

# 무선 주파수 인식(RFID) 시스템 기술 분석

## An Analysis of Radio Frequency Identification System Technology

장재득(J.D. Jang)

이동A/V연구팀 책임기술원

장문수(M.S. Jang)

이동A/V연구팀 책임연구원

최송인(S.I. Choi)

이동A/V연구팀 책임연구원, 팀장

무선 주파수 인식(RFID) 기술은 바코드 시스템과 마그네틱 카드 시스템이 우리 생활에 밀접하게 이용되고 있으나 생산 방식의 변화, 소비자 의식의 변화, 문화 및 기술의 진보, 바코드와 마그네틱 카드의 단점 해소 요구에 의해 개발된 시스템이다. 즉, 무선으로 사람, 물건, 동물 등을 인식, 추적, 식별할 수 있는 기술이다. RFID 카드는 다른 접촉식 카드와는 달리 이용자가 카드를 리더에 삽입하는 시간이 필요치 않으며 기계적인 접촉이 없기 때문에 마찰이나 손상이 없고 오염이나 환경의 영향이 적은 것이 특징이다. RFID 시스템은 공장 자동화, 교통 분야, 의료 분야, 레저나 시설에서도 많이 응용되어 새로운 수익을 창출할 수 있는 기술이 될 것으로 사료된다.

## I. 서론

무선 주파수 인식(Radio Frequency Identification: RFID) 기술은 바코드 시스템과 마그네틱 카드 시스템이 우리 생활에 밀접하게 이용되고 있으나 생산 방식의 변화, 소비자 의식의 변화, 문화 및 기술의 진보, 바코드와 마그네틱 카드의 단점 해소 요구에 의해 개발된 시스템이다. 즉, 무선으로 사람, 물건, 동물 등을 인식, 추적, 식별할 수 있는 기술이다. RFID 카드는 비접촉식 카드(contactless card)의 대표격이라 흔히 비접촉 카드를 말할 때는 RFID 카드를 일컫는다.

RFID 카드는 다른 접촉식 카드와는 달리 이용자가 카드를 리더(reader)에 삽입하는 시간이 필요치 않으며 기계적인 접촉이 없기 때문에 마찰이나 손상이 없고 오염이나 환경의 영향이 적은 것이 특징이다. 따라서 현재의 카드 시스템에서는 대용량의 인력관리를 제외한 순차를 필요로 하는 시스템에서는 RFID 카드가 이용되고 있다.

RFID 시스템은 태그(카드), 리더(interrogator), 그리고 태그로부터 읽어 들인 데이터를 처리할 수 있는 데이터 처리 시스템으로 구성된다. 태그와 리

더 사이의 데이터 통신은 무선 통신 방식에 의해서 이루어진다. 태그는 데이터를 저장하고 있는 메모리, IC 회로, 마이크로프로세서, 안테나 등을 내장하고 있으며 카드(태그) 내부의 에너지원의 존재 여부에 따라 능동형 태그(active tag)와 수동형 태그(passive tag)로 구분된다. 능동형 태그의 경우 자기 자신의 전원 공급 장치를 가지고 있기 때문에, 리더의 유도 전류에 의해서 전원을 공급받는 수동형 태그에 비해 훨씬 먼 거리에서도 인식이 가능하다.

리더 내부의 안테나에서 지속적으로 전파를 발산하고 있고 ID와 데이터가 저장된 카드(태그)가 그 전파 범위 안에 들어가면 자신이 지니고 있는 ID와 데이터를 안테나로 전송한다. 이때 안테나는 카드에서 전송된 ID를 데이터 신호로 변환하여 PC에 전송하고 PC는 미리 저장된 데이터베이스와 비교하여 필요한 서비스를 제공한다.

전파는 10kHz~300GHz가 사용되는데 주로 저주파(134.2kHz)가 사용되고 있고 카드는 일반적으로 메모리 반도체와 코일 및 선택적으로 배터리로 구성되며 64bits~8kbytes까지 다양하게 사용되고 있다.

