

HDTV 수신시스템의 통합시험 및 방법에 관한 연구

(A Study on the Integration Test and Method of HDTV Receiver System)

원광호, 정혁구

전자부품연구원 HDTV 사업단

요 약 문

HDTV(High Definition Television) 수신기의 성능을 검증하기 위한 시험은 개별적인 성능을 검증하는 Lab. 시험과 시스템을 Integration하여 성능을 검증하는 통합시험(필드시험 포함)으로 이루어진다. 본 논문에서는 HDTV 수신시스템의 통합시험 및 방법에 대하여 KETI에서 지난 3월에 미국의 ATTC (Advanced Television Technology Center)에서 실시한 Lab. 테스트와 미국의 Washington D.C. 지역에서 실시하고 있는 Live 방송을 수신하는 통합시험(필드시험)으로 나누어서 실시한 내용을 중심으로 기술하였다. Lab. Tests의 경우에는 HDTV 수신기의 채널부에 대해서 Lab. 시험의 개념 및 테스트 항목에 대한 정의와 방법에 관하여 언급하고 있으며 통합시험(필드시험)에 대해서는 필드시험의 목적, 시험방법, 테스트차량의 구성 및 테스트결과를 중심으로 내용을 기술하였다.

1. 서 론

HDTV(High Definition Television) 수신기의 성능을 검증하기 위한 시험은 개별적인 성능을 검증하는 Lab. 시험과 시스템을 Integration하여 성능을 검증하는 통합시험(필드시험 포함)으로 이루어진다. 본 논문에서는 HDTV 수신시스템의 통합시험 및 방법에 대하여 KETI에서 지난 3월에 미국의 ATTC(Advanced Television Technology Center)에서 실시한 Lab. 테스트와 미국의 Washington D.C. 지역에서 실시하고 있는 Live 방송을 수신하는 통합시험(필드시험)으로 나누어서 실시한 현지시험 내용을 중심으로 기술하였다. 본 논문은 서론에 이어 2절에서는 Lab. Tests의 경우 HDTV 수신기의 채널부에 대해 Lab. 시험의 개념 및 테스트 항목에 대한 정의와 방법에 관하여 언급한다. 그리고 3절에서는 통합시험(필드시험)에 대해 필드시험의 목적, 시험방법, 테스트 차량의 구성 및 테스트 결과를 중심으로 내용을 기술하였다. 마지막으로 본 논문의 결론을 4절에서 맺기로 한다.

2. HDTV 수신기의 Channel 디코더부 Lab. Test

2.1 채널 디코더부 Lab. Test의 개념

채널 디코더부의 LAB Test의 중요 목적은 도심지역의 실제 환경에서 일어날 수 있는 다양한 지상파 조건과 높은 초목, 그리고 복잡한 Static, Dynamic Multipath 조건과 인접 및 Co-Channel 조건의 테스트 Factor를 설정하여 채널 수신부가 ATSC(Advanced Television System Committee) 시스템의 성능을 만족하는지 여부를 확인하는 것이다. KETI에서는 1999년 3월 7일부터 13일까지 공동 연구기관에서 제작한 1세대 칩셋을 이용하여 제작한 채널 디코더에 대하여 ATTC에서 LAB Test를 실시하였다. ATSC에서 규정해 놓은 채널 디코더부 Lab. Test 항목은 2.2절에서 언급하였다. 그리고 그림 1에는 HDTV 수신시스템의 Lab. Test 구성도를 나타내었다.

2.2 채널 디코더부 Lab. Test 항목

Test Items		Description
Susceptibility to Noise	Random Noise	Random Noise Sensitivity [58]
	Impulse Noise	Impulse Noise Sensitivity [127]
Susceptibility to Random Noise in the Presence of Static Multipath		Random Noise in presence of Ensembles of 5 Multipaths [281, 272-278]
Susceptibility to Co-channel NTSC in the Presence of Static Multipath		Co-Channel NTSC in presence of Ensembles of 5 Multipaths [280, 266-271]
Single and Multiple Multipath Test		Strongest Static Echo Rejection [284-295]
Susceptibility to Interference	Co-channel Interference	Co-channel Interference into ATV [17, 56, 18, 237, 264, 265]
	Upper-Adjacent Channel Interference	Upper-Adjacent Channel Interference into ATV Wide Bandwidth [4, 6]
	Lower-Adjacent Channel Interference	Lower-Adjacent Channel Interference into ATV Wide Bandwidth [11, 13]
	UHF Taboo Channel Interference	Taboo Interference into ATV [259, 260, 29, 30, 33, 34, 261, 262]
	Discrete Frequency Interference	Discrete Frequency Interference into ATV [102-123, 232-234]

