

리액턴스 장하형 마이크로스트립 안테나의 특성해석 및 제작

전상봉, 오재현, 안창희  
 영남대학교 전자정보공학부

Numerical Analysis and Implementation of Microstrip Antenna with Reactance Load

Sangbong Jeon, Jaehyun Oh, Chang-Hoi Ahn  
 EECS of Yeungnam Univ.

**Abstract** - 송수신 사이의 거리가 가까운 GPR 시스템등과 같이 신호가 빨리 감쇄되는 산란 측정시스템에서는 송신신호의 왜곡을 줄여 산란체의 신호를 정밀하게 찾아내는 것이 매우 중요하다. 여기에 주로 사용되는 광대역 안테나는 안테나의 급전점과 끝부분의 개방단 사이에서 다중 반사가 일어나서 입력신호의 왜곡으로 인한 떨림현상이 일어나게 되는데, 본 논문에서는 리액턴스 장하를 통해 안테나의 내부 반사를 줄인 초광대역 안테나를 설계하고 제작하여 특성을 측정하였다.

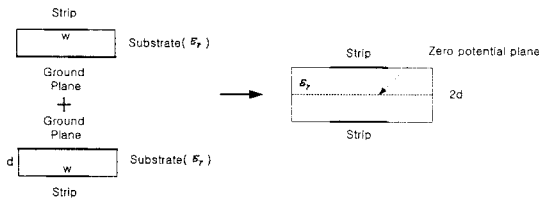
1. 서 론

유한한 길이의 안테나에 짧은 펄스를 인가하는 경우 안테나의 표면을 따라 진행하는 전자기파는 불연속 지점이나 종단된 개방부분에서 반사가 일어나며, 이 반사는 안테나 전류에 대해 정재파를 발생시킨다. 안테나의 급전점과 개방부분 사이의 다중반사에 의한 정재파는 떨림 현상(late-time ringing)을 생성시키는데, 이 현상을 줄이는 방법으로 잘 알려진 Wu-King profile[1]은 저항성 부하를 삽입하여 안테나의 대역 특성을 확장시킴으로써 떨림 현상을 줄이는데 유용하게 사용되어진다. 또한 리액턴스 부하를 안테나 개방단 부분으로 갈수록 지수적으로 증가시킴으로써 광대역 특성을 얻을 수 있다[2].

송수신간의 거리가 가까워서 짧은 송신펄스를 사용하는 GPR(Ground Penetrating Radar) 시스템이나 신호가 빨리 감쇄하는 공진 특성을 측정하는 공진 산란 측정시스템에서 산란체에 의한 신호의 보화를 위해 송신신호의 왜곡을 줄이는 것이 중요하다. 이런 목적으로 많은 종류의 광대역 안테나에 관한 논문들이 발표되어왔다[3-5].

최근 저자의 연구에서는 기존 안테나들에 비해서 제작이 용이하고 광대역 특성을 갖는 마이크로스트립 라인을 사용한 양면 급전 안테나 구조를 이용하여 저항성 부하를 삽입한 안테나를 설계하였다[6]. 본 논문에서는 리액턴스 성분인 인덕턴스 부하를 추가로 장하하여 송신 신호의 떨림 현상을 개선한 광대역 안테나를 제작 및 설계하고 특성을 측정하였다. 인덕턴스 부하는 마이크로스트립 라인의 폭이 줄어 들면 인덕턴스의 값이 증가하는 특성을 이용하여 마이크로스트립 라인에 슬롯을 내어 구현하였다[7].

2. 본 론



〈그림 1〉 마이크로스트립을 이용한 평행판 전송선로 구조

그림1은 마이크로스트립을 이용한 평행판 전송선로의 구조를 보여준다 [5,8]. 일반적인 마이크로스트립 라인의 특성 임피던스는 식(1)에 의해 구해진다.

