

# 헬리컬 구조를 이용한 IMT-2000 단말기용 소형 인쇄기판형 안테나 설계

## A Design of Small PCB Antenna using Helical Structure for IMT-2000 Handsets

김 성 철 · 이 중 근 · 김 혜 광

Sung-Chul Kim · Joong-Geun Rhee · Hye-Kwang Kim

### 요 약

본 논문은 IMT-2000 단말기용 인쇄기판형 안테나를 설계 및 제작하였다. 안테나는 FR-4( $\epsilon_r=4.6$ ) PCB 기판에 비아 홀(Via-hole)과 라인을 이용한 헬리컬 구조이며, 급전방식은 GCPW(Grounded Co-Planer Waveguide)로 구현하였다. 상용 RF-Tool인 안소프트(Ansoft)사의 HFSS를 사용하여 안테나 구조를 설계하고, 주파수 특성 및 복사 특성을 측정된 결과는 설계 주파수 대역인 1.920~2.170 GHz를 만족하였고, 2.045 GHz에서 공진하였으며, 321 MHz의 대역폭(VSWR<2.0) 특성을 나타내었다. 이때 안테나의 복사이득은 -1 dBi 임을 확인할 수 있었다.

### Abstract

In this paper, a PCB(Printed Circuit Board) antenna for IMT-2000 is designed and analyzed. The antenna has a helical structure with via-holes and lines on FR-4( $\epsilon_r=4.6$ ) PCB, and the type of feeding is GCPW(Grounded Co-Planer Waveguide). Using HFSS of Ansoft, the antenna was designed and the measured results of frequency and radiation characteristics with VSWR<2.0 are satisfied within operating frequency band of 1.920~2.170 GHz. And it has resonating frequency of 2.045 GHz and a bandwidth of 321 MHz. The radiation gain of the antenna was measured to be -1 dBi.

Key words : IMT-2000, PCB Antenna, Helical Structure, Small Antenna

### I. 서 론

현재의 이동통신 분야의 휴대용 단말기 시스템의 급속한 성장으로 그에 따른 RF 모듈 및 안테나 역시 빠르게 발전해가며 소형화, 경량화 되고 있다. 지금까지 제안되었던 소형화된 안테나는 헬리컬(Helical)<sup>[1]</sup>, 미앤더(Meander)라인<sup>[2]</sup>, 마이크로스트립<sup>[3]</sup>, 역-에프(Inverted-F) 안테나<sup>[4]</sup> 등의 구조를 이용한 안테나들이 주류를 이루고 있다. 이러한 안테나들이 갖는 구조적 특성을 이용하여 이중대역 혹은 광대

역 특성을 갖도록 하기 위한 안테나 연구가 진행되어 왔지만, 소형화 경량화에 대한 부분에서는 계속 연구개발이 진행 중에 있고, 최근 들어서는 세라믹과 같이 물질 자체가 지니고 있는 높은 유전율을 이용하여 안테나의 소형화를 위한 방법이 다양하게 연구되고 있다<sup>[5],[6]</sup>. 이러한 높은 유전율을 갖는 물질을 이용한 안테나는 같은 공진주파수를 가지는 다른 안테나보다 크기를 더욱 줄일 수 있는 장점을 가지고 있으나<sup>[7],[8]</sup>, 대역폭이 줄어드는 단점을 가지고 있다. 최근에는 대역폭을 늘리기 위해서 안테나

한양대학교 전자전기제어계측공학과(Division of Electronic, Electrical, Control and Instrumentation Engineering, Hanyang University)

· 논 문 번 호 : 20021116-156

· 수정완료일자 : 2003년 3월 10일

의 공진 길이와 함께 금속 패턴의 적절한 모양과 폭을 형성시켜 안테나의 공진을 일으키는 연구가 진행되고 있다<sup>[8]~[12]</sup>.

본 논문에서는 기존의 미국 특허<sup>[13]</sup> 및 자동차 전장에 이용되었던 인쇄기판 방식을 사용하고, 유전율에 따른 특성도 함께 고려하였다. 따라서 그에 따른 안테나의 추가 비용이 없고 초기 PCB 공정에서 제작 가능하고 운용 주파수(1.920~2.170 GHz)를 만족하는 IMT-2000 주파수 대역의 인쇄기판형 안테나를 설계 및 제작하였고, 그 주파수 특성 및 복사 특성을 측정 한 결과, 공진주파수 2,045 GHz에서 321 MHz의 대역폭(VSWR<2)과 복사 이득이 -1 dBi 임을 확인 할 수 있었다.

