

論文2003-40TC-11-13

전방향 복사패턴의 이중대역 프린트형 모노폴안테나

(Printed Monopole Antenna of Dual band for Omni-directional Radiation Patterns)

李 玄 辰 * , 林 永 錫 * *

(Hyeon-Jin Lee and Yeong-Seog Lim)

요 약

인쇄형 모노폴 구조를 이용하여 PCS와 IMT2000대역인 이중 주파수 대역의 프린트형 모노폴 안테나를 설계 및 제작하였으며, 이중대역을 얻기 위하여 기존의 단일 모노폴 구조를 수정한 이중 모노폴 구조를 제안하였다. 제안된 안테나는 기존의 모노폴 안테나와 동일한 무지향 복사 특성을 가지며 평면으로 구현되어 모노폴 안테나 보다 크기가 작고 높은 이득을 갖는다. 두개의 단일 모노폴은 상호 임피던스 매칭을 위한 스텐더브로 작용하여 임피던스 매칭이 용이하고 이에 따른 대역폭의 증가를 향상 시킬 수 있었다. 안테나의 대역폭은 $VSWR \leq 1.5$ 를 기준으로 150MHz (1.74~1.89[GHz])와 290MHz(1.95~2.24[GHz])의 결과를 얻었다. 이는 PCS대역(1.75~1.87[GHz]) 과 IMT2000대역(1.92~2.17[GHz])을 충족시킬 수 있다.

Abstract

We are designed and fabricated the printed dual monopole antenna with CPW feeder for PCS and IMT2000 band. In this paper is proposed modified dual monopole antenna that is transform conventional monopole antenna to get dual band frequency. The dual monopole antennas had broad bandwidth and omni-directional radiation patterns in construct with conventional monopole antenna. On a monopole operated a stub to other monopole antenna, we could obtain easy an impedance matching. It is increased band width of impedance. The antenna bandwidth is about 150MHz(1.74~1.89[GHz]) at 1st resonance frequency and 290MHz(1.95~2.24GHz) at 2nd resonance frequency on $VSWR \leq 1.5$, and then we can be got not only 1.75~1.87 [GHz] PCS band but also 1.92~2.17 [GHz].

Keywords : 전방향 복사패턴

I. 서 론

무선통신의 통화품질을 결정하는 많은 요소 가운데

안테나의 특성은 중요한 요소라 할 수 있다. 개인 휴대 통신기기의 소형화와 집적화에 따라 안테나 역시 소형 경량, 다기능 특성 및 대량생산이 요구되고 있다. 이를 충족하는 안테나가 마이크로스트립 패치 안테나이며, 마이크로스트립 패치안테나는 제작이 용이하고, 인쇄회로 기술에 의한 대량생산이 가능하므로 위성통신 및 이동 통신용에 적합한 안테나이다^[1]. 현재의 이동통신 단말기 용 안테나로 많이 사용되고 있는 안테나는 패치형 안테나와 헤리켈 및 모노폴 안테나이며, 패치형 안테나는 제

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

** 正會員, 全南大學校 電子컴퓨터情報通信工學部
(Dept of Electronics, Computer and Information Engineering)

※ 이 논문은 2002년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음

接受日字:2003年1月9日, 수정완료일:2003年11月1日

작이 용이하기 때문에 안테나 소자로 널리 사용 되고 있으나 대역폭 이 수% 정도로 협대역의 문제를 갖으며, 패치의 크기가 공진 주파수의 파장에 $\lambda/2$ 정도로크기 때문에, 저주파 대역에서는 안테나의 크기가 문제 된다. 이와 같은 문제는 기판 재료와 제작 기술의 발달 및 설계 방법의 다양화로 해결될 수 있는 점이다. 다양한 디자인을 요하는 오늘날 소비자 패턴에 부응할 수 있는 내장형이 요구되고 있다. 따라서 본 논문에서는 안테나의 크기를 동작 주파수의 1/4 파장으로 줄일 수 있고 PCS 주파수 대역(1.75~1.87GHz)과 IMT2000(1.92~2.17GHz) 주파수 대역에서 사용가능한 한 이중 공진구조의 평판형 모노폴 안테나를 설계 제작 하였다. 특히 CPW(Coplanar waveguide) 급전방법을 택하여 평판구조에서 일반적인 모노폴 안테나와 같은 방사 특성을 갖는 이중 구조 모노폴 안테나를 설계하였다. 이는 인쇄회로 기판에서 일반적으로 많이 사용되는 마이크로 스트립 급전방법의 단점인 급전선에 의한 방사를 배제할 수 있어 더욱 양호한 결과를 예측할 수 있다. 또 병렬 대칭 구조의 두개의 모노폴 거리를 조절하여 일정한 대역폭과 안테나 특성의 조절이 가능하다.

