

u 센서 네트워킹 기술과 애플리케이션

이근호 · 조영빈* ·

이환섭**

순천향대학교, *경희대학교,

**㈜엘릭스

I. 서 론

최근 영국의 이코노미스트에 의한 2004년 세계전망에서 인용한 ‘뉴 사이언티스트’ 편집장 Alun Anderson의 글 ‘세계의 모든 센서들이여, 하나로 통합돼라!’는 u 센서 네트워킹의 개요를 다음과 같이 잘 설명하고 있다^[1].

거의 40년 동안 우리는 정보화의 진전이라는 단순 신조에만 집착해 왔다. 정보화 시대에서의 진보란 점점 더 싼 가격으로 점점 더 강력한 계산 기능을 할 수 있게 된 것을 의미했다. 1965년에 고든 무어는 하나의 실리콘 칩에 집적할 수 있는 부품의 수가 매년 또는 2년마다 두 배로 증가한다는 유명한 이론을 만들어냈다. 실제로 오늘날 일반인들은 1970년대라면 국가 수준에서나 기대할 수 있었던 계산 능력의 노트북을 구입할 수 있게 되었다.

무어의 법칙은 여전히 큰 발전 가능성을 갖고 있다. 하지만 칩 속에 더 큰 계산 능력을 집적한다는 의미로서의 진보는 2004년이 되면 매우 협소한 의미로 전락할 것이다. 다른 형태의 정보혁명, 즉 수십억 개의 작은 지능형 통신 센서들을 제작할 수 있는 능력이 가져다 주는 혁명이 도래하고 있기 때문이다. 이 센서들은 스스로 네트워킹을 조직할 수 있는 능력을 가지고 수많은 지능형 센서들을 결합해 작은 두뇌를 구성하게 된다. 지능형 센서 혁명은 관점의 전환에서 시작된다. 같은 공간에 더 많은 컴퓨팅 능력을 주입하기보다, 같은 컴퓨터 능력을 더 작은 공간에 집어넣는다고 생각한 것이다.

지능형 먼지라 불리는 초소형 통신 가능한 센서들이 방대한 네트워크를 형성함으로써 지구를 뒤덮는 디지털 신경망이 생기고, 또한 이를 통해 웹이나 거대한 검색 엔진에 접속이 가능하게 된다.

센서 혁명은 곧 시장에서 보게 될 매우 실용적인 응용을 실현하고 있다. 무선식별 태그(Radio-frequency ID tag)는 가장 지능이 떨어지는 센서로서 정해진 주파수의 무선 신호를 접하면 특정한 신호를 되돌려주는 기능만을 담당한다. 하지만 그들은 크기가 작기 때문에 바코드처럼 제품 포장 속에 넣을 수 있다. 슈퍼마켓 계산대 앞에서 장시간 줄서서 기다리는 일은 앞으로 사라질 것이다. 단지 물건을 쇼핑용 손수레에 담고 출구를 향해 걸어가기만 하면, 판독기가 사람들이 끌고 가는 손수레 속에 담긴 모든 물건에 메시지를 전송하고, 제품에 부착된 무선식별 태그에서 반송된 신호를 읽어 계산서를 작성한다. 태그들은 이미 제품의 이동을 추적하는 데 사용되고 있다. 수십억 개의 태그를 제작하는 데 드는 비용이 조금만 더 낮아진다면, 모든 제품에 태그를 붙일 수 있을 정도로 비용을 낮추는 것이 가능하다. 그러면 슈퍼마켓 체인점은 몇몇 보안 요원 외에는 사람이 필요 없는 자동화된 상점의 유혹을 받게 될 것이다.

미군이 보이는 관심도 엄청나다. 2001년에 그들은 모트라고 불리는 소형 센서(성냥갑 크기 정도)를 실험했는데, 무인 정찰기가 모트들을 도로상에 뿌리면, 모트들은 서로 통신 네트워크를 형성한 다음, 자기 센서를 활성화시켜 차량의 통과를 감시한다. 모트 네트워크는 수집된 정보를 서로 비교하여, 지나

간 차량의 이동 속도와 방향을 계산하고 그 정보를 한 시간 후에 다시 그 곳을 비행하는 무인 정찰기로 전송한다. 실험 결과는 완벽한 성공이었다.

센서들의 지능이 높아짐에 따라 이들이 할 수 있는 일의 종류는 기하급수적으로 증가하고 있다. 이미 지능을 가진 온도 센서를 부착한 최초의 건물이 나타났으며, 여기서는 냉방과 난방 시스템이 최적의 작동상태를 유지하도록 센서들이 서로 정보를 교환한다. 화장품 회사들은 지능형 센서를 이용해 창고의 습도를 측정한다. 거대한 산업용 기계에 부착된 지능형 센서들은 진동을 감지해 결함 상태를 찾아냄으로써 기계가 붕괴되는 것을 방지할 수 있다. 온도와 습도를 측정하도록 센서들을 논이나 밭에 뿌려둠으로써 농부들은 연제가 작물을 심을 수 있는 최적의 시기인지 알 수 있다. 가스나 전기 계량기에 부착하게 되면, 차를 타고 주변을 지나가면서 검침이 가능하기 때문에 검침원이 필요 없게 된다.

지능형 센서들이 작동하고 통신하는 방법에 대한 표준 프로토콜이 작성되고 있다. 이는 표준 프로토콜을 통해 네트워크에 새로 추가되는 센서가 시스템에 자동적으로 자신의 임무를 알리고 일을 시작할 수 있게 된다는 의미다. 모든 종류의 센서를 가지고 시스템을 확장할 수 있는 능력이 부여된다면, 센서들이 형성하는 웹은 인간의 신경 체제와 더욱 유사해진다. 지구에 디지털 피부를 입히는 것이 아직은 꿈이지만, 2004년에는 그 꿈이 점점 더 현실에 가까워질 것이다.

u 센서 네트워크는 기존 정보화의 대상을 모든 사물에 까지 확장하는 개념으로 궁극적으로는 IT 활용의 지능화에 의한 유비쿼터스 컴퓨팅을 실질적으로 구현 가능하게 한다. 이와 같이 새로운 정보통신 혁명을 가져올 u 센서 네트워크는 현재의 기술발전 로드맵상 초기에는 단순한 ID 정보를 수동형 방식에 의하여 전달하는 RFID 네트워크로 출발하여 점차 주변상황을 감지하고 양 방향 통신을 가능케 하는

지능형 센서 네트워크로 발전해 갈 것이며 그에 따른 다양한 애플리케이션이 가능하게 될 것이다.

II. RFID 네트워킹 기술 및 애플리케이션

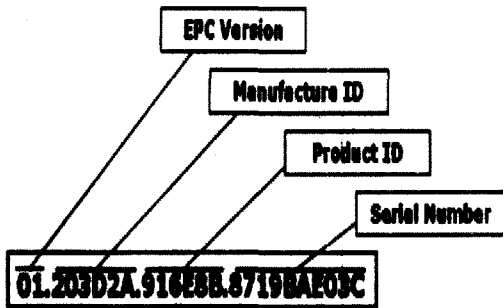
2-1 RFID 네트워크 요소기술²⁾

MIT 대학의 AUTO-ID Lab은 99년에 설립된 연구 센터로서 제품에 바코드 대신 RFID Tag를 부착하여 사물을 인지하는 방법과 그와 관련된 시스템 인프라에 대한 연구와 개발을 진행하고 있다. RFID 네트워크 요소기술은 사물의 고유한 식별자를 제공하는 EPC(Electronic Product Code)와 RFID Reader와 연결되어 RFID Tag를 읽고 데이터를 처리하는 미들웨어인 Savant, 제품의 정보를 제공하는 PML Server의 위치를 알려주는 ONS(Object Name Service), 제품의 정보를 요청하고 제공하는 PML(Physical Markup Language)과 PML Server 등으로 구성되어 있다. 각각의 요소기술의 역할은 다음과 같다.

