

다중의 단락핀을 가지는 전자기적 결합 급전 소형 광대역 모노폴 안테나의 특성 연구

Characteristics of Electromagnetically Coupled Small Broadband Monopole Antenna with Multiple Shorting Pins

정종호 · 문영민* · 추호성** · 박익모

Jong-Ho Jung · Youngmin Moon* · Hosung Choo** · Ikmo Park

요 약

본 논문에서는 전자기적 결합 급전 소형 광대역 디스크-로디드 모노폴 안테나의 사각 디스크에 연결된 단락핀의 수와 배열 간격 등의 변화에 따른 안테나 특성을 연구하고 각각의 단락핀 수에 따른 최적화된 안테나를 설계하였다. 전자기적 결합 급전 소형 모노폴 안테나는 각각 모노폴로 동작하는 단락된 사각 디스크의 공진과 사각 스파이럴 스트립 급전 선로의 공진이 전자기적으로 결합하여 넓은 대역폭을 가지게 된다. 안테나에서 사각 디스크의 단락핀의 수와 배열 간격은 디스크의 캐패시턴스에 영향을 주게 되어 공진주파수는 1.90 GHz에서 2.556 GHz까지 이동하며 이에 따라서 안테나의 전기적 크기와 대역폭에도 영향을 미치게 된다. 사각 디스크에 단락핀이 3개 연결되었을 때 안테나는 2.556 GHz의 중심 주파수에서 전기적 부피가 $0.094 \lambda_o \times 0.094 \lambda_o \times 0.094 \lambda_o$ 이하로써 소형의 크기를 가지며 26.8 %의 넓은 대역폭을 가진다.

Abstract

This paper presents the characteristics of the electromagnetically coupled small broadband disk-loaded monopole antenna with multiple shorting pins. The electromagnetically coupled monopole antenna can achieve broad bandwidth by controlling resonant frequency of the rectangular disk-loaded monopole and a probe with the spiral strip line monopole. The number and arrangement of the shorting pin affect the capacitance of the disk. The variation of the capacitance changes resonant frequency of the antenna, and therefore, its electrical sizes and frequency bandwidth are also affected. The antenna with three shorting pins has a volume of $0.094 \lambda_o \times 0.094 \lambda_o \times 0.094 \lambda_o$ in electrical length and the frequency bandwidth of 26.8 % for $VSWR \leq 2$ with the center frequency at 2.556 GHz.

Key words : Electromagnetically Coupled Antenna, Electrically Small Antenna, Monopole Antenna, Multiple Shorting Pins

I. 서 론

현재의 이동 통신에 사용되고 있는 단말기들은 점점 소형화 되고 있으며 고속 데이터 통신과 광대역 멀티미디어 서비스 등을 제공하는 W-CDMA 등

의 상용화에 따라 단말기에 사용되는 안테나 역시 소형의 크기와 더불어 광대역의 특성을 필요로 한다. 현재 대부분의 단말기에는 헬리컬(helical)이나 휘프(whip) 형태의 모노폴 등과 같은 외장형 안테나를 사용하고 있는데^{[1],[2]}, 단말기 외부에 장착되므로 외관

아주대학교 전자공학부(School of Electrical and Computer Engineering, Ajou University)

*삼성종합기술원(Samsung Advanced Institute of Technology)

**홍익대학교 전기전자공학부(School of Electronic and Electrical Engineering, Hongik University)

· 논문 번호 : 20040924-126

· 수정완료일자 : 2004년 11월 30일

상 보기가 나쁘고 충격에 쉽게 파손될 수 있으며, 단말기의 전체 크기를 증가시키는 단점이 있다. 이러한 외장형 안테나의 문제점을 해결하기 위해 단락 마이크로스트립 안테나(short-circuit microstrip antenna)와 PIFA(Planar Inverted F Antenna) 안테나 등의 내장형 소형 안테나에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다^{[2]~[4]}. 그러나 내장형 소형 안테나들은 좁은 대역폭과 낮은 이득을 가지므로 단말기에 적용하기에는 어려움이 있다. 내장형 소형 안테나의 협대역 특성을 개선하여 광대역을 이루기 위해 여러 가지 방법이 제시되었는데 그 중에서 단락된 패치 안테나 위에 기생 패치를 올림으로써 기생 패치에 의한 공진을 추가하여 대역폭을 넓히는 방법은 가장 널리 알려져 있다^[5]. 또한 단락된 패치를 L-형태의 프로브나 스트립 선로를 이용하여 급전한 구조와 단락된 패치에 U-형태 슬롯 또는 L-형태 슬릿을 형성한 구조들 역시 광대역 특성을 가진다^{[6]~[8]}. 그러나 이들 구조들은 단락된 패치의 공진과 U-형태 슬롯과 L-형태 슬릿에서 형성되는 공진을 결합함으로써 넓은 대역폭을 이룰 수는 있지만, 안테나의 크기를 감소시키는 것에는 한계가 있다.

