

제어자동화시스템에서의 RFID 기술 동향

본고에서는 현재까지의 RFID 기술 수준 및 표준화 현황에 대한 해설과 더불어, RFID 기술을 제어자동화시스템에 응용한 국내외 사례에 대해 조사 및 소개하고자 한다.

■ 송태승, 유준

(*한국산업기술시험원 무선인식기술센터, **충남대학교 전자공학과)

최근 전 세계적으로 기존의 바코드를 대체할 수 있는 기술로서 무선인식(RFID; Radio Frequency Identification)에 대한 관심과 투자가 증가하고 있다. 무선인식 기술은 1980년대 미국 MIT 공대의 AutoID 센터에서 출발하여 ISO/IEC 국제표준으로 채택되었으며, 국내에서도 연구개발 과제에 RFID/USN 분야가 지정되어 2004년부터 RFID 사용을 위한 주파수 대역이 분배되고, 정부 주도하에 시범사업 등이 활발히 추진되어 왔다. 유통물류분야에서 900 MHz 대역의 수동형 RFID 시스템이 EPCglobal을 중심으로 보급되었으며, 433 MHz 및 2.45 GHz 대역의 능동형도 국방, 항공 및 항만분야 활용되고 있다. 이 주파수 외에도 실생활에서 널리 사용되고 있는 스마트카드나 교통 카드를 위한 주파수인 13.56 MHz 및 동물식별을 위한 125, 134 kHz의 저주파수도 사용되고 있다.

2008년에는 지식경제부의 신성장동력 육성 계획 중 “IT융합 시스템”에 RFID/USN 분야가 지정되어 공유기반시설 구축과 산·학·연 네트워크 강화 및 인력양성 등 RFID 산업의 기반 확충 및 조달, 우편물류 등 정부 주도의 청사진이 제시되었다. 본고에서는 현재까지의 RFID 기술 수준 및 표준화 현황에 대한 해설과 더불어, RFID 기술을 제어자동화시스템에 응용한 국내

외 사례에 대해 조사 및 소개하고자 한다.

1. RFID 기술 수준

RFID(Radio Frequency Identification)는 일정한 주파수 대역을 이용하여 무선방식으로 각종 인식정보를 주고받을 수 있는 기술로서, 태그, 판독기 및 데이터 수집 시스템으로 구성된다. RFID 태그는 제품에 대한 정보를 포함하고 있는 작은 컴퓨터 칩이며, 제품의 내부 또는 표면에 부착할 수 있다. 판독기는 태그로 신호를 전송하거나 응답을 받는 호출 시스템이며, 태그로부터의 정보는 데이터 수집 시스템에 전송된다. 마지막으로 데이터 수집 시스템은 데이터 프로세스를 운영하는 컴퓨터로 구성되며, 네트워크에 연결되어 있다[1]. 그림 1은 RFID 시스템의 구성을 나타내고, 표 1은 국제표준에 의한 주파수 대역별 RFID 시스템의 특성비교를 나타낸다. 특히 국내에서 사용되는 860~960 MHz 대역 RFID의 경우 방송통신위원회에서 2009년 1월부터 RFID를 위한 주파수 대역을 기존의 908.5~914 MHz에서 917~923.5 MHz로 재배치하여 시행되고 있으며, 유예조항으로 2011년 3월까지 기존 주파수와 병행을 허용하고 있다.

일반적으로 RFID 시스템은 태그에 배터리의 존재 유무에 따라 크게 수동형과 능동형으로 구분되며, 수동형은 판독기로부터 받은 RF 신호를 에너지로 이용하기 때문에 인식거리가 짧으며, 가격이 싸고, 반영구적으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 반면에, 능동형은 수동형에 비하여 가격이 비싸고, 태그 내부에 있는 전원부의 수명이 유한하기 때문에 태그의 수명이 유한해지는 단점이 있지만 금속재질에 취약한 수동형의 단점을 보완하며, 인식거리 및 인식률이 좋은 장점을 가진다[2]. 능동형 RFID 시스템은 현재 공항이나 항만의 팔레트, 컨테이너 관리, 공장의 부품 관리 등의 자산추적 관리 시스템 등에 적용되고 있으며, 원거리에서의 사물 인식 및 추적에 주로 활용되고 있다. 미국은 이미 결프전을 비롯하여 이라크 전쟁 등에서 컨테이너를 이용한 군수 물자 수송에 능동형 RFID 기술을 많이 활용하였다. 또한 9.11 테러 이후 자국의 안전을 위하여 미국 항으로 들어오는 모든 컨테이너에 능동형 RFID 기술이 적용된 전자봉인(eSeal)을 의무적으로 장착하도록 하는 것을 조만간 시행할 예정이다[3].

