

論文2003-40TC-11-12

# 전방향 복사패턴의 인쇄형 사각 루프안테나 설계

## (A Design of Printed square Loop Antenna for Omni-directional Radiation Patterns)

李 玄 辰 \* , 車 相 珍 \*\* , 林 永 錫 \*\*\*

(Hyeonjin-Jin Lee, Sang-Jin Cha, and Yeong-Seog Lim)

## 요 약

본 논문은 도파관 급전 방법의 인쇄형 사각 루프 구조를 이용하여 PCS대역 과 IMT2000 주파수 대역의 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안된 안테나는 전방향 방사패턴의 특성을 가지며 단일 평판으로 구현할 수 있어 급전방법이 용이하고 크기가 작으며, 제작이 편리하고 넓은 대역폭을 갖는 안테나이다. 안테나의 이득은 2.67[dBi]이며 대역폭은  $VSWR \leq 1.5$ 를 기준으로 계산과 측정결과 각각 100MHz(1.68~2.68 [GHz])와 144MHz(1.46~2.6[GHz])의 대역을 얻었다. 이는 PCS대역(1.75~1.87[GHz]) 과 IMT2000대역(1.92~2.17[GHz])을 충족시킬 수 있다.

## Abstract

In this paper, we designed a printed square loop antenna for operating of PCS and IMT2000 band. The proposed antenna has omni-directional radiation patterns with broad bandwidth, similar to the conventional antenna, to easy feed on composing single planar. We obtain an ideal impedance matching and increase bandwidth. An antenna bandwidth is about 150MHz(1.74~1.89[GHz]) at 1<sup>st</sup> resonance frequency and 290MHz(1.95~2.24GHz) at 2<sup>nd</sup> resonance frequency on  $VSWR \leq 1.5$ , and then we can obtain not only 1.75~1.87 [GHz] PCS band but also 1.92~2.17 [GHz] IMT2000 band. Key word : folded loop antenna, CPW(Coplanar waveguide), Dual band.

**Keywords** : 전방향 복사패턴

## I. 서 론

이동 통신 및 위성통신의 급격한 수요증가와 양질의

\* 正會員, 東岡大學 디지털 情報科  
(Dept. of Digital and Information)

\*\* 學生會員, \*\*\* 正會員, 全南大學校 電子컴퓨터情報通  
信工學部

(Dept of Electronics, Computer and Information Engi-  
neering)

※ 이 논문은 2002년도 전남대학교 학술연구비 지원에  
의하여 연구되었음

接受日字:2003年4月2日, 수정완료일:2003年11月1日

서비스를 제공하기 위해서는 통신 장비 중에서 핵심부  
품인 안테나의 특성은 중요한 요소라 할 수 있다. 개인  
휴대 단말기의 소형화와 집적화에 따라 안테나 역시 소  
형 경량, 다기능 특성 및 대량생산이 요구되고 있다. 이  
를 충족하는 안테나가 마이크로스트립 패치 안테나이며,  
마이크로스트립 패치안테나는 제작이 용이하고, 인쇄회  
로(printed circuit)기술에 의한 대량생산이 가능하므로  
위성통신 및 이동 통신용에 적합한 안테나이다. 현재의  
이동통신에서 단말기용 안테나로 많이 사용되고 있는  
안테나는 헬리컬 과 모노폴 및 패치 안테나이며, 패치형  
안테나는 제작이 용이하기 때문에 안테나 소자로 널리

사용되고 있으나 대역폭이 수% 정도로 협대역의 문제를 갖으며, 패치의 크기가 공진 주파수의 파장에  $\lambda/2$  정도로 크기 때문에, 저주파 대역에서는 안테나의 크기가 문제된다<sup>[1]</sup>. 현재 가장 많이 사용되고 있는 모노폴과 헬리컬 안테나는 외부 돌출로 인한 휴대의 불편성 및 파손 위험뿐 아니라 다양한 디자인을 요하는 오늘날 소비자 취향에 부응하기 어렵다. 따라서 내장형 구조의 안테나가 절실히 요구되고 있다. 본 논문에서는 단일 평판에 안테나부와 급전부를 동시에 수용할 수 있는 CPW (Coplanar waveguide) 급전 방식의 마이크로 스트립 사각 루프 안테나 구조를 제안하여 PCS 주파수 대역 (1.75~1.87GHz)과 IMT2000(1.92~2.17GHz) 주파수 대역에서 이용될 수 있는 인쇄형 사각 루프 안테나를 설계 제작하였다. CPW구조의 급전 방법을 택하여 인쇄 회로 기판에서 일반적으로 많이 사용되는 마이크로 스트립 급전 및 개구면 결합 방법의 문제점인 급전선로의 방사에 의한 방사 패턴에 대한 영향과 간접 급전에 의한 방사부와의 결합력 약화 등의 단점을 보완하고자 하였다.

