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

工學碩士 學位論文

페라이트를 이용한 低周波用 RFID 안테나의 인식거리 改善에 관한 硏究

A study on the Detection Range Improvement of Low Frequency RFID Antenna using the Ferrite

指導敎授 朴 東 國

2008年 8月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

金 榮 春

本 論文을 金榮春의

工學碩士 學位論文으로 認准함.

委 員 長　　梁 圭 植　　印

委　　員　　孫 慶 洛　　印

委　　員　　朴 東 國　　印

2008年 8月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

목 차

Abstract

제 1 장 서 론 ····· 1

제 2 장 RFID 시스템 ····· 3

2.1 시스템의 개요 ····· 3

2.2 시스템의 구성 ····· 6

제 3 장 RFID 안테나 설계 및 실험 ····· 20

3.1 13.56MHz RFID 시스템의 구성 및 설계 ····· 20

3.2 적층형 안테나 설계 및 실험 ····· 23

3.2 페라이트형 안테나 설계 및 실험 ····· 28

제 4 장 결 론 ····· 38

참 고 문 헌 ····· 39

부 록

표 목 차

표 2-1 RFID 시스템과 다른 인식시스템과의 비교표 ····· 4

표 2-2 RFID 시스템의 주파수별 구분 ····· 5

표 2-3 내부 전원 유무에 따른 태그 구분 ····· 11

표 3-1 재질에 따른 투자율 비교표 ····· 29

표 3-2 적층형 루프 안테나와 페라이트형 루프 안테나의 방사저항 ····· 37

그 림 목 차

그림 2-1 RFID 기술의 발전 방향 ····· 3

그림 2-2 RFID 시스템의 간략도 ····· 6

그림 2-3 RFID 리더기의 내부 구성도 ····· 8

그림 2-4 RFID 리더기의 신호처리 흐름도 ····· 9

그림 2-5 RFID 태그의 내부 구성도 ····· 11

그림 2-6 태그 메모리 맵 ····· 12

그림 2-7 안테나 코일의 등가회로 ····· 14

그림 2-8 구형 루프안테나의 기하학적 구조 ····· 16

그림 3-1 13.56MHz RFID시스템의 블록 다이어그램 ····· 20

그림 3-2 13.56MHz 리더기 시스템 ····· 21

그림 3-3 13.56MHz 출력신호의 스펙트럼 ····· 22

그림 3-4 커패시터 용량 변화에 따른 안테나의 특성 ····· 24

그림 3-5 안테나의 인식거리 실험 ····· 25

그림 3-6 일반 루프 안테나와 적층형 루프 안테나의 인식거리 비교 ····· 26

그림 3-7 적층형 루프 안테나의 권선 수에 따른 인식거리 비교 ····· 26

그림 3-8 제작된 일반 루프 안테나와 적층형 루프 안테나 ····· 27

그림 3-9 페라이트형 루프 안테나 구조 ····· 31

그림 3-10 일반 루프 안테나와 페라이트형 루프 안테나의 실험 ····· 32

그림 3-11 일반 루프 안테나의 인식거리 ····· 34

그림 3-12 페라이트형 루프 안테나의 인식거리 ····· 36

그림 3-13 페라이트형 루프 안테나의 페라이트 크기에 따른 인식거리 비교 ····· 37

Abstract

If computer network has been controlled by human beings until now, ubiquitous network that computers decide what to do and give necessary information without specific commands or any actions will be forming with simple intention. RFID(Radio Frequency IDentification) technology can exist on the basis of ubiquitous technology and it will be one of the necessary skills for the future life. In fact, RFID co-exists with human beings and is applied to every part of our life without any recognition.

The purpose of this paper was to find out the skill of RFID system better and approach closer to do. This study dealt with general RFID system and described RFID system which activated low frequency range within 13.56MHz.

The purpose of this study was to solve the problem of maximum detection rangee of RFID system which generally activates 13.56MHz, since most systems that are on the market recognize tag in between 5 Cm . In addition, I'd like to cover the problem of detection rates which are not very good, by providing some solutions. First, this study was dealt with constitution and special features of simple RFID. Second, this study made stacked loop antenna and Ferrite loop antenna, to improve detection range of RFID reader system's antenna which activates 13.56MHz and adapted RFID reader to find out improvement compare to the existing antenna through the experiment. In conclusion, this study described some benefits when applied newly made two antennas to the existing system.

제 *1* 장 서 론

지금까지의 컴퓨터 네트워크가 인간의 의지에 의한 조작으로 이루어졌다면 미래는 의지에 상관없이 필요에 따라 굳이 어떤 명령이나 행위를 하지 않아도 컴퓨터가 스스로 판단하고 조치하여 정보를 제공하거나 동작하는 능동적인 네트워크인 유비쿼터스(Ubiquitous) 네트워킹이 형성될 것이라 생각된다 [1].

유비쿼터스는 '언제 어디에나 존재 한다'라는 뜻의 라틴어 'Ubique'에서 유래된 용어이다. IT분야에서 이 말이 처음 시작된 곳은 전 세계 IT의 대표주자들이 모여 있는 실리콘벨리에 위치한 제록스사 팔로알토연구소 Palo Alto Research Center (PARC)이다. 이곳에 근무하던 Mark Weiser박사가 1991년 과학잡지에서 '유비쿼터스 컴퓨팅'이라는 개념을 발표하면서 유비쿼터스 개념이 성립되었다. 이 개념은 사용자가 컴퓨터를 이용한다는 것을 인식하지 못할 정도로 컴퓨터 네트워크가 환경에 구애받지 않고 우리 삶의 일부가 된다는 신조어이다. 나아가 미래의 진보된 유비쿼터스는 아무런 조작 없이도 단지 하겠다는 의지만으로도 모든 것이 해결되는 세상이 도래할 것이라 생각한다. 이런 유비쿼터스 기술의 중심에는 RFID(Radio Frequency IDentification)가 존재할 것이며 생활에 없어서는 안 될 미래의 필수 기술이 될 것이다. 지금 현재도 우리가 인식하지 못하지만 RFID는 우리 생활 곳곳에 적용되며 인류와 공존하고 있다고 생각한다 [2].

본 논문에서는 보편적으로 13.56MHz에서 동작하는 RFID시스템의 최대 인식거리가 10Cm이지만 현재 시장에서 사용 중인 시스템의 대부분이 5Cm내외에서 태그인식이 이루어짐은 물론 인식률 또한 그다지 우수하지 못하다는 문제점을 보완하기 위해 안테나 개선에 대한 몇 가지 보완책을 제시하고자 한다. 논문의 구성으로는 1장에서 간단한 RFID의 유래와 본 논문의 연구 방향에 대해 기술하였고 2장에서는 RFID시스템의 구성과 특징에 대해 설명했고 3장에서는 13.56MHz에서 동작하는 RFID시스템의 성능 향상을 위해서 적층형 안테나와

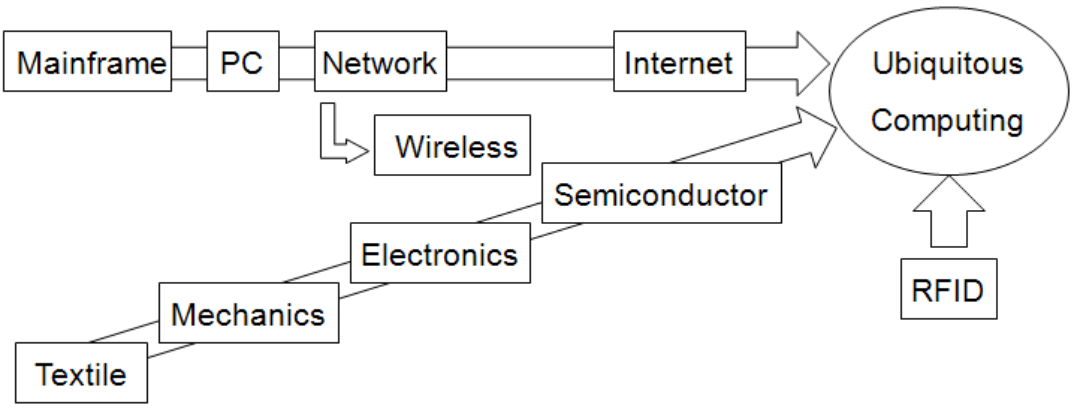
페라이트형 안테나라는 새로운 형태의 안테나를 제안하고 실제 13.56MHz에서 동작하는 RFID 리더기에 적용하여 태그 인식거리에 대한 실험을 수행한 내용을 기술하였다. 마지막, 4장에서는 새롭게 제작된 안테나와 기존 안테나의 인식거리에서 얼마나 성능 개선이 이루어졌는지에 대한 성능평가로 결론을 맺었다.

제 2 장 RFID 시스템

2.1 시스템의 개요

무선인식 시스템의 대명사인 RFID시스템은 무선주파수를 이용하여 사람, 물류, 동물의 고유정보를 비접촉식으로 원거리에서 인식, 관리하는 시스템이다. 기존의 물류 인식체계인 바코드, 마그네틱을 이용한 시스템의 대체에 용이하며 동시에 다수의 대상을 인식할 수 있는 장점이 있어 물류관리뿐만 아니라 제조, 서비스산업 등에 이르기까지 다양한 분야에서 사용되어지고 있다 [1].

<그림 2-1>은 과거와 현재의 네트워킹기술에서부터 향후 구축될 유비쿼터스 컴퓨팅기술의 중심에 RFID기술이 필수적임은 물론 각광받을 기술로 부각될 수 있다는 것을 나타내고 있다.



<그림 2-1> RFID 기술의 발전 방향 [2]

RFID의 특징으로는 첫째, 동시에 여러 태그를 인식할 수 있고 리더와 태그간에 고속으로 데이터 전송이 이루어지기에 시간을 절약할 수 있다. 둘째, 감지거리가 길기 때문에 다양한 환경여건에 따라 적용이 용이하며 응용범위가 넓다는 것이다. 셋째, 기계적인 접촉이 없고 에러율이 낮아 내환경성이 우수하여 수명

이 길다. 넷째, 유리, 섬유, 목재와 같은 비금속재료를 투과해 정보를 전달할 수 있기에 장애물에 대한 염려가 없다.

<표 2-1>은 RFID 시스템이 다른 인식시스템과의 차이점을 나타내었다.

<표 2-1> RFID 시스템과 다른 인식시스템과의 비교표 [1]

시스템 파라메터	바코드	OCR	음성인식	생체인식	스마트 카드	RFID 시스템
데이터크기(byte)	1-100	1-100	-	-	16-64k	16-64k
데이터밀도	낮음	낮음	높음	높음	매우 높음	매우 높음
기계적 인식률	좋음	좋음	낮음	낮음	좋음	좋음
사람에 의한 인식	제한적	간단함	간단함	어려움	불가능	불가능
오염물질에 대한 영향	매우 높음	매우 높음	-	-	접촉식의 경우 가능함	영향이 없음
시야 가림에 대한 영향	완전 차단	완전 차단	-	가능	-	영향이 없음
방향과 위치에 의한 영향	낮음	낮음	-	-	단방향성	영향이 없음
마모성	제한적	제한적	-	-	접촉에 의함	영향이 없음
가격	매우 낮음	중간	매우 높음	매우 높음	낮음	중간
운영비용	낮음	낮음	없음	없음	중간 (접촉식)	없음
비인가 복사/수정 가능성	약간	약간	가능 (오디오 테이프)	불가능	불가능	불가능
인식속도(데이터 운반 포함)	낮음 ~4초	낮음 ~3초	매우 낮음 >5초	매우 낮음 >5-10초	낮음 ~4초	매우 빠름 ~0.5초
최대 인식거리	0-50cm	<1cm 스캐너	0-50cm	직접 접촉	직접 접촉	0-5m, 마이크로파

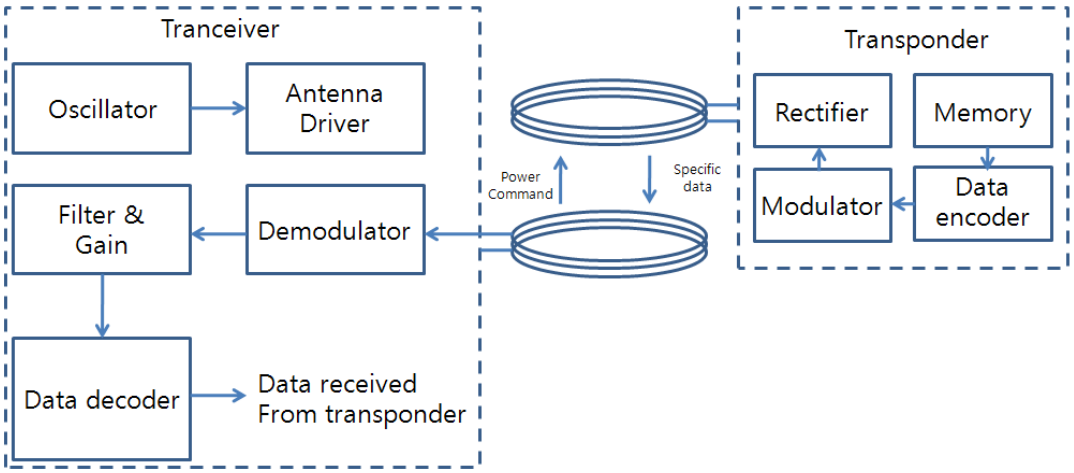
<표 2-2>는 주파수대역에 따른 RFID 시스템의 특징을 구분하여 나타냈으며 본 논문에서는 전자기유도 방식으로 동작하는 시스템에 대해 실험하였다.

