논문 2011-48TC-5-8

수직 접지면을 갖는 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성 개선에 관한 연구

(A Study on Improving Impedance Characteristics of Planar Monopole Antenna with Vertical Ground Plane)

정 진 우*, 이 현 진**, 임 영 석***

(Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim)

요 약

본 논문은 수직 접지면을 갖는 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성 개선에 관한 논문이다. 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성 개선을 위해 기존 연구된 방사체 구조 변형 외에 수직 접지면의 영향을 이용하였다. 수직 접지면의 영향을 분석하기 위해 기존 연구인 보조 공진기 모드 이외에 다이폴 안테나 모드를 제안하였다. 수직 접지면의 각 동작 모드를 기반으로, 모노폴 안테나와 수직 접지면 사이의 임피던스 특성 상관관계를 이용하여 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성을 개선하였다. 개선 방법은 안테나의 급전 위치 변경 및 수직 접지면의 면적 변화이다. 본 분석 결과는 수직 접지면을 갖는 다양한 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성을 개선 및 분석할 수 있을 것으로 기대 된다.

Abstract

This paper presents the improving impedance charactersitics of a planar monopole antenna with a vertical ground plane. For improving impedance characteristics, we used the effect of a vertical ground plane. To analyze the effect of vertical ground plane, we proposed the dipole antenna mode. the impedance characteristics of planar monopole antenna are improved by correlation between monopole antenna and vertical ground plane, based on each operating mode. Our analysis indicates can improve the impedance characteristics of varying planae monopole antennas.

Keywords : Planar monopole antenna, Vertical ground plane, Impedance characteristics, Wideband operation

Ⅰ. 서 론

2002년, FCC(Federal Communication Commission)의 UWB(Ultra-wideband)통신 규약의 완화로 UWB 동작 대역이 상업적 목적에 사용이 가능해짐에 따라 UWB 통신 시스템에 맞는 광대역 동작 안테나의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

무선 통신을 위한 단말기에는 모노폴 안테나가 가장 많이 사용된다. 그 이유는 다이폴 안테나와 같은 전 방향성(Omni-directional) 방사 패턴을 갖고, 전기적 길이는 다이폴 안테나와 비교해 절반으로 줄일 수 있기 때문이다. 또한 모노폴 안테나를 구현하기 위해서는 방사체와 영상 이론(Image theory)를 구현하기 위한 접지면이 필요한데, 무선 통신 단말기의 회로 보드(Circuit Board)를 영상이론을 위한 접지면으로 사용할 수 있기 때문이다.

모노폴 안테나의 기본 공진을 위한 전기적 길이는 $\lambda/4$이고, 기본 공진의 정수배로 공진점이 형성된다. 기본 공진의 2배수 공진의 전기적 길이는 $2\lambda/4$이고, 3배

* 학생회원, *** 정회원-교신저자, 전남대학교
(Chonnam National University)
** 정회원, 동강대학교
(Dongkang College)
접수일자: 2010년12월23일, 수정완료일: 2011년5월17일

수 공진의 전기적 길이는 $3\lambda/4$이다. 일반적인 모노폴 안테나의 경우 2배수 공진은 전류 분포의 특성 상 입력 저항이 무한대에 가깝게 되어 공진 특성은 갖으나, 안테나로써 동작은 안하기 때문에 안티 공진 주파수(Anti-resonance frequency)로 명칭 된다. 따라서 일반적인 모노폴 안테나의 경우 기본 공진과 3배수 공진 주파수 대역에서 동작하게 된다.

안테나의 광대역 동작을 위한 대표적인 방법은 방사체의 표면적을 넓히는 방법이다[2]. 방사체의 표면적이 넓어지게 되면, 안테나는 전기적으로 커지게 되어 리액턴스 기울기가 작아지기 때문에 동작 대역폭이 넓어지게 된다. 또한 방사체의 표면적이 넓어지게 되면, 안티 공진 주파수 대역의 입력 저항 값이 낮아지기 때문에, 모노폴 안테나는 2배수 공진 주파수(안티 공진 주파수) 대역에서도 동작하게 된다. 결과적으로 표면적이 넓은 방사체를 갖는 모노폴 안테나는 2배수 공진 주파수 대역에서 동작하게 되면서 리액턴스 기울기도 작아지기 때문에 광대역 동작을 하게 된다. 따라서 광대역 동작을 위한 모노폴 안테나의 경우, 평판형 방사체를 갖는 안테나가 많이 연구되어 왔다[3].

방사체의 표면적이 넓어짐에 따라 안테나의 임피던스 대역폭은 증가하게 되지만, 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항 값이 낮아지게 되어, 기본 공진 주파수 대역의 임피던스 특성이 나빠지게 된다. 결과적으로 평판형 모노폴 안테나의 경우, 2배수 및 3배수 공진 주파수 대역에서만 동작 하게 되어 전기적 길이에 있어 비효율적인 구조가 된다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 계단형, Taper 형태, Bevel 형태, 이중 방사체, 슬릿 및 슬롯 등을 이용하여 방사체의 구조를 변형시켜 임피던스 특성을 개선하는 연구가 많이 진행 되어 왔다[4~11]. 그러나 기존의 방사체 구조의 중심의 임피던스 특성 개선 방법은 다양한 구조 변수의 변화에 따른 임피던스 특성을 분석해야 하는 등 안테나 설계에 있어 많은 수행과정이 필요하다.

