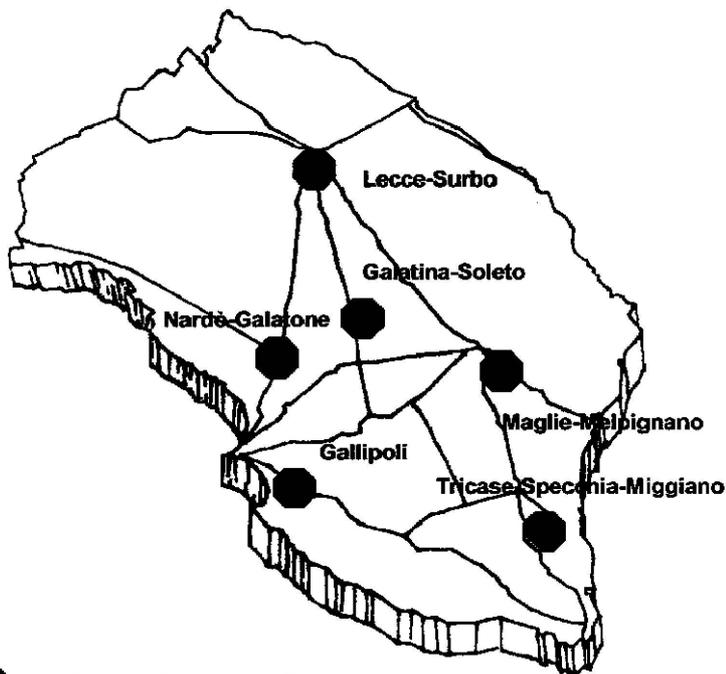


Provincia di LECCE



CONSORZIO *PER L'AREA DI* **SVILUPPO** **INDUTRIALE** *DI LECCE*

Ente Pubblico Economico
Legge 5.10.1991 n°317
L.R. 08.03.2007 n°2

PROGETTO PON LEGALITA' FESR-FSE 2014-2020

INTERVENTI DI SORVEGLIANZA DELLE AREE INDUSTRIALI

PROGETTO ESECUTIVO

Importo: € 3.197.000

Progettisti:

Ing. Claudio Conversano

Ing. Antonio Notaro

Arch. Elisa Conversano

Ing. Lorenzo Conversano

Ing. Roberto Marzo

TAV. B.1

Data: marzo 2019

Approvazioni:

RELAZIONE DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DATI

IL PRESIDENTE Dott. Angelo Tondo

IL DIRETTORE GENERALE
Dott. Antonio Fitto

IL RUP
Geom. Vittorio Carluccio

IL RESPONSABILE DEL PROGETTO
Ing. Leonardo Dimitri

Sommario

1. Premessa	3
2. Normativa tecnica di riferimento	3
3. Infrastruttura dati principale	7
3.1 Trasmettitore Ottico-Caratteristiche Generali	7
3.2 Fibra ottica-Caratteristiche Generali	8
3.3 Ricevitore ottico-Caratteristiche Generali.....	10
3.4 Scelta del tipo di fibra ottica.....	10
3.5 Scelta del tipo di connettorizzazione.....	12
3.5.1 Giunti Meccanici	12
3.5.2 Giunti a fusione.....	13
3.5.3 Connettori in fibra	13
3.6 Calcolo dell'attenuazione massima nel caso peggiore	14
3.7 Calcolo del Bit Rate minimo nel caso peggiore	15
3.8 Caratteristiche tecniche degli apparati ottici e della fibra del l'infrastruttura dati	17
3.8.1 Fibra ottica.....	17
3.8.2 Trasmettitore / Ricevitore ottico.....	19
3.8.3 Giunti di spillamento	20
3.8.4 Connettorizzazioni fibra.....	20
3.9 Topologia di rete utilizzata	21
3.9.1 Topologia a stella.....	21
3.9.2 Topologia ad anello	22
3.9.3 Soluzioni ulteriori per aumentare la robustezza della rete	22
3.10 Indicazioni esecutive della rete in fibra.....	22
3.10.1 Scavi cavidotti e pozzetti	23
3.10.2 Posa della fibra ottica	24
3.10.3 Certificazione delle tratte	24
4. Infrastruttura dati backup	25
4.1 Criteri di dimensionamento.....	26
4.1.1 Attenuazione del cavo (Cable losses)	26
4.1.2 Parametri di ricevitore.....	27
4.1.3 Ellissoide di Fresnel.....	27
4.1.4 Guadagno di antenna	28
4.1.5 FadeMargin.....	28



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

4.1.6 Link Budget	28
4.3 Verifica delle condizioni di free space loss	29
4.3 Scelta della tecnologia MIMO per gli apparati wifi	30
4.3.1 La tecnologia MIMO	30
4.4 Calcolo delle prestazioni di rete	32
4.5 Caratteristiche tecniche degli apparati wifi	32
4.6 Indicazioni esecutive per la rete wifi	33
5. Logica di funzionamento dell'infrastruttura dati	34
5.1 Caratteristiche degli switch di rete	38

1. Premessa

La presente relazione tecnica riporta il dimensionamento e le scelte progettuali specifiche per la rete dati a servizio dei sistemi di videosorveglianza delle zone industriali di Lecce-Surbo, Casarano, Galatone-Nardò e Galatina. La rete dati a servizio delle postazioni di ripresa di contesto e di lettura targhe ricopre un ruolo fondamentale nel garantire la continuità di funzionamento dell'intero sistema di videosorveglianza garantendo un'elevata velocità di comunicazione. Dovrà, inoltre, essere immune a malfunzionamenti dovuti ad eventi naturali o da atti dolosi volti ad impedire che il sistema assolva alle sue funzioni di videocontrollo del territorio.

E' prevista la realizzazione di due reti di telecomunicazione che utilizzano due tecnologie diverse e distinte e un link radio ad alta velocità per connessioni remote a stazioni di polizia e forze dell'ordine:

1. L'infrastruttura principale, ad alta velocità in fibra ottica che garantirà il collegamento e il trasferimento dei dati dalle postazioni di ripresa al centro di raccolta e registrazione ubicato nelle diverse zone industriali durante il normale funzionamento del sistema
2. L'infrastruttura secondaria o di "backup" basata su tecnologia WIFI che collegherà tutti i dispositivi verso lo stesso centro di raccolta e che si attiverà in automatico nel momento in cui sulla rete in fibra ottica si abbia una discontinuità di servizio.
3. Link a RF (radio frequenza) con capacità massima di 1 Gbit/s per connessione del sistema di videosorveglianza a sedi di forze dell'ordine sul territorio.

Entrambe le infrastrutture sono dimensionate per garantire affidabilità e prestazioni elevate in ogni condizione di funzionamento.

2. Normativa tecnica di riferimento

Criteri di progetto e documentazione

CEI 0-2 Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici

Codice della Strada (D.L.vo 30.04.1992 – n. 285)

Sicurezza elettrica

CEI 0-13 Protezione contro i contatti elettrici – Aspetti comuni per gli impianti e le apparecchiature

CEI 0-16 Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti AT ed MT delle imprese distributrici di energia elettrica

CEI 11-27 Lavori su impianti elettrici

CEI 64-8 Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata e a 1500 V in corrente continua.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Rete elettrica del distributore e allacciamento degli impianti

CEI 11-17 Impianti di produzione, trasmissione e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo.

Cavi, cavidotti ed accessori

CEI 20-13 Cavi con isolamento estruso in gomma per tensioni nominali da 1 a 30kV

CEI 20-14 Cavi isolati con polivinilcloruro per tensioni nominali da 1 kV a 3 kV

CEI 20-19 Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V

CEI 20-19/1 Cavi con isolamento reticolato con tensione nominale non superiore a 450/750 V – Parte 4:
Cavi flessibili

CEI UNEL 35016 Classe di Reazione al fuoco dei cavi in relazione al Regolamento EU "Prodotti da Costruzione" (305/2011)

CEI EN 50525-1 Cavi energia con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U) Parte 1:
Prescrizioni generali

CEI 20-22/2 Prova di non propagazione dell'incendio per cavi elettrici.

CEI 20-22/3 - CEI EN 60332-3- 24 (IEC 60332-3-24) Prova di non propagazione
dell'incendio per cavi montati a fascio (categoria C).

CEI 20-35/1-2 - CEI EN 60332- 1-2 (IEC 60332-1 ove applicabile) Procedura e requisiti di prova della
non propagazione verticale della fiamma sul singolo cavo.

CEI 20-37/2-1 - CEI EN 50267- 2-1 (IEC 60754-1 ove applicabile) Procedura e requisiti di prova per la
determinazione dei gasalogenidrici emessi durante la combustione dei cavi elettrici.

CEI 20-37/2-2 - CEI EN 50267- 2-2 (IEC 60754-2 ove applicabile) Prova di determinazione della
acidità (corrosività) dei gas dei cavi, mediante misura del pH e della conduttività.

CEI 20-37/4-0 Prove di determinazione dell'indice di tossicità dei gas emessi
durante la combustione dei cavi elettrici.

CEI 20-37/3-1-CEI EN 61034-2 Prove di determinazione della densità di fumo emesso durante la
combustione dei cavi elettrici.

CEI 20-65 Cavi elettrici con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per
tensioni nominali non superiori a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua – Metodi di
verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente.

CEI UNEL 35024/1 Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni
nominali non superiori a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua – Portate di corrente in
regime permanente per posa in aria.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

- CEI UNEL 35024/2** Cavi elettrici ad isolamento minerale per tensioni nominali non superiori a 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa in aria.
- CEI UNEL 35026** Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico o termoplastico per tensioni nominali di 1000V in corrente alternata e a 1500V in corrente continua – Portate di corrente in regime permanente per posa interrata.
- CEI EN 50565-1** Guida all'uso dei cavi con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U) – Parte 1: Criteri generali”
- CEI EN 50565-2** Guida all'uso dei cavi con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U) – Parte 2: Criteri specifici relativi ai tipi di cavo specificati nella Norma EN 50525
- CEI 20-40/1-1;V1** Allegato nazionale alla Norma CEI EN 50565-1 – Cavi elettrici – Guida all'uso dei cavi con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U) – Parte 1: Criteri generali”
- CEI 20-40/2-1;V1** Allegato nazionale alla Norma CEI EN 50565-2 – Cavi elettrici – Guida all'uso dei cavi con tensione nominale non superiore a 450/750 V (U0/U) – Parte 2: Criteri specifici relativi ai tipi di cavo specificati nella Norma EN 50525”
- CEI 20-65 V3** Cavi elettrici isolati con materiale elastomerico, termoplastico e isolante minerale per tensioni nominali non superiori a 1000V in corrente alternata e 1500V in corrente continua – Metodi di verifica termica (portata) per cavi raggruppati in fascio contenente conduttori di sezione differente
- CEI 20-67** Guida per l'uso dei cavi 0.6/1 kV
- CEI 64-14** Guida alle verifiche degli impianti elettrici utilizzatori
- IEC 60793-2:2015** Optical fibres - Part 2: Product specifications - General
- IEC 60794-1-2:2017** Optical fibre cables - Part 1-2: Generic specification - Basic optical cable test procedures - General guidance
- IEC 60332-1 and IEC 60332-2 (*IEC/TS 60695-11-21)** Flame Testing and Certification for Appliance Wiring Material (AWM)
- IEC 60754-1:2011** Test on gasevolvedduringcombustion of materials from cables - Part 1: Determination of the halogen acid gas content
- BS EN 60793-2-60:2008** Optical fibres
- IEC 60794-1-3:2017** Optical fibre cables - Part 1-3: Generic specification - Optical cable elements
- CEI EN 60794-3** Cavi in fibra ottica Parte 3: Specifiche settoriali - Cavi da esterni
- ITU-T Recommendation G.650** Definition and test methods for the relevant parameters of singlemodefibres
- ITU-T Recommendation G.652** Characteristics of a singlemodeoptical fibre cable
- ITU-T Recommendation G.655** Characteristics of a nonzerodispersionshiftedsinglemodeoptical fibre cable

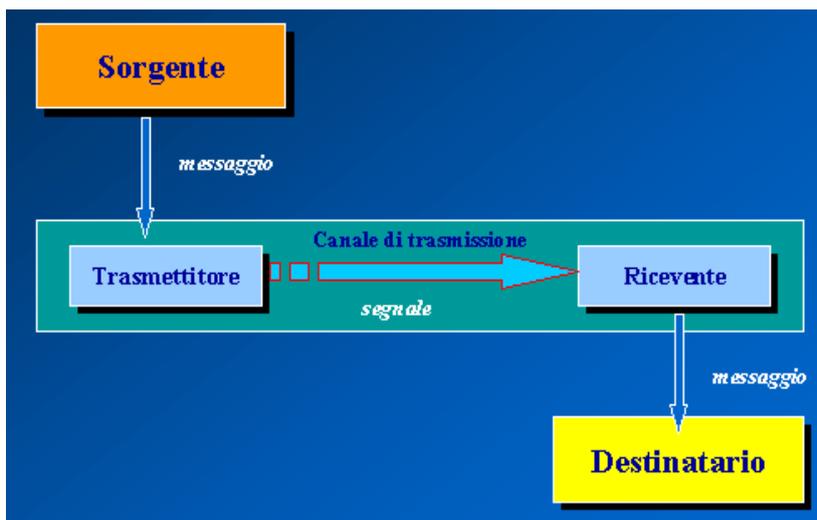
Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Rete dati

- CEI 306-10** Sistemi di cablaggio strutturato. Guida alla realizzazione e alle Norme tecniche
- EN 50174** Tecnologia dell'informazione – Installazione del cablaggio – Parte 3: Pianificazione e criteri di installazione all'esterno degli edifici
- Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze** DECRETO 5 ottobre 2018
- EN 301 489-01 v1.5.1** Compatibilità elettromagnetica EMC
- EN 301 489-17 v1.2.1** Compatibilità elettromagnetica EMC
- EN 300 328 v1.6.1** Compatibilità elettromagnetica EMC
- EN 301 893 v1.2.3** Broadband Radio Access Networks (BRAN); 5 GHz high performance RLAN
- EN 50371:2002** Generic standard to demonstrate the compliance of low power electronic and electrical apparatus with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz - 300 GHz). General public
- EN 60950-1:2001** Information technology equipment - Safety - Part 1: General requirements

3. Infrastruttura dati principale

Analizzando lo schema logico di diversi sistemi di telecomunicazione, si può osservare come essi siano concettualmente sempre simili e che la differenza principale risiede principalmente nel canale di comunicazione



I sistemi di comunicazione ottica possono essere schematicamente divisi in due categorie: sistemi guidati e sistemi non guidati.

