

논문 2005-42TC-12-23

광대역 다중공진 평판 안테나 설계 및 구현

(Design and Fabrication of a Wide Band and Multi-Resonation Planar Antenna)

이 현 진*, 박 성 일**, 임 영 석**

(Hyeonjin Lee, Seongil Park, and yeongseog Lim)

요 약

본 논문에서는 DCS와 WiBro 및 ISM 수용이 가능한 기지국용 광대역 다중공진 평판 안테나를 설계 및 제작하였다. 제안한 안테나는 기존의 모노폴 구조를 개방 루프 형태(폴드드 형태)로 수정하여 개방 부분의 결합에 의한 캐패시턴스를 증가시킨 광대역 다중공진 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 도파관 급전 방법의 인쇄형 평판 안테나로 단일 층으로 구현되어 MMIC 및 LTCC의 이용이 용이하며 기존의 안테나보다 크기가 작고 높은 이득을 갖는다. 안테나 구조의 개방 부분의 간격과 루프 형태의 높이를 조절하여 공진 거리 및 대역폭을 조절 할 수 있다. 설계한 안테나의 대역폭은 정재파비 2 이하를 기준으로 DCS와 WiBro 및 ISM대역을 모두 충족하였으며 전체의 대역폭은 1.575GHz~2.985GHz(1.41GHz)의 58.75%의 주파수 대역폭을 얻었다. 또한, 안테나의 방사패턴은 1.6GHz, 2.3GHz, 2.8GHz에서의 Co-Polarization과 Cross-Polarization의 특성을 측정하였다.

Abstract

This study designed and fabricated a multi-purpose planar antenna for base stations that are accessible to DCS, WiBro, and ISM. The proposed antenna was designed into an open loop form from the existing monopole structure. The capacitance of the multi-purpose antenna was increased by the coupling of open parts. This makes the use of MMIC and LTCC convenient and the antenna is smaller and has a larger gain than existing antennas. The resonance distance and bandwidth can be adjusted by changing the open gap and the height of the loop of the antenna. The bandwidth of the designed antenna satisfies DCS, IMT-2000, WiBro, Bluetooth, wireless LAN and ISM bands based on VSWR 2. The entire frequency bandwidth is 58.75% of 1.575GHz~2.985GHz(1.41GHz). Also, the radiation pattern of the antenna displayed co-polarization and cross-polarization characteristics at 1.6GHz, 2.3GHz and 2.8GHz.

Keyword : multi-purpose planar antenna

I. 서 론

무선통신의 통화품질을 결정하는 많은 요소 가운데 안테나의 특성은 중요한 요소 중의 하나이다. 개인 휴대 통신기기의 소형화와 집적화에 따라 안테나 역시 소형 경량, 다기능 특성 및 대량생산이 요구되고 있으며 기존의 고이득 특성을 만족하면서 광대역화가 요구되고

있다. 이를 충족하는 안테나가 마이크로스트립 패치 안테나이며, 마이크로스트립 패치안테나는 제작이 용이하고, 인쇄회로 기술에 의한 대량생산이 가능하므로 위성 통신 및 이동 통신용에 적합한 안테나이다.^{[1][5]} 현재의 이동통신용 안테나로 많이 사용되고 있는 안테나는 패치형 안테나와 헤리켈 및 모노폴 안테나이며, 패치형 안테나는 제작이 용이하기 때문에 안테나 소자로 널리 사용 되고 있으나 대역폭이 협대역이며, 패치의 크기가 공진 주파수의 파장에 $\lambda/2$ 정도로 크기 때문에, 저주파 대역에서는 안테나의 크기가 문제된다.^[4] 이와 같은 문제는 기판 재료와 제작 기술의 발달 및 설계 방법의 다양화로 해결될 수 있는 점이다. 오늘날 이동통신의 활성화에 따라 기존의 제공되는 서비스 대역과 신규 개발

* 정회원, 동강대학 전자정보과
(Dept. of Electronic & Information Eng., Dongkang College)

** 정회원, 전남대학교 전자공학과
(Dept. of Electronics, Chonnam National University)

접수일자: 2005년4월19일, 수정완료일: 2005년12월13일

되는 주파수 대역을 하나의 안테나로 통합할 수 있는 다중대역 안테나 개발이 필수적이다.^[2] 따라서, 본 논문에서는 개방 루프 마이크로스트립 안테나 구조를 제안하여 DCS와 WiBro 및 ISM대역에서 다중 공진이 일어나는 광대역 안테나를 설계 및 제작하였다. 또한 급전 방법으로는 CPW 급전방법을 택하였다.

