



## The Analysis of Characteristics and the Design of the Small Antenna with the Improved Bandwidth for Global Location Satellite Signal Receiving

Jae-Yeon Choi\*

### ABSTRACT

In this paper, the rectangular microstrip patch antenna for receiving global location satellite signal is designed, and its performance and characteristics are analyzed. The antenna is composed of a squared patch antenna mounted on the substrate with the ground plane. The patch antenna is designed to match the frequency of the global location satellite signal. Right-handed circularly polarized wave will be radiated. For the simple fabrication, microstrip line feeding is selected. Using the antenna simulation tool, we can get the analytic results of reflection coefficient, VSWR and radiation pattern and then they will be compared to the measured results.

© 2014 KKITS All rights reserved

**KEYWORDS** : Global Positioning System, Rectangular Patch Antenna, Stub, Microstrip Line Feed, Satellite Receiver

**ARTICLE INFO** : Received 18 March 2014, Accepted 18 April 2014.

### 1. 서론

안테나의 동작 주파수, 크기, 이득 사이의 관계에 의하여 안테나의 특성이 결정지어 진다[1][2].

\*Corresponding author is with the Department of Information & Communication Engineering, Namseoul University, 91 Daehak-ro, Seonghwan-eup, Sebuk-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, S. KOREA.

E-mail addresses : [cjy@nsu.ac.kr](mailto:cjy@nsu.ac.kr),

안테나의 전자파 특성으로 인하여 신호를 효과적으로 방출하려면, 안테나의 물리적 크기가 동작 주파수에서 전기적 파장에 비교될 정도로 작아야 한다. 이는 주파수가 높아지면 안테나의 크기가 작아짐을 의미한다. 따라서 저주파수용 안테나는 매우 커지고, 마이크로파 대의 안테나는 매우 작아진다. 또한 안테나의 이득은 그 단면적을 파장의 제곱으로 나눈 값에 비례함을 증명할 수 있다. 그러므로 고이득 안테나는 전기적으로 매우 커야 하는데 GPS용 1.575GHz 저이득 안테나는 수 평방cm 정도

로 작게 되지만, 같은 주파수에서 고이득 파라볼라 접시형 안테나는 그 직경이 수 m 정도로 커야 한다. 패치안테나의 패턴을 넓히기 위한 방법들이 연구되어왔는데, 특히 패치안테나의 방사패턴은 탑재되는 패치의 구조형태에 따라 달라지게 된다. 본 논문에서는 매우 넓은 원형편파 패턴이 요구되는 글로벌 위치 확인 위성 신호의 수신안테나를 제작하기 위하여 저중량과 간단한 형태로 패치안테나를 선택하여 설계하도록 한다.

## 2. 패치안테나의 설계

### 2.1 패치 설계

마이크로 스트립 패치 안테나 소자는 인쇄형 안테나의 가장 일반적인 형태인데 간단한 단면, 기하학적 구조, 저비용 때문에 많이 사용되어진다.

가장 간단한 형태의 층구조를 갖는 마이크로 스트립 소자는 두 개의 평행한 도체가 얇은 유전체 기판에 의해 분리되어지고 아래의 도체는 접지면으로 작용하는 형태이다. 위쪽도체가 파장과 연관된 패치라면, 소자는 방사가 가능한 <그림 1>과 같은 마이크로스트립 안테나가 된다.

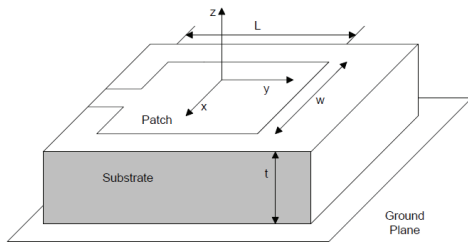


그림 1. 마이크로스트립 패치 안테나  
Figure 1. Microstrip patch antenna

일상적인 형태의 패치 구조는 매우 낮은 대역폭을 제공하게 되고 이것은 마이크로스트립 안테나의 바람직하지 않은 형태이다. 따라서 최근에는

대역폭개선을 위한 방법들이 많이 제시되고 있는데[3][4], 대역폭확대의 한 방법은 유전체의 높이를 증가시키고 유전상수를 감소시키는 방법이 있다. 그러나 유전상수를 감소시키는 것은 선로의 폭을 증가시켜 정합회로를 더 복잡하게 만든다. 정사각형 패치를 이용하여 사각패치와 관련된 식들로 이 점을 개선하도록 한다.

### 2.2 사각패치

보통은 복소 임피던스를 제거하기위하여 공진주파수 근처에서 동작하도록 사각패치를 설계하는데, 일부는 정확히 공진주파수에서 동작하도록 제작된다. 이러한 모델중 하나가 공동공진기이다[5]. 프린징필드는 패치의 부가적인 길이처럼 동작되므로 반파장패치의 길이는 유도되는 프린징필드길이를 보상하기위해 반파장보다 약간 짧게 하도록 한다.

