

논문 2007-44TC-2-10

# 광대역 폴디드 이중 모노폴 안테나 설계

( A Design of Wide-band Folded Dual Monopole Antennas )

이 현 진\*, 정 진 우\*\*, 임 영 석\*\*\*

( Hyeonjin Lee, Jinwoo Jung, and Yeongseog Lim )

## 요 약

본 논문에서는 집적화 회로에 이용할 수 있는 단일 평판 구조의 전방향 방사특성을 갖은 새로운 광대역 폴디드 이중 모노폴 안테나의 구조를 제안하였다. 제안된 안테나 구조는 모노폴 안테나구조를 응용한 폴디드(folded) 이중 모노폴 구조로서 주파수 대역을 확장하고자 이중 모노폴 폴디드 형태로 변형한 구조이다. 급전방법으로 CPW급전 방식을 사용하였다. 즉 본 연구에서 모노폴 선로를 변형하여 선로간의 커플링에 의한 리액턴스값의 변화를 시키기 위하여 이중 모노폴 구조의 끝부분을 접었다. 그 결과 기존의 이중 스트립선로 모노폴안테나의 주파수 대역폭에 비하여 1GHZ 이상의 대역폭 증가를 확인 할 수 있었다. 제안한 안테나는 ISM, WiBro 대역과 위성 DMB 대역 에 이용될 수 있는 1.98~4.05GHz의 광대역의 주파수 대역을 얻었다.

## Abstract

In this paper, a single plane wide band microstrip antenna for integrated circuit is designed and fabricated. A new configuration for a wide bandwidth is proposed. This antenna consists of two folded microstrip monopoles, which are fed by a coplanar waveguide (CPW). Therefore In this paper is folded terminal part of dual microstrip line for variable reactance value. As a result compared the proposed folded dual microstrip monopole antenna with established dual microstrip monopole antennas, the proposed antenna can widen bandwidth more then about over 1[GHz]. The characteristics of the proposed antenna were analyzed by using an FDTD methods. The proposed antenna has 1.98~4.05 GHz bandwidth for using ISM, Wibro and DMB band.

**Keywords :** width band, folded dual monopoles antenna

## I. 서 론

빠른 속도로 변화하는 정보화 사회에서 무선 통신과 무선 기술의 발전과 함께 우리 생활의 많은 부분에서 무선의 응용이 날로 증가하고 있는 현실에서 시스템의 효율적인 이동성 확보를 위하여 소형 경량화 추세이며 신호를 송수신하기위해서 필수적인 안테나 역시 고 이득 특성을 만족하면서 소형 경량화가 요구되고 있다. 일반적으로 소형안테나는 전기적 및 물리적으로 작은

크기의 안테나 구현이라 할 수 있다. 오늘날 주로 사용되는 집중소자(lumped element)기술을 이용하는 방법과 기하학적인 구조의 소형화에 의한 방법, 기생소자를 사용한 방식을 보충하는 안테나 설계방법들이 주로 사용되고 있는 방법 등이 있다. 전기적인 크기가 작은 소형 안테나는 근접된 접지면 과 높은 전류 밀도 등으로 안테나의 Q값(quality factor)이 높아져서 이로 인하여 대역폭의 감소를 가져오며, 전류밀도의 증가는 임피던스의 상승을 가져와 저항 손실을 증가 시켜서 안테나의 이득을 감소시키는 결과를 가져오는 단점이 있다<sup>[1]</sup>. 기존의 이중 모노폴 안테나는 모노폴구조의 방사체에 의한 인덕턴스가 발생하게 되고, 이는 리액턴스의 증가에 의한 안테나 방사 효율에 좋지 않은 영향을 미치게 된다. 따라서 본 연구에서 모노폴구조의 끝단을 접어서

정회원, 동강대학 전기전자과

(Dept. Electronics and Information, Dong Kang College)

\*\* 학생회원, \*\*\* 정회원, 전남대학교 전기공학과

(Dept. Electronics Engineering, Chonnam National University)

