

DOCUMENTO TECNICO

Marzo 2026

Sommario

L'accelerazione della digitalizzazione dei processi industriali e il rapido aumento dei dispositivi connessi all'IoT (internet of things) creano direttamente un crescente fabbisogno di reti cellulari private 5G (5G PCN).

Il 5G PCN è particolarmente vantaggioso per le organizzazioni e i processi industriali in cui è essenziale disporre di una connettività wireless affidabile, sicura e con alte prestazioni. Questa rete abilita l'utilizzo di applicazioni avanzate e si adatta perfettamente alla crescente domanda di automazione per i processi industriali.

Una rete 5G PCN, rispetto al Wi-Fi®, offre una migliore copertura all'aperto, ha una maggiore capacità e può gestire un numero maggiore di dispositivi rispetto alle reti mobili tradizionali (3G/4G). Inoltre, offre agli utenti la possibilità di gestire e configurare i propri sistemi in modo da adattarli alle specifiche esigenze di lavoro. Una rete 5G PCN rappresenta un investimento importante, ma allo stesso tempo, rispetto a un'installazione via cavo, consente di risparmiare sui costi eliminando la necessità di praticare scavi e migliorando l'efficienza operativa.

Nel corso degli anni le reti cellulari si sono evolute, passando da una generazione all'altra; ogni generazione ha visto rapide modifiche in termini di capacità di trasmissione e connettività dei dispositivi mobili.

Indice

1	Introduzione	4
2	Vantaggi della rete cellulare privata 5G	6
3	Casi d'uso e applicazioni di una rete cellulare privata 5G	7
4	Differenze tra reti cellulari private e pubbliche	8
5	Considerazioni relative alla sicurezza e alla privacy nelle reti cellulari private 5G	9
6	Il 5G e la videosorveglianza	10

1 Introduzione

Il presente documento tecnico definisce una rete cellulare privata come una rete dotata di un proprio nucleo che utilizza la tecnologia cellulare per fornire connettività all'interno di un'ubicazione specifica. La rete centrale funge da centro di controllo intelligente della PCN ed è responsabile, ad esempio, della gestione del traffico dati, dell'autenticazione, delle sessioni utente, della sicurezza e dell'erogazione di servizi.

Diversamente dalle reti cellulari pubbliche, gestite dagli operatori di rete mobile (MNO) e destinate al pubblico, le reti cellulari private sono progettate esclusivamente per soddisfare le esigenze specifiche di un'organizzazione. Solo gli utenti autorizzati possono accedere alle reti cellulari private.

La rete di accesso radio (RAN) utilizza segnali radio per connettere i dispositivi degli utenti alla rete cellulare privata 5G.

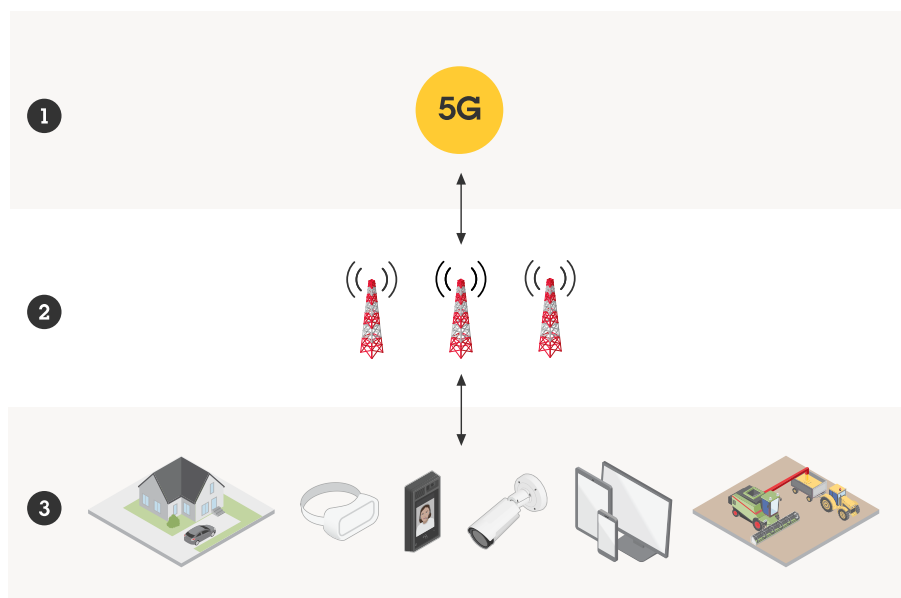


Figura 1.1 1: Rete centrale 5G 2: Rete di accesso radio (RAN) 3: Apparecchiature dell'utente (UE)

