

리튬 폴리머 전지를 이용한 태양광 LED 조명시스템

안인수*

The Photovoltaic LED Lighting System applying Lithium Polymer Batteries

In-soo Ahn*

요 약

에너지의 고갈을 대비하여 자연을 이용한 태양에너지에 대한 연구는 매우 중대하고 필연적인 과제이다. 이와 더불어 최근 우리나라는 저탄소 녹색성장에 있어 신성장 동력산업의 일환으로 저소비전력, 환경친화적인 조명기구로 LED(Light Emitting Diode)를 선정하여 연구 개발을 촉진하고 이를 활용한 다양한 새로운 산업이 창출되고 있다. 본 개발 내용은 리튬 이온 배터리의 뛰어난 성능을 가지며 폭발 위험성이 현저히 적은 리튬 폴리머 전지를 사용한 태양광 LED 조명시스템을 개발하였다. 태양광 패널은 100W 용량으로 제작하고, 전원공급시스템은 다양한 생활전기로 사용할 수 있도록 직류(DC) 및 교류(AC) 전원을 모두 갖추어 기능상의 편의를 고려하였다.

▶ Keywords : 태양전지, 솔라배터리, 리튬폴리머전지, 태양광패널, LED조명

Abstract

The research on solar energy that we get from nature to cope with energy exhaustion is a very significant and inevitable task for us to do. Along with this, lately, in Korea, as part of new growth engine industry regarding low-carbon green growth, we have selected the LED(Light Emitting Diode) as low power consuming, eco-friendly lighting equipment and have been facilitating research and development on it and creating a variety of new industries utilizing it. What was developed here in this research was the photovoltaic LED lighting system applying lithium polymer batteries equipped with the excellent performance of lithium ion batteries as well as significantly low explosive hazard. Its photovoltaic panel was made to have 100W capacity, and for its power supply system, functional convenience was considered so that it could be equipped with both DC and AC power to be used as household electricity in a variety of ways.

▶ Keywords : Solar Cell, Solar Battery, Li Polymer Battery, Photovoltaic Panel, LED Lighting

•제1저자 :안인수

•투고일 : 2013. 12. 12, 심사일 : 2014. 1. 17, 게재확정일 : 2014. 2. 8.

* 경인여자대학교 영상방송과(Dept. of Video Broadcasting, Kyung-In Women's University)

I. 서론

얼마 전 일본은 쓰나미, 지진 등의 천재지변과 원전 사고로 인해 전력 수급의 차질은 물론 신체적, 정신적, 경제적, 환경적 손실이 막대하였다. 이러한 피해를 원천적으로 막기 위해서는 위험요소가 적은 전력 생산과 공급을 위한 대체 방안의 연구가 절실히 필요하다. 특히, 우리나라는 에너지를 수입에 거의 의존하고 있으므로 에너지 수급을 위한 정책 마련과 대체에너지 개발이 더욱 요구되며, 현재 에너지 절약과 효율적인 이용을 위한 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

에너지 수급을 위한 원천으로 가장 먼저 고려하는 것이 태양에너지이다. 태양에너지는 대규모의 핵융합 반응을 일으켜 많은 에너지를 방출한다. 이 방출된 태양에너지로부터 전기를 생산하는 것은 가장 중요한 기술 중에 하나이다. 태양광이나 연료전지 등의 신재생 에너지 대부분이 직류 에너지원으로 전기를 발생한다. 태양에너지를 이용한 전기에너지를 생성하기 위해서는 시설 준비를 위한 투자비용이 많이 든다. 이에 실용화를 위한 초기 비용 절감과 태양전지의 효율성 증대, 태양광을 이용한 장치, 전력변환기술 등의 연구가 활발히 진행되고 있다[1]~[4].

본 연구에서는 적은 전력 소모와 유지보수 비용을 절감할 수 있도록 개발한 LED 조명을 사용한다. 제작한 LED 조명을 리튬 폴리머 전지를 채용한 태양광 전원공급모듈과 구성하여 태양광 LED 조명시스템을 개발하였다.

