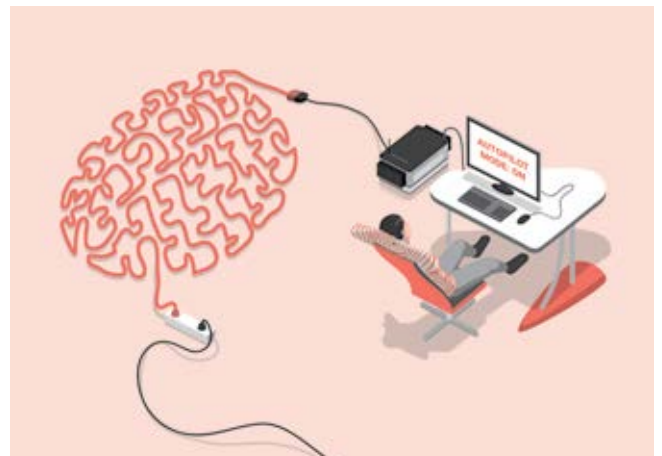
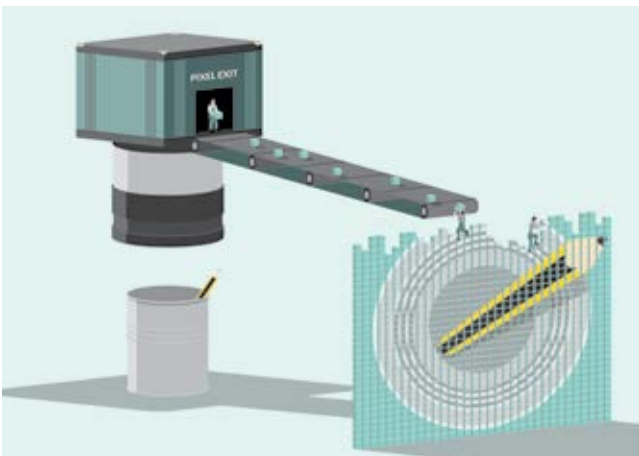
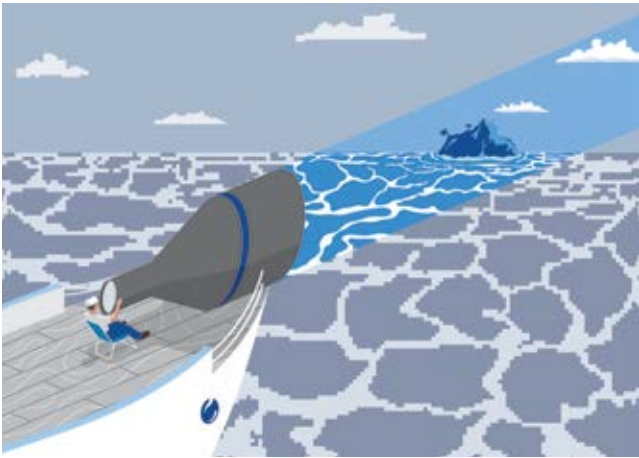





Opto Engineering®

기본




개요

광학

소개	
광학기본	IV
이미지 품질	VIII
렌즈 유형	XVI

조명

소개	
머신 비전 라이트	XXVIII
LED 조명	XXIX
일루미네이션 기하학 및 테크닉	XXXII
파장 및 광학 성능	XXXVIII
조명구조	XL
일루미네이션 안전 및 EN62471에 의거한 LED위험 분류	XL

카메라

소개	
카메라 유형	XLIV
센서 및 카메라 기능	XLV
디지털 카메라 인터페이스	XLVII

비전 시스템

소개	
응용 프로그램	LII
비전 시스템의 유형	LIII
비전 시스템 작동 원리	LIII

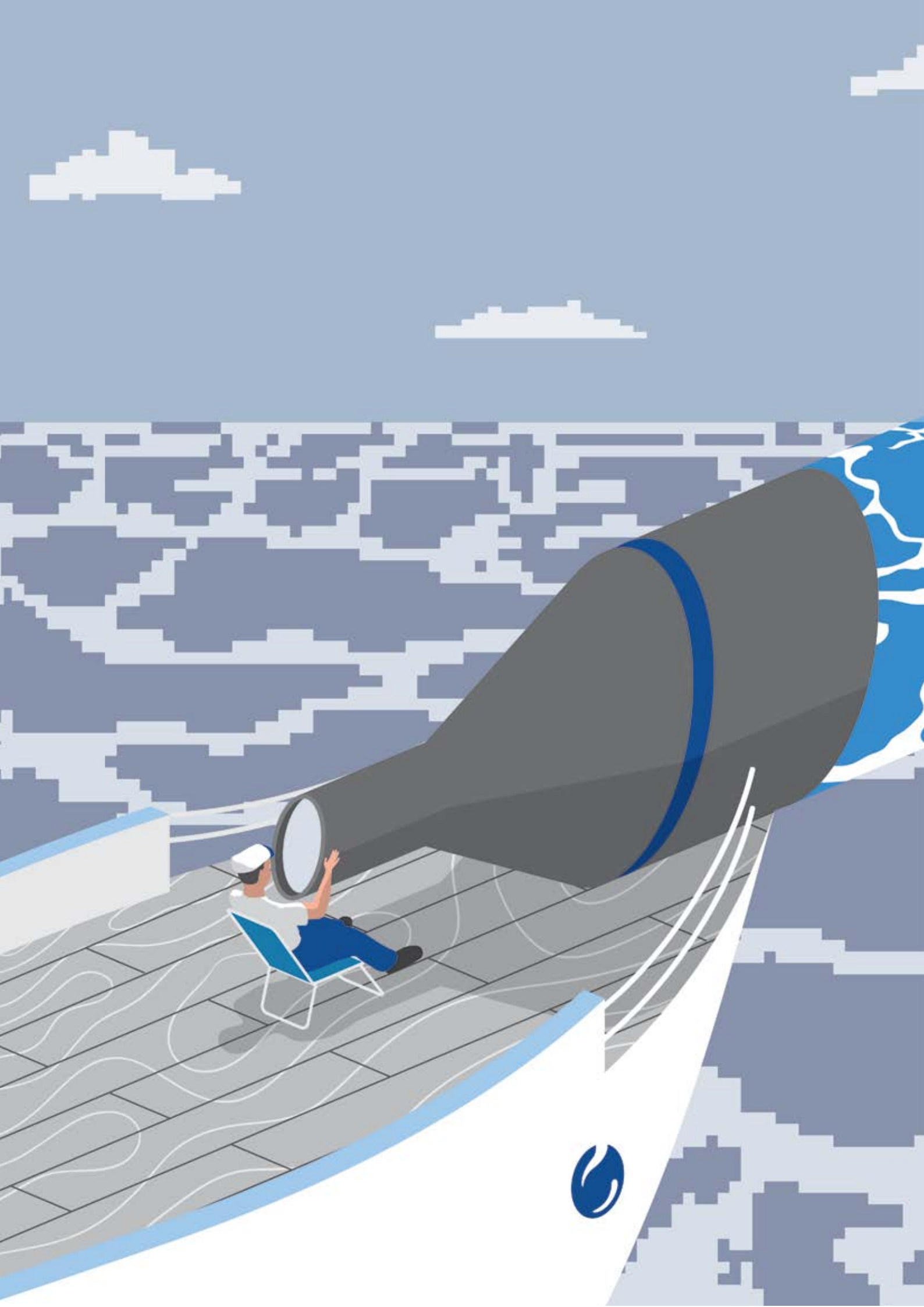
광학

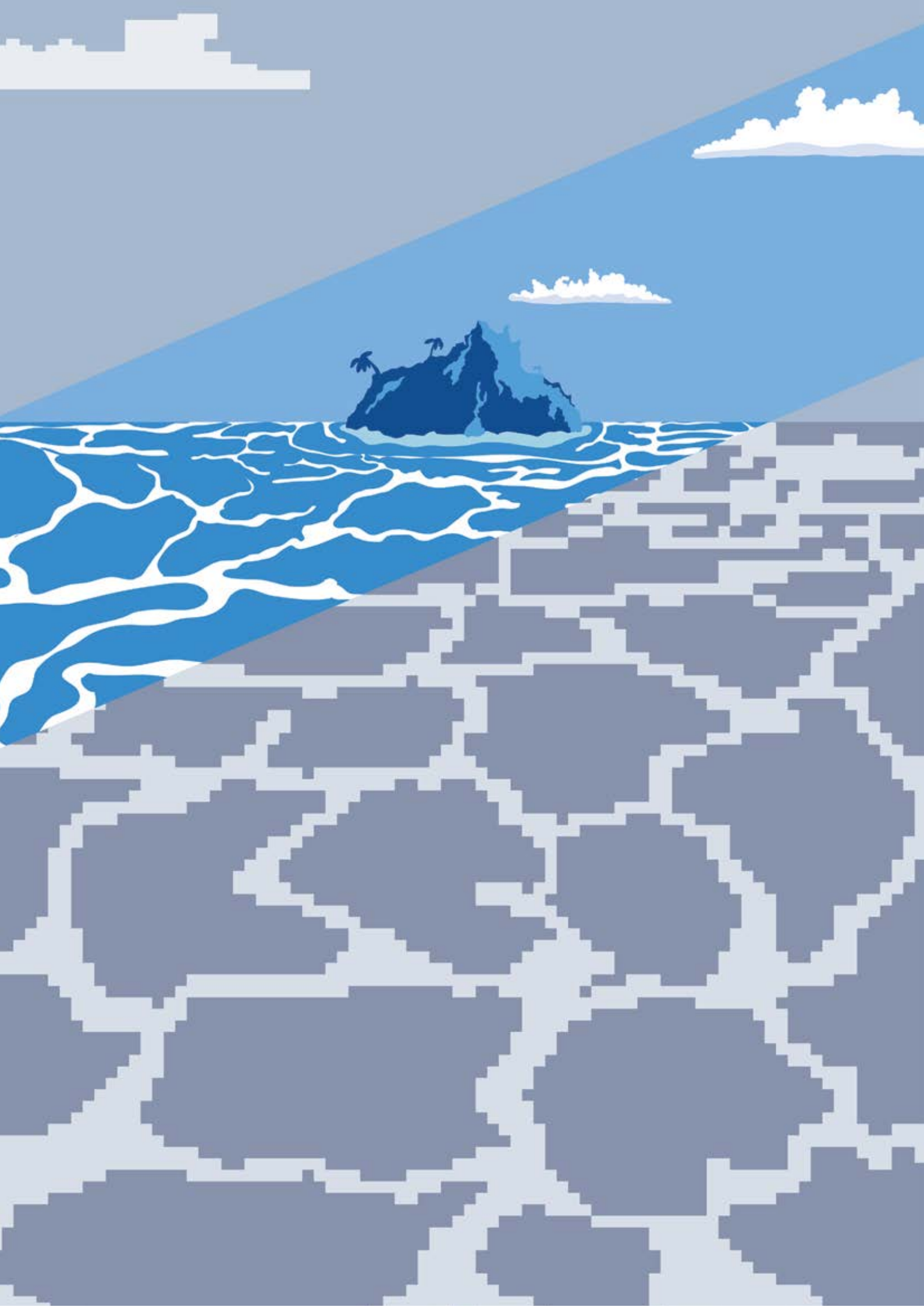
렌즈의 기본 목적은 물체에 의해 흩어진 빛을 모으고 CCD 혹은 CMOS기반의 감광 센서에 물체의 이미지를 재현하는 데에 있다. 옵틱의 선택은 나타나야 하는 면적(시야), 물체의 두께 혹은 특성 (피사계 심도), 렌즈에서 물체까지의 거리 (작동 거리), 빛의 강도, 옵틱의 종류 (telecentric/ entocentric /pericentric) 및 기타 등등에 따라 일정 수의 매개 변수가 고려되어야 한다.

하단의 리스트는 옵틱의 평가를 위한 기본적인 매개 변수를 포함하고 있다.

- **시야** : 카메라 센서위에 나타날 수 있고 렌즈를 통해서 보여질 수 있는 총 면적
- **작동 거리** : 이미지가 가장 선명하게 보이는 피사체에서 렌즈까지의 거리
- **피사계 심도** : 피사체가 초점이 맞은 것으로 인식되는 최대 범위
- **센서 사이즈** : 카메라 센서 활성 영역의 사이즈. 픽셀사이즈를 센서 해상도에 곱함으로써 쉽게 계산할 수 있다. (X와 Y방향의 활성 픽셀의 개수)
- **확대율** : 센서사이즈와 시야의 비율
- **해상도** : 두개의 서로 다른 지점으로 구별되는 두 지점 사이의 최소 거리. 해상도는 복합 매개 변수로서 렌즈와 카메라의 해상도에 주로 기초한다.









광학기본

렌즈 근사치 및 방정식

대부분의 광학 시스템의 주요한 특징은 근사치의 사용이 허용된다는 전제하에 몇가지 매개 변수만을 사용하여 계산될 수 있다. 근축 근사치는 광학 축으로부터 작은 각도로 광학 시스템에 진입하는 광선들만 계산에 넣는다. 얇은 렌즈의 근사치를 알기 위해서는 렌즈의 두께가 렌즈 표면의 곡률 반경보다 작아야만 한다. 따라서, 렌즈의 실제 두께에 따라 나타나는 광학 효과는 무시될 수 있으며 광선 추적법을 간소화할 수 있다. 또한, 피사체와 이미지 공간이 같은 매체를 사용할 때 예) 공기, 아래와 같은 방정식을 얻을 수 있다.

$$1/s' - 1/s = 1/f$$

$s(s')$ 가 렌즈에 대한 피사체 (이미지) 위치이고, 관례적으로 음수 (양수)로 지정되어 있다. F 는 광학 시스템 (cf. Fig. 1)의 초점 거리이다. 피사체에서 전면 렌즈까지의 거리를 작동 거리라고 부르며, 후면 렌즈에서 센서까지의 거리는 백 초점 거리라고 불리운다. 이제부터, 별도의 표시가 없는 한 이 간소화된 모델을 기반으로 하는 유용한 개념 및 공식을 소개할 것이다.

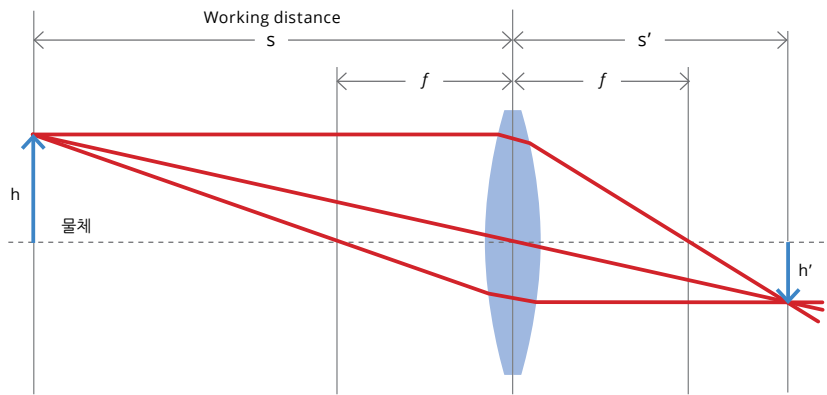


Fig. 1: 광학 시스템의 기본 매개 변수.

카메라 마운트

다양한 기계 마운팅 시스템이 초점과 이미지 안정을 보장하기 위한 목적으로 렌즈를 카메라에 연결하는데 사용되고 있다. 마운트는 깊이 (플랜지 초점 거리)와 지름 및 나사 피치 (존재하는 경우)로서 정의될 수 있다. 렌즈 플랜지 초점 거리와 카메라 마운트 플랜지 거리는 동일하다. 그렇지 않은 경우 초점 문제가 발생할 수 있다. 스레드 장치를 사용하여 필요할 경우 백 초점 거리를 조정할 수 있다. 예를들어, 옵토 엔지니어링의 PCHI 시리즈 렌즈에는 다른 시야에 초점을 맞추기 위하여 백 초점 조정이 필요하다.

C-mount는 산업 시장에서 가장 흔한 옵틱 마운트이다. 플랜지 초점 거리는 17.526 mm, $1^\circ \pm (25.4 \text{ mm})$ 의 지름에 각 인치마다 32개 스레드가 있다.

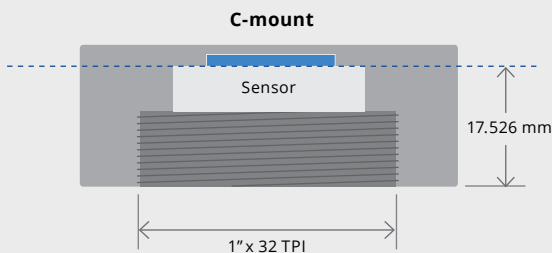


Fig. 2: C-마운트 기계적 레이아웃.

CS-mount의 플랜지 초점 거리는 12.526mm으로서 Cmount보다 5mm 짧고 조금 덜 흔한 모델이다. CS-mount 카메라는 C-mount 옵틱과 같이 사용하게 되면 여러 가지 문제가 발생할 수 있다. 특히 후자가 정밀한 백 초점 거리에 사용되도록 설계된 경우에는 더욱 그러하다.

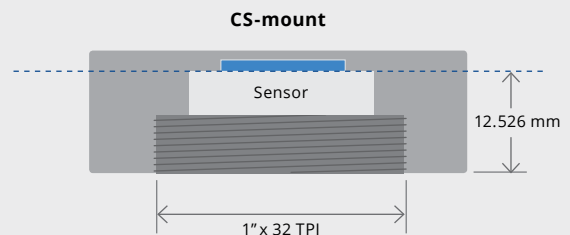


Fig. 3: CS-마운트 기계적 레이아웃.

F-mount는 베요넣식 마운트로 개발하였다. Nikon사의 35mm 포맷 카메라를 위해 본래 발명되었으며 아직도 대부분의 DSLR 카메라에 사용되고 있다. 통상적으로 큰 센서와 사용된다. 풀 프레임이나 라인 스캔 카메라가 그 예이다. 렌즈는 베요넣식 마운트인 관계로 손쉽게 교환될 수 있으나 백 초점 조절이 불가능하다.

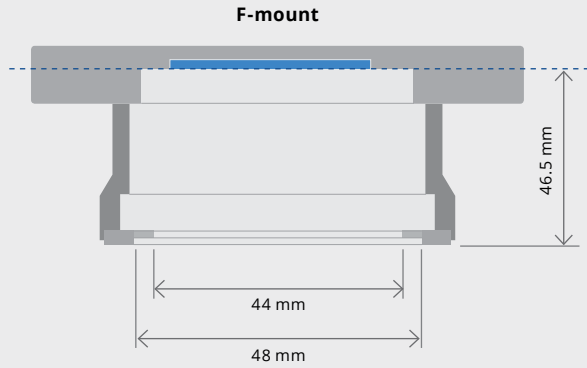


Fig. 4: F-마운트 기계적 레이아웃.

Mxx-mount는 지름 예) M72, M42, 나사 피치 예) 1mm, 0.75mm 및 플랜지 초점 거리로 정의될 수 있는 다른 종류의 카메라 마운트이다. 통상적으로 더 큰 센서를 사용하는 경우 F-mount의 대응으로 쓰인다.

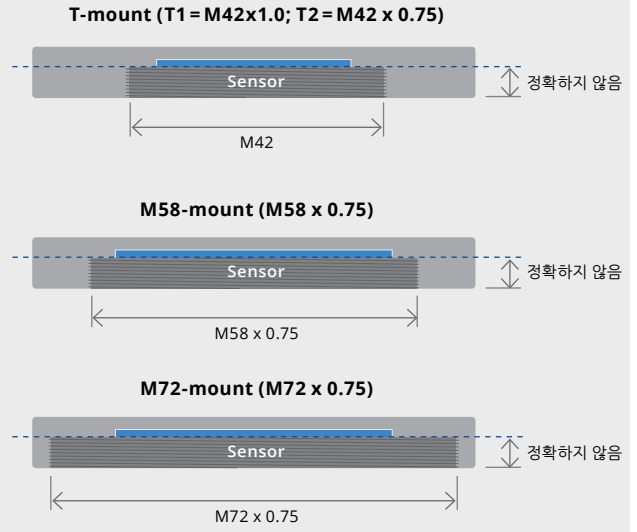


Fig. 5: Mxx 마운트 기계적 레이아웃.

각 카메라 마운트는 특정 카메라 센서 형식과 함께 더 많이 사용됩니다. 가장 일반적인 센서 포맷은 아래와 같지만 절대값이 아니라는 것을 명심해야 한다. 같은 센서 포맷으로 나와있는 두 종류의 카메라의 영상비가 많이 다를 수도 있다. (두 카메라의 대각선 센서가 같더라도 다를 수 있다.) 예를 들자면, Sony Pregius IMX250 센서는 2/3"으로 나와있고 유효 면적은 8.45 mm x 7.07 mm이다. CMOSIS CMV2000 센서 역시 2/3"으로 나와있으나 이 센서의 유효 면적은 11.26 mm x 5.98 mm이다.

2048 px x 10 μm	2048 px x 14 μm	4096 px x 7 μm	4096 px x 10 μm	7450 px x 4.7 μm	6144 px x 7 μm	8192 px x 7 μm	12288 px x 5 μm
20.5 mm	28.6 mm	28.6 mm	35 mm	41 mm	43 mm	57.3 mm	62 mm

Fig. 6: 일반적인 라인스캔 센서 형식.

센서 유형	대각선 (mm)	폭 (mm)	높이 (mm)
1/3"	6.000	4.800	3.600
1/2.5"	7.182	5.760	4.290
1/2"	8.000	6.400	4.800
1/1.8"	8.933	7.176	5.319
2/3"	11.000	8.800	6.600
1"	16.000	12.800	9.600
4/3"	22.500	18.800	13.500
Full frame - 35 mm	43.300	36.000	24.000

Fig. 7: 공통 영역 스캔 센서 형식.

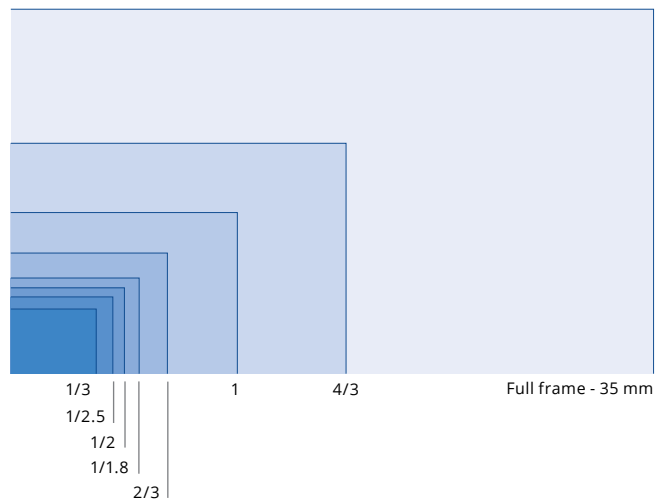


Fig. 8: 면적 스캔 센서의 상대적 크기.



백 초점 거리 조정

많은 카메라들은 C-mount (17.52 mm)의 플랜지에서 디텍터까지의 거리(플랜지 초점 거리)를 정의하는 공업 규격을 따르지 않고 있다. 기계의 부정확성에 관련된 문제뿐만 아니라, 많은 제조사들은 디텍터 보호 유리의 두께를 고려하지 않는다. 아무리 얇더라도 디텍터 보호 유리는 실제로 플랜지에서 디텍터까지의 거리에 포함된 부분이다. 따라서 Opto Engineering®는 텔레센트릭 렌즈의 백 초점 거리의 최적값을 얻기 위하여 스페이스 키트 및 설명서를 같이 제공하고 있다.

초점 거리

광학 시스템의 초점 거리는 시스템이 광선을 얼마나 강하게 모으고 퍼지게 하는지를 알 수 있는 기준이다. 그 거리는 통상적인 광학 시스템에서 무한대의 시준 광선이 한 지점으로 모이는 거리를 뜻한다. 시준 광선이 한 물리적 지점으로 수렴되는 경우, 그 렌즈는 볼록렌즈라고 불리운다. 반면 광선이 사실상 초점을 분산하는 경우 오목렌즈라고 불리운다. (Fig. 9 참조). 머신 비전에 사용되는 렌즈들은 대부분 볼록렌즈이다. 즉, 유입되는 빛을 센서의 평면에 초점 맞춘다. 머신 비전에 사용되는 광학 비전은 먼 곳에 있는 물체로부터 반사된.

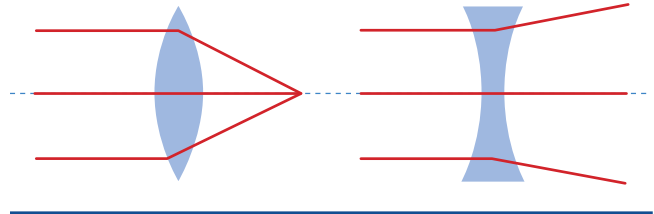
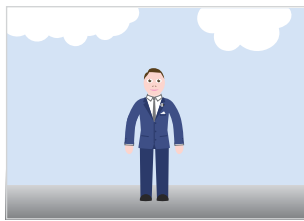
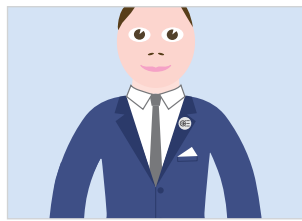


Fig. 9: 양극(좌) 및 음극(우) 렌즈.

광선을 센서 평면에 초점 맞춘다. 초점 거리는 어느 정도의 면적이 센서에 나타나는지를 측정하는 척도로 볼 수 있다. (시야) : 초점 거리가 길수록 시야가 더 작다. (몇몇 특정 광학 시스템에는 완전한 참이 아닐 경우도 있다. 천문학과 현미경 관찰이 그 예이다.).



f = 8 mm



f = 25 mm



f = 50 mm

Fig. 10: 초점 거리 및 시야.

배율 및 시야

옵틱 확대 M은 이미지(h')와 물체의 사이즈(h)간의 비율을 설명한다.

$$M = h'/h$$

작동 거리 (s), 확대 (M) 그리고 초점 거리 (f)의 유용한 관계는 아래와 같다.

$$s = f(M-1)/M$$

매크로 및 텔레센트릭 렌즈는 초점 길이와 비교했을 때 먼 거리에서 작동될 수 있도록 설계되었다 (한정된 활용). 반면에 고정된 초점 거리 렌즈는 초점 거리보다 훨씬 더 먼 거리에 위치한 물체를 이미지화 할 수 있도록 설계되었다 (무한한 활용). 따라서 센서와 물체 사이즈를 고려한 알맞는 렌즈를 쉽게 고르기 위하여 전자 그룹은 비율을 기준으로, 후자 그룹을 초점 거리를 기준으로 분류한다.

고정된 초점 거리 렌즈는 이전의 방정식에 해당되기 때문에 확대와 작동 거리를 기준으로 필요한 초점 거리를 계산할 수 있다. 혹은, 센서 사이즈, 시야 및 초점 거리 등을 기준으로 작동 거리를 계산할 수 있다. 관련 예시를 섹션 마지막에서 확인할 수 있다. 매크로와 텔레센트릭 렌즈의 작동 거리 및 확대는 통상적으로 고정되어 있다.

