
Sierpinski 프랙탈 삼각형에 기초한 마이크로스트립

패치 안테나의 원형 편파 특성

심재륜*

*부산외국어대학교 컴퓨터전자공학부

Characteristics of Circular Polarization of Microstrip Patch Antenna Based on
the Sierpinski Fractal Equilateral Triangular

Jaeruen Shim*

*Pusan University of Foreign Studies, Dept. of EECS

E-mail : jrshim@pufs.ac.kr

본 논문은 2001년도 정보통신부 대학기초지원 사업으로 이루어졌음

요 약

Sierpinski 프랙탈 삼각형을 이용한 원형 편파를 가지는 마이크로스트립 패치 안테나를 제안한다. Sierpinski 프랙탈 삼각형은 3개의 정삼각형을 가지는 구조로 이를 이용하여 sequential 회전에 의해 원형 편파를 발생시킬 수 있다. Sierpinski 구조의 1x3 안테나 배열에 대해 포트간 분리도(isolation)와 AR(Axial Ratio)의 특성을 살펴보았다.

ABSTRACT

A microstrip patch antenna with circular polarization based on the Sierpinski fractal geometry is proposed. The Sierpinski fractal is composed of 3 equilateral triangular patch and is easy to produce a circular polarization by sequentially rotation techniques. The characteristics of a 1x3 antenna array from Sierpinski geometry are investigated, i.e. port isolation and AR(axial Ratio).

키워드

마이크로스트립 안테나, 프랙탈(fractal) 구조, sequential 회전, 원형 편파

1. 서 론

정삼각형 마이크로스트립 패치 안테나는 구형(rectangular) 안테나에 비해 크기가 작아 이를 배열화 하기가 쉽다[1]. 정삼각형 패치 안테나의 단일 급전이 의한 원형 편파 발생은 정삼각형 패치 내부에 급전하여 좌회전 원형 편파 및 우회전 원형 편파를 발생시킬 수 있다[2]. 또한, 정삼각형 패치 안테나의 AR(Axial Ratio)를 광대역화 하는 기법들이 연구되고 있다[3]. 본 연구에서는 정삼각형 패치 안테나의 외부 급전(모서리에 급전)을 이용하여 원형 편파 발생을 가능하도록 3개의 정삼각형 패치 안테나를 sequential 회전(rotation)하여 원형 편파 특성이 광대역화 되도록 한다.

정삼각형 마이크로스트립 패치 안테나를 sequential 회전하기 위한 배치는 Sierpinski 프랙탈 구조를 가진다. 프랙탈 구조는 자기 반복에 의해 공진 현상이 여러 주파수 대역에서 일어난다. 이를 이용해 다중밴드(multiband)용 안테나를 개발할 수 있다[4, 5, 6].

본 연구에서는 정삼각형 안테나 3개를 sequential 회전하여 원형 편파 특성을 확인하고, 이를 통해 위성방송 수신용 1x3 기본 안테나의 특성을 확인한다. 해석 도구로는 Ensemble 8.0을 이용하였다. 위성방송 수신용 안테나의 요구 규격은 중심주파수 11.85GHz에 300MHz의 대역폭을 가지고(즉, 11.7GHz ~ 12.0GHz), 이득은 20 ~ 25dBi (국내에

서 DBS 수신) 정도의 좌회전 원형 편파이다[7].

음(self-similarity) 현상과 축소에 대한 불변(independent of scale) 현상을 보여준다.

II. 단일 정삼각형 안테나 및 Sierpinski 프랙탈 구조의 특성

2.1 단일 정삼각형 안테나

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

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

식 (1)에서 a 는 정삼각형의 각 변의 길이이고, ϵ_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[8].

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

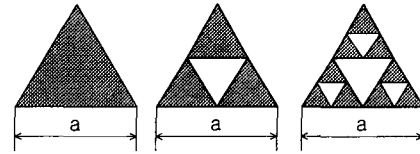
여기서, h 는 기판의 두께이고, a_{eq} 는 정삼각형 패치의 실제 면적 S 에 의한 등가 길이로 식 (3)에 의해 구한다.

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

위성방송 수신용 안테나를 위한 마이크로스트립 기판은 Taconic사의 TLX-9 기판 ($\epsilon_r = 2.5, h = 0.5mm, \text{Loss Tangent} = 0.0015$)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 구조

프랙탈(fractal)은 전체를 부분 부분으로 나누었을 때 부분 안에 전체의 모습을 갖는 무한 단계의 기하학적 도형이다. Sierpinski 프랙탈 구조는 그림 1에서 보듯이 기본 정삼각형에서 가운데 부분을 반복(iteration)해서 제거해 나가는 자기 닮



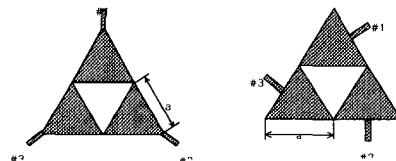
(a) 기본 (b) 1회 반복 (c) 2회 반복

그림 1. Sierpinski 프랙탈 구조

III. Sequential 회전에 의한 원형 편파 특성

선형 편파 혹은 원형 편파 안테나로 대역폭이 넓은 원형 편파로 만드는 방법 중 가장 대표적인 방법이 sequential 회전 기법이다[9]. 이는 cross polarization을 제거하여 AR(Axial Ratio)를 넓히는 기법으로 각 안테나의 기하학적인 회전각 ϕ_m 과 각 안테나의 위상차 ϕ_n 에 의해 AR 대역폭이 넓은 원형 편파를 발생시킬 수 있다. 식 (4)에 의해 각 안테나의 위상차 ϕ_n 을 결정한다. p 는 0보다 큰 자연수이다.

