PROGETTO

NORMA ITALIANA CEI

Progetto

C. 1108

Data Scadenza Inchiesta

05-11-2012

Data Pubblicazione

2012-09

Classificazione

100-7

Titolo

Guida per l'applicazione delle Norme sugli impianti di ricezione televisiva

Title

Guide to the application of standards related to TV cable networks of users

Progetto in inchiesta pubblica

CEI COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO
AEIT FEDERAZIONE ITALIANA DI ELETTROTECNICA, ELETTRONICA, AUTOMAZIONE, INFORMATICA E TELECOMUNICAZIONI
CNR CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Si richiama l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

INDICE GENERALE

Argomento *Pagina*

Premessa ... 3
1 Glossario e definizioni ... 5
2 Riferimenti normativi e legislativi ... 11
2.1 Riferimenti normativi ... 11
2.2 Riferimenti legislativi ... 14
3 Considerazioni sull'architettura degli impianti ... 15
3.1 Gli impianti elettrici/elettronici di un appartamento ... 15
3.2 Gli impianti elettrici/elettronici di edifico ... 16
3.3 Struttura dell'impianto televisivo di edificio ... 17
3.4 Architettura di un impianto CATV ... 18
3.5 Mezzi trasmissivi per gli impianti di distribuzione di segnali radio-televisivi e multimediali ... 22
4 Segnali e servizi ... 41
4.1 Caratteristiche di trasmissione dei canali televisivi ... 41
4.2 Servizi a larga banda e servizi interattivi ... 45
5 Struttura degli impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi ... 51
5.1 Distribuzione dei segnali della radiodiffusione terrestre ... 52
5.2 Distribuzione dei segnali della radiodiffusione da satellite ... 57
6 Apparati d'utente ... 71
6.1 Televisione terrestre ... 71
6.2 Televisione da satellite ... 75
7 Funzionalità dell'impianto ... 79
7.1 Compatibilità elettromagnetica ... 80
7.2 Cavi coassiali e prese d'utente ... 83
7.3 Requisiti di qualità dei segnali ricevuti ... 84
7.4 Caratteristiche dei segnali alle prese d'utente ... 89
7.5 Caratteristiche dei segnali all'entrata dell'apparato d'utente (TI: Terminal Input)) ... 94
7.6 Caratteristiche dei segnali all'entrata dell'appartamento (HNI: Home Network Interface) ... 94
7.7 Apparecchiature attive e passive ... 100
7.8 Prescrizioni per il terminale di testa ... 100
7.9 Tecniche di elaborazione dei segnali ... 102
7.10 Utilizzo della radiodiffusione da satellite per la copertura delle aree non coperte dal digitale terrestre ... 111
8 Le antenne ... 112
8.1 Caratteristiche elettriche delle antenne per la radiodiffusione terrestre ... 112
8.2 Caratteristiche elettriche delle antenne per la radiodiffusione da satellite ... 112
8.3 Criteri d'installazione delle antenne per radiodiffusione terrestre ... 115
8.4 Criteri d'installazione delle antenne per ricezione da satellite ... 116
8.5 Cavi di discesa ... 117
8.6 Posizione in relazione a linee aeree ... 117
8.7 Dimensionamento del sostegno d'antenna ... 118

Progetto in inchiesta pubblica

9 Determinazione dei segnali terrestri primari 121
9.1 Premessa 121
9.2 Criteri di determinazione dei segnali terrestri primari 121
9.3 1° metodo di misura del campo elettromagnetico 122
9.4 2° metodo di misura del campo elettromagnetico 124
9.5 Livelli minimi misurabili 126
9.6 Esempi di misura 127
9.7 Avvertenze per l'esecuzione della misura 128
9.8 Documentazione 130
10 Sicurezza elettrica dell'impianto 131
10.1 Protezione dell'impianto d'antenna contro i contatti diretti ed indiretti 131
10.2 Protezione dell'impianto d'antenna contro le fulminazioni dirette ed indirette 136
10.3 Protezione contro l'accumulo di cariche elettrostatiche 150
10.4 Protezione da sovratensioni 151
11 Raccomandazioni per l'installazione 153
12 Direttive applicabili 155
13 Conclusioni 155
Appendice A – Notizie fondamenti sulle fibre ottiche 156
BIBLIOGRAFIA 161

Progetto in inchiesta pubblica

PREMESSA

La progettazione e l'installazione degli impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi devono essere effettuate a regola d'arte rispettando i requisiti fondamentali di funzionalità e sicurezza.

In base alla legge 186/68 ed al D.M. 37/08, tali requisiti vengono riconosciuti soddisfatti in modo completo ed adeguato, se sono rispettate le normative emesse dagli organismi competenti ed in particolare dal CEI.

Il D.M. 37/08 (ex 46/90) definisce gli impianti posti al servizio degli edifici, indipendentemente dalla destinazione d'uso, collocati all'interno degli stessi o delle relative pertinenze. Definisce inoltre i requisiti che deve avere il responsabile tecnico della ditta che esegue i lavori. Gli impianti oggetto di questa Guida rientrano nella definizione di cui all'art. 1, comma 2, lettera b): impianti radiotelevisivi, le antenne e gli impianti elettronici in genere.

Pertanto, vengono qui esaminati i requisiti di funzionalità e sicurezza alla luce delle prescrizioni di tali normative, mettendo in evidenza le caratteristiche principali, che richiedono particolare attenzione durante la progettazione, l'installazione ed il collaudo.

Relativamente agli impianti centralizzati d'antenna si segnala la necessità di applicare il dettato del DM 11-11-05 che richiede la valutazione dei segnali primari vietando le condizioni discriminatorie negli impianti, sia tra utenti dello stesso impianto sia tra segnali primari presenti nella zona di ricezione. Per l'applicazione si rimanda al Cap. 9 della presente Guida.

Vengono anche esaminati gli sviluppi recenti degli impianti di distribuzione via cavo dei segnali televisivi, sonori e dei servizi interattivi, al fine di guidare il progettista e l'installatore alle esigenze che si presenteranno ed offrire all'utente i nuovi servizi disponibili. In particolare nel cap. 3 si tratta della architettura generale degli impianti per la ricezione dei segnali televisivi terrestri e satellitari, con distribuzione dei segnali mediante cavo coassiale oppure fibra ottica.

È opportuno segnalare che la normativa riguardante gli impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi è costituita dalle Norme CEI, che sono la traduzione delle Norme europee CENELEC della serie IEC/EN 60728 (si veda il cap. 2).

Occorre tener presente che la Norma CEI 100-126, [1], riguardante i requisiti di sicurezza, è completata, per quanto riguarda la protezione dalle scariche atmosferiche, dalla Norma CEI 81-10 (classificazione IEC 62305, [18], [19],[20],[21]).

Gli impianti qui considerati vanno dall'antenna alla presa d'utente o al terminale d'utente in ambiente residenziale e similare. I criteri di progetto ed installazione di impianti interni ad un appartamento o piccolo ufficio sono oggetto della Guida per il cablaggio degli edifici (CEI 306-2, [23]).

Allo scopo di aumentare la funzionalità e la flessibilità degli impianti, nonché la loro semplice e completa fruibilità da parte degli utilizzatori, i cablaggi che fanno capo ai vari servizi presenti nella casa, oltre a quelli considerati nella presente Guida, dovranno poter essere messi in comunicazione tra loro, fatte salve le esigenze di sicurezza e compatibilità dei servizi e dei segnali.

È opportuno che già in fase di progettazione dell'edificio vengano predisposti spazi installativi progettati seguendo i suggerimenti presenti nella serie di Guide 64-100. Tali spazi consentono la realizzazione di una infrastruttura con caratteristiche di adattabilità tali da assicurare la massima flessibilità e fruibilità degli impianti oggetto di questa Guida.

Progetto in inchiesta pubblica

In particolare il punto di concentrazione dei servizi e la sua ubicazione dovranno essere progettati in modo da consentire l'attestazione dei cablaggi assicurando la separazione degli impianti per la gestione dell'energia da impianti per la gestione dei segnali. Se la disposizione degli ambienti lo consente è possibile creare uno spazio di attestazione unico per i cablaggi di tutti i sistemi e servizi previsti nell'abitazione, quali la rete per la distribuzione dell'energia elettrica, il sistema citofonico e i sistemi di automazione della casa, e l'installazione in esso delle eventuali apparecchiature attive o passive di gestione dei vari cablaggi (interruttori generali, centralini, commutatori, ecc.) purché nello stesso quadro sia assicurata la separazione tra energia e segnali. Un approccio diverso potrà essere adottato per gli impianti di antifurto che per ovvie ragioni di riservatezza potranno avere centralini e infrastrutture completamente indipendenti dagli altri cablaggi.

Oltre al cap. 3, dove si tratta anche di distribuzione con fibra ottica (vedi Appendice A), le principali novità che vengono introdotte in questa quarta edizione della Guida, rispetto alle edizioni precedenti, sono:

- definizione delle caratteristiche elettriche dei segnali che entrano nell'appartamento, attraverso la HNI (Home Network Interface), al fine di consentire la realizzazione dell'impianto d'appartamento che, partendo da condizioni di lavoro note, fornisca segnali alle prese d'utente con qualità specificata;
- definizione delle caratteristiche elettriche dei segnali ricevuti dall'antenna, che entrano nel terminale di testa, al fine di ottimizzare la qualità dei segnali forniti alle prese d'utente.
- nuovi criteri di valutazione del rischio e requisiti per la protezione contro i fulmini.

Progetto in inchiesta pubblica

1 Glossario e definizioni

ADSL
Asymmetric Digital Subscriber Loop. Tecnica di trasmissione numerica[1] su doppino telefonico.

Azimut
Indica l'angolo in gradi nel piano orizzontale con riferimento al Nord.

BER
Bit Error Ratio. Tasso d'errore sul bit, definito come il rapporto tra il numero di bit errati ed il numero totale di bit ricevuti.

BCH
Bose-Chaudhuri-Hocquenghem multiple error correction binary block code (codice a blocco binario per la correzione degli errori residui di LDPC).

BNI
Building Network Interface. Interfaccia fra l'impianto interno all'edificio ed una rete di distribuzione dei segnali esterna.

Broadband (banda larga)
Definisce la comunicazione bidirezionale con scambio di dati tra più punti anche condividendo la stessa linea trasmissiva. La definizione "banda larga" è usata genericamente anche per definire un collegamento Internet con ampia capacità trasmissiva.

Broadcast
Definisce una rete che diffonde gli stessi segnali e dati da un punto di trasmissione verso molti punti di ricezione

CATV (impianto di) Televisione via Cavo
Si tratta di un sistema di distribuzione dei segnali televisivi per grandi estensioni utilizzando il cavo coassiale. Questo termine comprende anche le reti HFC, attualmente utilizzate per fornire servizi di telecomunicazione, voce, dati, audio e video, sia attraverso la trasmissione su ampia scala, sia ridotta.

CEPT
Conférence Européenne des Administrations des Postes et Télécommunications.

COFDM
Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Modulazione numerica multiportante utilizzata nel sistema DVB-T per la diffusione della televisione via terra.

DAB
Digital Audio Broadcasting.

DBS
Direct Broadcasting Satellite. Banda da 11,7 GHz a 12,5 GHz per radiodiffusione diretta da satellite.

De-enfasi
Processo di equalizzazione utilizzato nel ricevitore MF per riportare i giusti rapporti tra le basse e le alte frequenze, queste ultime appositamente esaltate (pre-enfasi) in trasmissione.

DiSEqC
Digital Satellite Equipment Control. Sistema di controllo remoto delle apparecchiature per la ricezione televisiva da satellite.

Dual Feed
Illuminatore doppio utilizzato per ricevere con un'unica antenna (paraboloide) due satelliti situati ad una distanza non superiore a 9°.

---

(1) Gli aggettivi "numerico" e "digitale" sono utilizzati come sinonimi.

Progetto in inchiesta pubblica

Dual Pol
Doppia polarizzazione. È un LNB in grado di fornire in uscita i segnali presenti sulla polarizzazione desiderata (H o V).

Dual Pol-Dual Out
Doppia polarizzazione - doppia uscita. È un LNB in grado di fornire su due uscite i segnali di entrambe le polarizzazioni (H e V).

DVB
Digital Video Broadcasting.

DVB-C
Digital Video Broadcasting - Cable.

DVB-S
Digital Video Broadcasting - Satellite.

DVB-T
Digital Video Broadcasting - Terrestrial.

(E-)DOCSIS
Data Over Cable Service Interface Specification. Standard per la fornitura di servizi interattivi su cavo emesso dal consorzio americano Cable Television Laboratory. Il prefisso E indica la versione modificata per il mercato europeo.

EIRP
Equivalent Isotropic Radiated Power. Potenza che dovrebbe essere irradiata da un radiatore isotropico per dare, in una data direzione, la stessa densità di flusso di potenza data dall'antenna reale considerata.

EPG
Electronic Programme Guide. È un software che permette all'utente di scegliere facilmente il programma desiderato tra quelli forniti dalla tecnologia numerica per la radiodiffusione dei segnali televisivi.

ETSI
European Telecommunication Standards Institute. Ente europeo di normazione per le telecomunicazioni.

FEC
Forward Error Correction. È un metodo di correzione degli errori; il suo valore indica il rapporto tra i bit "utili" del flusso dati numerico e quelli effettivamente trasmessi per permettere una ricezione corretta anche in presenza di errori di trasmissione.

Feeder
Illuminatore. Antenna a basso guadagno posta nel fuoco del riflettore a forma di paraboloide destinato a ricevere il segnale concentrato dal paraboloide stesso.

Foot print
Impronta a terra del segnale irradiato dal satellite con una determinata potenza.

FSS
Fixed Satellite Service. Banda da 10,7 GHz a 11,7 GHz per radiodiffusione da satellite.

Gateway
Apparato che permette l'interconnessione di differenti reti.

GPRS
General Packet Radio Service.

HFC
Hybrid Fiber-Coaxial. Impianto di distribuzione via cavo che utilizza sia la fibra ottica sia il cavo coassiale.

Progetto in inchiesta pubblica

HNI
Home Network Interface. Interfaccia fra l'impianto di distribuzione centralizzato o condominiale e l'impianto di distribuzione dei segnali televisivi all'interno dell'appartamento o unità abitativa. È il primo punto accessibile dopo l'entrata nella rete di distribuzione di un'abitazione (vedi Figura 1).

NOTA In alcuni casi la HNI può coincidere con la presa d'utente. In questo caso si applicano le prescrizioni alla presa d'utente.

IEC
International Electrotechnical Commission.

ITU-R
International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector.

ITU-T
International Telecommunication Union - Telecommunication Sector.

LAN
Local Area Network. Rete di telecomunicazione che copre una area limitata (ad esempio un edificio).

LDPC
low-density parity check (codes) (code rate del FEC 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5. 5/6, 8/9 o 9/10, codifica utilizzata per la correzione d'errore del canale)

LNB
Low Noise Block converter: Dispositivo elettronico che trasla (in blocco) le frequenze ricevute dal satellite alla frequenza più bassa adottata nel ricevitore d'utente (1aFI = 0,95÷2,15 GHz).

LNB universale
Permette la ricezione di tutti i canali satellitari trasmessi nella gamma di frequenze da 10,7 a 12,75 GHz.

LPS
Lightning protection system. Impianto di protezione contro i fulmini.

MATV
Master Antenna TeleVision (distribution system). Impianto centralizzato per la distribuzione di segnali televisivi terrestri.

MER
Errore di modulazione (in termini di rapporto)(MER: Modulation Error Ratio): somma dei quadrati delle ampiezze dei vettori ideali dei simboli, divisa per la somma dei quadrati delle ampiezze dei vettori di errore dei simboli, di una data sequenza dei simboli, il cui risultato è espresso come rapporto di potenze in dB.

Modem
Apparato per la trasmissione e ricezione dati su un definito supporto fisico. Realizza la modulazione (in trasmissione) e la demodulazione (in ricezione) del flusso numerico secondo lo schema definito per il supporto prescelto.

MPEG
Moving Picture Experts Group.

NIT
Network Information Table.

OFDM
Orthogonal Frequency Division Multiplexing. Modulazione numerica multiportante utilizzata nel sistema DVB-T per la diffusione della televisione digitale via terra.

Parabola Offset
Antenna con riflettore a forma di spicchio di paraboloide in cui l'illuminatore si trova al di fuori della congiungente paraboloide-satellite, eliminando l' "ombra" dello stesso sulla superficie utile di ricezione.

Progetto in inchiesta pubblica

Parabola Prime focus
Antenna a riflettore in cui l'illuminatore si trova sulla congiungente paraboloide-satellite, con conseguente "oscuramento" su parte dell'area utile alla ricezione.

PER
(MPEG TS) packet error ratio

PID
Packet IDentifier. È un codice assegnato ad ogni componente (video, audio, dati) del segnale numerico trasmesso che viene automaticamente interpretato dal ricevitore per decodificare l'informazione richiesta.

PSTN
Public Switched Telephone Network. Rete telefonica pubblica a commutazione.

QAM
Quadrature Amplitude Modulation. Modulazione utilizzata nel sistema DVB-C per la distribuzione via cavo dei segnali numerici televisivi e radiofonici.

QEF
Quasi Error Free. Condizione, relativa al segnale televisivo numerico, secondo la quale il telespettatore percepisce meno di un errore in un'ora di trasmissione.

QPSK
Quaternary Phase Shift Keying. Modulazione utilizzata nel sistema DVB-S per la diffusione via satellite dei segnali numerici televisivi e radiofonici.

Progetto in inchiesta pubblica

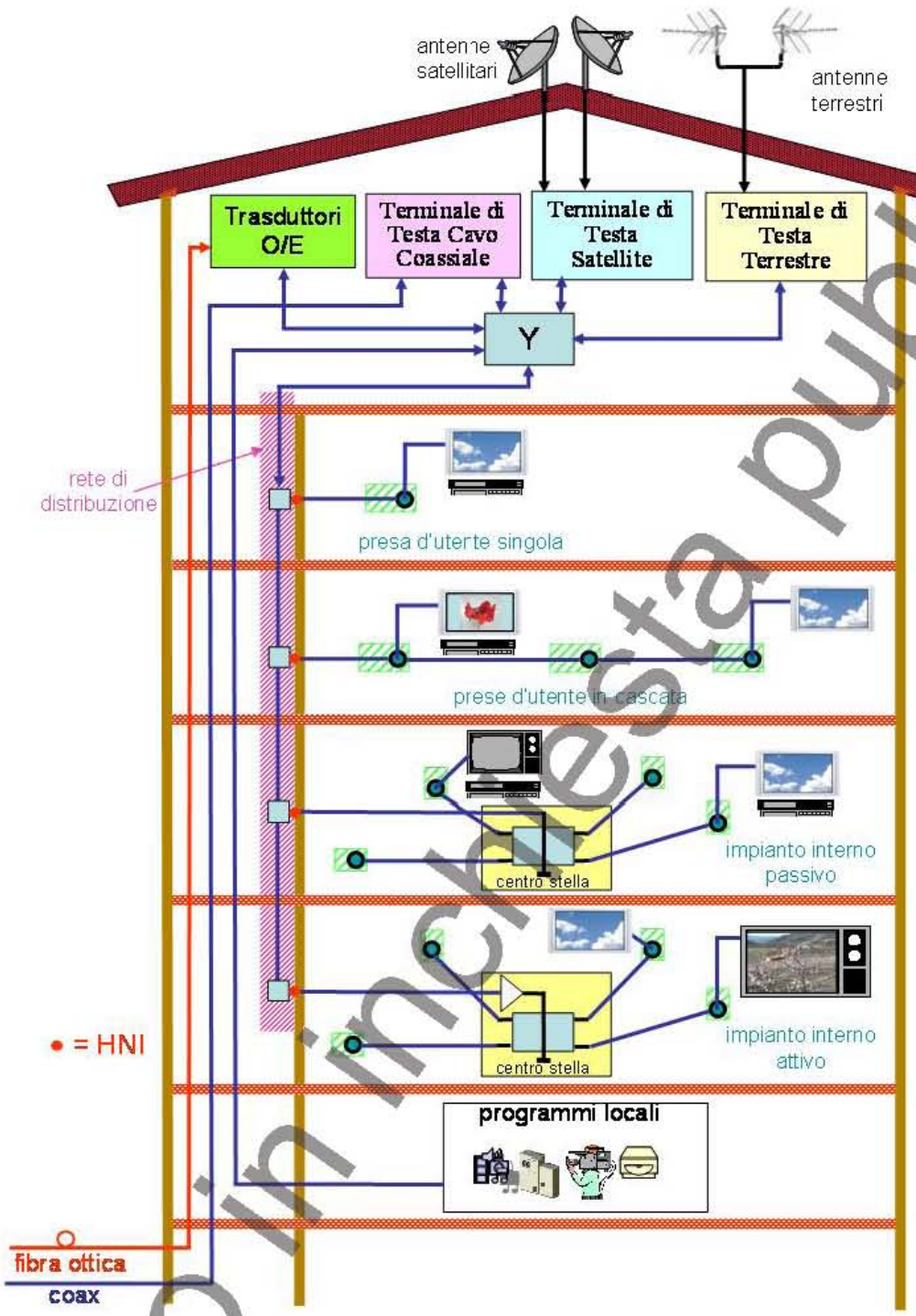


Figura 1 – Esempi di collocazione della HNI per vari tipi di impianto interno all'abitazione

Reed-Solomon
Codifica del segnale numerico che permette di migliorare il BER da circa 2·10-4 a circa 10-11, che corrisponde alla condizione QEF (Quasi Error Free).

Symbol Rate
Numero di "simboli" trasmessi per secondo da un sistema di modulazione numerico.

SMATV
Satellite Master Antenna TeleVision (distribution system). Impianto centralizzato per la distribuzione di segnali televisivi satellitari.

Progetto in inchiesta pubblica

SMS
Satellite Multi Service. Banda da 12,5 GHz a 12,75 GHz per radiodiffusione da satellite di vari servizi.

SPD
Surge Protective Device. Dispositivo limitatore di sovratensione.

Transponder
Ripetitore satellitare. Trasferisce il canale televisivo ricevuto da terra in un canale delle bande FSS, DBS, SMS usate per la radiodiffusione da satellite.

TT
Modo di collegamento a terra di un impianto elettrico in cui l'impianto utilizzatore deve avere un proprio impianto di terra.

TV-MA
Segnale televisivo a radiofrequenza con portante video modulata d'ampiezza (modulazione negativa).

TV-MF
Segnale televisivo a radiofrequenza con modulazione di frequenza della portante da parte del segnale video composito (luminanza, crominanza e sottoportanti audio).

UTP
Unshielded Twisted Pair. Cavo a coppie simmetriche non schermato.

Viterbi
Codifica convoluzionale attuata con diverse modalità di ridondanza (code rate del FEC 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 o 7/8), utilizzata per la correzione d'errore del canale.

WAN
Wide Area Network. Rete di telecomunicazione che copre una estesa area geografica.

Progetto in inchiesta pubblica

2 Riferimenti normativi e legislativi

2.1 Riferimenti normativi

L'installazione degli impianti di vario tipo ed in particolare l'installazione di impianti via cavo dei segnali televisivi, sonori e dei servizi interattivi deve essere eseguita in conformità a specifiche Norme tecniche, cosicché l'impianto sia in grado di soddisfare i requisiti di funzionalità e sicurezza, che anche la legge impone. Le Norme tecniche che sono in grado di soddisfare a tali requisiti sono quelle emanate dal CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano; in particolare, esse sono:

[1] CEI EN 60728-11 – Classificazione CEI 100-126

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 11: Prescrizioni di sicurezza

[2] CEI EN 60728-1 – Classificazione CEI 100-147

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 1: Prestazioni dell'impianto per la via di andata

[3] CEI EN 60728-1-1 – Classificazione CEI 100-161

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 1-1: Cablaggio a RF per reti domestiche a due vie

[4] CEI EN 60728-1-2 – Classificazione CEI 100-160

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 1-2: Prescrizioni di prestazione per i segnali forniti alla presa d'utente durante il funzionamento

[5] CEI EN 60728-2 – Classificazione CEI 100-1(??)

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 2: Compatibilità elettromagnetica per le apparecchiature

[6] CEI EN 60728-3 – Classificazione CEI 100-135

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, segnali sonori e servizi interattivi – Parte 3: Apparecchiature attive a larga banda per impianti di distribuzione con cavi coassiali

[7] CEI EN 60728-4 – Classificazione CEI 100-144

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, segnali sonori e servizi interattivi – Parte 4: Apparecchiature passive a larga banda per impianti di distribuzione con cavi coassiali

[8] CEI EN 60728-5 – Classificazione CEI 100-145

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 5: Apparecchiature del terminale di testa

[9] CEI EN 60728-6 – Classificazione CEI 100-107

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 6: Apparecchiature ottiche

[10] CEI EN 60728-8 – Classificazione CEI 100-72 (??)

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 8: Compatibilità elettromagnetica per le reti

[11] CEI EN 60728-9 – Classificazione CEI 100-20 (??)

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 9: Interfacce per terminali di testa CATV/SMATV e apparecchiature professionali similari per flussi di trasporto DVB/MPEG-2

[12] CEI EN 60728-10 – Classificazione CEI 100-60 (??)

Impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi – Parte 10: Prestazioni dell'impianto per la via di ritorno

Progetto in inchiesta pubblica

[13] CEI 46-13

Cavi per radiofrequenze. Requisiti generali e prove per cavi coassiali singoli da utilizzare nei sistemi di distribuzione via cavo

[14] CEI EN 50117 (serie)

Cavi coassiali

[15] CEI EN 61169-24 - Classificazione CEI 46-26

Connettori per radiofrequenze - Parte 24: Connettori coassiali per radiofrequenze con accoppiamento a vite, tipicamente da utilizzarsi nei sistemi di distribuzione con cavi a 75 ohm (Tipo F)

[16] CEI 64-8

Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in corrente alternata ed a 1500 V in corrente continua

[17] CEI 11-4

Esecuzione delle linee elettriche aeree esterne

[18] CEI EN 62305-1 (CEI 81-10/1) "Protezione contro i fulmini. Principi generali".

[19] CEI EN 62305-2 (CEI 81-10/2) "Protezione contro i fulmini. Valutazione del rischio".

[20] CEI EN 62305-3 (CEI 81-10/3) "Protezione contro i fulmini. Danno materiale alle strutture e pericolo per le persone".

[21] CEI EN 62305-4 (CEI 81-10/4) "Protezione contro i fulmini. Impianti elettrici ed elettronici interni alle strutture".

[22] CEI EN 60065 - Classificazione CEI 92-1

[23] Apparecchi audio, video e apparecchi elettronici similari - Requisiti di sicurezza

[24] CEI 306-2

Guida per il cablaggio per telecomunicazioni e distribuzione multimediale negli edifici residenziali

[25] CEI 100-100

Guida alla tecnologia e ai servizi dei ricevitori (Set Top Box e televisori digitali integrati) per la televisione digitale terrestre.

[26] CEI 100-140

Guida per la scelta e l'installazione dei sostegni d'antenna per la ricezione televisiva

Le Norme e le Guide che riguardano i sistemi televisivi con codifica e modulazione numerica sono le seguenti:

[27] EN 300 421

Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services

[28] EN 300 429

Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems

[29] EN 300 744

Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television

[30] EN 300 473

Digital Video Broadcasting (DVB); Satellite Master Antenna Television (SMATV) distribution systems

Progetto in inchiesta pubblica

[31] ETSI EN 302 296-2

Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Transmitting equipment for the digital television broadcast service, Terrestrial (DVB-T); Part 2: Harmonized EN covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive

[32] EN 302307

Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications

[33] CEPT "The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the Introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)". Chester, July 1997.

[34] EN 300 468

Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems

[35] ETS 300 800

Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for Cable TV distribution systems (CATV)

[36] EN 301 790

Digital Video Broadcasting (DVB); Interaction channel for satellite distribution systems

[37] ETSI TS 101 964

Digital Video Broadcasting (DVB); Control Channel for SMATV/MATV distribution systems – Baseline Specification

[38] ETSI TR 102 252

Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines for implementation and use of the control channel for SMATV/MATV distribution systems

[39] ETSI ES 201 812

Digital Video Broadcasting (DVB); Multimedia Home Platform (MHP) Specification 1.0.3

[40] ETSI TS 102 812

Digital Video Broadcasting (DVB); Multimedia Home Platform (MHP) Specification 1.1.1

Inoltre, riguardo alla compatibilità elettromagnetica (EMC), oltre alle [5] e [10], si segnalano le seguenti pubblicazioni:

[41] CEI EN 61000-3-2 – Classificazione CEI 110-31

Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti – Sezione 2: Limiti per le emissioni di corrente armonica (apparecchiature con corrente di ingresso ≤ 16 A per fase)

[42] CEI EN 61000-3-3 - Classificazione CEI 110-28 e 110-28;V1

Compatibilità elettromagnetica (EMC) - Parte 3: Limiti – Sezione 3: Limitazione delle fluttuazioni di tensione e del flicker in sistemi di alimentazione in bassa tensione per apparecchiature con corrente nominale ≤ 16 A e non soggette ad allacciamento su condizione

[43] IEC/TR 61000-5-1

Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 5: Installation and mitigation guidelines - Section 1: General considerations - Basic EMC publication

[44] EN 50083-2

Cable networks for television signals, sound signals amnd interactive services: Electromagnetic Compatibility for Equipment;

Progetto in inchiesta pubblica

[45] EN 50083-8

Cable networks for television signals, sound signals amnd interactive services: Electromagnetic Compatibility for Networks

[46] EN55020

(in futuro sarà sostituita dalla EN 55035) Sound and television broadcast receivers and associated equipment - Immunity characteristics - Limits and methods of measurement;

Direttive europee:

[47] DIRETTIVA 2004/108/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 15 dicembre 2004 concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica e che abroga la direttiva 89/336/CEE;

[48] DECRETO LEGISLATIVO 6 Novembre 2007 , n. 194 Attuazione della direttiva 2004/108/CE concernente il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alla compatibilità elettromagnetica e che abroga la direttiva 89/336/CEE. (GURI n. 261 del 9-11-2007 - Supplemento Ordinario n. 228);

[49] DIRETTIVA Europea 1999/5/CE del 9 Marzo 1999 "Apparecchiature Radio e Apparecchiature Terminali di Telecomunicazione (R&TTE) e reciproco riconoscimento della loro conformità".

[50] DECRETO LEGISLATIVO 9 maggio 2001, n. 269 Attuazione della Direttiva 1999/5/CE riguardante le apparecchiature radio, le apparecchiature terminali di telecomunicazione ed il reciproco riconoscimento della loro conformità;

[51] Direttiva Europea 2006/95/CE del 12 Dicembre 2006 "Ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative al materiale elettrico destinato ad essere adoperato entro taluni limiti di tensione". Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale Europea n. L374 del 27 Dicembre 2006.

[52] DECRETO LEGISLATIVO 791/1977 modificato dal D.lgs. 626/1996 che ha recepito la Direttiva 93/68 CEE sull'obbligo di Marcatura CE e dal D.lgs 277/1997 riguardante in particolare le sanzioni. La Direttiva 2006/95/CE trattandosi di un provvedimento di mera codifica non richiede nuove disposizioni di recepimento nazionale.

Guide per la predisposizione delle infrastrutture

[53] Guida CEI 64-100/1

Edilizia residenziale, Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni. Parte 1:Montanti degli edifici

[54] Guida CEI 64-100/2

Edilizia residenziale, Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni. Parte 2: Unità immobiliari (appartamenti)

[55] Guida CEI 64-100/3

Edilizia residenziale, Guida per la predisposizione delle infrastrutture per gli impianti elettrici, elettronici e per le comunicazioni. Parte 3:Case unifamiliari, case a schiera ed in complessi immobiliari (residence)

2.2 Riferimenti legislativi

Legislazione Nazionale

[56] L 186/68 "disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni e impianti elettrici ed elettronici"

[57] DM 22 gennaio 2008 n. 37 "Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n.248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attivita' di installazione degli impianti all'interno degli edifici".

Progetto in inchiesta pubblica

[58] D Lgs 1 agosto 2003 n.259/03 "Codice delle comunicazioni elettroniche"

[59] DM 11-11-05 "Regole tecniche relative agli impianti condominiali centralizzati d'antenna riceventi del servizio di radiodiffusione"

[60] Il D.M. 37/08 (ex 46/90) definisce gli impianti posti al servizio degli edifici, indipendentemente dalla destinazione d'uso, collocati all'interno degli stessi o delle relative pertinenze. Definisce inoltre i requisiti che deve avere il responsabile tecnico della ditta che esegue i lavori. Gli impianti oggetto di questa Guida rientrano nella definizione di cui all'art. 1, comma 2, lettera b): impianti radiotelevisivi, le antenne e gli impianti elettronici in genere.

3 Considerazioni sull'architettura degli impianti

3.1 Gli impianti elettrici/elettronici di un appartamento

La Figura 2 indica in modo schematico gli impianti elettrici/elettronici, i cablaggi, gli apparati ed i servizi oggi disponibili all'interno di un appartamento; mostra inoltre le connessioni possibili e disponibili verso l'edificio e l'esterno dell'edificio.

Questa figura, sebbene generica, mostra tutti gli impianti oggi pensabili all'interno di una abitazione civile. Naturalmente qualche caso specifico potrebbe discostarsi con impianti per servizi non compresi nella figura, che tuttavia copre la maggioranza dei casi.

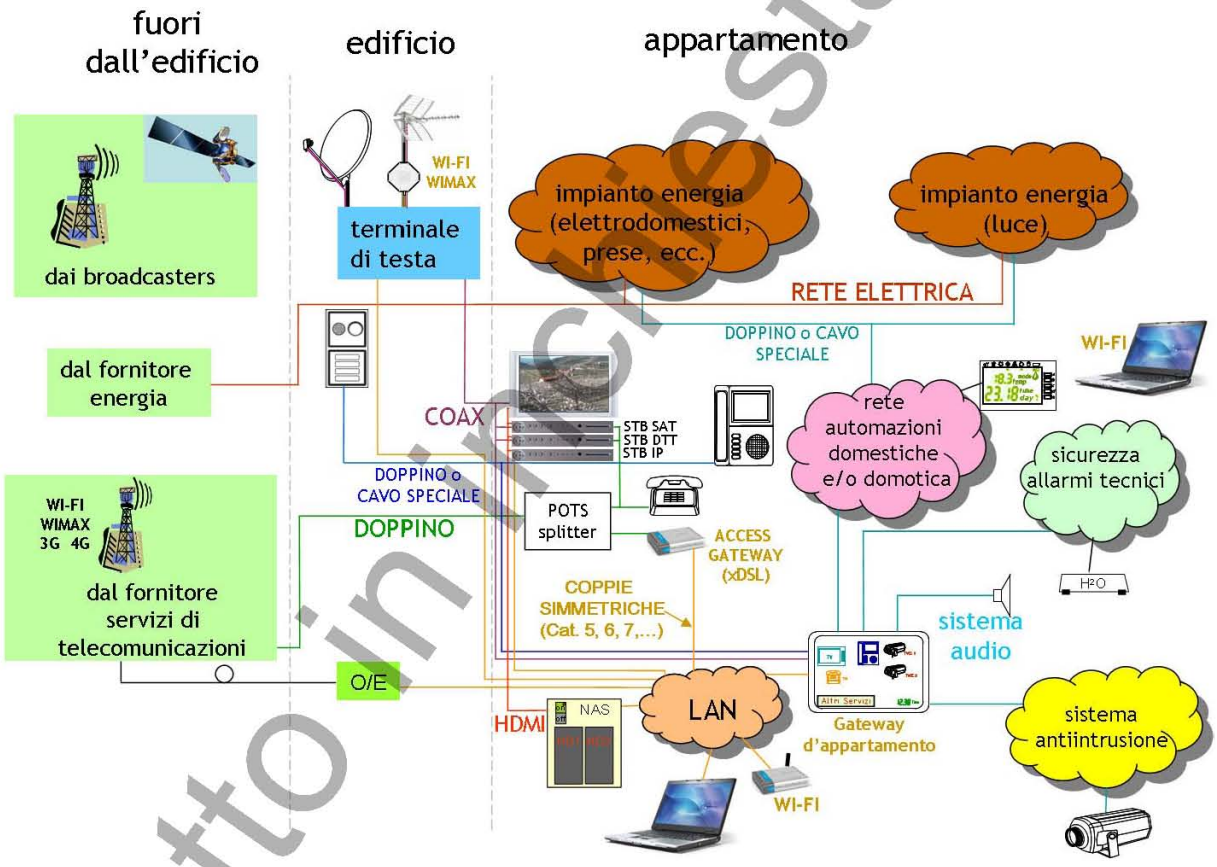


Figura 2 – Esempio di impianto di ricezione televisiva inserito negli impianti interni ed esterni all'edificio

Non tutti gli impianti illustrati in Figura 2, oggi sono presenti nelle abitazioni, o se lo sono, raramente sono integrati in un unico sistema. Il porre attenzione all'insieme degli impianti e dei servizi può aiutare a predisporre meglio l'impiantistica in vista di future applicazioni.

I servizi radio televisivi in parte lo sono già e sempre più diventeranno interattivi. Nasce quindi l'esigenza di avere delle connessioni dati per poter interagire con il fornitore di tali servizi (*broadcaster*).

Progetto in inchiesta pubblica

In Italia le connessioni dati utilizzano principalmente come supporto fisico il doppino telefonico, in molti casi ancora con modem telefonici tradizionali (in banda telefonica, quali V22, V22 bis, V92, ecc.), in altri casi, sempre più frequenti, mediante connessioni su doppino fuori banda telefonica mediante i sistemi xDSL (ADSL, VDSL, ecc.). Ultimamente cominciano ad essere disponibili altre soluzioni tecnologicamente più avanzate, quali le connessioni in fibra ottica. Anche le connessioni via radio per il servizio dati stanno avendo una certa importanza soprattutto nelle zone periferiche con basse densità di popolazione (WiMAX, WI-FI).

Nella Figura 2 sono indicati le connessioni di comunicazione via doppino, via fibra ottica e via radio. *In genere queste soluzioni sono complementari ed assicurano i servizi di televisione, telefono e dati. Alcuni operatori offrono servizi completi su un'unica tipologia di connessione.*

Nelle unità immobiliare ad uso esclusivamente abitativo sono ancora pochi i casi in cui vengono realizzati impianti di cablaggio strutturato (reti LAN domestiche). La disponibilità sempre maggiore di servizi ADSL contribuisce a rendere più interessanti tali soluzioni d'impianto che andranno ad integrarsi con gli impianti per segnali su coassiale. Il punto di interfacciamento tra il servizio su doppino offerto da un fornitore di servizi e la rete LAN domestica è il router ADSL.

L'evoluzione tecnologica degli apparecchi televisivi ibridi (dotati di porta Ethernet per l'accesso al canale IP) richiede la presenza dei due sistemi (cablaggio strutturato per il collegamento Ethernet ed il cavo coassiale per la ricezione via etere) per accedere sia ai servizi broadcast, sia ai servizi broadband.

Per i servizi televisivi esiste la possibilità di scegliere fra trasmissioni terrestri o satellitari. Nelle zone non coperte dai servizi televisivi della diffusione digitale terrestre (tipicamente zone periferiche, montane e/o rurali) esiste una soluzione alternativa che consente la ricezione da satellite di gran parte degli stessi programmi terrestri.

3.2 Gli impianti elettrici/elettronici di edifico

Tipicamente, gli impianti di edificio elettrici ed elettronici sono i seguenti:"

- Impianto elettrico, che comprende, oltre alla colonna montante dei vari appartamenti, l'impianto di alimentazione di vari servizi:
  - ascensore,
  - caldaie, se centralizzate,
  - sistema citofonico,
  - sistemi riceventi dei segnali TV e se presenti i segnali dati (WIFI, WiMAX)
  - sistemi di edificio telefonici e dati (se presenti)
  - luci di servizio (scale, androne, ecc.)
  - ecc.
- impianto (video)-citofonico
- impianto telefonico
- impianto per segnali TV
- eventuale impianto dati
- videosorveglianza
- ecc.

La parte infrastrutturale di questi impianti è trattata in altre guide CEI quali la Guida CEI 306-2 e le Guide CEI 64/100-1/2/3. Non si entra quindi nel merito di argomenti trattati in altre guide, ma si ricorda almeno un concetto contenuto in tali guide: l'infrastruttura degli impianti deve essere costruita in modo da permettere (se e quando necessario) la connessione fra più impianti. In pratica si ritiene conveniente predisporre tutte le infrastrutture nel senso verticale dell'edificio a partire dalle cantine fino al sottotetto; in orizzontale, mediante appositi tubi, si potrà (se necessario) connettere fra loro i vari impianti, ad esempio sui pianerottoli.

Progetto in inchiesta pubblica

3.3 Struttura dell'impianto televisivo di edificio

In Figura 3 è riportato un esempio di impianto di edificio, per servizi televisivi e/o multimediali. Anche in questo caso si tratta di un esempio generico che comprende i segnali dei sistemi radio provenienti dall'esterno (antenne satellitari e terrestri), mediante impianti cablati via cavo coassiale e via fibre ottiche. Inoltre viene indicata la possibilità di generazione di programmi locali. L'architettura tipica in Italia degli impianti prevede il posizionamento del terminale di testa nella parte alta dell'edificio e la distribuzione dei segnali verso gli appartamenti e le varie utenze a partire dal sottotetto. Nella rete di edificio la direzione di propagazione dei segnali è vincolante per ottenere in tutto l'edificio i livelli di segnale corretti. Il vincolo principale che ha portato a questo tipo di installazione è che in generale in Italia non è presente la TV via cavo (CATV). Quindi, praticamente tutto il servizio televisivo è stato realizzato mediante trasmissioni via radio. È noto che il posizionamento delle antenne riceventi dei segnali via radio abbia in generale una migliore possibilità di ricezione nelle zone alte degli edifici. Nelle aree urbane di altre nazioni europee (quali la Spagna e la Francia, dove la CATV si è molto diffusa), la propagazione del segnale avviene a partire dalla base dell'edificio verso l'alto. In altre zone ancora, si assiste ad una doppia diffusione: dal basso verso l'alto per i servizi CATV, dall'alto verso il basso per i segnali provenienti via radio, con combinazione dei segnali ai piani.

Il posizionamento delle antenne satellitari non ha particolari necessità, se non quella di essere in visibilità diretta con il satellite (direzione sud). Quindi il segnale satellitare può essere distribuito sia dal basso verso l'alto sia al contrario. Il segnale proveniente dall'esterno può essere trasportato sia su cavi coassiali, sia su fibre ottiche, sia, in alcuni casi, su coppie simmetriche (opzione non indicata in Figura 3), quando tale mezzo offra la banda necessaria.

L'impianto di edificio può essere definito come un impianto che ha due interfacce: la prima è costituita dall'ingresso nell'edificio (ad esempio la cantina, il tetto, il balcone, ecc.), la seconda interfaccia è indicata in Figura 3 con i punti HNI (Home Network Interface), cioè le interfacce di ingresso nell'appartamento. Nel seguito di questa Guida le caratteristiche di queste interfacce verranno esaminate in modo specifico.

In Figura 3, si può notare come l'impianto di edificio sia composto essenzialmente da tre parti:

- Sistema (gruppo o castello) di antenne
- Terminale di testa (Head End)
- Rete di distribuzione (Colonna montante)

Il sistema (gruppo o castello) di antenne comprende tutte le antenne per la ricezione dei segnali. Le antenne sono l'interfaccia verso i segnali provenienti all'edificio via radio. Sono dei trasduttori che ricevono energia elettromagnetica e la convertono in segnali elettrici.

Il terminale di testa è l'insieme di tutti gli apparati necessari a svolgere l'insieme di operazioni per adattare i segnali provenienti dall'esterno, una volta riportati in forma elettrica per adattarli alla distribuzione in edificio. Può comprendere molti apparati, quali amplificatori, trasmodulatori, processori di canale, convertitori di frequenza, filtri, partitori, ecc.

La rete di distribuzione (colonna montante) comprende i cavi, i partitori di potenza, i multiswitch, ecc., necessari a distribuire i segnali dall'uscita del terminale di testa fino all'interfaccia HNI.

Inoltre possono essere presenti altri apparati quali trasduttori ottico/elettrici quando l'edificio è raggiunto da fibre ottiche, video registratori per la gestione di programmi locali, ecc.

Non tutti gli edifici hanno la stessa complessità di impianto.

Tipicamente nelle abitazioni unifamiliari con una o due prese TV e/o in zone in cui sia sufficiente una sola antenna a larga banda per ricevere i segnali desiderati e dove il livello dei segnali sia sufficiente ad alimentare tutte le prese, l'impianto di edificio sarà costituito da una sola antenna, collegata all'impianto di appartamento con qualche metro di cavo coassiale.

Progetto in inchiesta pubblica

L'impianto di appartamento sarà costituito da un partitore a due o più uscite (compatibilmente con i livelli di segnale disponibili) e dalle relative prese d'utente. Anche i questi casi si consiglia una adeguata predisposizione per garantire l'accesso ai servizi broadband su rete ethernet.

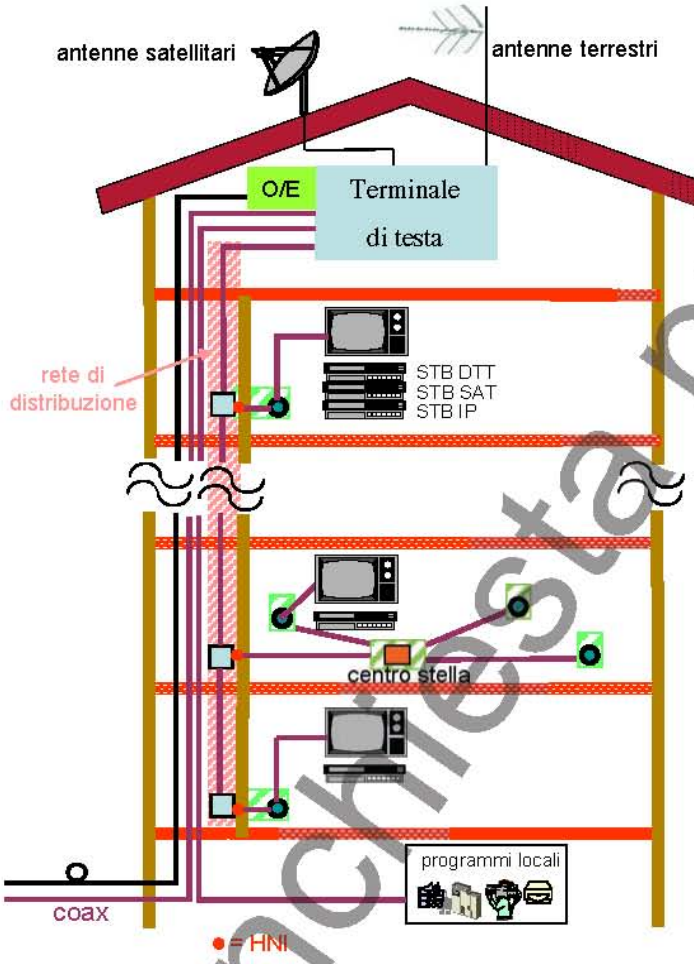


Figura 3 – Struttura generale di un impianto di distribuzione via cavo (coassiale) per i segnali televisivi, sonori e servizi interattivi. La rete d'appartamento va dalla HNI alla presa d'utente. Quando le prese d'utente sono più di una, la rete interna all'appartamento parte dall'HNI e giunge al centro stella, dove poi si dirama verso le varie prese d'utente

3.4 Architettura di un impianto CATV

In questa Guida si è scelto di trattare gli impianti CATV escludendo le tipologie che coprono le grandi aree urbane o regionali. Vengono considerate soluzioni di CATV (compreso soluzioni HFC) limitatamente a installazioni collettive di gruppi di edifici, residence, grandi complessi abitativi, sportivi, scolastici, ecc

La Figura 4 è tratta dalla Norma CEI EN 60728-1 e costituisce un esempio di schema di principio di un impianto CATV di grandi dimensioni.

Nella Figura 5 viene evidenziata l'area all'interno della linea tratteggiata, con le parti di impianto CATV trattate in questa guida.

Progetto in inchiesta pubblica

Si possono avere:

- soluzioni miste con cavo in rame e cavo in fibra definite reti HFC (Hybrid Fibre Coaxial network).
- Soluzioni FTTC (Fibre To The Curb) quando la fibra giunge fino all'armadio comune a più edifici.
- Soluzioni FTTB (Fibre To The Building) quando la fibra giunge fino all'armadio posto nell'edificio.
- Soluzioni FTTH (Fibre To The Home) quando la fibra raggiunge l'interno dell'appartamento.

Nella Figura 6 è rappresentato in pianta, un esempio di insediamento residenziale. La rete è di tipo HFC misto fibra e cavo coassiale.

In Figura 7 viene rappresentato un esempio di schema di principio per una efficace distribuzione dei segnali per il caso in Figura 6.

Gli aspetti da considerare sono:

- le distanze fra gli edifici
- le dimensioni degli edifici
- le caratteristiche dei segnali radioelettrici disponibili nella zona di ricezione
- le esigenze di videosorveglianza
- le esigenze di eventuali segnali generati in loco
- ecc.

Nell'esempio è stata proposta la soluzione del traliccio per il posizionamento delle antenne riceventi. Tale soluzione evita le condizioni di servitù che si creerebbero se le antenne venissero poste sul tetto di uno degli edifici. (si veda cap. 11).

Si segnala la soluzione proposta per l'edificio GE7. Tale soluzione permette di "inserire" segnali SAT specifici per le esigenze dell'edificio

All'interno degli edifici risulta evidente la similitudine distributiva con l'esempio di impianto TV/SAT di edificio rappresentato in Figura 3

Progetto in inchiesta pubblica

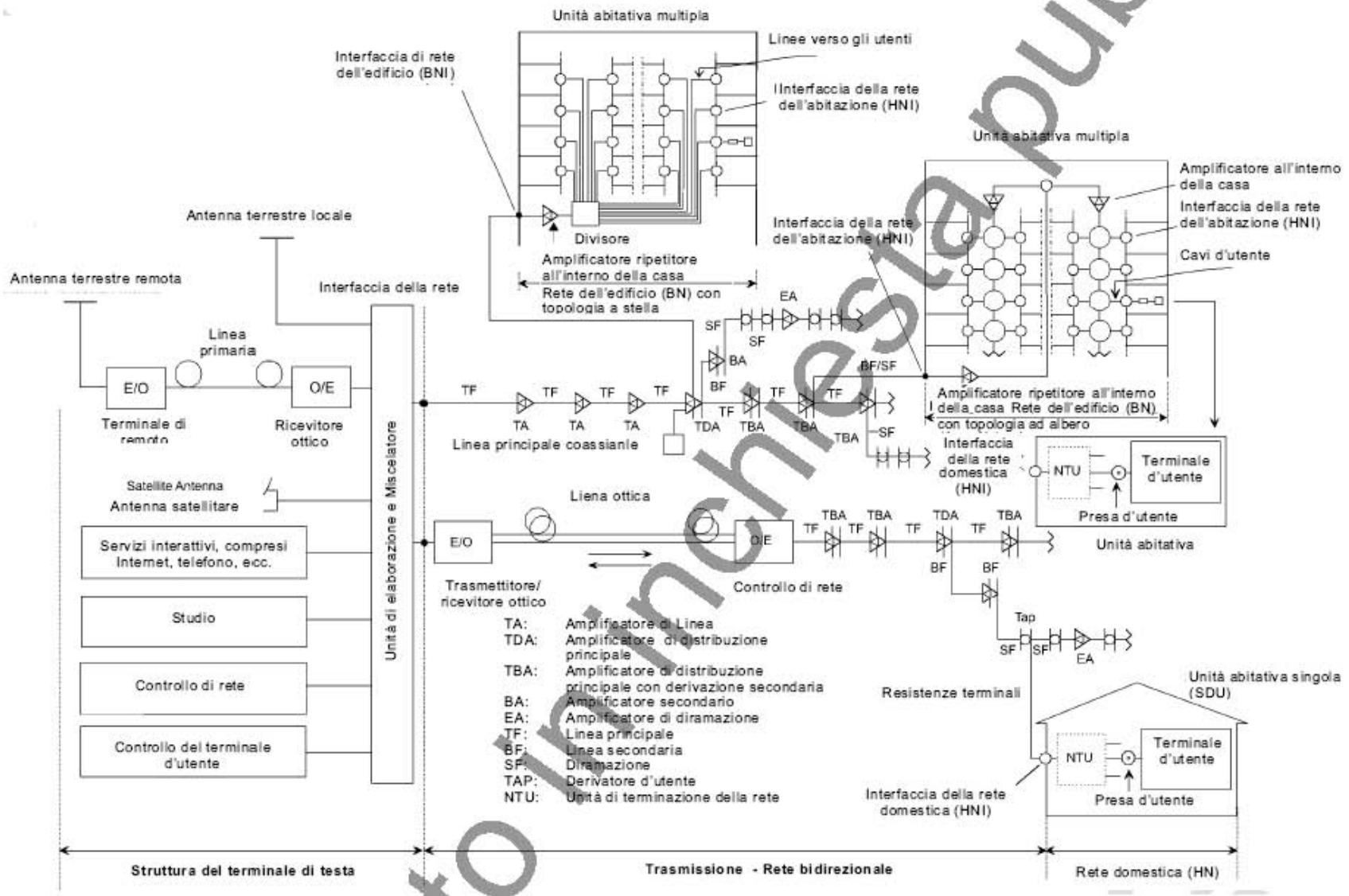


Figura 4 – Esempio di impianto CATV di distribuzione via cavo per i segnali televisivi e sonori

Progetto in inchiesta pubblica

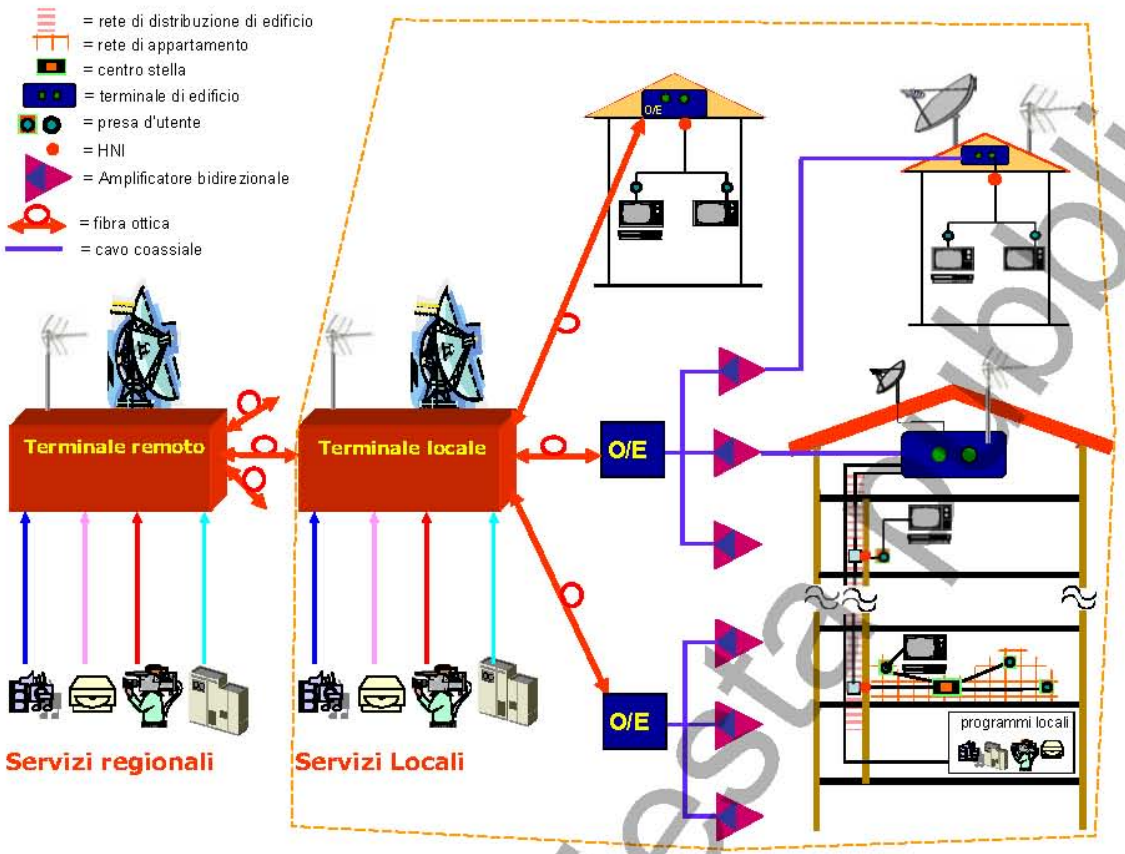


Figura 5 – Esempio semplificato di impianto CATV di tipo gerarchico di grandi dimensioni.

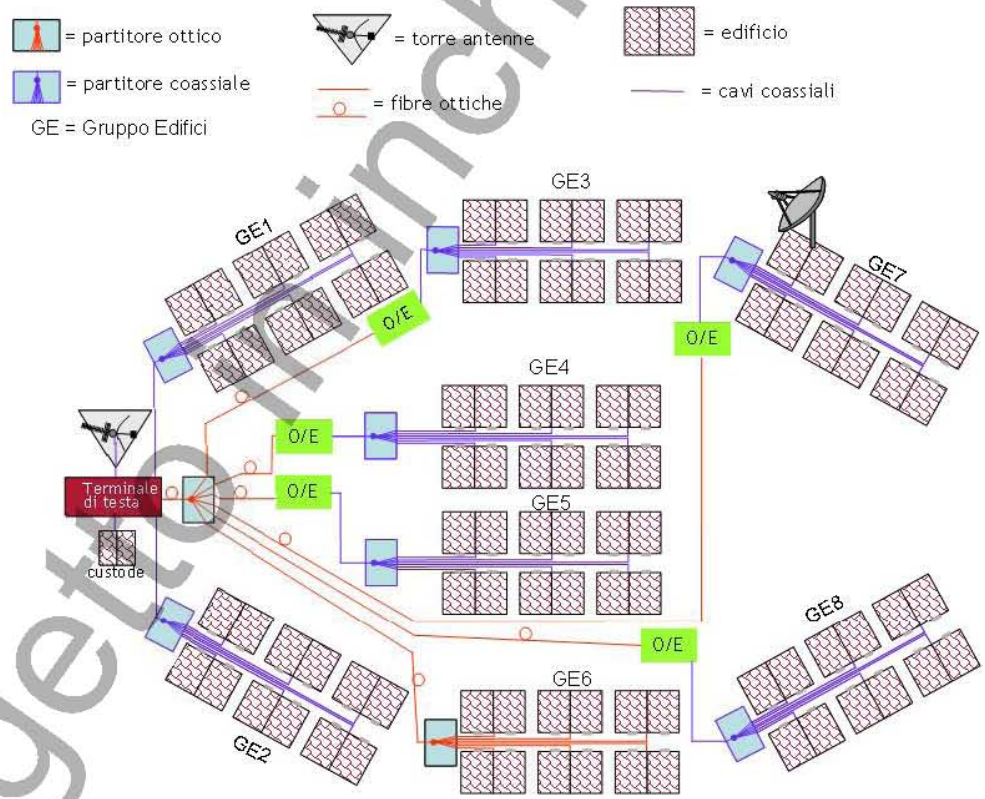


Figura 6 – Esempio (vista in pianta) di un quartiere residenziale. Sono evidenziate le possibili infrastrutture e la parte orizzontale dei cablaggi per il sistema di antenne riceventi dei segnati televisivi.

Progetto in inchiesta pubblica

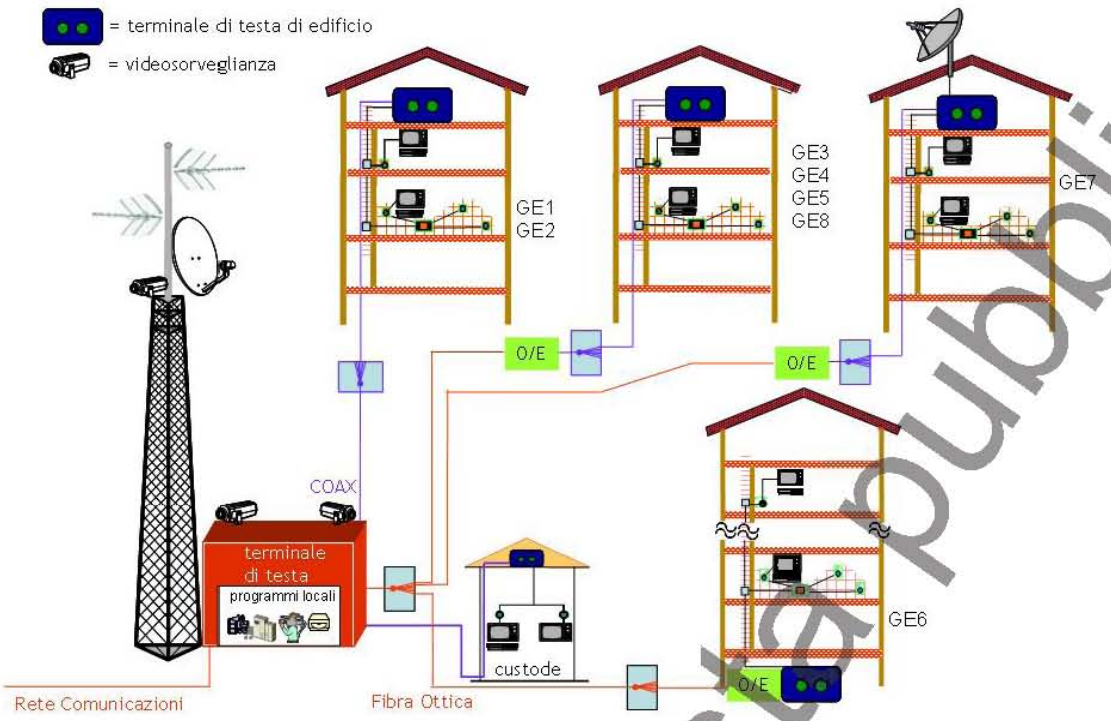


Figura 7 – Esempio di connessione della parte orizzontale della rete con la parte verticale della rete in un quartiere residenziale (vedi Figura 6)

3.5 Mezzi trasmissivi per gli impianti di distribuzione di segnali radio-televisivi e multimediali

Negli impianti di edificio e di appartamento, la distribuzione dei segnali TV utilizza tipicamente cablaggi con cavi coassiali. Tali mezzi sono e continueranno ad essere fondamentali per questi impieghi. Tuttavia la digitalizzazione dei segnali televisivi e multimediali e l'evoluzione tecnologica dei sistemi trasmissivi, consentono di utilizare diversi mezzi trasmissivi (ancorché complementari al cavo coassiale).

La tecnologia offre soluzioni che consentono di utilizzare supporti fisici diversi in particolare per risolvere situazioni esistenti che condizionano l'uso dei mezzi trasmissivi classici. Soluzioni che sfruttano i cavi a coppie simmetriche (reti LAN), la rete elettrica (power line),le fibre ottiche anche per percorsi brevi possono essere usati con il solo scopo di superare eventuali condizionamenti ambientali (umidità, rischi elettrici, ecc.)

Per la distribuzione di segnali multimediali all'interno di edifici e/o appartamenti, viene fatto ricorso frequentemente a soluzioni via radio per garantire la mobilità nell'ambiente (ultimo metro). Tali soluzioni possono essere utilizzate inoltre per superare criticità ambientali (edifici storici ecc.), anche se è indubbio che i segnali radio per la ricezione interna alle unità abitative risultano meno efficaci dei sistemi utilizzanti conduttori in rame o fibra ottica.

Negli edifici nuovi ed in quelli sottoposti a ristrutturazioni radicali è consigliabile privilegiare i conduttori in rame e le fibre ottiche, riservando le soluzioni "via radio" esclusivamente per garantire la mobilità dell'ultimo metro.

3.5.1 Tipologie dei mezzi di comunicazione

Si esaminano le varie tipologie dei mezzi di comunicazione in funzione della distanza, o meglio in funzione dei vari segmenti che possono comporre la rete di comunicazioni, utilizzando quelli individuabili nella Figura 2:

- Fuori dall'edificio
- All'interno dell'edificio
- Nell'appartamento

Progetto in inchiesta pubblica

3.5.1.1 Sistemi di comunicazione a grande distanza (fuori dall'edificio)

Le comunicazioni a grande distanza sono tipicamente gestite da operatori, siano essi Enti di radiodiffusione (*Broadcaster*) oppure Operatori di Telecomunicazioni (telefonia e/o ISP (Internet Service Provider)).

Gli Enti di radiodiffusione utilizzano quasi esclusivamente trasmissioni via radio (terrestri o satellitari) per raggiungere gli edifici in cui risiedono gli utenti (nella direzione dall'operatore all'utente). Per ottenere una trasmissione efficiente, bisogna rendere le informazioni da trasmettere adatte al mezzo trasmissivo utilizzato, mediante codifiche e modulazioni appropriate. Questo collegamento è normalmente unidirezionale. Nel caso di servizi interattivi per i quali è necessaria anche una via di comunicazione nella direzione dall'utente verso l'operatore, tale comunicazione avviene mediante una connessione di tipo telefonico o ADSL, anche se non mancano soluzioni diverse (vedi 4.2.4)

Anche gli Operatori di Telecomunicazioni per ottenere una trasmissione efficiente rendono le informazioni da trasmettere adatte al mezzo trasmissivo utilizzato. La trasmissione di contenuti radio televisivi sui sistemi gestiti da questi operatori avviene unicamente in forma digitale. Le stesse informazioni radio televisive trasportate da questi mezzi trasmissivi utilizzano codifiche e modulazioni generalmente diverse da quelle utilizzate dagli Enti di radiodiffusione.
Gli Operatori di Telecomunicazioni distinguono la loro rete in due parti: rete di trasporto (grande distanza) e rete d'accesso o "ultimo miglio". Per rete di trasporto si intende la rete che connette fra loro le centrali degli operatori, per "ultimo miglio" si intende la parte di rete che connette l'ultima centrale dell'operatore con l'edificio e/o l'appartamento dell'utente finale. Questa parte di rete, nelle zone più densamente popolate, ha un'estensione generalmente non superiore appunto ad un miglio.

Le comunicazioni a grande distanza, fra le centrali degli Operatori di Telecomunicazioni, avviene principalmente mediante l'uso di fibre ottiche, anche se sono ancora presenti sistemi basati su ponti radio e (seppur in via di sostituzione) da cavi a coppie simmetriche e cavi coassiali.

L'ultimo miglio è coperto in generale da coppie simmetriche (doppini telefonici), anche se negli ultimi anni si assiste ad un avvicinamento delle fibre ottiche all'edificio. Infatti la rete d'accesso sta passando da essere una rete in rame ad una rete FTTC o FTTB. Più raramente FTTH. In questi casi la parte di rete che rimane in rame (vicino all'utente finale) è costituita da coppie simmetriche. Esistono anche alcune eccezioni. In Italia vi è una sola eccezione significativa che utilizza una rete HFC per i segnali televisivi.
Dopo alcune sperimentazioni, in Italia sembra abbandonata l'idea di utilizzare, nella rete fuori dall'edificio, i cavi di potenza elettrica, per raggiungere l'utenza finale.

Si stanno inoltre diffondendo, nelle zone del territorio dove il sistema telefonico non realizza connessioni dati se non con *modem* in banda base (non ADSL, ma solo *modem* a 56 kbit/s), reti d'accesso mediante connessioni via radio (*wireless*) WiFi e WiMAX.

Si precisa che in questo paragrafo, anche il quartiere residenziale, come quello indicato nelle Figura 6 e Figura 7 è considerato una estensione dell'edificio.

3.5.1.2 Sistemi di comunicazione all'interno dell'edificio (fuori dall'appartamento)

3.5.1.2.1 Tipi di impianti interni all'edificio

All'interno dell'edificio (fuori dall'appartamento) esistono generalmente diversi tipi di cablaggi per i vari impianti e servizi, la cui predisposizione è trattata nella GUIDA CEI 64/100-1.

Tali impianti sono:

- Impianto elettrico per alimentare le unità immobiliari
- Impianto elettrico per alimentare i servizi comuni
- Impianto telefonico e/o per la trasmissione dati
- Impianto TV
- Impianto (video)citofonico

Progetto in inchiesta pubblica

- Domotica per l'automazione dei servizi comuni ed altri servizi come ad esempio:
  - contabilizzazione dell'energia consumata da ogni unità immobiliare, nel caso di riscaldamento centralizzato;
  - gestione centralizzata di allarmi anti-intrusione e/o tecnici (allagamento, gas ecc.).

  La GUIDA CEI 64/100-1 è applicabile agli edifici nuovi e agli edifici in profonda ristrutturazione,

  Ognuna delle infrastrutture citate dalla GUIDA CEI 64/100-1 è realizzata nella stragrande maggioranza dei casi per cablaggi dedicati singolarmente ad ogni tipo di impianto. In molti casi non solo l'impianto è dedicato al servizio, ma anche l'infrastruttura che contiene il cablaggio è dedicata a ciascun cablaggio (e quindi a ciascun servizio).

  Negli edifici esistenti l'impiantistica ha una quantità elevata di tipologie di realizzazioni.

  Negli edifici impiantisticamente più vecchi, dove non si è proceduto ad una profonda ristrutturazione da molti anni, esistono impianti elettrici che hanno il contatore posizionato all'interno dell'appartamento, con colonna montante comune, in genere trifase, con derivazioni ai piani, (topologia ad albero).

  Negli edifici impiantisticamente più recenti i contatori sono posizionati in aree comuni, generalmente alla base dell'edificio, con distribuzione dell' energia a stella fino all'interno degli appartamenti.

  L'impianto telefonico, se presente, è da sempre realizzato a stella (dalla centrale telefonica) con cassetta di collegamento centralizzata alla base dell'edificio.

  L'impianto (video)citofonico, se presente, ha diversi tipi di realizzazioni con un numero di conduttori variabile, in qualche caso con cavi coassiali, in altri casi con una singola coppia simmetrica.

3.5.1.2.2 Impianti TV e multimediali

Gli impianti d'antenna TV negli edifici molto datati non erano previsti: In alcuni casi i cavi passano all'esterno dell'edificio o comunque in vista. In altri casi era prevista un'antenna centralizzata con distribuzione in cascata, ma con infrastruttura verticale all'interno degli appartamenti. In questi casi l'intervento di un utente sulla propria presa può determinare influenze sui segnali alle prese poste a valle del punto interessato dall'intervento. Nelle realizzazioni più recenti sono sempre più frequenti le soluzioni che prevedono un'infrastruttura con montante nel vano scale, che parte dal sottotetto e con le derivazioni ai piani. Permangono tuttavia le soluzioni che prevedono tubazioni dimensionate per il solo cavo TV rendendo così difficoltosa l'integrazione dell'impianto SAT

Nuovi servizi vengono resi disponibili continuamente sia verso utenze professionali (business), sia verso utenze residenziali. I nuovi servizi possono in un certo numero di casi richiedere delle modifiche o aggiunte ai cablaggi esistenti.

Durante la vita di un edificio, è abbastanza usuale accorgersi che il cablaggio inizialmente previsto per la distribuzione dei segnali televisivi, non permette di soddisfare tutte le nuove esigenze.

Si supponga di voler ricevere anche i segnali satellitari oltre a quelli a propagazione terrestre già disponibili nell'impianto centralizzato di edificio. Se, per vari motivi (regolamentari, mancanza di visibilità diretta del satellite, motivi estetici, ecc.), non è possibile aggiungere l'antenna satellitare all'interno della propria area abitativa, sarà necessario posizionare l'antenna satellitare sul tetto o nel cortile. Ricordando il diritto sancito dalla Costituzione Italiana relativa al libero accesso alle informazioni, ciascun condomino potrà volere prima o poi fare la stessa cosa. Soprattutto se non si è stati lungimiranti nella preparazione dell'infrastruttura, l'aggiunta di cavi coassiali nella colonna montante dell'edificio potrebbe risultare difficoltosa o impossibile. In molti casi la stessa sostituzione di un cavo può risultare difficile.

Progetto in inchiesta pubblica

La conversione dell'impianto centralizzato da unicamente terrestre a terrestre più satellitare, comporta il coinvolgimento di tutti i condomini, spese condominiali, un'infrastruttura adatta (come spazi disponibili), ecc. I cavi coassiali normalmente in uso negli impianti di edificio non possono, per motivi di sicurezza essere posizionati in infrastrutture che prevedono la posa di cavi per l'energia elettrica. Una soluzione potrebbe essere quella di installare nella colonna montante un cavo ottico. I cavi ottici sono in genere più piccoli dei cavi coassiali, sono dielettrici (ad eccezione di cavi con rinforzi metallici), quindi possono essere posti negli spazi in cui passano i cavi per l'energia. È quindi più facile trovare passaggi per questi cavi nelle infrastrutture di edificio. Esistono soluzioni commerciali che permettono di convogliare tutto il contenuto di una posizione orbitale satellitare su una unica fibra ottica, altre che permettono di trasportare su una singola fibra ottica oltre ai segnali satellitari di una posizione orbitale anche i segnali a propagazione terrestre (vedi 3.5.3). In questi casi, quindi, una delle terminazioni del cablaggio in fibra ottica sarà posizionato dopo un trasduttore elettro/ottico nei pressi del terminale di testa dell'impianto.

In alcuni edifici nuovi cominciano a essere installati cablaggi a coppie simmetriche di categoria 5, di categoria 6 e, in alcuni casi, anche di categoria 7, allo scopo di rendere facilmente accessibili servizi dati basati soprattutto su Protocollo IP (Internet Protocol) anche all'utenza residenziale, con le tecniche trasmissive definite dalle Norme della serie IEEE 802 (ad esempio IEEE 802.3: Gbit Ethernet). Dove è disponibile questo tipo di infrastruttura è possibile ricevere i segnali televisivi digitali via satellite o per mezzo del digitale terrestre ed incapsularli all'interno del protocollo IP, seguendo, ad esempio, quanto prescritto dalla norma ETSI TS 102 034 V.1.1.1. Anche negli edifici esistenti questa soluzione può essere adottata per portare i segnali televisivi su computer. La connessione dati può essere effettuata anche via radio (wireless). L'unica accortezza è quella di garantire un collegamento dati con velocità di trasmissione (bit rate) adeguato. Generalmente si considera che un bit rate intorno ai 20 Mbit/s possa garantire un servizio adeguato.

