

실내 디지털 TV용 안테나 특성 측정에 관하여

박진택¹ · 이종익^{2*} · 여준호³

On the measurement of characteristics of antennas for indoor digital TV

Jin-Taek Park¹ · Jong-Ig Lee^{2*} · Junho Yeo³

¹Department of Mobile Communication Engineering, Changshin University, Changwon 630-764, Korea

²Department of Electronics Engineering, Dongseo University, Busan 617-716, Korea

³School of Computer and Communication Engineering, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

요 약

본 논문에서는 포트 임피던스가 75옴인 실내 디지털 TV (DTV)용 안테나의 특성 측정 방법에 대해 소개하였다. 일반적인 RF (혹은 마이크로파) 시스템과 측정 장비의 기준 임피던스는 거의 대부분 50옴이다. 이에 비해 실내 디지털 TV용 안테나의 기준 임피던스는 75옴이므로 기준 임피던스가 50옴인 측정 장비를 이용하여 직접 특성을 측정할 수 없다. 50옴을 기준으로 하는 장비를 이용하여 75옴에 적합하도록 설계된 안테나의 특성(임피던스, 복사패턴 및 이득)에 대한 측정방법을 소개하였다.

ABSTRACT

In this paper, measurement methods for the characteristics of antennas for indoor digital TV (DTV), having 75-ohm port impedance, are introduced. Reference impedance of typical radio frequency (or microwave) systems and measurement equipments is 50 ohm. However, the reference impedance of antennas for indoor DTV is 75 ohm, and the characteristics of the antennas cannot be measured directly using the measurement equipments. Measurement methods, using test equipments with reference impedance of 50 ohm, for the characteristics(impedance, radiation patterns, and gain) of antennas designed to fit for 75 ohm port are introduced.

키워드 : 실내 디지털 TV 안테나, 75옴 포트, 평면 안테나, 안테나 측정

Key word : indoor digital TV antenna, 75 ohm port, planar antenna, measurement of antenna

접수일자 : 2014. 08. 18 심사완료일자 : 2014. 09. 11 게재확정일자 : 2014. 09. 22

* **Corresponding Author** Jong-Ig Lee(E-mail:leeji@dongseo.ac.kr, Tel:+82-51-320-1761)

Department of Electronics Engineering, Dongseo University, Busan 617-716, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2014.18.10.2345>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

가정용 지상파 디지털 TV(DTV) 방송은 별도의 유료 가입 없이 누구나 고품질의 방송을 무료로 수신할 수 있는 편리하고 유익한 서비스이다. 지상파 DTV용 주파수 대역은 UHF 대역(470~806 MHz)으로서 주파수 범위가 비교적 넓고 편파는 대지면에 대해 수평편파이다. 별도의 증폭기 없이 방송신호를 수신하기 위해서 DTV용 안테나는 광대역이면서 수평면에서 적절한 이득을 유지하여야 한다.

전형적인 RF시스템에서 포트 임피던스(혹은 기준 임피던스)가 50옴인 것에 비해 지상파 방송을 수신하는 실내 DTV용 포트의 임피던스는 75옴이다. 따라서 지상파 DTV용 안테나의 광대역 특성은 포트 임피던스 75옴에 정합되도록 설계되어야 한다. 제작된 안테나의 특성을 실험을 통해 확인하기 위해서는 주의가 필요하다. 왜냐하면 거의 대부분의 고주파 관련 측정 장비 및 시스템이 50옴을 기준 임피던스로 하고 있어서 75옴을 기준으로 하는 DTV의 특성을 직접 측정하기 어렵기 때문이다. 지상파 DTV용 안테나에 대한 대부분의 기존 연구들[1-3]에서 50옴을 기준 임피던스로 하여 안테나를 설계하였고, 주로 휴대전화, PMP(portable multimedia player), lap-top PC 등에 장착하기 위한 것들이었다. 일부 연구들[4, 5]은 75옴을 기준 임피던스로 하고 안테나를 설계하였으나, 안테나 특성을 측정하는 방법을 소개한 바는 거의 없다. 최근 발표된 일부 DTV용 안테나에 대한 연구 논문들[6-8]에서 이에 대한 간략한 언급이 있었으나 구체적인 방법에 대해서는 소개된 바가 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 UHF 대역 지상파 실내 DTV용 안테나의 특성 측정방법과 측정시 유의점에 대해 소개하고자 한다. 제시된 방법을 적용한 특성 측정 사례를 소개하고 이를 통해 연구내용의 타당성을 확인하고자 한다.

