
분산 저장형 센서 네트워크를 위한 태양 에너지 기반 센서 시스템의 구조

노동건* · 윤익준^b

*배재대학교 · ^b서울대학교

Architecture of the Solar-powered Sensor System for Distributed-storage Wireless Sensor Network

Dong Kun Noh* · Ikjune Yoon^b

*Paichai University · ^bSeoul National University

E-mail : dnoh@pcu.ac.kr · ijyoon@mobisys.snu.ac.kr

요 약

배터리 기반 센서네트워크의 짧은 수명으로 인하여, 최근 환경 에너지 수집형 센서 네트워크들이 활발히 연구되고 있다. 본 논문에서는 목표 응용 시스템에 최적화된 태양에너지 기반 센서 네트워크를 구현하기 위하여, 각 센서 노드의 시스템 수준의 요구사항을 도출하고 분석한다. 아울러 우리가 실제 구현된 태양 에너지 기반 센서 노드의 HW/SW 컴퍼넌트들이 위의 요구사항들을 어떻게 만족시키는지 살펴본다.

ABSTRACT

Due to the short lifetime of the battery-based sensor network, study on the environmental energy-harvesting sensor network is being performed widely. In this paper, we analyze the system-level requirements on the sensor node which is needed for the efficient solar-powered wireless sensor network for the target application. In addition, we explain how the HW/SW components of our real solar-powered sensor node can satisfy the requirements mentioned above.

키워드

태양 에너지, 센서 네트워크, 센서 시스템, 에너지 수집, 네트워크 수명

1. 서 론

센서 네트워크의 주된 연구 분야 중 하나는 센서 시스템의 제한적인 리소스(제한적인 에너지 및 저장 장치, 연산장치 등)를 효율적으로 사용하여 오랜 기간 동안 필요한 센싱 데이터들을 적시에 수집하도록 하는 것이다. 특히, 여러 가지 리소스 중에서도 제한적인 에너지양을 극복하는 방법에 대하여, 컴퓨터 및 정보통신, DB 등 다양한 분야에서의 연구가 수행되어 왔는데, 이는 이러한 제한된 에너지

양이 현재의 배터리 기반 센서들의 가장 큰 약점이기 때문이다. 그러나 이 연구들은 네트워크의 수명을 일정정도 향상시킬 수 있을 뿐, 배터리라는 에너지원의 한계를 근본적으로 극복할 수는 없다.

따라서 최근에는 이 문제의 근본적인 해결책으로 환경에너지를 사용한 센서 네트워크에 대한 연구들이 활발히 수행되고 있다[1][2]. 특별히 태양 에너지는 높은 에너지 밀도와 주기성으로 인하여 센서 노드에서 배터리를 대신할 수 있는 실용적이고 영속적인 에너지원으로 주목받고 있다. 본 논문에서는