Singole aziende, associazioni di produttori, ecc., stanno sviluppando tecniche per utilizzare gli impianti esistenti negli edifici e permettere trasmissioni dati ad alta velocità senza dover installare nuovi cablaggi. Una tecnica in via di sperimentazione è quella di utilizzare l'impianto elettrico (*power line*). Soprattutto negli edifici in cui il cablaggio di edificio è a stella, sono stati proposti sistemi di trasmissione dati sull'impianto elettrico che possono raggiungere il bit rate di 200 Mbit/s. Tali sistemi in genere sono compatibili anche con l'uso di cavi coassiali. L'impianto elettrico si sviluppa dalla base dell'edificio verso l'alto. Quindi, questa è una soluzione che, se funzionante correttamente, interessa particolarmente gli operatori di telecomunicazioni che entrano generalmente negli edifici dal basso. I sistemi che utilizzano l'impianto elettrico vedono in genere decadere le loro prestazioni quando più utenti utilizzano questi sistemi contemporaneamente, a causa delle diafonie che disturbano reciprocamente i vari segnali. Nel caso di trasmissioni dati di tipo "*best effort*", come le normali comunicazioni Internet, dove eventuali messaggi non correttamente decodificati possono essere ripetuti, il decadimento di qualità del canale trasmissivo comporta una diminuzione della velocità della trasmissione. Nel caso di segnali radio televisivi per programmi in tempo reale, la ripetizione di un messaggio non è possibile e causa quasi sempre un disturbo all'audio o al video percepito dall'utente finale. Questa tecnica è quindi applicabile soltanto quando le caratteristiche dell'impianto elettrico ed il numero di utenti all'interno dell'edificio lo permettono.

3.5.1.3 Impianti all'interno dell'appartamento

Le Guide CEI 306-2 e 64/100-2 e 64/100-3, prevedono all'interno dell'appartamento cablaggi e (possibilmente) infrastrutture a stella, sia per l'impianto d'antenna, sia per l'impianto telefonico e dati.

Con la liberalizzazione del mercato delle telecomunicazioni, avvenuta nel 1998, la responsabilità dell'operatore di telecomunicazioni si ferma, in genere, alla prima presa all'interno dell'appartamento, oppure alla borchia degli operatori all'ingresso dell'edificio. L'impianto di appartamento potrebbe avere una struttura in cascata, ma più in generale viene realizzato con struttura in parallelo. Negli impianti esistenti il cablaggio dell'impianto d'antenna per i segnali terrestri può essere: a stella, in cascata, misto. Per l'eventuale impianto satellitare, la connessione di ogni presa è nella maggioranza dei casi con struttura a stella partendo dall'LNB.

Progetto in inchiesta pubblica

L'impianto di trasmissione dati è generalmente inesistente o realizzato con cablaggi esterni, oppure con connessioni via radio (wireless).

Nel caso di distribuzione con fibre ottiche nell'edificio, tali connessioni arrivano dal lato dell'utente o direttamente nell'appartamento o nelle vicinanze dell'ingresso dell'appartamento.

La restante parte dell'impianto di appartamento è realizzata in cavo coassiale.

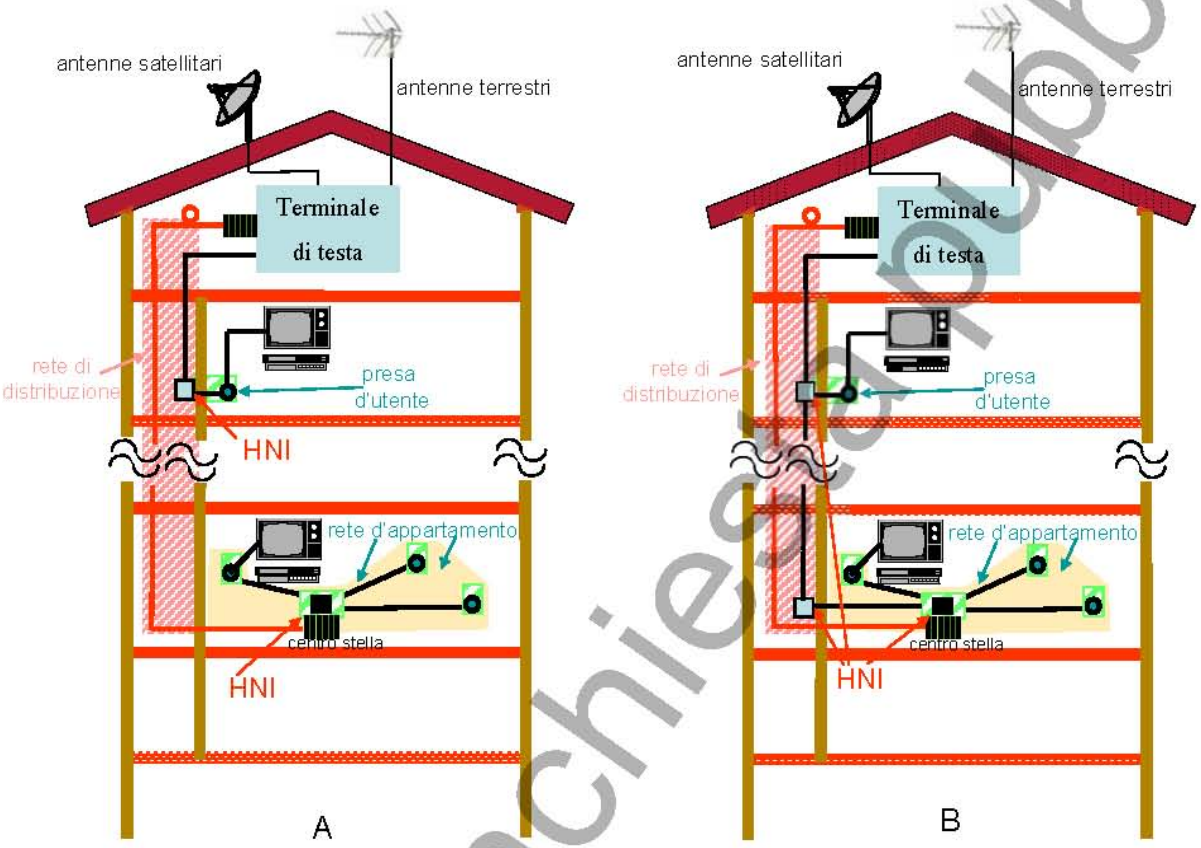


Figura 8 – Esempi di utilizzo di fibre ottiche e cavi coassiali nell'impianto di edificio ed appartamento.

Nella Figura 8 sono riportati due esempi di utilizzo di fibre ottiche all'interno dell'impianto di edificio e/o di appartamento.

Nella parte A di Figura 8 l'appartamento del piano più basso i segnali della diffusione satellitare e terrestre arrivano attraverso la fibra ottica direttamente fino al centro stella, dove è posto il trasduttore elettro/ottico (E/O). Nella parte B di Figura 8 l'appartamento sottostante è alimentato da cavi coassiali per i segnali terrestri, mentre per i segnali satellitari si utilizza il cavo in fibra ottica. Molte soluzioni impiantistiche sono possibili, ma riconducibili spesso a queste due.

Da quanto visto in 3.5, i mezzi trasmissivi alternativi ai cavi coassiali per i segnali radio televisivi negli edifici e negli appartamenti sono:

- le copie simmetriche
- le linee di potenza (dell'impianto elettrico)
- le connessioni via radio (wireless)
- le fibre ottiche.

Le caratteristiche dei cavi coassiali sono trattate nel seguito. Le fibre ottiche sono applicate negli impianti radio-televisivi da poco tempo e richiedono una descrizione introduttiva in questa Guida.

Progetto in inchiesta pubblica

Le coppie simmetriche sono utilizzate soprattutto per i sistemi di trasmissione dati. Una loro schematica caratterizzazione è riportata nella Tabella 1.

Tabella 1 – Caratteristiche dei cavi a coppie simmetriche e dei canali di comunicazione a coppie simmetriche

Categoria	Banda	Applicazioni	Note
Cat1	0,4 MHz	Telefonia e linee con modem	Non descritta nelle Norme EIA/TIA
Cat2	4 MHz	Vecchie applicazioni	Non descritta nelle Norme EIA/TIA Usata nei sistemi IBM (Token Ring)
Cat3	16 MHz	10BASE-T & 100BASE-T4 Ethernet	Descritta nella Norma EIA/TIA-568. Non adatta per velocità superiori a 16 Mbit/s.
Cat4	20 MHz	16 Mbit/s Token Ring	
Cat5	100 MHz	100BASE-TX & 1000BASE-T Ethernet	
Cat5e	100 MHz	100BASE-TX & 1000BASE-T Ethernet	Cat5 migliorata. Simile alla Cat5. Funziona in modo affidabile per Gigabit Ethernet
Cat6e	250 MHz (500 MHz)	10GBASE-T (allo studio) Ethernet	Non normalizzata
Cat6a	500 MHz	10GBASE-T (allo studio) Ethernet	Norma allo studio (ISO/IEC 11801:2002 Amendment 2).
Cat7	600 MHz	Non vi sono ancora applicazioni.	Quattro coppie, U/FTP (coppie schermate). Norma allo studio
Cat7a	1000 MHz	Telefonia, CATV, 1000BASE-T nello stesso cavo.	Quattro coppie, S/FTP (coppie schermate, cavo con treccia schermante). Norma allo studio.
Cat8	1200 MHz	Allo studio, non vi sono ancora applicazioni.	Quattro coppie, S/FTP (coppie schermate, cavo con treccia schermante). Norma allo studio.

Le trasmissioni su linee di potenza non vengono trattate in questa Guida.

Le connessioni *Wireless* previste per questi usi sono trattate nei documenti dell'IEEE 802-11 (WIFI), IEEE 802-15 (Bluetooth), IEEE 802-16 (WiMAX).

3.5.2 Principali caratteristiche delle connessioni ottiche (fibre, cavi, connettori)

Le fibre ottiche sono dei supporti fisici in grado di propagare al loro interno onde elettromagnetiche aventi lunghezze d'onda che vanno dagli infrarossi alle onde visibili.

Nei sistemi trasmissivi ottici sono utilizzate quasi esclusivamente lunghezze d'onda nel campo degli infrarossi e le fibre ottiche utilizzate possono essere dei seguenti tipi:

- plastiche
- in vetro
  - monomodali
  - multimodali

Le fibre ottiche richiedono di essere connesse agli apparati mediante connettori ottici appositi. Poiché è spesso necessario percorrere delle distanze superiori alle lunghezze raggiungibili da un singolo spezzone di cavo con fibra ottica, i giunti fra spezzoni di fibra ottica possono essere effettuati mediante connettori appositi oppure mediante giunti saldati o meccanici.

3.5.2.1 Fibre ottiche plastiche (POF, Plastic Optical Fibre)

Le fibre ottiche plastiche oggi presenti sul mercato, possono essere utilizzate, a causa della loro attenuazione, unicamente per percorsi non superiori ai 100 m, quindi principalmente all'interno degli edifici e degli appartamenti.

Progetto in inchiesta pubblica

3.5.2.2 Fibre ottiche in vetro

Le fibre ottiche in vetro sono caratterizzate da un'attenuazione inferiore rispetto alle fibre plastiche. I sistemi trasmissivi che utilizzano fibre in vetro trasmettono su lunghezze d'onda nel campo dell'infrarosso. La potenza ottica emessa è invisibile per l'uomo, ma se indirizzata verso gli occhi può causare gravi danni alla vista, qualora la potenza ottica utilizzata sia elevata. È quindi importante non guardare mai direttamente la terminazione delle fibre ottiche, siano esse fibre nude o connettorizzate, eccetto il caso in cui vi sia la certezza che nessun trasmettitore ottico sia collegato e attivo

3.5.2.3 Fibre multimodali

Le fibre ottiche multimodali possono essere utilizzate nel campo dei sistemi trasmissivi per coprire distanze fino a due chilometri, per alcune applicazioni (vedi Norma ISO/IEC 11801, Generic cabling for customer premises e CEI EN 50173-1÷5: Tecnologia dell'informazione, Sistemi di cablaggio strutturato). Le fibre monomodali hanno delle attenuazioni molto basse (qualche decimo di dB/km) e permettono, quindi, di raggiungere distanze molto maggiori.

Le fibre ottiche indicate nelle Tabella 2 e nella Tabella 3 sono utilizzate principalmente nel cablaggio strutturato, quindi nei sistemi per trasmissione dati.

Tabella 2 – Attenuazione delle fibre ottiche in vetro (dalla tabella 41 della ISO/IEC 11801)

Attenuazione di cavi con fibre ottiche (dB/km)							
Tipo	**OM1, OM2, OM3 e OM4 Multimodali**		**OS1 Monomodali**		**OS2 Monomodali**		
Lunghezza d'onda	**850 nm**	**1300 nm**	**1310 nm**	**1550 nm**	**1310 nm**	**1383 nm**	**1550 nm**
Attenuazione (dB/km)	3,5	1,5	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4
NOTA OM è l'acronimo di Optical Multi mode, OS è l'acronimo di Optical Single mode							

Tabella 3 – Larghezza di banda modale per fibre multimodali (dalla tabella 42 della ISO/IEC 11801)

Categoria	**Diametro nominale "core" (µm)**	**Lancio "overfilled"[b]**		**Lancio effettivo Laser [(b)]**
		Lunghezza d'onda		**Lunghezza d'onda**
		850 nm	**1300 nm**	**850 nm**
		Minima Larghezza di Banda Modale (MHz•km)		
OM1	50 o 62,5	200	500	non specificato
OM2	50 o 62,5	500	500	non specificato
OM3	50	1500	500	2000
OM4	50	(da 1500 a 3500 (ffs[a]))	500	4700

(a) ffs = for future study

(b) L'ampiezza di banda per il lancio laser effettivo è garantita dal rispetto del ritardo di modo differenziale (DMD) come specificato nella EN 60793-1-49. le fibre ottiche che soddisfano solo l'ampiezza di banda modale per il lancio "overfilled" potrebbero non funzionare con alcune applicazioni come quelle specificate nella norma ISO/IEC 11801 allegato F.

La Tabella 2 e la Tabella 3 possono sembrare contraddittorie. Si potrebbe infatti pensare che ad una minore attenuazione per chilometro corrisponda una maggiore banda passante per chilometro. Infatti, quest'ultimo parametro dipende da fenomeni principalmente legati alla rifrazione, quali la dispersione modale (vedi Appendice A).

Progetto in inchiesta pubblica

3.5.2.3.1 Fibre monomodali

Le fibre monomodali OS1 e OS2 sono previste per canali trasmissivi di lunghezza maggiore: rispettivamente di 5 km e 10 km.

Le fibre ottiche, a causa della loro piccolissima dimensione e fragilità devono essere inserite all'interno di opportune guaine (cavi) di protezione. L'industria produce cavi che contengono al loro interno una sola fibra oppure molte centinaia di fibre.

Non si fa in generale distinzione nei parametri trasmissivi fra fibra ottica e cavi ottici che impiegano tali fibre, in quanto si presuppone che la costruzione dei cavi non cambi le caratteristiche delle fibre che li contengono.

L'ITU-T specifica nelle famiglie G 650 ÷ G659 le caratteristiche trasmissive delle fibre ottiche adatte per i sistemi di telecomunicazioni. Tali norme si occupano quasi esclusivamente di fibre monomodali, ad eccezione della ITU-T G651 che si occupa di fibre multimodali.

I cavi con molte fibre contengono spesso fibre con specifiche diverse, ad esempio ITU G.652 e ITU G.655, per permettere il trasporto di segnali con diverse esigenze trasmissive.

Nelle reti di telecomunicazioni può essere importante poter raggiungere delle velocità di trasmissione (bit rate) molto elevate, (centinaia di Gbit/s) anche su distanze rilevanti, mediante una sola fibra ottica. utilizzando i corretti apparati e le corrette fibre ottiche. A questo scopo sono state studiate fibre ottiche a bassa attenuazione, con mezzi di giunzione a bassa perdita (saldature) e sistemi trasmissivi in grado di trasportare su una sola fibra centinaia di Gbit/s, ad esempio con sistemi trasmissivi (D)WDM ((Dense) Wavelength Division Multiplexer), usando trasmettitori di alta potenza ottica, ricevitori molto sensibili ed amplificatori ottici (EDFA, Erbium Doped Fiber Amplifier).

Per ottenere questi risultati si è sviluppata nel tempo una tecnologia dedicata, che ha fornito la base di importanti ricadute in ambito civile.

Fra queste ricadute c'è l'utilizzo delle fibre ottiche per la distribuzione dei segnali televisivi nelle reti CATV, nelle lottizzazioni, nei residence, negli insediamenti sportivi, negli edifici e negli appartamenti.

Le codifiche e le modulazioni utilizzate per le trasmissioni dei sistemi di telecomunicazione, sono in genere diverse da quelle utilizzate per le trasmissioni dei segnali televisivi via radio, dove gli apparati riceventi devono essere adatti alla ricezione delle codifiche e modulazioni utilizzate via radio (ad esempio DVB-T, DVB-S).

Le caratteristiche dei segnali radio televisivi sono più stringenti e impegnative rispetto a quelle per i segnali utilizzati per la trasmissione dati dei sistemi di telecomunicazione.

Le fibre ottiche che sono adatte al trasporto di questi tipi di segnali sono le fibre monomodali che non sono praticamente affette da dispersione modale. Fra le fibre monomodali, sono soprattutto adatte quelle che hanno un controllo dei parametri di dispersione cromatica e di polarizzazione.

Con le corrette fibre ottiche monomodali, utilizzando una sola lunghezza d'onda ottica, con opportuni apparati ottici, specifici per sistemi CATV, è possibile trasportare, su distanze fino ad oltre 50 km, senza apparati attivi intermedi, fino a oltre 80 canali televisivi con modulazioni analogiche (PAL AM-VSB), lasciando ancora alcuni margini per le distorsioni ed il rumore che può introdurre la rete coassiale di un sistema HFC, mantenendo i corretti parametri di qualità del segnale (C/N, distorsioni, ecc.) fino alla presa dell'utente finale.

Prestazioni simili con reti completamente coassiali, sono impegnative da realizzare, molto più costose, meno affidabili e richiedono un consumo energetico maggiore.

Le codifiche e le modulazioni relative ai segnali televisivi digitali richiedono delle prestazioni trasmissive in genere inferiori a quelle dei segnali televisivi analogici (rapporto C/N, intermodulazioni). Quindi un sistema adatto alla diffusione di segnali analogici è compatibile con i segnali digitali, almeno per la parte che riguarda la rete ottica.

Progetto in inchiesta pubblica

Per le esigenze che è necessario coprire all'interno di edifici, appartamenti, lottizzazioni, le distanze da percorrere sono in genere non superiori a 1÷2 km.

Analizzando le norme ISO/IEC 11801, IEC 60793-2-50, si deduce che:

- le fibre OS1 (ISO/IEC 11801) sono compatibili con le IEC 60793-2-50 tipo B1.1 (o B1.3).
- le fibre OS2 (ISO/IEC 11801) sono compatibili con le IEC 60793-2-50 tipo B1.3.

Analizzando le norme IEC 60793-2-50 e ITU-T G.652 si deduce che:

- le fibre B1.1 (IEC 60793-2-50) sono compatibili con le ITU-T G.652 A, B.
- le fibre B1.3 (IEC 60793-2-50) sono compatibili con le ITU-T G.652 C, D.

Quindi le fibre OS1 sono compatibili con le fibre G.652 A, B. Le fibre OS2 sono compatibili con le fibre G.652 C, D.

È molto importante rispettare i raggi di curvatura previsti per la specifica fibra ottica, al fine di evitare la rottura. Tuttavia anche senza arrivare a questi estremi, l'attenuazione della fibra può aumentare anche in modo considerevole e, nel caso di potenze ottiche rilevanti, nel punto di curvatura la fibra stessa può invecchiare molto precocemente, degradando le sue caratteristiche trasmissive. Si stanno studiando e normalizzando fibre adatte a raggi di curvatura sempre minori. In ogni caso è necessario verificare nelle caratteristiche fornite dal costruttore, il raggio di curvatura minimo per ottenere un funzionamento ottimale della fibra che si sta usando.

3.5.2.4 Connettori ottici

In A.8 si approfondirà ulteriormente l'argomento e si troveranno molte precisazioni e definizioni.

In genere la connettorizzazione in campo di fibre ottiche plastiche è abbastanza semplice ed in alcuni casi richiede attrezzature dedicate, ma di semplice utilizzo.

Nel caso di fibre in vetro, la connettorizzazione in campo è più problematica. Specialmente nel caso di connettori per fibre monomodali, l'allineamento delle connessioni richiede elevate precisioni meccaniche, con errori che non devono superare il micron; inoltre la superficie delle connessioni nei punti di giunzione deve essere estremamente liscia senza rigature e striature. Le installazioni per i sistemi di telecomunicazioni vengono effettuate in campo con l'utilizzo di attrezzatura dedicata, in genere abbastanza costosa e da personale con professionalità specifica.

In questo ambito è di uso comune l'utilizzo di connettori ottici preparati dai costruttori, connessi ad un breve tratto di fibra ottica di circa 1 m (pigtail), che vengono saldati al termine delle fibre ottiche installate in campo. Questa giunzione, se eseguita correttamente, è a bassissima attenuazione, mentre il connettore preparato in fabbrica, con sistemi estremamente sofisticati, garantisce una qualità elevata della connessione.

Negli impianti per segnali televisivi, nelle installazioni di edificio, appartamento, ma anche nelle installazioni per residence, le soluzioni previste negli impianti di grandi dimensioni possono risultare eccessivamente costosi. Infatti, essendo piccole le dimensioni della rete, le connessioni con attenuazione di uno, due decimi di dB in più di quelli delle grandi installazioni, in cambio di una maggiore semplicità installativa e di un minor costo delle attrezzature, possono essere accettate, almeno nella parte più vicina agli appartamenti. In questo ambito in genere si utilizzano:

- Bretelle pre-connettorizzate dai costruttori che garantiscono una buona lavorazione dei connettori. Questa soluzione permette delle installazioni semplici, senza lavorazioni particolari in campo, con connessioni di alta qualità. Per contro si ottengono delle connessioni di lunghezza predeterminata, per cui gli esuberi di fibra devono essere stoccati in modo adeguato (attenzione ai raggi di curvatura). Inoltre i connettori hanno sempre delle dimensioni fisiche superiori a quelli delle fibre ottiche; quindi si può perdere un po' del vantaggio di poter passare facilmente questi cavi in condotti ristretti o intasati.

Progetto in inchiesta pubblica

- Connettori prelappati con pigtail. Con questa soluzione ci si riconduce al sistema utilizzato in molti casi dagli installatori di sistemi di telecomunicazione, dove è necessario disporre di saldatrici per fibre monomodali e di personale con la necessaria professionalità. Certamente si ottiene il vantaggio di avere una bassissima attenuazione aggiuntiva rispetto al solo connettore, di poter adattare la lunghezza delle fibre alle reali necessità senza dover valutarne la lunghezza a priori, di poter installare le fibre ottiche nei condotti senza l'ingombro dei connettori.
- Connettori prelappati con connessioni meccaniche. In questo caso le fibre da connettorizzare devono essere preparate con specifiche attrezzature, ma di basso costo e facile utilizzo. Non è necessaria una particolare professionalità. Anche in questo caso si ottiene il vantaggio di poter adattare la lunghezza delle fibre alle reali necessità senza dover valutarne la lunghezza a priori, di poter installare le fibre ottiche nei condotti senza l'ingombro dei connettori. La giunzione fra fibra e connettore avviene per mezzo di materiale, solitamente in gel, che ha lo stesso coefficiente di rifrazione delle fibre e permette una giunzione efficiente, ma con una attenuazione maggiore di qualche decimo di dB rispetto alle giunzioni dirette o saldate.
- Connettori vuoti da lappare. Questa soluzione è stata la prima disponibile da quando si utilizzano le fibre ottiche ed è ancora possibile utilizzarla. La fibra deve essere preparata con procedure molto simili a quelle per i connettori prelappati con connessione meccanica, deve essere inserita nel connettore, fissata mediante resina epossidica rigidamente al connettore; inoltre la superficie di connessione deve essere perfettamente lappata, in modo da presentare una superficie finale piana e lucida. Richiede attrezzi specifici, professionalità, e soprattutto tempo per la lavorazione. Se effettuata correttamente, è la connettorizzazione, effettuata in campo, che dal punto di vista trasmissivo presenta l'attenuazione minore, mantiene il vantaggio di poter adattare la lunghezza delle fibre alle reali necessità senza dover valutarne la lunghezza a priori, di poter installare le fibre ottiche nei condotti senza l'ingombro dei connettori.

In ogni caso è importante ricordare che un granello di polvere, un addensamento di umidità, all'interno di una giunzione mediante connettori genera attenuazioni molto elevate; un disallineamento della giunzione dovuto a cattivi materiali od a materiali usurati, sono equivalenti a molti chilometri di fibra, vanificando la qualità di una connettorizzazione perfetta. È quindi importantissimo proteggere sempre i connettori quando non sono inseriti all'interno delle bussole di connessione mediante gli appositi cappucci, in modo che non si sporchino e non vengano scheggiati. Se necessario bisogna pulire attentamente i connettori, con delicatezza, utilizzando materiali di pulizia specifici per questo utilizzo. Si ricorda che occorre sempre utilizzare materiali di qualità e in buone condizioni.

3.5.3 Impianti televisivi negli edifici di grandi dimensioni e nei quartieri residenziali

Nella Figura 6 e nella Figura 7 sono esemplificate delle possibili realizzazioni impiantistiche di grandi edifici e di quartieri residenziali. Prendendo in esame l'esempio contenuto nella Figura 6 e nella Figura 7, i due principali supporti fisici in grado di trasportare segnali radio televisivi sono (per questo tipo di utilizzo) i cavi coassiali e le fibre ottiche.

Nel paragrafo 3.5.2 si è visto come le fibre ottiche monomodali abbiano delle attenuazioni molto basse rispetto ai cavi coassiali normalmente utilizzati negli edifici. Negli impianti CATV di grandi dimensioni si utilizzano cavi coassiali (cavi trunk), con diametri esterni rilevanti (da 15 mm a 25 mm (1")), la cui attenuazione comunque è dell'ordine di alcuni dB (5÷10 dB ogni 100 m a 1 GHz). Nel caso di segnali satellitari il numero di cavi coassiali deve essere maggiore (4 per ogni posizione orbitale, più uno per i segnali a propagazione terrestre). Anche l'attenuazione a 2,15 GHz è maggiore che a 1 GHz. Se si pensa poi di utilizzare cavi coassiali di diametro minore, 7 mm o 10 mm le attenuazioni aumentano ulteriormente (19÷12,5 dB a 1 GHz). Ne risulta che possa essere conveniente usare cavi coassiali per fornire i segnali televisivi agli edifici vicini alla torre dove sono installate le antenne riceventi, mentre può risultare conveniente usare le fibre ottiche per fornire i segnali televisivi agli edifici più lontani.

Progetto in inchiesta pubblica

Nell'esempio di Figura 6 il progettista dell'impianto ha valutato conveniente distribuire i segnali mediante cavi coassiali nella casetta del custode e nei due gruppi di case più vicini alla torre (GE1 e GE2), mentre ha deciso di alimentare tutti gli altri gruppi di edifici con fibre ottiche fino alle vicinanze del singolo gruppo di edifici, dove, con la sola eccezione del GE6, viene installato il ricevitore ottico che riconverte i segnali in elettrico e li inserisce in una rete coassiale che raggiunge ed alimenta i singoli edifici.

Il GE6, a titolo di esempio, prevede il raggiungimento di ogni singolo edificio con fibre ottiche. La trasduzione in elettrico in questi edifici avviene nell'edificio, come illustrato nella Figura 7

Fino a qualche anno fa per trasportare su fibre ottiche i segnali terrestri e satellitari (una posizione orbitale), con apparati prodotti da costruttori per gli impianti televisivi residenziali, la realizzazione possibile sarebbe stata quella illustrata in Figura 9. Una possibile ottimizzazione, già possibile in passato, è quella di utilizzare un trasmettitore ottico per i segnali terrestri ed uno per i segnali satellitari.

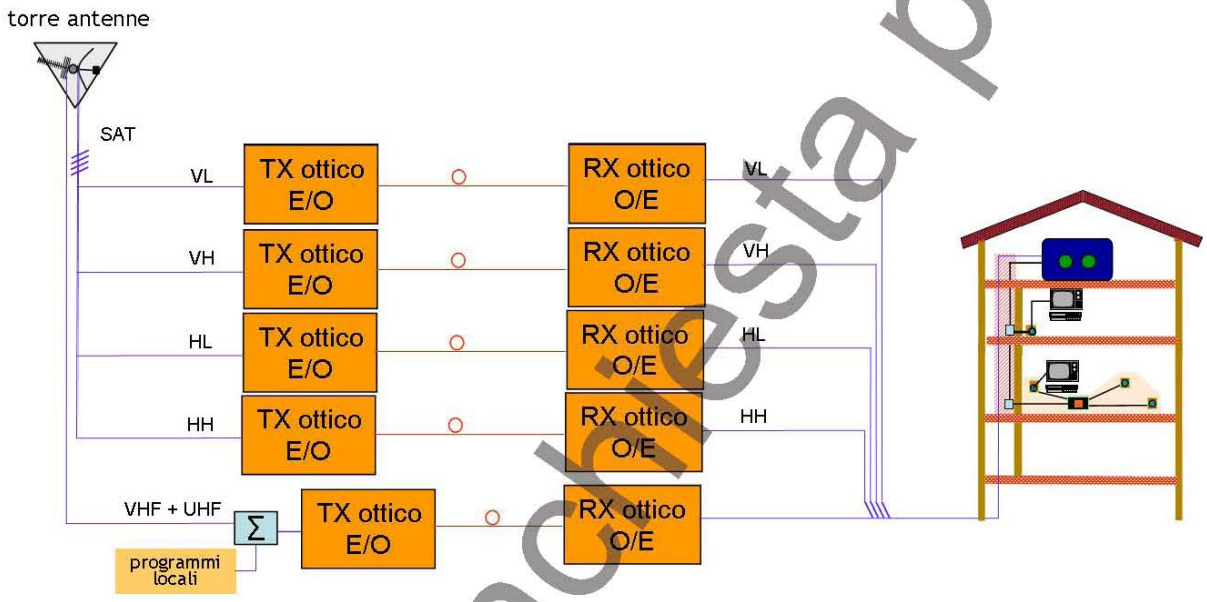


Figura 9 – Distribuzione di segnali terrestri e satellitari di una posizione orbitale

Nota: Con VL, VH, HL e HH si indicano i segnali ricevuti nelle bande satellitari con polarizzazione verticale (V) e orizzontale (H), nella banda bassa (L) ed alta (H): VL: verticale bassa. VH: verticale alta, HL: orizzontale bassa, HH: orizzontale alta.

Pur rimanendo attuabile l'esempio di Figura 9, l'evoluzione tecnologica dei sistemi ottici, permette nuove realizzazioni.

Progetto in inchiesta pubblica

Uno dei possibili schemi di questa realizzazione potrebbe essere quello riportato nella Figura 10.

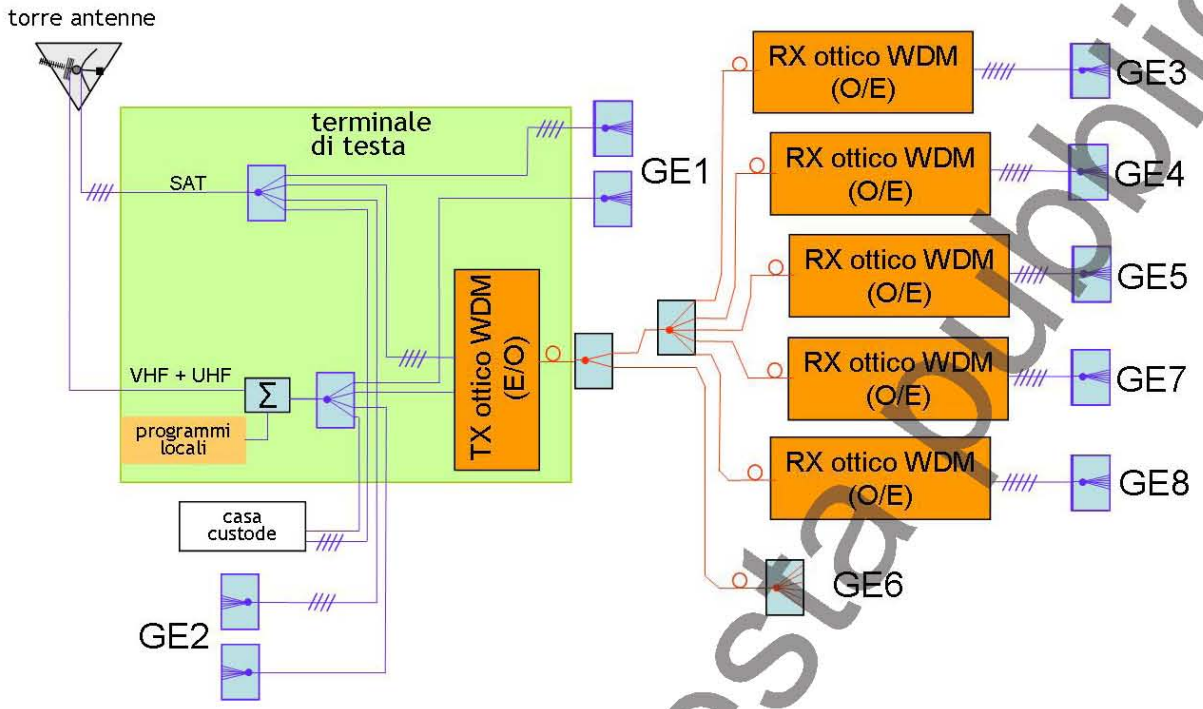


Figura 10 – Schema di una possibile realizzazione dell'impianto illustrato in Figura 6

Negli attuali impianti le operazioni sui segnali radio-televisivi, quali le trasmodulazioni fra un sistema ed un altro (ad esempio da Satellitare a DTT), le elaborazioni dei contenuti, come, solo a titolo di esempio la conversione in due sottobande (alta e bassa) del segnale IF dentro gli LNB sia per la polarizzazione verticale, sia per la polarizzazione orizzontale, avviene esclusivamente quando i segnali sono in forma elettrica, anche quando l'interfaccia di uscita dei segnali dagli apparati è ottica (un esempio è riportato in Figura 12).

Le lunghezze d'onda dei sistemi WDM (DWDM, CWDM) sono normate dall'ITU. La griglia di lunghezze d'onda più utilizzata in questo tipo di applicazioni è la CWDM descritta nella ITU T G.694.2 (Tabella 1), che distanzia le lunghezze d'onda di 20 nm l'una dall'altra, a partire da 1291 nm fino a 1611 nm. In particolare se le lunghezze d'onda sono sufficienti si cerca di utilizzare quelle comprese nella terza finestra, in quanto compatibili con le fibre OS1 e OS2 (da 1491 nm a 1611 nm).

In Figura 10 è riportato un esempio nel quale i segnali elettrici posizionati su cinque cavi coassiali, vengono inviati a un trasmettitore ottico. Ciascuno dei segnali modula una lunghezza d'onda ottica diversa (WDM Wavelenght Division Multiplexer) come esemplificato nella parte alta di Figura 11. Tutti i segnali ottici vengono poi sommati in uscita al TX ottico WDM su un'unica fibra. Nell'esempio di Figura 10, nella rete sono presenti un certo numero di partitori ottici. Alcuni produttori utilizzano una delle lunghezze d'onda per trasportare una delle IF satellitari ed i segnali terrestri, come esemplificato nella parte bassa di Figura 11 per il TX λ 4. Questo è possibile in quanto la banda IF satellitare e la banda del segnali terrestri è diversa. Questa è una multiplazione in frequenza dei segnali elettrici denominata FDM, Frequency Division Multiplexer.

Il ricevitore ottico per segnali WDM è composto da filtri ottici che permettono il passaggio di ciascuna lunghezza d'onda (λ) verso un ricevitore ottico, che ritrasforma in elettrico il segnale corrispondente. Naturalmente il ricevitore ottico deve essere adeguato per poter riportare in elettrico in modo coerente tutti i segnali. Nel caso di multiplazione in elettrico in trasmissione di più segnali, come esemplificato nella parte bassa di Figura 11, il ricevitore ottico RX 4 riceve sia i segnali VHF + UHF, sia i segnali HH. Per separare in uscita i due segnali è necessaria una funzione di filtraggio. Nel caso specifico un filtro passa basso, che permette il passaggio della banda VHF + UHF (47 MHz ÷ 862 MHz) e un filtro passa alto per la IF satellitare (950 MHz ÷ 2150 MHz).

Progetto in inchiesta pubblica

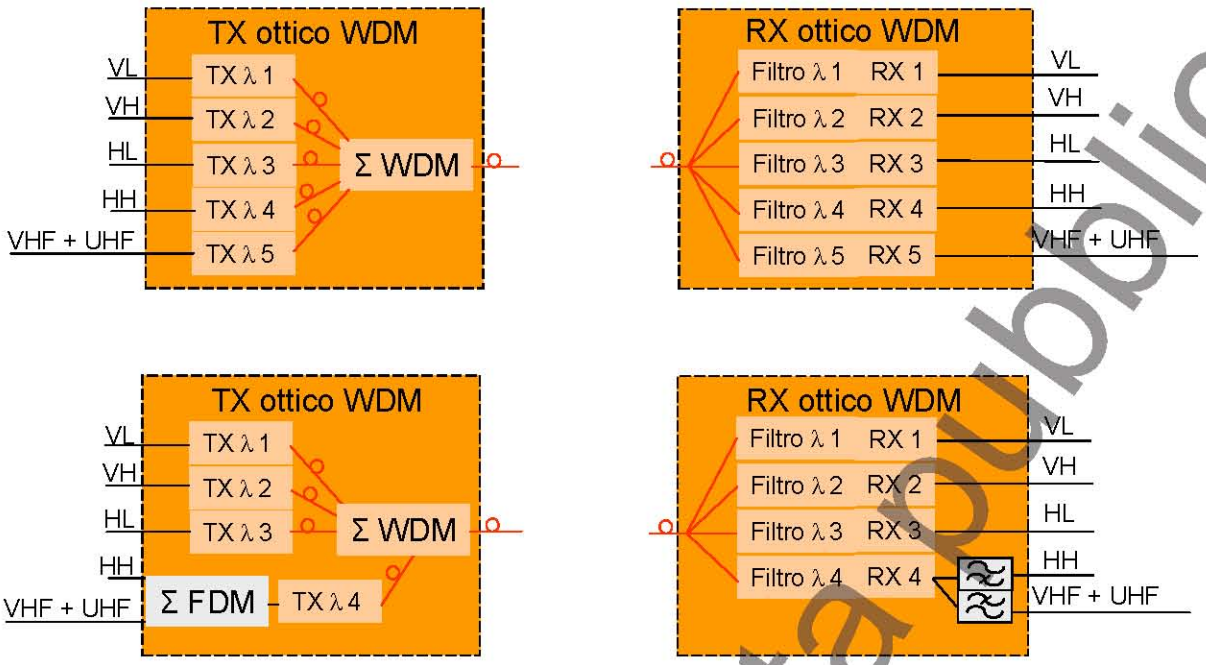


Figura 11 – Principio di funzionamento di un sistema WDM e della multiplazione FDM

NOTA Con VL, VH, HL e HH si indicano i segnali ricevuti nelle bande satellitari con polarizzazione verticale (V) e orizzontale (H), nella banda bassa (L) ed alta (H): VL: verticale bassa. VH: verticale alta, HL: orizzontale bassa, HH: orizzontale alta.

Ogni volta che si divide fra più rami la potenza ottica mediante partitori di potenza simmetrici si ottiene un'attenuazione proporzionale al numero di rami in cui si suddivide la potenza. Se si indica con P_{oi} la potenza ottica in ingresso ad un partitore ottico e con P_{ou} la potenza ottica in uscita da una porta dello stesso partitore, l'attenuazione di un partitore ottico si può esprimere in dB per mezzo della seguente formula: $A = 10\lg\frac{P_{oi}}{P_{ou}}$.

Ad esempio un partitore con 8 uscite, che suddividono la potenza in parti uguali, l'attenuazione vale: $A = 10\lg\frac{1}{1/8}$ = 9 dB. Questo valore è teorico, in quanto si trascurano le perdite costruttive del partitore. Un valore reale potrebbe essere compreso fra i 9,5 dB ed i 12 dB.

La partizione di potenza di partitori per cavi coassiali segue le stesse regole di calcolo, e porta ad avere un attenuazione del partitore simile.

Con le distanze che coprono le esigenze di impianti residenziali, anche di grandi dimensioni, l'attenuazione della rete di distribuzione orizzontale, nel caso di connessioni in fibra ottica è generalmente molto bassa o trascurabile, mentre nel caso di rete orizzontale in cavi coassiali l'attenuazione può diventare molto alta e richiedere anche più stadi di amplificazione.

Nei sistemi ottici viene sovente fornito il parametro "*Power Budget*", che definisce l'attenuazione ottica che può essere introdotta dalla rete fra trasmettitore e ricevitore ottico, per ottenere all'uscita del ricevitore i segnali con il rapporto S/N previsto. Se ad esempio un sistema composto da un trasmettitore e ricevitore, ha un *Power Budget* di 10 dB, significa che per ottenere un S/N non peggiore del previsto, la tratta ottica compresa fra l'uscita del trasmettitore e l'ingresso del ricevitore non deve superare i 10 dB. Bisogna prestare attenzione anche al livello massimo accettato dal ricevitore ottico in ingresso per evitare la saturazione del ricevitore ottico. Se si acquista un sistema ottico comprendente sia il trasmettitore, sia il ricevitore forniti dallo stesso produttore, seguendo le indicazioni del produttore, il risultato dell'installazione corrisponderà alle aspettative. Nel caso si utilizzino apparati di produttori diversi, bisogna prestare molta attenzione e verificare che tutti i parametri siano corretti, a partire dal livello dei segnali in ingresso al trasmettitore, al numero di canali da inserire su ogni flusso dati in ingresso al trasmettitore, in particolare per i segnali a propagazione terrestre.

Progetto in inchiesta pubblica

Nel caso di sistemi WDM sarà importante verificare la corrispondenza delle lunghezze d'onda utilizzate in trasmissione e in ricezione, l'eventuale presenza di filtri ottici, elettrici, *diplexer*, ecc. Come nel caso dei partitori di potenza per i cavi coassiali, che suddividono la potenza elettrica in ingresso fra le varie uscite, anche nel caso di partitori ottici è possibile ottenere delle partizioni con uscite non simmetriche, cioè con attenuazioni diverse fra le varie uscite.

In questa Guida non vengono presi in considerazione sistemi il cui *Power Budget* non sia sufficiente per la distribuzione e che quindi richiederebbero una amplificazione ottica.

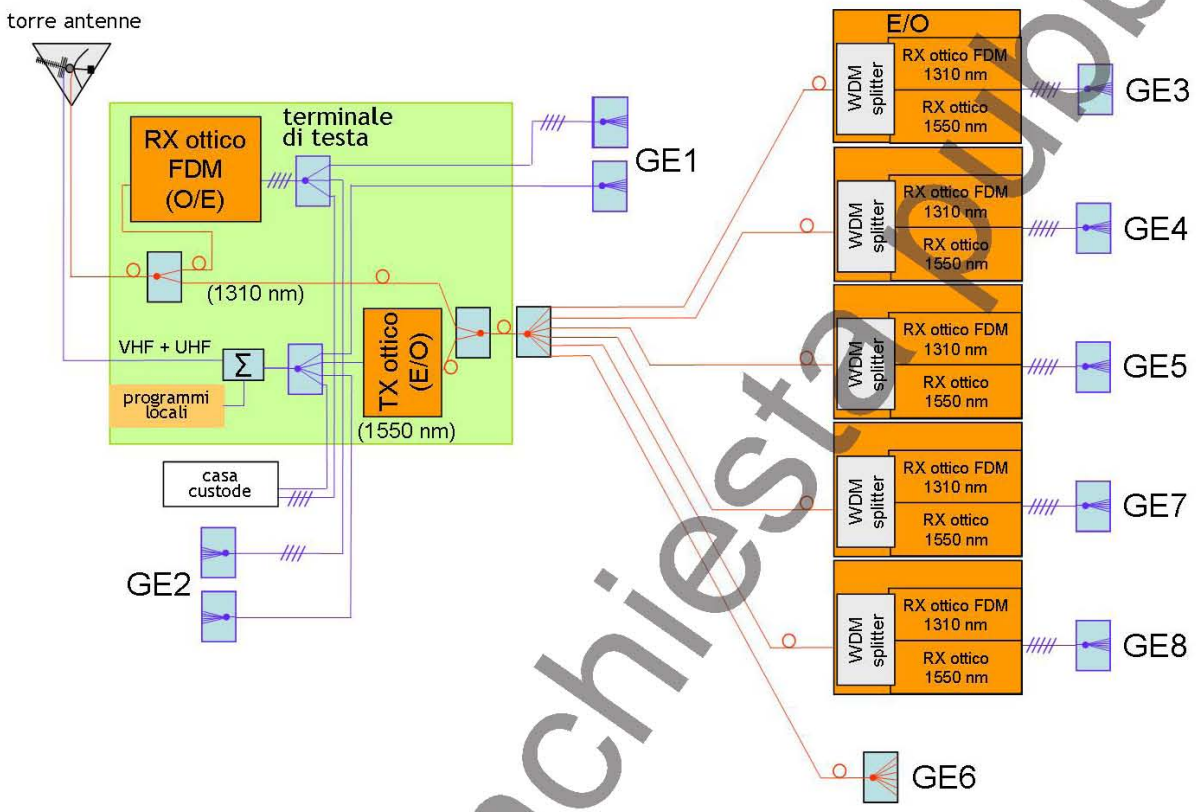


Figura 12 – Schema di una seconda realizzazione dell'impianto illustrato in Figura 6

Nel campo dei sistemi informatici, esistono molti apparati d'utente che hanno interfacce di rete ottiche, mentre nei sistemi radio televisivi, le connessioni dirette in fibra ottica per apparati d'utente sono molto limitate. Esistono poche eccezioni, fra le quali vi sono gli LNB

Nella Figura 12 è illustrata una seconda possibile soluzione per realizzare l'impianto di Figura 6. La differenza di partizioni ottiche fra quella illustrata in Figura 10 e quella illustrata in Figura 12 dipende semplicemente dalla convenienza economica e dal "*Power Budget*"; la stessa considerazione vale per la Figura 13 e la Figura 14.

La differenza sostanziale, però, riguarda la distribuzione dei segnali satellitari. In questo caso si è supposto l'utilizzo di un LNB con uscita ottica che alimenta la rete di distribuzione con una lunghezza d'onda di 1310 nm. Nell'LNB i segnali satellitari provenienti dalle diverse polarizzazioni (verticale e orizzontale) sono multiplate a divisione di frequenza (FDM: Frequency Division Multiplexer) e poi inviate al modulatore ottico. Nella centrale di testa è stato inserito un ricevitore ottico che riporta in elettrico i segnali satellitari per alimentare gli edifici della casa custode, GE1, GE2. Nel terminale di testa è stato posto un trasmettitore ottico per i segnali terrestri, che modulano una portante ottica a 1550 nm. I due segnali ottici, satellitari e terrestri, sono combinati fra loro su in'unica fibra ottica e poi ripartiti mediante un partitore ottico verso gli altri edifici (GE3, GE4, GE5, GE6, GE7, GE8). Come nel caso illustrato in Figura 10, la fibra ottica giunge nei pressi di ciascun gruppo di edifici, dove i segnali vengono ritrasformati in elettrico e distribuiti mediante una rete coassiale ai vari edifici, tranne che al GE6 dove si suppone di posizionare i trasduttori ottico/elettrico all'interno di ciascun edificio.

Progetto in inchiesta pubblica

Questa soluzione richiede di posizionare prima dei ricevitori ottici un filtro WDM (WDM Splitter) che invia al ricevitore satellitare i segnali utilizzanti la lunghezza d'onda di 1310 nm, al ricevitore terrestri i segnali utilizzanti la lunghezza d'onda di 1550 nm.

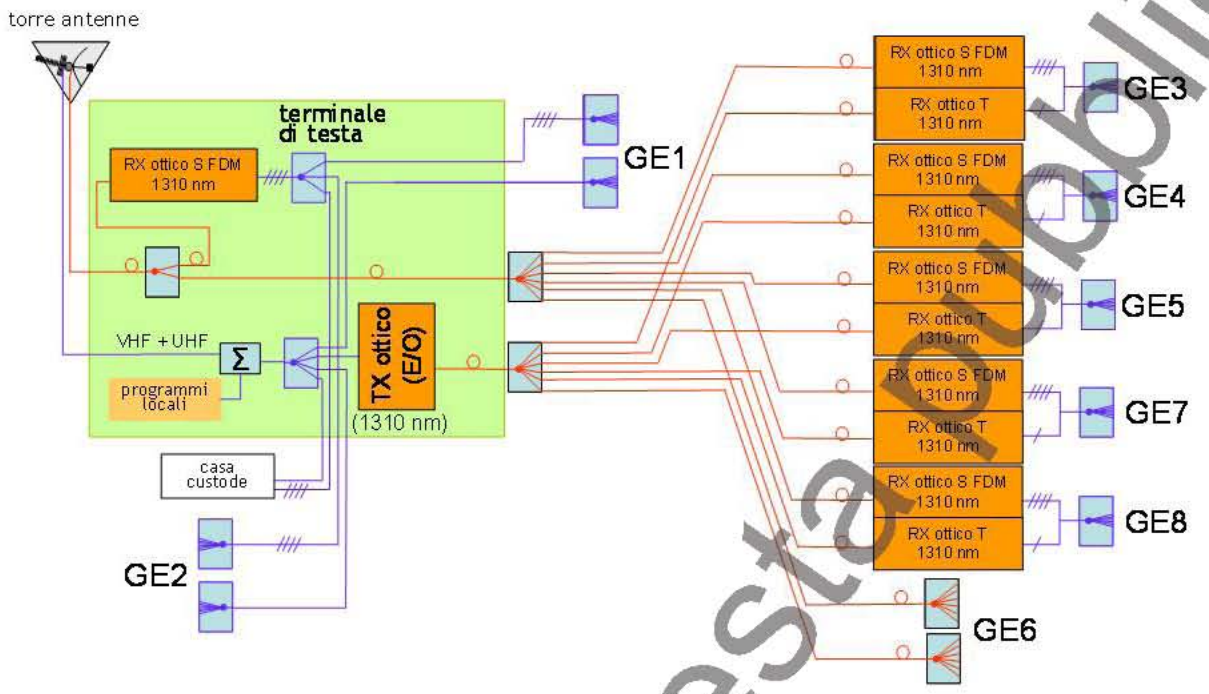


Figura 13 – Schema di una terza realizzazione dell'impianto illustrato in Figura 6

È anche possibile, se ritenuto economicamente e/o tecnicamente conveniente duplicare la rete ottica utilizzando un trasmettitore per i segnali terrestri a 1310 nm, come illustrato in Figura 13. Per poter convogliare più segnali ottici sulla stessa fibra ottica è necessario che ogni segnale sia trasmesso su una diversa lunghezza d'onda. Senza una selezione dei Laser e una elettronica che ne stabilizzi il punto di funzionamento non è possibile garantire che le variazioni di lunghezza d'onda di emissione fra i laser che inseriscono i segnali sulla stessa fibra ottica, non portino a sovrapporre le loro frequenze con effetti distruttivi sui dati, a meno che le loro frequenze di emissione siano sufficientemente distanti da garantire che le loro frequenze non si sovrappongano, ma rimangano all'interno di campi di frequenze separabili da filtri ottici in ricezione. È quindi fondamentale assicurarsi che i trasmettitori ottici che convergono verso un unico supporto fisico utilizzino portanti sicuramente non sovrapponibili.

Progetto in inchiesta pubblica

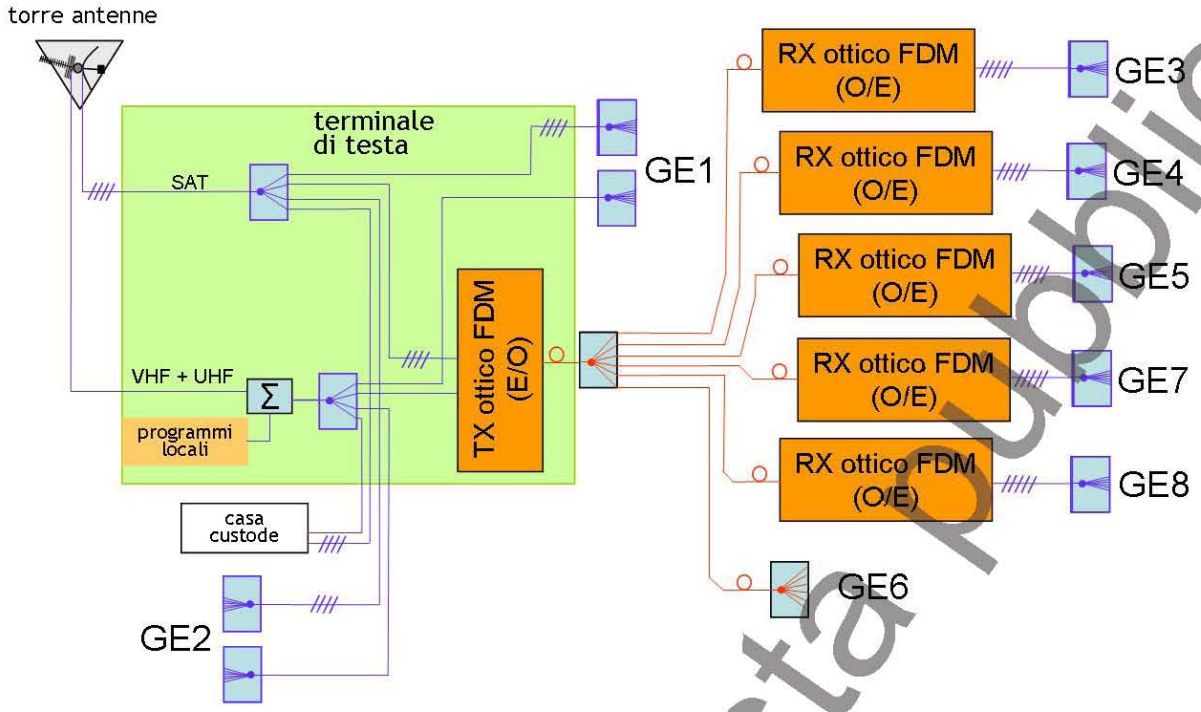


Figura 14 – Schema di una quarta realizzazione dell'impianto illustrato in Figura 6

Una ulteriore possibilità è illustrata in Figura 14. I segnali satellitari (VL, VH, HL, HH) e i segnali a propagazione terrestre, vengono multiplati in frequenza ed inviati al modulatore ottico, contenuto nel TX ottico FDM. Tutti i segnali vengono inviati quindi su un'unica fibra ottica. Nel ricevitore ottico avviene la trasduzione da ottico ad elettrico e la demodulazione dei segnali che vengono restituiti in uscita su 5 cavi coassiali.

Le soluzioni illustrate in Figura 10, Figura 12, Figura 13, Figura 14, sono tutte soluzioni possibili, le cui prestazioni tecniche ed i costi economici, in alcuni casi molto diversi fra loro, devono essere valutati tenendo conto di necessità e convenienze. Tra l'altro vi sono numerose possibili variazioni rispetto agli esempi presentati, da applicare per ottenere i migliori risultati tecnico-economici.

Le tecniche ottiche illustrate in Figura 10, Figura 12 e Figura 13 possono essere utili, ed in alcuni casi risultare le uniche possibili, in grandi impianti, ad esempio negli impianti sportivi, nei porti turistici, negli edifici storici, dove non è possibile inserire gli impianti riceventi in luoghi non ambientalmente adatti, ecc.

3.5.3.1 Uso della fibra ottica nei piccoli impianti

Riprendendo quanto detto in 3.5.1.2.2, in alcuni casi può essere necessario anche nei piccoli impianti, quali quelli dei singoli edifici, utilizzare connessioni in fibra ottica, per superare le difficoltà di passaggio dei cavi nelle condotte intasate, o per altri vari motivi.

Tutte le soluzioni presentate in 3.5.3 sono tecnicamente applicabili anche nei singoli edifici. I valori economici di questi sistemi possono essere anche molto diversi in funzione delle prestazioni tecniche che si devono realizzare. La digitalizzazione dei sistemi trasmissivi permette l'uso di apparati con prestazioni trasmissive, che su alcuni parametri possono essere più rilassati rispetto ai sistemi analogici.

Fra quelli presentati in 3.5.3, quelli che si prestano in generale ad essere utilizzati negli impianti con pochi utenti oppure con un singolo utente, sono quelli rappresentati in Figura 12 ed in Figura 14. L'impianto rappresentato in Figura 12 permette di far transitare su fibra ottica solo i segnali satellitari.

Progetto in inchiesta pubblica

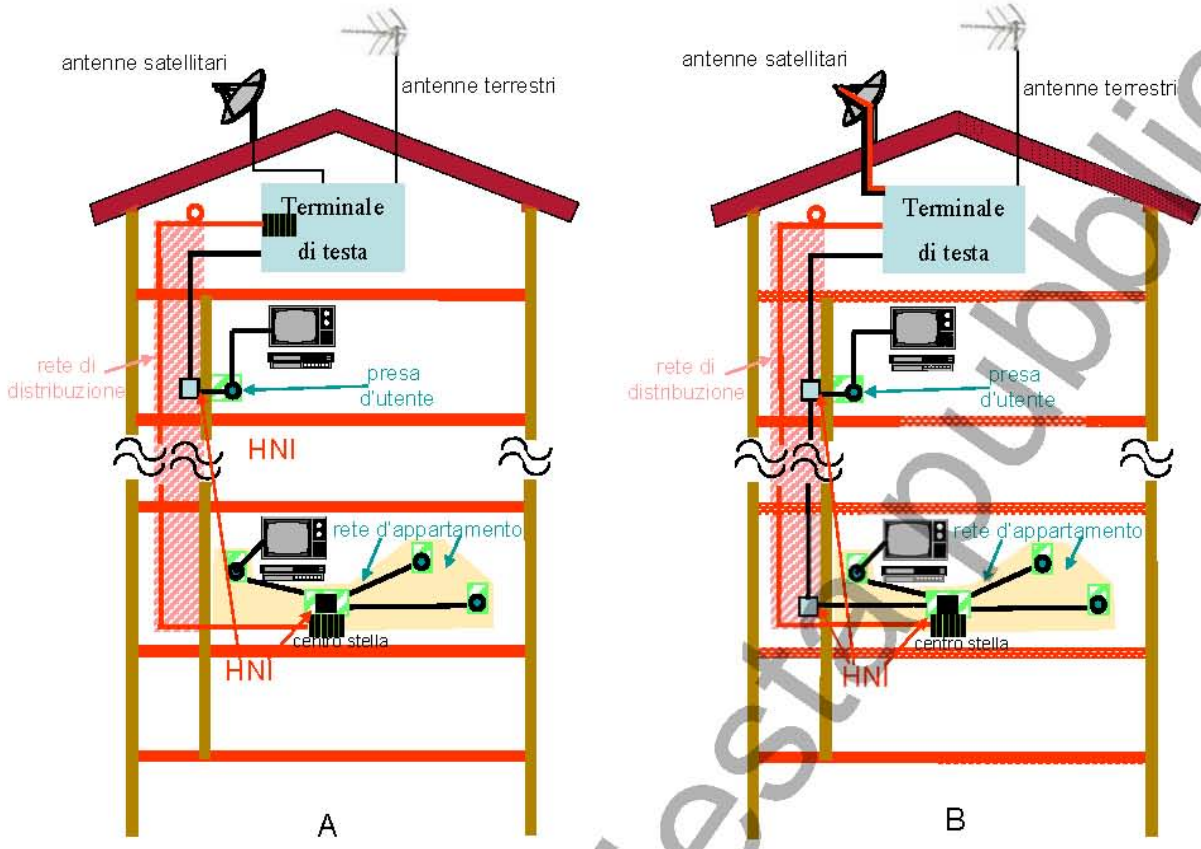


Figura 15 – Esempio di utilizzo di fibre ottiche negli impianti di edificio

Nella Figura 15A, per l'appartamento al piano inferiore, è riportato l'utilizzo, all'interno di un singolo edificio, del sistema trasmissivo per i grandi edifici nei quartieri residenziali in Figura 14. La caratteristica di questa realizzazione è quello di portare sulla fibra ottica tutti i segnali compresi quelli a propagazione terrestre.

Nella Figura 15B, è riportato l'utilizzo all'interno di un singolo edificio, per l'appartamento del piano inferiore, del sistema trasmissivo per i grandi edifici nei quartieri residenziali in Figura 12: sulla fibra ottica passano solamente i segnali satellitari; il cavo coassiale che raggiunge l'LNB serve ad alimentare l'LNB. Solitamente questo cavo si può utilizzare, oltre che per alimentare l'LNB, per connettere anche un STB satellitare (non un multiswitch). Il cavo coassiale che entra nel centro stella dell'appartamento al piano inferiore, distribuisce i segnali terrestri.

Nella Figura 16 sono riportati due esempi di distribuzione dei segnali televisivi mediante fibre ottiche per l'intero edificio. Le tecniche ottiche di distribuzione sono le stesse indicate in Figura 15. Si suppone che la potenza ottica dei trasmettitori abbia un "*Power Budget*" sufficiente ad alimentare le utenze dell'edificio mediante partitori ottici. In questo modo è possibile alimentare più appartamenti, con segnale terrestri e satellitari nel caso A e solo con segnali satellitari nel caso B. Nel caso B i segnali terrestri devono essere distribuiti nell'edificio mediante cavi coassiali. Le fibre ottiche avranno una topologia a stella del cablaggio di edificio, fra terminale di testa e appartamenti.

Progetto in inchiesta pubblica

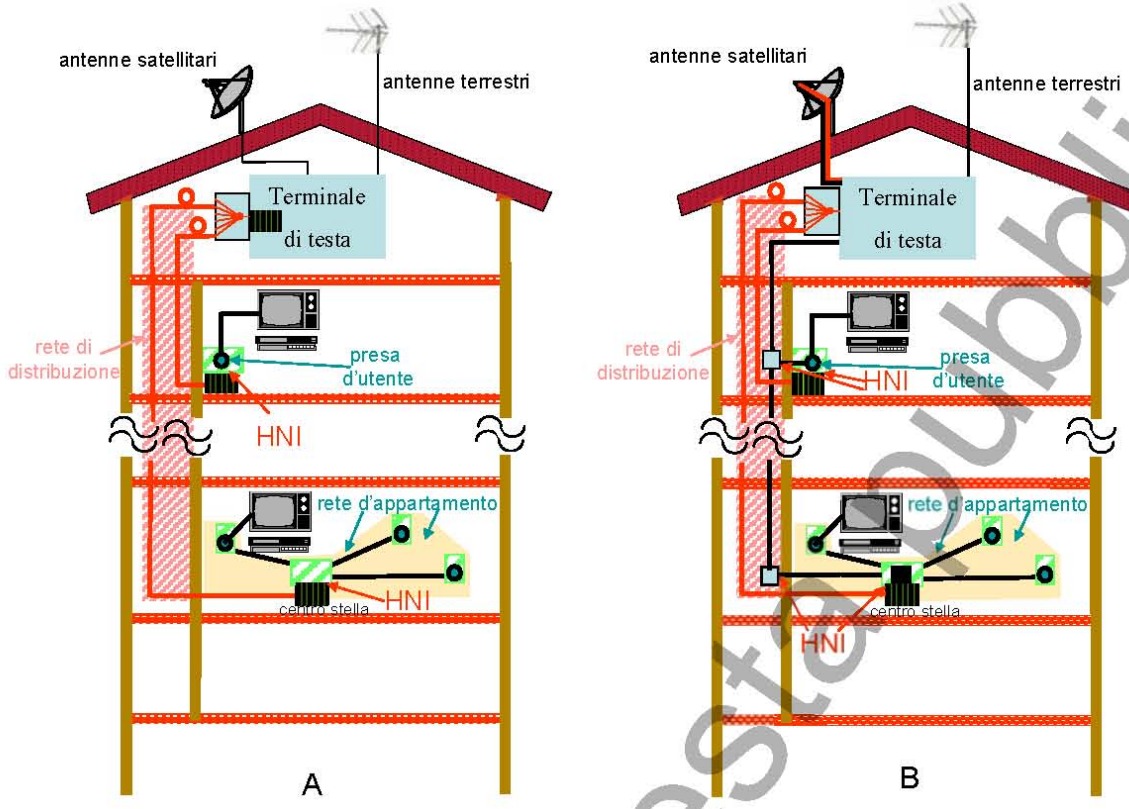


Figura 16 – Esempio di distribuzione nell'edificio dei segnali satellitari con fibre ottiche.

3.5.3.2 Utilizzo delle fibre ottiche plastiche (POF Plastic Optical Fibre)

Nei piccoli impianti, dove le distanze da percorrere sono limitate alle decine di metri, possono trovare applicazione le fibre ottiche plastiche. In genere l'utilizzo delle fibre ottiche plastiche è quello di remotizzare delle connessioni dati come nell'esempio illustrato in Figura 17, dove Il segnale dati proveniente da una rete Ethernet, mediante un cavo UTP ed un connettore RJ45, è applicato ad un Tranceiver, che trasferisce in ottico i segnali elettrici da trasmettere verso una delle due POF ed in elettrico i segnali ricevuti dall'altra POF. È quindi un sistema per remotizzare mediante fibre ottiche una connessione Ethernet. I costruttori definiscono le caratteristiche ed i limiti di utilizzo di questi sistemi, sia come banda trasmissibile, sia come lunghezza massima utilizzabile per mantenere i corretti parametri di sistema e garantirne il funzionamento. Le fibre ottiche possono anche essere il mezzo trasmissivo corretto quando serve connettere in modo dielettrico due punti di una rete LAN, oppure quando serve fare passare dei cavi di piccole dimensioni. Il vantaggio è soprattutto quello di poter connettorizzare in campo le fibre ottiche con attrezzature semplici e poco costose, oltre a connettere con un mezzo dielettrico due punti di una rete Ethernet.

In genere il costo dei Tranceiver per questo tipo di fibre è economicamente conveniente rispetto a soluzioni simili con fibre di vetro, soprattutto se monomodali.

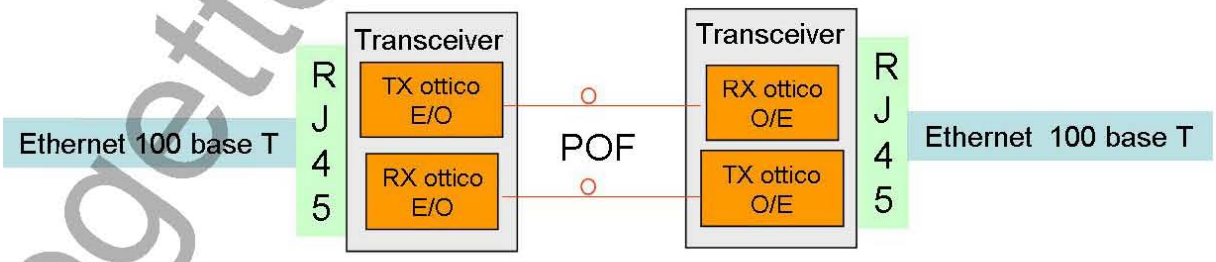


Figura 17 – Esempio di remotizzazione di connessione Ethernet su POF

Progetto in inchiesta pubblica

Negli impianti riceventi dei segnali televisivi, si utilizza anche la possibilità di portare i segnali su protocollo IP come definito nella norma ETSI TS 102 034 vedi1.1.1. Sono stati sviluppati dall'industria apparati che permettono di incapsulare all'interno di un flusso dati utilizzante il protocollo IP programmi radio televisivi satellitari. È possibile, quindi, mediante questa tecnica, utilizzando un STB IP, o un PC con apposito software, ricevere i segnali satellitari. La connessione fra l'Incapsulatore IP ed il ricevitore può avvenire mediante qualsiasi mezzo in grado di trasportare la banda IP necessaria in modo affidabile, come già detto in 3.5.1.2, cioè almeno 20 Mbit/s per ciascun appartamento. La connessione indicata in Figura 18 è una delle possibili realizzazioni.

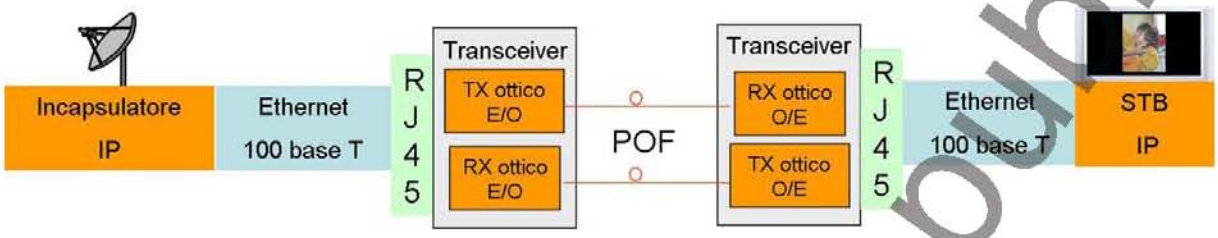


Figura 18 – Esempio di utilizzo di POF per remotizzare i segnali TV satellitari

Progetto in inchiesta pubblica

4 Segnali e servizi

4.1 Caratteristiche di trasmissione dei canali televisivi

Per una migliore comprensione delle tecniche di distribuzione e della normativa riportate nel seguito, è opportuno richiamare le principali caratteristiche di trasmissione dei canali televisivi della radiodiffusione terrestre e da satellite.

4.1.1 Segnali analogici

Si riportano le principali caratteristiche dei segnali televisivi analogici utilizzati per la radiodiffusione terrestre (canalizzazioni B e G delle raccomandazioni ITU-R) e da satellite.

4.1.1.1 Radiodiffusione terrestre

Bande di frequenza	VHF (Bande I-II: 47-88 MHz, Banda III: 174-230 MHz) UHF (Banda IV: 470-582 MHz, Banda V: 582-862 MHz)
Portante video	Modulazione d'ampiezza (TV-MA)
Portanti audio	Modulazione di frequenza; la distanza dalla portante video è di 5,5 MHz (intercarrier) per la prima portante audio (monofonica) e di 5,74 MHz per la seconda portante audio (stereofonia) con deviazione di frequenza di ± 50 kHz
Banda totale del canale televisivo	7 MHz
Polarizzazione	Lineare (orizzontale o verticale)
Canalizzazione	Distanza fra i canali: 7,0-9,0 MHz in VHF, 8,0 MHz in UHF

4.1.1.2 Radiodiffusione da satellite

Bande di frequenza	10,7 - 11,7 GHz denominata FSS: Fixed Satellite Service 11,7 - 12,5 GHz denominata DBS: Direct Broadcasting Satellite 12,5 - 12,75 GHz denominata SMS: Satellite Multi Service
Portante	Modulazione di frequenza (TV-MF) con informazione audio su sottoportanti analogiche e/o numeriche
Informazione audio	– Modulazione analogica di frequenza su sottoportanti: a) distanti 5,8 MHz o 6,65 MHz dalla portante video, con deviazione di frequenza di ±150 kHz (banda di circa 330 kHz) con preenfasi di 50 µs o 75 µs oppure J17 (curva standard); questa sottoportante porta l'audio relativo al programma video; b) distanti dalla portante video di: 6,66 MHz; 6,84 MHz; 7,02 MHz; 7,20 MHz; 7,38 MHz; 7,56 MHz; 7,74 MHz; 7,92 MHz; 8,10 MHz; 8,28 MHz; 8,46 MHz; 8,64 MHz; 8,82 MHz, con una spaziatura di 180 kHz fra di loro, compressione della dinamica (sistema Wegener con il nome di "PANDA I") e deviazione di frequenza di ±75 kHz, con una occupazione di banda di circa 150 kHz. Queste sottoportanti audio vengono utilizzate per trasmettere audio, monofonici o stereofonici, diversi da quelli associati al programma video – Modulazione numerica (NICAM 728) su sottoportante distante 8 MHz dalla portante video – Modulazione numerica (dati) per servizi speciali
Banda del canale televisivo	27-36 MHz, dipendente dai parametri di modulazione
Polarizzazione	Lineare (orizzontale o verticale)
Canalizzazione	Canali adiacenti parzialmente sovrapposti, con polarizzazione ortogonale. La distanza fra i canali adiacenti è di circa 15-25 MHz per FSS e SMS e di 19,18 MHz per DBS.

4.1.2 Segnali numerici

I sistemi di radiodiffusione numerica (o digitale) sono stati sviluppati dal Consorzio DVB (Digital Video Broadcasting) a partire dal 1993 e normalizzati in Europa dall'ETSI (European Telecommunication Standards Institute).

Progetto in inchiesta pubblica

Il processo di codifica numerica dei segnali audio e video consiste nella conversione del segnale analogico di sorgente (suoni ed immagini in movimento) in una sequenza di numeri binari e nella sua successiva "compressione". Questa operazione riduce il gran numero di informazioni presenti nei segnali sorgente e ottimizza la trasmissione del segnale eliminando, nel caso dell'audio, i suoni che l'orecchio non potrebbe percepire, e nel caso del video, i dettagli dell'immagine che l'occhio non potrebbe apprezzare. Viene inoltre sfruttata la "ridondanza" spaziale e temporale presente sia all'interno della singola immagine sia tra immagini successive per trasmettere una sola volta quelle informazioni che si ripetono in righe o quadri successivi.

