

Implementazione dei ponti radio: dalla teoria analitica per la progettazione alla implementazione.



INDICE GENERALE

- ▶ Introduzione (OTT e IOT)
- ▶ Cenni sui sistemi trasmissivi (fibra e ponte radio)
- ▶ Cenni teorici sulla propagazione e Visibilità
- ▶ Cenno alle infrastrutture per I PR
- ▶ Conclusioni
- ▶ Test finale

OTT (over the top)

- **Ott** sono definite tutte quelle media company che offrono servizi e contenuti direttamente via Internet, bypassando cioè sistemi di distribuzione tradizionali, come il digitale terrestre o il satellitare nel caso della TV

Con OTT si è finito per indicare volgarmente i soli servizi di streaming video sul modello di Netflix. Si tratta ovviamente di una semplificazione: le definizioni ufficiali di OTT non fanno discriminazione infatti quanto a tipologia di contenuti, ma considerano soltanto come avviene la trasmissione. L'espressione "over-the-top", del resto, fa riferimento più letteralmente alla capacità di operare sopra le reti, appoggiandosi sia sull'infrastruttura mobile che core.[1]

Velocità di connessione a Internet raccomandata

Per guardare serie TV e film su Netflix, ti consigliamo di disporre di una connessione Internet stabile con una velocità di download indicata di seguito in megabit al secondo (Mbps).

Qualità video	Risoluzione	Velocità raccomandata
Alta definizione (HD)	720p	3 Mbps o superiore
Full HD (FHD)	1080p	5 Mbps o superiore
Ultra alta definizione (UHD)	4K	15 Mbps o superiore

A Cura dell'ing. F. Martino



Test da casa mia con due modem:



IOT (internet of things)[2]

- ▶ L'Internet of Things (IoT) è una rete di oggetti e dispositivi connessi (detti "cose") dotati di sensori (e altre tecnologie) che consentono loro di trasmettere e ricevere dati, da e verso altre cose e sistemi. Oggi l'IoT è ampiamente utilizzato in ambito industriale (IIoT) ed è sinonimo di Industry 4.0.
 - In termini più generali, l'Internet of Things comprende qualsiasi oggetto – o "cosa" – collegabile in wireless a una rete Internet. Oggi, tuttavia, l'IoT ha assunto il significato più specifico di oggetti connessi provvisti di sensori, software e altre tecnologie che consentono loro di trasmettere e ricevere dati allo scopo di informare gli utenti o di automatizzare un'azione. Se tradizionalmente la connettività è stata associata soprattutto alle reti Wi-Fi, oggi il 5G e altre tipologie di piattaforme di rete promettono di gestire ampi set di dati in modo rapido e affidabile e praticamente senza vincoli di spazio.

Quali sono i tre tipi di connessione in un sistema IoT?

Le tre componenti fondamentali dell'Internet of Things sono le seguenti:

- Things: i dispositivi che **sono** connessi via cavo o wireless ad **una** rete.
- Network: il network connette tutti i dispositivi **di una** rete al cloud.
- Cloud: i server **di un** data center remoto che immagazzinano i tuoi dati in **modo sicuro**.



05/03/2024

IOT (internet of things)applicazioni comuni[2]

- ▶ **Smart city**
- ▶ **Smart home**
- ▶ **Automobili connesse**
- ▶ **Sanità (telemedicina)**
- ▶ **Videosorveglianza**



IOT : larghezze di banda

► Smart home

	LTE-M	GSM
Dispiegamento	In-band LTE	In-band GSM
Copertura radioelettrica	155.7 dB (20 dBm)	154 dB (23 dBm) 164 dB (33 dBm)
Canalizzazione	1.08 MHz	200 kHz

- Telemedicina : sanita' connessa [Connetti Italia](#) [3]

[Piano Sanità Connessa, attivate le reti ultraveloci del Policlinico di Bari \(innovazione.gov.it\)](#)

A Cura dell'ing. F. Martino

Sanità connessa

Il Piano Sanità Connessa mira a garantire la connettività con velocità simmetriche di almeno 1 Gbps e fino a 10 Gbps alle strutture del servizio sanitario pubblico, dagli ambulatori agli ospedali, per un totale di circa 12 mila strutture.

Il Piano è suddiviso in 8 lotti ed è stato assegnato, a seguito di un bando pubblico, a tre operatori aggiudicatari per un totale di circa 315 milioni di euro.



05/03/2024

6

IOT (internet of things) esempio

Esempio algoritmo realizzato in una precedente esperienza lavorativa

Tipologia prodotto Capitolo di libro SPRINGER 2018

Titolo: Anomalous Human Behavior Detection Using a Network of RGB-D Sensors

Elenco autori: N.MOSCA, V.RENO', R.MARANI, M.NITTI, **F.MARTINO**, T. D'ORAZIO, E. STELLA (CNR ISSIA ora STIIMA)

Anomalous Human Behavior Detection Using a Network of RGB-D Sensors

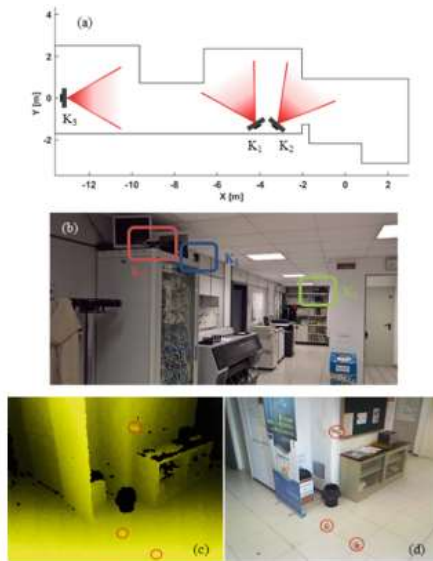


Fig. 2. (a) Map of the corridor and position of the three Microsoft Kinect cameras use in the proposed experiments. (b) Picture of the actual environment. (c)-(d) Depth map and corresponding RGB image. Red circles highlight objects in actual relationship (Color figure online)

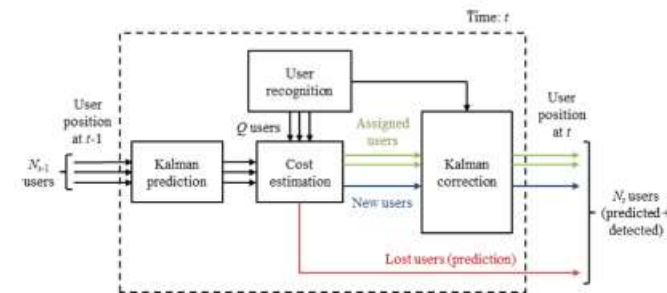
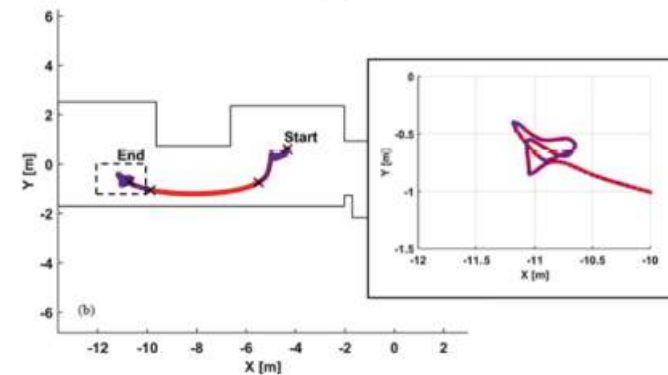
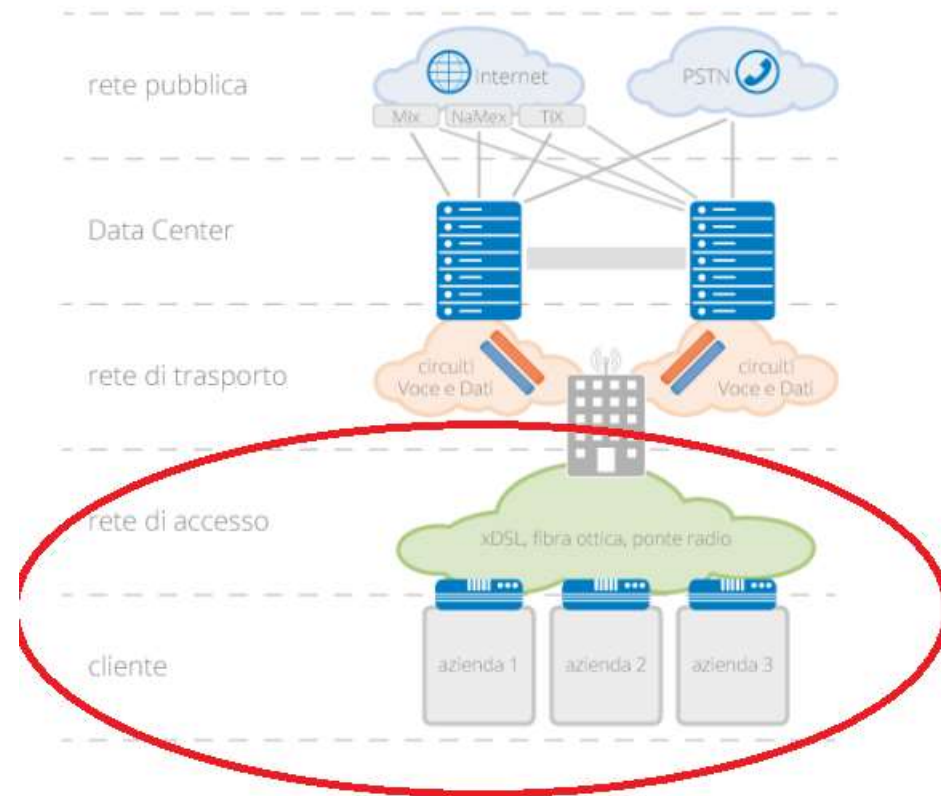
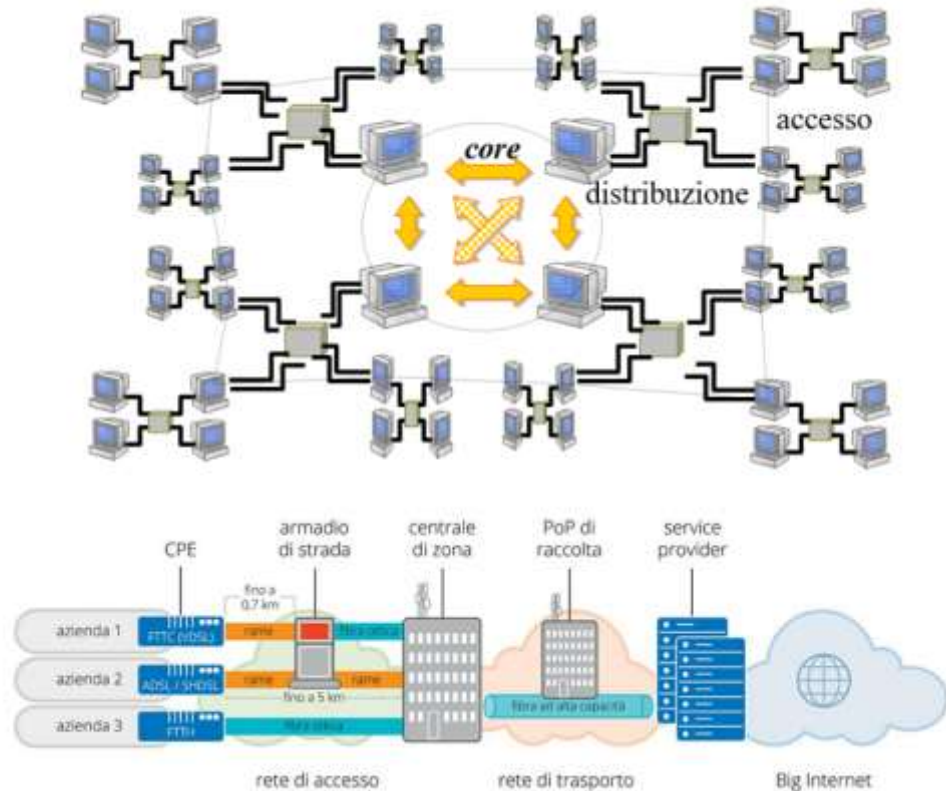


Fig. 1. Data processing scheme for user tracking with Kalman filter

Cenni all'architettura di internet

- ▶ Rete di Trasporto (core network) - LA DORSALE È il centro di Internet, basata su una topologia a maglia costituita da linee di collegamento ad alta velocità (dorsali), realizzate con fibra ottica, che connettono i dispositivi più importanti per il funzionamento complessivo della Rete (provider). Per collegare nodi remoti si utilizzano centinaia di cavi sottomarini che trasportano centinaia di Terabit di dati al secondo. La dorsale rende possibile l'esistenza di Internet.
- ▶ • Rete di distribuzione: Area intermedia costituita dai terminali dei principali servizi di rete (server più importanti) con topologia a stella doppia rispetto al core centrale.
- ▶ • Rete di accesso (access network) Area che si sviluppa con topologia a stella dalle terminazioni dell'area di distribuzione cui si affiancano i dispositivi dei singoli utenti (client, server minori).
- ▶ NB Spesso la rete di distribuzione viene fatta rientrare nella rete di trasporto: in definitiva quindi si hanno solo due parti: la Dorsale e la rete di accesso[4]

Cenni all'architettura di internet



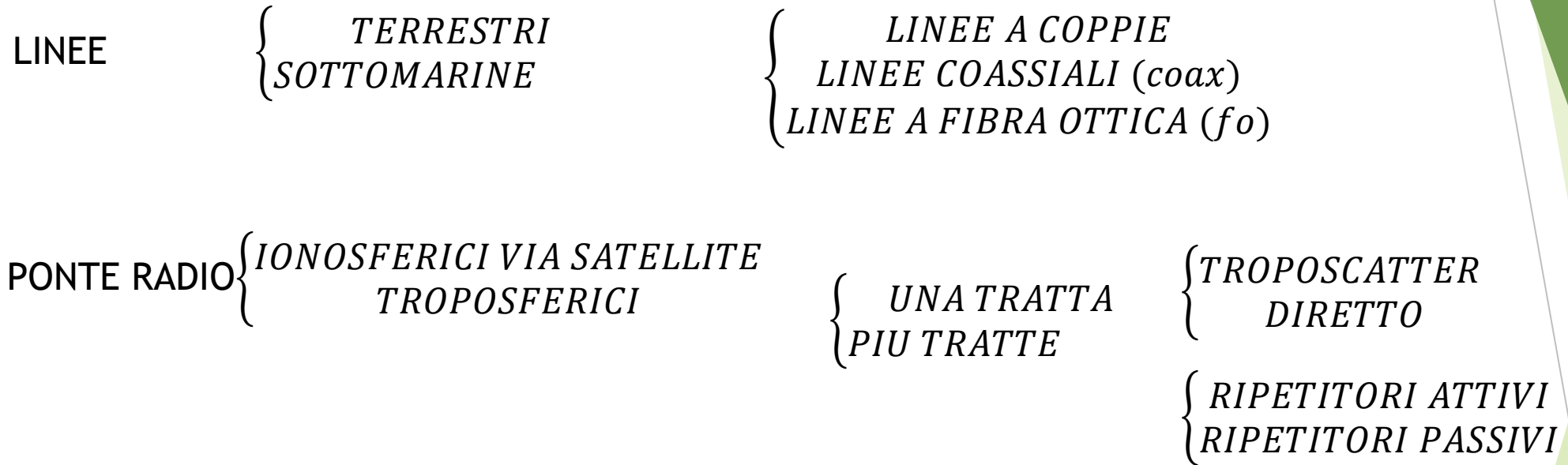
Cenni sui sistemi trasmissivi

➤ **Indice**

Cenni sui sistemi trasmissivi

- 1 Sistemi di trasmissione
- 2 Gamme RF e canalizzazione
- Cenni sulla propagazione e visibilità
- 1 Propagazione
- 2 Feeder ed Antenne

Cenni sui sistemi trasmissivi



Cenni sui sistemi trasmissivi

SISTEMI DI TRASMISSIONE

Una prima divisione dei sistemi di trasmissione è quella che utilizza il mezzo portante : o conduttore elettrico o il libero spazio.

Si vengono così a separare le LINEE e i PONTI RADIO

Nel campo delle LINEE, una ulteriore divisione è quella che fa riferimento all'ambiente circostante, se le linee si sviluppano sulla superficie terrestre o sott'acqua, si parlerà di linee TERRESTRI o di linee SOTTOMARINE.

Se il mezzo è costituito da coppie bipolari si otterranno le Linee a COPPIE, COASSIALI e FIBRA OTTICA

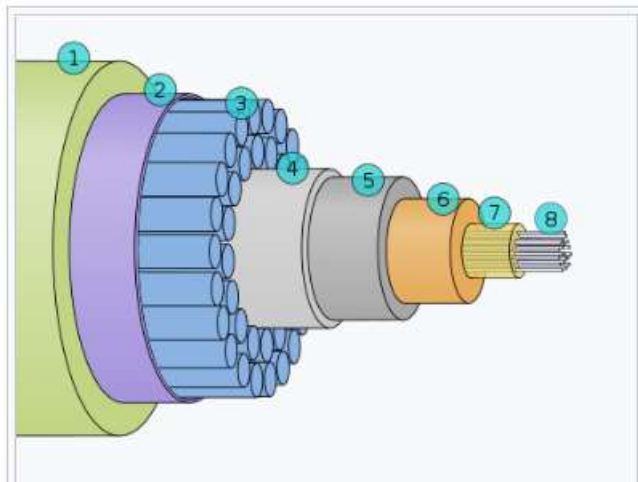
Cavo Sottomarino - cenni

In telecomunicazioni il cavo sottomarino è un cavo appositamente costruito e posato sul fondo del mare, di un lago o un fiume (cavo subacqueo).

Esistono quindi due categorie di cavi sottomarini:

quelli per le telecomunicazioni - usato per trasportare informazioni su una tratta o dorsale della rete di trasporto dati

quelli per trasporto di energia - energia elettrica nella rete di trasmissione elettrica tra le due sponde [6]



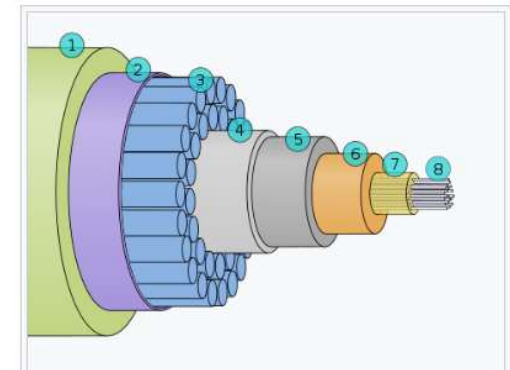
- 1) Polietilene
- 2) Nastro in myvar
- 3) Cavi d'acciaio
- 4) Barriera impermeabile di alluminio
- 5) Policarbonato
- 6) tubo in rame di alluminio
- 7) vaselina
- 8) fibra ottica (FO)

Cavo Sottomarino - cenni (cavi per TLC)

I cavi per le telecomunicazioni sono destinati a trasportare segnali elettrici o ottici di tipo analogico oppure, ormai quasi esclusivamente, digitali.

