

마이크로 디스플레이를 이용한 프로젝션 TV용 광학계 설계

Optical System Design for Projection TV Using Micro Display

이정열*, 박성찬
 단국대학교 물리학과
 outdo1979@naver.com

본 논문에서는 마이크로 디스플레이를 이용한 프로젝션 TV용 광학계의 기하학적인 특징과 광학계 설계 개념에 대해 논의하였다. 디지털 시대와 HD방송의 시작으로 프로젝션 TV용 광학계는 슬림화, 고휘도, 고해상도 및 대화면을 만족해야 한다. 이러한 필수조건들을 만족시키기 위해 본 논문에서는 마이크로 디스플레이와 색분리 합성계를 적용하여 조명광학계와 투사광학계를 최적 설계하였다.^[1,2]

투사광학계는 대형 화면, 최소 두께 그리고 고품질 프로젝션 시스템에 필요한 성능조건을 만족시키면서 긴 후면초점거리를 갖고 광각인 텔레센트릭 광학계를 구현할 수 있는 기하학적인 구조를 만족하도록 그림 1과 같이 최적 설계하였다.^[2,3] 고해상도를 구현하기 위해 마이크로 디스플레이는 0.7" WSXGA LCOS를 사용하였고 광학계의 화각(FOV)을 크게 하기 위해 retro-focus 형태로 결정하였으며 렌즈군 사이의 거리를 확보하여 접은(folding) 형태로 설계하여 프로젝션 TV의 두께를 최소화하였다. 왜곡수차를 최소화하기 위해 렌즈 형태를 meniscus 형태로 사용하였고, 첫 번째 렌즈는 비구면을 적용하였다. 또한 각 panel과 색분리 합성계의 간격에 줌(zoom)을 설정하고 줌 포지션별로 파장에 가중치를 줘서 광학계의 색수차를 최소화하여 성능을 높였다.^[3]

프로젝션 TV용 광학계는 색분리 합성계 및 편광을 이용하므로 많은 광학요소의 filter 및 부품을 사용한다. 그러므로 광학 부품의 효율을 높이고 조립 과정에서 발생하는 손실을 최소화하기 위해서 상면에서 주광선의 입사각도를 최소화하여 텔레센트릭 조건을 만족하는 광학계로 설계하는 것이 중요하다.^[1]

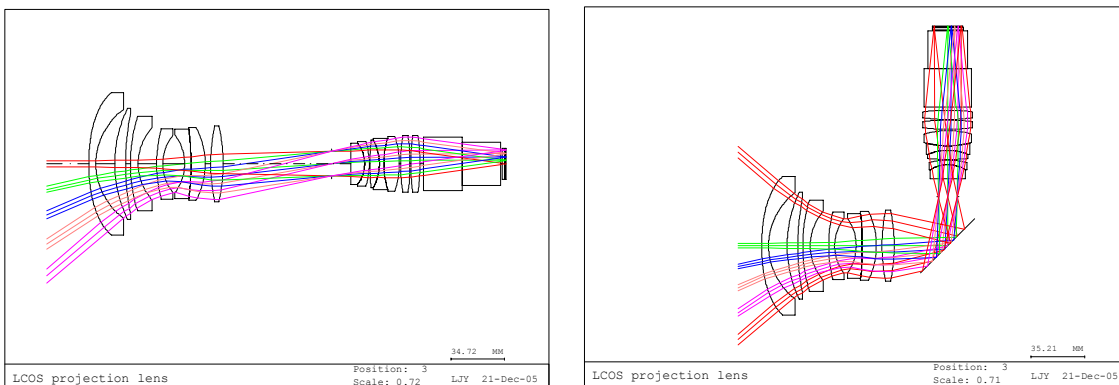


그림 1. 최적 설계된 투사광학계의 layout

조명광학계는 광원의 균일한 광도분포를 위해 그림 2와 같이 fly-eye lens를 사용하였고 조명효율을 최대화하기 위해 투사광학계의 1차량을 이용하여 조명광학계의 광로 조건을 만족하는 근축 설계값을 구

