

다중센서 기반의 하이브리드 조명제어 시스템

The Hybrid Lighting Control System on Multiple Sensor

홍성일*, 인치호**

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

Abstract

In this paper, we propose the hybrid lighting control system on multiple sensor. The proposed hybrid lighting control system was designed for management and control of street lightings by configured as the data display part of integration-interworking part, the data conversion-processing part of integrated management part, and the communication part of gateway system. The data are implemented to designing the DB to enable to storage in real-time by enable to monitoring by wireless remote control and schedule set. As a result of the efficiency verification of the proposed hybrid lighting control system, the hybrid lighting control system be to the real-time monitoring and remote lighting control was possible, because to peristalsis with smart devices and portable PC etc., and it could be obtained the effect of energy and electricity, communication cost reduction.

요약

본 논문에서는 다중센서 기반의 하이브리드 조명제어 시스템을 제안한다. 제안된 하이브리드 조명제어 시스템은 가로등의 관리 및 제어를 위한 데이터 표시부와 데이터 변환 및 처리부, 게이트웨이의 통신부로 구성되어 설계한다. 데이터는 실시간으로 저장이 가능하도록 DB를 설계하고, 실시간으로 무선 원격제어 및 스케줄을 설정하여 모니터링 할 수 있도록 구현한다. 제안된 하이브리드 조명제어 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 : Hybrid, Lighting control, Web Services, Middleware sever, Control Protocol, API Interface

1. 서론

최근 정보전달이 고속화 대용량화 되면서 이전에 종이 문서나 컴퓨터 파일로 저장되어 있는 정보들이 인터넷을 통하여 공유되고, 재사용됨으로서 업무의 흐름이 신속, 정확하게 변하게 되었다. 그리고 정보

네트워크 구조가 활성화 되고, 상거래나 정보서비스들이 예전의 오프라인에서 인터넷을 통한 온라인 체제로 바뀌고 있으며, 이러한 네트워크 서비스에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 하지만 상당부분의 조명시설 관리는 문서화로 이루어져 있고, 이는 시설의 규격이나 양식이 변경될 때, 시간적, 경제적 손실을 감수할 수밖에 없으며 지속적으로 늘어나는 관리정보를 수용하기에는 많은 어려움이 따를 수밖에 없다. 정보의 작성, 편집 및 이동에 있어서도 불편함이 존재한다. 기존의 웹 기반 혹은 모바일 장비를 이용한 원격 제어 시스템은 실시간 고장 지원요청에 대하여 조치를 위한 시간적, 공간적 제약이 있으며, 원격 시스템을 실시간으로 모니터링하면서 정보를 제공받기가 어렵다는 문제점들을 갖는다.^[1-4]

기존 조명제어 시스템은 원격제어 시스템 관리 및

* School of Computer, Semyung University
megadriverr@hanmail.net, +82-43-649-1272

★ Corresponding author

※ Acknowledgment

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

Manuscript received Agu. 9, 2013; revised Sep .6, 2013 ; accepted Sep 10. 2013

도로조명 시스템의 효율성을 최적화하기 위하여 고급 인터페이스 및 제어 아키텍처를 제공하고, 효율적인 도로조명 시스템 관리를 가능하게 하는 Zigbee기반 무선장치를 사용한다. 정보는 원하는 시스템 매개 변수 제어 및 센서 조합을 통해 Zigbee 송수신기를 사용하여 전송하고, 도로조명의 상태확인 및 적절한 조치를 취하여 제어단자로 전송한다. 그러나 기존 모니터링 및 제어방법은 모니터링 지역과 제한된 시간에만 제어가 가능하기 때문에 항상 관리자의 투입이 절대적으로 필요하고, 장애 발생 시 실시간 확인이 불가능하여 신속한 지원이 어렵게 된다. 또한 기존 시스템들은 관리자 관점의 모니터링 및 제어 시스템들로서 H/W적인 자원들에 대한 관리가 이루어지기 때문에 관리자와 사용자 관점에서 시스템 모니터링 및 제어가 어려운 문제점이 있다.^[5-7]

본 논문에서는 전용 프로그램 사용이나 H/W 관점에서의 모니터링 및 제어가 가능한 기존 조명제어 시스템에서 발생하는 문제점 해결을 위하여 가로등의 관리 및 제어를 위해 다중센서 기반의 하이브리드 조명제어 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 웹 서버를 구축하여 인터넷을 통해 제어가 가능하기 때문에 가로등의 관리 및 제어를 위하여 통합 및 연동부의 데이터 표시부와 통합 관제부의 데이터 변환 및 처리부, 게이트웨이 시스템의 통신부로 구성하며 모든 데이터는 실시간 저장이 가능하도록 DB를 설계한다. 실시간 무선 원격제어 및 모니터링을 구현하고, 스마트 기기 및 포터블 PC를 이용하여 관리자가 이동 중에도 조명제어 시스템을 실시간으로 모니터링하고 제어가 가능한 기능 및 사용자 요구에 따른 점등 및 스케줄 설정을 원격으로 제어가 가능한 기능을 제공한다. 또한 기존의 관리 시스템과의 혼동을 최소화할 수 있도록 설계하여 간단한 조명시설 관리와 유지 보수 투입 인력 및 비용절감과 시간절약을 통한 경제적 가치를 최대화할 수 있도록 한다.

