

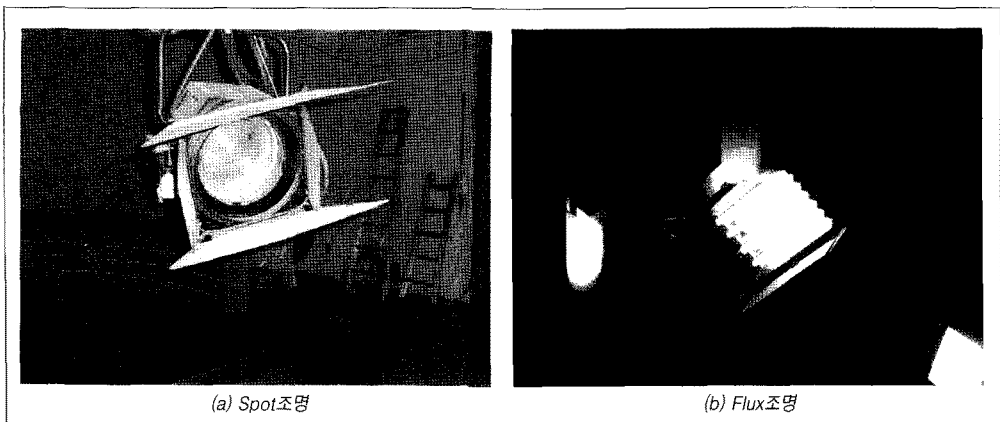
방송용 LED조명기기

▣ 박상희 / 금오공과대학교 기계공학부

1. 방송용 LED조명기기로의 전환

최근 IT융합기술을 기반으로 한 방송디지털 기술의 급격한 발달은 방송·통신 환경을 급격하게 변화시키고 있다. 방송 시청자들은 고품질의 영상과 정

보를 원하고 있으며, 이들 시청자들은 직접 방송 현장에 참여하여 서비스를 추구하고 있다. 이로 인해 방송사들은 3D방송 시스템, DTV와 DMB를 이용한 실시간 방송 서비스를 위한 기반기술 및 장비성능 등의 향상을 위해 영상기술, 음향기술, 조명기술, 중



<그림 1> 방송용 조명장치

계기술 등을 연구하고 있다. 이 중에서도 조명기술은 빛과 그림자를 이용하여 시청자들에게 피사체를 실제와 똑같으면서 자연스럽게 보이도록 하는 창의적이고 고품질의 영상을 제공하기 때문에 매우 중요하다.

현재 방송국에서 사용되고 있는 조명장치는 대부분 <그림 1>과 같은 Spot조명과 Flux조명이다. Spot조명에는 Key조명과 Fill조명을 사용하며, Flux조명으로는 주로 Base조명을 사용하고 있다. 이들 조명장치의 광원은 할로겐램프, 형광등, HQI램프 등을 사용하고 있으며 스튜디오 크기에 따라 수십 개에서 수백 개 정도가 설치되어 있다<그림 2>. 현재 사용되는 조명장치의 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

- 광원에 따라 소비전력이 500W에서 2kW정도로 매우 높고 수명이 짧다.
- 스튜디오 내부에 설치된 수많은 조명에서 발산하는 열로 인해 스튜디오 내부의 온도가 상승하여 냉방시설의 가동에 따른 에너지 사용비용이 높아지게 된다.
- 피사체에게 과도한 열이 노출되므로 피부에 손상도 입힐 수 있다.
- 조명장치의 무게가 무겁고 크기도 커서 스튜디오 상부에 설치된 바텐(batten)도 견고하여야 하므로 설치비용이 증가하게 된다.
- 할로겐등을 이용한 조명장치는 다양한 색을 구현하기 위해서는 색필터가 반드시 필요하며 이 색필터는 열에 취약하여 장시간 사용시 필터가 타버리거나 변형이 쉽게 된다.
- 현재 방송조명의 경우 실내 촬영시 색온도가 3,300K대의 조명을 사용하고 야외 촬영시 5,600K대의 조명을 사용하여 모니터상의 색상이 이원화가 되는 구조를 사용하고 있다.



<그림 2> 실제 스튜디오 내의 조명시설

위와 같이 현재 방송용 조명장치의 문제점을 해결하기 위해서는 새로운 광원인 LED(Light Emitting Diode)를 이용한 방송조명장치를 개발하는 것이다.

LED는 P형과 N형 반도체의 접합부에 전압을 인가하였을 때 나오는 에너지 차이로 인해 빛을 내기 때문에 작은 면적에서 작은 전기로도 고출력의 밝은 빛을 얻을 수 있는 광전자 소자이다. LED는 일반적으로 친환경, 다양한 색구현, 에너지절감, 장수명 등의 특징을 가지며, 기존램프의 광원과 다르게 열이나 방전을 사용하지 않는다는 점이다. 최근에 개발된 광효율이 100lm/W이상인 고회도 LED를 잘 조합하여 사용할 경우에는 고출력의 방송조명장치를 대체할 수 있다.