앞서 언급하였듯이, 무선 통신 단말기를 위한 모노폴 안테나의 경우 회로 보드를 영상 이론을 위한 접지면으로 사용하게 되는데, 회로 보드는 일반적으로 방사체와 같은 평면에 위치 하기 때문에 완벽한 영상이론을 구현할 수 없고, 수직 접지면 상의 전류 분포에 의해 모노폴 안테나의 임피던스 특성에 영향을 주게 된다. 본 논문에서는 모노폴 안테나를 기준으로 같은 평면에 위치한 회로 보드를 수직 접지면으로 칭하였다. (완벽한 영상이론을 위한 접지면의 경우 모노폴 안테나가 수평 접지면에 수직으로 위치 하기 때문에 모노폴과 같은 평면에 위치한 회로보드의 방향을 수직 방향으로 설정하였다)

모노폴 안테나에 급전이 되었을 때, 수직 접지면 상에도 전류가 야기 되어 분포하게 되는데, 이 전류 분포의 형태에 따라 모노폴 안테나의 임피던스 특성은 달라지게 된다. 수직 접지면의 영향을 분석하기 위해 수직 접지면 상의 전류 분포를 기준으로, 수직 접지면이 방사체의 보조 공진기로 동작한다는 보조 공진기 모드에 대한 연구가 진행되어 왔다[12~13]. 그러나 보조 공진기 모드에서는 수직 접지면의 길이에 따른 모노폴 안테나의 임피던스 특성 변화만을 분석할 수 있다.

수직 접지면의 영향을 더욱 구체적으로 분석하기 위해서는, 안테나의 급전 위치 및 수직 접지면의 너비에 따른 임피던스 특성도 분석되어야 한다. 이와 같은 영향을 분석하기 위해, 수직 접지면의 또 다른 동작 모드인 다이폴 안테나 모드를 제안하였다.

본 논문에서는 수직 접지면의 두 가지 동작 모드를 기반으로 수직 접지면의 전류 분포에 따른 모노폴 안테나의 임피던스 특성 변화를 이용하여 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성을 개선하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은, 평판형 방사체의 구조적 변화가 필요 없을 뿐 아니라, 안테나의 소형화를 유도 할 수 있으며, 다양한 이동 통신 단말기에 적용가능 할 수 있는 방법을 제시 할 수 있다.

Ⅱ. 수직 접지면을 갖는 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성

수직 접지면의 각 동작 모드에 따른 모노폴 안테나의 임피던스 특성 상관관계를 이용하여 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성을 개선하기에 앞서 수직 접지면을 갖는 평판형 모노폴 안테나의 표면적에 따른 임피던스 특성 변화를 분석하였다.

그림 1은 임피던스 특성을 분석하기 위한 직사각 형태의 평판형 방사체와 수직 접지면을 보여준다. (직사각 형태는 평판형 방사체의 가장 대표적인 구조이다.)

평판형 모노폴 안테나와 수직 접지면은 유전율이 4.2 이고 두께가 1.6 mm 인 FR4 기판에 인쇄되어 있다. 평판형 방사체의 너비는 PW이고, 길이(PL)는 10mm이다. 수직 접지면의 너비와 길이는 각각 GW와 GL이고, 안테나 급전 위치는 수직 접지면의 중앙으로 부터 거리로

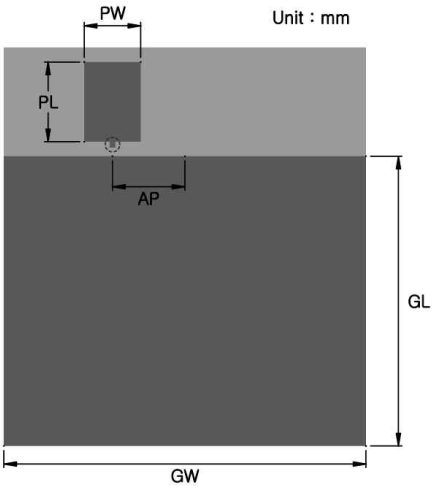


그림 1. 수직 접지면을 갖는 평판형 모노폴 안테나
Fig. 1. Retangular planr monopole antenna with vertical ground plane.

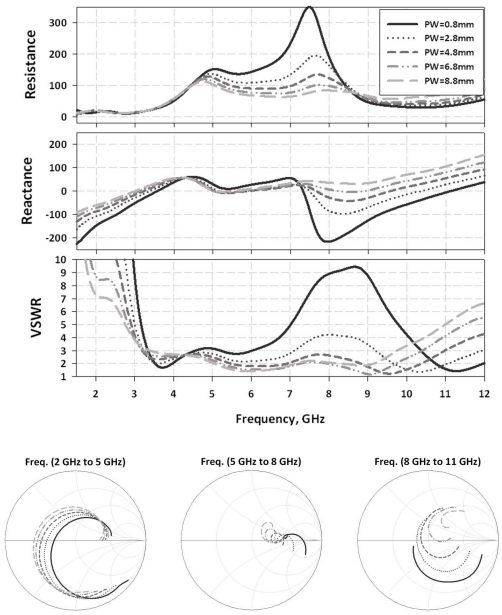


그림 2. 직사각 평판형 방사체 표면적에 따른 임피던스 특성 변화
Fig. 2. Impedance characteristics with various widths of rectangular planar monopole antenna.

AP로 설정되어 있다.

그림 2는 그림 1의 안테나에서 수직 접지면의 면적(GW × GL)을 50mm × 50 mm으로, 그리고 안테나 급전 위치(AP)를 0mm로 설정한 상태에서 평판형 모노폴 안테나의 표면적 증가에 따른 임피던스 특성을 분석하기 위해, 방사체의 너비(PW)를 0.8mm 에서 8.8mm 까지 1mm 간격으로 변화를 주었을 때의 임피던스 특성을 보여준다.

