

---

# 저전력 센서네트워크 기반 환경모니터링 시스템 연구

김기태\* · 김동일

동의대학교

Environmental monitoring system research based on low-power sensor network

Ki-tae Kim\* · Dong-il Kim

Donggeui University

E-mail : kimkital@deu.ac.kr

## 요 약

최근 유비쿼터스 컴퓨팅의 핵심 기술인 센서 네트워크 기술이 각광을 받으면서 다양한 종류의 센서 노드로 구성된 센서 네트워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 유비쿼터스 센서 네트워크는 부착된 태그와 센서로부터 사물 및 환경 정보를 감지, 저장, 가공, 전달하여 인간 생활에 폭넓게 활용되며, 환경오염에 대해서도 사람이 직접 측정 및 모니터링 하기 힘든 지역에 설치되어 활용되고 있다. 기존 네트워크에 비해 초소형, 저전력, 저비용으로 쉽게 구성 가능하기 때문에 꾸준히 연구되어지고 있으며 환경과 IT의 전략적 융합을 통한 그린 IT의 네트워크 접목 또한 중요한 연구분야로 조명되고 있다. 특수한 작업장이외의 주택실내나 일반 사무실 등에서의 공기오염 문제는 인간이 주거시설에 거주한 이래로 계속되어온 문제로서 그 대책이 시급하다. 쉽게 외부의 신선한 공기와 충분한 양의 환기로서 해결이 가능하나 사람이 계속해서 관리해 주기에는 불편한 상황이다.

본 논문에서는 센서네트워크 기반하에 실내 공기질을 관리를 할 수 있는 시스템을 설계하고, 효율적으로 운영 가능한 방안에 대해서 연구한다.

## ABSTRACT

The sensor network technology for core technology of ubiquitous computing is in the spotlight recently, the research on sensor network is proceeding actively which is composed many different sensor node. USN(Ubiquitous Sensor Network) is the network that widely applies for life of human being. It works out to sense, storage, process, deliver every kind of appliances and environmental information from the stucktags and sensors. And it is possible to utilize to measure and monitor about the place of environmental pollution which is difficult for human to install.

It's studied constantly since it be able to compose easily more subminiature, low-power, low-cost than previous one. And also it spotlights an important field of study, graft the green IT and IT of which the environment and IT unite stragically onto the Network.

The problem for the air pollution in the office or the indoor except a specific working area is the continuously issue since the human beings have lived in the dwelling facilities.

Measures for that problem are urgently needed. It's possible to solve for the freshair of outside with enough ventilation but that is the awkward situation to be managed by person.

This study is the system engineering to management for indoor air condition under the sensor network. And research for efficiently manage an option.

## 키워드

IAQM(Indoor Air Quality Management), LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy), VOCs(Volatile Organic Compounds), 그린IT

### 1. 서 론

무선 센서 네트워크는 감지, 연산 그리고 무선 통신 능력을 갖는 수많은 작은 센서 노드들로 구성된다. 센서노드로부터 얻은 데이터를 통해 다양한 응용분야에 이용되고 있다.

기존에 네트워크 구성이 어려웠던 유독물질에 감염된 지역이나 지진 피해지역과 같이 사람이 직접 모니터링하기에는 위험하고 접근이 불가능한 지역의 정보수집 등에 설치 운용될 수 있는 강점이 있다. 현대인은 실내에서 생활하는 시간이 하루 중 80% 이상을 차지하고 있으며, 환경에 대한 인식이 향상됨에 따라 실내공기오염(Indoor Air Pollution)은 새로운 환경문제로 인식되고 있다.

센서 네트워크 내의 센서 노드들은 넓은 지역에 걸쳐 분포되어 있기 때문에 전력을 소진할 경우 일일이 재충전하기 어렵다. 결국 센서 노드들의 전력 소모는 전체 센서 네트워크 수명에 직접적인 영향을 준다. 그러므로 센서 네트워크 응용분야에서의 데이터 수집과 전달, 센서 노드의 효율적인 에너지 소모는 매우 중요하며, 이를 위하여 센서 네트워크를 위한 라우팅, 전력관리는 센서 네트워크를 구성할 때 반드시 최우선적으로 고려해야 하는 사항이다.

