

센서 네트워크를 이용한 자산 모니터링 시스템 구조

Asset tracking system architecture using sensor network technology

강정훈*, 이민구*, 이상원*, 함경선**, 이상학**

Jeonghoon Kang, Mingoo Lee, Sangwon Lee, Kyungsun Ham, Sanghak Lee

Abstract - Sensor network supports data delivery from physical world to cyber space. Sensors get physical events then wireless network transfers sensor data to service server. We use sensor network technology to manage location information of asset. In ubiquitous computing environment, user localization is basic context for intelligent service. A lot of research group make effort to develop low cost localization technology. In this paper, we propose asset monitoring system using wireless sensor network. It is implemented using ad hoc network technology which can be adopted to smart home and this system can monitor the asset location and movement.

Key Words : Sensor network, Asset tracking, Ad hoc network, TinyOS

1. 서론

센서 네트워크(sensor network)는 물리공간의 상태인 빛, 소리, 온도, 움직임 같은 물리적 데이터를 센서 노드에서 감지하고 측정하여 중앙의 기본 노드(base-station or sink)로 전달하는 센서 노드들로 구성되는 네트워크이다. 센서 네트워크는 일반적으로 멀티-홉(multi-hop) 무선 네트워크 형태의 다수의 분산 센서 노드들로 구성된다. 센서 노드들은 하나 이상의 센서(온도, 소리, 빛, 가속도, 위치, 자기장 등), 액추에이터(actuator), 마이크로 컨트롤러, 수 십 KB 크기의 EEPROM, 수 KB의 SRAM, 수백 KB 크기의 플래시 메모리, 근거리 무선 통신 모듈로 구성된다. 센서 네트워크 기술은 센서와 무선 네트워크 기능을 이용하여 물리공간에서 측정된 아날로그 데이터를 디지털 신호로 변환하고, 인터넷 같은 전자공간에 연결된 루트(root) 노드로 전달하는 입력시스템의 역할을 한다. 물리적 세계와 사이버 세계를 연결할 수 있는 특징 때문에, 센서 네트워크의 개념은 새롭게 대두되고 있는 지능형 서비스들의 지능형 환경 모니터링, 위치인지 서비스, 지능형 의료시스템, 지능형 로봇 시스템 등 다양한 분야에 적용되고 있다.

센서 네트워크의 장점은 낮은 사양의 하드웨어를 이용하여 무선 애드-홉(ad-hoc) 네트워크를 구성할 수 있는 점이다. 예를 들어, 지금까지 개발된 블루투스(bluetooth), 무선랜(wireless LAN)등의 무선 네트워크 기술들은 반드시 컴퓨터, PDA 같은 고급 컴퓨팅 장치를 필요로 하는데, 센서 네트워크

크 노드는 독자적으로 네트워크를 구성한다. 이런 네트워크 구성의 용이성 때문에 유비쿼터스(ubiquitous) 컴퓨팅 환경의 기반기술로 사용될 수 있을 것이다. 인텔도 기술 로드맵 중에 센서 네트워크를 기반 기술로 예측하고 있다[1].

근래 센서 네트워크와 관련된 칩과 시스템들이 상용화되기 시작했으나 널리 보급되고 산업화되기 위해서는 해결되어야 할 문제들이 많이 남아있다. 네트워크 프로토콜, 적절한 응용 서비스 등의 부재로 인해 빠른 시간 내에 상용화되기 힘들 것으로 예측되기도 한다.

TinyOS는 새로운 컴퓨팅 패러다임인 저가의 소형 컴퓨터 시스템, 즉 네트워크 임베디드 시스템 또는 센서 네트워크에 사용될 수 있는 시스템 기술이다. 버클리 대학에서 주도적으로 개발을 추진하고 있으며, 현재 센서 네트워크 분야에서 실제 구현 및 적용에 가장 빠르게 대응하고 있다. 인텔 및 크로스보우 등의 회사가 이 기술의 확산을 위해 지속적으로 투자하고 있으며 마이크로소프트사도 관련 기술을 보유하기 위해 노력 중이다.

