

소형 도체면 구조 개루우프 안테나의 임피던스 특성

정 주 수*

Impedance Characteristics of Small Type Conductor Surface Open-loop Antenna

Joo-soo Jeong *

요 약

본 논문에서는 수분센서용으로 적합한 구조의 안테나로 소형 도체면 구조의 개루우프 안테나를 모델로 제시하고, 그 동작특성을 모멘트법을 이용하여 수치해석하였다. 수치해석 결과 동작주파수 300~500[MHz] 대역에서 안테나의 파라미터 값들의 변화에 따라 입력임피던스는 50[Ω]으로 정합시킬 수 있었으며, 또한 개루우프 반경, 높이, 폭은 안테나의 공진주파수를 변화시키는 파라미터로 작용하였으며, 부하로 사용되는 인덕턴스 값은 안테나의 입력임피던스를 조절할 수 있는 파라미터로 작용하고 있음을 알 수 있었다.

Abstract

This paper proposed that a small type conductor surface open-loop antenna model for the moisture sensor and its operating characteristics were analysed numerically by using the moment methods. The numerical analysis results from this antenna model showed that this antenna could match the input impedance to 50[Ω] by changing parameters of the antenna in the frequency range from 300[MHz] to 500[MHz]. This model also showed that the open-loop radius, height and wire width give a tremendous influence on the antenna resonance variation, while the loaded inductance values affects the variation of the input impedance at the resonance frequencies.

▶ Keyword : input impedance, resonance frequency, moment methods

• 제1저자 : 정주수
• 접수일 : 2004.09.29, 심사완료일 : 2004.11.13
* 창원전문대학 디지털전자통신과 조교수

I. 서론

루우프 안테나의 특징은 원편파를 방사하여 루우프 상에 진행파형의 전류분포를 갖는다[1]. 또한 루우프 상에서의 전류분포는 거의 균일한 전류분포를 가지며 선형적으로 변화하는 위상특성을 갖는다[2~8]. 이와 같은 루우프 안테나에서 임의의 일단(一端)을 개방시켜 개루우프의 형태로 만들고, 개루우프 상에서의 전류분포 특성이 일차함수적인 분포가 되도록 함으로서 전파에너지의 흡수특성을 이용하는 마이크로파 수분 센서용 안테나로서 적합한 구조로 사용할 수 있다[9].

본 논문에서는 접지도체면 상의 일정 높이에 도체면 구조로 만들어지는 루우프 형태의 방사체를 수평으로 위치시키고, 루우프의 일단을 개방시켜 개루우프로 하였으며, 개루우프 상의 일점을 급전점으로 하고, 급전점의 좌·우측으로 일정거리 지점에 부하를 장착하기 위한 부하 기로점과 단락점을 가진 안테나로 구성하였다.

이러한 형태의 안테나에 대하여 입력임피던스와 공진주파수의 변화특성을 Galerkin해법에 기초한 모멘트법[10][11]을 사용하여 수치해석하였다.

수치해석에서는 개루우프 반경 및 폭의 크기, 접지면과 방사체사이의 높이, 부하로 사용되는 인덕턴스 값을 변경시켰을 때, 안테나의 공진주파수와 입력임피던스의 변화관계를 조사하였다.

II. 해석 안테나 모델

본 논문에서 제시한 해석 안테나 모델은 접지면으로부터 일정 높이에 수평으로 놓인 개루우프 형의 안테나를 기본 모델로 설정하고 안테나가 갖는 동작특성을 분석하였다.