II. 하이브리드 조명제어 시스템 설계

본 논문에서 제안하는 하이브리드 조명제어 시스템은 실시간으로 무선 원격제어 및 모니터링이 가능하고, 스마트 기기 및 포터블 PC를 이용하여 이동중에도 조명제어 시스템을 실시간으로 모니터링하고 제어가 가능한 조명제어 시스템이다. 그리고, 통합 및 연동부의 데이터 표시부와 통합 관제부의 데이터 변환 및 처리부, 게이트웨이 시스템의 통신부로 구성하였다. 또한, DB는 모든 데이터를 실시간 저장이 가능하도록 설계하였고, 무선 원격제어 및 스케줄 설정을 실시간으로 모니터링 하도록 구현하였다.

그림 1은 하이브리드 조명제어 시스템의 제어 흐름을 나타낸다. 유무선 통신망을 통해 긴급 상황 및 조명고장 등의 현장상황을 실시간으로 모니터링하고 제어명령을 송수신하기 위하여 데이터 표시부와 데이터 변환부 및 처리부는 가로등 및 게이트웨이 제어정보와 관리정보 및 변경내용에 대한 정보, 실시간 정보를 송수신하도록 설계하였고, 데이터 변환 및 처리부는 게이트웨이로부터 수신된 가로등 및 게이트웨이 상태, 센서 정보를 데이터 표시부로 송신하고, 상태정보를 데이터베이스에 저장하며, 수신된 가로등 및 게이트웨이 제어정보를 게이트웨이로 송신하도록 설계하였다. 또한, 게이트웨이는 가로등의 점등상태 및 센서, 게이트웨이 상태정보를 데이터 변환 및 처리부로 송신하고, 수신된 가로등 및 게이트웨이 제어정보를 이용하여 가로등을 제어하도록 설계하였다.

그림 2는 데이터 표시부의 웹서비스 시스템 구성을 나타낸다. Smartcon Web Service는 게이트웨이 및 센서 네트워크, 스케줄, 시스템 사용자, API 실시간 제어, 가로등 고장/수리 내역, 민원처리 내역 등으로 설계하였다.

GatewayManager는 게이트웨이 및 센서 네트워크를 관리한다. 가로등 관리에서는 가로등 목록검색 및 확인, 신규 가로등 정보등록, 상세정보 열람을 한다. 분전함 관리는 분전함 목록검색, 새로운 정보등록을 하거나 게이트웨이의 위치 및 상태정보, 정보수정, 물리적인 가로등 목록을 관리하며, 게이트웨이 설정을 변경하여 가로등 추가 및 제거를 한다. 분전함/가로등 감시는 맵상에서 분전함과 가로등의 위치 및 동작 상

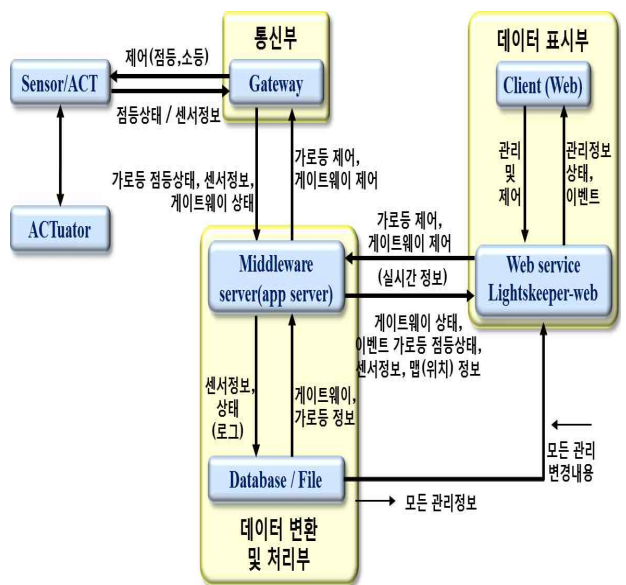


Fig. 1. The control flow of hybrid lighting control system
그림 1. 하이브리드 점등제어 시스템의 제어 흐름

