

RFID Tag 기술

손명식 · 조병록

1. 서론

RFID(radio frequency identification) 시스템이란 마이크로 칩을 내장한 태그(tag)에 저장된 데이터를 무선주파수를 이용하여 리더(reader)에서 자동 인식 처리하는 기술이다. 비접촉식으로 여러 개의 태그를 동시에 인식할 수 있고, 인식 시간이 짧고, 태그에 대용량의 데이터를 저장할 수 있으며, 반영구적 사용이 가능한 장점이 있다. 그래서 RFID는 기존의 바코드나 자기인식장치의 단점을 보완하고 사용의 편리성을 향상시켜줄 차세대 핵심기술이다. 90년대 무선기술의 발전과 함께 저가격, 고기능의 카드, 레이블, 코인 등의 다양한 형태의 태그가 개발되었고, 2000년대 무선인식 기술의 중요성이 부각되면서 다양한 솔루션이 개발되고 전자화폐, 물류관리, 보안시스템 등의 핵심기술로 발전되고 있으며 국방, 의료, 유통, 건설, 보안, 제조, 서비스, 행정 등 다양한 분야로 적용이 가능하다. 이러한 RFID 태그는 궁극적으로 모든 사물에 ID를 부여하게 되어 사물의 자동인식이 가능해지며 이들 간의 상호 통신 네트워크가 형성됨으로써 USN(ubiquitous sensor network) 형태로 발전해 가고 있다.

현재 개발이 고조되고 있는 USN 환경 뿐만 아니라 RFID 시스템의 핵심 요소기술인 RFID 태그는 전자기술이 집적된 핵심부품이다. 종래에는 태그를 구현하기 위하여 125 KHz, 13.56 MHz 대역용 저주파 칩(chip)에 GaAs 쇼트키(schottky) 다이오드(diode)나 PIN 다이오드를 안테나 부하 전환 스위치로 사용하였으나 최근에는 실리콘 기반의 CMOS를 사용한 원 칩(one

chip)이 개발되었으며 그 기술이 점차 칩리스(chipless) 태그 형태로 발전해 가고 있다. 또한 그 종류도 다양해져 근거리 저주파용, UHF용, 원거리 초고주파대역 태그용으로 모드, 유형(type), 클래스(class)별 다양한 규격의 칩 개발이 진행되고 있다.

UHF 및 초고주파 대역용 태그는 인식거리가 긴 RFID 시스템 수요측면에서 국제표준화 과정에서 가장 관심 있게 고려되고 있으며, RF 요구사항이 표준화 단계에 있어 인식거리 관점에서 최근 가장 유망한 품목으로 주목을 끌고 있다. RFID 태그는 배터리의 사용여부와 동작방식에 따라 능동형(active), 수



손명식

1992 중앙대학교 전자공학과(학사)
1995 중앙대학교 전자공학과(석사)
1999 중앙대학교 전자공학과(박사)
1999~ 세명대학교 강의교수
2001 동국대학교 밀리미터파신기술
연구센터 연구교수
2004 순천대학교 정보통신공학부
2005~ 현재 전자공학과 조교수



조병록

1987 성균관대학교 전자공학과(학사)
1990 성균관대학교 전자공학과(석사)
1994 성균관대학교 전자공학과(박사)
1987~ (주)삼성전자 연구원
1988 ETRI 초빙연구원
2002 UC, Davis 미국 방문연구교수
1994~ 순천대학교 정보통신공학부
현재 전자공학과 교수

Technology of RFID Tag

순천대학교 정보통신공학부 전자공학과(Myung-Sik Son, Byung-Lok Cho, Department of Electronic Engineering, School of Computer & Communication Engineering, Suncheon National University, 315 Maegok, Suncheon, Jeonnam 540-742, Korea) e-mail: sonms@sunchon.ac.kr

동형(passive) 태그로 나뉘며, 리더의 RF 프론트-엔드(front-end) 설계구조에 따라 각 회사마다 전송방식을 달리하여 태그의 변조방식이 바뀐다.

본 기고에서는 RFID 태그 기술을 이해하기 위하여 RFID 시스템을 간략히 설명하고, 핵심 요소기술인 RFID 태그 개요 및 분류, 태그 회로 구성, 태그의 기본 동작 방법, 능동형 및 수동형 RFID 태그 기술 그리고 RFID 태그 칩 구조 및 칩리스 태그 기술에 대하여 개괄적인 내용을 설명한다.

2. RFID 태그 기술

RFID 시스템은 관리할 사물에 태그를 부착하고 전파를 이용하여 사물의 ID 정보 및 주변 환경 정보를 인식하여 각 사물의 정보를 수집, 저장, 가공 및 추적함으로써 사물에 대한 측위, 원격처리, 관리 및 사물 간 정보교환 등 다양한 서비스를 제공하는 시스템을 말한다. **그림 1**에서 나타낸 바와 같이 RFID 시스템은 태그, 리더, 서버(미들웨어 및 응용서비스 플랫폼)로 구성되고, 유무선 통신망과 연동되어 사용된다. 태그는 객체 상에 위치하여 객체를 인식할 수 있는 정보를 가지고 있으며, 리더는 정보를 수집, 처리하며 송신 및 수신 기능을 가진다. 서버는 리더에서 수신된 객체의 정보를 활용하여 응용처리를 수행한다.

기본적인 동작원리는 RFID 태그의 안테나와 리더의 안테나가 전파를 이용, 데이터를 주고받는 통신을 수행하는 것이며, RFID 태그 안에 내장된 안테나가 리더로부터 전파를 수신한다. RFID 태그 안에 내장된 IC 칩이 기동하여 칩 안의 정보를 신호화하여 태그의 안테나로 신호를 발신하며, 리더는 태그로부터 발신된 정보 신호를 안테나를 통하여 수신하여 유무선 통신 방식에 의해 서버로 전달한다.

리더는 주어진 주파수 대역에 맞게 RF 캐리어 신호

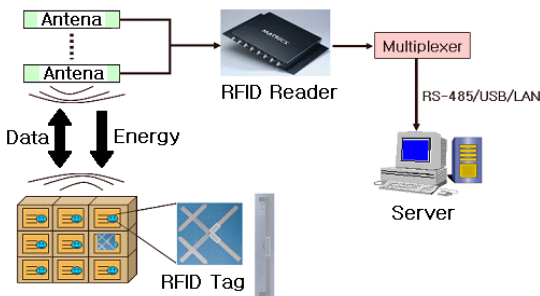


그림 1. RFID 시스템.

와 에너지를 RFID 태그에 송신하고, 태그는 RF 신호가 들어오면 위상이나 진폭 등을 변조(modulation)하여 태그에 저장된 데이터를 리더로 되돌려 준다. 되돌려 받은 변조 신호는 리더에서 복조(demodulation)하여 태그 정보가 해독하는 것으로 동작하게 된다.

2.1 RFID 태그

RFID 시스템의 요소 기술영역으로서의 핵심 소자인 RFID 태그(**그림 2**)는 IC 칩, 안테나 및 패키징으로 구성되고, 칩에는 사물의 식별 코드나 정보를 저장하며, 리더의 요청에 의해 또는 상황에 따라 스스로 외부에 자신의 정보를 전송 및 수신하기 위한 안테나를 보유한다. 패키징은 적용 분야에 따라 다양한 형태 및 재질로 만들어진다.

5센트 이하의 저가격, 초소형, 고기능의 RFID 태그 구현을 위해서는 칩, 안테나 및 패키징 등의 가격이 전반적으로 내려가야 하는데, 현재 칩의 가격이 태그 가격의 약 40%를 차지하고 있으며, 5센트 이하 태그 실현을 위해서 칩을 소형화하고 패키징 가격을 줄이는 새로운 기술개발이 필요하다.¹ 현재는 플립 칩(flip chip) 기술이 사용되고 있으나, 칩 크기가 1 mm 보다 작아짐에 따라 칩의 소형화 동시에 적합한 패키징 기술이 개발되어야 한다. 태그 가격을 50센트에서 5센트로 줄이는 단계에서는 칩과 패키지 가격을 1/10 이하로 줄이기 위한 기술과 안테나 및 칩과 안테나 접합비용을 최소화할 수 있는 새로운 기술이 필요하다. 초저가형 태그 구현을 위해서 1센트 이하의 단순 기능 칩, 초저가 칩리스 기술로 발전될 전망이다. 칩의 소형화는 반도체 기술의 발전에 따라 실현되고 있으며, 궁극적으로 초소형 태그를 실현하기 위해서는 안테나를 웨이퍼 상에 직접 구현하는 ‘안테나 온 칩(antenna on chip)’ 기술이 요구되며, 안테나 온-칩화에 따른 짧은 인식거리를 늘릴 필요가 대두된다.² RFID 태그용 안테나는 전기적 요구 성능뿐만 아니라 칩 및 패키징과 결합이 용이하고, 태그가 부착되는 물질 및 사용되는 환경에 영향을 받지 않아야 한다. 13.56 MHz 대역에서는 부하

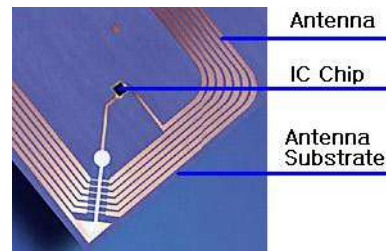


그림 2. RFID Tag.

