

---

# 센서 기반의 조명 시설물 관리시스템의 설계 및 구현

김동현\* · 조대수\* · 차경환\*

The Design and Implementation of the Lamp Facility Management System based on Sensors

Dong Hyun Kim\* · Dae Soo Cho\* · Kyung Hwan Cha\*

---

본 연구는 산업자원부의 지역혁신센터의 연구결과로 수행되었음

---

## 요 약

원격지에 위치하고 있는 조명 시설물을 효율적으로 관리하기 위해서는 조명 시설물이 설치된 장소의 상태를 파악해야 한다. 그러나 기존의 네트워크 연결이 없는 동작 센서 기반의 전등은 센서의 정보가 제한적이고 센서 정보를 중앙에 알릴 수 있는 방법이 없기 때문에 효율적인 관리가 어려운 문제점이 있었다. 이 논문에서는 2가지 이상의 센서를 이용하여 조명 시설물의 다양한 상태 정보를 획득하는 관리시스템을 제안한다. 중앙에서 상태 정보를 얻기 위하여 지그비 기반의 무선 네트워크를 사용한다. 이 시스템은 다양한 센서 정보를 제공함으로써 관리자의 의사결정을 신속화할 수 있는 장점을 제공한다.

## ABSTRACT

To effectively manage lamp facilities on a remote place, it is required to identify a status of the places where the lamp facilities are placed. however, since there is no methods to notify the status of sensors to the central management system based on the non-networked sensor environments, it is difficult to manage the lamp facilities remotely. In this paper, we propose the lamp facility management system to acquire the various status informations of lamp facilities using more than two sensors. To get the status remotely, the system exploits a wireless network based on the ZigBee. The benefit of this system is to help the efficient decision makings of administrators.

## 키워드

a lamp management system, Zigbee, sensor networks, sensor databases

## I. 서 론

유비쿼터스 센서 네트워크(USN)은 유비쿼터스 기반 기술 중 하나로 물리 공간의 상태인 빛, 소리, 온도, 움직임 같은 물리적 데이터를 센서 노드에서 감지하고 측정하여 중앙의 기본 노드로 전달하는, 센서 노드들로 구성된 네트워크 기술이다[1]. 유비쿼터스 센서 네트워크 기

술의 장점은 낮은 사양의 하드웨어를 이용하여 무선 네트워크를 구성할 수 있다는 것이다. 그 중에서 지그비(ZigBee) 통신 기술은 약 10m내외의 실내외에서 데이터 통신을 하기 위한 기술로서 저전력으로 통신이 가능하다는 장점이 있다. 따라서 지그비 통신을 이용하면 가전 시설물간의 홈 네트워크 기능을 저비용으로 구축할 수 있다[2].

일반적으로 건물 또는 시설물에서 조명을 관리하기 위한 방법은 수동으로 이루어지거나 혹은 동작 센서를 이용하여 자동으로 조명의 온/오프(on/off)를 관리하였다. 그러나 네트워크 연결이 없는 상태에서 동작 센서만을 이용한 조명 시설물 관리 기법은 센서의 정보가 한정적이고 센서 상태 정보를 중앙 관제실에 알릴 수 없기 때문에 많은 관리 비용과 시간을 요구하는 문제가 있다. 따라서 효율적인 관리를 위해서는 다양한 센서의 정보를 전송하고 이를 종합하여 관리 의사 결정을 지원하기 위한 기법이 필요하다.

[3][4][5]에서는 지그비 통신을 이용하여 조명 장치를 관리하기 위한 시스템을 제시하였다. 그러나 이 연구들에서는 조명 장치를 중앙 서버에서 단순 제어하기 위하여 지그비 통신을 사용하고 현장의 상태 정보를 수집하지 않는 문제가 있다. 또한 상태 정보를 수집하기 위해 센서를 사용하더라도 단일 센서만을 사용하기 때문에 획득되는 정보들의 종류가 한정되는 문제가 있다.

