

평면형 다이폴 안테나를 이용한 UHF RFID 태그 안테나 특성

The Characteristics for UHF RFID Tag Antenna Using Planar Dipole Antenna

김 영 달 · 이 영 훈 · 권 원 현*

Young-Dal Kim · Young-Hun Lee · Won-Hyun Kwon*

요 약

본 논문에서는 RFID 칩 실장이 용이한 접지면이 첨가된 평면형 미앤더 형태의 평면형 다이폴 안테나를 이용하여 UHF 대역에서 동작하는 RFID 태그용 안테나를 제안하였다. 태그의 크기를 명함 크기로 구현하기 위해서 안테나는 meander 형태로 구현하였으며, 안테나의 특성 개선을 위하여 T-정합법을 사용하였고, RFID 칩 실장이 용이한 구조를 구현하기 위해서 접지면을 첨가하였다. 논문에서 제안한 방법을 통하여 구현한 안테나의 크기는 100×60 mm²이고, 유전체는 FR4를 사용하였다. 실험 결과 방사 패턴은 다이폴 안테나와 같이 전 방향(omnidirectional) 특성이며, 중심 주파수는 427 MHz, -10 dB 반사 손실 대역폭은 8 MHz, 최대 반사 손실은 21 dB이다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 RFID 칩 실장이 용이한 RFID 태그용 안테나를 구현할 수 있다.

Abstract

In this paper, we are proposed the antennas for RFID tag operated at UHF band which are inserted ground plane easy to mount the RFID chips at the antenna surfaces. In order to implemented antenna for RFID tag which the size is same as conventional name card, the structure of the antenna is meander type, matching method for improvement characteristics of the antenna use T matching method, ground plane is inserted at the antenna substrate for mounting RFID chips. The substrate size of implementation is 100×60 mm² and the FR4 substrate is used. Results of the experiment, the center frequency of the implemented antenna is 427 MHz, -10 dB return loss bandwidth is 8 MHz, maximum return loss is 21 dB, the radiation pattern is omnidirectional. From these results, we are conformed application for UHF RFID tag antenna.

Key words : RFID Tag Antenna, T Matching, Meander Type Antenna, Ground Plane

I. 서 론

20세기 말부터 RF 기술을 이용한 통신 방법은 음성 통신을 벗어나 문자 및 기호의 전송을 통하여 많은 분야에 적용되고 있다. 특히 물류 시스템에 적용하기 위한 방안들이 최근에 제안되기 시작하였다.

초기에는 기존에 설치된 페이지 시스템 혹은 이동 무선전화를 이용하여 적용하는 방안 등 다양한 방법들이 제안되었다. 그러나 최근에 유비쿼터스(Ubi-quitous) 개념과 센서 네트워크를 융합하여 유비쿼터스 센서 네트워크라는 새로운 기술이 제안되었으며, 이를 이용하여 물류/유통, 의료, 홈 네트워크,

「본 논문은 금오공과대학교 PoP-iT 인력양성사업에 지원으로 이루어진 연구결과임.」

금오공과대학교 전자공학부(School of Electronic Eng., Kumoh National Institute of Technology)

*안양대학교 정보통신공학과(Dept. of Information Communication Engineering, Anyang University)

· 논문 번호 : 20041105-16S

· 수정완료일자 : 2005년 1월 10일

환경 등에 적용하기 위한 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 기존의 바코드 시스템에 비해 보다 많은 정보를 저장할 수 있으며 원거리 인식이 가능한 RFID(Radio Frequency Identification) 기술이 주목받고 있다. RFID 기술의 사용주파수 대역은 HF, UHF, ISM 대역으로 구분할 수 있다. 태그에는 수동 태그와 능동 태그로 분류되며, 능동태그는 수동태그보다 데이터 저장 및 전송에서 많은 양을 처리할 수 있으며, 장거리 인식이 가능한 UHF 대역을 이용한다. 현재 UHF 대역용 태그는 이동 통신 대역과 함께 이용될 수 있는 900 MHz 대역은 수동형이 적용될 전망이고, 433 MHz 대역은 능동형으로 사용될 것으로 예상된다^[1].

