DOCUMENTO TECNICO

Lightfinder

Prestazioni straordinarie in condizioni di illuminazione difficili

Settembre 2021

Sommario

1 **Sommario** 3

2 **Introduzione** 3

3 **La luce: nozioni fondamentali** 4

3.1 Acquisizione della luce 4

3.2 Intensità luminosa in lux 5

3.3 Sensibilità alla luce e illuminazione minima 6

4 **Elementi principali di Lightfinder** 6

5 **Vantaggi principali di Lightfinder** 7

5.1 Video a colori per un'identificazione precisa in condizioni di scarsa illuminazione 7

5.2 Altri vantaggi legati al tempo di esposizione e all'apertura 10

6 **Lightfinder 2.0** 11

6.1 Vantaggi 12

6.2 Esempio 12

1 Sommario

La tecnologia Axis Lightfinder conferisce a una telecamera di rete un'estrema sensibilità alla luce. Nelle aree scarsamente illuminate, dove altre telecamere passano alla modalità notturna e al video in bianco e nero, le telecamere con tecnologia Lightfinder rimangono in modalità diurna e continuano a trasmettere immagini a colori. Nella sorveglianza, il colore può essere decisivo per identificare una persona, un oggetto o un veicolo.

Lightfinder offre un valore aggiunto non solo nelle scene più buie, ma in qualsiasi ambiente in cui i livelli di luce siano più bassi rispetto a una normale illuminazione per interni. Necessitando di meno luce per riprodurre un'immagine di qualità, una telecamera Lightfinder può ad esempio utilizzare un tempo di esposizione più breve, riducendo al minimo le sfocature e il rumore.

Il presente documento tecnico illustra le funzionalità per bassa illuminazione della tecnologia Lightfinder utilizzando come esempio immagini ricreate in studio con un'illuminazione controllata. A un'intensità luminosa di 1,5-5 lux, la scena appare molto scura all'occhio, ma la telecamera la mostra apparentemente chiara. Al diminuire dell'intensità luminosa, l'occhio perde la visione dei colori e i dettagli intorno a 0,5 lux, mentre la telecamera continua a riprodurre colori brillanti. Scendendo ancora a 0,02 lux, le persone sul posto vedono la scena totalmente nera, distinguendo appena gli oggetti più chiari, mentre la telecamera continua a trasmettere un'immagine a colori.

La tecnologia Lightfinder è una combinazione ottimizzata di componenti ottici sofisticati, come obiettivi di alta qualità e un sensore di immagine specifico per la sorveglianza. Gli algoritmi di elaborazione delle immagini digitali sono integrati sul chip. Con il costante evolversi di questi componenti, si evolve anche la tecnologia Lightfinder. Il concetto di Lightfinder 2.0 rappresenta un passo in questa evoluzione, con un maggiore livello di sensibilità, una riproduzione dei colori più realistica e un'ottimizzazione personalizzata per gli utenti più esperti.

Lightfinder si basa sulla grande esperienza di Axis nell'elaborazione dei colori, nel filtraggio e nell'ottimizzazione. Le tecnologie Lightfinder e Axis Zipstream lavorano in sinergia per una compressione ultra precisa, che preserva i dettagli delle immagini mantenendo bassa la velocità di trasmissione media e riduce al tempo stesso i costi di archiviazione.

2 Introduzione

Lightfinder è la tecnologia Axis che consente a una telecamera di trasmettere un video a colori di alta qualità anche con un'illuminazione estremamente bassa. La tecnologia è frutto di una combinazione esclusiva di sensore, obiettivo e algoritmi di elaborazione dell'immagine ottimizzati su un chip all'avanguardia.

Le telecamere di rete con tecnologia Lightfinder sono vantaggiose in tutte le applicazioni di videosorveglianza in condizioni di scarsa illuminazione, ad esempio in parcheggi, campus scolastici, cantieri e nella sorveglianza urbana, quando il video a colori può aumentare molto la possibilità di identificare persone, veicoli o eventi.

Il presente documento tecnico descrive gli elementi basilari e i principali vantaggi della tecnologia Lightfinder. Per esemplificare la qualità d'immagine offerta dalla telecamere con tecnologia Lightfinder, si utilizzeranno istantanee tratte da un video in una scena poco illuminata (ricreando tali condizioni con un'illuminazione controllata). Per comprendere meglio questa tecnologia, però, verranno introdotti alcuni concetti fondamentali sulla luce, sulla sua acquisizione e sulla sua misurazione.

