



# COMUNE DI MOROZZO



## Progetto di Videosorveglianza PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

### COMMITTENTE

Comune di Morozzo

Via Bongioanni, 4 - 12040 Morozzo (CN)

Tel: 0171.772001

Fax: 0171.772477

Codice Fiscale: 00511010043

Partita IVA: 00511010043

P.E.C.: comune.morozzo@multipec.it

Email: protocollo@comune.morozzo.cn.it

### OGGETTO ELABORATO

**RELAZIONE CALCOLO  
DI RETE**

### RUP

Geom. Dicarlo Massimo

Massimo DICARLO

Via Bongioanni, 4 - 12040 Morozzo (CN)

Tel: 0171.772001

Fax: 0171.772477

Email: tecnico@comune.morozzo.cn.it

### CODICE ELABORATO

**EL. 02**

### SCALA

-

### PROGETTISTA

Dott. Ing. Marella Andrea

### VERSIONE

**Vers. 00**

### COLLABORATORI

Dott. Ing. Scaro Salvatore

Dott. Iskra Carola

### DATA

**Marzo 2019**

## Sommario

---

1	Tecnologie di rete .....	3
1.1	Elementi del sistema .....	3
1.2	Tecnologia PoE (Power over Ethernet).....	6
1.3	Connettività degli apparati.....	8
1.4	Zone di Fresnel.....	10
1.5	Pianificazione Ponti Radio.....	12
2	Le connessioni dati .....	16
2.1	Ponti radio e verifica banda trasmissiva.....	17

# 1 Tecnologie di rete

---

## 1.1 Elementi del sistema

Un servizio di telecomunicazioni è un insieme di procedure che rende possibile trasportare ed utilizzare a distanza informazioni suddivise in unità informative; tali unità vengono trasmesse grazie alla rappresentazione elementare del segnale.

Il segnale è composto da onde elettromagnetiche, caratterizzate da due fattori:

- **Frequenza:** numero di cicli periodici che compie un'onda elettromagnetica al secondo, misurata in Hz.
- **Lunghezza d'onda:** distanza tra due punti identici nello stesso ciclo periodico.

Queste due grandezze hanno un rapporto di proporzionalità inversa, ciò indica che i segnali con bassa frequenza (e quindi elevata lunghezza d'onda) si propagano meglio rispetto a quelli ad alta frequenza. Quindi con una maggiore lunghezza d'onda risulta possibile superare distanze più elevate e anche sormontare più facilmente gli ostacoli.

I requisiti di un servizio di telecomunicazione, sulla base dei quali è determinata la qualità del servizio erogato, sono rappresentati dai seguenti 4 fattori:

- La probabilità del blocco: indica la probabilità che una connessione debba essere bloccata per mancanza di risorse a disposizione.
- Il tempo di ritardo: il tempo che intercorre tra l'utilizzo di un trasferimento e la fine; sebbene il segnale venga trasportato attraverso onde elettromagnetiche, il segnale viaggia alla velocità  $f$  ovvero alla velocità di propagazione o congestione della rete. Il segnale è dato da una differenza di tensione fra due conduttori.
- Velocità media [bit/sec o Mbit/sec]: dipende dal mezzo di trasmissione.
- Probabilità di perdita o di errore: si perdono informazioni poiché queste non arrivano o arrivano con un errore dovuto al rumore: in entrambi i casi, è necessario scartare i pacchetti in quanto non utilizzabili.

Una rete di telecomunicazione è costituita dall'insieme di apparati e dispositivi che intervengono nel trasporto di informazioni e rendono possibile l'erogazione di un servizio, sulla base delle seguenti caratteristiche:

- Tipologie di informazioni da comunicare: voce, video e dati.
- Configurazione della rete: punto-punto (PTP: da un punto all'altro), punto-multi-punto (PTMP da un punto a diversi client) e diffusivo (broadcast: da una sorgente a tutti i punti raggiunti dal segnale)
- Direzione della comunicazione: unidirezionale A->B (*simplex*) o bidirezionale A<->B, contemporanea tra i due utenti (*full duplex*) o un utente alla volta (*half duplex*).

- Inizializzazione all'uso della rete: su base chiamata (es. connessioni modem) o contrattuale (es. adsl sempre disponibile).
- Sulla base dell'estensione propria della rete, questa può essere denominata:
- BAN (*Body Area Network*) estensione geografica 1 m [Es: Ricevitore satellitare collegato al telefono].
- PAN (*Personal Area Network*) estensione geografica 10-30 m [Es: rete di casa].
- LAN (*Local Area Network*) estensione geografica 1-2 km [Es: rete di un campus, una caserma, un ospedale].
- MAN (*Metropolitan Area Network*) estensione geografica <100 km
- WAN (*Wide Area Network*) copertura territoriale costituita da una o più regioni geografiche, la più grande delle quali è 'Internet'.

Una rete locale LAN è costituita da un gruppo di computer connessi in un'area locale per comunicare tra loro e condividere risorse. I dati vengono inviati sotto forma di pacchetti la cui trasmissione può essere regolata utilizzando diverse tecnologie.

Per inviare dati tra un dispositivo su una rete LAN e un altro dispositivo su un'altra LAN, è necessario un metodo di comunicazione standard, in quanto è possibile che le reti LAN utilizzino tipi di tecnologie diverse. Questa esigenza porta allo sviluppo degli indirizzi IP e dei diversi protocolli TCP/IP per la comunicazione su Internet, costituendo un sistema globale di reti informatiche collegate. Prima di illustrare gli indirizzi IP, vengono descritti di seguito alcuni degli elementi di base della comunicazione su Internet, quali i router, i firewall e i provider di servizi Internet (ISP, Internet Service Provider).

