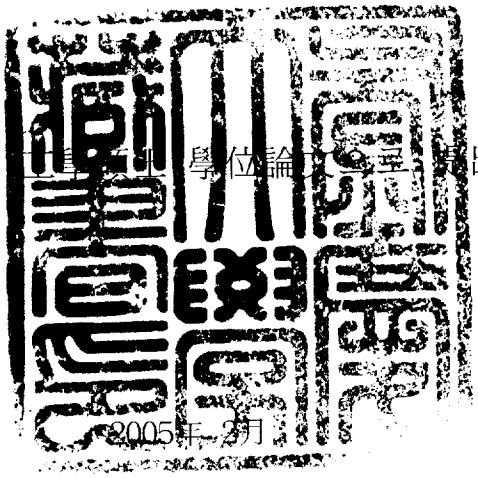
工學碩士 學位論文

UHF 대역(433MHz) RFID/USN용 마이크로 스트립 안테나 설계

Design of A Microstrip Antenna for UHF(433MHz) Band RFID/USN

指導敎授 河 德 鎬



이 論文을 學位論文으로 提出함

2005年 2月

釜慶大學校 大學院

情報通信工學科

白 昇 容

白昇容의 工學碩士 學位論文을 認准함

2004年 12月 日

主 審 工學博士 尹 鍾 樂

委 員 工學博士 河 德 鎬

委 員 工學博士 鄭 淵 湖

목 차

목 차 ····· i

그림 목차 ····· iii

표 목 차 ····· v

Abstract ····· vi

제 1 장 서 론 ····· 1

1.1 연구의 배경 ····· 1

1.2 논문의 구성 ····· 3

제 2 장 RFID/USN 기술 동향 ····· 4

2.1 관련연구의 동향 ····· 4

2.2 RFID 표준화 동향 ····· 9

2.3 RFID/USN 시스템 기술 ····· 15

2.3.1 RFID 태그 및 리더기 기술 ····· 15

2.3.2 USN 개념 ····· 20

제 3 장 마이크로 스트립 안테나 ····· 23

3.1 방사계 ····· 23

3.2 입력 어드미턴스 ····· 26

3.3 원편파 안테나의 형태 및 원리 ····· 31

제 4 장 RFID용 내장형 칩 안테나 설계 ····· 37

4.1 안테나 설계 ····· 37
4.2 안테나 특성 ····· 41

제 5 장 결론 및 추후 연구사항 ····· **50**

참고 문헌 ····· **52**

그림 목차

그림 2.1 RFID 국제표준화 조직 ····· 9
그림 2.2 ISO의 RFID 표준화 연계 조직 ····· 10
그림 2.3 RFID 분야 표준 Sub-Group별 작업범위 ····· 12
그림 2.4 RFID 시스템의 구성 요소 ····· 15
그림 2.5 태크와 리더기의 접속 방식 ····· 17
그림 2.6 RFID의 4 계층 구조 ····· 20
그림 2.7 RFID 소프트웨어 개념도 ····· 21
그림 3.1 마이크로스트립 안테나의 구성 ····· 25
그림 3.2 마이크로스트립 기판의 전자계분포 ····· 26
그림 3.3 사각패치 방사패턴의 급전 ····· 27
그림 3.4 마이크로스트립 안테나의 동축급전 ····· 29
그림 3.5 원편파 안테나의 일반적인 모양 ····· 31
그림 3.6 단일 급전된 원편파 안테나의 진폭 및 위상도 ····· 32
그림 3.7 단일급전 사각 패치 안테나의 기본형태 ····· 33
그림 3.8 모서리가 절단된 원편파 안테나의 등가회로 ····· 34
그림 3.9 좌선회 및 우선회 원편파에 대한 급전위치 ····· 36
그림 4.1 패치 안테나의 정면도와 후면도 ····· 38
그림 4.2 패치 안테나의 3D 도면 ····· 38
그림 4.3 우선회 원형편파 안테나의 정면도와 후면도 ····· 39
그림 4.4 우선회 원형편파 안테나 3D 도면 ····· 39

그림 4.5 좌선회 원형편파 안테나의 정면도와 후면도 ····· 40
그림 4.6 좌선회 원형편파 안테나 3D 도면 ····· 40
그림 4.7 패치 안테나의 S11 특성 ····· 41
그림 4.8 패치 안테나의 임피던스 특성 ····· 41
그림 4.9 우선회 원형편파 안테나의 S11 특성 ····· 42
그림 4.10 우선회 원형편파 안테나의 임피던스 특성 ····· 42
그림 4.11 좌선회 원형편파 안테나의 S11 특성 ····· 43
그림 4.12 좌선회 원형편파 안테나의 임피던스 특성 ····· 43
그림 4.13 패치 안테나의 방사패턴 ····· 45
그림 4.14 우선회 원형편파 안테나의 방사패턴 ····· 46
그림 4.15 좌선회 원형편파 안테나의 방사패턴 ····· 47
그림 4.16 우선회 원형편파 안테나의 축비 ····· 48
그림 4.17 좌선회 원형편파 안테나의 축비 ····· 49

표 목 차

표 2.1. RFID의 국제표준 제정단계 현황 ····· 13
표 2.2 각 표준안별 개요 ····· 14
표 2.3 RFID 태그 분류 ····· 16
표 2.4 RFID 주파수 대역별 특성 비교 ····· 19
표 4.1 기판의 제원 ····· 37

Design of A Microstrip Antenna for UHF(433MHz) Band RFID/USN

Sung-Yung Baek

Department of Telecommunications Engineering

Graduate School of Industry

Pukyong National University

Abstract

In this paper it is introduced that RFID standardization and RFID/USN system technique, and an UHF microstrip antenna in RFID used in several wireless frequency widths are explained and this antenna is designed and also characteristic of the antenna is introduced.

Ubiquitous computing puts computing in the periphery of our lives, as a tool, not a focus, out of the way so that we can get on with the true tasks we wish to accomplis. The term 'ubiquitous' is used because computers and computation will be everywhere, embedded in the fabric of our lives. It envisions appliances that can dial in and download or schedule repairs, control panels that know the location of your coworkers,

or even clothes that know when they need to be washed.

A future like this would help with the problem of 'information overload.' Instead of minds with all sorts of things to remember, the things could remember for us. Your car could remind you that the oil needs changing; your kitchen cupboard could tell you that you are out of coffee. In fact, why not have the kitchen doing the shopping, by sending an order directly to the grocery store? The type of music coming out of your alarm clock in the morning could tell you what kind of day to prepare for.

An example of a ubiquitous technology present today is literacy. Words are displayed on every surface and body part imaginable, and they convey information to us automatically, without invoking our conscious mind. We don't suffer from 'literacy overload', cases of stress because we are being surrounded by too many words. We automatically read a street sign and it guides us without undue effort on our part.

Ubiquitous computing will bring the Internet into our daily lives with less effort. Instead of keeping lists of pertinent. URLS or 'favorite places' on our browsers, the devices that need the information can find it themselves. Instead of 'surfing' to find and sift through all of the information available to us, some other agent or device will do the searching for us.

RFID systems are also distinguished by their frequency ranges. Low-frequency (30 KHz to 500 KHz) systems have short reading ranges

and lower system costs. They are most commonly used in security access, asset tracking, and animal identification applications. High-frequency (850 MHz to 950 MHz and 2.4 GHz to 2.5 GHz) systems, offering long read ranges (greater than 09 feet) and high reading speeds, are used for such applications as railroad car tracking and automated toll collection. However, the higher performance of high-frequency RFID systems incurs higher system costs.

The significant advantage of all types of RFID systems is the noncontact, non-line-of sight nature of the technology. Tags can be read through a variety of substances such as snow, fog, ice, paint, crusted grime, and other visually and environmentally challenging conditions, where barcodes or other optically read technologies would be useless. RFID tags can also be read in challenging circumstances at remarkable speeds, in most cases responding in less than 100 milliseconds. The read/write capability of an active RFID system is also a significant advantage in interactive applications such as work-in-process or maintenance tracking. Though it is a costlier technology (compared with barcode), RFID has become indispensable for a wide range of automated data collection and identification applications that would not be possible otherwise.

Developments in RFID technology continue to yield larger memory capacities, wider reading ranges, and faster processing. Pt is highly unlikely that the technology will ultimately replace barcode - even with

the inevitable reduction in raw materials coupled with economies of scale, the integrated circuit in an Rf tag will never be as cost-effective as a barcode label. However, RFID will continue to grow in its established niches where barcode or other optical technologies are not effective. If some standards commonality is achieved - whereby RFID equipment from different manufacturers can be used interchangeably - the market will very likely grow exponentially.

This thesis is organized as follows. Chapter 1 is an introduction of this thesis. In Chapter 2 a tendency of research concerned the study of this paper and a drift of RFID standardization and system technique are introduced. Chapter 3 explains concept of microstrip antenna in UHF of some frequencies applicable RFID technique. Chapter 4 designed the UHF band microstrip antenna by using CST MicroWave studio program, and explain the character is of antenna Chapter 5 summarizes and concludes the theories and findings of this thesis.

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경

무선 이동통신 기술의 발달로 사람들 간의 통신이 장소, 시간, 환경 등의 방해를 받지 않고 이루어지고 있다. 그 중심이 되는 휴대전화에 각종 다양한 기능들이 추가되어 기본적인 음성통신은 물론, 전자상거래, 이용자 위치 확인, 자동차 네비게이션 등의 서비스가 제공되고 있다. 이들 서비스는 이용자 휴대전화의 고유정보를 활용하여 이루어 진 것으로, 요즈음 이 개념을 확장하여 기계나 물건에 고유정보를 할당하여 사람들의 개입이 없는 기계와 기계(M2M, Machine to Machine) 또는 물건과 물건(T2T, Thing to Thing)이 직접 통신을 할 수 있게 하는 기술에 대한 관심이 높아지고 있다. 이런 개념을 MIT AutoID 센터에서는 사물의 인터넷(The Internet of Things)이라고 부르고 있으며, 현재는 관심있는 사물이나 장소에 부착되어 있는 태그(tag)로부터 사물의 인식정보나 주변의 환경정보를 탐지하여 그 정보를 실시간으로 네트워크에 연결하여 정보를 관리하려는 것으로, 이를 유비쿼터스 센서 네트워크(USN , Ubiquitous Sensor Network)라고 한다.

유비쿼터스 센서 네트워크는 궁극적으로 모든 사물에 통신기능을 부여하여 언제나, 어느 곳에서나, 어떤 사물과도 통신이 가능한 환경을 구현하고자 하는 것으로, 이러한 환경에 따라 새로운 형태의 상거래들이 등장하고 있다. 즉 유비쿼터스 컴퓨팅을 기반으로 가전제품, 상품, 그리고 기업의 생산, 물류, 판

매, 고객관리 등의 비즈니스 프로세스를 구성하는 기기나 시스템들을 모두 지능화시켜서 네트워크로 연결하려 하는 것이다. 이것이 단순한 상거래뿐만 아니라 일반적인 기업경영, 공급망관리, 고객관계관리, 자산관리, 현장인력관리, 지식관리, 유통관리, 안전관리 등 거의 모든 비즈니스 활동에 혁신적으로 적용될 수 있기 때문에, 이와 관련된 기술과 상품이 미래 IT 시장을 주도할 것이다.

이러한 새로운 개념을 실현시켜줄 수 있는 핵심기술 중의 하나가 RFID(Radio Frequency Identification) 이다[1]. RFID는 사물에 부착된 태그를 무선신호를 통하여 비접촉식으로 식별하여 정보를 처리하는 시스템으로서, 정보를 저장하는 태그, 판독 또는 기록을 하는 판독기(reader) 및 기록기(writer), 운용 소프트웨어와 네트워크로 구성된다. 바코드 등의 광학인식 기기들과는 다르게, 비가시권에 있는 태그의 정보도 인식할 수 있어서, 다른 물건 속에 숨기거나, 눈, 안개, 얼음, 페인트 등과 같은 시각적으로 열악한 환경에서도 활용이 가능하다. 또한, 정보 인식속도가 매우 빠르기 때문에(100ms 이하) 자동화된 데이터 수집 및 확인 분야에 필수적이다. 특히, 모든 사물이 네트워크 기능을 갖는 태그를 내장하여 사물과 기계가 자동적으로 정보를 수집하고 교환함으로써, 사용자가 기계의 존재를 인식하지 못할 정도의 편리함을 제공하는 것은 유비쿼터스 컴퓨팅의 구체적인 적용 사례라고 할 수 있다.

RFID는 가장 간단한 전자회로 기술 중의 하나이지만, 활용면에서는 그 형태와 기능이 무제한이라고 할 수 있다. 따라서 현재 RFID의 상업적 이용은 이전에는 존재하지 않았던 거대한 새로운 시장을 형성하고 있다. 쇼핑센터의 도난방지 장치, 맹인을 위한 말하는 약품과 같은 안전 시스템, 위조방지 장치, 동물 추적 장치, 자동차 안전장치, 개인 출입 및 접근 허가 장치, 자동 요

금징수 시스템, 생산관리, 운송 컨테이너 화물 추적 시스템 등 다양한 분야에 활용이 가능하며 일부는 이미 산업현장에서 유용하게 활용되고 있다[2]-[3].

본 논문에서는 RFID 표준화와 RFID/USN 시스템 기술, 여러 무선 주파수 대역을 이용하는 RFID 시스템에서 극초단파(UHF) 대역의 마이크로 스트립 안테나 개념을 설명하고 설계하여 안테나의 특성을 기술한다.

1.2 논문의 구성

본 논문은 전체 5장으로 구성된다. 먼저, 제 1장에서는 서론으로서 연구 배경 대하여 설명하고, 제 2장에서는 관련 연구의 동향과 연구 방향 그리고 RFID 기술의 표준화 동향과 시스템 기술을 설명하였다. 제 3장에서는 RFID 기술의 여러 주파주 대역 중 UHF대역에 이용 가능한 마이크로 스트립 안테나의 개념을 설명하고 있다. 제 4장에서는 UHF대역의 마이크로 스트립 안테나를 설계하고 시뮬레이션을 하여 안테나 특성에 대해, 제 5장은 본 논문의 결과를 기술하였다.

제 2 장 RFID/USN 기술 동향

2.1 관련연구의 동향

RFID의 개발은 유비쿼터스 컴퓨팅의 기반기술의 하나인 센싱 기술로서 파악, 연구되고 있다. 따라서 RFID의 연구 개발 동향을 이해하기 위해서는 각국의 유비쿼터스 기술에 관한 연구 개발 동향을 알아야 한다. 유비쿼터스 기술개발 동향은 크게 미국, EU의 입장과 일본의 입장 두가지로 나뉘어 진다. RFID의 기술개발 흐름 또한 모든 사물을 객체로 인식하고 사물의 내부에 RFID칩을 삽입함으로써 사람이 사물을 이용함에 있어 편의성을 극대화하고 비용을 절약하고자 하는 측면에서 주로 RFID칩의 '내재성'을 강조하는 미국, EU의 연구개발의 흐름과 모든 사물의 내부에 초소형 RFID칩을 삽입하여 사람과 사물, 사물과 사물간 네트워크를 구성한다는 주로 '네트워크성'에 역점을 둔 일본의 입장, 크게 두가지 기술개발의 흐름으로 나누어진다.