RFID 시스템은 공장 자동화, 교통 분야, 의료 분야, 레저 활동, 시설 등 우리 생활 주변에서 응용하

고 있으며, 슈퍼나 소매상에서 각 물품에 태그를 붙여서 관리하는 전자 물체 감시(Electronic Article Surveillance: EAS) 시스템을 흔히 볼 수 있다.

## II. RFID 시스템 구성

RFID 시스템은 (그림 1)과 같이 고유 정보를 저장하는 RFID 태그(트랜스폰더), 관독 및 해독 기능을 수행하는 RFID 리더(interrogator), 태그로부터 읽어 들인 데이터를 처리할 수 있는 호스트 컴퓨터(서버), 응용 소프트웨어 및 네트워크로 구성된다[1].

태그는 송신기/응답기의 합성어(transponder)로 부르는데, 이는 TRANSmitter/resPONDER에서 유래된 말이며 IC 칩과 안테나 회로로 구성되어 태그와 리더 사이의 안테나와 RF 모듈에 의해 무선 접속으로 통신이 이루어진다. RFID 시스템에서 리더는 수신기와 송신기가 분리 구성되어 리더의 송신기에서 태그 방향을 업링크, 태그에서 리더의 수신기 방향을 다운링크라고 한다.

태그는 데이터를 저장하고 있는 메모리의 크기, 형태, 종류에 따라 가격이 다르다. 특히 메모리 형태에서는 읽기 전용 형(read-only), 읽기/쓰기가 가능한 형(read/write), 그리고 한 번 쓰고 여러 번 읽기 형(Write Once Read Many: WORM)으로 구분된다. 그리고 메모리 종류에서는 전기적으로 지울 수 있고 프로그램이 가능한 읽기 전용 메모리(EEPROM), 전원이 없이도 데이터를 유지할 수 있는 읽기 쓰기가

모두 가능한 비휘발성 메모리인 강유전체 RAM (Ferroelectric Random Access Memory: FRAM)으로 분류하고 있다.

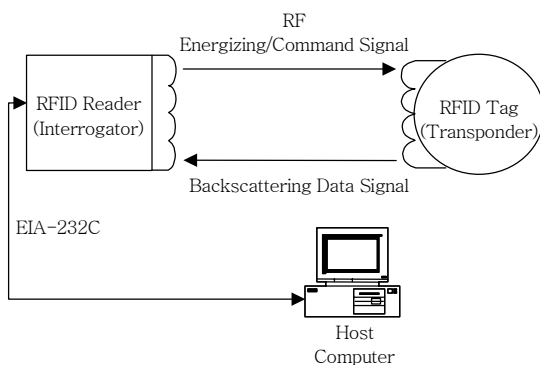
태그의 안테나 회로는 LC 공진회로 또는 장(field) 다이폴 안테나로 구성되어 전송 주파수에 관계된다. LC 공진회로는 100MHz 보다 작은 주파수로 리더기와 태그 사이에 강한 자기장을 형성한다. 발생된 자기장은 리더의 안테나를 통하여 태그의 코일 안테나에 유도성 전압을 발생 에너지로 공급된다[2].

태그 내부에 전원 공급 장치의 존재 여부에 따라 능동형 태그와 수동형 태그로 구분된다. 능동형 태그의 경우 자기 자신의 전원 공급 장치를 사용하여 데이터를 송·수신하고, 수동형 태그의 경우 리더의 유도 전류에 의해서 전원을 공급받아서 데이터를 송·수신한다. 따라서 능동형 태그는 수동형 태그에 비해 훨씬 먼 거리에서도 인식이 가능하다. 수동형 태그는 능동형 태그보다 가볍고 비용이 저렴하며, 동작 수명이 길다. 이러한 이유로 수동형 태그는 전송 시 오랜 시간과 자주 전송이 요구될 때, 데이터 저장에 제한이 없을 때 주로 사용한다[3].