Nei sistemi DVB la codifica e la compressione dell'informazione audio e video viene realizzata con il sistema MPEG-2 (Moving Picture Experts Group), che utilizza algoritmi di codifica basati sulla trasformata DCT ibrida (Discrete Cosine Transform). Il sistema MPEG-2 opera con diversi formati di scansione televisiva e con diversa risoluzione del segnale di immagine, progressivamente crescente dalla LDTV (Limited Definition TV) fino alla HDTV (High Definition TV).

I sistemi DVB per la diffusione di programmi direttamente alla clientela finale sono basati sul "Main Profile-Main Level (MP@ML)" di MPEG, con frequenza di trama di 25 Hz e con formato di immagine convenzionale (4:3) o allargato (16:9). Il segnale numerico di sorgente è generato secondo la Raccomandazione ITU-R BT.601-5, ma con un sottocampionamento della componente di crominanza (4:2:0 invece di 4:2:2). Il bit-rate del segnale video di sorgente (4:2:2) è di circa 166 Mbit/s.

Gli algoritmi di compressione adottati da MPEG-2 per il MP@ML permettono di ridurre il bit-rate del segnale video di sorgente (4:2:2) da circa 166 Mbit/s a valori compresi tra 2 Mbit/s e 15 Mbit/s (tipicamente vengono utilizzate codifiche comprese fra 2 Mbit/s e 10 Mbit/s) consentendo di soddisfare i diversi requisiti del servizio. Il grado di compressione del segnale di sorgente è uno dei parametri che influiscono sulla qualità del segnale stesso: ad esempio, in genere, un segnale codificato con 2÷3 Mbit/s ha una qualità comparabile o di poco superiore a quella ottenibile con la video registrazione nel formato VHS. Per ottenere la qualità del PAL (SDTV: Standard Definition TV), su un generico programma televisivo, occorrono almeno 4÷5 Mbit/s. Una qualità elevata, richiede tipicamente da 6 a 8 Mbit/s (EDTV: Enhanced DefinitionTV).

La codifica e la compressione del segnale audio viene effettuata con il sistema MUSICAM, usato anche nello standard[(2)] per la diffusione radiofonica numerica DAB (Digital Audio Broadcasting).

I diversi programmi audio e video, insieme con dati e servizi addizionali (ad esempio: teletext, EPG: Electronic Programme Guide, informazioni per l'accesso condizionato, servizi multimediali, ecc.), vengono multiplati a pacchetti nel dominio del tempo in un multiplex di trasporto chiamato Transport Stream (TS).

Gli standard principali della famiglia dei sistemi DVB applicabili agli impianti per la ricezione di segnali TV digitale sono:

- DVB-S e DVB-S2 per la diffusione diretta da satellite [26] e [30];
- DVB-C per la distribuzione nelle reti in cavo (CATV) [27];
- DVB-T per la televisione terrestre (canali VHF/UHF) [28];

ulteriormente regolamentati per gli impianti centralizzati d'antenna:

- DVB-SMATV [29].

(2) Il termine "standard" è utilizzato con il significato di tecnologia di riferimento, o del complesso di norme tecniche relative a tale tecnologia. Norma tecnica è invece il singolo documento normativo.

Progetto in inchiesta pubblica

4.1.2.1 I sistemi DVB-S e DVB-S2 per la diffusione televisiva da satellite

I sistemi DVB-S e DVB-S2, specificati nelle Norme [26] e [30], utilizzano i segnali televisivi numerici codificati secondo gli standard MPEG; essi si avvalgono di un "adattatore di canale", appositamente progettato per ottimizzare le prestazioni del sistema sul collegamento satellitare. Le caratteristiche principali di questo adattatore di canale sono le seguenti:

- trattamento del segnale con sequenza pseudocasuale per la dispersione di energia spettrale;
- protezione contro gli errori introdotti sul canale di trasmissione, mediante concatenamento di un codice correttore convoluzionale con codice correttore di Reed-Solomon (RS) per DVB-S e con codice correttore BCH per DVB-S2;
- flessibilità del codice convoluzionale: FEC (Forward Error Correction) = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 e 7/8 per DVB-S e codice LDPC (1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, ¾, 4/5. 5/6, 8/9 o 9/10) per DVB-S2;
- interlacciamento del flusso numerico seriale per ridurre gli effetti degli errori a burst;
- modulazione numerica QPSK (Quaternary Phase Shift Keying) con demodulazione coerente e decodifica di Viterbi per DVB-S e modulazione numerica QPSK, 8PSK, 16APSK e 32APSK per DVB-S2.

Per il sistema DVB-S è stata adottata la modulazione QPSK (Figura 19) per la particolare robustezza contro il rumore, le interferenze e la non linearità dell'amplificatore di potenza, a bordo del satellite, che opera normalmente vicino alla saturazione.

Per il sistema DVBS-2 sono state aggiunte alla modulazione QPSK, le modulazioni 8PSK, 16APSK e 32 APSK (Figura 19) per aumentare la quantità di dati trasmessi, a parità di banda del canale; inoltre vengono utilizzate le codifiche BCH e LDPC per migliorare la protezione dei dati trasmessi.

La modulazione 8PSK è usata per la radiodiffusione verso gli utenti, mentre le modulazioni 16APSK e 32APSK sono usate prevalentemente per i collegamenti di contributo delle emittenti televisive.

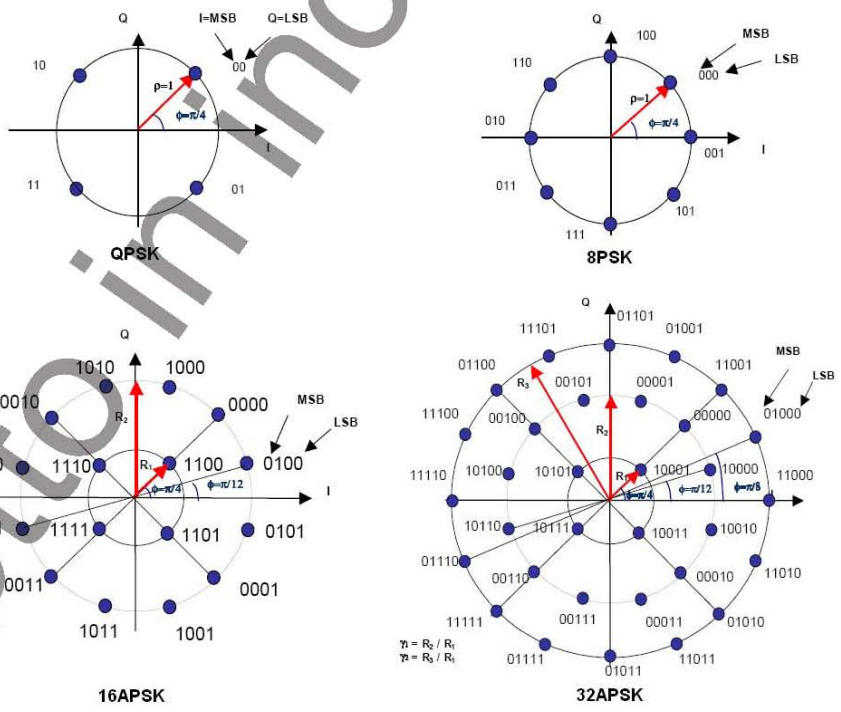


Figura 19 – Costellazione dei segnali DVB-S con modulazione QPSK e DVB-S2 con modulazione QPSK, 8PSK, 16APSK e 32APSK

Progetto in inchiesta pubblica

La flessibilità del sistema permette di operare con diverse bande del transponder satellitare e di scegliere tra "efficienza di trasmissione", cioè massima capacità trasmissiva, ed "efficienza di potenza", cioè minimo rapporto portante/rumore (C/N) richiesto per una ricezione corretta, a cui è direttamente associato il diametro dell'antenna ricevente.

Le larghezze di banda tipiche dei transponder satellitari sono di 33 MHz e di 36 MHz, a cui corrispondono velocità di trasmissione, in termini di bit rate utile, comprese tra 26 Mbit/s e 42 Mbit/s.

4.1.2.2 Il sistema DVB-C per la distribuzione nelle reti in cavo

Il sistema DVB-C [27] utilizza una modulazione QAM (Quadrature Amplitude Modulation), in cui ogni simbolo è individuato sia dall'ampiezza sia dalla fase del segnale a radiofrequenza. La modulazione QAM è più efficiente dal punto di vista dell'occupazione di banda rispetto alla modulazione QPSK e consente di distribuire i segnali diffusi da satellite su canali di 8 MHz. Per ottenere una maggior efficienza spettrale non è presente il codice correttore convoluzionale (FEC), dal momento che i sistemi di trasmissione in cavo presentano caratteristiche di rumore migliori rispetto ai sistemi di trasmissione via satellite.

Le altre caratteristiche dell'adattatore di canale per il sistema DVB-C (dispersione di energia, codice correttore di Reed-Solomon e interlacciamento) rimangono le stesse del sistema DVB-S.

Gli schemi di modulazione previsti vanno dal 16-QAM al 256-QAM, mentre attualmente viene utilizzato quasi esclusivamente il 64-QAM (Figura 20). Con questo schema di modulazione, il massimo bit rate utile realizzabile in una banda di 8 MHz è di circa 38 Mbit/s.

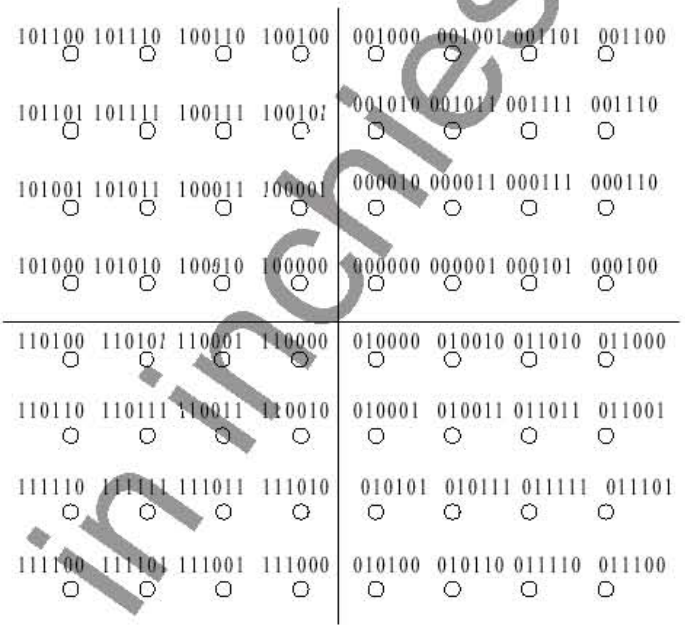


Figura 20 – Costellazione dei segnali per la modulazione 64QAM

4.1.2.3 Il sistema DVB-T per la diffusione televisiva terrestre

Il sistema DVB-T, specificato in [28], è stato progettato per operare in un ambiente caratterizzato da riflessioni multiple del segnale, quale quello tipico della diffusione terrestre, tenendo inoltre in considerazione variazioni nel tempo della risposta in frequenza del canale. Le larghezze di banda del canale sono quelle tipiche della radiodiffusione terrestre, cioè 7 MHz (VHF) o 8 MHz (UHF).

Progetto in inchiesta pubblica

Il sistema utilizza una modulazione numerica multiportante OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), che può funzionare secondo il modo 2K, che ha nominalmente 2048 portanti modulate, delle quali 1705 sono utilizzate per trasmettere i dati dell'informazione, oppure secondo il modo 8K, che ha nominalmente 8192 portanti modulate, delle quali 6817 sono utilizzate per trasmettere i dati dell'informazione. Ogni portante è modulata con modulazioni digitali: QPSK, 16QAM, 64 QAM. con l'uso di un intervallo di guardia. L'intervallo di guardia è una parte dell'intervallo di simbolo (poi scartato dal ricevitore) che permette di eliminare l'interferenza intersimbolica dovuta a segnali riflessi (echi) che si sovrappongono al segnale utile con un certo ritardo, purché questo ritardo sia inferiore all'intervallo di guardia. Il tempo di simbolo è di 224 µs per il modo 2K e di 896 µs per il modo 8K. La possibile durata dell'intervallo di guardia è di 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 rispetto alla durata della parte utile del segnale. Maggiore è l'intervallo di guardia, più lunghi sono gli echi che possono essere neutralizzati e che permettono di accettare riflessioni anche multiple dovute a echi del segnale. Le portanti che non vengono utilizzate per le informazioni da inviare all'utente sono invece utilizzate come "toni pilota", che forniscono in ricezione una stima della risposta del canale e le informazioni riguardanti lo schema di trasmissione (TPS: Transmission Parameter Signalling).

Tutti questi accorgimenti rendono il segnale più robusto rispetto agli echi dovuti a riflessioni multiple, poiché ogni portante occupa un canale a banda stretta, con risposta in frequenza "localmente piatta". Eventuali errori causati da portanti sotto soglia vengono recuperati dalla codifica di canale (FEC da 1/2 a 7/8). La banda trasmissiva utilizzata è di 7 MHz per i canali disposti nella banda VHF (Banda I e Banda III), di 8 MHz nella banda UHF (Bande IV e V). Lo spettro del segnale modulato è riportato in Figura 21.

La modulazione OFDM e l'utilizzo dell'intervallo di guardia consentono di operare in reti di trasmettitori via radio a singola frequenza (SFN: Single Frequency Network), per uno sfruttamento ottimale della banda disponibile a radiofrequenza.

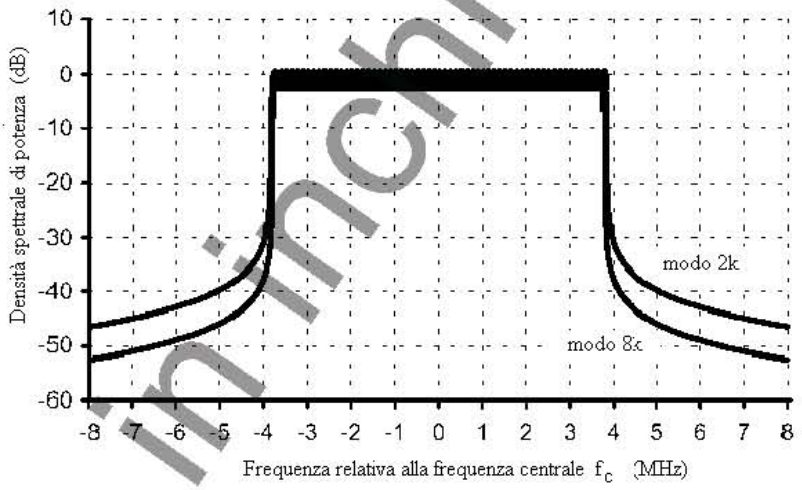


Figura 21 - Spettro del segnale OFDM

4.2 Servizi a larga banda e servizi interattivi

4.2.1 Prospettive evolutive dei servizi

La canalizzazione della banda a radiofrequenza descritta nei paragrafi precedenti è stata studiata per le trasmissioni analogiche: infatti in tutti i casi ad un canale corrisponde un singolo programma analogico. La stessa suddivisione in canali trasmissivi (non corrispondenti a un programma) viene riutilizzata anche per le trasmissioni digitali, ma grazie agli algoritmi di compressione dello standard MPEG-2, entro ogni canale è possibile trasmettere da 4 a 8 programmi TV digitali (si veda anche il par. 4.1), oltre a vari programmi radio stereofonici (a seconda dei parametri di qualità che si scelgono), come è possibile constatare confrontando le velocità trasmissive espresse in bit/s relative ai canali e quelle sempre espresse in bit/s relative ai programmi. Il bit rate del canale trasmissivo è fisso per ogni canale, il bit rate relativo ad ogni programma, sia esso video o audio, non è generalmente costante: dipende dalla qualità del sistema di codifica, della qualità del segnale video che si desidera ottenere e da altri parametri.

Progetto in inchiesta pubblica

Un primo risultato positivo del passaggio dalla tecnica analogica a quella digitale è quindi la possibilità di trasmettere un numero di programmi molto più elevato, a parità di banda trasmissiva impegnata (o di numero di canali utilizzati).

Tuttavia, il formato di trasporto dei dati numerici definito da MPEG permette di trasmettere dati di qualsiasi tipo: oltre ai programmi audio e video veri e propri vengono infatti trasmesse informazioni di controllo del sistema, servizi multimediali associati ai programmi, indipendenti da essi, servizi di trasmissione dati veri e propri.

La possibilità di trasmettere servizi avanzati è un altro miglioramento fondamentale che viene introdotto con l'adozione delle tecniche digitali. Sono state studiate varie classificazioni dei numerosi servizi che possono essere forniti. Una prima suddivisione, piuttosto semplificata, ma utile per riflettere sulle enormi potenzialità delle tecniche digitali, è quella a cui si è appena accennato:

- **Servizi associati al programma che si sta guardando**; un esempio è la possibilità per gli spettatori di partecipare a votazioni e sondaggi, ottenere informazioni aggiuntive sui protagonisti, giocare con quiz e quando previsto acquistare prodotti collegati al programma; gli sviluppi previsti porteranno alla possibilità di scegliere l'audio associato al video (ad esempio un film in italiano o in lingua originale), o il video associato ad un evento (ad esempio una tra le telecamere che riprendono una partita di calcio);
- **Servizi associati alla programmazione televisiva in generale**; l'esempio tipico in questo caso è la guida elettronica ai programmi (EPG - Electronic program guide), in genere già disponibile nei decoder in commercio; le nuove versioni di EPG consentiranno agli operatori (broadcaster) di personalizzare e di arricchire con grafica avanzata il formato di presentazione delle informazioni sulla propria programmazione;
- **Servizi indipendenti dalla programmazione televisiva**; tra questi si può citare il Superteletext, cioè il Teletext migliorato nella grafica e nelle modalità di fruizione delle informazioni, e il servizio Meteo, che potrà essere integrato dalla possibilità di selezionare dettagli su zone ristrette. Inoltre si potrà accedere ai servizi offerti da uffici pubblici e privati (pubblica amministrazione, scuole, banche, ecc.).

Una classificazione che tiene conto soprattutto del grado di coinvolgimento dell'utente è quella proposta nella Guida CEI 100-100 [24], denominata "classificazione orientata all'utente". Anche in questo caso i servizi sono suddivisi in tre gruppi:

- **Servizi informativi**; questi servizi non richiedono informazioni all'utente, né prevedono che l'utente possa ottenere più dettagli di quanto già offerto dal servizio stesso; il software e i dati di configurazione (relativi all'utente) vengono memorizzati nel ricevitore mentre i dati informativi vengono trasmessi ciclicamente. Di questo gruppo fanno parte: la guida elettronica ai programmi (EPG), l'arricchimento delle trasmissioni, informazioni meteo, informazioni sul traffico, news, servizi informativi della pubblica amministrazione (detti servizi di t-government, dove la "t" sta per televisione), ecc.;
- **Servizi interattivi**; in questo caso l'utente deve inviare dei dati all'emittente (o comunque al fornitore del servizio) per usufruire dei servizi, che consentono anche di aumentare la quantità di informazioni prevista inizialmente: è necessario quindi un canale di ritorno, con la possibilità di stabilire connessioni sicure, per i casi in cui si trasmettano dati cosiddetti "sensibili". Alcuni esempi: televoto (riferito ad un programma), quiz, giochi, posta elettronica, t-government interattivo, cioè la possibilità di ottenere dalla pubblica amministrazione dati che riguardano personalmente l'utente; i servizi di questo gruppo non prevedono transazioni economiche;
- **Servizi transattivi**; sono i servizi che permettono di effettuare acquisti, pagamenti e transazioni economiche in genere. A questo fine è necessario che il canale di ritorno permetta connessioni sicure e che l'utente sia identificato univocamente; servizi possibili sono: t-commerce (commercio tramite tv); t-banking (operazioni di banca), t-government con possibilità di transazioni. È inoltre possibile accedere ad eventuali offerte "pay-per-view", cioè alla possibilità di vedere a pagamento un singolo spettacolo. La possibilità "pay-per-view" appena accennata, non deve essere confusa con i servizi a pagamento "prepagati", ad esempio mediante carte di credito specifiche. Nel caso di carte prepagate infatti non è indispensabile il canale di ritorno.

Progetto in inchiesta pubblica

4.2.2 Apparati d'utente per la televisione digitale terrestre

La scelta di mantenere molte caratteristiche in comune (come le frequenze e le canalizzazioni) tra i segnali in tecnica analogica e in tecnica digitale permette di utilizzare gli stessi impianti d'antenna, indipendentemente dalla tecnica trasmissiva; in particolare, per ricevere la televisione digitale terrestre si possono utilizzare gli impianti tradizionali della televisione analogica, purché correttamente rispondenti alle norme vigenti.

Nel caso del segnale digitale è comunque necessario un apparato ricevente che permetta la conversione del segnale ricevuto nel formato adatto ad essere utilizzato dalle interfacce audio video presenti in generale nei televisori tradizionali (analogici), cioè il formato corrispondente alla televisione analogica terrestre, che nella maggior parte dei casi utilizza l'interfaccia SCART.

Questi apparati, chiamati decoder o meglio Set Top Box (STB), sono posti subito prima del televisore con il solo sintonizzatore analogico, oppure le loro funzionalità sono poste all'interno dei nuovi ricevitori TV che al loro interno contengono, oltre al sintonizzatore analogico, anche il sintonizzatore e il decoder digitale (integrated Digital TV - iDTV). Sia i STB sia gli iDTV svolgono alcune funzioni di base, come la sintonizzazione e la decodifica, ma possono svolgerne molte altre. Esistono sul mercato STB e iDTV in grado di ricevere programmi digitali a diffusione terrestre, via cavo, satellitare. In alcuni casi lo stesso ricevitore integra più di un ricevitore, per cui con lo stesso apparato si possono ricevere sia i programmi a diffusione terrestre e via cavo, sia satellitare che via cavo, oppure tutti e tre i sistemi.

Soprattutto nel caso dei ricevitori per i segnali a diffusione terrestre, i Set Top Box che svolgono solo le funzioni di base sono chiamati "zapper" e permettono la ricezione soltanto dei programmi digitali in chiaro e del servizio teletext. Per usufruire dei servizi multimediali descritti in precedenza occorre un Set Top Box più sofisticato, che contenga una piattaforma (cioè un insieme di risorse hardware e di programmi software) capace di ricevere correttamente i dati relativi ad un servizio, di interpretarli grazie alla relativa applicazione, di presentarli all'utente nella maniera richiesta ed eventualmente di gestire l'interattività, cioè la trasmissione di dati dall'utente al fornitore del servizio.

Al momento della pubblicazione di questa Guida non esiste alcun obbligo di adottare una particolare piattaforma, per cui i broadcaster e i fornitori dei servizi hanno adottato anche soluzioni "proprietarie", nelle quali cioè ad un particolare gruppo di servizi corrisponde una piattaforma specifica; in questi casi un Set Top Box può essere usato solo con un particolare broadcaster e i servizi di un broadcaster sono fruibili solo tramite il relativo STB.

Tuttavia i principali protagonisti del settore potrebbero adottare sempre di più un nuovo approccio, cioè quello di utilizzare la piattaforma MHP, studiata nell'ambito del Consorzio DVB, e adottata nelle specifiche ETSI [38] e [39], che costituiscono uno standard aperto (a differenza delle soluzioni proprietarie preesistenti).

L'obiettivo primario della piattaforma MHP è quello di fornire a tutti i soggetti interessati (broadcaster, fornitori di servizi, costruttori di apparati, utenti) la possibilità di operare senza necessità di accordi con altri soggetti: in altre parole, in un mercato con prodotti e servizi conformi allo standard MHP non esisterebbe alcuna corrispondenza limitativa e specifica tra segnale TV, servizio e apparato, e quindi l'utente con un solo STB potrebbe fruire di qualunque servizio offerto da qualsiasi fornitore.

Questo comunque non vuol dire che i STB con funzionalità MHP (quindi anche escludendo gli zapper e i prodotti con piattaforme proprietarie) sono o saranno tutti uguali, tutt'altro. Per poter far funzionare uno dei servizi descritti è necessario che il STB includa dei pacchetti software che facciano da interfaccia tra il segnale proveniente dall'esterno relativo a quel servizio e le risorse interne del STB dedicate alle funzioni MHP. Questi pacchetti software sono dei programmi applicativi, che si interfacciano mediante specifiche interfacce caratteristiche di ogni piattaforma chiamate API (Application Programming Interface), che permettono a ciascuna applicazione di essere correttamente installata su piattaforme diverse. La possibilità di gestire i vari software è condizionata dalle risorse hardware del STB; a titolo di esempio si riporta una tabella tratta dalla Guida [24], aggiornata alla data di pubblicazione di questa guida, con tre possibili profili relativi ai STB per la televisione digitale terrestre, ai quali corrispondono tre diversi livelli di fruizione dei servizi.

Progetto in inchiesta pubblica

La piattaforma MHP prevede anche la presenza dei cosiddetti "sistemi ad accesso condizionato" che permettono all'utente di fruire di servizi a pagamento (Pay-TV). Il sistema di accesso condizionato può essere integrato nel STB o nel iDTV dal costruttore, oppure, se il STB è provvisto del dispositivo chiamato "interfaccia comune" (common interface), il dispositivo di decodifica dell'accesso condizionato può essere inserito in un modulo denominato CAM (Conditional Access Module) da inserire nell'apposito connettore presente sul STB o nell'iDTV. La CAM ospiterà la "smart card", che conterrà le chiavi di decodifica del sistema di accesso condizionato.

Le possibilità offerte dalla tecnologia hanno iniziato ad andare ancora oltre questo scenario, infatti è già possibile effettuare delle registrazioni personali in forma digitale con sistemi proprietari nel proprio decoder, che dovrà quindi essere dotato di memorie di grande capacità (alla data di pubblicazione di questa guida, in genere un hard disk[3]); mentre i lavori di definizione delle specifiche continuano con vari obiettivi, tra cui ad esempio la completa integrazione con il mondo Internet, o ancora la possibilità di usufruire dei servizi della TV digitale mentre si è in movimento, allo stesso modo con cui si usano i telefoni cellulari.

4.2.3 Prospettive evolutive degli impianti

La notevole varietà di servizi offerti, deve essere resa disponibile all'interno delle abitazioni in modo integrato, tale da essere percepita dagli utilizzatori come un insieme armonico.

Allo stesso tempo tutte queste offerte possono avere successo, se non obbligano gli utenti a continui stravolgimenti dell'impiantistica di edificio e/o di appartamento e se hanno dei costi non eccessivi.

Occorre utilizzare tecnologie d'impianto che permettano servizi evoluti senza richiedere il passaggio di nuovi cavi o la necessità di sostituzione di quelli esistenti, facendo riferimento a strutture funzionanti e progettate correttamente.

Coloro che possiedono le reti di accesso, come ad esempio gli operatori di telecomunicazioni, cercano di trasportare sulle loro infrastrutture esistenti (coppie simmetriche in rame normalmente chiamate doppini) tutti i servizi che i clienti possono richiedere e la tecnologia permette di convogliare.

L'offerta degli attuali servizi possibili su ADSL[4] verrà ampliata, sia mediante il miglioramento della tecnologia dei sistemi xDSL, sia avvicinando la fibra ottica all'utenza, riducendo così la lunghezza del percorso del doppino aumentandone la capacità di banda, fino alle decine di Mbit/s (con doppini di buona qualità e lunghezze inferiori ai 500m).

La rete telefonica attuale nella parte comune degli edifici ha un cablaggio a stella; questo permette di dedicare a ciascun utente tutta la capacità di banda che il mezzo fisico consente. Sarà quindi possibile portare più programmi televisivi numerici in ogni appartamento (ad esempio due programmi HD), in contemporanea alla telefonia, alla connessione di servizi dati quali Internet, senza interferenze fra i servizi.

Per altro, gli impianti di distribuzione televisiva si basano su un mezzo strutturalmente migliore del doppino: il cavo coassiale. È quindi possibile fornire su questo mezzo oltre ai segnali televisivi diffusivi, anche una serie di altri servizi, quali la televisione satellitare e servizi di telefonia e trasmissione dati, come detto in precedenza, senza la necessità di sostituire i cavi ed i dispositivi di distribuzione passivi, se soddisfano le Norme.

Gli impianti per la distribuzione televisiva sono normalmente ad albero; quindi sarà necessario fornire questi servizi nelle bande non utilizzate per la TV diffusiva (per esempio fra i 230 MHz e i 470 MHz), assegnando la banda in modo flessibile, o ai clienti o ai servizi. Questo è possibile attraverso terminali di testa di nuova generazione, sviluppati da parte di diversi costruttori.

---

(3) L'evoluzione della microelettronica e delle tecniche informatiche fanno pensare ad un futuro di memorie di massa a semiconduttore, a sistemi multimediali domestici con apparati connessi fra loro in rete, con memorizzazione di contenuti multimediali su memorie condivise fra più apparati in ambito domestico, ad esempio NAS (Network Area Storage).

(4) I sistemi che utilizzano coppie simmetriche quali i doppini telefonici sono in continua evoluzione, alla data di uscita di questa guida esistono sistemi con velocità trasmissive di 50Mbit/s e oltre.

Progetto in inchiesta pubblica

In futuro, quando tutti i servizi televisivi saranno di tipo numerico, con le opportune reti a supporto, potrebbe essere sufficiente il cablaggio a coppie simmetriche in rame, ed in prospettiva un cablaggio in fibre ottiche, come illustrato nel prossimo capoverso.

Un discorso a parte meritano i cablaggi in fibra ottica all'interno degli edifici. Questa infrastruttura ha una banda sufficiente a supportare tutti i servizi sopradescritti; a parte la trasduzione elettro-ottica, tutti i sistemi precedenti sono compatibili con questa infrastruttura; il cablaggio sarà tipicamente a stella con due fibre per utente.

Questo tipo di cablaggio è da considerare il più avanzato tecnologicamente. Quando i componenti ottici saranno disponibili a basso costo, questa infrastruttura potrà sostituire le altre oggi esistenti.

4.2.4 Mezzi trasmissivi per l'interattività

L'interattività richiede che sia possibile inviare segnali (televisivi o dati) dall'utente verso il fornitore dei servizi attraverso una via di ritorno, che può essere realizzata con mezzi trasmissivi e tecniche diverse. Quella che si ritiene possa essere la più usata in futuro è quella che utilizza il normale doppino telefonico della telefonia fissa (PSTN: Public Switched Telephone Network).

Le altre tecniche e mezzi trasmissivi per ottenere l'interattività sono validi nei casi in cui si desiderano alte velocità di trasmissione sulla via di ritorno oppure non sia disponibile il collegamento con doppino telefonico.

4.2.4.1 Telefonia fissa e cellulare

La via di ritorno può essere realizzata mediante il normale doppino telefonico della PSTN (Public Switched Telephone Network). Tale soluzione non permette di raggiungere elevate velocità di trasmissione, che però possono essere migliorate se si utilizza la connessione ADSL.

Si sono inoltre ipotizzate soluzioni che (all'interno dell'appartamento o ufficio) prevedono sia l'andata sia il ritorno del segnale televisivo mediante una connessione via UTP (Unshielded Twisted Pair), o meglio tramite cavi a coppie simmetriche in rame, fra il terminale di testa, che provvede poi all'interfacciamento verso la rete esterna, e l'apparato d'utente. Tali soluzioni prevedono la realizzazione di una distribuzione a stella apposita, con cavi di qualità adeguata (cat. 5 o superiore): possono presentare notevole difficoltà d'installazione nel caso in cui le strutture murarie non abbiano previsto la distribuzione a stella (vedere Guide CEI 64-100/2 [53] e CEI 306-2, [23]).

La via di ritorno può anche essere ottenuta utilizzando un collegamento mediante onde radio, ad esempio mediante la telefonia cellulare, in particolare GPRS. Tale possibilità è già prevista come canale di ritorno per alcuni tipi di Set Top Box (STB) della diffusione televisiva digitale terrestre (DVB-T).

4.2.4.2 Rete ibrida fibra-coassiale (HFC: Hybrid Fiber-Coaxial)

Nel caso di rete HFC, per il trasporto del segnale al fornitore di servizi (via di ritorno) viene utilizzata la rete di distribuzione CATV. La distribuzione all'interno dell'edificio è realizzata mediante la rete coassiale che può essere vista come estensione della rete di distribuzione primaria o può utilizzare un elemento del terminale di testa per l'interfacciamento.

La banda di frequenze utilizzata per la via di ritorno può andare da 5 MHz a 65 MHz; pertanto, deve essere valutata la compatibilità dell'impianto, sia in termini di capacità fisica sia in termini di possibili conflitti con canalizzazioni nazionali.

Gli apparati in grado di fornire servizi interattivi su reti coassiali sono i Cable Modem.

Attualmente esistono due standard di mercato per l'Europa: E-Docsis e DVB-RCCL. Le velocità raggiungibili per il flusso *upstream* (dall'utente al fornitore di servizi) sono nell'ordine di alcuni Mbit/s.

Progetto in inchiesta pubblica

4.2.4.3 Canale di ritorno via satellite (RCS: Return Channel Satellite)

Questa tecnica prevede che la via di ritorno utilizzi la rete di distribuzione in cavo coassiale per trasportare l'informazione fino al terminale di testa, ove il segnale, opportunamente elaborato, viene trasmesso verso il satellite.

Sono previste due possibili bande di frequenza:

20 MHz÷60 MHz; 2,5 GHz÷3 GHz (monocavo), 950 MHz÷3 GHz (bicavo)

Anche in questo caso deve essere valutata la compatibilità dell'impianto sia in termini di capacità fisica sia in termini di possibili conflitti con canalizzazioni nazionali. Le velocità raggiungibili sono nell'ordine del Mbit/s in funzione del numero di utenti allocati.

4.2.4.4 Canale di ritorno terrestre (RCT: Return Channel Terrestrial)

Questa tecnica prevede che la via di ritorno utilizzi la rete di distribuzione in cavo coassiale per trasportare l'informazione fino al terminale di testa, ove il segnale, opportunamente elaborato, viene trasmesso verso appositi ricevitori terrestri.

Le frequenze utilizzabili sono alcuni canali della banda UHF, in particolare la parte superiore della banda V, in caso di allocazione fissa, e tutta la banda UHF/VHF in caso di allocazione dinamica. Attualmente si prevede di utilizzare le stesse bande anche sulla rete di distribuzione interna. Le velocità raggiungibili sono dell'ordine di alcuni Mbit/s.

4.2.5 Apparati per servizi di trasmissione dati e interattività

4.2.5.1 Ricevitori

Hanno caratteristiche simili ai demodulatori/decodificatori descritti nei paragrafi seguenti, con la differenza che il segnale demodulato e decodificato fornito all'uscita è ancora di tipo numerico.

Sono tipicamente destinati ad essere connessi o inseriti in un'unità d'elaborazione dati, quale ad esempio un personal computer, anche se esistono sul mercato soluzioni che realizzano direttamente tale funzione usando lo schermo televisivo come monitor.

Le velocità di trasmissione dati raggiungibili utilizzando la rete coassiale di distribuzione sono estremamente elevate. Si consideri che per una modulazione 64 QAM si ottiene una velocità di circa 40 Mbit/s per canali di 8 MHz, per una capacità complessiva totale dell'ordine di 4 Gbit/s.

Nel caso che le funzioni d'elaborazione e interfaccia uomo-macchina siano realizzate da un personal computer, gli standard d'interfaccia tipicamente utilizzati sono:

- interfaccia parallela PCI, nel caso il modulo sia destinato ad essere inserito nel PC;
- interfaccia seriale a standard RS232 o USB o IEEE 1394 nel caso il ricevitore consista in un'unità esterna.

In relazione alle tecniche di distribuzione vale quanto riportato nei paragrafi seguenti.

4.2.5.2 Modem

A differenza dei ricevitori, questi apparati permettono anche un flusso informativo dall'utente verso il fornitore dei servizi. Si individuano pertanto due differenti direzioni del flusso informativo:

- flusso downstream: va dal fornitore di servizi all'utente. Le funzioni esplicate per questa parte sono le stesse richiamate nel paragrafo precedente per il ricevitore; pertanto, valgono le considerazioni sopra riportate;
- flusso upstream: va dall'utente al fornitore di servizi. Esistono diversi modi di realizzazione in dipendenza dal mezzo utilizzato.

Progetto in inchiesta pubblica

4.2.5.3 GATEWAY

Sono elementi interfacciati (Figura 2) alla rete di distribuzione in cavo coassiale che permettono la ridistribuzione del flusso informativo all'interno dell'unità abitativa. Le caratteristiche di trasmissione sono analoghe a quelle dei modem sopra citati. Pertanto tali elementi si interfacciano da un lato, mediante la rete di distribuzione coassiale, ad una o più reti di distribuzione primaria (mediante opportuni apparati di concentrazione posti nel terminale di testa), e dall'altro ad una rete privata, permettendo la connessione di reti LAN private a reti WAN pubbliche senza pesanti interventi infrastrutturali all'edificio.

5 Struttura degli impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi

Gli impianti di distribuzione via cavo per segnali televisivi, sonori e servizi interattivi hanno la struttura generale riportata in Figura 22 (vedi anche Figura 4) dove si possono individuare tre parti principali:

- le interfacce verso il mezzo di diffusione (radio, cavo o fibra ottica) o verso la generazione locale di programmi e servizi interattivi;
- il terminale di testa dove i segnali pervenuti sono opportunamente elaborati;
- la rete di distribuzione fino alle prese d'utente, dove i segnali sono applicati agli apparati d'utente (televisore, sintonizzatore, ecc.).

Le *interfacce* verso il mezzo di diffusione sono costituite da:

- antenne per la radiodiffusione terrestre;
- antenne per la radiodiffusione da satellite;
- connessione a reti di distribuzione in fibra ottica, attraverso opportuni trasduttori ottico/elettrico (O/E);
- connessione a reti di distribuzione con cavi coassiali (reti di CATV), mediante opportuni mezzi di accoppiamento;
- connessione ad apparati per la generazione locale di programmi e servizi interattivi.

Progetto in inchiesta pubblica

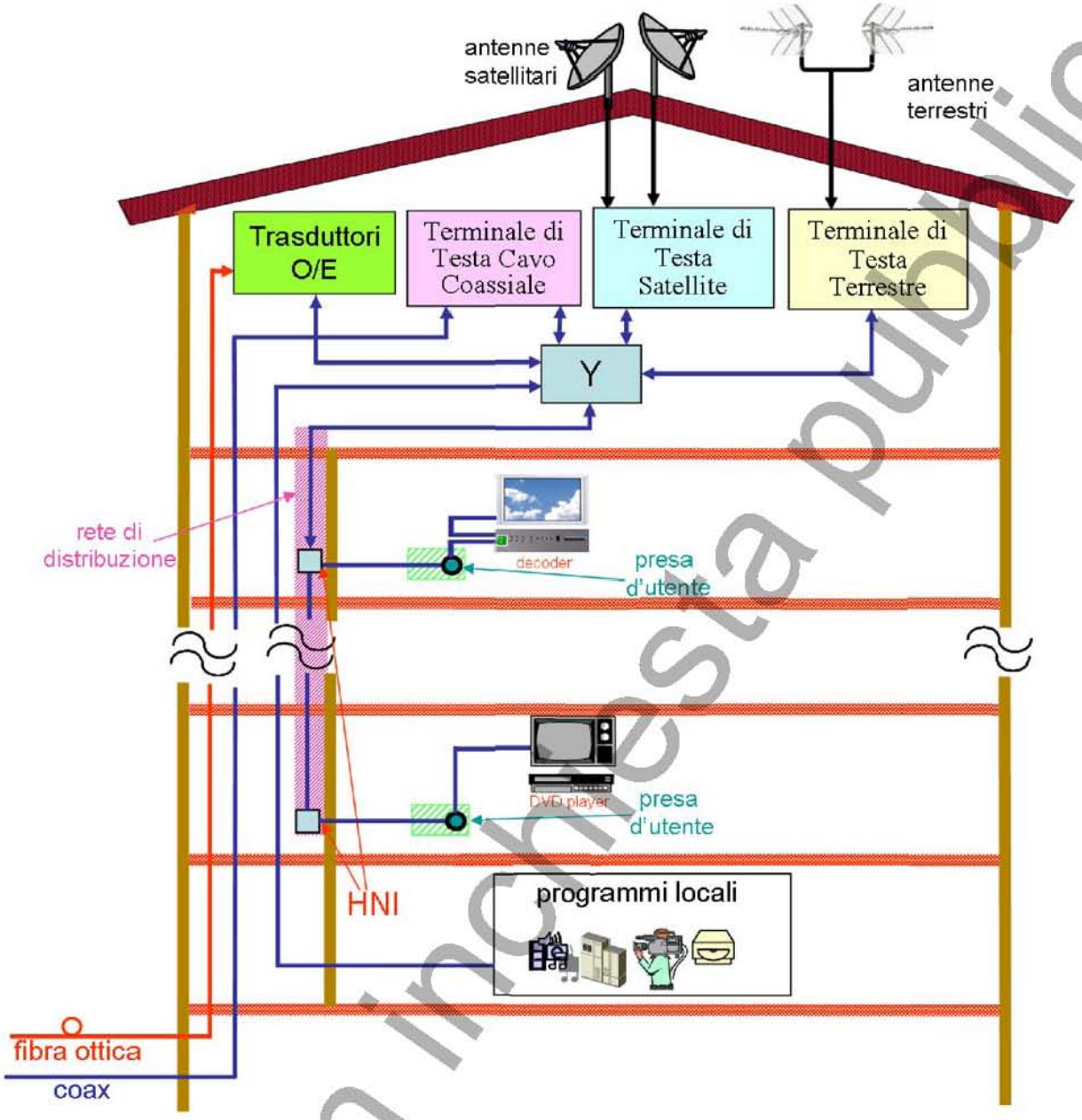


Figura 22 – Struttura generale di un impianto di distribuzione via cavo per i segnali televisivi, sonori e servizi interattivi

Verranno nel seguito descritte le strutture particolari degli impianti per la distribuzione via cavo dei segnali della radiodiffusione terrestre e da satellite, sia di tipo individuale, sia di tipo comunitario o condominiale. Gli eventuali segnali provenienti via cavo coassiale, via fibra ottica, oppure generati localmente, non influenzano in modo di funzionale l'impianto. Essi verranno sommati, nei dovuti modi, ai segnali provenienti da satellite e dalla diffusione terrestre, distribuiti nella rete di distribuzione di edificio e giungeranno combinati alla presa d'utente. Naturalmente dovranno essere distribuiti in modo tale da non sovrapporsi in frequenza con i segnali terrestri e satellitari, equalizzati in ampiezza, per non aggiungere rumore nelle bande di frequenza destinate a altri servizi.

5.1 Distribuzione dei segnali della radiodiffusione terrestre

La struttura degli impianti d'antenna per la ricezione e la distribuzione via cavo dei segnali della radiodiffusione televisiva e radiofonica terrestre dipende dal loro impiego che può essere di tipo individuale o comunitario (impianto centralizzato).

Progetto in inchiesta pubblica

5.1.1 Impianto individuale (appartamento, villetta o piccolo ufficio)

La struttura dell'impianto d'antenna per la ricezione individuale in un appartamento, villetta o piccolo ufficio, il cui schema tipico è riportato nella Figura 23, può contenere amplificatori, ma la rete di distribuzione serve un limitato numero di prese d'utente (tipicamente da 2 a 5). Può essere suddiviso in tre parti principali:

- le antenne riceventi;
- gli amplificatori dei segnali ricevuti;
- la rete di distribuzione, che può essere in derivazione (Figura 23a) oppure a stella (Figura 23b).

La distribuzione a stella all'interno dell'appartamento, villetta o piccolo ufficio, è da preferire per la maggior versatilità e facilità d'introduzione di futuri servizi multimediali e interattivi (vedere anche la Guida CEI 306-2).

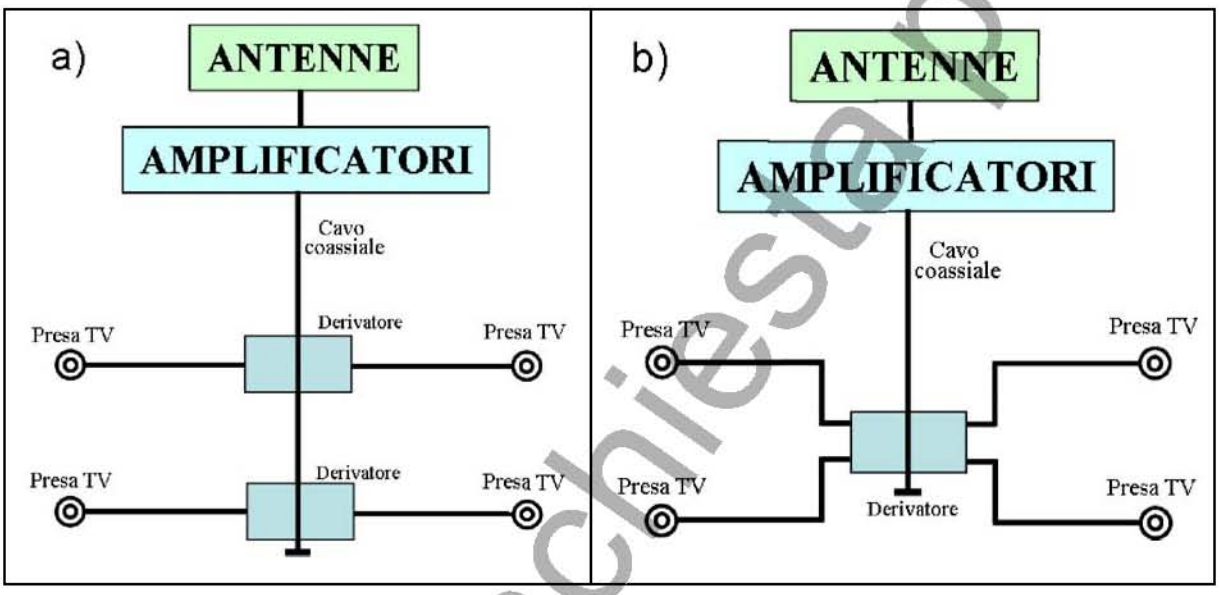


Figura 23 – Esempi di impianto d'antenna di tipo individuale: a) impianto con distribuzione in derivazione; b) impianto con distribuzione a stella

5.1.2 Impianto comunitario

La struttura dell'impianto d'antenna per ricezione comunitaria o condominiale (detto impianto centralizzato d'antenna) può essere ricondotta agli schemi tipici riportati in Figura 24 e in Figura 25, relativi alle due tecniche di distribuzione in cascata ed in derivazione (parallelo). Si osserva che l'impianto centralizzato d'antenna può essere suddiviso in tre parti principali:

- il sistema di antenne riceventi;
- il terminale di testa (o centralino elettronico);
- la rete di distribuzione, in cascata od in derivazione.

La rete di distribuzione in cascata può essere usata per minimizzare la lunghezza dei cavi di distribuzione, quando i locali da dotare di presa televisiva sono sovrapposti, come accade in grandi caseggiati con piccoli appartamenti aventi uguale disposizione delle stanze (soggiorno, camera da letto, ecc.)[5].

La rete di distribuzione in derivazione (o parallelo) viene usata quando la colonna montante (o discendente) può essere alloggiata nelle parti comuni dell'edificio (ad esempio nel vano scale); in tal caso, ad ogni piano, da apposite cassette, si dipartono i cavi che vanno nelle stanze in cui è prevista la presa del segnale televisivo.

(5) Questo tipo di distribuzione è comunque sconsigliato, come indicato anche nel cap. 11.

Progetto in inchiesta pubblica

Se l'appartamento o ufficio deve essere dotato di servizi interattivi, è opportuno che la distribuzione dei segnali televisivi nelle varie stanze venga effettuata con struttura a stella, partendo da un punto (in cui è alloggiato l'armadio del centrostella) scelto in modo da ottimizzare la distribuzione dei segnali nei locali dell'appartamento o ufficio (vedere Guida CEI 306-2, [23]). Inoltre, accanto ad ogni presa d'utente è opportuno disporre di una presa telefonica (o ADSL).

La struttura dell'impianto interno è simile a quella riportata in Figura 23b per la distribuzione dei segnali per la ricezione individuale. In particolare, i segnali televisivi, invece che provenire dalle antenne, vengono forniti dal derivatore d'utente situato al piano. I requisiti dei segnali all'ingresso dell'appartamento (HNI: home network interface) sono fissati dalla Norma IEC 60728-1 e sono descritti nel par. 7.6. Per fornire alle prese d'utente nelle singole stanze un livello di segnale adeguato, può essere necessario introdurre un amplificatore (vedere Figura 25b) per elevare il livello del segnale fornito dal derivatore d'utente al piano. La degradazione della qualità dei segnali (principalmente in termini di riduzione del rapporto C/N) introdotta dall'amplificatore deve essere tenuta in conto nel progetto dell'impianto interno all'appartamento o ufficio. Si consiglia di adottare un derivatore d'utente al piano con attenuazione inferiore a quella che sarebbe necessaria per garantire il disaccoppiamento fra le prese, quando il collegamento avvenisse in modo diretto, cioè senza l'impianto di distribuzione interno all'appartamento o ufficio. La minor attenuazione deve essere almeno pari alla cifra di rumore dell'amplificatore.

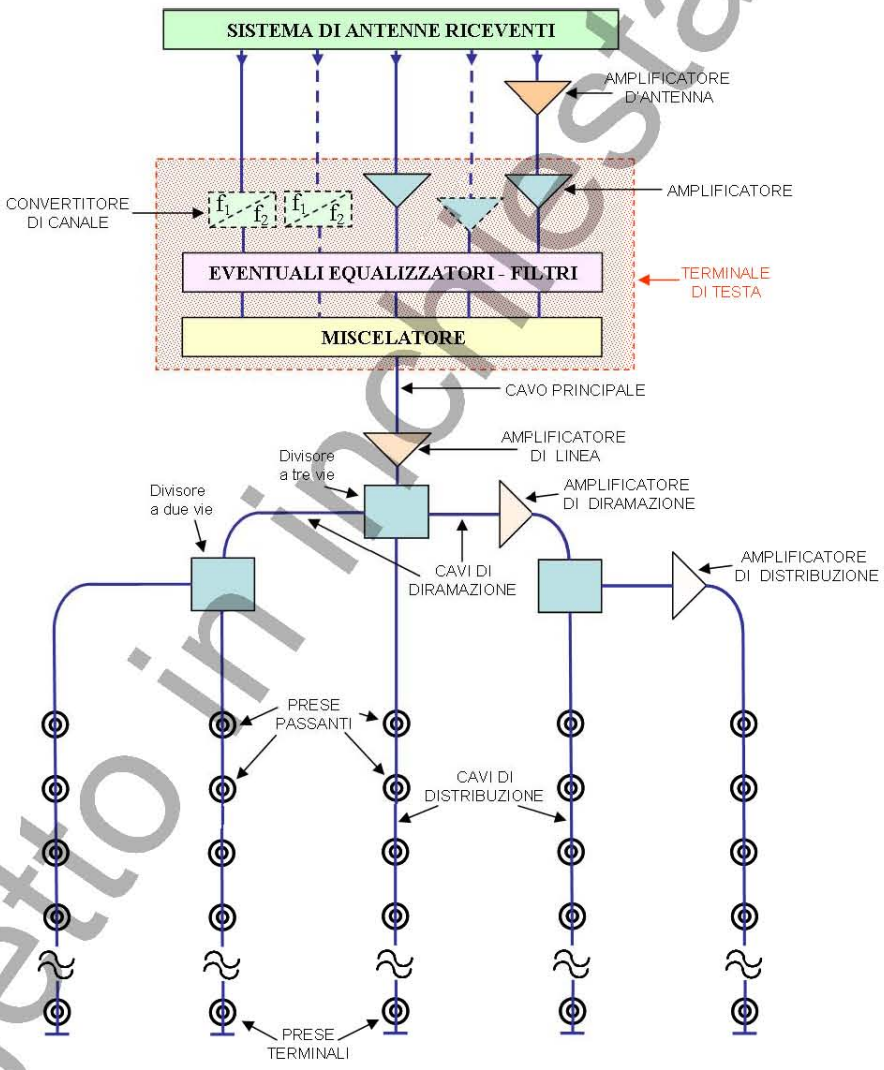


Figura 24 – Esempio di impianto centralizzato d'antenna con rete di distribuzione in cascata

Progetto in inchiesta pubblica

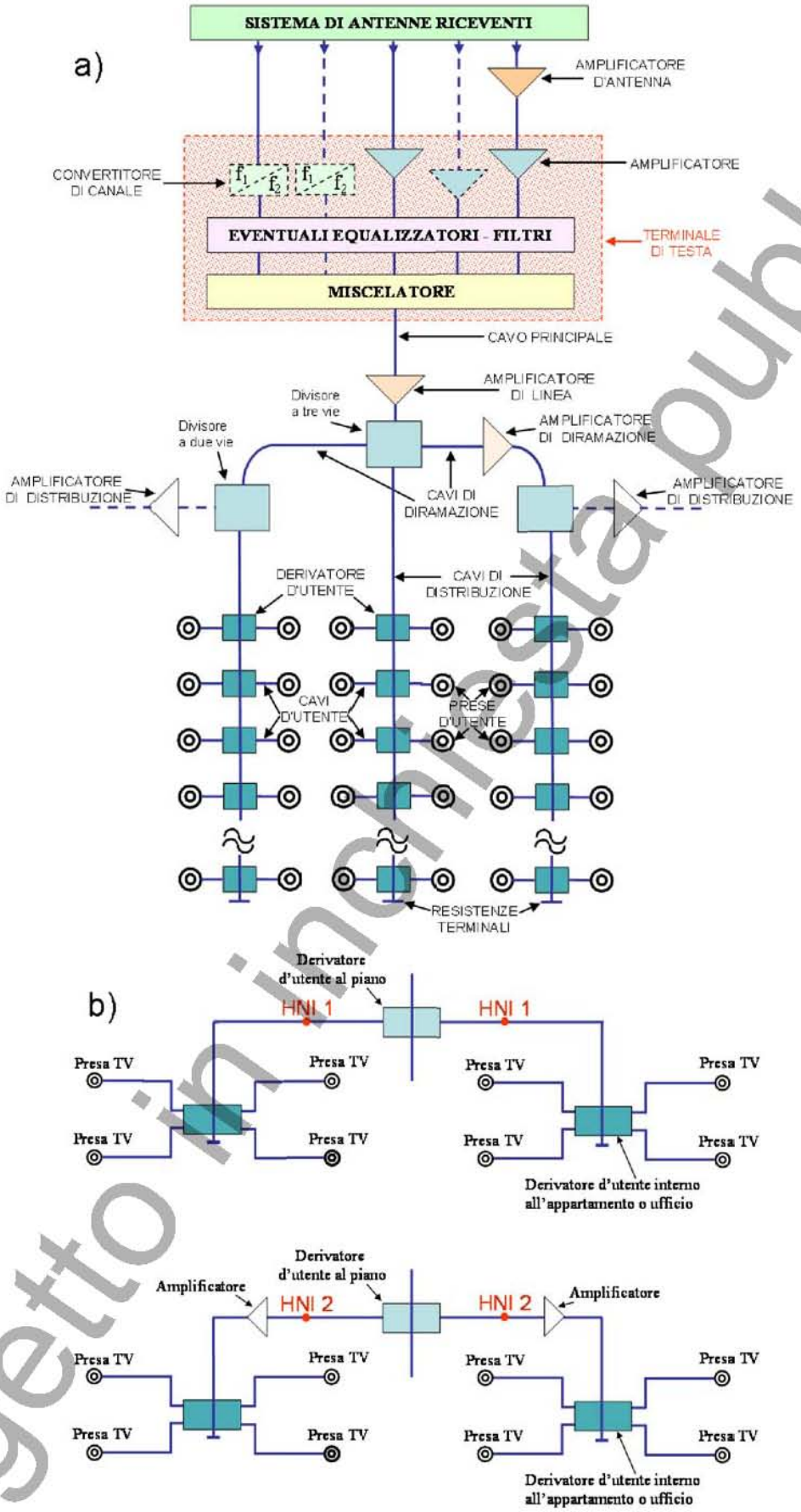


Figura 25 – a) Esempio di impianto centralizzato d'antenna con rete di distribuzione in derivazione (parallelo); b) reti di distribuzione interna (a stella) agli appartamenti o uffici, collegate alla rete di distribuzione in derivazione (parallelo) dell'edificio

Progetto in inchiesta pubblica

5.1.3 Ricezione della televisione digitale terrestre (DVB-T) con gli attuali impianti d'antenna

5.1.3.1 Distribuzione diretta dei segnali con modulazione COFDM

Il piano nazionale di assegnazione delle frequenze per la radiodiffusione televisiva terrestre in tecnica numerica, approvato il 29 Gennaio 2003 dall'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni, prevede l'utilizzo delle bande I e III (VHF), con canali di 7 MHz, e delle bande IV e V (UHF), con canali di 8 MHz. Le stesse gamme di frequenza e larghezze di banda sono anche utilizzate per la televisione analogica.

I segnali della televisione digitale terrestre sono stati progettati per essere totalmente compatibili con gli attuali impianti d'antenna della TV analogica, e questo è garantito in particolar modo quando un canale TV analogico pre-esistente viene utilizzato per la diffusione di un canale numerico, impiegando lo stesso sito trasmittente e con una riduzione di potenza non superiore a 10 dB. Tale scenario si applica molto bene al lancio della televisione digitale terrestre in Italia, data la scarsa disponibilità di nuovi canali liberi e quindi la tendenza degli operatori ad acquisire frequenze "analogiche" da convertire in "numerico". Anche in questo caso non è tuttavia possibile escludere che alcuni impianti d'antenna richiedano interventi tecnici di aggiornamento (ad esempio per scarsa immunità al rumore impulsivo provocato dal traffico automobilistico o da elettrodomestici, per funzionamento non lineare degli amplificatori, per curve di risposta in frequenza o ritardo di gruppo non adeguate, in casi molto rari per scarsa banda delle antenne di canale, ecc.).

Se invece il segnale della televisione digitale terrestre viene diffuso su canali nuovi, cioè non pre-esistenti in tecnica analogica, o da nuovi siti trasmittenti, può essere richiesto un intervento tecnico sugli attuali impianti di antenna.

Nel caso di diffusione del segnale numerico da nuovi siti potrebbe essere necessaria l'installazione di una nuova antenna. È necessaria inoltre una nuova antenna se il canale utilizzato è al di fuori della banda del sistema di antenne esistente.

Il terminale di testa (centralino, a larga banda o canalizzato) dovrà essere adattato se il canale utilizzato è al di fuori della sua banda passante, oppure può essere necessaria una sostituzione (o taratura) di alcuni suoi moduli al fine di rispettare i requisiti di funzionalità dell'impianto riportati nel Cap. 6.

Per quanto riguarda la distribuzione dei segnali numerici (COFDM) per la diffusione televisiva terrestre (DVB-T), oltre alla distribuzione in cui si mantiene inalterato il tipo di modulazione (senza trasmodulazione), è possibile utilizzare una delle tecniche specificate nel seguente paragrafo.

5.1.3.2 Distribuzione dei segnali COFDM dopo trasmodulazione

È possibile distribuire i segnali COFDM dopo averli trasmodulati in QAM (DVB-C) oppure in TV-MA, senza alterare l'occupazione di banda, che rimane di 8 MHz. Nel secondo caso (trasmodulazione in TV-MA) viene scelto uno solo tra i vari programmi televisivi disponibili all'interno del canale ricevuto.

a) *Tecnica con trasmodulatori su canale fisso*

La trasmodulazione dei segnali COFDM avviene nel terminale di testa dove i singoli canali ricevuti possono venire:

- demodulati COFDM (DVB-T) e rimodulati 64 QAM (DVB-C) su opportune portanti nelle bande VHF/UHF;
- demodulati COFDM (DVB-T) e rimodulati d'ampiezza (TV-MA) su opportune portanti nelle bande VHF/UHF.

È opportuno osservare che nel caso di conversione da COFDM a TV-MA si perde la qualità e la quantità di informazioni trasmesse tramite il sistema di televisione digitale terrestre, nonché il requisito della "trasparenza" dell'impianto di distribuzione. Inoltre si noti che tutti i servizi interattivi della TV digitale terrestre in questo caso non saranno utilizzabili.

NOTA Per "trasparenza" si intende un trattamento del segnale che non altera l'insieme delle componenti audio e video in esso contenute, come avviene, ad esempio, nel caso della trasmodulazione da COFDM a QAM.

Progetto in inchiesta pubblica

L'unico vantaggio è che l'utente non deve dotarsi di un sintonizzatore/decodificatore per la televisione digitale terrestre (DVB-T).

b) Tecnica con trasmodulatori telecomandati

È possibile utilizzare sintonizzatori telecomandati con rimodulatori posti nel terminale di testa, che inviano su canali non occupati (ad esempio nella banda 230-470 MHz), dedicati ciascuno ad un solo utente, i canali della diffusione digitale terrestre, dopo trasmodulazione in 64 QAM.

Per il comando a distanza dei sintonizzatori telecomandati può essere usata una tecnica di codifica dei segnali sul canale di controllo appositamente studiata per le apparecchiature della ricezione satellitare ([36] e [37])6. Le caratteristiche del canale di controllo con cui sono inviati i segnali di comando al sintonizzatore telecomandato sono tali da rendere veloce la sintonia, in modo trasparente per l'utente, come se effettuasse la sintonia sul suo apparato televisivo locale.

Si osserva che in entrambi i casi a) e b) per ricevere i canali numerici con modulazione QAM, l'utente deve essere dotato di un apposito sintonizzatore per DVB-C. Nel secondo caso, inoltre, il ricevitore dell'utente deve implementare il sistema di controllo del trasmodulatore remoto tramite il canale di controllo.

5.2 Distribuzione dei segnali della radiodiffusione da satellite

Le bande di frequenza assegnate al servizio di radiodiffusione satellitare sono quelle chiamate FSS, DBS e SMS, come riportato in 4.1.1.2.

Le bande suddette vengono utilizzate per il servizio DTH (Direct To Home) da alcune posizioni orbitali, quali la 13°est (Eutelsat) e la 19,2°est (ASTRA), per la ricezione individuale domestica dei segnali radiotelevisivi diffusi da satellite.

5.2.1 Impianto individuale (utente singolo, appartamento, villetta o piccolo ufficio)

5.2.1.1 Utente singolo

In Figura 26 è riportato il caso più semplice relativo alla ricezione individuale (da parte di un solo utente dotato di un unico televisore) dei segnali diffusi da satellite, insieme con i segnali della radiodiffusione televisiva terrestre.

Si osserva che per la ricezione dei canali diffusi da satellite occorre un'antenna (paraboloide) con associato un convertitore dei canali (LNB: Low Noise Block Converter) atto a ricevere la banda dei segnali desiderati ed a convertirli in blocco nella banda della 1ªFI (1ª Frequenza Intermedia: da 950 MHz a 2.150 MHz). In molti casi, soprattutto nella descrizione dei prodotti commerciali, si usa l'acronimo 1stIF, di provenienza anglosassone (First Intermediate Frequency).

Il convertitore dei canali (LNB) è usualmente del tipo pluribanda (FSS, DBS, SMS). La scelta della banda da ricevere viene generalmente ottenuta inviando (o no) al convertitore LNB un tono a 22 kHz, tramite il cavo coassiale che trasferisce il segnale di uscita alla 1ªFI dal convertitore dei canali (LNB) al sintonizzatore posto presso l'utente. Tale tono comanda la commutazione dell'oscillatore locale (O.L.) del convertitore dalla frequenza di 9,75 GHz (per la ricezione della parte bassa della banda) a quella di 10,6 GHz (per la ricezione della parte alta della banda).

(6) Il canale di controllo può utilizzare la tecnica DiSEqC, se i dispositivi passivi usati nella rete di distribuzione sono in grado di trasmettere segnali di bassa frequenza (22 kHz).

Progetto in inchiesta pubblica

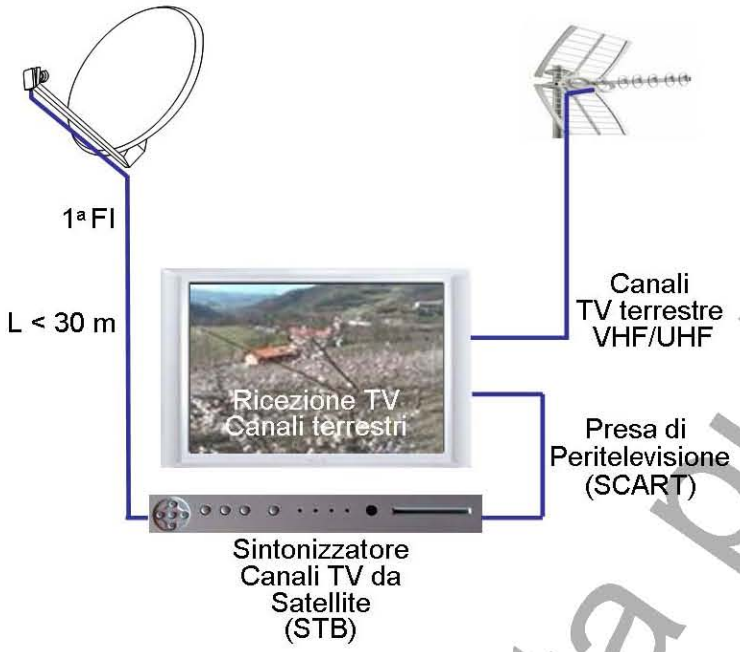


Figura 26 – Esempio di impianto d'antenna di tipo individuale (utente singolo) per la ricezione dei canali televisivi terrestri e da satellite

In Figura 27 si osserva che i canali centrali della banda della diffusione da satellite (da 11,55 a 11,9 GHz) vengono convertiti entro la banda della 1ªFI sia quando l'oscillatore locale ha valore di 9,75 GHz sia quando viene commutato a 10,6 GHz.

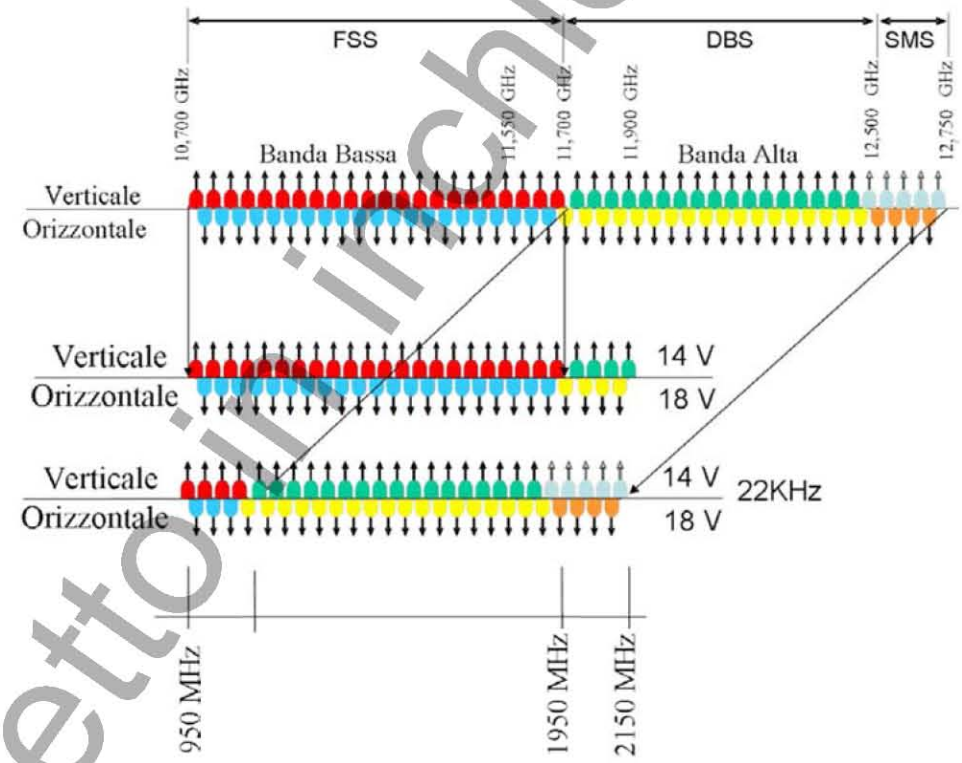


Figura 27 – Conversione delle bande della diffusione da satellite (FSS, DBS, SMS) nella banda della 1ªFI mediante il convertitore universale (LNB universale) avente la frequenza dell'oscillatore locale (f_{OL}) commutabile da 9,75 GHz a 10,6 GHz

Progetto in inchiesta pubblica

Nel convertitore dei canali (LNB) è integrato un dispositivo (polarizzatore) che sceglie la polarizzazione orizzontale o verticale. Il comando per la scelta della polarizzazione viene inviato tramite il cavo coassiale che trasferisce il segnale di uscita alla 1ª FI dal convertitore dei canali (LNB) al sintonizzatore dell'utente, generalmente commutando la tensione di alimentazione del convertitore LNB da 14 V a 18 V (valori nominali).

Pertanto, è sufficiente un solo cavo coassiale di connessione fra il convertitore LNB ed il sintonizzatore dei canali TV da satellite. Il cavo deve avere un'attenuazione non superiore ai 10 dB alle frequenze intorno a 2 GHz, che, per i cavi di normale utilizzo per questi impieghi, corrisponde a circa 30 m di lunghezza

La potenza irradiata (EIRP: Effective Isotropic Radiated Power) dai satelliti per radiodiffusione diretta è usualmente rilevante, in genere intorno a valori superiori a 50 dB(W). In tali casi l'antenna ricevente può essere di diametro inferiore al metro (fino a 60 cm): si tratta di servizio DTH (Direct To Home).

Talvolta, per la ricezione di più di una posizione orbitale si utilizzano antenne dual feed o motorizzate (individuale),

5.2.1.2 Appartamento, villetta o piccolo ufficio

Per la ricezione dei segnali della radiodiffusione televisiva da satellite in un appartamento, villetta o piccolo ufficio, occorre utilizzare la tecnica di ricezione riportata in Figura 28, al fine di rendere disponibili tutti i canali ricevuti ai singoli utenti dislocati nei vari locali.

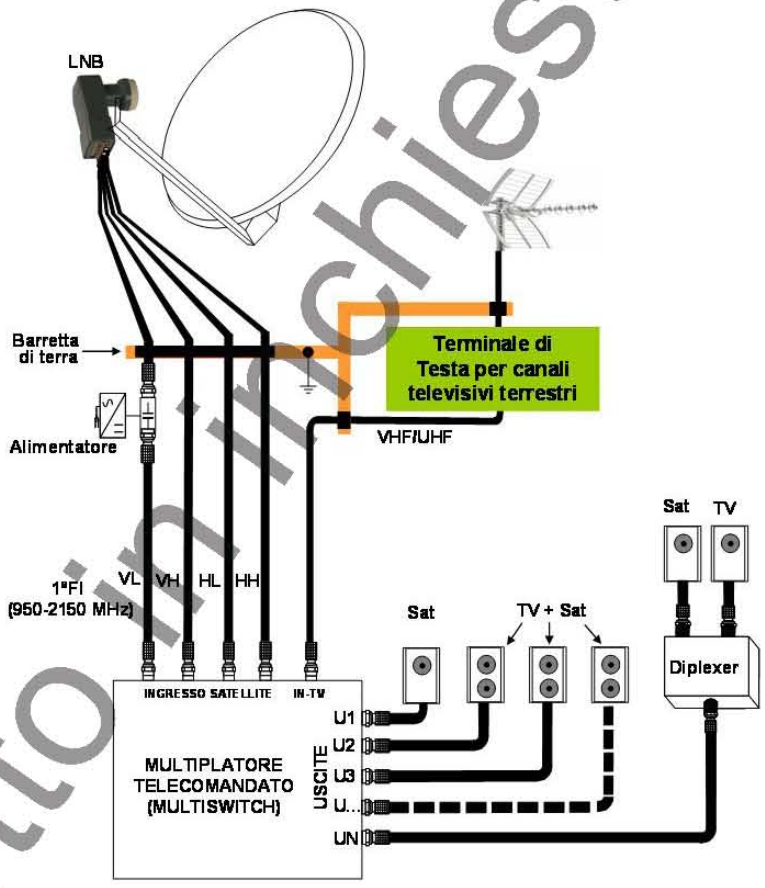


Figura 28 – Esempio di impianto d'antenna per la ricezione dei canali televisivi terrestri e da satellite in un appartamento, villetta o piccolo ufficio

Progetto in inchiesta pubblica

Il convertitore LNB deve essere del tipo a 4 uscite, al fine di rendere disponibili contemporaneamente i segnali delle due polarizzazioni (verticale e orizzontale) e delle due bande (alta e bassa). Nella Figura 29 è riportato il posizionamento dei segnali satellitari sui 4 cavi che escono dal convertore LNB. La tecnica di distribuzione più opportuna del segnale ad ogni presa è quella con commutatori telecomandati (multiswitch) al fine di rendere disponibili tutti i canali ricevuti a tutte le prese d'utente dislocate nei vari locali dell'appartamento, villetta o ufficio.