II. CPW 급전 방식 및 안테나 설계와 측정

1. CPW 급전 방식

CPW 장점은 단일 면으로 이루어진 특성을 가지고 있어, 회로의 소자들을 접지 하고자 할 때 기판의 반대편의 비아 홀(via-hole)을 필요로 하지 않는다. 또한 CPW의 특징은 특성임피던스 Z_0 을 일정하게 고정하고 구성 요소의 도선(lead) 폭들과 정합을 위하여 관로를 조절할 수 있다. 도파로를 통한 급전에서 발생할 수 있는 위상차 문제를 해결하기 위하여 마이크로스트립 도체 양쪽의 접지면은 유선 점프 선으로 연결이 필요하다. 여기서 또한 고차 모드의 전파를 막기 위하여, $(2s+w)$

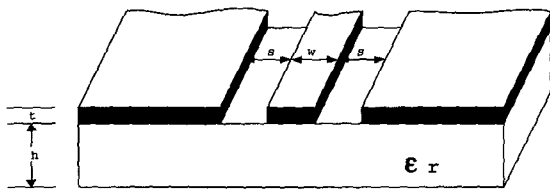


그림 1. CPW의 급전 구조
Fig. 1. Structure of coplanar waveguide.

의 길이는 $\lambda/2$ 보다도 작아야 한다.

<그림 1>은 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^[1]. 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.

$$Z_0 = \frac{30.0\pi}{\sqrt{\epsilon_{eff,t}}} \frac{K(k'_1)}{K(k_1)} \quad (3)$$

여기서, 도체와 유전체내에서의 전파 상수는 다음과 같다.

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

$$k'_1 = \sqrt{1 - k_t^2}, \quad k' = \sqrt{1 - k^2}$$

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

중심도체의 스트립선로와 슬롯의 폭은 다음 식 (4) 와 식 (5)에 의하여 계산된다^[1].

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

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

CPW급전 구조에서 슬롯의 폭(S), 중앙 스트립 라인의 폭(W)의 값을 변화시켜 원하는 임피던스 값을 구현할 수 있다. 마이크로 스트립 선로와 CPW를 비교 해보면 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.

2. 안테나 설계 및 분석

안테나의 설계구조를 <그림 2>에서 나타내었다. 이중

공진주파수를 얻기 위한 PCS 와 IMT2000의 이중 대역을 얻기 위하여 이중 구조 모노폴 안테나의 L_1 , L_2 길이를 동작 파장의 $\lambda/4$ 로 놓았다. <그림 3>과 <그림 4>는 이중 모노폴 안테나구조의 L_1 , L_2 길이를 변화시켰을 때의 반사계수이다. 그림에서 볼 수 있듯이 L_2 의 길이가 짧아질수록 비슷한 S11값의 이중 공진에서 두 번째 대역의 공진 특이 나빠짐을 볼 수 있다. 물론 두 번째 공진주파수는 고주파수대역으로 이동하는 것을 볼 수 있다. 이는 L_2 에 대하여 스테르브로 작용하는 L_1 의 길이가 L_2 에 의한 공진파장 $\lambda/4$ 길이의 범위를 많이 벗어

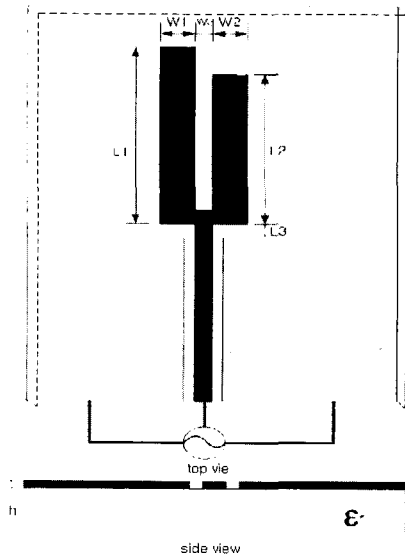


그림 2. 인쇄형 이중 모노폴 안테나의 구조
Fig. 2. The geometry of printed dual monopole antenna.