Il 5G supporta uno spettro di frequenze più ampio rispetto alla tecnologia precedente. Supporta frequenze in tre bande: banda alta, banda media e banda bassa.

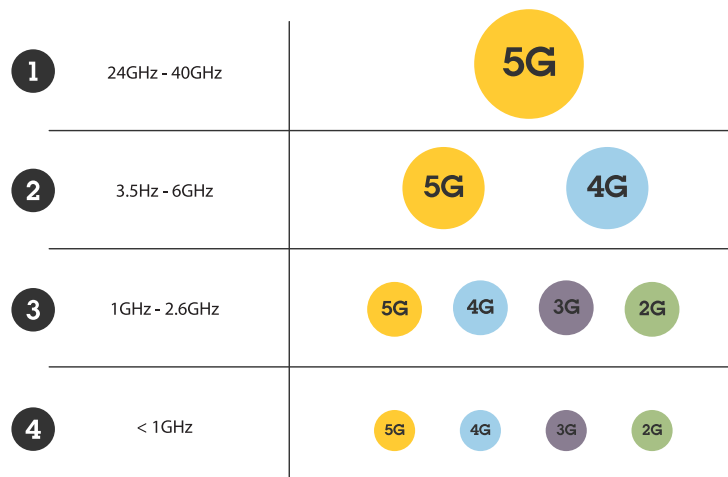


Figura 1.2 1: Banda alta 2 e 3: Banda media 4: Banda bassa

- La banda alta garantisce l'ultra-velocità con una latenza estremamente bassa, pari a circa 1 millisecondo.
- La velocità elevata e la bassa latenza della banda media per i dispositivi mobili abilitano lo streaming video in alta definizione, la realtà virtuale e aumentata e il cloud gaming con elevata affidabilità e connettività su larga scala.
- La banda bassa offre un'ampia copertura e una migliore penetrazione negli ambienti interni.

Queste bande 5G sono note anche come 5G sub-6 GHz e 5G a onde millimetriche (24 GHz - 40 GHz) e influiscono sulla copertura, sulla capacità e sulla velocità della rete.

Il 5G è la quinta generazione della tecnologia delle reti cellulari, progettata per offrire velocità di trasmissione dati più elevate, una minore latenza e una maggiore capacità rispetto alle generazioni precedenti. In teoria, offre una velocità massima in download di 20 Gbps e una velocità massima in upload di 10 Gbps. Le velocità effettive percepite dagli utenti, nella realtà, sono in genere inferiori, superando spesso i 100 Mbps. Queste velocità massime, raggiunte principalmente grazie alle onde millimetriche dello spettro, sono progettate per supportare una capacità di traffico 100 volte superiore rispetto al 4G LTE. Grazie a questa velocità di trasmissione dati, il flusso in streaming, il download e l'upload di contenuti ad alto volume di dati risultano più fluidi e veloci.

