논문 2010-47TC-5-7

T형 마이크로스트립 안테나의 면적 비에 따른 최적 설계

(Optimized Design of T-Shaped Microstrip Antenna with Various Dimensions)

김 진 복*, 이 중 근**

(Jin-Bok Kim and Joong-Geun Rhee)

요 약

안테나의 급전방식은 동축 프로브, 커플링, 기생소자 그리고 임피던스 정합회로를 사용하는 다양한 형태가 있다. 본 논문에서 제안하는 안테나의 급전방식은 제작이 용이한 마이크로스트립 라인 방식이다. 본 논문은 2.0 GHz 대역을 위한 T형 마이크로스트립 안테나 패치 부분의 면적 비에 따른 안테나 특성에 관한 연구이며, HFSS(High Frequency Structure Simulator) 프로그램을 사용하여 해석하였다. 연구 결과 기존의 면적 비를 갖지 않는 기본 마이크로스트립 안테나보다 T형 마이크로스트립 안테나 패치부분의 면적 비를 40.38 %로 갖는 형태로 설계하면, 2.0 GHz 대역에서 사용되는 안테나의 공진주파수 특성, 반사손실 특성 그리고 복사 패턴 등을 최적화 할 수 있다는 것을 확인하였다.

Abstract

There are various types of antenna fed method; coaxial probe, coupling, parasitic elements, and impedance matching. In this paper, the fed method of the proposed antenna is microstrip line type. The high frequency structure simulator (HFSS) is used to analyze the characteristics of the T-shaped microstrip antenna with various patch dimensions. In comparison with the basic microstrip antenna, this proposed T-shaped microstrip antenna with 40.38 % of patch dimensions has the optimum characteristics of resonant frequency, return loss, and radiation pattern at 2.0 GHz band.

Keywords : Microstrip antenna, HFSS, T-shape, Fed method, Radiation pattern

Ⅰ. 서 론

안테나의 급전방식은 동축 프로브(Coaxial probe)로 급전하는 방법[1], 개구면 커플링(Aperture coupling)을 사용하는 방법[2], 기생(Parasitic)소자를 사용하는 방법, 패치 안테나의 개구면 결합과 임피던스 정합 회로(Impedance matching circuit)를 사용하는 방법, 십자가 형태의 배열을 갖는 방법[3], 그리고 각 모서리에 다이오드를 사용하여 편파를 조절하는 방법 등이 있다. 본 논문은 급전할 때 추가적인 소자가 필요 없는 마이크로스트립 방법[4]이 사용되었으며, T형으로 제작되어 기존의 마이크로스트립 안테나보다 특성을 향상 시켰다. 또한 마이크로스트립 라인을 사용하여 안테나를 제작할 경우 정합회로를 사용하지 않기 때문에 제작의 용이함과 완성된 안테나의 크기가 작다는 장점[5]이 있다.

마이크로스트립 안테나는 주요 사용 주파수가 수 GHz 대역을 사용하는 위성, 항공기, 레이더, 단말기(Mobile phone), DMB(Digital Multimedia Broad-casting), Wireless LAN(Local Area Network)등에 폭넓게 사용되고 있어, 사용량은 빠른 속도로 늘어나고 있다. 마이크로스트립 안테나의 수치 해석방법으로는 MoM(Method of Moments)과 FDTD(Finite Difference Time Domain)등이 있으나, 이 방법들을 사용하면 안테

* 학생회원, ** 평생회원, 한양대학교 전자전기제어계측공학과
(Department of Electronics, Electrical, Control & Instrumentation Engineering, Hanyang University)
접수일자: 2009년12월7일, 수정완료일: 2010년5월17일

나 설계 시 수치해석의 어려움으로, 임의의 위치에서 안테나의 임피던스를 계산하고, 급전 위치만 예측하여 안테나를 제작하게 되어 정확한 급전 홈의 폭과 길이 그리고 T형 마이크로스트립 안테나의 상부패치(B)와 하부패치(A)의 면적 비에 대해서는 이해하기 힘들었다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고 정확한 결과를 얻기 위하여 HFSS(High Frequency Structure Simulator) version 11 프로그램을 사용하였으며, 기판의 높이와 유전율을 고정시키고 마이크로스트립 안테나의 패치부분의 면적 비를 변화시켜, 2 GHz 대역에서 사용가능한 T형 마이크로스트립 안테나의 최적 설계를 연구하였다.