TinyOS가 표면적으로는 지그비(Zigbee) 표준과 다른 성격으로 보일 수도 있지만, 주요 요소기술들은 동일한 기능을 지향하고 있다. 이런 이유로, 근래 본격적인 구현 및 산업화가 시도되면서 두 기술에 대한 업계의 관심이 높아지고 있다.

본 논문에서는 무선 센서 네트워크를 이용한 자산 모니터링 응용 서비스 구현에 필요한 TinyOS 및 멀티-홉 센서 네트워크 기술을 분석하고, 응용 서비스를 위한 시스템의 구조 및 구현 방법을 제안한다. 그리고 실제 구현된 결과와 향후 고려해야 할 사항을 정리한다.

저자 소개

* 正 會 員 : 전자부품연구원, 디지털미디어 연구센터

** 正 會 員 : 전자부품연구원, 유비쿼터스컴퓨팅 연구센터

2. 관련 기술 동향

2.1. TinyOS

TinyOS의 개발 목적은 세 가지로 설명할 수 있다[2]. 첫

제, 미래의 센서 네트워크 노드에 사용될 수 있는 소프트웨어 구조를 설계, 둘째, 여러 하드웨어 플랫폼과 소프트웨어 라이브러리를 사용하여 운영체제와 서비스 애플리케이션을 구현할 수 있도록 설계, 셋째, 제한된 자원, 동시성, 강인성, 응용 서비스별 요구사항을 만족할 수 있는 설계이다.

이런 목표의 달성을 위해 TinyOS는 구성이 모듈화 되었으며, 제한된 자원에서 동작할 수 있는 이벤트 구동 방식으로 구현되었다. 모듈구성에 따라 운영체제가 다양한 하드웨어에 적용이 가능하며, 서비스 애플리케이션도 동일한 추상화를 유지할 수 있다.

TinyOS에서는 시스템과 사용자 부분을 나누어 놓지 않았다. 그러나 대부분의 애플리케이션에서 자주 사용되는 모듈들이 있는데, 타이머, 데이터 수신, 전력 제어, 네트워크 모듈들이 대표적인 예이다. 이 모듈들의 사용은 센서 네트워크 노드가 한정된 전력으로 동작하고 주기적으로 데이터를 수집하며, 간단한 데이터 처리와 주위 노드로 데이터를 전송한다는 주요 동작에 대한 특징을 나타내고 있으며, 다른 센서 네트워크 플랫폼인 맨티스(MANTIS)[3], 센서심(SENSORSIM)[4], 엠스타(EMSTAR)[5]등도 동일한 특징을 갖고 있다.

TinyOS의 장점은 누구에게나 공개되어 사용할 수 있다는 점인데, 기존의 공개 소프트웨어와 동일한 장점을 갖는다. 리눅스(LINUX)나 비에스디(BSD)와 같은 기술 공개의 원칙은 산업화 및 기술 확산을 가속화 시킬 것으로 예측된다.

2.2. 멀티-홉 네트워크

MultiHopRouter, TinyDiffusion, GPSR, BVR 등의 멀티-홉 네트워크 알고리즘들은 경로로 정해질 가능성이 있는 이웃 노드 검색과 관리 테이블 구성이 공통적인 동작이다. 이 정보들은 처음 라우팅 경로를 결정할 때와 주위 노드의 생성 또는 소멸 등의 네트워크 환경이 변화했을 때 경로 재설정에 사용된다. 이웃 노드 테이블에는 노드의 주소, 연결 상태, 홉 수 같은 라우팅 메타데이터를 포함한다. 링크 상태는 라우팅 경로를 결정할 때 사용되며, 홉 수는 테이블을 관리하는데 사용된다.

TinyOS에서 초기에 구현된 멀티-홉 라우팅 프로토콜들은 전송 오류가 심했지만[6], 연결 상태 예측기(link state estimator)를 사용한 MultiHopRouter, BVR, TinyDiffusion, TinyOS DSDV에서는 이 문제들이 해결 되었다[7]. 그리고 이들 멀티-홉 라우팅에서는 Send와 Intercept 인터페이스를 사용하기 시작했는데, 패킷 생성에 효율적인 getBuffer 커맨드와 재전송해야 하는 패킷을 수신했을 때 호출되는 Intercept 이벤트가 포함되어 있어서, 노드들은 데이터의 재전송 전에 데이터 처리가 가능해 졌다. 또한 네트워크 스택 하부에 이웃 노드의 패킷을 수신할 수 있는 기능을 추가하여 더 정확한 주변 노드들의 정보를 수집할 수 있다. 전송 큐, 출력 큐, 생성 큐, 전달 큐 등을 추가하여 전송 효율도 높였다.