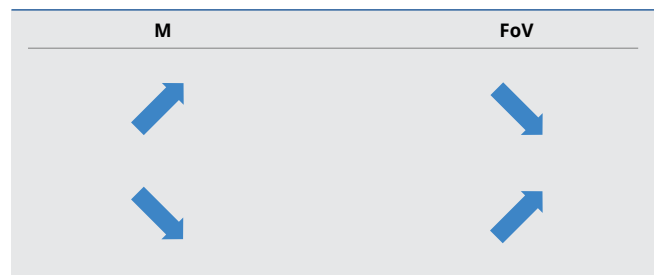


Fig. 11: 고정된 센서 크기를 고려할 때, 확대/축소가 증가하면 시야가 감소합니다.

F/# 그리고 피사계심도

각 광학 시스템은 구경 조리개에 의해 특징지어진다. 이러한 구경 조리개는 통과하는 빛의 양을 결정한다. 정해진 조리개의 지름 d 와 초점거리 f 를 사용하여 오픈F-수를 계산할 수 있다.

$$F/\# = f / d$$

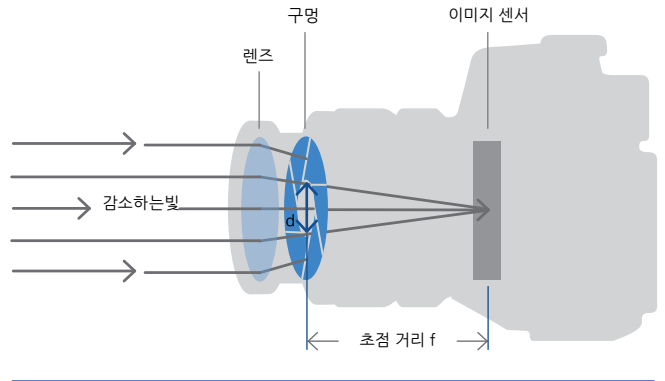


Fig. 12: 광학계의 조리개.

통상적인 F-수는 F/1.0, F/1.4, F/2, F/2.8, F/4, F/5.6, F/8, F/11, F/16, F/22 등 이다. 매 F-수의 증가는 (작은 조리개) 유입되는 빛의 양의 2배를 줄인다. F-수의 주어진 정의는 물체가 '무한거리' (거리가 초점 거리보다 훨씬 멀다)에 있을 때 고정된 초점 거리 렌즈에 해당된다. 물체가 더 가까이에 있는 매크로와 텔레센트릭 렌즈에는 F/# (WF/#)가 사용된다. 아래와 같이 정의된다 :

$$WF/\# = (1 + M) \cdot F/\#$$

통상적인 F-수의 값은 F/8이다. 그 이유는 작은 조리개는 회절 한계를 증가시킬 수 있고, 큰 조리개가 있는 렌즈는 광학 수차 및 왜곡에 더 영향을 받기 때문이다.

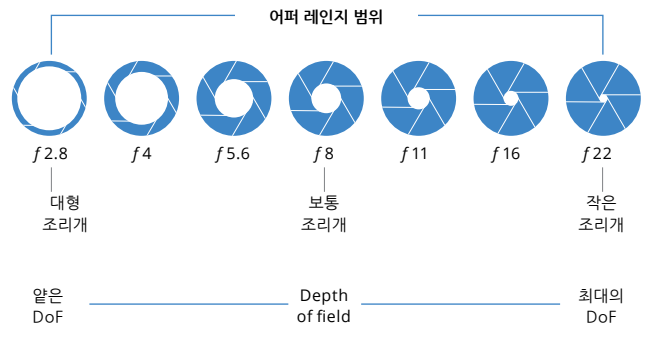


Fig. 13: 조리개 (F / #)와 DoF의 관계.

F-수는 피사계 심도에 영향을 미친다. 피사계 심도란 피사체가 초점이 맞은 것으로 인식되는 범위 중 가장 가까운 지점과 먼 지점의 거리다. 물리적으로 물체 공간에는 센서의 면에 활용되는 단 하나의 면만이 존재하기 때문에 피사계 심도는 오해의 소지가 있는 개념이다. 하지만, 우리는 회절, 왜곡 및 픽셀사이즈에 주의하여 이미지 활용면으로부터 "허용되는 초점 거리"를 주관적 근거에 의하여 정의할 수 있다. 예를 들자면, 어떠한 렌즈의 정밀 계기 사용을 위해 허용되는 초점 거리는 품질 검측의 응용보다 매우 선명한 이미지를 요구한다. 텔레센트릭 및 매크로 렌즈 (혹은 매크로 설정에 사용된 초점 거리 고정 렌즈)의 피사계 심도의 계산 견적은 아래의 공식과 같다.

$$DoF [mm] = WF/\# \cdot p [\mu m] \cdot k / M^2$$

p 가 센서 픽셀 사이즈 (미크론), M 은 렌즈 확대 그리고 k 가 응용에 따른 무한한 매개 변수 (측정 시스템의 적정값은 0.008, 결함 검사의 적정값은 0.015이다)이다. 예를 들어, $p = 5.5 \mu m$ 그리고 $k = 0.015$ 일 경우, 0.25X mag 및 $WF/\# = 8$ 인 렌즈는 근사치 $dof = 10.5 mm$.

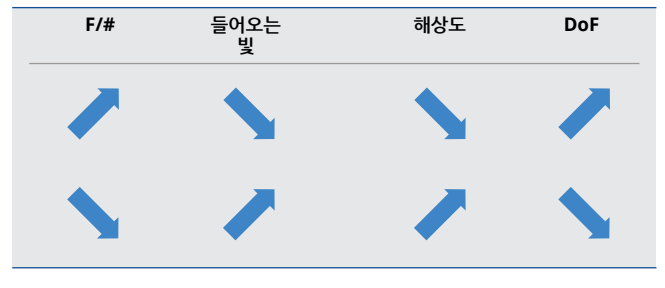


Fig. 14: 입사광의 F / # 양, 해상도 및 DoF 간의 관계.



이미지 품질

머신 비전 시스템을 설계할 때, 옵틱 매개 변수 (시야, 피사계 심도, 해상도), 수차, 왜곡 그리고 기계적 특성에 관한 성능 제한을 고려하는 것은 매우 중요하다.

수차

“수차”는 광학 시스템이 이상적인 경우와 다르게 작동하는 주축 요인을 포함하고 있는 일반 범주이다. 렌즈가 이론상의 성능에 도달하지 못하게 하는 여러 요소들이 있다.

물리적 수차

광학 재료 및 표면의 균질성은 광선의 이상적인 초점과 적절한 이미지 형성을 위한 첫번째 요구사항이다. 실제 재료의 균질성은 (재료를 포함한) 다양한 요소들로 인하여 상한선이 있고, 그중

몇몇은 제거될 수 없다. 먼지는 틀림없이 렌즈의 성능을 저하시키는 외부 요소이므로 최대한 피해야 한다.

구면 수차

구면 수차 (Fig. 15)는 상대적으로 제조가 쉽기 때문에 매우 보편적이다. 하지만, 구면 수차는 완벽한 이미징을 위해서는 이상적이지 않다. 사실, 광축으로부터 서로 다른 거리에서 렌즈에 진입하는 시준 광선들은 다른 지점에 모이게 되어 전체적인 초점을 잃게 만든다. 많은 광학 수차들과 같이, 번짐 현상은 렌즈의 끝을 향해서 증가한다. 문제의 축소를 위해서, 비구면 렌즈 (Fig. 16)는 자주 사용된다.

비구면 렌즈의 표면 프로파일은 구 혹은 원기둥의 부분이 아니라 구면 수차의 최소화를 쉽게 하기 위한 복합 프로파일의 형태를 하고있다. 다른 대안은 렌즈에 진입하는 광선이 광축에서 멀리 떨어져 있고 구면 수차를 발생시키는 것이 센서에 도달할 수 없도록 하기 위해서 F/#s를 높게 설정하여 사용하는 것 이다.

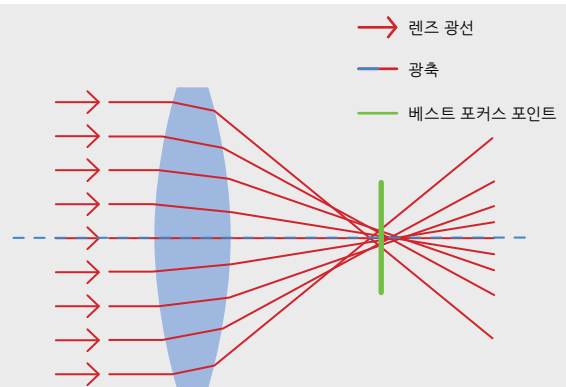


Fig. 15: 구면 수차가있는 렌즈.

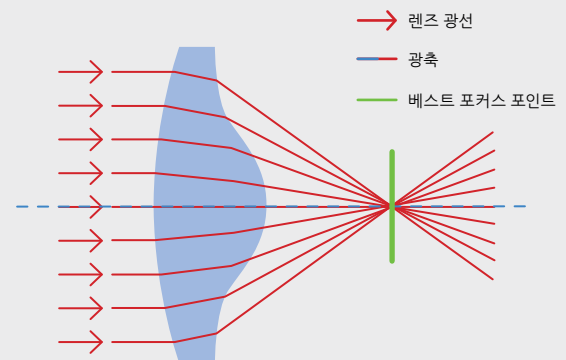
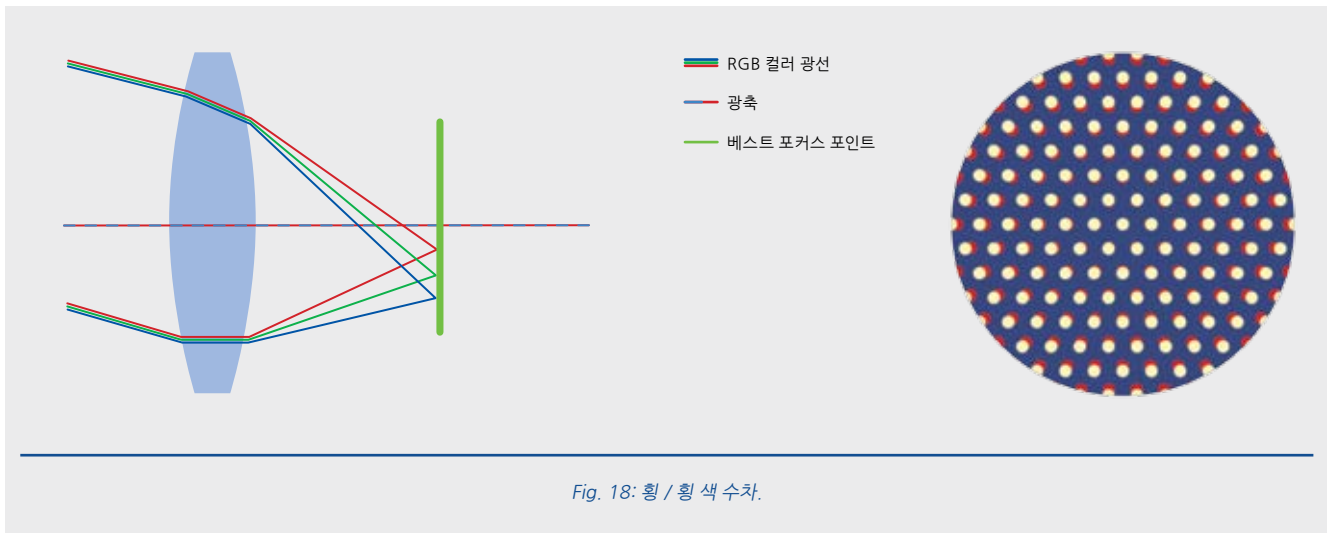
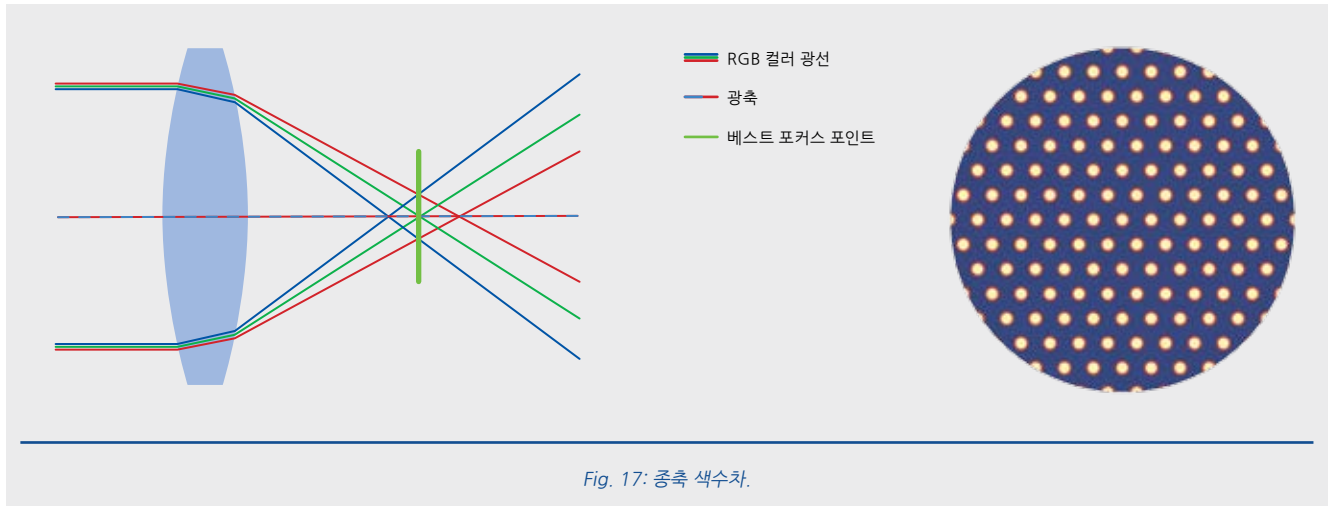


Fig. 16: 비구면 렌즈.

색 수차

재료의 굴절률은 통과하는 빛의 산란각을 나타내는 숫자이다 - 근본적으로 광선이 얼마나 휘었는가 혹은 굴절되었는가를 보여준다 - 그리고 빛의 파장의 기능이다. 백색광이 렌즈에 진입하면, 각 파장은 약간 다른 길을 나아간다. 이러한 현상은 분산이라고 불리우며 백색광을 스펙트럼 요소로 분열하여 색 수차를 발생시킨다. 이러한 효과는 옵틱의 중앙에서 최소이며 끝으로 향할수록 커진다.

색 수차는 색록이 이미지를 가로질러 나타나게 한다. 그 결과, 가장자리의 번짐으로 인해 피사체의 특징을 제대로 나타낼 수 없게 된다. 반면에, 이런 종류의 수차를 감소시키기 위한 접합 렌즈가 사용될 수 있다. 간단한 해결책은 색상 정보가 필요하지 않은 단색광을 사용하는 것이다. 색 수차는 두 종류일 수 있다: 세로 (Fig. 17) 그리고 측면 (Fig. 18)이다. 이러한 종류는 진입하는 평행 광선의 방향에 따라 달라진다.

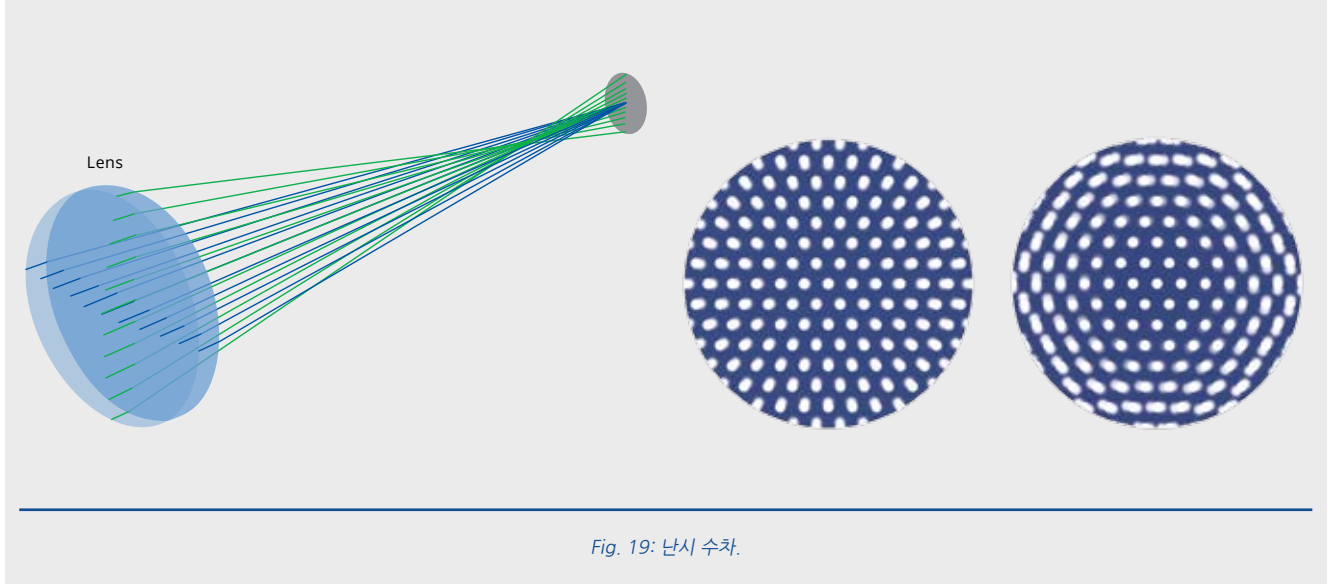




난시

난시(Fig. 19)는 광축의 수직 평면에 있는 광선들이 다른 초점을 가질때 발생하는 광학 수차이다. 이러한 현상은 번짐을 초래하는데, 이 번짐은 한쪽 방향으로만 발생하며 반대 방향에는 없다.

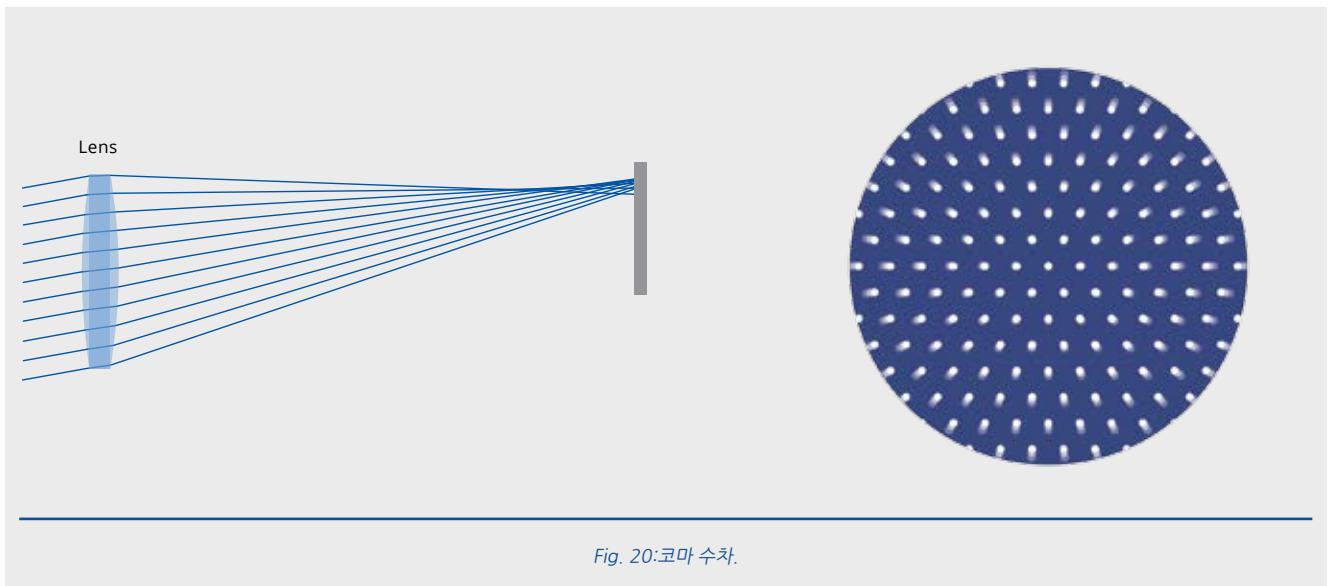
만약 우리가 경중앙 면에 초점을 맞춘다면, 원형의 축단 방향 부분이 타원형으로 변하는 것을 볼 수 있다.



코마 수차

코마 수차 (Fig. 20)는 임의의 각도로 렌즈에 진입하는 평행 광선이 광축으로부터의 거리에 따라서 다른 위치에 초점을 맞출 경우발생한다.

피사체 면에 있는 원형은 혜성의 형태를 한 요소로서 이미지 상에 보여진다. 이러한 요소로 인해 이 특정한 수차 효과의 이름이 지어졌다.



시야 곡률

시야 곡률 수차 (Fig. 21)는 다른 방향에서 렌즈에 도달하는 평행 광선이 면에 초점을 맞추지 않고 곡면에 초점을 맞추는 사실을 설명하며 이것은 레이디얼 초점 이탈을 발생시킨다.

다시 말하자면, 주어진 센서 위치에서 원형 크라운만이 초점에 맞춰질 것이다.

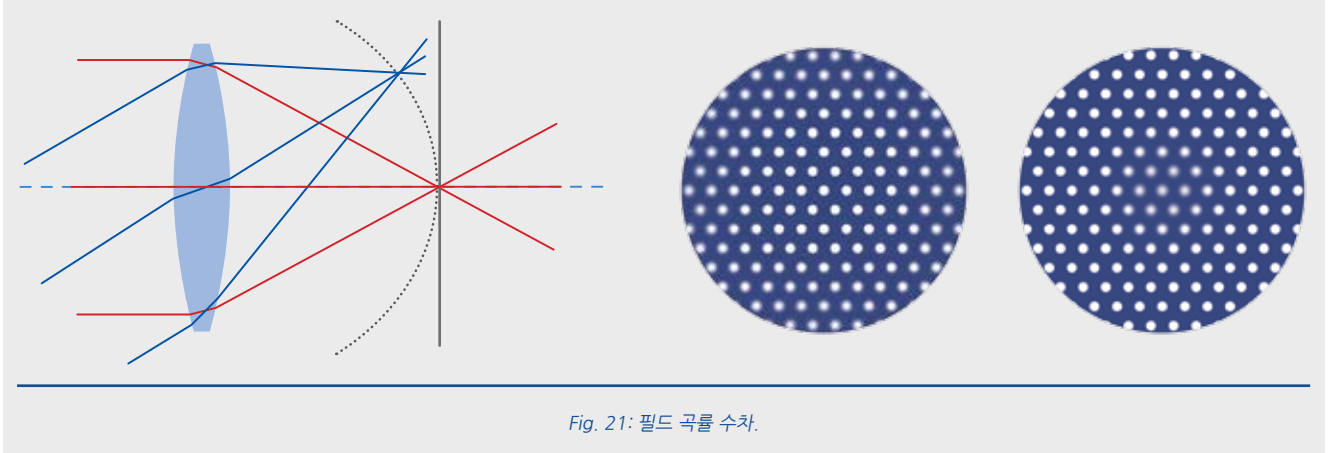


Fig. 21: 필드 곡률 수차.

왜곡

완벽한 렌즈를 사용하면, 사각형 요소는 그것의 기하학적 요소는 변하지 않고 사이즈만 변형될 것이다. 반대로, 실제 렌즈는 항상 몇몇의 기하학적 왜곡을 가져오는데, 그 중 대부분은 방사 대칭이다 (옴틱 방사 대칭의 반사) 이 방사 왜곡은 두 종류로 나눌 수 있다. 볼록 및 오목 일그러짐이다. 볼록 일그러짐의 이미지 확대는 광축에서 멀어짐으로서 감소하며 이미지가 구를 둘러싸고 있는 것과 같은 효과를 준다. 오목 일그러짐의 이미지 확대는 광축에서 멀어짐으로서 증가한다. 이미지 중심부를 통과하지 않는 라인들은 방사선의 끝부분과 같이 안쪽으로 굽혀진다.

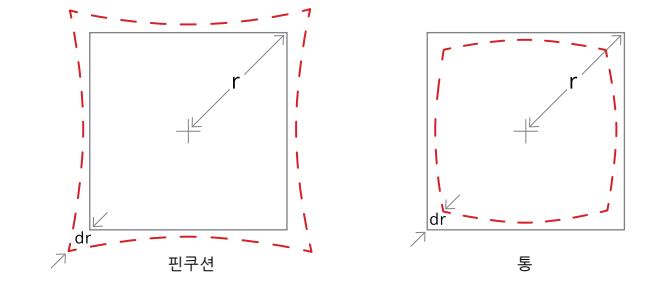


Fig. 22: 왜곡.

왜곡의 교정은 어떻게 할 수 있는가?

텔레센트릭 렌즈는 실제 객체이기 때문에, 측정 정확도에 영향을 끼치는 몇몇의 잔류 왜곡이 있을 수 있다. 왜곡은 실제와 예상되는 이미지의 높이 차이를 퍼센테이지로 계산한 것으로 2차 다항식을 사용하여 예상할 수 있다. 만약 우리가 이미지 중심으로부터 반경 거리를 아래와 같이 계산한다면

R_a = 실제 반지름

R_e = 예상 반경

왜곡은 R_a 의 기능으로서 계산될 수 있다.

$$dist(R_a) = (R_a - R_e)/R_a = c \cdot R_a^2 + b \cdot R_a + a$$

a, b 그리고 c 가 왜곡 커브 움직임의 정의하는 상수값일때; 보통 이미지 중심의 왜곡이 보통 0이기 때문에 통상적으로 “ a ”는 0이다. 어떤 경우에, 3차 다항식은 운전하게 맞는 커브를 구하기 위해서 필요할 수 있다.

원주방향 왜곡에 더하여, 제형 왜곡도 고려되어야 한다. 이 효과는 광학 부품과 기계 부품의 정렬 불량으로 인하여 발생된 관점 에러로 생각될 수도 있다. 이러한 효과는 객체 공간의 평행선을 이미지 공간의 수렴 (혹은 분산) 라인으로 변형시키는 결과를 낳는다. “키스톤” 혹은 “얇은 프리즘”으로도 알려져 있는 이러한 효과는 수렴 라인이 서로를 지나는 지점을 계산하는 꽤 흔한 알고리즘을 사용하여 쉽게 해결할 수 있다. 하나 흥미로운 점은 이러한 원주방향 및 제형 왜곡은 두개의 완전히 다른 물리적 현상이라는 것이다. 따라서, 이 둘은 추후 적용 가능한 두개의 독립적인 공간 변형 기능을 사용하여 수학적으로 바로잡을 수 있다.

또 다른 대안적 (혹은 추가적인) 접근은 두개의 왜곡을 한번에 고치는 것이다 : 격자 무늬 이미지는 왜곡 오류의 양 및 각 구역별 방향을 정의하는데 사용된다.

최종 결과는 벡터필드이다. 각 벡터는 특정 이미지 범위 안에서 x, y 좌표 측정에 적용되어야 할 보정이 필요한지를 정의한다.



왜 녹색광이 텔레센트릭 렌즈에 추천되는가?

가시거리내에서 구동되는 옴토 엔지니어링 텔레센트릭 렌즈를 포함한 모든 렌즈는 전 VIS 스펙트럼을 통하여 색수차를 없앤다. “초록색”은 또한 “적색”보다 좋다.

짧은 파장 범위가 렌즈의 회절 한계 및 도달 가능한 최대 해상도를 증가시키기 때문이다.

