

특집논문-08-13-5-08

디지털 TV 실내수신 환경 분석

서영우^{a)‡}, 유호진^{b)}, 박민호^{b)}, 박준성^{b)}, 김규영^{b)}, 서종수^{c)}

Analysis on DTV Indoor Reception Environments

Young-Woo Suh^{a)‡}, Ho-Jin You^{a)}, Min-Ho Park^{a)}, Joon-Sung Park^{a)}, Gyu-Young Kim^{a)}, and Jong-Soo Seo^{c)}

요약

지상파 디지털 방송신호는 기존 아날로그 방식과 달리 상당히 낮은 C/N(Carrier to Noise Ratio)에서도 좋은 화질의 수신이 가능하다. 최근 디지털 튜너 기술의 발전과 함께 수신 가능한 임계 전계강도가 낮아지는 추세에서 실내 안테나를 이용한 실내수신 가능 세대가 늘어나고 있다. KBS에서는 주택환경에 따른 실내에서의 DTV 수신환경을 조사하기 위해 수도권지역에서 DTV 실내수신환경에 대한 필드테스트를 실시하였다. 측정 대상 가구는 통계청의 자료에 의해 가구 비율을 선별하여 거리별로 총 58개 지점을 선정하였으며, 일반적으로 사용자들이 많이 사용하는 방식의 지향성, 무지향성 안테나와 많이 보급되고 있는 칩셋(chip set)이 내장된 셋톱박스(set top box)를 이용하여, 다양한 수신 조건에서 측정을 수행하였다. 본 논문에서는 측정 결과의 분석을 통해 각 측정 지점에서의 지형적 요인, 가옥의 구조 등에 따른 수신 전계강도의 변화와 공동주택의 층별 차이, 주변 건물의 입지조건 등에 따른 수신환경의 변화 등을 확인하였고, 실내 수신환경에 적합한 전파 조건 및 수신 방법 등을 정리하였다. 조사결과는 지상파 DTV의 실내 수신 확대를 위한 기본 자료로서 활용될 예정이다.

Abstract

DTV has a great advantage as compared to Analog TV in picture quality under low reception field strength. Various high quality tuners have been developed to result in much smaller Noise Figure of the receivers and many trials for receiving DTV signal through indoor antenna. In this paper, results of intensive field tests on the indoor reception of DTV are presented. Tests were carried out around Seoul-Gyeonggi Metropolitan area. Commercial directional and omni-directional antennas and 5th generation receiver were used for reception availability tests. The effects of heights, locations, and types of the house as well as the distance to the transmitter on the reception performances are analyzed. Our test results will be applied to improve the indoor reception environment of DTV.

Keyword : ATSC, DTV, Indoor, Field Test, Coverage

I. 서론

케이블 방송의 디지털화와 위성 디지털 TV, IPTV 등 새로운 매체의 도입으로 방송 미디어간의 경쟁이 심화되고 있다. 지상파 아날로그 TV 방송은 국내 지형 특성상 산악이나 건물의 영향으로 실내 수신 성능이 좋지 못하여 공동

a) KBS 방송기술연구소

Broadcast Technical Research Institute, KBS

b) KBS 디지털전환프로젝트팀

Digital Transition Project Team, KBS

c) 연세대학교

Yonsei University

‡ 교신저자 : 서영우(yusuh@kbs.co.kr)

수신이나 유선을 통한 재전송에 많이 의존해 왔다.

그러나 2001년부터 본격적으로 시작된 지상파 디지털 TV는 낮은 전계강도에서도 완벽한 영상을 볼 수 있는 장점이 있어 안테나에 의한 TV 수신이 점차 활성화되고 있다.

국내 DTV 전송규격인 ATSC 방식은 단일 반송파의 8-VSB(Vestigial Side Band) 변조방식을 채택하고 있다^[1]. 8-VSB 변조방식은 가우시안(Gaussian) 채널 환경에서 약 15dB의 TOV(Threshold of Visibility)를 이론적으로 지원한다. 2001년도 미국 FCC의 커버리지 예측 결과에 의하면 DTV 수신기의 잡음 지수(Noise Figure)가 7dB까지 개선될 경우 수신 신호 전계가 -84dBm까지 가능할 것이라고 하였으나, 당시 기술로는 -78dBm 정도의 수신 성능이 한계였다^[2].

그러나 디지털 실리콘 튜너의 개발로 수신기의 노이즈 특성이 개선되어 초기 수신기의 임계 수신 전력이었던 -78dBm보다 약 6dB 낮은 -84dBm까지 지원하는 수신기가 2005년 이후 등장하였다^[3].

또한, ATSC의 단점이었던 다중경로 간섭신호에 의한 수신율 저하 현상이 수신기의 성능개선과 더불어 보완되고 있어 안테나를 이용한 DTV 신호의 수신이 점차 용이해지고 있다. 특히, 도심지의 음영지역을 보완함으로써 수신환경 및 실내수신환경을 많이 개선시킬 수 있는 동일채널중계기(DOCR, Digital On-Channel Repeater)^[4]나 분산 중계기(DTxR, Distributed Transmission Translator)^[5]등의 실용화가 적극 검토되고 있다. 이러한 중계기들은 전파 음영지역에 대해 동일채널로 중계하므로 수신 대상지역에 충분한 전계강도를 보장하지만, 심한 다중경로 간섭신호를 유발할 수 있다. 그러므로 현재 지상파 DTV 수신기의 다중경로 신호에 대한 성능개선 정도에 따라 상기 동일채널 중계 기술의 적용 범위가 정해질 수 있다.

국내 수신환경은 아파트의 보급이 확대되어 고층건물에서의 공청을 이용한 수신에 많이 보편화 되고 있다. 그러나 많은 아파트 단지의 경우 공동 수신에 의한 공시청 신호 없이 지역 케이블 등 유료방송이 제공 되고 있어 지상파 DTV 신호를 실내에서 수신하고자 하는 민원이 많이 제기 되고 있다. 일반 주택의 경우는 주변의 아파트 숲에 의해 신호차단이나 신호 반사에 의한 신호 왜곡으로 옥외안테나에 의한 실외 수신 환경도 좋지 않은 상황이다.

지상파 방송사들은 이러한 문제점을 개선하기 위하여, 매년 많은 인력이 전국적인 필드테스트를 수행하여 난시청 지역을 파악하고 적절한 위치에 중계기를 설치하는 등 이를 보완하기 위한 노력을 경주하고 있다.

본 연구에서는 DTV 수신기의 성능에 따른 실내수신의 가능성과 국내의 수신기구형태에 따른 실내 전파 환경 및 수신유형을 이론적으로 분석하고, 일반적인 수신환경 및 성능지표를 산출하며, 수도권에서 수행한 각 주택 유형별 필드테스트 결과를 분석하여 수신환경의 특징을 분석한다. 또한, 테스트 데이터의 다양한 차원의 연결 분석을 통해, DTV 실내수신환경 개선을 위한 수신안테나 및 수신기의 성능개선 요소를 추출한다.

II. 실내 전파 전파 모델

1. 실내 전파 환경 모델

실내 전파 환경은 실외와는 달리 매우 열악하다. 건물의 구조, 재질, 안테나 방향 등에 따라 매우 많은 차이가 있으며 사람이 움직이거나, 문을 닫거나 하는 움직임에도 매우 민감하게 변화한다.

