

지그비 통신망을 이용한 보안등 관제 시스템에 관한 연구

전중성

(원고접수일 : 2014년 1월 2일, 원고수정일 : 2014년 4월 16일, 심사완료일 : 2014년 5월 8일)

A study on the street security light management system using Zigbee network

Joong Sung JEON[†]

요약: 무선통신망을 이용하여 도로 보안등에 대한 상태관리와 원격제어를 통제하는 시스템은 보안등 제어기, 중계기, 관제서버 등의 3개의 기능으로 구성되며 보안등간의 통신망은 메쉬 형태를 지원하는 지그비 네트워크를 채택하고 중앙의 관제센터는 CDMA 방식의 무선통신망을 사용하였다. 이를 연동하기 위하여 지그비와 CDMA를 모두 수용하는 게이트웨이인 중계기는 저전력의 32-bit 마이크로컨트롤러인 Cortex M3로 설계·제작하였다.

관제서버와 중계기간의 전송방식을 단문메시지 방식과 소켓 방식을 모두 사용하여 원격제어 시스템을 구축함으로써 공중통신망의 이용료를 최소화하면서 보안등의 상태관리가 실시간으로 관리 가능함을 확인하였다. 실험에서는 95개의 보안등에 2개월간의 실시간을 통하여 확인하여 일일 9회 데이터를 취득하여 결과를 분석하였다.

주제어: 메쉬 네트워크, 지그비 네트워크, Redundant Path, 소켓통신, TCP

Abstract: This paper relates to the study about the street security light management system. The purpose of the wireless remote management system is to manage street security lights efficiently. The system is composed of three components like light controller, CDMA gateway and web based remote management server. The zigbee solution is adopted to make local wireless network between street security lights. The CDMA network is used for the wireless communication between street security light controller and the remote control center. The gateway to interconnect zigbee network and CDMA was designed with low power 32 bits Cortex M3 micro-controller.

For the data communication between the management server and the gateway, SMS and socket based TCP streaming is used. The management server sends SMS to the gateway to deliver light control and management requests, and the gateway replies with the light controllers report via TCP streaming. By using both SMS and TCP streaming communication, it was verified that simple cost effective management is possible for street security lights. We tried real test for 95 street security lights in real environment during two months and analyzed the practical possibility for mass supply.

Keywords: Mesh Network, Zigbee Network, Redundant Path, IP Stream, TCP

1. 서 론

가로등이나 보안등과 같은 도로조명은 자체 제

어방식이 이미 개발, 안정화되어 실용화되어 있어 계절의 변화에 따른 조명시간대의 변경을 고려하여

[†] Corresponding Author: IT Lab, ANSE Technologies Co., Ltd. Suite 701, Ace High-End Tower, 235-2, Kuro-dong, Kuro-ku, Seoul, 152-050, Korea, E-mail: kmusjeon@msn.com, Tel: 02-6220-6195

점멸등이 자동화되어 있고 방식에 따라 단순한 전
 자식이나 시간정보 획득을 위하여 GPS를 내장하는
 방식 등이 보급되어 사용되고 있다. 또한 부분적으
 로나마 이들의 상태를 원격으로 모니터링하기 위하
 여 도로변에 수십 개의 등주를 묶어서 그룹단위로
 관리하고 이들의 상태를 이동통신망 혹은 전력선을
 사용하는 PLC 방식으로 제어되고 있다[1]-[4].

본 논문에서는 가로등과 보안등의 개별관리를
 위한 시스템의 요구를 분석하고 이를 위한 시스템
 구성, 네트워크 솔루션(Network Solution)을 구현하
 여 실험을 통하여 결과를 분석하였다.

2. 조명 제어 네트워크

조명등이 설치되는 환경은 Figure 1에서 보는 바
 와 같이 복잡하고 규칙성이 없으며 장애물이 많은
 상태이다. 조명등이 설치되는 도로와 건축물 주변
 은 차량 운행 및 고가도로, 건물에 가려진 부분으
 로 인하여 통신장애가 많이 발생하기 때문에 통신
 경로가 복수화가 될 수 있도록 해야 한다.