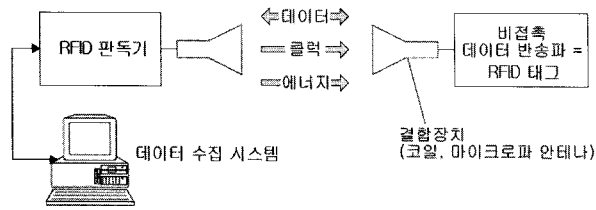


그림 1. RFID 시스템의 구성

1.1 수동형 RFID 기술

유통물류분야에서 사용되고 있는 860~960 MHz UHF 대역에서의 수동형 RFID 판독기와 태그 간의 통신 프로토콜은 EPCglobal의 C1G2 규격과 ISO/IEC 18000-6 type A, B가 병행 사용되어 오다가 900 MHz 대역의 국제 단일 표준인 18000-6 type C로 2006년 6월에 확정되었다. 이 주파수대역의 RFID는 높은 인식속도와 동시에 태그를 인식할 수 있는 다중 판독기 기능, 유연한 태그 식별 프로토콜, 보안 기능의 강화, 밀집판독기 모드 지원 등 다양한 측면에서 기술적 우위를 갖는다[4].

수동형 RFID에서 태그와 판독기 사이의 에너지 전송방식은 크게 유도성 결합(inductive coupling)방식과 전자기파 결합(electromagnetic wave coupling)방식 두 가지로 구분된다. 먼저 유도성 결합방식은 대부분의 저주파 RFID에 적용되는 방식으로, 전원 에너지와 데이터 전송이 루프코일 안테나 전류에 의해 형성되는 교류자계 에너지에 의해 이루어진다. 판독기의 안테나에 전류를 흘리면 자기장이 형성되고 이 자기장 영역에 위치한 태그는 자기장의 변화에 의해 전류가 유도되어 이로 인한 전압이 발생한다. 수신된 전력에 의해 동작하는 태그는 자체 데이터를 동일한 원리로 판독기에 전달하게 되는데, 태그에 흐르는 전류는 아주 약한 전류이므로 판독기로 데이터를 전송할 수 있는 거리는 매우 짧다. 또한 저주파 RFID의 동작 주파수는 125, 134 kHz 혹은 13.56 MHz로 주파수가 낮기 때문에 데이터 전송 속도가 느리고 전송 데이터양이 제한적이다.

전자기파 결합방식은 무선주파수 방식으로서 전파통신, 레이더와 같이 전파전송 원리를 적용한 것이다. 즉, 판독기에서

표 1. 국제표준에 의한 주파수 대역별 RFID 시스템의 특성비교

주파수	저주파(LF)	고주파(HF)	극초단파(UHF)		마이크로파
	125, 134 kHz	13.56 MHz	433.92 MHz	860~960MHz	2.45 GHz
인식거리	<60 cm	약 60 cm	50~100 m	3~10m	약 1 m
일반특성	• 고가이며, 환경에 의한 성능저하 거의 없음.	• 저주파보다 저가이며, 다중태그 인식이 가능함.	• 인식거리가 길며, 실시간 정보추적 가능	• IC기술의 발달로 저가 생산 가능, 성능우수함.	• 900 MHz와 유사하며, 환경에 가장 민감함.
동작방식	수동형	수동형	능동형	능동/수동형	능동/수동형
적용분야	• 공장 자동화 • 출입통제 및 보안 • 동물관리 등	• 수화물 관리 • 대여물품관리 • 교통카드 등	• 컨테이너관리 • 실시간 위치추적 등	• 공급망(물류, 유통) 관리 • 자동 통행료 징수 등	• 위조방지 • 실시간 위치추적 • 전자봉인 등
인식속도	저속 <-----> 고속				
환경영향	강인 <-----> 민감				
태그크기	대형 <-----> 소형				

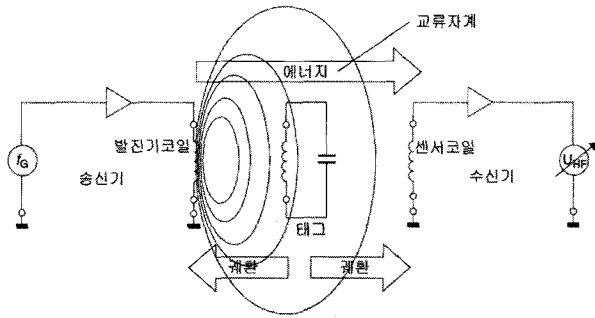


그림 2. 유도성 결합방식의 동작원리

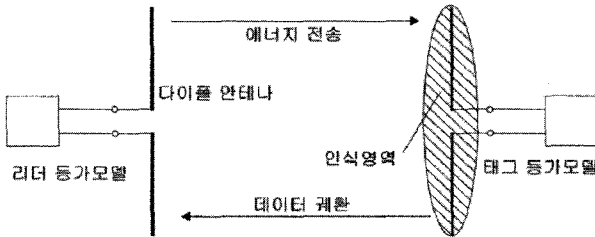


그림 3. 전자기파 결합방식의 동작원리

전송하는 마이크로파 신호를 태그가 반사하여 반사된 신호를 판독기가 수신하는 것으로 레이더의 원리와 유사하다. 이 경우 태그에서 반사하는 신호는 판독기의 반송파 신호를 태그의 ID 데이터로 변조하여 역산란(backscatter)하게 되며 판독기는 수신된 신호를 복조하여 태그의 ID 데이터를 검출한다. 여기서 RF 주파수는 UHF 대역 이상의 전파 신호로 전송속도가 빠르고 인식거리도 3m 이상의 원거리가 가능하다. 태그의 동작 전원은 유도성 방식과 마찬가지로 원거리에서 수신된 전파를 정류하여 사용하며, 안테나는 선형(linear) 및 원형(circular)이 사용된다.