TinyOS에 구현되어 있는 라우팅 프로토콜들은 초기와는 달리 주변 노드에 대한 테이블을 생성, 다른 노드의 패킷을 수신, 메시지 큐의 사용으로 지연시간, 네트워크 구성 실패, 패킷 손실 등의 단점을 극복하였다.

3. 멀티-홉 무선 센서 네트워크를 이용한 자산 모니터링 시스템 설계

본 논문에서 제안하는 자산 모니터링 시스템 설계의 목표는 무선 센서 네트워크 노드의 위치를 파악하는 것이며, 위치 파악은 무선 센서 네트워크 노드가 속해있는 네트워크 베이스스테이션(Basestation)의 위치에 따라 결정된다.

3.1 시스템 구성

무선 센서 노드는 하나의 베이스 노드에 접속하여 네트워크를 구성한다. 이렇게 구성된 네트워크는 게이트웨이를 통해 응용 애플리케이션이 설치된 서버로 데이터를 전송한다. 게이트웨이는 무선 센서 네트워크와 이더넷을 연결하며, 게이트웨이의 위치는 설치 시에 응용 애플리케이션에 등록했다.

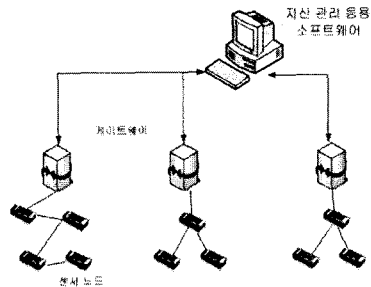


그림 1. 자산 관리 시스템 구성

3.2. 시스템 구현 및 테스트

각 자산마다 무선 센서 노드를 부착하고 노드의 고유한 아이디에 따라 자산의 정보를 입력하면 자산 모니터링 응용 소프트웨어에는 그림 2와 같이 자산의 내용, 위치, 이동 경로를 파악한다.

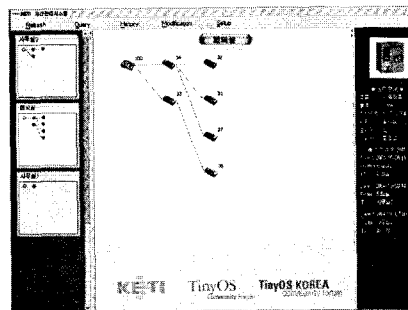


그림 2. 위치 별 네트워크 구성

응용 소프트웨어는 자산의 위치 변화가 생기면 이동하는 위치로 화살표를 표시한다. 새로 이동된 노드는 다른 색으로 표시되어 이동 여부를 파악할 수 있다.

그림 3은 각 센서 네트워크 노드가 전송하는 데이터를 서버에 저장한 데이터이다. 노드는 초기에 저장된 데이터를 주기적으로 애드 혹 네트워크를 통해 전송한다. 서비스 서버는 전송 받은 데이터를 XML 형식의 상위레벨 언어로 저장하고,

이를 바탕으로 화면 출력과 검색 기능을 수행한다.

```
<?xml version="1.0" encoding="euc-kr"?>
<Nodes>
  <Node id="6400">
    <BaseId>6400</BaseId>
    <Location>회의실</Location>
    <Level>상</Level>
    <Number>KETI-2004-100</Number>
    <Name>TIP-50G</Name>
    <Owner>합경선</Owner>
    <Kind>자산관리용품</Kind>
    <ImagePath>images/panel-100.gif</ImagePath>
    <History>
      <History>
        <From>6400</From>
        <To>6400</To>
        <Time>2004-10-06 14:36:30</Time>
      </History>
    </History>
  </Node>
</Nodes>
```

그림 3. 노드 데이터 저장 방식

자산의 위치 모니터링과 검색이 통합되어 제공되어야 효율적 자산관리가 가능하다. 그림 4는 응용 소프트웨어에서 지원하는 검색 인터페이스이다.

