

인프라 독립형 가변안내표지판의 효율적 전력 운영 방안 연구

A Study of Effective Power Management for Infrafree Variable Message Sign

임 세 미*	이 지 훈**	박 준 석***	김 병 종****	김 원 규*****	손 승 녀*****
(Se-Mi Lim)	(Ji-Hoon Lee)	(Jun-Seok Park)	(Byung-Jong Kim)	(Won-Kyu Kim)	(Seung-Neo Son)

요 약

지능형교통정보시스템(ITS) 정책의 일환으로 가변안내표지판의 보급이 확대되었음에도 불구하고 여러 가지 문제점들이 나타나게 되었으며 그 중 하나가 지역별 교통 정보 제공의 불평등 및 비효율성 문제이다. 본 논문에서는 전력선 및 통신선 구축이 어려운 인프라 취약 지역에서도 도로상황 및 기상상태 등의 교통정보 제공을 위해 인프라 독립형 가변안내표지판을 제안하였다. 인프라 독립형 가변안내표지판은 인프라 취약지역에서 운영되므로 그 특성상 시스템 구성, 운영 방안 등에서 일반형 가변안내표지판과는 차별성을 가지므로 그 특성을 분석하여 나타내었다. 또한 태양광 발전으로 획득된 한정된 전력을 효율적으로 운영하기 위하여 이를 고려한 배터리 체결구조와 가변안내표지판의 표출 메시지에 따른 전력 운용 방안을 제안하였다. 향후 본 연구의 결과를 토대로 인프라 독립형 가변안내표지판뿐만 아니라 병렬 구조의 배터리가 사용되는 다양한 용도의 어플리케이션의 전력 제어에 적용 가능할 것으로 예상된다.

Abstract

Although the demand of Variable Message Sign(VMS) has become pervasive in fulfilling the ITS policy, there are still several unsolved problematic issues. The most critical ones of them are inequality and inefficiency of providing traffic information. This paper proposes the Infra-free Variable Message Sign in order to provide useful informations such as road condition, weather, and traffic of the area, where constructing the infrastructure of communication and power supply is relatively very hard. First of all, the characteristics of infra-free Variable Message Sign are studied and analyzed in deep because of differences between normal Variable Message Sign and Infra-free Variable Message Sign in the configuration and the operating method due to the nature of the Infra-free Variable Message Sign. Furthermore, for effective power management of operating Infra-free Variable Message Sign with limited power acquired through stand-alone PV system, new battery connection structure and dynamically variable power managements for the differently shown messages on Variable Message Sign are proposed. The proposed structure in this paper can be applied to not only power management for Infra-free Variable Message Sign but also power management for the various applications using parallel connection battery system.

Key words : Stand-alone PV system, Infrafree VMS(Variable Message Sign), VMS(Variable Message Sign), BMS(Battery Management System), Power Management

† 본 연구는 국토해양부의 교통체계효율화사업(과제번호, 10교통체계-지능 03) 일환으로 수행되었습니다.

* 주저자 : 국민대학교 전자공학과 석사과정

** 공저자 : 국민대학교 전자공학과 학사과정

*** 공저자 및 교신저자 : 국민대학교 전자공학과 교수

**** 공저자 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 연구교수

***** 공저자 : 한국항공대학교 항공교통물류학과 교수

***** 공저자 : 한국지능형교통체계협회 연구기획부 차장

† 논문접수일 : 2011년 8월 17일

† 논문심사일 : 2011년 10월 13일

† 게재확정일 : 2011년 10월 18일

I. 서론

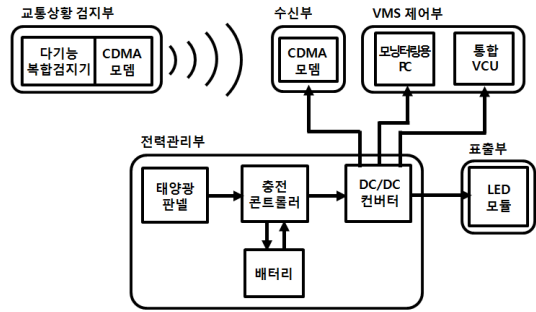
도로에서 발생하는 다양한 교통 상황은 불특정 지점 및 구간에서 발생되므로 도로상에서 실시간 정보 제공이 이루어져야한다. 따라서 도로 상의 주요 지점에 설치되어 운전자의 경로 변경에 대한 실시간 의사 결정을 지원하는 매체인 가변안내표지판의 역할이 매우 중요하다[1, 2]. 하지만 도시 외곽 및 산악 지역의 경우 전력망 및 통신망의 구축이 어려워 가변안내표지판의 설치에 제약이 발생된다. 따라서 인프라 취약 지역에서도 도로상황 및 기상상태 정보를 제공하기 위한 방안 마련이 요구되고 있다. 실제로 과도한 전기 공사 비용 발생으로 인해 가변안내표지판의 설치를 포기하는 지점을 최소 1km 이상 정도라고 가정하였을 때, 1km 정도 구간에 전기 공사를 하기 위해서는 공사 거리와 전기 공사 방법에 따라 최소 3,000만원에서 수억 원 이상이 소요된다. 이와 같은 문제로 인해 열악한 도로 환경 때문에 실시간 교통 정보의 제공이 시급함에도 불구하고 가변안내표지판의 설치가 원활히 이루어지지 않는 경우가 있다.