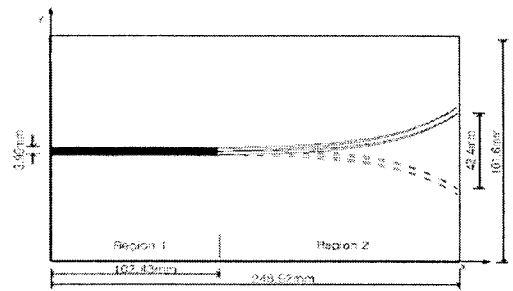
$$Z_0 = \frac{\eta_0}{2\pi\sqrt{\epsilon_r}} \ln \left\{ F_1 / (w/d) + \sqrt{1 + 4/(w/d)} \right\} \quad (1)$$

$$F_1 = 6 + (2\pi - 6) \times \exp \left\{ - (30.666 / (w/d))^{0.7528} \right\}$$

여기서  $\eta_0 = 120\pi\Omega$ 이다. 따라서 비유전율이  $\epsilon_r = 4.8$ , 두께  $d = 0.794mm$ 이고 스트립 폭이  $w = 3.99mm$ 인 에폭시 기판을 사용하면 전송선로의 특성 임피던스  $Z_0 = 25\Omega$ 이 된다. 그림1의 왼쪽은 두개의 일반적인 마이크로스트립 라인을 나타내며, 특성 임피던스가  $Z_0 = 25\Omega$ 인 전송선로를 접지가 포개어지도록 직렬 연결하면 특성 임피던스가  $Z_0 = 50\Omega$ 인 그림1의 오른쪽 그림과 같은 전송선로의 구조가 된다. 그러므로 전체 특성 임피던스가  $50\Omega$ 이고, 유전체 기판의 두께가  $1.59mm$ 인 평

행판 전송선로가 된다.

그림2는 안테나의 구조를 나타낸다. 두개의 스트립 라인들은 안테나의 급전선으로 사용되며 폭이  $3.99mm$ 이고 길이는  $102.43mm$ 이다. 급전선의 끝부분에서부터 광대역 특성을 얻기 위해서 안테나의 시작이 점차 지수적으로 증가하는 형태를 가진다. 그림2에서 보여지는 실선은 기관 윗면의 스트립 라인을 나타내며 점선은 기관 아래면의 스트립 라인을 나타낸다. 이 실선과 점선은 대칭적 구조를 가지며, 스트립 라인 끝지점 사이의 간격은  $42.4mm$ 이다. 그러므로 안테나의 임피던스는 근사적으로 자유 공간에서의 특성 임피던스( $\eta_0 = 377\Omega$ )를 가진다.

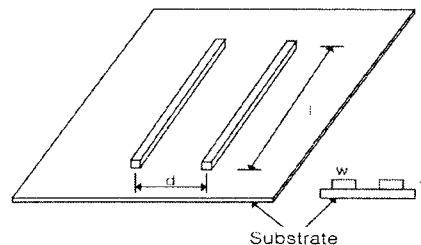


〈그림 2〉 안테나의 구조

본 논문에서 제안한 저항성 부하와 리액턴스 부하는 주파수에 따라 변하는 전류 성분을 억제함으로써 안테나 내부에서의 떨림 현상을 줄일 수 있다. 이 저항성 부하를 안테나에 적용시키기 위해 그림2의 영역2에 흑연을 입혀 구현하였으며, 리액턴스 성분은 그림3과 같이 유전체 기판의 양쪽 표면에 놓인 두 개의 전송선에서의 각각 슬롯을 만듦으로써 자기 인덕턴스 성분을 도입할 수 있다. 그림3의 자기 인덕턴스 식(2)과 같이 주어진다.

$$\frac{L}{l} \approx \frac{\mu_r \mu_0}{\pi} \ln \left[ \frac{\pi(d-w)}{w+t} + 1 \right] H/m \quad (2)$$

식(2)에서 평행한 전송선 사이의 길이 d가 증가할수록 자기 인덕턴스 성분은 증가하며, 이는 제안된 안테나 구조에서 개방단 부분으로 갈수록 슬롯의 간격을 증가시킴으로써 리액턴스 성분을 연속적으로 증가시킬 수 있다.



〈그림 3〉 유전체 위의 두 개의 평행 전송선

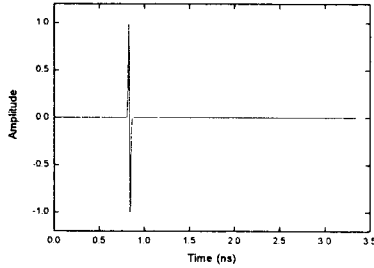
본 연구에서는 안테나의 두께가  $1.59mm$ 이고 폭이  $3.99mm$ 인 에폭시 수지에 영역 1은 구리로 입혀졌고, 영역2는 구리를 입힌 경우, 저항성 부하를 삽입하기 위해 흑연을 입힌 경우, 또한 슬롯의 폭을 개방단으로 갈수록 증가시킴으로써 인덕턴스 성분을 증가시키는 경우를 비교 분석하였다.