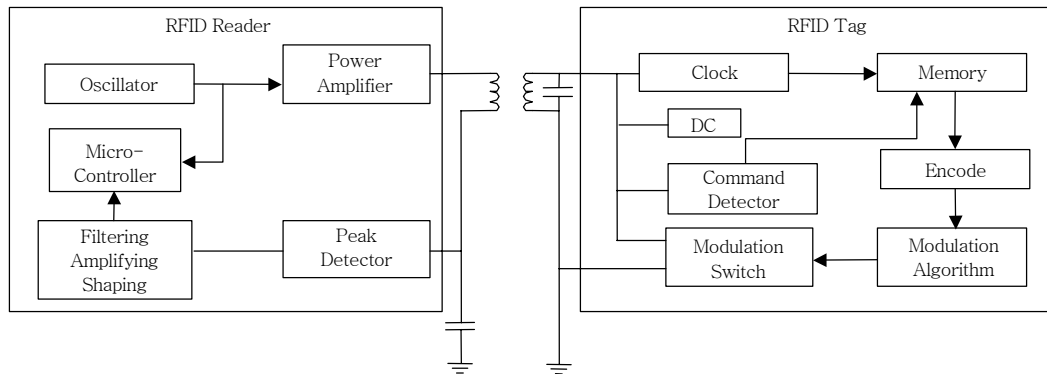
리더와 태그의 무선 신호는 진폭이나 주파수 또는 위상을 변화시키는 다양한 변조 방식으로 진폭 변조(Amplitude Shift Keying: ASK), 주파수 변조(Frequency Shift Keying: FSK), 위상 변조(Phase Shift Keying: PSK)를 이용하여 기저 신호를 고주파 신호로 변환하여 송·수신된다.

RFID 리더 및 태그 블록도가 (그림 2)에 나타나 있듯이 관독 및 해독 기능을 수행하는 송수신기(리더 또는 interrogator)는 마이크로 컨트롤러, 발진기, 전력 증폭기, 피크 검출기, 그리고 필터링, 증폭기, 셰이핑 등으로 구성된다. 고유 정보를 저장하는 RFID 태그(트랜스폰더)는 ROM, RAM, EEPROM 등의 메모리, 변조부, 클럭 발생부, 인코더, 커맨드 검출기, 직류 전원부 등으로 구성된다.

리더 안테나 코일(1차측)과 태그 안테나 코일(2차측) 사이에 형성된 자기장은 리더에서 태그에 전원을 공급한다. 이 에너지로 태그 내부의 메모리에 저장된 데이터를 태그의 안테나를 통하여 리더로 전



(그림 1) RFID 시스템 구성도



(그림 2) RFID 리더 및 태그 블록도

송한다. 그러면 리더는 태그로부터 입력되는 데이터를 수신한 후 데이터가 처리되면 리더 내에 있는 마이크로 컨트롤러가 수신된 신호가 타당함을 검사한다. 여기서 타당하다고 판단된 신호는 데이터 신호로 변환하여 호스트 컴퓨터에 전송하고 호스트 컴퓨터는 미리 저장된 데이터베이스와 비교하여 필요한 서비스를 제공한다. 이와 같이 RFID 시스템은 여러 형태의 리더 및 태그로 구성되어 무선 송·수신 방식에 기반을 두고 있다[4].

### III. RFID 태그 종류 및 특징

RFID 태그는 <표 1>과 같이 태그 내부에 전지 포함 유무에 따라 전원 또는 배터리 없이 리더의 유도 결합 및 전자기파 전송 신호로부터 에너지를 받아서 동작하는 수동형 태그와 전원 또는 배터리가 포함된 능동형 태그로 나누어 진다. 또한 데이터를 저장하고 있는 메모리의 기록 방식에 따라 읽기 전용, 읽기/쓰기가 가능한 형, 그리고 한 번 쓰고 여러 번 읽기 형

