creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000234330

2007年 8月

碩士學位論文

UHF RFID 리더기용 원형편파 안테나 설계

朝 鮮 大 學 校 大 學 院

情報通信工學科

林 敬

UHF RFID 리더기용 원형편파 안테나 설계

Design of a Circularly Polarized Antenna for UHF Band RFID Reader

2 0 07年 8月 日

朝 鮮 大 學 校 大 學 院

情報通信工學科

林 敬

UHF RFID 리더기용 원형편파 안테나 설계

指導敎授 朴 鍾 安

이 論文을 工學碩士學位申請 論文으로 提出함.

２００７年 8月 日

朝 鮮 大 學 校 大 學 院

情報通信工學科

林 敬

林　敬의 碩士學位 論文을 認准함

委員長 朝鮮大學校　教授　한 승 조

委　員 朝鮮大學校　教授　박 종 안

委　員 朝鮮大學校 助教授　변 재 영

2 0 07年 8月　日

朝 鮮 大 學 校　大 學 院

목 차

표 목 차 ····· iv
그 림 목 차 ····· v
약 어 목 록 ····· vii
Abstract ····· ix

I. 서 론 ····· *1*

II. RFID 개요 ····· *4*
A. RFID 개요 ····· 4
1. RFID의 개념 ····· 4
2. RFID와 기존 시스템의 비교 ····· 4
B. 국내・외 동향 ····· 5
1. 국내 ····· 5
2. 미국 ····· 7
3. 일본 ····· 8
4. EU ····· 9
C. RFID 시스템 ····· 9
1. RFID 시스템 구성 ····· 9
2. RFID 동작원리 ····· 10
3. RFID의 종류 ····· 11
4. RFID 무선접속 방식 ····· 11
5. RFID 변조방식 ····· 12
6. 리더기 전체 시스템 트랜스폰더 ····· 13
7. 송・수신 시스템의 에너지 영역 ····· 15
8. RFID 안테나 ····· 16
D. RFID 표준화 주파수 ····· 16
1. RFID 주파수 사용 범위 ····· 16
2. 135㎑ 대역의 RFID ····· 18

3. 13.56㎒ 대역의 RFID ····· 18
4. 433㎒ 대역의 RFID ····· 19
5. 860～930㎒ 대역의 RFID ····· 20
6. 2.4㎓ 대역의 RFID ····· 20

Ⅲ. *RFID* 리더기 안테나 설계 이론 ····· *21*
A. 안테나 설계에 따른 기본 파라미터 ····· 21
1. S파라미터 ····· 21
2. 반사계수 ····· 22
3. Return Loss ····· 23
4. 전압정재파비(VSWR) ····· 24
5. 정합회로 ····· 25
6. 마이크로 스트립선로 ····· 26
B. 900㎒대역 RFID 안테나 특성 ····· 27
1. 전자기파의 편파 ····· 27
2. 안테나 특성 ····· 30
3. 마이크로파 트랜스폰더의 실질적인 동작 ····· 41

Ⅳ. *UHF RFID* 리더기 원형편파 안테나 설계 ····· 43
A. 원형편파 RFID 리더기 안테나 설계 목적 ····· 43
B. UHF 대역 RFID 리더기 안테나 설계 목적 ····· 44
C. 기존 RFID 리더기 원형편파 안테나 ····· 45
D. 제안된 RFID 리더기 안테나 구조 및 동작 특성 ····· 47

Ⅴ. 안테나 성능 및 *RFID* 시스템 적용실험 ····· *50*
A. 제작된 UHF RFID 리더기 안테나 성능 측정 ····· 50
1. 실험환경 및 측정조건 ····· 50
2. 방사패턴 및 안테나 이득 파라미터 측정 ····· 51
3. Return Loss(S_{11}) 파라미터 측정 ····· 57
4. 임피던스 정합 파라미터 측정 ····· 58

B. 제작된 원형편파 안테나의 900㎒ RFID 시스템 적용 실험 ····· 59
1. 제작된 원형편파 안테나의 900㎒ RFID 시스템 적용 실험 ····· 59
2. 제작된 원형편파 안테나의 성능 분석 ····· 62

Ⅵ. 결론 ····· *64*

참 고 문 헌 ····· *65*

표 목 차

표 2.1 RFID와 기존 시스템의 비교 ····· 5
표 2.2 국내 RFID 상용화 사례 ····· 6
표 2.3 RFID 표준화 주파수 대역별 특성 ····· 17
표 3.1 주방사 방향으로 일정한 EIRP를 방사하기 위한 안테나 이득 및 전력 조건 ····· 32
표 4.1 그림 4.5의 상용화된 RFID 제품들의 전기적 특성 ····· 47
표 4.2 제안된 안테나에 적용된 커플러의 전기적 특성 ····· 49
표 5.1 표준 안테나 파라미터 ····· 51
표 5.2 제작된 안테나의 안테나 이득 측정값 ····· 52
표 5.3 제작된 안테나의 Return Loss(S_{11}) 측정값 ····· 57
표 5.4 제작된 안테나의 임피던스 측정값 ····· 58
표 5.5 제작된 안테나의 성능분석 ····· 63

그 림 목 차

그림 2.1 RFID 시스템 구성 ····· 10
그림 2.2 상호유도(Inductively coupled) 방식 ····· 11
그림 2.3 전자기파(Electromagnetic wave) 방식 ····· 12
그림 2.4 안테나 L_1을 가진 리더기의 등가회로 ····· 14
그림 2.5 직렬공진회로에서의 전압변화 ····· 15
그림 2.6 RFID 시스템 표준화 ····· 18
그림 3.1 S파라미터 측정회로 ····· 21
그림 3.2 전압정재파 ····· 24
그림 3.3 마이크로스트립 선로 ····· 27
그림 3.4 전자기파의 편파에 대한 정의 ····· 28
그림 3.5 레이더 기술에서 사용되는 반사현상 ····· 28
그림 3.6 트랜스폰더에서 방출되고 반사되는 파의 전파 ····· 30
그림 3.7 등방성 방사기의 방사 패턴과 비교한 다이폴 안테나의 방사 패턴 ····· 31
그림 3.8 트랜스폰더에 연결된 안테나의 등가회로 ····· 33
그림 3.9 안테나의 방사밀도 S와 수신 전력 P사이의 관계 ····· 34
그림 3.10 유효 개구면 A와 산란 개구면 δ의 관계 그래프 ····· 37
그림 3.11 $\lambda/2$패치 안테나의 사각형 방사기 급전 ····· 38
그림 3.12 패치 안테나의 레이아웃 ····· 38
그림 3.13 UHF와 마이크로파용 슬롯 안테나의 배치도 ····· 41
그림 3.14 트랜스폰더 및 마이크로파 RFID 시스템의 모델 ····· 41
그림 3.15 마이크로파 트랜스폴더(왼쪽)와 간소화한 등가 회로(오른쪽)의 등가회로 ····· 42
그림 4.1 평면편파 사용 시 태그 인식도 ····· 43
그림 4.2 원형편파 사용 시 태그 인식도 ····· 44
그림 4.3 UHF 대역 사용 목적 ····· 45
그림 4.4 기존 RFID 리더기 원형편파 안테나 ····· 46
그림 4.5 상용화된 RFID 제품 ····· 46
그림 4.6 제안된 UHF RFID 리더기 안테나 블럭도 ····· 48

그림 4.7 제안된 UHF RFID 리더기 원형편파 안테나 설계도 ····· 48
그림 4.8 제작된 UHF RFID 리더기 안테나 ····· 49
그림 5.1 전파무반사실 내부 실험환경 ····· 50
그림 5.2 측정 장치 구성도 ····· 51
그림 5.3 최대지향성 이득값 계산 방법 ····· 52
그림 5.4 표준안테나 수평, 제작안테나 정면상태 환경 ····· 53
그림 5.5 표준안테나 수평, 제작안테나 정면상태 환경의 방사패턴 및 안테나 이득 ····· 53
그림 5.6 표준안테나 수직, 제작안테나 정면상태 환경 ····· 54
그림 5.7 표준안테나 수직, 제작안테나 정면상태 환경의 방사패턴 및 안테나 이득 ····· 54
그림 5.8 표준안테나 수평, 제작안테나 90° 회전상태 환경 ····· 55
그림 5.9 표준안테나 수평, 제작안테나 90° 회전상태 환경의 방사패턴 및 안테나 이득 ····· 55
그림 5.10 표준안테나 수직, 제작안테나 90° 회전상태 환경 ····· 56
그림 5.11 표준안테나 수직, 제작안테나 90° 회전상태 환경의 방사패턴 및 안테나 이득 ····· 56
그림 5.12 제작된 UHF대 RFID 안테나의 Return Loss(S_{11}) ····· 57
그림 5.13 정합 임피던스 파라미터 측정 ····· 58
그림 5.14 원형편파 안테나 제작에 따른 RFID 시스템 적용실험 ····· 59
그림 5.15 900㎒ RFID 시스템 적용을 위한 실험 화면 ····· 59
그림 5.16 제작된 안테나를 적용한 900㎒대 RFID 출입통제관리 네트워크 시스템 ····· 60
그림 5.17 상용중인 아시아나 항공 수화물 태그 ····· 60
그림 5.18 제작된 안테나의 태그 인식 실험 ····· 61
그림 5.19 제작된 안테나를 통하여 컴퓨터에서 태그를 인식한 출력된 데이터(1) ····· 61
그림 5.20 제작된 안테나를 통하여 컴퓨터에서 태그를 인식한 출력된 데이터(2) ····· 62

약 어 목 록

ASK : Amplitude Shift Keying

BPF : Band Pass Filter

CRC : cyclic redundancy check

EAN : European Article Number

EAS : Electronic Article Surveilance

EVC : Event Management Component

EPC : Electrical Product Code

FEM : Front-End Module

FHSS : Frequency Hopping Spread Spectrum

FSK : Frequency Shift Keying

GTAG : Global Tag

IIDT : Interdigitated interdigital transducer

IIP3 : Third order Intercept Point

ISM : Industrial-Scientific-Medical

ISO : International Standard Organization

NF : Noise Figure

LHCP(Left Hand Circularly Polarized)

LNA : Low Noise Amplifier

ONS : Object Name Service

OTP : One Time Programming

PCS : Personal Cellular System

PDM : Power Duplexer Module

PIE : Pulse interval encoding

PML : Physical Markup Language

PSK : Phase Shift Keying

RBPMS : Real-Time Business Process Management System

RF : Radio Frequence

RFID : Radio Frequency Identification

RF : Radio Frequence

RHCP(Right Hand Circularly Polarized)

RIC : Reader Interface Component

SCMA : carrier sense multiple access

SS : spread spectrum

TRON : The Realtime Operating System Nucleus

TMC : Task Management Component

UCC : Uniform Code Council

UHF : Ultra High Frequency

USN : Ubiquitous Sensor Network

VSWR : Voltage Standing Wave Ratio

ABSTRACT

Design of a Circularly Polarized Antenna for UHF Band RFID Reader

Lim Gyeong
Advisor : Prof. Park, Jong-An, Ph. D
Department of Electronic Engineering
Graduate School of Chosun University

The Radio Frequency Identification(RFID) system is a sort of Automatic Identification. Using a reader, transponder and antenna etc, it identifies the information of transponder by means of a contactless reading and radio frequency.

In this thesis, Circular Polarization Antenna of UHF band for RFID reader will be presented about design and manufacturing.

In a distant range, to perceive the signal from a number of RFID tag simultaneously without errors, Hybrid Coupler(Insertion Loss 0.16dB) has been used to devide original signal into two signals which have 90° phase contrast and two of those signals are supplied to λ/2 length of Stripline Antenna.

Also, Antenna Radiation Efficiency have been maximized by using the two signals which have 90° Phase contrast and designing Radiation panel(Cross section 13.4㎠) having two Feed point for embodying Circular polarization.

In the result of this measurement, Return Loss(S_{11}) was very low (914㎒ ~ -45.529dB) and Antenna Gain has the commercialized level of Gain (6.09dBi). In addition, it have found that those antennas could be applied to other RFID systems through the Impedance Matching (Transmission line matching method

using Microstripline). Also, Circular Polarization Antenna was improved to increase Receiving Sensibility and perceive a number of signals from tags precisely.

This kind of access method is expected to contribute to future study of Circular Polarization Antenna for RFID reader in terms of it's compatibility with other systems and improvements of the Antenna Efficiency.

I. 서 론

최근 사물에 태그를 부착하여 무선으로 사물의 정보를 확인하고 주변 상황정보를 감지하는 전파식별(RFID, Radio Frequency Identification) 기술이 등장하였다. RFID는 무선으로 사물을 인식하는 기술로 RFID의 개념은 2차 세계대전 때 개발된 레이더(RADAR) 시스템에서 시작되었으며, 사물에 대한 정보를 담고 있는 태그와 그 정보를 판독하는 리더기로 구성된다.

RFID 시스템이란 IC 칩을 내장하여 제품에 붙이는 태그에 생산, 유통, 보관, 소비의 전 과정에 대한 사물의 정보 및 주변 환경정보를 담고, 무선으로 데이터를 송·수신하여 데이터 수집을 자동화한 리더기로 하여금 안테나를 통해서 이 정보를 수집, 저장, 가공 및 축적함으로써, 네트워킹을 통한 정보시스템을 이용하여 사물에 대한 자재관리, 위치추적, 원격처리·관리 및 사물 간 정보교환 등 다양한 서비스를 제공하는데 사용되는 비접촉식 자동식별 시스템이다.[1][2]

이러한 RFID 시스템은 기존의 바코드 시스템에 비해 보다 많은 정보를 저장할 수 있으며 원거리 인식이 가능한 대체 기술일 뿐만 아니라, 정보통신부 7대 핵심 과제 중의 하나(RFID/USN)일 뿐만 아니라, RFID칩의 저가화와 소형화, 지능화 추세에 따라 조달, 국방, 우편, 교육, 문화, 엔터테인먼트, 교통 및 환경 등의 다양한 분야에 적용되고 있어 미래 IT 시장을 선도할 기술 중 하나로 주목받고 있다.

RFID 특징으로는 동시에 여러 개의 태그를 인식할 수 있으며, 짧은 시간 내에 고속으로 인식 가능하고(인식시간 약 0.01~0.1초), 기계적인 접촉이 없기 때문에 마찰 등에 의한 카드 손상이나 먼지, 습기, 온도, 눈, 비등의 악조건 속에서도 오차율이 극히 낮으며, 감지거리가 길어 시스템 특성이나 환경여건에 따라 적용이 손쉬우며 응용영역이 넓다는 장점 때문에 개방된 공간에서의 시스템구성에 유리하다. 이러한 장점 때문에 물류분야에서 RFID 태그는 바코드나 마그네틱 태그를 대체해 나가고 있다.[3][4]

RFID 기술은 응용별로 주파수 대역을 달리하여 표준화 RFID 주파수의 경우 현재 5개 주파수 대역을 중심으로 총 14종의 표준안이 논의되고 있는데, 현재, 미국, 유럽 등 대부분의 국가에서 13.5㎑ 이하, 13.56㎒, 433㎒, 2.45㎒ 대역에서 RFID를 사용하고 있으며, 향후 860 ~ 930㎒ 대역이 전 세계적 표준화에 적합한 주파수 대역으로 수렴될 전망이다. 미국은 902 ~ 928㎒ 대역을 RFID 대역으로 사용 중이며, 유럽의 경우 865 ~

868㎒ 대역을 RFID 주파수로 추가 허용할 것을 검토하고 있다. 우리나라와 일본의 경우 860 ~ 930㎒ 대역을 이동통신용으로 사용하고 있어서 일본의 경우에는 950 ~ 956㎒대역을 RFID용으로 할당하고 2.45㎒대역은 유비쿼터스 기반으로 활용할 예정이다. 우리나라의 경우에는 2004년 12월 기존 시티폰에 할당하였던 908.5 ~ 914㎒ 대역을 RFID 대역으로 사용하기로 결정하였다.

이처럼 RFID는 HF 대역(13.56㎒), UHF 대역(860 ~ 960㎒), ISM 대역(2.4㎓)에서 다각적인 연구가 실현되고 있으나, HF 대역의 RFID는 자계 결합 방식을 사용하여 안테나 인식 영역이 매우 협소하다는 단점을 갖고 있으며, ISM 대역의 경우는 주변 환경에 민감하여 RFID 전체 시스템의 성능이 가변적이라는 단점을 갖고 있다. 반면 UHF 대역은 수동 태그의 인식률 및 인식거리가 가장 뛰어날 뿐만 아니라 전자파 방사 방식을 사용하여 다중 태그를 동시에 빠른 속도로 인식할 수 있다. 또한 주변 환경에 매우 안정적이고 태그와 태그 칩의 저가 생산이 가능해져서 현재 가장 각광 받고 있는 대역으로 알려져 있다.[5]

UHF 대역의 RFID 시스템에서는 리더기와 태그를 연결하는 안테나의 역할이 중요하다. 특히 수동형 RFID는 리더기 안테나의 특성에 따라 시스템의 통신효율이 결정된다. 효과적인 RFID 리더기 안테나는 동작 주파수 대역에서 반사 손실(Return Loss)이 거의 없어야 하며 양질의 원형 편파(Circularly Polarization)를 갖도록 설계되어야 한다. 또한 리더기 안테나는 원거리 인식과 다중 태그 인식이 가능하도록 높은 방사 패턴을 가져야 하며, 안테나의 크기는 주어진 공간을 효율적으로 활용하기 위해서 작아야 한다.

본 논문에서는 UHF대역 RFID 리더기용 원형편파 안테나를 설계・제작하고자 한다.

원거리에서 여러 개의 태그를 동시에 오차 없이 정확하게 인식하기 위해 Hybrid Coupler(삽입손실 0.16㏈)를 사용하여 원 신호를 90° 위상차를 갖는 2개의 신호로 분리한 후, λ/2 길이의 2개의 Stripline Antenna에 각각 공급하는 방법을 이용하여 원형편파 안테나를 고안하고자 한다. 또한 90° 위상차를 갖는 두 개 신호를 이용하여 원형편파를 구현하기 위해 두개의 급전점을 갖는 방사판(단면적 13.4㎠)을 이중・설계하여 안테나 방사효율을 극대화시키고자 한다.

이와 같은 방법으로 본 논문에서는 RFID 시스템의 중요한 파라미터 중 하나인 수신감도 향상을 위해 원거리에서도 다중 태그의 신호를 정확히 판별할 수 있도록 원형편파 안테나 방사 효율을 향상시킬 수 있도록 설계하고자 한다.

이러한 RFID 리더기의 원형편파 안테나 설계에 대한 접근 방법은 여타 시스템과의 호환성 및 안테나 효율 극대화를 통한 수신감도 향상 측면에서 향후 리더기 안테나 연구 분야에 기여할 수 있으리라 기대된다.

본 논문에서는 제안한 시스템에 대한 체계적 이해를 돕기 위해 Ⅰ장에서는 일반적인 사항을, Ⅱ장에서는 RFID에 관하여, Ⅲ장에서는 RFID 리더기 안테나 설계 이론 및 동작 원리에 대하여 설명하고, Ⅳ장에서는 UHF RFID 리더기 원형편파 안테나 설계에 관하여 제안하여, Ⅴ장에서는 Ⅳ장에서 제안한 조건을 만족시키도록 안테나를 최적화 및 측정을 통하여 안테나의 성능을 분석하고, 끝으로 Ⅵ장에서 본 연구의 결론에 대하여 서술하도록 하겠다.

Ⅱ. *RFID* 개요

A. *RFID* 개요

1. *RFID*의 개념

RFID는 자동화 ID 시스템의 한 분야로서 마이크로 칩과 안테나가 내장된 태그를 사물에 부착하고 라디오 주파수 파형을 이용하여 사물과 리더기 사이의 데이터 통신을 가능하게 하여 물품의 내역확인, 이송경로 추적, 실시간 이력 관리 등을 할 수 있는 기술로서 비접촉식으로 인식해 태그에 기록된 정보를 판독하거나 기록하는 무선주파수 인식기술이며, 데이터를 자동으로 인식・처리 하는 기술이다.

RFID 시스템은 고유 정보를 저장하는 트랜스폰더(Transponder, 즉 태그), 판독 및 해독 기능을 하는 송・수신기(리더기 또는 판독기), 호스트 컴퓨터서버, 네트워크, 응용프로그램(ERP, SCM)으로 구성된다.

이러한 RFID 시스템은 태그의 성능이나 사용하는 주파수 대역에 따라 여러 부류로 나뉘는데, 첫 번째로는 태그의 읽기/쓰기 능력에 따라 읽기전용, 한번 쓰고 읽기전용, 읽기/쓰기, 그리고 태그의 전원유무에 따라 능동형(Active), 수동형(Passive), 마지막으로 사용하는 무선 주파수 대역에 따라 135㎑이하, 13.56㎒, UHF, 마이크로파 등으로 구분된다. 또한 응용분야에 따라서는 애플리케이션계층(데이터/메시지), 통신계층(Tag/리더간 통신), 전송계층(무선주파수대역)의 3가지 계층으로 구분이 가능하다. 무선접속 방식에 따라서는 상호유도방식과 전자기파방식으로 구분된다.

RFID 장점은 오염 등에 강하며, 바코드 스캐닝처럼 정확한 인식작업을 필요로 하지 않는다. 또한 동시에 다수의 태그를 인식가능하다. 즉 RFID는 1회에 하나의 태그만 인식하는 바코드와는 달리 인식 범위 내에 있는 태그를 충돌 없이 초당 800개까지 읽어 들일 수 있다. 그리고 태그에 대량의 데이터 저장이 가능하다. 따라서 클래스만을 구분하는 바코드와는 달리 개별 태그 하 나 하 나를 구분할 수 있다. 마지막으로 RFID는 태그에 새로운 정보를 기록할 수 있다.[6][7]

2. *RFID*와 기존 시스템의 비교

RFID는 직접 접촉하지 않고 태그를 인식하여 그 속에 기록된 정보를 판독하거나 기록

하여 데이터를 자동으로 인식·처리하는 무선 전파 인식 기술이다. 미국, 유럽에서 사용하는 RFID 주파수는 433㎒, 860 ~ 930㎒ 대역을 사용하고 있다. 하지만 국내에서 사용하는 RFID 주파수는 908.5 ~ 914㎒ 대역을 사용하고 있다. 따라서 미국, 유럽에서 사용하는 RFID를 국내에서 사용하고자 한다면 필터를 이용하여 주파수 대역을 조절해야 한다. 필터의 성능에 따라서 인식을 하지 않을 수도 있다. 표 2.1에서는 바코드, 자기카드, IC카드, RFID의 인식방법·거리·속도, 인식률, 투과력, 사용기간, 보존 가능한 데이터량, 데이터 R/W 여부, 카드 손상률, 보안능력, 재활용, 태그 비용에 관하여 비교·설명하였다.