인프라가 구축되지 않은 지역에서 가변안내표지판을 운영 시 최우선적인 고려 사항 중 하나가 전력 운용이다. 따라서 본 논문에서는 이에 대한 방안으로써 유선 전력망 및 통신망으로부터 독립적으로 설치 및 운영 가능한 태양광 발전 시스템 기반의 인프라 독립형 가변안내표지판을 제안하였다. 또한 인프라 독립형 가변안내표지판의 한정적 전력을 효율적으로 운영하기 위한 전력 운영 방안을 제안하였다.

II. 인프라 독립형 가변안내표지판

1. 인프라 독립형 가변안내표지판 시스템

인프라 독립형 가변안내표지판은 결빙, 안개 등으로 인해 사고가 빈번하지만 사고 예방을 위한 사전 정보 제공이 어려운 도시 외곽 및 산악 지역에서 도로상황 정보를 제공하기 위해 설치한다. 인프라

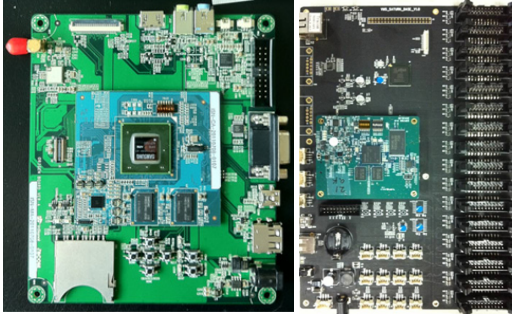


<그림 1> 인프라 독립형 가변안내표지판의 시스템 블록도
<Fig. 1> The system block diagram of Infrafree Variable Message Sign

라 독립형 가변안내표지판은 전력망 및 통신망이 설치되지 않은 인프라 취약지역에서 운영되므로 그 특성상 시스템 구성, 운영 방안 등에서 일반형 가변안내표지판과는 차별성을 갖는다.

<그림 1>은 인프라 독립형 가변안내표지판의 시스템 블록도이다. 태양광 패널에서 발전된 전력이 충전 컨트롤러를 통해 배터리에 축적되며, 배터리에 축적된 전력을 DC/DC 컨버터를 통해 각 구성품의 해당 입력 전압으로 변환시켜 CDMA 모델, 통합 VCU(Variable Message Sign Control Unit), 모니터링용 PC 등에 전력을 공급하는 방식으로 인프라 독립형 가변안내표지판을 구동시킨다.

인프라 독립형 가변안내표지판은 태양광 발전을 통해 전력을 공급받으며, 다기능 복합검지기로부터 검지된 정보를 CDMA로 수신 받아 이를 가공하여 메시지를 표출한다. 또한 인프라 독립형 가변안내표지판은 표출부가 상시 운영되는 것이 아니라 복합검지기로부터 수신 받은 정보가 결빙, 폭우 등 운전자에게 제공할 수 있는 교통적 의미가 있는 정보일 경우에만 표출된다. 그리고 인프라 독립형 가변안내표지판에는 가변안내표지판의 상태를 모니터링 및 제어를 하기 위한 PC 대응 저전력 임베디드 보드와 LED 모듈의 동작을 제어하는 통합 VCU가 포함되는데, 이는 일반적인 가변안내표지판에 사용되는 산업용 PC의 경우 시간당 최대 400Wh를 소모하므로 가변안내표지판의 전력 소모량을 최소화하고 PC의 역할을 수행하도록 제작하였다.



〈그림 2〉 PC 대응 저전력 임베디드 보드 및 통합 VCU 보드
 〈Fig. 2〉 The low power consumption imbedded board and VCU board for replacing PC

황의 교통정보가 아닌 주의나 경고 메시지를 간결하게 표출한다[4]. 따라서 인프라 독립형 가변안내표지판의 합체 외관 규격은 표출 정보 문구의 길이와 태양광 판넬의 발전량 등을 복합적으로 고려하여 2단 6열로 정하였다. 인프라 독립형 가변안내표지판의 표출부는 동영상이나 도형식이 아닌 문자식으로 정보를 표출하며 저전력으로 운용해야하므로 전력소모가 많은 고해상도의 표출부를 필요로 하지 않는다. 따라서 LED 모듈은 16X16 300mm SMD LED 모듈을 사용한다.