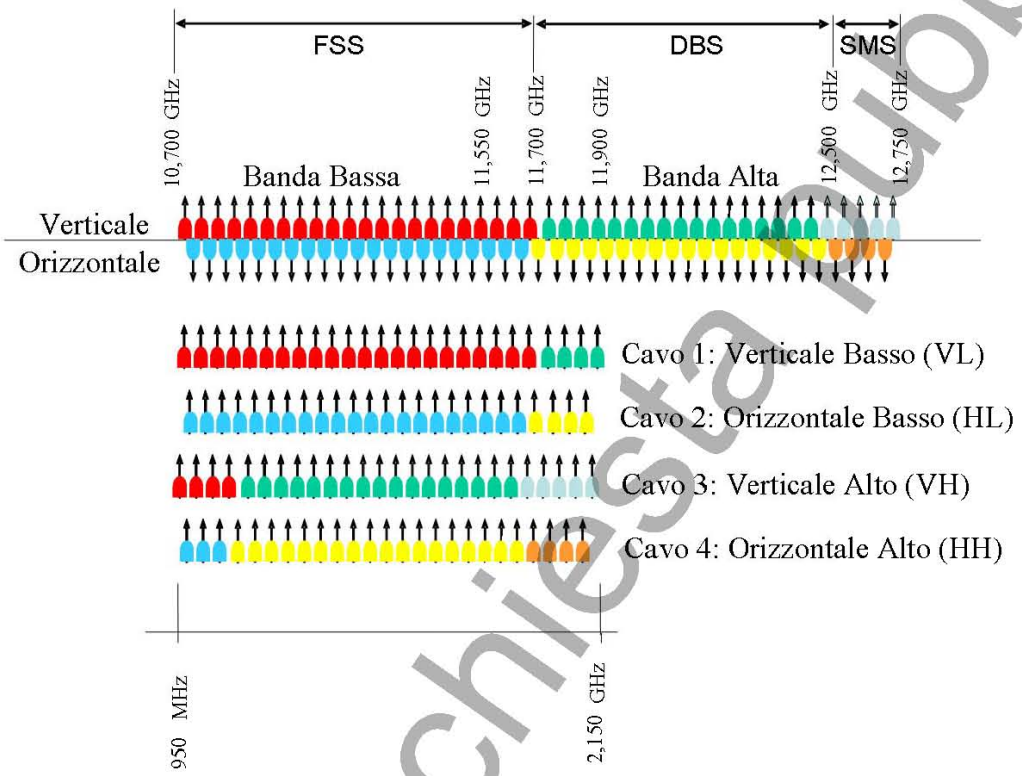


Figura 29 – Posizionamento dei segnali satellitari sui 4 cavi di un sistema multiswitch

Nel caso in cui i ricevitori degli utenti connessi alle prese siano in grado di fornire la corrente necessaria ad alimentare sia il multiswitch, sia l'LNB, l'alimentatore indicato in Figura 28 può non essere necessario. La selezione delle polarizzazioni e delle bande in uscita al multiswitch sono controllate con la stessa procedura che si utilizza con gli LNB dell'esempio di Figura 26 e spiegato nella Figura 27. Le indicazioni VH (Vertical High), verticale alto; VL (Vertical Low), verticale basso; HH (Horizontal High), orizzontale alto; HL (Horizontal Low), orizzontale basso; sono riportate nella stessa forma in cui sono riportati sugli apparati commerciali.

Una seconda possibilità, utilizzabile nel caso di appartamenti, villette o piccoli uffici, è quello illustrato in Figura 30 con alcune limitazioni. In questo caso l'LNB ha un certo numero di uscite, ciascuna delle quali ha le caratteristiche dell'uscita dell'LNB dell'impianto singolo, illustrato in Figura 26. Le limitazioni consistono nel fatto che la distribuzione dei segnali satellitari deve essere a stella a partire dall'LNB fino alle prese d'utente. Il sistema non è scalabile, nel senso che le utenze collegabili corrispondono al numero di connettori di uscita dell'LNB installato. I prodotti commerciali solitamente prevedono un numero di uscite che sono potenze di due (2, 4, 8).

Progetto in inchiesta pubblica

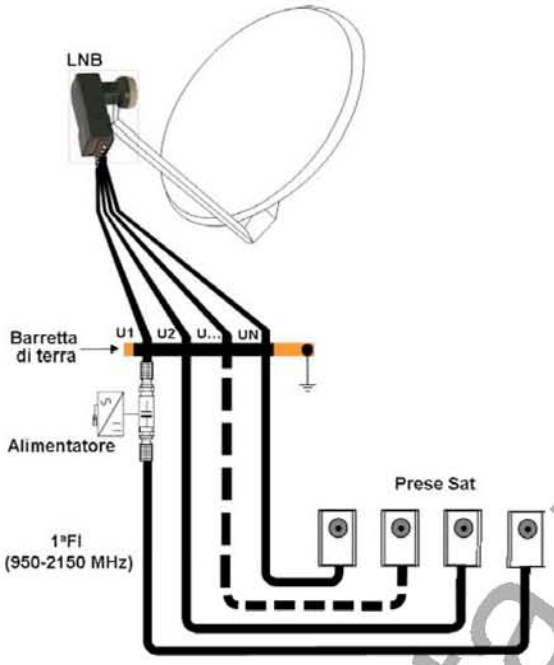


Figura 30 – Esempio di impianto d'antenna per la ricezione dei canali televisivi satellitari in un appartamento, villetta o piccolo ufficio, con LNB avente il multiswitch incorporato

5.2.2 Impianto comunitario

Si riportano nel seguito le principali tecniche di ricezione e distribuzione usate negli impianti centralizzati. Alcune di esse sono di uso generale e trovano ampia applicazione nella maggior parte dei casi, come la multicavo di Figura 32; altre tecniche sono meno usate e servono per soddisfare le esigenze di distribuzione dei segnali in alcuni casi particolari.

5.2.2.1 Distribuzione nella banda della 1ªFI

La tecnica di distribuzione nella banda della 1ªFI consente di inviare all'utente i segnali ricevuti con la stessa modulazione con cui sono irradiati dal satellite (modulazione di frequenza per i canali analogici: TV-MF, oppure modulazione QPSK per i canali numerici: DVB-S).

a) Tecnica monocavo

In Figura 31 è riportata la tecnica di distribuzione nella banda della 1ªFI utilizzando un solo cavo coassiale (tecnica monocavo); tale tecnica richiede che la rete di distribuzione venga resa adatta a trasmettere segnali fino ad oltre 2 GHz (2150 MHz). Pertanto, qualora i cavi ed i dispositivi passivi, o eventuali dispositivi attivi, non siano compatibili con tale banda, occorre sostituire sia i cavi coassiali, sia i dispositivi passivi (divisori di potenza, derivatori d'utente, prese d'utente) o attivi (eventuali amplificatori) presenti nella rete di distribuzione. I casi con limitazione di banda corrispondono in genere a tutti gli impianti progettati originariamente per la sola radiodiffusione televisiva terrestre (47 ÷ 862 MHz).

Per la ricezione dei canali con differente polarizzazione, occorre disporre di un LNB con quattro uscite (una per ogni polarizzazione e per ogni valore dell'oscillatore locale). I canali ricevuti dalle diverse polarizzazioni e bande non possono essere inviati insieme su un unico cavo di distribuzione (nella banda della 1ªFI), per evidente sovrapposizione di banda fra le quattro 1ªFI.

Progetto in inchiesta pubblica

La distribuzione nella banda della 1ªFI ha una capacità massima di circa 30 canali, mentre il numero di canali ricevibili tramite il convertitore LNB (con 4 uscite) è molto superiore. Pertanto, occorre scegliere fra i canali ricevuti dalle due polarizzazioni e dalle varie bande quelli di maggior interesse per gli utenti. Tale risultato si ottiene elaborando (vedere Figura 31) nel terminale di testa i segnali ricevuti mediante opportuni convertitori di canale e filtri elimina-banda, per eliminare alcuni canali (quelli non desiderati dagli utenti) e convertire al loro posto altri canali (quelli desiderati dagli utenti), ma ricevuti su altra polarizzazione o su altra banda.

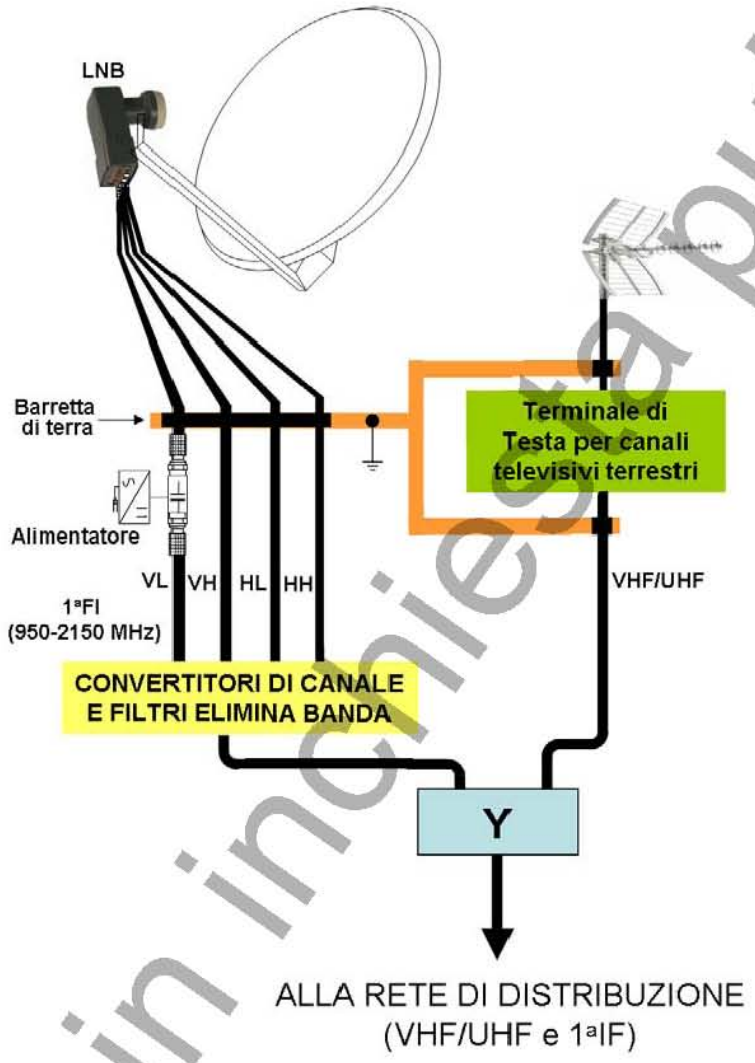


Figura 31 – Esempio di impianto d'antenna per canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione alla 1ªFI (tecnica monocavo)

b) Tecnica multicavo

Nel caso interessi distribuire agli utenti tutti i canali ricevuti in tutte le bande (FFS, DBS e SMS) e con tutte le polarizzazioni oppure i canali provenienti da più satelliti, occorre utilizzare la tecnica riportata in Figura 32, dove la rete di distribuzione viene realizzata usando più cavi di distribuzione. In tal caso la capacità trasmissiva della rete di distribuzione aumenta notevolmente, ma la sua attuazione è limitata da considerazioni sia di costo, sia di disponibilità delle necessarie infrastrutture per il passaggio dei cavi e il posizionamento dei dispositivi multiswitch nell'edificio. Per superare i problemi relativi alle dimensioni limitate delle canalette si possono utilizzare cavi coassiali di piccolo diametro (3 mm), se è accettabile la maggiore attenuazione introdotta da tali cavi.

Progetto in inchiesta pubblica

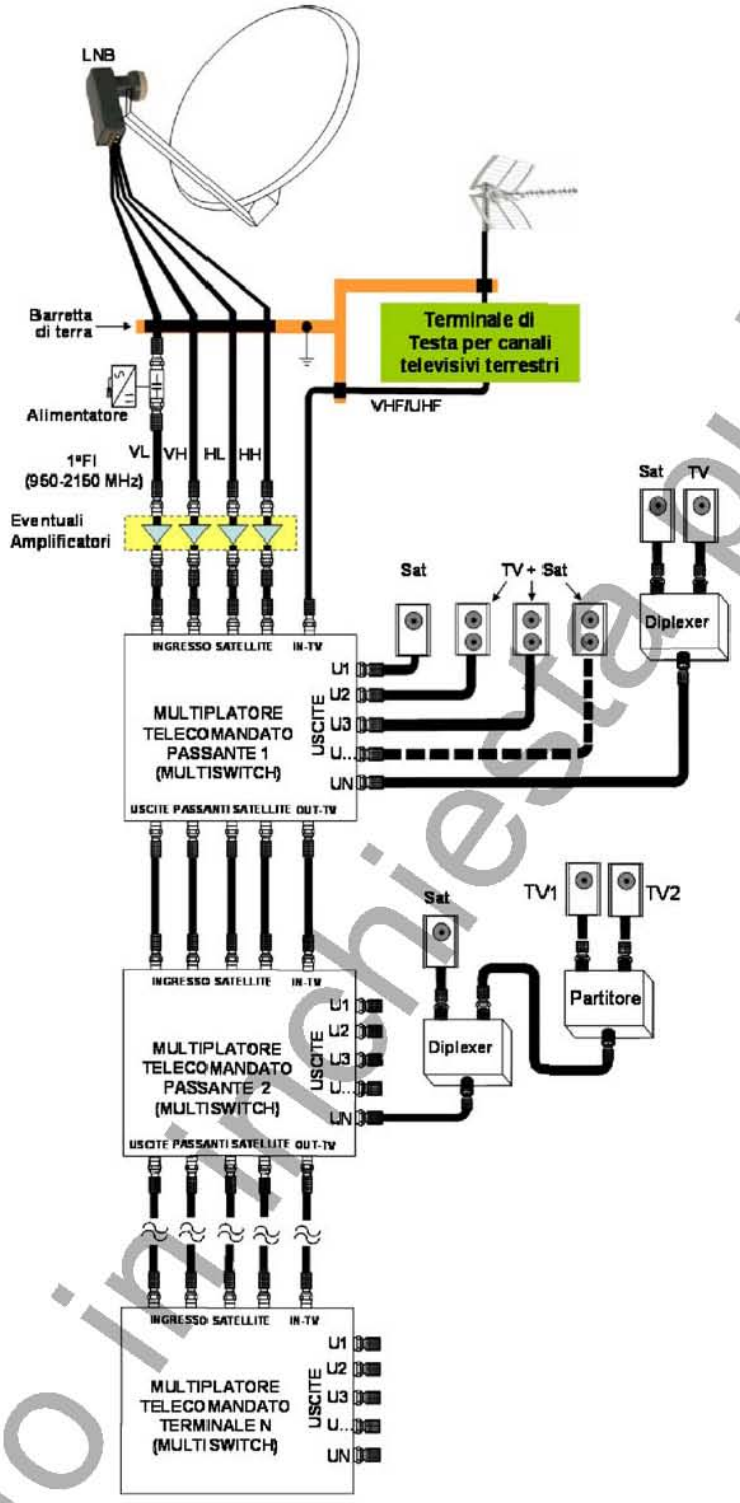


Figura 32 – Esempio di impianto d'antenna per canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione alla 1ªFI con più cavi (tecnica multicavo) e con multiplatori telecomandati (multiswitch)

I multiswitch presenti sul mercato permettono di distribuire in modo completo sino a 4 posizioni orbitali ed oltre, anche se nella pratica ci si limita nella maggio parte dei casi a una o due posizioni orbitali. Ad ogni posizione orbitale corrispondono 4 cavi nella colonna montante dell'edificio. Nel caso di distribuzione di più posizioni orbitali è necessario che il ricevitore d'utente sia in grado di realizzare il protocollo di selezione delle varie posizioni orbitali DiSEqC. Il numero di uscite verso le prese degli utenti è in genere pari, 2, 4, 6, 8, ecc, fino ad un massimo di 16. I progettisti possono scegliere se posizionare un multiswitch per piano, o raggruppare le utenze di più piani da connettere ad un unico dispositivo.

Progetto in inchiesta pubblica

Dopo un certo numero di multiswitch in cascata, può essere necessario amplificare il segnale per evitare una eccessiva attenuazione. Tuttavia non si può in genere superare i tre, quattro stadi di amplificazione, per non peggiorare troppo il rapporto segnale rumore. In caso di necessità tenere presenti le indicazioni dei produttori dei dispositivi.

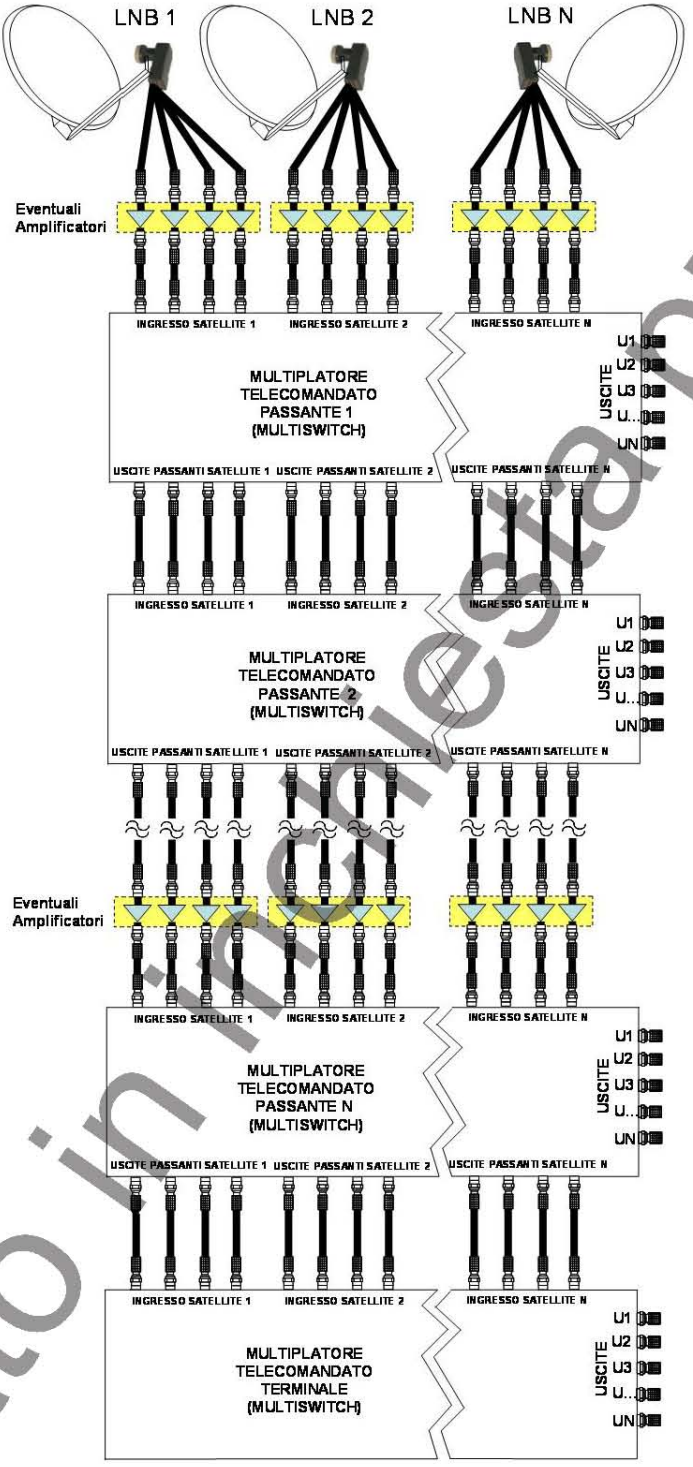


Figura 33 – Schematizzazione di un sistema di distribuzione di edificio espandibile a N posizioni satellitari ed a U_N Uscite

Progetto in inchiesta pubblica

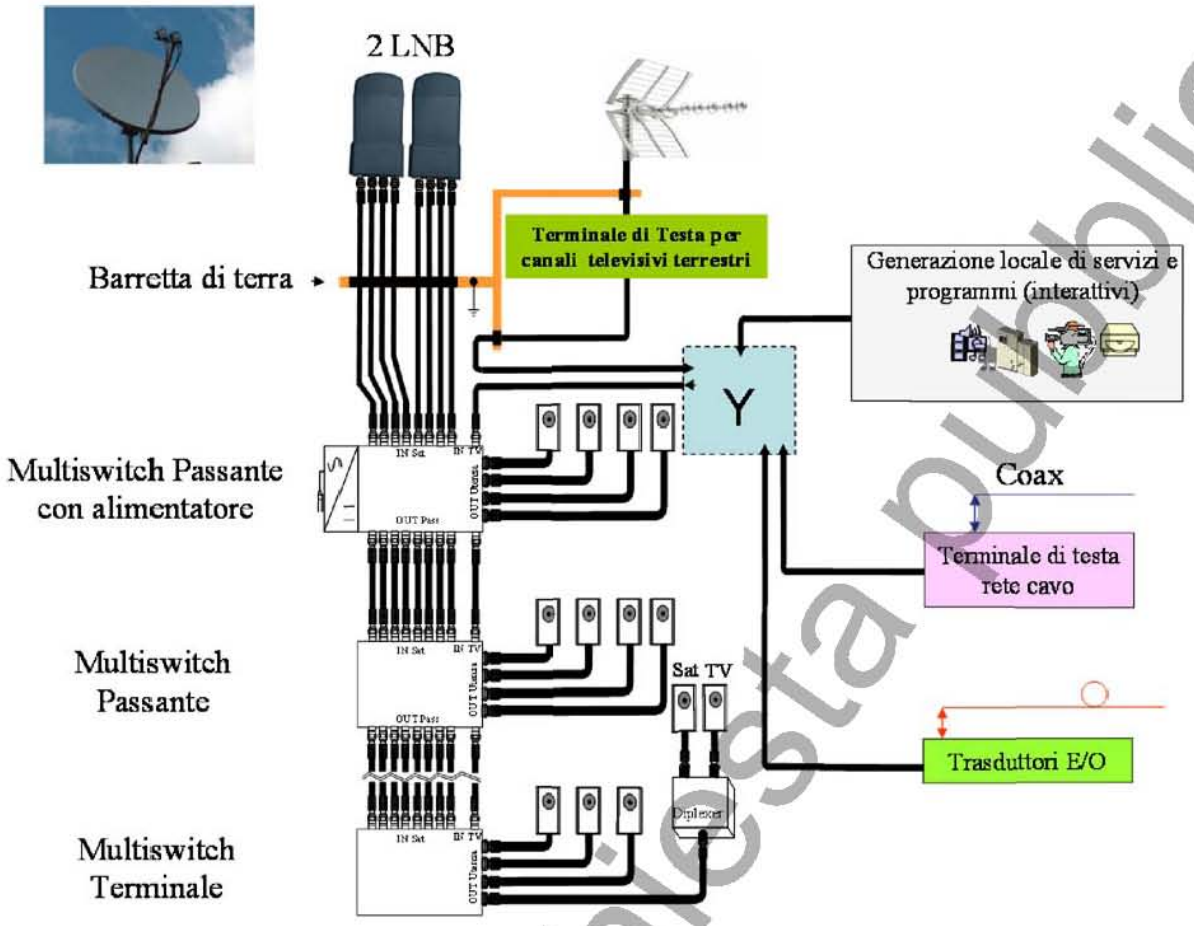


Figura 34 – Schematizzazione dell'impianto di edificio, con le stesse caratteristiche dell'impianto generico di Figura 22, realizzato con distribuzione multiswitch, per la ricezione satellitare di 2 posizioni orbitali.

c) Sistema SCR (Single Cable Router)

I sistemi a multiplazione prevedono una connessione punto a punto fra l'uscita del multiswitch e la presa satellitare d'utente. In molti casi, questa tecnica incontra delle difficoltà di realizzazione, almeno nelle abitazioni in cui l'impianto viene installato come aggiornamento di una installazione preesistente.

Quando una derivazione di utente deve servire più prese satellitari, questo sistema può essere una risposta. Funziona nel seguente modo: ad ogni utente connesso viene destinata una parte della banda 1ª IF satellitare compresa fra 950 MHz e 2150 MHz. Il STB satellitare SCR può comunicare o con dei multiswitch SCR o con degli LNB SCR (contenenti anche il multiswitch). Il STB si sintonizza sulla frequenza "concordata" in fase di installazione con la porta del multiswitch cui è connesso (nella banda IF satellitare) e si aspetta di ricevere su quella frequenza le informazioni del "*trasponder*" satellitare che si desidera ricevere. Il STB satellitare SCR invia al multiswitch, utilizzando i protocolli DiSEqC, le informazioni necessarie a informare su quale "*transponder*" l'utente desidera ricevere. Il multiswitch inserirà il flusso dati del "*transponder*" desiderato sulla frequenza destinata a quel ricevitore. In questo modo la parte di impianto connessa all'uscita di un multiswitch SCR (nel caso di ricezione di un singolo utente, esistono anche LNB SCR) potrà ricevere tutti i programmi che il multiswitch è in grado di gestire.

La soluzione consente di utilizzare un unico cavo coassiale per un certo numero di ricevitori. Il numero massimo di ricevitori che è possibile connettere ad un'unica uscita previsto è di 8. Nei sistemi SCR è necessario, almeno nelle soluzioni commerciali proposte fino ad oggi, che l'impianto permetta il passaggio dei segnali di controllo in bassa frequenza. Infatti la selezione dei programmi avviene utilizzando il protocollo DiSEqC-ST (Digital Satellite Equipment Control) a 22kHz.

Progetto in inchiesta pubblica

Nella Figura 35 è riportato un esempio di possibile applicazione della tecnica SCR nell'impiantistica di edificio e di appartamento

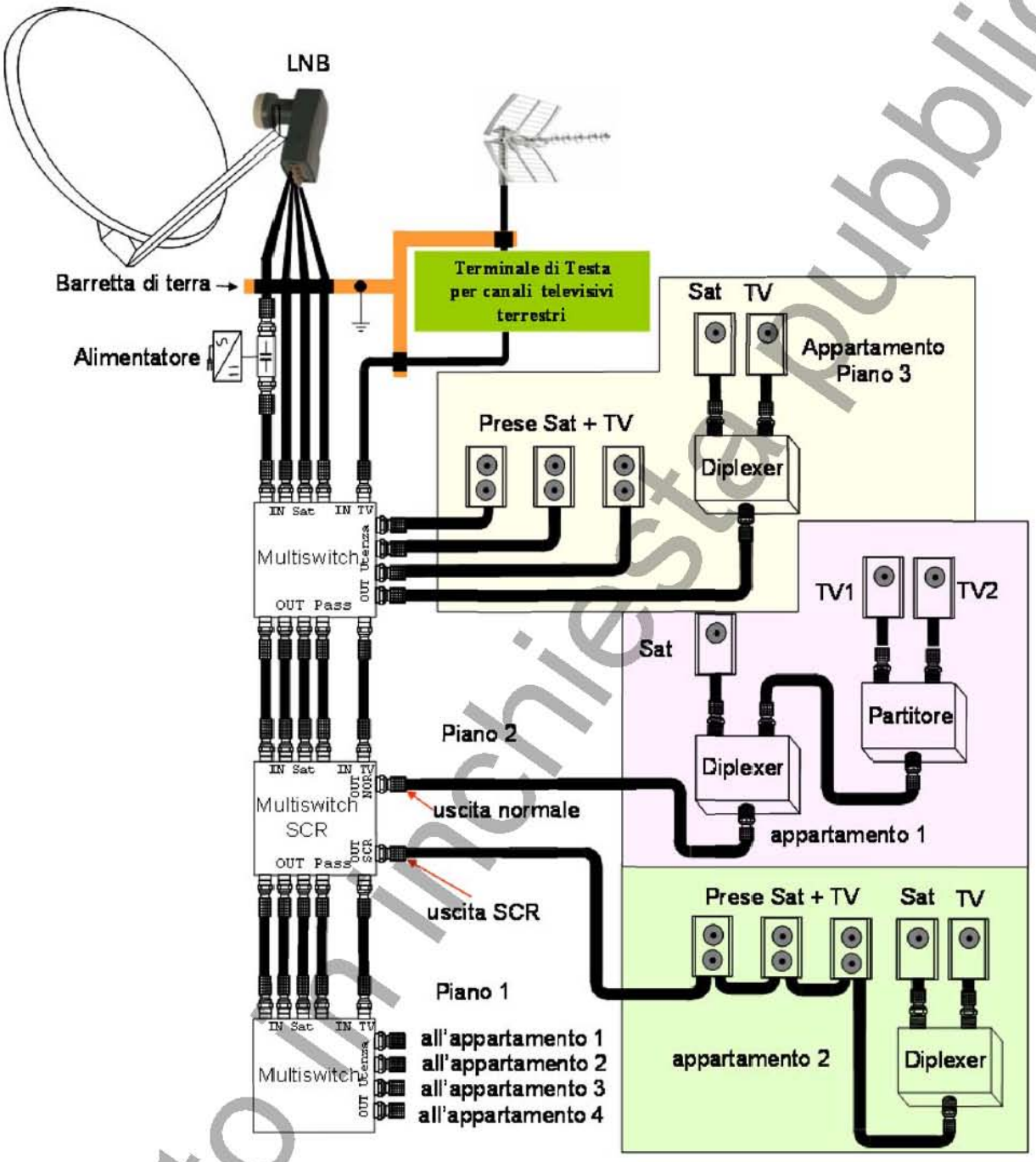


Figura 35 – Esempio di impianto di edificio con distribuzione utilizzante la tecnica a multiplazione e SCR

d) Tecnica a sintonia remota

Negli impianti di tipo condominiale è possibile utilizzare una tecnica detta a sintonia remota, che permette di portare ad ogni utente tutti i canali ricevuti dall'antenna, come se si trattasse di una ricezione individuale. La limitazione sul numero degli utenti è di circa 30 per ogni colonna di distribuzione, poiché il numero di canali disponibili nella banda della 1ªFI è appunto di circa 30.

Progetto in inchiesta pubblica

Ad ogni utente viene assegnato un canale nella banda della 1ªFI e mediante appositi convertitori di canale (da 1ªFI a 1ªFI) telecomandati dall'utente (attraverso un canale di controllo predisposto nella rete di distribuzione), si sceglie il canale desiderato fra tutti quelli disponibili all'uscita del convertitore LNB (vedere Figura 36). Il canale scelto viene ulteriormente convertito sul canale della 1ªFI assegnato all'utente e da questo ricevuto (sempre su quel canale) dal suo apparato (Set Top Box) posto presso il televisore.

Per il comando a distanza dei convertitori di frequenza può essere usata una tecnica di codifica dei segnali sul canale di controllo appositamente studiata per le apparecchiature della ricezione satellitare (si vedano [36] e [37]). Le caratteristiche del canale di controllo con cui sono inviati i segnali di comando al convertitore di canale telecomandato sono tali da rendere veloce la sintonia, in modo trasparente per l'utente, come se effettuasse la sintonia sul suo apparato televisivo locale. Il ricevitore d'utente deve implementare il sistema di controllo del convertitore di canale remoto tramite il canale di controllo(7).

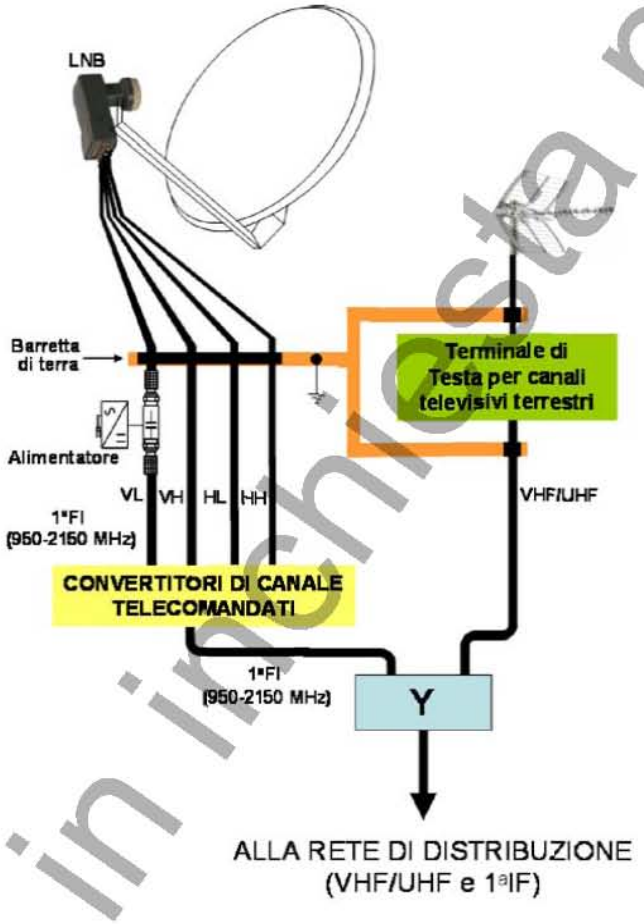


Figura 36 – Esempio di tecnica di distribuzione nella banda della 1ªFI con convertitori di canale telecomandati dall'utente (tecnica a sintonia remota)

5.2.2.2 Distribuzione nella banda 230-470 MHz

Nel caso in cui non si desideri effettuare modifiche alla rete di distribuzione esistente per i segnali della radiodiffusione televisiva terrestre, è possibile distribuire (Figura 37) alcuni canali ricevuti da satellite, conservando la loro modulazione (analogica: TV-MF, o numerica: QPSK) originale, ma utilizzando la banda da 230 MHz a 470 MHz, non usata nella radiodiffusione televisiva terrestre. Tale possibilità si presenta interessante in una prima fase di introduzione dei canali diffusi da satellite in un impianto condominiale, al fine di minimizzare la spesa da parte degli utenti, non essendo necessario sostituire la rete di distribuzione.

(7) Il canale di controllo può utilizzare la tecnica DiSEqC, se i dispositivi passivi usati nella rete di distribuzione sono in grado di trasmettere segnali di bassa frequenza (22 kHz)

Progetto in inchiesta pubblica

Il numero di canali che si può immettere in detta banda è di circa 5-6, tenendo conto della larghezza di banda dei canali diffusi da satellite e della spaziatura richiesta fra di essi. Anche in questo caso può essere utilizzata la tecnica a sintonia remota con una limitazione a 5-6 sul numero degli utenti.

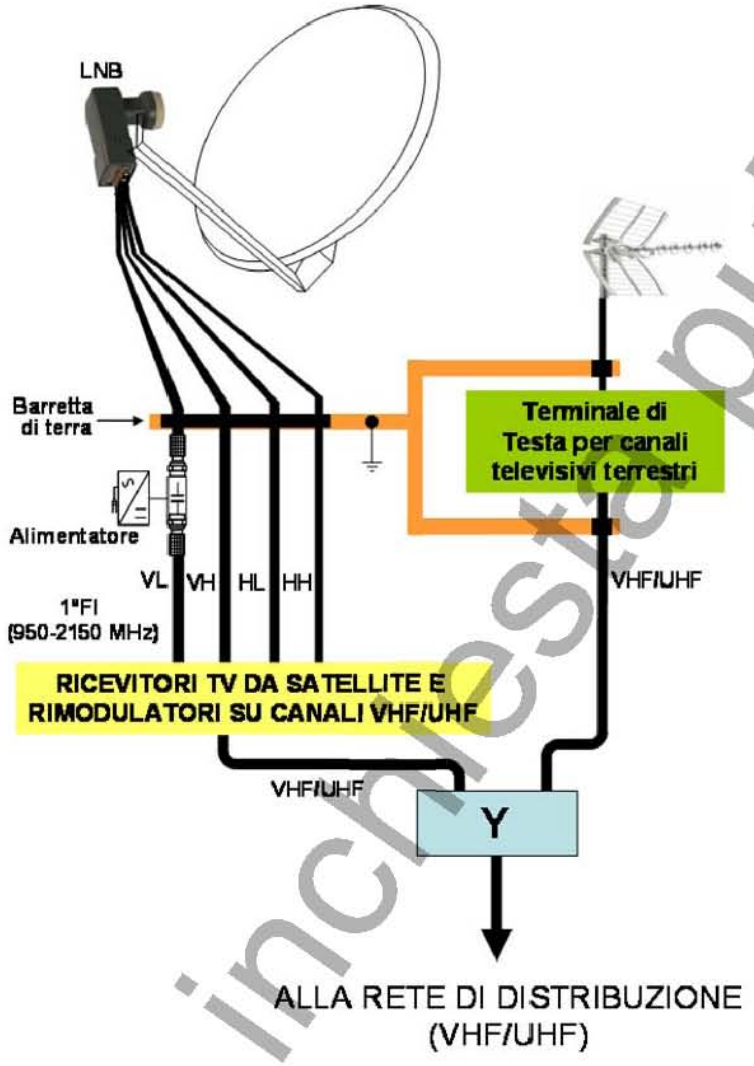


Figura 37 – Esempio di impianto d'antenna per canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione nella banda 230-470 MHz

5.2.2.3 Distribuzione nelle bande VHF/UHF dopo trasmodulazione da MF a MA (canali analogici) o da QPSK a QAM o TV-MA (canali numerici)

Negli impianti d'antenna con rete di distribuzione di grandi dimensioni (impianti di CATV, Cable Television), dove non è possibile distribuire alla 1ªFI oppure multiplare la rete di distribuzione, occorre ridurre l'occupazione di banda dei canali televisivi, al fine di massimizzare il numero dei canali distribuiti; tale fine si ottiene:

- per i canali della televisione analogica, convertendo la modulazione di frequenza (TV-MF) dei segnali ricevuti da satellite in modulazione d'ampiezza (TV-MA) e scegliendo fra i canali audio (vedere par. 4.1.1.2) quello associato al programma video;
- per i canali della televisione digitale, convertendo la modulazione QPSK (DVB-S) in modulazione QAM (DVB-C) oppure TV-MA, con occupazione di banda di 8 MHz. In questo secondo caso viene scelto uno solo tra i vari programmi televisivi disponibili all'interno del canale ricevuto.

Progetto in inchiesta pubblica

a) Tecnica con trasmodulatori su canale fisso

Senza modificare la rete di distribuzione usata per i canali televisivi terrestri, è possibile (vedere Figura 38) inserire un certo numero di canali ricevuti da satellite, avendo reso la loro modulazione del tutto simile a quella della radiodiffusione televisiva terrestre analogica (TV-MA) o a quella digitale (DVB-C) prevista per la distribuzione via cavo, a quella digitale (DVB-T) prevista per la distribuzione digitale terrestre. Tali elaborazioni dei segnali sono effettuate nel terminale di testa dove i singoli canali ricevuti vengono:

- demodulati di frequenza (TV-MF) e rimodulati d'ampiezza (TV-MA) su opportune portanti nelle bande VHF/UHF;
- demodulati QPSK (DVB-S) e rimodulati QAM (DVB-C) su opportune portanti nelle bande VHF/UHF;
- demodulati QPSK (DVB-S) e rimodulati COFDM (DVB-T) su opportune portanti nelle bande VHF/UHF;
- demodulati QPSK (DVB-S) e rimodulati d'ampiezza (TV-MA) su opportune portanti nelle bande VHF/UHF.

È opportuno osservare che nel caso di conversione da TV-MF o da QPSK a TV-MA, si perde la qualità e la quantità di informazioni trasmesse da satellite, nonché il requisito della "trasparenza" dell'impianto di distribuzione.

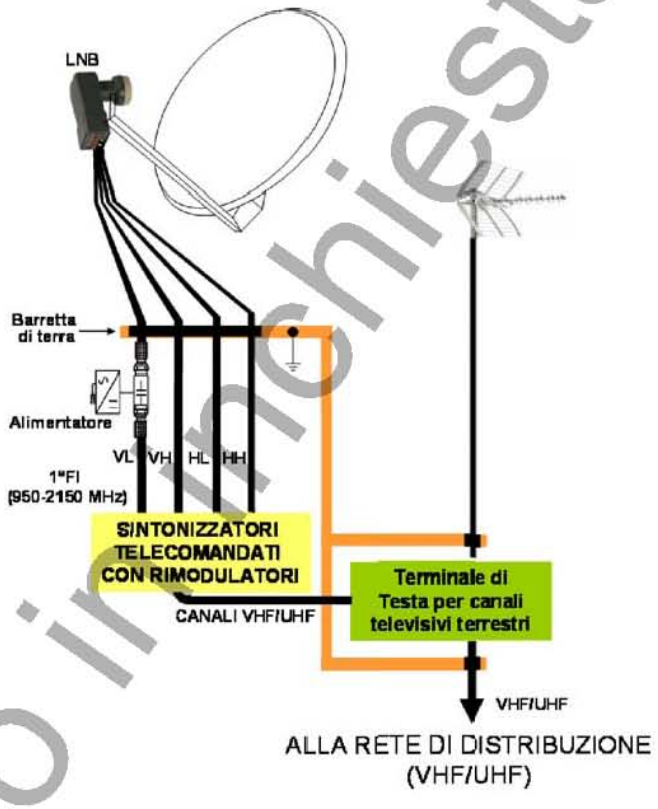


Figura 38 – Esempio di impianto d'antenna per canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione nelle bande VHF/UHF con trasmodulazione da TV-MF a TV-MA (canali analogici) o da QPSK a QAM (canali numerici)

b) Tecnica con trasmodulatori telecomandati

Quando il numero degli utenti da servire non è elevato (20-30), per ridurre il numero degli apparati che ricevono la TV da satellite (analogica: TV-MF, o digitale: QPSK) e la rimodulano su canali VHF/UHF (analogici: TV-MA, o digitali: QAM e COFDM) è possibile utilizzare sintonizzatori telecomandati con rimodulatori posti nel terminale di testa (Figura 39), che inviano su 20-30 canali (ad esempio nella banda 230-470 MHz) dedicati ciascuno ad un solo utente, i canali della diffusione da satellite.

Progetto in inchiesta pubblica

Per il comando a distanza dei sintonizzatori telecomandati può essere usata una tecnica di codifica dei segnali sul canale di controllo appositamente studiata per le apparecchiature della ricezione satellitare (si vedano [36] e [37]). Le caratteristiche del canale di controllo con cui sono inviati i segnali di comando al sintonizzatore telecomandato sono tali da rendere veloce la sintonia, in modo trasparente per l'utente, come se effettuasse la sintonia sul suo apparato televisivo locale.

Si osserva che in entrambi i casi a) e b) per ricevere i canali numerici con modulazione QAM, l'utente deve essere dotato di un apposito sintonizzatore per DVB-C. Nel secondo caso, inoltre, il ricevitore deve implementare il sistema di controllo del trasmodulatore remoto tramite il canale di ritorno[8].

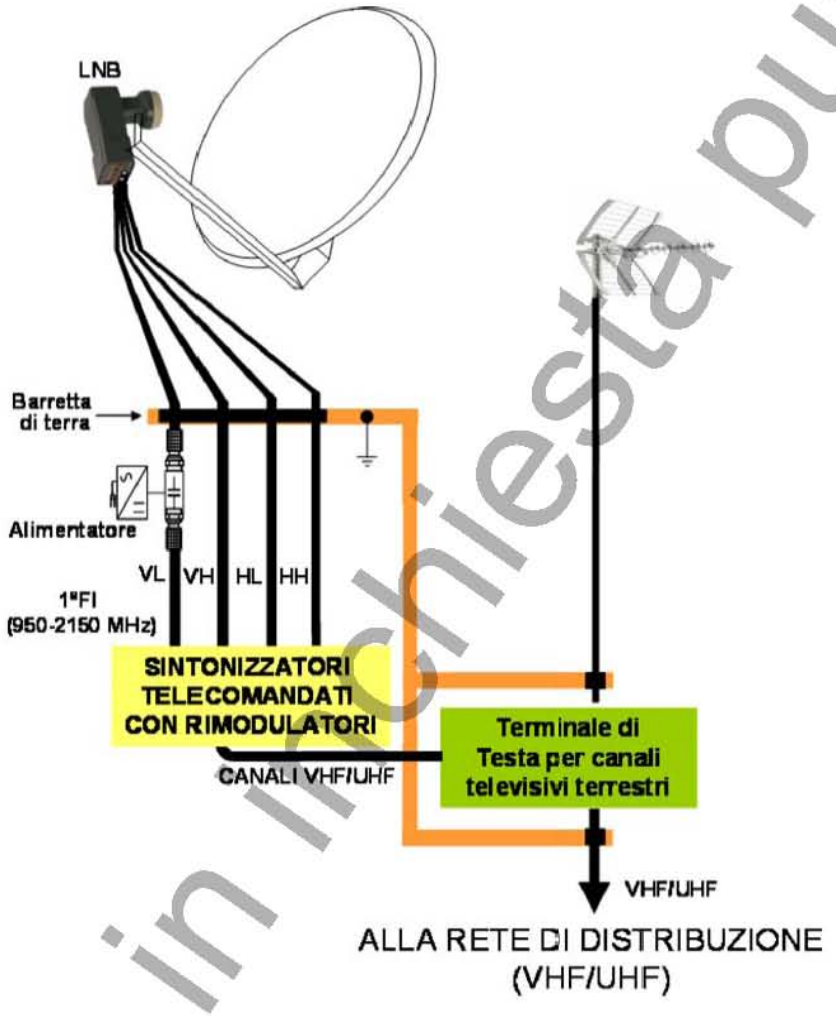


Figura 39 – Esempio di tecnica di distribuzione nella bande VHF/UHF con trasmodulatori telecomandati dall'utente (tecnica a sintonia remota)

(8) Il canale di controllo può utilizzare la tecnica DiSEqC, se i dispositivi passivi usati nella rete di distribuzione sono in grado di trasmettere segnali di bassa frequenza (22 kHz).

Progetto in inchiesta pubblica

6 Apparati d'utente

Gli apparati d'utente devono soddisfare appositi requisiti riguardanti la compatibilità elettromagnetica, la sicurezza e la marcatura CE.

6.1 Televisione terrestre

L'inizio delle trasmissioni dei segnali televisivi con il sistema digitale terrestre (DTT Digital Terrestrial Television) secondo la Norma DVB-T, ha comportato l'introduzione dei ricevitori televisivi con il decoder DTT integrato (iDTV: integrated Digital Television).

In molti casi, almeno inizialmente, sono rimasti presenti i "vecchi" apparati riceventi analogici affiancati da un "decoder" DTT connessi mediante una presa di peritelevisione (SCART). I videoregistratori analogici, per poter funzionare con i segnali della diffusione digitale terrestre, devono anch'essi essere affiancati da un "decoder" DTT, oppure devono essere sostituiti da video-registratori digitali (DVD: Digital Video Disk e PVR: Personal Video Recorder) con "decoder" DTT integrato. In molti casi questi apparati leggono e scrivono DVD che integrano anche un hard disk per la memorizzazione dei segnali "stream" audio-video digitali e dei programmi televisivi digitali; in qualche caso sono anche in grado di digitalizzare i programmi analogici. Tutti gli apparati suddetti devono essere forniti di sintonizzatori per le bande VHF/UHF.

Tali apparati sono usualmente dotati di presa SCART, per facilitare la connessione ad altri apparati specifici, ma in quelli di più recente fabbricazione la connessioneSCART è affiancate e/o sostituita da una connessione HDMI (High-Definition Multimedia Interface), appositamente studiata per i segnali digitali audio e video. Nel caso di impiego di "decoder" esterni, il televisore si comporta come un "monitor" in grado di riprodurre sia i segnali video sia i segnali audio.

Prima di proseguire nell'esame delle varie possibili applicazioni, si riportano brevemente le principali connessioni e funzionalità degli apparati televisivi.

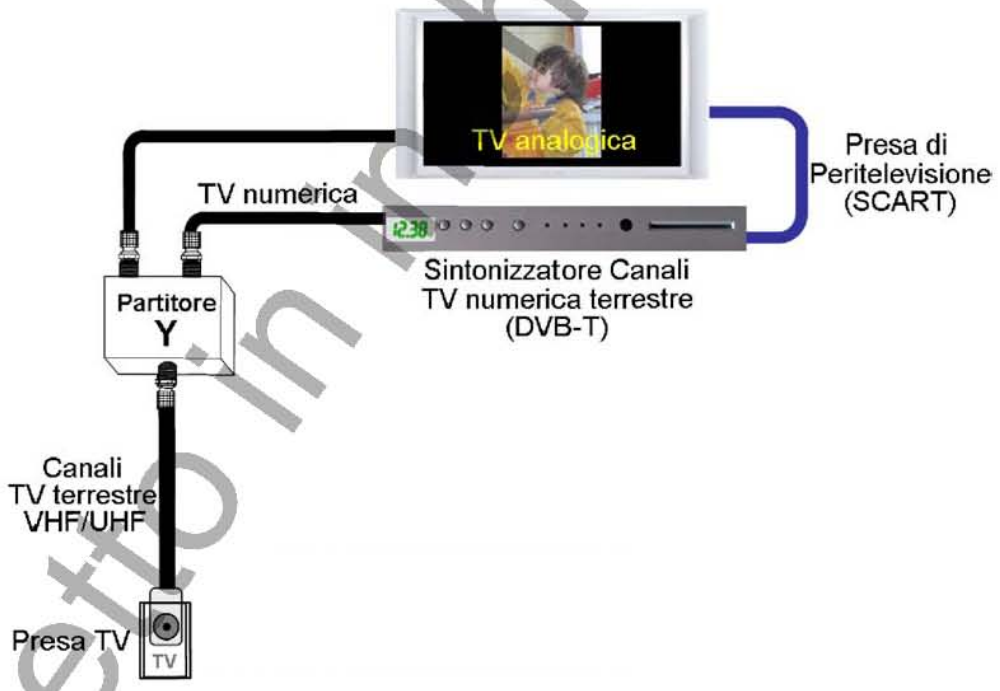


Figura 40 – Inserimento di un sintonizzatore (*decoder*) per la ricezione dei segnali televisivi digitali terrestri

Progetto in inchiesta pubblica

Nella Figura 40 è riportato lo schema di connessione degli apparati d'utente nel caso in cui coesistano le trasmissioni digitali e analogiche della diffusione televisiva terrestre, nel caso in cui il ricevitore TV sia un ricevitore puramente analogico. In questo caso l'aggiunta di un sintonizzatore per i canali TV DTT (Digital Terrestrial Television), connesso mediante presa SCART (o HDMI) al televisore analogico permette la visione sul TV analogico dei programmi digitali; in questo caso il TV analogico si comporta come un monitor audio video. Nel caso, ormai quasi universale, in cui le prese d'antenna dei decoder DTT abbiano un ingresso ed una uscita passante, le connessioni diventano quelle di Figura 41. É opportuno ricordare che le soluzioni di Figura 40 e Figura 41, comportano l'utilizzo di due telecomandi per l'utilizzo della DTT.

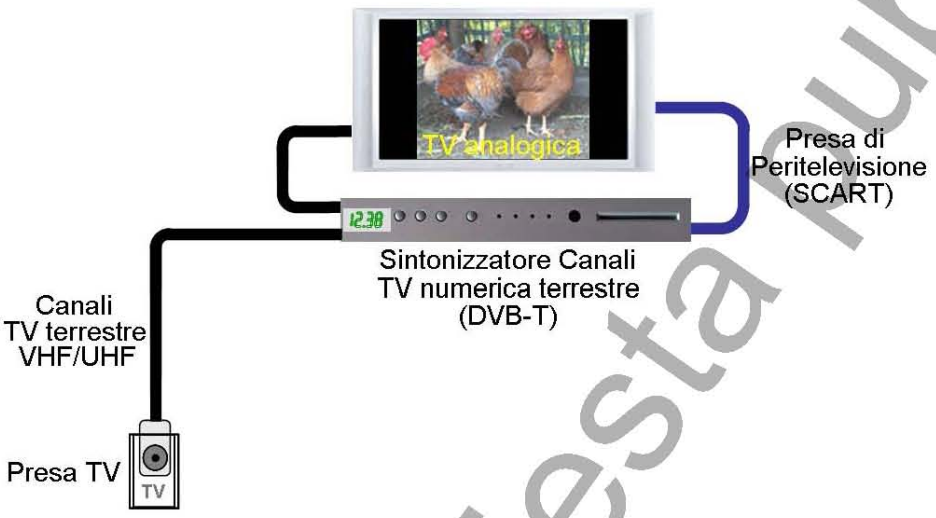


Figura 41 – Inserimento di un sintonizzatore (decoder) per la ricezione dei segnali televisivi digitali terrestri con uscita d'antenna passante



Figura 42 – Ricezione segnali televisivi della diffusione televisiva terrestre sia analogica, sia digitale, mediante in ricevitore televisivo integrato (iDTV)

Progetto in inchiesta pubblica

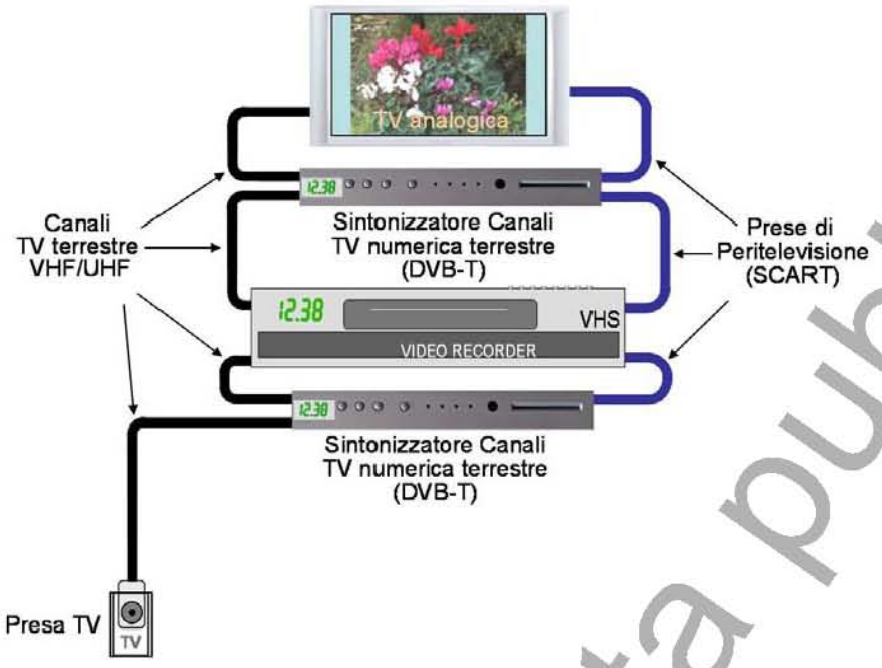


Figura 43 – Sistema di ricezione dei segnali della diffusione televisiva terrestre, analogica e digitale, mediante un ricevitore TV analogico e sistema di registrazione analogica

Nella Figura 43 è illustrato un sistema di ricezione dei segnali della diffusione televisiva terrestre analogici e digitali con la possibilità di video-registrare in modo analogico i programmi analogici e digitali. I due sintonizzatori digitali permettono la visione di un programma digitale e la registrazione di un diverso programma digitale in contemporanea. È importante che i due sintonizzatori DTT **non** utilizzino lo stesso tipo di telecomando, in quanto l'azionamento di uno dei due telecomandi agirebbe su entrambi i sintonizzatori. Risulta evidente che ci saranno da gestire quattro telecomandi. Molte altre soluzioni diverse sono possibili, in funzione del fatto che gli apparati integrino o meno ricevitori solo analogici, solo digitali, analogici e digitali contemporaneamente. Ancora una volta si ricorda la possibilità di utilizzare oltre al sistema di connessione SCART il sistema di connessione HDMI, che consente di utilizzare anche i programmi televisivi digitali ad alta definizione (HD: High Definition).



Figura 44 – Sistema di ricezione di segnali della diffusione televisiva terrestre (analogici e digitali) e di lettura e registrazione analogica e digitale, mediante DVD

Progetto in inchiesta pubblica

In Figura 44 è illustrato un insieme di apparati che permette sia la visione, sia la registrazione di programmi TV analogici e digitali. La registrazione avviene in forma digitale, su Hard Disk e/o su DVD. Il registratore DVD deve avere integrato un sintonizzatore per TV diffusiva terrestre analogica e digitale.

Quanto segue considera la situazione di ricevitori TV analogici e/o digitali in funzione del contesto, ricordando che comunque le soluzioni illustrate in Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43, Figura 44, devono essere tenute presenti in tutto questo capitolo.

I "decoder" esterni, qualora i ricevitori televisivi non ne siano dotati in modo integrato, possono permettere la ricezione di programmi televisivi diffusi:

- con modulazione analogica (MF) o numerica (QPSK), da satellite
- con modulazione numerica QAM (DVB-C), via cavo
- con modulazione numerica OFDM (DVB-T), della diffusione televisiva terrestre

Gli impianti di distribuzione via cavo per le bande VHF/UHF della televisione analogica (TV-MA) consentono di ricevere anche i nuovi canali della diffusione digitale terrestre; ciascun canale numerico contiene almeno 4 programmi televisivi, in funzione dei parametri di codifica adottati.

In tal caso il sistema ricevente presso l'utente è quello riportato in Figura 45.

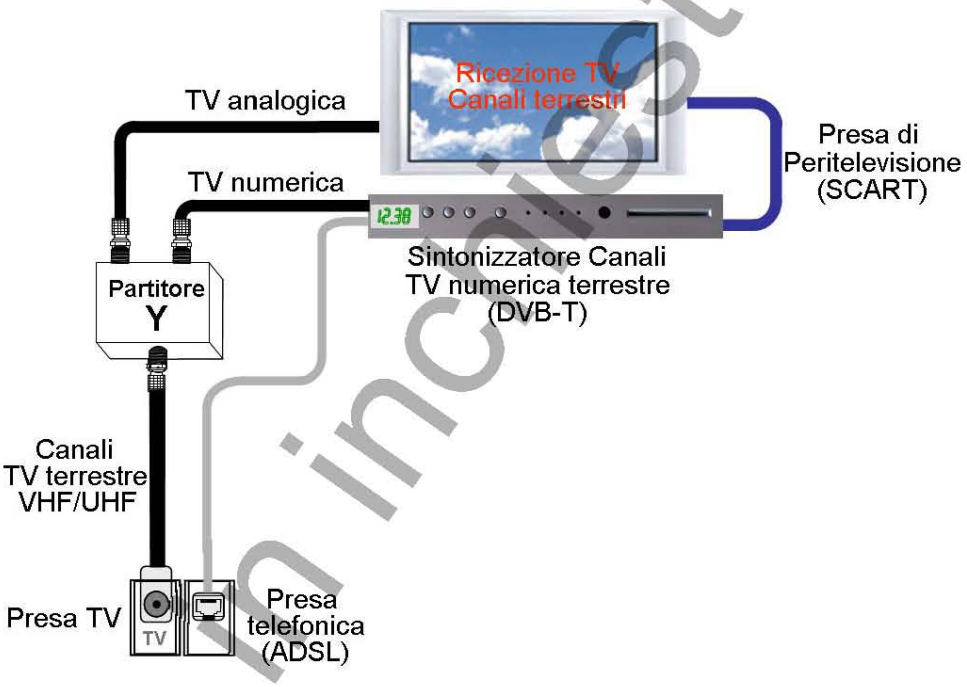


Figura 45 – Esempio di ricezione dei canali della diffusione televisiva terrestre analogica e digitale nelle bande VHF/UHF. Il sintonizzatore per i canali della televisione digitale terrestre potrà essere incluso nel ricevitore televisivo (iDTV). La connessione alla presa telefonica/ADSL consente l'accesso ai servizi interattivi

Per quanto riguarda la distribuzione dei segnali numerici (COFDM) per la diffusione televisiva terrestre (DVB-T), quando si adotta la tecnica di trasmodulazione da COFDM a QAM, le apparecchiature d'utente devono prevedere il sintonizzatore per segnali QAM (DVB-C) e, se si adotta la tecnica con trasmodulatori telecomandati, anche opportuni mezzi di telecontrollo del trasmodulatore remoto.

Progetto in inchiesta pubblica

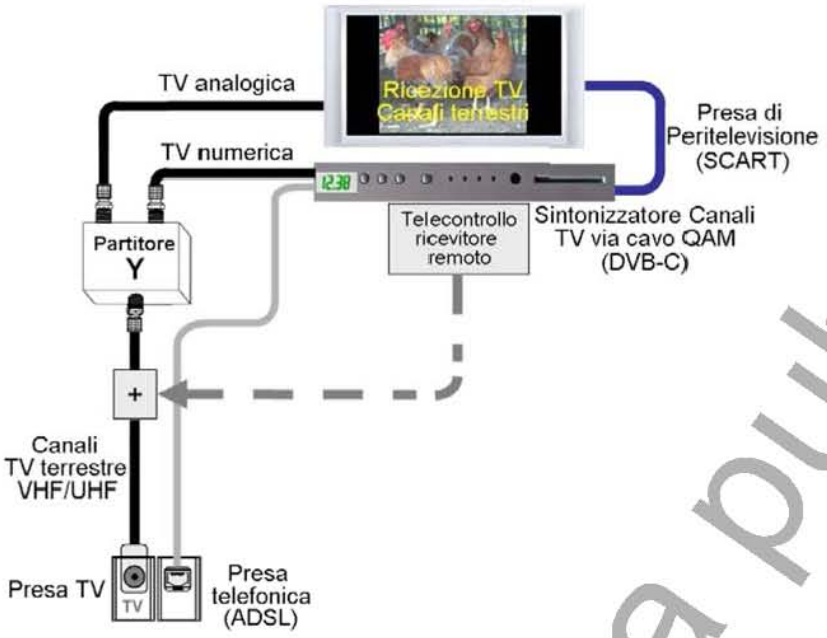


Figura 46 – Esempio di ricezione di canali televisivi digitali terrestri: Trasmodulatori (fissi o telecomandati) in QAM (DVB-C) su un canale VHF/UHF (Figura 39). Il telecontrollo del trasmodulatore remoto può essere compreso nel sintonizzatore. La connessione alla presa telefonica/ADSL consente l'accesso ai servizi interattivi

6.2 Televisione da satellite

In funzione della tecnica di distribuzione adottata, occorre che l'utente sia dotato di opportune apparecchiature (da Figura 47 a Figura 53) per sintonizzare i canali diffusi da satellite che possono essere visualizzati mediante un ricevitore televisivo, possibilmente dotato di presa di peritelevisione, al fine di evitare la rimodulazione su portanti video ed audio, per ottenere un canale compatibile con la radiodiffusione televisiva terrestre.

In Figura 47 è riportato il caso della ricezione dei canali diffusi da satellite distribuiti nella banda 1ª FI (vedere Figura 31). Il sistema ricevente presso l'utente è del tutto simile a quello utilizzato per la ricezione individuale.

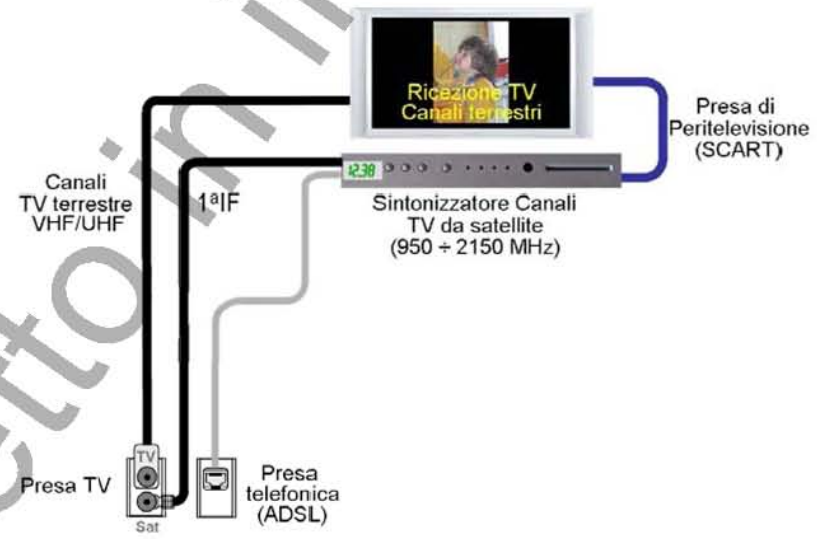


Figura 47 – Esempio di ricezione di canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione alla 1ª FI: tecnica monocavo (vedere Figura 31). La connessione alla presa telefonica/ADSL consente l'accesso ai servizi interattivi

Progetto in inchiesta pubblica

Nel caso di distribuzione alla 1ªFI con più cavi (rete di distribuzione multiplata, vedere Figura 32), occorre inserire (ad ogni piano dell'edificio) opportuni selettori di cavo (multiswitch), che vengono telecomandati tramite il sintonizzatore dell'utente.

Si osserva che i segnali della diffusione televisiva terrestre possono:

a) essere inseriti nel selettore di cavo telecomandato (multiswitch) consentendo di raggiungere l'utente con un solo cavo (Figura 48);

b) essere distribuiti separatamente (Figura 59) (ad esempio tramite l'impianto di distribuzione esistente), utilizzando il selettori di cavo telecomandati (multiswitch) soltanto per i segnali della diffusione televisiva da satellite; in tal caso sono necessari due cavi per portare i segnali all'utente.

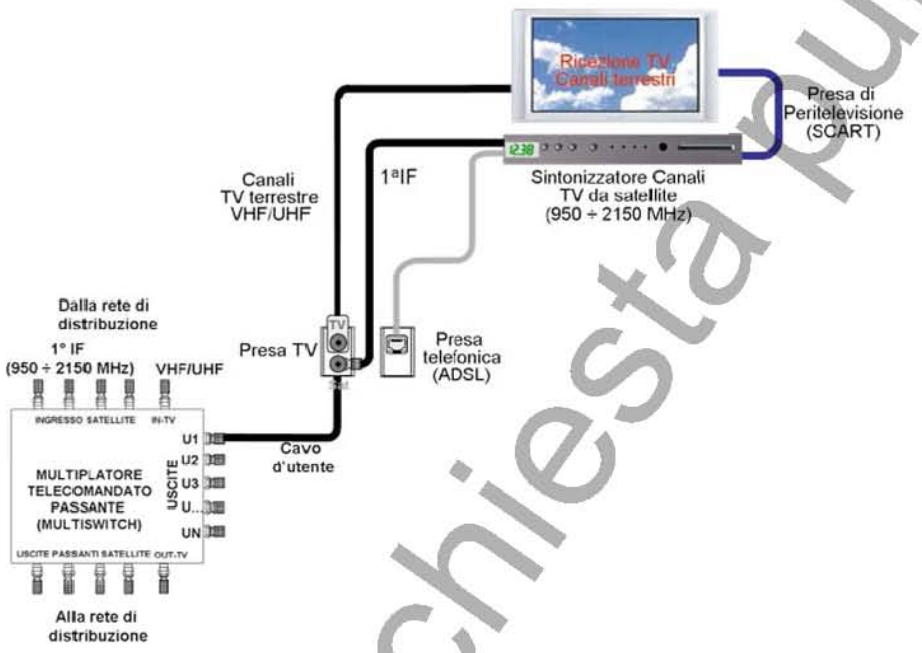


Figura 48 – Esempio di ricezione di canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione alla 1ªFI: tecnica multicavo e con selettori di cavo (multiswitch) telecomandati (vedere Figura 33). Distribuzione con multiswitch che porta anche le bande VHF/UHF della televisione terrestre

Progetto in inchiesta pubblica

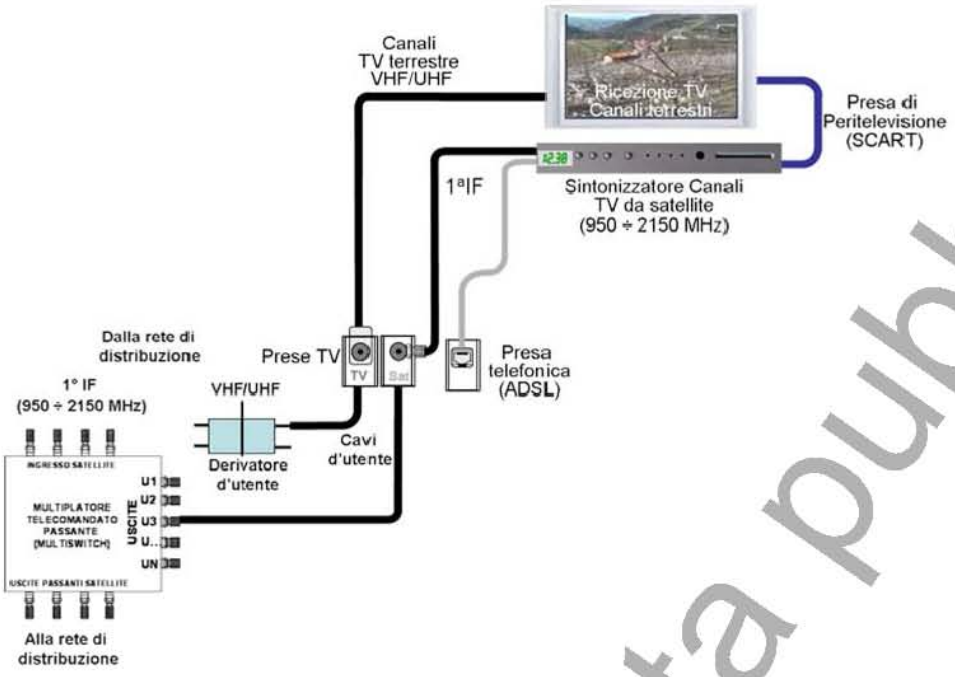


Figura 49 – Esempio di ricezione di canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione alla 1ªFI: tecnica multicavo e con selettori di cavo (multiswitch) telecomandati (vedere Figura 33). Distribuzione separata dei canali della televisione terrestre e di quella da satellite

Nel caso di distribuzione nella banda 230-470 MHz di un limitato (5-6) numero di canali con modulazione di frequenza (se analogici: TV-MF) o con modulazione QPSK (se numerici: DVB-S), occorre dotare ciascun utente (vedere Figura 50) di un convertitore che trasferisca nella banda della 1ªFI l'insieme dei canali distribuiti nella suddetta banda.

In tal modo si può utilizzare lo stesso sintonizzatore (analogico o numerico) dei canali televisivi ricevuti da satellite, come avviene per la ricezione individuale o per la distribuzione nella banda della 1ªFI.

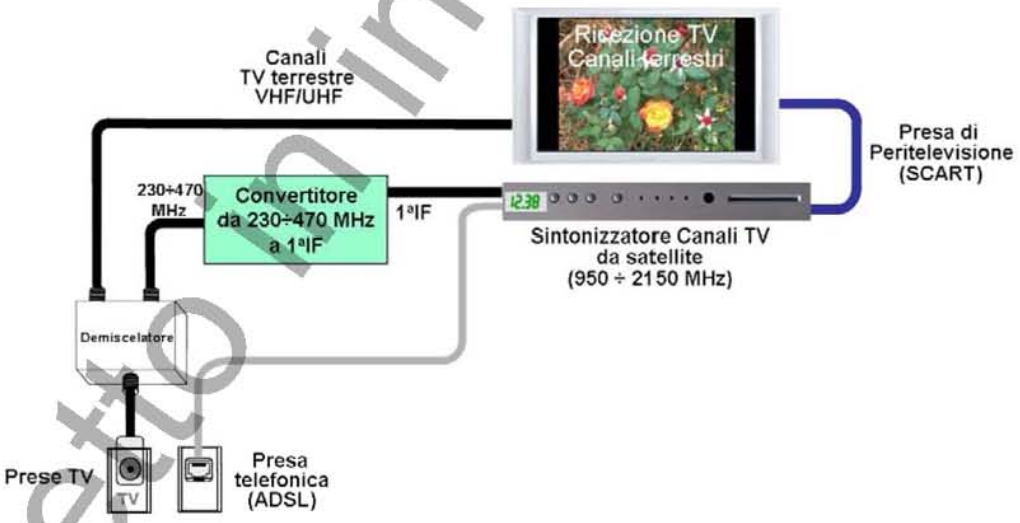


Figura 50 – Esempio di ricezione di canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione nella banda 230-470 MHz (vedere Figura 37). La connessione alla presa telefonica/ADSL consente l'accesso ai servizi interattivi

Progetto in inchiesta pubblica

Nel caso di distribuzione dei canali della diffusione digitale da satellite dopo trasmodulazione in QAM (DVB-C) ed inserimento nelle bande VHF/UHF l'utente deve essere dotato di un apposito sintonizzatore per televisione via cavo (DVB-C) come riportato in Figura 51.

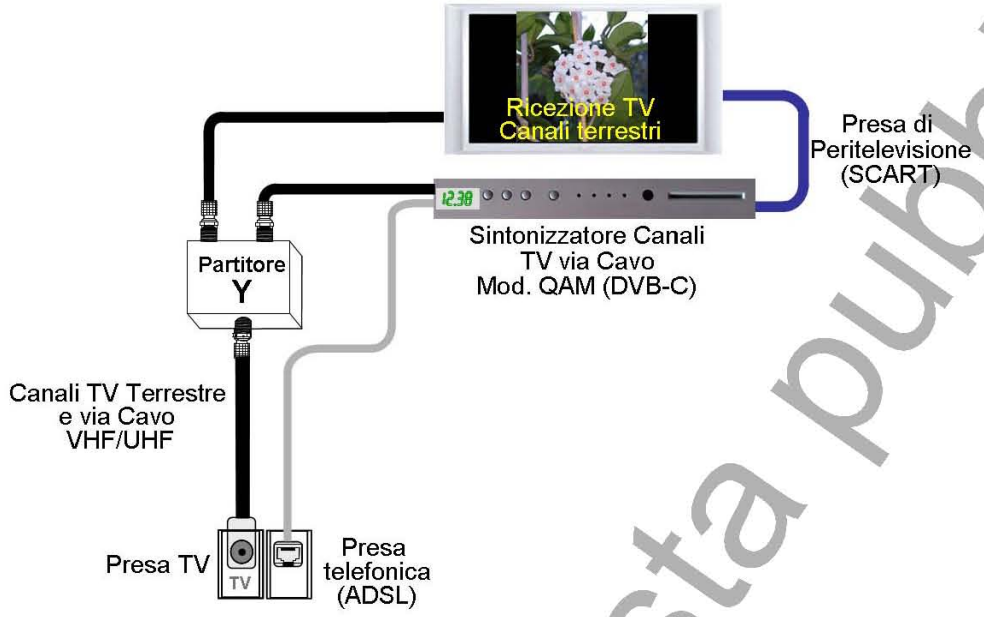


Figura 51 – Esempio di ricezione di canali televisivi terrestri e da satellite. Distribuzione nelle bande VHF/UHF dopo trasmodulazione da QPSK a QAM (vedere Figura 38). Il separatore di segnali (splitter) può essere incorporato nel sintonizzatore. La connessione alla presa telefonica/ADSL consente l'accesso ai servizi interattivi

Quando si adottano tecniche di distribuzione con convertitori (da 1ªFI a 1ªFI) telecomandati (Figura 36) le apparecchiature d'utente devono prevedere oltre al sintonizzatore per segnali QPSK (DVB-S) anche opportuni mezzi di telecontrollo del convertitore remoto (Figura 52).

