

RFID Tag 기술	변 상 기
	전자부품연구원

요 약

RFID 시스템에서 태그는 리더와 전자기 에너지 교환에 의해 동작을 하며 배터리를 사용하는 active형 태그와 배터리를 사용하지 않는 passive형 태그로 크게 구분된다. 또한 태그는 자체 회로구조에 의해 harmonic 태그, anharmonic 태그, sequenced amplifier 태그로 나뉜다. Passive 태그에서는 리더의 반송파 backscatter 방식을 이용하여 동작을 하며 active 태그는 자체 발진회로에 의해 태그정보를 송신한다. 태그의 변조방식으로 PSK, FSK, ASK 등을 사용하며 변조방법에 따라 회로 구성과 프로토콜 설계가 달라진다. 또한 리더의 전파 신호를 정류하기 위하여 렉테나(rectenna)가 필요하다.

본 논문에서는 태그의 분류, 동작, 구조 등에 관한 일반적인 내용을 기술하였다. 특히 UHF 대역 이상의 태그 기술 최근 추세가 안테나 부분을 제외하고 CMOS one chip화 하는 수준으로서 900 MHz UHF 대역, 2.45 GHz RFID 칩이 상용화 되어 있다. 칩의 내부구조와 태그의 변조방식에 의거한 동작에 관한 개괄적인 내용을 서술하였다.

I. 서 론

현재 연구 개발이 고조되고 있는 유비쿼터스 환경에서 필수적 센서소자인 RFID(Radio Frequency Identification) 태그(Tag)는 전자기술이 집적된 핵심 부품이다. 종래에는 UHF 태그를 구현하기 위하여 125 kHz, 13.56 MHz용 저주파 chip에 GaAs Schottky 다이오드나 PIN 다이오드를 안테나 부하 전환스위

치로 사용하였으나 최근에는 CMOS를 사용한 UHF용 one chip이 개발되었으며 그 기술이 점차 발전되어가고 있다. 또한 그 종류도 다양해져 135 kHz, 13.56 MHz의 근거리 저주파용, UHF, 2.45 GHz 대역 태그용으로 모드, type, class별 다양한 규격의 chip 개발이 진행되고 있다.

UHF 대역 태그는 인식거리가 긴 RFID 시스템 수요측면에서 국제표준화 과정에서 가장 관심있게 고려되고 있다. RF 요구사항이 표준 확정 단계에 있으며 인식거리 관점에서 가장 유망한 품목으로 주목을 끌고 있다. 태그는 배터리의 사용 여부와 동작방식에 따라 active, passive 태그로 나뉘며, 리더의 RF 프론트 앤드 설계구조에 따라 각 회사마다 전송방식을 달리하여 태그의 변조방식이 바뀐다.

본 논문에서는 RFID 시스템 핵심부품인 태그의 분류와 회로 구성, 태그의 동작방법, active 및 passive RFID 태그의 기술 그리고 RFID chip 구조에 대하여 설명하겠다.

II. 본 론

2-1 RFID 태그 개요

RFID 시스템은 리더의 요구에 의해 태그의 칩에 내장된 데이터를 읽어 낼 수 있는 데이터 인식시스템을 가리킨다. 종래의 데이터 인식기술로는 자기테이프를 이용한 접촉식, 광 매체에 의한 인식 등이 있으며 초기의 RFID 기술로 비접촉 IC 카드가 있다. 그러나 저주파 대역 자체결합 방식의 비접촉 IC 카드보다 소형화하고, 고기능화, 인식거리가 긴 RFID

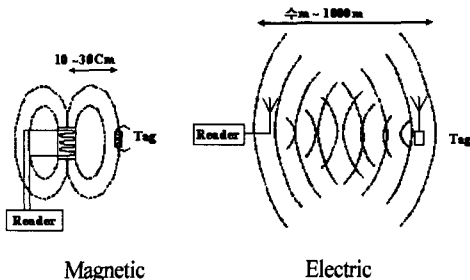
태그가 요망되었다. 이와 함께 여러 태그를 동시에 인식하는 다중 태그 인식의 필요성, 편리성, 제조, 물류 등 산업 전반에서의 활용 가능성이 제시되면서 태그의 중요성이 더욱 강조되고 향후에는 유비쿼터스 센서망에 센서 결합 태그가 필수적으로 필요하게 되어 태그의 다양한 기술 발전이 요구되고 있다.

태그는 [그림 1]과 같이 RFID 시스템 단말기인 리더와의 에너지 결합방식에 따라 동작원리가 전혀 다르다. [그림 1]의 자계(magnetic)결합방식은 현재 대부분의 저주파 RFID에서 적용되는 원리로서 전원에너지 및 데이터 전송이 코일루프 안테나 전류에 의해 형성되는 자계 에너지에 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 감지거리 또는 데이터 전송거리는 근거리로 활용이 제한적이며 감지거리를 증대하려면 자속통과 면적을 크게 해야 하므로 안테나가 매우 커야 한다. 또한 저주파 RFID는 133 kHz 또는 13.56 MHz로서 주파수가 낮