$$\phi_n = \frac{p(n-1)}{M} \pi, \quad n=0, 1, \dots, M-1 \quad (4)$$



(a) 꼭지점에서 급전 (b) 모서리에서 급전

그림 2. Sequential 회전을 위한 1x3 안테나 배열의 예

그림 2의 (a) 꼭지점에서의 급전은 안테나의 입력 임피던스의 저항 성분이 커서 정합하기에 좋은 위치는 아니다. 그림 3, 4, 5의 결과는 그림 2의 (b)모서리에서 급전의 결과이다.

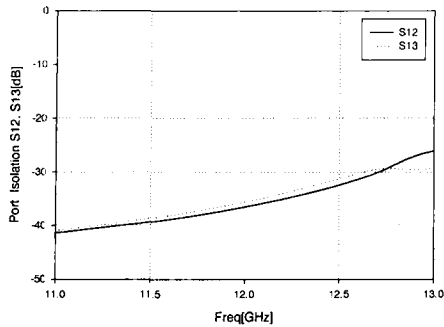


그림 3. Sequential 회전을 위한 3개의 정삼각형 패치의 포트간 분리도(S12, S13)

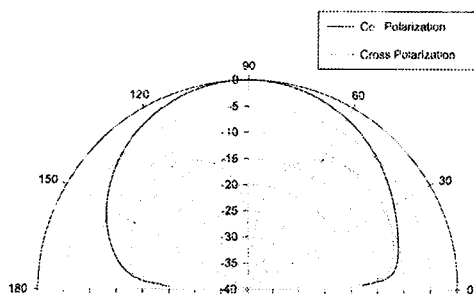


그림 4. Sequential 회전에 의한 cross 편파의 감소

그림 2는 Sierpinski 프랙탈 구조의 1회 반복한 결과로 3개의 정삼각형 패치를 가진다. 각 정삼각형 패치에 sequential 회전을 적용한 예를 보여준다. (a)는 정삼각형 패치 안테나의 꼭지점에 급전하고, (b)는 패치의 모서리에 급전하였다. 좌회전 원형 편파를 위해 #1 안테나를 기준으로 #2 안테나에 120도의 위상차를 주고, #3 안테나에는 240도의 위상차를 주었다. 즉, $\phi_m=0$ 도, 120도, 240도, $\phi_n=0$ 도, 120도, 240도 이다.

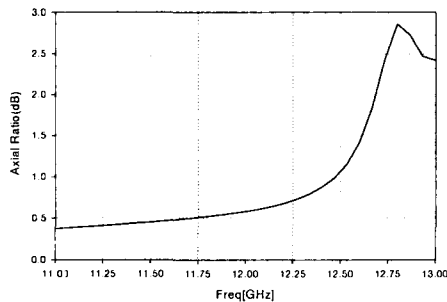


그림 5. Sequential 회전에 의한 AR(시뮬레이션 결과)

그림 3은 Sierpinski 프랙탈 구조를 이용한 sequential 회전의 각 입력단 간의 분리도(isolation)을 보여준다. S12와 S13 모두 -35dB 이하의 우수한 분리도를 보여준다. 그림 4에서는 sequential 회전에 의한 패치의 정면($\theta=0^\circ$)에서의 cross 편파의 감소를 확인할 수 있다. 그림 5는 1x3 Sierpinski 프랙탈 정삼각형에 sequential 회전 기법을 적용한 AR 결과이다. 위성방송 수신용 전 대역에서 원하는 AR를 얻을 수 있다.

IV. 결론

Sierpinski 프랙탈 삼각형은 3개의 정삼각형을 가지는 구조로 이를 이용하여 sequential 회전에 의해 원형 편파를 발생시킬 수 있다. 정삼각형 패치 안테나의 모서리 급전을 통해 위성방송 수신용 1x3 배열 안테나의 포트간 분리도와 AR을 살펴보았다. 향후, 안테나 내부면에 개구(aperture) 급전에 대한 연구가 진행되어야 하고, 1x3 전력분배기에 의해 실제 안테나 구현을 통한 다중밴드 특성을 확인하여야 한다.

참고문헌

- [1] Edited by H. F. Lee and W. Chen, *Advances in microstrip and printed antennas*, John Wiley & Sons, Inc. 1997
- [2] 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
- [3] 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
- [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] C. Puente, C. Borja, M. Navarro, and J. Romeu, "An Iterative Model for Fractal Antennas: Application to the Sierpinski Gasket Antenna," *IEEE Trans. on AP*, Vol. 48, No. 5, pp. 713-719, 2000
- [6] 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

- [7] 정영배 외, "변형된 적층 구조를 갖는 단일 급전 방식의 광대역 평판형 배열 안테나 연구," 한국전자파학회논문지, 제 12권 제 6호, pp. 919-930, 2001년 10월
- [8] 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
- [9] U. R. Kraft, "An experimental study on 2x2 sequential rotation arrays with circularly polarized microstrip radiators," IEEE Trans on AP, Vol. 45, No. 10, pp. 1459-1466, 1997