모바일 USN 에서의 비동기 이벤트 전송방법

김영만[0], 정경태
국민대학교 컴퓨터학부
e-mail : ymkim@kookmin.ac.kr

Asynchronous Event Delivering Scheme in Mobile Ubiquitous Sensor Network (Mobile USN)

Young Man Kim[0], Kyung Tae Jung
Dept. of Computer Science, Kookmin University

요 약

최근에 정부는 IT839 전략을 발표하여 IT산업의 새로운 서비스 도입과 신규 수요 창출에 역량을 집중하고 있으며, 신규 서비스로서 RFID/USN도입을 강력히 추진[1][2]하고 있다. 또한 최근에 RFID/USN 활성화를 위한 새로운 시도의 일환으로 핸드폰에 RFID리더기능을 접목시킨 모바일 RFID 구조를 제안[3]하여 기존의 RFID리더기가 가지는 시공간 제약을 완화함으로서 더욱 다양한 서비스를 지원할 수 있는 초석을 세우고 모바일 RFID포럼을 설립하여 다양한 서비스모델들을 검토중에 있다.

본 논문에서는 이러한 모바일 RFID개념을 한단계 더 진화시켜 진정한 유비쿼터스 정보처리를 가능하게 해주는 모바일 USN을 제안한다. 모바일 USN은 RFID 태그를 진화시킨 USN노드와 RFID 리더 내장형 휴대폰(줄여서 RFID폰)을 개선한 USN기능 내장형 휴대폰(줄여서 USN폰)으로 구성된다. 본 논문에서는 또한 USN노드와 USN폰 사이에서 정보전달시의 소비에너지에 대하여 분석해보고 USN노드와 USN폰의 유지보수 비용을 대폭 개선하는 USN노드-USN폰간의 에너지 절감형 이벤트 전송방법을 제안한다.

1. 서론

RFID(Radio Frequency Identification)전자태그란 일정주파수 대역을 이용해 초단거리(1m이내)에서 무선으로 단말기와 사물간에 각종 데이터를 주고 받을 수 있도록 하는 초소형 태그로서 초소형 반도체 칩으로 구현되며, 제품과 관련한 생산자, 생산일시, 가격 등 각종정보를 저장하고 이 정보를 리더기를 통하여 제공하는 무선노드를 의미한다.

하지만 물체에 부착된 RFID태그와 RFID리더기 사이의 거리는 1m이하라는 공간적인 제한을 가지고 있을 뿐만 아니라 RFID리더기는 고정되어 있기 때문에 공간적인 제약을 더욱 가중시키고 있다. 그래서 최근 국내에서는 RFID리더칩을 휴대폰에 넣어 공공생활뿐만 아니라 개인생활에서 모바일 정보자원을 제공하려는 모바일RFID의 시도를 보이고 있다[3]. 예를 들면 스타벅스, 커피숍, 생맥주집 등에 놓인 테이블 밑에 수십개의 RFID태그가 부착된 광고지를 붙여 두고 근처 자리에 앉은 사람들이 RFID폰을 통하여 관심있는 광고에 대한 추가정보 서비스를 이용할 수 있도록 한다.

하지만 다른 기능의 추가 없이 읽기만 가능한 RFID의 응용분야는 제한적일 수 밖에 없을 뿐만 아니라 위에 설명한 공간성의 제약을 받고 있으며 RFID태그 자체는 ID정보이외에 물체나 그 주변 환경에 대한 추가정보를 능동적으로 수집·저장하는 기능이 결핍되어 있어 진정한 유비쿼터스 태크로서의 역할을 수행할 수 없다. 따라서 모바일 RFID가 좀 더 폭넓게 사용되어지기 위해서 사물의 이력정보를 관리하기위한 기록 및 참조기능, 자신뿐만이 아니라 온도, 습도, 압력등 주변의 정보까지 감지하는 센싱기능, 태그상호간에 안전하고 신뢰성이 큰 통신망을 구성하도록 하는 통신기술, 궁극적으로는 전자태그 간에 상태를 감지하여 적합한 처리가 실시간으로 진행되도록 하는 제어기능이 부가되어야 할 것이다.

모바일 USN(Ubiquitous Sensor Network)은 이에 대한 실용적인 해결방안으로서 모바일 RFID개념을 한단계 진화시킨 모델이다. RFID태그에 수십미터까지의 통신기능과 센서를 이용한 다양한 정보수집기능을 부가한 진화형 차세대 태그로서 USN노드를 진정한 유비쿼터스 태그로 이용하며, 단순한 RFID리더기능 대신에 USN노드와의 복합적이고 동적인 정보교환이 이루어지도록 해주는 USN기능 내장형 휴대폰(줄여 USN폰)을 합쳐 모바일 USN을 구성한다.

