
디지털 TV용 안테나 특성

박용욱* · 신현용**

Characteristics of DTV Antenna

Yong-wook Park* · Hyun-yong Shin**

요약

본 연구에서는 UHF 대역(406~806MHz)의 디지털 TV 방송 수신을 위한 마이크로스트립 안테나를 설계 제작 하였다. 슬롯의 반지름과 슬롯 가로대 세로 반지름의 비율을 조절(타원형)하여 커패시턴스 값의 변화를 주고 슬롯에 방사를 일으키는 방법을 이용하여 주파수 특성 변화를 실험하였다. 안테나의 설계, 시뮬레이션은 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structural Simulator)를 사용하였고 비유전율이 4.4인 FR4을 사용하여 안테나를 제작하고 특성을 평가 분석하였다.

ABSTRACT

In this paper, microstrip antenna for Digital TV from 406 to 806 MHz has been designed and fabricated. In order to broaden the bandwidth of the antenna and improve of frequency properties, slot size, radius for capacitance controls were changed. DTV antenna was designed using HFSS simulation program and fabricated by FR4 substrate of dielectric constant 4.4

키워드

Antenna, Microstrip, Slot, UHF, HFSS, FR4

1. 서론

일반적인 UHF TV용(Yagi, Parabolic etc.) 안테나는 그 크기가 매우 크므로, 옥상이나 지붕의 많은 체적을 차지하는 등의 문제점을 갖고 있다. 이에 비해 본 논문에서 적용하고자 하는 마이크로스트립 안테나는 평면상의 기관에 복사계와 급전계를 동시에 구성할 수 있으며, 얇고, 가볍고, 소형화가 가능할 뿐만 아니라, 인쇄 회로의 기법을 이용하여 손쉽게 제작할 수 있어 제작비용을 저렴하게 할 수 있는 등 여러 가지 장점이 있다. 마이크로스트립 안테나가 널리 사용되어지면서 마이크로스트립 안테나를 해석하는 연구

들이 많이 진행되고 있다. 현재 널리 알려진 Method of Moments (MoM), Finite-Difference Time-Domain (FDTD) Method, Finite Element Method (FEM) 등의 full wave 해석법은 정확한 해석을 할 수 있지만 계산 시간이 오래 걸리는 단점이 있다. 반면에 Munson이 제안한 전송선로 모델(TLM)[1]은 다른 해석방법에 비해 계산량이 적고 간단한 식으로 표현할 수 있는 장점이 있으며 비교적 정확한 결과를 제공하므로 안테나 초기설계에 유용하다[2]. 마이크로스트립 슬롯 안테나를 전송선로로 모델링하는 경우를 Chambers가 마이크로스트립 선로와 슬롯선로의 접합면을 트랜스포머로 등가화 하는 것을 처음 제안하였

* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과 (pyw@nsu.ac.kr)
접수일자 : 2010. 03. 02

** 남서울대학교 전자공학과(eeshin@nsu.ac.kr)
심사완료일자 : 2010. 04. 05

대[3]. 기존의 급전 선로에서 슬롯이 가로지르는 방식에서 문제가 되는 높은 복사저항을 줄이기 위해서 Yoshimura가 급전선의 위치를 중심에서 양끝으로 Offset시키는 방식을 제안하였고, 본 논문에서는 슬롯 중심에 급전선을 두어 커플링 시키는 방식을 채택하여 UHF 대역(406~806MHz)의 디지털 TV 방송 수신을 위한 안테나를 설계 분석하였다.

II. 실험

안테나의 기본적인 구조는 유전체 기판위에 마이크로스트립 패치가 형성되어 있고, 그라운드에 오픈(Open)형태의 원형(Circle) 슬롯을 뚫은 구조이다. 이는 슬롯 형태를 둥글게 함으로써 보다 넓은 주파수 대역에서 입력 임피던스가 정합되도록 하기 위함이다 [4-6]. 또한, 마이크로스트립 슬롯 안테나의 되도를 줄이기 위해 마이크로스트립 라인을 싱글스텝(Single-Stub) 방식으로 설계하였으며, 피드라인(Feed Line)을 통해 급전되어 슬롯에 방사(radiation)가 형성되도록 구성되어 있다.