Quest'ultima categoria di sistemi utilizza lo spazio libero per la propagazione del segnale ma a causa del deterioramento del segnale nel transito nell'atmosfera e a causa delle grosse limitazioni che il mezzo pone per quanto riguarda la massima distanza di trasmissione (causati anche dalla notevole difficoltà di puntamento del ricevitore), questo tipo di sistemi non è molto utilizzato.

I sistemi guidati sono i più utilizzati nelle applicazioni pratiche e si basano su fibra ottica per la trasmissione del segnale. I sistemi guidati sono costituiti in generale da tre componenti fondamentali:

1. Trasmittitore ottico
2. Guida d'onda ovvero Fibra Ottica
3. Ricevitore Ottico

E' utile fornire una breve panoramica sui componenti che realizzano un sistema di comunicazione ottico.

3.1 Trasmittitore Ottico-Caratteristiche Generali

Il compito del trasmettitore ottico è quello di convertire il segnale elettrico applicato al suo ingresso in un segnale ottico idoneo ad essere trasmesso nella fibra. In un trasmettitore ottico è presente



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

una sorgente ottica, un modulatore e un accoppiatore di canale. Le sorgenti ottiche maggiormente utilizzate sono i LED

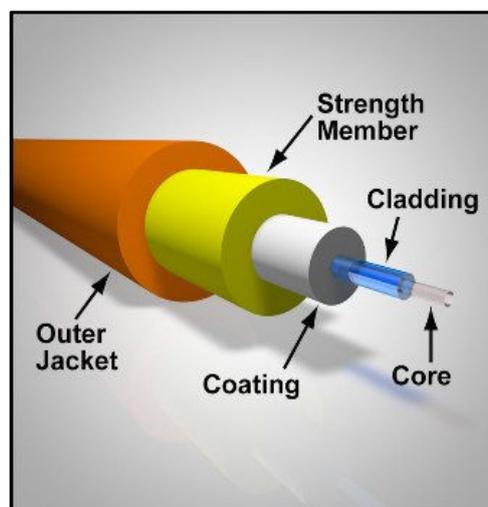
(lightemittingdiodes) e i LASER, per il fatto che sono facilmente accoppiabili con la fibra ottica e presentano caratteristiche idonee alla trasmissione numerica. Il segnale ottico è generato modulando la portante ottica generata dalla sorgente ottica. Sebbene a volte si utilizzi un modulatore esterno alla sorgente per modulare la portante, spesso si preferisce modulare direttamente la sorgente ottica variando opportunamente la corrente di pilotaggio della sorgente. Questa soluzione semplifica il progetto del trasmettitore, e ne rende più economica la realizzazione. L'accoppiatore di canale è tipicamente realizzato attraverso una microlente che focalizza il segnale ottico all'interno della fibra ottica, con la massima efficienza possibile. La potenza immessa nella fibra è una grandezza di progetto molto importante in quanto, conoscendo la potenza iniettata nella fibra e conoscendo le perdite introdotte da quest'ultima, è possibile calcolare la potenza che giunge al ricevitore, e quindi, considerando che esiste un legame tra la potenza ricevuta e la probabilità d'errore del ricevitore, quantificare le prestazioni dell'intero sistema di comunicazione. Le prestazioni migliori si ottengono utilizzando il laser come sorgente ottica. E' preferibile utilizzare il led per applicazioni a basso costo e a basso bit rate.

3.2 Fibra ottica-Caratteristiche Generali

Il compito del canale di comunicazione è quello di trasportare il segnale dal trasmettitore al ricevitore apportando la minore distorsione possibile al segnale stesso. La fibra ottica è realizzata da un cilindro interno (core) in fibra di vetro, ricoperto da un mantello esterno (cladding) realizzato con un materiale con maggiore indice di rifrazione e, grazie al meccanismo della riflessione totale interna, causata dalla differenza tra i valori dei due indici di rifrazione, permette la propagazione guidata della luce attraverso il core.

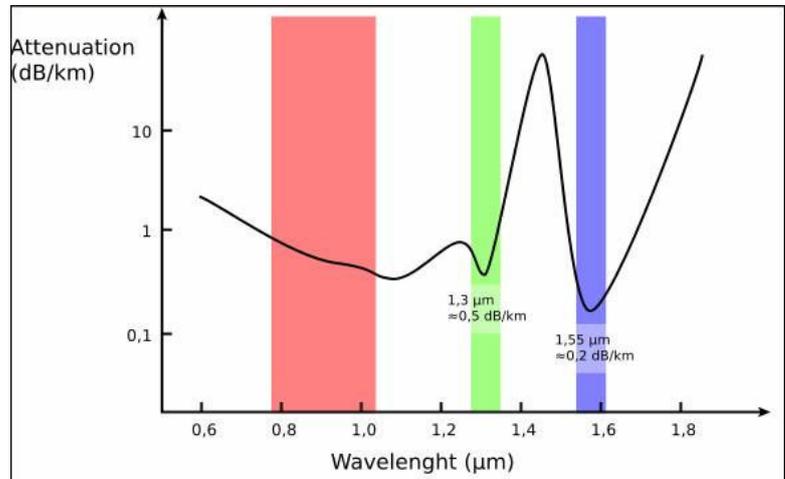
La fibra si presenta come il candidato ideale a svolgere il ruolo di canale trasmissivo nelle comunicazioni ottiche, grazie al fatto che presenta delle perdite molto basse (0.2 dB/km).

Le perdite nel canale trasmissivo, rivestono, infatti, un ruolo molto importante nel progetto del sistema di comunicazione, e rappresentano il primo aspetto da tenere in considerazione nella progettazione della lunghezza della tratta nei sistemi di comunicazione a grande distanza. Se la fibra presenta delle perdite troppo elevate, la distanza del collegamento sarà, a parità di condizioni, ridotta. I meccanismi di assorbimento della fibra fanno sì che la fibra presenti tre finestre nelle quali si manifesta un minimo nelle perdite (0.82 μ m, 1.3 μ m e 1.55 μ m).



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Per fibre ad elevata purezza, il meccanismo dominante di perdita nelle finestre è dovuto allo scattering di Rayleigh, il quale, a parità di materiale utilizzato, ha un andamento inversamente proporzionale alla quarta potenza della lunghezza d'onda. Per questo motivo è conveniente, **al fine di ottenere una trasmissione caratterizzata da basse perdite, utilizzare fibre nella terza finestra, cioè con lunghezza d'onda di 1.55µm**, come avviene nei sistemi dell'ultima generazione.



Un altro parametro, non meno importante del precedente, che bisogna considerare quando si realizza un sistema con fibre ottiche, è la dispersione introdotta dalla fibra: tale dispersione provoca l'allargamento degli impulsi ottici al di fuori del bit slot a loro assegnato, e questo comporta un deterioramento del segnale, in quanto gli impulsi arrivano al ricevitore più o meno allargati e sovrapposti tra di loro (interferenza intersimbolo: ISI).

Le cause che portano al fenomeno della dispersione nella fibra sono molteplici: Dispersione modale: una fibra può permettere la contemporanea propagazione di numerosi modi al suo interno. Le differenze delle velocità associate ai vari modi che costituiscono il segnale che transita nella fibra possono essere anche molto forti, e ciò fa sì che l'allargamento dell'impulso sia molto evidente, nell'ordine dei 10 ns per km. Per questo motivo molto spesso vengono preferite le fibre che supportano un singolo modo.

Dispersione del materiale: questo tipo di dispersione è dovuta al fatto che il valore dell'indice di rifrazione del materiale che costituisce la fibra dipende dalla frequenza. Questo tipo di dispersione può, tuttavia, essere mantenuto entro valori sufficientemente contenuti (<0.1 ns/km) controllando la larghezza spettrale della sorgente ottica.

Dispersione della guida d'onda: questo tipo di fenomeno dipende principalmente dalle caratteristiche geometriche (raggio del core delle fibre, differenza di indice di rifrazione tra core e cladding) della fibra ottica.

Concludendo, i due parametri che caratterizzano maggiormente le prestazioni della trasmissione in fibra ottica sono le perdite e la dispersione.

Utilizzando sorgenti di luce con lunghezza d'onda intorno a 1.55 µm, il problema delle perdite diviene trascurabile, ma si accentua quello della dispersione. E' possibile, allora, utilizzare fibre particolari (fibre a dispersione traslata) appositamente progettate per presentare ridotti effetti dispersivi proprio in corrispondenza della lunghezza d'onda 1.55 µm.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

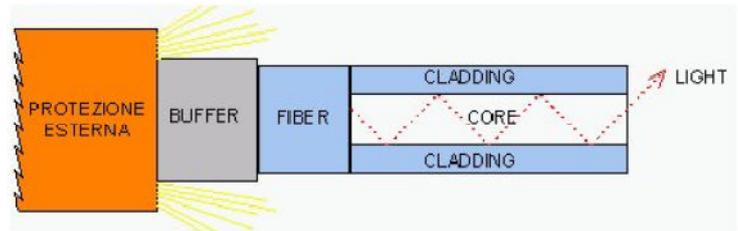
3.3 Ricevitore ottico-Caratteristiche Generali

Il ricevitore ottico digitale ha il compito di convertire il segnale ottico ricevuto in un segnale elettrico e di determinare, osservando il segnale in un periodo di bit, quali tra i due possibili segnali sia stato trasmesso. Si sta, quindi, supponendo di utilizzare segnali binari.

3.4 Scelta del tipo di fibra ottica

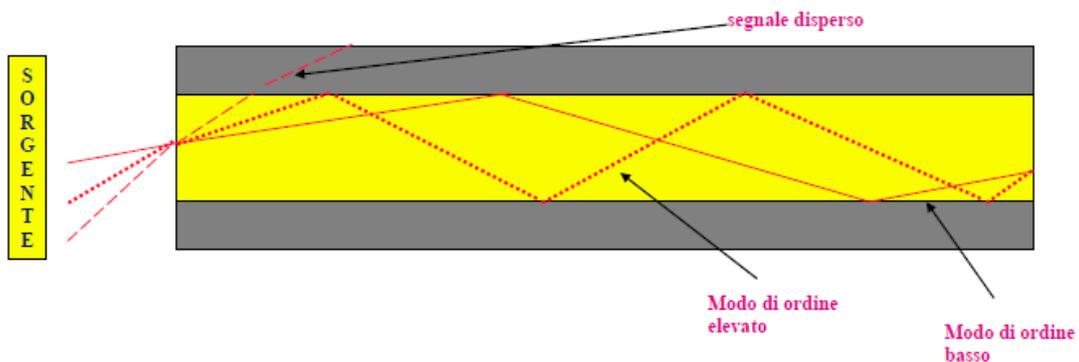
Il segnale portante all'interno della fibra ottica si propaga in diversi "modi" legati alle tre diverse lunghezze d'onda della luce, una per ogni singola finestra (0.82µm, 1.3µm e 1.55µm) suddetta per la quale si ottiene il minimo delle perdite.

All'interno di una fibra ottica il segnale può propagarsi in modo rettilineo oppure essere riflesso un numero molto elevato di volte. Il modo di propagazione rettilineo si dice di ordine zero.



L'indice di rifrazione n_1 del core della fibra viene scelto leggermente superiore a quello del cladding n_2 . In questo modo la propagazione del segnale ottico avviene nel nucleo per successive riflessioni sulla superficie di separazione tra nucleo e mantello.

