

빛공해방지를 위한 다목적 유도조명 설계

이팔진*

요약

조명의 사용은 주어진 공간의 기능과 목적에 맞게 빛 환경을 만들어주는 기능을 제공하여 인간생활을 편리하게 해주는 유용한 매체이다. 그러나 야간에 외부 조명의 활용은 빛공해라는 바람직하지 못한 부작용을 나타내며, 이는 사람뿐만 아니라 동·식물에 커다란 영향을 미친다. 본 논문에서는 빛공해와 전기에너지를 최소화하기 위해 새로운 다목적 유도조명 시스템을 설계한다. 이 시스템은 빛의 확산을 차단하고, 광원을 목표지점에 조사하는 광학렌즈가 포함된다. 또한 저전력의 LED 광원을 사용하기 때문에 에너지 절감효과가 있다. 마지막으로, 다목적 유도조명의 테스트와 시뮬레이션을 통해 그 적합성을 검증한다.

Design of Multi-Purpose Guide Light for Light Pollution Protection

Pal-Jin Lee *

ABSTRACT

The use of artificial electric lighting is a useful media that it provided light environments to adapt to space and function, to facilitate the human life. However, the increase in the use of exterior lighting during nighttime has produced undesirable side effects known as "light pollution". In addition to this, artificial night lighting can be adverse effects on wildlife as well as humans. In this paper, the multi-purpose guide lighting system is designed to reduce the light pollution and electric energy. It include the optic lens to protect the light diffusion and to illuminate the source light into target area. And also, the energy is saved by the low power LED source. Finally, the use of the multi-purpose guide lighting is verified through a testing and simulation.

Key Words : Light Pollution, Optic Lens, Multi-Purpose Guide Light, Light Environment, Pattern Contents

* 초당대학교 컴퓨터과학과 (✉pjlee@chodang.ac.kr)

· 제1저자(First Author) : 이팔진 · 교신저자(Correspondent Author) : 이팔진

· 접수일(2012년 10월 5일), 수정일(1차 : 2012년 11월 22일), 게재확정일(2012년 12월 18일)

I. 서론

산업문명의 발달과 더불어 조명은 주어진 공간의 기능과 목적에 맞게 빛 환경을 창조해 주는 기능을 수행한다. 기존의 단위시설 및 공간에 그치던 조명시설은 최근에는 옥외공간 전체를 대상으로 전원적인 이미지, 풍부한 자연환경, 건강 및 레저 중심시설, 참여공간의 확보 등에 역점을 두고 그 범위를 넓혀가고 있다. 그러나 이와 같은 조명시설의 급속한 확산은 두 가지의 함정을 가지고 있는데, 에너지 낭비와 광공해라는 환경피해의 확산이다. 조명설비는 국가별로 차이는 있지만 전체 에너지 소비의 20% 내외를 유지하고 있어 결코 무시할 수 없는 전력소비 분야이다[1].

또한 최근에 이슈로 등장하고 있는 것이 광공해인데, 경관조명을 계획하는데 있어서 아무런 고려없이 조명계획이 이루어지고 있다는 점이다. 그 결과 불필요하고 과도한 조명이 사람들에게 눈부심으로 인한 불편감과 교통안전에 방해를 주고 있으며[1], 경관조명 및 야간 옥외조명의 급격한 사용으로 생태계, 즉, 인간을 기본으로 한 동·식물의 변이적인 교란형태가 날로 심각해지고 있는 실정이다[2,3]. 이러한 이유에서 미국, 칠레, 호주 등에서는 '빛공해방지법'을 제정하여 동·식물의 원활한 성장을 돕고 있으며, 우리나라도 2011년 말 '빛공해방지법'이 국회에 통과되어 2013년 도부터 본격적으로 적용될 전망이다[3].

옥외조명을 설치하는 경우 중요한 것은 대상 지역의 조명 환경이나 자연 환경에 충분한 주의를 기울이고, 그것들을 가능한 손상시키지 않도록 조명을 계획하는 것이다. 특히 녹지, 공원, 산림 등에서는 우선적으로 조명의 경관계획을 충분히 검토할 필요가 있으며, 거주자가 적고 어두운 자연환경에 조명을 설치할 때에는 그 조명이 환경을 훼손시키지 않는 주의가 요구된다.

이를 해결하기 위한 배광제어방식으로 논컷오프(Non Cutoff), 세미 컷오프(Semi Cutoff), 컷오프

(Cutoff), 풀컷오프(Full Cutoff) 방식이 있지만 조명의 목적에 따라 조사방향만을 다루고 있으며[4], LED 가로등의 적절한 배광을 수행하기 위해 Reflector를 이용하여 광량을 제어하는 연구[5]도 결국은 도로에서 필요한 광량을 확보하기 위한 수단으로 사용되고 있다. 이들 연구는 에너지 절약과는 관계없이 빛 확산을 일부 차단하는 효과는 있지만 조사범위가 넓어 효율은 좋으나 눈부심의 우려가 있다.

