

# USN 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어 설계

홍성일\*, 인치호°

## A Multi-Protocol Gateway Middleware Design on Ubiquitous Sensor Networks

Sung-Il Hong\*, Chi-Ho Lin°

### 요 약

본 논문에서는 USN 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어의 설계를 제안한다. 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어는 송신 메시지 형식을 정의하고, UART를 사용하여 MCU 외부 응용 프로그램에 연결을 위하여 USN 모듈 인터페이스 프로토콜을 사용하였다. 이 경우, 게이트웨이는 설정정보와 함께 지그비 모듈과의 통신 상태를 확인하고, 지그비 시리얼 PDU 형식을 설정한다. 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어 실험 결과, 전력 제어 및 통신제어 실험을 통해 재생 중계 장치를 사용하는 게이트웨이보다 다중 프로토콜 게이트웨이를 사용하는 통합 프로토콜 게이트웨이의 효율성을 입증하였다.

**Key Words** : USN, Protocol, Gateway, Interface, Middleware

### ABSTRACT

In this paper we propose design of a multi-protocol gateway middleware based on USN. The proposed multi-protocol gateway middleware defined the transmit messages format, and were used the USN module interface protocol for connect to external application MCU using the UART. In this case, the gateway was checks the communication state of Zigbee module with settings information, and setting Zigbee serial PDU format. The experimental results of the proposed multi-protocol gateway middleware were proved the efficiency of integrate protocol gateway to use the multi-protocol gateway than gateway to using the repeater through the power control and communications a controlled experiment.

### I. 서 론

네트워크 기술의 급속한 발전은 사람들에게 편안함과 편리함을 주고 있고, 유선 네트워크를 넘어 무선네트워크를 대중화에 까지 이르고 있으며, 무선 네트워크의 발전으로 기존의 유선 네트워크와 통합할 수 있는 기술들이 개발되고 있다. 또한, USN(Ubiquitous Sensor Network)은 에너지를 고려

한 무선 센서 네트워크 구성에서 중요한 논점이 되고 있고, 에너지 효율을 높이기 위하여 데이터 통신이 필요하지 않는 노드는 무선 채널을 비활동 상태로 두고 필요한 노드만 무선채널이 활성화 되도록 하여 데이터 통신을 담당하게 하는 방법을 사용한다. 기존의 관련 연구들은 원격제어 시스템 관리 및 가로등 점등제어 시스템의 효율성을 최적화하기 위하여 고급 인터페이스 및 제어 아키텍처를 제공하

※ 본 논문은 미래창조과학부 지원으로 수행한 ETRI SW-SoC융합R&BD센터의 연구결과입니다.

♦ First Author : 세명대학교 컴퓨터학부, megadriver@hanmail.net, 학생회원

° Corresponding Author : 세명대학교 컴퓨터학부, ich410@hanmail.net, 정회원

논문번호 : KICS2013-10-429, 접수일자 : 2013년 10월 4일, 최종논문접수일자 : 2013년 11월 19일

고, 보다 효율적인 가로등 점등제어 시스템의 관리를 가능하게 하는 지그비 (Zigbee) 모듈을 사용하였다<sup>1-4</sup>.

기존 지그비를 이용한 센서 네트워크에서 사용하는 게이트웨이 미들웨어의 기능은 센서를 통해 주변의 정보를 수집하고, 수집 정보를 주변 센서 노드와 통신을 통해 취합 및 관리하며, 높은 안정성을 제공하였다. 그러나 기존의 게이트웨이 미들웨어는 다양한 상황 및 환경 데이터를 수집하여 중앙 장치로 전달하는 센서 네트워크 모듈과 모듈로부터 수신되는 데이터를 수집·종합·분석·평가하여 네트워크와 응용프로그램 사이에서 제어 명령을 효과적으로 전달하지 못하는 문제점이 있다. 또한, 효과적인 제어명령 전달을 위한 지능적 기술의 정착을 위해 다양한 디바이스의 통합 및 동작과 어플리케이션 및 소프트웨어 구동을 위한 유연한 네트워크 시스템이 필요하다<sup>5-7</sup>.

따라서 새로운 무선 장치들을 이용한 환경 데이터의 수집 및 전달, 처리가 가능한 안정되고 효율성 있는 게이트웨이의 제어 알고리즘 요구 및 미들웨어 설계 기술 개발이 필요하다.

