

RFID를 이용한 시설물 관리

RFID는 네트워크와 사물을 연결하는 중간자로서 물류 및 시설물 관리의 혁명을 가져올 매체이다. RFID의 동작원리와 이용현황을 살펴본다.

박희진

삼성SDS 정보기술연구소(hj7.park@samsung.com)

머리말

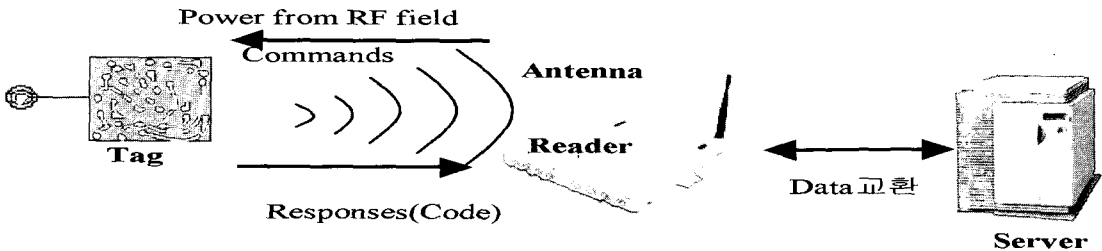
RFID(radio frequency identification)는 무선주파수 인식 시스템(radio frequency identification system)을 이용하여 제품에 관한 각종 정보를 담은 전자칩이다. 바코드와 달리 무선으로 정보를 읽을 수 있고 더 많은 양의 데이터를 담을 수 있어, 바코드를 대체하며 물류 혁명을 가져올 매체로 인식되고 있다. 더 나아가 RFID는 비접촉 무선인식을 가능하게 해주는 기능으로 인해 네트워크와 사물을 연결하는 유비쿼터스 컴퓨팅 응용의 중간자로서 발전과 활용이 더욱 부각될 것으로 기대되고 있다. 본고에서는 RFID의 동작원리와 활용현황을 살펴보고, 시설물 관리를 하는데 있어서 RFID의 사용 가능성과 RFID에 의해 변화될 시설물 관리 방법에 대해 기술한다.

RFID 동작 원리

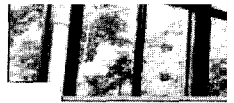
RFID 시스템은 데이터를 저장하는 태그와 전파를 보내는 안테나, 안테나를 통해 태그의 데이터를 기록하고 읽는 판독기(reader)로 구성된다.(그림 1) 태그는 자체적으로 전원공급장치를 가지고 있는지 아닌지에 따라 수동형(passive) 태그와 능동형(active) 태그로 구분된다.

수동형 태그의 인식은 사용되는 주파수별로 기전력을 유도하는 방법의 차이가 있지만 기본적으로 전자기 유도의 원리(electromagnetic induction)를 사용하고 있다. 다시 말해 회로를 통과하는 자기력선이 변화하면 회로에 전류를 흐르게 하려는 기전력이 발생하는 현상을 이용하는 것이다.

능동형 RFID 시스템의 경우는 무선 통신의 원리를 이용한 것으로, 내장된 전원공급장치를 이용하여 태그 자체적으로 전파를 발생하여 통신한다.



[그림 1] RFID 시스템 구성



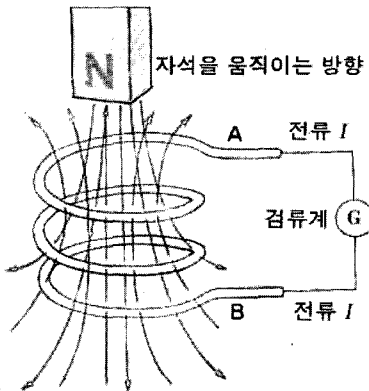
수동형-저주파 대역의 RFID 시스템의 동작 원리

저주파(30 MHz 이하) 대역의 RFID 시스템은 안테나에서 강한 고주파를 발생시켜 생성된 자기장이 태그의 안테나 코일을 통과함으로써 생기는 전류에 의해 작동되는 원리인 유도결합(inductive coupling) 방식을 사용한다. 그림 2와 같이 코일 근처에 자석을 가져다 대었다 멀리 했다 하면 전류가 발생한다. 이는 자석을 움직이면 회로 내부에 자기력선속이 변화하기 때문에 기전력이 유도되고, 회로 내부에 전류가 흐르게 되는 것이다. RFID 판독기와 태그의 동작은 그림 3과 같다.