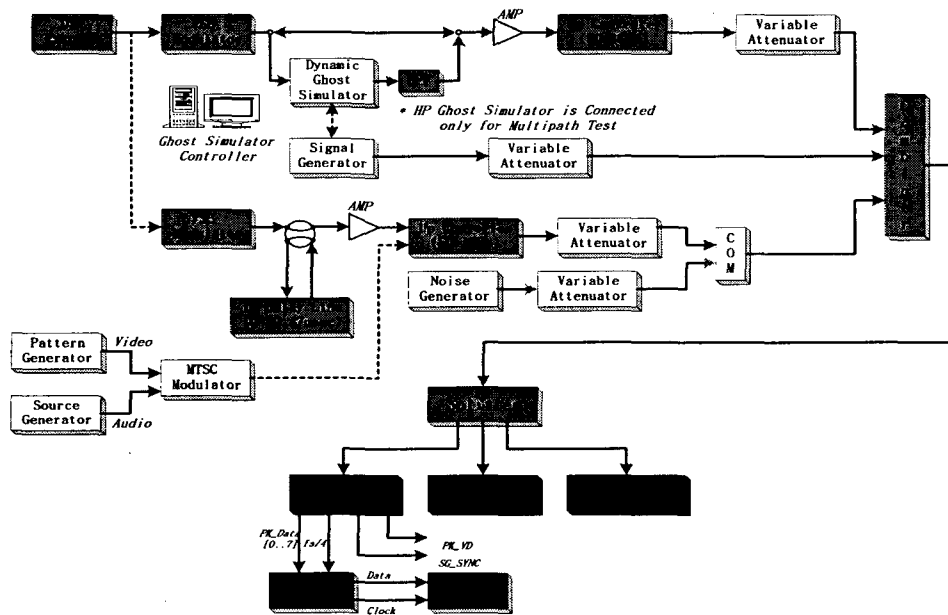


그림 1 HDTV 수신시스템의 LAB Test 구성도

2.3 채널 디코더부 테스트 항목의 정의 및 방법

A. Susceptibility to Noise

가. Random noise

Random noise는 전주파수 영역에 걸쳐 동일한 Energy분포를 갖는 신호라 볼 수 있으며 TOV(BER 3×10^{-6} 이하)에서의 SNR로 Receiver의 성능을 평가한다. GA(Grand Alliance) Spec은 Desired power level = -28.12 dB에서 TOV = 14.9 dB or 15.19 dB이다.

Note : ATV신호의 손실(Impairment)에 대한 TOV(Threshold of Visibility)는 3×10^{-6} 의 BER로 정의되어 있다. 이것은 2.5 block error per second에 대응하는 것으로, 측정시에 요구되는 50 error는 20초 동안에 발생하는 에러의 관찰을 의미한다. 3번 연속적으로 20초 동안 관찰하여 에러율이 3×10^{-6} 보다 커서는 안 된다. TOV에 근접하는 판단에 대해서는 20초동안 발생하는 에러율을 한번 관찰하여 결정할 수도 있다.

나. Impulse noise

Impulse noise는 순간적으로, 단순하게 일어난다. 그러나, 일반적으로 Desired signal에 큰 영향을 미칠 수 있는 크기로 일어날 수 있다. 이러한 Impulse Noise는 자동차의 점화 장치, 모터를 구동하는 전자제품에 의해 일어날 수 있으며 Impulse Noise는 Burst Error에 대한 Receiver의 성능을 평가하는 것으로 상대적으로 중요한 Factor는 아니며 GA Spec은 Desired power level = -53.10 dB(Moderate Level)에서 TOV = 0.40 dB로 되어있다.

