

논문 2007-44TC-1-3

DTV 신호 측정용 표준 안테나 개발

(Development of Standard Antenna for DTV Signal Measurement)

권원현*, 김준식**, 박영신**, 김영택***

(Won Hyun Kwon, Joon Sik Kim, Young Shin Park, and Young Taek Kim)

요약

본 연구에서는 DTV 전파환경 및 수신환경 측정용 기준 안테나를 LPDA 안테나를 이용하여 개발하였다. 안테나의 재질은 측정 장치 구성 및 해체 시의 기구적 견고성을 확보하고 가벼운 시스템 구성이 가능하도록 Element 및 본체를 두랄루민으로 제작하였으며, 동작 주파수 450 ~ 850 MHz에서 안테나 이득은 FCC 규정치인 10 dBd 이상이 되도록 설계하였다. 개발된 안테나는 전 대역에서 10 dBd 이상 (평균 11.7dBd)의 이득 특성과 ± 1.5 dB의 우수한 통과특성을 지녀 수신환경 측정용 표준안테나로 적합하다.

Abstract

In this paper, LPDA standard antenna for measuring DTV signal strength is developed. Duralumin material is used to fabricate antenna having mechanical strength and flexibility. Operating frequency of designed antenna is range from 450~850MHz and its gain is greater than 10 dBd to satisfy FCC requirements. Experimental results show that the developed antenna has minimum 10 dBd gain (average 11.7 dBd) over the entire frequency region and has ± 1.5 dB pass band ripple characteristic. From the results, the developed antenna is well adequate for standard antenna to measure DTV signal strength.

Keywords: Antenna, Standard Antenna, DTV, LPDA, ATSC Protocol

I. 서론

최근 방송기술 및 방송서비스 고도화 추세에 따라 원하는 방송서비스를 실시간으로 제공받을 수 있는 다양한 형태의 시스템이 개발되고 있으며, 미래의 멀티미디어 방송을 위한 디지털 TV(DTV) 방송 시스템의 연구 개발 및 보급이 활발히 진행되고 있다.

우리나라는 '97년 11월 미국 ATSC 방식을 표준 DTV 방식으로 채택하였으며, 2000년 9월부터의 시험 방송을 거쳐 2001년 수도권, 2003년 광역시, 2004년 도

청소재지, 2005년까지는 시·군·구 전 지역으로 서비스영역을 확장해 2012년에는 궁극적으로는 완전 디지털 방송이 가능한 방송시스템 구축을 목표로 하고 있다. 유럽의 경우, 93년에 구성된 DVB 그룹에서 범 유럽 표준으로 COFDM 전송방식을 활용한 DVB-T 방식을 표준으로 채택, 상용화를 완료하였다^{[1]-[3]}.

양질의 화상 정보 제공이 가능한 DTV 시스템의 효율적인 구축을 위하여 우수한 성능의 송수신기를 확보하여야 할 뿐 만 아니라 다양한 형태의 전파 방해 환경을 극복할 수 있는 수신환경 확보가 필요하다. 우리나라의 경우 방송 전파환경에 대한 기본 자료가 부족하고, 수신환경에 대한 각계의 합일된 평가가 도출된 바 없어 현황 파악 및 개선방안 모색을 위한 다양한 형태의 조사 분석 및 의견 수렴이 필요한 실정이다.

전파환경 측정은 DTV 수신 품질 확보를 위해 앞으로 계속적으로 이루어져야 할 사업으로 효율적인 측정을 위한 측정시스템 및 방법에 대한 지속적인 연구

* 정희원, 안양대학교 정보통신공학과
(Dept. of Information and Communications, Anyang University)

** 정희원, 중앙전파관리소
(Central Radio Monitoring Office)

*** 정희원, 정보통신부 방송위성과
(Ministry of Information and Communication)

접수일자: 2006년12월10일, 수정완료일: 2007년1월15일

및 보완이 이루어져야 한다^[3].