일반적으로 실내 전파전파 환경은 LOS(Line of Sight)가 거의 존재 하지 않으며 반사, 회절, 투과, 산란 등에 의해 영향을 받는다. 건물 외벽, 내벽, 문, 지나가는 사람 등 장애물이 움직임에 따라서 시간이나 위치에 따라 신호 분포가 시시각각 변하기도 한다. 또한, 사방에서 반사되어 시차를 두고 들어오는 반사 신호는 신호의 선형 특성에 왜곡을 주며 신호의 일부 감쇠를 유발하기도 한다^[6].

실내 전파전파 특성을 살펴보기 위해 먼저 실외 전파 특성을 보면 가장 일반적인 전파 모델은 자유공간모델로서 다음과 같다(1).

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{G_t G_r \lambda^2}{(4\pi d)^2} \tag{1}$$

여기서 G_t 는 송신안테나 이득, G_r 는 수신안테나 이득, λ 는

반송파의 파장, d 는 송신기와 수신기 사이의 거리이다.
자유공간모델의 손실은 (2)와 같다.

$$L = P_t[dB] - P_r[dB] \\ = -10\log G_t - 10\log G_r + 20\log(f) + 20\log d + 32.4[dB] \quad (2)$$

여기서 f 는 주파수(MHz), d 는 거리(km)이다.
지상파 DTV의 자유공간 손실을 구해보면, 중심주파수 479 MHz(채널 15번), 송수신기 거리 10km, 송신 안테나 이득이 10, 수신안테나 이득이 1 이라고 한다면 (2)에 의해서,

$$L = -10\log 10 - 10\log 1 + 20\log 479 + 20\log 10 + 32.4 \\ = 96.0[dB]$$

즉, 96dB 만큼의 전파 손실이 발생함을 추정 할 수 있다.
실제 전파환경은 자유공간이 아니므로 지형분포, 실측 데이터를 고려한 다양한 전파모델이 연구되어 왔다. 대표적인 것이 Okumura Hata 모델이다⁷⁾.

실내수신에 대한 전파 모델링 연구는 1~60GHz까지의 주파수 대역을 이용하는 무선랜 등 통신수단에 대한 연구를 중심으로 휴대이동통신의 발전과 함께 다양하게 진행되어 왔다⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾. 이들 통신 방식들은 휴대 수신이 중요한 서비스 요소로서, 실내공간에서의 정확한 모델링 및 예측이 매우 중요한 링크 설계 기준이 된다.

지상파 방송의 실내수신에 적합한 모델인 외부 송신기에 의한 건물 내에서의 모델링 방법으로는 경험적인 설계 방법이 많다.

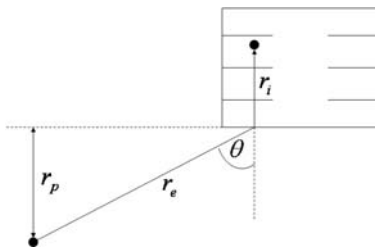


그림 1. COST231 LOS 빌딩 투과 모델 파라미터
Fig. 1. Geometry for COST231 LOS building penetration model

만약 건물면과 송신소간에 LOS(Line of Sight)가 존재한

다면 다음 식과 같이 경험적으로 수립된 COST231 모델이 적용될 수 있다⁷⁾. <그림 1>은 COST231 LOS모델의 파라미터를 설명한다.

$$L_T = L_F + L_e + L_g(1 - \cos\theta)^2 + \max(L_1, L_2) \quad (3)$$

여기서 L_F 는 전체 길이($r_i + r_e$) 동안의 자유공간손실, L_e 는 일반적인 입사($\theta = 0^\circ$), L_g 는 직각 입사($\theta = 90^\circ$)에서의 추가적인 손실이며, L_1 과 L_2 는 다음 식과 같이 주어진다.

$$L_1 = n_w L_i, \quad L_2 = \alpha(r_i - 2)(1 - \cos\theta)^2 \quad (4)$$

여기서 n_w 는 내부 경로인 r_i 에서 지나치는 벽의 개수, L_i 는 내부 벽에 의한 손실, 그리고 α 는 방해물 없는 내부 경로에 적용되는 특정 감쇄 [dBm^{-1}]이다.

상기 식에 사용되는 파라미터는 <표 1>과 같다.

표 1. COST231 LOS 모델 파라미터
Table 1. COST231 LOS model parameters

Parameters	Material	Approximate value
L_e or L_i [dBm^{-1}]	Wooden walls	4
	Concrete with no-metalized windows	7
	Concrete without windows	10-20
L_g [dB]	Unspecified	20
α [dBm^{-1}]	Unspecified	0.6

식 (3)에서, 전체 실내 전파 손실은, 우리가 외부 송신소로부터 받는 신호를 실내공간에서 수신한다고 할 때, 자유공간 손실, 입사각에 따른 추가손실, 벽에 의한 투과 손실 등의 합으로 해석할 수 있다. 즉, 이 모델에 의해서 간단히 실내전파를 추정해 보려면 거실 공간에서 송신소 방향으로 LOS인지, LOS에서 어느 정도 각도로 꺾여 있는지, 전파가 창문이 있는 벽을 통과하는지, 콘크리트 벽을 통과하는지 등을 적용하면 가능하다. 창문이 있는 벽은 약 7dB, 창문이 없는 벽의 경우 10~20dB가량의 손실을 <표 1>로부터 적용 할 수 있다.

건물 내부에서의 모델링에서는 다중경로 간섭신호에 의

한 모델링이 있다^[8]. 만약 $x(t) = \text{Re}\{s(t)\exp[jw_0 t]\}$ 의 신호가 송출되었을 때 수신단에서 $y(t) = \text{Re}\{\rho(t)\exp[jw_0 t]\}$ 가 수신된다고 하면 다음이 성립된다.

$$\rho(t) = \sum_{k=0}^{N-1} a_k s(t-t_k) e^{j\theta_k} + n(t) \quad (5)$$

이 수식에 의하면 각 고스트 성분 $s(t-t_k)$ 은 산란, 반사 등에 의해 a_k 만큼 크기가 결정이 된다. 이러한 성분들은 수십 nsec의 지연시간을 가질 수 있으며 수신기의 I와 Q위상에 영향을 준다. ATSC 수신기는 등화기에 의해 이를 처리하는데 다이내믹(dynamic) 성분이 강할수록 수신 성공률에 영향을 많이 받는다.

2. 가옥 구조별 전파전파 예측

대표적인 가옥구조는 아파트, 단독주택, 다세대 주택 등으로 나뉜다.

통계청의 2007년 자료에 의하면 서울/경기지역의 주택유형별 인구분포는 <표 2>와 같으며, 아파트 59%, 단독주택 19%, 다세대, 연립주택의 순으로 구성되어있다^[11].

대표적인 주거형태인 아파트와 단독주택의 가장 일반적인 평면도는 <그림 2>와 같다^[12].

주택배치에서 좌우로는 인접 세대가 있어(양 끝인 경우는 제외) 전파의 진입이 어렵고 상하로 진입하는 전파를 가정하면 유리를 통과하는 전파와 벽을 통과하는 전파로 구분할 수 있다. 아파트 단지의 경우 거실 전면이 통유리인 경우가 많고 다세대의 경우도 일반적으로 베란다 방향으로 유리의 비중이 높다. 남향으로 건축하면 대부분 거실이 남쪽을 향하도록 하는 경우가 일반적이다.