가. 미 국

미국은 국방부 산하 고등연구 계획국(DARPA)와 국립 표준 기술원(NIST)가 대학연구소 및 민간기업의 유비쿼터스 프로젝트 자금을 지원하고 이에 HP, IBM, MS 등의 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 자국

의 정보산업 경쟁력 유지와 조기 응용기술 개발에 중점을 두고 연구를 진행하고 있다. 현재는 HIC(Human Computer Interface)기술과 그 표준화에 주력하고 있으며, 전자태그를 이용한 상품관리를 위하여 MIT를 중심으로 북미지역 코드관리기관(UCC, Uniform Code Council). 국방성, 업체 등의 협력을 통해 Auto ID 센터를 설립(1998년)하여 기술개발 및 상용화를 적극 추진하고 있다.

RFID관련 대표적인 프로젝트로는 고등연구 계획국(DARPA)와 정보처리 기술국(IPTO)에서 자금을 지원받아 UCB를 중심으로 진행되고 있는 'Smart Dust' 프로젝트가 있다. 스마트먼지는 RFID 칩으로서 $1mm^2$ 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 'Smart Tag'를 각종상품에 부착해 사물을 지능화 하여, 사물간, 또는 기업 및 소비자와의 커뮤니케이션을 통해 자동화된 공급 망 관리 시스템 개발에 기여하겠다는 프로젝트이다.

나. EU

유럽의 경우 2001년 유럽연합(EU)의 정보화 사회 기술 계획(IST)의 일환으로 미래 기술 계획(FET)의 자금지원을 받아 '사라지는 컴퓨팅 이니셔티브'사업을 중심으로 16개 연구 프로젝트를 진행하여 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 마찬가지로 연구소, 대학, 기업이 공동으로 참여하고 있는 경우가 많다.

'Smart Its' 프로젝트가 대표적 사례로서, 사물에 소형의 내장형 RFID칩인 'Smart Its'를 삽입하여 감지, 인식, 컴퓨팅 및 무선 통신 등의 기능을 지닌 정보 인공물(Information Artefacts)를 개발하며, 나아가 지능화된 사물 간 커뮤니케이션을 통해 사물간의 연계까지를 목표로 삼고 있다.

다. 일 본

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 유비커터스 컴퓨팅 환경을 구축한다는 목표로 동경대학 사카무라 켄 교수의 TRON(The Realtime Operating System Nucleus)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 및 분석하고, 유비쿼터스 네트워크 사회의 실현을 위해 대응해야 할 연구개발 과제나 연구개발 추진대책 등을 검토하였다. 최근 동향으로는 위 연구회에서 '개인 정보 관리 보호 가이드 라인 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 RFID관련 프로젝트로서, TRON 프로젝트는 초기 일본 국내의 다양한 내장형 S/W의 규격통일을 시도하고 트론 칩 개발과 영역별 특징을 제시하였으며, 지능형 지역 분산 시스템을 추구하고 있다. 최근 NTT 토코모의 'i-mode'에 'ITRON'이 적용되는 등 활발한 활동을 벌이고 있다.

라. 한 국

현재 국내 RFID관련 기술개발은 정부와 국책연구기관을 주도로 추진하고 있으며, 국제 공동연구를 통해 기술력 차이를 극복하고, 사용화를 위해 산업체와 공동개발을 추진한다는 체계를 가지고 있다. 주로 정보통신부, 산업자원부를 중심으로 'u-센서 네트워크 계획' 등 기술개발 및 활성화 정책이 추진되고 있다[4].

유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심은 스마트한 상황인식과 장소에 구애받지 않고 네트워킹을 가능케 하는 무선기술이다. 따라서 유비쿼터스 칩이란 상황 및 환경을 인식, 감지하고 무선을 통해 네트워크에 연결하는 무선식별(RFID) 및 무선센서(Wireless Sensor) 칩을 말한다.

유비쿼터스 칩의 첫 번째 기술적 도전과제는 그 가격이 엄청나게 저렴하여야 한다는 것이다. RFID칩의 경우, 가장 대표적인 칩 이용 프로젝트는 MIT Auto-ID 센터의 'The Internet of Things'이다. 이는 인터넷과 인터넷 비슷한 네트워크를 통하여 태그가 부착된 아이템을 원거리에서 실시간 감지하는 개념이다. The Internet of Things를 궁극적으로 가능케 하려면 5센트 이하의

스마트 태그가 필요한데 전체 태그의 가격 중 IC 칩이 차지하는 비중은 60-80%이다. 이러한 초저가의 태그를 구현하려면 IC 디자인, 통신 프로토콜, 리더기 디자인, 백-엔드 시스템 디자인 등을 망라하는 시스템 레벨의 기술혁신을 필요로 한다.

최근에는 이러한 실리콘기반 칩을 가격한계를 극복하기 위한 여러 대안 기술의 개발이 활발하게 전개되고 있다. 그 대표적 예가 인피니온 등에서 개발중인 폴리머 반도체에 의한 플라스틱 트랜지스터이다. 또 다른 예로, 무칩(chipless) 태그로 미국 Inkoda는 최근 1센트 이하의 RFID태그 기술을 개발하였다. 이 기술은 종이나 플라스틱에 매우 얇은 금속 파이버를 내재하여 전파의 투과와 산란을 만들어내어 고유한 식별을 가능케 한다. EH 표면탄성파를 이용하여 무선센서와 RFID를 결합하는 SAW(Surface Acoustic Wave)태그도 최근 주목 받는 저가기술 중 하나이다.

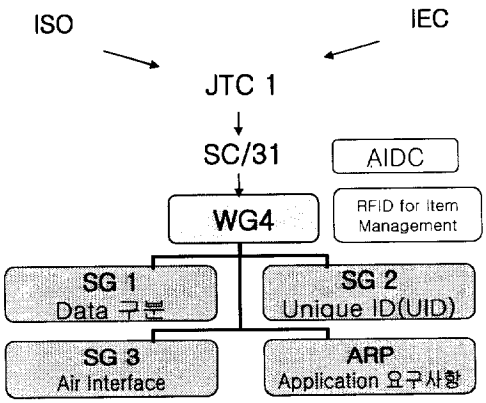
두 번째 기술적 도전과제는 소형화이다. 소형화는 나노기술에 의한 반도체 칩의 개발로 가능하다. 하나의 칩에 센서, CPU, 메모리, 프로세서, RF, DSP 회로를 넣어 $1\times1mm^2$ 정도 크기까지 실현될 것으로 예상되고 있다. 현단계의 기술혁신으로 피츠버그 대학의 연구팀은 antenna on a chip 기술을 개발, 'PENI Tag'라고 불리는 $2mm^2$ 크기의 초소형 RFID태그를 구현하였다.

현재의 다양한 응용 주파수 대역 및 적용분야는 멀티밴드/프로토콜 리더기 및 고정/이동형/휴대형/PCMCIA형 등 다양한 크기/용도의 리더기 개발을 요구하고 있다. 또 데이터의 처리/분배를 위한 지능형 에이전트와 다양한 비즈니스 시스템(SCM, ERP, CRM)에 연동하기 위한 적응형 미들웨어의 개발도 추진 중이다[5].

본 연구에서는 제작상 비용이 적고 소형, 경량, 박형의 구조로 물체에 부착이 용이하며, 고 이득의 특성을 갖는 안테나인 마이크로 스트립 안테나를 설계하여 그 성능을 확인하고자 한다.

2.2 RFID 표준화 동향

RFID의 국제표준화는 ISO(국제표준화기구)와 IEC(국제전기기술위원회)가 공동으로 구성한 기술위원회인 JTC1의 31번째 산하위원회인 ISO/IEC JTC1/SC31(자동인식) 내에서 진행되고 있다. 그림 2.1는 이러한 ISO/IEC JTC1/SC31의 표준화 추진조직을 설명하고 있다.



[주] ISO/IEC 한국 대표조직: 산자부 기술표준원(KATS)

그림 2.1 RFID 국제표준화 조직(ISO/IEC JTC1/SC31)

현재, RFID 국제표준화는 이 SC31의 워킹그룹 중 WG4에서 추진되고 있고 세부적으로는 SC31/WG4내에 다시 4개의 서브그룹(SG)이 있어 분야별로 표

준화가 진행되고 있다. RFID 시스템의 핵심인 주파수 대역별 통신규약(Air Interface)의 표준화는 SG3에서 진행되고 그 외 시스템간 인지할 수 있는 Data 프로토콜 표준화는 SG1에서, RFID Tag의 유일식별을 위한 번호부여 방법 표준화는 SG2에서 각각 진행되고 있다. 또한, RFID 활용을 위한 요구사항을 명확히 하기 위해 별도의 ARP(Application Requirement Profile) 그룹이 있어 표준적 응용조건도 논의되고 있다.

한편, JTC1/SC31의 RFID 표준화는 'RFID for Item Management'로 정의되고 있어 실제 구체적인 적용분야에 대한 표준화는 그림 2.2와 같이 식별카드, 컨테이너, 포장 등 ISO에 소속되어 있는 해당 기술위원회(TC)에서 별도의 조직을 갖고 추진되고 있다. 이 TC들은 모두 JTC1/SC31과 상호협력관계를 갖고 표준화를 추진하고 있다.

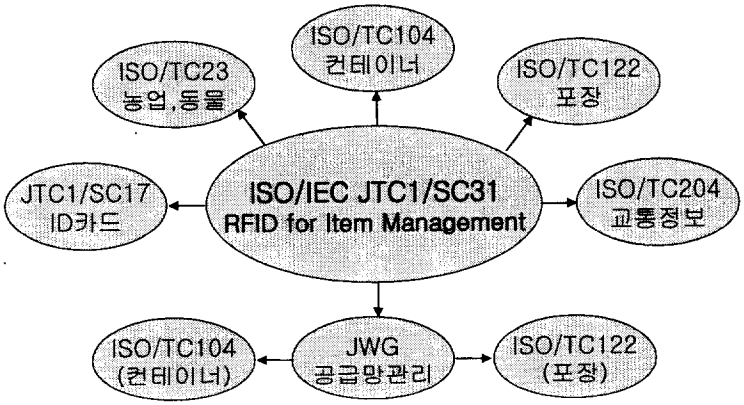


그림 2.2 ISO의 RFID 표준화 연계 조직

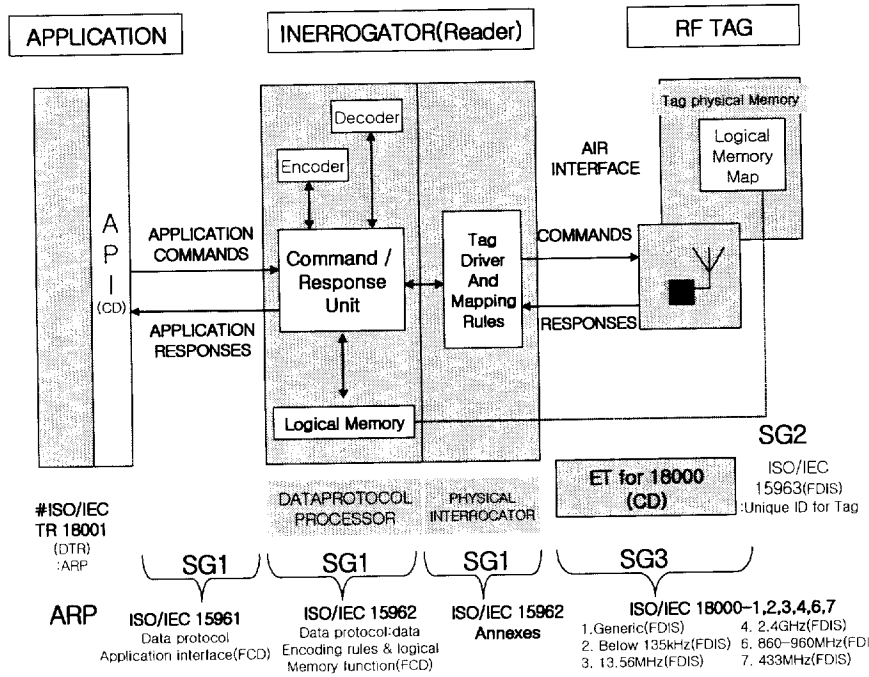
RFID 관련기술의 국제표준화 작업은 유통물류분야 등 ISO 전체 표준화 위원회를 종합하면, 현재 5개 주파수 대역을 중심으로 약 30여종의 표준안이

논의되고 있고 Air Interface 기술 등 기본 시스템에 관한 10여종의 표준은 2004년 하반기부터 국제표준으로 제정될 전망이다. 그림 2.3은 RFID의 기반 표준을 담당하고 있는 ISO JTC1/SC31/WG4의 RFID 표준화 영역을 시스템 기준으로 나타내고 이로부터 각 SG 및 ARP 그룹의 표준화 영역을 나타낸 것이다. 이 중 가장 중요한 표준화 부분이 리더와 RF Tag 간의 통신을 위한 Air Interface 분야로서 6종의 표준안이 완성단계에 있다.

JTC1/SC31의 작업은 IC 카드와 같이 특정 적용분야를 구체적으로 다루지 않고 어떤 분야로도 표준적으로 적용할 수 있도록 Air interface 및 데이터 프로토콜 중심으로 기반 표준화를 진행하고 있다. 사용하는 주파수는 국제적으로 산업/과학/의료용으로 이용이 허가된 ISM 대역, 허용출력한계가 높은 장파대역, 방향성 등이 좋은 UHF 대역을 채용하는 것에 의해 국제적으로 사용할 수 있는 표준을 만들어 가고 있다.

한편, RFID의 성능 및 적합성 시험규격들에 대해서는 같은 JTC1/SC31 내에서 적합성 규격을 담당하고 있는 WG3에서 별도로 추진되고 있다. 최근에는 신규 New Work Item으로 API와 Elementary Tag Functionality에 대한 수종의 작업이 승인되었다. 또한, 공급망관리에 대한 RFID 응용에 대해서는 ISO의 TC104(컨테이너)와 TC122(포장) 분야가 협력하여 합동 작업그룹을 2002년말 설립하고 현재, 포장, 팔레트, 컨테이너 등의 RFID 공급망 적용기술의 국제표준화 작업을 시작한 상태이다.

JTC1/SC31의 WG4에서는 진행 중인 총 13종의 표준안은 대부분 2004년까지 국제표준으로 제정하는 것을 목표로 하고 있다. 한국은 2001년부터 표준화 활동에 참여하여 국제표준 제정 후 국가표준화 방향도 연계하여 적극적으로 대응하고 있다.



*자료출처: ISO/IEC JTC1/SC31/WG4, 기술표준원 편집

[주] .SG1(Data Syntax): 리더에서 데이터를 처리하는 구문 로직

.SG2(Tag ID): Tag 유일성을 부여하기 위한 Tag Unique ID

.SG3(Air Interface): Reader와 Tag와의 무선주파수 통신 방식

.ARP 그룹: Application Requirement Profile - RFID 활용 요구사항

.표준화 진행단계: NP → CD → FCD → FDIS → IS(국제표준)

그림 2.3 RFID 분야 표준 Sub-Group별 작업범위

표 2.1은 SG 그룹별, 표준안별 13종의 국제표준안을 요약하여 정리한 것이다. TR이란 기술보고서(Technical Report)를 나타낸다.