3. 수치해석 및 실험적 결과

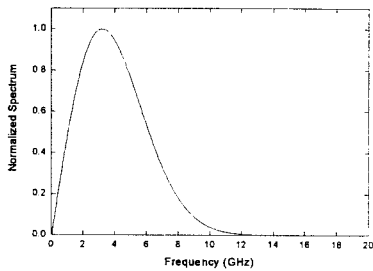
일반적으로 짧은 펄스폭의 입력신호를 사용하는 경우는 주로 가우시안 펄스와 미분형 가우시안 펄스를 사용한다. 본 연구에서 제작된 안테나의 입력신호로는 미분형 가우시안 펄스를 사용하여 측정하였다. 가우시안 펄스는 저주파 신호의 성분, 특히 DC 성분을 많이 가지고 있는 반면 미분형 가우시안 펄스는 DC 성분을 가지고 있지 않고 저주파 성분도 제한적이다[9]. 따라서 마이크로스트립 라인을 사용하는

안테나에 미분형 가우시안 펄스가 적합함을 알 수 있다. 그림4의 (a)와 (b)는 미분형 가우시안 펄스의 시간영역과 주파수 영역에서의 신호를 나타내고 있다. 본 연구에서 사용하는 미분형 가우시안 펄스는 그림4(b)에서 보여 지는 것처럼 주파수 범위가 50MHz에서 10.5GHz 까지 성분을 포함하고 있다.

그림5는 논문에서 제안한 구조의 안테나에 구리로 코팅된 경우와 흑연으로 코팅된 경우에 대해 전류 분포를 나타낸 것이다. (a)와 (b)는 주파수가 각각 2GHz 와 3.5GHz 일 때의 결과를 비교한 것이다. 결과에서 보이는 바와 같이 주파수에 따라 PEC의 경우는 전류의 변화가 심하게 나타나고 R-L의 경우는 주파수가 변해도 전류의 분포가 많이 변하지 않는 것을 보이고 있다. 이는 R-L 을 장하함으로써 전류 분포가 주파수에 대해 독립적이게 만든다는 것을 알 수 있다.

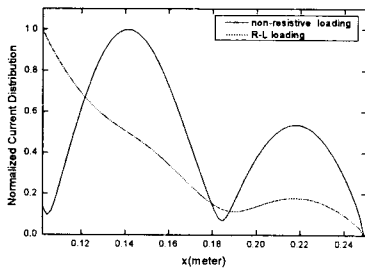


(a) 시간영역

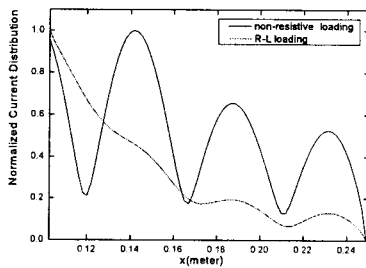


(b) 주파수영역

〈그림 4〉 미분형 가우시안 펄스



(a) 2GHz



(b) 3.5GHz

〈그림 5〉 주파수에 따른 전류분포

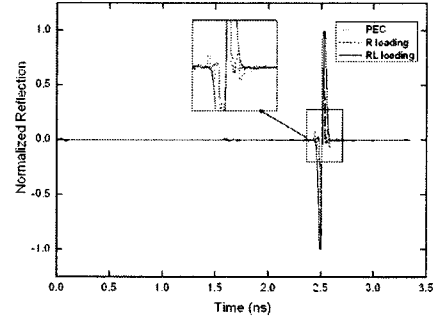
안테나에 대한 측정은 Wiltron 37225A 네트워크 분석기로 주파수 영역에서 측정을 하였다. 즉 주파수 50MHz에서 10.5GHz 범위에서 동간격으로 1601개의  $S_{11}$ 을 측정하였다.  $S_{11}$ 으로부터 각 주파수에서의 안테나 입력 임피던스  $Z_n$ 을 얻고  $Z_n$ 을 알면 입력 반사계수  $\Gamma_n$ 는 식(2)에 의해 임의의 전송선의 특성 임피던스( $Z_0$ )에 대해 계산 되어 진다.