B. Susceptibility to Random Noise in the Presence of Static Multipath

Random Noise와 Multipath가 동시에 존재하는 경우 Equalizer의 성능을 평가하기 위한 실험이다. Desired Power Level = -28.0 dB(Strong 레벨)에서 Receiver에 Random Noise를 가하여 TOV를 결정한 다음 TOV상태에서 HP11759D Dynamic Ghost Simulator를 사용하여 GA에서 제시한 Multipath Ensemble를 가하고 Receiver의 Acquisition 여부를 관찰한다. Acquisition이 확인 되면 Random Noise를 조금씩 줄여 가며 BER을 측정하여 TOV를 결정한다. 이때의 SNR과 Multipath Ensemble이 없는 경우의 SNR의 차이를 Delta로 표시하여 Receiver의 성능을 평가한다.

C. Susceptibility to Co-channel NTSC Interference in the Presence of Static Multipath

Co-Channel NTSC신호와 Multipath가 동시에 존재하는 경우 Equalizer의 성능을 평가하기 위한 실험이다. Desired Power Level = -68.0 dB(Weak 레벨)에서 Receiver에 Random Noise없이 Co-Channel NTSC간섭 신호만을 가하여 TOV를 결정한 다음 TOV상태에서 HP11759D Dynamic Ghost Simulator를 사용하여 GA에서 제시한 Multipath Ensemble를 가하고 Receiver의 Acquisition여부를 관찰한다. Acquisition이 확인되면 Co-channel NTSC 간섭 신호를 조금씩 줄여 가며 BER을 측정하여 TOV를 결정한다. 이때의 SNR과 Multipath Ensemble이 없는 경우의 SNR의 차이를 Delta로 표시하여 Receiver의 성능을 평가한다.

D. Single and Multiple Multipath Test

가. Strongest static echo rejection

ATTC Test #284 : Desired Power Level = -28.0 dB(Strong 레벨)에서 Receiver에 HP11759D Dynamic Ghost Simulator를 사용하여 GA에서 제시한 Multipath Ensemble C와 Random Noise를 가하여 TOV를 결정한다. ATTC Test #274 와 동일한 실험이다.

ATTC Test #285 : Desired Power Level = -28.0 dB(Strong 레벨)에서 Receiver에 HP11759D Dynamic Ghost Simulator를 사용하여 GA에서 제시한 Multipath Ensemble C에서 +18 us echo 대신 Equalizer Window 밖에 있는 +30us의 echo를 사용하여 +30 us의 echo의 크기

를 감쇠 시켜 가며 TOV를 결정한다.

ATTC Test #286 : Desired Power Level = -28.0 dB(Strong 레벨)에서 Receiver에 HP11759D Dynamic Ghost Simulator를 사용하여 GA에서 제시한 Multipath Ensemble A에서 +5.7 us echo의 크기를 감쇠 시켜 가며 TOV를 결정한다.

ATTC Test #287~#289 : Desired power level = -28.0 dB(Strong 레벨)에서 Receiver에 HP11759D Dynamic Ghost Simulator를 사용하여 +15 us, 5.7 us, 1.0 us echo의 크기를 각각 감쇄 시켜 가며 TOV를 결정한다.

나. Strongest Dynamic echo rejection

ATTC Test #290~#295 : Desired power level = -28.0 dB(Strong 레벨)에서 Receiver에 HP11759D Dynamic Ghost Simulator를 사용하여 Dynamic Ghost를 발생시킨 다음 가장 강한 Ghost의 크기를 변화 시켜 가며 TOV를 결정한다.

E. Susceptibility to Interference

가. Co-channel Interference

동일 Channel의 NTSC신호 혹은 ATV신호의 간섭에 대한 Receiver의 성능을 실험하는 것이다.

나. Upper-Adjacent Channel Interference

NTSC혹은 ATV신호가 상위 인접 Channel의 간섭신호로 작용 할 때 Receiver의 성능을 평가 하는 것이다.

다. Lower-Adjacent Channel Interference

NTSC혹은 ATV신호가 하위 인접 Channel의 간섭신호로 작용 할 때 Receiver의 성능을 평가 하는 것이다.

라. UHF Taboo Channel Interference

인접 Channel간섭의 경우와 비슷한 결과를 얻을 것으로 예상되는 Test항목이며 상대적으로 중요하지 않은 항목이다.

마. Discrete Frequency Interference

ATV 신호의 In-Band 또는 Out-Band 에서 Discrete Tone이 존재 할 경우 Receiver의 성능을 평가하는 항목이다. 상대적으로 중요한 항목은 아니나 Spectrum의 경계 부분에서의 특성은 주목할 필요가 있다.