각 단계별 현황을 살펴볼 때, FCD, FDIS는 2004년 내에 국제표준(IS)으로

제정이 예상되고, CD, FCD는 2005년에 국제표준으로 제정될 것으로 전망된다. 현재까지의 각국 입장을 종합할 때, 주파수 관련 표준을 비롯한 핵심표준은 조기 consensus가 이루어져 2004년 상반기내 국제표준 스펙이 확정될 전망이며 ISO에서의 공식적인 국제표준 제정시기는 하반기가 될 것으로 판단된다.

표 2.1 RFID의 국제표준 제정단계 현황

그룹	그룹명	ISO/IEC	작업명	현단계	비 고
SG1	Data 구문표준	15961	Tag Commands	FDIS	데이터 프로토콜
		15962	Data Syntax	FDIS	
		19789	API	CD	Program Interface
SG2	Tag 식별	15963	Tag 식별자	FDIS	유일 Tag 식별
SG3	Air Interface (통신)	18000-1	Generic Parameters	IS	파라미터 규정
		18000-2	below 135kHz	IS	동물관리
		18000-3	13.56 MHz	IS	IC 카드, 도서
		18000-4	2.45 GHz	IS	Item 관리 등
		18000-5	5.8 GHz	철회	
		18000-6	UHF 860~960 MHz	IS	유통물류
		18000-7	UHF 433 MHz(Active)	IS	컨테이너(100m)
		24710	18000의 ET Function	PDTR	Read only
ARP	적용기술	TR18001	Application 요구사항	DTR	적용조건 조사

13종의 국제표준안에 대한 특징을 표 2.2에 종합적으로 요약을 하였다. 대부분 현재 기술을 보유하고 있는 Philips, Intermec, Tagsis, SAVI 등의 미국 및 유럽의 RFID 관련사가 자사의 기술을 국제표준안에 반영하기 위해 국제표준화에 참여하고 있다. 이들은 자사의 기술을 표준안에 반영하면, 향후 적용분야별 IC chip이나 Tag 등의 관련시장에서 유리한 고지를 점유할 수가 있어 국제표준화 작업에 사활을 걸로 대응하고 있다[6]-[9].

표 2.2 각 표준안별 개요

그룹명	ISO/IEC	작업명	개 요
Data 구문표준	15961	Tag Commands	컴퓨터 호스트와 리더간의 명령어와 데이터 형식을 제안하고 있다. 상호통신은 ASN.1(추상구문표기법 type 1)을 option으로 채용하고 데이터 프로토콜 프로세서에서 프로토콜을 정의하고 있다.
	15962	Data Syntax	리더의 로지컬 메모리와 Tag 드라이버를 규정한다.
	19789	API	Application Program Interface에 관해 규정한다.
Tag 식별	15963	Tag 식별자	각종 Unique ID를 통합 수용할 수 있는 체계를 규정한다. 고유 ID는 IC의 품질관리 이력 및 Tag의 이력파악이나 복수 안테나 설치 시 복수 Tag의 충돌방지 등에 필요하다.
Air Interface (통신)	18000-1	Generic Parameters	유통물류, 상품 공급망의 상품인식 개념구조를 제안하고 표준화가 필요한 파라미터를 규정한다.
	18000-2	blow 135 kHz	독일 DIN에서 제안되어 type A/B의 두 가지 사양이 검토되고 있다. 리더는 type A/B를 모두 읽어야 한다.
	18000-3	13.56 MHz	모드 1/2의 두 가지 사양으로 모드 1은 IC 카드규격(ISO/IEC 15963)에 Tagsis사의 충돌방지방식을 option으로 추가하고 있고 모드 2(Magellan사 제안)는 424 kbps의 빠른 통신속도가 특징으로 고속분류용으로 유효하다. 모드 1/2 간은 호환되지 않는다.
	18000-4	2.45 GHz	모드 1/2가 있고 모드 1(Intermec사 제안)은 Passive의 FHSS 방식을 채용하고 있고 모드 2(Siemens사/Nedap사가 제안)는 Active 방식이다. 통신거리는 각국가의 기술규정에 따라 좌우된다.
	18000-5	5.8 GHz	Q Free사가 제안한 Passive 방식이다. 주요 국가들이 반대하여(ITS표준과 혼선) 작업이 철회되었다.
	18000-6	UHF 860~960 MHz	Philips, TI, Intermec, Tagsis 등 5개사가 공동으로 제안한 것으로 유통물류에 가장 널리 적용될 것으로 전망된다. 한국, 일본이 자국내 전파사정으로 최초 반대입장을 표명하였으나, 양 국가 모두 유통물류 산업의 국제화를 위해 실질적으로 수용을 표명한 상태이다.
	18000-7	UHF 433 MHz (Active)	SAVI사가 제안한 것으로 한국, 일본 등이 아마추어 무선용으로 사용하고 있어 반대하고 있다. Active Tag에 의한 컨테이너 인식용으로 100m의 인식도 가능하다.
	24710	18000에 대한 ET	18000 각 파트에 대한 Read Only용의 Elementary Tagging 기능의 정보를 수록한 기술보고서이다.
적용기술	TR18001	Application	RFID 시스템 적용조건을 조사한 기술보고서이다.

2.3 RFID/USN 시스템 기술

2.3.1 RFID 태그 및 리더기 기술

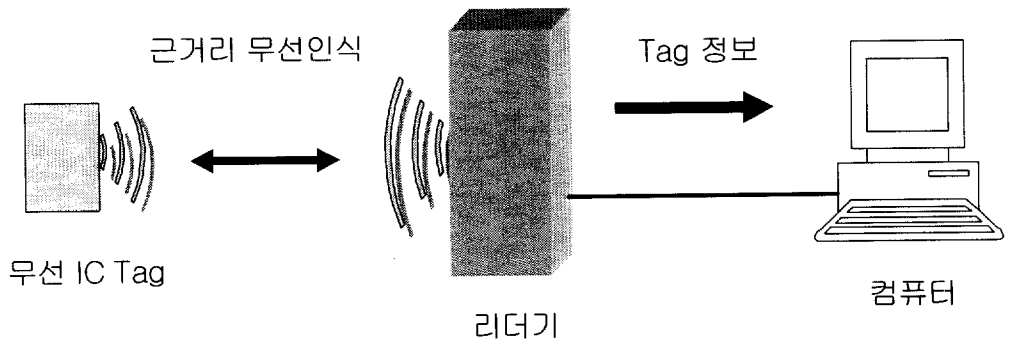


그림 2.4 RFID 시스템의 구성 요소

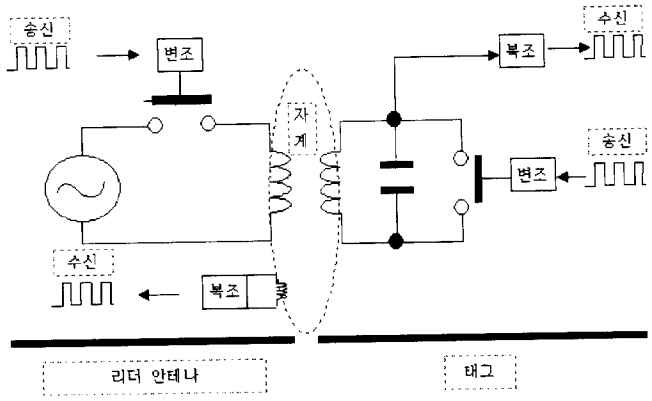
태그는 IC 칩과 안테나로 구성되며 다양한 모양과 크기를 갖는다. IC 칩의 주요기능은 식별코드의 저장에 있으며 그 메모리 크기는 1 Bit에서 512 KB까지 가변적이다. 그 구현에는 EEPROM, 강유전체 RAM(FRAM) 등의 메모리 유형이 사용된다. 태그의 메모리는 읽기 전용(Read only), 읽고 쓰기가 가능한 형(Read/write), 한번만 쓰며 여러 번 읽기가 가능한 유형(Write once read many)을 사용한다. 이러한 태그는 크게 전원공급 방식과 리더기와의 접속 주파수 대역에 따라 표 2.3과 같이 분류할 수 있다.

표 2.3 RFID 태그 분류

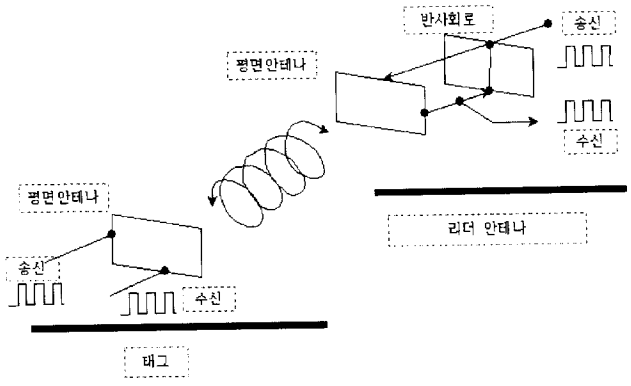
구 분		특 징
전원공급 방식에 따른 분류	수동형	• 배터리가 없으며, 보통 수cm에서 수m 사이의 인식 범위내 사용. • 가격이 능동형 방식에 비해 상대적으로 저렴. • 반영구적 수명(약 10년 이상)
	능동형	• 태그에 배터리가 부착되어 있으며, 보통 수십 미터 이상의 인식 거리를 지원 • 가격이 수동형 방식에 비해 상대적으로 고가임. • 배터리 내부 수명 제한(약1~3년).
사용 주파수에 따른 분류	LF(125/135KHz)	• 타 주파수대 RFID 제품에 비해 저가. • 주로 근거리(수cm~수십cm)방식의 응용분야에 활용.
	HF(13.56MHz)	• IC 카드, 스마트카드, 사원증 등 ISO 규격 카드 사용대역 • 데이터 전송상의 신뢰성 높음.
	UHF(433MHz)	• 433MHz대역 (주로 능동형으로 사용)
	UHF(900MHz)	• 860~960MHz대역 • 현재 전세계적으로 가장 관심있는 주파수대역(유럽: 868MHz, 미국: 915MHz) • EPC 및 GTag에서 사용되는 유비쿼터스 제품 사용대역 • 마이크로파에 비해 무선인식 성능 우수. • 향후 RFID분야에서 가장 큰 성장성이 예상되는 주파수대역.
	마이크로파 (2.45GHz)	• GHz 대역을 이용하므로 잡음의 영향이 적음. • 수미터~수십미터의 원거리 통신용, 즉 주로 능동형 태그에 사용함. • 투과력이 매우 약한 단점을 가짐.

태그는 IC 칩 구동을 위한 에너지 공급 방식에 따라 수동형 태그와 능동형 태그로 구별된다. 수동형 태그는 태그의 IC 칩을 구동시키는데 필요한 에너지를 리더기에 의해 공급받으며, 능동형의 경우에는 자체전원을 지니고 있다.

일반적으로 에너지 공급 방식은 태그와 리더기 간의 접속 방식에 의하여 결정된다. 태그와 리더기의 접속을 위하여 사용되는 방식은 크게 상호유도(Inductively Coupled)방식과 전자기파(Electromagnetic Wave) 방식이 있다.



(a) 상호결합 방식(Inductive coupling)



(b) 전자기파 방식(Electromagnetic)

그림 2.5 태그와 리더기의 접속 방식

그림 2.5 (a) 상호유도 방식은 코일 안테나를 이용한다. 리더기의 안테나 코일은 주변지역에 강한 자기장을 발생하며 방출된 자기장의 일부분이 근접한 태그의 코일 안테나에 유도성 전압을 발생, 정류된 후 태그 IC 칩의 전원으

로 공급된다. 그림 2.5 (b) 전자기파 방식은 고주파 안테나를 이용해서 상호 무선접속을 수행한다. 이러한 원리에 따라 상호유도 방식의 태그는 거의 수동형으로 구현되며 전자기파 방식의 태그는 IC 칩을 구동하기 위한 충분한 전력을 리더기로부터 공급받지 못하므로 원거리 인식을 위해서는 능동형으로 구현된다. 따라서 상호유도 방식은 주로 1 미터 이내의 근거리용으로 전자기파 방식은 중장거리용으로 사용된다.

리더기와 태그 간의 통신에 있어 여러 가지 디지털 방식의 부호화(Coding)를 이용하여 기저대역의 데이터를 고주파 신호로 변환하여 전송한다. 대부분의 주파수 대역에 대하여 주로 ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frquency Shift Keying), PSK(Phase Shift Keying) 등의 변조방식을 사용한다. 미국의 경우 UHF 대역은 전자파의 인체영향이나 다른 통신시스템과의 간섭을 감소시키기 위하여 주파수 확산(Spread Spectrum, SS) 방식을 채용하며 이중 CDMA 모바일 폰이나 무선랜에 이용되는 직접 시퀀스(Direct Sequence, DS) 방식과 블루투스에 이용되는 주파수 호핑(Frequency Hopping, FS)을 주로 사용한다[10]. 이와 같이 각국에서는 특정 주파수 대역에서는 특정 변조 방식만을 사용하도록 규제하는 경우도 있다. 하지만 위와 같은 변조방식을 태그에 적용하면 그만큼 복잡한 회로가 필요하여 가격이 상승하므로 실제적으로는 리더기에만 이러한 변조방식을 적용하고 태그는 SS의 전체 주파수를 수용하도록 제작하여 ASK 등을 이용하여 신호를 전송하는 것이 일반적인 접근방법이다[11].

한편 RFID는 운용 주파수 대역에 따라 구분되는데 표 2.4와 같다.

125kHz · 134kHz 대의 저주파(Low Frequency, LF), 13.56MHz 대의 고주파(High Frequency, HF), 860~960MHz 대의 초고주파(Ultra High

Frequency, UHF), 2.45GHz 대의 마이크로파 등으로 분류할 수 있다. 일반적으로 주파수가 낮을수록 데이터 전송거리는 짧으나 전송 신뢰성이 높고, 반대로 주파수가 높을수록 데이터 전송거리는 크나 투과성의 문제 등으로 전송 신뢰성이 낮아진다. 따라서 최근 전송거리와 전송 신뢰성 양면을 고려할 때 UHF RFID가 가장 관심을 끌고 있다. 즉 UHF RFID는 마이크로파 RFID보다 비록 전송거리는 짧으나 금속, 수분 등의 환경에서 인식률이 좋고 방향성도 우수하다[12].