표 2.1 RFID와 기존 시스템의 비교

	바코드	자기카드	*IC*카드	*RFID*
인식방법	비접촉식	접촉식	접촉식	비접촉식
인식거리	0 ~ 0.5m	리더기에 삽입	리더기에 삽입	0 ~ 5m
인식속도	4 초	4 초	1 초	0.01 ~ 0.1 초
인식률	95.0% 이하	99.9% 이상	99.9% 이상	99.9% 이상
투과력	불가능	불가능	불가능	가능(금속제외)
사용기간	불가능	1만 번 이내(4년)	1만 번 (5년)	10만 번 (60년)
데이터보관	1 ~ 100 byte	1 ~ 100 byte	16 ~ 64 Kbyte	64 Kbyte 이하
DataWrite	불가능	가능	가능	가능
카드손상률	매우 잦음	잦음	잦음	거의 없음
보안능력	거의 없음	거의 없음	복제 불가	복제 불가
재활용	불가능	불가능	가능	가능
태그비용	가장 저렴	저렴	높음($10 이상)	보통($0.5~$1)

B. 국내·외 동향

a. 국내

우리나라도 RFID 시스템의 국가적 보급촉진과 국제표준의 확산을 통한 유통물류 산업의 경쟁력 강화를 위해 ISO 해당 국제표준(18000-6)을 기초로 국가표준(KS)을 신속히 제정·확산시킨다는 방침을 세웠다. 18000-6의 RFID 시스템은 수동형 태그(전원이 없는

태그)이면서 약 2m 이상(각 국가의 전파기준에 따라 인식거리가 다름) 인식 가능하다. 현재 국내 RFID 관련 기술개발은 정부와 국책연구기관을 주도로 추진하고 있으며, 국제 공동연구를 통해 기술력 차이를 극복하고, 상용화를 위한 산업체와 공동개발을 추진한다는 체계를 가지고 있다. 주로 정보통신부, 산업자원부를 중심으로 'u-센서 네트워크 계획' 등 기술개발 및 활성화 정책이 추진되고 있다. RFID에 대한 중요성 인식이 선진국에 비해 늦었다는 점과 더불어, 국내 RFID 도입 노력 또한 아직까지는 미진하였기 때문이다. 표 2.2에서 볼 수 있듯이 현재 국내 RFID 관련 산업은 핵심칩을 해외에서 수입하여 재가공하거나 주요부품을 수입하여 단순 조립하는 수준에 머무르고 있다. RFID의 핵심칩은 국내의 반도체 회사인 삼성전자와 하이닉스가 공급을 하고 있을 뿐이며, 대부분은 필립스, 미크론, 인피니온(지멘스) 등 외국 업체에 전량 의존하고 있는 실정이다.

표 2.2 국내 RFID 상용화 사례

구분	적용영역	사업주체	내 용	결 과	시사점
기기/개발영역		INA사	스마트카드용 태그와 리더기 사업 태그 제조능력	상품 개발중	응용상품 개발 및 단순조립 생산
		비엔에스 테크놀러지	RF응용 제품개발, 반도체장비 및 이동식 저장장치 등 다양한 제품 개발 중		
		한국 알에프	지능형 주차관제 시스템 위주로 시작, RFID 시스템으로 사업 확대		
		인터컴 엔지니어링	판매법인 운영, 인터컴 RF		
		삼성테크윈 /하이셀	하이셀사는 광기능성 필름분야, 휴대폰용 소형 카메라의 이미지센서, RFID사업과 플립칩 접합방식의 사업		
		스팍스컴 주식회사	보안기술을 기반으로 응용사업 추진 스마트카드 및 전자라벨 솔루션 제공		
		아이월 소프트	Trovan사의 태그와 리더기를 기반으로 소프트위어 솔루션 제공		
		알에프링크	자사 RFID 리더기 확보 및 공장보유		
		씨엔비즈	프랑스 태그sys, 일본 Omron, 미국 Savi 등과 협의 PDA용 RFID기 개발 계약		
		한국전산원	IPv6시범사업. 서울시내 23개 공공도서관을ATM기반의 통신 인프라로 구축	프로젝트 추진 중	RFID 인프라
비즈니스 적용영역	물류/운송/소매업	조달청	정부 저장물품 대상 RFID시범사업 검토, 조달물품관리 효율화	진행 중	물류/운송 분야 RFID의 적용/정책적 지원가능성

최근, RFID 시스템 상용화를 위하여 정보통신부, 산업자원부, 조달청 등 정부기관을 중심으로 연구 중에 있다. 정부통합전산센터는 23개 도서관과 공공기관을 중심으로 IPv6 플랫폼 시범사업을 전개하고 있으며, 조달청은 정부에 조달하는 물품 중 정부 저장물품에 RFID를 부착하여 처리비용을 절감함과 동시에 RFID 관련 산업을 육성시키고자 노력하고 있다. 무엇보다도 RFID 관련 산업은 현장 산업체에서 활발히 연구되고 있으며, 관련 특허출원도 최근 5년 동안 125%씩 성장하여 2003년에는 54건이 출원되었다.[8]

1. 미국

미국은 국방부 산하 고등연구 계획국(DARPA)과 미국 국립 표준 기술원(NIST)이 대학 연구소 및 민간기업의 유비쿼터스 프로젝트 자금을 지원하고 이에 HP, IBM, MS등의 민간기업과 MIT, CMU, 워싱턴 대학 등이 적극적으로 동참하는 형태로 유비쿼터스 컴퓨팅 프로젝트를 진행하고 있다. 미래 경제사회의 근간이 될 상업용 기술 및 응용 기술을 개발한다는 관점에서 특히 자국의 정보산업 경쟁력 유지와 조기 응용기술 개발에 중점을 두고 연구를 진행하고 있다. 현재는 HCI(Human Computer Interaction, 인간과 컴퓨터 간의 상호작용에 관한 연구) 기술과 그 표준화에 주력하고 있으며, 전자태그를 이용한 상품관리를 위하여 MIT를 중심으로 북미지역 코드관리기관 UCC 국방성, 업체 등의 협력을 통해 자동화 ID센터를 설립을 1998년에 하여 기술개발 및 상용화를 적극 추진하고 있다.

RFID 관련 대표적인 프로젝트로는 미국방위고등연구계획국과 정보처리 기술국(IPTO)에서 자금을 지원받아 UCB를 중심으로 진행되고 있는 'Smart Dust' 프로젝트가 있다. 스마트먼지는 RFID 칩으로서 1㎟ 크기의 실리콘 모트라는 입방체 안에 완전히 '자율적인 센싱'과 '통신플랫폼'을 갖춘 보이지 않는 컴퓨팅 시스템으로 설계되었다. 또한, MIT와 UCC, P&G 등 현재 75개 협력사가 공동으로 참여하는 'Auto-ID' 프로젝트는 '스마트 태그'를 각종 상품에 부착해 사물을 지능화하여, 사물 간, 또는 기업 및 소비자와의 커뮤니케이션을 통해 자동화된 공급망 관리시스템 개발에 기여하겠다는 프로젝트이다. Auto-ID 센터는 EPC 프로젝트를 글로벌 표준안으로 정하고 상용화를 위한 실험에 들어갔다. 이 프로젝트의 목표는 인터넷과 유사한 개념의 네트워크를 통해 전자태그가 부착된 아이템을 원거리에서 실시간 감시하는 개념이다. 즉, 어느 곳에서라도 그 어떤 물체일지라도 자동적으로 확인할 수 있는 열린 정보망을 구축하는 것이다. 미국 Auto-ID 센터의 EPC 프로젝트는 1999년 설립, 5개 대학(미국의 메사추세츠 공과대학, 영국 캠프

리지 대학, 호주 애들래이드 대학, 일본 게이오 대학, 스위스 칼랜 대학)을 중심으로 100여개 글로벌 기업의 후원으로 공동표준안을 연구하고 있다.[9][10]

2. 일본

일본은 자국이 국제 경쟁력을 확보하고 있는 모바일, 광섬유, 가전, IPv6, 정밀가공 기술과 연계시킨 '포스트 e-Japan' 전략 차원에서 일본 총무성을 중심으로 꾸준히 유비쿼터스에 대한 연구를 지원하고 있다. 일본의 유비쿼터스 연구는 '어디서나 컴퓨터 환경', 즉 모든 사물에 초소형 칩을 이식하고 네트워크를 구성하여, 통신이 가능한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축한다는 목표로 동경대학 사카무라 켄 교수의 TRON 프로젝트를 중심으로 연구를 진행하고 있다.

또한 2001년에는 총무성 산하 '유비쿼터스 네트워크 기술의 장래 전망에 관한 조사연구회'를 발족하여 관련 기술에 대한 국내외 연구개발 동향을 조사·분석하고, 유비쿼터스 네트워크 사회의 실현을 위해 대응해야 할 연구개발 과제나 연구개발 추진대책 등을 검토하였다. 최근 동향으로는 위 연구회에서 '개인 정보 관리 보호 가이드라인 원칙안'을 제정하여 내각에 최종 보고할 예정으로 있는데 주로 개인 프라이버시 침해에 관한 대책 및 예방책을 포함하고 있어 RFID에 관한 일본의 연구가 종전의 주로 기반기술 개발에 초점을 맞추고 있으면서도 점차 RFID의 응용분야 및 비즈니스 영역에의 확산에도 관심을 기울이기 시작한 것으로 보인다. 일본의 대표적 RFID 관련 프로젝트로서, TRON 프로젝트는 초기 일본 국내의 다양한 내장형 S/W의 규격 통일을 시도하였고 트론 칩 개발과 영역별 특징을 제시하였으며, 지능형 지역분산 시스템을 추구하였다. 최근에는 NTT 토코모의 'i-mode'에 'ITRON'이 적용되는 등 활발한 활동을 벌이고 있다.

유비쿼터스 ID 센터의 eTRON 프로젝트는 2003년 3월 11일 설립되어, 현재 NEC, 히타치, NTT도코모, 후지쯔, 삼성전자, NCR 등 한국 중국 일본진출 기업 등 180여 개 사가 참여하고 있다. 태그의 크기는 송·수신용 안테나 포함 1㎜ 이하이면서 메모리 기억용량은 128 비트 이상이다. 태그와 리더기 사이의 무선통신 거리를 약 4 ~ 5m로 확정·발표하였다. 9월부터 마루에쓰, 마루베니, NTT데이터 3사가 공동으로 식품유통 분야에 활용하기 위한 실험을 실시하고 있다. 표준규격에 확정에 따라 내년부터 전용판독기, POS 시스템 등을 개발하여 출시할 예정이다.

3. *EU*

유럽의 경우 2001년 유럽연합(EU)의 정보화 사회 기술 계획(IST)의 일환으로 미래 기술 계획(FET)의 자금 지원을 투자하여 16개 연구 프로젝트를 진행하고 있으며, 유비쿼터스 컴퓨팅에 대한 전략을 모색하고 있다. 새로운 컴퓨팅 네트워크 및 구조화와 컴퓨터 객체들 간의 조합에 따른 새로운 개념의 서비스 창출을 통해 정보기술을 일상사물과 통합하여 인간생활을 향상한다는 목표를 가지고 있으며, 미국 사례와 마찬 가지로 연구소, 대학, 기업이 공동으로 참여 연구 중에 있다. 'Smart Its' 프로젝트가 대표적 사례로서, 사물에 소형의 내장형 RFID 칩인 'Smart Its'를 삽입하여 감지, 인식, 컴퓨팅 및 무선 통신 등의 기능을 지닌 정보 인공물을 개발하고, 지능화된 사물 간의 무선통신을 통해 사물간의 연계까지를 목표로 연구 중에 있다.[11][12]

C. *RFID* 시스템

1. *RFID* 시스템 구성

RFID 시스템에서 판독대상이 되는 데이터는 데이터 운반 장치인 트랜스폰더에 저장된다. 이 시스템에서는 트랜스폰더로의 전원공급과 리더기와 태그 사이의 데이터 교환 과정이 상호 물리적, 전기적인 접촉 없이 자계 또는 전자계 영역을 통하여 이뤄진다. 일반적으로 리더기는 제어 기능과 트랜스폰더와 연결 기능을 하는 무선 주파수 모듈(송신기와 수신기)을 가지고 있다. 또한 대부분의 리더기는 추가적 인터페이스(RS232/485, TCP/IP, USB 등)가 있어서 수신된 데이터를 다른 시스템으로 송신할 수도 있다. 트랜스폰더, 즉 태그는 결합장치와 전자 마이크로칩으로 구성 되어 있다. 그림 2.1에서는 RFID 시스템의 핵심 구성 요소인 리더기와 트랜스폰더를 보여 주고 있다.[15]

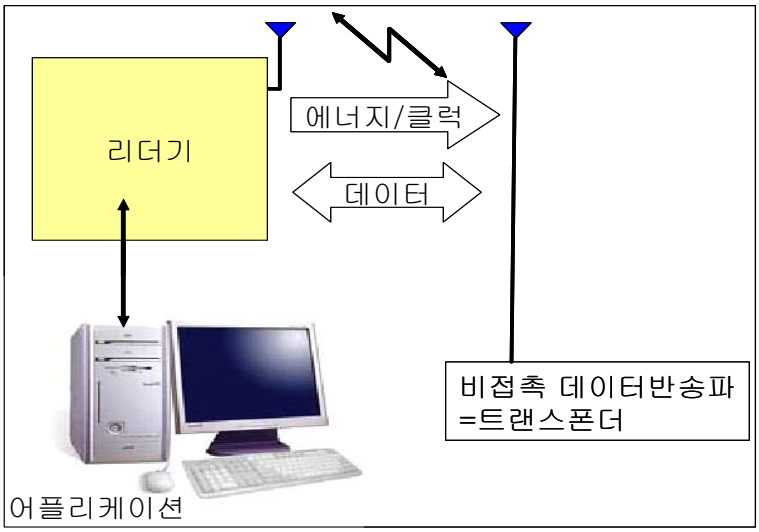


그림 2.1 RFID 시스템 구성

2. *RFID* 동작원리

RFID는 리더기로부터 신호를 받으면 태그는 리더기와의 동기를 맞추기 위해 동기신호를 전송한다. 동기신호가 맞지 않으면 반복적으로 전력신호와 동기신호를 계속해서 전송한다. 전송신호 중 동기신호가 맞으면 태그의 특정 주소 데이터를 읽어 태그의 ID 데이터를 확인한다. 리더기에서 태그로 보내는 명령과 데이터 신호를 전송하여 통신한다.

리더기는 안테나에서 지속적으로 전파를 발산하고 있고 ID와 데이터가 저장된 태그가 그 전파범위 안에 들어가면 자신이 지니고 있는 ID와 데이터를 안테나로 전송한다. 이때 안테나는 태그에서 전송된 ID를 데이터 신호로 변환하여 컴퓨터에 전송하고 컴퓨터는 전송된 데이터를 이용하여 필요한 서비스를 제공한다. 리더기가 태그로 전파를 전송하면 태그는 수신된 전파로부터 에너지를 얻어서 활성화된다. 활성화된 태그는 자신의 정보를 전파에 실어서 리더기로 다시 전송한다. 수동형은 리더기로부터 수신되는 전파에서 송신에너지를 얻고 능동형은 별도의 배터리에서 송신 에너지를 얻는다.

태그 내부의 IC 칩의 주된 기능은 데이터 저장이며 메모리 용량은 약 25 Byte ~ 512 KB이며, 메모리 형태는 읽기 전용, 읽고 쓰기가 가능한 형태, 한번만 쓰여 여러 번 읽기가 가능한 형태가 있고, 메모리 종류에는 EEPROM, 강유전체 RAM(FRAM) 등이 있다.[14][15]

3. *RFID*의 종류

RFID 종류에는 크게 능동형과 수동형으로 나눌 수 있으며 능동형 특징으로는 태그에서 자체 RF신호 송신 가능하며, 배터리에서 전원 공급을 해주어야 한다. 장점으로는 장거리(약 3m)에서도 전송가능하며, 센서와 결합도 가능하다. 단점으로는 배터리로 인한 제조단가 상승과 태그 크기 확대 및 동작 시간에 제한을 받는다는 점이다.

리더기의 전파 신호로부터 전원을 공급받아 동작하는 수동형의 특징으로는 배터리가 없으므로 제조단가가 현저하게 내려가고, 배터리 교체 비용이 없다. 그러나 감도가 떨어져 장거리 전송에 제한을 받는 단점이 있다.[13]

4. *RFID* 무선접속 방식

RFID 시스템은 무선접속 방식에 따라 상호유도방식과 전자기파방식으로 나눌 수 있다.

a. 상호유도*(Inductively coupled)* 방식

상호유도방식은 1m 이내의 근거리에서 사용되며, 태그의 IC칩이 동작하는데 필요한 모든 에너지는 리더기에 의해 공급되는 수동 방식이다. 따라서 리더기의 안테나 코일은 주변지역에 강한 자기장을 발생한다. 방출된 자기장의 일부분이 리더기와 떨어져 있는 태그의 코일 안테나에 유도성 전압을 발생하여, 정류된 후 IC를 위한 에너지로 공급된다.

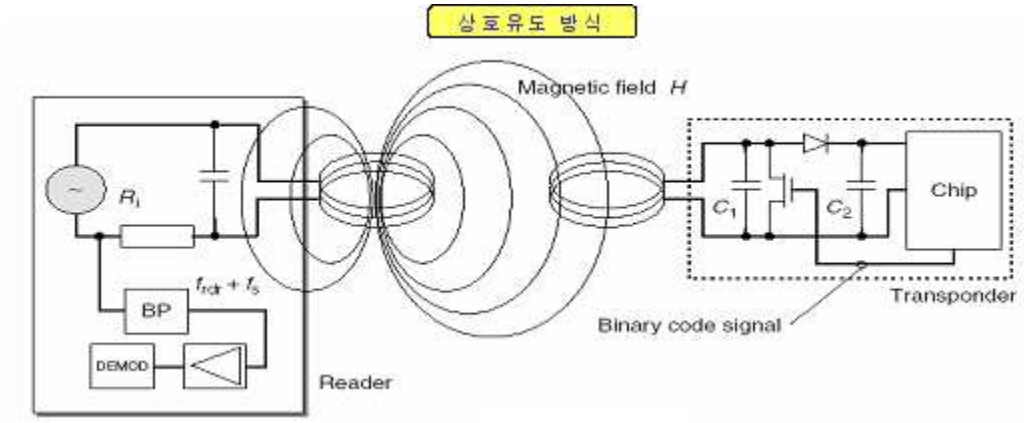


그림 2.2 상호유도(Inductively coupled) 방식

b. 전자기파 *(Electromagnetic wave)* 방식

전자기파 방식은 3m 이상 중장거리에서 사용되는 RFID 시스템으로 고주파 안테나를 이

용해서 서로 무선접속을 하며 다음과 같은 특징을 갖는다.

■ 리더기와 트랜스 폰더 간격 1미터 이상 장거리 시스템

■ 사용주파수 : 868MHz (유럽), 915MHz (미국), 마이크로파 주파수인 2.5GHz 및 5.8 GHz , 908.5~ 915MHz (한국)

■ 트랜스폰더 전력소모 : 적음 (50㎼)

전자기파 방식에서 트랜스폰더 응답은 전자기파가 파장의 반보다 큰 크기를 갖는 물질에 의해 반사되어 이뤄지는 데, 이것은 레이더 기술을 응용한 Modulated reflection cross-section 방식을 이용한 것이다. 그러나 이 방식은 IC 칩을 구동하기 위한 충분한 전력을 리더기로부터 공급받지 못할 경우, 장거리 인식을 위해 추가적인 전지를 포함하는 경우(능동형)도 있다.

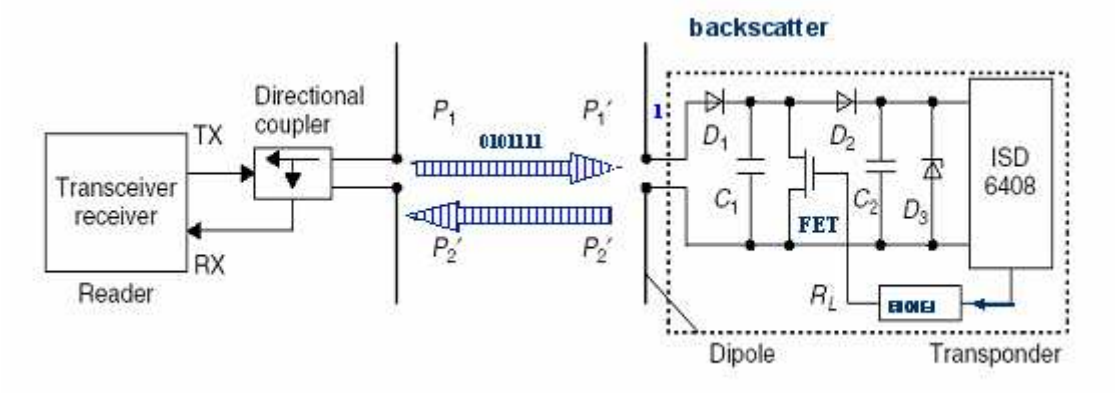


그림 2.3 전자기파(Electromagnetic wave) 방식

5. *RFID* 변조방식

리더기와 태그는 여러 가지 디지털 방식의 부호화(coding)를 이용 기저대역의 데이터를 처리한다. 무선 신호는 주로 기본적인 세 개의 디지털 변조방식 즉 ASK, FSK, PSK를 이용, 기저신호를 고주파 신호로 변환하여 전송된다. 그러나 특정 주파수 대역, 예를 들어 미국의 UHF 대역에서는 전자파의 인체영향이나 다른 통신시스템과의 간섭을 줄이기 위하여 특정 변조방식만을 쓰도록 요구하고 있는데 가장 많이 쓰이는 것이 주파수 확산 SS방식이다. SS 중 CDMA 모바일 폰이나 무선랜에 이용되는 직접 시퀀스 DS와 블루투스에 이용되는 주파수 호핑 FS에 주로 사용된다.

