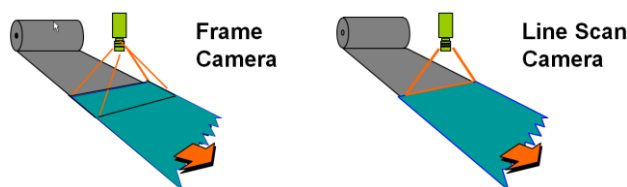


Line Scan 카메라 애플리케이션의 이해

고해상도 이미지, 대형 개체를 완벽하게 이미지화할 수 있는 능력을 가진 Line scan 카메라의 장점을 살펴보세요.

Line scan 카메라는 단 1개의 라인만으로 개체 전부를 이미지화합니다. 개체를 2차원 이미지로 구축하려면 카메라 또는 개체가 픽셀 라인의 세로 방향으로 이동해야 합니다. 이것은 2차원 이미지를 촬영하는 Area scan 카메라와 비교하여 개체를 이미지화하기에 복잡한 방법처럼 보일 수 있습니다. 그러나 개체가 큰 경우, 연속적으로 이동하거나, 완벽한 작업이 필요하거나, 고해상도 이미징을 해야만 하는 경우, Line scan 카메라는 Area scan 카메라보다 훨씬 좋은 선택이 될 수 있습니다.



머신 비전 시스템이 종이 또는 플라스틱과 같은 소재의 긴 롤에서 결함을 검사한다고 가정해 보세요. 여기에서 결함을 검출하려면 총 16,000 픽셀 해상도가 필요하고, 이 소재는 카메라 밑에서 풀리고, 소재의 속도는 롤을 푸는 메커니즘에 연결된 로터리 인코더로 측정된다고 가정해 보세요.

소재의 웹을 가로질러 4개의 Area scan 카메라를 나란히 장착하여 사용할 수 있지만, 이렇게 사용하면 단점이 더 많습니다. 먼저, 대형 Area scan 카메라는 일반적으로 이웃 픽셀에서의 픽셀값을 채워 숨겨진 결함 픽셀을 찾습니다. 이 방법은 감지하려고 하는 결함을 숨길 수 있습니다. 둘째, 개체의 움직임으로 인한 치우침을 방지하기 위해 Area scan 카메라의 노출 시간은 굉장히 짧아야 합니다. 짧은 노출에서도 허용되는 이미지를 얻으려면 이미지화되는 영역 전체에 고강도 조명이 필요합니다. 로터리 인코더의 출력이 모든 카메라의 이미지 획득과 동기화해야 합니다. 마지막으로, 낮은 콘트라스트의 결함을 감지하는 데 필요한 픽셀 반응의 오프셋과 게인 변동을 제거해야 하기 때문에 Area scan 카메라로는 검사하는 데 많은 시간이 소비됩니다.

단 1개의 라인을 사용하는 16,000 픽셀의 Line scan 카메라가 훨씬 더 나은 솔루션입니다. 이제 소재에 걸쳐 단 하나의 카메라만 설치되고 어떠한 결함 픽셀도 없습니다. 로터리 인코더 출력은 이미지 각 라인의 획득과 동기화하여 실행하도록 합니다. 라인 노출 시간은 모션 블러를 피하고자 짧아야 하지만, 허용 이미지를 얻기 위해 프레임 전체를 조명하지 않고 라인에만 조명할 수 있습니다. TDI(Time Delay and Integration) Line scan 카메라를 사용하면 소재의 이동 또는 카메라의 이동과 동기화된 노출을 통합한 픽셀 행을 가지므로 픽셀 행의 수와 노출 시간을 곱한 값을 효율적으로 사용할 수 있습니다. 마지막으로 각 픽셀의 게인 및 오프셋은 픽셀 라인에 걸쳐 균일한 응답을 제공하도록 조정할 수 있고, 이러한 조정은 Line scan 카메라의 하드웨어에서 수행됩니다.

Line Scan 기술을 사용하려는 경우

Line scan 기술은 종이, 섬유, 금속, 유리 테이프 등과 같은 연속 웹 검사 애플리케이션과 같이 대형, 고해상도, 고속 이미지 캡처가 필요한 애플리케이션에 적합합니다. 예를 들어, 철도 및 도로 검사, 위성 이미징, 표면 지형 스캔 등에 사용할 수 있습니다. Line scan 기술은 용융 유리, 철강, 우편 분류 등을 포함하는 자유 낙하 제품과도 잘 사용할 수 있습니다. 대형으로 결함 없는 이미지가 있어야 하는 실리콘 웨이퍼, FPD, 태양 전지, PCB, 의료 진단, 기타 작업 등의 검사 작업에서도 Line scan 기술이 필요합니다.

카메라가 수집하는 광자(photon)를 더 많이 얻을 수 있는 집중 조명과 TDI(Time Delay and Integration) 기술을 사용하여 짧은 노출 시간을 보상할 수 있기 때문에 제품의 속도가 빠를 때 Line scan 카메라는 Area scan 카메라보다 더 나을 수 있습니다.

Area scan 카메라는 비전 시스템의 CPU를 사용하여 게인 및 오프셋 보정을 수행하기 때문에 너무 느릴 수 있지만, Line scan 카메라는 카메라 내에서 게인 및 오프셋 보정을 수행하므로 빠릅니다.

Line Scan 이미지가 형성되는 방법

line scan 이미지 센서는 1개 이상의 픽셀 라인을 가집니다. 카메라의 노출 시간 동안 이미지에 비추지는 개체의 빛에 비례하는 광전자 전하를 각 픽셀이 축적합니다. 노출 시간이 종료되면 전체 픽셀 행의 전하는 판독 레지스터로 전송됩니다. 판독 레지스터는 픽셀 전하를 이동시킨 다음 이들을 증폭시키고 보정하여 디지털화되어 카메라가 출력합니다. 다음 픽셀 행이 노출되는 동안 판독 레지스터는 픽셀 전하를 이동시킵니다. 노출과 판독을 할 수 있는 최대 속도를 "Line rate"라고 하며, kHz (킬로헤르츠) 단위를 사용합니다.