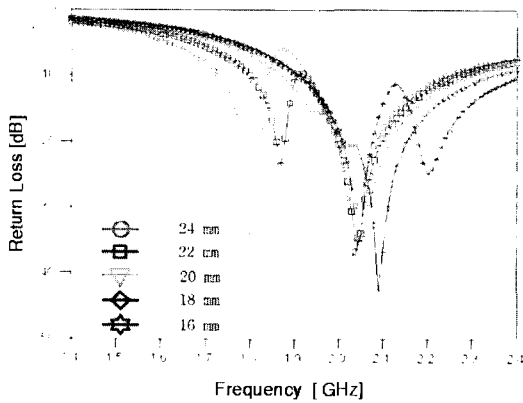


그림 3. L_1 길이가 변화할 때 반사계수(L_2 를 고정)
Fig. 3. Return loss for different L_1 value(Fixed L_2).

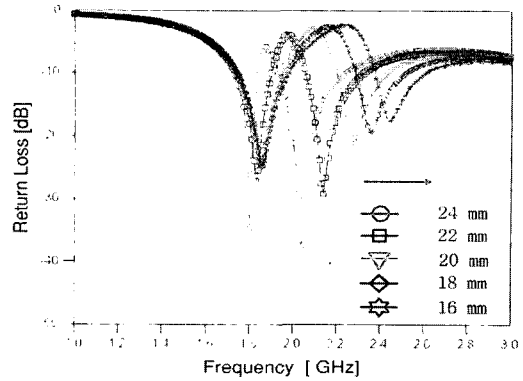


그림 4. L_2 길이가 변화할 때 반사계수(L_1 고정)
Fig. 4. Return loss for different L_2 value(Fixed L_1).

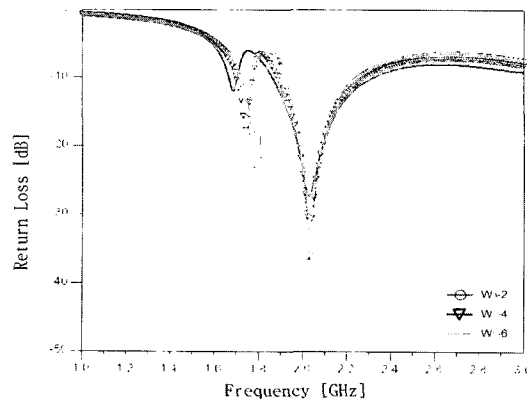


그림 5. W_3 값의 변화에 의한 반사계수
Fig. 5. Return loss for different W_3 value.

표 2. 모노폴 안테나사이의 거리(W_3) 변에 의한 값

Table 2. Parameter value dual monopole antennas by changed distance of two monopole antennas.

		2[mm]	4[mm]	6[mm]
1차 공진	반사계수	-34.5[dB]	-18[dB]	-12[dB]
	대역폭	190[dB]	120[dB]	50[dB]
2차 공진	반사계수	-37[dB]	-33[dB]	-27[dB]
	대역폭	390[dB]	380[dB]	350[dB]

나므로 차가 커져 임피던스의 리액턴스값 증가로 정합에 영향을 미친 것으로 생각된다. 각각 하나의 길이를 고정하고 다른 하나의 길이와의 차가 커질 때 반사계수 특성이 좋지 않음을 알 수 있다. 따라서 안테나가 동작할 때 하나는 다른 하나의 모노폴이 급전부와 안테나를

정합시켜주는 스텔브 역할을 하는 것으로 생각 한다.

