

자기 아파인 프랙탈 구조를 이용한 CPW 급전 크로스 안테나

A CPW-Fed Self-Affine Cross Shape Fractal Antenna

김태환 · 이재욱 · 조춘식 · 이윤현

Tae-Hwan Kim · Jae-Wook Lee · Choon-Sik Cho · Yun-Hyun Lee

요 약

본 논문에서는 처음으로, CPW(CoPlanar Waveguide) 급전을 이용한 자기 아파인(self-affine) 프랙탈 안테나를 제시한다. 제시된 새로운 구조는 비등방성 축척 대칭성으로 인해 자기 유사(self-similar) 구조를 이용한 프랙탈 안테나보다 더 작은 크기로 낮은 주파수 대역에서 공진을 일으키도록 설계할 수 있다. 반복 계수가 증가할수록 임피던스 정합 조건이 향상되고, 표면 전류가 흐를 수 있는 새로운 통로를 만들어 다중 대역 특성을 보이게 되며, 또한 첫 공진 주파수의 위치를 낮은 쪽으로 이동시킨다. 복사 패턴은 목표치인 단순 모노폴 안테나 특성과 유사하며 반복 계수가 3일 때의 이득은 940 MHz에서 측정치 2.27 dBi로 최대이다. FDTD 알고리즘에 기반을 두고 있는 CST Microwave Studio를 이용한 모의 실험 결과와 RT/Duroid 5880 기판을 이용하여 제작한 안테나의 측정 결과를 신는다.

Abstract

In this paper, a new CPW-fed cross shape fractal antenna having a self-affinity is presented. This novel configuration, which has anisotropic scaling symmetry, makes smaller profile characteristic compared to the fractal antenna using a self-similarity. Increase of the iteration coefficient, which leads to decrease of the fundamental resonant frequency, shows a good impedance matching condition and multi-band characteristics due to new surface current paths. The radiation patterns are similar to those of monopole antennas. In the K3 stage of iteration, the proposed antenna shows a measured maximum gain 2.27 dBi at 940 MHz. A commercially available software based on the FDTD algorithm has been used to obtain the predicted results. In addition, an RT/Duroid 5880 substrate has been employed for the experimental results.

Key words : Self-Affine, Fractal Antenna, CPW

I. 서 론

최근 들어, 프랙탈 구조를 이용한 안테나 설계가 활발히 연구되고 있다^{[1]~[5]}. 부누아 멘델브로트(Benoit Mandelbrot)^[6]가 1975년에 자연의 해안선이나 수목의 모양, 강의 모양 등을 수학적으로 이상화하기 위해 처음으로 프랙탈이라는 개념을 제안한 이래로 자기 유사성(self-similarity)에 중점을 둔 복잡한 프랙탈 구조가 많은 분야에 응용되고 있고, 특히 자

기 아파인성(self-affinity)을 이용한 프랙탈 구조는 영상, 신호 처리, 물질 공학 분야에 널리 이용되고 있다^{[7]~[9]}.

비용 측면과 응용 분야를 고려하여 크기가 작고 다중 대역 특성을 보이는 안테나는 큰 매력력을 가지고 있다. 프랙탈 구조를 이용한 안테나의 장점은 축소 사상들을 만들면서, 전체적인 안테나의 크기를 줄이고 다중 대역 특성을 나타낼 수 있다는 것이다^[10]. 따라서 프랙탈 안테나는 비용과 응용 분야를 고

한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부(School of Electronics, Telecommunication and Computer Eng., Hankuk Aviation University)

· 논문 번호 : 20050630-072

· 수정완료일자 : 2005년 8월 16일

려할 때 훌륭한 대안이 될 수 있다^[11].

프랙탈 구조의 주요한 특징인 자기 유사성이나 자기 아파인성을 만족하려면 반복 계수가 무한히 증가해야 한다. 하지만, 이것은 물리적 설계가 불가능하므로, 반복 계수를 크게 하여 원시 프랙탈(prefractal)을 만들고, 이것을 안테나 설계에 이용한다.