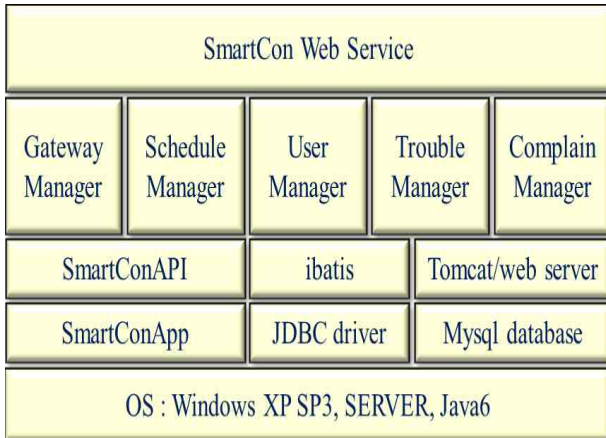


Fig. 2. Web Services system configuration
그림 2. 웹서비스 시스템 구성

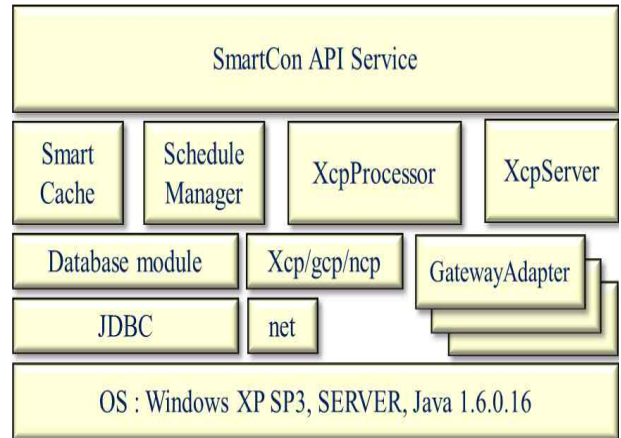


Fig. 3. Middleware server system configuration
그림 3. 미들웨어 서버 시스템 구성

태를 표시한다. ScheduleManager는 센서노드 또는 가로등의 자동 제어를 위하여 스케줄 관리를 한다. 스케줄 관리는 계절별 일출/일몰 및 시차에 따른 자동시간을 설정하여 점소등 시간을 설정하고, 가로등 전체 스케줄을 등록 및 수정한다. 또한 지역 단위별 스케줄을 수정하여 그룹별 스케줄을 관리한다. UserManager는 시스템 사용자에게 권한 및 관리를 한다. 사용자 관리는 사용자 목록을 조회/검색하거나 사용자를 등록하고, 사용자 정보는 시스템에 접속하여 관리자별로 권한을 다르게 설정하여 접속자의 정보를 확인한다. SmartConApi는 SmartConApp의 API를 실시간으로 제어를 한다. 개별 가로등 제어는 원격으로 가로등의 점소등을 위해 실시간으로 가로등 및 안정기를 제어한다. 가로등 감시는 실시간 연결 상태 표시 및 점소등 상태 보고와 가로등 및 안정기의 불량여부, 누전상태를 표시한다. TroubleManager는 가로등 고장/수리 내역을 관리하여 가로등/분전함 상태의 실시간 감시 및 고장내역을 자동 등록한다. 고장내역 발생 시 분전함 및 가로등의 오류상황을 실시간으로 관리자에게 SMS 등을 이용하여 통지한다. ComplainManager는 사용자의 민원처리 내역을 관리한다.

그림 3은 미들웨어 서버의 시스템 구성을 나타낸다. SmartConAppServer는 프로그램 시작 및 게이트웨이의 메인 동작 모듈로서 각각의 기능을 구성하여 설계하였다.

SmartCacheSMS는 XCP 통신 프로토콜을 설정 및 데이터의 포맷을 처리하고, ScheduleManager는 DB에서 제어 스케줄 데이터를 로딩하여 가로등 제어 스케줄을 관리한다. XcpProcessor는 데이터 요청에 대한 응답 및 센서 데이터를 DB에 저장하고, 게이트웨이 또는 센서 노드로 부터 수신되는 데이터를 처리한

다. XcpServer는 추가되는 게이트웨이에 대하여 GatewayAdapter로 처리를 위임하고 접속 허용을 처리한다. Database module은 DB 초기화 및 데이터를 입출력하는 인터페이스를 담당한다. 또한, Gateway Adapter는 네트워크에서 수신되는 명령 및 요청에 대한 해석과 XcpProcessor로 처리를 위임하여 게이트웨이의 요청 및 응답에 대한 처리를 한다.

웹서비스와 미들웨어 서버를 위한 DB 테이블은 제어장치, 제어계획, 장애/수리, 민원, 실행상태, 시스템, 공통코드로 구분하여 설계하였다. 표 1은 데이터베이스 테이블 리스트를 나타낸다.

