

RFID/USN



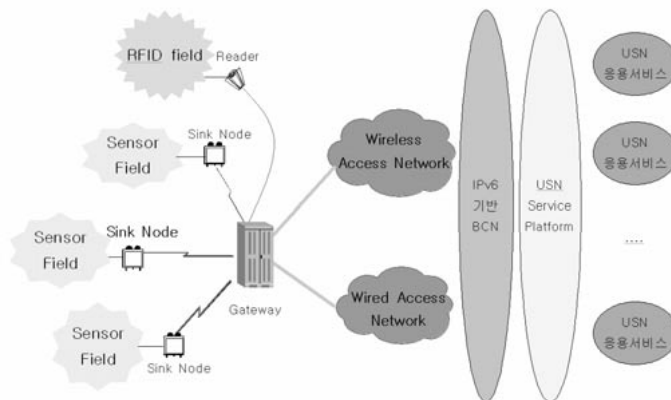
이재용 / 연세대학교 전기전자공학부 교수



I. 서론

'Internet of Things'로 이야기 되는 유비쿼터스 네트워킹은 사물(Things)의 네트워크를 통해 통신하며 지능화, 자율화되어 생산, 유통, 물류 등의 경제 활동 서비스, 의료, 요양 등의 복지 서비스 그리고 환경 서비스 등 새로운 유비쿼터스 서비스를 창출하게 되고 이로 인해 인류의 삶을 더욱 윤택하게 해주는 기술로 각광받고 있다. 이러한 유비쿼터스 서비스는 RFID 기술, USN 기술, 그리고 이를 지원하는 응용 서비스 기술로 구성되는 USN 구조를 가능케 한다. (그림 1 참조)

RFID 기술은 무선 전파 신호를 이용한 무선 인터페이스를 통해 사물의 정보를 원격으로 주고 받을 수 있는 기술로써, 기존 바코드의 단점을 보완하여 사물의 정보화를 촉진함으로써 향후 USN 환경의 핵심 기술로 활용될 것이다. 특히 RFID 기술은 기존의 자동식별 매체에 비해 인식 거리 및 제작가격 등에서 다양한 서비스 창출과 시장 활성화에 유리한 특징을 갖고 있으므로 현재 환경, 물류 및 유통업계를 중심으로 테스트 베드 구축과 실증실험이 활발히 진행되고 있다.



〈그림 1〉 USN 구조

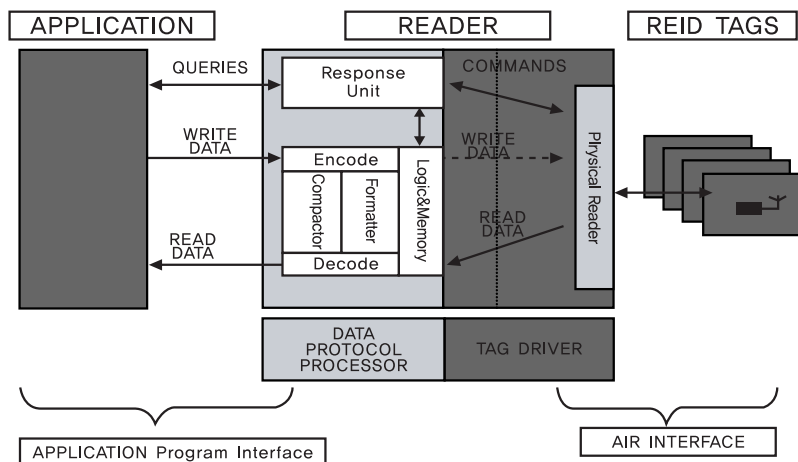
USN(Ubiquitous Sensor Network)은 RFID/Sensor field와 IPv6기반의 BcN(Broadband Convergence Network)의 결합으로 이루어지는 네트워크로서, 센서가 달려 있어 센싱이 가능하고 센싱된 정보를 가공할 수 있는 프로세서가 달려 있으며 이를 전송할 수 있는 무선 송수신기를 갖춘 센서 노드로 구성된다. 기존의 네트워크와 다르게 의사 소통의 수단이 아니라 환경에 대한 정보를 수집하는 것을 그 목적으로 한다. USN은 유비쿼터스 컴퓨팅 시대를 맞이하여 자동으로 다양한 환경정보를 수집하고 수집된 정보를 기반으로 인간에게 보다 편리한 서비스를 제공해주는 과정에 있어서 핵심적인 역할을 수행할 것으로 기대된다.

본 고에서는 RFID/USN 기술 소개와 동향 및 그리고 표준화 동향에 대해 살펴본다.

II. RFID 기술

2-1. Tag와 Reader 기술

RFID 시스템은 [그림 2]와 같이 안테나가 포함된 리더기, 무선자원을 송수신할 수 있는 안테나, 정보를 저장하고 프로토콜로 데이터를 전송하는 태그와 서버 및 네트워크로 구성된다. 이 가운데 태그는 데이터를 저장하는 RFID의 핵심기능을 담당한다. 사용주파수에 따라 태그의 특성이 매우 상이하게 나타나며 주파수별 태그 특성 및 적용분야는 [표 1]과 같다.



