Regular paper | Journal of the KIECS. pp. 1003-1008, vol. 12, no. 6, Dec. 31 2017, t. 86, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2017.12.6.1003

CPW 구조 안테나 연구

박용욱*

Study on the CPW Structure Antenna

Yong-Wook Park*

요 약

본 논문에서는 5GHz 대역의 이중 T 구조를 갖는 CPW 안테나를 연구하였다. 안테나에 대한 주파수와 반사손실에 관한 파라미터 특성을 HFSS(: High Frequency Structure Simulator)를 통해 분석하고 이것을 이용하여 안테나를 설계하였다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 5GHz 대역에서 사용 가능한 이중 T 구조 CPW 안테나를 설계하고, 설계 된 안테나를 유전율 4.4, 두께 0.8㎜인 FR4-epoxy 기판을 사용 하여 포토리소그래피 방법으로 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 최종적으로 회로망 분석기(Network Analyzer)를 통해 안테나 특성을 분석하였다. 제작된 CPW 이중 T 구조 안테나는 중심주파수 5.29GHz, 입력반사손실 -34dB, 임피던스 49.6Ω의 결과 값을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we studied the design and fabrication of double T Structure with CPW antenna at around 5 ㎓ band.. To improve of frequency properties of antenna, Double T Structure with CPW antenna was simulated by HFSS(: High Frequency Structure Simulator). A double T Structure with CPW antenna was designed and fabricated by photolithograph on an FR4 substrate (dielectric constant of 4.4 and thickness of 1.6 mm). The fabricated A double T Structure with CPW antenna showed a center frequency, the minimum return loss and impedance were 5.29GHz, -34dB, and 390㎒, 49.6Ω respectively.

키워드

CPW, Antenna, HFSS, T Structure, Patch, FR4
CPW, 안테나, HFSS, T 구조, 패치, FR4

Ⅰ. 서 론

무선인터넷에 있어서 가장 핵심이 되는 요소는 안테나 기술이다. 그중에서도 이동성과 확장성 등의 효율적인 요건을 가장 만족할 수 있는 안테나를 찾아야 하는 것이 관건이 되고 있다. 이와 같은 요구조건 중에서 가장 주목을 받은 것이 마이크로스트립 구조의 안테나이다. 마이크로스트립 안테나는 유전체의 한 면은 접지판으로 다른 면은 마이크로스트립 선로로 회로를 구성하는 것으로, 포토리소그래피법으로 제작하기 때문에 제작이 쉽고, 대량생산에 적합하며 취급이 용이한 장점이 있다[1-3]. 대역폭이 좁고 이득이 낮은 단점이 있으나 제작의 간편성과 소형화에 있어서 가장 큰 효과를 보기 때문에 현재 무선랜 통신 이외에도 휴대폰 등과 같은 소형화 기기에서 사용되고 있다[4-5]. 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나가 갖는

* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과
• 접 수 일 : 2017. 10. 27
• 수정완료일 : 2017. 11. 20
• 게재확정일 : 2017. 12. 15
• Received : Oct 27, 2017, Revised : Nov 20, 2017, Accepted : Dec 15, 2017
• Corresponding Author : Yong-Wook Park
Dept. of Electronics Engineering, Namseoul University
Email : pyw@nsu.ac.kr

좁은 대역폭의 단점을 개선할 수 있는 이중 T 구조 안테나를 채택하여 5GHz 대역의 동작할 수 있는 안테나의 동작특성을 연구하였다. 이중 T 구조의 마이크로스트립 안테나 동작 특성 연구를 하기 위하여 기존에 연구되었던 단일 안테나와 CPW 이중 T 구조 안테나의 최적화 연구를 기반으로 우수한 주파수 동작 특성을 갖는 CPW 이중 T 구조 안테나를 연구하였다[6-8].

II. 안테나 이론

마이크로스트립 배열 안테나는 단일안테나의 사각 패치 소자를 배열하여 각 소자의 여진 전류 위상을 조절하고 안테나를 특정 방향, 동일 위상으로 하여 합성된 주빔을 형성하는 안테나를 의미한다. 일반적으로 마이크로스트립 단일 안테나의 경우 원하는 주파수 대역의 설계가 가능하다. 하지만 방사패턴이 비교적 넓어 지향성이 낮기 때문에 장거리 통신에 적합한 안테나 역할을 하기에는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방안으로 제안된 것이 단일 안테나의 사각 패치 소자를 증가시켜 고지향성을 얻어낸 배열 안테나 개념이다.