<표 2-2> RFID 시스템의 주파수별 구분 [2]

주파수	저주파 (LF)	고주파 (HF)	극초단파 (UHF)		마이크로파
	135KHz 이하	13.56MHz	433MHz	860MHz ~ 930MHz	2.45GHz
	ISO18000-2	ISO18000-3	ISO18000-7	ISO18000-6	ISO18000-4
	전자기유도 방식		마이크로파 방식		
인식거리	약 10Cm	60Cm이내	50~100m	3.5~10m	~1m이내
일반특성	-인식속도 느림 -외부환경에 강함	-저주파보다 저가 -단거리인식 -대중태그 인식	-장거리인식 -USN적용 가능	-저가생산 가능 -거리, 성능 우수 -대중태그 인식	-인식속도 빠름 -외부환경에 취약
동작방법	수동	수동	능동	수동 & 능동	수동 & 능동
적용분야	-가축관리 -공정자동화 -출입통제/ 보안	-수화물관리 -대여물품 관리 -교통카드 -출입통제/ 보안	-컨테이너 관리 -실시간 위치 추적	-물류관리 -자동통행료 징수	-위조방지 -출입관리 -산업자동화
제조사 & (제품명)	-Philips (HITAG) -OMRON (V700)	-Philips (I-CODE) - TI (Tag-It)			-HITACHI (μ-chip) -Intermec (Inteliatg)

2.2 시스템의 구성

RFID 시스템의 구성은 크게 세 종류로 나눌 수 있는데, 고유정보를 인식하고 처리하는 리더(판독기), 대상에 부착되어 위치 및 각종 고유정보를 저장하고 있는 태그(트랜스폰더), 서로간의 무선통신을 가능하도록 하는 안테나(결합장치)로 구성되어 있으며 <그림 2-2>과 같이 간략하게 나타낼 수 있다 [3].



<그림 2-2> RFID 시스템의 간략도 [4]

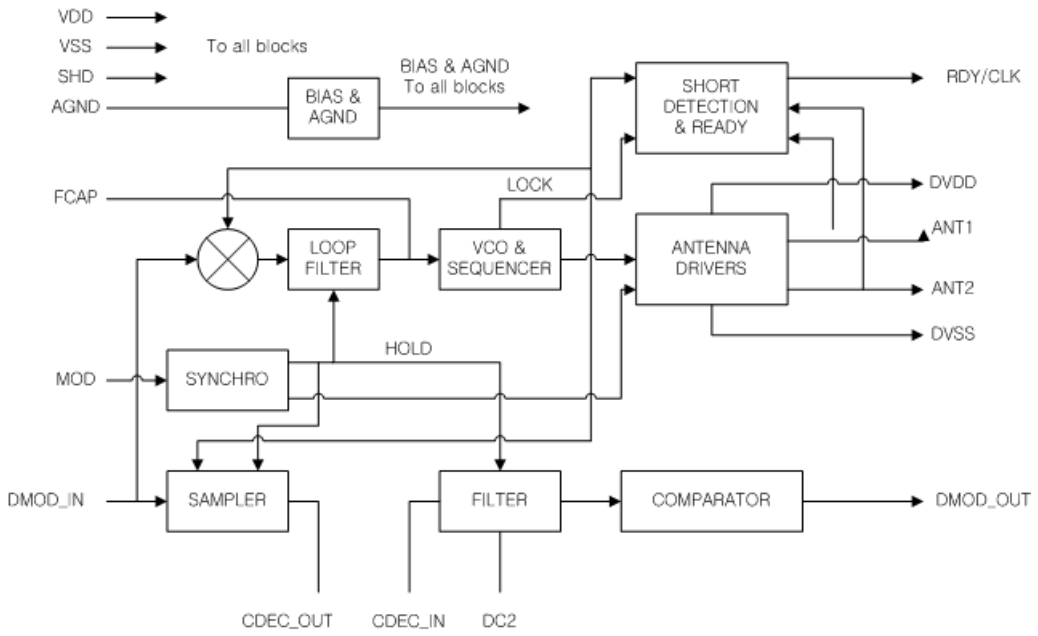
또한 시스템은 포괄적으로 하드웨어와 소프트웨어로 구분되며 상세하게는 작동 주파수, 데이터 송수신 방식, 태그의 종류에 따라 구분된다. 하드웨어 구성은 리더, 태그, 안테나로 구성되는데 리더는 신호처리용 프로세서와 RF회로, 안테나로 구성되며 태그에서 사용될 전원과 데이터를 송수신하는 기능을 한다. 태그는 리더의 인식범위 내에 들어갔을 때 서로 교신하여 메모리에 저장된 고유데이터를 전송하는 기능을 한다. 안테나는 무선주파수를 사용해 공기 중에서 리더와 태그의 인터페이스기능을 한다. 소프트웨어는 다시 하드웨어상에서 동작하는 펌웨어와 PC상에서 동작하는 어플리케이션 소프트웨어로 구분되는데 펌웨어는 주로 어셈블리어 또는 기계적인 C언어로 작성되어 하드웨어의 원활

한 제어에 사용되며, 어플리케이션 소프트웨어는 하드웨어와 PC간의 인터페이스를 통해 입력된 태그의 고유 데이터를 인식하거나 태그에 부착된 센서의 입력신호를 처리하여 경우에 따라 웹상에 공유시키기도 하는데 이런 시스템을 USN(Ubiquitous Sensor Network)이라고 한다. USN은 RFID시스템의 진보된 형태라 말할 수 있다.

2.2.1 RFID 시스템의 리더기

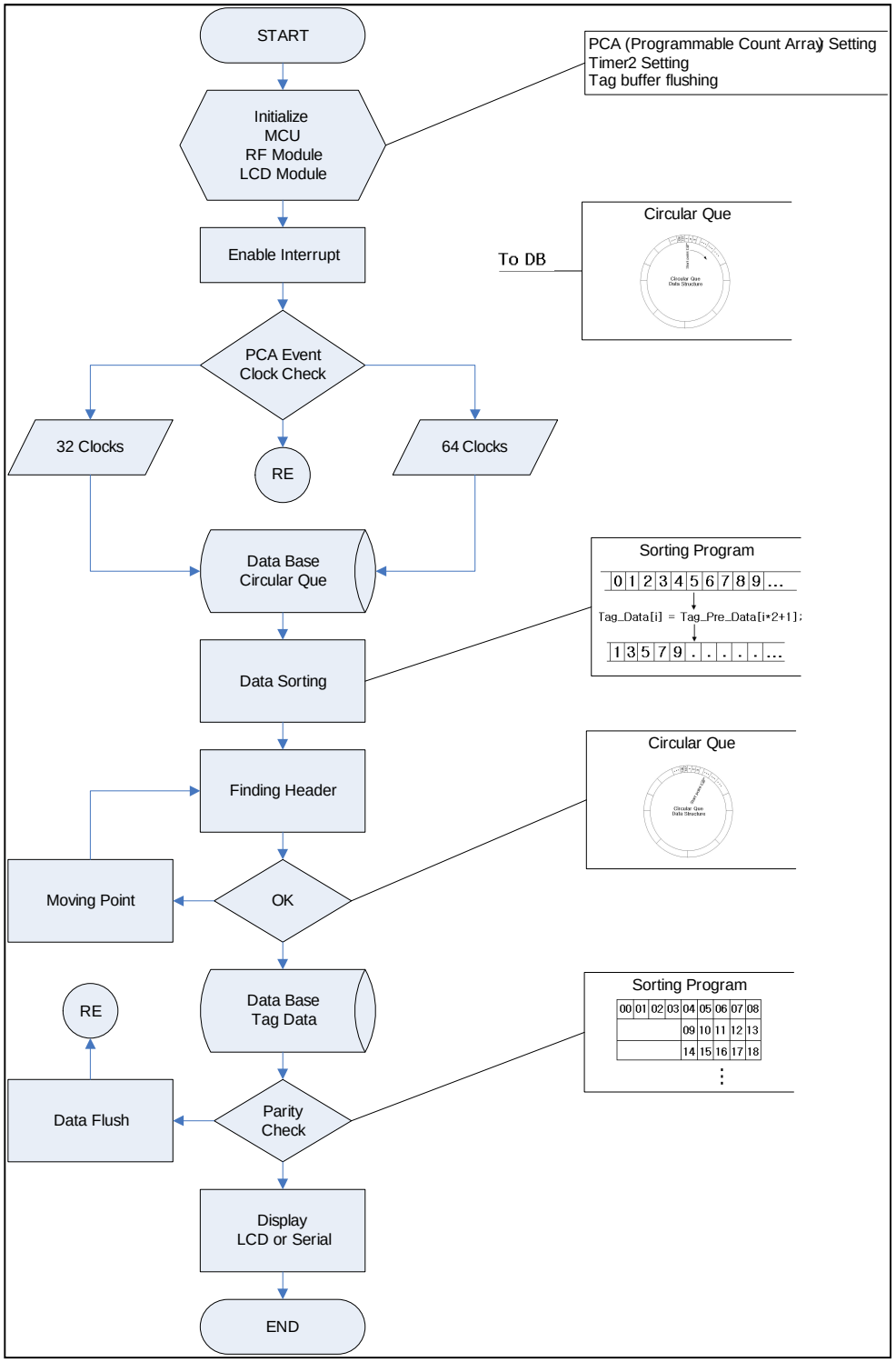
판독기라고도 하는 리더기는 전력과 데이터가 포함된 전자파를 송신하여 태그를 구동시키고 무선 인터페이스를 구성하여 데이터를 읽고 처리하는 장치인데 경우에 따라 태그에 데이터를 쓰기도 한다. 또한 리더기의 다른 역할은 컴퓨터와의 인터페이스를 통해 태그로부터 취득한 데이터를 다양한 방법으로 처리할 수 있도록 한다는 것으로 RFID 시스템에서 태그를 Slave로 정의한다면 리더기는 Master역할을 담당하는 가장 중요한 부분이라 말할 수 있다. <그림 2-3>은 일반적인 RFID 시스템 리더기의 내부 구성도를 나타낸 것으로 고주파 전력을 송출하고 정보를 반송하기 위한 발진회로, 필요한 전력레벨까지 신호를 키워주는 증폭회로, 안테나에 손실 없는 전력을 전달하기 위한 정합회로, 불필요한 전파의 송출을 억제하는 필터회로와 수신된 신호에서 데이터만 취득하기 위한 검출기로 구성된다 [2].

RFID 리더기의 종류에는 고정형과 이동형으로 나누어지는데 고정형은 리더기가 장치에 고정되어 있고 태그가 리더기 안테나에 근접했을 때, 통신이 이루어지는 형태이며 일반적으로 사용되는 RFID 시스템 형태이다. 이동형은 고정형과 반대로 태그가 고정되어 있고 리더기가 이동하면서 태그의 정보를 인식하는 형태인데 주로 태그와 연동하는 센서에 의해 취득한 특정 데이터를 리더기가 이동하면서 데이터를 취득하는 형태로써 리더기가 소형으로 휴대성이 용이한 저주파대역의 RFID 시스템에 주로 사용된다.



<그림 2-3> RFID 리더기의 내부 구성도 [4]

<그림 2-4>는 일반적인 RFID시스템에서 리더기의 신호처리를 나타낸 것으로 125KHz에서 동작하는 리더인 EM사의 EM4095를 동작시키기 위한 프로그램 순서도이다. 신호처리 순서는 먼저 RFID 시스템을 제어할 MCU를 비롯해 RF모듈과 데이터 출력을 위한 LCD모듈 등을 초기화한다. 다음으로는 MCU내부의 인터럽트 기능을 사용하도록 하여 태그로부터 입력되는 신호에 대해 MCU가 반응하도록 하였다. 초기화가 제대로 되었다면 안테나로부터 RF신호가 출력되며 태그의 접근으로 태그의 고유 데이터가 수신되면 데이터를 비교하여 2진화한 다음 이를 환형 큐방식으로 배열화하여 태그의 시작을 알리는 헤더파일을 찾고 그 값이 제대로 들어왔는지를 검사한다. 태그 데이터가 제대로 들어왔다면 다음으로 들어오는 값들도 배열한 다음 패리티와 데이터의 마지막 비트를 검사하여 데이터의 건정성을 확인하고 이상이 없으면 PC의 직렬통신을 통해 모니터로 출력한다. 또한 부가적으로 2진코드로 된 데이터를 16진코드로 변환하여 LCD모듈에도 표시하도록 되어 있다.



<그림 2-4> RFID 리더기의 신호처리 흐름도

2.2.2 RFID 시스템의 태그

송신기와 응답기의 합성어로 트랜스폰더(Transponder)라고도 하는 태그(Tag)는 데이터를 저장하고 있다가 리더로부터 일정거리가 떨어지게 되면 대기상태를 유지하다가 리더의 동작범위 내에 들어가게 되면 리더로부터 신호를 받아 동작 상태로 전환되어 응답신호와 함께 고유 데이터를 송신한다 [1].

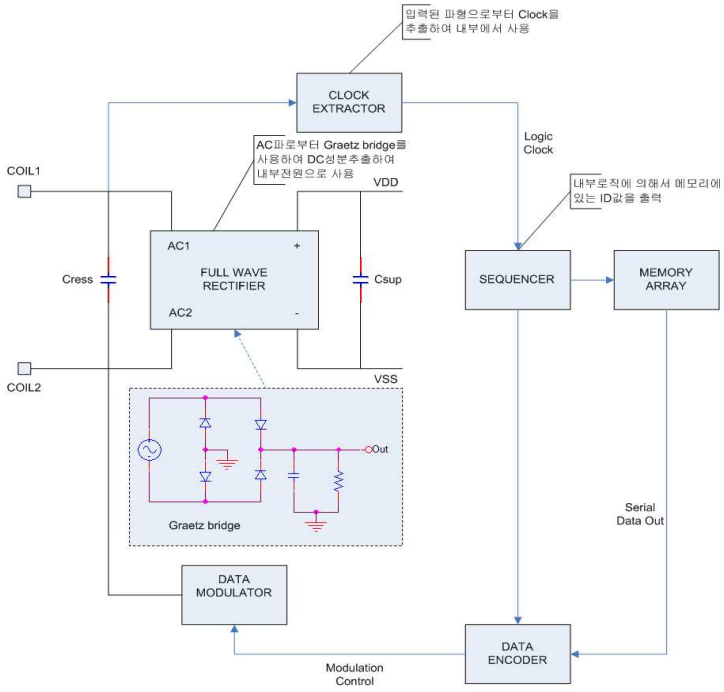
대부분의 태그는 내부에 마이크로칩과 메모리가 내장되어 있는 형태로 제작되지만 경우에 따라 내부에 마이크로칩 없이 동작하는 태그도 존재하는데 압전효과와 이온 결정이 어떤 방향에서 탄성파의 표면 관련 분산을 이용해 동작하는 SAW(Surface Acoustic Wave)태그가 대표적이다. 태그의 구분은 자체전원의 유무에 따라 구분되며 내부의 메모리에 고유데이터를 읽고 쓰기가 가능한 타입과 오로지 읽기만 가능한 타입으로 나누어지기도 한다.

