

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2013.13.5.77>

JIIBC 2013-5-10

지그비 메쉬 망 기반 스마트 u-LED 전력제어 시스템

Information System of Smart u-LED Lighting Energy based on Zigbee Mesh Network

김삼택*

Sam-Taek Kim

요 약 현재, 조명제어와 관리기술의 한계점은 유선으로 인한 시설비 과다, 운영의 어려움, 에너지낭비이다. 이를 해결하기 위해 조명기에 무선네트워크 기능이 탑재된 스마트 조명 정보 시스템을 복합적으로 수행하기위한 통신 및 관리 소프트웨어가 필요하다.

본 논문에서는 LED조명의 전력량 모니터링을 통해 에너지 절감을 위한 기술을 개발하고, 이 기술을 융합하기 위해 전력 에너지 정보시스템 LEIS(Lighting Energy Information System)을 개발 했다. LEIS는 센서에 의해 지그비 메쉬망을 통해 수집된 전력 데이터를 모니터링하고 제어하는 시스템으로 조명의 사용에너지 정보를 사용자에게 시각화 하여 보여준다. 이 시스템은 LEM(Lighting Energy Metering)의 정보를 바탕으로 한 전력정보 데이터베이스 및 LEIS 웹 어플리케이션으로 구성되고 LEIS를 통해 에너지를 최적화하여 제어할 수 있는 시나리오 기능을 제공한다.

Abstract Nowadays, the limitation of Lighting control and management skills is the excessive cost of equipments, the operational difficulties and wasting energy. To solve this problem is in need of communication and management S/W that is worked out complexly well as a information system of smart lighting energy, which is loaded wireless network facility.

This paper made a study of the energy saving technology through energy monitoring and we developed LEIS(Lighting Energy Information System) to converge this one. LEIS is monitoring and control lighting energy data that is collected from sensors by Zigbee mesh network and shows lighting use information by visualization .to users. It is consists of lighting energy information data base based on LEM(Lighting Energy Metering) information and LEIS Web application, provide function scenario to manage energy optimization through LEIS.

Key Words : LEMS, USN, Zigbee, Mesh Network, LEIS. LCS

1. 서 론

조명제어 및 관리기술의 한계점은 유선으로 인한 시설비과다, 운영의 어려움, 고가, 에너지낭비 등으로 조명 기기에 무선네트워크 기능이 탑재된 스마트 조명시스템

이 요구되며, 이를 위해서는 복합적인 기능을 수행하는 통신 소프트웨어 및 관리 소프트웨어 개발이 필요하다. 앞으로 신 광원 기술이 미래시장을 주도 할 것이며 LED(Light Emitting Diode, 발광 다이오드), PLS(Plasma Lighting System), 초고주파 방전 광원 시

*정회원, 우송대학교 컴퓨터정보학과
접수일자 : 2013년 9월 6일, 수정완료 : 2013년 9월 30일
게재확정일자 : 2013년 10월 11일

Received: 6 September, 2013 / Revised: 30 September, 2013 / Accepted: 11 October, 2013

*Corresponding Author: e-mail stkim@wsu.ac.kr
Dept. of Information Science & Engineering, Woosong University, Korea

데이터를 감지하는 다수의 센서들이 전력을 제어하기 위한 공간에 독립적으로 배치되며 각 센서가 감지한 데이터는 WMN, BcN(Broadband Convergence Network)을 통해 서버에 전송하도록 센서네트워크를 구성하였다. 측정된 전력 제어 데이터는 미들웨어 서버에 취합되어 미들웨어 어플리케이션을 통하여 데이터베이스에 저장함과 동시에 모니터링 프로그램의 인터페이스를 통해 실시간으로 화면에 출력하고 각종 기능을 수행하는 응용프로그램을 실행한다.[7]-[8]

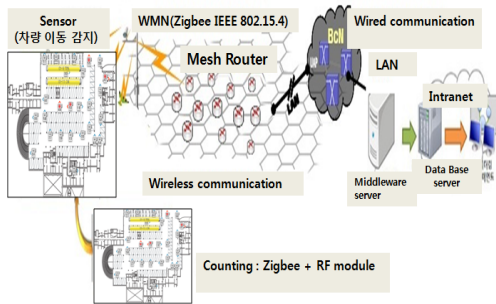


그림 2. 메쉬 네트워크 기반 u-LED 정보 시스템 구성
Fig. 2. u-LED information system based Mesh Network