판독기가 자기장을 형성하게 되고, 여기서 형성된 자기장이 태그의 회로 내부를 통과하게 되면서 자기력선속의 변화를 가져오게 된다. 따라서 전자기 유

도 법칙에 의해 태그 회로 내부에 유도 기전력이 발생되고, 이 기전력을 이용하여 태그에 저장된 정보를 송신하게 된다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 태그 주위에 코일이 감겨져 있음을 알 수 있다. 인식거리는 태그와 안테나의 크기 출력 등에 따라 차이가 있지만, 출력 제한 규정에 따라 일반적인 사용 제품의 경우 50 cm 미만이다.

저주파수인 13.56 MHz 태그(그림 4)는 표 1에서와 같이 금속 재질에서는 인식률이 0이지만, 나머지 유리, 액체 제품에서는 900 MHz 제품에 비해 상대적으로 인식률이 높다. 금속 제품도 태그와 제품 간에 약 2 cm 정도의 거리만 있으면 어느 정도 인식이 가능하다.

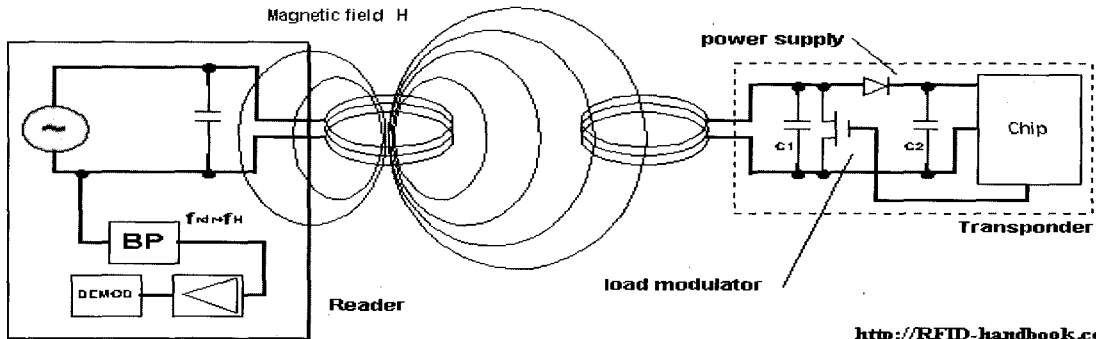


[그림 2] 전자기 유도 원리

수동형-고주파 대역의 RFID 시스템 동작 원리

고주파(100 MHz 이상) 대역의 RFID 시스템의 동작원리도 기본적으로는 전자기 유도 법칙이다. 하지만 고주파 대역의 시스템은 저주파 시스템에 비해 상대적으로 인식거리가 길다. 이는 전자기결합(electromagnetic coupling) 방식을 사용하기 때문이다. 전자기결합 방식은 그림 5의 전자기파 진행에 바탕을 두고 있다.

그림 5처럼 전자기파가 진행을 하게 되고, 이 진행 방향에 있는 태그는 진행하는 전자기파에서 에너지를 얻어 파워로 사용한다. 금속 물체에 대해서는 반사되고 액체에 대해서는 흡수되는 성질을 가지고 있다.