본 논문은 LED 광원을 기반으로 광공해를 방지하기 위한 다목적 유도조명에 대한 연구를 수행한다. 이 조명기구에는 기존의 등기구와는 달리 저전력(11.8W LED)의 광원으로부터 발생된 빛을 집광시키고, 이를 다시 배광을 통해 한정된 특정영역으로 조명을 전달하는 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 다수의 광학렌즈를 적용하여 이들을 하이브리드 형태의 배열구조를 갖도록 설계하였다. 광학렌즈를 이용하면 빛의 투사각도를 조절할 있기 때문에 광공해를 야기하는 새는 빛(spill light), 장애광을 줄일 수 있어 광공해를 차단할 수 있을 뿐만 아니라 에너지를 효율적으로 절약할 수 있는 특징이 있다. 또한 기존의 LED 가로등이 가지고 있는 눈부심을 차단할 수 있고, 광학렌즈의 배열을 이용하여 패턴을 조사시킴으로써 정해진 장소에 조명을 전달할 경우 패턴에 의한 유도 기능이 포함되어 있어 조명의 효과를 배가시킬 수 있는 장점이 있다.

본 논문의 순서는 다음과 같다. II에서는 관련연구를 통해 이론적인 고찰을 다루며, III에서는 광학렌즈를 이용한 조명설계를 다룬다. IV에서는 설계된 내용을 테스트를 통해 검증하며, 마지막으로 결론을 맺는다.

II. 관련연구

2.1 광공해의 의미

‘인공빛공해’는 ‘조명기구의 목적으로 하는 조명영역 밖으로 누출되는 빛’, ‘필요한 밝기 이상의 빛’ 및 ‘필요한 개수 이상이 설치된 인공조명’이 국민건강 및 생태계에 피해를 줄 뿐만 아니라 에너지 낭비, 쾌적한 야간활동과 천체관측 방해, 도시품격 저하 등을 유발하는 현상으로 정의하고 있으며[6], 또한 광공해는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 양호한 조명환경을 조성하는데 있어서 ‘새는 빛(spill light)’에 의해 장애를 받고 있는 상황을 나타내며, 좁은 의미에서는 장애광에 의한 광공해를 말한다. 여기서, 양호한 조명환경은 주위의 상황에 적합하면서 조명의 사회적 목적에 따른 조명의 안전성 및 효율성이 확보되고, 쾌적한 경관 및 주변 환경에 공해가 없도록 충분히 배려가 되어 있는 상황을 나타내는 조명영역을 나타낸다. 새는 빛은 조명기구로부터 나오는 빛이 조명을 목적으로 하는 조명대상 범위 밖으로 비치는 빛을 나타낸다.

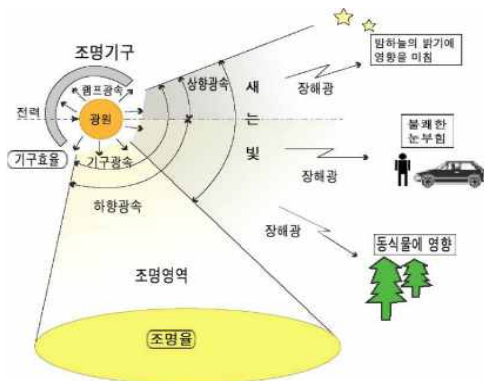


그림 1. 주요 조명용어와 그 관계
Fig. 1. Main light terminology and relation

특히 장애광은 새는 빛 중에서 ‘빛의 양’이나 ‘빛의 방향’ 또는 이 두 가지에 의해 인간의 활동이나 생물 등에 악영향을 미치는 빛을 나타낸다. 과도한 빛은 사람에게 눈부심 현상을 유발시킬 뿐만 아니라 산란장소의 착오로 인한 번식을 저하, 농작물의 수확감소, 야생동물에 대한 로드킬(road kill) 등 생태적 피해까지 가져

올 수 있는 성질이 있다[7].

