

다중 프로토콜 기반의 효율적인 하이브리드 조명관리 시스템 구현 An Efficient Hybrid Lighting Management System Implementation on Multi Protocol

홍성일*, 인치호**

Sung-Il Hong*, Chi-Ho Lin**

Abstract

In this paper, we propose an efficient hybrid lighting management system implementation on multiple protocol. The proposed hybrid lighting management system was implemented by configured as the data display part for management and control of lighting device and the data conversion-processing part the communication part of gateway. The data were designed the DB to enable to storage in real-time, and implemented able to manage by real time wireless remote control and schedule setting. The proposed an efficient hybrid lighting management system, it was possible the real-time monitoring and remote lighting control by peristalsis with smart devices and portable PC etc., and it could be obtained reduction effect of energy and electricity, communication cost.

요약

본 논문에서는 다중 프로토콜 기반의 효율적인 하이브리드 조명관리 시스템 구현을 제안한다. 제안된 하이브리드 조명관리 시스템은 조명기기의 관리 및 제어를 위한 데이터 표시부와 데이터 변환 및 처리부, 게이트웨이의 통신부로 구성하여 설계하였다. 데이터는 실시간으로 저장이 가능하도록 DB를 설계하였고, 실시간 무선 원격제어 및 스케줄을 설정하여 관리하도록 구현하였다. 본 논문에서 제안된 효율적인 하이브리드 조명관리 시스템의 효율성 검증결과, 스마트 기기 및 포터블 PC 등과 연동하여 실시간 모니터링 및 원격 조명제어가 가능하였고, 결과적으로 에너지 절감 및 전기료 감소, 통신비용 감소 효과를 얻을 수 있었다.

Key words : Multi protocol, Hybrid, Management, Remote control, Middleware, Database, Interface

1. 서론

최근 들어 전 세계적으로 기후변화에 따른 에너지 저소비형 도시를 형성하기 위해 친환경 도로조명을 이용한 야간경관에 대한 요구가 늘어가고 있고, 조명

용 램프의 연간 사용량은 3천억 개이며 연간 소비전력은 2조 1천억 KWh로 전체 전력의 12-15%를 소비하고 있다. 또한, 조명사용으로 연간 17억 톤의 CO₂가 배출되고 있어 에너지 소모량을 감소시키는 친환경 조명의 개발 및 설치가 확대되고 있다. 세계 각국은 하이브리드 조명관리 시스템 개발 및 설치가 급증하고 있으나 대부분 에너지 사용량을 중시한 기능 중심적인 경향이고, 국산 하이브리드 조명의 확산에 기여하고 있는 국내기업이 개발·설치한 시스템 역시 해외사례와 유사하게 에너지 사용에 의미를 둔 기술 중심의 조명관리 시스템들이다[1-2].

최근 조명관리 시스템 관련 분야는 정보 네트워크 구조가 활성화 되고 상거래나 정보 서비스들이 인터넷을 통한 온라인 체제로 바뀌고 있기 때문에 네트워

* School of Computer, Semyung University
ich410@semyung.ac.kr, +82-43-649-1272

★ Corresponding author

※ Acknowledgment

This paper was supported by the Semyung University Research Grant of 2013

Manuscript received Dec. 17, 2013; revised Dec. 24, 2013 ; accepted Dec. 26. 2013

크 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 많은 부분의 조명관리는 문서화를 기반으로 하기 때문에 시설의 규격이나 양식이 변경될 때, 시간적, 경제적 손실을 감수할 수밖에 없다. 또한, 지속적으로 늘어나는 관리 정보를 수용하기에는 많은 어려움이 발생하여 정보작성 및 편집/이동이 불편하고, 기존의 웹 기반 혹은 모바일 장비를 이용한 원격 조명관리 시스템은 실시간 고장 지원요청에 대한 조치의 시간적, 공간적 제약이 있으며, 시스템의 실시간 모니터링을 통해 정보를 제공받기 어려운 문제점이 있다 [3-6]. 기존 조명관리 시스템은 전용 프로그램 및 하드웨어 중심의 모니터링 및 제어하기 때문에 조명관리 시스템의 효율적인 운영을 위하여 기능 추가 및 제어 방법의 변화를 가져올 때 불편함이 있다.

본 논문에서는 문제점 해결을 위하여 기존 게이트웨이 미들웨어의 재구성을 통해 다중 프로토콜 기반의 하이브리드 조명관리 시스템 설계 및 구현을 제안한다. 제안된 시스템은 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어를 적용한 게이트웨이와 관제서버를 구현하여 인터넷 및 근거리 무선망(Wi-Fi)을 통해 조명관리 및 제어를 위해 데이터 표시부와 데이터 변환 및 처리부, 통신부로 구성하고, 모든 데이터는 실시간 저장이 가능하도록 데이터베이스를 설계하여 환경 데이터가 관제서버에 저장되도록 설계한다. 그리고 저장된 데이터를 이용하여 조명기와 환경정보에 대한 모니터링과 관제서버를 통한 시스템의 동작환경 설정 및 제어가 가능하도록 구현한다. 또한, 기존 조명관리 시스템과 차별을 위하여 실시간 무선 원격제어 및 모니터링, 사용자 요구에 따른 점등제어 및 스케줄 설정을 하도록 설계하여 스마트 기기 및 포터블 PC를 통해 관리자가 이동 중에도 조명관리 시스템의 실시간 관리 및 제어가 가능하게 구현한다.