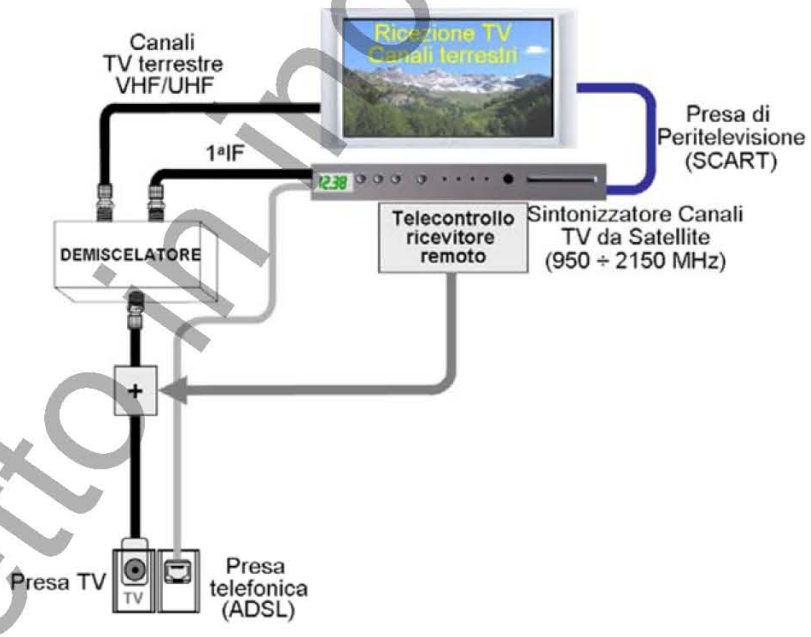


Figura 52 – Esempio di ricezione di canali televisivi terrestri e da satellite: convertitori da 1aFI a 1aFI telecomandati (Figura 36). Il telecontrollo del convertitore remoto può essere compreso nel sintonizzatore. La connessione alla presa telefonica/ADSL consente l'accesso ai servizi interattivi

Progetto in inchiesta pubblica

Quando si adottano tecniche di distribuzione con sintonizzatori per DVB-S in 1ªFI telecomandati seguiti da rimodulatori QAM (Figura 39), le apparecchiature d'utente devono prevedere oltre al sintonizzatore per segnali QAM (DVB-C) anche opportuni mezzi di telecontrollo del convertitore remoto (Figura 53).

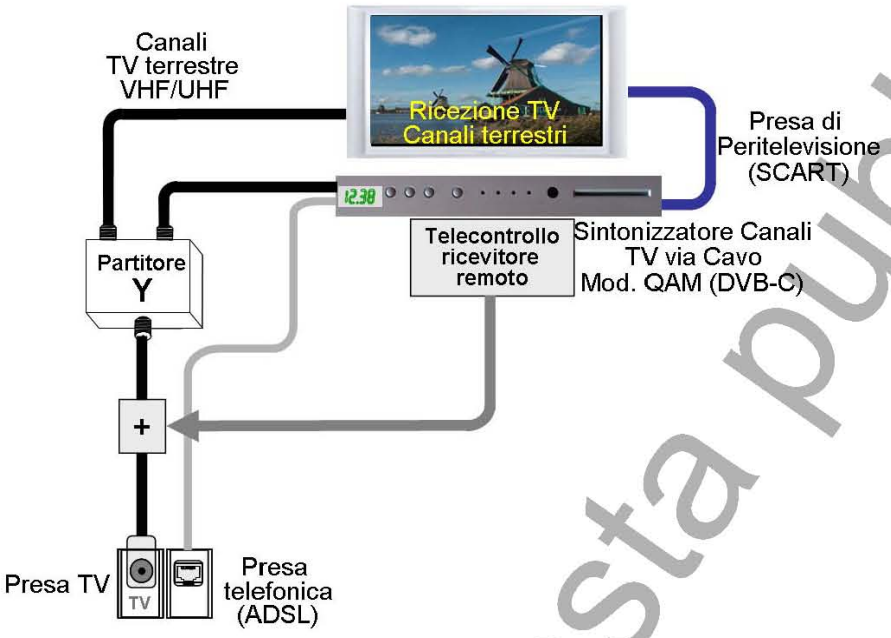


Figura 53 – Esempio di ricezione di canali televisivi terrestri e da satellite: sintonizzatori in 1aFI telecomandati e rimodulazione QAM (DVB-C) su un canale VHF/UHF (Figura 39). Il telecontrollo del convertitore remoto può essere compreso nel sintonizzatore. La connessione alla presa telefonica/ADSL consente l'accesso ai servizi interattivi

7 Funzionalità dell'impianto

L'impianto d'antenna soddisfa al requisito di funzionalità se agli utenti sono forniti segnali di qualità "buona", che per i segnali analogici corrisponde almeno al grado 4 secondo la scala ITU-R9. e per quelli digitali corrisponde ad un bit errato ogni ora di trasmissione (QEF: Quasi error free), come definita nelle norme ETSI [26][27][28],

Per ottenere tale risultato si richiede che siano rispettate alcune importanti prescrizioni che riguardano:

a) la *compatibilità elettromagnetica*, per evitare interferenze sia verso e da altri servizi radioelettrici, sia fra i canali distribuiti oppure fra gli utenti (ricevitori) di uno stesso impianto;

b) la *qualità dei segnali distribuiti dall'impianto*, che dipende sia dai livelli dei segnali alle prese d'utente, sia dal rumore o dai prodotti d'intermodulazione presenti in detti segnali.

Nel seguito di questa guida, salvo precisazioni puntuali, ci si riferisce a segnali televisivi digitali trasmessi secondo le Norme ETSI [26][27][28].

(9) La qualità della ricezione (qualità dell'immagine analogica) viene valutata soggettivamente con la scala di qualità a 5 gradi: 5-ottima, 4-buona, 3-discreta, 2-scadente, 1-pessima .

Progetto in inchiesta pubblica

7.1 Compatibilità elettromagnetica

7.1.1 Radiodiffusione terrestre

I problemi di compatibilità elettromagnetica sono particolarmente importanti negli impianti centralizzati d'antenna, dove vengono serviti numerosi utenti; tali problemi derivano dai canali che si trovano in situazioni interferenziali (vedere Figura 54) rispetto ad altri canali distribuiti e cioè:

- i canali immagine;
- i canali adiacenti;
- i canali interferiti dall'oscillatore locale (fondamentale ed armoniche) dei ricevitori connessi all'impianto (ad esempio i canali N+5 se in banda UHF, dove con N si indica il generico canale distribuito dall'impianto).

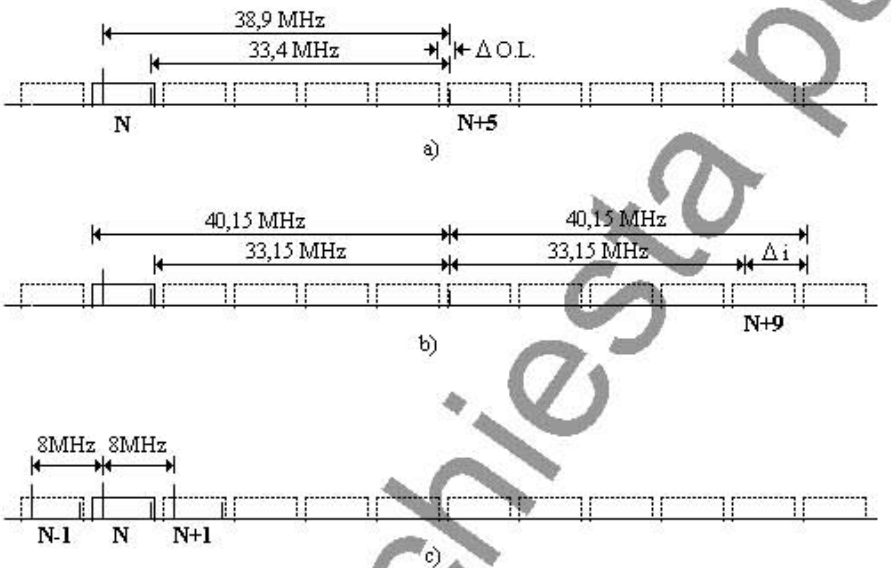


Figura 54 – Esempi di situazioni interferenziali fra canali (applicabile alla banda UHF);

a) interferenza dell'oscillatore locale (O.L.) (canale N+5):
ΔO.L. = intervallo di variabilità dell'oscillatore (+0,6 MHz, -1,4 MHz)
B interferenza del canale immagine (canale N+9):
Δi = intervallo del canale immagine
c) interferenza dei canali adiacenti (N-1, N+1)

Pertanto, occorre:

- evitare la distribuzione dei canali che si trovano in situazioni interferenziali con dislivelli superiori a quelli riportati al par. 7.4, oppure, per quelli che si trovano in tali situazioni, effettuare una conversione di frequenza;
- installare derivatori d'utente con un'attenuazione di disaccoppiamento di valore adeguato, in modo che il disaccoppiamento fra due utenti qualsiasi sia maggiore di 22 dB, se si evitano le situazioni interferenziali dovute agli oscillatori locali dei ricevitori connessi all'impianto, oppure di 42 dB in VHF e 30 dB in UHF, se tali situazioni interferenziali non sono evitabili.

NOTA Le considerazioni ed i valori sopra descritti si applicano per la ricezione dei canali televisivi sia analogici sia digitali

Inoltre esiste la possibilità di interferire altri servizi, nel caso in cui i canali distribuiti siano al di fuori delle bande di radiodiffusione e la schermatura dei cavi e delle altre apparecchiature usate non sia adeguata; pertanto, occorre usare cavi coassiali con schermatura adeguata. La Norma CEI EN 50117-2-1 richiede una efficienza di schermatura dei cavi usati nella rete di distribuzione superiore a 75 dB, da 30 MHz a 1000 MHz.

Progetto in inchiesta pubblica

7.1.2 Servizio LTE

7.1.2.1 Banda di frequenze

La banda degli 800 MHz (790-862 MHz: dal canale 61 al canale 69 UHF) è stata assegnata alla telefonia mobile (LTE: Long Term Evolution) a partire dal 1/1/2013. Il piano delle frequenze assegnate al servizio LTE è riportato nella Figura 55. Alla diffusione televisiva resta assegnata la banda UHF fino al canale 60.

Con "downlink" si intende la tratta dalla stazione base LTE-BS (LTE-BS: Base Station) all'apparato dell'utente LTE-UE (LTE-UE: LTE User Equipment), mentre con "uplink" si intende la tratta dall'apparato d'utente LTE-UE alla stazione base LTE-BS.



Figura 55 – Piano delle frequenze del servizio LTE a 800 MHz

7.1.2.2 Provvedimenti da attuare

La presenza del nuovo servizio LTE in tale banda di frequenza comporta:

- per gli <u>impianti esistenti</u> la necessità di:
  a) **non utilizzare** la banda degli 800 MHz per distribuire i segnali televisivi mediante conversione di frequenza da altri canali delle bande VHF e UHF della radiodiffusione terrestre;
  b) **garantire una adeguata efficienza di schermatura** delle apparecchiature e dell'impianto in tale banda di frequenza (compatibilità con gli apparati mobili LTE-UE, vedi 7.1.2.3);
  c) **verificare la necessità di introdurre opportuni filtri** fra l'antenna e l'entrata del primo amplificatore a larga banda del terminale di testa per ridurre il livello dei segnali LTE-BS ricevuti dall'antenna televisiva (compatibilità con la Stazione Base LTE, vedi 7.1.2.4).

Il filtro per la banda degli 800 MHz potrebbe non essere necessario se l'amplificzione nel terminale di testa è attuata con amplicatori di canale. Gli amplificatori dei canali della banda degli 800 MHz (dal canaqle 61 al canale 69) devono essere disattivati.

- per i nuovi impianti la necessità di:
  d) non utilizzare la banda degli 800 MHz per distribuire i segnali televisivi mediante conversione di frequenza da altri canali delle bande VHF e UHF della radiodiffusione terrestre;
  e) garantire una adeguata efficienza di schermatura delle apparecchiature e dell'impianto in tale banda di frequenza (compatibilità con gli apparati mobili LTE-UE, v. 7.1.2.3);
  f) utilizzare nel terminale di testa amplificatori a larga banda con limitazione della banda a 790 MHz, al fine di ridurre il livello dei segnali LTE-BS ricevuti dall'antenna televisiva (compatibilità con la Stazione Base LTE, vedi 7.1.2.4)

7.1.2.3 Compatibilità con gli apparati mobili LTE

La potenza trasmessa dagli apparati mobili LTE (usati dall'utente) nella banda degli 800 MHz può giungere a +25 dB(mW), producendo alla distanza di 1,5 m un campo elettromagnetico di 2 V/m (126 dB(μV/m)). Tale campo e.m. è di circa 20 dB maggiore rispetto a quello previsto dalle Norme (106 dB(μV/m)) per la compatibilità elettromagnetica nelle altre bande televisive. Pertanto, per i canali televisivi presenti nella banda degli 800 MHz la protezione risulta insufficiente, se si tratta di segnali televisivi analogici, mentre risulta sufficiente per i segnali televisivi numerici, con adeguata efficienza di schermatura (75 dB) della rete di distribuzione.

Progetto in inchiesta pubblica

La Figura 56 mostra la protezione necessaria da introdurre rispetto al canale 60 (ed a quelli inferiori) per i segnali emessi dall'apparato mobile LTE (utente). È opportuno osservare che l'immunità e l'efficienza di schermatura sono necessarie non soltanto per l'impianto d'antenna, ma anche per gli apparati televisivi presenti a casa dell'utente.

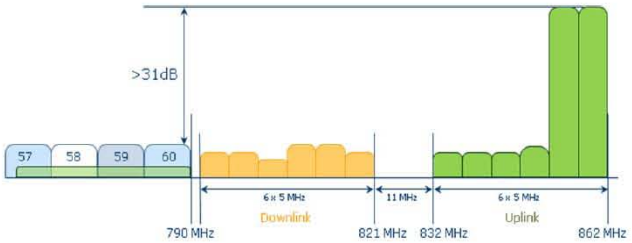


Figura 56 – Protezione del canale 60 UHF rispetto all'apparato mobile LTE

7.1.2.4 Compatibilità con la stazione base LTE

I segnali emessi dalla Stazione Base LTE possono generare un campo elettromagnetico dell'ordine di 2 V/m (126 dB(μV/m)) ad una distanza che può variare da 80 m a 200 m, in funzione del tipo di installazione (urbano o rurale). Poiche l'antenna televisiva riceve il campo e.m. del servizio LTE insieme con il campo e.m. di un segnale DVB-T, i segnali del servizio LTE possono generare interferenza (intermodulazione) negli amplificatori del terminale di testa, che vanno in tal caso protetti **inserendo fra l'antenna e l'ingresso del primo amplificatore un filtro** (passa-basso o elimina-banda) in grado di introdurre, nella banda degli 800 MHz, un'attenuazione adeguata. Supponendo di ricevere un segnale DVB-T con un livello di almeno 10 dB maggiore rispetto ai valori minimi raccomandati dalla CEPT (Tabella 8), l'attenuazione richiesta al filtro, posto fra l'antenna e l'ingresso del primo amplificatore, è di almeno 45-50 dB, per evitare l'intermodulazione nell'amplificatore del terminale di testa. Valori inferiori di attenuazione del filtro (30 - 40 dB) possono essere sufficienti quando la stazione base LTE si trova a grande distanza (>1000 m) dall'impianto d'antenna. Per aumentare il margine di protezione, si consiglia di :

a) **orientare l'antenna televisiva in modo da minimizzare il segnale ricevuto dal** servizio LTE, sfruttando, quando è possiblie, l'attenuazione introdotta dal diagramma di direttività dell'antenna televisiva stessa, anche depuntando parzialmente l'antenna rispetto al segnale televisivo voluto.

b) ridurre il guadagno dell'amplificatore (se a larga banda), al fine di ridurre il livello dei prodotti d'intermodulazione, ricordando che, per ogni dB di riduzione del guadagno, si riduce di 3 dB il livello dei prodotti di intermodulazione (il C/I varia di 2 dB/dB);

c) adottare tecniche di amplificazione canalizzata, soprattutto per i canali prossimii al servizio LTE, consentendo di limitare l'attenuazione richiesta al filtro della banda degli 800 MHz.

In ogni caso, la Figura 57 mostra la protezione necessaria da introdurre rispetto ai segnali generati dalle Stazioni Base LTE e ricevuti dal sistema di antenne dell'impianto, che può variare da un minimo di 27 dB ad massimo di oltre 60 dB, nel caso peggiore.

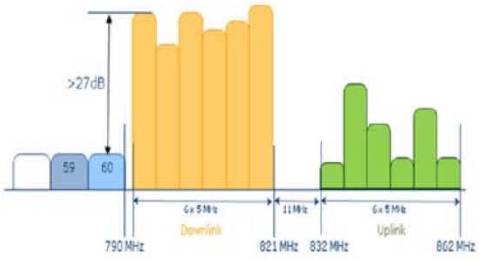


Figura 57 – Protezione del canale 60 UHF rispetto alla Stazione Base del servizio LTE

Progetto in inchiesta pubblica

In casi particolari, ad esempio quando la Stazione Base LTE viene montata sul tetto del fabbricato che dispone già di un'antenna televisiva, occorre prevedere una accurata progettazione ed installazione sia delle antenne (LTE e televisiva), sia dei filtri per attenuare la banda degli 800 MHz ricevuta dall'antenna televisiva, al fine di evitare i disturbi dovuti all'intermodulazione prodotta da saturazione e/o sovraccarico negli amplificatori del terminale di testa dell'impianto televisivo.

7.1.3 Radiodiffusione da satellite

Le principali interferenze nella rete di distribuzione sono quelle dovute all'oscillatore locale del sintonizzatore, che possono essere evitate con una opportuna scelta della 2ªFI (generalmente a 479,5 MHz) nel sintonizzatore ed anche introducendo un adeguato disaccoppiamento fra gli utenti (almeno 30 dB).

7.2 Cavi coassiali e prese d'utente

Il cavo coassiale usato deve avere le caratteristiche principali riportate nella Tabella 4, basata sulle Norme [14].

L'impedenza caratteristica nominale deve essere di 75 Ω , con tolleranza di ±3 Ω.

Il valore di SRL (Structural Return Loss) è importante per valutare la qualità del cavo, anche se raramente viene fornito dal costruttore.

Sono riportate anche le caratteristiche relative all'efficienza di schermatura, per le classi A e B. I cavi di classe A sono da utilizzare in luoghi dove siano presenti forti campi elettromagnetici interferenti (zone vicino a radar aeroportuali o militari). Generalmente sono sufficienti cavi con efficienza di schermatura di classe B.

Tabella 4 – Caratteristiche prescritte dei cavi coassiali

Caratteristiche	50 MHz	200 MHz	1 GHz	2,15 GHz
Impedenza Z_0 (Ω)	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3	75 ± 3
SRL (dB)	≥25	≥25	≥20	≥20
Efficienza di schermatura (dB) Classe A	≥85	≥85	≥75	≥75
Efficienza di schermatura (dB) Classe B	≥75	≥75	≥65	≥65

Nella Tabella 5 si riporta l'attenuazione tipica dei cavi coassiali di buona qualità. Si lascia all'installatore l'utilizzo del cavo più opportuno per garantire i livelli dei segnali alle prese d'utente, tenendo conto delle distanze da coprire, del diametro e del raggio di curvatura delle canalette esistenti. Si consiglia l'uso del cavo coassiale con diametro esterno (D) di 7 mm o superiore per contenere l'attenuazione, almeno nelle colonne montanti degli edifici. I cavi coassiali con diametro esterno (D) di 3 o 5 mm sono da utilizzare prevalentemente nei casi in cui vi siano difficoltà di inserimento dei cavi nelle infrastrutture per la distribuzione condominiale o nell'appartamento.

Tabella 5 – Caratteristiche di attenuazione consigliate dei cavi coassiali

Caratteristiche	50 MHz	200 MHz	1 GHz	2,15 GHz
α (dB/100m) D = 3 mm	≤11,0	≤22,1	≤49,5	≤72,6
α (dB/100m) D = 5 mm	≤5,8	≤11,2	≤26,4	≤38,4
α (dB/100m) D = 7 mm	≤4,2	≤8,1	≤19,1	≤29,1

Progetto in inchiesta pubblica

Le prese d'utente utilizzate devono essere conformi, per i requisiti meccanici ed elettrici, alla Norma CEI 100-144 [7]. In particolare l'art. 5.3.3.2, riguardante i requisiti meccanici, prescrive un connettore maschio per la presa televisiva ed un connettore femmina per la presa radio FM. Le dimensioni devono essere conformi alla Norma IEC 61169-2. In alternativa, può essere usato un connettore F femmina conforme alla Norma IEC 61169-24. Per i segnali distribuiti nella banda della 1ªFI può essere utilizzato il connettore con accoppiamento a vite (tipo F) i cui requisiti meccanici sono riportati nella Norma CEI 46-26 [15].

7.3 Requisiti di qualità dei segnali ricevuti

La qualità dei segnali distribuiti nell'impianto dipende sia dalle caratteristiche elettriche dei segnali ricevuti dalle antenne, sia dalla tecnica di elaborazione dei segnali (amplificazione, conversione, filtraggio, ecc.) adottata.

Nota: In applicazione del DM 11-11-05 è necessario individuare il livello di campo elettromagnetico nella zona di ricezione per stabilire quali tra i segnali presenti possano essere classificati come primari (si veda cap. 9).

7.3.1 Radiodiffusione analogica terrestre

La qualità dei segnali ricevuti dalle antenne dipende dai livelli del campo elettromagnetico relativo a ciascun canale (radiofonico o televisivo) presente nel luogo di ricezione, che, per garantire la qualità richiesta, come descritto al punto 7, deve:

- superare i valori minimi prescritti dalla ITU-R (vedere Tabella 6); i livelli del campo elettrico sono relativi al valore efficace della portante; per i campi dei segnali televisivi si fa riferimento alla portante visione durante il picco positivo dell'inviluppo di modulazione;
- presentare degradazioni dovute ai disturbi inferiori ai valori limite riportati nella Tabella 7.

Nella Tabella 6 sono anche riportati i guadagni delle antenne, che, con i valori minimi dell'intensità di campo indicati, consentono di ottenere, sull'impedenza d'entrata del terminale di testa, almeno 0,5 mV (54 dB(μV)) per i segnali televisivi e 0,2 mV (46 dB(μV)) per i segnali radiofonici a modulazione di frequenza monofonici e 0,6 mV (56 dB(μV)) per i segnali radiofonici a modulazione di frequenza stereofonici, utilizzando un cavo di discesa di circa 10 m di lunghezza ed avente l'attenuazione, espressa in dB, pure riportata nella Tabella 6, valutata alla frequenza media della banda relativa. L'antenna da usare nell'impianto può avere un guadagno inferiore ai valori della Tabella 6, se il valore del campo elettromagnetico presente nel punto di installazione dell'antenna ricevente è superiore ai valori minimi indicati. I valori di campo elettromagnetico riportati nella Tabella 6 si applicano per la ricezione individuale, senza alcun amplificatore fra l'antenna ed il ricevitore. Inoltre la qualità dei segnali ricevuti deve essere tale da soddisfare i requisiti della Tabella 7.

Per gli impianti centralizzati d'antenna, con amplificatori o convertitori nel terminale di testa (centralino), i valori minimi del campo elettromagnetico della Tabella 6 devono essere incrementati di 6 dB.

Tabella 6 – Valori minimi dell'intensità di campo prescritti da ITU-R

Banda o servizio	Minima intensità di campo elettrico dB(μV/m) μV/m	Guadagno d'antenna dB	Attenuazione del cavo dB
Televisione			
I	48 250	8,1	0,6
Canale C	52 400	7,7	0,8
III	55 560	12,7	1,2
IV	65 1780	11,7	1,9
V	70 3160	9,7	2,3
Radiofonia 87,5-108 MHz			
Monofonia	48 250	5,1	0,8
Stereofonia	58 800	5,1	0,8

Progetto in inchiesta pubblica

Tabella 7 – Valori minimi del rapporto segnale/disturbo e segnale/eco

Banda o servizio	Rapporto fra segnale e disturbo		Eco (x)	
	impulsivo dB	sinusoidale dB	Ritardo µs	Rapporto segnale/eco dB
Televisione	43	55	2,0	40
			0,5	30
			0,2	20
Radiofonia			0,05	10
87,5-108 MHz	50	50		
(x) Questi valori tengono conto soltanto dei requisiti per l'immagine e non tengono conto dei requisiti per i segnali teletext.				

7.3.2 Radiodiffusione digitale terrestre

I valori minimi del campo elettromagnetico all'antenna ricevente per segnali DVB-T sono specificati dalla CEPT *(Conférence Européenne des Administrations des Postes et Télécommunications)* [32] per tre diverse condizioni di ricezione: ricezione fissa, ricezione portatile all'aperto e ricezione portatile all'interno del piano terreno di una abitazione.

Per la ricezione fissa di segnali con modulazione 64 QAM, code rate 2/3, modo 8 k (circa 8.000 portanti) e canale da 8 MHz, valgono i valori riportati nella Tabella 8.

Tabella 8 – Valori minimi dell'intensità di campo prescritti da CEPT per segnali DVB-T

Banda	Minima intensità di campo elettrico dB(µV/m) µV/m	Guadagno d'antenna dB	Attenuazione del cavo dB
III	38 80	9,6	1,2
IV	44 160	12,7	1,9
V	48 250	11,7	2,3

I valori riportati sono stati calcolati nelle condizioni specificate in [32] e, in particolare, viene considerata rappresentativa della ricezione fissa la ricezione con antenna direttiva posta ad una altezza di 10 m dal livello del suolo (a.g.l.: above ground level).

Nel caso di canali di 7 MHz, i valori di campo elettromagnetico sono inferiori di 0,6 dB rispetto a quelli specificati per un canale di 8 MHz.

Nella Tabella 8 sono anche riportati i guadagni delle antenne, che, con i valori minimi dell'intensità di campo indicati, consentono di ottenere, sull'impedenza d'entrata del terminale di testa di 75 Ω, almeno 50 µV (34 dB(µV)) per i segnali DVB-T nelle bande VHF/UHF, utilizzando un cavo di discesa di circa 10 m di lunghezza ed avente l'attenuazione, espressa in dB, pure riportata nella Tabella 8, valutata alla frequenza media della banda relativa. L'antenna da usare nell'impianto può avere un guadagno inferiore ai valori della Tabella, se il valore del campo elettromagnetico presente nel punto di installazione dell'antenna ricevente è superiore ai valori minimi indicati.

I valori di campo elettromagnetico riportati nella Tabella 8 si applicano per la ricezione individuale, senza alcun amplificatore fra l'antenna ed il ricevitore.

Per gli impianti centralizzati d'antenna, con amplificatori o convertitori nel terminale di testa (centralino), i valori minimi del campo elettromagnetico della Tabella 8 devono essere incrementati di 6 dB.

Progetto in inchiesta pubblica

Tabella 9 – Minimo rapporto fra segnale rumore a radiofrequenza ($S_{D,RF}/N$) e livello minimo del segnale all'entrata del terminale di testa per la ricezione di segnali digitali terrestri

DVB-T COFDM Metodo di modulazione	Code rate	Ricezione fissa (Canale Rice)	
		$S_{D,RF}/N$ dB	Livello minimo del segnale dB(µV)
QPSK	1/2	6,1	17,7
	2/3	8,2	19,8
	3/4	9,3	20,9
	5/6	10,5	22,1
	7/8	11,3	22,9
16 QAM	1/2	12,2	23,8
	2/3	14,2	25,8
	3/4	15,6	27,2
	5/6	17,1	28,7
	7/8	17,7	29,3
64 QAM	1/2	17,4	29,0
	2/3	20,0	31,6
	3/4	21,6	33,2
	5/6	23,3	34,9
	7/8	24,5	36,1

Il livello minimo di un segnale digitale terrestre che deve essere presente all'entrata del terminale di testa (ricezione fissa) è riportato nella Tabella 9, insieme con i valori minimi del rapporto fra segnale rumore a radiofrequenza ($S_{D,RF}/N$).

I livelli minimi di segnale riportati nella Tabella 9 sono validi per le banda IV e V, mentre per la banda III i suddetti valori devono essere ridotti di 0,6 dB. Inoltre i valori si riferiscono ad un segnale DVB-T (COFDM) con banda di 8 MHz ed un BER di $2\ 10^{-4}$.

7.3.3 Radioduffusione da satellite

Le antenne ed i sistemi trasmittenti satellitari, irradiano i loro segnali in modo da ottimizzare i livelli di segnale verso le aree terrestri che si intende servire. I livelli di segnale ricevibili a terra sono descritti mediante diagrammi denominati "*foot-print*" (Figura 58), che riportano le curve isometriche delle potenze trasmesse EIRP verso le varie zone geografiche. Il livello di potenza trasmessa consente di dimensionare il paraboloide ricevente per ottenere una buona ricezione, presupponendo che l'LNB abbia una cifra di rumore inferiore a 1 dB, valore ormai usuale per gli impianti satellitari.

Progetto in inchiesta pubblica

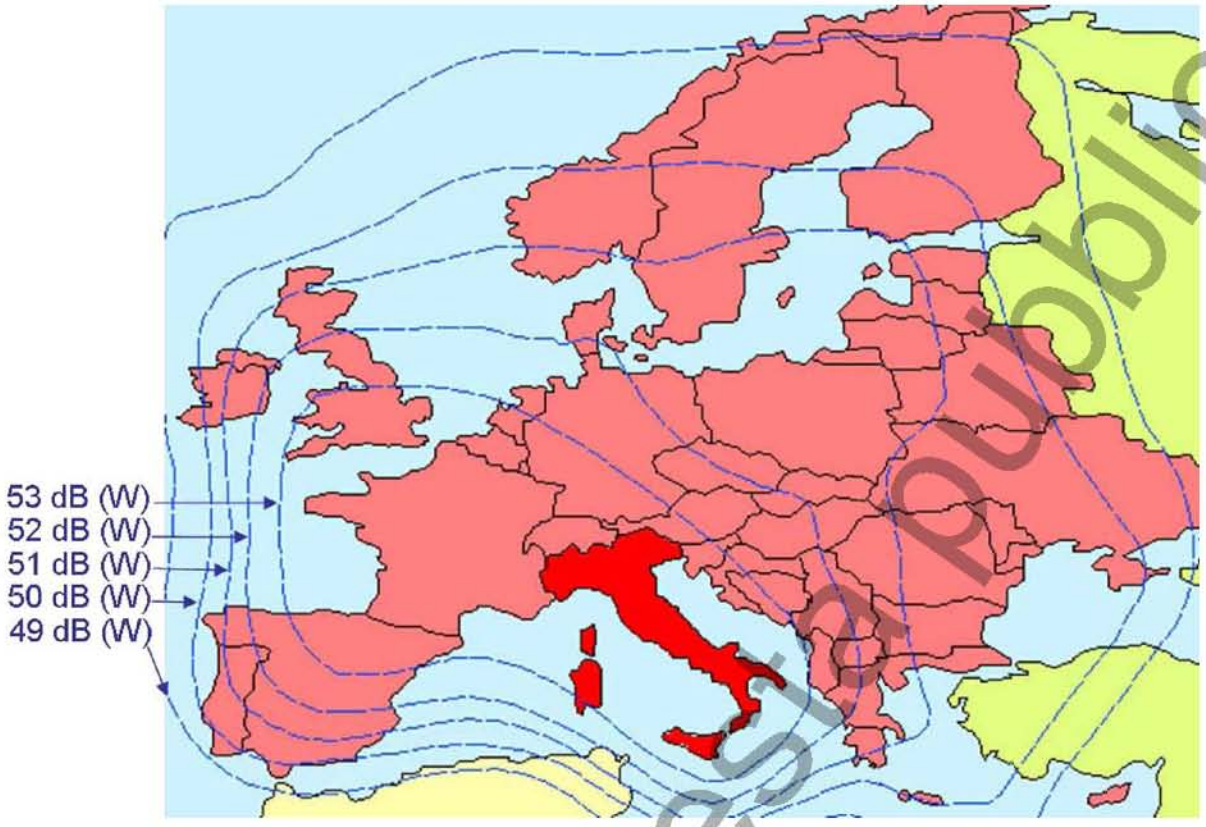


Figura 58 – Esempio di diagrammi "*foot-print*" che riportano le curve isometriche riferite alla potenza EIRP

7.3.4 Radiodiffusione analogica da satellite

La curva di isometrica per la ricezione diretta (servizio DTH) dei satelliti di maggiore interesse per l'Italia indica intorno a 50÷53 dB(W) la potenza (EIRP) trasmessa verso la nostra penisola. In questo caso sono sufficienti antenne con diametro non superiore a 1 m, (in genere con potenze EIRP superiori a 50 dB (W) il diametro dell'antenna può ridursi a 80 cm)

Il principale disturbo è costituito dal rumore e dalle attenuazioni dovute alle condizioni atmosferiche (nubi, pioggia, ecc.). È opportuno dimensionare il sistema ricevente (antenna e LNB) in modo da avere un adeguato margine sul rapporto portante/rumore (C/N) minimo richiesto alla presa d'utente, come indicato in seguito.

Il livello minimo di un segnale analogico ricevuto da satellite, presente all'ingresso del terminale di testa (uscita del LNB dopo 10 m di cavo coassiale) è riportato nella Tabella 10 insieme con il valore minimo del rapporto portante/rumore (C/N).

Tabella 10 – Minimo rapporto fra portante e rumore (C/N) e livello del segnale all'entrata del terminale di testa per la ricezione di segnali satellitari analogici MF

Banda del transponder MHz	*C/N* dB	Livello minimo del segnale dB(µV)
27	12	44
36	14	44

7.3.5 Radiodiffusione digitale da satellite

La curva di isometrica per la ricezione diretta (servizio DTH) dei satelliti di maggiore interesse per l'Italia indica intorno a 50÷53 dB(W) la potenza (EIRP) trasmessa verso la nostra penisola. In questo caso sono sufficienti antenne con diametro non superiore a 1 m, (in genere con potenze EIRP superiori a 50 dB (W) il diametro dell'antenna può ridursi a 60-80 cm).

Progetto in inchiesta pubblica

Per la ricezione in impianti centralizzati è opportuno, soprattutto se viene implementato il Sistema SMATV B (distribuzione nella banda della 1ª FI dei segnali QPSK) [29], maggiorare di circa il 50% il diametro dell'antenna ricevente, per compensare eventuali degradamenti causati dall'impianto centralizzato d'antenna.

Il livello minimo di un segnale digitale ricevuto da satellite, presente all'ingresso del terminale di testa (uscita del LNB dopo 10 m di cavo coassiale) è di 44 dB(μV) quando valgono i rapporti segnale/rumore minimi indicati nella Tabella 11, con i rispettivi parametri di trasmissione.

La Tabella 11 vale per segnali MPEG2/MPEG4, con codifica Reed-Solomon R = 188/204 per segnali DVB-S e con codifica BCH/LDPC per segnali DVB-S2. I segnali DVB-S sono modulati QPSK e presentano un BER minimo di $2 \cdot 10^{-4}$. I segnali DVB-S2 sono modulati con differenti tipi di modulazione e presentano un valore minimo del PER di 10^{-7}, con canale degradato soltanto da rumore bianco (AWGN) e un FECFRAME di lunghezza 64800.

Tabella 11 – Minimo rapporto fra segnale rumore a radiofrequenza ($S_{D,RF}/N$) all'entrata del terminale di testa per la ricezione di segnali satellitari DVB-S e DVB-S2

Code rate	DVB-S QPSK $S_{D,RF}/N$ dB	DVB-S2 QPSK $S_{D,RF}/N$ dB	DVB-S2 8PSK $S_{D,RF}/N$ dB	DVB-S2 16APSK $S_{D,RF}/N$ dB	DVB-S2 32APSK $S_{D,RF}/N$ dB
1/4	–	3,7	–	–	–
1/3	–	4,8	–	–	–
2/5	–	5,7	–	–	–
1/2	8,6	7,0	–	–	–
3/5	-	8,3	11,5	–	–
2/3	10,5	9,1	12,6	15,0	–
3/4	11,6	10,0	13,9	16,2	18,8
4/5	–	10,7	-	17,1	19,7
5/6	12,6	11,2	15,4	17,6	20,3
7/8	13,3	–	–	–	–
8/9	–	12,2	16,7	18,9	21,7
9/10	–	12,4	17,0	19,2	22,1
NOTA Per un FECFRAME = 16 200, si deve tener conto di un'ulteriore degradazione di 0,2 - 0,3 dB					

Per la ricezione satellitare si applicano anche le Norme ETSI ETS 300 784, ETSI EN 300 421 ed ETSI EN 302 307.

7.3.6 Il tasso d'errore (BER) e lo standard di qualità dei segnali numerici

Per i segnali numerici il requisito di qualità è legato al "tasso d'errore del bit" o "BER" (Bit Error Ratio) definito come il rapporto tra il numero di bit errati ed il numero totale di bit ricevuti. Nel caso di codifiche BCH/LDPC si considera invece il tasso d'errore del pacchetto o PER (packet error ratio) definito come rapporto fra il numero di pacchetti (del TS MPEG) errati ricevuti ed il numero totale di pacchetti ricevuti.

Se il tasso d'errore al termine della catena del sistema trasmissivo, cioè nel ricevitore dell'utente è al di sotto di un certo limite, il segnale non risente (in modo significativo) di degradamenti dovuti alla trasmissione e riproduce fedelmente l'immagine ed il suono così come sono stati codificati alla sorgente.

Progetto in inchiesta pubblica

I sistemi DVB sono stati progettati per una ricezione chiamata "quasi priva di errori" (quasi error free: QEF) all'ingresso del demultiplatore MPEG-2, definita come la condizione che consente di avere meno di un errore non corretto, e quindi percepibile dall'utente, per ogni ora di trasmissione. Tenendo conto delle velocità di trasmissione tipiche (20÷40 Mbit/s), la condizione QEF si raggiunge per tassi d'errore compresi tra 10^{-10} e 10^{-11} dopo la decodifica di Reed-Solomon, a cui corrisponde un valore di BER pari a $2 \cdot 10^{-4}$ prima della decodifica di Reed-Solomon. Nel caso di codifiche BCH/LDPC, la suddetta condizione si ottiene con PER = 10^{-7}.

È questo il valore che viene generalmente indicato come valore limite per una corretta ricezione dei segnali numerici radiofonici e televisivi.

Al fine di garantire un servizio affidabile e stabile, occorre garantire che il segnale fornito all'utente abbia un margine di ricezione superiore al limite minimo. Pertanto non basta verificare che il segnale sia ricevuto senza errori, analizzando l'immagine visualizzata sul televisore o apprezzando la qualità del suono, ma occorre garantire che il segnale fornito all'utente abbia un margine adeguato perché si potrebbe essere in presenza di un margine di ricezione troppo basso.

Infatti, occorre evitare che un piccolo aumento del rumore, del livello di interferenza oppure la presenza di attenuazione aggiuntiva sul collegamento dovuta ad eventi meteorologici o di qualsiasi altro degradamento anche lieve, determini l'interruzione del servizio.

È pertanto necessario realizzare l'intero sistema ricevente, individuale o centralizzato, rispettando le specifiche del par. 7.4, che assicurano un adeguato margine di ricezione alle prese d'utente.

7.4 Caratteristiche dei segnali alle prese d'utente

La progettazione e l'installazione dell'impianto devono essere eseguite tenendo presente che occorre fornire all'uscita, cioè alle prese d'utente, segnali con caratteristiche adeguate, in condizioni operative (cioè con i segnali ricevuti dalle antenne), come prescritto dalle Norme, e precisamente:

- livello dei segnali alle prese d'utente per TELEVISIONE ANALOGICA:

  TV-MA (VHF/UHF) (radiodiffusione terrestre):

  valore minimo: 700 μV (57 dB(μV));

  valore massimo: 10 mV (80 dB(μV)), ridotti a 7 mV (77 dB(μV)), se il numero di canali distribuiti è superiore a 20;

  TV-MF (950 MHz - 2150 MHz, oppure 230 MHz - 470 MHz)(radiodiffusione da satellite):

  valore minimo: 220 μV (47 dB(μV));

  valore massimo: 7 mV (77 dB(μV));

  NOTA: Il livello dei canali ricevuti da satellite (TV-MF) deve essere compreso fra 0 e -10 dB, rispetto al livello dei canali della radiodiffusione terrestre (TV-MA).

Progetto in inchiesta pubblica

- livello dei segnali alle prese d'utente per TELEVISIONE DIGITALE[10]:

  DVB-C (64 QAM) (distribuzione via cavo):

  valore minimo: 220 μV (47 dB(μV));

  valore massimo: 2,2 mV (67 dB(μV));

  DVB-S (QPSK) (radiodiffusione da satellite):

  valore minimo: 220 μV (47 dB(μV));

  valore massimo: 7 mV (77 dB(μV));

  DVB-T (COFDM) (radiodiffusione terrestre):

  - 64 QAM Code rate 2/3

  valore minimo: 180 μV (45 dB(μV));

  valore massimo: 5 mV (74 dB(μV));

  - 16 QAM Code rate 3/4

  valore minimo: 90 μV (39 dB(μV));

  valore massimo: 5 mV (74 dB(μV));

- livello dei segnali alle prese d'utente per RADIOFONIA MF:

  valore minimo: 100 μV (40 dB(μV)) per monofonia e 320 μV (50 dB(μV)) per stereofonia;

  valore massimo: 3,2 mV (70 dB(μV)).

- livello dei segnali alle prese d'utente per RADIOFONIA DAB (Digital Audio Broadcasting)[11]

  - Banda III (174 - 240 MHz):

  valore minimo: 25 μV (28 dB(μV));

  valore massimo: 50 mV (94 dB(μV)).

  - Banda L (1,452 -1,492 GHz):

  valore minimo: 25 μV (28 dB(μV))

  valore massimo: 16 mV (84 dB(μV)).

---

(10) La misura del livello di un segnale con modulazione numerica (LNUM) deve essere eseguita con misuratori che valutano la potenza entro la banda (BW) del canale a radiofrequenza.

Se si utilizza un analizzatore di spettro oppure un misuratore con rivelatore d'ampiezza per segnali televisivi analogici, occorre tener conto della banda passante del misuratore (RBW: Resolution Bandwidth) e correggere il livello misurato (L_{MIS}) mediante la relazione:

$L_{NUM} = L_{MIS} + 10 \lg(BW/RBW) + k$

ove k è un coefficiente correttivo che dipende dal misuratore ed usualmente ha il valore di 1,7 dB per un normale analizzatore di spettro.

Ad esempio, se la banda del misuratore (analizzatore di spettro) è di 300 kHz e la banda del segnale televisivo DVB-T (oppure DVB-C) è di 8 MHz il fattore di correzione da applicare è di circa 16 dB:

$L_{NUM} = L_{MIS}$ + 16 dB (per segnali DVB-T o DVB-C)

Analogamente, se la banda del misuratore (analizzatore di spettro) è di 300 kHz e la banda del segnale televisivo DVB-S è di 36 MHz il fattore di correzione da applicare è di circa 22 dB:

$L_{NUM} = L_{MIS}$ + 22 dB (per segnali DVB-S)

Ulteriori informazioni sulla misura del livello di un segnale con modulazione numerica sono riportate nella Norma Cenelec EN 50083-7 e nella Norma IEC 60728-1.

(11) Si veda la nota 8.

Progetto in inchiesta pubblica

I valori di tensione suddetti si riferiscono alla portante (video per i segnali televisivi TV-MA) o al livello del canale (per i segnali televisivi numerici) e si considerano misurati sull'impedenza di 75 Ω o riferiti a 75 Ω.

- Dislivello fra i canali televisivi:

  TV-MA, DVB-C e DVB-T:

  inferiore a 12 dB in tutte le bande VHF/UHF;

  inferiore a 9 dB fra canali che distano meno di 60 MHz (TV-MA);

  inferiore a 3 dB fra canali adiacenti;

  il livello di un canale DVB-C deve essere inferiore di almeno 6 dB rispetto ad un canale adiacente TV-MA;

  il livello di un canale DVB-T deve essere inferiore di almeno 6 dB rispetto ad un canale adiacente TV-MA;

  TV-MF:

  inferiore a 15 dB nella banda della 1aFI;

- Disaccoppiamento fra le prese d'utente per i canali televisivi:

  TV-MA, DVB-C e DVB-T:

  42 dB nelle bande VHF;

  30 dB nelle bande UHF;

  TV-MF e DVB-S:

  30 dB nella banda della 1ª FI;

- rapporto portante/rumore12 alle prese d'utente per TELEVISIONE ANALOGICA:

  TV-MA: maggiore di (44) 43 dB;

  TV-MF: maggiore di (15) 14 dB;

- rapporto portante/rumore alle prese d'utente per TELEVISIONE DIGITALE:

  DVB-C (64 QAM) (distribuzione via cavo): (26) 25 dB;

  DVB-S (QPSK) (radiodiffusione da satellite): (12,8) 8,5 dB (code rate 2/3);

  DVB-S2 (QPSK) (radiodiffusione da satellite): (11,4) 7,1 dB (code rate 2/3);

  DVB-S2 (8PSK) (radiodiffusione da satellite): (14,9) 10,6 dB (code rate 2/3);

  DVB-S2 (16APSK) (radiodiffusione da satellite): (17,3) 13,0 dB (code rate 2/3);

  DVB-S2 (32APSK) (radiodiffusione da satellite): (21,1) 16,7 dB (code rate 3/4);

  DVB-T (COFDM) (64QAM)(radiodiffusione terrestre): (27,0) 19,2 dB (modo 8 k, code rate 2/3);

- rapporto portante/rumore alle prese d'utente per RADIOFONIA MF:

  maggiore di (38) 37 dB per monofonia;

  maggiore di (48) 47 dB per stereofonia;

(12) I valori riportati fra parentesi riguardano il valore della caratteristica (parametro) misurata alla presa d'utente avendo inserito all'entrata del terminale di testa un segnale campione generato con modulatore. Si segnala che questi valori fra parentesi sono da intendersi come operativi, solo nel caso in cui i segnali ricevuti dall'antenna vengano modificati e "ricostruiti" per essere inseriti nel terminale di testa per facilitare la ricezione da parte di utenti dotati di vecchi apparati riceventi televisivi (ad esempio Televisori soltanto analogici).

Progetto in inchiesta pubblica

- stabilità della frequenza della portante visione dei canali della TELEVISIONE ANALOGICA, per i canali convertiti di frequenza:

  la variazione della frequenza deve essere inferiore a ±75 kHz, se i canali distribuiti non contengono segnali numerici (teletext o altre informazioni in forma numerica) o di ± 30 kHz se invece li contengono;

- stabilità della frequenza della portante dei canali della TELEVISIONE DIGITALE, per i canali convertiti di frequenza:

  DVB-C (64 e 256 QAM) (distribuzione via cavo): ±100 kHz;

  DVB-S (QPSK) (radiodiffusione da satellite): ±1,5 MHz;

  DVB-T (COFDM) (radiodiffusione terrestre): ±30 kHz;

- variazione massima della risposta in frequenza per TELEVISIONE ANALOGICA:

  TV-MA: 2,5 dB entro una banda di 8 MHz; inoltre non deve presentare una variazione superiore a 1 dB entro una banda di 1 MHz, compresa nel canale televisivo;

  TV-MF: 4 dB entro una banda di 27-36 MHz; inoltre non deve presentare una variazione superiore a 1,5 dB/MHz;

- variazione massima della risposta in frequenza per TELEVISIONE DIGITALE:

  DVB-C (64 QAM) (distribuzione via cavo): 4 dB entro la banda di 8 MHz; inoltre non deve presentare una variazione superiore a 1,5 dB entro una banda di 1 MHz, compresa nel canale televisivo

  DVB-S (QPSK) (radiodiffusione da satellite): 8 dB entro la banda di 37,125 MHz, con una variazione non superiore a 1 dB/MHz;

  DVB-T (COFDM) (radiodiffusione terrestre): 8 dB entro la banda di 8 MHz, con una variazione non superiore a 8 dB/MHz;;

- variazione massima della risposta in frequenza per RADIOFONIA MF:

  entro 3 dB nella banda del canale radiofonico, con variazione non superiore a 0,3 dB/10 kHz, entro 75 kHz dalla portante;

- livello del segnale interferente (frequenze singole) della TELEVISIONE ANALOGICA:

  TV-MA: non superiore a (-57) -55 dB rispetto al livello della portante video;

  TV-MF: non superiore a (-33) -31 dB rispetto al livello della portante;

- livello del segnale interferente (frequenze singole) della TELEVISIONE DIGITALE:

  DVB-C (64 QAM) (distribuzione via cavo): (-35) -33 dB rispetto al livello del canale;

  DVB-S (QPSK) (radiodiffusione da satellite): (-13) -11 dB rispetto al livello del canale;

  DVB-T (COFDM) (radiodiffusione terrestre): *allo studio;*

- intermodulazione entro il singolo canale televisivo:

  TV-MA: inferiore a (-54) -55 dB, se l'interferenza è dovuta ad una sola frequenza;

- intermodulazione dovuta a battimenti multipli della TELEVISIONE ANALOGICA:

  TV-MA: inferiore a (-52) -50 dB, per modulazione negativa;

  TV-MF: *allo studio;*

- intermodulazione dovuta a battimenti multipli della TELEVISIONE DIGITALE:

  DVB-C (64 QAM) (distribuzione via cavo): (-37) -35 dB rispetto al livello del canale;

  DVB-S (QPSK) (radiodiffusione da satellite): (-13) -11 dB rispetto al livello del canale;

  DVB-T (COFDM) (radiodiffusione terrestre): *allo studio;*

- per i segnali della diffusione televisiva digitale (DVB-C, DVB-T, DVB-S) il BER prima della decodifica di Reed-Solomon deve essere inferiore a 2·10-4; per i segnali DVB-S2 il PER prima della decodifica BCH deve essere di 10-7 con lunghezza del FECFRAME di 64 800 bit.

Progetto in inchiesta pubblica

Nella Tabella 12, nella Tabella 13 e nella Tabella 14 sono riassunti i principali valori prima riportati.

Tabella 12 – Caratteristiche dei segnali alle prese d'utente: Canali televisivi

Parametri	Valori									Unità di misura
	VHF			UHF			1ªFI			
	TV-MA	DVB-C	DVB-T	TV-MA	DVB-C	DVB-T	TV-MF	DVB-S	DVB-S2	
Livello minimo	57	47	39/45	57	47	39/45	47	47	47	dB(μV)
Livello massimo:										
– fino a 20 canali	80	67	74	80	67	74	77	77	77	
– con più di 20 canali	77			77						
Massimo dislivello fra canali dello stesso tipo	12			12			15			dB
– adiacenti	3	3	3	3	3	3				
– distanti meno di 60 MHz	6	–	–	6	–	–				
Dislivello minimo fra canali:										dB
– TV-MA maggiore di DVB-C adiacente		9			9					
– TV-MA maggiore di DVB-T adiacente			9			9				
Disaccoppiamento minimo fra le prese d'utente	42	42	42	30	30	30	30	30	30	dB
Dislivello minimo fra portante e rumore (C/N) o segnale a RF e rumore ($S_{D,RF}$/N) (vediNota 2)	43 (44)	30 (31)	26 (27)	43 (44)	30 (31)	26 (27)	14 (15)	10 (11)	11 (15)	dB
Stabilità portante (canale) TV:		±100	±30		±100	±30	-	±1500	±1500	kHz
– senza dati (teletext)	< ±75			< ±75						
– con dati (teletext)	< ±30			< ±30						
Variazione massima della risposta in frequenza entro un canale TV	2,5	4	8	2,5	4	8	4	8	8	dB
Dislivello minimo fra portante (canale) e interferenza dovuta a frequenze singole	55 (57)	33 (35)		55 (57)	33 (35)		31 (33)	11 (13)		dB
Dislivello minimo fra portante (canale) e intermodulazione entro un singolo canale	55 (57)			55 (54)				11 (13)		dB
Dislivello minimo fra portante (canale) e intermodulazione dovuta a battimenti multipli	50 (52)	35 (37)		50 (52)	35 (37)					dB
BER (prima di Reed-Solomon)		$<2{\cdot}10^{-4}$	$<2{\cdot}10^{-4}$		$<2{\cdot}10^{-4}$	$<2{\cdot}10^{-4}$		$<2{\cdot}10^{-4}$		
PER (prima di BCH)									$<2{\cdot}10^{-7}$	

NOTA 1 I valori riportati fra parentesi riguardano il valore della caratteristica (parametro) misurata alla presa d'utente in condizioni **non** operative (cioè con le antenne **non** collegate al terminale di testa), ma avendo inserito all'entrata del terminale di testa un segnale campione generato con modulatore.

NOTA 2 Il dislivello minimo fra portante e rumore (C/N) o segnale a RF e rumore ($S_{D,RF}$/N) dipende dallla modulazione ed anche dal FEC (segnali digitali)

Progetto in inchiesta pubblica

Tabella 13 – Caratteristiche dei segnali alle prese d'utente: Radiofonia MF

Parametri	Valori	Unità di misura
Livello minimo	40 (mono) 50 (stereo)	dB(μV) dB(μV)
Livello massimo	70	dB(μV)
Disaccoppiamento minimo fra le prese d'utente	42	dB
Variazione massima della risposta in frequenza entro un canale	3	dB
Dislivello minimo fra portante e rumore (C/N)	37 (38) (mono) 47 (48) (stereo)	dB dB
NOTA I valori riportati fra parentesi riguardano il valore della caratteristica (parametro) misurato alla presa d'utente in condizioni **non** operative (cioè con le antenne **non** collegate al terminale di testa), ma avendo inserito all'entrata del terminale di testa un segnale campione generato con modulatore		

Tabella 14 – Caratteristiche dei segnali alle prese d'utente: Radiofonia DAB

Parametri	Valori	Unità di misura
Livello minimo (Banda III e Banda L)	28	dB(μV)
Livello massimo (Banda III)	94	dB(μV)
Livello massimo (Banda L)	84	dB(μV)

7.5 Caratteristiche dei segnali all'entrata dell'apparato d'utente (TI: Terminal Input))

Quando si considerano le caratteristiche dei segnali (livelli e parametri di qualità) all'entrata del terminale d'utente (ed esempio, ricevitore televisivo) valgono le seguenti considerazioni.

Il livello dei segnali forniti nelle tabelle precedenti (Tabella 12, Tabella 13, Tabella 14) vengono ridotti di circa 1,5 dB dovuti all'attenuazione del cavo di collegamento (con lunghezza massima di circa 3 m) fra presa d'utente (SO: System Outlet) ed apparato terminale (TI: Terminal Input).

I parametri qualitativi (quali rapporto portante/rumore, portante/intermodulazione, ecc.) sono da considerare invariati.

7.6 Caratteristiche dei segnali all'entrata dell'appartamento (HNI: Home Network Interface)

L'interfaccia HNI è stata introdotta nella normativa relativa all'impiantistica di edificio, per definire le caratteristiche dei segnali ai confini fra queste due parti dell'impianto, allo scopo principale di rendere indipendente la progettazione e la realizzazione della rete di edificio e la rete di appartamento.

La rete di distribuzione dei segnali televisivi all'interno dell'appartamento può essere realizzata mediante tecniche diverse che, secondo la norma CEI EN 60728-1, traduzione in italiano della norma europea EN 60728-1, portano ad avere:

a) una rete di distribuzione coassiale passiva,

b) una rete di distribuzione coassiale attiva

c) una rete di distribuzione di tipo diverso.

La Figura 59, ripresa direttamente dalla figura 43 della norma CEI EN 60728-1, descrive in modo particolare le reti d'appartamento, senza indicare quale rete di edificio si interfaccia ai vari tipi di rete di appartamento. Naturalmente una rete di edificio coassiale, con gli opportuni adattamenti può essere connessa a tutte le interfacce HNI descritte.

Progetto in inchiesta pubblica

La Figura 59 mostra vari casi per la rete di distribuzione all'interno dell'appartamento che può essere realizzata con cavi coassiali, cavi bilanciati, fibre ottiche oppure collegamenti via radio.

Si indicano nel seguito i principali requisiti che si devono ottenere all'interfaccia della rete d'appartamento (HNI: Home Network Interface) nei vari casi descritti nella Figura 59 per i segnali forniti da impianti CATV/MATV/SMATV. Questi requisiti possono anche essere applicati nel caso di installazioni per un singolo utente.

Le caratteristiche dei segnali forniti alla HNI tengono conto

a) delle caratteristiche dei segnali che devono essere forniti alla presa d'utente,

b) della degradazione che i segnali subiscono nella rete di distribuzione dell'appartamento.

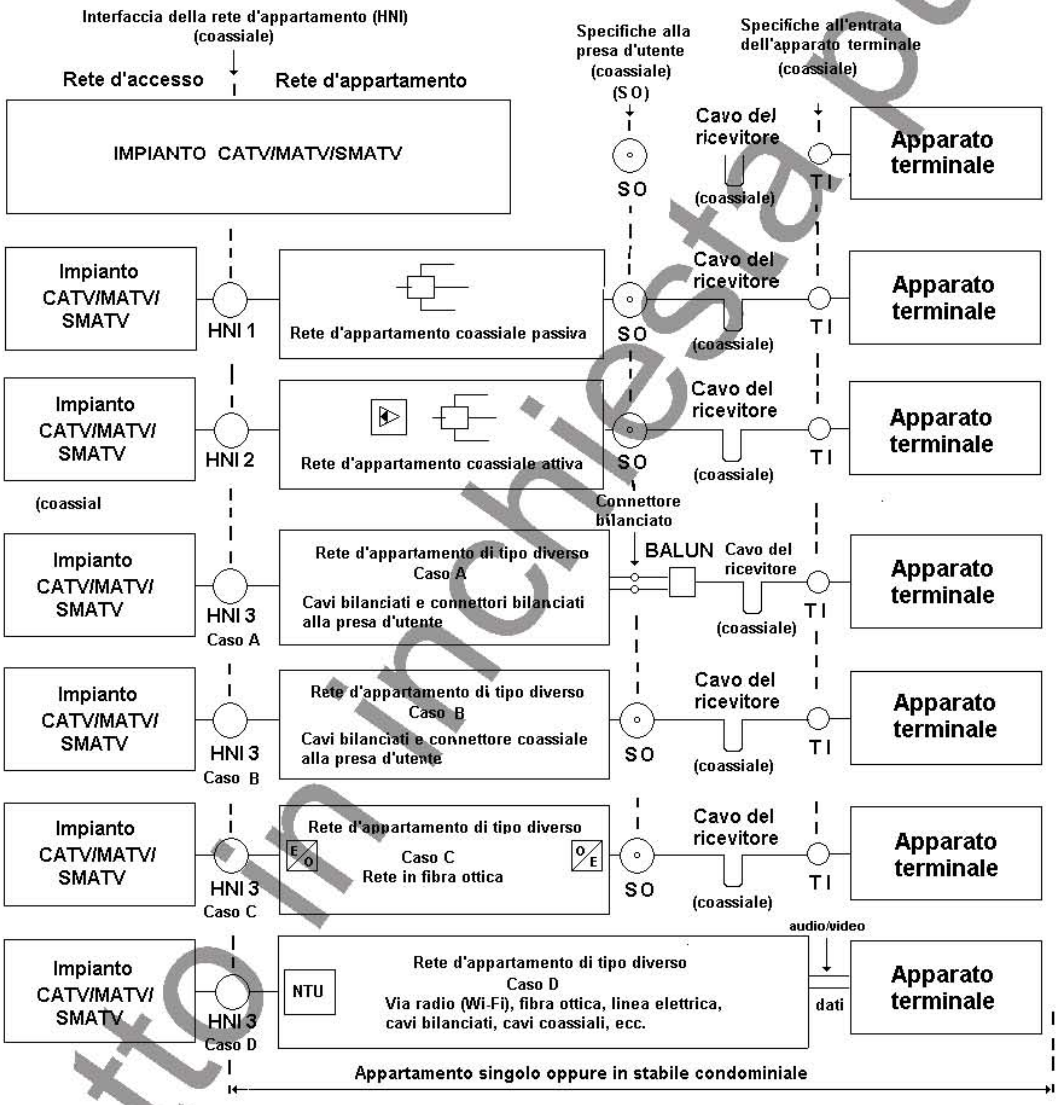


Figura 59 – Tipi di reti di distribuzione all'interno dell'appartamento

7.6.1 Rete di distribuzione domestica coassiale

7.6.1.1 Rete di distribuzione domestica coassiale passiva

Se la rete di distribuzione all'interno dell'appartamento è soltanto passiva i segnali forniti all'interfaccia d'ingresso dell'appartamento (HNI1) devono avere le seguenti caratteristiche principali.

Progetto in inchiesta Pubblica

7.6.1.1.1 Livelli minimi e massimi alla HNI1

Il livello minimo deve essere almeno 3 dB maggiore rispetto ai livelli minimi alle prese d'utente indicati nella Tabella 12. Il livello massimo può essere fino a 18 dB (per frequenze fino a 1GHz) e 26 dB (per frequenze fino a 2 GHz) maggiore dei livelli massimi alle prese d'utente indicati nella Tabella 12.

7.6.1.1.2 Dislivelli fra i segnali alla HNI1

Il dislivello massimo fra i canali nelle bande VHF/UHF non deve essere superiore a ±7 dB.

7.6.1.1.3 Disaccoppiamento fra due HNI1

Il disaccoppiamento fra due HNI1 non deve essere inferiore ai valori indicati fra due prese d'utente nella Tabella 12, diminuito dalla somma delle attenuazioni introdotte dalle due reti di distribuzione passive, se noto, oppure diminuito di un valore compreso fra 4 dB e 6 dB. In ogni caso il disaccoppiamento fra due HNI1 non deve essere inferiore a 22 dB almeno nelle bande VHF/UHF, al fine di ridurre gli effetti dovuti ai disadattamenti d'impedenza nella rete domestica.

7.6.1.1.4 Risposta in frequenza alla HNI1

La risposta in frequenza alla HNI1 entro un canale televisivo deve essere inferiore ai limiti riportati nella Tabella 15.

Tabella 15 – Risposta in frequenza alla HNI1

Parametri	Valori								Unità di misura
	VHF			UHF			1ªFI		
	TV-MA	DVB-C	DVB-T	TV-MA	DVB-C	DVB-T	TV-MF	DVB-S	
Variazione massima della risposta in frequenza entro un canale TV	1,5	3	7,8	1,5	3	7,8	3	-	dB

7.6.1.1.5 Ritardo di gruppo alla HNI1

La variazione del ritardo di gruppo entro ogni canale televisivo alla HNI1 non deve superare i valori riportati nella Tabella 16

Tabella 16 – Variazione del ritardo di gruppo alla HNI1

Modulazione del segnale	Campo di frequenza MHz	Massima variazione del ritardo di gruppo ns
Canale televisivo con teletext	0,5 – 4,43	90
Canale televisivo senza teletext	0,5 – 4,43	100
QAM	Banda del segnale	90
OFDM	Banda del segnale	90

7.6.1.1.6 Stabilità di frequenza dei segnali distribuiti alla HNI1

La stabilità di frequenza dei segnali dipende dalle apparecchiature utilizzate nel terminale di testa. Alla HNI1 la massima variazione rispetto al valore nominale della frequenza portante del canale non deve superare i valori indicati nella Tabella 12.

7.6.1.1.7 Rumore alla HNI1

Essendo la rete di distribuzione passiva, il rapporto portante/rumore alla HNI1 può essere uguale a quello fornito alla presa d'utente, indicato nella Tabella 12.

Progetto in inchiesta pubblica

7.6.1.1.8 Intermodulazione alla HNI1

Essendo la rete di distribuzione passiva, i rapporti tra portante (canale) ed intermodulazione (singola frequenza o battimenti multipli) devono essere non inferiori ai valori riportati nella Tabella 12.

7.6.1.2 Rete di distribuzione domestica coassiale attiva

Se la rete di distribuzione all'interno dell'appartamento è attiva, i segnali forniti all'interfaccia d'ingresso dell'appartamento (HNI2) devono avere le seguenti caratteristiche principali.

7.6.1.2.1 Livelli minimi e massimi alla HNI2

Il livello deve essere fra 3 dB e 6 dB maggiore rispetto ai livelli (minimi o massimi) alle prese d'utente indicati nella Tabella 12, per le bande VHF/UHF, e fra 1 dB e 4 dB maggiore rispetto ai livelli (minimi o massimi) alle prese d'utente indicati nella Tabella 12, per la banda della 1° FI.

7.6.1.2.2 Dislivelli fra i segnali alla HNI2

Il dislivello massimo fra i canali nelle bande VHF/UHF non deve essere superiore a ±7 dB.

7.6.1.2.3 Disaccoppiamento fra due HNI2

Il disaccoppiamento fra due HNI2 non deve essere inferiore ai valori indicati fra due prese d'utente nella Tabella 12, diminuito dalla somma delle attenuazioni introdotte dalle due reti di distribuzione passive, se noto, oppure diminuito di un valore compreso fra 4 dB e 6 dB. In ogni caso il disaccoppiamento fra due HNI2 non deve essere inferiore a 22 dB almeno nelle bande VHF/UHF, al fine di ridurre gli effetti dovuti ai disadattamenti d'impedenza nelle rete domestica.

7.6.1.2.4 Risposta in frequenza alla HNI2

La risposta in frequenza alla HNI2 entro un canale televisivo deve essere inferiore ai limiti riportati nella Tabella 17.

Tabella 17 – Risposta in frequenza alla HNI2

Parametri	Valori								Unità di misura
	VHF			UHF			1ªFI		
	TV-MA	DVB-C	DVB-T	TV-MA	DVB-C	DVB-T	TV-MF	DVB-S	
Variazione massima della risposta in frequenza entro un canale TV	1,5	3	7,8	1,5	3	7,8	3	-	dB

7.6.1.2.5 Ritardo di gruppo alla HNI2

La variazione del ritardo di gruppo entro ogni canale televisivo alla HNI2 non deve superare i valori riportati nella Tabella 18.

Tabella 18 – Variazione del ritardo di gruppo alla HNI2

Modulazione del segnale	Campo di frequenza MHz	Massima variazione del ritardo di gruppo ns
Canale televisivo con teletext	0,5 – 4,43	90
Canale televisivo senza teletext	0,5 – 4,43	100
QAM	Banda del segnale	90
OFDM	Banda del segnale	90

Progetto in inchiesta pubblica

7.6.1.2.6 Stabilità di frequenza dei segnali distribuiti alla HNI2

La stabilità di frequenza dei segnali dipende dalle apparecchiature utilizzate nel terminale di testa. Alla HNI2 la massima variazione rispetto al valore nominale della frequenza portante del canale non deve superare i valori indicati nella Tabella 12.

7.6.1.2.7 Rumore alla HNI2

Essendo la rete di distribuzione attiva, il rapporto portante/rumore alla HNI2 deve essere almeno 1 dB maggiore di quello fornito alla presa d'utente, indicato nella Tabella 12.

7.6.1.2.8 Intermodulazione alla HNI2

Essendo la rete di distribuzione attiva, i rapporti tra portante (canale) ed intermodulazione (singola frequenza o battimenti multipli) devono essere maggiori di 2 dB rispetto ai valori riportati nella Tabella 12.

7.6.2 Rete di distribuzione domestica con cavi bilanciati per HNI3 (Casi A e B)

Se la rete di distribuzione all'interno dell'appartamento utilizza cavi di tipo bilanciato ed è attiva i segnali forniti all'interfaccia d'ingresso dell'appartamento (HNI3) devono avere le stesse caratteristiche principali definite per la HNI2. Si osserva che per il caso A si raccomanda un livello minimo dei segnali alla presa d'utente di 1 dB superiore rispetto ai valori raccomandati nella Tabella 12.

7.6.3 Requisiti per HNI3 Caso C e Caso D

Se la rete di distribuzione all'interno dell'appartamento utilizza la fibra ottica (caso C) oppure altri mezzi trasmissivi (caso D) ed è attiva i segnali forniti all'interfaccia d'ingresso dell'appartamento (HNI3) devono avere le stesse caratteristiche principali definite per la HNI2. Si osserva che per il caso C (fibra ottica) si raccomandano i livelli dei segnali alla presa riportati nella Tabella 12. I livelli dei segnali audio, video e dati (Caso D) non sono ancora stati definiti.

7.6.4 Alcune ulteriori considerazioni

Le caratteristiche dell'interfaccia HNI, così come riportate nel punto 7.6, descrivono un certo numero di tipologie di impianti di appartamento. In funzione delle caratteristiche dei segnali ottenibili all'interfaccia dell'appartamento, si potranno installare reti di appartamento passive oppure attive.

La Figura 60 illustra un impianto di edificio in cui gli appartamenti connessi alla rete di distribuzione di edificio possono avere diverse caratteristiche. Un appartamento ha una rete interna coassiale passiva (interfaccia HNI 1), uno ha una rete di appartamento coassiale attiva (interfaccia HNI 2). Due hanno la rete di appartamento a coppie simmetriche ((interfaccia HNI3), con due soluzioni diverse di prese di appartamento: nel Caso A la presa di appartamento è una presa per cavi bilanciati, seguita da un "Balun" che adatta le impedenze e rende sbilanciata la connessione al terminale (TV), con cavo coassiale. Nella seconda soluzione (Caso B) il Balun è integrato nella presa, che quindi presenta un connettore coassiale.

Un ulteriore appartamento ha la rete di appartamento in fibre ottiche (HNI 3 Caso C) e un ultimo appartamento che rappresenta l'interfaccia HNI 3 Caso D, utilizzando varie tecniche di connessione al terminale.

in Italia, gli impianti con le soluzioni HNI3 sono rari. Risultano tipici gli impianti con la soluzione HNI1 e meno diffusi (ancorché presenti) gli impianti con la soluzione HNI2. Le diverse soluzioni possono trovarsi in appartamenti coesistenti nello stesso impianto centralizzato, tali condizioni devono essere considerate rispettando le prescrizioni Normative che prevedono valori di dislivello massimi (da 47 MHz a 862 MHz) all'interfaccia HNI di ± 7 dB. Per l'impianto interno all'appartamento sono previsti 5dB di dislivello massimo.

NOTA Il dislivello è considerato positivo quando il livello cresce o negativo quando il livello decresce fra le due frequenze di 47 MHz e 862 MHz.

Progetto in inchiesta pubblica

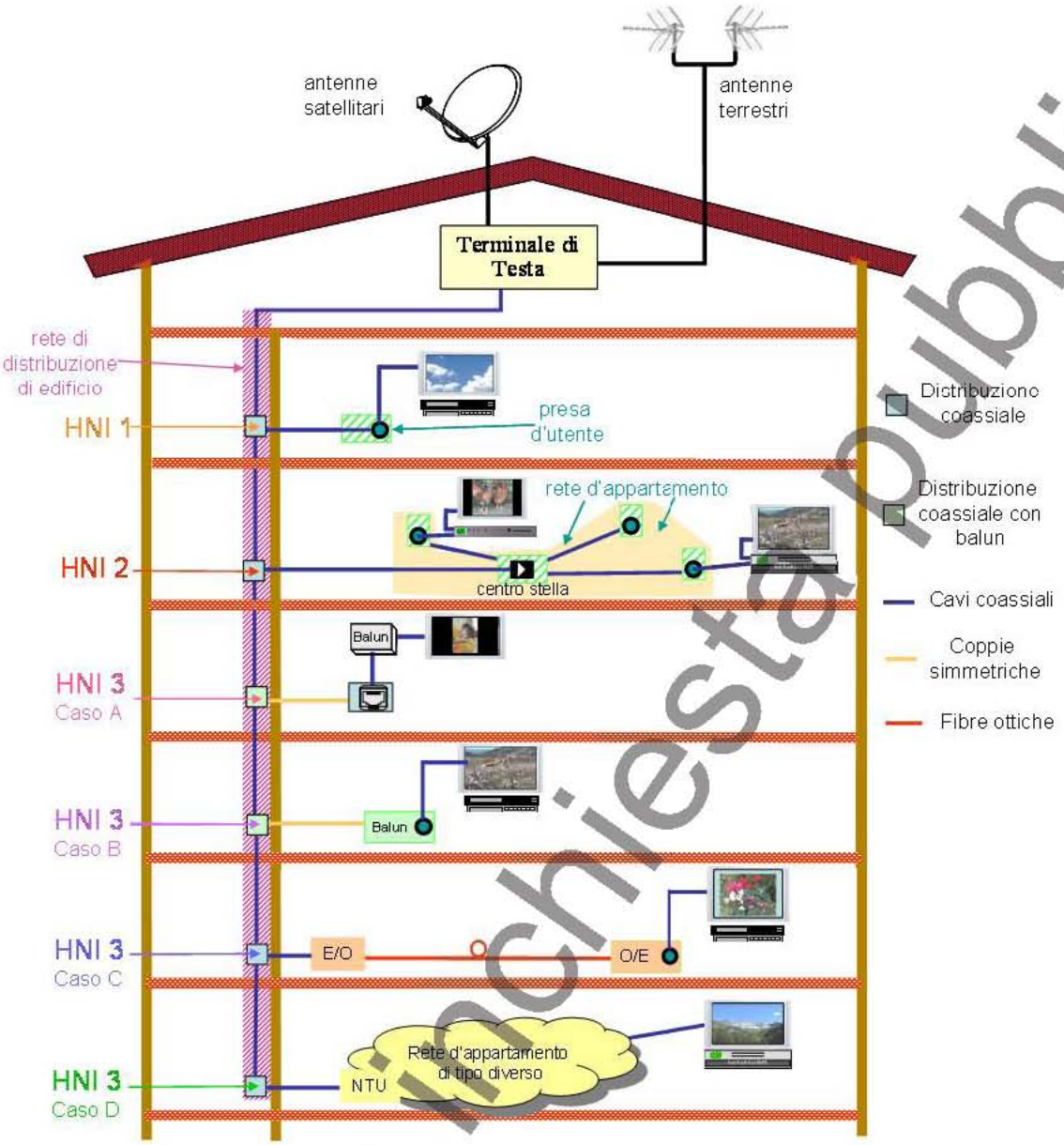


Figura 60 – Esempio di impianto di edificio e di più tipi di impianti di appartamento

Nel caso in cui non si conosca a priori il tipo di rete d'appartamento che verrà realizzata, la soluzione compatibile con la normativa è quella di progettare la rete di edificio in modo tale da rispettare comunque i parametri previsti dalla norma. La Tabella 19 riporta tali valori, che sono comuni a tutte le varianti previste per l'interfaccia HNI.

