RFID/USN 융합기술의 발전전망 및 국제표준화 동향

표철식 | 정운철 | 김말희 | 오세원 | 박주상
한국전자통신연구원

요 약

RFID/USN(Radio Frequency Identification/ Ubiquitous Sensor Network) 융합기술은 기존의 사물 식별 또는 단순 모니터링 수준을 뛰어 넘어 실시간 감시 및 제어와 자율 서비스를 위해 주변의 모든 환경 및 사물에 대하여 감지 · 반응 · 제어하는 지식 서비스의 자유로운 공유 · 유통 · 참여 · 개발환경을 제공하는 스마트 라이프 인프라로 발전해가고 있다. RFID/USN은 이를 기반으로 각 산업의 고유한 도메인 특성과 연계하여 데이터를 분석 · 판단 · 예측함으로써 지능적이고 혁신적인 프로세스를 창조하고, 일반 사용자가 기술을 의식하지 않고 시공간에 구애 받지 않으며, 언제 어디서든지 원하는 센싱 정보를 쉽게 이용할 수 있는 스마트 환경을 만들어갈 것이다.

I. 서 론

RFID/USN은 사물이나 생활공간에 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 환경 계의 다양한 정보를 획득하여 생산성, 안전성 및 인간 생활 수준의 고도화를 실현한다 [1,2]. 최근에는 이러한 RFID/USN 개념을 사물 통신(M2M, Machine to Machine)이나 사물 인터넷(IoT, Internet of Things) 등과 연계하여 쓰기도 하며, 가상 사이버 세계를 도입하여 개념의 확장과 차세대 USN으로의 발전을 시도하고 있다 [3].

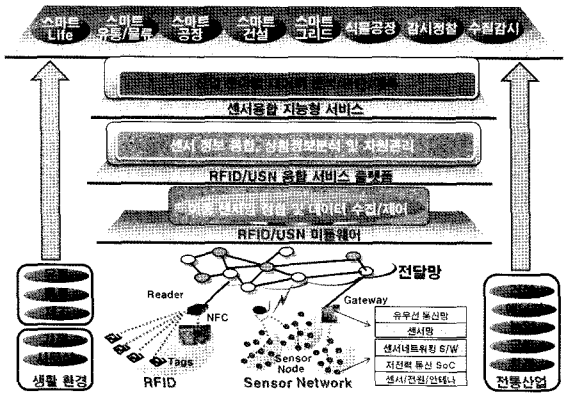
RFID 국제표준화는 센서정보 처리, 인식거리의 확장, 모바일 기기와 융합, 불법복제 방지, 네트워크기반 능동형 태그 및 실시간 위치추적 기술 등에 대한 표준화가 진행 중이다. 무선 센서네트워크 기술분야에서는 취약한 무선 환경에서 적용 가능 하도록 신뢰성과 전송거리를 늘리기 위한 PHY와 MAC계층 표준화가 개정 중에 있으며, ZigBee Smart Energy 2.0표준에서는 IP기반 네트워크 프로토콜을 사용하고 다양한 PHY/MAC 디바이스를 사용할 수 있도록 정의했다. USN 미들웨어 및 서비스 관련 분야 표준화는 센서 활용 서비스 프레임워크, 이기종 센서망 인터페이스, 데이터 스키마 및 보안 등 대상 기술 영역을 새롭게 확장하고 있다.

최근 자동차, 조선, 건설, 에너지 등의 주력산업 분야에 IT 융합 기술을 접목함으로써, 보다 혁신적이고 지능적인 융합산업으로 발전시키고자 하는 연구 및 적용사례가 빠른 속도로 증가하고 있다. 이러한 혁신적이고 지능적인 융합산업을 위한 기반기술로 대표되는 RFID/USN 산업은 정부의 산업 발전전략 추진과 함께 다양한 응용 분야에 관련 기술을 다양하게 적용함에 따라 폭넓은 가치 사슬 형성, 다양한 산업

에 IT 기술 융합 및 BT, NT, IT 등 기술간 융합의 핵심 분야로 광범위한 시장 세그먼트를 아우르는 사업 기회를 창출할 수 있을 것으로 기대된다 [4].

본 고에서는 RFID/USN 융합기술의 발전 방향을 산업의 프로세스를 지능화시키는 센서융합기술과 개방형 센싱 정보 서비스 대중화 관점에서 전망해 보고, RFID, 무선 센서네트워크, USN 미들웨어 및 서비스 등의 국제 표준화 동향에 대하여 알아본다.

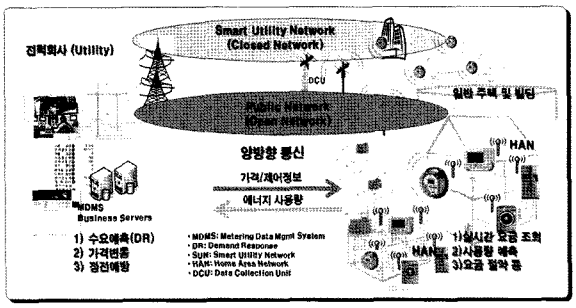
II. RFID/USN 융합기술의 발전전망



(그림 1) RFID/USN융합기술 개념도

RFID/USN 기술은 모든 사물과 물리 환경 계의 다양한 상태정보를 효율적으로 감지하고 제어를 실행하는 RFID/센서네트워크 기술 계층과 수집된 정보를 저장 · 가공 · 통합하고 상황인식 정보 및 지식 콘텐츠 생성을 통하여 서비스를 제공하는 USN 미들웨어 플랫폼 및 응용 서비스 계층으로 구축되어 왔으나 [1,2], RFID/USN 융합 서비스를 위해서는 (그림 1)에서 보는 바와 같이 RFID/USN 자원 및 데이터의 의미를 정보시스템이 스스로 이해, 추론, 가공하여 사용자가 필요로 하는 새로운 의미 정보를 생성하고, 유통할 수 있는 의미 기반으로 정보를 처리하는 RFID/USN 융합 서비스 플랫폼과 각 산업 분야별 특성에 맞게 데이터를 분석한 후 상황을 판단하고 예측함으로써 보다 지능적이고 혁신적인 최적의 서비스를 제공하는 센서융합 지능형 서비스가 통합된 서비스융합 계층 구조로 발전되고 있다.