II. 하이브리드 조명 관리 시스템 설계

본 논문에서 제안하는 다중 프로토콜 기반의 하이브리드 조명관리 시스템은 실시간 무선 원격제어 및 모니터링 및 스마트 기기와 포터블 PC를 이용하여 이동 중에도 조명관리 시스템을 실시간 모니터링 및 제어가 가능하다. 그리고 조명시설 관리와 유지보수 비용절감 및 투입인력 감소, 시간절약을 통한 경제적 가치를 최대화 할 수 있다. 그림 1은 제안된 하이브리드 조명관리 시스템의 전체 구성을 나타낸다.

제안된 시스템은 무선 원격제어 및 스케줄 설정을 위해 실시간 모니터링이 가능하도록 데이터 표시부와 데이터 변환 및 처리부, 통신부로 구성하였고, DB는 모든 데이터를 실시간 저장이 가능하도록 설계하였

다. 그림 2는 하이브리드 조명관리 시스템의 제어 흐름을 나타낸다. 데이터 표시부는 유무선 통신망을 통해 긴급 상황 및 조명고장 등의 상황을 실시간 모니터링하고 제어명령을 송수신한다. 데이터 변환부 및 처리부는 조명기기 및 게이트웨이 제어정보와 관리정보 및 변경 내용에 대한 정보를 데이터 표시부의 웹 서비스 모듈과 실시간으로 송수신하고, 게이트웨이로부터 수신된 조명기기 점등 및 게이트웨이 상태 및 센서 정보를 데이터 표시부로 송신한다. 그리고 상태 정보를 데이터베이스에 저장하며, 데이터 표시부로부터 수신된 조명기기 및 제어정보를 게이트웨이로 송신한다. 또한, 통신부의 게이트웨이는 조명기기 점등 상태 및 센서, 게이트웨이 상태정보를 데이터 변환 및 처리부로 송신하고, 수신된 조명기기 및 게이트웨이 제어정보를 이용하여 조명기기를 제어한다.

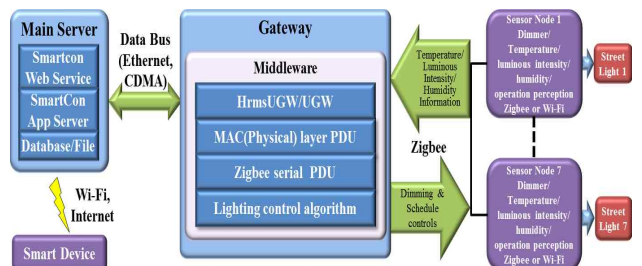


Fig. 1. The hybrid lighting management system configuration
그림 1. 하이브리드 조명관리 시스템 구성

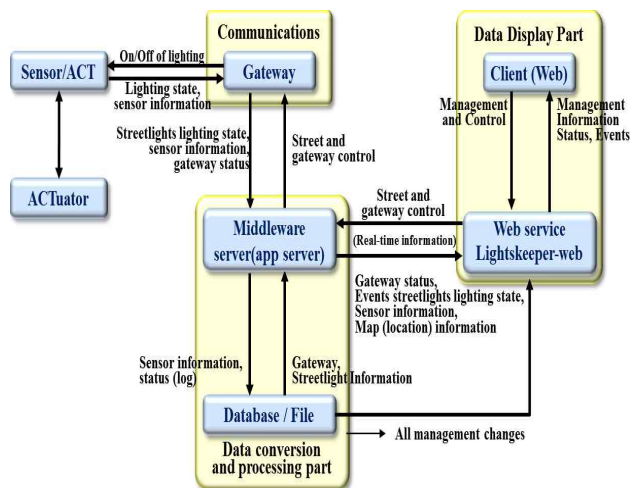


Fig. 2. Control flow of hybrid lighting management system
그림 2. 하이브리드 조명 관리 시스템의 제어 흐름

그림 3은 데이터 표시부의 SmartCon Web Service 구성을 나타낸다. SmartCon Web Service는 게이트웨이 및 센서 네트워크 관리, 센서노드 및 조명기기의 자동 제어를 위한 스케줄 관리, 시스템 사용자 권한

및 관리, SmartConAPI의 API 실시간 제어, 조명기기 고장/수리 내역 관리 등으로 기능 구성을 하여 설계하였다.

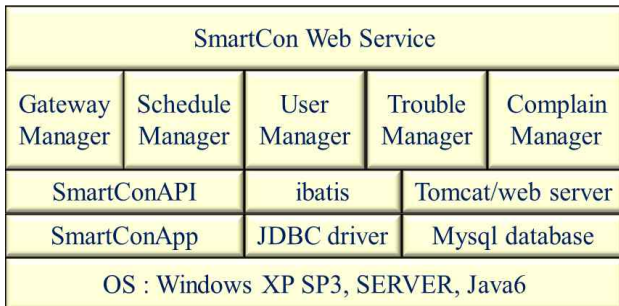


Fig. 3. Smartcon web services configuration
그림 3. 스마트 콘 웹 서비스 구성

Table 1. Each module functions of web services
표 1. 웹 서비스의 모듈별 기능 구성

Module name	Function
GatewayManager	Management of street light distribution box and gateway
ScheduleManager	Scheduling management for automatic control of sensor node(street light)
UserManager	The management of system users
SmartConApi	SmartConApp Server API for real-time control
TroubleManager	Management of street light failure / repair history
ComplainManager	Management of user complaint history