(그림 1)은 본 논문에서 해석한 안테나 모델이다. 안테나의 장착 슬리브의 크기를 고려하여 개루우프의 반경(r)은

20~30[mm]의 범위에서 전체 개루우프의 길이가 144[mm]정도 되게 하였으며, 접지면과 방사체와의 높이(h)는 3.0~3.5[mm]로 하여, 원형 도체면을 접지면으로 사용하였다. 또한 안테나의 방사체로 되는 개루우프 도체면의 두께(t)는 3[mm], 폭(w)은 2.5~3.5[mm]가 되도록 하였다. 그리고 이러한 구조의 안테나 모델에서 루우프의 개방 구간은 페루우프에서 30°의 폭을 개방시켜 개루우프로 하였으며, 개방 단으로부터 시계방향으로 $l_1=11$ [mm]인 지점에 단락점을 위치시키고, 단락점으로부터 $l_2=38$ [mm]인 지점에 급전점을 두었으며, 또 다른 개방 단으로부터 반시계 방향으로 $l_3=35$ [mm]인 지점에 부하점을 두어, 부하 인덕턴스를 장착할 수 있도록 하였으며, 부하로 사용되는 인덕턴스의 값은 0.5~0.7[μ H]와 1.0~3.0[μ H]의 범위에 있도록 하였다.

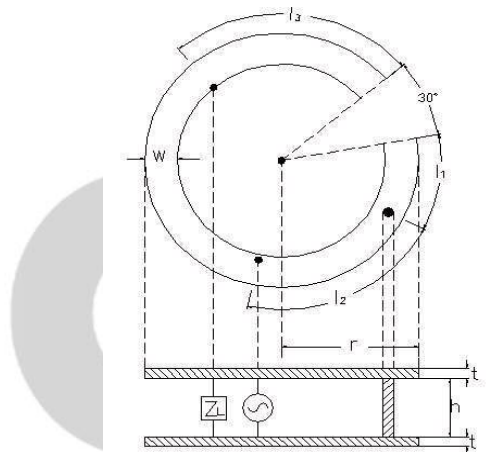


그림1. 해석 안테나 모델
Fig.1 Analysed antenna model

이러한 형태의 안테나 모델에서 안테나의 동작특성에 영향을 줄 수 있는 파라미터로는 개루우프의 반경, 접지면과 개루우프 방사체와의 높이, 개루우프의 폭, 급전점과 단락점의 위치, 부하점의 위치와 부하의 종류 및 부하 값 등 많은 요소들이 존재한다.

본 논문에서는 제시된 안테나 모델에서 안테나의 동작특성에 영향을 줄 수 있는 파라미터들 중, 개루우프의 반경, 접지면과 방사체와의 높이, 개루우프의 폭, 부하로 사용되는 인덕턴스의 값의 변화에 대한 안테나의 입력임피던스와 공진주파수의 변화특성을 주파수 범위 300~500[MHz] 대역에서 고찰하였다.

한편, 개루우프의 반경을 변화시키는 경우에는 그에 상응

하게 상기의 여러 점들 사이의 길이를 동일한 비율로 변경시켜 해석하였다.

III. 수치해석의 결과

본 논문에서 제시된 안테나 모델의 부하점에는 인덕턴스를 부하로 사용하였다. 부하점에 저항을 사용하는 경우에는 소모전력의 증가로 인하여 방사전력이 약해지고 안테나의 이득이 떨어지는 경향을 보였다.

따라서 본 논문에서는 안테나의 동작 이득이 저항에 비하여 높아지는 경향을 보이면서 입력임피던스와 공진주파수에 영향을 줄 수 있는 인덕턴스를 부하로 사용하여 수치계산하였다.