〈그림 2〉 RFID 시스템

한편, 태그는 전원공급 방식에 따라 수동형과 능동형 태그로 나눌 수 있는데, 수동형의 경우 배터리가 없으며, 보통 수cm에서 수m 사이의 인식 범위내에 사용가능하며, 가격이 능동형 방식에 비해 상대적으로 저렴하고 반영구적 수명을 갖는다. 능동형의 경우 태그에 배터리가 부착되어 있으며, 보통 수십 미터 이상의 인식거리를 지원하며, 가격이 수동형 방식에 비해 상대적으로 고가이다. 또한 배터리 수명이 제한적이다.

일반적으로 수동형 RFID 태그는 칩과 안테나로 구성된다. 태그의 칩에는 사물의 유일 식별 코드나 정보를 저장하며 리더의 요청에 의해 또는 상황에 따라 스스로 외부에 자신의 정보를 전송한다. 수동형 태그의 데이터 전송 방식은 역산란 변조를 사용한다. 역산란 변조란 리더로부터 송출된 전자파를 태그가 산란시켜 리더에게 되돌려 보낼 때, 그 산란되는 전자파의 크기나 위상을 변화시켜서 태그의 정보를 보내는 방법이다. 현재 900MHz 대역의 RFID 프로토콜에 대한 표준이 통일되지 않아서 여러 가지 프로토콜(EPC global C0, C1, ISO/IEC 18000 등)을 따르는 다양한 종류의 칩들이 사용되고 있으나, 향후 EPC global의 C1 Gen2가 국제 단일 표준이 될 경우 여러 주요 업체들에서 상호 호환성이 검증된 대량의 칩 생산이 이루어질 것으로 기대된다.

〈표 1〉 주파수별 RFID Tag 특성 및 적용분야

주파수	저주파	고주파	극초단파		마이크로파
	125.134KHz	13.56MHz	433.92MHz	860~960MHz	2.45GHz
인식거리	60cm 미만	60cm까지	50~100m	3.5~10m	1m 이내
일반특성	• 비교적 고가 • 환경에 의한 성능 저하 거의 없음	• 저주파보다 저가 • 짧은 인식거리와 대중 태그 인식이 필요한 응용분야에 적합	• 긴 인식거리 • 실시간 추적 및 컨테이너 내부 습도, 충격 등 환경 센싱	• IC 발달로 가장 저가로 생산 가능 • 다중태그 인식 거리와 성능이 가장 뛰어남	• 900대역 태그와 유사한 특성 • 환경에 대한 영향을 가장 많이 받음
동작방식	수동형	수동형	수동형	능동/수동형	능동/수동형
적용분야	• 공정자동화 • 출입통제/보안 • 동물관리	• 수확물 관리 • 대여물품 관리 • 출입통제/보안	• 컨테이너 관리 • 실시간 위치추적	• 공급망 관리 • 지동통행료 징수	• 위조방지
인식속도	저속				고속
환경영향	강인				민감
태그크기	대형				소형

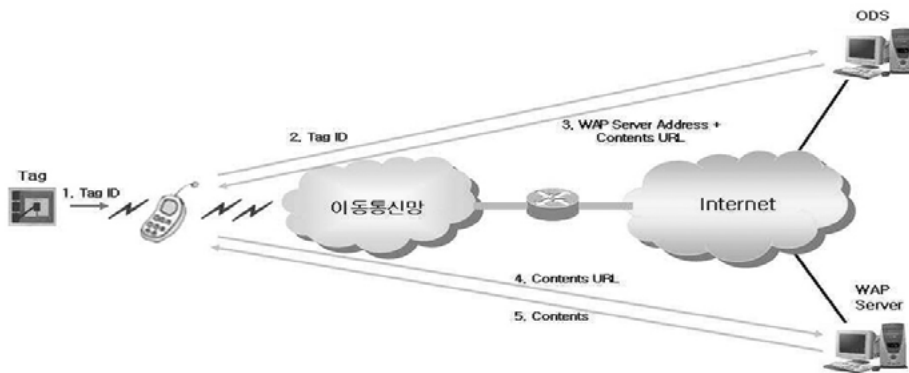
모바일 RFID는 휴대폰에 소형, RFID 리더를 탑재하여 휴대폰으로 RFID 태그를 읽었을 때, 여러 가지 서비스를 이동통신망을 이용하여 제공하는 서비스로 국내에서 처음으로 시도하는 서비스이며 2005년부터 표준화가 진행 중에 있다.

모바일 RFID가 제공할 수 있는 서비스의 범위는 상당히 넓고 다양할 것으로 예상되나, 현재 까지 휴대폰의 성능 및 비즈니스 모델의 제약으로 인해 RFID 태그를 하이퍼텍스트 대용으로 사용하는 개념인 오프라인 하이퍼텍스트(Offline-Hypertext) 서비스 시나리오들이 제시되어 있는

상황이다. 오프라인 하이퍼텍스트로써 모바일 RFID 서비스를 위한 네트워크 구조는 [그림 3]과 같다.

