

동작 센서를 이용한 센서 네트워크 기반 기자재 관리 시스템 설계 및 구현

김영만*, 박홍재*
*국민대학교 컴퓨터학부
e-mail : ymkim@kookmin.ac.kr
elitebasic3@hotmail.com

Resource management system design and implementation based on wireless sensor network using motion sensor

Young-Man Kim*, Hong-Jae Park*
*Dept. of Computer Science, Kookmin University

요 약

최근 유비쿼터스 환경에서 센서 네트워크를 이용한 여러 가지 연구가 활발히 진행되고 있다 [1][2]. 본 논문에서는 센서 네트워크 기반 하에 동작 센서를 이용하여 값비싼 기자재를 실시간으로 관리하는 기자재 관리 시스템의 설계 및 구현에 대하여 다룬다. 기자재 관리 시스템의 설계 쟁점들은 한정된 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 방법, 기자재의 이동에 관한 상황을 실시간 관리할 수 있도록 하는 방법, 마지막으로 예기치 못한 상황에 대한 실시간 보고 및 조치를 위한 방법이다. 이러한 설계 쟁점들을 고려하여 기자재 관리 시스템을 설계 및 구현한다. 센서 네트워크를 기반으로한 응용시스템은 다양한 AN(Access Network)과의 연동을 통해 센서정보를 언제나 어디서나 모든 종류의 정보통신기기에 제공할 수 있게 되어 수많은 부가서비스 창출이 가능하게 된다.

1. 서론

최근 급속히 발전하고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 외부 환경의 감지와 제어 기능을 수행하는 센서 네트워크 기술이 활발히 연구되고 있다.

본 논문은 값비싼 기자재의 효율적인 관리를 위해 기자재에 동작 센서를 탑재하여 계획되지 않은 상황(도난 등)에 대하여 신속한 대처를 제공하는 기자재 관리 시스템을 설계 및 구현하는 데 목적이 있다.

이를 위해서는 다음과 같은 세가지 설계 문제들을 해결해야만 한다. 첫번째로 기자재에 부착되는 동작 센서에서 사용되는 에너지를 절감하기 위해 동작 센서에서 메시지를 보낼 시기를 최적화하는 메커니즘이 필요하다. 센서 네트워크에서는 센서구동을 한정된 에너지로 장시간 유지하는 것이 필요하기 때문이다. 따라서 동작 센서에서의 적절한 메시지 송신 시기를 결정하는 것은 최우선적으로 고려되어야 할 사항이다. 두번째로 데이터베이스를 사용하여 기자재 위치 변경에 대한 로그 기록을 하기 위하여 동작 센서로부터 전송 받은 메시지를 처리하기 위한 메커니즘이 필요하다. 마지막으로 기자재의 예기치 못한 이동을 감지하여 관리자에게 즉각적인 경고 메시지 전송을 하기 위하여 CDMA 또는 기타 다른 통신망과의 연동이 필요하다.

따라서 본 논문에서는 위와 같은 사항들을 고려하여 센서 네트워크 기반 하에서 동작 센서를 사용한 최적의 기자재 관리 시스템에 대하여 설계 및 구현하고자 한다.