따라서 본 논문은 지식경제부 지원으로 2009년 방송장비 고도화 사업의 일환으로 주관기업인 오로라라이트뱅크와 공동개발 중인 “방송용 LED조명기기”의 개발을 기초로 한 것이다. 방송용 LED조명기기는 기존 조명장치에 비해 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- LED는 기존 조명장치에 비해 전력소비를 약

50%이상 절감할 수 있다.

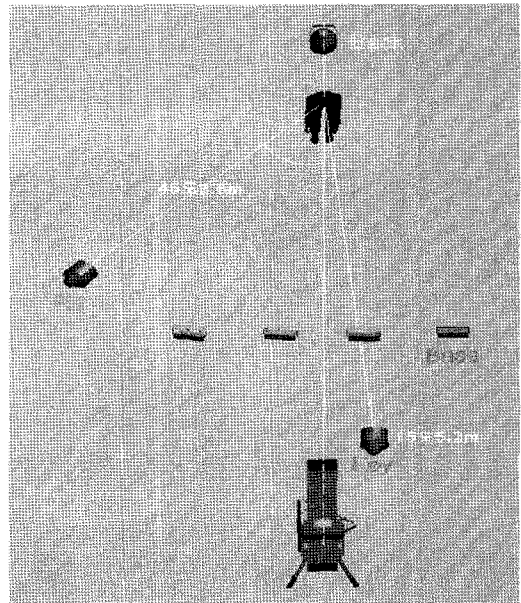
- LED는 RGB의 색상을 조절하여 다양한 색깔을 구현할 수 있다.
- LED는 피사체쪽으로 빛만 나오지 LED에서 발생하는 열은 냉각시스템을 이용하여 제거하는 동시에 LED의 수명을 약 30,000시간 이상으로 유지시켜 준다.
- LED는 친환경적이며 자외선이 발생하지 않아 피사체의 인체에 영향을 주지 않는다.
- LED는 직류전압방식이므로 방송장비에서 플리커 등의 문제를 제거할 수 있으므로 고화질의 방송을 송출할 수 있다.

II. 방송용 LED조명기기 구성 및 특징

조명은 빛과 그림자를 조절하는 장치로 자연조명과 인공조명이 있으며, LED조명은 인공조명으로서 피사체에 비치는 빛의 역할을 담당한다. 방송용 조명은 피사체에 비치는 빛을 TV카메라에 충분하게 공급하여 촬영하며 일련의 여러 과정을 거쳐 최후에 시청자들의 눈이 인식할 수 있게 해준다. 특히 방송용 조명은 촬영하고자 하는 사물의 위치와 관계를 효과적으로 보여주며, 영상에서의 전반적 분위기와 느낌을 만들어 준다.

방송용 조명은 광원, 입사방향, 그리고 용도에 따라 3가지 정도로 분류하고 있으며, 광원에 따른 조명은 Spot조명과 Flux조명으로, 입사방향에 따른 조명은 순광, 측광, 역광, Top조명, Foot조명으로, <그림 3>은 용도에 따라 방송 스튜디오에서 기본적으로 사용되는 조명의 종류와 배열을 나타낸다. 즉 피사체를 비추는 조명의 중심이 되는 Key조명, 좌, 우

측의 보조용 조명인 Fill조명, 피사체의 후면을 비추는 Back조명이 있다. 이들 조명의 광원은 기존 조명 장치의 경우 사용 목적에 따라 형광등, 할로겐이나 HQI램프로 다르게 사용하고 있지만, LED 광원은 조명의 종류에 관계없이 광원이 동일하다.



<그림 3> 방송국 스튜디오 내의 조명배열

1. Spot조명

방송용 LED Spot조명은 피사체를 집중적으로 비출 수 있는 구조를 가져야 한다. 이 조명은 피사체를 중심으로 크게 Key조명, Fill조명 그리고 Back조명으로 나누어진다. 이들 조명의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

1) Key조명

Key조명은 피사체의 정면에서 피사체를 향하여

빛을 가장 많이 비추는 중요한 광원으로 순광 또는 측광으로 사용한다. 여러 조명 중에서 조도가 가장 높은 조명이며, <그림 3>과 같이 임의의 Key 방향을 설정한 후 1대를 사용한다.