II. 국내·외 관련 기술의 현황

1. 태양광전원공급시스템

태양광전원공급시스템은 태양광 발전을 연계형과 독립형으로 주로 구분한다. 독립형의 경우는 등대, 가로등, 인공위성 등에 주로 적용되는데 이것은 태양전지 어레이에서 발전된 전력을 충전전 제어장치를 사용하여 축전지에 전력을 저장한 후 필요한 때 직류(DC) 또는 교류(AC) 전기로 사용할 수 있다. 교류(AC)는 인버터를 통해 변환하여 해당 기기에 공급한다. 태양전지는 태양에너지를 전기에너지로 변환하기 위한 중요한 요소로 여러 형태로 제작되고 있다. 태양전지는 기존의 전력선에 구애받지 않고 사용할 수 있어 많은 용량의 전력 공급은 물론 일상에서의 소규모 용품에 이르기까지 다양도로 사용 가능한 장점을 갖는다. 태양에너지를 이용한 전력 생산

에는 여러 가지 핵심 부품들이 존재한다. 이러한 핵심 부품들을 실제 생활에서 사용하기 위해서는 장치 비용의 절감과 신뢰성 확보에 대한 기술 개발이 선행되어야 하며, 이에 대한 실질적인 연구가 필요하다[5]. 태양전지는 태양광으로부터 전기를 발생하는 전기발생장치로 공간적 제한을 받지 않고 자가발전이 가능하여 그 필요성은 더욱 가속화 될 전망이다. 시중에 판매되고 있는 태양광전원공급시스템의 배터리 팩은 비교적 비용이 저렴한 납축전지를 사용하며 컨트롤러 모듈과 함께 용도에 따른 사용을 위해 인버터 모듈로 구성되어 있다.

2. 리튬 폴리머 전지

배터리 팩에 사용되는 리튬 폴리머 전지(LIPB: Lithium Polymer Battery)는 리튬 이온 배터리의 뛰어난 성능을 가지면서 폭발 위험성이 상당히 적고, 얇은 형태의 가공이 가능해 최근에는 심플한 디자인과 가벼운 무게를 고려한 제품에 많이 채용되어지고 있다. 리튬 폴리머 전지는 기존 리튬 이온 전지보다 안전성을 강화하기 위해 개발된 전지로 작동원리는 리튬 이온 전지와 동일하다. 이것은 겔 형태의 고분자가 양극과 음극 사이에 분리막을 형성하여 전해질이 하는 역할을 담당한다. 리튬 폴리머 전지는 이온전도도가 우수한 고체 전해질을 사용하므로 액체 전해질을 사용할 때 발생할 수 있는 전지의 누액 가능성과 폭발 위험성이 없고, 메모리 효과(memory effect)가 없어 충전이 자유로운 것이 가장 큰 장점이다. 또한, 고체 전해질의 특성으로 다양한 형태로의 제작이 가능하다.

스마트 폰이나 태블릿과 같은 기기에는 대체로 대용량 배터리가 구성되는데 대용량 배터리도 폴리머 전지가 사용되어 얇게 가공이 가능하다. 우리나라는 소형 2차 전지 부문의 경쟁력에서 세계 1, 2위에 자리매김 하고 있다. 일본 정보기술 연구소(IIT)는 전지 분야의 권위 있는 기관으로 이에 따르면 합산 점유율은 40%를 삼성SDI와 LG화학 두 업체가 차지하고 일본은 35.4%를 차지하고 있다고 한다. 또한, 일본의 야노경제연구소는 2010년도의 일본 국내 태양광발전시스템의 시장 규모는 전년에 비해 69.9% 증가한 6553억 엔이었고 2015년도에는 1조4797억 엔에 이를 것으로 전망하고 있다. 2008년도까지는 대부분 일본제품의 태양전지 모듈(Photovoltaic Cell Module)을 사용했지만, 2010년도에는 한국과 중국 중심의 업체가 13.0%의 도입 발전량을 점유했다고 한다. 휴대용 기기의 전원공급시스템은 그 수요가 계속해서 증가하고 있으며, 2차(충전용) 전지는 첨단 정보기술기기의 성장시장에서 중요성을 차지하고 있다. 휴대용과 초소형 연료전지는 초창기 상용화 단계에서 비교적 성공을 거두었지

만 완전한 비용 경쟁력이 확보되고 제품 설계와 규제 등의 문제가 해소될 때까지 휴대용 전원공급시스템의 시장에 커다란 문제는 없을 것으로 보고 있다.

3. LED 조명

태양에너지를 이용하는 경우 LED 조명은 일반 백열등이나 형광등과 달리 점등할 때 많은 전기가 필요하지 않다. LED 조명은 일정한 전기만 소모하기 때문에 태양광 모듈을 통해 축전하는 축전지의 부피를 그 양에 맞춰 제작도 가능하다. 또한 태양광 모듈을 통해 얻어지는 직류(DC) 전류를 그대로 사용하기 때문에 백열등이나 형광등을 사용할 때와 같이 교류(AC) 전류로 인버팅 해야 하는 번거로움도 없어 간소화된 태양광 조명을 만들 수 있다. 단, 본 개발에서의 LED 조명은 직류(DC)와 교류(AC)를 모두 사용할 수 있도록 인버터 모듈을 구성하였다.

