

백서

Lightfinder

까다로운 조명 조건에서 탁월한 성능 보장

9월 2021

목차

1	요약	3
2	서론	3
3	빛에 대한 이해	4
	3.1 조명 감지	4
	3.2 조명 강도(lux)	5
	3.3 최저 조도로 지정된 감광도	6
4	Lightfinder의 핵심 요소	6
5	Lightfinder의 주요 이점	7
	5.1 극도로 낮은 조도에서 정확한 식별을 위한 컬러 영상	7
	5.2 노출 시간 및 조리개 크기와 관련된 기타 이점	10
6	Lightfinder 2.0	11
	6.1 이점	12
	6.2 예	12

1 요약

Axis Lightfinder 기술은 네트워크 카메라에 극도의 광감도를 부여합니다. 다른 카메라는 야간 모드와 흑백 영상으로 전환될 수 있는 매우 낮은 조도에서, Lightfinder가 탑재된 카메라는 주간 모드를 유지하고 계속 컬러 이미지를 제공합니다. 또한 감시 상황에서 색은 사람, 객체, 차량을 식별하기 위한 중요한 요소가 될 수 있습니다.

Lightfinder는 가장 어두운 장면 외에도, 일반적인 실내 조명보다 낮은 조도의 장소에서 가치를 더합니다. 좋은 이미지를 생성하는 데 필요한 빛이 더 적기 때문에, Lightfinder 카메라는, 예를 들어 짧은 노출 시간을 사용해 이미지 블러 및 노이즈를 최소화합니다.

Lightfinder의 저조도 기능은 조명이 매우 잘 제어되는 스튜디오의 이미지를 통해 이 백서에 예시되어 있습니다. 1.5-5 lux의 조명 강도에서 장면은 사람의 눈에는 매우 어둡게 보였지만 카메라는 장면을 믿을 수 없을 정도로 밝게 보여주었습니다. 조명 강도를 낮췄을 때, 인간의 눈은 약 0.5 lux에서 색각과 디테일을 잃었지만, 카메라는 밝은 컬러를 계속 유지했습니다. 0.02 lux로 더욱 낮추면, 장면은 실질적인 암흑 상태가 되어 현장의 사람들은 가장 밝은 객체만 희미하게 인식할 수 있는 반면, 카메라는 여전히 컬러 이미지를 제공했습니다.

Lightfinder 기술은 고품질 렌즈와 감시에 최적화된 특별히 선택된 이미지 센서와 같은 일류 광학 부품의 미세 조정된 조합으로 구성됩니다. 디지털 이미지 처리 알고리즘은 시스템 온 칩에 내장되어 있습니다. Lightfinder의 이러한 모든 구성 요소가 정기적으로 개선됨에 따라 Lightfinder도 지속적으로 발전하고 있습니다. Lightfinder 2.0의 개념은 향상된 감광도, 보다 생생한 컬러 재현 및 고급 사용자를 위한 맞춤형 조정을 통해 이러한 진화의 한 단계를 나타냅니다.

Lightfinder는 색상 처리, 필터링, 튜닝에 대한 광범위한 노하우를 토대로 개발되었습니다. Lightfinder 및 Axis Zipstream 기술은 매우 세심한 압축을 위해 함께 조정되어 이미지 디테일을 유지하는 동시에, 평균 비트 레이트를 낮추고 스토리지 비용을 절감하는 영상을 만듭니다.

2 서론

Lightfinder는 네트워크 카메라가 매우 낮은 조명 조건에서도 고품질의 컬러 비디오를 제공할 수 있게 해주는 Axis 기술입니다. 이 기술은 올바른 센서와 올바른 렌즈를 최첨단 칩의 최적화된 이미지 처리 알고리즘과 고유하게 결합한 결과입니다.

Lightfinder가 탑재된 네트워크 카메라는 주차장, 도시 방범, 캠퍼스, 건설 현장 같은 까다로운 모든 저조도 영상 감시 분야에서 매우 유용하며, 컬러 영상은 사람, 차량, 사건 등을 효과적으로 식별할 수 있는 가능성을 크게 높여줍니다.

이 백서에서는 Lightfinder 기술의 기초와 주요 이점에 대해 설명합니다. 이미지 품질은 조명이 제어되는 저조도 장면에서 촬영한 Lightfinder 비디오 스냅샷을 통해 예시됩니다. 그러나 철저한 기술적 이해를 위해 조명, 조명 감지, 조명 측정에 대한 기본 사항을 논의하는 것으로 시작합니다.