접수일자: 2006년10월18일, 수정완료일: 2007년2월14일

방사체간의 커플링에 의한 캐패시턴스를 발생시켜 임피던스값을 감소시킴으로 안테나 효율은 물론 동작 대역폭을 충분히 증가시켰다. 또한 본 논문에서는 마이크로스트립 안테나와 같은 평판 인쇄형 구조 안테나는 경량 박형의 구조에 따른 다양한 응용역역과 인쇄회로 기판 제작 방법을 이용하여 대량생산에 의한 저렴한 제작비용 등의 장점이 있는 평판 인쇄형 구조를 이용하였다<sup>[2, 4]</sup>. 그 결과 동작 주파수 대역은  $VSWR < 2$  기준으로 2.09GHz(2.98~4.05GHz)의 대역폭을 갖은 광대역의 대역폭을 얻었다. 이는 ISM, WiBro (2.42~2.48GHz)과 DMB(2.6~2.7GHz)의 주파수 대역에 이용될 수 있는 광대역 폴디드 이중 모노폴 안테나이다.

## II. 안테나 설계

그림 1은 기존의 이중 모노폴안테나 구조이며<sup>[3]</sup>, 논문에서 제안한 수정된 폴디드 이중 모노폴 안테나의 구조를 그림 2에 나타냈다. 50 $\Omega$ 의 CPW(coplanar waveguide) 선로에 의한 도파로 급전부와 이중 마이크로스트립 모노폴 구조로 구성되어있다. 일반적으로 마이크로스트립 안테나에 사용되는 상대유전 상수는 보통 2.2에서 12이다. 안테나와 연결되어지는 초고주파 회로는 높은 유전상수와 얇은 기판이 필요하기 때문에 좋은 안테나 성능과 소형구조 회로 설계에 사이에는 상호 배타적 특성이 있다. 도파로급전(CPW)의 안테나 입력 임피던스 매칭은 급전 슬롯의 폭과 도파로의 갭을 변화시켜서 정합을 이루게 한다. 소형 안테나의 경우 높은 임피던스로 인하여 임피던스 대역폭이 좁은 특성을 갖는다. 광대역 특성을 위해 그림 2에서 보는 바와 같이 이중 모노폴 양 끝단을 접은 형태로 구성되었다. 이는 마이크로스트립 선로에서 커플링이 발생되어 전류 밀도를 분산시키고 임피던스를 감소시키는 결과가 되어 안테나의 전체적인 특성의 향상을 가져오게 된다. 그림 1과 2에서  $h$ 는 유전체 기판의 높이이고,  $t$ 는 도체의 두께를 나타낸다. 제안된 안테나에서  $L1$ ,  $L2$ ,  $G1$ ,  $G2$ ,  $HG$ 의 변화에 의한 안테나 특성을 해석하였다. 제안한 안테나의 설계에 사용한 기판은 비유전율 4.6 두께1[mm]의 FR-4 기판을 사용하였다.

### 1. 폴디드 모노폴 구조의 특성

그림 2와 같이 이중 마이크로스트립 선로의 끝단을 접은 경우 방사체 사이에서 커패시턴스의 증가로 동작 주파수의 대역폭과 이득을 높이기 위한 제안 이다. 본

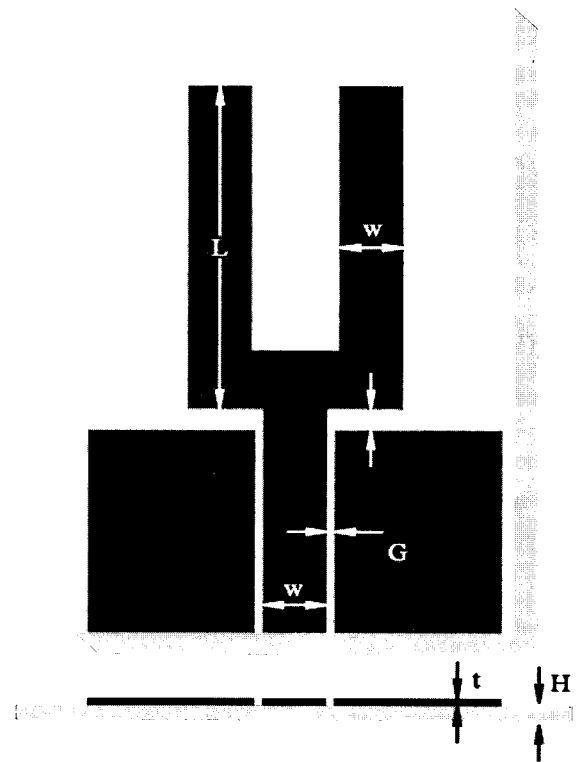


그림 1. 이중 모노폴 안테나 구조  
Fig. 1. Geometry of established dual monopole antennas.