(그림 2)는 제시된 개루우프 안테나 모델에서 접지면과 방사체의 높이 $h=3.0[\text{mm}]$, 개루우프 선로의 폭 $w=3.0[\text{mm}]$, 부하 인덕턴스 $L=0.6[\mu\text{H}]$ 를 기준 값으로 설정하고, 주파수 범위 300~500[MHz] 대역에서의 개루우프 반경의 변화에 대한 공진주파수와 50[Ω]으로 정규화된 입력 임피던스의 변화 특성을 나타낸 것이다. (그림 2)에서 보는 바와 같이 개루우프의 반경이 증가함에 따라 공진주파수는 낮은 주파수 방향으로 이동하고, 입력임피던스 값이 증가하는 것으로 나타나고 있다. 또한 공진주파수는 350~450 [MHz] 대역을 중심으로 나타나고 있으며, 이때 입력임피던스의 값은 거의 50[Ω]으로 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

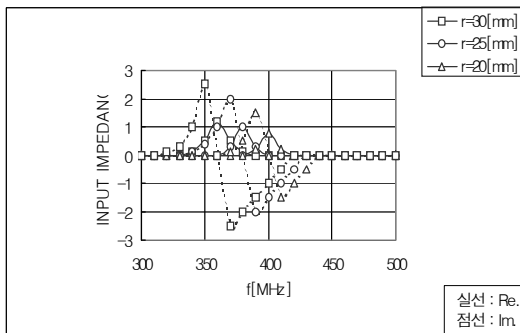


그림 2. 개루우프 반경 변화에 따른 공진주파수와 임피던스 변화 특성
Fig. 2 Resonance frequency and impedance variation characteristics via varying of the loop radius

(그림 3)은 제시된 도체면 구조 개루우프 안테나 모델에서 접지면과 방사체의 높이 $h=3.0[\text{mm}]$, 개루우프의 반경 $r=25[\text{mm}]$, 부하 인덕턴스 $L=0.6[\mu\text{H}]$ 를 기준 값으로 설정하고, 개루우프 선로의 폭의 변화에 대한 공진주파수와 정규화된 입력임피던스의 변화 관계를 나타낸 것이다.

(그림 3)에서는 개루우프 선로의 폭이 감소함에 따라 공진주파수는 높은 주파수 방향으로 이동하고 있음을 알 수 있으며, 이때 입력임피던스 값은 증가하는 것으로 나타나고 있다. 또한 공진주파수 부근에서의 입력임피던스의 리액턴스 값이 다소 높게 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

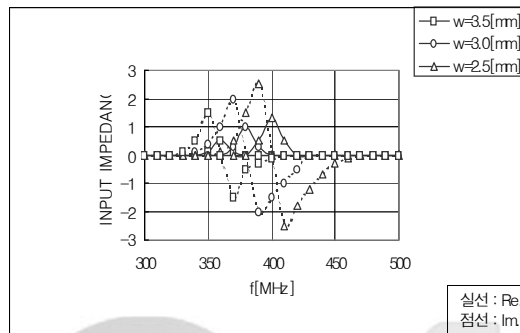


그림 3. 개루우프 선로 폭의 변화에 따른 공진주파수와 임피던스 변화 특성
Fig. 3 Resonance frequency and impedance variation characteristics via varying of the wire width

다음 (그림 4)는 안테나 개루우프의 반경과 폭 그리고 인덕턴스 값을 기준 값으로 사용한 경우, 접지면과 방사체의 높이 변화에 대한 결과를 나타낸 것이다.

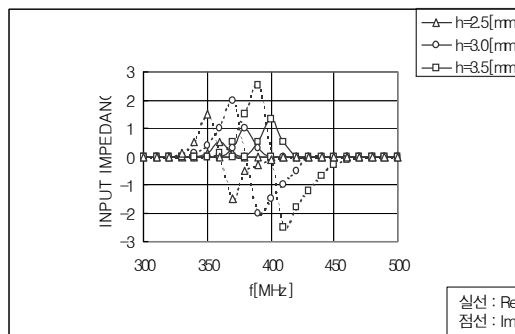
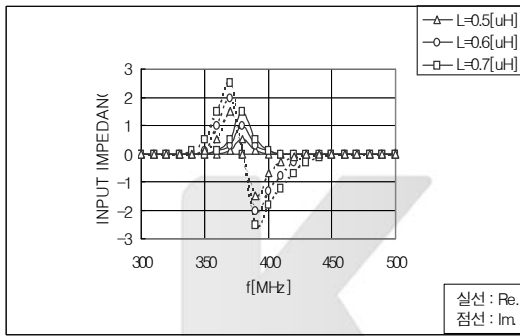