1. Le fibre monomodali consentono la propagazione di un solo modo
2. Le fibre multimodali la propagazione di più modi



Propagazione multimodale

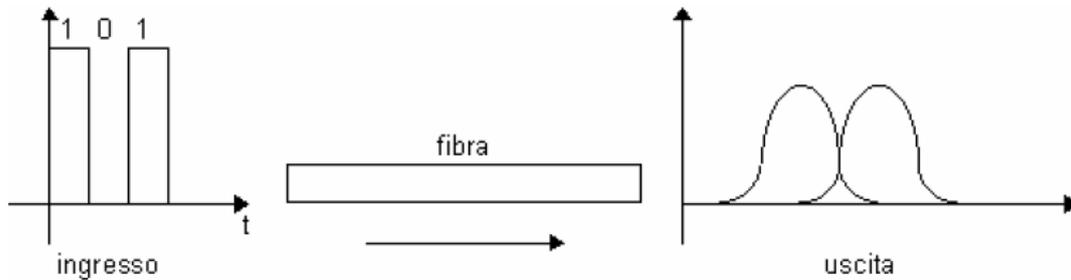
Il numero di modi con cui si propaga la luce nella fibra è dato dalla formula:

$$M = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi d NA}{\lambda} \right)^2$$

Dove d è il diametro del Core della fibra, λ la lunghezza d'onda e Na l'apertura numerica.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Nelle fibre multimodali ($M > 1$) si ricevono varie copie ritardate dello stesso segnale. Si parla in questo caso di dispersione modale. Come conseguenza si può avere la parziale sovrapposizione dei segnali uscita, fenomeno noto come interferenza intersimbolica, che compromette la corretta rivelazione dei dati.



Il fenomeno dell'allargamento degli impulsi e dell'interferenza simbolica è particolarmente importante nelle fibre multimodali, poiché ogni modo che si propaga nella fibra segue un percorso diverso e quindi arriva in tempi diversi a destinazione. Altre cause che determinano la dispersione modale sono la superficie irregolare del mantello che provoca riflessioni anomale, conicità del nucleo che determina variazione della direzione del raggio riflesso e la superficie di giunzione tra due fibre che modifica la direzione del raggio.

Nelle fibre monomodali ($M=1$) si ha un solo modo che si propaga e quindi il fenomeno della dispersione modale non esiste.

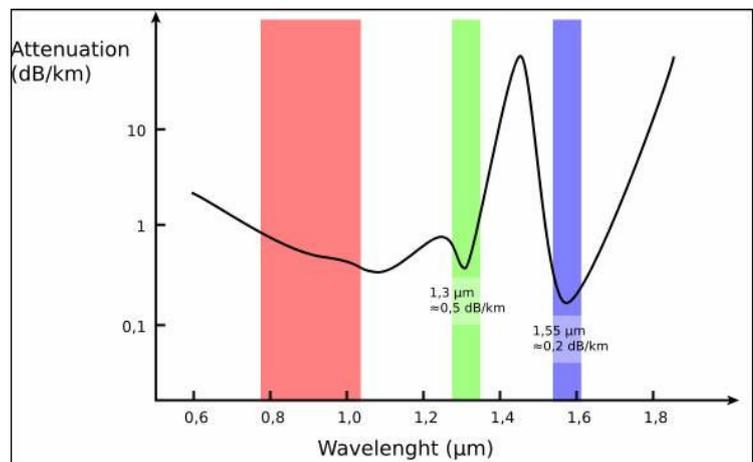
Come detto nei paragrafi precedenti, nelle fibre sono presenti sostanzialmente due fenomeni che provocano perdite nel segnale trasmesso:

1. l'attenuazione del segnale
2. la dispersione.

Nelle fibre si possono verificare tre cause di dispersione:

1. dispersione modale
2. dispersione del materiale
3. dispersione di guida d'onda

Le tre dispersioni precedentemente descritte determinano una limitazione della



banda passante dell'intero collegamento e quindi della velocità di comunicazione.

Utilizzando la fibra ottica di tipo monomodale per l'infrastruttura dati principale eliminiamo il problema della dispersione modale che non è presente in questa tipologia di fibra. Inoltre la trasmissione monomodale si può realizzare solo con lunghezze d'onda molto ristrette ossia per quelle ricadenti nella seconda e nella terza finestra di propagazione. In particolare si nota dal grafico su riportato che l'attenuazione minore si ha proprio in corrispondenza della terza finestra. **L'infrastruttura principale verrà**

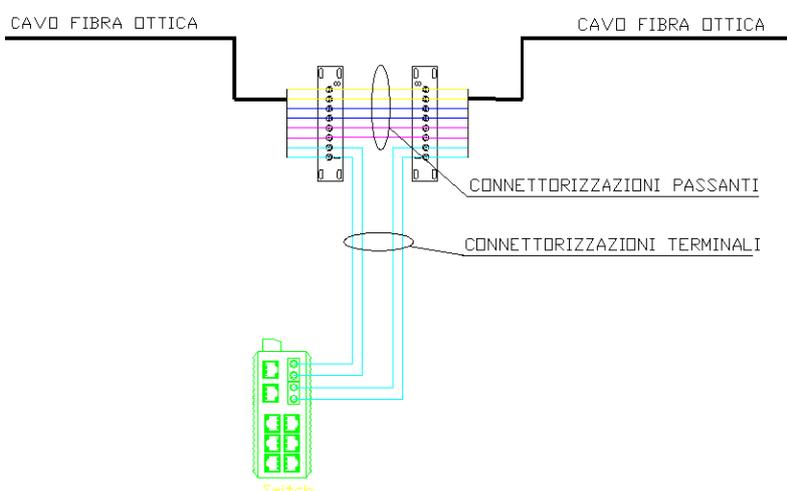
dunque realizzata utilizzando una fibra ottica monomodale con trasmissione pari a 1550nm per ottenere il minimo di dispersione e il minimo di attenuazione garantendo prestazioni elevate in termini di velocità dati.

3.5 Scelta del tipo di connettorizzazione

La rete in fibra ottica da realizzare dovrà necessariamente essere indiversi punti, connetturizzata e derivata in modo che i dispositivi a campo sia essi di lettura targhe che di contesto possano inviare i dati su di essa.

Avremo due tipi di connettorizzazione per ogni punto di ingresso alla rete dati:

1. Connettore passante
2. Connettore terminale



Il primo tipo viene utilizzato per connettere due rami di fibra ottica non interessati all'inserzione dei dati, il secondo tipo sarà utilizzato per connettere i dispositivi alla dorsale.

La giunzione tra 2 fibre può essere realizzata mediante:

1. giunti a fusione (saldando tra loro le 2 estremità delle fibre, dopo opportuno allineamento);
2. giunti meccanici (bloccando le 2 fibre nella posizione di migliore accoppiamento tramite un dispositivo di tipo meccanico);
3. connettori meccanici (quando la giunzione tra le 2 fibre non è definitiva)

3.5.1 Giunti Meccanici

E' il processo di inserimento di due fibre meticolosamente predisposte che terminano in un giunto meccanico. Due segmenti di fibra ottica sono **allineati perfettamente** e tenuti in posizione da un gruppo autonomo. Questo metodo allinea le due estremità della fibra ad un asse comune, permettendo così di fare transitare **la luce da una fibra nell'altra (perdita tipica: 0,3 dB).**

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

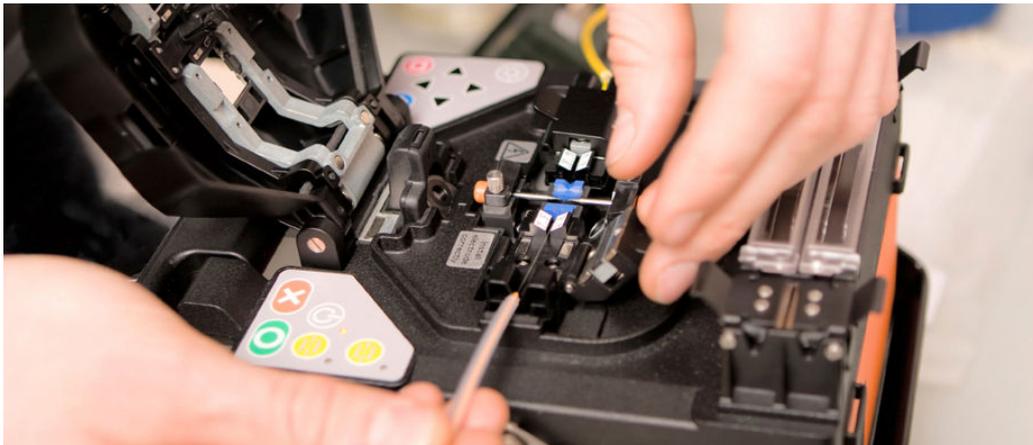
3.5.2 Giunti a fusione

Questa tecnica è il **processo di fusione** o saldatura di due fibre ottiche utilizzando il calore. Per questo viene utilizzata una macchina per allineare con precisione due segmenti di fibra ottica di uguale tipologia le cui estremità vengono “fuse” o “saldate” insieme usando un arco elettrico. Il processo richiede una giuntatrice a fusione che ha la funzione di:

1. permettere un **preciso allineamento delle fibre** tra loro
2. controllare il **funzionamento corretto dei giunti**

L'obiettivo è di fondere le due fibre insieme in modo tale che la luce che passa attraverso le fibre non viene dispersa o riflessa indietro dalla giunzione.

Questo intervento produce un collegamento continuo tra le fibre che permettono la trasmissione luce da una fibra all'altra con una **perdita molto bassa (Perdita tipica: 0,1 dB)**. **Pertanto nella realizzazione delle connettizzazioni passanti della rete in fibra ottica verranno utilizzate giunzioni a fusione**



3.5.3 Connettori in fibra

Sono usati quando la giunzione tra 2 fibre non è definitiva. L'applicazione più comune è quella del collegamento delle apparecchiature ricetrasmittenti al cavo ottico di trasmissione. Si garantisce così la possibilità di fare manutenzione. Il corretto posizionamento delle fibre è garantito dalla precisione meccanica dell'accoppiamento dei connettori ad una parte fissa (bussola). Un buon connettore deve garantire:

- basse e ripetibili perdite di inserzione (insertion loss);
- bassa potenza riflessa (return loss);
- stabilità nel tempo;
- affidabilità;



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

- basso costo.

Il tipo di accoppiamento ricalca in generale quello dei connettori per radiofrequenza (BNC, SMA) e può essere classificato in accoppiamento : a vite, a baionetta, a scatto.



Nella realizzazione delle connessioni terminali della rete in fibra ossia le connessioni tra il dispositivo di ripresa **e la rete in fibra verranno utilizzati dei connettori LC** poiché garantiscono un ottima tenuta meccanica del contatto e una bassa attenuazione pari a massimo 0,75 dB. **Essi saranno prelappati ossia già connessi, in fabbrica, ad uno spezzone di fibra ottica** che viene giuntato a fusione sulla fibra dati per la comunicazione. In questo modo si eliminano tutte le problematiche legate alle impurità in fase di realizzazione del connettore meccanico a campo e che determinano perdite elevate di segnale ottico.

3.6 Calcolo dell'attenuazione massima nel caso peggiore

L'attenuazione è ogni tipo di fenomeno che causa la diminuzione della potenza del segnale propagato, ma non influenza la sua forma. Le perdite di potenza causate dall'attenuazione comprendono i fenomeni basati su materiale, relativi alle proprietà fisiche del materiale del nucleo e le perdite di guida d'onda derivanti dalla struttura della fibra ottica. Le perdite di materiale includono tutti i tipi di assorbimento e dispersione. Le perdite di guida d'onda sono le perdite di energia causate da, per esempio: micropiegature e macropiegature, non uniformità della distribuzione dell'indice di rifrazione della luce al confine nucleo-mantello o fluttuazioni del diametro o la forma di questo confine. In particolare l'attenuazione in una tratta in fibra è data dalla formula:

$$L_t = L_x + N_a \times 0,75 + N_g \times 0,1$$

Dove:

L_t = lunghezza tratta in fibra [km]

A = attenuazione della fibra [dB/km]

N_a = numero di accoppiamenti ottici

N_g = numero di giunzioni

I valori 0,75 e 0,1 fanno riferimento all'attenuazione del connettore scelto e del tipo di giunzione scelta e descritta nei capitoli precedenti.

Per il dimensionamento dell'attenuazione massima di tratta bisogna considerare il caso peggiore che si può trovare sull'infrastruttura di rete in fibra delle aree industriali. Per tratta si intende il collegamento tra il dispositivo più lontano e il centro di raccolta dati. Nel progetto, il caso peggiore di tratta è

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Lunghezza = 6 km

Attenuazione cavo monomodale = 0,1 dB/km

Numero di accoppiamenti ottici (Na) = 5

Numero di giunzioni ottiche (Ng) = 5

L'attenuazione massima sulla tratta risulta quindi essere:

$$\text{Attenuazione} = 6 \text{ km} \times 0,1 \text{ dB/km} + 5 \times 0,75 \text{ dB} + 5 \times 0,1 \text{ dB}$$

Attenuazione tratta peggiore = 4,86 dB

Il trasmettitore e quindi la sorgente ottica e il ricevitore in fibra ottica dovranno essere dimensionati per compensare tale attenuazione in modo che l'informazione arrivi al ricevitore in maniera corretta.

3.7 Calcolo del Bit Rate minimo nel caso peggiore

Come specificato nei paragrafi precedenti nelle fibre sono presenti sostanzialmente due fenomeni che provocano perdite nel segnale trasmesso:

1. l'attenuazione del segnale
2. la dispersione.

