

Analyzing Effectiveness of Remote Monitoring System for Road Safety Light

Jong Ho Lee^{1#}, Seok Keun Choi^{2*}

¹ Korea Expressway Corporation, Bukwon-ro 2873, Wonju-si, Gangwon-do, Korea

² Chungbuk National University, Chungdearo 1, Seowon-gu, Cheongju-si, Korea

Abstract

While driving on the road, traffic accidents occur frequently affected by various conditions such as road geometry, weather and nighttime. This study installed safety indicators in the danger zones where frequent traffic accidents occur and developed a remote monitoring system enabling automatic control at all times. The system is connected to wireless communication based on window OS and relayed in real time by remote control of the local controller and road traffic safety indicator, and the operational status of the system was analyzed using GIS technique. According to the results of analysis of the operational status of battery and solar cell in safety indicator installed in the field, it was found to operate well during normal condition but the performance was reduced by 10~20% during winter time due to the low temperature. In order to solve this problem, it is necessary to expand power generation capacity or reduce power consumption.

Key words: traffic accident, safety beacon light, remote monitoring system, geographic information system, local controller

1. 서론

현재 우리나라는 자동차 교통사고로 인한 사망자가 2.0명으로 OECD 평균(1.1명)의 두 배에 가까운 수준이고, 이에 따라 국가 경제에 막대한 손실을 가져오고 있다(National Police Agency, 2015).

도로시설물은 도로이용자의 교통안전을 위해 수많은 안전시설물들이 설치되어 있고, 과속방지턱과 같이 표지판 형태의 시각적 수단에 의존하고 있다.

Lee, et. al.(2005)는 도로시설물을 대상으로 GIS DB 구축 및 유지관리 방법론을 적용하여 도로시설물을

효율적으로 관리할 수 있는 응용시스템을 개발하였고, Jin, et. al.(2012)는 횡단보도의 보행자 사고를 예방하기 위해 무선제어가 가능한 도로안전유도시설 시스템을 설계하여 그 효용성 분석을 연구하였다. 또한 Prevedouros(2001)는 교차로 횡단보도나 고속도로에 도로안전유도시설을 설치한 전후의 횡단보도 보행자 성격, 속도, 교통량 등을 분석하고, 건널목에서의 인식도, 보행자 및 속도 대기시간 감소 등에서 유용함을 제시하였으며, Kannel & Jansen(2004)은 도로표지병을 설치 전·후를 비교한 결과 운전자의 주행속도를 감소시키고, 보행자에 대한 운전자의 양보와 운전자/보

The 1st author: Jong Ho Lee, Tel. +82-54-811-7200, Fax. +82-54-811-7299, e-mail. leejh@ex.co.kr

* Corresponding author: Seok Keun Choi, Tel. +82-43-261-2381, e-mail. skchoi@cbnu.ac.kr

행자의 상충이 감소하였음을 연구하였다.

이와 같이 도로이용자의 교통안전을 위해 많은 안전시설물들이 설치되어 있고, 고휘도 반사지 및 전기전자 소자를 사용하여 야간이나 나쁜 기상조건에도 식별이 가능하도록 제작되었지만, 이 장치들은 불시에 언제든 고장이 날 가능성이 있고, 고장 시 지시, 규제 및 주의 등에 대한 정보전달수단이 마비되어 안전운행에 도로이용자의 제 기능을 발휘하지 못하는 문제점이 나타나고 있다.

이러한 교통안전시설물들을 잘 관리하여 사고에 대비하기 위해서는 상시 점검하고 철저한유지보수가 필요 하지만, 그 양이 너무 방대할 뿐 만 아니라 관리비용이 많이 소요되어 곤란한 실정이다.

그러므로, 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 원격지의 관제센터에서 시스템적으로 시설물들을 관리함으로써 안전한 도로이용을 유도하고, 관리로 인한 비용 및 인력문제를 해결해야 할 필요가 있다.

이를 위하여 본 연구에서는 도로위험구간에 도로교통 안전시설물인 안전유도시설(LED, 안전표시등)을 설치하고, RF통신으로 지역제어기를 통해 무선 제어하여 WCDMA 통신을 통해 웹 모니터링 시스템에서 도로교통 안전시설물과 지역제어기를 원격 제어함으로써 안전유도시설을 효율적으로 유지·관리할 수 있도록 시스템을 개발하고자 한다.

따라서, 본 연구는 교통사고 유발지역에 안전유도시설을 설치하여 상시 모니터링을 수행하고, 웹 모니터링시스템으로 자동 제어할 수 있는 원격모니터링시스템을 개발함으로써 효율적인 안전시설물 유지·관리와 교통사고 예방 및 도로이용자의 이용편의를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 이론적 배경

1. 도로교통 안전시설물 설계기준

고속도로의 교통안전시설물은 도로의 미비한 구조상태를 보완하여 원활한 교통소통과 교통안전을 확보

하여 도로 이용자의 안전을 도모하기 위해 설치하는 시설물이다.

이러한 안전시설을 설치할 경우 안전시설을 가장 적게 설치하도록 되어 있고, 달리는 차량이나 주·야간에도 시설물을 인지하여야 하며, 도로 이용자의 관점에서 본래의 기능에 부합되도록 적정한 장소에 설치한다.

교통안전시설은 보행자나 운전자가 교통통계 상황에서 반응할 수 있도록 형태, 색상, 크기 등을 일정하게 설치하여 운용되도록 하고, 표지설치는 시인성을 방해받지 않도록 하며, 표지는 동일한 노면표시 내용이 나타나야 한다.

안전시설은 시인성 증진을 위해 한 지점에 중복하여 여러 시설을 설치하는 것은 효율적이지 않기 때문에 적당한 장소에 기능에 부합하는 시설을 설치하고, 시선유도시설의 필요성을 검토하여 연속적으로 도로조명이 설치된 곳에는 설치한다.

안전시설에 대한 명확한 정의는 도로교통법 제2조에 규정되지 않았고, 경찰청이 관리하는 안전시설물(안전표지, 노면표지, 신호기 등)에 대해서만 정의되어 있다. 또한 경찰청이 발행한 「교통안전시설 실무편람」에서는 “교통안전시설”이라 하여 “도로 이용 장소에 필요한 정보를 사전에 정확하게 전달하고, 또한 통일되고 균일한 행동이 이루어지도록 통제함으로써 교통의 소통을 증진시키고, 도로상의 안전을 보장하는 것이다”라고 정의되어 있다(National Police Agency, 2011).

안전유도시설은 차도 측방에 설치하여 도로 끝 및 도로선형을 명시함으로써 주·야간에 운전자 시선을 유도하기 위한 시설로 안전유도시설, 갈매기표지, 시선유도표지 등이 있다. 이중 안전유도시설은 악천후 및 야간에 노면을 나타내고, 차량의 타이어 접촉음으로 운전자에게 경고 사항을 전달한다.