3 빛에 대한 이해

빛은 광자라고 하는 전자기 에너지의 분리된 묶음으로 구성됩니다. 이들은 에너지 준위 또는 파장이 서로 다릅니다. 가시광선 에너지 간격 내에서, 파장이 다르면 색상이 다른 빛으로 나타납니다. 아래 그림은 전자기 스펙트럼의 일부 에너지 범위를 보여줍니다.

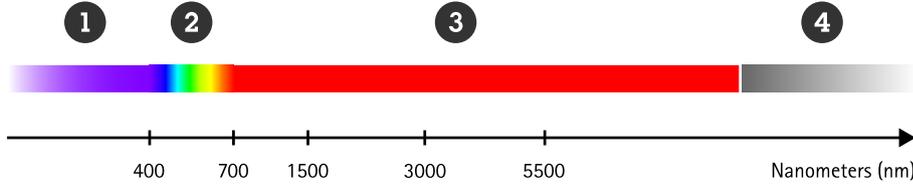


Figure 1. 파장(nm)으로 표시된 에너지 범위의 전자기 스펙트럼 일부. 에너지 범위는 왼쪽에서 오른쪽으로 (1) 자외선, (2) 가시광선, (3) 적외선, (4) 마이크로웨이브입니다.

적외선 에너지 범위는 근적외선, 단파 적외선, 중적외선, 장파 적외선 및 원적외선으로 나누어집니다.

3.1 조명 감지

인간의 눈은 약 400nm ~ 700nm 사이의 파장(가시 스펙트럼)의 빛(광자)을 감지할 수 있습니다. 눈에는 다양한 강도와 파장의 빛을 측정할 수 있도록 최적화된 두 가지 유형의 빛 감지기인 간상체(rods)와 추상체(cones)가 있습니다. 추상체는 색각을 제공하지만, 뭔가를 감지하려면 강한 빛(많은 양의 광자)이 필요합니다. 그러나 간상체는 매우 낮은 조도의 빛(단지 몇 개의 광자만으로 충분함)을 감지할 수 있지만, 파장을 구분할 수 없기 때문에 색상 정보를 제공하지 않습니다. 이것이 조명이 약해지면 사람의 눈이 색각을 잃는 이유입니다. 추상체는 아무 것도 감지하지 않지만 간상체는 계속 감지합니다.

디지털 카메라에서 눈의 간상체와 추상체에 해당하는 것은 이미지 센서에 있는 수 백만 개의 감광점(픽셀)입니다. 디지털 카메라 센서는 가시광선 광자를 감지하는 것 외에도, 스펙트럼의 근적외선(near-IR) 부분에서 약간 더 긴 파장(700-1000nm)의 광자를 감지할 수 있는 이점이 있습니다. 근적외선은 일반적으로 햇빛과 인공 조명 모두에 존재합니다.

가시광선 조도가 매우 낮을 때, 디지털 카메라(탈착식 IR 차단 필터가 있는 주야간 카메라)는 여전히 가용 근적외선을 사용하여 이미지를 생성할 수 있습니다. 그러나 이 빛에는 색상 정보가 없기 때문에 매우 낮은 수준의 가시광선에서 사람의 눈과 일반적인 주야간 카메라는 모두 흑백 이미지만 제공할 수 있습니다.

그러나 Lightfinder가 있는 카메라는 사람의 눈이 색을 구분할 수 있는 수준보다 훨씬 낮은 수준으로 조명이 감소하더라도 색각을 유지하고 컬러 이미지를 계속 생성합니다.

Lightfinder 카메라는 IR 조명으로도 보완될 수 있으며 대신 카메라의 야간 모드를 사용할 수 있습니다. 야간 모드의 흑백 IR 이미지는 비디오 분석 애플리케이션에서 대단히 유용할 수 있지만, 대부분의 경우 색상과 자연스러운 모습이 담긴 주간 모드 비디오가 더욱 유용합니다.



Figure 2. Lightfinder 카메라가 기존 조명을 최적으로 사용하는 야간 영상 스냅샷.