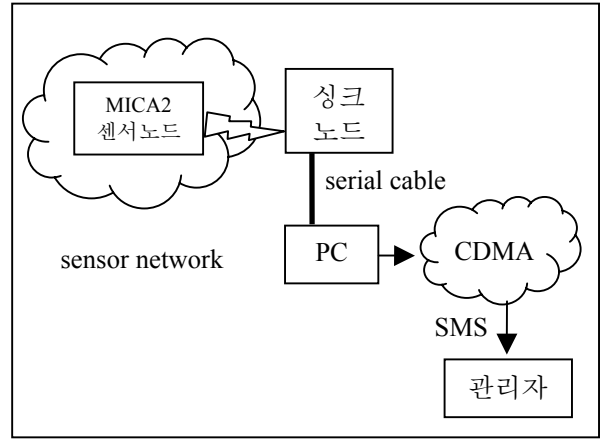
2. 기자재 관리 시스템의 설계

센서 노드에서 생성된 데이터를 주위의 노드들에게 무선 메시지로 송신하기 위해서는 많은 에너지가 소모되므로 센서 노드가 지속적으로 메시지를 송신한다면 해당 센서 노드의 수명은 매우 짧아지게 된다. 따라서 평상시에는 데이터를 보내지 않으나 특별한 이벤트 즉, 동작 센서가 탑재된 기자재의 이동이 발생한 때에 한하여 주위의 데이터 수집 및 전달 노드로 메시지를 보냄으로써 보다 효율적인 에너지 절감을 가져올 수 있다. 한편 데이터 싱크노드는 PC에 설치된 데이터베이스와의 연동을 통해 센서 노드에서 보내진 메시지를 저장함으로써 값비싼 기자재의 이동 및 사용 현황을 효율적으로 관리할 수 있다. 또한 계획에 없는 기자재의 이동이 발생하게 되면 관리 시스템은 관리자에게 즉각적인 경고 메시지를 보낼 필요가 있다. 즉, CDMA의 SMS 기능 혹은 기타 통신망과의 연동을 통하여 기자재 관리자에게 신속한 연락을 함으로써 보다 신속한 대처를 할 수 있다.

2.1. 전체 시스템 구성

본 시스템에서는 캘리포니아 대학에서 개발한 센서 노드 MICA2[3][4]와 운영체제 TinyOS[5]에 기반을 둔 센서 네트워크를 사용한다.

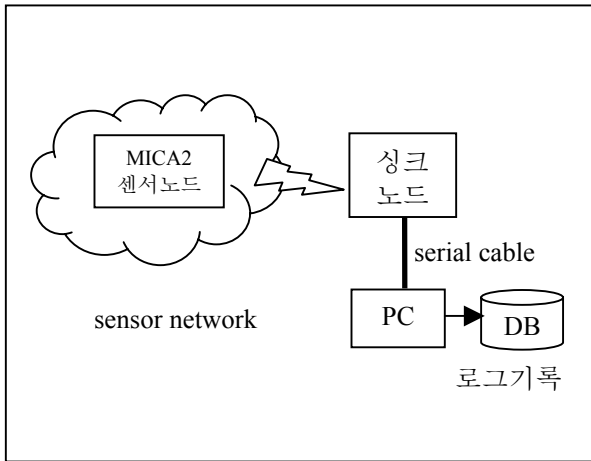
기자재에 부착된 MICA2 센서 노드는 움직임을 센싱하여 해당 영역을 담당하는 싱크노드로 메시지를 전송하는 작업을 한다. 싱크노드는 센서노드에서 보낸 위치 정보 메시지를 수신하여 PC 부로 전달하는 작업을 한다. PC 부에서는 데이터 베이스에 로그 기록을 저장하며, CDMA 의 SMS 기능 혹은 기타 통신망과의 연동을 통하여 기자재 관리자에게 실시간 이벤트 메시지를 전송하는 작업을 한다.



[그림 2] CDMA 의 SMS 와 연동

2.2. 동작 센서 기반의 센서 네트워크 구성

MICA2 센서 노드에서는 기자재의 움직임을 감지하여 이에 대한 정보를 직접 혹은 중간의 센서노드들을 경유하여 싱크노드로 전달한다. 싱크노드는 이렇게 센서 노드로부터 발생한 데이터를 수신한 후 시리얼 통신을 통해 PC 로 전달한다. PC 에서는 움직임을 포착된 기자재에 대한 정보를 데이터베이스에 기록함으로써 기자재의 이동에 관한 상황을 실시간으로 관리할 수 있다. 이렇게 함으로써 관리자는 값비싼 기자재의 이동 현황에 대하여 보다 면밀한 감독이 가능해진다.



[그림 1] 동작 센서 네트워크의 구성

[그림 1]에서는 싱크노드가 MICA2 센서로부터 전송된 메시지를 PC 로 전달하여 데이터베이스에 로그 기록하는 과정을 보여준다.