또한 <그림 5>에서 병렬 대칭구조의 모노폴구조는 서로 인접한 모노폴 사이의 결합에 의한 영향을 배제할

수 없어서 인접한 소자끼리의 거리변화에 대해서 알아 보았다. W_3 의 변화에 의해 모노폴의 간격이 넓어지면 저주파 대역은 하향 이동하고 반사 손실 나빠진다. 두 모노폴 사이의 간격이 넓어질수록 제일 공진 주파수(f_1)의 입력 손실이 커지며 약간의 주파수가 이동하는 것을 볼 수 있다. 제일 공진주파수(f_2)의 변화는 커다란 변화

표 1. 이중 모노폴 안테나설계 사양
Table 1. Parameter of Designed antenna.

Parameter	Value [mm]
L_1	29
L_2	24
L_3	2
W_1	5
W_2	5
W_3	2

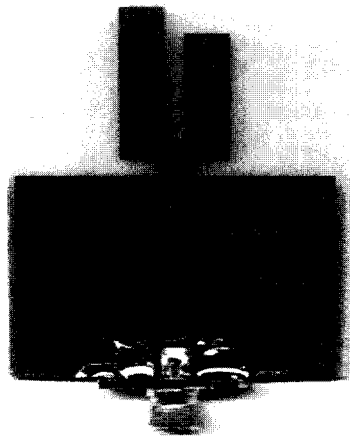


그림 6. 제작된 안테나의 사진
Fig. 6. Photograph of the manufactured antenna.

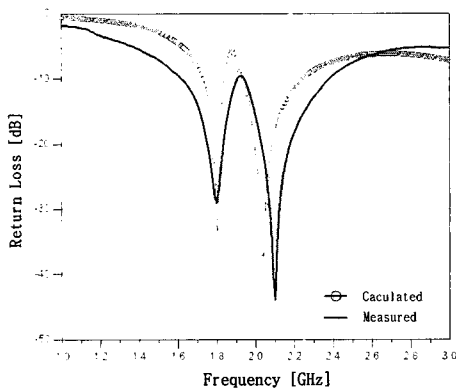


그림 7. 측정과 시뮬레이션의 반사계수 비교
Fig. 7. Calculated and measured return loss for the antenna in Fig. 6 measurement.

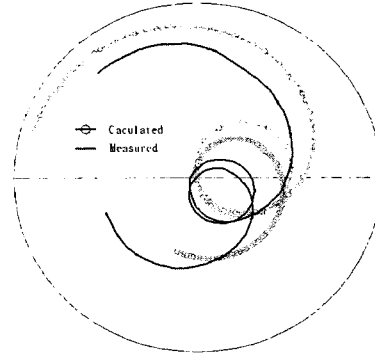


그림 8. 안테나의 측정과 시뮬레이션의 임피던스 값
Fig. 8. Calculated and measured impedance for the antenna.

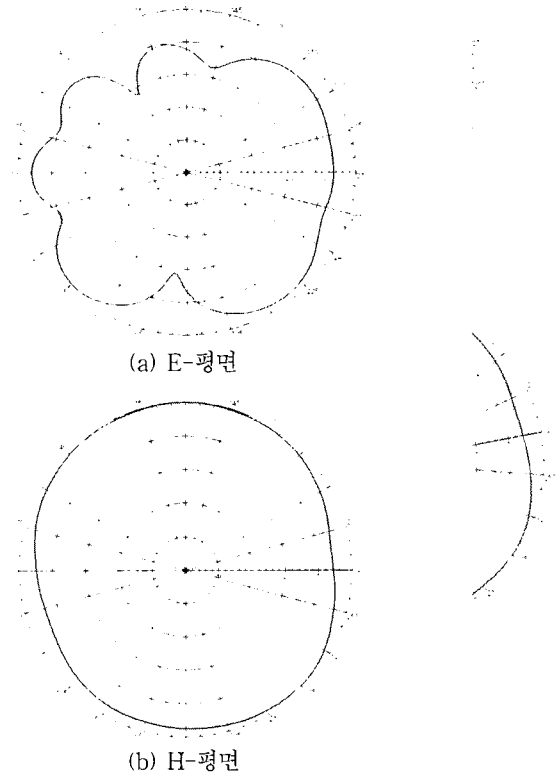


그림 9. 1.87 GHz에서의 E, H면의 방사패턴
Fig. 9. Radiation Pattern of E, H plane(1.82GHz).