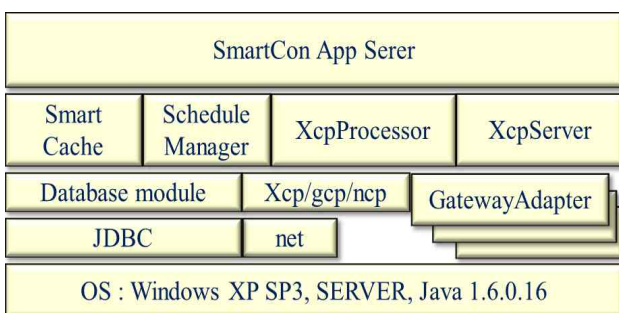


Fig. 4. Configuration of middleware server
그림 4. 미들웨어 서버의 구성

표 1은 웹 서비스 모듈별 기능을 나타낸다. GatewayManager는 가로등 분전함과 게이트웨이의 관리를 하고, ScheduleManager는 센서노드와 가로등의 자동제어를 위한 점소등 스케줄 설정 관리를 한다.

그림 4는 데이터 변환 및 처리부의 미들웨어 서버 구성을 나타낸다. SmartConAppServer는 프로그램 시작 및 게이트웨이의 메인 동작 모듈로서 다음과 같

은 기능으로 구성하여 설계하였다. SmartCache는 XCP 통신 프로토콜을 설정 및 데이터의 포맷을 처리하고, ScheduleManager는 DB에서 제어 스케줄 데이터를 로딩을 하여 조명기기 제어 스케줄을 관리한다. 그리고 XcpProcessor는 데이터 요청에 대한 응답 및 센서 데이터를 DB에 저장하고, 게이트웨이 또는 센서 노드로 부터 수신되는 데이터를 처리하며, XcpServer는 추가되는 게이트웨이에 대하여 GatewayAdapter로 처리를 위임하고 접속 허용을 처리한다. 또한, Database module은 데이터베이스 초기화 및 데이터 입출력 인터페이스를 담당하고, Gateway Adapter는 네트워크에서 수신되는 명령 및 요청에 대한 해석과 XcpProcessor로 처리를 위임하여 게이트웨이의 요청 및 응답에 대한 처리를 한다.

표 2는 데이터베이스 테이블 리스트를 나타낸다. 웹서비스와 미들웨어 서버를 위한 데이터베이스 테이블은 제어장치, 제어계획, 장애/수리, 민원, 실행상태, 시스템, 공통코드로 구분하여 설계하였다. 제어장치를 위한 테이블은 분전반(게이트웨이) 및 조명기기, 게이트웨이 설정, 조명기기 설정 정보를 저장하였고, 제어계획을 위한 테이블은 제어 스케줄 및 상세항목 정보를 저장하였다. 그리고 장애/수리와 민원, 실행상태를 위한 테이블은 각각 장애정보 및 민원처리 정보, 게이트웨이 상태 및 조명기기 상태 정보를 저장하였고, 시스템과 공통사용 코드, 지역분류 코드를 위한 테이블은 조직 및 시스템 사용자의 권한정보, 각종 형식 정보, 지역정보를 저장하였다.

Table 2. Database table list

표 2. 데이터베이스 테이블 리스트

Division	Table name
Controller	T_GATEWAY
	T_NODE
	T_GW_CONFIG
	NODE_CONFIG
Control plan	T_CTRL_SCHEDULE
	T_CTRL_PLAN
Failure/Repair	T_TROUBLE
Complaints	T_COMPLAIN
Behavior state	T_GW_STATE
	T_NODE_STATE
System	T_ORG
	T_USER
	T_ROLE
Common code	T_CODE
	T_AREA_CODE

그림 5는 통신부에 포함되는 게이트웨이 미들웨어

의 구성을 나타낸다. 게이트웨이는 센서노드와 통신을 수행하는 인터페이스로, 2.4GHz 대역의 지그비를 이용하여 센서노드에 제어명령을 전송하거나 센서노드로부터 데이터를 수신하고, 통합 관제실과의 통신을 위해 이더넷과 연동하도록 설계 하였다. 표 3은 게이트웨이 미들웨어의 모듈별 기능을 나타낸다.

HrmsUGW/UGW			
HCP	XcpZigbeeAdapter	XcpNetAdapter	AES library
LCD	XcpZigbee	XcpEthernet	Util
LCD Driver	Serial port driver	Ethernet driver	
OS : Embedded Linux			

Fig. 5. Configuration of gateway middleware
그림 5. 게이트웨이 미들웨어의 구성

Table 3. Each module functions of gateway middleware
표 3. 게이트웨이 미들웨어의 모듈별 기능

Division	Function
UGW	The beginning of the program and the main behavior of gateway
HCP	Defined of HCP communication protocol and processing of protocols data format
LCD	LCD driver wrapper
XcpZigbeeAdapter	Processing of received data from ZigBee
XcpZigbee	Transmit / receive data from Zigbee communication module
XcpNetAdapter	Module for server communication processing
XcpEthernet	Ethernet communication as sub-module of XcpNet
Util	Time processing utility with related utilities to network transfer and settings file