3.2 조명 강도 (lux)

조명 강도는 조도 또는 단위 면적당 광속의 측광 단위로 정량화할 수 있습니다. 조도의 양은 빛의 절대, 복사 강도(W/m² 단위로 측정된 복사 조도)를 기준으로 합니다. 그러나 조도에는 사람 눈의 민감도에 따른 가중치도 포함됩니다. 이것은 다양한 파장에서 인간이 감지하는 시각적 밝기에 대해 표준화된 모델입니다. 즉, 조도는 사람의 눈으로 감지되는 조명 강도를 나타냅니다. 조도는 렉스(lx) 단위로 측정되며 1렉스는 1m² 당 1루멘과 같습니다.

자연 조명 상태의 장면은 종종 복잡하며, 그림자와 하이라이트 부분이 있어 렉스 측정 값은 장면의 부분마다 다릅니다. 렉스 측정 값 1개가 전체 장면의 조명 조건을 나타내지 않으며, 빛의 방향에 대해서도 아무런 정보를 제공하지 않습니다. 즉, 조명 강도 측정은 조명 조건을 평가하고 다른 장면과 비교하기 위한 유용한 도구가 됩니다. 아래 표에는 다양한 조명 조건에 대한 일반적인 lux 값이 나와 있습니다.

표 3.1 여러 조건에 대한 lux 값.

조명 강도	설명
0.05 – 0.3 lux	보름달이 있는 맑은 밤
1 lux	1m 거리의 촛불
80 lux	사무실 복도
500 lux	사무실 조명

표 3.1. 여러 조건에 대한 lux 값. (계속)

10,000 lux	주간
100,000 lux	강한 햇빛

3.3 최저 조도로 지정된 감광도

많은 제조업체는 허용 가능한 이미지를 생성하는 데 필요한 최소 수준의 조명으로 네트워크 카메라의 광감도를 지정합니다. 이러한 제원은 동일한 제조업체가 제조한 카메라의 광감도를 비교하는 데에는 유용하지만, 서로 다른 제조사의 제품 간에 광감도를 비교하는 것에는 주의해야 합니다. 최소 조도를 측정하는 방법에 대한 국제 표준이 없는 관계로, 제조업체마다 다른 방법을 사용하며 수용 가능한 이미지를 구성하는 것에 대해 다른 기준을 적용하기 때문입니다.

4 Lightfinder의 핵심 요소

Lightfinder 기술은 감시용으로 특별히 설계된 시스템 온 칩 (system-on-chip)의 고급 이미지 처리 기술과 고도로 조정된 고품질 광학 부품을 성공적으로 결합한 기술입니다. 이러한 빌딩 블록이 정기적으로 개선됨에 따라 Lightfinder 기술도 발전합니다.