대비, 해상도 및 회절

대비

회절을 포함한 결함 및 광학 수차는 이미지 품질 악화를 일으킨다. 이미지 품질을 평가하는 효과적인 방법은 대비를 계산하는 것이다. 대비란 이미지 혹은 디스플레이 상에서 피사체를 구별할 수 있도록 하는 빛의 밝기의 차이를 말한다. 수학적으로 보면 대비는 $C = [I_{max} - I_{min}] / [I_{max} + I_{min}]$ 와 같이 정의될 수 있다.

$$C = [I_{max} - I_{min}] / [I_{max} + I_{min}]$$

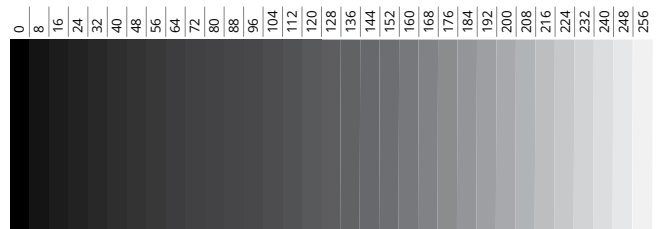


Fig. 23: Greyscale levels.

I_{max} (I_{min})가 가장 높은 (낮은) 빛의 밝기이다. 디지털 이미지에서 ‘밝기’는 0(검정색)에서 시작되어 색의 농도에 따라 가장 높은값으로 나타낸다. (각 색상의 밝기는 비트수를 사용하여 설명된다). 통상적인 8비트 이미지 (단순화 하기 위하여 회색 음영을 사용한다), 이 값은 $2^8 - 1 = 255$ 이다. 각 값이 0-1이라는 전제하에 8 비트 시퀀스를 사용하여 얻을 수 있는 조합수이다. (0인 ‘검정색’ 줄부터 세기 시작한다.).

렌즈 해상도 : TF

광학 시스템의 이미지 품질은 TF를 사용하여 표기된다. TF는 렌즈의 해상 능력을 묘사한다. 객체 공간의 공간 정보 (보통 각 밀리미터의 쌍선에 표기되어 있음) 와 이미지의 대비를 비교하여 알 수 있다.

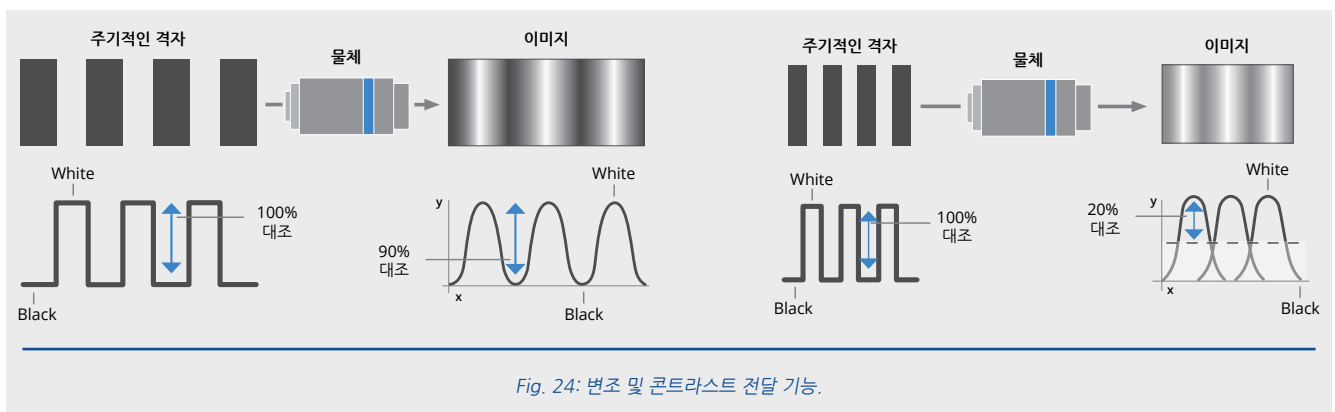


Fig. 24: 변조 및 콘트라스트 전달 기능.

MTF와 CTF의 차이는 무엇인가?

CTF는 정사각형 패턴 (체스판 스타일)이 이미지화 되었을 때 렌즈 대조 반응을 나타낸다. CTF는 측정 기구를 위한 에지 샤프닝을 하기에 가장 유용한 매개 변수이다. 반면에, MTF는 0에서 255까지가 회색 레벨인 사이에 곡선적 패턴이 나타날 때 발생하는 대조 반응이다. 이 값은 다른 머신 비전 응용을 위한 매개 변수로의 변환이 더 어렵다. 렌즈의 해상도는 통상적으로 곡선적 패턴이 나타날 때 발생하는 반응을 보여주는 MTF로 표기된다.

하지만 흑백 줄무늬 패턴을 나타낼 때의 렌즈 대조를 설명하는 CTF는 더욱 더 흥미로운 매개 변수이다. 따라서, 렌즈가 피사체의 가장자리를 어떻게 나타내는지를 더 흥미롭게 한다. T가 각 선의 폭이라면, 상대적인 공간 주파수인 $w = 1/(2t)$ 일 것이다.

$$w = 1/(2t)$$

예로, 5 μm 선폭을 가지고 있는 흑백 줄무늬 패턴은 100 lp/mm의 공간 주파수를 가진다. 주파수는 CTF가 0일 때 w값에 따라 정의되며 아래와 같이 예상될 수 있다.

$$w_{cut-off} = 1/[WF/\# \cdot \lambda(mm)]$$

예를 들어, Opto Engineering®의 녹색광 작동($\lambda = 0.000587$ mm) TC23036 렌즈 (WF/#h F/8)는 $w_{cut-off} = [8 \cdot 0.000587 \text{ mm}] = 210 \text{ lp/mm}$ 의 차단 주파수를 가지고 있다.

$$w_{cut-off} = [8 \cdot 0.000587 \text{ mm}] = 210 \text{ lp/mm}$$

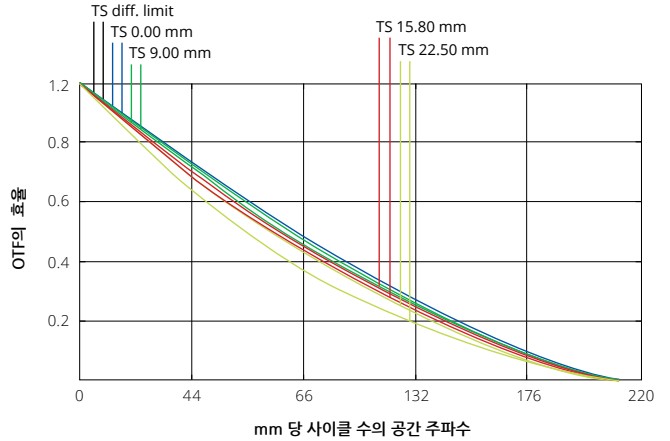


Fig. 25: TC23036의 MTF 곡선 - 녹색 조명.

옵틱 및 센서 해상도

머신 비전 시스템은 굉장히 낮은 대비를 가진 피처를 확실하게 해결할 수 없기 때문에 공간 차단 주파수는 독특한 매개 변수이다. 따라서, 20% 대비에 상응하는 한계 주파수를 선택하는 것이 편리하다. 옵틱 해상도를 설명하기 위해 통상적으로 용인되는 기준은 해상 한계의 개념에 연관된 레일리 기준이다. 파장이 장애물을 접하는 경우 - 예) 조리개 통과 - 회절이 발생한다. 광학에서의 회절은 파도와 같은 빛의 특성때문에 일어나는 물리적 결과이다. 이러한 회절은 진입하는 파면의 강도 패턴을 조정하는 간섭 효과를 낳는다.

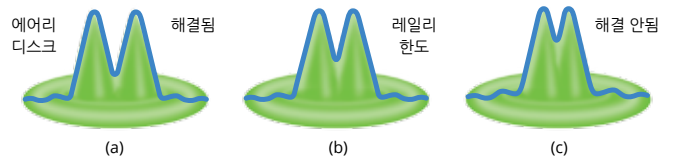


Fig. 26: 에어리 디스크 분리 및 레일리 기준.

모든 렌즈는 구경 조리개 스태프에 의해 특징지어지기 때문에, 이미지 품질은 렌즈 조리개에 따른 회절의 영향을 받는다. 점형 피사체는 이미지가 한계 사이즈에 도달하지 않는 이상 센서에 정확히 나타날 것이고, 더 작은 이미지는 같은 사이즈로 나타날 것이다 - 디스크의 직경은 렌즈F/#와 파장에 따라 달라진다.

이 원형 부분을 $r_A = 1.22 \lambda f / d$ 의 반지름을 가진 에어리 원반이라고 부른다.

$$r_A = 1.22 \lambda f / d$$

λ 가 빛의 파장, f 는 렌즈 초점 거리, d 는 조리개 직경 그리고 f/d 가 렌즈 F-수이다. 원거리의 피사체가 작게 보이는 경우에도 해당된다. 인접한 두개의 피사체를 고려해볼때, 그들의 상대 거리는 "피사체"로 간주된다. 그 피사체는 렌즈에 보여질 때 회절이 일어난다. 이러한 발생은 두 피사체의 이미지의 회절이 더이상 두 피사체를 분리해서 볼 수 없을 정도의 지점으로 증가하는 것을 뜻한다. 예로, 우리는 육안으로는 분리해서 볼 수 없는 자동차 불빛의 이론상 거리를 계산할 수 있다. 레일리 기준은 두 피사체의 회절 패턴 정점이 에어리 원반 r_A 의 반경보다 가까울 때 (이미지 공간에서) 두 피사체를 분리해서 볼 수 없다고 말한다.

$$r_A = 1.22 \cdot 0.587 \mu\text{m} \cdot 8 = 5.7 \mu\text{m}$$

예를 들어, The Opto Engineering® TC12120 텔레센트릭 렌즈는 이미지 공간에서 예) 센서 상 $r_A = 1.22 \cdot 0.587 \mu\text{m} \cdot 8 = 5.7 \mu\text{m}$ 보다 더 가까운 특징을 구분할 수 없다. 이미지 공간에서 해상 가능한 가장 작은 사이즈는 피사체의 실제 크기와 상관 없이 항상 $2r_A$ 이다. TC12120렌즈는 0.052X 배율, $2r_A = 11.4 \mu\text{m}$ 를 가지고 있기 때문에 해상 가능한 피사체의 가장 작은 현실 사이즈는 $11.4 \mu\text{m} / 0.052 = 220 \mu\text{m}$ 이다.

따라서, 옵틱은 센서에 매치되어야 한다. 이 예시를 보면, 모든 점형 피사체가 하나의 픽셀 이상을 커버하기 때문에 $2 \mu\text{m}$ 픽셀 사이즈를 가진 카메라를 사용하는 것은 장점이 없다. 이러한 경우에, 고해상도의 렌즈 혹은 (더 큰 픽셀을 가진) 다른 센서가 선택되어야 한다. 반면에, 옵틱이 더 작은 특징까지 볼 수 있도록 픽셀 사이즈를 제한할 수 있다. 옵틱과 센서의 결과를 평가하여 전체 시스템의 TF도 고려되어야 한다. 실제 해상도 한계는 렌즈F/#와 파장뿐만 아니라 렌즈 수차에도 달려있다는 것을 기억하는 것이 매우 중요하다. 이러한 이유로, 사용하길 희망하는 렌즈의 MTF 커브에 나와있는 실 공간 주파수를 고려해야 한다.



반사, 투과 그리고 코팅

빛이 표면에 진입할 때, 빛의 일부는 반사된다. 빛의 또 다른 일부는 굴절된다 (투과된다). 나머지 빛은 재료에 의해 흡수된다. 렌즈의 디자인은 반사 및 흡수를 최소화함과 동시에 최대한의 빛을 전파할 수 있도록 해야한다. 흡수는 무시해도 될 정도이지만 반사는 큰 문제가 될 수 있다. 빛줄기는 렌즈에 진입할 때 (공기 - 유리 경계) 만 굴절되는 것이 아니라 렌즈에서 방출될 때도 (유리 - 공기) 굴절이 일어난다. 각 표면이 진입하는 빛의 3%를 반사시킨다는 가정을 해보면, 두 렌즈 시스템은 평균 $3 \times 3 \times 3 \times 3 \% = 81\%$ 의 손실을 가지게 된다. 광학 코팅 - 하나 혹은 그 이상의 얇은 재료의 레이어를 렌즈 표면에 쌓는 것 - 이 통상적인 해결 방법이다. 재료의 몇 마이크론이 이미지 품질을 향상시키고, 반사를 낮추고 투과도를 높인다.

투과는 빛의 파장에 대폭 의존한다 : 각기 다른 종류의 유리나 코팅은 UV나 IR처럼 특정한 스펙트럼 영역의 성능을 개선시키는데 도움을 준다. 통상적으로, UV 영역에서는 좋은 투과율을 얻기가 더 어렵다.

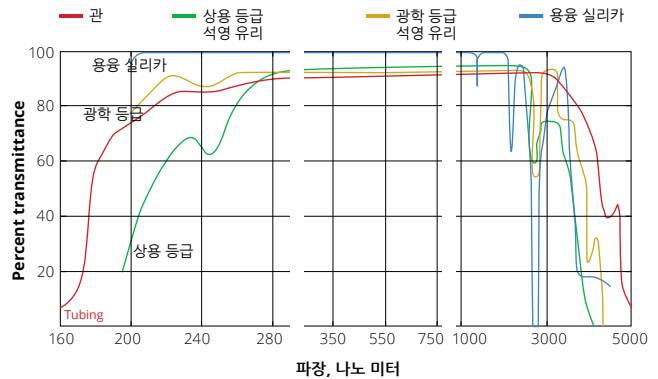


Fig. 27: 다른 종류의 안경의 투과율.

반사 방지 코팅은 표면에 얇은 필름을 더해 광학 간섭을 통한 반사율을 감소시키는 방법이다. 반사 방지 코팅은 통상적으로 신중하게 구성된 다양한 굴절률을 가진 얇은 레이어 층을 포함하고 있다. 이러한 레이어의 내부 반사는 서로에게 간섭 효과를 가져와 파동의 정점과 파동곡이 같이 발생해 소멸되게 되며, 노출된 기질의 반사율보다 낮은 종합적 반사율로 이어지게 된다.

반사 방지 코팅은 대부분의 굴절 광학에 포함되어 있고 처리량의 최대화 및 고스팅의 감소를 위해 사용되고 있다. 하나의 불화 마그네슘 레이어로 구성된 것이 아마 가장 간단하고 통상적인 반사 방지 코팅일 것이다. 이 코팅은 굉장히 낮은 굴절률(약 1.38 at 550 nm)을 가진다.

고탄소강 반사 방지 코팅 : 고탄소강 반사 방지 코팅은 군용차나 야외 열카메라와 같은 열악한 환경에 노출되는 광학 요소들의 필요성을 충족하기 위하여 통상적으로 실리콘과 게르마늄에 코팅을 더하는 광학 코팅법이다. 이러한 코팅은 반사 방지 코팅과 결합되어 매우 높은 보호 특성을

가진다. 부유 분진, 바닷물, 엔진 연료 및 기름, 높은 습도, 잘못된 조작 등으로부터 옵틱 외부 표면을 보호한다. 마모, 염류, 산, 알칼리 그리고 기름에 강한 저항을 갖는다.

비그네팅

센서에 초점이 맞추어져있는 빛의 양은 다수의 외부 요소에 의존하지 않는 내부 요인들로 인해 감소될 수 있다.

마운트 비그네팅은 센서로 들어오는 빛이 물질적으로 차단당했을 때 일어난다. 통상적으로, 이러한 현상은 렌즈의 이미지 씨클(렌즈에 의해 투영된 원뿔형 빛의 횡단면)이 센서 사이즈보다 작아 다수의 픽셀수에 빛이 도달하지 못할 때 일어난다. 따라서 이미지상에는 검정색으로 나타난다. 옵틱을 센서에 제대로 맞추는 것을 통해 이러한 현상을 피할 수 있다. 보편적인 2/3" 센서 (8.45 x 7.07 mm, 3.45 μ m pixel size)와 11mm 다이아고날을 같이 사용하는 것은 (최소) 지름 11mm의 이미지 씨클을 가진 렌즈를 필요로 한다.

조리개 비그네팅은 옵틱 F/#와 연결되어 있다. : 높은 F/# (좁은 조리개)를 가진 렌즈는 대부분의 방향으로부터 같은 빛을 받을 것이다. 반면에, 낮은 F/#를 가진 렌즈는 빛이 물리적 조리개의 끝부분에 의해 부분적으로 차단되어 광각으로 부터 같은 양의 빛을 받지 못할 것이다.



Fig. 28: 비네팅을 보여주는 이미지의 예.

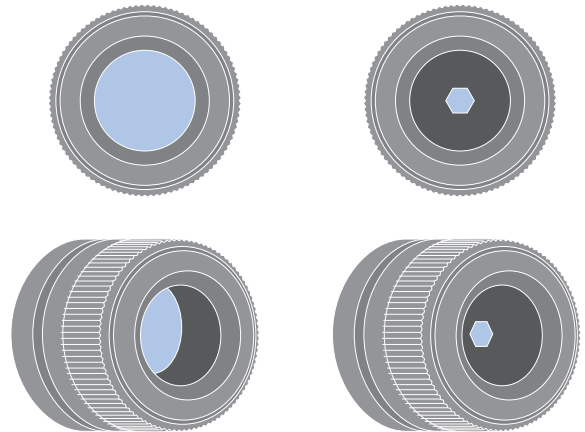


Fig. 29: 광축 (위)과 오프 액세스 (단추)에서 볼 때 낮은 F / # (왼쪽)과 높은 F / # (오른쪽).

Cos⁴ 비그네팅은 센서에 비스듬히 들어오는 빛 광선에 의해 감소하는 자연광을 뜻한다.

라이트 폴오프는 cos⁴(θ) 함수에 의해 설명될 수 있다. 이미지 공간에서 광축을 기준으로 들어오는 빛의 각도가 θ 이다.

빛 강도의 저하는 광 입사각에서 더 뚜렷하게 나타난다. 이미지의 중앙은 더 밝고 가장자리는 어둡게 나타난다.

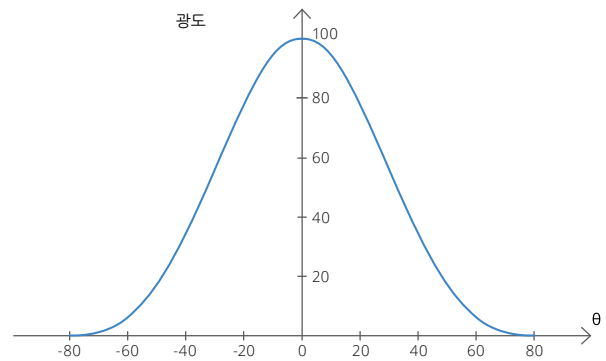


Fig. 30: Cos⁴ 비네팅. 광축에 대해 입사하는 광량의 각도 θ 만큼 광량이 떨어진다.



Lens types

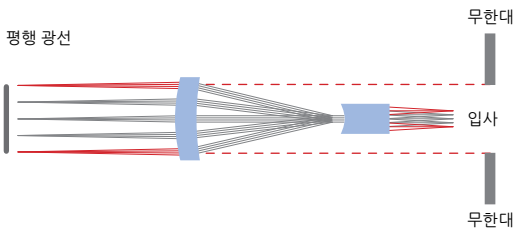
각기 목적 및 사용을 위한 맞춤형 렌즈는 업계 시장에서 찾아볼 수 있다. 아래는 가장 보편적인 렌즈 종류, 작동 원리 및 공통 애플리케이션에 대한 간략한 설명이다.

텔레센트릭 렌즈



텔레센트릭 렌즈는 원근법 오류를 없애기 위하여 시준 광선 (광축에 평행함, Fig. 31 참조)만을 모으기 위해 설계된 옵틱의 특별한 종류이다.

광축에 평행한 광선만이 허용되기 때문에, 텔레센트릭 렌즈의 확대는 피사체의 위치와 별도이다. 텔레센트릭 렌즈가 가지고 있는 이러한 특별한 기능은 확대시 발생하는 원근법 오류나 변화가 일관성 없는 측정을 불러일으킬 수도 있는 측정 시스템의 사용에 완벽히 어울리도록 만들어야 한다 .



다음 도면 (Fig. 32)은 통상적 옵틱 (entocentric)과 텔레센트릭 렌즈의 차이점을 보여준다. 고정 초점 거리 렌즈는 엔토센트릭 렌즈로서 광축에서 분산되는 광선을 모은다. 따라서 넓은 시야를 가질 수 있지만 다른 작동 거리에 따라 배율이 다르기 때문에 이러한 렌즈들은 피사체의 실제 크기를 결정하는 목적으로 사용되기 어렵지 않다.

Fig. 31: 텔레센트릭 광학계는 광학 축에 평행 한 광선을 받는다.

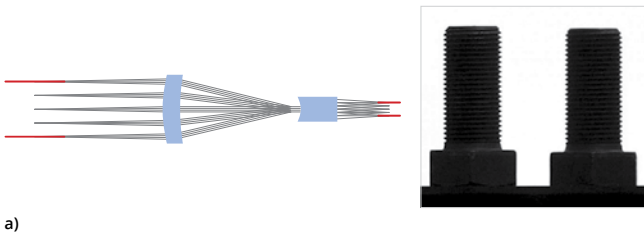


Fig. 32: a) 텔레센트릭 렌즈는 다른 거리의 물체들이 동일한 크기로 나타나는 것을 보여 준다.

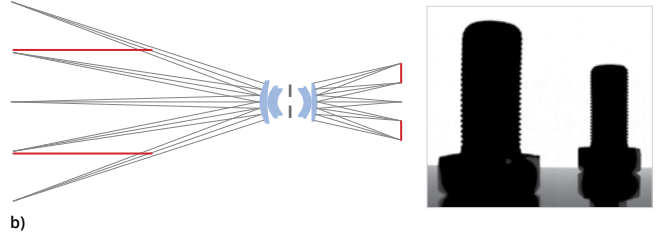


Fig. 32: b) 광학계에서 감지되는 작업 거리가 센서에서는 시각적 오류로 표시됩니다.

더블 텔레센트릭 렌즈의 장점

더 나은 배율 불변성

표준 텔레센트릭 렌즈는 중앙 광축으로부터 평행인 광선을 받아들인다. 만약 렌즈가 오로지 텔레센트릭 렌즈라면, 광학 시스템을 지나는 광선은 필드 위치에 따른 각기 다른 각도에서 들어와 디텍터에 도착할 것이다.

진입하는 텔레센트릭 광선이 이미지 공간에서 텔레센트릭이 아닌 광선으로 변하기 때문에 광학 파면은 완전히 불규칙적이다. 그에 따른 결과로, 광선에 의해 디텍터 평면위에 발생한 점의 모양 및 크기는 이미지 상에서 차례차례로 변한다. (이미지 중심에서 경계로 움직이기 때문에 점상 강도 분포 함수는 비대칭으로, 원형 점은 커지고 타원형으로 변한다.)

심지어 더 나쁜 것은, 피사체가 옮겨졌을때, 어느 필드 지점에서 오는 광선은 이미지 면에서 전후로 움직이는 점을 만든다는 것이다. 따라서 배율에 큰 차이가 생긴다. 이러한 이유 때문에 더블 텔레센트릭 렌즈가 아닌 다른 렌즈들은 낮은 배율 불변성을 보인다. 하지만 이러한 렌즈들도 객체 공간에서만 측정 될 경우 굉장히 높은 텔레센트릭 정도를 가지고 있을 수도 있다.

더블 텔레센트릭 렌즈는 객체 그리고 이미지 공간에서 텔레센트릭이다. 다시 말하자면 주광선은 진입할 때 뿐만 아니라 렌즈에서 벗어날

때도 평행으로 나아간다는 뜻이다. 이러한 특징은 모노 텔레센트릭 렌즈의 점상 강도 분포 함수의 불균등성 및 피사계 심도의 배율 불변성 부족 등, 정확도 관련 문제를 해결하기에 필수적인 요소이다.

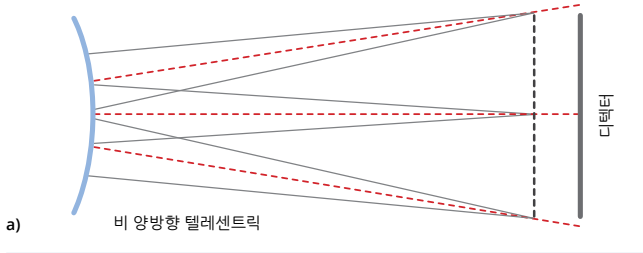


Fig. 33: (a) 비 이미지 공간의 텔레센트릭 렌즈(왼쪽) 광선은 다른 각도로 탐지기에 충돌합니다.

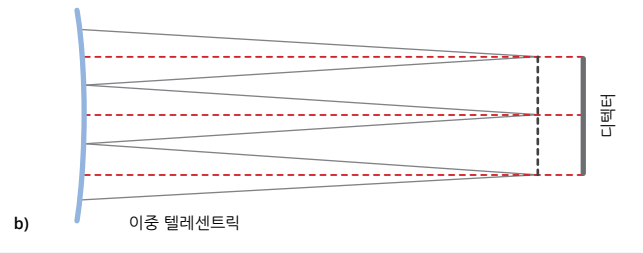


Fig. 33: (b) 이중 텔레센트릭 렌즈(오른쪽)의 광선은 평행하고 필드 위치에 독립적인 방식으로 이미지 센서에 도달합니다.

피사계 심도 증가

피사계 심도는 피사체가 초점이 가장 잘 맞는 위치에서 위치의 변화를 줄 수 있는 최대 범위를 뜻한다. 이 한계치를 넘어서게 되면 피사체로부터 들어오는 빛들이 디텍터상에 충분한 점을 만들수 없게 되기때문에 결과적으로 이미지 해상도가 낮아진다: 번짐 효과는 광학 광선의 기하학적 정보가 많은 픽셀 위에 퍼져있기 때문에 발생한다. 렌즈 조리개 지름에 반비례하는 피사계 심도는 기본적으로 오퍼틱 F/#에 따라 달라진다: F수가 높을수록 유사 선형 의존을 가진 피사계 심도가 넓어진다. F수를 높이는 것은 작은 점이 디텍터 상에 생성될 수 있도록 하기 때문에 광축의 분산을 감소시킬 수 있다. 그러나, F수를 일정한 값 이상 올리는 것은 최고 해상도를 제한하는 회절 효과를 야기시킬 수 있다. 더블 텔레센트릭 렌즈는 두꺼운 피사체를 볼때 (Fig. 34 참조) 이미지 대비를 유지하는데 효과적이다: 광학 시스템의 균형 및 광선 유사성은 번짐 효과를 감소시켜 이미지 점들이 균형을 유지하는데 도움을 준다. 따라서 다른 더블 텔레센트릭 오퍼틱이 아닌 것과

비교했을 때, 더블 텔레센트릭 렌즈의 피사계 심도가 20 - 30% 더 넓은 면적을 인식하는 결과를 낳는다.



Fig. 34: bi-telecentric 렌즈 전체에 걸쳐 전체적으로 보여지는 두꺼운 물체의 이미지.