Key조명은 스튜디오의 크기와 특성에 따라 6m 혹은 3m의 위치에 설치하여 사용하며, 이 조명을 설계할 때 가장 중요한 인자로는 광원의 조도, 연색성 그리고 평탄도이다. LED 광원의 조도는 광원으로부터 6m의 위치에서 1,000lux 이상의 조도를 항상 유지하여야 한다. 그러나 최근 카메라 등 방송장비의 성능향상으로 600lux 이상을 유지하여도 촬영이 가능하다. 광원의 연색성은 인공광원인 LED광원이 태양광에 가까운 연색성을 구현하기 위해서는 최소 80Ra 이상이 되어야 한다. 그리고 광원의 평탄도는 광원으로부터 6m의 위치에서 피사체를 중심으로 카메라가 인식할 수 있는 범위를 직경 2m로 할 때 좌,우,상,하의 조도 편차가 0.9 ~ 1.1lux 정도의 평탄도를 유지해야 한다. 이때 일정한 평탄도를 가지는 면적내에서는 최소 600lux 이상의 조도를 유지해야 한다.

2) Fill조명

Fill조명은 <그림 3>과 같이 피사체의 좌우에서 피사체를 비추도록 하는 조명으로 일반적으로 스튜디오에 사용할 경우 높이 3m의 위치에 설치하여 사용한다. 이 조명은 Key조명으로 생긴 그림자를 부드럽게 보강하기 위한 조명으로 Key조명보다 약간 낮게 비춘다. 단, 이 조명의 조도는 약 200lux 이상을 유지하여 Key조명보다 조도가 높지 않게 하며 사용 방법에 따라서는 Filter를 사용하기도 한다.

3) Back조명

Back조명은 <그림 3>과 같이 피사체의 후면에서

피사체를 향하도록 비추지는 조명으로 스튜디오에서 사용할 때 높이 3m의 위치에 설치하여 사용하는 것이 일반적이다. 이 조명은 피사체 후면에서 역광으로 비추는 빛이며 인물의 밝기에는 직접 관계는 없지만 피사체의 가장자리와 제일 높은 부분을 살려 줌으로서 인물의 윤곽을 선명하게 부각시켜 입체감을 돋보이게 하는 효과를 얻을 수 있다.

2. Flux조명

Flux조명은 Spot조명과 함께 촬영에 있어서 매우 중요한 역할을 하는 조명이다. 일반적으로 이 조명은 피사체와 스튜디오 전체의 밝기를 향상시키는 Base조명으로 사용된다.<그림 3>. 이 조명은 Spot조명과 같이 피사체를 중심으로 사용되기는 하나 피사체를 밝히기 위한 조명보다는 피사체 주변의 밝기를 향상시키는 역할을 하는 확산조명이다. 이 조명의 조도는 광원으로부터 3m의 위치에서 600lux 이상의 밝기를 유지하여야 한다. 만약 Filter를 사용할 경우에는 200lux 이상의 조도를 유지해야 하므로 실제 조명 제작시에는 약 600lux 이상의 밝기를 유지하도록 하여야 한다. 이 조명의 광원으로 기존 조명 장치에서는 주로 형광등을 사용하였으나 향후 LED 광원으로 교체될 예정이다.

3. Moving조명

Moving조명은 일반 스튜디오 조명이 아닌 야외 및 무대조명으로 사용이 된다. Moving조명의 경우 RGB의 3원색의 혼합 구조로 구성되며 Spot조명이나 Flux조명과 같이 색온도, 연색성, 평탄도 등에는 영향을 받지 않는다. 다만, 이 조명은 무대를 화려하게 장식해야 하는 조명인 만큼 색상 연출이 자유로워야 하

므로 정확한 제어신호 및 색조합 신호를 나타낼 수 있도록 하는 것이 매우 중요하다. 또한 이 조명에서는 Pan이나 Tilt기능도 중요하게 취급하고 있다.

III. 방송용 LED조명기기의 개발방법

본 논문은 지식경제부 지원으로 2009년 방송장비 고도화 사업의 일환으로 주관기업인 오로라라이트뱅크와 공동개발 중인 “방송용 LED조명기기”의 개발을 기초로 한 것이다. 따라서 다른 기업체에서 개발하는 방법과 다를 수가 있다. 방송용 LED조명기기를 개발하기 위한 스튜디오 환경은 본 국책과제를 공동으로 수행중인 “한국방송공사 (이하 KBS) 와 (주)대구방송(이하 TBC)의 스튜디오를 구조로 개발하고 있다. 스튜디오의 크기는 6m(가로) × 6m(세로) × 4m(높이)로 구성하였다. 본 과제는 주관기업인 오로라라이트뱅크에서 Spot조명과 Flux조명을, 참여기업인 서울스테이지라이팅에서 무빙조명을 개발하고 있다.

