

## 프리즘을 이용한 슬림형 디지털 카메라용 줌렌즈 설계

### Zoom Lens Design for Slim Digital Camera Using Prism

박성찬\*, 김은진  
 단국대학교 물리학과  
 scpark@dankook.ac.kr

최근 digital camera 시장은 고화소수와 더불어 슬림하며 다양한 부가기능을 탑재한 제품이 요구되고 있다. 그러나 줌기능의 채용과 고화소화에 따라 발생하는 문제점으로 광학계의 전장이 늘어나며, 크기가 커져야 한다는 단점이 있다. 그리하여 본 연구에서는 소비자들이 소형화 요구에 큰 비중을 두어 제한된 전장길이에서 최대 성능을 내는 줌 광학계를 설계하고자 하였다.

본 연구에서는 성능과 크기를 동시에 만족할 수 있는 1/4" 3Mega CCD image sensor를 사용한 2군 2초점 모바일 폰 카메라용 줌렌즈와 1/3.2" 5Mega CCD image sensor를 사용하여 4군 구성이며 연속 줌이 가능한 디지털 카메라용 줌렌즈를 설계하고 평가하였다. 초기설계는 렌즈모듈(lens modules)의 개념을 이용하였다. 설계한 렌즈모듈을 1차량이 동일한 값을 갖는 실제렌즈로 변환하고, 최적화 과정을 통해 성능을 만족하는 광학계를 얻었다.

2군 2초점 줌렌즈는 넓은 시야각(FOV : field of view)과 짧은 초점거리를 얻기 위해 1군은 negative power를 가지고 2군은 positive power를 갖는 retro-focus형으로 구성하였고, 슬림한 줌 렌즈계를 얻기 위해 zooming 렌즈군만 움직이도록한 2군 줌렌즈계로 설계하여 wide position과 tele position에서 초점이 맞추어 지도록 하였다.<sup>[1][2]</sup> 이러한 시스템은 middle position에서 성능이 떨어져 비연속 줌이라는 단점이 있으나 크기를 줄이고 전력소모를 줄일 수 있다는 장점을 가진다. 1군은 2개의 렌즈로 구성하였고 2군은 IR필트를 포함해 5개로 구성하였다. 1군의 2번째 렌즈, 2군의 1, 4번째 렌즈를 비구면화시켜 수차를 보정 하였다. 구경은 F/3.5 ~ F/4.5로 설정하였고, 곡률, 비구면계수, 굴절률, 분산상수, 두께의 일부를 변수로 두고 초점거리를 4 mm ~ 12 mm로 두어 3배의 줌비가 나오도록 하고, 전장은 14.3 mm이하가 되도록 구속 조건을 설정하여 최적화 과정을 통해 설계목표 사양에 맞는 광학계를 그림 1과 같이 얻을 수 있었다. 목표사양은 표 1에 나타내었다. 그리고 모바일 폰의 디자인 측면에서 경쟁력을 확보하고자 줌렌즈 군의 앞단에 직각프리즘을 삽입하여 빛을 90도 꺾었으며, 내부 군이 이동하여 줌을 구현하는 방식인 inner focus type의 줌광학계를 구현하였다. 줌렌즈 layout은 그림 2와 같다.

4군 줌렌즈는 최적화시 image sensor의 크기에 맞추도록 상의 크기를 조금씩 늘려 원하는 상크기인  $\pm 2.835$  mm로 설정 하고, 구경을 줌 위치에 따라 F/3.5 ~ F/4.5로 하고, 3배의 줌배율 갖는 4.4 ~ 13.2 mm로 초점거리를 맞추었다. 전장을 차츰 줄여 wide position, middle position, tele position의 각 position에서 prism 두께 8.2 mm를 포함해 광학전장을 30.2 mm로 동일한 값을 갖도록 제한하였다. 2군과 동일하게 1군 앞단에 직각프리즘을 삽입하여 inner focus type의 줌렌즈를 구현하였다. 1군은 1개의 렌즈 구성이고, 2군은 접합렌즈를 포함해 3개의 렌즈, 3군은 1개의 렌즈, 4군은 적외선 차단을 위해 사용된 IR cut필터를 포함해 6개의 렌즈로 구성하였으며, 2군의 1번째 렌즈, 3군 렌즈, 4군의 3, 4번째 렌즈를 비구면화시켜 고차수차 보정에 용이하도록 하였다. 최적화 과정을 통해 설계목표 사양에 맞는 광학계를 그림 3과 같이 얻을 수 있었다. 자세한 목표사양은 뒤에 표 2에 나타내었다.

본 연구로 원하는 사양을 만족하는 줌광학계를 설계하였고 제안된 두 가지의 줌렌즈 구성은 매우 슬림한 디지털 카메라용 광학계에 사용 가능 할 것으로 기대 된다.

