

主 題

RFID/USN 기술 분석 및 전망

대구대학교 정보통신공학부 김희철, 홍준표

차 례

1. 서 론
2. RFID 디바이스 기술 및 표준화 현황
3. 유비쿼터스 센서 네트워크와 RFID 소프트웨어 플랫폼
4. 결 언

본 고에서는 최근 신성장 산업의 기반 기술로서 급부상하고 있는 RFID 기술의 구성 및 특성, 국내외 표준화 현황 및 파급효과를 제시함으로써 RFID 기술의 중요성과 향후 전망을 고찰한다. 특히 본 고는 RFID 기술에 대하여 기술체계 및 구성을 제시한 후 각 기술의 내용을 개념적 측면에서 소개하여 RFID/USN 기술에 익숙하지 않은 독자들에게 최근의 기술현황 및 전개에 대한 전반적인 조망을 제공하는데 그 초점을 둔다.

1. 서 론

최근 주목을 받고 있는 RFID(Radio Frequency Identification)[1] 기술은 이름 그대로 RF 신호를 사용하여 객체들을 식별하는 비접촉 식별기술 중의 하나이다[1]. 이 기술은 매우 오래 전부터 사용되어 왔으므로 특별히 새로운 기술은 아니

다. 하지만 인터넷의 지속적인 성장과 RFID 태그 칩의 저가격 구현, 상품 코드의 국제 표준화 등의 환경 변화로 RFID 기술은 다양한 산업분야에 실용화가 가능한 상황에 접어들고 있다. 사물에 부착된 RFID 태그에 대한 비접촉 식별(Identification) 기능은 제품의 제조와 유통, 판매과정을 즉각적으로 탐지할 수 있으며 향후 바코드(Barcode)를 대체하여 각종 산업의 비용을 절감시키며 새로운 서비스를 창출할 수 있는 기술적 특징을 제공한다.

RFID 기술은 네트워크와 미들웨어 기술을 기반으로 그 응용 범위가 인터넷 기반의 전 세계적 규모로 급속히 확장·발전하고 있다. 태그에 저장되는 전자 상품 코드(EPC, Electronic Product Code)의 전세계 표준화 노력은 모든 사물이 인터넷상에서 식별될 수 있는 수단을 제공한다. 이러한 RFID 기술 환경은 물리공간(Atoms)의 다양한 객체들을 가상공간(Bits)에 연동시켜 인터넷

에 새로운 차원의 확장을 제공하는 RFID 기반 유비쿼터스 센서 네트워크의 구축 및 실용화에 대한 가시적인 비전을 제공한다. 향후, RFID 태그와 센서(Sensor)의 연동은 가상공간과 물리공간의 결합을 보다 더 심화시킬 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 따라서 RFID는 인류역사의 4번째 혁명으로 불리는 유비쿼터스 혁명, 즉 모든 공간의 사물이 지능화되고 언제 어디서나 제한 없는 접속을 이룰 수 있는 환경 구현에 있어 필수불가결한 기술로서 주목받고 있으며 RFID 산업은 IT 분야의 신성장동력산업 중의 하나로 급부상하고 있다.

RFID 기술을 기반으로 구축될 유비쿼터스 센서 네트워크 상에는 일상의 사물들, 상품들, 기업의 생산, 물류, 판매, 고객관리 등의 비즈니스 프로세스를 구성하는 기기나 시스템들이 모두 연결됨으로써 해당 프로세스의 원가절감, 생산성 및 부가가치의 향상 등의 기대효과를 얻을 수 있다. RFID는 각종 서비스 산업은 물론 물류, 산업 현장, 제조 공장과 물품의 흐름이 있는 곳이면 어디에서나 적용이 가능하다. 즉, RFID의 적용은 공급망관리(Supply Chain Management), 고객관계관리(Customer Relation Management), 자산관리(Asset Management), 지식관리, 유통관리, 안전관리 등 거의 모든 분야로 확대될 수 있을 것으로 예측되고 있다[2].

RFID의 중요성에 대한 인식은 최근 전 세계적으로 급속히 확산되고 있으며 RFID 핵심기술 및 RFID 산업의 국가 경쟁력 확보를 위한 노력이 선진 각국에서는 국가 차원에서 진행되고 있다. 국내의 경우에도 정통부에서는 'IT 신성장동력'의 중점추진사업으로 선정 태그 및 리더 등의 RFID 기기와 유비쿼터스 센서 네트워크 구축을 위한 연구개발을 착수하고 있다. 산자부는 RFID 전자물류 및 u-SCM(Ubiquitous Supply Chain Management) 구축을 위한 응용 및 핵심기술 개

발을 추진하고 있다. 과기부의 유비쿼터스 컴퓨팅 프론티어 기술개발에서도 RFID 분야를 포함하고 있으며 문화관광부는 RFID를 활용한 도서관리 자동화 사업, 보건복지부는 장애자들을 위한 길안내 등의 RFID 활용서비스, 그리고 국방부는 비밀문서관리에 RFID 활용을 추진 중이다. 한편 국내 RFID 분야의 산·학·관·연의 협력 중심점 역할을 할 수 있는 RFID/USN 협회와, RFID 및 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술 표준화를 위한 USN표준화포럼이 각각 2004년 2월과 4월에 설립되어 RFID 확산을 위해 노력하고 있다.

RFID 기술은 디바이스 계층(Device Tier), 센서 네트워크 계층, 소프트웨어 플랫폼 계층(Software platform Tier), 어플리케이션 계층(Application Tier)으로 구성되는 4개의 계층(Tier) 구조로 설명할 수 있다. 먼저 디바이스 계층은 태그 데이터 수집 기능을 갖으며 하드웨어 상에서 보면 일반적으로 태그(Tag)라 불리는 고유 정보를 저장하는 트랜스폰더(Transponder)와 무선을 통하여 태그의 정보를 판독 및 해독기능을 하는 송수신기(이하 리더기) 기술로 구성된다. 센서 네트워크 계층은 태그와 단말기, RFID 호스트 등을 위한 효율적인 네트워크 기술이며 소프트웨어 플랫폼 계층은 디바이스 계층으로부터 수집된 상품 코드 데이터를 어플리케이션 계층에서 효과적으로 사용할 수 있도록 데이터의 전처리, 대규모 데이터 환경에서의 실시간 지원 등과 같은 서비스와 어플리케이션의 리더기 제어 등과 같은 하위 디바이스 계층의 프로그래밍 API 등을 제공한다. 마지막으로 어플리케이션 계층은 물류(Logistics), 공급망 관리(SCM)과 같은 각종 응용 소프트웨어에 RFID를 접목시키는 기술로 구성된다.