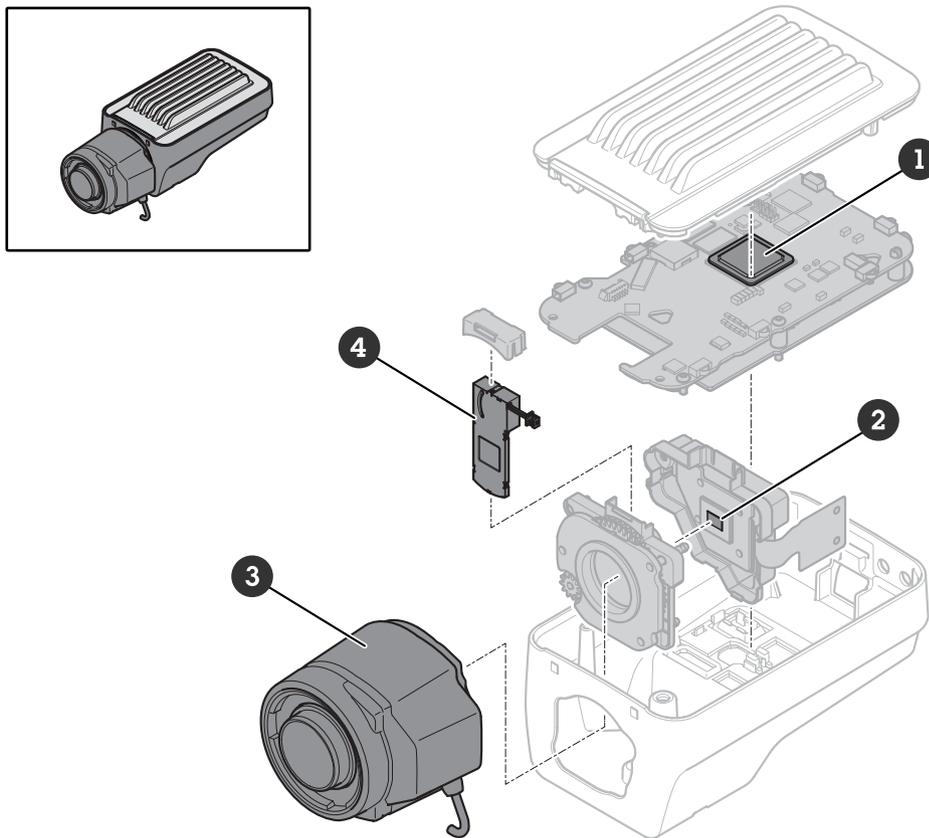


Figure 3. Axis 네트워크 카메라의 분해도. 강조 표시된 부품은 Lightfinder 기술에 최적화된 부품으로, (1) 이미지 신호 처리(ISP) 모듈이 내장된 시스템 온 칩, (2) 이미지 센서, (3) 렌즈, (4) 필터입니다.

고품질 렌즈로 빛이 수집되어 초점을 맞추면, 모든 디지털 카메라의 핵심 부품인 이미지 센서에 도달합니다. 이 센서는 빛을 전기 신호로 변환하는 광감성 광자 감지기의 배열로 구성된 전자 광학 부품입니다. 모든 Lightfinder 제품에는 감시를 위해 최적의 특성을 지닌 특별히 선택한 고감도 CMOS 센서가 장착되어 있습니다.

이미지 센서만큼 중요한 것은 시스템 온 칩의 ISP 모듈에 내장된 디지털 이미지 처리 알고리즘입니다. 이 칩은 영상 감시용으로 특별히 설계되었으며 사용 가능한 최신 ASIC 기술에 따라 제조되어 최대 수의 디지털 빌딩 블록을 보장합니다. 이 알고리즘은 실시간으로 노이즈를 제거하고, 색상을 복구하며, 각 이미지를 선명하게 만들어 최소의 센서 신호에서도 가장 유용한 비디오를 생성합니다. 그러나 이미지 내용의 보존은 중요 디테일을 제거할 가능성이 있는 광범위한 필터링보다 항상 우선합니다. 감시의 경우 이미지 알고리즘이 장면의 포렌식 정보를 손상하지 않는 것이 특히 중요합니다. 알고리즘은 온전히 작동하고 예측 가능해야 하며, "더 나아" 보이게 처리하는 과정에서 이미지에 정보가 추가되면 안됩니다.

광학 경로의 모든 것을 신중하게 평가하고 모든 디지털 알고리즘을 최적 상태로 조정하면, 저조도가 궁극적인 어려움이 되는 대부분의 조명 조건에서 탁월한 카메라 성능을 달성할 수 있습니다. Lightfinder 제품에서 렌즈와 센서는 아티팩트를 피하면서 광감도와 해상도를 최대화하기 위해 일반적으로 렌즈 필터와 같은 다른 광학 부품과 조화를 이루고 있습니다. Lightfinder 및 Axis Zipstream 기술은 특별히 정밀한 압축을 위해 함께 조정되어 이미지 디테일을 유지하는 동시에, 평균 비트 레이트를 낮추고 스토리지 비용을 절감하는 영상을 만듭니다.

5 Lightfinder의 주요 이점

Lightfinder를 사용하면 카메라가 빛이 거의 없는 장면에서 색상을 재현할 수 있지만 노이즈가 적고 모션 블러가 최소화된 고품질 비디오를 제공합니다. 이는 극도의 감광도로 인해 노출 시간이 짧아지기 때문입니다.

5.1 극도로 낮은 조도에서 정확한 식별을 위한 컬러 영상

다른 주야간 카메라는 야간 모드와 흑백 영상으로 전환될 수 있는 매우 낮은 조도에서, Lightfinder가 탑재된 카메라는 주간 모드를 유지하고 계속 컬러 영상을 제공합니다. 감시 영상의 색상은 사람, 차량, 사건 등을 효과적으로 식별하기 위해 가장 중요한 요소가 될 수 있습니다. Lightfinder는 의류나 차량의 색상을 빠르고 정확하게 보고할 수 있는 기능을 운영자에게 제공함으로써, 신속한 개입과 정확한 식별을 가능하게 합니다.

5.1.1 다양한 조도에서 Lightfinder의 예

이 단원은 Lightfinder의 저조도 기능을 구현하는 예를 보여주기 위해 조명이 매우 잘 통제된 스튜디오에서 Lightfinder 카메라로 촬영한 비디오 시퀀스 이미지를 포함합니다.