2 Vantaggi della rete cellulare privata 5G

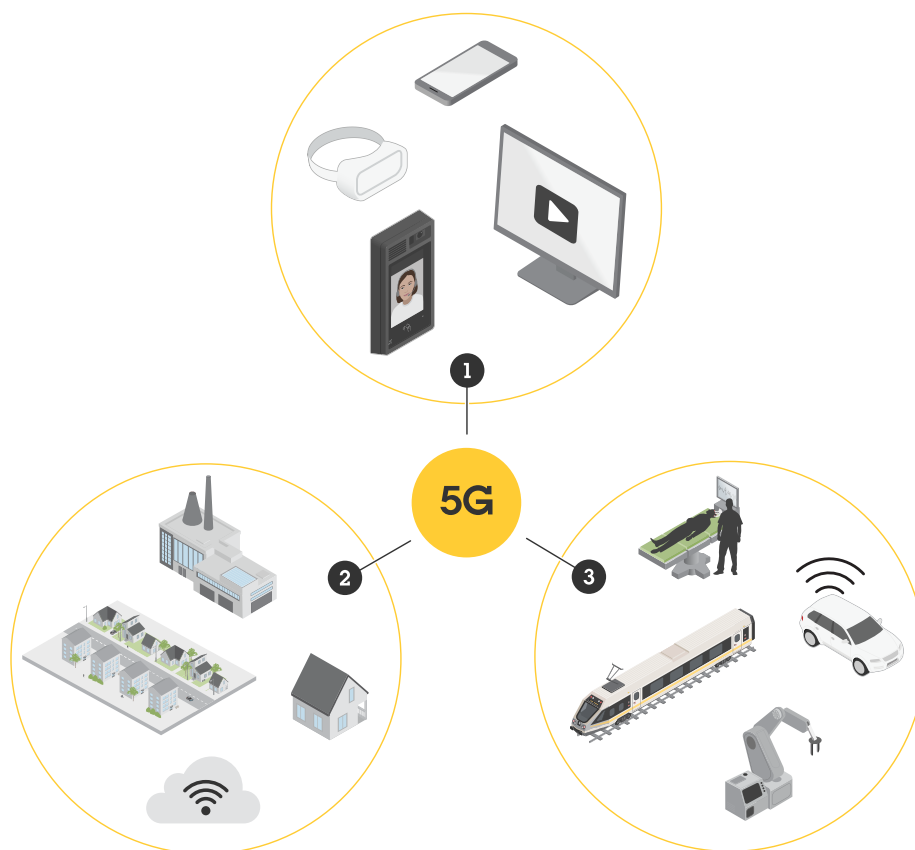


Figura 2.1 1: Banda larga mobile ad alte prestazioni 2: Tipo di comunicazione tra grandi macchine 3: Comunicazione affidabile a bassa latenza

1 Banda larga mobile ad alte prestazioni: Grazie a una rete cellulare privata 5G, è possibile allocare, controllare e distribuire la larghezza di banda di rete all'interno di un edificio o di un'ubicazione in base alle proprie esigenze di connessione. Consente il network slicing, il che significa che è possibile creare più reti virtuali con caratteristiche prestazionali diverse all'interno di un'infrastruttura fisica. Questo consente alle organizzazioni di adattare la rete a casi d'uso specifici. Ad esempio, un aeroporto che gestisce una rete PCN può offrire a una compagnia aerea una propria rete privata come una porzione del proprio PCN, in un modo più sicuro rispetto a una rete Wi-Fi tradizionale o a una rete pubblica.

Il 5G è meno soggetto a interferenze e garantisce una maggiore sicurezza rispetto al Wi-Fi. Trattandosi di una rete privata, offre una maggiore sicurezza e un controllo più efficace sul traffico dati. Questo è importante per le organizzazioni che trattano informazioni sensibili. Inoltre, funziona in modo indipendente dalle reti pubbliche e non presenta il problema della congestione della rete causata dagli utenti pubblici né delle interruzioni dovute a malfunzionamenti dei sistemi, che esulano dal controllo dell'organizzazione.

2 Tipo di comunicazione tra grandi macchine: Supporta le comunicazioni IoT e machine-to-machine (M2M), fondamentali per le moderne applicazioni nei processi industriali e aziendali. Offre una copertura più ampia ed è in grado di supportare un numero maggiore di dispositivi connessi rispetto al 4G. Il numero crescente di dispositivi che utilizzano IoT e M2M evidenzia la crescente necessità del 5G.

3 Comunicazione affidabile a bassa latenza: Le reti 5G presentano una latenza inferiore, ovvero il tempo impiegato da un pacchetto per viaggiare dalla sorgente alla destinazione. Le applicazioni che richiedono una reattività in tempo reale, come i giochi online, i veicoli a guida autonoma e la tele-chirurgia, necessitano di una rete cellulare con una minore latenza.