본 고의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 2절에서는 RFID 디바이스 기술 및 표준화 현황

에 대하여 소개한다. 3절에서는 유비쿼터스 센서 네트워크 기술과 RFID 소프트웨어 플랫폼 기술에 대하여 각각 간략하게 소개한다. 마지막으로 4절에서는 향후 RFID/USN 기술의 국가경쟁력 조기 확보를 위한 방안을 제시한다.

2. RFID 디바이스 기술 및 표준화 현황

본 절에서는 RFID 기술의 핵심으로서 디바이스 계층의 하드웨어를 구성하며 국제 표준화가 진행되고 있는 태그와 리더기의 기술을 소개한다.

2.1 RFID 태그 및 리더기 기술

태그는 IC 칩과 안테나로 구성되며 다양한 모양과 크기를 갖는다. IC 칩의 주요기능은 식별코

드의 저장에 있으며 그 메모리 크기는 1 비트에서 512 KB까지 가변적이다. 그 구현에는 EEPROM, 강유전체 RAM(FRAM) 등의 메모리 유형이 사용된다. 태그의 메모리는 읽기 전용(Read only), 읽고 쓰기가 가능한 형(Read/write), 한번만 쓰며 여러 번 읽기가 가능(Write once read many) 유형을 사용한다. 이러한 태그는 크게 전원공급 방식과 리더기와의 접속 주파수 대역에 따라 <표 1>과 같이 분류할 수 있다.

<표 1>에서 보는 바와 같이, 태그는 IC 칩 구동을 위한 에너지 공급 방식에 따라 수동형 태그와 능동형 태그로 구별된다. 수동형 태그는 태그의 IC 칩을 구동시키는데 필요한 에너지를 리더기에 의해 공급받으며, 능동형의 경우에는 자체 전원을 지니고 있다. 일반적으로 에너지 공급 방식은 태그와 리더기간의 접속 방식에 의하여 결정된다[1]. 태그와 리더기의 접속을 위하여 사용

<표 1> RFID 태그 분류

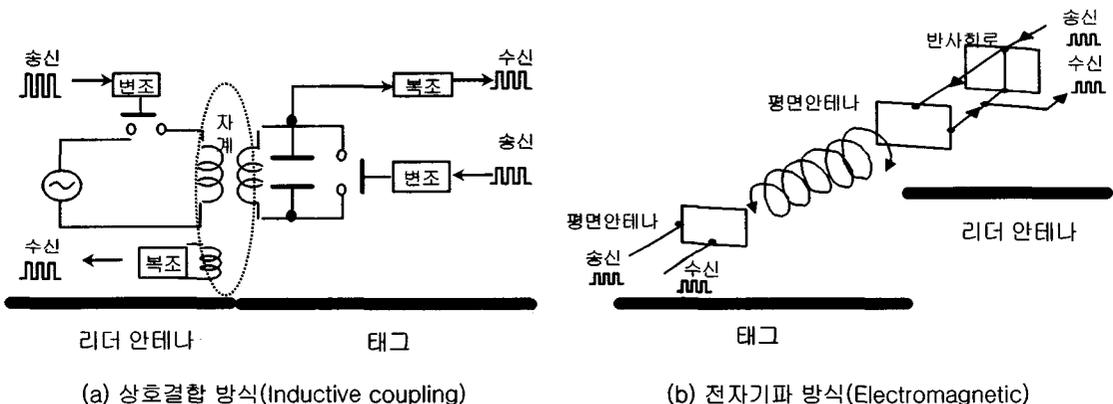
전원공급 방식에 따른 분류	수동형	<ul style="list-style-type: none"> ● 배터리가 없으며, 보통 수cm에서 수m 사이의 인식범위내 사용. ● 가격이 능동형 방식에 비해 상대적으로 저렴. ● 반영구적 수명(약 10년 이상)
	능동형	<ul style="list-style-type: none"> ● 태그에 배터리가 부착되어 있으며, 보통 수십 미터 이상의 인식 거리를 지원 ● 가격이 수동형 방식에 비해 상대적으로 고가임. ● 배터리 내부 수명 제한(약1~3년).
사용 주파수에 따른 분류	LF(125/135KHz)	<ul style="list-style-type: none"> ● 타주파수대 RFID 제품에 비해 저가. ● 주로 근거리(수cm~수십cm)방식의 응용분야에 활용.
	HF(13.56MHz)	<ul style="list-style-type: none"> ● IC 카드, 스마트 카드, 사원증 등 ISO 규격 카드 사용대역 ● 데이터 전송상의 신뢰성 높음.
	UHF(433MHz)	<ul style="list-style-type: none"> ● 433MHz대역 (주로 능동형으로 사용)
	UHF (900MHz)	<ul style="list-style-type: none"> ● 860~960MHz대역 ● 현재 전세계적으로 가장 관심있는 주파수대역(유럽: 868MHz, 미국: 915MHz) ● EPC 및 GTag에서 사용되는 유비쿼터스 제품 사용대역 ● 마이크로파에 비해 무선인식 성능 우수. ● 향후 RFID분야에서 가장 큰 성장성이 예상되는 주파수대역.
	마이크로파 (2.45GHz)	<ul style="list-style-type: none"> ● GHz대역을 이용하므로 잡음의 영향이 적음. ● 수미터~수십미터의 원거리 통신용, 즉 주로 능동형 태그에 사용함. ● 투과력이 매우 약한 단점을 가짐.