II. CPW 급전 방식

CPW 장점은 단일 면으로 이루어진 특성을 가지고 있어, 회로의 소자들을 접지하고자 할 때 기판의 반대편의 비아 홀(via-hole)을 필요로 하지 않는다. 또한 CPW의 특징은 급전부와 방사부의 정합은 급전 마이크로스트립 선로의 폭과 도파로의 거리를 조절하여 쉽게 할 수 있다. 또한, 고차 모드의 전파를 막기 위하여, $(2s+w)$ 의 길이는 $\lambda/2$ 보다도 작아야 한다.

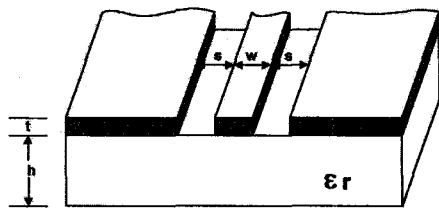


그림 1. CPW 급전구조
Fig. 1. Structure of coplanar waveguide.

그림 1은 CPW 급전구조의 모형이며, 여기서 t 는 도체 층의 높이, h 는 유전체 층의 높이, W 는 마이크로 스트립선로, S 는 도파로의 간격이다. CPW의 설계는 다음과 같은 수식으로 각각의 파라미터를 구할 수 있다. 도체내의 실효 유전상수는 식 (1)과 (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.

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

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 (5)에 의하여 계산된다.^[3]

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

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

CPW 급전 구조에서 슬롯의 폭(S), 중앙 스트립 라인의 폭(W)의 값을 변화시켜 원하는 임피던스 값을 구현할 수 있다. 마이크로 스트립 선로는 CPW구조에 비해 결합력이 적어 상대적으로 손실이 많고 제작상의 어려움과 비용이 문제가 되고 있으나 분산이 적고 회로의 크기 면에서 소형화 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

III. 안테나 구조

본 논문에서 제안한 다중공진 광대역 평판 안테나

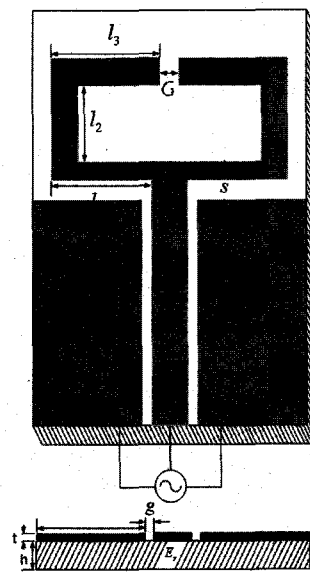


그림 2. 인쇄형 평판 모노폴 안테나의 구조
Fig. 2. The geometry of printed Planar monopole antenna.

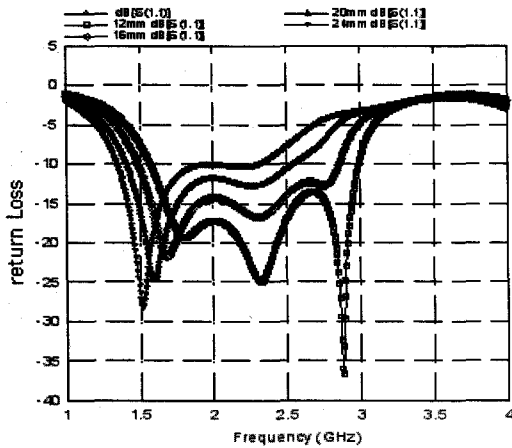


그림 3. l_2 의 길이 변화에 의한 반사계수
Fig. 3. The resonant frequency versus change length l_2

의 설계구조는 그림 2에서 나타내었다. 안테나의 구조는 도파로 급전에 의한 수정된 개방 루프형 모노폴 구조로 DCS, IMT2000, WiBro, Bluetooth, wireless LAN 및 ISM대역에서 다중 공진주파수를 얻을 수 있는 구조이다.