Le specifiche di progetto sono :

- la fedeltà del segnale trasferito e la banda passante, ovvero la quantità di informazione trasportabile. Maggiore è questo parametro, migliore è la resa economica dell'impianto.
- L'attenuazione del segnale causata dalla resistenza elettrica del materiale richiede che periodicamente lungo il cavo (ogni diversi chilometri) siano presenti degli amplificatori. (negli anni 80 fu sostituito il rame con l'introduzione di fibra ottica)
- Rispetto al rame le fibre ottiche sono infatti immuni ai disturbi elettromagnetici, attenuano in misura molto inferiore il segnale (permettendo una maggiore distanza tra gli amplificatori ottici) ed hanno una capacità di trasporto enormemente superiore. Inoltre, è necessario collocare dei ripetitori (dal peso di 500 kg l'uno) ogni 50–60 km, poiché il segnale tende a decadere.



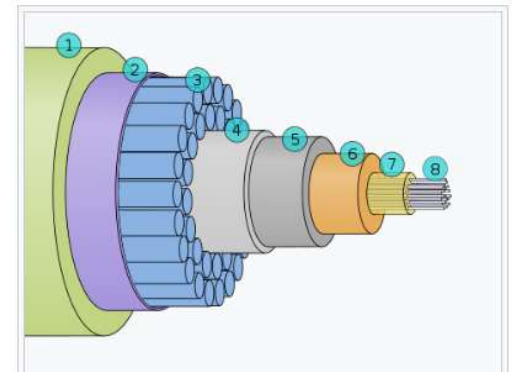
Cavo Sottomarino - cenni (cavi per Energia)

Il trasporto di elettricità sotto il mare deve tenere conto delle perdite di energia attraverso l'isolante e per effetto Joule. Per essere interfacciata con la rete elettrica di distribuzione a corrente alternata, alle due estremità della linea sono presenti due inverter elettronici (un tempo erano usati convertitori rotanti).

La linea è spesso reversibile, in grado cioè di condurre l'elettricità in un senso o nell'altro a seconda delle necessità delle reti interconnesse.

Nei sistemi di trasmissione si può operare nelle seguenti due configurazioni:

- *Monopolare* in cui il circuito di ritorno è costituito dalla terra stessa, questo sistema presenta, però, alcune limitazioni all'impiego dovute ai fenomeni di corrosione e crea disturbo alle bussole magnetiche ed è causa di disturbo.
- *Bipolare* in cui il cavo di ritorno non necessita di isolante in quanto la tensione riferita alla terra è 0, di conseguenza il cavo risulta molto più economico. Con un collegamento bipolare si eliminano gli effetti negativi legati al sistema monopolare [7].



Cavo Sottomarino - cenni (criticita')

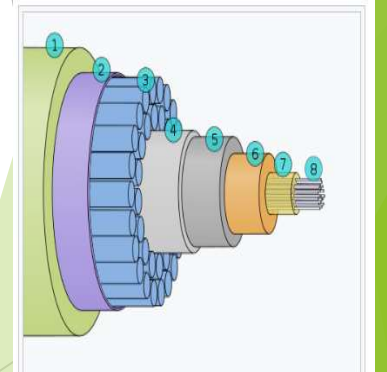
I problemi principali relativi ai cavi sottomarini possono essere dovuti a diversi fattori :

- oltre che di natura elettrica (attenuazione e distorsione del segnale)
- sono di natura meccanica. I cavi devono infatti essere protetti dalle ancore delle imbarcazioni, dalle reti dei pescatori, ma anche dagli animali marini che possono mordere o perforare il materiale isolante. Per questo motivo la parte terminale delle linee vicino alle coste ha una corazzatura maggiore, costituita in genere da uno o più strati di robusta rete di acciaio. La porzione destinata a giacere sul fondale ha sezione minore, ma comunque un certo grado di armatura in acciaio.
- Pressione dell'acqua (aumenta di 100 atmosfere ogni Km) :

Il materiale isolante viene infatti compresso da queste enormi pressioni, causando la diminuzione della sezione del cavo e l'alterazione dell' impedenza della linea.

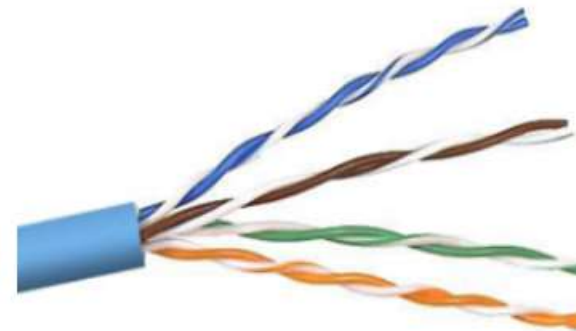
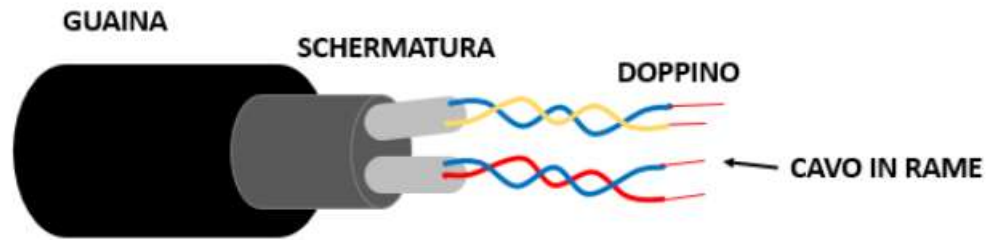
- Aumento della capacita' : al 2023 circa il 97% del traffico internet è concentrato su 500 cavi sottomarini, mentre il satellite trasporta soltanto il 3% del traffico globale. L'IOT e OTT porteranno ad un aumento esponenziale del traffico dati.

È necessario quindi creare "dorsali di backup globali" (in pratica una *ridondanza* trasmissiva attraverso una rete alternativa di trasmissione dati). ".
E il punto su cui riflettere è che il bisogno sempre maggiore di banda è soddisfatto quasi esclusivamente da cavi sottomarini



Linee a coppia di rame

- Il cavo telefonico in rame, in generale, è formato da più fili conduttori rivestiti da uno strato di materiale isolante o di protezione, avvolte tra loro con passo costante.



Il rame che viene utilizzato per le telecomunicazioni è ad alta purezza ed è ottenuto con il sistema di produzione elettrolitico . Dopo le fasi di trafilatura per avere il diametro voluto risulta necessario effettuare una “ricottura” per ristabilire il reticolo cristallino e minimizzare la resistenza elettrica. In alcuni casi può anche essere utilizzato a “crudo” in quanto più robusto, ma non nelle telecomunicazioni. I conduttori possono avere un diametro di 0,4/ 0,6 mm, se usati per brevi collegamenti, ma anche di 1,2 mm quando connettono punti tra loro distanti qualche chilometro, e possono essere usati sia per le trasmissioni analogiche che digitali. [8]

Linee a coppia di rame

CATEGORIE DEI CAVI IN RAME

Cat. 1: Comprende i cavi che si utilizzano unicamente per la telefonia analogica e non alla Trasmissione Dati.

Cat. 2: Cavi utilizzati per la telefonia analogica e digitale ISDN e Trasmissione Dati a bassa velocità (< 4 Mbps).



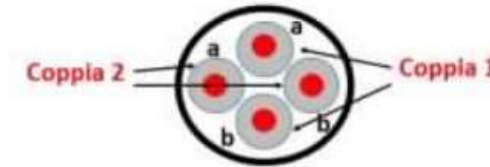
Cat. 3: Utilizzato in reti Ethernet 10BaseT (rete a 10 Mbps in banda base con uso di UTP) e Token Ring a 4 Mbps, adatto a velocità di 10 Mbps.

Cat. 4: Utilizzato in reti Token Ring fino a 16 Mbps.

Cat. 5: Cavo utilizzato per reti Fast Ethernet (100 Mbps) su distanze fino a 100 m.

• **Bicoppie:**

a) A **stella**: 4 conduttori isolati che sono avvolti tra di loro ai vertici di un quadrato con passo uguale a formare una “stella”.



I conduttori impiegati per formare tali linee sono generalmente fili di rame aventi i diametri variabili da **0,5 a 0,7 mm per i cavi telefonici urbani** e da **0,9 a 1,5 mm per i cavi interurbani**.

b) **Bicoppie DM (Dieselhorst Martin)** oppure a **quarta**, 4 conduttori (2 coppie). Conduttori isolati avvolti tra di loro a 2 a 2 con passi differenti. Riassumendo: 2 coppie, con 2 passi differenti, avvolte tra di loro con un terzo passo di riunione.



Fibra Ottica

La **Fibra Ottica** è una tecnologia che permette di trasmettere grandi quantità di dati ad altissima velocità, quando ci si connette a Internet.

Negli anni settanta quella che oggi tutti chiamiamo **fibra internet** era impiegata a scopo decorativo per produrre lampade colorate. Da diversi decenni le **fibre ottiche** sono diventate una componente importante per il settore delle telecomunicazioni e delle comunicazioni. Le reti telefoniche, la rete internet, i collegamenti sottomarini intercontinentali sono in fibra ottica e il mercato è in fase di espansione.

Le fibre ottiche, piano piano, stanno sostituendo i tradizionali cavi telefonici in rame e costituiscono oggi l'infrastruttura attraverso la quale viaggiano **più dell'80% delle informazioni Internet**, delle immagini televisive e delle conversazioni telefoniche in tutto il mondo[9]

Fibra Ottica

Il cavo in fibra ottica si presenta come un fascio di filamenti divisi in una sezione interna trasparente e una esterna più opaca capace di riflettere il segnale EM. Ogni singolo filamento è composto da due strati concentrici di materiale trasparente ed estremamente puro: un cilindro centrale, chiamato anche **core**, ed un mantello, o **cladding**, che lo abbraccia. Il nucleo ha un diametro che varia da circa 10 μm a 50 μm , mentre il mantello ha un diametro di circa 125 μm . Per capire di quali dimensioni stiamo parlando basti sapere che un capello ha una dimensione di circa 10 μm . La fibra ottica è inguainata in una sorta di calza protettiva chiamata **jacket** che serve da un lato a proteggere la fibra dal contatto con l'esterno e, dall'altro, a resistere agli stress fisici e alla corrosione.

Ogni cavo è formato da un numero variabile di fibre ottiche, fino a un massimo di 7. Spesso insieme a questi filamenti vengono intrecciati dei fili più resistenti che non hanno la funzione di tramettere dati ma di irrobustire il cavo. La **fibra ottica**, infatti, è **tanto tecnologicamente raffinata quanto delicata**: un movimento brusco, un urto ma anche un'oscillazione potrebbero determinarne la rottura e, di conseguenza, la perdita di informazioni. Una guaina esterna avvolge a sua volta il cavo per proteggere le fibre dalle fonti di calore e dall'umidità.[10]



Fibra Ottica

I **cavi in fibra ottica** permettono di trasmettere dati molto più velocemente rispetto alle performance dei primi PR. I materiali utilizzati sono leggeri e flessibili e più capaci, rispetto ai cavi in rame, di respingere eventuali disturbi elettrici o dovuti a perturbazioni atmosferiche. Il **meccanismo con cui viaggiano i dati** è quello dello specchio tubolare. Il segnale che entra nel nucleo, viaggia grazie a una serie di riflessioni tra i due materiali del nucleo e del mantello. In questo modo i dati vengono trasportati tra i diversi dispositivi che devono ricevere e trasmettere i dati: i modem, i router, i server e le infrastrutture degli operatori telefonici.

I cavi in fibra di vetro o in polimeri della fibra ottica sono capaci di sfruttare una banda di frequenze molto elevata. Questo consente di trasferire dati, sotto forma di segnali, con una enorme velocità di trasmissione. Tutti i più importanti operatori telefonici offrono pacchetti che includono la fibra ottica e consentono di navigare fino a 10 Giga in download.

La fibra veloce, però, è soggetta alla copertura della rete. L'infrastruttura non ha, infatti, ancora raggiunto tutte le zone d'Italia: prima di richiedere l'installazione della fibra internet è necessario verificare se nella propria zona di residenza vi sia copertura, contattando uno tra gli operatori di telefonia che offrono questo servizio, oppure effettuando una verifica direttamente online.

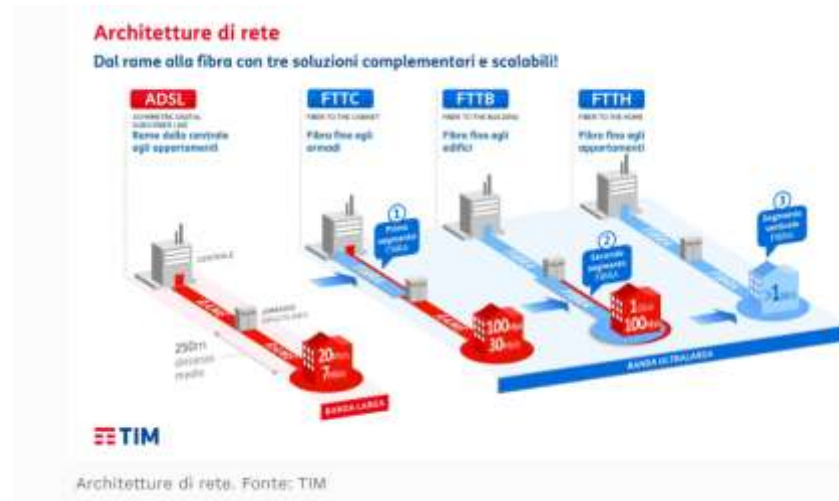
Fibra Ottica cenni sulle tipologie di lavorazioni

Ci sono differenti tipologie di architetture per la connettività in fibra o in rame.

Le sigle **FTTC**, **FTTS**, **FTTE**, **FTTH**, sono acronimi che indicano diverse architetture di rete. I primi quattro sono a volte accomunati dal più generico acronimo FTTx, che sta ad indicare tutte le architetture che prevedono l'uso della fibra ottica.

In sintesi, gli acronimi significano:

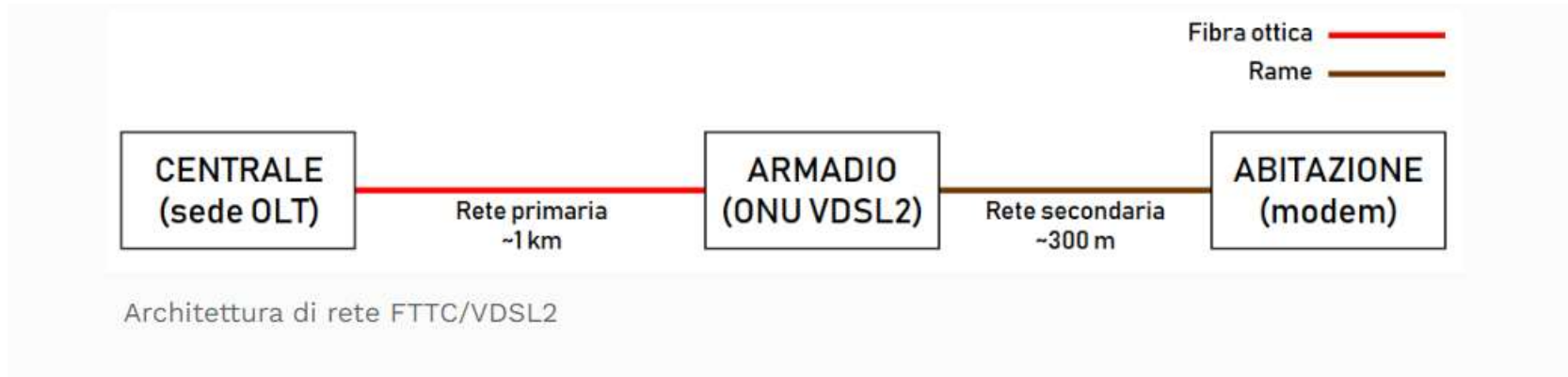
- **FTTC = Fiber To The Cabinet** (fibra fino all'armadio, o “fibra mista rame” secondo la nomenclatura AGCOM)
- **FTTS = Fiber To The Street** (equivalente a FTTC)
- **FTTE = Fiber To The Exchange** (fibra ottica fino alla centrale, accesso di tipo “rame”)
- **FTTH = Fiber To The Home** (fibra ottica fino in casa, accesso di tipo “fibra”)
- **FTTB= FIBer to the building (o bts)[11]**



FTTC : Fiber to the cabinet

In un'architettura di rete FTTC, **la fibra ottica termina presso un armadio ripartilinea (ARL)**, posizionato in media a poche centinaia di metri dalle abitazioni. L'ARL viene spesso chiamato semplicemente *armadio* o *cabinet*, e in Italia è lo stesso utilizzato per la rete telefonica e l'ADSL.

Dall'armadio partono **centinaia di doppini** (coppie di cavi intrecciati), che collegano le abitazioni finali dei clienti. La tratta tra la centrale e l'armadio si definisce **tratta primaria**, mentre quella tra l'armadio e le abitazioni è la **tratta secondaria**



In corrispondenza dell'armadio deve essere effettuata la conversione del segnale da ottico a elettrico. Questa avviene attraverso un **ONU** (*Optical Network Unit*) con l'ausilio di un **DSLAM** (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*). Si tratta di un apparato attivo, cioè che richiede alimentazione, e nel caso di TIM è molto spesso inserito in una scatola installata sopra l'armadio (il cosiddetto sopralzo)

FTTC : Fiber to the cabinet



Armadio TIM (a sinistra) con soprizzo ONU-DSLAM (sopra). A destra, la colonnina di alimentazione contenente un trasformatore e un contatore Enel.

Il vantaggio principale della FTTC è che permette di ridurre la lunghezza della tratta secondaria in rame. Le tecnologie xDSL infatti funzionano meglio su brevi distanze e permettono in combinazione con le alte frequenze di **raggiungere anche 100 o 200 Mbps in download**

FTTC : Fiber to the cabinet

La FTTC sfrutta come tratta secondaria la rete in rame esistente, talvolta posata decine di anni fa. Di conseguenza, il **degrado del rame** spesso influisce anche in modo pesante sulla qualità della linea fibra mista rame.

Inoltre, l'uso di alte frequenze genera tra i cavi delle interferenze, che non sono più trascurabili come avveniva per l'ADSL. Il fenomeno della **diafonia** può infatti ridurre la velocità della connessione anche del 50%, in base al numero di linee interferenti.

Infine, in molti casi la distanza dall'armadio è superiore a 500 metri (o addirittura a un chilometro), con la conseguenza di abbassare notevolmente la velocità ottenibile. TIM stima che le linee lunghe siano circa 3,3 milioni.

