

# 무선 센서 네트워크를 위한 절전형 빌딩 게이트웨이 시스템

## A Study on Power-Saving Gateway System with Wireless Sensor Network for Building

임호정\* 유준재\* 강정훈\* 이민구\* 윤명현\* 송병철\* 임상채\*\*  
Lim, Hojung Yoo, J.J. Kang, J.H. Lee, M.G. Yoon, M.H. Song, B.C. Lim, S.C

### Abstract

The needs of energy efficiency in Ubiquitous world are increasing as the demand regarding the information appliance network increases gradually. Saving standby power will be one of energy efficiency way. Also, ubiquitous world needs sensor network technology for convenient life. Based on these demands, we studied on power-saving gateway system with sensor network for building.

키워드 : 유비쿼터스 시스템, 센서네트워크, 절전형 게이트웨이

Keywords : Ubiquitous System, Sensor Network, Power-saving Gateway

### 1. 서 론

빌딩의 형태가 고층·대형화 되어가는 추세에 발맞추어 빌딩의 효율적인 관리를 위해 인테리전트 빌딩 시스템 (IBS, Intelligent Building System)가 대두되었다. 빌딩 자동화 시스템 (BAS, Building Automation System) 업계에서는 RS-485통신(2선 방식)을 15년 전부터 사용해 왔으며, 최근 들어, 유선의 한계를 극복하기 위해 유비쿼터스 기술을 접목하려는 다양한 시도가 활발히 진행되고 있다.

사회·문화 환경의 급격한 변화에 부응하기 위해 다양한 분야에서 첨단 IT 기술을 접목하려는 시도가 활발히 시도되고 있다. 이 가운데 빌딩의 효율적인 관리를 위해 여러 센서 기술을 접목하려 한다. 하지만 센서 설치비용 가운데 유선 비용이 50~90%를 차지하는 등의 막대한 유선 비용은 큰 약점으로 작용하였다. 첨단 무선 센서 네트워크 기술을 빌딩 자동화에 접목한다면, 유선 비용으로 발생하는 기술적인 약점의 해결이 가능해져 저렴한 비용만으로 빌딩 자동화가 가능하다.

센서 네트워크의 장점은 낮은 사양의 하드웨어를 이용하여 무선 애드-혹(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 노드는 독자적으로 네트워크를 구성한다. 이런 네트워크 구성의 용이성 때문에 유비쿼터스 (ubiquitous) 컴퓨팅 환경의 기반기술로 사용될 수 있을 것이다.[1][2].

센서 네트워크에서 2개 이상의 다른 종류 또는 같은 종류의 통신망을 상호 접속하여 통신망 간 정보를 주고 받기 위하여 게이트웨이가 필요하다.

본 논문에서는 무선 센서 네트워크 환경에서 대기 전력 소모량을 줄이기 위한, 빌딩에서 게이트웨이가 이용할 수 있는 저전력 동작 방법에 대해 제안한다.

### 2. 절전형 빌딩 게이트웨이 시스템 개요

무선 센서 네트워크를 위한 절전형 빌딩 게이트웨이 시스템은 베이스 센서 노드, 게이트웨이, 그리고 통신을 가능하게 하는 TinyOS로 구성된다.

베이스 센서 노드는 센서 노드에서 감지하고 측정한 것을 전달받아 수집하는 노드로, TinyOS를 지원하는 Telos 플랫폼을 기반으로 구현된 상용 모델 Kmote-B이다. Telos 플랫폼의 마이크로 컨트롤러는 TI의 MSP 430이고, CC2420을 기반으로 하고 USB 인터페이스가 지원되는 개발의 효율이 높은 플랫폼이다. <그림 1>은 센서 노드 사진이다.[6]

\* 전자부품연구원 유비쿼터스 센터

\*\* (주)지능형빌딩시스템기술연구소

"이 논문은 2007년부터 정부(지식경제부)의 재원으로 에너지관리 공단 '통합운영 저에너지 건물기술 개발' 사업의 지원을 받아 수행된 연구임"

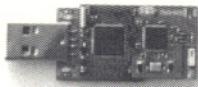


그림 1. 베이스 센서 노드

게이트웨이의 CPU는 삼성 S3C2410A-200 (200MHz, 16/32 bit RISC microcontroller), USN 인터페이스는 TI의 MSP430을 사용하는 IEEE802.15.4 호환된다. 게이트웨이 나머지 사양은 다음과 같다. 64MB 플래쉬 / 256MB RAM / USB / RS-232 / RS-485 / LAN / WAN.

다음 <그림 2>는 절전형 빌딩 게이트웨이 블록도이다.