Figure 1 : Street Complexity

2.1 메쉬 방식의 조명 제어 네트워크

보안등을 제어하기 위해서는 보안등을 통신네트
 워크로 연동하여야 한다. 조명등 간은 로컬 네트워
 크(Local Network)로 구성하고 이 네트워크를 기간
 망에 연동시키는 방법으로 구성한다.

보안등을 연동하는 네트워크에서 가장 중요한
 사항은 Redundant Path이다. 도로에는 각종 통신 장
 애물이 많으며 그 장애물의 형태도 또한 다양하다.
 이러한 장애물은 통신을 어렵게 만들고 불안정하
 게 만드는데 이를 극복하기 위한 방안으로 메쉬

형태의 네트워크를 구성하는 것이다. 즉, 설정된
 통신경로에 문제가 생기더라도 즉각적으로 우회
 경로를 만들어서 통신할 수 있어야 한다. Figure 2
 에 도시하는 바와 같이 경로의 통신에 문제가 생
 기면 우회경로를 통하여 통신이 이루어져야 한다.

이러한 조건을 만족시키는 것으로 가장 적합한
 솔루션이 지그비 네트워크(Zigbee Network)이다.

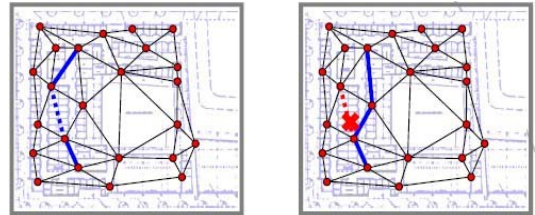


Figure 2 : Redundant Path in a Mesh Network

Table 1 : Network Methodology

System	Zigbee	WiFi	UHF
Shape	Mesh	Tree, Star	Mesh
Rate	250 kbps	2400 bps	9600 bps
Distance	~ 2Km	50~100m	~ 1Km
Standard	802.15.4	802.11	Proprietary
Construc tion	Coordinator, Router, End=Node	Access Point, Station	Master, Slave
Special feature	Easy to Install	-	Complex Communication Path setting

지그비 네트워크는 메쉬 형태의 네트워크로서
 설치할 때 특별한 라우팅 정보의 입력을 요구하지
 않는다. RF Channel과 코디네이터(Coordinator)의
 PAN ID라는 정보만으로도 동작 가능하며 장애물
 의 상황에 따라서 우회경로가 자동으로 설정되기
 때문에 통신 경로의 견고성도 제공된다. 또한 인접
 한 노드를 호핑(Hopping)하여 코디네이터를 찾아가
 기 때문에 수 Km까지 안정적으로 네트워크의 구성
 이 가능하다. 본 논문에서는 이러한 점을 고려하여
 보안등 통신으로 지그비 네트워크를 이용하였다.

2.2 관제서버 연결 네트워크

보안등의 지역 네트워크(Local Network)를 관제 서버에 연결하기 위해서는 기존에 형성되어 있는 네트워크를 이용하여야 하는데 CDMA 통신망이나 TRS 통신망을 사용할 수 있다. 본 논문에서는 육상에서 비교적 저렴하게 이용되고 있는 CDMA 통신망을 이용하였다. 보안등의 연결은 지그비로 구성되어 있고 관제서버는 CDMA 통신으로 연결되기 때문에 통신망의 형태와 특성이 달라지는데 이를 수행하는 게이트웨이(Gateway)가 필요하다. 이 게이트웨이, 즉 중계기를 통하여 망이 연결되면 관제서버로부터의 여러 가지 제어명령을 받아서 지그비 네트워크로 전달한다.

3. 관제시스템 구현

3.1 관제시스템의 구조

보안등 관제시스템은 Figure 3과 같이 3개의 요소로 구성된다.