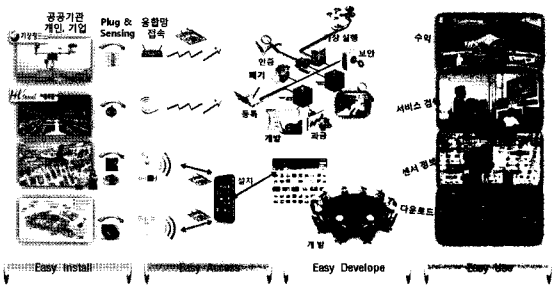
RFID/USN 융합기술은 유통, 물류, 제조, 건설, 에너지, 농업, 국방, 환경 등 전통산업 및 가정이나 사무실과 같은 생활환경에 RFID/USN 기술을 융합하여 스마트 유통 · 물류, 스마트 공장, 스마트 건설, 스마트 그리드, 식물공장, 감시정찰, 수질감시 및 스마트 라이프 등과 같은 센서융합 지능형 서비스를 제공한다. (그림 2)에서 보는 바와 같이 대표적인 융합 사례인 에너지와 USN 기술을 융합한 스마트 에너지 감시 및 제어 기술은 늘어나는 전력수요에 대한 원활한 대처를 위해 전력 공급능력을 파악하고 수용 가능한 에너지 수요를 조절함으로써 전력생산 대비 수요의 효율성을 증대시킬 수 있다. 실시간 요금조회와 가격변동 사항 및 에너지 사용량 등의 정보 수집 · 처리 · 가공에 USN 기술이 핵심적 역할을 하며 전력산업의 특성에 맞게 데이터를 분석한 후 상황을 판단하고 예측하는 것이 더욱 중요하다 [5].



(그림 2) 스마트 에너지 감시 및 제어 개념도

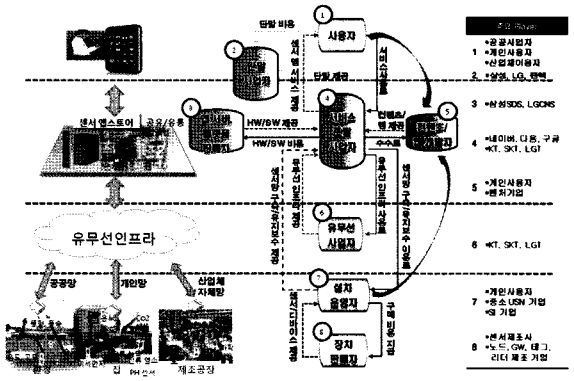
최근의 개방과 공유를 지향하는 패러다임의 변화에 따라 RFID/USN 기술도 (그림 3)에서 보는 바와 같이 주변의 모든 환경 및 사물에 센서를 Plug & Play하여 감지 · 반응 · 제어하는 지식 서비스의 자유로운 공유 · 유통 · 참여 · 개발환경을 제공하는 스마트 라이프 인프라를 형성하게 될 전망이다. 이로써 일반 사용자가 기술을 의식하지 않고 시공간에 구애 받지 않으며, 언제 어디서든지 원하는 센싱 정보를 쉽게 이용할 수 있는 스마트 환경이 실현될 것이다 [3].

이러한 개방형 서비스 플랫폼을 기반으로 (그림 4)에서 보



(그림 3) 개방형 스마트 라이프 인프라 개념도

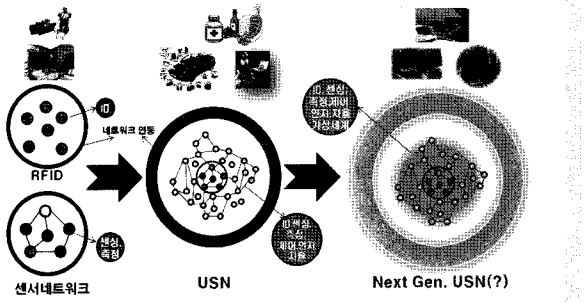
는 바와 같은 서비스 중심의 새로운 가치 사슬이 형성되어 센싱 정보 서비스 대중화와 지속 가능한 서비스 수익모델 창출이 가능해질 것이다.



(그림 4) 서비스 중심의 비즈니스 모델

한편, RFID 기술은 사물의 식별 중심에서 향후 상태정보처리 및 위치추적 등 복합 기능과 성능 고도화로 발전되고, 개별 물품 단위까지 적용하기 위한 스마트 안테나기반 리더, 보안 태그, 초저가의 Printed 태그 등의 새로운 기술이 개발될 전망이다. 또한, NFC(Near Field Communication)와 900MHz RFID 리더 칩이 스마트 폰에 탑재되어 금융 및 모바일 등과의 융합이 가속화될 전망이다.

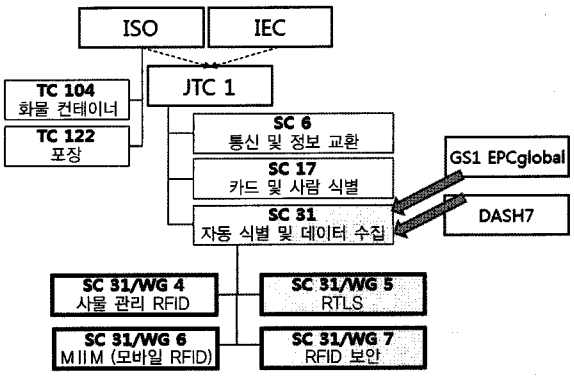
RFID/USN 기술은 가장 기본적인 사물의 식별 단계와 자동화로부터, 상태정보의 모니터링, 실시간 감시 및 제어, 자율형 서비스로 진화하고 있으며 향후에는 가상 사이버 세계까지 그 영역을 확장하여 물리세계, 디지털 세계, 가상 세계의 사물, 데이터, 시맨틱 사이에 지식을 결합하고 통합하여 사물의 의미와 상황을 이해하고 개인과 상황에 맞는 서비스를 창조하는 차세대 정보 인프라로서 발전될 것으로 전망된다 [3].