그림 6은 게이트웨이에 의한 센서노드 연결 및 원격제어 동작에 대한 프로그램의 동작을 나타낸다. 센서노드와 게이트웨이가 PING 요청/응답에 의한 연결을 확인하여 연결이 확인되면, 설정정보를 주고받는다. 그리고 연결 상태에서 제어기는 주기적으로 상태정보를 리포트하고, 게이트웨이는 App서버에서 제어명령을 수신하여 해당 센서로 제어명령을 전달하며, 센서에서 제어 결과에 대한 응답을 수신하여 App 서버로 제어응답을 전달한다. 조명기기 및 게이트웨이 제어정보를 이용하는 통신부의 게이트웨이에 사용하

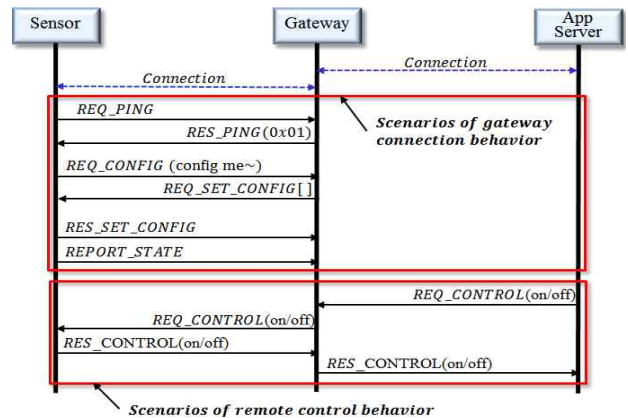


Fig. 6. Scenarios of gateway behavior

그림 6. 게이트웨이 동작 시나리오

는 프로토콜은 게이트웨이 제어 프로토콜과 센서노드 제어 프로토콜로 구분을 하고 메시지 형식을 설정하였다. 게이트웨이 제어 프로토콜은 클라이언트와 게이트웨이 사이에서 장치 프로브 연결 상태 및 설정정보 변경, 게이트웨이 제어명령, 제어/동작상태 정보, 기타 측정값을 포함하여 각 장치의 동작 상태정보 리포트 및 이벤트와 관련된 요청/응답에 대하여 제어를 하도록 메시지 형식을 설정하였고, 센서노드 제어 프로토콜은 게이트웨이가 센서노드를 제어하고, 센서노드 동작상태 변경 및 고장 등 이상이 발생되면 이벤트를 전달하도록 메시지 형식을 설정하였다. 센서노드와 통신을 위해 사용하는 무선 네트워크의 MAC(Media Access Control)은 physical link layer에 해당하는 레이어(MAC layer PDU)로 조명기기 점등 제어를 위한 네트워크 기반 형성 및 게이트웨이와 노드들 간의 데이터 송수신을 위해 전송 메시지 형식을 설정하였다. 지그비 넷 PDU(Zigbee NET PDU) 메시지는 서비스 구분자 및 프로토콜 버전, 일련번호, 메시지의 길이, 메시지 최종 목적지 주소와 메시지 최초 송신자 주소, 응용메시지로 구성하였다. 이때, 메시지 최종 목적지 주소와 메시지 최초 송신자 주소는 MAC 메시지의 송수신자와 다를 수 있다. 지그비 시리얼 PDU(Zigbee serial PDU)는 지그비 모듈과 시리얼 통신 상태를 체크하고 지그비 모듈의 설정정보 확인 및 설정을 위해 메시지 형식을 설정하였다.

하이브리드 조명 점등제어 알고리즘은 조도 센서와 연동하여 조명 주변의 조도 변화에 따른 패턴제어를 통해 조명의 밝기를 제어하고, 변환된 주변 조도가 기본 값 이하일 때까지 조명은 지속적으로 점등하며, 이상이 되면 자동 소등되어 모든 프로세스를 종료하여 불필요한 에너지 소모를 방지하는 에너지 효율을 높이도록 설계하였다. 그리고 미리 설정해 놓은

타임 스케줄에 따라서 시스템의 상태를 결정하고 동작하도록 설계하였다.

그림 7은 알고리즘 적용시 싱크 노드와 센서노드, 조명제어 릴레이 사이의 점등제어 신호 흐름을 나타낸다. 센서노드에서 측정된 데이터는 타이머를 통해 항상 터미널 노드로 전송되고 다시 싱크 노드로 전송되며, 원격제어를 위해 센싱 데이터를 게이트웨이로 전송하게 된다.

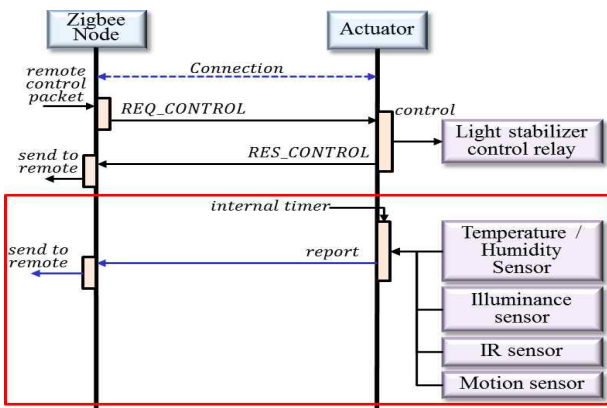


Fig. 7. Lighting control signal flow
그림 7. 점등제어 신호 흐름

하이브리드 조명관리 시스템은 센서 및 액츄에이터, 게이트웨이, 서버, 데이터베이스, 웹 서비스로 구성하였다. 서버는 센서로부터 게이트웨이를 통해 데이터 수신 및 센서 제어를 위해 실시간으로 센서 및 게이트웨이를 필요에 따라 제어/관리 할 수 있는 API를 제공하도록 설계하였고, 웹서비스 목적으로 구현하기 위해 클라이언트에서 센서로부터 게이트웨이를 통해 데이터를 수신하거나 실시간으로 센서 및 게이트웨이를 제어/관리하기 위해 호출하는 인스턴스 집합 API(Application Program Interface)는 클라이언트 측 인터페이스 인스턴스를 관리하는 SmartConApiFactory 및 게이트웨이측 인터페이스 인스턴스를 관리하는 SmartConAPI로 구성하였다.