Ⅱ. T형 마이크로스트립 안테나 설계

1. T형 마이크로스트립 안테나

그림 1은 T형 마이크로스트립 안테나를 나타낸 것이다. 전체 기판 L, W_1의 길이는 식 (2.1), (2.2)과 같이 기본적으로 안테나의 공진주파수(f_r)에 따라 결정된다.

$$L = \frac{\lambda_g}{2} = \frac{0.49\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \tag{2.1}$$

$$W1 = \frac{c_0}{2f_r}\sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \tag{2.2}$$

여기서 $\lambda_0 = 0.15$ [m], 유전율 $\epsilon_r = 4.4$, $f_r = 2$ GHz, 빛의 속도 $c_0 = 3\times10^8$ [m/s] 이다. 계산된L의

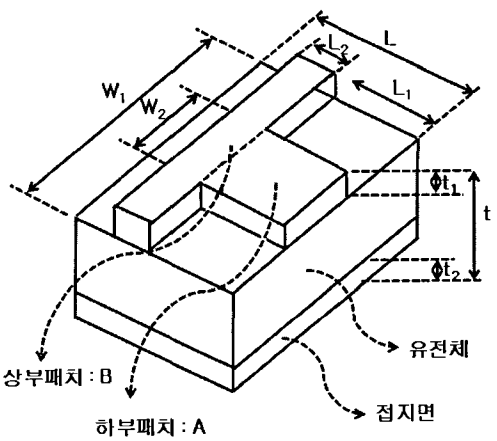

그림 1. T형 마이크로스트립 안테나
Fig. 1. T - shaped microstrip antenna.

크기는 35.04 mm 이며 W1 = 45.64 mm 이다. 본 논문에는 이론적으로 계산된 기판의 길이를 L1=35 mm , W1=45 mm 로 결정하여 이론값과 크게 차이나지 않도록 설정하였다.

T형 마이크로스트립 안테나에서 급전선의 폭 W_2와 기판의 두께 t가 공진주파수와 대역폭을 결정하는데 가장 큰 원인[5]이 된다. 이처럼 설계된 T형 마이크로스트립 안테나에서 기판은 FR-4를 사용하였고 전체 기판 두께 t는 0.8 mm, 유전율은 4.4이다. 접지면은 동판으로 구성되어 있으며 그 두께 t_1, t_2는 매우 얇은 50 um 이다. L과 W_1의 비는 식 (2.3)과 같이 입력임피던스(Z_i)를 나타낸다.

$$Z_i = 90\frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1}\left(\frac{L}{W1}\right)^2 [\Omega] \tag{2.3}$$

2.0 GHz의 공진주파수를 가지도록 설계하기 위해서는 급전 폭(W_2)의 길이가 중요하므로 일정범위(15 -20 mm)를 초과하게 되면 공진주파수 자체가 맞지 않기 때문에 공진 주파수 대역에서 마이크로스트립 안테나로서의 특성을 가질 수 없다. 그러므로 T형 마이크로스트립 안테나를 설계할 때에는 가장먼저 W_2의 크기 범위를 확실히 정해 오차를 줄여야 하며, 그에 따른 전체적인 면적 비(B/A×100 [%]) 또한 계산하여 설계해야만 한다. L_1의 폭이 넓어지게 되면 상부패치 부분의 넓이가 커지기 때문에 역시 일정범위(6~9 mm)를 초과 할 수 없다.

2. HFSS 시뮬레이션

그림 2는 T형 마이크로스트립 안테나의 HFSS 시뮬레이션 모습을 보여준다. 2 GHz 대역에서 사용되는 T형 마이크로스트립 안테나의 설계이므로, 전제 해석 주파수는 1 - 3 GHz 대역까지 해석하였고, 단위는 150 MHz로 설정하였다. 또한 HFSS 시뮬레이션에서 Solution 형태는 Driven Modal 을 사용하여[6] 마이크로스트립 안테나의 특성을 확인하였다.

