

## 초소형 프로젝션 조명 광학계

# Illumination System for a Portable Projection Display

이영철, 이희중, 문일권  
 삼성전자 디지털미디어 연구소  
 leeycsk@samsung.com

Home Theater를 비롯한 대화면 디스플레이에 주로 사용되는 전면 투사방식의 프로젝션은 현재 소형화와 경량화를 위한 연구가 진행되고 있다. 프로젝션 디스플레이 장치는 기본적으로 조명 광학계와 투사 광학계로 구성되어 있는데, 소형화와 경량화를 위해서는 광학 부품의 수를 줄이고 각 부품의 설계 및 구성, 배치를 최적화 시켜야 하고 이를 위하여 조명 광학계의 구성을 최적화하는 것이 필수적이다. 일반적인 프로젝션 조명 광학계 구성은 Beam splitter<sup>(1)</sup>, 전반사 프리즘<sup>(2)</sup>, Mirror<sup>(3)</sup> 방식 등을 적용하고 있다. 본 연구에 의해 개발된 조명 광학계는 Cassegrain Telescope<sup>(4)</sup>를 응용한 mirror 방식을 적용하여 보다 소형화된 프로젝션 광학계 개발이 가능하게 되었다.

설계된 조명 광학계의 기본 구조는 그림 1과 같이 칼라 휠을 사용한 단판식 DLP(Digital Light Processing) 반사형 프로젝션 시스템으로서 광원으로부터 조명광이 균일하게 패널에 조명되도록 두개의 Fly Eye Lens(FEL)를 사용하였으며, FEL을 통해 발산된 조명광은 1st mirror와 2nd mirror를 통해 1st mirror의 중심 부분에 위치한 패널에 집광 된다. 패널의 구동 방식은 픽셀이 ±12° 각도로 on-off 되며<sup>(5)</sup>, 이러한 구동 방식은 조명 광학계의 F-number와 광학계의 기구적 배치를 결정하게 된다. 이렇게 패널에 조명된 조명광은 투사렌즈를 통해 스크린에 확대되어 투사된다. 그림 2(a)는 조명 광학계의 기구적 구성 조건과 초기 설계 값을 이용하여 최종 설계된 조명 광학계를 나타낸다.