안전유도시설은 노면표시를 보완할 곳, 즉 도로 인티체인지 고어지역, 차선 경계선, 중앙선, 전용차로, 차로의 감소·분리·합류 구간, 안전지대, 급 곡선부,

길 가장자리 구역선, 통행로의 변경 구간, 터널, 교통신, 노상장애물 등에 설치한다.

안전유도시설의 구성은 반사체와 몸체로 구성되며, 형상은 제 기능을 발휘할 수 있는 다양한 형상을 사용할 수 있으나, 일정구간 및 지역에서는 동일한 형상을 사용하여야 한다.

기본적인 안전유도시설의 형상은 원형, 마름모꼴, 사각형, 사다리꼴 등이 있고, 사각형의 밑면은 가로 100~150mm, 세로 100~150mm, 원형은 직경 100~150mm로 규정되어 있다. 반사체의 색상은 흰색, 노랑색을 사용하고, 흰색은 동일방향 교통류의 분리 및 경계, 노랑색은 반대방향 교통류의 분리, 제한 및 지시 등을 표시하는데 사용하고 있다(Korea Expressway Corporation, 2009).

2. 무선전송기법

인터넷은 종단 시스템을 연결하는 호스트로서 메인프레임, 워크스테이션, PC, 서버 등이 있다. 대부분의 호스트는 광역망, 근거리통신망 등에 연결되어 있

고, 이들은 라우터에 의해 2개 이상의 네트워크에 연결된다.

주요 인터넷 요소는 LAN을 통하여 하나의 그룹으로 묶이는 호스트로서 컴퓨터이며, LAN과 개별 호스트는 인터넷 서비스 제공자에 접속점을 통하여 연결된다.

1960년대 발사된 통신위성은 240개의 음성회선을 다루었으나, 현재의 위성통신은 전체의 약 1/3 정도의 음성트래픽이고, 나라마다 나머지의 많은 신호를 다루고 있다.

케이블이 없는 무선통신망은 근거리통신망(LAN), 지역통신망(MAN), 광역통신망(WAN) 등의 통신관련 사업이 가능하였고, 무선 LAN의 표준안 IEEE를 개발하였다.

디지털기술은 현재 아날로그 대신 더 많은 통신망 전송과 더 좋은 비밀보장 및 통화품질이 가능한 디지털을 사용한다.

무선데이터서비스는 무선으로 처음 시도한 것이 음성이고, PC 같은 고정 장비에 비하여 무선장비는 입

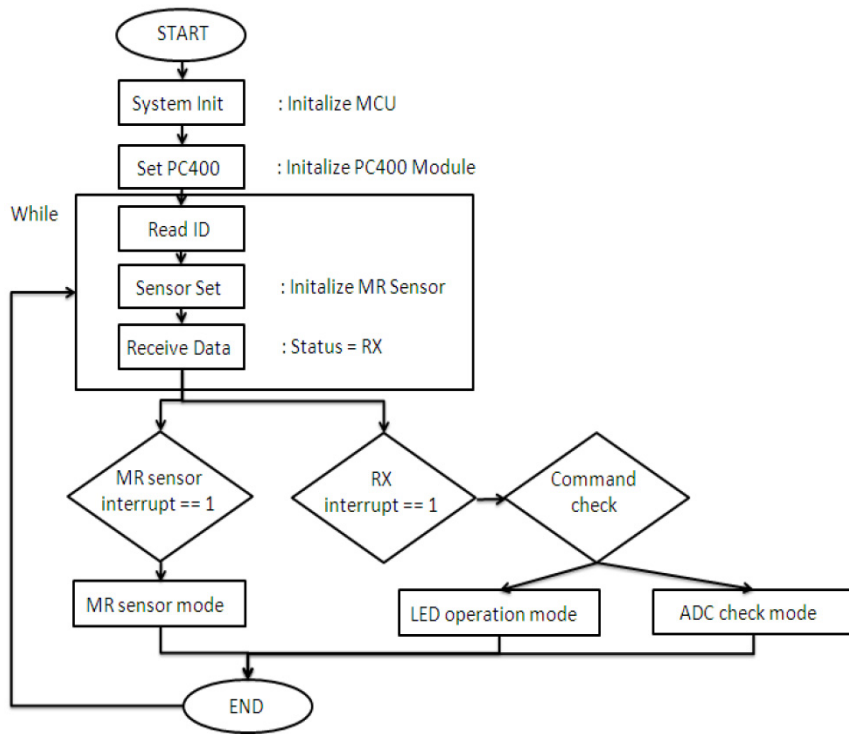


Figure 1. Order of safety beacon light

출력기능에 제한이 있으며, 위치가 고정된 유선통신 사용자와 다르게 무선통신 사용자는 인터넷을 사용하고 있다(Jung, *et. al.*, 2012).

Ⅲ. 시스템 개발 및 효용성 분석

1. 시스템 개요

본 연구의 원격모니터링시스템 개발은 도로 이용자의 안전을 위하여 교통사고 및 위험구간에 설치된 안전표시등을 WCDMA(Wideband Code Division Multiple Access) 통신을 통하여 상시 자동 제어할 수 있는 웹모니터링시스템이다.

본 원격모니터링시스템은 지역제어기를 통해 무선 제어하고, GIS 기술을 적용하여 웹기반의 모니터링 시스템을 통해 체계적·경제적으로 유지관리할 수 있도록 개발함으로써 인력에 의존하지 않고, 효율적인 관리 운영하고자 한다.

표준 기술인 WCDMA는 휴대전화에 쓰이는 확산대역 기술이고, 3세대 이동통신 기술 표준이며, RF는 전체 주파수에서 전파가 점유하는 주파수이다.

따라서 본 원격모니터링시스템은 도로에 설치된 제어 단말기와 통신서버를 이용하여 여러 대의 단말기와 송수신을 통하여 수신하며, 무선인터넷으로 원격 관리된다.

지역시스템은 안전운전 유도 단말장치와 단말장치 제어를 위한 제어기로 구성되어 있으며, 무선인터넷 통신을 위한 WCDMA모뎀으로 구성하였다.

모니터링 시스템은 안전표시등과 제어기를 GIS기반의 제어 및 검색할 수 있고, 실시간 저장, 이동, 편집 기능 등을 수행할 수 있다.

시스템의 통신서버 및 모니터링서버는 C++을 사용하여 마이크로소프트의 윈도우 운영체제 기반에서 개발하였고, 데이터베이스는 오라클 DBMS를 사용하였으며, 무선망을 통하여 통신할 수 있도록 설계하였다(Lee, *et. al.*, 2015).

