

碩士學位論文

슬릿을 갖는 GPS 수신용 마이크로스트립
패치 안테나 설계 및 제작



제주대학교 중앙도서관
JEJU NATIONAL UNIVERSITY LIBRARY

濟州大學校 大學院

通信工學科

李 恩 辰

2002 年 12 月

슬릿을 갖는 GPS 수신용 마이크로스트립
패치 안테나 설계 및 제작

指導教授 金興洙

李恩辰

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함



2002年 12月

李恩辰의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 梁斗榮 印

委員 康鎮植 印

委員 金興洙 印

濟州大學校 大學院

2002年 12月

**Design and Fabrication of Microstrip Patch
Antenna with Slits for GPS**

Eun-jin Lee

(Supervised by professor Heung-soo Kim)

A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of Master of Science
2002. 12.

This thesis has been examined and approved.

Thesis director, Doo-yeong Yang, Prof. of Telecom. Eng.

(Name and signature)

Date

DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATION ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

Abstract	1
I. 서론	2
II. 구형 마이크로스트립 패치 안테나	5
1. 구형 마이크로스트립 패치 안테나	5
2. 급전방법	7
3. 입력임피던스	9
4. 원형편파	10
5. U-슬롯 안테나	12
III. 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나 설계	16
1. 구형 슬롯을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나 설계	16
2. 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나 설계	22
2-1. T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나	22
2-2. Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나	26
3. 슬롯을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나 설계	30
3-1. T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나	30
3-2. Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나	32
IV. 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 및 제작	35
1. T형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나	36
2. Y형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나	38
V. 결 론	40
참고문헌	42

Abstract

In this thesis, microstrip patch antennas with the T-shaped or the Y-shaped slits are designed and fabricated for GPS. The resonant frequency of the microstrip patch antennas with the slits are lower than that of a microstrip patch antenna without the slits, so it can be reduced the size of patch. In order to calculate resonant frequency of the microstrip patch antennas with the slits, the resonant frequency formulas are derived from the surface current distribution on microstrip patch antenna. Using the Ansoft ensemble 6.0, EM simulation tool, the accuracy of approximate equations are verified. The microstrip patch antennas with the slits are designed by using these equations. The size of the designed antenna with T-shaped slits can be reduced to 71% and to 78% for Y-shaped slits as compared with that without the slits.

The microstrip patch antennas with slits have a very narrow bandwidth. In order to improve the bandwidth of microstrip patch antennas with the slits, a microstrip patch antenna with rectangular slot is proposed.

The characteristics of fabricated antennas are measured by a vector network analyzer. As the result of the measurements, the resonant frequency of the proposed microstrip patch antennas with the T-shaped or the Y-shaped slits are 1.575GHz and the bandwidth are about 50MHz and 45MHz, respectively. The characteristics of the proposed microstrip patch antenna are satisfied the specification of the antenna of GPS receiver.

I. 서론

최근 ITS(Intelligence Transportation System)나 레저용 등 다양한 분야에서 위치 정보 시스템인 GPS(Global Positioning System)가 널리 사용되어지고 있다. 특히 GPS 장비는 차량에 탑재하거나 개인이 휴대하게 되므로 장비의 소형화, 경량화가 더욱 더 중요시되고 있다. 또한 GPS 장비의 일부인 GPS 수신용 안테나도 소형화, 경량화 되어야한다. 기존의 GPS 수신용 안테나는 모노폴, 헬리컬, 마이크로스트립 패치 등의 형태로 구현되고 있으며, 이 중 마이크로스트립 패치 안테나는 소형, 경량이면서 대량생산이 가능하기 때문에 최근 많이 사용되고 있다.

마이크로스트립 패치 안테나는 1953년에 구상을 하게 되었고, 1955년에 특허를 받았지만 1970년대를 시발점으로 하여 상당한 주목을 받게되었다. 마이크로스트립 패치 안테나는 두께가 얇고 설치가 용이하고 프린트 회로기술을 이용하면 제작이 간편하며, 값이 싸다는 장점이 있다. 특히 안테나 특성에 대해서는 패치 모양과 모드를 선정하거나, 마이크로스트립 패치와 접지판 사이에 핀이나 바랙터 다이오드와 같은 능동소자를 부하로 부착함으로써 공진 주파수, 임피던스, 편파와 패턴을 변화시킬 수 있다. 하지만 마이크로스트립 패치 안테나는 3~4%의 좁은 대역폭과 낮은 효율을 갖는다는 문제점이 있다.(Balanis, 1997) 이러한 협대역 특성을 개선하기 위한 방법으로는 유전체가 가지고 있는 물리적 성질을 이용하는 방법(Huynh 등 1995), 기생소자를 적층하는 방법(Gupta 등 1985), 기생소자를 패치 주위에 배열하는 방법(Tarhonski 등) 등 다양한 연구결과들이 보고되었다. 유전체가 가지고 있는 물리적 성질을 이용하는 방법으로 유전체의 유전율이 낮고 두꺼운 기판을 사용할 경우 대역폭은 향상되지만 표면파와 고차모드의 발생으로 사용이 제한된다. 또한 기생소자를 적층하는 방법은 2개 이상의 패치를 수직으로 적층시켜 이중공진 효과에 의해 20%이상의 광대역 특성을 얻을 수 있지만 안테나의 부피가 커지고 제작면에서 여러 가지 문제를 갖고 있다. 기생소자를 패치의 주위에 배열시키는 방법은 각 소자간 결합특성에 의해 비대역폭이 20%까지 확장되지만 안테나의 크

기가 증가하는 단점을 갖는다. 대역폭을 개선하는 또 다른 방법으로 K. F. Lee에 의해 U-슬롯 안테나가 제안되었다. U-슬롯 안테나는 기생소자를 적층시키거나 패치의 주위에 배열하지 않고서도 광대역 특성을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. U-슬롯은 30%이상의 광대역 특성을 갖는 연구 결과가 보고되었으며 최근 국내에서도 많이 연구되고 있다. (Lee 등 1997), (Lee 등 1996), (Bhalla 등)

안테나의 소형화를 위한 방법도 다양하게 연구되어지고 있다. 안테나의 소형화 방법으로는 유전체가 가지고 있는 물리적 성질을 이용하는 방법(Watergiyse, 1999)과 패치 표면 전류가 흐를 수 있는 전기적인 길이를 동일 면적 내에서 최대한 늘려 낮은 주파수에서 공진을 발생시키는 방법(Yang 등 2001) 등이 있다. 전자의 경우에 유전율이 높은 세라믹을 이용하여 동일한 공진 주파수를 갖는 다른 안테나보다 크기를 더욱 줄일 수 있지만 세라믹 특성상 충격에 약하고 임피던스 정합을 위한 튜닝이 곤란하다.(Waterhouse,1999)

본 논문에서는 GPS 수신용(1.564~1.585GHz)안테나로 사용될 수 있는 마이크로 스트립 패치 안테나를 설계, 제작한다. 원형 편파를 얻기 위해 마이크로스트립의 패치 형태를 정사각형으로 하며, 급전점은 패치의 대각선상에 위치시킨다. 정사각형 마이크로스트립 패치는 기존 구형 마이크로스트립 패치에 비해 패치의 폭이 좁아져 대역폭이 급격하게 감소한다. 이를 개선하기 위해 패치 중앙에 U-슬롯과 유사한 특성을 갖는 구형 슬롯을 삽입한다. 구형 슬롯은 패치의 공진 주파수와 근접한 또 다른 공진 주파수를 발생시켜 이중 공진 특성을 가지며, 이를 이용하여 대역폭을 개선한다. 또한 본 논문에서는 패치의 크기를 줄이기 위해 전류가 흐를 수 있는 패치의 전기적인 길이를 동일 면적 내에서 최대한 확장시켜 낮은 주파수에서 공진을 일으킬 수 있는 방법으로 패치의 각 변에 T형 슬릿을 삽입하는 형태와 패치 각 모서리에 Y형 슬릿을 삽입하는 형태를 제시한다. 제시된 T형 슬릿과 Y형 슬릿을 갖는 패치의 특성을 분석하고 적절한 패치 크기를 찾는다. 설계 파라미터에 의해 원형 편파 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하여 제작한다. 제작된 안테나의 반사 손실을 벡터 회로망 분석기로 측정하고 계산치와 비교·분석한다.

본 논문의 구성은 제 II장에서는 구형 마이크로스트립 패치 안테나의 기본적인 특성과 여러 가지 급전방법과 원형편파에 대하여 기술하고, 대역폭 개선을 위한 방법과 공진 주파수를 구하는 방법에 대하여 기술한다. 제 III장에서는 대역폭 개

선을 위한 방법으로 구형 슬롯을 제안하였으며, 안테나의 패치 크기를 줄이기 위한 방법으로 패치의 각 변에 T형 슬릿을 삽입하는 형태와 패치 각 모서리에 Y형 슬릿을 삽입하는 형태에 대해 다루었다. 또한 전자계 해석 시뮬레이션 툴인 Ensemble 6.0을 이용하여 최적의 패치 크기를 얻는다. 제 IV장에서는 제 III장의 T형 슬릿과 Y형 슬릿을 갖는 원형편과 마이크로스트립 안테나들을 제작 측정하여 슬릿이 삽입되지 않은 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나와 비교·분석하다. 마지막으로 제 V장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.



II. 구형 마이크로스트립 패치 안테나

1. 구형 마이크로스트립 패치 안테나

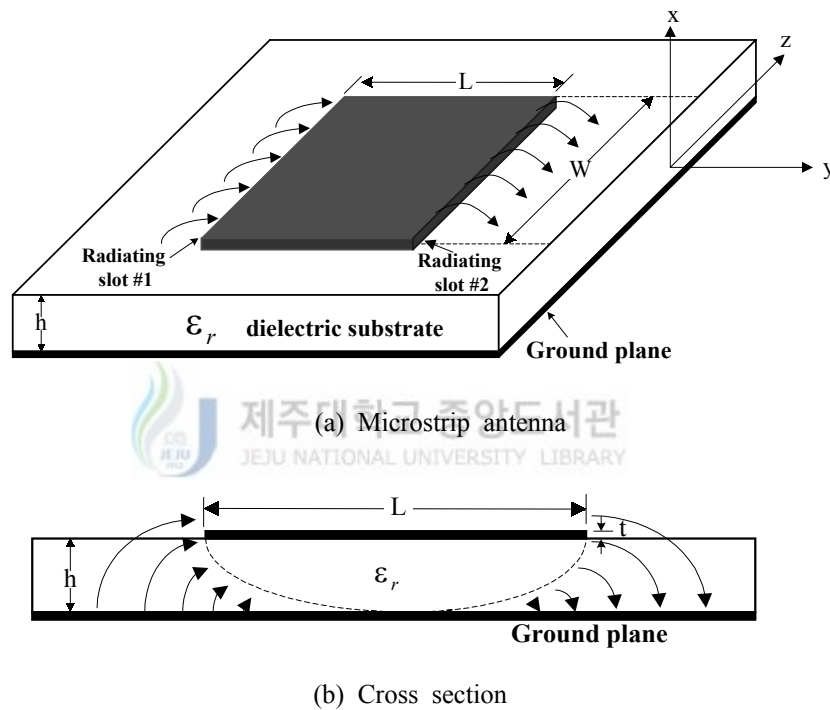


Fig. 1. Rectangular microstrip patch antenna

마이크로스트립 패치 안테나는 Fig. 1과 같이 마이크로스트립 패치와 접지면이 유전체에 의해 분리된 구조이다. 여기서 L 은 패치의 길이, W 는 패치의 폭, h 는 유전체의 두께, ϵ_r 은 기판의 비유전율이며 t 는 패치의 두께이다.