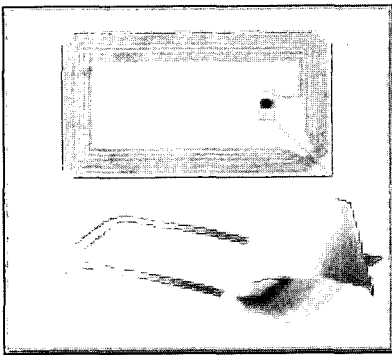
<http://RFID-handbook.com>

[그림 3] 수동형 RFID 시스템 동작 원리

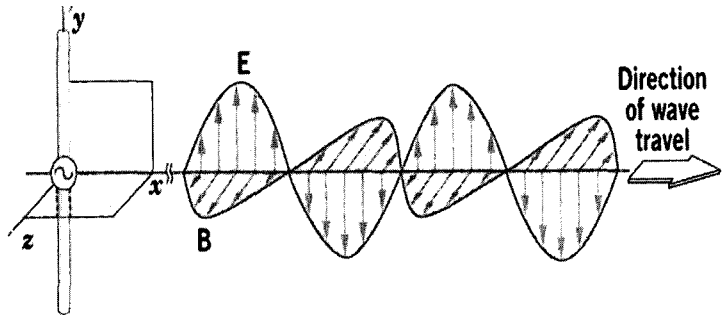
표 2에서처럼 고주파수인 900 MHz 태그의 경우 금속, 액체, 유리 등의 재질을 가진 제품의 인식률이 13.56MHz 제품보다 낮다. 하지만 거리는 13.56 MHz 제품이 25 cm 정도인데 반해, 900 MHz 대역의 제품은 2 m 정도로 상대적으로 인식 거리가 길다. 물이 차 있는 물병의 경우에도 공기층이 태그의 바로 아래 부분에 있으면 20 cm 정도의 거리에서 인식률이 30% 정도이다.

능동형 RFID 시스템 동작 원리

능동형 RFID 시스템에서는 내부의 전원공급장치가



[그림 4] 13.56 MHz 대역의 태그



[그림 5] 전자기파의 전파 원리

가 태그에 전원을 공급하게 되므로 외부의 전원 공급 없이 자체적으로 정보를 송신하게 된다. 따라서 수동형 태그에 비해 인식 거리가 길어 약 50 미터 이상의 거리까지 전송이 가능하고, 금속이나 액체에 대해서도 높은 인식률을 보인다. 하지만 전원 공급 장치의 수명이 다하면(약 3~5 년) 사용할 수 없게 되고, 고가인 단점이 있다.

• RFID 시스템 응용 분야

RFID 시스템은 실제적으로 2차 대전 당시에 아군 기차 적군기를 식별하기 위해 비행기에 RFID 기술

<표 1> 13.56 MHz 태그의 부착제품별 인식률 (자체 조사)

제품	0.5 m	1 m	1.5 m	2 m	2.5 m
콜라 캔 (빈)	0%	0%	0%	0%	0%
콜라 캔	0%	0%	0%	0%	0%
라면	100%	80%	0%	0%	0%
초코파이박스 (앞)	100%	98%	0%	0%	0%
초코파이박스 (뒤)	80%	70%	0%	0%	0%
나무	100%	100%	100%	98%	0%
양말	100%	100%	100%	100%	0%
껌	0%	0%	0%	0%	0%
폴더	100%	100%	99%	100%	0%
콘플레이크 (앞)	94%	0%	0%	0%	0%
콘 플레이크 (뒤)	0%	0%	0%	0%	0%
소주 (빈)	100%	100%	100%	98%	0%
소주	98%	98%	100%	93%	0%
1.5 L 물병 (빈)	100%	100%	100%	100%	0%
1.5 L 물병	100%	99%	100%	100%	0%

테스트 조건: 테스트 온도 = 26도, 테스트 회수 = 100회



을 이용한 것이 시초라고 할 수 있다. 현재는 유통/물류 분야에서 가장 활발하게 사용이 검토되고 있으며, 군사, 전자도서관, 애견관리 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. (표 3 참조)

RFID 기술의 발전 방향

RFID 기술은 다음과 같이 발전할 것으로 전망하고 있다.

- 1단계: ID 인식 서비스

ID 인식 서비스는 최소의 식별(ID) 기능(코드 정보)만 가진 RFID를 제품에 부착하여 관리하며 네트워크를 통해 제품 정보를 저장한 서버에 연결하여

정보를 조회한다. 유통 분야의 재고 관리에 유용하다. 휴대폰이나 PDA에 리더 기능을 추가하는 기술이 상용화 단계에 있다.

- 2단계: 이력 관리 서비스

이력 관리 서비스는 ID 기능에 정보의 읽기/쓰기 기능을 가진 RFID를 물품에 부착하여 이력을 관리한다. 실시간으로 자산의 위치와 상태를 파악하는 자산·식품 유통 관리에도 유용하다.