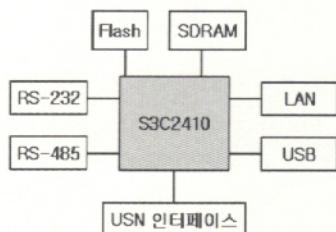


그림 2. 절전형 빌딩 게이트웨이 블록도

TinyOS는 구성이 모듈화 되었으며, 제한된 자원에서 동작할 수 있는 이벤트 구동 방식으로 구현되었다. 모듈 구성에 따라 운영체제가 다양한 하드웨어에 적용이 가능하며, 서비스 애플리케이션도 동일한 추상화를 유지할 수 있다.[7][8]

TinyOS에서는 시스템과 사용자 부분을 나누어 놓지 않았다. 그러나 대부분의 애플리케이션에서 자주 사용되는 모듈들이 있는데, 타이머, 데이터 수신, 전력 제어, 네트워크 모듈들이 대표적인 예이다.

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.[3]

TinyOS는 컴포넌트 기반, 이벤트 기반의 운영체제이다. 블로킹되는 호출은 존재하지 않는다. 대신 블로킹이 필요할 정도의 장시간의 동작을 수행하는 호출은 즉시 리턴을 보내주고, 리턴을 보내준 후에 동작을 수행하고 수행이 종료 되었을 때, 종료 상황을 알려준다.[4]

모든 TinyOS의 코드들은 nesC로 작성되어 있다. nesC는 컴포넌트 형태의 C 언어이다. 프로그래밍을 할 때, 애플리케이션을 만들기 위해 TinyOS의 부트 시퀀스에 필요한 컴포넌트들을 연결한다.

### 3. 절전형 빌딩 게이트웨이 시스템 흐름도

절전형 빌딩 게이트웨이 시스템을 구성하기 위해 무선 센서 네트워크 저전력 전략과 절전형 게이트웨이 전략이 필요하다.

대부분의 센서 네트워크 응용에서, 센서 노드들은 오랜 시간동안 이벤트가 발생하지 않는 idle 상태에 머물면서 전송되는 데이터를 기다리게 된다. 이러한 idle 상태 구간이 길기 때문에 에너지 소모를 줄이기 위해서 센서 노드들을 항상 listen 상태에 두지 않고 sleep 상태로 유지시키는 것이 에너지 소모를 최소화할 수 있다.

각 센서 노드들은 idle 상태에서 특정 시간이 지난 후, sleep 상태로 변경되며, 다른 센서 노드와 통신은 listen 상태에 가능하다. Sleep 구간 동안 센서 노드는 통신 모듈의 전원을 끄고, 일정 시간이 지나면 listen 상태로 변경한다. Listen과 sleep 시간은 응용 서비스의 특징에 따라 달라져야 한다. 각 노드들 간의 상태 변경의 시간적 편차를 줄이기 위해, 주기적으로 이웃 노드들 간 동기화가 이루어지도록 하고, 동기화 에러를 줄이기 위하여 listen 구간은 클럭 편차보다 길게 설정한다. 매우 짧은 time slot을 가지는 TDMA와 달리 CSMA 방식에서는 이웃 노드 간 동기화에 여유 있는 동기화기술을 사용한다.

모든 센서 노드들은 기본 노드에서 전송하는 동기화 신호에 따라 자신의 listen / sleep 스케줄을 설정한다. 모든 센서 노드들이 동시에 listen 상태와 sleep 상태로 전이 하도록 하여, 멀티홉 센서 네트워크 환경에서 주변 노드들 간의 동기화가 이루어지도록 구성한다. 기본 센서 노드는 자신의 스케줄을 현재 구성된 센서 네트워크에 브로드캐스트(broadcast)하여, 다른 센서 노드들과 listen / sleep 스케줄의 동기를 맞춘다. 만약 여러 이웃 노드들이 동시에 통신하고자 할 경우 미디어(media)에 대한 경쟁이 일어나는데, 이때 CSMA(Carrier Sense Medium Access) 기법으로 전송 충돌을 피하게 된다. 일정 시간동안 전송중인 데이터의 유무를 파악하여 전송중인 데이터가 있다면, 임의의 시간동안 기다린 후 다시 전송을 시도하게 되고 전송중인 데이터가 없으면 데이터 전송이 시작되며 전송이 끝날 때 까지 sleep 상태로 변경되지 않는다.[5]

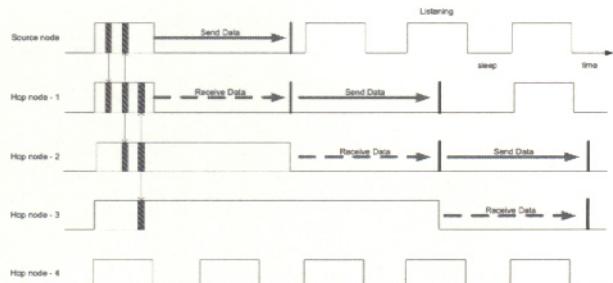


그림 3. Listen / Sleep 기법

무선 센서 네트워크를 위한 빌딩 게이트웨이 흐름은 두 개의 기능으로 분류된다. 첫째는 서버와 소켓 연결/종단, 연결하려는 서버의 주소와 포트를 받아오는 기능, 그리고 데이터를 서버에 소켓으로 전송하는 소켓 전송 기능이다. 둘째, 시리얼로 들어오는 데이터를 소켓을 이용하여 서버로 보내고, 서버로부터 소켓으로 내려주는 데이터를 시리얼을 통해서 노드에 내려주는 기능이다.