FTTE (Fiber To The Exchange)

Con **FTTE** (*Fiber To The Exchange*) si intende un'architettura in cui la fibra ottica arriva fino alla centrale dell'operatore.

È quasi sempre il caso dell'ADSL, anche se il termine non è molto usato in quel contesto.

Si parla di FTTE soprattutto in caso di linea telefonica su **rete rigida**, ossia una linea collegata **direttamente alla centrale** senza passare da un armadio ripartilinea.



FTTH (Fiber to Home)

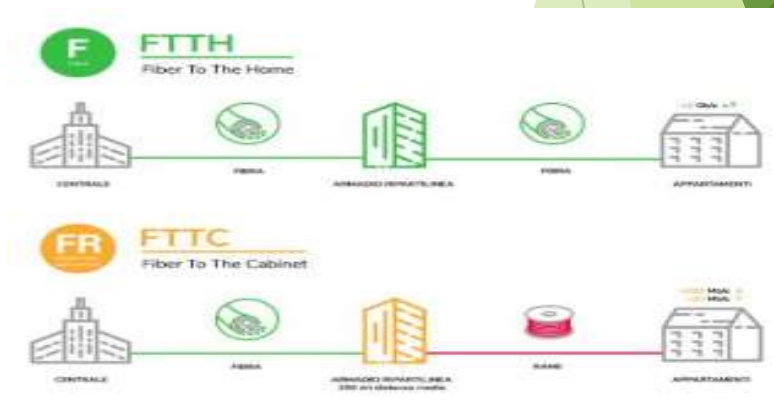
FTTH è l'architettura che prevede di portare la **fibra ottica fino a dentro le case**/appartamenti delle utenze.

L'architettura è considerata un modello per quanto riguarda le connessioni Internet, per diversi motivi:

- utilizza un mezzo trasmissivo (la fibra ottica) che **soffre molto lievemente di dispersione**, consentendo quindi di coprire lunghe distanze senza bisogno di rigenerare il segnale;
- supporta **velocità di trasmissione molto alte** (anche superiori a 1 Gbps) e **latenze generalmente molto basse**;
- può funzionare in modo passivo, cioè rimuovendo la necessità di alimentare apparati in strada come nel caso della FTTC. La Tecnologia utilizzata e' la GPON



A Cura dell'ing. F. Martino



FTTH (Fiber to Home)

GPON (*Gigabit-capable Passive Optical Network*) è una tecnologia comunemente utilizzata per realizzare reti in modalità **FTTH** (*Fiber To The Home*), secondo cui la connessione a Internet di una abitazione avviene portando la fibra ottica fino a dentro casa.

GPON fa parte di un insieme di standard *PON*, i quali si differenziano in base alla velocità massima complessiva raggiungibile all'interno di ciascun albero ottico, una struttura spesso condivisa anche con 64 utenze (il significato di albero ottico è spiegato in dettaglio sotto).

Nel caso di GPON, **la velocità massima è di circa 2,5 Gbps in download e 1,25 Gbps in upload, condivisa con un numero prestabilito di utenze**, che può arrivare fino a 128.¹ Ciascuna delle linee collegate avrà poi una velocità massima nominale fissata dall'operatore, ad esempio 1 Gbps in download.[12]

- ▶ La caratteristica fondamentale che rende GPON la soluzione più frequentemente adottata per la FTTH è il fatto che **la rete ottica è passiva**, e cioè che tra i due estremi della rete (centrale e abitazioni) non sono presenti punti che richiedano alimentazione elettrica. Questo è un importante vantaggio della tecnologia, perché riduce i costi e la possibilità di guasti.
- ▶ Attualmente la tecnologia FTTH e' quella che garantisce maggiori qualita' e stabilita' di connessione, prestazioni elevate a basso impatto ambientale.
- ▶ La resistenza e la flessibilita' dei filamenti che compongono i cavi li rendono poco soggetti a danneggiamento: risparmio su manutenzione

Tecniche di realizzazione FTTH/FTTC

Quando si tratta di cablaggio di rete, i cavi in fibra ottica presentano dimensioni molto ridotte rispetto agli altri tipi di infrastrutture. Questo permette di intervenire sull'ambiente utilizzando tecniche che riducono al minimo non solo l'impatto ambientale ma anche i disagi per i cittadini. Spesso si cerca di utilizzare infrastrutture di rame già presenti (quasi sempre di Sip/ telecom) affittando l'infrastruttura altrimenti bisognerà procedere ad effettuare delle altre tipologie di attività (scavo ma non solo).

Analizziamo insieme le differenti tipologie di scavo che possono essere utilizzate per cablare la rete FTTH:

- Minitricea (tradizionale o ridotta)
- No dig
- Posa aerea [13]

Tecniche di realizzazione FTTH/FTTC : minitricea

Questa tipologia di scavi prevede la realizzazione di trincee dalle dimensioni minime - circa 5 cm di larghezza - ma più che sufficienti per la posa dei sottilissimi cavi di rete in fibra ottica. In questo modo non è necessario chiudere una strada al traffico quando ci sono lavori in corso, e la posa è talmente rapida che in poco tempo la strada torna ad essere nuovamente transitabile. Prima di intervenire sull'asfalto si utilizza un georadar per identificare i punti in cui scavare. In questo modo siamo sicuri di non danneggiare nessuna delle infrastrutture esistenti e possiamo intervenire su quelle da riqualificare

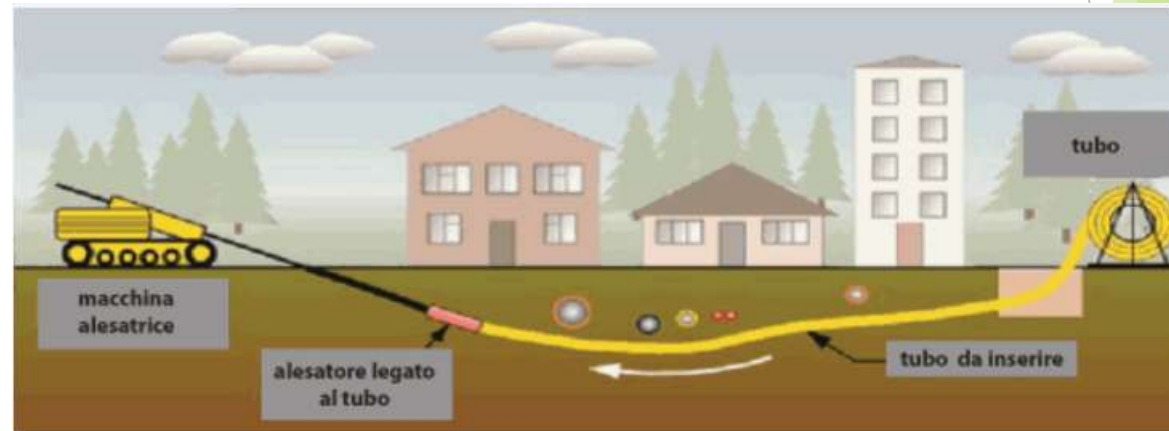
.Differenza tra minitrincea tradizionale e minitrincea ridotta : Anche se la dimensione degli scavi è la stessa, circa 5 cm, c'è una differenza sostanziale tra minitrincea tradizionale e minitrincea ridotta.

Nel caso di minitrincea ridotta, infatti, un camion aspiratore segue i lavori passo per passo evitando la dispersione di detriti o polveri nell'aria. motivo la minitrincea ridotta è la tecnica di scavo (maggiormente utilizzata)



Tecniche di realizzazione FTTH/FTTC : No dig

Può sembrare un paradosso ma a volte possiamo posare la fibra ottica sotto terra anche senza scavare e' fattibile . Nel caso per motivi autorizzativi o di complessita' infrastrutturale (ad esempio se il percorso della fibra attraversa un passante ferroviario o una strada tipo statale/autostrada) non è possibile utilizzare le minitrincee tradizionali o ridotte, si puo' pensare ad altre tecniche dette "no dig" cioè "senza scavo". Questo tipo di procedura è stata studiata proprio per la posa di tubazioni e cavi interrati, e permette un ottimale recupero delle infrastrutture esistenti. Per questa tipologia di posa, dopo aver effettuato la consueta indagine del sottosuolo con il georadar e aver consultato le mappe comunali dei sottoservizi, i cavi vengono inseriti all'interno di speciali tubi e nel terreno vengono aperte solo due buche, una all'inizio e una alla fine del percorso, di solito lontano dalla carreggiata. I cavi vengono fatti scorrere dall'una all'altra buca. Un intervento praticamente indolore per il terreno.



Tecniche di realizzazione FTTH/FTTC : Posa aerea

Cosa succede quando i cavi non possono essere posati sotto terra? C'è un'ulteriore soluzione che permette di portare la connessione ultraveloce anche quando non si interviene su strada: la posa aerea.

Questa tecnica consente di raggiungere anche i Piccoli Comuni delle Aree Bianche dove non sono presenti infrastrutture da riqualificare. Basta utilizzare le palificazioni già presenti e collegati i cavi dall'una all'altra con l'aiuto di speciali morsetti e sospensioni .

Di solito ci vogliono diversi giorni per le riparazioni di emergenza, il che influisce notevolmente sulla costruzione..



Posa aerea

Definizione di ponte radio

- ▶ I Ponti Radio (o MicroWave Link) sono delle antenne direttive altamente specializzate che irradiano e/o ricevono microonde. Esse vengono usate principalmente, nell'ambito della rete di trasporto di un operatore mobile, per collegare una o più stazioni radio base (SRB) alla rispettiva dorsale geografica. Vengono detti MicroWave Link perchè, come suggerisce il termine inglese, la loro frequenza di lavoro è decisamente, dai 7 Ghz fino ad arrivare ai 80 Ghz. Trattandosi comunque di frequenze licenziate, come quelle per la telefonia cellulare, ogni operatore possiede differenti larghezze di banda che può tuttavia decidere di allocare come meglio ritiene..
- ▶ Questa pratica è altamente diffusa per 2 motivi principali:
 1. Essendo le risorse radio preziose e limitate, si alloca alla singola tratta solo lo spettro ritenuto necessario.
 2. Adottando centri banda diversi, link nella stessa area geografica possono incrociarsi senza nessuna interferenza reciproca dato che operano in sezioni dello spettro separate.

Cenni sui sistemi trasmissivi

Nell'ambito dei ponti Radio Troposferici si può fare la distinzione nel numero di tratte, ovvero di quanti collegamenti necessari servono per andare da A e B.

In quelli a singola tratta si può fare la distinzione dei ponti radio per collegamento diretto e riflessione.

Questi ultimi sono detti TROPOSCATTER .

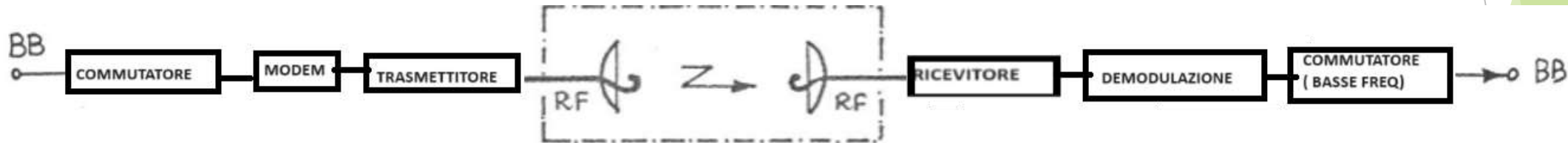
Quelli a più tratte si distinguono nel tipo di ripetitore usato attivo nel senso che il segnale viene riportato a livello di partenza in ogni punto di iterazione.

Cenni sui sistemi trasmissivi.

PONTI RADIO

Sono 4 le parti essenziali in un ponte radio

- 1) Commutazione (banda base- BB , IF-RF)
- 2) Modem
- 3) Ricetrasmittitore
- 4) Tratta radio



- 1) Per commutazione si intende quei sistema atto ad avvertire quale è degradato e a commutare la ricezione su quello migliore
- 2) Si intende modem l'insieme del modulatore e demodulatore che serve la BB in If conservandone il contenuto informativo e viceversa.
- 3) Si intende con ricetrasmittitore l'insieme che porta in IF e RF e viceversa, mediante conversione di frequenza.
- 4) Si intende con tratta radio tutta quella parte che va dal filtro di canale di trasmissione e quello di ricezione

Gamme RF utilizzate in Italia dai Ponti Radio :

gamme	utilizzatori
4 GHz	RAI
7GHz	Operatori Telefonia
11 Ghz	Operatori Telefonia + rai
18 Ghz	Operatori Telefonia
23 Ghz	Operatori Telefonia
26 Ghz	Radioamatori e privati
38-42-80 Ghz	Operatori Telefonia

Canalizzazione 11 Ghz

Rec. ITU-R F.387-13

3

FIGURE 1
RF channel arrangement for high capacity FWSs operating in the 11 GHz band according to *recommends 1.1* (All frequencies (MHz))

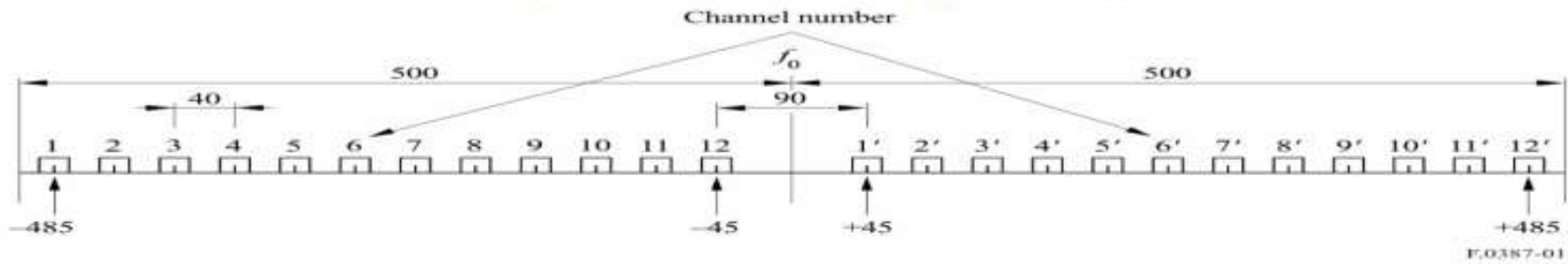
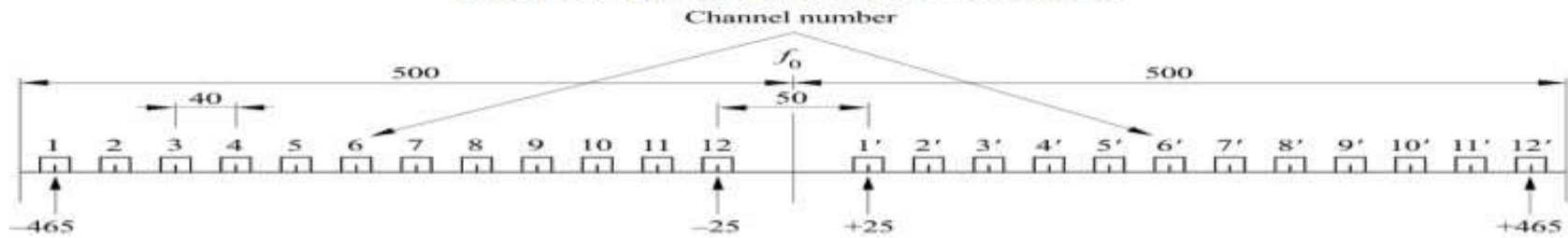


FIGURE 2
RF channel arrangement for high capacity FWSs operating in the 11 GHz band according to *recommends 1.2*



Misure interferenziali

Le frequenze di gamma 11 e 13 ghz sono “libere” chiunque operatore potrebbe occuparle; pertanto per una corretta progettazione e' raccomandabile mediante opportuno strumento (analizzatore di spettro, in cui va indicato il guadagno, direzione e la taratura); cosi una volta verificato che non ci siano interferenti si puo procedere alla progettazione della tratta MW. Ovviamente piu tempo passa rispetto alla misura interferenziale rispetto all'implementazione , meno valide saranno le misure.

Si considera una direzione di puntamento e si itera per tutta la gamma di interesse sia per frequenze alto e basso e per polarizzazioni H e V.