2-2. 표준화 동향

국제적으로는, RFID와 관련된 국제표준은 ISO(국제표준화기구)와 IEC(국제전기기술위원회)가 공동으로 구성한 JTC1에서 진행하고 있다. 세부적으로 4개의 SG(Sub Group)로 나뉘어져 분야별로 표준화가 추진되고 있다. SG로는 데이터 프로토콜 표준화를 담당하고 SG1, RFID 태그의 유일식별을 위한 번호부여 방법에 관한 표준화를 담당하는 SG2, 태그-리더간 주파수 대역별 통신규약 표준화를 담당하는 SG3, 마지막으로 RFID 활용을 위한 요구사항 정의를 담당하는 ARP가 있다. 현재 ISO/IEC에서 다루고 있는 표준화 범위에는 EPC global과 다르게 미들웨어 플랫폼에 대한 논의는 아직 없음을 알 수 있다. 다만 다수의 프로토콜에 기반한 RFID 리더 환경에서 공통의 인터페이스를 통해 연결 및 제어환경을 제공해야 하는 RFID 미들웨어 플랫폼에서 관심있는 부분은 SG1에서 담당하고 있는 영역 특히, Application과 Interrogator간의 데이터 통신방법을 정의하고 있는 ISO/IEC 15961로 EPCglobal의 Reader Protocol과 대응하는 부분이다. 최근 SG1에서는 RFID 리더 환경 설정 및 제어를 기술한 'RFID System Management Protocol'에 대해 신규 표준화 방안이 논의 되고 있다.



〈그림 3〉 모바일 RFID 네트워크 구조

한편, 산업계의 자발적인 RFID 규격 단체로서 EPC global이 사실상의 산업계 표준화를 주도하고 있다. 미국의 MIT를 중심으로 북미지역코드관리기관(UCC), 미국방성(DoD), Gillette, P&G 등 100여개 기관들이 협력하여, 1999년 Auto-ID 센터를 설립하였고 RFID 분야의 기술개발과 표준화를 주도하고 있다. EPC global에서 규격을 제정하고 있는 분야를 살펴보면, UHF 대

역의 air-interface, EPC 태그 데이터 규격, RFID 리더에서 수집된 이벤트의 처리, ONS 및 EPCIS로 불리는 디렉토리 서비스와 정보 저장소, 그리고 보안과 API 등에 대한 규격 작업을 수행하고 있다. 현재 Auto-ID 센터에서 제시한 구성요소와 EPC global에서 진행되고 있는 EPC Network 구성 요소간의 차이가 약간 있으나 계층별 구성 요소들은 거의 대동소이하다.

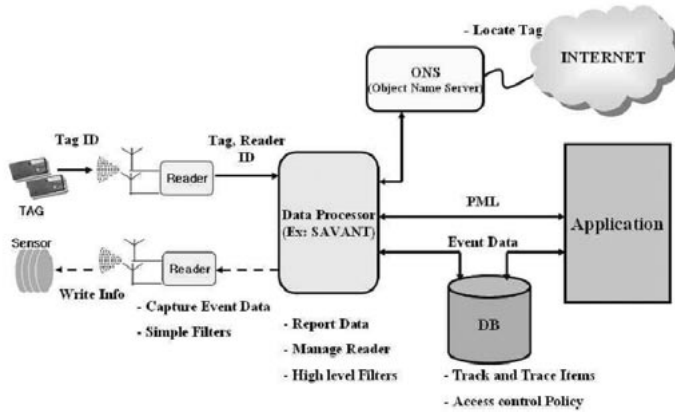
국내적으로는 한국정보통신기술협회, 한국 RFID/USN 협회, RFID 산업화협의회를 중심으로 RFID 관련 표준화 그룹이 구성되어 RFID 기술의 다양한 분야에서 작업을 진행중에 있다. 각각의 표준화 그룹은 RFID 관련 하드웨어 및 소프트웨어, 네트워크와 응용 및 보안 관련 분야 등 세분화된 요소 기술별로 소분과를 설치하여 표준안을 작성하고 있으며, USN 표준화 포럼의 경우 창립 첫해인 2004년 8건의 포럼 규격이 완성되었고, 2005년 2월 창립된 Mobile RFID 포럼에서도 2005년 내에 15건 이상의 포럼 규격을 완성할 계획이다. 각각의 포럼 규격은 한국정보통신기술협회에 상정되어 관련 프로젝트 그룹의 심의를 거쳐 TTA 단체 규격으로 추진될 것으로 전망되며, RFID 산업화협의회 RFID 표준화분과위원회에서도 ISO/IEC 국제 표준을 바탕으로 국가표준안을 마련할 것으로 예상된다.

2-3. RFID Middleware 기술

RFID 미들웨어란 다양한 기기종 RFID 환경에서 발생하는 대량의 태그 데이터를 수집, 필터링하여 의미있는 정보로 요약하여 응용 시스템에 전달하는 시스템 소프트웨어로 정의될 수 있다. 이와 같이 RFID 리더로부터 유입되는 데이터와 기존 소프트웨어 애플리케이션 사이의 가교역할을 담당하고 있는 RFID 미들웨어는 필수 불가결한 요소로 대두되고 있으며, 다음과 같은 기능을 최소한 제공해야 한다.

- 기기종 RFID 리더 시스템 지원 및 관리
- RFID 태그 데이터 처리
- 응용 시스템과의 연동
- 확장성 및 신뢰성 있는 시스템

RFID 미들웨어는 대용량 데이터를 처리해야 함에 있어서, 이를 효과적으로 정제하여 레거시로 정보의 유실없이 신뢰성있게 전달해야 한다. 따라서 대용량 데이터 처리를 위해 서버의 부하에 기반한 로드 밸런싱 및 확장성있는 플랫폼을 제공해야 한다. RFID 미들웨어 시스템은 기본적으로 Auto-ID센터에서 제안한 것으로부터 발전되어 오고 있다. 이것을 기반으로 EPC global에서 RFID 네트워크 아키텍처를 발전 및 개발 해오고 있다. [그림 4]에서 RFID Middleware의 구성요소와 동작을 보여주고 있다.