LED 조명은 저소비 전력으로 비상용 조명등에는 단전 시 사용할 수 있는 충전용 배터리가 주로 내장되어 있다. 낮은 소비형 LED는 충전 시 방전 시간을 형광등 대비 2배 이상 사용 가능하다. 특히 형광등에 비해 50%, 백열등에 대비해서 17%의 적은 전력을 소비하는 LED 조명은 교체 시 비용도 저렴하여 매우 효율적이다. 이처럼 LED 조명은 백열전구를 능가하는 발광 효율과 수명 연장이 가능하다. 따라서 대체 에너지 활용과 접목하여 환경 보전은 물론 그에 따른 부가가치로 향후 관련 산업에서의 시장성 확보가 충분할 것으로 전망한다.

최근 우리나라는 그린에너지 산업 육성을 장려하면서 저탄소 녹색성장에 있어 신성장 동력산업의 일환으로 저소비전력, 환경친화적인 LED를 선정하여 활발한 연구를 촉진하고 있다 [6]~[8]. LED 산업의 국내시장 전망은 LED 광소자부분이 2015년에 5조원, 2018년에 8조2천억원에 이를 것으로 전망되고, LED 응용기기의 경우 2015년에는 3조6천억원, 2018년에는 6조2천억원에 이를 것으로 추정하고 있다[9].

III. 시스템 구현 및 결과

본 연구에서는 가격은 비싸지만 수명, 효율, 중량 등에서 효율성과 성능이 뛰어난 리튬 폴리머 전지를 채용한 태양광 LED 조명시스템을 개발하였다. 그림 1은 태양광을 이용한 LED 조명시스템 전체 구성도를 나타낸 것으로 교류(AC) 전류 변환을 고려하여 설계하였다.

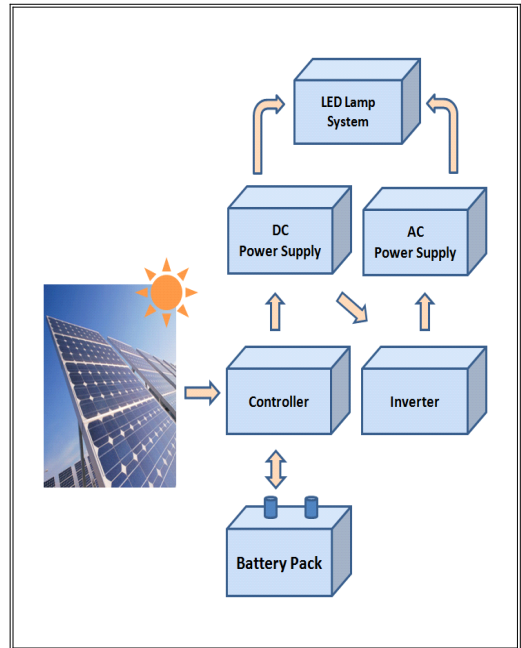


그림 1. 태양광을 이용한 LED 조명시스템 구성도
Fig. 1. The solar-powered LED lighting control system

표 1과 같이 기존의 태양광전원공급시스템은 주로 납축전지를 채용하여 제작[11]이 되는데 본 연구에서는 얇고 가벼우며, 성능과 안전성 면에서 뛰어난 리튬 폴리머 전지를 채용하여 시스템을 구성하였다.

본 시스템에서 전기 발전을 위한 태양광 패널은 100W 용량으로 설계되었으며, 이에 적합하도록 전지 모듈과 전기의 과충전, 과방전의 방지 및 회로 보호 기능을 갖는 컨트롤러를 설계하였다. 또한, 직류(DC)와 교류(AC)를 모두 사용할 수 있도록 인버터 모듈을 구성하였다.