## II. 안테나 구조 및 특성

### 2-1 헬리컬 구조의 인쇄기판형 안테나

본 논문에서 제안하는 인쇄기판형 안테나는 구조적으로는 모노폴과 헬리컬 안테나의 특성을 이용하여 공간을 효율적으로 사용하도록 하였으며, 물리적 길이를 작게 할 수 있을 뿐 아니라 전 방향성 복사 특성을 나타낼 수 있도록 하였다. 이러한 안테나를 설계하는데 있어 급전은 마이크로 스트립과 같은 구조를 사용하는 것이 일반적이는데, 제안된 안테나의 급전구조는 높은 복사이득을 위하여 마이크로스트립 라인보다는 GCPW 급전구조를 사용하였다.<sup>[10]</sup> 제작에 사용된 안테나의 기판 유전율은 4.6, 두께는 1.6 mm의 FR-4 기판이며, 헬리컬의 크기(W×H×L)는 2 mm×1.6 mm×9.8 mm이다.

그림 1은 본 논문에서 설계 및 제작한 안테나인데, 이와 같은 소형화된 안테나가 최적의 공진 주파수를 갖기 위해 유전체의 비유전율을 높이는 방법이 있으나, 이러한 경우 대역폭이 줄어드는 단점이 있어 250 MHz의 광 대역을 이용하는 IMT-2000의 경우 제약이 따른다.

IMT-2000 대역에서 최대 대역폭을 얻기 위하여 안테나의 길이는 입력 임피던스에서 리액턴스가 최소가 되는 λ/2 에서의 공진 길이로 설계하고, R<sub>A</sub>를 적절히 조절하여 최대의 대역폭을 갖도록 하였다.

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (1)$$

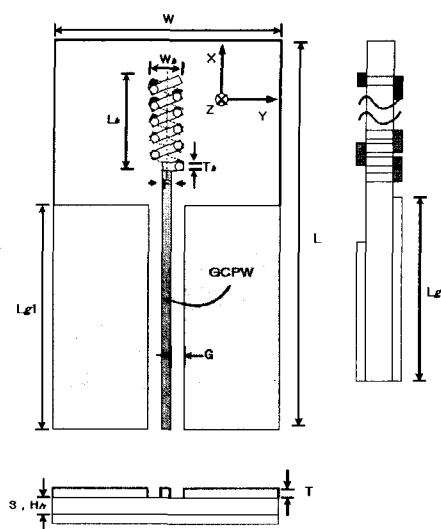


그림 1. 헬리컬 구조를 갖는 인쇄기판형 안테나  
Fig. 1. PCB antenna using helical structure.

$$R_A = R_r + R_L \quad (2)$$

- Z<sub>A</sub> : 안테나 임피던스, R<sub>A</sub>: 안테나 저항
- X<sub>A</sub> : 안테나 리액턴스, R<sub>r</sub> : 안테나 복사저항
- R<sub>L</sub> : 안테나 내부 손실저항

인쇄기판형 안테나 대역폭의 특성은, 상용 툴인 안소프트사의 HFSS를 이용하여 사각형 헬리컬 구조의 변화에 따른 공진 주파수와 반사 손실(Return loss)의 변화를 해석하였다. 헬리컬 구조의 턴(Turn) 수에 따른 변화를 보기 위해서 앞면의 라인과 두 개의 비아 홀, 그리고 뒷면의 라인을 한 턴으로 간주하여 고찰하였다. 시뮬레이션 결과, 안테나 특성은 표 1과 같이 설계하였을 때 가장 우수한 성능을 나

표 1. 헬리컬 구조의 인쇄기판형 안테나 사양  
Table 1. Design parameters of PCB antenna using helical structure. (Unit : mm)

전체크기	W	30	FR-4 (ε <sub>r</sub> =4.6)
	L <sub>g1</sub>	20	
	L <sub>g2</sub>	22	
	F	0.5	
	S	1.6	
	T	0.035	
헬리컬구조	G	0.157	W <sub>h</sub> ×H <sub>h</sub> ×L <sub>h</sub> (2×1.6×9.8)
	헬리컬폭(W <sub>h</sub> )	2	
	라인폭(T <sub>h</sub> )	0.3	
	턴 수	6.25	
	피치 각	23°	
	턴 간격	1.695	

타내었다.