2. 시스템 설계

지역통신시스템 단말장치는 LED 안전표시등이 사용되었고, 이는 지역제어장치로부터 명령받아 작동되며, 전원이 연결되면 수신대기 상태가 되다가 RX 장애가 발생하면 명령에 따라 안전표시등을 동작시키거나 자가진단을 수행하여 지역제어장치로 전송하도록 <Figure 1>과 같이 설계하였다.

안전표시등은 MR sensor를 이용하여 각각의 고유한 ID와 그룹ID를 가지도록 설계하였고, 현장에 설치된 수많은 안전표시등을 모니터링하기 위하여 지역제어기를 통해 관리함으로써 효율적 관리와 통신비용 감소의 효과를 가져 올 수 있도록 설계하였다.

본 지역제어기는 모든 해당 지역 안전표시등의 상태정보를 수집하여 모니터링시스템으로 전송하거나, 시스템 명령에 따라 실시간 정보 수집할 수 있도록 설계하였고, 일반 상황에서 지역제어기는 센서 정보에 의해 단말장치 작동여부를 결정하며, 특수 상황에서 단말장치의 동작을 관제센터의 명령에 의해 지시하게 된다. 환경설정프로그램을 통하여 통신서버의 PORT 번호와 IP를 변경할 수 있고, 지역제어기는 Micro Processor를 사용하였다.

본 모니터링시스템은 다중 동시접속으로 인한 데이터처리속도가 가장 중요하며, 이를 위해 타 서버와 통신서버를 구분함으로써 시스템 부하가 최소화하도록 설계하였다.

로컬시스템은 자신이 접속할 고정된 포트번호와 IP를 미리 지정받아 관련 주소로 접속하며, 통신서버는 미리 정해진 TCP(transmission control protocol) port를 열어 지역제어기가 접속한다.

통신서버와 지역제어기간의 통신에서 Data Link는 3단계의 과정을 통하여 이루어진다.

Data Link의 초기화 단계로서 1단계는 송·수신기의 준비상태를 확인하기 위해 조회문자를 전송하여 수신기 준비되면 응답하고, 준비되지 않은 경우 부정응답하며, 조회문자에 대해 반응이 없으면 Time-out으로 인식하고 3단계로 간다.

데이터 전송하는 2단계는 송신기가 메시지를 전송하고 응답하며, 정상처리 된 경우 긍정 응답되고, 오류가 발생되면 부정 응답되며, 반응이 없으면 Time-out으로 인식하고 3단계로 넘어가 3단계에서 수신기에 전송 끝을 전송하고, Data Link를 종료한다.

본 연구의 DB서버는 통신서버의 부하를 최소화하기 위해 독립적으로 설계하였고, 지역제어기의 환경 정보와 시스템 단말장치에 대한 모든 시점의 상태 정보를 저장하도록 설계하였다. 지역제어기는 유일한 단일번호로 3G 무선이동통신모듈이 설치되고, 이동통신번호가 유일한 PK(Primary Key)로 사용된다.

현장에 설치된 안전표시등의 주요 부속은 전기를 생산하는 솔라셀과 생산된 전기를 저장하는 배터리로 구성되고, 표시장치는 LED를 사용하며, 지역제어기를 통해 정보 수집 및 축적함으로써 수명관리를 할 수 있도록 설계하였다(Lee, et. al., 2015).

3. 시스템 개발

본 원격모니터링시스템은 현장의 모든 시설물들에 대한 상태정보를 일정 간격으로 실시간 수집하고, 데이터베이스를 구축하여 지역제어기를 통해 단말장치들의 이상 유무를 확인·조치하며, 필요에 따라 현장 단말장치를 직접 제어하도록 <Figure 2>와 같이 개발하였다.

본 원격모니터링시스템은 모니터링, 통신, 지역제어시스템 등으로 구성되고, 시스템은 각기 분리된 독립 서버 및 장치에 탑재되어 네트워크를 통해 연동·운영되며, DB서버에 탑재된 DBMS에 의해 데이터의 관리할 수 있도록 개발되었다.

통신시스템은 원격모니터링을 위해 WCDMA module을 장착하여 통신과 무선인터넷으로 각종 데이터를 송·수신 할 수 있고, 지역통신시스템은 Teladin사의 TX200K를 사용하여 지역제어기의 WCDMA 통신 모듈을 제어하며, 지역제어기에서 접속하는 Port 번호와 통신 IP 주소를 <Figure 3>과 같이 설정하도록 개발하였다.

4. 현장 적용 및 효용성 분석

1) 대상지역 설치현황

본 연구는 IT 및 무선네트워크 기술을 이용하여 시스템으로 원격지에서 관리할 수 있도록 개발되었다. 대상지역은 교통사고가 자주 발생되고 보행자 횡단시 주의가 요구되는 지역으로 장항 IC 나들목과 변산반도 해안도로 등을 선정하여 105개의 LED 안전표시등과 2개의 지역제어기를 설치하고 모니터링을 수행하여 효율성을 분석하였다.