- 3단계: 환경 정보 센싱 서비스

환경 정보 센싱 서비스는 정보의 읽기/쓰기 기능에 환경 정보(온도·습도·압력)의 센싱 기능을 가진 센서 태그를 제품에 부착하여 관리한다. 가전제품을 홈네트워크와 연결한다거나 사람의 신체나 상하기

<표 2> 900 MHz 태그의 부착제품별 인식률 (자체 조사)

제품	0.5 m	1 m	1.5 m	2 m	2.5 m
콜라 캔 (빈)	0%	0%	0%	0%	0%
콜라 캔	0%	0%	0%	0%	0%
라면	0%	0%	0%	0%	0%
초코파이박스 (앞)	10%	0%	0%	0%	0%
초코파이박스 (뒤)	0%	0%	0%	0%	0%
나무	100%	100%	80%	30%	10%
양말	100%	98%	90%	60%	10%
껌	0%	0%	0%	0%	0%
폴더	100%	100%	100%	50%	40%
콘 프레임 (앞)	0%	0%	0%	0%	0%
콘프레임 (뒤)	0%	0%	0%	0%	0%
소주 (빈)	60%	10%	10%	0%	0%
소주	0%	0%	0%	0%	0%
1.5 L 물병 (빈)	100%	100%	95%	90%	60%
1.5 L 물병	0%	0%	0%	0%	0%

테스트 조건: 테스트 온도 = 26도, 테스트 회수 = 100회

<표 3> REID를 이용한 예

활용 분야	내용
유통, 물류	- 월마트: 거래처 상위 100 개 사에 대해 2005년 1월 1일부터 케이스/파렛 단위로 RFID 태그 부착 의무화 - Best Buy: 2006년부터 거래처에 대해 납품 시 RFID 태그 부착 의무화 - 정확한 재고관리로 품질에 따른 판매 기회 손실을 줄임과 동시에 물류과정에서의 로스 삭감, 재고관리 인원의 삭감 목적
군사	- 미 국방부: 모든 납입처에 RFID 태그 부착 의무 예정 - 무기, 식량 등을 때맞추어 확실하게 전선에 보급하고 또한 운송 과정에서 부정하게 포장이 뜯기는 일이 없는가를 체크
전자도서관	- 은평구 도서관: 서적에 RFID를 부착함으로써 무인도서 대출/반납 및 서적의 위치 파악 가능
동물용 RFID	- 애완동물에 RFID 태그를 삽입하여 신원보증 - 한국마사회: 경주마 목덜미에 RFID 칩 삽입하여 경주마의 확인 및 정보 체크하는 과정을 자동화 - 제주도 수산자원연구소: 값비싼 어종 관리를 위해 RFID 사용

쉬운 약품에 센싱 기능의 태그를 부착하여 관리하는 의료 분야에 유용하다.

- 4단계: 센서네트워크 서비스

센서네트워크 (태그 간 통신) 서비스는 통신 기능 센서 태그를 사물(차량·도로·시설·하천·삼림·대기)에 부착, 살포하고 이를 네트워크로 연결한다. 실시간 교통 제어, 기상 관측, 재해 방지 대처 분야에 유용하다.

- 5단계: 태그 제어 서비스

태그 제어 서비스는 자율 컴퓨팅 능력을 가진 태그가 사물에 부착되어 스스로 자신의 운명을 결정하는 능력을 보유하게 될 것이다.

RFID의 현 기술 수준은 1단계 중 초기 단계 정도에 머물러있다. 반면, 시설물관리의 RFID 적용은 3단계 또는 4단계의 기술로 당장 실현될 수 있는 기술은 아니나 이에 대한 관심과 연구는 선진국을 중심으로 활발하게 논의되고 있다.

시설물 관리 개요

시설물 관리 현황

우리나라에서는 성수대교 등 대형시설물 붕괴사고의 연속적인 발생에 따라 '시설물의안전관리에관한 특별법'을 제정하여, 도로시설물(교량, 터널, 지하차도, 복개구조물), 철도시설물(교량, 터널, 역사, 고가), 항만시설물, 댐, 건축물, 하천시설물에 대해 유지 관리하도록 하고 있다.

시설물에 대한 점검은 일상점검, 정기점검, 긴급점검, 정밀안전진단 등 시간을 정하여 점검하는 수동적인 점검이 주를 이루고 있으며, 영종대교 교량계측 모니터링 시스템(BHMS : Bridge Health Monitoring system), 일부 도로의 도로 결빙방지 시스템 등 일부 시스템만이 자동 원격 모니터링에 의한 시설물 관리가 이루어지고 있다.