## II. CPW 급전 방식 및 안테나 설계

### 1. CPW 급전 방식

CPW 장점은 단일 면으로 이루어진 구조를 가지고 있으며, 회로의 소자들을 접지하고자 할 때 기판의 반대편의 비아 홀(via-hole)을 필요로 하지 않는다. 또한 CPW의 특징은 특성임피던스  $Z_0$ 을 일정하게 고정하고 구성 요소의 정합을 위하여 판로를 조절할 수 있다. 여기서 접지 면은 통상 급전 선로를 포함한 양쪽 간격보다 약 5배 이상이 되어야 된다. 중심 마이크로 스트립선로 양쪽의 접지평면은 주기적인 air-bridge가 필요하다.

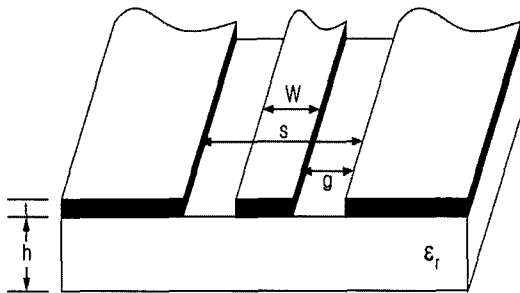


그림 1. CPW의 급전 구조  
Fig. 1. Structure of coplanar waveguide.

만약 차폐 커버(enclosure cover)가 약(g-s)거리를 유지한다면 그것은 두 접지면의 air-bridge로 이용될 수 있다<sup>[2]</sup>.

<그림 1>은 CPW 급전구조의 구조이며, 여기서 t는 도체 층의 두께로서 0.017[mm], h는 유전체 층의 높이로 1.6[mm], W는 마이크로 스트립선로, s는 접지면과 접지면의 거리, g는 도파로의 간격이다. CPW의 설계는 다음과 같은 수식으로 각각의 파라미터를 구할 수 있다. 도체내의 실효 유전상수는 식 (1)과 식 (2)로부터 구하며,

$$\epsilon_{eff,t} = \epsilon_{eff} - \frac{\epsilon_{eff} - 1.0}{\frac{(s-w)/2.0}{0.7t} \frac{K(k)}{K(k')} + 1.0} \quad (1)$$

$$\epsilon_{eff} = 1.0 + \frac{\epsilon_r - 1.0}{2.0} \frac{K(k)K(k_1)}{K(k)K(k'_1)} \quad (2)$$

특성 임피던스 계산은 다음 식 (3)에 의한다.

$$Z_0 = \frac{30.0\pi K(k'_1)}{\sqrt{\epsilon_{eff,t}} K(k_t)} \quad (3)$$

여기서, 도체와 유전체내에서의 전파 상수는 다음과 같다.

$$k_t = \frac{w_t}{s_t}, \quad k = \frac{w}{s}$$

$$k'_t = \sqrt{1 - k_t^2}, \quad k' = \sqrt{1 - k^2}$$

$$k_1 = \frac{\sinh\left[\frac{\pi w_t}{4.0h}\right]}{\sinh\left[\frac{\pi s_t}{4.0h}\right]}$$

중심도체의 스트립선로와 슬롯의 폭은 다음 식 (4)와 식 (5)에 의하여 계산된다.

$$w_t = \frac{w + 1.25t}{\pi} \left[ 1.0 + \ln\left(\frac{4.0\pi w}{t}\right) \right] \quad (4)$$

$$s_t = \frac{s + 1.25t}{\pi} \left[ 1.0 + \ln\left(\frac{4.0\pi w}{t}\right) \right] \quad (5)$$