마이크로스트립 패치 안테나의 경우 유전율이 낮고 두꺼운 기판이 사용되어진다. 유전율이 높고 얇은 기판을 사용하는 경우에는 전자계가 복사되지 않고 유전

체 내에서 패치를 따라 전파되는 특성을 갖기 때문에 마이크로파 회로 제작에 사용하는 것이 바람직하다. 안테나로 사용되는 마이크로스트립 기판의 두께는 $0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0$ 로 파장에 비해 아주 작으며, 기판의 비유전율은 $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ 범위 내에서 사용되어진다.

마이크로스트립 패치 안테나의 종류는 패치의 형태에 따라 정방형, 직사각형, 마이크로스트립 다이폴, 원형, 타원형, 삼각형 등의 다양한 구조를 갖는다.

마이크로스트립 패치 안테나의 길이와 폭이 유한하기 때문에 패치의 불연속면인 가장자리에서 프린징이 발생하게 된다. 프린징 효과는 패치의 크기와 기판 두께에 영향을 받는다. $L/h \gg 1$ 의 경우에 마이크로스트립 패치 안테나의 프린징 효과는 그 양은 적지만 마이크로스트립 패치의 물리적 크기에 비해서 전기적으로 더 길어지게 되어 안테나의 공진 주파수에 영향을 주기 때문에 고려하여야 한다. 마이크로스트립 패치에서 파의 일부는 기판에서 진행하며 다른 일부는 공기로 진행하기 때문에 선로에서 프린징을 계산하기 위하여 실효 유전율 ϵ_{reff} 을 도입한다. 실효 유전율의 범위는 $1 < \epsilon_{reff} < \epsilon_r$ 값을 갖는다. 기판의 비유전율이 1보다 아주 크면 ($\epsilon_r \gg 1$) 대부분의 경우, ϵ_{reff} 값은 실제 기판의 비유전율 값에 접근하게 된다.

$W/h > 1$ 인 경우 실효 유전율은

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-1/2} \quad (1)$$

이다. 마이크로스트립 패치 안테나의 패치 길이는 프린징 효과에 의해 물리적인 길이보다 약간 증가하여 패치의 각 종단에서 ΔL 만큼 확장된다. 실효 유전율 ϵ_{reff} 와 폭 대 두께의 비(W/h) 함수인 ΔL 를 정규화 한 근사식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2)$$

패치 길이는 $2\Delta L$ 만큼 확장되므로 패치의 실효 길이는

$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (3)$$

이다. 기본 모드 TM_{010} 인 경우, 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수는 다음과 같이 주어진다.

$$(f_r)_{010} = \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}} \quad (4)$$

여기서 c 는 자유공간에서 빛의 속도이다. 프린징 효과를 고려하여 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수를 다시 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} (f_{rc})_{010} &= \frac{1}{2L_{eff}\sqrt{\epsilon_{reff}}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = \frac{1}{2(L+\Delta L)\sqrt{\epsilon_{reff}}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \\ &= q \frac{1}{2L\sqrt{\epsilon_r}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} = q \frac{c}{2L\sqrt{\epsilon_r}} \end{aligned} \quad (5)$$

여기서 $q = (f_{rc})_{010} / (f_r)_{010}$ 이며 q 는 프린징 인자이다.

실제 패치 폭은 다음의 식을 계산하여 얻을 수 있다.

$$W = \frac{1}{2f_r\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r+1}} = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r+1}} \quad (6)$$

식 (6)과 (2)를 이용하여 프린징 효과에 의한 확장 길이 ΔL 을 계산하고, 식 (3)으로부터 실제 패치 길이 L 은 다음 식과 같이 구해진다. (Balanis, 1997)

$$L = \frac{1}{2f_r\sqrt{\epsilon_{reff}}\sqrt{\mu_0\epsilon_0}} - 2\Delta L \quad (7)$$

2. 급전방법

마이크로스트립 패치 안테나의 급전에 사용되는 구조는 여러 가지가 있다. 가장 많이 사용되는 급전방법은 직접 결합, 전자기 결합, 개구 결합 등이 있으며 직접 급전 방식에는 마이크로스트립 급전과 동축 프로브 급전 방식이 있다. 이러한 급전 구조들을 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 2(a)의 마이크로스트립 급전 선로를 이용한 방식은 패치에 비하여 폭이 매우 좁으며, 제작하기가 쉽고 급전 위치를 조절함으로써 정합이 용이하다. 그러나 기판의 두께가 증가함에 따라 표면파와 스푸리어스 복사가 증가하여 실제 설계에서는 대역폭에 제한을 받는다.

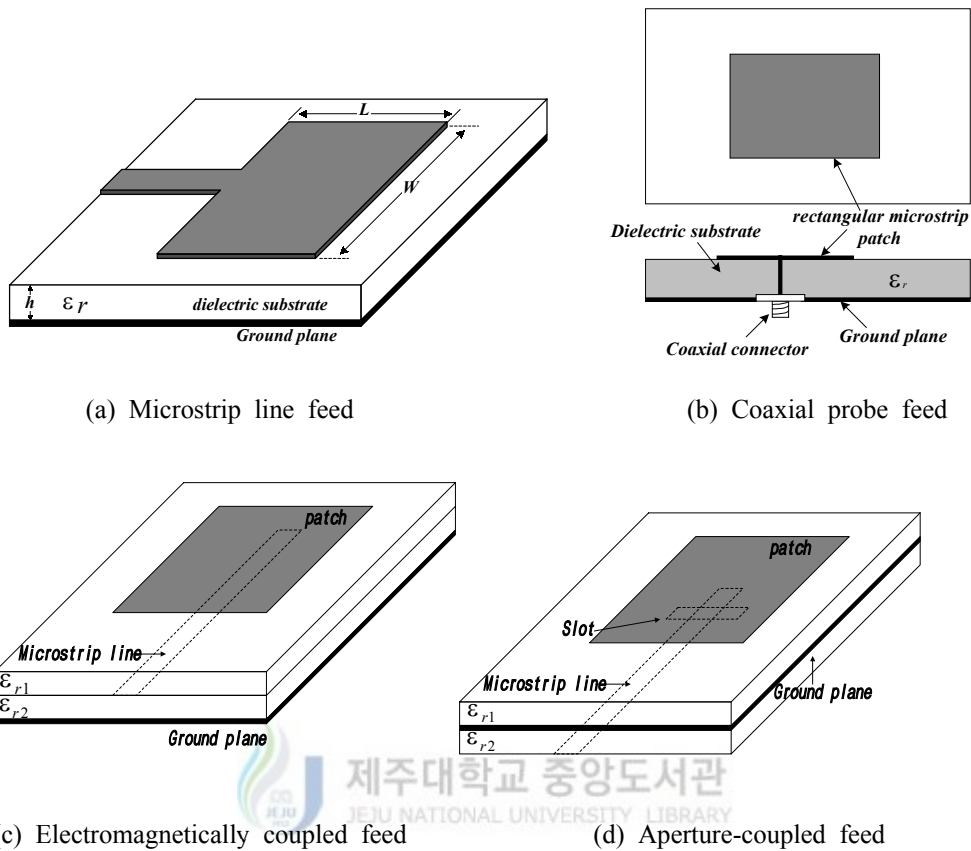


Fig. 2. Typical feeds for microstrip patch antenna

Fig. 2(b)의 동축 프로브 급전방식은 제작과 정합이 용이하고 낮은 스푸리어스 복사 특성을 갖는다. 프로브 급전은 접지면에서 패치까지 커넥터의 중심 도체를 연장해 쉽게 만들 수 있으며 임피던스 정합은 적당한 위치에서 프로브를 급전시킴으로써 정합시킬 수 있다. 반면 대역폭이 좁고 두꺼운 기판($h > 0.02\lambda_0$)에 대해서는 모델링하기가 어렵다는 단점을 갖는다.

Fig. 2(c)의 전자기 결합 급전은 급전 선로가 패치에 접촉하지 않는 방법으로, 이 방식은 모델화 하기가 쉽고 스푸리어스 복사가 적으며 에칭 오차에 덜 민감하지만 제작이 다소 어렵다.

Fig. 2(d)의 개구 결합 급전은 모델화하기가 쉽우며 낮은 스푸리어스 복사를 갖

지만 Fig. 2의 급전 방법 중 가장 좁은 대역폭을 갖으며 제작이 매우 어렵다는 단점이 있다. 개구면 결합은 접지면에 의해 분리되는 두 개의 기판으로 구성된다. 아래 면에는 급전선로로 높은 유전율을 갖는 기판을 사용하고, 윗면에는 방사소자로 유전율이 낮고 두꺼운 기판을 사용한다.(Balanis, 1997), (Gupta 등 1998)

3. 입력 임피던스

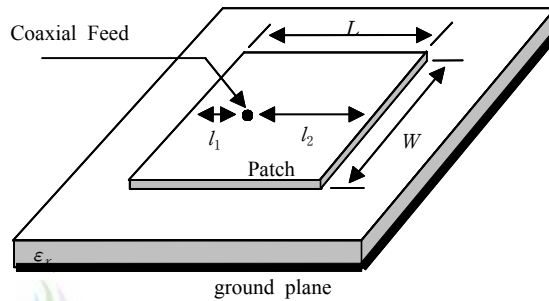


Fig. 3. Coaxial feed rectangular patch antenna

본 논문에서는 앞 절에서 설명한 급전 방식 중 Fig. 2(b)와 같은 동축 프로브 급전 방식을 사용하여 안테나를 설계한다. 패치 길이 L에 대한 급전점의 위치를 l_1 과 l_2 로 Fig. 3에 나타내었다. 동축 프로브 급전시 입력 임피던스는 다음과 같이 구한다.

$$Z_{in} = \left(\frac{Z_0}{f_1 + f_2} \right) + jX_p \quad (8)$$

여기서 f_1 과 f_2 는 다음과 같으며,

$$f_1 = \frac{Z_0 \cos \beta l_1 + jZ_w \sin \beta l_1}{Z_w \cos \beta l_1 + jZ_0 \sin \beta l_1} \quad (9-1)$$

$$f_2 = \frac{Z_0 \cos \beta l_2 + jZ_w \sin \beta l_2}{Z_w \cos \beta l_2 + jZ_0 \sin \beta l_2} \quad (9-2)$$

$\beta = 2\pi\sqrt{\epsilon_{reff}}/\lambda_0$ 이고, Z_w 와 Z_0 는 다음과 같다.

$$Z_w = \left(120 \frac{\lambda_0}{W}\right) \left[\frac{1}{0.7747 + 0.5977(W/L - 1) - 0.1638(W/L - 1)^2} \right] \quad (10)$$

$$Z_0 = \frac{42.4}{\sqrt{\epsilon_r + 1}} \ln \left\{ \left(1 + \frac{4h}{W}\right) \left[\left(\frac{14 + (8/\epsilon_r)}{11}\right) \frac{4h}{W} + \sqrt{\left(\frac{14 + (8/\epsilon_r)}{11}\right)^2 \left(\frac{4h}{W}\right)^2 + \frac{\pi^2}{2} \left(1 + \frac{1}{\epsilon_r}\right)} \right] \right\} \quad (11)$$

프로브의 리액턴스 값은 다음과 같다.

$$X_p = 120\pi \frac{h}{\lambda_0} \left(-\gamma + \ln \frac{2\lambda_0}{\pi d \sqrt{\epsilon_r}} \right) \quad (12)$$

여기서 d 는 프로브의 지름이고 $\gamma = 0.5772\dots$ 인 오일러 상수이다. (Bhartia 등 1980)

4. 원형편파



원형편파는 직교하는 두 모드를 90°위상 차가 되게 여기할 경우 얻을 수 있다. Fig. 4는 원형편파를 얻기 위한 마이크로스트립 패치 안테나의 다양한 구조를 나타내었다. Fig. 4(a)는 단일 패치를 이용하여 원형편파를 얻을 수 있는 방법으로 정방형 패치 소자에 90°전력 분배기나 90°하이브리드 소자를 이용하여 두 직교 모드를 여기하는 방법이다. Fig. 4 (b)와 (c)는 두 급전 배치의 복잡성을 피하기 위하여 단일 급전을 이용하여 원형편파를 만드는 방법으로 동일한 진폭을 갖는 임의의 주파수에서 2개의 직교 축퇴 모드를 여기하는 방법이다. 이 경우 하나의 모드에 대한 필드는 45°앞서게 하고 다른 모드의 필드는 45°뒤지게 하여 원형편파를 얻는다.