USN이란 RFID에 센싱과 네트워크 기능을 추가하여 사물정보 및 환경정보를 감지하고, 감지된 정보를 네트워크를 통하여 실시간으로 관리하는 서비스를 제공하는 망을 의미한다. 이런 USN에서 센싱된 정보를 실시간으로 전달받아서 AN(Access Network)-CN(CoreNetwork)망을 통하여 Anytime, Anywhere 실시간 정보서비스를 제공해주는 스카트 단말은 필수적인 USN구성요소라 할 수 있다. USN폰은 이런 스마트단말기능을 휴대폰에 내장함으로서 모바일 정보자원에 대한 보다 강력하고 다양한

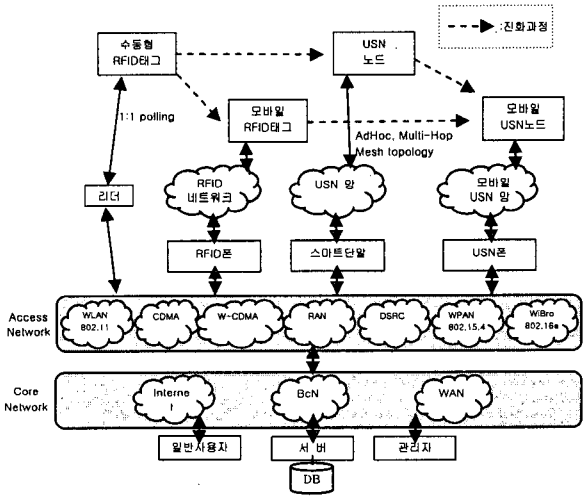
서비스를 지원하는 데스크탑 역할을 제공할 수 있게 된다.

그러나 "모바일 USN"이 성공하기 위해선 유지 · 보수관리가 없어도 장기간 동작할 수있을 만큼의 충분한 에너지를 확보해야 한다. 휴대폰이 이동성기기인 만큼 USN기능을 추가 할 경우 배터리 에너지의 한계에 문제점을 가지게 되기 때문에 이에 대한 대책이 요구되어지고, 거기에 덧붙여 USN노드 또한 배터리로 구동되어 에너지사용에 있어서의 제한이 있어 이를 해결하기 위한 방안이 필요하다.

본 논문에서는 우선 실용적인 모바일 USN구조를 제시하고 다음으로, USN노드와 USN폰간의 정보전달에 필요한 소비에너지에 대하여 분석한 후에 이를 바탕으로 에너지절약을 위한 USN노드-USN폰간 비동기 이벤트 전송방법을 제안할 것이다.

2. 모바일 USN 구조

앞에서 언급한 바와 같이 USN노드(RFID+센서+베터리)는 기존 RFID태그보다 훨씬 다양한 정보를 동적으로 생성,저장할 수 있을 뿐만 아니라 시공간 제약을 개선하여 실시간 정보를 주고 받을 수 있다.



[그림 1] RFID, 모바일 RFID, USN, 모바일 USN 및 AN-CN 망간 관계

다시 말하면, One Chip System(CPU+RF모듈) ID기술을 채용한 RFID태그에 센서와 네트워크 기능을 더하여 위와 같은 특징의 USN노드가 구성된다. USN노드는 기존의 센서네트워크 연구 결과[4][5] 중 주위 상황의 변화를 인식하는 센서기술, 기존 RFID와 리더기와의 일대일 형태의 폴링방식에서 벗어난 Ad Hoc 네트워킹 기술, 그리고 운영체제와 응용 소프트웨어 사이에서 간단한 네트워크 연결성과 높은 수준의 시스템 인터페이스 제공과 같은 추상화를 제공함으로써 응용 프로그램의 복잡성을 감소시키는 미들웨어 기술을 채용하여 구성된다. USN에서 생성된 정보를 언제 어디서나 사용자에게 전달하기 위해서 사용되는 스마트단말은 휴대폰과 결합하여 USN폰을 형성하고 모바일 USN망의 BS(Base Station)기능을 담당하여 USN내부에서 수집되는 센서정보들을 모으며, AN망과의 게이트웨이 기능을 가지고 있어 기본적으로 CDMA 휴대폰망을 통하여 정보를 언제나 어디로든 전송하며 필요에 따라서는 WLAN 무선인터넷망과, WiBRo 휴대인터넷망, DSRC 텔레메틱스망 등과의 연동을 하도록 하여 어떤매체로든 사용자가 실시간으로 정보를 제공받도록 해주며, 마지막으로 고급정보처리 기능을 제공하고 IPv6기반의 연동기능(USN-AN-CN)도 갖도록 한다. 그림 1은 기존의 RFID와 모바일RFID, USN과 모바일USN 및 AN(Access Network)-to-CN(Core Network) 백본망간의 관계를 보여준다.