그림 8은 스케줄 및 고장관리 페이지 구성을 나타낸다. scheduleSet에서는 조명기기의 자동 제어 스케줄을 설정하고, troubleReception는 새로운 고장정보를 수동 입력하며, troubleList는 고장 리스트를 표시하도록 구현하였다. 그리고 trouble View는 특정 고장 정보를 표시하고, noAssignedTroubleList는 담당자가 미 할당된 고장정보를 리턴 하도록 구현하였다.

하이브리드 조명관리 시스템의 웹서비스는 시스템 관리 및 조명기기 감시/제어, 고장/수리 내역, 기타관리로 기능을 구성하여 설계하였다. 시스템 관리의 로

그인/정보는 접속 관리자별로 기능을 다르게 설정하여 접속자 정보를 확인할 수 있고, 조명기기 관리는 조명기기 목록을 검색/확인하며, 신규 조명기기의 정보등록 및 상세정보 열람, 정보수정/삭제를 하도록 기능을 설계 하였다.

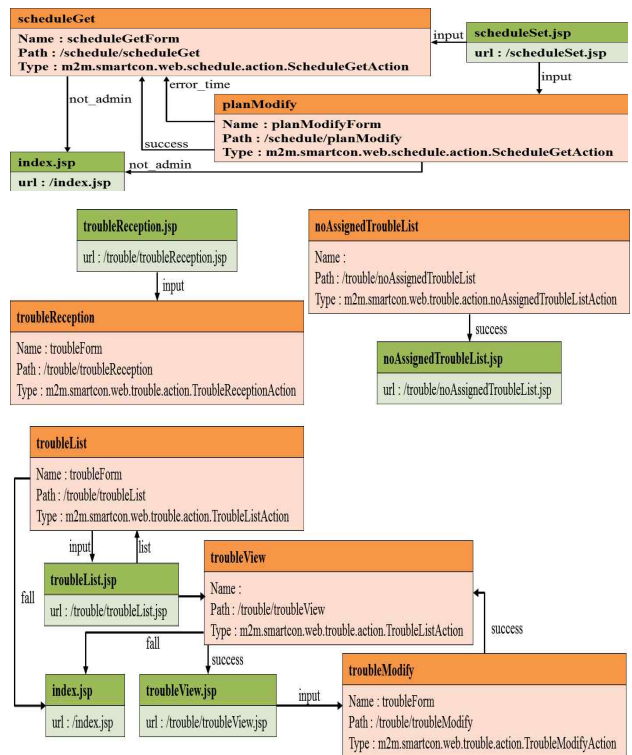


Fig. 8. Schedule and failure management page configuration
그림 8. 스케줄과 고장관리 페이지 구성

분전함 관리는 목록 검색 및 정보등록을 하거나 게이트웨이 위치 및 상태정보, 정보수정, 조명기기 목록을 관리하며, 게이트웨이 설정을 변경하여 조명기기 추가 및 제거하도록 설계하였고, 점소등 스케줄 관리는 계절별 일출/일몰 및 시차에 따른 자동 점소등 시간을 설정하여 조명기기 전체 및 지역 단위별 점소등 스케줄 등록/수정을 통해 그룹별 점소등 스케줄 및 사용자 요구에 따른 점소등 스케줄 설정을 하도록 기능을 구성하여 설계하였다. 사용자 관리는 사용자 목록 조회/검색 및 신규 사용자를 등록하며, 보고서는 조명기기 고장/수리내역 보고서를 출력하거나 일/주/월별 동작상태 보고서를 작성하고 출력하도록 기능을 구성하여 설계하였다.

조명기기 감시 및 제어의 분전함/조명기기 감시는 맵 상에 분전함과 조명기기 위치를 표시하여 맵 해상도에 따라서 표시내용을 다르게 하고, 분전함 감시는 문 열림 상태 및 차단기 상태표시, 선로단선, 누전발

생, 인입전원의 정전 시 상황보고, 분전함 전류/전압을 측정하여 맵에 분전함과 등주의 실시간 동작 상태를 표시하며, 연결 조명기기를 그룹별로 원격제어 하도록 설계하였다. 그리고 조명기기 감시는 실시간 연결 상태 표시와 점소등 상태 실시간 보고 및 램프의 불량여부, 안정기의 불량여부, 누전상태를 표시하고, 개별 조명기기 제어는 원격으로 개별 조명기기의 점소등을 위해 실시간으로 램프 및 안정기를 제어하도록 설계하였다.

고장/수리내역의 고장/수리내역 관리는 조명기기/분전함 상황을 실시간으로 감지하여 고장내역을 자동 등록하고, 고장내역 발생 시 분전함 및 등주 오류상황을 실시간으로 관리자에게 통지하며, 수동으로 고장내역 목록의 검색/등록 및 수리내역 등록, 고장내역 정보를 확인하도록 설계하였다. 기타 관리에서는 환경센서의 정보조회 및 조명기기와 분전함에 부착하여 CO₂, NO_x, 온/습도 등의 정보를 실시간 획득하고, 센서 정보를 지도에 표시하도록 설계하였다.