디텍터 상의 고른 이미지 투사

더블 텔레센트릭 렌즈는 디텍터 상에 굉장히 고른 일루미네이션을 나타낼 수 있도록 하였고 이러한 고른 빛은 LCD, 직물 및 인쇄 품질 컨트롤 (Fig. 35)과 같은 다양한 적용에 큰 도움을 준다. 다이크로익 필터가 광도 측정 및 방사 측정을 위해 광로와 통합되어야할 때, 더블 텔레센트릭 광축이 정상적으로 필터 표면에 부딪힐 수 있도록 하는 역할을 한다. 따라서, 전 디텍터 부분에 광학 주파수를 통과 시킬수 있도록 한다. 이경우, 전체 필터 표면에 고르게 조명되면 검출기에 균일한 빛을 전달합니다



Fig. 35: 양방향 텔레센트릭 렌즈는 고해상도 컬러 측정을 수행하기 위해 조정 가능한 필터와 인터페이스됩니다.



텔레센트릭 렌즈 선정의 방법

고정된 작동 거리 및 조리개를 가진 텔레센트릭 렌즈는 배율 및 이미지 씨클을 기준으로 분류된다. 용도에 맞는 텔레센트릭 렌즈 선택은 간단하다: 이미지가 센서에 잘 맞는 배율을 찾으면 된다.

예) 텔레센트릭 렌즈 및 2048 x 2048, 5.5 μm 의 센서를 사용하여 기계 부품 (너트)의 기하학적 특징을 측정해야 한다. 내접된 너트는 10mm 지름 씨클 및 같은 위치에 2mm의 불확실성을 가지고 있다. 최선의 선택은 무엇인가? 카메라 해상도 및 픽셀 사이즈(2048 x 2048 pix, 5.5 μm)를 고려했을 때, 센서 크기는 11.26 x 11.26 mm로 계산된다. 시야는 12mm의 원 직경을 가지고 있어야 한다. 따라서 요구되는 최소 배율은 0.938X이다. 오토 엔지니어링의 TC23009 텔레센트릭 렌즈의 시야는 11.26 mm x 11.26 mm지만 기계 비그네팅이 발생하는 관계로 실제 시야는 11mm 원 직경이다. 이러한 경우에도 더 정확한 부품의 구성이 불가능하다면, mag가 낮은 렌즈나 이미지 씨클이 더 큰 렌즈를 골라야 한다. 오토 엔지니어링의 TC2MHR016-x 렌즈 (M=0.767X, 이미지 씨클 16.0 mm)를 사용하면, 비슷한 값인 14.68 x 14.68 mm를 얻을 수 있다.

UV 텔레센트릭 광학

회절 한계가 짧은 파장에서 고 해상도를 얻을 수 있도록 하기에 (Fig. 36), UV 옵틱은 표준 렌즈와 비교했을 때 더 좋은 결과를 얻을 수 있으며 1.75 μm 정도의 작은 픽셀로도 효과적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 오토 엔지니어링 TCUV 시리즈 텔레센트릭 렌즈는 근 자외선 범위에서 사용될 수 있고 굉장히 까다로운 측정 기구들에 고 해상도를 제공할 수 있다.

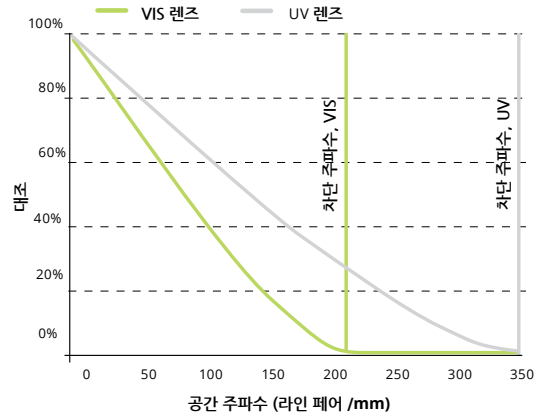


Fig. 36: 그래프는 작업 F/# 8에서 작동하는 두 개의 렌즈의 한계 성능 (회절 한계)을 보여줍니다. 표준 렌즈는 587 nm (녹색광)에서 작동하고 UV 렌즈는 365 nm에서 작동합니다.



왜 오토 엔지니어링의 텔레센트릭 렌즈에는 아이리스가 내장되어있지 않는가?

오토 엔지니어링의 텔레센트릭 렌즈는 아이리스 기능이 없다. 하지만, 고객의 요구에 따라 어떠한 추가 비용이나 지연 없이 조리개를 조정하여 발송할 수 있다.

오토 엔지니어링의 렌즈에 아이리스 기능이 있지 않은 이유는 너무 많기때문에 “왜 다른 제조사들은 아이리스 기능을 넣는가?”가 제대로 된 질문일 것이다.

- 제품의 수명 주기에서 한번 혹은 두번만 사용 될 아이리스를 추가하는 것은 렌즈를 더욱 비싸게 만든다.
- 아이리스 내장은 기계를 덜 정확하게 만들고 광학 정렬을 저하시킨다
- 고객사에서 사용 할 조리개값을 사용하여 테스트할 수 없다.
- 아이리스 위치는 금속판 조리개보다 훨씬 덜 정확하다 : 텔레센트릭 기능에 큰 영향을 미친다.
- 아이리스 기하학은 원형이 아닌 다각형이다 : 시야를 가로지르는 주된 광선의 경사도를 바꾸기 때문에 렌즈 왜곡 및 해상도에 영향을 미친다.
- 아이리스는 고정되고 동그란 다이아프램처럼 중앙에 위치할 수 없다: 렌즈의 텔레센트릭 정도를 보장하기 위하여 제대로 된 센터링은 필수 요소이다.
- 원형의 고정된 조리개만이 모든 렌즈에 같은 밝기를 준다.
- 조정 가능한 아이리스는 통상적으로 평평하지 않으며 이것은 스태프 포지션시 불확실성을 준다. 텔레센트릭 렌즈를 사용하는데 굉장히 중대한 요소이다.
- 아이리스는 움직이는 부분으로서 대부분의 산업 환경에서 위험 요소가 될 수 있다. 진동은 쉽게 기계에 영향을 주거나 렌즈 조리개값을 변경되게 만들 수 있다.
- 아이리스 세팅은 사용자에게 의해 실수로 변경될 수 있으며 만약 변경될 시 원 시스템 설정을 바꾸게 된다.
- 최종 사용자는 적은 옵션 및 MV 시스템에 맞춰야 하는 것들이 적은 것을 선호한다.
- 기준이 되는 오토 엔지니어링보다 작은 조리개값은 회절 한계에 의해 해상도가 낮아지기 때문에 이치에 맞지 않다. 반면에, 훨씬 넓은 조리개값은 피사계 심도의 감소를 일으킬 것 이다. 오토 엔지니어링 렌즈의 표준 조리개값은 이미지 해상도와 피사계 심도의 최적화하기 위한 것 이다.

왜 오토 엔지니어링 텔레센트릭 렌즈에 초점 기능이 없는가?

아이리스와 마찬가지로, 초점 기능은 렌즈의 움직이는 부분에서 기계 작용을 발생시킬 것 이다. 따라서 광학 시스템의 센터링을 저하할 것이고 제형 왜곡을 발생시킬 것 이다. 또 다른 문제는 방사 왜곡이다 : 텔레센트릭 렌즈의 왜곡은 광학 부품이 특정 값으로 설정되어 있을 때만 작은 값으로 유지될 수 있다 : 어떠한 부품을

정 위치에서 옮겼을 때 렌즈 왜곡 가능성이 더 높아질 것 이다. 초점 기능은 광학 시스템 내의 렌즈 포지셔닝을 불확실하게 만들 것이며 왜곡값 또한 모르게 만든다: 따라서 오토 엔지니어링의 품질 관리 절차에서 얻어진 왜곡값과 다르게 바뀔 것 이다.



360° 옵틱



많은 머신 비전 기기들은 검사되어야 하는 많은 기능들이 상단보다 물체 측에 위치하여 있기 때문에 피사체 표면의 완전한 뷰를 요구한다.

병과 용기와 같은 대부분의 원통형 물체 및 많은 종류의 기계 부품들은 스크래치 및 불순물의 감지, 바코드 인식 혹은 정확한 라벨의 프린트 여부를 확인하기 위해 측면의 검사를 필요로 한다.

이러한 경우에, 가장 보편적인 접근 방법은 다수의 카메라 (보통 3개 혹은 4개) 를 사용하여 상단 뷰뿐만 아니라 여러개의 측면 뷰를 확인하도록 하는 것이다. 이 방법을 사용하게 되면 전자 공학 기술 및 시스템이 다른 카메라에서 생성되는 각기 다른 이미지들을 동시에 처리해야하기 때문에 시스템 비용이 높아지는 것 뿐만 아니라 시스템 성능의 장애물이 되기도 한다. 하지만, 비전 엔지니어들은 외부 표면을 라인 스캔 카메라 시스템을 사용하여 스캔하는 것을 선호하기도 한다.

이러한 접근 방식의 단점은 많은 기계적 비용을 가져온다 : 피사체는 시야에서 기계적으로 회전되어야 하며 따라서 검측 스피드에도 영향을 미친다. 또한, 라인 스캔 카메라는 굉장히 강력하고 효과적인 일루미네이션을 필요로한다. 큰 사이즈의 선형 디텍터는 시스템의 광학 배율을 증가시키기 때문에 피사체 심도가 감소된다.

360도 옵틱 범주는 피사체에서 분산되는 광선 (Fig. 37)은 여러 옵틱 솔루션들을 합친것과 같다. 따라서, 렌즈 앞에 위치한 물체 표면 뿐만 아니라 물체의 측면 또한 이미징 한다. (하단의 광학 다이어그램 참조)

하단의 이미지들은 페리센트릭 렌즈 (PC), 반사 굴절 렌즈 (PCCD), 핀홀 렌즈 (PCHI) 그리고 보스코프 렌즈 (PCPB)에 적용된 작동 원리를 설명한다. 다른 360도 옵틱 솔루션은 텔레센트릭 옵틱과 반사경 배치를 조합하여 하나의 카메라 (TCCAGE, PCPW 그리고 PCMP 시리즈)만으로 샘플의 완전한 뷰를 얻을 수 있게 한다.

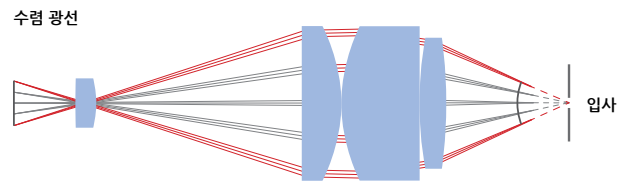


Fig. 37: Pericentric 렌즈 유형. 입사 동공은 렌즈 앞에 위치합니다.

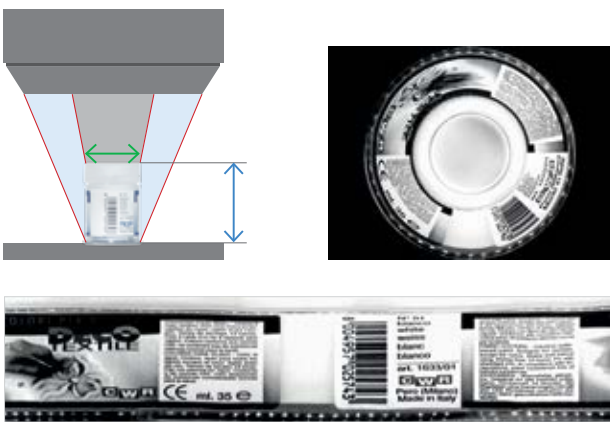


Fig. 38: Opto Engineering® PC 렌즈 광학 구성, 샘플 이미지 및 언랩 이미지.

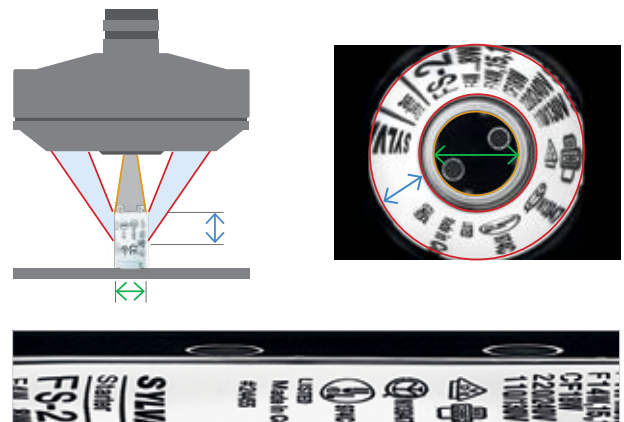


Fig. 39: Opto Engineering® PCCD 광학 구성, 견본 이미지 및 언랩 이미지.

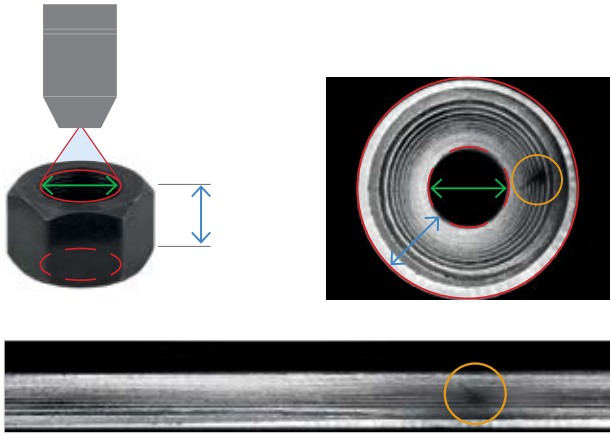


Fig. 40: Opto Engineering® PCHI 광학 구성표, 견본 이미지 및 언랩 이미지.

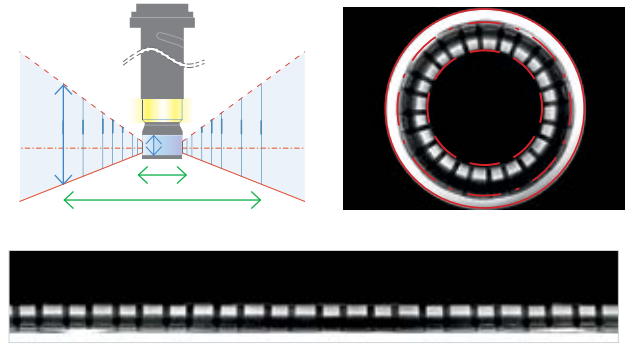


Fig. 41: Opto Engineering® PCPB 광학 구성, 샘플 이미지 및 언랩 이미지.

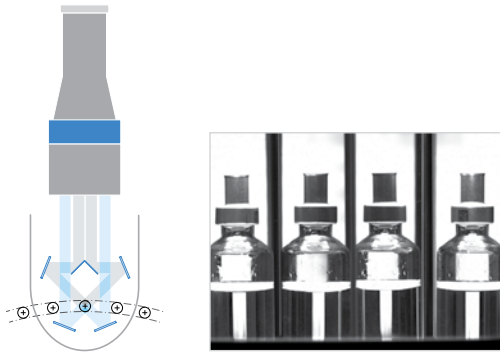


Fig. 42: Opto Engineering® TCCAGE 광학 구성 및 샘플 이미지.

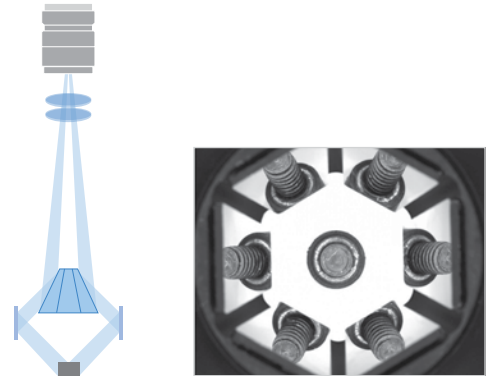


Fig. 43: Opto Engineering® PCPW : 광학 구성표 및 견본 이미지.

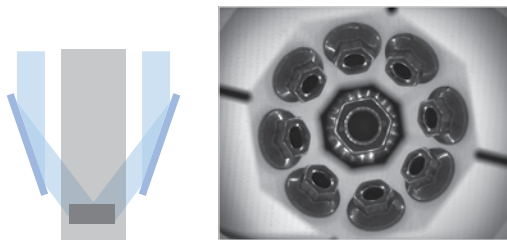


Fig. 44: Opto Engineering® PCMP : 광학 구성표 및 견본 이미지.

매크로 렌즈



매크로 렌즈는 초점 거리가 고정된 렌즈로서 작동 거리와 초점 거리가 비슷하다. 추천하는 피사체의 작동 거리는 대부분 고정되어 있고, 따라서 매크로 광학은 대부분 배율을 사용하여 설명된다. 매크로 렌즈는 작고 고정된 시야를 위하여 설계된 것으로, 굉장히 낮은 기하학적

왜곡을 가지는 경향이 있다. 예를 들어 옵토 엔지니어링 MC 시리즈 렌즈의 왜곡 범위는 <math><0.05\%</math> 부터 <math><0.01\%</math>다.



초점 거리 고정 렌즈

초점 거리 고정 렌즈는 엔토센트릭 렌즈로서 광축에서 분산되는 광선을 모은다. (Fig. 45 참조) 초점 거리 고정 렌즈는 알맞은 가격과 표준 기계에 잘 맞기 때문에 머신 비전에서 굉장히 흔히 사용된다. 기본적인 매개 변수 - 초점 거리 및 센서사이즈 -만 알고있다면 시야 및 작동거리를 계산하는 것은 쉽다. 초점은 최소 작동 거리에서부터 무한대로 조정될 수 있다. 통상적으로 기계적으로 관리되는 아이리시드 렌즈 F/#와 빛의 강도, 피사계 심도 및 해상도를 수동 조정할 수 있다.



예) 100 x 80 mm의 세라믹 타일은 200mm 거리에서 고정 초점 거리 렌즈를 사용하여 검출되어야 한다. 어떠한 렌즈를 고를 것 인가? 카메라 센서는 2592 x 1944 res, 2.2 μm pixels 을 가지고 있다.

기본적인 렌즈 방정식을 상기해보면

$$1/s' (+) - 1/s (-) = 1/f (+)$$

$$M = h'/h = s'/s$$

우리는 찾을 수 있다:

$$1/s (h/h' - 1) = 1/f$$

따라서

$$WD = -s = -f (h/h' - 1)$$

혹은 그 결과 :

$$f = s / (h/h' - 1)$$

그리고

$$h = h' (1 + s/f)$$

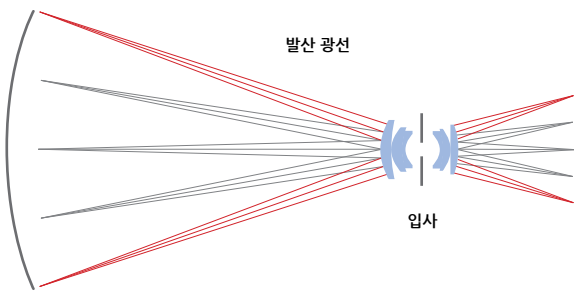


Fig. 45: Entocentric 광학 렌즈는 렌즈에서 발산하는 광선을 수용합니다.

S와 h' (렌즈와 이미지 높이에 관한 물체의 위치)가 관계적으로 음수임을 명심하고, f와 h(초점 거리 및 물체 높이)는 관계적으로 양수이다. 또한, 시야의 최소 요구값을 다루는 것을 확실하게 하기 위하여 머신 비전에서 h를 원하는 시야값의 최대값으로 생각하고 h'는 센서의 짧은 쪽으로 생각한다.

고정된 초점 거리 렌즈는 비싸지 않고 다목적이다. 하지만 모든 기계에 맞는 것은 아니다. 경밀 측정 장비에는 맞지 않는 현저한 원근 에러 및 기하학적 왜곡을 가져온다. 또한, 수동 조정 가능한 아이리시드 및 초점은 기계적 작용을 가져오기 때문에 매번 반복될 수 있는 세팅을 필요로 하는 장비들에 이상적인 렌즈는 아니다.

센서 해상도 및 픽셀사이즈를 가지고 센서 크기를 계산할 수 있다. h' = - 4.28 mm 및 h = 100 mm로 정한다. 따라서, s = - 200 mm로 정하면 f = 8.2 mm임을 찾을 수 있다. 표준 8mm 렌즈를 사용하면 우리는 약간 더 넓은 시야 (137 x 102 mm)를 커버할 수 있다.

접사 링

대부분의 표준 렌즈의 작동 거리는 고정된 매개 변수가 아니다. 초점 거리는 특정 손잡이를 조정함으로 바꿀 수 있다. 비록, 특정 거리 이하로 내려가면 초점을 맞출 수 없는 최소 촬영 거리는 정해져 있다.

렌즈와 카메라 사이에 접사링을 추가 (Fig. 46 참조)함으로 인하여 뺄 초점 길이를 증가시킬 수 있으며 따라서 최소 촬영 거리를 맞출 수 있다. 이것은 또한 렌즈의 배율을 증가시킨다. 다시 말하자면, 시야를 감소시키는 것이다.



Fig. 46: 고정 초점 렌즈용 접사링

가변 초점 렌즈

가변 초점 렌즈는 초점거리를 변화시킬 수 있는 렌즈로서 렌즈 내부의 움직일 수 있는 부분을 움직임으로서 조정할 수 있다. 가변 초점 렌즈는 다양한 작동 거리를 가능케하여 하나의 렌즈로 다양한 설정을 할수있게 한다. 가변 초점 렌즈는 고정 초점 거리 렌즈와 같이 신뢰도 문제를 가지고 있다. 또한, 조립품 내부의 렌즈 그룹의 상대적인 움직임으로 인한 불확실성은 더욱 높아졌습니다.



줌 렌즈



줌 렌즈는 가변 초점 옵틱의 특별한 종류 중 하나이다. 초점 거리를 바꾸어도 작동 거리는 그대로 유지된다. 즉, 전 과정에서 초점은 지속되는 것이다. 줌 렌즈는 통상적으로 작동거리를 바꾸지 않아도 배율을 바꿀 수 있는 렌즈로 정의된다 : 이러한 범주안에는, 매크로 줌 등이 있습니다. 예) 오토 엔지니어링 MCZR 및 MZMT와 텔레센트릭 줌 렌즈 예) 오토 엔지니어링 TCZR렌즈도 찾아볼 수 있다.

샤임플러그 옵틱

샤임플러그 옵틱은 렌즈의 특별한 종류이다. 고정 초점, 매크로 및 텔레센트릭 타입의 렌즈는 샤임플러그 기능을 가지도록 설계될 수 있다.

광학 설치의 객체 평면이 이미지 면에 평행하지 않다는 가정 하에 (예를 들어, 카메라 렌즈 시스템이 45도 각도의 평면을 이미징할 때) : 초점 면과 평면이 교차할 때 이미지를 선명하게 나타낼 수 있다

이미지와 객체 평면이 결합될때, 첫번째 면을 임의의 각도로 기울이는 것은 후면을 그에 상응하는 각도로 기울이게 된다. 초점 면이 평면과 일치선으로 놓게되면, 이미지의 초점이 다시 회복된다.

$$\tan(\theta') = M \cdot \tan(\theta)$$

$$\theta' = \text{atan}(M \cdot \tan(\theta))$$

M은 렌즈의 배율, θ' 는 이미지 면 기울기 각도(센서면에서) 그리고 θ 는 객체면 기울기 각도이다. 물체면이 45도 각도로 기울어져 있기 때문에 센서를 80도까지 기울여야 한다 - 기계적 및 비그네팅 문제를 불러일으킬 것이다. (Fig. 47참조, M=5 검정, M=1 파랑, M=0.25 빨강) 따라서 이러한 조건에서 고배율을 가지는 것은 불가능하다.

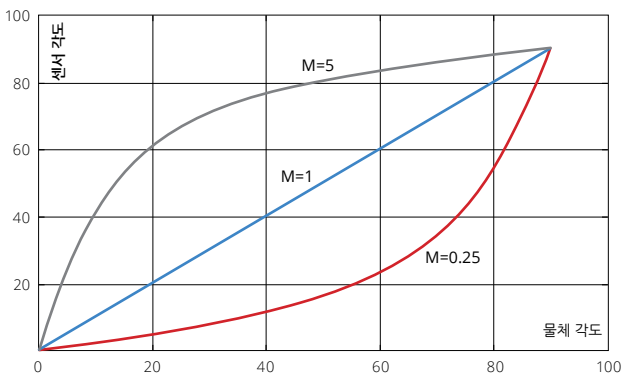


Fig. 47: 서로 다른 배율 M에서의 object (θ)와 센서 각 (θ')의 관계.

특별한 경우 이미지 면을 광학부에 맞추어서 카메라의 각도를 기울일 수 있습니다. 이 경우 마운트를 사용해 변경함으로써 기울일 수 있다 : 하단을 참조하여 샤임플러그 텔레센트릭 셋업에 대한 예시를 확인할 수 있다. 센서면 기울기 각도는 샤임플러그 기준에 의한다 :

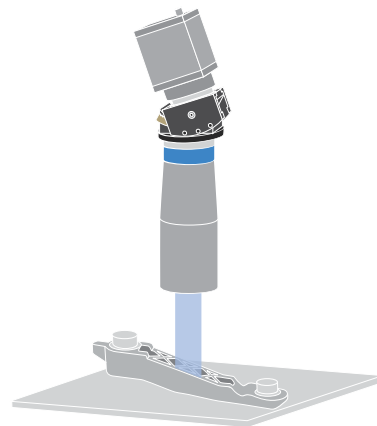


Fig. 48: 샤임플러그 텔레센트릭 셋업의 예.



IR 광학

머신 비전에서, 적외선에 적용된 첨단 기술을 찾아볼 수 있다: 스펙트럼 일부의 이미징 절차는 적외 광학이라는 특정한 렌즈를 필요로 한다.

절대온도 이상의 모든 물체는 적외선을 배출한다. 적외선 에너지는 온도 및 피사체의 방사율에 따라 결정되며 0.76 μm (가시거리의 붉은 가장자리)에서 1000 μm (초음파 범위의 시작)의 파장에 따라 특징지어진다. 피사체의 온도가 더 높을수록 스펙트럼 방사 에너지 혹은 방사도가 더 높아진다. 모든 파장 및 침투 파장의 발산이 짧을수록 그러하다. 디텍터 범위의 한계에 따라, 적외선은 다양한 디텍터의 반응에 의거하여 3개의 작은 부분으로 나누어진다.

SWIR (0.9-1.7 μm)는 <반사된 자외선> 구역으로 불리기도 한다. 광원에서 오는 방사선이 가시거리에 있는 것과 비슷한 방법으로 반사되기 때문이다. SWIR 이미징은 피사체를 나타내기 위해서 일루미네이션을 필요로 한다. 또한 어떤 빛이 예) 주변 달 빛, 별 빛이 존재할 경우에만 작동된다. 사실, SWIR은 아웃도어, 야간 이미징에 적합하다. SWIR 이미징 렌즈는 SWIR 파장을 위해서 특별히 고안, 최적화, 반-반사 코팅되었다.

인동 갈륨 비화물 센서는 SWIR에서 사용되는 주된 센서로서 일반적인 SWIR 주파대를 커버한다. 하지만 낮게는 0.550 μm 에서 2.5 μm 까지 연장될 수 있다.

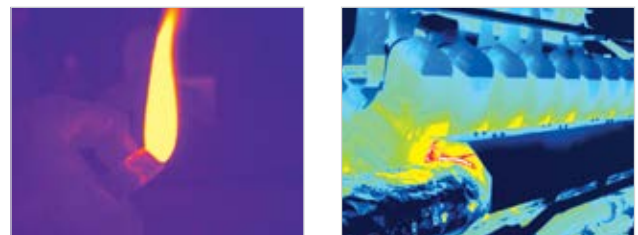
가시 광선을 사용하여 작동하기가 어렵거나 불가능한 많은 응용은 SWIR InGaAs 기반 카메라를 사용하면 가능하다.
: 재료의 비파괴 확인, 구성, 코팅 및 다른 특성, 전자 보드 검측, 태양 전지 검측, 인식 및 분류, 감시, 위조, 절차 품질 관리 등 SWIR을 사용하여 이미징할 때, 수증기, 안개, 그리고 실리콘과 같은 재료는 보이지 않는다. (투명하게 변한다) 또한, 동일해 보이는 색들은 SWIR을 사용할 경우 쉽게 구분될 수 있다.