II. 본 론

2.1. 실내 DTV용 안테나의 임피던스 측정

실내 DTV는 포트 임피던스가 75옴이고 그에 연결되는 케이블이나 커넥터, 증폭기 또한 75옴 특성 임피던

스에 정합이 되어야 한다. 그림 1은 시중에서 판매되는 스펙트럼 社[9]의 DTV용 안테나와 증폭기의 사양을 예로 제시한 것이다. 75옴 시스템에 적합하도록 안테나의 종단에 연결하는 급전용 커넥터는 F형(그림 2a)이고 50옴 시스템에는 SMA형(그림 2b)이 대표적이다.

| 제품사양 | |
|------------|--------------------|
| 모델명 | DT-600 (3DTV 안테나) |
| 채널 | 14~69 (470~806MHz) |
| 이득 (Gain) | 7.5dB(max) |
| VSWR | 2.0이하 |
| 임피던스 | 75ohm |
| 크기 | 220 x 290 x 90mm |
| 안테나 케이블 길이 | 3M |
| 보증 기간 | 무한 |
| 제조 / 공급 | ㈜ |

LP49 (디지털 TV 실내용 안테나)
 DTV Ch : 14 ~ 69 [450~950 MHz]
 Gain : 5dBi
 VSWR : 2.0이하
 Impedance : 75 ohm
 콘넥터 : F Type

HDTV 신호 증폭기

약한 HDTV신호를 고품질 HDTV로 증폭시켜줍니다

Spectrum HDB-30H

- 주파수범위: 470~806MHz
- 임피던스: 75ohm
- 증폭시 이득: 30dB
- 전원전압: DC 6V/220V
- 크기: 80 X 80 X 20mm

그림 1. 실내 DTV용 안테나 관련 75옴 시스템
 Fig. 1 75-Ohm systems for indoor DTV antenna

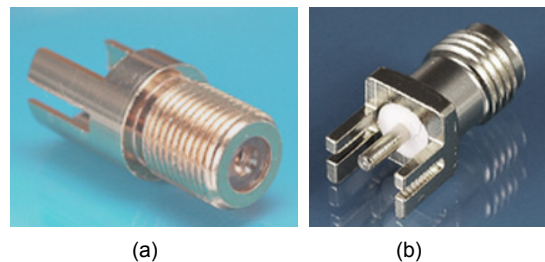


그림 2. 안테나 커넥터 (a) F형 (75옴) (b) SMA형 (50옴)
 Fig. 2 Antenna connector (a) F type (75 Ohm) (b) SMA type (50 Ohm)

DTV용으로 적합하도록 파라미터 값들을 최적화시킨 안테나 구조를 제작한 후 75옴 포트와 정합특성을 측정하기 위해 (기준 임피던스 75옴에 대한 반사계수를 직접 측정할 수 있는 장비는 현실적으로 제공되지 않으므로) 50옴을 기준 임피던스로 하는 회로망 분석기 (Vector Network Analyzer; VNA)를 이용하여야 한다. 75옴을 기준으로 하는 반사계수를 측정하기 위해서는 먼저 50옴을 기준으로 하는 반사계수를 측정한다. 제작된 피측정 안테나(Antenna Under Test; AUT)의 급전부에 50옴용 SMA 커넥터를 납땜하고 50옴을 기준 임피