표 1. 2군 줌렌즈계의 목표사양.

NO	PARAMETERS		FIRST ORDERS	단위
1	Image sensor	형태	1/4" CCD	inch
		화소수	2048×1536	pixel
		전체크기	4.4(D)× 3.52(H) × 2.64(V)	mm
		화소크기	1.75×1.75	μm
2	초점거리	wide : 4 , tele : 12	mm	
3	F/수	wide : 3.5, tele : 4.5	f/D	
4	전장(OAL)	14.5 이하 Prism 삽입시: 21이하	mm	
5	파장	656.3 587.6 572.6 546.0 435.8	nm	
6	주변광량비	50 이상	%	
7	주광선의 입사각	25 미만	deg.	
8	왜곡수차	± 5 미만	%	
9	렌즈구성	비구면(3P) + 구면(3G)		
10	Image Quality (MTF)	0.0F	over 30% 이상 at 200 lp/mm	%
		0.7F	over 30% 이상 at 160 lp/mm	
		1.0F	over 30% 이상 at 140 lp/mm	

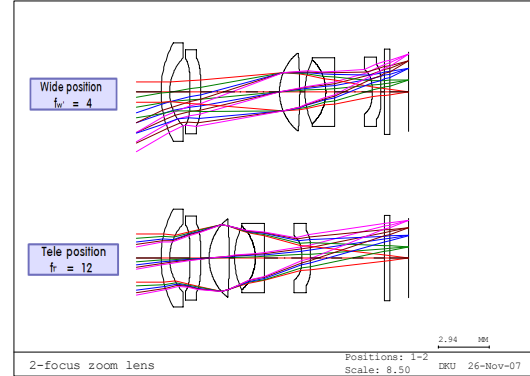


그림 1. 최적화된 2군 줌렌즈 layout

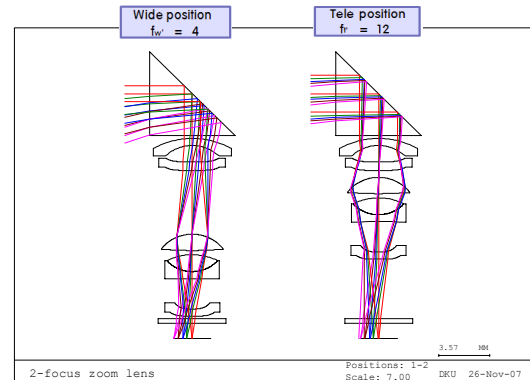


그림 2. 직각프리즘 삽입시 최적 설계된 2군 줌렌즈 layout.

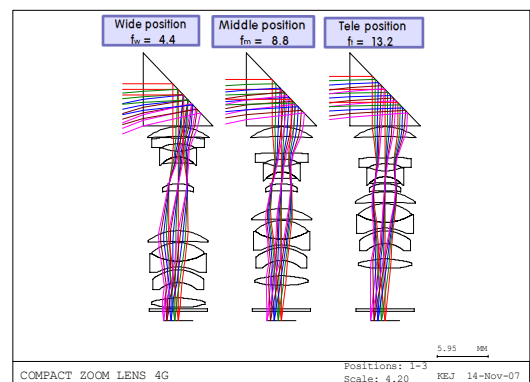


그림 3. 직각프리즘 삽입시 최적 설계된 4군 줌렌즈 layout.

표 2. 4군 줌렌즈계의 목표사양.

NO	PARAMETERS		FIRST ORDERS	비고
1	Image sensor	형태	1/3.2" CCD	inch
		화소수	2592×1944	
		전체크기	5.67(D)× 4.54(H) × 3.40(V)	mm
		화소크기	1.75×1.75	μm
2	초점거리	wide : 4.4 ~ tele : 13.2	mm	
3	F/수	wide : 3.5 ~ tele : 4.5	f/D	
4	전장(OAL)	31이하 ( Prism : 8.2 )	mm	
5	파장	656.3 587.6 572.6 546.0 435.8	nm	
6	주변광량비	50 이상	%	
7	주광선의 입사각	20 미만	deg.	
8	왜곡수차	± 5 미만	%	
9	렌즈구성	비구면(4P) + 구면(6G)		
10	Image Quality (MTF)	0.0F	over 30% 이상 at 200 lp/mm	%
		0.7F	over 30% 이상 at 160 lp/mm	
		1.0F	over 30% 이상 at 140 lp/mm	

참고문헌

[1] K. Tanaka, "A novel configuration of compact zoom lenses," Optic, Vol. 81(1), pp 33-34 (1988)  
 [2] 정진호, " 줌 렌즈계의 근축설계와 왜곡해석", 영남대학교 박사학위 청구논문 (1994)