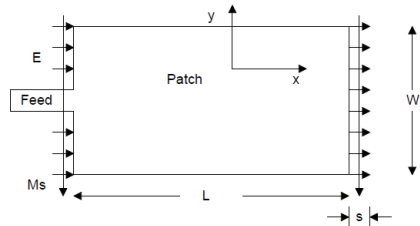


그림 2. 사각형 패치에서 프린징 효과  
Figure 2. Fringing field effect at rectangular patch

짧아지는 양은 기판의 재질, 기판의 두께, 그리고 패치의 폭에 따라 달라지는 데, 많은 논문[6][7]서 공진길이를 위한 식들을 제시하고 있는데 가장 근접한 식[8]은

$$L \approx 0.49\lambda = 0.49\lambda_e / (\epsilon_R)^{1/2} \quad (1)$$

이다. 여기서  $\lambda$ 는 자유공간에서의 파장,  $\lambda_e$ 는

유전체에서의 파장,  $\epsilon_R$ 는 기판의 유전상수이다.

<그림 2>와 같은 프린징효과는 등가 자기면전류로 표현될 수 있는데 모두 같은 방향이나 반과장의 거리를 갖는다. 그러므로 각각의 엔지에서 전체 프린징필드는 위상이  $180^\circ$  이고 크기는 같다. 구조를 위에서 보았을 때 프린징필드의  $x$  성분은 동위상이고, 브로드사이드 방사패턴을 갖는데 이것은 최대방사가  $z$  방향으로 일어난다는 것을 의미한다. 사각패치안테나의 방사패턴은 안테나면에 수직한 방향보다 훨씬 넓게 된다. 사각패치에 대한 패턴계산은,  $E_f$ 를 프린징전계라할 때  $M_s = 2E_f \times \mathbf{n}$ 을 이용하여 계산된다. 상수2는  $t$ 가 작다고 가정할 때 전기적 접지면에서 영상자기전류 때문이다. 원거리계성분은 다음과 같이 구하여진다[9].

$$E_\theta = E_m f(\theta, \phi) \cos\phi \quad (2)$$

$$E_\phi = -E_m f(\theta, \phi) \cos\theta \sin\phi$$

이고, 여기서  $f(\theta, \phi)$ 는

$$f(\theta, \phi) = \frac{\sin\left[\frac{\beta W}{2} \sin\theta \sin\phi\right]}{\frac{\beta W}{2} \sin\theta \sin\phi} \cos\left(\frac{\beta L}{2} \sin\theta \cos\phi\right) \quad (3)$$

이다.  $\beta$ 는 자유공간에서의 위상상수이다. 방사패턴의 첫 번째 요소는  $y$ 방향의 폭  $W$ 의 패턴요소이고, 두 번째는 엔지슬롯에 따른  $x$ 축을 따라 위치한 두 요소배열이다.

사각패치안테나의 대표적인 임피던스는 100에서  $400\Omega$ 으로 변하는데 공진시에 패치의 대략적인 입력 임피던스  $Z_i$ 는 다음과 같이 주어진다.[4]

$$Z_i = 90 \frac{\epsilon_R}{\epsilon_R - 1} \left(\frac{L}{W}\right)^2 \Omega \quad (4)$$

이에 따라 패치를 넓히므로써 입력임피던스를 감소시킨다.

패치급전방법[10]은 일반적으로 탐침급전,  $\lambda/4$ 변환을 갖는 마이크로스트립엔지급전, 두 층급전 등이 있다.

### 2.3 설계방법

설계요구사항에 따른 안테나설계는 다음과 같은 절차에 따라 진행된다. 먼저 최대 대역폭을 제공하는 유전상수를 결정하고, 식(1)에 따라 공진길이의 대략적인 값을 얻는다. 60MHz의 임피던스 대역폭을 갖도록 하기위해 기판의 두께를 0.8128mm에서부터 3.125mm까지 변화시켰다. 기판 두께는 더 두껍게 증가시킬 수는 있으나 그에 따라 안테나 효율과 이득이 떨어지게 된다[9]. 적정 기판두께를 결정하면 1.575GHz에서 공진하도록 패치 크기를 결정하게 된다. 공진주파수가 1.575GHz보다 작으면 패치크기를 작게 하고, 크면 패치크기를 증가시킨다. 입력임피던스를 실수값을 갖게 하기위해 약 5MHz대역폭으로 증가되는 스태브를 그림 3.과 같이 부가한다. 실수값의 임피던스가 얻어지면  $\lambda/4$  변환기를 사용하여  $50\Omega$ 을 얻도록 변환하고 시뮬레이션을 하도록 한다.