그러나 이러한 변조방식을 태그에 적용하면 그만큼 복잡한 회로가 필요하여 가격이 상승하므로 실제적으로는 리더기만이 이러한 변조방식을 사용하고 태그는 SS의 전체 주파수를 커버하도록 광대역으로 만들고 ASK등을 이용하여 신호를 전송한다. 기타 데이터 정보의 신뢰성을 높이기 위한 여러 신호처리가 수행되는데, CRC등의 방법을 사용하는 에러율 감소방법, 여러 개의 태그를 구별하기 위하여 무선랜 등에서 사용되는 Aloha 및 SCMA와 비슷한 방식을 사용하는 충돌방지 방법, 데이터의 보호를 위하여 대칭 또는 비대칭 암호 알고리즘을 사용하는 데이터 보안방법 등이 적용된다. 특히 이러한 신호처리는 태그에서 메모리의 기능성에 의존한다.[16][17][18]

6. 리더기 전체 시스템 트랜스폰더

교류 자계를 발생시킬 필요가 있는 도체 루프는 코일 L_1에 의해 나타난다. 도체 루프 L_1에서 직렬저항 R_1은 도선저항의 옴 손실과 일치 한다. 리더기 동작 주파수 f_{TX} 의 도체 코일 L_1에서 최대 전류를 얻기 위해 공진주파수 $f_{RES} = f_{TX}$를 갖는 직렬 공진회로는 커패시터 C_1의 직렬연결에 의해 생성된다. 직렬 공진회로의 공진주파수는 톰슨 방정식을 사용하여 계산할 수 있다.

$$f_{TX} = f_{RES} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_1}} \tag{2-1}$$

직렬 회로이기 때문에, 직렬 공진회로의 총 임피던스 Z_1은 각각의 임피던스의 합이다. 즉:

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{jw\,C_1} \tag{2-2}$$

그림 2.4는 안테나 L_1을 가진 리더기의 등가회로 다이어그램이다. 리더기의 송신기 외부 분기점은 HF 전압 u_0를 발생시킨다. 판독장치의 수신기는 안테나 코일 L_1에 직접적으로 연결된다.

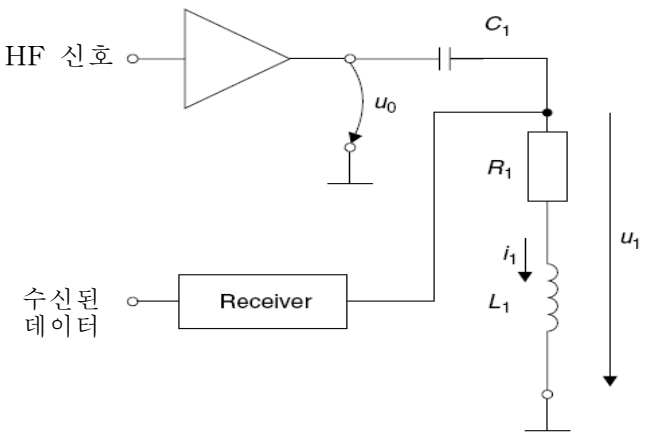


그림 2.4 안테나 L_1을 가진 리더기의 등가회로

그러나 공진 주파수 f_{RES}에서 L_1과 C_1의 임피던스는 서로 상쇄되어 없어진다. 이 경우 총 임피던스 Z_1은 단지 R_1에 의해 결정되고 따라서 최소에 도달한다.

$$jwL_1 + \frac{1}{jwC_1} = 0 \Big|_{w = 2\pi f_{RES}} \rightarrow Z_1(f_{RES}) = R_1 \qquad (2\text{-}3)$$

안테나 전류 i_1은 공진주파수에 최대로 도달하고 송신기의 높은 레벨의 전압원과 코일의 옴저항 R_1으로부터(R_i=0인 이상적인 전압원의 가정에 기초하여)계산된다.

$$i_1(f_{RES}) = \frac{u_0}{Z_1(f_{RES})} = \frac{u_0}{R_1} \qquad (2\text{-}4)$$

도체루프 L_1에서의 u_1과 커패시터 C_1의 UC_1의 두 전압에서 전류 i_1은 동일하기 때문에 공진주파수에서 위상이 반대이고 서로 상쇄된다. 그러나 각 값은 매우 높을 수 있다. 보통 몇 볼트인 낮은 전압원 u_0에도 불구하고 몇 백 볼트의 지수는 L_1과 C_1에 쉽게 도달할 수 있다. 따라서 높은 전류에 대한 도체 루프 안테나에 대한 설계는 사용되는 소자 특히 커패시터에서 충분히 전압 저항을 포함해야 한다. 그렇지 않으면 쉽게 아크방전으

로 파괴될 수 있기 때문이다. 그림 2.5는 공진일 때 전압이 단계적으로 증가하는 예이다. 즉 주파수 대역 10 ~ 17㎒에서 단계적으로 증가하는 직렬로 연결된 코일과 커패시터의 전압. 전압이 매우 높은 레벨에 도달했음에도 불구하고 리더기 안테나의 전압 반송 소자를 조절하는 데에는 항상 안전하다. 추가적인 커패시터 때문에 직렬 공진회로는 빠르게 조정이 틀어지고 전압 공진의 단계적 증가가 감소한다.[22][23][24]

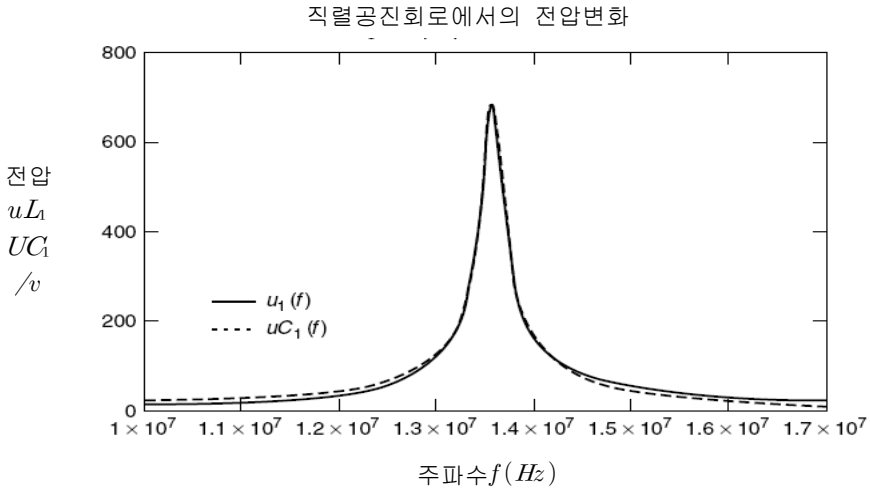


그림 2.5 직렬공진회로에서의 전압변화

7. 송 · 수신 시스템의 에너지 영역

트랜스폰더의 에너지 도달 범위는 리더기 안테나로부터 트랜스폰더를 동작시키기에 충분한 에너지가 존재하는 곳(u_{2min}과 R_L에 의해 정의된)까지의 거리이다. 그러나 얻어진 에너지 도달 범위가 시스템의 최대 기능적 범위와 일치하는지에 대한 질문을 받는 거리에서 트랜스폰더로부터 전송된 데이터가 리더기에 의해 감지될 수 있다. 안테나의 전류 I, 반경r, 그리고 송신기 안테나의 쇄교수 N_1 그리고 x 방향에서의 자계강도의 경로가 주어지면 식 $H = \dfrac{I \cdot N \cdot r}{2\sqrt{(r^2 + x^2)^3}}$ 을 이용하여 계산할 수 있다.

만약 x에 관하여 방정식을 풀게 되면 다음과 같은 에너지 도달 범위와 주어진 리더기에 대한 트랜스폰더의 판독 자계강도 $H_{\min}$간의 관계식을 얻을 수 있다.

$$x = \sqrt{3\sqrt{(\frac{I \cdot N_1 \cdot r^2}{2 \cdot H_{\min}})^2 - r^2}} \qquad (2\text{-}5)$$

예를 들어 트랜스폰더의 에너지 도달 범위를 데이터 캐리어($R_L = u_2/i_2$)의 전력 소모의 함수로써 생각 할 수 있다. 트랜스폰더의 전류 소모가 증가할수록 트랜스폰더의 판독감도 또한 증가하고 에너지 도달거리는 떨어지다. 트랜스폰더의 최대 에너지 도달 범위는 데이터 캐리어의 동작을 위해 요구되는 최소 전력공급 u_{2min}이 무부하 트랜스폰더 공진회로(예, $i_2 \rightarrow 0, R_L \rightarrow \infty$)로 존재하는 곳에서 트랜스폰더와 리더기 안테나간의 거리에 의해 결정된다. 거리 $x = 0$이 되는 곳에서 최대 전류 i_2는 데이터 캐리어를 위한 공급 전압이 u_{2min}이하로 떨어지는 한계를 나타내는데, 이는 데이터 반송파의 동작을 의미한다.

8. *RFID* 안테나

리더기 안테나는 송·수신을 담당하는 각각의 송신 RX안테나와 수신 TX안테나로 구성된다. 리더기 안테나는 RF 신호로부터 변환된 리더기의 RX 신호를 자유 공간으로 방사한다. 태그로부터 후방산란 된 송신신호를 수신한다. 리더기의 안테나 편파는 원형 편파를 사용한다. 안테나의 동작 주파수는 908.5 ~ 914㎒를 사용한다.

D. *RFID* 표준화 주파수

1. *RFID* 주파수 사용 범위

RFID 시스템은 전자기파를 발생시키고 방사시키기 때문에 법적으로 무선 시스템으로 분류된다. 다른 무선 서비스들의 기능은 RFID 시스템의 동작에 의해 전파환경에 장해를 받거나 기기 손상을 받지 않아야 한다. 그것은 특히 RFID 시스템은 근접한 무선 및 텔레비전, 무선통신서비스(경찰, 보안업체, 산업), 해상 및 우주 무선 통신 서비스와 이동전화 등과는 간섭을 일으키지 않는 것이 중요하다.

다른 무선 서비스에 대하여 보호 작업이 필요하다는 것은 RFID 시스템에 사용 가능한 적절한 동작 주파수의 범위에 제한이 생긴다는 말이 된다. 이러한 이유 때문에 산업용,

과학용, 의학용의 애플리케이션을 위해 특별히 개방된 주파수 범위를 사용하는 것만이 가능하다. 전 세계적으로 ISM 주파수 대역으로 분류된 주파수가 있고 RFID 애플리케이션들 또한 ISN 대역을 사용할 수 있다. 대부분의 RFID 시스템용 주파수 대역은 0 ~ 135㎑, 40.68㎒, 433.92㎒, 869㎒, 915㎒(유럽에서 사용 불가능), 2.45㎓, 5.8㎓, 24.125㎓가 있다. 그림 2.15는 135㎑ 이하에서 단파와 초단파 및 2.4㎓의 가장 높은 주파수를 포함하는 마이크로파 대역에서의 RFID 시스템용 주파수대역이며, 미국, 유럽에서 사용하는 RFID 주파수는 433㎒, 860~930㎒ 대역을 사용하고 있다. 하지만 국내에서 사용하는 RFID 주파수는 908.5~914㎒ 대역을 사용하고 있다. 따라서 미국, 유럽에서 사용하는 RFID를 국내에서 사용하고자한다면 필터를 이용하여 주파수 대역을 조절해야 한다. 필터의 성능에 따라서 인식을 하지 않을 수도 있다.[25][26]

표 2.3 RFID 표준화 주파수 대역별 특성

주파수	저주파	고주파	극초단파(UHF)		마이크로파
	125.134㎑	13.56㎒	433.92㎒	860~960㎒	2.45㎓
인식 거리	60cm 미만	60cm 까지	~50~100m	~3.5~10m	~1m 이내
일반 특성	· 비교적 고가 · 환경에 의한 성능 저하가 거의 없음	· 저주파보다 저가 · 짧은 인식거리와 대중 태그 인식이 필요한 응용 분야에 적합	· 긴 인식거리 · 실시간 추적 및 컨테이너 내부 습도, 충격 등 환경 센싱	· IC기술 발달로 가장 저가로 생산 가능 · 다중 태그 인식 거리와 성능이 가장 뛰어남	· 900㎒ 대역 태그와 유사한 특성 · 환경의 영향을 가장 많이 받음
동작 방식	수동형	수동형	능동형	능동/수동형	능동/수동형
적용 분야	· 공정 자동화 · 출입 통제/보안 · 동물 관리	· 수화물 관리 · 대여물품 관리 · 교통카드 · 출입 통제/보안	· 컨테이너 관리 · 실시간 위치 추적	· 공급망 관리 · 자동 통행료 징수	· 위조 방지
인식 속도	저속 ←→ 고속				
환경 영향	강인 ←→ 민감				
태그 크기	대형 ←→ 소형				

그룹명	ISO/IEC	작업명	개 요
Data 구문 표준	15961	Tag Commands	컴퓨터 호스트와 리더간의 명령어와 데이터 형식을 제안
	15962	Data syntax	리더의 로지컬 메모리와 Tag 드라이버 규정
Tag 식별	15963	Tag 식별자	각종 unique ID를 통합 할 수 있는 체계 규정(Anti-collison)
Air Interface (통신)	18000-1	Generic Parameters	유통물류, 상품공급망의 상품인식 구조 제안, 표준화에 필요한 파라미터 규정
	18000-2	Below 135kHz	독일 DIN제안, type A,B , 호환가능, 10cm정도
	18000-3	13.56MHz	모드 1: IC카드 규격 + Tagsis사의 충돌방지 옵션추가 모드 2: 424kbps의 빠른 속도(고속 분류용) 모드 호환x
	18000-4	2.45GHz	모드 1: FHSS, Passive방식, Intermec사 제안 모드 2: Active방식, Siemens, Nedap사 제안
	18000-5	5.8GHz	Q Free사 제안, 주요 국가반대(ITS 부정합성)로 철회
	18000-6	UHF 860-930MHz	Philips, TI등 5개사 공동제안, 유통물류에 가장 널리 사용될 것으로 전망
	18000-7	UHF 433MHz(active)	SAVI사 제안, Active tag에 의한 컨테이너 인식용 100m 한국, 일본의 반대(아마추어 무선용)
적용기술	TRI18001	Application요구사항	RFID시스템 적용조건을 조사한 기술보고서

그림 2.6 RFID 시스템 표준화

2. *135㎑ 대역의 RFID*

ISO/IEC 18000-2의 표준에 따른 RFID 주파수는 135 ㎑ 대역을 사용하는 매우 낮은 주파수로서 표준에서 측정거리로 제시하는 3m 또는 10m의 거리는 ($\lambda/2\pi \gg$측정거리) 해당된다. 따라서 실제 측정값은 매우 큰 값으로 측정되나 거리가 멀어질수록 급격한 감소특성을 나타내는 주파수이다. 또한, 유럽 기술기준 경우에 자계강도 값은 ISO/IEC18000-2의 표준과 같고, 미국의 경우에는 10m 및 3m 거리에서 자계강도 환산 값은 유럽보다 -3.5dB정도만 낮다.

국가별로 다소간의 차이는 있지만 3m 거리에서의 이론적인 환산 값으로는 유럽, 미국, ISO표준은 거의 같은 레벨이고, 이 값은 우리나라의 기술기준인 전파법 시행령 30조 1호 보다는 53.1dB이나 높은 값인 것이다. 따라서 이 주파수 대역에서 RFID의 국내 산업 활성화나 국내제조사의 국제경쟁력을 위해서는 국제 표준에 맞게 관련법령을 개정해야 할 것으로 판단된다. 이에 따른 관련 법령의 개정은 전파법 시행령 30조 1호에 예외조항을 신설하든지 별도의 기술기준을 마련하면 가능할 것으로 생각된다.[27][28][29]

3. *13.56㎒ 대역의 RFID*

현재 일본 및 유럽 등은 13.56㎒ 대역의 RFID 사용증가와 관련 산업의 활성화를 위해서

별도의 법령개정을 통해 최대 1m 거리에서도 이용할 수 있도록 하고 있다. 현재 전파법 시행령 제30조에 제시된 국내의 전계강도에 관한 기술기준은 200㎶/m @500m(환산 시 80.0 dB㎶/m @10m 임)이고, 일본은 93.5dB㎶/m @10m이며, 유럽은 93.5dB㎶/m @10m 이여서 우리나라보다 13.5dB가 높은 실정이다. 여기에 더하여 최근 유럽은 최소 1.5m의 거리에서도 본 대역의 서비스 실현이 가능할 수 있도록 현재의 전계강도의 기준인 93.5dB㎶/m @10m 보다 18dB 이상을 상승시켜줄 것을 요구하고 있는 실정이다.

13.56㎒ 대역의 RFID 서비스의 활성화를 위해서 우리나라의 전파법시행령 또는 기술기준 등을 제·개정하여 현재 기술기준 보다 최소 13.5dB를 상향하여 현행 일본 및 유럽의 기술기준과 동일한 전계강도를 사용할 수 있도록 하는 관련 법령 및 기술 기준 등의 개정이 필요하다.[27][28][29]

4. *433㎒ 대역의 RFID*

433.92㎒ 대역에 대해서는 18000-7의 표준안만이 문제가 아니라 ISO TC104(컨테이너) 기술위원회에서 작업 중인 ISO 18185에서도 논란이 되고 있는 상황이다. 미국에서는 2001년 9.11 테러 이후 자국 내의 항구로 입항하는 컨테이너 안전검사를 위해 컨테이너 key의 seal로 RFID 태그를 붙여, 불법으로 개봉된 경우, 그 이력이 태그에 남을 수 있도록 하는 장치를 요구하고 있다. 이를 반영한 것이 현재 논의되고 있는 ISO 18185 표준안이며, 여기에 포함된 RFID 태그는 모두 UHF 대역(433.92㎒, 915㎒, 862-928㎒, 433.92/915㎒)이다.

현재, ISO 18185는 심의과정 중 한국, 일본, 중국 등 여러 국가에서 반대하여 ISO의 DIS 투표단계를 통과하지 못하고 있어 TC104 내에서도 향후 처리문제가 큰 현안으로 부각되고 있다. 따라서 앞에서 검토한 아마추어 무선국과의 상호 간섭분석 결과를 근거하여 볼 때, RFID의 433.92㎒ 대역에서 용도는 컨테이너용으로 한정하고, 급전선전력은 ISO 18000-7 기준, 유럽 및 미국 기준을 고려하여 1㎽ 이하로 제한한 능동형 RFID 시스템을 사용하는 것이 타당 할 것으로 사료된다. 만일 국내에 433.92㎒ 대역의 RFID 사용이 허용될 경우, 현재 동일한주파수를 사용하는 TPMS 시스템과의 간섭을 고려하여 전력 및 변조방법, 대역에 대한 검토가 요구된다. 이는 TPMS의 경우, 자동차 타이어의 압력과 온도를 측정하여 실시간으로 운전자에게 통보하는 안전 보조 시스템이므로 동대역의 여타 무선기기와의 간섭이 상당히 심각한 안전 관련 문제를 야기할 우려가 있기 때문이다. 따라서 수동형 RFID를 비롯한 433.92㎒ 영역의 다양한 무선기기의 용도 및 전력에 대한 심도 있는 논의가 필

요하다.[27][28][29]

5. *860～930㎒ 대역의 RFID*

이대역에서의 사용 데이터 율은 40Kbps, 변조 방식은 AM 방식이 권장되며, 적용 대역은 900㎒ 대역, 통신 방식은 FHSS 또는AFA가 요구된다. 또한, 최소 대역폭은 2㎒ 이상으로서 2～7㎒의 사용이 권고된다. FHSS가 사용되는 경우 하나의 호핑 대역은 200 ～ 250㎑가 바람직하며, 채널 점유 시간은 400msec 이하이고, 보다 효율적인 대역 사용을 위해서는 웨이브 성형 필터의 적용이 필요하다. 또한 고속 인식용으로 활용하기 위해서는 500㎑ 대역폭의 단일 채널도 필요하다. 현재 미사용중인 CT-2용 908.5 ～ 914 ㎒ 대역을 FHSS 또는 AFA 방식을 사용하는 RFID용으로 분배하는 방안을 적극적으로 검토할 필요가 있으며, 기술기준 정의시 최적의 성능을 유지할 수 있는 기술적, 정책적 고려가 있어야 한다. 향후 타 특정 소 출력기기와 공유하기 위해서는 추가적인 주파수 확보가 요구된다. 또한 현재 특정 소출력으로 사용 중인 CT-1용 "914 ～ 915 ㎒" 대역을 단일 채널 RFID 및 타 특정 소출력과 공유하여 사용할 필요가 있다.[27][28][29]

- 250㎑ 기준 출력 4W 유효복사전력(출력: 1W),
- 500㎑ 기준 출력: 2W 유효복사전력(출력: 0.5W), duty 10%

6. *2.4㎓ 대역의 RFID*

주파수 대역은 2400～2483.5㎒, 주파수 허용편차는 +/- 50ppm, 변조방식으로는 주파수 호핑 방식, 점유 주파수 대역폭은83.5㎒ 이하, 공중선 전력은 10㎽/㎒ 이하로 총 전력 260㎽이하, 공중선 이득은 6dB 이하, 공중선 허용편차는 +20%, -80%, 유효복사전력 환산치는 30dBm(1W) 정도의 값을 우리나라의 2.4㎓ 대역 RFID의 기술기준으로 채택하는 것이 타당할 것으로 사료되며, 별도의 기술기준을 제정하거나 현재 제정되어있는 데이터 통신시스템 및 무선 LAN용 무선설비의 기술기준의 용도부분에 RFID를 포함하고 전파형식도 추가하여 개정하는 방법도 고려해 볼 수 있다.[27][28][29]

III. *RFID* 리더기 안테나 설계 이론

A. 안테나 설계에 따른 기본 파라미터

1. *S*파라미터

회로망의 Z파라미터, Y파라미터, h파라미터 등을 정확히 측정할 수 있는 주파수는 100㎒ 정도라고 말하고 있다. 왜냐하면 이 이상의 주파수에서는 회로의 오픈, 쇼트를 하는 것이 곤란하기 때문이다. 예를 들면 회로를 쇼트하는 리드선은 고주파에서는 무시할 수 없는 인덕턴스를 갖고, 직류적으로는 오픈 상태라 하더라도 약간의 용량이 있으면 고주파에서는 임피던스가 적어지는 일이 일어나는 것이다. 따라서 이와 같이 높은 주파수영역에서도 정확히 회로망을 표현할 수 있는 S파라미터가 필요하다.