소형 안테나의 또 다른 형태로써 연구되고 있는 구조로는 디스크-로디드 모노폴(disk-loaded monopole) 안테나가 있다. 디스크-로디드 모노폴 안테나는 캐패시턴스 성분을 가지는 디스크에 의해 공진주파수를 낮출 수 있으므로 안테나의 크기를 감소시킬 수 있으며, 디스크에 수직한 급전면과 단락면을 평행하게 배열하여 연결함으로써 대역폭을 확장시킬 수 있다^{[9],[10]}. 그러나 이러한 구조는 안테나의 높이를 0.1λ 이하로 감소시킬 수 있으나 대역폭은 10% 이상의 대역폭을 만족하기는 어렵다. 최근에는 캐패시턴스 성분의 단락된 디스크와 인덕턴스 성분을 가지는 프로브 급전된 스파이럴 스트립 선로를 전자기적으로 결합함으로써 기존의 안테나보다 소형의 크기를 가지며 광대역 특성을 만족하는 안테나도 제안되었다^[11]. 본 논문에서는 광대역 특성을 가지는 전자기적 결합 급전 디스크-로디드 모노폴 안테나에서 사각 디스크에 연결된 단락핀의 수와 배열 간격의 변화에 따른 안테나의 특성을 연구하였고, 이들 결과들을 바탕으로 각각의 단락핀 수에 따른 최적화된 안테나를 설계하였다. 안테나의 디스크에 1개의 단

락핀을 연결하였을 때 안테나는 중심주파수 1.853 GHz에서 대역폭은 약 15.35 %이고 전기적인 부피는 자유공간에서의 파장길이 λ_0 를 기준으로 $0.07\lambda_0 \times 0.07\lambda_0 \times 0.07\lambda_0$ 를 가지며, 단락핀이 2개일 경우 중심주파수 2.228 GHz에서 약 20.51 %의 대역폭과 $0.082\lambda_0 \times 0.082\lambda_0 \times 0.082\lambda_0$ 의 부피를 이루었다. 그리고 3개의 단락핀을 포함한 경우에는 중심주파수 2.556 GHz에서 약 26.8 %의 대역폭과 $0.094\lambda_0 \times 0.094\lambda_0$ 의 전기적인 부피를 가진다.

II. 안테나 구조

그림 1에 안테나의 구조를 나타내었다. 안테나는 여러 개의 단락핀을 연결한 사각 디스크와 프로브 급전된 사각 스파이럴 스트립 선로로 구성되어 있다. 그림 1(a)부터 (c)는 각각 1개, 2개 그리고 3개의 단락핀을 사각 디스크에 연결한 구조의 정면도이고, 그림 1(d)는 안테나의 측면도이다. 사각 디스크는 길이 L , 폭 W 의 사각형의 형태이며, h 의 높이에 위치하고 있다. 사각 디스크와 연결된 단락핀은 1개일 때는 디스크의 중앙에 위치하였으며, 2개 이상일 때는 디스크의 중앙에서 y 축 방향으로 배열하여 접지면과 연결시켰다. 단락핀은 동일한 지름 ϕ_1 을 가지고 배열 간격은 g 이다. 사각 스파이럴 스트립 선로는 총 길이 l_s , 폭은 w_s 를 가지며 높이 h 에서 지름 ϕ_2 인 프로브에 의해 급전되었다. 프로브의 지름이 스파이럴 스트립 선로의 폭보다 크기 때문에 사각 스파이럴 스트립 선로의 끝단에는 한 번의 길이 a 를 가지는 소형 정사각형 패치를 사용하여 프로브와 연결하였다. 사각 디스크의 단락핀과 사각 스파이럴 스트립 선로 급전의 프로브는 d 의 거리로 떨어져 전자기적으로 연결되어 있다. 안테나의 크기를 감소시키기 위하여 사각 디스크 아래의 유전체는 높은 비유전율을 가지는 유전체(비유전율 ϵ_{r1} , 두께 h_1)를 삽입하였으며, 접지면에는 비유전율 ϵ_{r2} 이며, 두께 h_2 의 유전체를 사용하였다. 그리고 사각 디스크와 접지面の 유전체 사이의 공간은 공기(air: $\epsilon_r=1.0$) 상태로 하였다.

전자기적 결합 급전 디스크-로디드 모노폴 안테나는 단락된 사각 디스크와 프로브 급전된 사각 스파이럴 스트립 선로가 전자기적으로 결합되어 동작하게 된다^[11]. 단락된 사각 디스크는 캐패시턴스 성