### 3. 급전방법과 측정결과

평면형태의 인쇄안테나를 급전하기위해서는 보통 세 가지 구조를 사용하는데 동축선탐침급전, 마이크로스트립선 급전 그리고 개구면결합급전이 있다. 동축선 급전방식은 동축선의 특성임피던스와 안테나간의 정합의 용이성과 급전회로부터의 기

생방사가 덜 중요할 때 많이 사용되어진다. 그러나 낮은 가격과 제작의 용이성으로 인해 마이크로스트립전송선 급전이 좀 더 적합하다. 이 급전은 기생방사를 무시할 수 없는 단점이 있다. 개구결합급전은 위의 두 가지 구조의 모든 장점을 갖고 급전 회로로부터 방사가 격리되는 형태이기 때문에 주방사패턴이 손상되지 않는다. 여기서는 제작의 용이성 때문에 마이크로스트립전송선급전을 채택하였다. 안테나의 입력임피던스는 <그림 3>과 같이 정합스터브의 길이를 변화시키면서 조정할 수 있는데 스터브 길이에 따른 비교를 시뮬레이션을 통해 구하여 최적의 정합을 정하도록 한다.

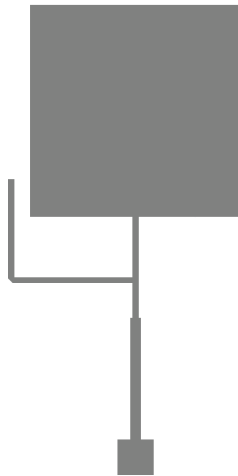


그림 3. 스터브가 추가된 마이크로스트립패치 안테나  
Figure 3. Microstrip patch antenna with stub

구체적인 설계스펙은 동작주파수가 1.575 GHz이고 입력임피던스는 50 Ohm, VSWR은 2:1, 편파는 RHCP를 갖도록 하고, 대역폭은 3.8% (~60 MHz) 정도의 개선을 갖도록 한다.

기판은 상대유전율이  $\epsilon_R = 2.22$ 를 갖고 두께가 3.125mm이고 손실탄젠트가 0.001인 기판으로 선택

하였다.

대역폭  $BW$ 는

$$BW = 3.77 \frac{\epsilon_R - 1}{\epsilon_R^2} \frac{W}{L} \frac{t}{\lambda} \quad (4)$$

와 같이 개선되어 진다.

측정결과는 시뮬레이션결과 매우 잘 일치하고 있고 임피던스대역폭인 VSWR대역폭으로서 60MHz, 입력임피던스는  $Z_i = 55.5 + j2.7 \Omega$ , 동작주파수에서  $S_{11}$ 은 -24dB, 5.5 dB의 안테나이득 등을 그림4. 그림5. 그림6.과 같이 얻을 수 있었다.

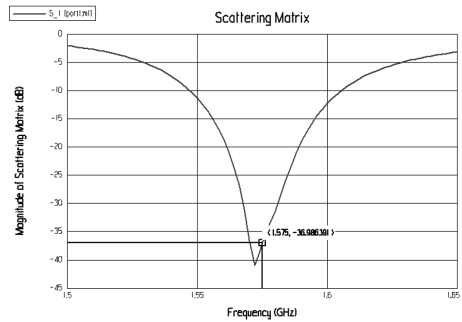


그림 4. 주파수에 따른  $S_{11}$   
Figure 4.  $S_{11}$  according to frequency

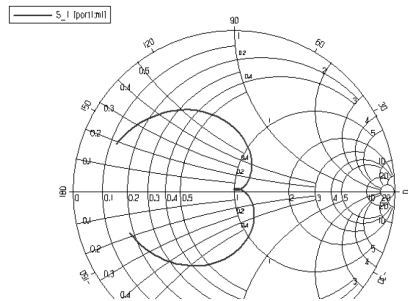


그림 5. 스미스차트상의  $S_{11}$   
Figure 5.  $S_{11}$  on Smith Chart

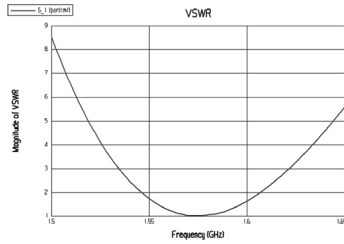


그림 6. 주파수에 따른 VSWR  
Figure 6. VSWR according to frequency

$S_{11}$ 과 VSWR은 공진주파수에서 예측치와 일치된 결과를 <그림 4>, <그림 5>와 <그림 6>에서 보여주고 있으며, 시뮬레이션된 방사패턴과 측정된 방사패턴을 <그림 7>과 <그림 8>에 나타내었다.