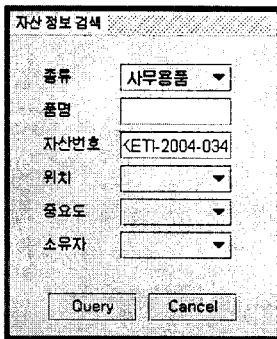


그림 4. 센서 네트워크 노드 검색창

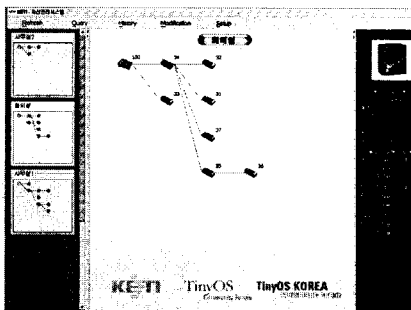


그림 5. 검색된 센서 네트워크 노드 표시

그림 5는 검색된 센서 네트워크 노드, 자산의 위치를 표현한다. 검색된 자산은 34번 아이디의 자산이고 화면에서 다른 색으로 표시된다.

4. 결론

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 물리 공간의

이벤트를 입력받는 센서 노드들을 이용한 자산관리 모니터링 시스템의 설계와 구현방법을 제안하였다. 베이스 스테이션을 기준으로 멀티-홉 네트워크를 구성하고, 위치를 인지하는 방법은 일반 가정, 사무실 환경에서 적절하게 사용할 수 있는 방법이다. 이를 이용하여 자산의 현재 위치와 과거의 이동경로를 저장할 수 있기 때문에 효율적 자산관리가 가능하다. 제한한 시스템에서는 위치를 애드 혹 네트워크의 구성 여부로 결정한다. 정확한 자산 관리 시스템을 위해서는 정확한 위치인지가 가능한 저가의 무선 통신 기술이 개발되어야 한다.

제한한 시스템 구성에서는 각 자산의 위치 정보를 파일 형식으로 저장하였다. 자산의 수가 증가하고, 자산의 이동이 많은 시스템인 경우에는 데이터의 효율적 관리를 위한 데이터 베이스 시스템을 사용하는 것이 적합할 것이다.

센서 네트워크는 낮은 가격과 무선 통신의 장점 때문에 다양한 분야에 적용될 수 있다. 앞으로 다양한 응용 서비스 환경 구현을 통해, 새로운 기술적 요구사항을 찾아내고 개발하여, 효과적인 상용 서비스를 도출하는 시도가 필요하다.

참고문헌

- [1] <http://www.intel.com/research/exploratory>
- [2] J. Hill, R. Szweczyk, A. Woo, S. Hollar, D. E. Culler, and K. S. J. Pister. System architecture directions for networked sensors. In Proceedings of ASPLOS, pages 93-104, Boston, MA, USA, Nov. 2000.
- [3] H. Abrach, S. Bhatti, J. Carlson, H. Dai, J. Rose, A. Sheth, B. Shucker, J. Deng, and R. Han. MANTIS: system support for Multimodal NeTworks of In-situ Sensors. In Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Wireless Sensor Networks and Applications, pages 50-59. ACM Press, 2003.
- [4] S. Park, A. Savvides, and M. B. Srivastava. SensorSim: a simulation framework for sensor networks. In Proceedings of the 3rd ACM International Workshop on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems, pages 104-111. ACM Press, 2000.
- [5] J. Elson, S. Bien, N. Busek, V. Bychkovskiy, A. Cerpa, D. Ganesan, L. Girod, B. Greenstein, T. Schoellhammer, T. Stathopoulos, and D. Estrin. Emstar: An environment for developing wireless embedded systems software. Technical Report 0009, CENS, Mar. 2003.
- [6] D. Ganesan, B. Krishnamachari, A. Woo, D. Culler, D. Estrin, and S. Wicker. Complex behavior at scale: An experimental study of low-power wireless sensor networks. Technical Report 02-0013, UCLA Computer Science Division, Mar. 2002.
- [7] A. Woo, T. Tong, and D. Culler. Taming the underlying challenges for reliable multihop routing in sensor networks. In SenSys '03, Los Angeles, California, Nov. 2003.