본 논문에서는 문제점 해결을 위하여 USN 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어 설계를 제안했다. 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어는 USN 모듈 인터페이스 프로토콜을 사용하여 지그비 모듈과 통신 상태를 체크하고 설정정보 확인 및 제어설정을 통해 현장상황을 실시간으로 원격제어를 할 수 있는 무선 원격제어 알고리즘을 설계하여 적용했고, 게이트웨이를 효율적으로 활용하기 위해 다양한 응용 메시지의 변환 및 새로운 노드의 추가/삭제, 지그비 네트워크의 불필요한 메시지 전달 차단과 같은 제어 기능을 제공할 수 있도록 기능 구성 및 모듈설계를 했다. 또한, 프로토콜 메시지 형식은 가로등의 점등제어를 위해 게이트웨이와 노드들 간의 통신 자원을 공평하고 효율적으로 사용할 수 있도록 설정했다.

제안된 게이트웨이 미들웨어는 통신 신뢰성 기술, 실시간 모니터링 및 제어를 통한 안전성을 확인하고, 전력제어 및 통신제어 실험을 하여 효율성을 검증했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 제안하는 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어의 제어 알고리즘에 따른 제어 흐름과 미들웨어의 구성 및 전송 메시지 형식에 대하여 기술하고, 3장에서는 제안된 미들웨어를 적용한 게이트웨이와 기존 게이트웨이의

전력 제어 및 통신 제어 실험을 통해 효율성 검증 내용을 기술한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

## II. 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어

본 논문에서 제안하는 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어는 원격제어 알고리즘 설계 및 적용으로 메인서버로부터 이더넷이나 CDMA(Code Division Multiple Access)를 통해 소모 전력과 환경정보, 보행자 안전을 위한 제어 명령을 수신한다. 그리고 게이트웨이의 지그비 모듈을 통해 센서 노드와 디밍 제어와 스케줄링 제어를 위한 제어명령을 송신하고, 각각의 센서 노드는 온도, 조도, 동작인식 등의 환경정보를 수집하여 게이트웨이의 미들웨어를 통해 메인서버에 데이터를 전송하여 가로등 점등제어를 하도록 설계하였다.

그림 1은 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어의 구성과 점등제어 시스템 제어 흐름을 나타낸다. 게이트웨이 미들웨어는 무선 원격제어를 위한 미들웨어 모듈 및 MAC 프로토콜을 이용하여 네트워크 형성을 위해 설정한 MAC layer PDU, 게이트웨이의 지그비 모듈과 센서 노드의 데이터 송·수신을 위한 지그비 시리얼 PDU로 설계하였으며 미들웨어 모듈에는 다중 프로토콜 게이트웨이의 무선 원격제어 알고리즘을 적용하였다. 그리고 본 논문에서 제안하는 게이트웨이 미들웨어의 모듈구성과 기능은 그림 4와 표 1에 나타낸다.

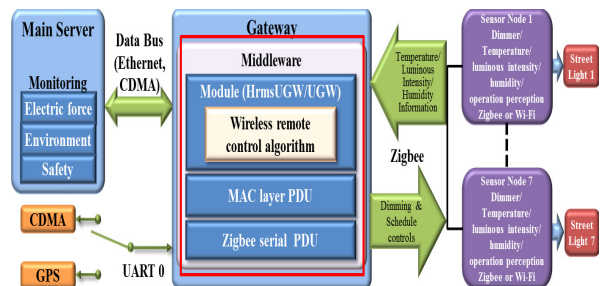


그림 1. 점등제어 시스템의 제어 흐름  
Fig. 1. Control flow of lighting control system

기존의 원격제어 알고리즘은 센서 네트워크 모듈을 통해 가로등 주변 상황 및 환경 데이터를 수집하여 게이트웨이로 전달하고, 게이트웨이는 모듈로부터 수신되는 데이터를 수집·종합·분석·평가하여 네트워크와 응용프로그램 사이에서 제어명령을 효과적으로 전달하지 못하는 단점이 있다. 또한, 다양한

디바이스의 통합 및 동작, 어플리케이션 및 소프트웨어 구동을 위한 유연한 네트워크 시스템에 적용하기가 어렵다. 따라서 새로운 무선 장치들을 이용한 환경 데이터 수집 및 전달, 처리가 가능한 안정되고 효율성 있는 원격제어 알고리즘이 요구되었다.