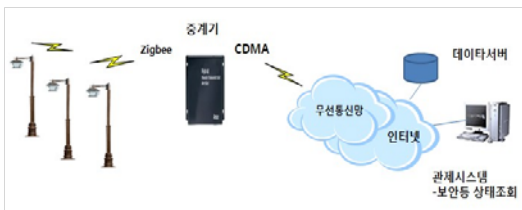


Figure 3 : The Architecture of the Street Light Management System using wireless network

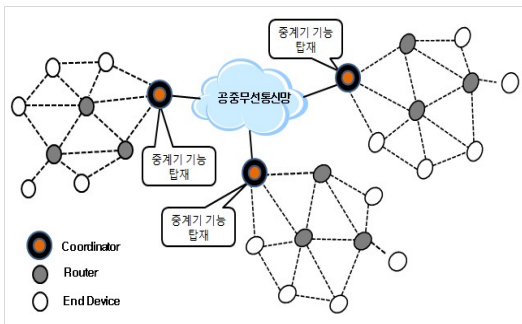


Figure 4 : The Zigbee Network for Street Light Interconnection

(1) 보안등제어기

보안등에 부착되어 보안등의 점멸과 상태감시를 수행한다. 등제어기는 지그비 네트워크로 서로 연결되어 있으며 중계기에 연결된다.

(2) 중계기

지그비 네트워크로 연결된 보안등을 CDMA 무선 통신망을 통해서 관제시스템에 연결하는 게이트웨이로서 IP 스트리밍 통신기반으로 동작한다.

(3) 관제서버

보안등의 상태를 데이터베이스로 관리하고 원격 제어를 수행하는 웹기반의 서버

관제시스템의 구성은 무선 네트워크로 보안등을 관제서버와 연결함으로써 구성되는데 본 논문에서는 지그비 통신망을 선택하였다. 통신이 가능한 일정 소지역 단위로 나누고 보안등 제어기에 지그비 통신모듈을 탑재하여 보안등 간에 지그비 네트워크를 구성하고 이들을 지그비 코디네이터가 장착된 중계기로 연결하여 CDMA망으로 관제서버와 연결하는 구조로 구성한다. 이를 개념적으로 도시하면 Figure 4와 같다. 지그비 네트워크의 End Node 기능을 보안등 제어기에 탑재시키고 이들을 하나의 PAN ID를 갖는 지그비 네트워크로 형성시킨다. 장애물이 있거나 통신상의 일시적인 장애가 생겼을 때 우회 경로를 위하여 라우터(Router) 기능을 탑재할 수도 있으며 이렇게 상호 메시 네트워크로 연결된 지그비 네트워크는 종단의 코디네이터로 연결되는데 중계기는 이 코디네이터를 탑재하여 지그비 네트워크의 형성과 제어를 담당한다.

3.2 보안등제어기

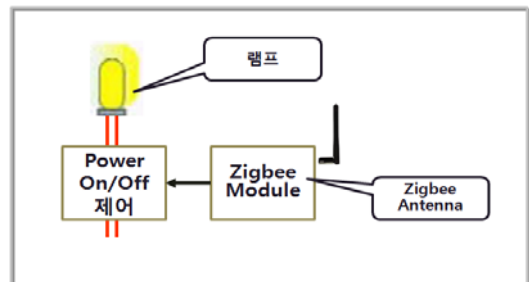


Figure 5 : The diagram of the Light Controller

보안등을 제어하기 위해서는 각 보안등에 지그비 모듈이 탑재된 전등 제어기가 부착된다. 지그비 모듈을 통하여 보안등의 상태가 관제서버로 주기적으로 전송되며 관제서버로부터 단문메시지 방식의 제어명령이 발송되면 이 메시지가 지그비 네트워크를 통하여 수신된다. **Figure 5**는 보안등제어기의 구성을 개념적으로 도시한 것이다.

램프의 점등, 소등을 제어하는 Power On/Off 기능과 지그비 통신을 하는 기능으로 나뉘어진다. 보안등에 장착되는 지그비 통신기능은 지그비 네트워크의 End Node 기능을 가지며 때에 따라서 장애물이 많은 지역에는 라우터 기능을 포함할 수도 있다.