HFSS 시뮬레이션에서는 급전되는 곳의 정확한 해석이 필요하기 때문에 경계면의 크기는 기본파장의 1/4을 넘어서도록 설정해야 한다. (-22.5, -17.5, -12) 지점에서 dX=90 mm, dY=70 mm, dZ=24 mm 로 경계면을 설정했기 때문에 경계면의 크기는 시뮬레이션 하기에 적합함을 알 수 있다. 소스 포트로 신호가 입사될 때 안테나의 패치부분을 거쳐 자유공간(Free space)으로 복사

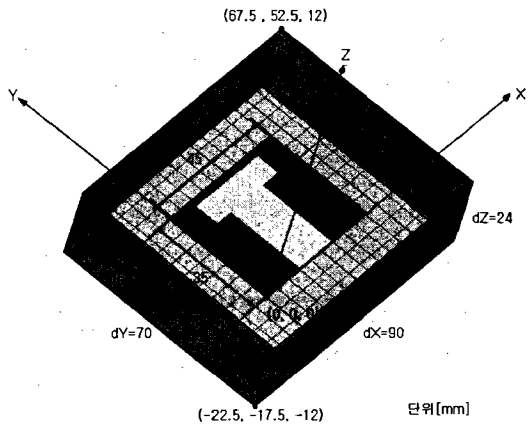

그림 2. T형 마이크로스트립 안테나의 HFSS 시뮬레이션

Fig. 2. HFSS simulation of T - shaped microstrip antenna.

(Radiation)되는 전자기파의 패턴을 확인하기 위해 공기(Air)[6]로 선택하였다. 고주파에서는 신호와 접지면의 조건이 명확해야 하므로, 소스 포트(Source port)의 위치는 접지면과 FR-4기판을 연결하는 곳에 설정하였다.

III. 면적 비에 따른 결과 해석

그림 3은 면적비가 없는 기본 마이크로스트립 안테나를 나타낸다. 패치 면이 직사각형 형태이므로 패치 부분의 면적비가 존재하지 않으며, W_2의 값에 따라 안테나의 특성이 변하게 된다[5].

표 1은 W_2의 값의 변화에 따른 안테나 특성을 나타낸 것이다. 면적 비가 없는 마이크로스트립 안테나의 결과 값은 T형 마이크로스트립 안테나와 비교하기 위해서 반드시 필요하다. 또한 그림 4는 W_2의 값의 변화 (15~20 mm)에 따른 6가지 형태의 안테나 특성을 평

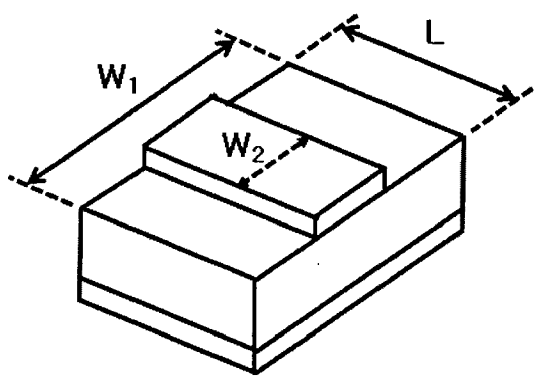

그림 3. 면적비가 없는 기본 마이크로스트립 안테나

Fig. 3. Microstrip antenna with no various dimensions.

표 1. W_2의 값에 따른 안테나 특성

Table 1. Characteristic of antenna with various W_2.

L_1 = 0 [mm]	Type	W_2 [mm]	공진주파수 [GHz]	반사 손실 [dB]
	1	15	1.86	-24.50
	2	16	1.85	-21.15
	3	17	1.99	-19.32
	4	18	1.97	-24.10
	5	19	2.01	-18.21
	6	20	1.98	-21.74

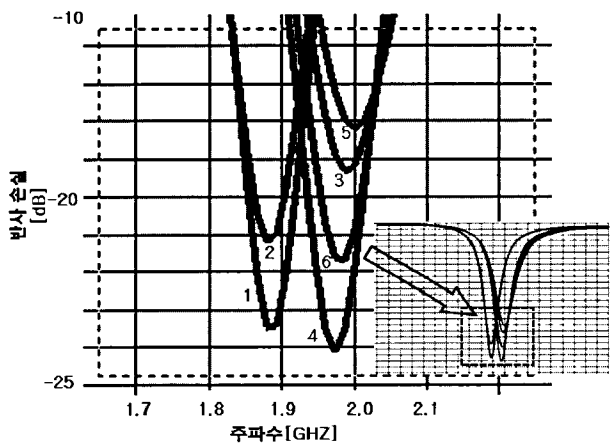

그림 4. W_2 값에 따른 6 가지 형태의 안테나 특성

Fig. 4. Characteristic of 6 type antenna with various W_2.