안테나 특성에 직접적으로 끼치는 영향을 살펴보기 위해서 헬리컬 구조의 각 파라미터를 변화시켰고, 그 변화에 따른 안테나의 대역폭 특성을 그림 2~그림 5에 나타내었다.

그림 2는 공진 길이는  $0.5 \lambda$ 로 고정하고  $W_h$ 의 폭을 2 mm~4 mm까지 변화에 따른 결과이다.

그림 3은 헬리컬 라인폭의 변화에 따라 공진 주파수가 변화하는 것을 나타내었다. 여기서 라인폭의 감소함에 따라 전기적인 길이가 증가하여 공진 주파수가 낮아지는 것으로 판단된다.

그림 4에서는 헬리컬 구조의 피치 각의 변화에 따른 시뮬레이션 결과이다. 피치각이  $25^\circ$ 인 경우를 제외한 다른 피치각들은 공진주파수의 변화는 없는

것을 볼 수 있다. 피치각의 변화는 공진점의 변화보다는 반사손실이 직접적인 변화의 요인으로 작용하는 것으로 판단된다. 또한 이러한 피치각은 각의 변화에 따라 안테나의 복사특성이 달라지게 된다.

그림 5에서 헬리컬 구조로 감겨진 안테나의 전기적인 길이 변화에 따라 공진 주파수와 대역폭이 변화하는 것을 볼 수 있는데, 공진 주파수의 파장은  $0.5 \lambda$ 를 기준으로 공진 주파수가 변화하는 것을 확인하였다. 이 때, 그 길이가 늘어나서 긴 파장의 경우 공진 주파수가 낮아지며, 길이가 감소함에 따라 높은 주파수에서 공진이 발생하게 된다. 2.045 GHz에서, 급전부와 만나는 헬리컬의 첫 단의 1 mm를 포함하여 6.25 turn이  $0.5 \lambda$ 가 되며, 이 때, 안테나의 리액턴스가 최소가 되어 공진하는 것을 볼 수 있다.

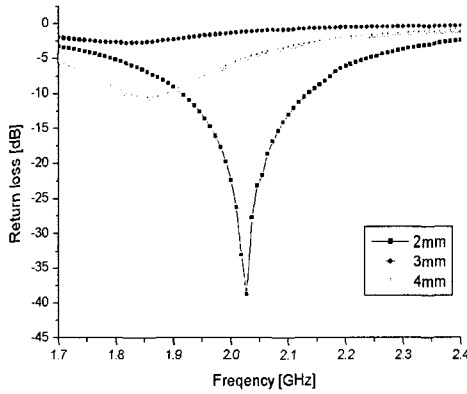


그림 2.  $W_h$ 의 변화에 따른 반사손실의 변화  
Fig. 2. The simulated results with various widths of helical conductors.

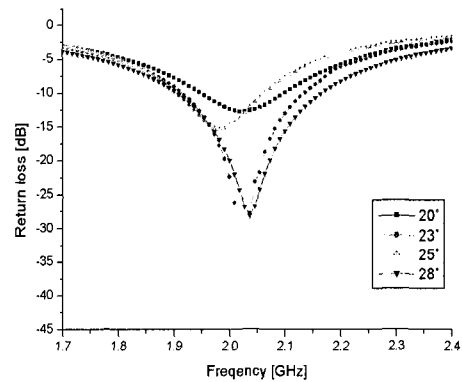


그림 4. 헬리컬 피치 각에 따른 반사손실의 변화  
Fig. 4. The simulated results with various pitch angles of the helical structure.