2.3. 동작 센서 네트워크와 CDMA 망의 연동

기자재는 실시간 관리 및 감독되어야 할 대상이므로 기자재 관리 시스템에서는 기자재 이동 계획이 없는 기간 중에 해당 기자재의 이동이 감지되는 즉시 관리자에게 즉각적인 경고 메시지 전송을 하여야 한다. 따라서 PC 는 MICA2 센서 노드로부터 기자재 위치 이동 메시지를 받는 즉시 CDMA 망의 SMS 서비스를 통하여 해당 기자재가 이동하였다는 실시간 이벤트 메시지를 관리자의 핸드폰으로 전송한다.

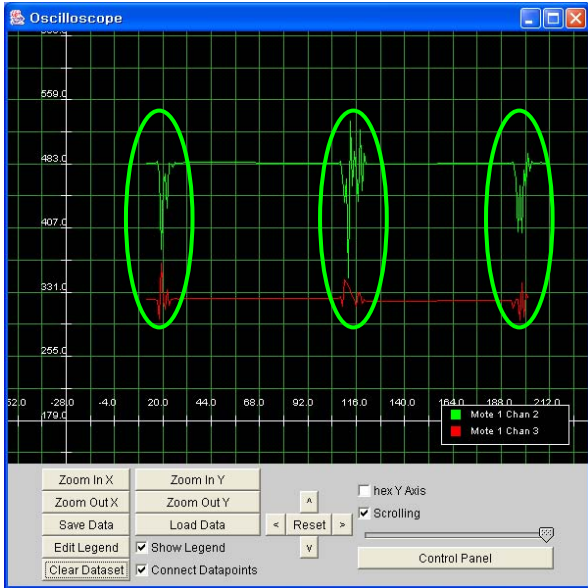
[그림 2]에서는 관리 시스템이 CDMA 망의 SMS 서비스를 이용하여 관리자에게 관리 대상 기자재에 대한 이동 이벤트 경고 메시지를 실시간으로 보내는 과정을 보여준다.

3. 기자재 관리 시스템의 구현

기자재 관리 시스템은 동작 센서 노드군, 싱크노드, PC 노드로 구성된다. 이 때 동작 센서 노드군과 싱크노드는 센서 네트워크를 구성한다. 각 노드가 하는 일을 간략히 살펴보면 동작 센서 노드는 기자재의 이동을 감지한 후 메시지를 생성하여 센서 네트워크를 통하여 싱크노드로 송신하는 역할을 수행하며, 싱크노드는 센서 네트워크를 통하여 동작 센서로부터 받은 메시지를 시리얼 케이블을 통해 PC 노드로 전달하는 역할을 수행하고, 마지막으로 PC 노드는 수신한 메시지를 데이터베이스와 연동하여 로그 기록을 수행하며 CDMA 통신망을 통해 SMS 메시지를 관리자에게 전달한다.

3.1. 동작 센서 개요

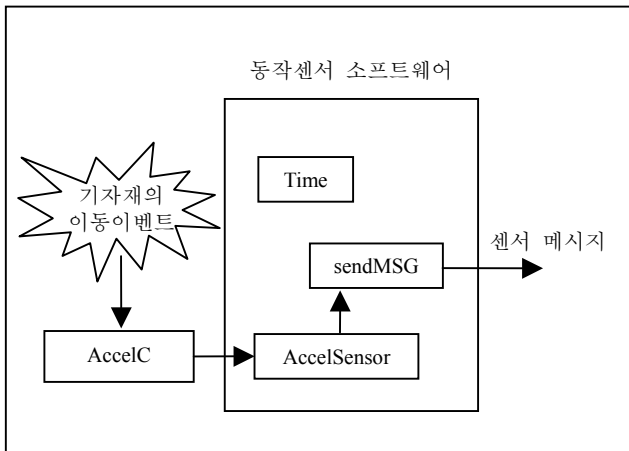
동작 센서는 미국 Analog Device 사의 2 축 가속도 센서칩인 ADXL 202[6]를 사용한다. MICA2 에서 사용되는 무선 송수신 칩인 CC1000[7]의 모드에 따른 소비 에너지를 살펴보면 수신모드일 때는 28.8mW 의 에너지를 사용하는데 반해 송신모드일 때는 76.2mW 를 사용한다 그러나 비활성모드에서는 동작상태의 소비 에너지의 수백분의 일로 줄어들게 된다. 따라서 평상시에는 비활성모드에 머물러 있으나 특별한 이벤트 즉, 동작 센서가 탑재된 기자재의 이동이 발생한 때에 한하여 송신모드로 들어가 주위의 데이터 수집 및 전달 노드로 메시지를 보냄으로써 보다 효율적인 에너지 절감을 가져올 수 있다. [그림 3]은 동작센서가 이동을 감지하였을 때 측정된 센서값의 변화를 보여준다. 그림에서 X 축 방향은 시간을 표시하며 Y 축 방향은 센서 측정치를 나타내는데, 기자재가 움직이는 순간들을 표시하고 있는 타원형으로 둘러싸인 영역의 측정치에서 보듯이 정상치로부터의 심한 이탈을 관찰할 수 있으며 이 순간에 기자재의 이동 이벤트가 발생된다.