지금까지 안테나 설계에 있어 응용된 프랙탈 구조는 대부분 자기 유사성으로 인한 등방성 축척 대칭성을 가지고 있었다. 본 논문에서 제시한 안테나는 비등방성 축척 대칭성(anisotropic scaling symmetry)을 갖는 자기 아파인(self-affine) 프랙탈 구조를 이용한 안테나 설계에 관한 것으로 자기 아파인 프랙탈을 기본 구조로 하였고, CPW(CoPlanar Waveguide) 급전 방식의 안테나를 제안하였다. CPW(CoPlanar Waveguide)급전 방식은 분산 특성에 덜 민감하며, 신호선과 접지면이 동일 평면에 있기 때문에 표면에 실장되는 소자들이 위쪽에 모두 장착되고, 접지면에 via-hole을 사용하지 않는 장점으로 MMIC(Monolithic Microwave Integrated Circuits)에 널리 이용된다. 또한 CPW 급전 방식은 일반적으로 마이크로 스트립 안테나보다 대역폭이 넓은 특징을 가지고 있는 것으로 알려져 있다^[12].

본 논문에서는 자기 아파인 크로스 프랙탈 구조를 이용한 CPW 급전 안테나의 구체적인 구조를 II 장에서 기술하고, III 장에서는 모의 실험과 안테나를 제작, 측정된 결과를 토대로 안테나 특성을 해석하였다.

II. 안테나 구조

2-1 자기 유사 크로스 프랙탈 구조

프랙탈 도형의 주요한 특징은 자기 유사성(self-similarity)인데, 이것은 등방성 축척 변환을 하여, 어떤 도형의 부분이 전체 도형의 축소된 상이 되어 있는 것이다. 그림 1은 반복(iteration)을 할수록 크로스 모양으로 변하는 일반적인 자기 유사성 프랙탈 구조이다. 기본 구조는 사각형 모양의 최초자(K0)로 시작하여, 반복을 할수록 최초자의 크기를 수직, 수평 방향으로 각각 1/3로 축소한 다음 주어진 $\pm x$ 방향과 $\pm y$ 방향으로 한 개씩 더하여 만들어진 형태이다.

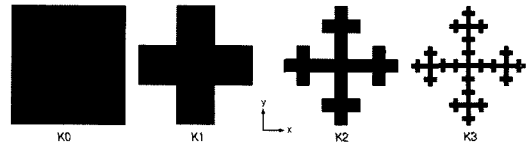


그림 1. 반복에 의해 크로스 모양으로 변하는 자기 유사성 프랙탈 구조

Fig. 1. Self-similar fractal structure forming crosses by iteration.

위의 과정을 IFS 변환(Iterated Function System Transformation)^[13]이라 하고 아래의 행렬식들로 표현된다.

$$w \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$w(x, y) = (ax + by + e, cx + dy + f) \quad (2)$$

w 는 평면 R^2 에서 R^2 로의 변환 상상으로 그 집합을 $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ 이라 하고, A 를 변환 과정을 거치기 전의 구조라 하면^[13], 제시된 자기 유사 구조에서 변환 과정을 수행했을 경우 아래의 식으로 표현된다.

$$W(A) = w_1(A) \cup w_2(A) \cup \dots \cup w_5(A) \quad (3)$$

여기서

$$w_1(x, y) = \left(\frac{1}{3}x, \frac{1}{3}y \right) \quad (4)$$

$$w_2(x, y) = \left(\frac{1}{3}x + \frac{1}{3}, \frac{1}{3}y \right) \quad (5)$$

$$w_3(x, y) = \left(\frac{1}{3}x + \frac{2}{3}, \frac{1}{3}y \right) \quad (6)$$

$$w_4(x, y) = \left(\frac{1}{3}x + \frac{1}{3}, \frac{1}{3}y + \frac{1}{3} \right) \quad (7)$$

$$w_5(x, y) = \left(\frac{1}{3}x + \frac{1}{3}, \frac{1}{3}y - \frac{1}{3} \right). \quad (8)$$

이다.