2-1-1 EPC

EPC는 Electronic Product Code로 RFID Tag 내에 저장되어 있는 각각의 사물을 구별할 수 있는 일련의 코드정보이다. 현재 존재하는 모든 사물이나 그 외의 다른 여러 가지에 각각의 고유한 일련번호를 부여할 수 있을 만큼 데이터 용량의 범위가 크다. 현존하는 인터넷상의 IP와 유사하고 UPC/EAN과도 비슷하다[그림 1].

EPC의 분류는 Class 0에서 5까지이며 현재 Class 1까지 지원되고 있다. Class 0는 64비트로 읽기 전용의 기능을 지원하며 Class 1에서 96비트로 읽기 전용 및 읽기/쓰기 전용을 지원한다. Class 2에서는 128비트와 256비트를 지원할 예정이며 읽기/쓰기 전용이다. Class 3에서는 센서 기능이 추가되며, Class 4는 태그간 통신을 지원한다. 마지막으로 Class 5에서는 리더 기능을 포함하는 태그 사용을 지원한다.



[그림 1] EPC code 예시

2-1-2 Savant

Savant의 RFID 네트워크 인프라에서 미들웨어 역할을 하는 부분으로 RFID Reader에서 계속적으로 발생한 EPC 이벤트를 처리 및 관리하기 위한 소프트웨어로서 주된 기능으로는 데이터를 캡처하고, 캡처한 데이터를 모니터링하며, 데이터 전송을 담당하는 일종의 Router 동작을 한다. 기존의 기업용 애플리케이션과는 다르며, 데이터의 흐름을 관리하기 위해 계층적으로 조직화되고 분산된 아키텍처를 가지고 있다. 또한 각 레벨의 Savant에서 수집된 정보는 Savant간의 상호작용으로 공유된다[그림 2].

2-1-3 ONS

ONS는 Object Name Service로 EPC Data를 EPC Domain name으로 변경하는 역할을 한다. 변경된

EPC Domain name으로 PML Server의 IP 주소를 돌려 준다. ONS는 현재 인터넷에서 사용되는 DNS Server와 동일한 구조를 가지면 DNS Framework 기반 위에서 동작한다[그림 3].

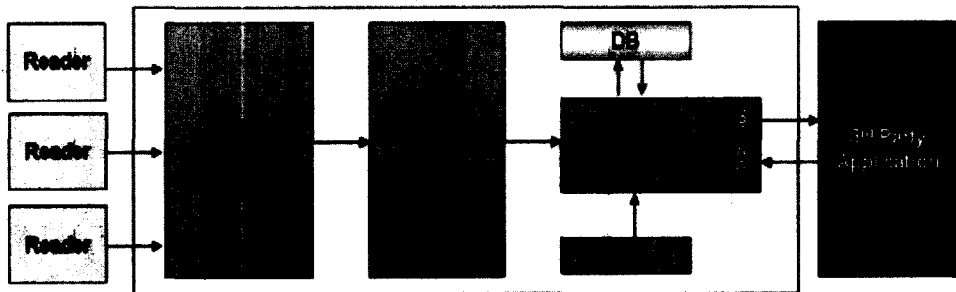
2-1-4 PML

PML은 Physical Markup Language로 XML(eXtensible Markup Language)를 기반으로 하는 언어로서 Product에 대한 정보와 Product에 관련된 기타 정보 등을 포함한다. 또한 PML은 Savant와 PML Server간의 Data Communication의 방법으로 사용된다. PML은 Worldwide 사용자를 위한 오픈 포맷으로 다른 정보 시스템과의 상호 연동을 지원한다[그림 4].

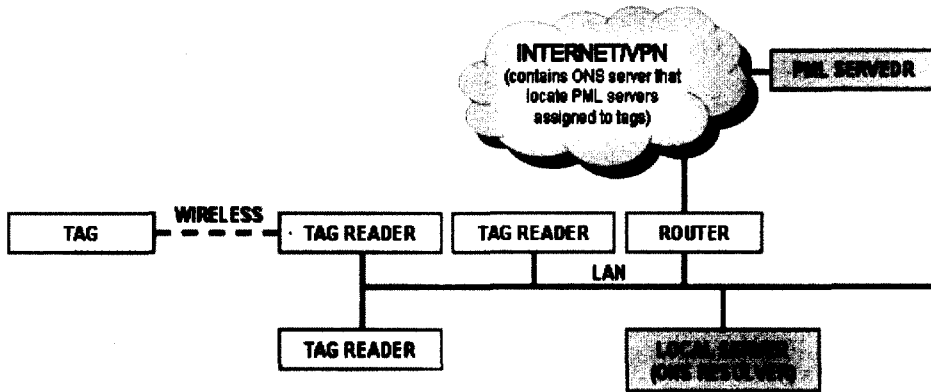
2-2 EPC 기반 RFID 네트워크 시스템

RFID Tag에 EPC 정보를 기반으로 RFID 네트워크 시스템은 모든 사물들을 인터넷을 통하여 컴퓨터와 연결하여 원하는 사물의 내용물 구성, 크기, 규격, 가격 등 물리적인 정보와, 위치 정보, 상태 정보 등을 쉽게 파악하여 활용할 수 있는 Open Global Standard 시스템이다[그림 5].

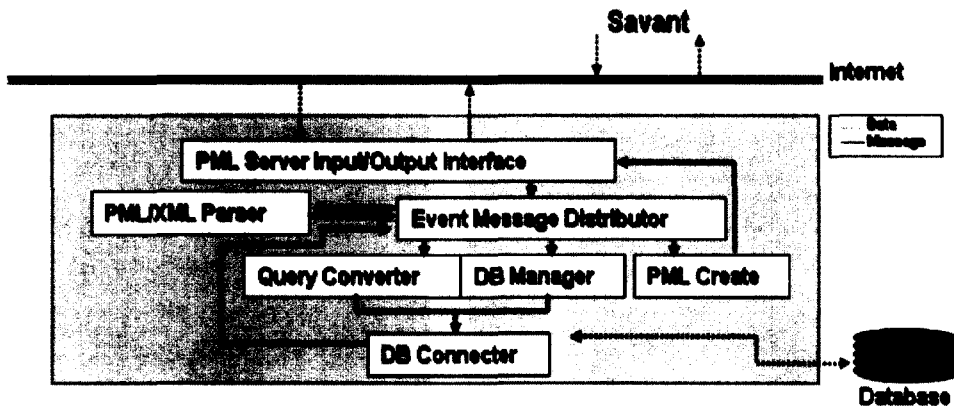
EPC Network의 흐름은 RFID Tag에 저장된 EPC 정보를 RFID Reader로 읽어서 Savant가 EPC에 해당하는 관련 정보를 제공하는 PML Server의 위치를 알려주는 ONS Server에 요청하여 PML Server의 IP 주



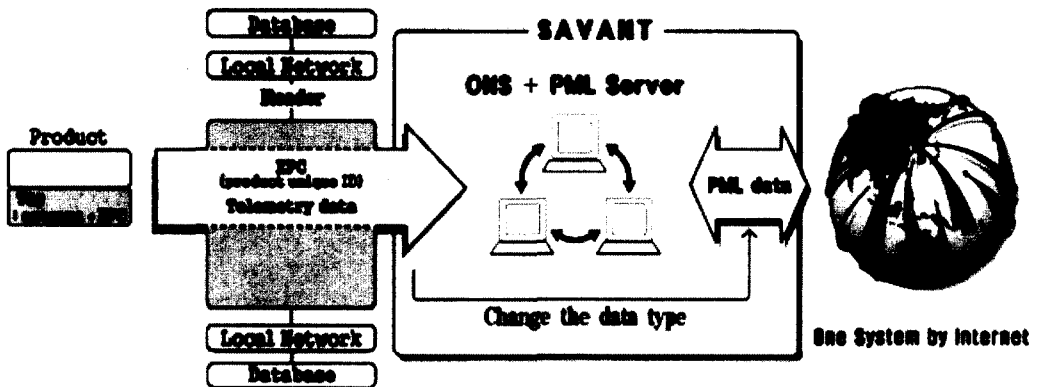
[그림 2] Savant 구성도



[그림 3] ONS 구성도



[그림 4] PML server 구성도



[그림 5] EPC network system

소를 제공받아 PML Server에 특정 정보를 쿼리하게 된다. PML Server에서 정보가 추출하여 Savant로 다시 공급하는 네트워크 시스템 구조를 가지고 있다. [그림 6]은 EPC 네트워킹의 한 예이다.