2.2 광공해 사례연구

야간경관 가이드라인 중 ecology는 ‘에너지 효율이 높은 친환경 조명도시로’를 목표로 하고 있다[8]. 주요 내용은 에너지 위기 및 기후변화에 대응하는 녹색경제성장 조명을 계획하며, 필요한 부분에만 빛을 보내는 적정 배광의 기구 및 고효율의 램프를 채택하며, 시간대별로 조도 및 휘도를 제어하여 환경에 변화를 주고 에너지를 절약하며, 빛공해를 통제하여 동식물에 미치는 영향을 최소화한다는 것을 다루고 있다. 이에 포함된 친환경조명 계획을 살펴보면 다음과 같다. 빛공해가 발생하지 않도록 조명기구의 부착 및 투사는 상부에서 아래로 향하게 설치하는 조명계획을 권장하고 있으며, 공원 내의 수목, 수변, 동식물보호를 위해 조명영역은 필요한 공간 및 대상에만 비출 수 있도록 용도에 맞는 반사판을 이용하며, 범죄 예방을 위해 수목이 우거진 곳 및 우범화 지역은 수목형태의 조명기구를 제작 설치하여 사람이 진입할 경우 조명등이 점등되는 시스템 구축의 필요성을 강조하고 있다.

서울시와 환경부는 서울시내 대표적인 빛공해 유발지역인 동대문 패션타운 관광특구 일대의 조명을 개선하여 무질서하게 돌아가는 야간조명으로 눈부심과 침입광 등 빛공해와 에너지낭비를 줄여 스토리와 테마가 있는 야간경관을 조성한다는 계획을 발표하였다 [6,9]. 서울시 종로구 북촌의 계동길을 대상으로 가로조명이 설치된 현황을 조사한 후 설치된 가로조명을 용도에 따라 구분하고, 각 침입광 발생요인을 분류하여 주거지역의 침입과 발생요인을 분석하였다[10]. 분석 결과, 가로등의 경우에는 가로등 폴의 높이가 높고 가로등 설치시에 주택과의 이격거리를 확보하지 못하여 가로등과 인접한 주택의 창면에 빛이 입사되는 것으로 관찰되었다. 보안등의 경우 지나치게 주택과 가까운 곳에 조명기구가 설치되어 주택의 벽면이나 지

붕과 같은 불필요한 부분까지 조사하고, 외부에서의 조사 결과 대부분의 가로조명에서 창으로 조사되는 경우가 많았고 이로 인해 발생한 침입광이 존재하는 것으로 분석되었다.

인공 빛의 영향을 통해 인간, 식물, 조류, 어류, 곤충류에 대한 분석을 수행하였고[2,11], 야간에 소평활동이 활발히 일어나는 동대문의 상업지역과 야간활동이 비교적 적은 성남시 분당의 주거 지역을 선택하여 광공해 평가의 기준이 되는 건물외관의 표면 휘도와 보행도로의 수평면조도 및 은직면 조도비를 측정하였으며, CIE의 기준과 비교하여 광공해 발생의 실태를 조사 분석하였다[1].

2.3 광공해 예방

광공해는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 조명의 방향 또는 확산된 조명에 의해 이루어지며, 조명의 70%가 여기에 포함된다. 이 비율은 에너지 낭비, 빛공해, 광침해, 생태계교란, 사생활방해, 수면방해, 초점혼선, 눈부심 등에 영향을 미치는 결정적인 역할을 한다[12].

영국의 ILE(The Institution of Lighting Engineers)에서 언급하고 있는 광공해 감소를 위해 적용되는 가이드라인은 다음과 같다[2]. 먼저 전방확산된 조명이나 상향조명보다 하향조명을 사용해야 하며, 투광조명과 같이 건물의 표면을 조명하고자 할 경우에는 지나친 업라이트를 피하고 보행자 시야에 자극을 주지 않도록 설계해야 하며, 글래어(glare)를 줄이기 위해서는 투사각도가 매우 중요한데, 70° 이하가 되어야 최소화할 수 있다. 마지막으로 대칭보다는 비대칭의 외장을 사용하도록 권고하고 있다.

또한 에너지 절약과 빛의 효율적인 활용을 위한 많은 연구들이 시도되고 있다. 반사갓을 이용하면 조도의 증가를 통한 에너지 절약이 가능하고, 조명기구의 밝기를 향상시킴과 동시에 전등에서 나오는 열 발생도 억제할 수 있다고 한다[13]. 따라서 여름철의 냉방

비 제약에 따른 에너지 절약이 가능하고, 이것은 CO₂ 배출을 감소시키는 효과를 가져온다. 서울시[7,8]의 야간경관계획에 따르면, 램프용량의 경우 에너지절약, 이산화탄소 배출 저감 및 불필요하게 조명영역이 확산되는 것을 방지하기 위해 램프용량은 35W~70W이하의 램프를 적용하여 CO₂ 발생량 및 에너지절약을 현재보다 40% 절감을 목표로 하고 있다.