3 La luce: nozioni fondamentali

La luce è formata da pacchetti discreti di energia, detti fotoni, che hanno livelli diversi di energia, o lunghezze d'onda. Nello spettro della luce visibile, le varie lunghezze d'onda rappresentano i vari colori. La seguente figura illustra le bande di energia dello spettro elettromagnetico.

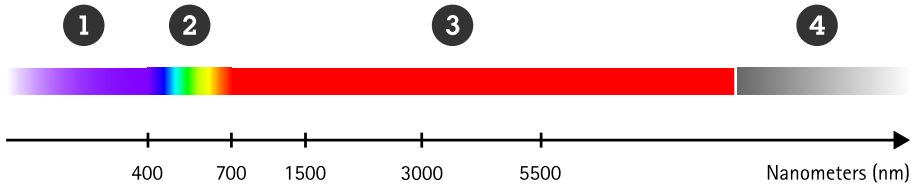

Figure 1. Parte dello spettro elettromagnetico con le bande di energia e le relative lunghezze d'onda (in nanometri). Da sinistra a destra, le bande di energia sono: (1) luce a ultravioletti, (2) luce visibile, (3) luce a infrarossi, (4) microonde.

Tenere presente che la banda di energia a infrarossi si suddivide ulteriormente in infrarosso vicino, infrarosso a onda corta, infrarosso a onda media, infrarosso a onda lunga e infrarosso lontano.

3.1 Acquisizione della luce

L'occhio è in grado di captare la luce (fotoni) con una lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 400 nm e 700 nm (spettro visibile). L'occhio ha due tipi di recettori luminosi: i bastoncelli e i coni, ottimizzati per misurare la luce di intensità e lunghezze d'onda diverse. I coni sono deputati alla visione dei colori, ma richiedono una luce intensa (un buon numero di fotoni) per poter captare qualcosa. I bastoncelli, per contro, riescono a funzionare anche a livelli di luce bassissimi (nell'ordine di pochi fotoni), ma poiché non sono in grado di distinguere le lunghezze d'onda non danno informazioni sui colori. È per questo che l'occhio perde la visione dei colori al diminuire dell'illuminazione: i coni non percepiscono niente, mentre i bastoncelli continuano a percepire.

Un elemento importante di una telecamera di rete è il sensore, composto da milioni di punti fotosensibili (pixel). Oltre ad acquisire i fotoni di luce visibile, il sensore di una telecamera digitale è in grado di rilevare fotoni di lunghezze d'onda leggermente maggiori (700-1000 nm), nella parte dello spettro dell'IR vicino. Normalmente, la luce nell'IR vicino è presente sia nella luce solare che in quella artificiale.

Quando i livelli di luce visibile sono molto bassi, una telecamera digitale (di tipo Day&Night con filtro IR rimovibile) può ancora sfruttare la luce disponibile nello spettro dell'IR vicino per produrre le immagini, ma questa luce non veicola informazioni sui colori. Dunque, a livelli molto bassi di luce visibile, sia l'occhio che una normale telecamera Day&Night possono solo riprodurre immagini in bianco e nero.

Una telecamera con Lightfinder, invece, mantiene la visione del colore e continua a produrre immagini a colori anche quando l'illuminazione scende a livelli in cui l'occhio non è più in grado di distinguerli.

Le telecamere con Lightfinder possono anche essere integrate con illuminatori IR e utilizzare la modalità Night. Le immagini in bianco e nero riprese in modalità Night con l'aiuto degli infrarossi possono essere

molto utili, ad esempio nelle applicazioni di analisi video, ma in molti casi la modalità Day con i colori e un aspetto più naturale è senza dubbio più attraente.

Figure 2. In questo video in modalità Night, la telecamera Lightfinder sfrutta la luce esistente in modo ottimale.

3.2 Intensità luminosa in lux

L'intensità luminosa può essere quantificata fotometricamente come illuminamento, o flusso luminoso per unità di superficie. L'illuminamento si basa sull'intensità radiometrica assoluta della luce (irraggiamento misurato in W/m^2). Tuttavia, tiene anche conto della sensibilità dell'occhio umano, con un modello standardizzato di percezione della luminosità a varie lunghezze d'onda. In altre parole, l'illuminamento rappresenta l'intensità luminosa percepita dall'occhio umano. L'unità di misura dell'illuminamento è il lux (lx), equivalente a un lumen per metro quadrato.

