

# 도로 표시등 실시간 유지관리를 위한 모니터링시스템 개발

## Development of Monitoring System for Real Time Maintenance of Road Beacon Light

이종호\* · 김규전\*\* · 최주원\*\*\* · 안원태\*\*\*\* · 이승기\*\*\*\*\* · 최석근\*\*\*\*\*  
Lee, Jong Ho · Kim, Kyou Jeon · Choi, Ju Weon · Ahn, Won Tea · Lee, Seung Ki · Choi, Seok Keun

### 要 旨

안전한 도로주행을 위하여 설치된 도로시설물들은 주야간에도 식별할 수 있도록 제작되었으나, 기상악화 시 제 기능을 발휘하지 못하고 있다. 최근에는 원거리에서도 명확하게 인식할 수 있는 전기전자기술로 제작하고 있으나, 이들은 고장이 빈번하여 수시로 교체해야 하므로 교통정온화와 유지관리에 많은 문제점들이 나타나고 있다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위하여 교통사고가 빈번한 지역에 반영구적으로 이용할 수 있는 LED 표시등을 설치하고, 이를 시스템과 연계하여 유지 관리할 수 있는 모니터링시스템을 개발하였다. 이를 위하여 시스템은 윈도우 운영체제 기반으로 하였고, 무선통신망과 연결하여 P.C에서 운용될 수 있도록 개발하였다. 그 결과 현장에 설치된 LED 표시등의 배터리 상태정보를 실시간으로 분석을 할 수 있었고, 그 수명주기를 예측함으로써 효율적으로 관리할 수 있었다.

핵심용어 : 교통정온화, LED 표시등, 모니터링시스템, 수명 주기

### Abstract

Road facilities for safe driving were designed for drivers to distinguish them during day and night, but they cannot play their role when the weather becomes worse. Recently, the road facilities have been designed by using electric and electronic technology so that they can be displayed well at a long distance, but they should be replaced very often due to their frequent breakdown. So, there are many problems in traffic calming and maintenance. In this study, to solve the above problems, semi-permanent LED beacon light was installed in the area where traffic accident are frequent, and monitoring system was developed so that the LED beacon light can be maintained by connecting with system. For the above installation and development, system was based on window operating system and it was developed for worker to operate it by using P.C. through connecting with wireless local area network. The result of this study led to analyzing state information on the battery of field-installed LED beacon light in real time, and management to effectively by predicting their life cycle.

Keywords : Traffic Calming, Led Beacon Light, Monitoring System, Life Cycle

Received: 2015.08.13, accepted: 2015.09.10

- \* 정회원 · 충북대학교 토목공학과 박사과정(Member, Doctoral student, Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, [leejh@ex.co.kr](mailto:leejh@ex.co.kr))
- \*\* 정회원 · 충북대학교 토목공학과 박사과정(Member, Doctoral student, Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, [gikim1@ekr.or.kr](mailto:gikim1@ekr.or.kr))
- \*\*\* 정회원 · 충북대학교 토목공학과 박사과정(Member, Doctoral student, Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, [cjw507@korea.kr](mailto:cjw507@korea.kr))
- \*\*\*\* 정회원 · 충북대학교 토목공학과 박사과정(Member, Doctoral student, Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, [gpsgeoid@hanmail.net](mailto:gpsgeoid@hanmail.net))
- \*\*\*\*\* 정회원 · 충북대학교 토목공학과 공학박사(Member, Ph.D., Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, [iruril@cbnu.ac.kr](mailto:iruril@cbnu.ac.kr))
- \*\*\*\*\* 교신저자 · 정회원 · 충북대학교 토목공학부 교수(Corresponding author, Member, professor, Dept. of Civil Engineering, Chungbuk National University, [skchoi@cbnu.ac.kr](mailto:skchoi@cbnu.ac.kr))

## 1. 서 론

도로교통 안전시설물은 일관성과 통일된 방법으로 안전과 원활한 소통을 확보하며, 도로의 미비한 구조상태를 보완하여 이용자의 안전을 도모하기 위해 설치하는 시설물이다(Korea Expressway Corporation, 2009).