그림 4. 개루우프 높이 변화에 따른 공진주파수와 임피던스 변화 특성
Fig. 4 Resonance frequency and impedance variation characteristics via varying of the loop height

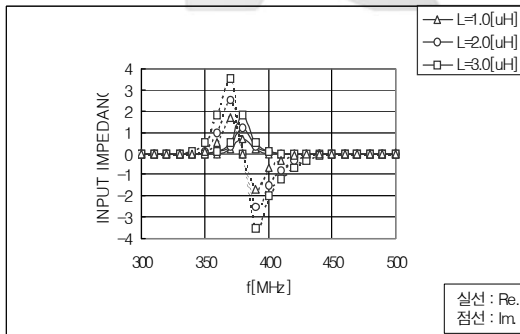
(그림 4)에서는 접지면으로부터 방사체의 높이가 증가함에 따라 공진주파수는 높은 주파수 방향으로 이동하고, 입력임피던스는 증가하고 있음을 확인할 수 있다.

(그림 5)는 상기 파라미터의 기준 값에 대한 부하 인덕턴스 L의 값의 변화에 대한 공진주파수와 입력임피던스 변화특성을 나타낸 것이다.

그림에서 부하로 사용된 인덕턴스 L 값의 변화는 공진주파수의 이동에는 무관한 것으로 나타나고 있으며, 단지 공진 주파수에서의 입력 임피던스 값의 크기 변화에 영향을 주는 파라미터로 작용하고 있음을 확인할 수 있다. 또한 L 값이 증가함에 따라 입력임피던스 값이 증가하는 것으로 나타나고 있으며, 그림 (a)와 (b)에서, L값이 큰 경우가 공진 주파수에서의 입력임피던스 값이 더 크게 나타나고 있음을 확인할 수 있다



(a) L=0.5, 0.6, 0.7[uH] 경우



(b) L=1.0, 2.0, 3.0[uH] 경우

그림 5. 부하 인덕턴스 값의 변화에 따른 공진주파수와 임피던스 변화 특성

Fig. 5 Resonance frequency and impedance variation characteristics via varying of the loading inductance values

이상으로 안테나의 특성의 변화와 관계되는 여러 안테나 파라미터 값들을 변화시켰을 때 나타나는 공진주파수와 입력임피던스 변화 관계를 수치해석을 통해 알아보았다.

해석 안테나 모델에서 개루우프 반경, 접지면에 대한 방사체의 높이, 개루우프의 폭은 공진주파수를 이동시키는데 보다 큰 영향을 주는 것으로 생각 할 수 있으며, 또한 공진 주파수에서의 입력임피던스의 변화는 부하 인덕턴스 L 값에 의해 조절할 수 있음을 확인할 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 도체면 구조의 소형 개루우프 안테나 모델에 대한 수치해석을 통하여 안테나 구조가 갖는 파라미터의 변화에 대한 공진주파수와 입력임피던스 변화 관계를 알아보았다.

본 논문에서 제안된 안테나 모델에 대해 Galerkin 해법에 기초한 모멘트법을 이용하여 수치해석한 결과, 안테나의 동작특성에 영향을 주는 파라미터들 중, 개루우프의 반경 및 폭의 증가는 안테나의 공진주파수를 낮은 주파수 방향으로 이동시키는 반면, 접지면과 방사체사이의 높이의 증가는 공진주파수를 높은 방향으로 이동시키는 파라미터로 작용하고 있음을 알게 되었다.

이와 같은 결과는 개루우프의 반경 및 폭을 축소하는 대신 접지면과 방사체의 높이를 작게하여 동일한 동작특성을 얻을 수 있다는 것을 보여주는 것으로, 이는 안테나의 크기가 좀 더 소형으로 될 수 있음을 의미하는 것으로 분석되어진다.

