

# CCD 카메라용 광대역 가변 초점렌즈 개발

한두희

청운대학교 건축공학과

e-mail:dhhan@chungwoon.ac.kr

## A Study on the Wide Angle Vari-focal Lens for CCD Camera

Doo Hee Han

\*Dept of Architectural Engineering, Chungwoon University

### 요 약

본 논문은 감시 카메라의 사각지대를 없애면서 동시에 정밀조사를 할 수 있는 광대역 가변초점렌즈의 개발에 관한 것이다. S기업, D기업과 공동으로 가변초점 범위 1.2-28mm 를 갖는 광대역 가변초점 렌즈를 개발하였다.

### 1. 서론

뉴스에서 은행 강도나 유괴범이 감시카메라에 포착되어 체포되는 경우를 많이 보게 된다. 그런데 감시 카메라를 설치하는 것도 한계가 있고 설치되었다라도 볼 수 없는 사각 지대가 많다. 화각이 넓은 렌즈를 광각렌즈라 하는데 최대 광각은 이상적으로 180도 까지 가능하다. 화각을 조절할 수 있는 렌즈에는 가변 초점 렌즈 (varifocal lens)와 줌렌즈가 있다. 일반적으로 화각이 크면 넓게 볼 수 있지만 물체가 작게 보여 작은 물체를 구별하기 어렵고, 화각이 작으면 전체적으로 볼 수는 없지만 상을 상대적으로 뚜렷하게 볼 수 있다. 이러한 장단점을 보완하기 위하여 만들어진 것이 가변초점렌즈이다. 이것은 초점거리를 변화시켜 화각을 조절할 수 있도록 설계된다. 경통을 회전시켜 초점을 변화시키는 가변초점 렌즈는 5에서 6mm 정도의 상대적으로 작은 변화폭을 갖는다. 한편 필름카메라를 예를 들면 35-70mm 등 작은 가변 길이에서 28-210mm 줌렌즈를 개발하여 상황에 따라 렌즈를 교환할 필요가 없이 한 개의 렌즈로 가능하다. 따라서 가변 초점 렌즈도 현재의 6mm 변화폭 보다는 늘려야 할 필요가 있다. 카메라의 역사가 말해주듯 고정 초점 렌즈는 줌렌즈로 발

전을 하여 화각을 자유자재로 바꿀 수 있는 시대가 되었듯이 감시카메라도 사각지대 없이 감시할 수 있는 체계가 필요한 것이다. 국내에서 생산되고 있는 CCD 카메라용 렌즈의 유형을 살펴보면 마운트 형태에 따라 C-Mount와 CS-Mount 렌즈로 나눌 수 있다. C-Mount 렌즈와 CS-Mount 렌즈는 동일한 렌즈이지만 Flange back length(C-Mount 17.526mm, CS-Mount 12.5mm)가 틀리다. 단일 초점 렌즈는 보드 마운트(board mount) 타입의 렌즈가 많으며 핀홀카메라 렌즈나 DSC/PC 카메라 렌즈 등도 많이 개발되어 있다. 가변초점렌즈는 점차 확대되는 추세이며, 수동 방식(manual)과 직접가동(direct drive) 방식이 있다. 또한 카메라 장착된 휴대전화(cell phone)가 일반화되면서 고정밀 마이크로 렌즈세트의 개발도 활발한 추세이다.

### 2. 렌즈 세트의 설계

#### 2.1 렌즈의 일반 제원

렌즈 세트의 설계는 그 용도에 따라 크기와 렌즈의 구조에 있어서 많은 변화를 추구할 수 있다. 렌즈 세트의 성능은 구면수차, 색수차, 왜곡수차 등의 수차를 최소화 하고 빛의 투과율이 높을수록 성능이

좋은 렌즈로 알려져 있다. 빛을 많이 받아들이기 위하여 경통의 길이에 비하여 렌즈의 직경을 크게 만드는 방법을 많이 사용하며 상의 밝기에 관하여 F-수를 많이 사용한다. F-수는 렌즈의 밝기가 아니라 상의 밝기를 나타낸다.

$$F\text{-}no. = \frac{d}{f}$$

d는 렌즈의 직경이고 f는 초점거리이다. 일반적인 렌즈세트의 형태는 그림1과 같다. 일반적으로 초점거리는 제2주점에서 초점까지의 거리이며 초점거리가 짧을수록 넓은 범위를 볼 수 있다. 뒤초점거리(back focal lens)는 렌즈군의 마지막 렌즈의 위치에서 초점까지의 거리이고 플랜지초점거리는 이음매에서 초점까지의 거리를 나타낸다.