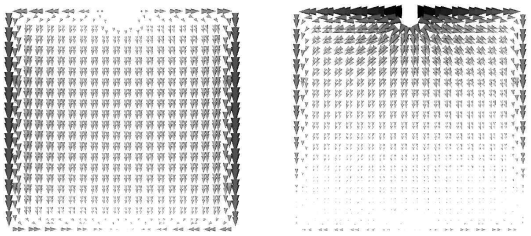
모노폴 안테나의 동작은 기본($\lambda/4$), 2배수($2\lambda/4$), 그리고 3배수($3\lambda/4$) 공진 주파수 대역으로 나누어 분석할 수 있다. 그림 2에서 알 수 있듯이, 방사체 너비(PW)가 좁을 경우, 기본 공진 및 3배수 공진 주파수 대역과 2배수 공진 주파수 (안티 공진 주파수) 대역의 동작 구분이 뚜렷하게 나타난다. 그리고 방사체 너비(PW)가 증가함에 따라 2배수 공진 주파수 대역의 입력 저항이 낮아져 동작하게 됨을 알 수 있다. 3배수 공진 주파수 대역은 하향하게 되는데 이는 방사체의 표면적이 넓어짐에 따라 전류 밀도가 낮아져 리액턴스 기울기가 완만하게 변하게 됨에 따라 공진 대역이 낮아지기 때문이다. 결과적으로 2배수 공진 대역의 입력 저항 값이 낮아지고 3배수 공진 주파수 대역의 하향으로 인해 평판형 모노폴 안테나는 광대역 동작을 하게 된다. 방사체 너비(PW)가 8.8mm 일때 VSWR 2.5:1 기준 임피던스 대역폭은 4910 MHz (4.58~9.49 GHz)이다.

평판형 방사체의 표면적 증가는 안테나의 광대역 동작을 유도하지만, 그림 2와 같이 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항도 동시에 낮아져 임피던스 특성이 나빠진다. 따라서 평판형 모노폴 안테나는 VSWR 2.5:1 기준으로 2배수 및 3배수 공진 주파수 대역에서만 동작하게 되어, 안테나의 전기적 길이에 비해, 비효율적인 동작을 하게 된다.

Ⅲ. 수직 접지면의 동작 모드

수직 접지면의 경우, 방사체와 같은 평면상에 위치하는 구조적 특성에 의해 모노폴 안테나의 영상 이론을 위한 완벽한 접지면이라 할 수 없다. 또한 모노폴 안테나에 급전이 되었을 때, 수직 접지면 상에도 전류 분포가 야기되는데, 야기된 수직 접지면 상의 전류 분포에 의해 모노폴 안테나의 임피던스 특성은 영향을 받게 된다.

수직 접지면은 야기된 전류 분포에 의해 보조 공진기 모드로 동작하게 된다. 이는 기존에 연구된 것으로 수직 접지면의 물리적 혹은 전기적 길이에 따라 모노폴 안테나의 임피던스 특성을 예측할 수 있게 한다. 그러나 수직 접지면의 영향은 수직 접지면의 길이 뿐만 아니라 너비 및 안테나 급전 위치에 의해서도 변하게 되는데 보조 공진기 모드로는 이와 같은 변수에 의해서는 임피던스 특성 변화를 예측 할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 다이폴 안테나 모드를 제안하였다. 다이폴 안테나 모드에서는 모노폴 안테나와 수직 접지면을 하나의



(a) (b)

그림 3. 동작 모드에 따른 수직 접지면 상의 전류 분포 (a) 보조 공진기 모드 (b) 다이폴 안테나 모드

Fig. 3. Current distributions on vertical ground plane with each operating mode. (a) Sub- resonator mode (b) Dipole antenna mode.

다이폴 안테나로 가정하는 것이다.

그림 3은 수직 접지면의 각 동작 모드에 따른 전류 분포를 보여준다.

보조 공진기 모드는 수직 접지면 자체가 방사체의 동작 주파수를 기준으로 공진을 하게 된다. 그림 3(a)와 같이 보조 공진기 모드에서 공진은 방사체의 동작 주파수를 기준으로 수직 접지면의 길이가 $\lambda/2$에 해당하는 전기적 길이를 가질 때 형성된다. 수직 접지면의 공진 모드 형성은 수직 접지면의 전기적 길이와 관계가 있다. 수직 접지면의 물리적 길이 혹은 동작 주파수가 변하게 되면 수직 접지면의 전기적 길이가 변하게 되어 공진을 하지 않게 되고 모노폴 안테나의 임피던스 특성이 변하게 된다. 방사체와 보조 공진기가 병렬로 연결되어 있다는 가정하에 보조 공진기가 공진 모드에 가까울 수록 두 공진기의 입력 저항은 증가하게 된다. 즉 수직 접지면의 길이가 방사체의 공진 주파수를 기준으로 $\lambda/2$에 가까울 수록 모노폴 안테나의 입력 저항은 증가하게 되고 멀어질 수록 감소하게 된다.