빠르게 움직이는 개체의 움직임을 촬영하려면 고속 Line rate가 필요합니다. 엔비전의 협력사인 Teledyne DALSA에서 제공하는 Line scan 카메라는 최대 200 kHz의 Line rate, 이미지화되는 픽셀 라인당 5 μ s의 속도를 사용할 수 있습니다. 판독 속도를 향상하기 위해 여러 개의 "탭(판독 레지스터를 따르는 판독 지점)"을 사용합니다.



Line Scan 획득 인터페이스

픽셀 데이터는 카메라에서 비전 프로세서 또는 프레임 그래버로 프로세싱을 위해 전송됩니다. 엔비전의 협력사인 Teledyne DALSA는 3개 유형의 데이터 전송 인터페이스로 카메라를 제공합니다.



Gigabit Ethernet (GigE)은 초당 약 80 메가바이트의 데이터 속도 (MB/s)를 사용할 수 있습니다. 표준 GigE 인터페이스는 비전 프로세서에서 카메라 데이터를 수신합니다. 이 인터페이스는 Teledyne DALSA의 **GEVA** (GigE Vision Appliance) 비전 프로세서에서 사용됩니다.

제품명	해상도	최대 Line Rate	픽셀 크기	Color/Mono
Spyder3 4k, 18 kHz GigE	4096 x 2	18.5 kHz	10 μ m	
Spyder3 2k, 36 kHz GigE	2048 x 2	36.0 kHz	14 μ m	
Spyder3 2k, 18 kHz GigE	2048 x 2	18.0 kHz	14 μ m	
Spyder3 1k, 68 kHz GigE	1024 x 2	68.0 kHz	14 μ m	
Spyder3 1k, 36 kHz GigE	1024 x 2	36.0 kHz	14 μ m	
Spyder3 Color 4k, 9 khz GigE	4096 x 2	9.0 kHz	10 μ m	
Spyder3 Color 2k, 18 khz GigE	2048 x 2	18.0 kHz	14 μ m	

CameraLink 인터페이스는 데이터를 수신하기 위해 프레임 그래버를 사용하고 3개의 형식 중 하나를 사용할 수 있습니다. Base 형식은 1개의 케이블을 사용하여 255 MB/s의 속도로 전송합니다. Medium 형식은 510 MB/s이고 Full 형식은 680 MB/s입니다. (케이블 2개 사용)

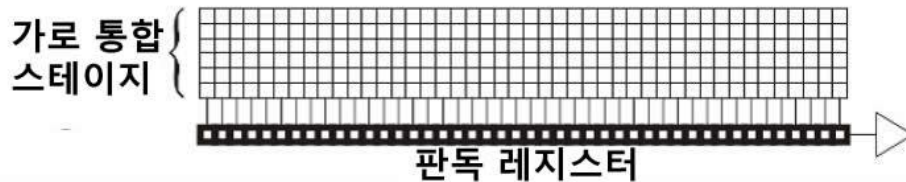
제품명	해상도	최대 Line Rate	픽셀 크기	Color/Mono
Piranha HS NIR 8k, 34 kHz	8192 x 256	34.3 kHz	7 μ m	
Piranha HS 8k, 68 kHz	8192 x 96	68.6 kHz	7 μ m	
Piranha HS 4k, 110 kHz	4096 x 48	110 kHz	14 μ m	
Piranha HS 4k, 68 kHz	4096 x 96	68.6 kHz	7 μ m	
Piranha HS 2k, 52 kHz	2048 x 64	52 kHz	13 μ m	
Piranha ES 8k, 68 kHz	8192 x 32	68 kHz	7 μ m	
Piranha ES 4k, 110 kHz	4096 x 32	68 kHz	14 μ m	
Piranha ES 4k, 68 kHz	4096 x 32	110 kHz	7 μ m	
CORAL	2048 x 256	290 kHz	16 μ m	
Piranha4 8k, 70 kHz	8192 x 2	70 kHz	7.04 μ m	
Piranha4 4k, 100/200 kHz	4096 x 2	200 kHz	10.56 μ m	
Piranha4 4k, 50/100 kHz	4096 x 2	100 kHz	10.56 μ m	
Piranha4 2k, 100/200 kHz	2048 x 2	200 kHz	10.56 μ m	
Piranha4 2k, 50/100 kHz	2048 x 2	100 kHz	10.56 μ m	
Piranha3 16k CL, 40 kHz	16384 x 1	40 kHz	3.5 μ m	
Piranha3 12k, 23 kHz	12288 x 1	23.5 kHz	5 μ m	
Piranha3 8k, 33 kHz	8192 x 1	33.7 kHz	7 μ m	
Linea Mono 4k 80 kHz CL	4096 x 1	80 kHz	7.04 μ m	
Linea Mono 2k 80 kHz CL	2048 x 1	80 kHz	7.04 μ m	
Spyder3 4k, 18 kHz CL	4096 x 2	18.5 kHz	10 μ m	
Spyder3 2k, 36 kHz CL	2048 x 2	36 kHz	14 μ m	
Spyder3 2k, 18 kHz CL	2048 x 2	18 kHz	14 μ m	
Spyder3 1k, 68 kHz CL	1024 x 2	68 kHz	14 μ m	
Spyder3 1k, 36 kHz CL	1024 x 2	36 kHz	14 μ m	
Piranha4 Color 8k, 50 kHz	8192 x 2	50 kHz	7.04 μ m	
Piranha4 Color 4k, 70 kHz	4096 x 3	70 kHz	10 μ m	
Piranha4 Color 4k, 40 kHz	4096 x 3	40 kHz	10.56 μ m	
Piranha4 Multispectral 2k, 70 kHz	2048 x 4	70 kHz	14.08 μ m	
Piranha4 Color 2k, 70 kHz	2048 x 3	70 kHz	14.08 μ m	
Piranha4 Color 2k, 40 kHz	2048 x 3	40 kHz	14.08 μ m	
Piranha Color 4k, 17 kHz	4096 x 3	17.6 kHz	10 μ m	
Piranha Color 4k, 12 kHz	4096 x 3	12.1 kHz	10 μ m	
Piranha Color 2k, 32 kHz	2048 x 3	32.3 kHz	14 μ m	
Piranha Color 2k, 22 kHz	2048 x 3	22.7 kHz	14 μ m	
Spyder3 Color 4k, 9 kHz CL	4096 x 2	9 kHz	10 μ m	
Spyder3 Color 2k, 18 kHz CL	2048 x 2	18 kHz	14 μ m	