이것은 12㎓ 부근까지의 측정을 상당히 정확하게 할 수가 있다. S파라미터의 측정원리는 그림 3.1에 나타낸 바와 같다. 각 단자를 Z_s, Z_L에서 종단하고 일반적으로 이러한 것은 특성 임피던스 Z_o로 하여 측정된다. S파라미터는 다른 Z 및 Y파라미터와 달라서 전압이나 전류를 사용하는 것이 아니고 입사파와 반사파에 의해서 나타내는 것이다. 그림 3.1과 같이 입사파와 반사파를 각각 a_i, b_i (i = 1, 2)로 나타내면 수식 (3-1)과 (3-2)와 같이 1차의 선형 연립방정식으로 나타낸다.

$$b_1 = S_{11}a_1 + S_{12}a_2 \quad (3\text{-}1)$$

$$b_2 = S_{21}a_1 + S_{22}a_2 \quad (3\text{-}2)$$

그림 3.1 S파라미터 측정회로

그리고 이 S_{11} ~ S_{22}를 S파라미터라고 부른다.

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} = \frac{\text{단자 1에서의 반사파}}{\text{단자 1의 입사파}} \tag{3-3}$$

정의를 간단하게 설명하면 $a_2 = 0$ 으로 되며 절대치와 위상을 포함하여 입력 반사계수라 한다. 여기서 $a_2 = 0$이라는 조건은 출력단자에 정합이 잡힌 부하가 접속되고 있는 것을 의미한다.($Z_s = ZL$). 마찬가지로 $Z_s = Z_o$일 때는 $a_1=0$으로 수식 (3-4)와 같으며, 출력 반사계수라고 불린다..

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_1} = \frac{\text{단자 2에서의 반사파}}{\text{단자 2로의 입사파}} \tag{3-4}$$

또한 수식 (3-5)와 (3-6)은 각 단자를 특성 임피던스로 종단함으로써 얻어지는 것이다.

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1} \quad (a_2 = 0) \tag{3-5}$$

$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2} \quad (a_1 = 0) \tag{3-6}$$

2. 반사계수

그림 3.1에 있어서 단자전압 V_1, V_2 및 단자전류 I_1, I_2를 보면 식 (3-7), (3-8), (3-9), (3-10)과 같은 관계로 나타낼 수 있다.

$$V_1 = a_1 + b_1 \tag{3-7}$$

$$I_1 = \frac{1}{Z_o}(a_1 - b_1) \tag{3-8}$$

$$V_2 = a_2 + b_2 \tag{3-9}$$

$$I_2 = \frac{1}{Z_o}(a_2 - b_2) \tag{3-10}$$

그리고 식 (3-7), (3-8) 에서 식 (3-11), (3-12)와 같이 되며 식 (3-3)에서 반사계수 S_{11}은 식 (3-13)과 같다.

$$a_1 = \frac{V_1 + I_1 Z_o}{2} \tag{3-11}$$

$$b_1 = \frac{V_1 - I_1 Z_o}{2} \tag{3-12}$$

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1} = \frac{V_1 - I_1 Z_o}{V_1 + I_1 Z_o} \tag{3-13}$$

그림 3.1에서 보면 $V_1 = Z_s I_1$인 것이 분명하며, 이것을 위의 식에 적용하면 식 (3-14)와 같다.

$$S_{11} = \frac{Z_s - Z_o}{Z_s + Z_o} \tag{3-14}$$

이 식에서 $Z_s = Z_o$, 즉 전원의 임피던스와 회로망의 입력 임피던스가 같을 때 $S_{11}=0$으로 되는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 하여 식 (3-15)와 같이 나타낸다.

$$S_{22} = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o} \tag{3-15}$$

3. *Return Loss*

식 (3-14)와 식 (3-15)는 Z_L를 Z_s와 바꾸어 놓으면 모두 같은 등가이므로, 아래의 식 (3-16)과 같이 반사계수를 Γ로 나타낸다..

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_o}{Z_L + Z_o} \tag{3-16}$$

일반적으로 임피던스 Z_L, Z_o는 복소량이므로 반사계수 Γ도 복소량으로 된다. 그래서 식

(3-17)로 나타내면 IΓI는 입사파에 대한 반사파의 진폭의 비, Θ는 위상차라고 하게 된다.

$$\Gamma = |\Gamma| e^{j\theta} \tag{3-17}$$

여기에서 Return Loss는 식 (3-18)과 같이 정의 된다.

$$R.L. = 20\log_{10}\frac{1}{|\Gamma|} \quad (dB) \tag{3-18}$$

4. 전압정재파비(*VSWR*)

회로에 있어서 취급하는 주파수가 높아지면 케이블이나 리드선, 나아가서는 부품의 구조 사이즈까지도 파장에 대하여 무시할 수 없는 길이가 된다. 신호원에서 부하까지의 거리가 취급하는 파장과 비교할 수 있는 정도의 길이가 되는 주파수영역에서는 신호원 임피던스와 부하 임피던스가 같지 않으면 부하에서 신호가 반사하여 입사파와 반사파가 간섭한 결과, 케이블 상에 정재파(standing wave)가 생긴다.

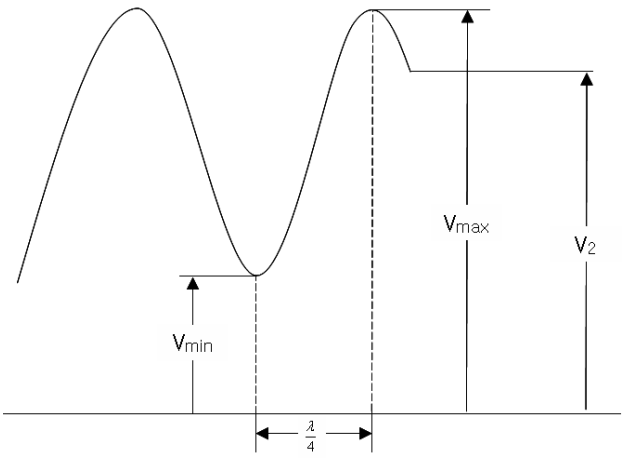


그림 3.2 전압정재파

그림 3.2는 케이블상에 전압정재파가 생긴 모양을 나타낸 것이지만, 이와 같이 부정합이

있는 경우에는 케이블의 각부에서 전압을 전압정재파비라고 부르며, VSWR(Voltage Standing Wave Ratio)라고 기술한다. 전압정재파비와 반사계수 사이에는 식 (3-19)와 같은 관계가 있다.

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \tag{3-19}$$

따라서 식 (3-18)에 적용하면 식 (3-20)이 성립되고 리턴로스를 측정하면 VSWR을 구할 수 있다.

$$RL = 20\log_{10}\frac{VSWR+1}{VSWR-1} \quad (dB) \tag{3-20}$$

5. 정합회로

안테나와 여기에 접속되는 전송선이 정합하고 있지 않는 경우에는 부정합 손실이 생길 뿐만 아니라 송신안테나에서는 반사파의 송기로의 영향, 전송선로상의 정재파에 의한 전연파괴, 위상 왜곡에 의한 전송품질이 떨어지는 등 여러 가지 부적절함이 생긴다.
안테나의 입력임피던스를 Z_a 전송선로의 특성임피던스를 Z_0로 하면 그 전송선로에 대한 안테나의 반사계수 Γ_a 및 정재파비 P_a는 식 (3-21)과 같다.

$$\Gamma_a = \frac{Z_a - Z_0}{Z_a - Z_0} \tag{3-21}$$
$$\rho_a = \frac{1+|\Gamma_a|}{1+|\Gamma_a|}$$

또 부정합에 의한 반사 손실 L_a 는 식 (3-22)로 주어진다.

$$L_a = -10\log(1-|\Gamma_a|^2) \quad (\mathrm{dB}) \tag{3-22}$$

안테나의 입력임피던스는 흔히 공진회로와 유사한 주파수특성을 갖는다. 그래서 중심주

파수에 있어서 안테나가 공진하고 그 입력저항이 급전선의 특성임피던스와 같게 되게 안테나를 설계한다. HF대 이하의 주파수와 같이 안테나 크기의 제약상, 안테나 자체에서 공진하지 않는 경우에는 외부회로에 의해 안테나의 리액턴스분을 제가할 필요가 있다. 아무튼 외부회로에 의한 안테나의 정합은 손실의 증가와 공진회로에 의한 대역폭의 감소를 초래할 염려가 있으므로, 안테나 소자의 구조를 연구시켜야 한다.

하나의 예를 들면 다이폴안테나와 같은 평형형의 안테나에 불평형 회로인 동축회로를 접속하면 동축선로의 외측에 누설전류가 생기거나, 안테나 소자상에 소정의 전류가 흐르지 않기 때문에, 필요한 방사패턴이나 입력임피던스를 얻지 못하게 된다. 이러한 현상을 제거하기 우해 평형-불평형 변환기를 사용하는 벨룬(Balun)을 사용하여 설계할 수가 있다.

6.마이크로 스트립선로

마이크로스트립선로는 보통 마이크로스트립 이라고 부르며 이것은 평형판선로의 일종으로 도파관이나 동축선로에 비해서 경량, 소형으로 만들 수 있기 때문에 근래의 마이크로파 트랜지스터를 비롯한 각종 반도체소자의 개발과 아울러 마이크로파 집적회로의 기본요소로서 중요시되고 전송선로로서 만이 아니라 각종 마이크로파 집적회로 소자에 널리 이용되고 있다.

이것은 도체기판위에 유전체판을 놓고 그 위에 도체선로를 부착시킨 것으로 보통 유전체 기판에 금속막을 증착시켜서 만든다. 현재 사용되고 있는 것의 금속의 두께는 0.0003~0.003in의 값을 갖는다. 실용적으로는 유전체로 마이크로파 유전체 손실이 작은 알루미늄($\varepsilon_r \simeq 9.5$), 에폭시($\varepsilon_r \simeq 3.8$), 테프론($\varepsilon_r \simeq 2.3$) 등이 사용되고 있으나 근래에는 훼라이트, 사파이어 등을 이용하는 마이크로스트립도 개발되고 있다.

비유전율이 높고 스트립선로의 폭이 유전체 기판의 두께보다 과히 좁지 않은 경구 TEM파에 매우 가까운 전송모드로 전송되기 때문에 파형왜곡이 매우 작은 마이크로파 전송이 가능하다. 구조의 치수가 작기 때문에 동축선로에 비해서 고차모드의 차단주파수가 매우 높아지고 높은 주파수대까지 사용가능하며, 또한 제작이 용이한 장점을 갖는다. 단점으로는 도파관이나 동축선로에 비해서 손실이 크고 또한 개방형 선로이기 때문에 방사손실이 생기는 것을 들 수 있다. 이러한 결점은 저손실이고 비유전율이 큰 유전체의 개발로 보완되어 특성이 좋은 마이크로 스트립을 만들 수 있게 되어 널리 실용화 되고 있다.

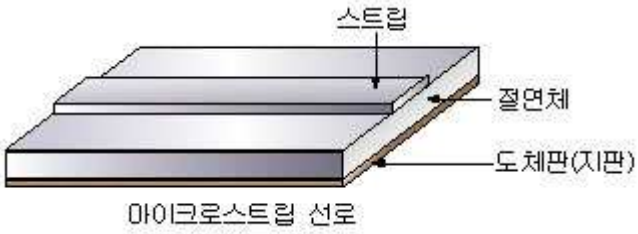


그림 3.3 마이크로스트립 선로

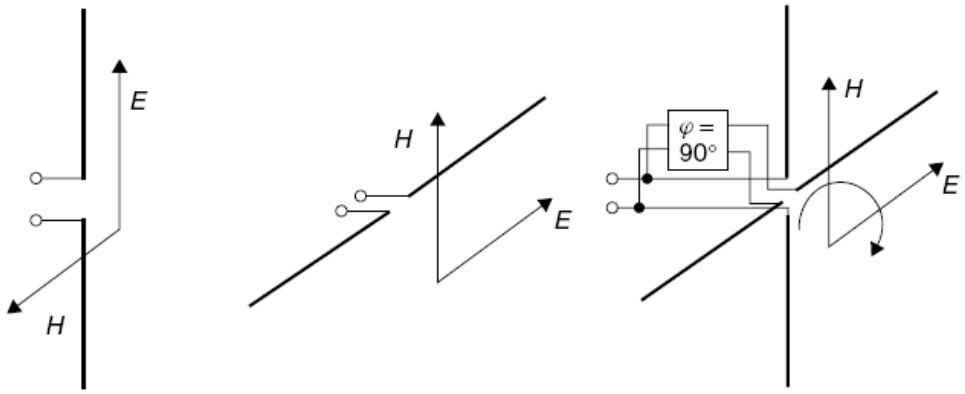
B. *900*㎒대역 *RFID* 안테나 특성

1. 전자기파의 편파

전자기파의 편파(polarization) 현상은 파동의 전계 방향에 의해 결정된다. 일반적으로 편파는 선형 편파와 원형 편파로 구별한다. 선형 편파에서 지표면에 따른 전계의 역선 방향은 수평 편파로 구별한다. 예를 들어서 다이폴 안테나는 수직 편파 전자계를 발생한다.

선형 편파 안테나들 간의 에너지 전달은 두 안테나가 동일한 편파 방향을 가질 때 최적이다. 한편, 에너지 송신은 송신 및 수신 안테나의 방향이 정확히 90° 나 270°로 서로 연관되어 배치되었을 때 그것의 가장 낮은 점에서 일어난다. 이 상황에서 추가적인 20dB 제동은 편파 손실에 의한 전력 송신을 고려해야 한다. 즉, 수신 안테나는 최대 가용 전력의 1/100을 소모한다.

RFID 시스템에서 휴대용 트랜스폰더 안테나와 리더 안테나의 위치 사이에는 고정된 관계가 없다. 이것은 높고 예측할 수 없는 리더 범위에서 끊임없는 변화를 만들어 낼 수 있다. 이 문제는 리더 안테나에서 원형 편파의 사용에 의한 도움이 된다. 원형 편파의 발생 원리는 그림 3.4에서 나타나 있다.



(a) 수직 편파 (b) 수평 편파 (c) 원형 편파

그림 3.4 전자기파의 편파에 대한 정의

두 개의 다이폴이 교차 형태로 고정되며, 두 다이폴 중의 하나는 90(λ/4) 지연 선로를 통해 급전된다. 이런 방법으로 발생된 전자계의 편파 방향은 파전면이 파장에 의해 전진할 때마다 360°로 회전한다. 필드의 회전 방향은 지연선로의 배치에 따라 결정될 수 있다. 이는 좌현 및 우현 원형 편파로 구별된다.

3dB의 편파 손실은 선형과 원형 편파 안테나 사이에서 고려되어야 한다. 그러나 이것은 수신 안테나의 편파 방향에 독립적이다.

안테나에 의해 둘러싸인 공간에 방출되는 전자기파는 다양한 물체들을 만난다. 물체에 도달한 높은 주파수 에너지의 일부는 물체에 의해 흡수되어 열로 변환되고, 나머지는 변화된 밀도로 많은 방향으로 산란된다.

그림 3.5와 같이 반사된 에너지의 일부는 전송 안테나로 되돌아간다. 레이더 기술은 원거리 물체의 거리와 위치를 측정하는 반사 현상을 이용한다.

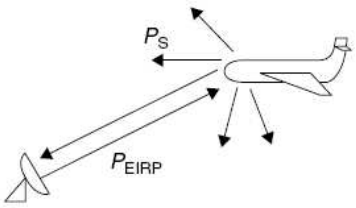


그림 3.5 레이더 기술에서 사용되는 반사현상

RFID 시스템에서 전자기파의 반사는 트랜스폰더로부터 리더까지 데이터의 송신을 위해 사용된다. 주파수의 증가에 따라 물체의 반사 특성은 보통 증가하기 때문에 이러한 시스템은 주로 868㎒(유럽), 925㎒(미국), 2.45㎓ 및 그 이상의 주파수 범위에서 사용된다.
리더의 안테나는 공간의 모든 방향에 송신 전력 P_{EIRP}로 전자기파를 방출한다. 트랜스폰더의 위치에 도달하는 방사 밀도 S는 식 (3-23)을 사용하여 쉽게 계산될 수 있으며, 트랜스폰더 안테나는 전력 밀도 S 와 소위 레이더 단면적 δ에 비례하여 전력 P_S를 반사한다.

$$P_S = \sigma * S \tag{3-23}$$

반사된 전자기파는 또한 반사점으로부터 공간에 구형으로 전파된다. 따라서 반사파의 방사 전력은 방사원으로부터 거리의 제곱(r^2)에 반비례하여 감소한다. 다음의 전력 밀도는 결국 리더의 안테나로 되돌아온다.

$$s_{Back} = \frac{P_s}{4\Pi r^2} = s \cdot \frac{\sigma}{4\Pi r^2} = \frac{P_{EIRP}}{4\Pi r^2} \cdot \frac{\sigma}{4\Pi r^2} = \frac{P_{EIRP} \cdot \sigma}{(4\Pi)^2 \cdot r^4} \tag{3-24}$$

레이더 단면적(RCS : Radar Cross-Section, 산란 개구면) δ은 물체가 얼마나 잘 전자기파를 반사하는지에 대한 척도이다. 레이더 단면적은 물체 크기, 모양, 재질, 표면 구조뿐만 아니라 파장과 편파와 같은 파라미터들의 범위에 의존한다.
레이더 단면적은 구, 편파면 그리고 유사한 것들과 같은 단수한 표면에 대해서만 정확히 계산될 수 있다. 재질은 또한 중요한 영향을 갖는다. 예를 들어, 금속 표면은 플라스틱이나 화합물질보다 훨씬 더 반사를 잘한다. 파장에 대한 레이더 단면적의 의존도가 중요한 역할을 하기 때문에 물체는 세 가지 범주로 나뉘다.

· 레일리 영역 : 파장이 물체의 크기에 비해 매우 크다. 반파장보다 물체가 작기 때문에, δ는 λ-4에 종속적으로 나타나고 따라서 0.1λ보다 작은 물체의 반사 성질은 완전히 고려할 필요가 없다.
· 공진 영역 : 파장은 그 물체 크기와 비슷하다. 파장을 변화시키면 기하학적 값에서 몇 dB 정도로 δ가 변동된다. 날카로운 가장자리, 슬릿, 점과 같이 날카로운 공진을 갖는 물체들은 어떤 파장에서 δ의 고진 증가를 보인다. 어떤 환경에서 이것은 특히 그들의 공

진 파장(공진주파수)에서 안테나들이 방사되지 않는 것이 사실이다.
· 광학적 영역 : 파장이 물체의 크기보다 작다. 이 경우에서 기하학 형태와 위치(전자기파의 입사각)는 레이더 단면적에 영향을 미친다.

역산란 RFID 시스템은 반사 영역으로 다른 구조를 갖는 안테나들을 채용한다. 따라서 트랜스폰더에서의 반사는 공진 영역에서만 발생한다. 이러한 시스템에 관하여 이해하고 계산을 하기 위해서 공진 안테나의 레이더 단면적 δ를 알 필요가 있다.
트랜스폰더로부터 반사되어 돌아온 전력은 리더에 의해 송신된 전력의 4제곱근에 비례하는 식 (3-24)에 따른다. 다시 말하면, 다른 모든 것들이 동일하고 트랜스폰더로부터 리더에 도달하는 반사된 신호의 전력 밀도 S가 두 배로 되기를 원하면 송신 전력은 16배가 되어야 한다.

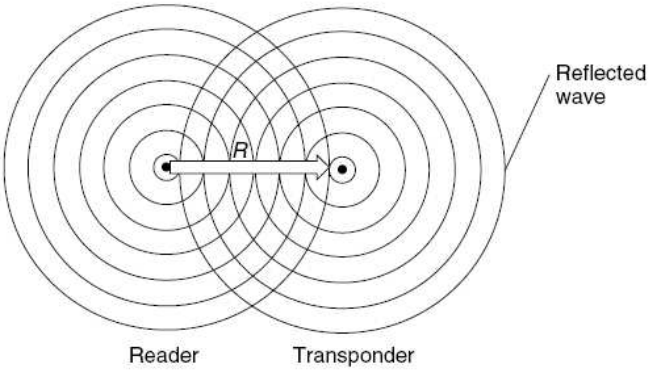


그림 3.6 트랜스폰더에서 방출되고 반사되는 파의 전파

2. 안테나 특성

물리 법칙은 전자기파의 방사는 전압과 전류를 운반하는 모든 도체에서 관찰될 수 있다는 것을 말한다. 기생하는 경향이 있는 이러한 기생(parasitic) 효과들에 비해, 안테나는 설계 특성의 미세 조정에 의해 어떤 주파수 범위에서 최적화된 전자기파의 방사나 수신 정도가 큰 소자이다. 이 연결에서 안테나의 작동은 정확하게 예측될 수 있고 수학적으로 명확히 정의된다.

a. 안테나 이득과 지향성 효과

전자기파의 전력밀도 S를 전체 구의 표면적에 대해서 적분한다면 우리가 얻는 결과는 등방형 방사기에 의해 방사되는 전력 P_{EIRP}은 식 (3-25)와 같다.

$$P_{EIRP} = \int_{A_{sphere}} S \cdot dA \tag{3-25}$$

그러나 다이폴과 같은 실제 안테나는 모든 방향으로 균일하게 공급된 전력을 방사하지 않는다. 예를 들어 안테나에 관련한 축 방향에서 다이폴 안테나에 의해 모든 전력이 방사되지는 않는다.

만약 안테나가 여러 방향에서 세기가 변하는 공급 전력을 방사한다면 식 (3-25)는 모든 형태의 안테나에 적용되고, 방사 밀도 S가 안테나의 선호하는 방향에서 더 크다면 식 (3-25)는 만족될 수 있다. 그림 3.7은 등방성 방사기의 그것과 비교한 다이폴 안테나의 방사 패턴을 보여준다.