제안하는 원격제어 알고리즘은 USN 모듈 인터페이스 프로토콜을 사용하여 지그비 모듈과 통신 상태를 체크하고, 설정정보 확인 및 제어설정을 통해 현장상황의 실시간 원격제어와 게이트웨이를 효율적으로 활용하기 위해 다양한 응용 메시지의 변환 및 새로운 노드의 추가/삭제, 지그비 네트워크의 불필요한 메시지 전달 차단과 같은 원격제어와 게이트웨이와 노드들 간의 통신 자원을 공평하고 효율적으로 사용할 수 있도록 제어가 가능한 장점이 있다.

다중 프로토콜 게이트웨이의 무선 원격제어 알고리즘은 지그비 기반 저전력 근거리 무선통신 기술을 이용하여 CDMA, 이더넷 등의 유무선 통신 복합제어 및 다중센서(Multi Sensors) 데이터를 수집하고 데이터를 메인서버로 전송하는 중계자 기능을 주목적으로 하였고, 각각의 단위 지역으로 분류되어진 가로등의 다중 센서들을 관리하기 위해 가로등에 설치되어있는 다중 센서와 통신을 위한 지그비 안테나 및 모듈을 탑재하고, 무선 프로토콜, 이더넷 프로토콜, RS232, 디스플레이 및 입력 인터페이스의 통합제어를 하도록 무선 원격제어 알고리즘을 적용하였다. 그림 2는 다중 프로토콜 게이트웨이의 무선 원격제어 알고리즘을 나타낸다. 게이트웨이는 센서 노드와 싱크노드의 연결을 확인하여 연결된 센서 노드의 정보를 요청하고, 싱크노드는 센서 노드의 연결정보를 응답하며, 메인서버는 게이트웨이와 포트를 연결하여 센서 노드의 응답 정보를 수신하고 정보를 확인한다. 게이트웨이는 메인서버로부터 데이터 요청과 센서 ID를 수신하여 매핑 정보를 생성하고, 세션 ID를 추가하여 싱크노드에 전송한다. 센서 노드는 싱크노드로부터 데이터 요청 정보 및 세션 ID를 수신하고, 결과를 세션 ID와 함께 싱크노드로 다시 전송한다. 싱크노드는 매핑 정보 검색을 통해 데이터 수신결과 및 센서 ID, 세션 ID를 게이트웨이에 전송하고, 메인서버는 데이터 결과와 센서 ID를 게이트웨이로부터 수신한다.

그림 3은 알고리즘 적용 시, 싱크노드와 다중 센서 노드, 가로등 LED 모듈 사이의 점등제어 신호의 흐름을 나타낸다. 싱크노드는 드라이버와 연결되면 게이트웨이로부터 원격제어 패킷을 수신하여 드라이버에 제어요청을 하고, 드라이버는 LED 점등

모듈을 점등제어하며, 드라이버로부터 점등제어 결과를 수신하여 게이트웨이에 전달한다.