모노폴 안테나의 전기적 길이는 $\lambda/4$이다. 다이폴 안테나 모드의 경우, 수직 접지면 상의 전류 분포가 그림 3(b)와 같이 방사체의 동작 주파수와 비교하여 약 $\lambda/4$의 전기적 길이를 갖고 위상이 동일 위상이어서, 모노폴 안테나와 수직 접지면은 다이폴 안테나와 비슷하게 된다. 전기적 길이가 $\lambda/2$인 다이폴 안테나에서, 방사를 위한 안테나의 전류 분포는 선형이고, 방사 패턴은 H-plane에서 전방향성 특성을 갖게 된다. 다이폴 안테나의 경우 방사 패턴 형성에 억제하는 전류 분포가 존재할 경우, 입력 저항이 낮아진다. 다이폴 안테나 모드의 전류 분포의 경우, 수직 접지면 상에 수평방향 전류 분포와 수직 방향 전류 분포가 수직 접지면의 가장자리를 따라 분포하게 되는데 수직 방향 전류 분포는 방사 패턴 형성에 주된 전류 분포이고 수평 방향 전류 분포는 방사를 억제 하는 전류 분포이다. 따라서 수직 접지면 상의 수평 방향 전류 분포를 줄이고, 방사체가 수직 방향 전류 분포의 영향을 많이 받게 되면 안테나의 입력 저항은 증가 하게 된다. 이와 같은 현상은 수직 접지면의 너비 및 안테나 급전 위치 변화에 따른 모노폴 안테나의 임피던스 특성 변화와 관계가 있다.

수직 접지면의 두 동작 모드는 수직 접지면 상에 약 90°위상 차이로 형성된다.

Ⅳ. 수직 접지면의 영향을 이용한 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성 개선

수직 접지면 상의 전류 분포 영향에 의한 임피던스 특성 변화는 모노폴 안테나의 전 동작 대역에서 영향을 받는다. 그러나 방사체 동작 주파수에 따른 수직 접지면의 공진 모드 형성을 위한 수직 접지면의 물리적 길이와 전기적 길이의 차이에 의해 기본 공진 주파수 대역에서 임피던스 특성 변화 현상이 가장 뚜렷하게 나타난다. 이와 같은 특성에 의해 평판형 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수 대역의 임피던스 특성을 개선할 수 있다.

1. 안테나 급전 위치 변화

모노폴 안테나가 수직 접지면에 장착되었을 때, 모노폴 안테나를 수평 방향으로 전방향성 방사패턴이 형성된다. 따라서 수직 방향 전류 분포가 방사에 영향을 주는 주 전류 분포이다. 모노폴 안테나의 급전 위치가 수직 접지면의 가장자리로 이동하면 모노폴 안테나는 수직 접지면 상의 수직 방향 전류에 의한 영향이 증가된다. 결과적으로 평판형 모노폴 안테나의 급전 위치를 수직 접지면 상의 가장 자리로 이동하면 평판형 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항을 증가시킬 수 있다.

그림 4는 그림 1의 안테나에서 수직 접지면의 면적(GW×GL)을 50mm × 50mm 으로, 안테나의 급전 위치(AP)를 20mm 로 설정한 상태에서, 방사체의 너비(PW)를 0.8mm 에서 8.8mm 까지 1mm 간격으로 변화를 주었을 때의 임피던스 특성을 보여준다.

그림 4에서 알 수 있듯이, 방사체 너비(PW) 증가에 따른 임피던스 특성 변화 양상은 그림 2와 비슷하다. 2배수 공진 주파수 대역의 입력 저항 감소와 3배수 공진

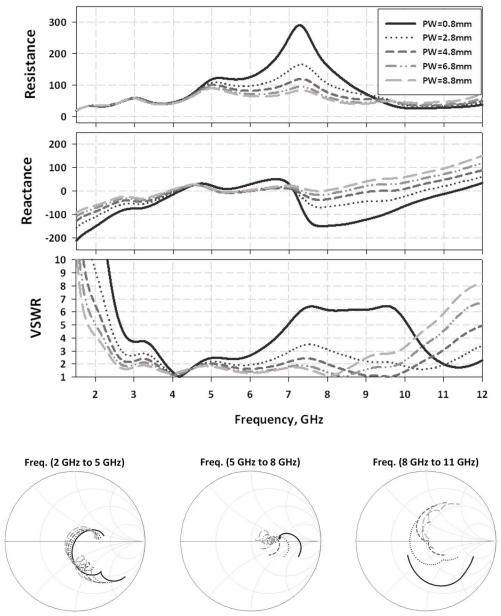


그림 4. 직사각 평판형 방사체 표면적에 따른 임피던스 특성 변화 (AP=20mm)

Fig. 4. Impedance characteristics with various widths of rectangular planar monopole antenna. (AP=20mm)

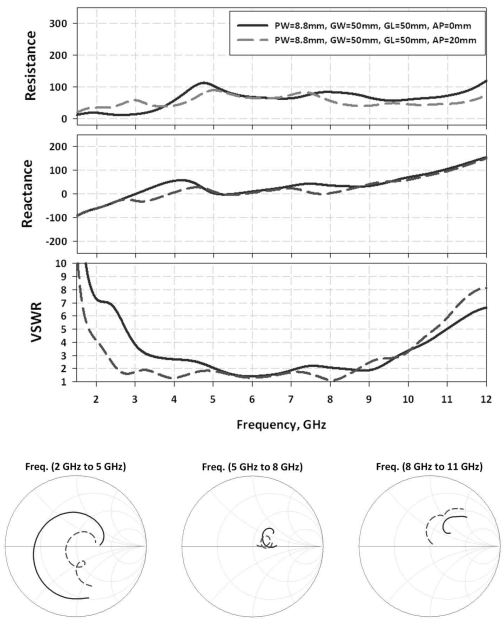


그림 5. 안테나 급전 위치에 따른 임피던스 특성 비교 (AP=0mm 그리고 AP=20mm)

Fig. 5. Compare AP=0mm with AP=20mm on impedance characteristics.

주파수 대역의 하향으로 인해 광대역 동작을 유도 할 수 있다. 그림 2와 가장 큰 차이점은 기본 공진 주파수 대역으로, 안테나의 급전 위치 변화(AP=20mm)에 의해 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항이 증가되어 임피던스 특성이 개선되었음을 알 수 있다.