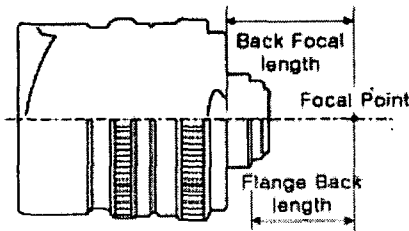


그림1. 렌즈세트의 구조

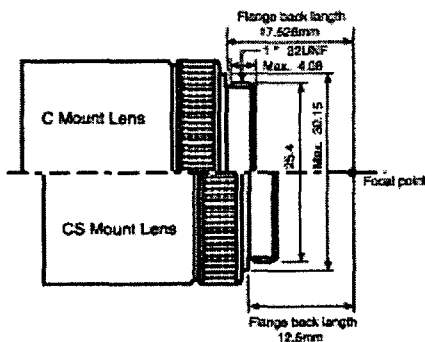


그림2. C 마운트와 CS 마운트

그림2는 C 마운트와 CS 마운트의 열개 그림을 나타내주며, 전반적으로 동일한 모양이나 플랜지 뒷거리가 다르다. CCTV 카메라의 결상 크기는 1", 2/3", 1/2", 1/3", 1/4"의 다섯 종류가 있으며, 렌즈는 결상 크기에 따라 분류된다. 특정 크기로 설계된 렌즈는 더 작은 결상 크기의 기구에는 사용이 가능하지만 더 큰 결상 크기의 렌즈에는 사용할 수 없다. 주어진 초점거리에 대하여 더 큰 화상은 더 큰 화각을 요구한다. 그림4는 결상 크기를 보여준다. 물체를 잡기 위하여 화각을 아는 것은 중요하다. 화각은 초점거리와 화상의 크기에 따라서 변한다. 물체를 잡는 초점거리는 다음 식으로 계산된다.

$$f = v \times \frac{D}{V}, \quad f = h \times \frac{D}{H}$$

이때 f는 초점 거리, V는 물체의 수직 크기, H는 물체의 수평 크기, D는 물체와 렌즈의 거리, v는 상의 수직 크기, h는 상의 수평 크기이다.

• Formula for Calculation

$$f = v \times \frac{D}{V}$$

$$f = h \times \frac{D}{H}$$

f: focal length of lens  
 V: Vertical size of object  
 H: Horizontal size of object  
 D: Distance from lens to object  
 v: vertical size of image ( see the following table )  
 h: horizontal size of image ( see the following table )

v	0.5m	0.6m	4.8m	3.6m	2.7m
h	12.6m	8.0m	6.4m	4.8m	3.6m

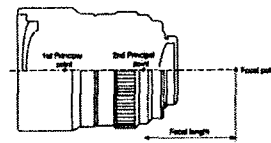


그림3. 화각

2.2 가변초점 렌즈와 줌렌즈

필름 카메라 렌즈의 동향을 보면 단일초점렌즈에서 점차 광폭 줌렌즈로 변화하는 추세를 확인할 수 있다. 예를 들면 50mm 표준 렌즈의 카메라는 용도에 따라 35-70mm, 70-210mm, 210-500mm 등으로 필요한 화각을 얻기 위하여 용도에 따라 줌렌즈를 사용하게 되었다. 그 뒤 설계 기술의 발달로 인하여 가변폭이 확대되어 28-300mm 등 하나의 렌즈로 변화폭을 최대로 활용할 수 있는 렌즈가 개발되었다. 줌렌즈는 경통의 길이를 변화시켜 화각을 조절하는 것이 보통의 기능이다. 기본적으로 경통의 길이를 변화시킬 때 초점 거리의 변화는 거의 없다. 일반적으로 렌즈의 개수가 많을수록 공정이 많아지기 때문에 가격이 비싸진다. 줌렌즈보다 단순하고 전단계라고 볼 수 있는 것이 가변초점렌즈이다. 가변초점렌즈는 렌즈군이 단순히 두 개로 분리된다. 단일초점렌즈가 렌즈군이 하나로 되어 있는 것을 약간 변화시킨 것이다. 일반적으로 렌즈의 조절 기능을 수동(manual)으로 하는 경우와 자동으로 하는 경우의 두 가지가 있다. 가변초점렌즈는 조절 레버가 두 개 있다. 한 개는 사물 쪽을 향하고 있고 다른 하나는 CCD 방향을 향하고 있다. 이 두 개의 레버를 조절하여 초점과 화각을 맞춘다.

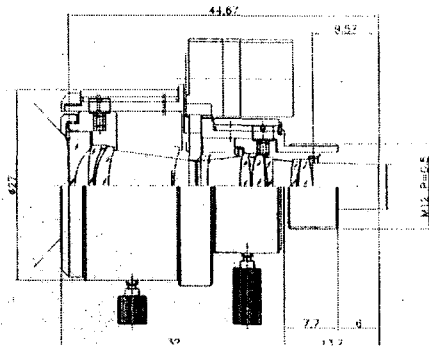


그림4. 가변초점렌즈

그림4는 가변초점렌즈의 한 예를 보여준다. 렌즈는 8개로 이루어져 있지만 실제로는 두 개의 렌즈처럼 행동한다.