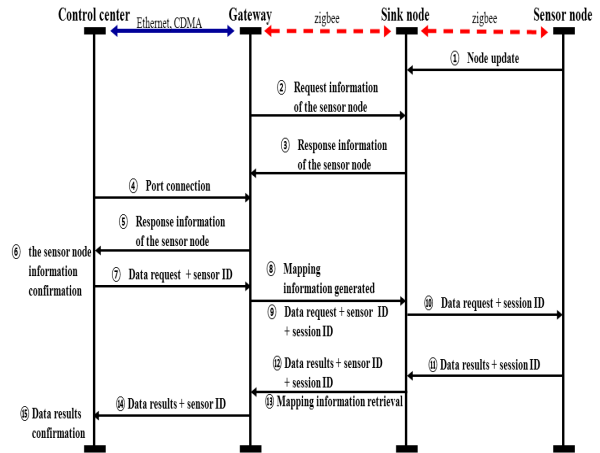


그림 2. 무선 원격제어 알고리즘  
Fig. 2. Wireless remote control algorithm

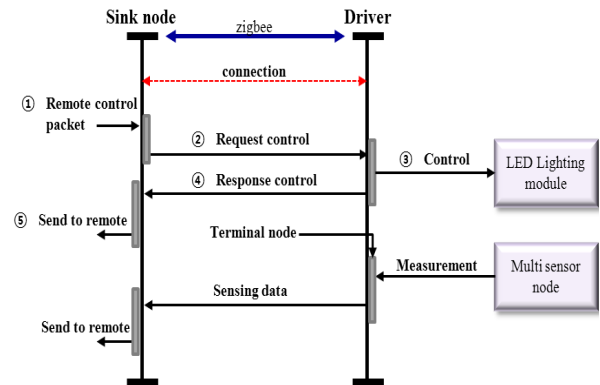


그림 3. 점등제어 신호의 흐름  
Fig. 3. Flow of lighting control signal

본 논문에서 제안된 게이트웨이 미들웨어의 주요 제어 기능중 하나는 센서 노드와 통신을 수행하는 인터페이스로, 지그비 모듈을 이용하여 센서 노드에 명령을 하달하거나 센서 노드에서 데이터를 수신하도록 설계하였다. 가로등 점등제어를 위해 무선 원격제어 알고리즘을 적용한 미들웨어는 예약 점·소등 시간에 따라 개별적으로 가로등을 자동 점·소등 제어를 하고, 서버와의 통신이 두절되면 예약 시간에 의해 자체적으로 가로등 관리 및 제어를 하였다. 그리고 각 개별 가로등의 점/소등 상태 및 모듈 불량, SMPS(Switching Mode Power Supply) 불량, 통신 불량 등의 경보상황을 실시간으로 감지하여 서버에 보고하고, 게이트웨이 위치에서 원격으로 가로등의 점/소등(개별, 그룹, 전체) 제어를 하였다. 또한, 통신 불량 상태를 실시간으로 모니터링 및 보고를 하

고, 지그비 모듈을 통해 가로등의 센서 노드와 통신 연결을 하였다.

무선 원격제어 알고리즘을 적용한 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어는 Fedora 6과 Falinux kernel 2.6.8을 사용하여 S32440에서 동작하도록 개발하였고, 크로스 컴파일러를 이용하여 프로그램 다운로드 하기 위해 exflashW를 사용하였으며, 커널과 파일 시스템은 exboot, 어플리케이션은 ethernet ftp를 사용하였다. 그림 4는 무선 원격제어를 위한 미들웨어의 모듈 구성을 나타낸다. 미들웨어는 프로그램 시작 및 게이트웨이의 메인동작을 담당하는 UGW와 지그비 모듈의 수신 데이터 처리를 위한 XcpZigbeeAdapter, 지그비 모듈을 통해 데이터를 송·수신하기 위한 XcpZigbee, 서버와 통신처리를 위한 XcpNetAdapter, XcpNet의 하위 모듈로 이더넷 통신을 담당하는 XcpEthernet으로 구성되어 설계 하였다. 표 1은 미들웨어의 모듈별 기능을 나타낸다.

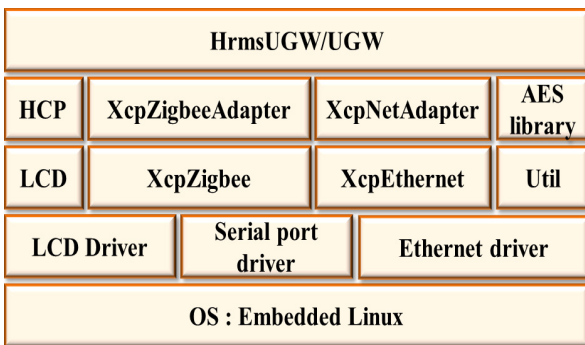


그림 4. 미들웨어 모듈의 구성  
Fig. 4. Configure of middleware module

표 1. 미들웨어 모듈별 기능  
Table 1. Middleware module-specific functions

Module	Module function
UGW	<ul style="list-style-type: none"> <li>Displayed on the LCD by determine the state of a streetlights, and Periodically retry when disconnected by check to connect of the server</li> </ul>
XCP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Defined about to the XCP communication protocol, data format processing module</li> </ul>
LCD	<ul style="list-style-type: none"> <li>LCD driver wrapper</li> </ul>