주파수가 마이크로파대로 높아지면 파장이 짧아지기 때문에 우선은 안테나가 소형으로 된다. 그러나 이보다 더욱 소형으로 만드는 기법이 필요하다. 마이크로파대에서는 혼형, 파라볼라형, 렌즈형 등이 있지만 이들은 원하는 만큼 소형으로 만들기 곤란하다. 소형화가 가능한 것은 마이크로스트립 안테나가 있다.

가장 간단한 형태의 마이크로스트립 패치 안테나는 유전율이 ε인 일정한 두께의 유전체 기판을 사이에 두고 한쪽 면에는 안테나 역할을 하는 복사소자가 놓여있고 다른 쪽에는 접지평면을 가진 형태로 구성된 것이다. 마이크로스트립 패치 안테나는 길이에 따라 주파수 대역이 달라지는 공진형 안테나의 일종으로 프린징 효과(fringing-effect)에 의해 신호를 방사하는 것으로 해석한다. 패치는 그 외에도 원형을 비롯하여 여러 가지 형태의 것이 있다. 마이크로 스트립 안테나 설계에 사용되는 기판은 여러 가지가 있는데 기판의 유전율은 보통 2.2 ≤εr ≤ 12범위이다.

기판은 두껍고 유전율이 낮은 것이 안테나 성능에 가장 바람직하다. 기판이 두껍고 유전율이 낮을수록 효율이 더 좋으며 대역폭이 넓고 공간으로 방사되는 경계(boundary field)가 약하기 때문에 안테나 특성에는 바람직하지만 소형화가 곤란하다. 마이크로스트립 안테나를 다른 마이크로웨이브 회로와 함께 집적화하기 때문에 안테나 성능과 회로 설계 간에 타협을 하여야 한다. 따라서, 마이크로스트립 안테나를 소형화하는 방법으로는 첫째, 방사판의 한 변을 도체판과 접속한 것으로 길이는 마이크로스트립 안테나의 1/2로 되며, 이득이 3dB 낮아진다. 이 단락부의 길이를 바꾸어 대역폭이나 공진주파수를 제어할 수도 있다. 여기에서 단락 금속판을 더욱 좁힌 이렇게 단락부의 폭을 아주 가늘게 한 경우가 앞에서 언급한 평판형역 F형 안테나 형태를 갖는다. 다른 방법으로는 마이크로스트립 안테나의 급전부에 정합회로를 설치한 것이다. 이에 따라 방사판의 길이가 1/2 파장에 부족한 경우에도 정합회로에 의해 급전선과 정합시킬 수 있다. 단, 방사판의 길이가 짧기 때문에 양단 자류의 위상이 일치하지 않으며, 방사효율이 저하한다. 이와는 다른 소형화 방법은 전류가 흐르는 방향과 직교하도록 방사판을 잘라 넣은 것이다. 이에 따라 리액턴스가 방사판상에 장하되어 방사판의 길이를 짧게 할 수 있지만 대역폭은 좁아진다. 마지막 방법으로는 방사판의 맨 끝에 금속판을 근접시킨 것이다. 이것은 방사판의 끝과 금속판에 의해 콘덴서가 구성되는 것이며, 방사원에 리액턴스를 장하한 것과 같은 효과가 얻어진다. 단,제작상의 정밀도에 따라 콘덴서 용량에 한계가 있기 때문에 대폭적인 소형화는 곤란하다. 콘덴서의 용량을 증가시키기 위해 집중소자를 접속한 것으로, 더욱 소형화가 가능하지만 대역폭은 한층 좁아진다.

2.1 안테나의 구조와 Impedance Matching

전계는 대부분 아래에 존재하지만, 일부는 공기와 기판을 공유하면서 존재하거나 공기 중에도 존재한다. 따라서 유전체와 공기에 존재하는 전자파의 특성이 서로 상이하므로 순수한 TEM모드가 존재한다고 할 수 없다. 마이크로스트립 선로에는 TEM모드 이외 TE, TM모드가 복잡하게 존재한다. 그러나 유전체 기판의 두께는 파장에 비해 매우 얇기 때문에 준 TEM(quasi-TEM)모드로 간주할 수 있다. 그러므로 마이크로스트립 선로 내 전자파는 정전자계로 해석될

수 있다. 위상속도와 전파상수 및 특성 임피던스 등에 대한 수식도 정전계 이론에 의한 풀이로부터 얻을 수 있는 것이다. 위상속도와 전파상수 및 관내파장은 식 (1), (2), (3)과 같다.