앞의 전파 모델에서 투과하는 벽은 남쪽에서 전파가 오는

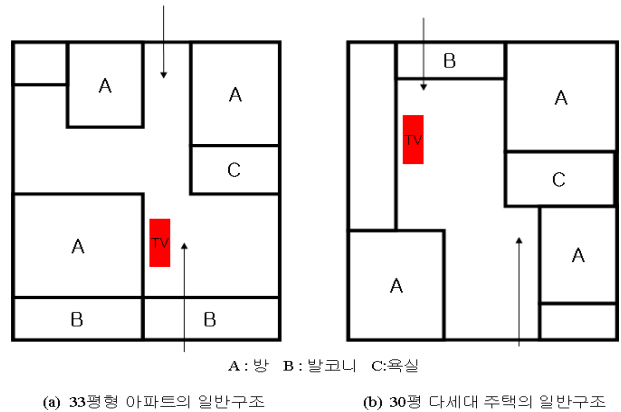


그림 2. 아파트와 다세대 주택의 일반구조
Fig. 2. General floor plans for apartment and tenement

경우 2개의 벽을 통과하나 유리벽일 가능성이 높고 북쪽에서 전파가 오는 경우 작은 창문, 두꺼운 벽, 또는 구조상 굴절되어 입사해야 하는 경우가 많다. 따라서 베란다 쪽으로 전파가 진입하는 가구가 실내수신에서는 매우 유리하며 그렇지 않을 경우는 안테나의 위치를 신중히 생각해야 한다.

앞서의 전파 예측 모델 (3)을 적용한다면 <그림 2>의 (a) 아파트의 경우 거실에서 송신소 안테나가 보일 경우 자유공간 손실에 유리가 있는 콘크리트 벽에 대한 손실 7dB가 각각 적용될 수 있을 것이다.

III. 실험실 테스트

DTV 실내수신 환경 필드 테스트를 위한 테스트 장비의 선정을 위해, 시판되고 있는 수신 안테나 및 수신기들에 대해 실험실 테스트를 실시하였다. 이를 통해 측정 대상 수신기 및 안테나로 선정된 제품과 또 기타 제품들 간의 성능 차이에 대해 이해하고 수신기 및 안테나에 따른 결과의 차

표 2. 주택유형별 분포(통계청 2007년 인구주택조사자료)
Table 2. Households by types of houses

행정구역	단독주택	아파트	연립주택	다세대	비거주 주택	총합
서울/경기	978,335	2,966,526	300,820	750,627	61,841	5,058,150
비율	19%	59%	6%	15%	1%	100%

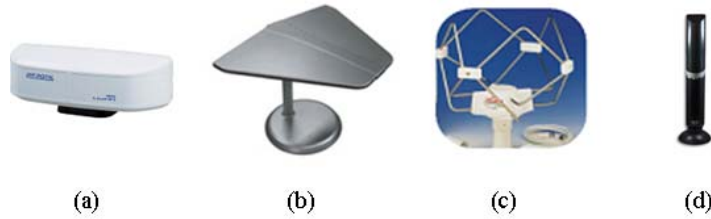


그림 3. 간이 측정에 사용된 안테나
Fig. 3. Tested antennas

이도 어느 정도 예상할 수 있다.

1. DTV 실내 수신 안테나 비교 실험

2006년에서 2007년에 시판된 DTV 안테나 중 대표적인 안테나 네 종류를 안테나 유형별로 선별하였다(그림 3). 안테나 패턴을 측정하기 위해서는 무반향실에서 정밀 측정을 수행하여야 하나 측정의 편의상 필드에서의 수신감도 성능을 비교해 보기 위하여 관악산 송신소와 LOS(Line of Sight)를 이루는 지점(송신소로부터 약 10km 북서쪽에 위치)에서 1.5m 높이의 삼각대위에 로터를 설치하고 그 위에 안테나를 위치시킨 다음 계측기를 이용하여 수신전계강도를 측정하였다. 관악산에서 2.5kW(64dBm)의 송신 출력, 10dB의 송신안테나 이득으로 송출하는 신호를 측정점에서 이득이 1인 안테나로 수신한다면 자유공간손실을 적용한 수신전력은 -32dBm ($P_r - L \approx 64 - 96\text{dBm}$) 이다(자유공간손실계산은 2장 참조).

측정방법은 각 안테나를 설치한 후 로터를 15도 간격(1섹터)으로 원격으로 회전시켜 각 섹터별로 수신 값의 변화를 보았다. 수신채널은 관악산에서 송출하는 채널 15(479MHz)이다.

<그림 4>는 각 안테나에서의 수신 전력에 대한 상대적인 비교를 각 섹터별로 보여준다. 여기서 a와 b는 지향성 안테나, c와 d는 무지향성 안테나이다.

b 안테나의 경우 6dBi로 사양이 제시되어 있으므로, b 안테나를 기준으로 각 안테나의 상대적인 안테나 이득을 가늠할 수 있다. a와 b안테나는 약 1.2dB, a와 c안테나는 5dB, c와 d안테나는 2.2dB의 수신 전력의 차이를 최대 수신점에서 보여 주었다. 앞의 실험결과는 479MHz에서 측정값이므

로 다른 주파수에서는 다른 양상이 나올 수 있으며 제품 간의 편차가 있을 수 있다.

실험을 통해서 얻은 데이터를 바탕으로, 실제 필드 테스트를 위해 가장 지향성이 뚜렷한 b안테나와 무지향성 중 성능이 좋게 나온 c안테나가 채택되었다.

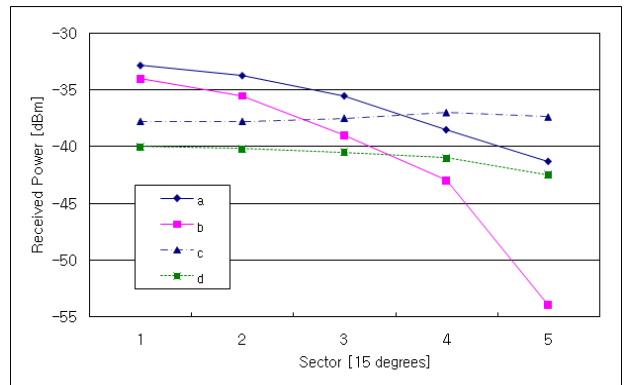


그림 4. 측정 대상 안테나 간이 측정 결과
Fig. 4. Gain comparison of tested antennas

2. DTV 수신기 비교 실험

측정에는 가능한 현재 많이 사용되는 칩셋을 내장한 수신기를 선택하고자 하였다. 이를 위해 여러 기관에서 수행된 필드 테스트 및 수신기 측정 결과^{[13][14]}를 참고하였다. 입수된 수신기는 SNR(Signal to Noise Ratio)을 측정할 수 있는 전문 수신기 2종, 일반 상용 수신기 4종, 저가형 셋톱박스(D2A, Digital to Analog Converter) 4종, 노트북과 연결된 USB 수신기 1종 등이다. 사양 상으로는 D2A 한 종류를 제외하고는 모두 동일한 칩셋(LG/Zenith 5세대 수신칩)을 사용한다. 측정 시스템의 구성도는 <그림 5>와 같다.

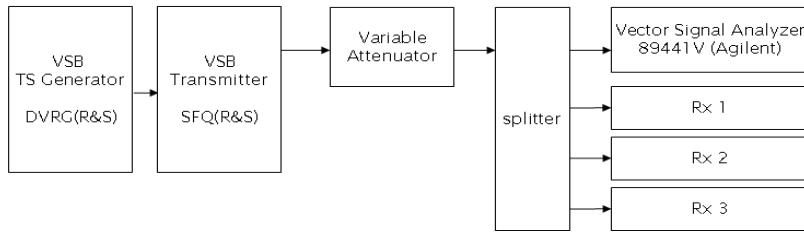


그림 5. 실험실 테스트 구성도
Fig. 5. Laboratory test block diagram

실험실 사정에 의해 각 측정은 시차를 두고 수행되었다. <표 3>은 일반 수신기들의 브라질 채널(표 4 참조)에 대한 TOV 측정결과이다. 브라질 C, D는 실내수신환경을, 브라질 E는 3개 송신기에 대한 SFN 환경을 모델링 하고 있다.