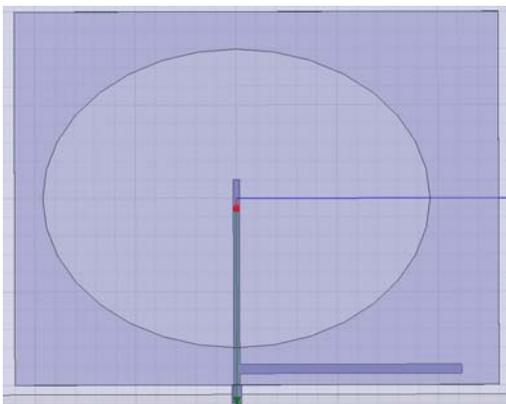


그림 1. 슬롯 안테나의 기본구조
Fig. 1 Structure of slot antenna

안테나의 기본구조를 도시하면 그림 1과 같다. 전형적인 마이크로스트립 안테나의 경우 -10dB 대역폭으로 볼 때, 5%미만의 협대역 특성을 가진다. 따라서 마이크로스트립 안테나의 경우 주파수 대역폭을 향상시키는 것이 주 관건이 된다. 이를 위해 본 논문에서

는 접지면(ground plane)에 슬롯 라인(slot line)을 타원형으로 뚫어 슬롯의 반지름과 슬롯 가로대 세로 반지름의 비율을 조절(타원형)하여 커패시턴스 값의 변화를 주고 슬롯에 방사를 일으키는 방법을 이용하여 주파수 특성 변화를 실험하였으며, 안테나의 설계, 시뮬레이션은 Ansoft사의 HFSS(High Frequency Structural Simulator)를 사용하여 연구하였다.

III. 결과

그림 2는 슬롯의 반지름을 5, 6, 7, 8, 9cm로 변화에 시키며 HFSS로 시뮬레이션 실험을 한 안테나의 주파수 특성 및 스미스차트의 변화를 나타내었다. 슬롯의 반지름이 길어질수록 리액턴스 성분이 증가하여 주파수가 낮은 주파수 쪽으로 내려가는 경향을 보이는 것을 알 수 있다.

슬롯 반지름의 변화에 따른 영향을 살펴본 결과, 가장 좋은 정재파비가 형성되고, 본 논문에서 원하는 중심 주파수 600MHz에 가까운 값인 7cm로 슬롯의 반지름을 고정된 채, 슬롯의 중심으로 부터의 가로대 세로 반지름의 비율을 조절함으로써 시뮬레이션을 하였다. 슬롯의 가로대 세로 반지름의 비율은 0.9, 1, 1.1, 1.2, 1.3으로 변화시키며 시뮬레이션 하였다.

그림 3에 슬롯의 가로대 세로 반지름 비율 변화에 따른 안테나의 특성 변화를 나타내었다. 특성을 살펴보면 슬롯의 가로대 세로 반지름의 비율이 증가할수록 최대 입력 반사계수의 크기가 증가하였다가 1.1 비율을 벗어나게 되면 다시 감소하고, 대역폭은 비율이 커질수록 넓어지는 것을 확인 할 수 있다. 또한 슬롯의 가로 세로 반지름 변화에 따른 스미스차트 상의 변화는 가로 세로 반지름의 비율이 1.1일 때 임피던스 매칭이 가장 좋은 값을 보이지만, UHF 대역(406~806MHz)의 TV 방송 수신을 위한 대역폭 (330MHz)에 비해 협대역으로 만족한 특성을 나타내지 못했다.

