

저항성 부하를 가진 초광대역 안테나 설계 및 제작

전상봉* · 정용화* · 안창희**

Design and Implementation of Ultra Wideband Antenna with Resistive Loading

Sangbong Jeon* · Yonghwa Jung* · Chang-Hoi Ahn**

요 약

광대역 안테나는 안테나의 급전점과 끝부분의 개방부분 사이에서 다중 반사가 일어나서 입력신호의 끝부분에 떨림 현상이 일어난다. 이는 기본적으로 안테나의 협대역 특성에 기인하는데, 저항성 부하는 이러한 떨림 현상을 줄일 수 있다. 이 방법은 송수신 사이의 거리가 가까운 GPR 시스템이나 신호가 빨리 감쇄하는 공진산란 측정 시스템에서 산란체에 의한 신호의 보호를 위해 송신신호의 왜곡을 줄이는 것에 중요하다. 본 논문에서는 안테나의 내부 다중 반사를 줄이기 위해 저항성 부하를 가진 초광대역 안테나를 설계하고 제작하여 개선된 측정결과를 얻었다.

ABSTRACT

Broadband antennas have late-time ringing by multi-reflections between feed points and open ends of the antennas, which indicates the narrowband nature of the antenna. The resistive loading has been used to reduce the late time ringing that is important for ground penetrating radar and resonance detection systems in order to prevent masking of target. In this paper, we design an ultra wide band antenna with resistive loading technique to reduce the internal reflections within the antenna. The designed antenna is implemented and tested to show improved characteristics.

키워드

저항성 부하, 초광대역 안테나, 평행판 전송선로

I. 서 론

유한한 길이의 안테나에 짧은 펄스를 인가하는 경우 안테나의 표면을 따라 진행하는 전자기파는 불연속 지점이나 중단된 개방부분에서 반사가 일어나며, 이 반사는 안테나 전류에 대해 정재파를 발생시킨다. 안테나의 급전점과 개방부분 사이의 다중반사에 의한 정재파는 떨림 현상(late-time ringing)을 생성시키고 이 현상을 줄이는 방법으로서 잘 알려진 Wu-King profile[1]은 저항성 부하를 삽

입하여 안테나의 대역 특성을 확장시킴으로써 떨림 현상을 줄이는데 유용하게 사용되어진다.

송수신간의 거리가 가까워서 짧은 송신펄스를 사용하는 GPR(Ground Penetrating Radar) 시스템이나 신호가 빨리 감쇄하는 공진특성을 측정하는 공진 산란 측정시스템에서 산란체에 의한 신호의 보호를 위해 송신신호의 왜곡을 줄이는 것이 중요하다. 이런 목적으로 많은 종류의 광대역 안테나에 관한 논문들이 발표되어왔다[2-4].

본 논문에서는 기존 안테나들에 비해서 제작이 용이하

* 영남대학교 전자정보공학부

** 교신저자: 영남대학교 전자정보공학부 교수

고 광대역 특성을 갖는 마이크로스트립 라인을 사용한 양면 급전 안테나 구조를 이용하였다. 이에 부가해서 안테나 내부의 반사를 줄이기 위해 저항성 부하를 흑연을 도포하는 방법으로 구현하여, 송신 신호의 떨림 현상을 대폭 개선한 광대역 안테나를 설계 및 제작하고 특성을 측정하였다.

II. 본 론

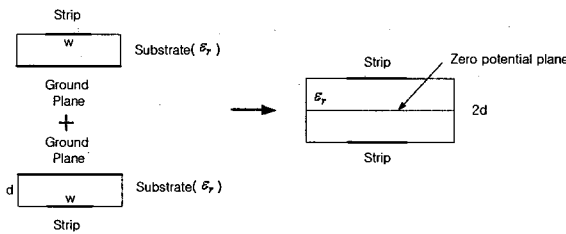


그림 1. 마이크로스트립을 이용한 평행판 전송선로 구조
Fig. 1 The parallel-plate transmission line design using microstrip

그림1은 마이크로스트립을 이용한 평행판 전송선로의 구조를 보여준다[4-5]. 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 50Ω 이고, 유전체 기판의 두께가 $1.59mm$ 인 평행판 전송선로가 된다.

그림2는 안테나의 구조를 나타낸다. 두개의 스트립 라인들은 안테나의 급전선으로 사용되며 폭이 $3.99mm$ 이

고 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. 본 연구에서는 안테나의 두께가 $1.59mm$ 이고 폭이 $3.99mm$ 인 에폭시 수지에 영역 1은 구리로 입혀졌고, 영역2는 구리를 입힌 경우와 저항성 부하를 삽입하기 위해 흑연을 입힌 경우를 비교 분석하였다.