이 시설물은 교통정온화(traffic calming)를 목적으로 차량속도를 제한하였고, 이는 유럽에서 시작되어 일본 및 미국 등에서도 통행환경을 개선하기 위한 물리적 대책으로 시행하였다(Korea Land Corporation, 2004).

우리나라는 교통약자가 안전하고 편리하게 이동할 수 있도록 도로에 이동편의시설을 확충하고 보행 환경을 개선하는 등 사람 중심 교통 체계를 구축하기 위해 제정된 이동편의 증진법이다(Kim et al, 2009).

이에 대한 연구는 횡단보도에서 도로 표지병을 설치한 후의 교통량, 속도, 횡단보도 이용 보행자 성격 등의 내용을 분석하였고(Prevedouros, 2001). 도로 표지병이 횡단보도에서 보행자의 안전성을 높이는 연구를 수행하였으며(Rousseau et al., 2004), 횡단보도에서 무선제어가 가능한 도로 표지병 시스템을 개발하여 비용 및 효과 분석을 연구하였다(Jin et al, 2012). 또한, LBS 개념을 도입하여 도로시설물 DB를 구축하고 GIS DB를 유지관리할 수 있는 응용시스템을 개발하였으며(Lee, et al, 2005), 야간에 교통사고가 빈번한 지역에서 가로등이 사고에 미치는 영향을 분석하여 이에 대한 대책을 연구하였다(park, et al., 2007)

이와 같이 도로이용자의 안전을 위해 수 많은 안전시설물들이 설치되어 있어 이용자가 야간에도 볼 수 있도록 제작되었지만, 기상조건에 취약하여 필요한 순간에 제 기능을 발휘하지 못하는 단점이 있다.

최근에는 전기전자 소자를 이용한 형태로 제작되어 원거리에서도 명확하게 판별할 수 있도록 개선되고 있으나, 이 장치들은 언제든지 고장이 잦아 방대한 시설물들을 유지관리하는데 문제점으로 나타나고 있다.

따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 인력에 의한 안전시설물 관리방법에서 벗어나 원격지에서 시스템적으로 관리함으로써 인력 및 비용문제를 해결하여야 한다.

이를 위하여 본 연구는 교통사고가 빈번한 지역에 도로안전시설물을 설치하고, 무선통신 웹기반으로 시설물을 효율적으로 유지 관리할 수 있는 모니터링시스템을 개발하는데 목적이 있다.

## 2. 안전시설물 설계기준

### 2.1 도로 안전시설물 설계기준

도로교통의 안전시설이란 안전하고 원활한 소통을 확보하고, 도로의 미비한 구조 상태를 보완하여 도로 이용자의 안전을 도모하기 위하여 설치하는 시설물이다.

교통안전시설물은 기능에 따라 교통관리 안전시설, 방호 안전시설, 시인성 증진 안전시설, 기타 안전시설 등으로 구분된다.

도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(국토교통부령 제 101호, 2009) 제38조에는 교통사고 방지를 위하여 필요하다고 인정되는 경우 시선유도시설, 방호울타리, 조명시설, 과속방지시설, 도로반사경, 미끄럼방지시설, 노면요철포장, 긴급제동시설, 안개지역 안전시설, 횡단보도육교 등의 도로안전시설을 설치하여야 하는 것으로 기술하고 있다.

시선유도시설은 차도 측방에 설치하여 도로 끝 및 도로선형을 명시함으로써 주야간에 운전자 시선을 유도하기 위하여 설치하는 시선유도표지, 갈매기표지, 표지병 등이 있다(Korea Expressway Corporation, 2009).

### 2.2 표지병 설계기준

표지병은 노면표시의 기능을 보완할 필요가 있는 곳, 즉 도로 중앙선, 차선 경계선, 길 가장자리 구역선, 급곡선부, 교통섬, 차로 감소·분리·합류 구간, 전용차로, 통행로 변경 구간 등에 설치한다.

표지병의 기본적인 형상은 사다리꼴, 사각형, 마름모꼴, 원형 등을 적용하고, 사각형의 경우 표지병의 밑면 규격은 가로 100~150mm, 세로 100~150mm, 원형인 경우 직경100~150mm를 규격화하고 있다.