Nelle scene naturali l'illuminazione è spesso complessa, perché le ombre e i picchi di luce causano valori in lux diversi nelle varie parti della scena. Un valore in lux non esprime le condizioni di illuminazione della scena complessiva e non dà indicazioni sulla direzione della luce. Tuttavia, le misure dell'intensità luminosa sono utili per stimare le condizioni di luce e confrontare scene diverse. La seguente tabella elenca i valori tipici in lux in varie condizioni di illuminazione.

Tabella 3.1 Valori in lux in varie condizioni.

Intensità della luce	Descrizione
0,05 – 0,3 lux	Luna piena con cielo terso
1 lux	Candela a 1 m
80 lux	Corridoio di una palazzina di uffici
500 lux	Luce da ufficio

Tabella 3.1. Valori in lux in varie condizioni. (Continuo)

10.000 lux	Piena luce del giorno
100.000 lux	Luce solare forte

3.3 Sensibilità alla luce e illuminazione minima

Molti produttori specificano la sensibilità luminosa di una telecamera di rete indicando l'illuminazione necessaria per riprodurre un'immagine accettabile. Sebbene tali specifiche siano utili a confrontare la sensibilità alla luce di telecamere dello stesso produttore, un confronto tra produttori diversi richiede una certa cautela. Poiché non esiste uno standard internazionale per la misurazione dell'illuminazione minima, i produttori utilizzano metodi e criteri diversi per stabilire i requisiti di un'immagine accettabile.

4 Elementi principali di Lightfinder

La tecnologia Lightfinder è una combinazione perfetta di componenti ottici ottimizzati e di prima qualità, un'elaborazione avanzata delle immagini e un chip progettato specificamente per la sorveglianza. Con l'evolversi di questi componenti, si evolve anche la tecnologia Lightfinder.

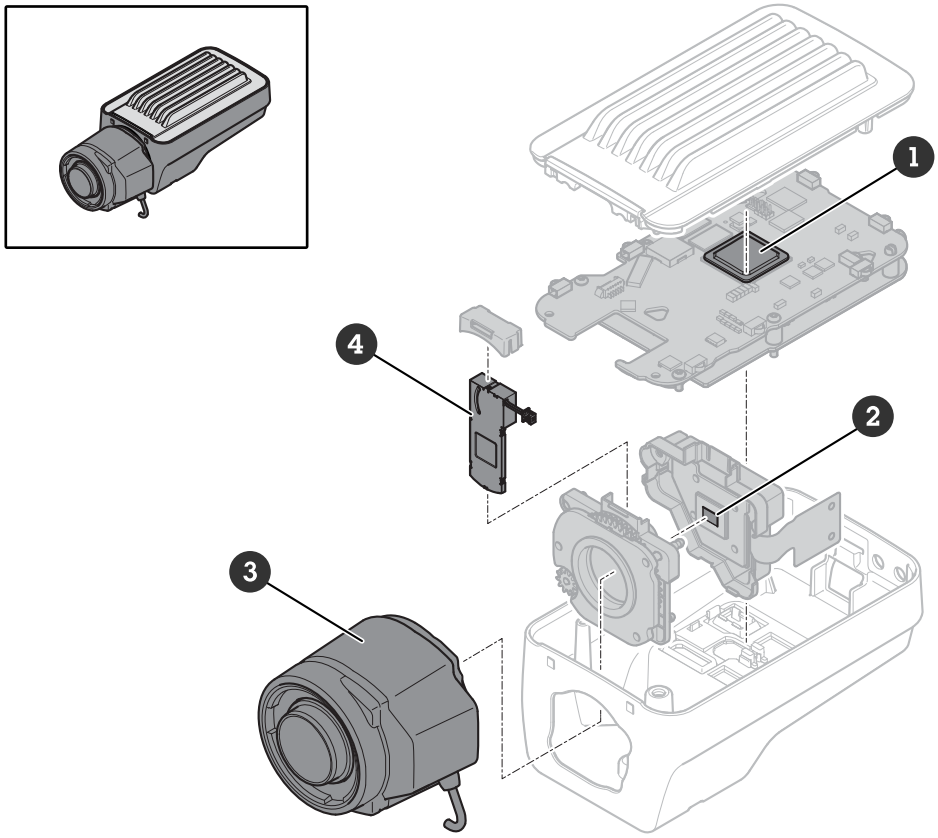

Figure 3. Vista esplosa di una telecamera di rete Axis. In evidenza i componenti ottimizzati per la tecnologia Lightfinder: (1) chip con modulo integrato per l'elaborazione dei segnali di immagine (ISP), (2) sensore di immagine, (3) obiettivo e (4) filtri.