Dopodiche' si ripete il procedimento per valori di angolo + e - 30 gradi rispetto a quello di riferimento

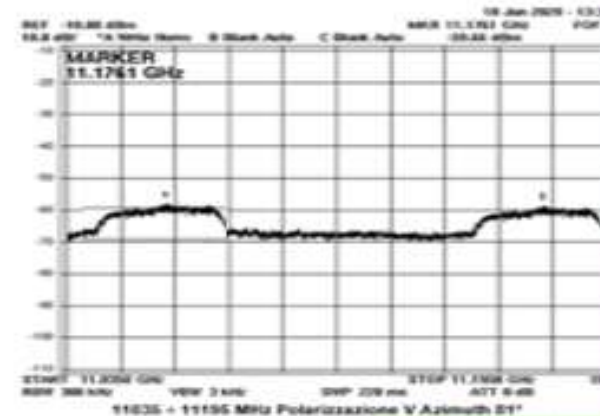
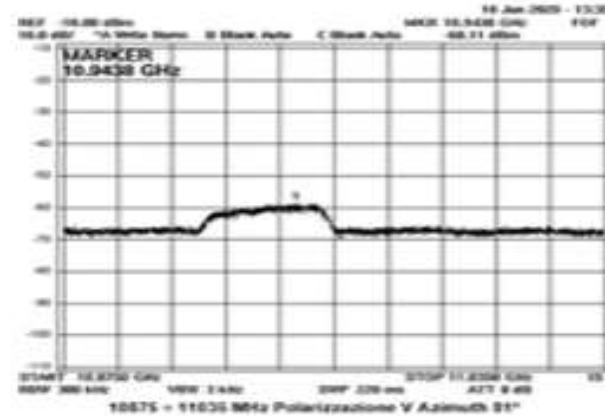
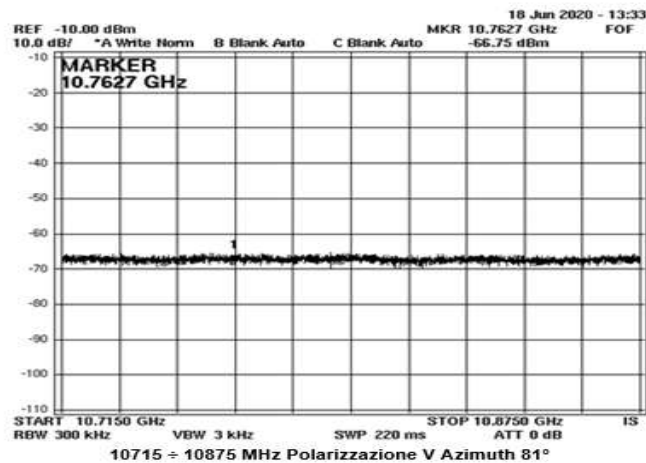
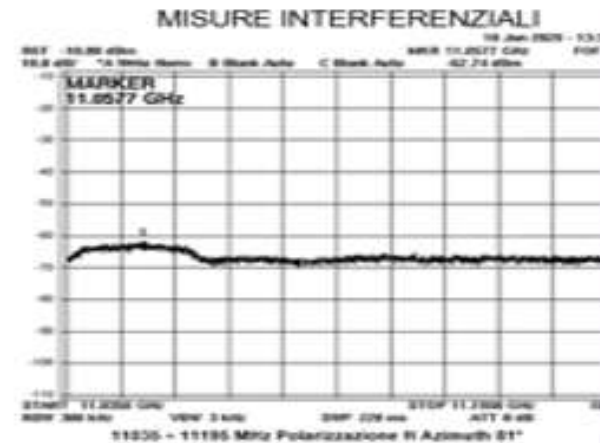
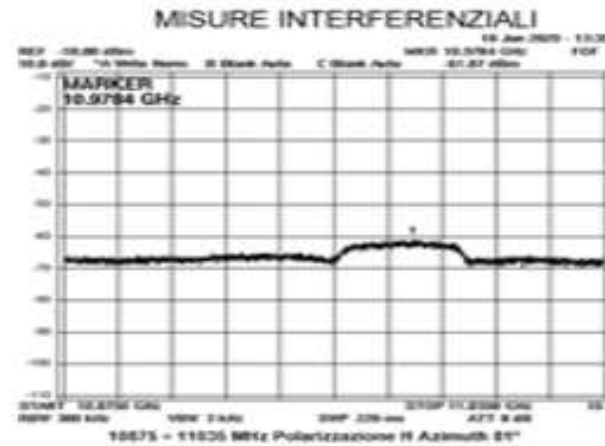
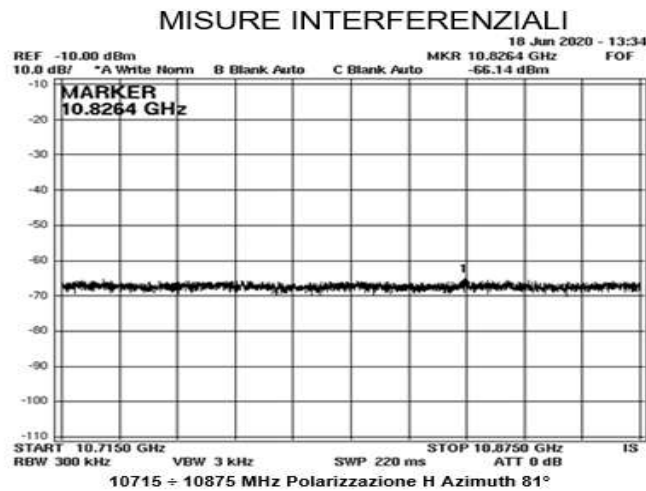
Nella slide successiva si vede il caso piu significativo a 81 gradi (mentre il caso 111 gradi e 51 gradi non si sono rilevati degli interferenti per la frequenza cercata)

Quindi le frequenze che hanno solo il tappeto di rumore e non la fettina spettrale già presente potranno essere usate.

Misure interferenziali ESEMPIO

ANALISI A 81 GRADI

I primi 5 canali, can 8, can 10 e 11 sono usabili per entrambe le polarizzazioni.



Che vantaggio ho lavorando a polarizzazioni diverse nelle misure interferenziali?

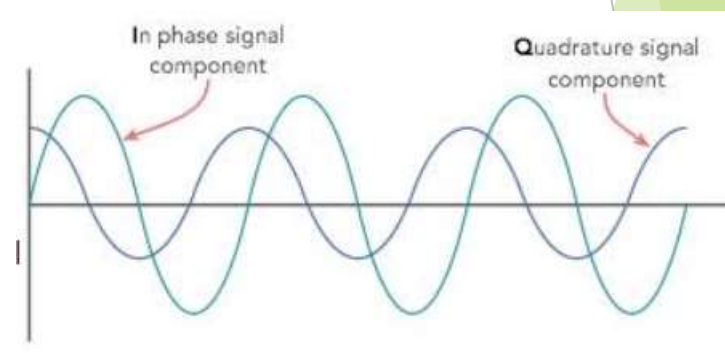
Vantaggio	Svantaggio
Per le misure interferenziali ho piu' scelta	Devo comprare una parabola dual pole
Se ho un interferente ho un secondo canale di backup	Se lavoro con canali adiacenti ma bande di freq. diverse devo far spendere soldi per una licenza in piu
Apparato di modulazione(che chiameremo odu) collegato direttamente collegate con antenna dual pole	
Gestisco in maniera piu' ottimale il caso Della riflessione sull'acqua	

Modulazione utilizzata : La modulazione di ampiezza in quadratura (QAM)

Questa tecnica di trasmissione del segnale prevede la combinazione di due segnali di modulazione di ampiezza (AM) in un unico canale, convertendo i pacchetti digitali in un segnale analogico per la trasmissione dei dati. Questo processo converte i pacchetti digitali in un segnale analogico, consentendo una trasmissione più efficiente ed affidabile.

La QAM offre molti vantaggi, tra cui una maggiore velocità di trasmissione dei dati, una maggiore protezione dai disturbi, la riduzione degli errori, una maggiore efficienza e una maggiore larghezza di banda. Allo stesso tempo, è tuttavia più incline a generare rumore. Tipi diversi di QAM vengono utilizzati per la radio AM e la televisione via cavo, nonché per le piattaforme wireless, cellulari e digitali. In particolare, si tratta di una tecnica molto efficace per il miglioramento delle connessioni PR.

Modulazione di ampiezza in quadratura, QAM è un segnale in cui due portatori spostati in fase di 90 gradi (cioè seno e coseno) sono modulati e combinati. Come risultato della loro differenza di fase di 90° sono in quadratura e questo dà origine al nome. Spesso un segnale è chiamato segnale in fase o "I" e l'altro è il segnale in quadratura o "Q".[15]



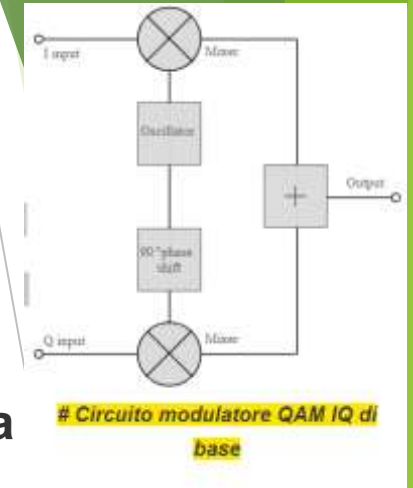
Modulatore QAM

Il modulatore consiste nell'avere due segnali portanti con uno sfasamento di 90° tra di loro. **Queste vengono quindi modulate in ampiezza con i due flussi di dati noti come flussi di dati I o In-phase e Q o quadratura.** Questi sono generati nell'area di elaborazione della banda di base.

Uno schema circuitale del modulatore QAM che mostra l'oscillatore, i miscelatori e i blocchi di somma, nonché lo sfasamento del portatore di 90 gradi tra le due metà

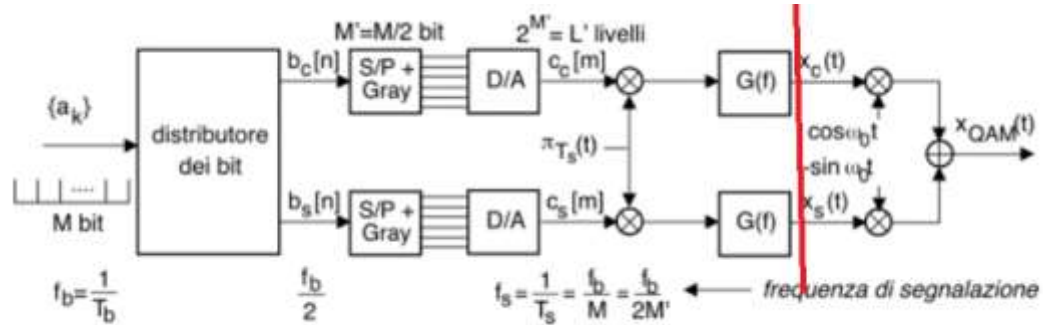
I due segnali risultanti vengono sommati e quindi elaborati come richiesto nella catena del segnale RF, in genere convertendoli in frequenza alla frequenza finale richiesta e amplificandoli come richiesto.

Vale la pena notare che, poiché l'ampiezza del segnale varia, qualsiasi amplificatore RF deve essere lineare per preservare l'integrità del segnale. Eventuali non linearità alterano i livelli relativi dei segnali e alterano la differenza di fase, distorcendo così il segnale e introducendo la possibilità di errori nei dati.



Modulatore QAM

I bit generati a monte del modulatore sono generati in questo modo



Con riferimento alla figura in su osserviamo che sebbene $x_c(t)$ e $x_s(t)$ si ottengano a partire da una medesima sequenza numerica $\{a_k\}$, i bit di quest'ultima sono distribuiti alternativamente sui due rami (sequenze $b_c[n]$ e $b_s[n]$ in figura) a velocità dimezzata suddividendo un gruppo di M bit in due simboli costituiti da $M = M/2$ bit.

Dalle sequenze b_c e b_s ad M bit/simbolo poi si ottengono (mediante codifica di Gray) i valori c_c e c_s con $L' = 2^M = 2^{M/2} = \sqrt{2^M} = \sqrt{L}$ livelli, che attraversando in forma impulsiva il filtro $G(f)$, danno luogo ai segnali di banda base x_c ed x_s .

Lo spettro (in Potenza) in banda traslata del segnale modulato e' pari per le modulazioni in gioco, alla traslazione nell'intorno della portante (a dx e a sx delle due semibande di modulazione) dello spettro di Potenza della banda base.

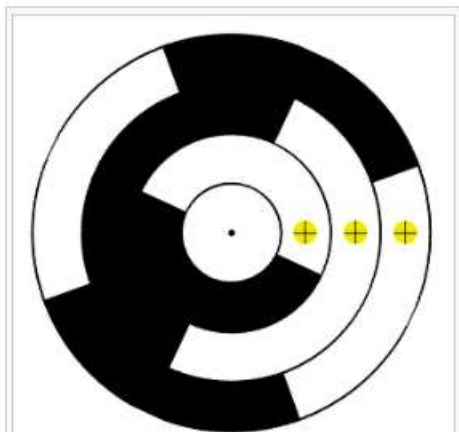
Codifica gray

Il **codice Gray** è un codice binario con la caratteristica che due qualsiasi sue posizioni consecutive hanno solo un carattere diverso tra loro. Fu progettato e brevettato nel 53 da Frank Gray [16].

Si possono usare codici di Gray di tutte le lunghezze: il codice di lunghezza s è costituito da tutte le r^n sequenze di r bit rappresenta tutti gli interi da 0 a $2^N - 1$.

Esso differisce dalla notazione posizionale binaria degli interi in quanto prevede che si passi da un intero al successivo modificando un solo bit; questa caratteristica (detta a cambio 1) semplifica e rende meno soggette ad errori le operazioni di dispositivi elettronici che devono scorrere informazioni organizzate in sequenze.

Gli encoder codificano il valore digitale della posizione chiudendo o aprendo una serie di contatti elettrici o barriere ottiche. Questi dispositivi devono produrre, in base alla misura della posizione rilevata, un particolare numero in base 2. Ad esempio, ruotando la manopola di un encoder a 3 bit, si potrebbe ottenere in output il valore '001'. Grazie alla corretta interpretazione di questo numero, si può conoscere la misura della posizione del dispositivo.

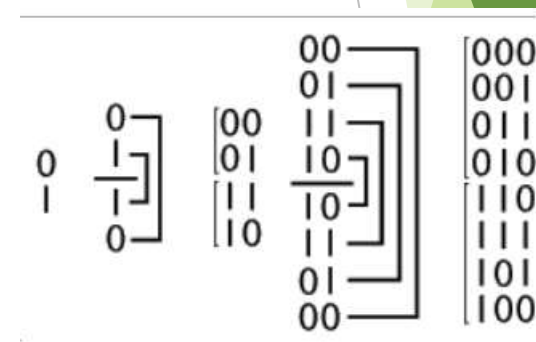


Matrice di commutazione in un encoder rotativo Gray a tre bit

Un codice Gray ad n-bit si costruisce attraverso ricorsioni. Si parte dal primo bit (il meno significativo e si mette uno 0 sopra ed 1 sotto).

Al passo successivo, si mette una riga al di sotto dell'1, come se fosse uno specchio, e si ricopiano le cifre invertendo l'ordine, con la riga che funge da specchio, appunto. Si termina inserendo uno 0 davanti alla sequenza costruita se questa è sopra la riga, altrimenti si aggiunge un 1.

Iterando i passi precedenti, si mette la riga, si specchia la sequenza e si aggiunge il bit piu' significativo si costruiscono codici ad n-bit.

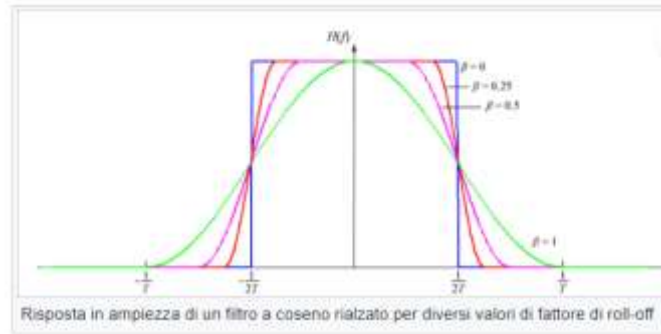


(EN) Paul E. Black, [Gray code](#), in [Dictionary of Algorithms and Data Structures](#),

Modulatore QAM

Il filtro in gioco e' un filtro di Nyquist utilizzato per cercare di avere minimizzato il rischio di overlap dei simboli nel dominio del tempo. La sua funzione di trasferimento puo passare dal filtro passa basso ideale (rettangolo ma difficile da realizzare fisicamente) ad uno piu' "smussato" (piu realizzabile) che comporta piu banda richiesta rispetto a quello rettangolare
 Nel dominio delle frequenze si comporta cosi :

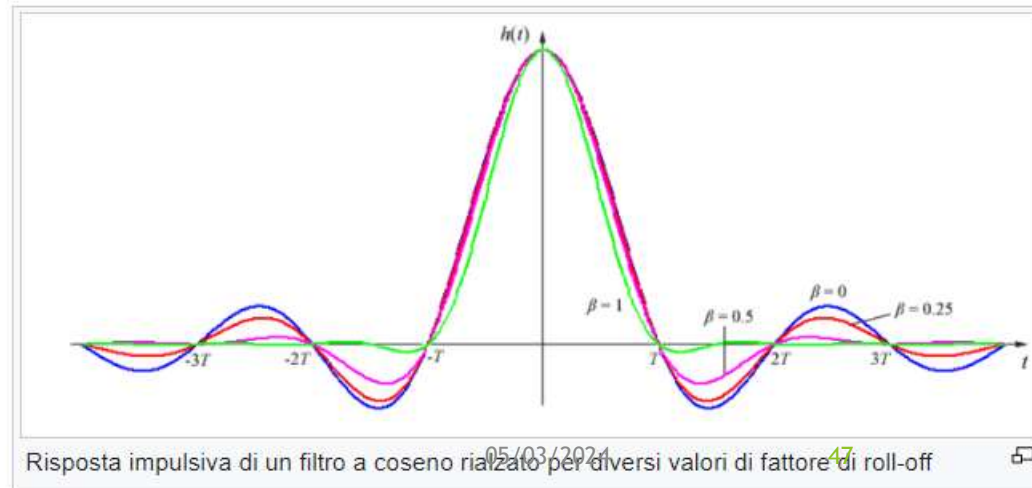
$$H(f) = \begin{cases} T, & |f| \leq \frac{1-\beta}{2T} \\ \frac{T}{2} \left[1 + \cos\left(\frac{\pi T}{\beta} \left[|f| - \frac{1-\beta}{2T} \right] \right) \right], & \frac{1-\beta}{2T} < |f| \leq \frac{1+\beta}{2T} \\ 0, & \text{altrove} \end{cases}, \quad 0 \leq \beta \leq 1$$



Dove T e' il tempo di simbolo del sistema di comunicazioni.

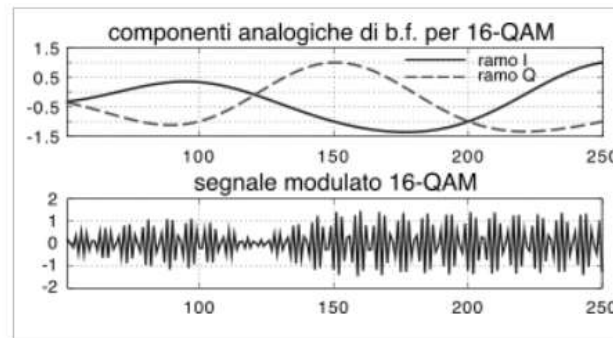
Dominio del tempo

$$h(t) = \begin{cases} \frac{\pi}{4} \operatorname{sinc}\left(\frac{1}{2\beta}\right), & t = \pm \frac{T}{2\beta} \\ \operatorname{sinc}\left(\frac{t}{T}\right) \frac{\cos\left(\frac{\pi\beta t}{T}\right)}{1 - \left(\frac{2\beta t}{T}\right)^2}, & \text{altrove} \end{cases}$$



Modulatore QAM

L'è il parametro funzione dei numero di bit che si vogliono trasmettere. Si ottiene con $m = 4$ bit/simbolo ($L = 16 = 2^M = 2^4$) e sui due rami sono presenti $L' = \sqrt{16} = 4$ livelli (che chiameremo 16-Qam, vedremo poi come si rappresentano nel dominio del tempo)



Se $G(f)$ è a coseno rialzato con roll-off B la Banda occupata sarà pari a :

$$B = f_s(1+B)$$

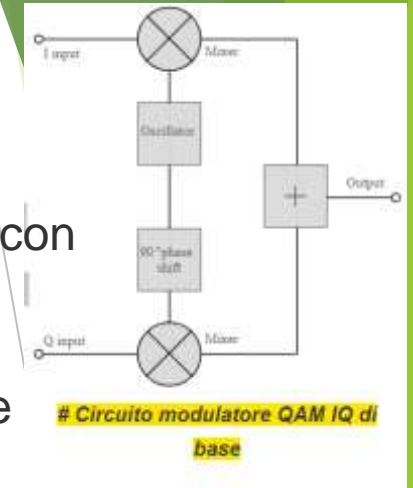
Demodulatore QAM

I segnali entrano nel sistema, vengono divisi e ogni lato viene applicato a un mixer. Una metà ha applicato l'oscillatore locale in fase e l'altra metà ha applicato il segnale dell'oscillatore in quadratura.

