

# 0.5~2 GHz 캐비티 백 스파이럴 안테나 설계

## Design of a 0.5~2 GHz Cavity-Backed Spiral Antenna

전 남 두 · 신 동 훈\* · 박 동 철

Nam-Du Jeon · Dong-Hoon Shin\* · Dong-Chul Park

### 요 약

본 논문에서는 0.5~2 GHz 캐비티 백 스파이럴 안테나 설계에 대하여 기술하였다. 안쪽 부분은 Archimedean 스파이럴로, 바깥 부분은 log 스파이럴로 구현된 암(arm) 패턴, 백 캐비티(backing cavity), 그리고 급전용으로 Marchand 동축형 밸런을 설계하였다. 동작 대역의 저주파 대역에서 안테나 특성을 향상시키기 위하여 종단 저항을 사용하였다. CST사의 MWS를 이용하여 시뮬레이션 하였고, VSWR, 축비(axial ratio), 이득 그리고 반전력 빔 폭을 고찰하였다. 최종적으로 제작 및 측정을 통해 설계 방법의 타당성을 검증하였고, 상용 스파이럴 안테나와의 성능을 비교하였다.

### Abstract

In this paper, the design of a 0.5~2 GHz cavity-backed spiral antenna is described. Combined arm pattern with a log spiral in the inner region and an Archimedean spiral in the outer region, a backing cavity, and a Marchand coaxial balun for feeding are designed. Termination resistors are used to improve antenna characteristics at the lower frequency of the operation frequency. VSWR, axial ratio, gain and HPBW(Half Power Beam Width) characteristics are simulated using CST's MWS. Finally, the validity of these approaches is verified by comparing the simulated results with the measured ones. Also, the measurement results are compared with the performance of a commercial spiral antenna.

Key words : Cavity-Backed Spiral Antenna, Marchand Balun, Termination Resistor

### I. 서 론

스파이럴 안테나는 주파수에 따른 안테나의 길이 변화를 주회 각도로 표현할 수 있기 때문에 작은 크기로도 광대역에서 사용될 수 있어 방향 탐지용 안테나로 많이 사용되고 있다<sup>[1]~[4]</sup>.

최근에 마이크로스트립 형태의 스파이럴 안테나<sup>[5],[6]</sup>와 EBG(electromagnetic band-gap) 구조를 이용한 스파이럴 안테나<sup>[7]</sup>에 대한 연구가 진행되고 있으나, 여전히 방향 탐지 분야에서는 안테나 패턴 앞쪽 방향으로만 방사되도록 제작되는 캐비티 백(cavity-

backed) 방식이 보편적이다<sup>[8],[9]</sup>. 캐비티 백 스파이럴 안테나에 대해서는 2000년 이후에도 국외에서 계속 연구가 이루어져 왔고<sup>[10],[11]</sup>, 2 GHz 이상의 대역에서는 국내에서도 연구 결과가 발표된 적이 있다<sup>[4],[12]</sup>. 그러나 아직까지도 0.5~2 GHz 대역용 스파이럴 안테나 설계에 대한 연구 결과는 국내에서 발표된 적이 없다.

본 논문은 0.5~2 GHz 대역에서 사용되는 BAE Systems사의 ASO-1950 모델<sup>[8]</sup>에 준한 스파이럴 안테나의 국산화를 위한 연구이다. 국내에서 개발되었던 2~18 GHz 스파이럴 안테나<sup>[4]</sup>는 주파수가 높은 이

「이 연구는 (주)삼성탈레스의 연구비 지원에 의하여 수행되었다.」

충남대학교 전과공학과(Department of Radio Science & Engineering, Chungnam National University)

\*삼성탈레스(Samsung Thales Co.)

· 논문 번호 : 20091113-134

· 교신 저자 : 박동철(e-mail : dcspark@cnu.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2010년 1월 29일

유로 안테나의 직경이 가장 낮은 주파수에서 동작하기에 충분히 커서 Archimedean 스파이럴로만 구현 가능했다. 그러나 0.5~2 GHz 스파이럴 안테나의 경우 통상 요구되는 안테나의 직경이 주파수 대비 상대적으로 작기 때문에 낮은 주파수의 에너지가 방사되는 안테나 최외각 곡선에 종단 저항을 연결할 필요가 있다. 또한 스파이럴 곡선이 Archimedean 스파이럴로만 구현할 경우 전송선 길이가 너무 길어져 손실이 커지게 되어 높은 주파수는 Archimedean 스파이럴, 낮은 주파수는 log 스파이럴로 하여 두 종류 곡선을 혼용하여 구현하는 것이 바람직하다.

본 논문은 두 종류 스파이럴 곡선 설계, 종단 저항의 개수, 위치, 값 선정에 관한 연구이다. 아직 종단 저항을 포함한 전송선의 광대역 등가회로를 토대로 한 엄밀한 설계 방법은 없는 것으로 판단되며, 우리의 경우 상용품 구조를 분석하고 이를 바탕으로 우리의 응용 사양에 적합한 안테나를 기준 이론 및 상용 툴인 CST사의 MWS 시뮬레이션을 공히 활용하여 설계하는 방법을 제시하였다. 또한, Marchand 동축형 광대역 밸런을 설계하고 안테나와 결합시켜 시뮬레이션 하였다. 마지막으로 제작 및 측정을 통해 설계 기법을 검증하였고, 제작된 안테나와 상용품의 성능을 비교해 보았다.

