

# GPS용 마이크로스트립 패치 안테나 설계 및 제작

이 은 진, 강 부 식, 홍 성 옥, \*김홍수  
제주대학교 통신공학과, \*제주대학교 통신컴퓨터공학부  
전화 : 064-754-3630

## Design and Fabrication of Microstrip Patch Antenna for GPS

Eun-Jin Lee, Boo-Sik Kang, Seong-ug Hong, \*Heung-soo Kim  
Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.

\*Faculty of Telecommunication and Computer Eng., Cheju Nat'l Univ.  
E-mail : gen2002@hanmail.net

### 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. In order to analyze characteristics of the antennas are defined green function of the moment method. The microstrip patch antenna and microstrip patch with the T-shaped slits are fabricated. The numerical result of return loss and -10dB bandwidth are compared with measured results.

### I. 서론

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 패치 상에 급전부를 구성할 수 있으며 얇고, 가볍고, 소형화가 가능하며, 인쇄회로기법으

로 쉽게 제작할 수 있고, 가격도 저렴하다는 장점이 있다. 1.575GHz 주파수에서 운용되는 휴대용 GPS에서 사용되는 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 크기를 줄이기 위해 유전율이 높은 유전체 기판의 사용과 패치 구조를 주름진 형태로 설계하는 등 다양한 방법이 연구되고 있다.[1]

본 연구에서는 GPS용 마이크로스트립 패치 안테나의 크기를 줄이기 위한 방법으로 마이크로스트립 패치에 T형 슬릿을 삽입하는 형태를 제시한다. 이 제시된 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 그린 함수와 모멘트법을 사용하여 해석하고, 기존 마이크로스트립 패치 안테나와 특성을 비교 분석한다. 마지막으로 마이크로스트립 패치 안테나와 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 제작하여 특성을 비교 분석한다.

### II. 패치 안테나 해석

마이크로스트립 패치 안테나의 크기를 줄이기 위해 패치 각 면에 T형 슬릿을 삽입한 원형 편파 마이크로스트립 패치 안테나의 구조는 그림 1과 같다. 안테나의 급전방식으로는 프로브 급전 방식을 사용하였으며

원형 편파를 얻기 위해 패치의 대각선상에 급전점을 위치시키고 교차 편파 발생을 위해 패치 중앙에 슬릿을 삽입하였다. T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치를 해석하기 위해 그림 1의 유전체 층에 대한 전자계의 그린 함수를 정의하고 모멘트법을 이용하여 입력 임피던스를 구한다.

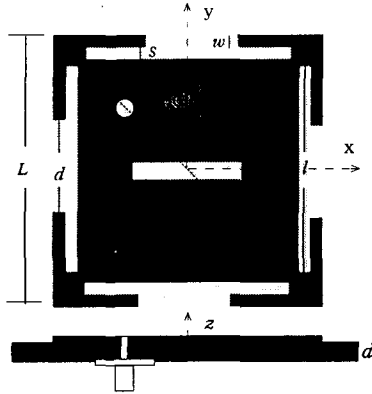


그림 1. T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나

마이크로스트립 패치상의 임의의 위치  $(x_0, y_0)$ 에서  $q$ 방향의 미소 전류가 있다고 가정할 때,  $(x, y)$ 에서  $p$ 방향의 전계를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E_{pq}^0 = \frac{-jZ_0}{4\pi^2 k_0} \int \int_{-\infty}^{\infty} Q_{pq}(k_x, k_y) \cdot e^{jk_x(x-x_0)} e^{jk_y(y-y_0)} dk_x dk_y \quad (1)$$

이때  $Q_{pq}$ 는 전계  $E_{pq}^0$ 의 푸리에 변환이고, 여기서  $p, q$ 는  $x$ 또는  $y, z$ 를 나타낸다. 필요한 전계 성분은 다음과 같다.