Nelle fibre si possono verificare tre cause di dispersione:

4. dispersione modale
5. dispersione del materiale
6. dispersione di guida d'onda

Le tre dispersioni precedentemente descritte determinano una limitazione della banda passante dell'intero collegamento e quindi della velocità di comunicazione. Gli impulsi in ingresso alla fibra che distinguono, nella trasmissione digitale il bit a 1 e il bit a 0 potrebbero arrivare sovrapposti e quindi non leggibili al ricevitore a causa della banda passante della fibra della tratta. La banda passante in un sistema in fibra è data dalla formula:

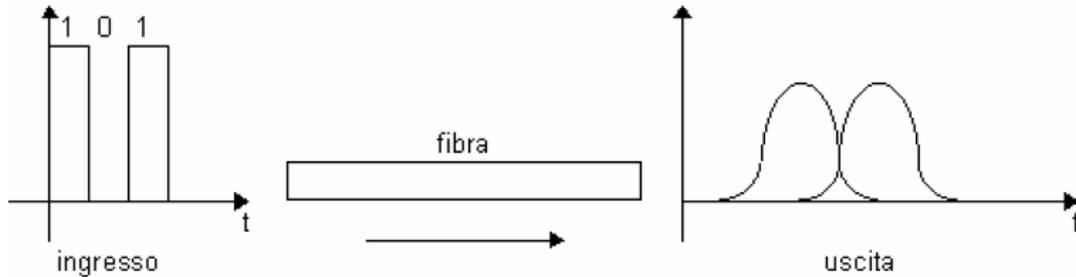
$$\frac{1}{B^2} = \frac{1}{B_m^2} + \frac{1}{B_c^2}$$

Dove B_m è la banda prodotta dal fenomeno della dispersione modale e B_c la banda prodotta dal fenomeno della dispersione cromatica. B è la risultante delle due bande. Nei sistemi a fibra monomodale il problema della dispersione modale viene eliminato per cui la banda di trasmissione è influenzata solo dalla dispersione cromatica.

La dispersione cromatica è data dal fatto che la sorgente laser che viaggia nella fibra ha una componente cromatica esattamente come la luce naturale ossia composta da più colori (più lunghezze d'onda). Queste

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

componenti viaggiano nella fibra ottica a velocità diverse per cui all'uscita si ha un "ritardo di gruppo" che causa un allargamento dell'impulso in ingresso:



La dispersione cromatica si trova espressa nella forma:

$$D = \text{ps/km} \times \text{nm}$$

Dove **ps** sta per pico secondo, **km** per chilometri e **nm** per nanometri. Come si evince dall'espressione, essa dipende sia dal ritardo di gruppo che dalla distanza di tratta e dalla lunghezza d'onda della luce.

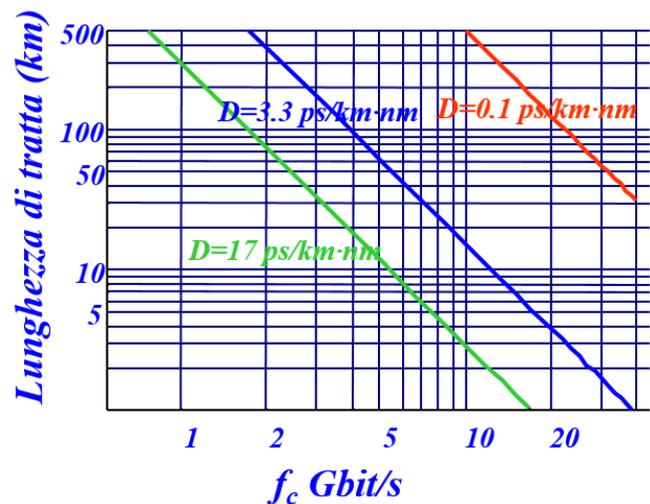
Le fibre ottiche monomodali esistenti in commercio sono costruite per ottimizzare la dispersione cromatica in base ad una specifica lunghezza d'onda. In base al valore di dispersione cromatica della specifica fibra standardizzata si ottiene una determinata banda ossia un **determinato bit rate di tratta**.

Tipi di fibre standard :

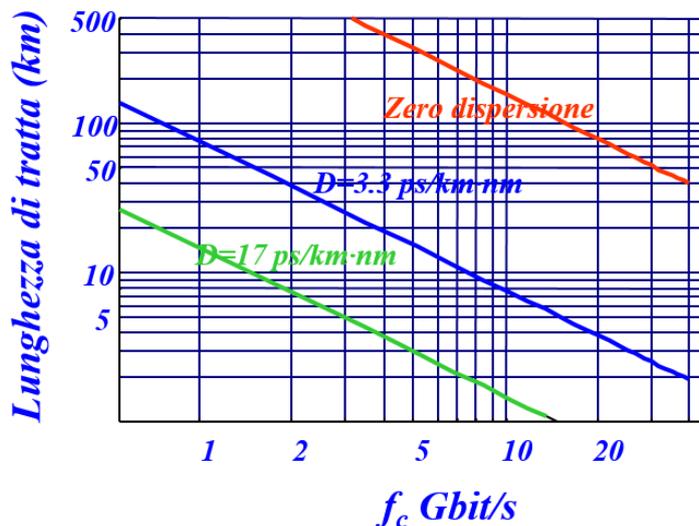
- ITU-T G.651 : fibra MMF core 50um;
- ITU-T G.652: fibra monomodale standard SMF – quella comunemente più usata;
- ITU-T G.652.C: fibra low water peak;
- ITU-T G.653: fibra dispersion-shifted (DSF);
- ITU-T G.654: fibra a basse perdite;
- ITU-T G.655: fibra non-zero dispersion-shifted (NZDSF);

Ma il bitrate viene influenzato anche dalla tipologia di sorgente laser impiegata. Si ipotizzi l'impiego di una fibra standard (ITU-T G.652) normalmente ottimizzata per lavorare a 1320 nm (II finestra) ma con lunghezza d'onda pari a 1550 nm (III finestra). A

tale lunghezza d'onda si ha una dispersione cromatica $D = 17 \text{ ps/km} \times \text{nm}$. Il bit rate, a parità di dispersione, sarà influenzato anche dalla sorgente:



Interventi di sorveglianza delle aree industriali



Nel primo grafico la sorgente luminosa è una sorgente laser a spettro largo, nel secondo una sorgente a spettro stretto chirpata. Si noti come in base allo spettro della sorgente quindi alla qualità del laser, a parità di dispersione cromatica il bit rate vari col tipo di sorgente.

L'esempio precedente ci permette di capire che anche in condizioni non ottimali (Dispersione cromatica alta pari a 17 ps/km x

nm) l'uso della fibra monomodale a 1550nm su fibre standard non ottimizzate per questa lunghezza d'onda per distanze massime di 6 km (caso peggiore visto nel paragrafo dell'attenuazione) permette di avere bit rate maggiori di 2,5 Gb/s

La velocità di 2,5 Gb/s verrà considerata, in questo progetto, come il limite inferiore di prestazione della rete ossia il caso peggiore di prestazione della tratta.

3.8 Caratteristiche tecniche degli apparati ottici e della fibra del l'infrastruttura dati

Il seguente paragrafo riporta le caratteristiche minime richieste per i componenti che costituiscono l'infrastruttura dati principale.

3.8.1 Fibra ottica

Si riportano di seguito quelle che devono essere le caratteristiche minime della fibra ottica monomodale che verrà utilizzata nella realizzazione dell'infrastruttura dati principale nelle aree industriali.



Specifiche dimensionali

FIBRA MONOMODALE	9/125 OS2
• Diametro core	9 +/- 1µm
• Diametro cladding	125 +/- 1µm
• Diametro rivestimento esterno	245 +/- 7µm
• Non circolarità del cladding	≤ 1%

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

• Non circolarità del core	≤ 6%
• Non circolarità del rivestimento colorato	≤ 6%
• Errore di concentricità core/cladding	≤ 0.6μm
• Errore di concentricità cladding/rivestimento	≤ 12μm
• Fibre CURL (radius)	≥ 4metri
• Attenuazione fibra a 1310 nm	≤ 0.35 dB/km
• Attenuazione fibra a 1550 nm	≤ 0.22 dB/km
• Uniformità di attenuazione 1310/1550	≤ 0.1 dB

Specifiche ottiche

FIBRA MONOMODALE	9/125 OS2
• Lunghezza d'onda di taglio	≤ 1260μm
• Diametro campo modale a 1310 nm	9.1 +/- 0.5μm
• Diametro campo modale a 1550 nm	10.2 +/- 1μm

Specifiche meccaniche

FIBRA MONOMODALE	9/125 OS2
• Attenuazione con curva (100 pieghe Ø 60 mm)	≤ 0.05Db a 1550nm
• Test prova alla colorazione fibre	1% (durata sforzo 1s 0.69Gpa)
• Tensione trazione dinamica	≥ 45N
• Fatica dinamica (nd)	≥ 20
• Resistenza del rivestimento	1.3 <Fmed< 3N &Fmax< 8.9N

Dispersione cromatica

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

FIBRA MONOMODALE	9/125 OS2
• Lunghezza d'onda di pressione nulla λ_0	1300-1320nm
• Valore tipico λ_0	1310nm
• Pendenza a λ_0 : S_0	≤ 0.090 ps/(nm ² .km)
• Valore tipico pendenza S_0	0.086 ps/(nm ² .km)
• Valore tipico C D @ 1550nm	17 ps/(nm.km)
• Dispersione cromatica @ 1285-1330nm	≤ 2.8 ps/(nm.km)
• Dispersione di polarizzazione PMD	≤ 0.2 ps.km ^{-1/2}
• Dispersione di polarizzazione PMDq (link)	≤ 0.08 ps.km ^{-1/2}

3.8.2 Trasmettitore / Ricevitore ottico

Di seguito si riportano le caratteristiche minime dei tranciever ottici da utilizzare nell'infrastruttura dati. Tali dispositivi saranno del tipo mini gibic

Standard del settore IEEE 802.3z 1000BASE-LH



WDM	No
DDM	Sì
Distanza di trasferimento	max 20 km (12.4 mi)
Lunghezza d'onda	1310nm
Massima velocità di trasferimento dati	1,25 Gbps
Modalità operativa fibra	Half/Full Duplex
Reti compatibili	1000 Mbps (1 Gbps)
Tipo fibra	Modalità singola
Connettori unità locale	1 - LC duplex in fibra ottica Femmina
Requisiti di sistema e cavi	Porta SFP conforme a MSA o Cisco
Temperatura d'esercizio	0°C to 70°C (32°F to 158°F)
Temperatura di conservazione	-40°C to 85°C (-40°F to 185°F)
Umidità	30~70% RH
Altezza prodotto	10 mm [0.4 in]
Larghezza prodotto	12 mm [0.5 in]
Lunghezza prodotto	60 mm [2.4 in]

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Peso prodotto 17 g [0.6 oz]

3.8.3 Giunti di spillamento

Le derivazioni in fibra ottica verranno realizzate attraverso fusione a caldo dei poli della fibra ottica. La fusione avverrà in corrispondenza dei dispositivi di ripresa dove ci sarà una derivazione di due coppie di fibre verso il dispositivo e un passaggio diretto delle altre coppie. Dovranno essere quindi utilizzati dei giunti di spillamento o muffole ottiche di derivazione con almeno le seguenti caratteristiche minime di seguito riportate:

La muffola deve essere concepita come un sistema modulare con una configurazione base che può essere equipaggiata, in fabbrica o direttamente in campo, con diversi moduli e/o accessori.



Tutte le muffole nella configurazione base dovranno soddisfare le prescrizioni relative alle norme IP 68 secondo EN 60 529, 5 th ed. 1992 e I.E.C. 529.

In generale le muffole dovranno essere costituite da

- un contenitore di materiale plastico, a tenuta stagna, composto da una base predisposta con imbocchi per la sigillatura dei cavi entranti e/o uscenti
- un coperchio di chiusura e un sistema, in grado di chiudere ermeticamente e riaprire, base e coperchio, senza l'uso di attrezzature specifiche, a garanzia di semplice ed immediata riaccessibilità.

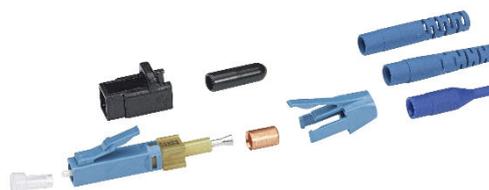
La muffola deve essere corredata di un adeguato sistema di supporto che ne consenta il fissaggio nei luoghi dove è prevista l'installazione. Tale sistema deve poter supportare, oltre il peso della muffola, un eventuale sovrappeso accidentale di 1000 N

Al fine di prevenire la possibilità di accesso, a personale non autorizzato ai moduli di giunzione contenuti all'interno della muffola, tale sistema deve essere predisposto per l'eventuale impiego di lucchetti o sigilli di sicurezza.

La giunzione delle fibre ottiche deve essere realizzata con la tecnica di fusione ad arco voltaico, impiegando giuntatrici che svolgono automaticamente le operazioni di allineamento, prefusione e fusione delle fibre, stima della perdita di giunzione. La zona di giunzione deve essere protetta con un tubetto capillare contenente resina da polimerizzare mediante l'applicazione di raggi U.V. emessi da un'apposita lampada. Le fibre sono individuabili mediante i relativi codici colori.