그림 9는 구현된 에너지 관리 페이지의 사용자 인터페이스를 나타낸다. 에너지 관리 페이지는 전월 사용요금, 당월 사용요금 및 전월대비 전기 사용요금을 실시간으로 반영하고, 구간별(시간별, 일별, 월별, 년별) 전력사용량 대비 전기요금을 그래프로 시각화하여 모니터링 하도록 구현하였다. 그리고 탄소 배출량 계지를 통해 조명기기 점등시 발생하는 유해요소 확인하고, 전일/금일 전기요금을 비교하여 전력요금 증감률을 모니터링 하도록 구현하였다. 또한, 에너지 관리의 구간별 현황은 전력 사용량과 전기요금을 선택하여 그래프로 시각화하고, 구간별 현황을 모니터링 하도록 구현하였다.

그림 10은 구현된 센서 운영 설정 페이지의 사용자 인터페이스를 나타낸다. 기존 조명제어 시스템은 다중 센서를 사용하더라도 원격 운영 설정이나 다중 센서에서 측정된 데이터들의 저장이 불가능하였고, 다양한 센서들이 융합되는 경우에 시스템 설치 현장에서의 운영 설정 및 고장유무, 관리를 해야 하는 이유로 관리자 및 사용자의 불편함을 초래하였다. 그러나 본 논문에서 제안한 하이브리드 조명관리 시스템은 웹 기반 운영설정이 가능하기 때문에 원격 운영 설정이 가능하고, DB를 통해 다중 센서들의 측정 데이터를 실시간으로 저장하여 관리가 가능하다. 또한, 다양한 센서들의 추가로 인한 운영 설정 및 고장유무의 원격관리가 가능하기 때문에 관리자의 불편해소를 고려하여 센서 운영 설정 페이지 구현하였다. 센서 운영 설정에서는 센서(온도, 습도, 조도, 보행)의 임계값을 설정하여 측정값이 등호설정 이상/이하이면 설치 조명기기에 대하여 그룹별로 디밍 제어를 하도

록 구현하였고, 센서 모듈관리에서는 각각의 조명기기에 설치되어 있는 다중 센서의 정보 확인 및 소속되어 있는 게이트웨이 ID, 조명기기 그룹 ID, 그룹번호, 센서 ID에 따른 센서 타입과 현재의 동작 상태를 확인하도록 구현하였다.



Fig. 9. Energy management interface
그림 9. 에너지 관리 인터페이스



Fig. 10. Sensor operating configuration
그림 10. 센서 운영 설정

III. 실험 결과

본 논문에서는 기존의 조명관리 시스템과 비교하여 제안하는 다중 프로토콜 기반의 하이브리드 조명관리 시스템의 에너지 소모량과 전력요금, 통신비용에 대한 효율성 검증을 하였다.

그림 11은 본 논문에서 제안된 다중 프로토콜 기반의 하이브리드 조명관리 시스템을 적용한 전력제어 및 통신제어 실험환경을 나타내었다. 실험환경은 센서로부터 데이터를 수집하여 지그비 모듈을 통하여 게이트웨이로 센싱 데이터를 전송하는 SZ100S 모듈,

동작을 감지하여 데이터를 SZ100S 모듈로 전송하는 sh300dth 센서모듈, 그리고 UART로 데이터를 수신 받아 지그비로 전송하고 지그비 수신 데이터를 UART를 통해 MCU로 전달하는 지그비 통신 모듈을 사용하였다.

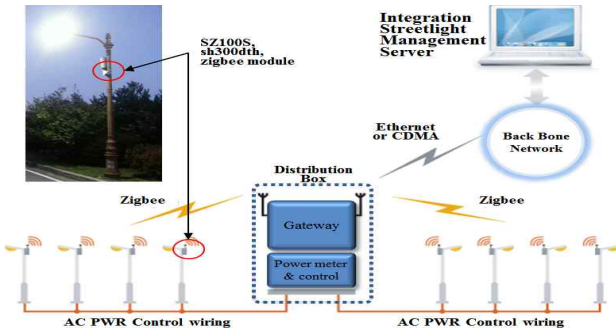


Fig. 11. System Experimental environment
그림 11. 시스템 실험 환경

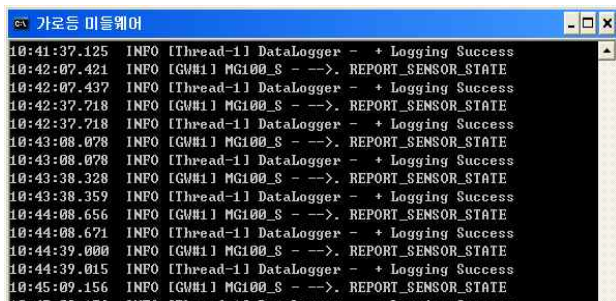


Fig. 12. Data transmission packet
그림 12. 데이터 전송 패킷

Table 4. The observations data of surface meteorological
표 4. 지상기상 관측 데이터

Month	Duration of sunshine	Mean temperature	Relative humidity
Jan	176.7hr	-5.6°C	60.0%
Feb	211.2hr	-4.4°C	52.9%
Mar	164.1hr	3.3°C	55.6%
Apr	198.4hr	10.7°C	53.6%
May	233.7hr	16.6°C	60.4%
Jun	175.9hr	21.5°C	66.2%
Jul	139.5hr	24°C	79.5%
Aug	141.9hr	24.8°C	76.1%
Sep	125.1hr	17.7°C	81.1%
Oct	219.3hr	10.8°C	76.1%
Nov	138.7hr	2.7°C	73.3%
Dec	171.9hr	-6.5°C	73.0%

그림 12는 실험환경 구축을 통해 각각의 센서노드에서 게이트웨이를 통해 관제 서버의 미들웨어 서버로 정상적으로 전송되는 데이터 전송 패킷을 나타낸다.