2-3 EPC 기반 RFID 네트워크 애플리케이션

EPC Network는 다양한 분야에 적용이 가능하다. 대표적인 분야로는 자산관리 및 재고관리, 유통과 물류 분야, 그 외에도 산업분야별로 적용할 수 있는 SCM(Supply Chain Management) 등이 주요 분야다. 북미는 세계 제1의 유통업체인 월마트가 자사 시스템에 RFID에 적용하여 EPC Network를 구성하고 있다. 2005년부터 월마트에 제품을 공급하는 주요 100대 기업은 박스나 팔레트에 RFID Tag를 부착하도록 요청했다. 이를 위해 월마트가 RFID System 비용으로 30억 달러를 투자하겠다고 발표했다. 또한 미국 방성은 군수 물자 관리를 위해 RFID 시스템을 도입하고 있어 전세계의 주목을 받고 있다. 특히나 이러한 주요 업체나 기관에서 RFID와 EPC Network에 대

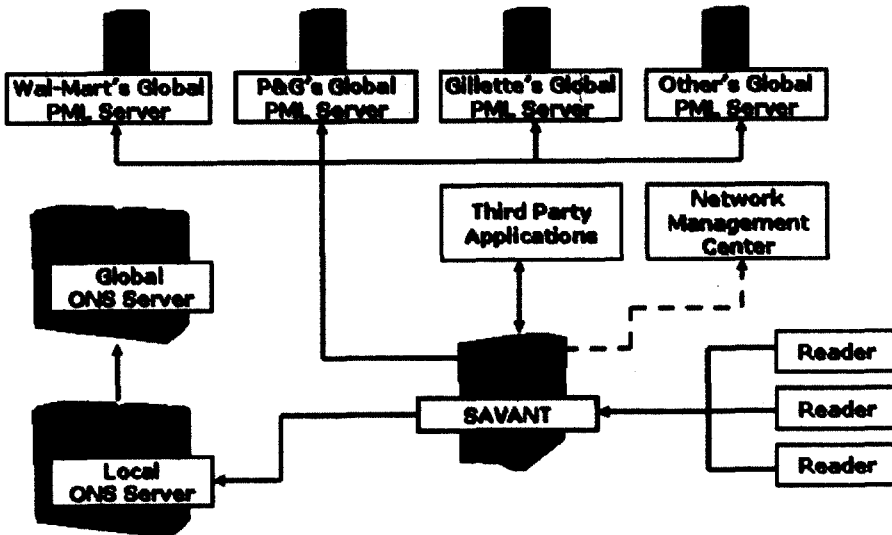
한 구체적인 적용을 위한 비즈니스를 제공하기 위해 기존의 MIT Auto-ID Center는 연구개발을 담당하고 비즈니스는 EPCGlobal에서 담당하도록 분리하였다. 이 외에도 EPC Network를 적용할 수 있는 분야들을 정리하면 다음과 같다.

2-3-1 제약(Pharmaceutical)

시각장애인을 위하여 약품용기에 처방정보를 넣은 RFID 태그를 부착하고, 사용자는 판독기를 통해 정보를 음성으로 변환하여 들려준다. 여기에는 처방 정보 외에도 투약방법, 경고 등이 포함된다. 이외에도 제약회사는 약품의 유통관리에 적용할 수 있다.

2-3-2 건강관리(Health Care)

위변조 방지와 시설 이용을 위한 식별 수단을 제공하는 팔찌형태로 환자에게 제공되는데, 많은 알츠하이머 환자 수용시설에 적용되고 있다. 그 밖에도 병원은 약물투여, 검사물, 수혈용 혈액 등의 추적에 RFID를 바코드 대신 적용할 수 있다.



[그림 6] EPC network 예시

2-3-3 놀이 공원과 이벤트 사업(Amusement Park and Event Management)

방문자들에게 RFID 칩이 내장된 팔찌나 ID 태그를 부착하게 하여, 위치를 추적하는데 이는 미아방지나 그룹간의 위치확인 서비스를 제공할 수 있고, 또는 지불수단으로도 사용한다.

2-3-4 제조업(Manufacturing)

부품에 스마트 레이블을 부착하여, 전 공정에 걸친 추적을 자동화할 수 있고, 또 조립공정에 필요한 부품의 조달을 자동화하도록 관리 시스템에 통합할 수 있다.

2-3-5 도서관과 비디오 대여점(Library and Video Store)

책과 비디오 테이프에 저가의 유연한 스마트 레이블을 삽입하여 서적의 check-in과 check-out을 신속하게 처리하고 있으며 서가 정리, 도난 방지 등의 기능을 제공하고 있다.

2-3-6 물류관리(Logistics)

많은 경우 반환용 컨테이너는 복잡한 물류과정에서 분실되기 때문에, 팔레트, 화물, 반환용 컨테이너 등에 RFID를 부착하는 것은 획기적으로 비용을 절감시킨다. 또한 용기에 부착된 스마트 레이블이나 고정 태그를 통해서 정확한 배송정보가 제공되므로 용기의 효율적인 이용과 회수가 가능하다.

2-3-7 전자지불(Cashless Payment)

ExxonMobil은 Speedpass 프로그램을 통해서 수많은 운전자의 시간을 절약해 주고 있다. 운전자의 열쇠고리에 수동형 태그를 달거나, 자동차의 유리창에 능동형 태그를 부착한다. 이 태그는 식별코드가 내장되어 있다. 따라서 주유를 위해 판매기가 있는 곳으로 들어가면, 주유기를 가동시키고, 사전에 등록

해 놓은 운전자의 신용카드를 통해 자동으로 지불된다. McDonald사도 Drive-Thru 판매를 위해 비슷한 서비스를 제공한다.

2-3-8 소매업(Retail)

패션업계에서는 스마트 태그와 Handheld 컴퓨터를 사용하여 재고를 관리한다. 라벨을 이용하여 제품의 위치를 찾고 떨어진 장소에서 태그에 담긴 정보를 읽음으로써, 판매원은 신속하게 고객이 원하는 모양, 크기 그리고 색상을 찾아줄 수 있으므로 서비스를 개선할 수 있다. 더 진보된 "Smart Shelf" 기술은 제품의 잔량을 주기적으로 점검하여 자동으로 채워 넣을 수도 있고, 같은 기술이 도난방지를 목적으로 사용된다.

2-3-9 보안(Security)

배지 형태의 RFID 태그가 개인 ID 태그로 쓰이는데, 이를 부착한 직원들은 자유롭게 해당구역을 드나들 수 있다. 또한 건물보안을 위해 변조방지가 된 신분확인 장치 또는 출입통제 수단으로 쓰일 수 있다. Smart label은 사람 외에도, 컴퓨터, 가구, 서류철, 그리고 추적대상이나 도난방지 대상이 되는 어떤 형태의 자산에도 적용될 수 있다.