본 논문에서는 이를 위하여 2가지 이상의 센서를 이용하여 조명 시설물이 설치된 장소의 다양한 상태 정보를 획득한다. 그리고 획득된 정보를 무선 네트워크인 지그비 통신을 이용하여 서버 시스템으로 전달한다. 서버는 다양한 센서 정보를 종합하여 결정된 의사 결정에 따라 지그비 통신을 이용하여 원격으로 조명 시설물의 전력을 통제한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 기술하고 3장에서는 본 논문에서 제안한 전등 관리 시스템의 전체 개념도에 대하여 설명한다. 4장에서는 제안한 시스템에서의 처리 흐름도에 대하여 기술하고 5장에서는 시스템 테이블에 대하여 설명한다. 6장에서 구현 결과를 제시하고 마지막으로 7장에서 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

## II. 관련 연구

지그비 통신은 저속 전송속도를 갖는 홈 오토메이션 및 데이터 네트워킹을 위한 표준기술로서 가정 및 사무실 등에서의 무선 네트워킹에서 10~20m 내외의 근거리 통신을 위한 기술이다. IEEE 802.11이나 802.15와는 달리 단순 기능이 요구되는 매우 작은 사이즈, 저전력, 저가격 시장을 목표로 하며 915/868MHz와 2.4GHz 주파수

대역을 사용한다[2].

전송 속도는 약 40~250bps의 저속 데이터 통신을 지원하나 한 네트워크 상에서의 연결 기기를 최저 255대, 최대 65만대까지 지원할 수 있으며 매우 단순한 복잡도를 가진다는 장점이 있다. 특히 소비전력이 5 $\mu$ Am 정도이며 가격이 평균적으로 1.5\$ 정도이기 때문에 단순 원격제어 또는 센서 분야에서 사용할 수 있다. 따라서 산업 기기 자동화, 물류, 환경 모니터링 등의 분야에서 활용될 것으로 기대되고 있다.

[3]에서는 본 연구와 유사하게 지그비 통신을 이용하여 원격지 조명의 상태 정보를 수집하고 제어하는 시스템을 보여준다. 상태 정보를 수집하기 위하여 조도 센서를 이용한다. 그러나 이 연구에서는 조도 센서만을 사용하기 때문에 수집되는 정보의 종류가 한정되므로 효율적인 의사 결정이 어려운 문제가 있다.

[4]에서는 지그비를 이용한 조명 원격 온/오프 시스템을 보여주고 있다. 이 시스템에서는 지그비 원격 스위치 모듈을 이용하여 중앙에서 원격으로 개별적 혹은 일괄적인 조명 시설물의 제어 기능을 지원한다. 그러나 이 연구에서는 전등의 상태 정보를 획득하지 않기 때문에 조명 시설물의 효율적인 전력 관리가 어려운 단점이 있다.

[5]에서는 지그비 통신 기반의 화재 감지 센서와 원격 스위치 모듈을 이용한 시스템을 보여준다. 이 연구에서는 적외선 센서와 온도 센서를 이용하여 화재를 감지하고 이를 지그비 통신을 이용하여 중앙에 전송한다. 그러나 이 연구는 화재 경보를 위한 연구로서 조명의 전력 소비를 줄이기 위한 목적에 적합하지 않다.

[6]에서는 지리정보를 이용한 전력설비 관리를 위한 시스템을 보여준다. 그러나 이 연구에서는 전력 시설물을 관리하기 위한 시스템으로 한 건물내에 적용하기 어려운 문제점이 있다.

## III. 전력 관리 시스템

본 논문에서 제안하는 전력 관리 시스템의 개념도는 그림 1과 같다.

본 시스템에서는 조도 센서, 온도 센서 그리고 동작 센서를 이용하여 전등이 설치된 장소의 다양한 상태 정보를 수집한다. 설치된 센서들은 상황에 따라 설정된 적절한 정보 값을 생성하며 특히 각 조명 시설물마다 RFID

를 부착하여 차후 모바일 클라이언트를 이용한 현장 위주의 시설물 정보 조회가 가능하도록 한다.



