

論文2003-40TC-11-10

다양한 복사패턴을 가지는 이중대역용 다기능 마이크로스트립 스파이럴 안테나

(Multi-Functional Microstrip Spiral Antenna : Dual-Band Operation and Multi-Pattern Control)

金明基*, 吳大泳*, 朴益模*

(Myoungki Kim, Daeyoung Oh, and Ikmo Park)

요약

본 논문에서는 위상변위기를 제어하여 스파이럴에 연결되는 급전선의 위상차를 조절함으로써 이중 주파수 대역에서 빔 모양을 선택할 수 있는 다기능 마이크로스트립 스파이럴 안테나를 제안하였다. 이 안테나는 하위 주파수 대역에서 안테나 평면에 수직한 고정빔, 그리고 상위 주파수 대역에서 수직빔, 코니컬빔, 두 가지의 기운빔 등의 4가지의 서로 다른 빔 패턴을 얻을 수 있으며 각 주파수 대역에서 10% 이상의 대역폭을 가진다. 한쪽 방향으로의 복사를 제거하기 위하여 전자파 흡수체를 부착하였으며, 실측을 통하여 위상천이에 따른 빔 패턴을 확인하였다.

Abstract

This paper presents a multi-functional microstrip spiral antenna that operates in dual frequency bands. Several types of beam shape can be selected by controlling the phase difference of two spiral arms with the phase shifters located on each feed line. It has a normal beam at the lower frequency band, and four different patterns at the higher frequency band: normal beam, conical beam and two types of tilted beam. The antenna exhibits more than 10% of bandwidth at each band. The antenna is fabricated with conductor backed electromagnetic absorber in order to attain unidirectional radiation pattern and confirmed the multi-functionality by measurements.

Keywords : Spiral antennas, multi-functional antennas, reconfigurable antennas, phase shifters.

I. 서론

기존의 협대역 단일 모드 특성을 지녔던 안테나는 이

* 正會員, 亞洲大學校 電子工學部

(School of Electrical and Computer Engineering Ajou University)

※ 이 연구는 산업자원부가 주관하는 차세대신기술사업인 차세대 무선통신용 트랜시버시스템 개발의 연구비 지원에 의한 것임

接受日字:2003年1月28日, 수정완료일:2003年9月27日

동 통신의 수요증가와 그에 따른 서비스의 다양화로 인하여 광대역 (broadband), 다중대역 (multi-band) 및 다기능 (multi-function) 등의 보다 개선된 특성이 요구되고 있다. 이에 따라 동일 복사소자 내에서 전류의 흐름을 바꿈으로써 다른 복사특성을 얻을 수 있는 리콘피규러블 안테나 (reconfigurable antenna) 등을 포함하여, 간단한 구조에서 서로 다른 복사패턴이나 편파 및 다중 동작 대역 등을 얻을 수 있는 다기능 안테나 (multi-functional antenna)에 관한 관심 및 연구가 증가

하고 있다^[1-2]. 다기능 안테나는 단일 구조만으로 다중 대역에서 동작이 가능하므로 기존의 협대역 안테나를 여러개 사용할 경우에 발생하는 넓은 면적을 효과적으로 감소시킬 수뿐만 아니라, 제어회로를 사용한 빔모양의 변화 (beam-shaping) 또는 원하는 방향으로의 빔 제어 (beam-steering) 등을 통하여 보다 효율적인 통신을 가능하게 한다^[3-5].

스파이럴 안테나(spiral antenna)는 넓은 주파수 범위에서 복사 패턴, 임피던스, 편파특성 등이 변하지 않는 주파수 독립 (frequency independence) 특성을 나타내며, 소형의 구조로서 광대역 정합특성과 다양한 복사패턴을 얻을 수 있다는 장점이 있어 다기능 안테나에 적합한 복사소자라 할 수 있다^[6, 7]. 그러나 일반적인 스파이럴 안테나는 안테나 중앙으로부터 급전을 해야 하므로 수직으로의 부피가 증가하고 급전 구조가 복잡한 문제를 가지므로, 최근에 이를 개선하기 위한 평면 급전 형태의 스파이럴 안테나가 많이 제안되고 있다^[8-13]. 이 중에서 마이크로스트립 스파이럴 안테나는 별도의 발룬 (balun) 구조를 필요로 하지 않으므로 설계 및 제작이 용이한데^[11-13], 본 논문에서는 이 구조를 사용하여 이중대역에서 동작하며, 또한 그 중의 한쪽 대역에서는 네 가지의 서로 다른 빔모양을 가질 수 있는 다기능 마이크로스트립 스파이럴 안테나를 제안하였다.