## II. 스파이럴 안테나 설계

그림 1은 본 논문에서 설계하고자 하는 캐비티 백 스파이럴 안테나의 구조이다. 먼저 암 패턴과 백 캐비티의 구조와 크기에 대해 고찰해 보자.

### 2-1 스파이럴 안테나의 암 패턴

그림 2는 설계된 스파이럴 안테나의 암 패턴이다. 일반적으로 Archimedean 스파이럴 안테나와 log 스파이럴 안테나의 암의 반지름  $r$ 은 각각 식 (1)과 (2)로 표현된다<sup>[2],[13]</sup>.

$$r = r_0 + a\phi \quad (1)$$

$$r = r_0 e^{b(\phi - \phi_0)} \quad (2)$$

여기서  $r_0$ 은 안테나 시작점의 암의 반지름(mm)을 나타낸다. 또한,  $a$ 와  $b$ 는 각 스파이럴 안테나의 증가율( $\text{mm}/\text{radian}$ )이고,  $\phi$ 는 회전각(radian)을 나타낸

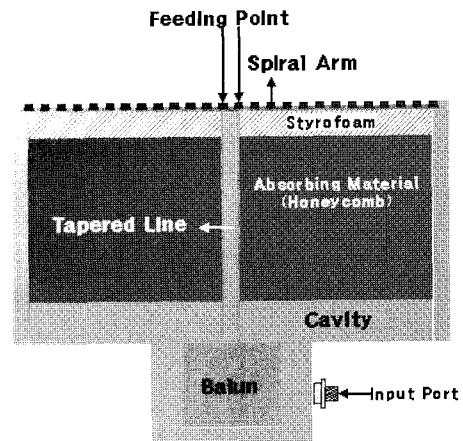


그림 1. 캐비티 백 스파이럴 안테나 구조  
Fig. 1. Cavity-backed spiral antenna structure.

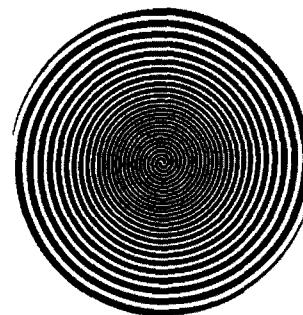


그림 2. 스파이럴 안테나의 암 패턴  
Fig. 2. Arm pattern of spiral antenna.

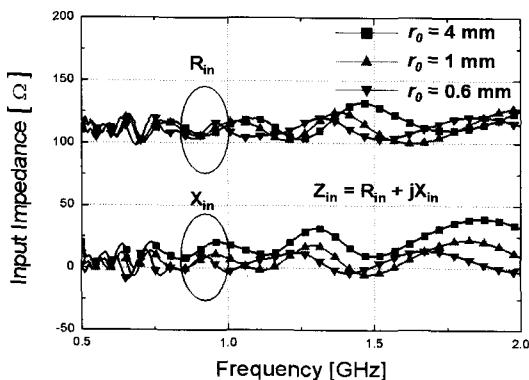
다. 마지막으로  $\phi_0$ 는 안테나 시작점의 각(radian)으로 본 논문에서는 0과  $\pi$ 이다.

그림 2의 안쪽 부분에 구현된 Archimedean 스파이럴의 암 폭을 상용품에 준하여 1 mm로 고정하였고, 이 경우 self-complementary Archimedean 스파이럴의 증가율은 0.64가 된다. 또한 두 종류의 스파이럴 곡선을 불연속 없이 연결하려면 log 스파이럴의 증가율은 0.026이 된다. 스파이럴 안테나 시작점 암의 반지름  $r_0$ 과 안테나의 끝점 암의 반지름  $r_{out}$ 은 각각 식 (3)과 (4)에 의해서 결정된다.

$$r_0 \leq \frac{\lambda_{high}}{2\pi} = \frac{c}{2\pi f_{high}} \quad (3)$$

$$r_{out} \geq \frac{\lambda_{low}}{2\pi} = \frac{c}{2\pi f_{low}} \quad (4)$$

여기서  $\lambda_{high}$ 와  $\lambda_{low}$ 는 각각 안테나 동작 대역의 최

그림 3.  $r_0$ 에 따른 입력 임피던스Fig. 3.  $r_0$  vs. input impedance.

저, 최고 주파수에서의 파장을 나타낸다. 또한,  $c$ 는 자유 공간에서 빛의 속도이고,  $f_{high}$ 와  $f_{low}$ 는 각각 동작 대역에서의 최고 주파수와 최저 주파수를 나타낸다. 본 연구의 설계 주파수 0.5~2 GHz에서 동작하기 위해서는  $r_0 \leq 23.9$  mm,  $r_{out} \geq 95.5$  mm의 값을 가져야 하지만 응용 규격을 고려하여 상용품보다 작은  $r_{out} = 75$  mm로 결정하였다.