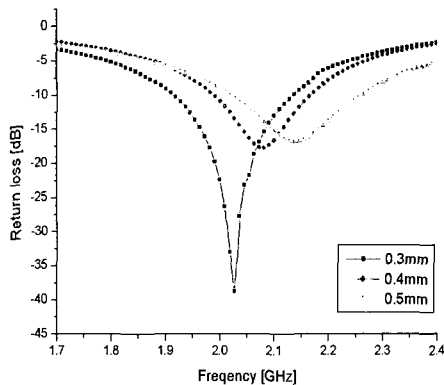


그림 3.  $T_h$ 의 변화에 따른 반사손실의 변화  
Fig. 3. The simulated results with various widths of helical lines( $T_h$ ).

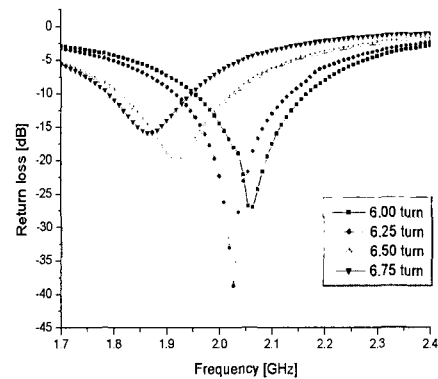
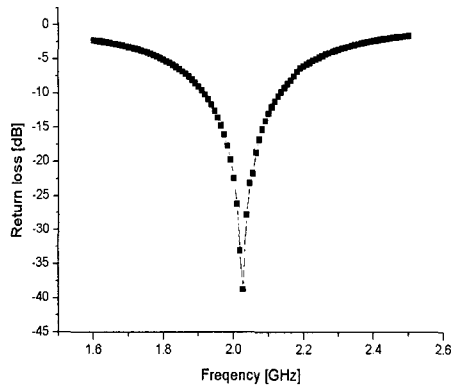
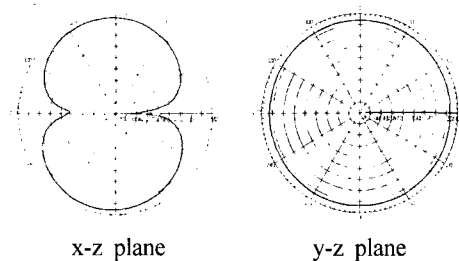


그림 5. 턴 수에 변화에 따른 반사손실의 변화  
Fig. 5. The simulated results with various turns of the helical conductors.



(a) 주파수 특성  
(a) Frequency response characteristics



(b) 복사특성  
(b) Radiation patterns

그림 6. IMT-2000 대역의 인쇄기판형 안테나 시뮬레이션 결과  
Fig. 6. The simulated results of the PCB antenna for IMT-2000.

그림 2~그림 5까지의 시뮬레이션 결과에서 확인한 것처럼 안테나의 전기적인 길이와 헬리컬 구조의 파라미터의 변화에 따른 공진특성을 알아보았다.

그림 6은 IMT-2000 대역에서의 시뮬레이션 결과를 이용하여 인쇄기판형 안테나의 주파수 특성과 복사패턴을 나타낸 것이다.

그림 6(a)는 주파수 특성으로 중심 주파수인 2.045 GHz에서 대역폭이 257 MHz (VSWR<2)이었으며, (b)는 안테나 특성으로 특히, y-z plane의 경우  $W_h$ , 2 mm와  $H_h$ , 1.6 mm의 값의 차이는 0.4 mm로 IMT-2000의 해당하는  $\lambda$ 값에 비해 매우 작은 0.004  $\lambda$ 로 완전한 원에 가까운 타원형임을 알 수 있다. 이와 같이 안테나의 복사 특성은 모노폴 안테나와 비슷한 전방향성 특성을 나타내었다.

#### 2-2 인쇄기판형 안테나 제작 및 특성 측정

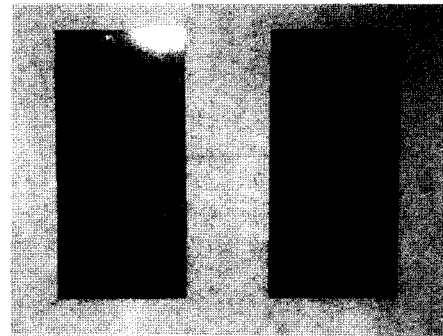


그림 7. 헬리컬 구조를 갖는 소형 인쇄기판형 안테나 사진

Fig. 7. Photographs of PCB antenna using helical structure.

