

---

# Sierpinski 정삼각형 패치를 이용한 위성방송 수신용 마이크로스트립 안테나의 개발

심재륜

부산외국어대학교 디지털정보공학부

Development of Microstrip Antenna for Satellite Broadcasting Receptions Based  
on Sierpinski Equilateral Triangular Patch

Jaeruen Shim

Division of Digital Information Engineering, Pusan University of Foreign Studies

E-mail : jrshim@pufs.ac.kr

---

본 논문은 2002년도 정보통신부지원 정보통신기초기술연구지원사업으로 이루어졌음

---

## 요 약

Sierpinski 구조를 가지는 정삼각형 패치를 이용하여 마이크로스트립 배열 안테나를 설계하였다. Sierpinski 구조는 3개의 정삼각형 구조로 이루어져 있어 이를 sequential 회전 기법을 적용하여 원형 편파를 얻었다. 이러한 1x3 Sierpinski 안테나를 단일 안테나로 하여 위성방송 수신을 위한 8x8 배열 안테나를 설계하였다.

## ABSTRACT

An microstrip array antenna is designed based on the Sierpinski equilateral triangular patch. The Sierpinski geometry is composed of 3 equilateral triangular patch and is easy to generate a circular polarization by sequential rotation array techniques. This 1x3 Sierpinski equilateral triangular patch antenna is extended to 8x8 array antenna for satellite broadcasting receptions.

## 키워드

마이크로스트립 안테나, Sierpinski 구조, sequential 회전, 위성방송

## 1. 서 론

정삼각형 패치는 구형(rectangular)이나 원형(circular) 패치에 비해 안테나의 크기가 작은 장점이 있지만 이에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았다. 정삼각형 마이크로스트립 안테나를 대상으로 하는 주된 연구는 단일 급전으로 원형 편파를 발생시킬 수 있는 구조적인 연구[1]와 정삼각형 패치를 이용한 최적 배열 등의 연구가 진행되었다. 또한 프랙탈(fractal) 안테나는 프랙탈 구조가 가지는 기하학적인 특성[2]에 의해 다중대역에서 공진 현상을 보여 다중대역 안테나로 주목 받고 있다[3, 4, 5].

본 연구에서는 정삼각형 패치를 기본으로 이의

조합인 Sierpinski 프랙탈 구조를 이용하여 위성 방송 수신용 마이크로스트립 안테나를 설계하여 프랙탈 구조를 가지는 마이크로스트립 안테나의 설계 가능성에 대해 알아보는 것을 목적으로 한다. 배열 안테나 설계를 위한 단일 안테나로는 Sierpinski 프랙탈 구조의 1x3 안테나를 기본으로 하였고, 이를 확장하여 8x8 배열 안테나를 설계하였다. 위성방송 수신을 위한 원형편파 발생은 Sierpinski 프랙탈 구조의 특징에 부합되는 sequential 회전 기법을 적용하였다[6]. 본 연구의 해석 도구로는 Ensemble 8.0을 이용하였다. 위성 방송 수신용 안테나의 요구 규격은 중심주파수

11.85GHz에 300MHz의 대역폭을 가지고, 이득은 20 ~ 25dBi (국내에서 DBS 수신) 정도의 좌회전 원형 편파이다[7].

## II. 단일 안테나 설계

### 2.1 정삼각형 패치 안테나

정삼각형 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수는 각 변의 길이  $a$ 에 의해  $TM_{10}$  모드(mode)가 발생하는 공진 주파수  $f$ 는 다음과 같다[8].

$$f_{m,n,l} = \frac{2c}{3a\sqrt{\epsilon_r}} \sqrt{m^2 + mn + n^2} \quad (1)$$

식 (1)에서  $a$ 는 정삼각형의 각 변의 길이이고,  $\epsilon_r$ 은 기판의 비유전율이고,  $c$ 는 빛의 속도이다.