Una rete 5G privata rappresenta un investimento significativo, ma offre anche un notevole potenziale di risparmio sui costi. Il risparmio sui costi può riguardare sia i costi diretti di installazione che l'efficienza operativa. Ad esempio, in un aeroporto, il PCN contribuisce a salvare i costi nei seguenti modi:

- **Installazione perimetrale a costi contenuti:** Lo scavo di solchi profondi attorno a recinzioni di grandi dimensioni può risultare molto costoso. Il sistema PCN non richiede lo scavo di solchi profondi, purché sia disponibile l'alimentazione elettrica.
- **Installazioni più rapide e flessibili:** È possibile installare le telecamere senza dover ricorrere a nuove infrastrutture di connettività. I lavori di scavo e la posa dei cavi possono avere ripercussioni indesiderate su diverse settori di un aeroporto, compresi gli edifici. Inoltre, queste installazioni cablate raramente hanno un impatto estetico positivo sull'ambiente. Lo scavo di solchi profondi, i lavori di perforazione e la posa di cavi, oltre ad altre attività edilizie necessarie, richiedono tempo, creano rumore e causano blocchi stradali che possono disturbare o ostacolare lo svolgimento delle attività quotidiane nelle organizzazioni
- **Il PCN integra le infrastrutture esistenti:** Anziché sostituire la vecchia infrastruttura cablata con una nuova per aumentarne la capacità, PCN può integrare e alleggerire il carico della rete. Consente inoltre di aggiungere nuovi dispositivi.
- **Connettività temporanea:** Il PCN offre il vantaggio della mobilità, poiché è difficile gestire un veicolo in movimento collegato a una rete cablata. È utile in molte occasioni in cui si ha bisogno di una connessione temporanea, ad esempio in un aeroporto, in una fiera con i clienti, in un cantiere all'interno del proprio complesso o in occasione di un evento al chiuso o all'aperto.