2-3-10 선적 및 수령(Shipping and Receiving)

Pallet이나 Carton에 Smart label이 부착되어 있을 경우, 이들은 부두에서 하역되거나 생산공정에 투입되는 과정으로 자동으로 연계된다. 또 RFID를 통해, 컨테이너와 그 안에 들어있는 전체 개별화물의 정보를 빠르게 읽을 수 있고, 포장업무에 있어, 재빨리 주문대로 개별화물을 모을 수 있다.

2-3-11 창고업(Warehousing)

작업자들은 RFID Scanner로 선반이나 박스를 읽어서 개별화물을 조사할 수 있고, 만약 화물이 잘못

위치해 있을 경우 경고도 보내준다. RFID를 이용할 경우 자동 보고서 작성이 가능하고 이는 사람의 수고와 오류를 줄이고 노동력을 절감함으로써, 비용을 감소시킨다.

2-3-12 수송 관리(Transportation Management)

최고 시속 50 mph까지 차량에 부착된 Transponder (RFID Tag)를 읽을 수 있으므로 운전자들은 톨게이트에서 차량을 멈추지 않고 지나갈 수 있으며, 지나는 동안 톨게이트에 설치된 안테나를 통해 차량을 식별하고, 사후에 요금을 부과하고 징수하게 된다.

2-3-13 접객업(Hospitality)

호텔, 식당, 위락시설 방문자에게 RFID 태그를 부여하면, 현금을 대신하는 지불수단으로 사용하거나, 방 열쇠, 그리고 헬스클럽이나 기타 시설에 대한 출입통제 수단으로 사용할 수 있다.

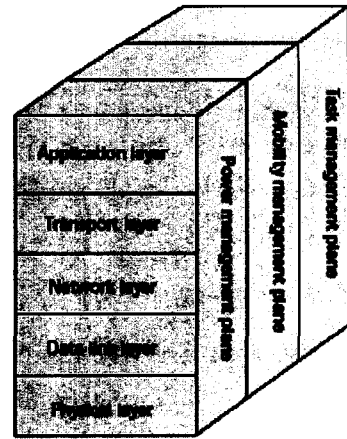
III 무선센서 네트워킹 기술 및 애플리케이션

3-1 무선센서 네트워크 요소기술^{하~7)}

3-1-1 프로토콜 아키텍처

최근의 무선통신과 마이크로 전자공학 기술의 발전은 저 가격, 극소형의 센서들간의 네트워킹을 가능케 하고 있다. 무선센서 네트워크 프로토콜 아키텍처는 [그림 7]과 같은 power management plane, mobility management plane, task management plane으로 이루어지며, 각 plane은 physical layer, data link layer, network layer, transport layer, application layer 5 개의 계층으로 구성된다[그림 7].

Physical layer는 변조, 송신과 수신에 대한 기술적 내용을 포함한다. 이 계층은 주파수 선정, 반송파 신호의 발생, 신호 검출, 변조 및 데이터 암호화 등이 주요 이슈가 된다. 멀티호핑 센서 네트워크에서 통



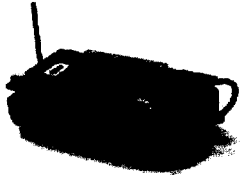
[그림 7] 무선센서 네트워크의 프로토콜 아키텍처

신용 노드는 무선 매체로 연결되어야 하고 이러한 연결은 무선 주파수, 적외선, 혹은 광을 이용하게 된다. 무선센서 네트워크 관련 핵심 기술 중 가장 중요한 요소는 저 전력 소비 기술로 이는 오래 지속되는 소형의 전력원 개발뿐만 아니라 HW/SW의 혁신적 시스템 구조에 대한 연구가 필요하다. 저 전력 HW 기술은 에너지 효율적인 물리계층의 개발이 필요한데, 현재까지는 915 MHz 및 2.4 GHz(미국의 ISM 대역) 저 전력 CMOS 직접변환 라디오(Zigbee) 개발이 주류를 이루고 있으며 UWB(Ultra Wideband) 무선 라디오 기술을 이용한 소프트웨어 라디오 기술도 주요 대안으로 연구되고 있다.

관심을 끌만한 무선센서 네트워크로 Smart Dust (모트) 연구가 있는데, 이는 자율 센싱, 연산, 광신호를 통하여 전송하는 통신 시스템으로써, 미세 나노 구조를 이용하여 매우 소형화 시킨 센서 노드이다. 이외에 고정된 형태의 센서 네트워크인 Mote 프로젝트로는 UC Berkeley의 MICA2, MICA2Dot, PicoNode 프로젝트가 있으며, UCLA의 iBadge, 워싱턴대학의 SpotON, 동경대의 U3 프로젝트가 수행되었다. 한편 이동형 센서 네트워크에 관련한 연구로 모트센서에

이동성을 부여하여 라우팅을 동적으로 수행하는

Robomotes 연구가 다양하게 진행되고 있다[그림 8].



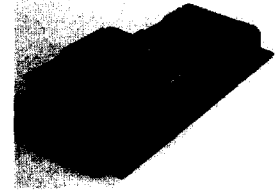
(a) MICA2(UC Berkeley)



(b) MICA2Dot(UC Berkeley)



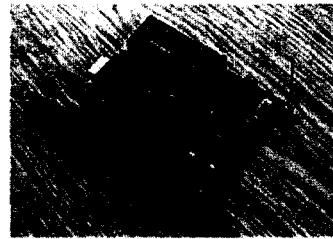
(c) PicoNode(UC Berkeley)



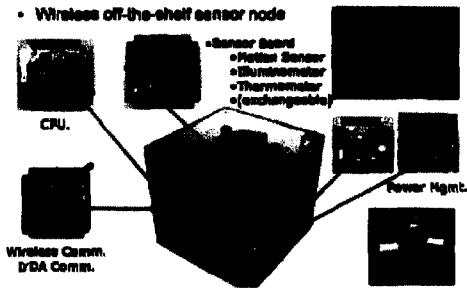
(d) μ AMPS(MIT)



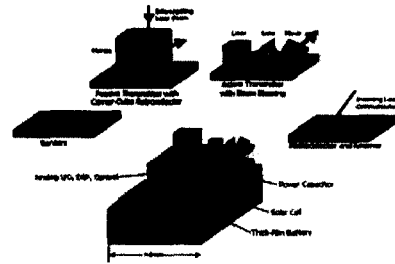
(e) iBadge(UCLA)



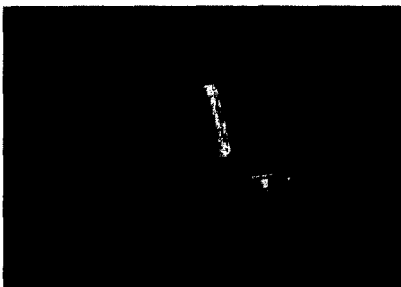
(f) SpotON(U. of Washington)



(g) U3(Tokyo U)



(h) Smart Dust(UC Berkeley)



(i) ROBOMOTE(U. of S. California)



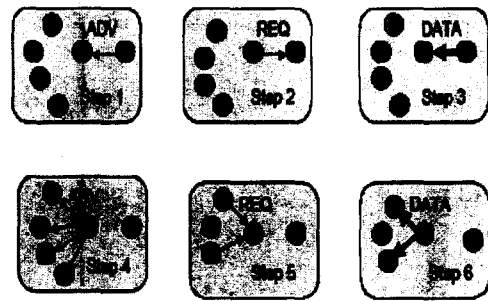
(j) COTS BOTS(UC Berkeley)

[그림 8] 여러 가지 무선센서 네트워크 프로젝트

잡음이 많은 환경과 이동하는 센서 노드일 경우에, medium access control(MAC) 프로토콜은 사용전력에 민감하고 이웃하는 전파와의 간섭 혹은 충돌을 최소화하여야 한다. 이를 위하여 Data link Layer인 MAC 프로토콜은 최소화된 전력으로 분산화 알고리즘과 스케줄링 기법을 사용하고 네트워크의 트래픽 상태에 따라서 유동적으로 망을 운용하여 최적의 QoS를 보장하게 된다.