일반적으로 RFID 태그용 안테나는 사물의 정보를 저장하여 임의의 부착물에 부착되며 리더에 사물의 정보를 전달하기 위해 소형 경량의 요구조건을 갖는다. 이러한 요구조건을 만족할 수 있는 안테나는 루프 안테나, 칩 안테나, meander 안테나, 다이폴 안테나 등 다양한 형태로 구현이 가능하다^[2].

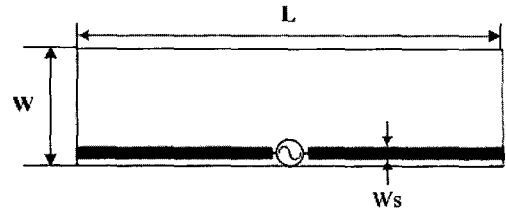
본 논문에서는 홈 네트워크, RFID용 태그에 적용이 가능하며, 명함 크기의 작은 기판에 안테나와 회로가 함께 실장이 가능하며 433 MHz 대역에서 동작하는 능동 RFID 태그용 평면형 다이폴 안테나의 특성에 관하여 연구한다.

RFID 태그의 크기는 100×60 mm²로 일반적인 명함 크기로 가정하여 평면형 다이폴 안테나와 RFID 칩 및 회로를 포장할 수 있도록 접지면을 삽입하여 안테나와 동일면에 두고 안테나와 접지면과의 간격, 접지면의 크기에 따른 안테나의 특성을 분석한다.

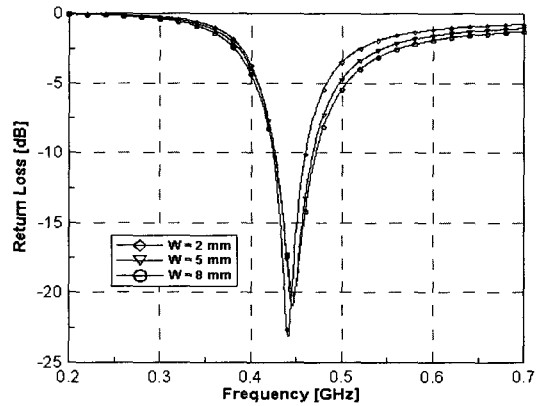
설계하는 안테나의 중심 주파수는 433 MHz이며, -10 dB 반사 손실 대역폭은 8 MHz이며, 최대 반사 손실은 21 dB이다. 또한 본 연구에서 얻어진 UHF 대역용 RFID 태그 안테나의 객관성을 확인하기 위하여 Ansoft사의 HFSS9.2를 사용하여 시뮬레이션을 수행하며, 실험을 통하여 본 연구의 실현성을 확인한다

II. 평면형 다이폴 안테나

그림 1(a)는 일반적인 평면형 다이폴 안테나의 구조이다. 다이폴 안테나의 전체 길이가 λ 의 정수배일 때 안테나의 방사 저항은 매우 높은 값을 갖고,



(a) 평면형 다이폴 안테나
(a) Planar dipole antenna



(b) 반사 손실
(b) Return loss

그림 1. 다이폴 안테나의 구조 및 반사 손실

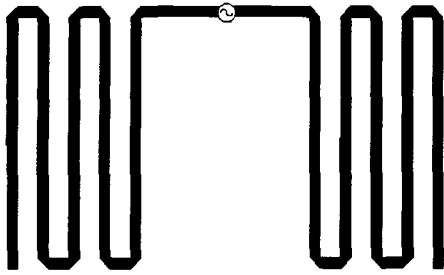
Fig. 1. Structure and return loss of the dipole antenna.

리액턴스는 선로의 폭과 급전 점에서 급전 단자 사이의 간격에서 불효과 발생에 의하여 영향을 받으며, 또한 선로의 폭이 증가하면 임피던스의 실수부가 증가하고, 급전점의 간격이 작을수록 임피던스의 실수부는 감소하는 특성을 갖고 있다^[2].