기 때문에 데이터 전송속도가 느리고 및 전송 데이터양이 제한적이다. [그림 1]의 전계(electric) 결합방식은 RF 전파 방식으로서 전파통신, 레이더와 같이 전파전송 원리를 적용한 것이다. 즉 리더에서 전송되는 마이크로파 전자계 신호를 태그가 반사하며, 반사된 신호를 리더가 수신하는 레이더의 원리와 유사하다. 이 경우에 태그에서 반사하는 신호는 리더의 반송파 주파수신호를 태그의 ID 데이터정보에 의해 변조하여 backscatter하게 되며 리더는 변조되어 수신된 신호를 복조하여 태그의 ID 정보를 해독한다. 이 경우의 RF 주파수는 UHF 주파수 이상의 RF 전파 신호로서 데이터 전송속도가 높고 인식거리도 저주파 RFID와 달리 크게 증가한다. 이 경우에 태그의 동작원리는 원거리에서 수신된 RF 전파를 정류하여 사용하므로 인식거리를 증대하려면 리더출력이 크거나 태그의 전력소모가 매우 적어야 한다.

2-2 RFID 태그의 분류

RFID 태그는 전원으로써 배터리 사용 여부에 따라 배터리가 요구되는 active형 태그와 배터리가 요구되지 않는 passive형으로 분류된다. 일반적으로 배터리가 사용되지 않는 passive 태그는 배터리가 사용된 active 태그보다 감지거리가 짧다. Active 태그는 신호발진기 존재 여부에 따라 active 태그 또는 semi-active 태그로 분류한다. 태그에 신호발진기가 있어 리더의 명령에 의해 태그의 자체 발진 신호에 자체 ID 정보를 송신하면 active 태그이다. 반면에 배터리가 단지 태그의 구동전원만을 공급하고 자체 발진기가 없어 정보 전송을 passive 태그와 같이 backscatter 방식으로 하면 semi-active 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, 제



[그림 1] RFID 시스템 결합 방식

조, 창고관리, 컨테이너 관리 등 산업 전반에의 활용이 예상된다.

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

2-2-1 Passive Backscatter 태그

수동형 backscatter 태그는 가격대 성능에서 대부분의 RFID 시스템의 최적 방안으로 대두되고 있다. 이 passive backscatter 태그는 코드 발생, RF 신호 수신, 변조, 재송신, DC 전압 발생 등의 주요 기능을 갖고 있다. Passive 태그는 리더로부터 수신된 RF 신호로부터 DC 전압을 추출해야 하는데 검파기 다이오드 또는 Schottky 다이오드가 감도, 효율면에서 적합한 정류기로서의 기능을 수행한다. 정류된 DC 전압은 응답코드를 발생하고 변조회로에 변조 파형을 공급하는 전원으로 사용된다. Backscatter 방식은 태그 안테나를 스위칭에 의해 수신 RF 신호를 반사하는 것이 기본원리이다. [그림 2]의 backscatter 구조에서 태그 안테나는 제어데이터 bit가 "1"이면 수신 RF

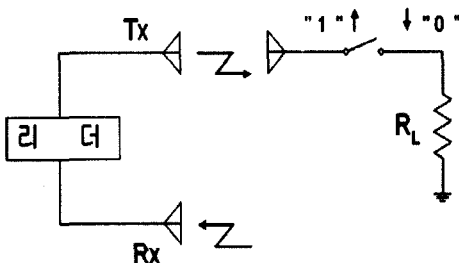
신호를 반사하며 제어데이터 bit가 "0"이면 수신 RF 에너지를 흡수한다.

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

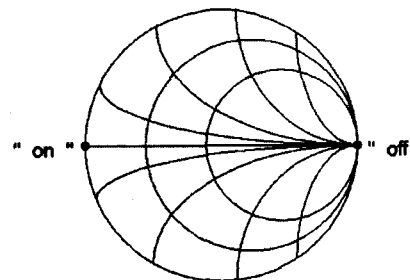
디지털 코드를 송신하기 위해서 가장 널리 사용되는 PIN 다이오드 스위칭 방식에서 다이오드는 2 가지 상태를 갖게 되는데, 즉 "on"상태(저 저항 r, 수 Ω)와 "off"상태(고 저항 R, 수 kΩ)를 갖는다. 즉 다이오드 단자의 이상적인 임피던스는 [그림 3]의 스미스차트와 같이 임피던스가 개방상태에서 단락상태로 변화함을 보여주며, 반사계수의 크기는 일정하게 유지하면서 위상만 180° 변한다. 그러므로 PIN 다이오드의 순방향 바이어스 전류를 변화시켜 bi-phase PSK 변조가 가능하며, 안테나는 자체 공진 상태가 되어 다음 조건을 만족하는 방사저항(Brad)을 유지한다.

$$r \ll \text{Brad} \ll R \tag{1}$$

즉, 안테나는 다이오드 임피던스가 2가지 상태를 갖는 형태로 임피던스 변화를 갖는다. 그러나 PIN 다이오드 backscatter 방법은 낮은 저항을 얻기 위해서는 비교적 큰 전류가 인가되어야 하는 단점을 갖



[그림 2] Backscatter 태그 원리



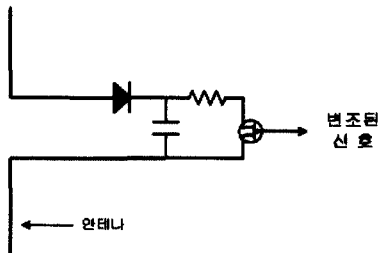
[그림 3] PIN 다이오드 backscattering

는다. 산란신호를 변조하는 다른 방법으로는 [그림 4]와 같은 방법으로 정류기의 부하전류 I_L 이 FET 스위치와 저항의 조합에 의해 변조된다.