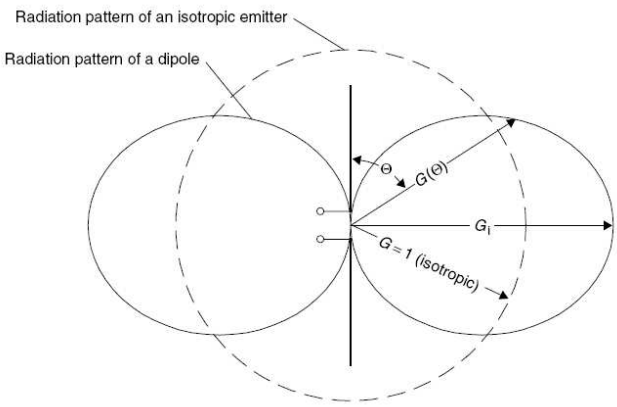


그림 3.7 등방성 방사기의 방사 패턴과 비교한 다이폴 안테나의 방사 패턴

벡터 G(Θ)의 길이는 벡터의 방향에서 상대 방사 밀도를 가리킨다. 주방사 방향(G_i)에서 방사밀도는 식 3-26과 같이 계산될 수 있다.

$$S = \frac{P_1 \cdot G_i}{4\Pi \cdot r^2} \tag{3-26}$$

P_1은 안테나에 공급된 전력, G_I는 안테나의 이득과 동일한 송신 전력에서 등방형 방사기의 것보다 더 큰 방사 밀도 S에 의한 계수를 가리킨다.
이 내용에서 EIRP(effective isotropic radiated power, 유효 등방성 방사 전력)는 중요한 무선기술 용어이다.

$$P_{EIRP} = P_1 \cdot G_i \tag{3-27}$$

이 계수는 종종 무선 허가 규정에서 발견할 수 있고 거리 r에서 정의된 방사 전력을 발생시키기 위하여 공급되어야 하는 등방성 방사기(즉, G_i=1)에 송신 전력을 가리킨다. 따라서 이득 G_i를 갖는 안테나는 이 계수에 의해 낮은 송신 전력 P_1이 공급될 것이므로 명시된 한계 값은 초과하지 않는다.

$$P_I = \frac{P_{EIRP}}{G_i} \tag{3-28}$$

b. *EIRP*와 *ERP*

EIRP에서 전력 계수 외에도 종종 무선 규정과 기술적 문헌에서 전력 계수 ERP(Equivalent Radiated Power)가 나온다. ERP 또한 참고 전력 계수다. 그러나 EIRP에 비해서 ERP는 구형 방사기 보다는 다이폴 안테나에 관련되어 있다. ERP 전력 계수는 다이폴 안테나가 거리 r에서 정의된 방사 전력을 발생시키기 위하여 공급해야 하는 송신 전력을 표현한다.

표 3.1 주방사 방향으로 일정한 EIRP를 방사하기 위한 안테나 이득 및 전력 조건

EIRP = 4W	안테나에 공급된 전력 P_1
등방형 방사체 G_i=1	4W
다이폴 안테나 G_i=1.64	2.44W
안테나 G_i=3	1.33W

다이폴 안테나의 이득(G_i=1.64)은 등방성 방사기와 관련하여 알려져 있기 때문에 두 계수 간에 변환을 하는 것은 식 (3-29)와 같이 쉽게 알 수 있다.

$$P_{EIRP} = P_{ERP} \cdot 1.64 \tag{3-29}$$

c. 입력 임피던스

안테나의 특히 중요한 성질은 복소(complex) 입력 임피던스 Z_A이다. 이것은 식 (3-30)과 같이 복소저항 X_A, 손실저항 R_V, 방사저항 R_r로 구성되어 있다.

$$Z_A = R_r + R_v + jX_A \tag{3-30}$$

손실저항 R_V는 그림 3.8과 같이 유효 저항이고 전류를 운반하는 안테나 도선 부분의 저항성 저항으로부터 생기는 모든 손실을 기술한다. 이 저항에 의해 변환된 전력은 열로 전환된다.

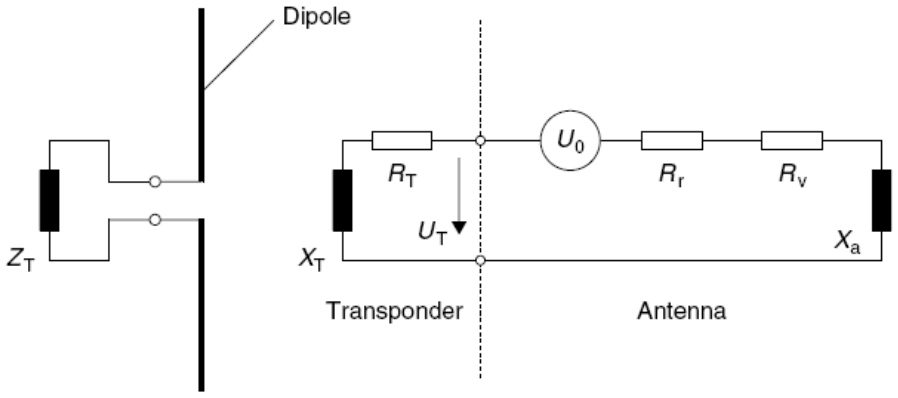


그림 3.8 트랜스폰더에 연결된 안테나의 등가회로

방사저항 R_r은 또한 유효저항의 단위를 갖지만 그 안에서 변환된 전력은 전자기파 형태로 안테나로부터 공간으로 방출된 전력과 일치한다.

동작 주파수에서 안테나의 복소저항 X_A는 0으로 가는 경향이 있다. 무손실 안테나(즉, R_V=0)에 대해서 식 (3-31)과 같은 식이 성립한다.

$$Z_A(f_{RES}) = R_r \tag{3-31}$$

따라서 공진 경우에서 이상적 안테나의 입력 임피던스는 방사저항 R_r의 값을 갖는 실수저항이다. λ/2 다이폴에 대해서 방사저항은 R_r = 73Ω 이다.

d. 유효 개구면과 산란 개구면

최적의 정렬과 정확한 편파로 주어지는 안테나에 수신된 최대 전력은 입사 평면파와 비례 상수의 전력 밀도 S에 비례한다. 비례 상수는 면적을 가지며, 따라서 유효 개구면(effective aperture) A_e라고 부른다. 이는 다음 식 (3-32)와 같이 적용된다.

$$P_e = A_e \cdot S \tag{3-32}$$

여기서 A_e를 주어진 방사 밀도 S에서 전력 P_e가 통과하는 전파 방향에서 수직인 면적으로 볼 수 있다. 유효 개구면을 통화하는 전력은 그림 3.9와 같이 연결된 종단 임피던스 Z_r에 흡수되고 투과된다.

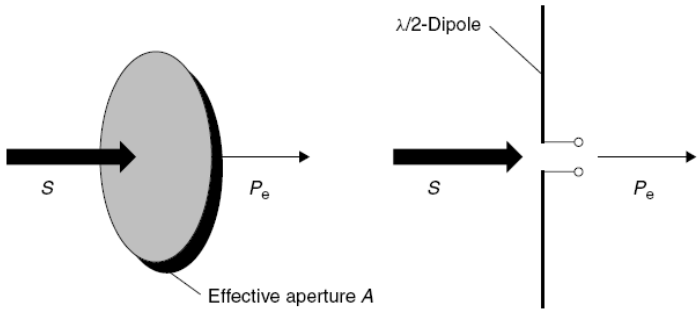


그림 3.9 안테나의 방사 밀도 S와 수신 전력 P사이의 관계

유효 개구면 A_e 외에도 안테나는 또한 전자기파가 반사되는 산란 개구면(Scatter aperture) $\delta = A_S$를 가진다.

그림 3.8을 살펴보면 방사 밀도 S를 갖는 전자계가 수신될 때 전압 U_0는 안테나에 유도되는데, 이는 안테나 임피던스 Z_A와 종단 임피던스 Z_r를 통해 전류 I가 발생하는 것을 의미하며, 전류 I는 식 (3-33)과 같이 유도 기전력 U_O와 각각의 임피던스의 직렬 연결 몫으로부터 구해진다.

$$I=\frac{U_o}{Z_r+Z_A}=\frac{U_o}{\sqrt{(R_r+R_v+R_T)^2+(X_A+X_T)^2}} \tag{3-33}$$

더구나 Z_r로 전송되는 수신된 전력 P_e는 식 (3-34)와 같다.

$$P_e=I^2 \cdot R_T \tag{3-34}$$

식 (3-33)의 표현에 대해서 식 (3-34)에 있는 I^2를 빼면 식 (3-35)와 같다.

$$P_e=\frac{U_0^2 \cdot R_T}{(R_r+R_v+R_T)^2+(X_A+X_T)^2} \tag{3-35}$$

식 (3-32)에 따라 유효 개구면 A_e가 수신된 전력 P_e와 방사 밀도 S의 몫이다. 이것은 결과적으로 다음의 식 (3-36)과 같은 결과를 산출한다.

$$A_e=\frac{P_e}{S}=\frac{U_0^2 \cdot R_T}{S \cdot [(R_r+R_v+R_T)^2+(X_4+X_T)^2} \tag{3-36}$$

만약 안테나가 전력 정합을 사용하여 동작한다면, 즉 $R_T=R_V$이고, $X_T=-X_A$이라면 다음의 식 (3-37)과 같은 간단한 식을 사용할 수 있다.

$$A_e=\frac{U_0^2}{4SR_r} \tag{3-37}$$

그림 3.8로부터 볼 수 있듯이, 전류 I는 안테나의 방사 저항 R_r을 통해서도 흐른다. 변환된 전력 P_S는 안테나로부터 방출되며 전류 I가 입사 전자계에 의해 발생했는지 송신기로부터 공급되었는지는 차이가 없다. 안테나로부터 방출된 전력 P_S는 즉, 수신된 경우에서 반사된 전력은 다음 식 (3-38)에서 계산될 수 있다.

$$P_s = I^2 \cdot R_r \tag{3-38}$$

식 (3-36)에 대한 편차와 같이, 산란 개구면 A_S는 다음 식 (3-39)와 같다.

$$\sigma = A_s = \frac{P_s}{S} = \frac{I^2 \cdot R_r}{S} = \frac{U_0^2 \cdot R_r}{S \cdot [(R_r + R_v + R_T)^2 + (X_A + X_T)^2}} \tag{3-39}$$

만약 안테나가 다시 전력 정합을 사용하여 동작하고 또한 손실이 없다면, 즉 $R_V=0$, $R_T=R_V$이고 $X_T=-X_A$이라면 다음 식 (3-40)과 같이 간략해진다.

$$\sigma = A_s = \frac{U_o^2}{4SR_r} \tag{3-40}$$

따라서 전력 정합된 안테나의 경우에 $\delta=A_S=S_e$이다. 이것은 단지 전자계로부터 끌어온 총전력의 반이 종단 임피던스 Z_r에 공급된다는 것을 의미한다. 다른 반은 안테나에 의해 공간으로 반사되어 돌아온 것이다.

종단 임피던스 Z_T의 값 변화에 따른 산란 개구면 A_S의 변화는 흥미롭다. RFID 기술에 대한 특별한 중요성은 $Z_T=0$인 한계의 경우이다. 이것은 안테나의 종단에서 단락 회로를 나타낸다. 식 (3-39)로부터 이것은 다음과 같다.

$$\sigma_{max} = A_{S-max} = \frac{U_o^2}{4SR_r} = 4A_c \; Z_{T=0} \tag{3-41}$$

반대 한계의 경우는 무한하게 높은 저항성 종단 저항기의 안테나로 연결하는 것, 즉 $Z_T \rightarrow \infty$이 된다. 식 (3-39)로부터 산란 개구면 A_S가 전류 I와 같이 0이 되는 경향이 있는 것을 쉽게 알 수 있다.

$$\sigma_{min} = A_{S-min} = 0 \quad Z_{T=\infty} \tag{3-42}$$

산란 개구면은 따라서 그림 3.10과 같이 종단 임피던스 Z_T의 다양한 값에서 어떤 요구

된 값을 가질 수 있다. 역산란 RFID 시스템에서 안테나의 성질은 트랜스폰더로부터 리더까지의 데이터 송신을 위해 유용하다.

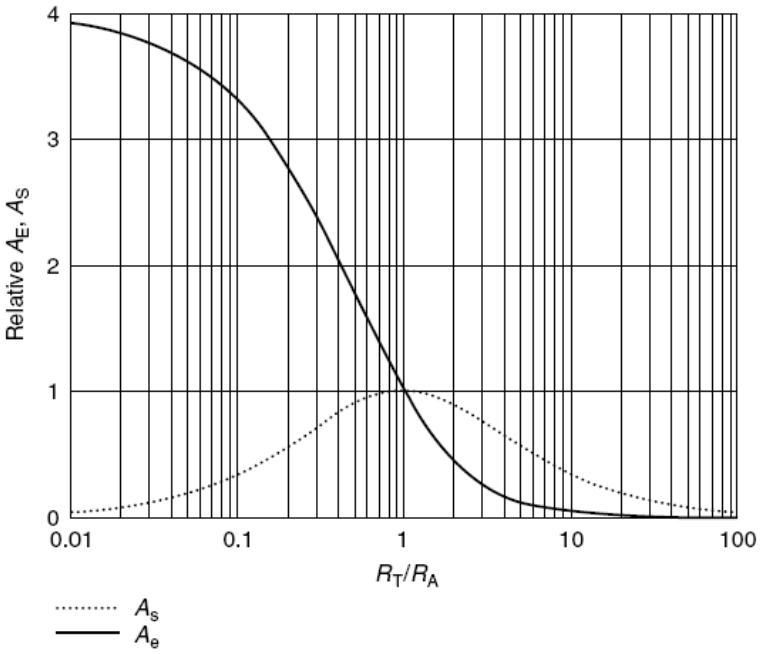


그림 3.10 유효 개구면 A와 산란 개구면 δ의 관계 그래프

식 (3-39)는 산란 개구면 A_S와 그림 3.83에 있는 등가회로 각각 저항들 사이의 관계를 보여준다. 그러나 만약 안테나에 반사된 전력 P_S를 계산한다면 A_S에 대한 절대값이 필요하다. 안테나의 유효 개구면 A_e는 그것의 이득 G에 비례한다. 안테나 설계를 위해 이득은 가장 많이 알려져 있기 때문에 유효 개구면 A_e와 산란 개구면 A_S는 (Z_A=Z_T) 정합의 경우에 대해 간단히 계산하는 것이 간편하며, 다음의 식 (3-43)을 만족한다.

$$\sigma = A_e = \frac{\lambda_o^2}{4\pi} \cdot G \qquad (3\text{-}43)$$

따라서 식 (3-32)로부터 다음 식 (3-44)와 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$P_e = A_e \cdot S = \frac{\lambda_0^2}{4\pi} \cdot G \cdot S \tag{3-44}$$

e. 유효 길이

전압 U_0는 전계강도 전자기파에 의해 안테나에 유도된다. 전압 U_0는 입사파의 전계강도 E에 비례한다. 비례상수는 길이의 단위를 가지므로 유효 길이(effective length) l_0라고 부른다. 이는 다음 식 (3-45)를 만족한다.

$$U_0 = l_0 \cdot E = l_0 \cdot \sqrt{S \cdot Z_F} \tag{3-45}$$

정합된 안테나의 경우(즉, R_r=R_T)에 대해서, 유효길이는 유효 개구면 A_e로부터 계산될 수 있다.

$$l_0 = 2\sqrt{\frac{A_e \cdot R_r}{Z_F}} \tag{3-46}$$

만약 A_e에 대해서 식 (3-43)의 표현에서 A_e를 뺀다면 보통 알려진 바와 같이 정합된 안테나의 유효길이는 이득 G로부터 식 (3-47)과 같이 계산될 수 있다.

$$l_0 = \lambda_0 \sqrt{\frac{G \cdot R_r}{\Pi \cdot Z_F}} \tag{3-47}$$

f. 패치 및 마이크로스트립 안테나

마이크로스트립 또는 평판 안테나로 알려진 패치 안테나는 현대의 많은 통신기기에서 발견할 수 있다. 예를 들어 그것들은 차세대 GPS 수신기와 이동통신 전화기에 사용되는데, 시간이 지남에 따라 계속 작아지고 있다. 그것들의 특별한 구조 형태에 힘입어 패치 안테나는 RFID 시스템에 약간의 장점을 제공한다.

가장 간단한 형태에서 패치 안테나는 양면에 코팅되고 한쪽 면에 연속된 접지를 형성하는 인쇄 회로 기판으로 이워진다. 윗면 한쪽에 마이크로스트립에 급전하는 작은 직사각형이 존재한다. 여기서 급전선은 그림 3.11과 같이 접지판을 뚫어서 급전되거나 중

간층을 통해 용량성 결합을 하는 방법이 있다.

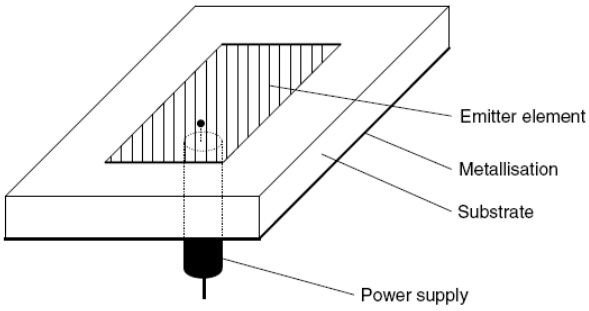


그림 3.11 λ/2 패치 안테나의 사각형 방사기 급전

따라서 평판 안테나는 그림 3.12와 같이 PCB 에칭 기술을 사용하여 값싸게 제작되고 제조 수율을 높일 수 있다.

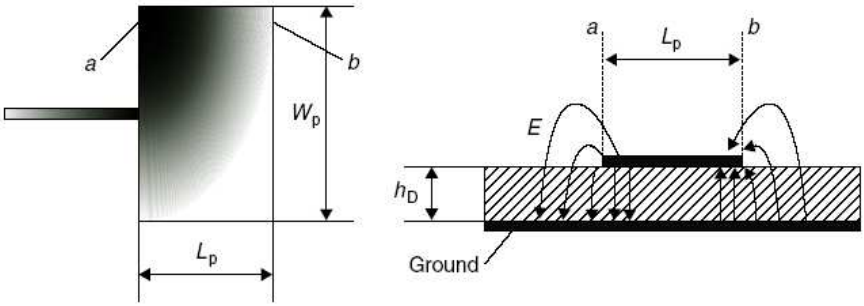


그림 3.12 패치 안테나의 레이아웃

패치의 길이 L_p는 안테나의 공진 주파수를 결정한다. $h_D \leq \lambda$의 조건 하에서 다음 식 (3-48)과 같다.

:

$$L_p = \frac{\lambda}{2} - h_p \tag{3-48}$$

보통 기판 두께 h_D는 파장의 1~2% 정도이다.

폭 w_p는 안테나의 공진주파수에 약간만 영향을 미치지만 안테나의 방사 저항 R_r을 결

정한다.

$w_p<\lambda/2$인 경우는 식 (3-49)와 같다.

$$R_r=\frac{90}{\frac{\varepsilon_r+1}{2}+(\varepsilon_r+1)\sqrt{4+\frac{48\cdot h_p}{w_p}}}\cdot\left(\frac{\lambda}{w_p}\right)^2 \qquad (3\text{-}49)$$

$w_p<3\lambda/2$인 경우는 식 (3-50)과 같다.

$$R_r=\frac{120}{\frac{\varepsilon_r+1}{2}+(\varepsilon_r+1)\sqrt{4+\frac{48\cdot h_p}{w_p}}}\cdot\frac{\lambda}{w_p} \qquad (3\text{-}50)$$

만약 패치 안테나가 공진주파수에서 동작한다면 패치 가장자리 a와 b 사이의 위상차는 정확히 180°이다. 그림 3.12는 전력선의 경로를 보인다. 패치의 가장자리의 들어간 곳과 나온 곳에서 전력선은 동위상으로 보인다. 패치 가장자리 a와 b는 두 개의 동위상 급전의 슬롯 안테나와 같은 특성을 보인다. 안테나의 편파는 길이 방향의 가장자리 L_p에 평행하고 선형이다.

전력공급의 형태에 의해 패치 안테나는 원형 편파를 사용할 수 있다. 원형 편파를 발생시키기 위한 방사 소자는 기하학적 옵셋이 90°인 두 개의 가장자리에 90°의 위상각을 갖는 신호를 공급해야 한다.

g. 슬롯 안테나

만약 λ/2 길이의 스트립으로 큰 금속면의 중앙을 도려낸다면 그 슬롯은 방사기로 사용될 수 있다. 슬롯의 폭은 그것의 길이에 비해 작아야 한다. 그림 3.13과 같이 방사기의 급전점은 길이 방향의 중심점에 위치한다.

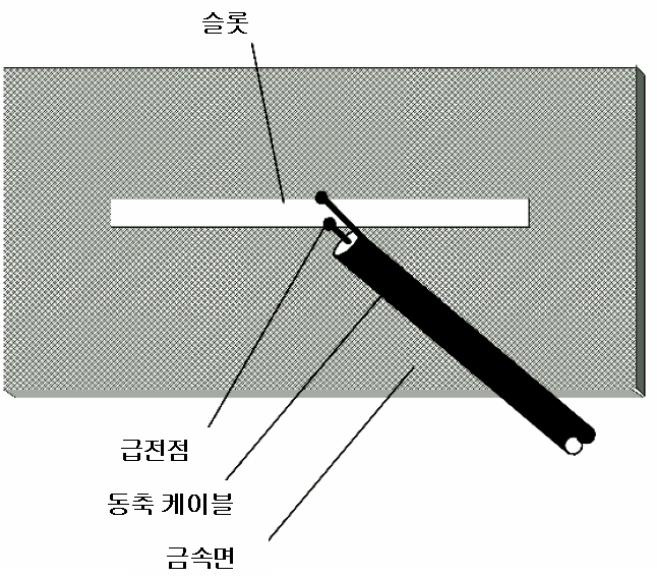


그림 3.13 UHF와 마이크로파용 슬롯 안테나의 배치도

3. 마이크로파 트랜스폰더의 실질적인 동작

트랜스폰더가 리더의 판독 영역에 있을 때 실제 동작을 살펴보면 그림 3-14와 같이 역산란 시스템의 간단한 형태를 보여준다. 리더는 자유공간으로 유효방사전력 P_1G_1를 갖는 전자파를 발생시킨다. 트랜스폰더는 거리 r에서 전계 E에 비례하는 전력 $P_2=P_e$를 수신한다. 전력 P_a로 트랜스폰더의 안테나에 의해 반사된 전파는 거리 r만큼 떨어진 리더에 의해 전력 P_3로 수신된다.