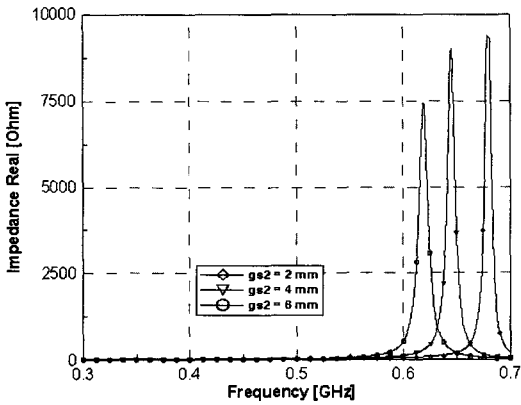
그림 1(b)는 선로폭이 2, 5, 8 mm인 경우에 대한 반사 손실의 특성을 보여주고 있다. 이때에 선로폭 W_s 가 2 mm이고, 안테나의 전체 길이가 295 mm일 때 433 MHz에서 공진하며 이때 입력 임피던스는 약 $51.8 - j8.36$ Ω 의 값을 갖는다.

중심 주파수 433 MHz에서 동작하는 평면형 다이폴 안테나의 크기는 330 mm이다. 명함크기를 갖는 다이폴 안테나를 구현하는 방법은 방사부를 meander 구조, 역 F형 구조 등 다양한 방법을 제안할 수 있다.

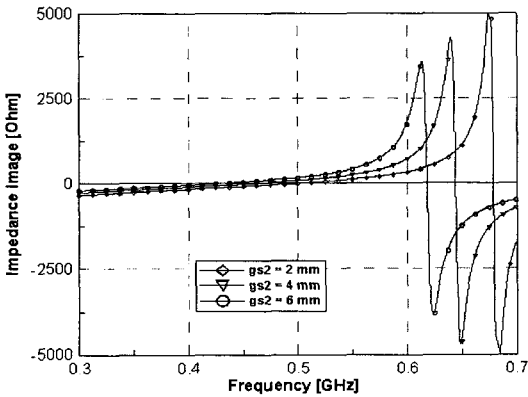
본 논문에서는 그림 2(a)와 같이 meander 형으로 구현하였다. 그림 2(a)는 $L=100$ mm, $W=60$ mm $t=1$ mm인 FR4 기판에 meander 선로의 폭은 2 mm이며, 그림 2(b), (c)는 선로간의 간격 ($gs2$)을 2 mm, 4 mm



(a) Meander 형태의 다이폴 안테나 구조
(a) Dipole antenna structure of the meander types



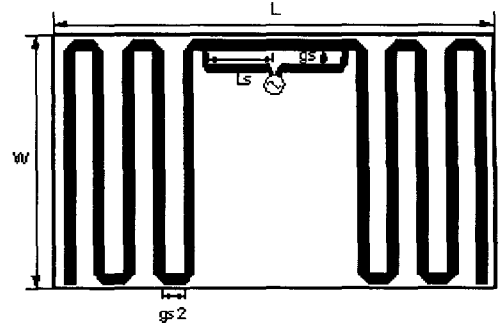
(b) 실수부 입력 임피던스
(b) Real input impedance



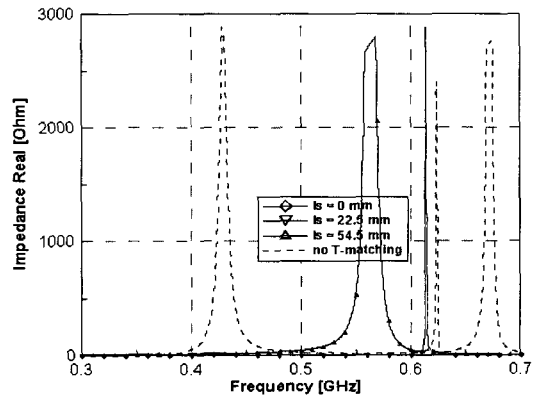
(c) 허수부 입력 임피던스
(c) Imaginary input impedance

그림 2. Meander 다이폴 안테나의 구조 및 입력 임피던스
Fig. 2. Structures and input impedance of the meander dipole antenna.