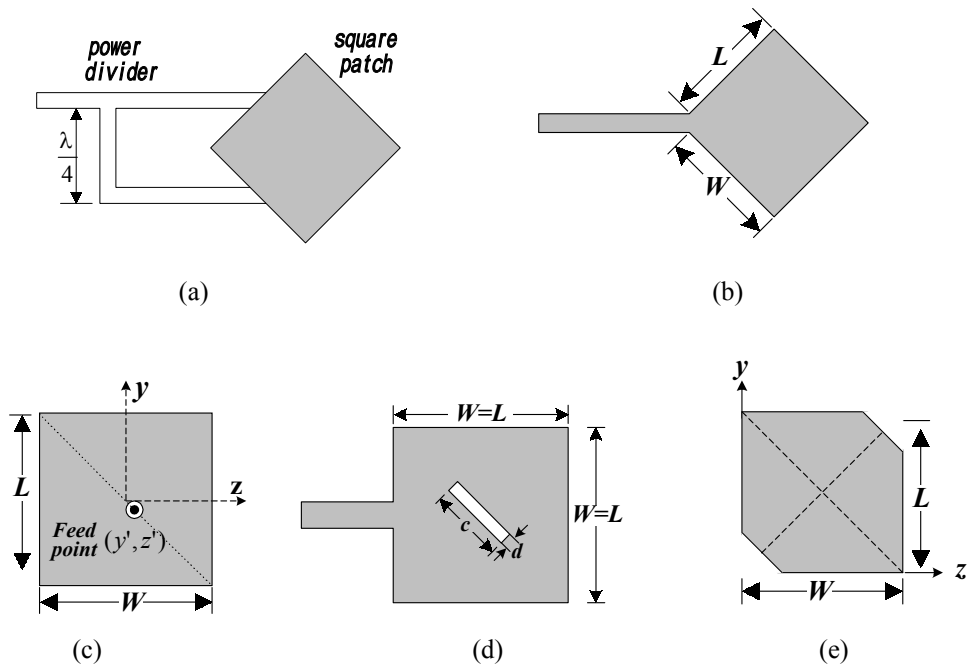


Fig. 4. Typical feed arrangements for circular polarization of square microstrip patch antenna

임의의 주파수에서 동일한 진폭을 갖는 2개의 축퇴 모드를 여기하기 위하여 패치 길이 L 과 패치 폭 W 를 동일하게 한다. 이 경우 패치에서 TM_{010} 모드는 y 방향으로 선형 편파된 전계 E_y 를 생성하고 TM_{001} 모드는 z 방향으로 선형 편파된 전계 E_z 를 생성한다. 이들 필드는 다음과 같다.

$$E_y = a \frac{\sin\left(\frac{\pi}{L} y'\right)}{k^2(1 - j/Q_t) - (k_y)^2} \quad (13)$$

$$E_z = a \frac{\sin\left(\frac{\pi}{W} z'\right)}{k^2(1 - j/Q_t) - (k_z)^2} \quad (14)$$

여기서 $k_y = \pi/L$, $k_z = \pi/W$ 이며, a 는 비례상수이고, $Q_t = 1/\tan \delta_{eff}$ 이며, $\tan \delta_{eff}$ 는 유효 손실 탄젠트 값이다. 급전점(y', z')은 다음과 같이 대각선상에 위치한다.

$$\frac{y'}{L} = \frac{z'}{W} \quad (15)$$

전계 E_z 에 대한 E_y 의 축비는 다음과 같이 표현된다.

$$\frac{E_y}{E_z} \simeq \frac{k(1-j/2Q_t) - k_y}{k(1-j/2Q_t) - k_z} \quad (16)$$

이때 원형편파가 되기 위해서는 축비의 크기는 1이고 위상은 $\pm 90^\circ$ 가 되어야 한다. 식 (16)에서 두 페이지의 크기는 같고 위상차는 90° 일 때 원형편파가 되며, 이는 다음과 같은 조건을 갖는다. (Richards, 1988)

$$k_y - k_z = \frac{k}{Q_t} \quad (17)$$

Fig. 4(c)에서 패치의 대각선 상에 있는 급전점의 위치 좌표값 y' 과 z' 의 크기와 부호가 동일한 경우 좌선회 원형편파를 얻을 수 있고, y' 과 z' 값의 크기는 같고 부호가 반대이면 우선회 원형편파를 얻을 수 있다.

Fig. 4(d)는 단일 급전에 의한 원형편파를 얻을 수 있는 방법으로 정방형 패치에 폭이 매우 좁은 슬롯을 대각선상에 삽입하는 것이다.

Fig. 4(e)는 정방형 패치의 두 반대 모서리의 끝부분을 깎아 내어서 원형 편파를 얻는 방법이다.(Balanis, 1997)

5. U-슬롯 안테나

K. F. Lee에 의해 제안된 U-슬롯 안테나는 기생소자를 적층 시키거나 주위에 배열하지 않고서도 단일 소자만을 이용하여 광대역 특성을 얻을 수 있는 장점을 가지고 있다. U-슬롯 안테나는 구형 패치 내에 U-슬롯을 구성하므로 U-슬롯에 의한 전류분포에 따른 공진과 구형 패치의 공진 특성이 결합하여 이중 공진 특성을 얻는다. 그리고 U-슬롯 안테나에는 임피던스 정합이 쉽고 스푸리어스 복사가 적은 프로브 급전 방식을 적용한다. 패치 내에 U-슬롯을 갖지 않는 마이크로스트립 패치 안테나에서는 기판 두께가 $0.03\lambda_0$ 를 초과하면 유도성 리액턴스 성분이 존재한다. 하지만 U-슬롯 안테나의 경우 기판이 두꺼운 구조를 가져도 프로브 직경을 증

가시킴으로써 유도성 리액턴스 성분을 억압시키는 용량성 리액턴스가 발생하여 임피던스 정합이 쉽게 이루어진다. 그러나 안테나의 빔폭은 U-슬롯이 없는 사각형 패치보다 좁아지는 특성을 갖는다.

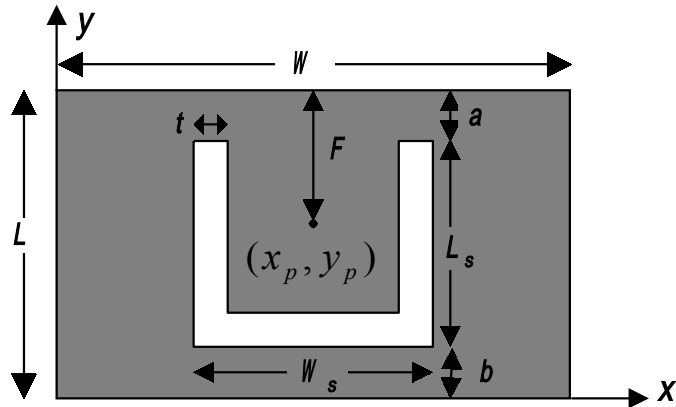


Fig. 5. U-slot microstrip patch antenna

Fig. 5는 프로브 급전을 갖는 U-슬롯 마이크로스트립 패치 안테나의 구조이며, U-슬롯은 패치의 중앙에 위치한다. 급전점 x_p 는 $W/2$ 인 점에 놓이며 y_p 는 y 축을 따라 움직인다.

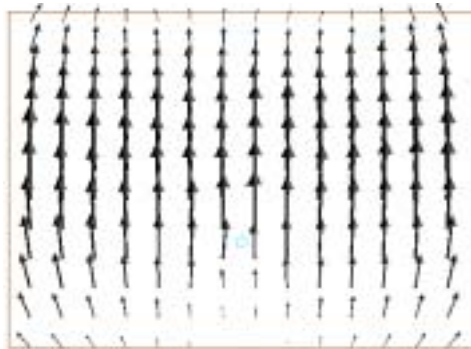
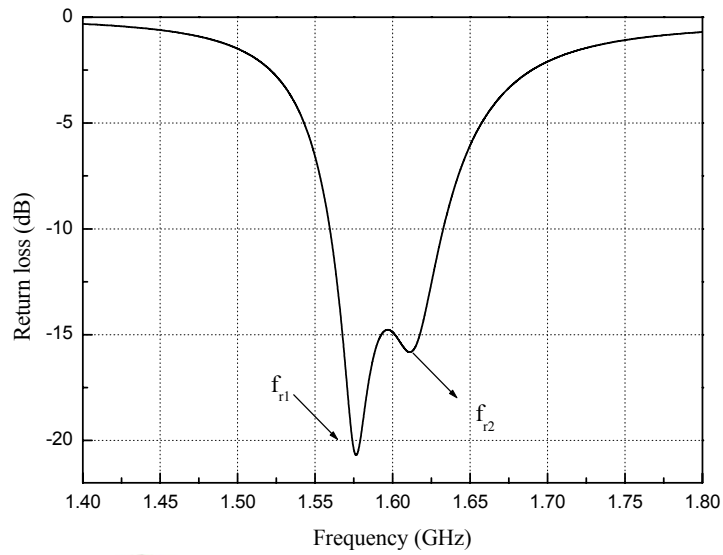
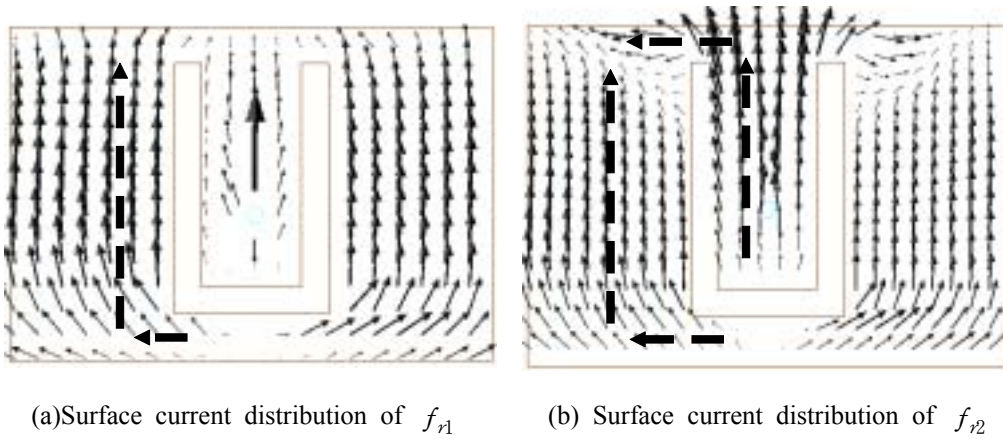


Fig. 6. Surface current distribution on rectangular microstrip patch antenna

Fig. 6은 구형 마이크로스트립 패치 안테나의 표면 전류 분포이며 이 경우 패치 길이 L 에 의해 공진 주파수가 결정된다.