Teledyne DALSA가 개발한 HSLink 인터페이스는 6000 MB/s의 속도로 전송하고 데이터를 수신하려면 프레임 그래버가 있어야 합니다. 예를 들어, **Piranha3 16k** (16,384 픽셀 라인) 카메라는 72 kHz의 Line rate로 이미지를 획득하기 위해 HSLink를 사용하빈다. 초당 약 1,179,000,000 픽셀을 획득할 수 있습니다.

프레임 그래버 또는 비전 프로세서에서 픽셀값의 전송 라인은 프레임으로 축적됩니다. Line scan 이미지 센서의 너비 (X 축) 및 사용자가 지정한 높이의 이미지는 일반적으로 4,000 라인보다 작습니다. 프레임은 결함 감지와 텍스트 판독(OCR)과 같은 머신 비전 작업을 수행하기 위해 프로세싱됩니다. 연속되는 프레임은 비전 프로세서에서 중첩(overlap)됩니다. 예를 들면, 하나의 프레임의 상단 가장자리와 다음 프레임의 하단 가장자리에 걸쳐있는 스폿 결함을 검출할 수 있습니다.

TDI(Time Delay and Integration)

TDI(Time Delay and Integration) Line scan 카메라는 2 ~ 256 개의 픽셀 행이 수직으로 배열되어 있습니다. 각 행의 각 픽셀에서의 광전자는 개체의 움직임 방향으로 아래 픽셀의 행으로 합산됩니다. 합산은 축적된 광전자 전하의 이동으로 수행됩니다.



이동 및 합산은 일반적으로 모션 인코더의 펄스로 신호화되는 개체의 움직임 속도와 같은 속도로 구동됩니다. TDI 카메라는 픽셀 행의 개수로 노출 시간을 효율적으로 군하기 때문에 노출 시간이 짧은 경우에도 높은 콘트라스트의 이미지를 제공할 수 있습니다. 이를 바라보는 또 다른 방법은 픽셀 라인이 이미지화될 개체의 움직임과 동기화되어 전기적으로 이동하여 개체의 움직임으로 인해 발생하는 블러(blur) 현상 없이 노출 시간이 증가한다는 것입니다.

카메라의 노출 시간은 Line rate의 역수보다 작아야 한다는 것을 제외하고는 Line rate와 독립적입니다.

제품명	해상도	최대 Line Rate	픽셀 크기	Color/Mono
Piranha HS 12k, 90 kHz	12000 x 256	90 kHz	5.2 um	
Piranha3 16k HS, 72kHz	16384 x 1	72 kHz	3.5 um	
Piranha3 16k HS, 40 kHz	16384 x 1	40kHz	3.5 um	

컬러 Line Scan 카메라

컬러 line scan 카메라는 다양한 파장의 빛을 감지하기 위해 행 방향 픽셀에 다양한 컬러 필터를 가지거나 다양한 컬러 필터를 가진 센서 픽셀 행을 가집니다. 일반적으로 필터는 우리가 적색, 녹색, 청색 등 우리가 인식하는 RGB이지만, 원격 위성 탐사와 같은 일부 애플리케이션은 다른 필터 유형을 사용합니다.



라인당 적색, 녹색, 청색 필터를 가진 Trilinear 센서 픽셀



적색과 청색이 교대로 있고 녹색이 있는 필터를 가진 Bilinear 센서 픽셀

컬러 line scan 카메라는 인쇄물 이미징에 특히 유용합니다. 이 작업을 위해 라인당 1개의 필터 유형을 가진 "Trilinear" 카메라를 사용하면 각각의 이미지 픽셀은 RGB 측정의 전체 집합을 가질 수 있습니다. 컬러 센서 픽셀의 다양한 라인은 시간 지연되기 때문에 이미지화되는 개체와 같은 부분으로 모두 보입니다.

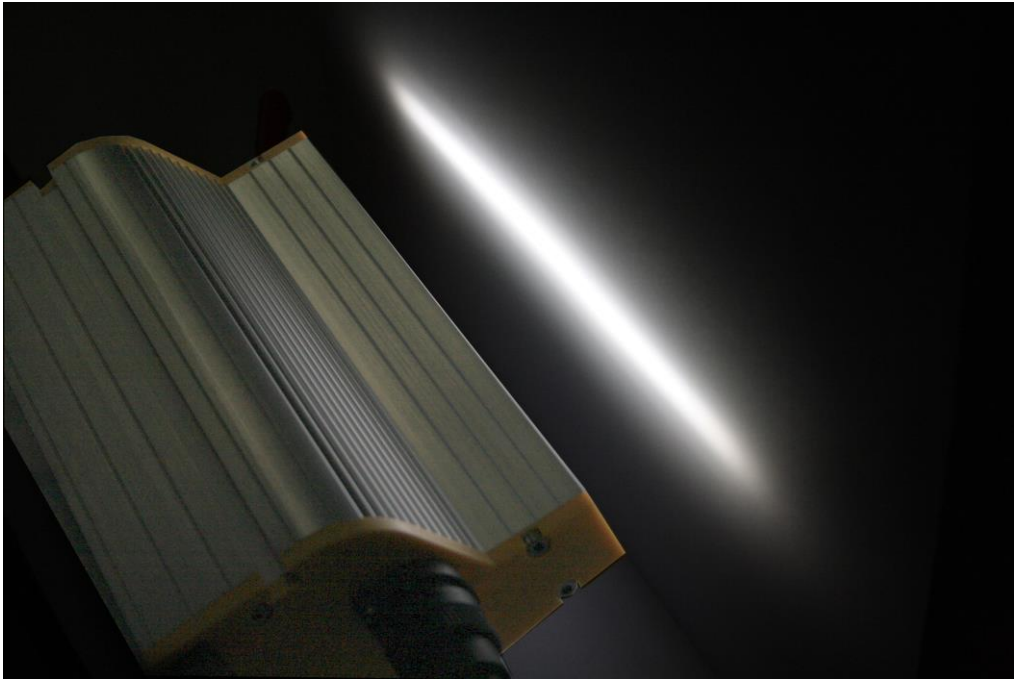
컬러 Line scan 카메라를 위한 렌즈는 상당한 색수차를 없애기 위해 컬러 보정되어야 합니다. 렌즈가 같은 초점 평면상에 서로 다른 파장의 빛에 초점을 맞추지 못할 때 색수차가 발생하고, 세기의 가장자리 주변에 색 줄무늬로 나타납니다.