CPW급전 구조에서 슬롯의 폭(S), 중앙 스트립 선로의 폭(W)의 값을 변화시켜 특성임피던스 값을 구현할 수 있다. 마이크로 스트립 선로급전과 CPW급전을 비교해보면 마이크로 스트립 선로는 CPW구조에 비해 정합을 위한 노력이 많아 제작 상의 어려움이 많다. 그러나 CPW급전은 분산이 적고 회로의 크기 면에서 소형화

할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

2. 안테나 설계

안테나의 설계 구조를 <그림 2>에서 나타내었으며 <표 1>은 안테나 설계 파라미터 값이다. 50[Ω]의 마이크로 스트립 선로에 의한 도파로 급전부와 기판 인쇄부로 구성된 인쇄형 사각 루프 안테나를 설계하였다<sup>[3,5]</sup>. 여기서 h는 유전체 기판의 높이이고, t는 도체의 두께를 나타낸다. 제안한 안테나의 설계에 사용한 기판은 비유전율4.6 두께1.6[mm] RF-4 기판을 사용하였다. PCS와 IMT2000의 주파수에서 공진이 일어날 수 있도록 사각 루프 안테나의 W1 길이를 동작 주파수의 λ/2와 λ/4 범위에서 조절하였다.

표 1. 사각 루프 안테나설계 사양  
Table 1. Parameter of designed antenna.

parameter	value [mm]
$l_1$	18
$l_2$	12
$w_1$	33
$w_2$	23
h	1
g	0.8

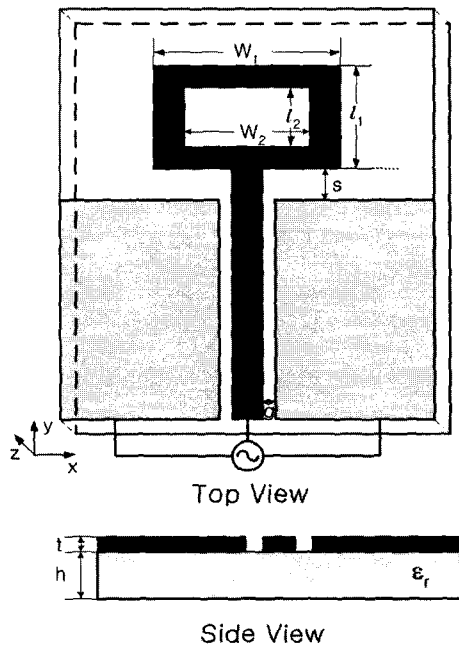


그림 2. 인쇄형 사각 루프 안테나의 구조  
Fig. 2. The geometry of printed square loop antenna.

4. 제작 및 측정

<그림 3>은 위에서 제안된 안테나의 제작사진이며, 크기는 가로 및 세로가 4×5.5[cm]이다. <그림 4>는 사각루프 안테나의 시뮬레이션 및 측정 반사계수이다. 그림에서 볼 수 있듯이 시뮬레이션 결과와 측정결과가 매우 근사하며 반사손실 특성이 양호함을 알 수 있다. <그림 5>는 제작된 안테나를 단말기에 장착하였을 때의 반사계수와 안테나만의 반사계수를 비교 하였다. 두 경우 매우 일치하고 있음을 알 수 있으나 단말기에 장착한 경우 두 번째 공진이 나타남을 볼 수 있는데 이는 단말기 몸체부와 안테나간의 영향으로 추측된다.

<그림 6>는 단일평면 위에 급전부와 방사부가 존재하므로 도파로 급전의 접지면 위쪽과 방사 루프 아래쪽 사이의 간격을 0.2[mm]에서부터 1.8[mm]까지 변화

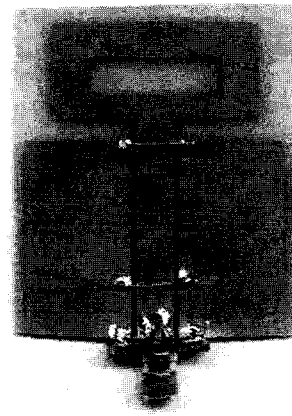


그림 3. 제작된 안테나의 사진  
Fig. 3. Photograph of the manufactured antenna.