전자기파 결합방식의 수동형 RFID에서 다수의 판독기가 존재하는 밀집판독기 환경에서 여러 개의 태그를 효율적으로 식별하기 위해서는 판독기간의 간섭, 판독기-태그간 간섭, 또한 다수의 판독기가 동시에 동작할 수 있는 통신 프로토콜 등에 대한 기술 개발이 필요하며, 이를 바탕으로 효율적인 다중태그 식별 알고리즘의 개발이 필요하다. 현재 LBT(Listen Before Talk)나 FHSS(Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식을 이용하여 판독기 충돌 문제를 일부 해결하고 있으나, 밀집 판독기 환경에서는 다수의 판독기들 상호간의 충돌을 최소화 할 수 있는 보다 효율적인 채널 운용 알고리즘 및 프로토콜의 개발이 필요하다.

미국 Intermec, Symbol Inc., Samsys, Alien Tech. 등에서는 EPC

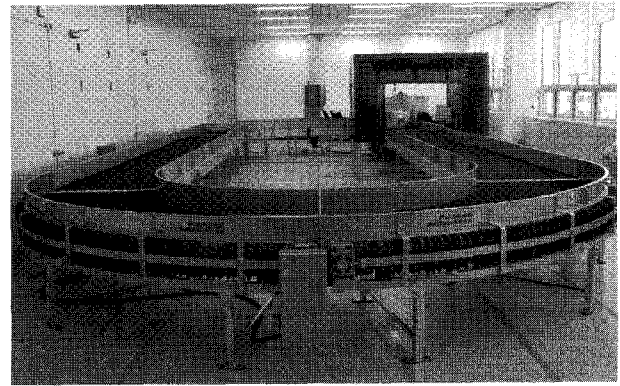


그림 4. RFID 성능시험을 위한 컨베이어벨트



그림 5. RFID 성능시험을 위한 독도어 포탈

Gen2 기반의 밀집모드 기능을 지원하는 판독기 상용제품이 출시되고 있으며, 국내에서도 국내기술기준을 준용하며, 밀집모드를 지원하는 판독기의 개발이 진행 중에 있다. 또한 최근에는 팔레트, 케이스 단위가 아닌 물품 단위에 태그 부착을 위한 기술도 속속 선보이고 있으며 이들의 성능을 확인하기 위한 EPCglobal의 공인성능 시험인증을 그림 4,5와 같이 한국산업기술시험원에서 컨테이너벨트 및 각종 독도어 포탈에 대해 시행하고 있다[5].

수동형 RFID 태그는 칩과 안테나로 구성된다. 태그 칩에는 사물의 유일 식별 코드나 정보를 저장하며 판독기의 요청에 의해 또는 상황에 따라 스스로 외부에 자신의 정보를 전송한다. 5센트 이하의 저가격, 초소형, 고기능의 전자 태그를 구현하기 위해서는 칩, 안테나, 패키징 등의 기술이 중요하다. 현재 칩의 가격은 태그 가격의 40% 정도를 차지하고 있으므로 칩을 소형화하고 수율을 높여서 생산단가를 낮추는 것이 중요하다. 칩의 소형화는 반도체 기술의 지속적인 발전에 따라 실현되고 있다. 일

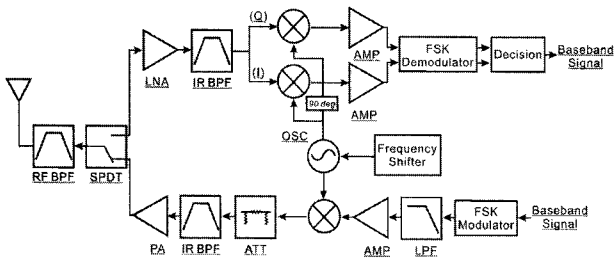


그림 6. 능동형 RFID의 송수신기 구조

본의 Hitachi는 0.3×0.3 mm² 크기의 무칩(chipless), 미국의 Alien은 0.35×0.35 mm² 크기의 나노블록칩을 개발하였다. 그 외에도 Impinj, Philips, TI 등에서 EPCglobal의 C1G2 규격을 따르는 태그칩을 개발하였다. UHF 대역의 국제 표준이 ISO 18000-6 type C로 단일화 됨으로써 Impinj와 Philips를 비롯한 여러 메이저 업체들에서 상호 호환성이 검증된 대량의 칩 생산이 이루어지고 있다. 따라서 업체 간 가격 경쟁이 치열해질 것으로 전망된다[6].