표지병은 곡선부에서 최소 설치간격 기준을 적용하고, 기하구조상 시계에 장애가 있을 때 연속적으로 4개 이상 보일 수 있도록 설치한다. 설치높이는 차량통행 금지 구간에서 최대 30mm로 설치하고, 표지병과 타이어와의 마찰이 빈번한 곳에서는 최대 20mm로 설치하며, 제설 작업에 의한 시설물 파손 등을 고려하여 설치하도록 규정되어 있다(Korea Expressway Corporation, 2009).

## 3. 시스템 개발 및 효용성 분석

### 3.1 시스템 설계

본 연구는 교통사고 위험구간에 안전시설물을 설치하고, 웹 모니터링시스템으로 자동 제어하여 교통사고를 예방할 수 있는 모니터링시스템을 개발하고자 한다.

본 시스템은 도로에 설치되는 지역시스템과 관제센

터에 설치되는 모니터링시스템으로 구분되며, 두 시스템은 무선인터넷으로 연결되어 원격으로 관리된다.

로컬시스템은 실제 안전운전을 유도하기 위한 단말장치와 각 단말장치를 조정하는 제어기로 구성되며, 무선인터넷통신을 위한 WCDMA(wideband code division multiple access)모뎀으로 구성하여 설계하였다.

모니터링시스템은 다중 동시접속에 의한 시스템의 부하를 최소화하기 위해 통신서버를 데이터베이스서버와 분리하여 Fig. 1과 같이 각각 독립적으로 구성하였다.

또한, 모니터링 시스템은 도로교통 안전시설물과 제어기를 검색 및 제어 관리할 수 있으며, 시설물의 편집 기능을 제공하여 실시간으로 편집, 이동, 저장 기능을 수행할 수 있도록 설계하였다.

통신 및 모니터링서버는 마이크로소프트의 윈도우 운영체제에서 C++로 개발하였고, 데이터베이스는 오라클 DBMS를 사용하였으며, 통신프로토콜은 TCP/IP (transmission control protocol/internet protocol)를 사용하여 KT 무선망으로 연결하도록 설계하였다.

지역통신시스템의 단말장치는 LED 표시등이 사용되고, 표시등은 지역제어장치로부터 동작명령을 전송받아 작동되며, 장애가 발생하는 경우 명령에 따라 표시등을 동작시키거나 자가진단을 수행하여 지역제어장치로 전송할 수 있도록 설계하였다.

현장에 설치된 LED 표시등은 각각 고유 ID를 가지고 그룹 관리하며, MR(magneto resistance) 센서를 이용하여 ID를 설정할 수 있도록 Fig. 2와 같이 설계하였다.

본 시스템은 다중 동시접속으로 자료처리속도가 중요하므로 통신서버를 타 서버와 물리적으로 구분하여 설치함으로써 시스템 부하가 최소화되도록 설계하였다.

통신서버는 포트번호의 고정 IP를 사용하여 자신이 접속할 IP와 포트번호를 지정받아 해당 주소로 접속하여 통신서버와 연결한다.

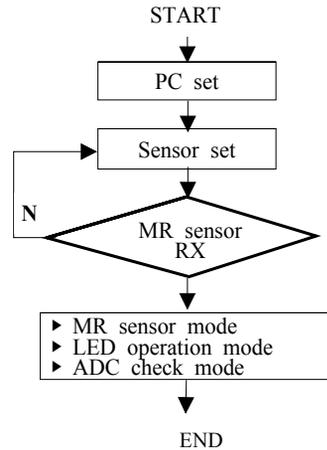


Figure 2. Order flow of LED beacon light

지역제어기와 통신서버간의 Data Link는 3단계로 이루어진다. 첫 단계는 Data link의 초기화 단계로서 송신기는 수신기의 수신준비상태를 확인하기 위해 자료를 전송하고 응답하며, 응답이 없는 경우 종료로 간주하고 3단계로 간다. 2단계는 송신기가 실제 데이터를 전송하는 단계로서 지정 형식의 메시지를 전송하고 응답을 기다리며, 정상인 경우 긍정 응답하고, 오류가 발생되면 부정 응답하나, 응답이 없으면 종료로 간주하고 3단계로 간다. 3단계는 Data Link를 종료하는 단계로서 송신기는 수신기에 전송을 종료하여 Data Link를 끝나도록 Fig. 3과 같이 설계하였다.