공진 주파수  $f$ 는 정삼각형 패치의 가장자리 효과(fringe effect)에 의해 식 (2)와 같은 각 변의 유효 길이  $a_{eff}$ 에 의해 최종 결정된다[9].

$$a_{eff} = a \sqrt{1 + \frac{2h}{\pi\epsilon_r a_{eq}} \left[ \ln\left(\frac{a}{2h}\right) + 1.41\epsilon_r + 1.77 + \frac{h}{a}(0.238\epsilon_r + 1.65) \right]} \quad (2)$$

여기서,  $h$ 는 기판의 두께이고,  $a_{eq}$ 는 정삼각형 패치의 실제 면적  $S$ 에 의한 등가 길이로 식 (3)에 의해 구한다.

$$a_{eq} = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (3)$$

위성방송 수신용 안테나를 위한 마이크로스트립 기판은 Taconic사의 TLX-9 기판 ( $\epsilon_r=2.5, h=0.5mm, Loss\ Tangent=0.0015$ )을 기본으로 하였다. TLX-9 기판을 이용하여 정삼각형 안테나의 길이  $a$ 를 9.5mm로 하면,  $a_{eff}$ 는 10.73mm가 되어 정삼각형 패치 안테나의  $TM_{10}$  모드 공진 주파수는 11.79GHz가 된다.

### 2.2 Sierpinski 프랙탈 기본 안테나

프랙탈(fractal)은 전체를 부분으로 나누었을 때 부분 안에 전체의 모습을 갖는 무한 단계의 기하학적 도형이다. Sierpinski 프랙탈 구조는 기본 정삼각형에서 가운데 부분을 반복(iteration)해서 제거해 나가는 '자기 닮음(self-similarity)'과 '축소에 대한 불변

(independent of scale)' 특성을 가진다[2]. Sierpinski 프랙탈 구조는 3개의 정삼각형 패치로 이루어져 있어 sequential 회전 기법을 적용하기에 알맞은 구조를 가진다.

그림 1은 3개의 정삼각형으로 이루어진 Sierpinski 프랙탈 구조의 마이크로스트립 안테나이다. 그림에서 보듯이 각 3개의 안테나에 120°도의 위상차를 주기 위한 급전선을 설계하였다. 급전 방법은 aperture coupled 급전을 이용하였다.

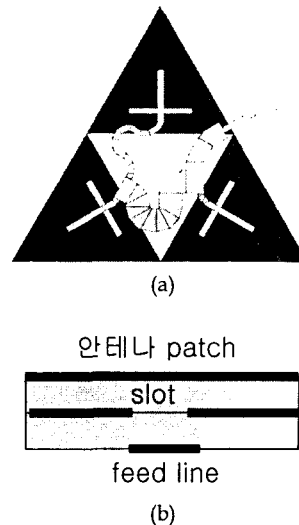
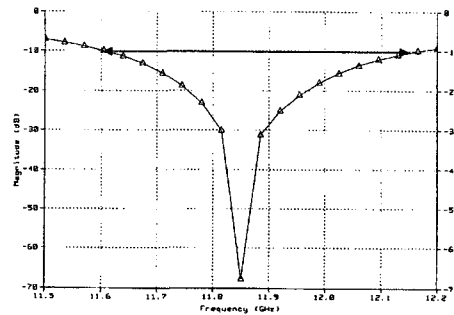
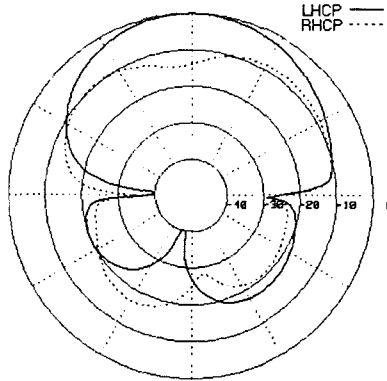


그림 1. Sierpinski 구조의 1x3 단일 안테나의 구조

그림 2는 1x3 단일 안테나의 반사계수와 방사 패턴을 보여준다. 반사계수의 경우, 중심주파수 11.85GHz에서 500MHz의 대역폭을 가진다. 방사 패턴에서 보듯이 LHCP(Left Handed Circular Polarization)의 크기가 RHCP의 크기 보다 15dB 정도 높게 설계되어 Axial Ratio는 3dB 정도를 유지한다.