되는 방식은 크게 상호유도(Inductively Coupled) 방식과 전자기파(Electromagnetic Wave) 방식이 있다(그림 1 참조). 상호유도 방식은 코일 안테나를 이용한다. 리더기의 안테나 코일은 주변지역에 강한 자기장을 발생하며 방출된 자기장의 일부가 근접한 태그의 코일 안테나에 유도성 전압을 발생, 정류된 후 태그 IC 칩의 전원으로 공급된다. 전자기파 방식은 고주파 안테나를 이용해서 상호 무선접속을 수행한다. 이러한 원리에 따라 상호유도 방식의 태그는 거의 수동형으로 구현되며 전자기파 방식의 태그는 IC 칩을 구동하기 위한 충분한 전력을 리더기로부터 공급받지 못하므로 원거리 인식을 위해서는 능동형으로 구현된다. 따라서 상호유도 방식은 주로 1 미터 이내의 근거리용으로 전자기파 방식은 중장거리용으로 사용된다.

한편 RFID는 운용 주파수 대역에 따라 124/13.4KHz 대의 저주파(Low Frequency, LF), 13.56 MHz 대의 고주파(High Frequency, HF), 860~960MHz 대의 초고주파(Ultra High Frequency, UHF), 2.45GHz 대의 마이크로파 등으로 분류할 수 있다. 일반적으로 주파수가 낮을수록 데이터 전송거리는 짧으나 전송 신뢰성이 높고, 반대로 주파수가 높을수록 데이터 전송거리는 크나 투과

성의 문제 등으로 전송 신뢰성이 낮아진다. 따라서 최근 전송거리와 전송 신뢰성 양면을 고려할 때 UHF RFID가 가장 관심을 끌고 있다. 즉 UHF RFID는 마이크로파 RFID보다 비록 전송거리는 짧으나 금속, 수분 등의 환경에서 인식률이 좋고 방향성도 우수하다.

리더기와 태그 간의 통신에 있어 여러 가지 디지털 방식의 부호화(Coding)를 이용하여 기저대역의 데이터를 고주파 신호로 변환하여 전송한다. 대부분의 주파수 대역에 대하여 주로 ASK(Amplitude Shift Keying), FSK(Frequency Shift Keying), PSK(Phase Shift Keying) 등의 변조방식을 사용한다. 미국의 경우 UHF 대역은 전자파의 인체영향이나 다른 통신시스템과의 간섭을 감소시키기 위하여 주파수 확산(Spread Spectrum, SS) 방식을 채용하며 이중 CDMA 모바일 폰이나 무선랜에 이용되는 직접 시퀀스(Direct Sequence, DS) 방식과 블루투스에 이용되는 주파수 호핑(Frequency Hopping, FS)을 주로 사용한다 [3]. 이와 같이 각국에서는 특정 주파수 대역에서는 특정 변조 방식만을 사용하도록 규제하는 경우도 있다. 하지만 위와 같은 변조방식을 태그에 적용하면 그만큼 복잡한 회로가 필요하여 가격이 상승하므로 실제적으로는 리더기에만 이러한 변



(그림 1) 태그와 리더기의 접속 방식

조방식을 적용하고 태그는 SS의 전체 주파수를 수용하도록 제작하며 ASK 등을 이용하여 신호를 전송하는 것이 일반적인 접근방법이다.

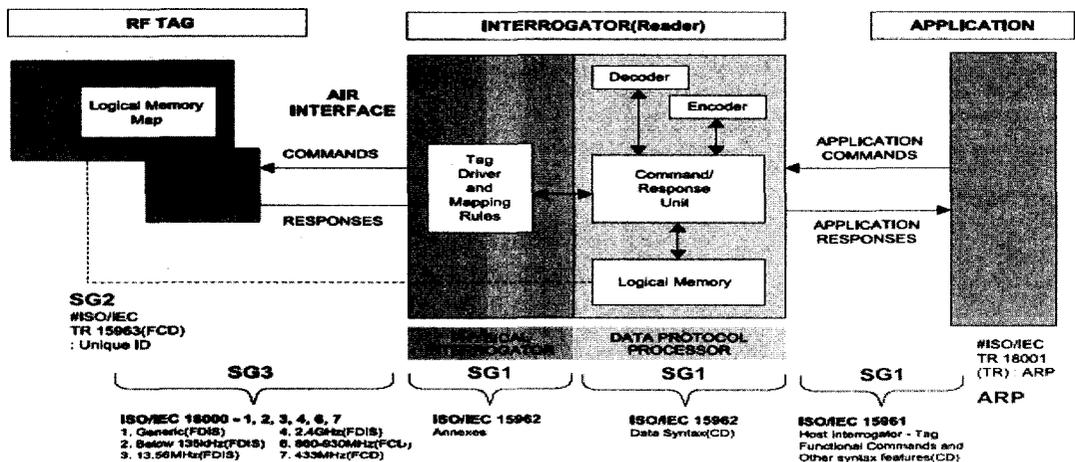
태그 및 리더기의 구현에 있어 그 외의 중요한 요소 기술로서 데이터 정보의 신뢰성 향상을 위한 에러 감소 및 보정 기법, 다중태그 인식을 위한 충돌방지 (Anti-Collision) 알고리즘 기법[10], 그리고 보안(Security)과 개인정보보호(Privacy)를 위한 경량 암호화 알고리즘이 있다. 먼저 에러감소 및 보정을 위한 기법으로는 CRC(Cyclic Redundancy Check) 등의 기법을 사용한다. 다중 태그 인식을 위한 충돌방지 알고리즘은 크게 결정적(Deterministic) 방식과 확률적(Stochastic) 방식으로 분류된다. 결정적 방식은 트리-워킹 알고리즘(Tree-Walking Algorithm)[14], 분할 트리 알고리즘(Splitting Tree Algorithm)[4], 비트-중재 알고리즘(Bit-Arbitration Algorithm)[5], 메모리리스 알고리즘(Memoryless Algorithm)[6] 등이 있다. 확률적 방식은 Framed-Slotted Aloha 방식[7]을 기반으로 하는 I-Code 알고리즘[8], Bit-slot I-Code 알고리즘[9]이 대표적이 사례이다. 한편 보안(Security)과 개인정보보호(Privacy)를 위한 기법은 기본적으로 그 구현에 있어 태그의

복잡성을 크게 증가시키지 않는 범위에서 구현되어야 하는 자원 효율성의 요구를 만족시켜야 하는 어려움이 발생한다. 대표적인 기법으로서 해쉬(Hash) 기반 암호화 기법[11], 사이런트 트리 워킹(Silent Tree-Walking) 기법[12], Cryptographic Pseudonym 기반 기법[13], 블록 태그(Blocking Tag) 기법[14], 에너지 분석 기법[15] 등이 있다.