태그의 종류는 내부전원의 유무에 따라 능동형(Active)과 수동형(Passive)으로 구분되는데 능동형은 내부에 배터리가 내장되어 있기 때문에 인식거리가 길고 정확도가 높으며 더욱 복잡한 정보 교환과 센서와 같은 부가장치를 추가해 다양한 처리가 가능하지만 주기적으로 배터리를 교체해야하는 단점이 있다. 반면에 수동형은 내부에 배터리가 없어 생산성이 우수하고 소형화할 수 있지만 리더기에서 방출되는 전자파로부터 전력을 공급받기 때문에 인식거리에 제한이 있다. <표 2-3>은 일반적인 내부전원의 유무에 따른 태그의 특징을 표로 정리하였다. 간단한 태그의 동작원리는 리더로부터 수신한 전자파 에너지를 내부 정류회로를 거쳐 태그 칩이 구동할 수 있는 직류전원을 생성하고 이 전원을 통해 내부 메모리에 저장된 데이터를 리더에게 재전송하는 방식이다. 태그에서 중요한 기술은 내부에서 소비되는 전력을 적게 사용해야 제한된 리더의 전자파 출력 범위에서 긴 인식거리를 얻기 때문에 어떤 방법으로 전자파신호를 정류하여 사용하는 것이 효율적인 기술인지를 생각해야 한다. 참고로 지금까지의 태그는 주로 쇼트키다이오드를 사용해 정류하는데 <그림 2-5>는 일반적인 RFID

시스템 태그의 내부 구성도를 나타낸 것으로 Graetz bridge를 사용해 입력된 전자파 신호를 정류하고 순차회로에 의해 내부 메모리에 저장된 고유 데이터를 변조해서 재 전송하는 방식이다.

<표 2-3> 내부 전원의 유무에 따른 태그 구분 [2]

구 분	능동형 (Active)	수동형 (Passive)
특 징	· 태그에서 RF신호 송신가능 · 배터리에서 전원 공급	· 리더기 신호를 변형 반사 · 리더기 전파 신호로 전원공급
장 점	· 장거리(3m)이상 전송가능 · 센서와 결합가능	· 배터리가 없으므로 가격 저렴 · 반영구적임
단 점	· 배터리에 의한 가격 상승 · 동작시간 제한	· 단거리 전송에 국한 · 센서류의 모듈 추가 제한
적용분야	· 환경 감시, 군수, 의료, 과학분야	· 물류관리, 교통, 보안, 전자상거래분야



<그림 2-5> RFID 태그의 내부 구성도 [4]

<그림 2-6>은 <그림 2-5>에 나타난 태그의 내부 구성 중 메모리 어레이에 저장된 고유 데이터를 나타낸 것으로 EM사의 EM4102 태그 칩의 메모리 맵을 나타낸 것이다. 구성으로는 처음 수신되는 데이터는 태그의 시작을 알리는 정보로 9비트의 논리부호 1이 입력된다. 다음으로 수신되는 것은 태그의 식별 데이터가 10비트로 수신되는데 이 중 1-4비트, 6-9비트가 정보이고 5번째와 10번째 비트는 수신된 데이터의 패리티 비트이다. 다음으로 수신되는 데이터는 사용자가 설정하거나 제조될 때 설정된 태그의 고유데이터를 나타내는데 80비트로 구성되어 있으며 식별 데이터와 마찬가지로 정보 4비트와 패리티비트 1비트로 구성되어 있다. 다음으로 수신되는 데이터는 지금까지 수신한 데이터를 표와 같이 나열했을 때 열에 대한 패리티비트로 4비트로 구성되어 있다. 마지막으로 논리부호 0으로 수신되는 데이터는 태그의 모든 정보의 끝을 알리는 데이터이다.

EM4102 Tag memory map

1	1	1	1	1	1	1	1	1	9 header bits
8 version bits or				D00	D01	D02	D03	P0	
Customer ID				D10	D11	D12	D13	P1	
				D20	D21	D22	D23	P2	
32 data bits				D30	D31	D32	D33	P3	10 line parity bits
				D40	D41	D42	D43	P4	
				D50	D51	D52	D53	P5	
				D60	D61	D62	D63	P6	
				D70	D71	D72	D73	P7	
				D80	D81	D82	D83	P8	
				D90	D91	D92	D93	P9	
4 column parity bits				PC0	PC1	PC2	PC3	0	

<그림 2-6> 태그 메모리 맵 [4]

2.2.3 RFID 시스템의 안테나

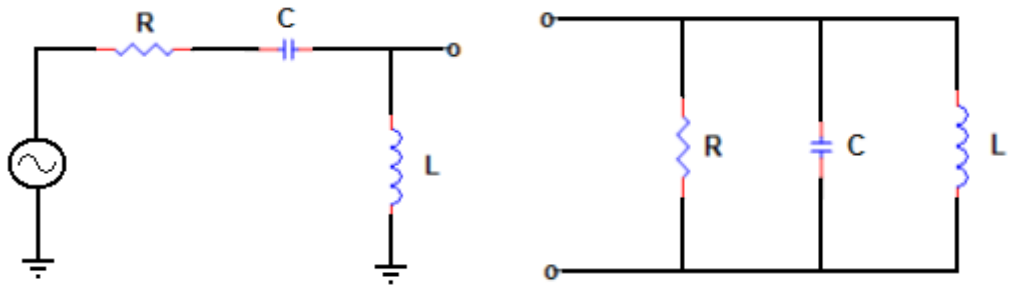
RFID 시스템의 동작 중 가장 중요한 요소는 데이터 전송이다. 데이터 전송은 각각의 안테나를 통해 결합(coupling)이라고 하는 리더기와 태그사이의 연결에서 발생하는데 RFID시스템의 결합 방식에는 전자파를 이용하는 방식(후방산란 결합, backscatter coupling)과 자장을 이용하는 방식(상호유도결합, inductive coupling)이 있다 [2].

후방산란결합 방식은 레이다 기술과 유사하며 안테나에서 전파를 보내면 태그에서 전원으로 사용하는 원리로써 주로 100MHz 이상의 주파수(900MHz, 2.45GHz) 대역에서 사용한다. 특징으로는 금속에는 반사되고 물에는 흡수되는 성질이 있다. 상호유도결합 방식은 안테나에서 고주파를 발생시켜 생성된 자기장 내에 태그의 안테나 코일이 들어오면서 생기는 전류에 의해 작동하는 원리로써 주로 30MHz 이하의 주파수(125KHz, 134KHz, 13.56MHz) 대역에 사용한다. 특징으로는 자기장이 금속에 흡수되는 성질이 있고 거의 대부분의 태그가 수동형으로 동작한다. 이것은 태그에서 필요로 하는 모든 에너지를 리더로부터 공급받는다는 것을 의미한다.

안테나 설계에 있어서 고려되어져야 할 것은 리더기와 태그간의 무선 데이터 통신이 원활하게 이루어지도록 자유공간에 최대의 효율로 전자파가 전달되도록 최대전력전달 임피던스 정합이 이루어지도록 설계되어져야 한다 [5].

최근에는 주로 마이크로스트립(Microstrip)을 이용한 선형안테나와 루프안테나가 사용되는데 마이크로스트립 안테나는 제작이 쉽고 평면구조의 특징이 있어 다양한 안테나 제작에 사용되어진다. 저주파 RFID 시스템 안테나는 주로 코일형태의 루프안테나가 사용되는데 여기에는 인덕턴스 성분뿐만 아니라 도선의 저항과 분포용량도 포함되어 있다. 그러나 저주파수에서는 분포용량의 영향이 적기 때문에 코일은 대체로 도선의 저항과 인덕턴스만으로 구성된 회로로도 생각할 수 있다. <그림 2-7>은 주로 리더안테나에서 사용되는 저 임피던스, 고 전류의 직렬공진회로와 태그안테나에서 사용되는 고 임피던스, 저 전류, 고 전

압의 병렬공진회로의 일반적인 회로를 나타내고 있다 [5].



(a) 직렬 공진 회로 (b) 병렬 공진 회로

<그림 2-7> 안테나 코일의 등가회로 [5]

<그림 2-7>은 손실이 있는 실제 루프안테나의 코일을 등가회로로 나타낸 그림으로 각 공진회로의 임피던스는 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

직렬공진회로 $Z(j\omega) = R + j(X_L - X_C)$ (2.1)

병렬공진회로 $Z(j\omega) = \dfrac{j\omega L}{(1-\omega^2 LC) + j\dfrac{\omega L}{R}}$ (2.2)

여기서, $X_L = 2\pi f_0 L$, $X_C = \dfrac{1}{2\pi f_0 C}$ 를 의미한다.

루프 안테나 공진회로의 어드미턴스 Y는 식 (2.3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \frac{1}{R + j\omega L} + j\omega C \quad (2.3)$$

$$= \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} + j\left(\omega C - \frac{\omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}\right)$$

식 (2.3)에서 허수부가 0이 되는 주파수, 즉 공진주파수를 ω_r이라 하면 식 (2.4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega_r = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} \tag{2.4}$$
$$= \omega_0 \sqrt{1 - \left(\frac{R}{\omega_0 L}\right)^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{Q_c^2}}$$

식 (2.5)에서 $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 이며, Q_c는 코일의 ω_0에서의 Q값으로 식 (2.5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Q_c = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{2.5}$$

$\omega = \omega_r$일 때, 식 (2.3)에서 실수부만 남으므로 여기에 식 (2.5)를 대입하면 식 (2.6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = \frac{RC}{L} + j0 \text{ (공진주파수 } \omega_r \text{에서)} \tag{2.6}$$

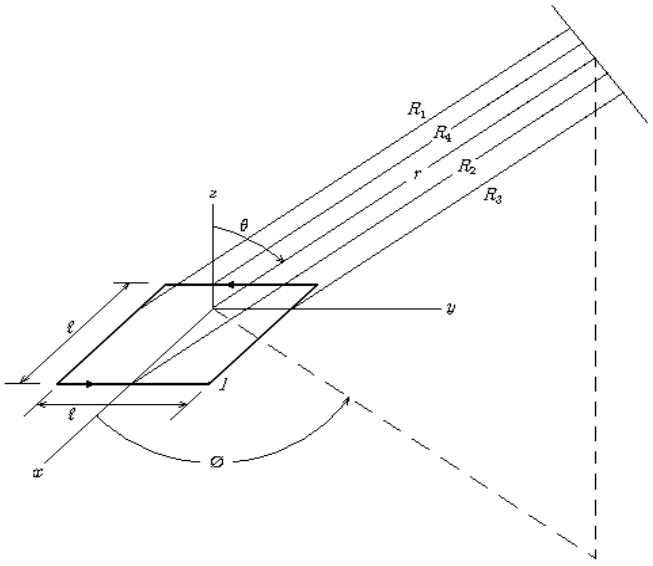
대부분의 경우 $Q_c \gg 1 (R \ll \omega_0 L)$이기에, 이 때의 공진주파수는 식 (2.7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\omega_r \approx \omega_0 \text{ (} Q_c \gg 1 \text{일 때)} \tag{2.7}$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

또한 루프안테나에서 신호가 손실 없이 전달되기 위해서는 임피던스의 정합이 이루어져야 하는데 회로와 안테나의 임피던스 성분 R과 병렬 커패시터에 의해 임피던스 Z는 식 (2.8)와 같이 나타낼 수 있다.

$$Z = R//C = \frac{R}{1 + j\omega CR} \tag{2.8}$$



<그림 2-8> 구형 루프안테나의 기하학적 구조 [6]

<그림 2-8>은 구형으로 제작된 루프안테나의 기하학적 구조를 나타낸 그림으로 각 축 방향으로 벡터 포텐셜을 가지는데 식 (2.9), 식 (2.10)과 같다.

$$A_x = \frac{\mu I e^{-j\beta r}}{4\pi}\left(\frac{e^{-j\beta R_1}}{R_1} - \frac{e^{-j\beta R_3}}{R_3}\right) \tag{2.9}$$

$$A_y = \frac{\mu I e^{-j\beta r}}{4\pi}\left(\frac{e^{-j\beta R_2}}{R_2} - \frac{e^{-j\beta R_4}}{R_4}\right) \tag{2.10}$$

진폭변동을 위해 사용되는 거리는 동일하고 위상차는 각 변에서 발생하는 장이 평행하다는 가정을 통해 원거리장의 근사화를 식 (2.11)로 나타낼 수 있다.

$$R_1 = r + \frac{\ell}{2}\sin\Theta\sin\varnothing, \qquad R_2 = r - \frac{\ell}{2}\sin\Theta\cos\varnothing \tag{2.11}$$

$$R_3 = r - \frac{\ell}{2}\sin\Theta\sin\varnothing, \qquad R_4 = r + \frac{\ell}{2}\sin\Theta\cos\varnothing$$

식 (2.9)의 x축과 식 (2.10)의 y축의 벡터 포텐셜에 식 (2.11)을 대입하고, 분모에 거리 r을 대입하면 식 (2.12), 식 (2.13)과 같이 전개할 수 있다.

$$A_x = \frac{\mu I\ell\, e^{-j\beta r}}{4\pi r}\left(e^{-j\beta(\ell/2)\sin\Theta\sin\varnothing} - e^{+j\beta(\ell/2)\sin\Theta\sin\varnothing}\right) \tag{2.12}$$

$$= -2j\cdot\frac{\mu I\ell\, e^{-j\beta r}}{4\pi r}\sin\left(\frac{\beta\ell}{2}\sin\Theta\sin\varnothing\right)$$

$$A_y = \frac{\mu I\ell\, e^{-j\beta r}}{4\pi r}\left(e^{+j\beta(\ell/2)\sin\Theta\sin\varnothing} - e^{-j\beta(\ell/2)\sin\Theta\sin\varnothing}\right) \tag{2.13}$$

$$= 2j\cdot\frac{\mu I\ell\, e^{-j\beta r}}{4\pi r}\sin\left(\frac{\beta\ell}{2}\sin\Theta\cos\varnothing\right)$$