3. HDTV 수신기의 필드시험

3.1 필드시험의 개요

필드테스트의 중요 목적은 도심지역의 실제 환경에서의 다양한 지상파 조건과 높은 초목, 그리고 복잡한 Static, Dynamic Multipath 조건등에서의 ATSC 시스템의 성능을 측정하는 것이다. KETI는 1999년 3월 15일부터 18일까지 ATTC에서 수행하는 Washington 도심지역내에서의 필드 테스트에 참가하여 테스트를 실시하였다. 이번 필드 테스트에서는 공동연구기관에서 만들어진 1세대 ASIC 칩셋을 이용하여 KETI가 제작한 Set-Top을 이용하여 채널 디코더, 비디오/오디오 디코더 및 역다중화부의 성능을 평가하고 각각의 Site에 대한 정보를 수집하였다.

3.2 필드테스트 목적

이번 테스트의 목적은 다양한 테스트 사이트를 방문하여 Washington D.C 지역에서 송출하는 5개 방송국의 DTV 지상파 신호를 수신하여 Field Test를 실시하였다.

표 1 Washington D.C.의 5개 HDTV 방송 트랜스미터

DTV STATION	CHANNEL	VIDEO FORMAT	TRANSMITTER SITE	COORDINATES
WETA	27	1080i	5217 19th Road N	N38° 53.50' ,W77° 7.92'
WJLA	39	480i	4010 Chesapeake St. NW	N38° 57.02' ,W77° 4.78'
WUSA	34	1080i	4010 Chesapeake St. NW	N38° 57.02' ,W77° 4.78'
WRC	48	1080i	4001 Nebraska Ave. NW	N38° 56.40' ,W77° 4.78'
WHD	35	1080i	4001 Nebraska Ave. NW	N38° 56.40' ,W77° 4.78'

이번 필드 테스트의 주목적은 Washington D.C.와 같은 대도시 지역에서 접할 수 있는 다양한 멀티패스 조건과 전파 조건하에 국내에서 제작한 칩셋을 이용하여 제작한 HDTV 수신기가 ATSC 시스템의 성능을 만족하는지 여부를 검증하기 위하여 실시하였다. 필드테스트 지역은 수신기의 성능을 적절히 테스트 할 수 있는 지역을 선정하여 테스트를 실시하였다. 예를 들면 아래의 조건과 같은 지역을 선정하여 Test를 실시하였다.

■ Weak Signal 조건 : Transmitter로부터 멀리 떨어진 곳에서 Test 실시

■ Static Multipath 조건 : 도심지역이나 빌딩 또는 높은 건물이 밀집되어 있는 지역에서 Test 실시(그림 2의 경우에는 Static Multipath가 심하게 존재하여 전 채널이 수신 불가능한 지역으로 뒤에는 높은 벽과 주위에는 높은 빌딩으로 되어 있는 지역을 보여주고 있다)

■ Dynamic Multipath 조건 : 공항이나 고속도로 근처에서 Test 실시

■ Dynamic Fading 조건 : 바람이 심하게 부는 날에 Test 실시 가능

또한, 이번 필드테스트에서는 수신기의 성능을 검증하기 위하여 Antenna에서 수신한 신호에 Noise Generator에서 발생하는 White Noise를 Directional Coupler를 이용하여 삽입하여 수신기의 Threshold Point를 정하고 수신기의 노이즈마진을 측정하여 시스템의 성능을 검증하였다.

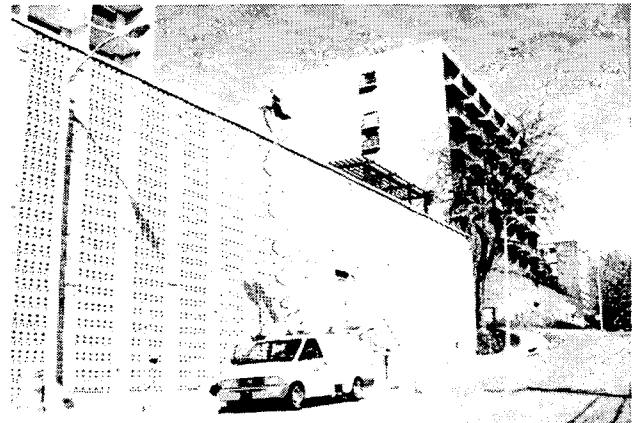


그림 2 수신불가지역(Site #5, Nash Street, Strong Static Multipath)

