

WHITE PAPER

Lightfinder

저조도 조건에서 뛰어난 성능 제공

7월 2026

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. Lightfinder가 탑재된 카메라는 더 적은 빛으로도 우수한 이미지를 생성할 수 있으므로, 예를 들어 노출 시간을 단축하여 블러와 노이즈를 최소화할 수 있습니다.

Lightfinder 기술은 최고 수준의 광학 부품과 정교한 디지털 이미지 처리 알고리즘이 내장된 Axis 독자 개발 시스템 온 칩(SoC)을 정밀하게 조정해 결합한 기술입니다. Lightfinder의 이러한 모든 빌딩 블록이 정기적으로 개선되기 때문에 Lightfinder도 끊임없이 진화하고 있습니다. Lightfinder 2.0은 이러한 발전의 다음 단계로, 향상된 감광도와 더욱 사실적인 색상 재현, 고급 사용자를 위한 맞춤형 설정을 제공합니다.

Lightfinder는 색상 처리, 필터링, 튜닝에 대한 광범위한 노하우를 토대로 개발되었습니다. Lightfinder와 Axis Zipstream 기술은 더욱 정밀한 압축이 이루어지도록 함께 조정되어, 이미지 디테일은 보존하면서도 평균 비트 레이트와 스토리지 필요량이 낮은 비디오를 생성합니다.

목차

1	서론	4
2	빛에 대한 이해	4
2.1	조명 감지	4
2.2	조명 강도(lux)	5
2.3	최저 조도로 지정된 감광도	6
3	Lightfinder의 핵심 요소	6
4	저조도에서 보기	7
4.1	더 짧은 노출 시간의 영향	7
4.2	더 큰 렌즈 조리개의 영향	8
5	저조도에서 컬러로 보기	8
5.1	조도별 예시	8
5.1.1	1~1.6lux의 Lightfinder	8
5.1.2	0.11~0.17lux의 Lightfinder	9
6	움직임 포착	9
7	스토리지 및 전력 소비 절감	10
8	Lightfinder 2.0	10

1 서론

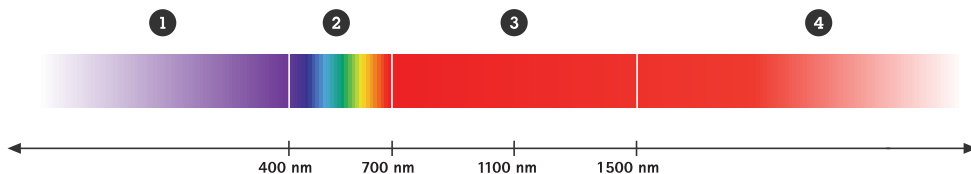
Lightfinder는 카메라가 매우 어두운 환경에서도 노이즈가 적고 모션 블러가 최소화된 고품질 비디오를 생성할 수 있게 하는 Axis 기술입니다. 탁월한 감광도를 통해 극히 낮은 조도에서도 컬러 비디오를 구현할 수 있습니다. 이 기술은 올바른 센서와 올바른 렌즈를 최첨단 칩의 최적화된 이미지 처리 알고리즘과 고유하게 결합한 결과입니다.

Lightfinder 탑재 카메라는 주차장, 도시 방범, 캠퍼스, 건설 현장 등 까다로운 저조도 영상 감시 분야 전반에 유용합니다. 이러한 환경에서는 비디오의 선명도나 색상 정보가 사람, 차량 또는 사건의 식별 가능성을 크게 높일 수 있습니다.

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.

2 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.



전자기 스펙트럼에는 자외선(1), 가시광선(2), 근적외선(NIR)(3), 적외선(4)이 포함됩니다.

2.1 조명 감지

인간의 눈은 약 400nm ~ 700nm 사이의 파장(가시 스펙트럼)의 빛(광자)을 감지할 수 있습니다. 눈에는 서로 다른 강도와 파장의 빛을 감지하도록 최적화된 두 가지 유형의 광수용체인 간상세포와 원추세포가 있습니다. 추상체는 색각을 제공하지만, 뭔가를 감지하려면 강한 빛(많은 양의 광자)이 필요합니다. 간상세포는 극히 적은 양의 빛도 감지할 수 있지만(광자 몇 개면 충분함), 파장을 구분하지 못하므로 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 광자뿐 아니라 스펙트럼의 근적외선(NIR) 영역에 해당하는 약간 더 긴 파장(700~1000nm)의 광자도 감지할 수 있습니다. NIR 광은 일반적으로 햇빛과 인공 조명 모두에 포함되어 있습니다.