Dopo l'acquisizione e la messa a fuoco tramite un obiettivo di alta qualità, la luce raggiunge il sensore di immagine, elemento fondamentale di qualsiasi telecamera digitale. Il sensore è un componente elettro-ottico formato da una serie di rilevatori fotosensibili e converte la luce in segnali elettrici. Tutti i prodotti Lightfinder sono dotati di sensore CMOS di alta qualità e appositamente selezionato grazie alle sue caratteristiche ottimali per la sorveglianza.

Gli algoritmi di elaborazione delle immagini digitali integrati nel modulo ISP del chip hanno la stessa importanza del sensore di immagine. Il chip è progettato specificamente per la videosorveglianza e prodotto secondo le tecnologie ASIC più recenti, garantendo il numero massimo di componenti digitali. In tempo reale, gli algoritmi rimuovono il rumore, recuperano i colori e rendono nitida ogni immagine, per produrre un video utilizzabile anche con il minimo segnale. Tuttavia, preservare il contenuto delle immagini ha sempre la priorità sul filtraggio: se troppo intenso, potrebbe infatti eliminare dettagli importanti. Nella sorveglianza, è particolarmente importante che gli algoritmi di immagine non eliminino le informazioni utili per le attività forensi. Gli algoritmi devono avere un andamento regolare e prevedibile, senza introdurre informazioni supplementari nel tentativo di dare all'immagine un aspetto più "gradevole".

Valutando attentamente l'intero cammino ottico e ottimizzando tutti gli algoritmi digitali, è possibile ottenere prestazioni straordinarie della telecamera nella maggior parte delle condizioni di illuminazione: in questo senso, l'assenza di luce rappresenta la massima sfida. Nei prodotti Lightfinder, l'obiettivo e il sensore sono abbinati ad altri componenti ottici, come i filtri, per aumentare al massimo la sensibilità alla luce e la risoluzione evitando gli artefatti. Le tecnologie Lightfinder e Axis Zipstream lavorano in sinergia per una compressione ultraprecisa, che preserva i dettagli delle immagini mantenendo bassa la velocità di trasmissione media e riduce i costi di archiviazione.

5 Vantaggi principali di Lightfinder

Lightfinder consente alla telecamera di riprodurre i colori in scene scarsamente illuminate, ma offre anche video di alta qualità con un rumore molto basso e una sfocatura da movimento minima. perché l'estrema sensibilità alla luce consente di utilizzare tempi di esposizione brevi.

5.1 Video a colori per un'identificazione precisa in condizioni di scarsa illuminazione

Nelle aree scarsamente illuminate, dove altre telecamere Day&Night passano alla modalità notturna e al video in bianco e nero, le telecamere con tecnologia Lightfinder rimangono in modalità diurna e continuano a trasmettere immagini a colori. Nella videosorveglianza, i colori possono avere la massima importanza per un'identificazione efficace di persone, veicoli o eventi. Permettendo all'operatore di segnalare con velocità e precisione il colore di indumenti o auto, la tecnologia Lightfinder può consentire un intervento rapido e un'identificazione precisa.

5.1.1 Lightfinder: esempi a livelli di luce diversi

Per illustrare le funzionalità per bassa illuminazione della tecnologia Lightfinder, i prossimi esempi utilizzano sequenze video riprese in studio con un'illuminazione controllata.

AXIS Q1645 Network Camera, dotata di obiettivo F0.9 ultrasensibile, è posizionata a 10 m da alcuni oggetti colorati. La telecamera utilizza un tempo di esposizione di 1/30, che consentirebbe anche di riprendere oggetti in movimento. La tecnologia WDR è disattivata.

La prima figura mostra la scena riprodotta da una telecamera a livelli di luce compresi tra 1,5 lux (intorno al triciclo) e 5 lux (intorno alla vita del manichino). Si noti che l'occhio umano (sempre a 10 m dagli oggetti, accanto alla telecamera) vede la scena molto più scura rispetto a quanto suggerito dall'immagine, anche

dopo essersi adattato. L'occhio riesce comunque a distinguere i colori, anche se la luce è percepita come "bassa e affaticante".