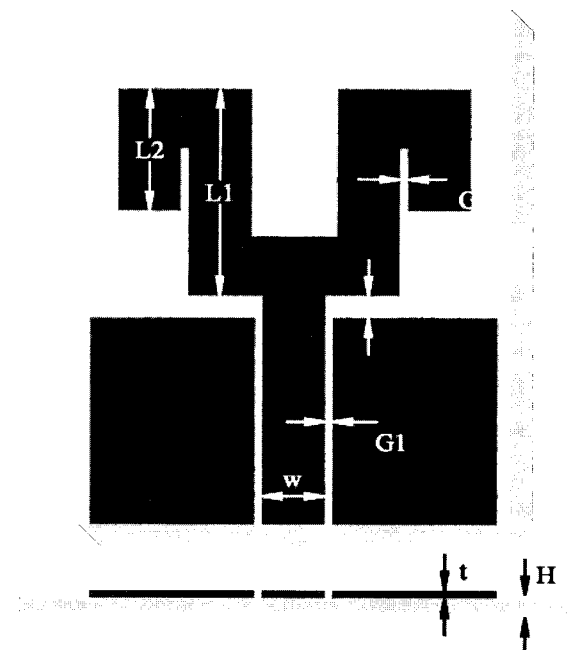


그림 2. 제안된 폴디드 이중 모노폴 안테나 구조  
Fig. 2. Geometry of the proposed folded dual monopole antenna.

연구에서 제안한 구조와 기존구조의 안테나의 시뮬레이션에 의한 반사계수와 방사 패턴을 통하여 특성을 비교하였을 때 제안한 안테나 구조가 약 2배 이상의 동작 주파수 대역의 증가를 가져왔다. 일반적으로 아래 식(1)과 같이 Q값과 BW(bandwidth)와의 관계에서 알고 있듯이 방사체의 끝 부분을 접었을 때 상호인덕턴스로 인하여 전체의 인덕턴스가 감소되고 커플링에 의하여 캐패시턴스는 증가하게 된다. 따라서 L과 C의 변화를 통해 BW의 증가를 확인할 수 있다.

$$Q = \omega_0 \frac{2\omega_m}{P_{loss}} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} \quad (1)$$

$$|R + jRQ(BW)|^2 = 2R^2, \text{ or } BW = \frac{1}{Q} \quad (2)$$

또한 방사체를 접음으로 인하여 안테나의 크기를 줄일 수 있는 장점이 있다.

### III. 제작 및 측정

그림 2의 폴디드 이중 모노폴 구조에 대하여 각 변수의 값을 변화시켜 해석하였다. 그림 3은 그림 2에서 급전부와 폴디드 이중 모노폴 안테나 사이의 거리로서 HG 값을 1.2에서 2.8[mm]까지 0.4mm 씩 증가시켰을 때의 시뮬레이션에 의한 반사계수이다. 그림에서 HG가 2mm일 때 가장 좋은 주파수 특성을 얻었으며 2mm보다 커지거나 작아졌을 때 모두 주파수 대역의 변화는 크지 않으나 공진 특성이 나빠졌다. 여기서 G1값은 1.5mm로 고정하였다. 그림 4는 G1과 HG를 1.5mm와 2mm로 고정하고 G2의 값을 0.5~2.5[mm]까지 변화했

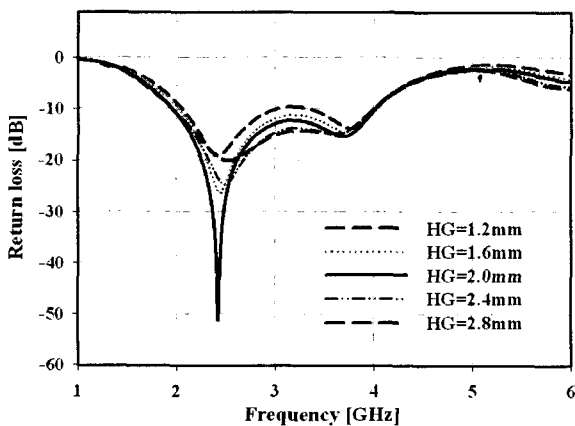


그림 3. GH 변화에 따른 반사계수  
Fig. 3. Simulated return loss against variable GH.

