

T형 슬릿을 갖는 GPS용 마이크로스트립 패치 안테나 설계 및 제작

이 은 진* · 이 권 익* · 홍 성 욱* · 강 부 식* · 김 흥 수**

Design and Fabrication of Microstrip Patch Antenna with T-shaped slits for GPS

Eun-Jin Lee*, Kwoun-Ig Lee*, Seong-Ug Hong*, Boo-Sik Kang* and Heung-Soo Kim**

ABSTRACT

In this paper, a microstrip patch antenna with the T-shaped slits, which are employed to reduce the patch size, is proposed for GPS. The characteristics of the patch antennas as varying the size and the number of the slits are analyzed and compared. The T-shaped slits shift the resonance frequency of the patches to the lower frequency. From the results, the size of the patch with the T-shaped slits is to be smaller than the patch without the slits. The microstrip patch antenna with the T-shaped slits is fabricated and the characteristics of the antenna are measured.

Key Words : GPS, microstrip patch antenna, T-shaped slit

1. 서 론

최근에는 휴대폰서비스 및 개인휴대 단말기(PDA : Personal Digital Assistant)등을 이용하여 GPS 기술의 응용이 활발히 이루어지고 있으며, 휴대용 GPS 안테나의 소형화, 경량화에 따른 소형 안테나의 필요성이 더욱더 중요시되고 있다. 마이크로스트립 안테나는 주파수 대역폭이 좁고, 효율이 낮다는 단점이 있지만, 안테나의 패치상에 급전부를 구성할 수 있으

며 얇고, 가볍고, 소형화가 가능하며, 인쇄회로기법으로 쉽게 제작할 수 있고, 가격도 저렴하다는 장점이 있다. 1.575GHz 주파수에서 운용되는 휴대용 GPS에서 사용되는 원형 편파 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 크기를 줄이기 위해 유전율이 높은 유전체 기판의 사용과 패치 구조를 주름진 형태로 설계하는 등 다양한 방법이 연구되고 있다.^{1,3)}

본 연구에서는 GPS용으로 사용할 수 있는 패치 안테나의 크기를 줄이기 위한 방법으로 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 끝 부분에 T형 슬릿을 삽입하는 형태를 제안하였으며, 이 제안된 T형 슬릿을 갖는 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하여 기존 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나와 그 특성을 비교 분석한다. T형 슬릿에 의한 안테나의

* 제주대학교 통신공학과

Dept. of Telecommunication Eng. Cheju Nat'l Univ.

** 제주대학교 통신컴퓨터공학부, 첨단기술연구소

Faculty of Telecommunication and Computer Eng., Research Institute of Advanced Technology, Cheju Nat'l Univ.

특성을 분석하기 위해 슬릿의 개수와 크기를 변화시켜, 공진 주파수에서 가장 많은 주파수 변화를 보이는 슬릿의 개수와 크기를 찾는다. 마지막으로 T형 슬릿을 갖는 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하여 반사 손실과 방사 패턴을 비교 분석한다.

2. 구형 마이크로스트립 패치 안테나

일반적인 마이크로스트립 패치 안테나는 패치와 접지평면 사이의 얇은 유전체층에 의해 분리된 형태의 구조를 갖는다. 구형 패치는 기판의 두께 h 가 파장보다 매우 작아야 하며, 반파장 크기인 구형 패치 길이는 프리징(fringing) 효과로 인해 패치의 전기적인 크기가 실제 크기 보다 더 증가됨으로 반파장 패치의 길이를 약간 짧게 설계한다. 반파장 패치의 공진 길이는 근사적으로 다음과 같다.⁴⁾

$$L \approx 0.49\lambda_d = 0.49 \frac{\lambda}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

여기서 λ 는 자유 공간 파장, λ_d 는 유전체에서의 파장 그리고 ϵ_r 은 기판의 유효 유전 상수이다.

마이크로스트립 패치 안테나의 급전 방식은 직접 결합, 전자기 결합, 개구 결합 등이 있으며, 직접 급전 방식에는 마이크로스트립 라인 급전과 동축 프로브 급전 방식이 있다. 본 연구에서 사용한 급전 방식은 동축 프로브 급전이며, 프로브 급전 방법은 제작과 정합이 쉽고 스퍼리어드 복사가 적다는 장점이 있으나 협대역이며 모델화 하는 것이 어렵다는 단점이 있다. 프로브 급전은 접지면에서 패치까지 커넥터의 중심 도체를 연장해 쉽게 만들 수 있으며 임피던스 정합은 적당한 위치에서 프로브 급전시킴으로써 임피던스를 정합시킬 수 있다.

