

차세대 RFID/USN 기술 발전 전망

표철식 | 채종석
한국전자통신연구원

요약

유비쿼터스 사회 실현의 핵심 기술인 RFID/USN 기술은 우리 정부의 USN구축 기본계획과 u-IT 839 기술개발 정책에 따라 국산화, 기술 고도화 및 핵심 원천기술 개발을 전략적으로 추진하여 그 성과가 나타나고 있다. RFID/USN 기술은 가장 기본적인 사물의 식별 단계로부터, 이력 추적, 상대정보의 모니터링, 실시간 감시 및 제어, 자율형 서비스로 진화함에 따라 전통적인 RFID 및 무선센서네트워크에서 출발하여 궁극적으로 다양한 응용 서비스를 지원하는 USN 기술로 발전될 것이다. 향후 RFID 기술 분야는 상대정보처리 및 위치 추적 등 복합 기능과 성능 고도화로 발전되고 Item 단위까지 적용하기 위한 새로운 리더, 초저가의 Printed 태그 및 불법 복제 방지 등의 새로운 기술이 개발될 전망이다. 센서네트워크 분야에서는 기존의 IEEE802.15.4와 ZigBee 를 뛰어넘어 저전력, 고신뢰성, 확장성, 이동성 등을 지원하기 위해 효율적인 무선전송, 초경량의 노드, 네트워킹, Cross-layer 최적화, 데이터 융합 등의 핵심기술이 요구되고 USN 마들웨어 기술은 다양한 USN 응용 서비스를 위해 공통 S/W 플랫폼을 제공하고 다양한 센서네트워크로부터 수집한 정보를 가공하여 서비스간 연계·통합하는 플랫폼으로 발전될 전망이다.

1. 서론

RFID/USN(Radio Frequency Identification /Ubiquitous

Sensor Network)은 사물이나 생활 공간에 부착된 태그나 센서로부터 사물 및 환경 정보를 감지·저장·가공·통합하고 상황인식 정보 및 지식 콘텐츠 생성을 통하여 언제, 어디서, 누구나 원하는 맞춤형 지식 서비스를 자유로이 이용할 수 있는 첨단 지능형 사회의 기반 인프라이다. RFID/USN 기술은 기존의 사람 중심에서 사물까지 정보화의 지평을 확대하는 새로운 패러다임의 유비쿼터스 IT 기술이며, 센서를 초소형 무선장치에 접목하여 사물-사물 간의 통신과 컴퓨팅으로 사물 주변에서 변화하는 물리 환경계의 다양한 정보를 획득하여 생산성, 안전성 및 인간 생활 수준의 고도화를 실현한다.

또한 RFID/USN 산업은 다양한 응용 분야에 기술을 다양하게 적용함에 따라 폭넓은 가치 사슬 형성, 유통·물류, 건설, 교통, 농업, 국방, 의료 등 다양한 산업에 IT 기술 융합 및 BT, NT, IT 등 기술간 융합의 핵심 분야로 광범위한 시장 세그먼트를 아우르는 사업 기회를 창출할 수 있을 것으로 기대되는 미래 유망 성장 산업으로 주목 받고 있다. 현재 다양한 USN 응용서비스에 대한 기술적인 실행 가능성이 연구되고 있지만, 아직까지 응용서비스 시장 및 산업에서 기술 채택과 상업화는 지연되고 있는 실정으로, 이는 신 산업 육성에 따르는 당면 문제로 정부의 전략적이고 체계화된 추진으로 극복될 것이다[1,2,3].

미국은 2010년 유비쿼터스 IT 실현을 목표로 NITRD (Networking and Information Technology R&D) 프로그램과 NSF(전미과학재단)에서 센서 네트워크관련 연구를 주도적으로 추진하고 있고, 유럽은 IST(정보사회기술) 프로그램을 통해 USN 연구개발 및 인간중심의 'Ambient Intelligence'

비전 실현을 준비하고 있으며, 일본은 u-Japan 정책 기반 하에 2010년까지 세계 최첨단 u-Network 구축을 목적으로 USN 기술개발을 추진 중에 있다.