조명기구의 설계과정에서 반사판에서의 반사광 처리에 대한 광학적 고려를 행하지 않는다면 기구효율이 저하될 수 있지만 같은 기구효율이라도 각종 적용 범위에 대한 적합한 배광을 갖도록 설계한다면 적은 수의 조명기구로도 더욱 좋은 조명효과를 얻을 수 있어 에너지 절감을 도모할 수 있다[14]. 가로조명기구의 설계는 미적인 측면에 치우치거나 검증없이 선례에 의존하기보다 공간의 특성과 이용자의 생리적·심리적 요구를 충분히 이해를 바탕으로 기능의 다양한 개발이 요구된다고 할 수 있다[4].

2.4 조명환경관리

조명의 적용분야는 매우 다양하지만, 조명이 동·식물에 미치는 영향과 그 정도에 따라 조명 공간은 다양하게 분리하여 구분하고 있다. 각 나라별로 조명이 활용되는 공간을 환경에 따라 구분하고 있으며, 이 중 대표적인 조명환경관리구역을 살펴보면 다음과 같다 [1].

① 국제조명위원회(CIE)

국제조명위원회(CIE : Commission International de l'Eclairage)에서는 광공해 기준을 위해 <표 1>과 같이 빛공해 측면에서 지역의 밝기에 따라 환경구역을 E1, E2, E3, E4의 4개의 지역으로 분류하고 있다.

표 1. 환경구역의 분류
Table 1. Classification of Environment Area

| 지역 | 환경지역의 밝기 | 적용 |
|----|----------------|---------------|
| E1 | 어두운 경로의 지역 | 국립공원 등 |
| E2 | 낮은 휘도 분포 지역 | 도시권외와 전원주택지역 |
| E3 | 중간정도의 휘도 분포 지역 | 도시 주거지역 |
| E4 | 높은 휘도 분포 지역 | 야간 활동이 활발한 지역 |

② 일본

국제조명위원회와 동일하게 4개의 유형으로 지

표 2. 환경청 광해대책 가이드라인
Table 2. Guideline for Environment Office's Light Pollution

| 조명환경 | 가로조명기구 | | 가로조명기구에 관한 상행광속비 | |
|--------|----------------------|--------|------------------|--------------|
| | 조명률 | 상행 광속비 | 단기적 목표에서 권장하는 지침 | 행정에서의 정비권장지침 |
| 환경 I | 조명률이 높아지도록 기구를 설치한다. | 0% | 0~15% | 0~15% |
| 환경 II | | | | |
| 환경 III | | | | |
| 환경 IV | | | | |

역을 분류하여 조명 설계를 권장하고 있으며, 각 구역별로 안전, 안심, 평안, 즐거움을 목표로 추진되고 있다.

특이한 사항은 환경 I, II에 해당되는 국립공원이나 도시권 밖, 전원주택지역의 상행광속비가 0%로 제한되어 있어 빛공해가 미치는 지역에 대한 조명제어가 가이드라인으로 제시되고 있다는 점이다.

③ 한국

환경부는 조명환경관리구역을 <표 3>과 같이 제1종~제4종의 4가지로 구분하고 있다. 제1종과 제2종은 과도한 인공조명에 의한 부정적인 영향을 미칠 수 있는 자연환경보전지경, 자연녹지 지역, 농림지역 등

을 지정하고 있으며, 제3종과 제4종에서도 과도한 인공조명을 경계하고 있다.

표 3. 조명환경관리구역 구분
Table 3. Classification of Light Environment Management Area

| 구분 | 범위 | 토지용도 |
|-----|--|-----------------------|
| 제1종 | 과도한 인공조명으로 인하여 자연환경에 부정적인 영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 구역 | 자연환경보전지역, 보전·자연녹지지역 등 |
| 제2종 | 과도한 인공조명으로 인하여 농림수산업의 영위 및 동·식물의 생장에 부정적인 영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 구역 | 농림지역, 생산녹지지역 등 |
| 제3종 | 국민의 안전과 편의를 위하여 인공조명이 필요한 구역으로서, 과도한 인공조명으로 인하여 국민의 주거생활에 부정적인 영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 구역 | 주거지역 등 |
| 제4종 | 상업 활동을 위하여 일정 수준 이상의 인공조명이 필요한 구역으로서, 과도한 인공조명으로 인하여 국민이 쾌적하고 건강한 생활에 부정적인 영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 구역 | 상업지역 등 |

CIE나 일본의 경우와 비교하면 각 구역별로 지정된 범위가 좀 더 세부적으로 구분되어 있음을 알 수 있다.