〈그림 4〉 RFID Middleware

2-4. 표준화 동향

RFID 미들웨어 관련 표준화는 아직 EPC global을 제외하고는 거의 미진한 상태이다. EPC global은 유통/물류 분야를 중심으로 미들웨어 표준화 작업을 활발히 진행하고 있다.

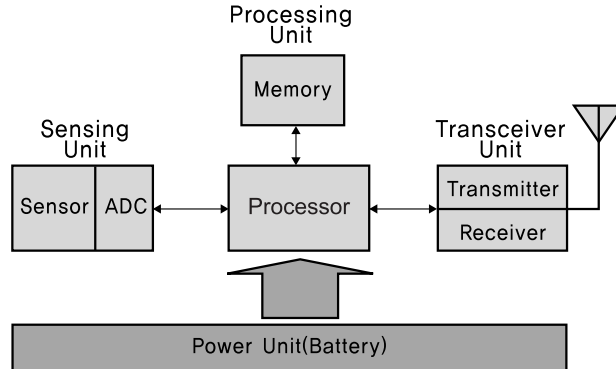
국내의 경우 USN 표준화 포럼이 RFID/USN 관련 국내 표준화 및 해외 표준안에 대한 대응을 위해 2004년 4월에 결성된 산학연관 실무기구이다. 포럼내 기술분과, 응용분과, 네트워크 분과, 정보보호분과와 같이 4개의 분과가 구성되어 있다. 이중 기술분과는 다시 4개의 워킹그룹 - 시스템기술, 미들웨어, 시험인증, USN 미래기술 - 의 나뉘어 진행하고 있으며, 시스템 기술 워킹그룹에서는 태그-리더간 시스템 표준 및 국제표준을 반영한 식별코드체계 표준을 제안하고 미들웨어 워킹그룹은 리더-호스트간 인터페이스 국내표준과 RFID 객체정보 표현 언어 기술표준 등을 추진한다. 그리고 시험인증 워킹그룹은 국내 기술표준 시험표준을 USN 미래기술 워킹그룹은 센서와 태그 통합 등에 대한 국내외 표준제안 작업을 담당한다. 네트워크 분과는 RFID 코드 확장성 및 메시지 최적화를 고려한 ODS(Object Directory Service) 표준, IPv6 기반 USN 표준기술 등을 개발하고 있다. 그 외 응용분과는 한국전산원 USN 센터가 주축이 되어 3개의 워킹그룹 - 물류/유통, 사회/문화, 교통/환경 -으로 나뉘어 응용서비스 발굴 및 이의 표준화 작업을 담당하고, 정보보호 분과는 주로 개인정보보호와 위치정보 프라이버시 침해방지 기술 개발 및 관련 제도 정비 등을 다루며 활동하고 있다.

III. USN 기술

USN 구조는 앞서 <그림1>에서 본 바와 같이 RFID field에서 상황정보를 탐지하여 리더로 보내지거나, sensor field에서 탐지후 처리하고 센서노드간의 자율통신을 수행하여 유무선 접근망과 BcN core망을 통해 유비쿼터스 서비스가 이루어진다. USN 기술은 센서 field를 구성하는 sensor node 기술과, sensor field를 유무선망과 접속하는 접속기술, 보안기술, 그리고 응용을 위한 미들웨어 기술로 크게 나눌 수 있다.

3-1. Sensor node 기술

Sensor node의 구조는 <그림 5>와 같이 센서, OS를 포함한 미들웨어, 프로세서, 통신 모듈로 이루어진다. 이 구조의 공통 요구사항은 저전력, 효율적 에너지 사용이라 볼 수 있다.



<그림 5> 센서 노드의 구조

센서 기술은 압력센서, 가속도 센서, 자기센서, 온도센서, 화학센서, 바이오 센서등으로 MEM기술과 Bio기술을 접목하는 기술의 발전을 요하고 있으며, 각 센서의 저비용, 고효율의 성능향상을 꾀하고 있다. 센서노드와의 인터페이스는 Sensor interface 표준화 그룹인 IEEE 1451이 있으며, 1993년 NIST(National Institute of Standards and Technology)와 IEEE가 공동으로 시작하여 IEEE 1451.2에서 하드웨어적인 데이터 시트와 여기에 액세스 하기 위한 디지털 인터페이스, 센서의 동작 등을 표준화한다.

3-2. 미들웨어 기술(Middleware/OS)

OS를 포함한 미들웨어 기술은 센서 노드의 하드웨어와 운영체제 위에 존재하며, 응용 소프트웨어로는 추상화된 인터페이스를 제공한다. 센서 네트워크의 미들웨어는 상황인식(Context-aware)에 기반한 요구의 처리를 기반으로 하는데, 상황인식은 주변 환경으로부터 다양한 센서를 통해 사용자의 현재 위치, 행동 및 작업, 온도, 시간, 감정 상태 등의 변화를 얻어내는 과정을 지칭하는 것으로서 센서 네트워크 구성의 주요한 요소이다.