개체 표면과 수직인 방향으로 카메라가 일반적인 각도로 개체를 바라보면 일부 원근 왜곡이 있을 수 있습니다. 원근 왜곡은 개체에 1/거리로 비례하기 때문에 픽셀의 서로 다른 컬러 행에 대해 약간씩 다릅니다. 따라서 픽셀 각 행은 약간씩 다른 크기를 가지고 개체 표면에 투영되는 픽셀의 모양이 되기 때문에 높은 정밀도의 컬러 측정에서 오류가 발생할 수 있습니다. 개체 표면에 카메라가 수직인지 확인하세요. 컬러를 사용하지 않을 경우에도 마찬가지입니다.

제품명	해상도	최대 Line Rate	픽셀 크기
Spyder3 Color 4k, 9 khz GigE	4096 x 2	9.0 kHz	10 μ m
Spyder3 Color 2k, 18 khz GigE	2048 x 2	18.0 kHz	14 μ m
Piranha4 Color 8k, 50 kHz	8192 x 2	50 kHz	7.04 μ m
Piranha4 Color 4k, 70 kHz	4096 x 3	70 kHz	10 μ m
Piranha4 Color 4k, 40 kHz	4096 x 3	40 kHz	10.56 μ m
Piranha4 Multispectral 2k, 70 kHz	2048 x 4	70 kHz	14.08 μ m
Piranha4 Color 2k, 70 kHz	2048 x 3	70 kHz	14.08 μ m
Piranha4 Color 2k, 40 kHz	2048 x 3	40 kHz	14.08 μ m
Piranha Color 4k, 17 kHz	4096 x 3	17.6 kHz	10 μ m
Piranha Color 4k, 12 kHz	4096 x 3	12.1 kHz	10 μ m
Piranha Color 2k, 32 kHz	2048 x 3	32.3 kHz	14 μ m
Piranha Color 2k, 22 kHz	2048 x 3	22.7 kHz	14 μ m
Spyder3 Color 4k, 9 kHz CL	4096 x 2	9 kHz	10 μ m
Spyder3 Color 2k, 18 khz CL	2048 x 2	18 kHz	14 μ m

Line Scan 카메라용 조명

개체를 보기 위해 조명이 필요합니다. 조명과 렌즈는 개체의 특징을 향상할 수 있는 "광학 프로세서"의 역할을 합니다. Line scan 카메라는 보고 있는 개체 픽셀의 라인을 따라 개체를 조명하기 위해 LED 라인에서 조명을 집중하는 "라인 조명"을 일반적으로 사용합니다. 라인 조명은 짧은 노출 시간 (빠른 카메라의 Line rate)에 필요한 높은 세기의 조명을 제공합니다. 라인 조명은 넓은 개체를 보기 위해 매우 긴 조명을 사용할 수 있도록 함께 부딪칩니다.



Efflux의 고풍력 라인 조명

라인 조명은 후면 조명을 제공하기 위해 개체의 뒤에 위치하거나, 개체를 내려다볼 수 있도록 개체 위의 높은 각도로 위치합니다. 후면 조명은 예를 들어 투명한 소재의 입자 결함 또는 불투명한 소재의 핀홀 결함 등을 검출하기 위해 사용됩니다. 높은 각도의 조명은 예를 들어 개체 색상 또는 윤곽선을 얻거나 표면 결함을 검출하기 위해 사용됩니다.

조명 세기는 사용되는 LED, 빛을 통해 흐르는 전력, 램프의 수명 및 품질, 렌즈의 효율 등에 따라 달라집니다. 이러한 변수들은 안전하게 적당한 양의 빛을 지정하기가 어려우므로 종종 필요로 하는 것보다 더 많은 조명 세기를 지정합니다.

애플리케이션에 적합한 Line scan 카메라를 선택하는 방법

Line scan 카메라를 선택할 때 감도, (센서 픽셀당) 크기, Line rate 등 3개의 중요 고려 사항이 있습니다.

감도

"감도"는 "머신 비전 작업을 수행하기 위해 충분한 광자를 카메라가 얻을 수 있나요?"라고 묻습니다. 너무 많은 변수가 있기 때문에 구성 요소 사양으로만 이 질문에 대답하는 것은 어렵습니다. 실제로, 필요한 빛의 세기를 추정하고 예상보다 더 많은 빛의 세기를 지정한 다음 테스트하여 필요한 감도를 가졌는지 확인합니다. 일부 변수들은 다음과 같습니다.

언급한 바와 같이, 먼저 빛의 세기는 다양한 변수들에 의존합니다.

둘째, 렌즈는 카메라로 들어가는 빛을 줄일 수 있습니다. 고배율 렌즈를 사용하거나 더 많은 DOF(depth of field)를 얻기 위해 렌즈를 더 많이 조이면 더 감소할 수 있습니다.