가시광선의 양이 매우 적을 때도 디지털 카메라(탈착식 IR 차단 필터가 탑재된 주야간 카메라)는 주변의 NIR 광을 이용하여 이미지를 생성할 수 있습니다. 그러나 이 빛에는 색상 정보가 없으므로 가시광선 조도가 매우 낮을 때는 사람의 눈이나 일반적인 주야간 카메라로 흑백 이미지만 볼 수 있습니다. IR 및 주야간 카메라에 대한 자세한 내용은 “감시에 사용되는 IR” 백서에서 확인할 수 있습니다.

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



야간에 주변광을 최적으로 활용하는 Lightfinder 탑재 카메라의 스냅샷.

Lightfinder 탑재 카메라는 IR 조명기로 보완하여 대신 카메라의 야간 모드를 사용할 수도 있습니다. 야간 모드의 흑백 IR 이미지는 영상 분석 등에 매우 유용할 수 있습니다. 그러나 많은 사용 사례에서는 색상과 자연스러운 화면을 제공하는 주간 모드 비디오에서 더 많은 포렌식 정보를 얻을 수 있습니다.

2.2 조명 강도(lux)

조명 강도는 조도 또는 단위 면적당 광속의 측광 단위로 정량화할 수 있습니다. 조도의 양은 빛의 절대, 복사 강도(W/m^2 단위로 측정한 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 $1m^2$ 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. 이 표에는 다양한 조명 환경의 일반적인 조도(lux) 값이 나와 있습니다.

표 2.1 다양한 조명 환경의 일반적인 조도(lux) 값.

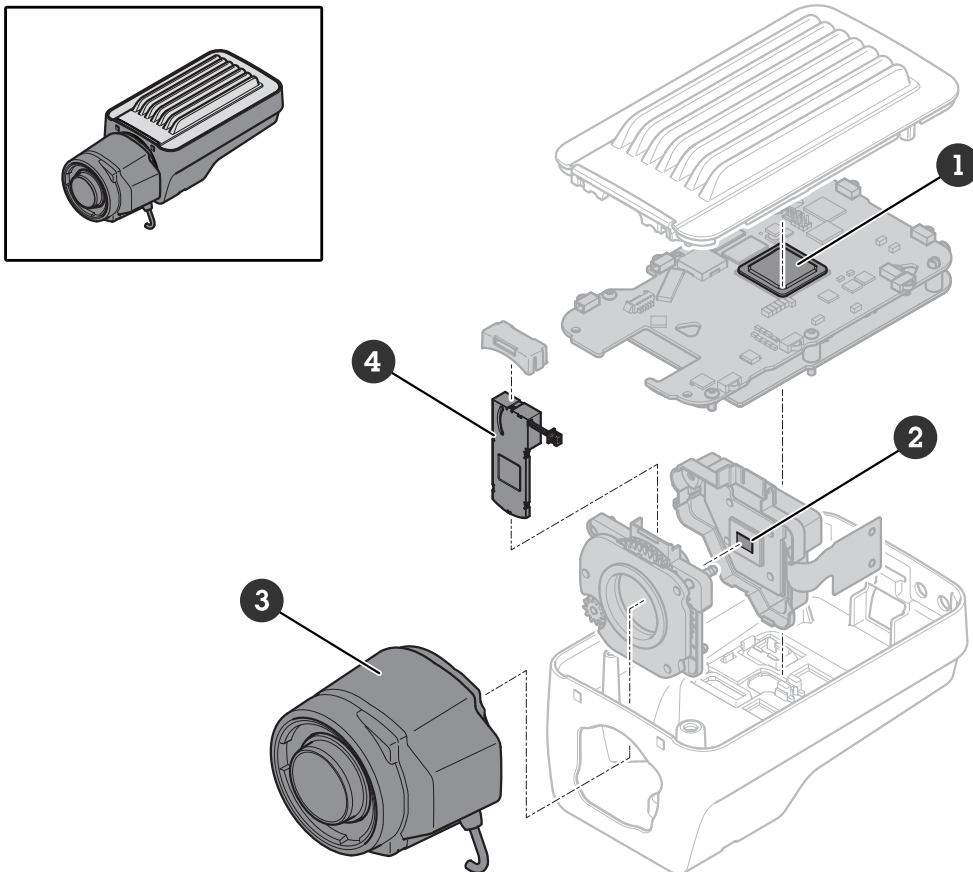
조명 강도	조명 조건
0.05 – 0.3 lux	보름달이 있는 맑은 밤
1 lux	1m 거리의 촛불
80 lux	사무실 복도
500 lux	사무실 조명
10,000 lux	주간
100,000 lux	강한 햇빛