표 2.4 RFID 주파수 대역별 특성 비교

주파수	저주파(LF)	고주파(HF)	극초단파(UHF)		마이크로파
	125 KHz 134 KHz	13.56 MHz	433.92 MHz	860~960 MHz	2.45 GHz
인식거리	< 60 cm	약 60 cm	약 50~100 m	약 3.5m~10m (수동)	약 1 m(수동)
일반특성	• 비교적 고가 • 환경에 의한 성능 저하 거의 없음	• 저주파보다 저가 • 짧은 인식거리와 다중태그인식이 필요한 응용분야에 적합	• 긴 인식거리 • 실시간 추적 및 컨테이너 내부 습도, 충격 등 환경 센싱	• IC 기술 발달로 가장 저가로 생산 가능 • 다중태그 인식거리와 성능이 가장 뛰어남	• 900대역 태그와 유사한 특성 • 환경에 대한 영향을 가장 많이 받음
동작방식	• 수동형	• 수동형	• 능동형	• 능동/수동형	• 능동/수동형
적용분야	• 공정자동화 •출입통제/보안 • 동물관리	• 수화물 관리 • 대여물품관리 • 교통카드 • 출입통제/보안	• 컨테이너 관리 •실시간 위치 추적	• 공급망 관리 •자동통행료 징수	• 위조방지
인식속도	저속 <----------> 고속				
환경영향	강인 <----------> 민감				
태그크기	대형 <----------> 소형				

2.3.2 USN 개념

RFID 기술은 디바이스 계층(Device Tier), 센서 네트워크 계층, 소프트웨어 플랫폼 계층(Software platform Tier), 어플리케이션 계층(Application Tier)으로 구성되는 4개의 계층(Tier) 구조로 설명할 수 있다. 그림2.6. 먼저 디바이스 계층은 태그 데이터 수집 기능을 갖으며 하드웨어 상에서 보면 일반적으로 태그라 불리는 고유 정보를 저장하는 트랜스폰더(Transponder)와 무선을 통하여 태그의 정보를 판독 및 해독기능을 하는 송수신기(리더기) 기술로 구성된다. 센서 네트워크 계층은 태그와 단말기, RFID 호스트 등을 위한 효율적인 네트워크 기술이며 소프트웨어 플랫폼 계층은 디바이스 계층으로부터 수집된 상품코드 데이터를 어플리케이션 계층에서 효과적으로 사용할 수 있도록 데이터의 전처리, 대규모 데이터 환경에서의 실시간 지원 등과 같은 서비스와 어플리케이션의 리더기 제어 등과 같은 하위 디바이스 계층의 프로그래밍 API 등을 제공한다. 마지막으로 어플리케이션 계층은 물류(Logistics), 공급망 관리(SCM)과 같은 각종 응용 소프트웨어에 RFID를 접목시키는 기술로 구성된다.

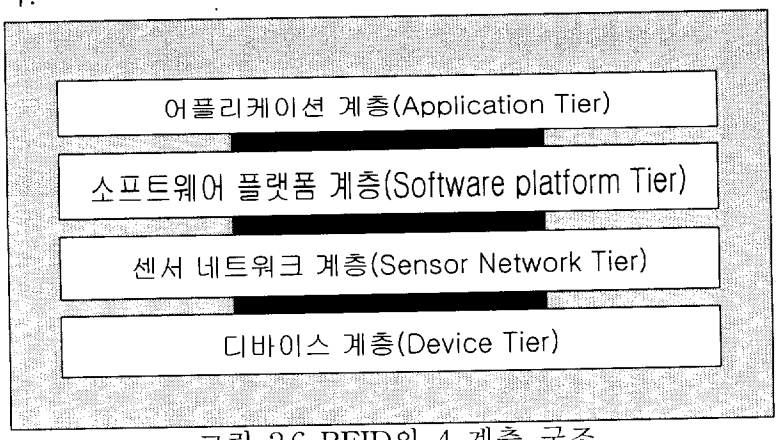


그림 2.6 RFID의 4 계층 구조

이러한 기술 구성요소들은 궁극적으로 네트워크 상에 편재되어 글로벌(Global) 네트워크를 형성하며 이를 일반적으로 USN(Ubiquitous Sensor Network)이라고 한다. 태그와 센서가 연동되어 태그 내의 정적 정보뿐만 아니라 센서로부터의 실시간 환경 정보가 모바일 또는 고정 리더기에 의하여 수집된다. 각 사이트의 태그 및 센서 그리고 리더기들의 조합이 성능확장성을 지닐 수 있는 사이트 규모의 센서 네트워크 형태로 발전하게 되며 궁극적으로 글로벌 유무선 네트워크에 연동되어 유비쿼터스 센서 네트워크를 형성하게 된다. 이러한 유비쿼터스 센서 네트워크 상에서는 특히 태그와 태그간의 상호 통신도 가능한 상태에 도달하게 된다.

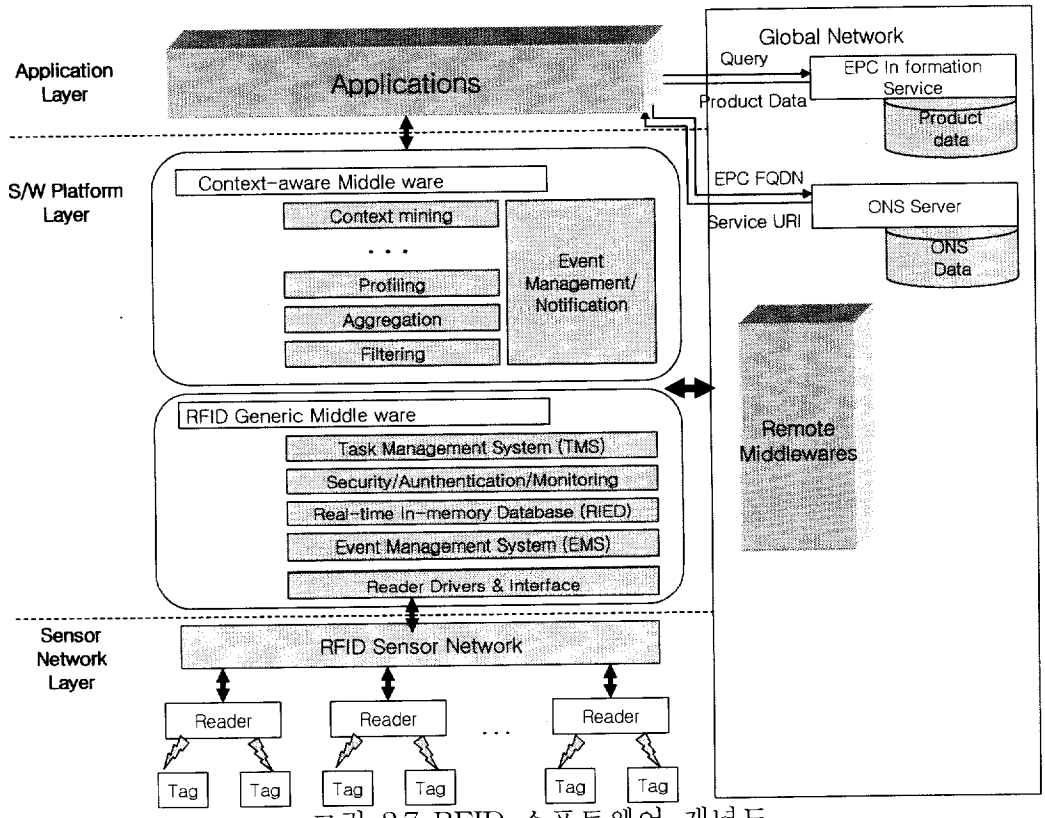


그림 2.7 RFID 소프트웨어 개념도

이러한 USN 환경에서는 수집 및 활용되는 데이터는 기존 객체의 식별자와 같은 정적인 데이터, 이력 데이터, 그리고 센서로부터의 실시간 데이터를 포함하게 되므로 어플리케이션의 기능이 상황 인식 기반 지능화된 서비스를 제공할 수 있게 된다.

RFID USN 상에는 각 기업은 제품 사양, 카탈로그 등 각종 제품 정보를 특정 서버 상에 구축하여 놓는다. 이를 상품정보 데이터베이스라고 하며 원격 접속 또는 질의(Query) 등의 외부에서 해당 제품정보를 얻을 수 있는 제품정보 서비스를 제공한다. 따라서 이러한 제품정보 서비스는 각 기업별로 구축되어 인터넷상에 편재된다. 이러한 서비스를 RFID USN에서 활용하기 위해서는 각 기업에서 상품정보에 대한 데이터베이스를 구축하는데 있어 상품정보를 표현에 사용할 표준화 기술 언어(Standardized Description Language)와, 주어진 제품코드, 즉 EPC를 사용하여 해당 기업에서 구축한 제품정보 서비스에 대한 서비스 URI(Universal Resource Identifier)를 탐색할 수 있는 레졸루션 아키텍처(Resolution Architecture)가 필수적으로 요구된다[13].

제 3 장 마이크로 스트립 안테나

3.1 방사계

마이크로스트립 방사체는 1953년에 Deschamps에 의해 제안되었고, 1974년 Munson에 의해 실제 미사일에 장착할 수 있는 안테나가 제작된 이래 지금까지 마이크로스트립 안테나에 대한 관심이 다양한 방법으로 증폭되고 있다.

그림 3.1(a)는 일반적인 구형 패치를 이용한 마이크로스트립 안테나의 모양이다. 전자계는 패치의 길이(L)에 따라 변화하고 그림 3.1(a)에서 알 수 있듯이 마이크로스트립 안테나의 방사체는 패치의 길이($L \approx 1/2\,\lambda$) 방향의 양끝인 패치의 가장자리와 접지판 사이에서 개구 방사되는(Radiation edge) 두 개의 슬롯이며, 슬롯간 자기전류의 상호결합($\overline{M}$)을 갖는 자계 다이폴로 표현되며 식 (3.1)과 같다.

$$\overline{M} = \hat{z}\, 2E_X = \hat{z}\, 2V_0/h \tag{3.1}$$

여기서, V_0는 슬롯 양단의 전압이다. 그림 3.1(b)와 같이 한 개의 슬롯에서 거리 r 인 지점의 원거리 전계(Far Field)는 식 (3.2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$E_\phi = -j2V_0 W k_0 \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} F(\theta, \phi)$$
$$E_\theta = 0 \tag{3.2}$$

여기서, $F(\theta, \phi)$는 식(3.3)과 같다.

$$F(\theta, \phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \sin\theta\cos\phi\right)}{\frac{k_0 h}{2} \sin\theta\cos\phi} \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos\theta\right)}{\frac{k_0 W}{2} \cos\theta} \sin\theta \tag{3.3}$$

그리고, $\theta = \pi/2$ 에서 $E-plane$ 패턴은 식 (3.4)로 정의 될 수 있고, $\phi = \pi/2$ 에서는 $H-plane$ 패턴은 식 (3.5)로 표현될 수 있다.

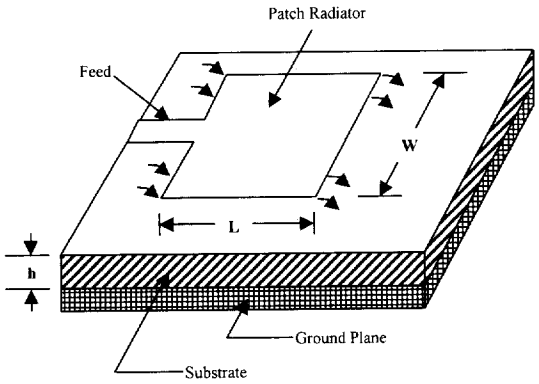
$$F(\phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 h}{2} \cos\phi\right)}{\frac{k_0 h}{2} \cos\phi} \tag{3.4}$$

$$F(\theta) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 W}{2} \cos\theta\right)}{\frac{k_0 W}{2} \cos\theta} \sin\theta \tag{3.5}$$

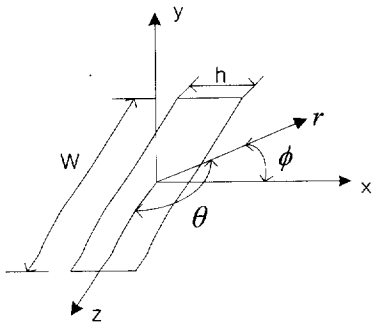
또한, 거리 L 만큼 떨어진 두 슬롯에서 방사된 $E-plane$ 방사 패턴은 식(3.6)과 같다. 반면, $H-plane$ 패턴은 거리 L에 무관하므로 식 (3.5)로 된다.

$$F_T(\phi) = \frac{\sin\left(\frac{k_0 h \cos\phi}{2}\right)}{\frac{k_0 h \cos\phi}{2}} \cos\left(\frac{k_0 L}{2}\cos\phi\right) \tag{3.6}$$

따라서, 마이크로스트립 안테나의 방사계는 슬롯전압의 함수로 가정하여 유도되며 각 슬롯은 복소어드미턴스를 갖는다. 그림 3.2는 두 개의 방사계를 갖는 마이크로스트립 안테나의 E-plane과 H-plane 방사 패턴이다.



(a) The microstrip radiating element.



(b) Geometry of radiating slot.

그림 3.1 마이크로스트립 안테나의 구성

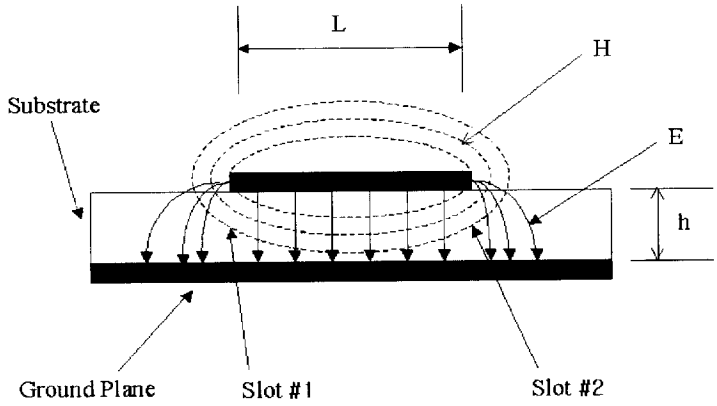


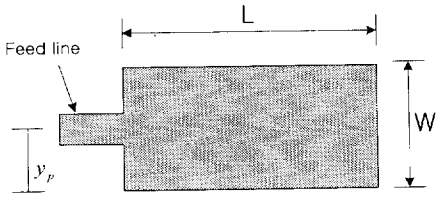
그림 3.2 마이크로스트립 기판의 전자계분포

3.2 입력 어드미턴스

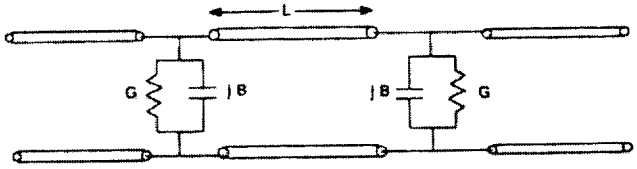
마이크로스트립 패치의 전송선로 모델은 그림 3.3(a)이고 이 모델의 등가회로는 그림 3.3(b)와 같다. 그림 3.3에서의 입력 어드미턴스는 식 (3.7)과 같다.

$$Y_{in} = G + jB + Y_0 \frac{G + j(B + Y_0 \tan \beta L)}{Y_0 + j(G + jB) \tan \beta L} \tag{3.7}$$

여기서, $G = 1/R_r$, $B = \frac{k_0 \Delta l_{oc} \sqrt{\varepsilon_e}}{Z_0}$, $\beta = \frac{2\pi\sqrt{\varepsilon_e}}{\lambda_0}$, $Y_0 = 1/Z_0$, Δl_{oc}은 fringing field에 의한 정규화 선로확장의 길이이다[14].



(a) Microstrip patch with arbitrary feed point.



(b) The equivalent circuit for a microstrip radiating element.