Il modulatore di base presuppone che i due segnali di quadratura rimangano esattamente con differenza di fase di 90 gradi.

I sistemi includono circuiti per il ripristino del portatore che spesso utilizzano un loop a fase bloccata - alcuni hanno persino un loop interno ed esterno.

Un ulteriore requisito è derivare un segnale oscillatore locale per il demodulatore che sia la stessa frequenza richiesta per il segnale trasmesso (deve appartenere alla stessa banda di trasmissione).



Schema completo con QAM digitale

Il **phase-locked loop**, comunemente noto con la sigla **PLL**, costituisce un sistema di controllo automatico che consente di generare un segnale periodico la cui fase è in relazione fissa con quella di un segnale di riferimento. Il PLL è inoltre un classico esempio di applicazione all'elettronica del controllo in retroazione [17]

Un PLL tipico è composto generalmente da quattro moduli :

- 1) Comparatore di Fase
- 2) Filtro passa-basso
- 3) Oscillatore controllato in tensione (VCO- Voltage Controlled Oscillator)
- 4) Divisore di frequenza

Quest'ultimo modulo è presente solo quando si usa il PLL come *moltiplicatore di frequenza*, cioè quando si vuole ottenere un segnale a una frequenza multipla di quella di un segnale di riferimento



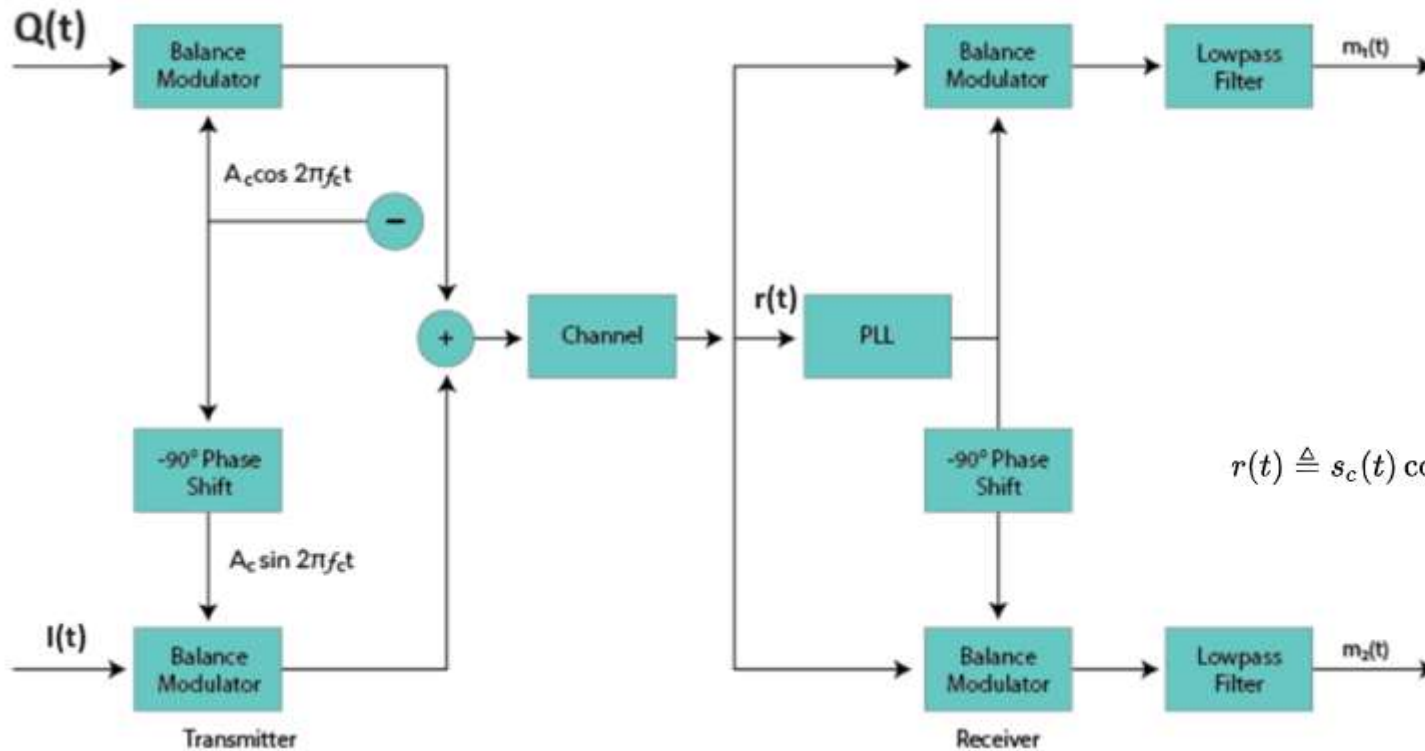
Schema completo con QAM digitale

Si trascuri per il momento il divisore di frequenza, che come già accennato viene usato solo quando il PLL è usato per produrre un'oscillazione a frequenza multipla rispetto a quella di riferimento. Il segnale in ingresso e quello in uscita vengono confrontati tra loro dal comparatore di fase, che restituisce in uscita un segnale di "errore" relazionato con lo sfasamento dell'uscita rispetto all'ingresso. Se si desidera che le due oscillazioni siano accordate (cioè alla stessa frequenza), è sufficiente che tale errore sia costante nel tempo.

Questo segnale di "errore", opportunamente filtrato, raggiunge l'oscillatore controllato in tensione (VCO) che viene quindi forzato a produrre un'oscillazione a una frequenza maggiore o minore a seconda dell'entità del segnale in ingresso. L'uscita del VCO viene poi confrontata con il segnale di riferimento, essendo l'anello chiuso in retroazione negativa. A regime, il sistema tenderà a raggiungere uno stato in cui l'uscita del VCO e il segnale di riferimento hanno la stessa frequenza, ottenendo così la sintonizzazione del PLL. La velocità di risposta del circuito dipende dalle caratteristiche del filtro e del comparatore di fase e dalla sensibilità del VCO. Si noti che la presenza del filtro passa-basso è indispensabile per controllare la dinamica del sistema in retroazione e per eliminare componenti spurie in uscita dal comparatore di fase



Parte Analogica tx/rx QAM



$$s_s(t) \triangleq \sin(2\pi f_c t) I(t) + \underbrace{\sin\left(2\pi f_c t + \frac{\pi}{2}\right)}_{\cos(2\pi f_c t)} Q(t), \quad \text{or:}$$

$$s_c(t) \triangleq \cos(2\pi f_c t) I(t) + \underbrace{\cos\left(2\pi f_c t + \frac{\pi}{2}\right)}_{-\sin(2\pi f_c t)} Q(t),$$

f_c : freq
modulatore/demodulatore

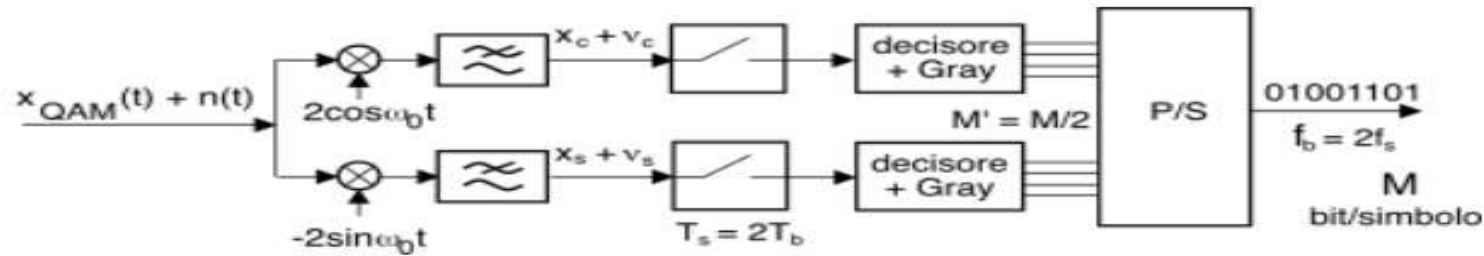
$$r(t) \triangleq s_c(t) \cos(2\pi f_c t) = I(t) \cos(2\pi f_c t) \cos(2\pi f_c t) - Q(t) \sin(2\pi f_c t) \cos(2\pi f_c t).$$

$$\begin{aligned} r(t) &= \frac{1}{2} I(t) [1 + \cos(4\pi f_c t)] - \frac{1}{2} Q(t) \sin(4\pi f_c t) \\ &= \frac{1}{2} I(t) + \frac{1}{2} [I(t) \cos(4\pi f_c t) - Q(t) \sin(4\pi f_c t)]. \end{aligned}$$

Sistemi di comunicazione attuali richiedono componentistiche di modulatori, oscillatori, PLL con bassissimo rumore (queste formule sono fatte a condizioni ideali); Per le Attivita' di implementazione dei ponti radio modulazioni richieste vanno da un 4QAM a 2048/4096 QAM.

Decodifica dei bit a valle del filtro e “affidabilità del QAM”

A valle del filtro vi è un campionatore più decodificatore di Gray ed un encoder per ottenere il bit richiesto col bit rate che dipende dal campionatore. L'ampiezza del segnale che si ottiene a valle del processo è pari alla radice del Livello L.



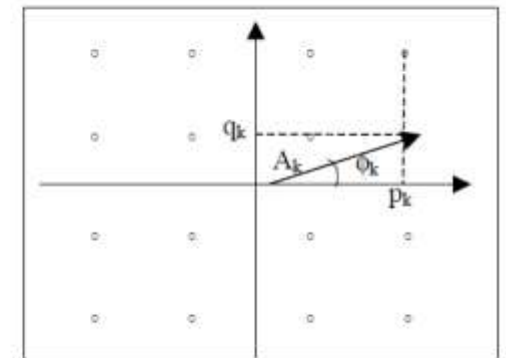
La sequenza di operazioni descritte determina una costellazione *quadrata* considerando in piano di Gauss i due segnali, composta da $L = (L')^2$ punti che rappresentano le coordinate (nel piano dell'involuppo complesso) in cui \underline{x} è forzato a transitare in corrispondenza degli istanti di campionamento che saranno multipli del periodo di simbolo T_s considerando M bit da trasmettere che risulta essere pari a

$$T_s = T_b \cdot M = \frac{1}{f_b} \log_2 L$$

Si può rappresentare nel piano complesso

$$s(t) = \text{Re} \left[(P(t) + jQ(t)) e^{j\omega_c t} \right]$$

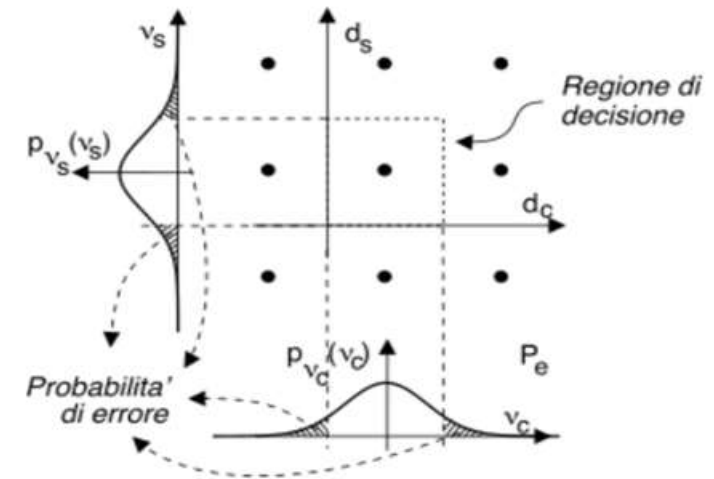
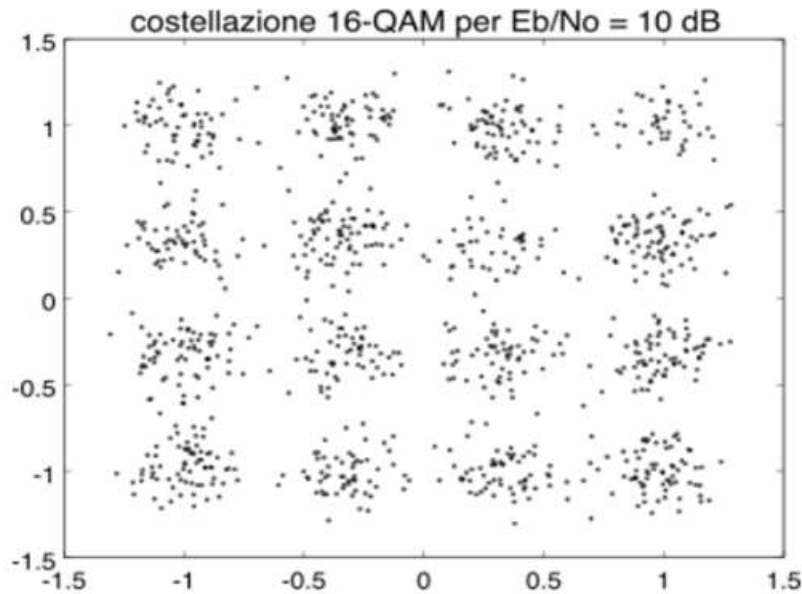
L'insieme $C = \{p_k + jq_k\}$ si chiama COSTELLAZIONE



Decodifica dei bit a valle del filtro e “affidabilità del QAM”

Affidabilità QAM

Nella parte sinistra è mostrata la costellazione per un 16-QAM in presenza di rumore ($E_b/N_0 = 10$ dB). La *distanza* tra due punti di costellazione è maggiore del caso PSK, e pertanto c'è da aspettarsi un miglioramento delle prestazioni (a parità di E_b/N_0), in quanto l'area che individua la probabilità di errore è ridotta.



Costellazione 16-QAM in presenza di rumore (a sn), calcolo della P_e sui rami (a ds)

Decodifica dei bit a valle del filtro e “affidabilità del QAM”

La qualità di un collegamento numerico fa riferimento ad un parametro che può essere il tasso di errore sui simboli ricevuti (SER Symbol Error Rate) o direttamente il tasso di errore sui bit collegati con la trasmissione di tali simboli (BER Bit Error Rate). **Per la determinazione del rapporto segnale rumore E_b/N_0**

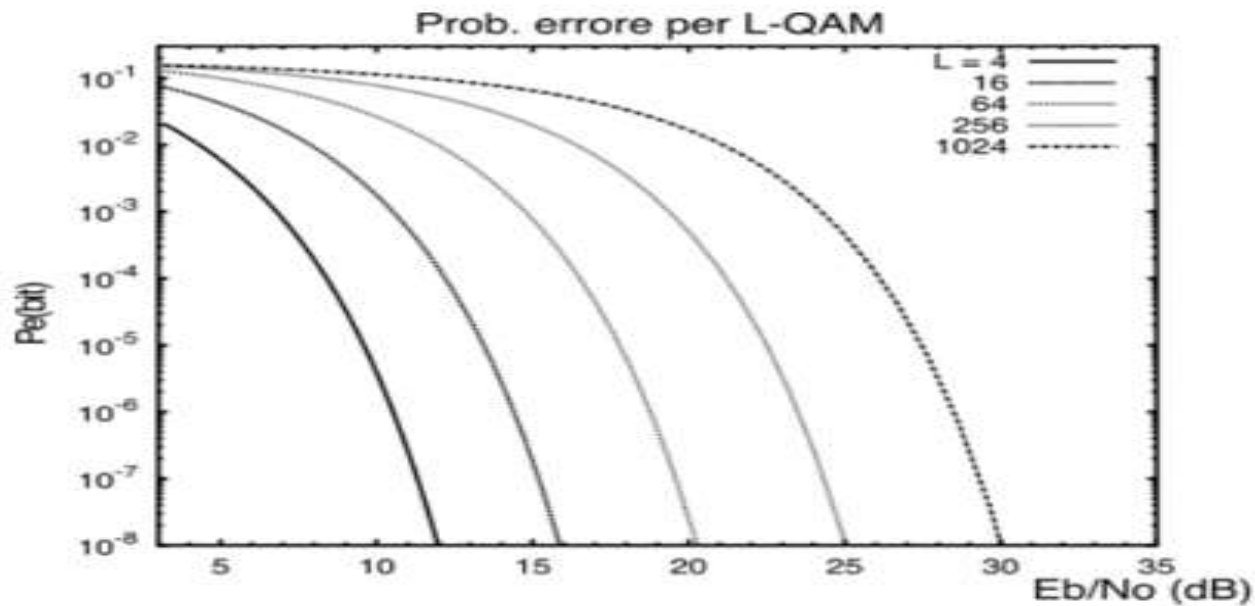
Il rapporto E_b/N_0 è un parametro comodo per comparare la prestazione di sistemi di modulazione diversi. Si può pertanto concludere che tenendo invariate potenza della portante, bit rate, e temperatura di rumore, E_b/N_0 resta costante indipendentemente dalle tecniche di codifica, dagli schemi di modulazione o dalla larghezza di banda utilizzata.

Nelle figure seguenti si riporta la probabilità di errore $P(\varepsilon)$ in funzione di E_b/N_0 con riferimento alla banda minima di Nyquist a radiofrequenza cioè con roll-off nullo

Decodifica dei bit a valle del filtro e “affidabilità del QAM”[18]

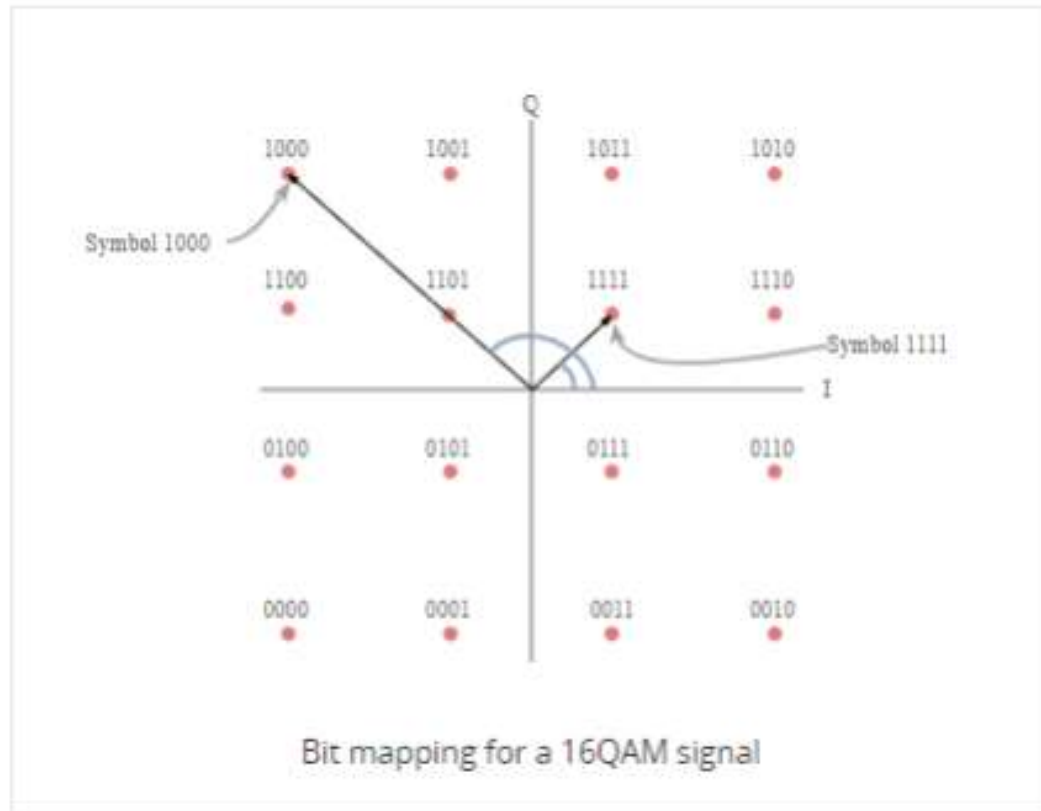
$$P_e^{QAM}(bit) = \frac{P_e(simbolo)}{\log_2 L} = \frac{2}{\log_2 L} \left(1 - \frac{1}{\sqrt{L}}\right) \operatorname{erfc} \left[\sqrt{\frac{3}{2}} \frac{E_b}{N_0} \frac{\log_2 L}{L-1} \right]$$

In figura troviamo le curve dei valori di $P_e(bit)$, per diversi valori di L , al variare di $\frac{E_b}{N_0}$ espresso in dB; il confronto con le curve relative al PSK permette di valutare l'entità del miglioramento di prestazioni. Come è evidente, la modulazione QAM offre prestazioni sensibilmente superiori rispetto alla PSK.