2. 인프라 독립형 가변안내표지판 소모 전력 분석

인프라 독립형 가변안내표지판은 통합 VCU, 모니터링용 PC, LED 모듈, CDMA 모듈, 충전 컨트롤러 등으로 구성된다. 인프라 독립형 가변안내표지판 시스템의 소모 전력을 분석하기 위하여 멀티미터로 각 구성품의 시간당 소모 전력을 측정하여 1일 소모 전력을 분석하였다.

인프라 독립형 가변안내표지판의 동작 시간을 1일 최대 8시간 연속 동작으로 가정하였으므로 LED 모듈은 1일 최대 8시간동안 동작한다. 하지만 가변안내표지판 시스템 전체를 컨트롤하는 통합 VCU와 주기적으로 교통정보를 수신해야 하는 CDMA 모듈,



〈그림 3〉 태양광 판넬의 설치 사진
 〈Fig. 3〉 An installed solar panel picture

가변안내표지판의 태양광 판넬은 미관을 고려하여 <그림 3>과 같이 가변안내표지판의 합체보다 작은 크기로 합체의 후면에 장착된다. 따라서 합체의 길이는 태양광 판넬의 길이와 연관되며 이는 즉, 발전 용량과 연관됨을 알 수 있다. 또한 태양광 판넬이 최적의 발전을 할 수 있도록 그림자가 지지 않는 위치에 정남향으로 설치 각도는 지상과 약 30°~45°가 되도록 설치한다[3].

또한 인프라 독립형 가변안내표지판은 일반적인 가변안내표지판과 같이 공공 안내 문구나 정상 상

〈표 1〉 인프라 독립형 가변안내표지판 소모 전력
 〈Table 1〉 The power consumption of Infrafree Variable Message Sign

품명	시간당 소모전력	1일 소모전력
통합 VCU	10.0Wh	240.0Wh
모니터링용 PC	4.5Wh	4.5Wh
LED 모듈	202.9Wh	1,623.6Wh
CDMA 모듈	0.05Wh	1.2Wh
충전 컨트롤러	2.7Wh	64.8Wh
합계	220.2Wh	1,934.1Wh

배터리의 충·방전을 모니터링하고 제어해야하는 충전 컨트롤러는 1일 최대 24시간동안 동작하게 된다. 또한 모니터링용 PC는 관리자가 가변안내표지판의 유지관리를 할 경우에만 사용하므로 최대 1일 1시간동안 동작하는 것으로 가정하였다. 따라서 인프라 독립형 가변안내표지판의 1일 예상 소모 전력은 <표 1>과 같이 1,934.1Wh로 분석되었다.

3. 인프라 독립형 가변안내표지판용 독립형 태양광 발전 시스템

인프라 독립형 가변안내표지판의 합체 크기와 태양광 패널의 발전 용량 등을 고려하여 인프라 독립형 가변안내표지판에 적합한 독립형 태양광 발전 시스템의 규격을 제안하였다.

인프라 독립형 가변안내표지판의 표출부가 2단 6열이므로 합체의 외관 규격은 1,400 X 3,800mm가 된다. 태양광 패널은 가변안내표지판의 합체 후면에 장착되므로 길이가 3,800mm미만이 되어야 한다. 따라서 태양광 패널의 크기와 인프라 독립형 가변안내표지판의 소모 전력을 고려하여 정격출력 100Wp, 단위크기 800 X 1,215 X 35mm인 태양광 패널 6개를 2 X 3 배열, 병렬 연결하여 사용한다.

$$\frac{\text{태양광패널의 실제 일일 발전량}[Wh]}{\text{패널정격출력}[Wp]} = \frac{\text{태양광패널의 실제 일일 발전량}[Wh]}{\text{패널정격출력}[Wp]} \times \text{패널갯수} \times \text{일조시간}[Hour] \quad (1)$$

태양광 패널의 발전 손실은 115%이며 일조 시간은 한국의 평균 일조 시간인 4시간으로 계산한다[5, 6]. 수식 (1)을 이용하여 계산한 태양광 패널의 실제 일일 발전량은 2,087.0Wh이다.

$$\text{배터리용량}[Ah] = \frac{\text{1일소모전력}[Wh]}{\text{배터리전압}[V]} \times \text{부조일수} \times \text{배터리손실} \quad (2)$$

발전 용량에 따른 필요 배터리 용량은 수식 (2)를 통해 산정한다. 배터리 손실은 125%이며 1일 발전량을 1일 소모 전력으로 가정하고, 배터리 전압은 12V로 정하였다. 부조일수는 하루 종일 태양이

비치지 않는 날의 수를 의미하며 본 연구에서는 5일로 계산하였다. 수식 (2)를 이용하여 태양광 발전 용량 대비 필요 배터리 용량이 1,087.0Ah임을 확인하였다. 따라서 12V/200Ah 용량의 배터리를 사용할 경우 6개의 배터리가 필요하며 병렬연결 형태로 사용한다.