Progetto in inchiesta pubblica

Tabella 19 – Valori dei parametri più significativi all'interfaccia HNI, che consentono di realizzare qualsiasi tipologia di impianto interno, indipendentemente dal tipo di interfaccia: HNI1, HNI2, HNI3 Caso A, Caso B

	VHF			UHF			1ª FI			Unità di misura
	TV-MA	DVB-C	DVB-T	TV-MA	DVB-C	DVB-T	TV-MF	DVB-S	DVB-S2	
Livello minimo	61	51	42/49	61	51	42/49	51	51	51	dB(μV)
Livello massimo:										
– fino a 20 canali	86	73	80	86	73	80	81	81	81	
– con più di 20 canali	83			83						
Massimo dislivello fra canali dello stesso tipo	± 7	± 7	± 7	± 7	± 7	± 7				dB
Dislivello minimo fra portante (canale) e interferenza dovuta a frequenze singole	57 (59)	35 (37)		57 (59)	37 (39)		33 (35)	13 (15)		dB
Dislivello minimo fra portante (canale) e intermodulazione entro un singolo canale	57 (59)			57 (59)				13 (15)		dB
Dislivello minimo fra portante (canale) e intermodulazione dovuta a battimenti multipli	52 (54)	37 (39)		52 (54)	37 (39)			13 (15)		dB
Dislivello minimo fra portante e rumore (C/N) o segnale a RF e rumore ($S_{D,RF}$/N)	44 (45)	31 (32)	27 (28)	44 (45)	31 (32)	27 (28)	15 (16)	11 (12)	12 (16)	dB
NOTA: I valori riportati fra parentesi riguardano il valore della caratteristica (parametro) misurata alla presa d'utente in condizioni **non** operative (cioè con le antenne **non** collegate al terminale di testa), ma avendo inserito all'entrata del terminale di testa un segnale campione generato con modulatore.										

7.7 Apparecchiature attive e passive

Le Norme CEI [6] e [7] prescrivono le caratteristiche della apparecchiature attive (amplificatori, convertitori, ecc.) e passive (divisori, derivatori d'utente, prese d'utente, ecc.) da utilizzare nell'installazione dell'impianto d'antenna. Poiché è principalmente compito dei costruttori fornire materiale che soddisfa alle Norme, non si prendono qui in esame in modo dettagliato tali Norme, ma si ricorda la necessità che tutti i materiali usati dall'installatore soddisfino le suddette Norme, essendo cura del costruttore darne la dovuta garanzia.

L'utilizzo scorretto di materiali costruiti secondo le norme, può comunque determinare un risultato impiantistico fuori norma. È quindi necessario utilizzare le apparecchiature attive e passive in modo corretto, seguendo le norme di installazione e, dove presenti, le prescrizioni dei costruttori.

7.8 Prescrizioni per il terminale di testa

Fra le varie prescrizioni riportate nella Norma CEI 100-83 [8] per le apparecchiature del terminale di testa si ricorda che le apparecchiature attive (amplificatori e convertitori di frequenza) devono soddisfare le seguenti prescrizioni:

- *variazione del ritardo di gruppo entro il canale televisivo (TV-MA)* (CEI 100-145 art. 7.2.9): inferiore a 50 ns (grado 1) o 80 ns (grado 2 e 3);
- *livello dei prodotti di intermodulazione (TV-MA)* (CEI 100-83 art. 7.2.1) adeguatamente basso (secondo i valori riportati in seguito) e valutato in base sia al tipo di amplificatore usato (amplificatore o convertitore di canale oppure amplificatore a larga banda), sia al numero di canali distribuiti.

Progetto in inchiesta pubblica

Le caratteristiche di intermodulazione degli amplificatori sono usualmente fornite dal costruttore in termini di valore del livello massimo del segnale di uscita dall'amplificatore, che garantisce un adeguato livello del rapporto portante/intermodulazione; tale valore è correlato con il metodo di misura adottato per i prodotti d'intermodulazione.

Per gli amplificatori (o convertitori) di canale televisivo analogico, il livello massimo di uscita (o livello di riferimento) è quello per il quale il livello dei prodotti d'intermodulazione che cadono entro il canale è inferiore di 54 dB (rispetto al livello di riferimento), se misurati in modo conforme alla Norma CEI 100-83 (art. 4.1), cioè con tre portanti aventi rispettivamente un livello di -8 dB (portante visione), -10 dB (portante suono), -17 dB (sottoportante di colore), rispetto al livello di riferimento.

Per gli amplificatori a larga banda televisivi il livello massimo di uscita (livello di riferimento) fornito dal costruttore è quello per il quale il livello dei prodotti di intermodulazione è (vedere Norma CEI 100-83, Tabella 12):

- *inferiore di 60 dB, rispetto al livello di riferimento,* per i prodotti di intermodulazione (2° ordine) misurati secondo la Norma CEI 100-83, art. 4.3, con due portanti di uguale livello (pari al livello di riferimento);
- *inferiore di 66 dB, rispetto al livello di riferimento,* per i prodotti di intermodulazione (3° ordine) misurati secondo la Norma CEI 100-83, art. 4.2, con tre portanti (una a livello pieno, pari al livello di riferimento, le altre due con livello inferiore di 6 dB);

Se il numero di canali distribuiti è superiore a 2 o 3, aumenta notevolmente il numero dei prodotti d'intermodulazione, che cadono entro i singoli canali distribuiti. Tale incremento è valutabile con buona approssimazione, in dB, dall'espressione:

$$20 \lg(N-1)$$

dove N è il numero dei canali distribuiti.

Pertanto, gli amplificatori a larga banda, cioè che trattano numerosi canali, vanno utilizzati con un segnale d'uscita per ogni canale che deve essere adeguatamente inferiore rispetto al valore fornito dal costruttore e che si riferisce alla misura di intermodulazione con due o tre portanti, secondo i valori limite suddetti.

È opportuno ricordare che i prodotti d'intermodulazione rilevati con tali metodologie di misura sono tipicamente del terz'ordine; pertanto i loro livelli variano di 3 dB per ogni dB di variazione del livello d'uscita, a cui corrisponde una variazione del rapporto portante/intermodulazione di 2 dB per ogni dB di variazione del livello d'uscita.

Quindi, in presenza di molti canali distribuiti, il livello d'uscita dell'amplificatore a larga banda deve essere ridotto, rispetto al valore fornito dal costruttore, di un valore, che espresso in dB, è pari alla metà di quello calcolato con la relazione precedente e cioè 10 lg(N-1), dove N è il numero dei canali distribuiti.

Ad esempio, se il livello massimo di uscita per un amplificatore a larga banda corrisponde a 120 dB(μV) (valore fornito dal costruttore e misurato con un metodo di misura a due o tre segnali), qualora venga utilizzato per amplificare 20 canali (di ugual livello), il livello di uscita massimo per ciascun canale non deve superare i 107,2 dB(μV). Infatti si ha:

$$120 \text{ dB}(\mu\text{V}) - 10 \lg(20-1) = 107{,}2 \text{ dB}(\mu\text{V}).$$

Per la TV-MF il dislivello fra portante e prodotti d'intermodulazione del terz'ordine, per il livello massimo di uscita di amplificatori a banda piena o sotto-banda, deve essere non inferiore a 35 dB.

Per la radiofonia MF, in ogni canale distribuito, il livello di ciascun prodotto d'intermodulazione deve essere uguale o inferiore a -60 dB, rispetto al livello della portante considerata.

La Tabella 20 indica, per ogni terna di portanti immesse in un dispositivo non lineare, le frequenze e le ampiezze relative ai prodotti d'intermodulazione del 2° e del 3° ordine.

Progetto in inchiesta pubblica

La tabella si riferisce ad un dispositivo non lineare con caratteristica ingresso-uscita del tipo:

$$V_U = k_1 V_i + k_2 V_i^2 + k_3 V_i^3$$

nel quale sia immesso un segnale V_i:

$$V_i = A \cos 2\pi f_a t + B \cos 2\pi f_b t + C \cos 2\pi f_c t$$

costituito dalla somma di tre segnali sinusoidali rispettivamente di ampiezze A, B e C e frequenze f_a, f_b e f_c.

Tabella 20 – Prodotti d'intermodulazione

Ordine	Ampiezze	Frequenze
secondo	k2 AB k2 AC k2 BC	fa ± fb fa ± fc fb ± fc
terzo	(3/4)k3 A2B (3/4)k3 A2C (3/4)k3 B2A (3/4)k3 B2C (3/4)k3 C2A (3/4)k3 C2B (3/2)k3 ABC	2fa ± fb 2fa ± fc 2fb ± fa 2fb ± fc 2fc ± fa 2fc ± fb fa ± fb ± fc

7.9 Tecniche di elaborazione dei segnali

7.9.1 Radiodiffusione terrestre

Il raggiungimento degli obiettivi di funzionalità dell'impianto, dipende anche dalla tecnica di elaborazione dei segnali ed in particolare dalla *tecnica di amplificazione* adottata (di canale o a larga banda).

La scelta fra le due possibili tecniche di amplificazione deve essere effettuata cercando la miglior soluzione fra due esigenze contrastanti:

- soddisfare le Norme, per quanto riguarda la funzionalità dell'impianto,
- soddisfare le esigenze economiche del committente.

Tenendo conto che:

- occorre rispettare le caratteristiche specificate anche con variazione del segnale ricevuto rispetto al valore misurato nel luogo di installazione dell'impianto di ±10 dB (dovuti ad effetti vari della propagazione dei segnali della radiodiffusione terrestre),
- il progettista, il costruttore e l'installatore devono introdurre i fattori di sicurezza necessari per assicurare e mantenere detti limiti (cioè quelli delle caratteristiche elettriche alle prese d'utente) nel tempo,

risulta che, in generale, la tecnica di amplificazione da adottare per soddisfare detti requisiti per tutti i canali ricevibili (con livelli di campo entro i limiti della Tabella 6) è unicamente quella che utilizza *amplificatori di canale, con controllo automatico di guadagno* (C.A.G., vedere Figura 61). In tal modo è possibile compensare:

- le variazioni di livello dei segnali ricevuti nel tempo a causa delle variazioni delle condizioni di propagazione nella tratta fra il trasmettitore e il punto ricevente (variazioni del segnale riflesso dal terreno o da edifici od oggetti circostanti);
- i dislivelli fra i segnali ricevuti, riportando tutti i canali allo stesso livello prima della loro introduzione nella rete di distribuzione, eventualmente anche pre-compensando la maggiore attenuazione dei canali a frequenze più alte introdotta dai cavi coassiali.

Progetto in inchiesta pubblica

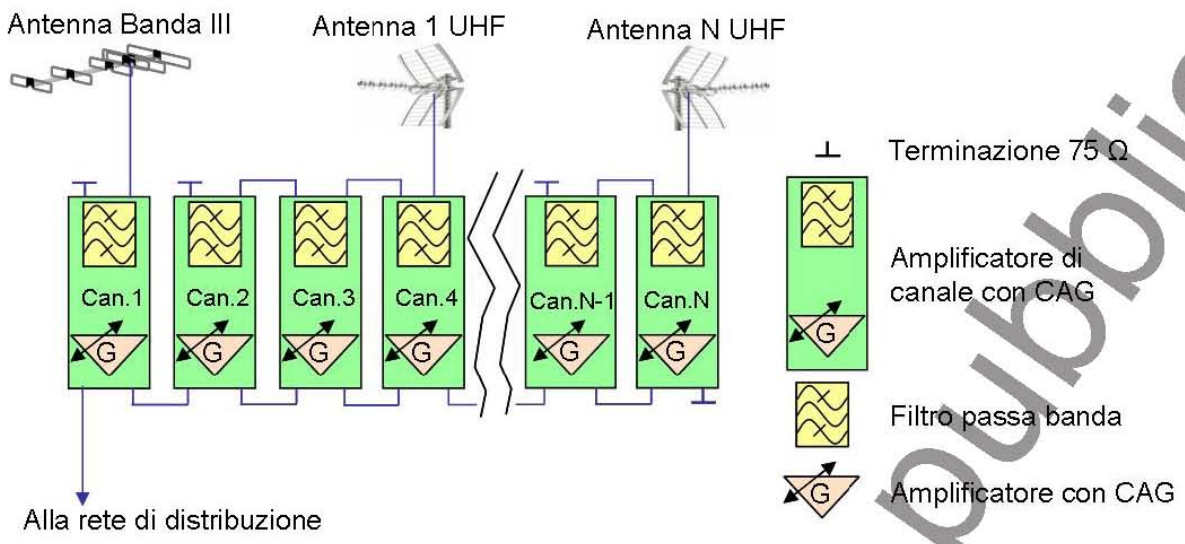


Figura 61 – Esempio di amplificazione di canale, con o senza controllo automatico di guadagno (C.A.G.)

(Nota redazionale della figura: modificare Banda 3ª in Banda III

Se dall'esame dei segnali ricevuti è presumibile, in base anche all'esperienza dell'installatore, che il loro livello resti sufficientemente costante nel tempo, è possibile utilizzare *l'amplificazione canalizzata, senza controllo automatico di guadagno*. In ogni caso l'amplificatore di canale con C.A.G. è da usare per i canali che presentano variazioni di livello superiore a ±6 dB.

È opportuno osservare che l'amplificatore di canale (od il filtro attivo) consente non solo di ottenere all'uscita del sistema di amplificazione che i canali da distribuire abbiano tutti lo stesso livello, ma anche di variare indipendentemente il livello di ciascuno di essi, se, per cause varie, è variato il livello del segnale ricevuto dall'antenna.

Tuttavia, in impianti di piccole dimensioni e su richiesta esplicita (scritta) del committente si possono adottare altre tecniche di amplificazione, che non garantiscono nel tempo le caratteristiche di stabilità di disequalizzazione di ampiezza previste dalla normativa, ma che hanno dei costi di impianto ridotti, utilizzando:

a) filtri di canale passivi, seguiti da un amplificatore a larga banda (vedere Figura 62),

b) soltanto amplificatori a larga banda (vedere Figura 63).

Progetto in inchiesta pubblica

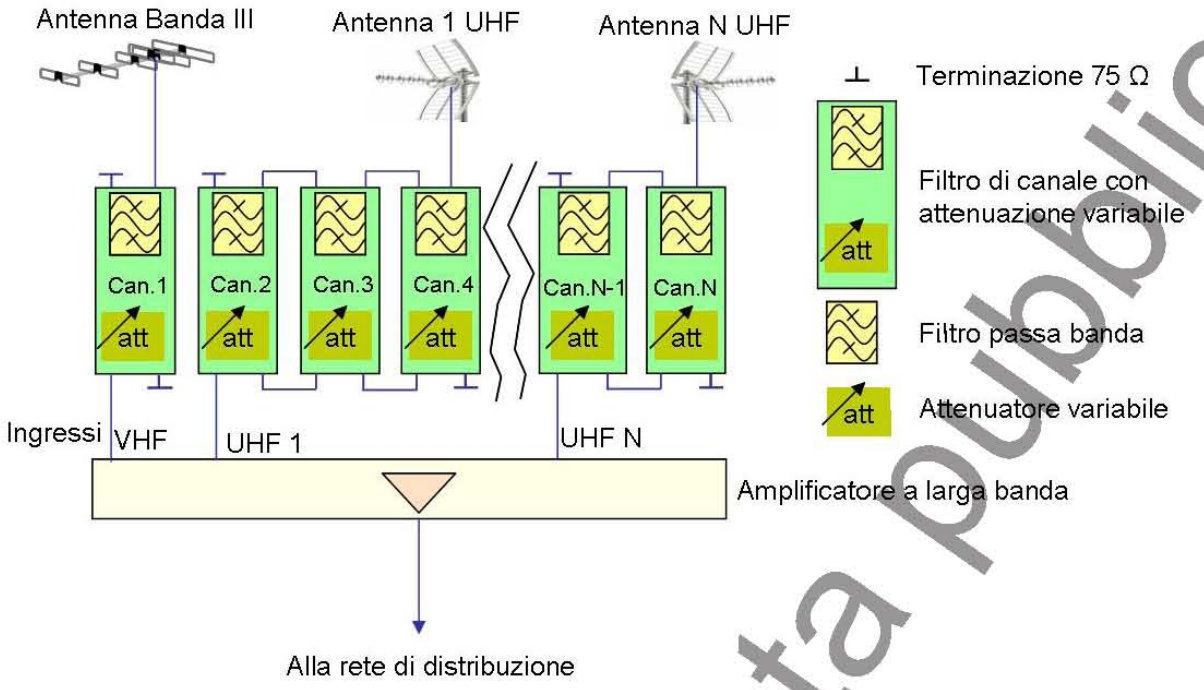


Figura 62 - Esempio di uso di filtri selettivi (attivi o passivi) seguiti da un amplificatore a larga banda

(Nota redazionale della figura: modificare Banda 3[a] in Banda III

Nel caso a), cioè utilizzando filtri di canale passivi seguiti da un amplificatore a larga banda, risulta ancora possibile controllare i livelli dei segnali d'uscita dal sistema di amplificazione ed eventualmente adeguare quelli che avessero subito alterazioni, sia per le mutate condizioni di propagazione, sia per la variazione delle condizioni di lavoro dell'emittente.

Inoltre, questa soluzione consente di soddisfare i requisiti relativi al dislivello fra i canali, al rapporto segnale/rumore ed all'intermodulazione, in modo più facile che con l'amplificazione a larga banda. Non si possono in questo caso recuperare automaticamente le variazioni di livello dipendenti dalla potenza del trasmettitore.

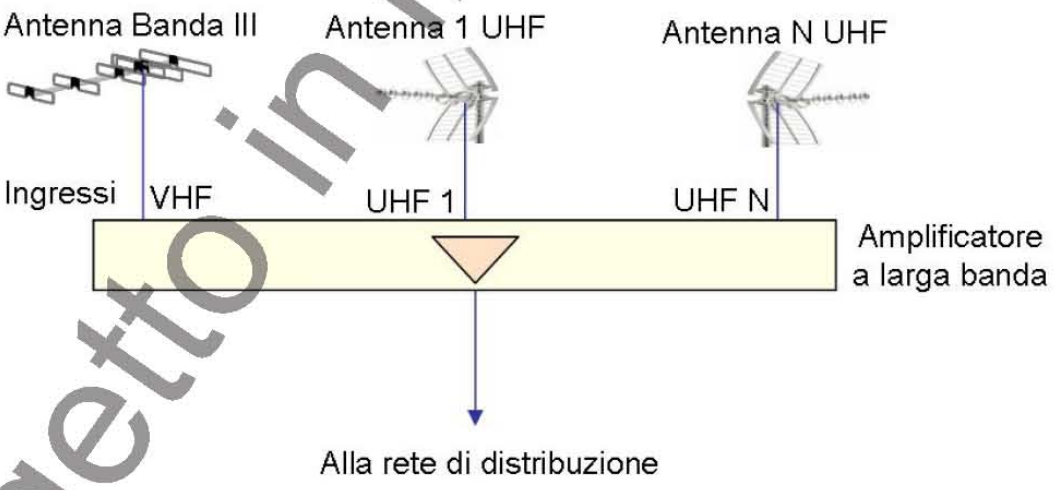


Figura 63 – Esempio di amplificazione a larga banda

(Nota redazionale della figura: modificare Banda 3[a] in Banda III

Progetto in inchiesta pubblica

Nel caso b), non tutti i canali captabili nel luogo di installazione delle antenne saranno ricevuti e potranno essere distribuiti con livelli di segnale simili (entro i 3 dB fra canali adiacenti ed i 12 dB fra canali qualsiasi, come raccomandato dalle Norme) e stabili nel tempo. In questo caso, dovranno essere individuati, al momento del collaudo dell'impianto, *i canali che soddisfano in modo completo le Norme CEI* e soltanto tali canali potranno essere *dichiarati conformi alle Norme CEI*, come previsto dal DM 37/08 (ex 46/90). Questa tecnica di amplificazione *non assicura il mantenimento nel tempo* dei livelli dei segnali rilevati alle prese d'utente al momento del collaudo dell'impianto. Occorre anche porre attenzione al fatto che uno stesso canale può essere ricevuto da più antenne e con livelli e ritardi diversi, fatto che può comportare un deterioramento della sua qualità.

Infine, è importante osservare che l'uso di *filtri attenuatori di canale* associati ad amplificatori a larga banda deve essere fatto solamente con materiali idonei a questi scopi, costruiti e tarati in modo accurato, poiché altrimenti *alterano in modo inaccettabile la risposta in frequenza entro il canale ricevuto* ed in particolare influenzano la variazione del *ritardo di gruppo* entro il canale, in modo da non poter soddisfare il requisito di essere inferiore a 50 ns o 80 ns (si veda la Norma CEI EN 60728-5, [8]). Tale requisito è di primaria importanza non tanto per la qualità del segnale video, ma nel caso di trasmissioni analogiche, per la corretta ricezione delle informazioni numeriche (teletext o Televideo), che sono ormai parte integrante dei segnali emessi dalle principali reti televisive nazionali.

Per i canali televisivi con modulazione numerica sono particolarmente importanti alcuni requisiti:

- la larghezza di banda degli amplificatori/convertitori di canale, che deve essere di 7 MHz (VHF) o di 8 MHz (UHF);
- la stabilità in frequenza ed il rumore di fase dei convertitori di canale, che deve essere adeguatamente inferiore rispetto a quello richiesto per i canali analogici (vedere par 7.4).

7.9.2 Radiodiffusione da satellite

L'elaborazione dei segnali ricevuti da satellite viene eseguita nel terminale di testa in funzione della tecnica di distribuzione adottata.

Se si devono introdurre in un solo cavo di distribuzione i canali provenienti da polarizzazioni diverse (o da posizioni orbitali diverse), essendo la capacità trasmissiva limitata a 20-30 canali, in funzione della spaziatura dei canali e della estensione della banda della 1ªFI, occorre eliminare, mediante filtri elimina-banda, alcuni canali non desiderati ed introdurre al loro posto, mediante convertitori di frequenza, i canali desiderati, ma ricevuti su altra polarizzazione o su altra banda (o da posizione orbitale diversa)(vedere Figura 64).

Progetto in inchiesta pubblica

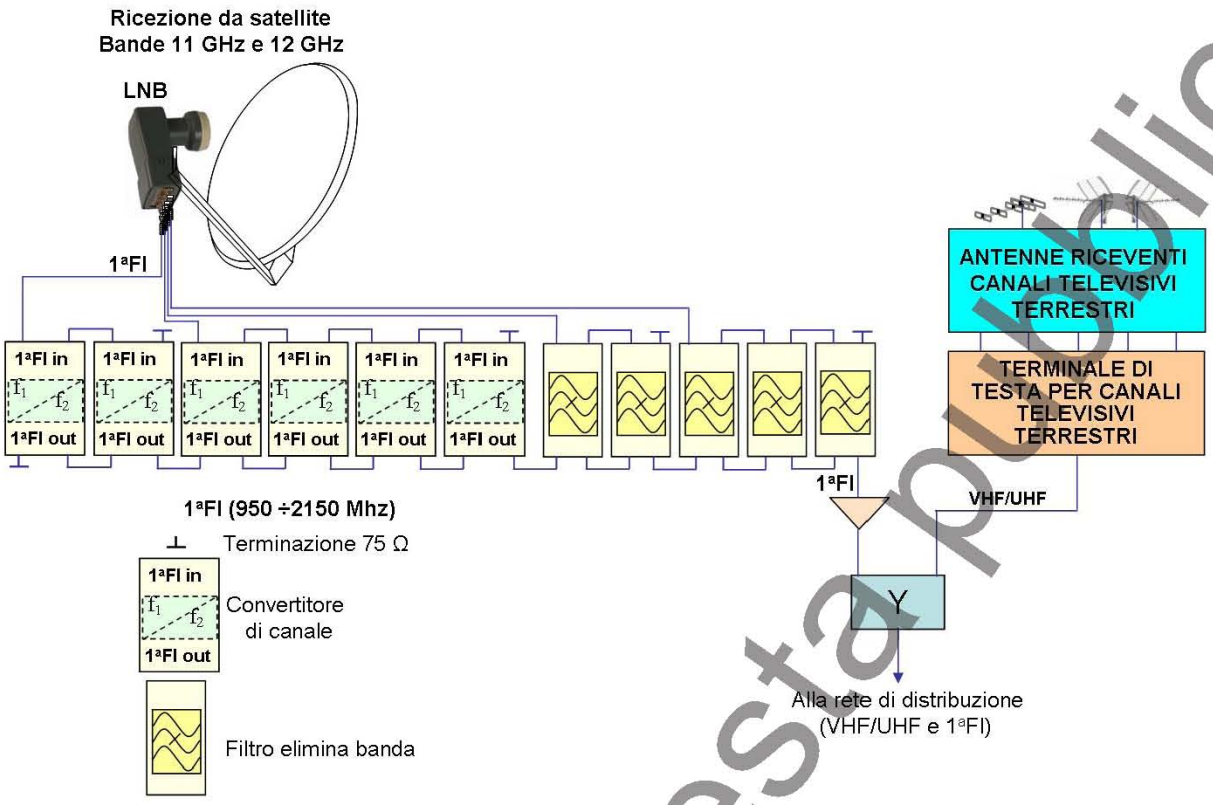


Figura 64 – Esempio di terminale di testa in cui sono disposti filtri elimina-banda e convertitori di canale. I canali eliminati sono sostituiti da canali convertiti di frequenza e provenienti dalla ricezione di altra polarizzazione o di altra banda

Per aumentare la capacità trasmissiva della rete di distribuzione occorre multiplare la rete di distribuzione come indicato in Figura 32. In Figura 65 è riportato un esempio di terminale di testa in cui sono usati più amplificatori della banda 1ªFI, uno per ognuna delle polarizzazioni e delle bande provenienti dalla ricezione di uno o più satelliti su posizioni orbitali diverse; per evitare la sovrapposizione fra i canali presenti alle varie uscite del convertitore LNB i segnali vengono inviati su cavi diversi nella rete di distribuzione multipla.

Progetto in inchiesta pubblica

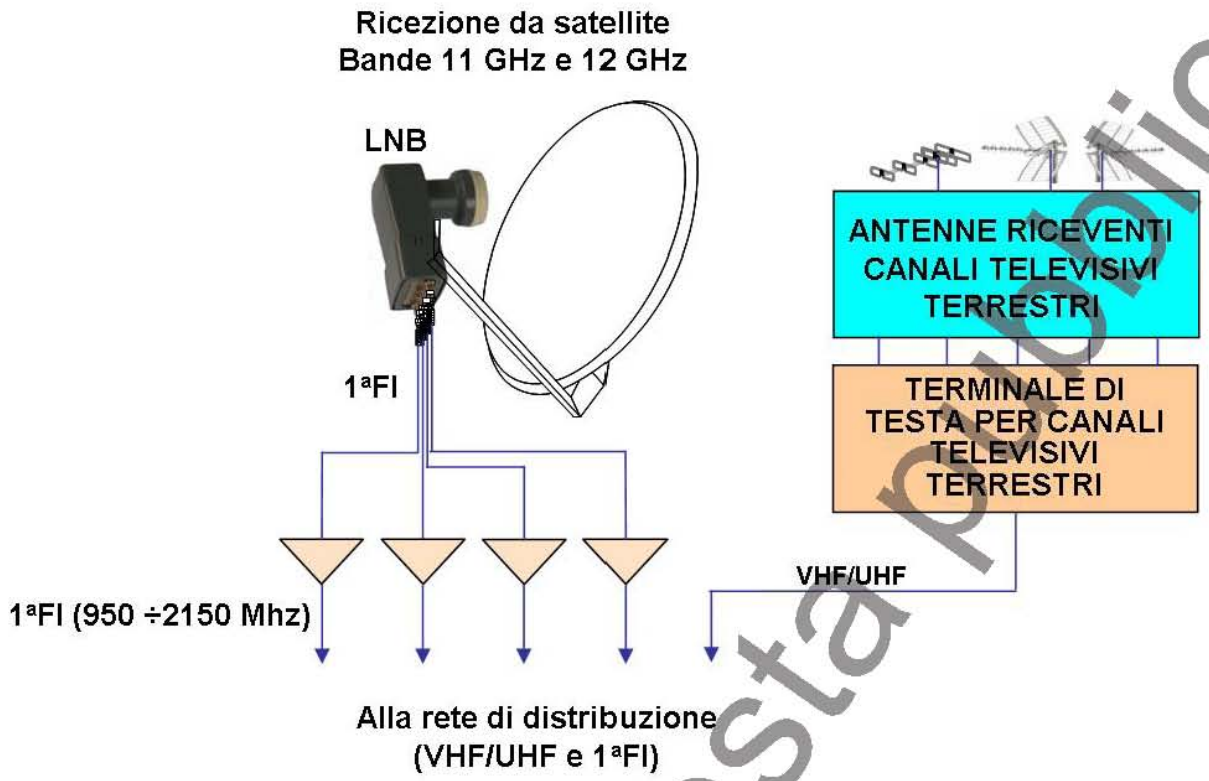


Figura 65 – Esempio di terminale di testa in cui sono usati amplificatori della banda della 1ªFI, uno per ogni polarizzazione proveniente dalla ricezione di più satelliti su posizioni orbitali diverse

Se si adotta la tecnica di distribuzione nella banda 230-470 MHz, nel terminale di testa occorre effettuare la conversione dei canali ricevuti dalla banda della 1ªFI alla banda 230÷470 MHz, mediante appositi convertitori e/o trasmodulatori di canale (vedere Figura 66). I canali da convertire sono scelti fra quelli ricevuti da una o da entrambe le polarizzazioni, da una o da entrambe le bande presenti all'uscita del convertitore LNB.

Progetto in inchiesta pubblica

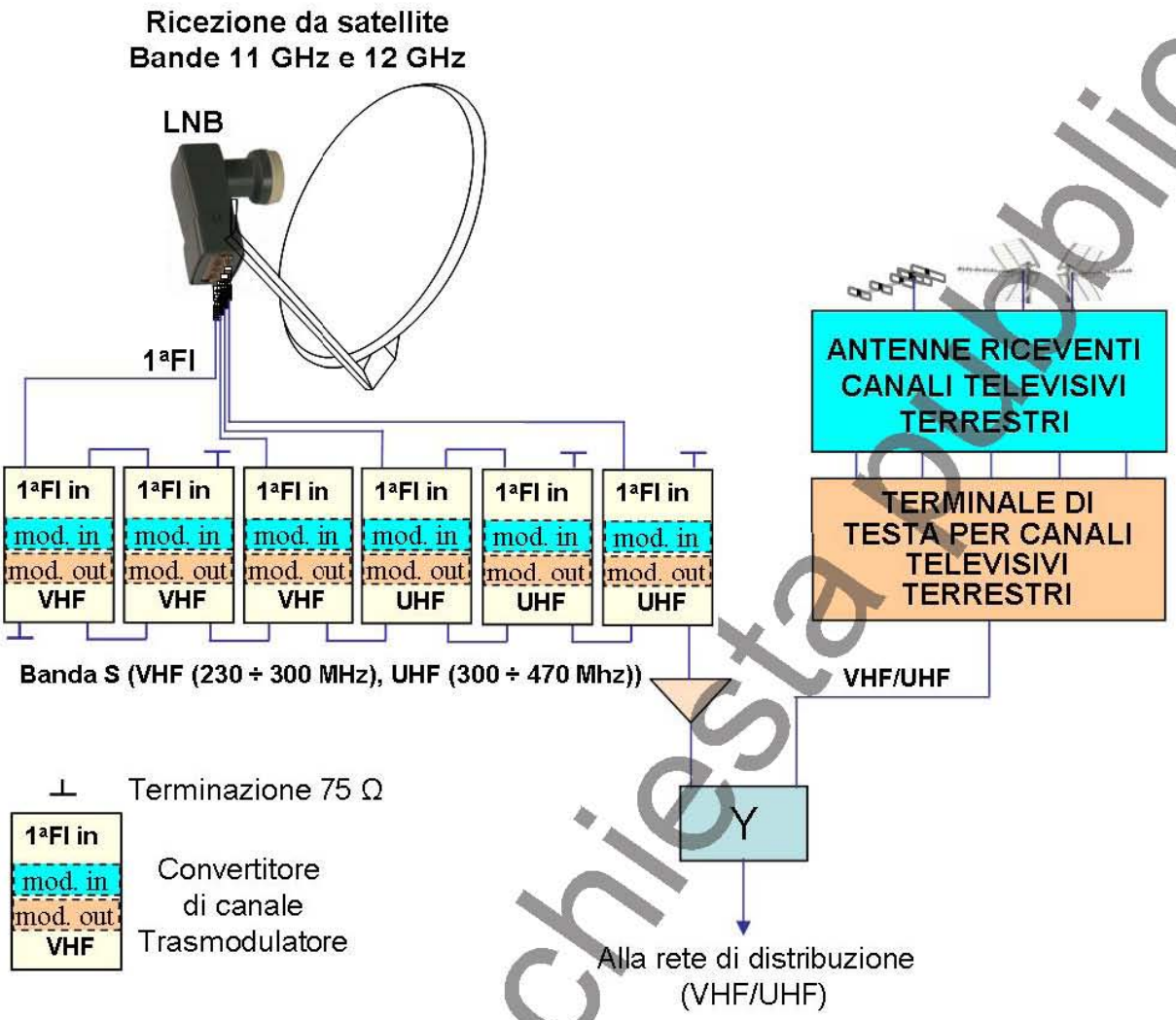


Figura 66 - Esempio di terminale di testa in cui sono usati convertitori- trasmodulatori di canale dalla banda della 1ªFI alla banda 230-470 MHz. I canali da convertire sono scelti fra quelli provenienti dalla ricezione di più polarizzazioni e bande

Infine, principalmente nel caso di impianti di distribuzione di grandi dimensioni (impianti di CATV), l'elaborazione dei segnali nel terminale di testa è rivolta a ridurre la banda passante dei canali ricevuti da satellite, sostituendo:

- i canali modulati di frequenza ("mod. in" (modulazione in ingresso) nella Figura 66) (TV-MF) (banda di 27-36 MHz) con canali modulati d'ampiezza ("mod. out" (modulazione in uscita) nella Figura 66) (TV-MA) (banda di 7 MHz) su opportune portanti nelle bande VHF/UHF, così da renderli del tutto compatibili con i canali della radiodiffusione televisiva terrestre e ricevibili con un normale televisore analogico, senza l'aggiunta di altri dispositivi o sintonizzatori;
- i canali modulati QPSK ("mod. in" nella Figura 66) (DVB-S) (banda di 27 MHz) con canali trasmodulati in QAM ("mod. out" nella Figura 66) (DVB-C) (banda di 7 o 8 MHz) nelle bande VHF/UHF[13] e ricevibili con appositi sintonizzatori (Set Top Box) per la modulazione QAM (DVB-C).

(13) Si ricorda che la banda VHF va da 30 MHz a 300 MHz, mentre la banda UHF va da 300 MHz a 3 GHz. Quindi nell'ambito della banda 230-470 MHz, i canali nella banda 230-300 MHz (S11-S20) sono larghi 7 MHz, e i canali nella banda 300-470 MHz (S21-S41) sono larghi 8 MHz.

Progetto in inchiesta pubblica

- i canali modulati QPSK ("mod. in" nella Figura 66) (DVB-S) (banda di 27 MHz) con canali trasmodulati in COFDM ("mod. out" nella Figura 66) (DVB-T) (banda di 7 o 8 MHz) nelle bande VHF/UHF e ricevibili con ricevitori digitali adatti alla ricezione DVB-T.
- i canali modulati QPSK ("mod. in" nella Figura 66) (DVB-S) (banda di 27 MHz) con canali modulati d'ampiezza ("mod. out" nella Figura 66) (TV-MA) nelle bande VHF/UHF e ricevibili con i normali ricevitori televisivi.

In tal caso il terminale di testa è costituito (vedere Figura 67, Figura 68 e Figura 69) da tanti ricevitori della radiodiffusione televisiva da satellite (TV-MF o DVB-S) quanti sono i canali da distribuire; ciascuno di detti ricevitori è seguito:

- da un modulatore (TV-MA) delle portanti video ed audio (allocate nelle bande VHF e UHF), secondo le caratteristiche dei canali conformi alle canalizzazioni B e G della ITU-R;

  NOTA Se il modulatore delle portanti video ed audio non è conforme alle canalizzazioni B e G della ITU-R nei riguardi della soppressione della banda laterale inferiore, non è possibile *utilizzare una canalizzazione con canali adiacenti.*

  - da un modulatore QAM secondo le caratteristiche DVB-C.
  - da un modulatore COFDM secondo le caratteristiche DVB-T

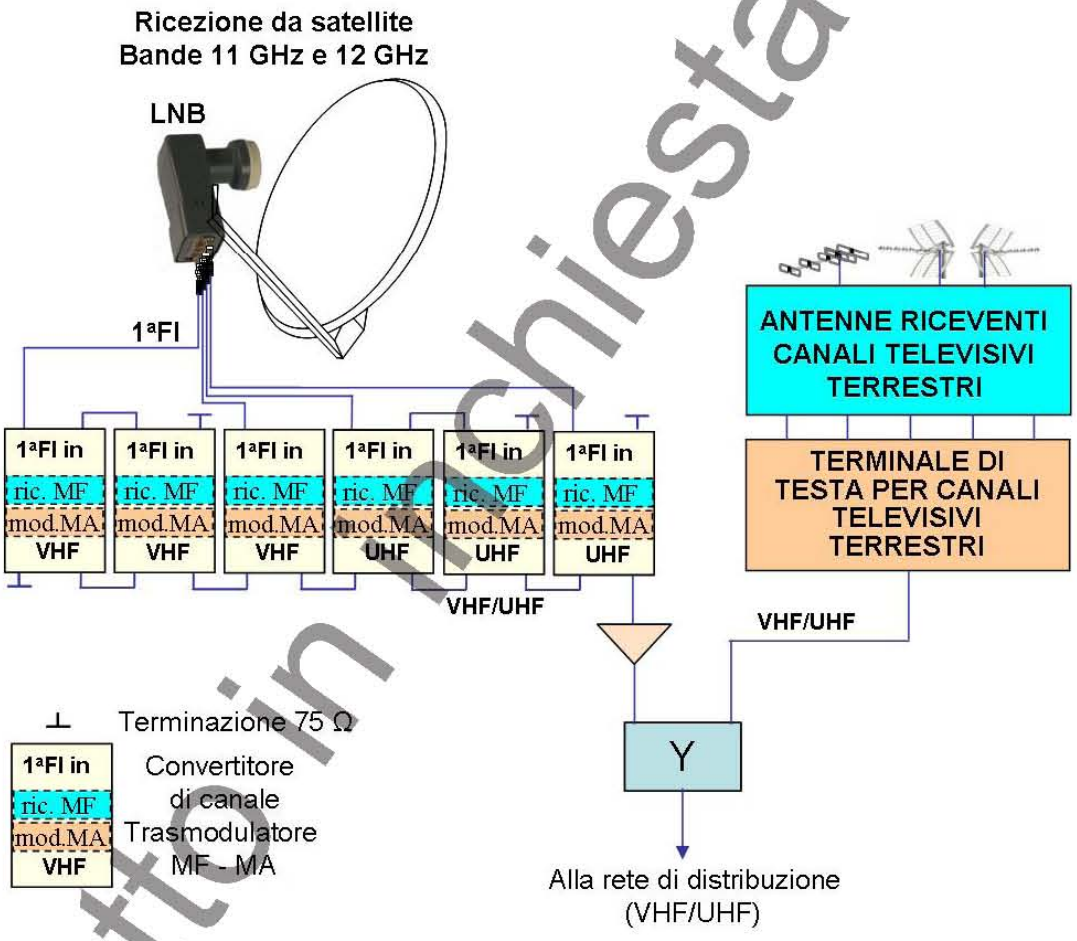


Figura 67 – Esempio di terminale di testa in cui i canali ricevuti da satellite sono demodulati di frequenza (TV-MF) e poi rimodulati (TV-MA) su opportune portanti video ed audio, secondo le canalizzazioni B e G della ITU-R per le bande VHF e UHF

Progetto in inchiesta pubblica

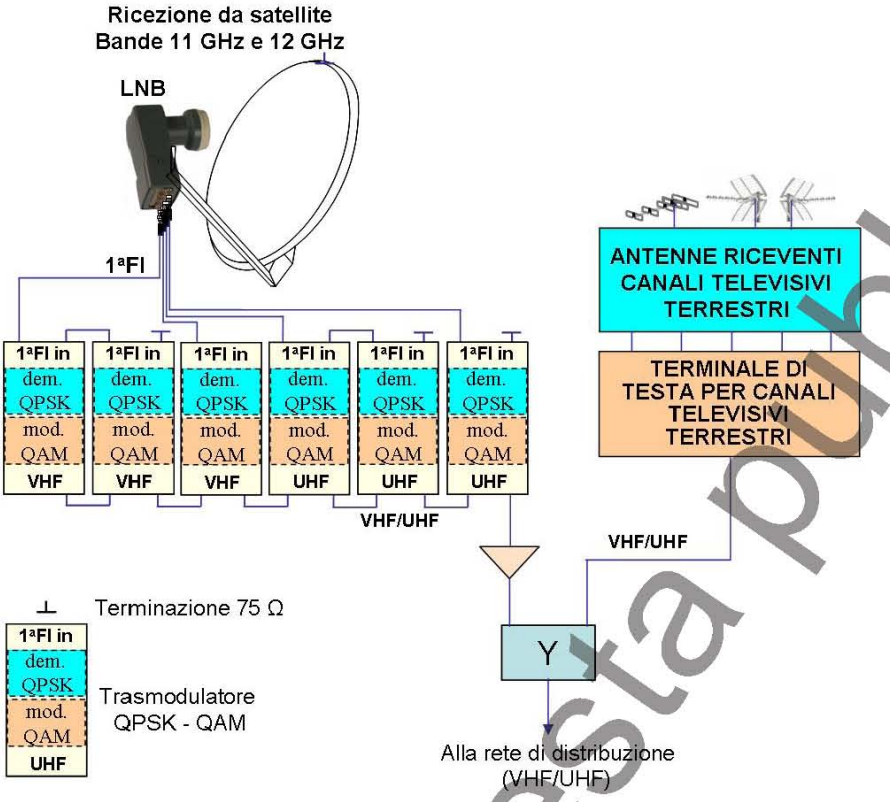


Figura 68 – Esempio di terminale di testa in cui i canali ricevuti da satellite (DVB-S) sono demodulati QPSK e poi rimodulati QAM (DVB-C). I trasmodulatori da QPSK a QAM possono essere fissi o telecomandati dall'utente in funzione delle tecniche di distribuzione adottate (vedere par. 5.2.2.3)

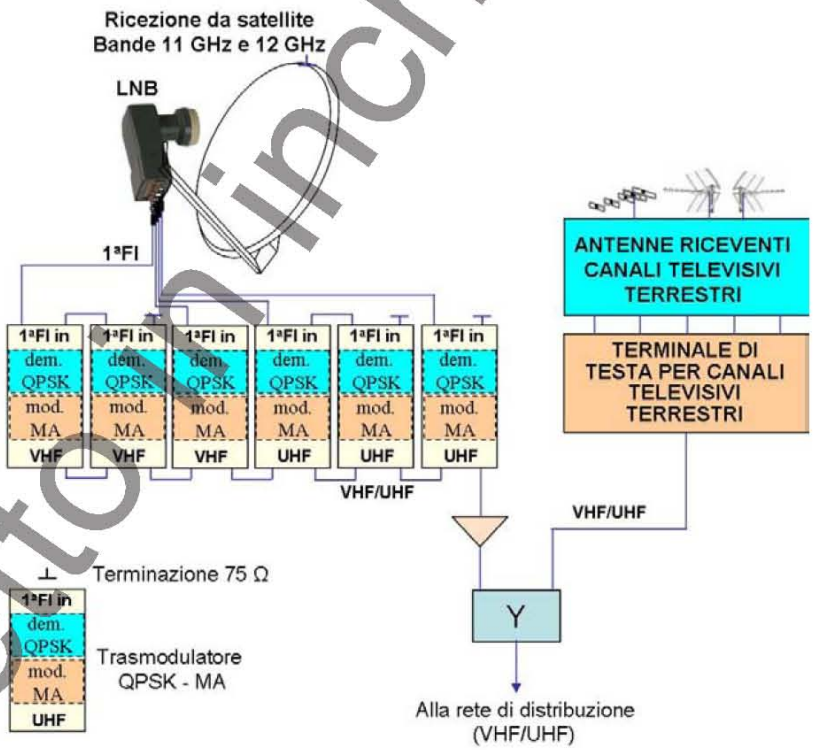


Figura 69 – Esempio di terminale di testa in cui i canali ricevuti da satellite (DVB-S) sono demodulati QPSK e poi rimodulati d'ampiezza (TV-MA) (vedere par. 5.2.2.3)

Progetto in inchiesta pubblica

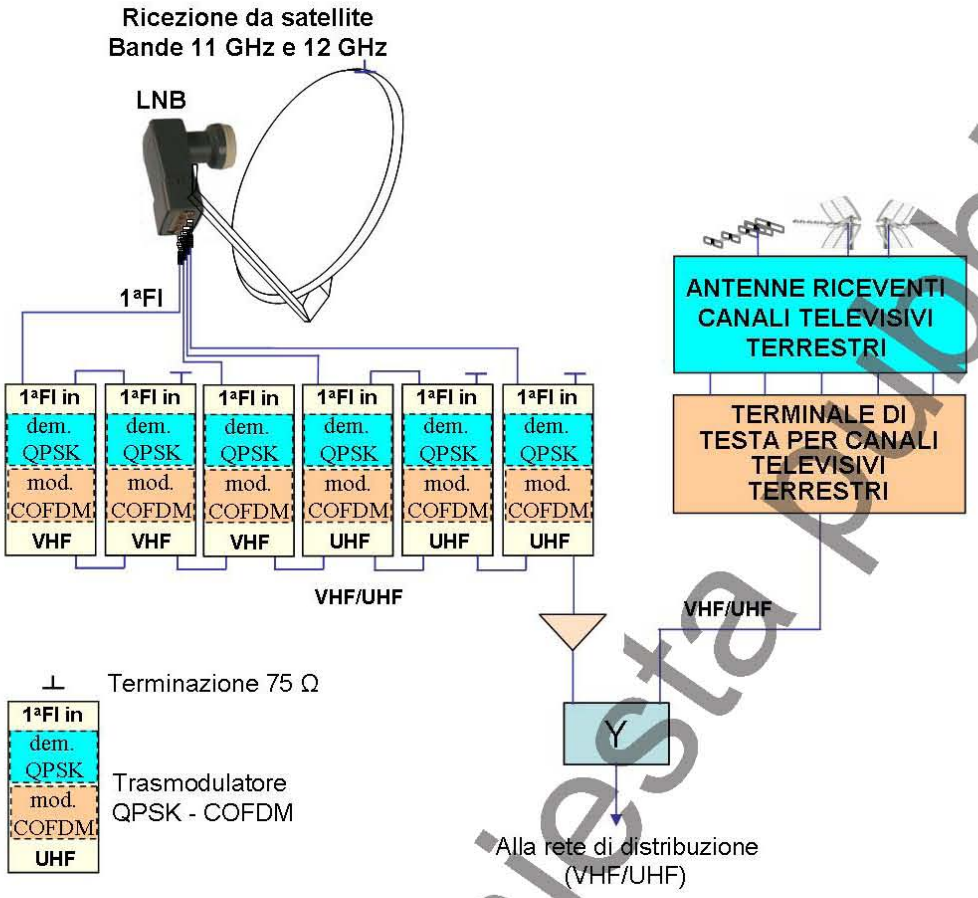


Figura 70 – Esempio di terminale di testa in cui i canali ricevuti da satellite (DVB-S) sono demodulati QPSK e poi rimodulati COFDM (vedere par. 5.2.2.3)

7.10 Utilizzo della radiodiffusione da satellite per la copertura delle aree non coperte dal digitale terrestre.

La cessazione (switch-off) di trasmissioni televisive con segnali analogici e l'introduzione del digitale terrestre, lascia scoperte dal servizio digitale terrestre alcune zone marginali dal punto di vista del numero di abitanti, meno marginali come superficie nazionale. Molti operatori televisivi nazionali suppliscono a questa mancanza di copertura mediante la trasmissione degli stessi programmi via satellite. poiché le tramissioni satellitari coprono in modo completo tutta la superficie nazionale italiana. Tuttavia la copertura satellitare, essendo molto più ampia del territorio nazionale, per motivi inerenti i diritti televisivi, richiede che i progammi trasmessi da satellite debbano essere criptati. Le metodologie di decriptaggio sono note e disponibili. Le motivazioni commerciali di gestione dei sistemi di decodifica esulano dagli scopi di questa guida.

Progetto in inchiesta pubblica

8 Le antenne

8.1 Caratteristiche elettriche delle antenne per la radiodiffusione terrestre

8.1.1 Impedenza

L'impedenza nominale dell'antenna è di 300 Ω se a struttura simmetrica e di 75 Ω, se a struttura asimmetrica.

Il passaggio dalla struttura simmetrica a quella asimmetrica viene ottenuto mediante un opportuno traslatore (detto *balun*: balance to unbalance transformer), situato nell'antenna stessa e protetto in modo adeguato contro gli agenti atmosferici.

8.1.2 Adattamento

Il rapporto d'onda stazionaria in un punto prossimo all'antenna stessa deve essere inferiore a 2,0 per tutte le frequenze relative a ciascun canale televisivo di funzionamento.

8.1.3 Guadagno

Il guadagno d'antenna è espresso con riferimento al dipolo in mezz'onda e deve essere scelto in base ai criteri esposti in precedenza al punto 7.3.

Il guadagno deve essere uniforme entro ±1 dB (±2 dB nella banda I) per tutte le frequenze relative ad un canale televisivo.

Se l'antenna serve per la captazione dei programmi radiofonici trasmessi in modulazione di frequenza, il guadagno deve essere uniforme entro ±2 dB in tutta la banda da 87,5 MHz a 108 MHz ed entro ±1 dB in qualsiasi intervallo di 0,5 MHz compreso nella banda suddetta.

8.1.4 Diagramma di direttività

Il diagramma di direttività orizzontale dell'antenna deve mettere in evidenza una protezione verso i segnali di disturbo provenienti posteriormente o lateralmente. Quindi i lobi secondari devono presentare un massimo inferiore a quello del lobo principale di una entità almeno pari al valore riportato nella Tabella 21.

Tabella 21 - Attenuazione dei lobi secondari dell'antenna rispetto al lobo principale

Banda	Angolo rispetto al lobo principale	
	minore di 90°	maggiore di 90°
Televisione		
I e canale C	7 dB	10 dB
III - IV e V	15 dB	20 dB
Radiofonia		
87,5 - 108 MHz	7 dB	10 dB
NOTA La direttività dell'antenna può essere efficacemente usata per attenuare la ricezione dei disturbi esterni.		

8.2 Caratteristiche elettriche delle antenne per la radiodiffusione da satellite

Per dimensionare l'antenna (principalmente il diametro del paraboloide) occorre valutare il guadagno che essa presenta nella banda di frequenza interessata. È anche importante conoscere la direttività, al fine di poter valutare la criticità del puntamento.

Progetto in inchiesta pubblica

8.2.1 Guadagno

Il guadagno (in potenza) di un'antenna (G_a) con riflettore a paraboloide dipende dal suo diametro (D) in base alla relazione:

$$G_a = \eta \, (\pi \, D/\lambda)^2 \qquad (1)$$

dove:

η = efficienza dell'antenna (0,65-0,75)

λ = lunghezza d'onda nella banda interessata (≈ 2,5 cm nella banda dei 12 GHz).

Ad esempio, assumendo $\eta = 0{,}65$, $\lambda = 2{,}5$ cm, con D = 1 m si ricava $G_a = 10.264$ (40,1 dB).

In Figura 71 è riportato il valore di G_a (in dB) per diametri D dell'antenna variabili fra 0,5 m e 3,5 m, nel caso di ricezione nella banda dei 12 GHz.

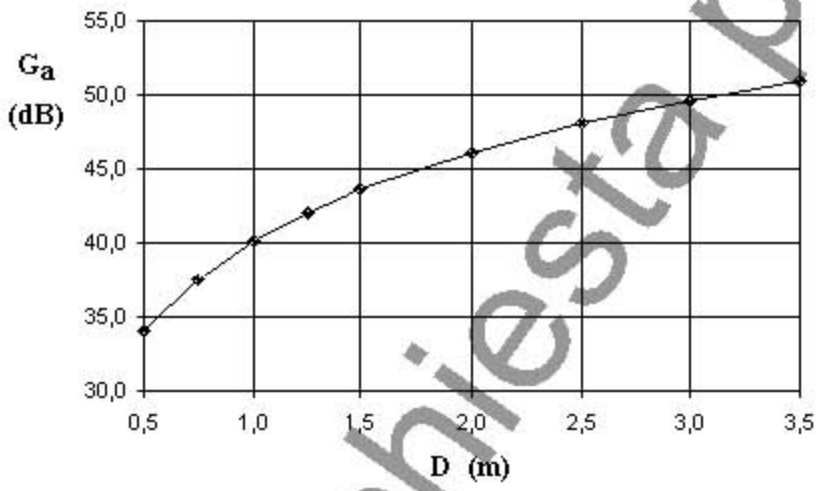


Figura 71 – Valori del guadagno G_a dell'antenna in funzione del diametro D del paraboloide, nel caso di ricezione nella banda dei 12 GHz

8.2.2 Direttività

La direttività di un'antenna con riflettore a paraboloide dipende dall'angolo di apertura a -3 dB (φ_o), che può essere ricavato dalla relazione approssimata:

$$\varphi_o = \frac{k_a}{\sqrt{\eta}} \, \frac{\lambda}{D} \qquad (2)$$

dove K_a è un coefficiente che dipende dalla distribuzione del campo elettromagnetico sull'apertura dell'antenna. In molti casi si può porre: $K_a = 80$.

Ad esempio, assumendo $\eta = 0{,}65$, $\lambda = 2{,}5$ cm, con D = 1 m si ricava: $\varphi_o = 2{,}5°$.

8.2.3 Fattore di merito (G/T) del sistema ricevente

Per valutare se il sistema ricevente è stato dimensionato correttamente, occorre calcolare il suo fattore di merito (G/T), dipendente dalla cifra di rumore (F = 10 log f) del sistema ricevente, ma in pratica dalla cifra di rumore del convertitore LNB.

Dal valore di G/T si può poi ricavare il flusso di potenza (PFL) che occorre avere a terra in base al rapporto portante/rumore (C/N) desiderato.

Progetto in inchiesta pubblica

Il fattore di merito G/T si calcola dalla relazione:

$$G/T = \frac{\alpha\ \beta\ G_a}{\alpha\ T_a + (1-\alpha)T_o + (f-1)T_0} \qquad (3)$$

dove:

G_a = guadagno dell'antenna

T_a = temperatura di rumore dell'antenna (≈150 K)

T_o = temperatura di riferimento (290 K)

α = attenuazione della linea di trasmissione fra l'antenna ed il ricevitore (LNB) (10 log α ≈-0,5 dB)

β = perdite dovute alla propagazione atmosferica, invecchiamento, errori di puntamento dell'antenna, ecc. (10 log β ≈-1,5 dB)

F = cifra di rumore totale del sistema ricevente.

Ad esempio, per la banda dei 12 GHz, con un'antenna avente un diametro di 1 m ed una cifra di rumore del sistema ricevente F = 1,5 dB, si ricava: G/T = 10,8 dB(K^{-1}).

In Figura 72 è riportato l'andamento del valore di G/T in funzione del diametro D del paraboloide, con diversi valori della cifra di rumore F del sistema ricevente, nel caso di ricezione nella banda dei 12 GHz.

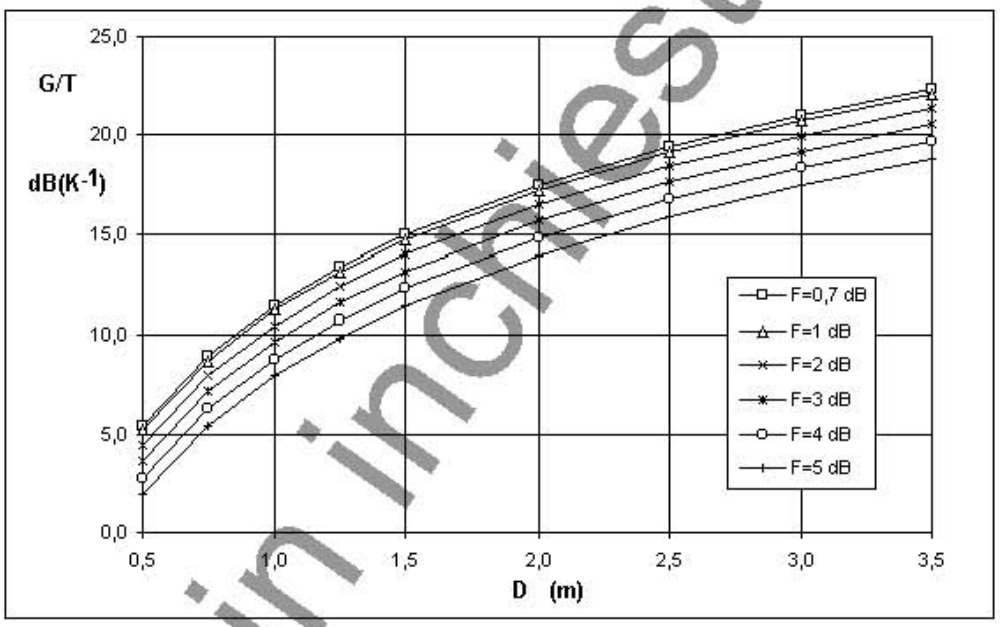


Figura 72 – Valori di G/T del sistema ricevente in funzione del diametro D del paraboloide per diversi valori della cifra di rumore F, nel caso di ricezione nella banda dei 12 GHz

8.2.4 Flusso di potenza (PFL) a terra

In base al valore di G/T del sistema ricevente si può calcolare il valore del flusso di potenza (PFL: Power Flux Level) a terra necessario per ottenere un rapporto portante/rumore (C/N) non inferiore al valore richiesto dalla normativa (ad esempio 11 dB per i canali digitali), alla presa d'utente.

Il valore di flusso di potenza (PFL) si ottiene dalla relazione:

$$PFL = \frac{4\ \pi k\ B_n}{\lambda^2}\ \frac{(C/N)}{(G/T)} \qquad (W/m^2) \qquad (4)$$

Progetto in inchiesta pubblica

Essendo: k = 1,38 10^{-23} J/K (costante di Boltzman), assumendo λ = 2,5 cm (banda dei 12 GHz), B_n = 27 MHz, si ricava:

$$(PFL)dB = -111 + (C/N)dB - (G/T)dB \quad (5)$$

Ad esempio, con C/N = 11 dB e G/T = 10,8 dB(K^{-1}) il valore di PFL richiesto a terra risulta di -110,8 dB(W/m^2).

Il valore di PFL può essere ricavato dal valore della potenza (P) trasmessa dal satellite in base alla relazione:

$$PFL = \frac{P}{4\pi R^2} \quad (6)$$

dove:

R è la distanza fra il satellite ed il luogo di ricezione (circa 38.000 km).

Ad esempio, se la potenza trasmessa è di 52 dB(W) (P = 1,6·10^5 W), si ricava

PFL = 8,8 10^{-12} (-110,6 dB(W/m^2)).

In tal modo si verifica la bontà della scelta dell'antenna e del convertitore LNB.

8.3 Criteri d'installazione delle antenne per radiodiffusione terrestre

8.3.1 Posizione sull'edificio

La posizione sull'edificio va scelta, compatibilmente con i criteri generali di sicurezza delle persone, in modo da consentire la migliore ricezione possibile, nel senso di raggiungere la condizione ottima fra l'intensità di campo desiderata e la presenza di echi e disturbi.

8.3.2 Distanze fra le antenne

Quando più antenne sono montate sullo stesso sostegno, le distanze in metri fra di esse vengono stabilite in base all'angolo esistente fra le direzioni di orientamento, secondo la Tabella 22, la Tabella 23 e la Tabella 24.

Tabella 22 – Distanza, in metri, fra antenne parallele o divergenti entro 20°

Banda	I (TV) m	Canale C (TV) e Radiofonia (MF) m	III (TV) m	IV (TV) m	V (TV) m
I	3,20	1,80	1,80	1,00	1,00
Canale C (TV) e Radiofonia (MF)	1,80	1,40	1,00	1,00	1,00
III (TV)	1,80	1,00	1,00	1,00	1,00
IV (TV)	1,00	1,00	1,00	0,80	0,65
V (TV)	1,00	1,00	1,00	0,65	0,65

Tabella 23 – Distanza, in metri, fra antenne divergenti fra 20° e 70°

Banda	I (TV) m	Canale C (TV) e Radiofonia (MF) m	III (TV) m	IV (TV) m	V (TV) m
I	2,30	1,30	1,30	0,75	0,75
Canale C (TV) e Radiofonia (MF)	1,30	0,80	0,75	0,75	0,75
III (TV)	1,30	0,55	0,75	0,75	0,75
IV (TV)	0,75	0,55	0,75	0,60	0,5
V (TV)	0,75	0,55	0,75	0,50	0,50

Progetto in inchiesta pubblica

Tabella 24 – Distanza, in metri, fra antenne divergenti fra 70° e 90°

Banda	I (TV) m	Canale C (TV) e Radiofonia (MF) m	III (TV) m	IV (TV) m	V (TV) m
I	1,85	1,00	1,00	0,55	0,55
Canale C (TV) e Radiofonia (MF)	1,00	0,80	0,55	0,55	0,55
III (TV)	1,00	0,55	0,55	0,55	0,55
IV (TV)	0,55	0,55	0,55	0,45	0,35
V (TV)	0,55	0,55	0,55	0,35	0,35

8.4 Criteri d'installazione delle antenne per ricezione da satellite

L'installazione dell'antenna per ricezione da satellite deve essere effettuata in modo da poter puntare il satellite desiderato evitando ostacoli dovuti ad edifici, alberi, rilievi montuosi, ecc. Alle nostre latitudini, l'elevazione del satellite è in genere superiore a 30° e l'azimut è rivolto verso il sud. Il calcolo preciso dell'elevazione e dell'azimut deve essere eseguito prima di effettuare il puntamento dell'antenna.

8.4.1 Puntamento dell'antenna

Il puntamento dell'antenna richiede il calcolo degli angoli di elevazione e di azimut.

8.4.1.1 Angolo di elevazione

L'angolo di elevazione δ dell'antenna è calcolabile mediante la relazione:

$$\tan \delta = \frac{\cos \beta - [r/(r+h)]}{\operatorname{sen} \beta} \qquad (7)$$

dove:

r = 6.370 km (raggio terrestre)

h = 35.860 km (altezza del satellite geostazionario rispetto all'equatore)

β è da calcolare in base alla latitudine φ del luogo di ricezione ed alla differenza Δ fra la longitudine del luogo di ricezione ψ e quella del satellite, usando la relazione:

$$\cos \beta = \cos \Delta \cos \varphi \qquad (8)$$

8.4.1.2 Azimut

L'azimut γ del satellite si ricava dalla relazione:

$$\gamma = 180 + \arctan(\tan \Delta / \operatorname{sen} \varphi) \qquad (9)$$

Nella Tabella 25 e nella Tabella 26 sono riportati, a titolo di esempio, i valori di δ e di γ per alcune località italiane (in posizioni estreme della penisola), calcolate per un satellite geostazionario con posizione orbitale 13° E (per cui risulta $\Delta = \psi - 13°$) (Tabella 25) e per un satellite geostazionario con posizione orbitale 19,2° E (per cui risulta $\Delta = \psi - 19{,}2°$)(Tabella 26)[(14)].

(14) La ricezione di entrambe le posizioni orbitali può essere ottenuta con un'antenna "dual feed"

Progetto in inchiesta pubblica

Tabella 25 – Elevazione ed azimut per satellite geostazionario con posizione orbitale 13°E

Località	latitudine φ	longitudine ψ	elevazione δ	azimut γ
Torino	45,1° N	7,7°E	37,8°	172,5°
Milano	45,5° N	9,2°E	37,5°	174,7°
Venezia	45,5° N	12,5°E	37,6°	179,3°
Roma	41,9° N	12,5°E	41,6°	179,2°
Lecce	40,3° N	18,2°E	43,1°	188,0°
Siracusa	37,1° N	15,3°E	46,9°	183,8°

Tabella 26 – Elevazione ed azimut per satellite geostazionario con posizione orbitale 19,2°E

Località	latitudine φ	Longitudine ψ	elevazione δ	azimut γ
Torino	45,1° N	7,7°E	36,8°	164,0°
Milano	45,5° N	9,2°E	36,7°	166,1°
Venezia	45,5° N	12,5°E	37,2°	170,7°
Roma	41,9° N	12,5°E	41,2°	170,0°
Lecce	40,3° N	18,2°E	43,4°	178,5°
Siracusa	37,1° N	15,3°E	46,8°	173,6°

8.4.2 Ancoraggio dell'antenna

Data la notevole direttività delle antenne per ricezione da satellite, occorre assicurare che il loro puntamento permanga nel tempo. A tale scopo l'antenna deve essere fissata ad un supporto che non consenta apprezzabili flessioni e variazioni del puntamento anche sotto l'azione del vento.

8.5 Cavi di discesa

8.5.1 Radiodiffusione terrestre

I cavi che collegano ciascuna antenna al rispettivo amplificatore o convertitore, non vanno alloggiati all'interno del palo di sostegno delle antenne, per evitarne la foratura, ma all'esterno (oppure tramite un apposito tubo passacavo che eviti infiltrazioni d'acqua piovana), ancorandoli in modo adeguato, senza che vengano a sopportare alcun sforzo meccanico.

Inoltre si raccomanda che i cavi coassiali siano adatti all'uso esterno.

8.5.2 Radiodiffusione da satellite

I cavi che collegano l'antenna (o meglio il convertitore LNB) ed il sintonizzatore dei canali (ricezione individuale) oppure il terminale di testa (ricezione comunitaria) devono essere alloggiati ed ancorati come in 8.5.1.

Inoltre si raccomanda che i cavi coassiali siano adatti all'uso esterno.

8.6 Posizione in relazione a linee aeree

Il sistema di antenne deve essere installato in posizione tale che, qualunque assetto esso venga ad assumere, anche per cause accidentali, non possa venire in contatto con linee di telecomunicazione a conduttori nudi o con linee elettriche di classe zero (Norma CEI 11-4, [17]). Nel caso di linee elettriche di prima, seconda e terza classe, la posizione del sistema d'antenne deve essere tale che siano rispettate le distanze riportate nella citata Norma e riportate nella Tabella 27.

Progetto in inchiesta pubblica

Tabella 27 – Distanze del sistema d'antenna da linee elettriche

Classe	Distanza (m)
I (fino a 1000 Vca)	
II (da 1000 a 30.000 Vca)	
III (oltre 30.000 Vca)	

8.7 Dimensionamento del sostegno d'antenna

Il dimensionamento del sostegno costituisce un aspetto importante nel progetto di un impianto d'antenna (individuale o centralizzato) in quanto contribuisce a garantire la sicurezza meccanica dell'impianto e deve essere effettuato secondo la metodologia di calcolo contenuta nella Norma CEI 100-126, [1] la quale richiede di:

a) calcolare il momento flettente nel punto di ancoraggio del sostegno (o palo), tenendo conto della pressione del vento sulle singole antenne e della distanza fra il punto di fissaggio dell'antenna e il punto di ancoraggio del sostegno al tetto;

b) verificare la necessità di una prova statica per le parti del fabbricato soggette alla sollecitazione, se il momento flettente supera i 1650 N·m;

c) verificare la necessità di controventature, ricordando che la Norma CEI 100-126 prevede una lunghezza libera massima del sostegno pari a 6 m;

d) verificare che la distanza fra gli ancoraggi sia superiore a 1/6 della lunghezza totale (L) del sostegno d'antenna (vedere Figura 73).
Una dettagliata e specifica metodologia di calcolo è riportata nella Guida CEI 100-140, che presenta anche la metodologia di calcolo dei supporti del palo d'antenna e delle controventature, quando necessarie.

Il momento flettente totale (M_{bt}) di un sostegno d'antenna nel punto di ancoraggio è dato (Figura 73) dalla seguente espressione:

$$Mbt = Mba + Mp \quad (10)$$

essendo:

$$Mba = W1\ a1 + W2\ a2 + W3\ a3 + W4\ a4 + \ldots\ (N{\cdot}m) \quad (11)$$

dove:

W_1, W_2, W_3, W_4 sono le forze concentrate del vento (espresse in newton) agenti su ciascuna antenna nella direzione di massima sollecitazione;

a_1, a_2, a_3, a_4 sono le distanze, espresse in metri, dal punto di fissaggio dell'antenna alla sezione di verifica del sostegno;

ed essendo ancora:

$$M_p = q_1\ (l_1^2/2) + q_2\ l_2\ (l_1 + l_2/2) + q_3\ l_3\ (l_1 + l_2 + l_3/2) + q_4\ l_4\ (l_1 + l_2 + l_3 + l_4/2) + \ldots (N{\cdot}m) \quad (12)$$

dove:

q_1, q_2, q_3, q_4 sono i carichi del vento (espressi in N/m) distribuiti lungo il sostegno;

l_1, l_2, l_3, l_4 sono le corrispondenti lunghezze (espresse in metri) dei singoli tronconi a partire da quello inferiore.

I valori di W, la forza esercitata dal vento per ciascun tipo di antenna impiegato, devono essere indicati dal costruttore dell'antenna stessa, per una pressione p del vento pari a 800 N/m^2 (corrispondente ad una velocità del vento di 130 km/h). Nel caso non siano disponibili occorre calcolarli.

Se il costruttore indica la spinta concentrata a velocità di 33,3 m/s (120 km/h), per velocità del vento diverse occorre tenere conto della relazione (13).

Progetto in inchiesta pubblica

Qualora il sostegno sia a sezione variabile occorre procedere alla verifica di ogni suo tronco assumendo per esso, quale sezione di verifica, la sezione terminale d'incastro sul tronco inferiore e computando di conseguenza le distanze *a* ed *l* che appaiono nelle (11) e (12) limitatamente alla zona superiore a tale sezione.

La forza esercitata dal vento sui sostegni e sulle antenne dipende dalla velocità del vento e dalla sezione trasversale delle superfici esposte all'azione del vento stesso, secondo la seguente relazione:

$$W = 0{,}75\ v^2\ S \qquad (13)$$

dove:

W = spinta (N) sulla superficie esposta perpendicolarmente alla direzione del vento;

v = velocità del vento (m/s) nel luogo di installazione delle antenne;

S = area (m^2) della sezione trasversale della struttura colpita normalmente dal vento.

La relazione precedente può essere così riscritta:

$$W = c\ p\ S \qquad (14)$$

essendo:

c = il coefficiente di carico pari a 1,2;

p = 800 N/m^2 per velocità del vento di 36 m/s (130 km/h): questo è il valore da utilizzare per antenne ad una altezza massima di 20 m dal suolo;

p = 1100 N/m^2 per velocità del vento di 42 m/s (150 km/h): questo è il valore da utilizzare per antenne ad una altezza superiore a 20 m dal suolo.

Il carico del vento distribuito lungo il sostegno è dato dalla relazione:

$$q = c\ p\ D \qquad (15)$$

essendo:

D il diametro (medio) esterno del sostegno.

Nelle zone molto ventose, per tenere conto delle oscillazioni ritmiche dovute agli effetti dinamici del vento, è opportuno aumentare i valori di W e q delle (14) e (15) di un fattore 1,6.

Nelle zone in cui è prevedibile la formazione di ghiaccio sull'antenna, occorre calcolare W e q tenendo conto che la sezione S ed il diametro D devono essere moltiplicati per un coefficiente pari a circa 2. Questo corrisponde a moltiplicare per lo stesso coefficiente il momento flettente totale M_{bt}.

NOTA Il valore di S delle normali antenne Yagi per le bande televisive è sempre inferiore a 0,2 m^2 ed inoltre non sempre l'attacco dell'antenna al sostegno coincide con il baricentro dell'antenna stessa.

L'antenna per la ricezione da satellite viene preferibilmente montata nella parte inferiore del sostegno d'antenna al fine di minimizzare le sue oscillazioni ed evitare variazioni del puntamento.

NOTA Si ricorda che un'antenna con paraboloide del diametro di 1 m ha una direttività elevata con un angolo di apertura a –3 dB di circa 2,5°.

Il materiale usato per il sostegno d'antenna deve presentare adeguate caratteristiche non soltanto meccaniche, ma anche chimiche per resistere all'azione degli agenti atmosferici (corrosione, ossidazione, ecc.).

Per la scelta e l'installazione dei sostegni d'antenna si veda anche la Guida CEI 100-140 [25], che riporta i criteri di calcolo delle staffe, degli ancoraggi e degli eventuali controventi.