본 논문에서는 위상변위기(phase shifter)를 통하여 스파이럴의 바깥쪽에 연결되는 두 개의 급전선의 위상차를 조절함으로써 여러 가지 스파이럴 모드의 빔 패턴을 얻도록 하였다. 일반적으로 N개의 암을 가지는 스파이럴 안테나는 모든 암에 동위상 급전시에 급전선에서 복사가 발생하여 이에 해당되는 복사모드는 사용하지 못하므로 실제로 얻을 수 있는 유용한 복사모드는 (N-1)개로 알려져 있다^[14]. 그러므로 일반적인 양팔 스파이럴 안테나(two-arm spiral antenna)에서는 차모드(difference mode) 패턴을 구현하기가 어렵다. 이에 비하여 양팔 마이크로스트립 스파이럴 안테나는 두 암의 바깥쪽에서 급전이 되므로 급전선에 의한 영향이 없기 때문에 두 가지 기본 복사 모드를 모두 이용할 수 있을 뿐만 아니라 급전위상의 조절에 따라 기운 빔도 얻을 수 있다. 이 안테나는 수직빔, 수평빔 그리고 기운 빔을 선택적으로 복사할 수 있으므로 급격히 변하는 전파환경에서 송수신 효율을 높일 수 있는 장점을 가진다.

II. 안테나 구조

<그림 1>은 제안한 안테나의 구조이다. 접지면에는 반지름 r_0 인 원형 슬롯이 있고 그 반대쪽 면에는 스파이럴 안테나와 두 스파이럴의 바깥쪽 끝 부분에 연결된 위상변위기가 위치한다. 스파이럴 암은 Archimedean spiral의 형태를 취하며 다음과 같은 수식에 의하여 구현된다.

$$r(\varphi) = a\varphi + r_a, \quad (\varphi_i \leq \varphi \leq \varphi_e) \quad (1)$$

여기서 $r(\varphi)$ 는 스파이럴의 중심점에서부터 스파이럴 암(spiral arm)까지의 거리이며 스파이럴의 중심점과 접지면에 위치한 슬롯의 중심점은 동일하다. 두번째 스파이럴은 식 (1)을 사용하여 중심점을 기준으로 180° 회전시켜 얻은 대칭구조이다. 상수 a 는 스파이럴 계수(spiral constant, $dr/d\varphi$)로서 스파이럴의 증가율을 결정하며, 스파이럴의 선폭 w 와 스파이럴이 1회전 하였을 경우의 암 사이의 거리 d 에 의하여 결정된다, $a = (w + d)/2\pi$. 상수 r_a 는 스파이럴의 안쪽 시작점과 중심점사이의 거리이다. 스파이럴 회전각 φ [in radian]는 φ_i 에서 φ_e 까지 변화면서 스파이럴을 구현하게 되는데 φ_i 는 스파이럴의 안쪽 시작위치를 결정하고, φ_e 는 스파이럴의 최외각 암의 종단위치를 결정하는 변수이다. 본 논문에서는 원형슬롯이 위치한 방향으로의 RHCP를 얻기 위하여 φ 값을 x 축으로부터 시계방향으로 회전하면서 증가하는 값으로 결정하였다 ($\varphi \equiv -\phi$). <그림 1(b)>에서와 같이 50Ω 급전선으로부터 전력분배기를 통하여 분리된 두 개의 100Ω 급전선은 위상변위기를 통하여 다양한 위상차를 가지고 두 스파이럴의 끝단에 연결된다. 위상변위기는 두 스파이럴 암에 이르는 전류의 위상을 조절함으로써 다양한 복사모드를 발생시킨다.

제안된 안테나에서 마이크로스트립 구조의 원형 슬롯이 위치한 면을 전면 (front side), 스파이럴이 위치한 면을 후면으로 정의한다. 이 구조는 슬롯을 지나므로 안테나의 전·후면으로 모두 복사가 발생하는데 후방으로의 복사를 제거하기 위하여 안테나 후면에 도전체를 붙인 전자기 흡수체(conductor backed electromagnetic absorber)를 위치시켰다. 그리고 전자기 흡수체와 안테나 사이에 Rohacell 71 폼 ($\epsilon_r = 1.106$, $loss\ tangent =$

0.0016)을 삽입하여 안테나 급전선에서의 접촉손실을 방지하였다.

본 논문에서 안테나 특성을 고찰하기 위한 전자기 해석은 Zeland 사(社)의 IE3D로 하였으며, 설계 및 제작에는 비유전율 $\epsilon_r=2.2$ 이며, 두께 $h=0.508$ mm인 RT Duroid 5880 기판을 사용하였다. 안테나의 구성 변수는 원형 슬롯 반지름 $r_s=11.5$ mm, 50Ω 급전선 선폭 $w_f=1.55$ mm, 100Ω 선로인 스파이럴 선폭 $w=0.45$ mm, 스파이럴 1회전시의 암 사이의 간격 $d=3.4$ mm, 스파이럴 계수 $a=0.61275$ mm/rad, 스파이럴 시작 각 $\phi_i=0$ rad 그리고 스파이럴 종단 각 $\phi_e=17.6$ rad 이다.

