

IL CABLAGGIO STRUTTURATO DEGLI EDIFICI

24 giugno 2002

PIER LUCA MONTESSORO



*Dip. di Ingegneria Elettrica
Gestionale e Meccanica
Università degli Studi di Udine*

Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slide) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà dell'autore prof. Pier Luca Montessoro, Università degli Studi di Udine.

Le slide possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.

Ogni altro utilizzo o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampe) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.

L'informazione contenuta in queste slide è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. L'autore non assume alcuna responsabilità per il contenuto di queste slide (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).

In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slide.

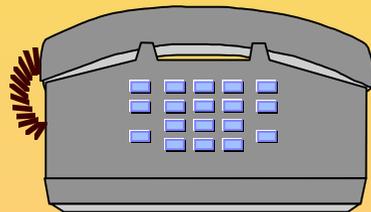
In ogni caso questa nota di copyright e il suo richiamo in calce ad ogni slide non devono mai essere rimossi e devono essere riportati anche in utilizzi parziali.

Indice degli argomenti

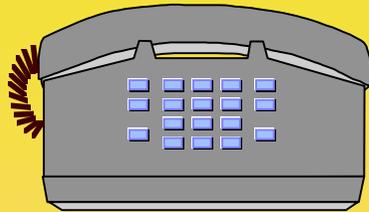
- L'esigenza del cablaggio strutturato
- Organizzazione ed utilizzo del cablaggio
- Mezzi trasmissivi
- Standard
- Realizzazione e collaudo

L'esigenza del cablaggio strutturato - I

- Integrazione dei due principali sistemi di distribuzione di segnali in un edificio commerciale: telefonia e rete dati



Come integrare?



fonia



dati



stesso tipo di supporto fisico

L'esigenza del cablaggio strutturato - II

- Eliminazione dei costi di modifica dell'impianto conseguenti alla dinamica dell'utilizzo dell'edificio
- Estensione a tutti gli altri sistemi che trasmettono/ricevono segnali
 - controllo accessi, telesorveglianza
 - interfoni, apriporta
 - impianti di antenna e TV a circuito chiuso
 - ...

L'esigenza del cablaggio strutturato - III



- Crescita delle reti locali:
 - rapida
 - disordinata (continue estensioni e modifiche)
 - collasso per inaffidabilità
 - rapida obsolescenza dei prodotti
 - nuovi standard

Cos'è il cablaggio

- Il cablaggio è un'infrastruttura per la trasmissione di segnali in un edificio o in più edifici in un campus
- Si compone di un insieme di componenti passivi:
 - cavi
 - connettori (jack, plug)
 - prese (telecommunication outlet)
 - permutatori (cross-connect, distributor)
 - ...

Presse telematiche

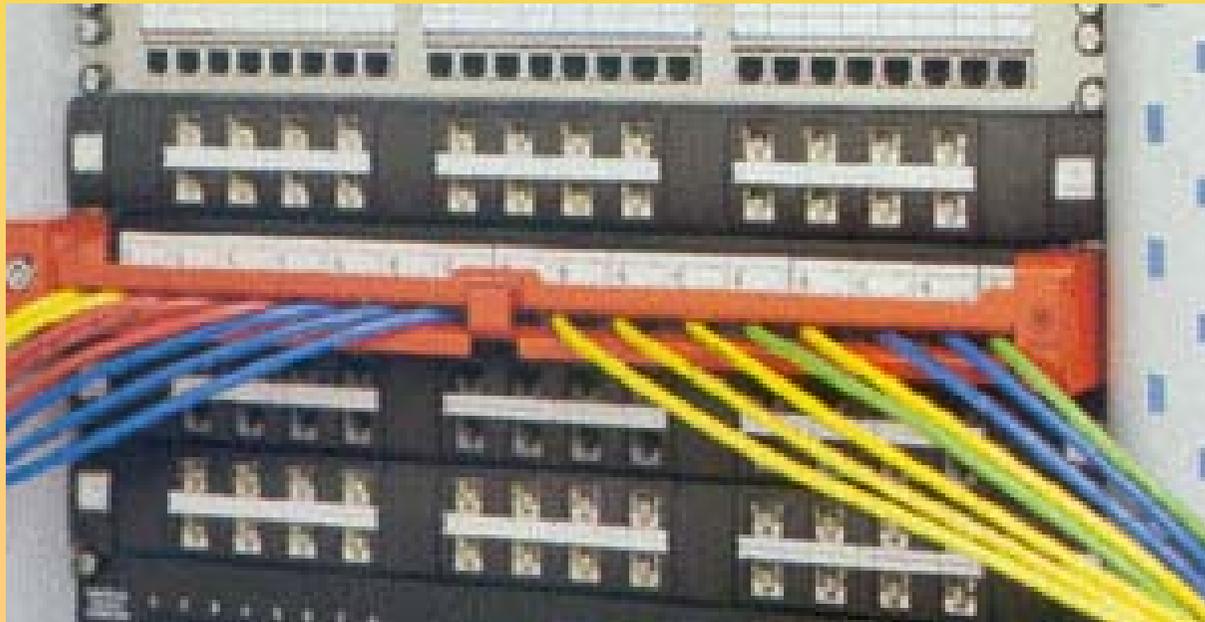
- Ogni spazio che possa ospitare un posto di lavoro è raggiunto da prese “telematiche”



- Ogni presa può essere attivata per erogare un qualsiasi servizio (es. telefono o rete dati o videocitofono ecc.)

Permutatore

- Elemento fondamentale: permutatore
 - consente di collegare una presa telematica di un posto di lavoro a un dato servizio senza opere murarie o elettriche aggiuntive



Indice degli argomenti

- L'esigenza del cablaggio strutturato
- Organizzazione ed utilizzo del cablaggio
- Mezzi trasmissivi
- Standard
- Realizzazione e collaudo

Struttura di un cablaggio tipico

Più edifici su un
comprensorio privato
(campus)



