

논문 2005-42TC-9-11

직교형으로 배열된 2개의 1x2 서브-어레이를 이용한 433MHz에서 동작하는 RFID 리더용 안테나 설계

(Design of RFID Reader Antenna Using Two Orthogonally Oriented
1x2 Sub-Arrays at 433 MHz)

김 중 성*, 박 승 모**, 최 원 규***, 성 낙 선***

(Jong-Sung Kim, Seung-Mo Park, Won-Kyu Choi, and Nak-Seon Seong)

요 약

본 논문에서는 433MHz에서 동작하는 RFID 리더용 직교형 안테나에 관하여 기술하였다. 본 이중편파 안테나는 1x2 서브 어레이를 기본으로 하여 급전회로망의 위상을 동위상 또는 반대 위상을 갖도록하여 2개 안테나의 방사체에서의 상대적인 전류 분포를 제어하여 빔 패턴에서 편파를 수직 및 수평으로 복사가 가능토록 하였다. 단일 안테나는 역-E형 구조를 이용하였으며 위상차에 따른 단락점에서부터 개방점까지의 전류의 변화가 궁극적으로 수직 및 수평 편파가 제어되도록 하였다. 이중입력에 대한 안테나의 이득은 수직 및 수평 편파에 대하여 2.7 및 0.4dBi를 나타내었으며, 포트간 아이솔레이션은 25dB 이하의 특성을 나타내었다.

Abstract

An orthogonal antenna is presented for reader application of radio frequency identification (RFID) at 433 MHz. Two 1x2 sub-arrays are orthogonally placed on a ground plane and two different feeding networks are applied to control horizontal and vertical radiation current flows for each sub-array, respectively. Inverted-F structures are used as radiation elements and can generate two linear polarizations by relative current distribution of radiators forming sub-arrays. Antenna gains are 2.7 and 0.4 dBi and isolation between two input ports is less than 25dB.

Keywords : RFID, Reader, Tag, Inverted-F Antenna, Orthogonal, Polarization

I. 서 론

최근 주목을 받고 있는 유비쿼터스 환경은 기술, 비즈니스, 산업의 접목과 융합에 의한 새로운 가치와 재화의 창출을 그 특성으로 한다. 이와 관련된 기술의 필수적인 요소는 리더(Reader)를 이용하여 물체에 부착된 태그(Tag)의 정보를 판독하는 RFID (Radio Frequency Identification) 기술이다. 종래의 저주파 자기 상호결합 방식에 비해 고주파 RFID 시스템은 긴 인식거리, 정보

량, 고속 이동물체 인식기능 등의 장점을 가지며 현재 UHF 대역 국제표준이 완성단계에 있다. RFID 기술의 개념은 이미 성숙되어 있지만 경제성을 확보하는데 있어 많은 어려움이 있으며, 이중에서 컨테이너 박스 단위의 운송 및 출입 관리를 하는 항만물류 분야가 타 분야에 비하여 상대적 우월성을 지니고 있으며, 미국에서는 2005년부터 자국 항구에 입출항하는 모든 컨테이너에 태그 부착을 의무화하고 있다. 항만물류 분야에 대한 RFID 기술 표준은 ISO-18000-7에서 표준화가 이루어졌으며 433MHz의 주파수를 이용하는 능동형 RFID로서 100미터의 최대 인식거리를 갖는다. 항만 환경에서는 산란, 반사, 회절, 굴절이 심하며, 특히 태그 부착대상인 컨테이너 박스가 철구조물이어서 전자파가 투과가 되지 않는등 인식율이 저하된다. 이를 극복하기 위하여 공간 다이버시티나 빔 제어기술을 이용하여 통신 링크의 신뢰도를 향상시킨다. 무선통신에서 안테나

* 정회원, 경성대학교
(Department of Multimedia Engineering,
KyungSung University)

** 정회원, (주)뮤트로닉스
(Mutronics Inc.)

*** 정회원, 한국전자통신연구원
(Electronics and Telecommunications Research
Institute)

접수일자: 2005년3월8일, 수정완료일: 2005년9월7일

의 기능은 서비스 커버리지, 대역폭, 송신 전력, 수신 감도 및 전송거리 등을 고려하여 최적의 기술의 선택이 필요하다. 수년간 상용 안테나에 관한 연구에서 대역폭의 증대에 많은 연구를 해왔으나 이를 시스템 차원의 기능으로 연결되는 것이 미흡하고, 실제 시스템에서는 제한된 대역만을 이용하고 있다.