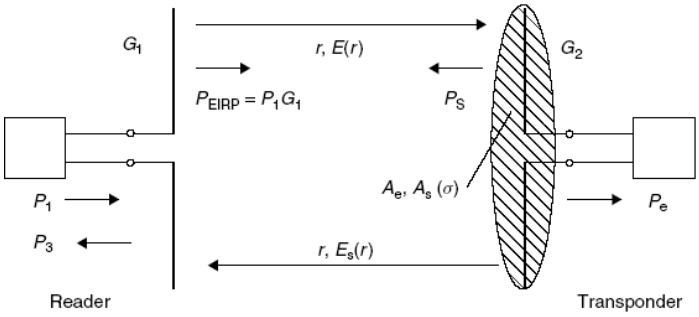


그림 3.14 트랜스폰더 및 마이크로파 RFID 시스템의 모델

a. 트랜스폰더의 등가회로

실제로 트랜스폰더의 입력 임피던스는 부하저항 R_L, 입력 커패시터 C_2, 변조 임피던스 Z_{mod}를 구성하는 병렬회로의 형태로 나타내어진다.

이것은 상대적으로 두 등가회로의 소자들 사이에서 변환하기 간편하다. 예를 들어, 트랜스폰더 임피던스 Z_T는 그림 3.15에서처럼 간단한 등가회로 또는 기능회로로부터 결정되며 식 (3-51)과 같다.

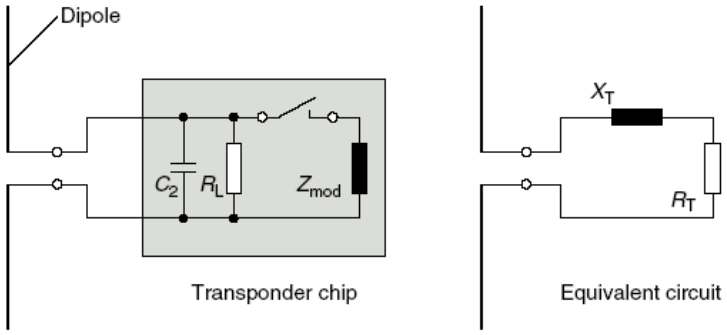


그림 3.15 마이크로파 트랜스폰더(왼쪽)와 간소화한 등가 회로(오른쪽)의 등가회로

$$Z_T = jX_T + R_T = \frac{1}{j\omega C_2 + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{Z_{mod}}} \tag{3-51}$$

간소화된 등가회로의 개별 구성요소인 R_T와 X_T는 또한 기능적 등가회로의 소자들로부터 간단히 결정되며 식 (3-52), (3-53)을 만족한다.

$$R_T = Re\left(\frac{1}{j\omega C_2 + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{Z_{mod}}}\right) \tag{3-52}$$

$$X_T = Im\left(\frac{1}{j\omega C_2 + \frac{1}{R_L} + \frac{1}{Z_{mod}}}\right) \tag{3-53}$$

IV. *UHF RFID* 리더기 원형편파 안테나 설계

A. 원형편파 *RFID* 리더기 안테나 설계 목적

편파란 평면 전자파가 전계의 진동 방향으로 치우친 파를 이야기하는 것으로써 전계의 진동 방향이 일정한 파를 직선 편파(평면 편파)라고 하며, 전계가 진동하고 있는 면을 편파면 이라고 한다. 편파면이 다른 두 직선 편파를 합성하면 일반적으로 타원 편파가 된다. 특히 위상이 π/2 다르고 진폭이 같으며 서로 직각인 두 직선 편파일 때에는 원형편파가 된다. 이러한 원형편파 안테나는 전리층 통과 특성이 우수하여 군사용 RADAR 시스템이나 위성통신용 파라볼라 안테나 등에 널리 상용화 되어있다.
UHF대 RFID 태그의 수신 신호를 검파할 때 신호의 반사로 인한 다중경로에 따른 오류의 중요한 원인이 될 수 있다. 뿐만 아니라 되도록 태그의 위치가 편파면과 직선상에 있어야 하며, 태그 안테나의 위치나 방향성에서도 자유롭지 못하다. 이러한 다중경로 신호로 인한 오류를 최소화하며 태그 안테나의 방향에 구애 받지 않는 높은 인식률을 얻기 위하여 원형편파를 사용한 UHF대 RFID 리더기 안테나를 설계하였다.
그림 4.1은 평면 편파 안테나로써 전자파가 직선편파로 방사가 되어 태그의 위치나 태그 안테나의 방향성에 따라 여러 태그를 동시에 인식하기가 어려우며, 다중경로로 인한 오동작의 원인이 될 수 있음을 보여준다. 반면 그림 4.2와 같이 원형편파는 원형적으로 전자파가 방사되어 태그의 위치 및 안테나 방향에 관계없이 여러 개의 태그를 동시에 인식하는데 더욱 효과적임을 보여준다.

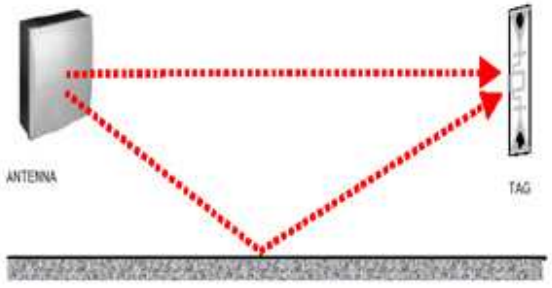


그림 3.16 평면편파 사용 시 태그 인식도

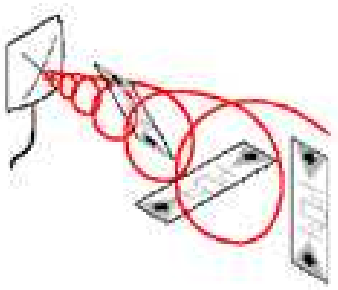


그림 4.2 원형편파 사용 시 태그 인식도

B. *UHF* 대역 *RFID* 리더기 안테나 설계 목적

RFID는 HF 대역(13.56㎒), UHF 대역(860 ~ 960㎒), ISM대역(2.4㎓)에서 다각적인 연구가 실현되고 있으나 HF대역의 RFID는 자계 결합 방식을 사용하여 안테나 인식 영역이 매우 협소하다는 단점을 갖고 있으며, ISM대역의 RFID는 주변 환경에 민감하여 전체 RFID 시스템의 성능이 가변적이라는 단점을 갖고 있다. 반면 UHF 대역은 수동 태그의 인식률 및 인식거리가 가장 뛰어날 뿐만 아니라 전자파 방사 방식을 사용하여 다량의 태그를 동시에 빠른 속도로 인식할 수 있다. 또한 주변 환경에 매우 안정적이고 태그와 태그 칩의 저가 생산이 가능해서 현재 RFID의 가장 각광 받고 있는 대역으로 알려져 있다. 현재 우리나라에서도 UHF 대역(908.5 ~ 914㎒)이 RFID 용도로 할당되어 공표되었으며 다양한 분야에서 연구 개발되고 있다.

UHF 대역의 RFID 시스템에서는 리더기와 태그를 연결하는 안테나의 역할이 중요하다. 특히 태그 전원을 리더기 안테나의 전파로 공급받는 수동형 RFID는 리더기 안테나의 특성에 따라 시스템의 통신효율이 결정된다.

효과적인 UHF 대역 RFID 리더기 안테나가 구현되기 위해서는 동작 주파수 대역에서 반사 손실이 거의 없어야 하며 양질의 원형 편파를 갖도록 설계되어야 한다. 또한 원거리 인식과 다중 태그 인식이 가능하도록 높은 방사 패턴을 갖도록 설계되어야 하며, 안테나의 크기는 주어진 공간을 효율적으로 활용하기 위해서 되도록 작게 제작되어야 한다.

주파수	단 점
HF (13.56MHz)	자계 결합 방식을 사용하여 안테나 인식 영역이 매우 협소
ISN (2.45GHz)	주변환경에 민감하여 전체 RFID 시스템의 성능이 가변적

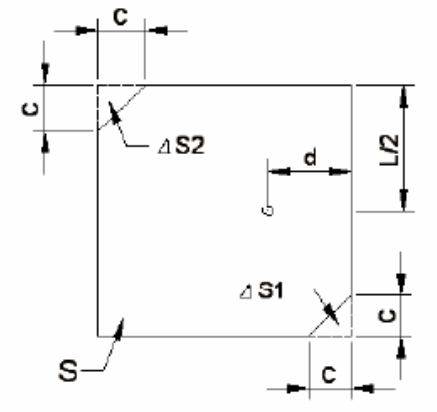
주파수	장 점
UHF (860M~960MHz)	인식률 및 인식거리 뛰어남 전자기파 방식을 이용 고속, 다량의 태그 인식 가능 주변 환경에 매우 안정적 우리나라 RFID 할당주파수 대역(908.5 ~ 914MHz)

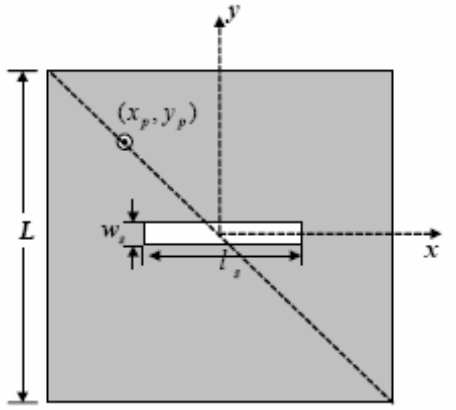
그림 4.3 UHF 대역 사용 목적

C. 기존 *RFID* 리더기 원형편파 안테나

원형편파 안테나를 구현하는 방법에는 여러 가지가 있다. 그중 기존 RFID 리더기 안테나의 원형편파 구현방법을 살펴보면 그림 4.4와 같이 방사패치에 변형을 가하여 패치의 전류밀도를 변화시켜 원형편파를 발생시키는 방법을 기반으로 제작된 안테나들이 대부분이다. 패치의 대각선 축상에 하나의 급전점을 두었으며, 급전점을 통하여 공급된 신호전력이 패치에 공급될 때 제작시 구현된 패치의 귀퉁이 절단면이나 슬롯 부분에서의 전류밀도 변화로 인한 원형편파가 발생되는 원리를 이용한 것들이다. 특히 급전점의 위치와 슬롯 방향 및 슬롯 모양에 따라 RHCP(Right Hand Circularly Polarized) 또는 LHCP(Left Hand Circularly Polarized)가 결정 된다.

본 논문에서는 이러한 기존의 패치모양에 변형을 주어 원형편파를 구현하는 방식이 아닌 커플러 소자와 2개의 Stripline을 이용한 새로운 타입의 원형편파 안테나를 제안하였다.





Perturbation segment를 이용한
귀퉁이를 자른 형태의 원형편파 패치

슬롯을 이용한 원형편파 패치

그림 4.4 기존 RFID 리더기 원형편파 안테나

현제 상용화된 RFID 제품들은 그림 4.5와 같으며, 전기적 특성은 표 4.1과 같다.

그림 4.5 상용화된 RFID 제품

표 4.1 그림 4.5의 상용화된 RFID 제품들의 전기적 특성

	국외				국내	
그림번호	1	2	3	4	5	6
제조회사	S사	S사	S사	P사	I사	I사
Frequency Range	900 ~ 928㎒	900 ~ 928㎒	900 ~ 928㎒	860 ~ 960㎒	902 ~ 928㎒	890 ~ 945㎒
안테나 크기	71.7× 31.7× 3.8㎤	22.4× 20.6× 4.1㎤	28.19× 28.19× 4.83㎤	24.5× 23.5× 4㎤	25.9× 25.9× 3.8㎤	21.8× 19.8× 5.8㎤
Gain	6.75dBi	5.25dBi	6dBi	6.5±0.5dBi	7dBi	6dBi
VSWR	1.25	·	1.22	1.3	1.5	1.5

D. 제안된 *RFID* 리더기 안테나 구조 및 동작 특성

무선인식 시스템의 리더와 태그 사이에 원활한 무선통신을 위하여 안테나가 고려되어야만 한다. 태그에 사용하는 안테나는 마이크로스트립 안테나와 루프 안테나가 적절하며 리더와 태그 모두에 적절한 안테나는 루프안테나를 생각할 수 있다. 마이크로 스트립 안테나는 패턴형태로 만들었기 때문에 제작이 쉽고 평면 구조의 특징이 있어 배열 안테나의 소자 또는 소형 안테나로 자주 사용된다. 이러한 특성 때문에 태그의 안테나는 마이크로 스트립 안테나를 적용하는 경우가 많다 또한 루프 안테나는 전계가 아닌 자계에 감응하는 안테나로서 리더 부분의 안테나에 적합하다. 루프 안테나는 무선수신기에서도 사용하고 있으며 사용하는 주파수에 따라서 응용할 수 있는 범위가 넓다. 이러한 이유로 리더부분의 안테나는 루프 안테나를 적용한다.

본 연구에서 제안된 UHF대 RFID 리더기용 원형편파 안테나는 그림 3.19와 같이 0.16dB 삽입손실과, 90° 위상차를 갖는 Hybrid Coupler를 사용하여 원 신호를 90° 위상차를 갖는 2개의 신호로 분리하여 λ/2 길이의 2개의 Strip Line에 공급하여 원형편파를 구현하는 새로운 방식의 원형편파 안테나를 설계하였으며, 안테나의 전력 효율을 높이기 위하여 90° 위상차를 갖는 신호를 이용하여 원형편파 구현하기 위한 2개의 급전점을 갖는 13.4Cm×13.4Cm 단면적의 방사판을 이중적으로 추가 설계 제작하였다. 또한, 다른 RFID 시스템과의 호환성을 위한 임피던스 매칭법으로 Microstrip Line을 이용한 전송선로 매칭법을 사용하였다.

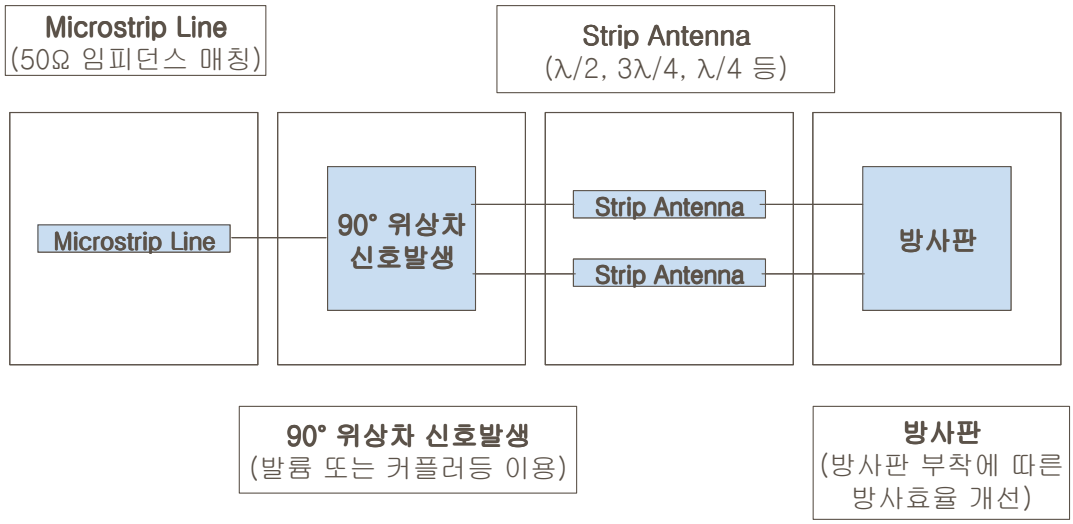


그림 4.6 제안된 UHF RFID 리더기 안테나 블럭도

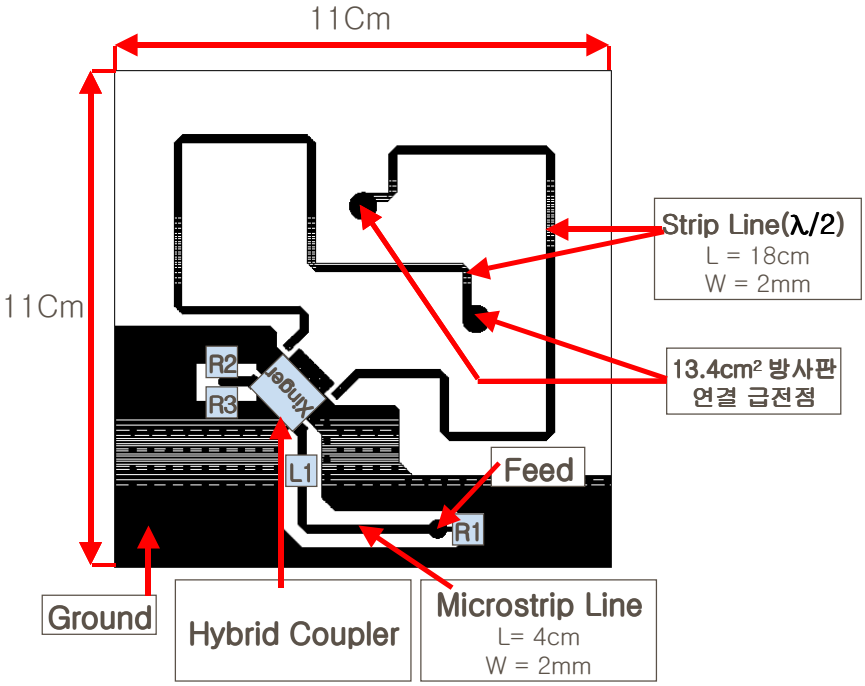


그림 4.7 제안된 UHF RFID 리더기 원형편파 안테나 설계도

제안된 내용을 바탕으로 제작된 RFID 안테는 그림 4.8과 같다.

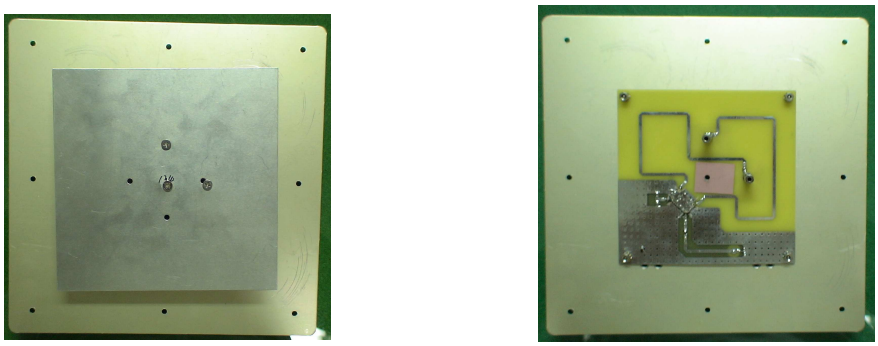


그림 4.8 제작된 UHF RFID 리더기 안테나

a. 커플러

전력선에서 통신신호를 분리하여 모뎀으로 전달하는 역할을 하는 것을 커플러(Coupler)라고 하며, 이것은 전력선 통신을 실현하기 위한 핵심 소자이다. 이 커플러는 접촉식(Capacitive)과 비접촉식(Inductive)으로 나눌 수 있으며, 접촉식의 경우 전력선에 직접적으로 연결되므로 신호전송특성은 우수하나 설치 및 작업의 어려움, 높은 단가, 고전압에 대한 불안정성 등의 단점을 나타내고 있다. 반면, 비접촉식은 자기유도원리를 이용하는 것이므로 전력선 외부에 쉽게 채결 할 수 있고 절연 처리된 전력선에 체결되므로 고전압에 대한 안정성이 높으며, 접촉식 커플러에 비해 무게, 부피, 단가 등이 낮기 때문에 적용범위가 보다 넓은 형태라고 볼 수 있다. 이 비접촉식 커플러의 신호감쇄 특성을 좌우하는 것은 자심재료와 고주파 대역에서의 신호전송 기술이라고 할 수 있는데, 자심재료의 경우 전력선에는 수백 A 의 전류가 흐르기 때문에 높은 포화전류 특성을 나타내어야 하고, 고주파대역 신호전송 특성은 절연재 함침, 출력권선의 구조 등에 대한 기술이 확립되어야 하지만, 현재 커플러용 고주파 신호전송 기술에 대한 구체적인 연구는 이루어지지 않고 있다.

본 논문에 제안된 안테나에 사용된 커플러는 0.16dB 삽입손실과, 90° 위상차를 갖는 커플러로서 전기적 특성은 표 4.2와 같다.

표 4.2 제안된 안테나에 적용된 커플러의 전기적 특성

주파수	Insertion Loss	Isolation	VSWR
800 ~ 1000㎒ 대역	0.16dB	23dB	1.15

V. 안테나 성능 및 *RFID* 시스템 적용실험

A. 제작된 *UHF RFID* 리더기 안테나 성능 측정

1. 실험환경 및 측정조건

측정은 전파 무반사실에서 측정하였고 제작된 UHF RFID 리더기 안테나를 송신용 안테나로 사용하였다. 또한 송신된 발진 신호의 수신을 위해 정보가 알려진 표준 안테나와 이와 연결된 스펙트럼 분석 장치를 이용하였다. 그림 5.1은 전파무반사실 실험환경을 보여주는 사진이다.