센서 네트워크의 재프로그래밍, 응용 변화에 따른 프로그래밍 조정, 센서 데이터에 대한 데이터 베이스(Sensor DB), 데이터 보관 관리, 전력 관리 등 센서 네트워크의 변화를 지원하여 다양한 응용에 적합한 데이터 운용, 관리 기능을 수행한다. 한편, 센서 네트워크 미들웨어 기술은 응용에 따라 센싱된 정보를 체계적으로 파일 또는 DB에 보관하여 이용주체, 인식대상, 주변 환경 등의 조건하에서 객체 및 환경을 인식할 수 있도록 패턴인식, 데이터 마이닝 등도 중요하게 연구되고 있다. 또한, 센서 네트워크는 일반적인 데스크톱이나 모바일, 무선 환경과는 달리 리소스 사용의 제한이 있으므로 제한된 컴퓨팅 능력과 저전력 그리고 저대역폭 뿐만 아니라, 응용의 특성상 노드들이 배치되는 환경으로부터 영향을 많이 받고, 노드 위치의 변화, 센서 네트워크 일부의 유실 등 센서 네트워크의 전체 혹은 일부분의 변화가 기존의 네트워크보다 높다. 따라서 개개의 센서 노드들의 고장 및 유실을 일일이 사람이 직접 처리할 수 없는 상황에서도 센서 네트워크 응용을 충실히 수행할 수 있도록 센서 네트워크 미들웨어가 이를 지원하게 된다.

대표적인 센서 네트워크 미들웨어로서는 Cornell 대학의 Cougar, Delaware 대학의 SINA, Rochester 대학의 MiLAN(Middleware Linking Applications and Networks), Virginia 대학의 DSWare, UCLA의 SensorWare, 프린스턴 대학의 Impala, UCB의 Bombilla와 UCLA의 Middleware Techniques in PADS, Virginia의 SAMANTA, SCADDS 등이 있다

센서 네트워크의 OS에서는 마이크로 컨트롤러, 통신소자와 센서가 결합된 초소형 임베디드 시스템이 요구된다. 따라서 노드에서의 센서 데이터 처리, 센서 네트워크 내에서의 노드 간의 통신을 위해서는 임베디드 시스템용 운영체제가 필수적이다. 센서 노드용 운영체제는 에너지 및 메모리 등의 제한적인 환경에서 수행되어야 하므로 작은 크기여야 하고, 운영체제 자체적으로도 전력소모가 적어야 하며, 센서 노드 간에 저전력 통신, 프로세스와 메모리 관리가 효율적으로 설계되어야 한다. 상하위 레벨에서 발생하는 다수의 이벤트와 프로세싱을 처리할 수 있는 Concurrency 처리 기능이 요구되며 센서 네트워크의 응용 분야가 다양한 만큼 응용마다 다양한 하드웨어 구조를 요구하므로 이에 적합한 형태로 쉽게 적용될 수 있는 유연성 및 모듈성도 요구된다. 기타 센서 네트워크의 구성에 필요한 프로토콜의 동작이 용이하고 프로그램이 쉬운 개발환경도 요구된다.

현재 센서 네트워크용 운영체제는 이러한 점을 반영하여 국외 여러 센서 네트워크 프로젝트에서 개발되고 있다. 대표적인 운영체제로는 버클리 대학의 TinyOS로서 이를 기반으로 데이터

베이스 엔진인 TinyDB, Virtual Machine인 Bombillia, 시뮬레이터인 TOSSIM, TinySec과 같은 시큐리티 모듈들이 개발되고 있다. 일본에서도 T-Engine 표준에서 제안된 센서 네트워크용 표준 마이크로 커널이 개발되고 있으며 동경대학의 유비쿼터스 네트워크 연구소에서도 센서 네트워크용 운영체제를 개발 중에 있다. 국내에서는 현재 버클리 모트와 함께 TinyOS가 널리 사용되고 있으나, 한국정부의 IT 839 전략 중 임베디드 소프트웨어 성장동력에 대한 추진 및 지원에 힘입어 센서 네트워크의 요구사항에 적합한 운영체제(nano qplus)가 개발되고 있다.

3-3. 프로세서

센서 네트워크에서의 프로세서는 저전력을 기반으로, 작은 크기를 가지고 에너지 효율이 높아야 한다. 현재 Atmel, ARM, Motorola 등의 프로세서를 사용하고 있으나, 기존의 프로세서 중에서 센서 네트워크에 적합한 프로세서를 선택한 것으로 네트워크를 위해 설계된 프로세서가 필요할 것이다.

3-4. 통신 모듈

Zigbee, 802.15.4, OFDM, UWB 등을 이용하고 있으며 이를 physical과 link/network 층으로 나눌 수 있다.

무선통신 환경에서 물리 계층은 air interface를 통한 통신으로 주파수 선택, 신호 검출, 변복조, 채널 코딩 등을 수행하는데, 센서네트워크 응용에 적합한 주파수로는 900MHz, 2.4GHz의 ISM대역의 주파수들이 많이 사용되고 있다. 데이터 전송 속도 및 처리율(throughput)을 중요시 하는 기존의 물리 계층을, 설계와는 달리 전력 소모를 최소화하도록 설계하는 것이 관건이며 UWB, OFDM 등의 방식을 이용할 수 있다. 안테나의 경우 센서에서 발생된 정보는 내부의 처리를 거쳐 안테나로 방사되며, 안테나로 유입되는 외부의 센서 제어 및 보정 신호는 다시 내부의 처리를 거쳐 센서로 전달된다. 유비쿼터스 관련 향후 기술의 발달에 따라 얼마든지 칩 위에 집적화하여 패키지 비용을 줄임과 동시에 아주 작은 사이즈로 구현이 가능할 것으로 기대된다. UWB, OFDM 등의 방식을 이용할 수 있다.