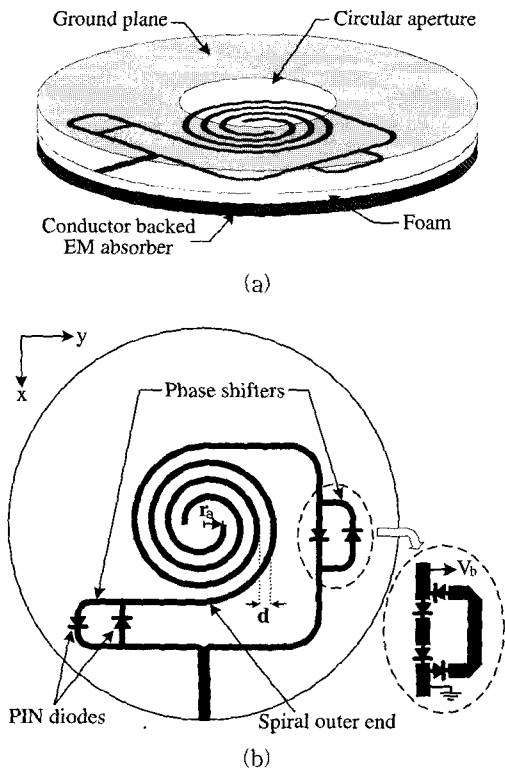


그림 1. 제안된 안테나의 구조도 (a) 전자기 흡수체를 포함한 안테나의 구조도 (b) 스파이럴 안테나 와 위상천이기

Fig. 1. Schematic diagram of the proposed antenna. (a) Perspective view of the antenna with EM absorber. (b) Spiral antenna with phase shifters.

III. 복사원리 및 안테나 특성

1. 스파이럴 안테나 복사원리

스파이럴 안테나는 하나 또는 여러개의 스파이럴로 구성될 수 있는데, 여기에서는 급전부를 고려하지 않은 이상적인 양팔 스파이럴 복사기(ideal two-arm spiral radiator)를 통하여 복사원리를 살펴보도록 하겠다^[4]. 양 팔 스파이럴의 기본 모드(mode 1, sum mode)는 안쪽 중심부에서 두 암에 역위상 (180° out of phase) 급전을 하는 것인데, 전류가 진행을 하면서 그 주파수에 대하여 스파이럴 원주가 1파장(1λ)이 되는 곳에서 인근 암의 전류와 동위상이 되는 복사 조건을 만족하게 되며 안테나 평면에 수직인 방향을 향하는 원형 편파의 빔을 형성한다. 이와 같이 스파이럴 암 상에서 실제 특정 주파수에 대하여 복사가 발생하는 영역을 복사 영역(radiating region or active region)이라 부른다. 두 번째 복사모드(mode 2, difference mode)는 급전부에 동위상(in phase) 급전을 할 경우이며, 급전단에서 동위상이었던 전류가 인근 암의 전류와 다시 동위상이 되기 위해서는 스파이럴의 원주가 2파장(2λ)이 되는 영역에 이르러야 한다. 즉, 두 번째 모드의 복사 영역은 첫 번째 모드의 경우에 비하여 바깥쪽 스파이럴 암에 위치하게 되며 전방향성 코니컬 형태의 빔이 발생한다.

본 논문의 경우는 일반적인 스파이럴과 반대로 스파이럴의 최외각 종단부에서 급전이 되지만, 스파이럴의 기본적인 복사원리는 모두 적용된다. 즉 최외각 스파이럴의 원주가 1파장 되는 주파수에서부터 첫 번째 복사모드가 발생하기 시작하며, 주파수가 증가함에 따라 복사영역이 안쪽으로 이동한다. 그리고 최외각 스파이럴의 원주가 2파장이 되는 주파수에서는 두 번째 복사모드가 시작된다. 그러나 스파이럴의 안쪽으로부터 급전하는 방법과 달리 바깥쪽으로부터 급전하는 방법은 밴드 이론(band theory)에 의하여 대역폭이 최대 3:1로 제약된다고 알려져 있다^[10].

2. 다기능 마이크로스트립 스파이럴 안테나

제안한 안테나는 슬롯구조이므로 양방향 복사가 일어난다. 실제 제작시에는 전자기 흡수체를 사용하여 후방복사를 제거할 것이므로, 시뮬레이션에서는 원형슬롯이 위치한 전면으로의 주빔만을 고려하여 특성을 살펴 보았다. 원형슬롯의 반지름 11.5 mm에 대하여 최적화

된 구조는 5.25 GHz 대역에서 첫 번째 복사모드를, 10.5 GHz에서 두 번째 복사모드를 갖도록 설계하였다.

표 1. 두 스파이럴에 이르는 위상차에 의한 빔 특성

Table 1. Beam characteristics for 4 difference cases of the phase shift.