본 논문에서는 이러한 사항들을 고려하여 효율적인 전력소모를 위한 라우팅 프로토콜을 제안하고 성능 평가한다.

### II. 관련 연구

#### 2.1 실내공기질

발생원에 따른 주요 실내오염물질은 표1과 같다. 표1은 오염물질에 따른 발생원인과 인체영향을 나타낸 것이다. 표2는 최근 5년간 실내공기오염에 대한 연구가 가장 활발하게 이루어지고 있는 일본의 문부과학성에서 제시한 학교환경위생 기준 중 이번 실험에 필요한 항목만을 나타낸 표이다. 아래 기준에 맞게 센서 노드에 적용하였다.

표 1. 발생원에 따른 주요 실내오염물질

오염물질	발생원	인체영향
먼지	대기중 먼지가 실내 유입, 실내바닥 먼지, 담배재	규폐증, 진폐증, 탄폐증
담배연기	담배, 켄연	두통, 피로감, 기관지염, 폐렴, 기관지 천식, 폐암
VOCs	페인트, 접착제, 스프레이 연소과정, 세탁소, 왁스, 방향제 등	피로감, 정신착란, 두통, 구역, 현기증, 호흡기질환, 중추신경억제작용
CO2	인체, 연소기구	만성폐질환, 기도저항 증가, 중추신경영향

표 2. 일본문부성 학교 환경위생 기준

항목	기준
온도	겨울철(10°C이상), 여름철(30°C이하)
상대습도	30~80%
CO2	1500ppm
VOCs	400-500

#### 2.2 센서네트워크 프로토콜

지금까지 연구된 WSN 프로토콜은 네트워크 구조에 따라 평면 프로토콜(Flat Protocol)과 계층 프로토콜(Hierarchical Protocol)로 분류된다.[1] 평면 프로토콜은 네트워크 전체를 하나의 영역으로 간주하여 모든 센서노드들이 동일한 기능과 역할을 수행한다. 그러므로 네트워크로부터 데이터를 수집하고자 하는 경우 데이터 전송에 참여하는 센서노드 수가 많아지게 되고 이는 많은 에너지 소비를 유발한다. 계층 프로토콜은 센서노드들을 멤버노드와 헤드노드로 구분하여 서로 다른 역할을 수행한다. 멤버노드는 관찰대상이 되는 지역에서 감지한 이벤트를 헤드노드로 전송하는 역할을 수행하고, 헤드노드는 사용자의 요청질의를 멤버노드에게 전달하고 멤버노드들이 전송한 데이터를 조합하여 싱크노드로 전송하는 역할을 한다. 계층 프로토콜에서 네트워크는 클러스터라고 하는 기본단위로 분할되는데 각 클러스터는 한 개의 헤드노드와 다수의 멤버노드로 구성된다. 이와 같은 구조를 통해 계층 프로토콜은 평면 프로토콜보다 메시지의 송수신 횟수를 줄일 수 있으므로 에너지 효율적인 장점이 있다.

### III. 시스템 구성

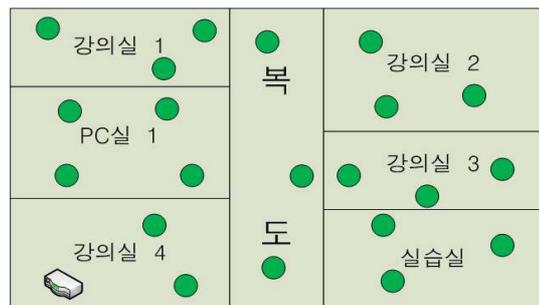


그림 1 센서 배치현황(노드, 라우터)

그림 1과 같이 무작위로 한 개 건물의 한층에 센서노드를 퍼뜨리고 각 노드간 계층을 형성시키도록 하였다. 계층은 2개의 계층으로 구분되는데 1계층은 기존의 LEACH 프로토콜로 헤드노드는 무작위로 선출된다. 하지만 2계층의 헤드노드는 위치를 기반으로 주위노드간의 가장 평균적인 자리에 위치한 노드로 선정한다. 고정적이며 한번 선출로 수명이 다 할 때까지 지속하게 된다.

