

논문 2006-43TC-11-23

# 적층형 헬릭스 칩 안테나의 해석과 설계

## ( Analysis and Design of Stacked Helix Chip Antenna )

정진우\*, 김유선\*, 이현진\*\*\*, 임영석\*\*

(Jinwoo Jung, Yuseon Kim, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim)

### 요약

모노폴 안테나의 크기를 줄이기 위한 방법으로 헬릭스 형태로 변형 하는 것과 적층형 구조를 사용하는 방법이 있다. 본 논문에서는 제안한 적층형 헬릭스 안테나의 구조 변수에 따른 동작 주파수의 관계식을 제안하였다. 그리고 구조 변수에 따른 동작 주파수의 변화 양상을 이용하여 PCS 와 IMT-2000 대역에서 동작 하는 이중대역 적층형 헬릭스 칩 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 유전율 4.2 를 갖는 FR-4 유전체를 사용하였고 면적은  $15 \times 7.5 \times 0.4 \text{mm}^3$  이다. 안테나의 적층을 위해 직경이 0.35mm 이고 높이가 0.4mm 인 비아 홀을 사용하였다. 측정된 대역폭(VSWR<2)은 약 400MHz이다.

### Abstract

One of the approaches for reducing the size of the quarter wavelength monopole antenna is the helix and the stacked structure. This paper presents a formula for the relationship between the geometrical parameter and the operating frequency of a stacked helix chip antenna. The stacked helix chip antenna was designed for PCS/IMT-2000 dual-bands operation. The fabricated antenna uses an FR-4 substrate with relative permittivity of 4.2, and its dimensions are  $15 \times 7.5 \times 0.4 \text{mm}^3$ . The measured impedance bandwidth (VSWR<2) is 400MHz at the operating frequency.

**Keywords :** Stacked, Helix, Modeling, Chip Antenna

## I. 서론

무선 통신 기술의 발달로 인해서 이동 통신 단말기는 소형화와 경량화 되고 있다. 따라서 무선 통신 단말기의 중요한 부품 중에 하나인 안테나 또한 소형화와 경량화가 요구 된다. 일반적인 이동 통신 단말기에는 구현 하기 쉬운 형태인 휩(Whip) 안테나와 같은 선형 안테나가 많이 사용되었다. 선형 안테나를 스파이럴(Spiral)<sup>[1]</sup>, 미앤더(Meander)<sup>[2]</sup> 그리고 헬릭스(Helix)<sup>[3]</sup> 등의 형태로 변형 하여 모노폴 안테나의 소형화를 이룰 수 있다. 그리고 이와 같은 구조를 적층형<sup>[4]</sup>으로

구성함으로써 더욱 소형화 시킬 수 있다. 본 논문에서는 모노폴 안테나의 면적을 줄이기 위한 방법으로 적층형 헬릭스 형태를 제안하였다.

안테나를 원하는 주파수에서 동작하도록 설계하기 위해 최선의 구조 변수를 결정하는 것은 쉽지 않다. 본 논문에서는 안테나 구조 변수에 따른 동작 주파수의 변화를 구조 변수에 따른 식으로 유도 하였다. 식을 유도 하기 위해서 헬릭스 부분을 안테나의 동작 주파수의 파장에 비해 매우 짧고 끝이 단락 된 평면형 평행 전송선로로 가정하였다. 이 가정을 통해 헬릭스 부분의 인덕턴스를 계산하였다. 그리고 선형 모노폴 안테나에 헬릭스 부분의 인덕턴스가 첨부 된 것으로 가정하여 안테나 전체의 인덕턴스를 계산하였다<sup>[5]</sup>.

이 관계식을 이용하여 안테나의 구조 변수와 동작 주파수의 관계를 표현 하였다. 그리고 적층형 헬릭스 칩 안테나를 설계하였다.

\* 학생회원, \*\* 정회원, 전남대학교 전자공학과  
(Department of Electronics Engineering, Chonnam National University)

\*\*\* 정회원, 동강 대학 전기전자공학과  
(Department of Electronics and Information, Dongkang College)

※ 본 연구는 BK21 사업의 지원으로 수행되었음.  
접수일자: 2006년8월17일, 수정완료일: 2006년11월20일

## II. 적층형 헬릭스 안테나의 해석

그림 1은 적층형 헬릭스 안테나의 구조이다. 그리고 표 1은 구조 변수를 보여준다. 본 논문에서는 해석을 위해 적층형 헬릭스 안테나를 선형 모노폴 안테나에 인덕턴스가 첨부된 안테나로 가정 하였다.