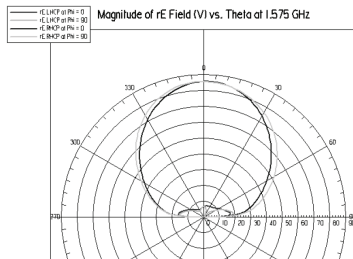


그림 7. 시뮬레이션 방사패턴  
Figure 7. simulated radiation pattern

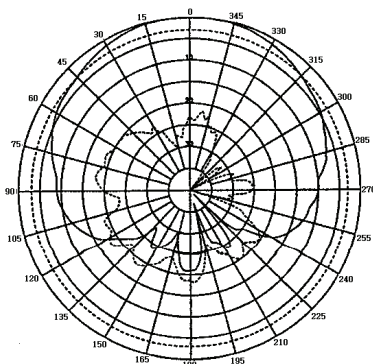


그림 8. 측정된 방사패턴  
Figure 8. measured radiation pattern

## 4. 결 론

본 논문에서는 위치 확인 위성 신호를 수신할 수 있는 패치안테나를 설계하고 시험하였고, 설계 절차를 제시하였다. 안테나의 작은 크기와 낮은 질량으로 인하여 상업적, 군사적 그리고 우주 영역에서 마이크로스트립안테나에 대한 수요가 증가할 것으로 기대된다. 대역폭을 넓히는 방법에 대하여 컴퓨터시뮬레이션을 통하여 확인하였고, 설계된 패치안테나는 3.8% 개선된 대역폭을 확인할 수 있었다.

## References

- [1] C. A. Balanis, *Antenna Theory : Analysis and design*, 2nd edition, Wiley, New York, 1997.
- [2] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, 2nd edition, Wiley, New York, 1998.
- [3] D. M. Pozar, *Microstrip antennas*, IEEE Proceedings, Vol. 80, pp. 79-91, Jan. 1992.
- [4] A. Henderson, J. R. James, and C. M. Hall, *Bandwidth extension techniques in printed conformal-antennas*, Military Microwaves, MM 86, pp. 329-334, June 1986.
- [5] K. R. Carver and J. W. Mink, *Microstrip antenna technology*, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. AP-29, pp. 2-24, Jan. 1981.
- [6] D R. Jackson, and N. G. Alexopoulos, *Simple approximate formulas for input resistance, bandwidth, and efficiency of a resonant rectangular patch*, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. 3, pp. 407-410, March 1991.

[7] R. E. Munson, *Conformal microstrip antennas and microstrip phased arrays*, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. AP-22, pp. 74-78, Jan. 1974.

[8] W. L. Stutzman, and G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, pp. 212-213, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.

[9] D. H. Schaubert, *A review of Some microstrip antenna characteristics*, Ch. 2. in *Microstrip Antennas*, edited by David. M. Pozar and D. H. Schaubert, pp. 59-67, 1995.

[10] D. R. Jackson, S. A. Long, J. T. Williams, and V. B. Davis, *Computer-aided design of rectangular microstrip antennas*, Ch. 5 in *Advances in Microstrip and Printed Antennas*, edited by K. F. Lee, Wiley, New York, 1997.

## 감사의 글

본 논문은 2013년도 남서울대학교 교비학술연구비지원에 의해 연구되었음.



**Jae-Yeon Choi** received the B.S., M.S., and Ph.D. degrees in the department of Electronic Communication Engineering from Hanyang University, Seoul Korea in 1985, 1987, and 1998, respectively. From 1987 to 1989, he was with Samsung Advanced Institute of Technology. From 1989 to 1992, he was with LG Information & Communication Research Center. Since 1996 he has been with the Department of Information & Communication, Namseoul University, Korea, where he is now a professor.

E-mail address : [cjy@nsu.ac.kr](mailto:cjy@nsu.ac.kr)

---

## 대역폭개선된 위치추정용 소형 안테나 설계 및 특성해석

최재연

남서울대학교 정보통신공학과

---

### 요 약

본 논문은 접지면을 갖는 위치추적 위성 신호 수신용 사각 마이크로 스트립 패치안테나를 설계하고 성능과 특성을 분석한다. 안테나는 접지면과 그 위에 탑재된 사각 패치안테나로 구성된다. 패치는 위치추적 위성 신호 주파수에 맞춰 설계된다.

우선회원형편파를 위해 급전 탐침을 선택하고, 패치 설계는 안테나의 크기를 줄이기 위해 높은 유전상수의 기판을 사용한 뒤 시뮬레이션 소프트웨어를 이용하여 반사계수 및 방사패턴, 전압정재파비등을 분석하고, 측정결과와 비교한다.

---