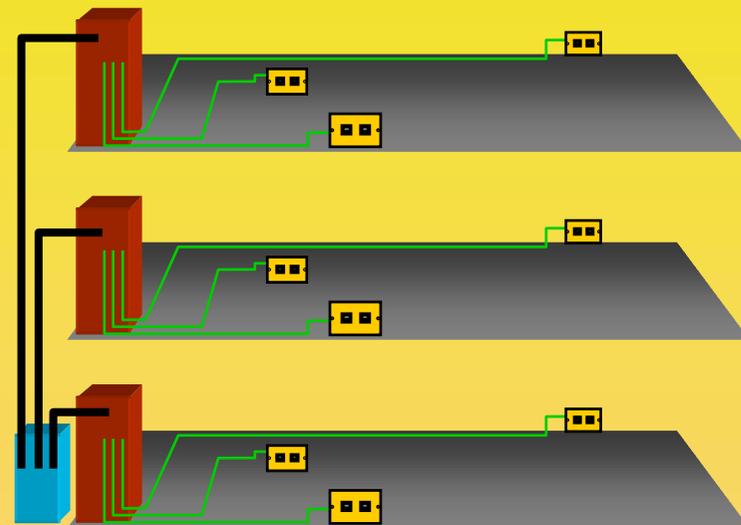
Struttura di un cablaggio tipico



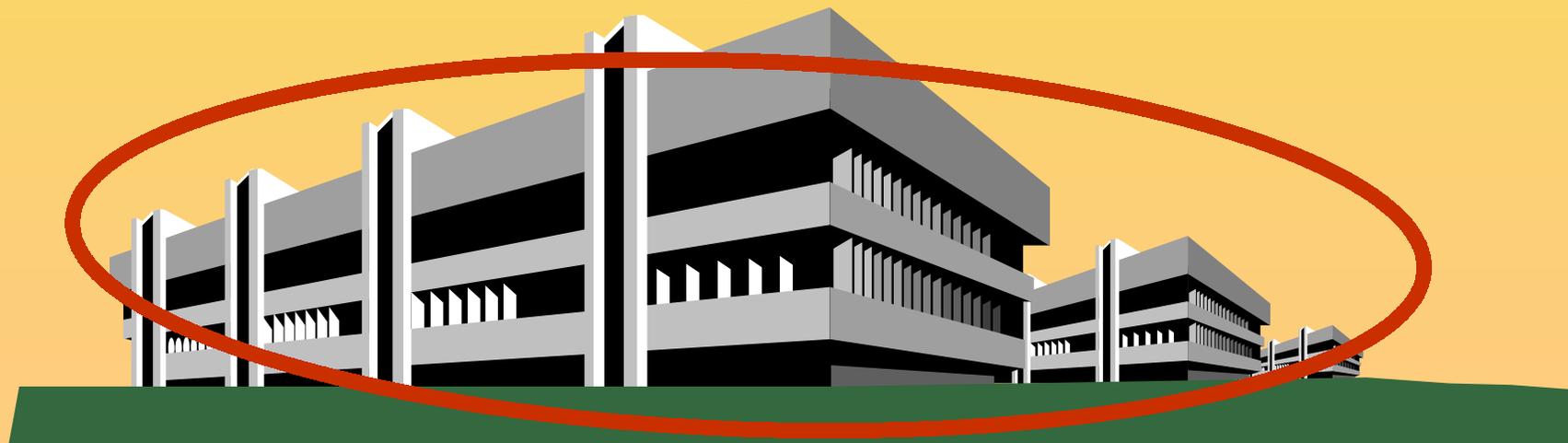
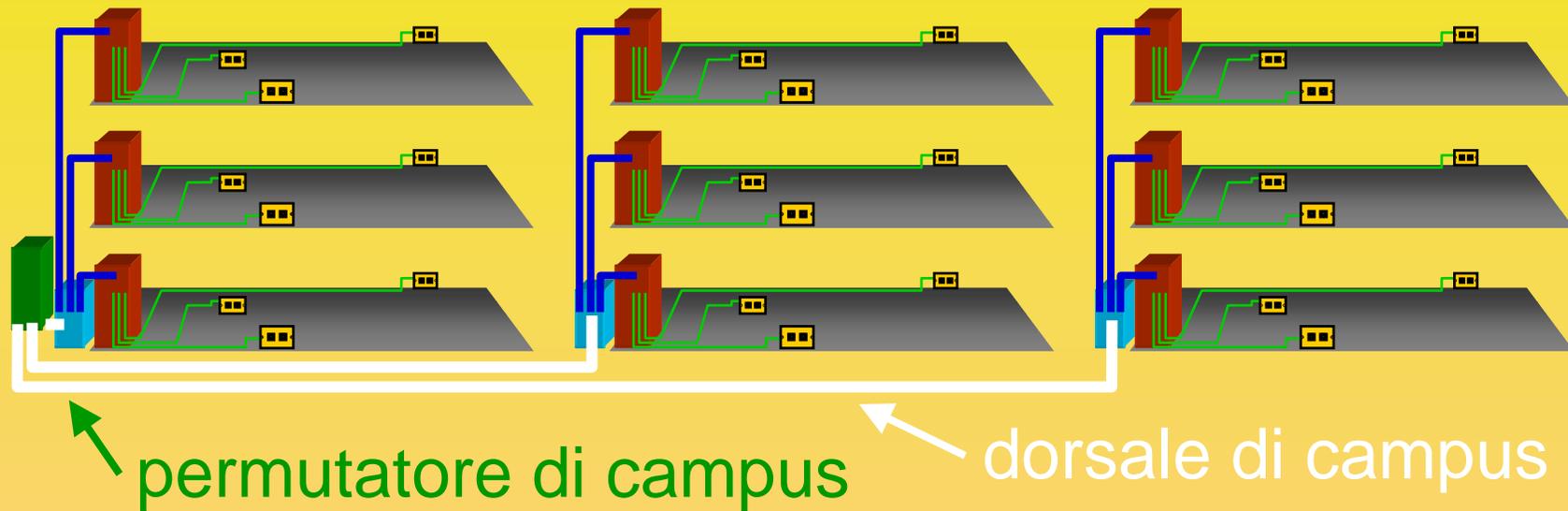
Struttura di un cablaggio tipico

cablaggio verticale o dorsale
(building backbone)

permutatore di edificio
(building distributor)

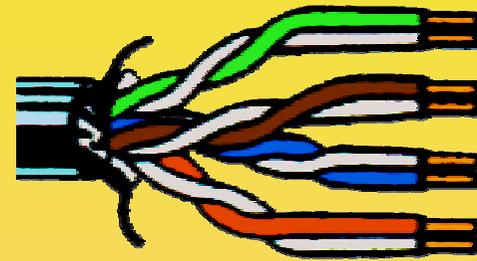


Struttura di un cablaggio tipico



Componenti di un cablaggio tipico

- Cablaggio orizzontale
 - doppino in rame a 4 coppie (UTP o FTP) di categoria 5E

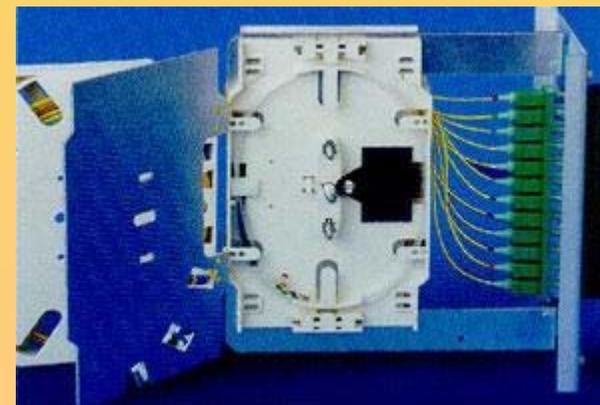


- prese RJ45 di categoria 5E (almeno 2 per posto di lavoro)



Componenti di un cablaggio tipico

- Cablaggio verticale
 - doppino multicoppia per la telefonia
 - fibra ottica per la rete dati e per eventuali altri servizi



Componenti di un cablaggio tipico

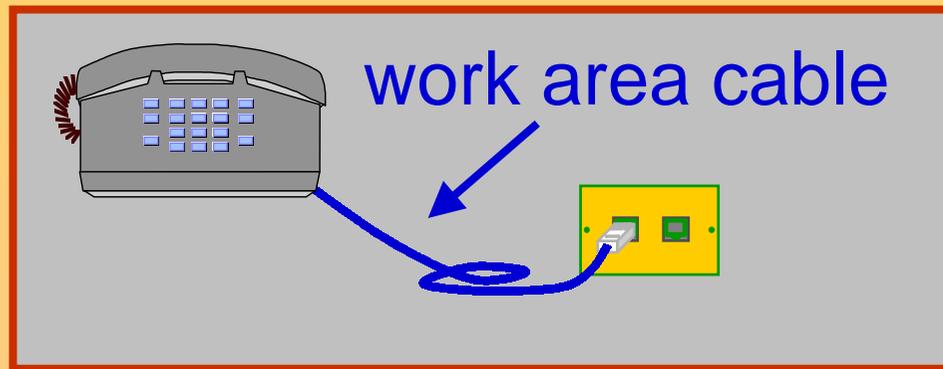
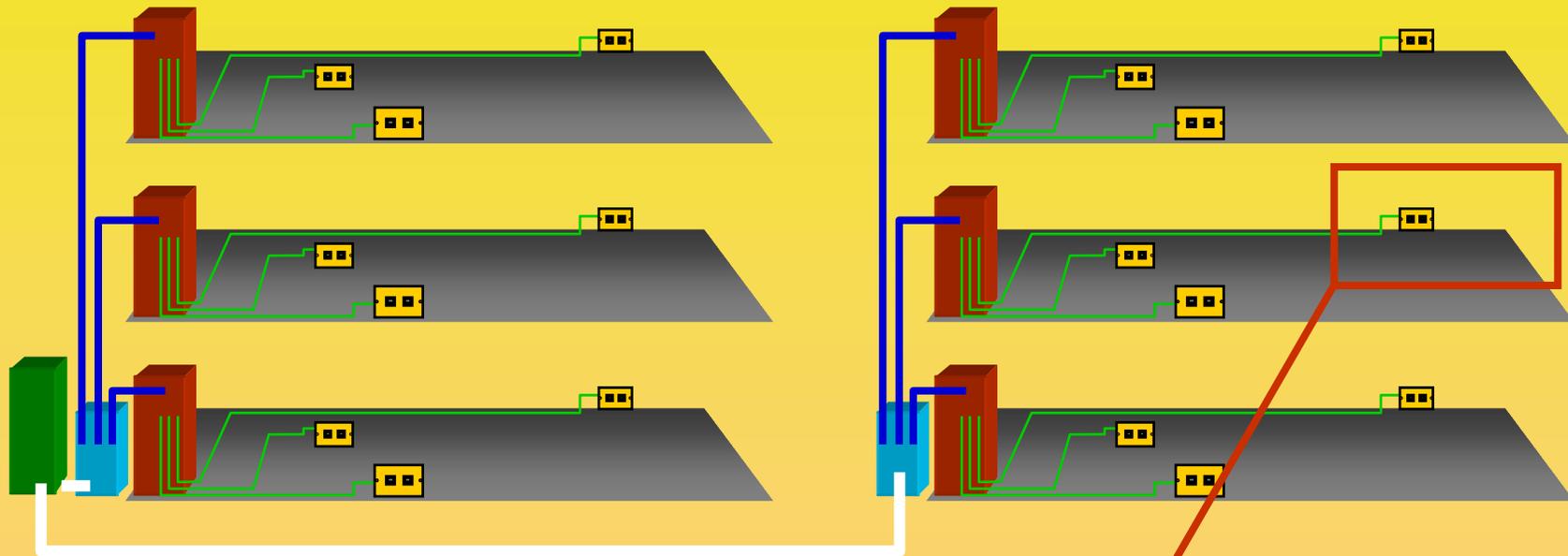
- Permutazione
 - per cavi in rame