그림 1. 전력 관리 시스템 개념도

Fig. 1. Concept of a Lamp Facility Management System

또한 전력 낭비를 줄이기 위하여 센서들은 평소에 오프모드로 설정되나 전등의 전원이 들어오면 온모드로 설정되어 상태 정보를 수집하기 시작한다. 상태 정보를 수집할 때 미리 설정된 한계치를 벗어나는 값이 수집되면 이를 중앙 서버에 보고하여 전등을 제어할 수 있도록 지원한다.

중앙 서버에서는 각 센서들로부터 수집된 데이터를 종합하여 사용자의 관리 의사 결정을 지원한다. 이를 위하여 센서가 설치된 시설물의 설치 현황, 이용 현황 등의 통계 및 이력 정보를 제공한다.

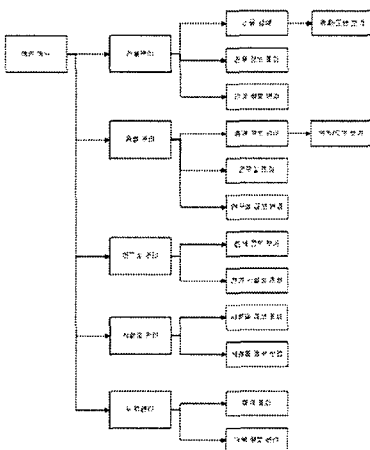


그림 2. 제공 기능

Fig. 2. Proposed Functions

그림 2는 시스템에서 제공하는 기능을 보여준다. 이 시스템에서는 건물 및 건물의 각 층을 관리하기 위하여 건물 및 각 층별 도면도를 보여주며 건물 정보의 조회 및 변경을 지원한다. 또한 각 층에 속하는 방 구조물에 대하여 조회 및 변경 기능을 지원한다.

각 센서의 정보를 파악하기 위하여 센서 정보 조회 기능을 제공하며 획득된 센서 정보를 기반으로 전기 시설물을 제어하기 위한 기능을 지원한다. 그 외로 센서가 설치된 시설물의 정보 조회 및 현재까지 누적된 이력 정보를 제공한다.

#### IV. 시스템 처리

그림 3은 센서 제어를 위한 처리 흐름도를 보여준다. 그림에서 보듯이 조명 시설물에 전력이 공급되면 순서에 따라 온도, 동작, 조도 센서가 순서대로 동작된다. 온도 센서는 조명 시설물이 설치된 장소 및 조명 시설물의 온도를 측정하여 일정 한계치를 초과하면 동작 센서를 구동시킨다.

동작 센서는 현재 전등이 설치된 방에 사람의 존재 여부를 판단하여 상태 정보를 전송한다. 동작 센서의 정보에 따라 사람으로 판단되는 경우 조도 센서를 동작시켜서 현 장소의 광량을 조사한다. 그 후에 센서 정보를 중앙 서버에 지그비를 이용하여 전송한다. 그러나 사람이 아닌 경우에는 온도 및 동작 센서를 정지시킨 후에 조명 시설물을 정지시킨다.

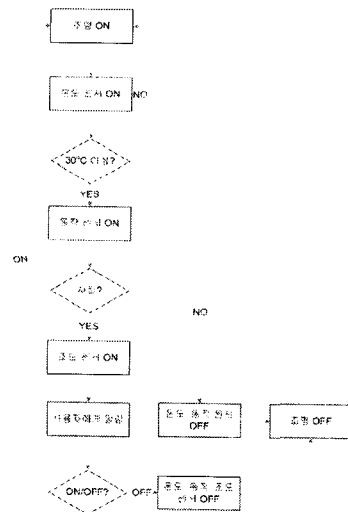


그림 3. 센서 제어 처리 흐름도

Fig. 3. Flow Chart of a Sensor Control

서버는 센서 상태 보기를 통하여 조도 센서, 온도 센서 그리고 동작 센서의 상태를 획득한다. 그리고 획득된 상태 정보들과 함께 서버 사용자에게 조명 시설물에 대한 의사 결정을 문의한다. 만약 조명 시설물을 서버 사용자가 동작 상태로 만들면 차후 다른 연구실의 정보 획득을 한 후에 해당 시설물의 조명 상태를 결정한다. 그러나 해당 조명 시설물을 정지 시키는 경우에 지그비를 이용한 릴레이 동작을 통하여 조명을 정지시킨다.