우리나라는 2004년부터 RFID/USN 기술을 u-IT 839 전략의 중요한 기술 분야로 선정하고 USN 구축 기본계획을 수립하여 서비스 및 수요 확산, 기술개발 및 표준화 등 인프라 구축 및 산업 육성 정책을 적극적으로 추진하고 있으며, 최근에는 국가 사회 전반의 투명성과 효율성을 제고하기 위한 확산 발전 정책을 수립하여 범 국가적으로 종합 육성 정책을 추진할 전망이다.

본 고에서는 2004년 이후 USN 구축 기본계획을 기반으로 지속적으로 발전되고 있는 RFID/USN 기술의 개념과 기술 개발 동향 및 이슈를 살펴보고 향후 기술 발전 전망을 알아 본다.

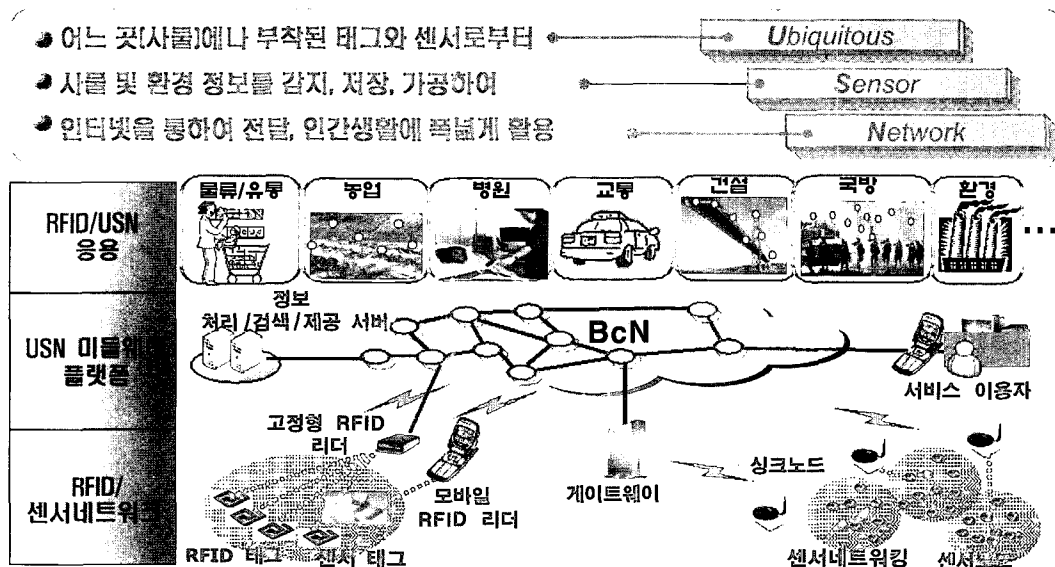
II. RFID/USN 기술 개념

USN 은 앞에서 언급한 바와 같이 매우 포괄적이고 개념적인 의미를 가지며 RFID, 센서네트워크 및 유비쿼터스 컴퓨

팅 기술 등 관련 기술을 계층적으로 체계화하여 정의된 것이다. USN 기술은 기능적인 계층에 따라 정의할 수 있으며 (그림 1)에서와 같이 모든 사물과 물리 환경계의 다양한 상태정보를 효율적으로 감지하여 전달하는 RFID/센서네트워크 기술, 수집된 정보를 저장·가공·통합하고 상황인식 정보 및 지식 콘텐츠 생성을 통하여 서비스를 제공하는 USN 미들웨어 플랫폼 및 응용 서비스 기술 등으로 구성된다 [1,3,5].

RFID 기술은 가장 간단한 형태의 정보 감지 수단으로 태그에 저장된 정보를 무선주파수를 이용하여 리더가 비접촉식으로 읽어내는 기술로서, 리더가 읽은 정보를 이용하여 Biz. Application에 연계시켜주는 미들웨어, ID관리를 위한 서버 및 네트워크 연동 기술 등으로 구성된다. RFID 기술은 가장 단순한 기능인 사물의 식별뿐만 아니라 상태정보를 감지하여 추적하기 위하여 수동형 RFID, 반능동형 RFID 및 완전 능동형 RFID 기술로 구분되며 응용 분야에 따른 전파 특성을 고려하여 134kHz 이하, 13.56MHz, 433MHz, 860 ~ 960MHz 및 2.45GHz 주파수 대역을 이용한다.