소형 루프안테나의 길이는 파장에 비해 $\beta\ell = 2\pi\ell/\lambda$로 작다. 그래서 식 (2.12)와 식 (2.13)의 사인함수는 식 (2.14), 식 (2.15)과 같이 대체할 수 있다.

$$A_x \approx -j\cdot\frac{\mu Ie^{-j\beta r}}{4\pi r}\beta\ell^{\,2}\sin\Theta\sin\varnothing \tag{2.14}$$

$$A_y \approx j\cdot\frac{\mu Ie^{-j\beta r}}{4\pi r}\beta\ell^{\,2}\sin\Theta\cos\varnothing \tag{2.15}$$

지금까지의 식을 조합하여 총 벡터 포텐셜을 식 (2.16)로 나타낼 수 있다.

$$\bar{A} = A_x \hat{x} + A_y \hat{y} = j\beta \ell^2 \frac{\mu I e^{-j\beta r}}{4\pi r} \sin\theta(-\sin\phi \hat{x} + \cos\phi \hat{y}) \tag{2.16}$$

$$= j\beta S \frac{\mu I e^{-j\beta r}}{4\pi r} \sin\theta \hat{\phi}$$

식 (2.16)에서 S는 루프의 면적이며 $\bar{A}$는 전파방향에 대해 수직하므로 $\bar{E} = -j\omega A$에서 얻은 방사전장은 $-j\omega \bar{A}$가 되며 식 (2.17)과 같이 주어진다.

$$\bar{E} = \eta\beta^2 S \frac{I e^{-j\beta r}}{4\pi r} \sin\theta \hat{\theta} \tag{2.17}$$

여기서 $\omega\mu\beta = \omega^2\mu\sqrt{\mu\varepsilon} = \sqrt{\mu/\varepsilon}\,\omega^2\mu\varepsilon = \eta\beta^2$이며 방사자장은 식 (2.18)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\bar{H} = \frac{1}{\eta} \hat{r} \times \bar{E} = -\beta^2 S \frac{I e^{-j\beta r}}{4\pi r} \sin\theta \hat{\theta} \tag{2.18}$$

소형 루프 안테나의 임피던스는 유도성으로 다중권선을 사용함으로써 증가시킬 수 있는데 방사저항은 식 (2.19)로 나타낼 수 있다.

$$R_r = \frac{2P}{I^2} = 20(\beta^2 NS)^2 \approx 31200\left(\frac{NS}{\lambda^2}\right)^2 \tag{2.19}$$

방사저항을 높이는 다른 방법은 내부에 페라이트를 삽입하는 것으로 유효 상대투자율 μ_{eff}를 갖는 페라이트는 $\beta = \omega\sqrt{\mu\varepsilon} = \omega\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}\sqrt{\mu_{eff}} = (2\pi/\lambda)\sqrt{\mu_{eff}}$의 위상상수를 가지며 식 (2.20)은 페라이트를 삽입했을 때의 방사저항을 나타낸다.

$$R_r \approx 31200(N\mu_{eff}\frac{S}{\lambda^2})^2 \quad (2.20)$$

소형 루프인 경우 방사저항은 단형 다이폴인 경우보다 주파수 감소에 따른 감소율이 크며 이런 방사저항을 증가시키기 위해 다중권선 루프를 사용하지만 권선 수가 N인 루프의 손실과 인덕턴스는 N^2배만큼 증가되는 성질이 있는데 도선 손실은 루프의 권선 수를 감소시킴으로써 감소시킬 수 있으며 방사저항을 그대로 유지하기 위해 페라이트를 이용할 수 있다 [6].

다음 식 (2.21)와 식 (2.22)는 도선의 길이가 $\ell_1 \times \ell_2$인 구형 루프 안테나에 대해서 도선의 손실저항 R_w와 인덕턴스 L을 다음과 같이 나타낼 수 있다 [6].

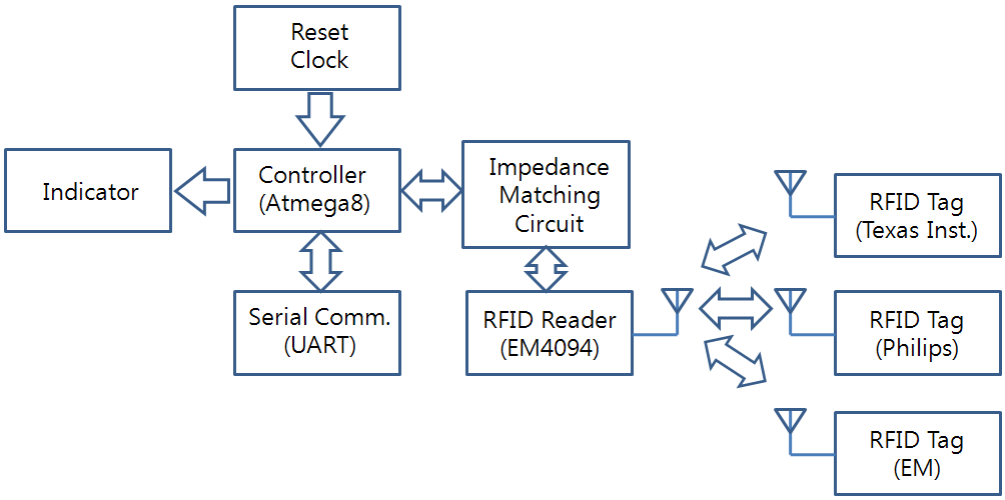
$$R_w = \frac{2\ell_1\ell_2}{\pi a^2}\sqrt{\frac{\omega\mu}{2\sigma}}\frac{1}{[(\ell_1/2a)^2-1]^{1/2}} + \frac{1}{[(\ell_2/2a)^2-1]^{1/2}} \quad (2.21)$$

$$L = \frac{\mu}{\pi}(\ell_2\cosh^{-1}\frac{\ell_1}{2a} + \ell_1\cosh^{-1}\frac{\ell_2}{2a}) \quad (2.22)$$

여기서, a는 도선의 반지름이고 ℓ_1, ℓ_2는 구형안테나의 크기를 나타낸다.

제 3 장 *RFID* 안테나 설계 및 실험

3.1 13.56MHz RFID 시스템의 구성 및 설계

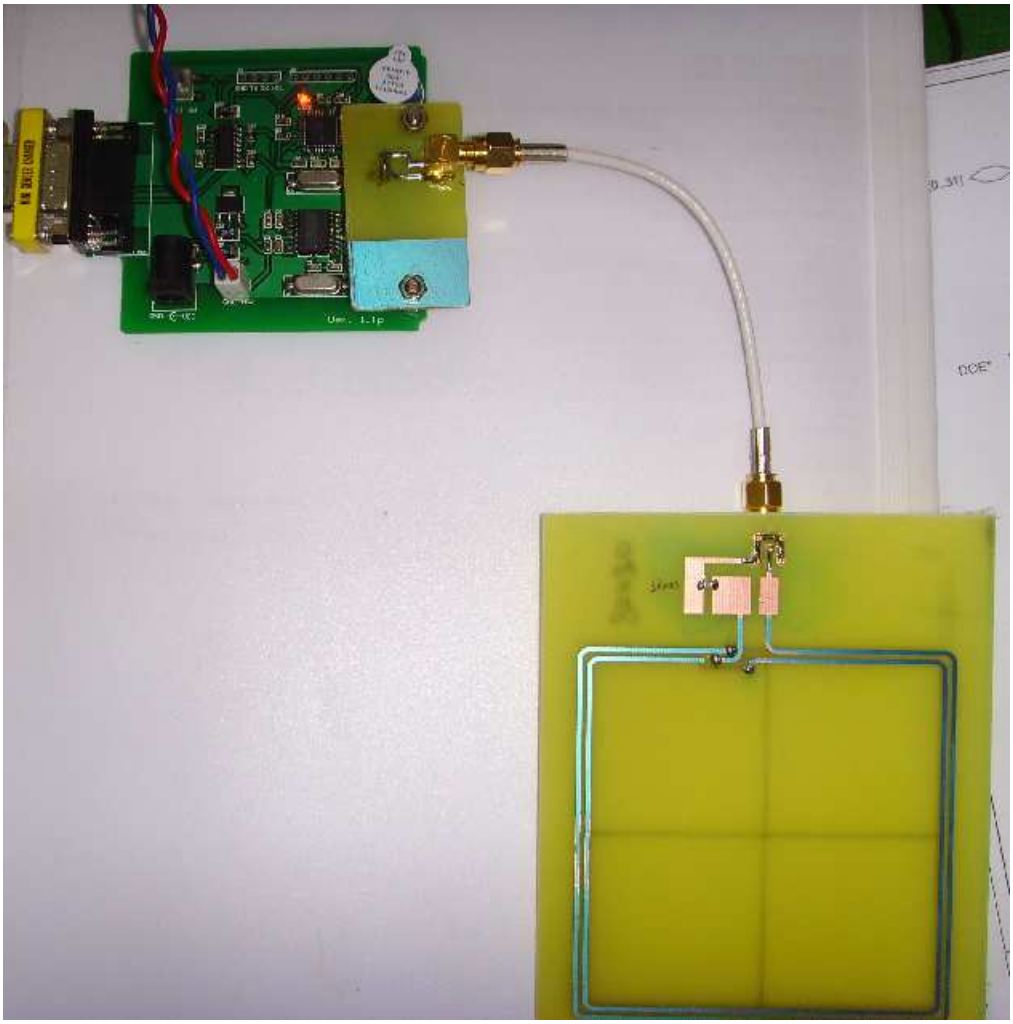


<그림 3-1> 13.56MHz RFID시스템의 블록 다이어그램 [7]

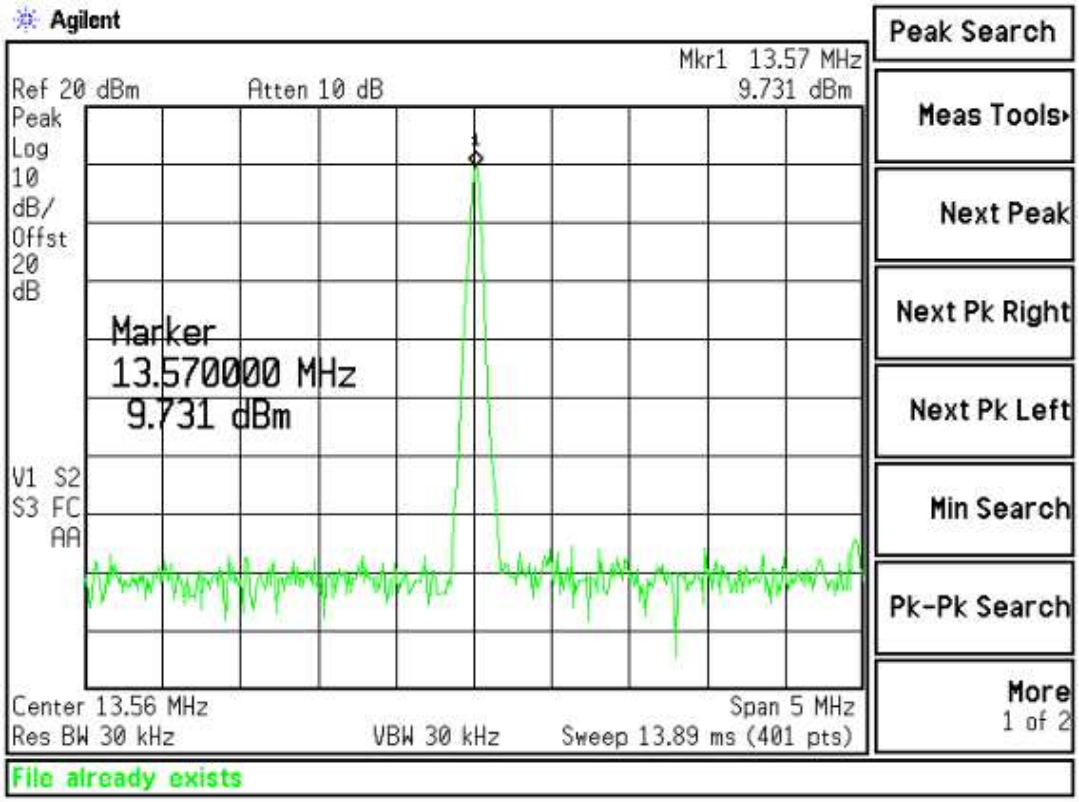
<그림 3-1>은 실험에 사용한 13.56MHz에서 동작하는 RFID 시스템을 나타낸 것으로 시스템 제어는 Atmel사의 ATmega8을 사용하였고 RFID신호처리는 13.56MHz에서 동작하고 Anticollision기능을 지원해 15개까지의 태그를 동시에 인식 가능한 EM사의 EM4094를 사용하였다. 태그는 ISO18000-3을 만족하는 Philips사의 태그를 사용하여 실험하였다.

동작은 안테나를 통해 태그로부터 수신되는 Pulse신호를 EM4094에서 Binary 데이터로 Contoller에게 전달하면 Controller는 Binary데이터를 Hex데이터로 변환하여 PC의 직렬통신포트인 RS232통신을 사용해 컴퓨터 모니터로 태그 데이터를 전송하고 모니터로 확인할 수 있도록 하였다.

<그림 3-2>는 실험에 사용된 RFID 리더 시스템으로써 새롭게 제작한 안테나의 적용이 용이하도록 기존의 일체형 안테나를 제거하고 실물과 동일한 형태의 안테나를 제작하여 시스템에 연결한 뒤 동작실험을 수행한 것이며 실험 결과 기존의 일체형 안테나와 동일하게 동작하는 것을 확인할 수 있었다. <그림 3-3>은 이렇게 구성된 리더 시스템에서 출력되는 신호를 Agilent사의 스펙트럼 분석기 E4404B를 사용하여 측정한 결과 13.57MHz대역에서 신호가 출력되는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 3-2> 13.56MHz 리더기 시스템



<그림 3-3> 13.56MHz 출력신호의 스펙트럼

본 논문에서는 저주파에서 동작하는 RFID시스템에 대해 실험을 하였기 때문에 <그림 3-2>에서 언급된 13.56MHz 리더기 시스템과 안테나의 연결방법 중 상호유도결합방식을 사용하는 시스템에 국한지어 실험을 수행하였다. 상호유도결합방식의 시스템을 사용하는 안테나는 주로 루프형태를 사용하여 공기를 매질로 한 트랜스포머의 형태를 가지고 있는데 지금까지 연구된 자료에 따르면 안테나의 성능을 향상시키기 위해 일반적인 루프형태가 아닌 다양하게 변형된 형태의 안테나가 연구된 자료가 발표되어 있다 [9]~[12].