U-City에서의 시설물 관리

U-City (유비쿼터스 도시)에서는 모든 도시 시설물에 대한 현황정보, 이용정보, 관리정보, 안정성 등을 실시간으로 수집·전달·대처가 가능하며, 시설물 관리에 혁신적인 기술발전이 예상된다. 이를 위해서 기술적으로, 각종 계측기 및 칩을 이용한 시

설물 계측 모니터링, 현황 파악 및 경고표시, 자료 분석 및 대처방안 등의 기능이 필요하다. 특히 시설물에 대한 실시간 모니터링이 중요한 사항인데, 이를 위해서는 ①모니터링 되는 시설물에 대한 식별(Identification), ②시설물의 정확한 위치, ③센서를 이용한 정보의 수집, ④실시간 정보전달이 요구된다.

UFID(Unique Feature Identifier)는 지형지물에 대해 부여하는 고유한 식별자이다. 이를 통해 ①모니터링 되는 시설물에 대한 식별(Identification), ②시설물의 정확한 위치에 대한 문제를 해결할 수 있을 것이다. 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network: USN)란 "필요한 모든 것(곳)에 전자(Radio Frequency Identification: RFID) 태그를 부착하고 이를 통하여 사물의 인식정보는 물론 주변의 환경정보까지 탐지하여 이를 실시간으로 네트워크에 연결하여 정보를 관리하는 것"을 의미한다. 궁극적으로 모든 사물에 컴퓨팅 및 통신 기능을 부여하여 언제(anytime), 어디서나(anywhere), 네트워크, 디바이스, 서비스에 관계없이 통신이 가능한 환경을 구현하기 위한 것이다. 이를 통해 ③센서를 이용한 정보의 수집, ④실시간 정보전달이 가능하게 될 것이다.

UFID (Unique Feature Identifier)

UFID(Unique Feature Identifier, 지형지물 전자식별자)는 개별적으로 관리되는 지형지물에 대해 위치 정보, 도로, 건물, 하천 등의 지형지물 종류, 지형지물 관리기관, 기타 속성 정보 등을 나타내는 유일한 단일 식별자를 부여함으로써 도로, 건물 등의 인공적 지형지물과 하천 등의 자연적 지형지물을 포괄하는 모든 지형지물을 체계적으로 관리 및 활용할 수 있도록 해준다. 즉, UFID는 주민등록번호처럼 우리나라의 국토를 구성하고 있는 도로, 건물 및 하천 등의 모든 인공적 및 자연적 지형지물에 단일 식별자를 부여함으로써 해당 지형지물을 관리하는 기관은 물론, 물류, 금융 등 각종 산업분야에 매우 중요한 역할을 하게 된다. 예를 들어 부산시 금정구 장전동에 위치한 공장에 대한 UFID는 다음과 같이 부여될 수 있다.

2 21 11061 4611 3591300300 00099007652 7

이 같은 UFID 숫자에는 정확한 행정구역(2 21



11061)과 공장의 지형지물분류코드(4611), 도엽번호(3591300300), 각 기관별 지형지물 식별자(0009907652), 오류확인(7) 등 다양한 정보들이 수록된다. 또 이 32자리의 UFID는 아스키(ASCII) 또는 이진(binary)형태로 저장할 수 있다. 이처럼 향후에 모든 사물과 지형지물에 코드가 부여되어 UFID 관리가 체계화되면 국가 기간 시설물에 대한 유비쿼터스 기반의 통합 관리가 가능해질 것이다.

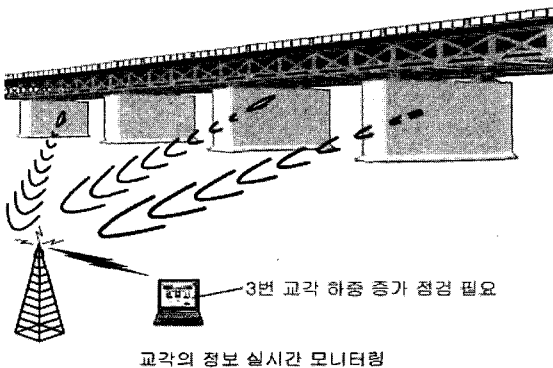
USN ((Ubiquitous Sensor Network)