<표 1> RFID 태그 종류 및 특징

| 구분              | 특징  |  |
|-----------------|---|--|
| 수동형 태그          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 리더의 유도 전류에 의해서 전원을 공급</li> <li>- 간단한 구조</li> <li>- 대표적으로 읽기 전용 형</li> <li>- 소형 경량</li> <li>- 비용 저렴</li> <li>- 동작 수명이 길다</li> <li>- 단거리 전송(인식)</li> <li>- 데이터 전송 시간이 비제한적</li> <li>- 물류 관리, 전자 상거래, 교통 분야, 전자 물체 감시(EAS) 시스템</li> </ul> |  |
| 능동형 태그          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 태그 내부에 포함된 전원 또는 전지 사용</li> <li>- 읽기/쓰기 형</li> <li>- 장거리 전송(인식)</li> <li>- 동작 수명이 제한적</li> <li>- 데이터 전송 시간이 제한적</li> <li>- 배터리에 의한 가격 상승</li> <li>- 토목·건축 분야, 의료 분야, 레저 활동, 시설</li> </ul>  |  |
| 칩(chip) 태그      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Electric antenna UHF(2.45GHz)</li> <li>- Inductive antenna(125~134kHz, 13.56MHz)</li> <li>- Capacitative antenna(~130kHz)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chip and Printed dipole antenna</li> <li>- Chip and etched antenna wire or coil antenna</li> <li>- Chip and thickfilm printed antenna</li> </ul>                              |
| 무칩(chipless) 태그 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Microwave reflector</li> <li>- Remote magnetic</li> <li>- Simple transistorless circuit</li> <li>- Transistor circuit</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fibers</li> <li>- Thin films, wire or fibers</li> <li>- Printed or bonded inductors, capacitors, diodes</li> <li>- Plastic or silicon thin films not yet available</li> </ul> |

<표 2> 기존 RFID와 저비용 RFID 비교[5]

| 구분                                       | 기존 RFID   | 저비용 RFID  |
|--|---|---|
| Mode of use                              | Usually reused  | Usually disposable  |
| Typical shape                            | Pendants, nails, boxes of electronics, contactless smart cards, glass beads | Labels, laminates   |
| Typical frequencies                      | Low(125~135kHz) to keep system cost low where there are few tags per reader | High(13.56MHz, 2.45GHz) to keep system cost low where there are many tags   |
| Typical suppliers and value-added users  | Electronics companies and some label makers                                 | Security printers, paper, packaging and label manufacturers, new start-ups. Sometimes electronics companies supply the naked tag called "inlet" |
| Typical end users and uses of the system | Manufacturers, heavy logistics, farming, car keys, financial cards          | Airlines(baggage), laundry, toys, libraries, passports  |
| Typical payback                          | Greater security, better flow   | Reduced losses, entertainment, automation, anti-counterfeiting  |

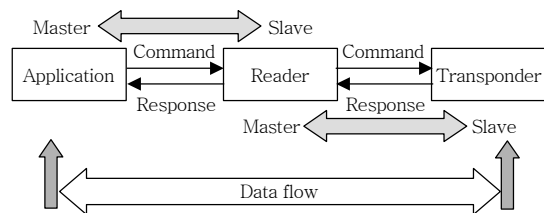
으로 구분된다. 반도체 IC 칩을 이용하는 칩(chip) 태그와 LC 소자 혹은 플라스틱 소자로 구성되는 무칩(chipless) 태그로 구분되며, 향후 저가격의 시장에서는 기존 바코드와 마그네틱 카드를 대체할 수 있는 초저가격 무칩 스마트 라벨이 출시되어 사회 전반적으로 유용하게 활용될 것으로 사료된다.

저비용 RFID는 기존의 RFID에 비해 기능을 축소하는 대신 단가를 낮추어 종이와 같은 1회용 물품을 비롯한 모든 사물에 부착되는 것을 목표로 하며, <표 2>와 같이 공항의 수화물, 포장지, 세탁물, 장난감, 종이, 지폐에도 부착될 수 있다. 기존 RFID는 적어도 하나의 마이크로 칩과 트랜지스터 회로로 구성되는 반면에 저비용 RFID는 기존 비접촉 스마트 카드를 대체할 수 있는 저가격 무칩 스마트 라벨과 다양한 센서와 스마트 태그 기술이 결합된 스마트 더스트(smart dust)가 활용될 수 있다[6].

스마트 더스트 기술은 먼지와 같은 아주 작은 센

서들을 도로, 건물, 의류, 인체 등에 먼지처럼 뿌려서 주변 환경(온도, 습도, 압력, 가속도 등)의 정보를 무선 망으로 감지·관리할 수 있는 기술이다.