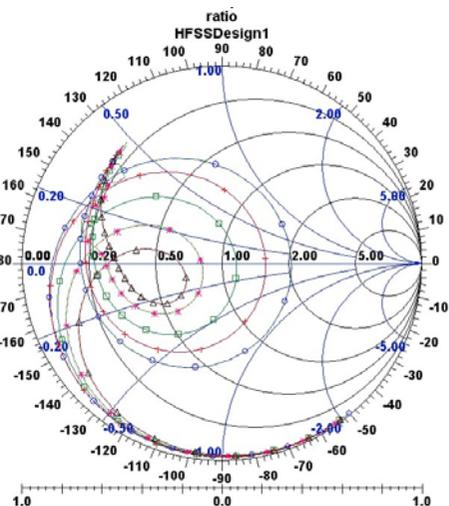
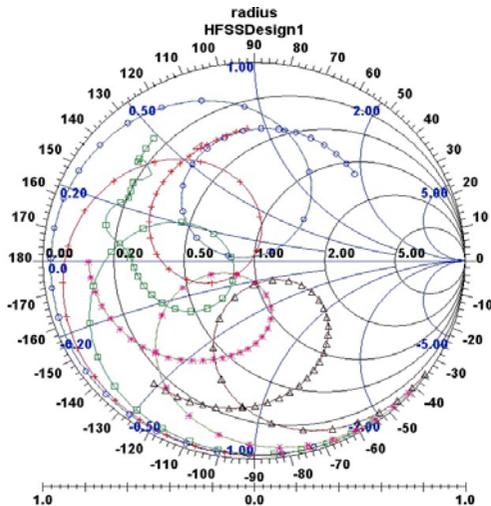
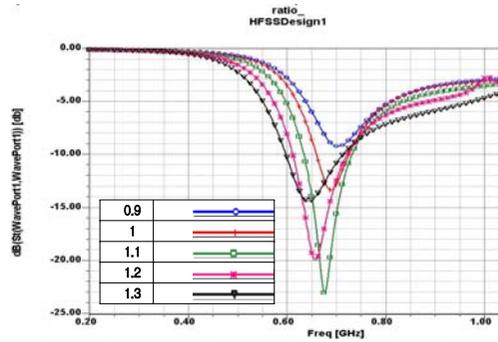
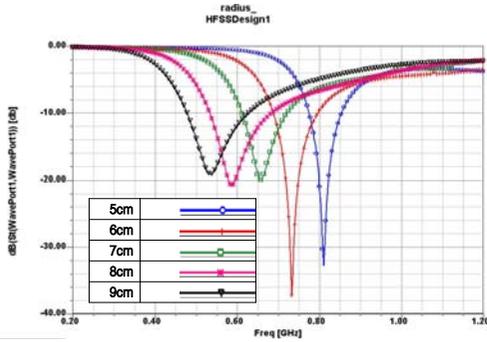


그림 2. 슬롯의 반지름을 변화에 따른 안테나의 반사계수 및 스미스차트 특성

Fig. 2 characteristics of Insertion loss and smith chart by slot radius variations

그림 3. 슬롯의 가로대 세로 반지름 비율변화에 따른 안테나의 반사계수 및 스미스차트 특성

Fig. 3 characteristics of Insertion loss and smith chart by width-length ratios

위에서 제시한 시뮬레이션 결과에서는 마이크로스트립슬롯 안테나가 가지고 있는 협대역의 한계와 임피던스 매칭을 극복할 수 있는 대안이 제시되지 못하였다. 때문에 스텝이라는 파라미터를 추가하여 인덕턴스를 증가시켜 보다 정교한 임피던스 매칭을 유도하고 이중 공진 주파수를 확보하기 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 스텝의 길이 변화는 1cm, 4cm, 7cm, 11cm, 13cm으로 시뮬레이션 하였다. 이 때, 중심 주파수에 가장 가까운 슬롯의 반지름 7cm와 슬롯 가로대 세로의 반지름 비율은 1.2(가로 8.4cm, 세로 7cm의 타원형)로 고정 시켰다. 그림 4는 스텝의 길이에 따른 입력 반사계수와 스미스차트를 나타내었다.

그림 4에서 스텝의 길이가 길어짐에 따라서 공진주파수가 하나 더 생기는 것을 확인 할 수 있으며, 일정 길이 (11cm)까지 중심 주파수의 이동 및 입력 반사계수가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 스텝의 길이는 다시 낮아지는 현상을 볼 수 있는데 이것은 임피던스 매칭에 있어서 인덕턴스가 불필요하게 증가하므로 임피던스 매칭이 되지 않아 발생하는 것으로 생각된다.

이로 인해 보다 넓은 대역폭을 확보 할 수 있었고, 이는 본 논문에서 목표로 하고 있는 UHF대역에서 입력반사계수 -5dB 이하를 만족시키고 있음을 보여준다. 이를 바탕으로 스텝없이 진행하였던 시뮬레이션 과정들을 스텝을 추가하여 반복하였다. 시뮬레이션 경향들

은 반지름 크기가 특정 범위 (7cm)를 벗어나게 되면 600MHz이하의 공진 주파수의 반사계수가 낮아지는 것을 볼 수 있고, 비율이 커지게 되면 중심 주파수 및 반사계수의 변화와 이중 공진 주파수의 확보로 보다 넓은 대역을 확보할 수 있음을 보여준다.