Network layer는 Transport layer에 의해 제공되는 데이터 패킷을 최소 경로 및 최적 경로로 라우팅 하되, 서로에게는 visibility가 제공되지 않는다. 이러한 이동형 라우팅 프로토콜은 모든 노드가 동일한 라우팅 정보를 유지하여야 하는 Flat 방식, 라우팅 정보의 업데이트를 주기적으로 노드들에 유포하는 proactive 방식, 통신이 이뤄질 때에만 라우팅 정보를 업데이트하는 reactive, 라우팅 결정에 있어서 위치정보를 이용하는 geographic 방식으로 나누는데, 전력 관리와 실시간 배포를 위한 라우팅 프로토콜로 최근에 연구되는 것으로 LEACH(low-energy adaptive clustering hierarchy) 프로토콜과 SPIN(serial protocol for information via negotiation) 프로토콜, RAP(real time protocol) 프로토콜을 들 수 있다. LEACH 프로토콜은 계층 구조로써, 최소의 에너지 소모를 위한 클러스터를 형성하고 주기적인 선택 단계를 가지며 TDMA 스케줄링을 채택하고 있다. SPIN 프로토콜은 멀티캐스트-애니캐스트 프로토콜로써, 모든 데이터 패킷을 보내는 대신에 센서 데이터의 첫 부분을 보냄으로써 에너지 소모와 시간 지연 문제를 해결하고 있으며 ADV-REQ-DATA 시퀀스 구조로 sink 노드에서 관심을 보이면 전체 데이터를 보내게 된다. RAP 프로토콜은 각 데이터 패킷은 라우팅에 걸리는 속도를 요구할 수 있으며, 그 속도는 목적지로부터의 거리를 파악하는 알고리즘에 의해 동적으로 적응된다 [그림 9].

일반적으로 데이터의 교환은 매우 제한적으로 이



[그림 9] SPIN 프로토콜 알고리즘

루어지는데, Transport layer는 센서 네트워크의 application layer의 요구에 따라 데이터의 흐름을 유지하는 작업을 수행한다. 원도 메커니즘과 손실 부분의 재전송을 보장하는 스트림 프로토콜은 WSN의 특성에 완전히 맞지는 않으며, 현재 UDP 형태의 프로토콜이 연구되고 있다. 앞으로 비디오 센서와 같이 데이터 전송율이 높아지거나 경로에 따른 데이터 선정이 필요한 경우를 대비하여 TCP 형태의 프로토콜이 많은 관심을 받고 있다.

센싱 임무에 따라서 다양한 애플리케이션 소프트웨어가 구축되고 Application layer에서 사용되는데, 이 계층은 운영체제와 애플리케이션에 통신 서비스 등을 제공한다. 부가적으로 ad hoc 네트워크의 특징은 각 센서 노드의 전력, 이동성, 각각의 작업 분배를 관리하는 plane이 존재하는데 이는 낮은 전력 소모로 센싱 작업을 조정하는데 도움을 준다.

Power management plane은 센서 노드에서의 전력을 어떻게 사용할지를 관리하는데, 이웃하는 다른 노드에서 데이터 메시지를 수신한 후에는 자신의 전원을 끄도록 하는 방식이다. 이는 중복된 메시지 수신을 피하기 위함이며 센서의 수신 전력 레벨이 낮을 때는 이웃하는 노드에 그 정보를 보내어 라우팅에 참여하지 않을 수 있고 남은 전력으로 센싱하기 위하여 비축해둔다.

Mobility management plane은 센서 노드의 움직임

을 감지하고 등록하여 사용자가 꾸준히 사용할 수 있도록 라우팅하는 것을 말한다. 센서 노드는 이웃하는 센서 노드가 어떤 노드인지를 추적함으로써 그 전력과 작업에서의 조화를 유지한다.

Task management plane은 특정 지역에 주어진 센싱 작업에 균형과 스케줄링을 부여한다. 그 지역에서 모든 센서 노드가 동시에 센싱 작업을 수행하도록 요구되지 않기 때문에 어떤 센서는 전력 레벨에 따라 더 많은 작업을 수행하기도 할 것이다. 이러한 부분에 대한 관리가 필요하며 이는 전력의 효율적 사용과 이동형 센서 네트워크의 데이터 라우터, 센서 노드 간의 리소스 공유의 기준으로 관리하게 된다.

3-1-2 Ad hoc 네트워크

Ad hoc 네트워크는 중앙 집중식 기지국이나 AP의 도움없이 이동단말간의 통신을 수행한다. 이동단말은 라우팅, 데이터의 송수신 등 모든 통신절차를 수행하기 위하여 자신이 라우터의 역할, 서버의 역할 등 다중적인 역할을 담당해야 한다. 이동단말간의 통신 링크는 다양한 경로로 이루어질 수 있는데, 이동단말의 이동성을 지원하기 위하여 이동에 따른 경로의 계산과 수정에 많은 시간과 자원을 낭비할 수밖에 없다. 이러한 시간과 자원의 낭비로 인하여 비효율적이고 비현실적인 시스템이 되는 문제점을 해결하기 위해서는 효율적인 통신 링크 설정을 위한 최적의 라우팅 기법이 요구된다.

Ad hoc 네트워크는 그 물리적인 특성상 몇 가지 기존의 네트워크와는 다른 특징이 있는데 첫째로 망이 기존의 기간망과는 독립적으로 운영되고 동작한다는 점, 그리고 노드간의 연결성에 대한 예측이 불가능하고 위상이 자주 변화하는 점이다. 좀 더 넓은 지역에서의 ad hoc 네트워크는 노드간의 직접적인 연결거리의 한계로 인하여 노드와 노드를 잇는 다중홉 경로(multihop path)를 동적으로 구성해야 근원지

와 목적지간의 통신을 할 수 있다. 따라서 신뢰할 수 있는 안정적인 망의 형성이라든지 고정적인 관계나 위치를 설정하는 것이 불가능하다.

두 번째로 ad hoc 네트워크는 미리 설정되어 있거나 중앙화 된 망관리(network management)가 없이 독립적으로 동작해야 된다. 반면 기간망에서는 주소할당(address allocation)이나 이름할당(name assignment)과 같은 것들이 중앙화 된 통제에 의해 글로벌하게 관리되고 있다. 그 외에도 파일 시스템 관리, 메일 및 웹 서비스 등이 모두 중앙의 관리에 의해 서비스되고 있으며 대부분의 어플리케이션들이 이러한 망 특성에 기초한 서버 클라이언트 모델에 기초하기 때문에 망을 구성하는 조직에 의해 설정되고 초기화되어야만 제대로 동작할 수 있다. ad hoc 네트워크에서는 이러한 중앙화 된 통제나 서버기반 어플리케이션이 전혀 불가능한 것은 아니나 그 근본적인 특성상 이러한 모델이 적용되기 힘들다. 왜냐하면 망에 참여한 노드들의 수나 망 형태를 사전에 미리 알 수 없고 어떠한 정보도 미리 설정(preconfigured)될 수 없기 때문이다. 이러한 설정은 망이 구성된 뒤에 할 수 있고 또한 설정된 정보 역시 자주 갱신되어야 한다.