안테나 시작점의 반지름  $r_0$ 는 안테나의 입력 임피던스를 고려하여 결정해야 한다. 그림 3은 안테나 시작점  $r_0$ 에 따른 입력 임피던스에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그림에서  $r_0$ 의 값이 작아지면 입력 임피던스가 감소하는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 밸런을 제작하는 기판의 두께를 고려하고 또한 제작시 급전 구조와의 연결을 용이하게 하기 위해서  $r_0 = 1$  mm로 결정하였고, 이 때 안테나의 입력 임피던스는 0.5~2 GHz 대역에서 임피던스 절대값의 평균값으로 간주되는 120 Ω으로 하였다.

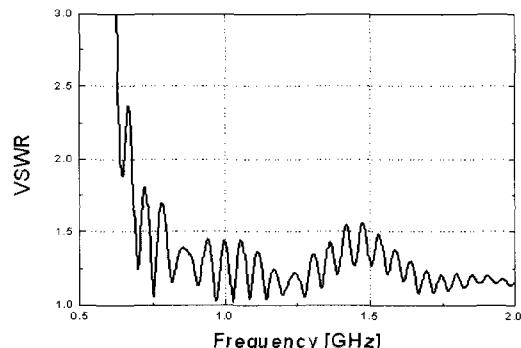
## 2-2 스파이럴 안테나의 백 캐비티

백 캐비티는 뒤쪽 방향의 방사를 막아 안테나 패턴 앞쪽 방향으로만 방사되도록 하기 위해서 사용된다. 그림 1에서 스파이럴 암 패턴은 Taconic사의 Teflon ( $\epsilon_r = 2.1$ ) 기판 위에 에칭(etching)을 통해 제작되었고, 백 캐비티 내부에는 높이가 40 mm가 되도록 20 mm 두께를 갖는 ARC Technology사의 honeycomb 흡수체( $\epsilon_r \approx 1$ ,  $\tan \delta \approx 0.3$ ) 2단을 장착시켰다. 그림 1에 보인 캐비티 백 스파이럴 안테나의 특성을 알아보기 위해 상용 툴인 MWS를 이용하여 시뮬레이션

하였다. 시뮬레이션 시 크기는 같고 위상이 반대인 소스를 인가하였다. 이 때 안테나의 입력 임피던스와 동일하게 전원 임피던스가 120 Ω인 입력 포트를 사용하였다.

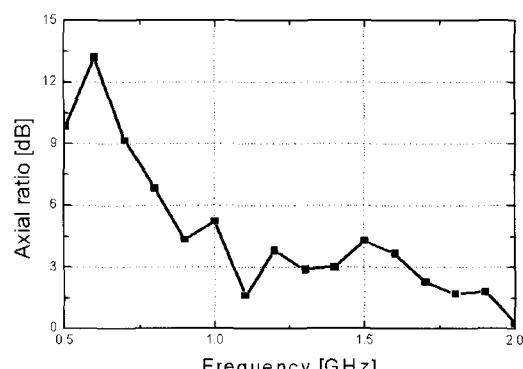
먼저 스파이럴 안테나에 종단 저항을 사용하지 않은 경우에 대해 고찰해 보았다. 그림 4에 2-1절에서 설계된 스파이럴 안테나에 백 캐비티를 연결하여 시뮬레이션한 결과들을 나타내었다.

그림 4(a)를 살펴보면 저주파수 영역인 0.7 GHz 이하에서 VSWR이 매우 큰 값을 갖는 것을 알 수 있다. 이는 0.7 GHz 이하 영역에서는 전류가 충분히 전자파를 방사시키지 못하고 암의 끝에서 반사되어 급전점 방향으로 되돌아오기 때문이고, 이런 현상은  $r_{out} = 75$  mm인 반지름을 갖는 작은 원형 기판에 스



(a) 시뮬레이션된 VSWR

(a) Simulated VSWR



(b) 시뮬레이션된 축비

(b) Simulated axial ratio

그림 4. 시뮬레이션된 캐비티 백 스파이럴 안테나의 VSWR과 축비 특성

Fig. 4. Simulated VSWR and axial ratio of a cavity-backed spiral antenna.

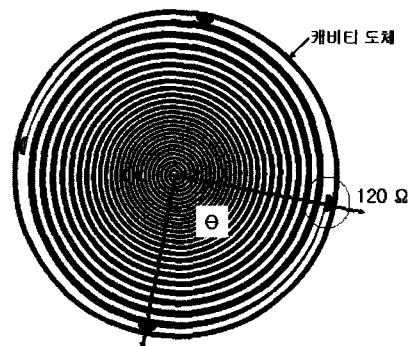


그림 5.  $\theta=0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 에  $120\ \Omega$  저항이 연결된 캐비티 백 스파이럴 안테나

Fig. 5. Cavity-backed spiral antenna with  $120\ \Omega$  resistors at  $\theta=0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ .

파이럴 암 패턴을 구현시켰기 때문에 생기게 된다. 마찬가지로 그림 4(b)는 boresight에서의 축비 특성을 보이고 있으며, 이 역시 낮은 주파수 영역에서는 반사되는 전류로 인해 축비 특성이 안 좋아지게 된다.