3. USN 노드와 USN 폰의 에너지 이용현황

위와 같이 실용적인 모바일 USN을 구성하려면 실제적으로 이것을 유지할수 있는 힘인 에너지를 고려해야 한다. 적은 쓰임과 효율적인 에너지 사용으로 USN을 오랫동안 연속가동하는 것은 USN 성공에 있어서에서는 필수적인 요인이다.

USN노드가 1.15Ah의 AAA건전지(Duracell alkaline)를 사용한다고 가정하자. 30mA전류를 사용하는 RF송수신칩을 통하여 20ms길이의 전형적인 메시지를 USN폰으로 한번 송신할 때마다 0.6mAsec (20ms X 30mA)의 전력을 사용하므로 이론상으로 대략 660만번의 메시지를 보내고 난 후 AAA건전지의 에너지는 모두 소진 될 것이다. 그러나 실제로는 메시지 전송이외에도 USN노드는 주변환경을 센싱하고, 센싱데이터를 처리하고, 메시지를 생성하고 기록하는데 있어서 꾸준히 에너지를 소모할 뿐만 아니라 메세지의 전송오류나 충돌, 휴대폰의 미수신상태 등의 이유로 재전송하는 경우도 자주 발생하게 되어 메시지 전송효율이 중요한 이슈가 된다. 극단적인 경우로 USN노드의 CPU가 연속적으로 동작하는 경우 보통 10mA가 소비되는데 이는 110시간이면 동작정지상태에 이르는 것을 의미하며 메시지 수신 모드에서 USN용 RF송수신칩이 소비하는 에너지는 보통 20mA정도로서 연속가동시 55시간밖에 안되므로 오랜시간을 유지보수 관리 없이도 정상적인 가동상태에 있어야 할 USN노드에 있어서 비효율적인 운영은 용납되지 않는다.

한편 보다 많은 에너지를 필요로 하는 스마트단말은 휴대폰에서 구현됨으로서 사용자로부터 주기적인 에너지공급을 받을 수 있다. 휴대폰 충전 배터리는 소형의 경우 위의 AAA건전지와 동일한 1.1Ah정도의 에너지를 가지고 있는데 이것은 연속통화시 75~245분, 상시대기시 210~240시간을 유지할 수 있는 양에 해당된다.

일견 자주 충전되는 휴대폰에 있어서 USN이 소모하는 에너지는 얼마되지 않는 것처럼 보이나 실제로는 USN기능의 방만한 운영이 휴대폰에 미치는 영향은 매우 심각하다. USN폰이 USN메시지를 수신하기 위해 연속적으로 수신상태로 있다고 하면 한시간에 20mAh를 사용하게된다. 이는 USN폰이 USN메시지 수신상태에 머무르는 경우 폰기능을 대략 50시간밖에 유지할 수 없다는 것을 의미하며 휴대폰의 본기능인 통화나 미디어 데이터의 이용 등에 소비되어야 할 에너지를 크게 소모하기 때문에 USN폰에서도 휴대폰의 기본기능에 큰 영향을 주지 않기 위해 USN기능에 사용되는 에너지의 절약이 절실히 요구된다.

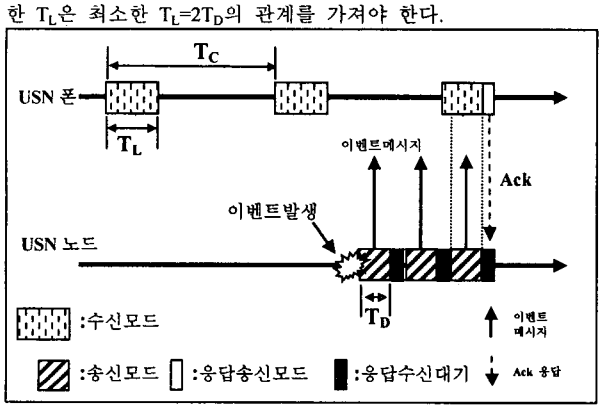
만약 USN노드가 일정시간마다 온도를 체크하여 USN폰에 보내야하는 상황이라면 주기적으로 에너지를 사용하기 때문에 다른 방도가 없지만 물품의 도난이나 화재 같이 비주기적으로 발생하는 이벤트를 처리하는 상황이라면 에너지를 계속 사용할 필요는 없을 것이다. 그렇기에 이런 비주기적인 서비스를 이용할때에는 USN폰의 에너지 사용을 최소화 할 수 있는 방법이 필요하게 된다.