통신서버와 지역제어기간의 통신에서 메시지 포맷의 start\_code는 메시지 시작을 알리는 필드로, 전송제어 문자와 메시지 시작제어문자의 조합으로 구성되며, 제어레지스터 접속자(control register connector)는 메시지\_id에서 자료까지 연산 자료를 저장하여 전송 시 오

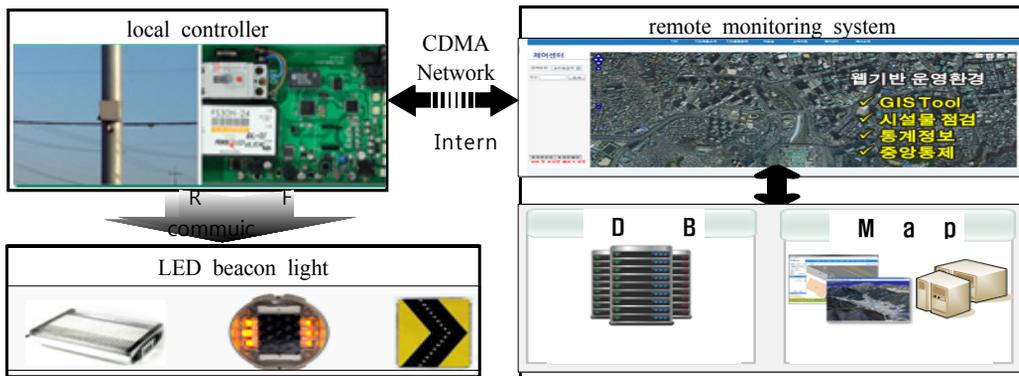


Figure 1. Construction of Remote monitoring system

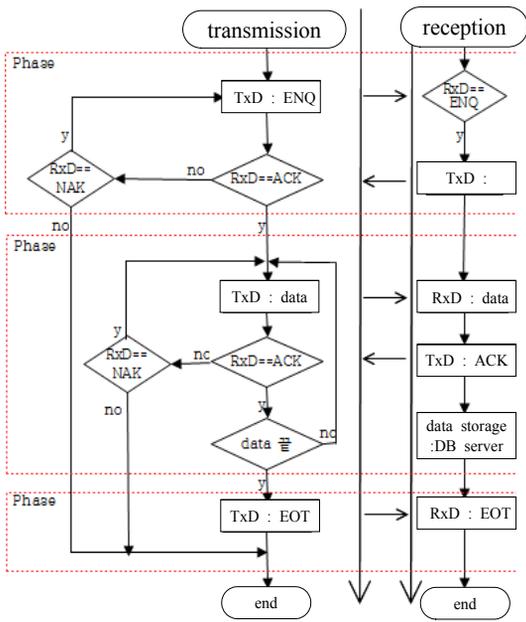


Figure 3. Flow of data link

류 발생 여부를 확인하도록 설계하였다. 통신서버는 로컬시스템에 관련된 정보를 취득하기 위해 로컬시스템과 연결하지 않고, DB서버의 자료를 수집하여 처리하도록 설계하여 통신서버 부하를 줄이고 속도를 향상시킬 수 있도록 설계하였다.

또한, DB서버는 통신서버의 부하를 경감시키기 위해 물리적으로 독립하여 설계하였고, DB서버는 지역제어기에 대한 환경 정보와 로컬시스템의 단말장치에 대한 모든 상태정보를 저장하고, 사용자에 대한 정보 및 명령 set을 저장하도록 Table 1과 같이 설계하였다.

