테스트지역 타당성 검토, NTSC 화질평가경험
테스트 장비 운용
 - 2) 운전자 / 안내자
: 운전 및 차량관리, 측정지역 교통 패턴에 익숙

측정 및 실측 데이터 정리 - 1

테스트 사이트 설명

- 1) 사이트 번호
- 2) 사이트 주소
- 3) 송신기에서의 거리, 방향각
- 4) 지역 구분 - 도심, 교외, 시골
- 5) 날짜, 시간, 날씨 및 기상조건
- 6) 지형정보
- 7) 근방 고압선 정보
- 8) 측정 참가자
- 9) 비고 (특이사항 등)

수신 NTSC / DTV 신호 파라미터

- 1) broad band signal strength
- 2) 스펙트럼 플롯 - stopband (20MHz span, 10 dB/div)
passband (20MHz span, 1 dB/div)
- 3) 간섭 신호 레벨 (인접채널, 공통 채널 등)

측정 및 실측 데이터 정리 - 2

VSB 복조 성능

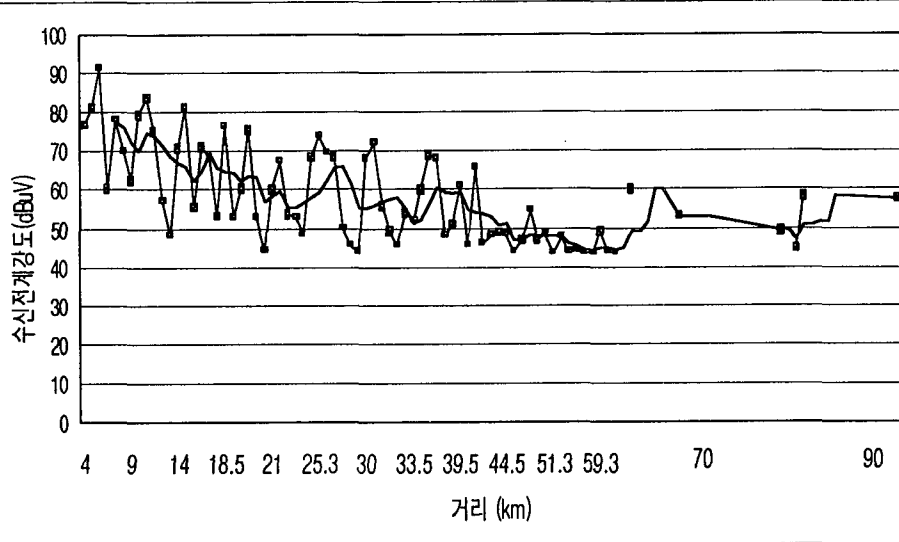
- 1) 등화기(equalizer) 파라미터
입력 전후의 S/N, tap energy
- 2) channel distortion
- 3) SER (Segment Error Rate)

비디오, 오디오 성능

- 1) 비디오, 오디오에 관련된 항목 들 기록
측정시간, 비디오/오디오 소스 특징
DTV 오디오 비디오 평가기준에 의한 평가표
* 가능하면 차량 내부에서 즉시 기록
- 2) NTSC CCIR 등급 - DTV의 경우 곤란 (cliff effect)
- 3) 주목할 만한 화질 열화, 서비스 곤란 유형, 회수 기록

6. 측정결과

거리별 수신 전계 강도 분포



측정결과 (1)

사이트 번호	DTV			NTSC		총측정 지역수	비고
	수신 양호	수신 가능	수신 불가	CCIR 3 이상	CCIR 3 미만		
R9	8	0	3	10	1	11	강화
R1	3	3	3	8	3	11	파주
R2	6	2	5	4	8	12	연천
R6	13	3	4	13	7	20	천안
R7	6	1	4	7	0	7	화성
R8	5	0	0	4	3	7	인천
소계	41	9	18	46	22	68	
비율(%)	60.3	13.2	26.5	67.6	35.4	100	

방사상 측정결과 (산악지형 제외)