### *Router*

Per inoltrare pacchetti dati da una LAN ad un'altra tramite Internet, è necessario utilizzare un'attrezzatura di collegamento in/di rete denominata router di rete. Un router dirige le informazioni da una rete ad un'altra sulla base degli indirizzi IP. Esso inoltra solo i pacchetti dati da inviare ad un'altra rete. L'utilizzo più comune dei router è per collegare una rete locale ad Internet. I router vengono comunemente denominati gateway.

### *Firewall*

I firewall impediscono gli accessi non autorizzati a/da una rete privata. I firewall possono essere implementati nell'hardware, nel software o in entrambi. I firewall vengono spesso utilizzati per impedire a utenti Internet non autorizzati di accedere a reti private connesse a Internet. I messaggi in arrivo o in uscita da Internet passano attraverso il firewall, il quale li esamina e blocca quelli che non soddisfano i requisiti di sicurezza specificati.

### *NAT (Network Address Translation)*

Quando un dispositivo di rete con un indirizzo IP privato viene utilizzato per inviare informazioni via Internet, è necessario che tale operazione venga effettuata utilizzando un

router che supporti la tecnologia NAT. Questa tecnica consente al router di convertire un indirizzo IP privato in un indirizzo IP pubblico, senza inviare informazioni sull'host.

### *NAS (Network Attached Storage)*

Un Network Attached Storage (NAS) è un dispositivo collegato alla rete la cui funzione è quella di consentire agli utenti di accedere e condividere una memoria di massa, in pratica costituita da uno o più dischi rigidi, all'interno della propria rete o dall'esterno. È utilizzato nelle reti anche come salvataggio temporaneo o definitivo delle informazioni prima dell'invio nel canale di trasmissione; questo permette di risalire alle informazioni anche nel caso di perdita temporanea del segnale.

### *Inoltro delle porte (port forwarding)*

Per accedere alle telecamere che si trovano su una LAN privata via Internet, è necessario utilizzare l'indirizzo IP pubblico del router insieme al numero di porta corrispondente per il prodotto con tecnologia video di rete sulla rete privata.

### *Indirizzi IP*

Qualsiasi dispositivo che voglia comunicare con altri dispositivi tramite Internet deve essere dotato di un indirizzo IP unico ed appropriato. Gli indirizzi IP vengono utilizzati per identificare i dispositivi che inviano e ricevono. Vi sono attualmente due versioni dell'IP: IP versione 4 (IPv4) ed IP versione 6 (IPv6). La differenza principale fra i due consiste nel fatto che la lunghezza di un indirizzo IPv6 è maggiore (128 bit rispetto ai 32 bit degli indirizzi IPv4). Gli indirizzi IPv4 sono i più comunemente utilizzati al giorno d'oggi.

### *Porte*

Un numero di porta definisce un determinato servizio o applicazione in modo da indicare al server ricevente (ad esempio, la telecamera di rete) come elaborare i dati in ingresso. Quando un computer invia dati correlati a una determinata applicazione, in genere aggiunge automaticamente il numero di porta a un indirizzo IP senza che l'utente ne sia a conoscenza. I numeri assegnati alle porte possono variare da 0 a 65535. Alcune applicazioni utilizzano per le porte numeri preassegnati dalla Internet Assigned Numbers Authority (IANA). Ad esempio, un servizio web tramite HTTP è tipicamente mappato alla porta 80 di una telecamera di rete.

### *Antenne*

Le antenne sono apparecchi passivi che generano un effetto amplificativo grazie alla loro forma fisica e convertono l'energia ricevuta in onde radio. Le antenne hanno le stesse caratteristiche in trasmissione e ricezione, e la loro classificazione può essere basata su:

- Frequenza: ogni antenna è caratterizzata da un range di frequenze entro il quale

può lavorare, che deve essere simile a quello del dispositivo di trasmissione/ricezione ad essa connesso. Per questo motivo le antenne utilizzate per l'HF sono differenti dalle antenne utilizzate per il VHF, che a loro volta sono differenti dalle antenne per le microonde. Le antenne che lavorano nel campo delle microonde utilizzano frequenze pari a 2.4 GHz e 5 GHz, che corrispondono ad una lunghezza d'onda di rispettivamente 12,5 cm e 6 cm.

- Guadagno (gain): rappresenta il numero di decibel (dBi) in più che riesce a trasmettere/ricevere il dispositivo grazie all'antenna; in pratica è la misura della sua efficienza. Si va dai 5 dBi per link (ponti radio) di breve distanza ai 24 dBi per quelle utilizzate per collegamenti interurbani.
- Direttività: caratteristica legata all'ampiezza del fascio che viene irradiato dall'antenna. Ad un'ampiezza minore del fascio corrisponde una maggiore direttività; questo aspetto è inoltre collegato al guadagno da un rapporto di proporzionalità diretta. Infatti, all'aumentare del guadagno, aumenta la direttività e viceversa. Considerando questa caratteristica, esistono antenne omnidirezionali, che irradiano a 360° sul piano orizzontale intorno all'antenna ma hanno un guadagno di 5-12 dBi, antenne settoriali, con un fascio largo fino a 180° e un guadagno di circa 12-15 dBi e quelle direzionali o direttive (come la yagi, la biquad, l'antenna a tromba, l'elicoidale, l'antenna patch e il disco parabolico), che possiedono il guadagno più alto, 19-24 dBi, ma la larghezza di fascio minore, adatta per link di elevata distanza.
- Costruzione fisica: le antenne possono essere costruite in molti differenti modi, che variano dai semplici fili, ai dischi parabolici.

## 1.2 Tecnologia PoE (Power over Ethernet)

Il sistema di videosorveglianza descritto si basa anche sulla tecnologia PoE (Power over Ethernet).

Con la tecnologia PoE la rete può anche essere utilizzata per **alimentare** prodotti con tecnologia video di rete.