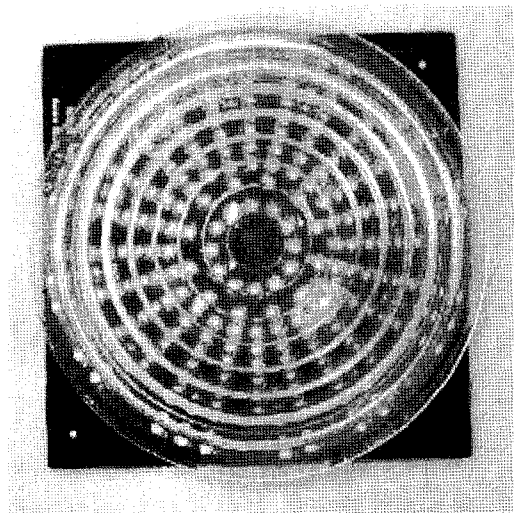
방송용 LED조명기기의 개발에 있어서 고려해야 할 기술개발 내용은 LED광원을 이용한 패키지개발, LED 광원으로 발생하는 빛을 확산시킬 렌즈개발, LED 패키지에서 발생하는 열을 제거할 냉각장치개발, LED광원을 구동시킬 전원장치개발, 빛의 밝기를 조절하는 디머(Dimmer)개발, 반사경개발 그리고 조명장치의 기구개발 등이다.

1. Spot조명

방송국 스튜디오에서 사용될 Spot조명의 중심 조명인 Key조명의 정량적 및 정성적인 개발 목표는 다음과 같다.

- LED 광원으로부터 6m 떨어진 위치에 있는 피사체에서 조도는 600lux 이상, 색온도는 5,400K ~ 5,600K, 연색성은 80Ra 이상이 되어야 한다.
- LED 광원은 면광원 구조가 아닌 점광원 구조의 단초점을 갖도록 설계가 되어야 한다.
- 스튜디오 내에서 오디오에 소음이 들리지 않도록 LED 광원의 냉각 장치는 자연냉각방식으로 하여 무소음이 되게 하여야 한다.
- 빛의 밝기를 조절할 수 있는 DMX-512제어기능이 가능하여야 한다.
- 조명장치는 주변의 색상에 영향을 받지 않는 구조의 색상이어야 하고 크기가 가능한한 작고 무게를 가볍게 하여야 한다.

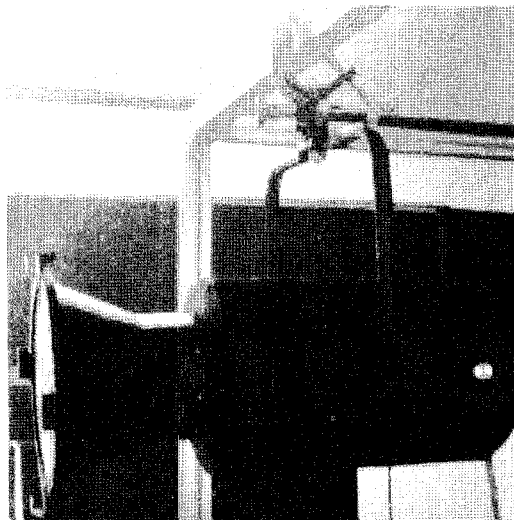
위와 같은 목표를 만족시키기 위해 국책과제의 주관기업과 공동기업 및 대학이 협력하여 먼저 조명장치의 광원인 MCP(Multi Chip Package) LED를 개발



<그림 4> LED광원과 퍼널렌즈

하였다.<그림 4>에 보여진 MCP LED는 3.3mm의 크기를 가지는 고파워 LED이며 광효율이 100lm/W 이상이 된다. LED 광원의 배치는 열적 및 광학적 시뮬레이션을 수행하여 방사형 구조로 하였다. 이러한 배치는 빛의 확산면이 비대칭으로 만들어지는 것을 방지하며, 단초점 광원 구조를 만드는데 가장 이상적인 구조이다. 또한 LED의 열특성에 따른 영향을 줄이기 위해 LED와의 간격을 일정하게 이격시키는 구조로 설계하였다. 그리고 LED의 광원을 집광하기 위해 반사경과 퍼넬(fresnel) 렌즈를 사용하였다.

<그림 5>에 보여진 개발된 방송용 LED Spot조명 기기는 소비전력이 250W로 기존의 2kW용 할로겐 등을 사용하는 방송조명장치에 비해 소비전력을 약 1/10로 감소시켜 에너지 절감을 매우 증가시킬 수 있다. 또한 LED 광원의 냉각 시스템은 자연공랭 냉각장치를 장착하여 무소음으로 하였으며 고효율의 냉각성능으로 LED광원의 수명을 크게 증가시켰다. 그리고 DMX 제어시스템은 전원공급 회로 내부에서



<그림 5> 250W LED Spot조명기기

f/back되는 신호를 제어하는 방식과 Select control방식을 이용하여 신호를 분산하는 방식을 사용하였다.