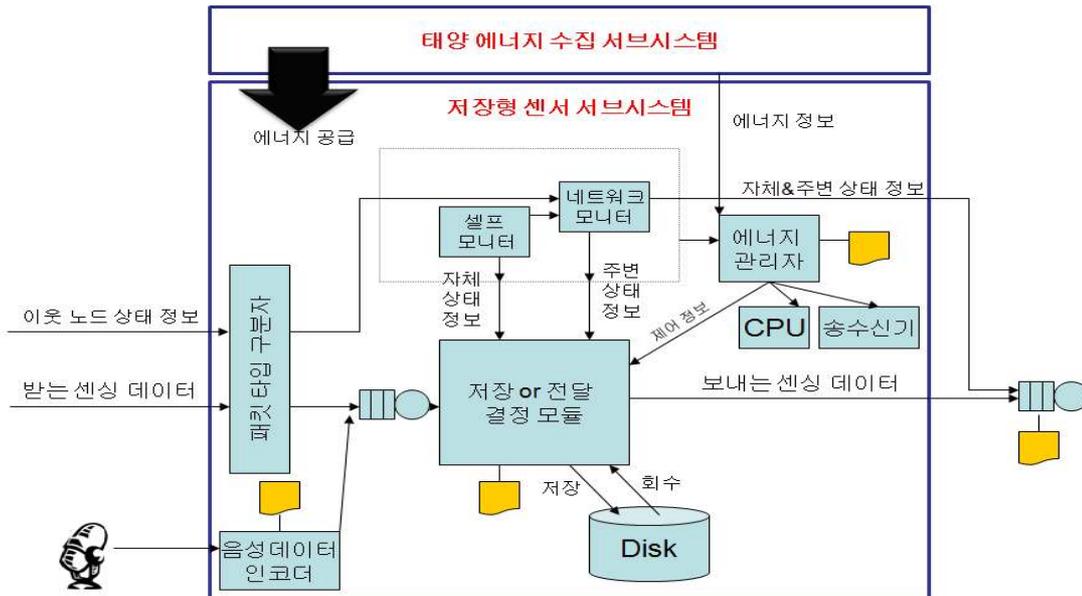


그림 1. 태양 에너지 수집 기반 저장형 센서 노드의 설계

이러한 연구 흐름에 따라 태양 에너지 기반 센서 시스템 설계 시 반드시 고려해야 할 사항들을 정리하였다.

II. 목표 센서 네트워크 응용 프로그램과 이를 위한 요구사항

본 연구의 목표 응용은 새의 생태 관찰을 위한 소리 모니터링 프로그램으로서, 센싱된 새의 위치와 소리를 통해 그들의 행동을 분석하는 것이다. 센싱된 위치 및 소리 정보는 바로 싱크 노드를 통해 베이스 스테이션으로 전달되는 것이 아니라, 센서 네트워크 내에 분산되어 저장된 후, 베이스 스테이션이 요청할 때 데이터가 전달되는 구조이다. 이러한 구조를 분산 저장형 센서 네트워크라고 한다.

이러한 분산형 저장 센서 네트워크에서 가장 유의해야 할 사항은 센서 네트워크가 베이스 스테이션과 연결이 끊긴 상태에서도 안정적으로 동작하며 데이터를 저장/유지해야 한다는 것이다. 이것을 연결끊김-감내형(Disconnection-Tolerant) 센서 네트워크라 한다.

이를 해결하기 위한 몇몇 연구들이 수행되었다. DALi[3]는 연결이 자주 끊기는 이동 센서 네트워크를 위한 데이터 추상화 계층인데, 분산 센서 노드들 사이에 가상 파일 시스템을 제공한다. 따라서 이 연구는 센서 시스템의 최적화에 초점을 두기 보다는 주로 데이터 구성이나 검색, 네이밍 기법에 초점을 두고 있다. EnviroStore[4]와 EnviroMic[5]는 모두 저장형 센서 네트워크에서 데이터 저장량을 최대화하는데 초점을 두고 있다.

이러한 연구들은 모두 저장형 센서 네트워크의 최적화에 초점을 두고 있지만, 배터리 기반 센서 시스템을 기반으로 하고 있으므로, 시스템이나 네트워크의 수명에 치명적인 약점을 보인다. 이에 비해 본 연구는 반 영구적인 시스템/네트워크 수명을 보장할 수 있으므로 사람의 손길이 닿을 수 없는 곳에 배치된 저장형 센서 네트워크에 아주 효과적으로 적용될 수 있다.

III. 태양 에너지 수집 기반 저장형 센서 노드의 설계

목표 센서 네트워크를 위한 노드는 그림 1과 같이 크게 태양 에너지 수집 서브시스템과 저장형 센서 서브시스템으로 구성된다.

태양 에너지 수집 시스템은 시시각각으로 변하는 태양 에너지의 수집량을 최대화 하여 재충전 가능 배터리나 축전지에 저장하여 저장형 센서 시스템이 이용 가능하도록 한다.

이렇게 수집된 에너지들은 저장형 센서 서브시스템의 에너지 관리자를 통하여 목표 응용에 가장 적합한 방법으로 사용된다. 즉, 시스템의 각종 HW 설정(무선 송수신 범위, 듀티 사이클, CPU 속도 등)을 제어할 때 응용 목표에 최적화 하도록 에너지를 분배한다. 예를 들면, 본 연구에서 사용한 응용은 빠른 데이터 전달 및 고수준의 데이터 처리를 요구하지 않는 반면, 많은 데이터의 수집 및 저장에 목표를 두고 있다. 따라서 전송 범위와 CPU 속도를 희생하면서 듀티 사이클을 높이는 방향으로 시스템 설정을 하였다.