본 논문에서는 지금까지 시도되지 않은 새로운 형태인 루프안테나를 직렬로 연결하고 쌓아 올린 적층형 루프안테나와 루프안테나 중앙에 페라이트를 삽입한 페라이트형 안테나를 제안하고 실험을 수행하였다.

3.2 적층형 안테나 설계 및 실험

먼저 안테나의 권선수를 늘려 방사저항을 높임으로써 안테나에 걸리는 전압을 증가시켜 전자파 방사가 잘 일어나도록 하기 위해 고안해 낸 적층형 루프 안테나에 대해 설명하겠다. 실험 방법은 80×80mm 크기로 제작된 상용 안테나를 제거한 시스템에 안테나 도선의 권선수를 늘리기 위해 루프형태의 안테나를 직렬로 연결하여 적층시키고 임피던스 매칭을 위해 커패시터를 직렬로 연결하여 13.56MHz에서 공진이 일어나도록 한 안테나를 시스템에 연결하고 실험하였다. 식 (3.1)는 소형 루프 안테나의 임피던스가 다중 권선을 사용했을 때 방사저항을 나타낸 것으로 방사저항 R_r은 권선수 N에 의해 증가 되고 R_r이 증가됨으로 인해 안테나에 걸리는 전력 P_r이 증가하는 것을 식 (3.2)로 인해 알 수 있다. 식 (3.1)에서, A는 안테나의 단면적으로 구형 루프 안테나 일 때, $A=\ell_1\times\ell_2$이며 원형 루프 안테나 일 때, $A=\pi a^2$이다.

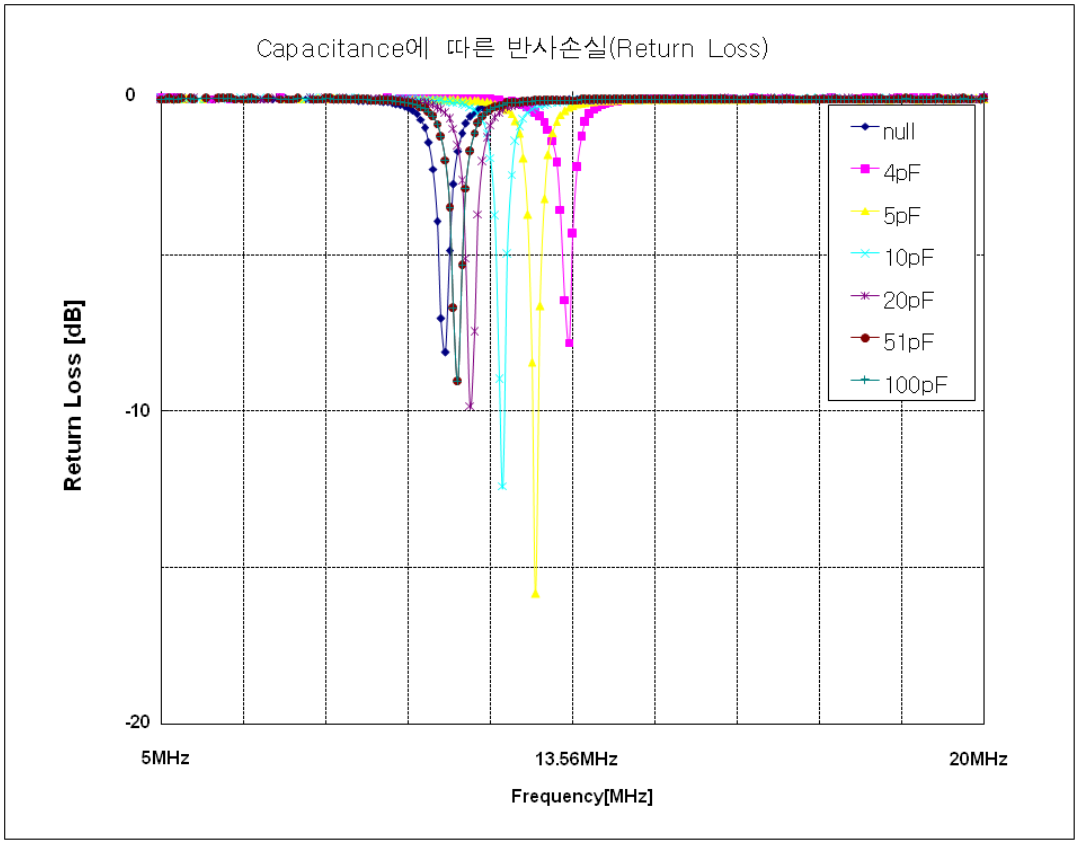
$$R_r = \frac{2P}{I^2} = 20(\beta^2 NS)^2 \approx 31200\left(\frac{NA}{\lambda^2}\right)^2 \tag{3.1}$$

$$P_r = \frac{1}{2}VI = \frac{1}{2}I^2 R_r \tag{3.2}$$

전자기파는 송신 안테나로부터 구의 모양으로 공간에 전파되고 거리가 증가함에 따라 둘러싼 공간에 에너지를 전달하는데 이 에너지는 증가하는 구의 표면적으로 나눠진다. 식 (3.3)에서 단위면적당 방사되는 전력밀도 S를 나타내고 있으며 P_r은 안테나에 걸리는 전력, r은 거리를 나타낸다.

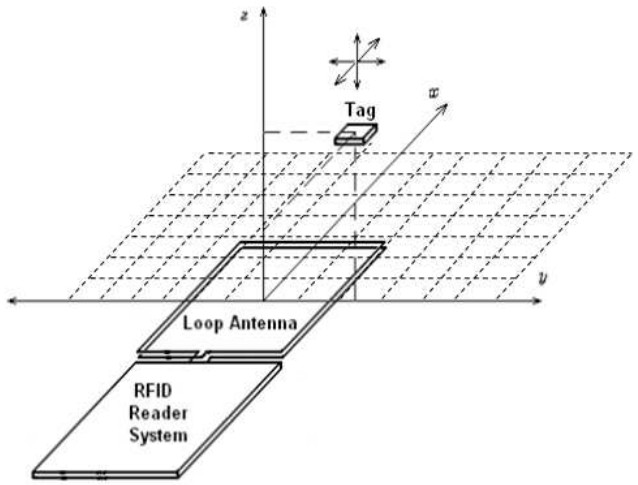
$$S=\frac{P_r}{4\pi r^2} \tag{3.3}$$

식 (3.1)과 식 (3.2)에 의해 새롭게 제작한 적층형 안테나는 Agilent사의 회로망 분석기인 4395A를 사용하여 측정하고 안테나 특성을 확인하였다. 실험 순서는 먼저 루프형으로 제작한 안테나를 직렬로 연결하고 적층한 후, 리더기 시스템과 임피던스 매칭을 하기 위해 안테나 입력단에 식 (2.7)에 의해 구한 커패시터를 연결하여 13.56MHz에서 공진하도록 하였다. <그림 3-4>는 LCR 메터를 사용해 측정한 루프안테나의 인덕턴스를 식 (2.7)를 이용해 구한 커패시터 용량과 실제 편차를 주면서 실험한 커패시터의 용량의 변화에 따른 안테나의 공진주파수에 따른 반사손실을 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 볼 수 있을 듯이 공진주파수 13.56MHz에서 커패시터 용량 4pF을 연결했을 때, 가장 우수한 반사손실 특성을 얻을 수 있었다. 다음으로는 이렇게 제작된 안테나를 리더기 시스템에 연결하고 태그에 대한 인식거리 측정실험을 수행하였다.



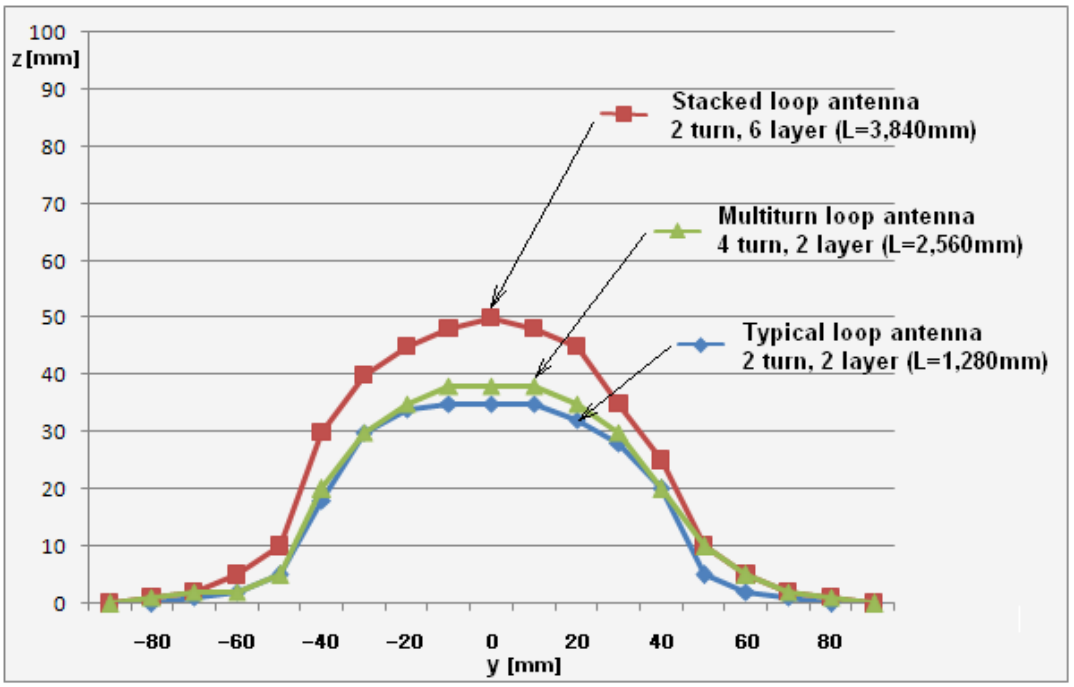
<그림 3-4> 커패시터 용량 변화에 따른 안테나의 특성

<그림 3-5>는 일반적인 루프 안테나와 새롭게 제작된 루프안테나를 사용해 태그에 대한 인식거리를 실험하는 방법을 나타낸 그림으로 실험순서는 우선, 리더기 안테나의 중앙을 x y z축의 0점에 두고 태그를 y축의 중심에서 좌우로 이동하면서 원거리에서 접근시켰을 때 리더기가 인식되는 거리를 z축에 나타내었다. 또한, 실험의 정확성을 높이기 위해 같은 실험을 태그를 안테나로부터 근접시켰다가 원거리로 이동하면서 리더기가 인식을 실패하는 거리를 측정하여 앞에서 측정한 거리와의 평균값을 그래프로 나타내었다.

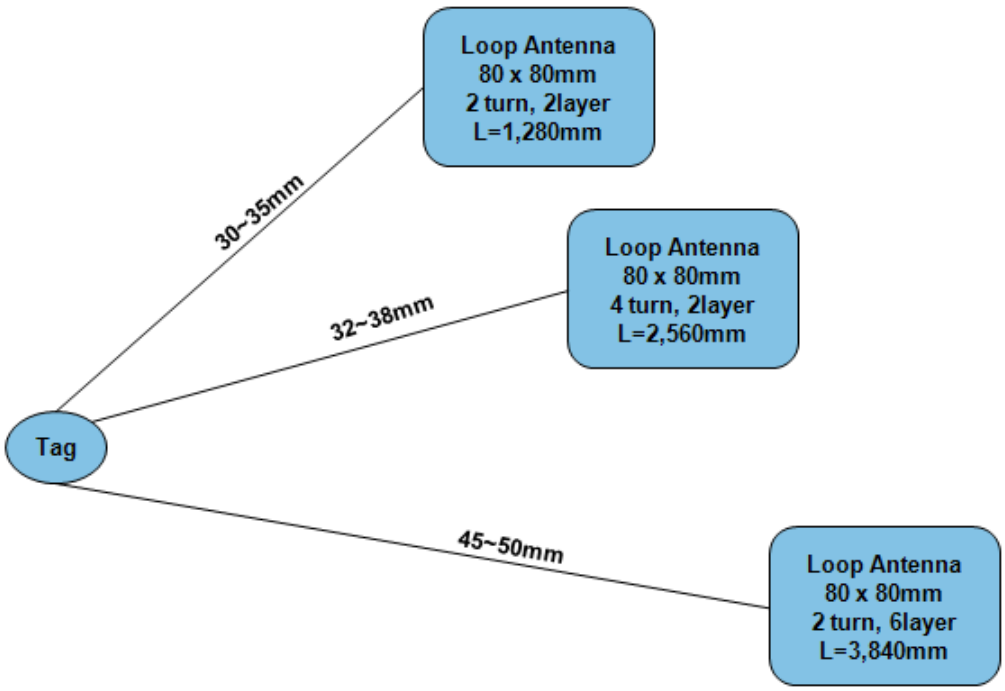


<그림 3-5> 안테나의 인식거리 실험

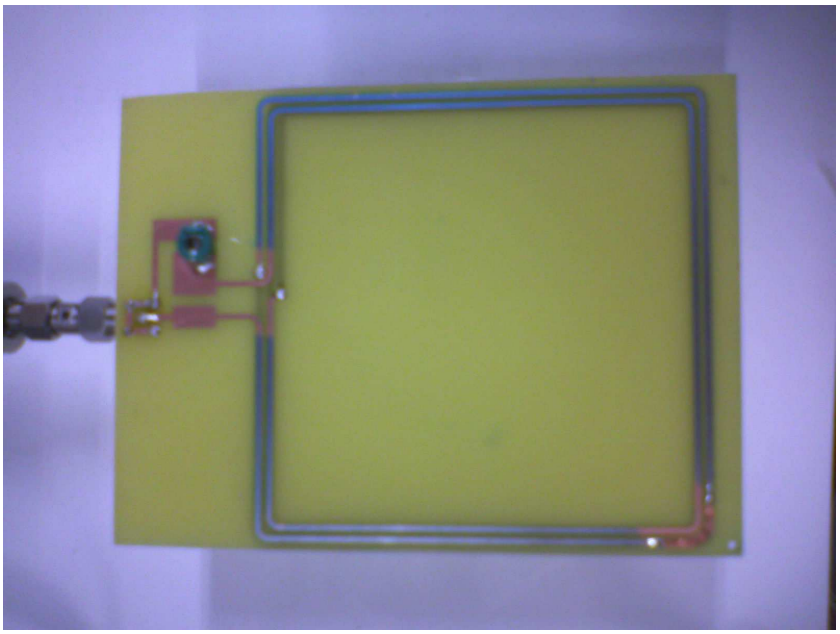
<그림 3-6>은 <그림 3-5>에서 설명한 실험과정을 거쳐 얻은 일반 루프 안테나와 적층형 루프 안테나의 태그에 대한 인식거리를 그래프로 나타낸 것으로 일반적인 루프안테나의 최대 인식거리가 약 35mm이었을 때 적층형 루프 안테나를 적용해 실험한 결과, 인식거리가 약 50mm로 측정되어 약 15mm의 거리 향상이 되는 것을 확인할 수 있었다. 앞서 설명한 식 (3.3)으로 미루어 보아 안테나의 권선 수 N에 따라 안테나로 방사되는 전력이 N^2배 증가하면 태그에 대한 인식거리 r이 (N^2/η)정도 늘어나야하지만 실제 실험에서는 최고 인식거리가 약 43% 증가되는 것을 확인할 수 있었다.