표 3. 일반수신기의 브라질 앙상블 적용시 TOV 측정 결과(단위: dBm)
Table 3. Brazil Ensemble Test Results of Commercial Set-top boxes(dBm)

수신기	브라질 앙상블		
	C	D	E
일반 수신기 A	-78.8	-78.6	-72
일반 수신기 B	-78.8	-79.1	-72
일반 수신기 C	-78.8	-79.1	-72
일반 수신기 D	-79.5	-79.5	-72.5

<그림 6>은 D2A 수신기에 대한 지연 시간별 단일 고스트 특성 측정결과이다. D2A_2~D2A_4 수신기는 앞서 측정한 일반 수신기와 동일한 수신 칩셋을 내장하고 있다. 이 칩셋의 주요 특징은 선행 및 후행 고스트에 대해 고스트 처리 성능이 거의 동일하다는 점이다. D2A_1 수신기는 후

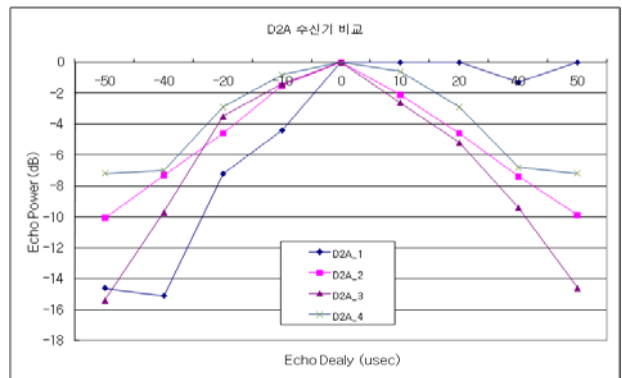


그림 6. D2A 수신기 단일 고스트 측정 결과
Fig. 6. Single ghost measurement results for D2A converter

행 고스트에 대해서는 3dB이내의 매우 큰 고스트에 대해 50μsec까지 처리가 가능했으나 선행 고스트에 대한 특성은 타 수신기 보다 좋지 않았다. 국내 수신환경을 고려할 경우 도심지의 고층 빌딩군에서는 근접 선행 고스트가 많으므로 선행 고스트 성능이 상대적으로 우수한 D2A-4와 같은 수신기가 좋으며, DOCR과 같은 동일채널송신 환경

표 4. 브라질 앙상블 파라미터
Table 4. Brazil ensembles for multipath test

앙상블기호	파라미터\패스	1	2	3	4	5	6
Brazil C	Delay(us)	0	0.089	0.419	1.506	2.322	2.799
	Attenuation(dB)	2.8	0	3.8	0.1	2.5	1.3
	Phase(degree)	0	0	0	0	0	0
Brazil D	Delay(us)	0.15	0.63	2.22	3.05	5.86	5.93
	Attenuation(dB)	0.1	3.8	2.6	1.3	0	2.8
	Phase(degree)	0	0	0	0	0	0
Brazil E	Delay(us)	0	1	2			
	Attenuation(dB)	0	0	0			
	Phase(degree)	0	0	0			

에서는 긴 고스트에 대해서 고스트 처리 성능이 좋은 D2A_1과 같은 수신기가 전반적으로 유리할 것이다.

수신 감도 측정은 동일 수신 칩셋을 사용하는 일반 수신기 1종류와 전문 수신기 2종류 및 노트북 USB 수신기 1종류에 대해서 수행하였다(표 5).

이상의 측정결과를 종합한 결과, 본 측정에서는 SNR 표시가 되고 컴퓨터로 스트림 에러 기록이 가능한 전문용 수신기를 사용하기로 하였으며, 수신 감도가 우수한 전문용 수신기 A를 측정 대상 수신기로 최종 채택하였다.

표 5. 수신기 유형별 수신 감도 측정
Table 5. Sensitivity measurement results for various receivers

수신기	최저수신전력(dBm)
전문용 수신기 A	-82.2
전문용 수신기 B	-79.0
일반 수신기 A	-82.9
노트북 USB 수신기	-72.1

IV. 필드 테스트

1. 측정지점

측정대상가구는 관악산을 중심으로 8방향으로 5km 간격

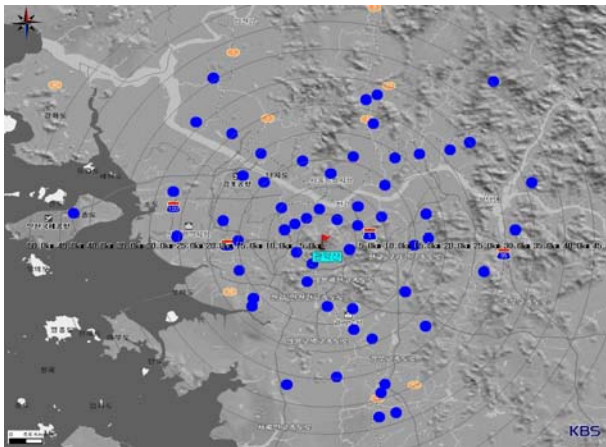


그림 7. 필드 테스트 측정지역 분포 (58개 지점)
Fig. 7. Measuring points of field test (58 points)

으로 선정하여 최대 40Km 범위 내에서 58가구가 선정되었다(그림 7). 주택 유형은 아파트(50%), 단독(20%), 연립(11%), 다세대(10%), 기타(9%)의 비율로 안배하였다. 측정은 건물 내 실내 안테나 설치 위치 및 현 TV 위치를 기준으로 일정 간격으로 측정한다.

2. 측정항목

주요 측정항목은 각 지역별 위치정보, 송수신 지형프로파일(2D terrain profile), 채널 수신전압(channel signal level, 전계강도)과 임계 수신 전압(TOV), 수신기의 SNR, 스트림 에러(stream error) 등이다. 스트림 에러는 육안에 의한 주관적 평가를 보완하기 위해 제안한 방법으로 수신기에서 발생하는 스트림 에러를 특정시간동안 기록할 수 있도록 KBS에서 고안한 것이다. 수신전계강도는 계측기를 통해서 측정한 수신전압으로 대신하며 측정의 편의를 위해 전력(dBm)이 아닌 전압(dBμV)으로 측정하였다.

3. 측정 시스템 구성

측정에 사용하는 수신기는 현재 많이 사용되는 칩셋을 내장한 것으로 3장의 실험실 테스트를 통해 안테나 2종(지향성, 무지향성), 셋탑박스 1종을 선정하였다. 측정계측기는 스펙트럼 분석기(Rohde Schwarz ESPI)를 사용하였으며 휴대용 랙에 측정 장비들을 장착하여 이동이 용이하도록 하였다. 측정은 KBS에서 설계한 통합 측정 및 분석시스템(IMAS)^[15]을 이용하여 계측기를 원격으로 제어하여 데이터베이스에 자료를 취합하였다.

4. 측정 대상 매체

측정은 관악산 송신소를 기준으로 하였다. 관악산 송신소는 안테나 높이 680m이며 방송 매체별 주파수는 디지털 방송 채널 14에서 채널 18번까지 각각 MBC, KBS1, SBS, KBS2, EBS이며 출력은 KBS와 EBS의 경우 2.5kW(송신기 출력)이다.