노드가 처리해야 하는 데이터 (그림 1에서 입력

큐에 저장되는 데이터)는 크게 두 가지 부류로 나뉜다. 노드 자체가 센싱한 데이터, 즉 본 목표 응용에서는 노드 자체에서 모니터링된 새의 음성 데이터가 그 한 종류이고, 다른 노드에서 센싱되어 분산 저장되기 위해 전달된 데이터가 다른 한 종류이다. 이렇게 데이터를 분산 저장시키는 이유는 데이터의 균형적인 저장을 통하여 저장량을 극대화하고 손실되는 데이터를 최소화하기 위해서이다. 각 노드마다 저장 용량, 잔여 에너지 양, 데이터를 센싱하는 속도 등이 다르기 때문에, 즉 사용가능한 시스템 리소스의 양이 다르기 때문에, 이웃 노드들의 리소스 정보(Network sensor)와 자신의 리소스 정보(Self sensor)를 비교하고 분석하여, 만약 자신이 센싱하거나 다른 노드로부터 받은 음성 데이터를 자신의 저장장치에 저장하는 것보다 이웃 노드들에게 전달하는 것이 전체 네트워크 저장량의 측면에서 효율적이라고 판단되면 로컬에 저장하지 않고 출력 큐를 통해서 이웃 노드로 보내게 된다. 이 판단에 대한 알고리즘은 [6]을 참고하면 된다.

중요한 것은 이러한 판단을 올바르게 하려면, 이웃 노드들의 리소스 상태에 대한 정보를 받아야 한다는 것이다. 따라서 이웃 노드로부터 받는 데이터는 또 두 가지로 분류되는데, 하나는 센싱 데이터이고, 다른 하나는 이웃노드의 정보를 포함한 데이터이다. 따라서 그림 1에서 보듯이 이웃 노드로부터 받는 데이터들을 패킷 분류기(packet classifier)를 통하여 분류하는 작업이 필요하다.

VI. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 조류의 생태 습성 모니터링을 위한 효율적인 데이터 저장형 센서 네트워크의 구현을 목표로 하여, 태양 에너지 수집 기반 임베디드 센싱 시스템의 설계에 대한 고찰을 수행하였다. 향후, 본 연구가 배터리 기반 센서의 짧은 수명 및 높은 유지관리 비용을 극복하고, 센서 네트워크의 영속성 및 센싱 데이터의 가치를 높일 수 있는 기반 연구가 되기를 기대한다.

현재 우리는 로우엔드 랩탑과 1.5m x 1.5m 크기의 솔라패널을 이용하여 프로토타입 수준의 에너지 수집형 센서 시스템을 구현한 상태이다. 향후 이를 집적화하여 Mote와 같은 내장형 센서 시스템을 구현할 계획이며, 응용을 바꾸어 산불 모니터링 프로그램에 본 연구를 적용할 것이다.

참고문헌

- [1] D. Noh, D. Lee, and H. Shin, "Qos-aware geographic routing for solar-powered wireless sensor networks," *IEICE Trans. Comm.*, E90-B(12): 3373-3382, 2007.
- [2] A. Kansal, J. Hsu, M. Srivastava, and V. Raghunathan, "Harvesting aware power management for sensor networks," in *DAC '06*, San Francisco, USA, 2006.
- [3] C. M. Sadler and M. Martonosi, "Dali: A communication-centric data abstraction layer for energy-constrained devices in mobile sensor networks," in *Mobisys*, 2007.
- [4] L. Luo, C. Huang, T. Abdelzaher, and J. Stankovic, "Envirostore: a cooperative storage system for disconnected operation in sensor networks," in *INFOCOM*, 2007.
- [5] L. Luo, Q. Cao, C. Huang, T. Abdelzaher, J. A. Stankovic, and Michael Ward, "Enviromic: towards cooperative storage and retrieval in audio sensor networks," in *ICDCS*, 2007.
- [6] Y. Yang, L. Wang, D. Noh, H. K. Le, T. Abdelzaher. "SolarStore: enhancing data reliability in solar-powered storage-centric sensor networks," In *MobiSys*, 2009.