셋째, "감도"는 광전자로 광자를 변환하는 기능인 카메라의 responsivity에 따라 달라집니다. 감도를 증가하기 위해 센서 픽셀이 더 큰 카메라를 선택할 수 있습니다. Line scan 카메라는 100% "fill factor(광자를 축적하는 센서 픽셀의 비율)"를 가집니다. Area scan 카메라는 일반적으로 더 작은 픽셀과 더 적은 fill factor를 가지고, 긴 노출 시간을 요구하여 responsivity의 손실을 만회합니다. 마지막으로, 개체와 함께 카메라의 센서 라인을 전자적으로 이동하여 노출 시간을 증가시키는 TDI Line scan 카메라를 사용할 수 있습니다.

크기 (센서 픽셀당)

카메라의 센서 픽셀 크기를 결정하려면 먼저 FOV(field of view)와 결함 크기를 지정해야 합니다. 카메라는 최소 결함 크기를 최소 3개 또는 4개 픽셀로 커버할 수 있는 충분한 해상도를 가져야 합니다. 예를 들어, FOV가 12"이고 최소 결함 크기가 0.005"이면,

$$(FOV/최소 결함) \times (3 \text{ 픽셀 커버 범위})$$

$$(12/0.005) \times 3 = 7200 \text{ 픽셀}$$

8K (8,192 픽셀) Line scan 카메라를 사용하거나, 가로 FOV를 일부 오버랩하여 2개의 4K (4096 픽셀) Line scan 카메라를 나란히 사용할 수 있습니다.

Line Rate

Line rate는 FOV, 가공 속도, 개체 픽셀 크기 등에 의해 설정됩니다. 예를 들어, FOV가 12", 가공 속도가 초당 60"이고, 8K (8,192 센서 픽셀) 카메라를 사용한다면,

$$(FOV에서의 개체 픽셀 크기) = FOV / (\text{센서 픽셀에서의 카메라 크기}) =$$

$$12/8192 = 0.001465" \text{ FOV에서의 개체 픽셀 크기}$$

$$\text{필요한 Line rate: } 60"/0.001465" = 40.956 \text{ kHz}$$

엔비전이 공급하는 Teledyne DALSA의 **Piranha4** 70 kHz 카메라를 사용할 수 있습니다.

Line Scan 카메라용 렌즈

렌즈는 감도를 향상하기 위해 개체로부터 빛을 수집하고 카메라의 라인 센서 크기와 일치하도록 FOV를 확대(또는 축소)합니다.

다음과 같이 배율을 계산할 수 있습니다.

$$\text{배율} = (\text{카메라의 픽셀 크기 (미크론 단위)}) / (\text{FOV 개체 픽셀 크기})$$

위의 예제에서는 **Piranha4** 카메라를 사용했습니다. 따라서,

$$\text{배율} = (7.04 \text{ 미크론}) / (37.211 = 0.001465 \text{ 인치를 미크론으로 변환}) = 0.189$$

따라서, 실제 FOV에서 카메라의 라인 센서로 축소되는 크기는 $1/0.188 = 5.286$ 입니다. 이 비율 (예제에서의 5.286)이 "역 배율"이 됩니다.

다음으로, 카메라의 면판(전면, 카메라의 평평한 표면)부터 이미지화될 개체(예: 웹 소재)까지의 "동작 거리(working distance)"를 지정해야 합니다. 이것으로부터 필요한 렌즈의 초점 거리를 얻을 수 있습니다.

$$\text{초점 거리} = (\text{동작 거리}) / (\text{역 배율} + 1)$$

이 예제에서는 렌즈의 표준 초점 거리인 50 mm를 제공하도록 $314.28 \text{ mm} = 12.37 \text{ 인치}$ 의 동작 거리가 선택되었습니다. 동작 거리는 일반적으로 표준 렌즈의 초점 거리와 일치되도록 조정됩니다.

초점 거리 외에도, 렌즈의 마운트 유형을 알아야만 합니다. 최대 2,048 픽셀의 작은 Line scan 카메라는 1" 조리개의 C 마운트 렌즈를 사용할 수 있습니다. 더 긴 Line scan 카메라는 F, M42, M72 등의 마운트 렌즈가 필요합니다.

Line Scan 카메라 동기화

Line scan 카메라의 노출은 개체의 움직임과 동기화해야 합니다. 일반적으로 개체 움직임의 각 지정된 시간 동안 펄스를 출력하는 인코더와 함께 이루어집니다. 몇 개의 인코더 펄스가 발생하면 Line scan 카메라는 라인 이미지를 촬영하기 위해 실행됩니다.

일반적으로, FOV의 너비와 높이가 같은 픽셀인 "정사각형 픽셀"을 원합니다. 정사각형 픽셀을 얻으려면 개체의 픽셀 크기와 개체가 같이 이동하도록 카메라가 실행되어야 합니다. 위의 예제에서는 FOV에서의 픽셀 크기가 0.001465 인치이기 때문에 정사각형 픽셀을 얻으려면 카메라는 개체가 이 거리를 이동할 때마다 촬영하도록 설정해야 합니다.

라인 수집 트리거 거리를 설정하려면 (1) 거리 또는 회전당 인코더의 펄스를 선택하거나 프로그래밍하고, (2) 인코더와 개체 이동 사이의 기계적인 비율을 선택한 다음, (3) 카메라 라인 수집 사이의 인코더 펄스 수를 프로그래밍해야 합니다.

위의 예제를 사용하여 개체가 컨베이어 벨트에 있고, 컨베이어 롤러에 로터리 인코더가 연결되어 있다고 가정합니다. 정사각형 픽셀의 경우, 컨베이어 벨트가 0.001456 인치가 이동할 때마다 카메라 트리거 펄스가 발생해야 합니다. 개체의 이동과 인코더의 회전 사이에 기계의 미끄러짐이 없다고 가정합니다.