항만물류용 RFID 리더용 안테나의 요구사항으로는 현재 기지국에 적용되는 섹터안테나 보다가는 전방향 옴니 안테나를 이용하여 전방향을 커버하는 기능이 요구된다. 또한, 직교형 안테나를 이용하여 태그간의 무선 링크에 편파 다이버시티를 도입하는 것이 태그 응답을 향상시킨다. 참고문헌 [1]에 의하면 직교형 안테나를 설치시 BER (Bit Error Rate) 특성 개선의 효과를 송신측과 수신측에 대한 도입 효과의 차이를 연구한 결과 송신측에 두는 것이 BER 개선이 더 효과적인 것으로 연구 되었으며 이를 고려할 때 RFID 에서는 리더에 다이버시티를 두는 것이 타당하다.

이중편파를 생성하는 안테나 기술로 가장 보편적인 것이 마이크로스트립 구조인데, 그 중에서 오프셋 직교형 슬롯 (Offset Cross Slot)을 이용한 개구형 급전 (Aperture Coupled) 마이크로스트립 안테나가 많이 이용되나, 이는 아이솔레이션이 -18dB 정도로 낮다[2]. 이를 개선하기 위한 중심형 교차 슬롯 형태는 -25dB 의 아이솔레이션을 얻었으나 이는 급전선로간에 충돌을 방지하기 위하여 에어 브리지를 많이 사용하여 대형 어레이 구조로 발전하기 어렵다^[3]. 마이크로스트립 구조는 집적화등의 장점이 있으나 전파의 방향이 전방향이어서 옴니를 지향하는 항만물류 분야에 부적절하다. 직교형으로 광역 안테나의 다른 한 형태는 참고문헌 [4]에 나타난 직교형 이중루프 안테나를 들 수 있다. 직교형 이중루프 구조는 공간 다이버시티와 편파 다이버시티를 함께 사용할 수 있어 많은 장점을 갖는다. 그러나 포트간 아이솔레이션이 지나치게 급전 위치에 민감하고 안테나의 빔패턴이 전방향에 대해서 기복이 심하다는 것이 단점이다. 본 논문에서는 [4]의 직교형 이중루프형 구조의 설계 개념을 기반으로 PIFA(Planar Inverted-F Antenna) 형태의 방사체를 이용한 1x2 서브어레이 형태의 구조를 설계, 제작 및 측정후 특성을 분석한다.

II. 안테나 설계 및 제작

항만물류용 RFID의 권고안은 ISO/IEC 의 Study Group 3 18000-7에서는 433.92MHz 의 주파수, 하향(리

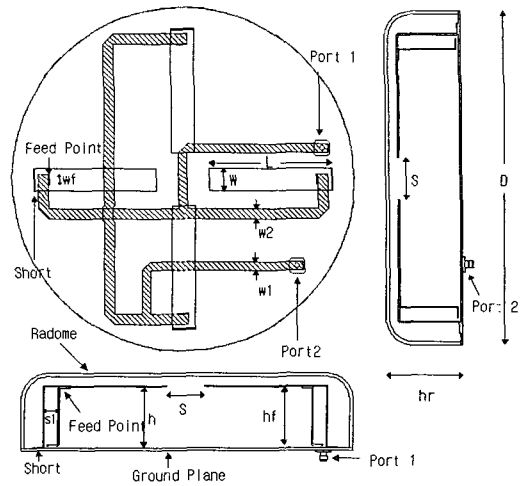


그림 1. 직교형 배열 안테나 구조

$D=290$ mm, $hr=67$ mm, $S=36$ mm, $w=20$ mm, $w1=7.4$ mm, $w2=9$ mm, $wf=7.4$ mm, $L=108$ mm, $h=53$ mm, $hf=50$ mm, $sl=12$ mm

Fig. 1. Orthogonally Oriented Antenna.