(그림 5) 차세대 USN 발전 개념도

III. RFID 국제표준화

RFID 기술에 대한 국제 표준화 작업은, ISO/IEC JTC 1 산하의 SC 31(이하 SC31)에서 담당하고 있다 [6]. (그림 6)은 RFID 기술 국제 표준화 그룹 구성을 보여주고 있다. 2011년 7월 현재, SC31은 6개의 작업반(WG: Working Group)으로 구성되는데, 이중 WG 4(사물 관리를 위한 RFID 기술), WG 5(실시간 위치 시스템: RTLS, Real-time Locating Service), WG 6(모바일 사물 식별 및 관리: MIIM, Mobile Item Identification and Management), WG 7(RFID 보안)에서 RFID 기술에 대한



(그림 6) RFID 기술 국제 표준화 그룹 구성

표준화를 추진하고 있다. SC31에서 다루는 RFID 기술 표준화 영역은 크게 RFID 무선 규격, RFID 소프트웨어, RFID 정합성, RFID 응용 요구사항 등으로 구분된다. 본 절에서는 RFID 무선 규격, RFID 미들웨어, 모바일 RFID, 그리고 RFID 보안 기술에 대한 표준화 동향을 살펴본다.

1. RFID 무선 규격

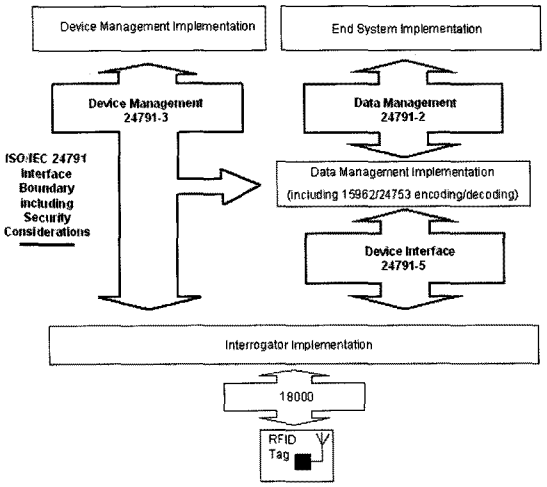
RFID 태그와 리더 간의 무선 규격은 주파수 대역마다의 통신 특성을 반영하여, 135KHz 이하(ISO/IEC 18000-2), 13.56MHz(ISO/IEC 18000-3, EPC HF), 433MHz(ISO/IEC 18000-7), 860-960 MHz(ISO/IEC 18000-6 및 EPC UHF Class1), 2.45GHz(ISO/IEC 18000-4) 등 각 대역 별 표준 규격화가 이루어지고 있다. 특히, 13.56MHz 대역은 인식거리가 비교적 짧기에 출입증, 보안 관리 및 스마트 카드(Smart Cards) 응용에 이용되고 있으며, 433MHz 및 860-960MHz 대역은 데이터 인식거리 및 전송속도가 우수하기 때문에 유통 및 물류 분야를 비롯한 산업계의 표준화 요구 및 관심이 매우 높다. 무선 규격에 대한 국제 표준들(ISO/IEC 18000-1, 2, 3, 4, 6, 7)은 2004년 최초 제정된 이래, 태그 메모리 활용 방식, 신규 제어 명령 및 프로토콜 타입 추가, 전지 지원 및 센서 기능 추가 등의 요구사항을 반영하기 위해 지속적인 개정 표준화가 이루어지고 있다 [7].

한편, 인식거리 확대 필요 및 보다 안정적이고 지속적인 RFID 데이터 수집을 위해, 자체 전원을 탑재한 능동형(Active) RFID 태그에 대한 수요가 점차 늘어가고 있는 상황을 반영하고자, ISO/IEC 18000-7에 대한 표준화 개정이 진행되고 있다. 2009년에는 능동형 RFID 기술에 대한 산업계 규격 단체인 Dash 7 Alliance [8]가 결성되어, 자산 및 물류 관리 분야를 중심으로 응용 산업 다각화와 국제 표준화 압력을 행사하고 있다.

이러한 에어 인터페이스 표준 규격은 최근 센서 기능 및 전지 기술과 연계하여, RFID 태그 데이터 뿐만 아니라, 센서가 수집할 수 있는 온도/습도/압력 등의 환경 정보까지도 수집할 수 있도록 표준화 개정이 이루어지고 있으며, 이를 위해 ISO/IEC 21451.7 및 IEEE 1451(스마트 센서 인터페이스) 그룹과의 표준화 협력을 기반으로 하고 있다. 뿐만 아니라 전지의 지원을 통해 장거리 통신에 대한 요구사항을 충족시킬 수 있을 것으로 기대된다.

2. RFID 미들웨어

ISO/IEC 24791(SSI, Software System Infrastructure)은 RFID 미들웨어가 갖추어야 할 공통 소프트웨어 기능에 대해서 규정하고 있다. 해당 표준안은 2006년 우리나라의 기술 제안에 의해 표준화 추진이 진행되고 있으며, (그림 7)과 같은 세부 파트로 구성된다.



(그림 7) ISO/IEC 24791 표준안 구성

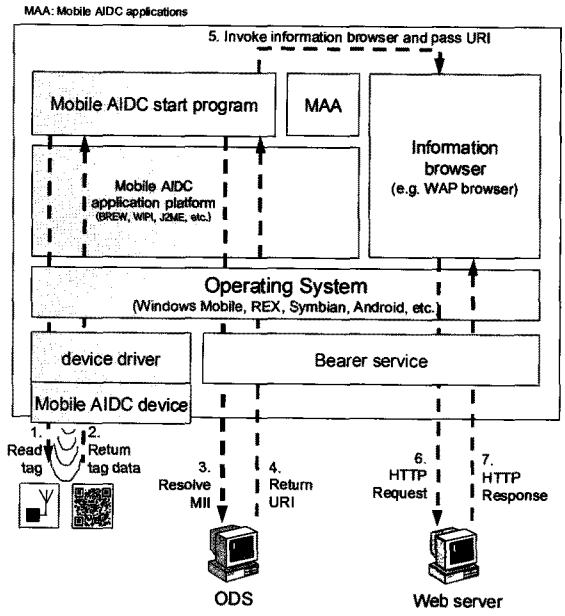
ISO/IEC 24791은 RFID 미들웨어와 RFID 리더 간의 리더 인터페이스 또한 수용하고 있으며, 종래 ISO/IEC 15961에서 정의하고 있는 RFID 리더 인터페이스를 보완할 뿐만 아니라, 산업계 규격 단체인 EPCglobal [9]에서 제정된 다음의 ALE(Application Level Event), DCI(Discovery, Configuration and Initialization), RM(Reader Management), LLRP(Low-Level Reader Protocol) 등의 규격을 수용하고 있는 RFID 소프트웨어 통합 표준 규격이라 할 수 있다.