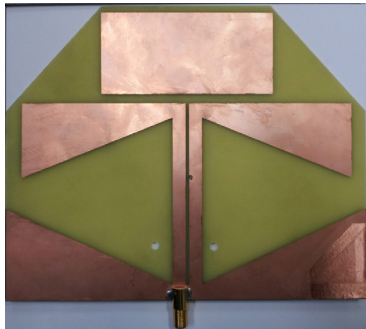
던스로 하는 VNA를 이용하여 반사계수($S_{11}^{50\Omega}$)를 측정한다. 측정된 반사계수로부터 안테나의 입력 임피던스(Z_{in}), 75옴을 기준 임피던스로 하는 반사계수($S_{11}^{75\Omega}$)와 정재파비($VSWR^{75\Omega}$)를 각각

$$Z_{in} = 50 \times \frac{1 + S_{11}^{50\Omega}}{1 - S_{11}^{50\Omega}} \quad (1)$$

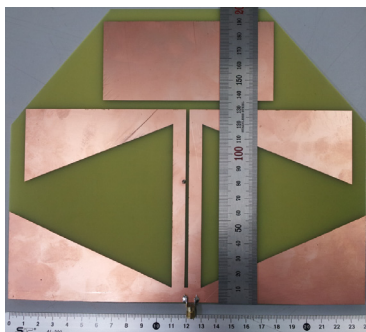
$$S_{11}^{75\Omega} = \frac{Z_{in} - 75}{Z_{in} + 75} \quad (2)$$

$$VSWR^{75\Omega} = \frac{1 + |S_{11}^{75\Omega}|}{1 - |S_{11}^{75\Omega}|} \quad (3)$$

와 같이 계산한다. 이 때, 주의할 점은 AUT 주위가 자유공간과 동일한 조건이 되도록 전자파 환경이 갖추어져 있어야 한다.



(a)



(b)

그림 3. 커넥터가 연결된 안테나 (a) F형 (b) SMA형
Fig. 3 Antennas connected to connectors (a) F type (b) SMA type

그림 3은 SMA 및 F형 커넥터에 연결된 준-야기(quasi-Yagi) 안테나[6]를 나타내며, 임피던스 측정 시에는 SMA형 커넥터에 연결되고, 복사패턴과 이득 측정과 같은 복사특성 실험에는 F형 커넥터에 연결되어야 한다.

그림 4는 반사계수 측정과정을 도식화 한 것이다.

그림 5는 DTV용 주파수 대역(470-806 MHz) 측정에 적합하도록 조성된 전자파 무반사실로서 내부 공간은 7 m(길이)×3 m(폭)×3 m(높이) 크기이다. 벽면 흡수체는 페라이트 타일로 구성되며, 시험용 주파수 범위는 1 GHz 이하이다.

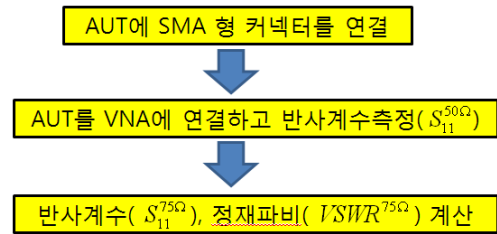


그림 4. 반사계수(혹은 정재파비) 구하는 과정
Fig. 4 Process to obtain reflection coefficient(or VSWR)



그림 5. EMC 챔버(경북대)
Fig. 5 EMC chamber(Kyungpook National University)

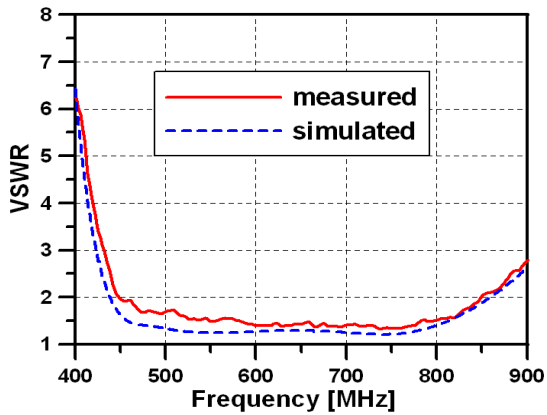


그림 6. 제작된 안테나의 VSWR 측정결과
Fig. 6 Measured VSWR of fabricated antenna

그림 6은 DTV용으로 제작된 AUT의 정재파비를 제한된 방법을 이용하여 측정한 결과이다. AUT는 그림 3의 준-야기 안테나이고, 임피던스 측정에 사용된 VNA는 Agilent 사의 N5230A 모델이다. VNA로 측정된 임피던스로부터 $VSWR^{75\Omega}$ 을 계산한 후 시뮬레이션 결과와 비교한 것으로서 실험결과가 시뮬레이션(CST 사의 Microwave Studio)에 의해 예측된 결과와 잘 일치한다.