La tecnologia Power over Ethernet (PoE) consente di alimentare dispositivi collegati a una rete Ethernet utilizzando lo stesso cavo in uso per la comunicazione dei dati. Power over Ethernet viene utilizzato principalmente per alimentare telefoni IP, punti di accesso wireless e telecamere di rete in una LAN.

È garantita la **compatibilità** con dispositivi di rete precedenti non compatibili con la tecnologia PoE. Lo standard include un metodo per identificare automaticamente se un dispositivo supporta la tecnologia PoE e, solo una volta ottenuta una conferma, l'alimentazione viene fornita al dispositivo. Ciò significa inoltre che il cavo Ethernet collegato a uno switch PoE non fornirà l'alimentazione se non è collegato ad alcun dispositivo compatibile con la tecnologia PoE. In questo modo viene eliminato il **rischio di scossa elettrica** durante l'installazione o il nuovo cablaggio di una rete.

Nello standard, il dispositivo che fornisce l'alimentazione di potenza è denominato Power Sourcing Equipment (**PSE**). Quest'ultimo può essere un midspan o uno switch abilitati PoE. Il dispositivo che riceve l'alimentazione di potenza è denominato powered device (**PD**). La funzionalità è normalmente integrata in un dispositivo di rete quale una telecamera di rete, o in uno splitter indipendente.

Un cavo a doppino intrecciato contiene quattro coppie di cavi intrecciati. La tecnologia PoE può utilizzare le due coppie di cavi "di scorta" oppure sovrapporre la corrente sulle coppie di cavi utilizzate per la trasmissione dei dati. Gli switch con tecnologia PoE incorporata spesso forniscono l'elettricità tramite le due coppie di cavi utilizzate per trasferire i dati, mentre i midspan in genere utilizzano le due coppie di scorta. Un PD supporta entrambe le opzioni.

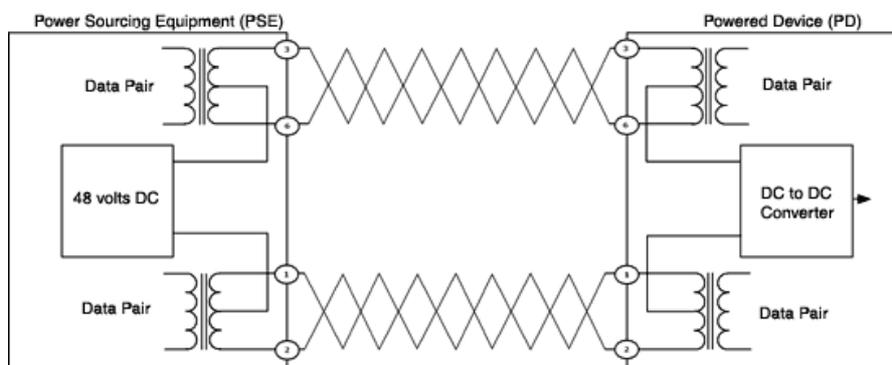


Figura 1- Configurazione di uno switch

Un PSE può essere uno switch o un midspan.

Il **midspan**, che aggiunge alimentazione a un cavo Ethernet, è posizionato tra lo switch di rete e i dispositivi alimentati. Per assicurarsi che il trasferimento dati non sia disturbato, è importante tenere a mente che la distanza massima fra la sorgente dei dati (ad es. lo switch) e il prodotto con tecnologia video di rete non deve essere superiore a 100 m. Ciò significa che il midspan e lo/gli splitter attivo/i devono essere posizionati entro tale distanza.

Uno **splitter** viene utilizzato per separare l'alimentazione di potenza e i dati che passano in un cavo Ethernet in due cavi separati, che possono poi essere connessi ad un dispositivo privo di supporto PoE integrato. Per i prodotti con tecnologia video di rete che non supportano in modo nativo la tecnologia PoE, è necessario installare uno splitter PoE per separare l'alimentazione dai dati trasmessi sullo stesso cavo di rete. Poiché PoE e PoE+ alimentano solo 48 V di corrente continua, un'altra funzione dello splitter è di ridurre la tensione al livello più appropriato per il dispositivo, ad esempio 12 V o 5 V.

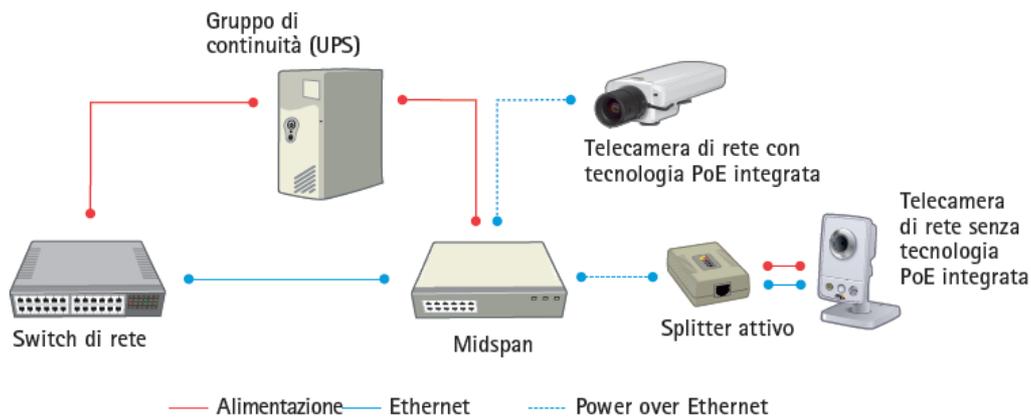


Figura 2- Configurazione

Vantaggi:

- Il vantaggio principale della tecnologia PoE è il risparmio. Non è necessario assumere un elettricista certificato e installare una linea di alimentazione dedicata.
- È particolarmente vantaggioso in aree difficili da raggiungere. Il fatto che non sia necessario installare alcun cavo di alimentazione consente di risparmiare, in base alla posizione della telecamera, fino ad alcune centinaia di euro per telecamera.
- L'uso della tecnologia PoE facilita anche lo spostamento di una telecamera in una nuova posizione o l'aggiunta di telecamere a un sistema di videosorveglianza.
- PoE può rendere un sistema video più sicuro. Un sistema di videosorveglianza con PoE può ricevere alimentazione di potenza dalla server room, che spesso dispone di un gruppo di continuità (UPS - Uninterruptible Power Supply) di backup. Ciò significa che il sistema di videosorveglianza può essere operativo anche durante un'interruzione della corrente elettrica.