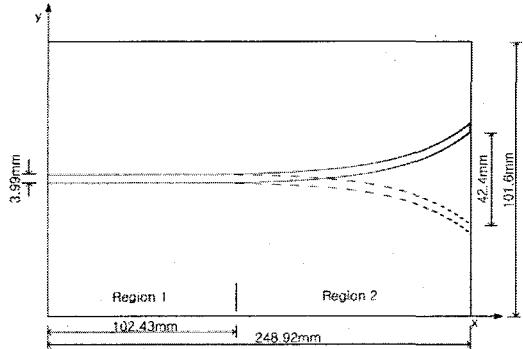
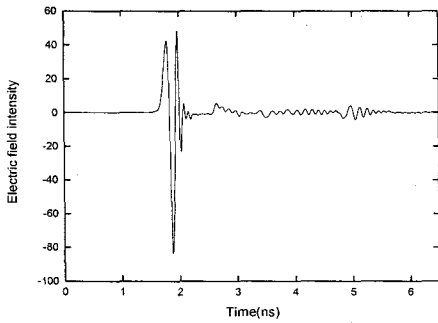


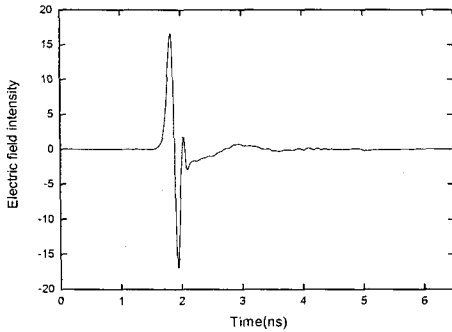
그림 2. 안테나의 구조
Fig. 2 The geometry of the considered antenna

III. 수치해석 및 실험적 결과

일반적으로 짧은 펄스폭의 입력신호를 사용하는 경우는 주로 가우시안 펄스와 미분형 가우시안 펄스를 사용한다. 다음 그림3은 가우시안 펄스를 입력으로 사용 시 안테나 급전점으로부터 전방 30cm에서 전계의 세기를 CST사의 MWS(MicroWave Studio)를 이용하여 시뮬레이션한 결과이다. 그림3의 (a)와 (b)에서 알 수 있듯이 저항성 부하를 사용한 안테나의 경우 펄스 신호의 떨림 현상이 훨씬 감소됨을 알 수 있다. 안테나 내부로 반사되는 전계의 세기를 저항성부하를 사용하지 않은 경우와 사용한 경우에 대해서 각각 그림4의 (a)와 (b)에 나타내었다. 역시 안테나의 내부 공진 현상이 크게 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.



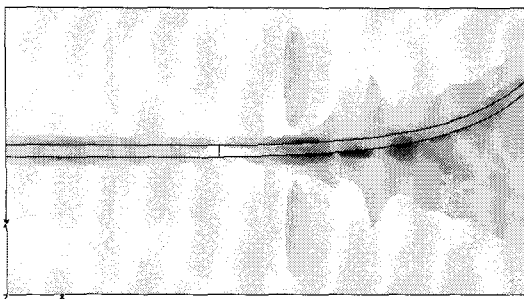
(a)



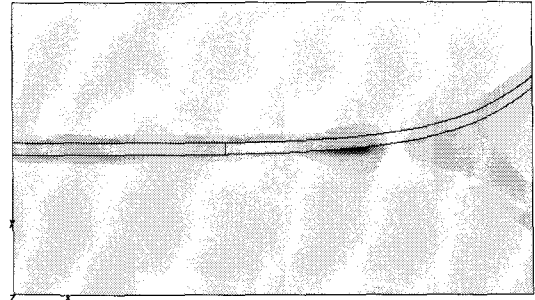
(b)

그림 3. 급전점으로 부터 30cm 떨어진 위치에서 안테나 전계의 세기: (a) 저항성 부하를 입하지 않는 경우, (b) 저항성 부하를 입힌 경우

Fig. 3 Electric field intensity at 30 cm away from antenna feed: (a) with non-resistive loading, (b) with resistive loading



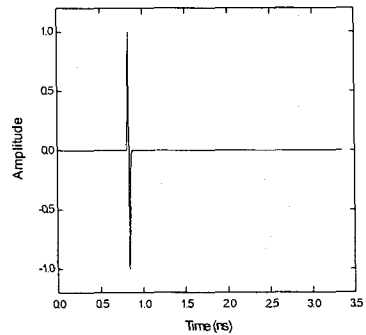
(a)



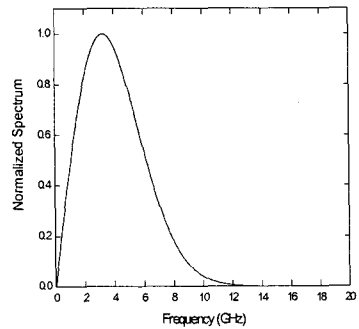
(b)

그림 4. 안테나 내부로 반사되는 전계의 분포: (a) 저항성부하를 입하지 않은 경우, (b) 저항성 부하를 입힌 경우

Fig. 4 Electric field distribution of antenna internal reflections: (a) without resistive loading, (b) with resistive loading



(a)



(b)

그림 5. 미분형 가우시안 펄스: (a) 시간영역, (b) 주파수영역
Fig. 5 Derivative of a Gaussian pulse: (a) in time domain, (b) in frequency domain

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[6]. 따라서 마이크로스트립 라인을 사용하는 안테나에 미분형 가우시안 펄스가 적합함을 알 수 있다.