- ALE : 데이터 이벤트 처리 ; ISO/IEC 24791-2와 연계
- DCI : 장치 발견, 설정 및 초기화 ; ISO/IEC 24791-3과 연계
- RM : 리더 관리 ; ISO/IEC 24791-3과 연계
- LLRP : 저수준 리더 프로토콜 ; ISO/IEC 24791-5와 연계

3. 모바일 RFID

모바일 RFID 기술은 RFID 기술을 모바일 단말과 결합한 응용 기술 영역으로서, 우리나라의 제안에 의해 SC31의

WG 6에서 2008년부터 10건의 표준화가 진행되고 있다. 표준화의 범위는 UHF 대역의 RFID 리더 기능을 모바일 휴대형 통신기기에 내장 연동함으로써, 이동통신 네트워크를 이용하여 사물에 부착된 태그에 관한 정보 및 서비스를 사용자에게 제공하는 일련의 기술 범위를 다루고 있다. (그림 8)은 모바일 RFID 기술 운용에 대한 참조 모델을 보여주고 있다 [10].



(그림 8) 모바일 RFID 기술 운용 예

다음 목록은 WG 6에서 다루고 있는 표준안의 작업 현황을 보여준다. 특히, ISO/IEC 29172에서 29179까지의 9개의 표준안은 국내 전문가가 전담 에디터를 맡고 있으며, 기 제정된 국내 표준 규격을 바탕으로 국제 표준화를 선도하고 있다.

- WI 29143 : 모바일 RFID 리더 무선 규격에 대한 표준안이며, 2011년 1월 31일 표준 제정 완료.
- WI 29172 : 모바일 AIDC 참조 아키텍처에 대한 표준안이며 DTR 통과 후 TR 발간 작업 중.
- WI 29173-1 : 모바일 RFID 리더 장치 프로토콜에 대한 표준안으로서 UHF 대역의 RFID 태그 인식에 호환함. 현재 FCD 투표 진행 중.
- WI 29174 : 모바일 AIDC 식별자에 대한 표준안으로, ITU-T SG16과 공동 협의를 통해 단일 통합 표준안 작업을 수행 중임. 2차 CD 투표 이후 2개의 파트 (Part 1 : 식별체계 요구사항, Part 2 : 식별자 등록 절차)로 분리되었으며, 현재 3차 CD 투표 진행 중.
- WI 29175 : 모바일 AIDC 응용 데이터 부호화에 대한 표준안이며, 금번 회의에서 3차 CD 투표 의견 검토를 마치고 FCD 투표 추진을 의결함.
- WI 29176 : 모바일 RFID 프라이버시 보호 프로토콜에 대한 표준안이며, 금번 회의에서 FCD 투표 의견 검토를 마치고 FDIS 투표 추진을 의결함.
- WI 29177 : 모바일 AIDC 식별자 해석을 위한 디렉토리 서비스에 대한 표준안으로, ITU-T SG16과 공동 협의를 통해 단일 통합 표준안이 도출됨. 현재 FCD 투표 진행 중.
- WI 29178 : 모바일 AIDC 서비스 브로커 프로토콜에 대한 표준안으로, 금번 회의에서 3차 CD 투표 의견 검토를 마치고 FCD 투표 추진을 의결함.
- WI 29179 : 모바일 AIDC 응용 프로그래밍 인터페이스에 대한 표준안이며, 현재 FDID 투표 진행 중.

4. RFID 보안

RFID 무선규격 보안표준화는ETRI에 의해 ISO에 2006년 최초 제안된 후, 2009년 NWIP (신규표준화제안)이 승인되었다. 이후 ISO/IEC JTC1 SC31 WG7에서 표준화가 진행 중이며, 이는 가장 널리 사용되는 900MHz UHF Passive RFID의 무선규격인 ISO/IEC 18000-6C에 대한 보안표준으로 (ISO/IEC 29167-6) 추진되고 있다.

이러한 ISO의 RFID 보안표준화와 관련하여 RFID 관련 민간단체인 GS1 Global의 EPCglobal에서도 동일한 목적의 RFID 보안표준화를 추진하고 있다. EPCglobal은 국제표준인 ISO/IEC 18000-6C의 표준화를 주도했던 단체로서, 해당 표준의 민간 규격인 EPCglobal Class1 Generation2 무선규격에 대한 개정을 동시에 추진하였으며, 여기에는 무선규격에 대한 보안뿐만 아니라, 장래 확장될 것으로 유력해 보이는 사용자 메모리에 대한 효율적 사용과 관리를 위한 파일 관리도 중점 추진하게 된다.

이외에도 중국, 일본, ETSI 등에서도 보안 표준기술에 관심을 갖고 2010년 5월 베이징 회의를 시작으로 기술의 주도권

에 대한 경쟁이 본격화되었으며, ISO/IEC JTC1 SC31 WG7과 EPCglobal UHF AI Group 1&2를 통해 매우 활발한 논의를 진행하고 있다.

EPCglobal은 7월 초안 완료, 9월 이사회 의결, 2012년 2월 검증을 목표로 하고 있으며, 스마트카드 보안업체인 네덜란드의 NXP와 ETRI가 EPCglobal과 ISO에서 표준화를 주도 하고 있으며 양 진영의 기술은 다음과 같은 특징을 갖는다.

• ETRI 제안 기술

복수 태그에 대한 신속한 처리라는 UHF Passive RFID 기술의 목표에 부합하도록 개발한 것이 특징이며, Stream Cipher와 보안 키 관리 및 키 갱신 기능을 갖추고 있다. 즉, ETRI의 RFID 보안 표준 제안은 AES 암호화 엔진을 개량한 AES OFB-like Crypto Suite을 사용하고, Secure Channel을 적용하여 명령어를 제외한 Payload만을 암호화하여 전송하고, Quick Transition을 지원하여 Acknowledged State에서 Secured State로 곧장 천이할 수 있는 등 수동형 RFID 적용 환경에서 보안과 처리속도 향상에 강점을 지니고 있다. 또한 기존 리더를 보안 환경에서 사용할 수 있도록 서버를 통한 태그 인증을 지원함으로써 Air Interface 측면의 Backward Compatibility를 보장할 뿐만 아니라, 장비 운용성과 비용도 함께 고려한 장점이 있다.