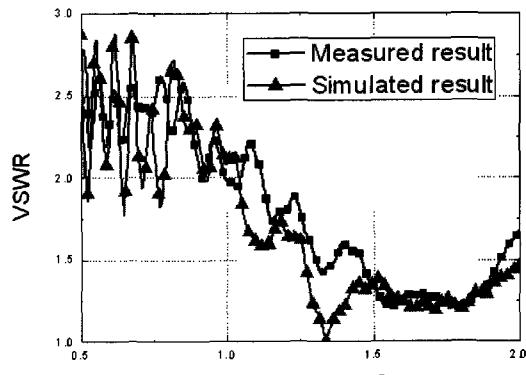
우리가 참고한 상용품의 경우 최외각 스파이럴 암 패턴에  $120\ \Omega$  저항 4개를  $90^\circ$  간격으로 사용하여 저주파수 대역의 VSWR 및 축비 특성을 개선시키는 설계 기법을 사용하였다.

따라서 우리의 경우에도 일단 2-1절에서 설계된 암 패턴에 상용품과 같은 저항 값과 위치에 종단 저항을 연결하여 다시 특성 시뮬레이션을 하였다. 그림 5는 상용품과 동일하게  $120\ \Omega$  저항 네 개를 연결 시킨 캐비티 백 스파이럴 안테나를 보이고 있다. 그림 6에 그림 5의 스파이럴 안테나 측정 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하였다. 그림 6에서 경향이 잘 일치하는 것을 보이며, 저주파에서 VSWR 2.8, 축비 5.5 dB 이하의 값을 갖는다. 이는 상용품의 특성에 크게 미치지 못하는 결과로 본 논문에서 제시된 안테나의 크기 및 설계 파라미터와 상용품의 크기 및 설계 파라미터에서 차이가 존재하기 때문이다.

따라서 다음 장에서 상용품을 참고로 하여 본 논문의 안테나에 적합한 저항 값과 저항 위치를 찾는 시도를 하였다.

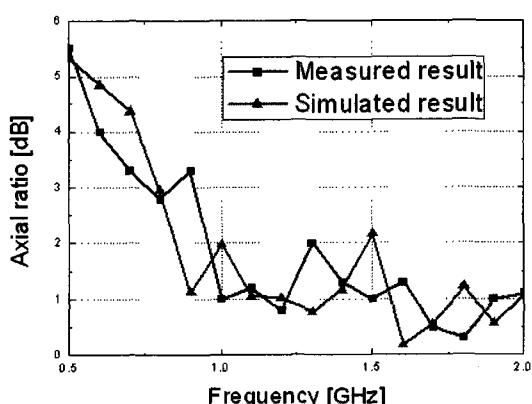
### III. 종단 저항에 의한 안테나 특성 변화

앞에서 언급한 것처럼 본 논문에서 설계된 안테나의 특성을 더욱 향상시키기 위하여 상용품과 다른



(a) 시뮬레이션 및 측정된 VSWR

(a) Simulated and measured VSWRs



(b) 시뮬레이션 및 측정된 축비

(b) Simulated and measured axial ratios

그림 6.  $\theta=0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ 에  $120\ \Omega$  저항이 존재할 때 안테나 특성 비교

Fig. 6. Comparison of antenna characteristic with  $120\ \Omega$  resistors at  $\theta=0^\circ, 90^\circ, 180^\circ, 270^\circ$ .

저항 값과 저항 위치를 고려해야 된다. 먼저, 저항 값에 따라 시뮬레이션된 안테나 특성을 고찰하였고, 다음으로 저항 위치에 따라서 시뮬레이션하여 특성을 고찰하였다.

#### 3-1 종단 저항의 값에 따른 안테나 특성 변화

먼저 두 개의 저항이 그림 7과 같이  $\theta=0^\circ, 180^\circ$ 에 위치하였을 때 저항 값에 따른 축비 특성 변화를 살펴보았다. 저항 값은  $120\ \Omega$ 부터  $280\ \Omega$ 까지 변화시키며 시뮬레이션하여 그림 8에 저항 값에 따른 안테나의 축비 특성을 보였다. 그림 8을 보면 저항 값이 증가할수록 최저 주파수에서의 축비 특성이 향상되

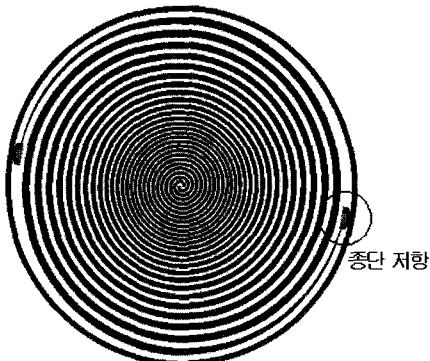


그림 7.  $\theta=0^\circ, 180^\circ$ 에 저항이 존재하는 캐비티백 스파이럴 안테나

Fig. 7. Cavity-backed spiral antenna with resistors at  $\theta=0^\circ, 180^\circ$ .

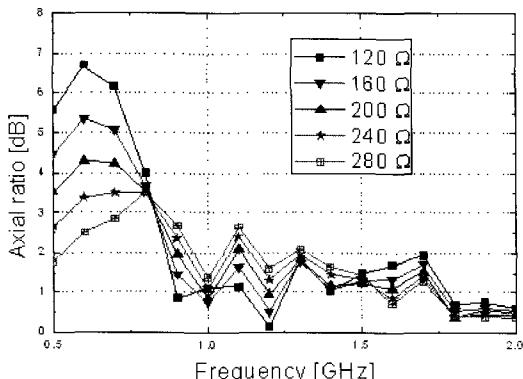


그림 8.  $\theta=0^\circ, 180^\circ$ 에 있는 저항의 값에 따른 안테나 축비 특성 변화

Fig. 8. The variation of antenna axial ratios with respect to the resistor values at  $\theta=0^\circ, 180^\circ$ .