하고 최적화를 실시하여 그림 3과 같이 relay lens를 최적 설계하였다.^[1] 조명조건을 만족하도록 램프의 크기와 투사광학계의 1차량을 이용하여 fly-eye lens와 relay lens의 angle 값을 결정하였으며, fly-eye lens 설계시 array 수를 결정하게 되면 각 cell과 마이크로 디스플레이 크기 그리고 relay lens의 초점거리를 이용하여 fly-eye lens의 초점거리를 결정하였다.^[4] relay lens의 경우 단순히 마이크로 디스플레이의 크기에 맞게 조명하는 역할을 담당하므로 상의 크기를 변화시키는 왜곡수차와 광학 부품들의 성능을 최대화하도록 텔레센트릭 조건에 중점을 두고 설계하였다.^[1,3]

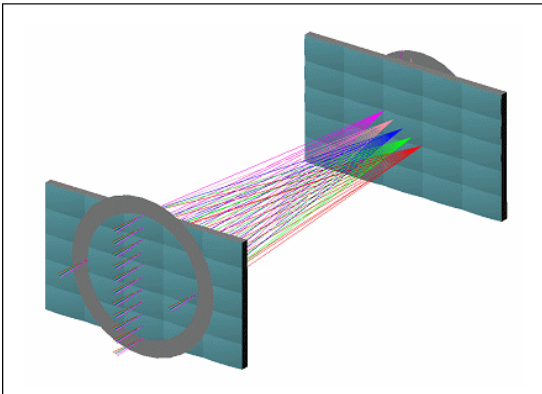


그림 2. 최적 설계된 fly-eye lens

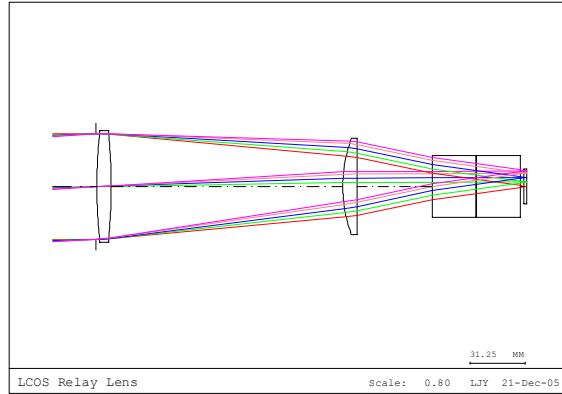


그림 3. 최적 설계된 relay lens layout

프로젝션 TV용 광학계는 WSXGA급 0.7" LCOS type의 마이크로 디스플레이, Fly-eye lens, Relay lens, 색분리 합성계 그리고 투사광학계 순으로 구성되어졌다. 최적화된 조명광학계는 균일한 광도분포를 가지며 투사광학계는 유효초점거리(EFL) 10 mm, FOV 81 degrees, F/2.4, 투사거리 850 mm, 왜곡수차 0.5%미만, 주광선의 입사각도(AOI) 0.5 degrees 미만, MTF 공간주파수 60 lp/mm에서 40%이상의 광학적인 특성을 갖는다. 결과적으로 62"~71" full-HD급 프로젝션 TV에 적용 가능한 광학계를 설계하였다.

참고문헌

1. Edward H. Stupp and Matthew S. Brennesholtz, "Projection Displays", JOHN WILEY & SONS, (1998)
2. 佐ヶ木 正, "液晶ビジュアルプロジェクタ技術", トリケップス, (1992)
3. 김동하, 박종명, "프로젝션 디스플레이 장치의 프로젝션 장치", K.R. Patent 20010045373, (2001)
4. 류재명, 조재홍, 정진호, 이종진, "Fly-eye lens를 사용하는 액정 projector용 조명 광학계의 설계", 한국광학회지, Volume 13, (2002)