Progetto in inchiesta pubblica

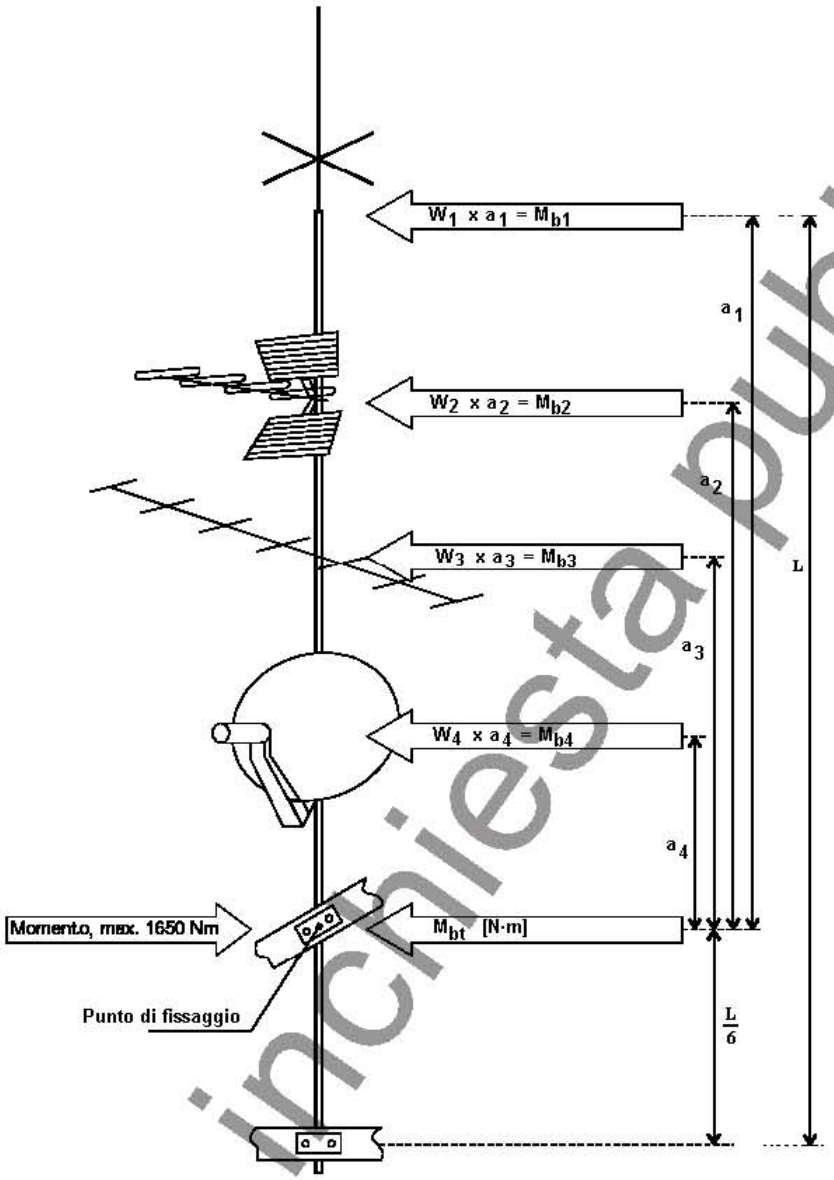


Figura 73 – Esempio di sostegno per il calcolo del momento flettente dovuto alla spinta del vento sulle antenne

Progetto in inchiesta pubblica

9 Determinazione dei segnali terrestri primari

9.1 Premessa

Con riferimento al Decreto del Ministero delle Comunicazioni del giorno 11 novembre 2005 "Regole tecniche relative agli impianti condominiali centralizzati d'antenna riceventi del servizio di radiodiffusione" pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale N. 271 del 21 Novembre 2005, si riportano i criteri di determinazione dei **segnali terrestri primari** sia per la televisione analogica, sia per quella digitale, come descritti nell'art. 2 "Definizioni" del suddetto D.M. 11 Novembre 2005.

NOTA I segnali satellitari da distribuire nell'impianto centralizzato vengono scelti in base alla richiesta e gradimento degli utenti o condomini, e non sono qui trattati.

9.2 Criteri di determinazione dei segnali terrestri primari

9.2.1 Introduzione

Si considerano segnali terrestri primari quelli che, nel punto di installazione dell'antenna ricevente dell'impianto centralizzato, presentano un livello di campo elettromagnetico uguale o superiore ai valori riportati:

a) nella Raccomandazione ITU-R BT.417-5 per la televisione analogica terrestre (si veda la Tabella 28);

b) nella Raccomandazione ITU-R BT.1368-4 (Table 40) e nel documento CEPT "The Chester 1997 Multilateral Coordination Agreement relating to Technical Criteria, Coordination Principles and Procedures for the Introduction of Terrestrial Digital Video Broadcasting (DVB-T)". Chester, July 1997, per la televisione digitale terrestre (si veda la Tabella 29).

Tabella 28 – Livelli minimi di segnale (campo elettromagnetico) per la televisione analogica terrestre nel punto di installazione dell'antenna ricevente dell'impianto centralizzato

Banda	I	III	IV	V
Livello di segnale dB(μV/m)	**+48**	**+55**	**+65**	**+70**

Tabella 29 – Livelli minimi di segnale (campo elettromagnetico) per la televisione digitale terrestre (DTT) nel punto di installazione dell'antenna ricevente dell'impianto centralizzato

Banda	III	IV	V
Livello di segnale dB(μV/m)	**+38**	**+44**	**+48**

I livelli riportati nella Tabella 29 si riferiscono a segnali DVB-T con modulazione 64 QAM, code rate 2/3, modo 8K (sono le modalità più utilizzate attualmente per la TV digitale terrestre in Italia). Per modalità diverse sono necessari correttivi che variano in funzione delle caratteristiche di modulazione e del code rate. Ad esempio, con modulazione 64 QAM, se il code rate è di 1/2, i livelli di campo della Tabella 29 possono essere diminuiti di circa 3 dB, mentre se il code rate è di 5/6 o 7/8 i livelli di campo della Tabella 29 devono essere aumentati di 4 o 5 dB. Se invece la modulazione è 16 QAM, a parità di code rate, i livelli di campo della Tabella 29 possono essere diminuiti di 6 dB, e per la modulazione QPSK di 12 dB.

I livelli dei campi elettromagnetici considerati "primari" devono essere misurati con uno dei due metodi di misura indicati nel seguito. Il primo metodo di misura consente una maggiore precisione, ma richiede apparecchiature di tipo professionale; il secondo metodo di misura è meno preciso, ma utilizza apparecchiature usualmente utilizzate da parte dell'installatore dell'impianto centralizzato.

I segnali misurati aventi livelli superiori o uguali a quelli riportati nella Tabella 28 e nella Tabella 29 potranno essere definiti "primari" e dovranno essere distribuiti nell'impianto; gli altri saranno considerati "secondari": sarà il committente a decidere se e quali aggiungere per la distribuzione nell'impianto.

Progetto in inchiesta pubblica

9.3 1° metodo di misura del campo elettromagnetico

9.3.1 Introduzione

Questo metodo di misura si applica alla misura del campo elettromagnetico ove è installata l'antenna per verificare se il livello è adeguato per la buona ricezione dei segnali radiofonici e televisivi, analogici e digitali.

9.3.2 Apparecchiature richieste

Le apparecchiature richieste sono:

- un'antenna calibrata (un dipolo in mezz'onda oppure un'antenna log-periodica) con un coefficiente d'antenna noto ANT_C, espresso in dB(m^{-1});
- un analizzatore di spettro tarato in dB(μV) per il segnale visualizzato. L'apparecchiatura deve essere in grado di essere sintonizzata nel campo delle frequenze dei segnali radiofonici e televisivi;
- un cavo coassiale calibrato di lunghezza opportuna (ad esempio 10 m), avente un'attenuazione nota A_C (dB) alle frequenze alle quali si devono eseguire le misure.

Se non si dispone di un'apposita antenna calibrata, ma di un'antenna di cui è almeno noto il guadagno (G_A) in dB rispetto al dipolo in mezz'onda, nelle varie bande di frequenza, il valore del coefficiente d'antenna può essere ricavato dalla formula seguente:

$$ANT_C = 20 \lg (2\pi/\lambda) - G_A \qquad \text{dB}(m^{-1})$$

Ad esempio, alla frequenza di 600 MHz (λ = 0,5 m) risulta 20 lg ($2\pi/\lambda$) = 22 dB. Se l'antenna (ad esempio, una Yagi per le bande IV e V con 12 elementi) guadagna 10 dB, il coefficiente d'antenna, ANT_C, vale +12 dB(m^{-1}).

9.3.3 Connessione delle apparecchiature

Collegare l'analizzatore di spettro all'antenna calibrata usando il cavo coassiale calibrato. Posizionare l'antenna nella posizione in cui verrà posta l'antenna ricevente dell'impianto. Disporre la polarizzazione dell'antenna nella stessa direzione di quella del campo elettromagnetico da misurare. Girare l'antenna calibrata nella direzione del segnale desiderato da misurare, nella stessa direzione dell'antenna ricevente che verrà installata.

9.3.4 Procedura di misura

9.3.4.1 Segnali con modulazione analogica

a) Quando si eseguono misure in presenza di forti campi elettromagnetici, l'apparecchiatura di misura (analizzatore di spettro) deve essere controllata in modo da evitare letture indesiderate. Si connette una terminazione schermata all'entrata del cavo coassiale utilizzato nella misura (al posto dell'antenna di misura), si dispone il misuratore ed il cavo nella posizione che si utilizza nella misura e si verifica che i segnali rilevati siano di valore trascurabile, alle frequenze e con le sensibilità utilizzate.

b) Si connette l'analizzatore di spettro all'antenna di misura (calibrata) per mezzo di un cavo coassiale di attenuazione nota.

I passi seguenti dipendono dal tipo di segnale analogico da misurare.

- Canali televisivi analogici modulati d'ampiezza (TV-MA).

  c1) Sintonizzare la portante visione del canale televisivo che deve essere misurato (portandola sulla frequenza centrale dell'analizzatore di spettro) e scegliere la larghezza della banda visualizzata (span) e la sensibilità in modo da visualizzare tutto il ca nale.

  d1) Porre la larghezza della banda visualizzata (span) a 0 Hz, la selettività (resolution bandwidth: RSBW) a 1 MHz e la banda video (video bandwidth) a 1 MHz.

  e1) Usare il comando che memorizza il valore massimo (max-hold) per visualizzare il valore massimo del segnale ricevuto. Misurare sul massimo del segnale visualizzato il livello S, in dB(μV), usando il cursore, se disponibile.

Progetto in inchiesta pubblica

– Canali televisivi analogici modulati di frequenza (TV-MF).

c2) Sintonizzare la portante del canale televisivo che deve essere misurato (portandola sulla frequenza centrale dell'analizzatore di spettro) e scegliere la larghezza della banda visualizzata (span) e la sensibilità in modo da visualizzare tutto il canale.

d2) Porre la larghezza della banda visualizzata (span) a 0 Hz, la selettività (resolution bandwidth: RSBW) a 1 MHz e la banda video (video bandwidth) a 1 MHz.

e2) Usare il comando che memorizza il valore massimo (max-hold) per visualizzare il valore massimo del segnale ricevuto. Misurare sul massimo del segnale visualizzato il livello *S*, in dB(μV), usando il cursore, se disponibile.

– Canali radiofonici modulati di frequenza.

c3) Sintonizzare la portante del canale televisivo che deve essere misurato (portandola sulla frequenza centrale dell'analizzatore di spettro) e scegliere la larghezza della banda visualizzata (span) e la sensibilità in modo da visualizzare tutto il canale.

d3) Porre la larghezza della banda visualizzata (span) a 0 Hz, la selettività (resolution bandwidth: RSBW) a 100 kHz e la banda video (video bandwidth) a 10 kHz.

e3) Usare il comando che memorizza il valore massimo (max-hold) per visualizzare il valore massimo del segnale ricevuto. Misurare sul massimo del segnale visualizzato il livello *S*, in dB(μV), usando il cursore, se disponibile.

Passo conclusivo uguale per tutti i segnali:

f) Il livello del campo elettromagnetico (*LCE*) viene calcolato con la formula seguente:

$$LCE = S + ANT_C + A_C \text{dB}(\mu\text{V/m})$$

9.3.4.2 Segnali con modulazione digitale

a) Quando si eseguono misure in presenza di forti campi elettromagnetici, l'apparecchiatura di misura (analizzatore di spettro) deve essere controllata in modo da evitare letture indesiderate. Si connette una terminazione schermata all'entrata del cavo coassiale utilizzato nella misura (al posto dell'antenna di misura), si dispone il misuratore ed il cavo nella posizione che si utilizza nella misura e si verifica che i segnali rilevati siano di valore trascurabile, alle frequenze e con le sensibilità utilizzate.

b) Sintonizzare il canale televisivo che deve essere misurato (scegliendo la frequenza centrale dell'analizzatore di spettro) e scegliere la larghezza della banda visualizzata (span) e la sensibilità in modo da visualizzare tutto il canale la cui larghezza di banda dipende dal tipo di modulazione usato.

c) Porre la selettività (resolution bandwidth: RSBW) a 100 kHz e la banda video (video bandwidth) ad un valore sufficientemente piccolo da ottenere una visualizzazione uniforme (100 Hz se disponibile).

d) Misurare sul massimo del segnale visualizzato il livello S, in dB(mW)15, usando il cursore, se disponibile. Se lo spettro del segnale non ha un massimo piatto, misurare il livello alla frequenza centrale del canale.

e) Misurare sul canale visualizzato le frequenze massima e minima alle quali il livello del canale è inferiore di 3 dB rispetto al livello massimo; la differenza fra queste due frequenze è la banda equivalente (BW) del segnale (espressa in Hz).

f) Calcolare il livello SD,RF del segnale usando la formula seguente:

$$S_{D,RF} = S + 10\lg\left[\frac{BW}{RSBW}\right] + K_{sa} \qquad \text{dB(mW)}$$

Il fattore di correzione Ksa dipende dall'apparecchiatura di misura oppure può essere ottenuto con una calibrazione. Il valore del fattore di correzione per un analizzatore di spettro tipico è di circa 1,7 dB.

(15) I dB(mW) sono anche indicati come dBm.

Progetto in inchiesta pubblica

Il fattore di correzione non è necessario se l'apparecchiatura di misura può visualizzare il livello del segnale misurato in dB(mW/Hz). In questo caso il livello SD,RF del segnale può essere ottenuto dal valore massimo misurato (S) usando la formula seguente:

$$S_{D,RF} = S + 10\lg(BW) \qquad \text{dB(mW)}$$

In questa formula la banda BW deve essere espressa in Hz.

NOTA Questo metodo di misura determina il valore di *S*+N. Il contributo del rumore (N) è considerato trascurabile se il livello del rumore visualizzato al di fuori del canale è almeno 15 dB inferiore al livello massimo visualizzato entro la banda del canale. Questo rumore comprende quello dell'apparecchiatura di misura (analizzatore di spettro), che deve essere almeno di 10 dB inferiore al livello di rumore visualizzato al di fuori della banda del canale, al fine di non influenzare il risultato della misura. Altrimenti il contributo di rumore (dovuto all'impianto o all'apparecchiatura in misura ed all'apparecchiatura di misura) deve essere tenuto in conto nella misura del livello di segnale *S*.

g) Il livello del campo elettromagnetico (LCE) viene calcolato con la formula seguente:

$$LCE = SD,RF + ANTC + AC + 107 \qquad \text{dB}(\mu\text{V/m})$$

Il coefficiente 107 si applica se l'impedenza d'entrata dell'analizzatore di spettro è di 50 Ω. Questo valore diventa 109 se il misuratore ha un'impedenza d'entrata di 75 Ω.

9.3.5 Presentazione dei risultati

Il valore del campo elettromagnetico del segnale desiderato deve essere espresso in dB(μV/m). La precisione dell'apparecchiatura di misura deve essere indicata insieme con i risultati. Si veda cap. 9.8.

9.4 2° metodo di misura del campo elettromagnetico

9.4.1 Introduzione

Questo metodo di misura si applica alla misura del campo elettromagnetico ove è installata l'antenna per verificare se il livello è adeguato per la buona ricezione dei segnali radiofonici e televisivi, analogici e digitali.

9.4.2 Apparecchiature richieste

Le apparecchiature richieste sono:

- un'antenna con guadagno (G_A) noto;
- un misuratore di segnali televisivi analogici e/o digitali tarato in dB(μV) per il segnale visualizzato. L'apparecchiatura di misura deve essere in grado di essere sintonizzata nel campo delle frequenze dei segnali televisivi analogici e digitali da misurare;
- un cavo coassiale di lunghezza opportuna (ad esempio 10 m), avente un'attenuazione nota A_C (dB) alle frequenze alle quali si devono eseguire le misure.

9.4.3 Calcolo del coefficiente d'antenna

Se non si dispone di un'antenna apposita calibrata, ma di un'antenna di cui sia noto il guadagno (G_A) in dB rispetto al dipolo in mezz'onda, nelle varie bande di frequenza, il valore del coefficiente d'antenna può essere ricavato dalla formula seguente:

$$ANT_C = 20 \lg (2\pi/\lambda) - G_A \text{dB}(m^{-1})$$

Ad esempio, alla frequenza di 600 MHz (λ = 0,5 m) risulta 20 lg ($2\pi/\lambda$) = 22 dB. Se l'antenna (ad esempio, una Yagi per le bande IV e V con 12 elementi) guadagna 10 dB, il coefficiente d'antenna, ANT_C, vale +12 dB(m^{-1}).

Nella Figura 74 è riportato il valore del coefficiente d'antenna ANT_C in funzione della frequenza, sia per il dipolo semplice in mezz'onda sia per antenne (tipo Yagi) con guadagno di 5 dB e 10 dB rispetto al dipolo.

Progetto in inchiesta pubblica

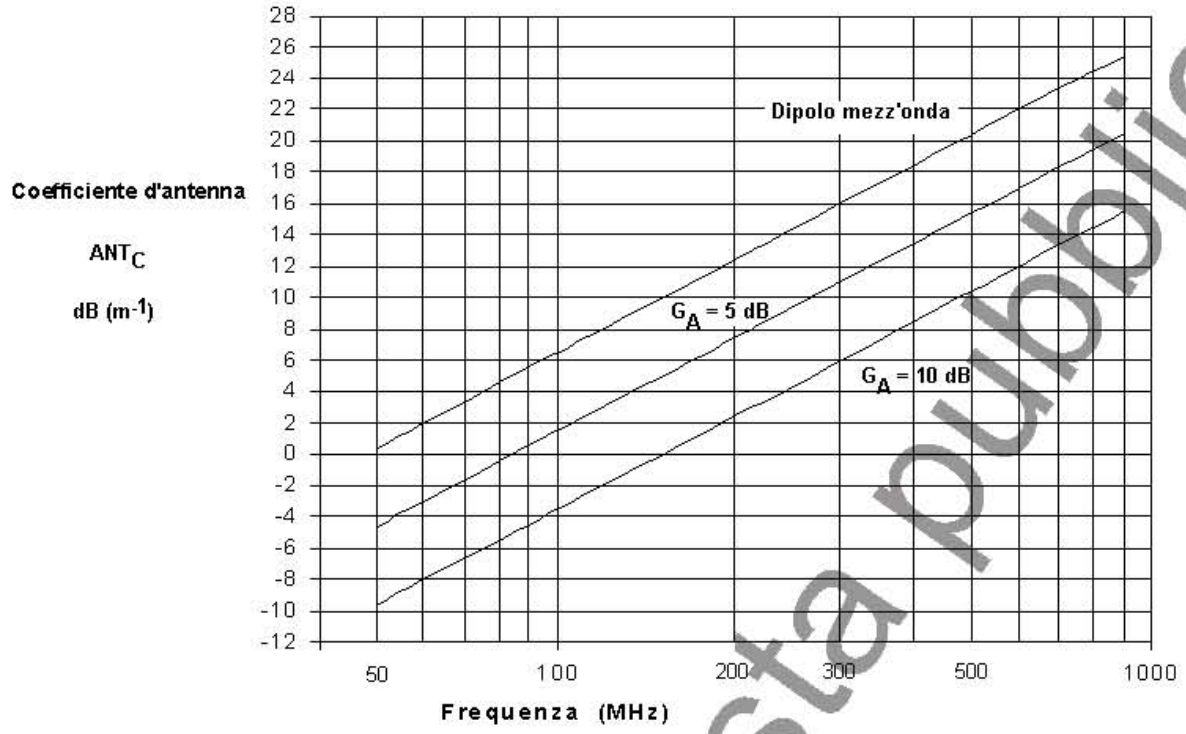


Figura 74 – Coefficiente d'antenna ANT_C in funzione della frequenza, sia per il dipolo semplice in mezz'onda sia per antenne (tipo Yagi) con guadagno di 5 dB e 10 dB rispetto al dipolo

9.4.4 Connessione delle apparecchiature

Collegare il misuratore di segnali televisivi all'antenna usando il cavo coassiale. Posizionare l'antenna nella posizione in cui verrà posta l'antenna ricevente dell'impianto. Disporre la polarizzazione dell'antenna nella stessa direzione di quella del campo elettromagnetico da misurare. Girare l'antenna nella direzione del segnale desiderato da misurare, nella stessa direzione dell'antenna ricevente che verrà installata.

In alternativa si può usare l'antenna già installata, purché sia noto il suo guadagno G_A.

9.4.5 Procedura di misura

a) Quando si eseguono misure in presenza di forti campi elettromagnetici, l'apparecchiatura di misura deve essere controllata in modo da evitare letture indesiderate. Si connette una terminazione schermata all'entrata del cavo coassiale utilizzato nella misura (al posto dell'antenna), si dispone il misuratore ed il cavo nella posizione che si utilizza nella misura e si verifica che i segnali rilevati siano di valore trascurabile, alle frequenze e con le sensibilità utilizzate.

b) Si connette il misuratore di segnali televisivi (analogici/digitali) all'antenna per mezzo del cavo coassiale di attenuazione nota (A_C).

c) Si sintonizza il canale televisivo (analogico/digitale) che deve essere misurato e si annota il livello S, in dB(μV), indicato dal misuratore.

NOTA Se il misuratore di segnali televisivi indica i livelli in dB(mW) (oppure dBm) il valore può essere convertito in dB(μV), aggiungendo 107, se l'impedenza d'entrata del misuratore è di 50 Ω, oppure 109 se il misuratore ha un'impedenza d'entrata di 75 Ω. Ad esempio, se con un misuratore avente un'impedenza d'entrata di 75 Ω si misura un livello di -40 dB(mW), il livello in dB(μV) risulta pari a -40 dB(mW) + 109= 69 dB(μV).

Il livello del campo elettromagnetico (LCE) viene calcolato con la formula seguente:

$$LCE = S + ANT_C + A_C \qquad \text{dB}(\mu\text{V/m})$$

Progetto in inchiesta pubblica

9.4.6 Presentazione dei risultati

Il valore del campo elettromagnetico del segnale desiderato deve essere espresso in dB(μV/m). La precisione dell'apparecchiatura di misura deve essere indicata insieme con i risultati. Si veda il cap. 9.8.

9.5 Livelli minimi misurabili

Al fine di individuare i segnali primari, nella Tabella 30 e nella Tabella 31 si riportano i livelli di segnale (*S*) televisivo analogico e digitale misurabili, in presenza di un campo elettromagnetico (e.m.) minimo (come riportato nella Tabella 28 e nella Tabella 29), utilizzando uno strumento del tipo indicato in precedenza, collegato ad un'antenna con guadagno G_A = 5 dB nelle Bande I e III, e con guadagno G_A = 10 dB nelle Bande IV e V.

Tabella 30 – Livelli di segnale televisivo *S* analogico misurabile con antenne aventi G_A = 5 dB oppure 10 dB, con campo elettromagnetico (e.m.) minimo

Banda	Campo e.m. minimo dB (μV/m)	Guadagno d'antenna G_A dB	Frequenza MHz	Coefficiente d'antenna ANT_C dB(m^{-1})	Att. cavo A_c dB	Livello misurato *S* dB(μV)
I	48	5	50	-4,6	0,6	+52
			60	-3,0		+50
Canale C	52	5	85	0,2	0,7	+51
III	55	5	174	+6,2	1,1	+48
			230	+8,7	1,2	+45
IV	65	10	470	+9,9	1,7	+53
			606	+12,0	2,0	+51
V	70	10	606	+12,0	2,0	+55
			862	+15,0	2,4	+53

Tabella 31 – Livelli di segnale televisivo S digitale terrestre (DTT) misurabile con antenne aventi GA = 5 dB oppure 10 dB, con campo elettromagnetico (e.m.) minimo

Banda	Campo e.m. minimo dB (μV/m)	Guadagno d'antenna G_A dB	Frequenza MHz	Coefficiente d'antenna ANT_C dB(m^{-1})	Att. cavo A_c dB	Livello misurato *S* dB(μV)
III	38	5	174	+6,2	1,1	+21
			230	+8,7	1,2	+28
IV	44	10	470	+9,9	1,7	+32
			606	+12,0	2,0	+30
V	48	10	606	+12,0	2,0	+34
			862	+15,0	2,4	+31

Se si utilizzano antenne con guadagno diverso, i valori misurati variano in modo direttamente proporzionale al guadagno dell'antenna, cioè i valori misurati *S* si incrementano (ad esempio di 2 dB) se il guadagno dell'antenna è maggiore (ad esempio di 2 dB).

Progetto in inchiesta pubblica

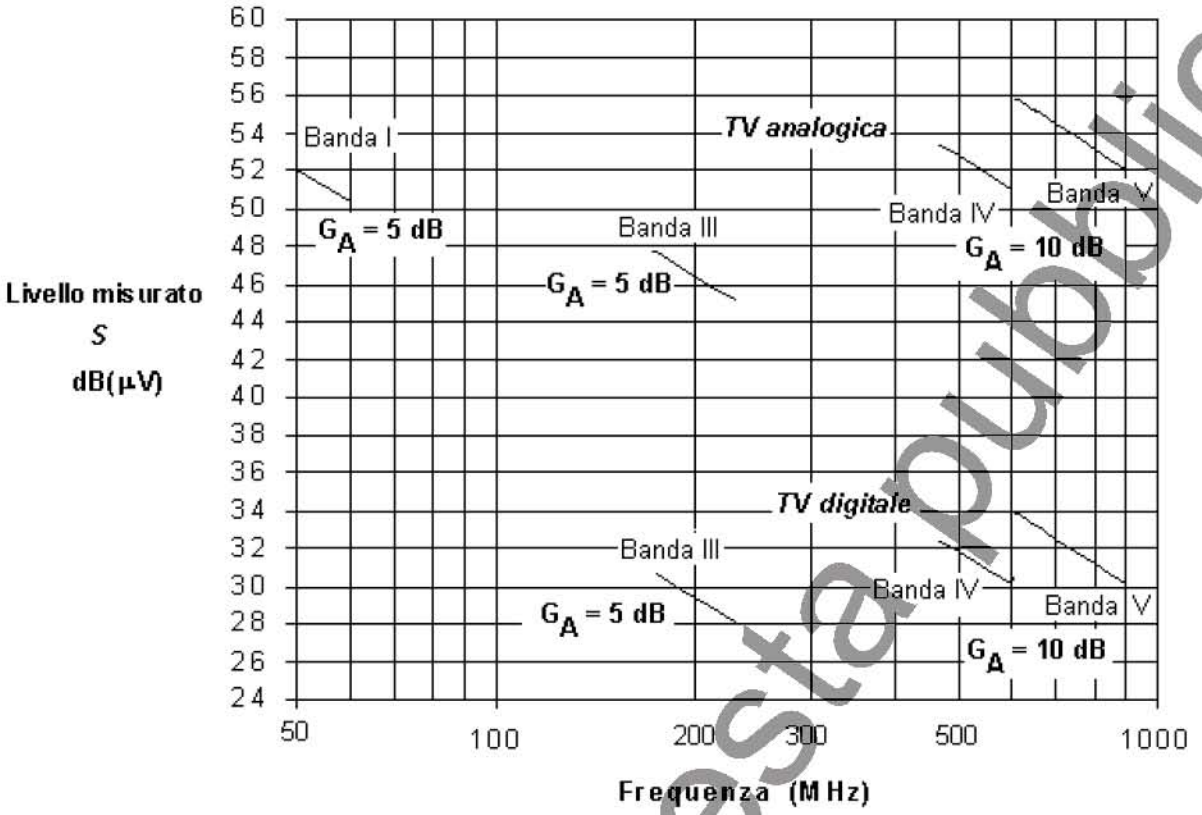


Figura 75 – Livello misurato con campi e.m. minimi (segnali televisivi analogici e digitali), in funzione della frequenza, con antenne (tipo Yagi) aventi guadagno G_A = 5 dB oppure G_A = 10 dB, rispetto al dipolo.

9.6 Esempi di misura

Si riportano due esempi di misura di segnali televisivi, uno analogico e l'altro digitale.

a) Si supponga di dover valutare se un segnale analogico sul canale 25 UHF (Banda IV) possa essere considerato primario. In tal caso il livello di campo elettromagnetico (*LCE*) dovrà superare il valore di 65 dB(μV/m), come riportato nella Tabella 28.

Si esegua la misura con un'antenna che guadagna 11 dB alla frequenza centrale di 503 MHz del canale 25, utilizzando un cavo lungo 30 m che attenua 5,5 dB a quella frequenza.

Essendo:

– λ = 300/503 m = 0,6 m;

– $ANT_C = 20 \lg (2\pi/\lambda) - G_A = 20 \lg(2\pi/0,6) - 11 = 9,5$ dB(m^{-1});

in base alle relazioni precedenti risulta:

$S = LCE - ANT_C - A_C = 65 - 9, 5 - 5,5 = 50,0$ dB(μV).

Il livello del segnale da misurare dovrà essere maggiore di 50,0 dB(μV) per poter definire primario il segnale televisivo analogico ricevuto.

b) Si supponga di dover valutare se un segnale digitale sul canale 55 UHF (Banda V) possa essere considerato primario. In tal caso il livello di campo elettromagnetico (LCE) dovrà superare il valore di 48 dB(μV/m), come riportato nella Tabella 29.

Si esegua la misura con un'antenna che guadagna 10 dB alla frequenza centrale di 746 MHz del canale 55, utilizzando un cavo lungo 30 m che attenua 6,0 dB a quella frequenza.

Progetto in inchiesta pubblica

Essendo:

- λ = 300/746 m = 0,4 m;
- ANTC = 20 lg (2□/□) - GA = 20 lg(2□/0,4) – 10 = 14 dB(m-1);

in base alle relazioni precedenti risulta:

$S = LCE - ANT_C - A_C$ = 48,0 – 14,0 – 6,0 = 28,0 dB(μV).

Il livello del segnale da misurare dovrà essere maggiore di 28,0 dB(μV) per poter definire primario il segnale televisivo digitale ricevuto.

9.7 Avvertenze per l'esecuzione della misura

In questo paragrafo si riportano alcune avvertenze per l'installatore da tenere in considerazione quando esegue la misura con il "2° metodo di misura del campo elettromagnetico" (par. 9.4).

Gli strumenti di misura necessari sono: un misuratore di segnali televisivi (analogici e digitali), un'antenna di guadagno noto (G_A), un cavo coassiale di lunghezza opportuna, ma di attenuazione nota (A_C) alle varie frequenze di misura.

9.7.1 Il misuratore dei segnali televisivi (analogici e digitali)

Il misuratore deve essere in grado di sintonizzare i segnali televisivi (analogici e digitali) nelle varie bande televisive e deve essere tarato per misurare il livello, in dB(μV), della portante visione (segnali televisivi analogici) oppure il livello del segnale televisivo digitale, tenendo conto della banda effettiva occupata dal canale.

Praticamente tutti gli strumenti misuratori di campo messi sul mercato negli ultimi anni, che rendono disponibile la funzione di analizzatore di spettro, sono in grado di effettuare queste valutazioni. I misuratori hanno sempre la possibilità di valutare il livello della portante video per i segnali analogici. Per i segnali digitali molti strumenti hanno la possibilità di effettuare le misure di livello in modo automatico. Nel caso in cui il misuratore di campo non effettui le misure per i segnali digitali in modo automatico è necessario conoscere la larghezza di banda del filtro utilizzato per la misura e seguire le indicazioni esposte nel paragrafo 9.3.4.2.

Per valutare la qualità dei segnali ricevuti, anche se di livello tale che li classificherebbe come primari, è opportuno che il misuratore di campo fornisca, in modo il più possibile automatico, anche i valori di:

- C/N (Carrier to Noise ratio);
- BER;
- MER.

Si noti che queste valutazioni non sono richieste per stabilire se i segnali sono primari o meno secondo il decreto 11/11/2005. In particolare si osserva che le misure di C/N, BER e MER per i segnali televisivi digitali sono utili per valutare se vi siano segnali spuri, interferenti o distorsioni che disturbano la ricezione.

Per poter documentare facilmente le misure eseguite è opportuno che il misuratore possa memorizzare, catalogare e stampare le misure rilevate.

9.7.2 L'antenna

L'antenna utilizzata dovrà avere caratteristiche note ed in particolare:

- dovrà poter ricevere i segnali da misurare con guadagno noto (GA);
- dovrà poter essere posizionata orizzontalmente o verticalmente;
- dovrà poter essere ruotata di 360°, se necessario.

Se il guadagno è diverso da quello contenuto nella Tabella 30 e nella Tabella 31, si dovrà tenerne conto nella valutazione del livello di segnale "effettivamente" rilevato, come riportato nell'esempio.

Progetto in inchiesta pubblica

9.7.3 Il cavo

Il cavo coassiale di collegamento fra l'antenna ed il misuratore deve avere un'attenuazione (A_C) nota alle frequenze di misura, da considerare nella valutazione del livello di segnale "effettivamente" rilevato.

9.7.4 Procedura di rilevazione dei segnali

In generale sarà necessario valutare i livelli dei segnali (frequenza per frequenza, nelle canalizzazioni utilizzate in Italia), utilizzando l'antenna appropriata sia per la polarizzazione orizzontale, sia per la polarizzazione verticale, in modo da individuare quali siano i segnali primari analogici e digitali ricevibili, compiendo una rilevazione a 360°.

Se l'installatore conosce le direzioni di provenienza dei vari segnali, non solo di quelli normalmente richiesti dall'utilizzatore o committente, ma di tutti i segnali, e le relative polarizzazioni, può, sotto la propria responsabilità, semplificare la procedura di rilievo, effettuando le valutazioni del livello dei segnali solo nelle direzioni che risultano, secondo l'esperienza, essere quelle di provenienza dei segnali. Nel caso non esista la certezza sulla "posizione" più idonea per la ricezione, si dovrà procedere per tentativi in più posizioni. Gli spostamenti dell'antenna ricevente dovranno essere eseguiti sia in senso orizzontale, sia in senso verticale (in altezza), specialmente nelle zone in cui siano presenti riflessioni più o meno forti dovute ad ostacoli o in presenza di superfici altamente riflettenti come mare o laghi, superfici che possono variare il loro livello e di conseguenza possono variare il livello dei segnali ricevuti.

Durante la rilevazione del livello dei segnali sarà opportuno raccogliere i valori misurati in una tabella che riporti le seguenti informazioni:

- caratteristiche dell'antenna utilizzata per la misura;
- polarizzazione dell'antenna ricevente;
- attenuazione introdotta dal cavo utilizzato per connettere l'antenna al misuratore;
- frequenza o canale di misura;
- tipo del segnale ricevuto (analogico o digitale);
- livello del segnale misurato;
- direzione di provenienza del segnale.

Se lo strumento di misura lo permette sarà inoltre conveniente valutare:

- per i segnali analogici:
  - la presenza o meno di segnali interferenti (in modo soggettivo);
  - altre qualità o difetti del segnale ricevuto (in modo soggettivo);
  - il livello delle sottoportanti audio rispetto a quella video.
- per i segnali digitali:
  - C/N;
  - BER;
  - MER;
  - informazioni sul nome del bouquet (NIT).

In generale, se lo strumento di misura lo permette, è conveniente memorizzare le misure effettuate per mantenere traccia dei rilievi eseguiti.

Progetto in inchiesta pubblica

In considerazione del fatto che la misura per individuare i segnali primari è necessaria esclusivamente per gli impianti centralizzati (per gli impianti singoli sarà il committente a decidere, anche su consiglio dell'installatore, se e cosa vuol ricevere), è opportuno ricordare che i segnali ricevuti dovranno poi essere "applicati" all'ingresso di un terminale di testa e che dovranno essere "elaborati" per la distribuzione nell'impianto, facendo in modo che non si verifichino situazioni "discriminanti" sia tra i segnali distribuiti, sia tra le varie utenze servite.

In ogni caso è richiesto che l'installatore applichi la norma CEI EN 60728-1:e segua le indicazioni della presente Guida CEI 100-7.

9.8 Documentazione

Si suggerisce l'uso di una tabella da allegare alla relazione tecnica di rilievo dei segnali televisivi primari, da fornire al committente (tipicamente l'amministratore di condominio), che potrà allegarla alla documentazione costituente il "libretto d'impianto".

NOTA 1 L'attuale fase di transizione vedrà probabilmente cambiare nel tempo il numero di canali disponibili, pertanto è possibile che questo tipo di indagine sia da ripetere alla fine del periodo transitorio.

NOTA 2 Dal 1° gennaio 2013 i canali dal 61 al 69 non saranno più utilizzati per il servizio televisivo". (inutile valutare se sono segnali primari).

Progetto in inchiesta pubblica

10 Sicurezza elettrica dell'impianto

I rischi elettrici connessi agli impianti d'antenna possono essere schematicamente riassunti come segue:

a) *contatto diretto* sulle parti attive (fasi, neutro);

b) *contatto indiretto* sulle apparecchiature elettriche ed elettroniche dell'impianto e sui relativi circuiti di alimentazione;

c) *fulminazioni dirette ed indirette* della struttura che ospita l'impianto d'antenna;

d) *formazione di cariche elettrostatiche* sulle strutture esterne dell'antenna.

Con il termine "**contatto diretto**" si indica il contatto di una persona con parti attive (parti sotto tensione) ordinariamente non accessibili in quanto completamente isolate o poste all'interno di un involucro chiuso ed accessibile solo con attrezzo o chiave.

Con il termine "**contatto indiretto**" si indica il contatto di una persona con una "massa" che va in tensione per un guasto o cedimento dell'isolamento. La "massa" è una parte conduttrice (metallica) di un componente elettrico che può essere toccata e che non è in tensione in condizioni ordinarie, ma che può andare in tensione in condizioni di guasto[16].

Per quanto riguarda il pericolo di fulminazione dell'impianto di antenna nel suo complesso si parla di *"fulminazione diretta"* quando il fulmine colpisce direttamente l'antenna o una parte dell'impianto o la struttura stessa. Con il termine *"fulminazione indiretta"* si intende invece il complesso di fenomeni, in generale sovratensioni, che interessano la struttura e/o i componenti dell'impianto. La "fulminazione indiretta" si ha quando il fulmine si scarica nei pressi della struttura o interessa una linea entrante nella struttura stessa. Infatti, un fulmine può produrre danno all'impianto d'antenna e/o alla struttura anche se non la colpisce direttamente: in caso di fulminazione di una linea entrante nella struttura o di scarica sul terreno nelle vicinanze, o se il campo magnetico prodotto dal fulmine coinvolge l'impianto d'antenna, si origina una sovratensione che può dar luogo a scariche pericolose e danneggiare gli impianti interni della struttura o provocare l'innesco di incendi nella struttura.

Infine, sull'antenna possono originarsi delle *"cariche elettrostatiche"* causate ad esempio dal flusso del vento. Tale fenomeno non è, in generale, pericoloso per le persone, ma potrebbe risultare dannoso per i circuiti elettronici dell'impianto d'antenna.

10.1 Protezione dell'impianto d'antenna contro i contatti diretti ed indiretti

10.1.1.1 Considerazioni generali

La protezione contro i contatti diretti ed indiretti degli apparecchi elettrici ed elettronici presenti nell'impianto di antenna e dei rispettivi circuiti di alimentazione, rientra nel caso generale della protezione degli impianti e degli apparecchi utilizzatori previsti dalla Norma CEI 64-8 [16]. L'impianto di antenna è costituito dai seguenti componenti che possono essere messi in tensione a causa di un guasto elettrico:

- **il terminale di testa** (centralino) perché alimentato a tensione di rete a 230 V; deve avere le caratteristiche che lo rendono sicuro contro i contatti diretti e deve essere protetto dai contatti indiretti. Si osserva che in alcune tipologie di impianti per singolo utente il terminale di testa può non essere presente. Esistono inoltre soluzioni con terminali di testa tele-alimentati in bassissima tensione.
- **l'apparecchio ricevente** (televisore, videoregistratore, Set Top Box, ecc.) alimentato dalla rete dei singoli utenti, se collegato ad una delle prese TV dell'impianto centralizzato;

(16) Una parte conduttrice che può andare in tensione solo perché è in contatto con una "massa" non è da considerare una massa; ad esempio, l'involucro metallico di un centralino con alimentazione a 230 V è una massa, il basamento metallico su cui è fissato non è considerato una massa.

Progetto in inchiesta pubblica

- **la rete di distribuzione** costituita dai cavi coassiali, derivatori e prese. Infatti può accadere che ad una delle prese TV dell'impianto venga collegato un apparecchio manomesso o con isolamento sul connettore d'antenna danneggiato, provocando l'immissione di tensione di rete sullo schermo (calza) del cavo coassiale. Nel caso di impianti centralizzati la tensione di rete si può trasmettere a tutti gli utenti mentre negli impianti singoli essa si limita al solo impianto a cui è stato collegato l'apparecchio manomesso o danneggiato. Il problema non sussiste solo se vengono installate prese TV a doppio isolamento.

In particolare, valgono le seguenti considerazioni:

- i circuiti di alimentazione degli apparecchi elettrici ed elettronici d'antenna devono rispondere alla Norma CEI 64-8 [16], relativa agli impianti elettrici utilizzatori;
- gli apparecchi elettronici devono essere realizzati in conformità alla Norma CEI 92-1 [22].

10.1.2 Criteri di protezione

Le protezioni di sicurezza prescritte dalla Norma CEI 64-8 [16] comprendono, oltre a quelle contro i contatti diretti e indiretti, anche:

- protezione contro le sovracorrenti;
- protezione contro gli effetti termici;
- protezione contro le correnti di guasto.

Queste ultime tre sono specifiche per l'impianto elettrico.

La protezione contro i contatti diretti si ottiene mediante:

a) Isolamento delle parti attive (Norma CEI 64-8, art. 412.1);
b) Involucri o barriere (Norma CEI 64-8, art. 412.2);
c) Ostacoli (Norma CEI 64-8, art. 412.3);
d) Distanziamento (Norma CEI 64-8, art. 412.4)[17].

I terminali di testa (centralini) alimentati con tensione di rete di 230 V devono essere costruiti rispettando le Norme tecniche di prodotto, che garantiscono la protezione contro i contatti diretti; per eventuali guasti si deve adottare la protezione contro i "contatti indiretti".

Inoltre, la Norma CEI 64-8 riporta anche:

e) Protezione addizionale mediante interruttore differenziale (vedere Norma CEI 64-8, art. 412.5).

Per quanto riguarda la protezione addizionale contro i contatti diretti mediante interruttore differenziale bisogna evidenziare quanto riporta l'articolo 412.5.2 della Norma CEI 64-8: "*L'uso dell'interruttore differenziale non è riconosciuto quale unico mezzo di protezione e non dispensa dall'applicazione di una delle misure specificate da 412.1 a 412.4*". Comunque, la protezione mediante interruttore differenziale è già prevista per la protezione contro i contatti indiretti.

La protezione contro i contatti indiretti si ottiene mediante:

- Interruzione automatica dell'alimentazione (Norma CEI 64-8, art. 413.1);
- Collegamenti equipotenziali (Norma CEI 64-8, art. 413.1.2);
- Utilizzo di componenti elettrici di classe II o con isolamento equivalente (vedere Norma CEI 64-8, art. 413.2).

(17) Le protezioni c) "ostacoli" e d) "distanziamento" sono misure di protezione che non assicurano una protezione completa contro i contatti diretti e sono applicate in pratica solo nelle officine elettriche (CEI 64-8 art. 481.2).

Progetto in inchiesta pubblica

Nei sistemi di protezione senza interruzione automatica dell'alimentazione, l'isolamento degli apparecchi o componenti deve essere di classe II, o con altri sistemi equivalenti previsti dalla Norma 64-8[(18)].

In ogni caso, la realizzazione dell'impianto elettrico è di competenza dell'installatore (in possesso dei requisiti indicati alla lettera 'a', articolo 1, D.M. n.37 del 2008) che provvede a garantire la protezione mediante **interruzione automatica dell'alimentazione** sia nell'impianto condominiale, per il circuito dedicato all'alimentazione della presa a spina a disposizione dell'antennista per alimentare il "terminale di testa", sia nell'impianto "utente" per il circuito delle prese a spina tra le quali è compresa quella che alimenta le apparecchiature riceventi d'utente.

La protezione contro i contatti indiretti è in generale realizzata con interruttori automatici magnetotermici differenziali, che proteggono contemporaneamente l'impianto dai contatti indiretti e dalle sovracorrenti. Negli impianti alimentati in bassa tensione con "**sistema TT**" (230/400 V) dal distributore di energia elettrica è richiesta la protezione differenziale.

Si noti che se un solo condomino **non è protetto** contro i contatti indiretti con differenziale, ma solo con interruttore automatico magnetotermico, in caso di guasto nel suo apparecchio ricevente può mandare in tensione tutte le calze dei cavi coassiali nell'impianto d'antenna e di conseguenza tutte le prese TV del condominio. L'intervento dell'interruttore automatico magnetotermico non è certo, ma dipende dal valore della corrente di guasto che varia in funzione del circuito di guasto.

La protezione contro i contatti indiretti della presa a spina dell'impianto "utente" (l'impianto elettrico dell'appartamento) alimentato con sistema TT deve essere ottenuta mediante interruttore differenziale.

La protezione contro i contatti indiretti si estende anche alle prese d'utente. (vedere par. 10.1.3).

10.1.3 Protezione relativa alle prese d'utente

Si osserva che la Norma CEI 100-126 [1] art. 10, prevede l'uso di quattro diversi tipi di prese d'utente:

a) totalmente isolate;

b) semi-isolate;

c) non isolate con elemento di protezione;

d) non isolate senza elemento di protezione.

Per le prese totalmente isolate l'elemento isolante è costituito da un dispositivo quale un trasformatore a radiofrequenza o da un condensatore in serie a ciascuno dei conduttori esterno ed interno della presa[(19)].

Per le prese semi-isolate l'elemento isolante è costituito da un condensatore in serie al solo conduttore interno della presa.

---

(18) La protezione del circuito dell'impianto condominiale deve essere ottenuta sempre mediante un interruttore differenziale anche se il terminale di testa è previsto a doppio isolamento "classe II".

(19) L'elemento isolante svolge le funzioni di impedenza di protezione, mirando a limitare, a valori non fisiologicamente pericolosi, la corrente (alla frequenza di rete di 50 Hz) iniettata nell'impianto d'antenna in caso di guasto dell'apparecchio connesso alla presa d'utente.

Per il dimensionamento dell'impedenza di protezione si può fare riferimento alla Norma CEI 64-8, [16], art. 4.11.2, dove sono indicati i seguenti limiti di sicurezza per la corrente che attraversa la persona in caso di contatto con parti attive:

- 1 mA in c.a. oppure 3 mA in c.c. per le parti che devono essere toccate nel servizio ordinario;
- 3,5 mA in c.a. oppure 10 mA in c.c. per le altre parti.

In caso di guasto, il limite di corrente non deve superare i 2,8 mA (di picco), Norma CEI 92-1, [22], art. 11.1.

L'elemento protettivo applicato sulle prese non isolate con elemento di protezione, intende trasformare il guasto di isolamento verso lo schermo del cavo d'antenna in un guasto a massa, con conseguente intervento delle protezioni contro i contatti indiretti. Tale elemento dovrebbe essere dimensionato in modo tale da sopportare la corrente di guasto per il tempo di intervento delle protezioni.

Progetto in inchiesta pubblica

Per le prese non isolate con elemento di protezione deve essere disposta una impedenza (ad esempio una bobina a radiofrequenza) tra il conduttore interno e quello esterno, connesso allo schermo del cavo coassiale.

Le prese non isolate senza alcun elemento di protezione sono da usare principalmente quando occorra iniettare una tensione continua per alimentare apparecchiature (amplificatori, convertitori) o azionare commutatori (di polarizzazione o di cavo di distribuzione, ecc.). Negli altri casi è preferibile usare prese isolate, semi-isolate o non isolate con elemento di protezione.

La Norma CEI 100-126 prescrive che con ogni tipo di presa d'utente (eccetto quelle di tipo totalmente isolate) *il terminale esterno della presa, connesso allo schermo del cavo coassiale, deve essere collegato a terra* in modo tale che la resistenza misurata (in corrente continua) tra il terminale esterno della presa ed il più vicino collettore equipotenziale (o conduttore di protezione) sia inferiore a 5 Ω.

10.1.4 Messa a terra e collegamenti equipotenziali

Il conduttore esterno del cavo coassiale della rete di distribuzione dei segnali deve essere collegato a terra in modo che la resistenza sia inferiore a 5 Ω, a meno che:

- nell'impianto si utilizzino soltanto prese d'utente totalmente isolate e componenti elettrici di classe II.
- il cavo d'antenna, proveniente da un'antenna per utente singolo, sia connesso direttamente al ricevitore con isolamento in classe II, come installazione di singola abitazione.

Si definisce installazione di singola abitazione l'installazione in una singola unità abitativa dove la somma delle correnti disperse del set-top box (STB) oppure dei terminali d'utente e dei dispositivi di Classe II connessi non superi i 3,5 mA (valore efficace). Il singolo dispositivo di Classe II può avere una corrente massima dispersa di 0,25 mA (valore efficace) oppure 0,5 mA (valore efficace) per i dispositivi che soddisfano la IEC 60950-1 e la IEC 60065 rispettivamente.Un esempio di installazione in una singola abitazione è riportata nella Figura 76

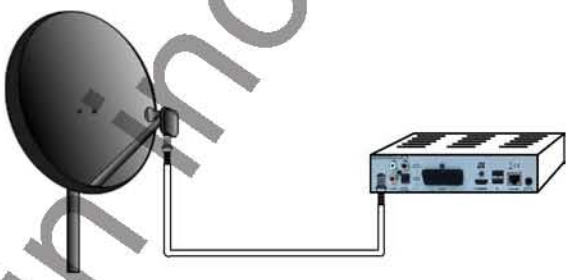


Figura 76 – Esempio di installazione in una singola abitazione, costituita da un'antenna per la ricezione satellitare collegata ad un set-top-box (STB) a sua volta connesso al TV ed altre apparecchiature dell'utente; la somma delle correnti disperse di tutti i dispositivi di Classe II connessi al STB (compreso il STB) non deve superare i 3,5 mA (valore efficace)

In tutti gli altri casi occorre mettere a terra il conduttore esterno della rete di distribuzione e dei cavi coassiali che provengono dalle antenne.

Il collegamento a terra può essere effettuato in corrispondenza del punto di ingresso del cavo nell'edificio, nel caso di impianto di distribuzione via cavo (CATV), o in corrispondenza del terminale di testa, negli impianti centralizzati d'antenna. *I conduttori esterni dei cavi coassiali devono essere connessi direttamente ad una barra di connessione equipotenziale o all'apparecchiatura* (vedere Norma CEI 100-126, [1] art. 6.2 g). *Anche gli amplificatori alimentati tramite il cavo, le prese, i divisori e i punti di trasferimento possono essere dotati di terminale di messa a terra* (vedere CEI 100-126, [1] art. 6.2).

Progetto in inchiesta pubblica

Devono comunque essere collegati all'impianto di terra le masse, cioè gli involucri metallici che contengono componenti elettrici di classe I alimentati dalla rete (vedere CEI 100-126, [1] art. 6.2 k).

Occorre inoltre verificare che, a livello delle prese d'utente, la resistenza misurata in corrente continua, tra il conduttore esterno della presa ed il più vicino collettore equipotenziale, sia inferiore a 5 Ω (vedere CEI 100-126, [1] e art. 9.1.2 e art. 9.1.3).

I collegamenti equipotenziali ed il collegamento di terra devono essere effettuati con conduttori aventi una sezione di almeno 2,5 mm^2 se è prevista una protezione meccanica (ad esempio quando il conduttore è inserito in tubo, guaina o canalina), 4 mm^2 se non è prevista una protezione meccanica (vedere Norma CEI 64-8, [16] art. 543.1.3).

In Figura 79, Figura 80, Figura 81, Figura 82 e Figura 83 sono riportati in modo schematico i collegamenti a terra ed equipotenziali indicati in precedenza, tenendo conto della possibili situazioni in cui può venire a trovarsi l'impianto d'antenna nei riguardi delle fulminazioni dirette e indirette descritte nel par. 10.2.

I collegamenti del sostegno d'antenna indicati non sono da effettuare nei seguenti due casi:

- quando l'impianto d'antenna è posto all'esterno dell'edificio, almeno 2 m al di sotto del tetto e a meno di 1,5 m di distanza dall'edificio (vedi8 Figura 77);
- quando l'impianto d'antenna è installato all'interno della struttura dell'edificio (vedi Figura 77).

In particolare:

- la Figura 83 riguarda il caso in cui l'edificio con l'antenna è da considerarsi con rischio di fulminazioni dirette inferiore al valore prescritto (vedi IEC 62305-2) Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.. Secondo tale Norma in questo caso non è necessaria la protezione contro le scariche atmosferiche.
- la Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. riguarda il caso in cui l'edificio con l'antenna è installato in un luogo in cui non sono disponibili dati per il calcolo del rischio dalle fulminazioni dirette. In tal caso il sostegno d'antenna (palo) deve essere connesso a terra mediante un conduttore (6) avente sezione minima di 16 mm2. Il conduttore (6) deve essere installato secondo un percorso diritto e verticale in modo da costituire la via più breve e diretta verso l'impianto di presa di terra (7) o dispersore. I conduttori esterni (schermo) dei cavi coassiali provenienti dalle antenne devono essere collegati al palo, mediante un conduttore di connessione equipotenziale (4a) avente sezione minima di 2,5 mm2. La formazione di anelli nella calata verso terra deve essere evitata.
- la Figura 82 riguarda il caso in cui l'edificio con l'antenna è da considerarsi con rischio di fulminazioni dirette superiore al valore prescritto (vedi IEC 62305-2). In tale caso l'edificio deve essere dotato di un impianto di protezione contro i fulmini (LPS). Il sostegno d'antenna (palo) deve essere connesso all'impianto LPS mediante un conduttore (4) (vedere par. 10.2). Il collegamento attraverso il conduttore (6) è effettuato per realizzare l'equipotenzialità del palo e delle antenne con l'impianto di protezione contro i fulmini, e deve essere installato in modo da costituire la via più breve e diretta verso l'impianto LPS. I conduttori esterni (schermo) dei cavi coassiali provenienti dalle antenne devono essere collegati al palo, mediante un conduttore di connessione equipotenziale (4a) avente sezione minima di 16 mm^2. La formazione di anelli nel collegamento verso l'impianto LPS deve essere evitata.

Le barre di connessione equipotenziale (3a) che connettono i conduttori esterni dei cavi coassiali che entrano ed escono dal terminale di testa (centralino) mediante il conduttore di connessione equipotenziale (4b) possono essere installate temporaneamente, quando è necessario intervenire per lavori di manutenzione sul terminale di testa.

Progetto in inchiesta pubblica

10.2 Protezione dell'impianto d'antenna contro le fulminazioni dirette ed indirette

10.2.1 Generalità

L' impianto d'antenna deve essere protetto contro i fulmini al fine di ridurre ad un livello tollerabile il rischio di:

- avarie all'impianto ricevente TV stesso;
- perdita del servizio svolto dall'impianto ricevente TV;
- danni alla struttura, al suo contenuto ed alle persone presenti, provocati dal fulmine per il tramite dell'impianto ricevente TV.

La protezione di un impianto d'antenna non è scindibile da quella della struttura in cui è installato, perché non è possibile evitare che un fulmine, che interessi la struttura, provochi danno anche all' impianto ricevente TV, se non proteggendo la struttura stessa. In definitiva **l'impianto d'antenna non è che uno degli impianti interni della struttura e la protezione contro il fulmine riguarda l'intera struttura**.

Tuttavia, questi requisiti di protezione hanno lo scopo, quando non vi siano requisiti particolari più restrittivi, di proteggere l'impianto d'antenna, incluse le antenne satellitari dalle sovratensioni statiche atmosferiche e dalle scariche dei fulmini.

Tutte le parti esterne dell'impianto d'antenna devono essere progettate per sostenere una scarica del fulmine senza pericolo di incendio o distacco dell'impianto d'antenna esterno o di sue parti dalla struttura che la sostiene.

È importante tener presente che questi requisiti di protezione non devono essere considerati in grado di proteggere l'edificio oppure ogni altra struttura connessa all'impianto d'antenna.

I seguenti casi sono esclusi da questi requisiti di protezione:

- impianti d'antenna installati su edifici che siano posti ad una distanza minima di 2 m al di sotto del tetto o dalla grondaia ed a meno di 1,5 m dall'edificio (vedi Figura 77)
- impianti d'antenna inclusi nella struttura dell'edificio (vedi Figura 77)
- un impianto d'antenna che serve soltanto l'installazione di una singola abitazione ed il rischio di fulminazione è basso (vedi par. 10.2.3.3).

La definizione di singola abitazione è riportata al paragrafo 10.1.4..

Le antenne non devono essere installate su edifici che hanno il tetto costruito con materiali altamente infiammabili (per esempio, paglia, materiali simili a canne, ecc.)

I cavi d'antenna ed i conduttori di messa a terra non devono essere lasciati in aree per magazzinaggio di materiali facilmente infiammabili come fieno, paglia e sostanze simili, oppure in aree in cui si possono sviluppare o raccogliere gas esplosivi. Per impianti d'antenna di grandi dimensioni, come antenne riceventi per la radiodiffusione in onde medie (AM), si raccomanda di includere un dispositivo di protezione dalla sovratensioni nel conduttore di messa a terra.

Progetto in inchiesta pubblica

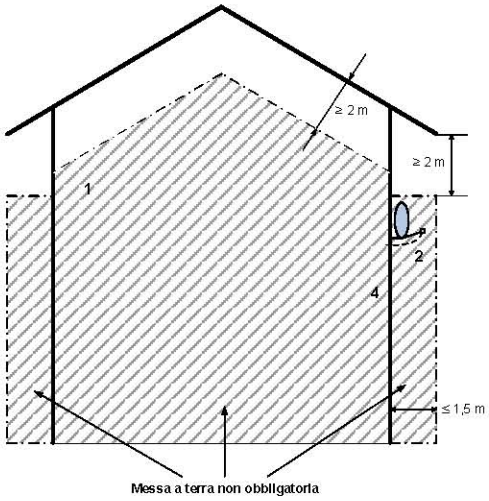


Figura 77 – Esempio di antenna montata all'esterno di un edificio, quando la messa a terra non è obbligatoria (vedi Tabella 32, Soluzione 1a)

NOTA L'area protetta sul lato degli edifici è limitata ad una altezza di 45 m (per LPS di classe III) a causa della possibilità di scariche laterali (vedi IEC 62305-3).

10.2.2 Protezione dell'impianto d'antenna

10.2.2.1 Scelta dei metodi appropriati per la protezione degli impianti d'antenna

La Figura 78 mostra un diagramma di flusso che serve per decidere il metodo appropriato per la protezione del sistema d'antenna considerato. Il diagramma porta a quattro risultati che corrispondono alle quattro soluzioni descritte nella Tabella 32 per l'installazione dell'impianto d'antenna. È importante distinguere fra le responsabilità dell'installatore (riquadri a linea continua nella Figura 78) e le responsabilità dell'installatore di LPS (riquadri a linea tratteggiata in Figura 78).

Tabella 32 – Soluzioni per la protezione degli impianti d'antenna dalle scariche atmosferiche

Soluzione	Misure di protezione	Norme di riferimento
1	**Impianto d'antenna dotato di collegamento equipotenziale ma sprovvisto di messa a terra**	
1a	In un'area protetta dell'edificio secondo la Figura 77	IEC 60728-11
1b	In un'area protetta di un LPS esistente o di nuova installazione; vedi Figura 79	IEC 62305-3
1c	In un'area protetta di un ATS isolato esterno; vedi Figura 80 e Figura 81	IEC 62305
1d	Se il rischio di un colpo di fulmine $R \leq$ rischio tollerabile R_T; vedi Figura 83	IEC 62305-2
2	**Impianto d'antenna senza collegamento equipotenziale e senza messa a terra**	
	Installazione in un'area protetta dell'edificio e/o per installazioni in una singola abitazione, secondo 10.2.1	IEC 60728-11
3	**Impianto d'antenna dotato di collegamento equipotenziale e con connessione ad un LPS**	
	Edificio con LPS; il supporto (palo) dell'antenna serve da captatore (ATS) non isolato; vedi Figura 82	IEC 62305 IEC 60728-11

10.2.2.2 Edificio dotato di un impianto di protezione dai fulmini (LPS)

Se l'edificio è già dotato o lo sarà (su richiesta dell'installatore dell'antenna) di un impianto di protezione dai fulmini (LPS) conforme alla IEC 62305, la miglior soluzione per installare l'impianto d'antenna è quella di usare il volume protetto dall'impianto LPS (soluzione 1b nella Tabella 32) come descritto nelle Norme della serie IEC 62305. La possibilità di usare tale volume protetto deve essere accertata dall'esperto installatore di LPS. La Figura 79 mostra un esempio di tale installazione.

Progetto in inchiesta pubblica

Se non è disponibile un volume protetto dall'impianto LPS dell'edificio, ad esempio a causa delle dimensioni dell'impianto d'antenna, occorre che l'esperto installatore di LPS determini la possibilità dell'uso di un ATS isolato esterno (soluzione 1c della Tabella 32). La Figura 80 e la Figura 81 mostrano esempi di una installazione di questo tipo.

Se tutti e due i suddetti criteri non possono essere applicati, il supporto dell'antenna, essendo un oggetto metallico, deve essere connesso all'impianto LPS dell'edificio attraverso una connessione la più breve possibile ed usando un conduttore come specificato in 8.3.2 (soluzione 3 della Tabella 32). In questo caso il supporto d'antenna può essere esteso in altezza in modo da formare un captatore non isolato e deve soddisfare le specifiche del par. 5.2 della IEC 62305 per i captatori. Si assume che l'impianto d'antenna ed il suo supporto siano in grado di sopportare una fulminazione diretta. Se l'antenna non è in grado di sopportare una fulminazione diretta, essa deve ricadere nel volume protetto da un captatore (può essere lo stesso supporto d'antenna).

Un esempio di installazione di questo tipo è riportato nella Figura 82.

È preferibile che l'impianto ricevente TV sia installato in modo da mantenere, rispetto al LPS una distanza superiore a quella di sicurezza *s* (CEI 81-10/3, art. 6.3) che dovrebbe essere valutata dall'impiantista LPS, in relazione alla conformazione ed alla classe del LPS nonché alla reciproca posizione impianto ricevente - LPS. I valori della minima distanza di sicurezza *s* da rispettare sono riportati a titolo orientativo in Tabella 1.

La distanza di separazione S, riportata in Figura 79, Figura 80, Figura 81 e Figura 82, fra ciascun apparato ATS e l'impianto LPS e tutti le parti connesse all'impianto LPS devono soddisfare i valori richiesti (vedi IEC 60305-3). Nella Tabella 33 sono riportati i valori della minima distanza di separazione S, per ogni metro di altezza dell'edificio, che deve essere valutata dall'impiantista LPS, in relazione alla conformazione ed alla classe dell'impianto LPS nonché alla reciproca posizione fra impianto d'antenna e l'impianto LPS.

Tabella 33 – Valori della minima distanza di separazione S per ogni metro di altezza dell'edificio

Classe del LPS	Distanza di separazione S (cm)
I	16
II	12
III - IV	8

Ove ciò non fosse possibile è necessario provvedere una connessione equipotenziale fra impianto d'antenna e LPS nel punto più alto, ad esempio in corrispondenza del terminale di testa. Il collegamento equipotenziale sarà eseguito, in conformità alla Norma CEI 81-10/3, art. 6.2, da un impiantista LPS che provvederà anche ad aggiornare la documentazione dell'impianto LPS.

In ogni caso è opportuna una stretta cooperazione fra l'impiantista televisivo e l'impiantista LPS per definire almeno:

- la separazione o la connessione del supporto d'antenna e degli schermi dei cavi al LPS;
- il percorso dei cavi dell'impianto ricevente TV;
- l'installazione dei limitatori di sovratensione.

Le attività suddette possono essere eseguite direttamente dall'impiantista televisivo, purché in possesso dei necessari requisiti e conoscenze.

Progetto in inchiesta pubblica

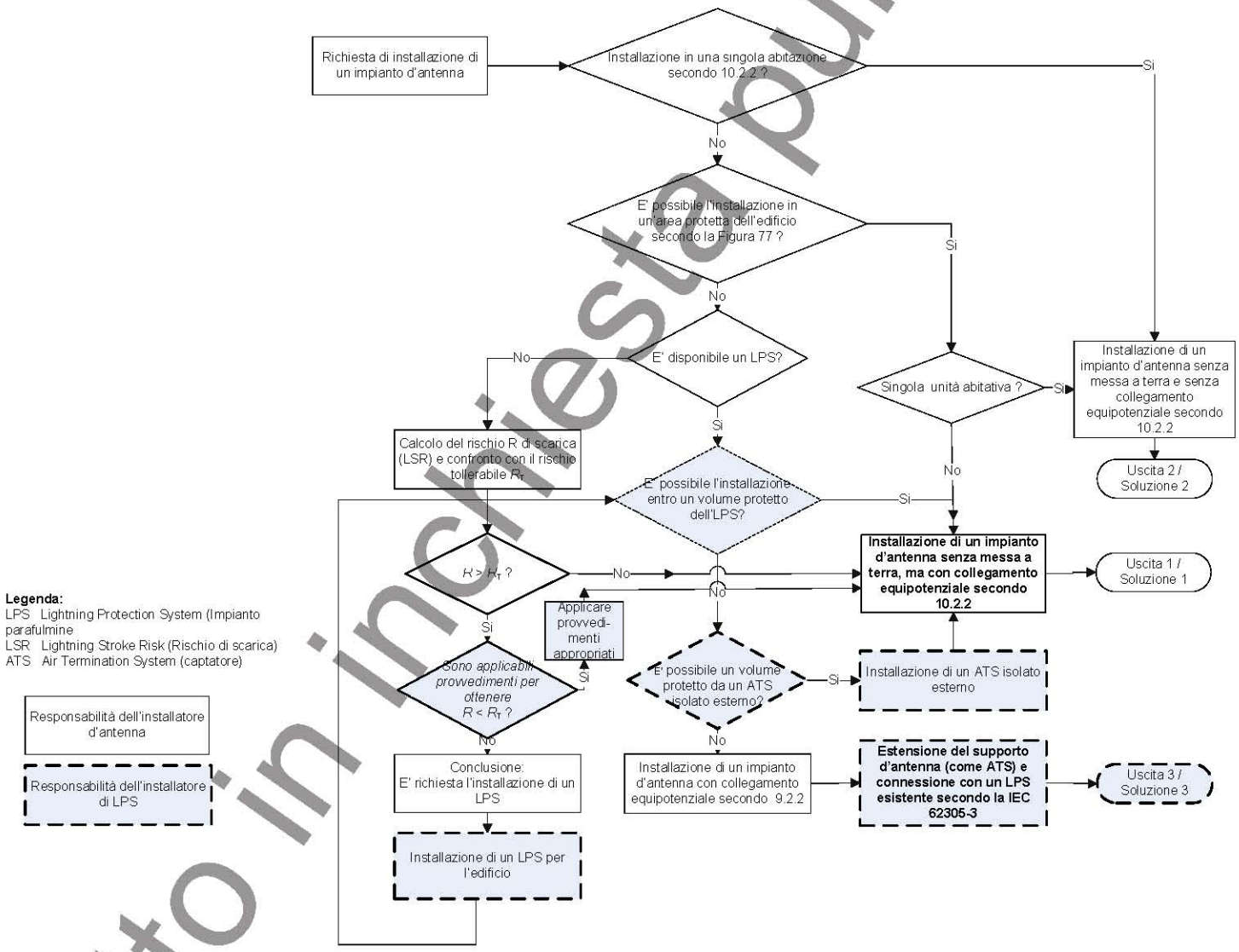
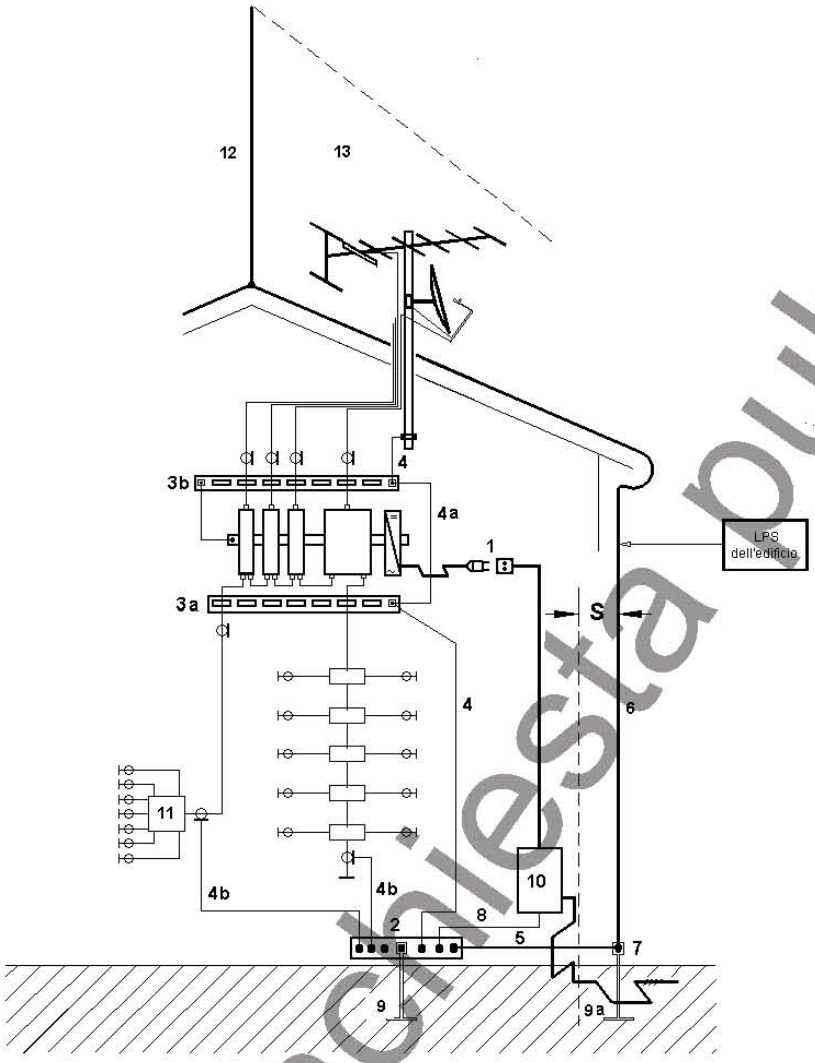


Figura 78 – Diagramma di flusso per la scelta del metodo appropriato per la protezione dell'impianto d'antenna dalle scariche atmosferiche

Progetto in inchiesta pubblica



1	Rete elettrica (230 V)	2	Terminale di messa terra principale
3a, 3b	Barre di collegamento equipotenziale	4, 4a, 4b	Conduttori di messa a terra (≥ 2,5 mm^2 Cu)
5	Conduttore di collegamento a terra (≥ 16 mm^2 Cu)	6	Conduttore di messa a terra esterno dell'impianto LPS dell'edificio (≥ 50 mm^2 Cu, sezione circolare piena, secondo la IEC 62305-3)
7	Terminale di messa a terra	8	Conduttore di protezione (PE)
9	Elettrodo di messa a terra nelle fondamenta	9°	Elettrodo di messa a terra dell'impianto LPS
10	Quadro di distribuzione della rete elettrica con SPD	11	Distributore dei segnali nell'appartamento (HD)
12	Asta intercettatrice	13	Volume protetto dall'impianto LPS isolato (vedi IEC 62305-3)
S	Distanza di separazione secondo la IEC 62305-3		

NOTA 1 La barra di collegamento 3a che collega i conduttori esterni dei cavi di uscita dal terminale di testa con il conduttore equipotenziale 4a possono essere installati anche in modo temporaneo per assicurare la sicurezza durante la sostituzione delle apparecchiature.

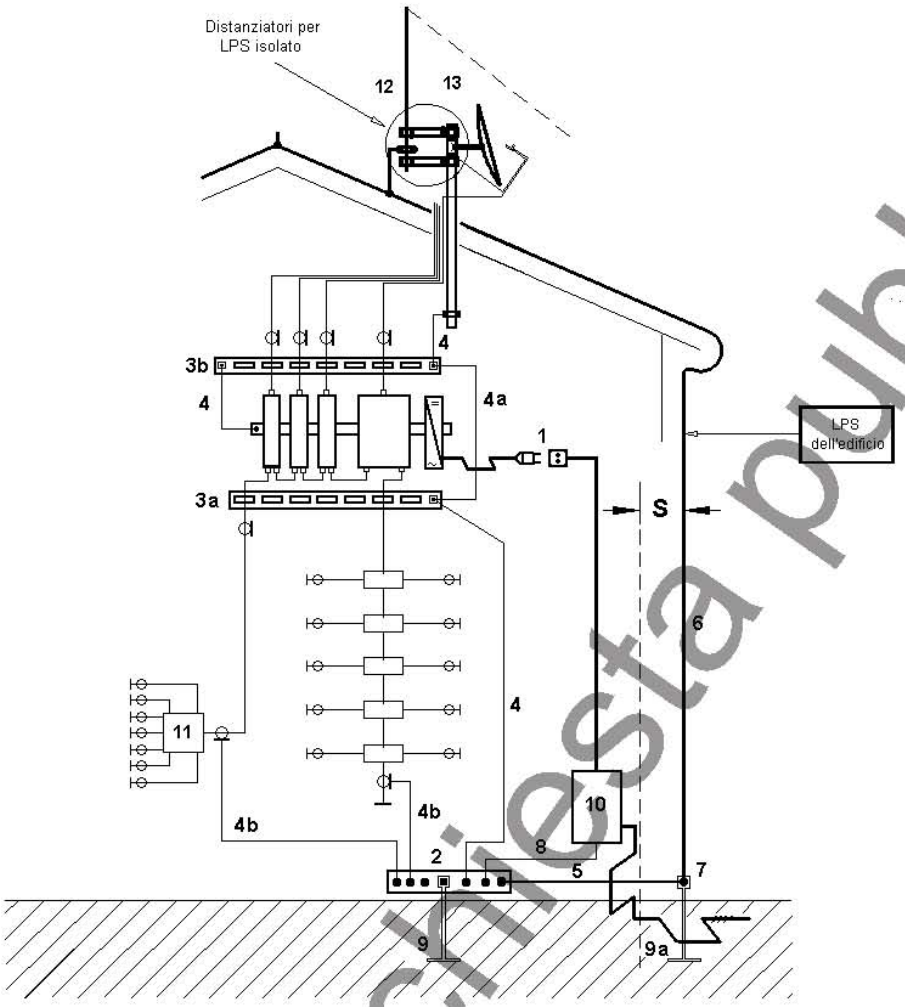
NOTA 2 Le barre di collegamento 3a e 3b possono essere barre metalliche per fissaggio diretto e di contatto con la calza dei cavi schermati oppure un blocco di connettori F posti su due lati.