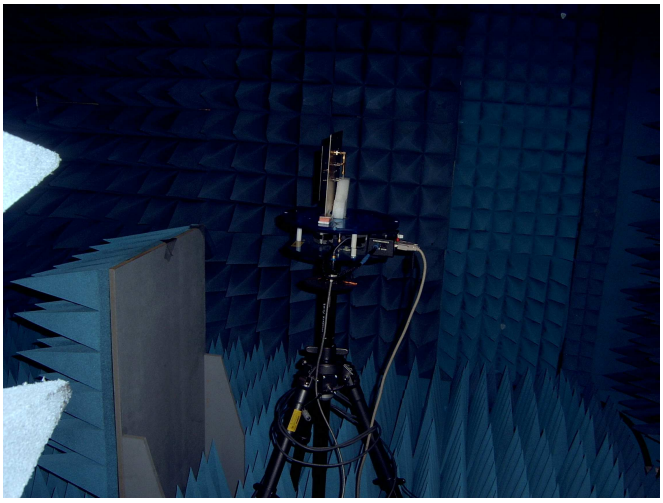


그림 5.1 전파무반사실 내부 실험환경

측정환경은 전파 무반사실에서 측정하였다. 제작된 UHF대 RFID 리더기 원형편파 안테나를 Target 안테나로 사용하였으며, 제작된 UHF RFID 리더기 안테나의 성능 측정을 위하여 기준이 되는 표준 안테나를 사용하였고, 두 안테나 사이는 2.36m의 이격거리를 두고 측정하였다.

제작된 UHF RFID 리더기 안테나의 성능 측정을 위하여 사용된 기준이 되는 표준 안테나의 파라미터는 표 5.1과 같으며, 그림 5.2는 안테나 방사 패턴과 유효 방사 전력을 측정하기 위한 측정장치 구성도를 보여준다.

표 5.1 표준 안테나 파라미터

Frequency	Distance	Gain(Isotr.)
900 ㎒	2.36 m	5.09 dBi

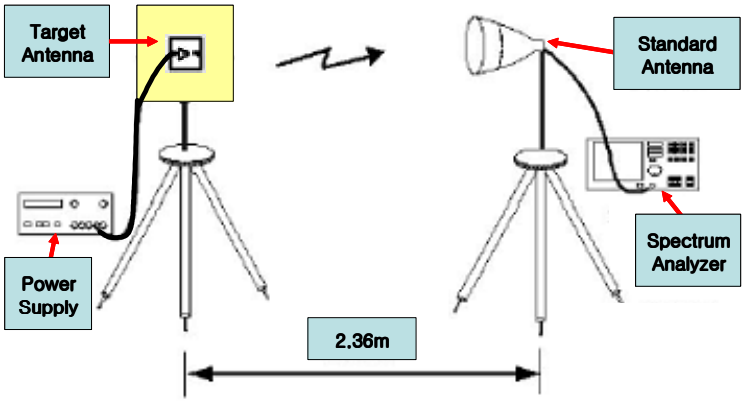


그림 5.2 측정 장치 구성도

2. 방사패턴 및 안테나 이득 파라미터 측정

제작된 UHF대 RFID 리더기 원형편파 안테나의 안테나 방향에 따른 정확한 방사패턴과 안테나 이득을 측정하기 위하여 표준 안테나를 수평, 수직 방향으로, 제작된 안테나를 90° 방향으로 각각 회전시켜가며 4가지 조건으로 측정 하였으며, 측정된 안테나 이득은 표 5.2와 같다.

첫째, 표준 안테나를 수평으로 하고 제작된 안테나를 정면상태로 놓고 실험하였을 때 5.59dBi의 안테나 이득을 얻었다.

둘째, 표준안테나를 수직으로 하고 제작 안테나를 정면상태로 놓고 실험하였을 때 6.09 dBi의 안테나 이득을 얻었다.

셋째, 표준 안테나를 수평으로 하고 제작 안테나를 90° 회전시킨 상태로 놓고 실험하였을 때 6.19dBi의 안테나 이득을 얻었다.

넷째, 표준안테나를 수직으로 하고 제작 안테나를 90° 회전시킨 상태로 놓고 실험하였을 때 5.09dBi의 안테나 이득을 얻었다.

표 5.2 제작된 안테나의 안테나 이득 측정값

	표준 안테나 방향	제작된 안테나 방향	안테나 이득
측정 1	수평	정면	5.59dBi
측정 2	수직	정면	6.09dBi
측정 3	수평	90° 회전	6.19dBi
측정 4	수직	90° 회전	5.09dBi

이러한 실험 결과를 토대로 제작된 RFID 리더기 안테나의 안테나 이득이 우수함을 확인 하였다.

a. 최대 지향성 이득값 계산법

선형편파 측정할 때와 원형편파 측정할 때 -3dB의 차이가 발생하므로

최대 지향성 이득값 = 최대 지향성 이득 지점의 값 + 3dB(선형편파와 원형편파 손실차) + 5.09dBi(방사패턴에서의 기준값이 되는 0지점에서의 표준안테나의 규격에 나온 이득값)이 된다.

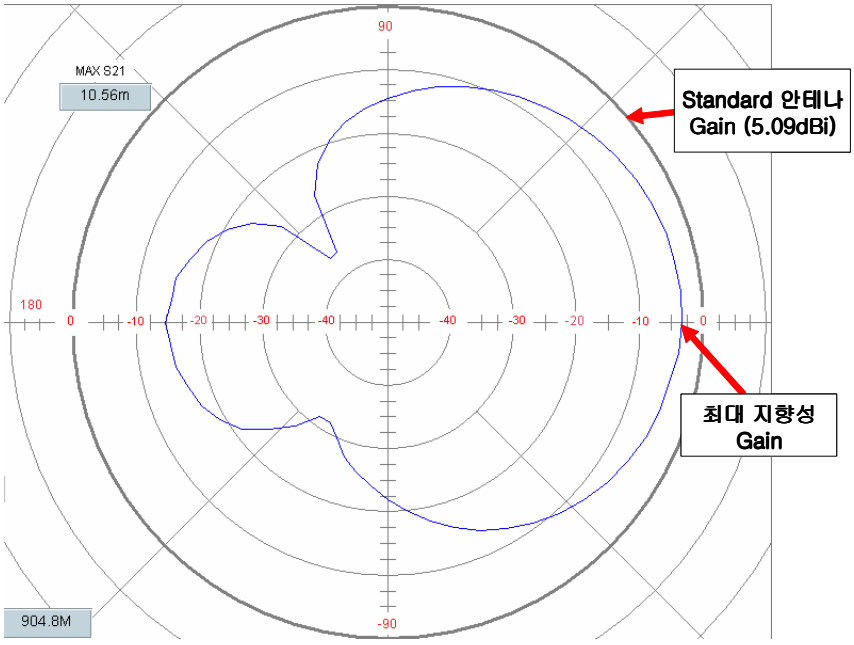


그림 5.3 최대지향성 이득값 계산 방법

b. 표준 안테나를 수평, 제작된 안테나를 정면상태

그림 5.4와 같이 표준 안테나를 수평으로 하고 제작된 안테나를 정면상태로 놓았을 때 그림 5.5와 같은 방사패턴과 5.59dBi의 안테나 이득을 얻었다.

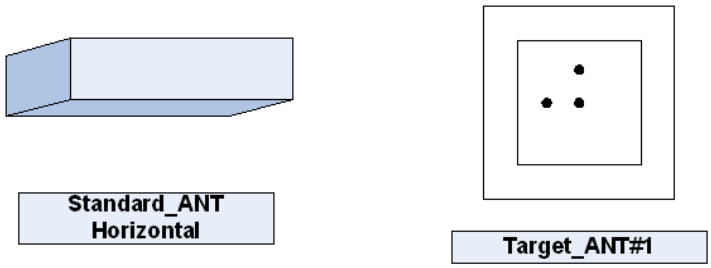


그림 5.4 표준안테나 수평, 제작안테나 정면상태 환경

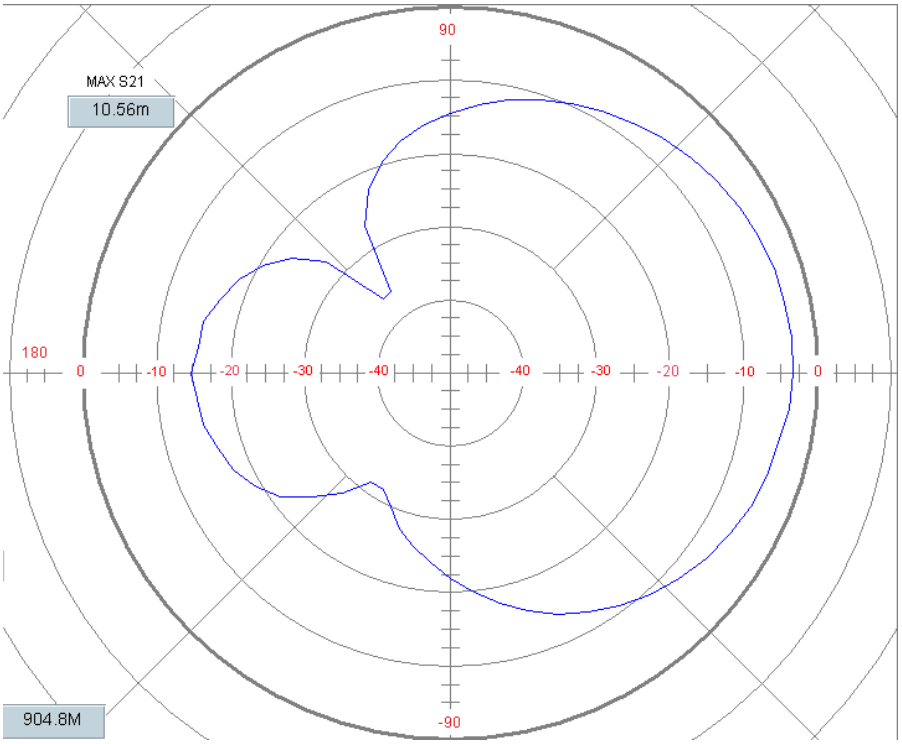


그림 5.5 표준안테나 수평, 제작안테나 정면상태 환경의 방사패턴 및 안테나 이득

c. 표준 안테나를 수직, 제작된 안테나를 정면상태

그림 5.6과 같이 표준안테나를 수직으로 하고 제작 안테나를 정면상태로 놓았을 때 그림 5.7과 같은 방사패턴과 6.09dBi의 안테나 이득을 얻었다.

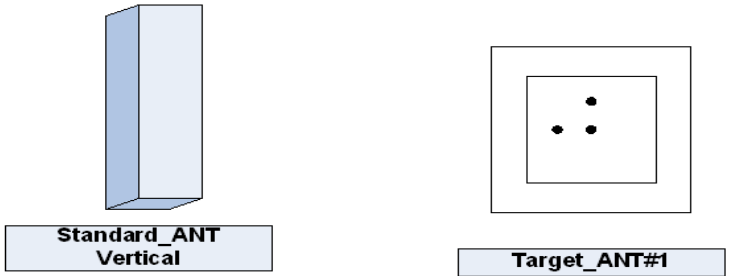


그림 5.6 표준안테나 수직, 제작안테나 정면상태 환경

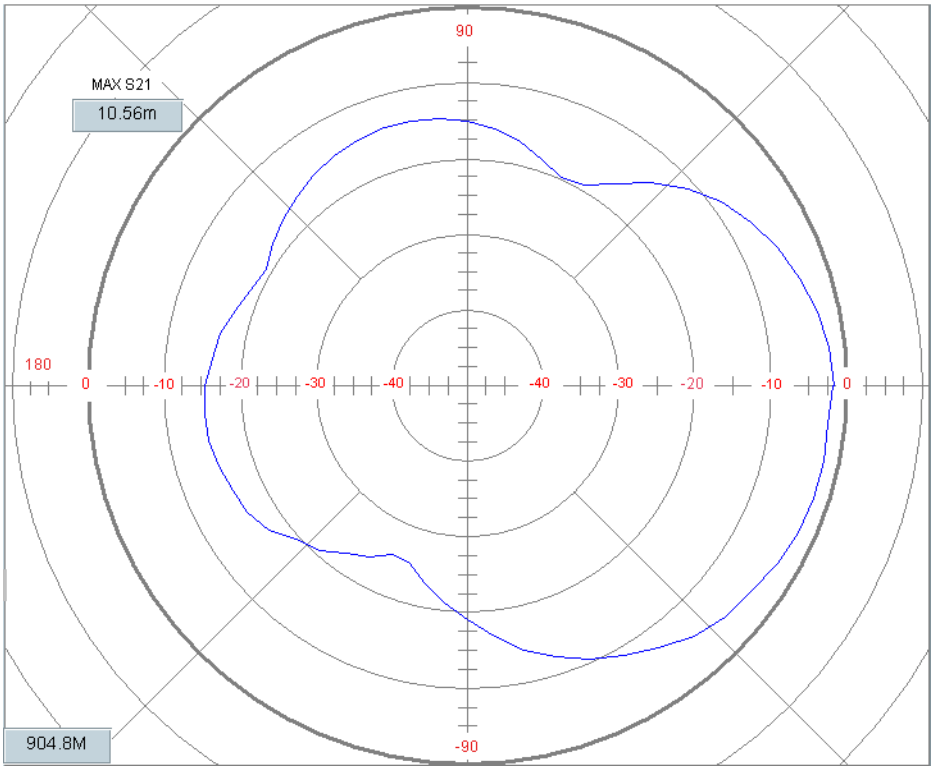


그림 5.7 표준안테나 수직, 제작안테나 정면상태 환경의 방사패턴 및 안테나 이득

d. 표준 안테나를 수평, 제작된 안테나를 *90°*회전상태

그림 5.8과 같이 표준 안테나를 수평으로 하고 제작 안테나를 90° 회전시킨 상태로 놓았을 때 그림 5.9와 같은 방사패턴과 6.19dBi의 안테나 이득을 얻었다.

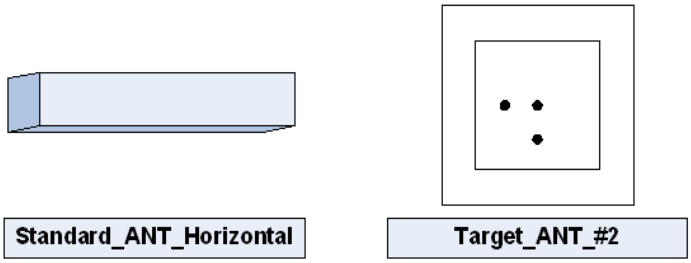


그림 5.8 표준안테나 수평, 제작안테나 90° 회전상태 환경

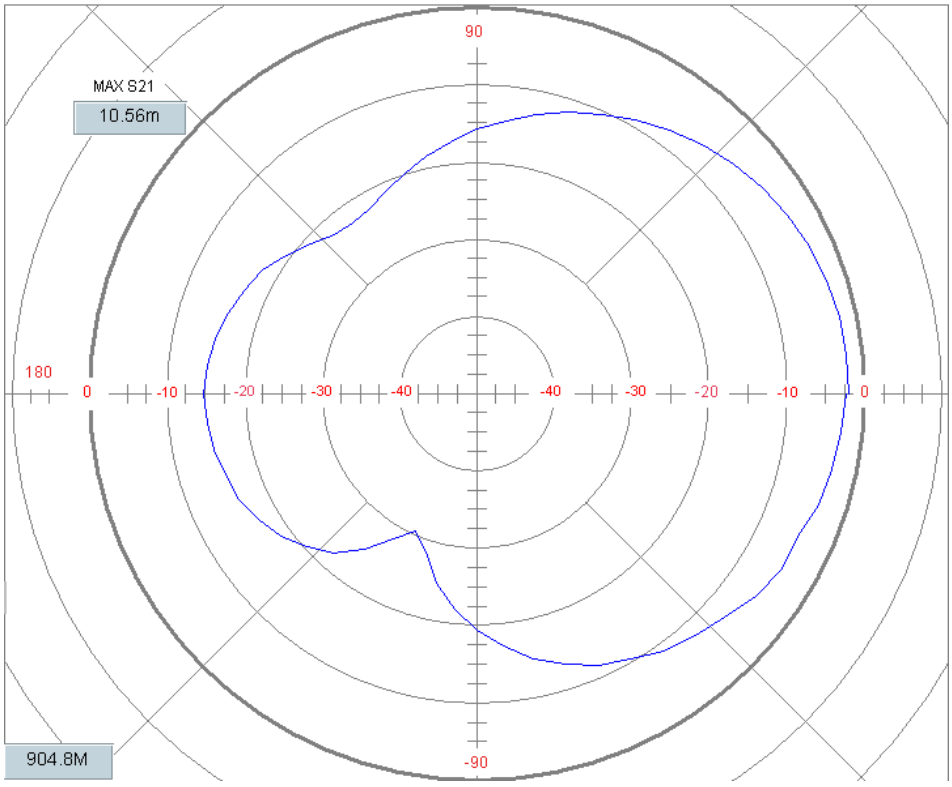


그림 5.9 표준안테나 수평, 제작안테나 90° 회전상태 환경의 방사패턴 및 안테나 이득

e. 표준 안테나를 수직, 제작된 안테나를 *90°*회전상태

그림 5.10과 같이 표준안테나를 수직으로 하고 제작 안테나를 90° 회전시킨 상태로 놓았을 때 그림 5.11과 같은 방사패턴 및 5.09dBi의 안테나 이득을 얻었다.

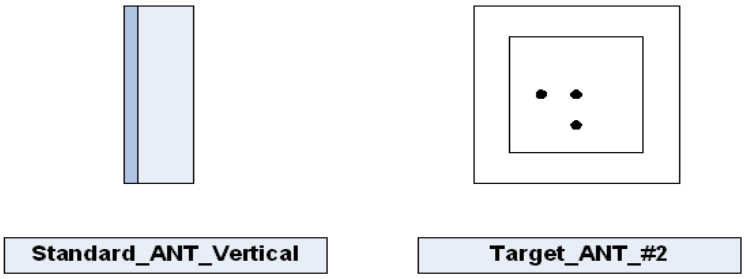


그림 5.10 표준안테나 수직, 제작안테나 90° 회전상태 환경

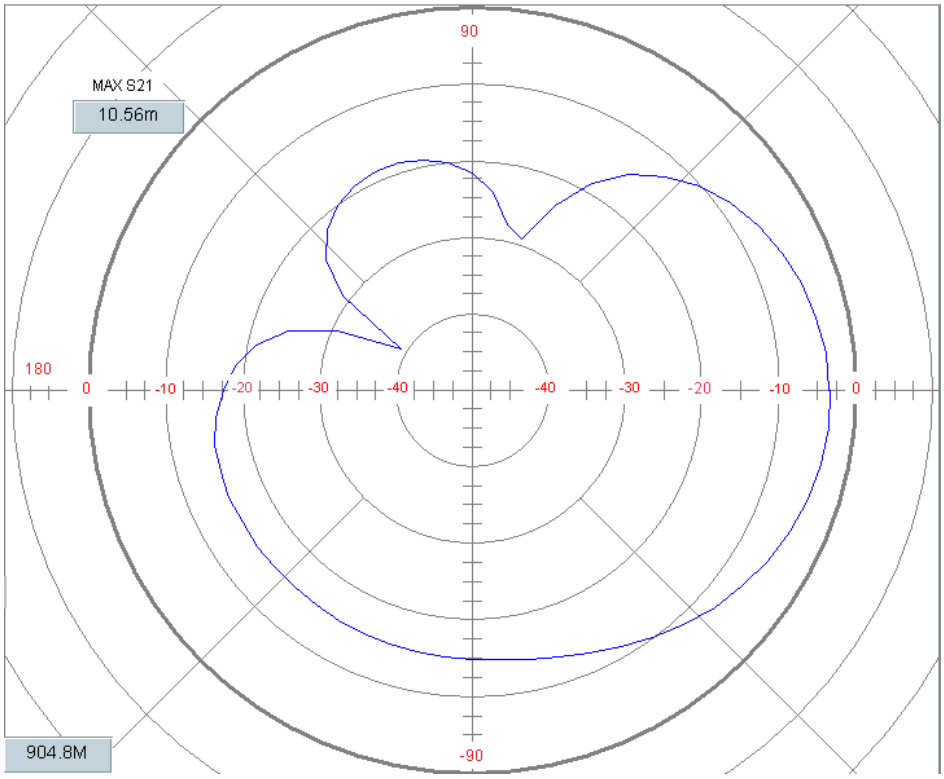


그림 5.11 표준안테나 수직, 제작안테나 90° 회전상태 환경의 방사패턴 및 안테나 이득

3. *Return Loss(S_{11})* 파라미터 측정

전자파 신호를 전송할 때 전송계에 임피던스의 부정합점이 있으면 이 점에서 전력의 반사가 일어나 입사 전력의 일부가 반사 전력이 되는데, 이때 입사 전력과 반사 전력의 비를 Return Loss라고 하며 식 (5-1)과 같다.

$$\text{반사손실} = 10\log_{10}\frac{\text{입사전력}}{\text{반사전력}}(dB) \qquad (5\text{-}1)$$

제작된 UHF RFID 리더기 안테나의 Return Loss(S_{11}) 측정결과는 그림 5.12와 같으며, 표 5.3과 같은 측정 데이터 값을 얻게 되어 반사손실이 격감됨을 확인하였다.

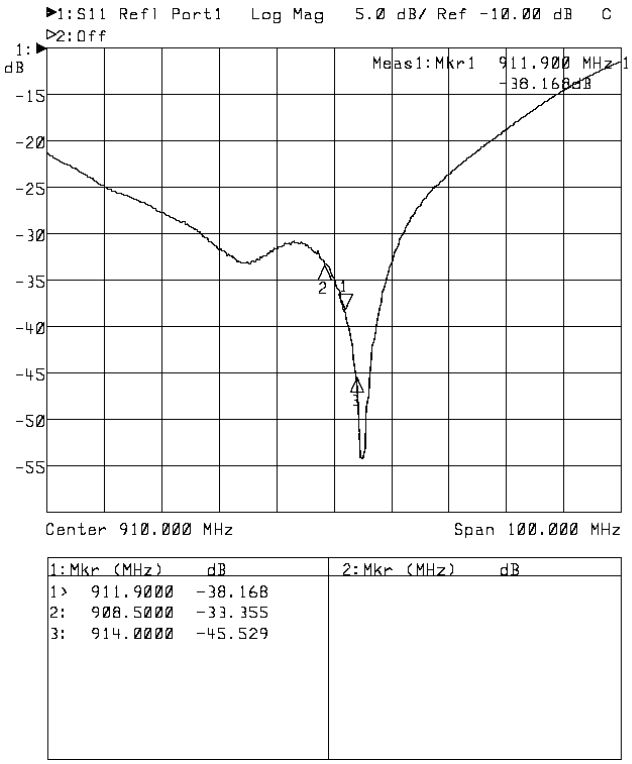


그림 5.12 제작된 UHF대 RFID 안테나의 Return Loss(S_{11})

표 5.3 제작된 안테나의 Return Loss(S_{11}) 측정값

주파수	Return Loss(S11)
908.5㎒	-33.355dB
911.9㎒	-38.168dB
914㎒	-45.529dB

4. 임피던스 정합 파라미터 측정

제작된 UHF RFID 리더기 원형편파 안테나의 임피던스 정합 파라미터 측정결과는 그림 5.13과 같으며, 그 측정값은 표 5.4와 같음을 확인함으로써 다른 RFID 시스템과 무리 없이 호환 가능함을 확인하였다.