1.2 능동형 RFID 기술

항만물류분야에서 컨테이너 관리에 주로 사용되는 능동형 RFID 기술은 컨테이너 내용물에 관한 정보를 담고 있는 선적 태그(shipment tag)와 컨테이너의 봉인 여부를 관리하는 전자봉인으로 응용된다. 여기서 선적 태그는 국제표준인 ISO/IEC 18000-7을 통하여 433 MHz의 극초단파 대역을 사용하는 것으로 규정하였으며, 전자봉인의 주파수도 선적 태그와 동일한 극초단파로 결정되었으나 2007년 5월 국제표준화기구 기술위원회(ISO TC104) 회의에서 433 MHz의 극초단파와 2.45 GHz의 마이크로파 대역을 동시에 사용하도록 표준을 수정함에 따라 이 표준을 만족하는 제품이 개발되고 있다. 극초단파 대역의 경우 ISO/IEC 18000-7의 무선 인터페이스를 기본적으로 따르며, 마이크로파 대역은 RTLS(Real Time Locating System) 표준인 ISO/IEC 24730-2의 무선 인터페이스 규정을 준수하도록 하고 있다. 능동형 RFID 시스템은 수동형과 달리 자체적으로 내부 배터리 및 송신 장치를 내장하고 있어 스스로 송수신할 수 있는 RF 단말 장치이다. 하나의 판독기는 다수의 태그를 관리할 수 있으며, 통신방식은 HDX(Half Duplexing) 전파전파 방식을 이용하여 판독기와 태그가 상호 송수신한다. 그림 6은 능동형 RFID의 송수신기 구조를 나타낸다[7].

현재 능동형 RFID에 관한 국제 표준은 표준화 기관인 ISO/IEC JTC1/ SC31에서 무선 인터페이스에 대한 적합성 및 제품의 성능 관련 기술 표준들을 제정하고 있으며, 응용 표준인

선적 태그 및 전자봉인은 ISO TC104에서 진행 중이다. 먼저 능동형 RFID 판독기 및 태그가 서로 호환성을 유지하며 동작되기 위해서는 ISO/IEC 18000-7에서 정의하고 있는 통신 프로토콜에 적합해야 하며, 적합성 시험방법은 ISO/IEC 18047-7에서 다룬다. 그리고 판독기와 태그 사이의 인식성능(인식거리, 인식률 등)에 관한 시험항목 및 방법은 2006년에 제정된 ISO/IEC 18046에서 다루고 있으며, 현재 표준 위원회에서는 RFID 시스템의 성능이 좀 더 객관적으로 평가될 수 있도록 이 표준을 셋으로 나누어 시스템(ISO/IEC 18046-1), 판독기(ISO/IEC 18046-2) 및 태그(ISO/IEC 18046-3)로 세분화하여 표준제정 작업을 진행 중에 있다.

능동형 RFID 세계시장은 미국의 Savi를 중심으로 국제 표준화에서부터 핵심기술에 대한 특허와 시장을 조기 선점하기 위한 독자적인 기술을 진행하고 있다. 이에 못지않게 국내에서는 한국전자통신연구소를 주축으로 중소기업인 케이피씨(주), 빅텍(주) 등과 함께 2004년부터 국내 433 MHz 대역 주파수 분배, 기술 기준 제정, 관련 기술 개발, 항만 물류 시범 사업 등을 활발히 진행해오고 있다.

2. RFID 표준화 현황

현재 바코드 및 물품 관리용 RFID에 관한 기술 표준은 국제표준화기구(ISO)와 국제전기표준회의(IEC) 간의 조정으로 정보기술의 국제적인 표준화 작업을 합동 관리하기 위해 설치된 조직인 합동기술위원회1(JTC1; Joint Technical Committee1) 안의 분과 위원회31(SC31)에서 담당하고 있다. 또한 SC31 내에는 6개의 작업 그룹(WG)으로 나뉘어 분야별로 표준화를 추진 중에 있으며, 이중 WG1은 1·2차원 바코드 심벌에 대한 데이터 캐리어 명세서 및 관련 문서 개발, WG2는 자동식별 및 데이터 수집(AIDC; Automatic Identification and Data Capture)의 프로세스를 위한 데이터 구조의 표준화, WG3은 AIDC를 위한 사례 평가 요구의 표준화, WG4는 사물관리를 위한 RFID의 표준화, WG5는 RTLS 관련 표준화, 마지막으로 WG6은 한국전자통신연구소의 주도로 표준화가 진행되고 있는 모바일 RFID 관련 MIIM(Mobile Item Identification and Management)의 표준화를 진행하고 있다. 모바일 RFID는 판독기에 이동성을 부여하여 언제 어디서든 사용자와 사물과의 정보교환을 가능하게 한 것이다. 따라서 off-line 사물을 on-line에서 인식이 가능하도록 하여 유비쿼터스 시대를 주도할 핵심기술 중 하나이다[8].