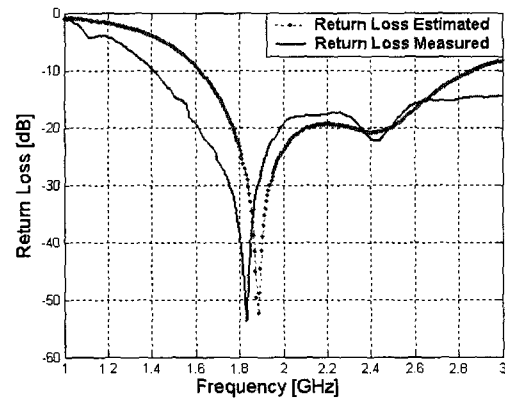


그림 4. 측정 및 계산에 의한 반사계수  
Fig. 4. Return loss of simulation and measured.

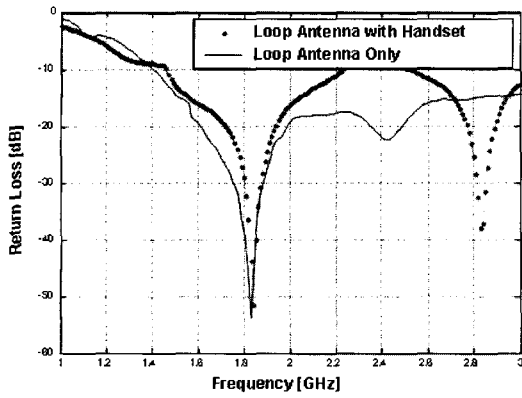


그림 5. 단말기에 넣었을 경우와 안테나만의 반사계수  
Fig. 5. Return loss of loop antenna with handset and only antenna.

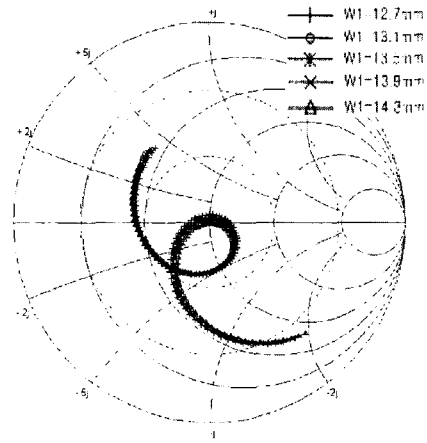


그림 8. 루프 안테나의 폭 변화에 의한 임피던스  
Fig. 8. Impedance by change width of loop antenna.

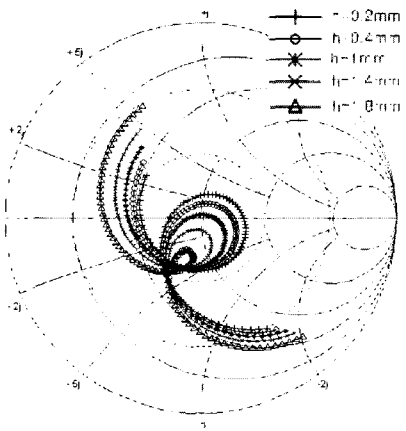


그림 6. 접지 면과 루프 안테나 사이(h)의 변화에 의한 입력 임피던스  
Fig. 6. Input impedance by change between ground plane and loop antenna.

