모바일 폰카메라용 가변초점 줌렌즈 설계

Varifocal Zoom Lens Design for Mobile Phone Camera

김은진 +, 박성찬

단국대학교 물리학과

hohoagaci@naver.com

최근 mobile phone camera 시장은 고화소수와 더불어 컴팩트하며 다양한 부가기능을 탑재한 제품이 요구되고 있다. 그러나 mobile phone camera에 줌기능 장착과 고화소화에 따라 발생하는 문제점으로 광학계의 전장이 늘어나며, mobile phone의 크기가 커져야 한다는 단점이 있다. 그리하여 본 연구에서는 소비자들이 소형화 요구에 더 큰 비중을 두어, 제한된 전장길이에서 최대 성능을 내는 mobile phone Camera용 광학계를 설계하고자 하였다.

본 연구에서는 줌 기능을 수행할 수 있는 컴팩트한 mobile phone camera에 대하여 논의 하였다. 초기설계는 원하는 기본조건을 이용해 논문과 특허에서 설계치를 얻을 수 있었다. 촬상소자는 1/4", 3maga CCD image sensor를 사용하였고 넓은 화각(FOV : field of view)과 짧은 초점거리를 얻기 위해 1군은 negative power, 2군은 positive power를 갖는 retro-focus형으로 구성하였으며, 컴팩트한 줌 렌즈계를 얻기 위해 zooming 렌즈군만 움직이도록 한 2군 줌렌즈계로 설계하여 wide position과 tele position에서 초점이 맞추어 지도록 하였다. [1] [2] 이러한 시스템은 middle position에서 성능이 떨어져 비연속 줌이라는 단점이 있으나 크기를 줄이고 전력소모를 줄일 수 있다는 장점을 가졌다. 1군은 2매의 렌즈로 구성하였고 2군은 IR필트를 포함해 5매로 구성하였다. 1군의 2번째 렌즈, 2군의 1, 4번째 렌즈를 비구면화 시켜 수차를 보정 하였다. 최적화시 1/4" CCD image sensor에 맞게 half image size를 2.2 mm로 하고 줌 위치에 따라 구경을 F/3.5 ~ F/4.5로 설정하였다. 곡률, 비구면계수, 굴절률, 분산상수, 두께의 일부를 변수로 두고 초점거리를 4 mm ~ 12 mm로 두어 3배의 줌비가 나오도록 줌궤적을 갖게 하고, 전장은 14.5mm이하가 되도록 구속 조건을 설정하여 최적화 과정을 통해 설계목표 사양에 맞는 광학계를 그림 1과 같이 얻을 수 있었다. 목표사양은 표 1에 나타내었다.

기존의 광학계는 일렬로 배치되어 있어 광학 줌 탑재시 초점 조절을 위하여 렌즈군을 이동시킬 공간 부족으로 효과적인 가동을 못하는 문제가 있으며, 효과적인 줌 기능의 구현을 위해서는 광학계의 두께가 두꺼워 질 수밖에 없다. 이러한 문제 해결을 위해 광학계에 직각프리즘을 삽입하여 수평으로 입사하는 광선이 수직으로 굴절되어 센서에 입사하도록 광경로를 변화시켜 광축 방향의 길이를 크게 줄 일 수 있도록 하였다. 직각프리즘을 이용해 렌즈군이 이동할 수 있는 공간과 초점거리를 확보하게 할 수 있어 내부에서 줌이 이루어지는 inner focus 방식을 적용하였다. 최적화를 통해 두께 6 mm glass block을 프리즘으로 변환하여 그림 2와 같이 두께가 3mm인 줌렌즈계를 얻었으며 설계사양은 표 1과 동일하다.

본 연구로 원하는 사양을 만족하는 mobile camera phone을 설계하였고 렌즈계에 프리즘을 삽입시켜 본 연구에서 제안된 줌렌즈계는 매우 컴팩트한 mobile camera phone용 줌광학계에 적합하다.

표 1. 줌렌즈계의 목표사양.

		설계 목표사양	비고
Image format	Type	1/4″ CCD image sensor	inch
	Resolution	2048×1536	
	Size	4.4(D)× 3.52(H) × 2.64(V)	mm
	Unit pixel	1.75×1.75	μm
EFL		wide : 4 , tele : 12	mm
F-number		wide : 3.5, tele : 4.5	f′/D
HFOV		wide : 28.81, tele : 10.39	deg.
OAL		14.5 이하	mm
Wavelength		656.3 587.6 572.6 546.0 435.8	nm
Relative illumination		60 이상	%
Angle of Incidence		25 미만	deg.
Optical Distortion		± 5 미만	%
Lens structure		Aspheric(3P) + Spheric(3G)	
MTF	0.0F	over 30% at 200 lp/mm	%
	0.7F	over 30% at 160 lp/mm	
	1.0F	over 30% at 140 lp/mm	

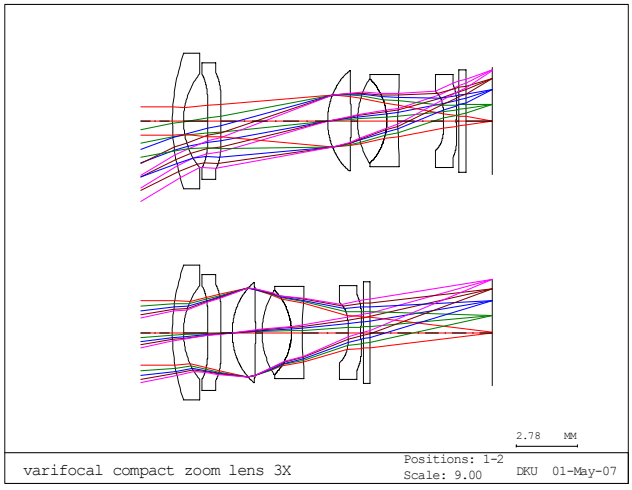

그림 1. 최적화된 줌렌즈 layout

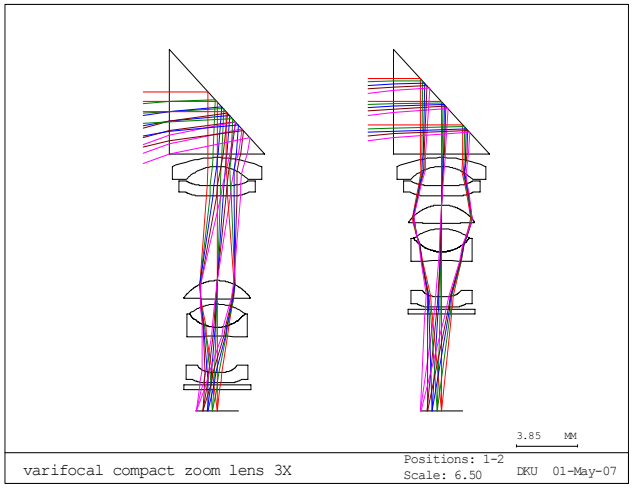

그림 2. 직각프리즘 삽입시 최적 설계된 줌렌즈 layout.

참고문헌

[1] K. Tanaka, "A novel configuration of compact zoom lenses," Optic, Vol. 81(1), pp 33-34 (1988)

[2] 정진호, " 줌 렌즈계의 근축설계와 궤적해석", 영남대학교 박사학위 청구논문 (1994)