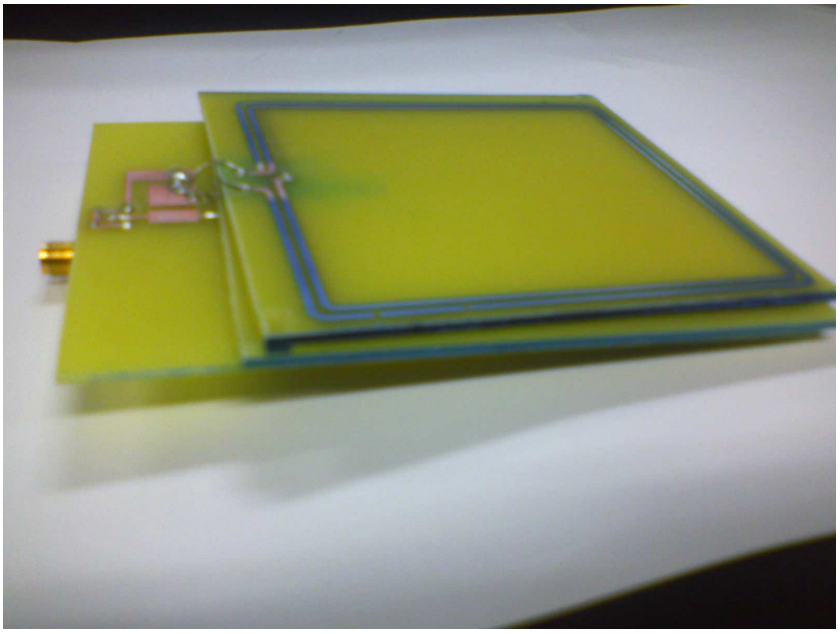
<그림 3-6> 일반 루프 안테나와 적층형 루프 안테나의 인식거리 비교



<그림 3-7> 적층형 루프 안테나의 권선 수에 따른 인식거리 비교



(a) 일반 루프안테나



(a) 적층형 루프 안테나

<그림 3-8> 제작된 일반 루프 안테나와 적층형 루프 안테나

3.3 페라이트형 안테나 설계 및 실험

다음으로 수행한 실험은 안테나 방사저항을 높이기 위한 또 다른 방법으로 페라이트를 사용한 안테나를 제안하고 실험을 수행하였다. 안테나의 방사저항을 높여 안테나 효율을 높이기 위해 루프 안테나의 크기를 키우거나 권선수를 늘리는 방법 외에 다른 방법은 안테나 내의 자속을 증가시켜 개방전압이 높아짐으로써 방사저항이 증가할 수 있도록 페라이트를 삽입하는 것이다 [6].

유효 상대투자율 μ_{eff}를 갖는 페라이트는 $\beta=\sqrt{\mu\varepsilon}=\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}\sqrt{\mu_{eff}}=(2\pi/\lambda)\sqrt{\mu_{eff}}$의 위상상수를 가진다. 유효 상대투자율은 코어의 크기와 모양에 의존하며 식 (3.3)은 내부에 페라이트가 존재하고 권선수가 N인 코일의 방사저항 R_r을 나타낸 것으로 μ_{eff}는 공기 중의 페라이트 상대 실효투자율을 나타낸 것이다.

$$R_r=20\pi^2\left(\frac{C}{\lambda}\right)^4\left(\frac{\mu_{eff}}{\mu_0}\right)^2N^2=20\pi^2\left(\frac{C}{\lambda}\right)^4\mu_{eff}^2N^2 \qquad (3.3)$$

소형 루프인 경우 방사저항은 단일권선 다이폴인 경우보다 주파수 감소에 따른 감소율이 크며 이런 방사저항을 증가시키기 위해 다중권선 루프를 사용한다. 반면 권선 수가 N인 루프의 손실과 인덕턴스는 N^2배만큼 증가되는데 도선 손실은 루프의 권선 수를 감소시킴으로써 감소시킬 수 있으며 방사저항을 그대로 유지하기 위해 페라이트를 이용할 수 있다 [12].

안테나의 인덕턴스는 투자율에 권선수의 곱으로 표현할 수 있는데 여기에 페라이트가 추가되면 투자율에 비례해서 인덕턴스가 증가하게 된다. 그러면 적은 권선수로도 큰 인덕턴스를 얻을 수 있다는 장점이 있다. 공기의 투자율이 1이면 일반 페라이트는 약 1,000의 값을 갖기 때문에 페라이트를 루프 안테나에 삽입한다면 방사저항 R_r을 증가시키고 R_r이 증가되면 식 (3.2)에 의해 안테나에 더 큰 전압이 걸리고 안테나로부터 더 큰 방사가 일어난다. 그러면 리더

로부터 더 큰 전력을 태그에게 전송할 수 있으므로 태그에 대한 리더기의 인식 거리를 향상시킬 수 있다. <표 3-1>은 재질에 따른 투자율(Permeability) μ값을 나타낸 것이다.

<표 3-1> 재질에 따른 투자율 비교표

재질명	(비)투자율
Diamagnetic Material	
Bismuth	0.9999986
Paraffin	0.99999942
Wood	0.9999995
Silver	0.99999981
Paramagnetic Material	
Aluminium	1.00000065
Beryllinum	1.00000079
Nickel Chloride	1.00004
Manganese Sulphate	1.0001
Ferromagnetic Material	
Nickel	50
Cast Iron	60
Cobalt	60
Machine Steel	300
Typical Ferrite	1000
Transformer Iron	3000
Silicon Iron	4000
Pure Iron	4000
Mumetal	20000
Supermalloy	100000

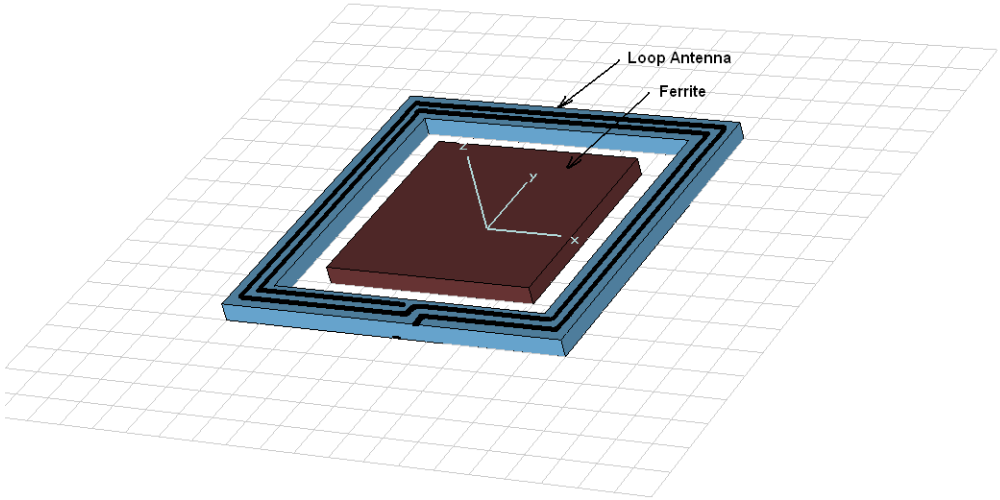
1보다 큰 상대 투자율을 갖는 재질을 강자성체라 하며, 이러한 물질은 철, 코발트, 니켈, 다양한 합금과 페라이트 등이 있다. 페라이트의 주요 특성은 높은 고유 전기 저항으로 금속 형태에 따라 $1 \sim 10^{6} \Omega m$로 변한다. 이런 이유 때문에

에디 전류 손실은 낮고 넓은 주파수 범위에 상관없이 동일하다. 태그의 전력 공급을 위한 결정적인 상호 인덕턴스는 코일의 단면적에 비례하는데 높은 투자율 μ를 갖는 페라이트를 코일 속에 넣음으로써 상호 인덕턴스는 크게 증가할 수 있고, 이로 인해 코일의 작은 단면적에 대해서도 보상할 수 있다. 식 (3.4)는 페라이트형 안테나의 인덕턴스 L를 구하는 계산식을 나타내고 있다 [1].

$$L=\frac{\mu_0\mu_{ferrite}n^2A}{l} \tag{3.4}$$

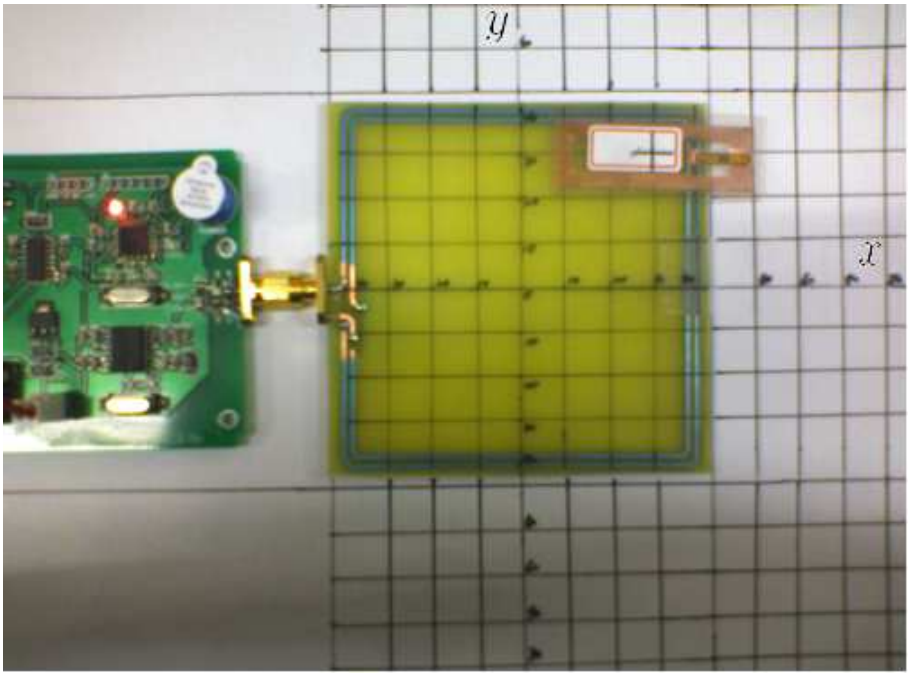
여기서, μ_0는 자유공간의 투자율, $\mu_{ferrite}$는 페라이트의 투자율, n은 권선수, A는 루프안테나의 단면적, l안테나 길이를 의미한다.

페라이트는 화합물에 따라 망간-아연(Mn-Zn) 페라이트, 니켈-아연(Ni-Zn) 페라이트, 마그네슘-아연(Mg-Zn) 페라이트등으로 구분된다. 망간-아연 페라이트는 주로 16kHz~5MHz의 범위에서 사용되며 트랜스포머의 자심재료로 사용되는데 형상에 따라 고전압 발생용과 트랜스포머, 발진코일, 각종 인덕터 및 노이즈필터용 등에 사용되고, 니켈-아연 페라이트는 200kHz~100MHz의 범위에서 사용되며 라디오 수신용 안테나, 고주파 코일, 중간주파 트랜스포머, 가변 코일, 국부 발진 트랜스포머 등에 사용된다. 그리고 마그네슘-아연 페라이트는 16kHz~130kHz의 범위에서 사용되며 브라운관의 전자총에서 나오는 전자의 편향목적으로 사용된다. 주파수별로 성능을 비교해 보면 13.56MHz대역에서 상호유도방식으로 공기를 매질로 한 트랜스포머의 형태인 루프안테나에는 니켈-아연 페라이트가 가장 우수한 것을 알 수 있다. 니켈-아연 페라이트는 큰 고유저항을 갖으며, 온도변화에 대한 안정성이 좋다는 특징을 가지고 있다. <그림 3-9>에 페라이형 안테나의 구조를 나타내었다. 루프안테나 내부를 제거하고 중앙에 다양한 크기의 사각형 모양의 페라이트를 삽입하면서 실험하였다.