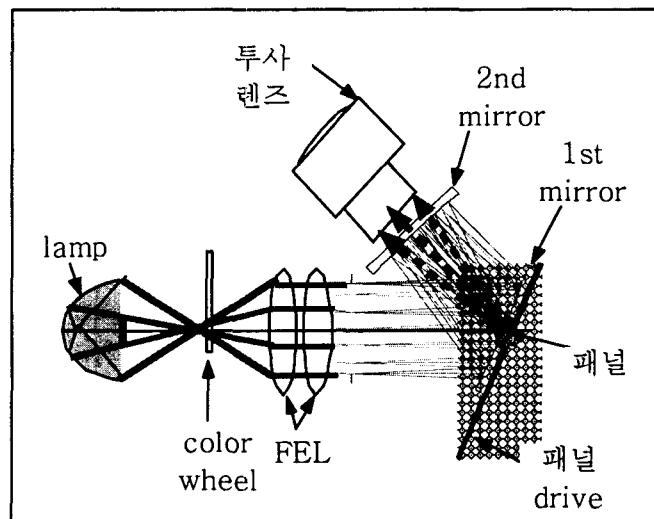


그림 1. Mirror 방식을 채용한 단판식 DLP 반사형 프로젝션 광학계의 기본 구조

조명 광학계의 최종 설계를 위한 최적화 구속요건은 FEL의 각 셀로부터 Tangential 방향과 Sagittal 방향의 상광선과 하광선이 16:9비율의 0.8인치 패널 크기에 맞게 광선 도달 되도록 설정하였으며, 패널에 입사되는 marginal ray가  $\pm 12^\circ$ 가 되도록 하였다. 설계된 조명계의 집광 효율과 설계의 정밀도를 검증하기 위해 조명 램프의 arc 크기가 1mm인 parabolic reflector와 셀 크기가 4mm×2.3mm인 FEL를 사용하여 조명계 분석을 수행하였다. 그림 2(b)는 lamp, FEL, mirror를 모델링한 조명계 전체 구조이다. 그림 2(a)는 조명 해석에 의해 패널에 조명된 조명광의 광분포 분석을 나타내며 그림 3(a)는 패널에서 조명 효율로 overfill 영역을 5%로 고려하여 집광 효율은 52%를 얻을 수 있음을 보여준다. 1st mirror의 중심 부분에 패널이 위치하므로 조명계 해석에서 1st mirror의 중심 부분은 실제 lamp로 부터 발산한 광선이 지나가지 않는다. 이를 고려한 조명계 효율을 분석하기 위해서 lamp의 aperture 중심을 차폐한 후 조명계 분석을 수행하였다. 그림 3(b)는 패널의 가로, 세로, 대각방향에서 조명광의 균일도를 나타내며 ripple이 10%이내로 균일하게 조명되고 있음을 알 수 있으며, 그림 3(c)는 패널에 입사된 조명광의 각도 분포로 입사하는 광의 full angle이  $\sim 24^\circ$ 임을 알 수 있다. 따라서 패널에 조명된 광의 F-number가 초기 설계 조건인 F/2.4를 만족함을 알 수 있다. 현재 이 조명 광학계를 적용하여 소형의 프로젝터를 개발하기 위한 최적화 연구가 진행 중이다.

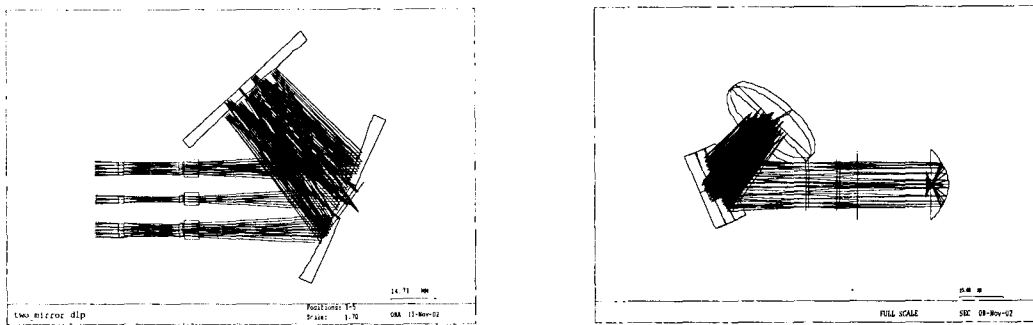
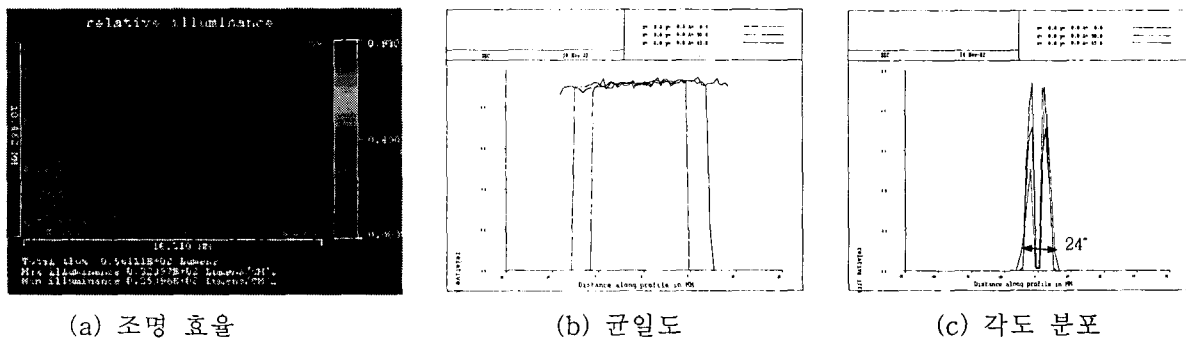


그림 2. (a) 초기 설계값에 따라 설계된 조명 광학계. (b) 조명 광학계 해석을 위한 구성도.



(a) 조명 효율 (b) 균일도 (c) 각도 분포

그림 3. 패널에 조명된 조명광의 광분포 분석

참고문헌

1. Edward H. Stupp, Matthew S. Brennessoltz "Projection Display" p140. (1999)
2. Edward H. Stupp, Matthew S. Brennessoltz "Projection Display" p108 (1999)
3. 特開2000-98272 "Projection Display Device"
4. Lloyd Jones "Handbook of Optics" Second Edition, Vol II, ch.18(1996)
5. Larry J. Hornbeck, TI Technical Report July-September (1998)