Characteristics Phase Shifter	@ 5.25 GHz		@ 10.5 GHz	
	Phase Difference	Beam Pattern	Phase Difference	Beam Pattern
Case 1	180 °	Normal	360 °	Conical
Case 2	-	-	180 °	Normal
Case 3	-	-	(+) 90 °	Tilted for ϕ_{max}
Case 4	-	-	(-) 90 °	Tilted for $(\phi_{max} + 180^\circ)$

위상변위기는 HPND 4028 PIN 다이오드 두개를 선로에 직렬로 연결하여 series diode switched line type으로 제작하였으며^[15], 스파이럴에 이르는 선로마다 두 가지의 위상을 인가할 수 있으므로 총 4가지의 위상 조합이 가능하다. <표 1>에 위상천이기를 통하여 인가할 수 있는 각각의 위상조합과 그에 따라 예상할 수 있는 빔 특성을 나타내었다. 경우 1(case 1)은 두 스파이럴에 이르는 급전선의 위상차가 5.25 GHz에 대하여 역위상 조건이므로 안테나 평면에 수직인 방향을 향하는 빔을 가지게 되며, 그 두배의 주파수(10.5 GHz)에서는 동위상(360° phase difference)으로 인가되므로 코니컬 형태의 전방향성 빔이 형성된다. 경우 2(case 2)는 10.5 GHz에 대하여 역위상 조건을 인가하는 것으로, 10.5 GHz에서 안테나 평면에 수직인 방향을 향하는 빔을 나타낸다. 경우 2를 포함한 이후의 경우에서는 5.25 GHz에서의 빔 특성은 고려하지 않는다. 경우 3(case 3)과 경우 4(case 4)는 한쪽 급전선의 위상이 90° 앞서거나 늦은 경우로서, 이때에는 각각 특정 수평방향(ϕ_{max})과 그 반대방향($\phi_{max} + 180^\circ$)으로 수직에서 약 30° 정도 기울어진 빔을 복사한다. 그러므로 위상천이 조작에 의하여 5.25 GHz에서의 수직 빔과 10.5 GHz에서 앞서 언급한 4가지의 서로 다른 복사 패턴을 선택적으로 얻을 수 있으며, <그림 2>에 4가지 위상천이 조작에 따른 복사패턴을 도시하였다.

<그림 2>에서와 같이 빔 패턴이 급전위상에 따라 변화하는 원리를 살펴보기 위하여 <그림 3>에 각각의 위상차로 급전되어질 경우 스파이럴 암 상에서의 계산된

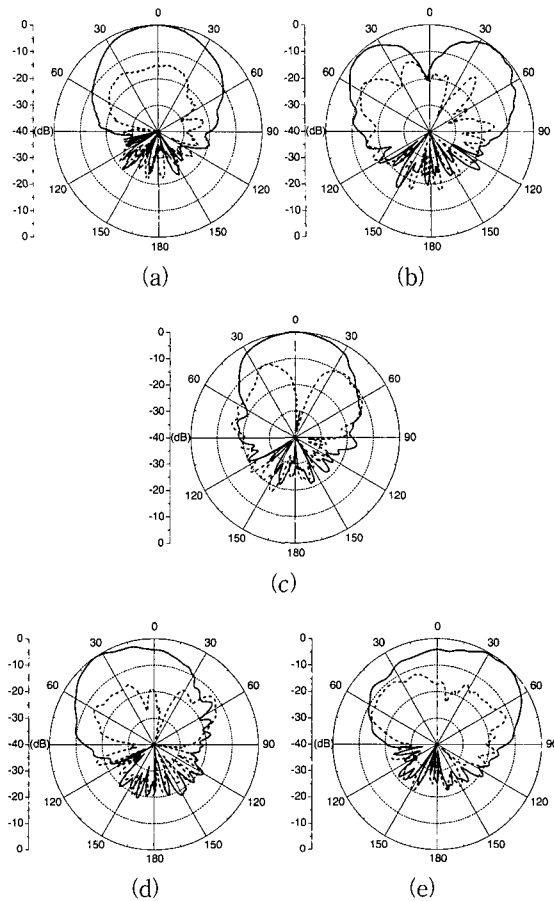


그림 2. 두 스파이럴에 급전되는 위상천이에 따른 복사 패턴($\phi = 70^\circ$ 단면).

— RHCP, - - - LHCP. (a) Case 1 (5.25 GHz). (b) Case 1 (10.5 GHz). (c) Case 2 (10.5 GHz). (d) Case 3 (10.5 GHz). (e) Case 4 (10.5 GHz).

Fig. 2. Radiation patterns for 4 different cases of the phase shift ($\phi = 70^\circ$ cut).

— RHCP, - - - LHCP. (a) Case 1 (5.25 GHz). (b) Case 1 (10.5 GHz). (c) Case 2 (10.5 GHz). (d) Case 3 (10.5 GHz). (e) Case 4 (10.5 GHz).