변조 기능을 할 수 있도록 칩의 제어에 따라 임피던스를 변경할 수 있는 구조와 900 MHz 대역의 수동형에서는 전력 변환 효율을 높일 수 있도록 칩의 입력 임피던스와 정합 기술이 필요하다.

태그의 글로벌 사용을 위한 860~960 MHz 대역에서 동작하는 소형의 광대역 안테나가 요구되며, 제작비용을 줄이기 위한 단일층 구조와 소형으로 100 MHz 대역폭을 만족시키는 새로운 안테나 기술 개발이 필요하다. 현재 다이폴 안테나가 주로 사용되고 있으나, 소형화를 위해 프랙털(fractal) 및 미앤더 라인(meander line) 안테나 기술이 개발되고 있다. 안테나 제작은 현재의 에칭 공정을 사용하지 않고 직접 프린팅하는 공정을 사용하는 기술이 필요하다. RFID 기반의 칩의 가격, 크기, 성능 등 태그 기술의 발전에 따라 시장에서의 적용이 확산 되면서 태그, 리더, 네트워크 연동 및 서비스 분야별로 단계적인 발전이 예상된다. 태그가 소형화·지능화 되는데 비하여 가격은 수 센트로 저가화가 실현되면서 물류 유통 분야 및 환경, 재해 예방, 의료관리, 식품관리 등 실생활에서 활용이 확대될 것이다.

현재 읽기 전용 칩 가격은 5~20센트이며 태그 가격은 약 10~50센트이다. 하지만 태그 가격은 수년 이내 5센트 이하로 하락할 전망이며, 1센트 이하로 칩을 구현하기 위해서는 칩리스(chipless) 기술이 불가피하며, 2007년부터는 칩리스 태그의 시장 점유율이 10%로 높아질 전망이다. 태그 기술은 현재의 고정된 개체 인식 코드 획득 수준에서 2007년경 다기능 태그에 의한 상황인식 처리 수준으로 진화하여, 2010년 이후에는 객체 간 통신 기능을 갖춘 지능형 u센서 네트워크로 발전할 전망이다.³

2.1.1 RFID 태그 구분 및 주파수 특성

RFID 태그는 전원 공급의 유무에 따라 전원을 필요로 하는 능동형과 내부나 외부로부터 직접적인 전원의

공급 없이 리더기의 전자기장에 의해 작동되는 수동형으로 구분된다. 능동형은 리더의 필요전력을 줄이고 리더와의 인식거리를 멀리 할 수 있는 장점이 있으나, 전원 공급 장치를 필요로 하기 때문에 작동 시간의 제한을 받으며 수동형에 비해 고가인 단점이 있다. 반면, 수동형은 능동형에 비해 매우 가볍고 가격도 저렴하면서 반영구적으로 사용이 가능하지만, 인식거리가 짧고 리더에서 더 많은 전력을 소모한다는 단점이 있다.

최근 EPCglobal에서 RFID의 다양한 특징 및 용도를 기준으로 RFID를 Class 0, Class 1, Class 2, Class 3, Class 4, Class 5로 구분하여 각각의 특성을 밝히고 있다(표 1). 이에 따르면 RFID는 태그의 가격 및 성능에 있어 매우 다양한 특성을 가지고 있으며 이에 따라 다양한 분야에서 적용 가능할 것으로 보인다.

RFID를 표 2에 정리한 바와 같이 유사 매체와 비교해 보면 매체간 특징을 확연히 알 수 있게 된다. 현재 사용 중인 인식 매체별 인식 기술을 비교해 보면 인식 방법에서 RFID 비접촉식으로 바코드에 비해 인식 속도가 빠른 특징을 가지고 있다. 바코드의 인식거리는 최대 50 cm 인데 비해 RFID는 최대 27 m까지 확장이 가능하며, 금속을 제외한 장애물의 투과도 가능하다. 인식률에 있어서도 자기카드나 IC 카드와 마찬가지로 99.9% 이상으로 높으며 사용기간 및 데이터 저장 능력 또한 여타 매체에 비해 탁월한 특성을 가지고 있다. RFID 태그의 가격이 타 인식 매체에 비해 고이기 때문에 빠른 실용화를 위해서는 가격의 인하가 동반되어야 한다.

또한 RFID는 무선자원을 사용하기 때문에 주파수 배분의 문제도 간과할 수 없다. RFID의 주 수요처가 될 물류부문에 있어서 원활한 유통을 위해서 세계적으로 동일한 주파수 및 기술표준을 이용하는 것이 바람직하며 해외의 RFID 관련 동향을 파악하는 것 또한 중요

표 1. EPCglobal의 RFI 태그 구분

	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
개요	제조사입력/ 읽기전용	사용자입력 /읽기전용	읽기쓰기기능 /수동형	반수동형/ 읽기쓰기기능	능동형/ 읽기쓰기기능	능동/독립형/ 읽기쓰기기능
능동형/수동형	수동형			반수동형	능동형	
읽기/쓰기	읽기전용		읽기쓰기기능			
전송성공률	낮다			높다		
배터리	없음			리튬/마그네슘 전지		전원확장성 용이
수명	길다		짧다	길다		
도달거리	짧다		길다	중간	길다	
무선망 네트워크	기능 없음					네트워크 구성가능

표 2. 매체별 인식기술 비교

	바코드	자기 카드	IC 카드	RFID
인식 방법	비접촉식	접촉식		비접촉식
인식 거리	~50 cm	리더기에 삽입		~27m
인식 속도	4초	4초	1초	0.01~0.1초
인식률	95%이하	99.9% 이상		
투과률	불가능			가능(금속제외)
사용기간	-	1만번이내(4년)	1만번(5년)	10만번(60년)
데이터 저장	1~100 byte	1~100 byte	16~64 Kbyte	64 Kbyte이하
Data Write	불가	가능		
카드손상률	매우 잦음	잦음	잦음	거의 없음
태그 비용	가장 저렴	저렴	높음(\$10이상)	보통(\$0.5~\$1)
보안 능력	거의 없음	거의 없음	복제불가	복제불가
재활용	불가능		가능	

표 3. 주파수별 RFID 구분 및 특성

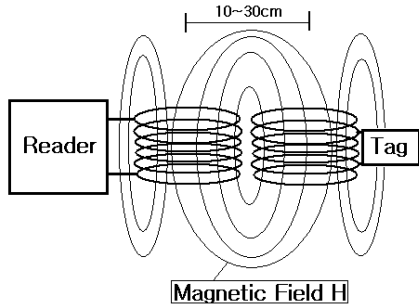
주파수	저주파	고주파	극초단파		마이크로파
	125,135 KHz	13.56 MHz	433 MHz	860~960 MHz	2.45 GHz
인식거리	60 cm 미만	60 cm까지	~50~100 m	3.5~10m	~1 m 이내
일반특성	· 비교적 고가 · 환경에 의한 성능 저하 · 거의 없음	· 저주파보다 저가 · 짧은 인식거리와 대중 · 태그인식이 필요한 응용 · 분야에 적합	· 긴 인식거리 · 실시간 추적 및 컨테이너 · 내부 습도, 충격 등 환경 · 센싱	· IC 기술발달로 가장 저가 · 로 생산 가능 · 다중 태그 인식 거리와 · 성능이 가장 뛰어남	· 900 MHz 대역 태그와 · 유사한 특성 · 환경에 대한 영향을 가장 · 많이 받음
동작방식	수동형	수동형	능동형	능동/수동형	능동/수동형
적용분야	· 공정자동화 · 출입통제/보안 · 동물관리	· 수화물관리 · 대여물관리 · 교통카드 · 출입통제/보안	· 컨테이너 관리 · 실시간 위치 추적	· 공급망관리 · 자동동행료 징수	· 위조방지
인식속도	저속 <-----> 고속				
환경영향	강인 <-----> 민감				
태그크기	대형 <-----> 소형				

하다. 사용 주파수에 따라 태그의 특성이 매우 상이하게 나타나기 때문에 주파수를 이용하여 태그를 구분하기도 한다. 주로 사용되는 주파수 대역은 125 KHz, 135 KHz, 13.56 MHz, 433 MHz, 860~960 MHz, 2.45 GHz대역이 있으며, 주파수별 태그의 특징은 표 3과 같이 요약할 수 있다.