Table. 1. Database table list

표 1. 데이터베이스 테이블 리스트

구분	테이블명
제어장치	T_GATEWAY
	T_NODE
	T_GW_CONFIG
	NODE_CONFIG
제어계획	T_CTRL_SCHEDULE
	T_CTRL_PLAN
장애/수리	T_TROUBLE
민원	T_COMPLAIN
실행상태	T_GW_STATE
	T_NODE_STATE
시스템	T_ORG
	T_USER
	T_ROLE
공통코드	T_CODE
	T_AREA_CODE

제어장치를 위한 테이블은 분전반(게이트웨이) 및 가로등, 게이트웨이 설정, 가로등 설정 정보를 저장하고, 제어계획을 위한 테이블은 제어 스케줄 및 상세 항목 정보를 저장한다. 장애/수리와 민원, 실행상태를 위한 테이블은 각각 장애정보 및 민원처리 정보, 게이트웨이 상태 및 가로등 상태 정보를 저장한다. 또한, 시스템과 공통사용 코드, 지역분류 코드를 위한 테이블은 조직 및 시스템 사용자의 권한정보, 각종 형식 정보, 지역정보를 저장한다.

하이브리드 조명제어 시스템에서 사용하는 프로토콜은 게이트웨이 제어 프로토콜과 센서 노드 제어 프로토콜로 구분을 하고 메시지 형식을 설정하였다.

표 2는 제어프로토콜의 메시지 형식을 나타낸다. 게이트웨이 제어 프로토콜은 클라이언트와 게이트웨이 사이에서 장치 프로브 연결 상태 및 설정정보 변경, 게이트웨이 제어명령, 제어/동작상태 정보, 기타 측정값을 포함하여 각 장치의 동작 상태정보를 리포트하고, 이벤트와 관련된 요청/응답에 대하여 제어를 하도록 메시지 형식을 설정하였다. 센서 노드 제어 프로토콜은 게이트웨이가 센서 노드를 제어하고, 센서 노드 동작상태 변경 및 고장 등 이상이 발생되면 이벤트를 전달하도록 메시지 형식을 설정하였다.

Table. 2. Control protocol message

표 2. 제어 프로토콜 메시지

구분	메시지 형식
게이트웨이 제어 프로토콜	REQ_PING, RES_PING
	REQ_SET_CONFIG, RES_SET_CONFIG
	REQ_GET_CONFIG, RES_GET_CONFIG
	REQ_CONTROL, RES_CONTROL
	REQ_STATE, RES_STATE
	REPORT_STATE
	REPORT_STATE (from gateway)
	REPORT CONFIG
	EVENT_GATEWAY
센서 노드 제어 프로토콜	REQ_PING, RES_PING
	REQ_SET_CONFIG, RES_SET_CONFIG
	REQ_GET_CONFIG, RES_GET_CONFIG
	REQ_CONTROL, RES_CONTROL
	REQ_STATE, RES_STATE
	REPORT_STATE
	EVENT
	RES_STATUS_REPORT

웹서비스를 목적으로 구현하기 위해 클라이언트에 센서로 부터 게이트웨이를 통하여 데이터를 수신하거나 게이트웨이를 통해 실시간으로 센서 및 게이트웨이를 제어/관리하기 위해 호출하는 인스턴스 집합 API(Application Program Interface)는 클라이언트측 인터페이스 인스턴스를 관리와 게이트웨이측 인터페이스 인스턴스를 관리하는 SmartConAPI로 구성되어 설계하였으며, 접속 게이트웨이 및 센서의 노드 개수와 id 리스트, 실시간 상태정보를 가져오고, 실시간 원격제어를 한다.

하이브리드 조명제어 시스템의 웹서비스를 위한 클라이언트는 메인 및 가로등, 분전반, 스케줄, 고장 관리로 구분하여 페이지를 설계하였다. 그림 4는 메인 페이지의 구성을 나타낸다. 메인 페이지의 monitoringMain은 가로등 분전반 및 게이트웨이 관리를 하고, getCommonCode는 웹서비스에 필요한 코드 리턴을 하며, getNumOfActiveNodes는 활성화 노드 개수를 리턴 하도록 설계하였다. 또한, getBoundInRect는 메인 페이지에서 표시해야하는 화면 영역을 계산하도록 설계하였다.

그림 5는 스케줄 관리 페이지의 구성을 나타낸다. 스케줄 관리 페이지와 고장 관리 페이지의 scheduleSet는 가로등의 자동 컨트롤 스케줄을 설정하고, index는 스케줄 설정을 위한 로그인을 하도록 구현하였다.

