

Edmund Optics

## 렌즈선정을 위한 올바른 이해 3

# 텔레센트릭 렌즈

공동저자: Gritsko Perez, 김태현

### 개요

본 파트 3는 연재기사 ‘렌즈 선정을 위한 올바른 이해’의 마지막이며, 해당 파트에서는 텔레센트릭 렌즈 선정과정을 설명한다. 이 글을 읽기에 앞서 파트 1과 2의 전체 내용을 읽는 것을 권장한다.

단초점 렌즈와 마찬가지로 텔레센트릭 렌즈 선정 과정 역시 매개변수화, 사양 검토, 사양 분석 그리고 제품 선정, 총 4 단계로 요약하며 단초점 렌즈와 다른 매개변수화 단계만 설명한다.

### 소개

텔레센트릭 렌즈는 단초점 렌즈와 다르게 작동거리 범위에서 치수 정밀도가 중요시 여겨지는 애플리케이션에서 주로 적용된다.

텔레센트릭 렌즈와 단초점 렌즈 선정과정의 주요 차이점은 다음과 같다.

1. 텔레센트릭 렌즈의 매개변수화 단계에서는 Telecentricity(1)와 DoF(2)가 추가로 확인 필요하다.
2. 텔레센트릭 렌즈는 기본 배율에 따른 시야가 변하지 않는 반면, 단초점 렌즈에서는 작동거리에 따른 시야가 변경되기에 서로 다른 사양 분석 알고리즘이 필요하다.

### 매개변수화

텔레센트릭 렌즈의 매개변수화 단계는 단초점 렌즈 선정 과

정(파트 2의 내용 읽는 것을 권장)에서 적용한 동일한 질문 외에도 두 가지 중요한 정보가 필요하며 해당 정보인 광학적 사양은 다음 표 1에 정리하였다.

분류	문의 예시	광학적 사양
피사체	최단/최장 작동거리에서 허용되는 측정오차는 어떻게 될까요?	Telecentricity (1)
	측정시 요구되는 최단/최장 작동거리는 어떻게 될까요? <sup>(a)</sup>	DoF (2)

표 1. 텔레센트릭 렌즈 매개변수화 단계에서 추가적으로 요구되는 매개변수

애플리케이션 예시, 그림 1에서 확인된 기본 매개변수를 표 2와 같이 정리하였다.

#	매개변수	값	설명
1	WD1	190mm	렌즈 끝단에서 검사해야 할 첫 번째 (가장 먼) 피사체까지의 거리
2	WD2	180mm	렌즈 끝단에서 검사해야 할 두 번째 피사체까지의 거리
3	WD3	150mm	렌즈 끝단에서 검사해야 할 세 번째 (가장 가까운) 피사체까지의 거리
4	D1	50mm	첫 번째 피사체 표면 가장자리 직경
5	D2	35mm	두 번째 피사체 표면 가장자리 직경
6	D3	15mm	세 번째 피사체 표면 가장자리 직경
7	$\Delta D_{max}$	+/- 0.25mm	최대 허용 측정오차 (그림 1에서는 미 표기)

표 2. 그림 1의 애플리케이션 예시에서 확인한 기본 매개 변수

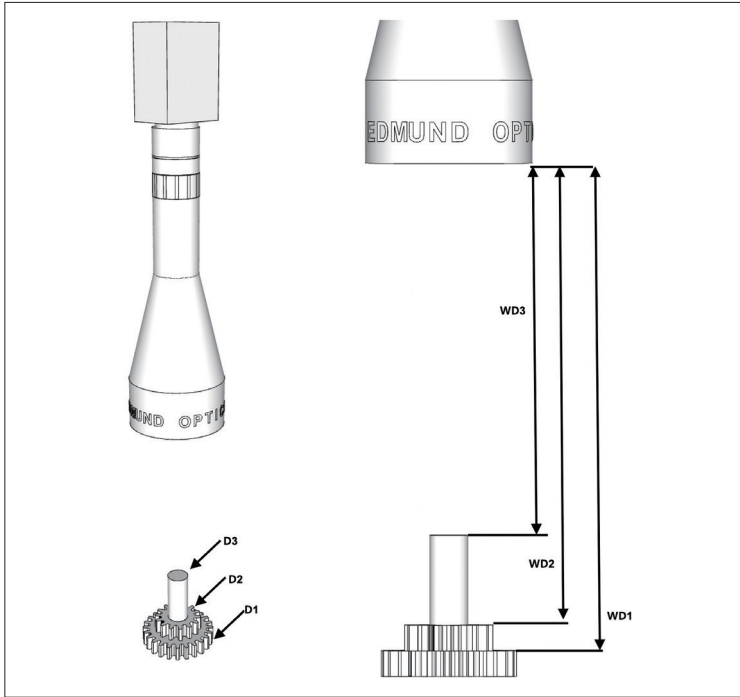


그림 1. 텔레센트릭 렌즈 애플리케이션 예시, 원근법(좌)와 정면(우).  
각각 다른 전체 직경(D1, D2 그리고 D3)과 작동거리(WD1, WD2 그리고 WD3) 참조.