(a) 반사계수



(b) 방사패턴  
그림 2. 1x3 단일 안테나의 성능

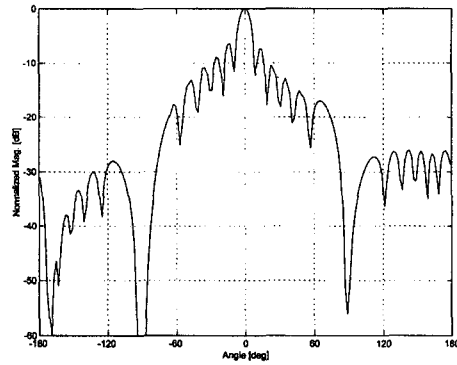


그림 4. 8x8 배열 안테나의 방사패턴

### III. 배열 안테나 설계

위성방송 수신을 위해서는 20dBi 이상의 안테나 이득이 필요하다. 이를 위해 단일 안테나를 8x8 배열로 확장하였다. 그림 3은 1x3 Sierpinski 단일 안테나를 기본으로 이를 확장한 8x8 배열 안테나의 결과이다. 그림 4는 단일 안테나와 Array Factor가 곱해진 시뮬레이션에 의한 8x8 배열 안테나의 방사패턴이다. Array Factor의 계산은 1x3 Sierpinski 단일 안테나 사이의 간격을 최소로 유지할 수 있는 19mm의 등간격으로 8개 배치되었다고 가정하였다. 19mm는 11.85GHz에서  $0.75\lambda$  간격을 가진다.

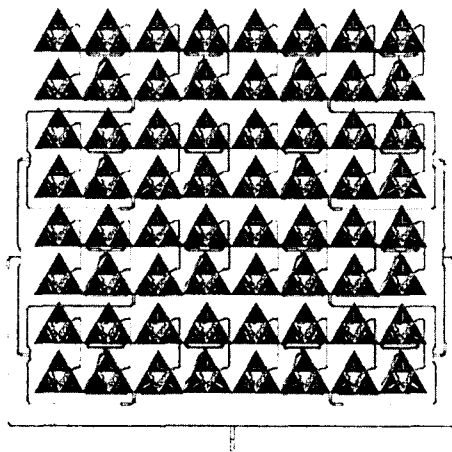


그림 3. 8x8 배열 안테나의 구조

### VI. 결론

위성방송 수신을 위해 Sierpinski 프랙탈 구조를 이용한 마이크로스트립 안테나의 설계에 대해 살펴보았다. 설계 도구는 Ensemble 8.0을 이용하였다. Sierpinski 프랙탈 구조는 sequential 회전 기법을 이용한 원형 편파 발생에 적합한 구조를 가지고 있다. 1x3 Sierpinski 안테나를 기본 안테나로 하여 최종적으로 8x8 배열 안테나를 설계하였다.

앞으로의 연구는 프랙탈 구조의 마이크로스트립 안테나의 이득 향상을 위한 배열 기법에 대한 연구와 본 연구의 결과를 바탕으로 실제 제작을 통해 이의 성능을 측정하는 것이다.

### 참고문헌

- [1] J. Lu, C. Tang, and K. Wong, "Single feed slotted equilateral triangular microstrip antenna for circular polarization," IEEE Trans on AP, Vol. 47, No. 7, pp. 1174-1178, 1999
- [2] G. A. Edgar, Measure, Topology, and Fractal Geometry, Springer-Verlag
- [3] K. Lee, K. Luk, and J. Dahele, "Characteristics of the equilateral triangular patch antenna," IEEE Trans on AP, Vol. 36, No. 11, pp. 1510-1518, 1988
- [4] C. Puente, J. Romeu, and R. Pous, and A. Cardama, "On the behavior of the Sierpinski Multiband Fractal Antenna," IEEE Trans. on AP, Vol. 46, No. 4, pp. 517-524, 1998
- [5] Z. Du, K. Gong, J. S. Fu, and B. Gao, "Analysis of microstrip fractal patch

- antenna for multi-band communication,"  
Electronics Letters, Vo. 37, No. 13, pp.  
805-806, 2001
- [6] 심재륜, "Sierpinski 프랙탈 삼각형의 sequ-  
ential 회전 기법에 의한 원형 편파 특성," 한  
국해양정보통신학회, 제6권 3호, pp. 440-444,  
2002년 5월
- [7] 정영배 외, "변형된 적층 구조를 갖는 단일  
급전 방식의 광대역 평판형 배열 안테나 연  
구," 한국전자파학회논문지, 제 12권 제 6호,  
pp. 919-930, 2001년 10월
- [8] Edited by H. F. Lee and W. Chen,  
Advances in microstrip and printed  
antennas, John Wiley & Sons, Inc. 1997
- [9] S. H. Al-Charchafchi, W. K. Ali, M. R.  
Ibrahim, and S. R. Barnes, "Design of a  
Dual Patch Triangular Microstrip Antenna,"  
Applied Microwave & Wireless, pp. 61-67,  
March 1998