3.3 중계기

중계기는 지그비로 서로 연결되어 하나의 로컬망을 구성한 보안등 통신 네트워크를 중앙의 관제서버, 즉 원격제어시스템으로 연결하는 기능을 수행한다. 중계기는 지그비 네트워크를 관장하는 지그비 코디네이터가 장착되며 이 코디네이터로 수집되는 데이터를 분석하여 CDMA 통신으로 전송한다. 또한 관제서버에서 명령이 수신되면 이 명령을 해당 보안등으로 지그비 네트워크를 이용하여 전송하는 역할을 수행한다. 따라서 중계기는 보안등을 연결하기 위하여 구성된 지그비 네트워크와 CDMA 데이터 통신망의 게이트웨이 역할을 수행한다.

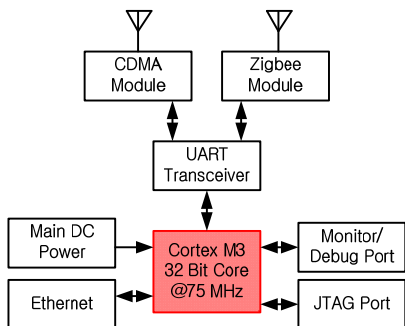


Figure 6 : The Diagram of the Gateway

Figure 6은 Cortex M3[5]를 이용한 중계기의 하드웨어 블록도를 나타낸다. 중계기는 CDMA와 지

그비 통신 모듈을 탑재하고 있으며 이들은 직렬 (Serial) 통신방식으로 접속된다. 또한 인터넷 포트 (Ethernet Port)를 가지고 있어 인터넷망에도 접속될 수 있다.

CDMA와 TRS 모듈을 통해 무선통신망에 접속될 경우에는 스트리밍(Stream) 방식을 사용하고 있으며 Ethernet으로 접속되는 경우와 마찬가지로 TCP Network Protocol을 구현하여 관제서버와 데이터를 주고받는다. 그리고 지그비 네트워크를 통해서 보안등제어기와 조명 제어 프로토콜(Light Control Protocol)을 주고받는다.

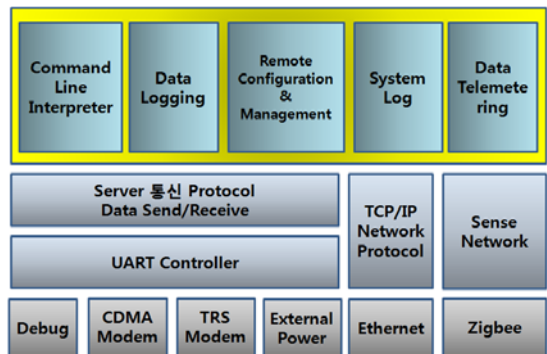


Figure 7 : The Software Stack of the Gateway

중계기의 기능을 블록도를 도시하면 **Figure 7**과 같다. 무선통신망에 연결기능으로서 CDMA, TRS와 같은 무선통신망에 접속될 수 있으며 인터넷 (Ethernet) 연결기능을 가지고 있어 인터넷망으로도 연결이 가능하다[6]-[9]. 지그비 모듈을 장착하여 보안등제어기 간에 구성된 지그비 네트워크를 연결할 수 있도록 하였고 통신 프로토콜 TCP/IP와 UDP/IP를 구현하였다. 중계기 기능의 응용소프트웨어는 보안등의 상태 감시를 위한 Data Telemetry 기능, 시스템의 로그(Log)를 기록하는 로그 기능, 관제서버로부터의 보안등 관련 형상 설정과 제어를 수행하는 Remote Configuration, Remote Management기능을 탑재하고 데이터 로그 (Data Log) 기능과 명령(Command)을 파싱하는 CLI(Command Line Interpreter)를 탑재하고 있다.

중계기가 관제서버를 연결하기 위하여 사용된 통신방식은 TCP 방식을 사용하였다. 보안등의 상

태감시와 원격서버로 부터의 제어 명령을 수행하기 위하여 **Figure 8**과 같은 방식으로 반복기능이 수행되는데 서버로 부터의 명령은 SMS를 받아서 수행하도록 하였고 지그비 모듈을 체크하여 보안등으로부터 수신된 상태보고나 기타 데이터 로깅(Logging) 통신은 TCP 방식의 스트리밍 통신을 취하도록 하였다[10].