3.8.4 Connettorizzazioni fibra

Le connettorizzazioni terminali dovranno essere realizzate a caldo attraverso giuntatrice ottica. Le terminazioni saranno del tipo LC monomodali prelapate con le caratteristiche tecniche



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

minime di seguito riportate:

Compatibilità prodotto	Per fibre 9/125
Perdita di inserzione	≤ 0.2 dB
Performance fibra	OS1/OS2
Tipo di connettore	LC
Materiale	Ceramic :ferrule Composite :connector
Temperatura ambiente di funzionamento	-40...75 °C
Norme	ISO/IEC 11801:2011 Ed.2.2 LC adapter : TIA/EIA-604-10 A IEC 61754-20 Ed.2

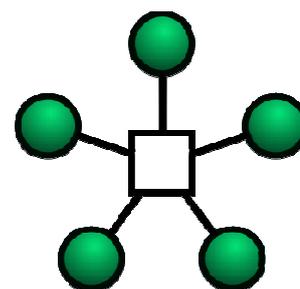
3.9 Topologia di rete utilizzata

Il seguente progetto prevede la realizzazione di quattro infrastrutture dati una in ogni zona industriale. Verranno utilizzate due topologie diverse di rete a stella e ad anello poiché in due casi l'orografia del terreno permette di realizzare la tipologia ad anello negli altri due casi, sia perché l'orografia del terreno non lo permette sia perché esistono già infrastrutture preesistenti, si utilizzerà la topologia a stella.

3.9.1 Topologia a stella

Ogni nodo è collegato con un proprio cavo ad un apparato centrale concentratore chiamato HUB o SWITCH. I dati trasmessi giungono all'hub, che replica il pacchetto inviandolo a tutti i nodi collegati. È facile monitorare il funzionamento della rete, grazie alle spie luminose del concentratore (hub). Le comunicazioni sono veloci e sicure e la rete è facile da realizzare ed economica. Il traffico è elevato sul concentratore e può esserlo anche sulla rete se si utilizza un hub non si utilizza uno switch. Il livello di fault tolerance è complessivamente buono, anche se il concentratore è il punto più critico. I dati inviati da un nodo, malgrado vengano ricevuti da tutti i nodi, sono intercettabili solo dal destinatario. In caso di conflitto di trasmissione, la topologia a stella cerca una mediazione tra i contendenti (nello standard Ethernet, come già visto per le topologie a bus, le collisioni sono gestite con la tecnica CSMA/CD).

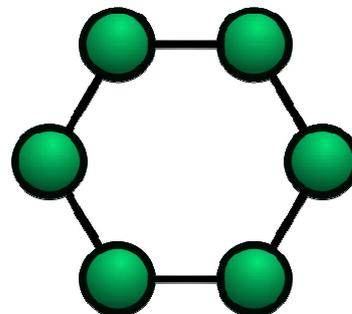
I vantaggi della topologia a stella sono l'economicità della soluzione e la tolleranza ai guasti, la rottura di un nodo non determina il mal funzionamento di tutti gli altri.



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

3.9.2 Topologia ad anello

È costituita da cavi speciali che collegano tra loro i vari dispositivi formando un cerchio chiuso. I dati trasmessi scorrono in un solo senso, la trasmissione si intende terminata quando le informazioni, dopo un intero ciclo, ritornano al mittente. Ogni nodo della rete partecipa in modo attivo, ricevendo ed inoltrando i pacchetti di dati (a volte anche amplificandone il segnale). La rete è semplice da costruire e sufficientemente veloce. Il traffico è elevato su tutta la rete. In caso di interruzione del cavo o guasto ad un nodo, l'informazione gira nel senso opposto aumentando la resistenza ai guasti.



I vantaggi della topologia a stella sono l'economicità della soluzione e l'elevata tolleranza ai guasti grazie alla ridondanza intrinseca dell'anello. Un altro enorme vantaggio è che il centro di controllo e gestione dei dati può essere distribuito evitando la centralità di acquisizione dei dati. Se un nodo cade, l'informazione gira nel verso opposto e raggiunge il sistema di raccolta dati (videoregistrazione nel nostro caso) che può essere ubicato in qualsiasi altro nodo. Se anche il nodo di registrazione dovesse cadere è possibile implementare un backup dati un ulteriore altro nodo. Tutto questo non è possibile in una rete dati a stella in cui se cade il nodo centrale non sarà possibile avere la raccolta dati ne tantomeno un meccanismo di backup su un altro nodo visto che tutta l'informazione deve passare per il centro.

3.9.3 Soluzioni ulteriori per aumentare la robustezza della rete

Per aumentare la robustezza dell'infrastruttura di rete verrà utilizzata fibra ottica multipolare con almeno 8 fibre. Questo permette sia nella configurazione a stella che a quella ad anello di avere sempre una coppia di fibre di scorta per ogni nodo della rete. Questo permette inoltre:

Nella topologia di rete a stella di poter mettere su una tratta di collegamento verso il centro, più nodi sullo stesso ramo che sfruttando coppie di fibra diverse risultano essere topologicamente nodi singoli con collegamento unico al centro stella.

Nella topologia di rete ad anello, collegando alcuni nodi su una coppia di fibre altri su di un'altra in maniera intervallata, topologicamente, si realizzano più anelli. In questo modo se due nodi dovessero cadere e quindi interrompere l'anello, gli altri lavorerebbero poiché ubicati su anelli diversi.

3.10 Indicazioni esecutive della rete in fibra

Il seguente paragrafo descrive le norme tecniche che dovranno essere adottate per la realizzazione dell'infrastruttura dati principale nelle aree industriali:

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

3.10.1 Scavi cavidotti e pozzetti

Le profondità di scavo, misurate dall'estradosso del pacco tubi, non essere inferiori a 100 cm, ad eccezione delle opere in minitrincea o microtrincea. È consentito lo scavo a profondità inferiori solo nel caso di intercettazione di sottoservizi disposti trasversalmente allo scavo, solo per la porzione interferente, o qualora vi sia uno specifico obbligo previsto dall'ente titolare della concessione dei permessi di scavo. Nel caso specifico verrà realizzato uno scavo in minitrincea con profondità massima 40 cm.

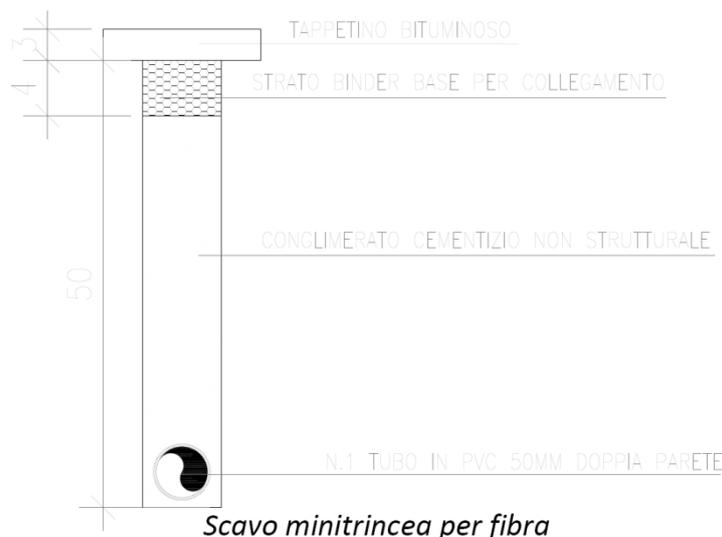
Nei casi di scavo inferiore a 50 cm dall'estradosso, in presenza di piante aventi radici di notevoli dimensioni, nel sottopasso di servizi ad una distanza tale da non garantire la sicurezza dell'impianto, si richiede una protezione adeguata, quale un bauletto in Calcestruzzo (denominato anche CLS) di resistenza Rck pari a 150 kg/m², cassette di ferro od altro.

I rinterri devono essere eseguiti con idoneo materiale opportunamente costipato e bagnato a strati.

Il riempimento degli scavi deve essere eseguito con le caratteristiche tecniche e nelle quantità indicate dai proprietari/gestori delle strade preventivamente e definite nel progetto esecutivo.

I tubi devono essere posati su un letto di sabbia o altri inerti a granulometria molto fine. Lo scavo deve essere il più lineare possibile e presentare un piano d'appoggio regolare. Deve essere prevista la posa di monotubi o tritubi in accordo a quanto specificato. Di seguito sono riportate le sezioni di scavo longitudinale che definiscono le sezioni standard da rispettare qualora non diversamente previsto dagli enti che rilasciano i permessi.

Per la realizzazione delle opere è necessario minimizzare la larghezza dello scavo ad un massimo di 40 cm al fine di limitare il costo dello scavo. Lo scavo sarà su sede stradale e la tubazione protetta da conglomerato cementizio per evitare eventuali danneggiamenti del cavo da parte di malintenzionati.



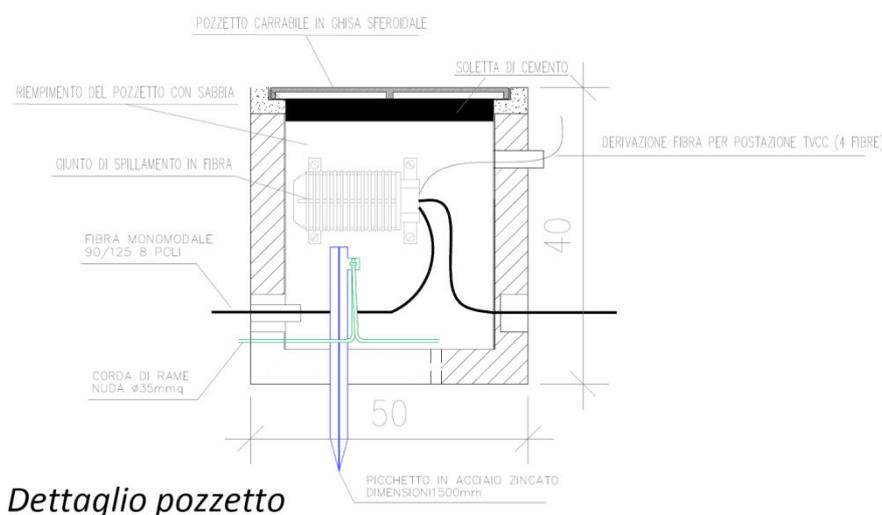
Per consentire una agevole posa del cavo e garantire idonea accessibilità, dovrà essere prevista la posa di pozzetti rompitratta lungo i percorsi.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Il numero e la frequenza degli stessi sono in funzione della tipologia di posa, dell'orografia del terreno e del percorso di posa (ad esempio ad ogni brusco cambio di direzione).

Un valore massimo di riferimento della distanza tra pozzetti rompitratta potrà essere considerato pari a 250 m. Lo schema di allocazione dei pozzetti verrà comunque evidenziato dalla progettazione del percorso e sarà parte della documentazione progettuale che dovrà essere fornita anche all'ente competente per la richiesta dei permessi di scavo.

I pozzetti devono essere posati secondo i criteri descritti nella norma di installazione delle tratte di rete e pozzetti saranno riempiti con sabbia e chiusi da una soletta di cemento per evitare l'accesso al cavo da parte di eventuali vandali



Dettaglio pozzetto

3.10.2 Posa della fibra ottica

La fibra ottica sarà monomodale 9/125 um a 8 poli del tipo loose armata con camicia metallica. La fibra verrà posata all'interno del cavidotto e ove necessario potrà essere posata insieme ai cavi elettrici di alimentazione delle postazioni. Nella posa della fibra sarà necessario evitare curvature e nei cambi di direzione, compatibilmente con lo scavo dovrà essere rispettato il raggio di curvatura specifico della fibra mai inferiore a 4 metri. In corrispondenza dei pozzetti di derivazione ai dispositivi la fibra dovrà essere interrotta sfioccata e saldata a caldo attraverso apposita giuntatrice. I poli saldati saranno protetti da appositi tubicini e alloggiati nel giunto di spillamento. Nei pozzetti dovrà essere lasciata per entrambi i rami di fibra giuntati, apposita ricchezza di cavo ottico per garantire eventuali nuove giunture.

3.10.3 Certificazione delle tratte

Ogni tratta in fibra dovrà essere certificata per garantire il rispetto dei requisiti minimi del sistema indicati in progetto: Di seguito si definisce la procedura minima di test delle tratte in fibra che consiste in:

1. Misura e valutazione dell'attenuazione del link utilizzando un 'Optical Loss Test Set' (OLTS) - alcuni standard chiamano questo metodo di test 'Light Source and Power Meter' (LSPM). OLTS

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

and LSPM sono termini che tendono ad essere usati indifferentemente. In questo documento utilizzeremo la terminologia OLTS per i sistemi di test di certificazione che automaticamente misurano anche la lunghezza del link sotto esame, mentre utilizzeremo il termine LSPM per indicare i sistemi di test che non misurano la lunghezza - e pertanto richiedono qualche calcolo in più per interpretare i valori misurati. La sorgente di luce è collegata ad una estremità del link e il misuratore di energia luminosa è collegato all' estremità opposta.

2. Misura e valutazione della lunghezza del collegamento. La lunghezza deve essere nota per calcolare il valore limite di attenuazione per molti standard sull'installazione: essa determina infatti il contributo della sola fibra al valore globale di attenuazione del link. La lunghezza gioca, inoltre, un ruolo molto importante nella certificazione del link per una ben determinata applicazione di rete.
3. Verifica della polarità dei collegamenti

Al termine della procedura di verifica dovrà essere rilasciato apposito certificato con le indicazioni delle prestazioni di ogni tratta.