그림 3.3 사각패치 방사패턴의 급전

공진이 발생했을 때, Y_{in}의 허수부는 0 이므로 공진 주파수는 식 (3.8)과 같이 된다.

$$\tan \beta L = \frac{2Y_0 B}{B^2 + G^2 - Y_0^2} \tag{3.8}$$

그림 3.3에서 보여주고 있는 임의의 급전점 y_p 에서 입력 어드미턴스는 식 (3.9)로 나타낼 수 있다[14].

$$Y_{in}(y_p)=2G\left[\cos^2(\beta y_p)+\frac{G^2+B^2}{Y_0^2}\sin^2(\beta y_p)-\frac{B}{Y_0}\sin(2\beta y_p)\right]^{-1} \quad (3.9)$$

여기서, y_p은 패치 모서리에서 급전점 까지의 거리이다. 그러나, $G/Y_0 \ll 1$ 이고 $B/Y_0 \ll 1$일 때 식 (3.7)은 식 (3.10)으로 간략화 된다.

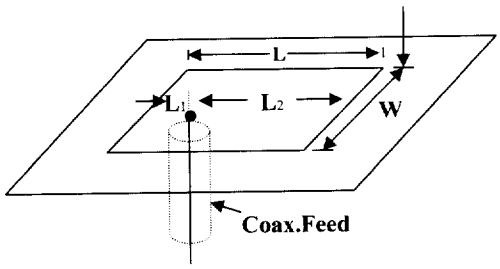
$$Y_{in}(y_p) = \frac{2G}{\cos^2(\beta y_p)} \quad (3.10)$$

두방사 슬롯간의 상호 컨덕턴스는 식 (3.11)로 나타낸다.

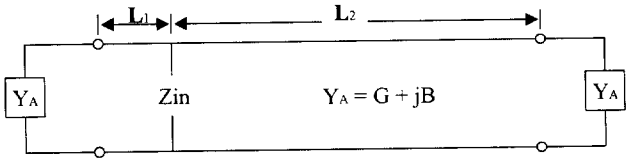
$$g_{12}=\frac{1}{120\pi^2}\int_0^{\pi}\frac{\sin^2\left(\frac{\pi W\cos\theta}{\lambda_0}\right)\tan^2\theta\sin\theta J_0\left(\frac{2\pi L}{\lambda_0}\sin\theta\right)}{G}d\theta \quad (3.11)$$

여기서, J_0는 영차 Bessel 함수이다. 식 (3.11)이용하면 입력 어드미턴스는 식 (3.12)로 변형된다.

$$Y_{in}(y_p)=2(G\pm g_{12})/\cos^2(\beta y_p) \quad (3.12)$$



(a)



(b)

그림 3.4 마이크로스트립 안테나의 동축급전

동축 급전일 때, 전송선로 등가회로는 그림 3.4와 같고 급전점 입력 어드미턴스는 식 (3.13)과 같다[15].

$$Y_1 = Y_0\left[\frac{Z_0\cos\beta L_1 + jZ_W\sin\beta L_1}{Z_W\cos\beta L_1 + jZ_0\sin\beta L_1} + \frac{Z_0\cos\beta L_2 + jZ_W\sin\beta L_2}{Z_W\cos\beta L_2 + jZ_0\sin\beta L_2}\right] \quad (3.13)$$

여기서, 패치 가장자리 임피던스 Z_W 와 특성임피던스 Z_0 는 각각 식 (3.14) 와 (3.15)로 표현된다.

$$Z_W = \left(\frac{120 \frac{\lambda_0}{W}}{1 + 2\varepsilon_e \frac{\Delta l_{oc}}{h}} \right) \left[\frac{1}{0.7747 + 0.5977\left(\frac{W}{L} - 1\right) - 0.1638\left(\frac{W}{L} - 1\right)^2} \right] \tag{3.14}$$

$$Z_0 = \frac{42.4}{\sqrt{\varepsilon_r + 1}} \ln \left\{ 1 + \frac{4h}{W} \left[\left(\frac{14 + \left(\frac{8}{\varepsilon_r}\right)}{11} \right) \frac{4h}{W} + \sqrt{\left(\frac{14 + \left(\frac{8}{\varepsilon_r}\right)}{11} \right)^2 \left(\frac{4h}{W}\right)^2 + \frac{\pi^2}{2}\left(1 + \frac{1}{\varepsilon_r}\right)} \right] \right\} \tag{3.15}$$

동축 급전일 경우에는 프루브에 의한 유도성 리액턴스가 발생하며 동축 급전선 리액턴스는 식 (3.16)과 같다.

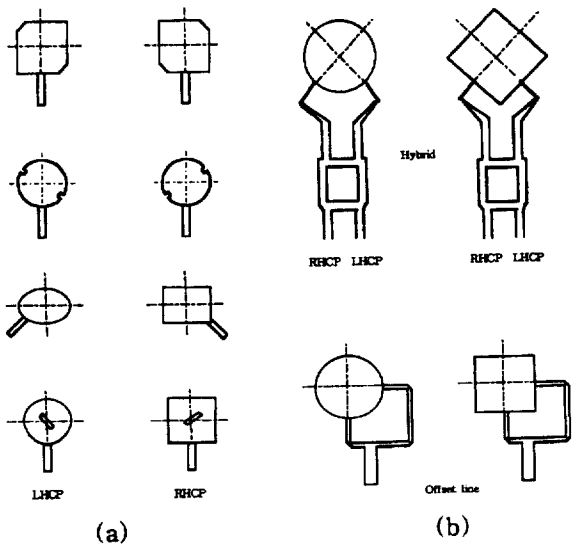
$$X_L = \frac{377}{\sqrt{\varepsilon_r}} \tan\left(\frac{2\pi h}{\lambda_0}\right) \tag{3.16}$$

따라서, 입력 임피던스는 식 (3.17)과 같다.

$$Z_{in} = Z_1 + jX_L (Z_1 = 1/Y_1) \tag{3.17}$$

3.3 원편파 안테나의 형태 및 원리

원편파 마이크로스트립 안테나의 급전방식은 단일급전과 이중급전 형태가 있다. 그림 3.5는 원편파를 발생시키는 일반적인 마이크로스트립 안테나의 일반적인 형태들이다. 그림 3.5(a)에서는 모서리가 잘린 정방형 패치[16], 홈을 낸 원형 패치, 타원형, 직사각형, 그리고 원형이나 정방형의 대각선상에 슬롯을 넣은 단일급전 방법을 나타내고 있다. 이중급전 방법은 진폭의 크기가 동일한 패치를 급전하고 외부의 장치를 이용하여 90°위상차를 제공하는데 그림 3.5(b) 와 같이 두 급전선 사이에 3 dB 하이브리드나 오프셋 선로를 이용한다.



(a) Singly fed CP patches. (b) Dual fed CP patches.

그림 3.5 원편파 안테나의 일반적인 모양

단일급전은 이중급전과는 달리 외부 위상기 및 합성기를 사용하지 않고 원편파를 발생시키므로 급전선의 길이가 짧아 손실을 줄일 수 있으며, 급전회로를 간단하게 구성할 수 있다는 장점 때문에 더 유용한 방식이다.

그림 3.6은 정방형 패치의 모서리를 절단하여 직교하는 Mode 1, 2로 분리된 단일급전 원편파 안테나와 진폭 및 위상의 변화를 나타내고 있다. 그림 3.6에서 알 수 있듯이 원편파는 -3dB의 전력감소와 직교하는 두 편파의 위상차가 90°발생함을 잘 보여주고 있다.

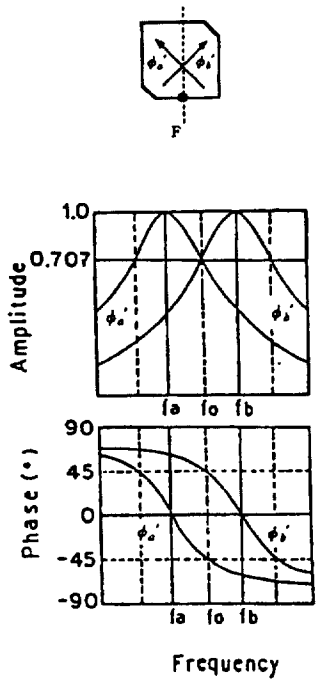
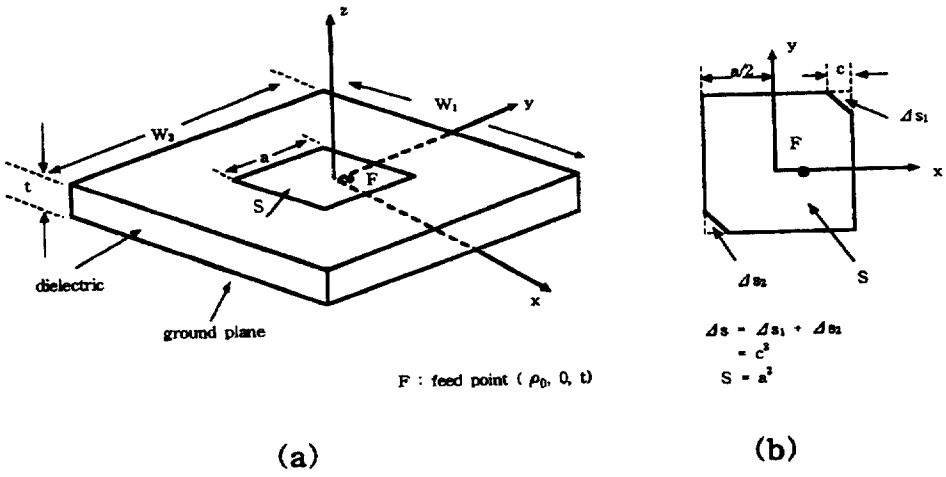


그림 3.6 단일 급전된 원편파 안테나의 진폭 및 위상도

그림 3.7(a)는 한 변의 길이가 a 인 정방형 마이크로스트립 패치 안테나이

고, 그림 3.7(b)는 원편파를 얻기 위해 모서리가 Δs만큼 절단된 정방형 마이크로스트립 패치 안테나의 모양이다. 그림 3.7(b)의 원편파 안테나의 급전점은 패치의 중앙선인 x 축또는 y축상에 위치하며, x 축상에 있을 때는 좌선회 원편파, y 축상에 있을 때는 우선회 원편파가 된다.

모서리가 잘린 정방형 패치에서 두 개의 직교모드의 방사특성을 고려한 등가회로는 그림 3.8과 같다.



(a) Standard patch. (b) Singly fed CP patch.

그림 3.7 단일급전 사각 패치 안테나의 기본형태

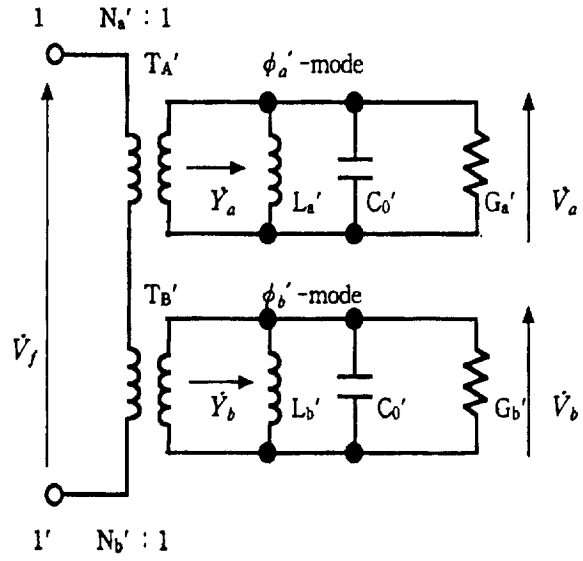


그림 3.8 모서리가 절단된 원편파 안테나의 등가회로

정방형 마이크로스트립 패치의 모서리를 절단함에 따라 직교모드 ϕ_a'와 ϕ_b'이 발생된다. 여기서, $\dot{V}_f$ 는 1-1' 단자에 인가된 입력전압, T_A'과 T_B'은 권선비 N_a'과 N_b'을 가지는 이상적인 변압기, $\dot{Y}_a$ 와 $\dot{Y}_b$는 각각 직교편파 ϕ_a'와 ϕ_b' 모드에 대한 입력 어드미턴스, $\dot{V}_a$ 와 $\dot{V}_b$는 직교모드 ϕ_a'와 ϕ_b'에 의해 방사되는 전계에 대응하는(비례하는) 전압으로 각각 $\dot{Y}_a$ 와 $\dot{Y}_b$ 양단의 전압이다.

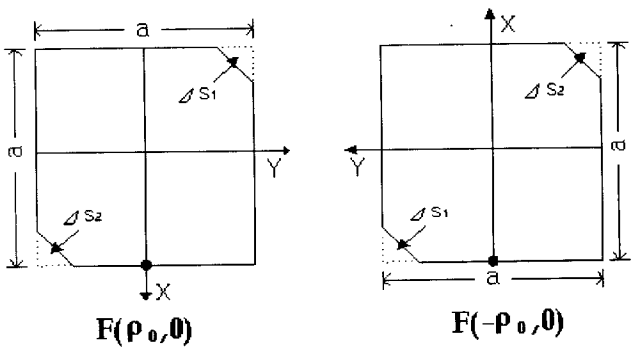
그림 3.8의 등가회로에서 두 직교모드의 복소진폭비 $\dot{V}_b / \dot{V}_a$는 식 (3.18)과 같다.

$$(\tilde{V}_b / \tilde{V}_a) = (N_b' / N_a') \times (\tilde{Y}_a / \tilde{Y}_b)$$
$$= \left(\frac{N_b'}{N_a'}\right) \frac{\left\{\frac{f_a}{Q_0} + j\left(f - \frac{f_a^2}{f}\right)\right\}}{\left\{\frac{f_b}{Q_0} + j\left(f - \frac{f_b^2}{f}\right)\right\}} \tag{3.18}$$

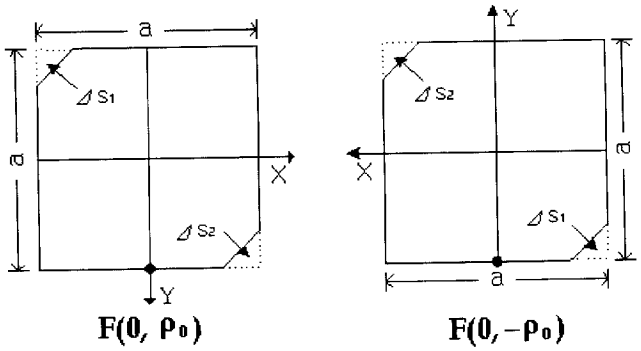
여기서, f_a는 ϕ_a' 모드에 의한 공진 주파수이고, f_b는 ϕ_b' 모드에 의한 공진 주파수이다. 식 (3.18)에서 원편파 방사는 $(\tilde{V}_b / \tilde{V}_a) = \pm j$ 를 만족하면 얻을 수 있으므로, 두 직교모드 사이의 상대적인 진폭과 위상특성은 다음 식 (3.19)와 같아야 한다.

$$|\tilde{V}_b / \tilde{V}_a| = 1$$
$$\arg(\tilde{V}_b / \tilde{V}_a) = \pm 90° \tag{3.19}$$

그림 3.9는 좌선회와 우선회 원편파를 발생하기 위한 급전점의 위치를 나타낸다. 여기서 ρ_0는 급전점의 위치이다[17].