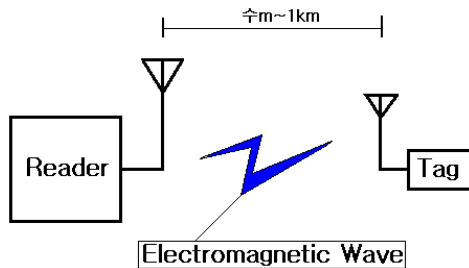
2.1.2 Air Interface 기술

태그는 그림 3과 같이 RFID 시스템 단말기인 리더와의 에너지 결합방식에 따라 동작원리가 전혀 다르다. 그림 3의 상호유도(inductively coupled) 방식은 현재 대부분의 저주파 RFID에서 적용되는 원리로서 전원에너지 및 데이터 전송이 코일 루프 안테나 전류에 의해 형성되는 자계에너지에 의해 전송된다. 즉 구동 전류에 의해 리더의 안테나에서 발생한 전력에너지는 자계장을 형성하며 자계장 영역에 위치한 태그는 자계장의 변화에 의한 전류가 유기되어 이로 인한 전압이

발생한다. 이 경우에 태그는 요구되는 최소 전력을 리더에서 수신하게 된다. 수신된 전력에 의해 동작하는 태그는 자체 데이터 송출을 동일한 원리에 의해 리더에 전달하게 되는데 태그에 흐르는 전류는 미약 전류이므로 리더에 전송하는 거리는 매우 근거리이다. 참고로 대부분의 현재의 저주파 RFID는 이러한 원리에 의해 동작하므로 감지 거리 또는 데이터 전송거리는 근거리로 활용이 제한적이며 감지 거리를 증대하려면 자속 통과 면적을 크게 해야 하므로 안테나가 매우 커야 한다. 또한 저주파 RFID는 133 KHz 또는 13.56 MHz로서 주파수가 낮기 때문에 데이터 전송속도가 느리며 전송 데이터양이 제한적이다. 그림 3의 전자기파(electromagnetic wave) 방식은 RF 전파 방식으로서 전파통신, 레이더와 같이 전파전송 원리를 적용한 것이다. 즉 리더에서 전송되는 마이크로파 전자기 신호를 태그가 반사하며, 반사된 신호를 리더가 수신하는 레이



(a) 상호유도(Inductively-coupled) 방식



(b) 전자기파(electromagnetic-wave) 방식

그림 3. RFID 시스템 결합 방식.

더의 원리와 유사하다. 이 경우에 태그에서 반사하는 신호는 리더의 반송파 주파수 신호를 태그의 ID 데이터 정보에 의해 변조하여 백스캐터(backscatter)하게 되며 리더는 변조되어 수신된 신호를 복조하여 태그의 ID 정보를 해독한다. 이 경우의 RF 주파수는 UHF주파수 이상의 RF 전파 신호로서 데이터 전송속도가 높고 인식거리도 저주파 RFID와 달리 크게 증가한다. 이 경우에 태그의 동작 전원은 원거리에서 수신된 RF전파를 정류하여 사용하므로 인식거리를 증대하려면 리더의 출력이 크거나 태그의 전력소모가 매우 적어야 한다.

2.1.3. RFID 태그 방식

능동형 태그는 신호발진기 존재여부에 따라 능동형 태그 또는 반능동형(semi-active) 태그로 분류한다. 태그에 신호발진기가 있어 리더의 명령에 의해 태그의 자체 발진 신호에 자체 ID 정보를 송신하면 능동형 태그이다. 반면에 배터리가 단지 태그의 구동전원만을 공급하고 자체 발진기가 없어 정보 전송을 수동형 태그과 같이 백스캐터 방식으로 하면 반능동형 태그로 구분한다. 감지거리가 긴 UHF 대역 RFID 시스템은 보통 감지거리가 2 m 이상이 되며 이 경우에 태그는 저전력 소모 설계가 요구된다. 전파의 자유공간 손실측면에서 유리한 UHF 대역 태그는 860~960 MHz 대역에서 국제표준이 확정될 예정이며 물류관리, 제조, 창

고관리, 컨테이너 관리 등 산업 전반에의 활용이 예상된다.

태그의 기능은 대략 3가지로 분류되는데 read-only, write once read many(WORM) 및 read/write(R/W) 태그로 구별된다. read-only 태그는 제조 시 기록되며 정보내용 변경이 불가능하다. 그러나 가격이 저렴하여 단순 인식을 요하는 RFID 분야에 사용된다. WORM 태그는 사용자가 데이터를 프로그램하며 프로그램 한 후에는 변경이 불가하다. read/write 태그는 몇 번이고 프로그램 및 데이터 변경이 가능한 구조이다.

(a) 백스캐터 태그

(b) PIN 다이오드 백스캐터

(c) 개폐 다이오드 백스캐터

2.1.3.1 수동형 백스캐터-태그

수동형 백스캐터 태그는 가격대 성능에서 대부분의 RFID 시스템의 최적 방안으로 대두되고 있다. 이 수동형 백스캐터 태그는 코드 발생, RF 신호 수신, 변조, 재송신, DC전압 발생 등의 주요 기능을 갖고 있다. 수동형 태그는 리더로부터 수신된 RF 신호로부터 DC 전압을 추출해야 하는데 검파기 다이오드 또는 쇼트키 다이오드가 감도, 효율 면에서 적합한 정류기로서의 기능을 수행한다. 정류된 DC 전압은 응답코드를 발생하고 변조회로에 변조 파형을 공급하는 전원으로 사용된다. 백스캐터 방식은 태그 안테나를 스위칭에 의해 수신 RF신호를 반사하는 것이 기본원리이다. **그림 4(a)**의 백스캐터 구조에서 태그 안테나는 제어데이터 비트(bit)가 “1”이면 수신 RF 신호를 반사하며 제어데이터 비트가 “0”이면 수신 RF 에너지를 흡수한다.

일반적으로 안테나에 인입된 RF 신호는 안테나에 흐르는 RF 전류를 변화시켜 변조될 수가 있는데, 이 기법은 중단된 안테나의 임피던스 변화에 의해 가능하다. 요구되는 변조패턴에 따라 안테나 단자의 저항 또는 리액턴스를 변화시켜 변조된 전파 반사가 발생되도록 다양한 기법이 사용될 수 있다.

디지털 코드를 송신하기 위해서 가장 널리 사용되는 PIN 다이오드 스위칭 방식에서 다이오드는 2가지 상태를 갖게 되는데, 즉 “On”상태(저 저항, 수 Ω)와 “Off”상태(고 저항, 수 $k\Omega$)를 갖는다. 즉 다이오드 단자의 이상적인 임피던스는 **그림 4(b)**의 스미스차트와 같이 임피던스가 개방상태에서 단락상태로 변화함을 보여주며, 반사계수의 크기는 일정하게 유지하면서 위상만 180° 변한다. 그러므로 PIN 다이오드의 순방향 바이어스 전류를 변화시켜 Bi-phase 위상변조(PSK)방식이 가능하

며, 안테나는 자체 공진 상태가 되어 방사저항을 On과 Off 저항 사이의 값으로 유지한다. 즉, 안테나는 다이오드 임피던스가 2가지 상태를 갖는 형태로 임피던스 변화를 갖는다. 그러나 PIN 다이오드 백스캐터방법은 낮은 저항을 얻기 위해서는 비교적 큰 전류가 인가되어야 하는 단점을 갖는다. 산란신호를 변조하는 다른 방법으로는 **그림 4(c)**와 같은 방법으로서 정류기의 부하전류 I_L 이 FET(field-effect transistor) 스위치와 저항의 조합에 의해 변조된다. 정류기 커패시터 C는 공진주파수에서 저 임피던스 시에는 바이패스(bypass), 변조할 때는 고 임피던스가 된다. PIN 다이오드 경우와 같이 변조과정은 안테나 부하임피던스가 되는 다이오드 임피던스의 변화에 근거한다. 즉 안테나 부하 임피던스 상태에 따라 수신 RF 신호를 안테나로부터 흡수하거나 방사한다. RF에너지의 흡수는 안테나 임피던스가 다이오드 임피던스와 정합되는 상태에서 발생한다. 이 과정을 통하여 수신된 태그의 리더 입력신호는 효과적으

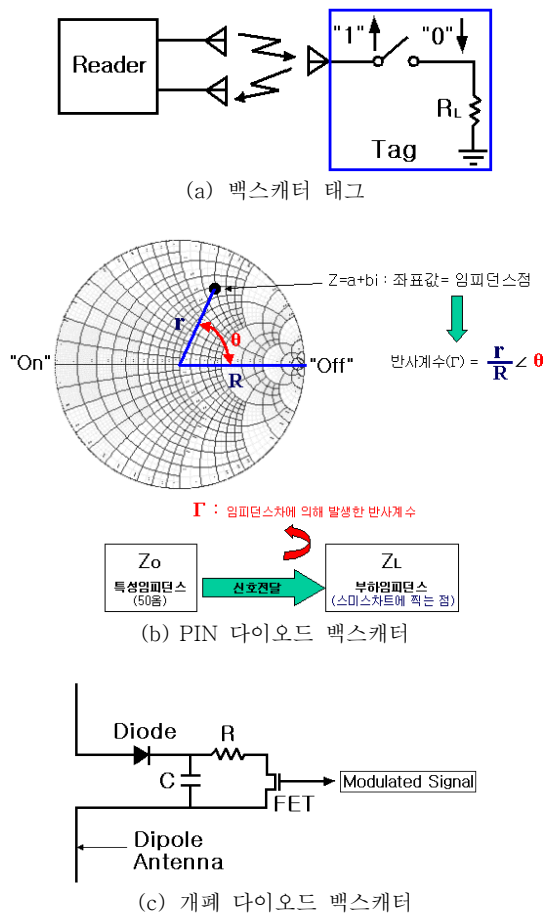


그림 4. 수동형 백스캐터 방식 태그.