제주대학교 중앙도서관
Fig. 7. Return loss of rectangular microstrip patch antenna with U-slot



(a) Surface current distribution of f_{r1} (b) Surface current distribution of f_{r2}

Fig. 8 Surface current distribution on U-slot microstrip patch antenna

구형 마이크로스트립 패치 안테나에 U-슬롯을 삽입할 경우 Fig. 7과 같이 이중

공진 특성을 얻을 수 있다. 이때 공진 주파수 f_{r1} 에서 패치의 표면 전류 분포는 Fig. 8(a)와 같으며, U-슬롯 아래에서 시작하여, 패치의 슬롯 바깥쪽 부분으로 강하게 분포하는 것을 볼 수 있다. Fig. 8(b)는 공진 주파수 f_{r2} 일 때 패치의 표면 전류 분포로 U-슬롯 주위를 따라 전류 분포가 형성되고있다. 패치에 의한 공진 주파수 f_{r1} 과 U-슬롯에 의한 공진 주파수 f_{r2} 는 Fig. 8의 패치 표면 전류 분포로부터 각각의 공진 주파수 근사식을 다음과 같이 유도한다.

$$f_{r1} \approx \frac{c}{2\left(\frac{W_s}{2} + L + \frac{3}{2}\Delta L - \frac{b}{2}\right)\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (18)$$

$$f_{r2} \approx \frac{c}{\left(\frac{W}{2} + L + \frac{3}{2}\Delta L - \frac{W_s}{4} + F - a - \frac{b}{2} + \frac{t}{2}\right)\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (19)$$

여기서 W_s , F , a , b , t 의 변수들은 Fig. 5에 나타내었다. 그리고 패치에 의한 공진 주파수 f_{r1} 과 U-슬롯에 의한 공진 주파수 f_{r2} 의 근사식 (18)과 (19)는 5%내의 정확성을 갖는다. 식 (18)과 (19)로부터 구해진 f_{r1} , f_{r2} 의 이중 공진 특성을 갖는 U-슬롯 안테나의 비대역폭은 약 30%이상으로 광대역 특성을 갖는다. (Lee 등 1997), (Lee 등 1996)

Ⅲ. 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나 설계

1. 구형 슬롯 마이크로스트립 패치 안테나 설계

대역폭 개선을 위한 방법으로 K. F. Lee에 의해 제안된 U-슬롯 안테나는 구형 패치의 중앙에 U-슬롯을 삽입한 형태로 급전점에 대해 U-슬롯의 구조가 대칭을 이루었다. 하지만 본 논문에서는 원형편파를 얻기 위해 마이크로스트립 패치 안테나의 급전점을 패치의 대각선상에 위치시키므로 안테나의 구조상 U-슬롯을 사용하는 것은 부적절하다. 이에 본 논문에서는 대역폭 향상을 위해 U-슬롯과 유사한 특성을 갖는 구형 슬롯을 패치 중앙에 삽입한 형태를 제안한다. Fig. 9는 구형 슬롯을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 구조이다. GPS 수신용 안테나로 사용하기 위해 급전점을 Fig. 9와 같이 대각선상에 위치시켜 우선회 원형편파를 얻었으며, 패치의 중앙에 길이가 l_s , 폭이 w_s 인 구형 슬롯을 삽입한다.

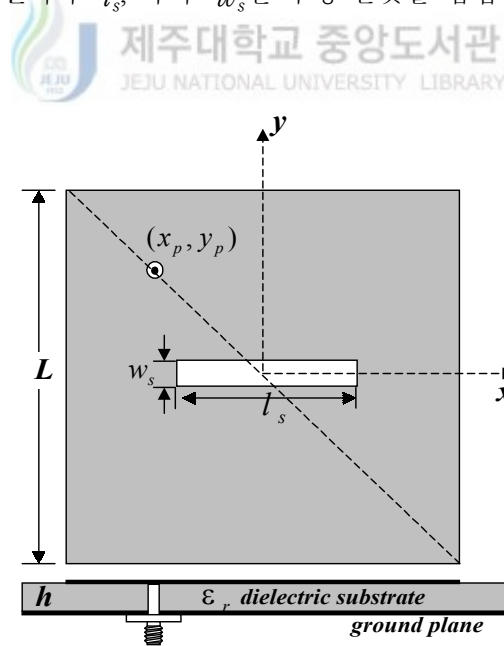
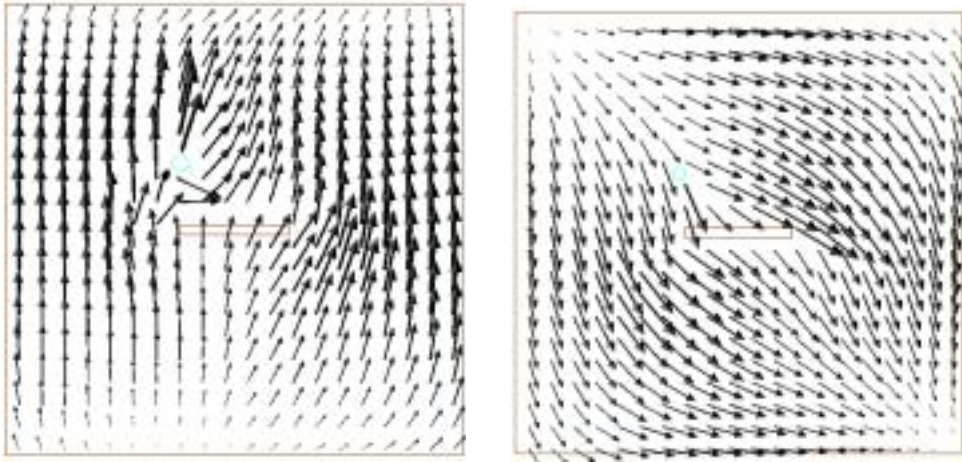


Fig. 9. Square microstrip patch antenna with rectangular slot



(a) Surface current distribution of f_{r1} (b) Surface current distribution of f_{r2}

Fig. 10. Surface current distribution on microstrip patch antenna with rectangular slot

Fig. 10(a)는 마이크로스트립 패치 길이에 의해 발생하는 공진 주파수 f_{r1} 에서 패치의 표면 전류 분포이며, Fig. 10(b)는 구형 슬롯에 의해 발생하는 공진 주파수 f_{r2} 에서 패치의 표면 전류 분포이다. Fig. 10(a)의 패치 표면 전류 분포로부터 패치에 의해 발생하는 공진 주파수 f_{r1} 은 구형 패치에서와 같이 패치의 유효 길이 (L_{eff})에 대한 식 (5)을 이용하여 구할 수 있다. 그리고 구형 슬롯에 의해 발생하는 공진 주파수 f_{r2} 는 Fig. 10(b)에서 볼 수 있듯이 패치 표면 전류가 구형 슬롯을 따라 분포하는 것을 알 수 있으며, 또한 Fig. 10(a)의 패치 표면 전류 분포보다 길게 형성되는 것을 확인할 수 있다. 구형 슬롯에 의한 공진 주파수 f_{r2} 는 패치에 의한 공진 주파수 f_{r1} 보다 낮은 주파수를 발생시킬 것이다. Fig. 10(b)의 패치 표면 전류 분포로부터 평균 표면 전류의 전기적인 길이를 다음과 같이 근사적으로 유도할 수 있다.

$$A \approx l_s + w_s + \frac{L}{2} + \frac{L}{4} + \Delta L \quad (20)$$

여기서 l_s 는 구형 슬롯의 길이이며, w_s 는 구형 슬롯의 폭이다. 식 (20)을 이용하

여 구형 슬롯에 의한 공진 주파수 f_{r2} 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f_{r2} = \frac{c}{2A\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{c}{2\left(l_s + w_s + \frac{L}{4} + \frac{L}{2} + \Delta L\right)\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (21)$$

식 (21)을 검증하기 위해 계산에 의한 공진 주파수 f_{r2} 와 모멘트법(MoM : Method of Moments)을 이용한 Ansoft사의 전자계 해석 시뮬레이션 툴인 Ensemble 6.0을 이용한 시뮬레이션 결과 얻어진 공진 주파수 f_{r2} 를 비교한다. 이때 사용된 기판의 비유전율 $\epsilon_r = 4.3$ 이고 두께 $h = 1.6\text{mm}$ 이다. Table 1과 같이 구형 슬롯의 파라미터 l_s 와 w_s 를 임의로 선정하여 Fig. 9와 같이 구형 슬롯을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계한다.

Table 1. Resonant frequency as parameters of antenna with rectangular slot

	l_s (mm)	w_s (mm)	계산식(21) 결과	시뮬레이션결과	오 차
model 1	15	1	1.425GHz	1.461GHz (1)	+0.636%
model 2	12	2	1.486GHz	1.495GHz (2)	+0.602%
model 3	11	1	1.541GHz	1.526GHz (3)	-0.1%

Fig. 11은 Table 1에서 구형 슬롯의 파라미터를 이용하여 얻어진 반사손실 특성이며 이 결과를 Table 1에 다시 정리하였다. Table 1을 살펴보면 식 (21)에 의해 계산되어진 결과와 Fig. 11의 시뮬레이션 결과에 대한 오차 범위는 약 $\pm 1\%$ 이내였으며, 식 (21)의 정확성을 검증할 수 있었다.

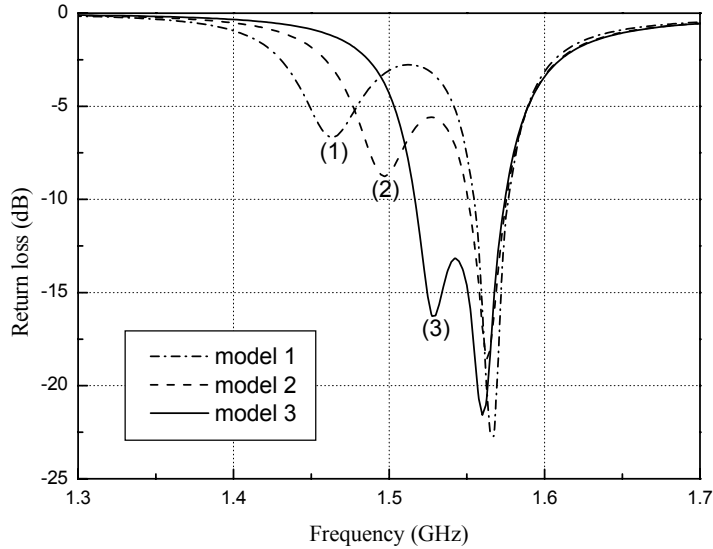


Fig. 11. Return loss of microstrip patch antenna with rectangular slot

다음으로, 구형 슬롯의 크기를 결정한다. 식 (21)으로부터 구형 슬롯의 길이 l_s 를 $\lambda_0/4$ 로 하고 슬롯의 폭 w_s 는 $l_s/10$ 정도로 설정하여, l_s 와 w_s 를 변화시켜 최적의 공진 특성을 얻는다.

Fig. 12는 구형 슬롯의 길이 l_s 의 변화에 따른 반사 손실 특성이다. $w_s = 1\text{mm}$ 로 고정하여 구형 슬롯의 길이 l_s 를 $\lambda/4$ 값 근처에서 변화시켜 그 특성을 살펴보면, $l_s = 12\text{mm}$ 로 하였을 경우 구형 슬롯에 의해 발생하는 공진 주파수가 낮아짐을 확인할 수 있었지만 공진 주파수 f_{r1} 의 공진 특성이 나빠졌다. $l_s = 11\text{mm}$ 일 때 12mm 일 경우 보다 공진 주파수 f_{r1} 과 f_{r2} 에서 좋은 공진 특성을 얻을 수 있었으며 이로부터 대역폭이 향상됨을 알 수 있었다. 그리고 $l_s = 10\text{mm}$ 로 하였을 때 공진 특성은 양호하지만 공진 주파수 f_{r1} 과 f_{r2} 가 너무 근접하여 $l_s = 11\text{mm}$ 일 경우 보다 대역폭이 좁아졌다.