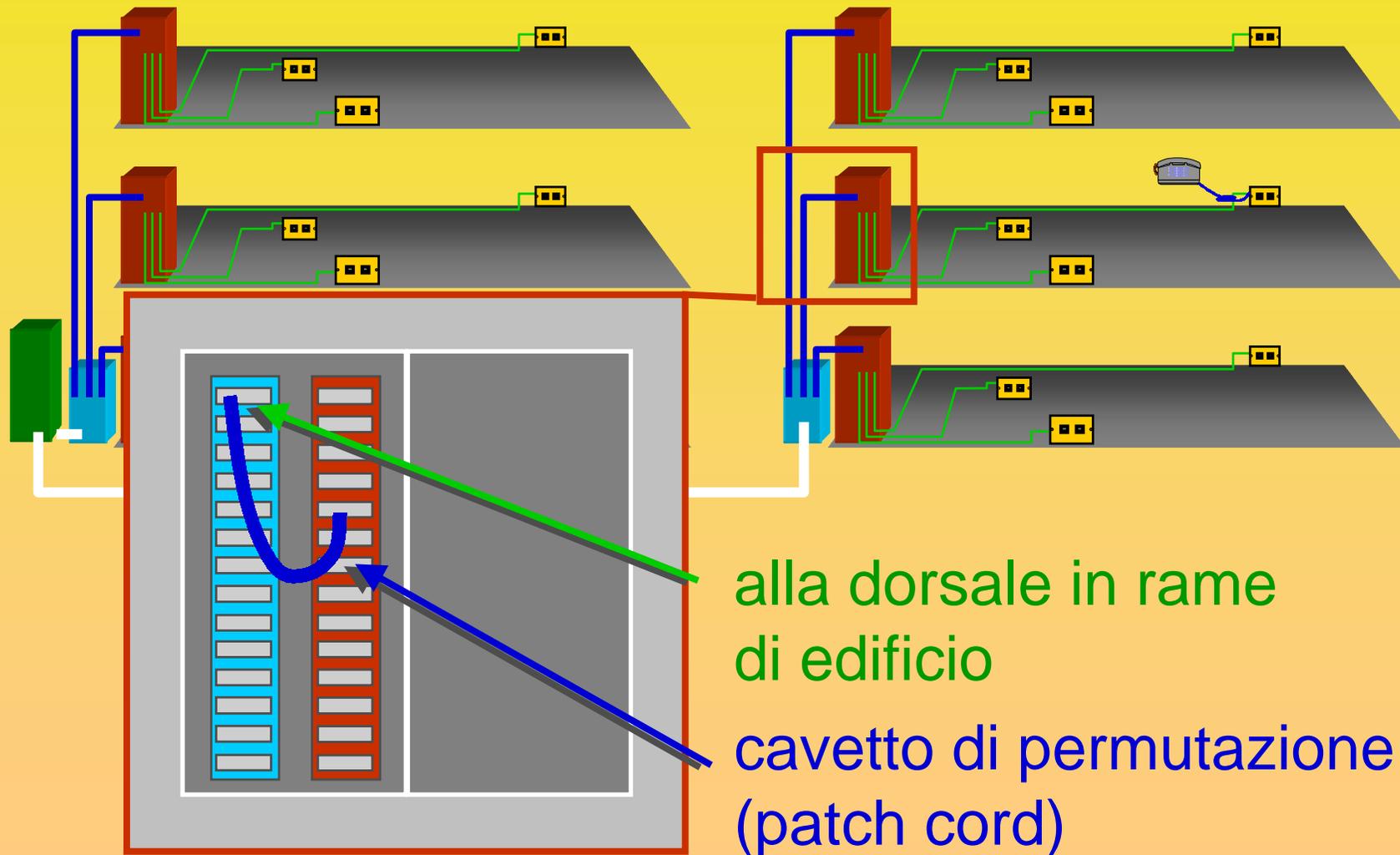
- per fibra ottica



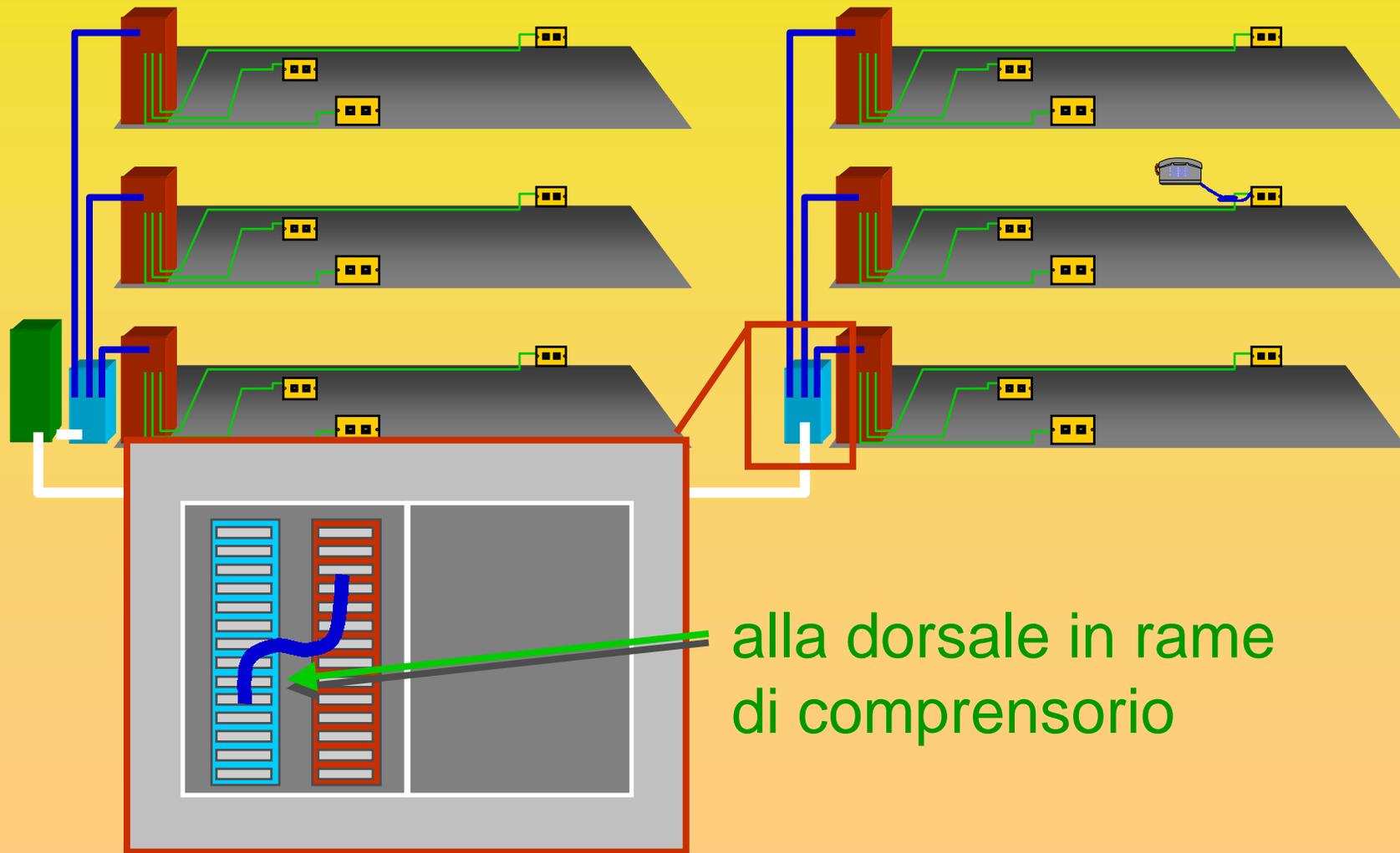
L'utilizzo: fonia (I)



L'utilizzo: fonia (II)