높은 감광도의 F0.9 렌즈가 장착된 AXIS Q1645 Network Camera를 다양한 색상의 객체들로부터 10m 떨어진 곳에 놓았습니다. 이 카메라는 움직이는 객체를 충분히 포착할 수 있도록 1/30의 노출 시간을 설정하고, WDR은 켜졌습니다.

첫 번째 그림은 1.5 lux(세발자전거 주위에서 측정)와 5 lux(마네킹 허리 주위에서 측정) 사이의 조도에서 카메라로 재현된 장면을 보여줍니다. 눈이 적응할 수 있는 충분한 시간이 주어지더라도 인간의 눈(객체로부터 10m 떨어진 곳, 카메라 옆)은 이 장면을 카메라 이미지가 보여주는 것보다 상

당히 어둡게 인식했다는 점에 주목해야 합니다. 눈으로 색을 식별할 수는 있지만, 조도는 "불편할 정도로 낮다"고 설명할 수 있습니다.



Figure 4. 1.5 lux (세발자전거)와 5 lux (마네킹의 허리 높이) 사이의 조명 강도를 가진 스튜디오 장면. Lightfinder 카메라는 선명한 색상과 믿을 수 없을 정도로 밝은 이미지를 제공했습니다. 사람의 눈도 색상을 식별할 수 있지만 장면이 매우 어둡게 인식됩니다.

다음 3개의 이미지는 동일한 설정으로 촬영된 동일한 장면의 잘린 이미지를 보여주지만 점차적으로 더 낮은 조도에서 촬영됩니다. 약 0.5 lux에서 인간의 눈은 색감을 잃었지만, Lightfinder 카메라는 계속 밝은 색을 재현했습니다. 사실, Lightfinder 카메라는 0.02-0.08 lux의 가장 낮은 테스트 조도까지 상당히

어두운 상태에서도 색감을 유지했습니다. 이 조도에서 인간의 눈은 색이나 디테일을 인식할 수 없으며, 장면은 사실상 완전히 검은색으로 표시되고, 가장 밝은 객체만 희미하게 식별할 수 있습니다.



Figure 5. 객체 상의 조도 0.2 lux - 0.7 lux. Lightfinder 카메라는 밝은 색상을 제공합니다. 사람의 눈에는 색감이 확실하지 않았고, 디테일이 거의 없이 주로 밝은 표면을 구별할 수 있었습니다.



Figure 6. 객체 상의 조도 0.1 lux - 0.3 lux. Lightfinder 카메라는 덜 선명하기는 하지만, 여전히 디테일을 포함한 컬러 이미지를 제공합니다. 인간의 눈은 더 어두운 표면을 구별할 수 없으며 디테일 또는 색상을 인식하지 못했습니다.



Figure 7. 객체 상의 조도 0.02 lux - 0.08 lux. Lightfinder 카메라는 약하지만 식별 가능한 색상의 어두운 이미지를 제공합니다. 인간의 눈은 가장 밝은 표면만 희미하게 구별할 수 있으며 디테일 또는 색상을 전혀 인식하지 못했습니다.

5.2 노출 시간 및 조리개 크기와 관련된 기타 이점

Lightfinder 카메라는 극도의 광감도 때문에 가장 어두운 장면뿐만 아니라, 일반적인 실내 사무실보다 낮은 조도의 장면에서도 유용할 수 있습니다. 좋은 이미지를 생성하는 데 더 적은 빛이 필요한 Lightfinder 카메라는, 예를 들어 짧은 노출 시간을 사용해 이미지 블러 및 노이즈를 최소화하거나, 다른 장점이 있는 더 작은 렌즈 조리개를 사용할 수 있습니다.

Lightfinder는 다음과 같은 이점을 제공합니다.

- 모션 블러 감소(보다 짧은 노출 시간을 사용)
- 노이즈 감소(또한 짧은 노출 시간 사용)
- 장거리 텔레포토 렌즈 사용(좋은 결과를 얻기 위해 더 짧은 노출 시간이 필요함)
- 피사계 심도 증가(렌즈에서 더 작은 조리개 사용)
- 노이즈 감소(적은 디지털 게인 사용)
- 이미지의 어두운 부분에서 WDR 성능 향상(노이즈가 적음)

노출 시간은 각 픽셀에 대한 전자 수를 측정하고 이를 사용하여 이미지를 형성하기 전에 카메라 센서가 광자를 포착(그리고 전기 신호로 변환)하는 기간입니다. 그런 다음 모든 센서 픽셀이 지워지고 광자 포착이 다시 시작됩니다.