표 2. 면적 비에 따른 안테나 특성 : 30 - 45 %

Table 2. Characteristic of antenna with various dimensions : 30 - 45%.

L_2 [mm]	W_2 [mm]	A [mm²]	L_1 [mm]	W_1 [mm]	B [mm²]	면적비 B/A× 100 [%]	공진 주파수 [GHz]	반사 손실 [dB]
26	20	520	6	28	168	32.31	2.06	-13.67
26	19	494	6	28	168	34.01	2.06	-10.50
26	18	468	6	28	168	35.90	2.05	-12.70
25	20	500	6	30	180	36.00	2.04	-16.50
26	20	520	7	28	196	37.69	2.03	-22.78
25	19	475	6	30	180	37.89	2.01	-19.08
26	17	442	6	28	168	38.01	2.02	-22.09
25	20	500	6	32	192	38.40	2.00	-23.81
25	20	500	7	28	196	39.20	2.00	-24.15
26	19	494	7	28	196	39.68	2.02	-20.72
25	18	450	6	30	180	40.00	2.00	-24.76
26	16	416	6	28	168	40.38	2.00	-25.87
25	19	475	6	32	192	40.42	1.99	-21.49
25	19	475	7	28	196	41.26	2.00	-24.33
26	18	468	7	28	196	41.88	1.98	-17.45
25	17	425	6	30	180	42.35	1.97	-15.00
25	18	450	6	32	192	42.67	1.94	-13.90
26	15	390	6	28	168	43.08	1.96	-15.00
25	18	450	7	28	196	43.56	1.93	-14.53
26	17	442	7	28	196	44.34	1.91	-13.41
25	20	500	8	28	224	44.80	1.90	-13.20
25	16	400	6	30	180	45.00	1.89	-13.12

표 3. 면적 비에 따른 안테나 특성 : 45~70 %
Table 3. Characteristic of antenna with various dimensions : 45~70 %.

L_2 [mm]	W_2 [mm]	A [mm²]	L_1 [mm]	W_1 [mm]	B [mm²]	면적비 B/A× 100 [%]	공진 주파수 [GHz]	반사 손실 [dB]
25	17	425	32	6	192	45.18	1.89	-13.15
25	17	425	28	7	196	46.12	1.90	-13.67
26	16	416	28	7	196	47.12	1.97	-17.13
25	19	475	28	8	224	47.16	1.88	-13.07
25	15	375	30	6	180	48.00	1.91	-12.72
25	16	400	32	6	192	48.00	1.93	-16.42
25	16	400	28	7	196	49.00	1.92	-13.81
25	18	450	28	8	224	49.78	1.99	-12.68
26	15	390	28	7	196	50.26	1.93	-11.26
25	15	375	32	6	192	51.20	1.95	-13.75
25	15	375	28	7	196	52.27	1.96	-13.00
24	20	480	28	9	252	52.50	2.02	-11.10
25	17	425	28	8	224	52.71	1.94	-14.87
24	19	456	28	9	252	55.26	2.00	-14.68
25	16	400	28	8	224	56.00	1.98	-10.95
24	18	432	28	9	252	58.33	2.03	-11.86
25	15	375	28	8	224	59.73	2.04	-10.66
24	17	408	28	9	252	61.76	2.05	-9.31
24	16	384	28	9	252	65.63	2.06	-8.31
24	15	360	28	9	252	70.00	2.13	-11.29

면에 나타낸 것이다. 기판 FR-4의 두께 0.8 mm와 유전율 4.4는 동일하게 선택하여 정확성을 높였다. 공진주파수 특성은 Type5: 19 mm 일 때 2.01 GHz, 반사 손실은 Type4: 18 mm 일 때 -24.10 dB 로 가장 좋게 나타났으며, W_2값에 따라 공진주파수 특성보다 반사 손실 값이 더 큰 영향을 받은 것을 알 수 있다.

표 2와 3은 각각 면적 비에 따른 안테나 특성 중 면적 비 30~45 %와 45~70 % 결과를 나타낸다.

면적 비의 따른 결과 값을 해석하면 상부패치와 하부패치는 각각 안테나 패치부분의 면적 비를 나타낸 것이다. 상부패치와 하부패치의 면적 비가 30 % 미만이면 상부 패치 부분의 길이가 상대적으로 매우 작게 되어 면적 비를 가지고 있지 않은 기본 마이크로스트립 안테나와 큰 차이가 없게 되고, 상부패치와 하부패치의 면적 비가 70 %을 초과하게 되면 반대로 직사각형 형태의 패치 안테나가 되어 2 GHz 대역에서 좋은 특성을 갖기 힘들다. 그러므로 면적 비 30~70 %의 특성을 확인하는 것이 바람직하다.