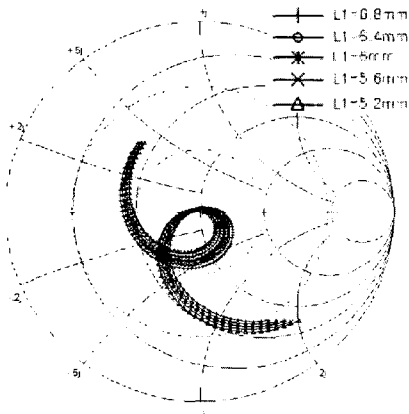
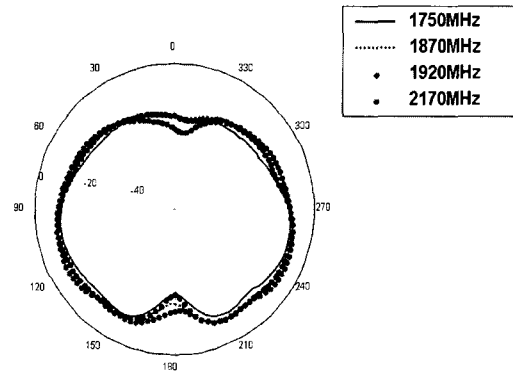
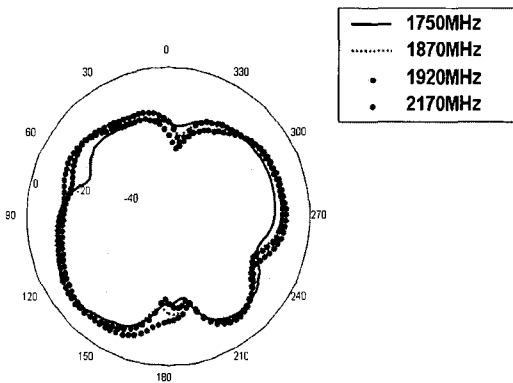


그림 7. 루프 안테나의 높이 변화에 의한 임피던스  
Fig. 7. Impedance by change of height loop antenna.



Folded Loop Antenna E-Plane phi=0

(a) X-Z면 (Phi = 0)



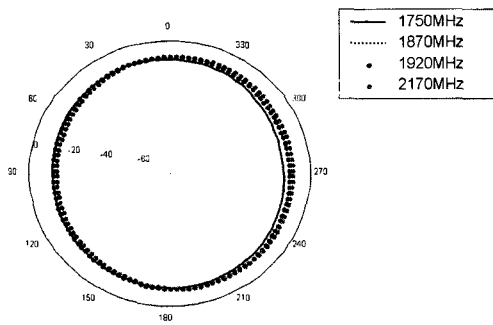
Folded Loop Antenna E-Plane phi=90

(b) Y-Z 면 (Phi = 90)

그림 9. 제안된 안테나의 측정 방사 패턴  
Fig. 9. Measured radiation pattern of the proposed antenna.

시켰을 때의 임피던스 값의 변화를 보았다. 이는 임피던스 대역의 변화와 공진 주파수의 이동이 일어남을 알 수 있었다. 간격이 증가할수록 대역은 증가하나 반사계

수가 증가함을 알 수 있었다. 따라서 두 가지의 경우를 충족시킬 수 있는 최적의 간격으로 1[mm]의 간격을 택하였다. <그림 7>과 <그림 8>은 루프 안테나의 높이와 폭이 변화할 때의 임피던스 변화를 스미스 도표로 보인 것이다. 여기서 볼 수 있는 것과 같이 루프 안테나 전체 길이가  $\lambda/4$ 와  $\lambda/2$ 사이에서 변화 할 때는 현격한 변화를 볼 수 없다. <그림 9>는 제안한 안테나의 측정 방사패턴 X-Z 면과 Y-Z 면 결과를 볼 수 있다. 역시 <그림 10>은 H면의 측정 방사 패턴을 나타내고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 인쇄형 사각 루프 안테나는 전방향 특성을 갖은 안테나 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.



Folded Loop Antenna H-Plane

그림 10. 제안된 안테나의 H평면 측정 방사 패턴  
Fig. 10. Measured radiation pattern of the proposed antenna.

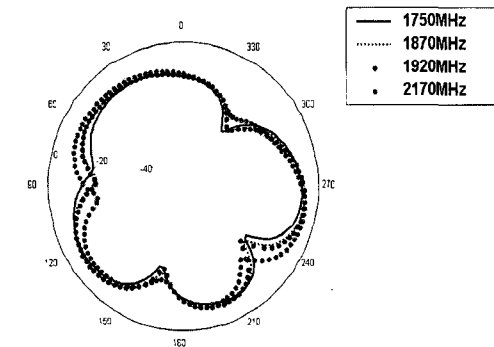
<그림 11>은 단말기에 안테나를 장착 하여 측정한 E와 Haus의 방사 패턴이다. haus 패턴에서 안테나의 아래쪽으로 치우치는 것을 볼 수 있는데 이는 단말기 몸체에 의한 영향으로 추측 된다.