로 진폭 변조되며, 디지털 변조신호에 의해 진폭변조된다. 이 회로에서 쇼트키 다이오드는 태그의 몇 가지 기능, 즉 RF-DC 정류기, 검파기 및 수신기 기능을 갖는다.

2.1.3.2 하모닉(Harmonic) 태그

하모닉 태그는 **그림 5**와 같은 구조로서 수신 코드를 고의로 발생시킨 태그 자체의 배수 고조파에 변조신호를 송신한다. 이 기술은 다운링크(down link)와 업링크(up link) 간의 분리도가 매우 우수하나 주파수 채배기(frequency doubler)의 효율이 낮으며 태그에 두 개의 안테나가 요구된다. 더욱이 두 주파수대역에서 동시에 송신을 요구되는 주파수 확보 문제가 있다.

2.1.3.3 시퀀스 증폭기(Sequenced Amplifier) 태그

시퀀스 증폭기 태그는 SAW(surface acoustic wave) 소자를³ 태그에 사용하여 지연시킨 다음 응답 코드를 삽입하여 증폭한 구조로서 **그림 6**과 같은 구조로 구현되며 최근에 2.45 GHz 수동형 태그에 적용되고 있다.

2.1.3.4 능동형 태그

능동형 태그는 **그림 7**과 같이 태그 안에 배터리를 저장하고 있어 배터리가 유지되는 동안 데이터를 리더로 전달한다. 그러나 배터리의 전원소모를 최소로 하기 위하여 리더에서 “wake-up”신호가 들어 왔을 때만 동작하도록 되어있다. 현재 원거리 능동형 태그 국제 표준은 433 MHz에서 10 Mw ERP를 갖도록 규정될 전망이다. **그림 7**에서 나타난 것처럼 태그 내부에 각종 센서를 부착시킬 수 있으며, 전송거리가 수십 m를 초과한다. 또한 읽기/쓰기가 가능한 메모리가 있어 128 KB 이상의 데이터를 저장할 수 있다.

2.2 수동형 태그의 요소기술

2.2.1 정류 회로

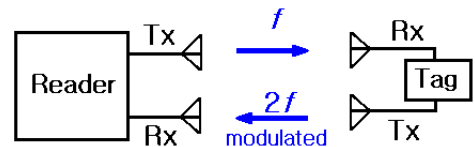


그림 5. 하모닉 태그.

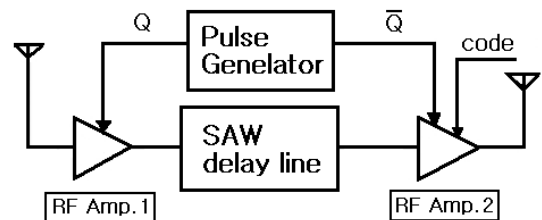


그림 6. 시퀀스 증폭기 태그.

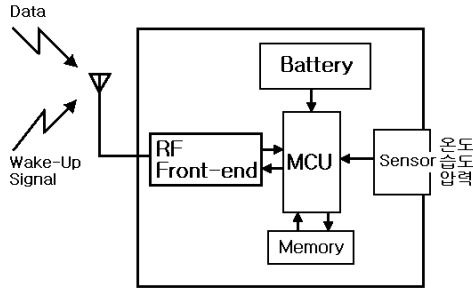


그림 7. 능동형 태그.

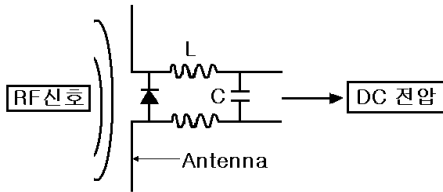


그림 8. 렉테나 회로 구성도.

수동형 태그는 배터리가 없는 구조이므로 태그 칩이 동작하기 위해서는 리더에서 송출되는 전파에 의해 태그 칩이 동작하기 위한 직류전원을 생성해야 한다. 이것은 그림 8과 같이 안테나에 정류회로가 구성된 렉테나(rectenna)로부터 얻는다. 렉테나의 설계는 고주파 측과 직류 측의 양단간에 임피던스가 전력레벨에 따라 변화하는 요소가 있기 때문에 최적의 설계가 요구된다. 태그는 렉테나가 받는 전력이 작기 때문에 쇼트키 다이오드의 동작 전류가 작아 RF-DC 변환 효율이 낮다. 실제로 GaAs 소자는 20~30% 수준이며 Si CMOS 소자는 이보다 낮기 때문에 저전력 소모 회로 설계가 매우 중요하다.

2.2.2 변조방식

수동형 태그는 배터리 없이 리더에서 송출되는 전파의 일부를 정류하여 동작하기 위해서 필요한 직류 전원을 재생한다. 따라서 태그 칩의 전원 저장 커패시터는 작고, 회로의 소비전력은 매우 적게 할 필요가 있다. 최근 디지털회로는 저 소비전력화가 진전되고 있지만 고주파회로에서는 큰 전력소모 때문에 저전력 소모 고주파회로 구현이 필요하다. 태그 칩은 자체 발진기 없이 리더에서 송출되는 전파를 이용하여 칩의 메모리에 입력된 정보를 변조신호로 사용하여 리더의 반사전파에 정보를 전송하는데 이런 방식을 백스캐터 변조 방식이라 한다. 이 방식의 한 예로 위상변조방식(PSK-phase shift keying)의 원리를 그림 9에 도시하였다.

그림 9에서와 같이 안테나로부터 입력된 반송파는

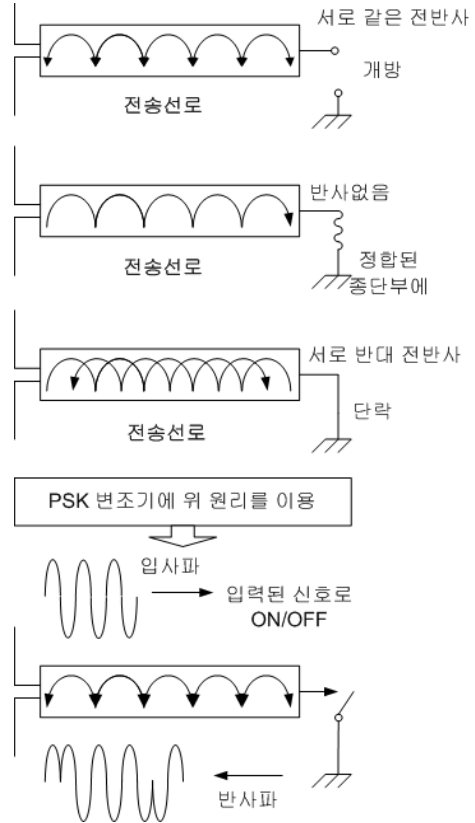


그림 9. 백스캐터 변조방식.

그 안테나와 반사 측의 전송선로 끝에 전송선로와 같은 임피던스의 부하로 종단하면 거기에서는 반사는 일어나지 않는다. 그런데, 전송선로 끝을 개방하면 거기에서는 서로 같고 또 단락하면 서로 반대이고 전반사를 일으킨다. 즉 안테나의 반대측 전송선로 종단에 RFID 칩의 메모리에 기억된 정보신호 레벨에 의해 단락/개방이 되는 스위치를 설치하는 것으로부터 반송파는 전송선로 종단에서 위상변조 된다. 또 스위치의 단락 혹은 개방의 어느 쪽 상태이든 안테나가 임피던스 정합되면 반사가 일어나지 않기 때문에 변조도 100%의 진폭변조(ASK-amplitude shift keying)도 가능하다. 태그 칩에서는 그 회로에서는 전송선로가 생략되어 있어, 안테나와 그 급전 점에 스위치를 설치한다고 생각하면 된다. 이 같은 원리를 이용하여 태그 측에는 특별한 고주파회로 없이 간단한 고주파 스위치를 설치하는 것만으로 그림 10과 같은 진폭변조나 위상변조 회로가 구성될 수 있다.

진폭변조나 위상변조 방식은 정보성분이 변조하는 것으로부터 억압시킨 반송파 f_c 를 좁히고 양측 파대를

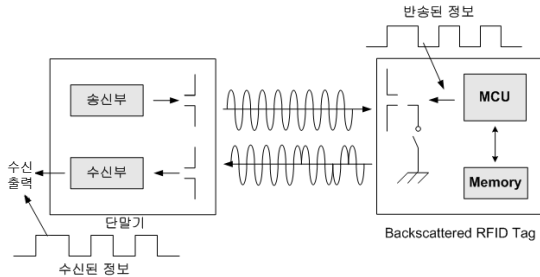


그림 10. 백스캐터 위상변조회로.

넓히기 때문에 리더에서 태그로의 반송파와 태그로부터 리더로의 변조파와의 간섭은 일어나지 않기 때문에 통신시스템에는 적합하다. 그러나 다음과 같은 문제점도 존재한다.