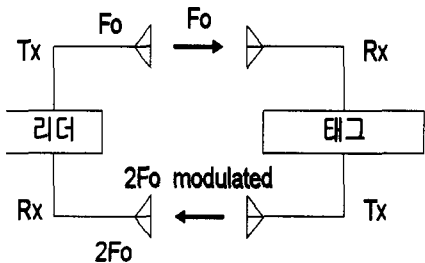
정류기 커패시터 C는 공진주파수에서 저임피던스 bypass, 변조할 때는 고임피던스가 된다. PIN 다이오드 경우와 같이 변조과정은 안테나 부하임피던스가 되는 다이오드 임피던스의 변화에 근거한다. 즉 안테나 부하 임피던스 상태에 따라 수신 RF 신호를 안테나로부터 흡수하거나 방사한다. RF 에너지의 흡수는 안테나 임피던스가 다이오드 임피던스와 정합되는 상태에서 발생한다. 이 과정을 통하여 수신된 태그의 리더 입력신호는 효과적으로 진폭 변조되며, 디지털 변조신호에 의해 ASK 변조된다. 이 회로에서 Schottky 다이오드는 태그의 몇 가지 기능, 즉 RF-DC 정류기, 검파기 및 수신기 기능을 갖는다.

2-2-2 Harmonic 태그

Harmonic 태그는 [그림 5]와 같은 구조로서 수신



[그림 4] 개폐 다이오드 backscattering



[그림 5] Harmonic 태그

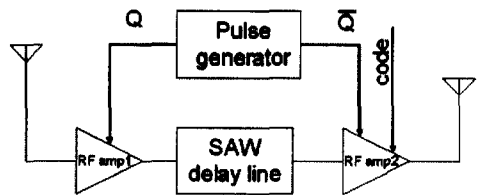
코드를 고의로 발생시킨 태그 자체의 배수 고조파에 변조신호를 송신한다. 이 기술은 down link와 up link 간의 분리도가 매우 우수하나, frequency doubler의 효율이 낮으며 태그에 두 개의 안테나가 요구된다. 더욱이 두 주파수대역에서 동시에 승인을 요구되는 주파수 확보 문제가 있다.

2-2-3 Sequenced Amplifier 태그

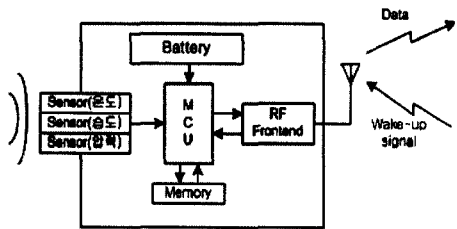
Sequenced amplifier 태그는 SAW 소자를 태그에 사용하는 구조로서 [그림 6]과 같은 구조로 구현되며 최근에 2.45 GHz passive 태그에 적용되고 있다.

2-2-4 Active 태그

Active 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 들어왔을때만 동작하도록 되어 있다. 현재 long range active 태그 국제 표준은 433.92 MHz에서 10 mW ERP를 갖도록 규정될 전망이다. [그림 7]에서 나타난 것처럼



[그림 6] Sequenced amplifier 태그



[그림 7] Active 태그 구성

럼 태그 내부에 각종 센서를 부착시킬 수 있으며 전송거리가 수십 m를 초과한다. 또한 read/write가 가능하여 128 kB 이상의 데이터를 저장할 수 있다.

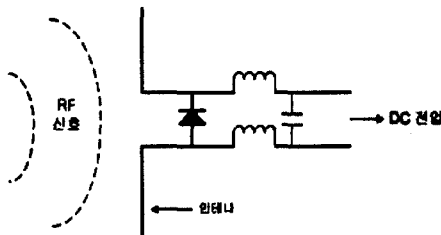
2-3 Passive 태그의 요소기술

2-3-1 정류회로

Passive 태그는 배터리가 없는 구조이므로 태그칩이 동작하기 위해서는 리더에서 송출되는 전파에 의해 태그 칩이 동작하기 위한 직류전원을 생성해야 한다. 이것은 [그림 8]과 같이 안테나에 정류회로가 구성된 렉테나(Rectenna)로부터 얻는다. 렉테나의 설계는 고주파측과 직류측의 양단간에 임피던스 정합을 필요로 하고, 또 고주파측의 임피던스가 전력레벨에 따라 변화하는 요소가 있기 때문에 최적의 설계가 요구된다. 태그는 렉테나가 받는 전력이 작기 때문에 Schottky 다이오드의 동작 전류가 작아 RF-DC 변환효율이 낮다. 실제로 GaAs 소자는 20~30% 수준이며 Si CMOS 소자는 이보다 낮기 때문에 저전력소모 회로 설계가 매우 중요하다.