2.3 수차와 렌즈설계의 최적화

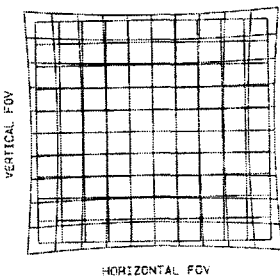
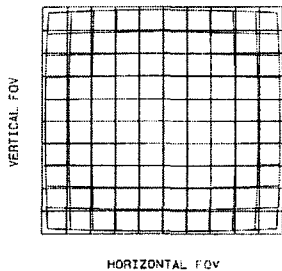
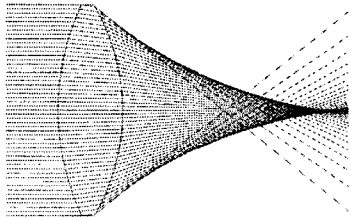


그림5. 수차(위부터 구면수차, 왜곡수차)

렌즈 설계에 있어서 중요한 것은 어떻게 정교한 상을 만들어내느냐 하는 것이다. 이를 위해서 정확한 초점평면을 만들어 주어야 하고 상이 왜곡되지 않아야 한다. 수차는 구면수차, 코마수차, 비점수차, 상면만곡, 왜곡수차, 색수차 등으로 구별되며 수차를 최소화하는 것이 고품질의 화면을 얻기 위한 필수적인

것이다. 주어진 렌즈의 위치에 대하여 수차를 최소화하고 정교한 초점 평면을 얻기 위하여 렌즈의 곡률을 연속적으로 조정하는 과정을 최적화 과정이라 한다. 그림6[2]은 광학설계에 있어서 중요한 단계들을 도표로 그림 것이다.

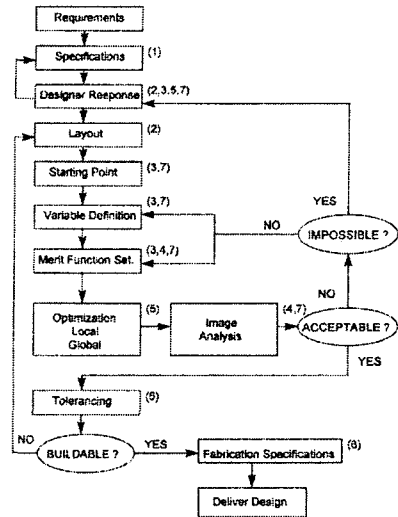


그림6. 광학설계에 있어서 중요한 단계들

3. 렌즈 세트의 제작

3.1 렌즈 사양의 선택

렌즈의 시장 상황을 참고하여 광각이 135° 정도로부터 9mm 이상을 초점 가변할 수 있는 모델을 선택하였다. 설계는 CodeV와 Auto CAD를 사용하였고, 최적화 과정을 거쳤다. 설계도면은 회사의 요구로 배제하였지만 8군의 렌즈로 구성되며 중간에 비구면 렌즈가 1개 구성되어 있고 초점은 2.8-12mm 범위를 조정할 수 있다[1].

3.2 렌즈세트의 제작

가. 렌즈의 연마

일반적인 구면렌즈는 연마공정에 의하여 이루어진다. 연마기는 다이아몬드칼과 연마제로 구성되며 수동에 의한 방법과 동에 의한 방법이 있다. 연마 후에는 렌즈표면을 고르게 하는 폴리싱 공정이 있다.

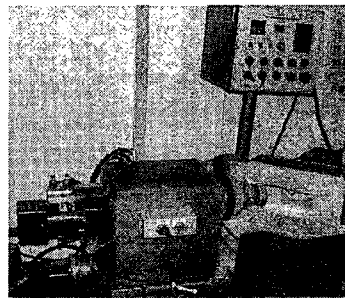


그림7. 연마기

나. 비구면 사출렌즈

소형 비구면 렌즈는 연마로서는 어렵다. 현재 많이 사용되는 방법은 PMMA등을 사용한 사출렌즈이다. 금형은 스타박스를 이용하며 곡면 가공은 초정밀 선반을 사용한다. 장점은 인건비를 줄일 수 있고 대량 생산이 가능하다는것이 있지만 금형 제작비가 비싼 단점도 있다. CCD 카메라 렌즈에 사용되는 비구면 렌즈는 모두 사출렌즈라 보아도 무방하다. 이외에 열경화성 수지를 이용한 방법이 연구중이며, 슬럼프 방식으로 만든 세라믹 몰드에 단량체를 주입하여 800℃ 이상의 고온에서 중합반응을 거쳐 만드는데 소형 렌즈에 적용이 가능할지가 관건이다. 이것은 D사와 현재 공동연구중이다.