2.3 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.

3 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.



Axis 카메라의 분해도. 강조 표시된 부품은 Lightfinder 기술에 맞게 최적화된 부품입니다.

- 1 이미지 신호 프로세서(ISP) 모듈이 내장된 시스템 온 칩(SoC)
- 2 이미지 센서
- 3 렌즈
- 4 필터

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 감시에 최적화된 특성을 지닌, 특별히 선별된 고감도 CMOS(상보형 금속 산화막 반도체, complementary metal-oxide semiconductor) 센서가 탑재됩니다.

이미지 센서만큼 중요한 요소는 시스템 온 칩(SoC)의 ISP(image signal processor: 이미지 신호 프로세서) 모듈에 내장된 디지털 이미지 처리 알고리즘입니다. 이 칩은 영상 감시 전용으로 설계되었으며, 최대한 많은 디지털 구성 블록을 집적할 수 있도록 최신 ASIC 기술을 적용해 제조됩니다. 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. 감시에서는 이미지 알고리즘이 장면의 포렌식 정보를 훼손하지 않는 것이 특히 중요합니다. 알고리즘은 온전히 작동하고 예측 가능해야 하며, “더 나아” 보이게 처리하는 과정에서 이미지에 정보가 추가되면 안됩니다.

광학 경로의 모든 요소를 면밀히 평가하고 모든 디지털 알고리즘을 최적으로 조정하면 대부분의 조명 환경에서 뛰어난 카메라 성능을 구현할 수 있습니다. 다만 저조도 환경은 가장 까다로운 문제입니다. Lightfinder 제품에서 렌즈와 센서는 아티팩트를 피하면서 광감과 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.

4 저조도에서 보기

Lightfinder 탑재 카메라의 극도로 높은 감광도는 가장 어두운 장면뿐 아니라 일반적인 실내 환경보다 조도가 낮은 모든 장면에서 유용합니다. Lightfinder 탑재 카메라는 더 적은 빛으로도 우수한 이미지를 생성할 수 있으므로 노출 시간을 단축하거나 렌즈 조리개를 더 작게 설정하여 다음과 같은 추가 이점을 얻을 수 있습니다. 여기에 포함되는 사항은 다음과 같습니다.

- 초점 거리가 더 긴 망원 렌즈를 사용할 수 있습니다. 이러한 렌즈를 사용할 때는 일반적으로 모션 블러와 카메라 흔들림을 방지하기 위해 노출 시간을 짧게 설정해야 합니다.
- 저조도 환경에서도 고해상도 카메라를 사용할 수 있습니다. Lightfinder를 사용하면 고해상도 카메라에서도 시각적 노이즈와 모션 블러라는 부작용 없이 노출 시간을 단축할 수 있습니다.
- 피사계 심도가 증가하여 장면에서 초점이 맞는 깊이 범위가 넓어집니다. 이를 위해서는 렌즈 조리개를 더 작게 설정해야 합니다.
- WDR 성능이 향상되어 장면의 어두운 영역에서 영상 노이즈가 줄어듭니다.
- 필요한 디지털 게인이 낮으므로 영상 노이즈가 감소합니다.

	
Lightfinder 2.0	사람의 눈

Lightfinder 2.0 카메라로 촬영한 장면과 현장에 있던 사람이 보았을 수 있는 장면을 재현하도록 조정된 화면을 비교한 비디오 스냅샷. 다리 아래에 있는 사람이 측정한 조도는 0.05lux입니다.