배터리의 과충전, 과방전을 방지해주고 효율적인 충전을 제어해주는 충전 컨트롤러는 태양광 패널의 입력 전류와 사용하는 부하의 출력 전류 중 더 큰 전류에 맞추어 선정한다. 태양광 패널의 최대 입력 전류가 38.70A이고 부하의 출력 전류, 즉 소비 전류가 6.54A이므로 입출력 허용 전류가 45A인 충전 컨트롤러를 선정하였다. 또한 태양광 패널의 동작 전압 부정합에 의한 출력 저하를 감소시키기 위하여 MPPT(Maximum Power Point Tracking) 방식의 충전 컨트롤러를 선정하였다.

<표 2>에 인프라 독립형 가변안내표지판용 독립형 태양광 발전 시스템의 구성 항목을 선정한 결과를 요약하여 나타내었다.

<표 2> 인프라 독립형 가변안내표지판용 독립형 태양광 발전 시스템 규격
(Table 2) The system specifications of Stand Alone PV system for Infracree Variable Message Sign

시스템 항목	규격
태양광 패널	<ul style="list-style-type: none"> - 최대 출력 100Wp x 6대 - 1일 발전 용량 2,086.96Wh - 동작 온도 -40°C to 45°C - 단위 크기 1215x800x35 - 단위 무게 11kg
배터리	<ul style="list-style-type: none"> - 배터리 용량 12V/200Ah x 6대 - 동작 온도 -40°C to 45°C - 단위 크기 410x177x225 - 무게 37.6kg
충전 컨트롤러	<ul style="list-style-type: none"> - 입출력 허용 전류 45A - 동작 방식 : MPPT - 동작 온도 -40°C to 45°C - 단위 크기 260x127x71 - 단위 무게 1.6kg

Ⅲ. 전력 관리 시스템

1. 배터리 체결 구조

인프라 독립형 가변안내표지판용 독립형 태양광 발전 시스템의 성능을 검증하고, 시범 운영의 결과를 분석하여 효율적 전력 관리 시스템 개발을 하기 위하여 인프라 독립형 가변안내표지판 시범 합체를 제작하였다. <그림 4>는 인프라 독립형 가변안내표지판 시범 합체의 운영 사진이다.

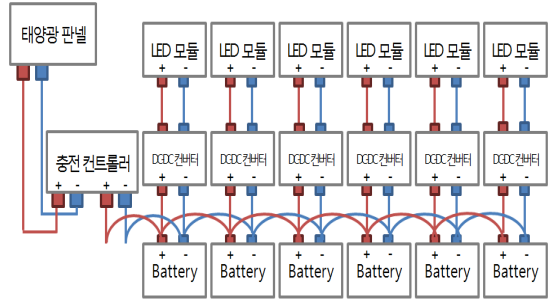
시범 합체는 인프라 독립형 가변안내표지판의 구성품 중 전력 소비량이 가장 큰 LED 모듈을 배터리에 축적된 전력으로 구동시킨다. 또한 실험을 용이하게 하기 위하여 강관주에 고정되어있는 형태가 아닌 자립형으로 제작하여 합체 하부 공간에 충전 컨트롤러, 배터리 등을 설치하였다.

인프라 독립형 가변안내표지판 운용 시 정확한 소모 전력 분석을 통해 적합한 전력 시스템 규격을 선정하는 것도 중요하지만, 태양광 발전을 통해 획득할 수 있는 전력이 제한되어있으므로 한정된 전력을 효율적으로 관리하는 것이 매우 중요하다. 배터리는 충전과 방전을 반복하는 횟수와 방전 심도에 따라 수명이 크게 차이가 나므로 매일 충전과 방전을 반복하는 태양광 발전의 경우 특히나 전력 관리가 중요하며[7, 8], 전력 관리를 해주어야만 전체 시스템을 안전하게 오랜 기간 사용할 수 있다.