2.2 RFID 국제 표준화 추진체계 및 현황

현재, RFID 국제 기술표준화는 ISO(국제표준화기구)와 IEC(국제전기표준회의)의 합동기술위원회인 JTC1(Joint Technical Committee) 내의 SC31/WG4 워킹그룹과 ISO의 기술위원회(TC)에서 각각 진행되고 있다.

먼저 SC31/WG4 내에는 4개의 서브그룹(SG)이 있어 실용 주파수별 Air Interface, 데이터 포맷, 데이터 내용, 시험방법 등의 분야별 표준화를 진행하고 있다. 보다 구체적으로 살펴보면, 먼저 시스템 간 데이터 프로토콜 표준화는 SG1에서, RFID 태그의 식별자 부여 방법 표준화는 SG2에서 각각 진행되고 있으며 RFID 시스템의 핵심인 주파수 대역별 Air Interface의 표준화는



(그림 2) RFID 표준화 프레임워크(출처: ISO/IEC JTC1/SC31/WG4)

SG3에서 진행되고 있다. 또한, RFID 활용을 위한 요구사항을 명확히 하기 위하여 별도의 ARP (Application Requirement Profile) 그룹에서는 표준 응용조건을 논의하고 있다. 한편 ISO 내의 해당 기술위원회(TC)에서는 컨테이너, 식별카드, 포장 등 실제 구체적인 적용분야에 대한 표준화를 추진하고 있다. 이러한 적용분야별 표준화 작업은 글로벌 환경에서의 RFID 사용 및 보급을 위하여 각 TC는 JTC1/SC31과 상호협력관계(Liaison)를 구축하여 진행하고 있다.

(그림 2)는 RFID 시스템의 JTC1 SC31/WG4의 표준화 추진 체계와 각 SG 및 ARP 그룹의 표준화 영역을 요약하여 보여 주고 있다. 그림의 하부에는 각 그룹별 진행 표준안을 명시하고 있다. 현재 총 14종의 표준안이 논의되고 있으며 2004년 말까지 해당 국제표준의 제정이 완성될 것으로 전망된다. <표 2>는 SG 그룹별, 표준안별 국제표준 진척 사항을 간략하게 요약하여 보여준다.

이 중 가장 중요한 표준화 부분이 SC31/WG4의 SG3에서 진행되고 있는 리더기와 태그 간의 통신을 위한 Air Interface 분야로서 6개 주파수

대역에 대한 논의가 진행되었으며 이 중 18000-5의 5.8GHz는 부결되어 작업이 철회되었다. 따라서 현재 5개 주파수대역을 중심으로 표준화가 진행되고 있다. 현재까지의 각국 입장을 종합할 때, 주파수 관련표준을 비롯한 핵심표준은 조기 합의가 이루어져 모두 2004년 내 국제표준화가 완료될 것으로 판단된다. 한국은 2001년부터 표준화 작업에 참여하여 활동하고 있고 향후 국제표준 제정 후 국가표준화 방향 연계를 위하여 적극적으로 대응하고 있다

주요 사항으로 Air Interface의 ISO/IEC 18000 시리즈의 UHF 대역 433MHz(Active 방식)는 미국의 테러방지용 컨테이너 등에 적용이 검토되고 있다. 바코드 관리기구인 유럽 European Article Number와 미주 Uniform Code Council의 통합기구인 EAN.UCC는 860~960MHz대역 ISO 표준기반 무선바코드체계(GTAG : Global TAG)의 정립을 위해 태그에 저장되는 바코드 데이터 포맷의 표준화를 진행중인 데 특히, ISO 18000-6의 무선 접속 규격과 연계 MIT AutoID 센터의 EPC를 전세계적 물류시스템의 표준화를 추진하기 위한 EPCGlobal Inc.를 설립하였다.

<표 2> RFID의 국제표준안 진행 현황(출처: 자동인식분야 산업기술 동향, 기술표준원, 2003년)

SG	구분	표준번호	표준명	진행단계	비고
SG1	DATA 구문표준	15961	Tag Commands	CD ¹⁾	데이터 프로토콜
		15962	Data Syntax	CD	
		19789	API	NP	
SG2	Tag 식별	15963	Tag 식별자	FCD	유일 Tag 식별
SG3	Air Interface(통신)	18000-1	Generic Parameters	FDIS	파라미터 규정
		18000-2	below 135KHz	FDIS	가속관리
		18000-3	13.56MHz	FDIS	도서관리
		18000-4	2.45GHz	FDIS	뮤칩 응용
		18000-5	5.8GHz	철회	ITS
		18000-6	UHF860-960MHz	FCD	유통물류
		18000-7	UHF433MHz(Active)	FCD	컨테이너(100m)
		TBA	Elementary Tag Func.	NP	Read only(EPC)
ARP	적용기술	TR18001	Application 요구사항	IS(TR)	적용조건 조사

1) ISO 표준화 진행단계 : NP -> CD -> FCD -> FDIS -> IS(국제표준)

3.3 국내외 RFID 기술기준 표준화 현황

RFID는 전파를 사용하여 비접촉방식으로 물품을 인식할 수 있는 수단을 제공하므로 각 국가는 RFID에 사용되는 주파수 범위를 지정하고 통신기간의 간섭을 최소화하기 위한 기술기준(Technical Regulations)을 제정하여 필요한 제반 규제를 시행하고 있다. 따라서 RFID 시스템의 판매 및 사용은 해당 국가의 지정된 형식인증 또는 승인절차를 거쳐야 가능하다. 이러한 기술기준을 위한 형식인증으로서, 국내는 전파법 제 19조, 전파법 시행령 제 30조에 의한 형식 등록(Certification) 대상으로 무선국 허가 없이 사용 가능하도록 규정되어 있고, 미국은 FCC Part 15.209/247/249에 따른 인증을, 유럽은 ETSI에서 정한 EN300 220/330/440에 따른 승인을 받아야 한다. RFID 시스템의 판매가 대상국의 전파법에 표기된 기술기준에 의거한 인증을 받아야 가능하므로 상호운용성 확보를 위한 RFID 기술기준의 국제 표준화는 매우 중요한 과제라 할 수 있다. 하지만 국가별로 주파수 할당과 용도가 다르기 때문에 기술기준의 국제 표준화에는 많은 어려움이 수반되고 있다