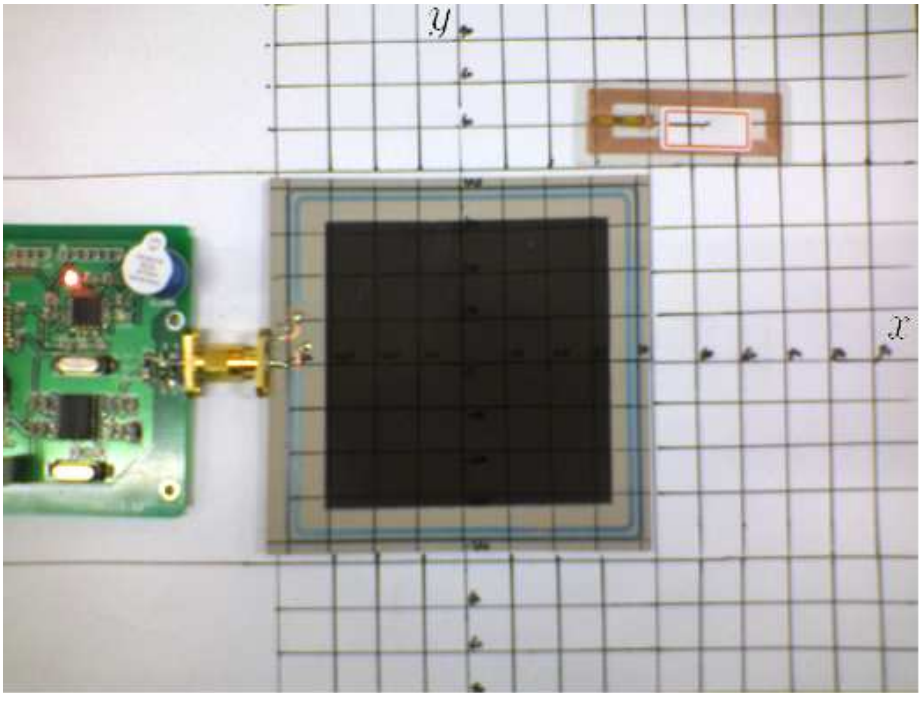


<그림 3-9> 페라이트형 루프 안테나 구조

페라이트를 안테나 내부에 최대로 삽입하기 위해 60×60mm의 크기로 제작하고 기판의 두께와 동일한 1.6mm로 제작된 것을 80×80mm의 루프안테나 내부에 삽입하여 안테나와 일체화하였다. 실험은 비교대상이 될 일반 루프안테나의 인식거리를 측정한 후, 페라이트형 루프 안테나의 인식거리를 측정하여 비교, 분석하였다. <그림 3-11>과 <그림 3-12>은 일반 루프안테나와 페라이트형 안테나를 가지고 실험한 것을 그림으로 나타낸 것이며, 태그의 인식거리 실험을 수행한 결과를 그래프로 나타냈는데 실험방법은 앞에서 적층형 안테나를 가지고 실험한 방법과 동일하다. 단지 리더기 안테나의 전 면적에 대한 실험을 수행하기 위해 x축으로 거리를 늘리면서 실험하였다. 그래프는 안테나의 최고 인식거리를 알기 쉽게 나타내기 위해 <그림 3-5>의 실험방법을 적용하였다. <그림 3-11>과 <그림 3-12>는 일반 루프안테나와 페라이트형 루프안테나를 실험한 결과를 나타낸 것으로 내부에 페라이트를 삽입한 루프안테나에서 인식거리가 최대 100mm까지 측정되는 것을 확인하였다. 결과에서 알 수 있듯이 루프 안테나의 권선수가 동일하더라도 내부에 페라이트가 있음으로 해서 방사저항이 증가하고 이로 인해 루프 안테나에서 방사가 더 잘 일어나, 태그의 인식거리가 향상되는 것을 알 수 있었다.