롤러의 회전당 4096 펄스를 발생시키는 인코더를 선택하고, 컨베이어 롤러의 둘레는 3인치입니다. (따라서, 지름 = 둘레 / π = 약 1인치) 인코더 펄스당 거리는,

$$\begin{aligned} \text{펄스 당 거리} &= (\text{회전당 롤러 길이}) / (\text{회전당 인코더 펄스}) \\ &= 3 \text{ 인치} / 4096 \text{ 펄스} = 0.0007324 \text{ 펄스당 인치} \end{aligned}$$

이 값은 약 2배 만큼 거리가 너무 작습니다. 롤러의 둘레가 고정되어 있으면 2배 만큼 인코더 펄스를 나누기 위해 Teledyne DALSA의 Xcelera 프레임 그래버에서 인코더 입력 또는 PLC의 "축" 입력을 사용할 수 있습니다. 또는 회전당 2048개의 펄스를 생성하는 인코더를 선택할 수 있습니다. 이들은 다음을 제공합니다.

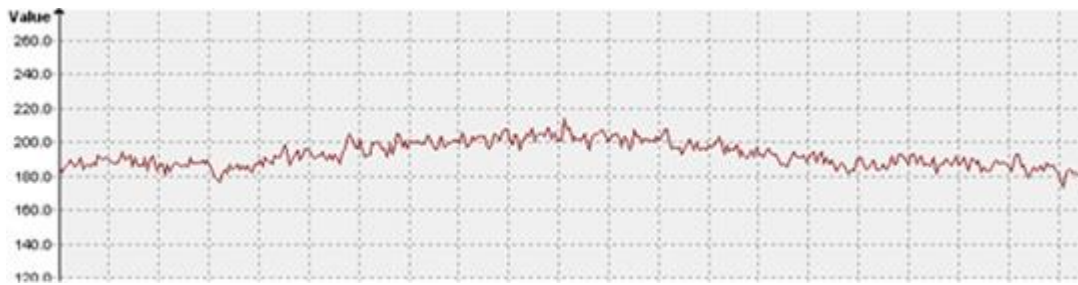
$$\text{펄스 당 거리} = 2 * 0.0007324 = 0.0014648 \text{ 인치}$$

Line Scan 카메라의 픽셀 보정

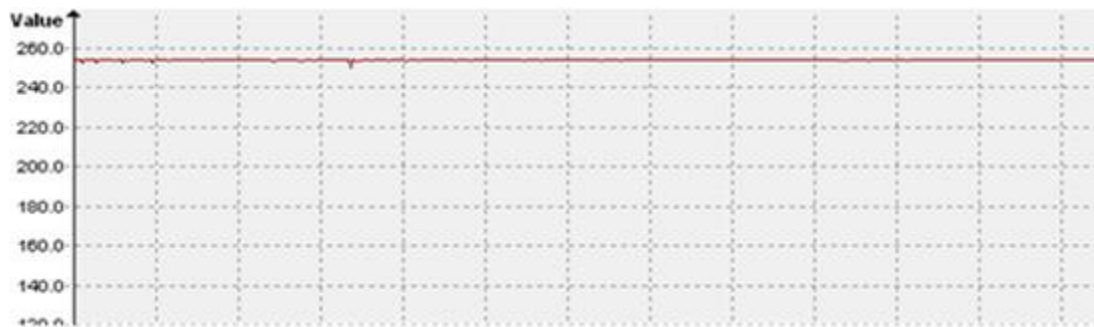
Line scan 카메라의 장점은 개별 픽셀 반응의 하드웨어 보정을 할 수 있다는 것입니다.

픽셀 반응이 변화되는 원인은 다양합니다. 조명은 결코 완벽하게 균일하지 않습니다. 조명 개별 램프의 밝기가 모두 다르고 빛의 가장자리를 향할수록 빛의 세기가 점점 떨어지기 때문에 일반적으로 약간의 변화를 확인할 수 있습니다. 대부분의 렌즈는 광축에서 멀어질 때 빛이 엷어집니다. (광축: 렌즈를 통한 중심 라인) 카메라의 개별 픽셀은 카메라의 제조 공정에서의 변동으로 인해 오프셋 및 게인에서 일부 변동을 합니다.

각 픽셀의 오프셋 및 게인은 이러한 소스의 변동을 보상하기 위해 조정됩니다. 이것은 개체가 포화하지 않은 가장 높은 세기와 가장 낮은 세기로 모든 픽셀을 노출하여 수행할 수 있습니다. 오프셋 보정은 가장 낮은 세기의 값을 뺍니다. 게인 보정은 센서 픽셀에 걸쳐 일정하도록 (보정된) 가장 작은 세기와 가장 큰 세기의 값의 범위를 설정합니다.



게인 및 오프셋 보정 전의 픽셀 반응



게인 및 오프셋 보정 후의 픽셀 반응

작업시의 Line scan 카메라

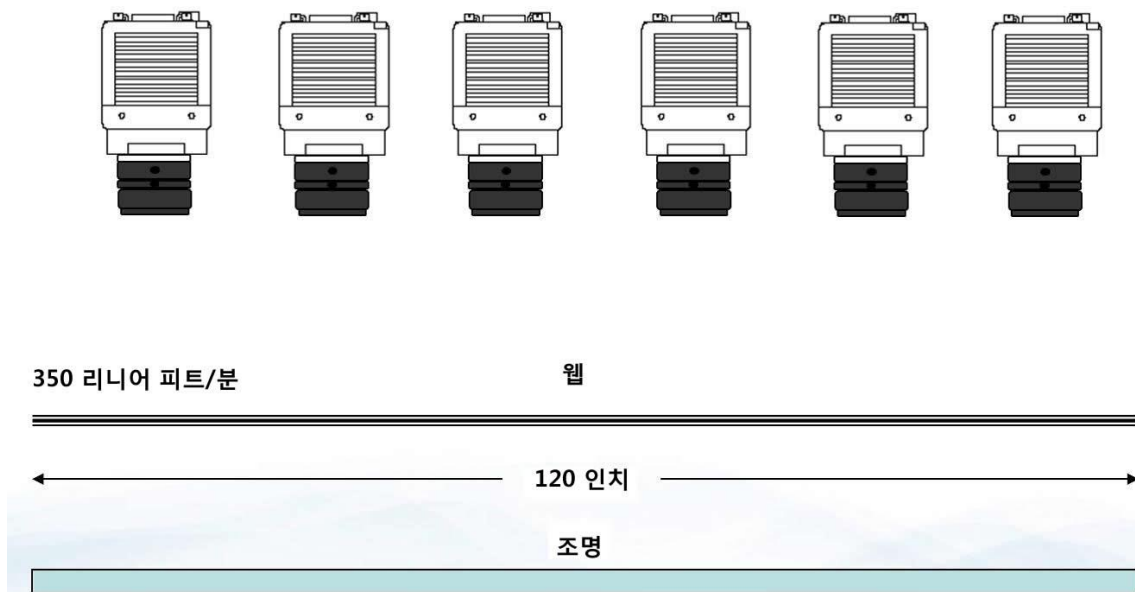
다음은 Line scan 카메라의 실제 애플리케이션 2개를 보여줍니다.