센서네트워크 기술은 센서 등을 통해 얻은 사물·공간 정보를 다양한 통신 및 네트워킹 기술에 의해 효율적으로 관리하여 광대역통합망(BcN)을 통해 USN 미들웨어 플랫폼에



(그림 1) RFID/USN 기술 개념

제공하며 다음과 같이 구성된다.

- 센서 : 센서노드에 부착 또는 통합되어 주변 환경의 물리적 현상을 정량적으로 측정하는 소자로서 센서 종류에 따라 다양한 정보를 습득
 - 센서노드 : 센싱 정보 또는 이벤트를 무선 통신 기술을 기반으로 전송하거나 컴퓨팅을 수행하는 장치로서, 센서, 프로세서, 무선통신소자, 초소형 OS, 전지 등으로 구성
 - 싱크노드 : 센싱 정보를 취합하거나 게이트웨이와 연동되어 센서 네트워크 외부로 전달하는 장치
 - USN 게이트웨이 : IP 기반으로 액세스할 수 있는 네트워크(LAN, WLAN, CDMA, WiBro 등)를 통하여 USN 서비스를 제공할 수 있도록 IP 기반 네트워크와 센서 네트워크를 연계하는 장치
 - 센서 네트워크 : 센서 네트워크를 형성하는 다수의 센서노드들과 싱크노드, 센서 게이트웨이로 구성되어 멀티홉 라우팅과 Self Organizing 네트워크 구성
 - 노드 미들웨어 : 센서노드 및 싱크노드에 탑재되어 센서 네트워크의 프로그램 갱신, 응용 변화에 따른 프로그래밍 조정, 전력 관리 등의 기능을 수행
 - USN 네트워크 관리 : 사물의 정보를 효율적으로 관리하기 위한 주소 및 ID체계 및 망 사업자의 네트워크 관리와 연계하여 USN과 서비스 인프라와의 통합 관리 수행
- USN 미들웨어 및 서비스 플랫폼 기술은 다양한 센서네트워크로부터 대용량의 센서 데이터를 수집·필터링하고 의미 있는 상황정보를 생성하여 웹 서비스로 제공하기 위한 기술로서 다음과 같은 기능을 한다.
- 센서 데이터 관리 : 싱크노드 및 게이트웨이로부터 제공되는 대용량의 실시간 데이터를 수집·가공하여 DB에 저장하고, 질의 처리 및 정보 분석 수행
 - 상황 인식 : 센서 데이터로부터 실시간 상황정보를 추출하고, 지능적으로 상황을 판단하여 자율적 의사결정이 가능한 에이전트 기능 제공
 - USN 검색 : 감지된 환경정보 및 센싱 데이터를 객체 또는 위치 정보와 연동시켜 글로벌 환경에서 공유·검색
 - 자율 컴퓨팅 엔진 : 다중 에이전트 기반의 자율적 데이터 처리 기능을 제공함으로써 플랫폼 자체의 가용성 및 신뢰성을 향상
 - USN 콘텐츠 관리 및 처리 : USN 환경에서 생성·유통되

는 다양한 콘텐츠를 이질적 클라이언트에 알맞게 서비스하기 위한 기능 제공

- USN 서비스 프로파일 : USN 환경을 서비스별, 그룹별, 네트워크 연결 상대별, 컴퓨팅 리소스별 등으로 구분하고 상황에 따라 특정 API 및 서비스 구성을 제공