$$v_p = \frac{v_0}{\sqrt{\varepsilon_{re}}} \tag{1}$$

$$\beta = k_0\sqrt{\varepsilon_{re}} \tag{2}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\varepsilon_{re}}} \tag{3}$$

여기서 ε_{re} 는 실효 비유전율로써 $1<\varepsilon_{re}<\varepsilon_r$의 관계를 갖는다. 실효 비유전율은 유전체 두께 d와 마이크로스트립 폭 W에 따라 달라지는데, 폭이 두꺼울수록 비유전율 값에 가까워진다. 이는 두꺼울수록 TEM 모드에 가까워진다는 것을 의미한다. 본 논문에서 연구하고 있는 CPWG는 완전한 TEM모드를 구현 할 수 있다는 장점이 있다.

안테나의 구조에는 도선을 원형 또는 직사각형. 정사각형 등으로 1회 또는 수회감은 폐 루프 안테나,수직 안테나의 꼭대기에서 수평으로 1개 혹은 여러개의 도선을 설치하여 실효도 높이고 공진도 시키는 방식인 역 L형 안테나 등 여러 종류의 안테나가 있다. 본 논문에서는 스터브와 선로 사이의 간격을 조절하여 주파수 대역의 이동이 용이하다는 장점이 있는 이중 T 구조를 채택하여 연구를 수행하였다. 임피던스 매칭이란 어떤 하나의 출력단과 입력단을 연결할 때, 서로 다른 두 연결단의 임피던스 차에 의한 반사를 줄이려는 모든 방법을 임피던스 매칭이라 한다. 임피던스 매칭은 기판의 유전율(ε_r)과 유전체의 두께(h)가 가장 중요한 요소로 작용한다.

마이크로스트립 선로의 실효 비유전율과 특성 임피던스를 구하는 공식은 여러 공식이 있다. 그중 비교적 널리 적용하는 공식을 쓰면 다음 (4), (5)와 같다.

$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_r+1}{2} + \frac{\varepsilon_r-1}{2}\left(1+\frac{12h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}} \tag{4}$$

$$Z_0 = \begin{cases} \dfrac{60}{\sqrt{\varepsilon_{re}}} ln\left(\dfrac{8d}{W}+\dfrac{W}{4d}\right) & (W/d \le 1) \\ \dfrac{120\pi}{\sqrt{\varepsilon_{re}}\left[W/d+1.393+0.667\ln(W/d+1.444)\right]} \end{cases} \tag{5}$$

본 연구에서 사용한 T-접합 전력분배기는 그림 1과 같이 회로적인 해석을 통해서 임피던스 정합 설계가 가능하다. 마이크로스트립 배열 안테나에서 50 Ω의 임피던스를 얻기 위한 전력분배기의 입력 임피던스는 식 (6)과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{1}{Z_{in}} = \frac{1}{R_L} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \tag{6}$$

$$Z_1 = \sqrt{Z_o R_L} \tag{7}$$

식 (6)을 통해 구한 입력 임피던스를 통해 전력분배기에 내장된 λ/4 변환기의 임피던스를 식 (7)과 같이 구할 수 있다.

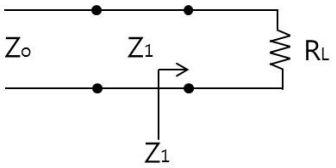

그림 1. 전력분배기
Fig. 1 Diagram of power divider

2.2 CPWG(: Coplanar Waveguide with Ground)

CPW(: Coplanar Waveguide) 급전 방식은 마이크로스트립 급전 방식에 비해 분산이 작아지며 광대역 특성이 있고 접지면과 동일한 면상에 급전 구조가 구현되었기 때문에 급전 손실이 줄어든다. 또한 뒷면의 접지면을 이용하게 되면 기존 마이크로스트립 안테나 구조와는 다르게 via hole를 사용하지 않고도 수동소자나 능동소자의 직, 병렬 부착에 용이하며 회로를 소형화 할 수 있다. 이는 공정상의 이점 뿐 아니라 밀리미터파 영역에서 via 등에 의한 기생효과가 줄어드는 장점을 갖게 되고 수 GHz에서 수십 GHz 이상의 회로에 구조에 주로 이용된다[9-11].