2-3-2 태그의 변조방식

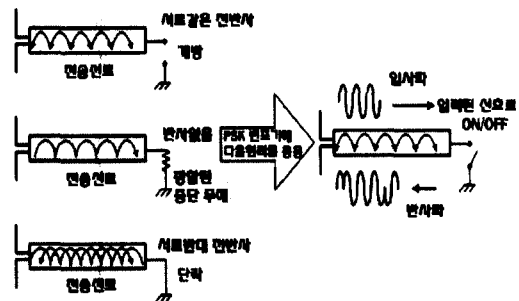
Passive 태그는 배터리 없이 리더에서 송출되는 전파의 일부를 정류하여 동작하기 위해 필요한 직류전원을 재생한다. 따라서 태그 칩의 전원 저장 커패시터는 작고, 회로의 소비전력은 매우 적게 할 필요가 있다. 최근 디지털회로는 저 소비전력화가 진전



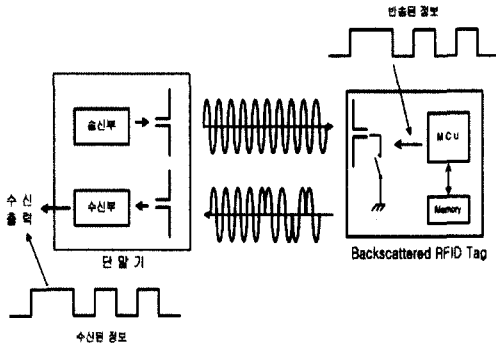
[그림 8] 렉테나(Rectenna) 구성도

되고 있지만 고주파 회로는 큰 전력을 소비하기 때문에 저전력 소모 고주파 회로 구현이 필요하다. 태그 칩은 자체 발진기 없이 리더에서 송출되는 전파를 이용하여 칩의 메모리에 입력된 정보를 변조 신호로 사용하여 리더의 반사전파에 정보를 전송하는데 이런 방식을 backscatter 변조방식이라 한다. 이 방식의 한 예로 위상변조방식(PSK)의 원리를 [그림 9]에 도시하였다.

[그림 9]에서와 같이 안테나로부터 입력된 반송파는 그 안테나와 반사측의 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(PSK)된다. 또 스위치의 단락 혹은 개방의 어느 쪽 상태이든 안테나가 임피던스 정합되면 반사가 일어나지 않기 때문에 변조도 100%의 진폭변조(ASK)도 가능하다. 태그 칩에서는 그 회로에서는 전송선로가 생략되어 있어, 안테나와 그 급전점에 스위치를 설치한다고 생각하면 된다. 이 같은 원리를 이용하여 태그 측에는 특별한 고주파회로 없이 간단한 고주파 스위치를 설치하는 것만으로 [그림 10]과 같은 ASK



[그림 9] Backscatter 변조방식



[그림 10] 태그의 backscatter PSK 변조 회로

나 PSK 변조회로가 구성될 수 있다.

ASK나 PSK 변조방식은 정보성분이 변조하는 것으로부터 억압시킨 반송파 f_c 를 좁히고 양측파대에 넓히기 때문에 리더에서 태그로의 반송파와 태그로부터 리더로의 변조파와의 간섭은 일어나지 않기 때문에 통신시스템에는 적합하다. 그러나 다음과 같은 문제점도 존재한다.

ASK는 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 통신공간에 태그칩이 존재하지 않는 경우와 "0"의 정보를 전송하고 있는 경우가 구별되지 않는다.

한편, PSK는 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 식별할 수 있다. [그림 10]의 동작원리에서도 알 수 있듯이 응답하고 싶은 태그는 안테나의 급전점을 접지와 단락/개방하는 것에 따라 PSK 변조를 발생하며, 정보를 리더로 향해 반사한다. 한편, 응답하고 싶지 않는 태그는 안테나의 급전점을 안테나의 임피던스와 같은 저항식으로 종단하여 안테나에서의 반사를 억제할 수 있기 때문에 태그의 제어

가 가능하다. 안테나의 부하 임피던스를 변화시키기 위하여 트랜지스터가 사용되며 스위치의 on-off 신호는 태그의 디지털 신호에 의해 스위칭된다. 즉 바이폴라 트랜지스터의 베이스단자에 high 신호가 인가되면 스위칭회로가 특성임피던스 50 Ω 으로 정합되어 RF 신호는 무반사 되고, low 신호가 인가되면 스위칭회로가 부정합되어 단말기로부터의 RF 신호는 전반사된다. 이러한 원리에 의해 ASK 변조회로를 구성할 수 있다.

2-3-3 태그 메모리

RFID 태그 칩은 메모리로 read-only 칩의 경우에 mask ROM이 사용되며 read/write 칩은 EEPROM 또는 flash 메모리를 구성하여 태그를 제작한다. 최근의 기술 추세는 태그가 단순한 인식소자 이상의 데이터저장 기능 R/W 태그가 본격적으로 개발되고 있다. 이러한 고기능 chip은 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 보고 되고 있다.

2-3-4 안테나

태그 칩과 안테나에 변조회로와 DC 전원 재생회로로 롱테나가 구현된다. 전원재생회로에서는 안테나와 임피던스 정합/부정합이 요구된다. 즉, 안테나에서 본 양단의 회로는 임피던스를 정합할 만한 안테나인지, 회로와의 임피던스 부정합을 적극적으로 유도하는 상반된 설계가 필요하다.