여기서 “사물관리를 위한 RFID의 표준화”는 주로 WG4의 5

ISO/IEC JTC1 SC31: 자동인식

WG1 바코드 심벌	WG2 AIDC 표준	WG3 AIDC 사례	WG4 RFID 표준	WG5 RTLS 표준	WG6 MIM 표준
------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------

↓

- SG1: RFID 구성요소 상호간의 데이터 및 프로토콜 표준화
- SG2: RFID에서 칩 또는 태그의 유일한 식별을 위한 표준화
- SG3: RFID 주파수 대역별 무선 인터페이스의 표준화
- SG4: 국가 및 지역에 따른 전파 관련 규제 사항을 논의
- SG5: 하위 그룹에서 제정된 표준의 응용방안에 대해 논의
- SG6: RFID 시스템의 적합성 및 성능평가에 관한 표준화

그림 7. RFID 관련 국제 표준화 조직 구성 현황

개의 하위 그룹(SG)에서 진행해 오고 있었다. 하지만 “RFID의 적합성 및 성능평가”에 관한 내용만은 WG3의 SG1에서 진행되고 있어 WG4로의 편입이 강력히 요구되어 왔고, 2008년 6월 캐나다 토론토에서 개최된 WG4 총회에서 논의되어 투표를 거쳐 결정되었다. 따라서 현재 WG4에는 6개의 하위그룹이 존재하고 있으며, SG1에서는 RFID 시스템 구성 요소들 상호간에 주고 받는 데이터 및 관리 프로토콜의 표준화를, SG2는 RFID 칩 또는 태그의 유일한 식별을 위한 표준화를, 그리고 SG3는 RFID 주파수 대역별 무선 인터페이스의 표준화를 담당하고 있다. 또한 RFID가 무선 주파수에 관련된 사항인 만큼 국가 및 지역에 따른 전파 관련 규제 사항을 논의하기 위한 SG4가 있으며, RFID 활용을 위한 요구사항을 마련하기 위한 별도의 리포트 그룹인 ARP가 SG5로 되어 WG4의 각 하위 그룹에서 제정된 표준의 응용방안에 대해 논의 하고 있다. 마지막으로 SG6은 2008년 하반기에 구성되어 RFID 시스템의 적합성 및 성능평가에 관한 표준화를 다루고 있다. 현재 SG2와 SG4는 해산되었으며, 4개의 하위 그룹(SG1, SG3, SG5, SG6)만이 활동하고 있다.

그림 7에 나타난 SC31/WG4에서의 표준화 방향은 크게 세 가지로 요약될 수 있다. 첫째는 RFID의 모든 주파수 대역에 대한 기존의 무선 인터페이스 및 데이터 프로토콜에 대한 개정 작업을 진행 중에 있다. 특히 유럽에서 시작된 NFC (Near Field Communication) 포럼을 중심으로 활발히 상용화가 진행 중인 13.56 MHz 대역의 근거리 무선인식과, EPCglobal을 중심으로 유통·물류분야에서 사용되는 860~960 MHz 대역의 RFID가 기술의 발전 속도가 가장 빠르며, 이에 관한 무선 인터페이스 및 데

이터 프로토콜의 개정작업이 활발히 진행되고 있다. 두 번째로는 RFID 태그에 센서와 배터리가 추가되었을 때 배터리 지원 및 센서 기능을 어떻게 수용할지를 중점적으로 다루고 있다. 이를 위해 우선 배터리 지원 및 센서 기능을 지원하기 위해 필요한 명령어의 일반적인 기능을 정하기 위한 작업반을 결성하여 이러한 기능을 각각의 무선 인터페이스 (ISO/IEC 18000-3, ISO/IEC 18000-6, ISO/IEC 18000-7 중심)마다 적용하기 위한 수정 작업을 추진하고 있다. 마지막으로 RFID 시스템이 실제 적용되었을 때 표준의 부합화를 판단할 수 있는 적합성 시험 및 어느 정도의 성능이 발휘되는가를 평가하는 성능시험 방법에 대한 표준 논의가 활발히 이루어지고 있다.