CPWG는 CPW의 변종된 Type의 안테나로 특성은 CPW와 유사하며 유전율 기판을 금속판과 함께 고정하거나 EM 커플링을 차단 할 때 좋으며 뒷면전체를 ground판으로 하여 ground 전위가 안정화 된다. 또한 특성 임피던스 감소로 유전율을 증가 시켜 급전선의 폭과 그라운드 간격 등에 영향을 받는 CPW에 비해

안정성이 뛰어나다. 특성 임피던스 공식은 다음 (8)과 같다

$$Z_o = \frac{60\pi}{\sqrt{\varepsilon_{eff}}} \frac{1.0}{\frac{K(k)}{K(k')} + \frac{K(kl)}{K(kl')}} \quad (8)$$

III. 실 험 및 결과

이중 T 구조 안테나 연구는 이론을 바탕으로 각 설계 목표 값을 달성하기 위해 그림 2와 안테나 제작 과정을 수행하였다. 안테나의 특성을 확인하기 위한 모의실험은 HFSS(: High Frequency Structure Simul - ator)를 활용, 안테나를 설계 및 3차원적으로 안테나 구조를 해석하였다. 최종적으로 제작된 안테나의 주파수 특성은 회로망 분석기(Network Analyzer)를 이용하여 특성을 분석하였다.

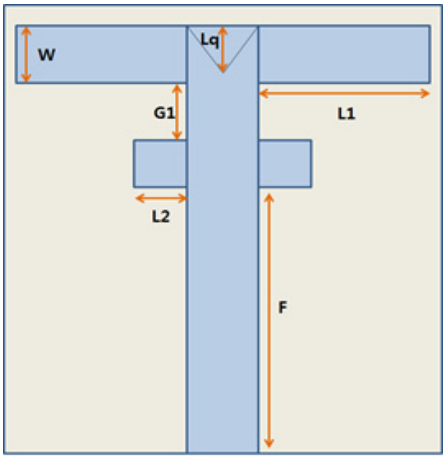

그림 2. 이중 T 구조 안테나 및 파라미터
Fig. 2 Structure and parameters of double T structure

시뮬레이션 결과 값을 통해 실제 제작한 결과가 설계 목표 값을 달성하였을 경우에는 안테난 설계를 마치게 된다. 만약, 달성하지 못했을 경우에는 위에서 설명한 과정을 반복하여 연구 목표한 수치를 달성하였다 본 연구에서는 첫 번째로 그림 2와 같은 구조를 갖는 이중 T 구조를 갖는 안테나의 특성을, W, L1, L2, G1, F, Lq의 파라미터를 변화시키며 안테나의 동작 특성을 연구하였다. 그림 2와 같은 이중 T 구조 안테나보다 대역폭 특성 개선 및 우수한 주파수 특성의 달성하기 위하여 구조가 개선된 그림 3과 같은 CPW 구조 및 기판의 그라운드 특성을 개선한 구조를 갖는 안테나의 주파수 특성을 연구하였다. 이와 같은 실험을 통하여 설계된 CPW 이중 T 구조 안테나의 설계 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. CPW 이중 T 구조 안테나 설계함수
Table 1. Parameters of double T structure antenna with CPW

W (mm)	L1 (mm)	L2 (mm)	F (mm)	G1 (mm)	G2 (mm)	GD (mm)	Lq (mm)
6	13	3	36	2	4.5	1.2	3

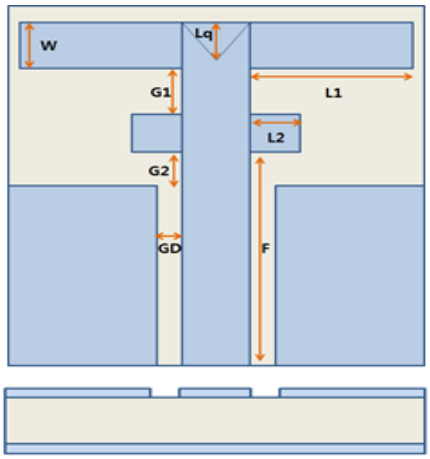

그림 3. CPW 이중 T 안테나 구조 및 파라미터
Fig. 3 Structure and parameters of double T structure with CPW

그림 2의 기본 구조에 G2, GD의 파라미터가 추가된 그림 3과 같은 CPW 이중 T 구조 안테나의 구조가 좀 더 우수한 주파수 특성을 가지는 것을 시뮬레이션을 통해 확인 할 수 있었다.