Cenni sui sistemi trasmissivi -

QAM Formats: 4-PSK, 8-QAM, 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM, 256-QAM



QAM FORMATS & BIT RATES COMPARISON

MODULATION	BITS PER SYMBOL	SYMBOL RATE
BPSK	1	1 x bit rate
QPSK	2	1/2 bit rate
8PSK	3	1/3 bit rate
16QAM	4	1/4 bit rate
32QAM	5	1/5 bit rate
64QAM	6	1/6 bit rate

Come mostrato sopra, i punti di costellazione sono generalmente disposti in una griglia quadrata con uguale spaziatura orizzontale e verticale. Sebbene i dati siano binari, le forme più comuni di QAM, sebbene non tutte, sono quelle in cui la costellazione può formare un quadrato con il numero di punti pari a una potenza di 2, cioè 4, 16, 64. . . . , ovvero 16QAM, 64QAM, ecc.

Come mai non si usa la 8QAM? Ciò deriva dalla rettangolare, piuttosto che forma quadrata della costellazione.

#QAM vantaggi e svantaggi (riepilogo)

Anche se QAM sembra aumentare l'efficienza di trasmissione per i sistemi di comunicazione radio utilizzando sia l'ampiezza sia le variazioni di fase, presenta numerosi inconvenienti.

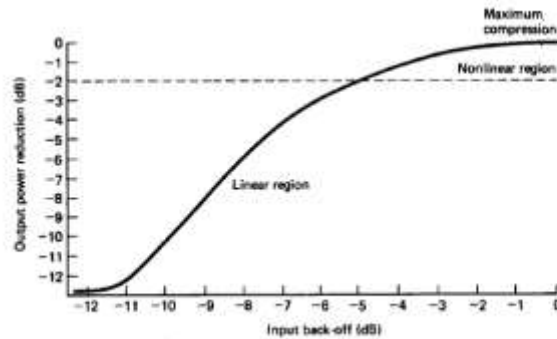
- Il primo è che è più suscettibile al rumore perché gli stati sono più vicini tra loro, quindi è necessario un livello di rumore più basso per spostare il segnale in un diverso punto di decisione. I ricevitori da utilizzare con la modulazione di fase o frequenza sono entrambi in grado di utilizzare amplificatori di limitazione in grado di rimuovere qualsiasi rumore di ampiezza e quindi migliorare la dipendenza dal rumore. Questo non è il caso di QAM.
- Il secondo limite è anche associato al componente ampiezza del segnale. Quando un segnale di fase o la frequenza modulata viene amplificato in un trasmettitore radio, non vi è alcuna necessità di utilizzare amplificatori lineari, mentre quando utilizza QAM che contiene un componente di ampiezza, linearità deve essere mantenuta. Purtroppo amplificatori lineari sono meno efficienti e consumano più energia. Per effetto della non linearità (tipica dell'amplificatore di trasmissione) i segnali sono compressi e distorti e si ha quindi una riduzione del rapporto C/N. Spesso l'amplificatore è preceduto da un predistorcitore che è regolato per cancellare la non linearità.

- Saturazione in ricezione per valori alti di trasmissione

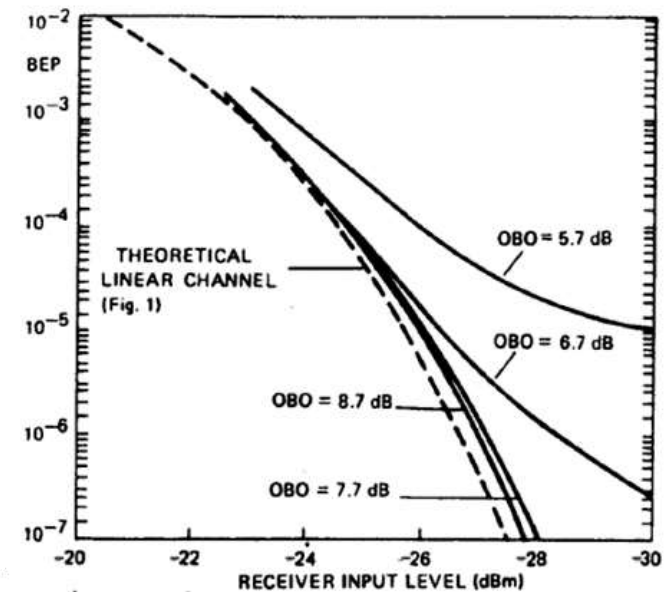
Per evitare questi fenomeni si riduce la potenza di ingresso in modo che quella di uscita sia ridotta rispetto a quella di saturazione.

Operazione che viene indicata col nome di "back-off"

Normalmente si fornisce come parametro l'OBO (Output Back-Off) cioè l'effetto in uscita di questa diminuzione in ingresso che viene considerata come una perdita[19]



L'effetto del back-off viene descritto mediante curve che forniscono la probabilità di errore in funzione del rapporto segnale rumore



Propagazione e visibilità

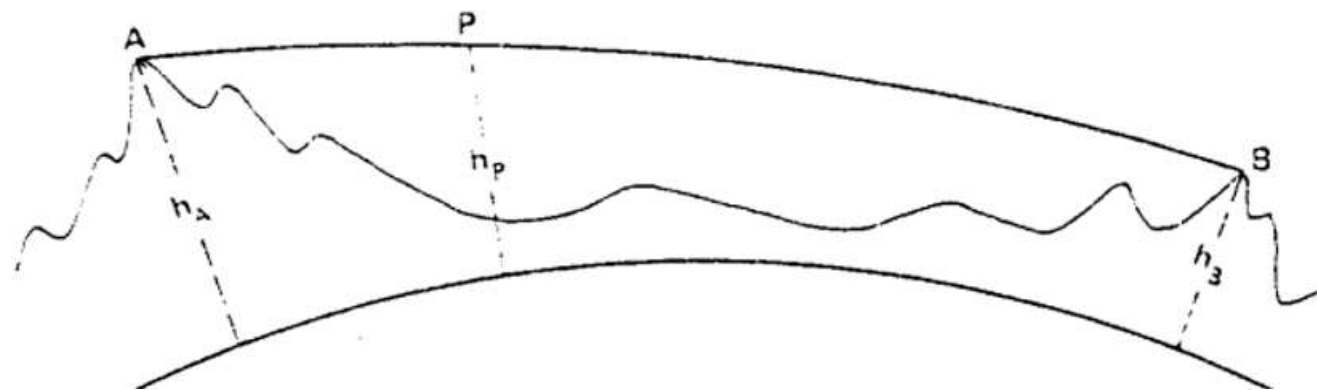
► Rifrazione

Un raggio EM si propaga nell'atmosfera come un raggio luminoso.

Se si considerano due punti A e B il ponte radio tra i due punti A e B è la loro congiungente. Essa, in analogia con i collegamenti ottici, presenta una curvatura con concavità vs il basso. [20]

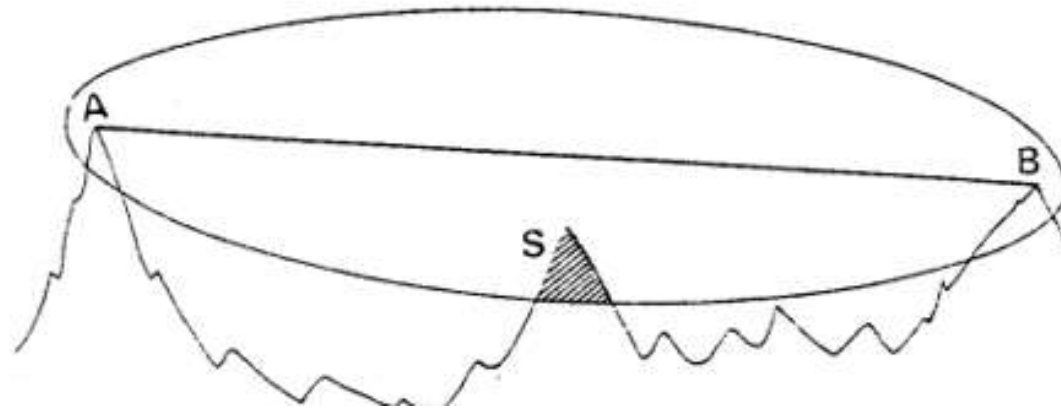
Questo raggio si può considerare rettilineo considerando una superficie terrestre fittizia a minor curvatura ossia un raggio terrestre con valore arrotondato per eccesso (in modo che P si approssimi ad H_p). La maggiorazione del raggio terrestre è definito coefficiente di rifrazione ed è funzione dell'atmosfera attraversata, umidità e temperatura.

Un valore standard è $4/3$



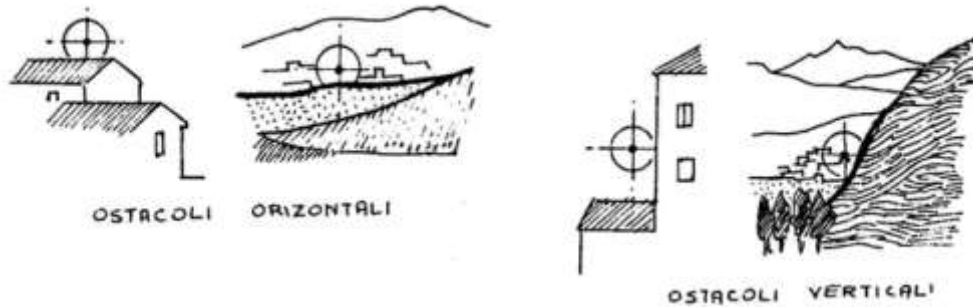
Diffrazione

Un altro fenomeno che si manifesta è quello della diffrazione. Secondo il principio di Huygens non si può approssimare il segnale EM come un raggio luminoso ma bisogna considerare effetti come se fosse un'onda. Infatti la propagazione interessa zone differenti definite da un ellissoide (detto di Fresnel, dove i due punti di interesse A e B sono i fuochi) mentre il valore di eccentricità dipende dalla lunghezza d'onda (e quindi dalla frequenza, più è alta più la figura è schiacciata).

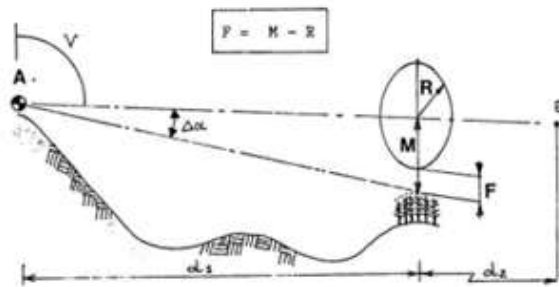


Ostacoli , Franco e clereance

1. Vicini e lontani
2. Orizzontali e Verticali [20]

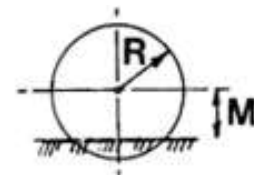


Franco : minimo spazio tra l'ostacolo e l'elissoide di Fresnel



Se **Franco positivo** : ostacolo non determinante
Se **Franco negativo** esso fa ostruzione al primo elissoide di Fresnel e si definisce **Clereance** la percentuale libera calcolata cosi

$$C = M/R$$

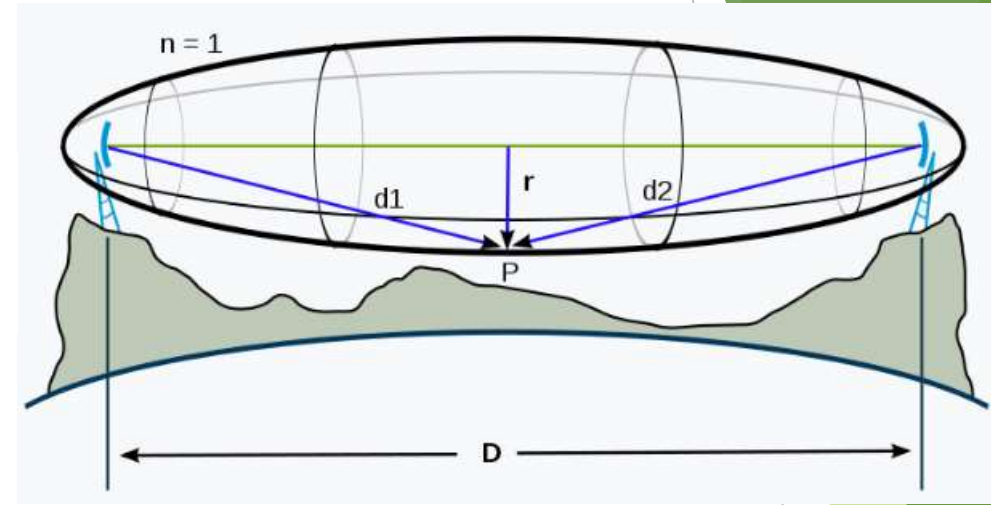


Calcolo del primo elissoide di Fresnel [21]

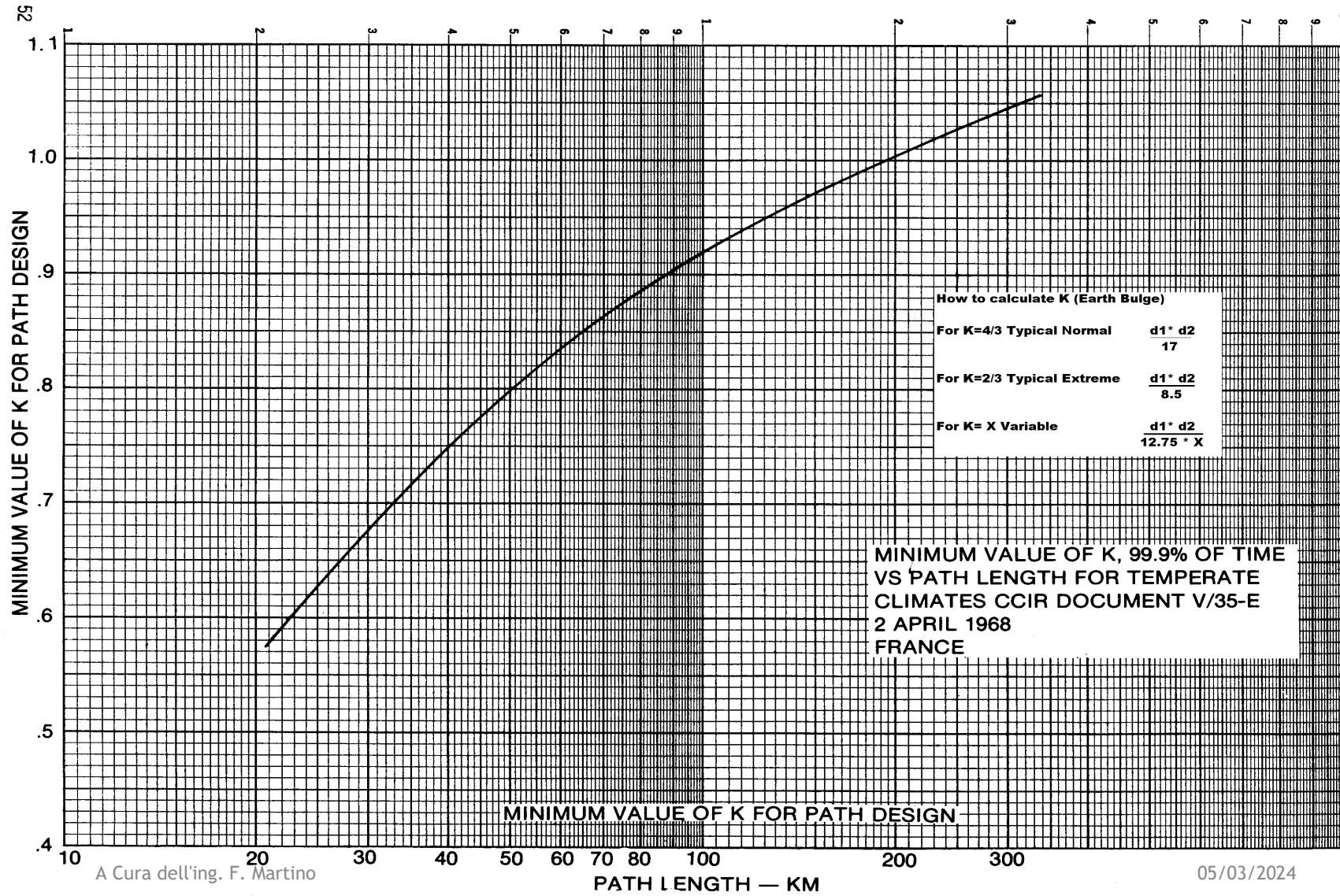
Il raggio della sezione circolare della prima zona di Fresnel ($n = 1$) al centro della linea di vista è

$$F_1 = 17.32 \sqrt{\frac{\frac{1}{f} d_1 d_2}{d}}$$

- F_1 è il raggio della sezione circolare in metri
- D : distanza tot in km
- F : trasmissione in Ghz



Propagazione e Visibilita' (la curvatura Terrestre) [22]



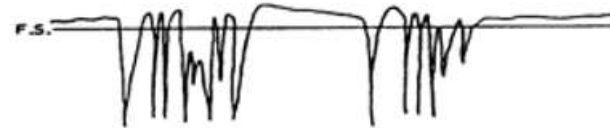
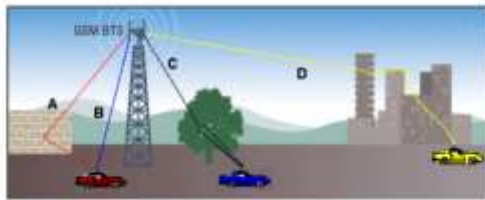
A Cura dell'ing. F. Martino

05/03/2024

64

Problematiche di fading e multipath [23]

- **fading statico** dovuto all'assorbimento da parte dell'ossigeno e del vapore acqueo atmosferico (per lo più in corrispondenza di determinati picchi di assorbimento corrispondenti alle rispettive risonanze molecolari)..
- **fading profondo** caratterizzato da alti livelli di attenuazione. Può essere dovuto alla presenza di cammini multipli (*multipath fading*) seguiti dall'onda elettromagnetica nel suo percorso e la cui ricombinazione in fase è aleatoria nel tempo generando variazioni di potenza nel ricevitore in conseguenza di interferenza costruttiva o distruttiva.