### 1.3 Connettività degli apparati

Di solito la scelta tecnica più ovvia per interconnettere i siti di ripresa è quella in fibra ottica, essendo la più affidabile e quella che permette una maggiore larghezza di banda, che si traduce in una migliore qualità e fluidità delle immagini fornite dalle telecamere dislocate sul territorio. Non esistendo la possibilità di utilizzare tale sistema di comunicazione a causa degli alti costi di cablaggio, si adotta generalmente per gli impianti di videosorveglianza la soluzione radio con tecnologia senza fili (wireless), che permette di collegare dispositivi dotati di porta ETHERNET (computer, telecamere, ecc.) in una rete IP virtuale con collegamenti a lunga distanza come se fossero in rete locale.

Gli apparati wireless LAN che realizzano queste applicazioni funzionano nelle bande di frequenza a microonde di tipo collettivo:

- 2400 -2483 MHz (banda ai 2,4 GHz)
- 5470 -5725 MHz (banda ai 5,4 GHz)

Il set di standard più comune per le reti wireless locali (WLAN) è **IEEE 802.11**.

Sebbene siano disponibili altri standard oltre a tecnologie proprietarie, il vantaggio degli standard wireless 802.11 è che funzionano tutti in un'ampia gamma di **reti senza licenza**, ossia non esiste una tariffa associata alla licenza quando si configura o si utilizza la rete. Le modifiche più rilevanti degli standard per i prodotti Axis sono 802.11b, 802.11g e 802.11n.

**802.11b**, che è stato approvato nel 1999, opera nella gamma da 2,4 GHz e produce velocità di trasmissione dati fino a 11 Mbit/s.

**802.11g**, che è stato approvato nel 2003, opera nella gamma da 2,4 GHz e produce velocità di trasferimento dati fino a 54 Mbit/s. I prodotti WLAN sono solitamente conformi con 802.11b/g.

**802.11n**, che è stato approvato nel 2009 ed opera nella banda da 2,4 GHz o 5,4 GHz ed appartiene alla maggior parte dei prodotti wireless attualmente supportata.

A seconda di quali funzionalità dello standard sono implementate:

**802.11a** consente una velocità di trasferimento dati massima compresa fra 65 Mbit/s e 600 Mbit/s. La velocità di trasferimento dati, in pratica, può essere molto inferiore rispetto ai massimi teorici.

**802.11ac**, che opera nella banda da 5,4 GHz, garantisce velocità di trasferimento dati ancora più elevate, dedicate per linee fibra ad alta velocità.

Quando si configura una rete wireless, bisogna tenere in considerazione la capacità di larghezza di banda del punto di accesso e i requisiti di larghezza di banda dei dispositivi di rete. In generale, il throughput di dati utile supportato da un determinato standard WLAN è circa la metà della velocità in bit definita da uno standard a causa dell'overhead dei segnali e dei protocolli. Con le telecamere di rete che supportano lo standard 802.11g, è possibile collegare un massimo di quattro o cinque telecamere a un punto di accesso wireless.

Tabella 1- Valori di riferimento

Standard	Frequenza	Velocità di trasferimento (Mb/s)	Distanza (metri)	Modulazioni utilizzate
802.11a	5,2, 5,4, 5,8 GHz	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	20-40	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
802.11n	2,4 GHz, 5,4 GHz	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54, 65, 72, 125, 144, 150, 270, 300	Fino ai 120-180	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM

È importante comprendere che la velocità dichiarata di un dispositivo wireless (il data rate) indica la velocità alla quale questi riesce a comunicare simboli via radio, mentre la reale capacità del canale, o throughput, è inferiore a quest'ultima. Come accennato in

precedenza, un singolo collegamento 802.11g può infatti raggiungere i 54Mbps via radio, ma assicurerà un throughput effettivo fino a 22Mbps; il resto è sovraccarico che le radio impiegano per coordinare il proprio segnale usando il protocollo 802.11g.

## 1.4 Zone di Fresnel

Un requisito importante per ottenere le performance migliori per link wireless in ambiente esterno è quello di mantenere libera da ostacoli la Linea di Visibilità (line-of-sight, LoS) tra le due antenne. Non solo, è necessario anche prendere in considerazione l'area ellissoidale compresa tra i due dispositivi connessi; quest'area si divide in zone progressivamente più ampie, che prendono il nome di Zone di Fresnel. In queste zone ostacoli comuni possono provocare scattering, cioè il fenomeno di diffusione disordinata delle onde dovuto alla reciproca collisione, a seguito del quale parte di questa energia raggiunge direttamente l'antenna ricevente, mentre altra vi arriva dopo essere rimbalzata sul terreno. Questo segnale riflesso, avendo percorso un tragitto più lungo di quello diretto, arriva all'antenna ricevente in ritardo, interferendo con il segnale principale, secondo il fenomeno chiamato **multipath**, o dei cammini multipli. In alcuni casi i segnali riflessi si sommano assieme e non causano problemi, mentre quando si sommano fuori fase, il segnale ricevuto arriva affetto da disturbi (interferenza intersimbolo). L'arrivo di un segnale in modo indiretto può comportare due conseguenze:

- La fase del segnale viene invertita di  $180^\circ$ ;
- Essendo il segnale fuori asse, e quindi il percorso tra il trasmettitore e il ricevitore più lungo, il segnale arriva scalato in fase di una quantità relativa alla differenza di lunghezza del percorso rispetto a quello diretto.