그림 5는 면적 비에 따른 T형 마이크로스트립 안테나의 공진주파수를 보여준다. 면적 비가 40 % 일 때 T형 마이크로스트립 안테나의 공진주파수 특성이 2 GHz 대역에서 가장 우수한 것으로 확인되었다. 그림 6은 면적 비에 따른 T형 마이크로스트립 안테나의 반사 손실

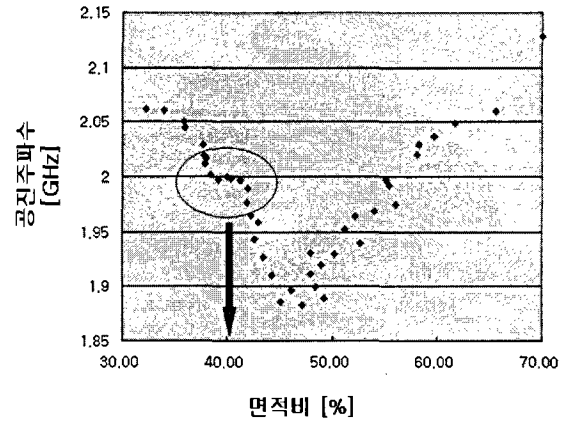

그림 5. 면적 비에 따른 공진주파수 특성
Fig. 5. Characteristic of resonance frequency with various dimensions.

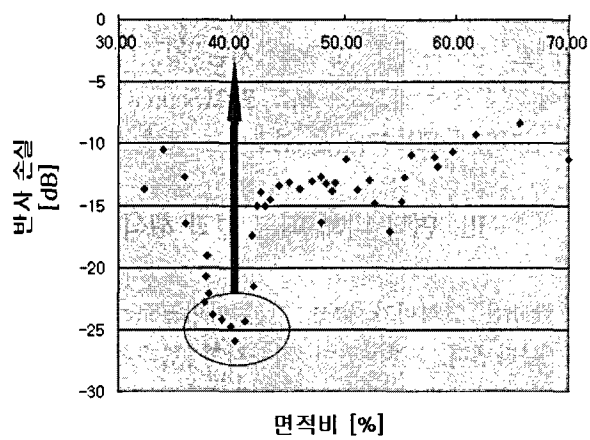

그림 6. 면적 비에 따른 반사 손실 특성
Fig. 6. Characteristic of return loss with various dimensions.

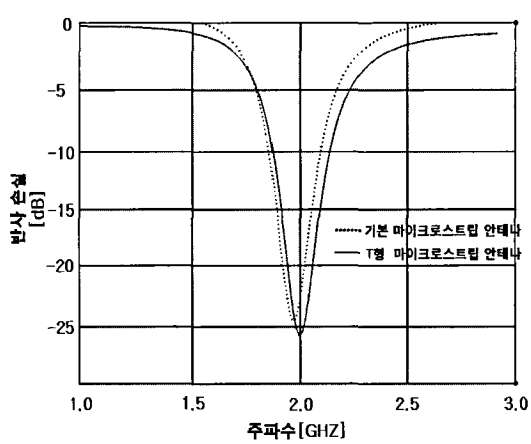

그림 7. T형 마이크로스트립 안테나와 기본 마이크로스트립 안테나의 특성
Fig. 7. Characteristic of T - shaped microstrip antenna and basic microstrip antenna.

을 보여준다. 동일하게 면적 비가 40 % 일 때 반사손실 특성이 가장 우수한 것으로 확인되었다.

T형 마이크로스트립 안테나에서 공진주파수는 그 결과 값의 차이가 1.88 - 2.13 GHz 로 0.25 GHz의 차이를 나타낸 반면, 반사 손실은 -8.13 dB 부터 -25.87 dB 까지 17.74 dB의 큰 차이를 나타냈다. 그러므로 면적비의 차이는 공진주파수 특성보다 반사 손실 특성에 더 큰 영향 주며, 패치 부분의 면적 비가 너무 낮거나 높으면 안테나 특성에 악영향을 미치는 것을 확인하였다.

그림 7은 최적화된 T형 마이크로스트립 안테나와 기본 마이크로스트립 안테나의 특성을 나타낸다.