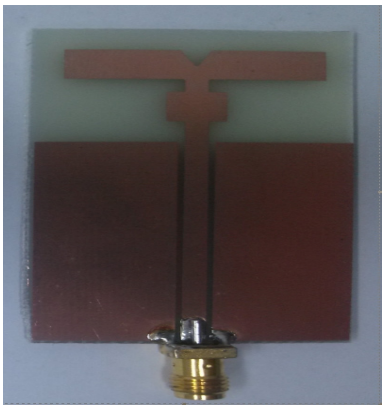

그림 4. 제작된 CPW 이중 T 안테나
Fig. 4 Photo of fabricated double T structure with CPW antenna

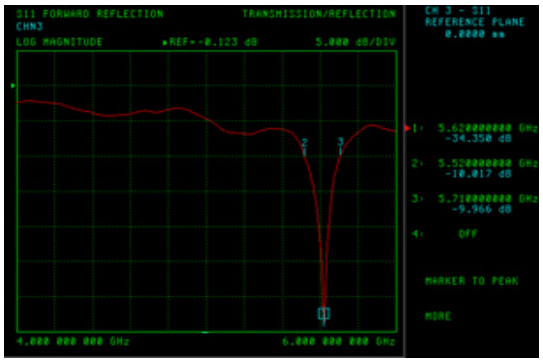

그림 5. 제작된 CPW 이중 T안테나 특성
Fig. 5 Frequency result of fabricated double T structure antenna with CPW

시뮬레이션 결과를 바탕으로 제작한 CPW 이중 T 안테나는 그림 4와 같고 제작된 안테나의 주파수 동작 특성은 그림 5에서 확인 할 수 있듯이 중심주파수 5.28GHz 를 기준으로 입력반사손실 -34dB, 대역폭 270MHz, 임피던스 49.6Ω 의 주파수 특성을 보여주었다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 5GHz 대역의 이중 T 구조 안테나 안테나를 연구하였다. 최적화 연구를 위해 이중 T 구조 및 CPW 이중 T 구조 안테나의 주파수 특성 연구을 수행하였으며, 설계된 CPW 이중 T 구조 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나의 동작특성은 중심주파수 5.29GHz를 기준으로 입력반사손실 -34.dB, 대역폭 270MHz, 임피던스 49.6Ω 의 동작특성을 보였다. 추후 보완연구를 통하여 좀 더 동작특성이 개선된 CPW 구조의 마이크로스트립 안테나를 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 남서울대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.

References

[1] G. Kim, "Optimum Design of a Dual-Band Microstrip Patch Antenna using the Square CSRR Construction," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2017, pp. 25-30.

[2] T. Choi, J. Kim, and J. Yoon, "A Design and Implementation of Dual-band Monopole Antenna with DGS," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 9, 2016, pp. 841-848.

[3] J. Kim and J. Yeo, "CPW-fed Compact Slot Antenna Matched by T-shaped Stub," *J. of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 13, no. 13, 2012, pp. 3140-3145.

[4] J. Lim, M. Lee, and D. Yang, "Disk Sector Antenna fed by CPW for UWB Communications," *J. of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 10, no. 2, 2009, pp. 303-312.

[5] Y. Kim, "Pattern-Switchable Microstrip Patch Antenna with Loop Structure," *J. of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, vol. 13, no. 11, 2012, pp. 5447-5451.

[6] Y. Park, "Dual T type antenna study for LTE communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 1, 2015, pp. 7-11.

[7] O. Kim, “Design of Dual-band Microstrip Antenna for Wireless Communication Applications,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1275-1279.
[8] W. Cao, Y. Xiang, B. Zahng, A. Liu, T. Yu, and D. Guo, “A Low Cost Compact Patch Antenna With Beam Steering Based on CSRR-Loaded Ground,” *IEEE Antenna Wireless Propagation Letters*, vol. 10, 2011, pp. 1520-1523.
[9] G. Kim, “Design of slotted waveguide antenna with slot depth variation,” *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 4, 2013, pp. 535-540.
[10] M. Nikolić, A. Djordjević, and A. Nehorai, “Microstrip Antennas With Suppressed Radiation in Horizontal Directions and Reduced Coupling,” *IEEE Trans. Antennas Propagation,* vol. 53, no. 11, 2005, pp. 3469-3476
[11] C. Mak, K. Lee, and Y. Chow, "Experimental study of a Microstrip Patch Antenna with an L-shaped Probe," *IEEE Trans. Antenna and Propagation,* vol. 48, no. 5, 2000, pp. 777-783.

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 교수
※ 관심분야 : RF 디바이스, 안테나, 센서