진류 분포를 비교하였다. 스파이럴 안테나는 진행파(traveling wave) 안테나이므로 복사영역에서 전류가 점진적으로 감소하게 된다. <그림 3>의 x축은 스파이럴의 바깥쪽 종단부로부터 스파이럴 암의 안쪽으로의 길이를 나타내는데, 축상의 0점을 기점으로 좌측은 첫 번째 스파이럴 암이고 우측은 대칭 회전된 두 번째 스파이럴 암을 의미한다. 임의의 ϕ_1 로부터 ϕ_2 까지 감긴 스파이럴 암의 길이는 다음의 식 (2)로부터 구할 수 있다.

식 (2)에서의 변수는 식 (1)에서 사용한 변수와 동일하며, 이를 통하여 구한 스파이럴 암의 총 길이는 약 108 mm였다.

$$\begin{aligned}
 I_{\varphi_c, \varphi_s} &= \int_{r_i}^{r_o} \left[1 + \left(\frac{r}{a} \right)^2 \right]^{1/2} dr \\
 &= a \int_{\varphi_i}^{\varphi_o} \left[1 + \left(\frac{a\varphi + r_a}{a} \right)^2 \right]^{1/2} d\varphi \\
 &= \frac{a}{2} \left\{ \left(\frac{a\varphi + r_a}{a} \right) \left[1 + \left(\frac{a\varphi + r_a}{a} \right)^2 \right]^{1/2} \right. \\
 &\quad \left. + \sinh^{-1} \left[\frac{a\varphi + r_a}{a} \right] \right\}_{\varphi_i}^{\varphi_o} \quad (2)
 \end{aligned}$$

<그림 3(a)>는 5.25 GHz에 대하여 역위상 급전된 경우 1의 전류분포이다. 두 스파이럴의 바깥쪽 급전부에서부터 전류가 감소하기 시작함을 알 수 있다. 그러므로 스파이럴의 최외각 1회전 부분이 복사영역이고, 이 영역이 5.25 GHz에 대하여 약 1파장이 되므로 안테나 평면에 수직인 방향을 향하는 빔이 형성될 것임을 알 수 있다. 또한, 두 스파이럴 암이 동일한 전류분포를 가지므로 대칭적인 복사패턴이 형성될 것이 예측된다. <그림 3(b)>는 경우 1의 10.5 GHz에서의 전류분포이다. 전류가 급전부에서부터 감소하므로 <그림 3(a)>와 같이 복사영역이 스파이럴의 바깥쪽 1회전 영역임을 알 수 있다. 그러나 이 영역은 10.5 GHz에 대하여 원주의 길이가 2파장이 되므로 두 번째 복사모드(mode 2)인 코니컬 빔이 형성되며, 두 스파이럴 암의 동일한 전류분포로부터 전방향성의 대칭적인 빔이 형성된다. <그림 3(c)>는 역위상으로 급전된 경우 2의 10.5 GHz에서의 전류분포이다. 이 경우에는 70 mm 이후의 암 영역에서 전류가 일정하게 감소하기 시작하므로 실제 복사 영역이 스파이럴 안쪽으로 이동하였음을 확인 할 수 있다. 이것은 역위상 급전하였으므로 스파이럴의 첫 번째 모드(mode 1)로서 동작해야 하는데, 스파이럴 원주의 길이가 1 파장이 되는 영역이 제안된 안테나에서 안쪽에 존재하기 때문이다. <그림 3(d)>는 경우 3의 전류분포로서 두 급전선의 위상이 90° 차이를 가질 때이며, 물리적으로는 스파이럴 암 1이 $\lambda_g/4$ 만큼 길다. 스파이럴 암 1의 전류분포는 코니컬 빔을 형성하는 <그림 3(b)>와 유사하고, 스파이럴 암 2에서는 수직빔을 형성하는 <그림 3(c)>의 형태와 유사한 전류분포를 나타낸다. 이 경우에 복사영역은 첫 번째 복사모드와 두 번째 복사모드의 복사영역 사이에 존재하게 된다. 인근 암의 전류가 동위상

이 될 경우에는 복사가 발생하고 역위상이 될 경우에는 복사가 상쇄되는데, 복사 영역 상에서 비대칭적인 전류의 분포로 인해 특정방향(ϕ_{max})으로 기운 빔이 형성된다. <그림 3(e)>는 <그림 3(d)>와 동일한 복사원리를 가지는 경우 4의 전류분포로서 스파이럴 암 2가 $\lambda_g/4$ 만큼 길게 되므로 빔이 <그림 3(d)>의 경우와 반대방향($\phi_{max} + 180^\circ$)으로 기우는 차이만을 가진다. 이와 같이 다중 스파이럴 안테나(multi-arm spiral antenna)에서의 빔의 형태는 진행파 겹 루프 (nested traveling wave loops) 상의 위상관계로써 간단히 설명될 수 있다^[16]. 지금까지 살펴본 결과로부터 제안된 스파이럴 안테나는 급전위상에 따라서 복사영역이 서로 다른 곳에 위치하며, 비대칭적인 전류 분포에 의하여 기운 빔이 형성된다는 사실을 확인하였다. 복사영역의 다음 구간에서는 반사파가 적게 나타나므로 측비가 낮을 것을 예상할 수 있다.