양시청 : DTV 60.3 % NTSC 67.6 %

측정결과 (2)

사이트 번호	DTV			NTSC		총측정 지역수	비고
	수신 양호	수신 가능	수신 불가	CCIR 3 이상	CCIR 3 미만		
R3	2	4	5	2	9	11	가평
R4	2	1	7	1	9	10	양평
R5	0	2	10	1	11	12	이천
소계	4	7	22	4	29	33	
비율(%)	12.1	21.2	66.7	12.1	87.9	100	

방사상 측정결과 (산악지형)

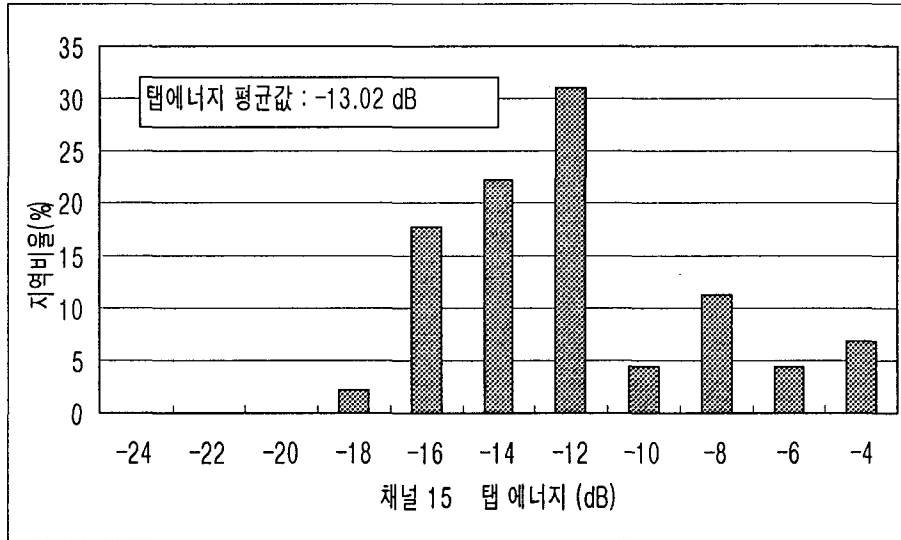
양시청 : DTV 12.1 % NTSC 12.1 %

등화기 정보 분석 - 다중경로 처리

- DTV수신기는 등화기를 채용하여 다중경로 간섭을 제거
 >> 이 결과를 출력하여 실제 고스트의 분포 상황 분석
- 등화기 탭 에너지의 정의

$$\text{Tap Energy} = 10 \cdot \log(E_t/E_m) \text{ dB}$$
 최대 탭 에너지(E_m)와 여타 모든 탭 에너지(E_t)의 비율
- 다중경로 간섭여부 판별
 - 수신기의 등화기 정보 분석
 - 스펙트럼상의 통과대역의 기울어짐을 관측

등화기 Tap Energy 분포 - 전체



등화기 Tap Energy 결과 참고자료

• 측정결과 : 평균 -13.02 dB

• 미국 필드테스트 결과 -

지역	탭 에너지 평균(dB)
ACATS(Charlotte) :	-18.2
WRAL(Raleigh) :	-16.5
WGN(Chicago) :	-15.6
WETA(Washington DC) :	-12.4
KOMO(Seattle) :	-15.1 (350 kW ERP, Ch 38)
KING(Seattle) :	-14.0 (960 kW ERP, Ch 48)

* 대도시 일수록 탭 에너지가 커짐 (WGN, WRAL)