MWIR (3-5 μm) 및 LWIR (8-14 μm)영역은 “열 적외선”이라고 한다. 피사체의 이미징을 위해서 피사체 자체에서 방출되는 적외선 및 외부 광원을 필요로 하지 않기 때문이다. 열감지 카메라에 피사체가 얼마나 밝게 나타나는지를 결정하는 두가지 요인이 있다 : 피사체의 온도 및 방사율 (얼마나 효과적으로 발산하는지를 나타내는 재료의 물리적 성질)이다. 피사체가 뜨거워질수록, 더 많은 에너지를 발산하고 열 이미지 처리 시스템에 더 밝게 나타난다.

MWIR은 3 μm -5 μm 스펙트럼 밴드의 빛을 모은다. MWIR 카메라는 주 목적이 온도 측정이나 이동성이 아닌 고품질의 이미지를 얻는 것 일때 사용된다. 스펙트럼의 MWIR 밴드는 열 콘트라스트가 흑체 물리학에 대비해서 높으며 LWIR 밴드는 지구상의 물체에 의해 내뿜어지는 방사선은 MWIR보다 많다. 온도에 의한 방사선 양 변화는 적다. 따라서 통상적으로 MWIR 이미지 대비가 LWIR보다 나은 것이다. 예로, 뜨거운 엔진과 배기가스의 방출 피크는 MWIR 밴드에서 일어나기 때문에 이러한 카메라는 차량 및 항공기에 굉장히 민감하다. MWIR의 메인 디텍터 재료는 InSb(안티몬화 인듐) 및 MCT나 부분적으로 셀레늄화납(PbSe)으로 불리우는 HgCdTe(텔루르화 수은 카드뮴)이다.

• LWIR은 스펙트럼 밴드의 8 μm 부터 14 μm 까지 빛을 모으며 가용성이 가장 높은 열 화상 카메라의 파장 범위이다. 사실, 플랑크의 법칙에 따르면, 지상상의 물체들은 주로 LWIR를 방출한다. LWIR 시스템 응용은 서모그래피/온도 컨트롤, 가스 누출 감지, 굉장히 넓은 온도 범위의 장면의 이미징 (넓은 운동 범위를 필요로 한다), 자속한 연기를 관통한 이미징 등을 포함한다. LWIR의 비냉각 디텍터에 가장 흔하게 사용되는 재료는 비정질 실리콘 (a-Si)과 산화바나듐 (VOx)이다. LWIR의 냉각 디텍터는 주로 HgCdTe이다.



무열(Athermalization). 어느 재료도 특정 온도 팽창 계수와 온도 변화에 대한 반응 (물리적 크기의 증가 혹은 감소)하는 특징이 있다. 따라서, 광학 재료의 열팽창은 온도 변화에 따른 초점이탈에 의해 시스템의 광학 성능을 변하게 만들 수 있다. 광학 시스템은 중요한 성능 매개 변수 (예) 변조 전달 함수, 백 초점 거리, 유효 초점거리 등)이 작동 온도 범위에서 인지할 수 있는 정도로 바뀌지 않을때 무열 상태로 변하게 된다.

무열 테크닉은 액티브 및 패시브로 나누어질 수 있다. 액티브 무열은 렌즈 요소의 위치와 기술적 조정을 위하여 모터 혹은 다른 액티브 시스템을 포함한다. 반면에, 패시브 무열은 열 초점이탈의 보상을 위하여 설계된 테크닉을 사용한다. 그 테크닉은 적합한 렌즈 재료 및 광파워 (광학 보상) 혹은 서로 다른 열 팽창 계수를 가진 팽창용 로드를 사용하여 렌즈의 요소를 대신하고 시스템의 초점이 잘 맞을 수 있도록 한다. (기계적 보상).

조명

조명은 머신 비전 시스템의 가장 중요한 부품 중 하나이다. 특정한 기기를 위한 적합한 라이팅 부품을 선택하는 것은 머신 비전 시스템의 변함없고 신뢰할 수 있는 작동을 보장하기 위해 굉장히 중요하다.

적합하지 않은 조명을 사용하여 소프트웨어를 사용한 대부분의 경우는 복구가 어렵고 정보가 손실될 수 있습니다. 그렇기 때문에 적합한 품질의 라이팅 부품을 고르는 것이 기본적으로 중요합니다. : 어떠한 소프트웨어 알고리즘도 제대로 일루미네이션이 되지 않아 발생한 문제들을 복구시키는 기능을 가지고 있지 않습니다.

적합한 선택을 위하여 하단을 포함한 여러 매개 변수를 고려해야 한다:

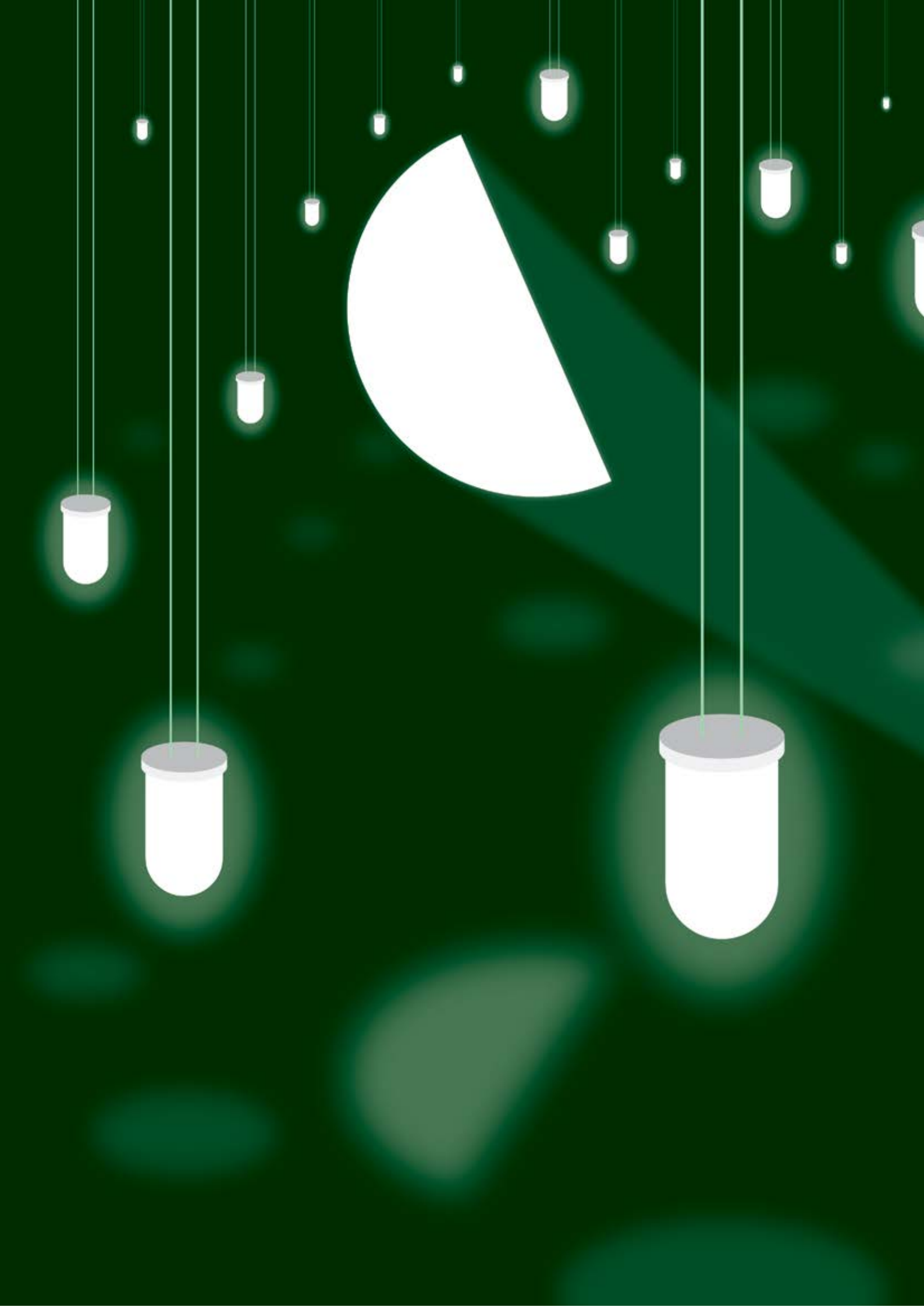
- 라이팅 기하학
- 광원 종류
- 파장
- 검측 혹은 측정될 재료의 표면 특징 예) 색상, 반사율
- 아이템 형태
- 아이템 속도 (인라인 혹은 오프라인 특성)
- 기계적 제약
- 주변 환경 고려
- 비용

많은 매개 변수가 고려되어야 하기 때문에, 선택이 어려울 수 있다. 다른 조명 타입을 사용하여 특성을 파악하는 타당성 조사를 시행하는 것이 가장 적합한 방법일 수도 있다. 반면에, 다양하고 적합한 조명의 선택과 이미지 품질 향상을 하기 위해서는 간단한 원칙과 좋은 예가 있다.

조명 적용시의 주된 목적은 아래와 같다 :

1. 검측 혹은 측정되어야 하는 특성의 대조를 극대화 한다.
2. 관련 없는 특성의 대조를 최소화한다.
3. 환경광 및 검측과 무관한 아이템간의 차이로 인하여 발생된 원치않는 변수를 제거한다.
 - a. 주변 광
 - b. 검사 작업과 관련없는 항목 간의 차이점









머신 비전 라이트

머신 비전에서, 빛은 통상적으로 nm (나노미터) 파장대로 표기된다.

기본적으로 빛은 전자기 스펙트럼 상의 특정한 부분내의 전자기 방사선이다 (Fig. 1 참조): 준단색 (좁은 파장 밴드가 특징, 즉 단색) 혹은 흰색 (가시 스펙트럼 상 분포, 모든 색상 포함)일 수 있다.

사람의 눈에 보이는 빛은 적외선 (긴 파장)과 자외선 (짧은 파장)의 사이이며 400에서 700nm의 파장 범위를 가지고 있다 : 특별한 응용 분야에는 가시 광선 대신에 IR 혹은 자외선을 필요로 할 수 있다.

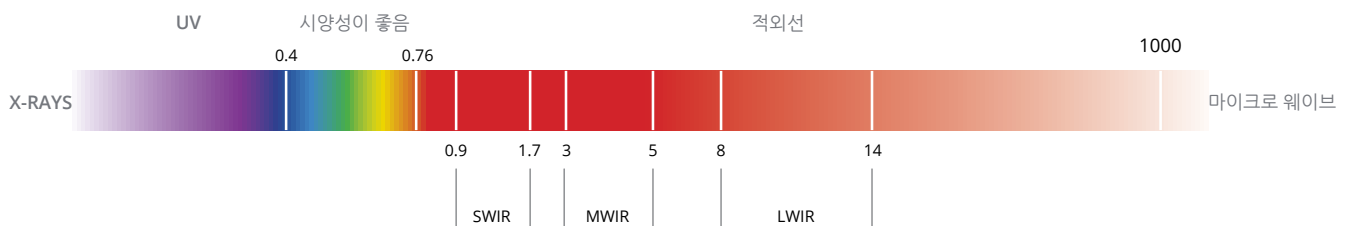


Fig. 1: 전자기 스펙트럼.



기본적으로, 빛은 (Fig. 2) 아래와 같은 방법으로 재료와 상호 작용 한다.

- 반사 그리고/혹은
- 투과 그리고/혹은
- 흡수

추가적으로, 빛은 상이한 매체를 가로 질러 이동할 때, 굴절이 된다. 즉 방향을 변화시킨다. 굴절의 양은 광 파장에 반비례한다. 즉 보라색 광선은 적색 광선보다 더 구부러져있다.

즉, 짧은 파장을 가진 빛은 긴 파장을 가진 빛보다 표면에 부딪힐때 더 쉽게 분산된다. 따라서 통상적으로 표면 검측 응용에 더 잘 맞는다.

만약 우리가 상단 매개 변수 리스트에서 파장만 고려한다면 청색광은 스크래치 검측을 위한 용도로 추천되고 적색광은 투명한 재료의 실루엣을 강화하는데 더 잘 어울린다.

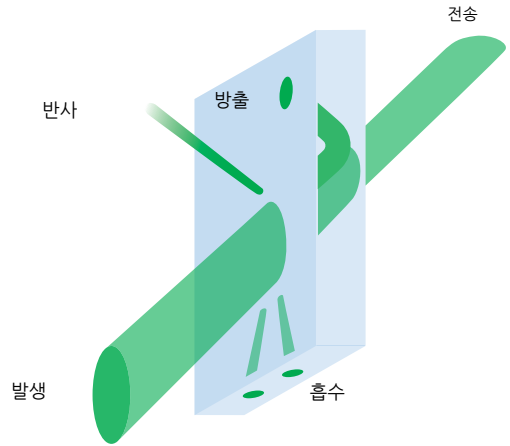


Fig. 2: 빛과 물질의 상호 작용: 반사, 흡착 및 전달.

LED 조명

아래와 같이 다양한 종류의 광원 (Fig. 3) 이 있다 :

- 백열등
- 형광등
- LED 조명

LED 조명은 현재까지 머신 비전에서 가장 흔하게 쓰인다. 그 이유는 하단의 리스트를 포함한 다양한 장점을 가지고 있기 때문이다 :

- 빠른 반응
- 펄스 및 스트로브 작동에 적합
- 기계적 저항성
- 긴 수명, 높은 출력 안정성
- 다양한 라이팅 기하학 창출의 편의

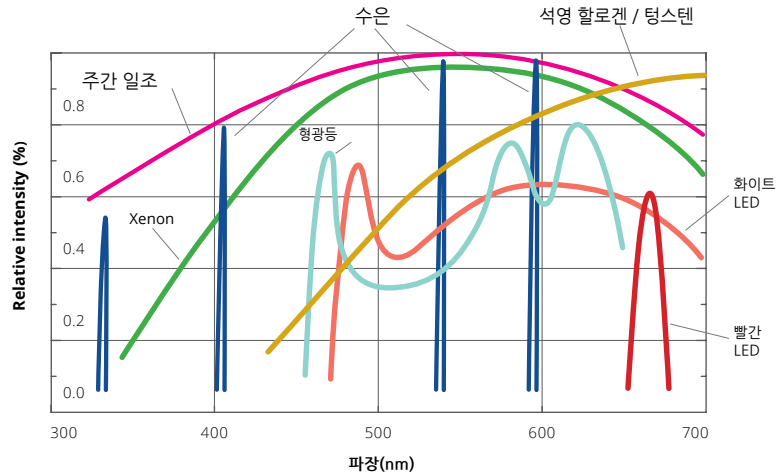


Fig. 3: 다양한 광원의 방출 스펙트럼.

• 백열등은 낮은 압력으로 차있는 잘 알려진 전구이다. 불활성 기체 (보통 아르곤)에 얇은 메탈 와이어 (텅스텐)가 고온에 달구어져 전류를 보낸다. 빛나는 메탈이 400 nm에서 적외선까지 가는 넓은 스펙트럼에 빛을 방출한다. 그에 따른 결과는 화이트하고 따뜻한 빛 (2870 K에 상응하는)과 상당한 양의 열을 가진 상태로 발생된다.

• 형광등은 자외선이 처음 생성되는 진동관이며 (수은과 음극에 의해 생성된 강력한 전자간의 상호작용에 의하여) 관벽에 의해 흡수되고 형광 및 인광 물질에 의하여 코팅된다. 벽은 빛을 스펙트럼 위로 재 방출하여 빛이 다시한번 전 가시거리를 커버하도록 하여 "더 차가운" 백색 광원을 제공한다.

• LED는 반도체칩 양극/음극 접합부의 전자-정공 쌍의 소멸을 통해 빛을 생산한다. LED에 의하여 생성된 빛은 칩에 사용된 물질에 따라 다르며 좁은 스펙트럼으로 특징지어진다. 즉, 준 단색성이다. 백색광은 형광등의 백색광과 같이 생성되지만 청색광은 넓은 스펙트럼에서 흡수되고 재 방출되어 청색 영역에서 고르지 않고 약간의 정점을 이루고 있다.



LED 전력공급 및 출력

LED 일루미네이터는 회로의 볼트 V를 설정하거나 전류 I를 회로에 직접적으로 삽입하는 방법으로 제어될 수 있다.

한가지 중요히 고려되어야할 점은 하나의 LED에서 발생하는 광속은 전류와 거의 연속적으로 증가되지만 볼트가 적용되었을 때는 그렇지 않다는 점이다 : 구동 전류의 1% 불확실성은 휘도 1% 불확실성으로 나타날 수 있다. 반면에 입력 전압의 1% 불확실성의 편차는 몇가지 변화된 결과를 낳을 수 있다 (Fig. 4).

이러한 이유로, 라이트 출력의 안정, 엄격한 통제, 높은 반복율을 위하여 볼트가 아닌 전류를 직접 조정하는 것을 추천한다.

예를 들어, 측정 기기에서, 최우선시 되어야 하는 것은 결과의 지속성을 보장하기 위하여 안정적인 회색 레벨 백그라운드를 가진 이미지를 얻는 것 이다 : 빛의 깜박임을 피하고 텔레센트릭 라이트의 LED 순방향 전류가 정밀하게 제어되는 것을 보장할 수 있다 : 옴토 엔지니어링의 LTLCHP 텔레센트릭 일루미네이터의 빌트인 기술은 1% 이하의 변화를 가지도록 설계되었다. 따라서 LED 순방향 전류의 세기가 매우 안정적인 성능을 낼 수 있도록 한다.

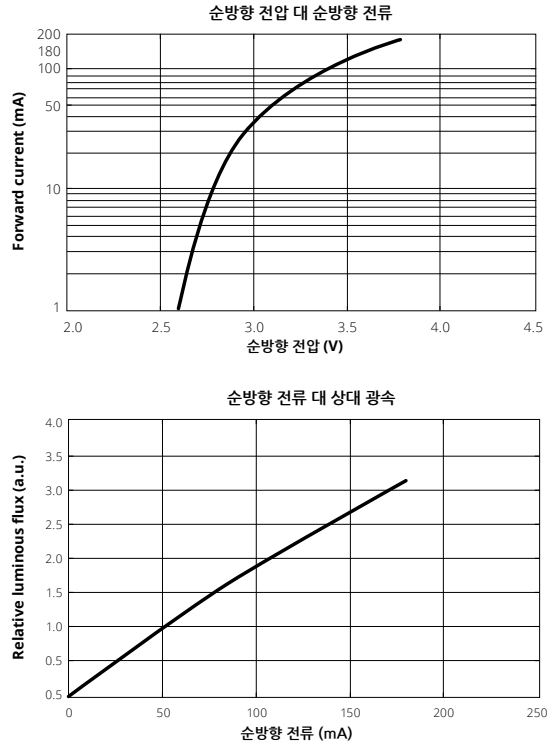


Fig. 4: LED전류, 장력 및 빛 출력 그래프.

LED 펄싱 및 스트로빙

LED는 펄스 (온/오프)방법으로 쉽게 사용되며 차례로 켜지거나 꺼질 수 있고, 필요할 때만 켜 수 있다. 펄스 모드에서 LED의 사용은 제품 수명의 연장을 포함한 많은 장점을 가지고 있다.

만약 LED의 구동 전류 (혹은 볼트)가 LED 제조사에 의해 알려진 연속 모드 값으로 세팅되어 있다면 그것이 펄스 모드이다. : LED는 간단히 키고 끌 수 있다. LED는 명목 값보다 높은 강도로 사용될 수도 있어 (과구동) 많은 양의 빛을 한정된 시간안에 생산할 수 있다 : 이러한 경우가 스트로브 모드이다.

빨리 움직이는 피사체의 동작을 잡기 위하여 증가된 빛의 양을 필요로 할때 주변 광량의 영향을 제거하기 위하여 스트로빙을 필요로 한다. 또한, LED 수명을 보존하고 카메라와 검출되어야 하는 아이템과 라이트의 켜지는 시간을 동시에 발생하게 하기 위하여 필요로 한다. LED라이트의 스트로빙의 적절한 사용을 위하여 몇가지 매개 변수를 고려해야 한다. (Fig.5 및 6)

- 펄스 구동 최대값 혹은 켜져있는 시간(ton max) : LED 라이트가 최대 순방향 전류에 켜져있을 수 있는 최장 시간
- 사용률 D는 (통상적으로 %로 나타냄) 아래와 같다 :

$$D = t_{on} / (t_{on} + t_{off})$$

t_{off}는 LED 라이트가 꺼져있는 시간의 양, T = t_{on}+t_{off}사이클의 기간이다. 사용률은 LED가 켜져있을 수 있는 기간의 사이클 타임의 작은 부분을 %로 나타낸다. 기간 T는 사이클 빈도 f = 1/T이며 Hertz (Hz)로 나타낸다.

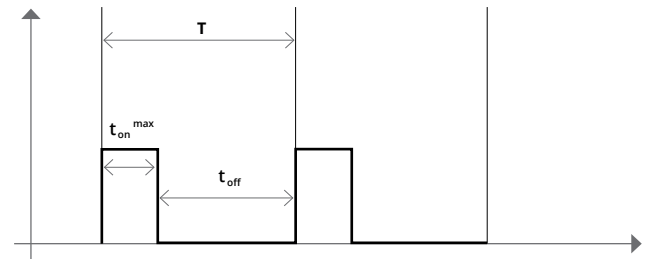


Fig. 5: 듀티 사이클 파라미터.

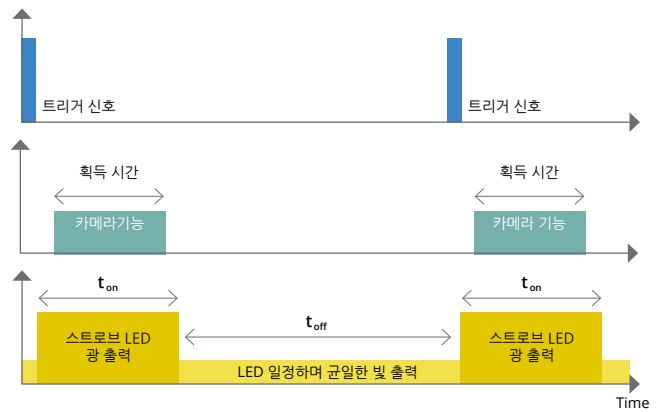


Fig. 6: 트리거링 및 스트로빙.



LED 수명

LED의 수명은 LED 밝기가 주위 온도가 25도일 때, 원 밝기의 50%로 감소될때까지 걸리는 시간으로 정의 내려진다.

회선속도, 스트로빙 및 노출 시간

온라인 애플리케이션 사용시 고려해야 하는 중요한 매개 변수들이 있다. 구체적으로 말하자면, 애플리케이션을 필요로 하는 피사체의 스피드와 이미지의 선명도에 따라 카메라 노출시간이 최소값으로 설정되어 있어야 동작을 잡고 이미지 번짐 효과를 피할 수 있다. 추가로, 검정색과 불투명한 피사체는 빛을 반사시키기보다 흡수하는 경향이 있으므로 중요하게 고려되어야 한다.

예를 들어, speed v_0 로 움직이는 피사체를 검출해야 한다고 하자. 사용하는 렌즈의 배율은 magnification m 이며 카메라의 픽셀 사이즈는 pixel size p 이다. 센서상 피사체의 스피드는 v_i 이다 :

$$v_i = m v_0$$

따라서, 피사체 object x_i 가 움직이는 공간은 노출 시간 t 일 때 $x_i = v_i t$ 이다. 만약 이 공간이 픽셀 사이즈보다 클 경우, 피사체는 여러 픽셀 위로 번지게 나타날 것이다. 3 픽셀 번짐을 받아들이 수 있다라는 전제 : 즉, $x_i = v_i t = m v_0 t < 3 p$ 를 필요로 한다.

$$x_i = v_i t = m v_0 t < 3 p$$

카메라 노출시간 t 는 아래와 같다.

$$t < 3 p / (m v_0)$$

예를 들어, $p = 5.5 \mu\text{m}$, $m = 0.66$, $v_0 = 300 \text{ mm/s}$ 를 사용하여 (100mm 시야상의 10,800샘플의 선형 속도/시간) 최대 노출 시간 $t = 83 \mu\text{s}$ 을 찾을 수 있다. 이러한 속도에서, 연속 모드인 LED 일루미네이터에서 배출하는 빛의 양은 충분하지 않다. - 따라서 동등한 시간의 일루미네이터의 스트로빙이 가장 적합한 해결방안이다.

시스템에 빛을 더 많이 들어갈 수 있도록 조정할 수 있는 또 다른 매개 변수는 렌즈 F/#이다 : 렌즈 F/#를 낮춤으로서 더 많은 빛을 얻을 수 있다 ; 하지만, 시스템의 피사계 심도는 낮아진다. 이미지 품질도 낮아질 수 있다. 통상적으로 렌즈는 정중앙에서 제대로 작동하며 가장자리로 갈 수록 렌즈 수차가 발생하여 전체적인 선명도를 잃는다. 카메라 게인을 높이는 것도 하나의 방법이다. 하지만 항상 노이즈를 발생시키기 때문에 또 다시 이미지의 디테일 인식을 어렵게 하는 이미지 품질 저하가 발생된다.

결과적으로, 충분히 밝은 라이팅 부품을 고르는 것이 좋다. 이러한 라이팅 부품은 최적의 F/#로 설정된 렌즈와 같이 사용되면 카메라를 디지털 방식으로 증가시킬 필요 없이 검출될 피사체의 특징을 정확히 찾아낼 수 있도록 한다.



일루미네이션 기하학 및 테크닉

특정한 머신 비전 과제를 위한 최고의 일루미네이션을 어떻게 결정할 수 있는가? 어느 정도의 신뢰감을 가지고 비전 시스템에 적합한 일루미네이션을 결정할 수 있도록 고려해야하는 여러 측면이 있다.

애플리케이션 목적

이것은 분명히 해야 할 첫 번째 요지입니다.

만약 프린트된 글과 같은 피사체의 결함 혹은 특성을 찾기 위해 표면을 검측하고자 한다면 전면 일루미네이션이 필요하다. (카메라 쪽에서 빛이 들어온다) 적절한 빛의 방향이나 타겟면의 입사각 및 산란광 혹은 직사광과 같은 특정 표면 특성에 따라 달라지는 광학적 성질도 강조되어야 합니다.

다른면에서 물체의 직경이나 길이를 측정하거나 관통 구멍을 찾고 싶다면 가장자리에서 대비를 최대화하는 방법은 후면 일루미네이션이다. (카메라로 들어오는 빛이 피사체에 의해 차단당한다).

투명한 재질이나 혼합 솔루션과 같은 복잡한 상황을 처리할 때 이러한 선택이 명확하지 않을수도 있다.

일루미네이션 각도

전면 또는 후면 조명이 더 적합한지 여부를 결정했으면 빛이 물체 표면에 닿는 각도를 설정해야 한다. 각도가 다를 수 있지만 정면 조명과 후면 조명의 두 가지 중요한 하위 그룹이 있다 : 밝은 필드와 어두운 필드 조명. 다음 4 가지 조합을 아래에서 설명한다.(Fig. 7).