기본 공진 주파수 대역의 임피던스 특성 개선으로 인해, 방사체 너비(PW)가 8.8mm 일때 VSWR 2.5:1 기준 임피던스 대역폭은 6630 MHz (2.39~9.02 GHz)이다.

그림 5는 수직 접지면의 면적(GW × GL)이 50mm × 50mm 이고 방사체 너비(PW)가 8.8mm 일때, 안테나 급전 위치(AP=0mm, 20mm)에 따른 임피던스 특성을 비교한 것이다. VSWR 2.5:1 기준 최저 주파수와 주파수 비 (Fu/Fl ; Fl: 최저 주파수, Fu: 최고 주파수)를 비교하면, AP=0mm일 때는 4.58GHz 와 2.07 이고, AP=20mm일 때는 2.39GHz와 3.77이다. 기본 공진 주파수 대역의 임피던스 특성이 개선되어 평판형 모노폴 안테나의 비효율적인 동작이 개선되고, 임피던스 대역폭 또한 증가하였음을 알 수 있다.

2. 수직 접지면의 면적 변화

모노폴 안테나는 수직 접지면의 너비가 줄어들수록, 수직 접지면 상의 수직 방향 전류 분포의 영향을 더 많이 받게 된다. 즉, 수직 접지면의 너비를 줄이게 되면 평판형 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항은 증가하게 된다.

안테나 급전 위치를 수직 접지면의 가장 자리로 이동하는 방법은 수직 접지면 상의 수평 방향 전류 분포가 남아 있고, 수직 방향 전류 분포 중 한쪽의 영향만 받는다. 수직 접지면의 너비를 줄이는 방법은 수평 방향 전류 분포가 줄어들게 됨과 동시에 평판형 모노폴 안테나가 양쪽의 수직 방향 전류 분포의 영향을 받는다. 따라서 안테나의 급전 위치 변화 방법과 비교해 수직 접지면 너비를 줄이는 방법이 모노폴 안테나의 임피던스 특성 변화에 더 많은 영향을 준다.

그림 6은 그림 1의 안테나에서 수직 접지면의 너비(GW)를 10mm, 수직 접지면의 길이(GL)를 50mm, 그리고 안테나 급전 위치(AP)를 0mm로 설정한 상태에서, 방사체의 너비(PW)를 0.8mm 에서 8.8mm 까지 1mm 간격으로 변화를 주었을 때의 임피던스 특성을 보여준다.

방사체 너비(PW) 증가에 따른 임피던스 특성 변화 양상은 그림 2와 비슷하다. 2배수 공진 주파수 대역의 입력 저항 감소와 3배수 공진 주파수 대역의 하향으로 인해 광대역 동작이 유도 된다.

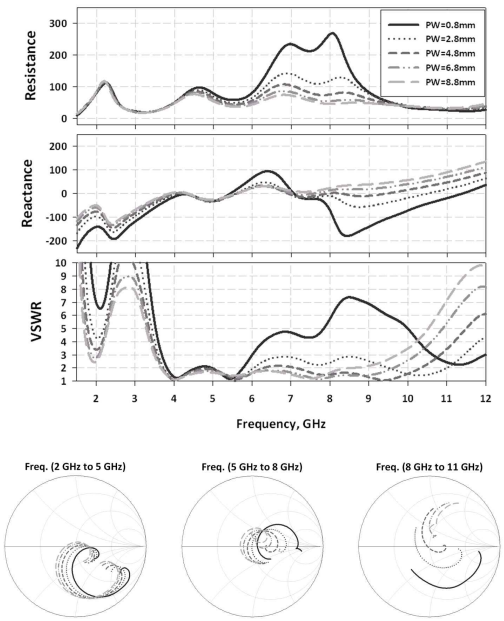


그림 6. 직사각 평판형 방사체 표면적에 따른 임피던스 특성 변화 (GW=10mm)

Fig. 6. Impedance characteristics with various widths of rectangular planar monopole antenna. (GW=10mm)

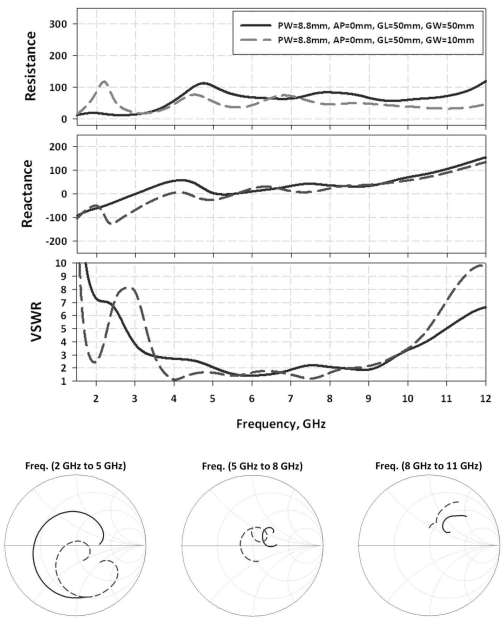


그림 7. 수직 접지면 너비에 따른 임피던스 특성 비교 (GW=50mm 그리고 GW=10mm)

Fig. 7. Compare GW=50mm with GW=10mm on impedance characteristics.

기본 공진 주파수 대역은 수직 접지면의 너비(GW)의 감소에 따른 수직 접지면 상의 수직 방향 전류 분포의 영향 증가에 의해 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항이 증가하여 임피던스 특성이 개선되었다. 방사체 너비(PW)가 8.8mm 일때 VSWR 2.5:1 기준 임피던스 대역폭은 6820 MHz (3.56~9.38 GHz)이다.