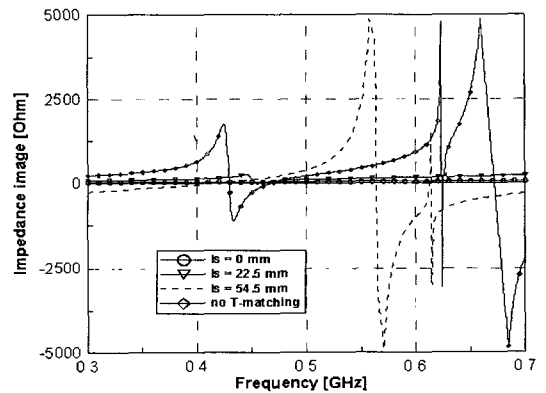
6 mm에 때에 입력 임피던스를 보여주고 있다. 선로 간의 간격이 증가하면 안테나의 입력 임피던스의 공진점이 낮은 주파수로 이동함을 보여주고 있다. 이



(a) T-정합을 이용한 meander 다이폴 안테나
(a) Meander dipole antenna using T matching circuits



(b) 실수부의 입력 임피던스
(b) Real input impedance



(c) 허수부의 입력 임피던스
(c) Imaginary input impedance

그림 3. T-정합을 이용한 다이폴 안테나의 입력 임피던스
Fig. 3. Dipole antenna and input impedance using T-matching circuits.

것은 선로간의 결합량이 감소하며, 선로의 길이가 증가하기 때문이다.

그림 2(a)에서 제시한 경우에 선로간의 간격이 2 mm인 구조의 경우에 주파수 433 MHz에서 공진하도록 최적화하여 수치해석 결과 중심 주파수 433 MHz에서 반사 손실은 4 dB이며, 안테나 입력 임피던스는 $25 - j10$ [Ω]이다.

III. T-정합을 이용한 다이폴 안테나

그림 2에서 제안한 meander 구조는 공진점에서의 반사 손실이 4 dB로써 안테나의 특성은 매우 나쁘다. 이를 개선할 수 있는 방법은 정합회로를 사용하여야 한다. 안테나와 선로를 정합하는 방법은 스테브, $\lambda/4$ 공진기를 이용하는 방법, T-정합법 등 다양한 방법이 사용할 수 있다^{[2]~[4]}.

T-정합 방법을 사용함으로써 안테나의 반사 손실은 증가시키고, 입력임피던스의 리액턴스를 변화시킴으로 안테나의 특성을 개선시킬 수 있다^{[3]~[5]}. 그림 3은 본 논문에서 제안한 meander를 다이폴 안테나에 T-정합을 적용한 구조이다. 안테나의 크기는 100×60 mm²이고, 선로간의 간격(g_{ss})은 2 mm이고, T-정합 길이(L_s)는 0, 22.5, 54.5 mm일 때, 안테나 입력 임피던스를 보여주고 있다.

그림 3(b), (c)는 T-정합부를 사용하지 않은 경우와 T-정합 부분의 길이를 0 mm, 22.5 mm, 54.5 mm일 경우에 안테나의 입력 임피던스를 나타낸다. 즉 T-정합 길이를 증가시키면 안테나의 공진주파수가 낮아지고, 입력 임피던스의 크기가 변화함을 알 수 있다. 또한 meander 구조에서 선로간의 간격에 의해서 안테나 임피던스의 리액턴스 성분을 생성함으로써 안테나를 특정한 주파수에 정합을 시킬 수 있으며, 또한 이를 이용하여 안테나 성능을 개선할 수 있다.