### V. 시스템 테이블 구성

그림 4는 센서로부터 수집된 데이터 및 건물, 건물 구성물, 연구실의 데이터를 저장하기 위한 데이터베이스 시스템 테이블 구성도를 보여준다.

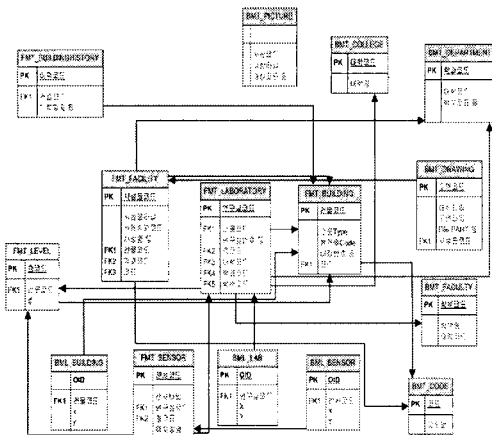


그림 4. 시스템 테이블 ER  
Fig. 4. ER of a System Table

본 시스템은 15개의 데이터 테이블로 구성되며 크게 객체 정보 테이블, 도면 정보 테이블, 기타 정보 테이블로 분류될 수 있다.

객체 정보 테이블은 건물 데이터 테이블, 시설물 데이터 테이블, 층 데이터 테이블, 연구실 데이터 테이블, 센서 데이터 테이블 그리고 건물 이력 테이블인 6개의 테이블로 구성된다.

표 1. 시설물 데이터 테이블 스키마  
Table 1. Table Schema of a Facility Data

엔티티클래스명	FMT_FACILITY		
테이블명	시설물		
설명	TABLE		
컬럼명	PK/FK	NULL 여부	설명
시설물 코드	PK		
시설물 타입	FK		전기, 소방등 구분
건물 코드	FK		소재지
시설명			
영문명			
제조일자			
학과코드	FK	Y	학과의 없을 수 있음
내구연한 등			

표 1은 시설물의 정보를 저장하기 위한 테이블 스키마를 보여준다. 시설물 코드를 기본키로 하며 시설물 타입, 건물코드 및 학과코드는 외래 키로 설정한다. 자세한 컬럼 정보는 생략한다.

표 2. 센서 데이터 테이블 스키마  
Table 2. Table Schema of a Sensor Data

엔티티클래스명	FMT_SENSOR		
테이블명	센서		
설명	TABLE		
컬럼명	PK/FK	NULL 여부	설명
센서코드	PK		
센서 타입	FK		온도, 조도, 동작 구분
연구실 코드	FK		
층 코드	FK		연구실이 아닌 장소에 설치가능
위치 설명			

표 2는 센서의 정보를 저장하기 위한 테이블을 보여준다.

표 3. 연구실 데이터 테이블 스키마  
Table 3. Table Schema of a Lab Data

엔티티클래스명	FMT_LABORATORY		
테이블명	연구실		
설명	TABLE		
컬럼명	PK/FK	NULL 여부	설명
연구실 코드	PK		
건물코드	FK		층코드로 건물 검색은 가능하나 편의상 중복해서 사용
층코드	FK		
사용대학 코드	FK		
사용학부 코드	FK	Y	학부에 소속되지 않을 수 있음
사용학과 코드	FK	Y	학과에 소속되지 않을 수 있음
연구실 번호 등			

표 3은 연구실 정보를 저장하기 위한 테이블 스키마를 보여준다. 연구실 코드를 기본키로 하며 건물 코드, 층 코드, 사용 대학, 사용 학부 및 사용 학과를 외래키로 한다. 이 때 해당 연구실을 특정 학부 또는 학과에서 점유하지 않고 단과대학 또는 대학 자체에서 관리할 수도 있기 때문에 사용 학부 및 사용 학과는 NULL로 될 수 있다.