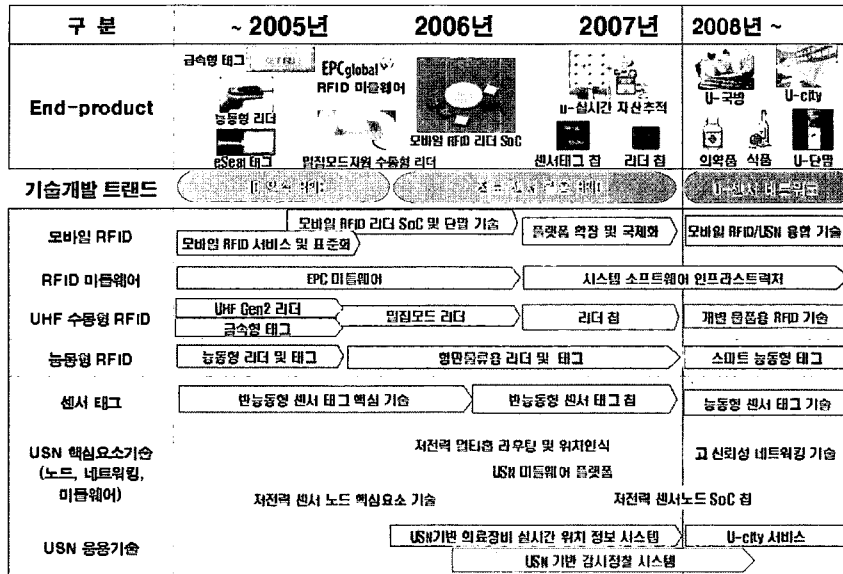
III. RFID/USN 기술 개발 동향[2,3,5]

1. RFID/USN 기술개발 일정 및 추진 현황

우리나라의 RFID/USN 기술 개발은 USN구축 기본계획과 u-IT 839 기술개발 정책에 따라 추진해 왔으며 추진 일정 및 현황은 (그림 2)에서 보는 바와 같다. RFID 기술 분야는 2004년부터 국산화 및 기술 확산 전략에 따라 900MHz 수동형 RFID 기술과 433MHz 능동형 RFID 기술을 국산화하고 고도화 중이며, 모바일 RFID, RFID 미들웨어 및 센서태그 분야에서 핵심기술 개발 성과를 거두고 있으며, USN 분야는 2006년부터 시작하여 기본개념 및 요소기술을 정의해 나가고 있으며 중장기적으로 다양한 응용 분야를 고려하여 핵심 원천기술 개발에 주력하고 있다.

2. RFID 기술개발 동향

RFID 기술 분야는 2000년대 초반부터 EPCglobal의 이전 개발 단체인 MIT Auto-ID Lab.과 ISO/IEC JTC1/SC31 중심의 900MHz 수동형 RFID의 국제 표준화 추진에 따라 기술개발이 본격화되기 시작하였으며, <표 1>에서 보는바와 같이 최근 EPC Gen2 표준이 완료되어 ISO/IEC 국제 표준에 반영되어 관련된 칩과 리더가 상용화 단계에 이르렀으며, 현재는 간섭 등 실제 적용상의 문제점을 해결하게 위한 고도화가 추진되고 있다. 또한 전통적으로 항만 등에서 100m 이상의 인식 거리가 요구되는 분야에서 사용되는 433MHz 대역 및 2.45GHz 대역의 능동형 RFID 기술도 상용화 중이며 실시간 위치추적 등에 응용하기 위한 표준화가 진행중에 있다. 우리나라는 미국에 비하여 4~5년 늦은 2004년부터 기술개발을 시작하였기 때문에 원천기술 미확보로 인터맥 등 외국의 특허 공세에 수세적인 실정으로, 주로 국산화와 국제표준기술의 구현에 중점을 두고 국내기술의 저변 확대와 외국 특허



(그림 2) RFID/USN 기술 개발 현황

에 대응을 위한 대응 기술 개발을 추진해 왔다. 특히, 900MHz 수동형 RFID 기술을 기반으로 리더 칩을 휴대폰에 내장한 모바일 RFID 기술은 기존의 기업내 물류 중심의 RFID 응용을 일반 사용자 중심의 정보 수집 수단의 유비쿼터스 단말기로 발전시키는 기술로 우리나라에서 최초로 개념을 정립하고 모바일RFID포럼을 결성하여 산·학·연·관이 합심하여 자체 표준을 개발하여 시범서비스를 실시함으로써 국제적인 호응을 받으며 국제 표준화를 주도해 나가고 있다.