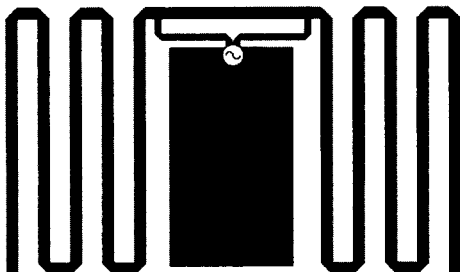


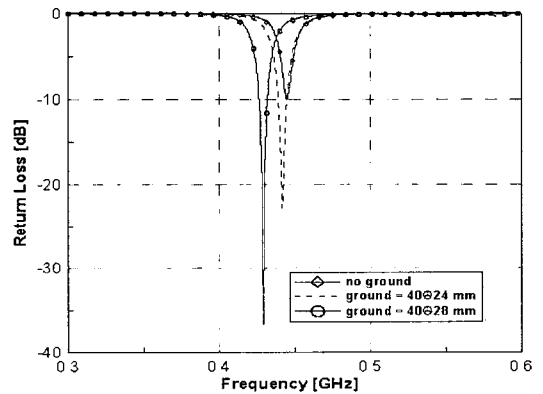
그림 4. 접지면을 고려한 RFID 태그용 안테나
Fig. 4. RFID Tag antenna with ground plane.

IV. 접지면을 고려한 RFID 태그용 안테나

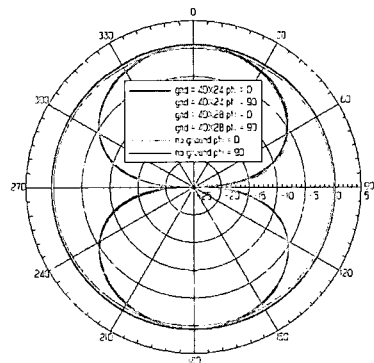
본 연구에서 제안한 그림 3(a)에서 제안한 안테나를 RFID 태그용으로 적용하기 위해서는 그림 4와 같이 접지면을 고려하여 안테나를 설계하여야 한다. 여기서 접지면은 RFID 칩과 능동 및 수동소자를 내장시킬 수 있는 공간이다. 따라서 접지면이 안테나와 같은 면에 위치함으로써 접지면과 안테나 사이에 전자기 결합으로 인하여 유도성 커패시터 성분이 생성되어 안테나의 전기적인 성능에 영향을 준다.

본 논문에서는 RFID 태그용 안테나에 사용할 수 있는 안테나 구조는 그림 4와 같으며, 이들의 안테나 규격은 표 1과 같다.

그림 4는 표 1에서 제안한 안테나 규격에 대하여 수치 해석 결과이다. 그림 5(a)에서는 접지면이 없는



(a) 반사 손실
(a) Return loss



(b) 방사 패턴
(b) Radiation pattern

그림 5. 수치해석 결과
Fig. 5. Results of numerical analysis.

표 1. 안테나 규격

Table 1. Antenna physical specifications.

기판 크기	100×60×1 mm ³
접지면 크기	40×28 mm ²
Meander 크기	50×25 mm ²
선로 폭	2 mm
선로간의 간격	4 mm

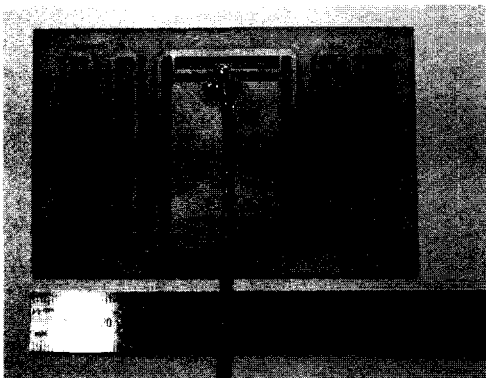
경우와 접지면 크기가 40×24 mm², 40×28 mm²인 세 가지 경우에 대하여 제시하고 있다. 접지면이 있으면 공진주파수는 낮아지며, 또한 접지면 크기가 증가하면 안테나의 공진점과 반사 손실 크기가 변화하고 있음을 알 수 있다. 이것은 접지면과 안테나

사이에 생성되는 커패시턴스에 의한 것이다. 그리고 방사 패턴은 접지면에 의해서 크게 영향을 받지 않고 있다. 따라서 다이폴 안테나와 같은 방사 패턴을 가지고 있음을 알 수 있다. 이는 안테나의 전류는 meander에서 크게 유기되고 있음을 알 수 있다. 특히 수치 해석 결과 meander 부분의 전계의 위상차는 좌측방향과 우측 방향이 약 180이므로 크기면에서는 완벽하게 대칭을 이루고 있음을 알 수 있다.

