

이미징 렌즈를 위한 강건설계

대다수의 산업용 머신 비전 어플리케이션에서 이용되는 이미징 렌즈는 표준 이미징 렌즈의 성능을 뛰어넘는 특수한 요건을 필요로 합니다. 공장 자동화, 로봇 공학, 산업 검수 분야에서 사용되는 렌즈의 경우 진동, 충격, 온도 변화, 오염물이 있는 특정한 환경에서도 작동되어야 합니다. 이와 같은 환경적 요건 때문에 다양한 시나리오를 충족할 수 있는, ruggedized lens와 같은 새로운 종류의 렌즈가 특별히 고안되면서 여러 종류의 강건설계가 생겨나고 있습니다. 현재 이용 가능한 3가지 종류의 강건설계: 산업 등급의 강건설계(Industrial Ruggedization), 방수방진 등급의 강건설계(Ingress Protection Ruggedization), 안정성 등급의 강건설계(Stability Ruggedization).

Ruggedized lens만의 특색 있는 품질을 제대로 파악하기 위해, 우선적으로 standard fixed focal length lens의 정의를 내려야 합니다. Standard imaging lens는 F-mount, threaded C-mount 또는 유사한 mount가 있는 산업용 카메라 용으로 대개 설계되는 아이템입니다. 이러한 렌즈는 하나의 threaded barrel 내에 또 다른 threaded barrel이 있어, 포커스를 수동으로 조절할 수 있기 때문에 움직임을 회전하지 않고도 부드러운 움직임이 가능합니다. 또한, 포커싱을 위한 thumb screw가 있기 때문에 시야 안에 들어온 피사체의 초점이 맞게 되면, 이 나사를 이용해 초점의 위치를 고정할 수 있습니다. Iris 역시 대개 ball detent(멈춤쇠)를 이용해 수동 조절이 가능하여, 이러한 수동을 통해 특정한 f-stop에 맞출 수가 있습니다. **그림 1**은 double-threaded focus, multi-leaf iris, ball detent가 있는 standard fixed focal length lens를 보여줍니다. Multi-leaf iris는 움직임이 있는 여러 장의 leaf를 서로 겹쳐서 만든 것이며, **그림 2**에서 보시다시피 f-stop을 조절할 때 leaf들이 함께 움직입니다.

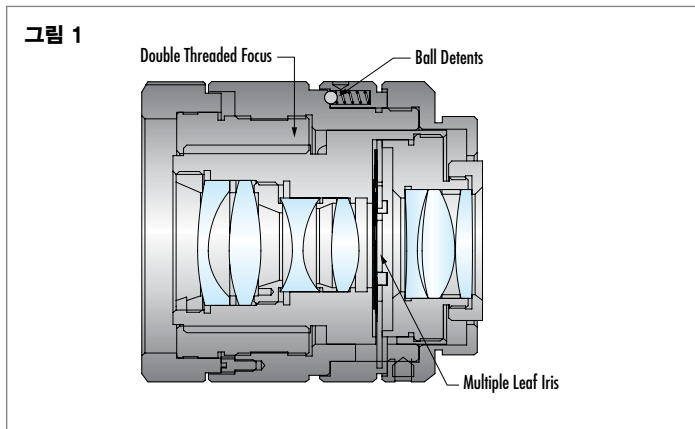


그림 1: 복잡한 메커니즘과 조절 가능 iris로 구성된 standard imaging lens

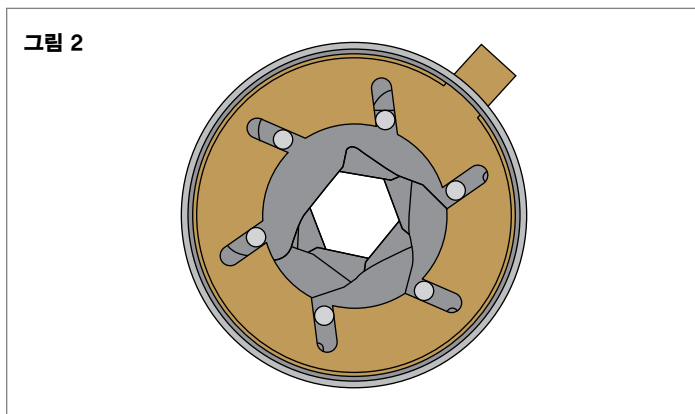


그림 2: 움직임이 있는 여러 장의 leaf로 구성된 standard iris

산업 등급의 강건설계 (Industrial Ruggedization)

Industrial Ruggedized lens는 진동이 높은 환경에서 카메라의 신속한 가속/감속이 필요한 경우, 그리고 플랜트와 로봇 비전에서처럼 반복적으로 여러 대의 유사 카메라를 셋업해야 하는 검수 시스템을 포함한 다양한 용도에 사용됩니다. 산업용 강건설계(Industrial Ruggedization)는 렌즈로 하여금 진동이나 충격을 견뎌낼 수 있게 해 손상을 방지하고 초점의 변화를 막아줍니다. 이러한 설계의 주요 특징은 단순화(simplification)로서 부품의 이동은 줄어들면서 고정은 더욱 쉽게 만들어 줍니다.