XcpZigbeeAdapter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Received data are delegated the process to XcpNetAdapter for send to the server side</li> <li>Decoding of encrypted data according to format</li> </ul>
XcpZigbee	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zigbee serial protocol format compliance, examine of the packet effectiveness</li> <li>Delegated the process to through XcpZigbeeAdapter the received data</li> </ul>
XcpNetAdapter	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processing of scheduled data transferred to Zigbee using XcpZigbeeAdapter</li> <li>Received to the status that the delegated from XcpZigbeeAdapter, and transfer to server</li> </ul>
XcpEthernet	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compliance of the XCP_NET protocol format, send and receive of network packets</li> <li>Packet fragmentation and assembly, protocol verification, inspection of packet format</li> </ul>
Util	<ul style="list-style-type: none"> <li>Time processing utility, network transport-related utilities, set-file related utility</li> </ul>

다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어에서 센서 노드와 통신을 위해 사용하는 무선 네트워크 메시지 형식 MAC(Media Access Control)은 물리적 링크 계층(Physical link layer)에 해당하는 레이어(MAC layer PDU)로 1:1 네트워크 구성 및 데이터 송·수신을 담당하도록 설정하였다. 또한, 다중 프로토콜 게이트웨이 MAC 프로토콜은 가로등 점등제어를 위한 네트워크 기반 형성 및 게이트웨이와 노드들 간의 통신 자원을 효율적으로 사용할 수 있도록 메시지 형식을 설정하였다. 그림 5는 MAC 프로토콜을 이용하여 네트워크 형성을 위해 설정한 MAC layer PDU의 전송 메시지 포맷 설정을 나타낸다. service\_type는 서비스 구분자로 사용하였고, protocol\_ver는 프로토콜 버전, seq\_no는 일련번호, len은 메시지의 길이를 나타내기 위해 사용하였으며, 메시지의 최종 목적지 주소와 최초 송신자 주소를 위해 dst\_addr와 src\_addr를 사용하였으나 MAC 메시지의 송·수신자와 다를 수 있다. 이때, 지그비 모듈과 시리얼 통신 상태를 체크하여 지그비 모듈의 설정정보 모니터링이나 설정을 위한 지그비 시리얼 PDU(Protocol Data Unit) 포맷을 설정하였다.

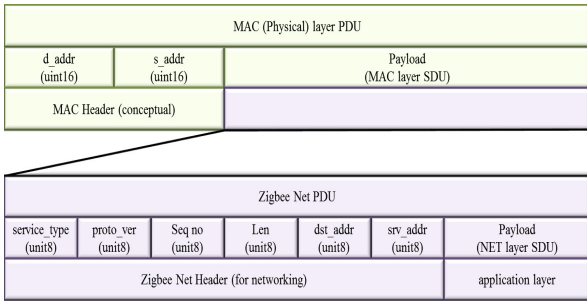


그림 5. 전송 메시지의 포맷  
Fig. 5. Format of transfer message

그림 6은 게이트웨이의 지그비 모듈과 센서 노드의 데이터 송·수신을 위한 지그비 시리얼 PDU 포맷을 나타낸다. 미들웨어는 지그비 모듈과 센서 노드의 통신 상태 확인 요청을 하면 지그비 모듈은 센서 노드로 REQ\_PING을 전송하고, 정상일 경우는 센서 노드로 부터의 RES\_PING을 응답 받는다. 그리고 센서 노드의 설정정보 확인 요청을 하면 지그비 모듈은 센서 노드에 REQ\_CONFIG를 전송하고, 설정정보 응답 시에는 센서 노드로 부터 RES\_CONFIG를 수신한다.

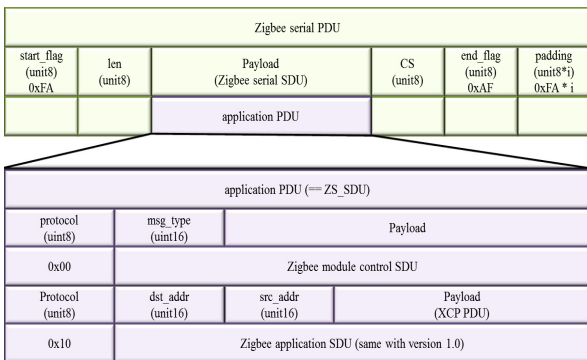


그림 6. 지그비 시리얼 PDU의 포맷  
Fig. 6. Format of Zigbee serial PDU

### III. 실험결과

본 논문에서 제안하는 USN 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어의 전력제어 및 통신제어 효율성 검증을 위한 실험은 센서에서 데이터를 수집하여 지그비 모듈을 이용해 게이트웨이로 데이터를 전송하는 SZ100S 모듈과 온/습도 및 조도, 모션 데이터를 측정하여 SZ100S 모듈로 전송하는 sh300dth 모듈, 그리고 UART로 데이터를 수신 받아 지그비로 전송하고 수신된 데이터를 UART를 통해 MCU로 전달하는 지그비 모듈을 사용하였다.