RFID 미들웨어 분야에서는 우리나라가 개발한 EPC 미들웨어 기술을 시범사업 등에 적용한 노하우를 기반으로 다양한 정보를 처리하기 위한 시스템 S/W 인프라스트럭처 기술로 확장하여 ISO/IEC에서 국제 표준을 이끌고 있으며, 반능동형 센서태그 핵심기술을 개발하여 ISO/IEC 18000-6C Rev.1 국제 표준에 반영하는 성과를 거두고 있다.

3. USN기술개발 동향

USN 기술 분야는 아직 응용서비스가 일반화되지 않은 초기단계로 IEEE 802.15.4와 ZigBee 기반의 Tiny OS와 저속의 무선센서네트워크 기술을 개발하여 현장적용 시험단계로 저전력, 대규모 확장성 등 문제를 해결하기 위한 기술개발

〈표 1〉 RFID 기술 개발 현황

기술 분야	국내 기술개발 현황	국외동향 또는 주요이슈
UHF 수동형 RFID	· EPC G2 호환 밀집 리더 개발 · 개별단위 물품인식 초기연구 · 광대역 고속부착형 태그개발 · G2 리더 통합 칩 개발 중	· EPC G2 밀집 리더 상용화 · 개별단위 물품인식 초기개발 단계 · G2 리더 통합 칩 상용 시제품 발표 · Printed RFID 개발 중
태그 칩 및 센서태그	· 수동형 태그 칩 핵심 기술 개발 · 보드형 센서 태그 개발 · 센서태그 칩 개발 중 · 저가 박형 전지 시제품 개발	· Gen 2 태그 칩 상용화 · 반 능동형 센서 태그 시제품 개발 · 새로운 전송방식의 증거리용 태그 개발
RFID 미들웨어	· EPC 호환 RFID 미들웨어 개발 · System S/W Infrastructure 개발중	· RFID 미들웨어 상용화 · System S/W Infrastructure 표준화
모바일 RFID	· 900MHz RFID 리더 SoC 개발 · 모바일 RFID 서비스 플랫폼 개발 · 리더내장 휴대폰 시제품개발 · 모바일 RFID 시범서비스	· 900MHz 모바일 RFID 기술 국제 표준화 진행 중 · 13.56MHz NFC기술 상용화
능동형 RFID	· 433MHz 능동형 RFID 태그/리더/액시터 개발 및 상용화 · 433M/2.45G 이중대역 태그 시제품 개발 중 · 2.45G 리더 시제품 개발 중	· 433MHz 능동형 RFID 태그/리더/액시터 상용화 · 2.45 GHz 실시간 위치인식 및 추적 상용화

을 추진 중이다. 우리나라는 외국의 무선센서네트워크를 USN으로 기술영역을 확장하여 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 각 기술 layer 별로 요소기술 확보에 집중하고 있으며 현재는 IEEE 802.15.4와 ZigBee 기반의 센서네트워킹 기술을 확보하고 저전력, 확장성 및 이동성을 고려한 기술 개발을 시작하고 있다.

<표 2> USN 기술 개발 현황

기술 분야	국내 기술개발 현황	국외동향 또는 주요이슈
센서/전지/무선기술	· MEMS 기반 복합센서 개발 착수 · 에너지 Harvesting 연구 시작단계 · IEEE 802.15.4 기반 2.4GHz 칩 개발 · 900MHz SoC 개발 중	· MEMS 기반 각종 센서 개발 및 · 에너지 Harvesting 기술개발 중 · 다양한 주파수 대역의 SoC 칩 상용화 수준
센서 노드 및 전송	· NanoQ+ 개발후 현장 적용 시험 단계 · IEEE 802.15.4 기반 외산 칩 활용 센서 노드 개발 · 저전력 전송 기술 연구 초기 단계	· Tiny OS 기반 다양한 WSN 응용이 · 따른 노드 시제품 공급 · 새로운 전송 방식 연구 초기 단계
USN 네트워킹	· IEEE 802.15.4 기반 MAC 기술과 ZigBee 기반 네트워크 개발 · 대학/연구원 중심 Scalability, Mesh망 기술 연구 시작	· 대학 중심의 학술연구 위주로 · 실 적용 가능한 주도 프로토콜 없음 · IEEE 802.15.4, ZigBee Alliance, IETF 표준단체를 중심으로 Mesh망 구조, 저전력, 이동성, 확장성 등을 고려한 표준 작업중
USN 망 연동	· 센서망-IPv6 연동 기술 개발은 초기 수준이나 IPv6 기술은 성숙 · 이종망 연동 기술은 초기 수준 · 이동성 관련 연구 시작	· IP 기반 망연동(LowPAN) 기술 개발 초기 수준 · Ad-Hoc 환경에서 자동 네트워킹 기술 및 이동성 지원 기술에 대한 표준화 초기 수준
USN 미들웨어 및 응용	· 기초 연구 수준 · 소규모/시범 응용 수준(미들웨어 기술 미사용) · 기본 기능 미들웨어 시제품 개발	· 기초 연구 수준 · 소규모/시범 응용 수준