$$Q_{xx} = \frac{(\epsilon_r k_0^2 - k_x^2)k_2 \cos k_1 d + jk_1(k_0^2 - k_x^2) \sin k_1 d}{T_m T_e} \sin k_1 d \quad (2)$$

$$Q_{yy} = \frac{(\epsilon_r k_0^2 - k_y^2)k_2 \cos k_1 d + jk_1(k_0^2 - k_y^2) \sin k_1 d}{T_m T_e} \sin k_1 d \quad (3)$$

$$Q_{yz} = Q_{yx} = \frac{-k_x k_y \sin k_1 d [k_2 \cos k_1 d + jk_1 \sin k_1 d]}{T_m T_e} \quad (4)$$

$$Q_{zx} = Q_{xz} = \frac{-jk_x k_2 \sin k_1 d}{k_1 T_m} \quad (5)$$

$$Q_{zy} = Q_{yz} = \frac{-jk_y k_2 \sin k_1 d}{k_1 T_m} \quad (6)$$

여기서

$$T_m = \epsilon_r k_2 \cos k_1 d + jk_1 \sin k_1 d \quad (7)$$

$$T_e = k_1 \cos k_1 d + jk_2 \sin k_1 d \quad (8)$$

$$k_1^2 = \epsilon_r k_0^2 - \beta^2, \quad \text{Im}(k_1) < 0, \quad 0 \leq z \leq d \quad (9)$$

$$k_2^2 = k_0^2 - \beta^2, \quad \text{Im}(k_2) < 0, \quad z > 0 \quad (10)$$

$$k_0 = \omega \sqrt{\mu_0 \epsilon_0} = 2\pi/\lambda_0 \quad \beta^2 = k_x^2 + k_y^2 \quad (11)$$

이며,  $Z_0 = \sqrt{\mu_0/\epsilon_0}$  이다.

$a, b$ 간격의 전류소자 셀들로 구성된 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 고려할 때,  $m, n$ 차 전류소자의 좌표는 다음과 같다.

$$x_m = x_0 + ma \quad (12)$$

$$y_n = y_0 + nb \quad (13)$$

여기서  $m, n$ 은 상수이다.

그러므로 식 (1)은 전류 소자 셀들의 합으로부터 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$E_{pq} = \frac{-jZ_0}{abk_0} \sum_{m=-N}^N \sum_{n=-N}^N Q_{pq}(k_x, k_y) \cdot e^{jk_x(x-x_0)} e^{jk_y(y-y_0)} dk_x dk_y \quad (15)$$

여기서  $k_x = (2m\pi/a), k_y = (2n\pi/b)$ 이다.

dyadic 그린함수를 이용함으로써  $x, y$  전계 성분들은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\vec{E} = \frac{-jZ_0}{abk_0} \sum_m \sum_n \vec{Q}(k_x, k_y) \cdot e^{jk_x(x-x_0)} e^{jk_y(y-y_0)} \quad (16)$$

$$\vec{Q} = \hat{x}Q_{xx}\hat{x} + \hat{x}Q_{xy}\hat{y} + \hat{y}Q_{yx}\hat{x} + \hat{y}Q_{yy}\hat{y} \quad (17)$$

패치에서 전계에 대한 경계조건을 적용함으로써 다음과 같은 적분 방정식이 구해진다.

$$\vec{E}_{\text{tan}}^{\text{inc}} = -\vec{E}_{\text{tan}}^{\text{scat}} = -\int_s \vec{E} \cdot \vec{J} ds' \quad (18)$$

여기서,  $\vec{E}_{\text{tan}}^{\text{inc}}$ 는 입사 전계의 접선성분이고  $J$ 는 패치의 표면전류밀도이며,  $s'$ 는 패치 면을 나타낸다.

$\vec{E}_{\text{tan}}^{\text{scat}}$ 는 패치에서의 산란 전계의 접선 성분을 나타낸다. 여기서 표면전류  $\vec{J}$ 는 다음과 같이 급수형태로 쓸 수 있다.

$$\vec{J}(x, y) = \sum_j I_j \vec{J}_j \quad (19)$$

여기서  $\vec{J}_j$ 는  $x$ 또는  $y$ 방향에 대한 기저함수이고,  $I_j$ 는 미지의 전류계수이다. 식 (19)을 식 (18)에 대입하고, 전계의 접선 성분에 가중함수  $\vec{J}_i$ 를 곱하여, 패치 면에 대해 적분함으로써 다음과 같이 표현된다. 여기서  $s$ 는 패치 면을 나타낸다.

$$-\int_s \vec{J}_i \cdot \vec{E}_{\text{tan}}^{\text{inc}} ds = -\sum_j I_j \int_s \int_{s'} \vec{J}_i \cdot \vec{E} \cdot \vec{J}_j ds' ds \quad (20)$$