그 외의 특성들로서는 노드간에 높은 협력관계를 유지하여야 한다는 점(모든 작업들이나 서비스가 노드간에 골고루 분산되어 있기 때문)과 노드들의 배터리 파워가 중요하기 때문에 파워를 절약할 수 있는 방안이 중요하다는 점이 있다. 끝으로 보안 문제를 들 수 있다. 고정된 망에서의 보안은 보안 키와 인증(certificates)과 권한(authorization) 정보를 검증되고 신뢰할 수 있는 저장소에 보관할 수 있다는 가정에서 출발하거나 적어도 어떤 조직의 관리영역(administrative domain)하에서 조정되고 관리되어야 한다. 그러나 ad hoc 네트워크에서는 키의 배분을 지원하거나 사용자와 노드의 인증을 위한 글로벌한 identity를 저장할 고정적인 데이터 베이스가 없다.

또한 내부와 외부를 구분하기 위한 어떤 관리영역이 없기 때문에 방화벽에 기초한 보안 정책 역시 적용될 수 없다.

3-2 무선센서 네트워크 애플리케이션⁶⁾

무선 센서 네트워크의 응용분야는 무궁무진한데, 그 주요 분야는 다음과 같다.

3-2-1 산업용 제어 및 관리 시스템

규모가 큰 산업용 설비는 물리적으로 큰 공간에 의해 둘러싸인 비교적 작은 제어 공간을 가진다. 제어 공간은 사람이 있어야 하며 공장의 상태를 나타내는 화면이 있어야 한다. 또한 화면에 나타난 상태에 영향을 주는 제어하는 입력 장치가 있어야 한다. 공장의 물리적 상태를 관찰하는 센서와 제어 입력 장비, 관리자가 있는 시스템은 튼튼한 배선을 가진 유선 시스템과 비교해볼 때 비교적 저렴하게 된다. 저렴한 무선 장비를 이러한 통신에 사용한다면 중요한 단가 절약을 얻을 수 있다. 통신이 되는 정보는 상태를 나타내는 정보이므로 천천히 변하게 된다. 따라서 일반적인 동작에서는 필요로 하는 데이터 전송률은 비교적 느리다. 그러나 요구되는 네트워크의 현실성은 매우 높다. 무선센서 네트워크의 많은 노드는 다양한 메시지 경로를 제공하면서 이러한 조건을 만족시킬 수 있다.

산업용 무선 제어 시스템의 한 예로 상용 조명장치를 들 수 있다. 큰 빌딩에서 조명장치를 설치하는 것에 많은 비용을 들이는 것은 조명 장치의 제어와 관계가 있다. 빛의 밝기에 따라 조명이 자동 제어가 된다. 무선 시스템은 많은 양의 조명을 제어할 수 있도록 설계된 수동 제어기를 가지고 있게 된다.

또 다른 예로 산업 안전을 위해 무선센서 네트워크가 사용될 수 있다. 무선센서 네트워크는 유독성 분이나 기타 위험한 물질로부터 보호해 줄 수 있다. 화학적, 생물학적 위험 요소로부터 심각한 손상을

받기 전에 초기에 감지할 수 있도록 해준다. 무선센서 네트워크는 분포된 루트 알고리즘을 가지고 있고, 스스로 치료 기능을 가지고 있기 때문에, 산업용 공장의 경우 폭발이나 여타 손상으로부터 피할 수 있다.

장비가 회전하거나 이동하는 것을 관리하고 제어하는 것은 무선 센서 네트워크의 또 다른 분야이다. 이와 같은 경우, 유선 센서는 비실용적이다. 장비가 움직일 때 온도, 진동, 유체 흐름 등을 측정하게 되면, 선로가 끊길 수가 있기 때문이다.

무선 센서 네트워크의 또 다른 응용분야는 빌딩의 가열, 환기, 냉방 장치(HVAC: Heating, Ventilating, and Air Conditioning)에 사용되는 것이다. 이 HVAC 시스템은 전형적으로 몇 개의 자동 온도 및 습도 조절 장치에 의해 제어된다. 그러나 가격때문에 이러한 제어기의 개수가 제한될 수 있다. 빌딩뿐만 아니라 실내 공간 모두 제어기를 유선으로 연결할 수 있으나, 모두 같은 이유로 제어기의 수가 제한될 수 있다. 그러나 빌딩 내에서는 사람들에 의해 열이 발생할 수가 있게 된다. 주간에는 매주, 매월, 매년 사람들 간에 의한 진동이 발생한다. 이러한 진동은 빌딩 내의 사람들의 분포와 관계가 있다. 예를 들어 조직이 재구성되고 리모델링 되면, 예전의 빈 공간이 열을 발생시킬 수 있는 실험실이나 제조 설비 등에 의해 사용될 수 있다. 창문이나 커튼, 발 등의 실내 내장이 추가되거나 변경 또는 제거되면 빌딩의 이러한 변화는 반드시 고려되어야만 한다. 이러한 가능한 모든 진동 때문에 빌딩 내에서 일하는 사람은 개선이 필요하다는 것을 증명할 수 있다. 이렇게 빌딩 내에서 불만족스러운 HVAC 기능의 원인은 시스템 제어가 편안한 환경을 유지하고자 하는 빌딩의 환경에 대해 충분한 정보가 부족하기 때문이다. 값 비싼 유선 센서를 필요로 하지 않기 때문에 무선센서 네트워크는 큰 빌딩 환경에서 HVAC 제어 시스템에 유용하게 사용될 것이다.

3-2-2 홈 자동화 및 보안

무선 온도 제어기와 환풍 시설을 갖춘 홈 HVAC 시스템은 하나의 유선 온도 제어기를 갖춘 시스템에 비하여 실내를 편안하게 유지할 수 있다. 무선센서 네트워크는 보편적인 리모컨에도 응용될 수 있다. PDA와 같은 장비는 TV, DVD 플레이어, 스테레오 시스템이나 여타 가전제품뿐만 아니라 전등, 커튼, 잠금장치와 같이 무선센서 네트워크가 장착된 시스템을 컨트롤할 수 있다. TV가 켜져 있을 때 자동적으로 커튼이 쳐진다거나, 전화나 벨이 울릴 때, TV의 소리가 작아지는 것과 같은 다중 서비스의 결합이 가장 흥미로운 분야가 될 것이다. 무선센서 네트워크에 연결된 개인용 컴퓨터에 사람의 체중이 수동 조작 없이 자동적으로 기록될 수도 있다. 무엇보다도 무선센서 네트워크는 가정에서 컴퓨터 주변기기(무선 마우스, 무선 키보드 등)를 위해 사용될 것으로 기대된다.

가정에서의 또 다른 응용은 가족들끼리 서로 솔직하게 상호작용할 수 있도록 하는 센서 기반의 정보 기구이다. 이 네트워크는 Norman에 의해 제안된 것으로 정보 기구가 확장된 것이다. 장난감은 무선 네트워크의 또 다른 큰 분야이다. 무선 센서 네트워크에 의해 확장될 수 있는 장난감 목록은 상상할 수 없을 정도이며, 전통적인 무선 자동차에서부터 무선 조이스틱과 무선 컨트롤러까지 넓은 범위를 가지고 있다. 특히 흥미로운 분야는 PC로 확장된 장난감이며, 이는 가까이 있는 컴퓨터의 전력으로 장난감 자체의 동작을 풍성하게 한다. 또 하나의 가정용 응용 분야는 무선 잠금 장치이다. 무선센서 네트워크로 자동차의 문이나 창문의 잠금을 무선으로 컨트롤할 수 있으며, 시동도 걸 수 있다. 밤이 되면 문 앞의 위험지역에 안전등을 켜지게 할 수도 있으며, 취침 시간에는 자동으로 HVAC 시스템이 종료되게 할 수도 있다.