### III. 결 론

본 논문에서는 PCS와 IMT2000주파수 대역을 충족시킬 수 있는 도파로 급전에 의한 인쇄형 사각 루프 안테나를 제안하여 설계 및 제작에 의한 그 특성을 해석하였다. 그 결과 안테나의 이득은 2.67[dBi]대역을 얻었으며, 주파수 대역폭은  $VSWR \leq 1.5$ 를 기준하여 계산 결과 값이 100MHz (1.68~2.68[GHz]) 대역폭과 측정 결과 값이 114MHz(1.46~2.6[GHz])의 대역폭을 얻었다. 이는 PCS대역(1.75~1.87[GHz])과 IMT2000대역(1.92~2.17[GHz])을 충족시킬 수 있다. 방사패턴 모양은 전체 및 자계 패턴이 전방향 방사패턴에 근사함을 확인하였다. 따라서 본 연구에서 제안한 인쇄형 사각 루프안테나는 와이어에 의한 루프 안테나에 비하여 급전방법 및 제작이 간편하고 또한 소형화 할 수 있는 장점을 갖는다. 따라서 본 연구 결과로 PCS 및 IMT2000의 이동통신용 단말기에 사용할 수 있는 내장형 안테나이다.

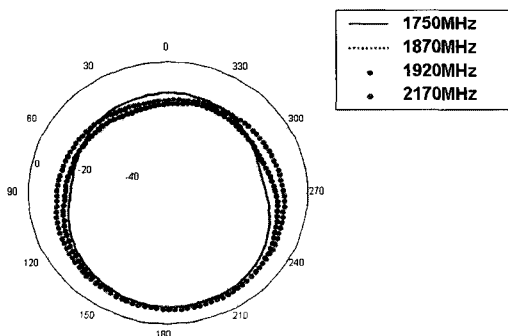
### 참 고 문 헌

[1] W. Menzel and W. Grabherr, "A microstrip patchantenna with coplanar feed line," IEEE MicrowaveWave lett., vol. 1, pp. 340-342, Nov. 1991.



Folded Loop Antenna with handset E-Plane phi=0

(a) Y-Z 면 (Phi = 90)



Folded Loop Antenna with handset H-Plane

(b) X-Y면

그림 11. 안테나와 단말기를 함께 측정 방사 패턴  
Fig. 11. Measured radiation pattern of antenna with handset.

[2] Peter L. Sullivan, "Analysis of an Aperture coupled Microstrip Antenna" IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-34, No. 8, August 1986.

[3] Hua-Mig Chen, Yi-Feng Lin, Chin-Chun Kuo and Kuang-Chih Huang, "A Compact Dual-Band Microstrip-fed folded loop Antenna" IEEE Antennas & Propagation Society International Symposium, Vol.

[4] Kai Fong Lee, Wei Chen, "Advanced in Microstrip and Printed Antennas", Wiley Interscience, pp. 71-109, 1997.

[5] constantine A. Balanis, "Aatenna theory" pp. 203-248, pp

[6] Rainee N. Simons, "Coplanar Waveguide Circuits, Components, and Systems"

[7] K. D. Katsibas, C.A. Balanis, P. A. Tirkas, "Folded loop antenna for mobile communication system" International IEEE Antenna and propagation Symposium Digest. vol. 34, pp. 1582-1585, Jul. 1996.

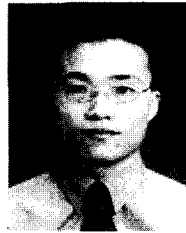
저 자 소 개



李玄辰(正會員)

1982년 : 조선대학교 전기공학과 졸업. 1996년 : 전남대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1997년~1998년 : 펜실베니아주립대학교 전기공학과 방문교수. 1991년3월~현재 : 동강대학 디지털정보과 부교수.

<주관심분야 : 전자기파 해석, 소형안테나 해석 및 설계, RF회로설계>



車相珍(學生會員)

2001년 : 호남대학교 전파공학과(공학사). 2003년~현재 : 전남대학교 석사과정. <주관심분야 : 안테나, RF 회로설계>

林永錫(正會員) 第37卷 10號 參照