그림 2는 적층형 헬릭스 안테나를 헬릭스의 권선 수의 2배와 같은 '2×N' 개의 단락된 전송선로(헬릭스 부분)와 안테나 전체 길이와 같은 'L'의 길이를 갖는 선형 도체로 나눈 것을 보여준다.

적층형 헬릭스 칩 안테나의 전체 인덕턴스는 선형 도체의 자기 인덕턴스와 헬릭스 부분의 전체 인덕턴스의 합으로 표현된다. 그림 2의 'L' 길이를 갖는 선형도체의 자기 인덕턴스는 식 (1)과 같다<sup>[6]</sup>.

$$L_S = 2L \left( \ln \left( \frac{2L}{t+w} \right) + 0.5 \right) \times 10^{-10} \quad (1)$$

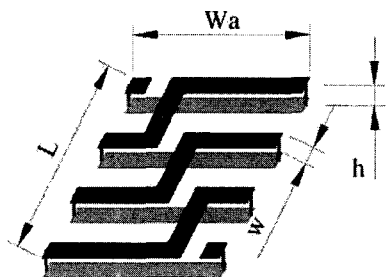


그림 1. 적층형 헬릭스 안테나의 구조도  
Fig. 1. Configuration of the stacked helix antenna.

표 1. 구조 변수  
Table 1. Geometrical parameter.

$W_a$	안테나의 폭
$L$	안테나의 길이
$w$	안테나 선로의 폭
$h$	비아의 높이
$N$	헬릭스 권선 수

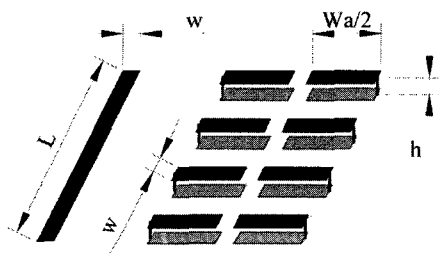


그림 2. 해석 모델  
Fig. 2. Analytical model.

끝이 단락된 평면형 평행 전송 선로가 손실이 없다면 입력 임피던스는 순수한 허수부만 남게 된다. 파장에 비하여 매우 짧은 헬릭스 부분의 입력 임피던스를 3차항까지 정리하면 식 (2)와 같이 정리된다. 여기에서  $Z_0$ 는 헬릭스 부분의 인덕턴스를 계산하기 위한 등가 전송 선로의 특성 임피던스로 'h'와 'W'의 관계식으로 정의 된다.

$$\begin{aligned} Z_{in} &= j\omega L_H = jZ_0 \tan \beta \frac{W_a}{2} \\ &\approx jZ_0 \left( \beta \frac{W_a}{2} + \frac{1}{3} \left( \beta \frac{W_a}{2} \right)^3 \right) \end{aligned} \quad (2)$$

따라서 그림 2의 전체 헬릭스 부분의 인덕턴스는 식 (3)과 같다. 여기에서 'c'는 빛의 속도이고, 'β'는 위상 상수 이다.

$$L_H = Z_0 \frac{NW_a}{c} \left( 1 + \frac{1}{3} \left( \beta \frac{W_a}{2} \right)^2 \right) \quad (3)$$

제안한 적층형 헬릭스의 전체 인덕턴스  $L_T$ 는 식 (4)와 같이 전개 된다.

$$\begin{aligned} L_T &= L_S + L_H \\ &= 2L \left( \ln \left( \frac{2L}{t+w} \right) + 0.5 \right) \times 10^{-10} \\ &\quad + Z_0 \frac{NW_a}{c} \left( 1 + \frac{1}{3} \left( \beta \frac{W_a}{2} \right)^2 \right) \end{aligned} \quad (4)$$