그림5의 (a)와 (b)는 미분형 가우시안 펄스의 시간영역과 주파수 영역에서의 신호를 나타내고 있다. 본 연구에서 사용하는 미분형 가우시안 펄스는 그림5(b)에서 보여주는 것처럼 주파수 범위가 50MHz에서 10.5GHz 까지 성분을 포함하고 있다.

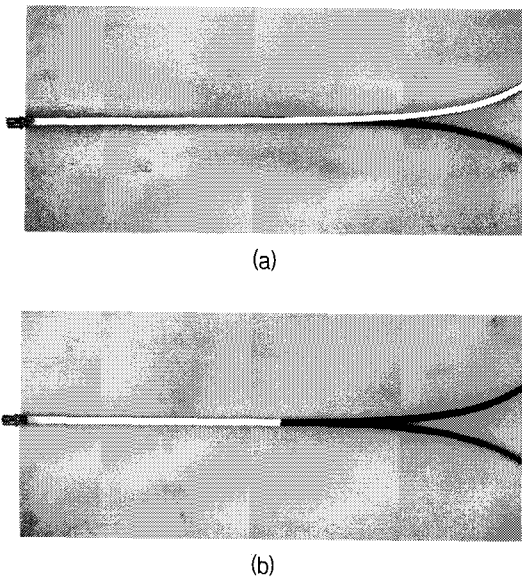


그림 6. 제작된 안테나: (a) 저항성 부하를 삽입하지 않은 경우(구리코팅), (b) 저항성 부하를 삽입한 경우(흑연코팅)
 Fig. 6 Implemented antennas: (a) without resistive loading(copper printed), (b) with resistive loading(graphite printed)

그림6의 (a)와 (b)는 각각 구리코팅과 흑연코팅을 하여 제작된 안테나를 나타낸다. 안테나에 대한 측정은 Wiltron 37225A 네트워크 분석기로 주파수 영역에서 측정을 하였다. 즉 주파수 50MHz에서 10.5GHz 범위에서 등간격으로 1601개의 S₁₁을 측정하였다. S₁₁으로부터 각 주파수에서의 안테나 입력 임피던스 Z_{in}을 얻고 Z_{in}을 알면 입력 반사계수 Γ_{in}는 식(2)에 의해 임피의 전송선의 특성

임피던스(Z₀')에 대해 계산 되어 진다.

$$\Gamma_{in} = \frac{Z_{in} - Z_0'}{Z_{in} + Z_0'} \quad (2)$$

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

$$v_{ref}(t) = F^{-1}\{\Gamma_{in} V_{in}\} \quad (3)$$

여기서 V_{in} = F{v_{in}(t)}이다.

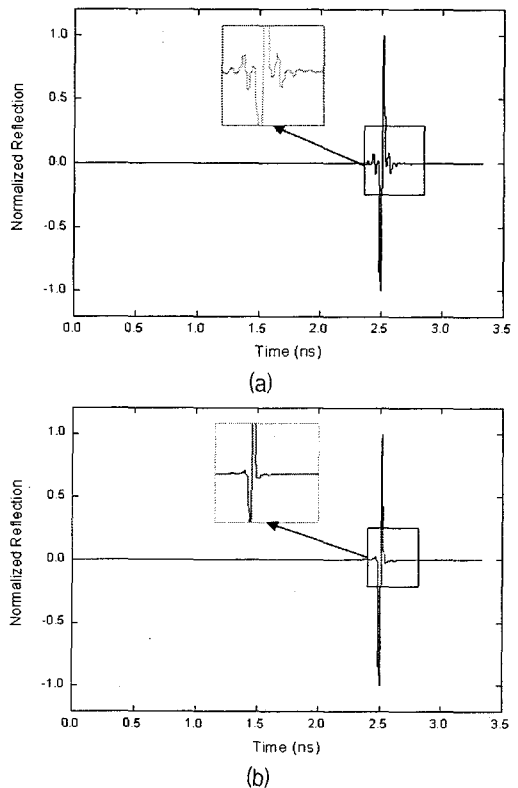


그림 7. 안테나 급전점에서 반사된 신호: (a) 저항성 부하를 삽입하지 않은 경우(구리코팅), (b) 저항성 부하를 삽입한 경우(흑연코팅)
 Fig. 7 Reflection from the end of feed line of antennas: (a) without resistive loading(copper printed), (b) with resistive loading(graphite printed)