3. 전력제어 정보 모니터링 요소

LEIS는 기존의 백열등, 형광등, 할로겐 등 기존 조명을 사용하는 지하 주차장이나 사무실과 신규로 건설하는 지하 주차장이나 사무실 등에 친환경적이면서 수명이 오래 가는 LED 등으로 교체함과 동시에 지능형 조명 관리를 통하여 소모 전력을 절감시키고 관리 하고자 하는데 사용하고, 장점으로는 무선 기반으로 설치비용이 절감되고, 설치 시간이 단축되며 LED를 통한 전력 절감과 스마트한 관리를 통해서 추가로 50% 이상의 전력 절감이 가능하다. 이동체가 없을 경우 최소 밝기를 설정할 수 있어서 혹시 모를 안전사고를 예방할 수 있고, 원격에서 ON/OFF, 디밍, 센서 기반 동작 등의 명령 수행이 가능하며, 점 /소등 현황 및 센서 감지 현황 확인을 실시간으로 할 수 있고 실제 전력 사용량을 실시간으로 표시한다. 그래프를 이용한 전력사용량 사용상태 표시로 쉽게 확인하고 사용자가 에너지 절감율을 쉽게 알아보게 하기 위한 비용단위를 표시하고, 사용자가 원하는 기간의 전력 사용량을 검색기능으로 손쉽게 확인이 편리하고, 쉬운 시스템 관리자 기능을 제공하며, 간편한 사용법을 제공한다.

전력 모니터링 화면은 처음 로그인 시 나오는 최초 화면으로서 다음 그림 3과 같이 설치된 지하주차장의 전력 정보를 모니터링 할 수 있고, 전력량의 정보를 표시 한다. 왼쪽의 그룹 정보 리스트에서 주차장을 클릭하면 장치 정보와 함께 해당 주차장 화면이 표시된다.

조명 모니터링 화면에서는 모드에 따라서 다른 동작 및 컨트롤을 할 수 있도록 되어 있는데 ON모드, OFF모드, 센서 모드, 디밍 1~10단계모드, 스케줄모드가 있다. 회로를 ON/OFF/SENSOR/DIMMING 모드로 제어 할 수 있다.

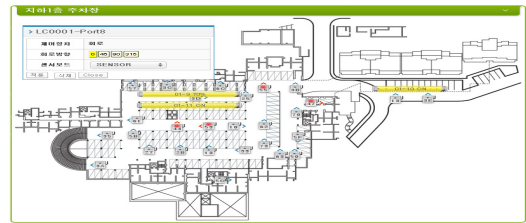


그림 3. 전력 제어 조명 모니터링 화면
Fig. 3. The monitoring screen of LED Lighting Energy

통계 및 현황을 보기 위해서는 다음 그림 4에서와 같이 일별, 주별, 월별, 년별로 전력량 검침을 가능하게 하고, 탭을 선택하여 각각의 전력량을 확인 할 수 있다. 달력으로 선택 가능하며 그룹별로도 선택하여 전력량을 확인 할 수 있다.



그림 4. 전력 제어 통계 현황 화면
Fig. 4. The monitoring screen of LED Lighting Energy about statistics

또한 일별, 주별, 월별, 년별로 전력량을 일자, 그룹, 세부 LC 별로 전력량 비교 검침을 가능하게 한다. 다음 그림 5는 전력량과 제어량을 비교 분석 할 수 있는 화면이다.

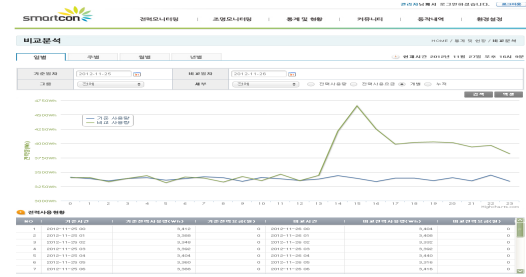


그림 5. 전력 제어 비교 분석 현황 화면
Fig. 5. The monitoring screen of LED Lighting Energy about comparative analysis

다음 그림 6은 권한이 있는 사람에 한해서 그룹 및 도면을 설정 할 수 있는 화면이다.