3.3 필드 테스트 차량 구성

필드 테스트 차량은 ATTC를 통하여 임대하여 이용하였으며 차량은 교류전원과 차량 내부에서 안테나를 제어할 수 있는 Tilt Head와 Remote Head를 구비하고 있다. Wade ANT LTD WL14-48 UHF log periodic 안테나(75ohm)는 5개의 HDTV Transmitter에서 송출되는 신호를 수신하기 위해 이용되며 사용한 안테나와 Belden RG-58 Downlead 및 RF system은 50ohms으로 임피던스가 매칭이 되어 있다. 그림 3에서 보는바와 같이 안테나를 완전히 올렸을 때 높이는 지상에서 30 feet 이다. 그리고 그림 4는 Test Van의 운영되는 측정장비의 실장 상태를 보여주고 있다. 그림 5는 테스트 차량 내부의 시스템 연결 블록 다이어그램이다. RF 시스템은 안테나로부터 Downlead가 50 ohm으로 설계 되어 있다. 또 다른 RG-58 50ohm 케이블은 Uplead 용으로 이용한다. Downlead는 그림 5에서 보는 것처럼 두 개의 증폭기에 공급되는 수신 신호를 제어하기 위한 감쇠기에 연결되어 있다. 방향성결합기는 수신기의 Threshold 측정에 이용되는 Precision Noise Generator에서 발생하는 Noise을 감쇠기를 통하여 삽입하기 위해 이용하였다. 4-Way Splitter는 HP-8944A Vector Signal Analyzer (VSA) , Spectrum Analyzer , Zenith 8-VSB 수신기와 KETI Receiver(A, B 시스템)에 신호를 공급하는데 이용하였다. Delorme Tripmate GPS Navigation System은 측정하고자 하는 Site의 위치와 방위각을 확인하기 위해 이용하였다. Garmin GPS-12XL은 차량으로부터 Transmitter까지의 거리와 안테나 방향을 결정하는데 이용된다. Laptop 컴퓨터는 Delorme software를 기동하고 모든 데이터를 기록하며 Zenith Receiver의 데이터를 모니터링 하는데 이용된다. 프린터는 RS-232와 프린터 공유기를 통하여 Vector Signal Analyzer와 Laptop에 연결된다. 데이터는 MS Excel에 기록되고 매일 3-1/2인치 디스켓에 백업된다.



그림 3 Test Van.(Site #1, Oronoco Bay Park)

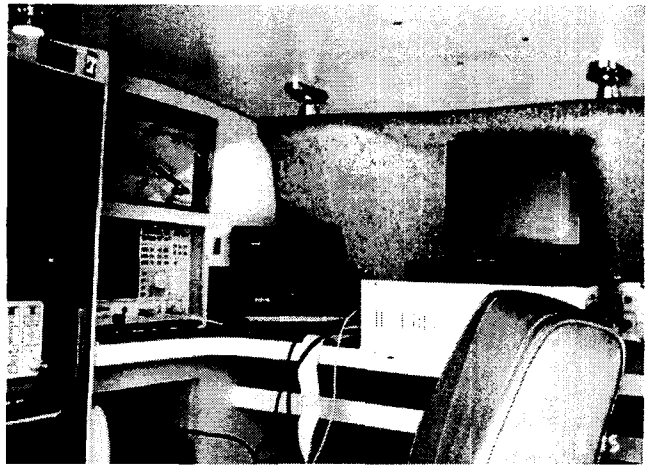


그림 4 Test Van 내부(측정장비와 Test Set 설치)