표 4는 건물 정보를 저장하기 위한 테이블 스키마를 보여준다. 건물 코드를 기본키로 하며 건물 타입, 본 건물 코드 및 구조 코드를 외래키로 한다. 이 때 본 건물 코드는 증축건물인 경우 마스터 건물이기 때문에 NULL로 될 수 있다.

도면 정보 테이블은 도면 데이터 테이블과 사진 데이터 테이블인 2개의 테이블로 구성된다.

표 4. 건물 데이터 스키마  
Table 4. Table Schema of a Building Data

엔티티클래스명	FMT_BUILDING		
설명	건물		
데이터형태	TALBE		
컬럼명	PK/FK	NULL 여부	설명
건물코드	PK	N	
명칭		N	
증축여부		N	
건물 타입	FK	N	본건물, 증축건물 구분 타입
본건물 코드	FK	Y	증축건물일 경우 MASTER 건물
대장번호		Y	
건물번호		N	
허가번호		N	
구조 코드	FK	N	코드 테이블 참조
지역 등		Y	

표 5. 도면 데이터 테이블 스키마  
Table 5. Table Schema of a Map Data

엔티티클래스명	BMT_DRAWING		
테이블명	도면		
설명	Polygon		
컬럼명	PK/FK	NULL 여부	설명
도면 코드	PK		
대상 타입	FK		학교전체, 건물, 층, 연구실 구분
대상 코드	FK		타입에 따른 해당 시설의 코드
도면 타입	FK		평면도외의 도면제공시(3D)
FILE PAHT			절대경로
FILE NAME 등			파일명

표 5는 건물의 도면도에 대한 정보를 저장하기 위한 테이블 스키마를 보여준다. 도면 코드를 기본키로 하며 대상 타입, 대상 코드 및 도면 타입을 외래키로 한다. 도면은 주로 CAD 파일로 따로 저장되며 외부 CAD 파일에 대한 경로 및 파일명을 저장함으로써 시스템에서 접근 가능하도록 지원한다.

기타 정보데이터블은 대학 데이터 테이블, 학부 데이터 테이블, 학과 데이터 테이블, 건물 레이어 테이블, 연구실 레이어 테이블, 센서 레이어 테이블 그리고 센서 레이어 테이블인 7개의 테이블로 구성된다.

표 6. 학과 데이터 테이블  
Table 6. Table Schema of a Department Data

엔티클래스명				BMT_DEPARTMENT			
테이블명		학과					
설명		TABLE					
컬럼명	PK/FK	NULL 여부	설명				
학과코드	PK						
학과명							
대학코드	FK	Y					
학부코드	FK	Y	학부에 소속되지 않을 수 있음				

표 6은 기타정보 테이블 중 하나인 학과 정보를 저장하기 위한 학과 데이터 테이블을 보여준다. 학과 코드를 기본키로 하며 대학 코드와 학부 코드를 외래키로 한다.

### VI. 구현 결과

본 시스템은 센서 정보를 획득하기 위하여 ZigBex 모듈을 사용하였다. ZigBex는 유비쿼터스 센서 네트워크를 구현하기 위한 모듈로서 2.4GHz 주파수 대역의 지그비 통신을 지원한다. 그리고 지그비 모듈이 부착된 센서들을 조명 시설물과 연계하여 구현하였다. 서버로는 메모리 1G의 인텔 기반 서버를 사용한다. 지그비 통신을 통하여 전달된 센서 데이터는 지그비 수신부를 통하여 전송받으며 RS-232C 케이블을 통하여 서버로 전달한다.

그림 5는 구현된 시스템의 초기 화면을 보여준다.

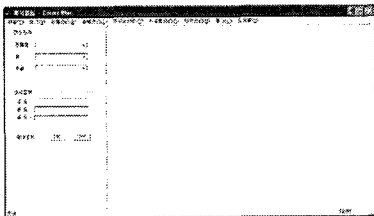


그림 5. 시스템 초기화면  
Fig. 5. Initial View of a Prototype System

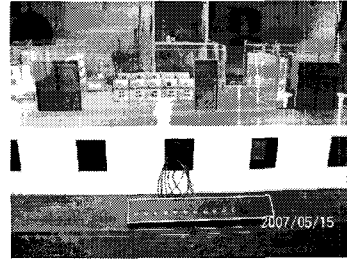


그림 6 시스템 모형  
Fig. 6. Simulation Model of a Prototype

그림 6은 본 시스템에서 센서들이 설치된 조명 시설물의 실제 환경을 시뮬레이션하기 위한 프로토타입 시스템 모형을 보여준다.