2.2. 복사패턴 및 이득 측정

제작된 안테나는 75옴에 정합되도록 설계되었으므로 75옴 시스템에 연결된 상태에서 복사특성이 측정되어야 한다. 대부분 신호 발생기의 전원 임피던스는 50옴이므로 50옴 신호 발생기와 75옴 안테나 간 임피던스 변환기를 삽입해야 한다. 송신 안테나 뿐만 아니라 수신 안테나로 75옴 안테나를 사용하는 경우에도 수신 전력레벨을 측정하는 스펙트럼 분석기와 수신 안테나 사이에 임피던스 변환기가 추가 되어야 한다.



그림 7. 50옴과 75옴 간 임피던스 변환기
Fig. 7 50 Ohm-to-75 Ohm impedance transformer

그림 7은 상용 임피던스 변환기(에스알테크날리지 사[10])로서 약 6 dB 정도의 삽입손실이 발생된다.

그림 8은 포트 임피던스가 50옴인 일반적인 RF용 안테나의 복사패턴 측정 시스템을 도시한 것이다.

그림 9는 75옴 안테나의 특성 측정에 적합하도록 그림 8의 송신측과 수신측 각각에 임피던스 변환기를 추가시킨 측정 시스템 구성도이다. 그림 9에서 지향성 패턴만 측정하고자 하는 경우에는 송신부를 그림 8과 동일한 상태로 두어도 무방하다.

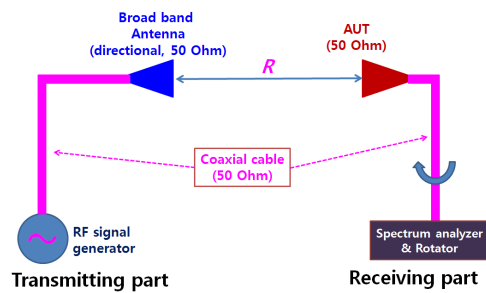


그림 8. 50옴 안테나용 복사패턴 측정 시스템
Fig. 8 Radiation pattern measurement setup for 50 Ohm antennas

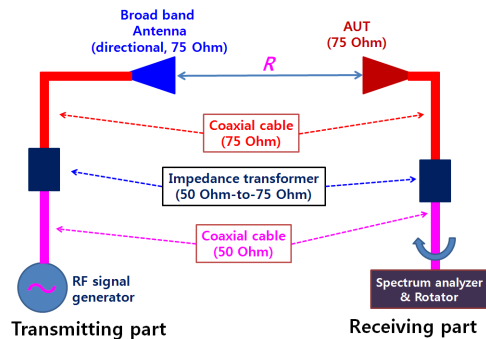


그림 9. 75옴 안테나용 복사패턴 측정 시스템
Fig. 9 Radiation pattern measurement setup for 75 Ohm antennas

주파수별 안테나 이득은 AUT와 성능을 비교할 75옴용 표준 안테나가 없으므로 송수신 안테나를 동일한 것으로 하는 2-안테나 방법(two antenna method)[11]을 이용하면 측정이 가능하다. 2-안테나 방법은 AUT와 동일한 안테나를 송신측에도 연결한 상태에서 Friis 공식 [11]을 이용하여 이득을 구하는 것이다. Friis 공식에 의

해 자유공간 상에서 송수신 안테나 간 거리 R , 송신 안테나 공급 전력 P_t , 송신(수신) 안테나 이득 G_t (G_r) 일 때, 수신 전력은

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r \lambda_0^2}{(4\pi R)^2} \quad (4)$$

이고, 여기에서 λ_0 는 자유공간 파장이다.