본 장항 IC은 교통사고가 빈번하여 사고예방을 위하여 180m에 LED 안전표시등 70개를 2m~4m 간격으

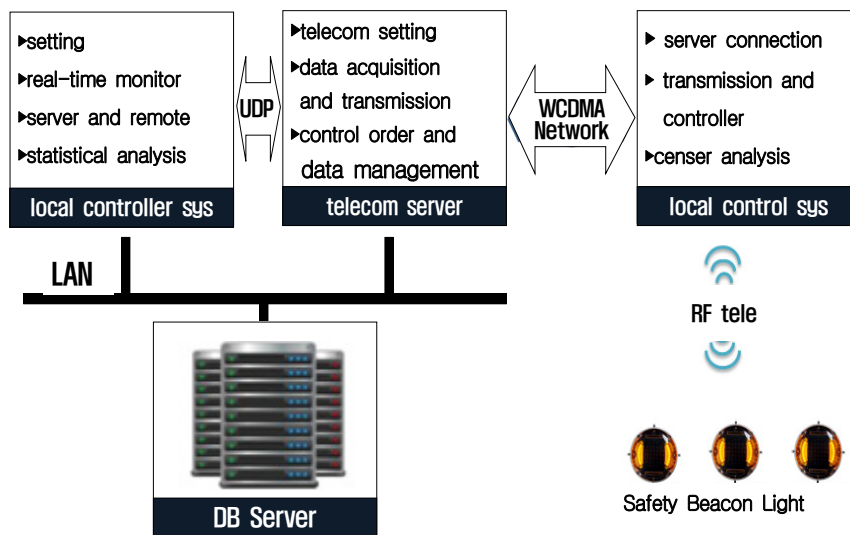


Figure 2. Constitutions of remote controller system

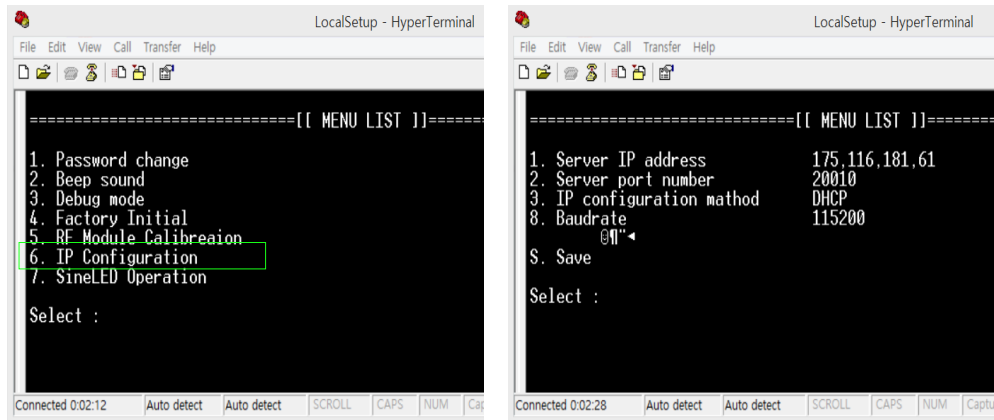


Figure 3. Setting of telecom server and IP address

로 <Figure 4>와 같이 설치하였다.

변산반도 해안도로는 야간의 시계불량으로 시선유도기능을 향상시키고자 곡선구간에서 교통사고예방을 위하여 안전표시등 35개를 3m~5m 간격으로 <Figure 5>와 같이 설치하였다.

2) 통신관리시스템 적용 분석

통신프로토콜은 모니터링시스템과 지역제어기의 연결을 위해 사용된 TCP/IP이며, 가상의 논리적 통신 연결단은 TCP 프로토콜이 사용하는 포트이다.

시스템 상에서 DB서버와 통신서버가 연결되었을 때 통신서버가 설계에 맞춰 <Figure 6>과 같이 안정적으로 운용되고 있는 것으로 나타났다.

본 시스템은 시스템점검 및 장애복구 기능으로 개발되어 통신서버의 [로그]창에 표시되는 모든 통신자료가 기록되어 데이터를 손실하지 않고 <Figure 7>과 같이 기록할 수 있었다.

3) 모니터링관리시스템 적용 분석

본 연구의 모니터링 관리시스템 동작은 DB 및 통신서버가 인터넷으로 연결되어 지역제어시스템에 있는 각종 디바이스를 모니터링, 관리, 제어 및 통계 등을 이용할 수 있다.

이 시설들은 먼저 지역제어기가 온라인으로 연결되어 있어야 모니터링이 가능하기 때문에, 1단계에서 지역제어기를 모니터링하고, 2단계에서는 1단계의 모