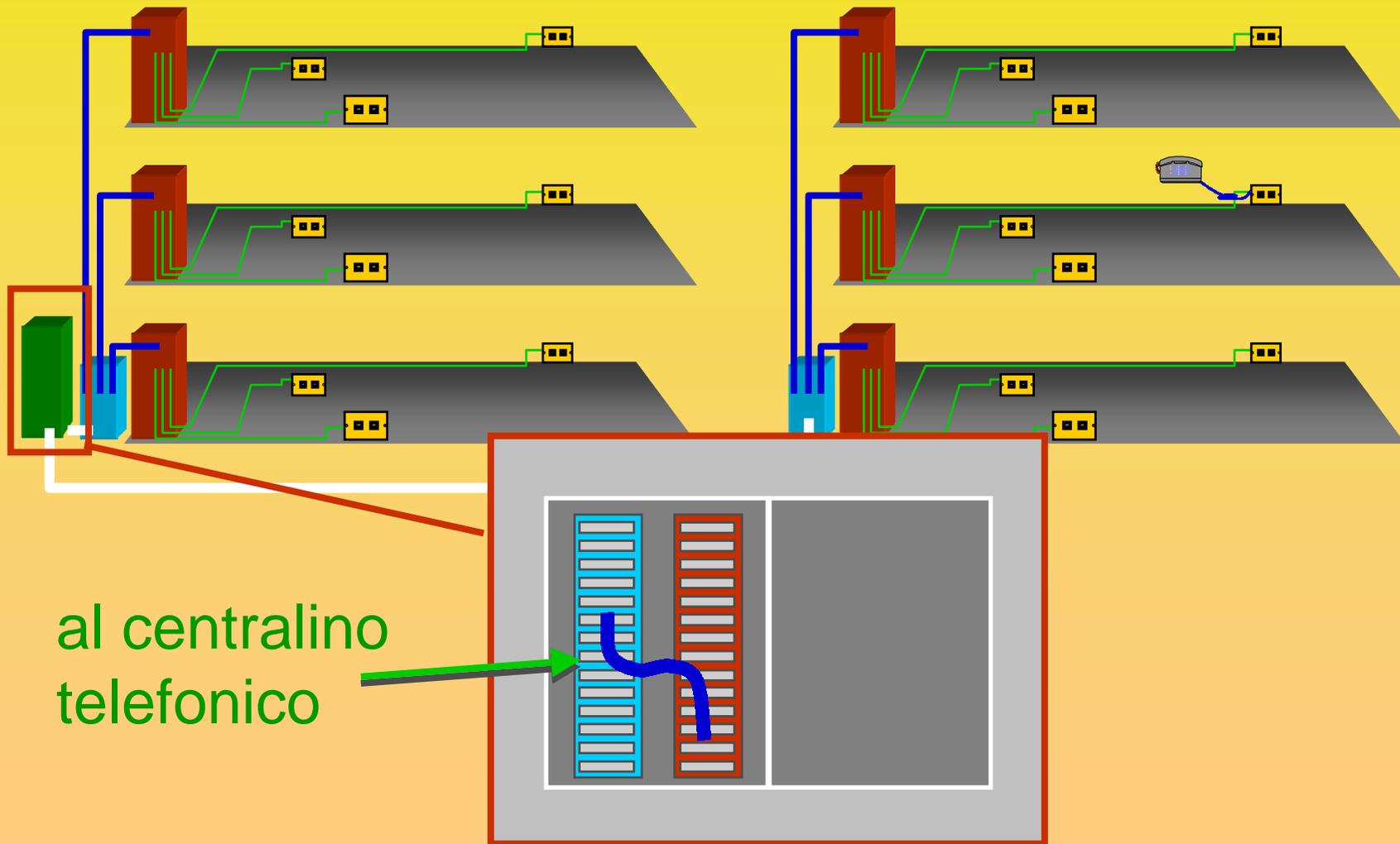


L'utilizzo: fonia (III)

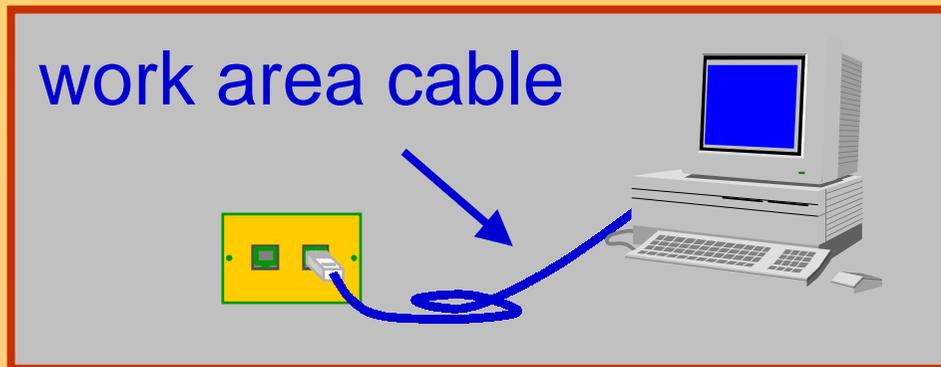
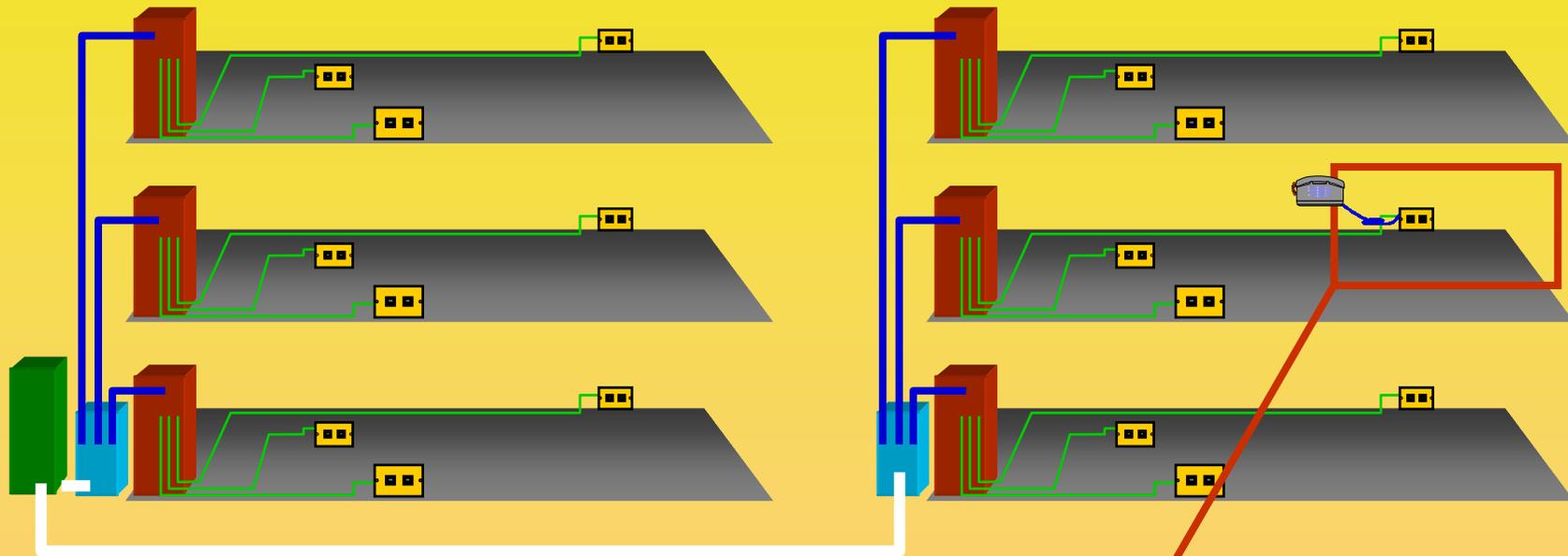