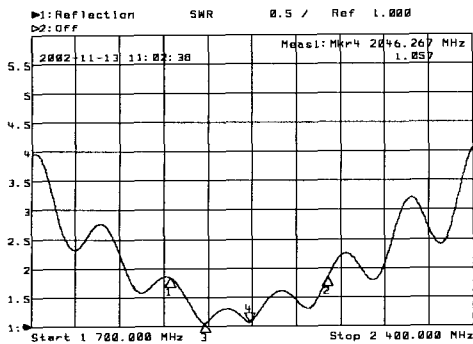
그림 7은 시뮬레이션의 결과에 따른 최적 모델을 사용하여 제작한 안테나의 앞면, 뒷면을 나타낸 사진이다. 전체 크기는 30 mm×60 mm×1.6 mm FR-4 기판을 사용하였고, 헬리컬 크기는 2×9.8×1.6 mm이며, 6.25 턴(0.503  $\lambda$ )을 감았으며, 기판 자체의 유전율 특성을 이용하여 라인과 비아홀의 전기적 길이를 조절하여 제작하였다.

실제 제작된 안테나는 (주)하이게인 안테나의 협조로 당사 전자파 완전 무반사 시험실(Fully anechoic chamber)에서 측정하였으며, 측정된 인쇄기판형 안테나의 주파수 응답 특성은 그림 8에 나타내었다.

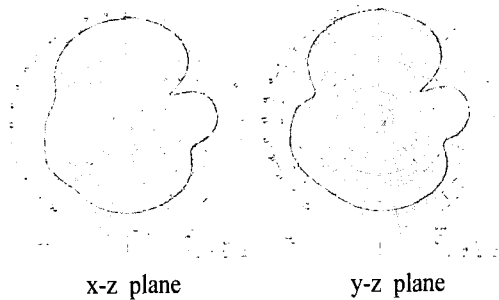
그림 8(a)에서 알 수 있듯이, 안테나 대역폭은 중심 주파수 2.045 GHz에서 321 MHz로 시뮬레이션 결과보다 넓은 대역폭이 나타나는 것을 볼 수 있었다. 안테나의 복사 특성의 경우는 시뮬레이션상의 복사 특성과 유사한 특성을 보이는 하나, 약간의 지향성을 보였다. 이는 헬리컬 구조가 노말 모드(Normal Mode)이긴 하나 그 크기가 작기 때문에 축 모드(Axial Mode)의 특성을 나타내기 때문에 지향성을 갖게 되는 것으로 판단된다. 그리고 안테나의 이득을 측정한 결과 -1 dBi로 실제 단말기에 적용이 가능하다고 판단된다.

### III. 결 론

본 논문에서는 헬리컬 구조를 이용하여, 소형의 인쇄기판형 안테나를 제안하였다. 단말기 내장이 가능하도록 하였으며, 1.9205~2.170 GHz의 광대역



(a) 주파수 특성(VSWR값)  
(a) Frequency response characteristics (VSWR values)



(b) 복사 특성  
(b) Radiation pattern

그림 8. IMT-2000 대역의 인쇄기판형 안테나 측정 결과  
Fig. 8. The measured results of the PCB antenna for IMT-2000.

특성을 갖는 안테나로서 이에 대한 시뮬레이션과 실제 제작을 통하여, 헬리컬 구조 변화에 따른 대역폭의 변화에 대하여 그 성능을 검증하였다. 주파수 특성 측정 결과는 중심 주파수 2.045 GHz에서 대역폭은 321 MHz (VSWR<2)를 얻어 IMT-2000에서 요구되는 사양에 만족하는 결과를 얻을 수 있었다.

향후, 이러한 헬리컬 구조를 이용하여 인쇄기판형 안테나를 단말기 안으로 내장하였을 때, 이중 혹은 광 대역 주파수 특성을 갖는 등 안테나특성은 유지하며 단말기의 경제적인 양산이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Z. D. Liu, P. S. Hall, "Dual-Band Antenna for Hand Held Portable Telephones", *ELECTRONIC LETTERS*, vol. 32, pp. 609-610, 1996.