2. Flux조명

Flux조명은 확산면적과 평탄도가 매우 중요하므로 LED의 배열을 최적화하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.<그림 6>에 보여진 150W급 Flux조명은 LED 조합 방식을 적용하여 색온도를 결정하였으며, 배광 기술 및 렌즈결합 기술을 이용하여 개발하였다. 이 제품은 광원으로부터 3m 위치에서 조도가 600lux 이상이 되며, DMX제어 시스템이 내장되어 있으며 제어 방식은 Spot조명과 같은 방식으로 제어가 된다.



<그림 6> 150W LED Flux조명기기

3. Moving조명

<그림 7>은 개발된 Moving조명으로 브랜드명은 Lumi-500으로 기존의 영상조명이나 기타 업체에 비해 성능이 우수하다. 특히 이 조명은 Pan이나 Tilt 기능은 기존의 제품에 비해 소음이 적고 정확도를 향상시켜 제어가 매우 쉽다. 또한 효율을 향상시켜

기존 제품보다 30% 이상의 성능을 가진다. 이 조명은 작동 범위도 넓어 실내외 어디에서든 사용이 가능한 구조를 가지는 제품이다.

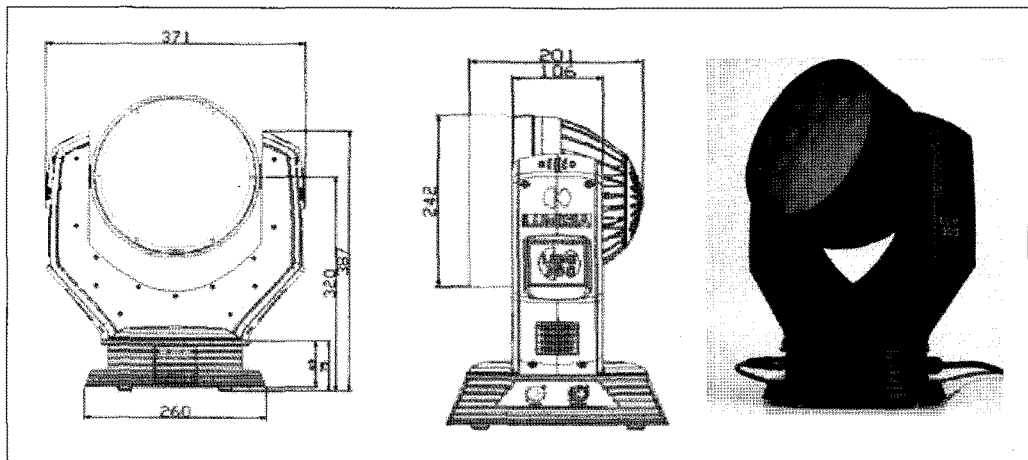
기가 어려운 실정이다. 본 과제에서 개발된 조명기는 실수요자인 방송국에서 제시한 사양을 기초로 되어 있으며, 미국 에너지청 (DOE)의 LM-79 규정에 의거한 성능시험방법으로 제품을 평가하고자 한다.

IV. 개발된 방송용 LED조명기기의 성능평가

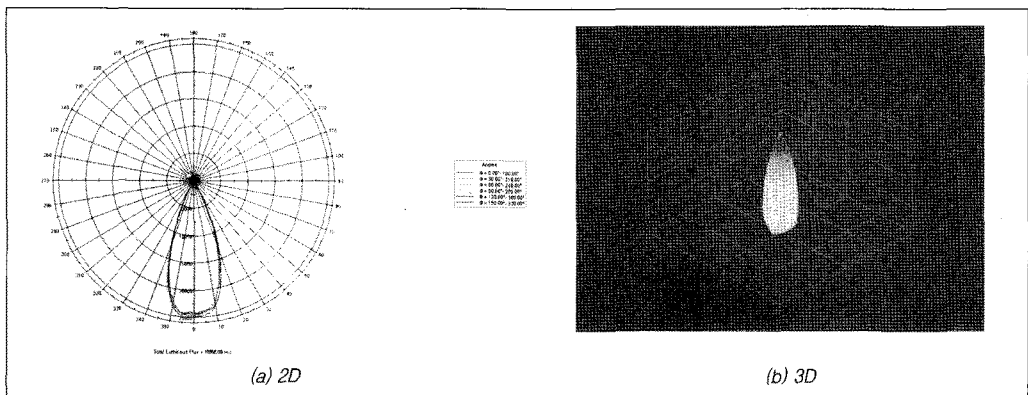
현재 방송조명의 경우 별도의 KS규정이 없기 때문에 개발된 제품에 대하여 규격에 맞는 성능을 평가하

1. Spot조명

LED Spot조명은 조도, 연색성, 색온도 그리고 평탄도를 가장 중요하게 검토해야 할 사양이다. 개발된 250W급 LED Spot조명기기에 대한 성능평가 결