5. 측정절차

일반적인 측정은 측정 기준공간(주로 거실)에 대한 집중 측정과 기타 방에 대한 보조 측정으로 나뉜다. 집중측정에서는 TV주변(안테나 설치 가능 영역) 측정, 베란다 등 전계 확보가 용이한 곳 측정, 측정기준공간의 세부 전계강도분포(일정 간격)측정으로 나뉜다. 보조측정은 대략적인 전계 강도의 분포를 측정한다. 수신가능성 판정을 위해 2분 동안 화면을 관찰하고 평가하였다. 육안 주관평가와 스트림 에러를 기록하는 FEC 에러기록(Forward Error Correction Error logging)을 병행하였다.

V. 결과 분석

1. 수신성공률

1.1 전체 종합결과

수신율은 한 장소 당 정해진 원칙에 따른 한 번의 측정을 원칙으로 하므로 수신이 가능하도록 하는 최선의 노력이 생략되어 있으며, 관악산 송신소가 아닌 다른 송신소 및 중계소 신호를 수신할 수도 있으나 관악산 신호만을 측정대상으로 하기 때문에, 실제 그 장소의 DTV 실내수신율로는 판단 할 수 없다. 수신율 측정 결과는 관악산 송신소 신호에 대한 수신율이며, 측정 결과 전체적으로 대략 40% 전후임을 알 수 있었다(표 6).

1.2 거리별 분석

송신소로부터 가까울수록 수신성공률이 높았으며 원거

리로 갈수록 지형프로파일 분석에서 장애물이 많이 나타나고 전계수치도 많이 감소하였다(그림 8-9). 단, 송신소 근처에서도 수신이 곤란한 경우도 있다. 송신소 산 바로 아래(안테나 패턴에 의한 수신 곤란), 아파트 밀집지역(인공장애물에 의한 장애) 등이 그 사례이다.

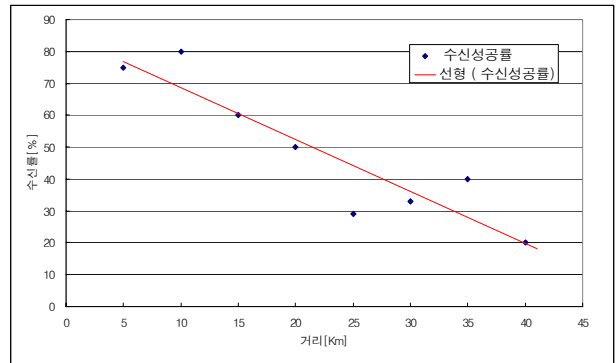


그림 8. 거리에 따른 수신성공률 및 선형추정
Fig. 8. Reception availability vs distance

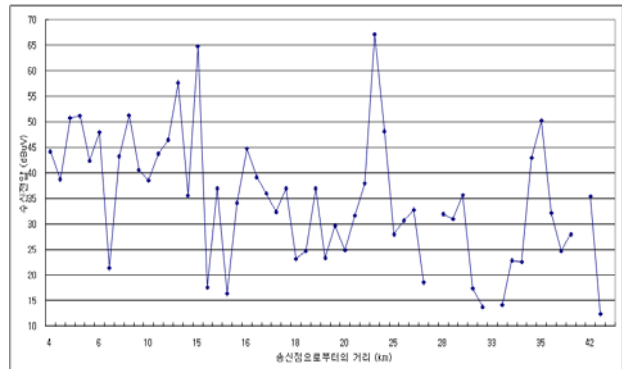


그림 9. 거리에 따른 수신전압
Fig. 9. Received signal level vs distance

표 6. 관악산 송신기 신호의 각 주택유형별 수신성공률 (수신성공가수/전체가수)
Table 6. Reception availability per various sites (Success sites number / Total)

송신소로부터 거리	APT	단독주택	다세대	계
10KM이내	5 / 7	2 / 2	3 / 4	10 / 13
10-20KM	5 / 11	3 / 3	3 / 6	11 / 20
20-30KM	4 / 11	0 / 3		4 / 14
30KM이상	3 / 6	0 / 5		3 / 11
계	17 / 35	5 / 13	6 / 10	28 / 58

1.3 주택형태별 분석

1.3.1 전체주택

<표 7>에서는 실내수신 성공지역과 실패지역에서의 평균 수신전압을 각 주택유형별로 비교하여 설명하고 있다. 아파트의 경우 실내수신 성공세대의 수신전압평균이 높은 편이었다.

표 7. 주택유형별 수신여부에 따른 평균 수신전압
Table 7. Average reception signal level vs house types

주택형태	평균 수신전압 [dB μ V]			비 고
	실내수신 성공	실내수신 실패	전체	
아파트	45.1	23.1	36.6	35가구
다세대	42.1	21.5	33.8	13가구
단독주택	38.5	24.7	31.0	10가구

1.3.2 아파트

<표 8>에서는 아파트의 각 층별로 수신성공률을 비교하고 있다.

측정결과, 앞뒤 동 간격과 동 배치, 베란다 방향, 층수 등에서 많은 차이를 보였다. 앞, 뒤, 옆에 위치한 동 간격이 넓을수록 반사환경이 좋아져 수신 성공률 높았으며, 층수가 높을수록 수신 성공률 높고, 저층일수록 주변의 아파트 건물에 의해 전파 차단이 심하여 실내 수신전압이 낮아 수신 성공률이 낮았다.

표 8. 아파트 층별 수신성공률
Table 8. Reception availability vs apartment heights

분 류	대상가구	실내수신성공	백분율	평균수신전압
저층(1~5층)	15	3	20%	26.4 dB μ V
중층(6~10층)	7	4	57%	37.9 dB μ V
고층(11층 이상)	13	10	77%	46 dB μ V

이론에서 설명한 것과 같이, 커다란 창이 있는 베란다는 방향이 송신소 방향에 일치할수록 실내수신 가능성이 높으며 직각 방향으로 배열되는 경우에는 수신이 매우 어려웠다. 최근 건축된 아파트의 경향은 세대수를 늘리기 위하여 동간 간격이 가깝고 고층으로 지어지는 경향이 많아 중층 이하의 세대에서는 수신환경이 좋지 않음을 알 수 있었다. 일반적으로 수신이 안 될 경우라도 베란다로 안테나를

이동하면 저층이라도 전파 음영 지역이 아니라면 어느 정도 수신이 가능함을 <표 9>에서 알 수 있다. 실내수신은 되지 않으나 베란다에서 수신 성공한 가구는 8가구였으며 이들 가구의 경우 거실 실내 평균 수신 전압은 32.2 dB μ V이다. 안테나를 베란다로 이동한 후 평균 수신 전압은 37.7 dB μ V로 약 5dB 증가하였다.

표 9. 거실과 베란다는 수신성공률
Table 9. Reception availability vs living room / veranda

측정 가구수	거실 실내수신 성공	베란다 수신 성공
35	17(49%)	25(71%)

이론에서 제시한 전파모델에서는 유리가 있는 콘크리트 벽에 의한 차단 계수가 7dB 정도이며, 실제 측정결과에서는 5dB 전후에서 전계강도가 상승하였다.

1.3.3 다세대

다세대 주택에서는 실내 수신점의 높이가 비교적 낮아서 주변의 여건에 영향을 받았다.