Figure 4. Sites of Janghang Interchange

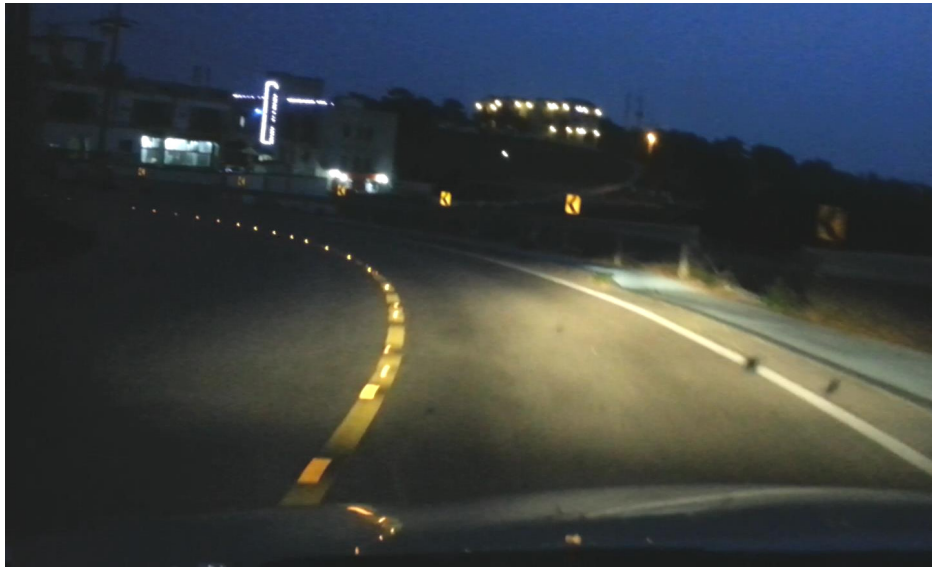


Figure 5. Site image of Byun-San peninsula

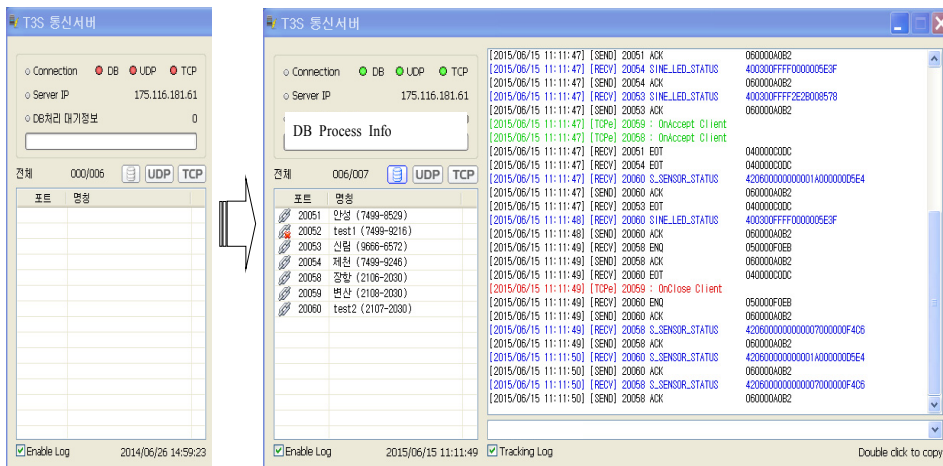


Figure 6. Connections of telecom and DB server

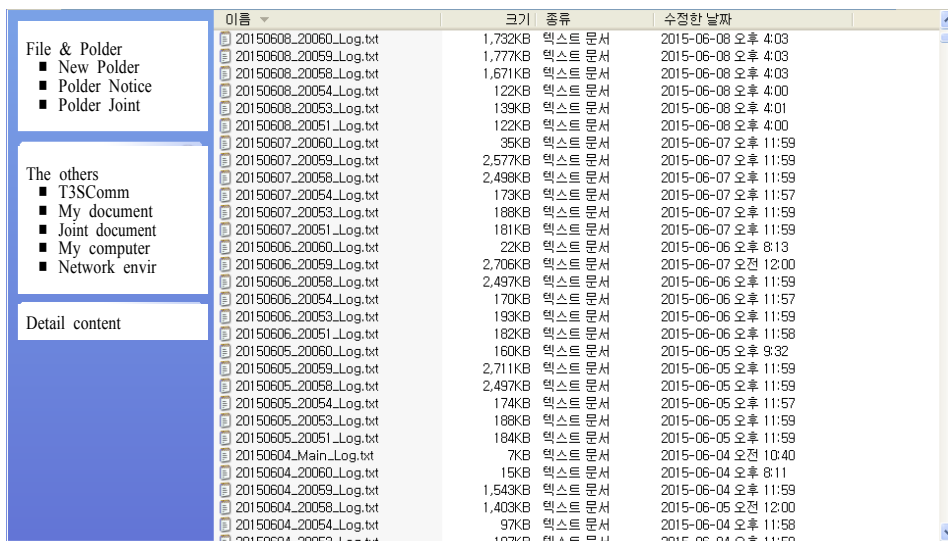


Figure 7. Screen of system check

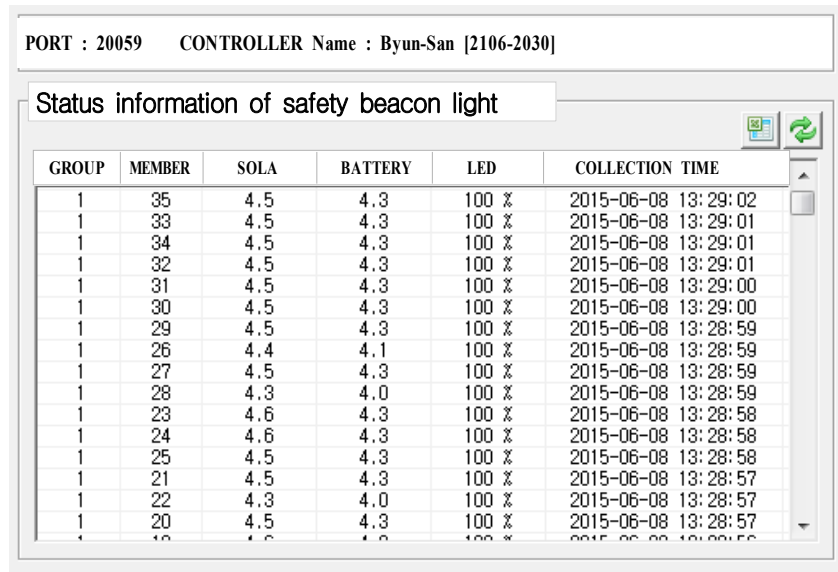


Figure 8. Working screen of system

니터링화면에서 임의의 지역제어기를 선택하여 모니터링하도록 개발되었다.

<Figure 8>은 안전표시등 및 지역제어기의 모니터링을 통하여 운용하고 있는 시스템 화면으로서, 원격 수집된 현장의 상태정보가 명확하게 통신서버를 통해 DB에 기록되고, 실시간으로 화면을 통하여 중계되고 있음을 알 수 있다.

본 원격모니터링시스템은 설치된 시설물 종류, 수량 그리고 일별 운용상태 등을 검색하거나, 그 데이터를 이용하여 각 시설물의 수명주기를 예측 할 수 있도록 개발되어 시설물의 현황 검색 및 통계 예측이 가능하다.

안전표시등에 장착된 LED 램프는 전압에 따라 소비전류가 비례하여 증감되고, 1.7V~2.4V 범위에서 동작한다. 따라서 정격소비전류에 대비한 실제소비전류의 양으로 LED 램프의 작동 여부를 측정할 수 있으며, LED램프에 이상이 발생하면 실제소비전류에 비하여 정격소비전류가 작게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

충전지 전압은 3.5V일 때 사용량이 4800mAh이고, 남은 양은 400mAh(5200-4800)이며, 전압이 3.7V일 때는 사용량이 4000mAh이므로 남은 양은 1200Ah(5200-4000), 4.2V일 때 0mAh이므로 남은 양은 5.2Ah(5200mAh)이다.

GROUP	MEMBER	LED	GROUP	MEMBER	SOLA
1	35	100 %	1	35	4.5
1	33	100 %	1	33	4.5
1	34	100 %	1	34	4.5
1	32	100 %	1	32	4.5
1	31	100 %	1	31	4.5
1	30	100 %	1	30	4.5
1	29	100 %	1	29	4.5
1	26	100 %	1	26	4.4
1	27	100 %	1	27	4.5
1	28	100 %	1	28	4.3
1	23	100 %	1	23	4.6
1	24	100 %	1	24	4.6
1	25	100 %	1	25	4.5
1	21	100 %	1	21	4.5
1	22	100 %	1	22	4.3
1	20	100 %	1	20	4.5

Figure 9. Operating screen of safety beacon light

또한, 4.2V일 때 안전유도시설의 충전량은 100% 상태이고, 4.0V 일 때 80%, 3.9V일 때 71%(양호), 3.8V~3.6V일 때 보통에서 위험한 것으로 나타난다.

이러한 전압-전류 간의 특성으로 본 연구에서는 솔라모듈의 실제 전력 생산 성능을 측정하였고, 실시간 모니터링하여 솔라모듈의 전압을 측정된 결과 <Figure 9>와 같이 정상적으로 운용되는 것을 알 수 있었다.

4) 효율성 분석

효율적인 원격모니터링시스템이 운용되기 위해서는 실시간으로 시설유도등의 배터리 성능을 측정하여 모니터링하는 것이 매우 중요하다. 따라서 본 연구는

GROUP	MEMBER	BATTERY
1	35	4.3
1	33	4.3
1	34	4.3
1	32	4.3
1	31	4.3
1	30	4.3
1	29	4.3
1	26	4.1
1	27	4.3
1	28	4.0
1	23	4.3
1	24	4.3
1	25	4.3
1	21	4.3
1	22	4.0
1	20	4.3

Figure 10. Measurement results of battery power

시설유도등의 생산 및 소비전력 등 실시간으로 배터리 성능을 분석하고, 이를 데이터베이스 구축하여 시계열분석을 수행함으로써 배터리의 수명주기를 예측하거나 유지관리의 효율성이 향상 될 수 있도록 개발하였다.

본 배터리는 3.6V와 5.2Ah의 전력을 사용할 수 있고, 전압(V)과 비례하여 배터리의 남은 전력량이 나타나므로, 본 연구는 실시간 모니터링에 적용하여 배터리의 성능을 분석한 결과 <Figure 10>과 같이 전압이 4.0V~4.3V범위에서 안정적으로 운영되는 것으로 나타났다.

안전표시등의 상태를 실시간 모니터링하여 <Figure 11>과 같이 분석하였다.