(a) RHCP ($|\rho_0| \leq a/2$)



(b) LHCP ($|\rho_0| \leq a/2$)

그림 3.9 좌선회 및 우선회원편파에 대한 급전위치

제 4 장 RFID용 내장형 칩 안테나 설계

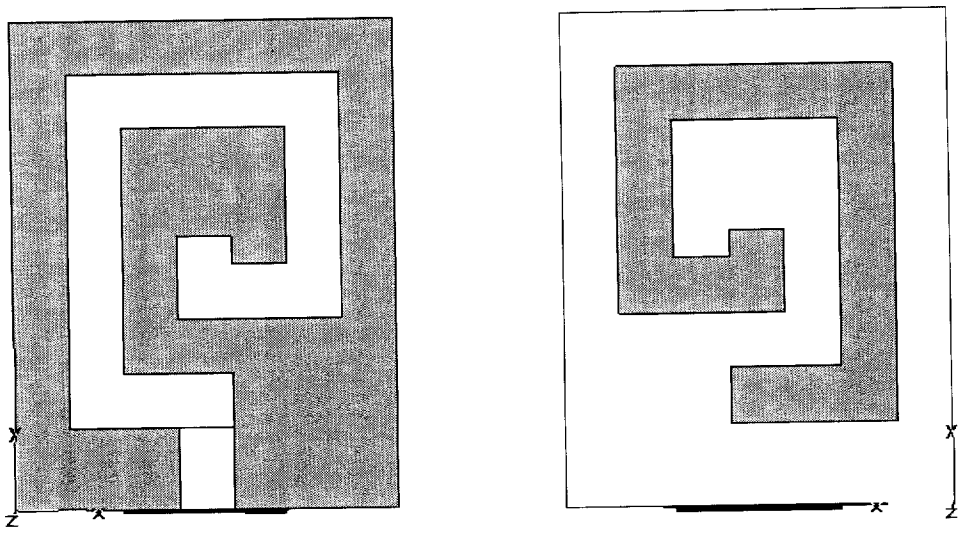
4.1 안테나 설계

마이크로 스트립 안테나 설계 첫 번째 과정은 설계 파라미터를 정립하는 것이다. 이 경우 고려할 요소로는 제조시설, 재료비, 시장성 등이 포함된다. 그렇지만 마이크로 스트립 안테나는 외견상 구조는 간단하고 자동화 생산이 가능하기 때문에 저가격의 대량 생산이 항상 고려되어야 한다. 테프론이 마이크로 스트립 안테나로써 선호되는 재질이나 고가이므로 에폭시 그래스 라미네이트도 가격측면을 고려한 대량 생산이 요구되는 경우 고려되어야 할 재질이다. 저주파에서는 가격이 저렴한 두꺼운 도체가 사용되지만 UHF 대역에서는 에칭 공차의 정확성 확보를 위하여 얇은 두께의 도체가 사용된다[18]. 본 논문에서 사용된 기판의 규격은 표 4.1과 같다.

표 4.1 기판의 제원

	제 원
금 속 두 께	0.0016 cm
기 판 두 께	0.16 cm
유 전 율	4.4

그림 4.1은 기판 제원을 바탕으로 CST MicroWave Studio 프로그램을 이용하여 가로 14 cm, 세로 18 cm 의 크기로 기본 기판을 설계한 뒤(layer1) 그 위와 아래에 PEC로 각각 패치(a)와 그라운드 판(b)을 만들었다. 패치의 폭은 2 cm 로 하여 제작하였다. 그림 4.2는 3D로 정면과 밑면을 본 것이다.



(a) 정 면 (b) 후 면

그림 4.1 패치 안테나의 정면도와 후면도

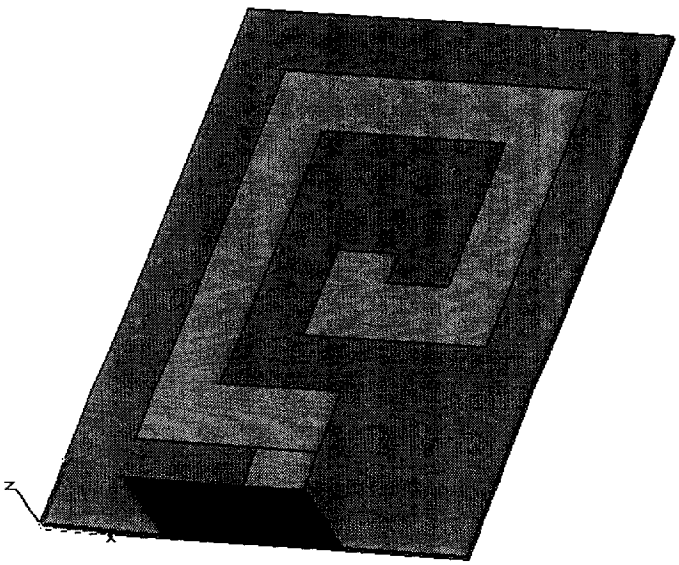
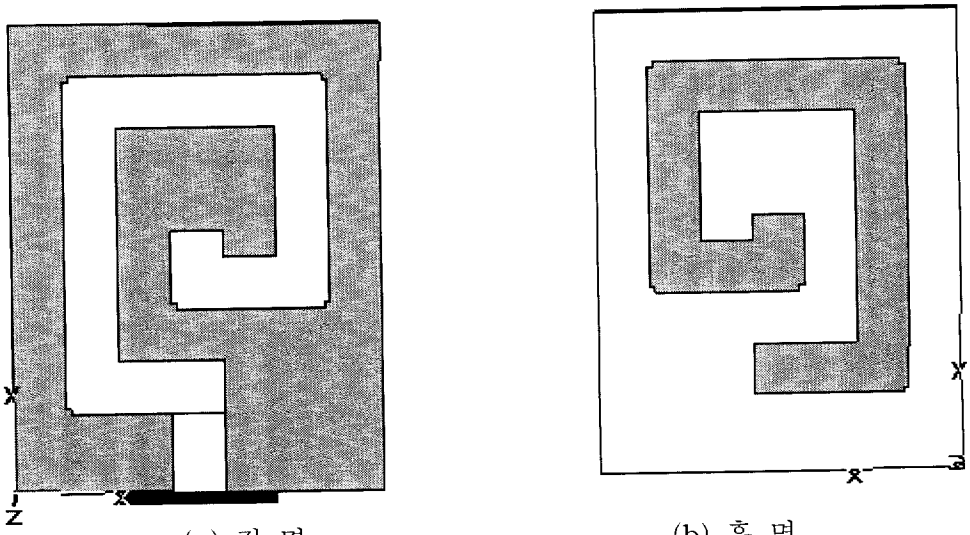


그림 4.2 패치 안테나의 3D 도면



(a) 정 면 (b) 후 면

그림 4.3 우선회 원형편파 안테나의 정면도와 후면도

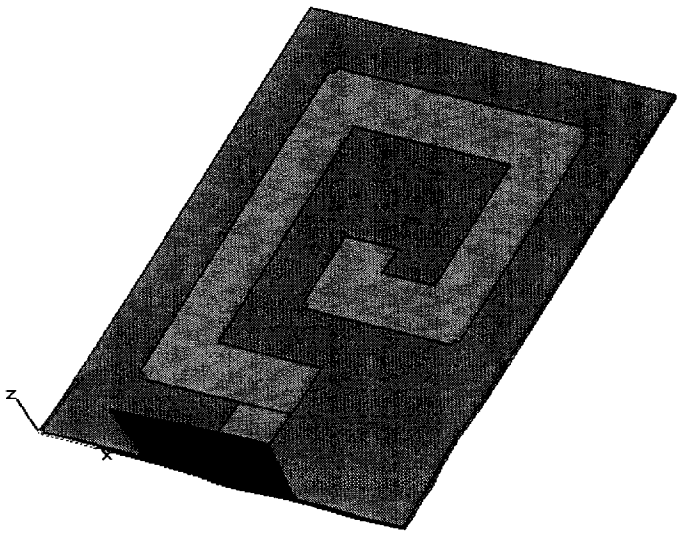
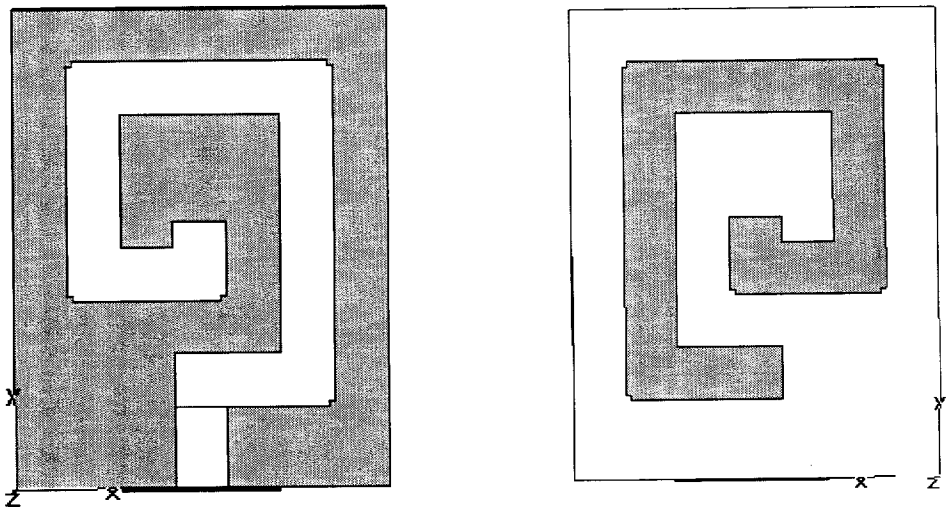


그림 4.4 우선회 원형편파 안테나 3D 도면

그림 4.3과 그림 4.4는 앞 안테나의 기본 형태에서 각각 모서리를 절단함으로서 우선회 원형편파 안테나를 제작한 그림이다.



(a) 정 면 (b) 후 면

그림 4.5 좌선회 원형편파 안테나의 정면도와 후면도

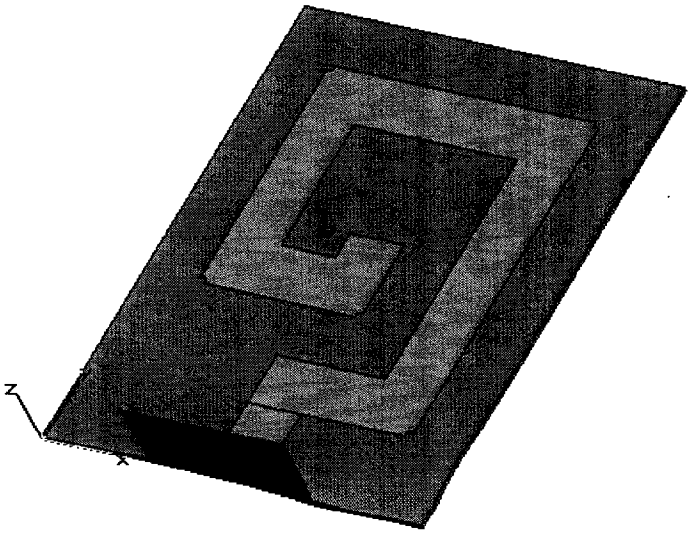


그림 4.6 좌선회 원형편파 안테나 3D 도면

그림 4.5와 그림 4.6은 패치의 진행 방향을 반대로 하여 설계를 하고 각각 모서리를 절단함으로서 좌선회 원형편파 안테나를 제작한 그림이다.

4.2 안테나 특성

그림 4.7과 그림 4.8은 그림 4.2 안테나 설계 후 시뮬레이션 결과이다. 그림 4.7은 안테나의 S11 특성을 나타낸 것으로 426 MHz에서 약 -6.53 dB의 수치를 나타내었다. 그림 4.8은 안테나의 임피던스 특성을 나타낸 것으로 약 11.13Ω으로 나타났다.

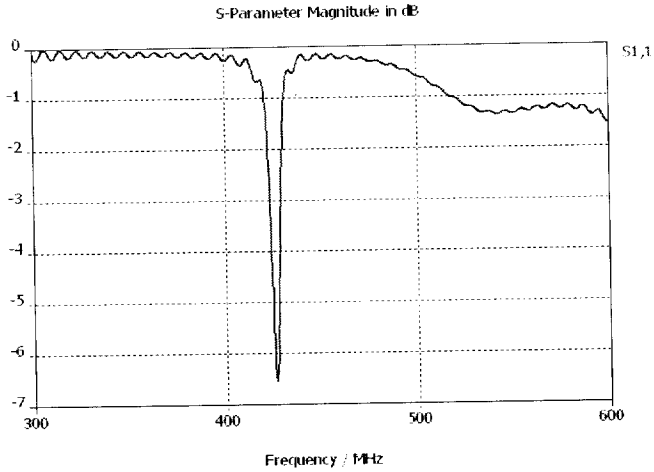


그림 4.7 패치 안테나의 S11 특성

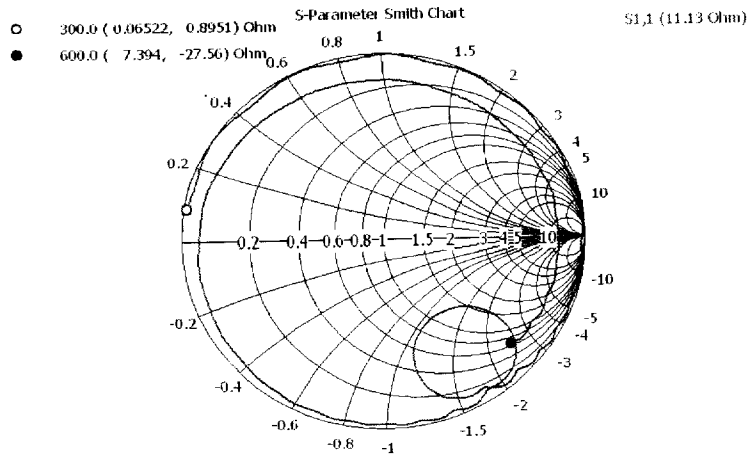


그림 4.8 패치 안테나의 임피던스 특성

그림 4.9은 우선회 원형편파 안테나의 S11 특성에 대한 시뮬레이션 결과이다. 중심주파수 약 430 MHz에서 약 -12.06 dB로 나타났다. 그림 4.10는 우선회 원형편파 안테나의 임피던스 특성을 나타낸 것으로 11.13Ω으로 나타났다.