멀티 카메라 웹 검사

Line scan 기술은 연속 웹 애플리케이션에서 선택할 수 있는 방법의 하나입니다. 예를 들어, 12 피트 너비와 분당 350 피트로 이동하는 플라스틱 필름 생산 라인을 들 수 있습니다. 구멍, 먼지, 오염 물질 등과 같은 작은 결함을 찾습니다. 웹의 넓은 영역과 고속으로 인해 Area scan 카메라로 검사하려고 시도하는 것은 매우 까다롭습니다. 사람의 눈으로 검사하는 것은 불가능합니다.

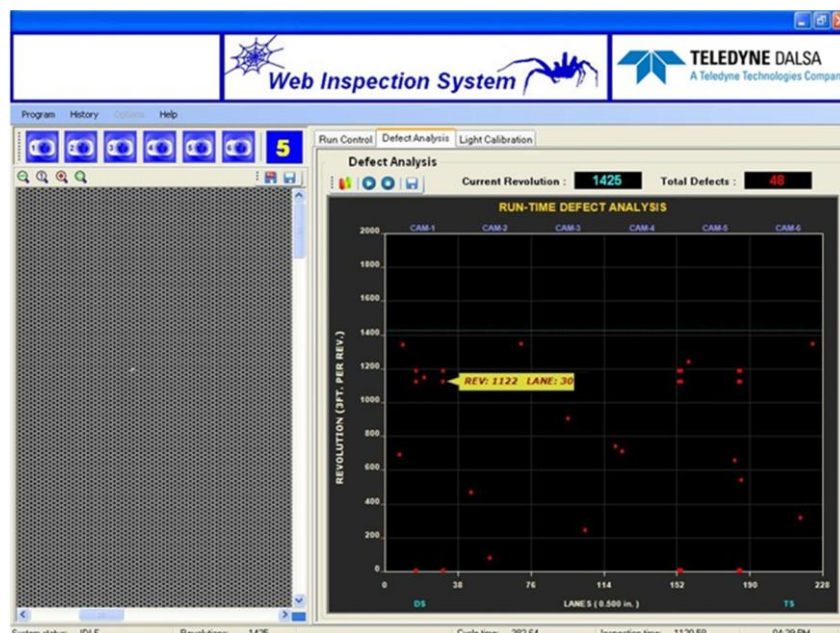
결함은 50 ~ 100 미크론, 또는 200 미크론과 같은 크기와 콘트라스트 유형에 따라 분류됩니다. 밝은 개체는 구멍일 수 있고, 어두운 개체는 오염 물질일 수 있습니다. 필요한 상세 정보와 웹의 너비로 인해 6개의 Gigabit Ethernet 2048 픽셀의 Line scan 카메라가 필요합니다. 백라이트가 사용되므로 라인 조명은 웹으로 빛을 비추고 카메라로 빛이 들어갑니다.

6개의 GigE Line scan 카메라 (2048 픽셀)



총 데이터 속도는 초당 73,000,000 픽셀입니다. 프로세싱을 위한 이미지는 3,560 라인입니다.

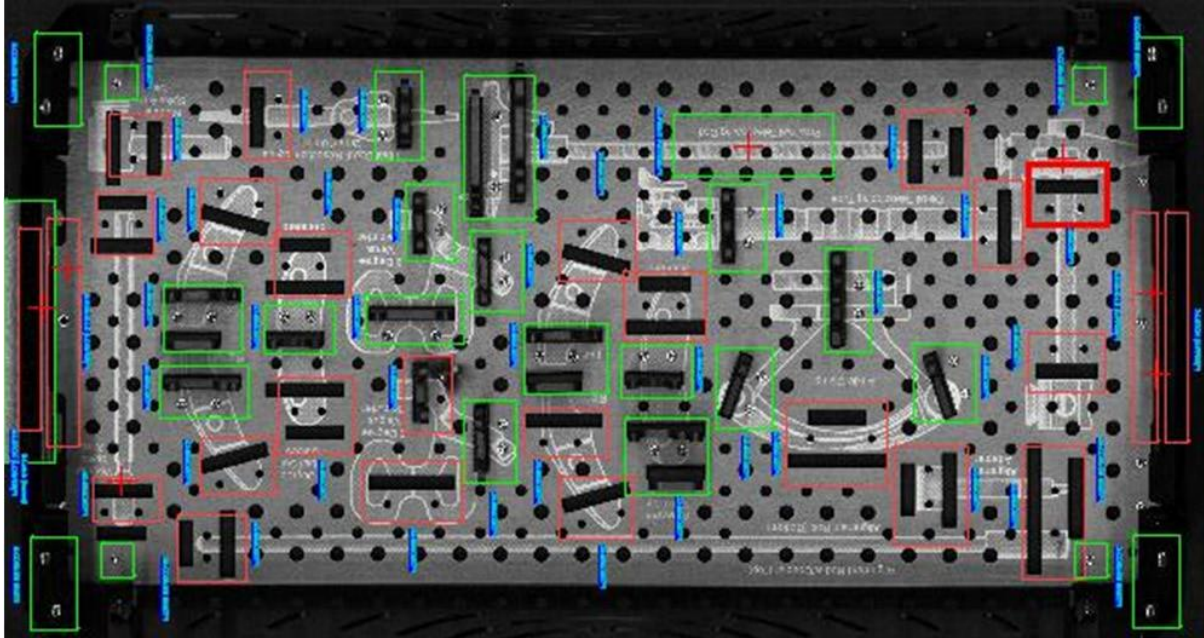
연속 웹 애플리케이션으로 즉시 결함을 거부할 방법이 없습니다. 프로세스를 중지하기에 웹은 너무 빠르게 움직입니다. 대신, "롤 맵"이 기록하고 결함의 위치와 종류를 설명합니다. 이 스크린 샷은 카메라 5로 만들어진 롤 맵의 부분을 보여줍니다.