alla dorsale in rame
di comprensorio

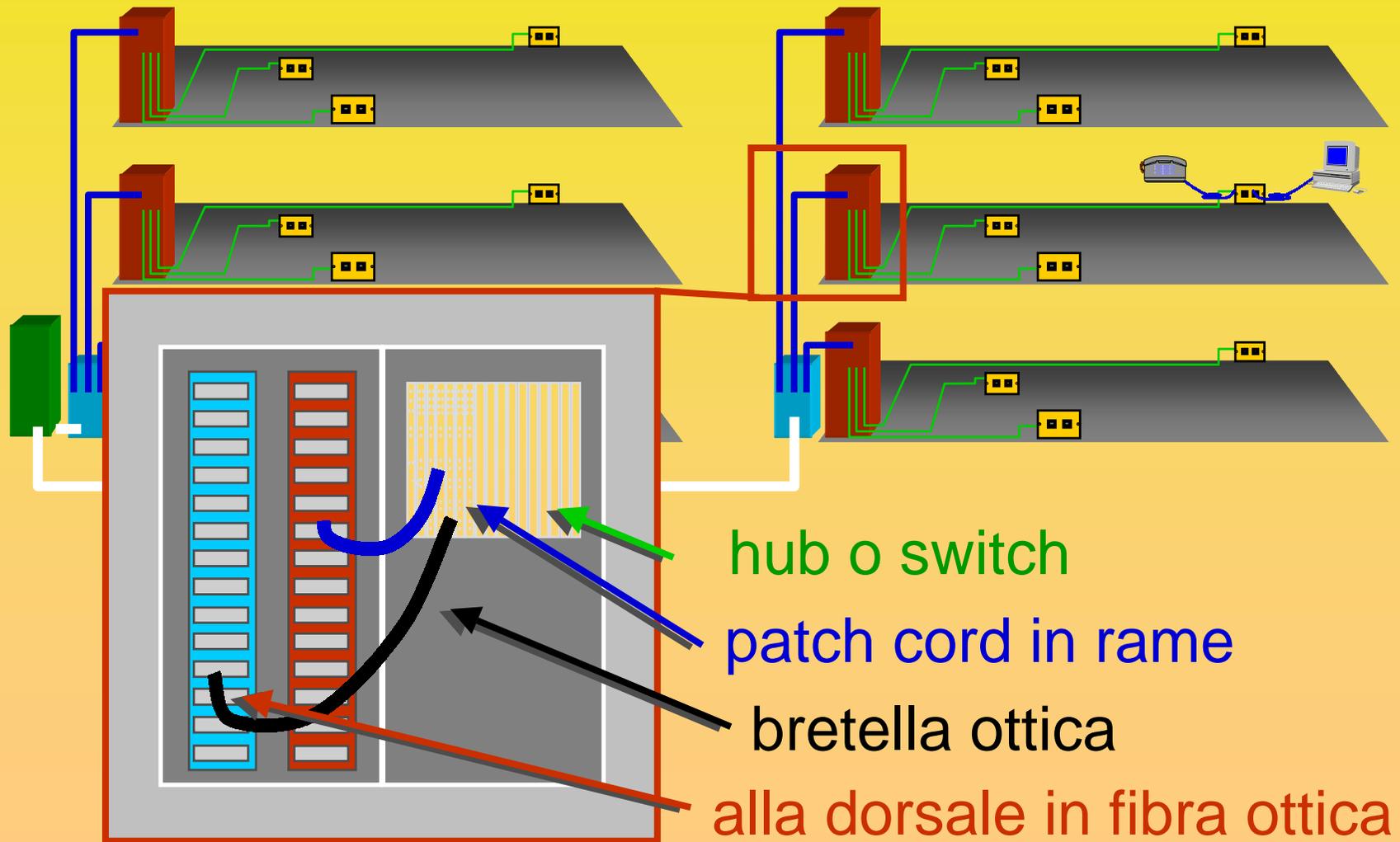
L'utilizzo: fonia (IV)



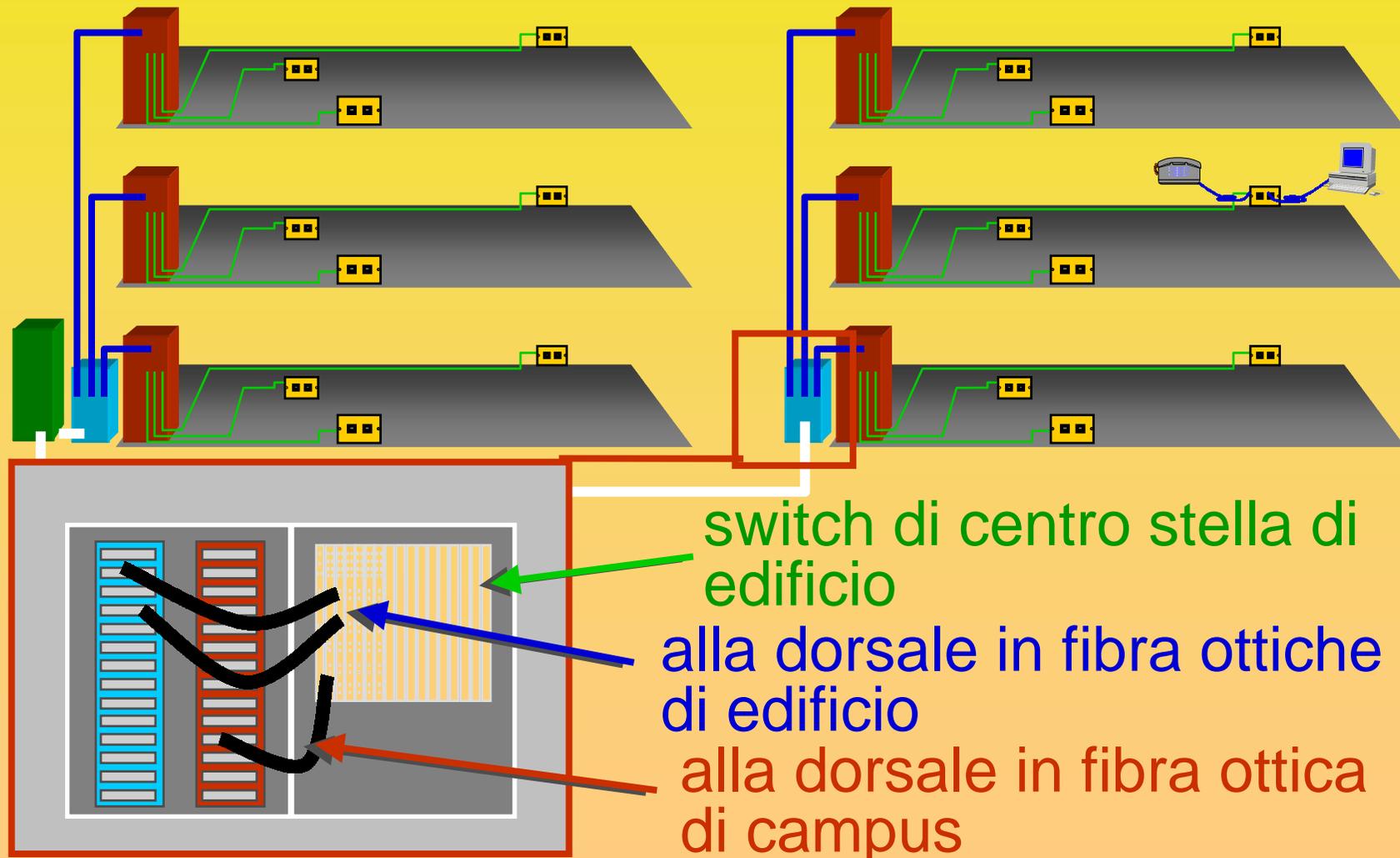
L'utilizzo: dati (I)



L'utilizzo: dati (II)



L'utilizzo: dati (II)



Indice degli argomenti

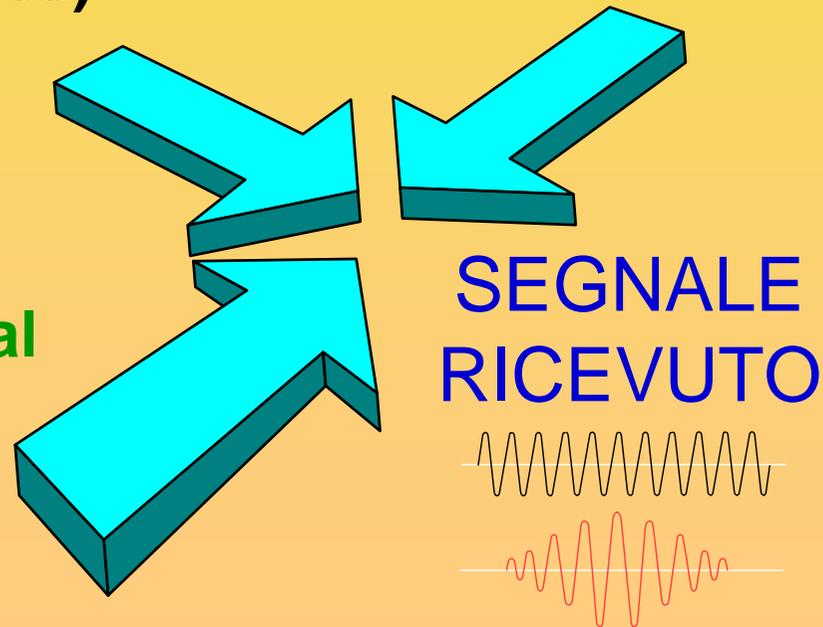
- L'esigenza del cablaggio strutturato
- Organizzazione ed utilizzo del cablaggio
- Mezzi trasmissivi
- Standard
- Realizzazione e collaudo

Il problema della trasmissione dei segnali

Distribuzione di energia in funzione della frequenza (dipende dalla codifica)

Opposizione del mezzo trasmissivo alla propagazione delle perturbazioni (dipende dalla frequenza e dalle caratteristiche del mezzo)