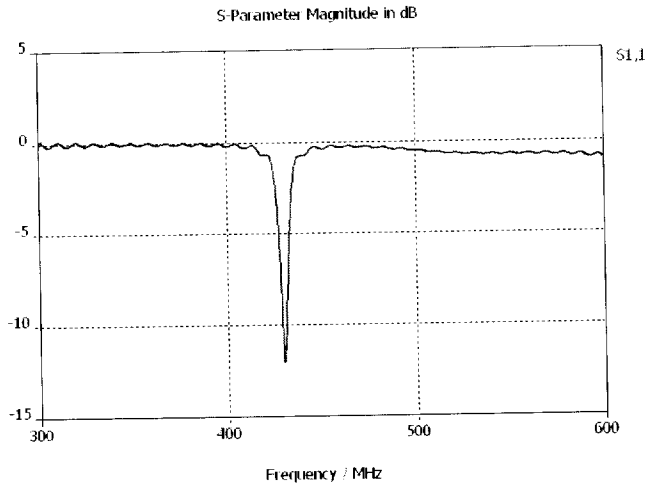


그림 4.9 우선회 원형편파 안테나의 S11 특성

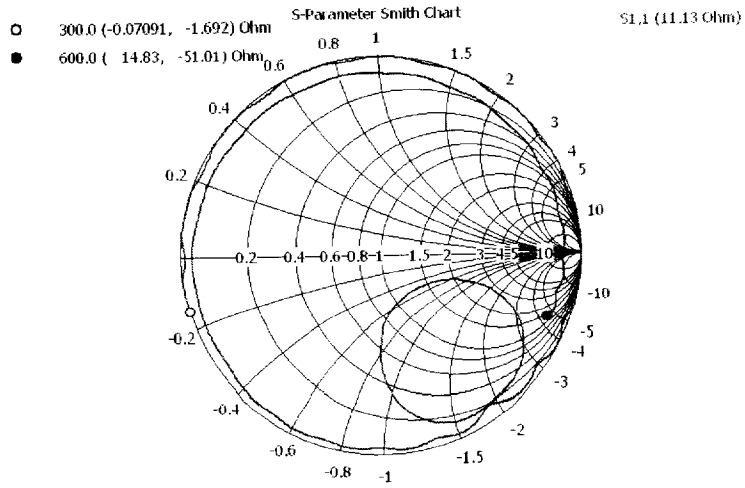


그림 4.10 우선회 원형편파 안테나의 임피던스 특성

그림 4.11은 좌선회 원형편파 안테나의 S11 특성에 대한 시뮬레이션 결과이다. 중심주파수 약 430 MHz에서 약 -12.06 dB로 나타났다. 그림 4.12는 좌선회 원형편파 안테나의 임피던스 특성을 나타낸 것으로 11.13 Ω으로 나타났다.

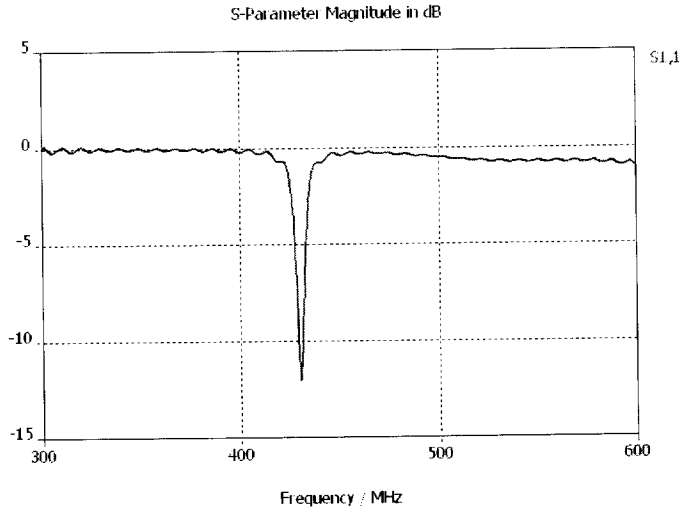


그림 4.11 좌선회 원형편파 안테나의 S11 특성

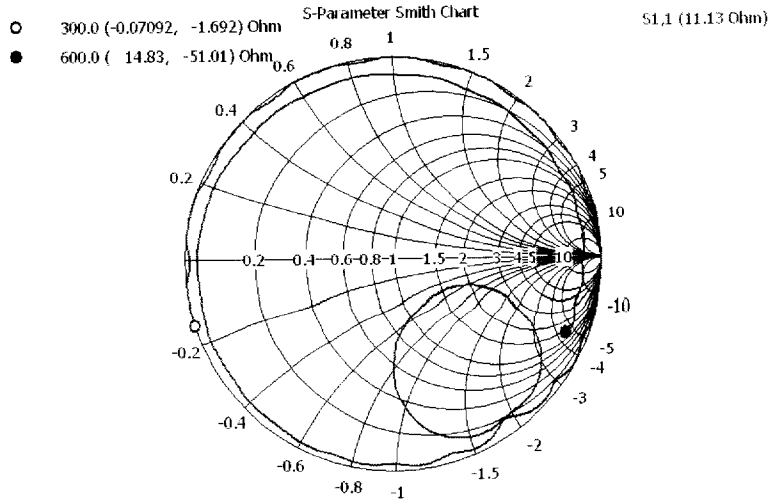


그림 4.12 좌선회 원형편파 안테나의 임피던스 특성

그림 4.13는 패치 안테나의 방사패턴을 보여 주는 그림이다.

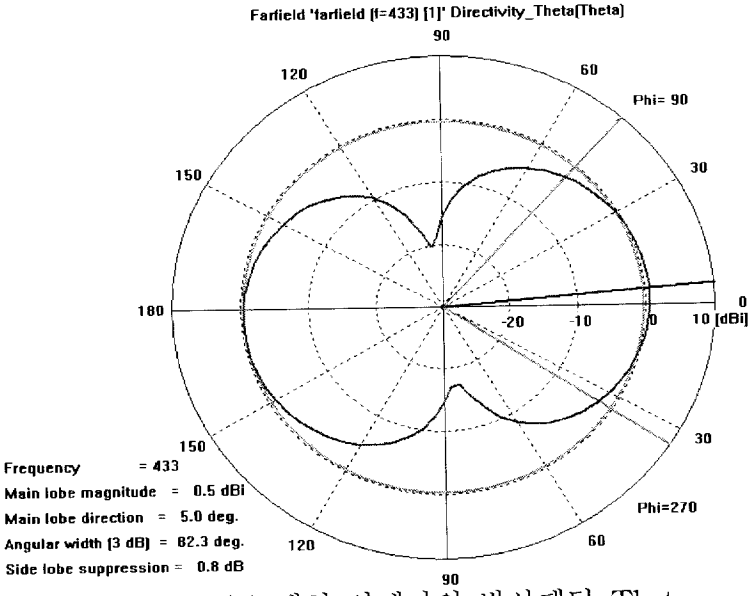
Main lobe magnitude의 단위는 dBi로서, dBi라는 것은 안테나 이득을 나타내는 단위이다. i는 isotropic antenna (등방성 안테나, 즉 사방으로 전력이 똑같이 나가는 안테나)의 약자이며, 이러한 등방성 안테나에 대한 특정 안테나의 방사패턴의 상대적인 크기를 의미한다. 이 안테나이득이 높을수록 지향성이 높은 안테나를 말한다. 그리고 Theta와 Phi는 축을 의미하고 Theta면을 기준으로 자른 것과 Phi면을 기준으로 자른 것, 두 그림을 각각 나타내었다.

그림 4.13의 패치 안테나 경우 Theta일 때 Main lobe magnitude는 0.5 dBi를 나타내었고(a) Phi일 때 Main lobe magnitude는 1.4 dBi를 나타내었다.(b)

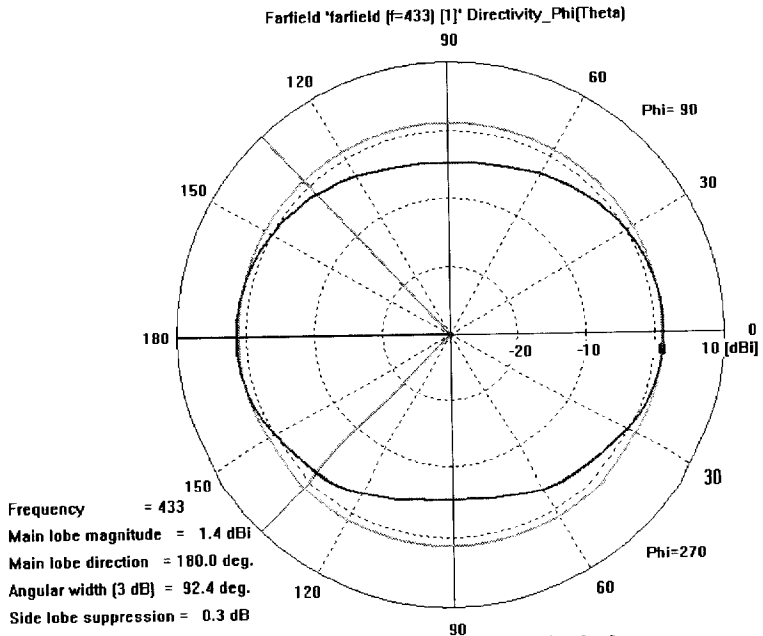
그림 4.14와 4.15는 각각 우선회 원형편파 안테나와 좌선회 원형편파 안테나의 방사패턴을 나타낸다. Main lobe magnitude는 Theta는 -20.4 dBi, Phi는 -1.2 dBi로 똑같이 나왔으며 방사패턴의 모양을 살펴보면 안테나 설계 시 각각 안테나가 Y축의 대칭 형태를 이루었는데 방사패턴의 모양도 같은 형태를 나타낸다.

그림 4.16은 우선회 원형편파 안테나의 Axial Ratio(축비)를 나타내고 그림 4.17은 좌선회 원형편파 안테나의 Axial Ratio를 나타낸다. 4.16의 (a)와 4.17의 (a)두 그림도 위의 방사패턴과 마찬가지 형태로 Y축 대칭 형태를 이루고 있다.

우선회 원형편파 안테나의 경우 Y축을 중심으로 오른쪽에 -14.8 dB ~ -19.3 dB 의 신호가 집중되어 있는 것을 볼 수 있고 좌선회 원형편파 안테나의 경우 Y축을 중심으로 왼쪽에 -14.8 dB ~ -19.3 dB 의 신호가 집중이 되어 있다.