다. 표 4는 실험환경이 구축된 국내 J지역의 2012년 지상기상 관측 데이터를 나타낸다. 센서운영 설정을 위해 태양의 직사광선이 지표를 비추는 일조시간과 대기 중에 포함되어 있는 수증기의 양을 나타내는 습도를 측정하여 상대습도를 계산하였다.

하이브리드 조명기기에 설치된 다중센서를 통해 측정된 주변의 환경정보에 따라서 사용자 임의적으로 0%에서 100%까지 컨트롤 값을 설정하여 디밍 제어와 보행자 상황에 의한 디밍 제어가 가능하도록 설정하였다. 이때, 모든 가로등에 지그비 통신모듈 및 다중센서를 설치하는 경우 많은 비용이 소요 될 수 있기 때문에 일정 지역을 그룹으로 설정하여 중요 위치의 가로등에만 지그비 통신모듈과 다중센서를 설치하여 그룹으로 운영될 수 있도록 화면 구성을 하여 사용자 중심의 확장성을 고려하여 구현하였다.

그림 13은 실험을 위한 미들웨어 서버의 센서운영 설정내용을 나타낸다. 보행자가 없을 경우 모든 LED 모듈을 점등할 필요가 없기 때문에 전력소모를 줄이기 위해 기본 디밍 레벨은 50%로 지정하였다. 그리고 1월 1일부터 12월 31일까지 일출/일몰 시간에 맞추어 자동으로 점등되도록 스케줄을 지정하였다. 환경정보 측정을 위한 센서운영 설정은 센서노드에서 측정주기를 2초 간격으로 설정하였고, 온도의 측정범위는 -20°C에서 70°C로 설정하였으며 습도의 측정범위는 각각 0.0%에서 100%, 0 ppm에서 3000 ppm으로 설정하였다. 그리고 조명기기의 그룹을 3개로 나누어 각각의 센서에서 임계값에 대한 컨트롤 값을 설정하여 조명관리 시스템에서 제어 및 모니터링을 하였다. 또한, 온도/습도는 설정 임계값 이상일 경우, 조명기기 최대 밝기(60W)를 기준으로 컨트롤 값에 의해 50%, 70%로 점등되도록 설정하였고, 조도가 임계값 이상일 경우는 100% 밝기로 조명기기를 점등하도록 설정하



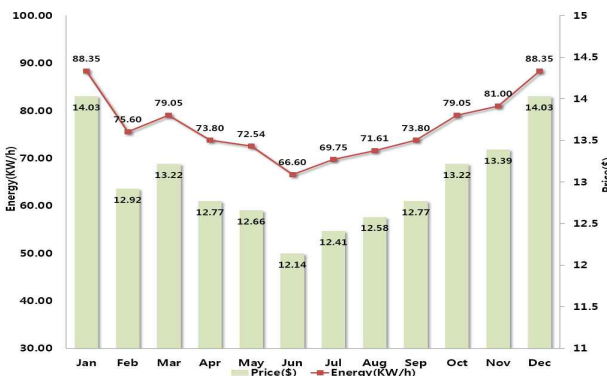
Fig. 13. Sensor operating information
그림 13. 센서운영 설정

었다. 가로등 설치 지역의 차량 및 보행자의 통행시, 이동물체가 감지되지 않으면 기본 디밍 레벨 50%로 점등하고, 이동물체가 감지되면 차량 및 보행자의 안전을 위해 임계값을 2로 설정하여 100%로 점등 되도록 설정 하였다.

그림 14는 기존의 시스템의 전력소비정보와 센서 운영 설정내용을 바탕으로 하이브리드 조명관리 시스템을 실제 조명기기 5개에 1년간 적용하여 얻어진 전력소비정보를 나타낸다.



(a) Before apply of hybrid lighting management system
(a) 하이브리드 조명관리 시스템의 적용 전



(b) After apply of hybrid lighting management system
(b) 하이브리드 조명관리 시스템의 적용 후

Fig. 14. Power Consumption information
그림 14. 소비전력 정보

표 5는 실외 주광조도 변화를 기반으로 디밍 레벨 설정변경에 따른 단계별 소비 전력 분석을 나타낸다. 교통량이 적은 주택지역의 LED 가로등의 평균 노면 조도기준을 다중 센서와 지그비 통신모듈이 설치된 가로등에 적용하여 측정결과를 분석하였다.

표 6은 그림 14의 내용을 기반으로 월간 전력 및 통신제어를 통한 시뮬레이션 결과를 비교하여 나타낸다. 시뮬레이션 결과, 기존의 조명제어 시스템은 조명

Table 5. Analysis of power consumption
표 5. 소비 전력의 분석

Illumination (lx)	Dimming level	Power Consumption
450	0%	4W
400	10%	10W
375	20%	16W
350	30%	22W
325	40%	28W
300	50%	34W
275	60%	40W
250	70%	46W
225	80%	52W
200	90%	58W
175	100%	64W

기기 1,000개를 기준으로 연간전력량은 60W LED 조명기기를 1일 12시간씩 1년을 점등하면 적용 전에는 262.8MWh가 소모되었다.