3 Casi d'uso e applicazioni di una rete cellulare privata 5G

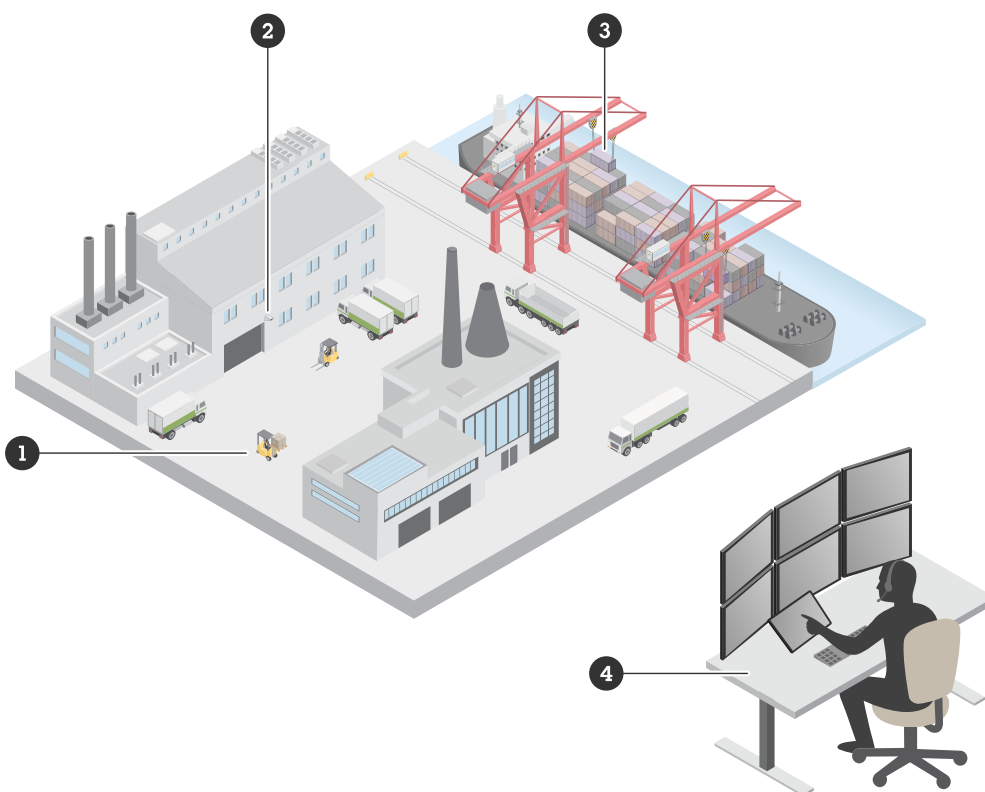


Figura 3.1 1: *Monitoraggio in tempo reale dei carichi di lavoro* 2: *Videosorveglianza* 3: *Telemetria sulle macchine* 4: *Monitoraggio di sorveglianza e operazioni da remoto*

La rete cellulare privata 5G è particolarmente indicata per le organizzazioni che operano in contesti di grandi dimensioni, complessi e dinamici e che necessitano di una connessione mobile sicura e affidabile.

1 Tracciamento in tempo reale del carico di lavoro: la rete 5G PCN consente il tracciamento del carico di lavoro. Ad esempio, gli stabilimenti manifatturieri e le fabbriche potrebbero aver bisogno di monitorare le proprie risorse in tempo reale per conoscerne l'ubicazione e lo stato con precisione. Per farlo, hanno bisogno di una latenza estremamente bassa e di una connessione affidabile, caratteristiche che il 5G garantisce. Gli ospedali possono inoltre avvalersi di reti 5G private per garantire una connettività affidabile dei dispositivi medici salvavita, consulenze di telemedicina a bassa latenza, tele-chirurgia e il tracciamento di apparecchiature mobili quali pompe per infusione e sedie a rotelle all'interno di un grande complesso ospedaliero, assicurando al contempo la sicurezza dei dati e le prestazioni della rete.

2 Videosorveglianza: Ambienti dinamici come un porto con gru, camion e lavoratori, richiedono una videosorveglianza costante sia nelle aree esterne che in quelle interne. La rete 5G PCN offre l'ampia copertura e i passaggi di rete senza interruzioni di cui un porto ha bisogno per monitorare le risorse, gestire i veicoli autonomi e garantire il regolare svolgimento delle operazioni.

3 Telemetria sulle macchine: Per prevedere le esigenze di manutenzione di una macchina, effettuare un'analisi del suo funzionamento e poterlo controllare da remoto, è necessario disporre di un flusso costante di dati provenienti dalla macchina stessa. Tali dati possono includere per esempio la posizione di un'unità di spargimento, il peso del carico e la temperatura del motore. Ad esempio, un'enorme gru a portale da banchina può diventare una risorsa digitale completamente connessa. Una connessione 5G privata sostituisce le bobine di cavi in fibra ottica, fragili e che richiedono molta manutenzione, e trasmette in modalità wireless le informazioni critiche per via elettronica. In contemporanea, la stessa connessione può trasmettere in streaming video delle immagini delle telecamere montate sulla gru stessa, offrendo agli operatori una visione chiara del container e dell'area circostante.

4 Monitoraggio di sorveglianza e operazioni da remoto: Le infrastrutture critiche (energia, servizi pubblici, settore minerario) e le grandi strutture (aeroporti, stadi) hanno spesso la necessità di effettuare il monitoraggio dei propri impianti e azionare da remoto i propri macchinari. Un'azienda di servizi pubblici, ad esempio, deve effettuare il monitoraggio dei sensori della propria rete. Una connessione 5G privata è in grado di gestire entrambe le attività, ovvero il monitoraggio delle ubicazioni e il funzionamento dei macchinari, garantendo al contempo prestazioni efficienti per il traffico operativo critico.