4. Infrastruttura dati backup

La rete di trasmissione dati di riserva o backup da realizzare a supporto del sistema di videosorveglianza delle aree industriali, si baserà su tecnologia WIFIMIMO a 2,4 e 5,4GHZ che garantisce un aumento notevole di banda di trasmissione e di immunità ai disturbi senza aumentare la potenza del segnale radio. La rete interviene a supporto della singola telecamera o di un gruppo di telecamere nel momento in cui si verifica un "fault" della rete principale in fibra.

La rete avrà una tipologia di rete Centro-Stella nella quale:

- Il centro Stella è costituito da un antenna di accentrimento settoriale in funzione master nei pressi degli apparati di registrazione.
- La singola telecamera, con un antenna wifi in configurazione slave, comunica con il master.

Verrà predisposto un collegamento wifi tra il centro stella e il punto più vicino alla zona industriale dove possa essere ubicata una postazione client di monitoraggio.

Il dimensionamento corretto della rete richiede di

1. Ubicare le telecamere e i ripetitori in posizioni tali da rispettare la condizione di free spaceloss
2. Calcolare la banda disponibile nella condizione peggiore di utilizzo.

Di seguito si riportano i criteri di dimensionamento della rete di backup.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

4.1 Criteri di dimensionamento

Ai fini del corretto dimensionamento di un collegamento elettromagnetico fra due punti è necessario calcolare l'attenuazione che il segnale elettromagnetico subisce propagandosi in aria libera senza che ci siano riflessioni o diffrazioni causate da ostacoli. Il Free Space Loss (perdite di campo aperto) si possono definire nel seguente modo:

Dove

- λ è la lunghezza d'onda del segnale in metri
- f è la frequenza in Hertz
- d è l'interdistanza fra trasmettitore e ricevitore
- c è la velocità della luce pari 2.99792458×10^8 m/s (metri al secondo)

Esprimendo il Free Space Loss in Decibel si ottiene:

$$\begin{aligned} \text{FSPL(dB)} &= 10 \log_{10} \left(\left(\frac{4\pi}{c} df \right)^2 \right) \\ &= 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{c} df \right) \\ &= 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{c} \right) \\ &= 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) - 147.56 \end{aligned}$$

Nelle trasmissioni radio la f è espressa in MHz e la d in Km per cui l'espressione sopra diventa:

$$\text{FSPL(dB)} = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + 32.44$$

Il calcolo dell'attenuazione nello spazio libero di propagazione non tiene conto delle caratteristiche intrinseche del sistema di trasmissione cioè non considera quelle che possono essere le attenuazioni dovute al cavo, al guadagno dell'antenna utilizzata e in generale alla sensibilità dell'hardware impiegato per realizzare il sistema.

4.1.1 Attenuazione del cavo (Cable losses)

All'interno del cavo coassiale che collega l'amplificatore con l'antenna si verificano delle perdite di segnale come in qualunque altro mezzo di propagazione. Di norma i produttori dei cavi forniscono i valori di perdita del cavo. Si riportano degli esempi di seguito:

- RG 58 (abbastanza comune, utilizzato per collegamenti Ethernet): 1 dB per metro.
- RG 213 ("big black", abbastanza comune): 0.6 dB per metro.
- RG 174: 2 dB per metro.
- Cavo1 : 0.21 dB/m.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

- Cavo2 : 0.38 dB/m.
- Cavo3: 0.22 dB/m
- IEEE 802.3: 0.3 dB/m

E' necessario sottolineare che anche I connettori utilizzati possono creare problemi di perdite nel cavo.

4.1.2 Parametri di ricevitore

Il ricevitore, in un sistema di comunicazione, viene descritto da diversi parametri che lo caratterizzano. L'elemento più importante di un ricevitore è la sensibilità di ricezione; ogni ricevitore ha una soglia di potenza di ricezione minima ossia quella soglia che il segnale deve avere per ottenere un determinato bit-rate.

- router/AP: 11 Mbps => **-78 dBm**
- USB client: 11Mbps => **-81 dBm**;

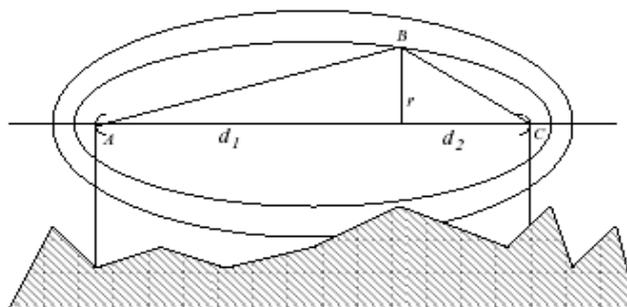
Un altro elemento importante che descrive il ricevitore è il rapporto segnale-rumore; (SNR-Signal to Noise Ratio) . L'SNR è definito come la minima differenza di potenza che ci deve essere fra segnale ricevuto e rumore perché il ricevitore stesso distingua la componente utile si segnale dal disturbo di fondo. Se il rapporto segnale rumore è positivo, il segnale può essere distinto e ricevuto, se è negativo il segnale scompare nel rumore.

Perché il sistema lavori ad un determinato datarate (es. 54 Mbps) è necessario che il rapporto segnale rumore abbia un determinato valore.

Se il livello di rumore è molto basso, il bitrate di comunicazione viene influenzato maggiormente dalla sensibilità di ricezione in caso contrario dal rapporto segnale rumore.

4.1.3 Ellissoide di Fresnel

Per ellissoide di Fresnel si intende la zona dello spazio dove viaggia la maggior parte dell'energia che viene inviata dal ricevitore al trasmettitore. Per evitare che ci siano perdite, riflessioni o diffrazioni dell'onda trasmessa, all'interno dell'ellissoide di Fresnel non ci devono essere ostacoli. L'assenza di ostacoli permette di studiare la propagazione dell'onda in aria libera effettuando il calcolo del Free Space Loss.



Ellissoide di Fresnel

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

4.1.4 Guadagno di antenna

Per guadagno di antenna si intende la capacità di trasmettere o ricevere una determinata potenza in una determinata direzione. Il guadagno di antenna viene espresso e schematizzato utilizzando diagrammi polari come di seguito riportato:

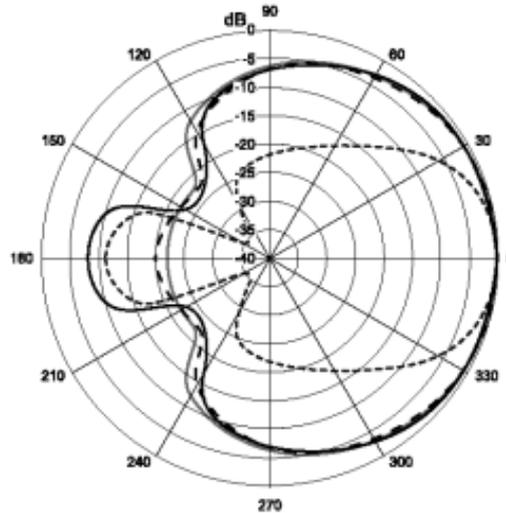


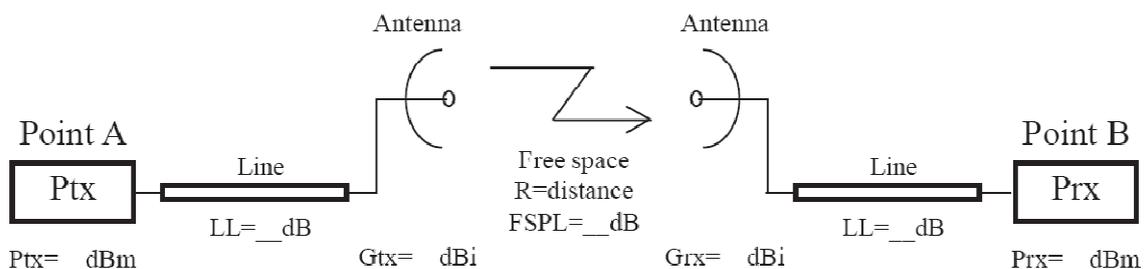
Diagramma polare di antenna

4.1.5 FadeMargin

Nelle telecomunicazioni, il fenomeno del fading si riferisce alla distorsione che il segnale subisce durante la propagazione attraverso il mezzo. Nei sistemi wireless il fading è dovuto alla propagazione dell'onda attraverso percorsi multipli. Per evitare il fenomeno su detto la soluzione è quella di trasmettere più potenza. Il fademargin esprime la potenza che bisogna trasmettere in più per ridurre o annullare il fenomeno del fading.

4.1.6 Link Budget

Il calcolo delle prestazioni di un ponte radio è strettamente legato al rapporto segnale rumore che si ottiene al ricevitore e che risulta dalla somma di diverse componenti che influenzano la trasmissione del segnale come ad esempio il guadagno di antenna, le perdite in aria etc. E' necessario quindi, ai fini del calcolo del bit rate di trasmissione, effettuare il link budget del sistema. Si veda l'esempio seguente:



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

L'illustrazione schematizza un tipico ponte radio in cui è possibile vedere le seguenti variabili:

- P_{rx} – Potenza ricevuta in dBm.
- P_{tx} = Potenza di uscita del dispositivo in dBm. 20dBm = 100 mW
- LL = Line Loss, attenuazione del cavo in dB.
- G_{tx} = Guadagno antenna trasmittente in dBi.
- $FSPL$ = Free Space Path Loss, attenuazione segnale in spazio aperto in dB.
- G_{rx} = Guadagno antenna ricevente in dBi.

Il calcolo del Link Budget prevede che la potenza di segnale ricevuta sia espressa dalla seguente formula:

$$P_{rx} = P_{tx} - LL + G_{tx} - FSPL + G_{rx} - LL$$

La dorsale di trasmissione dati, è realizzata da una serie di ponti radio configurati in modalità point-to-point, in particolare ogni antenna che trasmette è del tutto equivalente ad ogni antenna che riceve. Per questo motivo, i dati su riportati, sono identici per il ricevitore e per il trasmettitore.

Nel calcolo del Budget Link, note le caratteristiche delle antenne su dette, è necessario calcolare le attenuazioni del cavo impiegato e il Free Space Loss.

L'attenuazione del cavo, si calcola facilmente considerando che, su ogni postazione, il ricevitore e l'antenna verranno collegati con un cavo di 20 metri circa. Utilizzando un cavo con una attenuazione di **0,202 dB/metro**, l'attenuazione totale per la lunghezza considerata sarà di **4,04dB**.

4.3 Verifica delle condizioni di free spaceloss

Ogni antenna a servizio della specifica telecamera verrà ubicata in testa a un supporto metallico di altezza pari a 10 metri, anche le antenne settoriali nel centro stella verranno ubicate ad un'altezza di 10 metri circa. Considerando che il sistema wifi verrà realizzato in aree industriali dove sono presenti capannoni non oltre due livelli di piano con altezza media di circa 6 metri che possono fungere da ostacoli alla trasmissione, è necessario calcolare il raggio dell'ellissoide di Fresnell per verificare la condizione di free spaceloss e procedere al calcolo del bitrate sulla tratta peggiore. Il raggio dell'ellissoide si calcola secondo la formula:

$$R = 17,3 * \sqrt{(d1 * d2) / (f * (d1 + d2))}$$

Dove

- R è il raggio
- d1 la distanza, espressa in metri, della prima antenna dall'ostacolo
- d2 la distanza, espressa in metri, della seconda antenna dall'ostacolo
- f la frequenza di comunicazione

Il caso peggiore è dato, a campo, da un ostacolo che si trova equidistante dalle antenne su una tratta complessiva di 3000 m. Ipotizzando una frequenza di comunicazione pari a 5,4Ghz si ha:

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

$$R = 17,3 * \sqrt{(1500 * 1500) / (5400 * (1500 + 1500))} = 6,5m$$

Significa che il diametro dell'ellissoide sarà di 13 metri circa. Essendo le antenne di trasmissione ubicate ad un'altezza di 10 metri e trovandosi quindi nei punti estremi dell'ellissoide, il diametro di quest'ultimo, nel punto centrale partirà da un'altezza, rispetto al terreno, di 3 metri circa. L'ostacolo alto 6 metri, quindi, occlude la visuale tra le due antenne solo per tre metri ossia per solo il 20% della visuale che risulta invece libera per l'80% circa.

Da queste considerazioni si intuisce che le antenne sono a "visibilità ottica" diretta. Prove pratiche "sul campo" hanno però evidenziato che è sufficiente avere il 60% del raggio massimo della zona di Fresnel libera da occlusioni per avere un link efficiente per cui vengono rispettate le condizioni di free space loss.

4.3 Scelta della tecnologia MIMO per gli apparati wifi

Il sistema di comunicazione wifi progettato deve garantire affidabilità, continuità di servizio e elevata banda di comunicazione poiché deve essere utilizzato per trasmettere immagini in alta risoluzione che richiedono maggiore dispendio di informazioni e quindi di bitrate. Per ottimizzare il sistema dati e garantire prestazioni elevate sono state fatte le seguenti scelte progettuali:

1. Si è scelto di dimensionare la rete di comunicazione utilizzando collegamenti wifi in doppia banda 2,4 e 5,4GHz per ottimizzare la banda di comunicazione. Dove la banda a 2,4 Ghz è troppo "carica" e quindi piena di disturbi, si utilizza l'altra banda quella a 5,4Ghz in media più libera.
2. Per ottenere una rete affidabile e con elevate prestazioni si è scelto di utilizzare la tecnologia MIMO (Multiple Inputs, Multiple Output). Nei paragrafi seguenti verranno riassunte le caratteristiche fondamentali del sistema di comunicazione proposto rimandando i dimensionamenti all'elaborato di calcolo specifico allegato alla seguente offerta.