그림 7은 본 논문에서 제안된 USN 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어를 적용한 게이트웨이의 전력 제어 및 통신 제어 실험환경을 나타낸다. 미들웨어의 전력제어 및 통신제어의 효율성을 검증하기 위한 실험환경 조건은 60W LED 가로등의 기본 밝기를 50%로 설정하고, 가로등 점등시간 동안 온도가 30℃ 이상이거나 습도가 90%RH 이상, 조도가 30lux 이하, 보행자가 인지되면 가로등 밝기를 100%로 점등되도록 설정하였다. 센서 데이터 측정 주기는 2초 간격으로 하여 30초 간격으로 게이트웨이를 통해 서버로 전송하도록 설정하였고, 온도측정 범위는 -40℃에서 123℃, 습도 측정 범위는 0%RH에서 100%RH로 설정하였다.

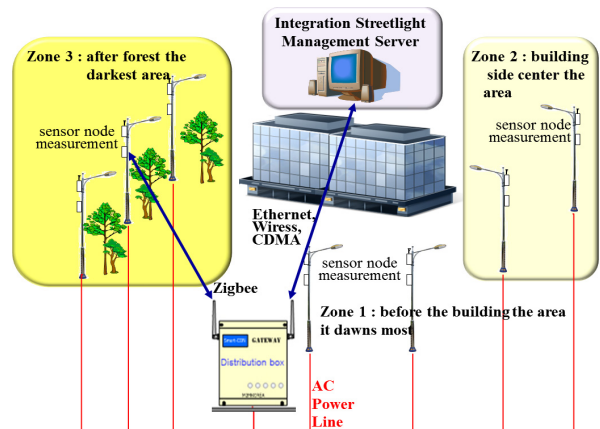


그림 7. 실험환경  
Fig. 7. Experimental environment

그림 8은 실험 조건에 의해 메인서버에서 수신되는 가로등 점등제어를 위한 수신 패킷의 상태를 나타낸다. 가로등은 상시전원을 사용하기 때문에 Byte 2의 값 1을 게이트웨이가 수신하였고, 게이트웨이는 전원공급 정보 및 가로등 점등 데이터 정보, 센서 노드 측정 데이터를 메인서버로 전송하였다.

```

+ Byte 0 : 1
+ Byte 1 : 16
+ Byte 2 : 1
INFO [GW#1] MHYB100SSEMYUNG - Power State Line
INFO [Thread-3] SlemsDateLogger - EVENT NAME : MHYB-100_SEMYUNG_DATA
INFO [GW#1] NET_DATA - + XCP: GW=1, PID=0X80, payload=0x13,00,00,01,10,02,01,00,00,00,20,51,15,00
INFO [GW#1] NET_DATA - + XCP: NODE=103, PID=0x01, payload=0x40,00,00,00,00
INFO [Thread-3] SlemsDateLogger - EVENT NAME : MSW-100_DATA
INFO [GW#1] NET_DATA - + XCP: NODE=103, PID=0x01, payload=0x40,00,00,00,00
INFO [Thread-3] SlemsDateLogger - EVENT NAME : MSW-100_DATA
INFO [Thread-3] SlemsDateLogger - EVENT NAME : MSW-100_DATA
INFO [GW#1] NET_DATA - + XCP: NODE=103, PID=0x01, payload=0x40,00,00,00,00
INFO [Thread-3] SlemsDateLogger - EVENT NAME : MSW-100_DATA
INFO [GW#1] NET_DATA - + XCP: NODE=106, PID=0x01, payload=0x10,01
INFO [GW#1] MHYB100SSEMYUNG - handleMessage NODE id=106
    
```