미지의 확장계수  $I_j$ 는 식 (20)를 이용하여 다음의 선형방정식으로 변환함으로써 구할 수 있다.

$$\sum_j Z_{ij} I_j = V_i \quad (21)$$

여기서

$$Z_{ij} = - \int_s \int_s \bar{J}_i \cdot \bar{E} \cdot \bar{J}_j \, ds' ds \quad (22)$$

$$V_i = \int_s \bar{J}_i \cdot \bar{E}_{tan}^{inc} \, ds \quad (23)$$

식 (22)와 (23)은 식 (15)와 (2)-(6)을 이용하고  $x_0 = x_p$ ,  $y_0 = y_p$ 에 단위 전류를 갖는 프로브에 대해서 다음과 같이 표현 할 수 있다.

$$Z_{ij} = \frac{jZ_0}{abk_0} \sum_m \sum_n \bar{F}_i \cdot \bar{Q} \cdot \bar{F}_j \quad (24)$$

$$V_i = \frac{jZ_0}{abk_0} \sum_m \sum_n \bar{F}_i \cdot [\hat{x}Q_{xz} + \hat{y}Q_{yz}] e^{jk_x x} e^{-jk_y y} \quad (25)$$

여기서  $\bar{F}_i$ 는  $\bar{J}_i$ 의 푸리에 변환으로 다음과 같다.

$$\bar{F}_i(k_x, k_y) = \iint \bar{J}_i(x, y) e^{jk_x x} e^{jk_y y} dx dy \quad (26)$$

식 (24), (25)에서 구해진  $Z_{ij}$ 와  $V_i$ 로부터 미지의 계수  $I_j$ 를 구할 수 있으며 이를 이용하여 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 표면전류밀도  $\bar{J}(x, y)$ 를 구할 수 있다.

입력 임피던스는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$Z_{in} = - \frac{1}{I_p} \int_0^d \hat{z} \cdot \bar{E}^{scat} \, dz \quad (27)$$

여기서  $I_p$ 는 프로브에서의 전류이며,  $d \ll \lambda_0$ 일 때 프로브를 따라 일정하다고 가정하고,  $I_p$ 전류를 1A로 둔다. 식(21)에서 구한 계수  $I_j$ 으로부터 다음과 같이 입력 임피던스를 구할 수 있다. [3]

$$Z_{in} = - \sum_j I_j V_j \quad (28)$$

여기서  $V_j$ 는 다음과 같다.

$$V_j = \frac{jZ_0}{abk_0} \sum_m \sum_n [Q_{xz} \hat{x} + Q_{yz} \hat{y}] \cdot \bar{F}_j \cdot e^{jk_x x} \quad (29)$$

### III. 수치해석 및 측정결과

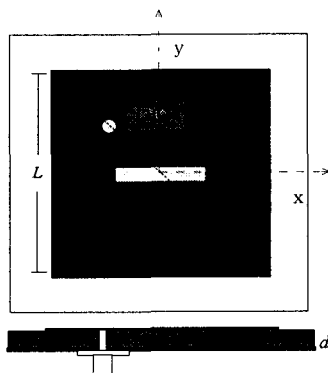


그림 2. GPS용 마이크로스트립 패치 안테나

그림 2는 프로브 급전을 이용한 일반적인 GPS용 마이크로스트립 패치 안테나의 형태이다. 그림 2의 마이크로스트립 패치 안테나를 해석하기 위한 안테나의 설계 파라메타는 패치 길이  $L=45mm$ , 슬릿의 폭과 높이는 각각  $l_s=12.5mm$ ,  $w_s=1mm$ , 급전점의 위치  $(x_p, y_p) = (-9mm, 9mm)$ 이고, 접지 평면은  $75 \times 75 mm^2$ 이다.

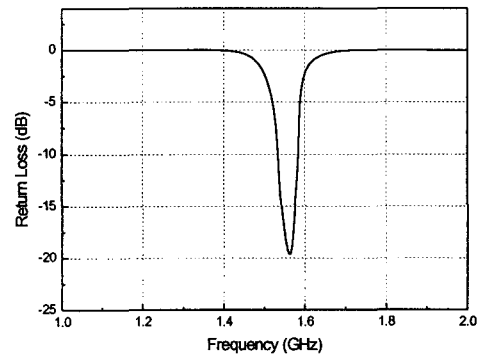


그림 3. GPS용 마이크로스트립 패치 안테나의 수치해석결과

그림 3는 수치해석 결과로써 1.575 GHz에서의 반사 손실은 -19dB이고, -10dB 반사손실에 대한 대역폭은 60MHz를 나타내었다.