표 1. 기존의 태양광 전원공급시스템 사양
Table. 1. The solar power supply system existing specification

Voltage	DC 12V, AC 220V
Photovoltaic Pannel Capacity	10W~50W
System Configuration	Controller Module, Inverter Module
Battery	Lead Acid Batteries

1. 시스템 구성

1.1. 태양전지 모듈

태양광 패널에서 태양광을 받아 전기를 생산하는 태양전지 모듈은 직류(DC) 전류를 만드는 가장 기본적인 요소이다. 이 패널은 외부에 설치되는 특성으로 기후와 날씨, 온도 변화 등에 잘 견딜 수 있도록 내구성과 안전성을 갖추어 얇고, 견고하게 제작되어야 한다. 그림 2는 제작한 태양광 패널의 규격을 나타낸 것으로 크기는 670mm×1172mm이다.

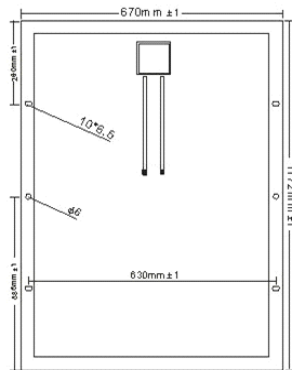


그림 2. 태양광 패널의 규격
Fig. 2. The specifications of Photovoltaic Panel

제작한 태양광 패널은 100W 용량으로 태양전지가 연결되고 태양전지는 저철분강화유리, 충전제, 알루미늄프레임, 단자함 등으로 구성된다. 본 구성에서의 태양전지는 36의 단결정 실리콘 태양전지가 연결된 것으로 셀은 EVA(Ethylene Vinyl Acetate Sheet)와 고투과율의 저철분강화유리 사이의 고열 진공 압착을 통해 방수처리 된다. 이것은 태양전지의 전도율을 높이기 위한 절연성 확보를 통해 외부 환경으로 보호할 수 있어야 한다.

저철분강화유리는 저 반사 특수 유리로 제작하여 외부 환경에 영향을 받지 않고 충격에 강하도록 제작해야 한다. 빛 투과성이 우수하고 불순물이 표면에 부착되지 않도록 하고, 모듈 빛 반사를 저감시키기 위해 유리표면에 에칭 가공을 하여 효율성을 증대하게 된다. 부식을 방지할 위하여 도금 처리된 가벼운 중량의 특수 알루미늄 재질을 사용한 밀봉 처리로 습기 침투를 방지하고, 외부 환경으로부터 저항이 없도록 한다. 단자함은 전기적으로 완전하게 접속되도록 하였다. 생산할 수 있는 전력량이 태양광과 온도 조건에 따라 다르므로 설치 지역의 날씨와 환경을 고려하고 필요한 전력 소모량을 계산하여 태양광 패널에 사용되는 셀의 용량과 수량을 결정한다.

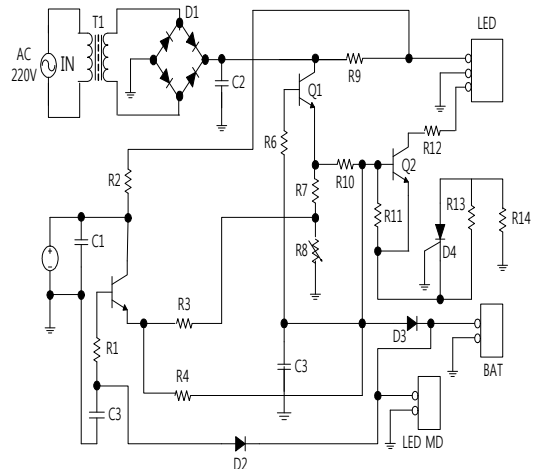


그림 3. Solar Trans 회로도
Fig. 3. Solar Trans Circuit

그림 3은 Solar Trans의 회로도를 나타낸 것이고, 표 2는 제작한 태양광 패널의 전기적 특성을 나타낸다.

표 2. 태양광 패널의 전기적 특성
Table 2. The electrical properties of photovoltaic panel

Item	Specifications
Maximum Power	100W
Maximum-Power Voltage	17.4V
Maximum-Power Current	5.74A
Open-Circuit Voltage	21.6V
Shot-Circuit Voltage	6.32A
Tolerance	±5%

1.2. 배터리 팩

배터리 팩(Battery Packs)에는 리튬 폴리머 전지를 사용한다. 태양광충전시스템에 사용되는 배터리는 태양광이 패널 표면에 도착하는 시간 동안만 충전이 가능하고 축적된 전기에너지를 가장 효율적으로 보유할 수 있는 배터리를 사용한다. 본 개발은 일반적으로 많이 사용하는 납축전지 대신에 가격은 비싸지만, 사용기간, 효율, 중량 등에서 효율성이 좋고, 폭발의 위험성이 아주 적은 리튬 폴리머 전지를 채용하였다.