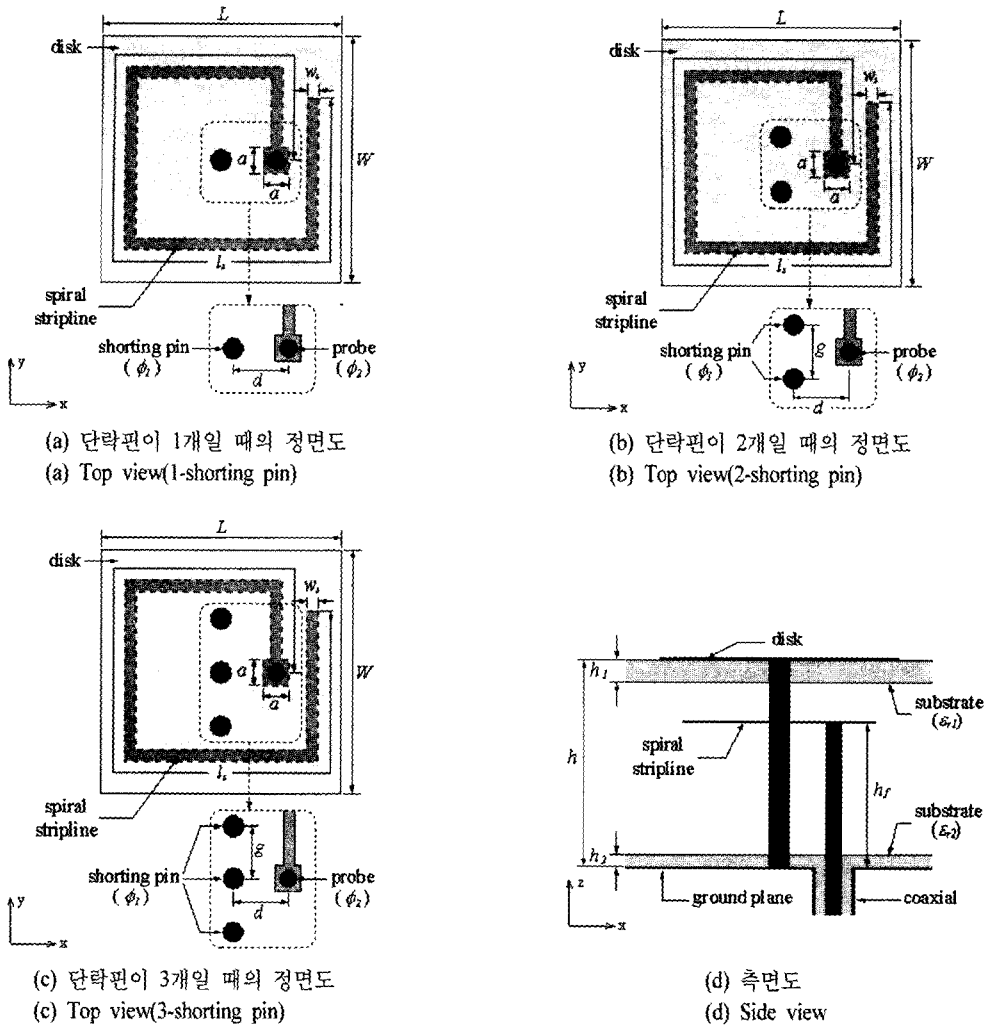


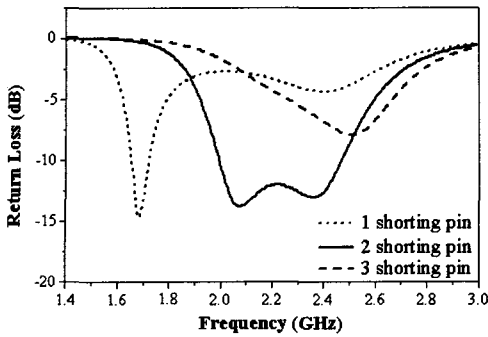
그림 1. 제안한 안테나 구조
Fig. 1. The proposed antenna structures.

분의 디스크 모노폴로 동작하게 되고 병렬 RLC 회로로 증가화 할 수 있으며, 프로브 급전된 사각 스파이럴 스트립 선로는 인덕턴스 성분의 모노폴로써 직렬 RLC 회로로 증가화 된다. 사각 디스크 모노폴은 디스크의 크기, 단락핀의 지름 등을 변화하여 디스크의 캐패시턴스를 조절함으로써 공진주파수를 변화시킬 수 있고 프로브 급전된 사각 스파이럴 스트립 선로 모노폴은 프로브의 높이, 스트립 선로의 길이와 폭을 변화하여 인덕턴스를 조절함으로써 공진주파수를 변화시킬 수 있다. 이러한 프로브 급전된 사각 스파이럴 스트립 선로의 공진주파수와 단락된 사각 디스크의 공진주파수와 인접하도록 설계함으로써 안테나는 광대역 특성을 가지게 된다.

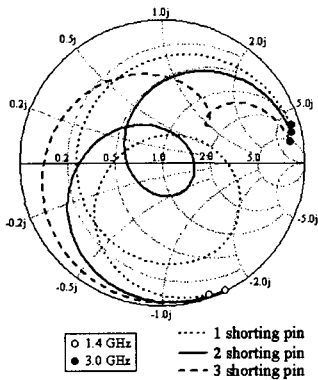
III. 안테나 설계 및 특성

안테나 특성을 살펴보기 위해 MoM 방식인 Zeland사의 IE3D를 이용하여 무한 접지면(infinite-ground plane) 상에서 시뮬레이션 하였으며, 설계 및 제작을 위해서 사각 디스크의 기판에는 비유전율 $\epsilon_{r1}=10.2$, 두께 $h_1=1.27$ mm의 RT/Duroid 6010을 사용하였고, 접지면의 기판은 비유전율 $\epsilon_{r2}=3.38$ 이며 두께 $h_2=0.813$ mm인 RO 4003으로 하였다.

그림 2에 사각 디스크에 연결된 단락핀의 개수를 변화시켰을 때 안테나의 반사 손실과 임피던스 변화를 나타내었다. 사각 디스크는 $L=W=11.0$ mm의 크기를 가지며 $h=11.0$ mm 높이에 위치하고 있다. 그리고



(a) 반사 손실
(a) Return loss



(b) 입력 임피던스 특성
(b) Input impedance characteristic

그림 2. 단락핀의 수에 따른 안테나의 특성
Fig. 2. Characteristics of the antenna with respect to the number of shorting pin.