4. 비동기 이벤트 전달 프로토콜

이 절에서는 이벤트메시지 전송시 에너지를 효율적으로 사용하는 메시지전송 프로토콜을 제안한다. 앞에서 언급했듯이 비주기적인 이벤트 전달서비스에서 USN폰이나 USN노드가 항시 송신 혹은 수신모드를 유지한다면 휴대폰밧데리는 얼마 못갈 것이다. 그렇다면 필요한 순간에만 활성화되어서 정보의 수집 및 교환작업을 하고, 나머지 시간에는 비활성화되어서 에너지를 절감하여 USN노드의 활동수명을 최대화하는 방식인 온더맨드 패러다임방식[6]을 사용해야 한다.

본 논문에서 제안하는 이벤트 전달 프로토콜에서 USN폰과

USN노드는 그림 2와 같은 스케쥴에 의하여 비동기 이벤트 메시지를 교환한 USN폰은 T_C길이의 주기적 시간간격에서 T_L동안 수신모드 상태로 깨어있게 되며 나머지 시간에는 수면모드에 들어가 소비에너지를 0으로 한다. 임의의 순간 물품도난이나 화재의 비동기적인 이벤트가 발생하는 경우 USN노드는 즉각 이것을 센싱하여 USN폰에게 메시지를 보내게 된다. 그러나 USN폰은 주기적으로 수신상태에 있기 때문에 USN노드는 USN폰이 센싱된 메시지를 받을 때까지 동일한 메시지를 계속 보내게 되며 시간이 흘러 USN폰이 수신모드로 들어가 USN폰의 송신메세지를 받게되면 그 즉시 송신모드상태로 전환하여 응답메세지(Ack)로 응답하며 이를 수신한 USN노드는 메시지송신을 정상종료하게 된다. USN폰이 수신범위에서 벗어날 때와 같은 경우에는 USN노드가 송신하는 메시지수는 규정횟수를 넘게 되어 전송중지가 된다. 송신메시지 전송시간을 T_D라고 하고 Ack 전송시간은 편이상 순간적이라고 가정하자. 메시지 전송은 비동기적이므로 USN폰이 T_L기간중에 메시지를 항상 수신하기 위한 T_L은 최소한 $T_L=2T_D$의 관계를 가져야 한다.



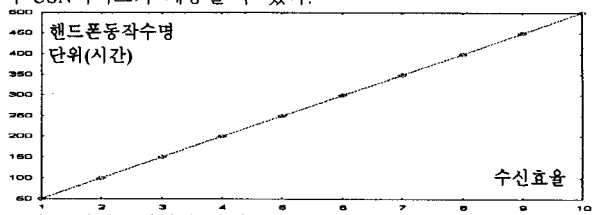
[그림 2] 비동기식 이벤트 전달 알고리즘

USN노드에서 이벤트메시지를 한번에 송신완료하는 이상적인 경우의 소비에너지를 실제로 사용한 에너지로 나눈 값을 "이벤트메시지 송신효율" 로 정의하고, USN폰의 경우 항상 수신모드에서 USN노드로부터의 메시지를 기다릴 때 사용되는 에너지를 실제 수신에 사용한 에너지로 나눈값을 "이벤트메세지 수신효율" 이라 하자.

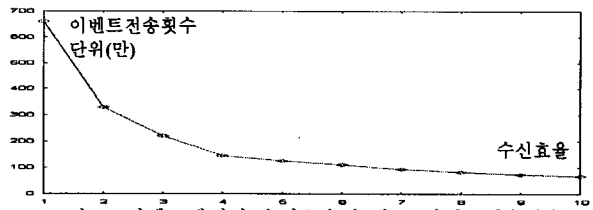
위의 비동기이벤트 전달프로토콜에서 USN노드가 각 이벤트마다 USN폰으로 메시지를 보내는 평균전송 시간 T_{DC}는 $T_C/2$가 되며 USN노드의 이벤트메시지 송신효율인 T_D/T_{DC}은 $2T_D/T_C$ $(=T_L/T_C)$가된다. 한편, USN폰이 비동기적 이벤트 수신을 위해 사용하는 수신효율은 T_C/T_L로서 T_C에 비하여 T_L이 작으면 작을수록 수신효율이 역으로 증가하게 된다. 따라서 USN노드의 송신효율과 USN폰의 수신효율은 trade-off관계에 있다.