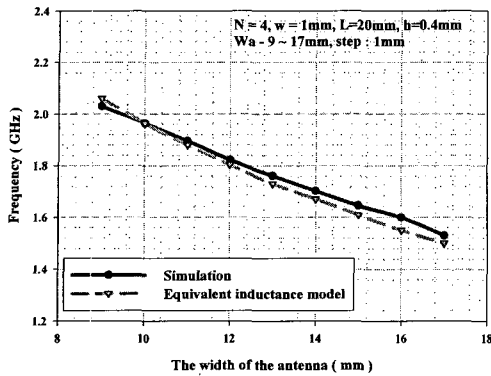
적층형 헬릭스 안테나와 같은 동작 주파수  $f_0$ 를 갖는 선형 모노폴 안테나가 있다면, 선형 모노폴 안테나의 자기 인덕턴스  $L_M$ 은 식 (5)와 같다. 여기에서  $\lambda_0$ 는 동작 주파수  $f_0$ 에 해당하는 파장이다.

$$L_M = \lambda_0 / 2 \left( \ln \left( \frac{\lambda_0 / 2}{t+w} \right) + 0.5 \right) \times 10^{-10} \quad (5)$$

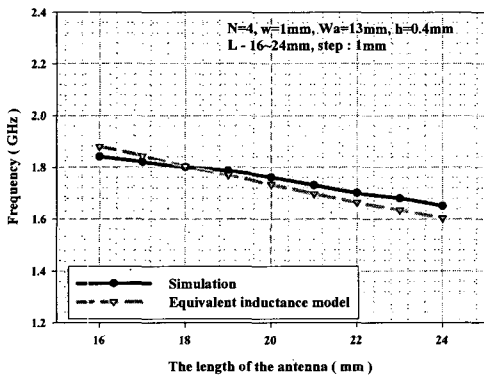
적층형 헬릭스 안테나와 선형 모노폴 안테나의 동작 주파수가 같으면, 적층형 헬릭스 안테나의 전체 인덕턴스  $L_T$ 와 선형 모노폴 안테나의 자기 인덕턴스  $L_M$ 은 근사적으로 같아 구조 변수와 동작 주파수의 관계식은 식 (6)과 같이 정리된다.

$$\frac{c}{f_0} \left( \ln \left( \frac{c}{2f_0(t+w)} \right) + 0.5 \right) = L_T \times 10^{10} \quad (6)$$

그림 3은 'W<sub>a</sub>'와 'L'의 변화에 따른 제안한 계산식에 의해서 계산 된 주파수와 시뮬레이션을 통한 주파수를 보여준다.



(a)



(b)

그림 3. 계산식과 시뮬레이션을 통한 동작 주파수; (a) 'Wa' 에 따른 변화, (b) 'L' 에 따른 변화  
Fig. 3. Calculated and simulated operating frequency; (a) as a 'Wa', (b) as a 'L'.

식 (7)의 관계식을 이용하면 'Wa', 'L' 그리고 'N'의 증가에 의해서 동작 주파수가 낮아지고, 구조 변수의 증감량이 반대가 되면 동작 주파수가 높아짐을 알 수 있다.

### III. 적층형 헬릭스 안테나의 설계

제안한 적층형 헬릭스 형태의 안테나를 관계식에 의한 동작 주파수의 변화 양상을 이용하여 설계하였다. 이중 대역에서 동작하는 적층형 헬릭스 칩 안테나는 유전율 4.2 와 두께 0.4mm 를 갖는 FR-4 기판의 양면에 도체 부를 인쇄 하여 구현하였다. 그림 4는 제안한 안테나를 유전율 4.2 와 두께 0.8mm를 갖는 FR-4 기판에 장착한 구조와 제안한 안테나의 상면도와 하면도를 보여 준다.

헬릭스 부분의 윗면과 아랫면을 연결하기 위해 직경

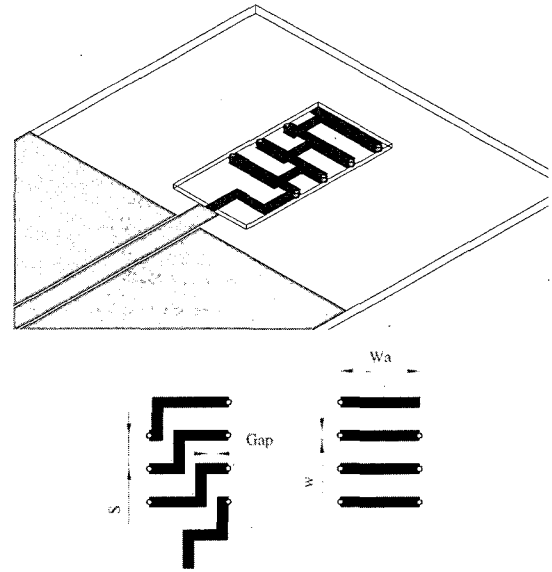


그림 4. 제안한 안테나 구조도  
Fig. 4. Geometry of the proposed antenna.