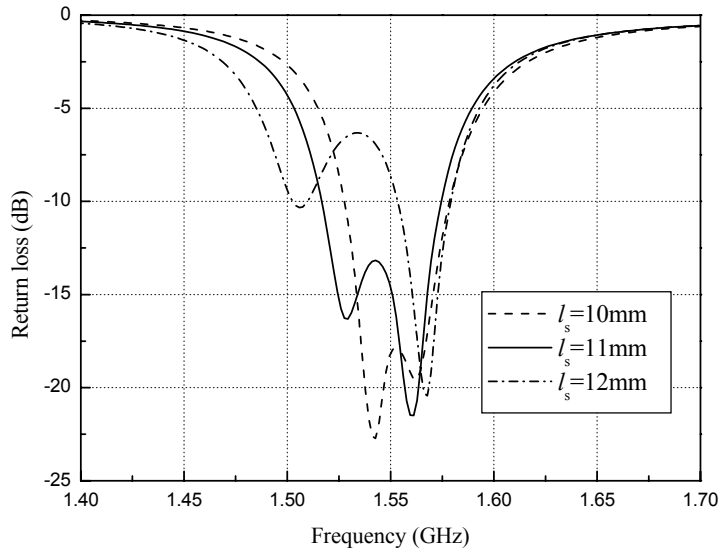


Fig. 12. Return loss as rectangular slot length(l_s)

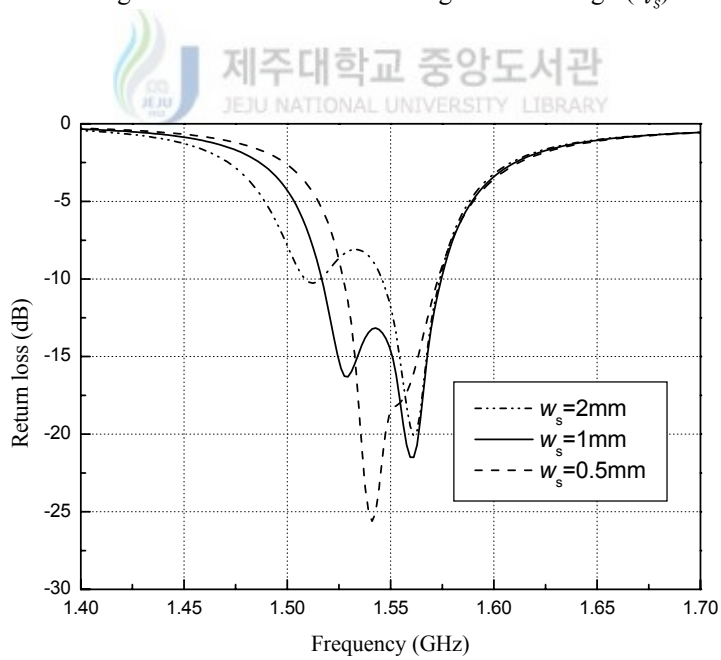


Fig. 13. Return loss as rectangular slot width(w_s)

Fig. 13은 구형 슬롯의 폭 w_s 에 따른 반사 손실 특성이다. 이때 구형 슬롯의 길이 l_s 는 Fig. 12에서 가장 좋은 특성을 나타낸 11mm로 하였다. Fig. 13의 결과를 살펴보면 구형 슬롯의 길이 l_s 와 같은 특성을 나타내었으며, 슬롯의 폭 w_s 가 1mm일 때 가장 알맞은 특성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

2. 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나 설계

본 논문에서는 패치의 크기를 줄이기 위한 방법으로 패치에 T형 슬릿과 Y형 슬릿을 삽입하는 형태들을 제안한다. 이것은 패치의 전기적인 길이를 증가시켜 낮은 주파수에서 공진을 일으킬 수 있다.

2-1. T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나

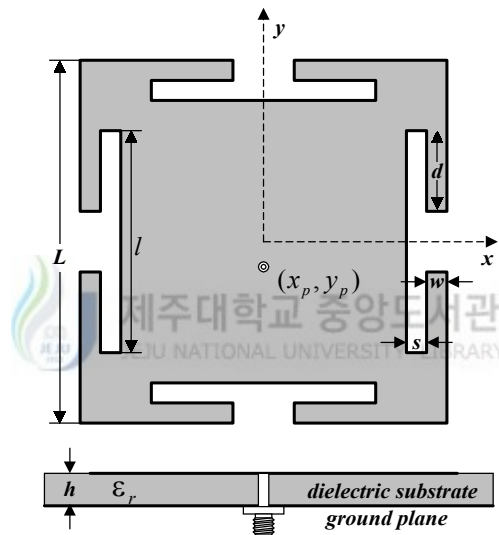


Fig. 14. Square microstrip patch antenna with T-shaped slits

정사각형 마이크로스트립 패치 안테나에서 패치의 각 변에 동일한 크기의 T형 슬릿을 삽입한 구조를 Fig. 14에 나타내었다.

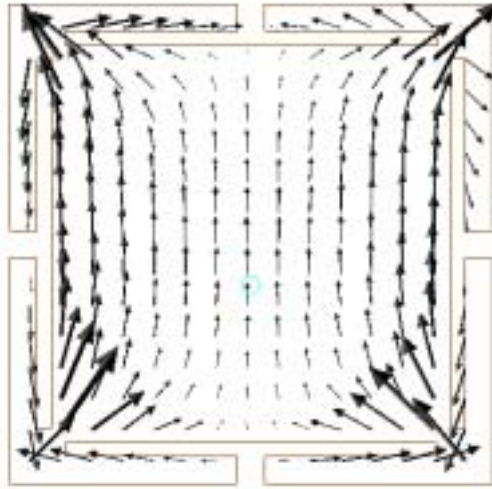


Fig. 15. Surface current distribution on square microstrip patch antenna with T-shaped slits

Fig. 15는 T형 슬릿을 갖는 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 표면 전류 분포를 나타내었다. 그림에서 패치의 표면 전류 분포는 T형 슬릿을 따라 형성되는 것을 볼 수 있다. 이는 기존 패치 길이 L 보다 길어져 기존 공진 주파수보다 낮은 공진 주파수 특성을 가지므로 안테나의 크기를 감소시킬 수 있을 것이다. 그리고 Fig. 15의 표면 전류 분포의 전기적 길이를 다음과 같이 근사적으로 나타낼 수 있다.

$$L_T \approx l + 2d + 2s \quad (22)$$

여기서 l , d , s 는 Fig. 14에 나타낸 것과 같이 슬릿의 크기와 관련된 파라미터이다. 식 (22)로부터 T형 슬릿에 의한 공진주파수 f_T 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f_T = \frac{c}{2L_T \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} = \frac{c}{2(l + 2d + 2s) \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (23)$$

우선 T형 슬릿에 의한 공진 주파수의 근사식 (23)의 정확성을 검증하기 위해 식 (22)의 파라미터 값을 Table 2와 같이 선정하여 Fig. 14의 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계한다. Fig. 16은 패치 길이 $L=45\text{mm}$ 일 때 Table 2의 설계 파라미터를 이용한 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 시물레

이전 결과이다. Fig. 16의 시뮬레이션 결과는 Table 2에 다시 나타내었다.

Table 2. Resonant frequency as parameters of antenna with T-shaped slits

	l, d, s (mm)	계산식 (23) 결과	시뮬레이션결과	오 차
model 1	30, 12, 2	1.282GHz	1.322GHz	+3.026%
model 2	32, 9, 3	1.328GHz	1.385GHz	+4.101%
model 3	32, 9, 1	1.487GHz	1.454GHz	-2.270%

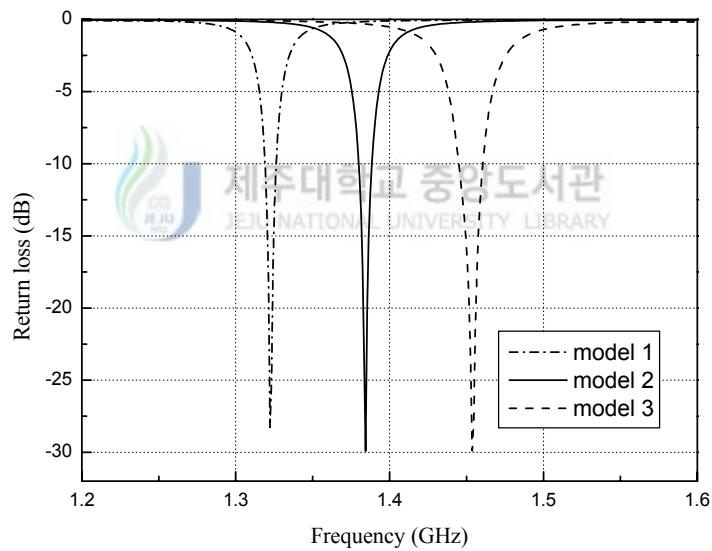


Fig. 16. Return loss of square microstrip patch antenna with T-shaped slits

T형 슬릿의 길이 l, d, s 에 대한 식 (23)의 계산 결과와 Fig. 16의 시뮬레이션 결과로부터 공진 주파수를 비교하였을 때 오차 범위는 $\pm 5\%$ 내였으며, 식 (23)의 정확성을 검증할 수 있었다. 식 (23)을 이용하여 패치 길이 $L=45\text{mm}$ 인 경우 슬릿의

크기를 최대로 하여 얻을 수 있는 가장 낮은 공진 주파수 f_T 의 값은 0.882GHz이지만 주파수의 감소량만큼 패치의 크기를 축소하기 위해서는 T형 슬릿의 크기가 제한된다.

1.575GHz에서 공진하는 T형 슬릿을 갖는 패치의 최소 길이를 결정하기 위해 l, d, s, w 파라미터를 변화시킨다. 기존 패치 길이 45mm보다 패치의 크기가 작아짐으로 안테나 이득이 낮아지고 3dB 빔폭이 좁아진다. 이런 문제점을 최소화하기 위해 패치에 T형 슬릿의 면적을 가장 작게 하면서 가장 낮은 공진 주파수를 갖는 T형 슬릿을 선정하여야 한다. 가장 작은 T형 슬릿의 면적을 얻기 위해 Fig. 14의 T형 슬릿에 대한 파라미터 l, d, s, w 중 s 와 w 값은 최소로 선택하고 표면 전류의 전기적 길이와 관련이 있는 l, d 는 최대의 값을 선택한다. 1.575GHz에서 공진하는 l, d 의 길이를 최대로 선택하여 얻어진 패치의 최소 크기는 식 (22)로부터 L 는 33mm를 얻을 수 있었다. 이때 $l=24\text{mm}, d=11\text{mm}, s=1\text{mm}, w=2\text{mm}$ 로 선정할 수 있었다.

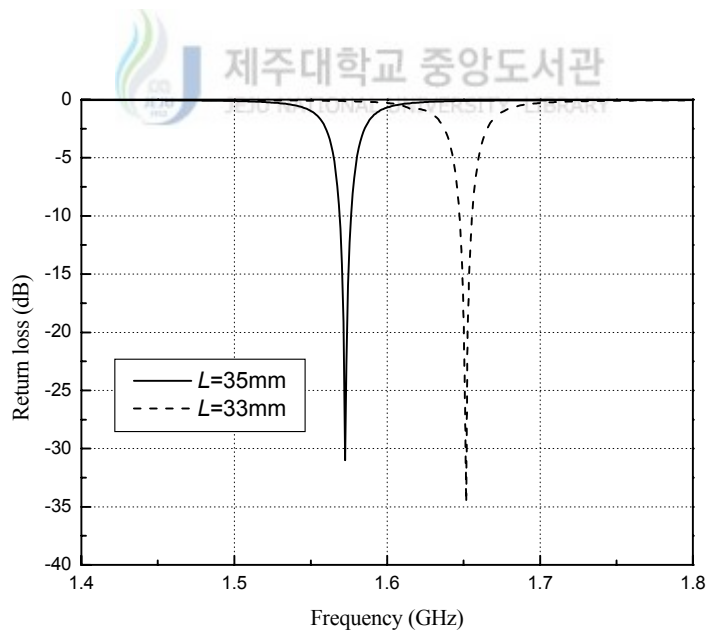


Fig. 17. Return loss of square microstrip patch antenna with T-shaped slits

이렇게 선정된 파라미터 값들을 이용하여 시뮬레이션한 결과 Fig. 17에서와 같이 L 의 값이 33mm일 때 공진 주파수 f_T 가 1.650GHz로 계산치 보다 조금 높게 나타났다. 이를 1.575GHz에서 공진할 수 있게 하기 위해 $L=33\text{mm}$ 보다 크게 변화시켜본 결과 $L=35\text{mm}$ 일 때 원하는 공진 주파수를 얻을 수 있었다. Fig. 17은 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 반사 손실 특성으로 L 가 35mm일 때 중심 주파수에서 반사 손실은 -32dB이고 대역폭은 10MHz의 특성을 나타내었다.