을 때의 시뮬레이션에 의한 반사계수를 나타낸 그림이다. 그림에서 볼 수 있듯이 G2 값이 1.5mm 일 때 가장 좋은 특성을 보였으며, 이들 값의 변화에 따라 대역폭에는 커다란 차이가 없으나 반사계수의 특성에는 변화가 있음을 알 수 있다 먼저 0.5mm 일 때는 공진 특성이 좋지 않으나 값이 증가 할 수록 점점 좋아져서 1.5mm일 때 가장 좋은 공진 특성을 보이고, 그 이상으로 증가하면 다시 특성이 나빠지는 것을 알 수 있다. 그림 5는 그림 2의 G3값을 2에서 12[mm]까지 변화하였을 때의 반사계수이다. 여기서 G1과 G2값은 1.5와 2[mm]로 고정하고 G3값만을 변화하였다. 그림에서 알 수 있듯이 G3값이 증가 하면 높은 주파수 쪽으로 대역이 증가함을 알 수 있다. L1값을 18~26mm까지 2mm씩 증가 시켰을 때 반사계수를 그림 6에 나타냈다. L1 값이 18mm에서는 이중 공진에 의한 높은 쪽 공진특성이 양호하게 나타났으며, 20mm 이상에서는 이중 공진의

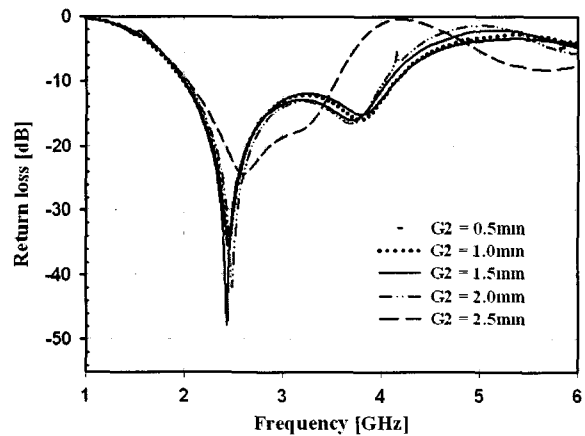


그림 4. G2 변화에 의한 반사 계수  
Fig. 4. Simulated return loss against variable G2.

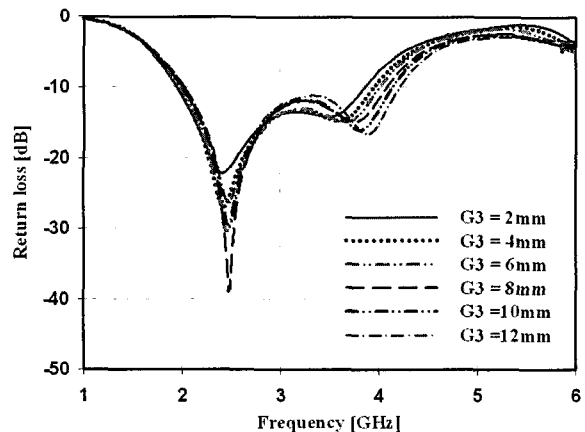


그림 5. G3 변화에 의한 반사 계수  
Fig. 5. Simulated return loss against variable G3.

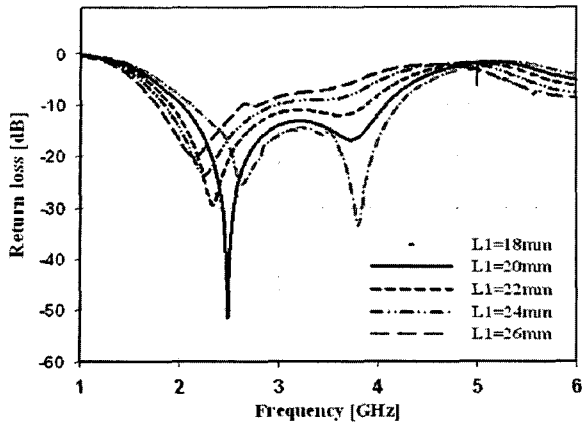


그림 6. L1 변화에 의한 반사 계수  
 Fig. 6. Simulated return loss against variable L1.