Poiché l'antenna del ricevitore non è in grado di distinguere tra il segnale diretto e quello indiretto, essendo entrambi alla stessa frequenza, vengono ricevuti e combinati insieme da parte dell'antenna di destinazione: nel caso di segnali traslati di  $360^\circ$  in fase, questi si sommeranno perfettamente ottenendo un'onda costruttiva; al contrario, se i segnali sono separati da  $180^\circ$ , e quindi in fase opposta, verranno sottratti e quindi annullati.

La prima ellisse di Fresnel è costruita in modo che la differenza di lunghezza del percorso tra il segnale principale e quelli riflessi sulla superficie dell'ellissoide sia  $180^\circ$ . Un segnale riflesso arriverà quindi al ricevitore invertito di  $180^\circ$  dal fenomeno di riflessione, e traslato di ulteriori  $180^\circ$  per la maggiore distanza del percorso rispetto al segnale diretto. I due segnali, differenziati di  $360^\circ$  in corrispondenza del ricevitore, verranno quindi sommati, senza inficiare la bontà del segnale trasmesso.

Al contrario, la seconda zona di Fresnel è costruita sulla superficie in corrispondenza della quale un eventuale riflessione dell'onda genera una traslazione di fase della stessa di  $360^\circ$  dovuti alla sola distanza aggiuntiva percorsa, che incrementati ai  $180^\circ$  di inversione della fase per effetto del fenomeno di riflessione porta ad avere  $540^\circ$  complessivi di sfasamento

tra i due segnali in corrispondenza del ricevitore. In conseguenza dell'unione dei due segnali in controfase si ha l'annullamento degli stessi e quindi il degrado del segnale. Analoghe considerazioni possono essere applicate per tutte le zone di Fresnel 'pari', mentre gli effetti definiti in precedenza sono associati a tutte le zone 'dispari' di Fresnel.

Sulla base di quanto appena descritto, l'interesse della zona di Fresnel connesso alla propagazione delle onde si limita al minore degli ellissoidi, il primo, il cui volume deve essere mantenuto libero da ostacoli che attenuerebbero la potenza del segnale wireless.

Viene comunque tollerata una certa ostruzione entro tale zona corrispondente al 40%, cioè deve essere garantita un'assenza di 'barriere' all'interno dell'ellissoide avente raggio pari al 60% del raggio della prima zona di Fresnel.

Il raggio dell'ellisse cilindrico è calcolato sulla base della distanza tra le antenne e della frequenza di trasmissione, e nello specifico:

$$r = 17,31 \sqrt{\frac{n(D1 * D2)}{f * D}} \text{ con } n = 1 \text{ per la prima ellisse}$$

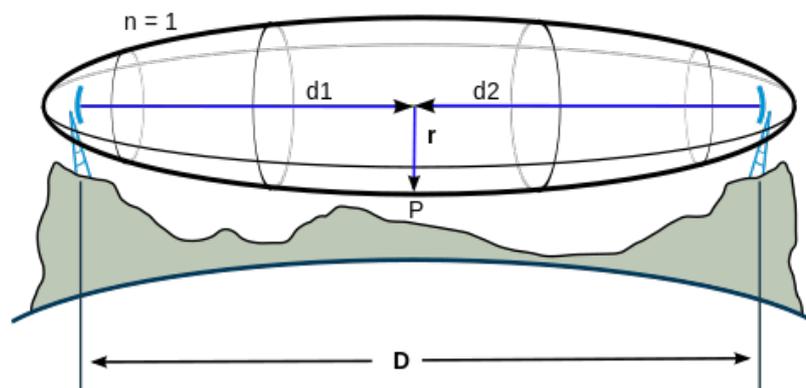


Figura 3- Grafico per il calcolo del raggio cilindrico

È importante considerare che due aspetti relativi alle Zone di Fresnel, che si evincono dalla formula per il calcolo del raggio:

- all'aumentare della distanza del collegamento, aumenta il raggio  $r$ ;
- ad una diminuzione della frequenza del link, anche il raggio  $r$  diminuisce.

Bisogna comunque considerare che se si devono coprire distanze importanti, come per esempio 20 km, non si può scendere al di sotto dei 5 GHz.

Le opzioni possibili per mantenere una buona LoS ed una Fresnel zone libera, fissate due postazioni, sono:

- alzare l'antenna il più possibile dalla struttura esistente;

- costruire una struttura idonea, come ad esempio una torre radio;
- incrementare l'altezza della torre radio esistente;
- utilizzare un differente punto di "ancoraggio" dell'antenna;
- sfrondare gli alberi (attenzione ai permessi eventualmente necessari);

anche nel caso in cui la zona di Fresnel parzialmente ostruita, è ancora possibile avere il collegamento, qualora sia comunque garantita la linea di visibilità, purché la connessione sia progettata per avere un segnale sufficientemente forte sul ricevitore. In questo caso è necessario l'ausilio di software GIS e accurate ispezioni locali di verifica.

Nella pratica, i passi da seguire per ottenere un posizionamento corretto e buono delle postazioni radio deve essere tale per cui:

- sia garantita la visibilità ottica tra le antenne, ossia che la cosiddetta Linea di Visibilità (Line of Sight o LoS) sia sgombra da ostruzioni;
- almeno il 60 % della cosiddetta Zona di Fresnel sia libera da ostacoli;
- data la distanza e i margini di perdita di propagazione stimati, il dimensionamento degli apparati di rice-trasmissione sia tale da consentire un bilancio positivo della Potenza Netta trasmessa.