3-2-3 군사용 센서

무선센서 네트워크가 초기에 제안된 용도는 군사용이었다. 무선 센서 네트워크의 큰 장점 중의 하나는 위험한 방어 지역 인근에 군사에 해를 입히지 않을 수 있는 감시용 센서로 설치하는 것이었다. 또한 이러한 방어 지역에 무선 센서 네트워크는 공격 예상 지역의 위치를 알아내는 역할도 하였다.

무선센서 네트워크는 소형으로 적에게 들키지 않으며, 바위나 나무 등과 구별되지 않도록 위장되어 사용된다. 이러한 네트워크는 전투시에 파괴되지 않도록 분포된 제어기를 가지고 있으며 라우팅 알고리즘을 가지고 있다. 또 광학적, 초음파, 화학적, 생물학적 센서는 사람들을 추적하는데 효율적으로 사용될 수 있다.

3-2-4 자산 추적 기능

자산 추적 및 공급망 관리 분야에 무선 센서 네트워크의 아주 많은 활용이 기대된다. 자산 추적은 많은 형태가 있다. 항구에 있는 컨테이너 박스 추적이란 예이다. 이 기능은 항구에 있는 수만개의 컨테이너 박스를 각기 다른 목적지로 각각 보내도록 하는 것이다. 컨테이너 박스는 항구나 배 위에 쌓여 있다. 중요한 것은 얼마나 효율적으로 컨테이너 박스들을 가장 빠른 시간에 착오없이 항구와 배위로 옮기느냐이다. 위치 기록에 착오가 발생할 경우 분실한 컨테이너 박스는 이 기능에 의해 찾을 수 있게 된다. 각 컨테이너 박스에 센서를 부착함으로써 무선 센서 네트워크는 이러한 상황에 적합하게 사용될 수 있을 것이다. 따라서 컨테이너 박스의 위치를 항상 알 수 있게 될 것이다. 유사한 상황에 또 적용이 가능하다. 승용차나 트럭이 제조된 후 소매상에 배달되기 전 도매상에 쌓여 있을 때, 무선 센서 네트워크를 통해 각각의 차에 대한 정보와 위치를 알 수 있게 된다.

3-2-5 지능형 농업 및 환경 감시

농업 분야에서의 무선센서 네트워크 용도에 대한 사례는 강우량 계량이다. 거대한 농장은 수백 헥타르까지 이를 수 있으며, 그렇게 되면 오직 때때로 오는 강우량만 얻을 수 있으며 농장의 일부에서만 얻을 수 있을 것이다. 관개는 비용이 많이 들기 때문에 강우량을 확인하는 것이 중요하다. 무선센서 네트워크가 이런 경우에 이상적이다.

네트워크는 다양한 화학적, 생물학적 센서를 가질 수 있기 때문에 무선센서 네트워크는 토양의 수분 측정에도 사용 가능하다. 네트워크에 의해 제공된 데이터는 토양의 수분과 온도, 살충제의 필요 여부 등에 대해서 그래프와 도표 형태로 농부에게 전달된다. 이러한 응용은 미묘한 환경 변화가 농작물에 큰 영향을 미치는 포도밭 등에 특히 중요하다. 많은 무선 센서 네트워크의 위치 특성은 또한 농기구 자동화 제어 시스템에 사용될 수 있다. 무선 센서 네트워크는 대목장에서 많이 사용될 수 있다. 대 목장은 무선 센서 네트워크를 가축의 위치 정보를 알기 위해 사용하게 된다. 각각의 가축에 센서를 부착함으로써 위치를 아는 것뿐만 아니라 각 가축에 대한 건강 상태와 병충해 예방을 위해 필요한 것이 무엇인지도 결정할 수 있게 된다. 무선 센서 네트워크는 또한 저 전력 환경 오염물 감지기로 사용할 수 있다. 특별한 오염물에 반응하는 집적화 된 센서는 민감하게 동작할 수 있다.

3-2-6 건강 관리

급속히 성장해 갈 것으로 예상되는 무선센서 네트워크 응용분야는 건강 관리 분야이다. 두 가지 종류의 건강 관리가 무선 센서 네트워크로 가능하다. 첫 번째는, 운동 기능 관리이다. 예를 들어 사람의 맥박과 호흡을 몸에 부착된 센서로 관찰하는 것이다. 이는 운동 후에 컴퓨터에 정보가 보내지게 된다. 두 번째는, 가정용 건강 관리이다. 예를 들어 개인 체중 관리가 그것이다. 환자의 체중은 무선으로 컴

퓨터에 보내져서 저장될 수 있다. 또 다른 예는 일간 혈당량 관리와 기록이다. 건강 관리를 위한 무선네트워크의 사용은 전통적인 CMOS 직접 회로와 호환 가능한 생물학적 센서의 개발로 인해 가속화될 것으로 전망된다. 이러한 센서는 매우 작고 저렴할 수 있다. 건강 관리 시장의 개발 분야는 의료기기 분야이다. 미국에서는 2000년 1월 FCC(Federal Communications Commission)가 의료 통신 서비스를 설립하였다. 이러한 시스템은 심장 박동 조절 장치에서부터 전문화된 약 배달 시스템에까지 다양한 목적으로 사용될 수 있다.

IV. 결 론^㉑

인터넷관련 기술 개발자나 서비스 제공자가 공통으로 안고 있는 고민이 있다. 그것은 아무리 편리한 네트워크상의 서비스를 구축해도 현실세계에는 손이 닿지 않는다는 것이다. 전자상거래 등 네트워크상의 세계에서는 실로 여러 가지 서비스가 시작되고 있다. 이용자의 증가도 계속적으로 올라가고 있다. 그러나 이러한 서비스에서 직접 움직일 수 있는 것은 데이터로서 네트워크라고 하는 가상세계에 미리 끌어다 놓은 물건에 불과하다.

현실세계의 물건이나 사람이 나날의 생활에서 일으키는 여러 가지의 일들이나 주변환경은 거의 데이터화 되어 있지 않다. 이러한 것은 실시간의 네트워크 상의 가상세계에 반영하는 수단은 거의 없다고 해도 될 것이다. 이것이 가능하다면 더욱 편리해지고 사용하기 쉬운 서비스가 실현될 것인데... 이렇게 생각하는 기술자가 적지 않을 것이다.

가전메이커가 지금 개발을 추진 중에 있는 네트워크 가전은 그 대표적인 예인지도 모른다. 냉장고나 전자레인지, 에어컨 등의 여러 가지 가전제품을 네트워크에 연결하는 수단은 인터넷 상시접속 등의 보급으로 갖춰져 가고 있다. 그러나 냉장에 넣을 식

품이나 전자레인지로 조리하는 식품의 정보를 취급하려고 하는 순간 벽에 부딪히고 만다. 식품의 정보를 적절히 파악하는 방법이 없기 때문이다.

물론, 예를 들어 냉장고내의 물체를 화상인식 하 게끔 하는 접근법도 있을 수 있다. 그러나 카메라가 화상인식용의 LSI를 내장하는 매우 고가에 대규모의 시스템이 되어 버린다. 게다가 식품을 늘어놓은 냉장고 안의 물건 하나를 식별해내는 것은 지극히 어렵기도 하다. 만일 식품에 붙어 있는 바코드를 사용한다고 하면 사용자에게 귀찮은 정보입력을 강요하는 결과가 된다. 만약 이러한 현실세계의 정보를 실시간에 자동적으로 네트워크에 전달될 수 있다면, 게다가 싸고 간단하게... 여기서 이 거대한 과제가 해결되는 수단으로서, 갑자기 주목을 모으기 시작한 기술이 있다. 그것이 u 센서 네트워크이다. RFID는 u 센서의 핵심으로 RFID에 의한 정보전송과 네트워크상의 서버나 스토리지를 이용한 정보처리를 조합하면 현실세계에 존재하는 많은 물체를 마치 정보통신단말처럼 바꿀 수 있는 가능성을 지니고 때문이다.