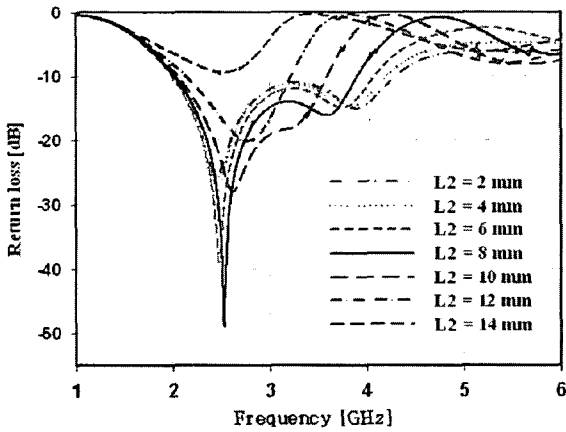


그림 7. L2 변화에 의한 반사 계수  
 Fig. 7. Simulated return loss against variable L2.

표 1. 안테나 설계 사양

Table 1. Parameter of designed antenna.

parameter	value [mm]	parameter	value [mm]
L1	20	GH	1.5
L2	8	G3	2
G1	1.5	W	6
G2	2		

낮은 주파수 대역으로 공진 특성이 좋게 나타났다. 이는 L1의 길이가 공진조건의 분기 파장으로 인하여 높은 쪽 대역과 낮은 쪽 대역으로 특성의 차가 일어나는 것으로 예측된다. 또한 L1값의 증가는 전체 안테나의 길이가 증가함으로 낮은 주파수 대역에서 공진 발생되었다. 여기서 G1, GH, G2, G3는 각각 1.5, 2, 8mm로 고정하였다. 그림 7은 L2값의 변화에 대한 반사계수 그림이다. 그림에서 L2값이 증가 하면서 높은 쪽 주파수 대역이 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 역시 전체 안테나 길이가 증가하는 원리이다. 또한 동작 대역의 변화와

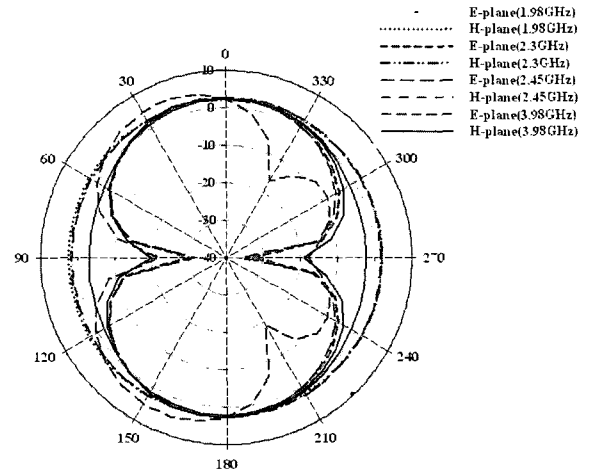


그림 8. 1.98GHz, 2.3GHz, 2.45GHz, 3.98GHz에서의 방사 패턴.  
 Fig. 8. Simulated H-plane and E-plane for the proposed antenna at 1.98GHz, 2.3GHz, 2.45GHz, 3.98GHz.

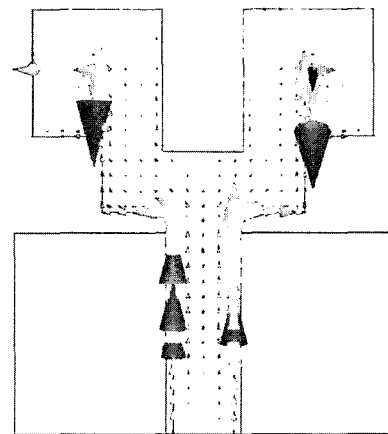


그림 9. 제안한 구조의 면 전류밀도.  
 Fig. 9. Simulated surface current distribution.

함께 공진 특성이 나빠지는데 이는 L1과 L2사이에서 발생하는 기생 요소가 크게 증가한 때문으로 예상된다. 이와 같이 각 변수 값을 변화하여 최적화된 결과를 표 1과 같은 값을 얻었다.