저조도 장면은 일반적으로 센서가 사용 가능한 이미지를 생성하기에 충분한 광자를 포착할 수 있도록 더 긴 노출 시간이 필요합니다. 노출 시간이 너무 짧아서 이미지가 너무 어두워진 경우, 디지털로 밝게 할 수는 있지만, 노이즈가 증가할 수 밖에 없습니다. 그러나 노출 시간이 길면 빠르게 움직이는 객체가 노출 간격 동안 센서를 가로질러 이동할 때 이미지에서 흐릿해질 수 있습니다. 이 현상은 모션 블러라고 하며 조명이 제한된 장면에서 흔히 발생하는 문제입니다.



Figure 8. 노출 시간이 길면 모션 블러가 보일 수 있습니다. 이 스냅샷에서 더 짧은 노출 시간을 사용하면 번호판을 읽을 수도 있었습니다.

Lightfinder는 노출 시간을 단축할 수 있기 때문에 모션 블러를 줄일 수 있습니다. 이는 고해상도가 필요한 경우(움직이는 객체의 디테일을 구분할 때)에 특히 중요합니다. 모션 블러를 줄이기 위한 또 다른 방법은 카메라를 움직이는 객체에서 더 멀리 배치하거나 광각 렌즈를 사용하는 것입니다. 이 경우 움직이는 객체의 속도가 동일하더라도 센서에서 더 적은 수의 픽셀을 지나갑니다.

Lightfinder의 또 다른 장점은 더 작은 렌즈 조리개를 사용할 수 있기 때문에 이미지의 피사계 심도를 높이는 데 사용할 수 있다는 것입니다. 저조도에서는 노출 시간 동안 더 많은 빛을 모으기 위해 더 큰 조리개를 사용하는 것이 좋습니다. 그러나 광학 및 광선 추적에 적용되는 물리 법칙으로 인해, 조리개가 클수록 더 짧은 피사계 심도를 제공합니다. 즉, 장면에서 동시에 초점을 맞출 수 있는 부분이 짧아집니다. Lightfinder를 사용하면 노출 시간을 줄일 수 있어서 더 작은 조리개를 사용하고 더 깊은 피사계 심도를 구현할 수 있습니다.

6 Lightfinder 2.0

2019년 5월 현재 점점 더 많은 수의 새로운 Axis 네트워크 카메라에 Lightfinder 2.0이 탑재되어 있습니다. ARTPEC-7 시스템 온 칩을 사용하는 카메라에서 사용할 수 있는 이 개념은 Lightfinder의 발전 단계를 나타냅니다.

6.1 이점

Lightfinder 2.0은 이미지 처리 파이프라인을 완전히 재설계했기 때문에 아티팩트가 더 적으면서도 훨씬 선명한 이미지를 제공합니다. Lightfinder 2.0은 카메라의 일반적인 광감도를 향상시키는 것 외에도 더 정확한 색상 재현, 개선된 화이트 밸런스, 그림자 및 어두운 객체 부각 능력 증가를 가능하게 합니다.

또한 Lightfinder 2.0에는 시간 및 공간 필터링을 제어하기 위한 새로운 설정이 있습니다. 이는 특정 분석 애플리케이션에 맞게 이미지를 최적화해야 하는 고급 사용자에게 특히 유용합니다.

6.2 예

다음 이미지는 Lightfinder 2.0이 설치된 Axis 카메라의 감시 영상 테스트 스냅샷입니다. 장면이 실제로 얼마나 어두웠는지 모른다면 이미지에는 특별한 것이 없어 보입니다. 이미지에서 다리 밑에서 서 있는 사람 위치의 조명 강도는 불과 0.05 lux로 측정되었습니다. Lightfinder 2.0은 이 어두운 곳을, 마치 일광욕을 하고 있는 것처럼 재현합니다.