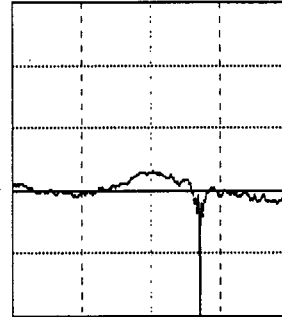
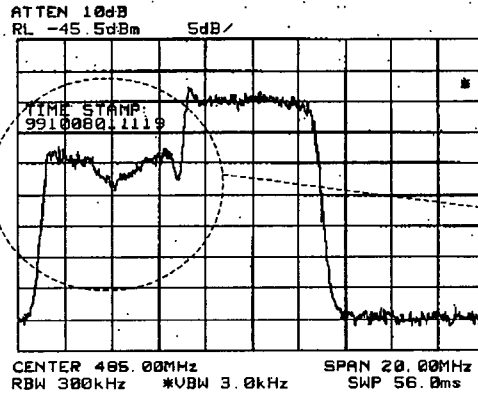
* 같은 지역이라도 송신기 출력이나 안테나 높이에 의해 탭 에너지는 달라짐.(KOMO, KING)

신호 스펙트럼과 등화기 주파수 응답

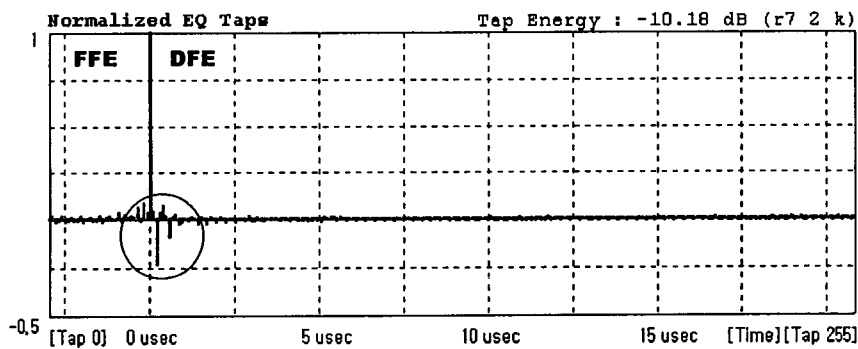
R7-2 반월지역

신호 스펙트럼 (R7-2)

등화기 주파수 응답



등화기 탭 에너지



- * FFE: Feed Forward Equalizer
- * DFE: Decision Feedback Equalizer

측정결과 - 종합

- 전체 121개소의 DTV 전송 특성 분석

양시청(49)

Block Error(16)

수신불가(56)

* 양시청: Segment Error Free, Block Error: 1분간 2회 이상 Error 발생

- Analog 화질 3 이상 지역은 오류 없는 DTV 수신 가능
- 도심건물, 산악 차폐 시 시청 불가 (Analog 화질 2 미만)
- ATV가 NTSC 보다 -낮은 전력조건에서도 대등한 성능
- 약한 전계와 다중경로의 도심지에서는 NTSC, DTV 모두 수신율이 매우 낮아 DTV 수신 등화기의 중요성을 확인
- 전반적 특성검증은 실내 수신실험 등 다양한 환경에서의 추가측정과 결과분석이 필요

7. 향후 추진 일정

DTV 실험방송 전담반 필드테스트

◆ 측정항목 - 1

- 수신예상 구역에서의 전계 강도 측정
- S/N 및 EVM 계산 및 산출
- 수신 Margin 측정 및 수신화상 등급 평가
 - 주관적 평가
- Equalizer Tap Energy 측정
 - Multi-path 성분을 조사
- 수신 TOV, BER, SER 측정
- 수신 스펙트럼 측정