그림 7은 수직 접지면의 길이(GL)가 50mm, 안테나 급전 위치(AP)가 0mm 이고, 방사체 너비(PW)가 8.8mm 일 때, 수직 접지면 너비(GW=50mm, 10mm)에 따른 임피던스 특성을 비교한 것이다. VSWR 2.5:1 기준 최저 주파수와 주파수 비 (Fu/Fl)를 비교하면, GW=50mm일 때는 4.58GHz 와 2.07 이고, GW=10mm 일 때는 3.56GHz와 2.63이다. 기본 공진 주파수 대역의 임피던스 특성이 개선되어 평판형 모노폴 안테나의 전기적 길이에 대한 안테나 동작 주파수가 낮아져 비효율적인 동작이 개선되고, 임피던스 대역폭 또한 증가하였음을 알 수 있다.

그러나 그림 5와 그림 7의 결과에서 알 수 있듯이 수직 접지면의 너비를 줄이는 방법 (GW=10mm)의 경우, 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항이 너무 많이 증가해 안테나 그전 위치 변경 방법과 비교해 평판형 모노폴 안테나가 비 효율적으로 동작하는 것을 알 수 있다.

평판형 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항은 수직 접지면의 너비(GW)를 10mm 보다 넓게 설정하여 감소시킬 수 있다. 그러나 수직 접지면의 너비를 넓히는 방법은 안테나의 소형화에 있어 비효율적인 방법이다. 따라서 본 논문에서 수직 접지면의 길이를 변형하였다.

수직 접지면의 전기적 길이가 방사체의 동작 주파수와 비교하여 약 $\lambda/2$에 가까워질수록 안테나의 입력 저항 값은 증가 하게 되고, 멀어질수록 감소하게 된다. 이는 수직 접지면이 방사체의 보조 공진기로 동작하고, 보조 공진기의 전기적 길이가 $\lambda/2$일 때 공진 모드가 형성되기 때문이다. 따라서 수직 접지면의 길이를 공진 모드를 형성하는 길이에서 멀어지게 설정하면 모노폴 안테나의 입력 저항을 낮출 수 있다. 그림 7의 10mm의 수직 접지면 너비(GW)를 갖는 평판형 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항을 낮추는 방법은 수직 접지면의 길이(GL)를 증가 시키는 방법과 감소시키는 방법이 있다. 보조 공진기의 하모닉 공진 모드와 안테나의 소형화를 고려하였을 때 수직 접지면의 길이를 감소하는 방법이 더 효과적이다.

그림 8은 그림 7의 10mm의 수직 접지면 너비(GW)를 갖는 평판형 모노폴 안테나에 있어, 수직 접지면의

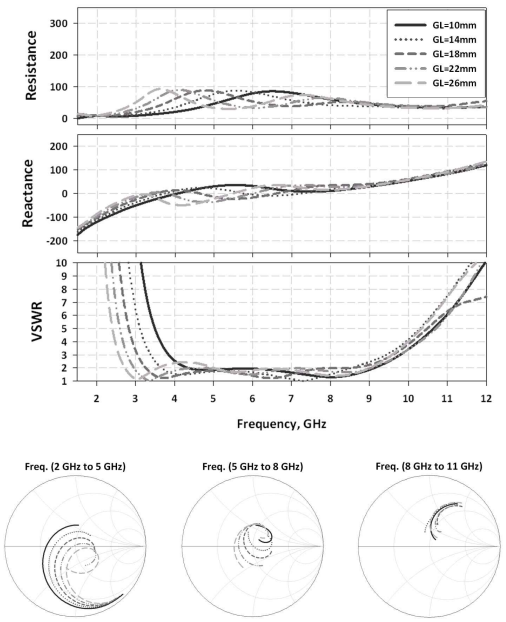


그림 8. 수직 접지면 길이에 따른 임피던스 특성
Fig. 8. Impedance characteristics with various lengths of vertical ground plane.

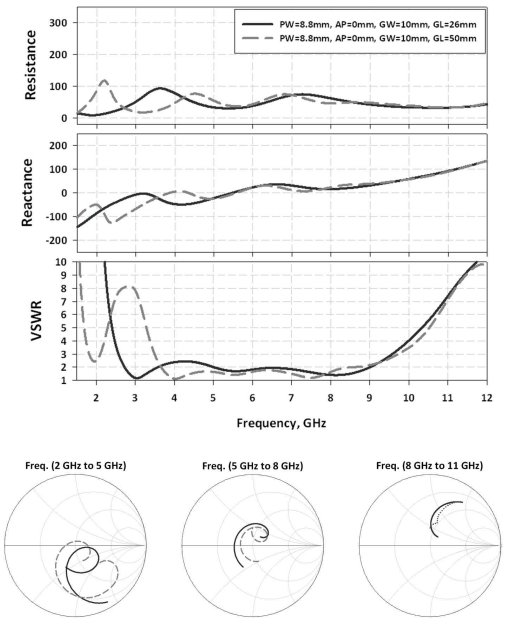


그림 9. 수직 접지면 길이에 따른 임피던스 특성 비교 (GL=26mm 그리고 GL=50mm)
Fig. 9. Compare GL=26mm with GL=50mm on impedance characteristics.

길이(GL)를 10mm에서 26mm 까지 4mm 간격으로 변화 시켰을 때의 임피던스 특성을 보여준다. 수직 접지면의 길이(GL)는 제한된 조건 (PW=8.8 mm, GW=10mm, 그리고 AP=0mm)에서 기본 공진 주파수 대역의 임피던스 특성을 개선하기 위해, 공진 모드 형성을 위한 수직 접지면의 전기적 길이($\lambda/2$)보다 짧게 설정한 후, 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항이 가장 개선된 지점을 기준으로 설정되었다. 수직 접지면의 길이(GL)가 26mm 이상일 때 VSWR 2.5:1 기준 임피던스 특성을 만족하지 못하기 때문에 26mm 이하로 분석하였다. 수직 접지면의 길이(GL)의 감소로 인해 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항이 감소하고, 임피던스 특성이 개선됨을 알 수 있다.