송신 안테나와 수신 안테나가 동일하면 AUT의 이득은

$$G_t = G_r = G_{AUT} = \frac{4\pi R}{\lambda_0} \sqrt{\frac{P_r}{P_t}} \quad (5)$$

와 같이 얻을 수 있다. 식 (5)를 dB 형식으로 변환시키면

$$G_{AUT} = -\frac{1}{2} \Delta P + 10 \log_{10} \left\{ \frac{4\pi R}{\lambda_0} \right\} [\text{dB}] \quad (6)$$

와 같고 여기에서 $\Delta P = P_r - P_t$ 이다. 식 (6)에서 ΔP 는 송신 안테나에 공급된 전력과 수신 안테나에 수신된 전력 간 dB값 차이이며 실험적으로 구해야 하는 것이다. ΔP 는 송수신 안테나를 모두 연결한 상태에서 스펙트럼 분석기의 수신 전력 레벨 P_0 와 송수신 안테나를 케이블에서 분리시키고 송수신 케이블을 직접 연결시킨 상태에서 스펙트럼 분석기의 수신 전력 레벨 P_{thru} 를 각각 측정후 그 차이($\Delta P = P_{thru} - P_0$ [dB])로부터 얻을 수 있다. 이 때, 송수신 안테나 사이의 거리(R)는 자유공간 파장과 AUT 크기에 비해 충분히 큰 값이어야 주파수별 오차가 적어진다.

위의 방법을 이용하여 그림 3의 안테나의 복사패턴과 이득을 전자파 무반사실에서 측정하고 시뮬레이션과 비교하여 그 결과를 그림 10에 제시하였다. 그림 9의 측정 시스템에서 광대역 지향성 안테나는 상용 DTV 수신용 광대역 대수주기 안테나(log-periodic antenna : 모델명 LP49, 스펙트럼 社[9])를 사용하였으며, 시스템 구성 사진은 그림 5에 제시되어 있다. 그림 10에 제시된 바와 같이 복사패턴 및 이득 측정 결과들이 시뮬레이션과 잘 일치하는 것을 볼 수 있다.

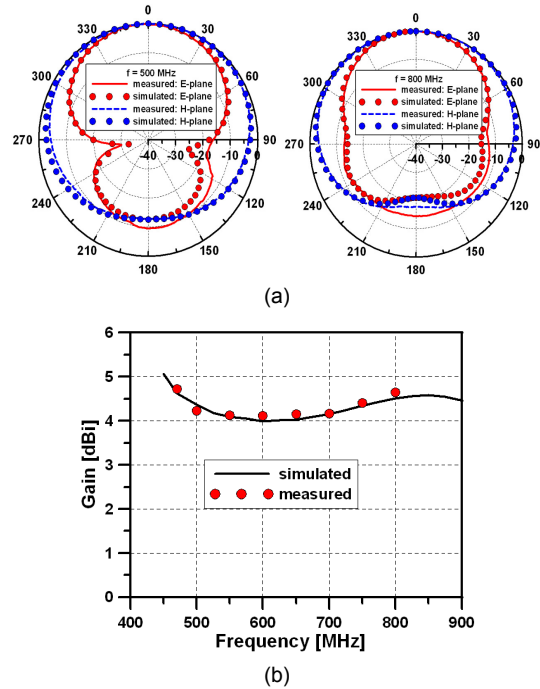


그림 10. 복사특성 측정결과 (a) 복사패턴 (b) 이득
Fig. 10 Measured radiation characteristics (a) radiation patterns (b) gain