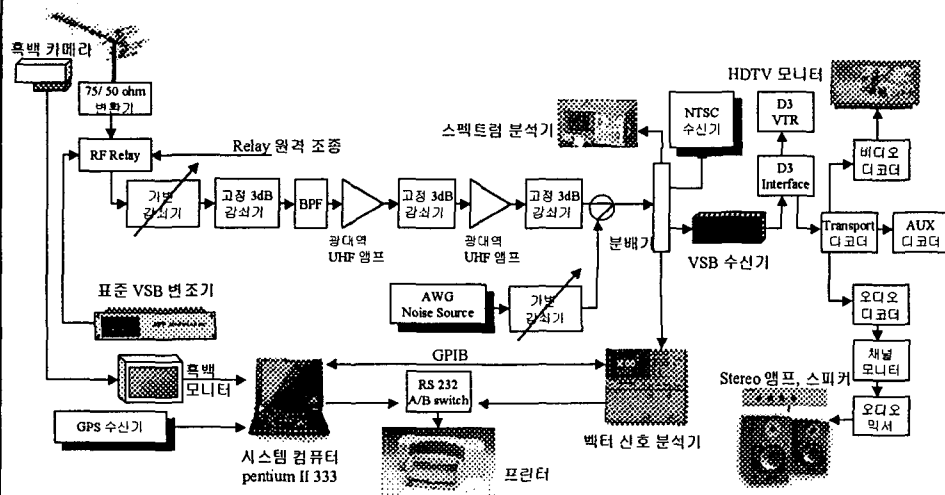
측정항목 - 2

- 수신기 기능 확인 및 기술 기준 확인(PSIP)
- 기타 세부기술규격 검증
 - 전송 규격, 다중화 규격, PSIP 규격 등
 - HDTV 및 SDTV 화질 비교 평가
- GPS 좌표, 측정 시각, 날씨
- 출력 레벨에 따른 수신지역 변화 측정 및 분석
- 인접채널과의 간섭 실험
 - DTV 채널 대 DTV 채널, 추후 NTSC 간섭도 포함

측정지점 선정

- 측정범위 : 반경 60 km 이내
 - Outdoor : 200곳 (추후 지형에 따라 세부선정)
 - Indoor : 30 곳 (앞의 경우에 대해 가구 당 3-4지점)
 - 인접채널 간섭시험 : 각각 100 곳
- 측정지점 <*ATTC 측정 지역 선정 기준 참고>
 - Radial : 다양한 지형 조건 갖는 방사선 선정
 - Grid : 도심지, 1km 간격의 격자로 측정 점 결정
 - Cluster : 인구밀집지역 (아파트 및 빌딩 단지)
0.5 km 간격으로 측정 점 결정

테스트 시스템 구성도



RF 측정 시스템

◆ 측정장비 주요 기능

- HP89441 VSA - DTV 측정 프로그램 활용
- Spectrum Analyzer
 - 급변하는 RF 조건 (비행기 Flutter, 고속 다중 경로, Impulse Noise) 측정을 위해 유용
 - Printer, Plotter 로 즉시 출력
- NTSC TV 수신기 / 모니터
 - 리모콘 기능
 - 즉석 NTSC, DTV 비교 데모에 유용

DTV 수신 시스템

- VSB 복조기
- MPEG Transport Decoder
- Video Decoder
- AC-3 Audio Decoder
- Video Display Device
- Audio Sound System
- 디지털 NTSC Composite D-3 Tape Machine