마이크로스트립 패치는 기본적으로 선형편파를 갖는다. 원형편파는 90°의 위상차를 갖는 두 교차 모드를 발생시켜 얻을 수 있으며, 교차 모드를 얻기 위해서는 다양한 급전방법과 패치의 형태 변환을 이용해야 한다. 급전 방법에 따른 두 교차 모드 발생은 프로브 급전의 경우 급전점이 패치의 대각선상에 위치할 때이며, 마이크로스트립 라인 급전의 경우 패치

대각선상에 슬릿을 삽입하였을 경우 90°의 위상차를 갖는 모드가 발생한다.⁵⁻⁶⁾

3. 패치 안테나의 설계

본 연구에서 1.575GHz의 공진 주파수를 갖는 GPS용 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였고, 안테나의 크기를 줄이기 위해 정사각형 마이크로스트립 패치에 T형 슬릿을 삽입한 형태의 안테나를 설계·제작하였다.

3.1. 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나

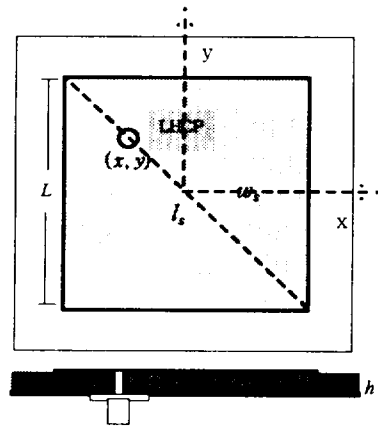


Fig. 1. Microstrip patch antenna. ($L=45\text{mm}$, $l_s = 12.5\text{mm}$, $w_s = 1\text{mm}$, $(x,y) = -9.9\text{mm}$, ground = $75 \times 75\text{mm}$)

정사각형 마이크로스트립 패치 길이 L 은 식(1)을 이용하여 45mm를 얻는다. 원형 편파를 얻기 위해 패치의 대각선상에 급전점을 위치시키고 급전으로부터 교차 편파가 발생하게 패치 중앙에 슬릿을 삽입하였다. 이렇게 구해진 안테나 재원들을 가지고 설계된 원형 편파 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 구조는 Fig. 1과 같다. 안테나의 해석은 모멘트법(MOM: Method of Moments)을 이용하여 전자계를 해석하는 상용 시뮬레이션 툴인 Ensemble 이용하였으며, 안테나의 반사 손실은 Fig. 2와 같이 얻을 수 있었다. 안테나의 방사 패턴은 Fig. 3에서 나타내었으며 이득은 4dBi를 얻었다.

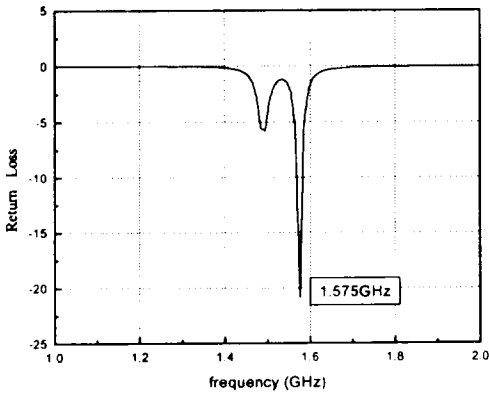


Fig. 2. Return loss of the antenna in Fig. 1.

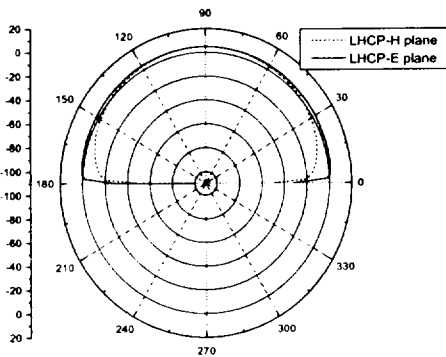


Fig. 3. Radiation pattern of the antenna in Fig. 1.

3.2. T형 슬릿을 갖는 패치 안테나

정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 크기를 줄이기 위해 Fig. 4와 같이 패치의 각 면에 T형 슬릿을 삽입하였다. 본 연구에서는 T형 슬릿의 개수와 크기에 따른 주파수의 이동 특성을 분석하기 위해 T형 슬릿의 개수와 크기를 변화시켜 보았고 정사각형 패치 안테나를 다양하게 설계하였다.