최적화된 T형 마이크로스트립 안테나는 길이는 L_2=26 mm, W_2=16 mm, L1=6 mm, W_1=28 mm 이며 면적 비는 40.38 % 이다. 이때의 공진주파수는 2.00 GHz 이며 반사 손실은 -25.78 dB 이다. T형 안테나와 비교하기 위한 기본 마이크로스트립 안테나는 면적 비가 없으며 W_2 의 길이는 18 mm, 공진주파수는 1.97 GHz, 그리고 반사손실은 -24.10 dB 이다. 면적 비가 약 40 % 가 되면 공진주파수 특성과 반사손실 특성을 모두 좋게 할 수 있으며 면적비가 없는 마이크로스트립 안테나에 비해 패치 길이를 조정하면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있음을 확인했다.

표 4. T형 마이크로스트립 안테나와 기본 마이크로스트립 안테나의 3 dB 대역폭

Table 4. 3 dB Bandwidth of T - shaped microstrip ntenna and basic microstrip antenna.

안테나 종류		T형 안테나	기본 안테나
공진주파수 [GHz]		2.00	1.97
대역폭 (Bandwidth)	최소 [GHz]	1.967	1.944
	최대 [GHz]	2.033	1.996
	대역폭 [MHz]	66	52
	대역폭 [%]	3.3	2.63

표 5. T형 마이크로스트립 안테나와 기본 마이크로스트립 안테나의 이득

Table 5. Gain of T - shaped microstrip antenna and basic microstrip antenna.

안테나 종류		T형 안테나	기본 안테나
이득 (Gain)	최대이득 [dBi]	3.96	3.12
	전방복사 [dBi]	3.64	3.05
	후방복사 [dBi]	-3.53	-2.92

표 4는 T형 마이크로스트립 안테나와 기본 마이크로스트립 안테나의 3 dB 대역폭을 나타낸다. T형 마이크로스트립 안테나의 대역폭은 66 MHz 로 기본 마이크로스트립 안테나의 대역폭 52 MHz 에 비해 0.67 % 개선되었다. 표 5는 T형 마이크로스트립 안테나와 기본

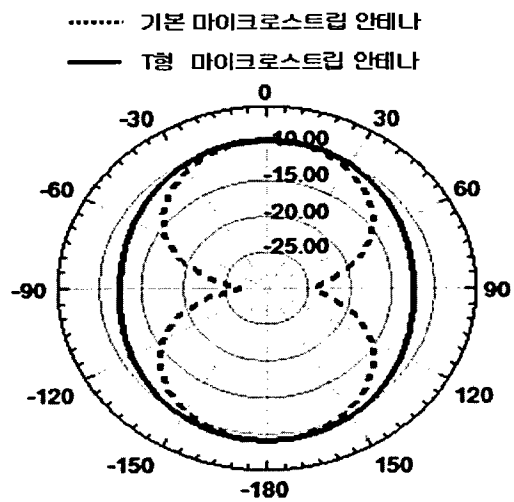

그림 8. T형 마이크로스트립 안테나와 기본 마이크로스트립 안테나의 전계평면(ϕ = 0 °)복사패턴

Fig. 8. E - plane (ϕ = 0 °) radiation pattern of T - shaped microstrip antenna and basic microstrip antenna.

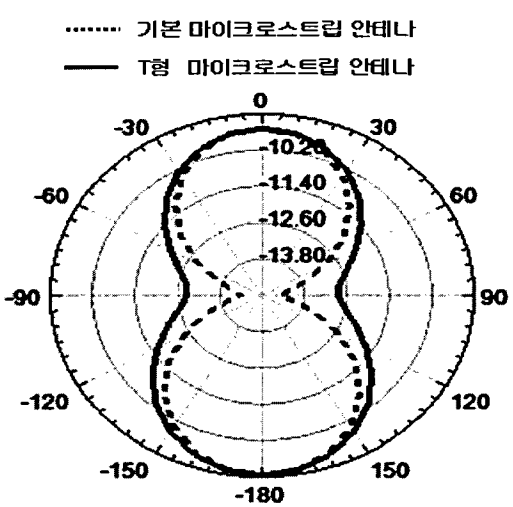

그림 9. T형 마이크로스트립 안테나와 기본 마이크로스트립 안테나의 자계평면(ϕ = 0 °)복사패턴

Fig. 9 H - plane (ϕ = 90 °) radiation pattern of T - shaped microstrip antenna and basic microstrip antenna.