사각 디스크에 연결된 단락핀의 지름은 $\phi_1=1.0$ mm으로 하였다. 사각 디스크에 1개의 단락핀을 연결하였을 경우에는 사각 디스크의 정중앙에 단락핀을 위치시켰고, 다수의 단락핀을 연결하였을 때는 단락핀을 사각 디스크의 중심에서 y 축 방향으로 $g=3.0$ mm의 간격으로 배열하였다. 사각 스파이럴 스트립 선로는 총 길이 $l_s=29.7$ mm와 선폭 $w_s=0.5$ mm이고, 스파이럴 스트립 선로와 연결된 프로브는 지름 $\phi_2=0.86$ mm와 높이 $h_f=8.4$ mm이며, 프로브와 단락핀 사이의 간격은 $d=3.9$ mm이다. 단락핀의 수가 증가함에 따라서 사각 디스크에서 단락핀이 차지하는 면적이 증가하여 디스크의 캐패시턴스는 감소하게 된다. 그러므로 그림 2(a)의 반사 손실에서와 같이 단락핀의 수가 1개에서 3개로 증가함에 따라서 안테나

의 중심주파수는 약 1.69 GHz에서 2.51 GHz로 상승한다. 그림 2(b)의 스미스 차트에서 단락핀 수의 증가로 인한 캐패시턴스의 감소는 안테나의 임피던스 궤적을 캐패시티브한 영역에서 인덕티브한 영역으로 이동시키게 되며, 임피던스 궤적이 크기가 작아지는 것을 알 수 있다.

그림 3에는 사각 디스크에 2개의 단락핀이 간격 $g=3.0$ mm로 배열되었을 때, 단락핀과 급전 프로브 사이의 거리 d 를 조절함에 따른 안테나의 입력 임피던스 특성의 변화를 나타내었다. 안테나에서 사각 디스크의 크기와 높이, 단락핀의 지름, 스파이럴 스트립 선로 급전의 길이와 높이, 그리고 프로브의 지름은 그림 2와 동일하도록 하여 변수에 따른 특성의 변화를 고찰하였다. 거리 d 는 단락된 사각 디스크와 급전 프로브의 전자기적 결합 정도를 결정하게 되고, 안테나의 입력 임피던스를 변화시키게 되어 대역폭에 영향을 준다. 단락핀과 프로브의 거리 d 가 1.9 mm일 때는 단락된 사각 디스크 모노폴과 프로브 급전 스파이럴 스트립 선로 모노폴 사이의 전자기적 결합력이 매우 적게 발생하게 되어 임피던스 궤적의 크기가 작게 되며 정합영역 바깥에 위치한다. 그러나 두 모노폴 사이의 거리가 점차 멀어지게 되면서 전자기적 결합력은 증가하여 임피던스 궤적의 크기는 커지며 스미스 차트의 중앙지점으로 이동하게 된다. 그림에서 두 모노폴의 결합력은 $d=7.9$ mm

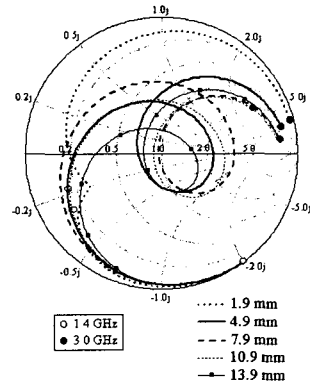
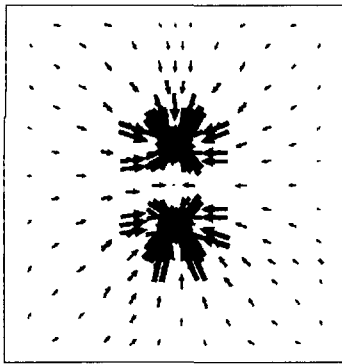
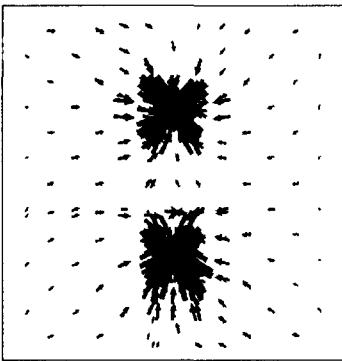


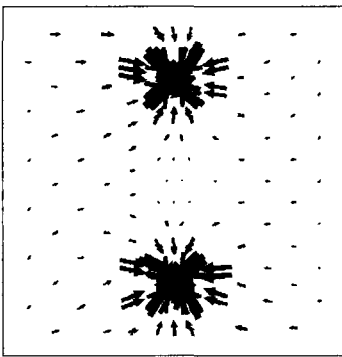
그림 3. 단락핀과 프로브의 간격 변화에 따른 입력 임피던스 변화
Fig. 3. Variation of input impedance with respect to the distance between the shorting pin and the probe.



(a) $g=2.5$ mm(2.05 GHz)



(b) $g=4.5$ mm(2.22 GHz)



(c) $g=6.5$ mm(2.4 GHz)

그림 4. 단락핀의 간격 변화에 따른 사각 디스크에서의 전류 분포

Fig. 4. Current distribution with respect to gap between shorting pins.

일 때 최대가 되어 임피던스 계적이 가장 크게 나타나게 된다. 하지만 거리가 7.9 mm보다 증가하여 13.9 mm가 되면 전자기적 결합력은 다시 약해져서 임피던스 계적이 작아진다. 그러므로 사각 디스크의

단락핀과 급전 프로브의 간격을 조절하여 전자기적 결합력을 변화시킴으로써, 안테나가 최대의 대역폭을 가지도록 설계할 수 있음을 알 수 있다.