다음으로 433 MHz 대역의 능동형 RFID 시스템이 실제로 응용되는 화물컨테이너 관리 분야의 표준화 동향을 살펴본다. 기본적으로 RFID 기술을 화물컨테이너 및 포장 등 물류분야에서 사용하기 위한 국제 응용표준은 ISO 산하 TC104(컨테이너)와 TC122(포장) 조직의 공동 작업반(JWG; Joint Working Group)에서 관련 표준화를 추진하고 있다. 또한 컨테이너를 식별하는 방법은 크게 두 가지로 응용될 수 있는데, 먼저 과거부터 현재까지 주로 사용되어 온 “식별코드”를 부여하여 컨테이너를 관리하는 방법과 RFID를 적용한 선적 태그를 활용하는 “자동식별” 방법이다. 여기서 RFID 기술이 적용된 선적 태그의 일반사항은 ISO 10374 및 17363 표준에 기술되어 있으며, 무선 인터페이스는 ISO/IEC 18000-7 표준을 따르고, 적합성 시험은 ISO/IEC 18047-7에 따라 수행된다. 또한 컨테이너의 봉인은 기계적 장치를 활용하는 “물리적 봉인”과 능동형 RFID 기술을 사용하는 “전자봉인”으로 응용된다. 현재 전자봉인의 경우 아직까지 상용화는 되고 있지 않지만, 전 세계 여러 곳의 항만에서 시범사업으로 활용 가능성을 검증받고 있는 상황이다. 특히 전자봉인의 사용 주파수는 각 국가별 전파 사용현황을 고려하여 국제 표준회의에서 433 MHz와 2.45 GHz 대역을 동시에 사용하도록 표준이 수정되었다. 특히 433 MHz의 경우 ISO 18000-7의 무선 인터페이스를 기본적으로 따르며, 2.45 GHz 대역은 RTLS 표준인 ISO 24730-2의 무선 인터페이스 규정을 준수하도록 하고 있고, 응용표준은 ISO 18185 표준을 따른다.

3. 제어자동화시스템에 응용 사례

일반적으로 RFID 시스템에서 판독기는 태그의 정보를 읽어 내기 위해 태그와 송수신하는 기기이며 태그에서 수집된 정보를 미들웨어로 전송한다. RFID 시스템은 고정형, 이동형, PC 카

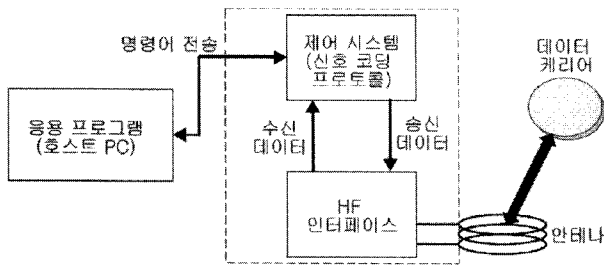


그림 8. 제어시스템과 HF 인터페이스로 구성된 RFID 판독기의 블록도

드형 등 다양한 형태로 되어 있으며 안테나 및 RF 회로, 변복조기, 신호처리 모듈 및 프로세서 등으로 구성된다. 현재 RFID 판독기는 안테나 성능 및 주변 환경에 의해 인식거리, 통신 정확도가 영향을 받아 적용 범위가 제한되는 특성이 있으며, 인식 성능을 높이기 위해 2~4개의 안테나를 사용하고 있다. 향후의 RFID 판독기는 다양한 프로토콜과 주파수 대역을 지원하고 동시에 수백 개 이상의 태그를 인식할 수 있는 여러 가지 방식의 충돌방지 알고리즘이 탑재될 전망이다. 다음 그림 8은 제어시스템과 HF 인터페이스로 구성된 RFID 판독기의 블록도이다.

그림 8에서 제어시스템의 역할은 호스트 컴퓨터로부터의 명령에 의해 HF 인터페이스를 통해 태그와의 데이터를 송수신한다. 현재 많이 사용되고 있는 응용분야는 타이어공장 등과 같은 공장자동화 분야에 이미 수년전부터 활용되어 왔다. 여기서 태그가 수동형인 경우는 태그를 활성화시키고 칩에 전력을 주는 등의 에너지 필드를 전송하고 데이터를 전달하고 저장할 수 있게 한다. 그리고 능동형 태그는 비콘(beacon)처럼 데이터가 분배되어 있는 다양한 판독기들이 인식할 수 있도록 주기적으로 신호를 전송한다. 또한 판독기는 휴대 가능한 터미널(portable handheld terminal)일 수 있으며 요금 징수소(toll booth)와 같은 입구에 설치되어 있는 고정된 디바이스일 수도 있다.

다음은 433 MHz의 능동형 RFID를 사용하여 위치인식에 활용하는 사례를 소개한다. 사물의 위치를 확인하는 기법에는 여러 종류가 있다. 이런 기법들을 크게 분류하면 두 지점간의 거리를 측정하는 distance-based 계열과 반대로 거리를 측정하지 않는 distance-free 계열의 위치확인 기법이 존재한다. 그리고 distance-based 계열의 기법은 그렇지 않은 기법보다 상대적으로 위치확인인의 정밀도가 높다. distance-based 계열의 기법에는 TOA (time of arrival), TDOA (time difference of arrival), AOA (angle of arrival), RSSI (received signal strength intensity) 그리고 RI (radio interferometric)와 같은 기법들이 있다. 여기서 능동형 RFID를 활용하는 위치인식 기법에는 RSSI와 RI가 있으며, RSSI를 이용한