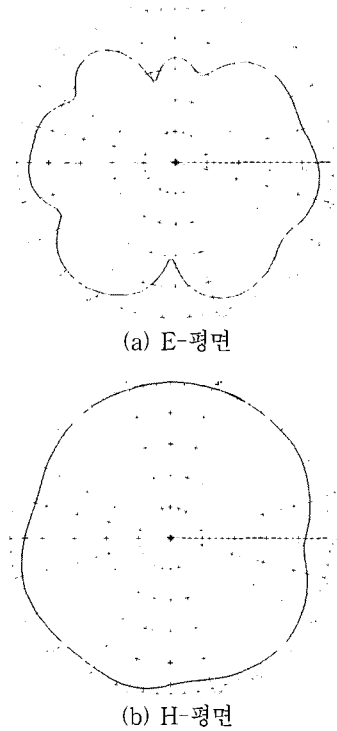


그림 10. 2.17 GHz에서의 E, H평면의 방사패턴
Fig. 10. Radiation Pattern of E, H plane(2.17GHz).

를 나타내지 않으나 대역폭이 증가함을 보였다. 이는 W_3 가 넓어질수록 결합력에 의한 임피던스 변화를 가져

3. 제작 및 측정

<그림 6>은 위에서 제안한 안테나의 제작된 사진이며, 안테나 설계에 사용한 기판은 비유전율4.6 두께 1.6[mm] RF-4 기판을 사용하였다. <표 2>는 설계 제작한 안테나의 사양이다. 방사패턴 측정 장비는 프랑스 SATIMO사의 Star-gate 32를 이용하여 측정하였다.

<그림 7>은 제안한 안테나의 시뮬레이션 결과와 측정값의 반사계수를 비교하였다. <그림 8>은 이중 모노폴 안테나의 스미스 차트로 본 입력 임피던스로 특성임피던스 값인 $50[\Omega]$ 영역 부근에서 두 번의 공진이 일어나는 주파수 응답 특성을 볼 수 있다.

<그림 9>와 <그림 10>은 각각 1.8GHz 와 2.17GHz 에서 E, H평면에서의 방사패턴을 나타내며 패턴에서 볼 수 있듯이 모노폴안테나의 전방향특성을 보이고 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 X,Y평면상의 길이가 다르고, 폭이 같

은 두개의 모노폴 안테나를 대칭으로 배열하여 이중 공진 무지향성의 방사 특성을 얻고자 하였으며, 그 결과 정재파비 $VSWR \leq 1.5$ 기준으로 첫 번째 공진에서 대역폭이 190 MHz이고, 두 번째 공진에서 대역폭이 370MHz으로, PCS와 IMT2000 주파수대역인 120MHz와 250MHz의 대역을 각각 충족시킬 수 있었다. 방사특성으로 일반 모노폴 안테나의 지향특성인 무지향특성을 나타냄을 확인할 수 있었다. 인쇄구조의 두개의 서로 다른 길이의 모노폴 안테나를 병렬 대칭 배열시켜 이중 주파수대역 과 양호한 대역폭 특성을 얻을 수 있었다. 본 연구결과로 PCS 및 IMT2000의 이동통신용 단말기에 사용할 수 있는 안테나이다.

참 고 문 헌

[1] Rainee N. Simons, "Coplanar Waveguide Circuits, Components, and Systems"
[2] Hua-Mig Chen, Yi-Feng Lin, Chin-Chun Kuo and Kuang-Chih Huang, "A Compact Dual-Band Microstrip-fed Monopole Antenna" IEEE Antennas & Propagation Society International Symposium, Vol.
[3] PETER L. SULLIVAN, "Analysis of an Aperture Coupled Microstrip Antenna" IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. AP-34, No. 8, August 1986.
[4] Kai Fong Lee, Wei Chen, "Advanced in Microstrip and Printed Antennas", Wiley Interscience, pp. 71-109, 1997 .

저 자 소 개



李玄辰(正會員)

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

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

林永錫(正會員) 第37卷 10號 參照