일반적으로 안테나의 backscattering 유효 단면적 (A_{eff})은 $\lambda/2$ 다이폴안테나에서 안테나단자가 부하 임피던스(Z)와 정합("예" 72 Ω)된 경우에 식 (2)와 같이 나타낸다.

$$A_{eff} = (\lambda)^2 / (4\pi) \tag{2}$$

입력전자파의 공진주파수 동작상태에서 만일 안테나단자가 단락상태가 되면 안테나 유효단면적은 4배가 되는 효과를 발생한다. 이 경우에는 안테나전류 i_i , $-i_i$ 가 2배가 되어 backscatter 전파에너지가 6 dB 증가한다. 이 원리는 전송선로로 연결된 임피던스정합 부하에 인입되는 전류가 전송선로가 단락되면 부하전류가 2배가 되는 경우와 동일하다. 개방 안테나단자의 경우에는 안테나가 2개의 반사기로 분리되어 제2고조파에서 공진한다. 이 경우에 기본파에서는 2개의 전도체 안테나를 흐르는 전류가 매우 작기 때문에 반사단면적이 거의 0이 된다. 결과적으로 이와 같은 변조기 다이오드에 의한 개방 또는 단락회로 임피던스 스위칭 방식은 안테나단자에 나타나는 부하임피던스 Z 를 72 Ω 또는 0 Ω 으로 스위칭하게 되며, 이로 인하여 변조된 backscatter 전파 에너지는 4~6 dB의 변화를 발생한다.

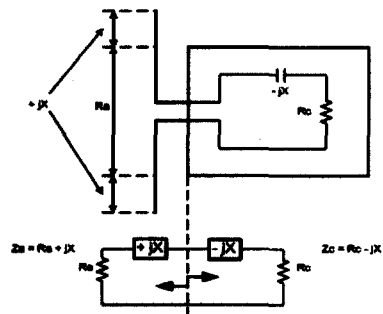
RFID 칩을 제조함에 있어서 IC 칩 내에 임피던스 정합용의 코일이나 용량의 큰 콘덴서를 내제하는 것은 어렵다. 그래서 안테나 측에서 IC 칩의 입력임피던스에 합쳐진 설계를 수행하는 것이 필요하게 된다. 여기에서는 안테나에 다이폴안테나를 이용한 예에 관해 서술한다. 다이폴안테나는 그 목적주파수의 반파장보다 길게 하면 유도적이고 짧게 하면 캐패시티브의 안테나 리액턴스 성분을 보인다. 이 특성을 이용해 안테나와 IC 칩의 입력 임피던스를 정합시킨다.

RFID 태그의 변조회로와 전원재생회로의 각각의 입력 임피던스는 $Z=Rc-jX$ 이고 Rc 는 수백 Ω , $-jX$ 는 수십 Ω 이다. 따라서 안테나의 급전점 임피던스 $Za=Ra+jX$ 라고 하면 Ra 가 300 Ω 의 폴디드 다이폴 안테나가 적당하다. 이 안테나는 [그림 11]에 나타나듯이 그 전장을 길게 하는 것으로부터 $+jX$ 성분을 안테나 측으로 만들어 나올 수 있기 때문에 이 특성을 이용해 IC 칩내의 리액턴스 성분을 상쇄하도록 안테나를 설계한다. 폴디드 다이폴안테나는 그 급전

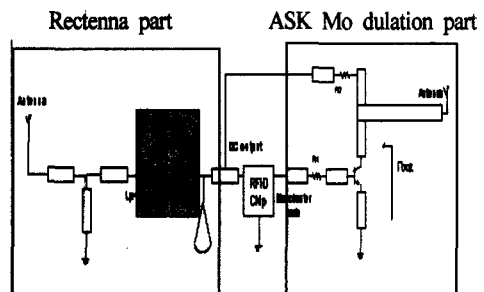
점이 직류적으로 짧게 하고 있기 때문에 정전 파괴 보호대책도 동시에 수행할 수 있다. IC 칩 내의 변조회로와 전원재생회로로 리액터성분($-jX$)의 값이 다르기 때문에 각각의 폴디드 다이폴안테나의 길이가 다르다.

2-3-5 태그

[그림 12]는 2.45 GHz RFID 태그 회로를 나타낸다. 수신용 슬롯루프 안테나에서 수신된 RF 신호는 전력검출회로에 의해 검파되어 태그를 대기모드에서 구동모드로 전환시키게 되고 저장된 고유 ID는 ASK 변조회로를 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



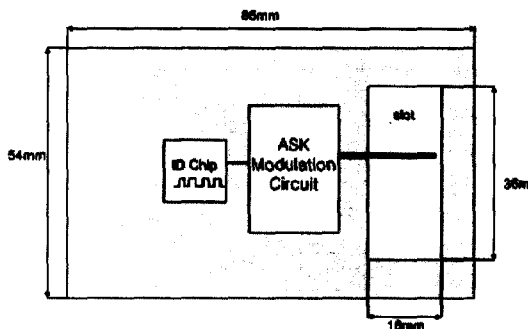
[그림 11] 안테나와 IC 칩 접속



[그림 12] 2.45 GHz RFID 태그 구조

경우에는 용량성 임피던스를 가지며, 태그는 리더로부터의 변조 반송파 수신 모드에서 L형 임피던스 정합회로에 의해 임피던스 정합된다.