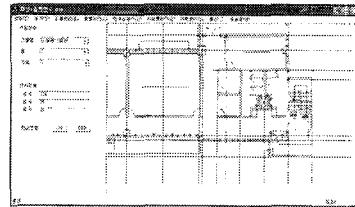


그림 7 건물 도면정보 조회  
Fig. 7. View of a Searched Map

그림 7은 건물의 도면 정보를 조회하여 보여주는 화면을 나타낸다.

### VII. 결론

일반적으로 조명 시설물의 동작을 제어하기 위한 방법은 수동으로 수행되거나 혹은 동작 센서를 이용하여 자동으로 수행되어졌다. 그러나 네트워크 기능이 없는 상태에서의 동작 센서만을 이용한 전동 관리 기법은 센서의 정보가 제한적이고 센서 정보를 관리자에게 알릴 수 있는 방법이 없기 때문에 많은 비용과 시간을 요구하는 문제가 있다.

본 논문에서는 이를 위하여 2가지 이상의 센서를 이용하여 조명 시설물이 설치된 장소의 다양한 정보를 획득하여 조명 시설물을 제어하는 시스템을 제안하였다. 그리고 센서로부터 획득된 상태 정보들은 무선 네트워크인 지그비 통신을 이용하여 서버 시스템으로 전달한

다. 다양한 센서 정보를 획득한 서버는 이를 이용하여 지그비 통신을 이용하여 원격으로 조명 시설물의 전력을 통제한다. 본 시스템은 사용자에게 실시간의 상태 정보를 제공할 수 있기 때문에 효율적인 시설물 전력 관리를 지원할 수 있는 장점이 있다. 향후 연구로는 동작 센서 외에 사람의 존재 여부를 확인할 수 있는 추가적인 센서 정보를 활용함으로써 오동작을 줄이는 기법에 대한 연구가 필요하다.

### 참고문헌

- [1] 유준재, 윤명현, 이민구, 강정훈, "센서 네트워크 및 애플리케이션 기술 동향", 전자부품연구원, 2005.
- [2] 권수갑, "ZigBee 개념 및 동향", 전자부품연구원, 2007.
- [3] 서동호, 서효중, "홈 네트워크에서 모니터링과 전력 관리 시스템", 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, vol 33, No 1, pp.283-285, 2006.
- [4] 김종현, 최성철, 김윤삼, 김태호, 박근형, 최호용, 김석일, "전동 온/오프 제어시스템", 등록실용신안공보, 번호 20-0415596, 2006.
- [5] 박승욱, "화재감지수단이 내장된 홈 네트워크용 전등제어장치", 등록특허공보, 번호 10-0642122, 2006.
- [6] 신진호, 이봉재, 송재주, 강주영, 이정일, "지리정보 기반의 전력설지관리 모바일 컴퓨팅 시스템 개발", 한국컴퓨터종합학술대회 논문집, vol 32, No 1, pp.529-531, 2005.

### 저자소개



**김 동 현(Dong Hyun Kim)**

2003년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사  
2004년 ~ 현재 동서대학교 컴퓨터  
정보공학부 조교수

※ 관심분야: RFID, 이동체 데이터베이스, 공간 데이터베이스



**조 대 수(Dae Soo Cho)**

2001년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사  
2004년 ~ 현재 동서대학교 컴퓨터  
정보공학부 조교수

※ 관심분야: 이동체 데이터베이스, 공간 데이터베이스, 데이터베이스



**차 경 환(Kyung Hwan Cha)**

1996년 부경대학교 전자공학과 박사  
1995년 ~ 현재 동서대학교 컴퓨터  
정보공학부 조교수

※ 관심분야: 임베디드 시스템, 홈네트워크, 전력선통신