일반적으로 도파로 급전과 방사 안테나의 접합부분에서 발생하는 기생 요소가 정합에 영향을 미치게 되는데 본 논문에서는 가장 좋은 S₁₁값을 갖은 2.3[mm]로 고정하였다. 그림 3은 개방형 루프 구조 모노폴 안테나의 l_2 길이를 파장의 $\lambda/4 \sim \lambda/2$ 의 범위에서 조절하였다. l_2 길이를 12~18[mm]까지 변화하였고 그림에서 볼 수 있듯이 l_2 길이가 길어질수록 S₁₁의 특성이 좋지 않음을 알 수 있다.

IV. 제작 및 측정

제안한 안테나의 설계에 사용한 기판은 비유전율 $\epsilon_r=4.6$ 이고 두께가 1.6[mm]인 FR-4 기판을 사용하였다. 표 1은 안테나 설계 파라미터 값이다.

표 1. 제안된 안테나의 파라미터
Table 1. Parameter of Planar Antenna.

parameter	value [mm]	parameter	value [mm]
l_1	18.5	ω_1	4
l_2	22.5	ω_2	6
l_3	20	ω_f	6
g	0.8	h	1.6

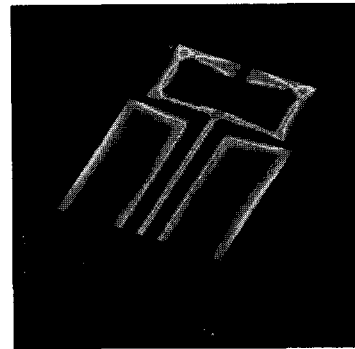


그림 4. 인쇄형 평판 모노폴 안테나의 전류밀도 분포
Fig. 4. Current distribution of printed Planar monopole antenna.

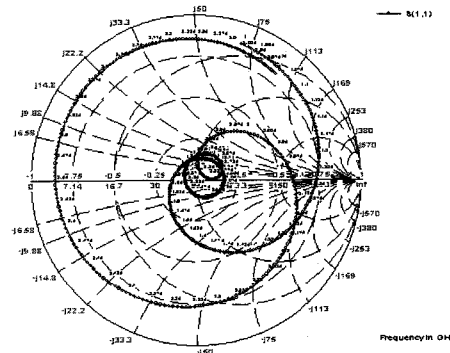


그림 5. 스미스 차트에 의한 입력 임피던스
Fig. 5. Impedance characteristic of printed Planar monopole antenna.

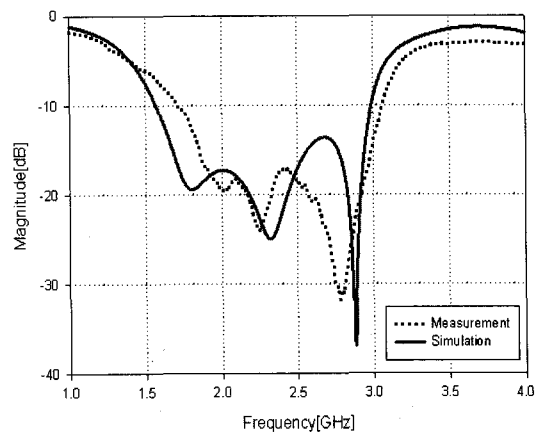


그림 6. 측정과 시뮬레이션의 반사계수
Fig. 6. The comparison between simulation and measurement of return loss.

그림 4는 광대역 다중 공진 평판형 안테나의 전류분포이다. 그림 5는 안테나의 입력임피던스를 나타낸 그림이며 광대역의 주파수를 확인할 수 있었다. 실제 설