마이크로파 대역에서는 backscatter 스위칭 소자로서 주로 PIN 다이오드와 FET(Field Effect Transistor)를 이용하는데 PIN 다이오드의 경우는 소모전류가 크고 고가이기 때문에 저가이고 저전력 소모를 위한 RFID 태그용으로는 FET나 BJT가 사용된다. 2.45 GHz에서 바이폴라 트랜지스터를 이용한 스위칭 회로를 사용하면 FET보다 전송속도가 우수하고 ASK 변조방식에서 다이오드 방식보다 저전력을 소모한다. 위 회로에서 칩의 변조 신호가 바이폴라 트랜지스터의 베이스 단자에 on 신호로 인가되면 backscatter 회로는 특성 임피던스 50 Ω에 정합되고, 반대로 off 신호가 인가되면 backscatter 회로는 전반사를 하게 된다. 이와 같이 backscatter 회로의 임피던스를 변화시켜 진폭에 의한 ASK 디지털 변조신호를 발생시킬 수 있는데 [그림 13]은 ASK 변조회로의 구조를 나타낸다. [그림 14]는 설계과정에서 Γ_{out} 에서 바라본 ASK 변조회로의 임피던스를 스미스차트에서 보여준다. m1은 맨체스터 코드의 신호가 "1"일 때 0.908 - j0.169의 위치로 거의 50 Ω에 정합된 것을 보여주고, m2는 "0"일 때 0.34+j3.723의 위치로 거의 완전반사가 된 예를 보여준다.

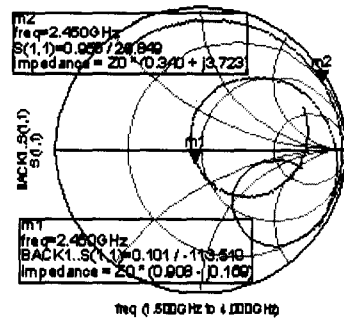


[그림 13] 태그에서의 ASK 변조회로

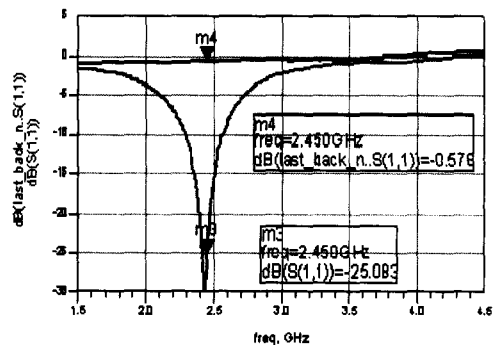
ASK 변조도는 backscattering 변조회로에 의해 결정된다. 태그 칩으로부터 "1"의 신호 backscattering 변조회로에 인가되면 [그림 15]와 같이 반사계수 m3는 -25 dB로 나타내고, "0"의 신호가 인가되면 반사계수 m4는 0.5 dB를 나타냄으로써 높은 변조도가 가능하다.

[그림 16]은 태그에서 송출되는 backscatter 신호를 리더에서 측정할 수 있는 스펙트럼이다. Backscatter 신호는 직접 측정할 수가 없고, 리더의 안테나 수신부를 통하여 관측이 가능하다. ASK 변조 주파수에 대한 스펙트럼이 넓게 나타난 것을 태그의 ID 디지털 데이터가 Manchester coding 되었기 때문이다. [그림 17]은 2.45 GHz passive 태그를 나타낸다.

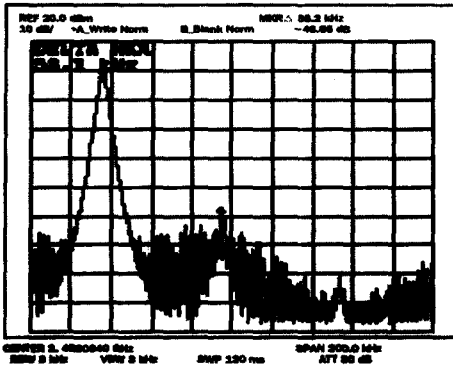
[그림 18]은 마이크로파대역 semi-active 태그의 회



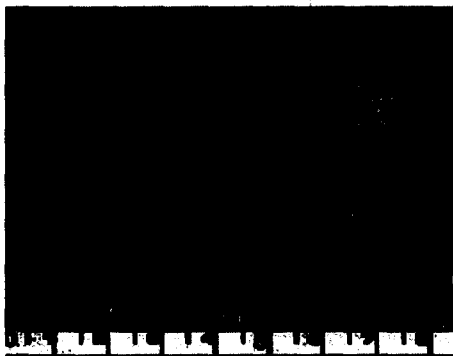
[그림 14] Γ_{out} 에서 바라본 ASK 변조회로



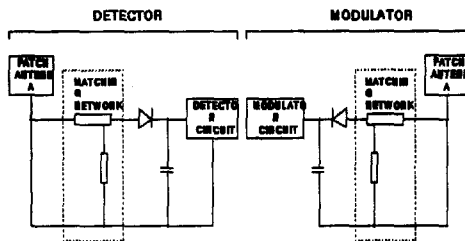
[그림 15] Backscattering 변조회로 반사계수 측정값



[그림 16] 리더에서 수신된 2.45 GHz 수동형태그 변조 신호



[그림 17] 2.45 GHz passive 태그



[그림 18] Semi-active 태그 회로도

로도를 나타내고 있다. 수신용 패치 안테나에서 수신된 ASK 전파신호는 detector 회로에 의해 검파되어 태그를 sleep mode에서 wake-up 시키게 되고 저장된 고유의 ID를 modulator로 동작하는 송신용 패치

안테나로 전송하는 구조이다. [그림 19]는 마이크로파대역 semi-active 태그를 나타내고 있다.