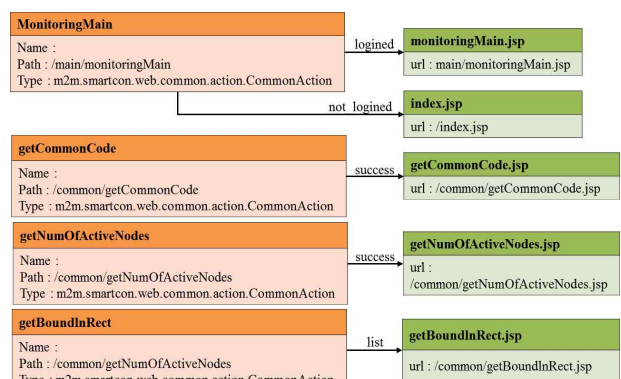


Fig. 4. The main page configuration
그림 4. 메인페이지 구성

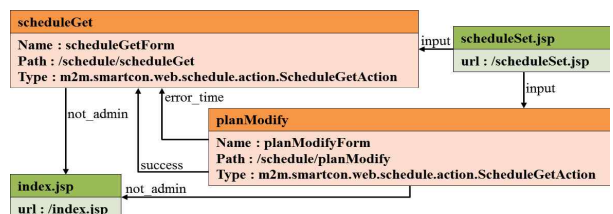


Fig. 5. Schedule Management page
그림 5. 스케줄 관리 페이지

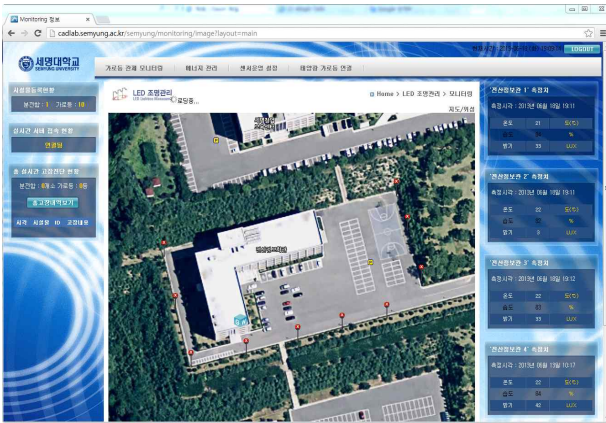


Fig. 6. Main Screen Interface
그림 6. 메인화면 인터페이스

그림 6은 구현된 메인 페이지의 인터페이스를 나타낸다. 메인 페이지는 가로등 관제 모니터링, 에너지 관리 및 센서 운영설정 페이지로 구분하여 구현하였다. 가로등 관제 모니터링 페이지는 맵(map)을 통하여 가로등과 분전반의 위치 및 전원상태와 동작 상태를 파악하고, 위치를 이동시키며, 시설물 등록 현황과 실시간 서버 접속 현황 및 고장진단 현황을 파악할 수 있게 구현하였다. 또한, 설치 가로등 주변의 온/습도, 조도 및 움직임 감지 내용을 실시간 모니터링 하도록 구현하였다. LED등 및 게이트웨이 정보에서는 기본 정보 확인과 개별/전체적으로 LED등을 점등 제어하고 디밍 컨트롤을 통하여 밝기를 제어하도록 구현하였다. 실시간 고장진단 현황은 고장 발생 장치별(게이트웨이, 노드, 램프)의 실시간 고장진단 목록 확인 및 상세내역과 고장접수 처리 상황을 모니터링 하도록 구현하였다.

그림 7은 구현된 에너지 관리 페이지의 인터페이스를 나타낸다.



Fig. 7. Energy management interface
그림 7. 에너지관리 인터페이스

에너지 관리 화면에서는 전월 사용요금, 당월 사용요금 및 전월대비 전기 사용요금을 실시간으로 반영하고, 구간별(시간별, 일별, 월별, 년별) 전력사용량 대비 전기요금을 그래프로 시각화하여 모니터링 할 수 있게 구현하였다. 그리고 탄소 배출량 계지를 통해 가로등 점등시 발생하는 유해요소 확인하고, 전일/금일 전기요금을 비교하여 전력요금 증감을 모니터링하도록 구현하였다. 또한, 에너지 관리의 구간별 현황은 전력 사용량과 전기요금을 선택하여 그래프로 시각화하고, 구간별 현황을 모니터링 하도록 구현하였다.

그림 8은 구현된 센서 운영 설정 페이지의 인터페이스를 나타낸다. 기존의 조명제어 시스템에서는 다중 센서를 사용하더라도 원격 운영설정이나 다중 센서에서 측정된 데이터들의 저장이 불가능하다. 또한, 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 조명제어 시스템은 웹 기반 운영설정이 가능하기 때문에 원격 운영설정이 가능하고, DB를 통해 다중 센서들의 측정 데이터를 실시간으로 저장하여 관리가 가능하다. 또한, 다양한 센서들의 추가로 인한 운영 설정 및 고장유무를 원격관리가 가능하기 때문에 관리자의 불편해소를 고려하여 센서 운영 설정 페이지 구현하였다.