우선 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 T형 슬릿을 삽입하였을 경우 공진 주파수 변화를 비교하기 위해 T형 슬릿을 패치 각 면에 하나씩 삽입해 보았다. T형 슬릿의 수를 변화시켰을 경우에 대한 결과는 Fig. 5와 같이 나타났으며, 슬릿의 개수에 따른 변화 특성을 살펴보면 슬릿 1개를 삽입하였을 경우 1.575GHz 공진 주파수에서 65MHz(4%), 2개인 경우 85MHz

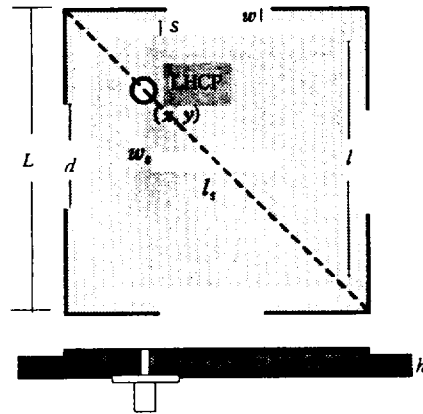


Fig. 4. Microstrip patch antenna with T - shaped slits for GPS.

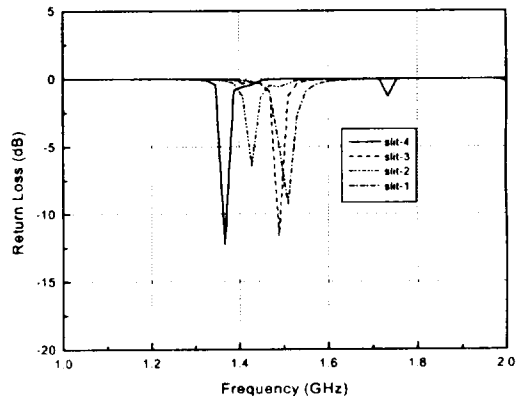


Fig. 5. Return loss as T-shaped slit number.
($l=32\text{mm}$, $s=1\text{mm}$, $d=13.5\text{mm}$, $w=2\text{mm}$,
(x,y) = -9.9mm , $L=45 \times 45\text{mm}$)

(5%), 3개의 경우 148MHz(9%)만큼 주파수가 아래로 이동하였으며, 마지막으로 4개의 슬릿을 삽입하였을 경우 207MHz(13%)만큼 주파수가 아래로 이동하였다. 슬릿의 개수를 증가시킬수록 주파수가 아래쪽으로 이동하였으며 패치의 모든 면에 슬릿을 삽입한 경우 가장 많은 주파수 이동을 보임을 알 수 있었다.

T형 슬릿의 크기에 따른 변화를 살펴보기 위해 우선 w 와 d 의 슬릿 크기를 변화시켜 보았다. w 는 1과 2mm로 d 는 12.5와 13.5mm로 변화시켜 Fig. 6과 같은 반사 손실 특성을 얻을 수 있었다. 반사 손실 특성을 살펴보면 w 를 변화시킬 경우 1mm일 때 12.5와 13.5mm

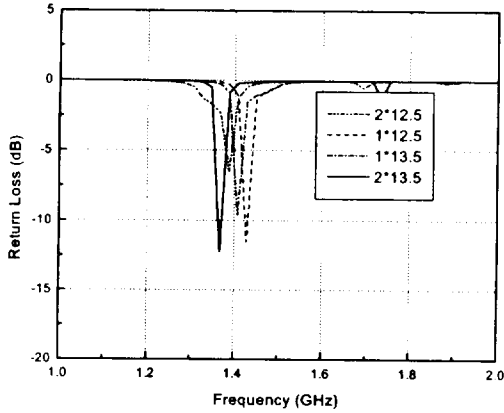


Fig. 6. Return loss as T-shaped slit sizes ($d \times w$).