RFID 시스템은 트랜스폰더, 리더, 그리고 트랜스폰더로부터 읽어 들인 데이터를 처리할 수 있는 응용 소프트웨어(애플리케이션)으로 구성된다. 트랜스폰더와 리더 사이 그리고 리더와 애플리케이션 사이의 데이터 통신은 (그림 3)과 같이 주·종관계(master-slave)를 기본으로 읽기/쓰기 동작이 무선 통신 방식에 의해서 이루어진다.



(그림 3) RFID 시스템의 데이터 흐름도

<표 3> RFID 시스템에서 판독 명령어 실행 예

| Application <-> Reader  | Reader <-> Transponder | Comment                                 |
|-------------------------|------------------------|---|
| → Blockread_Address[00] | → Request              | Read transponder memory[address]        |
|                         | ← ATR_SNR[4712]        | Transponder in the field?               |
|                         | → GET_Random           | Transponder operates with serial number |
|                         | ← Random[081514]       | Initiate authentication                 |
|                         | → SEND_Token1          |   |
|                         | ← GET_Token2           | Authentication successfully completed   |
|                         | → Read_@[00]           | Read command[address]                   |
|                         | ← Data[9876543210]     | Data from transponder                   |
| ← Data[9876543210]      |                        | Data to application                     |

애플리케이션 소프트웨어로부터 명령을 실행하기 위하여 리더는 트랜스폰더로 통신을 시도한다. 리더는 트랜스폰더에 대하여 마스터 역할로 동작하며 트랜스폰더는 리더의 명령에 대하여 응답을 한다. 트랜스폰더는 읽기 전용 트랜스폰더를 제외하고는 결코 독립적으로 동작하지 않는다.

응용 소프트웨어로부터 읽기 명령은 리더와 트랜스폰더 사이의 통신 절차에 의하여 초기화 할 수 있다. 그 예가 <표 3>에 나타나 있으며, 트랜스폰더의 활성화로 읽기 명령이 시도된 후 인증을 한 다음 최종적으로 요구된 데이터를 전송한다.

리더의 주요 기능은 트랜스폰더의 활성화, 트랜스폰더로 통신 순서 구조, 응용 소프트웨어와 비접촉 트랜스폰더 사이의 전송 데이터 등이다. 리더와 트랜스폰더 간 데이터 정보의 신뢰성을 향상시키기 위한

여러 신호 처리가 수행되는데, 무선랜에서 일반적으로 사용되는 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)나 CSMA/AD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance)와 유사한 방식을 사용하는 충돌 방지 방법, 데이터의 보호를 위한 암호 알고리즘을 사용하는 데이터 보안 방법 등이 있다.

#### IV. 전송 주파수

RFID 시스템을 전송 주파수에 따라 분류하면 저주파수 대역(100~500kHz), 중간 주파수 대역(10~15MHz), 그리고 고주파수 대역(850~950MHz, 2.4~5.8GHz)으로 구분된다(<표 4> 참조). <표 5>에 세분화된 주파수 범위와 응용 분야가 나타나 있다[7].

<표 4> 전송 주파수에 따른 분류

| 주파수 대역                                | 특성   | 응용                            |
|---------------------------------------|--|-------------------------------|
| 저주파수대<br>(100~500kHz)                 | - 데이터를 읽을 수 있는 거리가 짧다<br>- 비용이 저렴하다<br>- 데이터를 읽는 속도가 느리다         | - 접근 제어<br>- 동물 인식<br>- 상품 제어 |
| 중간 주파수대<br>(10~15MHz)                 | - 데이터를 읽을 수 있는 거리가 다소 짧다<br>- 비용이 저렴하다<br>- 데이터를 읽어 들이는 속도가 보통이다 | - 접근 인식<br>- 스마트 카드           |
| 고주파수대<br>(850~950MHz)<br>(2.4~5.8GHz) | - 데이터를 읽을 수 있는 거리가 멀다<br>- 비용이 많이 든다<br>- 데이터를 읽는 속도가 빠르다        | - 기차 모니터링<br>- 톨 선택 시스템       |