전면에는 송신 및 수신 마이크로스트립 패치 안테나와 안테나 급전 마이크로스트립 선로가 위치하고 후면에는 다이오드회로 및 디지털회로가 제작되어 SMD 부품이 부착되었다.

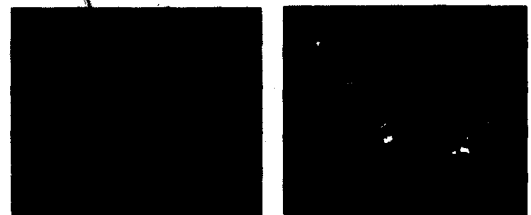
2.4 UHF RFID One Chip

2.4-1 구조

[그림 20]은 UHF 및 2.45 GHz RFID one chip의 내부구조이다.

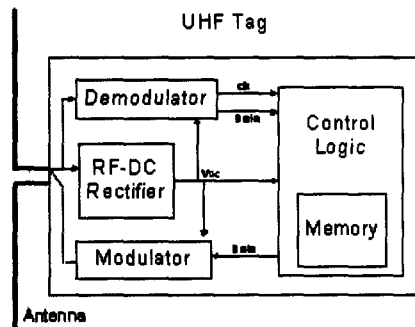
변조방식은 backscatter 방식을 이용한다. IC의 입력 임피던스가 변화함으로써 backscatter된 신호를 안테나를 이용해 변조한다.

태그 출력은 PSK, ASK backscatter 된 신호에 따라 안테나 단 입력 용량값이 변화한다. PSK 방식은 ASK



(a) 트랜스폰더 전면 (b) 트랜스폰더 후면

[그림 19] 실제 제작된 5.8 GHz 능동형 태그



[그림 20] UHF RFID 칩 구조

방식에 비하여 SNR과 BER이 더 좋기 때문에 고효율과 큰 변조신호 파워를 갖는다. 따라서 PSK 방식을 많이 사용하나 리더기의 회로가 복잡해지는 이유로 앞에서 언급한 것과 같이 조건에 따라 변조방식을 선택하여야 한다. [그림 21]은 선진국에서 Si CMOS로 현재 생산중인 칩을 이용한 UHF 대역 및 2.45 GHz 대역 태그 제품을 나타낸다.

2.4.2 복조방식

리더에서 태그로 송신되는 forward link에서는 PWM(pulse width modulation) 방식을 사용한다. 펄스 폭은 수 μs 정도로서 데이터 전송속도를 결정한다. 펄스 폭이 작으면 태그에 공급되는 전력이 충분하나 미국, 유럽 등 국가별로 대역폭 규정에 따라 제한되기 때문에 펄스폭을 길게 한다. 태그에서는 [그림 22]와 같이 envelop detector와 pulse width demodulator를 사용한다. Envelop detector는 Silicon 소자에서 Schottky 다이오드의 DC 변환 효율이 낮아 전압 Multiplier 회로구조를 채택하게 되며 요구되는 충분한 칩 구동 DC 전압을 생성하기 위해 여러 단의 다

이오드회로 구현이 필요하다. 인버터된 출력 신호는 "system clock"으로 사용되며 이 신호는 각 펄스를 측정하는 integrator를 리셋한다. 간단한 discriminator는 펄스 길이를 측정하여 입력신호를 복조한다.

2.4.3 변조방식별 효율

리더의 반송파를 변조하는 것은 태그 칩 IC의 2가지 상태 입력 임피던스를 변경시켜 수행된다. 이 경우에 임피던스의 실수부 또는 허수부를 변할 때 어느 경우가 유리한지 검토할 필요가 있다. 이러한 검토를 하기 위하여 RF 가용전력과 태그에서 리더로 backscatter 되는 reverse link의 변조전력을 고려하여야 한다. 이 경우에 2가지 상태로 전송파 전력을 제외한 backscatter 된 2개의 sideband 신호의 변조효율 분석이 중요하다. ASK 변조는 전류의 세기를 변조하여 가능하게 되는데 이는 임피던스의 실수부를 가변하여 달성한다. PSK 변조는 전류의 위상을 변하여 가능하며 이는 임피던스의 허수를 가변하여 달성한다.

- ASK

이 방식은 13.56 MHz, 125 kHz에서 가장 많이 사용하고 있는 방식이다. 안테나는 open 혹은 short, $Z_1=0$ or $Z_1=\infty$ 되거나 임피던스 매칭된다. IC의 입력 임피던스와 안테나의 임피던스의 허수부분의 합이 임피던스 정합 또는 부정합되도록 한다. ASK 방식에서 backscatter 전력, Pbs_ask는 다음과 같다.

$$P_{bs_ask} = P_a / (4 L_{ant}) \quad (3)$$

여기서 P_a 는 가용전력, L_{ant} 는 안테나 인덕턴스이다. 그러나 이 방식은 파워 효율은 좋으나 넓은 대역폭을 필요로 한다. 또한 backscatter 된 신호의 파워가 위 식보다 작게 나타난다. 무손실 안테나라 가정해도 50%의 입력 파워는 반사되고 25%는 backscatter 된 신호의 파워이고 25%는 소모된다.