각각 85MHz(5%), 188MHz(12%)만큼 주파수가 이동하였고, 2mm일 때는 12.5와 13.5mm 각각 145MHz(9%), 208MHz(13%)만큼 주파수가 이동하였으며, 2mm일 경우가 1mm일 때보다 더욱 많은 주파수 이동을 나타내었다. 또한 d 의 경우도 13.5mm일 경우가 12.5mm일 때 보다 더욱 많은 주파수 이동을 나타내었다.

l 과 s 의 슬릿 크기를 변화하였을 경우는 s 는 1과 2mm로 l 는 30과 32mm로 변화시켜 Fig. 7과 같은 반사 손실 특성을 얻을 수 있었다. 반사 손실 특성을 살펴보면 s 를 변화시킬 경우 1mm일 때 l 의 길이가 30과 32mm일때 각각 159MHz(10%), 208MHz(13%)만큼 주파수 이동을 보였고, 2mm일 때는 30과 32mm일때 각각 183MHz(11.6%), 187MHz(11.9%)만큼 주파수가 이동하였으며, 1mm일 경우가 2mm일 때보다 더욱 많은 주파수 이동을 나타내었다. 또한 l 의 경우도 32mm일 경우가 30

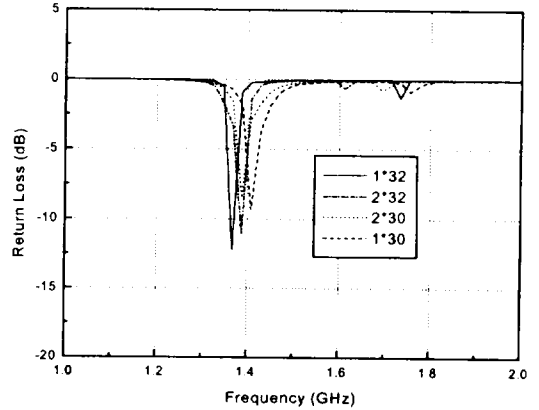


Fig. 7. Return loss as T-shaped slit sizes ($l \times s$).

mm일 때 보다 더욱 많은 주파수 이동을 나타내었다.

T형 슬릿의 개수와 크기를 변화시켜 비교한 결과를 Table 1과 같이 정리하였다. 그 결과 모든 면에 T형 슬릿이 삽입된 경우와 w 는 2mm, d 는 13.5mm, s 는 1mm, l 는 32mm일 경우 주파수가 가장 많은 이동을 보였으며 이는 동일 공진 주파수에서 패치의 크기를 가장 많이 줄일 수 있음을 나타낸다.

이렇게 얻어진 T형 슬릿의 크기를 이용하여 1.575GHz 공진 주파수를 얻기 위해 패치의 크기를 조금씩 줄여보았다. 그 결과 Fig. 8에서와 같이 패치의 크기가 42×42 mm일 경우 1.485GHz, 41×41 mm일 경우 1.506GHz의 공진주파수를 나타내었으며, 1.575GHz에서의 패치 크기는 40×40 mm를 얻을 수 있었다. 40×40 mm의 패치 크기는 기존 마이크로스트립 패치 안테나 45×45 mm보다 21%가량 줄어듦을 알 수 있었다. Fig. 8은 T형

Table 1. Frequency shift as T-shaped slit number and size

number of T-shaped slit	number	1	2	3	4
	resonance frequency GHz	1.510	1.490	1.427	1.368
frequency shift MHz (%)	65 MHz (4%)	85 MHz (5%)	148 MHz (9%)	207 MHz (13%)	
$d \times w$	$d \times w$ (mm)	12.5×1	12.5×2	13.5×1	13.5×2
	resonance frequency GHz	1.490	1.387	1.430	1.367
	frequency shift MHz (%)	85 MHz (5%)	188 MHz (12%)	145 MHz (9%)	208 MHz (13%)
$l \times s$	$l \times s$ (mm)	30×1	30×2	32×1	32×2
	resonance frequency GHz	1.416	1.392	1.367	1.388
	frequency shift MHz (%)	159 MHz (10%)	183 MHz (11.6%)	208 MHz (13%)	187 MHz (11.9%)

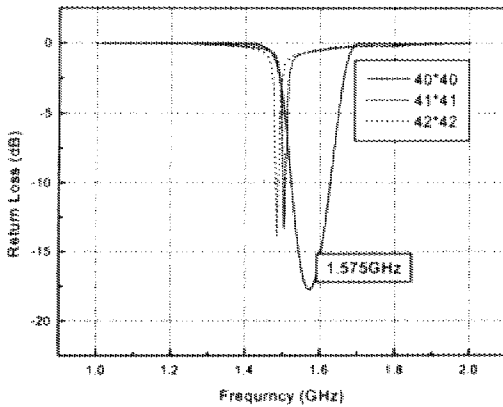


Fig. 8. Return loss of square patch antenna with T-shaped slits : simulation result.