• NXP 제안 기술

NXP는 현재 Impinj 주도로 개정중인 Gen2 규격을 고려하여 보안표준안을 추진하고 있다. NXP가 제안한 보안기술의 특징은, Gen2 규격으로 RFID Air Interface와 File Management에 필요한 모든 명령과 응답을 정의하고, 이를 활용하여 보안 기능을 제공할 수 있도록 Crypto Suite Interface 규격을 추가로 제정하는 것이다. 따라서 RFID 보안을 구현하고 사용하기 위해서는 Gen2 규격과 CS Interface를 적용하는 구조이며, Crypto Suite은 위 두 규격과 호환할 수 있다면, 복수로 적용할 수 있는 구조이다.

NXP는 스마트카드 및 전자여권 분야에서 독보적인 지위로서, 전자여권 시장의 80%를 점유하고, 스마트카드 분야의 비접촉결제 기술인 Mifare도 세계1위를 차지하고 있으므로, 스마트카드의 보안기술 방식을 적용하고 있다. NXP의 제안 기술은 기존 Gen2를 기반으로 AES 암호화 엔진을 사용하여, 2 단계 리더 인증과 SecureComm 명령을 사용한 Secure Communication을 수행하는 것을 특징으로 한다. 즉, 2단계 리더 인증은 리더가 태그에게 인증을 요청하고, 다시 태그가 리더에게 인증을 요청하는 구조로 되어 있으며, Secure Communication은 보안을 위해 리더와 태그 사이에 교환하는 명령과 해당 명령의 Payload 전체를 Encapsulation하여 교환하는 특징을 갖는다. 그런데 이는 스마트카드에서 사용하는 방식으로서, 리더와 태그 사이에서 1:1 통신만을 가정하기 때문에, 처리 속도면에서 불리하고, 통상 복수 태그에 대한 신속한 처리를 위해 사용하는 UHF 수동형 태그 사용 환경에서 불리하다.

IV. 무선 센서네트워크 국제표준화

현재 무선 센서네트워크관련 표준기술은 무선 근거리 개인 통신망(WPAN) 전송 규격을 위한 IEEE 802.15.4와 이를 기반으로 상위 계층 규격을 정하여 관련 산업에 적용하려는 ZigBee 규격이 있으며, IP기술을 센서네트워크에 접목하기 위해 IETF의 6LoWPAN WG, RoLL WG, CoRE WG 등에서 표준화가 진행 중 이다.

상기 표준 기술들은IEEE 802.15.4 PHY/MAC표준 규격을 기반으로 하거나 일부를 준용하여 상위 계층에 대한 규격을 구체화하고 있다. IEEE 802.15.4 [11]는 작은 패킷 사이즈를 갖는 온/습도, 미터링 데이터를 수집하기 위한 저전력의 단순 모니터링 서비스를 염두해 두어 표준화가 진행되었으며, ZigBee에서는 이러한 용도의 응용에 부합하여 네트워크 계층 규격과 여러 어플리케이션 프로파일을 정의하여 시장에 관련 제품 등을 선보이기도 했다.

최근 들어, 스마트 그리드 유틸리티 네트워크나 공장 자동화와 같이 취약한 무선 환경을 갖는 현장에 생산 품질 관리를 위한 저가의 무선 기반 네트워크를 구축하고자 하는 요구가 커지고 있다. 현장 전기 설비 통신 규격을 담당하는 HART는 이에 대한 시장의 요구를 반영하여 2007년 WirelessHART 표준 규격을 제정하고 현재 이 규격을 따르는 센서 노드 디바이스가 출시되어 HART 회원사를 중심으로 현장에 적용되고 있다 [12]. 또한, 공장자동화 표준 단체

인 ISA는 2009년 9월 산업 자동화를 위한 무선 시스템 표준인 ISA-100.11a 규격 작업을 완료하였다 [13]. IEEE 802.15에서도 기존 IEEE 802.15.4-2006 표준기술을 개선하기 위해 2007년 TG4e를 2008년에는 TG4g를 승인하여 각각 MAC계층과 PHY계층의 표준 기술 개정 작업을 진행 중이다. [14].

1. IEEE P802.15.4g(SUN) PHY 기술

15.4 PHY기술이 주로 실내 근거리 통신에 적합하여 스마트 그리드 유틸리티 네트워크와 같이 지리적으로 분산된 단말기기들을 이용한 대규모 공정관리 응용에 많은 제약을 갖는다. IEEE 802.15 TG4g(이하 15.4g)는 이러한 유틸리티 업계의 요구를 반영하여 기존 15.4 PHY규격에 대한 개정작업을 진행하고 있다 15.4g 기술은 15.4 PHY에 비해 증대된 전송거리와 다양한 전송률 그리고 다중경로 페이딩에 대한 강건성을 높이고자 FSK, OFDM, Multi-rate DSSS(MDSSS)를 기반으로 하는 PHY 기술로 구성되어 있다. 15.4g의 공통적인 특성은 기본적으로 실외 통신을 전제로 비인가 주파수를 사용하고, 기존의 127바이트 최대 패킷 길이와 달리, 인터넷 프로토콜의 사용을 고려하여 최대 2047바이트 크기의 패킷 길이를 지원한다는 점이다. 따라서 패킷의 길이가 포함되던 PHY 헤더의 길이도 기존의 1바이트뿐만 아니라 2바이트 또는 3바이트를 선택적으로 사용할 수 있도록 했다. 최대 패킷 길이가 증가함에 따라 FCS의 길이도 기존의 2바이트와 함께 선택적으로 4바이트도 사용할 수 있다. 하지만, IEEE 802.11 등 다른 표준 기술과의 영역 구분을 명확히 하기 위해 전송률은 1Mbps를 초과하지 않도록 제한하였다. 15.4가 전력소모에 민감했던 반면 15.4g는 전력소모에 관해서는 명확한 제한을 두지 않았다. 이는 제안된 기술의 대부분이 저전력보다는 성능과 무선 구간의 신뢰성 등을 우선적으로 고려하고 있기 때문이다. 한편, 옥외환경에서 저전력 성능 개선에 초점을 두어 PHY 규격을 개선하고자 TG4k에서 관련 표준화 작업을 진행하고 있다.