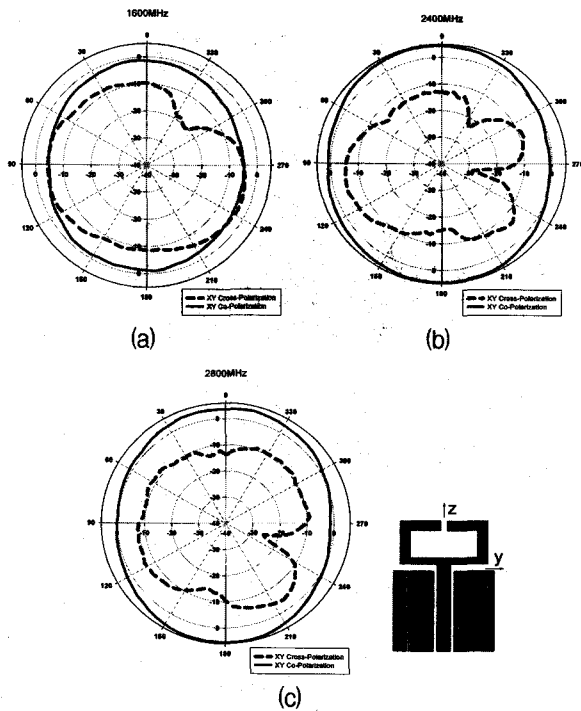


그림 7. 제안된 안테나의 측정 방사패턴(XY면) (a) 1.6GHz, (b)2.4GHz, (c)2.8GHz
 Fig. 7. Measured radiation patterns for the proposed antenna(XY plane) (a)1.6GHz (b)2.4GHz (c)2.8GHz.

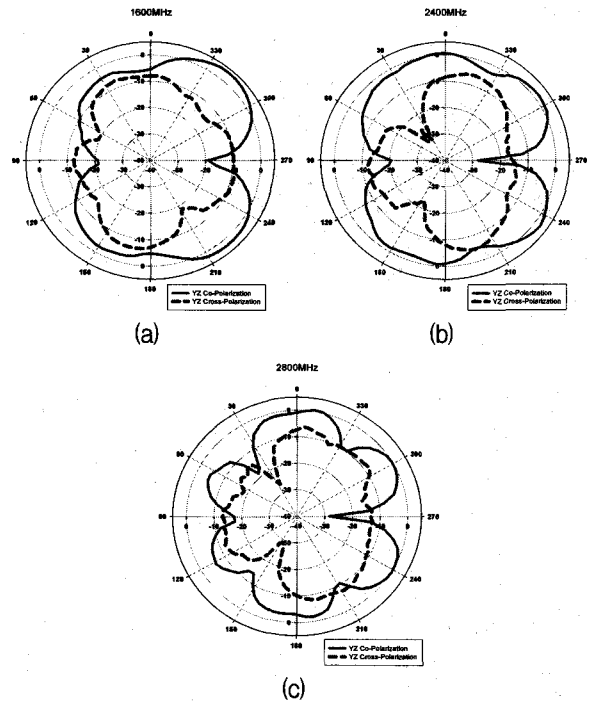


그림 9. 제안된 안테나의 측정 방사패턴(YZ면) (a) 1.6GHz, (b)2.4GHz, (c)2.8GHz
 Fig. 9. Measured radiation patterns for the proposed antenna(YZ plane) (a)1.6GHz (b)2.4GHz (c)2.8GHz.

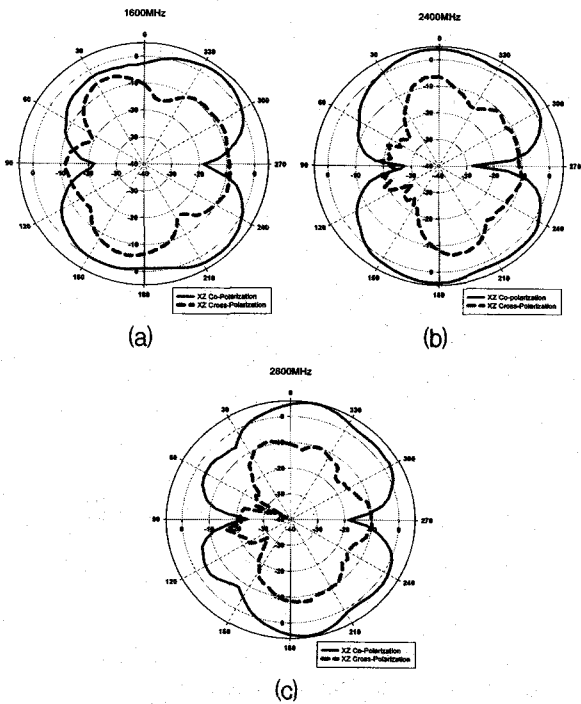


그림 8. 제안된 안테나의 측정 방사패턴(XZ면) (a) 1.6GHz, (b)2.4GHz, (c)2.8GHz
 Fig. 8. Measured radiation patterns for the proposed antenna(XZ plane) (a)1.6GHz (b)2.4GHz (c)2.8GHz.