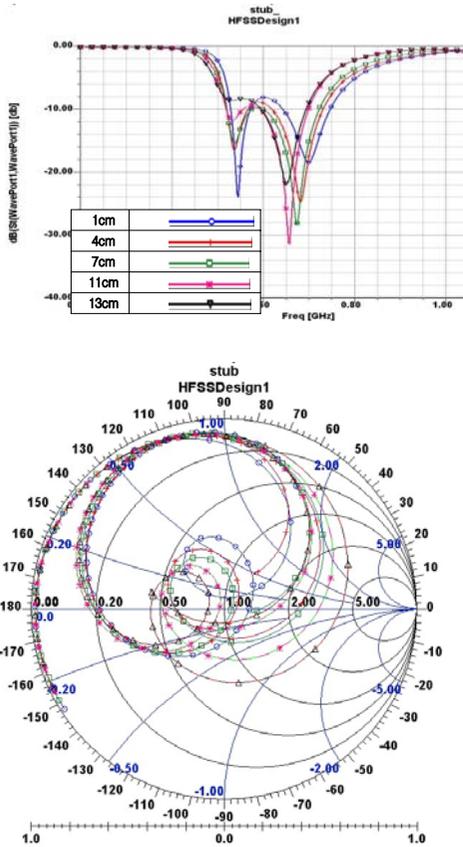


그림 4. 스텝 길이에 따른 안테나의 반사계수 및 스미스차트 특성

Fig. 4 characteristics of Insertion loss and smith chart by stub lengths

이와 같은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 설계 변수의 최적화된 위치와 상태를 조합하여 최종 시뮬레이션을 수행하였다. 최종적으로 설계된 안테나의 모양을 그림 5에 나타내었다. 시뮬레이션에 사용한 기판은 비유전율 4.4, 두께 1.6mm이며 크기는 가로 240mm, 세로 200mm를 갖는다. 또한 슬롯의 반지름은 70mm, 슬롯의 가로대 세로 반지름의 비율은 1.2로써 타원형

슬롯 안테나가 최종 설계되었고 그림 5와 같이 제작되었다.

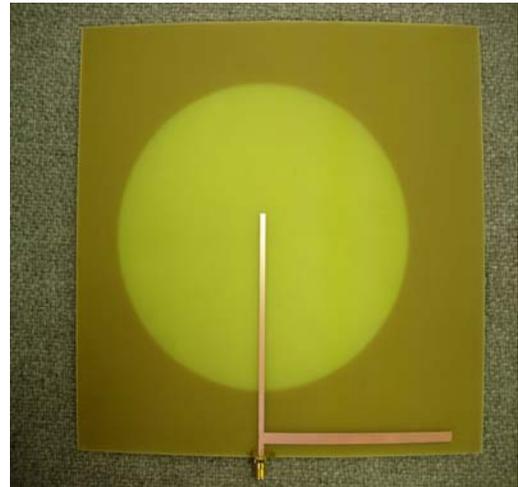
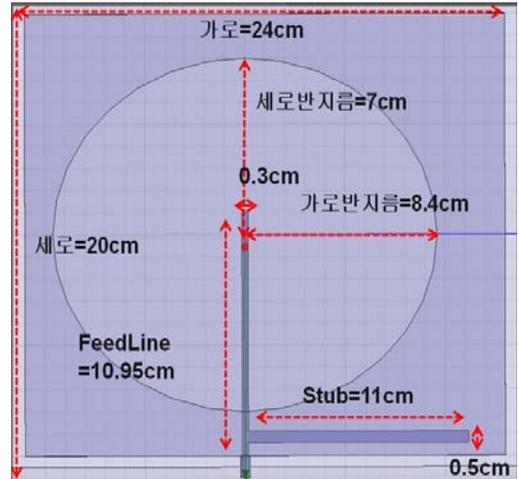
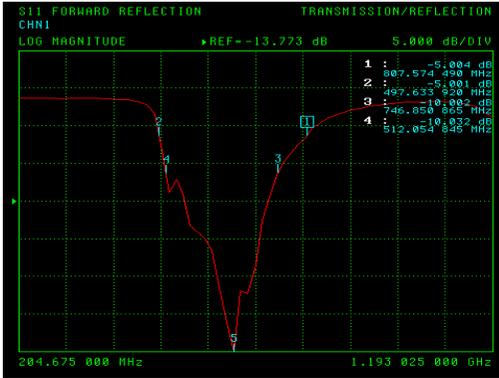