더->태그) 500kHz, 상향(태그->리더) 200kHz 의 대역 (전체 대역폭: 700kHz), 변조방식은 FSK, 전송거리는 100미터, 5.6dBm 의 송신출력을 권고하고 있다. 이러한 규격을 만족하고 철구조물 환경의 항만에서 태그 인식율과 신뢰도를 높이기 위한 방안으로 최적의 솔루션은 단일 안테나에서 이중편파의 출력이 가능하고 복사패턴이 전방향을 커버하며 이득이 큰 안테나를 요구하고 있다.

이를 위하여 그림 1에는 본 논문에서 제시하는 안테나를 나타내었다. 원형의 접지판에 수직 및 수평 방향으로 2개의 1x2 서브 어레이가 직교로 배치된다. 그림1의 중심에는 평면도를 그리고 평면도에 배치된 2개의 서브 어레이중에서 우측과 하단에 각각의 개별 서브 어레이만을 측면도에 각각 나타내었다. 평면도에서 빗금친 부분은 급전회로에 해당하고 사각형 부분은 방사체의 수평부분에 해당한다. 급전선로는 스트립형의 Airline 으로 구성하고 방사체로는 역-에프형 구조를 4개 사용하며 이들의 개방점은 모두 접지판의 중심을 향하고, 단락점은 원판의 가장자리에서 접지판에 단락시켜 배열한다. 역에프형 안테나는 단락점으로부터 53mm 의 높이에서 90도로 접혀서 개방점은 원의 중심으로 향하며 90도 접힌 위치에서 12mm 지점에서 급전이 이루어진다.

하나의 접지 금속판 위에 직교형으로 배열된 2개의 서브 어레이간에는 상호 커플링이 존재한다. 이에 관해서는 [4]에서 급전점의 상호 위치에 따라서 아이솔레이

표 1. 급전 위치에 대한 포트간 아이솔레이션 비교
Table 1. Comparison of Isolation Between Two Input Ports by Relative Positions of Feeding Points.

포트2 위치	S21 [dB]	포트2 위치	S21 [dB]
(90,90)	-6.7	(40,140)	-10.5
(80,100)	-6.8	(30,150)	-12.5
(70,110)	-6.8	(20,160)	-13.0
(60,120)	-7.3	(10,170)	-18.2
(50,130)	-9.0	(0,180)	-27.2

선의 정도가 틀리며 특정 2개의 지점, 즉 루프의 급전 점이 (90,-90), (0,180) 도의 관계가 유지될때만 완전한 아이솔레이션이 존재함을 보였다. 그림 1의 구조에서는 아이솔레이션을 만족하기 위해서 각 서브 어레이의 방사체가 동일 크기 및 위치에 존재하는 것에 대해서 급전회로를 달리 설계하였다. 표 1 에는 그림 1 의 2개의 서브 어레이의 급전점의 상대적인 위치에 따른 포트간 아이솔레이션을 FDTD 수치해석 결과를 나타내었다. 입력 1의 급전 위치 (90, 90)를 고정시킨 조건에서 포트 2의 급전점을 10도 간격으로 차이를 두어 포트간 아이솔레이션 결과를 표에 나타내었다. 포트1 (90,90) 인 상태에서 포트2 가 (0,180) 급전위치에서 아이솔레이션이 가장 좋은 상태가 된다.