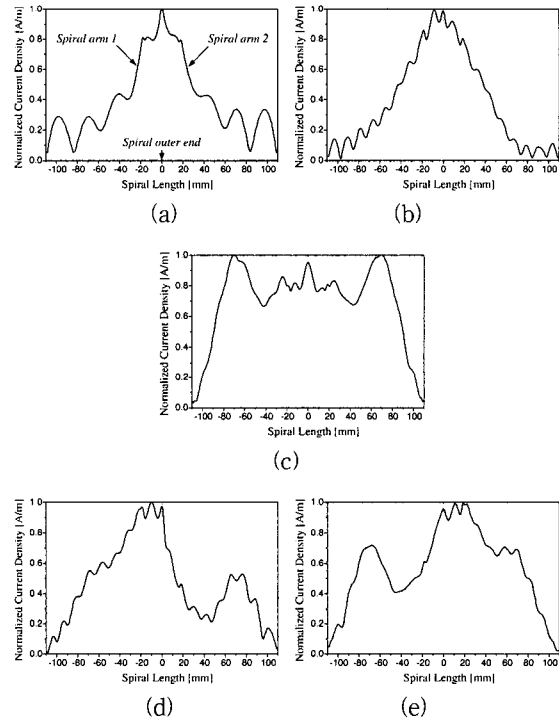


그림 3. 계산된 전류분포. (a) Case 1 (5.25 GHz). (b) Case 1 (10.5 GHz). (c) Case 2 (10.5 GHz). (d) Case 3 (10.5 GHz). (e) Case 4 (10.5 GHz)
 Fig. 3. Computed current distribution on spiral arm. (a) Case 1 (5.25 GHz). (b) Case 1 (10.5 GHz). (c) Case 2 (10.5 GHz). (d) Case 3 (10.5 GHz). (e) Case 4 (10.5 GHz).

<그림 4>에 1.6 V의 직류 바이어스를 인가하여 위상 천이기를 동작시켜 측정된 안테나의 전압 정재파비를 나타내었다. 경우 1에서는 4.43 GHz~5.95 GHz 구간(수직빔 구간)과 9.9 GHz~11.7 GHz 구간(코니컬빔 구간)의 두 구간에서 VSWR 2 이하의 정합특성을 가지며, 나머지 경우에서도 공통적으로 10.17 GHz~11.4 GHz의 영역에서 양호한 정합특성을 나타내었다. 시뮬레이션에서는 10 GHz~11 GHz 구간이 동작대역으로 예상되었으나 상위 주파수 범위로 다소 천이된 특성을 얻을 수 있었다.

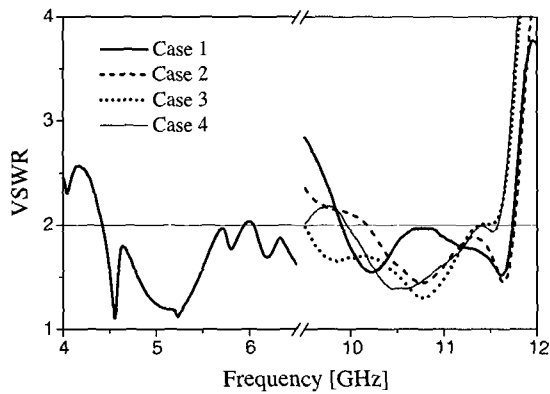


그림 4. 두 스파이럴에 급전되는 위상천이에 따른 전압 정재파비
Fig. 4. VSWR for 4 different cases of the phase shift.

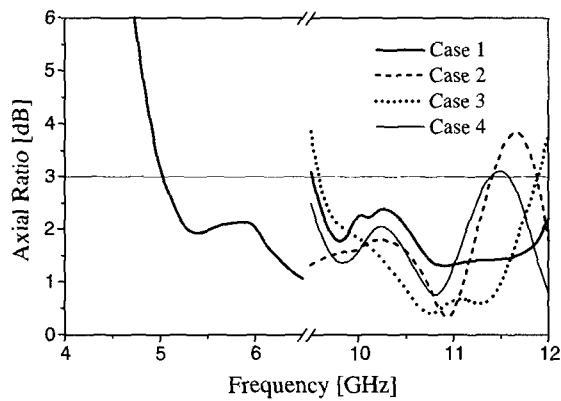


그림 5. 두 스파이럴에 급전되는 위상천이에 따른 축비 특성
Fig. 5. Gain characteristic for 4 different cases of the phase shift.