또한 제시된 안테나 모델에서 부하로 사용된 인덕턴스 값의 변화는 공진주파수의 이동에 영향을 주기보다는 공진 주파수에서의 입력임피던스 값의 크기를 조절할 수 있는 파라미터로 작용하고 있음을 알 수 있었다. 그리고 부하를 커패시턴스로 사용하는 방법[9]보다는 인덕턴스를 사용할 경우 공진주파수에서의 임피던스 정합이 더 용이함을 확인하였다.

결론적으로, 본 논문에서 제시된 도체면 구조의 소형 개루우프 안테나 모델에서 최적의 파라미터는 방사체로 사용된 개루우프의 반경은 20~30[mm], 폭은 2.5~3.5[mm], 접지면과 방사체의 높이는 2.5~3.5[mm], 부하

인덕턴스 값은 0.5~3[μH]로서, 이때 공진주파수는 350~400[MHz] 대역을 중심으로 나타났으며, 공진주파수에서의 입력임피던스의 값은 거의 50[Ω] 정도로 나타나고 있음을 확인할 수 있었다.

하지만 제시된 안테나 모델은 공진주파수 부근에서 입력 임피던스의 리액턴스 값들이 다소 높게 나타나고 있어, 이 부분에 대한 연구가 좀 더 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] W. L. Stutzman, G. A. Thiele, "Antenna Theory and Design", pp.306~336, John Wiley & sons. N.Y. 1981.
- [2] R. W. Newton, "Microwave remote sensing and its application to soil moisture detection", Tech. Rep. RSC-81, 1975.
- [3] A. Kraszewski, "A model of the dielectric properties of wheat at 9.4 GHz", J. microwave Power, vol 13, pp293~301, 1978.
- [4] W. Meyer, W. M. Schilz, "Feasibility study of density independent moisture measurement with microwaves", IEEE MTT-29. No7, pp.732~739, 1981.
- [5] E. Bahar, J. D. Saylor, "A feasibility study to monitor soil moisture content using microwave signals", IEEE MTT-31, No7. pp533~541, 1983.
- [6] W. Meyer, W. M. Schilz, "Feasibility study of density independent moisture measurement with microwaves", IEEE MTT-29. No7, pp732~739, 1981.
- [7] M. Kent, E.Kress-Rogers, "Microwave moisture and density measurements in particulate solids", IEEE MC Vol 8, No 3, pp161~168, sept, 1986.
- [8] S. Nakayama, "Microwave measurements of moisture content of aggregate", J. Appl. Phys. Vol 33, pp2809~2810, No 5A, May, 1994.
- [9] 정주수, 주창복, "캐패시턴스 부하 소형 개루우프 진행파 안테나의 특성 해석", 전자과학회 학술지회, pp98~102, 11, 1995.
- [10] R. F. Harrington, "Field computation by moment method", ch2,3 Macmillan Company, N. Y. pp.62~106, 1968.
- [11] 佐藤源貞, 川上春夫, "アンテナ理論とその 應用", pp142~157, シマツデータシステム, 1993.
- [12] 서정만, 정순기, "지하 매설물 탐지시스템의 제어 및 표시장치", 한국OA학회, 6권 3호, 2001.
- [13] 정주수, 오경석, "RLS알고리즘에 의한 어댑티브이러이 안테나의 특성", 한국OA학회, 7권 4호, 2002.



저자 소개



정 주 수

1987년 경남대학교 전자공학과 (공학사)
 1991년 경남대학교 전자공학과 (공학석사)
 1997년 경남대학교 전자공학과 (공학박사)
 1996년 ~ 현재 창원전문대학
 디지털전자통신과 조교수
 <관심분야> 안테나및전자파신호처리,
 무선통신