일반적으로 각 주파수대별 RFID 기술기준의

국제 표준화는 출력 전력과 측정거리에 대한 엄격한 제한에 그 초점을 두고 있다. 현재, 13.56MHz, 2.45GHz 대역은 사실상 기술기준 제정이 완료된 상태이며 860-960MHz는 기술기준 가이드라인이 ISO에서 제시되고 있다. 본 소절에서는 각 주파수 대역별 국제 표준화 기술기준에 대하여 간략하게 소개한다.

먼저 13.56MHz 대역은 유럽에서는 ETSI EN 300 330에 규정되어 있고 미국에서는 FCC Part 15.225에 규정되어 있으나 현재 개정중이고 일본에서도 기존의 미약전파 기술기준 외에 별도로 “유도식 읽기 쓰기 통신설비”를 추가하여 개정하였다. 이와 같이 일본과 미국은 최근에 10m거리에서 출력전력을 42dBuA/m로 상향 조정하면서 유럽과 동일한 레벨로 개정하였다.

UHF 대역은 ISO/IEC 18000-6 표준안이 검토되고 있다. UHF 대역의 RFID 기술은 수동(Passive) 태그이며 약 2m 이상을 인식할 수 있는 특성을 갖고 있다 하지만 이 대역을 Cellular 등과 같은 타용도로 사용하고 있는 한국과 일본의 반대로 표준화 제정이 지연되어 왔으나 최근 UHF 대역에 대해서는 ISO에서 사용 가능 주파수 범위를 정하였다. 하지만 대부분의 기술기준의 주요 파라미터는 각 국가의 전파 관련법에 따르도

〈표 3〉 UHF 대역 기술기준 권고사항 요약

최소 대역폭	200kHz/채널 & 적어도 2MHz 이상	2~7MHz 사용	
대역	900MHz 근방	1800-6: 860~960MHz	
최소 요청 출력	4W EIRP 혹은 2W ERP	미국: 1W +6dB 안테나 이득 유럽: 2W ERP	
스펙트럼 마스크	CEPT/ETSI나 FCC 참조		
통신방식	SS(Spread Spectrum) 우선		
SS 사용시	DSSS or FHSS	FHSS	
	최소 채널 수	10	미국: 25 혹은 50
	최소 채널 폭	200KHz	
	최소 채널 간격	200KHz	
변조	AM		
비트율	40Kbps		

록 권고하고 있다. 즉 UHF 대역에서 각 국가의 전파이용 현황이 대부분 다르기 때문에 사용 주파수 범위를 공통표준으로 정하고 측정거리, 출력전력, 혼신영향 등 각 국가별로 다소 차이가 나도 되는 파라미터는 국가별 사정에 따라 그 값을 설정하도록 하고 있다. 따라서 대부분 파라미터별 최소기준만을 설정하고 있으며 이에 따라 가장 중요한 파라미터인 출력값은 2m 거리에서 인식이 보장되는 4W EIRP를 그 최소치로 설정하고 있다. <표 3>에는 ISO에서 제정한 UHF 대역 기술기준 권고사항을 간략하게 요약하였다.

한편 UHF 대역에 대한 주요 국가의 주파수 대역과 기술기준을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 미국은 비허가 무선기기를 사용할 수 있도록 FCC Part 15.247에 규정되어 있는 기존 902MHz~928MHz (미국 ISM 대역)을 RFID용 UHF 대역 주파수로서 사용하고 있다. 미국의 기술기준(FCC Part 15.247)에 의거하면 이 대역에서는 2.45GHz와 마찬가지로 주파수 호핑(FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum) 방식만을 사용할 수 있으나 DSSS 방식의 사용도 검토하고 있다. 이 기술기준에 의해 구현된 FHSS 방식인 경우 전체 대역(26MHz)을 사용해서 480kHz 채널 54개를 사용할 경우 채널 당 최대 데이터 속도는 160kbps 정도(4-FSK 변조 사용)이다. 현재 Metrics사와 같은 미국계열 회사들은 902~928MHz 대역의 FHSS 방식 RFID 칩을 생산하고 있다. 유럽의 경우에는 SRD(Short Range Device)라 불리는 무선기기를 위하여 할당하여 용도에 따라 출력과 주파수 대역을 규정하고 있는 862~870MHz 대역 중에서 865~870MHz 대역을 RFID용 주파수로서의 사용을 검토하고 있다. RFID 기술기준으로 기존 SRD 규격을 사용하려 하였으나 RFID 서비스를 위한 주파수와 출력이 충분하지 못한 것으로 판단되어 RFID 뿐만 아니라 SRD가 공존할 수 있는 출력과 규격, 용도에 관한 주파

수 계획으로 현재 ETSI에서 EN 302 208 표준안을 작성 중에 있다. 특히 EN 302 208에서는 3MHz 정도의 대역에서 FHSS 방식을 채택하기 어려우므로 스펙트럼을 보다 효율적으로 사용하기 위한 AFA(Adaptive Frequency Agility) 개념의 도입이 검토되고 있다. 일본에서는 총무성에서 950MHz 대역에서의 6MHz 대역을 RFID로 사용할 것을 발표하고 향후 전송방식과 출력 등의 규격을 연구 및 확정할 것이라고 발표하고 있다.