그림 5. 최종 제작된 안테나의 기본구조 및 사진

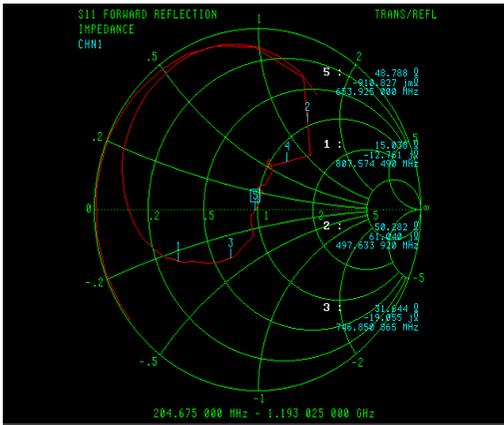
Fig. 5 Photo of fabricated antenna

그림 6은 제작된 안테나를 Network Analyzer로 측정된 결과를 나타내었다. 실 제작된 안테나의 -10dB 대역폭 (VSWR<2)은 약 71% (234MHz)정도로써 중심주파수 (600MHz)와 대역폭에서 UHF 전대역(470~806MHz)을 만족하지 못하지만, -5dB 대역폭 (VSWR<3.5)이 중심주파수에서 약 91% (300MHz)정도로 목표로 삼았던 UHF 전대역 (330MHz)을 거의

만족하는 주파수 특성을 보였다.



(a)



(b)

그림 6. 제작된 안테나의 주파수 특성

(a) 안테나 입력 반사계수

(b) 안테나 스미스차트

Fig. 6 Frequency results of antenna

(a) Insertion loss of antenna

(b) Smith chart

IV. 결론

본 논문에서는 시뮬레이션 결과를 토대로 UHF 대역에서 동작할 수 있는 안테나를 제작하고 측정하였다. 제작된 안테나의 -10dB 대역폭 ($\text{VSWR} < 2$)은 약 71% (234MHz) 정도로서 중심주파수 (600MHz)와 대역폭에서 UHF 전대역(470~806MHz)을 만족하지 못하지만, -5dB 대역폭 ($\text{VSWR} < 3.5$)이 중심주파수에서 약 91% (300MHz) 정도로 목표로 삼았던 UHF 전대역

(330MHz)을 거의 만족하는 주파수 특성을 보였다.

본 논문에서 설계한 안테나는 UHF 대역 주파수 특성을 만족시키는 광대역 특성을 갖으며, 단일 기판을 사용하였고, 비교적 단순한 구조이므로 제작비용을 많이 줄일 수 있다는 장점을 갖는다.

참고 문헌

- [1] R. E. Munson, "Conformal Microstrip Antennas and Microstrip Phased Arrays", IEEE Transactions on Antennas and Propagation pp.74-78, Vol. 22, No. 1, 1974
- [2] A. Axelrod, M. Kisliuk and J. Maoz, "Broadband Microstrip-fed Slot Radiator", Microwave Journal, Vol 32, pp.81-84, 1982.
- [3] D. Chambers, S. B. Cohn, E. G. Cristal, and F. Young, "Microwave Active Network Synthesis", Stanford Research Inst Menlo Park CA, Feb. 1972..
- [4] D. M. Pozar, "Microwave Engineering", third edition, John Wiley & Sons, 2004.
- [5] K. L. Wong, "Compact broadband circularly polarized square microstrip antenna", John Wiley & Sons, Vol 21, Issue 5, pp.423-425, May 1999.
- [6] C. A. Balanis, "Antenna Theory Analysis and Design", John Wiley & Sons, 1997.

저자 소개



박용욱(Yong-wook Park)

1989년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1991년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1999년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 부교수

※ 관심분야 : RF 디바이스, 센서



신현용(Hyun-yong Shin)

1979년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1981년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1987년 8월 Louisiana 주립대학교 대학원 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업(공학박사)

현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 화합물반도체, 강유전체, 박막공정