이에 반해 다음에 제시할 구조는 자기 아파인성(self-affinity)을 이용한 구조이다. 자기 아파인성^[9]이란 반복을 할 때 비등방성 축척 대칭성을 갖는 것이다. 즉, 축척 비율(scaling factor)이 수평과 수직 방향에서 서로 다르다. 그림 2는 자기 아파인성을 이용한 구조이다. 이 구조는 반복을 할 때마다 최초자의 크기를 수직, 수평 방향으로 각각 1/5로 줄이고, $\pm x$ 방향으로 발생자를 한 개씩 더하고 $\pm y$ 방향으로 발생자를 두 개씩 더하여 만들어진 형태이다. 즉 비등방성 축척에 대한 대칭성을 갖고 있는 것이다. 이러

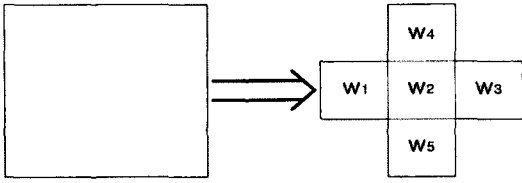


그림 2. 자기 유사 프랙탈 구조의 K0에서 K1으로 변환
Fig. 2. Transformation from K0 to K1 of self-similar fractal structure.

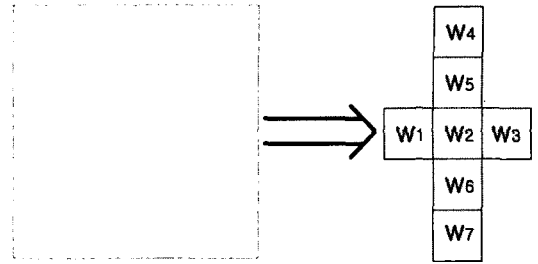


그림 4. 자기 아파인 프랙탈 구조의 K0에서 K1으로 변환
Fig. 4. Transformation from K0 to K1 of self-affine fractal structure.

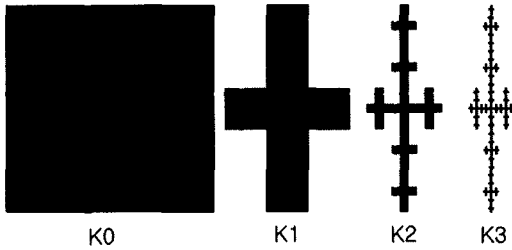


그림 3. 자기 아파인 프랙탈 구조의 여러 단계
Fig. 3. Various iteration stages of self-affine fractal structure.

한 과정을 유사 변환(affine transformation) 식으로 표현하면 다음의 식으로 표현된다^[14].

$$W(A) = w_1(A) \cup w_2(A) \cup \dots \cup w_7(A) \quad (9)$$

여기서

$$w_1(x, y) = (a_1x, d_1y) \quad (10)$$

$$w_2(x, y) = (a_2x + e_2, d_2y) \quad (11)$$

$$w_3(x, y) = (a_3x + e_3, d_3y) \quad (12)$$

$$w_4(x, y) = (a_4x + e_4, d_4y + f_4) \quad (13)$$

$$w_5(x, y) = (a_5x + e_5, d_5y + f_5) \quad (14)$$

$$w_6(x, y) = (a_6x + e_6, d_6y + f_6) \quad (15)$$

$$w_7(x, y) = (a_7x + e_7, d_7y + f_7) \quad (16)$$

으로 표현되며, 각각의 유사변환식 변수 값을 표 1에 정리하였다. 최초자로부터 발생된 프랙탈에서 수평 방향의 축소 사상들을 x축 방향으로 1/3, 수직 방향의 축소 사상들을 y축 방향으로 1/5로 각각 축소한 다음 전체적으로 5배 확대하면 최초자와 같은 모양이 발생된다. 다시 말해서, 비등방성 축척 대칭성이 발생한 것이다.

보통의 도형 차원은 1과 2, 혹은 3이라고 하는 자연수이지만, 프랙탈의 차원은 정수가 아닌 분수

표 1. 자기 아파인 변환 변수들의 값
Table 1. The values of self-affine transformation coefficient.