2.45GHz 대역은 ISO에서는 ISO/IEC 18000-4의 프로젝트가 진행 중이며 금년 내로 국제표준이 정식 제정될 전망이다. 진행중인 표준안은 1미터 미만 통신 영역을 갖는 수동형 태그와 수십미터 정도의 통신 영역을 갖는 능동형 태그의 두 개 모드로 구분하고 주파수 호핑 방식에 의한 혼신경감, 리더의 소형/경량화, 고주파 잡음에 대한 내성 등을 그 특징으로 지닌다. 미국에서는 FCC Part 15.249, FCC Part 15.247에 규정되어 있으며 협대역 사용인 경우 3m에서 50mV/m, FHSS 시스템인 경우 EIRP 4W를 초과해서는 안 되는 것으로 규정하고 있다. 유럽에서는 ETSI EN 300 440에 규정되어 있으며 EIRP 값이 용도 미지정 SRD(Short Range Device)인 경우 10mW, FHS S 시스템인 경우 500mW로 규정하고 있다. 일본에서는 ARIB STD-1, ARIB STD-29, ARIB STD-T81에 규정되어 있으며 구내무선국은 EIRP를 30W까지, 특정 소전력무선국은 1W까지 허용하고 있다.

국내의 경우 13.56MHz 대역은 전파법 시행령 2호에 “무선근접카드용 무선기기”로 정통부 고시 제 2002-25에 지정되어 있으나 그 자세한 기술기준이 규정되어 있지 않아 국제적으로 조화된 기술기준으로 개정되어야 한다. 기술기준이 제정되어 있지 않는 UHF 대역은 ISO에서 표준 주파수 대역으로 확정됨에 따라, 국내에서는 시터폰으로 배정되어 있는 910~914MHz 대역의 사용

여부를 검토하고 있다. 한편 할당된 주파수 대역에 따라 FHSS방식, 협대역 방식, AFA(Adaptive Frequency Agility)방식 등 스펙트럼 효율적인 방식에 대한 기술기준의 제정이 추가 과제로 남아있다. 한편 2.45GHz 대역은 ISM 대역이기 때문에 국제 표준화에 준거한 신규 기술기준의 제정이 요구된다[3].

3. 유비쿼터스 센서 네트워크와 RFID 소프트웨어 플랫폼

3.1 유비쿼터스 센서 네트워크 개념

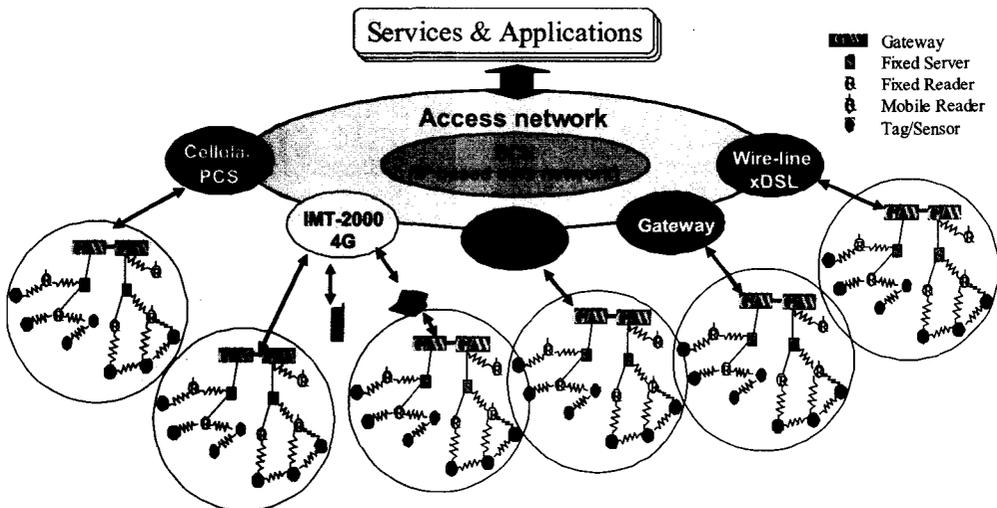
앞에서 RFID 기술은 크게 디바이스 계층(Device Tier) 기술, 센서네트워크 계층 기술, 소프트웨어 플랫폼 계층 기술, 어플리케이션 계층(Application Tier) 기술로 구성된다는 점을 지적한 바 있다. 이러한 기술 구성요소들은 궁극적으로 네트워크 상에 편재되어 글로벌(Global) 네트워크

를 형성하며 이를 일반적으로 USN(Ubiquitous Sensor Network)²⁾이라고 하며 그 개념을 (그림 3)에 간략하게 도식화하였다.

위 개념도를 간략하게 살펴보면, 태그와 센서가 연동되어 태그 내의 정적 정보뿐만 아니라 센서로부터의 실시간 환경 정보가 모바일 또는 고정 리더기에 의하여 수집된다. 각 사이트의 태그 및 센서 그리고 리더기들의 조합이 성능확장성을 지닐 수 있는 사이트 규모의 센서 네트워크 형태로 발전하게 되며 궁극적으로 글로벌 유무선 네트워크에 연동되어 유비쿼터스 센서 네트워크를 형성하게 된다. 이러한 유비쿼터스 센서 네트워크 상에서는 특히 태그와 태그 간의 상호 통신도 가능한 상태에 도달하게 된다.

3.2 RFID 소프트웨어 플랫폼

이러한 USN 상에서 리더기에 읽혀진 태그 및 센서의 데이터는 유무선 네트워크를 거쳐 데이터 처리를 담당하는 호스트 컴퓨터(이하 서버)의 미들웨어로 전달되어 전처리된 후 해당 어플리케이션