<그림 4> 인프라 독립형 가변안내표지판 시범 합체운영 사진

<Fig. 4> A pilot Infrafree Variable Message Sign picture

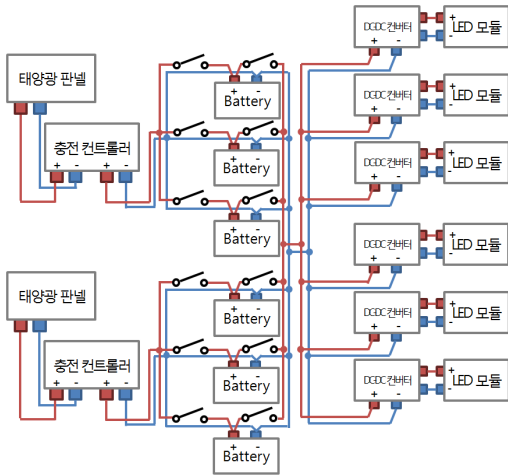


<그림 5> 전력 관리를 고려하지 않은 인프라 독립형 가변안내표지판 배터리 체결구조

<Fig. 5> The battery connection of Infrafree Variable Message Sign without considering the power management

<그림 5>는 전력 관리를 고려하지 않은 인프라 독립형 가변안내표지판 테스트합체의 배터리 체결 구조 그림이다. 태양광 패널을 통해 태양광 에너지가 전기 에너지로 변환되고 충전 컨트롤러를 거쳐 배터리에 축적되는 구조이다. 모든 배터리가 병렬로 연결되어 있으며 1개의 배터리마다 DC-DC 컨버터로 12V의 배터리 전압을 5V로 변환하여 8개의 LED Cell이 동작하게 된다. <그림 5>의 구조는 체결 구조가 간결하며, 회로 상으로 배터리가 병렬로 연결되어있어 모든 배터리의 전압이 같을 것으로 예상할 수 있다. 하지만 실제 연결을 하였을 때 배터리가 태양광 패널의 발전 전력을 따라가 충전 컨트롤러에 인접한 배터리일수록 배터리 전압이 높아져 배터리가 병렬로 연결되었음에도 불구하고 연결된 배터리의 전압 레벨이 모두 달라진다는 문제점이 있다. 또한 표출되는 메시지의 문구와 색상에 따라 각 LED Cell에서 소모되는 전력이 모두 다르므로 연결되어있는 LED Cell에 따라 배터리의 소모 전력이 제각각이 되어 장기적으로는 특정 배터리의 성능 저하 및 수명 저하가 유발된다는 문제점이 있다. 따라서 위의 문제점을 개선하기 위하여 <그림 6>와 같은 배터리 체결 구조를 제안하였다.

<그림 6>의 배터리 체결 구조는 태양광 패널을 통해 태양광 에너지가 전기 에너지로 변환되고 충전 컨트롤러를 거쳐 배터리에 축적된다는 개념은 <그림 5>와 같다. 하지만 태양광 패널에서 변환된



〈그림 6〉 전력 관리를 고려하지 않은 인프라 독립형 가변안내표지판 배터리 체결구조
 〈Fig. 6〉 The battery connection of Infrafree Variable Message Sign with considering the power management

전기 에너지가 길이가 동일한 6개의 전선을 통하여 각 배터리에 균일하게 충전되며, 방전 시에도 배터리로부터 길이가 동일한 6개의 전선이 하나의 전선으로 모인 후 다시 6개의 전선을 통해 LED 모듈로 공급된다. 또한 태양광 패널의 개수가 총 6개로 전력 발전량은 이전과 변함없지만 충전 컨트롤러를 2개 사용하고 충전되는 전선과 방전되는 전선에 스위치를 연결해줌으로써 배터리가 충·방전 동시, 충전만 진행, 방전만 진행되도록 배터리의 상태를 제어할 수 있다는 특징이 있다. 충전 컨트롤러를 1개만 사용할 경우에는 배터리의 병렬연결 특성으로 인하여 충전 전선과 방전 전선을 분리시킨 형태로 배터리의 체결 구조를 구성하더라도 충전과 방전이 분리되지 않으며, 배터리의 제어도 충전만 하는 그룹과 방전만 하는 그룹으로 밖에 분리할 수밖에 없으므로 이를 극복하고 충전 및 방전을 자유롭게 제어해 주기 위하여 충전 컨트롤러를 2개 사용한다.

2. 전력 운영 방안

태양광 발전을 기반으로 전력을 운영하는 시스템

템은 일조시간 등 환경에 많은 영향을 받고 활용 가능한 전력이 한정적이므로 제한된 전력의 효율적 분배와 운용이 중요하다. 더욱이 인프라 독립형 가변안내표지판은 지속적, 또는 주기적으로 일정한 전력을 소모하는 것이 아니라 환경적 이벤트가 발생할 경우에만 표출부가 동작하는 방식이므로 효율적 전력 배분의 중요성이 더욱 강조된다.