〈그림 7〉 개발된 LED Moving 조명



〈그림 8〉 개발된 LED Spot 조명기기의 배광곡선

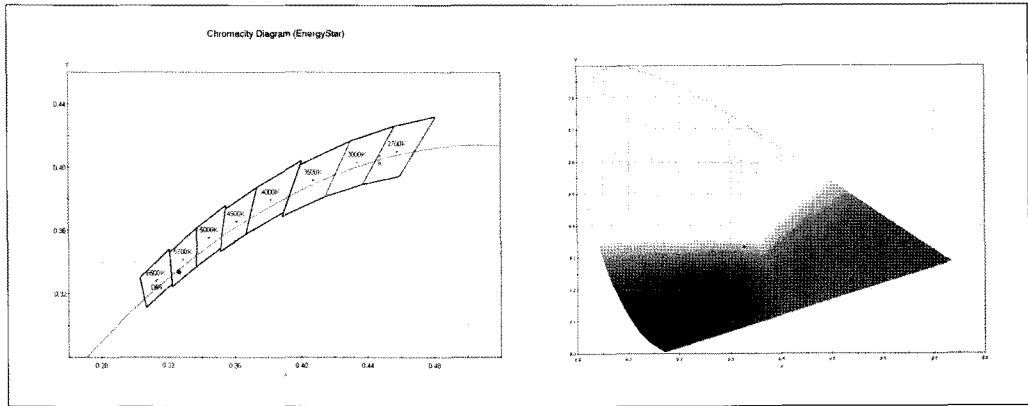
과는 다음과 같다.

<그림 8>은 개발된 제품의 배광곡선을 나타낸다. 그림에 보여진 것처럼 광원은 직진성을 가져야 하며 배광각도는 최소 $\pm 20^\circ$ 의 각도를 유지하여야 한다. 또한 배광곡선은 좌우가 대칭적이어야 하며 이는 광원과 초점이 정확히 맞도록 하는 것이 중요하다.

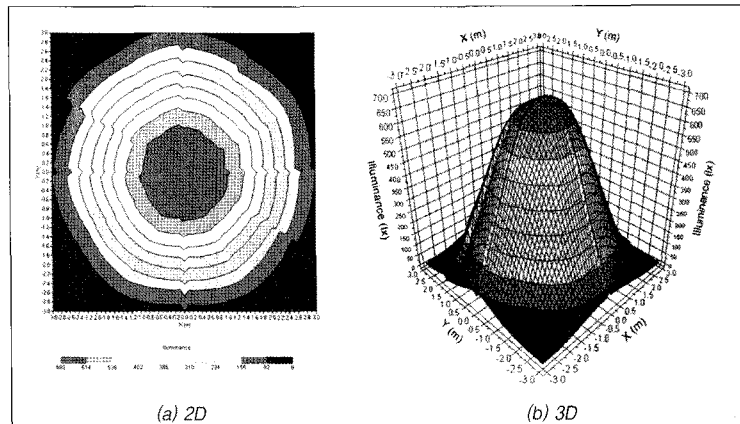
<그림 9>는 Spot 조명의 색온도의 분포곡선을 나타낸 것이다. 개발된 Spot조명기기의 색온도는 5,700K대를 나타내고 있다. 일반적으로 밝은 날 자연색의 색온도는 5,600K대를 가지는 것이 바람직하나

최근 카메라 및 모니터링 장비의 기술 발전으로 인해 일정한 색온도는 보정이 가능하다. 따라서 목표 색온도인 5,600K에서 $\pm 150K$ 의 오차는 카메라가 보정이 가능한 범위이므로 안정적인 색온도 범위라 할 수 있다. 또한 5,600K대를 유지하는 것은 스튜디오와 야외 촬영시 색온도의 편차를 줄이기 위한 부분이다. 본 제품의 색온도는 BBL(Black Body Line)라인에 위치하므로 CIE1931의 기준에 적합한 조건이라 할 수 있다.

<그림 10>은 조명기기의 조도를 2D 및 3D로 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 유효면적