계·제작된 안테나를 VNA를 이용하여 측정한 값과 계산값을 통하여 얻은 S11의 값은 그림 6과 같다. 제안한 안테나의 측정값은 2.04GHz에서 -19.5dB, 2.25 GHz에서 -24dB, 2.8GHz에서 -31dB의 리턴로스 값을 나타냈다. 1.575~1.68GHz에서 조금 주파수의 이동은 있었으나, 계산된 값과 측정된 값이 거의 일치함을 알 수 있었다.

그림 7, 8, 9는 광대역 다중 공진 평판형 안테나의 방사패턴으로서 전자파 무반사실에서 측정된 결과 최대이득이 1.6GHz 대역에서는 3.54dBi, 2.4GHz 대역에서는 4.59dBi, 2.8GHz 대역에서는 5.86dBi를 얻어 이동 통신 시스템이나 기지국용 안테나로서 효율적인 방사를 구현할 수 있음을 알 수 있고, 어느 위치에서라도 송수신이 가능하며 방향성 문제를 해결할 수 있음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 모노폴 구조를 개방 루프 형태로 수정하여 개방 부분의 결합에 의한 캐패시턴스를 증가시킨 광대역 다중공진 안테나를 설계하였다. 제안한

안테나의 대역폭은 1.575 GHz ~ 2.985 GHz의 58.75%의 주파수 대역폭을 얻었다. 방사패턴 측정 결과 최대 이득이 1.6GHz 대역에서는 3.54dBi, 2.4GHz 대역에서는 4.59dBi, 2.8GHz 대역에서는 5.86dBi를 얻어 이동 통신 시스템이나 기지국용 안테나로서 효율적인 방사를 구현할 수 있음을 알 수 있고, 어느 위치에서라도 송수신이 가능하며 방향성 문제를 해결할 수 있음을 알 수 있다. 따라서, 본 연구결과로 DCS, IMT2000, WiBro, Bluetooth, wireless LAN 및 ISM 대역에서 폭넓게 사용될 수 있는 안테나이다.

참 고 문 헌

- [1] W. Menzel and W. Grabherr, "A microstrip patch-antenna with coplanar feed line," *IEEE MicrowaveWave lett.*, vol. 1, pp. 340-342, Nov. 1991.
- [2] H. M. Chen, "Microstrip-fed dual-frequency printed triangular monopole," *Electron. Lett.*, vol. 38, pp. 619-620, 2002.
- [3] Rainee N. Simons, "Coplanar Waveguide Circuits, Components, and Systems" *IEEE transactions on antennas and propagation*, vol. 50, NO. 3, April 2002.
- [4] Horng-Dean Chen and Hong-Twu Chen "A CPW-Fed Dual-Frequency Monopole Antenna" *IEEE transactions on antennas and propagation*, vol. 52, NO.4, April 2004.
- [5] Kai Fong Lee, Wei Chen, "Advanced in Microstrip and Printed Antennas", Wiley Interscience, pp71-109, 1997.

저 자 소 개



이 현 진(정회원)
 1982년 조선대학교 전기공학과 (공학사)
 1991년 원광대학교 전자공학과 (공학석사)
 1996년 전남대학교 전기공학과 (공학박사)

1997년~1998년 Pennsylvania State University
 전기공학과 방문교수

1992년~현재 동강대학 전자정보과 조교수.

<주관심분야 : 안테나 및 RF소자 설계, 초고주파 회로 해석>



임 영 석(정회원)
 1980년 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1982년 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
 1989년 전북대학교 전자공학과 (공학박사)

1984년~현재 전남대학교 전자공학과 정교수

<주관심분야 : 전자파해석, 안테나, 초고주파회로 설계 >