III. 결 론

본 논문에서는 75옴을 기준 임피던스로 하는 실내 DTV 방송 수신용 안테나의 특성 측정 방법에 대해 소개하였다. 일반적인 고주파 시스템, 안테나, 측정 장비 등이 50옴을 기준 임피던스로 하는 것에 비해 75옴 시스템인 실내 DTV용 안테나의 특성을 직접 측정하는 것은 불가능하므로 50옴 측정 시스템을 이용하여 간접적으로 측정하는 방법과 유의사항에 대해 소개하였다. 안테나의 임피던스 특성(반사계수, 정재파비) 측정과 복사 특성(복사패턴, 이득) 측정으로 구분하였고, 측정용 부품, 측정 장비, 측정 시스템 등에 대해서도 자세히 소개하였다. 제안된 방법을 이용하여 실내 DTV용으로 적합하도록 제작된 평면 준-야기 안테나의 정재파비, 복사패턴, 이득 등을 측정된 결과를 제시하였고, 실험결과들이 시뮬레이션결과들과 상호 잘 일치하여서 본 연구 내용의 타당성을 검증할 수 있었다.

REFERENCES

- [1] J. Holopainen, O. Kivekäs, C. Icheln, and P. Vainikainen, "Internal broadband antennas for digital television receiver in mobile terminals," *IEEE Trans Antennas Propagat*, vol. 58, no. 10, pp. 3363-3374, Oct. 2010.
- [2] K.-L. Wong, C.-I. Lin, T.-Y. Wu, and J.-W. Lai, "A planar DTV receiving antenna for laptop applications," *Microwave Opt Technol Lett*, vol. 42, no. 6, 483-486, Sep. 2004.
- [3] J.-K. Wee, J.W. Park, I.S. Yeom, B.-G. Kim, and C.W. Jung, "Compact DVB-H antenna with broad dual-band operation for PMP applications," *IEEE Antennas Wireless Propag Lett*, vol. 9, 580-583, 2010.
- [4] R. Wang and J. Yang, "A new compact antenna for digital television reception based on the Eleven antenna," *Microwave Opt Technol Lett*, vol. 53, no. 4, pp. 824-827, Apr. 2011.
- [5] O. T.-C. Chen and C.-Y. Tsai, "CPW-fed wideband printed dipole antenna for digital TV applications," *IEEE Trans Antennas Propagat*, vol. 59, no. 12, pp. 4826-4830, Dec. 2011.
- [6] J.-I. Lee, J. Yeo, and J.-T. Park, "Compact Half Bow-tie-type Quasi-Yagi Antenna for Terrestrial DTV Reception," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 14, no. 4, pp. 1908-1914, 2013.
- [7] J.-I. Lee, J. Yeo, and J.-T. Park, "Compact Broadband Monopole Antenna for Digital TV Reception," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 17, no. 9, pp. 1996-2002, 2013.
- [8] J.-I. Lee, J. Yeo, and J.-T. Park, "Design of Broadband Planar Dipole Antenna for Indoor Digital TV Reception," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 18, no. 3, pp. 497-502, 2014.
- [9] <http://www.spectrum.co.kr>
- [10] <http://www.rfsale.com>
- [11] C.A. Balanis, *Antenna theory: Analysis and design*, 3rd ed., Hoboken, NJ: Wiley, 2005.



박진택(Jin-Taek Park)

1980년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1987년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 1993년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
 1981년 2월 ~ 1991년 2월 : 미육군 정보체계사령부 국방통신 대구통제국 선임통제관
 1991년 3월 ~ 현재 : 창신대학교 모바일통신공학과 교수
 ※ 관심분야 : 안테나 설계, 전자파 산란



이종익(Jong-Ig Lee)

1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 1998년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사)
 1998년 3월 ~ 12월 : 금오공과대학교 연구교수
 1999년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 전자공학과 교수
 ※ 관심분야 : 평면 안테나, 전자파 산란



여준호(Junho Yeo)

1992년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
 1994년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학석사)
 2003년 8월 : 미국 Pennsylvania State University 전기공학과 (공학박사)
 1994년 3월 ~ 1999년 6월 : 국방과학연구소 연구원
 2003년 9월 ~ 2004년 6월 : 미국 Pennsylvania State University 박사 후 과정
 2004년 8월 ~ 2007년 2월 : 한국전자통신연구원 RFID 시스템연구팀 선임연구원
 2007년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부 부교수
 ※ 관심분야 : AMC, EBG, FSS 설계 및 안테나 응용, RFID 및 광대역 안테나, 전자파 산란