먼저 입력1 포트로부터 일정한 지점에 있는 T-분기에서 전력이 3dB 로 분할되어 동위상으로 좌측과 우측에 위치한 2개의 방사체에 신호가 공급되어 방사체표면에 정재파 전류를 형성한다. 2개의 방사체가 동위상이고 개방점을 마주보고 있으므로 PIFA 의 수평부분에서는 전류가 반대 방향이어서 상쇄효과를 갖는 반면, 단락점 부근의 수직 부분에서의 전류는 동일한 방향이 되어 보강효과를 나타내어 전체적으로 수직편파 신호가 방사된다. 이러한 동작은 2개의 방사체가 파장대비 아주 근접하게 위치하여 복사패턴의 입장에서는 2개의 방사체를 하나의 개념으로 설명이 가능하다.

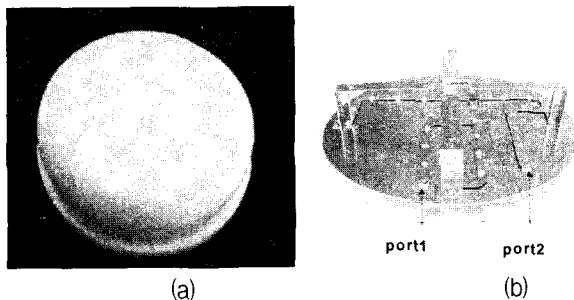


그림 2. 제작된 안테나의 모양:
(a) 레이돔 조립상태, (b) 레이돔 제거 상태
Fig. 2. Antenna Photograph.

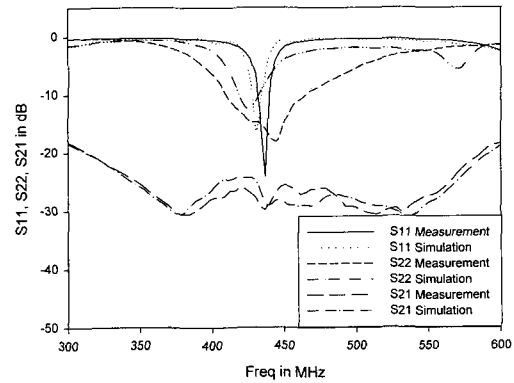


그림 3. 안테나의 산란 파라미터
Fig. 3. Scattering Parameter.

포트 2의 입력에 대해서는 T-분기점 이후에 상측과 하측의 방사체의 신호간 위상차이가 180도를 나타내며 이에 따라서 단락점 근처의 수직부분에는 반대방향, 개방점 근처의 수평부분에서는 동위상의 전류가 형성된다. 2개의 편파 서브-어레이 모두 입력점에서 T-분기까지는 90도 임피던스 변환기를 이용하여 50옴 정합을 시킨다.

III. 안테나 해석 및 측정

그림 2에는 제작한 안테나와 레이돔을 나타내었다. 레이돔의 유전율은 3.8 정도이고 두께 3mm 로 제작하였다. 이에 대한 S-파라미터는 그림 3에 각각의 입력 포트에 대해서 반사손실(S11, S22)와 포트간 아이솔레이션(S21)을 나타내었다. 설계 결과와 비교하기 위하여 FDTD 시뮬레이션에 의한 산란 계수를 함께 나타내었는데 S22 값은 실험결과와 다소 차이가 나지만 전체적인 경향은 대체로 일치한다. 433MHz 대역에서 입력 포트간의 아이솔레이션은 25dB 이하를 나타낸다. 특기할 만한 것은 아이솔레이션이 전대역에 걸쳐서 25dB 이하를 가지므로 제작상 용이하며 이는 직교형 이중루프에 대하여 비교되는 특성이다. 그림4에는 433MHz의 주파수에서 입력 포트별 테그와 리더간의 통신 링크를 형성하는 평면에서의 방사패턴을 나타내었다. 그림4(a)는 포트 1에 대한 방사패턴인데 이는 약 2.7dBi 의 이득과 옴니 패턴을 나타내었고 교차 편파 성분 대비 전력차는 13dB 정도가 나타남을 알 수 있다. 그림 4(b)에는 포트 2에 대한 패턴을 나타내었으며 0.4dBi 의 이득을 얻었다. 향후 개선점으로는 수평 편파 안테나의 빔 패턴에서 180도 방향에서의 Null 현상을 개선과 이득에 대한 개선으로 향후 연구사항으로 고려할 계획이