III. 다목적 유도조명 시스템 설계

3.1 시스템 개요

다목적 유도조명은 크게 광원(light source), 경통(body tube), 패턴콘텐츠(pattern content), 제어기(controller), 그리고 폴(pole)로 구성되며, 기본 다이어그램은 <그림 2>와 같다. 광원은 내구성과 직진성의 특성을 가지고 있는 10W급 LED를 적용하였으며, 경통은 빛의 확산과 내부 손실을 최소화하기 위한 구조로 Reflector 형태로 설계되었다. 일반 조명은 광원과

빛의 확산이 노출되어 있어 시야 방해, 생태계 영향이 크지만, 제안된 구조는 이를 해결하기 위해 빛의 조사되는 출구를 최소화하였다. 패턴콘텐츠는 적용분야의 특성과 여건에 맞춰 On-demand 형태로 설계가 가능하며, 패턴이 조사된 위치는 임의의 조정이 가능하다. 광원에 의한 패턴이 조사되는 조명영역은 폴의 높이에 영향을 받는데, 폴이 길수록 조명영역은 더 커진다.

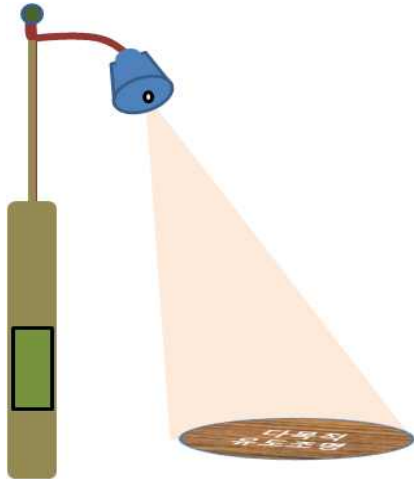


그림 2. 다목적 유도조명의 개요도
Fig. 2. Overview Diagram of Multi-purpose Guide Light

또한 광원에 의한 패턴 투사 형태는 LED 광원의 직진성 성질과 빛이 조사되는 출구를 최대한 활용하여 확산을 예방할 수 있기 때문에 사람이나 차량이 오는 지면, 벽면, 그리고 반사판 등에 적용가능하다. 제어기는 LED를 구동하기 위한 SMPS(Switching Mode Power Supply), 교류(AC)를 직류(DC)로 바꾸어주는 컨버터 등으로 구성되며, 시간제어(time control)를 통해 일몰과 일출 시간에 따라 자동적으로 운영이 가능하다. 그리고 폴은 일반 가로등에서 사용되는 등주를 나타내며, 사용하고자 하는 장소에 따라 높이를 다양하게 적용할 수 있다.

3.2 광학렌즈 배열

광학렌즈는 집광과 배광의 특성을 이용하여 광원으로부터의 빛을 집광 및 배광을 통해 조명이 비추고자 하는 목표지점에 투사하는 역할을 한다. 광공해 저감을 목적으로 사용되는 조명기기는 크게 광원부(Light Source)와 패턴처리부(Pattern Processing Body)로 이루어지며, 이들을 포함하는 경통(Body Tube)는 길이 l 로 정의된다.

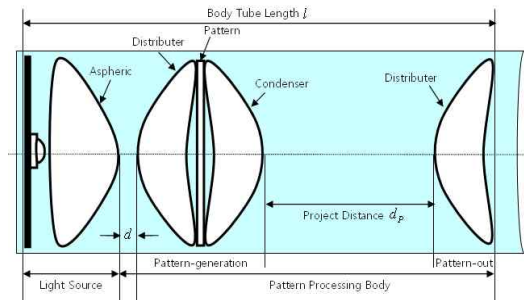


그림 3. 광학렌즈 배열 구조
Fig. 3. Array of Optic Lens

광원부는 광원과 비구렌즈가 결합하여 조합을 이루며, 패턴처리부의 Pattern-generation으로 광원을 릴레이 해주는 역할을 한다. Pattern-generation의 패턴은 Distributer로부터 빛을 분배받아 통과시키면 Condenser가 이를 집광시켜 Pattern-out의 Distributer로 입사된다.

이와 같은 구조는 Full cut-off 형식으로 주변의 동·식물을 빛공해로부터 보호할 수 있고, 또한 사생활뿐만 아니라 주택내부로 입사되는 침입광을 줄일 수 있다. 또한 저전력의 광원에서 발생된 빛을 집광, 배광을 통해 목표지점에 집중적으로 전달하기 때문에 가시적으로 보이는 밝기는 주관적인 평가에 의해 고전력(high power)의 광원과 비교될 수 있다.