위치확인 방법은 전송 신호의 전송거리에 따른 자연적인 감쇠 현상을 이용하는 방법으로 최근 능동형 RTLS (Real Time Locating System) 시스템을 사용하여 많은 연구가 진행되고 있다 [9]. 하지만 이 방식은 날씨에 의한 영향, 중간 장애물과 다중경로 효과에 의한 영향, 간섭 신호에 의한 영향 등의 여러 가지 이유로 정확한 값을 얻어 내기가 힘들다. 따라서 TOA, TDOA, AOA와 같이 하드웨어적으로 거리를 계산하는 방식에 비해서 위치 확인의 정확도가 떨어지는 편이다. 또한 RI를 이용하는 방식은 두 개의 방향성 안테나로 하나의 전파 발생원이 발생하는 신호를 측정하여 측정된 두 전파 간의 상관관계를 계산하는 방식이다. 이를 통해서 멀리 떨어져 있는 물체나 거대 물체의 외관을 라디오 영상으로 표현할 수 있고, 또한 두 수신자의 위치와 상관관계를 계산하면 매우 정확하게 전파 발생원과의 거리를 측정해 낼 수 있다[10-11]. 하지만 기존의 방식은 매우 고가의 장비를 필요로 하고, 고속의 측정 시스템을 요구하며 방향성 안테나와 그 안테나를 움직일 수 있는 장치 또한 필요로 한다. 그런 이유 때문에 저가 구현을 목표로 하는 능동형 RFID 태그에는 바로 적용하기에 무리가 있다. “radio interferometric geolocation”에서는 이러한 radio interferometric기법의 구현장치를 극복하고자 별도의 방향성 안테나가 필요하지 않는 radio interferometric 측정 방식을 제안하고 있다[12].

마지막으로 RFID를 활용한 이동로봇의 위치추정에 관한 연구에 대해 소개하고자 한다. 로봇의 위치추정에 관한 연구에는 각각 다른 기법을 통해 많이 이루어져 왔다. D. Hahnel은 레이저 스캔 센서를 이용해 로봇의 위치이동을 담당하고, RFID 태그를 이용해 위치를 추정하였다[13]. D. Fox 등은 로봇에 몬테카를로 위치추정기법(Monte Carlo localization)을 적용하고 RFID 태그를 바닥에 부착하여 로봇의 위치 및 방향을 추정하였다 [14-16]. J. Bohn은 RFID 태그의 부착방식을 달리하고 LEGO Mindstorm[17]으로 이동 로봇을 제작하여 위치추정에 활용하기도 하였다[18]. 또한, V. Kulyukin 등은 RFID 태그를 특정 지역에 부착하여 안표로 활용하거나, HF대역의 RFID 태그를 바닥에 배열시켜 판독기를 장착한 로봇의 위치를 파악 하였다 [19-22]. 이러한 연구들에서의 지능형 로봇은 자체 지능 시스템을 통해 이동 및 위치 파악과 서비스를 로봇 자체에서 담당한다. 그 예로 시각 장애인들을 대상으로 하는 안내 로봇이 연구되었다[23-25]. 하지만, 로봇 자체의 지능을 통해 올바른 위치에 도달하기 위해서는 고가의 장비가 사용되는 경우가 대부분이다. 또한 로봇 자체 지능만으로는 효율적인 데이터 처리에 한계가 따르기 마련이다.

4. 향후 전망

본고에서는 UHF 대역의 수동형 RFID 기술과 능동형 RFID 기술의 수준 및 표준화 현황을 살펴보았다. 수동형 RFID 기술의 발전은 태그 칩의 가격, 크기, 성능 등 태그 기술의 발전에 따라 시장 적용이 확대되면서 태그, 판독기, 네트워크 연동 및 서비스 분야별로 단계적인 발전이 예상된다. 수동형 판독기는 현재 EPC C1 Gen2 기반의 판독기들이 주류를 이루고 있으며 향후 기존의 고정형, 휴대형 및 모바일 판독기 이외에도 시장의 요구에 따라 다양한 응용에 맞는 플랫폼 기반의 판독기가 개발될 것이다. 또한 수동형 태그는 소형화, 지능화하는 데 반하여 가격은 수 센트로 저가화가 실현되면서 물류, 유통 분야 및 환경, 재해 예방, 의료 관리, 식품 관리 등 실생활의 활용이 확대될 것이다. 한편, 능동형 RFID는 항만 물류뿐만 아니라 항공 물류에까지 다양하게 적용될 예정이다.

또한 능동형 RFID 기술은 실외에서 사용가능한 GPS (Global Positioning System) 시스템과 연계되어 위치인식 분야에도 활용될 예정이다. 마지막으로 앞으로 도래될 유비쿼터스 환경에서는 홈 네트워크나 물류관리 등에 사용되고 있는 RFID 시스템과 연계하여 기존에 설치된 RFID 태그를 이용한 이동 로봇의 위치 추정에 효과적으로 사용될 것으로 예상된다.