특히, 근거리에서 위치한 고층건물에 의하여 전파가 차단되기 쉽고 비슷한 모양과 높이의 건물들과 아주 가깝게 밀집된 경우가 많아 반사환경이 좋지 않았다. 다세대 건물의 거실 내 평균 수신 전압은 33.9dB μ V로 아파트에 비하여 약 3dB가 낮았다. 건물자체의 벽두께는 아파트에 비해 얇고 철골구조가 아니어서 전파 조건이 좋을 수 있겠으나, 작은 유리창, 낮은 고도(대부분 3층 이하의 저층), 주변 건물로 인한 장애물이 낮은 전계강도의 원인으로 추정된다. 거리별 수신성공률 분석결과, 송신소와의 거리가 10Km이내의 근거리에서는 수신성공률이 높으나 원거리에서는 현저히 떨어졌다.

1.3.4 단독주택

단독 주택 역시 실내 수신점의 높이가 낮기 때문에 주변의 여건에 심하게 영향을 받았다.

송신소 방향에 아파트 단지나 고층 건물이 있을 경우 거의 수신이 불가능하고 지나가는 사람이나 자동차 등 다이나믹 고스트(dynamic ghost)의 영향을 받았다.

단독주택 거실 내 평균 수신 전압은 31dB μ V로 전파 환경이 가장 좋지 않았으며, 다세대와 유사한 원인으로 낮은

전계강도가 형성되고 있었다.

거리별 수신성공률은 송신소로부터 10Km이내의 근거리에서는 수신성공률이 비교적 양호하나 원거리에서는 현저히 떨어졌다.

2. 지역별 분석

2.1 전체 종합결과

실내수신 환경에서 주전파가 입사되는 출입구는 TV가 있는 거실의 창문이므로 거실의 창문의 방향과 송신소 방향과의 일치여부에 따라 수신율이 달라진다. 일치할 경우 즉 베란다가 송신소를 바라보고 있는 경우는 수신율이 매우 양호하며, 90도를 이루는 경우 즉 송신소가 건물의 측면에 놓이는 경우는 품질이 현저히 나빠져서 수신율이 매우 낮았다. 송신소를 등지고 있는 경우는 베란다 전면에 적당한 거리의 반사판이 될 수 있는 건물 등이 있으면 수신이

양호하였다.

우리나라의 주택의 대부분이 남향이나 남동향으로 건축되어 있어 송신소가 측면에 놓이게 되는 동-서부 지역은 전파 입사가 잘 되지 않아 실내 수신전압이 각각 28.3, 32.7 dB μ V로 낮아서 수신율이 낮으며, 송신소를 바라보게 되는 북부 지역은 수신전압이 38.5dB μ V로 비교적 높아 수신 성공률이 높은 경향을 나타내었다(표 10, 그림 10).

2.2 북부지역

송신소를 기준으로 북부에 위치한 건물의 경우, 베란다 창문이 관악산 송신소를 향하게 되어 있어 전파 입사가 잘 되고 평균 수신 전압도 비교적 안정적이어서 실내 수신 성공률이 양호하였다. 지역별로 보면, 서울, 고양, 남양주 시내 지역은 수신이 양호하였다. 다만, 구리지역은 아차산, 의정부 지역은 도봉산으로 인한 전파 차단으로 전계가 미약하여 실내 수신이 어려웠다(그림 11).

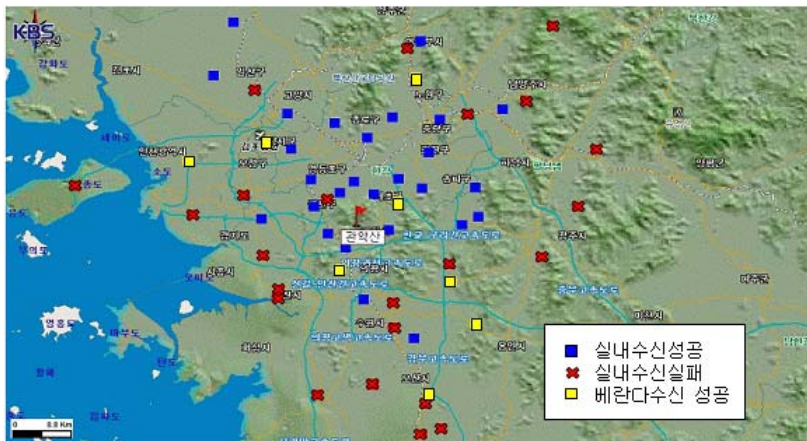


그림 10. 지역별 수신결과
Fig. 10. Reception availability distribution

표 10. 지역별 수신 결과
Table 10. reception availability vs location

지역분류	대상가구수	실내수신성공	백분율	평균수신전압	비 고
북부지역	27	19	70.3%	38.5dB μ V	서울, 고양, 의정부, 구리, 남양주
동부지역	8	3	37.5%	28.3dB μ V	성남, 과천, 광주, 양수리
서부지역	9	2	22.2%	32.7dB μ V	인천, 부천, 시흥, 광명, 안산
남부지역	14	4	28.5%	32.9dB μ V	안양, 수원, 오산, 평택, 화성, 용인

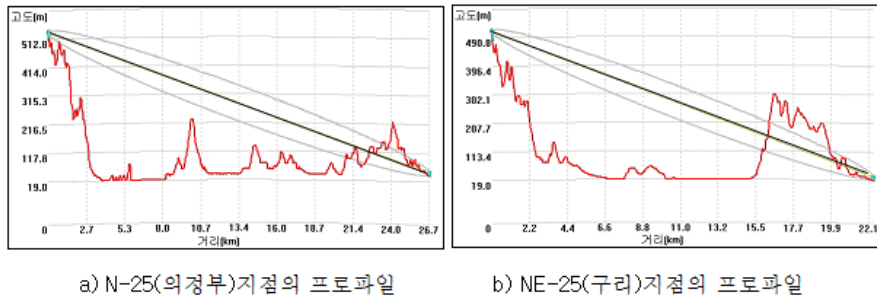


그림 11. 북부 지역의 지형 프로파일
 Fig. 11. Terrain profile of northern area

2.3 동부지역

관악산 송신소 동부지역은 청계산 능선에 의한 전파 차단이 심하여 평균 실내 수신전압이 28.3dB μ V 로 매우 낮아 수신 성공률이 좋지 않았다. 관악산으로부터 약 7.5Km 지점에 청계산과 18Km에 남한산이 있어 광주, 성남 등의 지역은 실내수신이 거의 불가능하였다(그림 12). 특히 분당 지역은 경부 고속도로 주변에 들어선 초고층 주상복합 건물에 의한 전파 차단이 심하여 실내 전계가 매우 미약하였

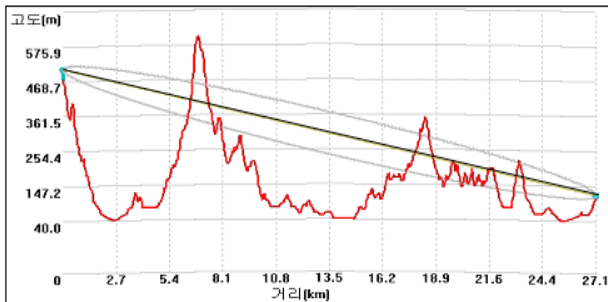


그림 12. E-25(광주)지점 프로파일
 Fig. 12. Terrain profiles of eastern area

다. 다만, 성남시 북쪽 지역 수정구와 중원구는 회절과가 수신되어 실내 수신이 가능하였다.

2.4 남부지역

관악산 남부의 근거리 지역은 실내수신이 잘되었으나 원거리로 갈수록 수신이 잘되지 않았다. 건물의 배란다 방향과 송신소 방향이 반대이긴 하지만, 배란다 방향으로 적당한 전파 반사물이 존재할 경우, 즉 앞 동이나 건물이 있으면 수신이 양호함을 알 수 있었다.