4 Differenze tra reti cellulari private e pubbliche

Mentre una rete cellulare privata è riservata a una specifica organizzazione, una rete cellulare pubblica è condivisa e utilizzata dal grande pubblico. Sebbene entrambi offrano collegamenti di rete, esistono alcune differenze tra loro. Ad esempio:

Caratteristica	Rete privata	Rete pubblica
Proprietà	Una rete privata dedicata è separata da qualsiasi rete mobile ad uso pubblico. È gestita esclusivamente per conto di una organizzazione. Consente all'organizzazione di avere il pieno controllo della rete, dei dispositivi e delle politiche di sicurezza.	È di proprietà ed è gestita dagli operatori di rete mobile (MNO), mentre gli utenti finali hanno un controllo limitato.
Configurabilità	Un PCN consente all'organizzazione di avere il pieno controllo della rete, dei dispositivi e delle politiche di sicurezza.	Si dispone di minori possibilità per la configurazione della rete specifica con il proprio abbonamento.

	L'organizzazione può effettuare la configurazione delle risorse radio in uplink e downlink, impostare i livelli di qualità del servizio, configurare le network slice ed estendere la rete secondo le proprie esigenze.	Tutte le configurazioni dovranno essere approvate dall'amministrazione dell'operatore di rete mobile. È tuttavia possibile creare una sottorete virtuale (network slice) della rete di un operatore di rete mobile (MNO) che si comporti come una rete privata, utilizzando così il nucleo e i nodi di rete dell'MNO invece di disporre di apparecchiature di rete proprie.
Modello di costo	L'acquisto e l'installazione dell'hardware, nonché la manutenzione della rete, richiedono un investimento considerevole. Si tratta tuttavia di un investimento una tantum che consentirà di usufruire di un traffico dati illimitato.	Le licenze degli operatori di rete mobile (MNO) sono fornite dalle autorità pubbliche e devono rispettare determinate norme. È necessario versare un canone di abbonamento all'operatore di rete mobile.
Sicurezza	È estremamente sicuro perché consente di gestire direttamente la sicurezza, conservare i dati in loco e navigare in modo sicuro sia sulla rete internet pubblica che sulla rete degli operatori di rete mobile. Le schede SIM private aggiungono inoltre un ulteriore livello di sicurezza grazie al PIN della SIM, se configurato.	Si dovranno affidare i dati alle politiche e alle misure di sicurezza di terzi. Inoltre, i dati transitano attraverso l'infrastruttura condivisa degli operatori di rete mobile.
Accesso e copertura	Presenta una bassa latenza e un'ampia copertura territoriale, poiché la connessione e l'accesso sono limitati esclusivamente ai dispositivi autorizzati e implementati dall'organizzazione dove ne ha bisogno. È possibile gestire ogni singolo dispositivo per quanto riguarda il volume di dati che può utilizzare e la qualità del servizio.	La copertura è limitata ed è possibile che si verifichino congestioni del collegamento di rete. Questo perché il dispositivo, insieme a molti altri, compete per l'accesso a risorse condivise e non si ha alcun controllo su chi utilizza i dati né sulla quantità di dati che viene consumata.

In sintesi, una rete pubblica presenta un modello semplice basato su abbonamento e risulta utile quando è sufficiente un livello di prestazioni accettabile. Una rete privata è necessaria quando le prestazioni, la sicurezza e l'affidabilità sono fondamentali per le operazioni di una organizzazione e non possono essere compromesse.

5 Considerazioni relative alla sicurezza e alla privacy nelle reti cellulari private 5G

Una rete cellulare privata offre alle organizzazioni un collegamento sicuro e riservato. Inoltre, grazie a una rete cellulare privata, le organizzazioni detengono la proprietà e il controllo dei propri dati.

Oltre a proteggere l'accesso alla rete tramite schede SIM, la crittografia end-to-end contribuisce a proteggere sia i dati operativi che personali. Alla rete dovrebbero essere ammessi solo utenti, dispositivi, applicazioni e sistemi autorizzati.

L'accesso fisico al server del nucleo o all'unità radio in loco deve essere limitato e controllato. Lo scopo è garantire che solo le persone autorizzate possano accedere ai componenti fisici che compongono la sicurezza della propria rete.