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>f</i>
<i>w</i> ₁	0.2	0	0	0.2	0	0
<i>w</i> ₂	0.2	0	0	0.2	0.2	0
<i>w</i> ₃	0.2	0	0	0.2	0.4	0
<i>w</i> ₄	0.2	0	0	0.2	0.2	0.4
<i>w</i> ₅	0.2	0	0	0.2	0.2	0.2
<i>w</i> ₆	0.2	0	0	0.2	0.2	-0.2
<i>w</i> ₇	0.2	0	0	0.2	0.2	-0.4

(fraction)라는 의미에서 프랙탈이라는 이름의 유래가 발생했다. 프랙탈을 형성시킬 때 발생자를 구성하는 최초자의 수를 *E*라 하고 발생자와 최초자의 단위 길이의 축척비(scale factor)를 *S*라 하면, *k* 세대에서의 프랙탈의 기본 구성 요소의 수는 $N(k)=E^k$ 이고 길이 단위의 축척비는 S^k 이 되므로 프랙탈의 차원^[6]은

$$d_f = -\frac{\ln(E)}{\ln(S)} \quad (17)$$

으로 정의된다. 예로서, 그림 1에 제시된 자기 유사 프랙탈의 차원은

$$d_f = -\frac{\ln(E)}{\ln(S)} = -\frac{\ln(5)}{\ln(1/3)} = 1.46 \quad (18)$$

이 된다.

2-2 자기 아파인 크로스 프랙탈 안테나

그림 5(a)~(d)는 K0~K3까지 제한된 CPW 급전 자기 아파인 프랙탈 안테나의 구조이다. 급전 부분

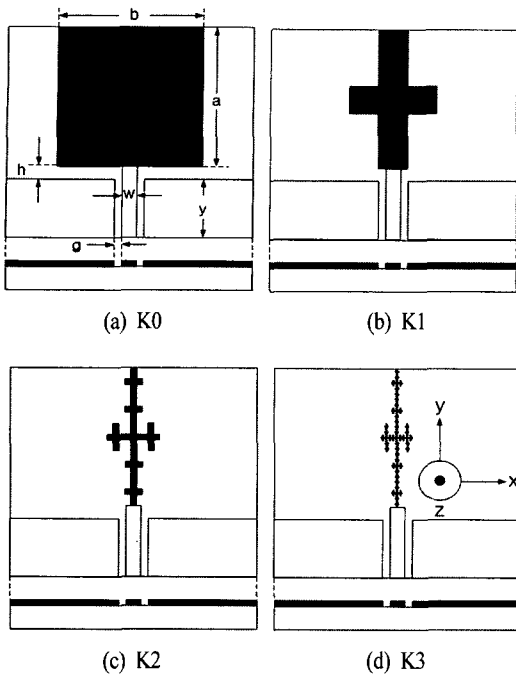


그림 5. CPW 급전 자기 아파인 프랙탈 안테나의 구조($a=60$ [mm])
 Fig. 5. The geometry of the CPW-fed self-affine cross shape fractal antenna($a=60$ [mm]).

에서 거리 y 만큼 떨어진 곳에서부터 패치가 위치하며, 급전선의 중앙으로부터 대칭된 구조이다. a 와 b 는 각각 패치의 세로와 가로 길이이고, 여기서는 a 와 b 의 크기는 같다고 가정하였다.

처음 사각형의 한 변의 길이가 a 라면 패치의 넓이는 a^2 이 된다. 제시된 자기 아파인 프랙탈에서 반복 계수(iteration coefficient), k 가 증가할수록 패치의 면적은 감소한다. A_k 를 반복 계수가 k 일 때의 면적이라고 하면,

$$\begin{aligned}
 A_0 &= a^2 \\
 A_1 &= \left(\frac{1}{5}\right)^2 \cdot 7 \cdot a^2 \\
 A_2 &= \left(\frac{1}{5}\right)^4 \cdot 7^2 \cdot a^2 \\
 &\vdots \\
 A_k &= \left(\frac{1}{5}\right)^{2k} \cdot 7^k \cdot a^2
 \end{aligned} \tag{19}$$

이고, 반복 계수가 $k+1$ 일 때의 면적은

$$A_{k+1} = 7 \cdot \left(\frac{1}{5}\right)^2 \cdot A_k \tag{20}$$

이 된다. 따라서 그림 1에 제시된 자기 상사 구조는 반복 계수가 증가할수록 패치의 면적이 5/9로 감소하는 반면, 본 논문에서 제안된 자기 아파인 구조는 반복 계수가 증가할수록 패치의 면적이 7/25로 감소하기 때문에 안테나의 면적을 더욱 줄일 수 있는 장점을 갖는다.