<그림 5>에 각 경우에 대한 최대 복사방향으로의 계산된 축비를 나타내었다. 경우 1에서는 5 GHz 이후의

첫 번째 복사모드 영역과 9.5 GHz 이후의 두 번째 복사 모드 영역에서 3 dB 이하의 축비를 나타내었다. 이 때 10 GHz 대역에서는 코니컬 빔이 형성되므로 최대복사 방향인 $\theta=40^\circ$ 의 수평 전 방향에 대한 평균값을 취하였다. 나머지 경우에서도 공통적으로 10.5 GHz 영역에서 3 dB 이하의 축비를 나타내었다. 실제 측정 시에는 유한접지면의 영향과 전자파 흡수체로부터의 반사로 인하여 특정주파수에서 축비가 다소 높아지기는 하였으나 대체로 양호한 특성을 얻을 수 있었으며, <그림 2>의 측정된 복사패턴으로부터 이를 확인 할 수 있다.

<그림 6>에 각 경우에 대한 최대 복사방향으로의 계산된 원형편파 이득(circular polarization gain)을 나타내었다. 경우 1에서는 첫 번째 모드의 5.25 GHz 영역에서 최대 4 dBi, 평균 3 dBi 이상의 이득을 가진다. 측정 시에는 4.3 dBi의 최대이득을 얻을 수 있었다. 또한 경우 1의 10.5 GHz 영역에서는 코니컬 빔이 형성되어 수평 전 방향으로 전력이 분산되기 때문에 최대 복사방향인 $\theta=40^\circ$ 방향으로 평균 1 dBi의 이득을 갖게 된다. 그러나 실제 측정 시에는 고주파 영역에서의 다이오드 및 커패시터의 손실로 인하여 예상치보다 약 2 dB 낮은 -1 dBi의 평균이득을 얻을 수 있었다. 나머지 경우에서도 <그림 6>에서와 같이 공통적으로 10.5 GHz 영역에서 평균 3 dBi의 이득을 나타내리라 예상되었지만 측정 시에는 소자의 고주파 손실로 인하여^[17], 예상치보다 2 ~ 3 dB 낮은 -0.1 ~ 0.4 dBi의 이득을 얻을 수 있었다. 이러한 문제는 보다 향상된 성능의 스위칭 소자를 사용하거나 MEMS 스위치를 사용함으로써 개선될 수 있을 것이다.

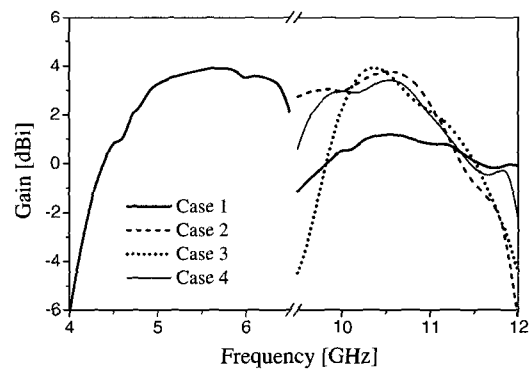


그림 6. 두 스파이럴에 급전되는 위상천이에 따른 이득 특성
Fig. 6. Axial ratio for 4 different cases of the phase shift.

IV. 결 론

본 논문에서는 양팔 마이크로스트립 스파이럴 안테나를 이용하여 고정빔을 가지는 5.25 GHz 대역과 빔 제어가 가능한 10.5 GHz 대역의 두 주파수 대역에서 동작하는 다기능 마이크로스트립 스파이럴 안테나를 제안하였다. 위상천이에 따라 발생하는 여러 모드에 대한 전류분포를 고찰하여 복사 특성이 변하는 원리를 확인하였다. 동위상과 역위상 급전시에는 두 스파이럴 암에 대칭적인 전류가 분포되어 안테나 축에 대칭적인 복사패턴이 형성되었고, 그 외의 경우에는 두 스파이럴 암의 비대칭적 전류분포로 인하여 빔이 기울게 되었다. 동위상 급전시에는 최외각 스파이럴 암 영역이 복사영역이 되며, 역위상 급전시에는 복사영역이 보다 안쪽 스파이럴 암 영역으로 이동함을 확인하였다.