슬릿을 갖는 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였을 경우의 특성으로 반사 손실 값이 -18.5dB였으며 -10dB 대역폭은 110MHz를 나타내었다.

4. 패치 안테나의 제작

패치 길이 L이 40mm의 T형 슬릿을 갖는 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나를 Fig. 9와 같이 제작해 보았다.

Fig. 10에는 제작된 안테나의 반사손실은 네트워크 분석기로 측정된 결과를 나타내었다. 이때 반사손실은 -23.6dB로 측정되었고, -10dB 반사손실에 대한 대

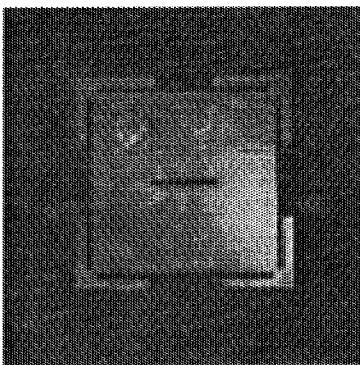


Fig. 9. Microstrip patch antenna with T-shaped slits for GPS.

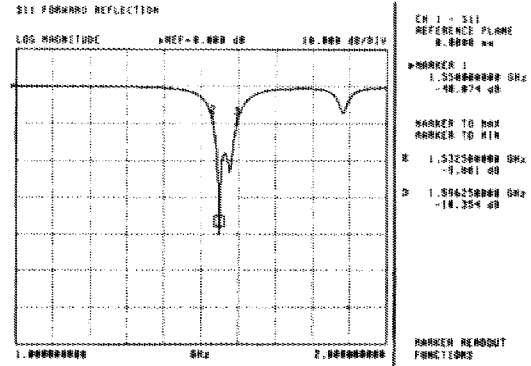


Fig. 10. Return loss of square patch antenna with T-shaped slits : Measured result.

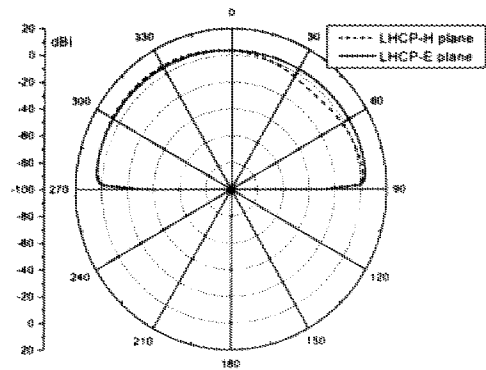


Fig. 11. Radiation pattern of square patch antenna with T-shaped slits.

역폭에서는 70MHz를 나타내었다. 안테나의 방사 패턴은 Fig. 11에서 나타내었으며 이득은 3.5dBi를 얻었다.

5. 결론

본 연구에서는 GPS용으로 쓰일 수 있는 원형 편파 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 크기를 줄이기 위한 방법으로, 패치에 T형 slits을 삽입한 형태의 안테나를 설계·제작하였다. T형 slit의 개수와 크기를 변화시키면서 동일한 패치 크기에 대한 주파수 변화는 기존 패치의 경우에 비해 207MHz(15%)까지 주파수가 낮아짐을 알 수 있었다. 그 결과 기존 패치의 크기에 비해 약 21%이상을 줄일 수 있었다.

참고문헌

- 1) Kai-Ping Yang and Kin-Lu Wong. 2001. Dual-band circularly-polarized square microstrip antenna. *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol.49, No.3, pp.337-381.
- 2) 송무하, 문상만, 우종명. 2001. 소형화를 위한 주름형 선형편파 패치 안테나. 2001 하계종합학술발표회 논문집, Vol.23, No.1, pp.803-806.
- 3) P.C Sharma and K.C. Gupta. 1983. Analysis and optimized design of single feed circularly polarized microstrip antenna. *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol.31, pp.945-955.
- 4) 윤영중 외. 2000. 안테나 이론과 설계. 교보문고, pp.261-270.
- 5) Kai Fong Lee, Wei Chen. Advances in microstrip and printed antennas. JOHN WILEY & SONS, INC.
- 6) A. BALANIS. ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN. WILEY & SONS, INC., pp.722-783.