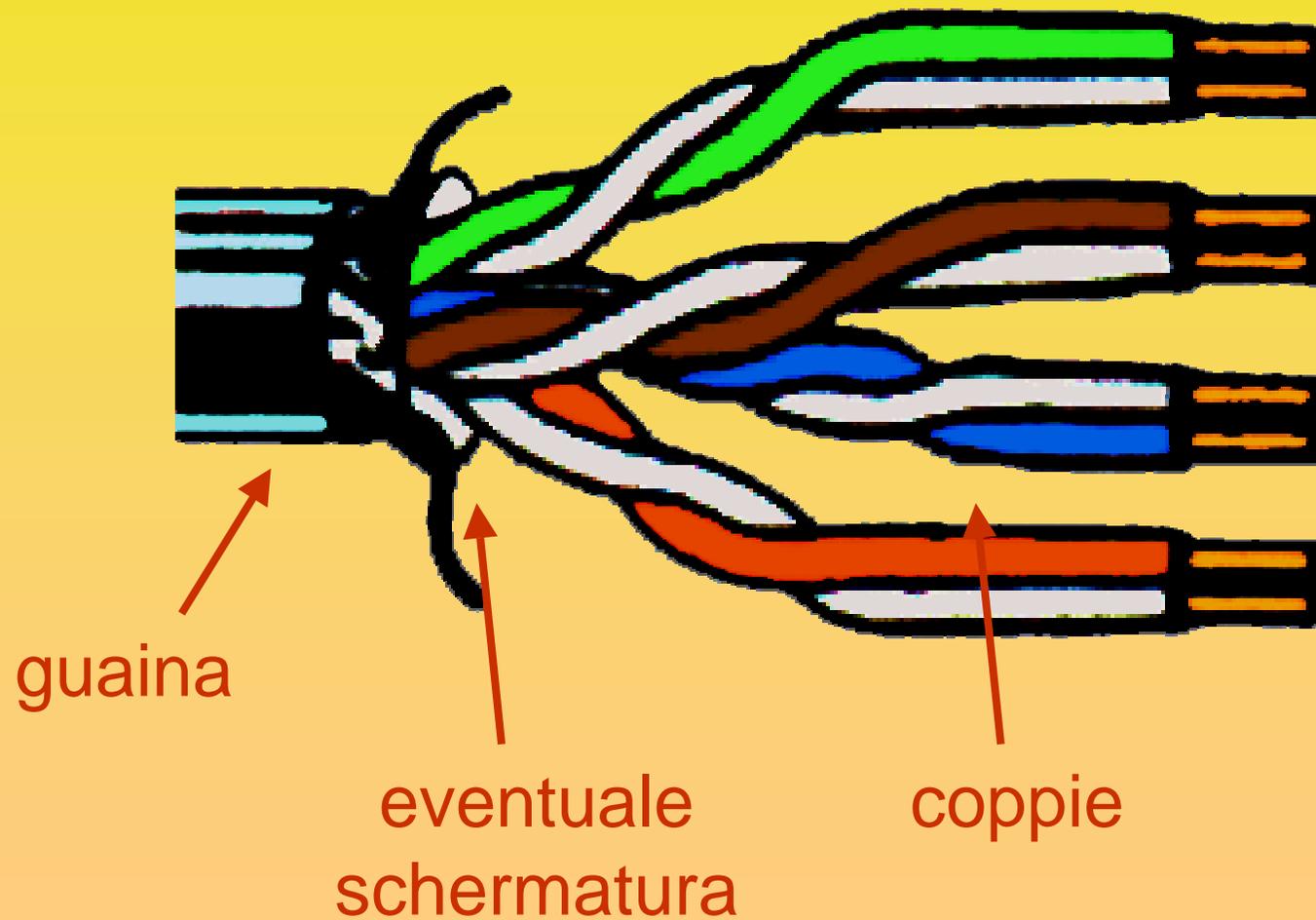
Rumore (dipende dal mezzo stesso e dall'ambiente esterno)



Cavo coassiale



Doppino (TP: Twisted Pair)



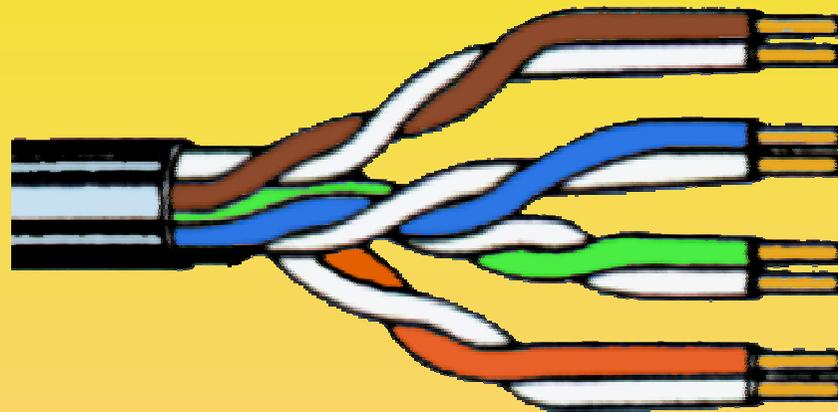
Caratteristiche del doppino

- 4 coppie
(25, 50, 100 o più per le dorsali della fonìa)
- Presenza o assenza di schermatura
- Impedenza caratteristica: 100 ohm
- Diametro dei conduttori: 24 AWG
- Minimo raggio di curvatura: 6 volte il diametro del cavo

AWG

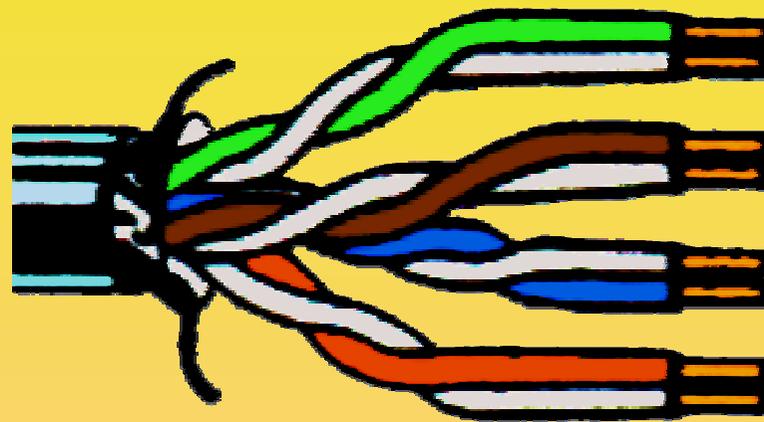
AWG	mm (Ø)	mm ²	Kg/Km	Ω/Km
22	0.6438	0.3255	2.894	52.96
23	0.5733	0.2582	1.820	84.21
24	0.5106	0.2047	1.746	87.82
25	0.4547	0.1624	1.414	108.4
26	0.4049	0.1288	1.145	133.9

Tipi di doppino



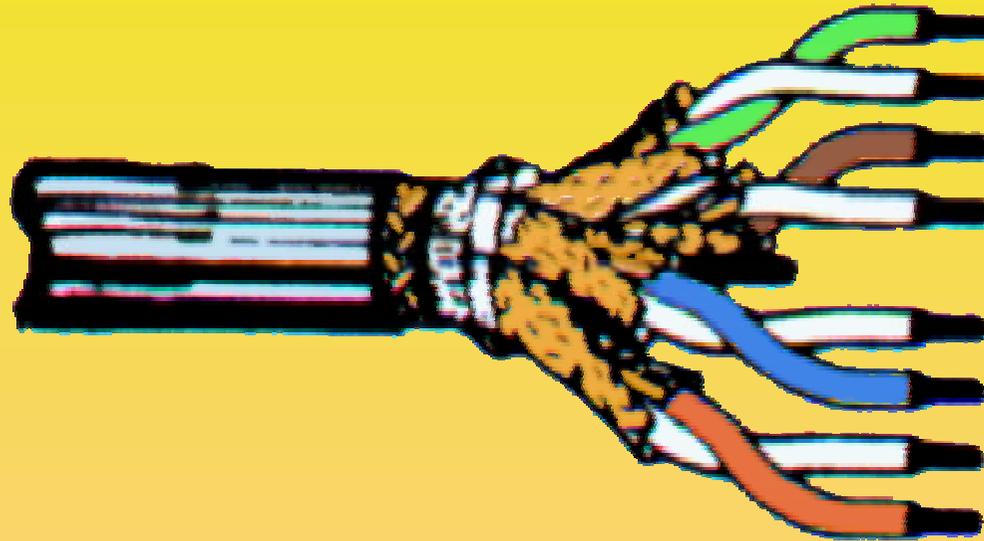
UTP (Unshielded Twisted Pair)
24 AWG, 4 coppie, 100 Ω , non schermato

Tipi di doppino



FTP (Foiled Twisted Pair)
24 AWG, 4 coppie, 100 Ω ,
schermatura realizzata con un foglio di alluminio

Tipi di doppino



STP (Shielded Twisted Pair)
24 AWG, 4 coppie, 100 Ω ,
schermatura individuale delle coppie
schermatura globale in calza di rame

Connettori

- Connettore standard per cavi in rame: RJ45



Categorie dei doppini

categoria 1: per telefonia analogica

categoria 2: per telefonia digitale e
trasmissione dati a bassa velocità

categoria 3: caratteristiche elettriche definite
fino a 16 MHz

categoria 4: caratteristiche elettriche definite
fino a 20 MHz

categoria 5: caratteristiche elettriche definite
fino a 100 MHz

categoria 5E (enhanced): caratteristiche
elettriche definite fino a 100 MHz

Categorie dei doppini

- Ad ogni categoria è associato un insieme di tabelle con i valori richiesti per le vari caratteristiche del cavo:
 - attenuazione
 - diafonia: NEXT (paradiafonia), FEXT (telediafonia) e varie misure di power sum
 - rapporto segnale/rumore (ACR, ELFEXT, ecc.)
 - velocità di propagazione
 - resistenza
 - impedenza
 - ecc.