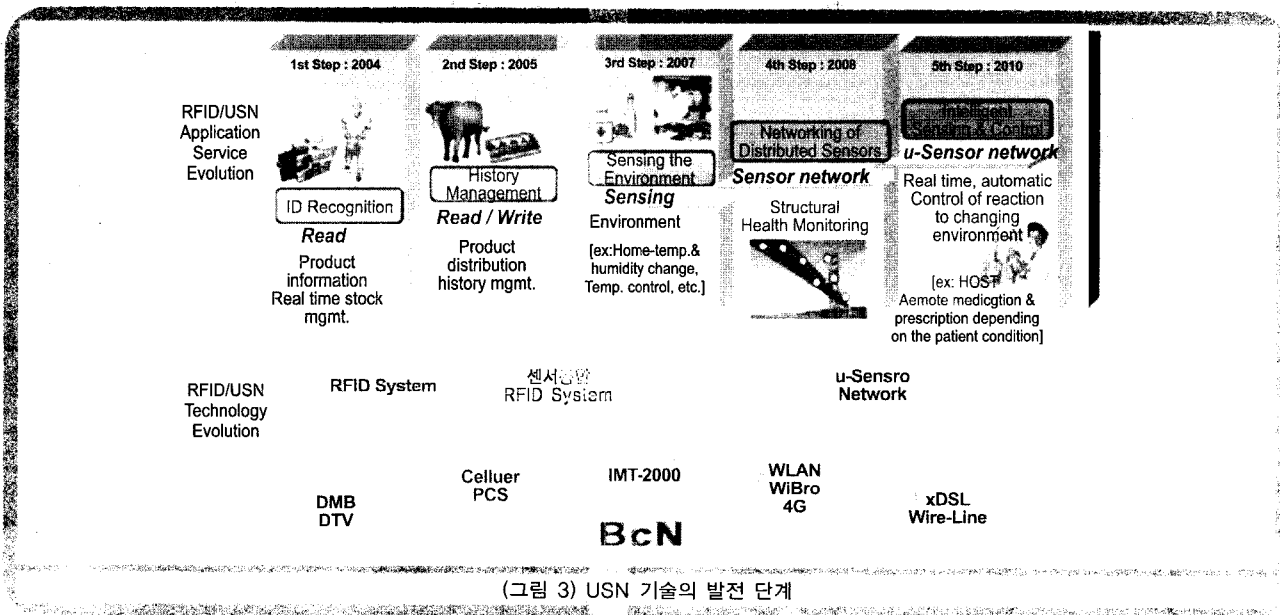
IV. RFID/USN 기술 발전 전망

유비쿼터스 사회의 핵심으로서 RFID/USN 기술은 (그림 3)