왼쪽 화면은 실시간 화면을 보여줍니다. 오른쪽의 롤 맵은 Y 축이 (롤러 회전당) 선형 장면을 식별하고, X 축이 결함 위치를 나타냅니다. 제품 롤이 마무리를 위해 전송되면 제품이 풀리는 대로 결함을 고를 수 있습니다.

컬러 Line Scan

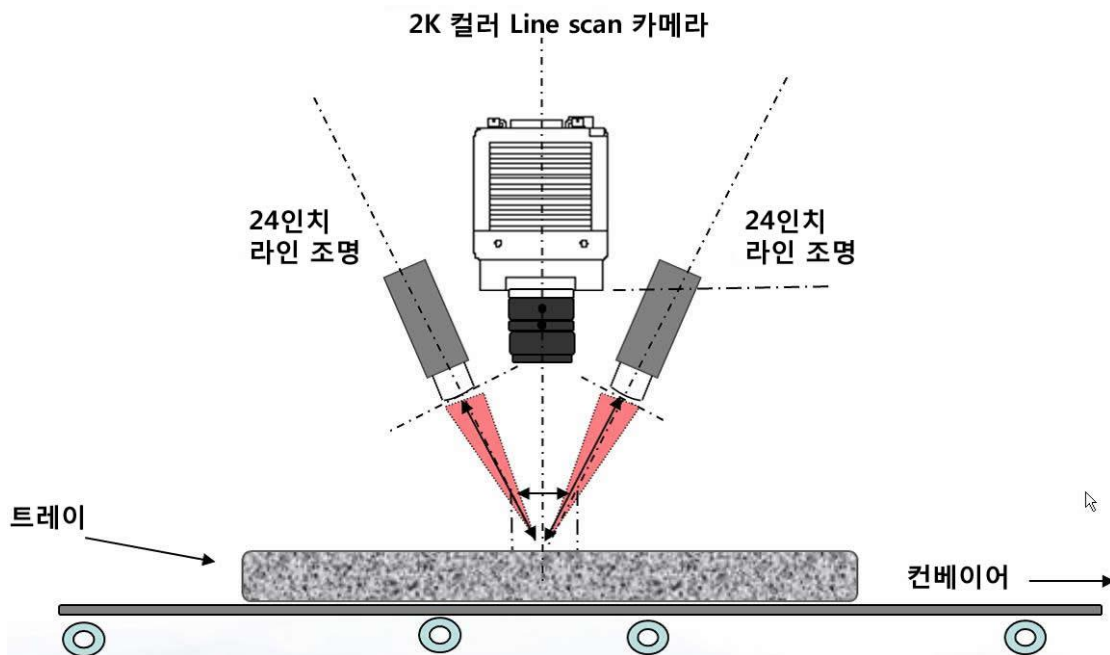
컬러 line scan 카메라는 다양한 색상의 리벳, 그로멧, 브래킷 등을 통합하는 의료용 트레이를 검사하는 데 사용됩니다. 이러한 요소는 쉽게 구별할 수 없고, 그레이 스케일 (세기) 이미지를 사용하여 검사할 수 없습니다.



의료용 트레이의 운영자 화면: 두꺼운 적색 상자로 표시된 누락 부분 (위, 오른쪽)

제조 업체는 길이 27 인치, 너비 18 인치의 다양한 크기의 많은 대형 트레이를 생산합니다.

2K 컬러 Line scan 카메라가 대현 의료용 트레이를 수용할 수 있도록 가로 20 인치로 매핑됩니다. Line scan 카메라를 사용하기 때문에 세로 크기에는 제한이 없습니다. 2개의 24 인치 라인 조명이 컨베이어 벨트를 따라 이동하는 전체 트레이를 조명합니다. FOV로 트레이가 들어오는 대로 컬러 Line scan 카메라가 실행될 수 있도록 컨베이어의 인코더가 동기화됩니다.



결론

Line scan 카메라는 대형 개체를 이미지화하고, 고해상도 및 고속에서 완벽한 이미지가 필요하거나 픽셀 반응을 실시간으로 보정하는 작업이 필요한 애플리케이션에서 사용됩니다. 이 카메라는 1개의 픽셀 라인을 가지고 있으며, 개체를 2차원으로 구축하기 위해 카메라 또는 개체 중 하나가 픽셀 라인에 수직으로 이동합니다.

더 밝게 하도록 Line scan 카메라가 개체를 촬영하는 곳에 "라인 조명"을 맞춥니다. TDI(Time delay and integration) 카메라는 개체의 움직임과 동기화되는 픽셀 라인을 전자적으로 이동시켜 더 긴 노출 시간을 사용할 수 있습니다.

Line scan 카메라는 플라스틱 또는 종이 제조에서의 웹 소재 검사, 도로와 철도 검사와 같이 연속적인 "개체" 검사, 인쇄 검사와 같이 고품질 이미지 검사가 필요한 애플리케이션에 적합합니다.

Line scan 기술을 구현할 때 개체의 움직임과 카메라 수집을 동기화하도록 충분히 주의를 기울이지 않으면 안 됩니다. 시작 비용은 Area scan 카메라보다 더 많을 수 있지만, Line scan 기술은 Area scan 카메라가 쉽게 해결할 수 없거나 전혀 해결할 수 없는 문제를 해결할 수 있습니다.

자세한 내용은 엔비전으로 문의하세요.



02-2624-5500

sales@envision.co.kr