제안한 시스템의 구성은 표 1과 같이 베이스 스테이션(BS: Base Station), 2계층의 클러스터 헤드(2CH: 2Layer Cluster Head), 1계층의 클러스터 헤드(1CH: 1Layer Cluster Head), 센서노드(SN: Sensor Node)로 구성된다. 다수의 센서노드와 한 그룹의 클러스터 헤드로 클러스터가 구성되고, 클러스터 헤드는 2계층의 클러스터 헤드를 부모로 하여 각 클러스터 간 병합한 데이터를 전송한다. 2계층의 클러스터 헤드는 전송받은 클러스터 간의 데이터를 전에 받은 데이터와 비교하여 변동사항이 있는 데이터만을 BS으로 전송한다. 실질적으로 대규모로 구성된 센서네트워크에서는 유독물질, 환경요소 등 사람이 직접 측정하기 힘든 것을 센서노드가 대신 수행하게 되는데 데이터의 급격한 변화가 아닌 경우에도 데이터를 주기적으로 보냄으로서 노드들의 에너지 소모를 야기하게 된다. 1계층에서의 데이터 병합과 2계층에서의 데이터 확인으로 필요한 데이터를 필요시에만 보냄으로서 에너지 소모를 급격히 줄일 수 있다.

표 3. 센서 네트워크 시스템 기능별 노드

구분	기능
BS	네트워크 초기화
	네트워크 관리
2계층 클러스터 헤드	데이터 릴레이
	데이터 비교
1계층 클러스터 헤드	클러스터 초기화
	데이터 병합
센서 노드	환경 정보 수집
	데이터 전송

#### IV. 실험

본 논문에서 구성한 시스템의 노드에 제안하는 에너지 절약프로토콜을 적용하여 테스트하였다.

센서 네트워크를 기반으로 여러 환경모니터링 시스템 중 본 논문에서는 실내 공기질 관리로 테스트하였다. 각 센서노드에는 온도, 습도, CO2, VOCs를 측정 할 수 있는 센서가 내장되어 있으며 수집한 데이터를 라우터를 통하여 서버로 전송하게 된다. 그림2는 센서노드들이 지정한 초간격으로 정보를 전송해 오는 것을 보여준다.

건물 한 개의 한층을 대략 200평이라 간주하고 노드의 개수는 20개이다. 20개의 노드를 임의로 배치하고 1차 클러스터 형성과 2차클러스터 헤드 선출을 한뒤 에너지 소모를 비교 테스트 하였다. 노드의 수명이 곧 네트워크의 수명으로 이어진다. 에너지 소모는 송 수신 시 사용되는 에너지 소모와 회로의 에너지 소모이다.

그림 2. 각 센서노드들의 실시간 데이터

건물 한 개의 한층을 대략 200평이라 간주하고 노드의 개수는 20개이다. 20개의 노드를 임의로 배치하고 1차 클러스터 형성과 2차클러스터 헤드 선출을 한뒤 에너지 소모를 비교 테스트 하였다. 노드의 수명이 곧 네트워크의 수명으로 이어진다. 에너지 소모는 송 수신 시 사용되는 에너지 소모와 회로의 에너지 소모이다.

회로의 소모 에너지는 균등하게 놓고 테스트 하였으며, 데이터의 패킷에 따른 에너지 소모도 틀려진다. 에너지 소비는 전송거리의 제곱에 비례해서 증가하므로 전송거리를 줄이는 것이 가장 중요하고 다음으로 패킷의 크기를 줄여서 보내는 것이 중요하다. 전송거리는 클러스터 형성으로 어느정도 극복이 가능하여 본 논문에서는 데이터의 패킷을 줄이는데 집중하였다. 그림 3과 4를 비교하였을 때 기존 LEACH 프로토콜에 비해 제안한 프로토콜에서는 에너지 소모가 비교적 균일하지만 2계층 클러스터 헤드의 에너지 소모는 극심하게 나타났다. 2계층의 클러스터 헤드는 한번 선출되면 데이터의 패킷 비교를 위해 고정된 후 지속적으로 에너지 소모가 이루어진다.