RFID와 센서가 결합하여 온도, 압력, 오염도 등의 환경 정보를 센싱하고 이를 리더 또는 인접한 태그에 전달하는 소자가 U-sensor(Ubiquitous sensor)이다. 완벽한 U-sensor라고 할 수는 없으나, RFID와 센서가 결합된 소자로는 현재에는 자동차 타이어의 공기압을 모니터링하는 능동형 RFID인 TPMS(Tire Pressure Monitoring system)가 실용화되어 있다. 이 U-sensor를 이용하여 사물의 인식정보는 물론 주변의 환경정보까지 탐지하여 이를 실시간으로 네트워크에 연결하여 정보를 관리하는 것이 USN (Ubiquitous Sensor Network)이다. USN 구현을 위하여 정보 입/출력 수단으로 RFID 시스템 개발이 필요하고, 정보교환 수단으로 네트워크 구축이 요구된다.

RFID를 이용한 시설물 관리

능동형 RFID 이용

RFID 태그에 센서 기술이 도입되면, 각 시설물의



[그림 6] 능동형 태그의 시설물 관리에 활용

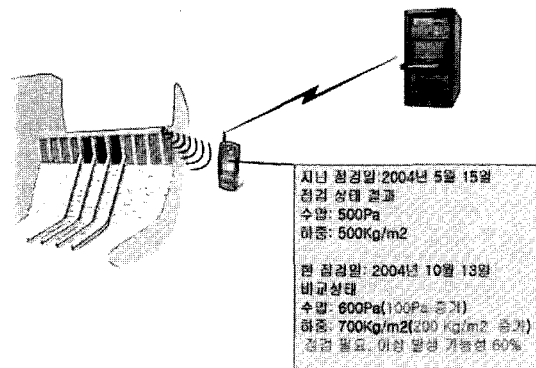
주요 부분에 부착된 태그들은 자신들이 수집하는 데이터를 실시간으로 중앙 관리 시스템으로 보내게 된다. 데이터의 예로는 온도, 습도, 강도, 유속 등 관리하고자 하는 시설물에 따라 다양할 수 있다. 따라서 시스템에 관리 시설물이 위험해질 수 있는 데이터를 입력해 두면 주기적으로 각 시설물에 부착된 태그와 주기적으로 통신을 하며 수집정보를 보내고 위험 상황 시 자동적으로 주어진 조치를 취하게 할 것이다. 그림 6은 RFID를 이용한 시스템 관리의 한 예이다.

그림 6에서 보듯이 기존의 점검방식과는 다르게 교각 내부에 설치해 둔 센서태그에 의해 교각의 상태가 읽혀 RFID 판독기(Reader)에 수집되고, 판독기에 연결된 컴퓨터를 통해 각 교각에 대한 정보를 실시간으로 모니터링하고 필요시 적당한 조치를 취할 수 있게 된다.

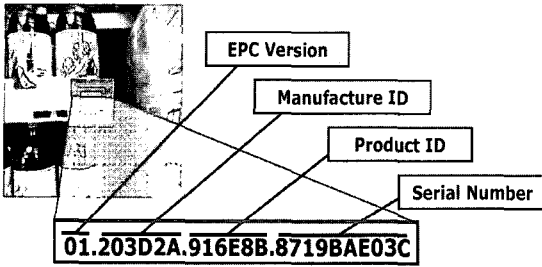
수동형 RFID 이용

앞의 사례인 능동형 태그에 비해 전송 거리는 짧지만 수동형 태그도 현재의 시설물 관리에 사용될 수 있다. 실제 센싱 및 근거리(30 m 이내) 전송은 RFID 태그와 판독기(Reader) 사이에 이루어지고, 판독기와 센터 사이에는 유선 또는 무선망(모바일 인터넷 등)을 이용하여 정보전송이 이루어진다. 그림 7은 수동형 태그와 무선 인터넷을 활용한 RFID 시스템의 적용 예이다.

그림 7처럼 수동형 태그와 휴대형 리더기를 사용하면 시설물의 점검 이력 등을 실시간으로 파악할 수 있고, 현재의 상태와의 비교를 통한 시설물의 안



[그림 7] 수동형 태그 활용



[그림 8] EPC 코드의 구조

전도 등을 평가할 수 있다는 이점이 있다.