전파환경 측정을 위한 가장 중요한 장치 중의 하나가 전계강도 수신용 안테나이다. 지금까지 사용된 기존의 측정용 안테나는 다양한 방송서비스(아날로그 TV, DTV, FM 라디오 방송) 및 넓은 주파수 대역 (54~806MHz)의 전계강도를 측정하기 위하여 5~6개의 안테나를 사용하였다. 이러한 방식은 측정 장소마다 측정용 차량에 안테나를 설치 및 교체하여 측정한 후, 이동시에는 이를 다시 철거하여야 하므로 측정효율이 떨어질 뿐만 아니라 설치 및 이동시 야기 안테나 element의 파손이 자주 발생하는 등의 단점이 있다.

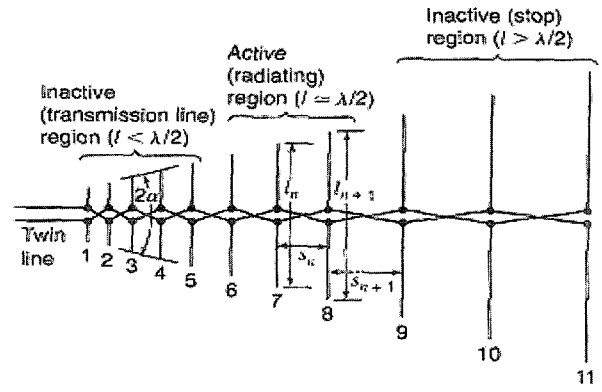
본 연구에서는 여러 개의 안테나로 구성된 기존의 측정용 안테나를 개선하기 위하여 DTV 전 대역에서 동작 가능한 수신용 LPDA(log-periodic dipole array) 표준 안테나를 개발하고 특성을 측정, 평가하였다.

II. 표준 안테나용 LPDA 기본 이론^{[4]-[9]}

1960년 Dwight Isbell에 의해 제안된 LPDA 안테나는 광대역, 고 이득 특성을 지녀 EMI, EMC 등을 비롯한 전자파 측정 기준 안테나로 사용된다. 이 안테나는 주기적인 배열 요소(dipole)들을 연속적인 공진 점을 형성하도록 배치함으로써 주파수 변화에 따라 방사영역(능동영역)이 배열을 따라 이동, 최대방사가 가능하도록 한다.

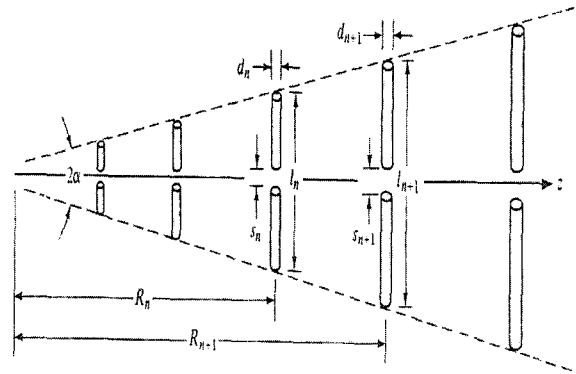
그림 1 (a)에 나타낸 것처럼 안테나는 크게 전력 입력(전송로) 영역, 능동(방사)영역 및 차단영역으로 구성되고, 안테나 중앙부에서 동작 대역의 중심파장 전파의 방사가 일어난다. 이 능동 영역에서의 방사소자 길이는 대략 $\lambda/2$ 이다.

그림 1 (a)의 11 소자 LPDA 의 경우 소자 9, 10, 11 은 약 1λ 정도의 길이를 갖으며, 동작주파수에서는 매우 적은 전류를 흘리게 된다(선로에 큰 유도 reactance 를 형성). 소자 9, 10, 11에서의 적은 전류 값은 방사 범위의 오른쪽 방향의 방사를 효과적으로 차단한다. 왼쪽의 소자 (1, 2, 3, etc)들은 길이가 $\lambda/2$ 보다 작고 선로 상에 큰 값의 capacitive reactance를 형성하므로 역시 전류 및 방사 전력이 작다. 따라서 파장 λ 에서의 방사는 주로 dipole 요소가 약 $\lambda/2$ 길이를 갖는 중앙 부분에서 생긴다. 동작 파장이 증가될 때 방사구역은 오른쪽으로 이동하고 파장이 감소하면 방사구역은 왼쪽의 정점 또는 배열의 공급점으로 이동, 이 영역에서 최대 방사가 일어난다. 즉, 특정 동작주파수에서는 dipole 소자



(a) 11 소자 LPDA의 동작 영역

(a) Operating Regions for 11 elements LPDA



(b) LPDA 설계 변수

(b) LPDA Design Parameters

그림 1. 기본적인 LPDA 안테나 구조

Fig. 1. LPDA Antenna Geometry.