산업용 강건설계를 위해서는 iris가 제거되고 fixed aperture stop이 대신 사용되어, 여러 부품의 움직임을 막아줍니다. 얇은 iris leaf의 경우 심한 충격이나 진동이 가해질 때 제자리에서 튕겨 나가거나 손상을 입기가 쉽습니다. 따라서, iris leaf들을 제거하는 단순 변화를 통해 렌즈의 존속력을 향상할 수 있습니다. 이외에도, 포커싱 역시 단순화하기 위해 non-rotating double threaded barrel 대신에 clamp, nut, 여러 고정 나사와 같은 견고한 locking mechanism과 simple single thread가 적용됩니다. **그림 3**에서는 locking screw와 single focus thread로 초점의 이동이 줄어들고 iris 대신 fixed aperture를 사용한 Industrial Ruggedized lens를 보여줍니다. 로봇이나 자동 전기자(automated armature)에서 움직이는 렌즈에 충격이 가해지고 기계 상에 진동이 발생해도 Industrial Ruggedized lens의 포커싱과 f-stop은 영향을 받지 않습니다.

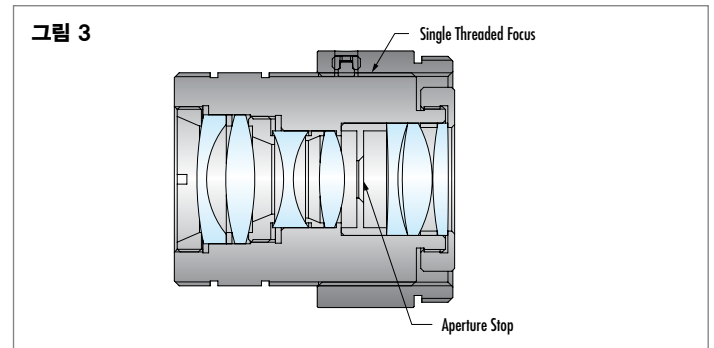


그림 3: 단순화된 기계적 특성을 지닌 Industrial Ruggedized lens

산업 등급의 강건설계(Industrial Ruggedization)는 일단 시스템이 한 번 셋팅되면, 더 이상 변경할 일이 없는 어플리케이션에 적합합니다. 또한, 이러한 설계가 적용된 렌즈는 복잡한 동작과 조정이 제거되기 때문에 가격면에서 이점이 있으며, 결과적으로 부품의 수가 상당히 줄어들고 비용이 절감됩니다.

Industrial Ruggedized lens는 standard lens와는 반대로 유연성이 없는 단점을 가지고 있습니다. f-stop을 변경하는 것은 결코 쉬운 일이 아니기 때문에 대부분의 경우 다른 종류의 렌즈를 사용하곤 합니다. 일단, 초점의 이동이 매끄럽지 않으면, 초점을 맞출 때 움직임에 회전이 일어나 초점이 변하면서 렌즈의 pointing에 변화가 발생합니다(피사체의 point가 이미지의 point에 mapping되는 방식). 게다가, 잠금 고정 방식은 초점 조절을 더 어렵게 만들어 육각 드라이버나 대형 렌치 같은 특수 도구가 필요할 수 있습니다. 그렇지만, 대다수의 산업 용도에서는 기계의 셋팅을 결정하는 데 있어 standard lens를 활용하기 때문에 이와 같은 불이익은 문제가 되지 않습니다. 기계적 셋팅이 일단 정해지면, 어플리케이션에는 대신 Industrial Ruggedized lens를 사용하고 차후 변경할 일이 없도록 적절한 초점과 f-stop을 설정해 놓습니다.