## 1.5 Pianificazione Ponti Radio

Alla base di un qualunque progetto wireless si considera il Link Budget, che a partire dalle caratteristiche degli apparati, dall'ambiente di propagazione, e dalle specifiche di qualità richieste, serve a calcolare la quantità di potenza da trasmettere per raggiungere una determinata distanza; oppure, laddove la massima potenza da trasmettere fosse limitata, per calcolare la massima distanza di copertura.

Affinché una trasmissione radio tra una generica stazione di trasmissione (Tx) e una stazione ricevente (Rx) sia ben realizzata, occorre che l'informazione trasmessa giunga a destinazione in modo intelligibile. Ciò, in termini tecnici, si traduce nella regola che le trasmissioni avvengano con Potenza Netta positiva, ossia che la somma algebrica dei guadagni e delle perdite di tutti gli elementi che compongono il sistema radio sia di valore non negativo.

A tal fine, si consideri un sistema di comunicazione base costituito di due radio, ciascuna con la propria antenna, separate dal percorso che dev'essere coperto per garantire la trasmissione dei dati. Per poter instaurare una comunicazione, le due radio richiedono un segnale minimo che raggiunga le antenne e che venga quindi presentato ai loro ingressi. La determinazione della fattibilità del collegamento è un processo chiamato calcolo del **link budget**. Se i segnali possano o meno essere scambiati tra le radio dipende dalla qualità dell'attrezzatura usata e dal degrado del segnale dovuto dalla distanza, chiamato **path loss**

(perdita di percorso).

La potenza disponibile in un sistema 802.11 può essere caratterizzata dai seguenti fattori:

- Potenza di Trasmissione (PT). È espressa in milliwatt (mW) o in dBm. La potenza di trasmissione varia dai 30mW ai 200mW o più, sulla base della velocità di trasmissione, e per un particolare dispositivo viene generalmente esplicitata dalla documentazione fornita dal produttore.
- Perdite di Cavo (LT,LR). Parte dell'energia del segnale è persa nei cavi, nei connettori ed in altri dispositivi, presenti nel tratto tra l'antenna e il trasmettitore. La perdita dipende dal tipo di cavo usato e dalla sua lunghezza, ma per cavi coassiali corti, che includano i connettori, è relativamente bassa, compresa tra i valori di 2-3 dB.
- Guadagno d'Antenna (GT,GR). Le antenne sono dispositivi passivi che amplificano il segnale ricevuto grazie alla loro forma fisica. Le antenne presentano la stessa caratteristica in trasmissione ed in ricezione. Le antenne paraboliche presentano un guadagno di 19-24 dBi, le antenne omnidirezionali di 5-12 dBi, quelle settoriali di 12-15 dBi. La somma di questo contributo e della Potenza di trasmissione, depurata delle perdite di cavo, fornisce il cosiddetto EIRP (Effectively Isotropical Radiated Power): in caso di collegamenti punto-a-punto il suo valore è limitato a 1W (30dBm), mentre per collegamenti punto-multipunto il limite sale a 4W (36 dBm).
- Livello di Segnale ricevuto (PR) o, sulla base del dispositivo usato, la sensibilità del ricevitore. Il minimo RSL (Received Signal Level, livello di segnale ricevuto) è sempre espresso in decibel negativi (- dBm) ed è la minima potenza di segnale che la radio riesce a distinguere. Il minimo RSL dipende dalla velocità, e come regola generale la velocità trasmissiva più bassa (1 Mbps) garantisce la sensibilità massima. Tale minimo è, tipicamente, compreso tra i -75 e -95 dBm. Come per la potenza di trasmissione, il dettaglio del RSL dovrebbe essere specificato dal produttore dell'apparato.

Lo schema di principio è di seguito riportato:

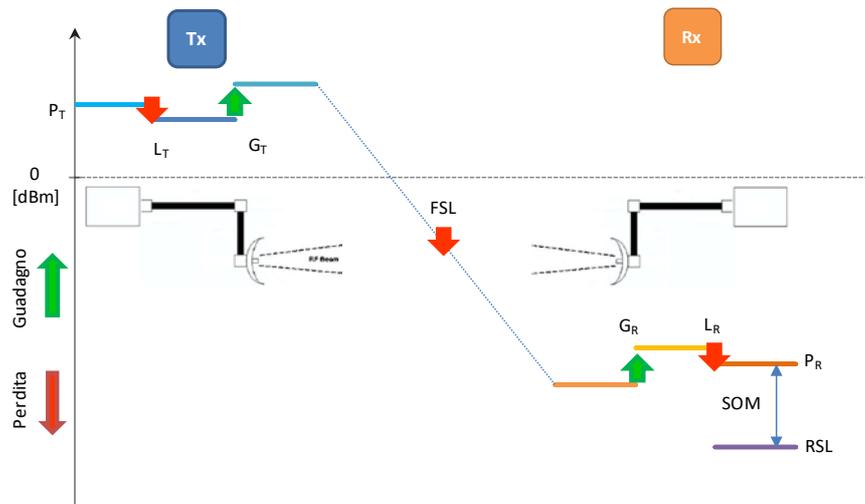


Figura 4- Schema di principio

La differenza tra i contributi in trasmissione ( $T_x = P_T - L_T + G_T$ ) e in ricezione ( $R_x = P_R - L_R + G_R$ ) fornisce il MAPL (Maximum Allowed Path Loss), che identifica la massima perdita di segnale dovuta al percorso di trasmissione, e quindi la massima distanza che un segnale radio può percorrere ad un richiesto livello di servizio. Quando si calcola la perdita di percorso, diversi fattori devono essere considerati. Occorre mettere in conto la perdita nello spazio libero, la attenuazione e lo scattering.