[그림 3] 동작센서의 이동 측정 데이터

3.2. 동작 센서 노드

동작 센서 노드는 부착된 기자재의 이동을 감지하였을 때 센서 네트워크를 통하여 싱크노드로 메시지를 전달하는 역할을 한다. [그림 4]는 동작 센서 노드의 소프트웨어 구조를 보여준다.



[그림 4] 동작 센서 노드 소프트웨어 구조

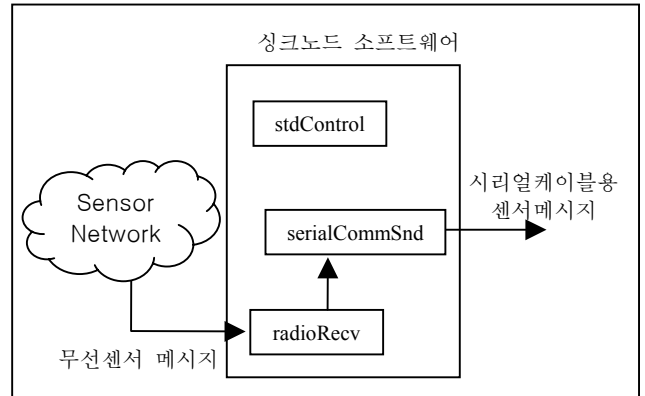
동작 센서 노드를 구동하는 소프트웨어는 AccelSensor, Time, sendMSG 모듈들로 구성된다.

AccelSensor 모듈은 실질적인 모션 센싱을 하는 AccelC 모듈과 연결되어 동작 발생여부를 판단하는 부분이다. Time 모듈은 주기적으로 AccelSensor 을 통하여 모션 센싱을 할 수 있도록 해주는 부분이다. 즉 일정 시간 간격으로 센싱하되 어느 순간 이동을 감지하면 sendMSG 모듈을 통하여 싱크노드로 메시지를 송신한다.

이때 동작 센서 노드에서 지속적으로 메시지를 보낸다면 노드의 활동 수명이 길지 못할 것이다. 따라서 이동 이벤트가 발생하는 시점에만 메시지를 보냄으로써 큰 에너지 절감 효과를 얻을 수 있다.

3.3. 싱크노드

싱크노드는 시리얼 포트를 통하여 PC 노드와 연결되어 있다. 싱크노드는 동작 센서 노드로부터 동작 메시지를 수신하면 이를 패킷화한 후 시리얼 케이블을 통해 PC 노드로 전달하는 역할을 한다. [그림 5] 는 싱크노드의 소프트웨어 구조를 보여준다.



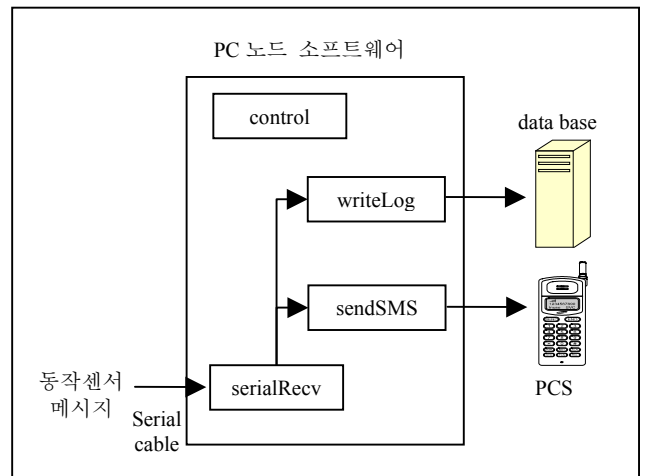
[그림 5] 싱크노드 소프트웨어 구조

싱크노드를 구동하는 소프트웨어는 stdcontrol, radioRecv, serialCommSnd 모듈들로 구성된다.