〈표 3〉 제공 메시지셋 별 LED 모듈부 시간당 소모 전력 (Table 3) The power consumption of LED Module according to offering Message SET

제공 메시지셋	사용 LED 개수	LED 모듈부 시간당 소모 전력	
메시지 1	전방 2km 안개	Y:783 R:392	73.67Wh
메시지 2	전방 2km 짙은안개주의	Y:783 R:1230	118.55Wh
메시지 3	전방 2km 짙은안개위험	Y:783 R:1331	123.96Wh
메시지 4	전방 2km 비	Y:783 R:225	64.76Wh
메시지 5	전방 2km 강우주의	Y:783 R:801	95.61Wh
메시지 6	전방 2km 폭우위험	Y:783 R:909	101.37Wh
메시지 7	전방 2km 노면결빙	Y:783 R:816	96.43Wh
메시지 8	전방 2km 눈	Y:783 R:175	62.02Wh
메시지 9	전방 2km 강설주의	Y:783 R:788	94.86Wh
메시지 10	전방 2km 폭설위험	Y:783 R:950	103.60Wh
메시지 11	전방 2km 강풍주의	Y:783 R:887	100.20Wh
메시지 12	전방 2km 강풍위험	Y:783 R:988	105.62Wh
메시지 13	전방 2km 강풍통행금지	Y:783 R:1477	131.84Wh

따라서 본 논문에서는 인프라 독립형 가변안내표지판에서 제공하는 메시지셋에 해당되는 환경 조건과 전력소모량을 고려하여 최적의 배터리 사용 개수를 제안하였다. 먼저 <표 3>에 인프라 독립형 가변안내표지판에서 제공하는 메시지셋과 메시지셋 별 사용 LED의 개수, LED 모듈부의 시간당 전력 소모량을 제시하였다. LED에서 표출되는 색상별로 LED의 전력 소모량이 다르므로 표출 메시지별 사용되는 LED의 색상과 개수로 LED 모듈부의 시간당 전력 소모량을 계산하였다.

또한 기상청에서 발간한 기상연보를 참고하여 2007년 7월부터 2010년 6월까지 3년 동안 서울의 기상 정보를 정리하여 해당 메시지별로 표출부가 운영되어야 하는 평균 최장 시간을 분석하였다[9-12].

<표 4> 제공 메시지 종류 별 필요 배터리 개수
(Table 4) The number of battery needed according to offering Message SET

메시지 종류	기상 요소	평균 최장 지속 기간 (2007년7월-2010년6월)	필요 배터리 개수
메시지 1	안개	3.99시간	0.18개
메시지 2			0.27개
메시지 3			0.29개
메시지 4	강수	62.67 시간	2.53개
메시지 5			3.54개
메시지 6			3.73개
메시지 7	결빙	44.33일	최대사용 개수
메시지 8	강우	2.67일	2.81개
메시지 9			4.04개
메시지 10			4.37개
메시지 11	강풍 (10m/s 이상)	0시간	최소사용 개수
메시지 12			최소사용 개수
메시지 13			최소사용 개수

또한 이를 고려하여 표출 메시지셋 별 필요 배터리 개수를 계산하였으며 그 결과를 <표 4>에 나타내었다. 제공 메시지셋 별로 LED의 표출 색상 및 개수를 분석하여 LED 및 인프라 독립형 가변안내표지판 구성 부품의 시간당 소모 전력을 분석하고 각 기상 요소별 평균 최장 지속 기간을 분석하여 각 제공 메시지별로 평균 최장 지속기간 동안 메시지를 제공하기 위해 필요 배터리 개수를 산정하였다.

월별 안개 지속시간의 3년 평균값은 3.99시간이었으며 월별 강수 계속시간의 3년 평균값은 62.67시간이었다. 그리고 결빙의 최장 지속일수의 3년 평균값은 44.33일, 강우의 최장 지속일수의 3년 평균값은 2.67일이었다. 또한 3년간의 시간별 평균 풍속을 분석한 결과, 지난 3년 동안 측정된 시간당 풍속이 제공 메시지셋의 표출 기준인 10m/s 이상을 넘은 적이 단 한번도 존재하지 않았으므로 평균 최장 지속 기간이 0시간으로 측정되었으며, 즉 강풍의 경우 지속시간이 1시간을 넘지 않음을 분석하였다. 따라서 평균 최장 지속 기간을 인프라 독립형 가변안내표지판의 표출 시간으로 하여 메시지 표출 시간 동안의 소모 전력을 계산하고 필요 배터리 개수를 계산하였다. 특별히 메시지 7의 경우에는 3년 평균 결빙 최장 지속시간이 44.33일로써 인프라 독립형 가변안내표지판 시스템의 최장 운용일수인 부조일수 5일의 범위를 8배 이상 넘어서므로 운용 가능한 모든 배터리를 사용하는 것으로 하고, 메시지 11, 12, 13의 경우 강풍의 지속시간이 1시간이 넘지 않으므로 사용 가능한 최소의 배터리만 사용하는 것으로 한다.