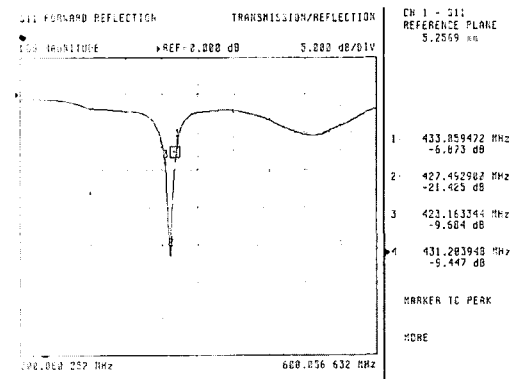
따라서 본 연구의 결과를 적용하면 RFID 태그로 적용이 가능함을 확인하였다.

V. 실험 및 결과 고찰

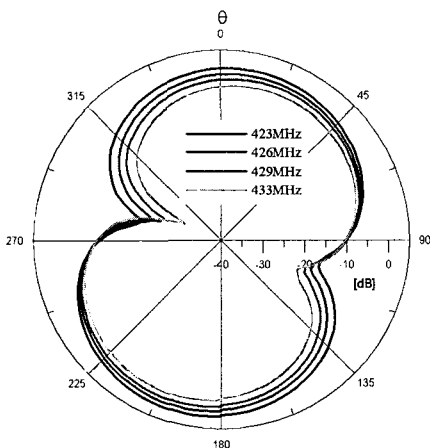
본 연구에서 구현한 안테나는 안테나의 전체적인



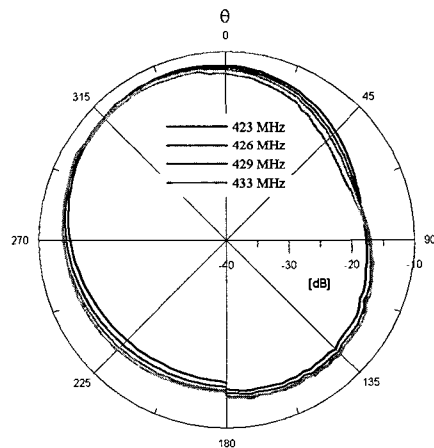
(a) 제작한 안테나
(a) Implemented antennas



(b) 반사손실
(b) Measured return loss



(c) E 평면 방사 패턴
(c) E plane radiation pattern



(d) H 평면 방사 패턴
(d) H plane radiation pattern

그림 6. RFID 태그용 안테나 실험 결과

Fig. 6. Experimental results of proposed RFID tag antenna.

표 2. 실험결과
Table 2. Experimental result.

구분	이론값	실험값
중심 주파수 [MHz]	440	427
입력임피던스 [Ω]	$47+j 18.8$	$54+j 7.4$
-10 dB 반사 손실 대역폭 [MHz]	9	8
최대반사손실 [dB]	14	21.4

크기는 $100 \times 60 \text{ mm}^2$ 이고, 기판은 유전율이 4.4인 FR4 기판을 사용하였으며, 두께는 1 mm, 접지면을 포함한 meander 안테나 크기는 $100 \times 60 \text{ mm}^2$, 루프의 폭은 2.0 mm, meander 안테나와 접지면의 간격은 1 mm이며, meander에서 선로간의 간격은 4 mm이다.

그림 6에서는 제작한 안테나의 실험 결과이다. 공진 주파수는 427 MHz, 최대 반사 손실은 21 dB, -10 dB, 반사 손실 대역폭은 8 MHz, 입력 임피던스는 $54+j7.4 \Omega$ 이다. 안테나 방사 패턴은 E 평면은 도우넛 형태이고, H 평면은 전방향 특성을 갖고 있다. 안테나의 방사 패턴이 이론값에 비하여 약간 기울어진 모습을 보여주고 있다. 이것은 안테나의 접지면과 급전선로인 동축 선로에 의한 결합으로 인한 효과에 의해서 기울어진 것으로 사료된다.