표 2. 구조 변수 값  
Table 2. The Value of the design parameter.

Wa	6.5 mm	안테나의 폭
L	14.45 mm	안테나의 길이
w	0.9 mm	안테나 선로의 폭
h	0.4 mm	비아의 높이
N	4	헬릭스 권선 수

0.35mm 와 높이 0.4mm 의 비아 홀을 이용하였다. 제안한 안테나의 전체 면적은  $15 \times 7.5 \times 0.4 \text{mm}^3$  이다. 안테나를 장착 하기 위한 기판의 면적은 일반적인 바 타입 이동 통신 단말기에 사용되는  $35 \times 80 \times 0.8 \text{mm}^3$  이고 접지면적은  $35 \times 45 \text{mm}^2$  이다. 제안한 안테나는 CPW (Coplanar Waveguide) 급전 방법을 사용하였고 안테나와 접지면은 원활한 급전을 위해 2.2mm 의 간격을 두었다. 제안한 안테나는 PCS (personal communication services) / IMT-2000 (International Mobile Telecommunication 2000) 대역에서 동작하기 위한 구조 변수를 선택 하였다. 표 2는 구조변수 값을 나타낸다.

### IV. 측정 및 결과

그림 5는 제안한 안테나의 시뮬레이션과 측정된 반사 손실 그래프를 보여준다. 측정 된 반사 손실 그래프는 의도한 대역에서 잘 동작함을 알 수 있다. 그러나 제작 과정의 오차에 의해서 시뮬레이션 결과와 약간의 차이가 남을 알 수 있다. 측정된 대역폭 (VSWR<2)은

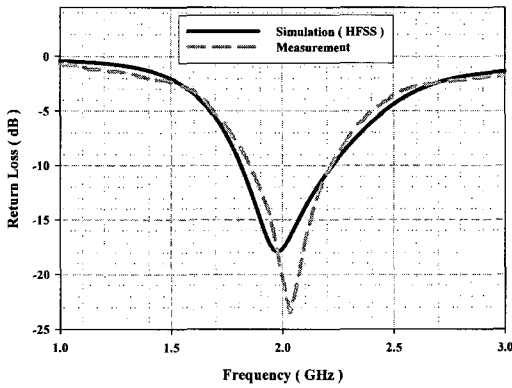


그림 5. 제안한 안테나의 시뮬레이션과 측정된 반사손실 그래프

Fig. 5. Simulated and measured return loss of the proposed antenna.

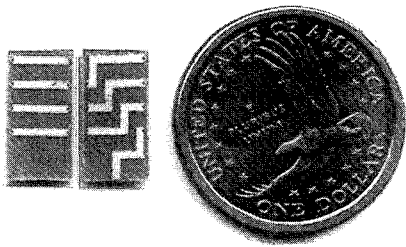


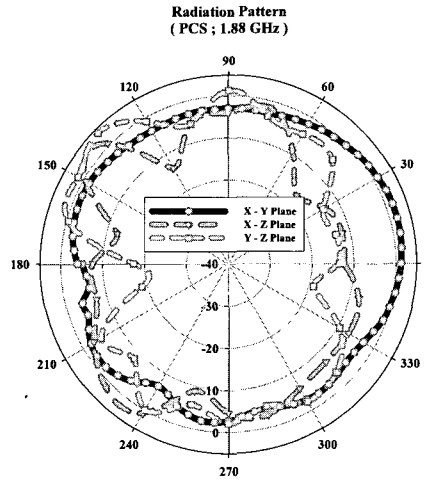
그림 6. 제작된 안테나

Fig. 6. The fabricated antenna.