Table 1. Format of communication message

field	type	Length (Byte)	contents
message_form at {			
start code {			start field of message
DLE }	US	1	transmission control
STX }	US	1	message start control
Message ID	US	1	other or response
Length	U16	2	data size of message
Index	U16	2	Message index data
Data	US	Length	real data of message
CRC	U16	2	CRC16 data from message id to data
end code {			end field of message
DLE }	US	1	transmission control
ETX }	US	1	end control of message

### 3.2 시스템 개발

본 연구의 모니터링시스템은 지역제어기를 통해 현장의 모든 시설물들에 대한 상태정보를 실시간으로 분석하기 위하여 개발하였다. 이를 위하여 모니터링 서버는 지역제어기를 통해 단말장치 이상유무를 확인하여 현장 조치하고, 데이터베이스에 축적된 상태정보를 통계분석하여 수명주기를 예측할 수 있도록 구현하였다. 모니터링시스템의 메인화면은 메뉴 및 도구 바, 시스템 상태 창, 제어기목록 창, 지도 창, 로그메시지 창 등으로 Fig. 4와 같이 구성되어 있다.

“통신서버”창은 통신 상태를 신호등 형태로 표시하고, 시스템상의 서비스를 이용하기 위해서는 DB서버가 연동되어야 하며, 통신 및 DB서버의 접속 상황은 “로그메시지”창에서 확인하도록 개발하였다.

“제어기목록”창은 등록된 제어기의 목록이 화면에 나타나 각 지역제어기의 접속 상태가 표시되며, 특정 제어기의 환경을 설정하거나 시선유도등을 직접 제어

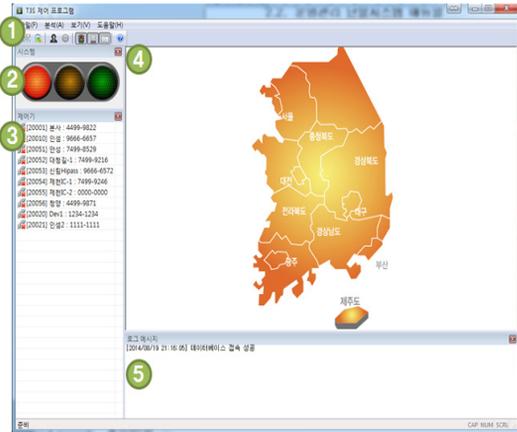


Figure 4. Main screen of monitoring system

Table 2. Main function of monitoring server

Function		Explanation
main	details	
File	search	beacon light
	management	user information
		controller information
	condition set up	system operation
analysis	statistics tools	beacon light
	estimate tools	regression analysis
display	system status	setting/cancel of transmission
	controller list	setting/cancel of controller
	log message	setting/cancel of log message
half	version information	display of version information

할 수 있다.

“지도이미지”창은 관리하는 단말장치의 위치를 지도상에 나타내며, 지도를 업데이트할 수 있도록 개발하였다.

“로그메시지”창은 프로그램 구동과 동시에 로그정보를 사용자에게 알려주도록 개발하였고, 모니터링서버 관리시스템의 주요기능은 Table 2와 같다.

본 시스템에서 지역제어기는 현장에 설치된 감지센서 및 신호장치와 연결되고, 이 장치들의 신호정보에 의해 자체적으로 자동 운영되도록 Fig. 5와 같이 개발되었다.

본 시스템은 WCDMA module을 통신서버와 무선인터넷으로 연결하여 각 데이터를 송수신할 수 있도록 개발하였다. 본 지역제어기는 Cortex-M3를 사용하였고, 통신 모듈은 Teladin사의 TX200K를 사용하여 개발하였다.

통신서버는 현장에 설치된 지역제어기와통신을 전담하는 시스템으로 지역제어기를 상대로 명령을 전달하며, 상태 값을 수신하고 수신된 상태 값을 모니터링시스템에서 사용할 수 있도록 DB서버에 저장한다.

통신서버시스템의 메인화면은 네트워크 연결 및 지역제어기 연결, 로그 상태창 등으로 Fig. 6과 같이 구성되었다.