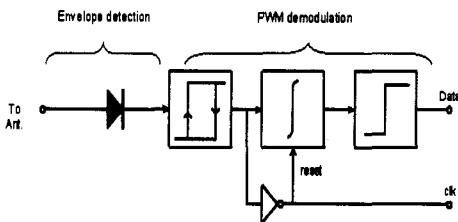


(a) 900 MHz용 태그



(b) 2.45 GHz용 태그

[그림 21] UHF 대역 및 2.45 GHz 태그



[그림 22] UHF RFID 칩의 복조기 구조

-PSK

PSK는 현재 UHF 대역 태그에서 대부분 사용하고 있는 방식이다. 각 단의 반사계수 실수부는 이상적으로 0이고 허수부분만 부호가 다르고 크기는 같다. 이 경우 backscatter PSK 변조전력, P_{bs_psk} 와 정류기 RF전력, P_{rf_psk} 는 다음과 같다.

$$P_{bs_psk} = (m^2 Pa) / Lant \quad (4)$$

$$P_{rf_psk} = (1 - m^2) Pa \quad (5)$$

여기서 m은 변조지수이다. 무손실 안테나 즉 $Lant=0$ 인 경우에 PSK 변조는 모든 가용전력을 활용한다.

III. 결 론

태그는 RFID 시스템에서 통제장치인 reader의 요청에 의하여 물체, 동물, 사람 등의 식별, 인식 정보를 송신하는 소자이다. 태그는 자체정보를 무선송신하기 위한 에너지로서 리더 또는 리더의 반송파 RF 에너지를 활용하는 passive 형태는 리더의 RF 출력, 안테나 이득, 태그 전력소모 등에 의해서 인식거리가 결정된다. 즉 passive 태그는 소모전류를 어떻게 최소화 하느냐가 기술의 핵심이다. RF 전파의 정류에 Schottky 다이오드가 사용되는데 지금까지는 정류효율이 우수한 GaAs Schottky 다이오드 성능 수준의 Silicon Schottky 다이오드로 구현함이 어려워 passive 태그 제조에 어려움이 있었으나 최근 Schottky 다이오드를 Silicon 소자 설계 및 공정기술의 발달로 IC 내에 고집적 다이오드 Array 구조 구현이 가능하여 UHF passive 태그용 LSI one chip 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.

Active형 태그는 콘테이너 관리, 국방, 차량 타이

어 압력감지시스템(TPMS) 등에서 광범위하게 사용된다. Active형 태그에서는 리더의 wake-up 신호에 의해 전원 구동스위치 회로가 on 상태가 된다. 태그의 기본 기능은 리더에 의한 질문신호에 의해 MCU 또는 EEPROM에 저장된 식별부호 또는 정보를 태그 안테나를 통하여 리더의 반송파를 통하여 backscatter하거나 자체 발진 신호의 반송파로 리더에 송신한다. 태그의 변조방식은 RFID 표준에 따른 모드, type, 태그의 class, 사용 용도에 따라 PSK, FSK, ASK 방식이 사용되며 각 환경과 시스템 구성을 고려하여 가장 유리한 변조방식을 채택한다. 근래에는 태그용 칩이 멀티프로토콜용으로 on-chip화 되고 안테나도 복합 기능 구현이 가능하여 멀티프로토콜/멀티밴드용 태그의 구현이 추진되고 있다.

다량의 태그를 저가에 생산하기 위해서는 UHF 대역 RFID 용 Si CMOS chip의 저가생산, 저가 패키징 기술의 발전과 함께 미래에는 생산가격의 획기적 저가격화를 구현할 수 있는 반도체 재료기술의 혁신적 발전도 예상되고 있다.

참 고 문 헌

- [1] F. Kraus, *RFID Handbook*, John Wiley & Sons, Ltd, 2003.
- [2] K. Udo, "Fully integrated passive UHF RFID transponder IC with 16.7 μW minimum RF input power", *IEEE Journal*, 2003.
- [3] KETI, "소액 지불 RFID 무선카드 및 단말기 핵심모듈 개발에 관한 연구", 2004년 1월.
- [4] W. S. Chan, W. S. Wong, "5.8 GHz active transponder for electronic road pricing", *Asia-Pacific Microwave Conference Proceedings*, pp. 694-697, 1995.
- [5] www.rfidjournal.com
- [6] K. V. S. Rao, "An overview of back scattered

- RFID system", *IEEE*, 1999.
- [7] K. Konno, H. Wada and K. Matsukawa, "A 2.45 GHz wireless IC card system for automatic gates", *1993 IEEE MTT-S Inter. Microwave Symp. Digest*, pp. 797-800, 1993.
- [8] J. R. Tuttle, "A low-power spread spectrum CMOS RFIC for radio identification applications", *RF Expo West*, pp. 216-222, Mar. 1994.
- [9] J. Eagleson, "RF/ID: spectrum, application & techniques", *Proc. of Fourth Wireless Symposium*", pp. 310-327, Feb. 1996.

≡ 필자소개 ≡

변 상 기



1974년 2월: 연세대학교 전자공학과 (공학사)

1978년 8월: 연세대학교 전자공학과 (공학석사)

1985년 12월: Univ. of Florida (공학석사)

1998년 8월: Auburn University (공학박사)

1978년 8월~1984년 7월: 국방과학연구소 선임연구원

1989년 9월~1992년 2월: 현대전자(주) 수석연구원

1992년 3월~현재: 전자부품연구원 수석연구원

[주 관심분야] RF부품, MMIC, RFID, 무선통신기기