- **fading da precipitazioni** (es. pioggia con intensità diverse): aumenta fortemente con la frequenza dell'onda elettromagnetica ed è funzione dell'intensità di precipitazione.



Problematiche di fading e multipath

La probabilita' di fuori servizio (FS) in percentuale, dovuto al fading, si ricava da formule empiriche o da misure empiriche di campo ricevuto

$$p(\%) = 6 \cdot 10^{-5} a b f_{\text{GHz}} d_{\text{km}}^3 10^{-\frac{L_F \text{ dB}}{10}}$$

Tipo di terreno

a=4 pianeggiante , acqua

a=1 medio

a=0.5 montagnoso, accidentato

Tipo di clima

b=0.5 caldo , umido

b=0.25 temperato non costiero

b=0.125 montano e secco

LF= valore di campo ricevuto che manda il ricevitore fuori servizio

Metodologia di verifica di visibilita : LOS vs google earth

LOS (line of sight) attraverso analisi in campo

Si va sulle location indicate e si effettuano I rilievi necessari

- Fondamentale in questo senso le seguenti specifiche di Progetto :
 - Coordinate (in Sistema wgs o ed50)
 - Progetti di massima (disegni per esempio dei pali o dei rooftop) su dove posizionare nuova parabola
 - Definizione di un margine minimo di altezze e azimuth

Metodologia di verifica di visibilita : LOS vs google earth Esempio indicativo

DATI INFRASTRUTTURE

Palo Con Ballatoio	Palo con ballatoio e pennone
36m	30m+6m

DATI GEOGRAFICI : Distanza 3 Km

Coordinate : WGS84	SITO A	SITO B
LATITUDINE (N)	45° 47' 01.40''	45° 47' 15.20''
LONGITUDINE(E)	09 17' 16.09''	09° 20' 34.90''
Slm (M)	200	196
Range azimuth	114°	294°

Risultati analisi

Altezza minima sito A : 27m	Altezza minima sito B : 26m
Note : Visibilita positiva	Visibilita positiva

Metodologia di verifica di visibilita : LOS vs google earth CASO LOS POSITIVA



SITO A (27 m)



SITO A ZOOM

Metodologia di verifica di visibilita : LOS vs google earth CASO LOS POSITIVA



SITO B



ZOOM SITO B

Metodologia di verifica di visibilita : LOS vs google earth
CASO visibilita' critica o totalmente ostruita



Caso critico : albero a sfioro



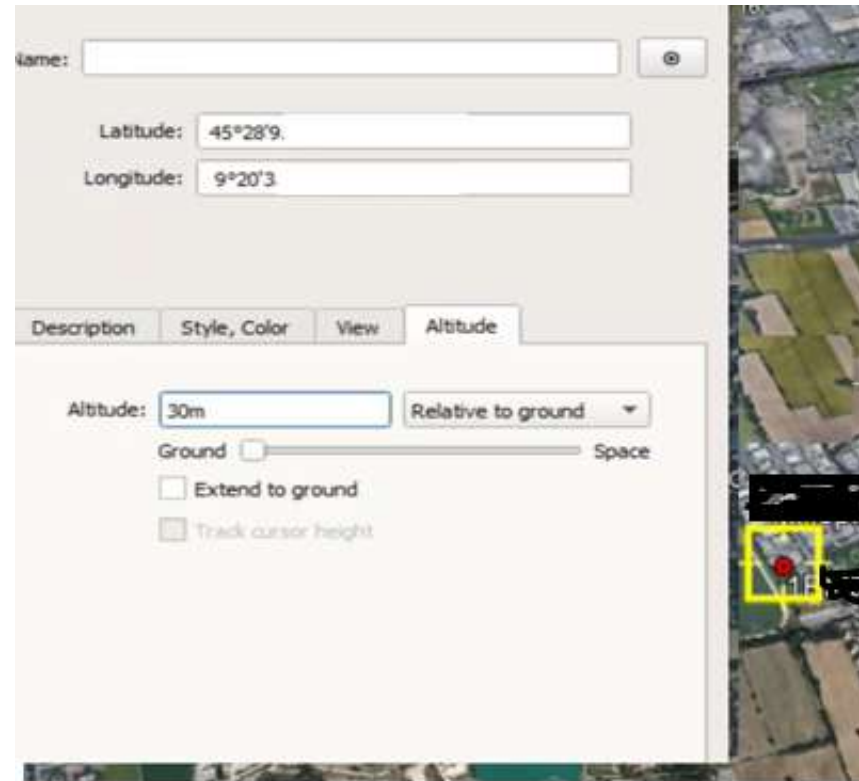
Caso ostruzione completa

Metodologia di verifica di visibilita : simulazioni con google earth

Questo metodo prevede simulazioni mediante google earth.

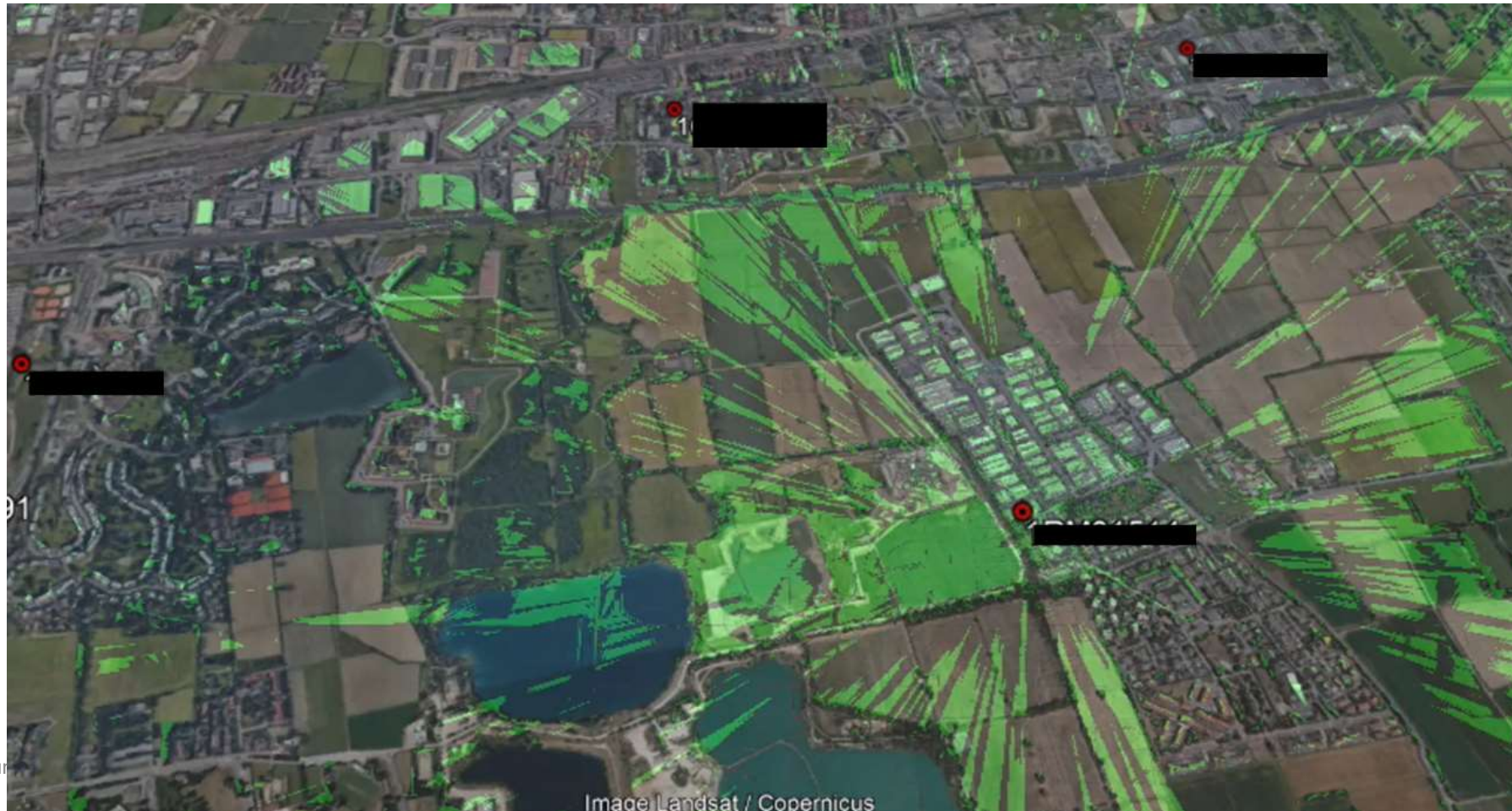
Ci sono due strade :

Si seleziona il punto di partenza (marcato in rosso).e Si seleziona l'Altezza rispetto al suolo ;



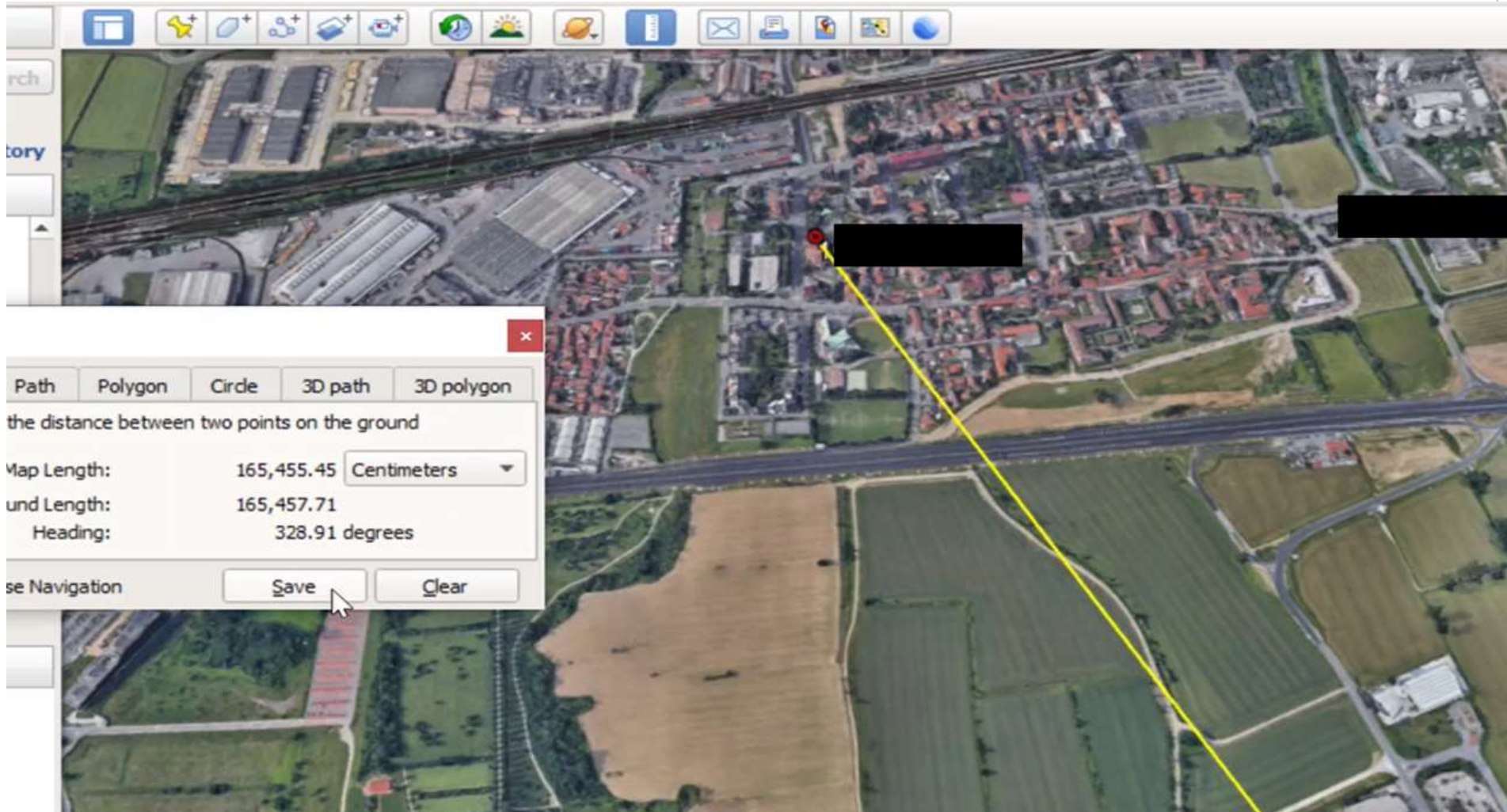
Metodologia di verifica di visibilita : simulazioni con google earth

Questo metodo prevede simulazioni mediante google earth. E' possibile disegnare il path line da google . Dopo aver selezionato l'Altezza si Lancia il comando "show viewsheld" :



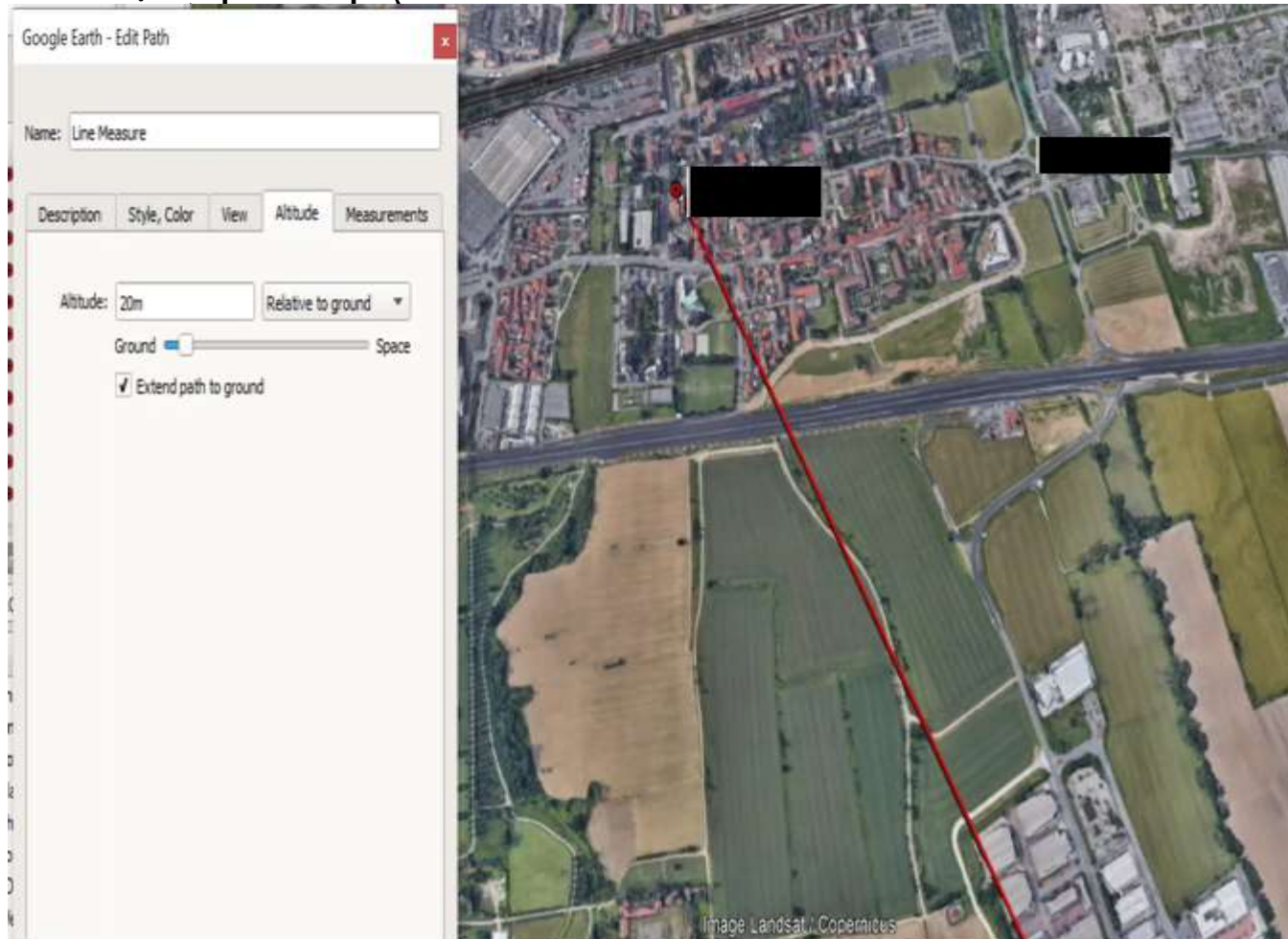
Metodologia di verifica di visibilita : simulazioni con google earth

Questo metodo prevede simulazioni mediante google earth , secondo metodo :
Disegnare il “margine di visibilita”. Disegno in primis il percorso mediante il righello :



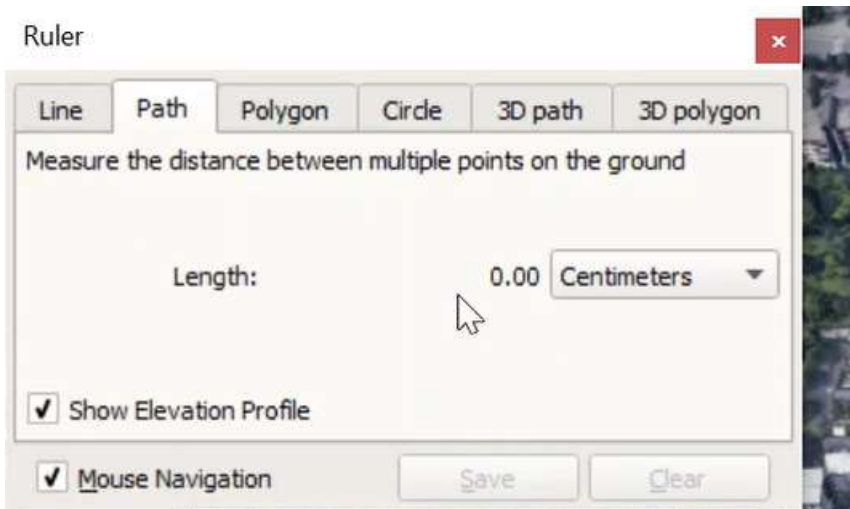
Metodologia di verifica di visibilit  : simulazioni con google earth

Ora , similmente a prima, vado a modellare il path line (prima era invece il



Metodologia di verifica di visibilit  : simulazioni con google earth

Inoltre con questo metodo posso vedere il profilo del terreno:



Los Vs earth considerazioni

- Pro e contro dei due metodi

	LOS	Simulazione
vantaggi	Analisi Live della situazione (purché non passi troppo tempo dalla successiva progettazione ed implementazione)	costo zero
svantaggi	costi e tempi	non si hanno info live, potrebbe esserci una gru per una nuova costruzione non rilevata; in alcune zone agricole o di montagna non vi è un ottimo rendering del terreno

Se vi sono delle tempistiche stringenti si sceglie google earth prendendosi un rischio

Cenni alle infrastrutture : configurazione row land [24]

Dopo aver scelto la frequenza in gioco in funzione della capacità richiesta e valore di reference minimo per conferire stabilità alla tratta; dobbiamo scegliere il diametro della parabola (tra l 30 e l 180 cm) ;
Quindi e' fondamentale in questo aspetto studiare l'infrastruttura (se esistono già delle parabole magari spente che si possono utilizzare per non dover richiedere permessi), o in caso contrario il palo che sorreggerà la struttura ha già dei carichi elevati. Prima di procedere quindi vediamo dei cenni sull'infrastruttura dei pali poligonali

Definizioni :

FUSTO : costituito da uno stelo troncoconico di sezione poligonale composto da due o più tronchi innestabili per sovrapposizione con innesto forzato.