3.3 LED 광원의 전기 광학적 특성

본 연구를 위해 사용한 LED는 서울반도체에서 생산된 Pure White(W724C0)를 사용하였다. 이 LED는 소요전력이 11.8 W이며, Dome Type의 모형이다. 동작전압 V_F 는 평균 3.6 V, 최대 4.2 V이며, 광속은 최대 900lm이며, 색온도 CCT는 6,300K이며, 연색지수 R_a 는 70이다.

표 4. $I_F = 2800mA$, $T_A = 25^\circ C$ 에서의 전기 광학특성

Table 4. Electric and Optic Characteristics in $I_F = 2800mA$, $T_A = 25^\circ C$

| Parameter | Symbol | Value | | | Unit |
|------------------------------|----------------|-------|------|-----|--------------|
| | | Min | Type | Max | |
| Luminous Flux | Φ_V | - | 700 | 900 | lm |
| | $I_F = 1400mA$ | - | 400 | - | lm |
| Correlated Color Temperature | CCT | - | 6300 | - | K |
| CRI | R_a | - | 70 | - | - |
| Forward Voltage | V_F | - | 3.6 | 4.2 | V |
| | $I_F = 1400mA$ | - | 3.3 | - | V |
| View Angle | 2θ | 130 | | | deg. |
| Thermal resistance | $R\theta$ | 3 | | | $^\circ C/W$ |

표 5. 절대치 최대율

Table 5. Absolute Maximum Ratings

| Parameter | Symbol | Value | Unit |
|-----------------------|-----------|----------------------|------------|
| Forward Current | I_F | 2800 | mA |
| Power Dissipation | P_d | 11.8 | W |
| Junction Temperature | T_j | 140 | $^\circ C$ |
| Operating Temperature | T_{opr} | -40~+85 | $^\circ C$ |
| Storage Temperature | T_{stg} | -40~+100 | $^\circ C$ |
| ESDSensitivity | - | $\pm 20,000V$ HBM | - |

IV. 시뮬레이션

4.1 시험 및 검증

설계된 다목적 유도조명에 대한 시험 및 검증은 한국광기술원의 시험 및 인증센터를 통해 이루어졌다. 여기에 사용된 다목적 유도조명에는 <그림 7>의 패턴이 조명에 사용되었고, 이 패턴 조명은 폴의 높이를 10m로 하여 지면 또는 목표지점에 조사되는 구조이다.

Illumination Levels

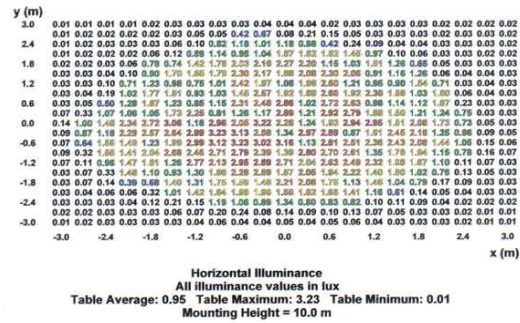


그림 4. 조도분포

Fig. 4. Illumination Distribution

이때 지면에 조사되는 조명구간은 3×3m 크기이며, 이는 도로 차폭의 크기와 비슷한 크기이다. 조도분포에서 보는 바와 같이 패턴에 주어진 칼라색에 따라 다양한 분포의 조도값을 나타내고 있으며, 이들은 전체 평균은 0.95lx, 최대치는 3.23lx, 최소치는 0.01lx로 나타났다. 특히 빨간색 부분에 조도값이 크게 나타난 것은 이 색깔의 파장이 매우 길기 때문이다. 투영된 조명 영역에서 가운데 부분의 조도값이 가장자리에 비해 대체로 높게 나타났으며, 가장자리고 옮겨감에 따라 조도값의 분포는 낮게 나타남을 알 수 있다. 이것은 빛이 조명범위 내에서만 조사되고, 이 범위를 벗어난 빛은 거의 없다는 의미이다. 결과적으로 조명영역에서

벗어난 불필요한 빛의 확산이 없어 자연 생태에 미치는 영향이 전혀 없음을 알 수 있다.

한국표준협회의 조도기준에 의하면 주거지역 보행로 및 진입로에는 3~10lx의 밝기가 필요하다. 밝기를 나타내는 lx는 거리의 제곱에 반비례하기 때문에 10m 높이의 폴(pole)을 4~4.5m로 낮출 경우에는 조정이 가능하다.

<그림 5>는 다목적 유도조명의 광도분포를 보여준다. 광원의 조사는 광학렌즈를 이용하여 이루어지기 때문에 조사각은 제한되어 나타나며, 각 색상분포는 패턴을 이미지로 제작하여 광원을 투사한 결과이다. 이와 같은 조사각은 광학렌즈의 조절에 이루어지며, 투사거리 또한 조정이 가능하다.