수원지역은 아파트 지역의 경우 비교적 수신이 양호하나 다세대나 단독 주택 지역은 지대가 낮고 인근의 낮은 야산 등의 장애물로 인하여 실내 수신이 어려웠다.

원거리 지역인 화성이나, 오산, 평택은 실외에서는 양호하나 실내수신 전계가 미약하여 수신이 어려웠다(그림 13).

2.5 서부지역

관악산 서부지역은 동부지역에 비하여 산악지형이 많지는 않다(그림 14). 그러나 측정 가구의 대부분이 남향으로

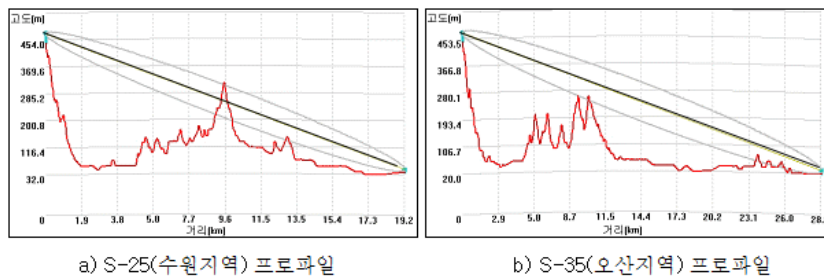


그림 13. 남부 지역의 지형 프로파일
 Fig. 13. Terrain profiles of southern area

향해 있어 송신소방향이 배란다 창문과 직각을 이루는 경우가 많아 실내수신이 어려웠다. 안산 지역은 수리산 전파 음영지역이어서 수신전계가 미약하여 실내수신이 불가하였다.



그림 14. W-25(인천 주안)지점 프로파일
Fig. 14. Terrain profile of western area

3. 안테나별 분석

필드테스트에서는 지향성 안테나와 무지향성 안테나를 사용하여 조사하였다. 지향성 안테나는 빔폭이 좁고 이득이 커서 수신전압도 크고 RF 마진도 큰 편이었으며, 무지향성 안테나는 전 방향에서 전파가 입사되어 다중경로 간섭이 심하고, 상대적으로 작은 안테나 이득으로 수신전압이 지향성 안테나에 비하여 2~5dB정도 낮았다. 전체적으로 지향성 안테나가 무지향성 안테나보다 성공률이 높았다(표 11). 특히 아파트보다는 단독주택과 다세대 등에서 주변의 건물 등의 인공장애물에 의해 멀티패스가 심해지는 환경에서 두 안테나간의 수신율 차이를 보였다. 그 이유로는, 측정대상 수신기의 고스트 처리 능력이 상대적으로 긴 고스트에 대해서는 성능이 저하되는 것으로 지향성 안테나에 의한 주 신호와 고스트 신호의 차이를 분리해야 수신가능성이 높아질 것이다.

3.1 안테나 이득과 수신 결과

지향성 안테나가 무지향성에 비하여 이득이 높아 수신 전압 면에서 평균 5dB 정도 높았으며 수신 성공률 또한 높았다.

실내수신은 실외수신에 비하여 수신 전계강도가 낮기 때문에 안테나의 이득이 매우 중요한 요소로 작용함을 알 수 있었다.

3.2 전파 수신 각도

무지향성 안테나가 지향성에 비하여 수신 각도는 넓으나 수신율에서는 좋지 않았다. DTV 전파가 실내로 입사되기 이전에 다중경로 페이딩을 겪으며 실내에 입사하여 다중경로 페이딩이 증가되므로, 무지향성 안테나는 360도 전 방향에서 전파를 수신하므로 실내에서 물체가 움직일 경우 지향성에 비하여 더 심하게 영향을 받았다. 이는 DTV 수신기가 다이내믹 고스트에 대해 매우 취약하기 때문에 나타나는 결과로 여겨진다.

4. 실내수신 분석결과 요약

4.1 송신점과 수신점 사이의 전파 장애물 유무

산악 지형이나 큰 건물 등으로 인한 전파 음영지역이 아니어야 하며, 장애물이 있더라도 수신점 근처가 아닌 어느 정도 거리가 있으면 회절효과가 양호하게 수신될 수 있었다.

<그림 15>와 같이 비슷한 거리의 두 지점의 프로파일을 비교해보면 [E-20(성남)]지점은 청계산이 장애물로 작용하지만 수신점과의 거리가 멀어 회절효과가 안정되게 수신되어 실내 수신이 가능하며, [S-20(수원 권선)]은 근거리에 야산

표 11. 안테나별 수신 결과 (실내수신 성공 28기구 대상)

Table 11. Reception results vs antenna types

대상가구	지향성 안테나			무지향성 안테나		
	수신 양호	일부채널 수신	평균수신전압	수신 양호	일부채널 수신	평균수신전압
아파트(17)	17	0	45.1dB μ V	13	4	40.8dB μ V
다세대(6)	6	0	42.1dB μ V	3	3	37.1dB μ V
단독주택(5)	4	1	38.5dB μ V	3	2	36.5dB μ V

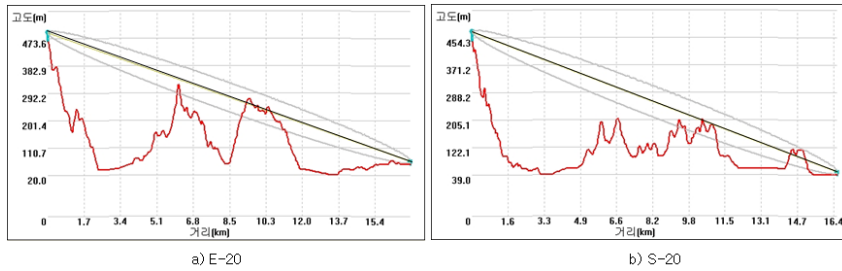


그림 15. 서쪽과 남쪽 프로파일 비교
 Fig. 15. Terrain profile comparison of west and south areas

이 있어 전파가 회절이 되지 않아 실내 수신이 되지 않았다. 아파트의 경우 층수가 높을수록 주변의 자동차나 건물 등에 영향을 받지 않으므로 안정되게 수신할 수 있는 가능성이 높았다.

4.2 베란다의 방향

TV 시청은 일반적으로 가정 내 거실에서 이루어지며 실내수신의 경우 전파의 통로는 거실의 베란다 창문이다. 이 창문이 가급적 송신소의 방향으로 향해 있어야 하고 베란다 방향이 송신소 방향과 가까울수록 수신이 양호하였다. 이론적으로 유리벽을 통과하면 7dB 전후, 콘크리트 벽은 20dB 가량의 전파손실이 발생하므로 이를 감안하여 안테나의 위치를 선정하는 것이 중요하다.

베란다 방향과 송신소와 이루는 각이 직각 근처인 경우 즉 송신소가 건물의 측면에 놓이는 경우에는 수신이 매우 어려웠다. 베란다 방향과 송신소와 이루는 각이 180도 근처인 경우 즉 송신소가 건물의 뒤쪽에 있을 경우 베란다 방향에 적절한 반사판 역할을 하는 건물이 존재하면 안정되게 수신될 가능성이 높았다.

4.3 반사환경

DTV를 수신하는 가장 안정된 방법은 직접파를 수신하는 것이나, 도심지에서 직접파 보다는 반사파나 회절파를 수신하는 경우가 많으며, 이 경우 수신점 주변 건물의 분포 형태에 따라 수신 전파의 품질이 결정된다. 건물이 밀집되어 건물간의 거리가 가까우면 멀티패스가 증가하게 되고 수신 전계도 떨어져 수신 성능이 나빠진다.