(사례- Nokia)

세계 최대 휴대폰 제조업체인 Nokia는 CeBIT2004에서 Nokia Mobile RFID Kit를 발표했다. Nokia 5140 Model에 부착할 수 있는 이 키트는 13.56 MHz 판독기와 태그, 소프트웨어로 구성되어 있다. 인식 거리는 배터리 용량 같은 문제로 인해서 2-3 cm 밖에 안 나오고, 하루 50-80 개의 태그를 읽는다면 수 일간 사용이 가능하다. Nokia는 Mobile RFID Kit를 일반사용자 보다는 mobile worker를 대상으로 만들었는데, 주요 응용분야는 다음과 같다.

1. Meter reading: RFID 휴대폰을 계량기에 붙어있는 RFID 태그에 가까이 가져가면 계량기의 일련번호를 비롯한 계량기 관련 정보와 읽어 들인 시각 등이 휴대폰에 자동으로 입력된다. 아직 태그가 센서기능까지 담당하지는 못하므로, 계량기의 숫자는 휴대폰의 숫자패드를 이용하여 입력해야 하지만, 장차 이 부분도 자동화될 수 있다.
2. Security check: 주요 점검 지점에 RFID 태그가 붙어있고 security guard는 RFID 휴대폰을 태그 근처에 갖다댄으로써 점검을 했다는 기록을 남길 수 있다. 휴대폰을 이용해 이 정보를 중앙관리센터에 보내면, 현재 작업상황을 실시간으로 모니터링 할 수 있다.
3. Repair service: repair technician은 고장이 난 기계 앞에서 RFID 휴대폰으로 이 기계의 고장이력 및 조치사항을 조회할 수 있고, 웹에서 메뉴얼을 다운 받을 수 있다.
4. Emergency call: 태그가 읽혀졌을 때 이미 정한 번호로 자동으로 전화를 걸 수 있다. Security guard

같은 사람이 응급한 상황에 처했을 때 사용할 수 있다.

RFID에 UFID의 적용

제품에 부착되는 RFID의 경우 고유 식별을 위하여 EPC(Electronic Product Code) 체계가 표준으로 정해져 있다.(그림 8) 크기는 64 bit (compact), 96 bit (general), 256 bit의 3 가지 종류가 있으며, 96 bit의 경우 2억 6800만개의 제조업체, 1600만개의 제품명, 68조개의 시리얼번호 부여가 가능하다.

앞 장에서 살펴봤듯이 일반적인 RFID 태그를 이용하여 시설물 관리를 할 수 있으나, 이 경우 각 시설물의 위치를 파악하고자 할 때는 부착된 RFID 태그의 EPC 코드를 이용해서 미리 저장되어 있는 데이터베이스에서 해당 시설물의 위치정보를 가져와야 한다. 여기서 RFID 태그에 EPC 코드가 아닌 UFID(Unique Feature Identifier, 지형지물 전자식별자)를 넣는다면, 시설물에 부착된 RFID 태그 정보만으로도 그 시설물의 정확한 위치를 파악할 수 있을 것이다.

맺음말

RFID 시스템은 유통시스템에 일대 혁명을 가져올 것이고, 군사, 도서관관리, 애견관리 등 다양한 분야로 그 사용영역이 확장될 것으로 예상되고 있다. 또한 RFID 태그는 단순히 바코드를 대체할 자동인식 기술의 한 부분이 아니라, 네트워크와 사물을 연결하는 유비쿼터스 컴퓨팅 응용의 중간자로서 발전과 활용이 더욱 부각될 것으로 기대되고 있다. RFID를 이용한 시설물 관리는 단순히 RFID를 이용해서 시설물에 대한 식별기능을 이용한 관리뿐만 아니라, RFID와 센서가 결합되어 자동으로 시설물의 위험도를 주기적으로 체크하여 위험 정도를 미리 알려주어 시설물이 붕괴, 파괴 등을 사전에 예방할 수 있는 방향으로 발전할 것이다. 그러나 RFID에 대한 상용화가 예상 밖으로 늦어지고 있다. 이는 RFID가 상용화되기 위한 기반 인프라 기술이 부족하고, 표준화, 안정화 등 해결해야 할 문제들이 적지 않기 때문이다. 하지만 이러한 장애요인들이 극복되면 RFID 시장은 급속히 발전할 것으로 전망된다. ㉔