그림 3,4는 T_D는 20ms로 설정된 경우에 대하여 USN노드와 USN폰의 에너지 소비에 대하여 분석한 결과를 나타낸다.

그림 3은 USN폰이 USN수신용으로만 쓰인다는 가정하에 수신효율에 따른 핸드폰 사용가능시간을 보여준다. 수신효율이 클수록 핸드폰 사용시간이 증가하는 것을 볼 수 있다. 그림4는 수신효율에 따른 USN노드의 이벤트전송 가능횟수를 보여준다. T_C/T_L이 10.0인 경우에는 T_C는 400ms가 되며 USN노드의 송신메세지가 평균 10회 재전송마다 한번 수신된다. USN노드는 이상적인 경우 대략 660만회의 메시지를 보낼 수 있으므로 이경우 USN노드가 보낼 수 있는 이벤트수는 66만회가 된다. 66만회의 이벤트 전달은 USN노드가 메시지전송에 사용하는 에너지를 다른 기능으로 전용할 수 있는 여지가 충분하다는 것을 나타낸다. 또한 USN폰도 500시간을 사용할수 있어 휴대폰 IDLE상태에서의 기본적인 에너지소모는 무시한 상황이긴 하지만 핸드폰이 2~4일간격으로 충전된다는 것을 고려하면 이 비동기식 이벤트전달 알고리즘을 사용하면 휴대폰의 본래기능에 큰 영향없이 USN서비스가 제공될 수 있다.



[그림 3]이벤트메세지 수신효율에 따른 핸드폰에너지 소비시간



[그림 4] 이벤트메세지 수신효율에 따른 이벤트전송횟수

5. 결 론

현재 우리나라 국민의 휴대폰 보유수는 3000만대가 넘는다고 한다. 그렇기에 최근 국내에서는 RFID리더칩을 휴대폰에 넣어 오프라인 현실의 사물과 사이버 세상의 정보를 연결시키는 매개역할을 함으로써 오프라인 하이퍼텍스트를 실시간 모바일 환경으로 가져오는 모바일RFID모델[3]을 추진하고 있는데 이 모델은 궁극적으로 모바일 USN로 개념확장되어 보다 강력하고 다양한 서비스를 지원할 수 있게 된다.

이런 모바일 USN의 실현은 인터넷이라는 기본바탕에 우리 생활의 모든 분야 즉, 식료품으로부터 축산물 관리, 폐기물관리, 환경관리, 물류, 유통, 보안 등의 영역까지 정보화를 침투 확산시켜 비즈니스에 대변혁을 가져오고, 삶의 질을 획기적으로 개선시킬 것으로 기대된다.

그러나 모바일 USN의 2대 구성요소인 USN폰과 USN노드의 배터리 에너지 한계를 무시한다면 현실세계에서의 가치성을 잃게 되며 진정한 유비쿼터스 사회구축에 큰 제약을 받게 된다.

본 논문에서는 이러한 에너지 한계를 극복하기위한 온디맨드 패러다임의 일환으로서 비동기식 이벤트전달 프로토콜을 제안하였다. USN폰과 USN노드의 에너지소모를 최적화하는 이 프로토콜을 사용함으로서 핸드폰에 USN기능을 부담없이 장착하여 유비쿼터스 세상을 효과적으로 구현할 수 있게 해주어 유비쿼터스 정보들을 Anytime, Anywhere 실시간으로 처리하는 사회를 구현할 수 있게될 것이다.

참고문헌

[1] 정보통신부 전파방송관리국, "정통부, 사물까지 인터넷으로 연결되는 신정보화시대 선도", 2004. 2. 17.

[2] 정보통신부, 한국전산원, 한국 USN 센터, "u-센서 네트워크(USN) 구축 기본계획", 2004. 2.

[3] 모바일 RFID 포럼, http://www.mrf.or.kr/.

[4] 김영만, "Sensor 노드 및 Network 구조(에너지 절감방안을 중심으로)" , HSN 2005, 2005. 1.

[5] 김영만, "센서 네트워크 미들웨어 구조 및 연구현황" , 정보과학회지, 2004. 12, pp. 13-20.

[6] 김영만, "센서 네트워크 에너지절감을 위한 온디맨드 패러다임", 제 23회 한국 정보처리학회 2005년 춘계학술대회, 2005. 5.