Figure 4. Scena in studio con un'intensità luminosa tra 1,5 lux (triciclo) e 5 lux (alla vita del manichino). La telecamera con Lightfinder offre colori nitidi e un'immagine apparentemente chiara. Anche l'occhio è in grado di distinguere i colori, ma percepisce un'immagine molto scura.

Le tre immagini proposte di seguito mostrano un ritaglio della scena filmata con la stessa configurazione, ma a livelli di luce sempre più bassi. Intorno agli 0,5 lux, l'occhio perde la visione dei colori, mentre la telecamera Lightfinder continua a riprodurre colori brillanti. In effetti, la telecamera Lightfinder mantiene la visione dei colori (anche se leggermente attenuata) fino ai livelli minimi del test, pari a 0,02-0,08 lux. A

questi livelli, l'occhio non riesce a percepire i colori né i dettagli e la scena appare sostanzialmente nera: solo gli oggetti più chiari risultano appena distinguibili.

Figure 5. 0,2 lux – 0,7 lux misurati sugli oggetti. La telecamera Lightfinder riproduce colori brillanti. L'occhio ha una visione dei colori ambigua e può distinguere principalmente le superfici chiare, con pochi dettagli.

Figure 6. 0,1 lux – 0,3 lux misurati sugli oggetti. La telecamera con Lightfinder offre un'immagine meno nitida, ma molto dettagliata e a colori. L'occhio non riesce a distinguere le superfici più scure e non percepisce i dettagli e i colori.

Figure 7. 0,02 lux – 0,08 lux misurati sugli oggetti. La telecamera Lightfinder trasmette un'immagine scura, con colori attenuati ma distinguibili. L'occhio distingue vagamente le superfici più chiare e non percepisce alcun dettaglio o colore.

5.2 Altri vantaggi legati al tempo di esposizione e all'apertura

L'estrema sensibilità di una telecamera Lightfinder può offrire vantaggi non solo nelle scene più buie, ma in tutte le scene con livelli di luce più bassi rispetto a quelli di un normale ufficio. Necessitando di meno luce per riprodurre un'immagine di qualità, una telecamera Lightfinder può utilizzare un tempo di esposizione più breve, riducendo il rumore e le sfocature, o un'apertura dell'obiettivo minore, con ulteriori vantaggi.

Ad esempio, Lightfinder consente di:

- ridurre la sfocatura da movimento (utilizzando un tempo di esposizione più breve)
- ridurre il rumore (utilizzando anche un tempo di esposizione più breve)
- utilizzare teleobiettivi più lunghi (che in genere richiedono un tempo di esposizione più breve per un risultato ottimale)
- aumentare la profondità di campo (utilizzando un'apertura inferiore sull'obiettivo)
- ridurre il rumore (utilizzando meno guadagno digitale)
- migliorare le prestazioni WDR (con meno rumore) nelle parti scure dell'immagine

Il tempo di esposizione è il periodo durante il quale il sensore della telecamera acquisisce i fotoni (e li converte in segnali elettrici) prima di misurare e utilizzare il numero di elettroni calcolato per ogni pixel per formare un'immagine. Quindi, tutti i pixel del sensore vengono azzerati e l'acquisizione dei fotoni ricomincia.

In genere, le scene poco illuminate richiedono tempi di esposizione maggiori, in modo che il sensore acquisisca abbastanza fotoni per produrre un'immagine utilizzabile. Se il tempo di esposizione è troppo breve e l'immagine diventa troppo scura, è possibile schiarirla digitalmente, ma non senza aumentare il rumore. Con un tempo di esposizione lungo, per contro, gli oggetti in rapido movimento possono risultare sfocati perché si muovono sul sensore durante l'esposizione. Questo fenomeno è detto sfocatura da movimento, problema comune nelle scene con poca luce.

Figure 8. Un tempo di esposizione lungo può causare una sfocatura da movimento visibile. In questa istantanea, la targa sarebbe stata leggibile con un tempo di esposizione breve.

Consentendo di utilizzare tempi di esposizione più brevi, Lightfinder può ridurre la sfocatura da movimento. Questo è particolarmente importante se occorre un'alta risoluzione per mettere in evidenza i dettagli dell'oggetto in movimento. Altri modi di ridurre la sfocatura da movimento consistono nell'allontanare la telecamera dall'oggetto che si muove o utilizzare un obiettivo grandangolare. In questi casi, un oggetto in movimento si sposterà su un numero minore di pixel del sensore a parità di velocità.