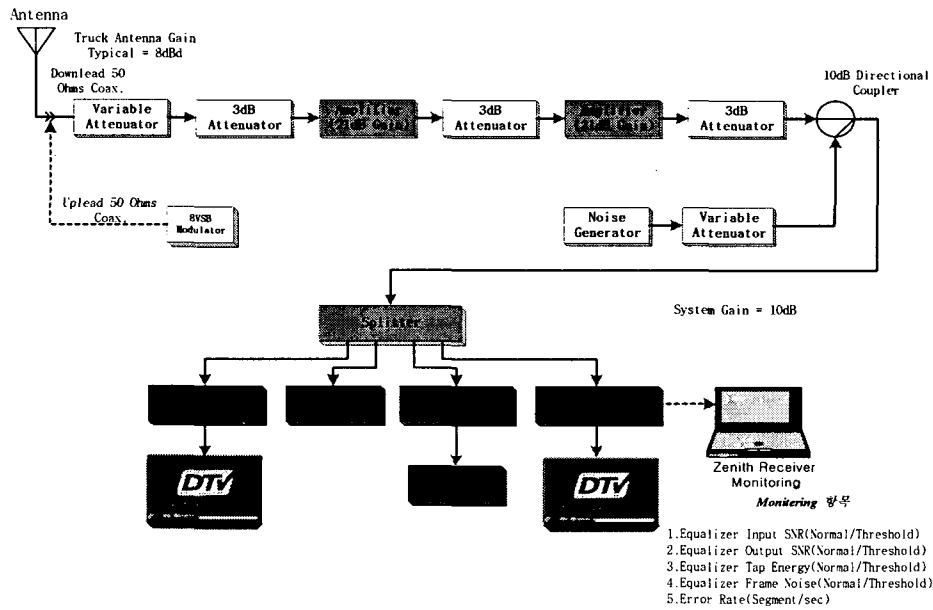


그림 5 HDTV 수신시스템의 필드시험 구성도

3.4 필드테스트 방법

매일 아침에 필드테스트 차량은 Stand Alone 8-VSB Exciter와 Frequency Synthesizer를 사용해서 Calibration을 실시한다. 시스템 이득은 Antenna Down-Lead와 RF Sample Port사이에서 측정 한다. 각각의 Predetermined test site에서 차량은 안전하게 주차되어야 하고, 각 테스트 지점에서 안테나는 지상에서 30피트 위로 올리고 테스트를 실시 한다.

Spectrum Analyzer를 이용하여 안테나를 회전하여 최적의 신호 레벨이 되도록 안테나의 방향을 선정한다. 최적의 신호레벨의 안테나 위치는 Band Tilt가 최소이고, 신호 레벨이 최대인 방향으로 결정한다. 위치(위도, 경도), 안테나 방향, Transmitter로부터의 거리와 측정된 데이터를 기록한다. 모든 데이터들은 각각의 테스트사이트에서 기록되며 Site Margin의 결정은 신호가 Threshold에 도달 할 때까지 Gaussian White Noise를 1dB Step씩 증가 시켜면서 원신호에 더하여서 Site Margin을 결정한다. Threshold에 도달하면 Equalizer의 Parameter와 White Noise가 더해진 6MHz Bandwidth에서 Noise Floor에 대하여 다시 기록을 한다. 그리고 필드 시험에는 다음과 같이 측정된 데이터가 포함되어야 한다.

- 가. 사이트 ID, 시간과 날짜, 방위, DTV Signal Power, Noise Floor Power
- 나. DTV Field Strength, Segment Error Rate @ nominal
- 다. Added Noise @ threshold, Segment Error Rate @ threshold
- 라. Equalizer의 입출력 SNR, Equalizer Tap Energy
- 마. Site Margin, Comments
- 바. 비디오/오디오의 주관적 관찰, 각 Site에서 수신되는 RF 신호의 Spectrum 분석

3.5 Field Test 결과

측정치는 Excel Spreadsheet로 기록되고 Passband Tilt와 Stopband의 Spectrum Analyzer의 Plot은 Plot Option을 이용하여 인쇄한다. 그리고 아래의 표 2에는 이번에 실시한 필드시험에 대한 각 시스템별 DTV 수신기의 수신율 및 Site Margin을 보여주고 있다.

표 2 각 시스템별 DTV 수신기의 수신율(5개 Site 기준)

Site 업체별	Rrference Receiver(주1)		A 시스템		B 시스템		Field Condition
	수신율 (%)	Site Margin (dB)	수신율 (%)	Site Margin (dB)	수신율 (%)	Site Margin (dB)	
Site #1	80	17.8	60	15.6	80	16.6	• Multipath & Adjacent Channel
Site #2	100	27.9	100	25.4	100	26.9	• Static Multipath • Unstable Channel Condition
Site #3	50	27.9	50	27.5	25	25.8	• Adjacent Channel
Site #4	80	26.5	80	23.5	80	23.5	• Multipath & Adjacent Channel
Site #6	75	24.3	75	22.7	50	14.1	• Dynamic Fading • Dynamic Multipath

(주1) Reference Receiver로 이용한 Zenith Gray Rack의 경우에는 Prototype으로 제작되어진 수신기로 Analog 단의 설계를 Zenith Engineer가 직접 설계를 하여 Tuner부에서는 일반적으로 이용하는 Bandpass Filter를 이용하지 않고 Tracking Filter를 사용하였으며, Analog Block의 설계를 상당히 보완하여 특성이 전체적으로 우수하게 제작되어진 수신기로 A, B 시스템과의 성능을 비교하기에는 다소 어려움이 있음. 그리고 Reference Receiver의 경우에는 유럽 방식에 비하여 VSB 방식이 특성이 우수함을 보여주기 위하여 특별히 제작되어진 수신기임.