La tecnologia MIMO è una rivoluzione nell'ambito delle comunicazioni radio wireless dato che **offre miglioramenti notevoli nel throughput e nella distanza di trasmissione senza ricorrere a banda addizionale o a maggiore potenza di trasmissione** bensì grazie ad una maggiore efficienza spettrale (più bit al secondo per hertz di banda) e una più alta affidabilità del collegamento. Si analizzano di seguito le differenze fra un sistema tradizionale (SISO) e un sistema multiplo (MIMO).

4.3.1 La tecnologia MIMO

Single-input single-output (SISO)

Un tipico sistema radio SISO ha un trasmettitore ed un ricevitore e l'informazione è trasmessa su un singolo canale. Questa configurazione di base viene oggi impiegata nella maggior parte dei prodotti: anche se in alcuni modelli indoor può essere presente un'antenna supplementare per la diversità di spazio, c'è un solo sottosistema radio (trasmettitore e ricevitore) che genera in sostanza un solo flusso dati nell'intero sistema.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Anche se esistono sistemi SISO che impiegano la modulazione OFDM si può notare l'applicazione del concetto di "serializzazione" dell'architettura.

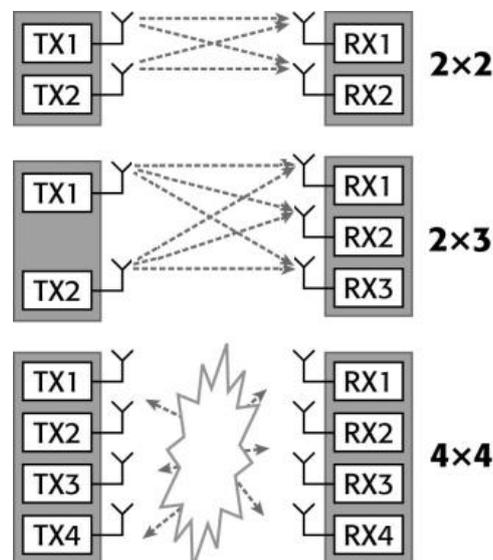
Multiple-input multiple-output (MIMO)

Sebbene la tecnologia MIMO (studiata per la prima volta nel 1984) rappresenti un grande cambiamento nell'architettura radio, sfrutta tuttavia un principio molto semplice della "multiplicazione spaziale". Con un solo trasmettitore si possono trasmettere un solo flusso di dati fra due punti; con N trasmettitori indipendenti ed N ricevitori indipendenti ed antenne molto direttive si può aumentare di N volte la banda. Così, i dispositivi MIMO applicano invece il concetto di parallelizzazione dell'architettura: ciò, unito all'impiego della modulazione OFDM, esaspera il concetto della trasmissione parallela delle informazioni.

Il problema è che il ricevitore deve essere sufficientemente "intelligente" per capire cosa sta ricevendo perché nella realtà non vi sono antenne così fortemente direttive. Grazie alla maggiore potenza di calcolo degli attuali chipset (RoC: Radio on Chip), i ricevitori MIMO possono utilizzare sofisticati algoritmi di signal processing di ricostruzione del segnale e di previsione dell'errore in grado di estrarre i dati dal flusso apparentemente caotico in arrivo, eliminando così la necessità di antenne fortemente direttive. Questo è il caso in cui paradossalmente il fenomeno dei cammini multipli sono efficaci, permettono agli algoritmi di identificare al meglio i diversi flussi indipendenti, "mischiati" l'un l'altro durante il tragitto. MIMO sfrutta diverse portanti OFDM in modo da avere diverse trasmissioni separate che condividono la stessa banda: in questo modo si può trasportare una maggior quantità di informazione nello stesso canale rispetto alla portante singola o migliorare significativamente il rapporto segnale rumore. **Per capire le prestazioni di questa tecnologia basta pensare all'efficienza spettrale di una trasmissione GSM di circa 0.5bps/Hz con l'efficienza spettrale delle radio MIMO tipiche di circa 6bps/Hz.**

Configurazione di un sistema radio MIMO

La figura a fianco mostra alcune configurazioni MIMO tipiche. Un sistema 2x2 contiene 2 trasmettitori e 2 ricevitori, o in breve 2 catene TX/RX; un sistema 4x4 (che non è un'autovettura a 4 ruote motrici) ha 4 catene TX/RX. Il principio di funzionamento è semplice: nel primo esempio in figura (che è anche il caso Infinet MIMO 2x2), si può vedere che è necessario interpretare il segnale ricevuto dai trasmettitori TX1 e TX2, ma si può vedere anche che il ricevitore RX1 riceve anche il segnale di TX2 (analoga cosa succede al RX2). Per evitare questo effetto, un segnale noto viene trasmesso nell'intestazione di ogni messaggio: ciò permette al



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

ricevitore di costruire un modello del canale (l'ambiente) che viene sottratto dalla trasmissione utile, ottenendo i dati di TX1 e TX2 trasmessi originariamente più un po' di rumore. Si noti che poiché l'ambiente è statisticamente "identico" per i due canali, lo sarà anche il rumore: **l'operazione di "sottrazione" citata poc'anzi, e che sta anche alla base delle tecniche di trasmissione in diversità di spazio, non fa altro che eliminare gran parte del rumore di fondo, contribuendo ad un netto miglioramento del rapporto segnale rumore.**

4.4 Calcolo delle prestazioni di rete

Il dimensionamento è stato effettuato nelle condizioni di free spaceloss per gli apparati presenti a campo usando il budget link calculator fornito dal produttore dell'apparato. E' stata calcolata la perdita di segnale per il link peggiore (caso considerato nel calcolo del free spaceloss nel paragrafo precedente) e il data rate (velocità) massimo raggiungibile. Per il dimensionamento della dorsale di trasmissione dati e il calcolo del Link Budget sono state individuati i seguenti parametri di calcolo:

Normativa di riferimento: ETSI-5.4 (B14/B28)

Banda di Frequenza: 5470-5725 MHz

Polarizzazione dell'antenna: Verticale

Guadagno di antenna: 23dBi

FadeMargin: 8 dB

Cable Loss: 0,5 dB

Larghezza di canale: 20MHz-40MHz

Sensibilità di ricezione: -89dBm

Nelle condizioni su riportate, utilizzando antenne con bit rate massimo in condizioni ottimali di 500 MBps si ottiene un data rate stimato nel caso peggiore quindi un link budget pari a 150 Mbps per telecamera.

4.5 Caratteristiche tecniche degli apparati wifi

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche intese come minime per gli apparati master e slave del sistema wifi da realizzare

Apparato Master e Slave

RF Band	4920 – 6100 MHz – 2400 MHz
Channel Width	5, 10, 20, 40, 80 MHz available only using 802.11ac
Data Rates	54 Mbps (IEEE 802.11a), 300 Mbps (IEEE 802.11n), 866 Mbps (IEEE 802.11ac)



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Modulation	OFDM (BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM / MCS 0 – MCS 19)
Wireless protocol	IEEE 802.11an, IEEE 802.11ac, Hiperlan, Hiperlan/2, Nstreme, NV2, MIMO
Channel accessmethod	FDMA, TDMA
Channel management	DFS with Radar Detection, customizable scan-list
Frequency management	Manual / Automatic selection according with country code limitation
Output power	Max aggregation 34 dBm (31 dBm @ chain 0 + 31 dBm @ chain 1)
Output power management	TPC / ATPC (1 dBm step, max mean e.i.r.p. density 50 mW/MHz, ± 3 dBm offset)
Wireless operating mode	Client, Point to Point, Transparent Bridge
Wireless special features	Adaptive Noise Immunity, Audio Alignment,
Wireless Sniffer	Wireless security Mac filtering, WEP 64/128bit, WPA/WPA2 (aes-ccm/tkip)
PSK/EAP, Radius Authentication, Management Frame Encryp	
IEEE 802.11a	6 Mbps
IEEE 802.11n	MCS0 13.5 Mbps @ 40MHz MCS7 300 Mbps @ 40MHz
IEEE 802.11ac	MCS9 866 Mbps @ 80MHz
Operating System	RouterOS, Level 4
Access Protection	Multiple User Access Policy,
Radius Authentication	Management Mac-Telnet, Telnet, SSH, Winbox, HTTP, HTTPS
Software upgrade	FTP, TFTP
Monitoring	SNMP v.1-2-3
IP addressing	IPv4, IPv6
L2 Bridging	Multiple Bridge Interfaces, Spanning Tree Protocol (SPT/RSPT), Bridge
Firewall	
Routing	RIP, OSPF, BGP, MPLS, MME, HWMP+
QoS	WMM, IEEE 802.1p, HTB Queuing, Up to L7 Traffic Inspection
VPN Client/Server Support	PPTP, SSTP, L2TP, PPPoE, OpenVPN, IPSec
Tunnel Protocols Support	EoIP, IPsec, GRE

4.6 Indicazioni esecutive per la rete wifi

Le antenne verranno installate su supporti metallici (pali) di altezza pari a 10 metri fuori terra. I pali saranno dotati di apposita asola per il passaggio cavi. I cavi di alimentazione e dati dal quadro di controllo passeranno all'interno del palo fino agli apparati di ripresa e di trasmissione dati wifi. Per impedire l'accesso ai cavi nel palo e quindi il danneggiamento degli stessi con conseguente interruzione del funzionamento della postazione, è necessario che i coperchi delle asole siano in acciaio zincato e vengano saldati al buco sul palo. E' necessario, inoltre, che i cavi interni al palo vengano protetti da una tubazione di acciaio per

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

evitare che possano essere tagliati una volta rimosso il coperchio dell'asola. L'altezza dei pali è stata definita pari a 10 metri, oltre che per una questione legata alla comunicazione dati wireless, per rendere meno facile l'accesso all'apparato di comunicazione.

I pozzetti alla base del palo dovranno essere riempiti di sabbia e si dovrà realizzare un asola di cemento a chiusura. I cavidotti di collegamento tra armadio e palo dovranno essere rivestiti di cemento. L'armadio a servizio della postazione di ripresa verrà protetto da struttura metallica antivandalo e da apposito lucchetto antiscasso.

5. Logica di funzionamento dell'infrastruttura dati

Il sistema di trasmissione dati da realizzare nelle aree industriali di Lecce- Surbo, Casarano, Nardò-Galatone e Galatina-Soletto si basa, come detto nei paragrafi precedenti, su due reti di telecomunicazioni.

La principale in fibra ottica monomodale da 9/125 che può avere due topologie a seconda dell'area industriale interessata ossia:

- Ad anello
- A stella

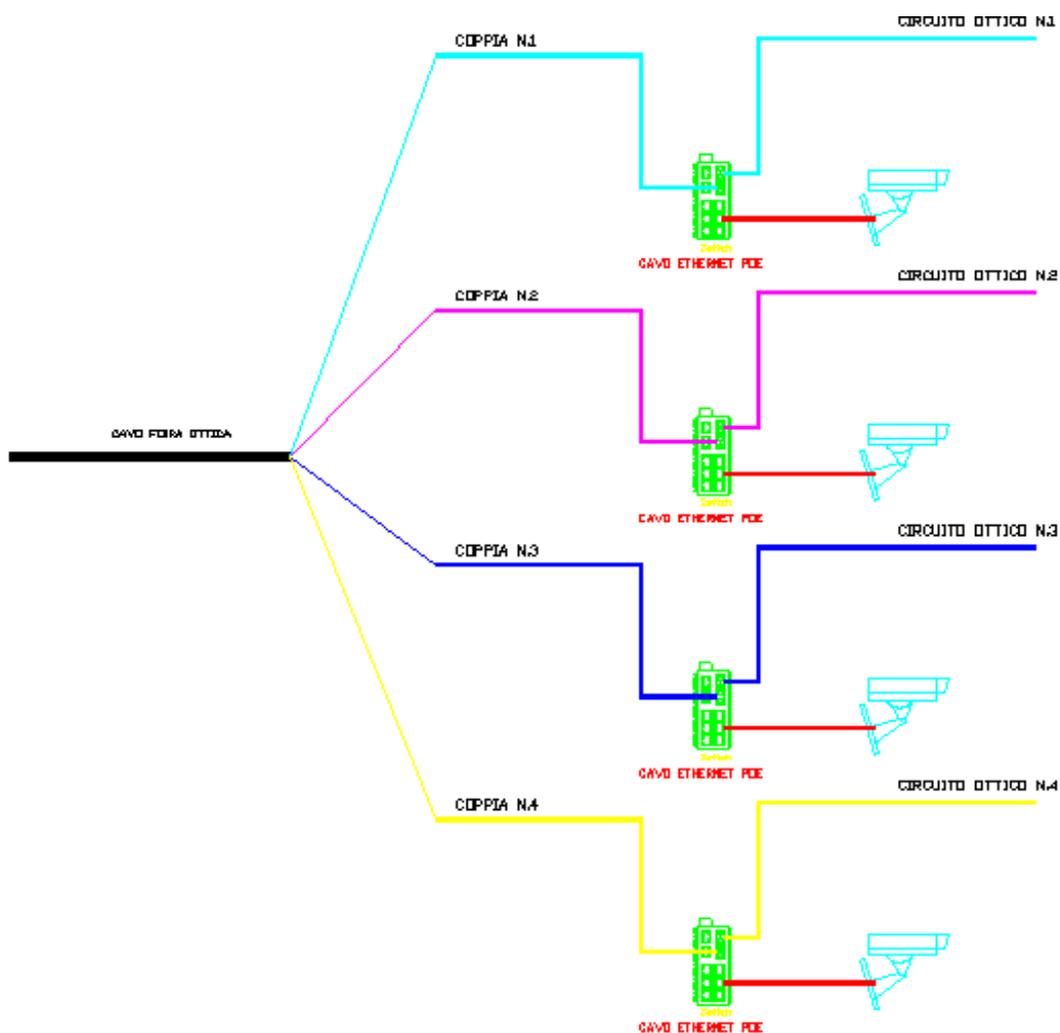
La secondaria o "di riserva" ovvero la rete wireless doppia frequenza basata su tecnologia MIMO per ridurre tutti i disturbi a campo. Quest'ultima rete ha una topologia solo a stella.