시스템 분석결과 6번, 9번, 15번의 안전표시등은 고장으로 인해 무응답하는 것으로 나타났고, 7번 안전표시등은 배터리 전압이 5.0까지 나타나 통신상태가 고르지 못함을 확인 할 수 있었다. 또한 솔라모듈의 성능은 21번, 22번에서 3.8V로 나타나 다른 것에 비해 좋지 않은 것으로 나타나 배터리 충전량이 부족하다는 것을 알 수 있으며, 28번은 접촉 이상의 원인으로 LED 램프에서 문제가 있는 것으로 나타났다.

배터리 상태정보를 분석하기 위하여 데이터베이스에 저장된 안전표시등의 소비전력 및 생산전력 용량 산정과 수명주기를 분석한 결과 장항 IC는 <Figure 12>와 같이 나타났다.

배터리 상태를 분석한 결과 <Figure 12>에 나타난 바와 같이 8월~9월에는 4.4V로 안정적으로 운용되었고, 10월에 4.3V, 11월 4.0V, 12월 3.7V 등으로 10월부터 하락하여 12월에 최저치가 나타나 겨울철에 10% 이하로 배터리 성능이 하락하는 것으로 나타났다. 또한 야간에 시계가 불량한 변산반도 지역은 곡선구간 주행 시 이탈방자를 위하여 35개 안전표시등의 배터리 성능을 <Figure 13>과 같이 분석하였다.

안전표시등의 성능분석결과 평균전력이 8월에서 10월과, 익년 4월에서 6월까지 등은 4.2V~4.4V까지 안정적으로 운영되고 있었으나, 11월부터 익년 3월까지

포트	그룹	연번	2015/05/15		2015/05/16		2015/05/17		2015/05/18		2015/05/19		2015/05/20		2015/05/21		2015/05/22		2015/05/23		2015/05/24		2015/05/25		▲			
			솔라	배터리	LED	솔라	배터리	LED	솔라	배터리	LED	솔라	배터리	LED	솔라	배터리	LED	솔라	배터리	LED	솔라	배터리	LED	솔라		배터리	LED	
20059	1	1	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4	
20059	1	2	4.5	4.2	100%	4.4	4.2	100%	4.5	4.2	100%	4.4	4.2	100%	4.4	4.2	100%	4.4	4.2	100%	4.4	4.2	100%	4.4	4.2	100%	4	
20059	1	3	4.4	4.2	100%	4.4	4.1	100%	4.4	4.1	100%	4.4	4.1	100%	4.3	4.1	100%	4.4	4.1	100%	4.4	4.1	100%	4.3	4.1	100%	4	
20059	1	4	4.2	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4	
20059	1	5	4.5	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.6	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.6	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.6	100%	4	
20059	1	6	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	4	
20059	1	7	4.5	4.2	100%	4.7	4.5	100%	5.0	5.0	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.6	100%	4.6	4.4	100%	4.8	4.6	100%	4	
20059	1	8	4.5	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.3	100%	4	
20059	1	9	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	4
20059	1	10	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.3	100%	4.7	4.5	100%	4.7	4.6	100%	4.6	4.5	100%	4	
20059	1	11	4.5	4.2	100%	4.7	4.5	100%	4.8	4.6	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.6	100%	4.7	4.5	100%	4.7	4.6	100%	4	
20059	1	12	4.4	4.2	100%	4.6	4.5	100%	4.7	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.3	100%	4.7	4.5	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4	
20059	1	13	4.5	4.2	100%	4.5	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.5	4.2	100%	4.4	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.4	4.2	100%	4	
20059	1	14	4.5	4.3	100%	4.7	4.6	100%	4.8	4.6	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4.8	4.6	100%	4.7	4.5	100%	4.7	4.6	100%	4	
20059	1	15	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	4
20059	1	16	4.4	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4	
20059	1	17	4.5	4.2	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.3	100%	4.5	4.3	100%	4.7	4.6	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4	
20059	1	18	4.5	4.2	100%	4.6	4.5	100%	4.6	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.3	100%	4.6	4.5	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4	
20059	1	19	4.5	4.2	100%	4.7	4.5	100%	4.7	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.6	100%	4.6	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4	
20059	1	20	4.4	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.4	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.3	100%	4	
20059	1	21	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.1	3.9	100%	4.2	4.0	100%	4.2	4.0	100%	4	
20059	1	22	4.4	4.2	100%	4.0	3.8	100%	4.0	3.8	100%	4.0	3.8	100%	4.0	3.8	100%	4.0	3.8	100%	4.0	3.8	100%	4.0	3.8	100%	4	
20059	1	23	4.5	4.3	100%	4.7	4.5	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4.7	4.6	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4	
20059	1	24	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4	
20059	1	25	4.5	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.5	100%	4.5	4.2	100%	4.6	4.3	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4	
20059	1	26	4.4	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.4	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4	
20059	1	27	4.5	4.2	100%	4.6	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.3	100%	4.6	4.3	100%	4.6	4.5	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.5	100%	4	
20059	1	28	4.4	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.2	100%	4.4	4.2	75%	4.6	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.4	4.2	100%	4	
20059	1	29	4.5	4.2	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.5	4.3	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.5	100%	4	
20059	1	30	4.5	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4	
20059	1	31	4.5	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.3	100%	4	
20059	1	32	4.5	4.2	100%	4.6	4.3	100%	4.6	4.3	100%	4.5	4.2	100%	4.6	4.3	100%	4.6	4.5	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.5	100%	4	
20059	1	33	4.5	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.7	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.5	4.2	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.5	100%	4	
20059	1	34	4.5	4.2	100%	4.6	4.4	100%	4.6	4.5	100%	4.5	4.3	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.5	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.5	100%	4	
20059	1	35	4.4	4.2	100%	4.5	4.3	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.2	100%	4.7	4.5	100%	4.6	4.5	100%	4.6	4.4	100%	4.4	4.2	100%	4	
평균			4.4	4.1	100%	4.5	4.3	100%	4.5	4.4	100%	4.4	4.2	99%	4.5	4.4	100%	4.6	4.4	100%	4.5	4.3	100%	4.4	4.2	100%	4	
무응답수			9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	