는 것을 보이고 있다. 이는 최저 주파수에서 매칭조선을 만족하여 반사 전류를 제거함으로써 축비 특성이 향상되는 것으로 판단된다. 그러나 280 Ω 이상의 저항을 사용할 경우에 중심 주파수에서 축비 특성이 좋아지지 않기 때문에 본 논문에서는 우선 280 Ω을 선정하였다.

### 3-2 종단 저항 위치에 따른 안테나 특성 변화

종단 저항에 영향을 받는 동작 대역의 낮은 주파수에서 종단 저항의 위치에 따른 안테나 특성 변화를 알아보기 위하여 아래와 같은 작업을 수행하였다. 그림 9와 같이 두 개의 280 Ω 저항을 사용하였고, 그림 10에 주파수 별로  $\theta$ 에 따른 VSWR과 축비

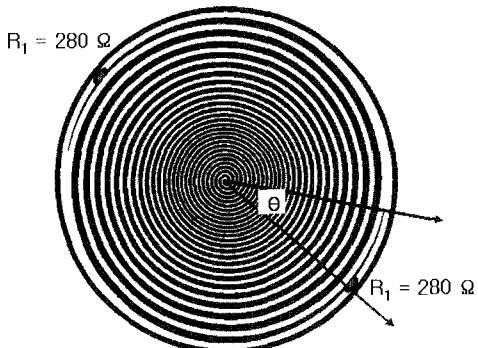


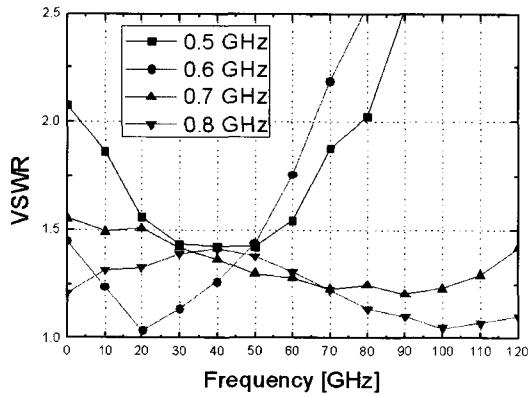
그림 9. 각  $\theta$ 와  $\theta+180^\circ$ 에 280 Ω 저항이 존재하는 캐비티 백 스파이럴 안테나

Fig. 9. Cavity-backed spiral antenna with 280 Ω resistors at  $\theta, \theta+180^\circ$ .

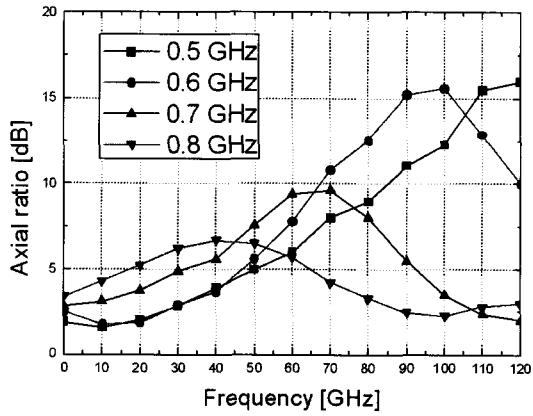
특성 변화를 나타내었다. 그림 10의 결과들을 살펴보면 저항의 위치가 안테나의 끝점에 가까울수록 ( $\theta$ 가 작을수록) 0.5~0.6 GHz의 주파수에서 안테나 특성이 좋은 것을 확인할 수 있다. 반대로 안테나의 끝점에서 멀어질수록 ( $\theta$ 가 클수록) 0.7~0.8 GHz 주파수에서 안테나 특성이 좋아지고, 0.5~0.6 GHz에서는 안테나 특성이 나빠지게 된다. 즉, 저항 위치에 따라 매칭이 되는 주파수가 변화하게 된다.

그림 10의 결과로부터 저항의 위치를  $\theta=20^\circ, 110^\circ, 200^\circ, 290^\circ$ 에 위치시킬 경우에 저주파수 부근에서 안테나 특성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단하였다. 하지만 위의 네 곳에 280 Ω 저항을 연결시키고 안테나 특성 시뮬레이션을 한 결과 많이 개선된 특성을 보이고 있으나, 아직 상용품의 특성에 못 미쳐 시뮬레이션 툴을 사용해 고찰한 결과  $\theta=20^\circ, 200^\circ$ 에 120 Ω 저항을 연결할 때 가장 좋은 안테나 특성을 얻을 수 있었다.