이미징 렌즈를 위한 강건설계

방수방진 등급의 강건설계 (Ingress Protection Ruggedization)

강건설계의 다음 유형으로는 방수방진 용도의 강건설계(Ingress Protection Ruggedization)가 있습니다. 이러한 설계를 적용한 렌즈에서는 어셈블리 자체가 밀봉되어 있어 렌즈 내부 습기가 차거나 이물질이 유입되는 것을 막아줍니다. 이러한 개량은 주로 렌즈에 적용되나, 렌즈는 이미 fixed iris와 단순화된 포커싱을 포함한 Industrial Ruggedized lens의 특성들을 가지고 있어 f-stop이나 포커싱 조절은 종종 밀봉 시 문제가 되곤 합니다. 밀봉 처리는 대개 O-ring과 RTV 실리콘으로 마무리됩니다. 이와 같은 강건설계는 일반적으로 습기와 수분이 많은 환경에서 작업이 이루어지는 어플리케이션에 적합하며 보호 목적으로 렌즈와 카메라가 완전 밀폐되어 여유 공간을 가질 수가 없습니다. 방수방진 처리된 렌즈와 호환이 가능한 기타 작업 환경으로는 공기 중에 수분이나 먼지 혹은 기타 부유물이 존재할 때입니다. **그림 4**에서는 O-ring으로 완전 밀폐 처리된 Ingress Protection Ruggedized lens를 보여줍니다.

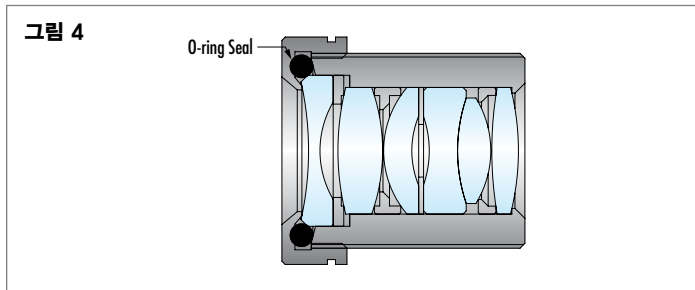


그림 4: 이물질 차단을 위해 O-ring으로 밀봉 처리된 Ingress Protection Ruggedized lens

이러한 강건설계에는 보호 처리가 렌즈에만 이루어져 카메라와 렌즈 사이에 있는 경계부와 카메라에 추가적인 보호 처리가 이루어져야 하는 단점이 있습니다. 대개는 카메라와 렌즈를 같이 보호하기 위해 단일 밀폐 처리를 적용하는 것이 더 간편하기도 합니다.

안정성 등급의 강건설계 (Stability Ruggedization)

마지막으로 다들 강건설계 유형은 안정성 용도의 강건설계(Stability Ruggedization)로서 렌즈의 손상을 막아주고 진동과 충격 후에도 optical point와 positioning이 제자리를 유지해줍니다. 이는 Industrial Ruggedization이 진화한 형태로서 iris의 제거 및 더욱 간편해진 포커싱의 적용과 같이 간소화(simplification)라는 유사한 특징을 가지고 있습니다. 뿐만 아니라, 하우징 내에서의 움직임을 방지하기 위해 각각의 렌즈는 제자리에 고정되어 있습니다. **그림 5**에서는 개별 렌즈가 원위치에 고정되어 있고 포커싱을 간소화하기 위해 clamping lock이 사용된 Stability Ruggedized lens를 보여줍니다.

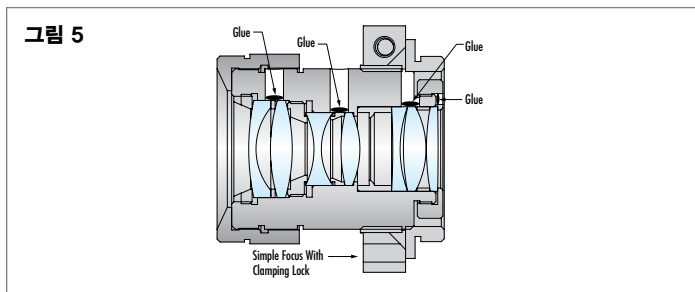


그림 5: 각각의 렌즈가 제자리에 고정되어 있는 Stability Ruggedized lens

광학 시스템에 있어서, 배럴의 내부 공간에는 렌즈들이 위치하게 됩니다. 렌즈의 외경과 배럴의 내경 사이에는 minute (대개 50 microns 미만) 정도의 공간이 존재합니다. 최소치의 간격에도 불구하고 수십 micron이 중심에서 벗어나는 것 만으로도 렌즈의 pointing에 상당한 영향을 주며, 이에 관한 내용은 **그림 6.1, 6.2, 6.3**에서 다룹니다. Stability Ruggedized lens

를 사용할 경우에는 시야의 중심에 피사체의 point가 존재하고 정확히 중심 픽셀 위로 point가 향한다면, 렌즈에 강한 진동이 가해지더라도 항상 동일한 지점 위로 향하기 때문에 안정된 이미지를 얻을 수가 있습니다. Stability Ruggedization은 로봇 감지를 위한 렌즈, 사물의 위치 추적을 위한 렌즈, 3D 스테레오 비전 및 측정 장비와 같이 시야의 calibration이 필요한 어플리케이션에 중요한 역할을 합니다. 이러한 어플리케이션에는 안정화를 위해 대개 단일 픽셀보다 훨씬 작은 값의 pointing이 요구됩니다.