설계된 안테나는 5.25 GHz 대역과 10.5 GHz의 두 대역에서 약 10% 이상의 임피던스 대역폭을 가지며, 지향성 빔의 경우 약 3 dBi, 무지향성 빔의 경우 약 1 dBi의 이득을 갖는 것으로 계산되었다. 실측을 통하여 빔의 제어를 확인하고 계산의 타당성을 입증하였다. 5.25 GHz 대역에서는 계산치와 유사한 이득을 얻을 수 있었으나, 10.5 GHz 영역에서는 스위칭 소자의 손실로 인하여 2~3 dB 낮은 이득을 얻었는데, 이는 향상된 성능의 스위칭 소자를 사용하거나 MEMS 스위치의 사용으로 개선될 수 있을 것이다. 이 안테나는 단일 안테나로서 이중 대역에서 사용가능하며, 급격히 변하는 전파 환경에서 지향성을 조정함으로써 송수신 효율을 높일 수 있는 다기능 안테나로 사용가능할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] J. Chiao, Y. Fu, I. Chio, M. DeLisio, and L. Lin, "MEMS reconfigurable vee antenna," in IEEE MTT-S Int. Symp. Digest, vol. 4, June 1999, pp. 1515-1518.
- [2] Special Session on Reconfigurable Aperture Antennas, in IEEE AP-S Int. Symp. Digest, vol. 1, July 2000, pp. 310-330.
- [3] J. Wang, R. Fralich, C. Wu and J. Litva, "Multifunctional aperture coupled stacked antenna," in IEEE AP-S Int. Symp. Digest, vol. 2, June 1991, pp. 24-28.
- [4] S. Lindemneiner, J. F. Luy, and P. Russer, "A multifunctional antenna for terrestrial and satellite radio applications," in IEEE MTT-S Int. Symp. Digest, vol. 1, May 2001, pp. 393-396.
- [5] D. S. Filipović and J. L. Volakis, "Design of a multi-functional slot aperture (combo-antenna) for automotive applications" in IEEE AP-S Int. Symp. Digest, vol. 2, June 2002, pp. 428-431.
- [6] T. E. Morgan, "Spiral antennas for ESM," IEE Proc. Part H, vol. 132, no. 4, pp. 245-251, July 1985.
- [7] J. A. Kaiser, "The archimedean two-wire spiral antenna," IRE Trans. Antennas Propagat., vol. 8, pp. 312-323, May 1960.
- [8] M. W. Nurnberger and J. L. Volakis, "A new planar feed for slot spiral antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 44, no. 1, pp. 130-131, Jan. 1996.
- [9] R. R. Ramirez and N. G. Alexopoulos, "Single feed proximity coupled circularly polarized microstrip monofilar archimedean spiral antenna array," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 47, no. 2, pp. 406-407, Feb. 1999.
- [10] E. Gschwendtner, D. Loffler, and W. Wiesbeck "Spiral antenna with external feeding for planar application," in Proc. IEEE 5th Africon Conf. vol. 2, Sept. 1999, pp. 1011-1014.
- [11] M. Kim, D. Oh, I. Park, and J. T. Bernhard, "One-arm microstrip spiral antenna with a circular aperture on the ground plane," in IEEE AP-S Int. Symp. Digest, June 2002, pp. 830-833.
- [12] 오대영, 김명기, 박익모, "코니컬빔을 가지는 접지면에 원형슬롯이 있는 양팔 마이크로스트립 스파이럴 안테나," 한국전자과학회 논문지, 13(9), pp. 851-857, 2002년 10월
- [13] D. Y. Oh, M. Kim, and I. Park, "Two-arm microstrip spiral antenna with a circular aperture on the ground plane," Microwave Opt. Tech. Lett., vol. 35, pp. 453-455, Dec. 2002.
- [14] R. G. Corzine and J. A. Mosko, Four-Arm Spiral Antennas, Artech House, 1990.

- [15] S. K. Koul and B. Bhat, Microwave and Millimeter Wave Phase Shifters, Artech House, 1991.
- [16] R. T. Gloutak and N. G. Alexopoulos, "Two-arm eccentric spiral antenna," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. 45, no. 4, pp. 723-730, Apr. 1999.
- [17] Beam lead PIN diodes for phased arrays and switches, Agilent Technology data sheet, Nov. 1999.

 저 자 소 개



金明基(正會員)

1999년 2월 : 아주대학교 전자공학부(공학사). 2001년 2월 : 아주대학교 전자공학과(공학석사). 2001년 3월~현재 : 아주대학교 전자공학과 박사과정. <주관심분야 : 안테나 설계 및 해석, EMI/EMC>



朴益模(正會員)

1984년 : 뉴욕주립대학교 전기전자공학과(공학사). 1989년 : 일리노이대학교 전기전자공학과(공학석사). 1994년 : 일리노이대학교 전기전자공학과(공학박사). 1994년~1996년 : LG전자기술원 선임연구원. 1996년~현재 : 아주대학교 전자공학부 부교수. <주관심분야 : 초고주파 수동소자 (안테나 포함)설계 및 해석, EMI/EMC, 수치해석>



吳大泳(正會員)

2001년 2월 : 아주대학교 전자공학부(공학사). 2003년 2월 : 아주대학교 전자공학과(공학석사). <주관심분야 : 안테나 설계 및 해석, 수치해석>