그림 4와 그림 5에는 사각 디스크에 2개의 단락핀을 연결한 구조에서 단락핀의 배열 간격 g 에 따른 사각 디스크에서의 전류 분포와 이에 따른 입력 임피던스를 나타내었다. 사각 스파이럴 스트립 선로는 총 길이 $l_s=23.7$ mm와 선폭 $w_s=0.5$ mm이고, 스파이럴 스트립 선로의 높이 $h_f=8.5$ mm이다. 그리고 프로브와 단락핀 사이의 간격은 $d=4.2$ mm로 하였으며, 그 외의 설계 변수들은 그림 2와 동일하다. 그림 4에서 두 단락핀의 배열 간격이 증가할 때 각각의 공진 주파수에서 사각 디스크의 전류 분포를 살펴보면, 디스크의 중앙에서는 전류가 거의 흐르지 않고 디스크의 가장자리로부터 단락핀을 향해서만 흐르게 되어 전류가 흐르게 되는 경로가 짧아지게 되는 것을 알 수 있다. 급전 프로브와 전자기적으로 결합된 두 개의 단락핀에서는 동위상으로 전류가 흐르게 되고, 따라서 두 개의 단락핀에서의 전위차는 0이 된다. 사각 디스크에 연결된 단락핀의 배열 간격이 좁을 경우에는 디스크에서의 전류 분포는 단락핀이 하나일 때와 같이 사각 디스크의 사방으로 동일하게 흐르게 된다. 그러나 단락핀의 배열 간격이 넓어질수록 전위차가 없는 두 단락핀 사이의 사각 디스크 중앙부에서는 전류가 흐르지 않는다. 따라서 사각 디스크에서 전류분포 면적이 감소하므로 단락된 사각 디스크의 공진주파수는 상승하게 된다. 그림 5의 입력 임피던스의 변화에서 2개의 단락핀의 배열 간격 g 가 증가하게 되면 안테나의 공진주파수는 약 2.05 GHz에서 2.4 GHz로 상승하는 것을 알 수 있다. 특히 허수 값을 살펴보면 배열 간격이 2.5 mm일 때는 안테나의 리액턴스는 캐패시턴스 성분이 크게 나타나지만, 6.5 mm로 증가하면서 사각 디스크에서의 캐패시턴스가 감소하게 되므로 인덕턴스 성분이 커지게 된다. 그러므로 그림 2와 그림 5의 결과로부터 사각 디스크에 연결된 단락핀의 개수와 배열간격의 변화는 안테나의 리액턴스 값을 변화시키게 되므로 안테나의 공진주파수를 이동시키는 것을 확인할 수 있다.

앞에서 고찰한 각각의 설계 변수에 대한 특성의 변화들로부터 사각 디스크에 연결된 단락핀 수의 변화에 따른 최적화된 안테나를 설계할 수 있다. 표 1

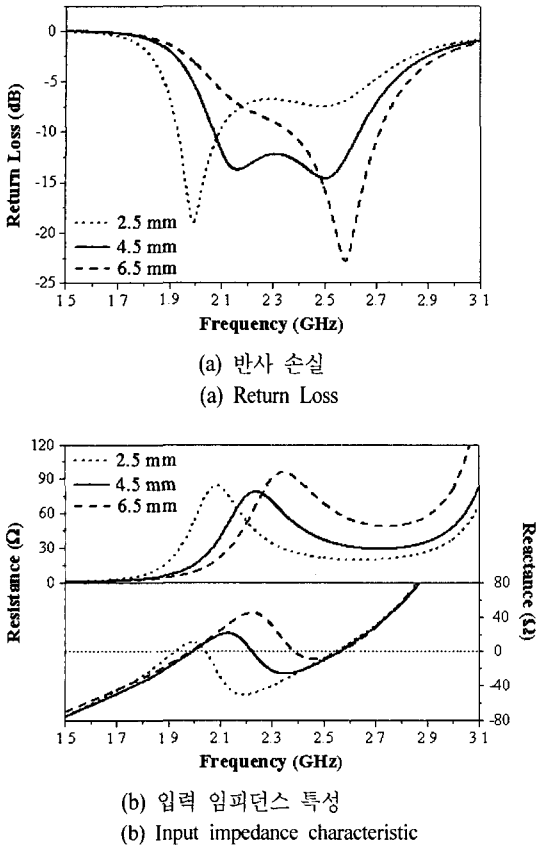


그림 5. 단락핀의 간격 변화에 따른 반사 손실과 임피던스의 변화
Fig. 5. Variation of return loss and input impedance characteristic with respect to gap between shorting pins.

에 사각 디스크에 연결된 단락핀이 1개, 2개, 3개로 증가할 때, 각각의 최적화된 안테나 설계변수를 나타내었다. 사각 디스크의 크기는 $L=W=11.0$ mm이며 단락핀의 지름 $\phi_1=1.0$ mm, 단락핀의 배열 간격 $g=3.0$ mm로 하였다. 단락핀의 수가 증가함에 따라서 사각 스파이럴 스트립 선로의 길이 l_s 는 40.7 mm에서 19.1 mm로 감소하게 된다. 이것은 단락핀 수가 증가함에 따라 안테나의 캐피턴스가 감소하게 되므로 안테나의 인덕턴스도 같이 감소되어야 공진이 잘 일어나기 때문이다. 또한 프로브의 높이 h_f 와 단락핀과 프로브 사이의 거리 d 를 조절하여 최대의 대역폭을 만족하는 최적화된 설계변수를 결정하였다.