4.1 더 짧은 노출 시간의 영향

노출 시간은 카메라 센서가 광자를 포착하는 시간입니다. 광자는 전자로 변환되고 각 픽셀에 축적된 전자 수가 측정되어 이미지 생성에 사용됩니다. 그런 다음 모든 센서 픽셀에서 전자를 비우고 광자 포착을 다시 시작합니다. 저조도 장면에서는 일반적으로 센서가 활용 가능한 이미지를 생성하기에 충분한 광자를 포착하도록 노출 시간을 길게 설정해야 하지만, Lightfinder를 사용하면 노출 시간을 단축할 수 있습니다. 노출 시간이 너무 짧아 이미지가 지나치게 어두워지면 디지털 방식으로 밝게 만들 수 있지만, 영상 노이즈가 증가하는 것은 피할 수 없습니다.

4.2 더 큰 렌즈 조리개의 영향

저조도에서는 일반적으로 노출 중에 충분한 빛을 모으기 위해 렌즈 조리개를 더 크게 열어야 합니다. 광학 및 광선 추적의 원리상 조리개가 커지면 피사계 심도가 얕아져 장면에서 초점이 맞는 범위가 좁아지는 단점이 있습니다. 그러나 Lightfinder의 향상된 감광도 덕분에 더 작은 조리개를 사용할 수 있으므로 영상 노이즈를 크게 늘리지 않고도 더 깊은 피사계 심도를 확보할 수 있습니다.

5 저조도에서 컬러로 보기

다른 주야간 카메라가 야간 모드로 전환되어 흑백 영상을 제공하는 매우 어두운 환경에서도 Lightfinder 탑재 카메라는 주간 모드를 유지하며 컬러 영상을 계속 제공합니다. 이러한 색상 정보는 감시에서 결정적인 요소가 될 수 있습니다. Lightfinder는 운영자가 차량이나 재킷의 색상 같은 구체적인 특징을 보고할 수 있도록 하여 대응 시간을 단축하고 식별 정확도를 높여 줍니다.

5.1 조도별 예시

저조도에서 색상을 재현하는 성능을 보여 주기 위해 이 섹션에는 조명이 매우 정밀하게 제어된 스튜디오에서 Lightfinder 탑재 카메라로 촬영한 비디오 시퀀스의 이미지가 포함되어 있습니다.

비교 대상은 다음 세 대의 카메라입니다.

- Lightfinder 2.0 탑재 카메라(F1.1 렌즈가 장착된 AXIS Q1726)
- Lightfinder 탑재 카메라(F1.4 렌즈가 장착된 AXIS M2035)
- 장면이 사람의 눈에 보이는 밝기를 재현하도록 설정한 세 번째 카메라

카메라는 마네킹과 다채로운 색상의 객체를 배치한 위치에서 2~3m 떨어진 곳에 설치했습니다.

비고: 이상적으로는 장면에 움직임이 있을 때 카메라의 감광도를 평가해야 하지만, 여기서는 차이를 보여 주기 위해 정지 이미지를 사용했으므로 움직임이 없습니다. 이미지는 축소되었으며, 이미지를 보는 모니터나 인쇄물의 품질에 따라라도 이미지가 다르게 보일 수 있습니다.

5.1.1 1~1.6lux의 Lightfinder

장면의 조도는 1 lux(세발자전거 위치)에서 1.6 lux(마네킹 허리 높이) 사이였습니다.

	
Lightfinder 2.0	Lightfinder



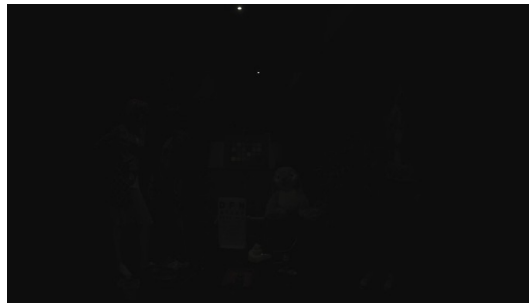
사람의 눈

- Lightfinder 2.0 카메라는 선명한 색상과 밝은 이미지를 제공했습니다.
- Lightfinder 카메라는 구분 가능한 색상과 약간의 입자성 노이즈가 있는 이미지를 제공했습니다.
- 사람의 눈에는 장면이 매우 어둡게 보였습니다.

5.1.2 0.11~0.17lux의 Lightfinder

장면의 조도는 0.11lux(세발자전거 위치)에서 0.17lux(마네킹 허리 높이) 사이였습니다.