이런 과정을 통해 최종적으로 선택된 저항 값과 저항 위치를 그림 11에 나타내었다. 그림 12와 13은 각각 캐비티 백 스파이럴 안테나에 Marchand 동축형 밸런을 연결시킨 최종 구조에 대한 시뮬레이션 결과이다. 평행 2도체선의 입력단의 특성 임피던스는 Marchand 밸런의 출력 임피던스와 같은 50 Ω이며, 평행 2도체선의 출력단의 특성 임피던스는 안테나의 입력 임피던스와 같은 120 Ω이다. 본 연구에 사용된 Marchand 동축형 밸런은 참고문헌<sup>[4],[14]~[16]</sup>에 따라 설계하였다. 다만 소형화를 위해 설계 중심 주



(a)  $\theta$ 에 따른 시뮬레이션된 VSWR  
(a) VSWR vs.  $\theta$



(b)  $\theta$ 에 따른 시뮬레이션된 축비  
(b) Axial ratio vs.  $\theta$

그림 10.  $\theta$ 에 따른 안테나 특성

Fig. 10. Antenna characteristics versus  $\theta$ .

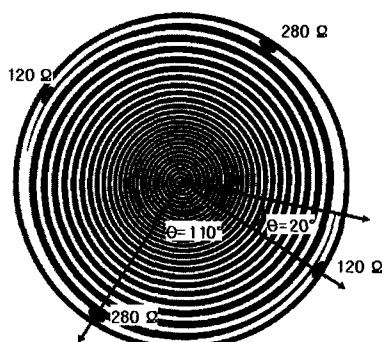


그림 11. 최종 결정된 저항 값과 저항 위치  
Fig. 11. Finally determined resistor values and positions.

파수를 1.25 GHz에서 1.8 GHz로 옮겼고, 이때에도 밸런스의 광대역성 때문에 안테나 특성에 영향을 미치지

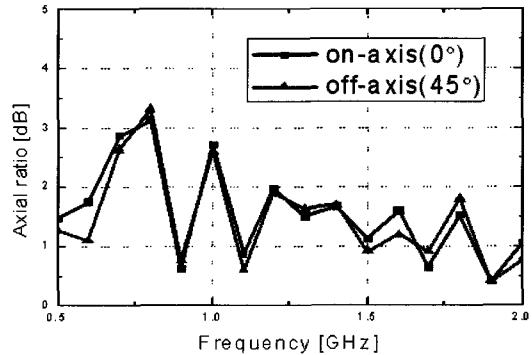


그림 12. 설계된 캐비티 백 스파이럴 안테나의 시뮬레이션된 축비 특성

Fig. 12. Simulated axial ratio of the designed cavity-backed spiral antenna.

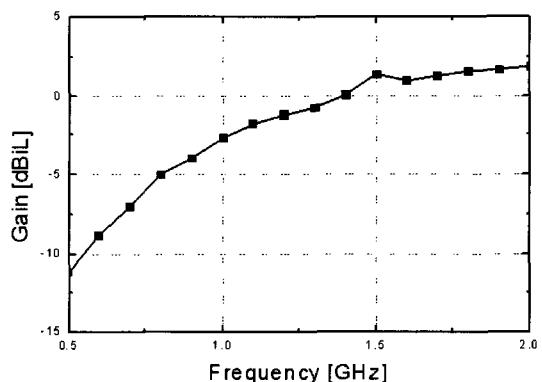


그림 13. 설계된 캐비티 백 스파이럴 안테나의 시뮬레이션된 이득 특성

Fig. 13. Simulated gain of the designed cavity-backed spiral antenna.

않음을 확인하였다. 그림 12는 축비 시뮬레이션 결과로 3.1 dB 이하의 boresight 축비를 갖는 우수한 특성을 보이고 있다. 그림 13은 이득 시뮬레이션 결과로 전 대역에서 최소 -12 dBIL, 최대 2 dBIL의 이득 특성을 보이고 있다.

#### IV. 제작 및 측정

그림 14는 제작된 캐비티 백 스파이럴 안테나의 사진이다. 그림 15에 VSWR 특성의 측정 결과와 시뮬레이션 결과를 비교하였다. 경향이 잘 일치하며, 동작 대역에서 약 2.55 이하의 특성을 갖는 것으로 측정되었다.

그림 16(a)는 측정된 캐비티 백 스파이럴 안테나

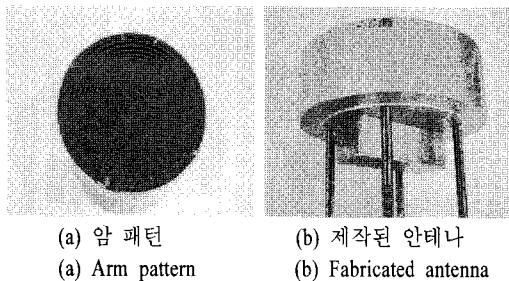


그림 14. 제작된 캐비티 백 스파이럴 안테나  
Fig. 14. Fabricated cavity-backed spiral antenna.

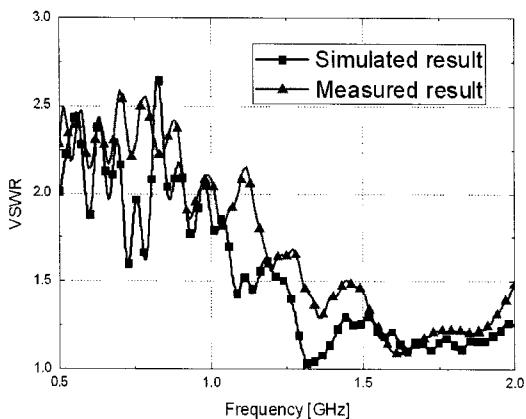


그림 15. 시뮬레이션 및 측정된 VSWR 비교  
Fig. 15. Comparison of simulated and measured VSWRs.