“네트워크상태”창의 연결항목은 DB 및 UDP, TCP

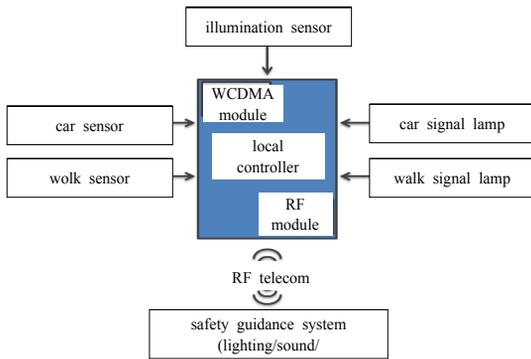


Figure 5. Behavior flow of local controller

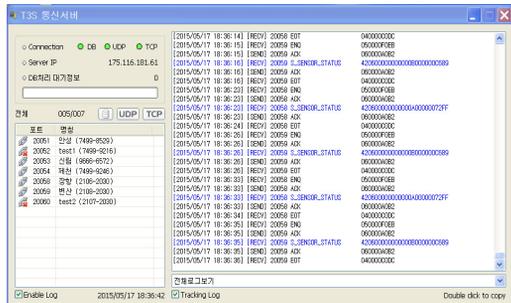


Figure 6. Main screen of communication server system

연결 상태를 나타내고, “지역제어기 연결상태”창은 지역제어기의 목록현황 및 접속여부 등을 나타낸다. “로그상태”창은 통신내용을 실시간으로 기록하고, 특정 제어기를 지정하여 해당 현황을 나타내며, 일자 및 제어기 별로 저장하여 시스템에 문제가 있을 시 확인할 수 있도록 개발하였다.

원격제어를 위하여 모니터링시스템을 실행하면 등록 된 현장제어기에서 실시간으로 목록이 작성되며, 운영 도중 연결이 중단되거나 재접속되는 경우 실시간으로 연결 상태를 알 수 있다. 또한 하나의 제어기를 선택하면 시선유도등의 실시간상태정보 및 제어기설정 화면이 Fig. 7과 같이 나타난다.

지역제어기를 통해 주기적으로 전송된 시선유도등의 상태정보는 통신서버를 거쳐 DB서버에 저장되며, [파일/시선유도등 검색] 메뉴에서 DB에 연결하여 ID별, 일별 현황을 확인할 수 있다.

ID별/일별 현황에서는 개별 상태를 일별로 집계하여 현황표로 나타내고, 통계분석에서는 시간별, 일별, 월별 등의 산술평균 또는 이동평균으로 계산하여 그래프나 엑셀파일로 볼 수 있고, 회귀분석을 통해 각 시설물의 상태 값 변화 추세를 알 수 있다.

“설정 창”은 검색조건을 입력하는 창으로 검색기간 및 평균계산방법, 검색대상 제어기 등을 선택하여 시간, 일, 월평균 등으로 선택하거나, 일 단위의 이동평균으로 통계 낼 수 있도록 Fig. 8과 같이 개발하였다.