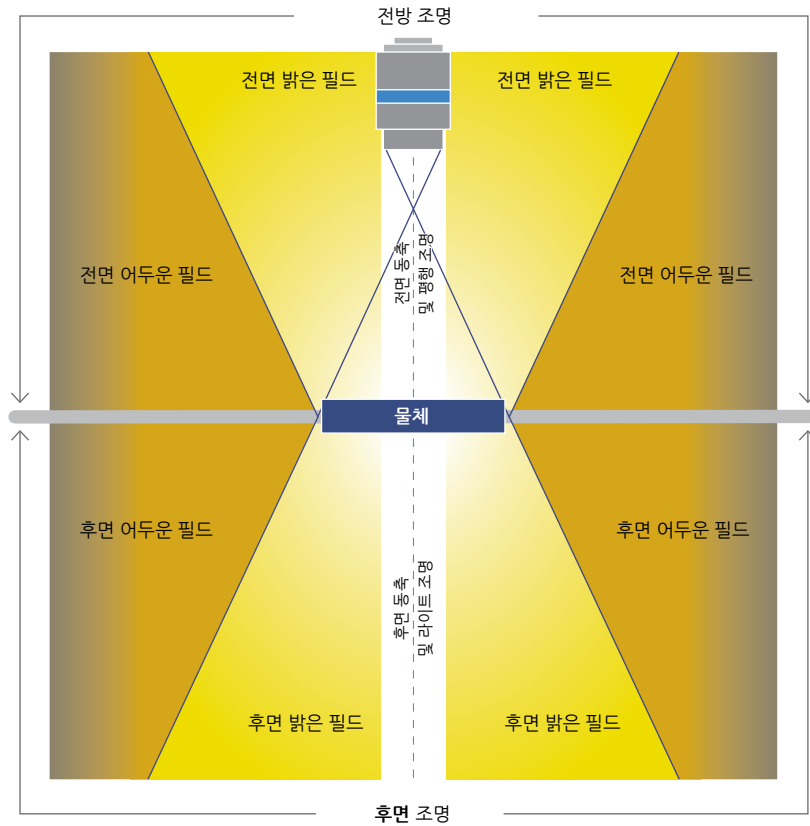


Fig. 7: 조명과 방향성 : 'W 규칙'.



밝은 영역, 프론트 라이트 illumination 평면에서 반사된 빛은 옵틱에 의해 흡수된다. 가장 흔한 상황으로 생각될 수 있다.

평평하지 않은 특징 (결함, 스크래치 등)이 렌즈의 최대 수용가능한 각도의 바깥에서 빛을 분산시킬 수 있으며 밝은 배경의 어두운 특성을 보여줄 수 있다. (명시야 - Fig. 8 and 10.a 10.b 참조).

밝은 필드의 전면 조명은 시스템 대칭에 따라 LED바 조명 혹은 링 조명에 의해 생산된다.

두가지 상황에서, LED 라이트는 매체에 의해 직사광 혹은 산란광이 될 수 있다. (가공은 반사면의 고르지 않은 illumination을 피하기 위하여 후자가 선호된다).

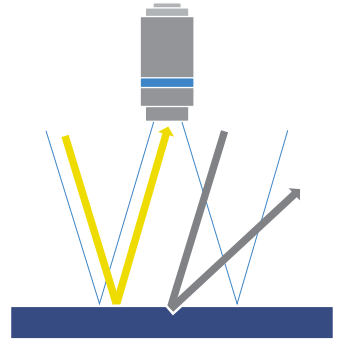


Fig. 8: 전면 브라이트 필드 조명 방식.

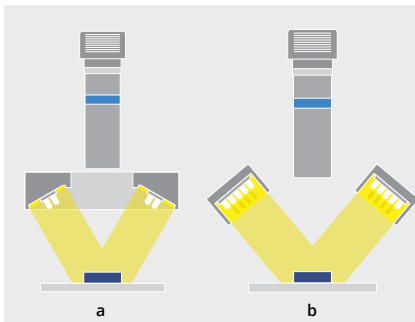


Fig. 9: 링 라이트(a), 바 라이트 (b) 기하학.



Fig. 10: 전면 필드 라이트(링라이트)를 사용한 이미지 현장 조명 .



Fig. 10.b: 전면 밝은색 라이트(링조명)를 사용한 금속 제품의 영상(양각된 부품).

어두운 필드, 전면 라이트 조명의 반사광은 옵틱에 의해 수렴되지 않는다. 이 경우, 분산된 빛만 잡히고, 어두운 배경의 밝은 특징과 같이 표면의 비평면형 특징을 향상시킨다. (암시야 Fig. 11 및 13.a - 13.b 참조).

다시 한번 말하자면, 이러한 효과는 통상적으로 저각 링 라이트에 의해 재생산된다(Fig. 12).

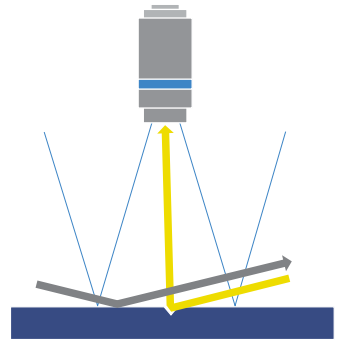


Fig. 11: 전면 다크 필드 조명 방식.

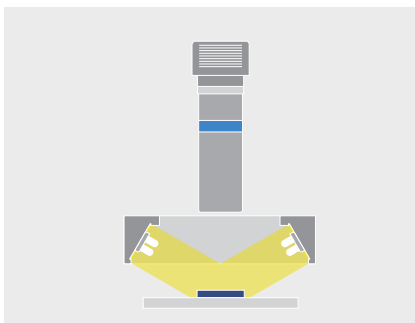


Fig. 12: 로우앵글 링 라이트 기하학.

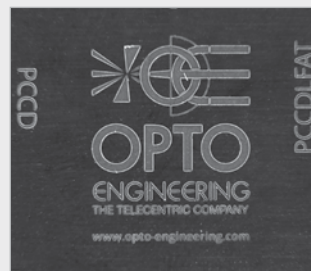


Fig. 13.a: 전면 검은색 필드 조명(ringlight)을 사용한 조각상의 이미지.

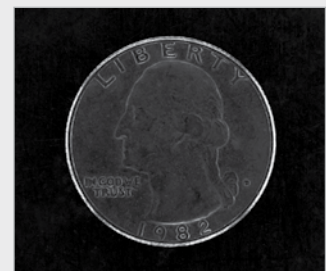


Fig. 13.b: 전면 다크 필드 조명(ringlight)을 사용한 금속 코인의 영상(양각된 부품).



밝은 영역에서는 백라이트 조명이 켜지며, 재질이 불투명하거나 (Fig. 14)투명한 경우 빛이 표면으로 전달되거나 전송됩니다.

첫 번째 경우에는 객체의 윤곽 (흰색 배경에 검은색 객체 - Fig16 및 18 참조)이 표시됩니다.

후자의 경우 투명 물체의 비 평면형 피쳐는 흰색 배경에 어둡게 나타납니다. 두번째 경우에서, 투명한 표면이 예리한 곡률 (예 : 플라스틱의 기포 함유)을 나타내지 않으면 콘트라스트는 일반적으로 낮습니다.

이러한 조명 기법은 확산 백라이트 (Fig 15a, 15b 및 16) 또는 텔레센트릭 조명 장치 (특히 고정밀 응용 프로그램용으로 설계된 Fig 17 및 18)를 사용하여 수행 할 수 있습니다.

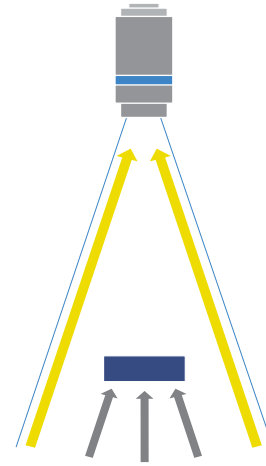


Fig. 14: 밝은 필드 백라이트 조명 구성표.

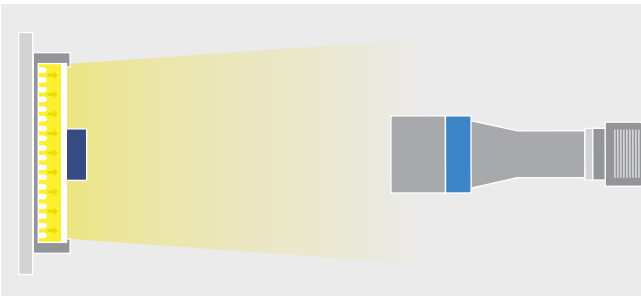


Fig. 15.a: 확산형 백라이트 형상 (후면 발광).

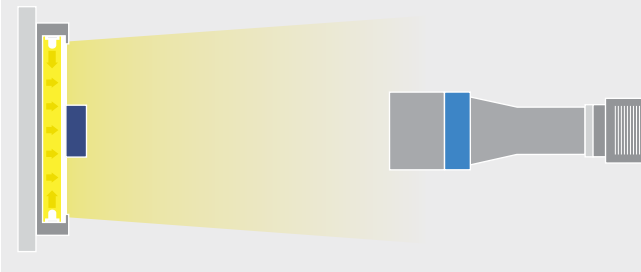


Fig. 15.b: 확산형 백라이트 형상 (측면 발광).



Fig. 16: 백라이트 조명을 사용한 플라스틱 캡의 이미지.

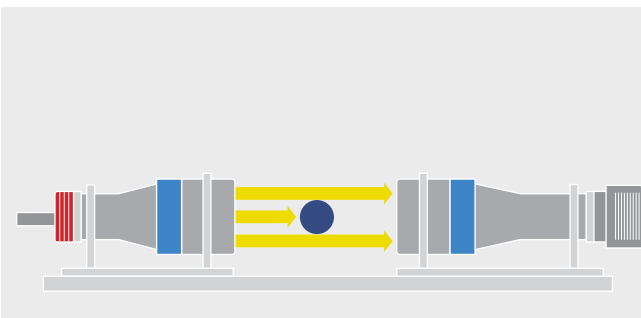


Fig. 17: 텔레센트릭 백라이트 형상.

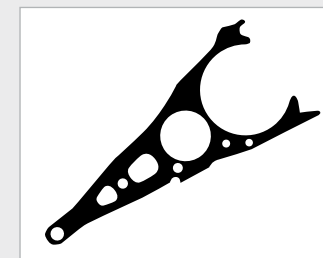


Fig. 18: 텔레센트릭 백라이트 조명을 사용한 고정밀 기계 부품의 이미지.



다크 필드, 백 라이트 조명에서 샘플에 의해 투과된 빛과 비평면형 특징에 의해 분산된 빛만이 수렴되어 어두운 배경의 밝은 부분과 같은 특징을 향상시킨다.

(Fig. 19) 투명한 샘플 뒤에 위치한 링 라이트나 바 라이트에 의해 얻어질 수 있다.

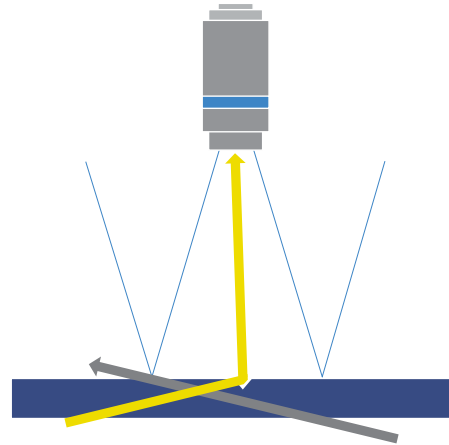


Fig. 19: 다크 필드 백 라이트 방식.

전면 라이트가 물체면에 직각으로 물체의 표면에 도달할 때 동축 일루미네이션이라고 한다.

동축 일루미네이션은 추가적으로 시준될 수 있다. 즉, 광축에 (어느 정도) 평행하는 광선이다. 이러한 광선을 얻기 위해서, (초점 고정, 매크로 혹은 텔레센트릭)과 같이 사용될수 있는 동축 박스가 있다. 혹은, 동축 일루미네이션이 빌트인으로 탑재되어있는 오프 엔지니어링의 TCCX 시리즈와 같은 텔레센트릭 렌즈도 있다.

콜리메이션 정도의 차이는 고반사 표면의 결함을 찾기 위해 사용되는 대비 차이에 따라 결과는 다르게 나타난다.

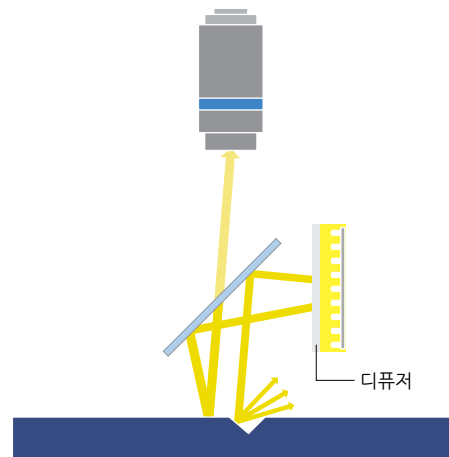


Fig. 20: 동축 조명 방식 (평행하지 않음).

Fig. 21: 동축 조명 구조 (표준 및 평행).

Fig. 22: 동축 조명으로 새겨진 샘플 이미지.



돔 라이트 및 터널 라이트.

복합 커브의 구조를 가진 피사체가 특정 표면의 특징을 검출해야 한다면, 다각도에서 들어오는 프론트 라이트 일루미네이션이 균일하지 않다는 전제가 있다면, 반사되는 부분을 제거하는 것이 가장 적절한 선택으로 보인다: 돔 라이트는 사실상 어느 방향에서 들어오는 일루미네이션도 제공할 수 있도록 설계되었기 때문에 이러한 애플리케이션에 가장 이상적인 솔루션이다.

사실, 돔 라이트는 마치 흐린날과 같이 고른 빛을 제공하기 때문에 "Cloudy day" 일루미네이터라고 불리우기도 한다. 라이팅 기하학의 다른 종류 하나는 터널 일루미네이션이다: 이러한 빛은 길고 얇은 원통형 물체에 고른 일루미네이션을 제공하기 위하여 설계되었고 상부에 원형의 조리개를 가지고 있다. (돔 라이트와 동일).

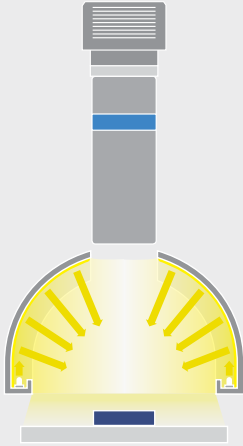


Fig. 23: 돔 조명 구조.



Fig. 24: 돔 라이트 조명을 사용한 금속 주조 금속판의 이미지.

복합적 고급 일루미네이션 솔루션.

굉장히 복잡한 기하학 피사체의 검출을 위해서는 다른 종류의 라이트를 결합하여 표면의 결함을 효과적으로 찾을 수 있도록 하는것이 필요하다. 예를들어, 돔과 로우앵글 라이트의 결합은 전체 시야의 고른 일루미네이션을 제공하는데 굉장히 효과적이다. "복합" 라이팅의 예를 들자면 오토 엔지니어링의 LTDMLA 시리즈가 있다. 일체형 돔 및 저각 링 라이트의 기능을 가져 동시 혹은 각기 독립적으로 사용될 수 있다. (Fig. 25 참조)

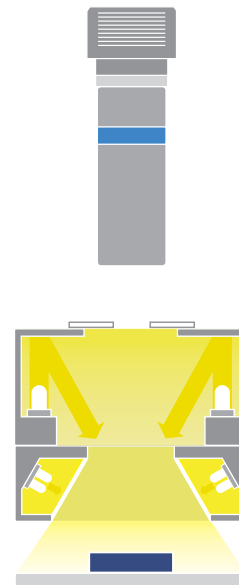


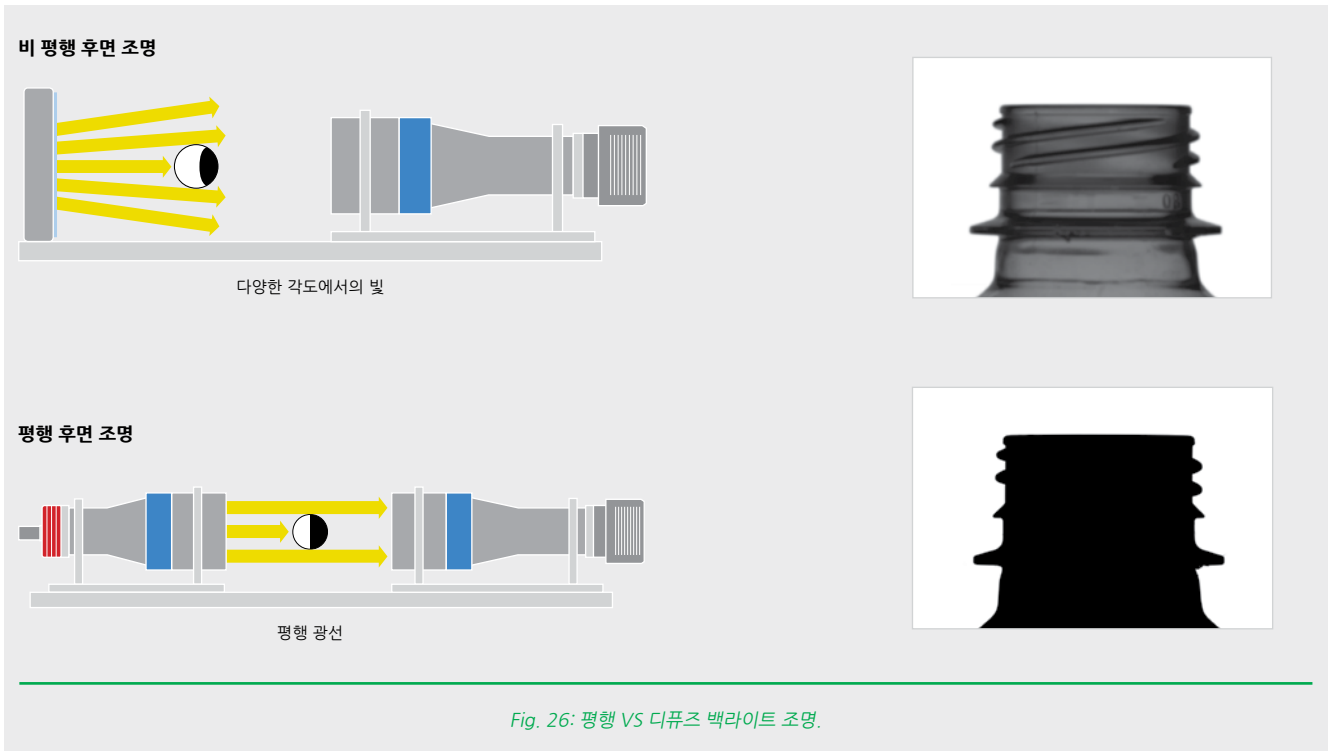
Fig. 25: 혼합형 조명(돔+로우앵글 링라이트)조명 구조.



텔레센트릭 일루미네이션

텔레센트릭 일루미네이션은 하단을 포함한 다양한 종류의 애플리케이션에 필요하다:

- 고속 검측 및 분류 : 텔레센트릭 렌즈와 결합하면 매우 짧은 노출 시간에 고 처리량을 얻을 수 있다.
- 정확한 가장자리 인식 및 결함 분석을 위한 실루엣 이미징
- 빛을 반사하는 원통형 물체의 측정 : 백 라이트의 분산은 둥글고 빛나는 물체의 가장자리로 부터 원치 않는 반사를 낳을 수 있다. 그럴 경우, 실제보다 작아보이는 결과를 낳게되고 부정확한 측정을 하게 된다. 시준 광선은 통상적으로 훨씬 덜 반사되기 때문에, 텔레센트릭 일루미네이터가 효과적으로 "경계 효과"를 제거하여 정확하고 변치않는 리딩을 보장할 수 있다. (Fig. 26 참조)
- 정확성, 반복성, 고처리량이 고정밀 측정 애플리케이션의 핵심 요소이다.



텔레센트릭 렌즈와 결합한 시준 광선의 사용은 텔레센트릭 렌즈의 자연적인 피사계 심도를 20/30% 정도 증가시킨다. (하지만 렌즈의 타입, 빛 파장 및 픽셀 크기와 같은 다른 요소들에도 원인이 있다.)

추가로 탁월한 광 커플링으로 물체와 광원의 거리는 이미지 품질에 영향을 주지 않고 증가될 수 있다. 일루미네이터의 개구수가 텔레센트릭 렌즈의 개구수보다 낮기때문에 가능하다.

따라서, 광학 시스템은 렌즈가 일루미네이터의 피사계 심도와 같은 개구수를 가지고 있다는 전제로 작동하며 실제 텔레센트릭 렌즈 개구수가 가진 정도의 이미지의 해상도를 유지한다.

시준 광선은 곡선 모서리를 가진 피사체의 검측이 필요할 때 최선의 선택이다. 그렇기 때문에, 이 일루미네이션 테크닉은 샤프트, 튜브, 스크류, 스프링, O링 그리고 비슷한 샘플들의 측정 시스템에 널리 쓰인다.



파장 및 광학 성능

많은 머신 비전 애플리케이션은 중단색 광원이나 광학 필터를 사용하여 만들 수 있는 특정한 빛 파장을 필요로 한다. 이미지 프로세싱시, 적절한 빛 파장을 고르는 것이 피사체의 특정 색상의 특징을 강조하는 중요 요소이다. 파장(빛의 색상)과 피사체의 색상의 관계를 Fig. 27에서 볼 수 있다. 피사체 특징의 색상에 맞는 파장을 사용하는 것은 이 특정 특징을 강조할 것이다. 역도 그와 같다. 즉, 특징을 어둡게 하기 위하여 반대되는 색상을 사용하면 된다. (Fig. 28 참조).

예를 들어, 녹색광은 녹색 특징이 이미지 센서에 더 밝게 나타나도록 한다. 반면에, 적색광은 녹색 특징이 센서에 더 어둡게 나타나도록 한다. 한편, 백색광은 모든 색상에 대비된다. 추가적으로, 육안과 CMOS 및 CCD 센서의 민감도에 큰 차이가 있다는 것이 고려되어야 한다. 따라서 비전 시스템이 육안으로 보았을 때와는 다르다는 것을 어떻게 감지하는지를 결정하기 위한 초기 평가를 하는 것이 중요하다.

단색 라이트는 두 종류로 얻어질 수 있다: 광학 필터를 사용하여 센서에 오는 필요 없는 파장을 막거나 단색 원천을 사용할 수 있다.

광학 필터는 특정한 빛의 파장만 투과될 수 있도록 한다. 명시된 파장의 빛만 통과할 수 있도록 하거나 (밴드 패스 필터) 원하는 파장을 차단하는 용도 (자외선 로우패스 필터)로 사용될 수 있다.

컬러 필터는 산업 환경에서 자주 나타나는 다른 비단색 광원도 차단할 수 있다. (햇빛, 천정 기타 등등)하지만 센서에 도달하는 빛의 양을 제한한다.

반면에, 중단색 광원은 보통 작은 대역폭안의 특정한 빛 파장만 생산한다. 어느 쪽이든, 만약 우리가 단색광 예) 녹색 을 선택한다면, 녹색이 아닌 특징들은 필터 대역폭과 특징의 색상에 따라 센서상에 어두운 회색이나 검정색으로 나타날 것이다. 백색광의 사용에 관해 단색광을 사용하여 손쉽게 대조를 증가시킬 수 있는 쉬운 방법이다 (Fig. 29 - 34).

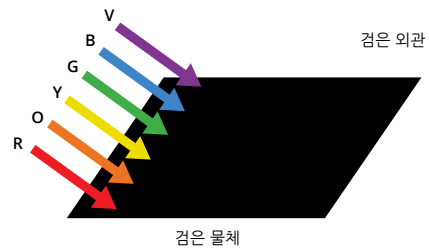
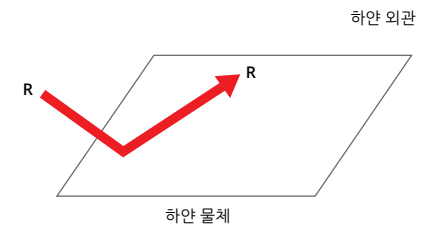
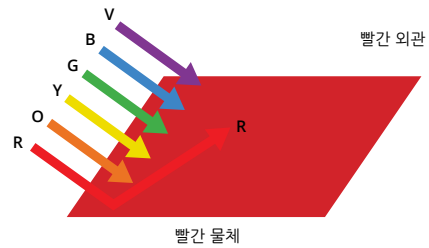
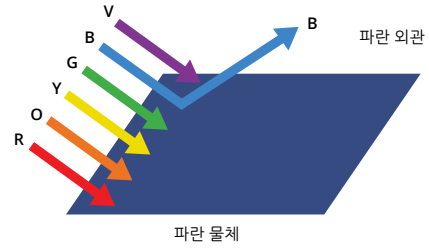


Fig. 27: 객체 색상과 밝은 색 간의 관계.

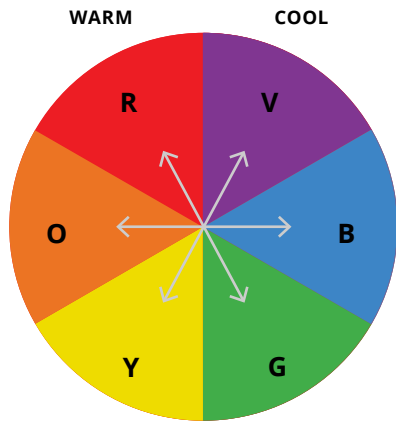


Fig. 28: 영상 센서에서 형상이 어두운 색으로 표시됩니다.

추가로, 몇몇 경우에서 특정한 파장이 다른 이유로 선호되는 경우도 있다. 예를들어, 오토 엔지니어링의 텔레센트릭 렌즈는 보통 가시거리에서 사용되는 경우에 가장 이상적이고 텔레센트릭 정도 및 왜곡에 관해서는 녹색광과 같이 사용되었을 때 가장 좋은 효과를 낸다. 더 나아가서, 녹색광은 해상 한계(짧은 파장일 수록 더 높아진다)와 보통 유리의 투과 특성 (짧은 파장에 낮은 투과율을 갖는다)과 상충 관계를 가진다. 어느 파장이라도 애플리케이션에 맞는다면, 비용적인 측면만 고려하여 LED 색상을 고르면 된다.