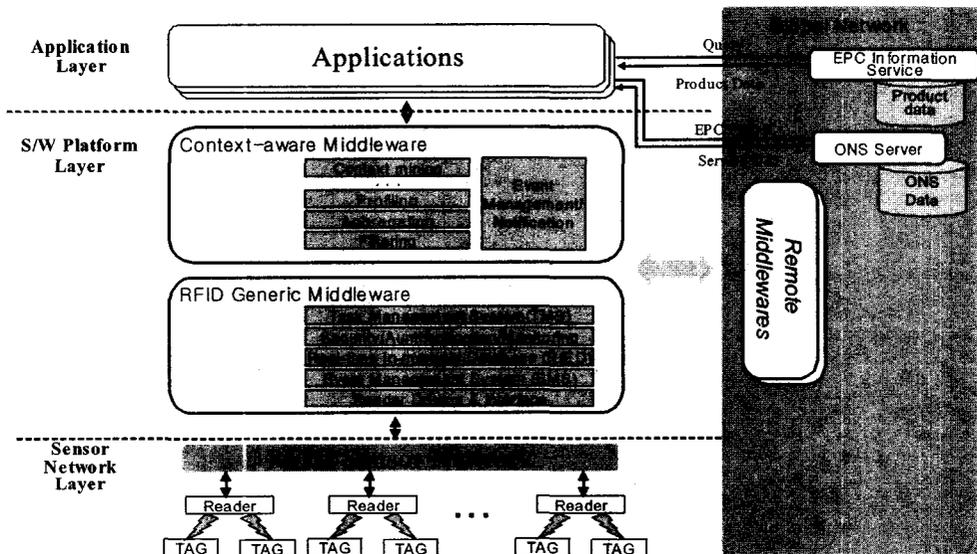
(그림 3) USN(Ubiquitous Sensor Network) 개념도

2) 미국의 AutoID 연구는 상품영역에 국한한 경우로서 EPC 네트워크라고도 함.

선에 의하여 사용된다. 이러한 USN 환경에서는 수집 및 활용되는 데이터는 기존 객체의 식별자와 같은 정적인 데이터, 이력 데이터, 그리고 센서로부터의 실시간 데이터를 포함하게 되므로 어플리케이션의 기능이 상황 인식 기반 지능화된 서비스를 제공할 수 있게 된다. 이러한 지능화된 서비스의 창출을 위한 소프트웨어 측면의 제반 구성요소들의 집합을 본 고에서는 RFID 소프트웨어 플랫폼이라고 하며 그 개념도를 (그림 4)에 나타내었다. 이러한 주요 구성요소는 크게 표준화 객체 또는 전자상품에 대한 식별코드, RFID 미들웨어, 글로벌 객체 정보 레졸루션(Resolution)을 위한 ONS(Object Naming Service)와 정보 표현을 위한 PML(Physical Markup Language), 그리고 어플리케이션 계층의 각종 RFID 응용 프로그램이 있다.

현재 RFID 태그에 저장될 사물의 식별자 코드에 대한 국제 표준화 노력이 매우 활발하게 진

행되고 있다. 물류정보에 RFID를 응용하기 위한 전자상품(Electronic Product) 코드체인 미국 EPCGlobal의 EPCTM과 일본의 uID 센터에서 진행되고 있는 uID 코드가 대표적인 예이다. 전자상품코드(EPC)는 현재 공식적인 국제 표준이 없는 상태지만 미국의 EPCTM가 사실상 표준으로 추진되고 있다. 2003년 11월에 개정된 EPC 코드 버전 1.0³⁾의 간략한 내용을 (그림 5)에서 볼 수 있다. EPCTM 1.0[16]은 기본 96-비트 크기를 갖으며, 도메인, 제품, 시리얼 번호 세 개의 필드로 구성되어 전세계 모든 상품을 제품별로 유일한 코드를 부여할 수 있도록 고안되었다. 한편, 일본의 uID의 경우 기본 128-비트 크기를 갖으며 필드의 구성은 크게 지원하는 코드계를 나타내는 코드 ID, 제품, 시리얼번호로 구성되며 그 기능적 측면에서는 기본적으로 EPCTM과 거의 동일하다. 특히 uID의 경우, 위의 각 필드의 크기가 상호 다른 형태를 갖는 다수의 클래스를 정의하



(그림 4) RFID 소프트웨어 플랫폼 개념도

3) 2004년 2월 헤더(Header), 즉 Version Number의 포맷과 값 등이 대폭적으로 개정된 EPC 코드 버전 1.1[17]이 발표되었으며 그 자세한 내용은 본 고의 참고문헌에 수록된 사양을 참조하기 바람.

ve Middleware)와 이력정보 및 실시간 정보를 가공하여 상황 정보를 도출에 초점을 둔 상황인지 미들웨어로 구성된다.

RFID 원시 미들웨어는 RFID USN 상에서 발생하는 대량의 EPC 데이터에 대하여 필터링(Filtering), 집합화(Aggregation), 원시 이벤트 생성(Primitive Event Generation) 등의 기능을 통하여 응용 프로그램에서 관심을 갖는 데이터 형태의 전처리(Preprocessing) 기능을 수행한다. 따라서 성능확장성이 필수적으로 수반되어야 한다. 그 구성은 인터페이스 부분과 리더로부터 전달되는 데이터의 처리, 관리, 보안/인증과 관련된 코어(Core) 부분으로 구성된다. 인터페이스 부분은 리더 드라이브 및 인터페이스, 응용 인터페이스, ONS 인터페이스, EPCIS(EPC Information Service) 인터페이스 및 원격 미들웨어와의 인터페이스부분을 포함할 수도 있다. 코어 부분은 리더로부터 수집된 이벤트 데이터에 대한 처리 및 관리를 담당하고 있는 EMS(Event Management System), 실시간 데이터 처리 및 관리를 위한 고성능 인-메모리 데이터베이스 및 이벤트 처리를 하는 RIED(Realtime In-memory Event System), 사용자 태스크 데이터 처리 및 관리를 하는 TMS(Task Management System), 보안/인증과 관련된 SAM(Security/Authentication Monitoring) 기능이 포함된다.

한편 RFID 상황인지 미들웨어는 기본적으로 미들웨어로부터 가동된 태그 데이터와 수집한 데이터 및 정보를 시간적으로 체계화한 이력 또는 프로파일(Profile) 정보, 나아가 센서로부터 수집되는 실시간 환경정보를 가공하여 상황(Context) 정보를 산출하여 응용 프로그램이 활용할 수 있도록 하는 기능을 수행한다. 또한 대규모 환경에서 효과적으로 이벤트의 생성, 모니터링, 알림(Notification) 프레임워크를 제공하여 각종 응용 서비스에서 이벤트를 효과적으로 처리할 수 있도록

하는 기능도 제공한다. 현재 이러한 미들웨어에 대한 구체적인 사양에 대한 국제 표준화는 존재하고 않지만 궁극적으로 응용 프로그램이 디바이스 계층의 세부 기술적 사양에 대한 정보가 없이도 논리적으로 RFID 기능 구현할 수 있는 표준화 기반 API(Application Programming Interface)가 제공될 수 있을 것으로 전망된다.