이와 같은 유형의 강건설계는 표준 렌즈와 비교 시 유연성이 줄어드는 것과 같이 산업 등급의 강건설계와 동일한 단점을 가지고 있습니다. 그뿐만 아니라, 렌즈 요소들을 제자리에 조립하고 고정하는 과정에서 Stability Ruggedization lenses에 더 많은 노동력이 필요하기 때문에 Industrial Ruggedization lenses와 견주어 볼 때 디자인과 엔지니어링 공정이 추가되어 더 큰 비용이 들어갑니다.

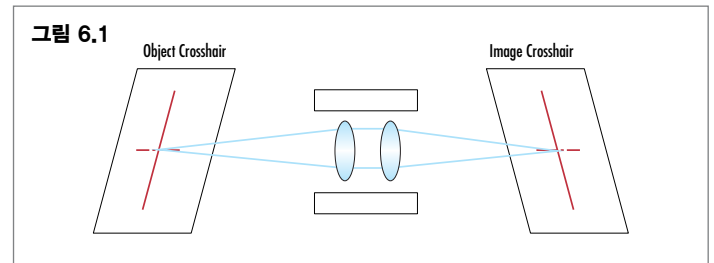


그림 6.1: 안정된 시스템에서 object crosshair가 image crosshair로 매핑(mapping)된 모습

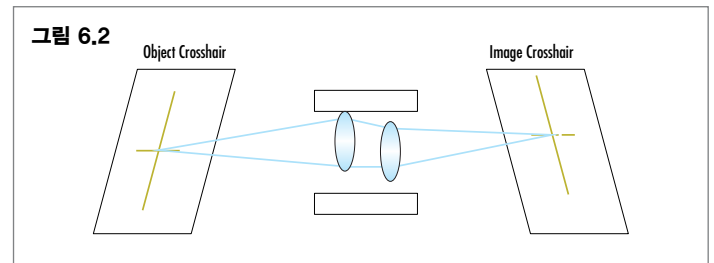


그림 6.2: 불안정한 시스템에서 배럴 내의 렌즈가 중심을 벗어나고 optical point가 변경된 모습. Object crosshair가 image의 다른 지점으로 매핑(mapping)됨.

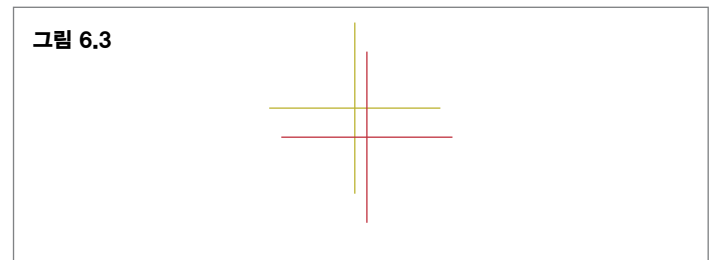


그림 6.3: Image crosshair가 겹쳐지면서, 그림 6.1의 image는 red crosshair가 되고, 그림 6.2에서의 yellow crosshair는 중심을 벗어나게 됨. 이 예는 실제 변화보다 굉장히 과장된 표면이지만 거의 픽셀 정렬 안에 위치하는 경향이 있습니다.

결론

Machine vision lens를 강건설계하는 데는 여러 옵션이 있으나 모든 어플리케이션에 적용할 수 있는 단 한가지 옵션은 존재하지 않습니다. 최상의 ruggedized lens를 위한 옵션을 결정짓기 위해서는 반드시 어플리케이션과 주변 환경을 참작해야 합니다. 강건설계된 렌즈들은 저마다 엇비슷한 장단점을 가지고 있기는 하지만, 어플리케이션 유형별로 각각의 요인 또한 검토해봐야 할 것입니다. 따라서, 고객의 어플리케이션에 가장 적합한 유형을 파악하는 것이야말로 시스템 수명을 연장하고 최적의 성능과 비용을 달성하는 데 있어 큰 도움이 될 것입니다.

Ruggedized Lens에 관한 더욱 다양한 정보는 www.edmundoptics.co.kr/ruggedized-lenses에서 확인하십시오