그림 6. 전력 제어 그룹 도면관리 화면
Fig. 6. The monitoring screen of LED Lighting Energy about group control of drawings

다음 그림 7은 권한이 있는 사람에 한해서 장치들의 위치를 설정 할 수 있는 화면이다.

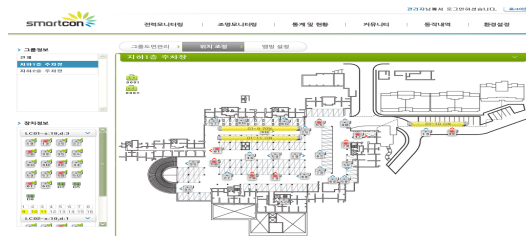


그림 7. 전력 제어 위치 조정 화면
Fig. 7. The monitoring screen of LED Lighting Energy about alignment mark

다음 그림 8은 권한이 있는 사람에 한해서 장치들의 맵핑을 설정 할 수 있는 화면이다.

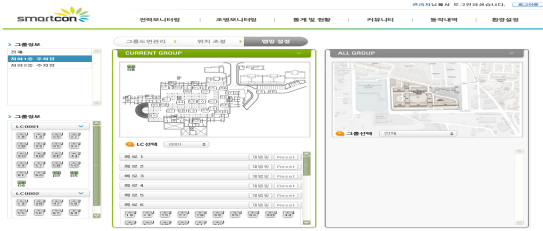


그림 8. 전력 제어 맵핑 설정 화면
Fig. 8. The monitoring screen of LED Lighting Energy about mapping setting

III. LEIS 구현

1. Lighting Energy Management S/W 개발

다음 그림 9는 LEMS 블록 다이어그램으로 LEIS와 LCS로 구성된다.

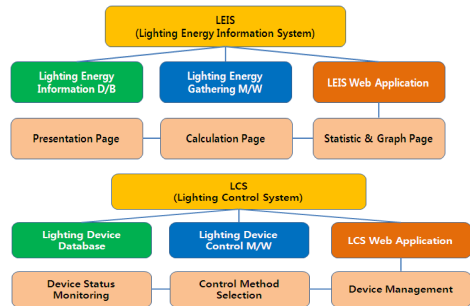


그림 9. Lighting Energy Management System 블록 다이어그램
Fig. 9. The block diagram of Lighting Energy Management System

LEIS는 조명의 사용에너지 정보를 사용자에게 시각화 하여 보여주는 시스템으로 빛 에너지 모니터링 정보를 바탕으로 빛 에너지 D/B 및 LEIS 웹 응용으로 구성된다. LEIS 웹 응용은 에너지 정보를 전력사용량으로 변환하여, 사용요금 및 CO2 발생량으로 변환하여 출력하며, 일간/월간/년간 통계를 제공 한다.

LCS(Lighting Control System)는 원격지에서 실내의 LED 빛을 제어하기 위한 응용 시스템으로 장치 등록 정보(ID, Position)를 바탕으로 실내조명의 On/Off, 디밍 레벨을 조정할 수 있게 한다. LCS는 웹 기반의 응용이므로 웹 브라우저에 접속할 수 있는 PC 및 스마트폰 상에서 접속 가능하게 한다. 또한 에너지를 최적화 하여 제어할

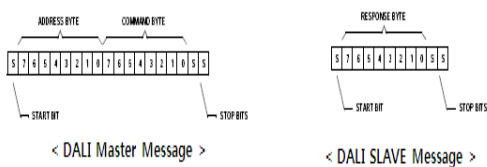
수 있는 최적제어, 시나리오 제어를 제공한다. 다음 그림 10은 LEIS 사용자 인터페이스 예시 화면이다.