<그림 4>은 빌딩 게이트웨이 소프트웨어 전체적인 흐름도은 다음과 같다.

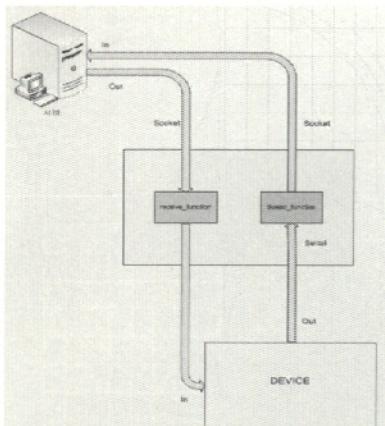


그림 4. 절전형 빌딩 게이트웨이 흐름도

절전형 게이트웨이의 기능은 입력 데이터가 30초 동안 입력이 없으면, 절전형 게이트웨이는 sleep (reset hold) 모드로 들어간다. 추후, 입력이 다시 들어오면 깨어나 데이터를 서버로 송신한다.

#### 4. 절전형 빌딩 게이트웨이 시스템 실험

<그림 5>는 절전형 빌딩 게이트웨이 시나리오이다.

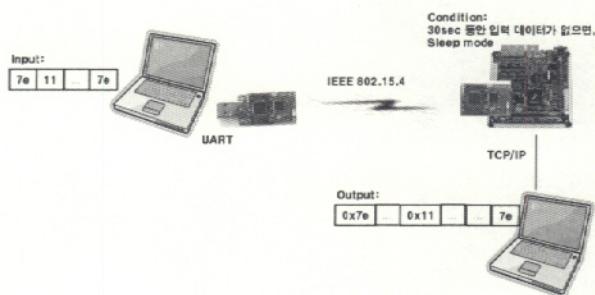


그림 5. 절전형 빌딩 게이트웨이 데모 시나리오

<그림 5> 원쪽의 컴퓨터 입력에서 데이터를 유비쿼터스 센서 네트워크 (USN)로 빌딩 게이트웨이를 통해 오른쪽 컴퓨터 서버로 전달한다. 입력 컴퓨터와 센서 노드는 시리얼로 통신을 하고, 센서 노드와 게이트웨이는 IEEE802.15.4로 데이터를 전송하며, 게이트웨이와 서버는 TCP/IP를 데이터를 송신한다. 입력 컴퓨터로부터 데이터가 30초 동안 입력이 없으면, 빌딩 게이트웨이는 sleep 모드로 들어간다. 추후, 입력이 다시 들어오면 깨어나 데이터를 서버로 송신한다. 입력 데이터는 "7e"로 인캡슐레이션 해서 8bit 데이터를 만들고, 출력 데이터는 "7e"로 인캡슐레이션 하며 전송된 데이터와 몇 번째 전송되었는지 카운트한 값을 같이 출력한다. 아래 <그림 6>은 데모 시연 사진이다.



그림 6. 절전형 빌딩 게이트웨이 데모 시연

아래의 <그림 7>은 실제 데모 전류량 측정하는 장면이고, 사용된 전류 측정기는 Agilent 34411A 모델이다. 왼쪽 그림은 데이터가 전송되는 전류량으로 578mA이고, 오른쪽 그림은 sleep 모드 상태로 전류량은 264mA로 데이터의 입력이 없는 sleep 모드로 들어가는 대기전력 소모량이 314mA 정도 절약이 된다.



그림 7. 절전형 빌딩 게이트웨이 전류 측정

#### 5 결 론

따라서 본 연구에서는 빌딩에 사용되는 게이트웨이의 전력 절약에 대한 실험이다. 데모 시연을 통해 항상 켜있는 게이트웨이보다 sleep/wake up 게이트웨이는 전류가 대략 314mA를 절약할 수 있다는 결론을 얻었다.

또한 위와 같은 연구를 통하여 데이터 sleep 모드에 대한 절약을 알았고, 좀 더 확장해서 각각의 디바이스에 대한 sleep 모드를 적용해서 진전할 수 있는 기반을 조성하였다.

#### 참고문헌

1. D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava, 2004, "Overview of Sensor Networks", IEEE Computer Society, 42-49.
2. Akyildiz, I.F., W. Su, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci, 2002, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communications Magazine, August, 102-114.
3. Chee-Yee Chong; Kumar, S.P., 2003, "Sensor networks: Evolution, opportunities, and challenges," Proc IEEE, 1247-1256.
4. D. Estrin, D. Culler, and K. Pister, 2002, "Connecting the Physical World with Pervasive Networks," IEEE Pervasive Computing, 1,1, 59-69.
5. Wei Ye, John Heidemann, Deborah Estrin. 2002, "An

- Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks." In Proceedings of the 21st International Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (INFOCOM 2002), New York, NY, USA.
- 6. Tinyosmall, <http://www.tinyosmall.com/>
  - 7. TinyOS, <http://www.tinyos.net/>
  - 8. TinyOS Korea, <http://www.tinyos.re.kr>