4. 결 언

지금까지 RFID 기술 동향에 관하여 간략하게 정리·요약하였다. 지면의 제한으로 기술적 세부 사항 기술에 부족한 부분이 많다고 사료된다. 향후 국내 RFID 기술의 국제 경쟁력 확보를 위한 중요한 몇 가지 사항을 제언하고자 한다. 먼저, RFID 산업은 표준화 기반 산업이다. 즉 상품코드, 주파수, 태그와 리더 사양, 미들웨어, 상품정보 서버 레졸루션(ONS & PML) 등 많은 요소들의 범국가적, 나아가 세계적 표준화가 선행되어야 발전될 수 있다. 따라서 정통부, 산자부, 과기부, 건교부 등의 관련 정부 부처, RFID 협회, USN표준화포럼, 업계가 이러한 국가적, 나아가 세계적 표준화에 대한 일체화된 노력이 요청된다. 두 번째로 RFID 산업의 발전을 위해서는 RFID 기술의 비즈니스 모델의 개발 및 검증이 선행되어야 한다. 따라서 각 분야, 산업계에 필요한 비즈니스 모델을 만드는 데 범국가적인 국가적인 노력이 요구된다. 마지막으로 RFID는 특정 부문에 한정된 단위 기술이 아니라 인터넷과 같은 인프라이라는 점을 강조하지 않을 수 없다. 따라서 앞에서 지적한 표준화의 정착 및 표준화 기반의 테스트베드 구축이 없으면 RFID 산업 발전은 기대할 수 없다는 점을 명확히 인식하여 제반 기술 개발, 정책 결정, 산업육성이 이루어져야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] Klaus Finkenzeller, RFID Handbook, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd., England, 2003
- [2] 이근호, 무선식별(RFID) 기술. TjTA 저널, 제89호, 2003
- [3] 장동원 외, RFID 기술기준 도입을 위한 기술 분석. 전자통신동향분석 제 18권 제 6호, Dec 2003.
- [4] Hush, Don R. and Wood, Cliff. Analysis of Tree Algorithms for RFID Arbitration. In *IEEE International Symposium on Information Theory*, pages 107-. IEEE, 1998.
- [5] Jacomet M, Ehram A, Gehrig U. Contactless identification device with anti-collision algorithm. *IEEE Computer Society, CSCC '99, Conference on Circuits, Systems, Computers and Communications*, Athens. 4-8 July 1999.
- [6] Law, Ching, Lee, Kayi and Siu, Kai-Yeung. Efficient Memoryless protocol for Tag Identification. In *Proceedings of the 4th International Workshop on Discrete Algorithms and Methods for Mobile Computing and Communications*, pages 75-84. ACM. August 2000.
- [7] Frits C. Schoute. Control of ALOHA signalling in a Mobile Radio Trunking System. In *International Conference on Radio Spectrum Conservation Techniques*, pages 38-42. IEEE. 1980.
- [8] Vogt, H. Efficient Object Identification with Passive RFID Tags. In *International Conference on Pervasive Computing*, LNCS. Springer-Verlag 2002.
- [9] Changsoon Kim, Kyunglang Park, Hiecheol Kim, Shindug Kim. An Efficient Stochastic Anti-collision Algorithm using Bit-Slot Mechanism. *PDP'2004*, 2004.6
- [10] 권성호, 김희철. EPC 네트워크를 위한 다중 RFID 태그 식별 알고리즘의 분석. *한국인터넷 정보학회*, Vol. 4, No. 4, Pages 27-37. December 2003.
- [11] Stephen August Weis. Security and Privacy in Radio-Frequency Identification Devices. *Master's Thesis*, MIT. May 2003.
- [12] Miyako Ohkubo, Koutarou Suzuki, and Shingo Kinoshita. Cryptographic approach to "privacy-friendly" tags. *RFID Privacy Workshop*, Massachusetts Institute of Technology, MA, USA, November 2003.
- [13] Ari Juels. Privacy and Authentication in Low-Cost RFID Tags. In Submission. 2003.
- [14] A. Juels, R. Rivest, and M. Szydlo. The Blocker Tag: Selective Blocking of RFID Tags for Consumer Privacy. *Proceedings of the 10th ACM conference on Computer and communication security*, ISBN:1-58113-738-9, pages 103-111. 2003.
- [15] Kenneth P. Fishkin, Sumit Roy. Enhancing RFID Privacy via Antenna Energy Analysis. *MIT RFID Privacy Workshop*, Boston. November 2003.
- [16] MIT-AUTOID-WH-025, D. Engels, "EPC Tag Data Specification Ver 1.0", Oct 1, 2003
- [17] EPCglobal, EPC™ Tag Data Standards Version 1.1 Rev.1.23, Feb, 2004
- [18] EPCglobal, Object Name Service (ONS) Specification Ver 1.0, 2003

[19] EPCglobal, Physical Markup Language (PML) Core Specification, Extensible Markup Language (XML) Schema and Instance Files Ver 1.0. 2003



김 희 철

1983년 연세대학교 전자공학과
졸업 (공학사)

1991년 University of Southern
California (Computer Eng.
M.S.)

1996년 University of Southern
California (Computer Eng. Ph.D.)

1983년 ~ 1988년 (주)삼성전자 연구원

1997년 ~ 현재 대구대학교 정보통신공학부 부교수

<관심분야> GRID, 병렬처리, 컴퓨터구조, 컴파일러,
미들웨어



홍 춘 표

1978년 2월 : 경북대학교, 전자공
학과, 학사

1986년 12월 : Georgia Institute
of Technology, ECE, 석사

1991년 12월 : Georgia Institute
of Technology, ECE, 박사

1994년 9월 ~ 현재 : 대구대학교 정보통신공학부, 교
수

<관심분야> DSP H/W 및 S/W, 프로세서 구조, 암호
시스템,