FSK기반 기술은 변조기법으로 FSK와 GFSK중 하나를 선택할 수 있도록 하고 있으며, 선택사항으로 Constraint Length 4의 FEC 기술과 주파수 호핑 기법을 채택하고 있다. OFDM 기반 기술은 협대역 모드 등 필요에 따라 패킷단위의 호핑방법도 사용할 수 있는 특징을 갖고 있으며, MDSSS기반 기술은 15.4와의 호환 구현이 가장 용이한 구조로 동일한 chip rate로 다양한 확산률과 전송률간 변환이 가능하도록 하고 있다.

2. IEEE P802.15.4e MAC 기술

IEEE 802.15 TG4e(이하 15.4e)은 IEEE 802.15.4-2006(이하 15.4) MAC 표준 기술과의 호환성을 유지하는 한편 기능상의 한계를 극복하고 산업계의 기술적 요구사항과 보다 넓은 서비스 영역을 확보하여 WPAN 시장의 활성화에 기여하고자 개정 작업을 진행 중이다.

15.4e는 기존 15.4에서와 같이 하나의 MAC 기술 규격에 의해 PAN을 구성하기 보다는 서비스 영역에 따라 복수의 동작 모드를 두어 사용자가 목적에 따라 MAC 모드를 선택해 네트워크를 운용할 수 있도록 하고 있다. 구체적으로 DSME(Deterministic and Synchronous Multi-channel Extension) MAC 모드, TSCH(Time Slotted Channel Hopping) MAC 모드, LL(Low Latency) MAC 모드, RFID BLINK 프레임 지원 모드 등이 있다.

15.4 MAC기술과 비교하여 15.4e의 가장 큰 특징은 시분할 기반 채널 다이버시티 기술의 채택에 있다. 시분할 기반의 채널 접근 방식은 CSMA와 같은 임의 채널 접근 방식의 특성에서 기인하는 패킷 충돌에 의한 재전송을 줄여 유효 통신 전력을 최소화하는 한편, 시의성(時宜性)이 요구되는 경보 및 모니터링 정보 전달을 위해 확정적 지연 시간을 보장함으로써 전송 정보의 품질을 향상 시킬 수 있는 MAC 기술이다. 시분할 기반 채널 다이버시티 기술은 예약된 주파수 채널 시퀀스를 이용해 두 디바이스가 채널을 옮겨 다니며 프레임을 주고받는 채널 호핑 방식과, 채널 상태가 정해진 수신 조건보다 열악해질 때 새로운 채널로 변경하여 프레임을 주고받는 적응 채널 방식으로 나뉜다.

15.4e기반 PAN의 동작은 주기적으로 방송되는 비컨의 유무에 따라 비컨기반 PAN모드(beacon enabled PAN mode)와 비-비컨 PAN모드(non beacon enabled PAN mode)로 나뉜다. DSME는 PAN동작 모드 중 비컨 모드에서 운용되며 멀티슈퍼프레임이라 불리는 프레임 구조를 이용해 채널 호핑 방식과 적응 채널 방식 모두를 지원한다. 멀티 슈퍼 프레임은 노드 디바이스간 peer-to-peer 통신을 가능하게 하여 종전의 15.4 슈퍼 프레임 구조에서 발생하는 토폴로지 제한

및 종단간 데이터 전송경로의 중복 및 신뢰성 문제를 해결하였다.

TSCH는 비-비컨 모드에서 운용되며, 시분할 기반 채널 호핑 방식만을 사용한다. 디바이스는 링크 형성을 위하여 solicitation을 통해 가용 자원을 방송하고 해당 디바이스와의 통신을 원하는 디바이스는 공용 타임슬롯(shared timeslot)을 통해 타임슬롯 자원을 요청하여 요청 슬롯에 대한 수락 여부와 통신 스케줄을 알려주도록 하고 있다. TSCH는 ISA 100.11a의 데이터링크계층의 규격을 기반으로 하고 있어 두 표준 기술간 많은 공통점을 내포하고 있다.

LL는 종단간 지연 시간 최소를 목적으로 하는 공장 자동화 서비스에 특화된 모드로 다른 동작 모드와 비교해 구체화된 요구 사항(반경 10m 동작범위당 20 노드 디바이스)을 갖는다. 또한, 네트워크 구성을 스타 토폴로지로 제한하고 있으며, 채널 다이버시티를 지원하지 않는다.

15.4e와 15.4g 표준 기술은 현재 Sponsor Ballot을 앞두고 있으며, 늦어도 2012년 3월에 RevComm승인을 거쳐 표준규격 개정 작업을 완료할 예정이다.

3. IETF와 ZigBee표준화

전송계층 상위를 정의하는 표준 기술로는 IETF의 6LoWPAN, RoLL과 ZigBee등이 있다. IETF는 15.4전송 규격을 기반으로 하는 네트워크에 IPv6를 적용하기 위한 기술의 표준화 작업을 진행하고 있다. 6LoWPAN WG은 encapsulation과 header compression 방식 등을 정의하고 있는 기본 규격 문서(RFC4944) 작업을 마친 상태이다. RoLL WG에서는 Low power and Lossy Network(LLN)에서의 라우팅 방식에 대한 표준화를 진행 중이다. ZigBee는 15.4 표준 규격을 기반으로 소형의 저전력 WPAN 구성을 위한 상위 통신 프로토콜 규격으로 네트워킹과 응용 서비스 표준으로 ZigBee-2007을 제정하여 임베디드 센싱, 의료 데이터 수집, TV 리모콘과 같은 가전기기, 홈오토메이션 서비스 제품을 선보이고 있다. 최근 IP기반 프로토콜 표준화가 진행중인, ZigBee Smart Energy Profile 2.0 규격에서는 기존 IEEE 803.15.4기술만을 전송규격으로 국한한 제약성을 없애고 15.4e와 15.4g와 같이 새롭게 추가될 표준규격을 포함해 어떠한 MAC/PHY 기반으로 다바이스를 제조할 수 있도록 하고 있다.