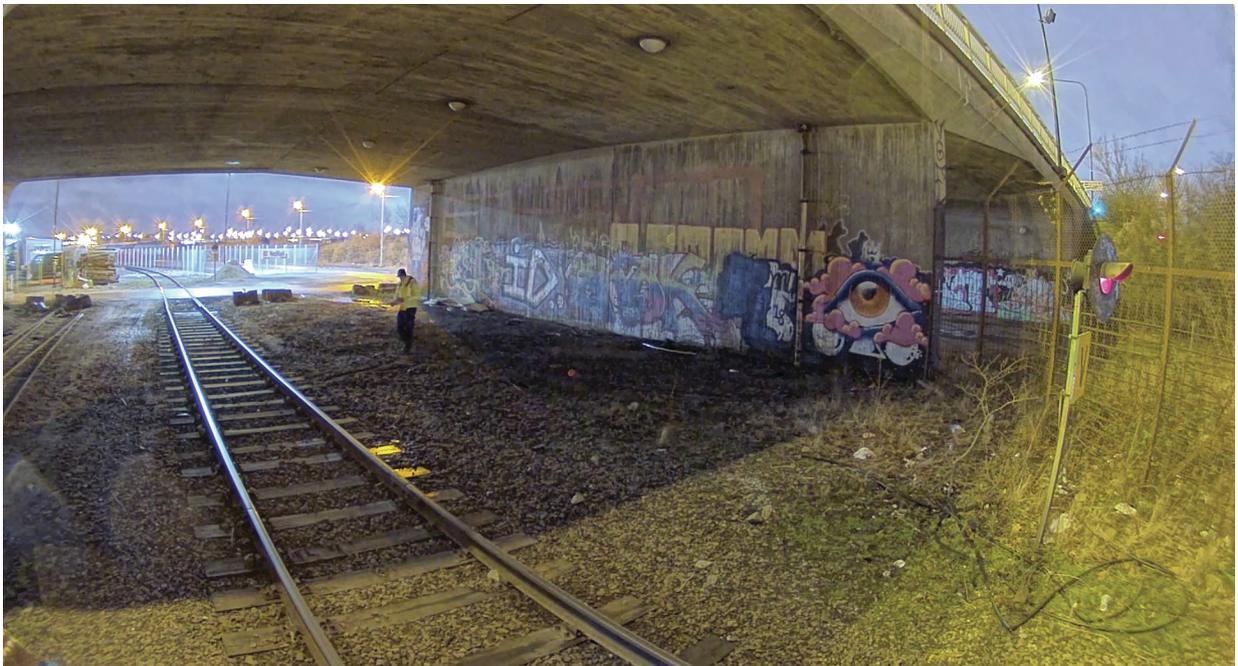


Figure 9. 다리 아래에서 불과 0.05 lux의 조명 강도에서도 Lightfinder 2.0 카메라로 전달되는 선명하고 밝은 이미지.

이와 비교하여, 다음 이미지는 동일한 장면을 인간의 눈으로 볼 수 있는 결과물로 시각화하기 위해 이 이미지를 조작한 스냅샷입니다. Lightfinder 2.0 카메라 옆에 있는 사람은 다리 아래 부분이 매우 어둡게 보이지만 일부 디테일은 여전히 구별할 수 있었습니다.



Figure 10. 이것은 현장에 있던 사람들이 볼 수 있었던 것입니다. 이 이미지는 인간의 눈으로 경험하는 어둠을 시각화하기 위해 조작되었습니다.

다음 이미지는 같은 장면에서 현대 스마트폰으로 캡처한 것입니다. 당연히, 스마트폰은 감시 목적으로 최적화되지 않았지만, 다리 아래 부분이 완전히 검게 렌더링된 것을 볼 때, 이 장면이 실제로 얼마나 어두운지 일반적으로 알 수 있게 합니다.



Figure 11. iPhone8에서 캡처한 동일한 장면.

Axis Communications 정보

Axis는 보안 및 새로운 비즈니스 성과를 개선하기 위한 솔루션을 창조하여 더 스마트하고 안전한 세상을 가능하게 합니다. 네트워크 기술 회사이자 업계 리더인 Axis는 비디오 감시, 접근 제어, 인터콤, 오디오 시스템 솔루션을 제공합니다. 이러한 솔루션은 지능형 분석 애플리케이션으로 향상되고, 고품질 교육의 지원을 받습니다.

Axis에서는 50개 이상의 나라에 약 4,000명의 전담 직원이 있으며 전 세계 기술 및 시스템 통합 파트너와 협력하여 고객 솔루션을 제공합니다. Axis는 1984년에 설립되었으며 본사는 스웨덴 룬드에 있습니다