La potenza del segnale si riduce a causa della diffusione geometrica del fronte d'onda, comunemente conosciuta come perdita nello spazio libero (FSL, Free Space Loss), che rappresenta comunemente il maggior contributo di degradazione del segnale fra trasmettitore e ricevitore. Trascurando il resto, più lontano sono le due radio e minore sarà il segnale ricevuto, a causa delle crescenti perdite di potenza del segnale, la cui trasmissione avviene secondo una funzione della distanza dal trasmettitore. In particolare, si può esprimere l'attenuazione del campo magnetico durante la propagazione come

$$FSL = \frac{(4\pi)^2 d^\alpha}{\lambda^2} \text{ con } \lambda = \frac{c}{f}$$

che espressa in dB assume la forma

$$FSL = 10 \text{Log} \left[ \frac{(4\pi)^2 d^\alpha}{\lambda^2} \right] \text{ con } \lambda = \frac{c}{f}$$

Dove  $d$  è la distanza in metri tra l'antenna trasmittente e l'antenna ricevente;  $2 < \alpha < 5$ , dove  $\alpha$  è il coefficiente di attenuazione generalmente assunto pari a 2 nello spazio libero. La FSL attenua il segnale impedendo comunicazioni tra punti troppo distanti ma permette anche la riassegnazione delle stesse frequenze in locazioni differenti. Infine,  $f$  è la frequenza di trasmissione (valore medio della banda con IEEE 802.11n) e  $c = 3 \cdot 10^8$  [m/s] è la velocità di

propagazione nel vuoto.

Un ulteriore contributo alla perdita sul percorso è dato dall'attenuazione, ovvero dall'assorbimento di parte di potenza del segnale nell'attraversamento di ostacoli quali alberi, mura, finestre e pavimenti di edifici. L'attenuazione può variare in modo pesante, dipendendo dalla struttura degli oggetti che il segnale attraversa, ed è di difficile quantificazione. Il modo più semplice per esprimere questo contributo alla perdita totale è quello di aggiungere un contributo arbitrario che tenga conto degli errori dovuti alla presenza di attenuazioni, generalmente assunto pari a una frazione dell'attenuazione della tratta (25-30%) di cui la stessa viene amplificata.

Sul percorso del collegamento, l'energia RF (Radio-Frequenza) lascia l'antenna trasmittente e si espande per effetto dello scattering, fenomeno di diffusione disordinata delle onde dovuto alla reciproca collisione. Un modo semplice per inserire gli effetti dello scattering nel calcolo delle perdite di percorso è di cambiare l'esponente del fattore distanza nella formula della perdita in spazio libero: questo, generalmente assunto pari a 2, tende ad incrementare in un ambiente con pesante scattering, e può essere assunto pari a 3 in un ambiente esterno con alberi, o pari a 4 per un ambiente interno.

A questo punto, se il livello di segnale che si ottiene è maggiore del minimo livello di segnale in ricezione, allora il collegamento è fattibile e il segnale ricevuto è sufficientemente potente per le radio da poter essere usato. Si ricordi che il minimo RSL è sempre espresso in decibel negativi, quindi -56dBm è migliore ('maggiore' in potenza) di -70dBm. Su una data percorrenza, la variazione nelle perdite di percorso nel tempo può essere significativa, quindi un certo margine di sicurezza sulla differenza tra il livello di segnale calcolato ed il minimo livello di segnale ricevuto dovrebbe essere considerato. Questo margine è la quantità di segnale che, superando la sensibilità della radio, dev'essere ricevuta per garantire un collegamento stabile e di buona qualità anche nel caso di cattive condizioni meteorologiche o durante altri disturbi atmosferici. Un margine d'errore, o Fade Margin, di 15 dB è in genere sufficiente, talvolta incrementato a 20 dB per tenere in conto anche i contributi di attenuazione e multipath nel segnale ricevuto.

Verificato che la Potenza netta sia positiva, e superiore ad un margine di sicurezza fissato, si avrà ancora un margine di operatività del sistema (SOM), o link margin [dB], dato dalla differenza tra il minimo livello di segnale del ricevitore (o sensibilità del ricevitore) e la reale potenza effettivamente ricevuta (link budget), che deve essere massimizzato. Tale valore permette di testare e confrontare diverse configurazioni progettuali, per verificare quanto margine ciascun collegamento può raggiungere. Non esiste un valore richiesto preciso di tale parametro, essendo già stato considerato un margine di sicurezza (Fade Margin) in fase di calcolo del Link Budget, ma valori più alti denotano maggiore robustezza e permettono di avere margine di sicurezza per eventi di degradazione del segnale quali interferenze, condizioni atmosferiche avverse, umidità, presenza di ghiaccio.

## 2 Le connessioni dati

Le postazioni così individuate permettono il rilievo delle targhe e delle immagini di contesto delle strade e dei luoghi ove installate: tali immagini devono essere rese disponibili alle autorità competenti e ai servizi di backup e per ottemperare a tali obiettivi è necessario connettere tutte le postazioni alla centrale operativa, collocata presso il Comune in Via Bongiovanni, 4.

Non essendo garantita la visuale libera tra la centrale operativa e le postazioni, la scelta progettuale è quella di sfruttare un'antenna di rilancio dedicata da collocare sul campanile della parrocchia Natività di Maria per interconnettere l'intero sistema.

Da qui, utilizzando antenne dedicate sarà possibile connettere ogni postazione con la centrale operativa presso la centrale operativa in comune.

Di seguito in Figura 5 viene mostrata la planimetria delle postazioni e delle connessioni in progetto.