그림 6(a)는 표 1에서 나타낸 사각 디스크에 연결된 단락핀 수에 따른 최적화된 안테나의 측정된 반

표 1. 최적화된 안테나 설계 변수

Table 1. The design parameter of the optimized antennas. (unit: mm)

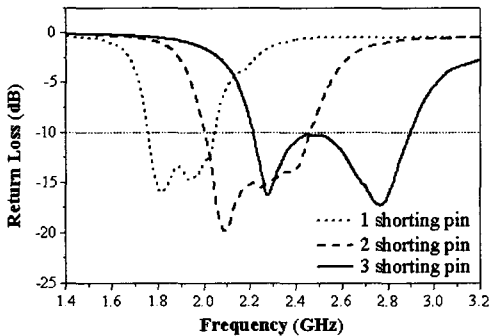
	설계 변수	1-단락핀	2-단락핀	3-단락핀
프로브로 급전된 사각 스파이럴 스트립 선로	l_s	40.7	29.7	19.1
	h_f	6.9	8.4	9.3
	d	3.7	3.9	4.4
	w_s	0.5		
	a	1.3		
	ϕ_2	0.86		
단락된 사각 디스크	L	11.0		
	W	11.0		
	h	11.0		
	h_1	1.27		
	h_2	0.813		
	g	3.0		
	ϕ_1	1.0		

사 손실을 나타내었고, 표 2에 안테나의 특성을 비교하여 정리하였다. 안테나는 70×70 mm²의 유한 접지면(finite-ground plane)에서 제작되었으며, 반사손실은 HP사의 8510C Vector Network Analyzer를 이용하여 측정하였다. 사각 디스크에 1개의 단락핀을 연결하였을 때 측정된 안테나는 $VSWR \leq 2$ 를 기준으로 1.756 GHz에서 2.048 GHz까지 중심 주파수 1.9 GHz에서 15.35 %의 대역폭을 가지며, 단락핀이 2개일 때는 2.0 GHz에서 2.457 GHz까지 2.228 GHz의 중심 주파수에서 20.51 %의 대역폭을 얻었다. 그리고 3개의 단락핀이 연결되어 있을 때 대역폭은 2.213 GHz에서 2.898 GHz까지이며 중심주파수 2.556 GHz에서 26.8 %를 가지게 된다. 중심 주파수에서 자유공간의 파장길이 λ_0 를 기준으로 한 안테나의 전기적 부피는 단락핀이 1개 연결되었을 때 $0.07 \lambda_0 \times 0.07 \lambda_0 \times 0.07 \lambda_0$, 2개일 때는 $0.082 \lambda_0 \times 0.082 \lambda_0 \times 0.082 \lambda_0$ 이며, 그리고 3개일 경우에는 $0.094 \lambda_0 \times 0.094 \lambda_0 \times 0.094 \lambda_0$ 로써 소형의 전기적 크기를 가진다. 단락핀이 증가함에 따라서 안테나의 중심주파수는 대략 328 MHz씩 상승하고, 대역폭은 각각 5.16 %와 6.29 %씩 증가한다. 또한 안테나의 전기적 크기는 단락핀 수가 증가하면 약 0.012 λ_0 씩 증가하게 된다. 그림

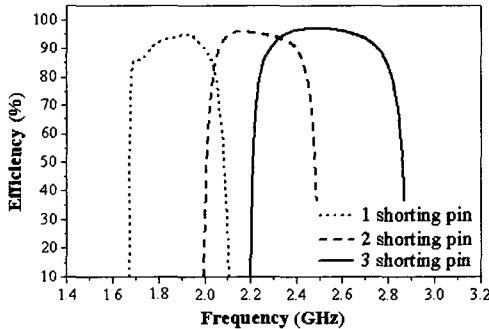
표 2. 안테나 특성 비교

Table 2. Comparison of antenna characteristics.

	중심주파수	대역폭	전기적 크기
1-단락핀	1.9 GHz	1.756 GHz~2.048 GHz (15.35 %)	$0.07 \lambda_o \times 0.07 \lambda_o \times 0.07 \lambda_o$
2-단락핀	2.228 GHz	2.0 GHz~2.457 GHz (20.51 %)	$0.082 \lambda_o \times 0.082 \lambda_o \times 0.082 \lambda_o$
3-단락핀	2.556 GHz	2.213 GHz~2.898 GHz (26.8 %)	$0.094 \lambda_o \times 0.094 \lambda_o \times 0.094 \lambda_o$



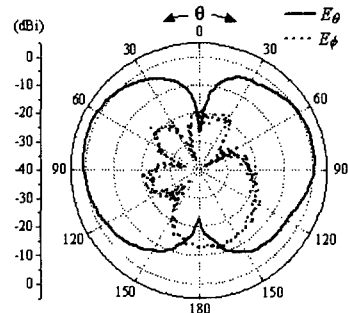
(a) 반사 손실
(a) Return loss



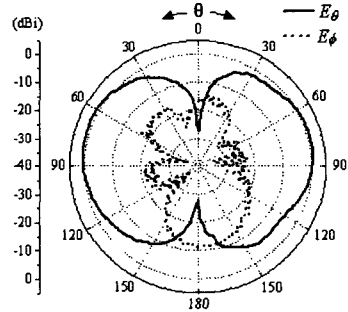
(b) 안테나의 효율
(b) Efficiency of the antennas

그림 6. 최적화된 안테나의 특성
Fig. 6. Characteristics of optimized antennas.