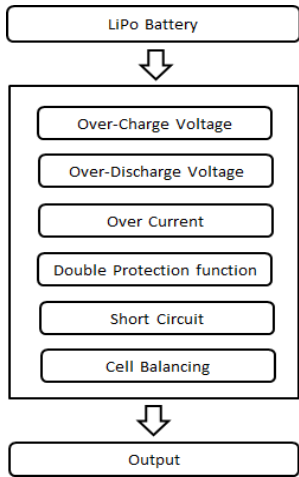


그림 4. 배터리 팩 동작도
Fig. 4. The operation diagram of battery pack

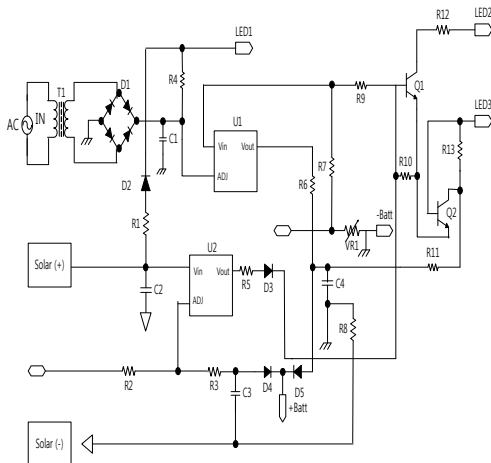


그림 5. Battery Charger의 회로도
Fig. 5. The Circuit of Battery Charger

모듈에서 과충전나 과방전, 과전류, 단락 방지 등의 보호 기능과 충전 시 셀 밸런싱 기능을 갖는 컨트롤러를 설계하였다. 가장 일차적인 충전 컨트롤러의 중요한 기능은 배터리의 과충전 방지를 위한 설계이다. 배터리는 가격과 관리 방법에 따라 사용 수명과 전기에너지의 저장 능력에 커다란 차이가 있다. 또한 태양광을 통해 배터리의 충전 용량 보다 소비전력이 많은 과방전은 배터리의 수명을 급격하게 저하시키는 결정적 요인이 된다. 그러므로 배터리를 건강하게 오랜 기간 동안 사용하기 위해서는 과방전 방지를 위한 LVD(Low Voltage Disconnect) 기능이 내장되어 있어야 한다.

표 3. 배터리 팩의 규격
Table 3. The specifications of battery pack

Item	Pack Specification (14.8V-20Ah)
Cell	8Cell/Pack
Charge Voltage-Current	16.8V-6A (4.5~5.0hrs)
Discharge Cadence Voltage	12V
Maximum Discharge Current	10A
Over-Currnet Interrupt	30A

진화된 충전 기술로 설계된 태양광 전용 컨트롤러로 배터리를 보호하면서 안정적인 시스템 사용을 유지할 수 있고, 강한 내구성으로 오랜 기간 동안 사용 가능하다. 배터리는 태양에너지를 이용하여 생산된 전기에너지를 저장하는 장치로 날씨 변화에 상관없이 전기를 사용할 수 있도록 전력량을 고려하여 시스템 구성을 해야 한다. 그림 6은 배터리 충전 모듈이다.

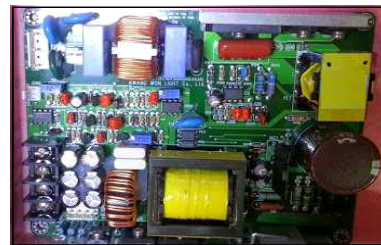


그림 6. 배터리 충전 모듈
Fig. 6. Battery charger module

1.3. 인버터 모듈

태양광 패널에서 인버터는 생산된 직류(DC)를 교류로 변환시키는 장치로 용도에 따라 구성된다. 표 4는 인버터 모듈의 전기적 특성을 나타낸 것이다.

표 4. 인버터 모듈의 전기적 특성
Table 4. The electrical characteristics of Inverter module

Item	Specification
DC Input Voltage	DC 10.6~15V
AC Output Voltage	220V
Rated Output	400W
Quiescent Current	250mA

LED 조명의 전원공급은 인버터 모듈을 구성하여 직류(DC)와 교류(AC) 모두 사용 가능하다.