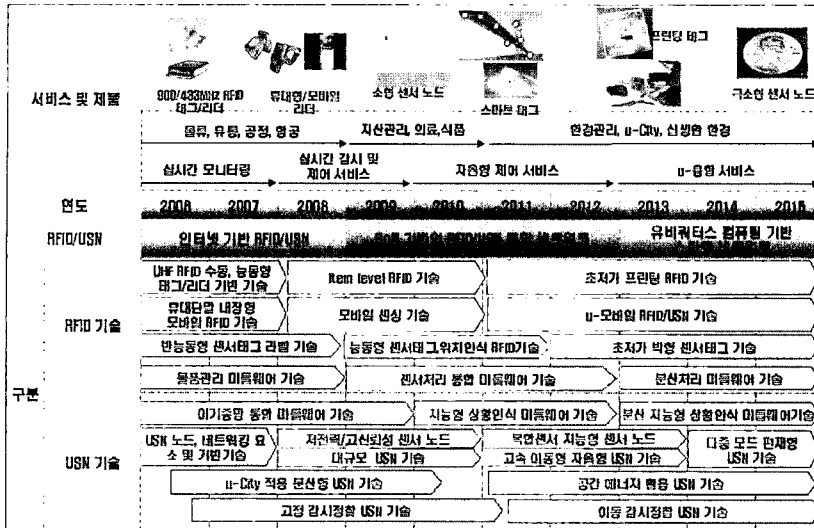
과 전망되며 (그림 4)에서 보는 바와 같이 사물의 식별 단계부터, 이력 추적, 상태정보의 모니터링, 실시간 감시 및 제어, 자율형 서비스로 진화함에 따라 전통적인 RFID 및 무선 센서네트워크에서 출발하여 궁극적으로 다양한 응용 서비스를 지원하는 USN 기술로 발전될 것이다.

RFID 기술의 적용 단계는 (그림 3)에서와 같이 vehicle 레벨에서 item 레벨까지로 적용 단계에 따라 필요한 기술이 달라진다. 박스와 팔레트 단위에서는 인식 거리를 기존 4~5m 수준의 900MHz 대역의 수동형 RFID 기술이 주로 사용되며 컨테이너 단위에서는 100m 인식거리가 가능한 433Mhz 대역의 능동형 RFID 기술이 활용된다.

향후 RFID 기술은 현재 사용되는 900MHz 및 433MHz 대역에서는 실제 적용상 문제점을 해결하기 위한 성능의 고도화가 요구되며, 900MHz 대역에서 기존 4~5m 인식거리를 수십m까지 늘리고 사물의 상태 정보를 수집하여 처리하기 위하여 배터리 지원형 반능동형 RFID 및 저가의 완전 능동형 기술이 새로운 전송방식을 도입한 형태로 출현될 전망이다. 2.45GHz 능동형 RFID 기술은 300m 이상의 인식거리를 필요로 하는 응용 분야와 실시간 위치추적 서비스를 위하여 고도화될 전망이다. 우리나라가 기술을 주도하고 있는 휴대폰 기반의 모바일 RFID 기술은 발전되는 900MHz 리더 기술을 기반으로 센싱 정보를 처리하는 기능을 갖게되고 궁극적



(그림 3) USN 기술의 발전 단계



(그림 4) RFID/USN 기술 개발 로드맵

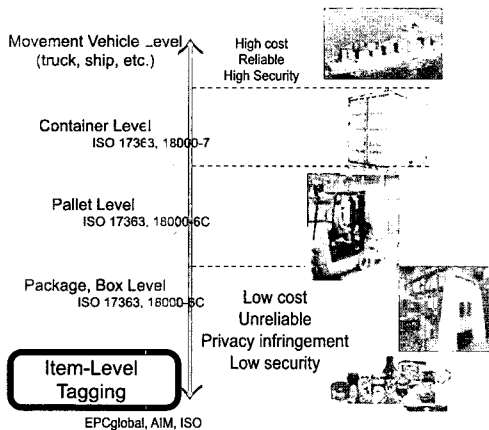
으로 USN과 통합되어 모바일 USN으로 진화할 것으로 전망된다.