센서 운영 설정에서는 다중 센서(온/습도, 조도, 모션)의 임계치를 설정하여 측정값이 등호설정 이상/이하이면 설치 가로등에 대하여 그룹별로 디밍 제어를 하여 밝기조절을 하도록 구현하였다. 센서 운영 설정의 게이트웨이 관리에서 정보보기는 게이트웨이의 상세정보 조회 및 등록 게이트웨이의 위치정보와 설치 사진을 업로드 하도록 구현하였다. 또한, 게이트웨이 ID 및 관리번호, 게이트웨이 이름, 영문명, 상태, 중



Fig. 8. Sensor operating configuration interface
그림 8. 센서 운영 설정 인터페이스

류, 설치지역 구분, 게이트웨이 ZigBee 모듈의 MAC 주소, CDMA 번호(옵션), 등록자, 등록일을 확인하여 편리하게 관리할 수 있도록 구현하였다.

센서 운영 설정의 LED등 모듈 관리는 각각의 게이트웨이에 소속되어 있는 가로등별 게이트웨이 ID, LED등 ID, 등록일 및 동작상태 정보 목록을 확인하고, 내용 수정시 게이트웨이 ID와 그룹 ID를 반드시 확인한다. 센서 운영 설정의 센서 모듈관리에서는 각각의 가로등에 설치된 다중센서 정보 및 소속 게이트웨이 ID, LED등 그룹 ID, 그룹번호, 센서 ID에 따른 센서 유형과 현재의 동작 상태를 확인한다. 센서 모듈관리 보기의 수정은 신규 추가 작업과 동일한 화면으로 기존에 등록된 센서에 대하여 변경 사항이 있을 경우 정보를 갱신하도록 구현한다.

III. 실험 결과

본 논문에서 기존의 점등제어 시스템과 비교하여 제안하는 다중센서 기반의 하이브리드 조명제어 시스템의 에너지 소모량과 전력요금, 통신비용에 대한 효율성 검증을 하였다.

실험환경은 센서로 부터 데이터를 수집하여 Zigbee 모듈을 통하여 게이트웨이로 센싱 데이터를 전송하는 SZ100S 모듈, 동작을 감지하여 데이터를 SZ100-S 모듈로 전송하는 sh300dth 센서모듈, 그리고 UART로 데이터를 수신 받아 Zigbee로 전송하고 Zigbee 수신 데이터를 UART를 통해 MCU로 전달하는 Zigbee 모듈과 게이트웨이를 분전함 내부에 사용하였다.

그림 9은 본 논문에서 제안한 다중센서 기반의 하이브리드 조명제어 시스템을 적용하여 효율성 검증을 위한 전력제어 및 통신제어 실험환경을 나타내었다.

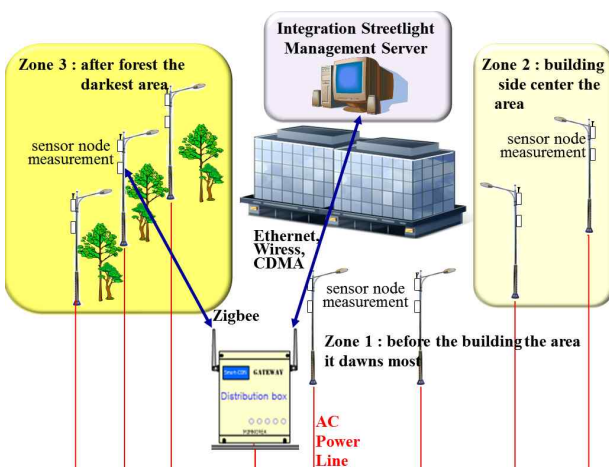


Fig. 9. System Experimental environment
그림 9. 시스템 실험환경

실험환경 설정은 기본 조명의 밝기를 50%로 지정하고 1월 1일부터 12월 31일까지 일출/일몰 시간에 맞추어 점등되도록 지정하였기 때문에 점등 적용시간은 의미를 두지 않았다. 점등 시간 동안 보행자의 안전 서비스를 제공하기 위하여 보행자가 인지되면 조명의 밝기를 100%로 점등 시키도록 설정 하였다. 보행자 감지시 디밍 제어에 의한 밝기조절과 보행자 상황 및 하이브리드 조명기기가 설치된 주변의 환경 정보에 따른 제어를 위해 센서들을 설정하였다.