2-2. Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나

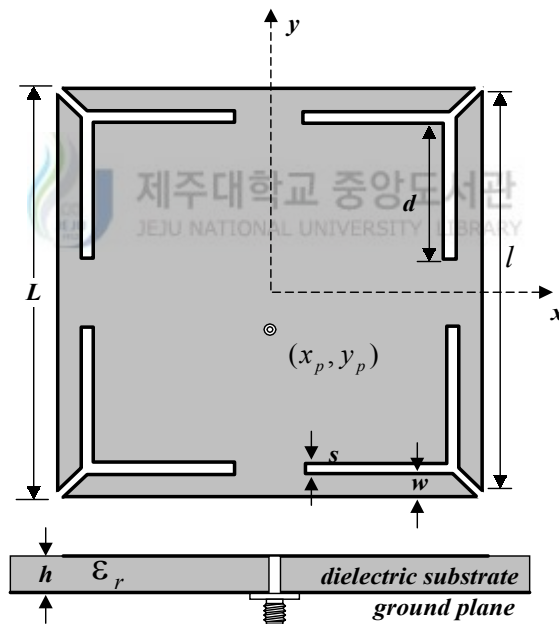


Fig. 18. Square microstrip patch antenna with Y-shaped slits

Fig. 18은 Y형 슬릿을 갖는 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 구조이며,

T형 슬릿 안테나와 같이 패치 크기를 줄이기 위한 다른 방법으로 정사각형 패치의 각 모서리 부분에 Y형 슬릿을 삽입한 형태이다. 삽입된 Y형 슬릿은 T형 슬릿과 동일한 역할을 하게 된다. Y형 슬릿에 의한 패치의 표면 전류 분포는 Fig. 19와 같으며 Y형 슬릿 주위를 따라 표면 전류 분포가 형성된다. Y형 슬릿에 의한 표면 전류의 전기적 길이는 패치 길이 L 보다 확장되어 공진 주파수가 낮아진다.

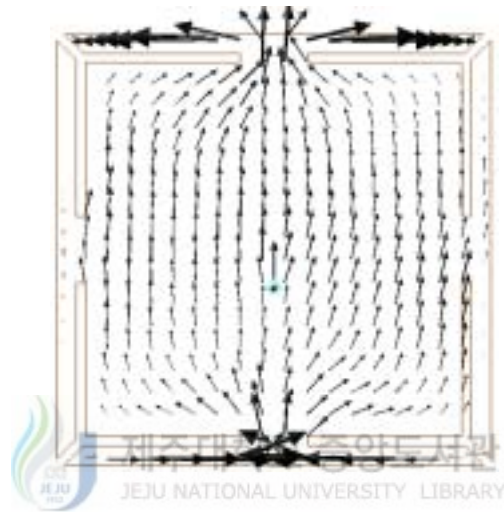


Fig. 19. Surface current distribution on square microstrip patch antenna with Y-shaped slits

공진 주파수는 Fig. 19의 표면 전류 분포로부터 근사화할 수 있으며, Fig. 19의 평균 표면 전류의 전기적 길이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_Y \approx 4d + 2s \quad (24)$$

여기서 d , s 는 Fig. 18에 나타내었다. 식 (24)로부터 Y형 슬릿에 의한 공진 주파수 f_Y 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$f_Y = \frac{c}{2L_Y \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} = \frac{c}{2(4d + 2s) \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (25)$$

식 (25)의 정확성을 검증하기 위해 식 (24)의 파라미터 값을 Table 3과 같이 선정하여 Fig. 18과 같은 Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나를 설계한다.

Fig. 20은 패치 길이 $L=45\text{mm}$ 일 때 Y형 슬릿에 대한 Table 3의 설계 파라미터를 이용하여 얻어진 시뮬레이션 결과 오차 범위는 $\pm 5\%$ 이내였다.

Table 3. Resonant frequency as parameters of antenna with Y-shaped slits

	d, s (mm)	계산식 (23) 결과	시뮬레이션결과	오 차
model 1	12, 4	1.328GHz	1.322GHz	-0.45%
model 2	14, 1	1.282GHz	1.339GHz	+4.22%
model 3	12, 3	1.377GHz	1.401GHz	+1.68%

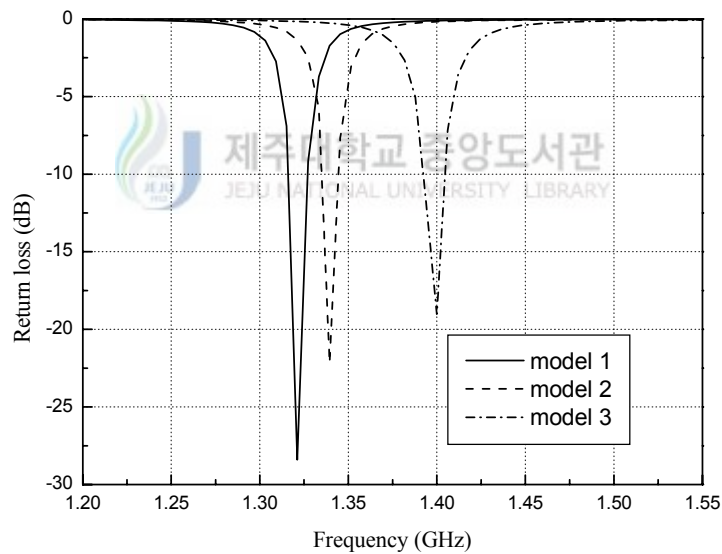


Fig. 20. Return loss of square microstrip patch antenna with Y-shaped slits

1.575GHz에서 공진하는 Y형 슬릿을 갖는 패치의 최소 길이를 결정하기 위해 Y형 슬릿의 d, s 파라미터를 변화시킨다. T형 슬릿과 동일하게 안테나의 이득이 낮아지고 3dB 빔폭이 좁아지는 특성을 고려하여 가장 작은 면적을 갖는 Y형 슬릿을

선택한다. 이때 Y형 슬릿 파라미터 중 s 는 최소값과 d 는 최대값을 선택하여 얻어진 패치의 최소 길이 $L = 35\text{mm}$ 로 선정할 수 있었다.

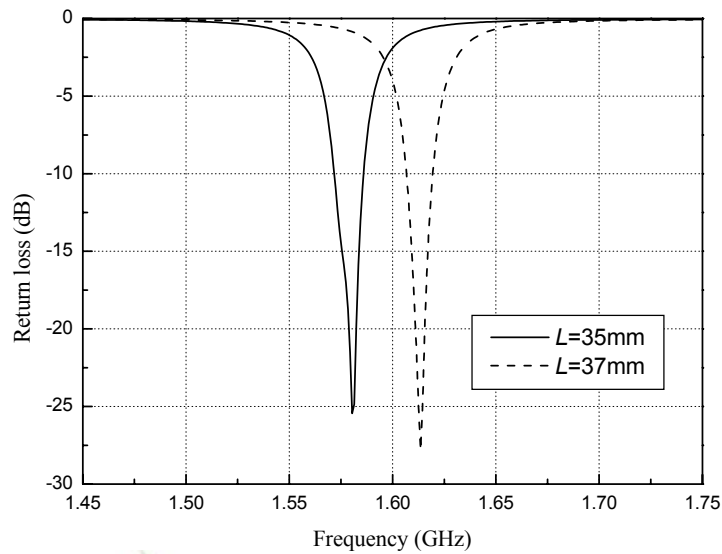


Fig. 21. Return loss as square microstrip patch antenna with Y-shaped slits

이렇게 선정된 최적의 파라미터 값들을 이용하여 시뮬레이션한 결과는 Fig. 21과 같았으며, L 의 값이 35mm일 때 공진 주파수 f_y 는 1.614GHz로 계산치 보다 조금 높게 나타났다. 이를 1.575GHz에서 공진할 수 있게 하기 위해 L 의 값을 35mm보다 크게 변화시켜 본 결과 L 는 37mm로 하였을 때 원하는 공진 주파수를 얻을 수 있었다. Fig. 21은 Y형 슬릿을 갖는 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 반사 손실 특성으로 L 가 37mm일 때 중심 주파수에서 반사 손실은 -25dB이고 대역폭은 15MHz의 특성을 나타내었다.

3. 슬롯을 갖는 원형편과 마이크로스트립 패치 안테나 설계

앞 절의 시뮬레이션 결과로부터 T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 대역폭이 10MHz였으며, Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나의 경우 대역폭이 15MHz로 GPS 수신용 안테나로(1.564~1.585GHz)로 사용하기에 적합하지 않다. 대역폭 개선을 위해 본 논문에서 제시한 구형 슬롯을 T형과 Y형 슬릿을 갖는 원형편과 마이크로스트립 패치 안테나에 삽입한다.

3-1. T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나

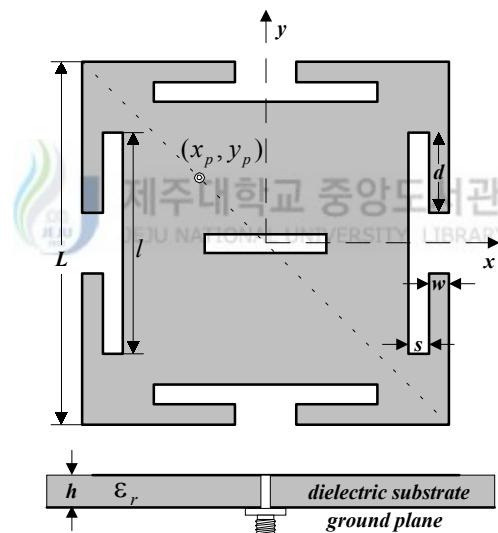


Fig. 22. Circularly-polarized microstrip patch antenna with T-shaped slits

Fig. 22는 구형 슬롯이 삽입된 T형 슬릿을 갖는 원형편과 마이크로스트립 패치 안테나의 구조이다.