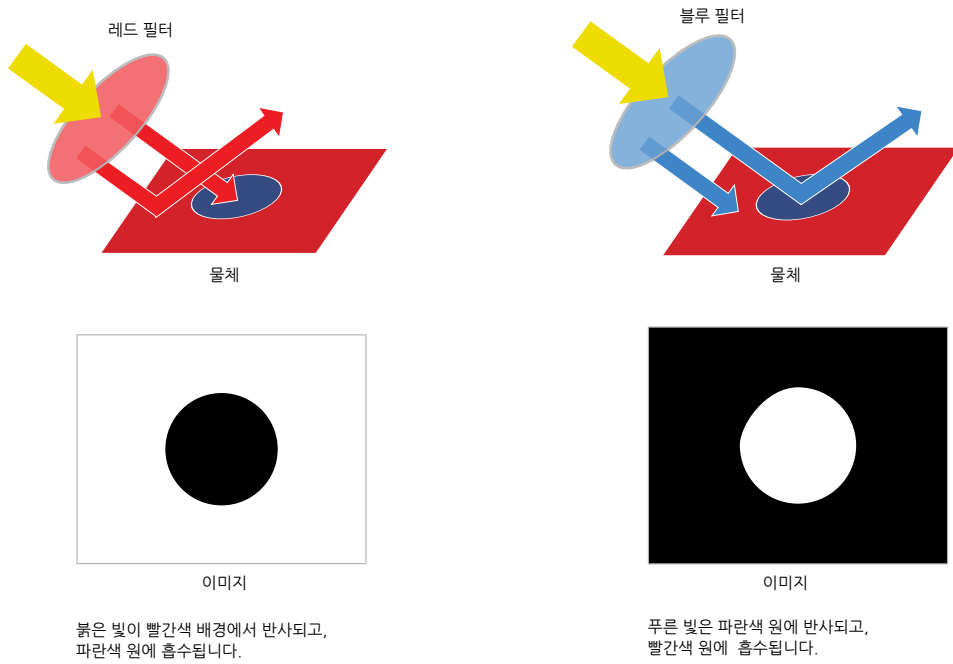


Fig. 29: 필터링 및 채색 표본:개념 체계와 단색의 결과.



Fig. 30: 컬러 카메라.



Fig. 31: 모노 카메라.



Fig. 32: 적색 필터.



Fig.33: 녹색 필터.



Fig. 34: 블루 필터.

편광 필터는 특정한 방향에 의해 특징지어지는 특별한 재질로 구성되어 있다 : 이 방향으로 움직이는 모든 빛은 통과한다. 반면에 파장의 다른 요소들은 보이지 않게 된다. 표면에 의해 반사된 빛은 표면에 평행하는 방향으로 편광된다. 그러한 반사는 두개의 편광 필터(라이트에 하나, 렌즈에 하나)를 사용하여 현저히 감소하거나 차단될 수 있다. 편광 필터는 유리, 플라스틱과 같은 반사성 재질을 이미징할 때 일어나는 채광효과를 없애는데 사용될 수 있다.



조명구조

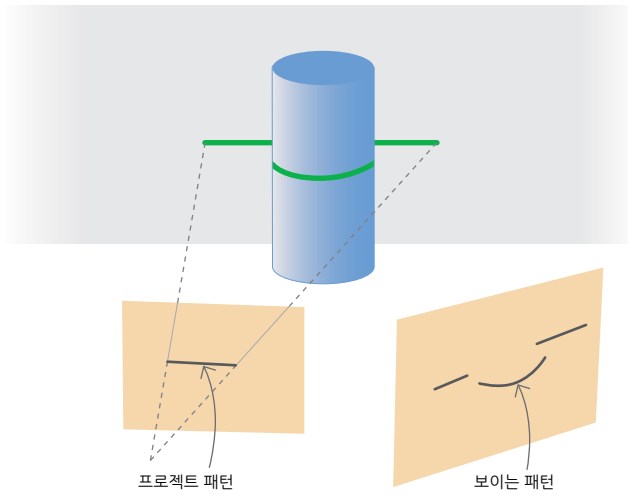


Fig. 35: 구조화된 광 기술.

반면에, LED 라이트를 일루미네이션에 사용하면 이러한 문제들을 없앨 수 있다. 옴토 엔지니어링의 LED 패턴 프로젝터는 더 얇은 선, 선명한 가장자리와 레이저보다 더 균일한 일루미네이션을 가진다. 빛이 발산되기 때문에, 원하는 기능을 가진 물리적 패턴에 의해 멈춰질 수 있고 일반적 렌즈에 의해 수렴될 수 있으며 표면에 투사될 수 있다.

빛의 강도는 눈에 보이는 반점 없이 투사된 패턴에 의해 지속적이다. LED 라이트는 레이저 라이트보다 훨씬 적은 간섭성을 가지기 때문이다. 추가적으로, 백색광은 쉽게 만들어지고 프로젝션 절차에서 쓰일 수 있다.

표면의 라이트 패턴 투사는 3D차원 특징에 대한 정보를 손쉽게 얻도록 한다. (Fig. 35) 예를 들어, 카메라가 이미 알려진 각도를 보는 상태에서 카메라에 수직인 라인을 발견한다면, 라인이 투사된 곳을 보아 피사체의 높이를 결정할 수 있다. 이러한 개념은 그리드, 크로스, 점 등 여러 다양한 패턴을 사용하여 연장될 수 있다.

비록 LED와 레이저원 둘다 패턴 프로젝션을 위해 통상적으로 사용되지만, 후자가 더 많은 단점을 가지고 있다. (Fig. 36) 라인의 레이저 라이트 프로파일은 가우스 모양을 가지고 있고 중앙이 높고 선의 가장자리에서 낮아진다.

추가적으로, 레이저를 표면에 투사하는 것은 “반점효과”를 낳는다. 반점효과는 레이저 라이트의 높은 간섭 특징에 의해 레이저 라인의 가장자리의 선명도를 잃게 하는 간섭 효과를 뜻한다.

레이저 방출과 함께, 일루미네이션의 단면적과 선 폭이 약해진다. 추가적으로, 레이저 방출시 선의 가장자리는 번져있고 회절/반점 효과를 보인다.

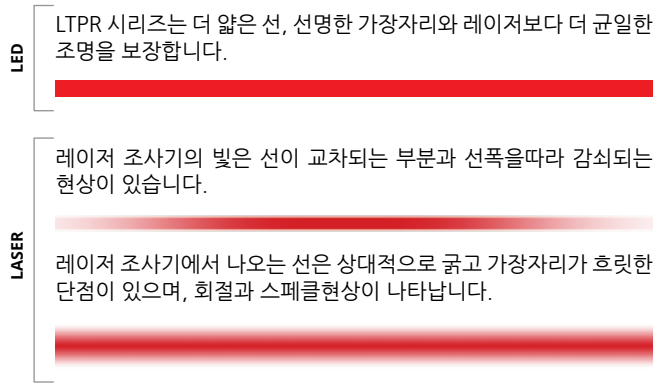


Fig. 36: 레이저 VS 구조화 된 조명의 LED.

일루미네이션 안전 및 EN62471에 의거한 LED위험 분류

EC/EN 62471은 200 nm부터 3000 nm까지의 LED (레이저를 제외하지 않음)와 같이 일정하지 않은 광대역원을 포함한 램프의 광생물학 안전의 평가를 위한 지침이 된다.

EN62471에 의하면 광원은 광생물학 잠재 위험에 따라 위험 그룹으로 분류된다.

위험 그룹	
Exempt	광 생물학적 위험 없음
Group Ia	정상적인 행동 제한치 미만의 위험에 노출되지 않음
Group II	밝은 빛에 대한 반응으로 인한 위험을 내포하지 않음
Group III	순간 노출시 위험함

카메라

카메라는 원격 탐사 장치로서 이미지의 캡처, 저장 및 전송이 가능하다. 빛은 광학 시스템을 통하여 민감한 표면 (센서)에 모아지고 초점을 맞추게 된다. 전자기 방사선의 강도 및 빈도는 화학적 혹은 전자적 절차를 통하여 정보로 바뀌어 진다.

이러한 종류의 가장 간단한 시스템은 빛이 작은 구멍에서만 들어오고 반대편 벽에 초점이 맞추어져 있는 어두운 방이나 박스로 구성된다. 육안으로 보이거나 감광 재질 (포토그래픽 필름)에 의해 캡처될 수 있다. 이러한 이미징 방법은, 몇 세기 전으로 돌아가면, “카메라 Obscura”라는 어두운 방을 뜻하는 라틴어로 불리었고, 그 이름을 따서 현대의 이름 ‘카메라’를 얻게되었다.

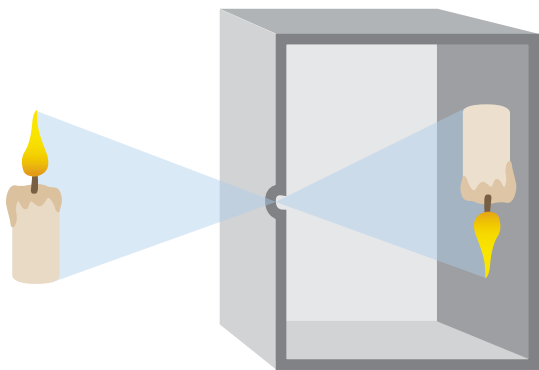


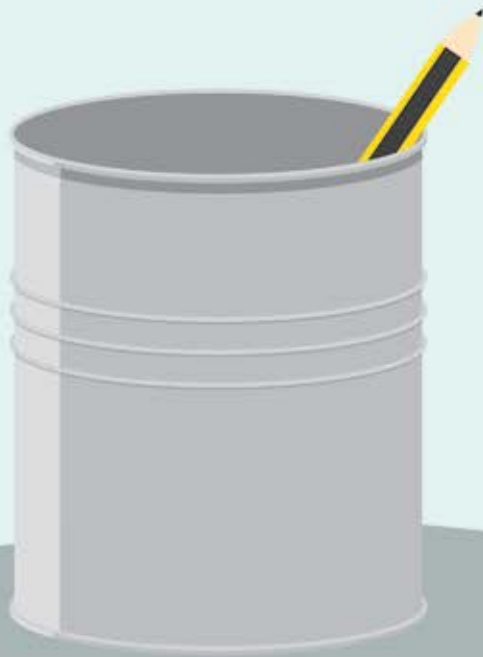
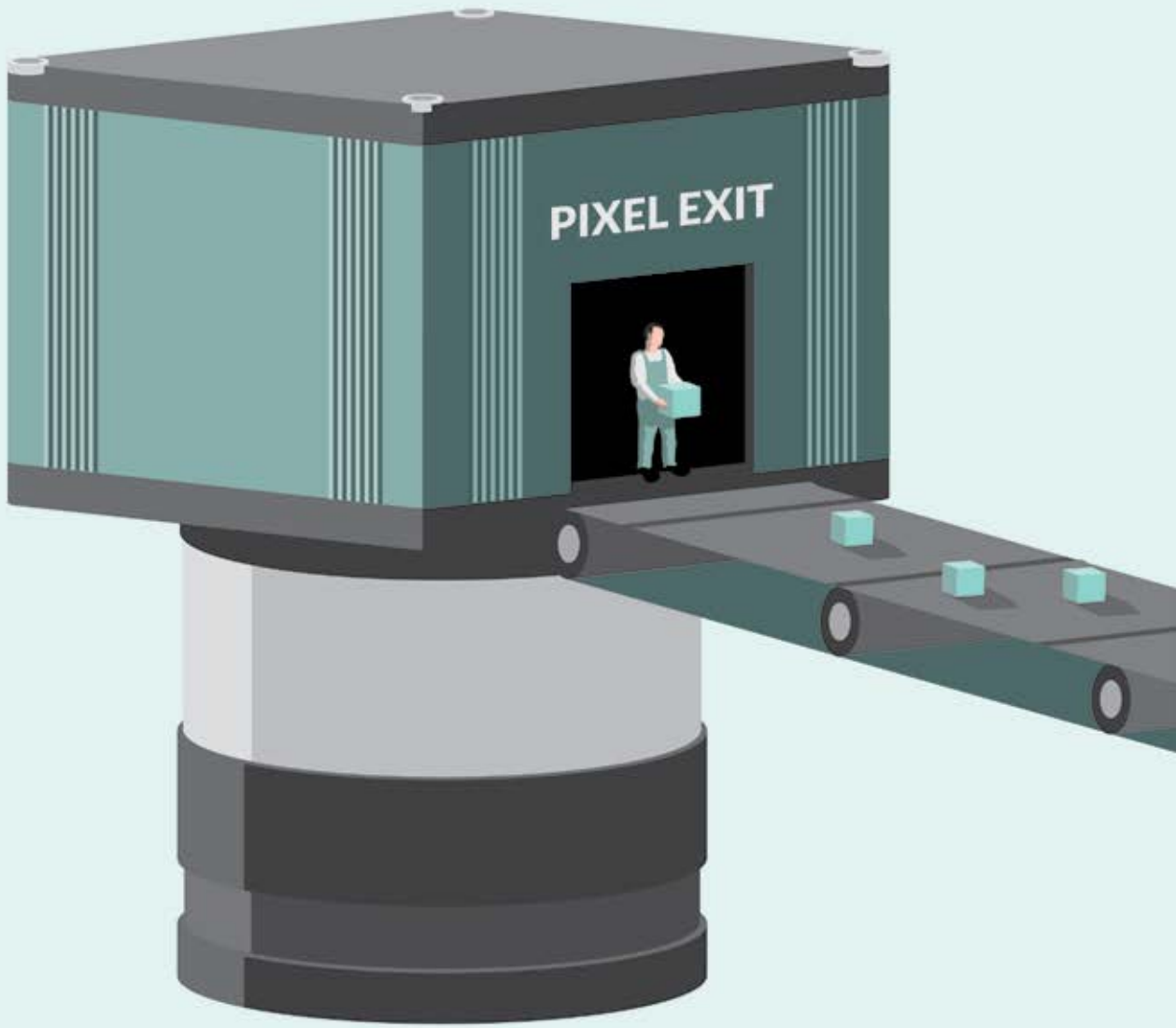
Fig. 1: 카메라의 작동 원리.

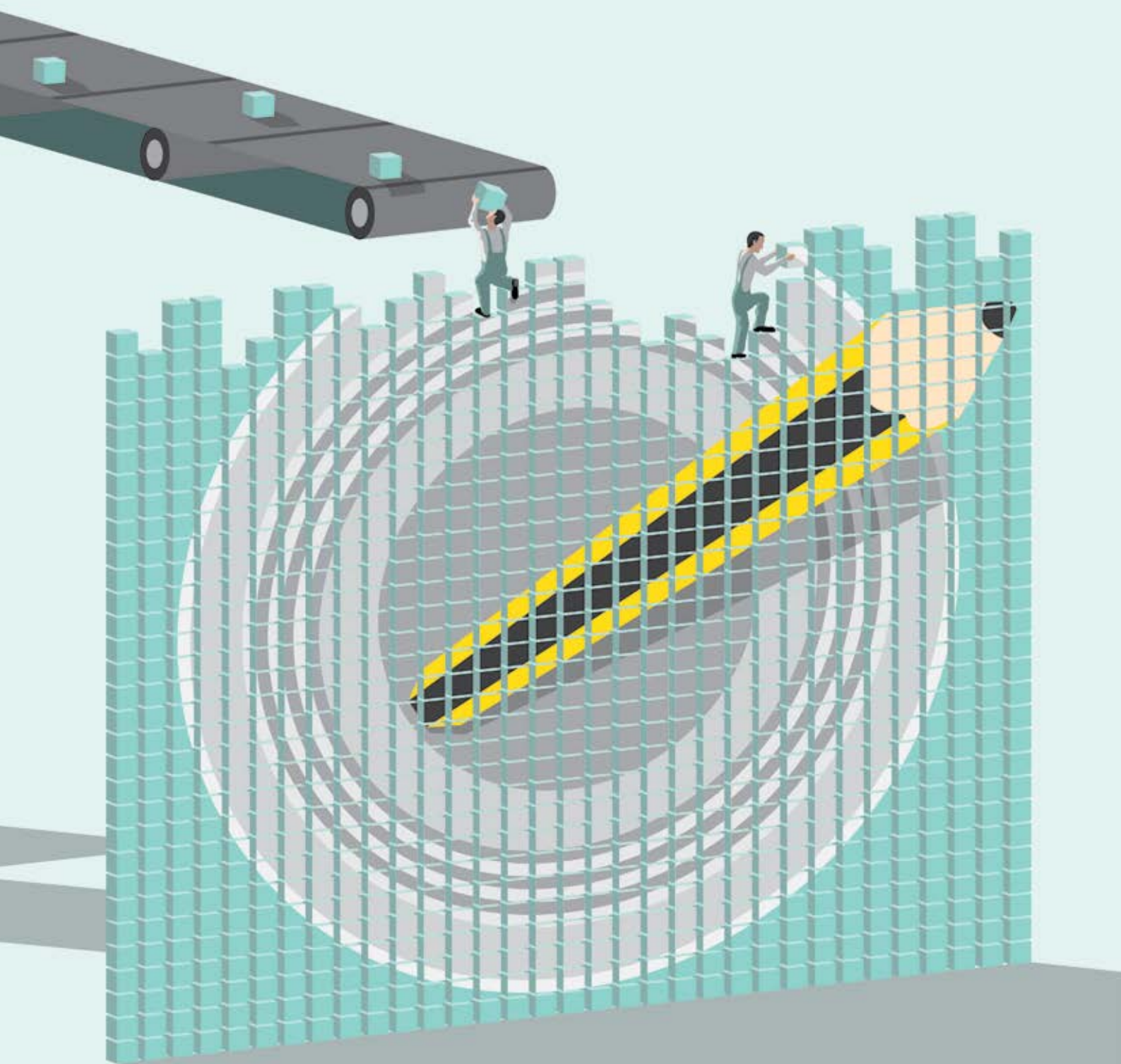


Fig. 2: 디지털 카메라, 프랑스 파리, 프랑스, 2015년 사진 작가 Abelardo Morell의 “뷰 Hotel de Ville”.

카메라 기술은 CCD (Charge Coupled Device) 및 최근에 CMOS 기술의 개발 이후 지난 수십 년 동안 대폭 향상되었습니다. 진공관 카메라와 같은 이전의 표준 시스템은 단종되었습니다. 이미지 해상도와 획득속도가 향상되어 머신 비전 카메라의 품질과 속도가 향상되었습니다.









카메라 유형

매트릭스 및 라인 스캔 카메라

머신 비전 애플리케이션에 사용되는 카메라는 에리어 스캔 카메라 (매트릭스 카메라라고도 함)와 라인스캔 카메라의 두 그룹으로 나눌 수 있습니다.

첫 번째는 간단하며 적은 기술력을 요구되는 반면, 후자인 매트릭스 카메라가 적합하지 않은 일부 상황에서 선호됩니다. 에리어 스캔 카메라는 일정수의 활성 요소(픽셀)를 사용하여 2차원 이미지를 캡처하는 반면 라인스캔 카메라 센서는 픽셀 배열 하나 하나를 특징으로합니다.

센서 크기 및 해상도

센서크기(또는 형식)는 일반적인 센서의 값, 즉 1/2", 2/3"로 지정됩니다. 그러나 센서의 실제 치수는 분수 값과 다르므로 종종 사용자들 사이에 혼동을 일으킵니다. 이러한 관행은 TV 카메라 튜브 시대인 50년대부터 사용되었습니다.

또한 같은 형식의 두 센서라도 치수와 총회비가 약간 다를 수 있으므로 항상 센서 사양을 확인하는 것이 좋습니다. 공간 해상도는 센서영역에 포함된 활성요소(픽셀)의 수입니다. 해상도가 높을수록 이미지에서 탐지 할 수 있는 세부 묘사가 더 작아집니다.

30 x 40 mm의 FoV를 검사하여 적어도 3 개의 픽셀에서 볼 수 있어야하는 40 * 40 μm의 결함을 찾고 있다고 가정해보겠습니다.

$30 * 40 / (0.04 * 0.04) = 0.75 \times 10^6$ 결함이 있을 수 있습니다.

결함을 보기 위해 최소 3 픽셀이 필요하다고 가정 할 때 최소 2.25 MP 픽셀의 카메라가 필요합니다. 전체 시스템 해상도 (렌즈 해상도 포함)는 항상 평가해야하지만 센서에 필요한 최소 해상도를 제공합니다. 표 1은 일반적인 센서 치수 및 해상도에 대한 간략한 개요를 제공합니다. 픽셀 크기가 다를 수 있으므로 센서의 크기는 같지만 해상도가 다를 수 있음을 강조하는 것이 중요합니다. 센서 형식이 작으면 해상도가 더 낮아지지만 작은 픽셀은 빛에 덜 민감하고 높은 노이즈를 생성하므로 항상 이상적인 것은 아닙니다. 또한 최적의 시스템 성능을 보장하려면 렌즈 해상도와 픽셀 크기가 항상 적절하게 매칭되어야합니다.

Sensor type		1/3"	1/2"	2/3"	1"	4/3"	4 K (linear)	8 K (linear)	12 K (linear)
Sensor size	(mm)	4.80 x 3.60	6.40 x 4.80	8.45 x 7.07	12.8 x 9.64	18.1 x 13.6	28.7	41	64
Pixel size	(μm)	5	5	5	5	5	7	5	5.3
Resolution	(mm)	960 x 720	1280 x 960	1690 x 1414	2560 x 1928	3620 x 2720	4000	8000	12000
Resolution	(Pixel)	0.6 M	1.2 M	2.5 M	5 M	10 M	4 K	8 K	12 K

Table 1: 일반적인 센서크기 및 해상도의 예.

센서 유형 : CCD 및 CMOS

디지털 카메라에서 가장 많이 사용되는 센서 기술은 CCD 및 CMOS입니다.

CCD (charged-couple device) 센서는 감광성 반도체 소자가 광자 (빛)를 전자로 변환시키는 복잡한 전자 기판으로 구성됩니다. 누적된 축적량은 노출 시간에 비례합니다.

빛은 모아지고 다른 방법으로 방출되고 읽혀집니다 (참조, Fig. 3). 모든 아키텍처는 기본적으로 정보를 레지스터로 이동 시키며 때로는 저장을 위해 수동 영역을 통과합니다.

그런 다음 전하는 판독되고 경량화 될 수 있는 전압 신호로 증폭됩니다.

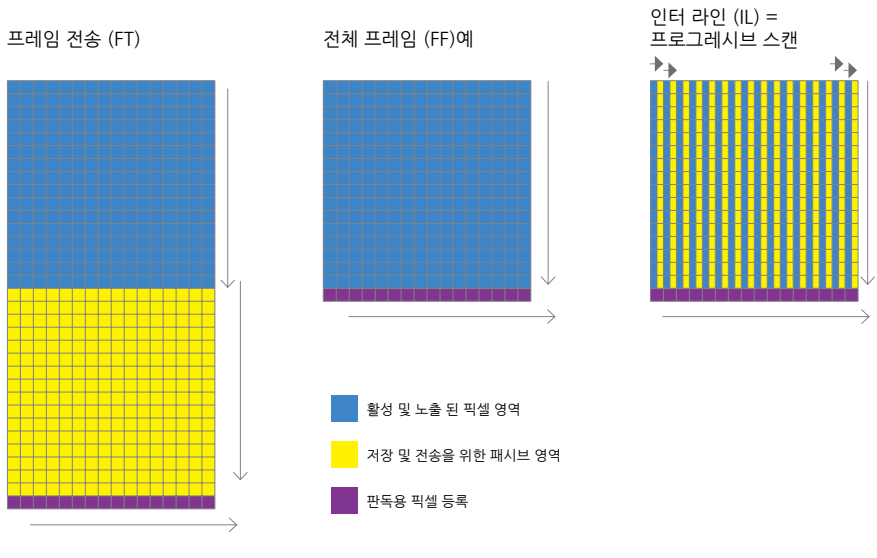


Fig. 3: CCD 아키텍처.



CMOS (complementary metal-oxide semiconductor) 센서는 개념적으로 CCD 센서와 다르다. 왜냐하면 판독은 순차 모드보다는 픽셀 단위로 수행 될 수 있기 때문이다. 사실, 신호는 각 픽셀 위치에서 증폭되므로 더 높은 프레임 속도를 달성하고 판독을 위해서는 사용자의 관심영역 (ROI)을 설정할 수 있습니다. CMOS 및 CCD 센서는 같은시기에 개발되었으며, 역사적으로 CCD 기술이 우수하다고 여겨졌지만 최근 몇 년 동안 CMOS 센서는 성능면에서 보완되었습니다.

글로벌 및 롤링 셔터 (CMOS). 롤링 셔터 CMOS 센서에서, 첫 번째 행과 마지막 행 사이의 최대 / 프레임 속도 시간차가있는 픽셀의 상단 행에서 마지막 행까지 점진적입니다. 판독이 완료되면 점진적 획득 프로세스가 다시 시작될 수 있습니다. 물체가 움직이는 경우 픽셀 간의 시간차가 이미지에 명확하게 표시되어 왜곡 된 물체가 생깁니다 (그림 4 참조). 글로벌 셔터는 모든 픽셀이 동시에 활성화되므로이 문제를 피하는 획득방법입니다.



Fig. 4: 롤링 셔터 효과.

센서 및 카메라 기능

센서 특성

픽셀 결함은 고온 및 사각 픽셀의 세 가지 종류가 있을 수 있습니다. 한 픽셀은 빛의 세기가 항상 포화되는 (최대 신호, 예를 들어 완전 백색) 요소입니다. 데드 픽셀은 반대 방향으로 행동하며 항상 제로 (검정) 신호를 보냅니다. 따뜻한 픽셀은 무작위 신호를 생성합니다. 이러한 종류의 결함은 강도 및 노출 시간과 무관하므로 쉽게 제거할 수 있습니다. 그것들을 주변 픽셀의 평균값으로 하여 디지털로 대체 가능하게 되었습니다.

소음. 실제 픽셀 판독 값에 영향을 줄 수 있는 몇 가지 유형의 노이즈가 있습니다. 그들은 기하학적, 물리적 및 전자적 요인에 의해 야기 될 수 있으며, 무작위로 분포 될 수 있고 상수로도 분포 될 수 있습니다. 그 중 일부는 다음과 같습니다.

- 샷 노이즈는 빛의 이산적 특성의 결과입니다. 빛의 세기가 매우 낮으면 - 단일 픽셀의 작은 표면을 고려할 때 - 시간의 광자 수의 상대적 변동은 헤드 또는 테일 확률이 50 %에서 크게 떨어진 것과 같은 방식으로 중요합니다. 이 변동은 샷 노이즈입니다.
- 어두운 전류 잡음은 열 효과에 의해 임의로 생성 될 수있는 전자에 의해 발생합니다. 관련 노이즈뿐만 아니라 열 전자의 수는 온도 및 노출 시간에 따라 커집니다.
- 양자화 잡음은 원래 (아날로그) 전압 값의 연속 값을 처리 된 (디지털) 전압의 불연속 값으로 변환하는 것과 관련이 있습니다.
- 게인 노이즈는 다른 픽셀의 동작 차이 (감도 및 게인 측면에서)로 인해 발생합니다. 이것은 측정되고 제거 될 수있는 '일정한 노이즈'의 한 예입니다.

민감도는 센서가 빛에 어떻게 반응하는지를 정량화하는 매개 변수입니다. 감도는 양자 효율, 즉 효과적으로 전자로 변환 된 광자의 비율과 관련이 있습니다.

다이내믹 레인지는 센서가 획득하는 최대 신호와 최소 신호의 비율입니다. 상한선에서 픽셀은 강도 (채도)가 높을 때마다 흰색으로 표시되지만 픽셀은 하한선 및 아래쪽에서 검정색으로 표시됩니다.

다이내믹 레인지의 센서가 획득하는 최대 신호와 최소 신호의 비율입니다. 상한선에서 픽셀은 강도 (채도)가 높을 때마다 흰색으로 표시되지만 픽셀은 하한선 및 아래쪽에서 검정색으로 표시됩니다. 다이내믹 레인지의 일반적인 아래 그림과 같이 베이스가 10 (데시벨) 또는 베이스가 2 (더 블링 또는 스톱)인 최소 - 최대 비율의 로그로 표시됩니다. 예를 들어, 인간의 눈은 별빛 아래에서 밝기가 밝은 날에도 물체를 구별 할 수 있습니다. 이는 90dB의 강도 차이에 해당합니다. 하지만 이 범위는 눈이 다른 조명 조건에 적응할 시간이 필요하기 때문에 동시에 사용할 수는 없습니다. 좋은 품질의 LCD는 약 1000 : 1의 동적 범위를 가지며 최신 CMOS 센서 중 일부는 약 23 000 : 1의 동적 범위 (14.5 스톱으로 보고 됨)를 측정했습니다.