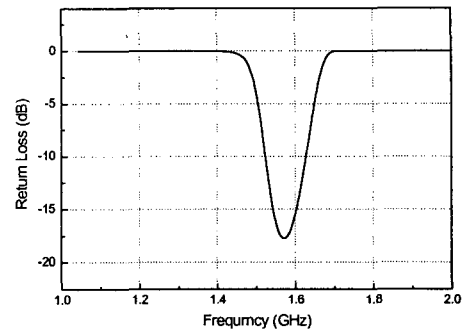


그림 4. T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 수치해석결과

그림 4는 본 논문에서 제시한 마이크로스트립 패치 안테나의 크기를 줄이기 위한 T형 슬릿을 갖는 패치 안테나의 수치해석 결과이다. 이때 사용된 파라메타

값은  $L=40mm$ ,  $l=32mm$ ,  $s=1mm$ ,  $d=13.5mm$ ,  $w=2mm$ 이고, 접지평면은  $70 \times 70mm^2$ 이다. 그림 4의 결과를 살펴보면  $1.575GHz$ 에서의 반사손실은  $-17dB$ 이고,  $-10dB$  반사손실에 대한 대역폭은  $100MHz$ 임을 알 수 있었다.

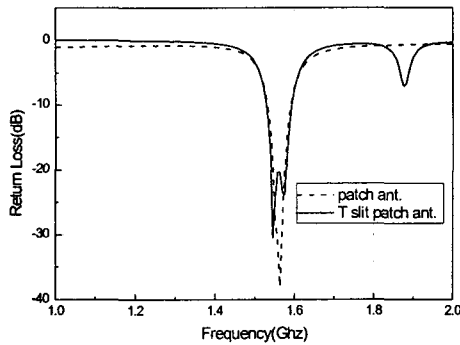


그림 5. 안테나 제작 측정 결과

그림 5은 마이크로스트립 패치 안테나와 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 제작 측정 결과를 나타내었으며, 제작된 안테나의 반사손실은 네트워크 분석기로 측정하였다. 이때  $1.575GHz$ 에서의 반사손실은 각각  $-25dB$ 와  $-37dB$ 로 측정되었고,  $-10dB$  반사손실에 대한 대역폭에서는 두 개의 안테나 모두  $70MHz$ 를 나타내었다.

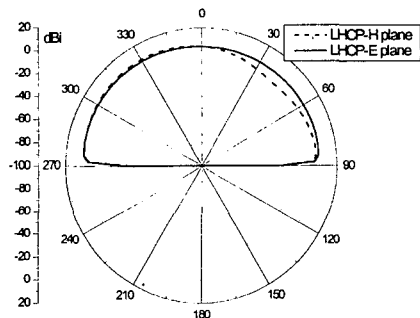


그림 6. T형 슬릿을 갖는 패치 안테나의 복사패턴

그림 6은 T형 슬릿을 갖는 패치 안테나의 복사 패턴을 나타내었으며, 이득은  $3.5dBi$ 를 얻었다.

## V. 결론

본 연구에서는 GPS용으로 사용할 수 있는 마이크로스트립 패치 안테나와 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 모멘트법을 이용하여 해석하였다. 그 결과  $1.575GHz$ 에서 공진하는 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 크기가 원래의 마이크로스트립 패치 안테나보다 약 21% 감소함을 알 수 있었다. 또한 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 수치 해석 및 제작 결과 기존 마이크로스트립 패치 안테나의 특성과 유사함을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] Kai-Ping Yang and Kin-Lu Wong, "Dual-band circularly-polarized square microstrip antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 49, No.3, pp. 337-381, 2001.
- [2] A. BALANIS, "ANTENNA THEORY ANALYSIS AND DESIGN", WILEY & SONS, INC., pp.722-783.
- [3] DAVID M. POZAR, "Analysis of an Infinite Array of Rectangular Microstrip Patches with Idealized Probe Feeds" IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 32, No.10, pp. 1101-1107, 1984.