Di seguito sono riportati alcuni rischi per la sicurezza in una rete 5G PCN:

- **Configurazione errata:** Una network slice configurata in modo errato può aggirare i controlli condivisi. Questo può determinare una falla nella sicurezza difficile da rilevare e facile da sfruttare.
- **Attacchi tramite canale laterale:** Potrebbe essere possibile ricavare informazioni da segnali indiretti quali la temporizzazione, la potenza o l'utilizzo della memoria.
- **Denial-of-service (DoS):** Gli autori degli attacchi potrebbero saturare i canali di accesso radio, sovraccaricare le API o inondare una network slice.
- **Intercettazioni e analisi del traffico:** I dati in una rete 5G sono crittografati, ma non sempre i metadati. Gli autori di attacchi che analizzano i modelli di traffico possono dedurre il comportamento degli utenti, l'ubicazione o il tipo di applicazione.
- **Attacchi Meddler-in-the-middle (MITM):** Un dispositivo è in grado di simulare una stazione base 5G e di compromettere sia la riservatezza che l'integrità.

6 Il 5G e la videosorveglianza

Sebbene una rete 5G utilizzi un'architettura basata su IP, presenta differenze significative a livello 2 (livello di collegamento dati). Ciò fa sì che una rete 5G si comporti in modo diverso rispetto a una rete cablata o Wi-Fi.

Il comportamento predefinito di una telecamera IP è quello di rimanere passiva e attendere che un client si connetta ad essa. Tramite un Video Management System (VMS), le telecamere sono spesso individuate tramite protocolli quali mDNS (Multicast DNS) o UPnP (Universal Plug and Play). Questi protocolli dipendono in larga misura dal livello di collegamento e non sono supportati da una rete 5G. Per integrare una telecamera su una 5G PCN in un sistema VMS tradizionale come Genetec, Milestone o AXIS Camera Station, la telecamera deve disporre di un indirizzo IP statico noto. È inoltre possibile eseguire la scansione di un intervallo di indirizzi IP dal sistema di gestione video (VMS); tuttavia, la telecamera deve comunque disporre di un indirizzo IP statico compreso in un intervallo di indirizzi IP noto.

Utilizzando, ad esempio, WebRTC o una soluzione VPN, non si dipende da un indirizzo IP statico noto, poiché il client e il server si connettono tramite un server comune e noto. Tuttavia, questa funzionalità non è supportata in modo nativo dalle telecamere Axis né da alcun sistema di gestione video (VMS) tradizionale.

La rete 5G PCN che opera nella banda media (sub 6 GHz) supporta una larghezza di banda massima di 100 MHz, il che limita la velocità in bit disponibile. Inoltre, la qualità di segnale può subire una modifica nel caso di un dispositivo in movimento. Anche un dispositivo fisso può subire modifiche nell'ambiente radio che influiscono sulla qualità del segnale e, di conseguenza, sulla velocità in bit disponibile sul canale. Rispetto a una rete cablata, una rete 5G PCN presenta una velocità in bit più limitata e imprevedibile ed è quindi più soggetta a congestione.

Il profilo di streaming di un flusso video classico presenta spesso picchi molto marcati. Un I-frame genera una grande quantità di dati che deve essere trasmessa in un breve lasso di tempo. In caso di larghezza di banda insufficiente, ciò potrebbe causare il riempimento eccessivo dei buffer, latenza, perdita di fotogrammi e scarsa qualità video.

Rispetto a una rete cablata, una rete 5G PCN che opera nella banda sub 6 GHz presenta una latenza aggiuntiva di circa 10 ms. Ciò è irrilevante per le applicazioni di sorveglianza, quali la visualizzazione in diretta e i comandi PTZ (Pan-Tilt-Zoom), ma è essenziale per altri casi d'uso, quali i veicoli autonomi. La congestione della rete può causare un aumento significativo della latenza.

Informazioni su Axis Communications

Axis permette di creare un mondo più intelligente e sicuro migliorando la sicurezza, la protezione, l'efficienza operativa e la business intelligence. In qualità di azienda leader nelle tecnologie di rete, Axis offre videosorveglianza, controllo accessi, intercom e soluzioni audio, che supporta con applicazioni analitiche intelligenti e una formazione di alta qualità.

Axis ha oltre 5000 dipendenti in più di 50 paesi e collabora con partner tecnologici e integratori di sistemi in tutto il mondo per fornire soluzioni ai clienti. Fondata nel 1984, Axis è una società con sede a Lund, in Svezia.