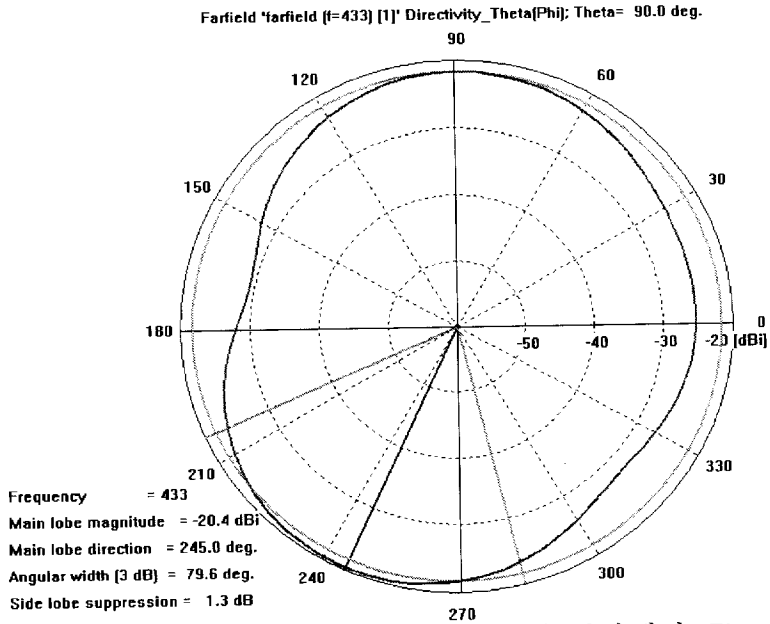


(a) 패치 안테나의 방사패턴 Theta

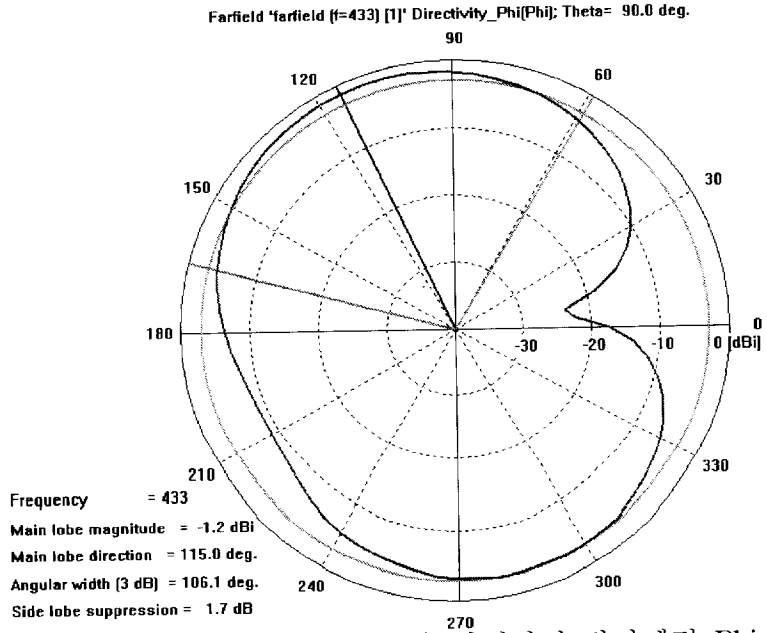


(b) 패치 안테나의 방사패턴 Phi

그림 4.13 패치 안테나의 방사패턴

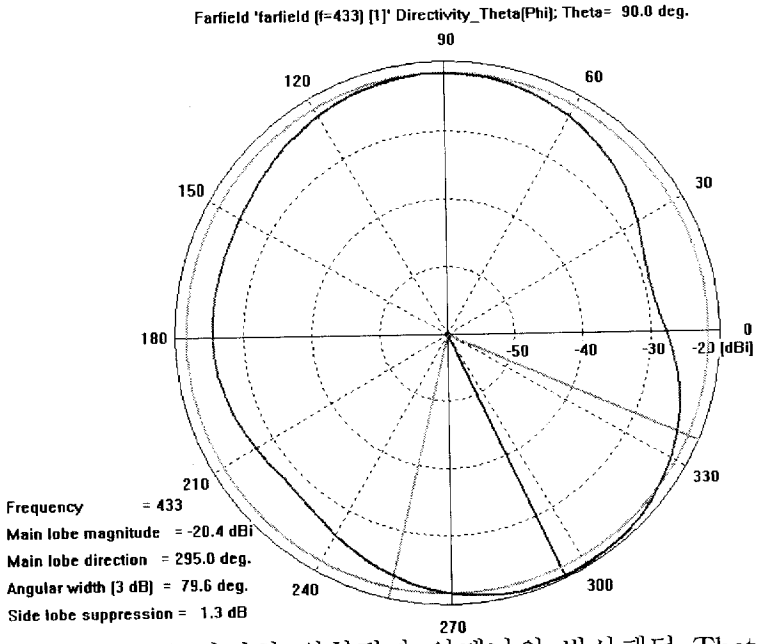


(a) 우선회 원형편파 안테나의 방사패턴 Theta

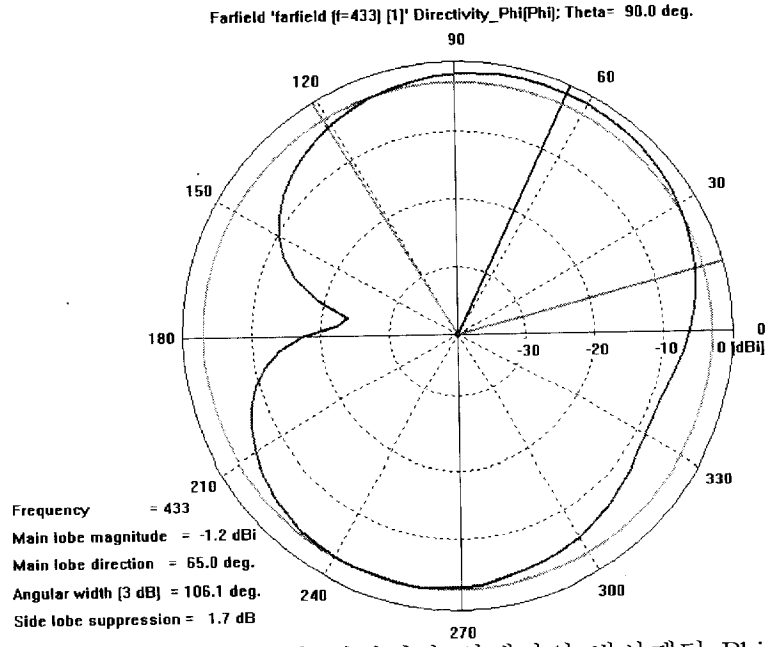


(b) 우선회 원형편파 안테나의 방사패턴 Phi

그림 4.14 우선회 원형편파 안테나의 방사패턴

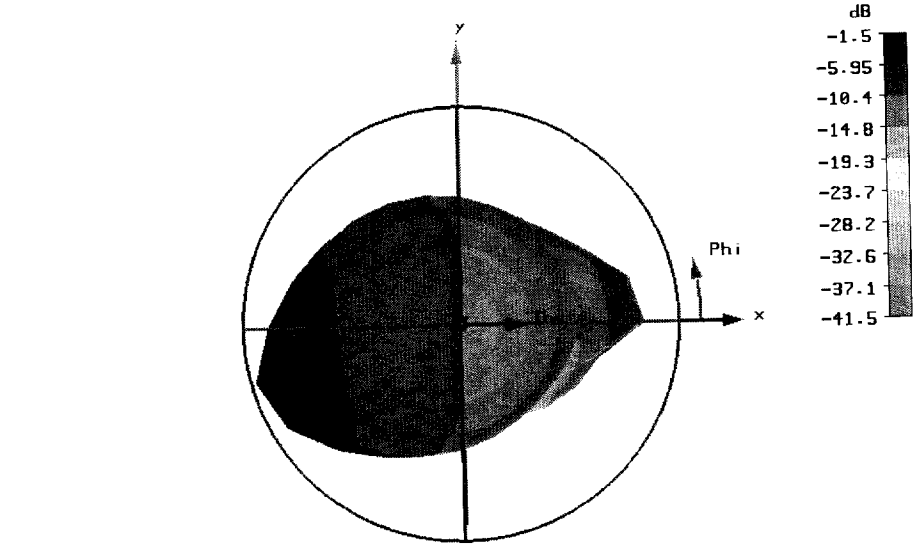


(a) 좌선회 원형편파 안테나의 방사패턴 Theta

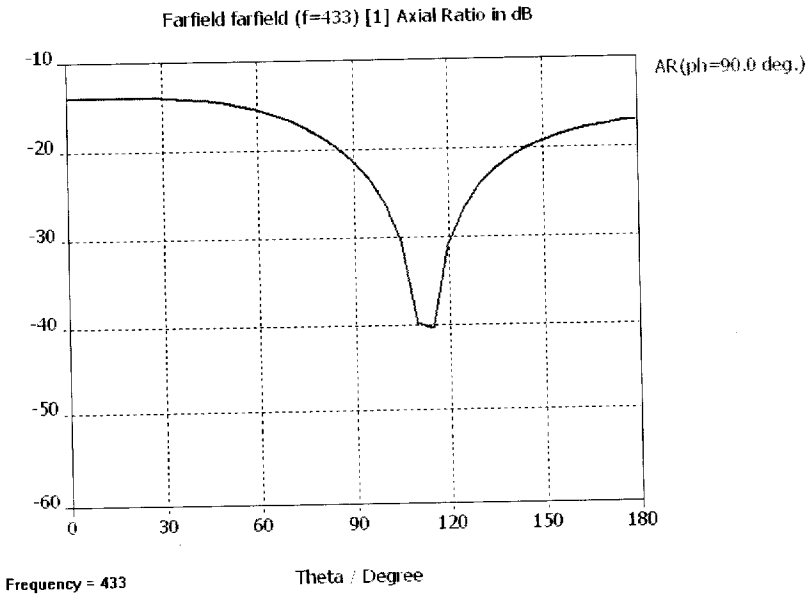


(b) 좌선회 원형편파 안테나의 방사패턴 Phi

그림 4.15 좌선회 원형편파 안테나의 방사패턴

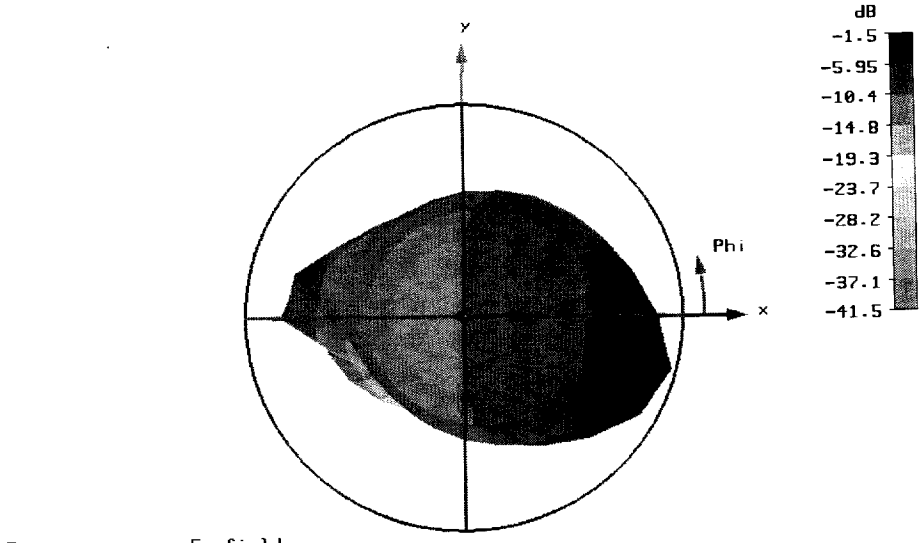


(a) 우선회 원형편파 안테나의 축비 3D

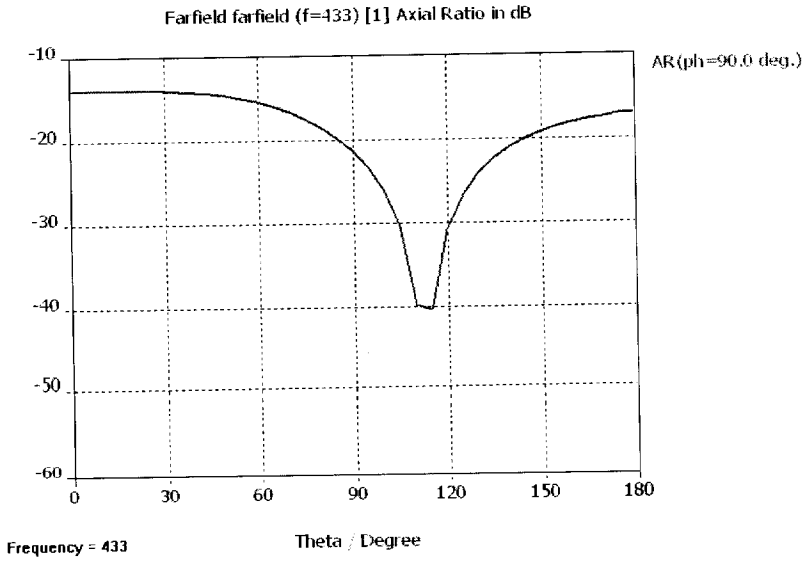


(b) 우선회 원형편파 안테나의 축비 Theta

그림 4.16 우선회 원형편파 안테나의 축비



(a) 좌선회 원형편파 안테나의 축비 3D



(b) 좌선회 원형편파 안테나의 축비 Theta

그림 4.17 좌선회 원형편파 안테나의 축비

제 5 장 결론 및 추후연구사항

본 논문에서는 RFID의 동향을 살펴보고 RFID/USN 시스템과 RFID 태그 및 리더기 기술을 설명하였다. 또, 중심주파수 433MHz 대역에서 동작하는 RFID/USN용 마이크로 스트립 안테나를 설계하였다.

일반적으로 마이크로 스트립 안테나는 하나의 기판 위에 단일 패치 형태로 사용된다. 하지만 단일 패치의 형태로 설계를 하면 그 패치의 길이와 폭이 각각 35cm 정도로 커진다. 안테나 크기를 더 작게 하여 리더기에 부착될 때 휴대용 리더기 안테나에 부착이 가능할 수 있는 크기에 그 주안점을 두었다. 그리고, 처음 설계한 패치 안테나의 모서리를 적절히 절단하여 우선회 원형편파 안테나와 좌선회 원형편파 안테나를 만들었다. 패치 안테나 S11의 경우 중심주파수에서 -6.53 dB로 나타났지만 모서리를 절단한 우선회 원형편파 안테나와 좌선회 원형편파 안테나는 중심 주파수에서 -12.06 dB로 통상 S11 특성이 -10 dB 이하면 양호하다고 판단하므로 S11의 특성이 양호한 것으로 판단할 수 있다.

임피던스 특성의 경우 진공상태의 임피던스 70 Ω과 도체의 임피던스 25 Ω의 중간치인 약 50 Ω을 좋은 정합 특성으로 판단한다. 본 설계에서는 11.13 Ω로 임피던스 특성이 나왔다. 이는 패치와 기판의 유전율을 달리 하면 적절한 임피던스를 얻을 수 있을 것이다.

방사패턴의 특성은 패치 안테나의 경우 0.5 dBi 정도로 지향성 정도가 낮지만 우선회 원형편파 안테나와 좌선회 원형편파 안테나의 경우는 -20.4 dBi

정도로 지향성이 높게 나타났다.

축비의 특성을 통해 우선회 원형편파의 안테나와 좌선회 원형편파의 안테나의 최대 S11의 특성이 일어나는 곳이 우선회는 Y축을 중심으로 오른쪽, 좌선회는 왼쪽에 나타나므로 각각의 안테나가 서로 알맞은 편파를 송·수신 하게 됨을 알 수 있다.

본 논문의 2.2 절 RFID/USN 시스템 기술에서 언급한 것과 같이 실제 RFID 기술은 디바이스 계층(Device Tier), 센서 네트워크 계층, 소프트웨어 플랫폼 계층(Software platform Tier), 어플리케이션 계층(Application Tier)으로 구성되는 4개의 계층(Tier) 구조로 이루어진다. 본 논문은 디바이스 계층에 속하는 리더기의 안테나에 중점을 두었기에 부족한 점이 많다. 향후 연구 과제로 설계된 안테나를 바탕으로 하여 실제 안테나 제작과 태그 설계 및 제작을 하여 서로 간의 통신을 통해 그 성능을 확인하고자 한다.

참고 문헌

[1] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd., England, 2003.

[2] 이재현, "RFID 기술 동향," 한국전자파학회지, vol. 15, No. 2, pp. 3-4, 2004. 4.

[3] 서홍석, "RFID 서비스 기반 USN 구축 정책 추진 방향," 한국통신학회지, vol. 21, No. 6, pp. 13-20, June 2004.

[4] 이은곤, "RFID 확산 추진현황 및 전망," 정보통신정책 제 16권 6호, pp. 7-10, 2004. 4.

[5] 이근호, "무선식별(RFID) 기술," TTA저널 제89호, pp. 126-127.

[6] 신상철, 김유정, 송석현, "RFID/USN 국제표준화 대응 전략 및 보급활성화 방안," 한국통신학회지, vol. 21, No. 6, pp. 22-24, June 2004

[7] 이근호, "무선식별(RFID) 기술," TTA저널 제89호, pp. 127-129.

[8] (주)Knowledge Research Group, "RFID 동향 및 사례분석 보고서," IT리포트, http://www.krgweb.com, 2004.

[9] 정민화, "RFID 표준화 동향," 한국전자파학회지, vol. 15, No. 2, pp. 14-17, 2004. 4.

[10] 장동원 외, RFID 기술기준 도입을 위한 기술 분석. 전자통신동향분석 제 18권 제 6호 ,Dec 2003.

[11] 김희철, 홍춘표, "RFID/USN 기술 분석 및 전망," 한국통신학회지 vol.

21, No. 6, pp. 39-43, June 2004.

[12] 표철식, 채종석, 김창주, "RFID 시스템 기술," 한국전자파학회지, vol. 15, No. 2, pp. 21-23, 2004. 4.

[13] 김희철, 홍춘표, "RFID/USN 기술 분석 및 전망," 한국통신학회지 vol. 21, No. 6, pp. 47-49, June 2004.

[14] H. F. Lee, and W. Chen, *Advances in Microstrip and Printed Antennas,* John Wiley & Sons, Inc., 1997.

[15] I. J. Bahl and P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, 1982.

[16] J. R. James and P. S. Hall, *Handbook of Microstrip Antenna I , II*, Institute of Electrical Engineers. 1989.

[17] 이주현, "移動無線電波環境에서 다중경로 페이딩 輕減을 위한 圓編波 다이버스티시스템 製作 및 性能評價에 관한 硏究," 부경대학교 정보통신공학과 박사학위논문, 2003. 8

[18] 박경철, 윤태섭, "UHF 대역 RFID를 위한 안테나 및 리더기술," 한국통신학회지 vol. 21, No .6, pp. 150-151, June 2004.

감사의 글

이 학위 논문이 있기까지 모든 면에서 자상한 지도와 보살핌을 주신 하덕호 교수님의 은혜에 진심으로 감사 드립니다. 또한 본 논문이 책으로 출판되기까지 아낌없는 충고와 조언을 해 주신 심사위원 윤종락 교수님과 정연호 교수님께 감사 드리며, 또한 RFID 시스템에서 극초단파(UHF) 대역의 마이크로 스트립 안테나의 설계에 대한 세미나 자료등 많은 도움을 주신 동고동락한 연구실 동료인 안재성 선생님, 김태홍, 황인권 이하 여러 후배들에게도 진심으로 감사드립니다.

그 동안 연구실 생활을 하면서 많이 느끼고 배웠습니다. 지금까지 이렇게 학위논문을 무사히 완성할 수 있었던 것은 교수님 이하 연구실 부원들의 한결같은 도움과 충고 덕분으로 이루어낸 결과물이라 여기며 감사드립니다.

그리고 2년 동안 힘들게 뒷바라지를 해 준 우리 가족 모두에게 감사드리고, 아쉽고 부족했던 2년의 석사과정을 뒤로 보내며, 앞으로의 사회생활을 해 나가는데 있어서 이 경험을 바탕으로 더 큰 삶을 살기 위해 최선을 다하겠습니다.

2005년 새해가 며칠 남지 않았습니다. 다가오는 새해에는 모두 복 많이 받으시고 하시고자 하는 일 다 성취하는 한 해가 되시길 바랍니다.

감사합니다.

2004년 12월

白 昇 容