<표 5> 주파수 범위와 응용 분야

| 주파수 범위                            | 응용 분야  |
|-----------------------------------|--|
| 135kHz 이하                         | 가장 널리 이용되는 범위로 접근 제어, 동물 인식, 추적 등의 응용에 사용되고 많은 나라에서 허가 없이도 사용 가능한 주파수 범위이다.  |
| 1.95MHz, 3.25MHz, 4.75MHz, 8.2MHz | 소매점에서 사용되는 전자 물체 감시(EAS) 시스템에 사용한다.  |
| 13MHz 근처,<br>13.56MHz             | EAS 시스템 및 ISM(Industrial, Scientific and Medical) 응용에 사용된다.  |
| 27MHz 근처                          | ISM 응용에 사용된다.  |
| 430~460MHz                        | 특히 제 1지역에서 ISM 응용에 사용한다.   |
| 902~916MHz                        | 특히 제 2지역에서 ISM 응용에 사용한다. 미국에서는 이 대역을 우선권에 따라 다른 여러 응용에 사용하고 있다. 이것은 railcar와 toll road application에 사용한다. 이 대역은 narrow band source와 wide band source로 나누어 사용된다. 제 1지역에서는 이 주파수 대역을 GSM 전화망으로 사용한다. |
| 918~926MHz                        | 호주에서 RFID 트랜스미터 응용에 사용한다.  |
| 2,350~2,450MHz                    | 전 세계 대부분이 인정된 ISM 대역이다. IEEE 802.11이 RF 통신을 수용하는 대역이라 인정하고, spread spectrum과 narrow band system에 사용된다.   |
| 5,400~6,800MHz                    | 이 대역은 미래 사용을 위해 할당되어 있다.   |

주) 제 1지역: 유럽, 아프리카 제 2지역: 북남미 아메리카 제 3지역: 극동, 호주

## V. 결론

본 고에서는 최근에 각광을 받고 있는 RFID(무선 주파수 인식) 시스템 기술에 대해서 살펴 보았다. RFID 시스템 기술은 비접촉 인식 방법으로 기계적인 접촉 없이 무선으로 사람, 물건, 동물 등을 인식, 추적, 식별할 수 있는 기술이다. 이런 관점에서 인력 절감이나 자동화 등으로 경제적인 상당한 이점을 가진다.

최근 IT 경기 침체에도 불구하고 일상 생활은 물론 산업 전반에 많은 연구 개발이 이루어져 상용 서비스가 가능할 날도 멀지 않을 것으로 기대된다. 현재 태그 가격이 비싼 것이 문제이기는 하지만 가까운 장래에 태그 한 개 당 가격이 10센트 이하로 될 것으로 예상되며, 향후 몇 년 후에는 RFID 태그가 바코드를 대체해 대규모 시장 형성이 이루어져 일상 생활에서 언제 어디서나 자신이 필요한 정보를 네트워크를 통해서 얻을 수 있는 날이 올 것이다.

RFID 시스템은 공장 자동화, 교통 분야, 의료 분야, 레저나 시설에서도 많이 응용되어 새로운 수익을 창출할 수 있는 기술이 될 것으로 사료된다.

## 참고 문헌

- [1] Microchip, "13.56MHz RFID System Design Guide," Microchip Technology Inc., 2001.
- [2] 이근호, "무선식별(RFID) 기술," TTA 저널 제 89호, 한국정보통신기술협회, 2003년 10월호.
- [3] RFID Technology in Retail White Paper, Intermec, 2003.
- [4] Klaus Finkenzeller "RFID Handbook," WILEY, 2003.
- [5] Raghu Das, "An Introduction to RFID and Tagging Technologies," *IDTechEx*, 2003.
- [6] 박성수 외, "유비쿼터스 스마트 태그 칩 기술 동향," ITFIND 주간기술동향 통권 1123호, 한국정보통신연구진흥원, 2003. 11., pp.11-12.
- [7] AIM WP-98/002R, "RFID Basics Primer," <http://www.aimglobal.org>.