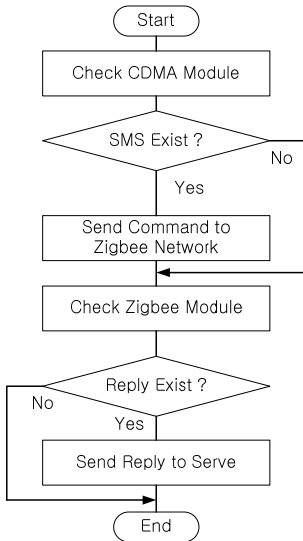


Figure 8 : The Flowchart of the Gateway Main Loop

Figure 9은 중계기의 보드, **Figure 10**는 실물을 나타낸다.



Figure 9 : The Board of the Repeater

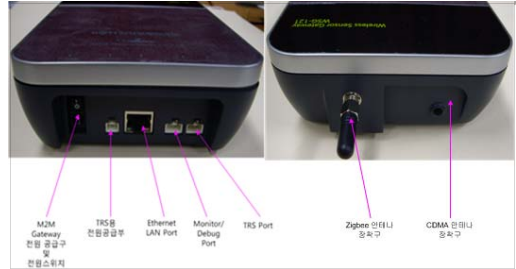


Figure 10 : The Picture of the Zigbee Module

3.5 관제서버

가로등과 보안등 원격제어 시스템은 가로등, 보안등과 관제시스템을 무선 통신 양방향 네트워크로 구축하고 게이트웨이 기능을 수행하는 중계기를 통하여 보안등의 점멸동작, 원격제어, 상태감시등을 수행하는 시스템이다. 관제시스템은 웹서버(Web Server) 방식으로 구축되어 보안등 상태 원격조회, 원격 점소등 제어, 점소등 시간 설정, 그리고 보안등의 위치 및 상태 정보에 대한 데이터베이스를 구축하여 자료보관 및 관리 기능을 갖추었다.

Figure 11은 보안등의 각종 정보를 설정하는 화면으로 각 보안등의 번호(ID), 별칭, 위치정보, 네트워크 정보 등을 설정할 수 있도록 하였다.

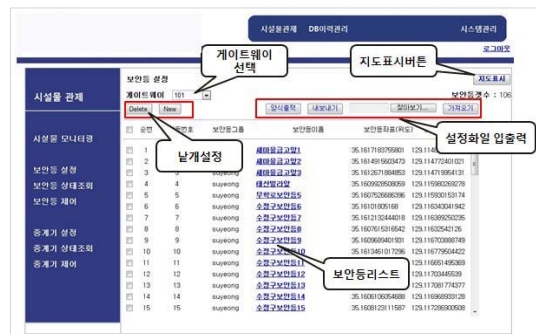


Figure 11 : Light Configuration and Management

설정된 보안등은 설치된 위치를 지도상에 표시하여 위치를 파악할 수 있도록 하고 설정되어 있는 정보와 현재 점소등 또는 고장상태 등을 하나의 화면에 표시하여 모니터링 화면을 구성함으로써 관리와 상태파악을 용이하도록 하였다. 또한 보

안등을 지도상에서 마우스로 선택하여 동작제어를 할 수 있도록 구현하였다. Figure 12는 모니터링 화면을 나타낸다.



Figure 12 : Light Monitoring and Control



Figure 13 : The Data Retrieval of the Light Status

웹서버 방식으로 운용되는 관제서버는 보안등의 상태를 주기적으로 수집하고 이를 데이터베이스에 누적관리하기 때문에 여러 가지 조건으로 조회가 가능하며 기간별, 보안등별, 동작 이력내용 등을 키워드로 하여 집계할 수 있고 고장이나 오류 상태를 쉽게 파악할 수 있다. Figure 13에서는 조명 고장 상태내역을 조회하여 조치해야 할 보안등의 상태를 조회하는 화면을 나타낸다.

4. 실험 및 평가

본 논문의 실험은 부산광역시 수영구에 설치된 보안등을 대상으로 실시하였으며 600m x 800m의 지역에 총 95개의 보안등을 대상으로 등제어기를 각 등주에 설치하고 이들을 지그비 방식의 메시 네트워크로 서로 연결한 뒤에 하나의 중계기를 사

용하여 CDMA 방식으로 중앙의 원격제어 관제서버와 연동을 하였다.