그림 10은 센서 운영 설정정보를 나타내었다. 센서 데이터의 측정을 위한 환경은 조명기기의 그룹을 3개로 나누어 각각의 온도, 습도, 모션에 대한 센서 임계값을 설정하여 하이브리드 조명제어 시스템에서 제어 및 모니터링을 하였다. 설정 임계값은 가로등 설치 장소의 주변 환경 요소에 따라서 개별적으로 설정하였다. 온도와 습도는 설정 임계값 이상일 경우, 가로등 최대 밝기(60W)를 기준으로 밝기를 50%, 70%로 설정하였고, 조도의 임계값 이상일 경우, 100% 밝기로 조명기기를 점등하도록 설정하였다. 이 동물체가 감지되지 않으면 기본 디밍 레벨 70%로 점등하고, 이동물체가 감지되면 임계값을 2로 설정하여 이상일 경우에 100%로 점등 되도록 설정 하였다.

그림 11는 센서 운영설정 내용을 바탕으로 하이브리드 조명제어 시스템을 실제 LED 가로등 5개에 1년간 적용하여 얻어진 전력소비정보를 나타내었다.

표 3은 그림 11의 내용을 기반으로 월간 전력제어 및 통신제어를 통한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 시뮬레이션 결과, 기존의 조명제어 시스템은 가로등 1,000개를 기준으로 연간전력 사용량은 60W LED 가로등을 1일 12시간씩 1년을 점등하면 월간 전력 사용



Fig. 10. Sensor operating information on middleware
그림 10. 미들웨어의 센서 운영정보

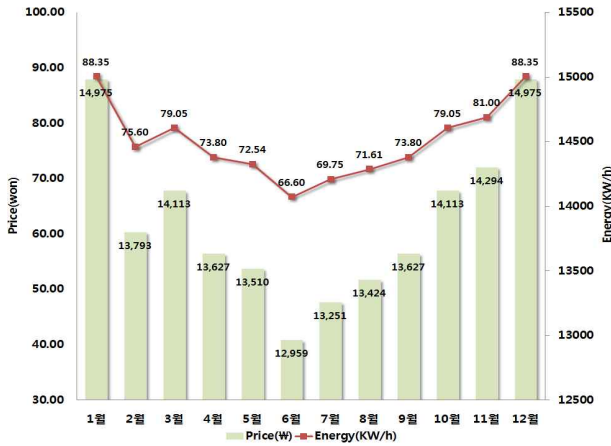


Fig. 11. Power Consumption information
 그림 11. 전력 소비 정보

Table. 3. Power control and communication control results
 표 3. 전력제어 및 통신제어 결과

Compared of the electricity and the comm cost (monthly)				
division	before apply	after apply	effect	remark
energy	21,900KW/h	15,325KW/h	30%	6,575KW/h
power cost	₩2,036,160	₩1,426,880	30%	₩609,280
comm. cost	₩440,000	₩220,000	50%	₩220,000

량은 21,900KW/h가 소모되었다. 이것은 타이머에 의한 점등제어와 조도 센서에 의한 점등제어의 결과로 보행자와 차량의 식별이 가능함에도 불구하고 점등이 되는 경우가 발생하여 전력소모가 증가하는 결과를 가져온다. 그러나 본 논문에서 제안하는 다중 센서 기반의 하이브리드 조명제어 시스템을 적용했을 경우, LED 가로등을 가로등 주변 환경 요소들에 의하여 일출, 일몰시간에 맞추어 약 30분 정도를 지연점등 및 단축소등 할 수 있도록 센서 운영설정을 하여 점소등 시간을 신속 운영할 수 있기 때문에 10% 가량의 에너지 소모가 감소하였다. 또한, 심야 소등설정, LED 가로등의 고장시 안정기 전원차단 설정과 보행자와 차량의 통행이 적은 새벽시간에 격등으로 점등하도록 설정하고, 통행이 감지되었을 때 100% 밝기로 점등하도록 설정하였기 때문에 20%의 에너지 소모 절감효과 발생하였다. 결과적으로 월간 15,325KW/h가 소모되어 6,575KW/h의 에너지 절감효과와 월간 ₩609,280의 전력요금 감소 효과를 얻을 수 있었다. 월간 전력 사용량(M_{ec})와 전기요금계($Total_{er}$), 총 전력 요금($Total_{am}$)은 식(1), 식(2), 식(3)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$M_{ec} = L_p \times L_{si} \times H_i \times D_j \times (1 - E_f) \quad (1)$$

$$Total_{er} = E_r + B_r = (M_{ec} \times 81.5) \times B_r \quad (2)$$

$$Total_{am} = Total_{er} + VAT + Total_{ibf} \quad (3)$$

연간 통신비용은 전력선 및 Zigbee 무선 제어방식과 CDMA 방식의 최저 요금제를 사용했기 때문에 기존의 점등제어 시스템에서는 중계기 1대당 50개의 가로등 제어가 가능하므로 월간 ₩440,000이 발생한다. 그러나 제안하는 다중센서 기반의 하이브리드 조명제어 시스템에서 사용한 분전함의 게이트웨이는 1대당 100개의 가로등을 제어할 수 있기 때문에 이더넷, 무선 및 Zigbee 방식을 사용하는 경우 통신비용이 발생하지 않거나 CDMA 방식을 이용하는 경우 ₩220,000이 발생하여 50%의 통신비용이 절감되는 결과를 얻을 수 있었다.