III. 모의 실험 및 측정 결과

안테나 제작에 있어 RT/Duroid 5880 기판($h=0.787$ [mm], $\epsilon_r=2.2$)을 사용하였다. 입력측의 50 Ω 임피던스 정합을 위하여 급전 부분에서 스트립 폭은 $w=3$ [mm], 갭 폭은 $g=0.32$ [mm]로 하였으며 급전 부분과 패치와의 연결 부분의 길이 $h=5$ [mm], 수직한 급전 선로의 길이는 $y=33$ [mm]로 최적화 하였다. 이때 한쪽 접지면의 치수는 48.48 [mm]×33 [mm]이다. 모의 실험은 FDTD 알고리즘에 기반을 둔 CST Microwave Studio^[15]를 이용하여 수행하였다.

그림 6은 K0에서 K3까지 제시된 안테나의 공진 주파수 변화를 나타낸 것이다.

반복 계수가 1일 때의 첫 번째 공진 주파수는 1 GHz 부근으로 그 전 단계의 공진 주파수 위치와 비슷하다. 반복 계수가 증가할수록 다중 대역 특성을 보이는데, K2와 K3 단계에서의 공진 주파수는 1 GHz, 3 GHz, 4 GHz, 그리고 7 GHz 부근으로 K1 단계의 공진 주파수를 포함하고 있다. 그림 7은 제안된 안테나의 K0에서 K3까지 첫 공진 주파수를 비교한 것이다. 여기서 한 가지 흥미로운 사실을 알 수 있는데, 반복 계수가 증가할수록 첫 공진 주파수의 위치는 거의 변화가 없고, 오히려 감소한다는 것이다. 일반적으로 안테나의 크기가 감소하면 공진 주파수가 증가해야 한다. 안테나 설계에 많이 연구되고 있는 Koch 프랙탈의 경우도 반복 계수가 증가할수록 패치의 면적이 증가하기 때문에 공진 주파수가 감소하였다^[16]. 이에 반해 제안된 안테나는 비등방성 축척 대칭성으로 인하여 반복 계수가 증가할수록 $\pm x$ 방향의 길이는 감소하였으나 급전 부분에서부터 표면 전류의 진행 방향인, $\pm y$ 방향의 길이는 변화가 없다. 즉, 전체적인 모양은 모노폴 안테나처럼 변하지만 공진 높이(resonant height)는 큰 변화가 없기 때문에 첫 번째 공진 주파수의 위치는 반복 계수

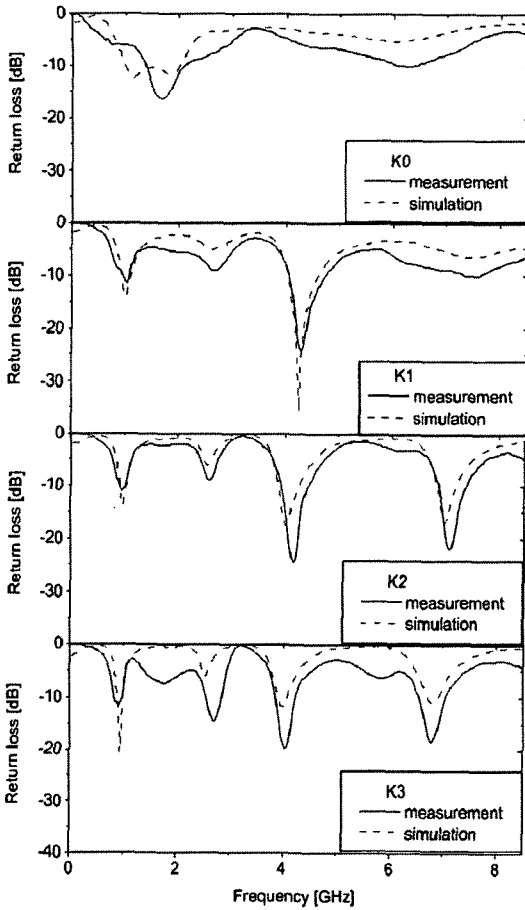


그림 6. K0에서 K3까지 반사 손실에 대한 공진 주파수 비교
 Fig. 6. The return loss as a function of frequency according to iteration stages(K0, K1, K2, and K3).