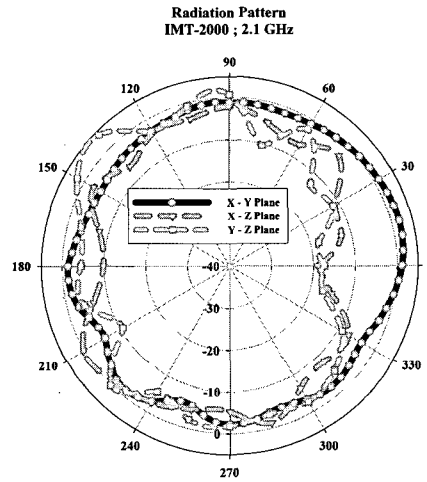
400 (1.84~2.24 GHz) MHz 이다. 이는 PCS (1.85~1.99 GHz) 와 IMT-2000 (1.92~2.17 GHz) 대역에서 동작하기에 충분한 결과이다. 그림 7은 각 동작 대역에서 측정된 방사패턴이다. 방사 패턴은 전방향성 특성을 보여준다. PCS 와 IMT-2000 동작 주파수에서의 최대 이득은 각각 3.9 와 4.0 dBi를 갖는다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 모노폴 안테나의 소형화를 위한 방법으로 적층형 헬릭스 구조를 제안하였다. 또한 적층형 헬릭스 안테나의 구조 변수에 따른 동작 주파수의 변화에 관한 관계식을 나타내었다. 이 관계식을 이용하면 동작 주파수의 변화를 쉽게 예상 가능하여 안테나 제작에 큰 도움이 될 것이다. 제작한 적층형 헬릭스 안테나는 PCS / IMT-2000 이중 대역에서 동작한다. 안테나의 전체 면적은 15×7.5×0.4mm<sup>3</sup> 이다. VSWR<2 기준의 대역폭은 400 (1.84~2.24 GHz) MHz 이다. 제안한 안테나는 FR-4 기판을 사용하여 낮은 제작 단가와 쉽게 제작할 수 있는 장점이 있다.



(a)



(b)

그림 7. 측정된 방사 패턴; (a) 1.88 GHz , (b) 2.1 GHz  
Fig. 7. Measured radiation patterns at the operating frequency; (a) 1.88GHz , (b) 2.1GHz.

#### 참 고 문 헌

- [1] Fujimoto K., "Small-sized antenna", IEICEJ, Vol. 60, pp. 391-397, 1977.
- [2] Fujimoto K., "Trend of research for small-sized antenna.", IEICEJ, Vol.70, pp. 830-838, 1987.
- [3] Hisamatsu NAKANO, "Helical and Spiral Antennas.", JOHN WILEY & SONS INC
- [4] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, Jaechun Lee, Yeongseog Lim, "Dual Band Meander Line Antenna Using Coupled Line", ICEIC, Vol. 1, pp 118-121, 2006.
- [5] T. Endo, Y. sunahara, S. Satoh and T. Katagi, "Resonant Frequency and Radiation Efficiency of Meander Line Antennas.", Electronics and

Communications in Japan, Part 2, Vol 83 , No.1, 2000.

[6] Bahl, I.J., "Lumped Elements for RF and Microwave Circuits.", Art ech House

저 자 소 개



정진우(학생회원)  
2005년 전남대학교 정보통신공학부 전자공학전공(공학사)  
2005년~현재 전남대학교 전자정보통신공학과 석사과정

<주관심분야 : 안테나 설계 및 해석, 초고주파 회로 설계>



이현진(정회원)  
1982년 조선대학교 전기공학과(공학사)  
1990년 원광대학교 전자공학과(공학석사)  
1996년 전남대학교 전자공학과(공학박사)

1997~1998년 펜실베니아 주립대학 방문교수  
1991~현재 동강대학 전기전자공학과 교수  
<주관심분야 : 소형 안테나 설계 및 해석, E/M 해석>



김유선(학생회원)  
2004년 전남대학교 전자공학과(공학사)  
2006년 전남대학교 전자공학과(공학석사)  
2006년~현재 전남대학교 전자공학과 박사과정

<주관심분야 : 초고주파 회로설계 및 해석, RF 소자 설계, 안테나>



임영석(정회원)  
1980년 서울대학교 전자공학과(공학사)  
1982년 서울대학교 전자공학과(공학석사)  
1989년 전북대학교 전자공학과(공학박사)

1984년~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학부 교수  
<주관심분야 : 전자파해석, RF 소자설계, 초고주파 회로설계>