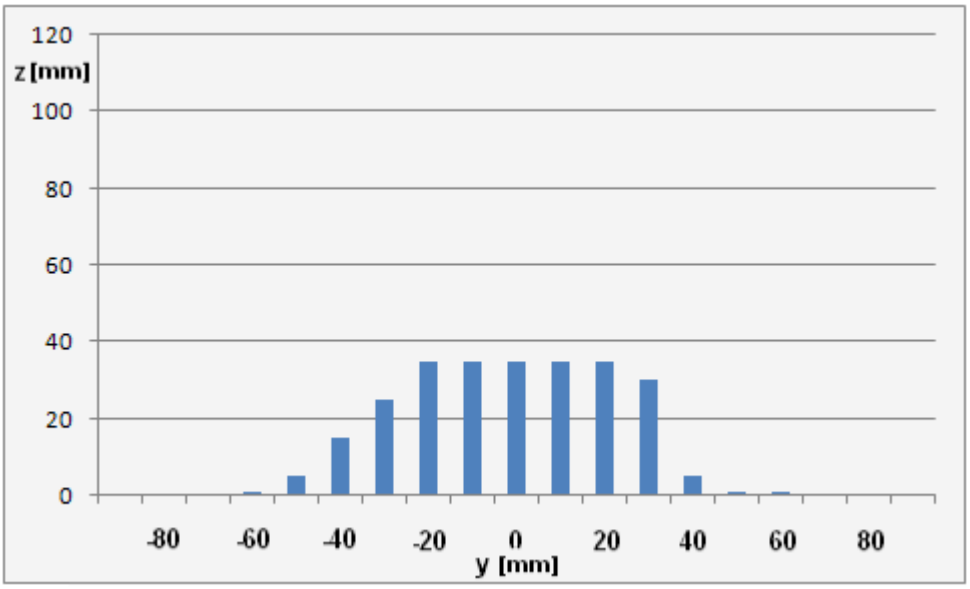


(a) 일반 루프 안테나 실험

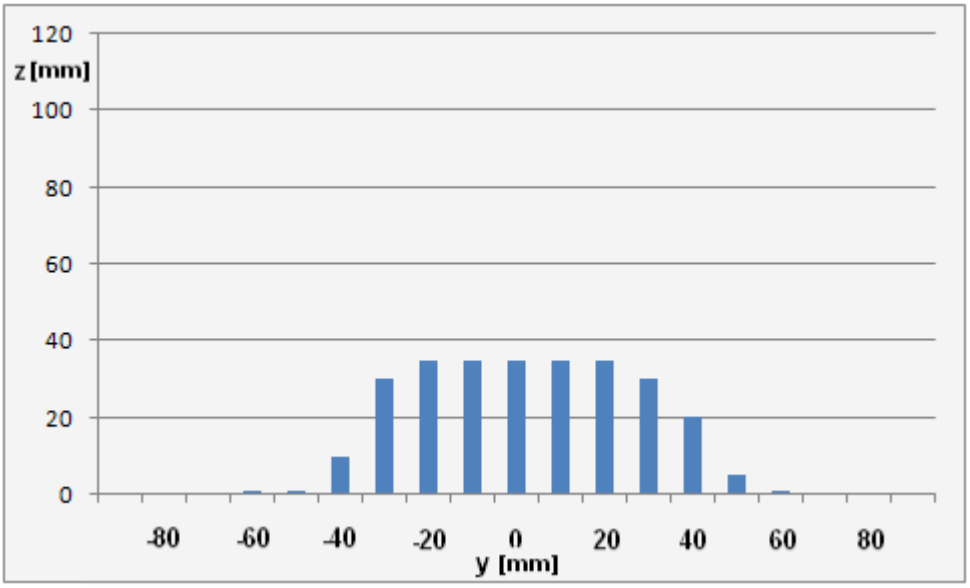


(b) 페라이트형 루프 안테나 실험

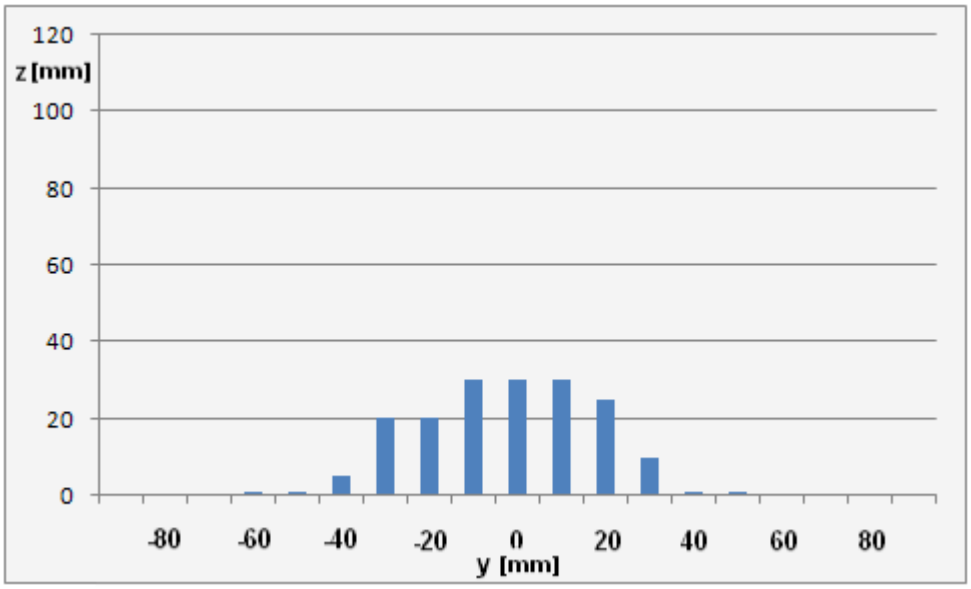
<그림 3-10> 일반 루프 안테나와 페라이트형 루프 안테나의 실험



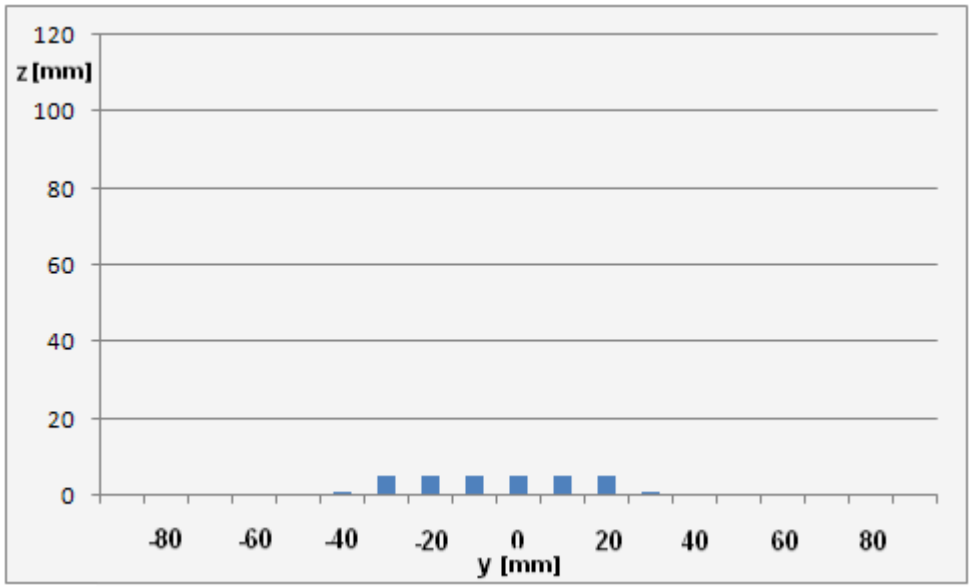
(a) x=0mm



(b) x=20mm

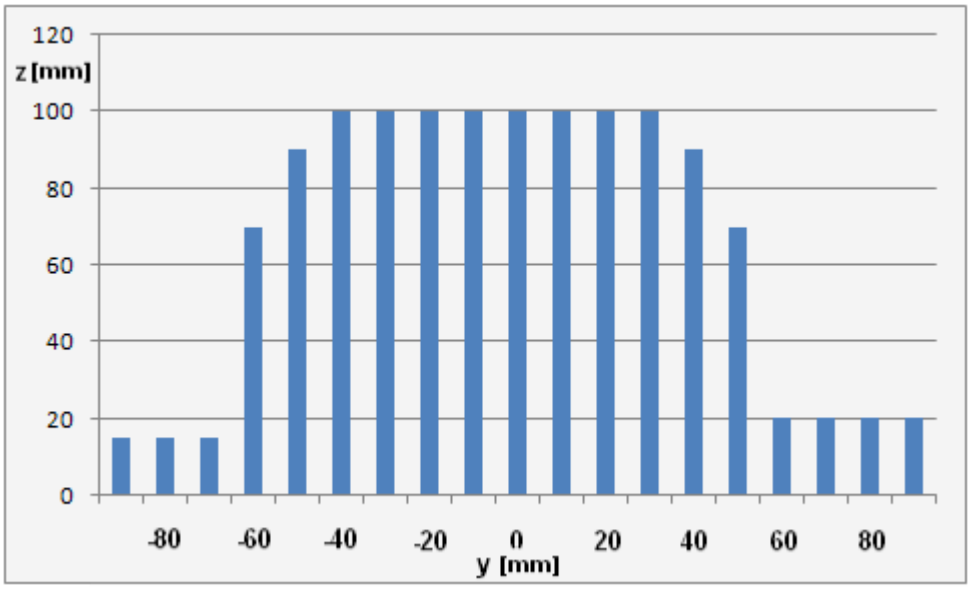


(c) x=40mm

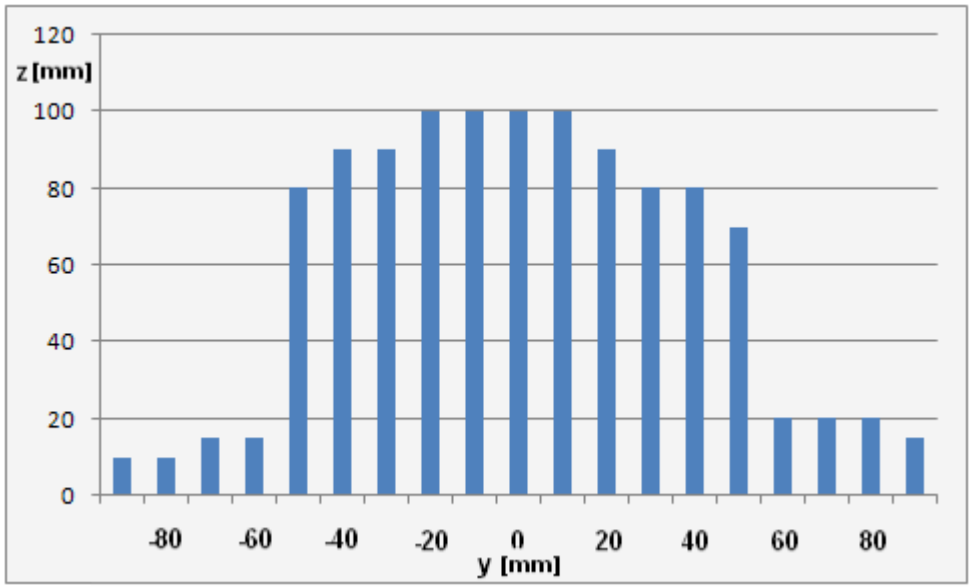


(d) x=60mm

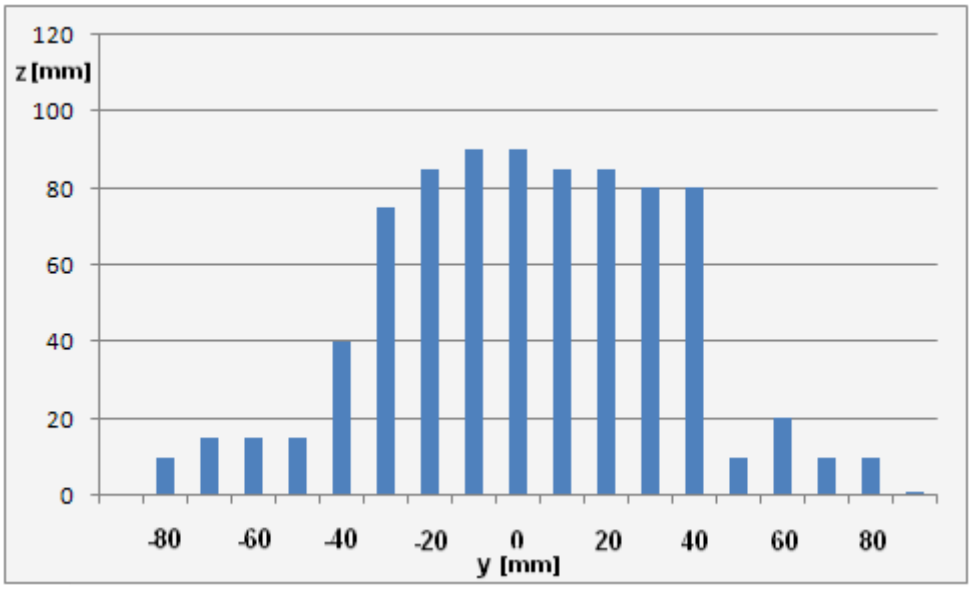
<그림 3-11> 일반 루프 안테나의 인식거리



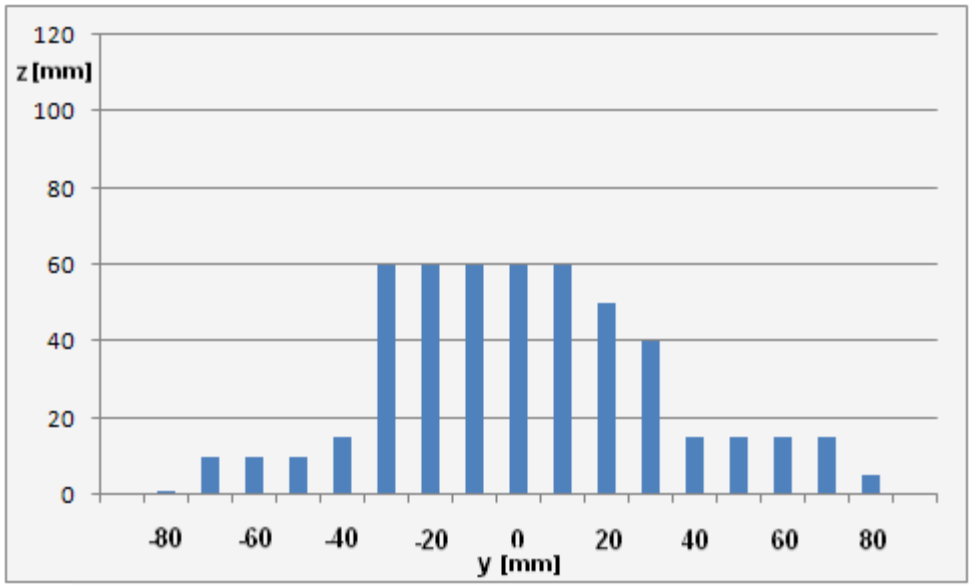
(a) x=0mm



(b) x=20mm



(c) x=40mm



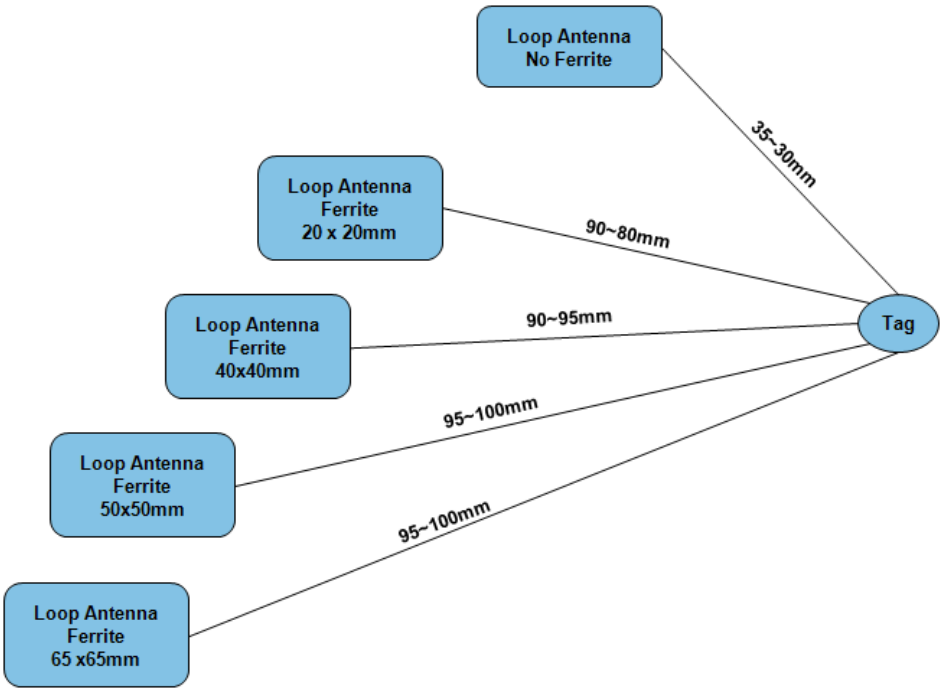
(d) x=60mm

<그림 3-12> 페라이트형 루프 안테나의 인식거리

<표 3-2>는 적층형 루프 안테나와 페라이트형 루프 안테나의 종류에 대한 방사저항 값를 수식에 의해 구한 것을 표로 나타내었고, <그림 3-13> 이 표를 이용하여 다양한 크기의 페라이트를 루프 안테나에 삽입했을 때, 측정된 인식거리를 나타낸 것이다.

<표 3-2> 적층형 루프 안테나와 페라이트형 루프 안테나의 방사저항

	Radiation Resistor by Stack Loop Antenna				
	Loop Antenna 80x80mm 2 turn, 2layer	Loop Antenna 80x80mm 3 turn, 2layer	Loop Antenna 80x80mm 4 turn, 2layer	Loop Antenna 80x80mm 2 turn, 4layer	Loop Antenna 80x80mm 2 turn, 6layer
Radiation Resistor (Rr)	$8.53X10^{-5}$	$19.2X10^{-5}$	$34.1X10^{-5}$	$34.1X10^{-5}$	$76.8X10^{-5}$
	Radiation Resistor by Ferrite Loop Antenna				
	Ferrite No.1 65x65 mm	Ferrite No.2 50x50 mm	Ferrite No.3 40x40 mm	Ferrite No.4 20x20 mm	Ferrite No.5 No Ferrite
Radiation Resistor (Rr)	$33.74X10^{2}$	$6.4X10^{2}$	45.1X10	20.6X10	$7.33X10^{-5}$



<그림 3-13> 페라이트형 루프 안테나의 페라이트 크기에 따른 인식거리 비교

제 4 장 결 론

13.56MHz대역에서 동작하는 시스템을 사용하여 태그 인식거리 개선에 초점을 두고 리더기의 안테나에 다양한 실험을 해보면서 그 중, 양호한 결과를 얻은 실험에 대해 정리하였다.

먼저 수행한 실험은 기존 RFID시스템의 리더기 안테나를 시스템과 분리하고 회로망 분석기에 의해 13.56MHz에서 공진하는 적층형 루프안테나를 제작하여 기존에 RFID시스템과 연결되어 사용되던 일반적인 루프안테나와의 태그 인식거리를 측정, 비교한 결과 적층형으로 제작된 루프안테나에서 안테나 권선수 증가에 따른 방사저항 증가로 인해 안테나에 높은 전압이 걸리면서 약 43%정도 인식거리가 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

다음으로 수행한 실험은 기존에 사용되던 루프안테나와 동일한 루프안테나를 제작하고 내부에 니켈-아연 페라이트를 삽입해 앞에서와 같이 태그에 대한 인식거리 측정 실험을 한 결과 페라이트의 높은 투자율로 인해 안테나에서 방사되는 전자파의 세기가 향상되어 일반 루프안테나에 비해 약 185%정도 인식거리가 개선되는 것을 확인할 수 있었다.

기존에 사용 중인 저주파대역의 RFID시스템은 대부분 루프안테나를 사용하고 있다. 이런 저주파 대역의 시스템들 중 일부에서 동작 성능이 그다지 우수하지 못해 태그를 리더기에 아주 가까이 접근시켜야 하거나 또는 태그가 안테나에 근접했는데도 인식이 실패해 여러 번 시도해야 동작하는 시스템이 사용 중에 있는데 본 논문을 그런 시스템에 적용한다면 약간의 수정만으로도 인식거리와 인식률 측면에서 우수한 성능 개선을 할 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

[1] Klaus Finkenzeller, *RFID Handbook Second Edition*, Wiley, 2004

[2] Shahram Moradpour, Manish Bhuptani, *RFID Field Guide : Deploying Radio Frequency Identification Systems*, Sun Microsystems, 2005

[3] 남상엽, 변상기, 정교일, *ED-3100을 이용한 RFID구조 및 응용*, 상학당, 2006

[4] EM Microelectronic-Marin SA, *Read/Write analog front end for RFID Basestation EM4094 & 4095,* User's Manual, www.emmicroelectronics.com

[5] Microchip Technology Inc., *RFID Coil Design*, AN678.

[6] Warren L. Stutzman, Gary A. Thiele, *Antenna theory and design : second edition*, 2004, p97-115.

[7] 13.56MHz RFID Trainning Kit, *Compliant ISO15693 and ISO14443A&B, Analog Front End IC for RFID Base Station*, www.firmsys.co.kr

[8] ATMEL, *8-bit AVR with 8K Bytes In-System Programmable Flashy, 2486OS-AVR-10/04, Atmega8L User's Manual*, www.atmel.com

[9] Hassan M. Elkamchouchi, Mona N. Abd El-Salam, *Square loop antenna miniaturization using fractal geometry*, Proceedings of the Twentieth

National Radio Science Conference, pp. B4-1-8, Mar. 2003.

[10] Andrey S. Andrenko, *Conformal fractal loop antennas for RFID tag applications*, 18th International Conference on Applied Electromagnetics and Communications, pp. 167-170, Oct. 2005.

[11] 강민수, 이동선, 이기선, *134.2kHz 대역의 RFID 루프안테나 설계에 관한 연구*, 한국철도학회, pp.102-109, 2001.

[12] 박용주, 김혁진, 한상준, 양운근, 김정호, *13.56MHz RFID 리더용 병렬 급전 다중루프 안테나의 설계 및 구현*, 전자파기술학회, 2004

[13] C. A. Balanis, *Antenna Theory: A Review,* Proc. IEEE, Vol. 80, No. 1, pp. 7-23, January 1992.

[14] Bogdan C. Ionescu, *A Study of RFID Devices and Efficient Ways of Simulating RFID System with Maxwell Software*.

[15] Y. Tikhov, J.H. Won, *Impedance-matching arrangement for microwave transponder operating over plurality of bent installations of antenna*, Vol. 40 No 10, Electronics letters 13th May 2004.

[16] 이형주, *전자기파 수신용 고효율 유도코일 및 이를 이용한 전력 변환 장치*, 대한민국특허청, 출원번호:10-2004-0033297

부 록

다음은 RFID시스템에서 RF신호를 처리하기 위해 사용된 EM사의 13.56MHz RFID Base Station인 EM4094의 사양을 나타내고 있다 [4].

- ISO 15693 & ISO 14443 compatibility.
- Oscillator using 13.56MHz Quartz with selectable transconductance.
- Antenna driver using OOK or ASK modulation using single antenna driver.
- ASK modulation adjustable in range from 7% to 30%.
- High output power 200mW from 5V supply.
- Multiple receiver input for high communication reliability.
- AM/PM demodulation with AGC signal amplifier.
- 848KHz BPSK internal decoder (type B).
- Multiple sub-carrier receiving compatibility(212kHz, 424kHz, 848kHz).
- Multiple sub-carrier coding compatibility (Manchester, BPSK).
- Built-in receive low-pass filter cut-off frequency selectable between 400kHz and 1MHz.
- Built-in receive high-pass filter cut-off frequency selectable between 100kHz, 200kHz and 300kHz.
- Selectable receive gain.
- Serial 3 pin interface for option selection.
- Power down mode controlled by the 3 wires SPI.
- Output Power : 100mW (in SO16), 200mW (in SO20w).
- Operation temperature range -40℃ to +85℃

다음은 RFID시스템에서 시스템제어를 위해 사용된 Atmel사의 8bit RISC인 ATmega8의 사양을 나타내고 있다 [8].

- High-performance, Low-power AVR 8bit Microcontroller.
- 130 Instructions - Most Single-clock Cycle Execution RISC Architecture.
- Up to 16MIPS Throughput at 16MHz.
- On-chip 2-cycle Multipller.
- 8K Byte of In-System Self-Programmable Flash.
- 512Bytes EEPROM and 1KByte Internal SRAM.
- Two 8-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, one Compare Mode.
- One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode.
- Real Time Counter with Separater Oscillator.
- Three PWM Channels.
- Byte-oriented Two-wire Serial Interface.
- Programmable Serial USART.
- Master/Slave SPI Serial Interface.
- Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator.
- On-chip Analog Comparator.
- External and Internal Interrupt Sources.
- Operating Voltage : 2.7~5.5V (ATmega8L), 4.5~5.5V (ATmega8).
- Speed Grades : 0~8MHz (ATmega8L), 0~16MHz (ATmega8).
- Active Mode Power Consumption 3.6mA at 4MHz, 3V, 25℃