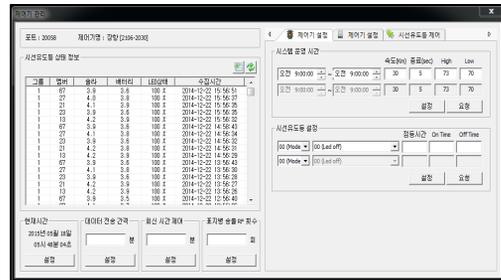


Figure 7. Main screen of controller management

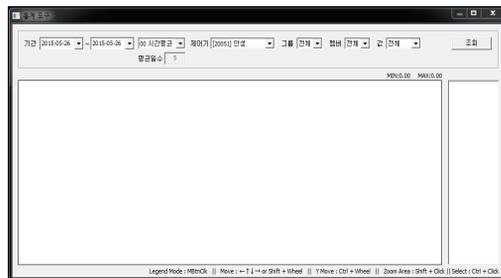


Figure 8. Operation screen of statistical tool

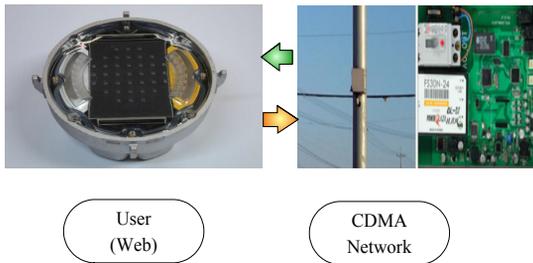


Figure 9. Construction of system connection

3.3 LED 표시등과 시스템 연계

본 연구의 개발시스템과 연계를 위하여 사용된 시설물은 LED 표시등으로 LED, 솔라셀, 배터리, 메인 PCB 및 안테나, 함체 등으로 구성되고, 태양광 에너지를 solar system으로 이용하며, RF 통신으로 지역제어를 통해 실시간으로 운영·관리되도록 개발되었다. 본 표시등은 편리한 유지보수를 위해 매립형으로 설치하여 배터리 용량이 60% 이하일 때 실행되는 Dimming 기능을 가지고 있다. 또한, 본 표시등은 낮 동안 태양 에너지를 저장하였다가 빛을 발산하고, 기존 표시등은 1~2년 후에 배터리를 교체해야 하는 것과 달리 태양 에너지를 에너지원으로 사용하기 때문에 추가적인 전기 설치나 별도의 충전이 필요 없도록 Fig. 9와 같이 개발되어 있다(Jin et al, 2012).

본 연구에서 사용된 안전표시등은 현장 제어기와 통신을 위해 400Mhz대역의 RF 무선칩을 사용하고, 주파수간에 중첩되지 않는 범위에서 서로 다른 10개의 주파수를 저장하여 별도의 set-up 절차에 따라 쉽게 변경하여 운영되도록 개발하였다.

3.4 효율성 분석

3.4.1 대상지역 설치 현황

본 연구는 무선네트워크 및 I.T 기술을 이용하여 원격지에서 시스템에 의해 효율적으로 관리하기 위해 연



Figure 10. Image of study area

구되었다. 본 연구의 효율성을 검증하기 위하여 제천시 신림 IC 하이패스차로에 지역제어기와 40개의 시선유도등을 설치하여 2014년 6월부터 약 1년 동안 운영하였고, 이들을 대상으로 데이터베이스 구축하여 모니터링을 수행하였다. 현장에 설치된 LED 안전표시등의 설치영상은 Fig. 10과 같다.

3.4.2 시스템 운용 분석

본 연구에서 개발된 시스템의 통신서버가 DB서버와 연결되었을 때, 안정적으로 운용되고 있는 상태를 확인할 수 있고, 시스템점검 및 장애복구를 위해 개발되어 시설물 상태 데이터를 손실하지 않고 정상화시킬 수 있는 장애복구시스템이 원활하게 가동되는 것을 Fig. 11에서 확인할 수 있다.

3.4.3 시설유도등 배터리 성능분석

본 연구에서 개발한 원격모니터링시스템이 효율적으로 운용되기 위해서는 유도등의 배터리의 성능을 실시간으로 측정하여 모니터링하는 것이 유지관리에 매우 중요하다.

이를 위하여 사용된 배터리는 공칭전압 3.6V에서 5.2Ah의 전력을 사용하여 배터리 성능을 분석하였고, 실시간으로 일별 모니터링하여 수명주기를 예측할 수 있도록 Fig. 12와 같이 개발하였다.