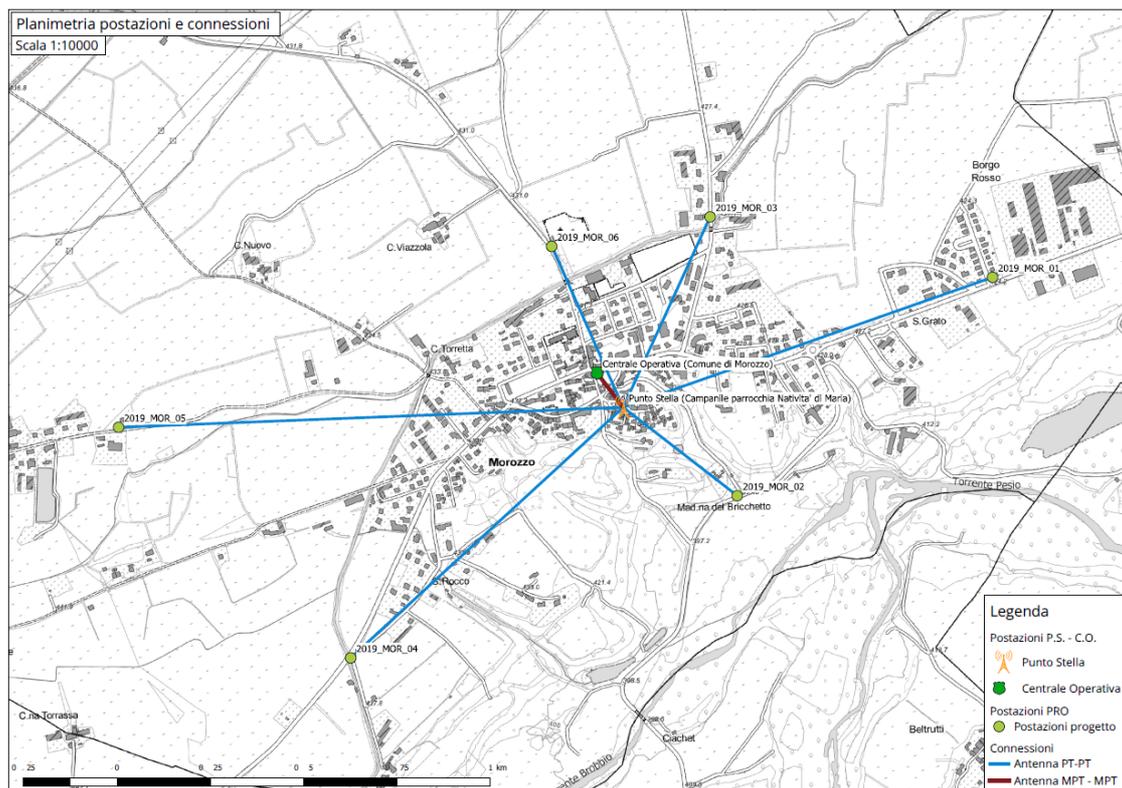


Figura 5- Planimetria delle postazioni analizzate

## 2.1 Ponti radio e verifica banda trasmissiva

La trasmissione dei dati su grandi distanze sfrutta la tecnologia trasmissiva ottenuta utilizzando dispositivi WiFi dedicati o antenne per la realizzazione di ponti radio.

Generalmente per impianti di sorveglianza la scelta ricade sull'utilizzo di antenne dedicate che, a differenza dei dispositivi WiFi, riescono a garantire una copertura più ampia sul territorio.

A tale scopo è stata appositamente studiata e verificata la rete che permette di connettere le postazioni di lettura targhe e contesto al centro operativo in Comune, sfruttando il punto di rilancio posto sul campanile della parrocchia Natività di Maria.

L'infrastruttura di rete prevede l'utilizzo di 14 antenne su banda 5.4 Ghz, in particolare una coppia di antenne per il collegamento della i-esima postazione al campanile e una coppia di antenne per il collegamento tra il campanile e la centrale operativa in Comune.

Le verifiche sono state effettuate mediante l'utilizzo del software *Link Planner* che permette l'inserimento in mappa dei punti planimetrici e delle connessioni, caratterizzando sia il tipo di antenna e il paese nel quale si sta effettuando la progettazione e la verifica degli impianti.

Definite le caratteristiche degli apparati di trasferimento dei dati, il software fornisce come output il throughput, ovvero la capacità di trasmissione "effettivamente utilizzata" in un canale di comunicazione e il throughput disponibile per il trasferimento dei dati tra le antenne. Inoltre vengono forniti numerosi dati relativi alle performances caratterizzanti il sistema in progetto, potendo di fatto confrontare eventuali requisiti minimi derivanti dall'utilizzo di banda, riportati in Tabella 2, e quella effettivamente disponibile.

Per i calcoli e le verifiche sopra dette, si rimanda all'allegato tecnico in calce alla seguente relazione.

*Tabella 2- Calcoli utilizzo di banda*

Link	Postazione TX	Postazione RX	Collegamento	N° LT	N° Contesto	N° Camere	Banda richiesta [Mbit/s]	Banda richiesta totale [Mbps]	Modello Antenna	Throughput mean aggregate [Mbps]	Banda rimanente [Mbps]	Occupazione banda [%]
1	2019_MOR_01	2019_MOR_CAMPANILE	P1-PR	1	1	2	10	20	Antenna PTP	227,14	207,14	8,81
2	2019_MOR_02	2019_MOR_CAMPANILE	P2-PR	1	1	2	10	20	Antenna PTP	248,95	228,95	8,03
3	2019_MOR_03	2019_MOR_CAMPANILE	P3-PR	1	1	2	10	20	Antenna PTP	248,93	228,93	8,03
4	2019_MOR_04	2019_MOR_CAMPANILE	P4-PR	1	1	2	10	20	Antenna PTP	231,49	211,49	8,64
5	2019_MOR_05	2019_MOR_CAMPANILE	P5-PR	1	1	2	10	20	Antenna PTP	199,48	179,48	10,03
6	2019_MOR_06	2019_MOR_CAMPANILE	P6-PR	1	2	3	10	30	Antenna PTP	248,95	218,95	12,05
7	2019_MOR_CAMPANILE	2019_MOR_COMUNE	PR-PC	6	7	13	10	130	Antenna PTP	248,95	118,95	52,22