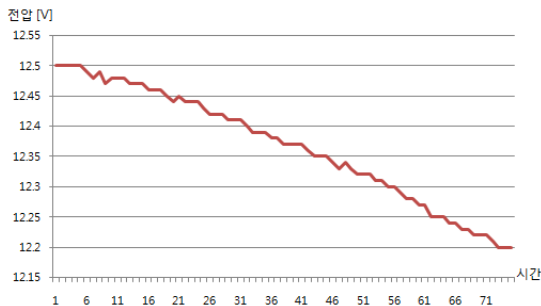
표출 메시지별 배터리 개수와 사용 가능한 최소 배터리 개수를 도출하기 위하여 <그림 7>과 같이 인프라 독립형 가변안내표지판 시범 합체를 운영하는 실험을 수행하였다. 휘도 성능이 7,000cd/m²인 LED를 총 15504개, 표출색은 노란색, LED on-off duty 100%로 12.50V에서 12.20V까지 0.3V 방전시키는 실험을 진행하였다. 먼저 1개의 배터리로 가변안내표지판 시범 합체를 동작시키는 실험을 진행하였다. 하지만 실험을 시작한 직후 배터리의 전압레벨이 12.03V가 되었고 22초 후에는 11.75V가 되어

배터리의 성능 저하가 우려되어 실험을 중단하였다. 이는 배터리 1개로 가변안내표지판을 동작시킬 경우 전압원의 내부저항이 커져 전압분배로 인해 LED에서 활용 가능한 전압의 범위가 좁아지기 때문으로 분석되었다. 다음으로는 동일한 조건에서 2개의 배터리로 가변안내표지판 시범 합체를 동작시키는 실험을 수행하였다. <그림 8>은 실험 결과를 나타낸 그림이다.

실험 결과 가변안내표지판 시범 합체는 시간당 약 1kW의 전력을 소모하였으며 배터리가 12.50V에서 12.20V까지 도달하기까지 약 75분정도가 소요되었다. 실제 인프라 독립형 가변안내표지판 운영 시 조도가 매우 높은 낮을 제외하고는 LED on-off duty를 100%로 표출하지 않으며 메시지 표출 시 총 LED의 25% 정도만 사용된다는 점에서 배터리 2개가 0.30V 소모되는 동안 최소 14시간 이상 연속하여 안정적으로 메시지를 표출할 수 있음을 예상할 수 있다. 이는 일시적인 환경적 이벤트가 발생할 경우 충분히 대응 가능한 전력량으로 분석된다.



<그림 7> 인프라 독립형 가변안내표지판 시범 합체 실험
<Fig. 7> The test of pilot Infracree Variable Message Sign



<그림 8> 2개의 배터리를 사용한 인프라 독립형 가변안내표지판 동작 실험 결과
<Fig. 8> The operation result of Infracree Variable Message Sign using two battery

<표 5> 제공 메시지 종류 별 최적 사용 배터리 개수
(Table) The number of optimum battery according to offering Message SET

메시지 종류	사용 배터리 개수
메시지 1	2개
메시지 2	2개
메시지 3	2개
메시지 4	3개
메시지 5	4개
메시지 6	4개
메시지 7	6개
메시지 8	3개
메시지 9	5개
메시지 10	5개
메시지 11	2개
메시지 12	2개
메시지 13	2개

실험 결과를 반영하여 인프라 독립형 가변안내표지판 제공 메시지 종류별 최적의 사용 배터리 개수를 도출하여 <표 5>에 나타내었다. 표출되는 메시지에 따라 도출된 배터리의 개수로 가변안내표지판을 운용시키며, 본 논문에서 앞서 제안하였던 배터리 체결 구조의 스위치를 통하여 발전된 전력이 최대한으로 배터리에 축적되도록 두 충전 컨트롤러 모두 적어도 하나의 충전 스위치를 켜고, 전압 레벨이 낮은 배터리가 충전이 되도록 제어해준다.

IV. 결 론

본 논문에서는 인프라 취약 지역에서 교통정보 제공을 위해 인프라 독립형 가변안내표지판을 제안하였으며, 일반형 가변안내표지판과는 차별성을 갖는 인프라 독립형 가변안내표지판의 시스템 구성과 운영방안에 대해 나타내었다. 또한 태양광 발전으로 획득된 한정된 전력을 효율적으로 운영하기 위해 배터리 체결구조와 제공 메시지 별 최적 사용 배터리 개수를 제안하였다.