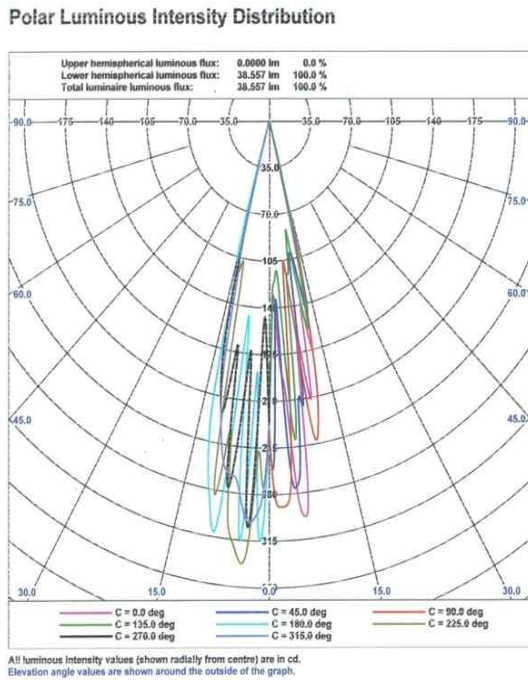


그림 5. 광도분포
Fig. 5. Intensity Distribution

4.2 적용사례

본 연구를 통해 구현된 다목적 유도조명의 효과를 파악하기 위해 조명 설비가 거의 없는 산림의 휴양림에 설치하여 그 결과를 살펴보았다. 특히 숲속은 조명 관리가 민감한 지역이다. 동·식물이 다양하게 서식하고 있기 때문에 조명에 의한 생태계의 피해가 매우 민감한 지역이라고 할 수 있다. 또한 야간의 휴양림은 매우 어둡고, 이정표가 있더라도 야간에는 쉽게 파악할 수 없어 이곳을 방문하는 관광객들에게는 길을 찾는 데 불편함이 따른다. 공공장소에 일부 조명등과 보안등이 설치되어 주변을 밝히고 있지만 대부분 수목과 낙엽에 의해 차단되기 때문에 빛의 용도가 매우 제한적이다.

본 논문에서 개발된 다목적 유도조명은 일반 조명등, 보안등과는 다른 개념이다. <그림 6>, <그림 7>에서 보는 바와 같이 빛 확산이 없고, 관광객이 오가는 지점에 안내정보가 포함된 조명이 지면을 비추고 있다. 유도조명에서 비추어지는 조도는 한국표준협회의 조도기준에 포함되며, 빛이 집중되기 때문에 가시적인 효과는 매우 밝게 나타난다.



그림 6. 적용사례 1
Fig. 6. Case Example 1



그림 7. 적용사례 2
Fig. 7 Case Example 2

지면에 비추는 조명의 범위는 폴의 길이에 따라 조정이 가능하며, 안내정보도 다양한 문자, 심볼, 이미지 등의 활용이 가능하며, 고화질의 풀칼라(full color)로 투영이 가능하다. 산림휴양림이나 도심 외곽지역 등은 매우 어둡기 때문에 <그림 6>, <그림 7>과 같은 조명은 관광객들에게 매우 유익한 hot character 역할을 한다. 특히 밤늦게 방문할 경우 행선지 식별이 용이하여 편리함을 제공할 수 있으며, 제공 심볼(symbol)을 통해 정책성 홍보도 가능하여 대민 서비스 품질을 높일 수 있는 특징이 있다.

특히 다목적 유도조명의 광원은 LED를 사용하기 때문에 비LED에 비해 환경오염을 유발하는 수은 등과 같은 물질이 없고, 내구성이 강하며, 수명은 반영구적이다. 또한 기존의 조명은 대부분 100W이상을 사용하는 것에 비해 유도조명은 5배 이상의 에너지 절감효과가 있다.

V. 결론

환경오염과 생태환경에 대한 관심이 높아지면서 조명이 생태에 미치는 많은 연구가 진행되고 있으며, 그

결과가 계속적으로 발표되고 있다. 사람의 사생활 침해에서부터 조류나 어류에 이르기까지 그 피해는 서서히 우리들에게 다가오고 있다. 이와 같은 조명으로 발생된 피해를 줄이기 위해 일부 조명은 반사각의 각도나 Reflector 등과 같은 설비를 이용하여 빛의 확산을 줄이고 있지만 그 성능은 반사각의 재질과 특성에 영향을 받기 때문에 효율적인 빛공해 방지 기법으로 판단하기에는 어렵다. 더군다나 이와 같은 설비의 탑재는 단순히 조명의 확산을 차단할 뿐 조명에 필요한 소요 전력을 줄이는 효과는 매우 미약하다.