마이크로 스트립 안테나의 이득을 나타낸다. T형 마이크로스트립 안테나의 이득은 3.96 dBi 로 기본 마이크로스트립 안테나의 대역폭 3.12 dBi에 비해 0.64 dBi 개선되었다.

그림 8과 9는 T형 마이크로스트립 안테나와 기본 마이크로스트립 안테나의 전계평면(E - plane : ϕ = 0 °)과 자계평면(H - plane : ϕ = 90 °)의 복사패턴을 보여준다. 공진주파수 2 GHz 대역에서 기본 마이크로스트립 안테나는 전계평면과 자계평면의 복사패턴 모습이 상당히 유사한 것을 확인하였으며, 기판과 평면을 이루는 90° 지점에서 좌우의 복사패턴의 차이를 보였으며, T형 마이크로스트립 안테나는 모든 평면에서 그 특성이 개선되었고, 특히 자계평면보다 전계평면에서 복사패턴이 우수한 것이 확인되었다.

Ⅳ. 결 론

본 논문은 T형 마이크로스트립 안테나 기판의 높이와 유전율을 고정시키고 마이크로스트립 안테나의 상부패치와 하부패치의 면적 비를 변화시켜, 2 GHz 대역에서 사용가능한 T형 마이크로스트립 안테나의 최적 설계를 연구하였다. 결과를 비교하기 위해 면적비가 존재하지 않는 기본 마이크로스트립 안테나를 사용하였고, 마이크로스트립 안테나에서 패치 부분의 길이가 공진주파수 특성보다는 반사 손실 특성에 더 큰 영향을 주는 것을 확인하였다.

면적 비 없이 마이크로스트립 안테나를 설계하게 되면 W_2의 길이에 따른 반사손실 특성의 변화가 심하였다. 이러한 점을 개선하기 위해 T형으로 면적 비를 갖는 마이크로스트립 안테나를 설계하면 반사손실의 차이가 크지 않았다. 면적 비를 40.38 % 갖는 T형 마이크로스트립 안테나는 면적 비가 없이 폭 W_2의 길이가 18 mm 인 기본 마이크로스트립 안테나에 비해 2 GHz 에서의 공진주파수 특성이 우수하였으며, 반사 손실은 1.68 dB, 대역폭은 0.67 %, 안테나 이득은 0.64 dBi 만큼 개선되었다. 복사 패턴 또한 전체적으로 40.38 %의 면적 비를 가지는 T형으로 제작 하였을 때 가장 우수한 특성을 보였다.

참 고 문 헌

[1] K. Brown, "The current distribution on the feeding probe in an air filled rectangular microstrip antenna," IEEE Trans, Antennas and Propagation Society International Symposium, vol. 3, pp. 1680 - 1683, Jun. 1989.

[2] J. S. Row and J. F. Feng, "Aperture - Coupled Microstrip Antennas With Switchable Polari -zation," IEEE Trans, Antennas and Propagation, vol. 54, no.9, pp. 2686 - 2691, Sept. 2006.

[3] W. S. Chen, "Square-ring microstrip antenna loaded with a center cross-shaped patch for compact circularly polarized radiation," IEEE Trans. Microwave and Millimeter Wave Technology Proceedings, ICMMT International Conference, pp. 297 - 300, Aug. 1998.

[4] D. M. Pozar, "Microstrip antennas," Proceedings of the IEEE, vol. 80, no. 1, pp. 79 - 91, Jan. 1992.

[5] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, Microstrip antenna design handbook, Attech House, 2001.

[6] HFSS (High Frequency Structure Simulator) version 11, Ansoft.

저 자 소 개

김 진 복(학생회원)
2008년 한양대학교 전자컴퓨터 공학부(공학사)
2010년 한양대학교 전자전기제어 계측공학과(공학석사)
<주관심분야: EMC, Antenna, Touch window, 수치해석>

이 중 근(평생회원)
1967년 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1973년 Univ. of South Florida 전자공학과(공학석사)
1979년 Univ. of South Florida 전자공학과(공학박사)
1990년 한국전자파학회 초대 회장
1993년~1997년 한국 아마추어 무선연맹 이사장
1998년~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부교수
2004년~현재 IEC/CISPR/SC-H/WG4 Convener
<주관심분야: EMC, MW 부품, Antenna, CISPR, ITU-R>