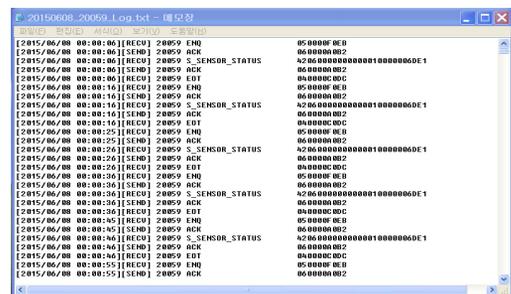


Figure 11. Screen of system performance

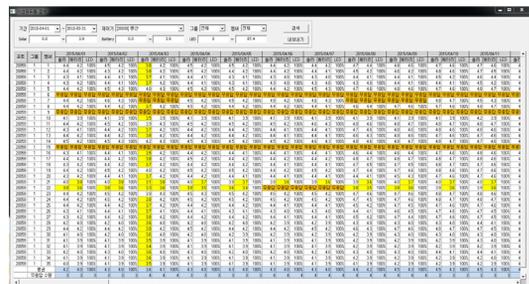


Figure 12. Screen of real-time monitoring

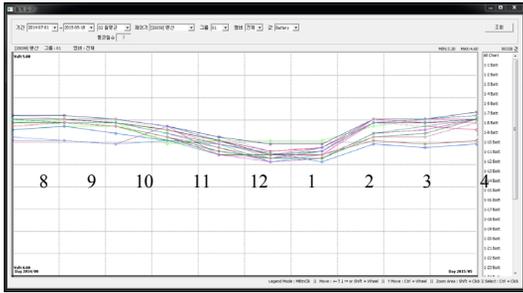


Figure 13. Power analysis of beacon light

본 시스템에서 일별기록을 분석한 결과 4월 3일에 일기 상태가 좋지 않았음을 알 수 있고, 28번 시선유도등의 일부 LED 램프에서 접촉 이상이 있다는 것을 파악할 수 있었다. 현황검색은 특정 제어기가 관리하는 지역의 모든 시선유도등에 대해 id별/일별 평균값으로 나타내며, 각 일자별로 표시하여 Fig. 13과 같이 분석하였다.

본 연구대상 지역에 설치된 표시등을 2014년 8월부터 2015년 3월까지 분석한 결과 배터리 상태는 10월부터 조금씩 하락하다가 1~2월에 3.2의 최저치를 나타냈다.

따라서 배터리의 성능은 겨울철에 10% 이하로 하락하고 있어 표시등이 불시에 정지할 수 있으므로, 솔라셀의 성능을 높여 발전용량을 늘리거나 전력소비를 감소시켜 성능이 떨어지는 상황을 사전에 방지하여 적절한 시기에 표시등을 교체할 수 있을 것으로 분석되었다.

#### 4. 결론

본 연구는 교통사고가 발생할 수 있는 위험 지역에 LED 시선유도등을 설치하고, 모니터링시스템을 개발하여 시설물과 연계함으로써 교통사고 예방과 안전시설물의 효과적인 유지관리를 위한 방안을 제시하기 위하여 수행되었다.

그 결과 개발된 원격모니터링시스템이 안정적으로 운용되는 것을 확인하였고, 시스템상의 장애가 발생 시 데이터를 손실하지 않고 원활하게 복구되어 운영되는 것을 알 수 있었다. 또한 표시등의 배터리 성능을 상시 모니터링하여 시설물의 교체시기와 수명주기를 시스템 상에서 실시간으로 분석할 수 있어 교통사고 예방 및 시설물 유지 관리의 효율성을 기대할 수 있었다.

#### References

1. Rousseau, G. K., Tucker, S. M. and Do, A., 2004, The effects on safety of in-roadway warning lights at crosswalks, Institute of Transportation Engineers, USDT
2. Jin, H. C., Lee, J. Ho. and Choi, S. G., 2012, Effects of wireless controlled in-pavement flashing light system at pedestrian crosswalk, Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, Vol. 20, No. 3, pp. 109-115.
3. Kim, Y. S. and Cho, W. B., 2009, Traffic calming zone design, Korean Society of Civil Engineers, Vol. 35, No. 10, pp. 2999-3002.
4. Korea Expressway Corporation, 2009, Road design outline Vol. 6(The Korean), pp. 9-177.
5. Korea Land Corporation, 2004, Traffic work manual.
6. Lee, H. J., Koo, D. S. and Ru, J. H., 2005, Development of road management system introducing concept of location based service, Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, Vol. 13, No. 2, pp. 21-28.
7. Prevedouros, P. D., 2001, Evaluation of in-pavement flashing lights on a six-lane arterial pedestrian crossing, Proc. the 71st Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers, pp.14-16.
8. Prak, J. C., Prak, T. H., Park, J. J. and Ha, T. J., 2007, An effect of safety facilities on crosswalk accident, Journal of Korean Society of Civil Engineers, Vol. 33, No. 10, pp. 1559-1562.