$$\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_0}{Z_{in} + Z_0} \quad (3)$$

여기서 구해진 반사계수( $\Gamma_{in}$ )와 입력 신호의 스펙트럼( $V_{in}$ )의 곱에 대해서 역 푸리에 변환을 거치면 식(3)과 같이 반사된 신호를 구할 수 있다[2].

$$v_{ref}(t) = F^{-1}\{\Gamma_{in} V_{in}\} \quad (4)$$

여기서  $V_{in} = F\{v_{in}(t)\}$ 이다.



〈그림 6〉 안테나 급전점에서 반사된 신호

그림6은 영역1 과 영역2 가 모두 구리를 입힌 경우의 안테나 급전점에서 측정된 반사 신호(PEC), 영역1은 구리로 영역2는 흑연을 입힌 경우의 측정된 반사 신호(R loading)과 영역2에 슬롯을 낸 경우의 측정된 반사신호(RL loading)를 나타낸 것이다. 그림6를 비교해 보면 저항성 부하를 삽입한 경우가 완전 도체를 입힌 경우보다 안테나의 내부 반사에 의해 야기되는 떨림 현상이 매우 줄어든 것을 알 수 있다. 또한 인덕턴스 부하를 삽입한 경우가 저항성 부하를 삽입한 경우 보다 떨림 현상이 개선됨을 알 수 있다, 즉 이는 저항 성분과 인덕턴스 성분이 내부반사에 의해 일어나는 떨림 현상을 억제하는데 효과적임을 보여준다.

#### 4. 결 론

본 논문에서 안테나의 광대역 특성을 나타내기 위해 양면 급전선 안테나를 구현하였다. 내부의 다중반사를 줄이기 위해 저항성 부하와 리액턴스 부하를 삽입하는 방법으로 안테나가 떨림 현상을 효율적으로 줄인다는 것을 볼 수 있었다. 리액턴스 부하는 스트립 라인에 개방단 부분으로 갈수록 슬롯의 간격을 늘림으로써 인덕턴스 성분을 연속적으로 증가시키는 방법으로 구현하였다. 본 논문에서 설계 및 제작된 안테나는 근거리 산란전계의 정밀한 측정 등의 목적에 사용될 수 있을 것이다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] T. T. Wu and R. W. P. King, "The cylindrical antenna with nonreflecting resistive loading," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. AP-13, 369-373, 1965.
- [2] B. L. J. Rao, Joseph E. Ferris and Wiley E. Zimmerman, "Broadband Characteristics of Cylindrical Antennas with Exponentially Tapered Capacitive Loading," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 17, 145-151, 1969.
- [3] T. P. Montola and G. S. Smith, "Land mine detection using ground penetrating radar based on resistively loaded vee dipoles," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 47, 1795-1806, 1999.
- [4] A. A. Lestari, A. G. Yarovoy, and L. P. Ligthart, "R-C loaded bow-tie antenna for improved pulse radiation," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 52, 2555-2563, 2004.
- [5] Y. Chen, Z. Xie, G. Shi, W. T. Joines, Q. H. Liu, and L. Carin, "Time-domain target detection using a double-sided broadband antenna," IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol. 3, 2999-3002, 2004.
- [6] 전상봉, 정용화, 안창희, "저항성 부하를 가진 초광대역 안테나 설계 및 제작," 한국해양정보통신학회논문지, 10권, 7호, pp. 1159-1164, 2006.
- [7] K.G. Gupta, Ramesh. Garg, Inder. Bahl and Prakash. Bhartia, *Microstrip Line and Slotlines*, Artech House, 1996
- [8] Z. Zhao, C. H. Ahn and L. Carin, "Nonuniform frequency sampling with active learning: application to wide-band frequency-domain modeling and design," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 53, 3049-3057, 2005.
- [9] J. G. Maloney and G. S. Smith, "A study of transient radiation from the wu-king resistive monopole - ftd analysis and experimental measurement," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 41, 668-676, 1993.