의 길이가 약 $\lambda/2$ 인 안테나의 아주 적은 부분만이 사용된다. 단파범위인 경우 길이의 15%정도가 사용되며, 장파 범위에서 좀 더 많은 부분이 사용되지만 통상 50% 이하이다.

그림 1 (b)에 나타낸 안테나 구조에서 안테나의 기하학적 비율 (geometric ratio) τ , 간격 인자 (spacing factor) σ 는 다이폴 안테나 소자 및 배열과 관련된 소자길이, 간격 R, 간극 s 등에 의해 결정되며, 이는 다음 관계식으로 주어진다.

$$\frac{1}{\tau} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{l_{n+1}}{l_n} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{s_{n+1}}{s_n} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{R_{n+1} - R_n}{2 l_{n+1}}$$

또한 주어진 기하학적 배치로부터 동작가능 주파수 범위 Δf , 배열각 α , 능동영역의 대역폭 B_{ar} , 설계 대역폭 B_s 등은 다음 관계식으로 주어진다.

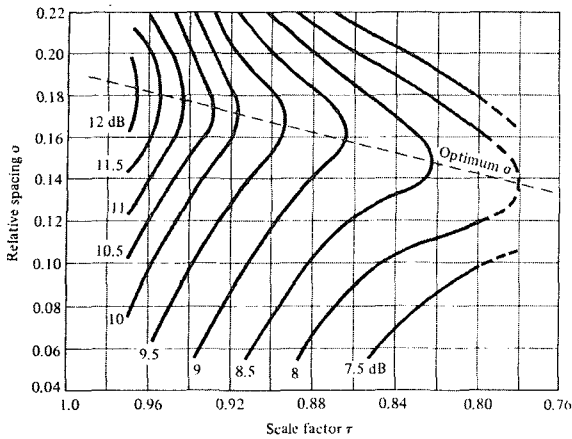


그림 2. 원하는 이득 달성을 위한 τ , σ 와의 관계
Fig. 2. Relationship between τ and σ for Required Gain.

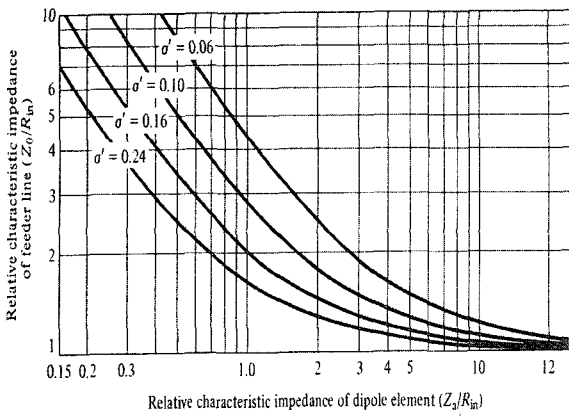


그림 3. 입출력 임피던스 및 σ' 과의 관계
Fig. 3. Relationship between σ' and Input Impedance.

$$\Delta f = \ln f_2 - \ln f_1 = \ln \frac{1}{\tau}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1-\tau}{4\sigma} \tag{2}$$

$$B_{ar} = 1.1 + 7.7(1-\tau)^2 \cot \alpha$$

$$B_s = B B_{ar} = B [1.1 + 7.7(1-\tau)^2 \cot \alpha]$$

여기에서 B는 동작 최저주파수 및 최고주파수의 비율이다. 또한 필요한 배열 수 N 및 동작 임피던스 Z_a 는 다음 식으로 주어진다.

$$N = 1 + \frac{\ln(B_s)}{\ln(1/\tau)}$$

$$Z_a = 120 \left[\ln \left(\frac{l_n}{d_n} \right) - 2.25 \right] \tag{3}$$

그림 3은 주어진 이득 달성을 위한 기하학적 비율 τ , 간격 인자 σ 조건을 나타내는 그래프이며, 그림 4는 입력 임피던스 및 상대적인 평균 간격 σ' ($= \sigma/\tau$)과의 관계 그래프이다. 위의 식 (1)~(3) 및 그림 2 ~그림 3을 이용하여 원하는 특성의 LPDA를 설계할 수 있다.