Un altro vantaggio di Lightfinder è la possibilità di aumentare la profondità di campo di un'immagine utilizzando un'apertura inferiore dell'obiettivo. Se l'illuminazione è scarsa, è auspicabile utilizzare un'apertura maggiore per acquisire più luce durante il tempo di esposizione. Tuttavia, a causa delle leggi ottiche e del ray-tracing, un'apertura maggiore comporta anche una minore profondità di campo; in altre parole, è possibile mettere simultaneamente a fuoco solo una porzione inferiore della scena. Con Lightfinder, il tempo di esposizione può essere più basso, consentendo l'uso di un'apertura minore e ottenendo una maggiore profondità di campo.

6 Lightfinder 2.0

A maggio 2019, sempre più telecamere di rete Axis sono dotate di Lightfinder 2.0. Disponibile sulle telecamere che utilizzano il chip ARTPEC-7, questa versione rappresenta una tappa importante dell'evoluzione di Lightfinder.

6.1 Vantaggi

Grazie a una riprogettazione completa della pipeline di elaborazione dell'immagine, Lightfinder 2.0 offre immagini ancora più nitide con meno artefatti. Oltre ad aumentare la sensibilità generale della telecamera alla luce, Lightfinder 2.0 offre anche una riproduzione più accurata dei colori, un miglior bilanciamento del bianco e maggiori possibilità di schiarire ombre e oggetti scuri.

Lightfinder 2.0 è anche dotato di nuove impostazioni per il controllo dei filtri temporali e spaziali, particolarmente utili per gli utenti esperti che vogliono ottimizzare l'immagine per applicazioni analitiche specifiche.

6.2 Esempio

La seguente immagine è un'istantanea tratta da un test di una telecamera di sorveglianza Axis con tecnologia Lightfinder 2.0. L'immagine non sembra avere niente di speciale – se non si sa quanto fosse scura la scena in realtà. La persona che si vede nell'immagine sotto il ponte misura un'intensità luminosa di appena 0,05 lux. Lightfinder 2.0 riproduce questo ambiente molto buio come se fosse inondato dalla luce.

Figure 9. L'immagine nitida, brillante e a colori trasmessa da una telecamera Lightfinder 2.0 con un'intensità luminosa di appena 0,05 lux sotto il ponte.

Per fare un confronto, l'immagine successiva è un'istantanea tratta dalla stessa scena ed è stata manipolata per visualizzare quello che potrebbe vedere l'occhio. Una persona accanto alla telecamera Lightfinder 2.0 vede l'area sotto il ponte molto buia, pur riuscendo a distinguere alcuni dettagli.

Figure 10. Ecco ciò che riescono a vedere le persone presenti sulla scena. L'immagine è stata manipolata per riprodurre l'oscurità percepita dall'occhio.

L'immagine successiva è tratta dalla stessa scena ma è ripresa con un moderno smartphone. Naturalmente gli smartphone non ottimizzano le immagini per la sorveglianza, ma il fatto che l'area sotto il ponte appaia completamente nera rende l'idea sull'oscurità effettiva della scena.

Figure 11. La stessa scena ripresa con un iPhone8.

T10169806/IT/M2.2/2109

Informazioni su Axis Communications

Axis consente un mondo più intelligente e più sicuro creando soluzioni di rete che forniscono informazioni per migliorare la sicurezza e nuovi modi di condurre un'attività. In qualità di leader del settore nel video di rete, Axis offre prodotti e servizi per la videosorveglianza e l'analisi, controllo degli accessi, sistemi di citofoni e audio. Axis ha più di 3.800 dipendenti in oltre 50 paesi e collabora con partner di tutto il mondo per fornire soluzioni ai clienti. Axis è stata fondata nel 1984 e la sua sede principale si trova a Lund, in Svezia.

Per ulteriori informazioni su Axis, si prega di visitare il nostro sito Web *axis.com*.

©2021 Axis Communications AB. AXIS COMMUNICATIONS, AXIS, ARTPEC e VAPIX sono marchi registrati di Axis AB in varie giurisdizioni. Tutti gli altri marchi di fabbrica sono di proprietà dei rispettivi proprietari. Ci riserviamo il diritto di apportare modifiche senza preavviso.