수직 접지면의 길이(GL)가 감소하면 기본 공진 주파수 대역의 입력 저항이 계속 감소하게 되어 임피던스 특성이 나빠지게 됨을 알 수 있다. 수직 접지면의 길이가 26mm 에서 10mm로 감소함에 따라 VSWR 2.5:1 기준 임피던스 대역폭은 6700 MHz (2.63~9.33 GHz) 에서 5490 MHz (4.01~9.5 GHz)로 감소한다.

그림 9는 방사체 너비(PW)가 8.8mm 이고, 수직 접지면의 너비(GW)가 10mm 이고, 안테나 급전 위치(AP)가 0mm일 때, 수직 접지면의 길이(GL=26mm, 50mm)에 따른 임피던스 특성을 비교한 것이다. 기본 공진 주파수 대역 중 2~3 GHz의 임피던스 특성이 개선되었음을 알 수 있다. VSWR 2.5:1 기준 최저 주파수와 주파수 비 (Fu/Fl)를 비교하면, GL=50mm일 때는 3.56 GHz와 2.63이고, GL=26mm 일 때는 2.63 GHz와 3.55이다.

평판형 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수 대역의 임피던스 특성은 수직 접지면의 다이폴 안테나 모드를 기반으로, 수직 접지면의 너비의 감소를 통해 개선할 수 있었다. 그리고 보조 공진기 모드를 기반으로 한 수직 접지면의 수직 접지면의 길이 변화를 통해 더욱 개선할 수 있었다. 즉, 수직 접지면의 각 동작 모드를 기반으로, 수직 접지면의 면적 변화를 통해 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성을 개선함과 동시에 안테나의 소형화도 이룰 수 있다.

Ⅴ. 제작 및 측정

Ⅳ장의 모의실험 결과를 통한 평판형 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수 대역 임피던스 특성 개선을 증명하기 위해 제작을 통한 측정 결과와 비교하였다.

Ⅳ장의 모의실험은 평판형 모노폴 안테나와 수직 접지면 사이의 임피던스 특성 상관관계에 따른 임피던스 특성 변화를 분석하기 위해 제한된 구조 변수 값을 설

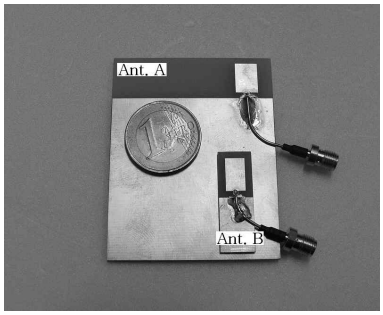


그림 10. 제작된 수직 접지면을 갖는 평판형 모노폴 안테나
Fig. 10. Photograph of fabricated rectangular planar monopole antennas with vertical ground plane.

정하였다. 예를 들면 방사체 너비(PW)는 8.8mm 값을 기준으로 0.8mm~8.8mm 까지 1mm 간격 변화, 안테나 급전 위치(AP)는 20mm, 그리고 수직 접지면의 너비(GW)는 10mm를 기준으로 사용하였다. 제작 측정을 위한 평판형 모노폴 안테나는 안테나의 실 사용을 고려해 VSWR 2:1 기준으로 임피던스 대역폭을 가장 넓게 설정할 수 있는 구조 변수를 그림 1의 평판형 모노폴 안테나를 기준으로 재 설정하였다.

그림 10은 Ⅳ장의 모의실험을 통한 분석을 측정을 통해 검증하기 위한 제작된 평판형 모노폴 안테나의 모습을 보여준다. 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성을 개선하기 위한 방법은 Ⅳ장에서 분석된 안테나 급전 위치 변경(Ant. A)과 수직 접지면 면적 변화(Ant. B) 방법을 이용하였다.

안테나 급전 위치 변화(Ant. A)를 이용한 평판형 모노폴 안테나의 경우, 수직 접지면의 너비(GW)와 수직 접지면의 길이(GL)은 각각 50mm로 설정된 상태에서 방사체 너비(PW)를 7mm, 그리고 안테나 급전 위치

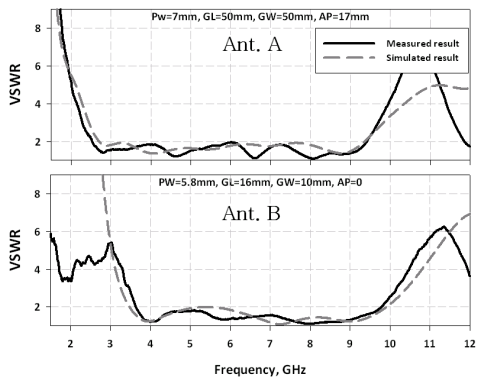


그림 11. 모의실험 및 측정 결과
Fig. 11. Simulated and measured results.

(AP)는 17mm로 설정하였다. 수직 접지면 면적 변화(Ant. B)를 이용한 평판형 모노폴 안테나의 경우, 안테나 급전 위치(AP)를 0mm, 수직 접지면 너비(GW)는 10mm로 설정한 상태에서, 방사체 너비(PW)는 5.8mm, 수직 접지면 길이(GL)는 16mm로 설정하였다.