그림 8. 수신 패킷의 상태  
Fig. 8. State of packets receiving

그림 9는 실험환경 조건설정 내용을 기반으로 전력제어 및 통신제어를 통한 가로등 점등제어 시, 전력 및 통신비용의 비교결과를 나타낸다. 시뮬레이션 결과, 가로등 1,000개를 기준으로 연간전력량은 60W LED 가로등을 1일 12시간씩 1년을 점등하면 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어를 적용 전에는 262.8MWh의 전력이 소모되었고, 전력요금은 \$31,157가 발생되었다. 그리고 연간 통신비용은 기존의 게이트웨이를 사용할 경우, 1대가 50개의 가로등 제어가 가능하므로 \$1,926가 발생하였다. 그러나 본 논문에서 제안된 무선 원격제어 알고리즘을 통한 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어를 적용 후에는 연간 78.34MWh의 전력이 소모되어 183.96MWh가 절감되었고, 전력요금은 \$9,347가 발생되어 \$21,810가 절감되었다. 그리고 제안하는 미들웨어를 적용한 게이트웨이를 사용할 경우, 1대당 100개의 가로등 제어가 가능하기 때문에 통신비용은 \$958가 발생하여 50% 가량의 통신비용이 절감되는 결과를 얻을 수 있었다. 결과적으로 기존 제어 방식을 사용한 게이트웨이를 사용했을 때보다 본 논문에서 제안한 미들웨어를 적용한 게이트웨이를 사용하면 소비전력을 30% 절감할 수 있었다.

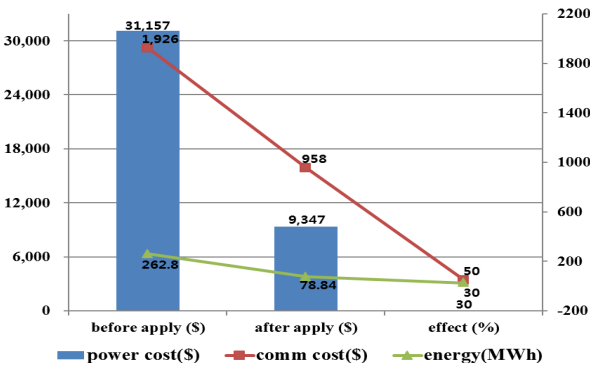
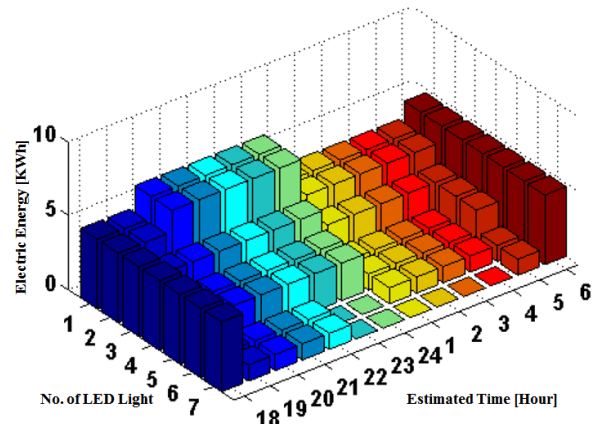


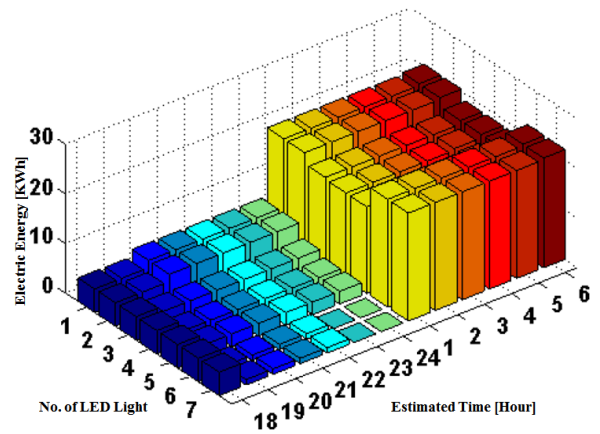
그림 9. 전기 및 통신비용의 비교  
Fig. 9. Comparison of electrical and communication cost

그림 10은 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어에 무선 원격제어 알고리즘을 적용하고, 가로등 점등제어 시스템에 새로운 노드를 추가/삭제하여 16시부터 06시까지 일정시간을 점등했을 경우, 가로등에서 감소된 소비전력의 비교결과를 나타낸다. 그림 10(a)는 조도 센서만 사용하는 가로등 점등제어 시스템에 미들웨어를 적용하여 감소된 소비전력을 나타내고, 그림 10(b)는 조도 센서만 사용하는 가로등에 보행자의 안전을 위하여 모션 센서를 추가하여 감소된 소비전력을 나타낸다. 결과적으로 추

가되는 노드들에 대하여 적절한 운영을 통해 보행자가 적은 18시부터 24시까지는 조도 센서만 통해 가로등을 점등제어하고, 보행자가 적은 01시부터 06시까지는 추가된 모션 센서를 통해 가로등을 점등제어하면 전력소비를 감소시키는 결과를 얻을 수 있었다.