Scopo dell'infrastruttura dati (fibra+ wireless) è quello di trasportare le immagini riprese dalle postazioni a campo verso il sistema di archiviazione dati locale alla zona industriale garantendo immunità ai guasti e quindi continuità di servizio.

Verso il sistema di archiviazione locale convergono i due sistemi di trasmissione su un apposito switch gigabit con porte in fibra ottica.

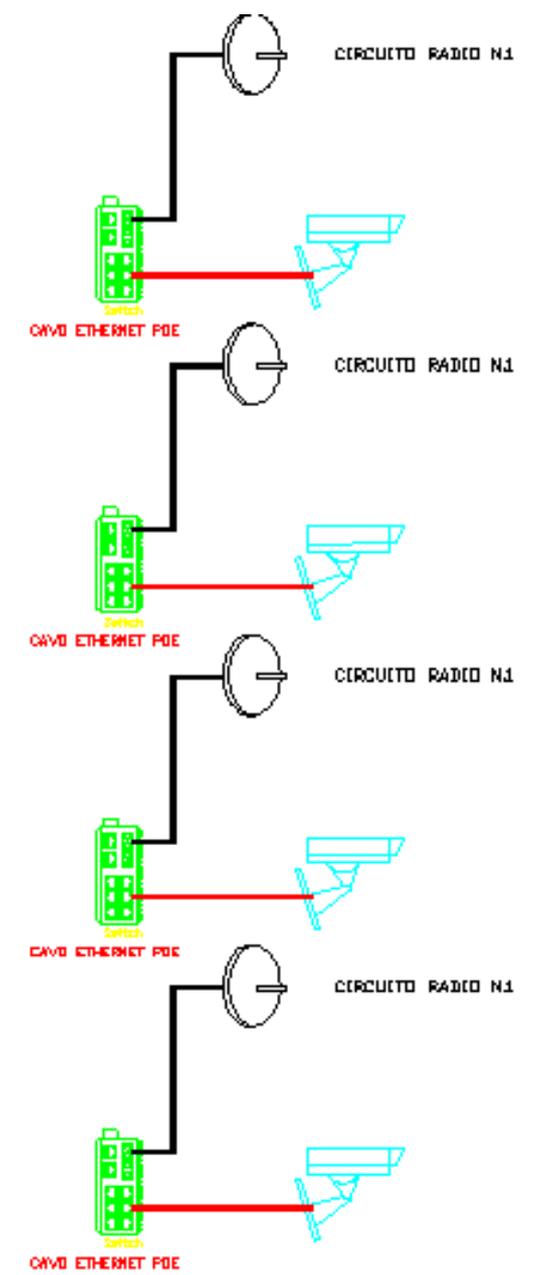
Per la fibra ottica avrà, come dorsale, un cavo multipolare a 8 fibre. Ogni coppia di questa fibra viene utilizzata sia nella topologia a stella che ad anello, per realizzare un sottocircuito ottico così come indicato in figura:

Interventi di sorveglianza delle aree industriali



Nella rete wifi le telecamere comunicheranno via radio su un solo circuito che possiamo definire circuito radio così come rappresentato in figura successiva:

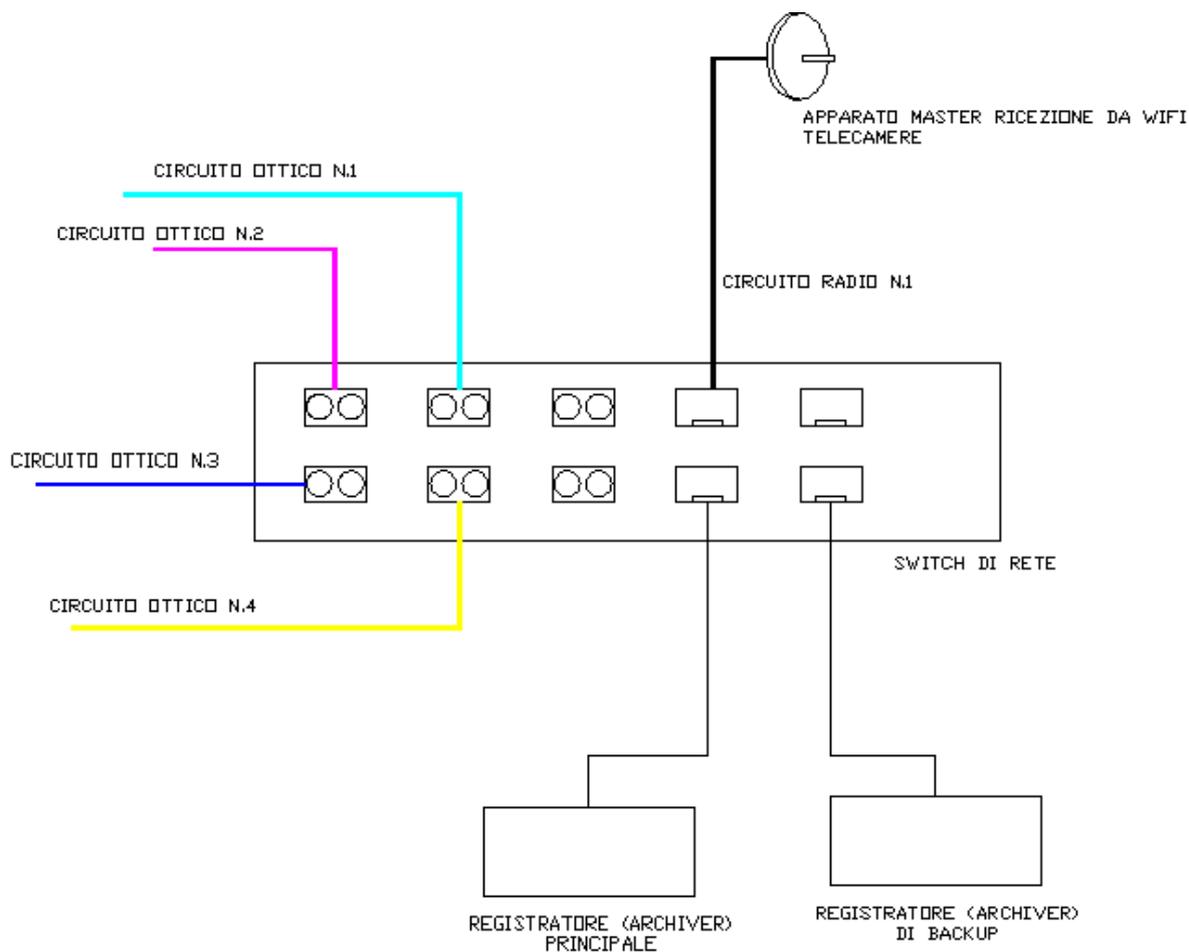
Interventi di sorveglianza delle aree industriali



Sia i quattro circuiti ottici che il circuito radio possono essere visti come dei circuiti logici differenti e quindi come delle VPN ossia delle virtual private network fisiche.

Tutti i circuiti convergeranno sul sistema di memorizzazione locale basato su switch ottico gigabit.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali



La logica di funzionamento della rete prevede che le due reti, principale e di riserva lavorino trasmettendo gli stessi i dati del sistema di videosorveglianza contemporaneamente. I 5 sotto circuiti dati separati e distinti: i primi 4 in fibra e il quinto radio saranno attestati sullo stesso switch centrale. Tale switch di rete ottico opportunamente configurato indirizza lo streaming dati dei circuiti ottici verso l'archiver digitale principale (registratore telecamere) mentre lo streaming dati del circuito radio che è una "copia" del flusso dati proveniente dall'infrastruttura in fibra, verso l'archiver di backup.

In questo modo, se per qualche motivo uno dei circuiti ottici dovesse cadere o in una delle postazioni il collegamento in fibra dovesse essere vandalizzato il registratore di backup memorizzerà comunque le immagini riprese da quella postazione grazie al flusso di "riserva" proveniente dal sistema wifi.

Questa logica di funzionamento varrà sia nel caso in cui il sistema dati in fibra abbia topologia ad anello sia quando questi abbia una topologia a stella.

Il link dati discusso al capitolo 5 verrà connesso allo switch ottico gigabit e invierà in remoto lo streaming dati proveniente dal circuito radio wifi.

Per realizzare questo funzionamento è necessario che sia gli switch a servizio delle postazioni di ripresa sia lo switch principale sia del tipo managed di layer 3.

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

5.1 Caratteristiche degli switch di rete

Le caratteristiche tecniche dello switch di seguito riportato sono da considerarsi come minime richieste e valgono sia per lo switch di rete principale che per quelli delle postazioni di ripresa (lettura targhe e telecamere).

Sicurezza

Algoritmi di sicurezza supportati	128-bit SSL,802.1x RADIUS,SNMP,SSH
Autenticazione	Autenticazione basata su Port
Supporto ssh/ssl	Si
Porta di sicurezza statica	Si
Funzione ip-mac-portbinding	Si
Filtri macaddress	Si
Protezione/filtro bpdu	Si
Lista di controllo accesso (acl)	Si
Caratteristiche di gestione	
Livello del commutatore	L2
Classificazione del traffico	Si
Tipo interruttore	Gestito
Ispezione arp	Si
Registro evento di sistema	Si
Supporto mib	RFC 1215, RFC 1493, RFC 2674, RFC 2737, RFC 2819, RFC 2863, RFC 3635
Supporto multicast	Si
Gestione web-based	Si
Tasto reset	Si
Supporto qualità del servizio (qos)	Si

Design

Colore del prodotto	Nero
Indicatori led	Attività, Collegamento, PoE, Potenza, Sistema
Montabile a parete	Si
Montaggio rack	No
Materiale della cassa	Alluminio
Montaggio su raildin	Si
Sicurezza	IEC 60068-2-32, IEC 60068-2-27, IEC 60068-2-6
Codice ip (marchio internazionale protezione)	IP30
Certificazione	FCC 15 A, CE

Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Dimensioni e peso

Peso 1 kg

Altezza 72 mm

Profondità 107 mm

Larghezza 161 mm

Connettività

Quantità di moduli sfp installati 2

Quantità di porte rj-45 8

Tipo di porte rj-45 Gigabit Ethernet (10/100/1000)

Tecnologia ethernet su cavi in rame 10BASE-T,100BASE-FX,100BASE-TX,1000BASE-LX,1000BASE-SX

Morsettiera Si

Gestione energetica

Consumo energetico (max) 152,96 W

Consumi 5,04 W

Power over Ethernet (PoE)

Potenza power over ethernet (poe) per porta 8,96 W

Quantità porte power over ethernet (poe) 4

Bilancio energetico totale del poe 144 W

Intervallo di tensione power over ethernet (poe) 48 - 56 V

Supporto power over ethernet (poe) Si

Collegamento in rete

Vlan in sequenza Si

Apertura albero di protocollo Si

Vlan basata su protocollo Si

Supporto 10g No

Standard di rete IEEE 802.1D,IEEE 802.1Q,IEEE 802.1ab,IEEE 802.1p,IEEE 802.1s,IEEE 802.1w,IEEE 802.1x,IEEE 802.3,IEEE 802.3ab,IEEE 802.3ad,IEEE 802.3u,IEEE 802.3x,IEEE 802.3z

Mirroring della porta Si

Auto mdi/mdix Si

Controllo broadcast storm Si

Rate limiting Si

Vlan privata Si

Supporto controllo flusso Si

Funzione igmpsnoping Si



Interventi di sorveglianza delle aree industriali

Raggruppamento link Si

Cliente dhcp Si

Vlansupport Si

Fibra ottica

Tecnologia delle fibre dei cavi elettrici 100BASE-FX,100BASE-BX,1000BASE-LX,1000BASE-SX

Trasmissione dati

Capacità di commutazione 20 Gbit/s

Numero di vla 256

Frame jumbo 10000

Store-and-forward Si

Numero di bauli 4

Dimensioni tavola mac 8000 voci

Throughput 14,8 Mpps

Supporto jumbo frames Si

Numero di gruppi multicast filtrati 256

Condizioni ambientali

Intervallo di temperatura -40 - 85 °C

Dissipazione del calore 521,8 BTU/h

Range di umidità di funzionamento 5 - 95%

Umidità 5 - 95%

Intervallo temperatura di funzionamento -40 - 75 °C