진폭변조는 반송파의 유무 여부로 정보의 “0”과 “1”을 식별한다. 여기에서 태그 칩이 정보 “0”일 때에 반송파를 반사하지 않고, “1”일 때에 반송파를 반사하는 경우, 리더로부터 보면, 그 통신 공간에 태그 칩이 존재하지 않는 경우와 “0”의 정보를 전송하고 있는 경우가 구별되지 않는다.

한편, 위상변조는 정보의 “0”인지, “1”인지를 반송파의 위상이 0도인지 180도인지로 식별한다. 통신하고 있는 공간에 태그가 존재하지 않을 때는 태그에서 반사되는 반송파도 존재하지 않기 때문에 이들의 3가지 상태를 식별 할 수 있다. 그림 10의 동작원리에서도 알 수 있듯이 응답하고 싶은 태그는 안테나의 급전점을 접지와 단락/개방하는 것에 따라 위상변조를 발생하며, 정보를 리더로 향해 반사한다. 한편, 응답하고 싶지 않는 태그는 안테나의 급전점을 안테나의 임피던스와 같은 저항 식으로 종단하여 안테나에서의 반사를 억제할 수 있기 때문에 태그의 제어가 가능하다. 안테나의 부하 임피던스를 변화시키기 위하여 트랜지스터가 사용되며 스위치의 on/off 신호는 태그의 디지털 신호에 의해 스위칭 된다. 즉 바이폴라 트랜지스터의 베이스단자에 high 신호가 인가되면 스위칭 회로가 특성임피던스 50Ω으로 정합되어 RF 신호는 무반사 되고, low 신호가 인가되면 스위칭 회로가 부정합 되어 단말기로 부터의 RF 신호는 전반사된다. 이러한 원리에 의해 진폭변조 회로를 구성할 수 있다.

2.2.3 메모리

RFID 태그 칩은 메모리로 ROM 칩의 경우에 마스크 ROM이 사용되며 R/W 칩은 EEPROM 또는 플래쉬(flash) 메모리를 구성하여 태그를 제작한다. 최근의 기술 추세는 태그가 단순한 인식소자 이상의 테

이터저장 기능 R/W 태그가 본격적으로 개발되고 있다. 이러한 고기능 칩은 LSI 반도체 기술 발달로 초소형사이즈 칩에 Class 1, 2 수준의 고용량 정보저장 수준 메모리구조를 채용한 태그가 활용될 전망이다. 최근에 ISO 18000 표준 및 EPC 표준을 만족하는 고속메모리를 채택한 제품들이 보고되고 있다.

2.2.4 안테나

태그 칩과 안테나에 변조회로와 DC전원 재생회로로 랙테나가 구현된다. 전원 재생회로에서는 안테나와 임피던스 정합·부정합이 요구된다. 입력전자파의 공진 주파수 동작 상태에서 만일 안테나 단자가 단락상태가 되면 안테나 유효단면적은 4배가 되는 효과를 발생한다. 이 경우에는 안테나 전류 $+i$, $-i$ 가 2배가 되어 백스캐터 전반사 에너지가 6 dB 증가한다. 이 원리는 전송 선로로 연결된 임피던스 정합 부하에 인입되는 전류가 전송선로가 단락되면 부하 전류가 2배가 되는 경우와 동일하다. 개방 안테나 단자의 경우에는 안테나가 2개의 반사기로 분리되어 제 2고조파에서 공진한다. 이 경우에 기본파에서는 2개의 전도체 안테나를 흐르는 전류가 매우 작기 때문에 반사 단면적이 거의 0이 된다. 결과적으로 이와 같은 변조기 다이오드에 의한 개방 또는 단락회로 임피던스 스위칭 방식은 안테나 단자에 나타나는 부하 임피던스 Z 를 72Ω 또는 0Ω으로 스위칭하게 되며, 이로 인하여 변조된 백스캐터 전반사 에너지는 4~6 dB의 변화를 발생한다.

RFID 칩을 제조함에 있어서 IC 칩 내에 임피던스 정합용의 코일이나 용량의 큰 콘텐츠를 내제하는 것은 어렵다. 그래서 안테나 측에서 IC 칩의 입력임피던스에 합쳐진 설계를 수행하는 것이 필요하게 된다. 다이폴(dipole) 안테나는 그 목적 주파수의 반파장보다 길게 하면 유도적이고, 짧게 하면 캐패시티브의 안테나 리액턴스성분을 보인다. 이 특성을 이용해 안테나와 IC 칩의 입력 임피던스를 정합시킨다.

이 안테나는 그림 11에 나타나듯이 그 전장을 길게 하는 것으로부터 $+jX$ 성분을 안테나 측으로 만들어 나올 수 있기 때문에 이 특성을 이용해 IC 칩 내의 리액턴스성분을 상쇄하도록 안테나를 설계한다. 폴디드 다이폴안테나는 그 급전점이 직류로 짧게 하고 있기 때문에 정전 파괴 보호 대책도 동시에 수행할 수 있다. IC 칩 내의 변조회로와 전원 재생회로로 리액턴스성분($-jX$)의 값이 다르기 때문에 각각의 폴디드 다이폴안테나의 길이가 다르다.

태그용 안테나는 물체에 부착하기 때문에 소형으로 설계하는 것이 바람직하다. 그러나 안테나의 크기가 작

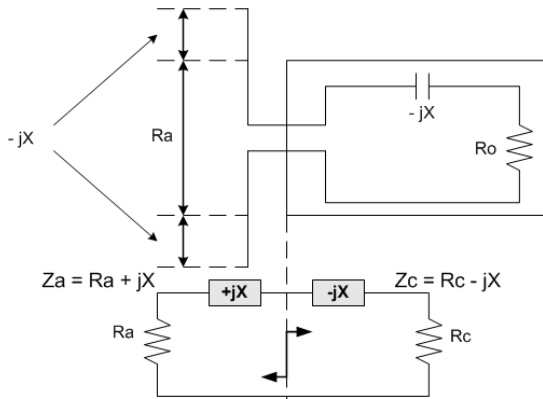


그림 11. 안테나와 IC 칩 정합 접속.

아지면 대역폭과 효율 등 안테나 성능이 저하된다. 태그가 물체에 부착 시에 물체에 따라서는 안테나의 특성이 크게 변할 수 있으므로 이러한 점을 고려하여 안테나의 성능을 그대로 유지하기 위한 소형으로 안테나를 설계하는 방법과 금속에 부착하여 사용하는 방법, 소형 고효율 안테나 설계에 대하여 지속적으로 연구되고 있다.

2.2.5 태그 회로

그림 12는 2.45 GHz RFID 태그 회로를 나타낸다. 수신용 슬롯 루프 안테나에서 수신된 RF 신호는 전력 검출회로에 의해 검파되어 태그를 대기 모드에서 구동 모드로 전환시키게 되고 저장된 고유 ID는 진폭변조 회로를 거쳐 송신용 안테나로 전송하는 구조이다. 수신 모드에서 검파용으로 사용되는 쇼트키 다이오드는 DC 전류를 인가하지 않는 제로 바이어스 회로로 사용되며 리더에서 송출되는 RF 신호를 검파한다. 쇼트키 다이오드가 제로 바이어스 상태인 경우에는 용량성 임피던스를 가지며, 태그는 리더로부터의 변조 반송파 수신 모드에서 L형 임피던스 정합회로에 의해 임피던스 정합된다.

마이크로파 대역에서는 백스캐터 스위칭 소자로서 주로 PIN 다이오드와 FET를 이용하고 PIN 다이오드의 경우는 소모전류가 크고 고가이기 때문에 저가이고 저 전력소모를 위한 RFID 태그용으로는 FET나 BJT (bipolar junction transistor)가 사용된다. 2.45 GHz에서 바이폴라 트랜지스터를 이용한 스위칭 회로를 사용하면 FET보다 전송속도가 우수하고 진폭변조 방식에서 다이오드 방식보다 저전력을 소모한다. 위 회로에서 칩의 변조 신호가 바이폴라 트랜지스터의 베이스 단자에 on 신호로 인가되면 백스캐터 회로는 특성 임피던스 50 Ω에 정합되고, 반대로 off 신호가 인가되면 백스캐터 회로는 전반사를 하게 된다. 이와 같이 백

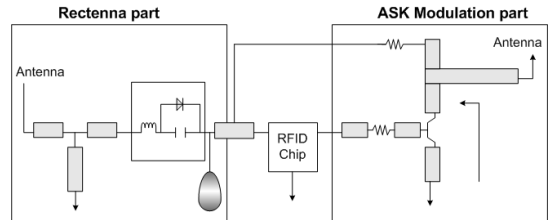


그림 12. 2.45 GHz RFID 태그 회로.