그림 10. LEMS 사용자 인터페이스 예시
Fig. 10. The example of LEMS User Interface

2. Dali 패킷 표준 및 구성

기존 유선을 기반으로 한 프로토콜에 지그비와 연동을 하였을 때, 기존의 프로토콜을 지그비 데이터 패킷에 포함 시켜야 하며, 지그비 ID를 추가적으로 설치해야 한다. 따라서 본 논문에서는, 설치의 표준 방법론을 고안하여, 구축 시에 고려해야 할 임무 및 설치 운영 시방, 테스트 방법론을 완성하였고 Dali 패킷 표준 및 설치 구성은 다음 그림 11과 같다.



Type of Address	Byte Description
Short address	00000000 (AAAAAA = 0 to 63, S = 0/1)
Group address	10000000 (AAAA = 0 to 15, S = 0/1)
Broadcast address	11111111 (S = 0/1)
Special command	10100001 (CCCC = command number)

< Type Of Addresses >

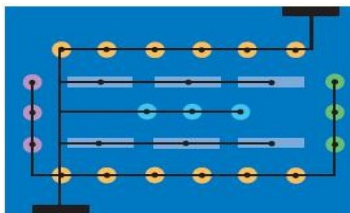


그림 11. DALI Packet Standard 설치 및 구성
Fig. 11. The equip and structure of DALI Packet Standard

IV. 성능 및 검증

1. 메쉬 네트워크의 실험 환경

다음 그림 12는 성능평가를 위한 시스템 구성도이다. 메쉬 무선 망에서 메쉬 네트워크 에뮬레이터에 의해 센서 데이터 생성기가 실험 데이터를 생성하고, 미들웨어에서 복합 이벤트 처리엔진은 전력 제어 센싱 정보 검출 알고리즘을 시뮬레이션 하고 그 결과를 비교 분석 한다. 또한 UUA, UNS를 통해 어플리케이션을 구현한다. 미들웨어에서의 복합 이벤트 검출 성능 평가에 사용된 시스템은 인텔 듀얼코어 2.4GHz 프로세서와 2기가바이트의 메모리를 가지고 있으며 운영체제는 페도라 리눅스 9를 사용하였다. 복합 이벤트 처리를 위한 모듈은 NS2 시뮬레이터를 이용하여 구현하였다.[9]

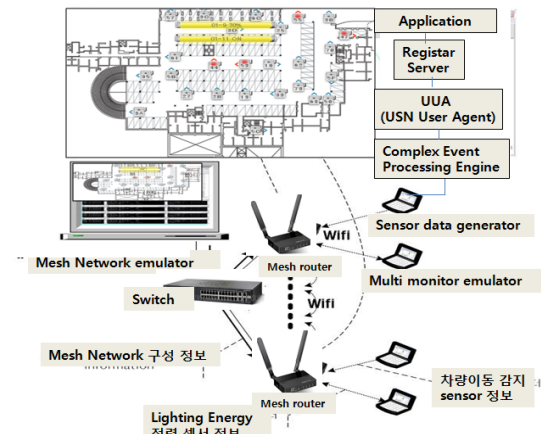


그림 12. 성능 평가를 위한 시스템 구성도
Fig. 12. System configuration for performance evaluation

2. 메쉬 네트워크 센싱 데이터 처리 성능 평가

측정된 센서 데이터가 최종적으로 화면에 아이콘별로 표시되는 시간과 디밍 제어기 제어에 소요되는 시간을 측정하여, 전력제어 센싱 데이터 처리 지연 시간을 측정하였다. 다음 그림 13과 같이 조명등 전력 제어 관련 센싱 데이터를 측정할 조명 디밍에 영향을 미치는 요소별로 디밍 처리 지연 시간을 측정하였다. 특히 자체 검증 시나리오를 통해 평균 센싱 데이터 출력과 디밍 제어 결과 지연 시간을 측정하였다. 각 디밍에 영향을 미치는 요소는 센서의 개수, 메쉬 라우터의 수, 디밍하기위한 LED등의 개수를 측정값으로 사용하여 센서 제너레이터

에서 생성한 정보로 시물레이션하여 지연시간을 구하고 평균치를 산출 하였다. 다음 그림 13에서와 같이 디밍 제어 요소별 디밍지연시간 데이터 처리의 성능 목표치 14.8ms 에는 문제없음을 알 수 있다.[10]