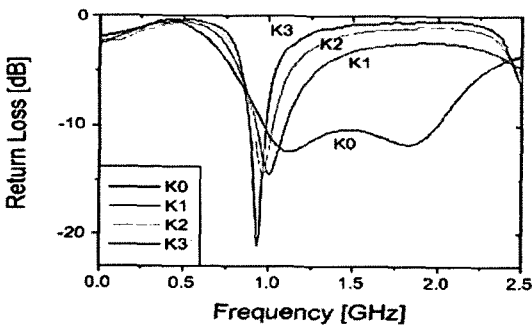


그림 7. K0에서 K3까지 첫 번째 공진 주파수를 비교한 모의 실험 결과
 Fig. 7. The simulation results for fundamental frequencies according to the various iteration stages (K0, K1, K2, and K3).

가 증가해도 거의 변화가 없고, 오히려 반복 계수가 증가하면 모노폴 양쪽의 기생 패치 수가 증가하게 되고, 이 기생 패치의 증가는 전체적인 공진 높이의 증가로 이어져 첫 번째 공진 주파수가 감소하였다. 또한 반복 계수가 증가할수록 첫 번째 공진 주파수의 감소율이 작아졌는데, 이것은 반복 계수가 증가할수록 모노폴 양쪽에 발생하는 기생 패치의 증가율이 감소하기 때문이다.

그림 8은 제시된 자기 아파인 크로스 프렉탈 안테나의 K0에서 K3까지의 표면 전류 분포를 보여준다. K0의 표면 전류 분포를 살펴보면, 급전 선로와 패치가 연결될 때의 급격한 수평 방향의 길이 변화는 저조한 임피던스 정합 특성을 만들며, 이로 인해 표면 전류가 패치의 아랫 부분에 집중하는 결과를 초래한다. 그러나 반복 계수가 증가할수록 임피던스 정합 조건이 개선되고, 구조적으로 전류가 흐를 수 있는 새로운 통로가 생기므로 다중 대역 특성이 나타나게

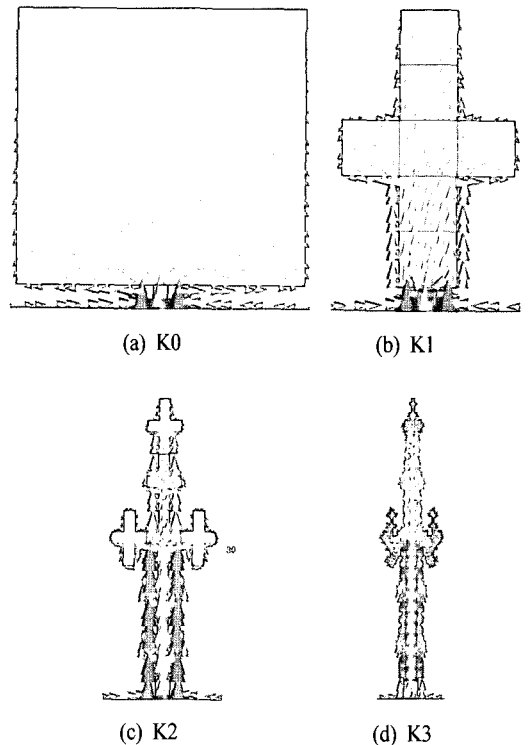


그림 8. 제시된 안테나의 K0에서 K3까지 표면 전류 분포 비교
 Fig. 8. Surface current distributions of the proposed antenna according to iteration stages.

된다. 그리고 급전 부분을 중심으로 하여 수직 방향으로 패치를 절단했을 경우 절단면 양쪽의 수평 방향의 전류 분포는 서로 반대가 되어 상쇄되기 때문에 패치의 수평 방향의 길이는 첫 공진 주파수에 영향을 미치지 않고, 오직 수직 방향의 길이가 첫 공진 주파수에 영향을 미친다. 따라서 기생 패치로의 전류 흐름은 수직 방향의 전체적인 공진 높이를 증가