III. LPDA 표준 안테나 설계 및 제작

본 연구에서는 DTV 전파환경/수신환경 측정용 기준 안테나를 앞에서 설명한 LPDA 안테나를 이용하여 개발하였다. 주요 개발 규격은 표 1과 같다.

안테나의 재질은 측정 장치 구성 및 해체 시의 기구적 견고성을 확보하고 가벼운 시스템 구성이 가능하도록 Element 및 본체를 두랄루민으로 제작하였으며, 동

표 1. 주요 개발 규격

Table 1. Designed Antenna Parameters.

설계 항목	규격	비고
동작 주파수 대역	450 ~ 850 MHz	DTV 대역
입력 임피던스	75 Ohm	
급전 커넥터 형식	F Type	
이득	10 dBd 이상	
Element 수	20 소자	
이득 평탄도	± 1.5 dB 이내	동작대역 내
기구 규격	950x158, 6Kg	마스터 포함
재질	두랄루민	Element 및 본체

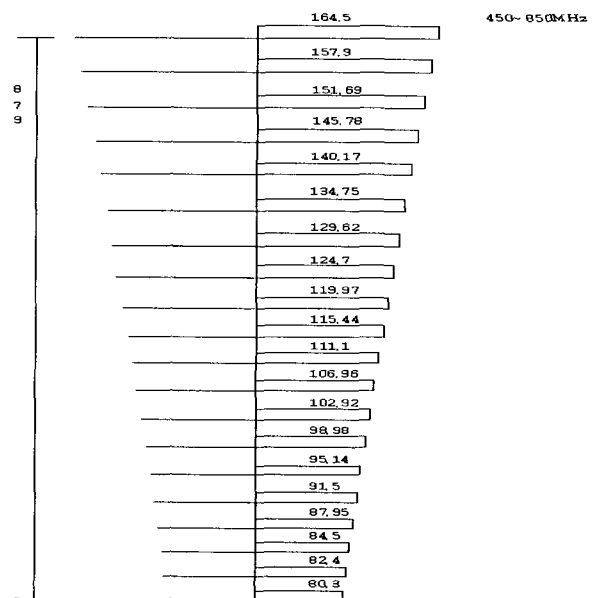


그림 4. 설계된 안테나 규격
Fig. 4. Designed Antenna Structure.

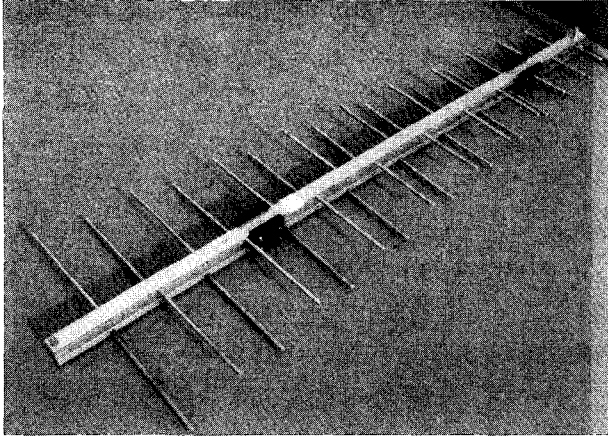


그림 5. 제작된 안테나 사진
Fig. 5. Photograph of Fabricated Antenna.