V. USN 미들웨어 및 서비스 국제표준화

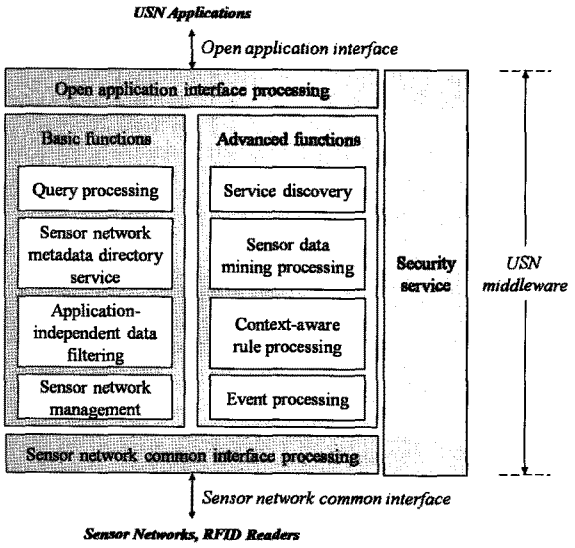
USN 미들웨어 및 서비스 관련 표준 개발은 크게 ITU-T, ISO/IEC JTC1, OGC, IEEE 등의 표준기구에서 이뤄지고 있다. 현재까지 USN 이라는 용어는 ITU-T에서만 공식적으로 사용되고 있으나, 다양한 센서를 활용한 서비스 프레임워크 기술, 인터페이스 기술, 데이터 스키마, 보안 등에 대한 표준 기술은 앞서 언급된 다양한 표준화 기구 등을 통해서 활발하게 진행되고 있다.

1. ITU-T

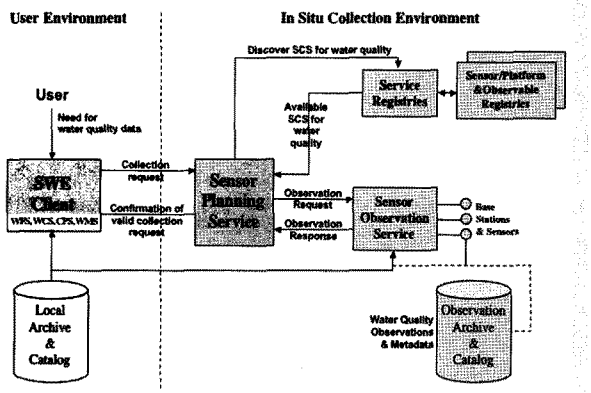
ITU-T는 현재 USN이라는 키워드로 다양한 표준 기술들이 가장 활발하게 개발되고 있는 표준 기구이다. ITU-T에서는 SG11(Signaling requirements, protocols and test specifications), SG13(Future networks including mobile and NGN), SG16(Multimedia coding, systems and applications), SG17(Security)에서 USN 관련한 다양한 표준들이 개발되었고 현재 개발되고 있다. SG11에서는 NID and USN test specifications에 대한 표준 작업이 진행되고, SG13에서는 USN 서비스 제공을 위한 네트워크 요구사항 및 아키텍처 표준이(ITU-T Y.2221) 개발되었다. SG16에서는 USN 미들웨어 요구사항에 대한 표준이 개발되었고(ITU-T F.744, (그림 9) 참조), 기후변화 대응을 위한 USN응용/서비스 적용 가이드라인(ITU-T F.USN-CC), 이종 센서네트워크를 위한 SNMP 기반 관리 프레임워크(ITU-T H.SNMF) 등의 표준들이 개발되고 있다. SG17에서는 USN을 위한 보안 프레임워크(ITU-T X.usnsec-1, ISO/IEC 29180), USN 미들웨어를 위한 보안 가이드라인(ITU-T X.usnsec-2) 및 WSN을 위한 안전한 라우팅 기술 표준(ITU-T X.usnsec-3)이 개발되고 있다.

2. ISO/IEC JTC1

ISO/IEC JTC1에서는 SC29(Coding of audio, picture, multimedia and hypermedia information), WG7(Sensor networks)에서 USN 관련한 서비스 구조, 인터페이스 및 데이터 모델에 대한 표준들이 개발되었고 현재 개발되고 있다. SC29에서는 MPEG-V에 대한 표준(ISO/IEC 23005)이 개



(그림 9) USN 미들웨어 기능 구조(ITU-T F.744)



(그림 10) SWE(Sensor Web Enablement : Overview And High Level Architecture, 2007-12-28)

발되었고, 이를 통해서 가상세계와 실세계와의 인터페이스를 통해서 교차현실 서비스가 가능하도록 노력하고 있다. WG7에서는 기존에 ISO/IEC JTC1 SC6에서 진행하던 USN 서비스 아키텍처(ISO/IEC 29182)가 이관되어 현재 멀티파트(7파트) 표준으로 개발 진행되고 있으며, 협업 센서네트워크 인터페이스(ISO/IEC WD 20005), 스마트그리드 시스템 인터페이스(ISO/IEC WD 30101)등의 표준이 개발되고 있다. ISO/IEC 29182 멀티파트 표준의 경우, 현재 센서네트워크 서비스 프레임워크 전반을 다루고 있는 ISO/IEC CD 29182-1, 용어 및 어휘를 다루고 있는 ISO/IEC CD 29182-2 그리고 인터페이스를 다루고 있는 ISO/IEC CD 29182-7에 대한 CD ballot이 진행되고 있으며, 그 외 파트는 WD 수준이다. ETRI에서는 2011년8월 WG7회의를 통해서 센서 데이타 기술 용어(sensor data description language)에 대한 NP(new proposal)와 센서네트워크와 USN 미들웨어간 인터페이스에 대한 NP에 대한 논의가 진행될 예정이다.