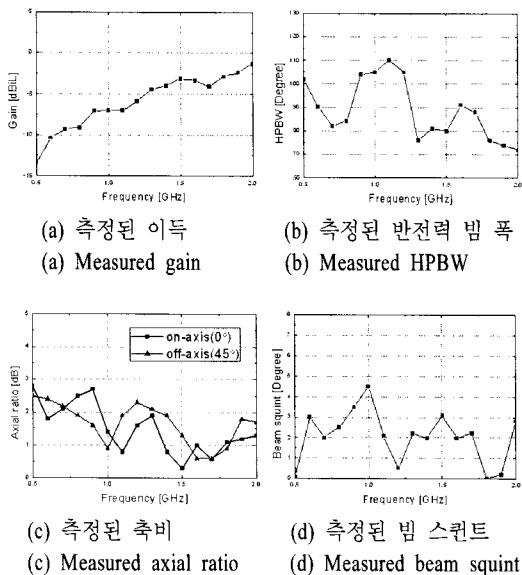


그림 16. 측정된 안테나 특성  
Fig. 16. Measured antenna characteristics.

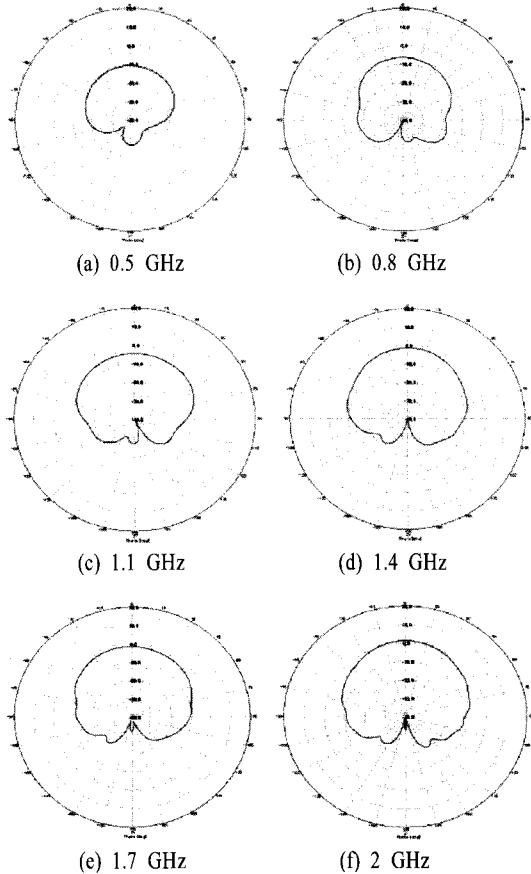


그림 17. 측정된 안테나의 방사 패턴  
Fig. 17. Measured radiation patterns of antenna.

표 1. 제작된 스파이럴 안테나와 상용 안테나 특성 비교

Table 1. Comparison of antenna characteristics of the fabricated spiral antenna and the ASO-1950 antenna.

항목	제작된 안테나	ASO-1950
Dimension (mm)	160×76.3	166.9×79
VSWR	2.55 : 1 Max	2.5 : 1 Max
Gain (dBiL)	Low= -13 Mid= -5.0 High= -1.0	Low= -14 Mid= -3.0 High= 2.0
Nominal HPBW	85°	80°
Axial ratio (dB)	2.7 max @ 0° 2.5 max @ 45°	2.5 max @ 0° 3 max @ 45°
Beam squint	4.5°	5°

의 이득을 보여주고 있으며, 그림 16(b)와 16(c)는 각각 반전력 빔 폭과 축비 특성의 측정 결과를 보이고

있다. 그림 16(a)의 이득 특성은  $-13 \sim -1$  dB $\text{BiL}$ 의 값을 가지며, 그림 13의 시뮬레이션 결과와  $2 \sim 3$  dB $\text{BiL}$  차이가 있다. 이는 도체 및 유전체에 의한 손실 오차로 판단된다. 그림 16(b)의 반전력 빔 폭은 동작 대역에서  $75^\circ$  이상의 우수한 특성을 보인다. 그림 16(c)의 축비 특성을 살펴보면 boresight에서 2.7 dB 이하의 값을 갖고,  $45^\circ$ 에서는 2.5 dB 이하의 값을 갖는다. 마지막으로 그림 16(d)의 빔 스케트 특성을 보면  $4.5^\circ$  미만의 값을 갖는다. 그림 17은 측정된 캐비티 백 스파이럴 안테나의 방사 패턴을 0.5, 0.8, 1.1, 1.4, 1.7 그리고 2 GHz에서 나타내었다.

마지막으로 제작된 안테나와 상용품의 안테나 특성을 표 1에 비교하여 나타내었다. 제작된 안테나의 경우 상용품보다 크기가 작고 대체적으로 동작 대역에서 상용품에 준하는 특성을 보인다.