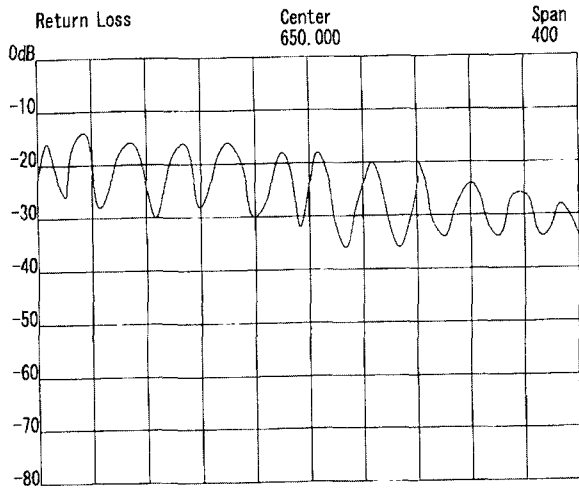


그림 6. 제작된 LPDA 안테나의 VSWR 특성
Fig. 6. VSWR Characteristics of Fabricated Antenna.

작 주파수는 DTV 방송 주파수 대역인 450~850 MHz (실제 DTV 대역은 470~806MHz임), 안테나 이득은 FCC 규정치인 10 dBd 이상이 되도록 하였다.

그림 4는 표 1의 설계규격을 만족하기 위하여 식 (1)~(3), 그림 2 및 그림 3을 이용하여 최적으로 설계한 안테나의 기구적 규격이다. 설계 값을 이용하여 총 10개의 측정용 표준안테나를 제작하였고 그림 5에 제작된 안테나의 사진을 나타내었다. 그림 6은 제작한 안테나의 VSWR 특성을 네트워크 분석기로 측정한 결과이다. 그림 6에 보이는 것처럼 안테나 소자들에 의한 공진점이 주기적으로 형성됨을 알 수 있다.

IV. 표준 안테나 제작 및 측정

제작된 안테나의 특성 측정을 위하여 그림 7과 같이

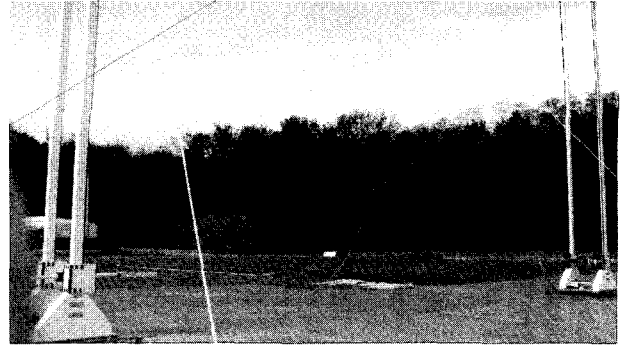
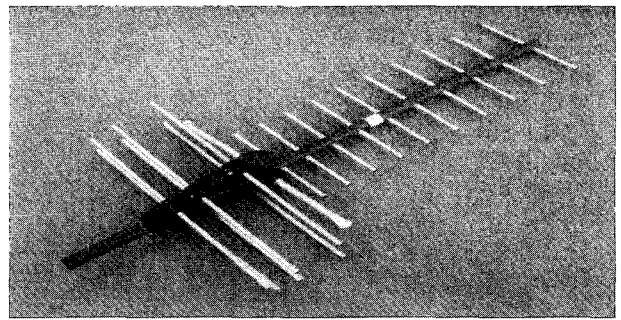
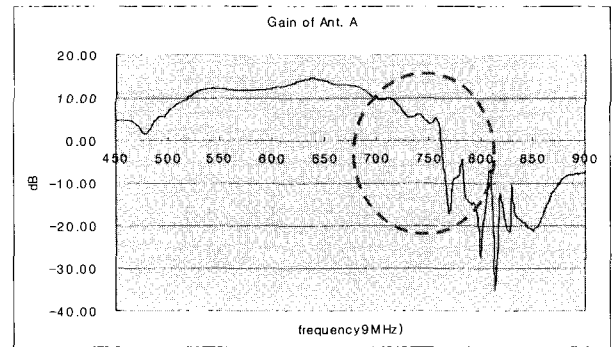
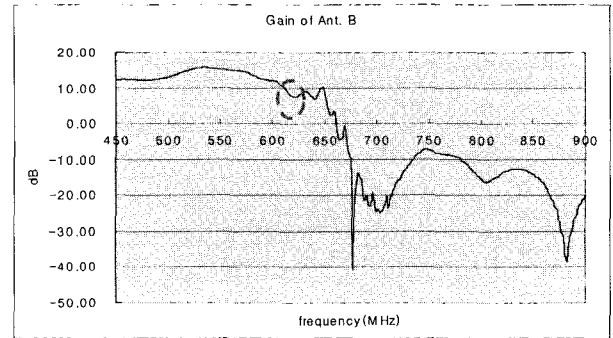