SCALA DI ACCESSO : Costituita da un montante centrale, con guardiacorpo o con sistema di anticaduta certificato.

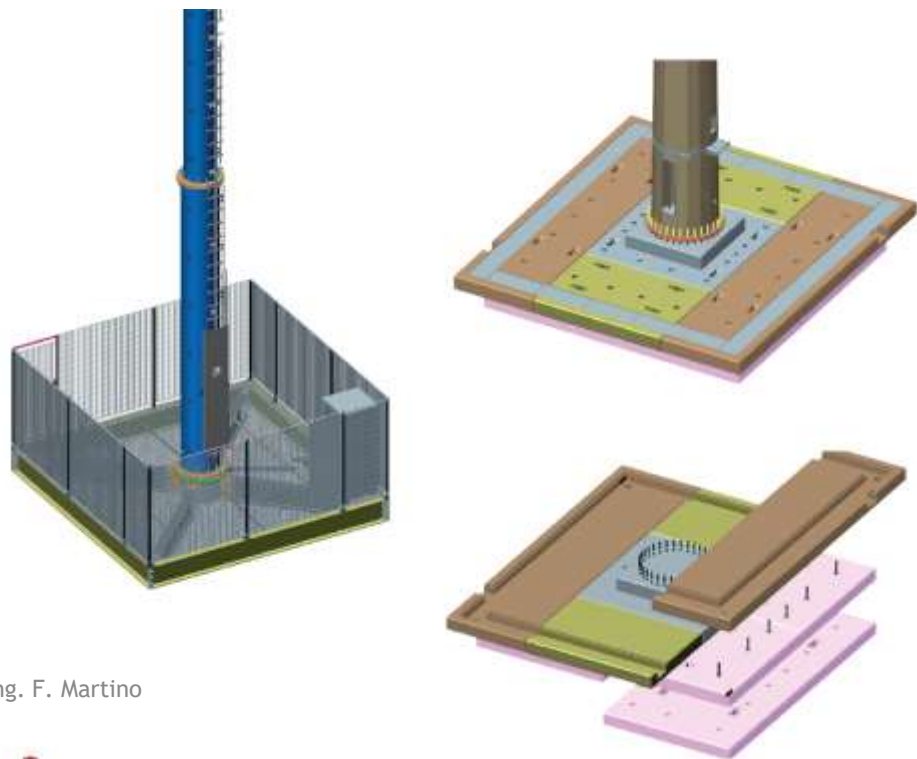
PENNONE : viene realizzati su specifico Progetto dell'impianto e supporta tutte le staffe porta antenne richieste.

I pali per telecomunicazioni possono essere abbinati ad impianti di illuminazione pubblica di tipo fisso, ma anche torri dell'acqua, impianti illuminazione stadio ecc



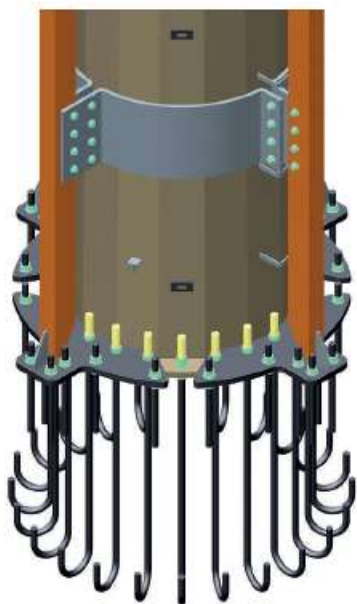
Cenni alle infrastrutture : configurazione rawland

Piattaforma mobile è un sistema costruttivo prefabbricato, per siti di telecomunicazioni, costituito da una piattaforma di sostegno interamente in pannelli prefabbricati di calcestruzzo armato e/o carpenteria con funzione portante e/o zavorramento e da un palo a sostegno delle antenne. Piattaforma mobile prevede inoltre la recinzione perimetrale e consente l'installazione di tutti gli accessori, quali container apparati, quinta contatori, collegamenti elettrici e telefonici per il funzionamento delle stazioni radio mobili, fungendo anche da infrastruttura di distribuzione industriale degli impianti.



Cenni alle infrastrutture : configurazione rawland con rinforzo

Nel caso in cui devo aggiungere un incremento della resistenza meccanica e riduzione della deformazione in testa al palo



Palo a flange



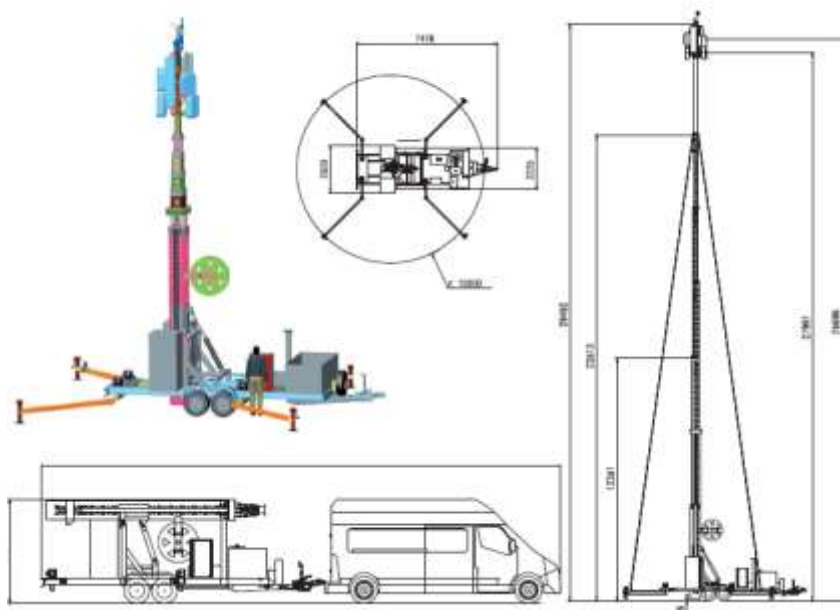
A Cura dell'ing. F. Martino

05/03/2024

80

Cenni alle infrastrutture : configurazione palo carrato

Il progetto carrato è stato ideato per affrontare le necessità di copertura e traffico dovuti agli incrementi demografici stagionali in determinate zone, o eventi di eccezionale rilievo che mettano in crisi il potenziale della rete radiomobile. Grazie alla facilità di trasporto (patente B), alla semplicità della messa in funzione e tutti i sistemi di sicurezza adottati pongono il sistema ideale per risolvere le criticità di traffico e copertura che i gestori si trovano ad affrontare per limitati archi temporali.



Cenni alle infrastrutture : configurazione rawland (fonte itaIpress)

Pali per siti rurali/montani o aree libere urbane o non.



tralicci



Cenni alle infrastrutture : Soluzioni speciali rooftop/ rawland



A Cura dell'ing. F. Martino

05/03/2024

83

Collocazioni apparati

- Alloggiati all'interno di locali appositamente predisposti che possono essere :
di tipo prefabbricato (shelter)



Collocazioni apparati

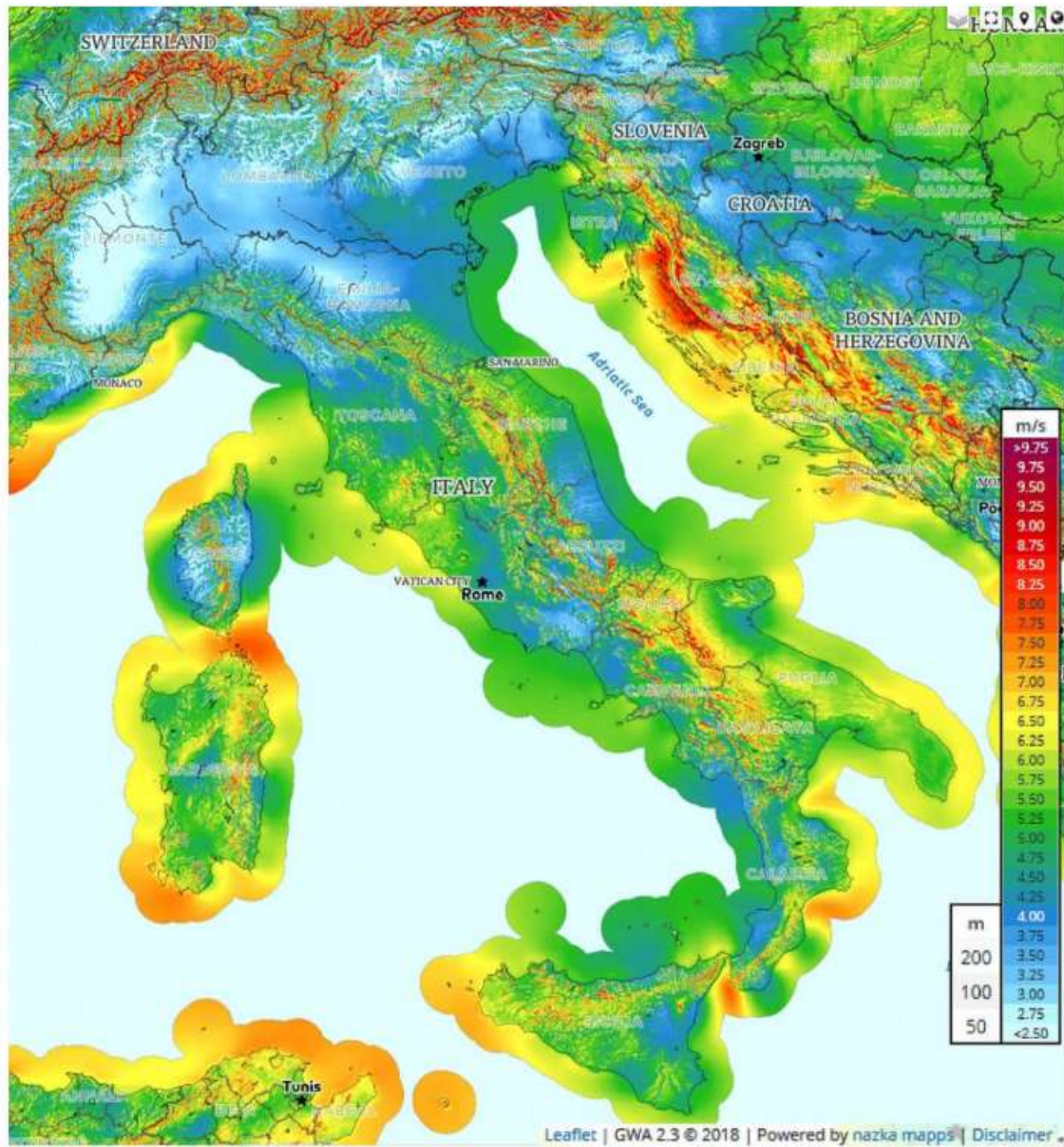
- Alloggiati all'interno di locali appositamente predisposti che possono essere :
Derivati dalla trasformazione di ambienti esistenti (Room)



Collocazioni apparati

- Inseriti in Armadi esterni (Outdoor)





Mappa Eolico d'Italia con velocita medie a 25m s.l.t. [25]

m/s	km/hr
13.0	46.8
12.0	43.2
11.0	39.6
10.0	36.0
9.0	32.4
8.0	28.8
7.0	25.2
6.0	21.6
5.0	18.0
4.0	14.4
3.0	10.8
2.0	7.2

Esempi di classificazione della risorsa eolica. Mappa della velocità del vento (onshore e offshore) sull'Italia alla quota di 100 m; ricostruzione tramite utilizzo di modelli matematici. (Fonte: The Global Wind Atlas, <https://globalwindatlas.info>)

Importanza della progettazione considerando il vento [26]

MENU | CERCA

la Repubblica

ABBONATI

GEDI SMILE



ACCEDI



Castelvetrano, c'è troppo vento: cade un ripetitore, danni alle case

di IVAN MOCCIARO e GIORGIO RUTA



▲ Foto concessa da castelvetranoselinunte.it

Nessun ferito. Ingenti le conseguenze per le abitazioni. Fra Termini e Trabia un albero si abbatte sulla statale 113

A Cura dell'ing. F. Martino

05/03/2024

88

Aspetti permessistici (CENNI)

- ▶ Articolo 87-ter (dl 133 12/09/14) : variazioni non sostanziali degli impianti

Al fine di accelerare la realizzazione degli investimenti per il comportamento della rete di banda larga mobile, nel caso di modifiche delle caratteristiche degli impianti già provvisti di titolo abilitativo, che comportino aumenti delle altezze non superiori a 1 metro e aumenti della superficie di sagoma non superiori ad 1.5 metri quadrati, e' sufficiente una autocertificazione descrittiva della variazione dimensionale, da inviare contestualmente all'attuazione dell'intervento ai medesimi organismi che hanno rilasciato i titoli.

- ▶ Mentre in caso di vincolo paesaggistico le altezze risultano essere non superiori ad 1.5 m e le superfici di sagoma non superiori ad 0.5 mq (deroga articolo 146 del decreto legislativo n.42 del 22/01/04)

Per la progettazione mw si traduce che se passo da parabola di diametro da 30 a 60 posso sfruttare quest' articolo di legge per velocitare gli aspetti permessistici

bibliografia

- ▶ [\[1\] OTT: cosa sono e come funzionano i servizi over-the-top - Inside Marketing](#)
- ▶ [\[2\] Internet of Things \(IoT\), cos'è? - Esempi, applicazioni e funzionamento \(intelligenzaartificiale.it\)](#)
- ▶ [\[3\] https://connetti.italia.it/it/piano/sanita-connessa](https://connetti.italia.it/it/piano/sanita-connessa)
- ▶ [\[4\] 04_Architettura-Internet.pdf \(ingdanielecorti.it\)](#)
- ▶ [\[5\] Titolo: Anomalous Human Behavior Detection Using a Network of RGB-D Sensors : N.MOSCA, V.RENO', R.MARANI, M.NITTI, F.MARTINO, T. D'ORAZIO, E. STELLA \(CNR ISSIA ora STIIMA\)](#)
- [\[6\] V. Cantoni, G. Falciasecca e G. Pelosi, *Storia delle telecomunicazioni*, vol. 1, Firenze University Press, 2011.](#)
- [\[7\] R. M. Black, *The History Of Electric Wires And Cables*, vol. 1, IET, 1983.](#)
- [\[8\] CAVO TELEFONICO IN RAME – Telecommunication \(cvsperoni.it\)](#)
- ▶ [\[9\] Fibra ottica: cos'è e come funziona | Sorgenia](#)
- ▶ [\[10\] Come è fatta la fibra ottica | Salvatore Aranzulla](#)
- ▶ [\[11\] cap01_nuova-evoluzione-accesso-fisso.pdf \(gruppotim.it\)](#)
- ▶ [\[12\] Fibra Ottica GPON: caratteristiche tecniche e Offerte \(selectra.net\)](#)
- ▶ [\[13\] Fibra ottica: le tecniche di scavo più amiche dell'ambiente - Open Fiber](#)
- ▶ [\[14\] RECOMMENDATION ITU-R F.387-13 - Radio-frequency channel arrangements for fixed wireless systems operating in the 10.7-11.7 GHz band](#)
- ▶ [\[15\] Modulazione QAM: banda, ampiezze, prestazioni \(teoriadeisignali.it\)](#)
- ▶ [\[16\] martin bindary : the gray code](#)
- ▶ [\[17\] Howard M. Berlin, *La progettazione dei circuiti phase locked loop*, Milano, Gruppo Editoriale Jackson, 1979.](#)
- ▶ [\[18\] Modulazione QAM: banda, ampiezze, prestazioni \(teoriadeisignali.it\)](#)
- ▶ [\[19\] What is back off power in amplifier ? \(rfwireless-world.com\)](#)
- ▶ [\[20\] Appunti presi a lezione dell'ing R.Catroppa.](#)
- ▶ [\[21\] https://it.wikipedia.org/wiki/Zona_di_Fresnel](https://it.wikipedia.org/wiki/Zona_di_Fresnel)
- ▶ [\[22\] https://www.academia.edu/39654709/Microwave_Radio_Transmission_Design_Guide_Second_Edition](https://www.academia.edu/39654709/Microwave_Radio_Transmission_Design_Guide_Second_Edition)
- ▶ [\[23\] https://forum.huawei.com/enterprise/en/what-is-signal-fading/thread/684510209860583424-667213872962088960](https://forum.huawei.com/enterprise/en/what-is-signal-fading/thread/684510209860583424-667213872962088960)
- ▶ [\[24\] WordPress › \(italpress.it\)](#)
- ▶ [\[25\] https://www.vglobale.it/2019/02/28/il-modo-migliore-per-prevedere-la-velocita-del-vento/](https://www.vglobale.it/2019/02/28/il-modo-migliore-per-prevedere-la-velocita-del-vento/)
- ▶ [\[26\] https://www.risoluto.it/castelvetro/tragedia-sfiorata-castelvetro-cade-ripetitore-causa-del-vento](https://www.risoluto.it/castelvetro/tragedia-sfiorata-castelvetro-cade-ripetitore-causa-del-vento)

A Cura dell'ing. F. Martino
Ictec.srl

05/03/2024

90