한편, RFID 기술을 모든 Item 단위 물품까지 확산 적용하기 위해서는 다양한 물품과 적용 환경에서도 인식을 보장하기 위한 기술, 대량의 고속 인식을 위한 전송 및 충돌방지 기술, 다중모드 및 다중대역 기술, Near Field UHF 기술, 1센트 수준의 초저가의 Printed RFID 및 암호화와 불법 복제 방지 등을 위한 정보보호 기술 등이 필요하고 새로운 표준화도

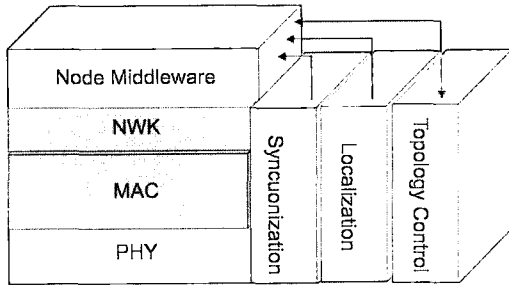
추진될 전망이다. 특히 유기물질과 프린팅 공정을 이용하는 Printed RFID 기술은 소재, 소자, 회로설계 및 공정 기술에서 기술 혁신이 전망된다[3,6,7].

(그림 6)과 같은 프로토콜 스택 구조의 센서네트워크 기술은 제한된 전력, 제한된 메모리, 제한된 컴퓨팅, 대규모 센서노드로 구성되는 네트워크, 고밀도 구성, 센서노드의 고장 가능성, 배터리 교체의 어려움 및 Topology의 잦은 변동 특성으로 인하여 저가, 소형화, 저전력화, 신뢰성 있는 데이터 전송, 고장 감내 기능, 자율적인 네트워크 구성 및 Topology 제어 등이 현재의 주요한 기술적인 이슈 사항을 해결하기 위하여 기존의 IEEE802.15.4와 ZigBee를 뛰어넘는 물리계층의 효율적인 전송기술, MEMS 기술등을 이용한 초경량의 노드 기술, 에너지 Harvesting, 라우팅 기술, Cross-layer 최적화 기술, 위치인식, 데이터 융합, 노드 미들웨어 기술 등의 새로운 기술이 출현될 것으로 전망된다.

USN 미들웨어 기술은 u-city, u-국방, 자산추적 등 다양한 USN 응용 서비스에 필요한 표준화된 공통 S/W 플랫폼을 제공하고 다양한 센서네트워크로부터 수집한 센싱 데이터를 필터링/통합/분석하여 상황정보를 추출/저장/관리하여 응용 서비스로 전달하고 서비스간 연계·통합하는 플랫폼으로 발전될 전망이다[2,3].



(그림 5) RFID 기술의 적용 단계



(그림 6) 센서네트워크의 프로토콜 스택

참 고 문 헌

[1] IT839전략기술개발 Master Plan 기획보고서,RFID/USN, 정보통신부/정보통신연구진흥원, 2006.4.
 [2] 텔레매틱스, RFID/USN, GIS 융합기술 특집, 전자통신 동향분석 22권 3호,한국전자통신연구원, 2007.6.
 [3] 채종석, USN 기술현황 및 관련서비스 기술, 개방형 서비스 교육용 교재, 개방형 서비스 센터, 2007.8.
 [4] u-센서 네트워크 구축 기본계획, 정보통신부, 2004.2.
 [5] 표철식, RFID/USN 기술개발 현황 및 향후 계획, RFID 응용 산학협동심포지엄, 제주한라대학, 2007.7.

[6] 표철식, RFID 최신기술동향, RFID 표준과 특허전략 워크숍, 특허청, 2006.9.
 [7] 채종석, Mobion Standardization and Service, RFID/USN Korea 2006 International Conference, 2006.11. RFID/USN협회



1991년 연세대학교 전자공학과 학사
 1999년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
 1991년 ~ 현재 한국전자통신연구원 그룹장
 현재 텔레매틱스,USN연구단 RFID/USN연구그룹 그룹장
 관심분야: RFID/USN 기술, 안테나 및 무선 기술

표 철 식



1977년 한국항공대학교 전자공학과 (학사)
 1979년 연세대학교 대학원 전자공학과 (석사)
 1989년 연세대학교 대학원 전자공학과 (박사)
 1978년 ~ 1983년 국방과학연구소 연구원
 1985년 ~ 현재 한국전자통신연구원 무선방송연구소 전파기술연구부장
 현재 텔레매틱스,USN연구단 단장
 관심분야: 무선통신, 위성통신, 위성방송, 전파

채 종 석