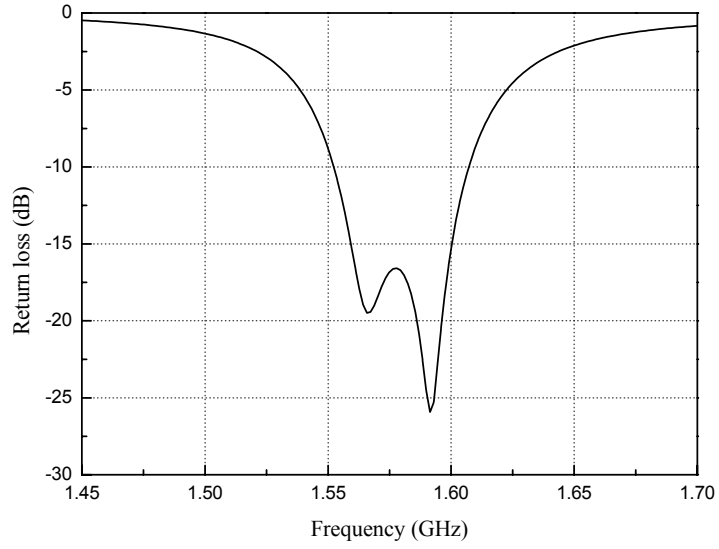


Fig. 23. Return loss as circularly-polarized microstrip patch antenna with T-shaped slits

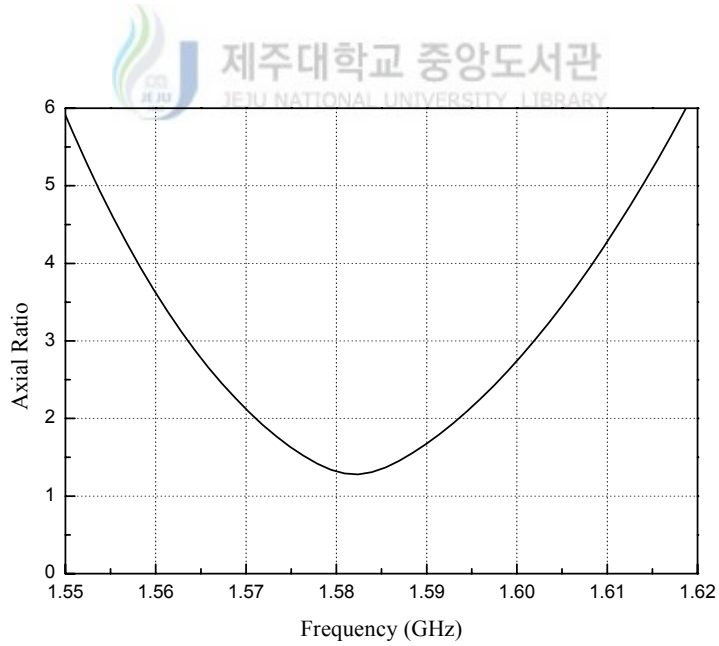


Fig. 24. Axial ration circularly-polarized microstrip patch antenna with T-shaped slits

Fig. 23은 구형 슬롯이 삽입된 T형 슬릿을 갖는 원형편과 마이크로스트립 패치 안테나의 반사 손실의 특성을 나타낸 것으로 공진 주파수는 1.575GHz이며 이때 반사 손실은 약 -26dB이고 대역폭은 1.551~1.609GHz인 약 58MHz이다.

Fig. 24는 T형 슬릿을 갖는 원형편과 마이크로스트립 패치 안테나 축비의 주파수 특성을 나타낸 것이다.

설계된 안테나는 GPS 수신용 안테나의 사용 대역인 1.564~1.585GHz를 만족하며 축비 특성 또한 양호함을 알 수 있다.

3-2. Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나

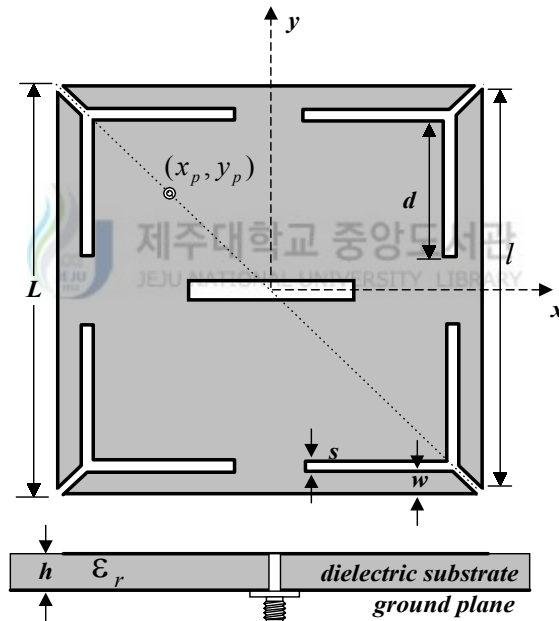


Fig. 25. Circularly-polarized microstrip patch antenna with Y-shaped slits

Fig. 25는 구형 슬롯이 삽입된 Y형 슬릿을 갖는 원형편과 마이크로스트립 패치 안테나의 구조이다.

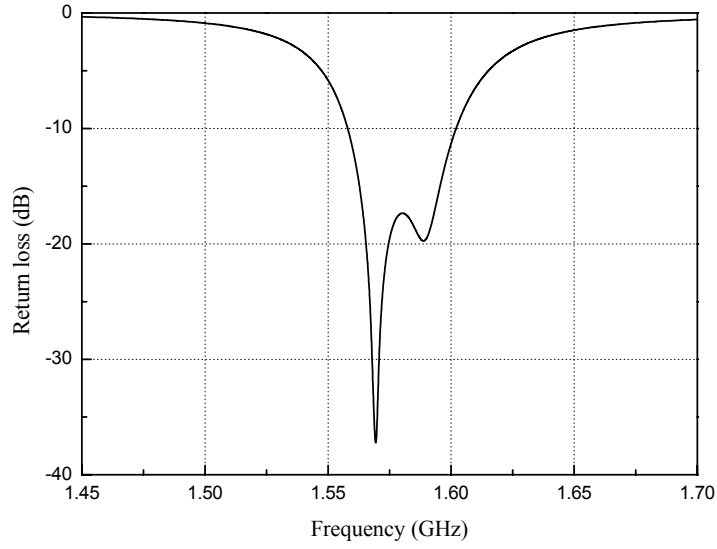


Fig. 26. Return loss as circularly-polarized microstrip patch antenna with Y-shaped slits

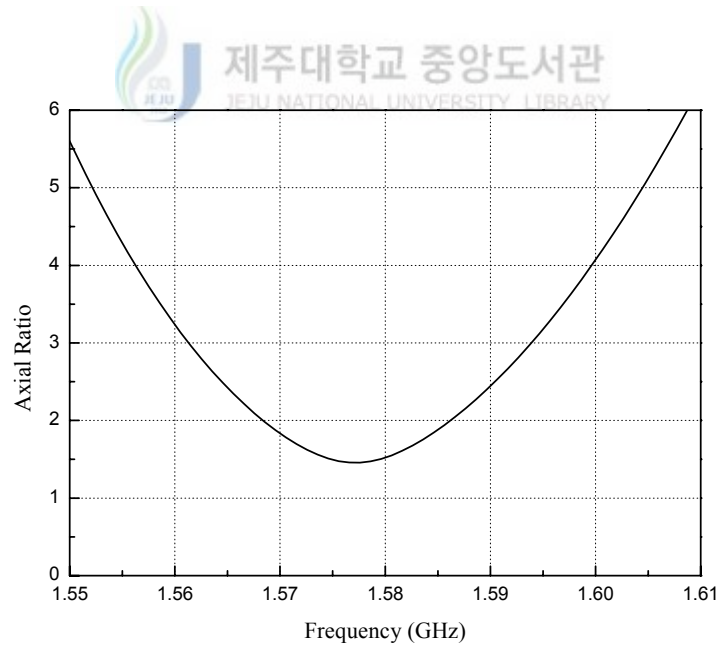


Fig. 27. Axial ration circularly-polarized microstrip patch antenna with Y-shaped slits

Fig. 26은 구형 슬롯이 삽입된 Y형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 반사 손실의 특성을 나타낸 것으로 공진 주파수는 1.575GHz이며 이때 반사 손실은 약 -37dB이고 대역폭은 1.557~1.603GHz인 약 46MHz이다.

Fig. 27은 Y형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나 축비의 주파수 특성을 나타낸 것이다.

T형 슬릿을 갖는 원형 편파 마이크로스트립 패치에서와 마찬가지로 설계된 안테나는 GPS 수신용 주파수 대역을 만족하며 축비 특성 또한 양호함을 알 수 있다.

IV. 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 설계 및 제작

Table 4는 T형과 Y형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나들의 제작 파라미터를 나타낸 것이며, 제작에 사용된 기판의 비유전율 $\epsilon_r=4.3$ 이고 두께 $h=1.6\text{mm}$ 이다.

제작된 안테나에 대해 벡터 회로망 분석기(vector network analyzer, Anritsu 37369A)를 사용하여 반사 손실을 측정하였다.

Table 4. Parameters of microstrip patch antennas with T&Y-shaped slits for design

Parameters	패치길이 L (mm)	슬릿(mm)				구형슬릿(mm)		급전점(mm)	
		l	w	d	s	l_s	w_s	x_p	y_p
T형 슬릿을 갖는 안테나	35	27	2	12.5	1	11	1	-7	7
Y형 슬릿을 갖는 안테나	37	36	2	12.5	1	11	1	-7	7

1. T형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나

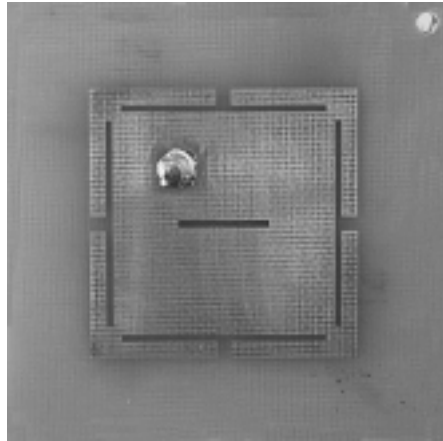


Fig. 28. The fabricated square microstrip patch antenna with T-shaped slits

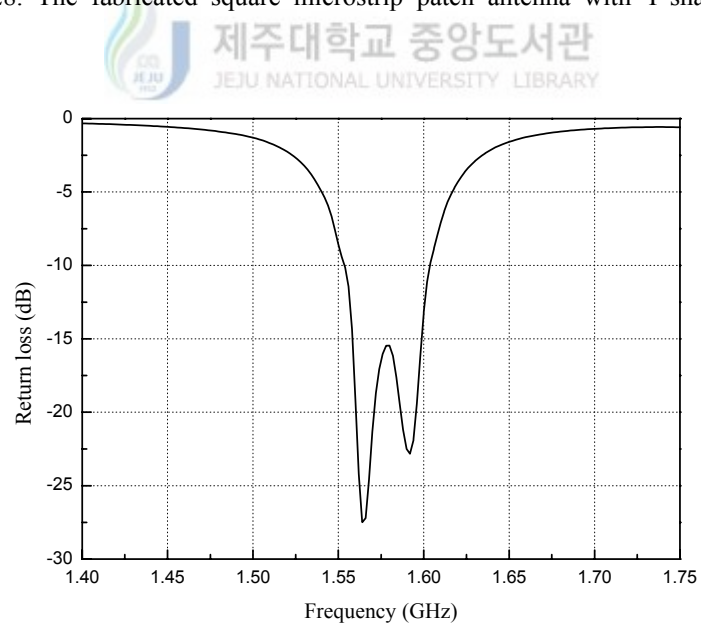


Fig. 29. Measured return loss of square microstrip patch antenna with T-shaped slits

Fig. 28은 제작된 T형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 사진이며, Fig. 29는 주파수를 1.40GHz에서 1.75GHz를 변화시키면서 반사 손실의 변화를 측정된 결과이다. 공진 주파수는 1.575GHz이며 이때 반사 손실은 약 -28dB이고 대역폭은 1.553~1.603GHz인 약 50MHz이다.

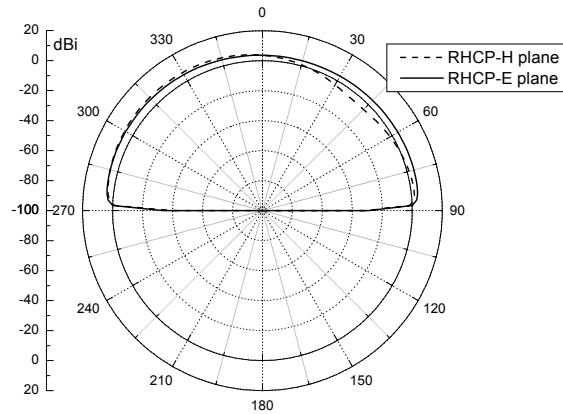


Fig. 30. Radiation pattern for square microstrip patch antenna with T-shaped slits

Fig. 30은 T형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 방사패턴을 나타내었으며, 안테나 이득은 3.5dBi임을 알 수 있다.

2. Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나



Fig. 31. The fabricated square microstrip patch antenna with Y-shaped slits

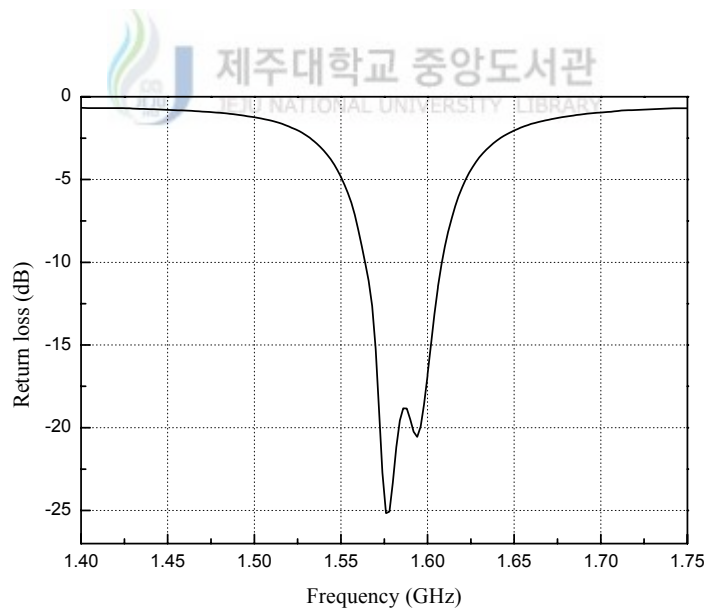


Fig. 32. Measured return loss of square microstrip patch antenna with Y-shaped slits

Fig. 31은 제작된 Y형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 사진이며, Fig. 32는 주파수를 1.40GHz에서 1.75GHz를 변화시키면서 반사 손실의 변화를 측정된 결과이다. 공진 주파수는 1.575GHz이며 이때 반사 손실은 약 -25dB이고 대역폭은 1.563~1.608GHz인 약 45MHz이다.

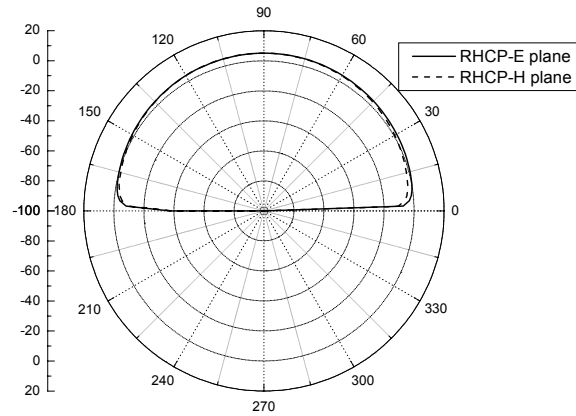


Fig. 33. Radiation pattern for square microstrip patch antenna with Y-shaped slits

Fig. 33은 Y형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 방사패턴을 나타내었으며, 안테나 이득은 4dBi임을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 GPS 수신용 안테나로 사용되는 원형편파 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 크기를 줄이기 위한 방법으로, 패치에 T형과 Y형 슬릿을 삽입한 형태를 제안하였다. 또한 1.575GHz에서 동작하는 구형 마이크로스트립 패치 안테나에 비해 매우 좁아진 대역폭을 개선하기 위해 슬릿을 갖는 정사각형 마이크로스트립 패치 안테나의 중앙에 구형 슬릿을 삽입하여 설계하였고, 그 결과를 제작한 결과와 비교·분석하였다.

패치 안테나의 표면 진류 분포는 안테나 크기를 줄이기 위해 삽입한 T형과 Y형 슬릿을 따라 형성되는 것을 볼 수 있었다. 이 경로는 기존 패치 길이보다 길며 패치 길이에 의한 공진 주파수보다 낮은 공진 주파수를 갖는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 이용하여 슬릿에 의해 발생하는 공진 주파수의 근사식을 제안하였다. 제안된 T형과 Y형 슬릿에 의해 발생하는 공진 주파수들의 근사식은 모멘트법(MoM : Method of Moments)을 이용한 Ansoft사의 전자계 해석 시뮬레이션 툴인 Ensemble 6.0을 이용하여 타당성을 입증하였다. 이렇게 구해진 근사식을 이용하여 공진 주파수가 1.575GHz인 안테나를 설계하였으며, 그 결과 T형 슬릿을 갖는 안테나의 경우 29%, Y형 슬릿을 갖는 안테나의 경우 22%까지 안테나의 크기를 줄일 수 있었다.

적절한 설계 파라미터를 이용하여 T형과 Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 안테나를 설계한 결과 안테나의 대역폭은 각각 10MHz와 15MHz이며, 이러한 협대역 특성을 개선하기 위해 U-슬롯과 유사한 특성을 갖는 구형 슬릿을 패치 안테나의 중앙에 삽입하여 설계하였다. 벡터 회로망 분석기를 이용하여 제작된 안테나의 특성을 측정하였고, 그 결과 T형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수는 1.575GHz, 반사손실 -28dB이며 대역폭은 1.553~1.603GHz로 50MHz를 얻었고, 약 3.5dBi의 안테나 이득을 확인하였다. 또한 Y형 슬릿을 갖는 원형편파 마이크로스트립 패치 안테나의 공진 주파수는 1.575GHz, 반사손실 -25dB이며 대역폭은 1.563~1.608GHz로 45MHz가 측정되었으며 약 4dBi의 안테나 이득

을 얻었다.

본 논문에서 제작한 T형과 Y형 슬릿을 갖는 마이크로스트립 패치 안테나들은 GPS 수신용 안테나의 설계 제원을 만족하고 있으며, 소형으로서 휴대용과 차량용 단말기에도 활용이 가능할 것으로 사료된다.



참고 문헌

- Balanis Constantine A., 1997, Antenna theory analysis and design, John Wiley & Sons, pp. 723-784.
- Bhartia P., Rao K. V. S., Tomar R. S., Millimeter-wave microstrip and printed circuit antennas, Artech House Boston · London, pp. 9-27.
- Gupta K. C., 1988, Microstrip antenna design, Artech House, pp. 263-289.
- Gupta K. C., Kumar G., 1985, Nonradiation edges and four edges gap-coupled multiple resonator broad-band microstrip antenna, IEEE Trans. Antennas and Propagat., Vol. AP-33, pp. 173-178.
- Huynh T., Lee K. F., 1995, Single-layer single-patch wideband microstrip antenna, Electron. Lett., Vol. 31, pp.1310-1312.
- Huang C. Y., Wu J. K., and Salvador C., 1998, High-gin compact circularly polarized microstrip antenna, Electron. Lett., Vol. 34, pp 712-713.
- Lee K. F., etc., Experimental and simulation studies of the coaxially fed U-slot rectangular patch antenna, 1997, IEEE Trans. Antennas and Propagat., Vol. 144, no. 5, pp. 354-358.
- Lee K. F., Luk k. m., Yung Y. L., Tong K. F., and Huyng T., 1996 Experimental study of the rectangular patch with a U-shaped slot, IEEE APS Inter. Symp. Dig., pp. 10-13.
- Maci S., Gentile G. B., Piazzesi P., and Salvador C., 1995, Dual-band slot loaded patch antenna, Proc. Inst. Elect. Eng., Vol. 142, pp. 225-232.
- pozar A. M., Duffy S. M., 1997, A dual-bandcircularly polarized aperture-coupled stacked microstrip antenna for global positioning satellite, IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 45, pp. 1618-1625.
- Richards W. F., 1988, Microstrip antennas, Van Norand Reinhold co., charter 10.

- Sharma P. C., Gupta K. C., 1983, Analysis and optimized design of single feed circularly polarized microstrip antennad, IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol. 31, pp. 945-955.
- Targonski S. D., Waterhouse R. B., An aperture coupled stacked patch antenna with 50% bandwidth, Proceedings of IEEE AP symposium, pp. 18-21.
- Waterhouse R. B., 1999, Stacked patches using high and low dielectric constant material combinations, IEEE Trans. Antennas and Propagat., Vol. AP-47, pp. 1767-1771.
- Yang K. P., Wong K, L., 2001, Dual-band circularly-polarized square microstrip antenna, IEEE Trans. Aatennas and Propagat., Vol. 49, no. 3, pp. 337-382.



감사의 글

지난 2년이라는 시간을 되돌아보면 “조금 더!”라는 아쉬움이 남습니다. 2년이란 시간동안의 대학원 생활을 마무리하며 많은 분들께 감사드리고 싶습니다. 늘 부족한 저를 따뜻함과 깊은 배려로 지도해주신 김홍수 교수님께 감사드립니다. 그리고 바쁘신데도 논문을 쓰는데 많은 도움을 주신 양두영 교수님과 강진식 교수님께 깊이 감사드립니다. 그리고 대학 때부터 저에게 학문의 길을 열어주신 이용학교수님, 문건 교수님, 임재운 교수님께 감사드립니다.

제가 논문을 쓰는 2년동안 너무 많은걸 가르쳐주신 강부식 선배님께 감사드립니다. 그리고 언제나 따뜻하게 대해주신 홍성욱 선배님, 그리고 제가 졸업할 수 있게 논문을 수없이 읽어주신 이권익 선배님 고맙습니다. 너무 엉뚱해 언제나 연구실을 즐겁게 해주던 봉수 오빠에게도 고마운 마음 전하고 싶습니다. 수미야 같이 입학해 널 두고 떠나야 하는 언니 마음 알지 열심히 하고 2년 동안 고맙다. 대학원에 와서 가장 좋았던 일들 중 하나는 우리 동기들이 입학했을 때였는데 잘해주지 못한거 같아 많이 미안하다 영길아 광식아 내 맘 알지~. 같이 입학해 내 고민 들어주고 걱정해준 철우야 고마워. 그리고 같이 일한다는 핑계로 버릇없이 굴어도 잘 참아주고 잘 챙겨준 창윤오빠 2년 동안 정말 정말 고맙습니다. 착한 숙이랑, 종국 오빠에게도 고마운 마음 전하고 싶습니다. 현미가 대학원 와서 너무 좋았는데 벌써 1년이 지났다. 언니는 언제나 너에게 고마워 남은 시간 열심히 해라. 그리고 2년의 대학원 생활만큼이나 힘들고 어려웠던 조교 2년의 시간동안 내게 많은 도움을 준 윤실이, 윤희, 민철이, 재오에게도 고마운 마음 전하고 싶습니다.

그리고 멀리서 언제나 날 격려해주던 내 친구 향진이, 정선이, 혜진이, 철희오빠, 윤영오빠에게도 고맙다는 마음을 전하고 싶습니다.

언제나 우리 은진이가 최고라고 얘기해주시는 엄마, 아빠 정말 정말 감사드립니다. 2년 동안 단 하루도 마음 편하게 주무시지 못하시고 공부하느라 늦게 다니는 딸 걱정해주시던 우리 엄마, 아빠 감사합니다. 오래오래 건강하세요. 그리고 언니 따라다니며 뒤치다꺼리 해주느라 2년 동안 고생한 착한 우리 은경이, 멀리서 고생하고 있는 너무 착하고 이쁜 우리 지혜, 말쑥은 좀 부리지만 우리 가족의 자랑인 이쁜 우리 막내 원이 모두 고맙다.