NOTA 3 Il collegamento fra le apparecchiature del terminale di testa e la barra metallica di montaggio può avvenire sia mediante la scatola metallica dell'apparecchiatura sia mediante un ulteriore conduttore di collegamento 4.

NOTA 4 I Conduttori 4, 4a, 4b hanno lo scopo di garantire l'equipotenzialità verso il potenziale di terra del sistema di distribuzione dei cavi coassiali anche nel caso di un guasto nelle apparecchiature ad essi collegati.

Figura 79 – Esempio di collegamento equipotenziale di antenne e terminale di testa entro un volume protetto dall'impianto LPS dell'edificio (vedi Tabella 32, Soluzione 1b)

Progetto in inchiesta pubblica



1	Rete elettrica (230 V)	2	Terminale di messa terra principale
3a, 3b	Barre di collegamento equipotenziale	4, 4a, 4b	Conduttori di messa a terra (≥ 2,5 mm^2 Cu)
5	Conduttore di collegamento a terra (≥ 16 mm^2 Cu)	6	Conduttore di messa a terra esterno dell'impianto LPS dell'edificio (≥ 50 mm2 Cu, sezione circolare piena, secondo la IEC 62305-3)
7	Terminale di messa a terra	8	Conduttore di protezione (PE)
9	Elettrodo di messa a terra nelle fondamenta	9a	Elettrodo di messa a terra dell'impianto LPS
10	Quadro di distribuzione della rete elettrica con SPD	11	Distributore dei segnali nell'appartamento (HD)
12	Asta intercettatrice	13	Volume protetto dall'impianto LPS isolato (vedi IEC 62305-3)
S	Distanza di separazione secondo la IEC 62305-3		

NOTA 1 La barra di collegamento 3a che collega i conduttori esterni dei cavi di uscita dal terminale di testa con il conduttore equipotenziale 4a possono essere installati anche in modo temporaneo per assicurare la sicurezza durante la sostituzione delle apparecchiature.

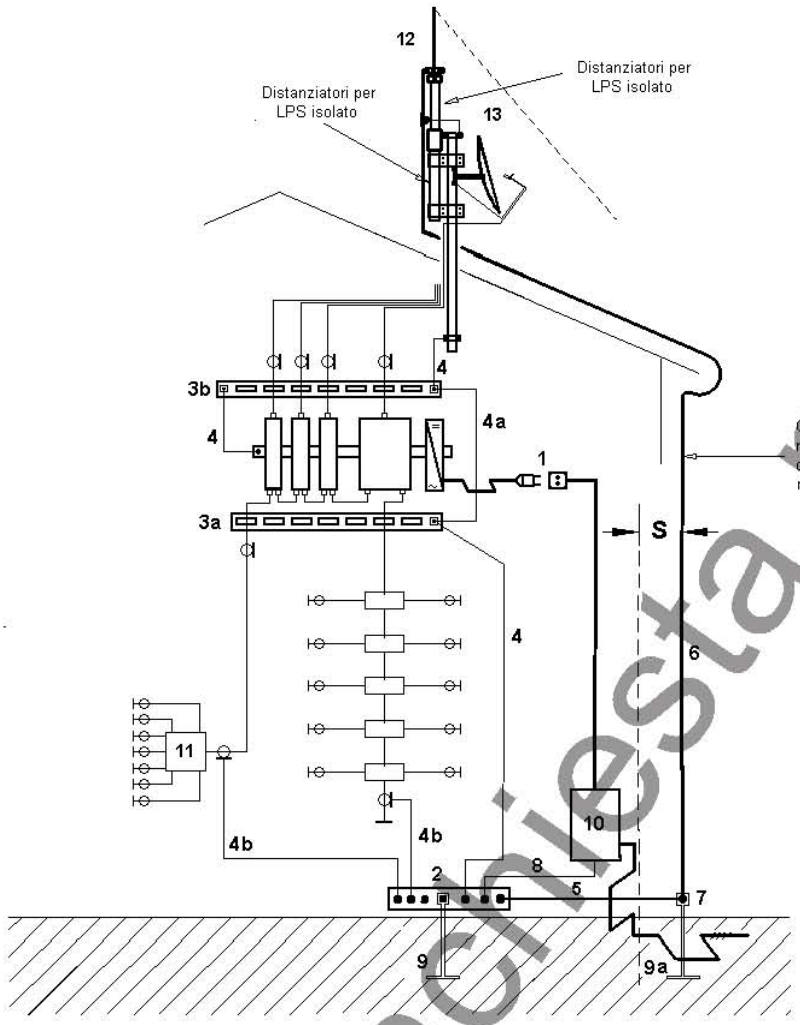
NOTA 2 Le barre di collegamento 3a e 3b possono essere barre metalliche per fissaggio diretto e di contatto con la calza dei cavi schermati oppure un blocco di connettori F posti su due lati.

NOTA 3 Il collegamento fra le apparecchiature del terminale di testa e la barra metallica di montaggio può avvenire sia mediante la scatola metallica dell'apparecchiatura sia mediante un ulteriore conduttore di collegamento 4.

NOTA 4 I Conduttori 4, 4a, 4b hanno lo scopo di garantire l'equipotenzialità verso il potenziale di terra del sistema di distribuzione dei cavi coassiali anche nel caso di un guasto nelle apparecchiature ad essi collegati.

Figura 80 – Esempio di collegamento equipotenziale di antenne e terminale di testa entro un volume protetto dall'impianto LPS dell'edificio (vedi Tabella 32, Soluzione 1c)

Progetto in inchiesta pubblica



1	Rete elettrica (230 V)	2	Terminale di messa terra principale
3a, 3b	Barre di collegamento equipotenziale	4, 4a, 4b	Conduttori di messa a terra (≥ 2,5 mm^2 Cu)
5	Conduttore di collegamento a terra (≥ 16 mm^2 Cu)	6	Conduttore di messa a terra esterno dell'impianto LPS dell'edificio (≥ 50 mm2 Cu, sezione circolare piena, secondo la IEC 62305-3)
7	Terminale di messa a terra	8	Conduttore di protezione (PE)
9	Elettrodo di messa a terra nelle fondamenta	9a	Elettrodo di messa a terra dell'impianto LPS
10	Quadro di distribuzione della rete elettrica con SPD	11	Distributore dei segnali nell'appartamento (HD)
12	Asta intercettatrice	13	Volume protetto dall'impianto LPS isolato (vedi IEC 62305-3)
S Distanza di separazione secondo la IEC 62305-3			

NOTA 1 La barra di collegamento 3a che collega i conduttori esterni dei cavi di uscita dal terminale di testa con il conduttore equipotenziale 4a possono essere installati anche in modo temporaneo per assicurare la sicurezza durante la sostituzione delle apparecchiature.

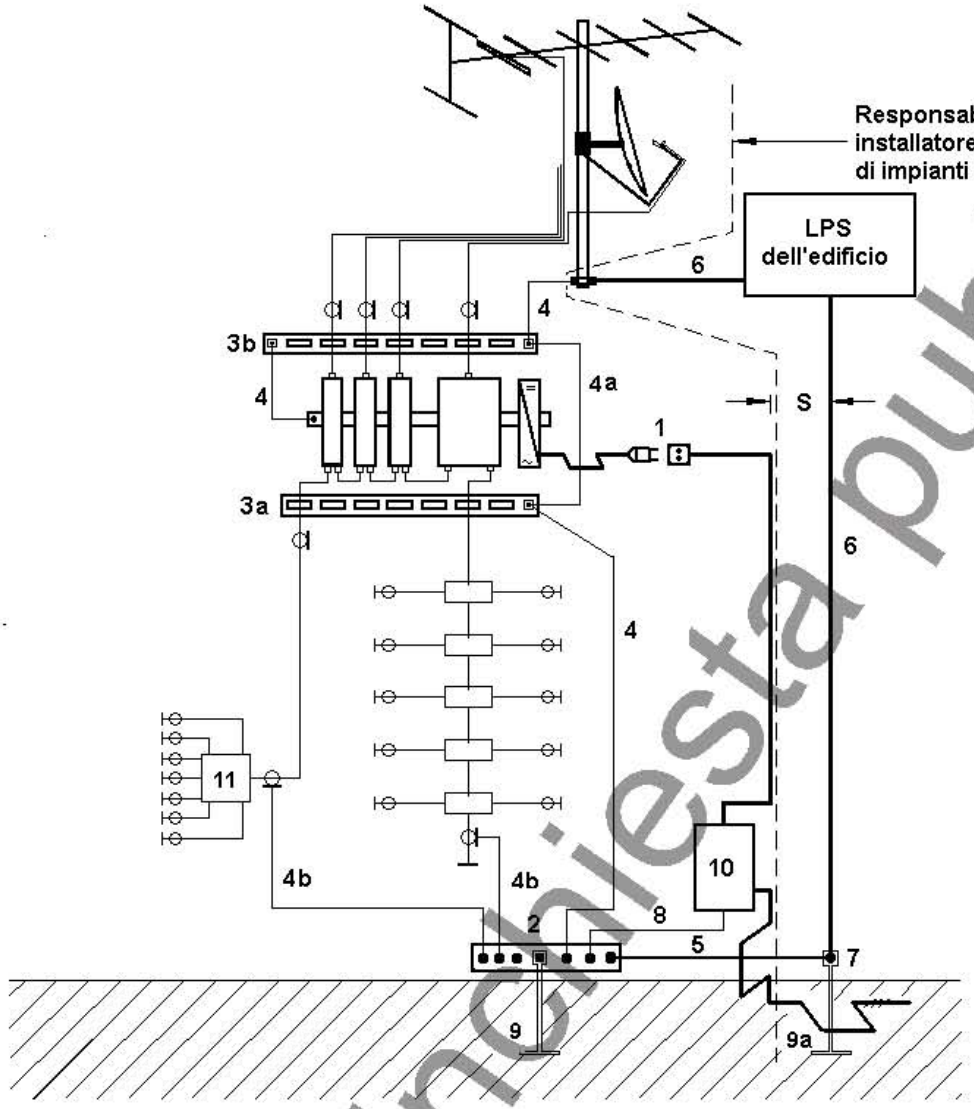
NOTA 2 Le barre di collegamento 3a e 3b possono essere barre metalliche per fissaggio diretto e di contatto con la calza dei cavi schermati oppure un blocco di connettori F posti su due lati.

NOTA 3 Il collegamento fra le apparecchiature del terminale di testa e la barra metallica di montaggio può avvenire sia mediante la scatola metallica dell'apparecchiatura sia mediante un ulteriore conduttore di collegamento 4.

NOTA 4 I Conduttori 4, 4a, 4b hanno lo scopo di garantire l'equipotenzialità verso il potenziale di terra del sistema di distribuzione dei cavi coassiali anche nel caso di un guasto nelle apparecchiature ad essi collegati.

Figura 81 – Esempio di collegamento equipotenziale di antenne e terminale di testa entro un volume protetto da un ATS isolato esterno (vedi Tabella 32, Soluzione 1c)

Progetto in inchiesta pubblica



1	Rete elettrica (230 V)	2	Terminale di messa terra principale
3a, 3b	Barre di collegamento equipotenziale	4, 4a, 4b	Conduttori di messa a terra (≥ 2,5 mm^2 Cu)
5	Conduttore di collegamento a terra (≥ 16 mm^2 Cu)	6	Conduttore di messa a terra esterno dell'impianto LPS dell'edificio (≥ 50 mm^2 Cu, sezione circolare piena, secondo la IEC 62305-3)
7	Terminale di messa a terra	8	Conduttore di protezione (PE)
9	Elettrodo di messa a terra nelle fondamenta	9a	Elettrodo di messa a terra dell'impianto LPS
10	Quadro di distribuzione della rete elettrica con SPD	11	Distributore dei segnali nell'appartamento (HD)
S	Distanza di separazione secondo la IEC 62305-3		

NOTA 1 La barra di collegamento 3a che collega i conduttori esterni dei cavi di uscita dal terminale di testa con il conduttore equipotenziale 4a possono essere installati anche in modo temporaneo per assicurare la sicurezza durante la sostituzione delle apparecchiature.

NOTA 2 Le barre di collegamento 3a e 3b possono essere barre metalliche per fissaggio diretto e di contatto con la calza dei cavi schermati oppure un blocco di connettori F posti su due lati.

NOTA 3 La connessione fra le apparecchiature del terminale di testa e la barra metallica di montaggio può avvenire sia mediante la scatola metallica dell'apparecchiatura sia mediante un ulteriore conduttore di collegamento 4.

NOTA 4 I Conduttori 4, 4a, 4b hanno lo scopo di garantire l'equipotenzialità verso il potenziale di terra del sistema di distribuzione dei cavi coassiali anche nel caso di un guasto nelle apparecchiature ad essi collegati.

Figura 82 – Esempio di collegamento equipotenziale di antenne (non installate in un volume protetto) e terminale di testa con collegamento diretto all'impianto LPS dell'edificio (vedi Tabella 32, Soluzione 3)

Progetto in inchiesta pubblica

I conduttori esterni di tutti i cavi coassiali che provengono dall'antenna devono essere connessi al supporto d'antenna per mezzo di un conduttore di collegamento equipotenziale avente una sezione con area di 2,5 mm^2 Cu (Figura 79, Figura 80, Figura 81 e Figura 82).

NOTA Per garantire il mantenimento della protezione di un LPS quando viene installato un impianto d'antenna, l'impianto LPS deve essere controllato secondo la IEC 62305, par. 7.

10.2.3 Edificio non dotato di un LPS

10.2.3.1 Generalità

Per gli impianti riceventi individuali, gli impianti MATV o SMATV confinati in un solo edificio, quando, a causa della bassa probabilità di fulminazione, le norme locali lo consentono, la protezione contro le scariche atmosferiche non è necessaria, ma è fortemente raccomandata. Si devono considerare i seguenti casi, come indicato nel diagramma di flusso della Figura 78 e nella Tabella 32.

Per i casi B, C e D la valutazione del rischio per l'edificio con l'impianto d'antenna deve essere eseguita secondo la IEC 62305-2, usando almeno un programma (software) semplificato (Annex J della IEC 62305-2).

10.2.3.2 Rischio tollerabile

L'identificazione del massimo valore del rischio che può essere tollerato dall'edificio (il "rischio tollerabile") ricade sotto la responsabilità dell'autorità che ha giurisdizione. Se il rischio tollerabile non è disponibile da parte delle norme (leggi) locali, il rischio dell'edificio è ricavato da quanto indicato nella IEC 62305-2, Tabella 7:

Perdita di vite umane o danni permanenti	$R_T = 10^{-5}$
Perdita di pubblico servizio	$R_T = 10^{-3}$
Perdita di beni culturali	$R_T = 10^{-3}$

L'Annex J della IEC 62305-2 presenta un software semplificato per la valutazione del rischio delle strutture. Questo software può essere d'aiuto all'installatore per valutare il rischio R di fulminazione dell'edificio completo dell'impianto d'antenna e paragonarlo al rischio tollerabile R_T. Tuttavia, casi difficili dovrebbero essere calcolati secondo la IEC 62305-2.

Un esempio di calcolo del rischio di fulminazione, usando il software semplificato per la valutazione del rischio delle strutture descritto nella IEC 62305-2, Annex J, è riportato in 10.2.5.

10.2.3.3 Caso A

Se l'edificio non è dotato di un LPS conforme alla IEC 62305, e

- l'impianto LPS non è richiesto dalle norme dell'autorità locale, oppure
- il rischio di fulminazione dell'edificio con l'impianto d'antenna è stato calcolato (secondo il par. 10.2.3) ed è inferiore oppure uguale la valore massimo del rischio che può essere tollerato,

la protezione contro i fulmini non è richiesta. Questo porta all'uscita1/soluzione1 nella Figura 78 ed è descritta come soluzione 1d nella Tabella 32.

Un esempio di collegamento equipotenziale secondo la soluzione 1d è riportato nella Figura 83.

I conduttori esterni di tutti i cavi coassiali che provengono dall'antenna devono essere connessi a terra per mezzo di un conduttore di collegamento avente sezione $\geq$ 2,5 mm^2 Cu

10.2.3.4 Caso B

Se l'edificio non è dotato di un LPS conforme alla IEC 62305. ed il rischio fulminazione dell'edificio con l'impianto d'antenna è stato calcolato (secondo il par. 10.2.3) ed è superiore al valore massimo del rischio che può essere tollerato, si possono applicare alcuni provvedimenti aggiuntivi, secondo la IEC 62305, per cercare di ridurre il rischio.

Progetto in inchiesta pubblica

Questi provvedimenti aggiuntivi, da decidere da parte di un installatore di LPS (oppure un esperto di protezione dai fulmini), dipendono dalle cause che hanno prodotto la condizione $R > R_T$. Questi provvedimenti possono consistere in:

- dispositivi SPD, secondo la IEC 62305-4;
- schermatura delle linee entranti di potenza, servizi esterni oppure interrati;
- estintori del fuoco.

Se dopo aver considerato uno o più di questi provvedimenti la condizione $R < R_T$ può essere ottenuta, questi provvedimenti devono essere applicati e non viene richiesta l'installazione di un LPS. Questo porta all'uscita1/soluzione1 nella Figura 78 ed è descritta come soluzione 1d nella Tabella 32.

Nota Questa può essere una soluzione molto più economica rispetto all'installazione di un LPS.

Gli SPD devono essere scelti ed installati in conformità alle Norme CEI 81-10/3, art. 6.2.4 e 6.2.5, e CEI 81-10/4, art. 7 e Allegato D.

Alcuni parametri tipici per SPD all'arrivo linea in funzione del livello di protezione al fulmine (LPL) sono riportati in Tabella 34. Il livello di protezione al fulmine necessario e sufficiente a realizzare la protezione è ottenibile come risultato dell'analisi del rischio.

Tabella 34 – Parametri tipici degli SPD all'arrivo linea

Livello di protezione al fulmine LPL	Classe SPD	Livello di protezione SPD U_p (V)	Corrente di scarica I_{imp} (kA)	Sezione minima connessioni (mm^2)
I	I	1000	10	6
II			10	
III - IV			5	

È consigliabile installare gli SPD a monte dell' interruttore differenziale in esecuzione 3+1 (circuiti trifase) o 1+1 (circuiti monofase). La lunghezza delle connessioni del SPD al circuito protetto devono essere ridotte al minimo (< 20 cm totali).

In ogni caso è opportuna una stretta cooperazione fra l'impiantista televisivo e l'impiantista elettrico per definire l'installazione dei limitatori di sovratensione.

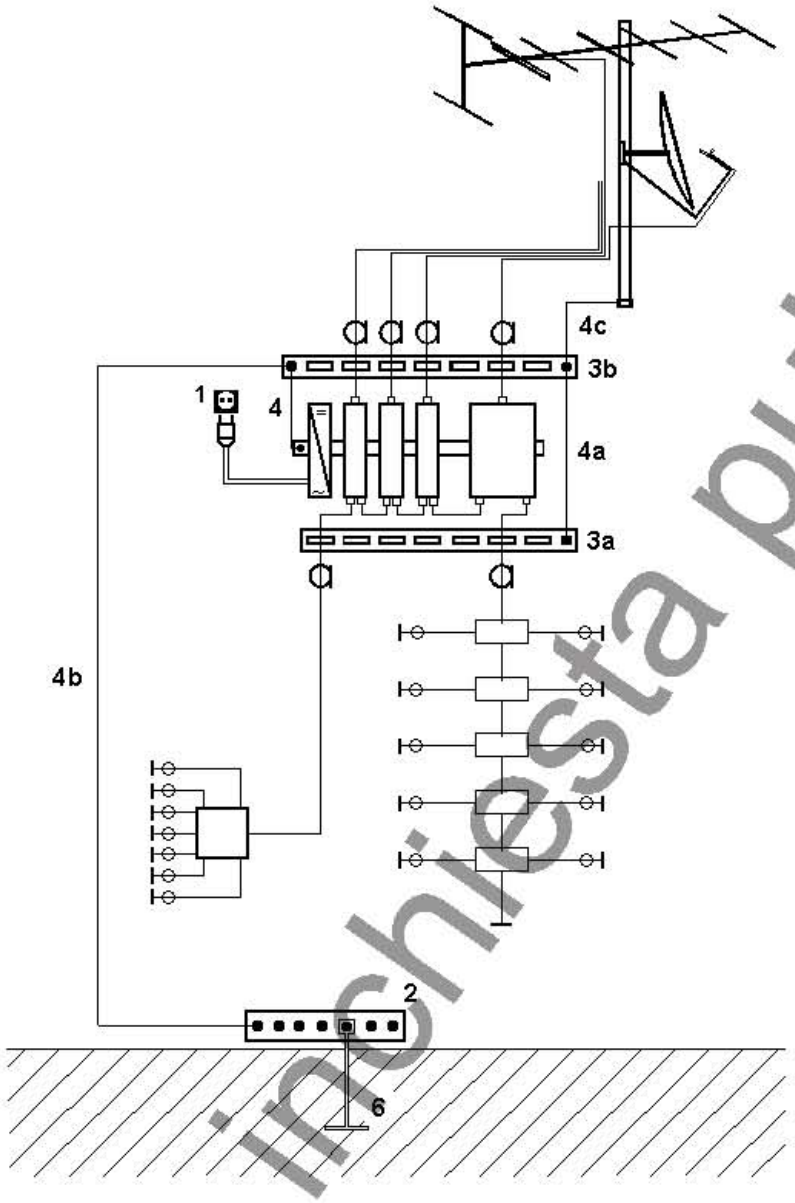
10.2.3.5 Caso C

Se dopo aver considerato l'applicazione di questi provvedimenti la condizione $R > R_T$ è ancora valida, prima di installare l'impianto d'antenna occorre installare un LPS da parte di un esperto installatore di LPS.

Dopo aver installato l'impianto LPS, si applicano all'impianto d'antenna i requisiti del par. 10.2.2.

NOTA Per garantire il mantenimento della protezione di un LPS quando viene installato un impianto d'antenna, l'impianto LPS deve essere controllato secondo la IEC 62305, par. 7.

Progetto in inchiesta pubblica



1	Rete elettrica (230 V)	2	Terminale di messa terra principale
3a, 3b	Barre di collegamento equipotenziale	4, 4a, 4b e 4c	Conduttori di messa a terra (≥ 2,5 mm^2 Cu)
6	Elettrodo di messa a terra nelle fondamenta		

NOTA 1 La barra di collegamento 3a che collega i conduttori esterni dei cavi di uscita dal terminale di testa con il conduttore equipotenziale 4a possono essere installati anche in modo temporaneo per assicurare la sicurezza durante la sostituzione delle apparecchiature.

NOTA 2 Le barre di collegamento 3a e 3b possono essere barre metalliche per fissaggio diretto e di contatto con la calza dei cavi schermati oppure un blocco di connettori F posti su due lati.

NOTA 3 Il collegamento fra le apparecchiature del terminale di testa e la barra metallica di montaggio può avvenire sia mediante la scatola metallica dell'apparecchiatura sia mediante un ulteriore conduttore di collegamento 4.

NOTA 4 I Conduttori 4, 4a, 4b e 4c hanno lo scopo di garantire l'equipotenzialità verso il potenziale di terra del sistema di distribuzione dei cavi coassiali anche nel caso di un guasto nelle apparecchiature ad essi collegati.

NOTA 5 Il conduttore 4c può non essere necessario quando il conduttore esterno (schermo) dei cavi coassiali sia in contatto con il supporto delle antenne e la loro sezione (rame) risulti ≥ 2,5 mm^2.

Figura 83 – Esempio di collegamento equipotenziale di antenne e terminale di testa (edificio senza LPS e rischio di fulminazione inferiore oppure uguale al rischio tollerabile) (vedi Tabella 32, Soluzione 1d)

Progetto in inchiesta pubblica

10.2.4 Collegamenti e messa a terra dell'impianto d'antenna

10.2.4.1 Impianto di protezione interno

Se il rischio dovuto al fulmine è maggiore del rischio tollerabile, occorre provvedere alla installazione di un impianto di protezione interno.

L'impianto di protezione interno è complementare all'impianto di protezione esterno ed ha il compito di evitare scariche dannose. Questo impianto è costituito da collegamenti equipotenziali (direttamente oppure per mezzo di scaricatori o dispositivi limitatori di sovratensioni (SPD)) disposti fra:

- l'impianto di protezione esterno,
- le parti metalliche esterne ed interne,
- i circuiti elettrici esterni ed interni

Le sovratensioni indotte nei cavi coassiali della rete via cavo dalle scariche dei fulmini vicini possono generare scintille e rischio di incendio. Mediante l'uso di un LPS interno le scariche pericolose fra parti differenti entro l'edificio possono essere evitare da

- collegamenti equipotenziali connettendo lo schermo dei cavi della rete e il corpo dei cavi di derivazione in ciascun piano alla più vicina barra di collegamento equipotenziale per ottenere anelli di collegamento equipotenziale stretti (con piccola area)
- isolamento elettrico (IEC 62305-3, 6.1);
- distanze di separazione adeguate fra le apparecchiature ed i componenti dell'impianto via cavo e le parti conduttive dell'edificio e le apparecchiature elettriche.

L'impianto di protezione interno è sotto la responsabilità dell'installatore di LPS e deve soddisfare la IEC 62305-3 par. 6.

10.2.4.2 Protezione con conduttori addizionali per la messa a terra

Per ottenere una sufficiente capacità di corrente per la messa a terra, la somma delle sezioni trasversali di tutti gli schermi dei cavi deve risultare in un valore ≥ 2,5 mm^2. Questo può essere ottenuto per mezzo di conduttori addizionali per la messa a terra (4d) come mostrato nella Figura 84. Per evitare anelli fra il cavo coassiale da proteggere ed il conduttore 4d, si raccomanda di porre questi conduttori paralleli e vicini al cavo coassiale.

NOTA I cavi coassiali.hanno una sezione del conduttore esterno (schermo) che non è usualmente tale da ottenere una sufficiente capacità di corrente per la messa a terra, richiedente una sezione (in rame) ≥ 2,5 mm^2. La sezione del cavo dipende dalla resistenza specifica (ohm/km), fornita dal costruttore, come indicato nella Tabella seguente, dalla quale risulta che i cavi coassiali, usualmente usati, hanno una sezione insufficiente ad ottenere il valore minimo di 2,5 mm^2. Sono quindi necessari conduttori addizionali di messa a terra.

Diametro esterno del cavo coassiale mm	Resistenza specifica del conduttore esterno Ohm/km	Sezione equivalente (rame) mm^2
5	28	0,6
6,6	20	0,8
7,6	14	1,2
10,1	11	1,5
12,7	9,5	1,8
15	6,9	2,4

I conduttori addizionali per la messa a terra servono per completare la protezione dal fuoco conseguente a scintille dovute alle sovra-tensioni indotte da fulmini che cadono nelle vicinanze dell'impianto.

La protezione da scariche del conduttore interno di un cavo coassiale può essere ottenuta usando apparecchiature appropriate. Le istruzioni di montaggio da parte del costruttore devono essere tenute in conto come pure le suddette regole di installazione.

Progetto in inchiesta pubblica

10.2.4.3 Conduttori di messa a terra

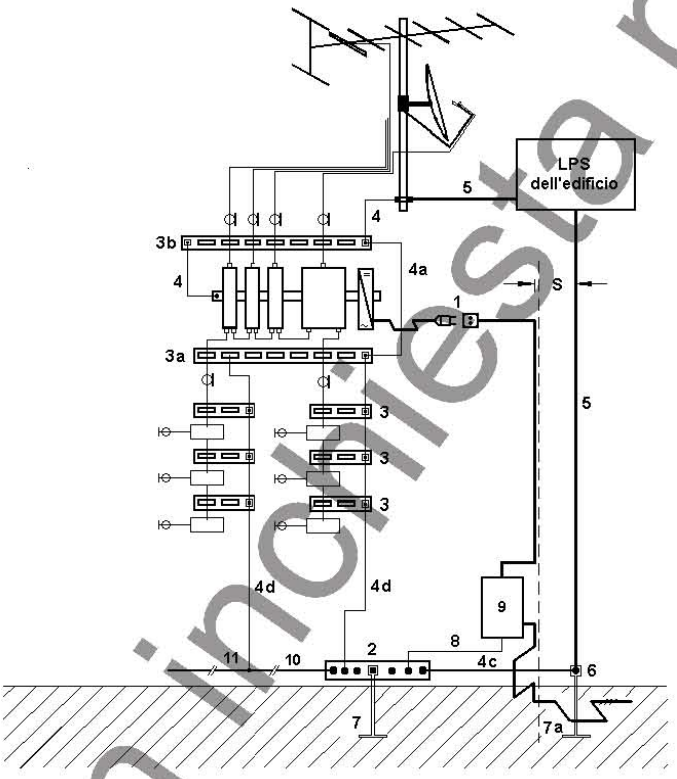
Pinze e cavi elettrici devono portare le correnti dei fulmini in accordo con la EN 50164-1.

Un opportuno conduttore di messa a terra è un filo avente una sezione trasversale con area non inferiore a 16 mm^2 Cu isolato o nudo, 25 mm^2 Al isolato oppure 50 mm^2 Fe. Devono essere usati soltanto materiali che non mostrano un comportamento corrosivo fra di loro.

NOTA 1 Un filo pieno è necessario soltanto se si usano pinze non omologate.

NOTA 2 Conduttori con molti fili (in alternativa) possono essere usati in combinazione con pinze omologate per sopportare una corrente di fulmine sufficiente.

Se il conduttore di messa a terra può essere toccato oppure è installato in un luogo dove possono essere presenti delle persone in gran numero, è richiesta una protezione contro i contatti diretti. A questo scopo è sufficiente installare il conduttore di messa a terra entro un tubo di protezione (PVC, spessore 3 mm).



1	Rete elettrica (230 V)	2	Terminale di messa terra principale
3a, 3b	Barre di collegamento equipotenziale	4, 4a	Conduttori di messa a terra (≥ 2,5 mm^2 Cu)
4c	Conduttore di collegamento a terra (≥ 16 mm^2 Cu)	4d	Conduttori addizionali di messa a terra
5	Conduttore di messa a terra esterno dell'impianto LPS dell'edificio (≥ 50 mm^2 Cu, sezione circolare piena, secondo la IEC 62305-3)	6	Terminale di messa a terra
7	Elettrodo di messa a terra nelle fondamenta	7°	Elettrodo di messa a terra
8	Conduttore di protezione (PE)	9	Quadro di distribuzione della rete elettrica con SPD
10	Conduttore interno di messa a terra oppure conduttore a nastro pieno, per esempio conduttore di collegamento equipotenziale ad anello (vedi IEC 62305-3)	11	per esempio terminale, terminale fisso di messa a terra oppure altro dispositivo di collegamento equipotenziale affidabile
S	Distanza di separazione secondo la IEC 62305-3		

Figura 84 – Esempio di protezione di un impianto d'antenna (non installato in un'area protetta) con conduttori di messa a terra addizionali ($R > R_T$)

Progetto in inchiesta pubblica

Componenti "naturali" possono essere usati, come per esempio (vedi Figura 85):

- installazioni metalliche purchè :
- leggi locali lo permettano,
- la continuità elettrica tra le varie parti sia resa duratura,
- le loro dimensioni siano almeno uguali a quelle specificate per i conduttori normali di messa a terra;

  NOTE 3 Secondo la IEC 60364-5-54 i tubi metallici per l'acqua non soddisfano in generale le prescrizioni per I conduttori di protezione
- l'ossatura metallica della struttura;
- il ferro interconnesso della struttura;
- elementi della facciata, guide profilate e sotto-costruzioni delle facciate metalliche, purchè
  - le loro dimensioni soddisfino alle prescrizioni per I conduttori interrati ed il loro spessore non sia inferiore a 0,5 mm,
  - la loro continuità elettrica in una direzione verticale sia assicurata (giunti devono essere resi sicuri da mezzi quali brasatura, saldatura, crimpaggio, avvitamento o bullonatura).

Sono specificatamente esclusi i seguenti:

- conduttori protettivi di terra e/o neutri della rete di fornitura elettrica
- il conduttore esterno di ogni cavo coassiale.

10.2.4.4 Impianto di messa a terra

L'impianto di messa a terra deve essere ottenuto con uno dei seguenti metodi come mostrato in Figura 85:

- connessione all'impianto di protezione dai fulmini dell'edificio;
- connessione all'impianto di messa a terra dell'edificio;
- connessione a
  - un minimo di due elettrodi orizzontali aventi almeno 2,5 m di lunghezza interrati con un angolo non superiore a 60°, ad almeno 0,5 m di profondità e distanti almeno 1 m dalle fondamenta, oppure
  - un elettrodo di terra verticale o inclinato con lunghezza di almeno 2,5 m oppure due elettrodi di terra verticali con lunghezza di almeno 1,5 m con spaziatura di 3 m a distanti almeno 1 m dalle fondamenta.

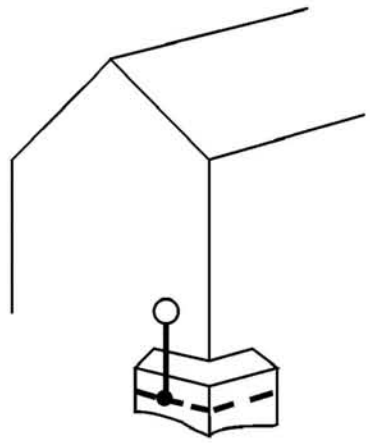
La sezione trasversale minima dell'area di ciascun elettrodo è 50 mm² Cu oppure 90 mm² se di ferro galvanizzato a fuoco oppure inossidabile. Maggiori dettagli possono essere trovati nella IEC 60364-5-54.

Possono anche essere usati componenti "naturali" come ferro interconnesso per il rinforzo del cemento oppure altre opportune strutture metalliche interrate, incorporate nelle fondamenta dell'edificio e con dimensioni che soddisfino i suddetti limiti.

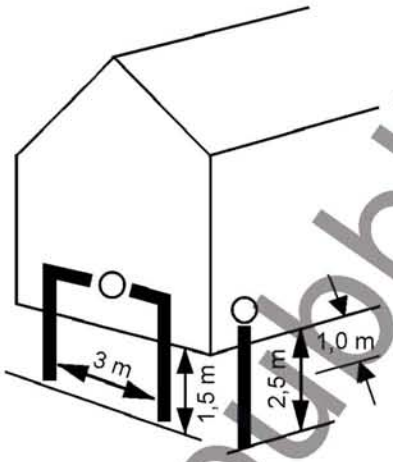
Sono pure raccomandati altri impianti di messa a terra secondo la IEC 62305-3, par. 5.4 e par. E.5.4.

NOTA 3 Un impianto di messa a terra può anche essere ottenuto con un conduttore che formi un anello esterno al perimetro della struttura, interrato per almeno l'80% della sua lunghezza.

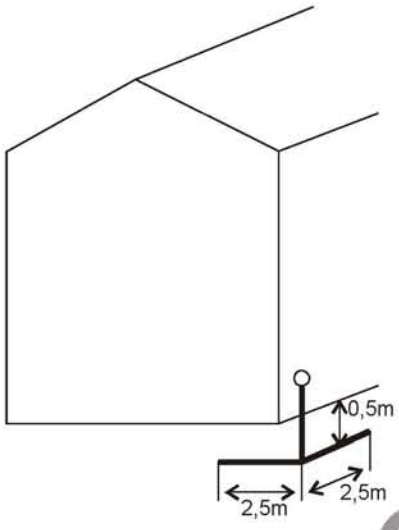
Progetto in inchiesta pubblica



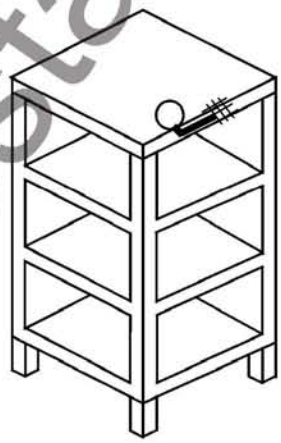
a) Conduttore nelle fondamenta dell'edificio



c) Elettrodi di terra con barra di acciaio [a]



d) Striscie d'acciaio [a]



e) Struttura fatta in acciaio

(a) distanza minima di 1 m dalla parete o dalla fondazione)

O Terminale di messa a terra##Armatura di ferro

Figura 85 – Esempi di metodi di messa a terra (dimensioni minime)

(vedere anche IEC 62305-3)

10.2.5 Calcolo del rischio dovuto al fulmine

Il calcolo del rischio dovuto al fulmine deve essere eseguito, secondo la Norma IEC 62305, anche avvalendosi di appositi mezzi di calcolo (software). Ove l'impianto venga installato in un edificio di cui è noto il valore del rischio del fulmine, perché vicino ad edifici similari di cui è noto il valore del rischio, il calcolo può essere omesso e l'installatore deve dichiarare che l'edificio è situato in zona con rischio inferiore al rischio tollerabile R_T indicato nella IEC 62305.

Il rischio tollerabile R_T può essere posto ad un valore diverso da quello indicato nella IEC 62305, se questo è richiesto da norme locali.

10.3 Protezione contro l'accumulo di cariche elettrostatiche

In generale, stante le comuni dimensioni delle antenne, l'accumulo di cariche elettrostatiche non può creare pericoli per le persone, ma potrebbe tuttavia, in alcuni casi, recare danni agli apparecchi elettronici.

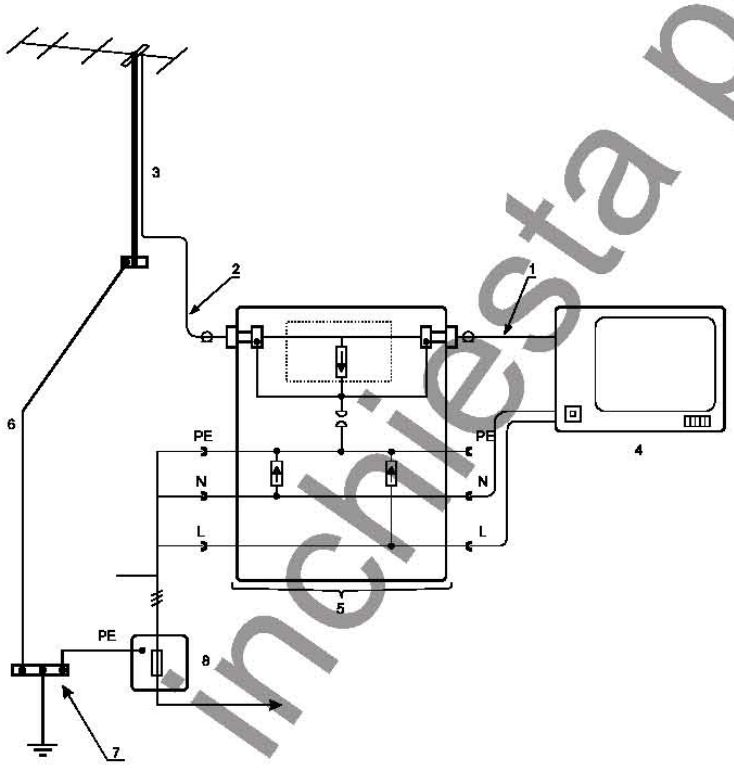
Progetto in inchiesta pubblica

Il collegamento a terra dello schermo del cavo coassiale d'antenna, eseguito ai fini della protezione contro i contatti indiretti, è più che sufficiente per condurre a terra le piccole correnti in gioco, impedendo di fatto l'accumulo delle cariche.

È importante a questi fini che il costruttore dell'antenna assicuri che fra l'antenna e lo schermo del cavo coassiale sia presente un collegamento diretto (anche se viene interposto un trasformatore *balun*: balance to unbalance transformer).

10.4 Protezione da sovratensioni

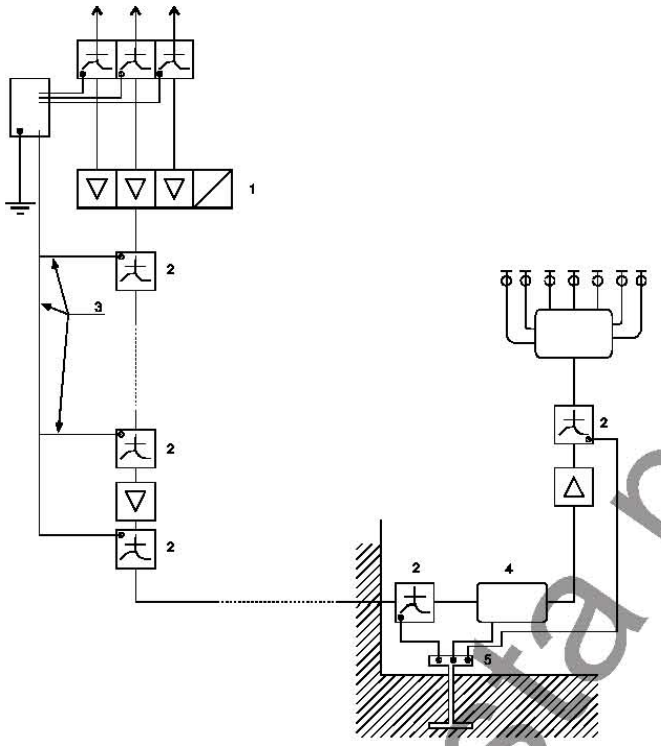
Le correnti indotte da scariche atmosferiche possono generare sovratensioni nel terminale di testa e nella rete dei cavi di distribuzione, fino alle prese d'utente. Nel caso si voglia proteggere le apparecchiature da tali sovratensioni, la protezione può essere ottenuta con collegamenti equipotenziali, mediante limitatori di sovratensione, come riportato nelle Figura 86 e Figura 87.



1 – Parte protetta
2 – Schermo del cavo coassiale connesso al sostegno dell'antenna (evitare infiltrazioni d'acqua)
3 – Cavo coassiale
4 – Terminale dell'utente
5 – Dispositivo per la protezione dalle sovratensioni
6 – Conduttore di terra
7 – Barra per il collegamento equipotenziale
8 – Rete elettrica della casa

Figura 86 – Esempio di protezione mediante limitatori di sovratensione (SPD)

Progetto in inchiesta pubblica



1 – Terminale di testa (centralino)

2 – Dispositivo coassiale per la protezione dalle sovratensioni

3 – Connessioni di terra

4 – Punto di interconnessione con l'impianto interno

5 – Barra di collegamento equipotenziale

Figura 87 – Esempio di protezione mediante limitatori di sovratensione coassiali

Progetto in inchiesta pubblica

11 Raccomandazioni per l'installazione

Nella fase d'installazione di un impianto antenna s'incontrano spesso problemi che, se considerati in fase di progettazione e costruzione dell'edificio, sarebbero facilmente risolti a basso costo o non sussisterebbero. È importante sottolineare che bisogna tenere distinta l'infrastruttura dell'impianto di distribuzione costituita da scatole e tubi, dall'impianto vero e proprio costituito dai cavi e dai componenti elettronici per la ricezione e distribuzione dei segnali.

Una buona rete di distribuzione va installata in scatole di derivazione e tubi che le collegano; tale installazione incide poco sui costi e consente di installare impianti dai più semplici ai più sofisticati, anche con interventi scaglionati nel tempo.

Si ritiene utile segnalare che le predisposizioni di adeguati spazi installativi, costituiscono il presupposto fondamentale per la realizzazione di impianti a regola d'arte. In altri termini prima ancora dell'impianto vero e proprio è importante che venga predisposta un'infrastruttura che consenta non solo la realizzazione di impianti, ma che ne agevoli la manutenzione e soprattutto che permetta di ampliare, rinnovare, integrare soluzioni tecnologiche che potrebbero in futuro veicolare servizi di comunicazione."

Di seguito si elencano alcune raccomandazioni per gli installatori che sono dedotte dalle problematiche più frequenti che gli stessi incontrano nei condomini a sviluppo verticale, ma anche in costruzioni a sviluppo orizzontale.

- Individuare la **posizione ottimale per la ricezione dei segnali** e trovare un compromesso valido per tutti i punti seguenti.
- Predisporre (o far predisporre dal costruttore dell'edificio) il **punto di ancoraggio per il palo**, eventualmente fissando il primo pezzo in fase di realizzazione del tetto, in modo che comunque sia possibile sostituire il palo in futuro senza intervenire sulle opere murarie. Utilizzare pali di dimensioni adeguate a sostenere anche la parabola (nei casi più diffusi di condomini da 5-10 a 25-50 appartamenti, è consigliabile come primo pezzo, il palo da 60 mm di diametro e 3 mm di spessore). È opportuno considerare anche la posizione in funzione dell'accesso per manutenzione, evitando (per quanto possibile) di creare delle "servitù" agli appartamenti o mansarde dell'ultimo piano.
- Posizionare il **terminale di testa** (o centralino) in un luogo **facilmente accessibile per la manutenzione** senza dover "passare" per le proprietà (ad esempio, un posto ideale è il pianerottolo all'ultimo piano).
- Predisporre (o far predisporre dal costruttore dell'edificio) una nicchia o un **vano di dimensioni adatte** a contenere sia il terminale di testa (centralino) per i segnali terrestri sia quello per i segnali provenienti da satellite. La dimensione della nicchia o del vano deve tener conto di eventuali ampliamenti futuri. Evitare di creare delle "servitù" per la manutenzione, perché in caso di guasti occorre poter accedere al terminale di testa (centralino), anche in assenza del proprietario o dell'inquilino.
- Collegare il punto dove è fissato il palo di sostegno delle antenne con il terminale di testa (centralino) mediante **tubi di diametro sufficiente** a far passare comodamente i cavi, considerando che l'installazione della ricezione satellitare prevede quattro cavi dal convertitore al terminale di testa (centralino) per ogni posizione orbitale (ad esempio, otto per due posizioni orbitali); inoltre ci sono i cavi di discesa dalle antenne terrestri. Pertanto si consiglia l'installazione di almeno tre tubi da 40 mm di diametro esterno. Occorre anche tener conto che la lunghezza del tratto di cavo tra le antenne ed il terminale di testa (centralino) non può essere eccessiva (in funzione del livello di segnale disponibile).
- Predisporre (o far predisporre dall'installatore dell'impianto elettrico) una **linea dedicata per l'alimentazione del terminale di testa** (o centralino) con un interruttore posto nel pannello interruttori delle parti comuni.

Progetto in inchiesta pubblica

- Predisporre (o far predisporre dall'installatore dell'impianto elettrico) la **connessione a massa del terminale di testa** (centralino) **e delle antenne** mediante un cavo di sezione adeguata (colore giallo/verde) collegato alla barretta di equipotenzialità della calza dei cavi coassiali di distribuzione. Prevedere un cavo analogo anche nell'ultima scatola di derivazione al pianoterra. Se i percorsi dei cavi coassiali sono molto lunghi considerare che può essere necessario il collegamento equipotenziale in più punti per garantire che la resistenza, misurata in corrente continua, da ciascuna presa d'utente verso il collettore di terra, non sia superiore a 5 Ω (CEI 100-126, [1]). Nel caso in cui vengano usate prese totalmente isolate tale collegamento non serve.
- Prevedere **scatole di distribuzione ai piani**, di dimensioni adeguate. Sono consigliate scatole **con spazio utile di almeno 30 cm x 18 cm** per contenere i commutatori multiswitch per la distribuzione dei segnali ricevuti da satellite. Attualmente il sistema di distribuzione dei segnali ricevuti da satellite con tecnica multicavo ed i multiplatori (o multiswitch) ai piani è il metodo più completo, perché permette a ciascun utente di ricevere tali segnali come se fosse collegato ad un impianto singolo.
- Prevedere una **distribuzione negli appartamenti**, che tenga conto delle necessità dei proprietari. Si consiglia di effettuare una distribuzione con una scatola di derivazione posta nell'ingresso dell'appartamento o in zona centrale (es. corridoio notte) e con tubi che arrivano in diversi angoli dei locali, collegando soltanto le prese utilizzate. Usare tubi con diametro esterno minimo di 25 mm (2 tubi per un impianto evoluto). La distribuzione a stella nell'unità abitativa, consente di installare, anche in un secondo tempo, un sistema di ridistribuzione dei segnali provenienti da satellite, DVD e VCR, in tutte le prese TV dell'appartamento. Un tubo che collega la scatola di derivazione TV nell'appartamento con il videocitofono permetterà l'inserimento delle immagini provenienti dalla videocamera del videocitofono per la visione sui televisori dell'appartamento.
- **Evitare la distribuzione in cascata** che passa di appartamento in appartamento (vedere Figura 24). Infatti in caso di guasto ad una presa posta in un appartamento, tutto il resto della rete posta a valle avrà dei seri problemi a funzionare correttamente. Inoltre essendo le prese poste in zone di proprietà di privati possono essere difficili da raggiungere per la manutenzione e soggette alla manomissione dei proprietari degli appartamenti. Preferire la distribuzione in parallelo (vedere Figura 25) con i cavi di distribuzione nelle scale (per alloggiarli si consiglia l'installazione di tre tubi da 40 mm di diametro esterno per otto appartamenti; ogni quattro appartamenti in più aggiungere un tubo da 40 mm) che scende dal terminale di testa (centralino) al piano terra con scatole di derivazione ai piani e con tubi di sezione adeguata che entrano nell'appartamento (consigliato un tubo da almeno 32 mm di diametro esterno per ogni appartamento). È consigliabile proseguire con i tubi del montante dall'ultima scatola di derivazione al piano terra fino a raggiungere l'esterno o la zona sotterranea per consentire "l'ingresso" dal "basso" di segnali via cavo e/o fibre ottiche. Se al piano terra del palazzo sono previsti negozi, predisporre tubi "diretti" che salgono fino al terminale di testa (centralino) e/o fino al punto dove è posizionato il sistema di antenne.
- Per consentire **l'interattività degli apparati d'utente** (vedere par. 4.2.5) occorre prevedere l'installazione di una presa telefonica accanto a ciascuna presa televisiva (ricezione terrestre e/o da satellite). Si veda anche la Guida CEI 306-2 [23].

Progetto in inchiesta pubblica

12 Direttive applicabili

I materiali e le apparecchiature impiegati per l'installazione devono essere a norma, cioè con marcatura CE, che indica l'osservanza alle Direttive Europee pertinenti riportate al cap. 2.2

Le Direttive citate sono recepite nelle disposizioni legislative pure riportate al cap. 2.2.

Si deve inoltre tener conto del D.M. 37/08 (ex 46/90) che definisce gli impianti posti al servizio degli edifici, indipendentemente dalla destinazione d'uso, collocati all'interno degli stessi o delle relative pertinenze. Definisce inoltre i requisiti che deve avere il responsabile tecnico della ditta che esegue i lavori. Gli impianti oggetto di questa Guida rientrano nella definizione di cui all'art. 1, comma 2, lettera b): impianti radiotelevisivi, le antenne e gli impianti elettronici in genere.

Ove si presentasse la necessità, l'installatore può richiedere al costruttore la rispondenza alla regola d'arte dei materiali e delle apparecchiature prodotti, consistente in una attestazione che indichi i riferimenti alle Norme tecniche utilizzate, nonché altri dati che il costruttore ritiene opportuno segnalare.

13 Conclusioni

L'esame delle Norme tecniche inerenti gli impianti centralizzati d'antenna ha evidenziato la necessità che gli installatori abbiano, nelle fasi di progettazione e costruzione (o revisione) dell'impianto, una precisa cognizione dei risultati da ottenere, così da poter soddisfare i necessari requisiti di sicurezza e funzionalità dell'impianto.

Le Norme tecniche prese in considerazione sono quelle europee (della serie IEC/EN 60728) elaborate sia dal Comitato Tecnico TC 100/TA5 della IEC sia dal Comitato Tecnico TC 209 del CENELEC e tradotte in italiano, come riportato al cap. 2.

È opportuno qui ricordare che il D.M. 22/01/2008 n.37 definisce gli impianti, in edifici adibiti ad uso civile, per l'installazione dei quali la ditta che esegue i lavori deve avere la relativa abilitazione.

Pertanto l'installazione di un impianto d'antenna a regola d'arte non soltanto permette di ottenere una ricezione ottimale dei segnali televisivi disponibili nel luogo di ricezione, ma anche garantisce:

- il diritto all'informazione (garantito dalla legge del 6 maggio 1940 n° 554) perché non sarà l'impossibilità di installare un'antenna ad impedire di ricevere ciò che si vuole;
- il diritto alla libera circolazione delle merci (Art. 28 e 49 CE ribadito nella comunicazione della Commissione varata nel gennaio 2001, si veda IP/01/31) perché potrà essere installato ogni tipo di apparecchiature riceventi dei segnali televisivi di qualsiasi marca e provenienza (purché abbiano i requisiti richiesti dalla legge e fissati dalle Norme tecniche);
- il diritto al lavoro degli artigiani installatori perché potranno soddisfare le richieste dei clienti senza limitazioni e potranno "sbizzarrirsi" nel proporre opportune soluzioni installative, utilizzando le tecniche di distribuzione e d'impianto raccomandate dalle Norme.

Progetto in inchiesta pubblica

Appendice A

Notizie fondamenti sulle fibre ottiche

A.1 La fibra ottica

La fibra ottica è costituita da due strati concentrici di materiale trasparente estremamente puro: un nucleo cilindrico centrale, o *core*, ed un mantello o *cladding* attorno ad esso.

All'esterno della fibra vi è una guaina protettiva polimerica detta *jacket* che serve a dare resistenza alle sollecitazioni fisiche ed evitare il contatto fra la fibra e l'ambiente esterno.

Il *core* e il *cladding* della fibra ottica possono essere realizzati in silicio oppure in polimeri plastici.

Silicio

Le fibre vengono realizzate a partire da silicio molto puro, ottenuto dalla reazione chimica fra il tetracloruro di silicio e l'ossigeno. Nel silicio destinato alla produzione del *core* viene aggiunto del germanio (sotto forma di tetracloruro di germanio) in modo da aumentarne l'indice di rifrazione senza variarne l'attenuazione. Nel silicio destinato al *cladding*, invece, viene aggiunto del boro allo scopo di ridurne l'indice di rifrazione. Il principale svantaggio delle fibre ottiche realizzate in silicio è la loro fragilità. A causa del diametro estremamente ridotto (circa 0,1 mm) esse sono difficili da raccordare.

Polimeri plastici

Le fibre ottiche realizzate con polimeri plastici sono molto più facili da maneggiare rispetto alle fragili fibre realizzate in silicio (vetro). La dimensione del *core* è molto più grande (1 mm) rispetto alle fibre in silicio, quindi si ha un'apertura numerica più elevata e la possibilità di realizzare fibre multimodali. Tuttavia questo tipo di fibre ottiche ha un'attenuazione abbastanza elevata e una scarsa resistenza termica. Le fibre ottiche plastiche hanno un costo al metro lineare simile a quello delle fibre in vetro, ma garantiscono un'ampia capacità di trasmissione dei dati, come i conduttori organici in genere, con una banda fino a un gigabyte/secondo per 100 metri.

A.2 Principio di funzionamento

La fibra ottica funziona come una specie di specchio tubolare. La luce che entra nel *core* con un certo angolo (angolo limite) si propaga mediante una serie di riflessioni sulla superficie di separazione fra i due materiali del *core* e del *cladding*.

Il fenomeno di riflessione totale interna dipende dalla discontinuità dell'indice di rifrazione tra i materiali del nucleo e del mantello che intrappola la radiazione luminosa finché questa mantiene un angolo abbastanza radente, in pratica finché la fibra non compie curve troppo brusche.

A.3 Tipologie

I diversi tipi di fibre si distinguono per il diametro del *core*, l'indice di rifrazione, le caratteristiche del materiale, il profilo di transizione dell'indice di rifrazione e per il drogaggio (aggiunta di piccole quantità di altri materiali per modificare le caratteristiche ottiche).

A.4 Caratteristiche trasmissive

All'interno di una fibra ottica il segnale (luce) può propagarsi in modo rettilineo oppure essere riflesso un numero molto elevato di volte. Il modo di propagazione rettilineo si dice di ordine zero. Le fibre monomodali consentono la propagazione di luce secondo un solo modo hanno un diametro del *core* compreso tra 8 µm e 10 µm, quelle multimodali consentono la propagazione di più modi, e hanno un diametro del *core* di 50 µm o 62.5 µm. Il *cladding* ha tipicamente un diametro di 125 µm.

Progetto in inchiesta pubblica

I due strati sono realizzati con materiali con indice di rifrazione leggermente diverso, il *cladding* deve avere un indice di rifrazione (tipicamente 1,475) minore rispetto a quello del *core* (circa 1,5). Come ulteriore caratteristica il mantello (*buffer*) deve avere uno spessore maggiore della lunghezza di smorzamento dell'onda evanescente, prodotta dalla luce non riflessa nel *core*, in modo da catturarla.

Le fibre multimodali permettono l'uso di dispositivi più economici, ma subiscono il fenomeno della dispersione intermodale, per cui i diversi modi si propagano a velocità leggermente diverse, limitando la distanza massima a cui il segnale può essere ricevuto correttamente (cioè con la dovuta coerenza).

Le fibre monomodali, invece, hanno un prezzo molto più elevato rispetto alle multimodali, ma riescono a coprire distanze maggiori ed a raggiungere velocità di trasmissione nettamente superiori.

Le fibre multimodali possono essere divise ulteriormente in fibre *step index* e *graded index*.

- Nelle fibre **step index** l'indice di rifrazione è costante lungo tutta la sezione del core e cambia improvvisamente allorquando si incontra il cladding.
- Nelle fibre **graded index** l'indice di rifrazione cambia gradualmente dal core al cladding, permettendo l'uso di luce multi cromatica, cioè la tecnica WDM (Wavelength Division Multiplex).

Dispersione

Poiché le fibre ottiche utilizzano onde elettromagnetiche (le onde luminose) ad elevatissima frequenza consentono velocità di trasmissione molto elevate. In pratica, però, intervengono dei fattori fisici che limitano la banda di trasmissione possibile in una fibra ottica.

Distorsioni nella fibra ottica

- Dispersione modale: fenomeno dovuto al fatto che il raggio luminoso non viaggia all'interno della fibra secondo un cammino prefissato, ma secondo un numero finito di modi (derivanti dalla legge di Snell). Vi sono modi attraverso i quali il raggio arriva più velocemente a destinazione, altri che, invece, lo fanno arrivare più tardi. Ad esempio, un raggio percorre la fibra ottica completamente dritto; un altro raggio entra nella fibra con angolo uguale all'angolo limite di accettazione, eseguendo un numero molto alto di riflessioni. Ovviamente, un percorso del tutto dritto è più veloce di un percorso a zig-zag. A causa di questo, la forma del segnale originario viene dilatata nel tempo; se la frequenza degli impulsi trasmessi (bit) è molto alta si può arrivare al caso in cui il primo impulso possa confondersi con l'impulso seguente (interferenza intersimbolica), impedendo dunque di distinguere correttamente il segnale originario. Per ovviare a questo inconveniente, si possono utilizzare fibre multimodali graded index (nelle quali l'indice di rifrazione varia con continuità del centro del core fino al cladding) o fibre monomodali.
- Dispersione cromatica: fenomeno dovuto al fatto che la luce pura (coerente) che viene trasmessa si compone in realtà di fasci di luce di colore diverso, con lunghezza d'onda e velocità di attraversamento diverse. Si ricade nel caso visto prima, cioè può capitare che il fascio luminoso di colore rosso (il più veloce) si confonda con il fascio luminoso di colore violetto (il più lento) dell'impulso inviato precedentemente, rendendo impossibile la decodifica del segnale originario. Per risolvere questo problema si utilizzano LED (ligth emitting diode) monocromatici per trasmettere la luce.

Progetto in inchiesta pubblica

A.5 Finestre di trasmissione

Nelle comunicazioni ottiche, lo spettro trasmissivo è descritto usualmente in termini di lunghezza d'onda invece che di frequenza. Combinando i diversi fenomeni di attenuazione, rifrazione, dispersione, vi sono tre "finestre" trasmissive (vedi Figura 88) particolarmente adatte all'uso nelle telecomunicazioni, con prestazioni e costi crescenti.

- "prima finestra": 850 nm (nel campo del visibile), usata soprattutto con economici laser a diodo con luce multimodale. Permette di realizzare collegamenti di 275 m su fibre 62.5/125 e di 550 m su fibre 50/125.
- "seconda finestra": 1310 nm, usata con laser multimodali o monomodali. Permette di realizzare collegamenti di 5 – 10 km su fibre monomodali.
- "terza finestra": 1550 nm, usata con laser monomodali. Questa finestra permette di realizzare le distanze maggiori, compresi collegamenti di 100 km con apparati relativamente economici. Sfruttando questa lunghezza d'onda, una buona fibra monomodale raggiunge una attenuazione dell'ordine di 0,2-0,25 dB/km.

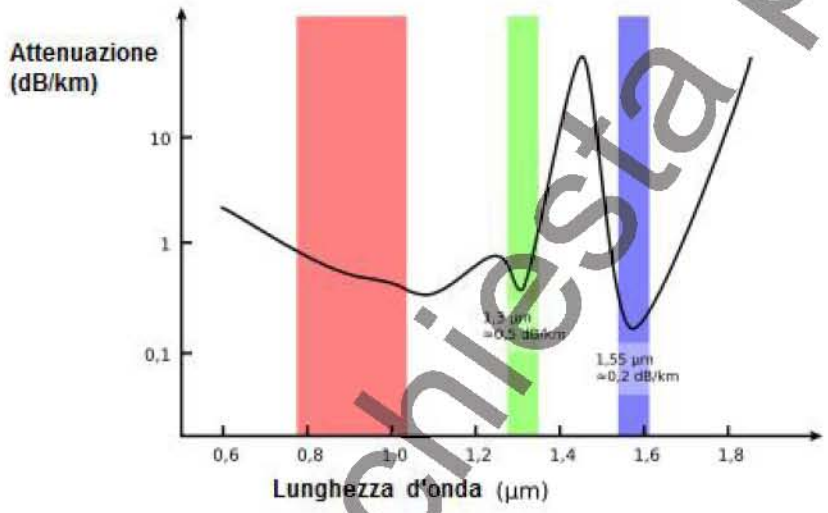


Figura 88 – Finestre di trasmissione in una fibra ottica al silicio.

Le lunghezze d'onda intorno a 1250 nm e 1450 nm presentano picchi di assorbimento a causa dell'interazione tra la luce ed i gruppi OH delle molecole della fibra. Tuttavia, esistono materiali che permettono di eliminare il secondo picco, unendo di fatto le ultime due finestre.

A.6 WDM, DWDM e CWDM

Un sistema WDM (Wavelength Division Multiplexing) usa un multiplexer in trasmissione per inviare più segnali insieme, e un *demultiplexer* in ricezione per separarli. Usando il giusto tipo di fibra ottica è possibile avere un dispositivo che compie entrambe le azioni simultaneamente e può funzionare come un *add-drop multiplexer* ottico. I dispositivi di filtraggio ottico usati nei modulatori-demodulatori sono di solito degli interferometri di Fabry-Perot a stato solido e singola frequenza, nella forma di vetro ottico ricoperto da film sottile.

I primi sistemi WDM combinavano solo due segnali. I sistemi attuali possono gestire fino a 160 segnali e possono quindi moltiplicare la banda di una fibra a 10 Gbit/s fino a un limite teorico di oltre 1,6 Tbit/s su una singola coppia di fibre.

I sistemi WDM sono apprezzati dalle società telefoniche perché consentono di aumentare la banda disponibile in una rete senza dover stendere altra fibra ottica. Usando il WDM e gli amplificatori ottici, è possibile aggiornare progressivamente la tecnologia degli apparati di rete senza essere costretti a rifare totalmente la rete *backbone*. La capacità di banda di un certo collegamento può essere aumentata semplicemente aggiornando i multiplatori e demultiplatori a ciascun capo del collegamento.

Progetto in inchiesta pubblica

Questo è spesso realizzato compiendo una serie di conversioni ottico-elettrico-ottico alle estremità della rete di trasporto, permettendo così l'interoperabilità con gli esistenti apparati con interfacce ottiche.

La maggior parte di sistemi WDM operano con fibre monomodali, con un diametro del nucleo di 9 µm. Alcuni tipi di WDM possono essere usati anche con fibre multi-modali che hanno diametro del nucleo di 50 o 62,5 µm.

I primi sistemi WDM erano costosi e complicati da far funzionare. Tuttavia la recente standardizzazione e una migliore comprensione della dinamica dei sistemi WDM hanno abbassato molto i costi.

I ricevitori ottici, contrariamente alle sorgenti laser, tendono a essere dispositivi a larga banda. Per questa ragione è il demultiplexer che deve fornire la selettività di lunghezza d'onda in ricezione nei sistemi WDM.

I sistemi WDM si possono suddividere, in base alla separazione tra le diverse lunghezze d'onda usate, in WDM *conventional* ("convenzionali"), *dense* ("densi") e *coarse* ("a grana grossa"). I sistemi WDM convenzionali forniscono fino a 16 canali nella terza finestra di trasmissione (la banda C) delle fibre in silicio, intorno alla lunghezza d'onda di 1550 nm, con una separazione tra i canali di 100 GHz. Il Dense WDM (DWDM) usa la stessa finestra di trasmissione, ma con minore separazione tra i canali, arrivando a 31 canali a intervalli di 50 GHz; sistemi a 62 canali e intervalli di 25 GHz sono a volte chiamati ultra densi. Nuove possibilità di amplificazione (amplificazione Raman) consentono l'utilizzo anche delle lunghezze d'onda nella banda L, tra i 1570 nm e i 1610 nm, raddoppiando circa il numero di canali.

Nel *coarse* WDM (CWDM) la separazione tra le lunghezze d'onda usate è maggiore che nel convenzionale e nel DWDM, in modo da poter utilizzare componenti ottici meno sofisticati e quindi meno costosi. Per continuare a fornire 16 canali su una sola fibra, il CWDM usa interamente la banda di frequenze compresa tra la seconda e la terza finestra di trasmissione (1310/1550 nm rispettivamente) in cui, oltre alle due finestre (la finestra a minima dispersione e quella a minima attenuazione) è compresa anche l'area critica dove può aversi lo *scattering* OH; per questo si raccomanda di usare fibre ottiche senza OH nel caso si vogliano impiegare anche le frequenze di quest'area critica. Togliendo invece questa, rimangono i canali 31,49,51,53,55,57,59,61, che sono quelli più usati.

Un'altra differenza tra WDM, DWDM e CWDM è legata all'amplificazione del segnale ottico. L'EDFA (*Erbium Doped Fiber Amplifier*: Amplificatore ottico all'Erbio) consente una buona amplificazione ad ampio spettro per le frequenze della banda C, mentre l'amplificazione Raman viene usata per la banda L. Per il CWDM non è invece disponibile un'amplificazione ottica a larga banda, limitando così la lunghezza dei tratti di fibra senza rigenerazione ad alcune decine di chilometri.

A.7 Vantaggi

I principali vantaggi delle fibre rispetto ai cavi in rame nelle telecomunicazioni sono:

- bassa attenuazione, che rende possibile la trasmissione su lunga distanza senza ripetitori;
- grande capacità di trasporto di informazione o velocità di trasmissione (dell'ordine dei terabit/s) grazie all'ampia capacità di banda e alla bassa attenuazione del segnale utile (Teorema di Shannon-Hartley);
- immunità da interferenze elettromagnetiche, inclusi gli impulsi elettromagnetici nucleari (ma possono essere danneggiate da radiazioni alfa e beta);
- assenza di diafonia che nei collegamenti in rame (comunicazioni elettriche) è una causa ulteriore di decadimento della qualità del segnale in termini di rapporto segnale/rumore nell'ultimo miglio (problema dell'ultimo miglio) ovvero quindi della velocità di trasmissione: la luce infatti rimane confinata in fibra ovvero non si disperde all'esterno creando interferenza;
- bassi valori di BER;

Progetto in inchiesta pubblica

- alta resistenza elettrica; quindi è possibile usare fibre vicino ad equipaggiamenti ad alto potenziale, o tra siti a potenziale diverso;
- peso e ingombro modesto;
- bassa potenza contenuta nei segnali;
- ottima resistenza a condizioni climatiche avverse.

Un cavo di fibra ottica, in quanto contiene più fibre ottiche, è solitamente molto più piccolo e leggero di un filo o cavo coassiale con simili capacità di canale. È più facile da maneggiare e da installare. Il cavo in fibra ottica è ideale per le comunicazioni sicure in quanto è molto difficile da intercettare e altrettanto facile da monitorare. Un campo promettente di applicazione è quello della televisione.

A.8 Giunti e connettori ottici

Due tratti di fibra ottica dello stesso tipo possono essere giuntati mediante fusione, ottenendo un ottimo accoppiamento del *core*. Questa operazione è effettuata in modo semiautomatico mediante apparecchiature che allineano automaticamente i *cladding* o addirittura i *core* e controllano la fusione. Una giunzione ben eseguita comporta una attenuazione inferiore a 0,05 dB.

Nell'uso pratico, le fibre ottiche sono collegate agli apparati di telecomunicazione (trasmettitore e ricevitore) mediante connettori che allineano meccanicamente il *core* della fibra con il laser e con il ricevitore. Un connettore comporta una attenuazione di circa 0,5 dB ed è molto sensibile alla polvere, per cui connettori e cavi inutilizzati vengono normalmente coperti per evitare infiltrazioni. Esistono diversi tipi di connettori, ad esempio SC, LC (in plastica, quadrati), ST (in metallo, tondi, con innesto a baionetta), FC (In metallo, tondi con innesto a vite), MTRJ (di forma simile all'SC, ma leggermente più larghi e schiacciati). Esempi di connettori per fibra ottica sono riportati nella Figura 89.



a) Connettori di tipo ST (a sinistra) e SC (a destra)

b) Connettori di tipo MTRJ (a sinistra) e LC (a destra)

Figura 89 – Esempi di connettori per fibre ottiche

I cavi in fibra vengono normalmente installati all'interno di impianti di cablaggio strutturato, attestandoli su pannelli di permutazione. Un collegamento comporta quindi l'uso di almeno due cavi di permuta (da ciascun apparato connesso al pannello di permutazione) e quindi di 4 connettori.

Progetto in inchiesta pubblica

BIBLIOGRAFIA

(1) V. Carrescia, D. Di Giovanni, G.B. Lo Piparo "Elettroquesiti 3". Ed. La scientifica – Torino 1991.

(2) Heinz Haase "Electrostatic Hazards". Verlag Chemie Weinheim-New York 1977.

[3] F. Mussino - Reti resistive per la distribuzione dei segnali televisivi - Elettronica e Telecomunicazioni, N. 2, 1974, p.59-67.

(4) P. D'Amato, F. Mussino - I fenomeni non lineari nelle trasmissioni televisive via cavo. XXII Convegno Internazionale delle Comunicazioni, Genova, 9-11 novembre 1975, p. 223-239.

(5) F. Mussino - Gli impianti centralizzati d'antenna - Elettronica e Telecomunicazioni, N. 3, 1978, p. 123-129.

(6) F. Mussino - Problemi di ricezione televisiva - Elettronica e Telecomunicazioni, N. 4, 1981, p. 165-170.

(7) A. Corvino - Impianti parafulmini - Quaderni di Elettrificazione N. 48 - ed. Delfino - Milano 1992.

(8) F. Mussino, R. Tommasini - Sicurezza e funzionalità degli impianti d'antenna - AEI volume 80, numero 7-8, luglio-agosto 1993.

(9) V. Carrescia, G.B. Lo Piparo, R. Tommasini - La nuova norma CEI 81-1, Tutto Normel, Dicembre 1995, p. 3-10.

(10) M. Cominetti, A. Morello: "Il sistema europeo (DVB) per la diffusione televisiva da satellite", Elettronica e Telecomunicazioni, N. 3 - 1994, pag. 99.

(11) V. Sardella: "Reception of satellite digital TV signals via community installations (SMATV)", Fourth European Conference on Satellite Communications, Roma, novembre 1997.

(12) M. Cominetti, F. de Luca, M. Pietrangeli, V. Sardella: " Impianti d'antenna nella ricezione da satellite", pubblicazione RAI, luglio '98.

(13) V. Mignone, A.Morello, M.Visintin, "Lo standard DVB-T per la televisione digitale terrestre", Elettronica e Telecomunicazioni, N.1 - aprile 2002, http://www.crit.rai.it/eletel/indice.htm

(14) P.B.Forni, S.Ripamonti, V.Sardella, "Sperimentazione pre-operativa DVB-T in area di servizio", Elettronica e Telecomunicazioni, N.1 - aprile 2002, http://www.crit.rai.it/eletel/indice.htm

(15) D.Milanesio, G.P.Placidi, V. Sardella, "Ricezione DVB-T negli impianti centralizzati d'antenna" Elettronica e Telecomunicazioni, N. 3 - dicembre 2002, http://www.crit.rai.it/eletel/indice.htm

(16) R. Greco, "Verso la Televisione digitale", Giornale dell'Installatore Elettrico N. 15 - ottobre 2003

———————

Progetto in inchiesta pubblica

La presente Norma è stata compilata dal Comitato Elettrotecnico Italiano e beneficia del riconoscimento di cui alla legge 1° Marzo 1968, n. 186.
Editore CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano – Stampa in proprio
Autorizzazione del Tribunale di Milano N. 4093 del 24 Luglio 1956
Responsabile: Ing. R. Bacci

Comitato Tecnico Elaboratore
CT 100 – Sistemi e apparecchiature audio, video e multimediali

Altre norme di possibile interesse sull'argomento

PROGETTO
Progetto in inchiesta pubblica

€ _

Progetto
C. 1108:2012-09 – Scad. 05-11-2012
Totale Pagine 163

Sede del Punto di Vendita e Consultazione
20134 Milano Via Saccardo,9
Tel. 02/21006.1 Fax 02/21006.222
http://www.ceiweb.it e-mail cei@ceiweb.it