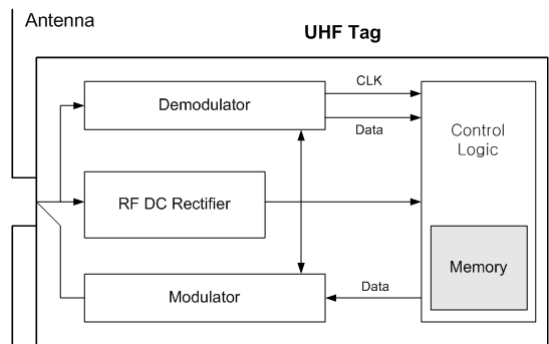


그림 13. UHF RFID 태그 One-Chip 구조.

스캐터 회로의 임피던스를 변화시켜 진폭에 의한 위상변조 디지털 신호를 발생시킬 수 있다.

그림 13은 복조 및 변조 방식을 갖는 UHF 및 2.45 GHz RFID 원-칩의 내부구조이다. 변조방식은 백스캐터 방식을 이용한다. IC 칩의 입력 임피던스가 변화함으로써 백스캐터된 신호를 안테나를 이용해 변조한다. 태그 출력은 위상변조, 진폭변조 백스캐터된 신호에 따라 안테나단 입력 용량 값이 변화한다. 위상변조 방식은 진폭변조방식에 비하여 SNR과 BER이 더 좋기 때문에 고효율과 큰 변조신호 파워를 갖는다. 따라서 위상변조방식을 많이 사용하나 리더의 회로가 복잡해지는 이유로 앞에서 언급한 것과 같이 조건에 따라 변조방식을 선택하여야 한다. 리더에서 태그로 PWM (pulse width modulation) 방식을 사용하여 송신하는 경우 태그에서는 PWM 복조기를 사용하게 된다. Si CMOS로 현재 생산중인 칩을 이용한 UHF 대역 및 2.45 GHz 대역 태그 제품들이 나오고 있다.

2.3 칩리스 RFID 태그

칩리스 태그란 IC 칩을 포함하지 않는 저가의 RFID 태그이다. 그러나 칩 태그는 칩에 많은 데이터를 저장할 수 있지만, 칩을 제작하는 공정 및 주재료인 실리콘의 가격 때문에 상대적으로 고가이다. 백만개 정도의 수량으로는 가격을 개당 10센트 이하로 낮출 수 없지만, 칩리스 태그는 재료의 가격에 의해서만 제약을 받

으므로 훨씬 저렴하다. 십만개 정도의 수량으로도 개당 1~20센트 대의 가격을 유지할 수 있다. 현재도 수십억개의 수량에 인식거리가 mm인 경우 칩리스 태그의 가격은 0.1~1센트 정도이다.

칩리스 태그는 쉽게 부서지지 않으며 스파크, 전기적 복사 또는 세탁 과정에 의하여 변화되지 않는 장점을 가지고 있다. 매우 춥거나 매우 뜨거운 상황에서도 동작하며, 견고하고, 칩 태그보다 훨씬 얇고 작으며, 일반적인 인식거리는 3 cm~1 m이다. 그러나 칩리스 태그 기술의 단점은 원격 인식 및 기록을 할 수 없으며, 표준이 없고 인식거리에 제한이 있다. 칩리스 태그의 기술 구분은 remote magnetics, microwave reflector, transistorless circuits 및 flat transistor circuits로 분류할 수 있다.

Remote magnetics 방식은 물질기반의 시스템으로 전자회로를 포함하지 않는다. 이들은 일반적으로 포일(foils)과 와이어(wires)의 형태이며 magnetostrictive, electromagnetic, barkhausen, microwave reflector 현상 등을 이용한다. Remote magnetic 방식은 얇은 마그네틱 필름을 기반으로 한다. 전자기장과 자기적으로 간섭을 일으켜, 정보를 가지고 있는 물체를 멀리 떨어진 곳에서 확인하고 데이터를 인식한다.

Barkhausen Electromagnetics는 강자성체의 Magnetization reversal은 외부 자기장 아래에서 일련의 불연속적이고 갑작스런 점프들로 진행한다. 이런 바크하우젠(Barkhausen) 현상은 코일 내에 위치한 시료의 자화가 갑자기 변하면서 코일에 유도되는 전류에 의해 발생하는 잡을 1919년에 바크하우젠이 측정함으로써 알려졌다. HID는 세계에서 유일한 자성체 칩리스 RFID 시스템의 양산업체이다. 보안 접속용 플라스틱 카드에 삽입되는 와이어로 이루어진 행렬에서의 바크하우젠 효과를 이용한다. 바크하우젠 효과를 이용한 Wiegand 카드는 2.5 cm 거리에서도 동작이 가능하지만, 현재 주로 사용되는 인식거리는 1 mm이다. 스마트카드 보다 저렴하지만 개당 가격이 2~3달러이므로 저가 RFID는 아니다. HID는 매년 700~800만개를 생산한다. 영국 공항에서 공항 관계자들의 항공기 이착륙 관련 지역 접근을 관리하기 위하여 승인된 유일한 보안시스템이다. 주요 장점은 외부 전력이 필요 없으며, 두 개의 와이어로 동작되고 가혹한 환경에서도 동작된다. 또한 비접촉식 시스템이며 기계적으로 마모가 없다. 와이어 배열로 부호화된 펄스 열을 발생하며, 펄스 속도는 20 KHz까지로 10 μ s의 펄스폭을 가지고 광범위한 온도 범위에서 동작한다.

자기변형(magnetostrictive) 태그는 자기필름의 크기를 변경시킬 수 있지만, 한계가 있다. 태그가 커지고 안테나가 커질수록 인식거리가 멀어지지만, 일반적으로 0.5 m까지이다. 거리가 더 멀어지면 전자파 잡음 때문에 인식이 곤란하므로 거리를 증가시킬 수 있는 기술인 샌드위치 형태의 자기변형 포일(Scientific Generics PWR, 영국)과 마이크로 와이어(RFMOSO, 네덜란드) 시장이 형성되었다. 이들은 음향적 공명을 이용하여 인식거리가 1 m 이상이다. 그러나 이들은 20센트 이상으로 고가이며, 인식거리는 최고 성능의 태그와 가장 저가의 장거리 태그의 중간이다. 사실 이들은 수백만개 규모 시장에서 칩리스의 디지털 부호화된 전자 RFID의 유일한 형태이다. Remosco의 제품은 아직 출시되지는 않았으나 2 m 거리에서 동작하고, 원격으로 데이터를 소거시킬 수도 있다. 이 두가지 특징은 현재의 전자파 기술로는 얻을 수 없는 장점이다.

NHK Spring은 전자파적으로 고유한 응답특성을 나타내는 마그네틱 파이버(magnetic fiber)를 포함하는 잉크에 대한 특허를 가지고 있다. 이들은 고유한 랜덤 신호를 생성시켜 카드와 서류에 마그네틱 파이버를 인쇄한다. 수백만개의 여권에 보안 인쇄용으로 사용되고 있다. 두개의 자기 센서를 카드 위를 통과시키면 한 센서가 마그네틱 파이버의 고유한 자기 패턴을 기록하여 암호화한 후 그 데이터를 다른 센서에 전달하고, 다른 센서는 전달받은 데이터를 마그네틱 줄무늬(바코드) 형태로 기록한다.

Aluminized Silica Fibers(마이크로파 반사기)는 극히 작은 구조의 공진기를 물체에 삽입하여 물체에 전자파가 입사되면 매우 적은 전력으로 공진기가 미리 정해진 형태로 반응을 하는데 이것을 taggents(=tag + agent)라고 하며, 3 m 이상의 거리에서 인식할 수 있다. 공진기는 종이, 유리, 고무, 플라스틱 등 거의 모든 물질에 삽입이 가능하다.

Transistorless 회로는 일반적으로 코일과 커패시터로 구성된 회로를 말하며, 향후에는 인쇄된 다이오드와 저항 등이 포함된 회로도 여기에 속할 것이다. 수동 회로란 배터리가 필요없는 회로이며, 트랜지스터가 없어서 증폭 기능도 없다. 이들은 특정 주파수에서 공진하도록 구성되며, 공진은 안테나에 의해서 쉽게 파악할 수 있다. 공진주파수가 변하면 데이터 비트가 다르다는 것을 의미한다. 공진주파수의 차이는 코일의 값은 수나 커패시터 값을 변화시켜 발생시킨다. 이 기술은 대학에서 연구가 진행 중인 단계로 아직 실용화되지 않았으며, 값도 비교적 비싸다. 공진회로가 다이오드를

포함하면 훨씬 값싸고 작은 칩으로 될수 있어서 편리하다. 다이오드 기반의 공진회로는 주파수가 훨씬 정확하지만 부품을 개별적으로 사용하여 RFID 태그의 두께가 증가한다. 보안 문서나 종이포장에 넣기에는 적합하지 않다.