그림 8은 1.98, 2.3, 2.45, 3.98GHz주파수에서 시뮬레이션에 의한 반사패턴을 나타낸 그림이다. H-plane은 전 주파수대역에서 전방향 특성을 나타내고 있으며, E-plane은 주파수가 높은 주파수대역에서 약간의 왜곡이 일어났다. 그림 9는 제안된 폴디드 이중 모노폴 구조 안테나의 시뮬레이션에 의한 전류 분포를 벡터로 나타낸 그림이다. 그림에서 모노폴이 접혀있는 곳에서 커풀링에 의한 전류밀도가 크게 발생하는 것을 알 수 있다. 그림 10은 기존의 이중 모노폴 구조와 제안한 구

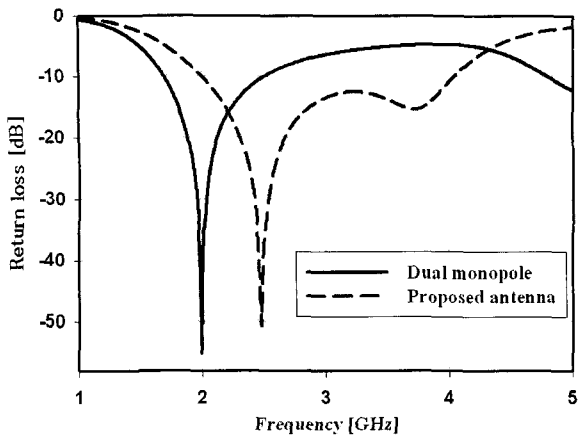


그림 10. 기존의 이중 모노폴 안테나와 제안안테나의 반사계수 비교.

Fig. 10. Comparison of simulated return loss between the proposed antenna and dual straight monopole antenna.

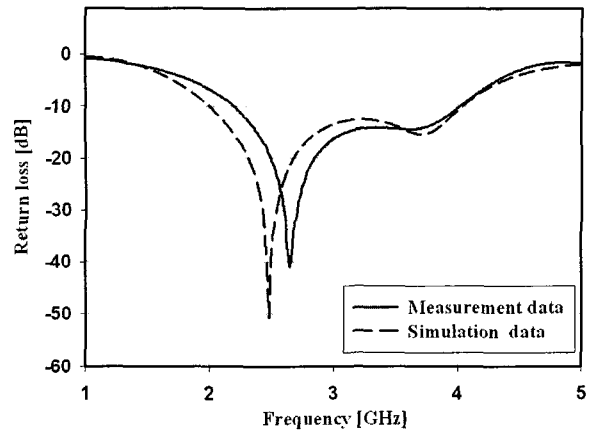


그림 12. 측정과 시뮬레이션의 반사계 비교.

Fig. 12. Simulated and measured return loss of the proposed antenna.

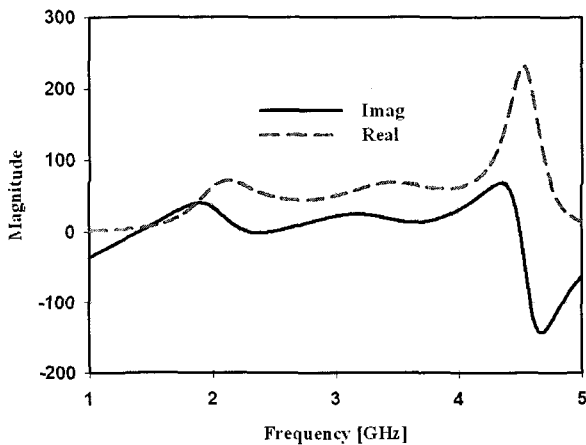


그림 11. 동작주파수대역에서 임피던스의 실수값과 허수값.

Fig. 11. Impedance of real and imaginary at operating frequency.

조의 반사계수를 비교하였다. 여기서 그림 1의 기존 구조의 스트립선로의 길이  $L$ 은 제안한 구조의  $L1$ 과  $L2$ 의 길이를 합한 길이이며, 다른 조건은 모두 동일하게 하여 시뮬레이션 하였다. 공진회로에서 주파수와 리액턴스간의 일반화식  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 에서 알 수 있듯이 인덕터스값의 감소로 감소는 공진 주파수가 높아지는 것을 알고 있으며, 그림10에서 그 것을 확인 할 수 있다. 결과 기존의 구조에서는 600MHz (1.8~2.4GHz)의 주파수 대역을 나타내고 제안한 구조의 경우 2.04GHz (1.98~4.05GHz)주파수 대역을 얻었다. 그림 11은 동작 주파수 대역의 1.98~4.05GHz에서 임피던스 실수값과 허수값을 나타낸 그림이다. 동작 주파수 대역에서 실수 값은 5