## V. 결 론

본 연구에서는 0.5~2 GHz 광대역 캐비티 백 스파이럴 안테나의 설계 과정을 기술하였고, 설계된 안테나 특성을 CST사의 MWS를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 상용품보다 소형이면서 상용품 정도의 성능을 얻기 위해 저항 값과 저항 위치에 대한 시뮬레이션 고찰을 통해 최종 설계를 완료하여 설계된 안테나를 제작하여 안테나의 특성을 검증하였으며, 상용 품에 준하는 특성을 얻을 수 있었다. 이 연구를 통해 얻은 설계 기법과 검증된 안테나의 성능은 향후 저주파수 대역용 스파이럴 안테나의 국산화에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

## VI. 사 의

안테나 제작에 수고를 아끼지 않으신 (주)MTG 김동석 사장, 한인희 부장, 이두연 연구원에게 감사의 말씀을 드립니다.

## 참 고 문 헌

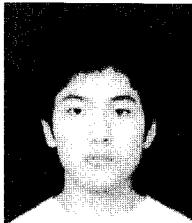
- [1] V. H. Rumsey, "Frequency independent antenna", *IRE National Convention Record*, Pt. 1, pp. 114-118, 1957.
- [2] J. D. Dyson, "The equiangular spiral antenna", *IRE Trans. Antennas Propagat.*, pp. 181-187, Apr. 1959.

- [3] W. L. Curtis, "Spiral antennas", *IRE Trans. Antennas Propagat.*, pp. 298-306, May 1960.
- [4] 조정래, 박진오, 유병석, 정운섭, 정우성, 박동철, "2~18 GHz 광대역 캐비티 백 스파이럴 안테나 설계", *한국전자과학회논문지*, 19(10), pp. 1322-1332, 2008년 12월.
- [5] Song Zhaohui, Liu Meijia, and Ding Zhiyong, "An improved design of microstrip Archimedean spiral antenna", *International Conf. on Microwave and Millimeter Wave Tech.*, pp. 1-4, Apr. 2007.
- [6] Du Yong-Xing, Qin Ling, and Xi Xiao-Li, "The analysis and simulation of microstrip spiral antenna for microwave hyperthermia", *3rd International Conf. on Bioinformatics and Biomedical Engineering*, pp. 1-4, Jun. 2009.
- [7] J. M. Bell, M. F. Iskander, "A low-profile Archimedean spiral antenna using an EBG ground plane", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 3, issue 1, pp. 223-226, Jul. 2004.
- [8] <http://www.baesystems.com>
- [9] <http://www.microwaveeng.com>
- [10] Baixiao Wang, Aixin Chen, "Design of an Archimedean spiral antenna", *8th Int. Symp. on Antennas, Propagation and EM Theory*, pp. 348-351, Nov. 2008.
- [11] C. Fumeaux, D. Baumann, and R. Vahldieck, "Finite-volume time-domain analysis of a cavity-backed Archimedean spiral antenna", *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, vol. 54, issue 3, pp. 844-851, Mar. 2006.
- [12] 김영진, 정진미, 이병남, 김태현, 이규송, 김용훈, "밀리미터파 광대역 Cavity-Backed Spiral 안테나 설계 및 제작", *한국군사과학기술학회 종합학술대회논문지*, 제주, 2009년 8월.
- [13] Richard C. Johnson, *Antenna Engineering Handbook*. McGraw-Hill, pp. 14.6-14.7, 1993.
- [14] J. W. McLaughlin, D. A. Dunn, and R. W. Grow, "A wide-band balun", *IRE Trans. Microwave Theory and Tech.*, vol. 6, pp. 314-316, Jul. 1958.
- [15] Geroge Oltman, "The compensated balun", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, pp. 181-187, Apr. 1959.

*Trans. on Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-14.  
no. 3, pp. 112-119, Mar. 1966.

[16] Brian C. Wadell, *Transmission Line Design Handbook*, Artech House Inc., 1999.

### 전 남 두



2009년 2월: 충남대학교 전자전파  
보통신공학과 (공학사)  
2009년 3월~현재: 충남대학교 전자  
전파정보통신 전파공학 석사과정  
[주 관심분야] 안테나

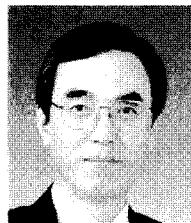
### 신 동 훈



2000년 2월: 경북대학교 전자공학  
과 (공학사)  
2002년 2월: 한국과학기술원 전기전  
자공학과 (공학석사)  
2005년 8월: 한국과학기술원 전기전  
자공학과 (공학박사)  
2007년 11월~현재: 삼성탈레스 전

자전그룹 전문연구원  
[주 관심분야] 전자파 산란해석, 초고주파 시스템, 전자전  
방향 탐지 시스템

### 박 동 철



1974년 2월: 서울대학교 전자공학  
과 (공학사)  
1976년 2월: 한국과학기술원 전기  
전자공학과 (공학석사)  
1984년 12월: Univ. of California, San  
ta Barbara (공학박사)  
1977년~1978년: Ruhr University, Bo  
chum, Germany 방문교수  
1994년~1998년: IEEE MTT Korea Chapter Chairman  
1998년~2001년: IEEE EMC Korea Chapter Chairman  
2000년~2001년: 한국전자파학회 회장  
2005년~2007년: 대덕 Wireless 포럼 회장  
1976년~현재: 충남대학교 전파공학과 교수  
[주 관심분야] Microwave and Millimeterwave Passive Com  
ponents, Antennas, EMI/EMC