가. 전체적으로 볼 때 Reference로 이용한 Zenith Gray Rack의 Site Margin이 보편적으로 2 ~ 3dB 정도 높게 측정이 되었으나 A, B 시스템의 Channel도 양호하게 수신을 하였음. 그러나 상용화 제품에서는 별 다른 차이가 없을 것으로 판단됨.

나. Dynamic Fading(실제 신호레벨이 10 ~ 12dB정도 심하게 출렁거림)이 심한 Site #6의 Ch 34, 35의 경우에는 B 시스템의 Channel 이 수신을 하지 못하였는데 이는 B 시스템이 AGC(Automatic Gain Control)의 응답특성이 늦어서 수신을 하지 못하였음. 그러므로 Dynamic Fading이 심한 지역에서 원활하게 수신을 하려면 AGC(Automatic Gain Control)의 응답특성이 빨라야 수신 가능함.

다. Strong Static/Dynamic Multipath가 심하게 존재하는 Site에서는 Zenith Gray Rack과 A, B 시스템 의 Channel이 수신을 하지 못함.

4. 결 론

국내에서도 현재 KBS에서 지상파 디지털 HDTV 실험방송을 실시하고 있으며 MBC에서도 조만 간에 실험방송을 준비하고 있으므로 디지털 HDTV 본 방송이 시작하기 전에 많은 필드 시험을 통하여 데이터를 수집하고 분석하여 앞으로 계속 보완 작업을 수행해야 할 것으로 보인다. 그리고 국내에서도 미국의 경우와 같이 국내 규격을 만족하는지 여부를 검증할 수 있는 시험기관을 지정하여 규격을 검토하고 앞으로 시스템 성능 검증 및 필드시험에 대하여 많은 연구가 진행되도록 해야 한다고 본다.

그리고 이러한 시험기관을 이용하여 도심지역의 실제 환경에서 일어날 수 있는 다양한 지상파 조건과 높은 초목, 그리고 복잡한 Static, Dynamic Multipath 조건과 인접 및 Co-Channel 조건에 대한 필드시험을 통하여 여러 가지 조건에서의 채널 상태를 분석하고 실제 필드 조건에서 새로운 HDTV 서비스에 대한 간섭의 정도와 간섭의 예측과 범위를 알아보고 채널 정보를 수집하고 분석하여 HDTV 본 방송에 적용해야 된다고 본다.

또한, 지역에 따라서 Strong Static/Dynamic Multipath와 Adjacent Channel 간섭과 Dynamic Fading이 심하게 변 할 것으로 예상되므로 Channel 설계시에 고려해야 할 것으로 판단되며 이번 에 KETI에서 실시한 필드시험을 통하여 미국 워싱턴에서 본 방송중인 5개 방송국의 Live 방송을 1세대 ASIC 칩셋을 이용하여 제작한 수신기를 이용하여 수신에 성공함으로써 국내 HDTV 기술을 홍보하였으며 국내에서 방송되는 지상파 디지털 HDTV 실험·시험 방송에 많은 도움이 될 것으로 기대된다. 그리고 KETI에서는 ATTC에서 구축해 놓은 RF Test Bed와 동일한 수준의 Test Bed를 6월말까지 구축 할 예정이므로 이후에 HDTV 수신기의 성능을 검증하는데 많은 도움이 될 것으로 보인다.

5. Acknowledge

본 논문은 산업자원부와 정보통신부 및 과학기술부에서 시행한 선도기술개발사업에서 수행한 연구결과입니다.

6. 참고문헌

- [1] Grand Alliance System Test Procedure : Transmission & Objective Test, 1995
- [2] Model HDTV Stations Field Test Program, September 1998
- [3] ATTC LAB & Field Test Report : KETI(Korea Electronics Technology Institute), March 1999