Figure 11. Results of real-time analysis for safety beacon light

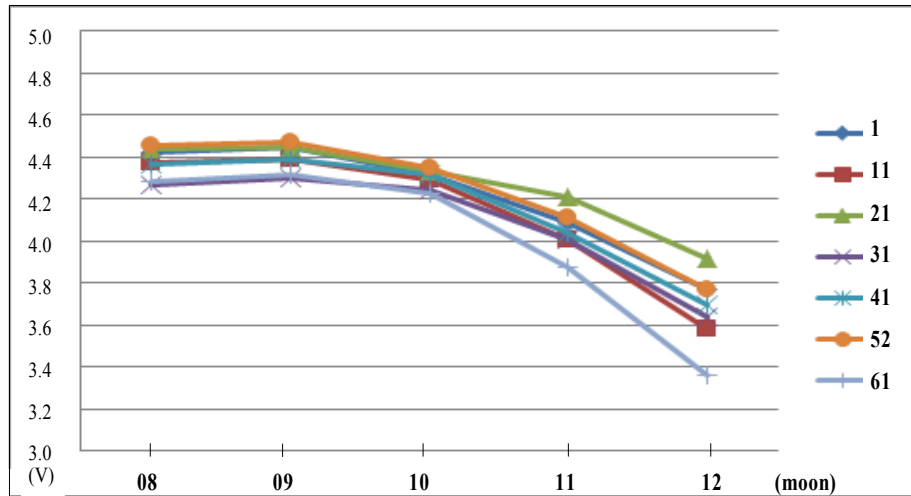


Figure 12. Power analysis of Battery at Janghang IC

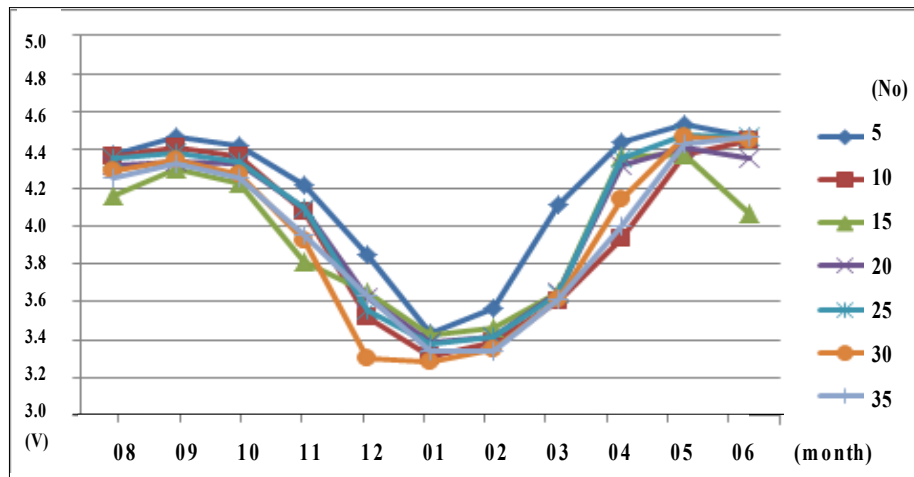


Figure 13. Power analysis of Battery at Byun-San peninsula

는 4.0V에서 최소 3.4V까지 전력이 20% 이상 낮아지는 것으로 나타나, 겨울철에는 안전표시등이 정지 될 수 있어 배터리 발전용량을 늘리거나 LED의 전력소비를 줄여야 하는 것으로 분석되었다.

도로 선형이 불량한 장항 IC 지역의 안전표시등 솔라셀의 성능을 월별로 분석한 결과 <Figure 14>와 같이 나타났다.

대상지역의 솔라셀 성능분석을 수행한 결과 8월~10월까지는 4.5V~4.6V로 운용되었고, 11월은 4.3V, 12월도 마찬가지로 4.2V 등으로 나타나 겨울철에 약 10% 정도 성능이 떨어지는 것으로 분석되었다.

<Figure 15>와 같이 변산반도에 설치한 35개의 안전표시등의 솔라셀 성능을 분석하였다.

솔라셀의 성능 분석 결과 8월에서 10월까지는 4.4V~4.5V, 11월에서 익년 3월까지 3.6V~4.2V로 나타났고, 다시 4월부터 6월까지 4.4V~4.6V로 안정 운용된 것으로 나타나 겨울에 약 10%~20% 범위의 성능이 떨어지는 것으로 분석되었다(Lee, 2016).

이와 같이 분석 결과 겨울철에는 일기로 인하여 안전표시등이 불시에 정지될 수 있으므로, LED의 전력소비를 줄이거나 발전용량을 늘려야 하는 것으로 분석되었다.

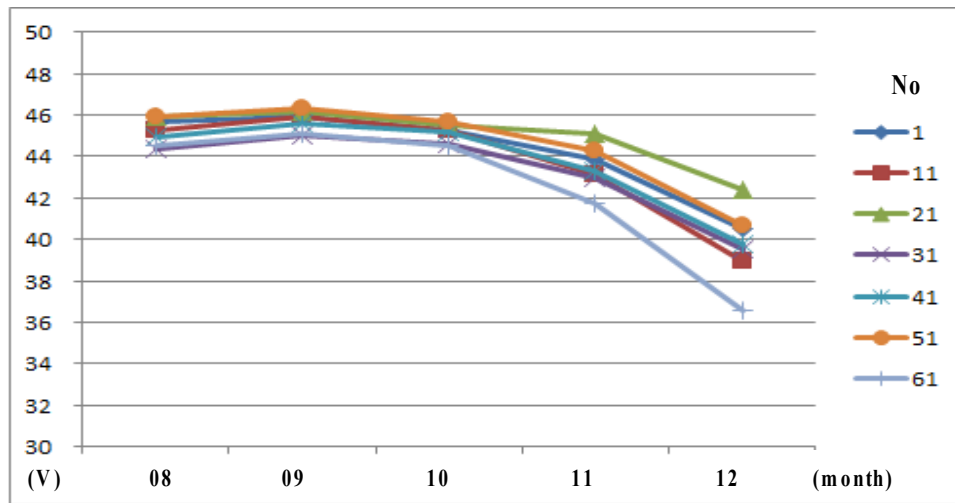


Figure 14. Power analysis of Solar cell at Janghang IC

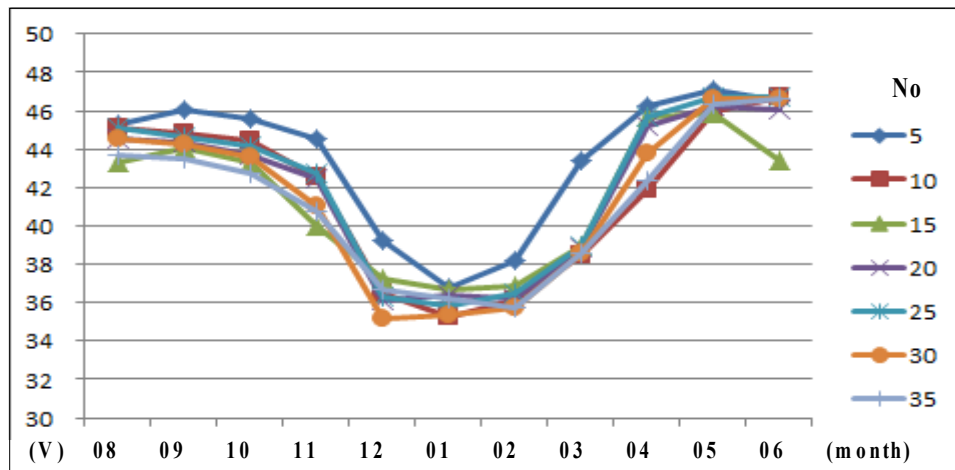


Figure 15. Power analysis of Solar cell at Byun-San peninsula

IV. 결론

본 연구는 도로시설물을 체계적으로 유지 관리하여 도로 주행 시 위험구간에 대하여 도로 안전표시등을 설치하고, 이를 상시 모니터링하여 교통사고를 예방할 수 있는 원격모니터링시스템을 개발함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

원격모니터링시스템은 안전표시등의 설치 종류 및 지역, 상태, 수량 등 운용 상태를 실시간으로 모니터링 화면을 통해 중계되도록 함으로써 효율적인 유지 관리를 할 수 있었다.