Link 계층에서 MAC은 각 단말에서의 에너지 소모를 최소화하면서 통신하여 전체 네트워크의 수명을 최대화 할 수 있어야 하며, 단일 채널을 사용하는 경쟁기반 프로토콜의 경우 시간을 프레임 단위로 나누고, 이 프레임을 활성 구간(active part)과 수면 구간(sleeping part)으로 나누어 사용하는 S-MAC, T-MAC 등이 있으며, <표 4>과 같이 여러 종류의 MAC 프로토콜이 연구되고 있다.

〈표 2〉 MAC protocols

프로토콜	종류	에너지 효율	비고
S-MAC	CSMA	good	duty-cycle
T-MAC	CSMA	good	duty-cycle
D-MAC	TDMA-slotted Aloha	good	작은 delay
ER-MAC		weak	노드의 에너지 고려
BMA-MAC	TDMA		클러스터
ECCA-MAC	TDMA	weak	재난등 위급상황시 유리

Network 계층에서는 무선 센서 네트워크는 다수의 노드로 구성되어지며, 이동성을 고려한 경우 네트워크의 토폴로지의 빈번한 변화로 인해 루트 정보의 갱신을 필요로 한다. 이러한 오버헤드의 발생은 에너지 낭비 요소이다. 무선 센서 네트워크는 전송거리의 제약이 큰 많은 노드들이 원거리 노드들간 통신을 위해서 멀티-홉 통신방식을 기본 전제로 라우팅을 하게 되는데 이 노드들은 제한된 용량의 배터리를 사용하기 때문에 에너지 상태를 고려한 통신이 필요하다. 〈표 5〉와 같이 여러 종류의 센서 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜이 연구되고 있다.

〈표 3〉 Routing protocols

프로토콜	종류	에너지 효율	비고
SPIN	flooding	bad	간단하나 에너지 소모가 많음
Directed-Diffusion	Gradient	bad	Multi - sink, source
Rumor	flooding(partially)	good	작은 토폴로지에 유리
LAR	Geographic	good	위치인식필요
GPSR	Geographic	good	위치인식필요, 단일경로
LEACH	Clustering	good	클러스터

3-5. Sensor field와 유무선망 접속 기술

Sensor field와 유무선 접속 기술은 먼저 sensor field와 직접적인 IP 연동을 위해 기존의 tag, sensor ID 등과의 연동을 위해 mapping이 해결되어야 한다. 또 다른 하나는 IPv6가 직접 sensor node에 올라가거나, Sink node 등에 올라갈 때 저전력 등을 위해 Light weight IPv6가 올라가야 한다. 현재 IETF에 LoWPAN에 IPv6를 올리기 위한 BoF가 신설되어 있다. 또 다른 하나는 Sink node가 수많이 설치되기 때문에 이에 대한 Sink node discovery 문제도 해결되어야 한다. 그리고 다양한 Access망 (WLAN, Cellular, Wibro 등)의 단말기가 Sink 역할을 하여 정보가 전달되게 하는 Wireless Multi-hop Network 연구가 필요하며, 응급상황의 데이터나 신뢰도가 요구되는 데이터의 전송을 BcN 망에서 품질을 보장하는 방안이 요구된다. 이 기술들은 현재 연구의 초기 단계에 있다.

3-6. 응용을 위한 미들웨어 기술

센서 네트워크에서의 미들웨어는 실제 사용자가 얻고자 하는 데이터가 있을 때 애플리케이션 으로부터 정보를 받아 이를 네트워크에 알리고 데이터를 얻어오는 역할을 한다. 즉, 센서 네트워크의 실제적인 응용을 위해서는 미들웨어가 필요하게 된다. 미들웨어는 그 기능에 따라서 static, dynamic, reasoning으로 분류될 수 있다. static 미들웨어는 처음에 설정된 기능으로만 동작하는 미들웨어를 말하며, dynamic 미들웨어는 몇 가지 상황을 반영하여 동작하는 미들웨어를 말한다. reasoning 미들웨어는 현재 환경에 대한 데이터를 바탕으로 상황을 인지하여 동작하는 미들웨어로 가장 이상적인 미들웨어를 말한다. 미들웨어는 여러 종류의 센서 네트워크에서 동작을 하고 다양한 애플리케이션을 지원해야 하기 때문에 각각의 플랫폼에 독립적으로 설계되어야 한다. 그리고 네트워크로부터 얻은 데이터가 에러가 없는지 확인하고, 이를 수정하는 역할도 필요하다. 또한 센서 네트워크로부터 얻어진 데이터로부터 상황을 인지하고 그 상황에 맞는 적절한 서비스를 제공해 주는 기능도 미들웨어의 중요한 기능 중 하나이다.