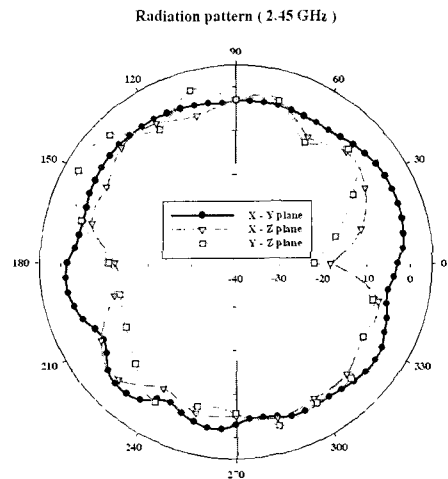


그림 13. 기존 이중 모노폴 안테나의 2.45 GHz

Fig. 13. Radiation pattern straight dual monopole antenna at 2.45GHz

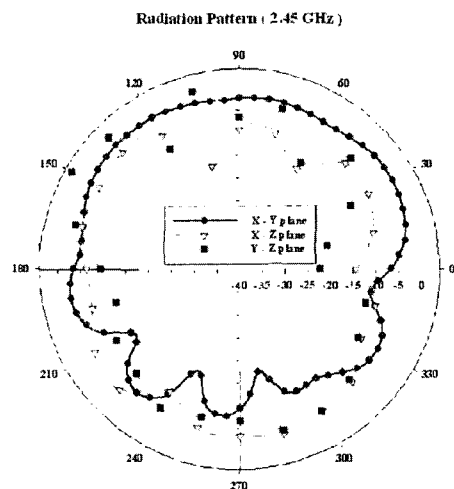


그림 14. 제안한 안테나의 방사패턴 2.45 GHz.

Fig. 14. Radiation pattern of the proposed folded dual monopole antenna at 2.45GHz.

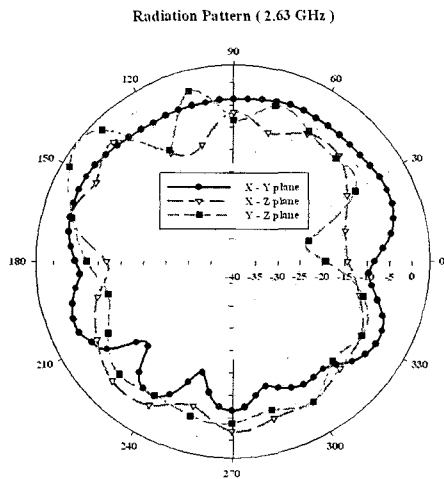


그림 15. 기존이중 모노폴 안테나의 방사패턴 2.63GHz.  
 Fig. 15. Radiation pattern straight dual monopole antenna at 2.63GHz.

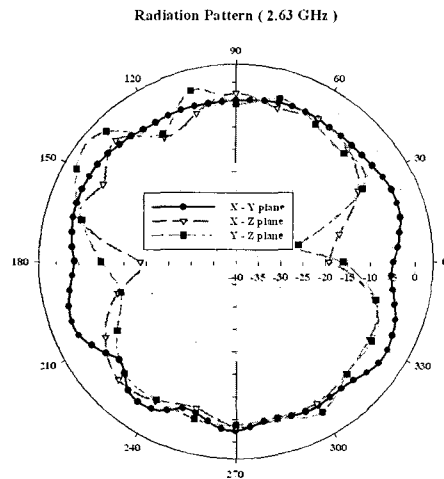
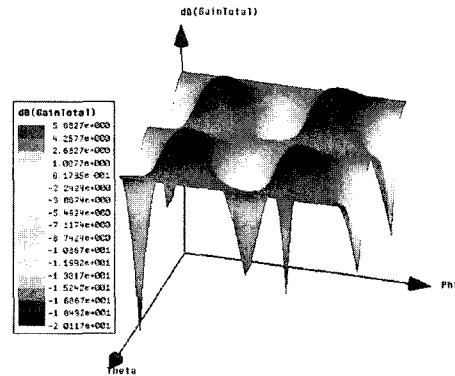
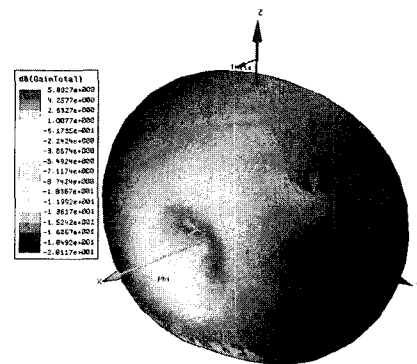