Stdcontrol 은 노드를 초기화하기 위한 인터페이스이다. radioRecv 모듈은 센서 노드로부터 송신된 동작 데이터를 수신하는 부분이다. serialCommSnd 모듈은 radioRecv 모듈에서 수신한 데이터를 패킷화 하여 시리얼 통신을 통해 PC 노드로 전달하는 부분이다.

3.4. PC 노드

PC 노드는 시리얼 포트를 통하여 연결된 싱크노드로부터 데이터를 전송받아 데이터베이스에 로그 기록하는 역할과 CDMA 및 기타 통신망과의 연동을 하는 역할을 담당한다. [그림 6] 은 PC 노드의 소프트웨어 구조를 보여준다.



[그림 6] PC 노드 소프트웨어 구조

PC 노드를 구동하는 소프트웨어는 control, serialRecv, writeLog, sendSMS 모듈들로 구성된다.

control 모듈은 PC 처리부의 관리를 담당한다. serialRecv 모듈은 시리얼 포트로부터 전송된 데이터를 수신하는 부분이다. writeLog 모듈은 데이터 베이스에 로그 기록을 하는 부분이다. sendSMS 모듈은 CDMA 망을 통하여 관리자에게 SMS 메시지를 전송하는 부분이다.

4. 기자재 관리 시스템 실행 결과

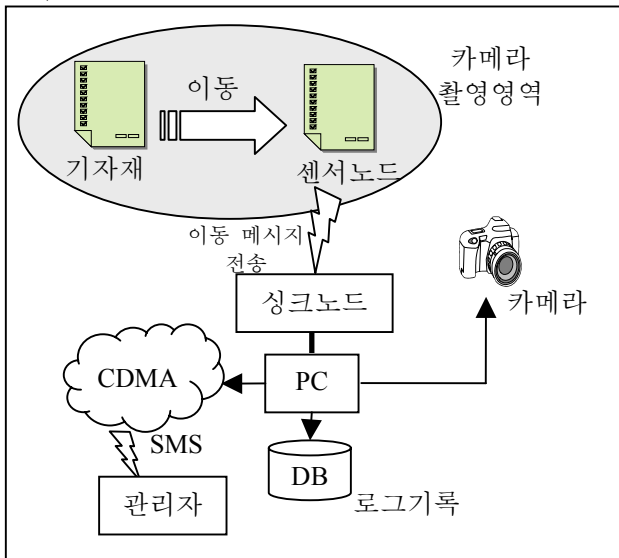
기자재에 부착된 동작 센서가 기자재의 이동을 감지하였을 때 센싱된 데이터가 PC 노드로 전송되는 단계는 50 회의 연속 테스트 결과 98%인 49 회의 메시지 송수신이 확인되었다. 이는 동작센서의 처리 오류 또는 시리얼 통신에서 오는 메시지의 오류 때문이다. 다음 단계인 PC 노드에서 관리자에게 SMS 메시지를 송신하는데 있어 96%인 48 회의 메시지가 도착하였다. 이는 SMS 서비스 특성상 메시지를 송신하더라도 중간 기지국의 SMS 시스템 자체 문제로 사료된다.

5. 기자재 관리 시스템의 활용

본 절에서는 본 논문에서 개발한 기자재 관리 시스템을 활용할 수 있는 방법에 대해 알아보려고 한다.

5.1. 일반적 활용 방법

기자재의 모든 이동 상황은 로그 형식으로 데이터 베이스에 실시간 저장된다. 만약 계획되지 않는 기자재의 이동이 감지 되었을 때는 해당 기자재 주위에 미리 배치된 소형 카메라로 이동을 시킨 주체의 얼굴을 촬영 및 저장한다. 이렇게 함으로써 값비싼 기자재의 도난을 막을 수 있다. [그림 7]은 이러한 과정을 보여준다.