(a) 조도 센서에 의한 감소  
(a) Reduce by illuminance sensor



(b) 조도 센서와 모션 센서에 의한 감소  
(b) Reduce by illuminance and motion sensors

그림 10. 전력 소비 감소의 비교  
Fig. 10. Compare of reduce to power consumption

#### IV. 결론

본 논문에서는 USN 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어를 제안하였다. 제안된 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어는 USN 모듈 인터페이스 프로토콜을 사용하여 지그비 모듈과 통신 상태를 체크하고, 설정정보 확인 및 제어설정을 통해 현장상황을 실시간으로 원격제어를 할 수 있는 알고리즘을 설계하여 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어에 적

용하였으며, 다중 프로토콜 게이트웨이에 의한 전력 제어 및 통신제어 실험을 하였다.

본 논문에서 제안된 USN 기반 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어의 효율성 검증결과, 전력제어 및 통신제어 실험을 통해 기존의 재생 중계 장치를 사용하는 게이트웨이보다 다중 프로토콜 게이트웨이 미들웨어를 적용한 게이트웨이가 가로등 점·소등 시간의 신속운영 및 심야 소등설정, 가로등 고장시 안정기 전원차단과 심야 격등 설정이 가능했기 때문에 에너지 절감 및 전기요금 감소와 통신비용이 감소되어 효율성을 입증하였다.

### References

[1] R. P. Pantoni and D. Brandão, "A gradient based routing scheme for street lighting wireless sensor networks," *J. Network Comput. Applicat.*, vol. 36, no. 1, pp. 77-90, Jan. 2013.

[2] K. Y. Liana, S. J. Hsiao, and W. T. Sung, "Intelligent multi-sensor control system based on innovative technology integration via Zigbee and Wi-Fi networks," *J. Network Comput. Applicat.*, vol. 36, no. 2, pp. 756-767, Mar. 2013.

[3] A. Agarwal, M. Agarwal, M. Vyas, and R. Sharma, "A study of Zigbee technology," *Int. J. Recent Innovation Trends Comput. Commun.*, vol. 1, no. 4, pp. 287-292, Apr. 2013.

[4] F. Leccese, "Remote-control system of high efficiency and intelligent street lighting using a Zigbee network of devices and sensors," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 29, no. 1, pp. 21-28, Jan. 2013.

[5] R. Beaubrun, J. Llano-Ruiz, B. Poirier, and A. Quintero, "A middleware architecture for disseminating delay-constrained information in wireless sensor networks," *J. Network Comput. Applicat.*, vol. 35, no. 1, pp. 403-411, Jan. 2012.

[6] S. Hwang and D. Yu, "Remote monitoring and controlling system based on Zigbee networks," *Int. J. Software Eng. Its Applicat.*, vol. 6, no. 3, pp. 35-42, Jul. 2012.

[7] E. Peres, M. A. Fernandes, R. Morais, C. R. Cunha, J. A. López, S. R. Matos, P. J. S. G. Ferreira, and M. J. C. S. Reis, "An autonomous intelligent gateway infrastructure for in-field processing in precision viticulture," *Comput. Electron. Agriculture*, vol. 78, no. 2, pp. 176-187, Sep. 2011.

### 홍 성 일 (Sung-Il Hong)



2007년 2월 세명대학교 컴퓨터과학과 이학사  
 2009년 8월 세명대학교 전자계산교육 교육학 석사  
 2012년 8월~현재 세명대학교 전산정보학과 박사과정  
 <관심분야> SOC CAD, CAD 알고리즘, USN, RTOS 및 내장형 시스템

### 인 치 호 (Chi-Ho Lin)



1985년 한양대학교 공과대학 전자공학과 공학사  
 1987년 한양대학교 대학원 공학석사(CAD 전공)  
 1996년 한양대학교 대학원 공학박사(CAD 전공)  
 1992년~현재 세명대학교 컴퓨터학부 교수

<관심분야> SOC CAD, ASIC 설계, CAD 알고리즘, SOC 설계, USN, RTOS 및 내장형 시스템