그림 16. 제안한 안테나의 방사패턴 2.63GHz.  
 Fig. 16. Radiation pattern of the proposed folded dual monopole antenna at 2.63GHz.

0~60의 일정한 값을 유지하고, 허값은 위상변화가 거의 없는 것을 볼 수 있다 이는 소형 안테나에서 나타나는 낮은 저항과 큰 위상 변화의 문제를 해결한 경우가 되겠다. 그림 12는 시뮬레이션 과 측정결과의 반사계수를 나타내고 있다. 두 값이 근사하고 있음을 볼 수 있으나 약간의 차는 도파로 급전방법에서 정밀한 제작으로 급전부의 두 도파로 간의 위상차가 일어나지 않도록 하여야 하는데 실험실에서 제작하는 과정에서 오차에 의한 위상차로 발생된 오차로 간주된다. 그림 13~16에서 각각의 주파수대에서 E-plane 과 H-plane 의 측정 방사 패턴이며, 실선의 E-plane과 점선의 H-plane패턴에서 볼 수 있듯이 전형적인 전방향의 방사 패턴을 보이고 있음을 알 수 있고 패턴특성 또한 양호함을 볼 수 있다. 패턴 측정은 star gate-32를 이용하여 측정하였



(a) 3-D rectangular plot



(b) 3-D polar

그림 17. 3차원으로 나타낸 안테나 이득.  
 Fig. 17. Gain of the proposed antenna in three dimension.

다. 그림 17에서 제안한 안테나의 3차원의 방사 패턴을 나타낸 그림이다 그림 17의 (a)는 3차원 구형 플롯으로 나타낸 그림으로 대칭적이고 균일한 형태의 방사특성을 나타냄을 볼 수 있으며, (b)의 3차원 극좌표로 나타낸 방사 패턴으로 전방향 특성이 나타냄을 볼 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 폴디드 이중 모노폴 안테나의 구조를 제안하여, 단일 평판 구조의 광 대역 안테나를 설계 및 제작하였다. 설계에 의해 제작된 안테나의 가로 세로의 길이가 각각 4.2 x 3.8[cm] 이다. 제안한 안테나는 대역이 2.09GHz (1.98~4.05[GHz])의 대역폭을 갖은 광대역 안테나로 ISM, WiBro 위성 DMB의 주파수 대역을 얻었다. 따라서 결과는 ISM, WiBro 위성 DMB 대역에 사용할 수 있는 안테나이다. 또한 본 연구에서 제안한 이중 폴디드 모노폴 안테나는 인쇄형으로 제작이 간편하고 또한 소형화 할 수 있는 장점을 갖는다.

## 참 고 문 헌

- [1] K. Hiraswa and M. Haneishi, "Analysis, Design, and Measurement of Small and Low-Profile Antennas", Artech House, London, 1992.
- [2] DAVID M. POZAR, "Microstrip Antennas", PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 80, NO 1, JANUARY 1992.
- [3] W. Menzel and W. Grabherr, "A microstrip patchantenna with coplanar feed line", IEEE Microwave Wave lett., vol. 1, pp. 340-342, Nov. 1991.
- [4] 이현진, 임영석 "전방향 복사패턴의 이중대역 프린트형 모노폴안테나", 대한전자공학회, 논문지 제40권 TC편 제11호, 2003. 11.
- [5] 이현진, 임영석 "A design of Microstrip Antenna of Dual T figure", 대한전자공학회논문지 제42권 TC편1호, 2005. 01.

---

 저 자 소 개
 

---

이 현 진(정회원)

대한전자공학회 제 43권 TC편 제 11호 참조

정 진 우(학생회원)

대한전자공학회 제 43권 TC편 제 11호 참조

임 영 석(정회원)

대한전자공학회 제 43권 TC편 제 11호 참조