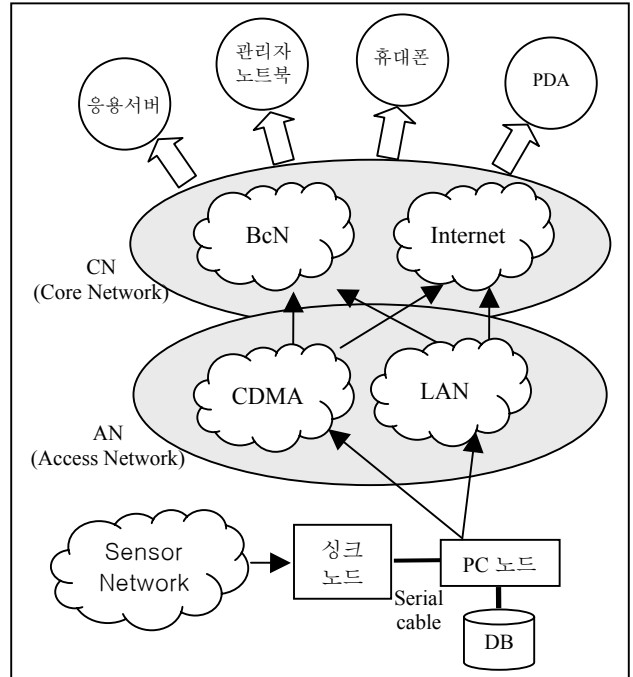


[그림 7] 기자재 관리 시스템의 활용

5.2. 다양한 통신망과의 연동

싱크노드에서는 센서 네트워크를 통해 센서노드로부터 전송 받은 메시지를 시리얼 케이블을 통해 PC 노드로 전달한다. PC 노드는 CDMA, WLAN 과 같은 AN(Access Network)를 통해 BcN, Internet 등의 CN(Core Network)를 통해 데이터를 전송할 수 있으며 CN 을 경유하여 각종 응용 서버 및 관리자의 단말까지 관리 정보를 송수신하게 된다. [그림 8]은 전체 망구조를 보여준다.

Network)으로 데이터를 전송할 수 있으며 CN 을 경유하여 각종 응용 서버 및 관리자의 단말까지 관리 정보를 송수신하게 된다. [그림 8]은 전체 망구조를 보여준다.



[그림 8] 다양한 통신망과의 연동

6. 결론

본 논문에서는 센서 네트워크 기반하에서 동작 센서를 이용하여 값비싼 기자재를 관리하는 기자재 관리 시스템에 대하여 설계하고, MICA2 센서노드들을 사용하여 시스템을 구현하였지만 필름 형태의 RFID 에 동작센서를 추가한 액티브 RFID 를 사용하면 보다 저렴한 가격으로 다양한 기자재를 관리할 수 있는 시스템을 만들 수 있다. 이때 가일층 향상된 에너지 절약을 위해 동작 센서에서 센싱 할 시간을 결정하는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다. 또한 센서 데이터를 사용자에게 전달하는데 있어서 센서 네트워크와 다양한 AN(Access Network)들과의 연동을 통해 보다 넓은 분야에서의 응용 창출이 가능할 것이다.

참고문헌

[1] Paramvir Bahl and Venkata Padmanabhan. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system. In Proceedings of IEEE INFOCOM, volume 2, pages 775-784, March 2000
 [2] Nissanka B. Priyantha, Anit Chakraborty, and Hari Balakrishnan. The cricket location-support system. In Proceedings of MOBICOM 2000, pages 32-43, Boston, MA, August 2000. ACM, ACM Press
 [3] Crossbow Technology Inc. , “MICA2 sensor node” , <http://www.xbow.com>.
 [4] MICA2, <http://www.xcross.com>.
 [5] TinyOS, <http://webs.cs.berkeley.edu>.
 [6] Analog Device, <http://www.analog.com>
 [7] RF transceiver, <http://www.chipcon.com>