Table 6. Results of power and communication control
표 6. 전력 및 통신 제어 결과

Compared of the electricity and the comm cost				
division	before apply	after apply	effect	remark
energy	262.8MW/h	78.84MW/h	30%	
power cost	\$30,682	\$9,205	30%	\$116.75 MW/h
comm cost	\$1,897	\$944	50%	\$79 (monthly)

본 논문에서 제안하는 하이브리드 조명관리 시스템을 적용했을 경우, 조명기기는 스케줄 관리와 센서 운영 설정정보에 의한 30분 지연점등 및 단축소등을 하여 점소등을 신속운영하기 때문에 10% 가량의 에너지 소모가 감소되었고, 심야 소등설정 및 조명기기 고장시 안정기 전원차단과 심야 격등 설정으로 인한 20%의 에너지 소모가 절감되었다. 결과적으로 연간 78.34MW/h가 소모되어 183.96MW/h의 에너지 절감 효과와 \$21,477의 전기료 감소 효과를 얻을 수 있었다. 총 전력요금($Total_{am}$)은 식(1)을 이용하여 계산하였다.

$$Total_{am} = ((L_p \times L_{si} \times H_i \times D_j \times (1 - E_f) \times 81.5) \times B_r) + VAT + Total_{ibf} \quad (1)$$

또한, 기존의 조명관리 시스템의 연간 통신비용은 전력선 및 CDMA 방식을 사용하였기 때문에 중계기

1대가 50개의 등주를 제어 가능하므로 \$1,897가 발생한다. 그러나 제안하는 다중 프로토콜 기반의 게이트웨이를 적용한 하이브리드 조명관리 시스템은 1대당 100개의 조명기기를 제어할 수 있기 때문에 이더넷, 지그비 방식을 사용하는 경우 통신비용이 발생하지 않거나 CDMA 방식을 이용하는 경우 \$944가 발생하여 50%의 통신비용 절감효과를 얻을 수 있었다.

그림 15는 안드로이드 플랫폼 기반 스마트 기기에서 관제서버와 동일한 환경의 모니터링 및 제어화면을 나타낸다. 제안된 시스템은 웹 기반으로 구현되어 스마트기기와 연동하여 웹 서비스를 통해 실시간 모니터링 및 조명제어가 가능한 결과를 얻었다.



Fig. 15. Monitoring using the smart device
그림 15. 스마트기기를 사용한 모니터링

IV. 결론

본 논문에서는 다중 프로토콜 기반의 하이브리드 조명관리 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 데이터 표시부와 데이터 변환 및 처리부, 통신부로 구성하였고, 조명기기의 센서노드는 다양한 데이터 수집 및 게이트웨이를 통해 관제서버로 전송하여 모든 데이터는 실시간 저장이 가능하도록 DB를 설계하였다. 하이브리드 조명관리 시스템의 효율성 검증결과, 기존 조명관리 시스템과 비교하여 조명기기 주변의 환경요소에 의해 점소등 시간의 신축운영, 심야 소등 설정, 심야 격등 설정과 조명기기 고장시 안정기 전원차단을 가능했기 때문에 에너지 절감효과와 통신비용 감소 및 전력요금 감소 효과를 얻을 수 있었다. 또한, 웹 기반 관제서버 구축을 했기 때문에 스마트기기와 연동하여 실시간 모니터링 및 원격 조명제어가 가능하였다. 결과적으로, 하이브리드 조명관리 시스템은 에너지 절감에 효과적이고, 시스템에서 사용하는 프로그램의 간단한 변화를 통해 원격 모니터링 및 제어 기능을 쉽게 추가할 수 있기 때문에 개발 비용의 절감 및 시스템 구축 기간 단축이 가능하였다.

참고문헌

- [1]. Man-soon Yoon, "Lighting industry status and Future", *Korean institute of Electrical and Electronic Material Engineers*, v.21, no.1, 2008.
- [2]. Soon-Tack Oh, Jung-Jin Lee, Yong-Chae Jung, "Solar Tracking System Using LED Sensor", *Korea institute of electronic communication sciences*, Vol 3, No 1, pp. 248-252, 2009
- [3]. K. S. Sudhakar, A. A. Anil, K. C Ashok, and S. S. Bhaskar, "Automatic Street Light Control System", *IJETAE*, Vol 3., pp188-189, May 2013.
- [4]. F. Leccese, and Z. Leonowicz, "Intelligent wireless street lighting system", *EEEIC*, pp958-961, May 2012.
- [5]. Chang-Dae Jeon, and Byong-Kun Chang, "A Study on Efficient On-line/Off-Line Street Light Facility Management Database System", *Journal of KIIEE*, Vol 19, No.1, pp162-168, Jan 2005.
- [6]. K. Deepak., "Wireless Streetlight Control System", *Journal of IJCA*, Vol. 41, No.2, pp1-7, Mar 2012.

BIOGRAPHY

Hong, Sung-il (Student Member)
Journal of IKEEE, Vol. 17, No.3 Reference
Present : PhD course School of Computer,
Semyung University.

Lin Chi-ho (Member)
Journal of IKEEE, Vol. 17, No.3 Reference
Present : Professor, School of Computer,
Semyung University.