1.4. LED 조명

본 개발에서는 설계한 태양광전원공급시스템으로부터 전기를 발생하고 친환경적이고 전력소모가 적은 그림 7과 같이 자체 제작한 LED 조명을 사용하여 시스템을 구성하였다. 전원을 공급받는 LED 조명은 첫째, 구조적인 측면에서 태양에너지를 받아들이는 태양광 패널은 전원공급장치의 전기에너지 생산 능력과 소비 전력을 고려하여 최대한 소형화되도록 하였다. 둘째, 기능적인 측면에서는 안정적인 직류 점등 방식을 위해 소비전력이 적고, 시선경 피로를 덜어 줄 수 있도록 하였다. 셋째, 효율적인 측면에서는 작은 광원의 사용으로 기존의 가로등에서 사용하는 것보다 얇고 가볍게 설계하였다.



그림 7. 제작한 LED 조명
Fig. 7. The LED light of self-manufacture

LED 조명은 열에 의한 방전적 발광이 아니므로 점등을 위한 예열 시간이 없어 점-소등 속도가 기존보다 매우 빠르며, 유지보수가 간단하다. 기본 전원은 직류(DC) 12V이고 교류(AC) 220V 겸용이 가능하다. LED 조명은 DC 12V, 소비 전력 5.5W의 경우 약 80시간 사용 가능하다.

IV. 결론

본 연구는 리튬 폴리머 전지와 태양광 패널을 100W 용량으로 제작하여 전기에너지를 생산하는 태양광 LED 조명시스템 제작에 관한 것이다. 태양광 패널은 내구성과 전도율 향상을 고려하여 설계하였고, 최대 출력 전압과 전류는 약 17.4V이고, 최대 출력 전류는 약 5.74A이다. 배터리 팩의 리튬 폴리머 전지는 14.8V/20Ah이며, 모듈부에 컨트롤러가 포함되어 회로 보호 기능과 충전 중 셀 밸런싱 역할을 담당한다. 인버터의 최대 출력은 500W, 정격 출력은 400W이다. LED 조명은 에너지 보유량과 소비 전력을 고려하여 설계하였다. LED 조명은 소비전력 5.5W의 경우 약 80시간 사용 가능하다. 향후, 시스템의 효율성과 간소화, 가벼운 중량 및 비용 절감을 고려한

모듈 설계와 시스템 구성이 이루어진다면 시스템의 성능 개선과 활용도가 더욱 확대될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] Mi-young Lee, "Matching the characteristics of the load-LED study on PV system," Sangmyung Univ. Proceedings of the Institute for the study of information display, 2004.
- [2] Ministry of Commerce, Industry & Energy, "Development of DC Lighting System with High Efficiency and Multi-function," Ministry of Commerce, Industry & Energy, pp.15~21, 2007.
- [3] Mi Young Lee, "A Study on Matching Characteristics of the Stand Alone PV System Using EDs," SangMyung University, Institute for Information Display conference, Vol. 2004, No. 3, 2004.
- [4] Jeong-Phil Yoon, Byung-Bok Gang, Jung-Yol Lim, In-Su Cha, Gyung-Jae Jo, Seok-Am Yoon, "Characteristic analysis about efficiency decrease of PV system," Power Electronics Annual Conference, 2001.
- [5] Adolf Goetzberger et al., "Materials Science and Engineering R40," pp.1~46, 2003.
- [6] Ministry of Commerce, industry, "LED light diffusion promotion plan," Ministry of Commerce, industry, 2006, 11.
- [7] Ministry of knowledge economy, "LED industrial growth FD," LED fusion lighting industry development strategy Kit, pp.11~22, 2008. 09.
- [8] Jung-soek Gil, "Marine sector LED applications," 2008 Optical convergence industry new technology seminar Kit, Korea Mining Promotion Association, pp. 303~315, 2008. 08.
- [9] Strategies unlimited, Fuji Camera, Eco-friendly and energy-saving LED lighting technology planning report, 2008. 09.
- [10] In-soo Ahn, "Development of Power Supply System and DC Lamp Module of all-in-one using the Solar Energy", Korea Society of Computer Information," pp. 23~29, 2012. 02.

- [11] In-soo Ahn, "Development of photovoltaic energy power supply system of using Li Polymer Battery," Korea Information Processing Society, pp. 13 ~ 16, 2013. 02.

저 자 소 개



안 인 수

1992: 국민대학교 전자공학과 학사.
1994: 국민대학교 전자공학과 석사.
2002: 국민대학교 전자공학과 박사
현재: 경인여자대학교 영상방송과(Dept.
of Video Broadcasting,
Kyung-In Women's University)
교수

관심분야: 회로시스템, 암호시스템

Email : ais001@kiwu.ac.kr