향후 본 연구의 결과를 토대로 여러 가지 환경 정보가 복합적으로 발생하였을 경우의 표출 우선순위 알고리즘과, 현재의 배터리 상태-현재 기상 상태-내일의 기상 예보를 통합적으로 고려한 BDMMS (Battery Dependent Message Management System)를 추가 연구함으로써 전력 운용의 효율을 더욱 개선시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 이를 통하여 인프라 독립형 가변안내표지판뿐만 아니라 병렬 구조의 배터리가 사용되는 다양한 용도의 어플리케이션의 전력 제어에 활용 가능할 것으로 기대된다.

또한 인프라 독립형 가변안내표지판의 운용 조건뿐 아니라 배터리의 SOC(State of Charge) 및 수명을 복합적으로 고려한 전력제어 연구가 진행되어야 할 것이다. 그리고 이를 위해서는 배터리의 정확한 SOC를 추정하는 것이 중요하므로 온도, 사용 연한 등에 의해 동작 특성이 변화되는 배터리의 SOC를 정확하게 추정하기 위한 등가 모델 개발 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

[1] K. Chatterjee, N.B. Hounsell, P.E. Firmin and P.W. Bonsall, "Driver response to variable message sign information in London," *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 10, Issue 2, pp.149-169, April 2002..

[2] 정현영, 손수란, 이정호, "VMS(Variable Message Sign)를 통한 교통정보 제공이 운전자의 운행경로 전환에 미치는 영향," *대한토목학회논문집*, 제31권, 제2D호, pp.193-201, 2011년 3월.

[3] 조덕기, 강용혁, "PV시스템 설치를 위한 경사면 태양광에너지 분석에 관한 연구," *한국태양에너지학회 논문집*, vol. 27, no. 1, pp.11-17, 2007년 3월.

[4] 지식경제부, "태양광발전 용어 모음 2010년 최종판," 2010.

[5] 권오상, 서유진, 허창수, "독립형 태양광 조명 시스템의 설계 및 성능 평가 연구," *한국태양에너지학회 논문집*, vol. 24, no. 4, 2004.

[6] 국토해양부, "도로안전시설 설치 및 관리지침 제4편-6도로전광표지," 2009.

[7] Duryea, S., Islam, S., Lawranc and W., "A battery management system for stand-alone photovoltaic energy systems," *Industry Applications Magazine, IEEE*, vol. 7, Issue. 3, pp.67-72, Jun. 2001.

[8] P. Harnish and J. Garche, "The lead acid battery for solar applications," *Renewable Energy World*, pp.40-42, July 1998.

[9] 기상청, "기상연보," 2007.

[10] 기상청, "기상연보," 2008.

[11] 기상청, "기상연보," 2009.

[12] 기상청, "기상연보," 2010.

저자소개



임 세 미 (Lim, Se-Mi)

2010년 3월 ~ 현재 : 국민대학교 전자공학과 석사과정
 2006년 3월 ~ 2010년 2월 : 국민대학교 전자공학과 졸업



이 지 훈 (Lee, Ji-Hoon)

2006년 3월 ~ 현 재 : 국민대학교 전자공학과 학사과정



박 준 석 (Park, Jun-Seok)

2003년 2월 ~ 현 재 : 국민대학교 전자공학과 교수

1998년 3월 ~ 2003년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 조교수

1993년 3월 ~ 1996년 2월 : 국민대학교 전자공학과 졸업(공학박사)

1991년 3월 ~ 1993년 2월 : 국민대학교 전자공학과 졸업(공학석사)

1987년 3월 ~ 1991년 2월 : 국민대학교 전자공학과 졸업



김 병 중 (Kim, Byung-Jong)

1994년 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공교통물류법학부 교수

1993년 : 국토개발연구원 교통연구실 책임연구원

1993년 : Virginia Tech 토목공학과 교통공학전공(공학박사)

1990년 : Virginia Tech 토목공학과 교통공학전공(공학석사)

1982년 : 고려대학교 산업공학과 졸업



김 원 규 (Kim, Won-Kyu)

1999년 ~ 현 재 : 한국항공대학교 항공교통물류법학부 교수

1997년 ~ 1999년 : 한국교통연구원 책임연구원

1996년 : Virginia Tech 토목공학과 교통공학전공(Ph.d)

1990년 : 연세대학교 대학원 건축공학과 도시계획전공(공학석사)

1988년 : 연세대학교 건축공학과 졸업



손 승 녀 (Son, Seung-Neo)

2010년 5월 ~ 현 재 : 한국지능형교통체계협회 연구기획부 차장

2005년 9월 ~ 2010년 2월 : 명지대학교 교통공학과 졸업(공학박사)

2004년 1월 ~ 2005년 4월 : (주)경화엔지니어링 사원

2002년 3월 ~ 2004년 2월 : 명지대학교 교통공학과 졸업(공학석사)

1997년 2월 ~ 2002년 2월 : 명지대학교 교통공학과 졸업