요인	데시벨	스탑
1	0	0
2	3.01	1
3.16	5	1.66
4	6.02	2
10	10	3.32
32	15.1	5
100	20	6.64
1024	30.1	10
10 000	50	13.3
1 000 000	60	19.9
1 073 741 824	90.3	30
10 000 000 000	100	33.2

Table 2: 동적 범위 D, 데시벨 (10 log D) 및 정지 (log2 D).



SNR(신호대 잡음비)은 잡음의 존재를 고려하므로 동적 범위로 정의된 이론상 가장 낮은 회색값은 달성하기가 종종 불가능합니다. SNR은 dB로 측정된 최대신호와 전체 잡음의 비율입니다. SNR의 최대 값은 샷 노이즈 (빛의 물리적 특성에 따라 달라지며 불가피 함)에 의해 제한되며 다음과 같이 근사 될 수 있습니다.

$$SNR_{max} = \text{sqrt} [\text{단일 픽셀의 최대전자 포화 용량}]$$

SRN은 아날로그 신호 (연속)와 디지털 신호 (개별) 간의 변환에서 의미있는 회색 레벨에 제한을 줍니다. 예를 들어, 최대 SNR이 50dB 인 경우, 8 비트 센서가 좋은 선택이며, 256 그레이 레벨은 48dB에 해당합니다. 높은 계조를 가진 센서를 사용하면 어느 정도 순수한 노이즈를 등록하는 것을 의미합니다.

스펙트럼 감도는 빛의 강도가 서로 다른 파장에서 얼마나 효율적으로 등록되어 있는지를 설명하는 매개 변수입니다. 인간의 눈에 보이는 파장에 대한 감도가 다른 3 종류의 감광체가 있으므로 감도 곡선 전체가 세가지가 결합되어 있습니다. 대개 CCD 또는 CMOS 카메라를 기반으로하는 머신 비전 시스템은 350 ~ 900 nm의 빛을 감지하며 피크 영역은 400 ~ 650 nm입니다. 다른 종류의 센서는 SWIR 또는 LWIR같은 먼 파장에 대해 현저하게 다른 기술을 사용하기 때문에 자외선 스펙트럼 또는 반대쪽의 적외선을 포함 할 수 있습니다.

EMVA 표준 1288

센서의 특성과 품질을 설명하는 다양한 매개 변수가 수집되어 EMVA 표준 1288에 일관되게 설명됩니다. 이 표준은 잘 정의된 측정과 함께 센서의 실제 동작을 완벽하게 설명하기 위해 제공되어야 하는 기본 매개 변수를 보여줍니다. 이러한 방법으로 매개 변수를 얻을 수 있습니다.

표준 매개 변수는 다음과 같습니다.

- 감도, 신호의 선형성 광도 및 노이즈
- 암전류 (온도 의존성 : 선택 사항)
- 센서 불균일 및 결합 픽셀
- 스펙트럼 감도 (선택 사항)



	감도, 선형성 소음	암전류	센서 불일치 및 결합 픽셀	스펙트럼 감도
측정 절차	달린 셔터에서 채도까지 증가하는 노출 시간에 빛의 양을 측정하여 테스트합니다. 빛의 양 (예를 들어, 광도계)	검은 색 이미지로 측정됨 증가하는 노출 시간에 전류가 온도에 따라 다르기 때문에, 다른 T에서의 동작은 허용될 수 있다.	빛없이 수많은 이미지가 촬영됩니다. (샷 픽셀보기) 및 50 % 채도로 표시됩니다. 공간 왜곡의 매개 변수 푸리 알고리즘을 사용하여 계산됩니다.	다른 곳에서 찍은 이미지 파장
결과	양자 효율 (%로 들어오는 총 광자 비율로 변환된 광자)	빛이없는 상태에서 등록된 신호, 초당 전자	어둡고 밝은 신호의 불일치	스펙트럼 감도 곡선
	전자의 시간적 암소 (e ⁻)		어둡고 밝은 스펙트로그램과 (로그) 히스토그램	
	절대 감도 임계 값 (신호 생성을위한 최소 광자 수)			
	다이내믹 레인지, 스태프			
	SNR, 스태프			
	포화 용량 (포화시 최대 전자 수)			

카메라 매개 변수

노출 시간은 빛이 센서에 도달하는데 걸리는 시간입니다. 이 값이 높을수록 결과 이미지에 표시되는 빛의 양이 높아집니다. 빛이 충분하지 않을 때 노출 시간을 늘리는 것이 가장 쉽지만 문제가 없는것은 아닙니다. 첫째, 노광 시간에 따라 노이즈가 증가합니다. 또한 움직이는 물체를 다룰때 흐림 효과가 나타날 수 있습니다. 실제로, 노출 시간이 너무 길면 물체가 여러 픽셀에 영향을 주며, 잘 알려진 '모션 블러'효과를 야기합니다 (Fig 5 참조)

반대로, 너무 오랜 노출 시간은 많은 픽셀이 과다 노출로 이어질 수 있습니다. 즉, 각 픽셀의 광도가 실제와 다른 경우에 많은 픽셀이 최대 용량과 동일하게 표시됩니다.



Fig. 5: 모션블러 효과.



프레임 속도. 일반적으로 초당 프레임 수 (fps)로 표시되는 센서에서 전체 이미지를 캡처하는 빈도입니다. 프레임 속도를 응용 프로그램에 맞게 조정해야 합니다. 분당 1000병을 검사하는 라인은 최소 프레임 속도가 $1000/60 = 17\text{fps}$ 인 이미지를 촬영할 수 있어야 합니다.

트리거. 대부분의 카메라는 획득 프로세스의 시작을 제어하고 응용 프로그램에 맞게 조정할 수 있는 가능성을 제공합니다. 일반적인 트리거링 시스템은 외부 장치 (예 : 위치 센서)로부터 입력을 받은 후 이미지 수집과 함께 빛이 활성화되는 시스템입니다. 이 기술은 움직이는 물체의 이미지를 찍을 때 필수적입니다. 관심있는 물체가 이미징 시스템의 시야에 있음을 보장하기 위해서입니다.

디지털 카메라에서의 **게인**은 획득 된 전자의 수와 생성된 아날로그 - 디지털 유닛(ADU), 즉 이미지 신호 사이의 관계를 나타낸다. 게인을 높이면 획득 한 전자와 ADU 사이의 비율이 증가하므로 이미지의 밝기가 높아집니다. 물론, 이 프로세스는 이미지 노이즈도 증가 시키므로 전체 SNR은 변경되지 않습니다.

비닝은 일반적으로 행 / 열의 센서에서 인접한 픽셀의 판독 값을 2×2 또는 4×4 정사각형으로 결합한 카메라 기능입니다 (그림 6 참조). 해상도가 분명히 감소하더라도 다른 많은 기능이 향상됩니다. 예를 들어, 2×2 비닝의 경우, 분해능은 반으로 줄어 들지만 감도와 다이내믹 레인지가 4 배 증가합니다 (각 전위의 용량이 합쳐지기 때문에), 판독 시간은 $1/2$ 로 줄어들고 노이즈는 4 등분됩니다.

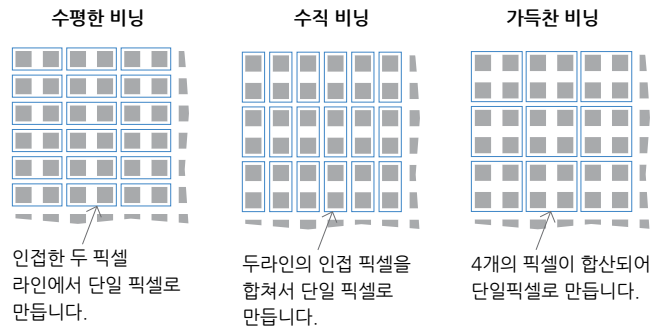


Fig. 6: 센서 비닝.

디지털 카메라 인터페이스

카메라 링크



일반적으로 Camera Link라고 하는 AIA (Automated Imaging Association) 표준은 디지털 비디오의 고속 전송을 위한 표준입니다. AIA 표준은 카메라와 프레임 그래버 사이의 케이블, 커넥터 및 카메라 기능을 정의합니다. Camera Link는 속도 측면에서 매우 높은

성능을 제공합니다. 다양한 대역폭 구성을 사용할 수 있습니다 (예 : 255 MB / s, 510 MB / s 및 680 MB / s). 대역폭은 이미지 해상도와 프레임 속도의 비율을 결정합니다. 일반적인 기본 구성 카메라는 50 프레임 / s 이상에서 1 Mpixel 이미지를 얻을 수 있습니다. 전체 구성 카메라는 100 프레임 / 초 이상에서 4Mpixel 을 수집 할 수 있습니다. Camera Link HS는 단일 라인에서 300 MB / s에 도달 할 수 있고 20 라인에서 최대 6 GB / s에 도달 할 수있는 새로운 표준입니다.

비용. Camera Link는 중급 및 고성능 수집 기능을 제공하므로 대개 값 비싼 카메라가 필요합니다. 또한 이 표준은 다른 표준에서는 필요하지 않은 무거운 데이터로드를 관리하기 위해 프레임 그래버를 필요로 합니다.

케이블. Camera Link 표준은 케이블의 최대 길이를 10m로 정의합니다. 하나의 케이블이 기본 구성에 필요하며 전체 구성 카메라에는 2 개가 필요합니다.

케이블로 전원을 켭니다. Camera Link는 카메라에 전원을 공급하는 PoCL 모듈 (Power Over Camera Link)을 제공합니다. 또한, 이 기능으로 여러 그래버가 작동합니다.

CPU 사용. Camera Link는 이미지를 컴퓨터에 독립형 모듈로 전송하는 프레임 그래버를 사용하므로 이 표준은 CPU의 많은 시스템을 소모하지 않습니다.



CoaXPress 방식



CoaXPress는 Camera Link 이후에 개발 된 두 번째 표준입니다. 기본적으로 동축 케이블을 통해 전송된 장치의 전원, 데이터 및 제어로 구성됩니다.

속도. 단일 케이블로 장치에서 프레임 그래버로 최대 781.25 MB / s, 프레임 그래버에서 원격 장치로 20 Mbit / s 의 제어 데이터 (GigE 대역폭의 5-6 배)를 전송할 수 있습니다. 일부 모델은 절반 속도 (390.625 MB / s)에서도 작동 할 수 있습니다. 현재 최대 4 개의 케이블을 프레임 그래버에 병렬로 연결할 수 있으며 최대 대역폭은 약 1입니다. 1800 MB / s.

비용. 가장 간단한 경우, CoaXPress방식은 데이터를 전송하기 위해 단일 동축 라인을 사용하고, 동축 케이블은 간단하고 저렴한 솔루션입니다. 반면에, 프레임 그래버 (frame grabber)가 필요하다. 즉, 추가 카드가 설치되어야하고, 시스템에 추가 비용이 든다.

케이블. 최대 케이블 길이는 전체 대역폭에서 40m, 반 대역폭에서 100m입니다.

케이블로 전원을 켭니다. 제공된 전압 공급은 24V에서 최대 13W로 많은 카메라에 충분합니다.

CPU 사용. CoaXPress방식은 Camera Link와 마찬가지로 이미지를 컴퓨터에 독립형 모듈로 전송하는 프레임 그래버를 사용합니다. 즉, 이 표준은 시스템 CPU를 거의 소모하지 않습니다.

Gig-E



Gig-E Vision은 기가 비트 이더넷을 표준화 한 카메라 버스 기술로 후자에 '플러그 앤 플레이' 동작 (예 : 장치 검색)을 추가합니다. 상대적으로 높은 대역폭, 긴 케이블 길이 및 확산된 사용법 때문에 산업용 어플리케이션에 적합한 솔루션입니다.

속도. 기가비트 이더넷의 이론적인 최대 대역폭은 125MB / s이며 실용적인 제한 사항을 고려할 때 100MB / s로 낮아집니다. 이 대역폭은 FireWire 표준과 비슷하며 Camera Link 다음으로 많습니다.

비용. GigE비전의 시스템 비용은 보통입니다. 케이블링은 저렴하며 프레임 그래버 (frame grabber)가 필요 없습니다.

낮은 레벨에서 작동하는 것은 시스템 CPU로드에 좋지 않은 영향을 줍니다.

케이블. 케이블 길이는 GigE 표준의 키스톤이며 최대 100m 입니다. 이것은 케이블 길이면에서 아날로그 비전과 비교할 수 있는 유일한 디지털 솔루션이며 이 기능은 GigE Vision이 아날로그를 대체하는데 도움이 되었습니다. 모니터링 응용 프로그램에서

케이블로 전원을 켭니다. PoE (Power over Ethernet)는 GigE 카메라에서 종종 사용 가능합니다. 그럼에도 불구하고 일부 이더넷 카드는 충분한 전원을 공급할 수 없기 때문에 전원 스위치, 허브 또는 PoE 인젝터를 사용해야 합니다.

CPU 사용. GigE 시스템의 CPU로드는 사용 된 드라이버에 따라 다를 수 있습니다. 필터링 된 드라이버는 보다 일반적이며 생성 및 사용이 쉽지만 시스템 패킷에 영향을 주는 높은 수준의 데이터

패킷에서 작동합니다. 최적화 된 드라이버는 특별히 전용 네트워크 인터페이스 카드 용으로 쓰여지고, 낮은 레벨에서 작동하면 시스템 CPU부하에 영향을 미칩니다.

USB 3.0



USB (Universal Serial Bus) 3.0표준은 컴퓨터 통신용으로 개발 된 USB 표준의 두 번째 개정판입니다. USB 2.0 표준을 기반으로 하여 더 높은 대역폭과 최대 4.5W의 전력을 제공합니다.

속도. USB 2.0은 최대 60 MB / s까지 가능하지만 USB 3.0 속도는 중간 구성에서 사용되는 Camera Link 표준과 비슷한 400 MB / s 에 도달 할 수 있습니다.

소송 비용. USB 카메라는 일반적으로 저렴한 비용으로 제공됩니다. 또한 프레임 그래버가 필요하지 않습니다. 이러한 이유로 USB는 시장에서 저렴한 카메라 버스입니다.

케이블. 패시브 USB 3.0 케이블의 최대 길이는 약 7m이며 액티브 USB 3.0 케이블은 리피터를 사용하여 최대 50m까지 사용할 수 있습니다.

케이블로 전원을 켭니다. USB 3.0은 별도의 전원 케이블을 제거 할 수 있는 최대 4.5W의 전원을 공급합니다.

CPU 사용. USB 3.0 Vision은 CPU 사용없이 이미지를 PC 메모리로 직접 전송할 수 있습니다.

Genlcam Standard



Genlcam 표준 (CAMeras 용 GENeric 인터페이스)은 카메라 하드웨어와 독립적으로

모든 카메라에 대한 일반적인 소프트웨어 인터페이스를 제공하기 위한 것입니다. 어쨌든 새로운 기술 표준 중 일부는 Genlcam (예 : Camera Link HS, CoaXPress, USB3 Vision)을 기반으로 합니다.

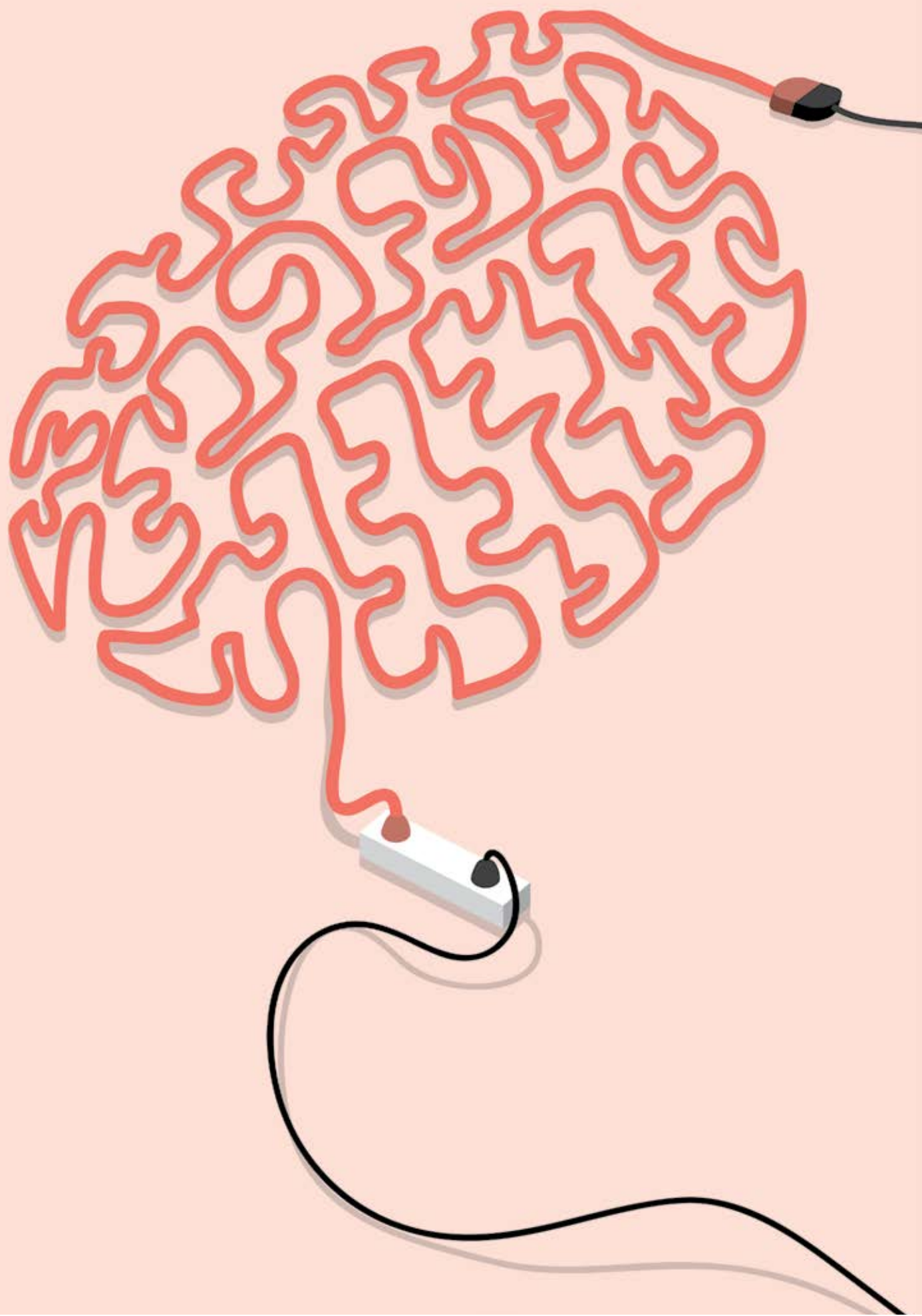
Genlcam 표준의 목적은 모든 이미지 시스템에 '플러그 앤 플레이' 기능을 제공하는 것입니다. In은 일반적인 시각에서 머신 비전의 주요 작업을 해결하는 데 도움이되는 세 가지 모듈로 구성됩니다.

- GenApi : 설명 파일 (XML)을 사용하여 카메라 구성 및 액세스 제어가 가능합니다.
- SFNC (Standard Feature Naming Convention) : 이것은 상호 운용성의 목표를 달성하기 위해 카메라의 공통 기능에 권장되는 이름입니다
- GenTL : 카메라를 열거하고, 이미지를 잡고 사용자 인터페이스로 전송하기 위한 전송 계층 인터페이스를 설명합니다.

비전시스템

머신 비전은 검증, 측정, 프로세스 제어와 같은 다양한 어플리케이션에서 자동 검사 및 분석을 수행하는 이미징기술 및 방법을 포함하는 분야입니다. 머신 비전에서 가장 보편적인 접근법은 턴키 비전 솔루션, 즉 현장에서 사용하기 위해 신속하고 손쉽게 구성 할 수있는 완벽한 시스템을 제공하는 것입니다. 비전 시스템은 일반적으로 광학, 조명, 카메라 및 소프트웨어와 같이 의도된 작업을 수행하는데 필요한 구성 요소로 구성됩니다. 비전 시스템을 설계하고 구축할 때 원하는 응용 프로그램에 대한 최상의 결과를 얻기 위해 성능과 비용간의 적절한 균형을 찾는 것이 중요합니다. 일반적으로 비전시스템은 제조 프로세스 (실시간 시스템)에 즉각적인 영향을 미치는 온라인 어플리케이션에서 작동하도록 설계되었습니다. 이 온라인 개념의 고전적인 예는 비준수 제품을 즉시 거부 할 수 있다는 것입니다. 이 결정이 이루어지는 방식과 평가되는 대상 기능은 서로 다른 클래스의 비전 시스템을 정의합니다.









응용 프로그램

비전 시스템은 측정, 식별, 분류, 코드 판독, 문자 인식, 로봇 안내 등 다양한 기능을 수행 할 수 있습니다. 서로 다른 통신 표준을 통해 다른 기계와 쉽게 상호 작용할 수 있습니다. 다음은 비전 시스템의 주요 적용 범주 중 일부입니다.

측정. 비전 기술의 가장 중요한 용도중 하나는 사전 결정된 허용 오차 내에서 다양한 정도의 정확도로 물체의 임계 치수를 측정하는 것입니다. 강력한 서브 픽셀 알고리즘 만이 측정 어플리케이션에서 종종 요구되는 정확도 (예 : 1um까지)에 도달할 수 있으므로 광학, 조명 및 카메라는 효과적인 소프트웨어 도구에 결합되어야 합니다.

결합 감지. 미용 및 안전상의 이유로 다양한 유형의 제품 결함을 감지해야 합니다. 성형상의 흠집의 예로는 균열, 찌그러짐과 같은 다른 표면 또는 구조적 결함은 물론 인쇄 오류 등이 더 심각한 결과를 낳을 수 있지만 얼룩, 색 덩어리, 굽힘, 색변조 등이 있습니다.

확인. 비전 시스템의 세 번째 주요 목적은 일반적인 의미에서 제품이 올바르게 제조되었는지 확인하는 것입니다. 블리스터 팩 내의 알약의 존재 유무, 밀봉의 정확한 배치 또는 인쇄 된 라벨의 완전성을 검사하는 단계를 포함한다.

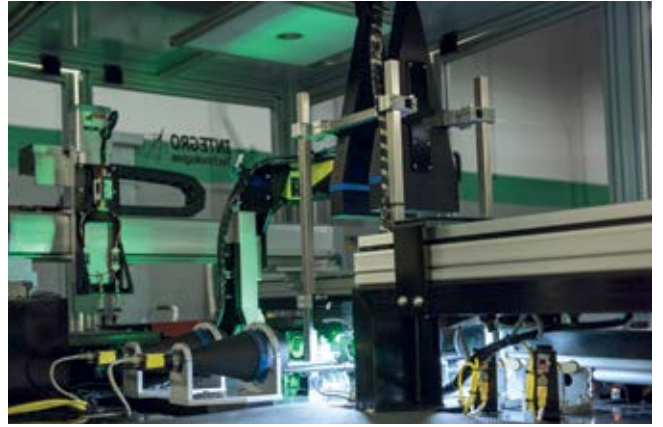
비전 시스템의 유형

시장에서 여러 유형의 비전시스템을 사용할 수 있으며 각 시스템은 다양한 수준의 유연성, 성능 및 비용으로 특징 지어집니다. 비전 시스템은 일반적으로 PC기반, 소형 스마트 카메라 기반의 세 가지 클래스로 나눌 수 있습니다.

PC 기반. 클래식 머신비전 시스템은 카메라 및 조명과 같은 모든 주변 장치를 관리하고 통신하는 산업용 컴퓨터로 구성되어 소프트웨어를 통해 정보를 신속하게 분석합니다. 이 솔루션은 높은 컴퓨터 성능과 유연성을 제공하지만 크기와 비용은 높습니다. PC기반 시스템은 고성능 하드웨어를 사용하여 여러 검사 작업을 빠른 속도로 수행해야 하는 매우 복잡한 응용 프로그램에 권장됩니다. 콤팩트 PC기반 시스템의 “더 가벼운” 버전을 Compact vision system이라고 합니다. 성능과 비용간에 약간의 절충이 필요할 수 있지만 덜 까다로운 응용 프로그램의 경우에는 성능이 충분합니다.

콤팩트. 비전 시스템은 일반적으로 정보를 수집하여 별도의 주변 장치(예 : 산업용 태블릿 또는 외부 모니터)로 전송하는 그래픽 카드를 포함합니다. 간혹 콤팩트 비전 시스템은 카메라 및 트리거 입력과 같은 첫 번째 레벨 입력을 관리 할뿐만 아니라 첫 번째 레벨 입력을 포함합니다.

스마트 카메라 기반. 가장 간단하고 저렴한 비전 시스템은 일반적으로 표준 광학(일반적으로 고정 초점 거리 렌즈) 및 조명과 함께 사용되는 스마트 또는 지능형 카메라를 기반으로 합니다. 일반적으로 간단한 응용 프로그램에 권장되지만 매우 설치가 쉽고 매우 컴팩트한 형태로 고전적인 비전 시스템과 유사한 기능을 제공합니다.



Tim Coffey 촬영 사진. 출처: Integro Technologies Inc.

비전 시스템 작동 원리

비전 시스템의 아키텍처는 해결하려는 응용 프로그램과 밀접한 관련이 있습니다. 일부 시스템은 특정 문제(예 : 측정 / 식별)를 해결하도록 설계된 “독립형 실행” 기계이며, 다른 시스템은 예를 들어 다음을 포함하는 보다 복잡한 프레임 워크에 통합되어 있습니다. 기계식 액추에이터, 센서 등. 모든 비전 시스템은 다음과 같은 기본적인 동작을 특징으로 합니다.

이미지 수집. 비전 시스템의 가장 중요한 첫 번째 작업은 일반적으로 빛에 민감한 센서를 사용하여 이미지를 획득하는 것입니다. 이 이미지는 전통적인 2D 이미지 또는 3D 이미지 시퀀스일 수 있습니다. 이미지 트리거링, 카메라 노출 시간, 렌즈 조리개, 조명 기하학 등과 같은 여러 매개 변수를 이 단계에서 구성 할 수 있습니다.

특징 추출. 이 단계에서는 선, 모서리, 각도, 관심 영역 (ROI), 모션 추적, 모양 및 텍스처와 같은 보다 복잡한 형상의 영상을 추출할 수 있습니다.

감지 / 세분화. 이 과정에서 시스템은 이전에 수집한 정보를 토대로 더 상세한 내용을 담은 정보를 전달할 것을 결정해야 한다.

높은 수준의 처리. 이 시점의 입력은 일반적으로 좁은 데이터 집합으로 구성됩니다. 이 마지막 단계의 목적은 다음과 같습니다.

- 특정 클래스의 객체 또는 객체의 기능 분류
- 입력된 모델 또는 클래스에서 요구하는 사양을 가지고 있는지 확인합니다.
- 객체 지향적인 특정 매개 변수 또는 객체의 특징으로서 특정 매개 변수를 측정 / 추정 / 계산합니다.