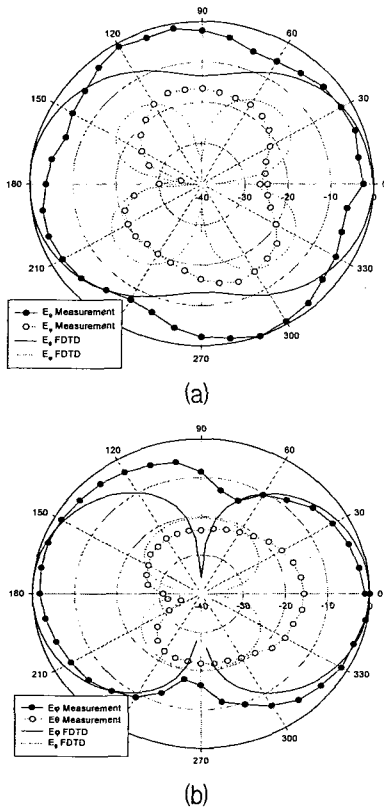


그림 4. 433MHz에서의 안테나의 복사패턴
(a) 포트 1, (b) 포트 2
Fig. 4. Measured Radiation Patterns at 433 MHz.
(a) port 1, (b) port 2

다. 이는 현재의 서브 어레이의 배열 크기 확대로 접근하는 것이 고려된다.

III. 결 론

본 논문에서는 역-에프형 방사체를 이용하여 배열 안테나의 형태로 직교형 안테나를 제작하였다. 편파에 대한 특성제어는 역-에프형 안테나상에서의 전류 분포를 급전회로에 의하여 제어하여 전류분포의 상대적인 위상 관계를 이용하여 가능하도록 설계하였다. 본 안테나가 설계 방식은 참고문헌 [4]의 이중루프형 구조에 비하여 특성편차가 작으며 배열 안테나를 적용하였기 때문에 향후 RFID 시장이 확대됨에 따라서 적용형 범으로 발전하기 용이하다.

참 고 문 헌

[1] N. Serikin, M. Jorgenson, K. W. Moreland, S. Chow and T. Willink, "Polarization Diversity in

High Frequency Radio Data Systems," Electron. Lett., 1996, 32, (12), pp. 1824-1826

[2] A. Adrian and D. H. Schaubert, "Dual Aperture-Coupled Microstrip Antenna for Dual or Circular Polarization," Electron. Lett., Vol.23, pp. 1226-1228, Nov., 1987.
[3] C. H. Tsao, Y. M. Hwang, F. Kilburg, and F. Dietrich, "in Proc. IEEE Antennas Propagat. Symp. Dig., Syracuse, New York, June 1988, pp.936-939 .
[4] Yikun Huang, Arye Nehorai, and Gary Friedman, "Mutual Coupling of Two Collocated Orthogonally Oriented Circular Thin-Wire Loops," IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 51, No.6, pp.1307-1314, June, 2003.

저 자 소 개

김 종 성(정회원)

전자공학회논문지-TC 제42권 8호 참조

박 승 모(정회원)

전자공학회논문지-A 제32권 2호 참조

(주)뮤트로닉스 대표이사



최 원 규(정회원)

1999년 경희대학교 전파공학과 학사 졸업.

2001년 경희대학교 전파공학과 석사 졸업.

2001년~현재 한국전자통신연구원 RFID 연구팀 연구원 재직

<주관심분야 : 안테나, RF회로>



성 낙 선(정회원)

1985년 부산대학교 전자공학과 학사 졸업.

1988년 KAIST 전기및전자 공학과 석사 졸업.

2005년 ICU 안테나 및 초고주파 공학 박사 과정.

1988년~현재 한국전자통신연구원 RFID연구팀 책임연구원

<주관심분야 : RFID 및 USN 시스템>