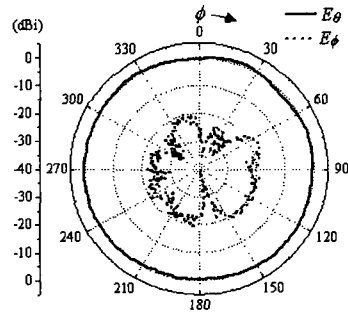
6(b)에는 측정된 안테나의 효율을 나타내었다. 소형 안테나에서 효율은 안테나의 특성을 결정하는 중요한 요소 중 하나이다. 제한한 안테나의 효율 측정은 Wheeler cap method를 사용하였는데, 이것은 자유공간에 개방된 안테나의 임피던스의 실수 값과 도체 cap으로 차폐된 안테나의 임피던스 실수 값을 비교하는 방법으로써 소형 안테나의 효율 측정에 가장 널리 이용되고 있다^{[12],[13]}. 단락핀이 1개 연결되었을 때 안테나는 대역폭의 중심주파수에서 약 94 %, 2개



(a) x-z 평면
(a) x-z plane



(b) y-z 평면
(b) y-z plane



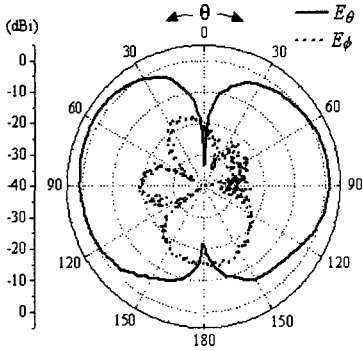
(c) x-y 평면
(c) x-y plane

그림 7. 단락핀이 2개일 때 2.2 GHz에서의 안테나 복사 패턴

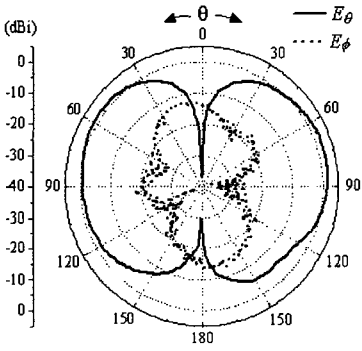
Fig. 7. Antenna radiation pattern at 2.2 GHz(2-shorting pin).

일 때 약 95 % 그리고 3개일 때는 약 96.5 %의 효율 값을 가지게 된다.

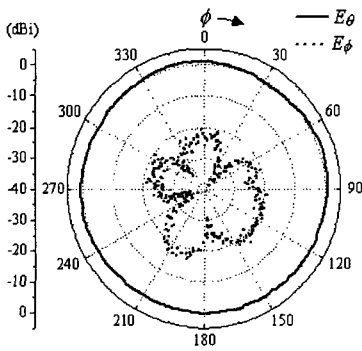
그림 7과 그림 8은 안테나의 단락핀 수가 2개, 3개



(a) x-z 평면
(a) x-z plane



(b) y-z 평면
(b) y-z plane



(c) x-y 평면
(c) x-y plane

그림 8. 단락핀이 3개일 때 2.5 GHz에서의 안테나 복사 패턴

Fig. 8. Antenna radiation pattern at 2.5 GHz(3-shorting pin).

일 때 각각의 대역폭 내 주파수에서 x-z 평면과, y-z 평면 그리고 x-y 평면의 측정된 복사패턴을 나타내었다. 안테나는 $\theta=0^\circ$ 방향으로서는 복사가 이루어지지 않고 대략 $\theta=65^\circ$ 방향으로 최대의 복사가 이루어지는 모노폴 형태의 복사 패턴을 가지게 된다. 단락핀이 2개일 때 2.2 GHz에서 주빔 방향으로의 최대 이득은 약 1.0 dBi이며 단락핀이 3개일 때는 2.5 GHz에서 주빔 방향으로 약 1.5 dBi의 최대 이득 값을 가진다. 그리고 x-y 평면에서의 복사 패턴을 살펴보면 모든 ϕ 방향에 걸쳐 일정한 이득을 가지는 우수한 전 방향성을 나타내는 것을 알 수 있다. 교차편파는 스파이럴 스트립 선로에서의 전류 흐름에 의해 발생하게 되며 x-z 평면보다 y-z 평면의 복사 패턴에서 더욱 크게 나타난다.

IV. 결 론

본 논문에서는 전자기적 결합 급전 디스크-로디드 모노폴 안테나에서 단락된 사각 디스크에 연결된 단락핀의 수와 배열 간격의 변화에 따른 안테나 특성을 연구하였다. 안테나는 각각 인접한 공진주파수를 가지는 단락된 사각 디스크의 공진과 프로브 급전된 사각 스파이럴 스트립 선로의 공진이 결합되어 넓은 대역폭을 이루게 된다. 단락된 사각 디스크의 공진은 단락핀의 영향을 받게 되는데, 사각 디스크에 연결된 단락핀의 수와 단락핀의 배열 간격을 변화시킴에 따라서 디스크의 캐패시턴스가 변화하고 공진주파수를 이동시키게 된다. 안테나의 디스크에 1개의 단락핀을 연결하였을 때 안테나의 대역폭은 $VSWR \leq 2$ 를 기준으로 중심주파수 1.9 GHz에서 약 15.35%이며 전기적인 부피는 $0.07 \lambda_0 \times 0.07 \lambda_0 \times 0.07 \lambda_0$ 이고, 단락핀이 2개일 때 2.228 GHz에서 20.51%의 대역폭과 $0.082 \lambda_0 \times 0.082 \lambda_0 \times 0.082 \lambda_0$ 의 부피를 가지게 된다. 또한 3개의 단락핀을 연결하였을 때는 2.556 GHz에서 26.8%의 대역폭과 $0.094 \lambda_0 \times 0.094 \lambda_0 \times 0.094 \lambda_0$ 의 전기적 부피를 얻을 수 있었다. 안테나는 단락핀 수가 1개에서 3개로 증가함에 따라서 안테나의 중심주파수는 대략 328 MHz씩 상승하고 대역폭은 각각 5.16%와 6.29%씩 넓어지게 된다. 설계된 안테나의 복사패턴은 전 방향성의 모노폴 형태로써 대략 $\theta=65^\circ$ 방향으로 최대복사가 발생하며,