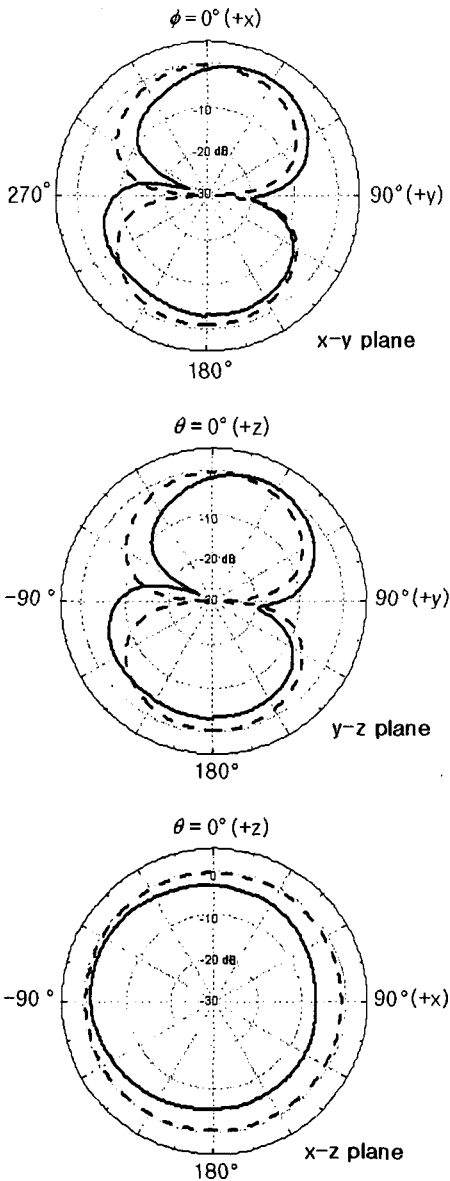


그림 9. K3 단계일 때의 첫 공진 주파수에 대한 복사 패턴
 Fig. 9. The radiation patterns of K3 stage in the fundamental frequency of K3 stage.

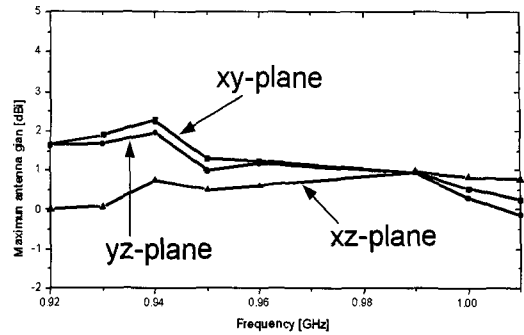


그림 10. K3 단계일 때의 최대 이득
 Fig. 10. The measured maximum gain of the proposed antenna at K3 stage.

시켜 첫 공진 주파수의 위치를 낮추게 된다.

그림 9는 K3 단계에서 첫 공진 주파수인, 0.93 GHz에 대해 복사 패턴을 나타낸 것이다. 실선은 측정값이고 점선은 모의실험 값이다. x-y 평면을 살펴보면 $\theta=90^\circ$ 와 $\theta=-90^\circ$ 에서 널(null)이 발생하고, x-z 평면은 전방향(omni-directional) 모양임을 알 수 있다.

그림 10은 K3 단계일 때 각 평면에 대한 최대 이득을 측정된 결과로 제시하고 있다. 최대 이득은 940 MHz에서 2.27 dBi이다.

IV. 결 론

본 논문에서는 비등방성 대칭성을 갖는 CPW 급전 자기 아파인 크로스 프렉탈 안테나를 제시하였다. 제안된 안테나는 비등방성 축척 대칭성으로 인해 자기 상사성을 이용한 안테나보다 패치의 면적이 더 감소하였고, 반복 계수의 증가는 임피던스 정합 조건을 향상시키고, 안테나 표면에 전류가 흐를 수 있는 새로운 통로를 만들어 다중 대역 특성이 나타나도록 한다. 또한 기생 패치의 증가는 전체적인 공진 높이를 증가시켜 첫 공진 주파수의 위치를 감소시킨다. 본 논문에서는 반복 계수가 3일 때 940 MHz에서 2.27 dBi의 측정 최대 이득을 얻었고, 전체적으로 모노폴 안테나의 복사 패턴과 유사한 특성을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] P. Dehhoda, A. Tavakoli, "Circularly polarized mi-