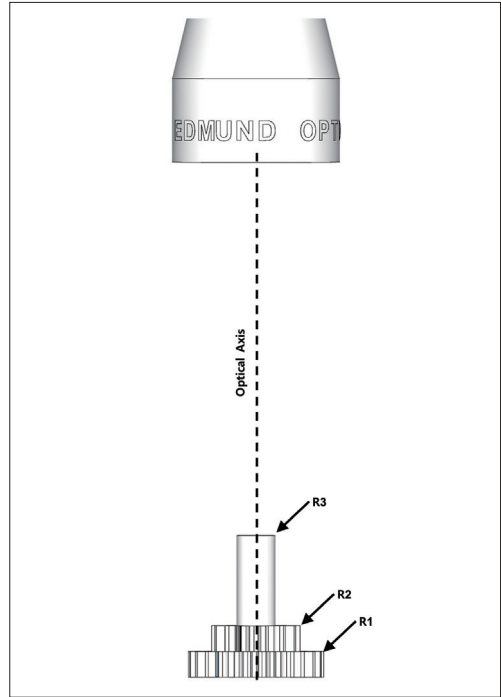


그림 2. Telecentricity의 계산

그림 1에서의 매개변수는 다음 광학적 사양으로 확인된다.

**DoF** - 해당 애플리케이션 예시를 통해 WD 1과 3으로 피사체 심도를 확인할 수 있다.  $DoF = WD1 - WD3 = 40 \text{ mm}$  이다.

**Telecentricity** - 예시를 통해 정리된 매개변수, 표 2를 통해서 최대 허용 Telecentricity는 그림 2를 참조하여 다음 설명에서 계산한다.

- 그림 2는 반경을 표시한 것으로 각 반경은  $R = D/2$  으로 확인한다.
- 여기서 반경, R 은 Rmeas와 Rreal으로 구분하여
  - Rmeas는 이미징 시스템을 통해서 측정된 반경이며(b)
  - Rreal는 신뢰할 수 있는 정밀 측정을 통해 측정된 실제 반경이다.
- 따라서 측정오차는  $\Delta R = R_{meas} - R_{real}$ 으로 정의하며 다음과 같이 정리한다.
  - $\Delta R1 = R1_{meas} - R1_{real}$
  - $\Delta R2 = R2_{meas} - R2_{real}$
  - $\Delta R3 = R3_{meas} - R3_{real}$

애플리케이션 예시에 정리한 값으로는 +/- 0.25mm 이다.(표 2 참조)

- Telecentricity 는 다음과 같이 계산한다.

$$\alpha = 180^\circ * \arctan(\Delta R / WD) / \pi$$

아시다시피  $\alpha$ 가 작동거리에 반비례하기에 최대  $\alpha$ 는

$$\alpha_{max} = 180^\circ * \arctan(0.25 / (2 * 150)) / \pi = 0.048^\circ$$

다음 표 3에 표시된 사양 한계는 사양 검토 및 분석에 사용한다.

사양 한계	값	설명
FOV <sub>v</sub>	60mm	피사체 상에서 최소 수직 시야로서 피사체 최대 직경 및 여유 공간(15%, 파트 2 참조)을 고려하여 다음과 같이 계산한다. $FOV_v = 50 * (1 + (2 * 0.15))$
WD <sub>nom</sub>	170mm	공칭 값, 작동거리는 다음과 같이 계산한다. $WD_{nom} = WD_{min} + (WD_{max} - WD_{min}) / 2$
DoF	40mm	위에서 설명한 피사체 심도
Telecentricity	0.048°	위에서 설명한 최대 Telecentricity

표 3. 사양 한계

이후 단계는 단초점 렌즈 선정과정(파트 2): 사양 검토, 사양 분석 및 선정과정과 동일하기에 본 파트에서는 생략하였다.

**결론**

지금까지의 연재 기사를 통해서 설명한 예시들은 산업용 이미징 어플리케이션의 개념에서부터 적용까지의 과정에서 첫 번째 단계인 올바른 렌즈 선정을 간략하게 정리한 것이다.

이 글을 통해서 알 수 있듯이 렌즈 선정과정에서 이미징 렌즈 제품에 대한 심층적인 지식, 어플리케이션에 설정에 따른 올바른 사양의 파악, 사양 분석 및 광학 모델링 도구에 대한 능숙한 사용 등이 요구되므로 결코 간단한 작업은 아니다.

그러므로 어플리케이션 요구사항을 충족하는 비용 대비 최상의 성능을 가진 이미징 시스템을 개발하는 입장에서는 전

문가의 조언을 구하게 되면 도움이 될 것이다.

**약어**

- FFL - Fixed Focal Length(단초점)
- TL - Telecentric Lens(텔레센트릭 렌즈)
- WD - Working Distance(작동거리)
- FOV - Field of View(시야)
- pMag - primary Magnification(기본배율)
- DoF - Depth of Field(피사계심도, (2) 참조)

**주석**

- (a) 단초점 렌즈 선정(파트 2)에서의 작동거리 범위와 혼동 주의.
- (b) Telecentricity 이외의 이미징 시스템 관련 오차(예: Perspective error, Centroid error)가 보정됨으로 가정.

**참고문헌**

- (1) <https://www.edmundoptics.co.kr/knowledge-center/application-notes/imaging/advantages-of-telecentricity/>
- (2) <https://www.edmundoptics.co.kr/knowledge-center/application-notes/imaging/depth-of-field-and-depth-of-focus>

자료 제공: 에드몬드옵틱스(www.edmundoptics.co.kr)

THE FUTURE DEPENDS ON OPTICS™

신규 **TECHSPEC®**

Cw Series Fixed Focal Length Lenses



- TECHSPEC® C Series Fixed Focal Length Lenses의 방수(Cw) 버전
- IEC 방수방진 등급인 IPX7 및 IPX9K 충족
- 발수 코팅 윈도우로 전면 렌즈 요소 보호

(주) 에드몬드 옵틱스 코리아

TEL: 02-769-4600

Email: krsales@edmundoptics.co.kr

**EO** Edmund optics | Korea

자세한 내용은 EO 웹사이트 참조

www.edmundoptics.co.kr/081-8232