	
Lightfinder 2.0	Lightfinder



사람의 눈

- Lightfinder 2.0 카메라는 채도가 낮은 색상을 제공했습니다. 배경의 객체를 포함해 모든 객체를 여전히 확인할 수 있었습니다.
- Lightfinder 카메라는 어둡고 입자가 거친 컬러 이미지를 제공했습니다. 전경의 객체를 식별할 수 있었습니다.
- 사람의 눈에는 장면이 완전한 암흑으로 보여 어떤 객체도 확인할 수 없었습니다.

6 움직임 포착

모션 블러는 일반적으로 긴 노출 시간이 필요한 저조도 장면에서 흔히 발생하는 문제입니다. 이 현상은 셔터 속도가 움직이는 객체의 동작을 '정지'시켜 포착할 만큼 빠르지 않을 때 발생하며, 그 결과 노출 시간 동안 객체의 이미지가 여러 픽셀에 걸쳐 기록됩니다. 장면의 여건이 허용하는 경우 카메라를 움직이는 객체에서 더 멀리 배치하거나 광각 렌즈를 사용하여 모션 블러를 줄일 수 있습니다. 이렇게 하면 이미지 센서에서 객체가 이동하는 픽셀 수가 줄어듭니다.

Lightfinder는 더 짧은 노출 시간을 사용할 수 있게 하여 모션 블러를 줄입니다. 블러가 거의 없는 정지 프레임을 확인할 수 있어 사람이나 차량을 식별하고 사건을 파악하기가 더 쉬워집니다.



노출 시간이 길면 눈에 띄는 모션 블러가 발생할 수 있습니다. 이 스냅샷에서는 노출 시간이 더 짧았다면 번호판을 판독할 수 있었을 것입니다.

7 스토리지 및 전력 소비 절감

Lightfinder는 외부 LED나 추가 조명 없이도 선명하고 안정적인 컬러 이미지를 제공합니다. Lightfinder는 Axis의 다른 조명 최적화 기술과 함께 에너지 소비와 빛 공해를 줄이는 데 도움이 됩니다.

Axis Lightfinder 및 Axis Zipstream 기술은 중요한 이미지 디테일을 보존하면서 평균 비트 레이트를 낮게 유지하는 방식으로 압축이 이루어지도록 상호 연동되게 설계되었습니다. 이를 통해 스토리지 비용을 절감하고 감시 솔루션의 지속 가능성을 더욱 높일 수 있습니다.

8 Lightfinder 2.0

점점 더 많은 Axis 카메라에 Lightfinder 2.0이 적용되고 있습니다. 진화된 이 Lightfinder 기술은 Axis 독자 개발 시스템 온 칩(SoC)인 ARTPEC-7 및 이후 버전의 ARTPEC가 탑재된 대부분의 카메라에서 사용할 수 있습니다.

이미지 처리 파이프라인을 전면 재설계한 Lightfinder 2.0은 아티팩트가 적고 한층 더 선명한 이미지를 제공합니다. 카메라의 전반적인 감광도를 높이는 것은 물론, 더욱 정확한 색상 재현과 향상된 화이트 밸런스를 지원하고 그림자 영역과 어두운 객체를 밝게 표현할 수 있는 범위를 넓혀 줍니다. Lightfinder 2.0에는 시간적 및 공간적 필터링을 제어하는 새로운 설정도 제공됩니다. 이는 특정 영상 분석에 맞게 이미지를 최적화해야 하는 고급 사용자에게 특히 유용합니다.

Axis Communications에 대하여

Axis는 보안, 안전, 운영 효율성 및 비즈니스 인텔리전스를 향상시켜 더 스마트하고 더 안전한 세상을 실현합니다. 네트워크 기술 회사이자 업계 선도 기업인 Axis는 영상 감시, 접근 제어, 인터콤 및 오디오 솔루션을 제공합니다. 이러한 솔루션은 지능형 분석 애플리케이션으로 보완되고 고품질 교육을 통해 지원됩니다.

50개 이상의 국가에서 약 5,000명의 Axis 임직원이 전 세계의 기술 및 시스템 통합 파트너와 협력하여 고객에게 최적의 솔루션을 제공하고 있습니다. Axis는 1984년에 설립되었으며 본사는 스웨덴 룬드에 있습니다.