Inductor-capacitor array (LC Array)는 가장 오래된 RFID의 형태로 인덕터를 이용하여 동조된 병렬의 인덕터-커패시터를 센싱한다. 이것은 EAS (electronic article surveillance)에서 광범위하게 사용된다. 작은 코일의 행들이 데이터 비트들을 구성하고 어레이(array)에 있는 인덕터나 커패시터의 일부를 파괴하여 영구히 데이터를 기록한다. 10년 전에 모토로라(Motorola) 등의 회사에서 비용을 절약하기 위하여 스크린 인쇄된 구리 코일로 실험을 하였으나 크기가 크고, 방향이 맞지 않는 경우 거의 사용이 불가능하였다. 또한 데이터량이 매우 적고 재기록을 할 수 없는 문제점 때문에 포기하였다. 그러나 현재는 몇 개의 회사들이 단점을 보완하여 4비트까지 재기록이 가능하고, 신용카드 크기로 몇 개의 비트를 1 m에서 인식이 가능하여 remote magnetics 태그보다는 우수한 성능을 보이고 있다고 말하고 있다.

Flat transistor circuits는 실리콘 칩에 비해서 가격이 저렴하지만, 실리콘 칩에 비교해서 부서지기 쉽고, 두께 및 일부 포장에서 칩이 돌출되어 보안장치를 회피할 수 있게 하는 단점을 가지고 있다. 또한 모양과 크기가 제한되며 스파크, 습기 및 전자기적 간섭에 민감한 문제점을 가지고 있다. 많은 회사들이 이러한 문제점들을 개선할 수 있는 트랜지스터 회로를 연구하고 있다. 전도성 고분자를 이용한 polymer thin film 회로가 이에 해당한다.

2.3 전도성 Polymer 태그

전도성 플라스틱 전자공학은 25년 전에 도전성 폴리머의 발견으로부터 발달(그림 14)되어 왔으며 3M, Motorola, Intermec, Philips 등이 대표적인 기업이다. 폴리머의 얇은 필름으로 트랜지스터와 LED를 만들고 있다. 실리콘 칩을 폴리머 회로로 대체함으로써 많은 장점들을 얻을 수 있다. 유연하고 훨씬 튼튼한 접합부를 형성할 수 있으며, 수량이 적은 경우에도 제작비용이 저렴하다. 10억 달러에 이르는 제작공장을 건설하지 않고도 누구나 값싼 기계로 제작이 가능하며, 얇고 가벼우며, 쉽게 재생되고, 투명한 제품의 패키징에 넣기에 우수하다. 그러나 이들은 실리콘과 마찬가지로 전도성이 없다. 전류를 운반하는 전하는 보다 천천히 움직이므로 전자회로의 속도를 더 낮추게 된다. 유기 폴리

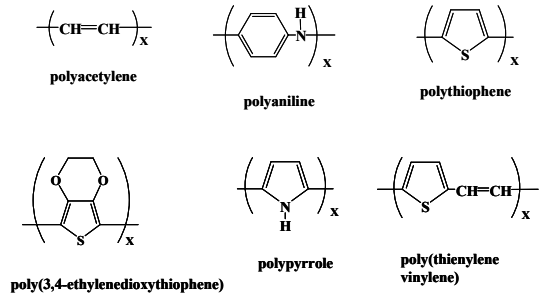


그림 14. 대표적인 전도성 고분자.

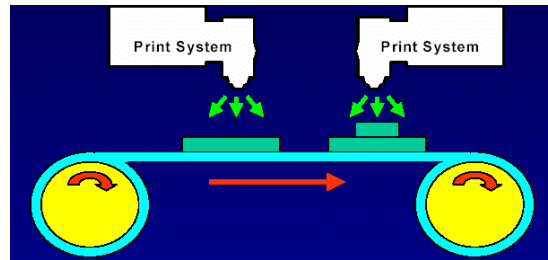


그림 15. Roll-to-Roll 잉크젯 프린팅 시스템.

머의 성능저하는 플라스틱 전자회로의 보관 기간을 제한한다.

Philips Polymeric RFID는 20년 동안 폴리머 전자부품을 연구해오고 있다. 1998년에 폴리머 RFID 스마트 라벨을 시연하였다. 안테나는 기존에 애칭된 구리 안테나이지만, 기존의 실리콘 칩을 완전한 고주파수 폴리머 회로로 대체하였다. 폴리머 스마트 라벨은 태그의 기능을 제공할지라도 인식속도가 너무 느려서(10~100 bps) 상업적으로 사용할 수 없다.

실리콘을 대체하기 위하여 사용되는 복잡한 유기분자들은 시간이 경과함에 따라 성능이 저하되어 몇 달 안에 기능을 멈춘다. 그럼에도 불구하고 유통기간이 짧은 소비재에 이들을 사용할 수 있다.

Plastic Logic은 영국 케임브리지 대학 연구실에서 2000년에 만든 회사이다. Plastic Logic은 산업용 잉크젯 프린터와 유사한 장치를 이용하여 기판 위에 탄소 기반 물질의 작은 방울들을 분사시켜 플라스틱으로 이루어진 반도체 소자를 만드는 것이다. Plastic Logic은 필립스의 스핀 코팅보다 빠른 생산 공정을 만들기 위하여 폴리머의 잉크젯 프린팅에 연구를 집중하고 있다. 잉크젯은 현재 약 25 μm 구조만을 만들 수 있다. 반도체용 잉크젯 프린팅(그림 15)을 하기 위하여 여러 종류의 화학물질을 한 번에 주사하여 연속적인 프린팅 과정을 얻어내려 한다. 실험실 수준에서 이것을 성공한 곳은 Plastic Logic이 처음이다. 따라서 1.5센트의

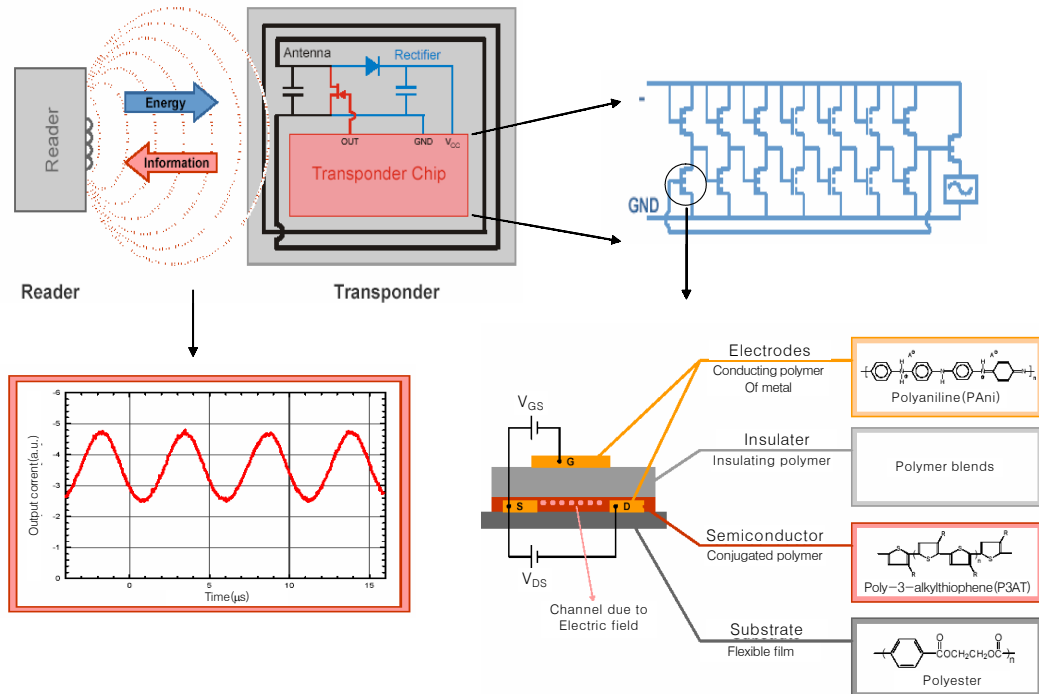


그림 16. 잉크젯 프린팅의 플라스틱 RFID 태그 회로 및 구조.

RFID 스마트 라벨이 가능할 것이라고 보인다.

현재는 RFID 태그 전체를 전도성 폴리머로 제작한 RFID 태그는 상용화 보고된 바가 없으니 연구 개발 중인 그림 16에 보인 폴리머 칩리스 태그는 수십만개 정도의 수량이며 개당 0.1~20센트 정도로 저가 실현이 가능하며, 칩리스 태그의 얇음과 매우 낮은 가격으로 인하여 현재 대부분의 바코드를 대체할 수 있을 유 일한 대안으로 여겨진다. 또한 재료가 거의 들지 않는 특성상 생산용량은 거의 무한정이라 할 수 있겠다.

3. RFID 태그 기술 동향 및 결론

현재 태그 기술(동향)은¹ 초소형, 초저가의 태그를 구현하기 위한 기술개발이 활발히 전개되고 있고, 초소형화는 나노 기술에 의한 반도체 칩 개발로 가능하며, 하나의 칩에 CPU, 메모리, 프로세서, RF, DSP 회로를 넣어 1 mm² 도 크기까지 실현될 것으로 예상되고 있다. Alien, Matrics, Intermec, SAVI 등의 주요 업체들이 433 MHz, 900 MHz, 2.45 GHz 대역 태그들을 현재 생산하고 있다.