실험결과값과 이론값은 약간의 오차를 보이지만 수치 해석 결과와 이론치의 값이 대부분 일치하고 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 RFID 태그용 안테나는 RFID 칩과 사용되는 능동 및 수동 소자의 실장이 용이한 구조를 형성함으로써 향후 RFID 태그용 안테나로 적용이 가능함을 알 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 크기는 명함 크기이고, RFID 칩의 실장이 용이하며, 433 MHz 대역에서 동작하는 능동 RFID 태그에 적용이 가능한 RFID 태그용 다이폴 안테나 구조를 제안하였다.

UHF 대역인 433 MHz에서 동작하는 RFID 태그 안테나는 크기를 줄이기 위해서 meander 형태로 구

현하였으며, 안테나의 성능 개선을 위하여 T-정합 회로를 사용하였다. 이에 더하여 제안한 안테나에 RFID 칩을 실장하기 위해서 접지면을 삽입하였다. 접지면을 삽입함으로써 방사부인 meander와 접지면 사이에 형성되는 전계에 의해서 커패시턴스를 생성함으로 안테나의 공진점과 특성을 변화시킨다. 그러나 안테나의 방사 패턴에는 영향을 주지 않는다. 그리고 meander에 큰 전류가 급전되고 이들의 위상차가 180° 임을 알 수 있다.

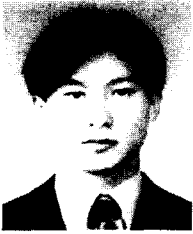
이와 같은 수치해석 결과를 고려하여 안테나를 설계 제작하였으며, 이에 대한 실험 결과 -10 dB 반사 손실 대역폭은 8 MHz, 최소 반사 손실은 21 dB, 입력 임피던스는 $54+i 7.4 [\Omega]$ 이다.

따라서 본 연구에서 얻어진 결과를 이용하면 RFID 태그용 안테나에 적용할 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 전자부품연구원, 2004년도 IT 주요 부품 산업동향보고서, 전자부품연구원, 2004년.
- [2] Steven Shepard, *RFID*, McGraw-Hill, 2004.
- [3] Klaus, *RFID Handbook 2nd*, Wiley, 2004.
- [4] J. V. Niekerk, F. C. Dacus, "Matching loop antennas to short-range radio", *Microwave & RF*, 72-84, Aug. 2002.
- [5] Ki-Hun Chang, Young-Joong Yoon, "A triple-ba printed antenna using plastic elements for m wireless services", *J. of the KEEs*, vol. 4, no 8-16, Mar. 2004.
- [6] G. Zhou, G. S. Smith, "The multiturn half-loop antenna", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 42, no. 5, pp. 750-754, May 1994.
- [7] 김영달, 이영훈, 권원현, "스트립 선로와 접지과의 리액턴스 효과를 이용한 RFID 태그용 루프 안테나 개발", 2004년 추계 마이크로파 및 전파 전파학술대회 논문집, 27(2), pp. 385-389, 2004년 9월.

김 영 달



2002년 2월: 호남대학교 전자공학과 (공학사)
2002년 11월: (주) 밀리시스 연구원
2004년 2월~현재: 금오공과대학교 전자통신공학과 석사과정
[주 관심분야] 안테나 설계, RF 모듈 설계

권 원 현



1983년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1990년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1984년 3월~1994년 2월: 삼성전자

무선연구실 개발팀장
1994년 3월~현재: 안양대학교 정보통신공학과 부교수
[주 관심분야] 이동통신, 초소형 RF 부품, RFIC, 안테나 해석 및 설계 등

이 영 훈



1986년 2월: 광운대학교 전자공학과 (공학사)
1988년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
1995년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학박사)
1995년 3월~2002년 2월: 호남대학교

전자공학과 부교수
2002년 3월~현재: 금오공과대학교 전자공학부 조교수
2003년 2월~현재: 한국전자파학회 논문지 편집위원 및 영남지부 총무이사
[주 관심분야] RF 수동 및 능동 부품 설계, RFIC, EMI/EMC, 안테나 해석 및 설계 등