<그림 9> Spot 조명의 색온도의 분포곡선



<그림 10> LED Spot조명기기의 조도특성

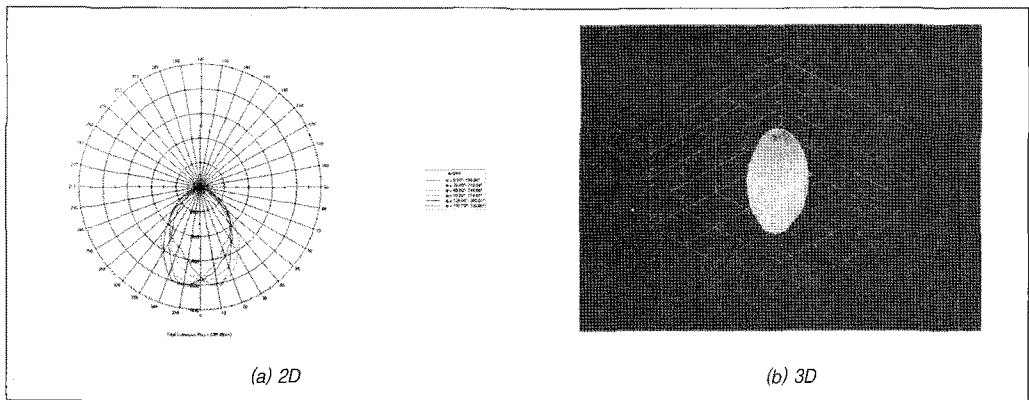
인 $\pm 0.9\text{m}$ 의 크기 내에서 600lux 이상의 조도를 유지할 경우 방송촬영에 적합한 조명이다. 또한 유효 면적 내에서 조도의 평탄도는 $0.9 \sim 1.1\text{lux}$ 범위를 유지하도록 하여야 한다. 개발된 LED Spot조명은 퍼넬렌즈를 이용하여 조도를 유지하도록 하였으며, 이는 방송조명에서 조도를 증가시키는 가장 중요한 방법 중 하나이다.

2. Flux조명

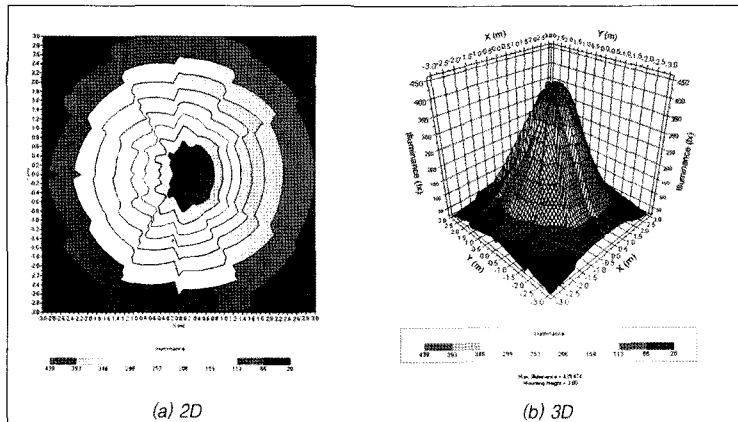
Flux조명은 피사체를 직접 비추는 조명이 아닌 간

접조명으로 Spot조명만큼의 밝기는 필요로 하지 않는다. 다만, 이 조명은 넓은 지역의 평탄도를 가져가야 하므로 넓은 지역을 비출 수 있는 평면 조명 형태의 조명으로 구성되어야 한다. 개발된 150W 급 LED Flux조명기에 대한 성능평가 결과는 다음과 같다.

<그림 11>은 개발된 제품의 배광곡선을 나타낸다. 그림에 보여진 것처럼 광원은 직진성과 평탄도를 동시에 유지하는 배광각도를 가져야 하므로 본 평가 결과와 같은 약 ± 50 도를 유지하며, 좌우가 대칭적인 확산구조를 나타내고 있다. 상기의 배광곡선을 유지할 경우 직진성과 확산성을 동시에 가질 수



<그림 11> LED Flux조명기기의 배광곡선



<그림 12> Flux 조명의 조도특성

있어 넓은 스튜디오에서 사용도 적합하다.

<그림 12>는 필터를 사용하지 않은 상태에서의 Flux 조명의 조도특성을 나타내고 있다. LED는 특성상 빛이 직진성을 가지므로 인위적으로 빛을 펼치기 위해서는 필터를 사용하여야 하므로 넓은 분포면적을 가지는 구조의 광원체가 유리하다. 그림에서 보는 바와 같이 광면적은 넓은 면적을 만족할 수 있는 구조가 좋으며 이상적인 구조로는 피사체를 중심으로 하여 약 4m ~ 5m반경 내에 200lux이상의 조도를 유지하는 것이 바람직하다. 그림에서 가운데 조도가 높은 부분은 필터를 사용하는 방송 장비의 구조 특성상 필터를 통해 안정적인 평탄도를 가질 수 있는 장비로 사용이 가능하다.

<그림 13>은 Flux 조명의 색온도분포를 나타내고 있다. 평탄조명은 그림과 같은 구조의 특성을 가진다. 색온도의 분포도는 그림과 같은 구조를 가지는 것이 바람직하며 이러한 조명을 여러 개를 사용할 경우 방송조명으로 적합하다.