[2] H. Y. Wang, J. Simkin, C. Emsom and M. J. Lancaster, "Compact Meander Slot Antennas", *Microwave Pot. Technol. Lett.*, vol. 24, no. 6, pp. 377-380, 20th, March 2000.

[3] 이정연, 이종근, 김성철, "적층구조, 프로브 급전방식, 정사각형 링형태 마이크로strips 안테나의 특성에 관한 연구", *한국전자과학회논문지*, 12(1), pp. 143-151, 2001년 1월.

[4] C. R. Rowell, R. D. Murch, "A Capacitively loaded PIFA for compact mobile telephone hand sets", *IEEE Trans., AP-45*, pp. 837-842, 1997.

[5] H. Tanidokoro, N. Konishi, E. Hirose, Y. Shinohara, H. Arai and N. Goto, "1-Wavelength Loop Type Dielectric Chip antennas", *Antennas and Propagation Society International Symposium 1998, IEEE*, vol. 4, pp. 1950-1953, 1998.

[6] K. Kamogawa, T. Tokumitsu and M. Aikawa, "Multi-Frequency Microstrip Antennas Using Alumina Ceramic/Polyimide Multilayer Dielectric substrate", *MTT, IEEE Trans. on*, vol. 44, Issue:12 Part:2, pp. 2431-2437, Dec. 1996.

[7] A. Z. Elsherbeni, C.-W. P. Huang and C. E. Smith, "Wide Band Meander Line Antenna for Wireless Communication Systems", *IEEE AP-S*, pp. 17-20, 2000.

[8] 이종환, 우종명, "PCS용 표면 실장형 칩 유전체 세라믹 안테나 설계", *한국전자과학회논문지*, 11(1), pp. 55-62, 2000년 1월.

[9] Keisuke Noguchi, Motoo Mizusawa, "Numerical Analysis of the Radiation Characteristics of the Meander Line Antennas Consisting of Two -Strips", *AP-S, Digest*. vol. 3, 1996.

[10] Shyh-timg Fang, "A Novel Polarization Diversity Antenna for WLAN Applications", *Proc. IEEE APS/URSI Inter. Symp.* vol. 1, July 2000.

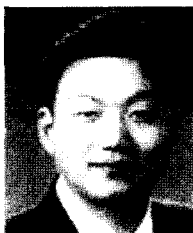
[11] J. M. Lee, C. I. Jeon and B. S. Lee, "Design of Ceramic Chip Antenna for Bluetooth Applications Using Meander Lines", *Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE*, vol. 4, pp. 68-71, 2002년.

[12] 심성훈, 강종윤, 박용욱, 윤석진, 윤영중, 김현

재, "IMT-2000 단말기용 적층형 세라믹 칩 안테나의 설계", 한국전자과학회논문지, 13(3), pp. 301-306, 2002년 3월.

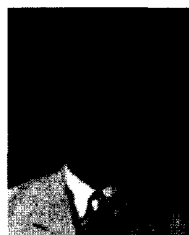
[13] US Patent 6421015(Planar Helix Antenna Two frequencies).

김 성 철



2001년 2월: 한양대학교 전자컴퓨터공학부 (공학사)  
2001년 3월~현재: 한양대학교 전자전기제어계측공학과 (공학석사)  
2002년~현재: 텔슨전자 근무  
[주 관심분야] EMI/EMC, 안테나 마이크로웨이브 부품

김 혜 광



1998년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)  
2000년 2월: 한양대학교 전자통신전파공학과 (공학석사)  
2000년 3월~현재: 한양대학교 전자전기제어계측공학과 박사과정  
[주 관심분야] EMI/EMC, 전력선 유도 해석, 마이크로웨이브 부품

이 중 근



1967년: 서울대학교 전기공학과 (공학사)  
1973년: 미국 남플로리다 주립대학교 (공학석사)  
1979년: 미국 남플로리다 주립대학교 (공학박사)  
1979년~1988년: 국방과학연구소 책임연구원

1990년~1991년: (사)한국전자과학회 회장  
1993년~1997년: (사)한국아마추어무선연맹 이사장  
1988년~현재: 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수  
2002년~현재: 정보통신부 IT국제표준화 전문가  
2000년~현재: 산업자원부 산업표준심의회 전문위원  
[주 관심분야] EMI/EMC, 안테나, 마이크로웨이브 부품