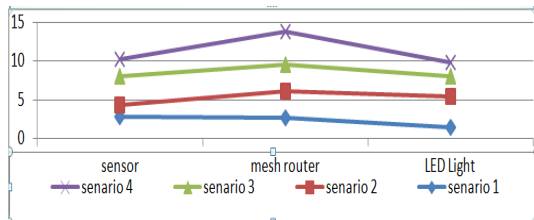


그림 13. 조명 제어 시나리오별 센싱데이터 처리 지연시간 (msec)

Fig. 13. The measuring results of delay time for sensing data by scenario

V. 결론

본 논문에서는 LED조명의 전력량 모니터링을 통해 에너지 절감을 위한 기술을 개발하고 이를 융합하기 위해 조명의 사용에너지 정보를 사용자에게 시각화 하여 보여주는 시스템을 개발 했다. 본 LEIS는 센서에 의해 지그비 메시망을 통해 수집된 데이터를 모니터링하는 제어 하는 시스템이다. LEIS 웹 어플리케이션은 에너지 정보를 전력사용량으로 변환하여, 사용요금 및 CO2 발생량으로 변환하여 출력하며, 통계를 제공 한다. LCS는 원격지에서 실내의 LED 전력을 제어하기 위한 응용 시스템으로 장치 등록 정보를 바탕으로 실내조명을 조정할 수 있게 한다. LCS는 PC 및 스마트폰에서 접속 가능하고 에너지를 최적화 하여 제어할 수 있는 최적제어 및 시나리오 제어 기능을 제어하여 최적의 전력 제어기능을 효율적으로 제어하여 50% 이상의 전력을 절약 할 수 있다.

조명등 전력 제어 관련 센싱 데이터를 측정한 조명 디밍에 영향을 미치는 요소별로 디밍 처리 지연 시간을 측정하였다. 디밍제어 요소별 디밍 지연시간 데이터 처리의 성능의 목표치 14.8ms를 만족하였다.

References

[1] Choi Sung Su, "Study on Very High-Rate Power Line Communications for Smart Grid," pp.

1255~1260, KDI, 2011

- [2] The theory and working of DSM(KEPCO), pp. 212, Nov. 2002.11
- [3] Min-Ho Kim, Nam-Gil Lee "Implementation of Electricity Power Management System for Industries based on USN", The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication Vol.12, No.4, pp.103-109, Apr. 2012.
- [4] Kim, Sam-Taek, "Management System of USN-based Collaborative Lighting Energy " Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.13, No.4, pp.119-124, 2013.
- [5] S. Agarwal, S. Krishnamurthy, R. H. Katz, and S. K. Dao, "Distributed power control in ad hoc wireless networks", in Proc, IEEE PIMRC, , pp.56-66, 2001.
- [6] Eun-Sun Jung, NITIN H. VAIDYA, "A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks", Springer Science Business Media Wireless Network pp.55-66, 2005.
- [7] Chun-Kwan Park, "Mobile IP Router in Ad Hoc Network", The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication Vol.11, No.6, pp.169-175, Dec. 2011.
- [8] Seung-Hwan Park, Hyeong-Mo Park, Chang-Bok Kim, "Design and Implementation of Low-Power RFID System Using Infrared Ray Sensor" Journal of the Korea Institute of Information Technology, Vol.9, No.7, pp.41-48, April 2011.
- [9] Kim, Sam-Taek, "Management System of USN-based Collaborative Lighting Energy "The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol.13, No.4, pp.47-53, 2013.
- [10] Jang Sik Bae, Young-Ho Sohn, and Wookhyun Kim, "Research on Security Routing Protocol Based on Trust System in Wireless Sensor Networks" Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol.11, No.2 2013, pp.111-117.

저자 소개

김 삼 택(정회원)



- 1985년 : 한남대학교 전자계산학과 학사 졸업
 - 1987년 : 중앙대학교 전자계산학과 석사 졸업.
 - 2005년 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사학위
 - 1995년 3월~2007년 8월 : 우송정보대학 컴퓨터정보계열 교수.
 - 2007년 9월~현재 : 우송대학교 컴퓨터정보학과 교수
- <주관심분야 : 유/무선 네트워킹, VoIP, 모바일 컴퓨팅, USN>