안전표시등의 배터리 상태를 분석한 결과 겨울철에 소비전력이 20% 이상 떨어지는 것으로 나타났고,

솔라셀의 성능을 분석한 결과 장항 IC 지역은 8월~10월까지 4.5V~4.6V로 운영되다가 겨울철에 4.2V로 떨어졌고, 변산반도는 8월~10월까지, 4월~6월까지는 4.4V~4.6V로 운용되다가 12월~2월에 3.6V로 떨어져 겨울철에 약 10%~20% 범위에서 성능이 떨어지는 것으로 분석되었다.

이와 같이 안전표시등의 솔라셀 및 배터리의 운영 상태를 원격모니터링시스템에 구축된 DB를 이용하여 분석한 결과 추운 겨울철의 일기로 배터리 성능이 떨어져 배터리 및 솔라셀의 성능을 높여 설치된 안전표시등이 불시에 정지되는 것을 예방하거나, LED의 전력소비를 줄이거나 발전용량을 높여야 하는 것으로 분석되었다.

안전표시등을 효율적으로 관리하기 위하여 장기간 축적된 빅데이터를 기반으로 계절적 요인이 반영된다면 수명 예측 및 주기를 분석할 수 있어 유지보수 계획 및 예산 수립에 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 이종호의 충북대학교 박사학위논문(2016)을 보완하여 재구성한 것이며, 본 연구는 2019 학년도 충북대학교 학술연구지원사업에 의하여 연구되었음.

References

Jin, Heui Chae, Jong Ho Lee, and Seok Keon Choi. 2012. Effects of Wireless Controlled In-pavement Flashing Light System at Pedestrian Crosswalk. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*. 20(3): 109-115.

Jung, Jin Wook and Sun Yi Jung. 2012. *Wireless Communications & Networks*. Seoul: Hongrung Pubulshing Company. 2-5.

Kannel, Edward J. and William Jansen. 2004. In-pavement Pedestrian Flasher Evaluation: Cedar Rapids, Iowa. Iowa State University. CTRE Project. 3-145.

Korea Expressway Corporation. 2009. *Road Design Outline*. 6: 9-177.

Lee, Hyun Jik, Dae Sung Koo, and Ji Ho Ru. 2005. Development of Road Management System Introducing Concept of Location Based Service. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*. 13(2): 21-28.

Lee, Jong Ho, Kyou Jeon Kim, Ju Weon Choi, Won Tea Ahn, Seung Ki Lee, and Seok Keun Choi. 2015. Development

of Monitoring System for Real Rime Maintenance of Road Beacon Light. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*. 23(3): 69-75.

Lee, Jong Ho. 2016. Development of Remote Monitoring System for Real-time Maintenance of Road Facilities. Master's Thesis. Chungbuk National University.

National Police Agency. 2011. *Manual of Traffic Safety Facilities*. National Police Agency. 2015. Traffic Accident Statistics.

Panos, D. Prevedouros. 2001. Evaluation of In-pavement Flashing Lights on a Six-lane Arterial Pedestrian Crossing. *Proceedings of the 71st Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers*. 14-16.

Korean References Translated from the English

경찰청. 2011. *교통안전시설 실무 편람*.

경찰청. 2015. *2014년 교통사고통계*.

이종호, 김규전, 최주원, 안원태, 이승기, 최석근. 2015. 도로 표시등 실시간 유지관리를 위한 모니터링시스템 개발. *한국지형공간정보학회*. 23(3): 69-75.

이종호. 2016. 도로 시설물 실시간 유지관리를 위한 원격모니터링시스템 개발. 박사학위논문. 충북대학교.

이현직, 구대성, 유지호. 2005. LBS 개념을 도입한 도로시설물유지관리시스템 개발. *한국지형공간정보학회*. 13(2): 21-28.

정진욱, 정선이. 2011. *무선통신개론*. 서울: 홍릉과학출판사. 2-5.

진희채, 이종호, 최석근. 2012. 횡단보도에서 무선제어가 가능한 도로표지병 도입효과. *한국지형공간정보학회지*. 20(3): 109-115.

한국도로공사. 2009. *도로설계편람*. 6: 9-177.

Received: Dec. 19, 2019 / Revised: Jan. 28, 2020 / Accepted: Jan. 28, 2020

도로 안전표시등 원격 모니터링시스템의 효용성 분석

국문초록 도로 주행에서는 기하구조나, 일기, 야간 등 여러 가지 조건에 따라 교통사고가 빈번히 발생된다. 본 연구는 교통사고가 빈번히 발생하는 위험구간에 안전표시등을 설치하고, 이를 상시 모니터링하여 자동 제어할 수 있는 원격모니터링시스템을 개발하였다. 시스템은 윈도우 기반으로 무선통신과 연결하여 운용하고, 지역제어기와 도로교통 안전표시등을 원격 제어하여 실시간 중계되도록 GIS 기법을 적용하여 개발함으로써 시스템 운용상태를 분석하였다. 현장에 설치된 안전표시등의 배터리와 솔라셀의 운용상태를 분석한 결과 평상시는 잘 운용되다가 겨울철에는 낮은 기온으로 10~20%의 성능이 저하되는 것으로 나타나 발전용량을 늘리거나 전력소비를 줄여 운용해야 하는 것으로 분석되었다.

주제어 : 교통사고, 안전표시등, 원격모니터링시스템, GIS, 지역제어기

Profiles **Jong Ho Lee** : He received his Ph.D. from Chungbuk National University, Korean in 2016. His interesting subject and area of research is road design. He is a division chief of Kangwon Regional Headquarter Division of Engineering at Korea Expressway Corporation(leejh@ex.co.kr).

Seok Keun Choi : He received his Ph.D. from Chungbuk National University, Korea in 1992. His interesting subject and area of research is GIS and image analysis. He is an professor of Department of Civil Engineering at Chungbuk National University(skchoi@cbnu.ac.kr).