다. 렌즈 세척

렌즈 세척은 초음파 세척장치를 주로 이용하며 표면 코팅 전 렌즈표면의 이물질 제거가 주요 목적이다.



그림8. 초음파 세척장치

라. 렌즈 표면 코팅

렌즈를 코팅하는 이유는 주로 투과력을 좋게 하기 위함이다. 보통의 유리 표면은 4% 정도의 반사율을 가지는데 반사방지 코팅을하면 1% 미만으로 낮출수 있다. 이외에 표면의 강도를 좋게 하기 위한 하드 코팅과 특정 빛깔을 반사시키기 위한 착색 코팅 등도 있다. 보편적인 코팅방법은 스퍼터링이 사용되고 있으며, 이 외에 산소이온 보조 코팅방법도 널리 사용되어지고 있다.

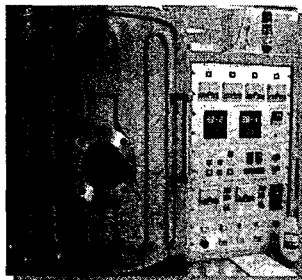


그림9. 렌즈 표면 코팅기

마. 조립

대부분 수작업에 의존하고 있으며, 렌즈 세트의 최종 품질이 이 과정에 달려 있다.

바. 검사

렌즈세트를 조립한 후 마운트를 CCD장치에 연결하여 CRT화면을 통하여 검사하므로써 렌즈의 조립상태를 검사한다.

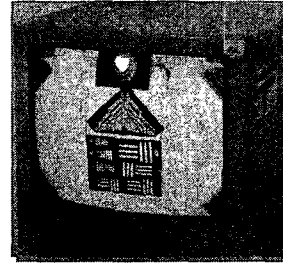


그림10. 렌즈 세트 검사

3.3 제작된 시작품과 그 사양

가 시작품 제작

처음에는 독창적인 모델로 만들 계획이었지만, 개발 후의 시장성 및 사업화에 맞물려 생각할 때 수요의 충족을 하여야 하기 때문에 독창적 모델로서 가지는 위험성을 배제하였다. 따라서 현재 삼우광학이 생산하고 있지는 않지만 전시회나 박람회에서 많은 호응을 얻었던 가변 범위를 선택하였다. 마운트는 CS 마운트를 선택하였고 CCD 크기는 1/3", 1/4"에 알맞도록 하였다. 표1은 시작품의 제원을 정리한 것이고 그림11은 시작품의 현재이다. Iris 형태는 수동과 직접 구동의 두 종류를 만들었고 사진은 이중의 수동형 렌즈세트이다.

표1. 시작품의 제원

F o c a l Length	2.8-12mm
Back focal length	9.75-20.46mm
Iris type	M
Aperture	F1.4-Close
Format	1/3",1/4"
Angle of View	1/3" : 134.0°-32.0°/99.8°-25.0°/72.5°-18.8° 1/4" : 92.7°-23.4°/72.5°-18.8°/53.5°-14.0°
Dimension(p hi*L)	334.4*61mm
Weight	98.5g
Mount	CS

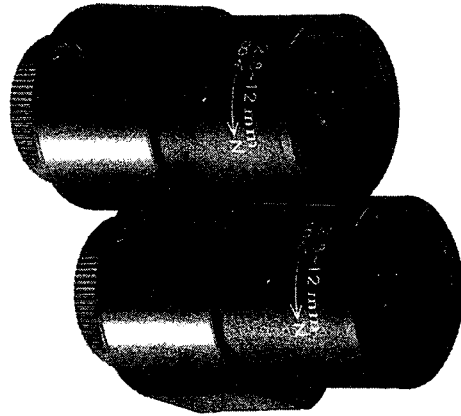


그림 11. 가변초점렌즈 시작품

#### 4. 결론 및 토의

청운대학교와 S기업, M기업, D기업 등과 기술 협조하여 CS Mount 용 가변초점렌즈를 개발하였다. 초기엔 독자적인 사양으로 시도하려 하였지만 개발을 위한 개발이 아니라 상용화하기 위하여 시장성과 사업화에 초점을 맞춰 2.8-12mm의 초점 가변을 하는 렌즈 세트를 개발하였다. 대만 등의 무역을 통하여 수요를 확충하고 국내 공급도 고려중이다. 달러화의 하락으로 인하여 기업이 수출에 고전하고 있지만 지속적인 자금의 안정을 위하여 수출 중심의 아이템으로 발전시킬 계획이다.

#### 참고문헌

- [1] 한두희, "CCD 카메라용 광대역 가변 초점렌즈 개발", 산학연컨소시엄공동기술개발최종보고서, 2004.
- [2] R. R. Shannon, "The Art and Science of Optical Design", Cambridge University Press, 1997