4.4 대책 및 개선방향

다양한 각도에서의 측정과 분석을 통해서 실내수신에서 중요한 요소는 전계강도의 확보와 다중경로 간섭의 최소화임을 확인하였다. 따라서 방송사 입장에서는 송출출력의 조정 및 중계시설의 확충을 통해 수신 전계강도의 확보를 보장하기위한 노력이 필요하다. 또한, 올바른 실내수신 안테나의 설치방법에 대한 홍보를 충분히 수행하여야 한다. 수신 칩셋을 제조하는 업체의 경우 실내수신의 큰 문제점인 다이나믹 고스트의 처리 성능 개선과 수신 감도의 개선이 요구되며, 안테나 생산 업체는 안테나 이득 및 지향 특성의 보완을 통해 다중경로 간섭 영향을 개선할 수 있다.

VI. 결 론

지상파 디지털 방송환경에서 실내수신 성능을 개선하기 위해 주택 유형에 따른 실내에서의 DTV 수신환경을 측정하고 그 결과를 분석하였다.

실내 전파 모델에 대한 이론적인 분석과 한국의 주택 구조에 대한 연구를 통해서 측정 대상 가옥구조 및 측정위치 등에 대한 기본적인 원칙을 수립하였다. 관악산 송신소를 중심으로 40km 이내의 수도권 지역을 대상으로 일정 간격으로 측정점을 선정하였으며, 다양한 수신조건에서 DTV 신호를 측정하였다.

측정에 사용한 장비는 일반 시청자들이 많이 사용하는 장비를 채택하였으며, 실험실 테스트를 통해서 안테나 및 수신기의 특성을 상세히 분석하여 측정에 적용하였다. 안테나는 지향성과 무지향성 안테나를 사용하였으며, 수신기는 현재 많

이 보급되고 있는 칩셋을 채택한 것으로써 고스트 처리 성능, 수신 감도 등 전반적인 특성을 사전에 충분히 검증하였다.

측정 결과의 분석을 통해, 송신소 기준 방위각 및 거리, 각 주택유형별, 층수별, 가구 내 측정 위치별 수신 전계강도 및 수신율의 변화를 확인하였다. 전체 결과를 종합해보면, 남쪽 보다는 북쪽 측정 지역이, 거실보다 베란다에서의, 무지향성 안테나 보다는 지향성 안테나의 평균 수신 전계강도가 높았으며 수신율도 좋았다.

본 연구를 통하여 지상파 DTV의 실내수신환경에 적합한 전파 조건 및 수신 방법 등을 확인 할 수 있었다. 측정결과 및 분석 자료는 지상파 DTV의 실내 수신 서비스 확대를 위한 기본 자료로서 활용될 예정이다.

참 고 문 헌

[1] "ATSC Digital Television Standard, Rev.E with Amendments No.1 and 2", ATSC Standard A/53E, Dec. 2005.
 [2] O. Bendov et al, "DTV Coverage and Service Prediction, Measurement and Performance Indices", IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. 47, No. 3, Sep. 2001.
 [3] Stephen R. Martin, "Tests of ATSC 8-VSB Reception Performance of Consumer Digital Television Receivers Available in 2005", FCC/OET TR 05-1017, Nov. 2005.

[4] Y. W. Suh et al, "Field Test Results of Digital On-Channel Repeaters in the DTV Transmission Network in Korea", 56th IEEE Broadcast Symposium, Oct. 2006.
 [5] Y. W. Suh et al, "Comparison of Distributed Translators", 57th IEEE Broadcast Symposium, Oct. 2007.
 [6] J. Seybold, "Introduction to RF Propagation", John Wiley & Sons, 2005.
 [7] S. Saunders, "Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems", John Wiley and Sons, 1999.
 [8] H. Hashemi, "The Indoor Propagation Channel", Proceedings of the IEEE, pp.943-968, Vol. 81, No. 7, July 1993.
 [9] J. Kivinen et al, "Empirical Characterization of Wideband Indoor Radio Channel at 5.3GHz, IEEE Trans. on Antenna and Propagation", pp.1192-1203, Vol. 49, No. 8, Aug. 2001.
 [10] "Propagation Data and Prediction Methods for the Planning of Indoor Radio Communication Systems and Radio Local Area Networks in the Frequency range 900MHz to 100GHz", ITU-R P.1238-2, Geneva, 2001.
 [11] 통계청 인구가구통계, <http://www.kosis.kr/>, 2007.
 [12] 이용성, "다세대주택 주호평면의 공간배치 특성 및 영향요인에 관한 연구", 서울대학교 대학원 공학석사학위논문, Feb. 2008.
 [13] "Guide to the use of the ATSC Digital Television Standard, Rev.A", ATSC Recommended Practice A/54, Dec. 2003.
 [14] Y. Wu et al, "An ATSC DTV Receiver With Improved Robustness to Multipath and Distributed Transmission Environments", IEEE Trans.on Broadcasting, Vol. 50, No. 1, March 2004.
 [15] 김영민, 서영우, 목하균, 권태훈, 이상길, "DTV 필드테스트를 위한 통합 측정 및 분석 시스템 개발", 방송공학회논문지, 제10권 제4호, pp.599-609, Dec. 2005.

저 자 소 개



서 영 우

- 1991년 3월 ~ 1995년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)
- 1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 서울대학교 제어계측공학과 (공학석사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 박사과정
- 1997년 3월 ~ 현재 : KBS 방송기술연구소 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, RF 신호처리, DTV 전송시스템



유 호 진

- 1987년 3월 ~ 1991년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
- 1996년 3월 ~ 1998년 2월 : 충북대학교 전자공학과 (공학석사)
- 1998년 3월 ~ 2002년 8월 : 충북대학교 전자공학과 (공학박사)
- 1994년 12월 ~ 2007년 9월 : KBS 기술본부
- 2007년 10월 ~ 현재 : KBS 방송기술연구소 선임연구원
- 주관심분야 : 디지털 통신, RF 신호처리

 저 자 소 개



박 민 호

- 1990년 3월 ~ 1997년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1997년 1월 ~ 현재 : KBS 기술본부
- 주관심분야 : DTV / DMB 전송, 디지털 통신시스템



박 준 성

- 1997년 3월 ~ 2003년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)
- 2003년 1월 ~ 현재 : KBS 기술본부
- 주관심분야 : DTV / DMB 전송, RF신호처리



김 규 영

- 1981년 11월 : KBS 입사
- KBS 방송망운용국 차장
- KBS 대구총국 제작기술부장
- KBS 안동방송국 기술부장
- 현 KBS 디지털전환프로젝트팀 팀장
- 주관심분야 : 디지털 방송 시스템, 방송파 전파 설계



서 종 수

- 1975년 : 연세대학교 전자공학과 (공학사)
- 1983년 : Univ. of Ottawa, Canada 전기공학과 (공학석사)
- 1998년 : Univ. of Ottawa, Canada 전기공학과 (공학박사)
- 1975년 ~ 1981년 : LG정밀 중앙연구소
- 1987년 ~ 1989년 : IDC, Canada 책임연구원
- 1990년 ~ 1992년 : 삼성종합기술원 정보 시스템 연구소 수석연구원
- 1992년 ~ 1995년 : CAL, Canada 책임 연구원
- 1995년 ~ 현재 : 연세대학교 전기전자공학과 정교수
- 주관심분야 : 디지털 통신 / 방송 시스템, Resource allocation, CDMA, OFDM