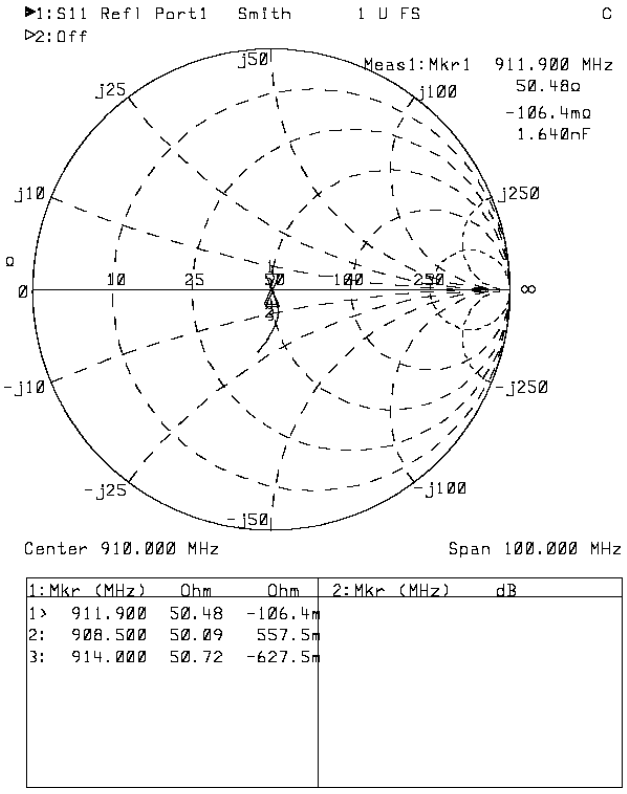


그림 5.13 정합 임피던스 파라미터 측정

표 5.4 제작된 안테나의 임피던스 측정값

주파수	임피던스
908.5㎒	50.09Ω
911.9㎒	50.48Ω
914㎒	50.72Ω

B. 제작된 원형편파 안테나의 *900*㎒ *RFID* 시스템 적용 실험

1. 제작된 원형편파 안테나의 *900*㎒ *RFID* 시스템 적용 실험

원형편파 안테나 제작에 따른 900㎒ RFID 시스템 적용 실험을 위하여 1차적으로 그림 5.14의 블록다이어그램과 같은 ADS2005 시뮬레이터, 스펙트럼 분석기(HP E4402B), RF 신호발생기(HP E4432B), 네트워크 분석기(HP 8753D), 오실로스코프(HP 54622A), 컴퓨터 등으로 구성하고 상호 연결하여 실험하였으며, 실험환경은 그림 5.15와 같다.

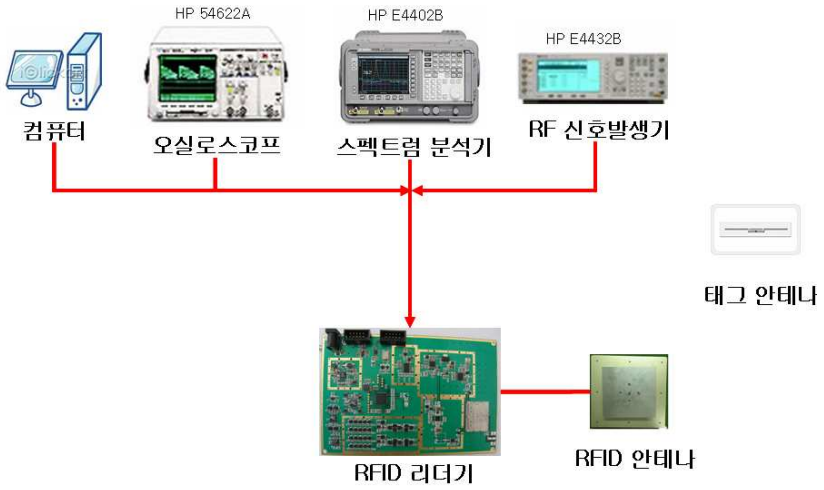


그림 5.14 원형편파 안테나 제작에 따른 RFID 시스템 적용실험

그림 5.15 900㎒ RFID 시스템 적용을 위한 실험 화면

(주)도울정보통신과 전남도립 남도대학에서 협력하여 개발된 RFID 출입통제관리 네트워크시스템에 본 연구 개발된 안테나를 적용하여 실험하였으며, 구현된 환경은 그림 5.16과 같다.

그림 5.16 제작된 안테나를 적용한 900㎒대 RFID 출입통제관리 네트워크 시스템

그림 5.17과 같이 현재 상용중인 아시아나 항공 수화물 태그인 0988711068과 098871104 태그 코드를 가지고 제작된 안테나와 리더기 및 컴퓨터와 연결하여 그림 5.18과 같이 제작된 RFID 리더기 안테나의 태그 인식을 실험하였다.

그림 5.17 상용중인 아시아나 항공 수화물 태그

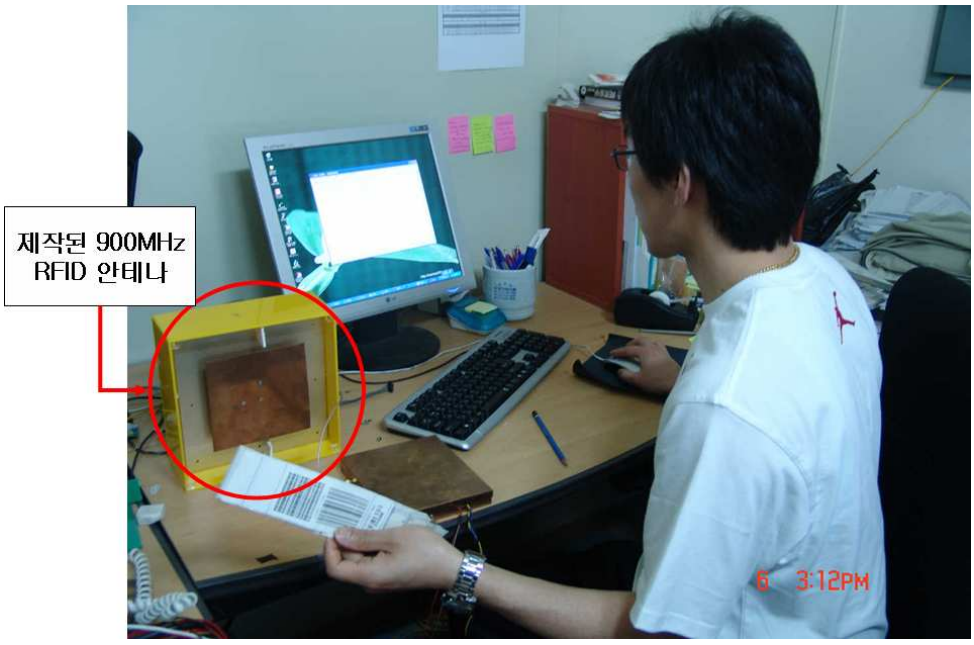


그림 5.18 제작된 안테나의 태그 인식 실험

그림 5.19와 같이 컴퓨터에서 출력된 데이터는 태그 0988711068의 2진 코드로서 제작된 안테나를 통하여 리더기가 인식하여 0000 1001 1000 1000 0111 0001 0001 0000 0110 1000과 같이 오류 없이 정상적으로 인식하였으며, 나머지 코드는 CRC 코드이다.

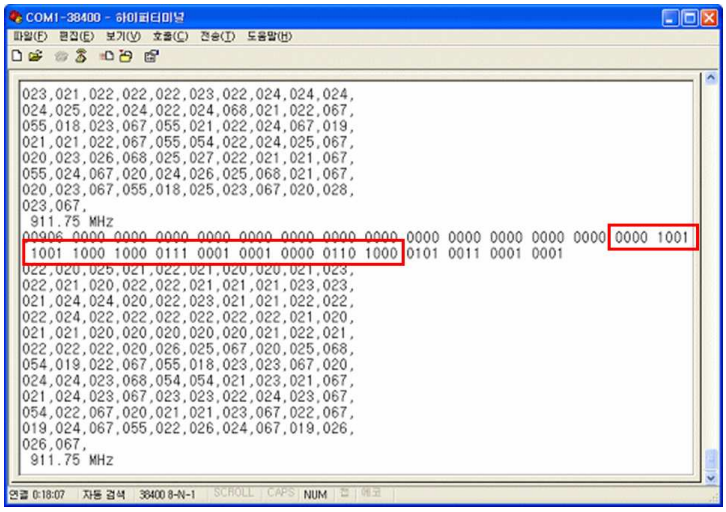


그림 5.19 제작된 안테나를 통하여 컴퓨터에서 태그를 인식한 출력된 데이터(1)

또한 그림 5.20과 같이 컴퓨터에서 출력된 데이터는 태그 0988711046의 2진 코드로 제작된 안테나를 통하여 리더기가 인식하여 0000 1001 1000 1000 0111 0001 0001 0000 0100 0110과 같이 오류 없이 정상적으로 인식하였으며, 나머지 코드는 CRC 코드이다.

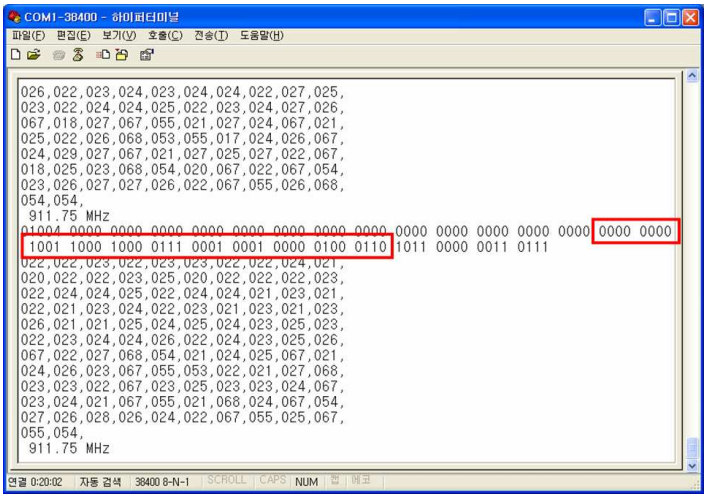


그림 5.20 제작된 안테나를 통하여 컴퓨터에서 태그를 인식한 출력된 데이터(2)

또한, 제작된 안테나를 통하여 태그의 인식 거리는 약 4M로 상용화가 가능함을 알 수 있었다.

C. 제작된 원형편파 안테나의 성능 분석

위의 실험 결과값을 토대로 제작된 안테나와 표 4.1에 도시한 상용화된 RFID 안테나들과 그 전기적 특성을 비교하면 상용화된 기존 안테나의 크기가 약 21㎠이상인 반면 제작된 안테나의 크기는 약 1/2 정도 크기인 13.4㎠로 작았으며, 작아진 안테나 크기에 비하여 안테나 이득은 안테나의 방향에 따라 5.09~6.19dBi로 기존 상용화된 안테나와 비슷 수준의 안테나 이득값을 갖는 것을 확인하였다. VSWR값 역시 1.037로 상용화된 기존 안테나에 비하여 우수하였고, 태그 인식거리 역시 기존 안테나는 약 3M 이하의 인식거리를 갖는 반면 제작된 안테나의 태그 인식거리는 약 4M로 상용화가 가능함을 알 수 있었다.

표 5.5 제작된 안테나의 성능분석

	국외				국내		**제작된 안테나**
제조회사	S사	S사	S사	P사	I사	I사	
안테나 크기	71.7× 31.7㎠	22.4× 20.6㎠	28.19× 28.19㎠	24.5× 23.5㎠	25.9× 25.9㎠	21.8× 19.8㎠	***13.4× 13.4㎠***
Gain(dBi)	6.75	5.25	6	6.5±0.5	7	6	***5.09~6.19***
VSWR	1.25	·	1.22	1.3	1.5	1.5	***1.037***
태그 인식거리	약 3M	약 3M	약 3M	약 3M	3M 미만	3M 미만	**약*4M***

VI. 결론

본 논문에서는 UHF대역 RFID 리더기용 원형편파 안테나를 설계・제작하였다.
이를 위하여 본 논문에서는 원거리에서 여러 개의 태그를 동시에 오차 없이 정확하게 인식하기 위해 Hybrid Coupler(삽입손실 0.16dB)를 사용하여 원 신호를 90° 위상차를 갖는 2개의 신호로 분리한 후, λ/2 길이의 2개의 스트립라인 안테나에 각각 공급하는 방식의 원형편파 안테나를 제작하였다. 또한 90° 위상차를 갖는 두 개 신호를 이용하여 원형편파를 구현하기 위하여 두개의 급전선을 갖는 방사판(단면적 13.4㎠)을 추가함으로써 안테나 방사효율을 극대화시켰다.
안테나 제작 실험 결과, 안테나 파라미터인 반사손실(S_{11})은 914㎒ 주파수에 약 -45.529 dB로 매우 적었으며, 안테나 이득은 현재 상용화 수준인 5.09~6.19dBi의 값을 얻을 수 있었다. 또한 임피던스 매칭은 마이크로 스트립라인 전송선로 기법을 사용하여 약 50.48Ω으로 상용화 된 모든 900㎒대 RFID 시스템에서 적용할 수 있음을 확인하였다. 그리고 제작된 원형편파 안테나를 900MHz대 출입문 통제 관리시스템 리더기에 연결하여 상용화된 태그로 인식거리를 측정한 결과 약 4m정도 인식거리를 보임으로써 현재 상용화되는 안테나 제품보다 크기를 거의 절반으로 소형화시킨 반면 동일한 수준의 전기적 특성을 가지고 있음을 확인 하였다.
이러한 RFID 리더기의 원형편파 안테나 설계에 대한 접근 방법은 여타 시스템과의 호환성 및 안테나 효율 극대화를 통한 수신감도 향상 측면에서 안테나 부품의 국산화 및 향후 리더기 안테나 연구 분야에 기여할 수 있으리라 기대된다.

참고 문헌

[1] 임경, 천종훈, 박종안 “UHF RFID 리더기용 원형편파 안테나 설계” 한국ITS학회 호남지회 춘계 학술대회 논문집, 제1권, pp.50-55 2007.

[2] 이승학, 천종훈, 박종안 “수동형 태그 기반 RFID 리더기의 성능 개선” 한국통신학회 논문지, Vol.31, pp.1159-1166 2006.

[3] 이승학, 양수경, 천종훈, 박종안 "UPnP Home Networking_Based IEEE1394 Digitial Home Appliances Control", LNCS3007 pp.457-466 2004.

[4] Klaus Finkenzeller “유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 RFID HANDBOOK Second Edition", (주)영진닷컴.

[5] 장세이, 우운택 “유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 컨텍스트 기반 애플리케이션 구조,” 한국정보과학회 HCI 논문집, 제2권, pp.346~351 2003.

[6] Rappa, Michael, "Business Models on the Web", Auto-ID Reader Protocol 1.0 Working Draft Version of 5 September 2003.

[7] 유승화 “RFID 표준화 동향 및 전략”, 2004.

[8] 유망전자기기·부품 현황분석 "제7절 차세대 부품" 산업자원부 pp.545 ~ 573 2005.

[9] Michael, K.; McCathie, L, "The Pros and Cons of RFID in Supply Chain Management", Mobile Business, ICMB International Conference on pp.623 ~ 629 2005.

[10] Avoine, G.; Oechslin, "A scalable and provably secure hash-based RFID protocol", Third IEEE International Conference on pp.110~115 2005.

[11] 하성욱, "U-Commerce의 현황과 전망", 2002.

[12] B.J.;Security & Privacy Magazine, "Privacy debate centers on radio frequency identification Alfonsi", IEEE Vol.2, pp.12 2004.

[13] 유비쿼터스 사회의 RFID 전자신문사 유승화 2005

[14] De Vita, G. Iannaccone, G, "Microwave Theory and Techniques, Design criteria for the RF section of UHF and microwave passive RFID transponders" IEEE Vol.53, pp.2978 ~ 2990 2005.

[15] 유인상, "RFID/USN 응용사례 및 시연",한국전산원, 2004.

[16] Dongwon Jeong; Young-Gab Kim; Hoh Pete, "SA-RFID: situation-aware RFID

architecture analysis in ubiquitous computing", Software Engineering Conference, pp.738 ~ 739, 2004.

[17] Jianming Zhang; Zeming Xie; Shengli Lai; Zehai WA "design of RF receiving circuit of RFID reader. Microwave and Millimeter Wave Technology", pp.406 ~ 410, 2004.

[18] RFID 국제 표준화 동향,권영빈, '2004년 RFID 국제심포지엄', 2004.

[19] RFID 표준화 동향 김완석 "유비쿼터스총서4권 "세계 각국의 유비쿼터스 컴퓨팅 전략", 전자신문사, 2003.

[20] Penttila, K.; Sydanheimo, L.; Kivikoski, M, "Robotics and Automation, Performance development of a high-speed automatic object identification using passive RFID technology Proceedings", IEEE Vol.5, pp.4864 ~ 4868 2004.

[21] Engels, D.; Sydanheimo, L.; Kivikoski, M. "Antennas and Propagation Society International Symposium Planar wire-type inverted-F RFID tag antenna mountable on metallic objects Ukkonen" IEEE Vol.1, pp.101 ~ 104 2004.

[22] Salonen, P.; Keskilammi, M.; Sydanheimo, L.; Kivikoski, M, "An intelligent 2.45 GHz beam-scanning array for modern RFID reader" IEEE pp.407 ~ 410 2000.

[23] 류덕열, 전파식별(RFID), TTA 저널 No.99, pp.148~156. 2003.

[24] Ruff, T.M.; Hession-Kunz, "Application of radio-frequency identification systems to collision avoidance in metal/nonmetal mines" IEEE pp.112 ~ 116, Vol.37, 2001.

[25] Garfinkel, S.L.; Juels, A.; Pappu, R, "RFID privacy: an overview of problems and proposed solutions" IEEE pp.34~43, Vol.3, 2005.

[26] 신권수, 김동식, 조상영 "13.56㎒ RFID Middle Reader 구현" 전자공학회 논문집 제27권 2004.

[27] 나영수, 김빈섭, 강용철 "2.45㎓ 수동형 태그 RFID 시스템 개발" 전자공학회 논문지 제41권 2004.

[28] Ritamaki, M.; Ruhanen, A.; Kukko, V.; Miettinen, J.; Turner, L, "Contactless radiation pattern measurement method for UHF RFID transponders" pp.723 ~ 724, Vol.41, 2005.

[29] Li, R.L.; DeJean, G.; Tentzeris, M.M.; Laskar, "Integrable miniaturized folded antennas for RFID application" , IEEE Vol.2, pp.1431~1434, 2004.
[30] 이준구, 황석중, 안순신, 김선욱, “휴대장치를 위한 UHF 멀티프로토콜 RFID 베이스밴드 모뎀 프로세서 설계 및 구현”, CD061-0327 전자공학회 논문집 2006.
[31] 정보통신정책 제 16 권 6호 통권 344호, RFID 확산 추진현황 및 전망, 이 은 곤.
[32] 신상철, IT839 시범사업 추진현황, 한국통신학회지, 제22권 pp.13~22, 2005.
[33] KS X ISO/IEC 18000-6, "한국표준협회 산업표준심의회 심의 발행", 2005.
[34] http://www.epcglobalinc.org.
[35] http://www.intermec.com
[36] Stanford, "Pervasive computing goes the last hundred feet with RFID systems" IEEE Vol.2 pp.9 ~ 14, 2003.
[37] Redinger, D.; Molesa, S.; Shong Yin; Farschi, R.; Subramanian, "An ink-jet-deposited passive component process for RFID" IEEE Vol.51, pp.1978 ~ 1983, 2004
[38] Villard, P.; Bour, C.; Dallard, E.; Lattard, D.; de Pontcharra, J.; Robert, G.; Roux, "A low-voltage mixed-mode CMOS/SOI integrated circuit for 13.56 ㎒ RFID application", IEEE pp.163 - 164, 2002.
[39] Diugwu, C.A.; Batchelor, J.C.; Langley, R.J.; Fogg, M, Planar "antenna for passive radio frequency identification(RFID) tag", Vol.1, pp.21 ~ 24, 2004.
[40] Saito, J.; Sakurai, K, "Grouping proof for RFID tag", IEEE Vol.2, pp.621 ~ 624 2005.
[41] Cerino, A.; Walsh, W.P, "Research and application of radio frequency identification (RFID) technology to enhance aviation security", IEEE pp.127 ~ 135, 2000.
[42] Technical Report, "860㎒~960㎒ Class 1 Radio Frequency Identification tag Radio Frequency & Logical Communication Interface Specification Recommended Standard", Version 1.0.0, Auto-ID Center, 2000.
[43] G. Banavar, A. Bernstein, “Issues and challenges in ubiquitous computing Software infrastructure and design challenges for ubiquitous computing applications”, Communications of the ACM, 2002.
[44] UHF (910~914㎒) Multi-Protocol RFID Reader : MPE-2010BN Reader, AWID

(별 지)

저작물 이용 허락서

학 과	정보통신공학과	학 번	20027404	과 정	석사
성 명	한글: 임 경 한문 : 林 敬 영문 : Lim Gyeong				
주 소	광주광역시 북구 오치2동 우성아파트 101동 508호				
연락처	E-MAIL : 06726@hanmail.net				
논문제목	한글 : UHF RFID 리더기용 원형편파 안테나 설계 영어 : Design of a Circularly Polarized Antenna for UHF Band RFID Reader				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(○) 반대( )

2007년 6월 7일

저작자: 임 경 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하