평탄조명은 스팟조명과 색의 밸런스를 맞추기 위해 5,600K대의 색온도를 유지하여야 한다. 본 장

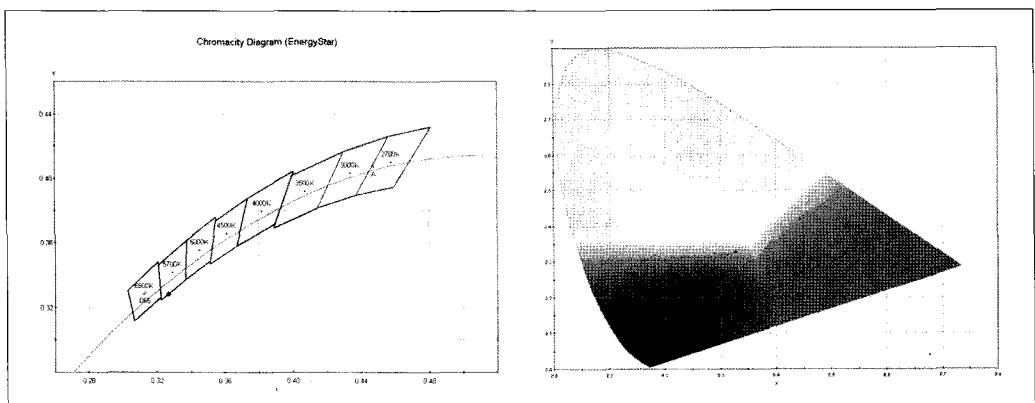
비에서는 5,700K대를 유지하나 이는 상기 Spot조명과 같이 카메라 보정이 가능한 범위이므로 방송에 큰 문제가 없으며 Flux조명은 Base조명이므로 크게 방송촬영에 영향을 미치지 않는다.

V. 방송용 LED조명기기의 향후 전망

방송현장에서 사용되는 방송장비의 대부분이 해외의 제품에 의존하고 있는 실정으로 국산화가 시급한 실정이다. 특히 방송용 조명기기에서는 세계 각국의 이산화탄소 배출량 감소 등의 친환경 정책 선언과 RoHs와 같은 환경 규제 제도의 시행정책에 맞춰 에너지 절감효과가 매우 큰 방송용 LED조명기기의 전환이 반드시 필요한 이슈로 대두되었다.

이런 현실상황에서 지식경제부는 오로라라이트뱅크를 주관기업으로 선정하여 2009년도 방송장비 고도화 사업의 일환으로 “방송용 LED조명기기”의 개발을 추진 중에 있다.

본 논문에서는 개발 중에 있는 방송용 LED Spot



<그림 13> Flux 조명의 색온도분포

조명과 LED Flux조명에 있어 각 조명의 역할 및 구성, 개발방법 및 개발된 제품에 대한 성능평가를 나타내었다. 그 결과 기존의 2kW용 할로젠등을 사용하는 Spot 조명장치를 250W용 LED Spot조명기기로 대체할 수 있게 하여 조명장치 한대당 소비전력을 약 1/10로 감소시켜 에너지 절감을 크게 증가시킬 수 있게 되었다. 또한 LED 광원에 무소음의 고효율 냉각 시스템을 적용하여 LED광원의 수명을 약

10배 정도 증가시켰다. Flux조명의 경우에도 기존의 500W용 형광등을 사용하는 조명에서 150W용 LED조명기기로 대체하여 조명장치의 소비전력을 크게 줄일 수 있게 되었다.

앞으로 주관기업과 참여기업 및 대학이 산학협력을 긴밀하게 하여 “방송용 LED조명기기”의 개발을 성공적으로 완수할 수 있도록 기술개발에 노력하여 방송장비의 국산화가 현실화될 수 있게 하였습니다.

● 참고 문헌 ●

- [1] LED조명으로 방송 스폿조명 대체방안에 관한 연구 (A study on the Replace Broadcasting image lighting of use the LED), 2009. 5, 이장원, 권기태, 노재엽, 이재우, 한국 조명.전기설비학회 학술대회 논문집, PP103 ~ 105
- [2] LED 조명설계를 위한 방열 특성 비교 (Comparison of thermal dissipation for LED lighting system design), 2009. 5, 박정욱, 김기훈, 김진홍, 천우영, 송상빈, 한국 조명.전기설비학회 학술대회 논문집 PP252 ~ 255
- [3] 전기신문(2010.4.27)

필자 소개



박상희

- 1984년 : 금오공과대학교 기계공학과 공학사
- 1989년 : 경북대학교대학원 기계공학과 공학석사
- 1995년 : 도교공업대학대학원 생산기계공학과 공학박사
- 1995년 ~ 현재 : 금오공과대학교 기계공학부 교수
- 주관심분야 : LED패키지 방열설계, 전자장비 냉각장치