그림 12는 스마트폰을 이용한 모니터링 및 제어 화면을 나타내었다. 기존의 조명제어 시스템은 전용 프로그램을 이용하여 서버에서 직접적인 모니터링 및 관리를 하였기 때문에 실시간 모니터링과 이상증상에 대하여 신속한 대응을 하지 못하는 문제점이 발생되었다. 그러나 제안한 하이브리드 조명제어 시스템은 웹서비스를 목적으로 구현하였기 때문에 외부 단말기인 스마트 기기 및 포터블 PC 등과 연동하여 관리자의 부재시에도 언제 어디서나 인터넷을 이용하여 실시간 모니터링 및 조명제어가 가능한 결과를 얻을 수 있었다.



(a) Monitoring and control on android platform



(b) Monitoring and control on iOS platform

Fig. 12. Monitoring and control using the smart phone
 그림 12. 스마트폰을 이용한 모니터링 및 제어

IV. 결론

본 논문에서는 다중센서 기반의 하이브리드 조명 제어 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 통합 및 연동부의 데이터 표시부와 통합 관제부의 데이터 변환 및 처리부, 게이트웨이 시스템의 통신부로 구성되어 모든 데이터는 실시간 저장이 가능하도록 DB를 설계하였다. 조명기기의 센서 노드는 다양한 데이터를 수집하여 데이터들을 게이트웨이를 통해 관제센터로 전송이 되도록 설계하였다.

제안된 하이브리드 조명제어 시스템의 효율성 검증결과, 기존의 조명제어 시스템을 사용한 방식과 비교하여 스마트 기기 및 포터블 PC 등과 연동하여 실시간 모니터링 및 원격 조명제어가 가능하였다. 그리고 가로등 주변의 환경요소에 의해 점소등 시간의 신속운영, 심야 소등설정, 심야 격등 설정과 가로등 고장시 안정기 전원차단을 할 수 있었기 때문에 에너지 절감효과와 통신비용 감소 및 전기로 감소 효과를 얻을 수 있었다. 결과적으로, 하이브리드 조명제어 시스템은 에너지 절감에 효과적이고, 시스템에서 사용하는 프로그램의 간단한 변화를 통하여 다양한 기능을 구성하여 원격 모니터링 및 제어 기능을 쉽게 추가할 수 있기 때문에 개발 비용의 절감효과와 제어회로 및 시스템 구축 기간의 단축이 가능하였다.

References

- [1]. 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.
- [2]. F. Leccese, and Z. Leonowicz, "Intelligent wireless street lighting system", *EEEIC*, pp958-961, May 2012.
- [3]. Chang-Dae Jeon, and Byong-Kun Chang, "A Study on Efficient On-line/Off-Line Street Light Facility Management Database System", *KIIEE Journal*, Vol 19, No.1, pp162-168, Jan 2005.
- [4]. K. Deepak., "Wireless Streetlight Control System", *IJCA Journal*, Vol. 41, No.2, pp1-7, March 2012.
- [5]. M. Reinhard, and R. Andreas, "An energy efficient pedestrian aware Smart Street Lighting system", *IJPCC Journal*, Vol.7 No.2, pp.147-161, 2011.
- [6]. M. Popa, and A. Marcu, "A Solution for Street Lighting in Smart Cities", *CJWCE*

Journal, pp.91-96, 2012.

- [7]. E. Pilar, and A. Ignacio, "An Easy to Deploy Street Light Control System Based on Wireless Communication and LED Technology", *UCAmI & IWAAL Sensors Open Access Journal*, pp.6492-9523, May 2013.

BIOGRAPHY

Hong Sung-il (Student Member)



2007 : BS degree in Sciences, Semyung University.
 2009 : MS degree in Education, Semyung University.
 2012 : PhD course in Sciences, Semyung University.
 <Research Interest> SOC CAD, ASIC Design, CAD Algorithms, SOC Design, RTOS and Embedded Systems, Lighting Control Systems

Lin Chi-ho (Member)



1985 : BS degree in Engineering, Hanyang University.
 1987 : MS degree in Engineering, Hanyang University.
 1996 : PhD degree in Engineering, Hanyang University.
 1992-Present : Professor, School of Computer, Semyung University.
 <Research Interest> SOC CAD, ASIC Design, CAD Algorithms, SOC Design, RTOS and Embedded Systems, Lighting Control Systems