그림 11은 제작된 안테나의 모의실험과 측정 결과를 보여준다. 측정 결과 모의실험과 매우 유사함을 알 수 있다. 안테나 급전 위치 변경 방법을 이용한 안테나의 경우, 모의실험과 측정된 VSWR 2:1 기준 임피던스 대역폭은 각각 6670 MHz (2.7~9.37 GHz)와 6880 MHz (2.53~9.41 GHz)이다. 수직 접지면 면적 변화를 이용한 안테나의 경우, 모의실험과 측정된 VSWR 2:1 기준 임피던스 대역폭은 각각 6440 MHz (3.47~9.91 GHz)와 6160MHz (3.63~9.79 GHz)이다.

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 수직 접지면을 갖는 평판형 모노폴 안테나의 기본 공진 주파수 대역의 임피던스 특성을 개선하기 위해 방사체의 구조 변형을 하지 않고 수직 접지면의 영향을 이용하는 방법을 제안하였다. 그리고 수직 접지면의 영향을 이용하기 위해 기존 보조 공진기 모드 이외에 다이폴 안테나 모드를 제안하였다.

본 논문에서 제안된 방법 중 안테나 급전 위치 변경 방법은 무선 통신 단말기와 같이 고정된 수직 접지면 면적을 갖는 경우에 광대역 동작 안테나 설계에 효과적일 것으로 사료된다. 그리고 수직 접지면 면적 변화 방법은 좁은 수직 접지면 너비를 갖는 USB Dongle을 위한 광대역 동작 안테나 설계 및 광대역 동작을 위한 평판형 모노폴 안테나의 소형화에 효과적일 것으로 사료된다. 또한 기존 연구의 수직 접지면을 갖는 평판형 모노폴 안테나의 임피던스 특성 분석에 있어 수직 접지면의 영향에 대한 분석에 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Federal Communications commission (FCC). Revision of Part 15 of the commission's rules regarding ultra-wideband transmission systems. First Report and Order, ET Docket 98-153, FCC 02-48, adopted on February 14, 2002, released on April 22, 2002.
[2] Constantine A. Balanis, Antenna Theory:

Analysis and Design, John Wiley & Sons, Inc., pp. 497-515, 2005.
[3] Zhi Ning Chen, Max J. Ammann, Xianming Qing, Xuan Hui Wu, Terence S.P. See, and Ailian Cai, "Planar antennas," IEEE microwave magazine, vol. 7, no. 6, pp. 63-73, 2006.
[4] Jihak Jung, Wooyoung Choi, and Jaehoon Choi, "A small wideband microstrip-fed monopole antenna," IEEE microwave and wireless components letters, vol. 15, no. 10, pp. 703-705, 2005.
[5] Joeri R. Veriest, Guy A.E. Vandenbosch, "A novel small-size printed tapered monopole antenna for UWB WBAN," IEEE antenna and wireless propagation letters, vol. 5, no. 1, pp. 377-379, 2006.
[6] W.J. Lui, C.H. Cheng, and H.B. Zhu, "Experimental investigation on novel tapered microstrip slot antenna for ultra-wideband applications," IET Microwave antennas and propagation, vol. 1, no. 2, pp. 480-487, 2007.
[7] Chong-Yu Hong, Ching-Wei Ling, I-Young Tarn, and Shyn-Jong Chung, "Design of a planar Ultrawideband antenna with a new band-notch structure," IEEE transactions on antennas and propagation, vol. 55, no. 12, pp. 3391-3397, 2007.
[8] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim, "Compact band-notched ultra-wideband antenna," Electronics letters, vol. 44, no. 6, pp. 391-392, 2008.
[9] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim, "Band notched ultra-wideband internal antenna for USB dongle," Microwave and optical technology letters, vol. 50, no. 7, pp. 1789-1793, 2008.
[10] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim, "Compact band-notched ultra-wideband antenna with parasitic elements," Electronics letters, vol. 44, no. 19, pp. 1104-1106, 2008.
[11] Jinwoo Jung, Hyeonjin Lee, and Yeongseog Lim, "Compact modified trapezoid-shaped ultra-wideband antenna with parasitic loops," Microwave and optical technology letters, vol. 51, no. 5, pp. 1261-1263, 2009.
[12] Pertti Vainikainen, Jani Ollikainen, Outi Kivekas, Ilkka Kelander, "Resonator-based analysis of the combination of Mobile Handset antenna and chassis," IEEE Transactions on antennas and propagation, Vol. 50, No. 10, pp.1433-1444, 2002.
[13] Peter Lindberg, and Erik Ojefors, "A bandwidth enhancement technique for mobile handset antennas using wavetraps," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 54 , Issue 8, pp. 2226-2233, 2006

저 자 소 개

정 진 우(학생회원)
2005년 전남대학교 정보통신 공학부 전자공학 전공 (공학사)
2007년 전남대학교 전자정보통신 공학과 (공학석사)
2011년 전남대학교 전자컴퓨터 공학과 (공학박사)
<주관심분야 : 안테나 설계 및 해석, 초고주파 회로 설계>

임 영 석(정회원)-교신저자
1980년 서울대학교 전자공학과 (공학사)
1982년 서울대학교 전자공학과 (공학석사)
1989년 전북대학교 전자공학과 (공학박사)
<주관심분야 : Antenna and RF Circuit design>

이 현 진(정회원)
1982년 조선대학교 전기공학과 (공학사)
1990년 원광대학교 전자공학과 (공학석사)
1996년 전남대학교 전자공학과 (공학박사)
1997년~1998년 펜실베니아 주립대학 방문교수
1991년~현재 동강 대학 전기전자공학과 교수
<주관심분야 : 안테나 설계 및 해서, E/M 해석>