Table 2 : Installation

No	Division	Quantity
1	Light Controller	95
2	Repeater	1
3	Control Sever	1

Table 3 : The result of experiments

No	Division	Quantity	Percent
1	The number of communication	52,155	100.00%
2	Lighter On/Off	11,584	99.95%
3	Lighter Failure	298	99.99%
4	Flickering lighter	282	94.00%
5	Blackout	1	100.00%
6	Shorts	0	-

실험은 총 61일 동안 실시하였으며, 1일 9번의 데이터가 중앙관제 서버와 통신이 이루어지므로 총 52,155번 통신이 이루어졌다. 보안등은 하루에 2번 총 11,590번 점소등이 이루어지며, 실험을 위해 램프의 단락 등을 인위적으로 총 300회, 정전 1번, 램프가 점등되었을 때 깜박이는 등으로 총 300회 시행하였다. 실험결과는 표 3에 나타내었으며, 램프의 깜박거림의 실험 결과가 비교적 낮은 94%의 결과를 나타내었으며 이것은 램프 깜박거림 센서가 깜박거림 주기에 따라 비정상 동작을 한 것으로 사료된다.

5. 결 론

본 논문에서 가로등과 보안등의 개별 조명을 무선통신으로 시스템화 시켜서 제어하는 방안에 대하여 그 가능성을 확인하였다. 앞으로 LED 조명분야로 확대함으로써 제어와 상태관리 뿐만 아니라 밝기 조절까지 범위를 확대한다면 에너지 절감에도 많은 기여를 할 수 있을 것으로 판단된다.

향후 해결해야 할 문제점으로는 조명 통신망의 표준과 보안을 구축해야 한다는 것이다. 가로등과 보안등이 통신시스템으로 묶여져서 무선 공중망을 통하여 관제서버에 연결되기 때문에 통신망의 보안이 무너지게 되면 기존에는 발생하지 않았던 조명등의 대량 소등으로 인한 위험이 발생할 수 있기 때문이다.

이러한 문제점을 보완하여 표준화를 정착시킨다면 도로 조명 뿐만 아니라 여러 분야의 조명시스템 제어로 발전해 나갈 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] E. Gregori, "You can do more with the IEEE 802.15.4 wireless standard than blink a LED or control a light", Zigbee 10272005, Freescale Semiconductor, Inc. USA, 2005.
- [2] S. H. Lee and D. G. Nam, "Service convergence and development prospects for USN, M2M", The Korean Institute of Communications and Information Sciences, vol. 28, no. 9, pp. 3-9, 2011 (in Korean).
- [3] Tony Speechno, "Cellular technology and local area wireless(RF) communication integration through M2M solution", Semiconductor Network, vol. 178, pp. 80-82, 2010.
- [4] ITU-T, Requirements for support of ubiquitous sensor network(USN) applications and services in the NGN environment, Y.2221, International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector, Switzerland, 2010.
- [5] ARM, Cortex-M3, Technical Reference Manual, Revision : r1p1, ARM DDI 0337E, USA, June 2007.
- [6] Telit Wireless Solution, BCM(BSM)-860S/1860, Programmer's Guide Ver 1.0.6, Telit Wireless Solution, KOREA, 2011 (in Korean).
- [7] Motorola, iO270 iDEN OEM Software Developer's Guide, 6802978C60-D, Motorola, USA 2011.
- [8] J. S. Jeon, "A study on the hybrid communication system to remove the communication shadow area for controller system of navigational aids", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 37, no. 4, pp. 409-417, 2013 (in Korean).
- [9] J. S. Jeon, "A study on the receiving rate of the data of the hybrid communication system using data transfer methods for controller system of navigational aids", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 38, no. 1, pp.78-85, 2014 (in Korean).
- [10] J. S. Jeon and Oh Jin Seok, "A study on the tele-controller system of navigational aids using hybrid communication", Journal of the Korean Society of Marine Engineering, vol. 35, no. 6, pp. 842-848, 2011 (in Korean).