Prestazione dei collegamenti in rame

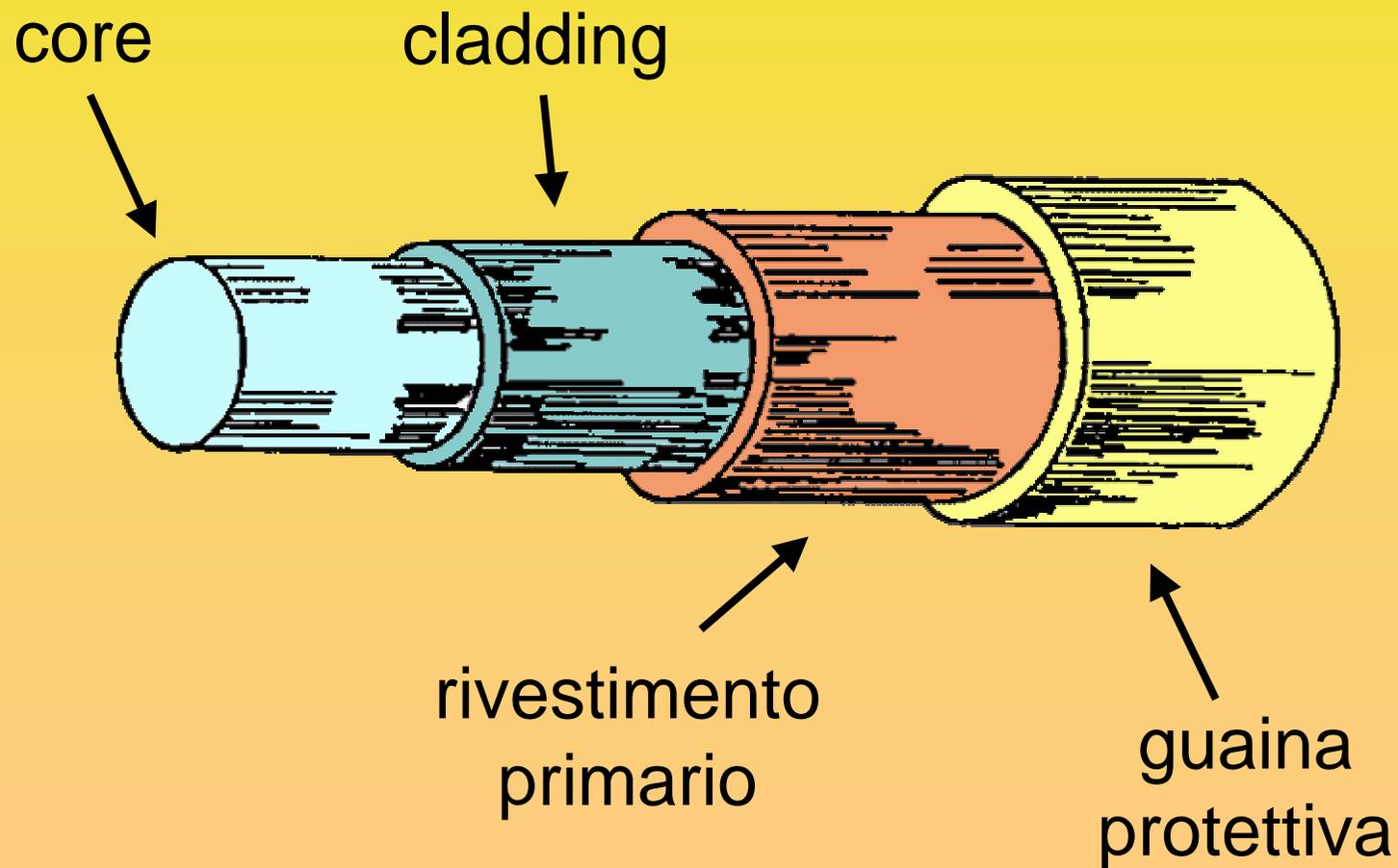
- Lo standard ISO/IEC 11801 ha introdotto il concetto di *classe* per la certificazione dei cablaggi in rame:
 - **classe A per applicazioni voce e a bassa velocità che richiedono test fino a 100 KHz**
 - **classe B per applicazioni a media velocità che richiedono test fino a 1 MHz**
 - **classe C per applicazioni ad alta velocità che richiedono test fino a 16 MHz**
 - **classe D per applicazioni per applicazioni ad alta velocità che richiedono test fino a 100 MHz**

Categorie e classi di connessione (in origine...)

- **Categorie**
 - definiscono le caratteristiche di ogni singolo componente
- **Classi di connessione**
 - definiscono le caratteristiche che deve avere un collegamento (insieme dei componenti installati)

Per ottenere una determinata classe di connessione (es. classe D) è necessario usare componenti della corrispondente categoria (es. categoria 5E)

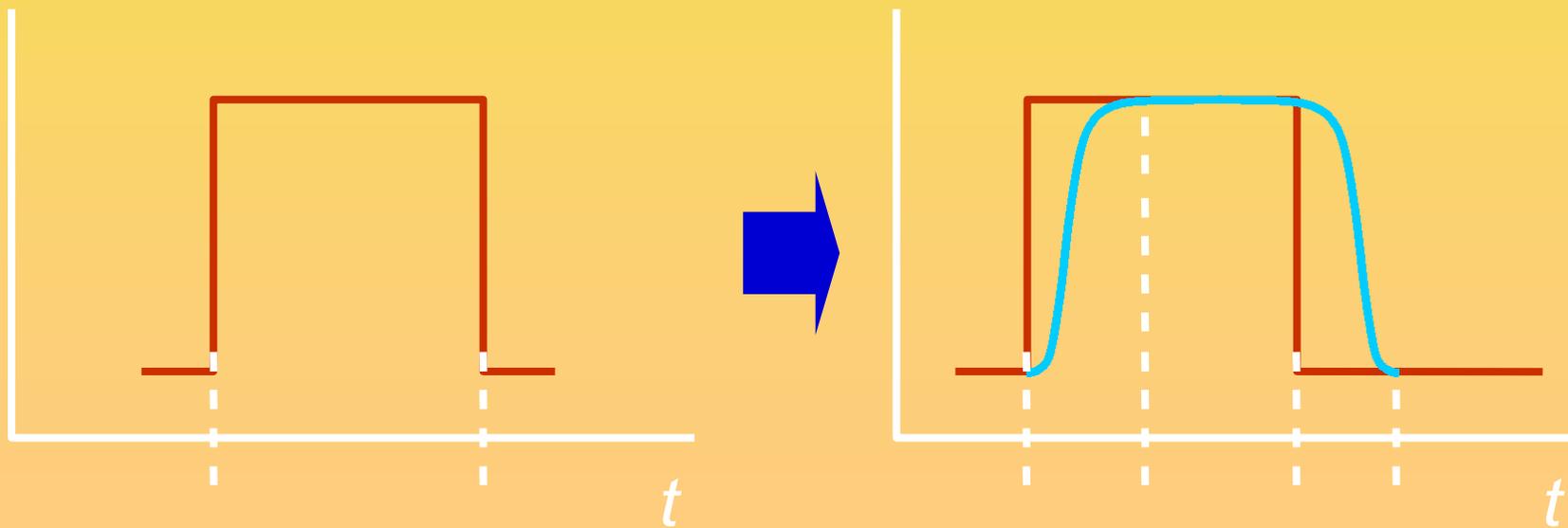
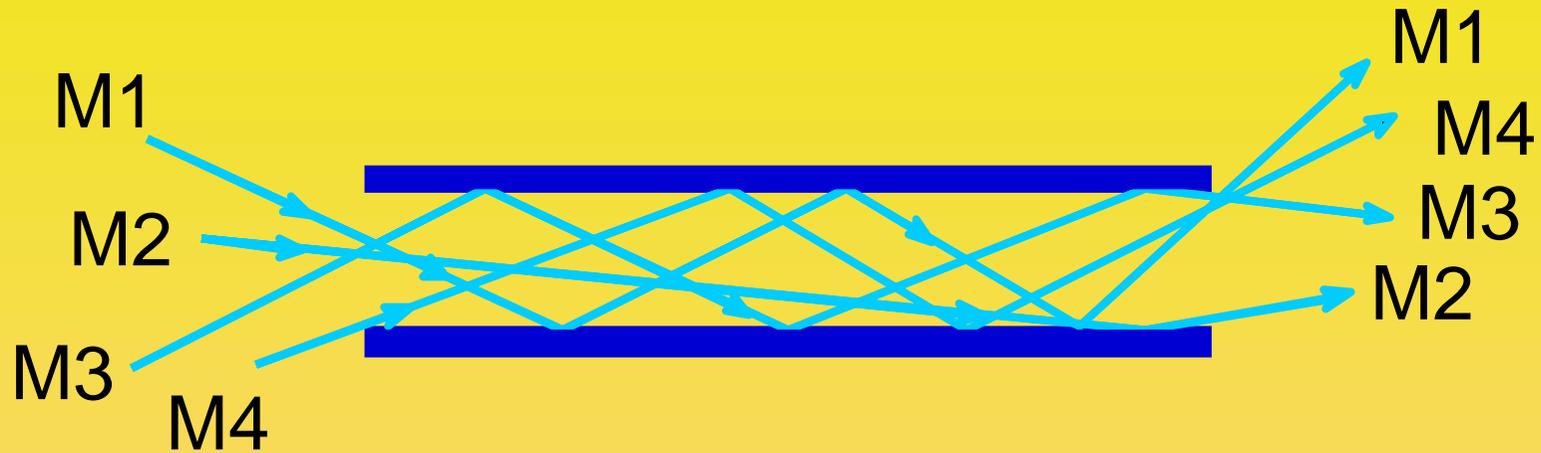
Struttura di una fibra ottica