3-7. 보안기술

RFID의 보안 문제로는 도청, 트래픽 분석, 위조, 서비스 거부 공격 등이 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위한 보안 요구사항으로 태그 정보의 보호, 임의의 태그에 대한 추적방지 등이 제시되고 있다. 가장 최근에 연구되고 있는 프라이버시 보호를 위한 해쉬체인 기법 등의 연구는 이러한 요구사항을 어느 정도 만족하고 있다. 보안을 위한 프로토콜로는 SPINS(Security Protocols for Sensor Networks)가 제시되어 있다. SPINS는 크게 두 가지 기술 SNEP(Sensor Network Encryption Protocol)과 uTESLA(the 'micro' version of the Timed, Efficient, Streaming, Loss-tolerant Authentication Protocol)로 나누어진다. SNEP는 데이터의 비밀성, 양단간의 데이터 인증, 재사용 방지, 무결성 등을 제공하는 역할을 하며, uTESLA는 데이터 브로드캐스트에서의 인증을 담당한다.

3-8. 표준화 동향

WPAN(Wireless Personal Area Network)을 구축하기 위해 결성된 IEEE 802.15 working group은 블루투스를 기반으로 한 IEEE 802.15.1이나 디지털 카메라나 캠코더 등의 휴대용 멀티미디어 장치를 연결하기 위한 IEEE 802.15.3에 비해 상대적으로 성능은 떨어지거나 저가이며 저전력 장치들 간에 WPAN을 구성할 수 있도록 하는 IEEE 802.15.4의 표준화를 수행

하고 있다. IEEE 802.15.4는 기존 무선기술들이 높은 성능과 향상된 QoS(Quality of Service) 지원에 초점을 맞추는 것과는 다르게 낮은 전력소모로 배터리를 사용하는 제품의 수명을 늘리고, 적은 비용으로 구축이 가능하게 할 수 있는 WPAN의 구축을 위한 MAC 및 물리 계층의 프로토콜을 표준화 한다.

IEEE 802.15.4는 2.5GHz나 915MHz의 ISM 대역을 사용하는데 250Kbps 정도 이하로 낮은 전송률을 목표로 하고 있다. 전력 소모를 줄이기 위해 낮은 동작 듀티 사이클을 가지도록 설계되며 MAC 프로토콜은 CSMA/CA를 기반으로 하며, 스타, 클러스터 트리 또는 peer-to-peer 네트워크 토폴로지를 구성할 수 있고, GTS(Guaranteed Time Slots)을 지원한다. 이는 센서 네트워크의 MAC과 물리 계층에 잘 부합하며, 이에 관한 표준화 단체가 ZigBee Alliance이다. ZigBee Alliance는 Motorola, ATMEL, 필립스, 삼성전자 등으로 구성되어 있으며, 무선 센서 네트워크, 맥내 및 빌딩에서의 자동화, PC와 주변기기 간의 통신, 의료용 모니터링 등 산업 표준화를 진행하고 있다.

UWB는 www.EDN.com의 테크니컬 에디터인 Warren Webb의 “집안의 조화: 디지털 홈 네트워크”란 글에서 보면, IEEE에서 새로운 UWB(UltraWideBand) 표준인 802.15.3a에 대해 연구 중인데, 이 표준은 단거리에서 500Mbps가 넘는 데이터율을 제공하는 기술이다. 데이터율은 거리에 따라 줄어들지만 UWB는 10m 거리에서 110Mbps의 속도를 보장하므로, 802.11에 비하면 획기적인 수준의 속도 향상으로 볼 수 있다. UWB 기술은 높은 상승 시간 펄스를 사용해 다른 디바이스에는 무해한 잡음인 것으로 생각되는 낮은 전력에서 여러 기가헤르츠상에 RF 에너지를 발산한다. 또한 802.11 같은 다른 무선 기술과도 쉽게 공존할 수 있다. 현재 이 새로운 UWB 표준에 대한 두 가지 제안이 나와 있는 상태이다. XtremeSpectrum과 Motorola는 단일 대역의 직접 CDMA 기술을 제안하고 있는 반면, Intel과 Texas Instruments는 2~11GHz에서 수십 개의 채널을 사용하는 MBOA(Multiband OFDM Alliance) 접근 방식을 주도하고 있다.

1993년 NIST와 IEEE가 공동으로 시작하여 발표된 IEEE 1451은 센서 네트워크를 위한 새로운 표준화 그룹으로 첫 번째 표준을 1997년 1451.2로 발표하였다. 이는 하드웨어적인 데이터 시트에 액세스하기 위한 디지털 인터페이스와 센서의 동작 등을 표준화하였다.

IV. 맺음말

본 고에서는 RFID/USN의 기술 및 표준화 동향에 대해 살펴 보았다. RFID 기술은 Tag, Reader, Mobile RFID Reader, RFID Middleware 기술 등을 살펴 보았고 여러 종류의 Tag의 가장 근본적인 문제는 다양한 ID를 수용하기 위한 ID체계가 수립되어야 한다는 것과(현재 인터넷진흥원에서는 MDS(Multi-code Directory System)을 제안하고 있다), 인식률과 인식속도를

높이기 위한 방안이 해결되어야 하며 이를 위한 Multi-band/Channel Reader간의 주파수간 간섭문제가 근본적으로 해결되어야 한다. 이미 Tag 기술은 특허, 표준화등이 선점되어 있으므로 우리나라의 입장으로는 Mobile 단말기와 RFID Reader의 기술적인 결합과 이를 이용한 Middleware 개발과 응용서비스의 발굴이 경쟁력 대응을 위한 시급한 문제라고 볼 수 있다.