그림 7. Open Site에서의 안테나 이득측정
Fig. 7. Antenna Gain Measurement in Open Site.



(a) 기존 측정 안테나 사진
(a) Photograph for Conventional Antenna



Low Band : 470~620MHz, High Band : 620~806MHz

(b) 이득특성
(b) Gain Performance

그림 8. 기존 측정 안테나 및 이득 특성
Fig. 8. Gain Characteristics of Conventional Antenna.

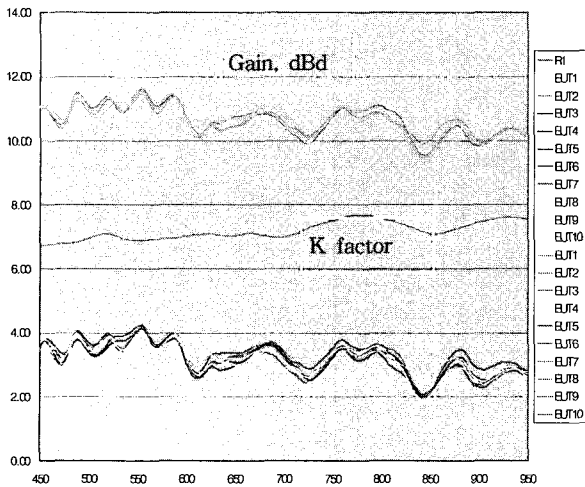


그림 9. 개발된 표준 안테나의 DTV 대역 이득 특성
Fig. 9. Gain Characteristics of Developed Antenna.

전파연구소 open site에서 이득 실험을 수행하였으며, 기존 안테나와의 비교를 위하여 기존 측정안테나와 함께 비교실험을 수행하였다.

그림 8은 기존 측정 안테나의 이득 특성을 나타낸다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 기존 안테나는 520~700MHz 대역에서만 10 dBd 이상의 이득 특성을 보였고 나머지 대역에서는 기준치를 만족하지 못함을 알 수 있다. 또한 10 dBd 이상인 대역 내에서 약 4.5 dB의 이득 편차가 발생하여 측정용 안테나로 사용하기에는 부적합한 성능임을 알 수 있다.

그림 9는 본 연구에서 개발한 안테나의 이득 특성이다. 그림에서 알 수 있는 것처럼 전 대역에서 10 dBd 이상 (평균 11.7dBd)의 이득 특성을 보였고 대역 내의 ripple 특성 또한 ± 1.5 dB 이내의 우수한 통과특성을 지니고 있었다.

이상의 결과로부터 본 연구에서 개발한 안테나는 수신환경 측정용 안테나로 매우 적합한 특성을 지니고 있음을 알 수 있으며, 여러 대역 안테나를 교체하여 측정하는 과정에서 발생하는 파손, 성능 변화 및 비효율성 문제를 본 안테나를 사용함으로써 해결 가능할 것으로 평가된다.

V. 결 론

본 연구에서는 여러 개의 안테나로 구성된 기존 측정 시스템의 구성을 개선하기 위하여 DTV 전 대역에서 동작 가능한 수신용 LPDA 표준 안테나를 개발하고 특성을 측정, 평가하였다.

제작된 안테나의 특성 측정을 위하여 open site에서 이득 실험을 수행하였으며, 기존 안테나와의 비교를 위하여 기존 측정안테나와 함께 비교실험을 수행하였다. 기존 안테나의 520~700MHz 대역에서만 10 dBd 이상의 이득 특성을 보였고 나머지 대역에서는 기준치를 만족하지 못하였으며, 10 dBd 이상인 대역 내에서도 약 4.5 dB 이상의 이득 편차가 발생하여 측정용 안테나로 사용하기에 부적합한 성능을 나타내었다.