안테나의 최대 이득은 2개일 때 약 1.0 dBi이며, 3개의 단락핀을 포함하고 있을 경우에는 약 1.5 dBi의 이득을 나타낸다. 제안한 안테나는 $0.1\lambda_0 \times 0.1\lambda_0 \times 0.1\lambda_0$ 보다 작은 소형의 전기적 부피를 가지며, 정합 회로의 연결없이도 매우 넓은 대역폭을 얻을 수 있으므로, 넓은 주파수 대역을 필요로 하는 광대역 멀티미디어 이동 통신 시스템의 단말기에 적합하다고 사료된다.

참 고 문 헌

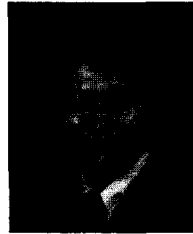
- [1] J. T. Rowley, R. B. Waterhouse, and K. H. Joyner, "Modeling of normal-mode helical antennas at 900 MHz and 1.8 GHz for mobile communications handsets using the FDTD technique", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-50, no. 6, pp. 812-819, Jun. 2002.
- [2] D. Heberling, "Modern trends in the development of small and handy antennas", in *Proc. SBMO/IEEE MTT-S IMOC.*, vol. 1, pp. 475-480, Aug. 2001.
- [3] K. L. Virga, Y. Rahmat-Samii, "Low-profile enhanced-bandwidth PIFA antennas for wireless communications packaging", *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 45, no. 10, pp. 1879-1888, Oct. 1997.
- [4] K. L. Wong, *Planar Antennas for Wireless Communications*, New York: Wiley, pp. 26-71, 2003.
- [5] J. Ollikainen, M. Fischer, and P. Vainikainen, "Thin dual-resonant stacked shorted patch antenna for mobile communications", *Electron. Lett.*, vol. 35, no. 6, pp. 437-438, Mar. 1999.
- [6] Y. X. Guo, K. M. Luk, and K. F. Lee, "L-probe proximity-fed short-circuited patch antennas", *Electron. Lett.*, vol. 35, no. 24, pp. 2069-2070, Nov. 1999.
- [7] A. K. Shackelford, K. F. Lee, K. M. Luk, and R. C. Chair, "U-slot patch antenna with shorting pin", *Electron. Lett.*, vol. 37, no. 12, pp. 729-730, Jun. 2001.
- [8] C. Y. Chiu, K. M. Shum, C. H. Hou, and K. M. Luk, "Bandwidth enhancement technique for quarter-wave patch antenna", *IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett.*, vol. 2, pp. 130-131, 2003.
- [9] C. Delaveaud, P. Leveque, and B. Jecko, "New kind of microstrip antenna: The monopolar wire-patch antenna", *Electron. Lett.*, vol. 30, no. 1, pp. 1-2, Jan. 1994.
- [10] J. S. Row, S. H. Yeh, and K. L. Wong, "A wide-band monopolar plate-patch antenna", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-50, no. 9, pp. 1328-1330, Sep. 2002.
- [11] J. H. Jung, I. Park, "Electromagnetically coupled small broadband monopole antenna", *IEEE Antennas Wireless Propagat. Lett.*, vol. 2, pp. 349-351, 2003.
- [12] W. E. McKinzie III, "A modified Wheeler cap method for measuring antenna efficiency", in *IEEE Antennas Propagat. Soc. Int. Symp.*, Montreal, Canada, pp. 542-545, Jul. 1997.
- [13] D. M. Pozar, B. Kaufman, "Comparison of three methods for measurement of printed antenna efficiency", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. AP-36, no. 1, pp. 136-139, Jan. 1988.

정 종 호



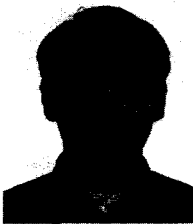
2001년 8월: 아주대학교 전자공학부 (공학사)
2003년 8월: 아주대학교 전자공학부 (공학석사)
2003년 9월~현재: 아주대학교 전자공학부 박사과정
[주 관심분야] 안테나 설계 및 해석, 초고주파 회로 설계

추 호 성



1998년 2월: 한양대학교 전파공학과 (공학사)
2000년 8월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학석사)
2003년 5월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (공학박사)
2003년 6월~2003년 8월: 미국 Univ. of Texas at Austin 전자전기공학부 (Post Doctor)
2003년 8월~현재: 홍익대학교 전자전기공학부 전임강사
[주 관심분야] 초소형 안테나, 최적화 알고리즘을 이용한 안테나 설계, RFID용 태그 및 리더 안테나

문 영 민



1996년: 미국 California State Univ. 전자공학부 (공학사)
2002년: 미국 Polytechnic Univ. 전자공학부 (공학석사·공학박사)
2003년~현재: 삼성종합기술원 전문연구원
[주 관심분야] MMIC, 안테나 설계, MIMO용 배열 안테나 설계

박 익 모



1984년: 뉴욕주립대학교 전기전자공학과 (공학사)
1989년: 일리노이대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 (공학석사)
1994년: 일리노이대학교 전기전자 및 컴퓨터공학과 (공학박사)
1994년~1996년: LG전자기술원
1996년~현재: 아주대학교 전자공학부 교수
[주 관심분야] 초고주파 수동소자(안테나 포함) 설계 및 해석