- crostrip fractal antennas", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, vol. 4, pp. 3453-3456, Jun. 2004.
- [2] O. Ban-Leong, "A modified contour integral analysis for Sierpinski fractal carpet antennas with and without electromagnetic band gap ground plane", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 52, pp. 1286-1293, May 2004.
- [3] G. F. Tsachtsiris, C. F. Soras, M. P. Karaboikis, and V. T. Makios, "Analysis of a modified Sierpinski gasket monopole antenna printed on dual band wireless devices", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 52, pp. 2571-2579, Oct. 2004.
- [4] C. Xuan, L. Yaxun, and S. Safavi-Naeini, "Printed plane-filling fractal antennas for UHF band", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, vol. 4, pp. 3425-3428, Jun. 2004.
- [5] P. Dehkoda, A. Tavakoli, "A crown square microstrip fractal antenna", *IEEE Antenna and Propagation Society Symposium*, vol. 3, pp. 2396-2399, Jun. 2004.
- [6] B. B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature*, Freeman, 1983.
- [7] D. Dasgupta, G. Hernandez, and F. Nino, "An evolutionary algorithm for fractal coding of binary images", *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 4, pp. 172-181, Jul. 2000.
- [8] B. Wohlberg, G. D. Jager, "A class of multiresolution stochastic models generating self-affine images", *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 47, pp. 1739-1742, Jun. 1999.
- [9] F. Lapique, P. Meakin, J. Feder, and T. Jossang, "Self-affine fractal scaling in fracture surfaces generated in ethylene and propylene polymers and copolymers", *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 86, pp. 973-983, Feb. 2002.
- [10] E. Parker, A. N. A. El Sheikh, "Convolution array elements and reduced size unit cells for frequency selective surface", *IEE Proceedings-Microwaves, Antennas and Propagation*, vol. 138, pp. 19-22, Feb. 1991.
- [11] J. M. Gonzalez-Arbescu, J. Romeu, "On the influence of fractal dimension on radiation efficiency and quality factor of self-resonant prefractal wire monopoles", *IEEE Antennas and Propagation Society Symposium*, vol. 4, pp. 214-217, Jun. 2003.
- [12] L. T. Wang, X. C. Lin, and J. S. Sun, "The broadband loop slot antenna with photonic bandgap structure", *IEE International Conference on Antennas and Propagation*, vol. 2, pp. 470-472, 2003.
- [13] H. O. Peitgen, H. Jurgens, and D. Saupe, *Fractals for The Classroom*, New York, Springer-Verlag, Inc., 1992.
- [14] A. Kimura, T. Watanabe, "An extension of the generalized Hough transform to realize affine-invariant two-dimensional(2D) shape detection", *IEEE International Conference on Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 65-69, Aug. 2002.
- [15] "CST Microwave Studio, Release 5.0", *Tech. Rep.*, 2004.
- [16] C. Borja, J. Romeu, "On the behavior of Koch island fractal boundary microstrip patch antenna", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 51, pp. 1281-1291, Jun. 2003.

김 대 환



2004년 2월: 한국항공대학교 정보통신공학과 (공학사)
2004년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 정보통신공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나, RFIC/MM-IC, 발진기

조 춘 식



1987년 2월: 서울대학교 제어계측공학과 (공학사)
1995년 12월: 미국 South Carolina 대학교 전기 및 컴퓨터공학과 (공학석사)
1998년 12월: 미국 Colorado 대학교 전기 및 컴퓨터공학과 (공학박사)

2004년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수
[주 관심분야] RFIC/MMIC, 전력증폭기, 믹서, 발진기, 안테나, 전자장 수치해석

이 재 옥



1992년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)
1994년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)
1998년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학박사)
1998년 3월~2004년 2월: 한국전자

통신연구원 디지털방송연구단 전파기반연구그룹
2004년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수
[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 능,수동 소자 해석 및 설계, EMI/EMC 대책기술, 고출력 증폭기 및 고출력 안테나 설계

이 윤 현



1965년 2월: 한국항공대학교 전자공학과 (공학사)
1976년 8월: 정보통신 기술사
1985년 2월: 경희대학교 전자공학과 (공학박사)
1980년~현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수

1988년 2월: New York State University at Buffalo 교환 교수
[주 관심분야] RF 회로 설계, 마이크로 웨이브 및 광통신, EMI