본 논문에서 제안된 다목적 유도조명은 LED 광원을 기반으로 광학렌즈를 적용하여 빛의 효율적인 조사에 대한 연구를 수행하였다. 설계를 통해 구현된 다목적 유도조명은 광학렌즈에 의한 조명의 방향과 범위를 유연하게 정할 수 있을 뿐만 아니라 광학렌즈의 배열에 의한 패턴을 활용할 수 있어 다용도의 기능을 가지고 있다. 특히 광학렌즈의 활용으로 빛의 확산을 줄일 수 있어 생태계에 피해를 주는 빛공해를 차단할 수 있다. 또한 패턴을 이용한 조명기법은 그 위치에 대한 개략적인 정보 제공이 가능하여 많은 사람들에게 편리한 수단으로 활용될 수 있다. 본 연구에서 주목할 만한 점은 저전력의 광원을 사용한 것인데, 기존의 가로등 조명에 비하면 매우 적으며, 여기에 광학렌즈를 이용하여 빛을 조사함으로써 실제로 조사된 조명의 밝기는 매우 밝게 나타남을 볼 수 있다.

본 연구에서 사용되는 광원의 소비전력은 매우 낮은 11.8W를 탑재하고 있다. 광학렌즈에 의한 약간의 빛 손실은 조명의 밝기에 많은 영향을 미친다. 따라서 앞으로는 광학렌즈에 의한 빛 손실을 최소화할 수 있는 방안에 대한 연구가 추가적으로 요구된다.

참고문헌

- [1] Yu-Suk, Kim, A Study on the Actual Condition and Its Countermeasures of Outdoor Light Pollution in Korea, Ph.D Dissertation, Kyunghee University, 2004.8.

- [2] Yun-Sik, Choi, A Study of Environmentally Friendly Exterior Illumination and Influences on the Ecosystem(plant) by Lighting Effects, Master's Thesis, Hanyang University, 2008.8.
- [3] Jin-Sang, Yu, "More than downtown building lighting 70%, Actual Conditions and View," <http://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=20120109010008>
- [4] Soo-Jung Chang, Eun-Suk Oh, An-Seop Choi, "A Development of Street Lighting Fixtures and Operation Plan in Residential Areas," *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers* Vol.19, No.4, pp.17-23, June 2005.
- [5] Kyoung-Onn Kim, Ik-Soo Eo, Eui-Suk Suh, Sang-Bin Song, Gi-Hoon Kim, Joung-Wook Park, "Optimize Optocal Design of 180W Class LED Street Lighting Modules," *2009 KIEE Summer Conferences*, pp.1615-1616, 2009.
- [6] Dept. of Living Environment, Mistry of Environment, "Administration Guide by Artificial Illumination," 2011.2.
- [7] Mi-Wha, Kim, "Excessive Artificial Illumination, Light Pollution needs Management." Energy Citizens Alliance, People who unplug plug, pp.11-14. 2011.1.2.
- [8] Seoul Metropolitan Government, Design in Seoul, Guideline of Night Landscape.
- [9] Seoul Metropolitan Government and Mistry of Environment, Environment Improvement of Light Pollution in East Gate, 2012.1.13 News release.
- [10] Na Ha, Jeong-Tai Kim, "A Field Survey on Light Trespass of Residential Buildings by Street Lighting -Focussed on Gye-dong Street-," *2009 Korea Institute of Ecological Architecture and Environment Autumn Conference*, Vol.9, No.2, pp.65-69, 2009.
- [11] Yeon-Chul, Choi, A Model on the Suitability of Illumination at Urban Park, Ph.D Dissertation, Chongju University, 2001.8.
- [12] Petteri Teikari, "LIGHT POLLUTION : Definition, legislation, measurement, modeling and environment effects," *BARCELONA, CATALUNYA*, Sep. 19, 2007
- [13] Tae-Young Ma, "Illuminance Distribution Variation with the Angle of Reflectors," *Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers(2010)* 24(9): pp. 16-19. 2010.
- [14] Dae-II Seok, Chang-Mo Lee, Seung-Gyun Jung, Hoon Kim, "Exclusive Reflector Design for 200W Electrodeless Fluorescent Lamp," *KIIEE Autumn Annual Conferences*, pp.3-7, 2007.11.2.

저자소개



이팔진(Pal-Jin Lee)

1986년 조선대학교 전산기공학과 (공학사)
 1988년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사)
 1995년 전북대학교 대학원 전자계산기공학과(공학박사)
 1995년~현재 초당대학교 컴퓨터과학과 교수
 ※ 관심분야: 정보통신, IT융합, 지식공학