USN 기술에 대해서는 Sensor Node 기술, 다양한 Access 망과 BcN 망과의 연동기술, 보안 기술, 응용서비스를 위한 Middleware 기술 등을 살펴보았다. Sensor Node 기술은 센서, OS와 Middleware, 저전력 네트워크와 통신기술 등으로 나누어지는데 일반적으로 저전력 효율성을 목표로 설계 구현된다. 이미 많은 연구소와 학교에서 센서노드 구현을 해오고 있지만, Single Chip SoC를 이용한 에너지 효율적인 센서노드의 MEMS를 이용한 센서 기술 OS, 저전력 네트워크 프로토콜 및 통신기술 등은 아직도 해결해야 할 문제들이다. 다양한 Access 망과 BcN과의 연동은 보안기술과 결합이 되어 실질적인 유비쿼터스 서비스를 구현하기 위해서 앞으로 많은 연구가 되어야 할 부분이다. 또 다른 하나의 남아 있는 문제는 유비쿼터스 서비스를 위한 미들웨어로 Software 기술, 데이터 베이스 기술, AI 기술 등 많은 기술들이 융합되어 해결되어야 할 부분으로 초기 연구단계이므로 유비쿼터스 서비스 개발에서 국제적인 경쟁력을 갖기 위해서는 선점이 되어야 할 연구 분야 중의 하나이다.

참고문헌

- [1] ETRI 전자통신분석 제20권 제3호 2005년 6월호
- [2] 표철식, 채종석, “RFID 기술 및 표준화 동향,” TTA Journal 2004년 9월/10월호
- [3] 한국통신학회지 Vol.21, No.6, June 2004
- [4] ISO/IEC JTC1/SC31, <http://usnet03.uc-council.org/sc31>
- [5] 모바일 RFID 포럼 <http://www.mrf.or.kr>
- [6] 정보통신부, <http://www.mic.go.kr>
- [7] 한국정보통신기술협회. <http://www.tta.or.kr>
- [8] USN 표준화 포럼, <http://www.rfid-usn.or.kr>
- [9] 한국전자통신연구원, <http://www.etri.re.kr>
- [10] SK Telecommunications Review, 제15권 2호, 2005년 4월
- [11] L. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “A Survey on

- Sensor Networks,” IEEE Communications Magazine, Vol.40, No.8, August 2002
- [12] W. Ye, J. Heidemann, D. Estrin, “Medium Access Control with Coordinated Adaptive Sleeping for Wireless Sensor Networks,” IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.12, No.3, June 2004
- [13] T. V. Dam and K. Langendoen, “An Adaptive Energy-Efficient MAC protocol for Wireless Sensor Networks,” in Proc. ACM Sensys 2003, November 2003
- [14] R. Kannan, Ram Kalidindi, S.S. Lyengar, “Energy and Rate Based MAC Protocol for Wireless Sensor Networks,” SIGMOD Record, Vol.32, No.4, December 2003
- [15] W. Heinzelmann, A. P. Chandrakasan, H. Balakrishnan, “An Application Specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks,” IEEE Transaction Wireless Communications, Vol.1, No.4, October 2002
- [16] Chalermek Intanagonwiwat, John Heidemann, et al., “Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking,” IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol.11, No.1, February 2003
- [17] D. Braginsky, D. Estrin, “Rumor Routing Algorithm for Sensor Networks,” in Proc. ACM WSNA 2002, Sep. 2002, pp. 22-29.
- [18] B. Karp and H. T. Kung, “GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks,” Proc. of the international conf. on Mobile computing and networking, Aug., 2000, pp.243-254.
- [19] 황호영, 정윤원, 김민정, 정창영, 권재균, 성단근, “무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율적인 MAC 프로토콜에 대한 동향 및 분석,” SK Telecommunications Review, 제14 권 6호, 2004년 12월, pp.918-933
- [20] Seungwoon Yang, “MAC & Routing Protocol for Sensor Network,” M.Sc. Thesis 2004
- [21] 양승운, 김동민, 이재용, 김범준, 유준재, 김재호, “센서 네트워크의 MAC과 라우팅 오버헤드와 해결 방안,” 제14회 통신정보 합동 학술대회(JCCI2004), 2004년 4월 28일~30일
- [22] Jae-Hyun Kim, Ho-Nyeon Kim, Seog-Gyu Kim, Seung-Jun Choi, and Jai-Yong Lee, “Advanced MAC Protocol with Energy-Efficiency for Wireless

Sensor Networks,” ICOIN 2005, LNCS 3391, pp.283~292, January/February 2005

[23] Jaiyong Lee, “Cross Layer MAC/Routing Protocol for Wireless Sensor Networks,” 2005 International RFID/Sensor Network Workshop, 잠실 롯데, 2005. 6. 10

[24] 김재현, 김석규, 이재용, “무선 센서 네트워크에서의 에너지 효율성을 고려한 MAC/라우팅 프로토콜에 대한 동향,” 2005년 대한전자공학회 학회지 7월호

[25] Hee Yong Youn, “Middleware for Ubiquitous Computing,” SWCC 2005, 2005. 7. 8 **TTA**