그림7(a)는 영역1 과 영역2 가 모두 구리를 입힌 경우의 안테나 급전점에서 측정된 반사 신호이고 그림7(b)는 영역1은 구리로 영역2는 흑연을 입힌 경우의 반사 신호이다. 그림7의 (a)와 (b)를 비교해 보면 저항성 부하를 삽입한 경우가 완전 도체를 입힌 경우보다 안테나의 내부 반사에 의해 야기되는 떨림 현상이 매우 줄어든 것을 알 수 있다. 즉 이는 저항 성분이 내부반사에 의해 일어나는 떨림 현상을 억제하는데 효과적임을 보여준다.

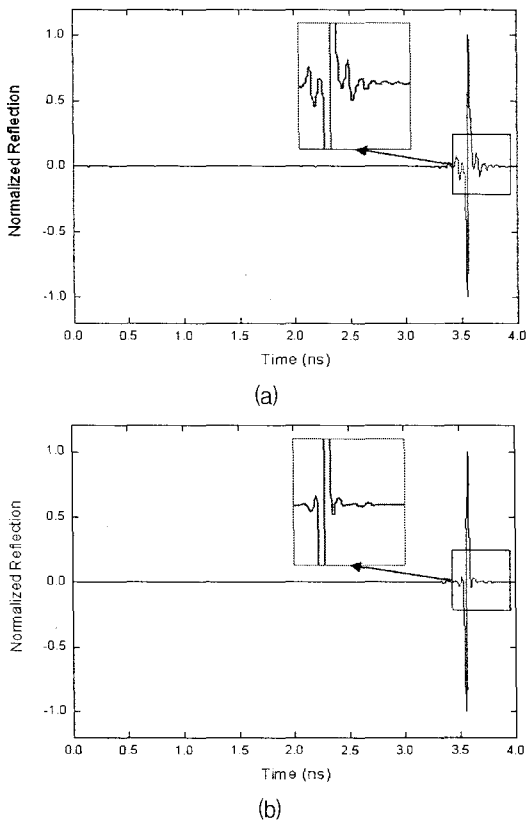


그림 8. 안테나로부터 10cm 떨어져 있는 완전도체 평판으로 부터의 반사 신호: (a) 저항성 부하를 삽입하지 않은 경우(구리코팅), (b) 저항성 부하를 삽입한 경우(흑연 코팅)

Fig. 8 Reflection by the ground plane placed 10 cm away from antenna: (a) without resistive loading(copper printed), (b) with resistive loading(graphite printed)

그림8의 (a)와 (b)는 안테나로부터 10cm 떨어진 위치에 완전도체 평판을 두고 구리로 코팅된 안테나와 저항성 부

하를 가지는 안테나의 측정 신호를 나타낸 것이다. 여기서도 완전 도체 평판으로부터 산란된 신호가 저항성 부하를 가진 안테나의 경우에 떨림 현상이 줄어든 것을 볼 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서 안테나 내부의 다중반사를 줄이기 위해 저항성 부하를 삽입하는 방법을 사용하여 광대역의 양면 급전선 안테나를 구현하였다. 완전도체 안테나와 비교해 볼 때 저항성 부하를 가지는 안테나가 떨림 현상을 효율적으로 줄인다는 것을 볼 수 있었다. 본 논문에서 설계 및 제작된 안테나는 근거리 산란전계의 정밀한 측정 등의 목적에 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [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] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] J. G. Maloney and G. S. Smith, "A study of transient radiation from the wu-king resistive monopole - ftdt analysis and experimental measurement," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, Vol. 41, 668-676, 1993.

저자소개



전 상 봉(Sangbong Jeon)

2000년 2월 영남대학교 전기전자공학부(공학사)

2003년 2월 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

2003년~현재 영남대학교 대학원 전자공학과 박사과정
※ 관심분야: 안테나, 전자파 수치해석



정 용 화(Yonghwa Jung)

1994년 2월 영남대학교 전기공학과(공학사)

1996년 2월 영남대학교 대학원 전기공학과(공학석사)

2004년 8월 영남대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
현재 영남대학교 누리사업단 강의전담교수
※ 관심분야: 안테나, 전자파 수치해석, 전자파 이론



안 창 회(Chang-Hoi Ahn)

1985년 2월 서울대학교 전기공학과(공학사)

1992년 8월 한국과학기술원(공학박사)

1997년 2월~1998년 1월 일리노이 주립대(미) 박사후과정

2004년 3월~2005년 2월 듀크대학(미) 방문교수
1993년 3월 ~ 현재 영남대학교 전자정보공학부 교수
※ 관심분야: 전자장론 및 수치해석, 전파산란