예를 들면 reader를 내장한 PDA를 가지고 편의점에 진열된 상품의 앞을 지나가면 상품에 부착된 무선태그의 ID 정보를 리더가 자동적으로 읽어 들인다. PDA는 ID 정보를 네트워크에 발신하고 그것을 수신한 네트워크상의 서버가 그 상품에 관한 상세한 정보를 PDA에 보낸다. 사용자는 이러한 일련의 처리로 상품에 관한 정보를 배분 받은 것을 마치 RFID에 의한 것으로 보게 된다. 그러나 실제로는 RFID가 담당하는 처리는 거의 없다. 실행하였다고 해도 데이터의 암호화나, 스마트 센서에 의한 온도와 압력의 측정 등 간단한 처리뿐이다. 태그가 발신한 정보를 바탕으로 데이터베이스에의 접속과 기록 등의 처리를 실행하는 것은 주로 네트워크상의 서버나 스토리지 장치이다. 이런 의미에서 RFID는 컴퓨터의 다운사이징이 지향하는 궁극적인 모습인지도 모른다.

여러 가지 물체에 RFID 및 스마트 센서를 부착하여 정보를 발신시키는 것은 정보 발신원에 의해 크게 3종류로 분류될 수 있다; 사람, 물건, 환경이 그것이다. 사람이 발신하는 것은 개인 ID와 같은 자기 자신에 관한 정보다. 이 정보를 RFID 태그에 가지고 다님으로써 자기 자신의 행동이나 이력 등의 정보를 네트워크의 반대측에 있는 서버에 전달할 수 있다.

물건에 의한 발신은 RFID의 새로운 분야 중에서 최대의 수요가 있을 것으로 예상되는 분야로 물류나 항공수화물과 같은 물품관리의 분야에 RFID의 채택은 현실감을 띠고 있다. 세계전체에는 1년간 수조개에 달하는 물건이 생겨나고 있는 것으로 추산되고 있다. 그 중 몇 할에 무선태그를 부착하는 것으로도 네트워크에 연결되는 물건은 수 조개에 달할 것이다. 많은 수의 물건과 사람에 관한 정보가 발신되기 시작되면 그 주변을 둘러 싸고 있는 환경도 점차로 변화해 간다. 길거리의 전신주나 보도, 빌딩의 벽이나 바닥 등에 RFID를 심어두고 길가에 무선센서 기능의 리더를 설치하여 주변의 정보를 네트워크로 전달한다.

이러한 방대한 수의 물건이 네트워크상에 정보를 발신하게 되면 지금까지 상류에서 하류에 정보를 전송하는 것을 전제로 한 네트워크 기술도 조금씩 변화하여 갈 것이다. 기존의 네트워크는 '대용량의 데이터를 서버로부터 클라이언트를 향해 어떻게 하면 빠르게 송신할 수 있는가'에 초점을 맞추어 발전하여 왔다. 향후 이것은 크게 변할 것이다. 물건과 물건을 연결하는 M2M 통신에서 발생하는 데이터의 양이 폭발적으로 증가하기 때문이다. 그렇게 되면 '많은 수의 작은 크기의 데이터를 얼마나 효율적으로 전송할 것인가'가 중요한 기술과제가 된다. 많은 수의 물건이 서로가 정보를 발신하는 환경이 넓혀짐에 따라 정보통신단말을 설계할 때의 전제조건도 변한다. 마이크로프로세서의 동작주파수를 높이거나 메모리의 용량을 향상시키는 것과 같은 지금까지의

단말측의 처리능력을 향상시키는 경쟁 축과는 다른 별도의 축이 생긴다. 네트워크에 연결된 단말을 전부 인터랙티브 하게는 할 수 없다. 막대한 비용이 들 것이며, 현재의 마이크로프로세서는 아무리 저전력화 해도 소비전력의 1/10로 줄이는 것이 고작이다. 향후 서버나 스토리지 장치 등, 네트워크의 반대편에 있는 기기의 한층 더한 고속화와 기능을 최소한으로 줄인 단말에 의한 서비스의 실현이 기술개발의 중심 축으로 되어 갈 것이다.

이와 같이 u 센서 네트워크는 기존의 컴퓨팅 및 네트워킹의 개념을 송두리째 바꿔버릴 현상 파괴적 기술(disruptive technology)로 향후 u 센서 네트워크 기반의 새로운 IT 애플리케이션에 의한 신 디지털 혁명을 주도 할 것이라 예상되고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 영국 THE ECONOMIST 저, "THE WORLD IN 2004(이코노미스트 세계대전망)", 한국경제신문사, 2003년.
- [2] 이근호 외, "유비쿼터스 AutoID 기술과 비즈니스 전망", 한국통신학회지, vol. 20, no. 3, 2003년.
- [3] Ian F. Akyildiz, et al., "A Survey on Sensor Networks", *IEEE Communication Magazine*, Aug. 2002.
- [4] J. M. Kahn, et al., "Next Century Challenges: Mobile Networking for Smart Dust", *Proc. ACM MobiCom '99*, Washington DC, 1999.
- [5] S. Park, I. et al., "Design of a Wearable Sensor Badge for Smart Kindergarten", in *Proc. of International Symposium on Wearable Computers (ISWC)*, Oct. 2002.
- [6] J. Hightower, et al., "SpotON: An Indoor 3D Location Sensing Technology Based on RF Signal Strength", *UW CSE 2000-02-02*, University of Washington, Seattle, Feb. 2000.
- [7] Y. Kawahara, et al., "Design and Implementation of a Sensor Network Node for Ubiquitous Computing Environment", in *Proceedings of IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference(VTC2003-Fall)*, Orland, USA, Oct. 2003.
- [8] 이근호 "u 센서 네트워크 기반 M2M 비즈니스 개요와 전망", 한국전파진흥협회지, vol. 14, 2004년 2월.
- [9] RFID 특집 별책부록, *NIKKEI ELECTRONICS*, 2003년.

≡ 필자소개 ≡

이 근 호



학력: 존스홉킨스 대학 (공학박사)
주요 경력: (주)한국무선네트워크 연구소
장, (주)케이엠더블유 연구기획실장, 광
운대학교 정보통신연구원 교수, 정보
통신부 연구관, 조지아공대 초빙연구
원 역임

현재: 순천향대학교 특성화학부 정보통
신공학 전공교수로 재직 중

저서 및 역서: 차세대 무선인터넷 기술, 유비쿼터스 컴퓨팅 핸
드북, 유비쿼터스 모바일 컴퓨팅, RFID 핸드북

조 영 빈



학력: 경희대학교 전자공학과 (공학박
사)
주요 경력: 경희대학교, 부천대학, 대림
대학 시간강사, KETI 무선통신연구센
터 위촉연구원, JKTi(주) 기획팀장, 중앙
인터넷 개발팀장 역임

현재: IT 신기술 관련 전략기획 및 분석
컨설턴트, 경희대학교 강사로 재직 중

저서 및 역서: 알기 쉬운 80196 마이크로컨트롤러, RFID 핸드
북, RFID 관련 및 무선통신 관련의 특허/실용신안 다수 출
원, 등록

이 환 섭



학력: 한양대 대학원
주요 경력: 대상정보기술(주) 무선인터넷
팀장, (주)위트넷의 기술이사
현재: SK Telecom, 삼성전자, 국민대학교
경영대학원에서 유비쿼터스와 모바일
인터넷 분야를 강의, (주)엘릭슨 대표이
사로 재직 중