컴퓨터 시스템

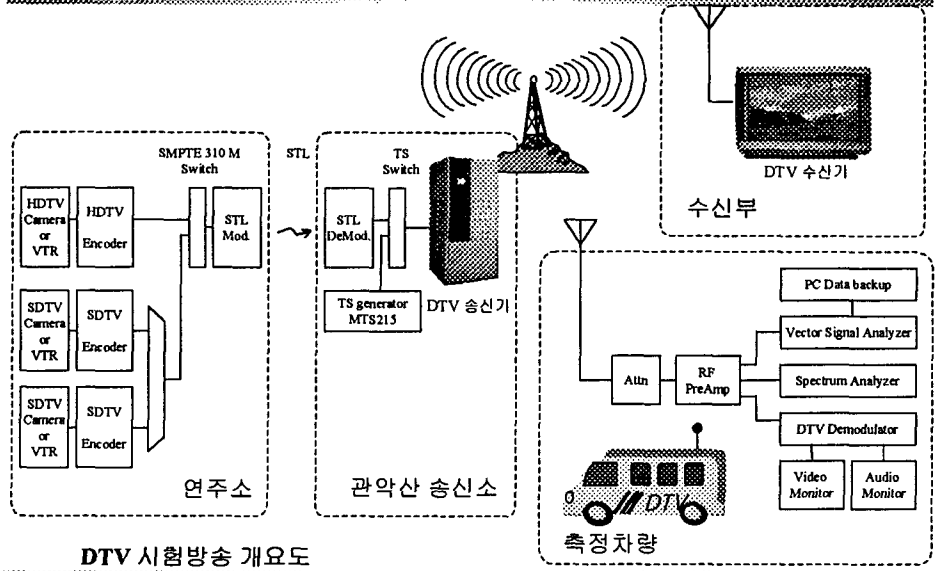
◆ 컴퓨터 시스템 구성

- 시스템 컴퓨터
 - 사양 : 상위기종 CPU, 충분한 메모리, CD-ROM 등
 - 데이터 수집, 정리, 저장
 - 데이터 분석 : 측정 사이트에서 즉시 처리
 - 사이트 정보 처리 : GPS 인터페이스, 지도, 지형 검색 등
 - Portable / Rack에 고정된 Desk Top
 - 키보드나 Portable 컴퓨터 보관함 (서랍식)
 - ATSC Receiver : 컴퓨터로 제어 및 모니터링 가능
 - 장비에 따라 전용 컴퓨터 필요
- 프린터
 - 컴퓨터 인쇄물, VSA 플롯 출력
 - 각 시스템으로 연결하기 위한 케이블 필요

측정 및 실측 데이터 정리

- ◆ 테스트 사이트 설명
 - 사이트 번호, 사이트 주소
 - 위치정보 : GPS 위치, 송신 점에서의 거리, 방향각, 지역
 - 기상, 일자, 지형, 환경정보 등
- ◆ 수신 DTV 신호 파라미터 (VSA)
 - 측정 Factor : 안테나 Rotor 위치, 입력 감쇠 값
 - 신호 강도 : Broadband Field Strength 계산
 - 신호 스펙트럼 - Stop-band, Pass-band
 - Noise Floor (10 MHz/div, 10 dB/div)
 - C/N, D/U 계산 (인접채널, 동일채널 등)
- ◆ VSB 복조 성능
 - 입력 전후의 S/N, Tap Energy, Ch. Distortion
 - BER, SER, C/N Threshold, Site Margin
 - Co-channel D/U, NTSC Rejection 필터 in / out

DTV 시험방송



DTV 시험방송 개요도

추진현황 및 일정계획(1)

- 송신기 공동개발 : 1998. 3. ~ 1999. 9.
- 중계기 공동개발 : 1999. 4. ~ 2000. 10.
- 필드 테스트 : 1999. 7. ~ 2000. 8.
 - 송신기 도입, 설치 : 1999. 7. ~ 1999. 12.
 - 필드 테스트 차량 도입 : 1999. 12 ~ 2000. 1
 - 전파간섭, 영향 조사 : 2000. 1 ~ 2000. 8
 - 기준 및 개정(안) 연구 : 1999. 7 ~ 2000.9.
- 시험방송 /본 방송 전환 : 2000. 9~2010(수도권, 광역시, 시도권 등 3단계로 나누어 단계적 추진)동시 방송 실시 후 NTSC 종료

추진현황 및 일정계획(2)

- 실험방송 전담반의 설립
 - 방송4사, 연구소, 업체 등 DTV관련 전기관 참여
 - 실험 방송 외 채널배치, 허가제도 개선, 수출 촉진반도 동시 활동
- 정부지원하의 공동 실시 및 협력
 - 주관 연구 기관은 KBS
 - 송신 시스템의 공동 구축-방송 4 사
 - 필드 테스트의 공동 수행, 분석
 - 기술규격의 검토, 검증
 - DTV로의 전환에 따른 공동 대처

8. 결론

결론

- 국내 최초 DTV / NTSC 전파 특성 비교
- 수도권 지역 및 도심지 수신 상태 분석
- NTSC 3등급 이상 지역이면 양호한 DTV 수신 기대
- 측정결과를 DTV 채널배치 계획과 향후 본격적인 필드테스트의 기본 데이터로 활용
- 실험방송의 공동수행(필드테스트, 규격/기술검토)