라운드가 지속되어서 2계층 헤드의 노드는 다른 노드에 비해 에너지 소모가 심하지만 라운드가 지속된다면 LEACH에 비해 전체적으로 노드의 에너지 소모가 오랫동안 유지되는 것을 그림5를 통해 알 수 있다.

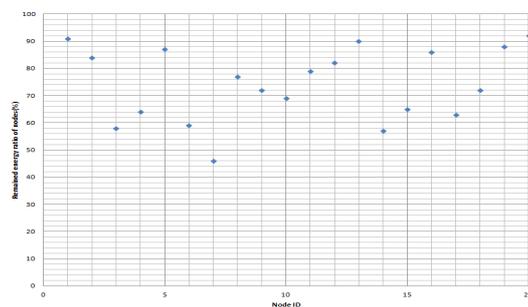


그림 3 LEACH 프로토콜에서 각 노드별 남아있는 Energy

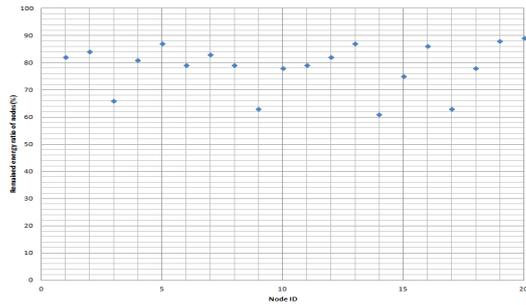


그림 4 제안한 프로토콜에서 각 노드별 남아있는 Energy

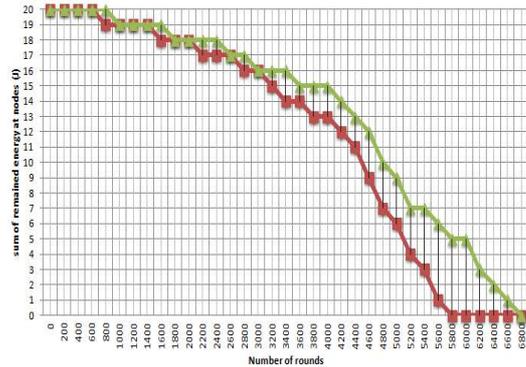


그림 5 라운드별 노드의 생존 수

Techniques In Wireless Sensor Networks: A Survey," IEEE Wireless Communications, Dec. 2004

- [4] R. Min, M. Bhardwaj, S. Cho, E. Shin, A. Shina, A. Wang, and A. Chandrakasan, "Low Power Wireless Sensor Network", Proceeding of Internaional Conference on VLSI Design, pp.205-210, 2001.
- [5] IETF site Multihoming in IPv6 Working Group : <http://www.ietf.org/html.charters/multi6-charter.html>
- [6] 김태우, 김현태, 홍원화 "학교 건축물의 실내 공기질 측정 및 평가에 관한 연구", 대한건축학회 논문집. 2006.4
- [7] 최정민, 강은혜, 하석용, 주재욱, 손영환, 임영철 "학교 교실의 실내공기질 향상을 위한 설계 및 관리지침 개발에 관한 연구", 대한건축학회 논문집. 2008.3

#### IV. 결 론

본 논문은 센서네트워크를 적용한 환경모니터링 시스템을 설계하고 기존의 WSN 프로토콜이 가지는 에너지 효율성을 개선하여 새로운 라우팅 프로토콜을 제안하였다. 제안한 프로토콜이 기존의 LEACH 프로토콜보다는 에너지 절약율이 높다는 것을 확인하였고, 이를 좀 더 개선할 수 있는 연구를 계속할 계획이다.

#### 참고문헌

- [1] R. S. Changn and C. J. Kuo, "An Energy Efficient Routing Mechanism for wireless Sensor Networks," Processings of the International Conference on Advanced Information Networking and Applications(AINA06), Vol2, pp.308-216, 2006
- [2] J. Ibriq and I. Mahgoub, "Cluster-based Routing in wireless Sensor Networks: Issue and Challenge," Parallel and Distributed Processing Symposium, Apr. 2004.
- [3] Jamal N. Al-karaki, Ahmed E. Kamal, "Routing