3. OGC

OGC에서는 SWE(Sensor Web Enablement, (그림 10) 참조) 프로젝트를 통해서 다양한 웹 인터페이스(SOS, SPS, WNS, SAS) 표준 및 데이터모델(SML, TML, O&M)에 대한 표준이 개발되었고 개정되고 있다. SOS(Sensor Observation Service)는 센서데이타를 센서데이타 제공자로부터 획득하여, 센서데이타 사용자에게 제공하는 인터페이스를 제공하며, SPS(Sensor Planning Service)는 센서에게 특정한 태스크를 지시할 수 있는 인터페이스를 제공한다. SAS(Sensor Alert Service)는 이벤트성 센서데이타 수집 요청 및 획득을 위한 인터페이스를 제공하며, WNS(Web Notification Service)는 SPS가 태스크 완료후 SOS를 통해서 센서데이타를 사용자가 가져갈 수 있도록 태스크 완료를 노티해주는 인터페이스를 제공한다. 센서에 대한 메타데이타는 SML(Sensor Model Language) 혹은 TML(Transducer Markup Language)으로 기술되며, 센서데이타는 O&M(Observation and Measurement)으로 기술된다. SWE의 기본 데이터 제공 및 사용 모델은 센싱 데이터를 푸시 형태로 제공하면, 이를 데이터 저장소에 저장하고, 센싱 데이터 사용자는 SOS를 이용해서 해당 센싱 데이터를 획득해가는 모델이다. 각국에서 진행되는 다양한 프로젝트들에서 SWE의 표준들을 참조하여 센서네트워크 서비스 플랫폼 등을 구현하고 실제 적용하고 있다.

4. IEEE

IEEE 1451.x는 다양한 센서와 센서처리 모듈(NCAP : Network Capable Application Processor)과의 인터페이스, 데이터 모델, 센서처리모듈과 외부 네트워크와의 인터페이스에 대한 표준이다. 이중 IEEE 1451.0은 센서의 일반적인 기능들, 통신 프로토콜, TEDS(Transducer Electronic Data Sheet) 형식 등을 명세하고 있는데 이중, 외부 네트워크와의

인터페이스는 USN 미들웨어와의 인터페이스로 활용될 수 있는 기술이다. IEEE 1451.0에 명시된 외부 인터페이스는 기본적으로 IEEE 1451.x 표준을 따르는 센서를 대상으로 하고 있으며, 센서의 상세 환경 변수까지 알고 제어할 수 있도록 하고 있다.

VI. 결 론

RFID/USN 융합기술은 IT융합, 개방과 공유, 스마트 등 최근의 정보통신 패러다임의 변화에 부응하여 전통적인 RFID, 저속 WPAN 및 ZigBee 기반 센서네트워크, 데이터 수집 미들웨어 기술 등을 뛰어넘어 새로운 기술적 이슈에 대한 표준화와 함께 개방형 서비스 플랫폼 중심의 스마트 라이프 인프라로 발전해가고 있다. 이는 전통산업과 융합하여 지능적이고 혁신적인 프로세스를 창조하고, 센싱 정보 서비스의 대중화와 지속 가능한 서비스 수익모델을 창출하며, 언제 어디서든지 원하는 센싱 정보를 쉽게 이용할 수 있는 스마트 환경을 만들어갈 것이다. 또한, RFID/USN 기술은 향후 가상 사이버 세계까지 그 영역을 확장하여 물리, 디지털, 가상 세계를 구성하는 사물과 개체의 의미와 상황을 이해하고 지식을 통합하여 새로운 서비스를 창조하는 차세대 USN으로 발전될 것으로 전망된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [10035380, 초절전 센서네트워크 핵심기술개발]

참 고 문 헌

[1] 표철식, 채종석, "차세대 RFID/USN 기술 발전 전망", 한국통신학회지 제24권 제8호, pp.7-13, 2007년 8월.

[2] 표철식, 채종석, "RFID/USN 기술 동향", 전자파기술 vol.19 no.3, pp.27-34, 2008년 5월.

[3] 표철식, "플러그앤 플레이 센서 기반 스마트 세상 실현과 USN 확산 전략", RFID/USN 인천 국제 컨퍼런스, 2010년 7월 7일.

[4] 임명환, 박용재, 표철식, "RFID/USN 활성화를 통한 New IT 혁신 전략", 전자통신동향분석 제24권 제2호, pp.19-31, 2009년 4월.

[5] 표철식, "컨버전스기반 USN 기술동향", 한국건설IT융합학회 창립 포럼, 2011년 4월 21일.

[6] ISO/IEC JTC1/SC31,http://www.iso.org/iso/iso_technical_committee.html?commid=45332

[7] 오세원, 채종석, 표철식, "RFID 기술 표준화 동향," ETRI 전자통신동향분석, 제25권 제 4호, pp.1-11, 2010년 8월.

[8] DASH7, http://www.dash7.org/

[9] GS1 EPCglobal, http://www.gs1.org/epcglobal

[10] ISO/IEC DTR 29172, "Information technology – Mobile item identification and management -- Reference architecture for Mobile AIDC services", Jan. 2011.

[11] IEEE Std 802.15.4-2006, IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information exchange between systems - Local metropolitan area networks - Specific requirements, Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs), 2006.

[12] ISA-100.11a-2009, Wireless systems for industrial automation: Process control and related applications, ISA, 2009.

[13] WirelessHART,http://hartcommorg/hcf/news/pr2010/WirelessHART_approved_by_IEC.html

[14] 정운철, 박태준, 신창섭, "무선 센서네트워크 전송기술 표준화 동향", ETRI 전자통신동향분석, 제25권 제 4호, pp.27-37, 2010년 8월.

약 력

표 철 식

1991년 연세대학교 전자공학 학사
1999년 KAIST 전기및전자공학 석사
1991년 ~ 현재 한국전자통신연구원 RFID/USN연구부장
관심분야 : RFID/USN, IT융합, 무선통신

정 운 철

2002년 펜실베니아 주립대 박사
2005년 오클라호마 주립대 연구조교수
2005년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원
2009년 ~ 현재 과학기술연합대학원 대학교(UST) 겸임부교수
2010년 ~ 현재 IEEE 802.15 TG4e Co-editor
관심분야 : Ad-hoc Networks, 무선 통신

김 말 희

1996년 서강대학교 전산과 학사
1998년 서강대학교 전산과 석사
2009년 충남대학교 컴퓨터공학과 박사
1998년 ~ 2000년 삼성전자 통신연구소
2000년 ~ 현재 한국전자통신연구원
관심분야 : Mobile RFID Middleware, USN Middleware,
USN Service Platform

오 세 원

1999년 POSTECH 학사
2001년 POSTECH 대학원 석사
2001년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원
2008년 ~ 현재 JTC 1/SC 31/WG 6 Secretary
관심분야 : RFID/USN 소프트웨어 기술, RFID 표준화

박 주 상

1998년 서강대학교 경제학사
2001년 서강대학교 컴퓨터석사
2001년 ~ 현재 한국전자통신연구원 선임연구원
관심분야 : RFID 보안, RTLS