현재 능동형 태그는 미국의 SAVI사가 컨테이너 관

리를 목적으로 개발하여 표준화를 주도하고 있으며, 100 m 이상의 인식거리로 컨테이너와 같은 대형 물 류관리에 보급될 것으로 예상하고 있다. 이미 피츠버 그 대학에서는 안테나를 칩으로 내장하고 센서와 통합 이 가능한 초소형(2.2×2.2 mm²) PENI 태그를 개발 하였다.

초저가 태그를 위한 기술로 Infineon 등에서 개발 중인 폴리머 반도체에 의한 플라스틱 트랜지스터, 미 국 Inkcode의 종이나 플라스틱에 매우 얇은 금속 파이버를 내재하여 전파의 투과와 산란을 만들어 고유한 식별이 가능한 1센트 이하의 칩리스 태그, 그리고 표면 탄성파를 이용하여 무선 센서와 RFID를 결합한 SAW 태그 등이 개발 중에 있다.

현재 가장 소형인 RFID 태그용 칩은 히타치가 Powder-like IC 기술을 이용하여 개발한 뮤칩으로 그 크 기는 0.3 mm×0.3 mm×0.06 mm로 38디지트의 메모리와 128비트 ROM을 가지고 있으며, 가격은 10 ~20센트이다. 뮤칩은 수동형 방식으로 전원이 필요 없으며, 동작 주파수는 2.45 GHz, 최대 통신 가능거리는 안테나 없이 1 cm, 외부 안테나를 부착하면 25 cm, 반응 시간은 약 20 msec이다.

제작원가를 절감하는데 한계가 있는 실리콘 칩의 대

안으로 폴리머 트랜지스터를 사용하는 칩리스 태그를 고려할 수 있다. 현재의 실리콘 칩 기술로는 10센트짜리 칩이 UHF 대역에서도 사용 가능해질 것이다. 5년 내에는 5센트짜리 RFID 태그가 가능할 것이고, 가격은 점점 하락할 것이다. 그러나 RFID 태그가 더욱 활성화되기 위해서는 수천만 개의 리더가 필요한데, 저주파용 리더 가격이 10달러보다 훨씬 더 떨어져야 한다. 200만개 이상을 만들어 온 영국의 Innovision은 약 2달러까지의 가격하락을 예상한다. 한편 고주파용 리더는 현재 150~180달러 수준으로 가격이 더욱 떨어져야 한다. 필립스(Philips)와 TI가 대부분의 13.56 MHz 대역 RFID 칩세트 시장을 점유하고 있다. 특히 필립스 반도체는 RFID 칩 매출액만 5억 달러에 이른 것으로 알려졌는데, 필립스 반도체의 I-CODE 칩은 512 또는 1024/2048비트 EEPROM, 주파수는 13.56 MHz(또는 UHF/2.45 GHz에 동작하는 U-CODE), 동작거리 최대 1.5 m이며, 베어 칩 크기는 패드 포함하여 약 1.5 mm×1.5 mm 정도이다.

최근에는 UHF 대역을 이용하여 4 m 이상 장거리 판독과 위치추적이 가능한 수동형 태그 칩 기술 개발이 AT&T사와 유럽의 PALOMAR 프로젝트 등을 통해 추진된 바 있는데, 리더에서 출력이 16 dBm 전력에 자유공간 감쇄, 안테나 이득을 통해 태그 칩에 수신되는 전력은 약 -14 dBm이므로, 텍테나를 통해 태그 칩 전원을 공급할 수 있다. 이 경우 태그 칩에서 반사되는 -30 dBm 수준의 전력에 대해 리더에 제입사되는 전파는 약 -71 dBm 수준이므로, 역방향 링크 형성에 충분한 위상변조 방식으로 약 80 kbps의 전송속도가 가능하고, 이동체에 대한 판독도 가능하다.

미국의 Metrics를 비롯한 5개업체는 물류, 유통에 필요한 UHF 대역용 RFID 태그 칩을 발표했다. UHF용 RFID 시스템은 미국의 Intermec, Metrics, Alien 등을 선두로 많은 기업들이 상용화 개발 중이다. Intermec은 가장 먼저 UHF 대역의 RFID 태그용 싱글칩을 발표하였으며, ISO/IEC 18000-6 타입 B 규정에 준하는 1킬로비트 메모리에 읽기/쓰기 기능의 태그 및 시스템으로 영업 활동 중이며, Alien은 EPC 클래스 1을 기반으로 하는 96비트 메모리 User ID의 읽기/쓰기 가능 칩을 발표하고 태그 및 리더를 출시하였다. SAVI는 443.92 MHz 대역을 사용하는 능동형 컨테이너 관리용 태그 및 리더 시스템을 출시하였다. 이외에도 Infineon, TI 등에서 RFID용 칩을 현재 개발 중에 있다.

유럽의 경우는 2001년에 시작된 IST 연구 프로그램

의 일환으로 disappearing computing initiative 사업을 통해 관련 기술을 개발 중이고, ETSI에서 865~868 MHz 대역에 유통 및 물류 관리용 RFID를 위한 법제화를 위한 초안을 마련하고 개발 중이다. 필립스, EmMicro 등에서 이미 UHF용 RFID 칩을 출시하였다.

그 외 중국에서도 RFID의 중요성을 인식하고 독자적인 표준 모델 개발이라는 목표로 RFID 개발프로젝트가 진행 중이며, 독일의 대형 유통업체인 METRO 그룹은 RFID 테스트 센터를 개설하여 기술협력업체와 납품업체들이 전자 태그 시스템을 테스트하고 있고, 점차 확대 적용할 예정이다.

따라서 RFID를 위한 스마트 태그 기술은 고가의 특수 용도에 적합한 능동방식의 경우, 향후 초소형 다중센서와 나노/MEMS 반도체 기술을 접목하여 다기능화·지능화된 스마트 태그의 개발에 활용되고, 저가의 대량 소비시장에 적합한 수동방식은 단가 1센트 수준의 초저가격에 구현되어 현재의 바코드를 대체하면서 모든 사물에 부착이 가능한 스마트 라벨의 형태로 발전해 나갈 것이다.

태그는 RFID 시스템에서 통제장치인 리더의 요청에 의하여 물체, 동물, 사람 등의 식별, 인식 정보를 송신하는 소자이다. 태그는 자체정보를 무선 송신하기 위한 에너지로서 리더 또는 리더의 반송파 RF에너지를 활용하는 수동형태의 리더 RF출력, 안테나 이득, 태그 전력소모 등에 의해서 인식거리가 결정된다. 즉 수동형 태그는 소모 전류를 어떻게 최소화 하느냐가 기술의 핵심이다. RF 전파의 종류에 쇼트키 다이오드가 사용되는데 지금까지는 정류 효율이 우수한 GaAs 쇼트키 다이오드 성능 수준의 Silicon 쇼트키 다이오드로 구현함이 어려워 수동형 태그 제조에 어려움이 있었으나 최근 쇼트키 다이오드를 Silicon 소자 설계 및 공정 기술의 발달로 IC 칩 내에 고집적 다이오드 어레이(array) 구조로 구현이 가능하게 되어 UHF 수동형 태그용 LSI 원-칩 구현이 가능하게 되었다. 초소형 CMOS UHF 대역 태그는 기존의 바코드를 대체하여 사용될 경우에 생산, 창고관리, 재고관리, 물류유통의 실시간 데이터 처리가 가능하여 제조, 유통 비용의 획기적 절감이 가능하게 된다.

능동형 태그는 컨테이너 관리, 국방, 차량 타이어 압력감지시스템 등에서 광범위하게 사용된다. 능동형 태그에서는 리더의 wake-up 신호에 의해 전원 구동스위치 회로가 on 상태가 된다. 태그의 기본 기능은 리더에 의한 질문신호에 의해 MCU 또는 EEPROM에 저

장된 식별부호 또는 정보를 태그 안테나를 통하여 리더의 반송파를 백스캐터하거나 자체 발진 신호의 반송파로 리더에 송신한다. 태그의 변조방식은 RFID 표준에 따른 모드, 유형, 태그의 class, 사용 용도에 따라 위상변조(PSK), 주파수변조(FSK), 진폭변조(ASK) 방식이 사용되며 각 환경과 시스템 구성을 고려하여 가장 유리한 변조방식을 채택한다. 근래에는 태그용 칩이 멀티프로토콜용으로 원-칩화되고 안테나도 복합 기능 구현이 가능하여 멀티프로토콜/멀티밴드용 태그의 구현이 현실화되고 있다.

다량의 태그를 저가에 생산하기 위해서는 UHF 대역 RFID용 Si CMOS 칩의 저가생산, 저가 패키징 기술의 발전과 함께 미래에는 생산가격의 획기적 저가격화를 구현할 수 있는 고분자 Polymer 플라스틱 RFID 태그 등과 같은 반도체 재료기술의 혁신적 발전으로 실현될 것으로 예상되고 있다.

참고문헌

1. 유승화, *유비쿼터스 사회의 RFID*, 전자신문사, 2005.
2. F. Kraus, *RFID Handbook*, John Wiley & Sons, Ltd., 2003.
3. 변상기, *한국전자과학회지*, **5**, 32, (2004).