본 연구에서 개발된 기준 안테나는 10 dBd 이상 (평균 11.7dBd)의 이득 특성을 보였고 대역 내의 ripple 특성 또한 ± 1.5 dB 이내의 우수한 통과특성을 지니 개발된 안테나는 수신환경 측정용 안테나로 매우 적합한 특성을 지니고 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 개발된 표준 안테나를 사용하였을 경우 여러 개의 안테나 사용으로 발생되었던 기존의 측정시스템의 여러 문제점들을 1 개의 표준 안테나를 사용함으로써 해결할 수 있으며, 한 개의 입력 수신신호로 여러 측정들을 동시에 수행할 수 있다. 또한 여러 대역 안테나를 교체하여 측정하는 과정에서 발생하는 파손, 성능 변화 및 비효율성 문제를 본 안테나를 사용함으로써 해결 가능하다. 개발된 안테나를 수신환경 측정 시스템에 사용함으로써 향후 수신환경 측정의 정확성 및 효율성을 크게 개선할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Transmission Measurement and Compliance Standard for Digital Television, Document A/64
- [2] ATSC Recommended Practice: Developing DTV Field Test Plans, Document A/65
- [3] ATSC Field Test Vehicle Design Information, Gary Sgrignoli, Zenith Corporation, December 20, 1999.
- [4] Gutton., H., and G. Baission. "Flat Aerial for Ultra High Frequencies," French Patent no. 703113, 1955.
- [5] Collin, R. E., Antennas and Radiowave Propagation, New York, NY: McGraw Hill, 1985, pp 20~25.
- [6] Balanis, C. A., Antenna theory, Analysis and Design, New York, NY: Harper & Row, 1982, pp27~28. House, 1996, Chapter 1.2.
- [7] Zurcher, Jean Francois and Gardiol, Fred E., Broadband Patch Antennas, Artech House, 1995, Chapter 1~5.
- [8] Balanis, C. A., Antenna theory, Analysis and Design, 2nd, New York, NY: John Wiley

&Sons, 1997, Chapter 1,2,10

- [9] Pozar, David M., Microwave Engineering, 2nd, John Wiley & Sons, 1998, Chapter 2. Pittsburgh, 1999

저 자 소 개



권 원 현(정회원)
 1983년 연세대학교
 전자공학과 학사 졸업.
 1985년 연세대학교
 전자공학과 석사 졸업.
 1990년 연세대학교 전자공학과
 박사 졸업.

1986년~1994년 삼성전자 무선연구실
 1994년~현재 안양대학교 정보통신공학과
 <주관심분야 : RF 회로 및 RF SoC 설계, 안테나,
 이동통신시스템>

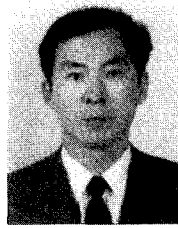


김 준 식(정회원)
 1979년 계룡공업고등학교 졸업
 1995년 5월~2001년 10월
 중앙전파관리소 부산분소
 2001년11월~2003년 1월 중앙전파
 관리소 감시2과
 2003년 1월~현재 청주전파관리소
 전파조사과

<주관심분야 : 전파 및 전파전파, 전파감시용 안
 테나 개발, DMB 방송신호 해석>



박 영 신(정회원)
 1973년 부산고등기술학교 졸업
 <주관심분야 : 전파 및 전파전파,
 DTV 및 DMB 방송신호 해석>



김 영 택(정회원)
 1987년 군산대학교 졸업
 통신과 졸업
 1995년 1월~1999년 2월 건교부
 항공교통관제소 근무
 1999년 2월~2003년 10월 정보통
 신부 중앙전파관리소 근무

2003년 10월~2007년 1월 정보통신부 방송위성팀
 케이블TV, 라디오, 위성 및 현재 지상파
 TV담당
 <주관심분야 : 통신 및 방송>