참고문헌

- [1] K. Finkenzeller, *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart cards and Identification*, 2nd Edition, Wiley, 2003.
- [2] 변상기, "RFID Tag 기술", 한국전자파학회지, 제15권 제2호, pp. 32~43, 2004.
- [3] L. Chin, et al, "The Role of Electronic Container Seal with RFID Technology in the Container Security Initiatives," *Proc. of the IC on MEMS, NANO and Smart Systems*, pp. 116~120, 2004.
- [4] 최길영, 성낙선, 모희숙, 박찬원, 권성호, "RFID 기술 및 표준화 동향," 전자통신동향분석, 제22권 제3호, pp. 29~37, 2007.
- [5] EPCglobal, <http://www.epcglobalinc.org/>
- [6] IDTechEx, "Item Level RFID, Forecasts 2006~2016, Technology Standards," 2007.
- [7] 송태승, 김태연, 유준, "능동형 RFID의 표준적합성 시험용 에뮬레이터 설계 및 구현," 전자공학회 논문지, 제45권 CI 편, 제5호, pp. 201~208, 2008.
- [8] 정민화, "RFID 국제 · 국가 표준화 동향," 정보처리학회지, 제12권 제5호, pp. 27~33, 2005.
- [9] 정동호, 지동환, 정연수, 백윤주, "능동형 RFID 태그를 이용한 433 MHz RTLS의 설계 및 구현," 한국정보처리학회지, pp. 1061~1064, 2006.
- [10] T. J. Cornwell, "Radio-interferometric imaging of very large objects." *Astronomy and Astrophysics*, vol. 202, no. 12, pp. 316~321, 1988.
- [11] P. R. Krehbiel, et al, "Radio interferometric observations of cloud-to-ground lightning phenomena in Florida," *J. of Geophysical Research*, vol. 100, no. D2, pp. 2749~2784, 1995.
- [12] M. Miklos, et al, "Radio interferometric geolocation," *Proc. of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems*, pp.1~12, 2005.
- [13] D. Hahnel, et al, "Mapping and localization with RFID technology", *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 1, pp. 1015~1020, 2004.
- [14] F. Dellaert, et al, "Monte Carlo localization for mobile robots," *In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA)*, 1999.
- [15] D. Fox, et al, "Monte Carlo localization : An efficient position estimation for mobile robots," *In Proceeding of the National Conference on Artificial Intelligence*, 1999.
- [16] 서대성, 이호길, 김홍석, 양광웅, 원대회 "RFID 태그에 기반한 이동 로봇의 몬테카를로 위치추정", 제어 · 자동화 · 시스템공학 논문지, 제12권 제1호, pp. 47~53, 2006.
- [17] LEGO Mindstorms. homepage at <http://mindstorms.lego.com>, 2007.
- [18] J. Bohn, et al, "Super distributed RFID tag infrastructures," *Proceedings of the second European Symposium on Ambient Intelligence*, Springer Verlag, pp. 1~12, 2004.
- [19] V. Kulyukin, et al, "RFID in robot-assisted indoor navigation for the visually impaired," *Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and System*, vol. 2, pp. 1979~1984, 2004.
- [20] O. Kubitz, et al, "Application of radio frequency identification devices to support navigation of autonomous mobile robots," *IEEE Vehicular Technology Conference*, vol. 1, pp. 126~130, 1997.
- [21] 이현정, 최규천, 이장명, 이민철, "RFID를 이용한 이동로봇

의 위치인식기술", 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제12권 제1호, pp. 41~46, 2006.

- [22] 김성부, 이동희, 이장명, "RFID 응용 기술을 이용한 이동 로봇의 실내 위치 추정", 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제11권 제12호, pp. 996~1001, 2005.
- [23] 최우경, 김성주, 하상형, 전홍태 "인간친화적인 안내 로봇 연구", 전자공학회 논문지, 제43권 SC편, 제6호, pp. 9~15, 2006.
- [24] 유제균, 신동범, 권오상, 김낙환, "시각장애인 유도 로봇의 자기 위치 추적 시스템 및 사용자 인터페이스 개발", 정보처리학회 논문지, 제12-D권 제3호, pp. 481~492, 2005.
- [25] 오상록, "네트워크 기반 지능형 서비스 로봇 - Ubiquitous Robotic Companion", 한국정보과학회지, 제23권 제2호, pp. 48~55, 2005.

저자약력



승태승

- 1997년 충남대 전자공학과 졸업.
- 1999년 충남대 대학원 전자공학과 석사졸업.
- 2009년 충남대 대학원 전자공학과 박사졸업.
- 2000년 5월~현재 한국산업기술시험원 무선인식기술센터 선임연구원.
- 관심분야 : RFID/USN, 전자파적합성(EMC).



유준

- 1978년 서울대 전자공학과 졸업.
- 1980년 한국과학기술원 전기전자공학과 석사 졸업.
- 1984년 한국과학기술원 전기전자공학과 박사 졸업.
- 1984년 9월~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 교수.
- 1989년 2월~1990년 2월 미쉬건 주립대학교 객원교수.
- 1993년 12월~1994년 2월 독일후라우엔호퍼 생산공학 및 자동화(IPA) 연구소 방문연구원.
- 1997년 2월~1998년 2월 캘리포니아 주립대학교 (데이비스) 객원교수.
- 관심분야 : 산업공정제어, 센서신호처리, IT 기반 로봇, 항법시스템 등