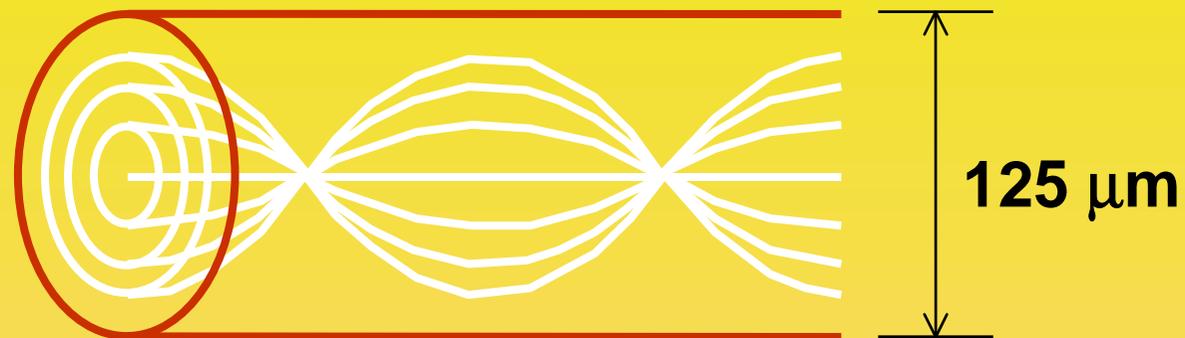
Caratteristiche delle fibre ottiche

- Numero di fibre nel cavo
- Struttura del cavo (tight, loose)
- Tipo di rivestimento (per interni, per esterni, stagno, ignifugo, ecc.)
- Minimo raggio di curvatura: tipicamente 10 volte il diametro del cavo
- Tipo di trasmissione (monomodale, multimodale)

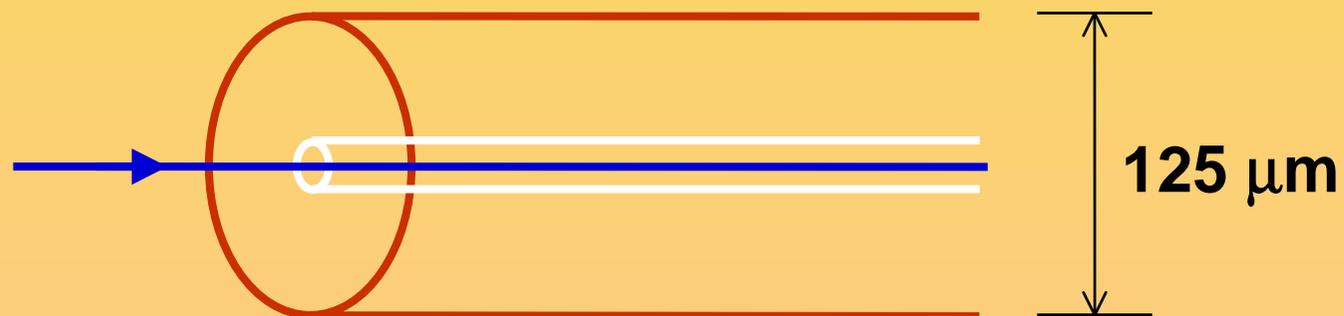
Dispersione modale



Fibre multimodali

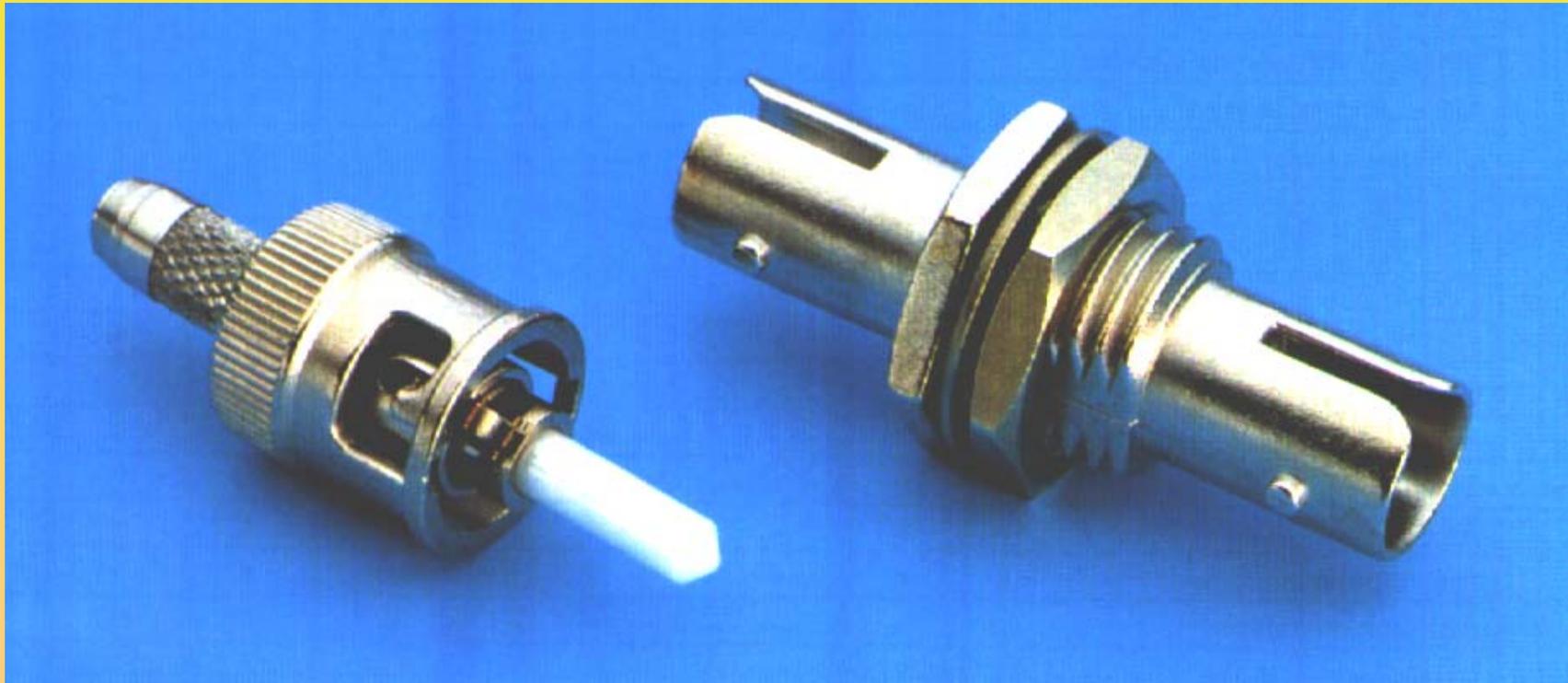


multimodali: 50/125, 62.5/125

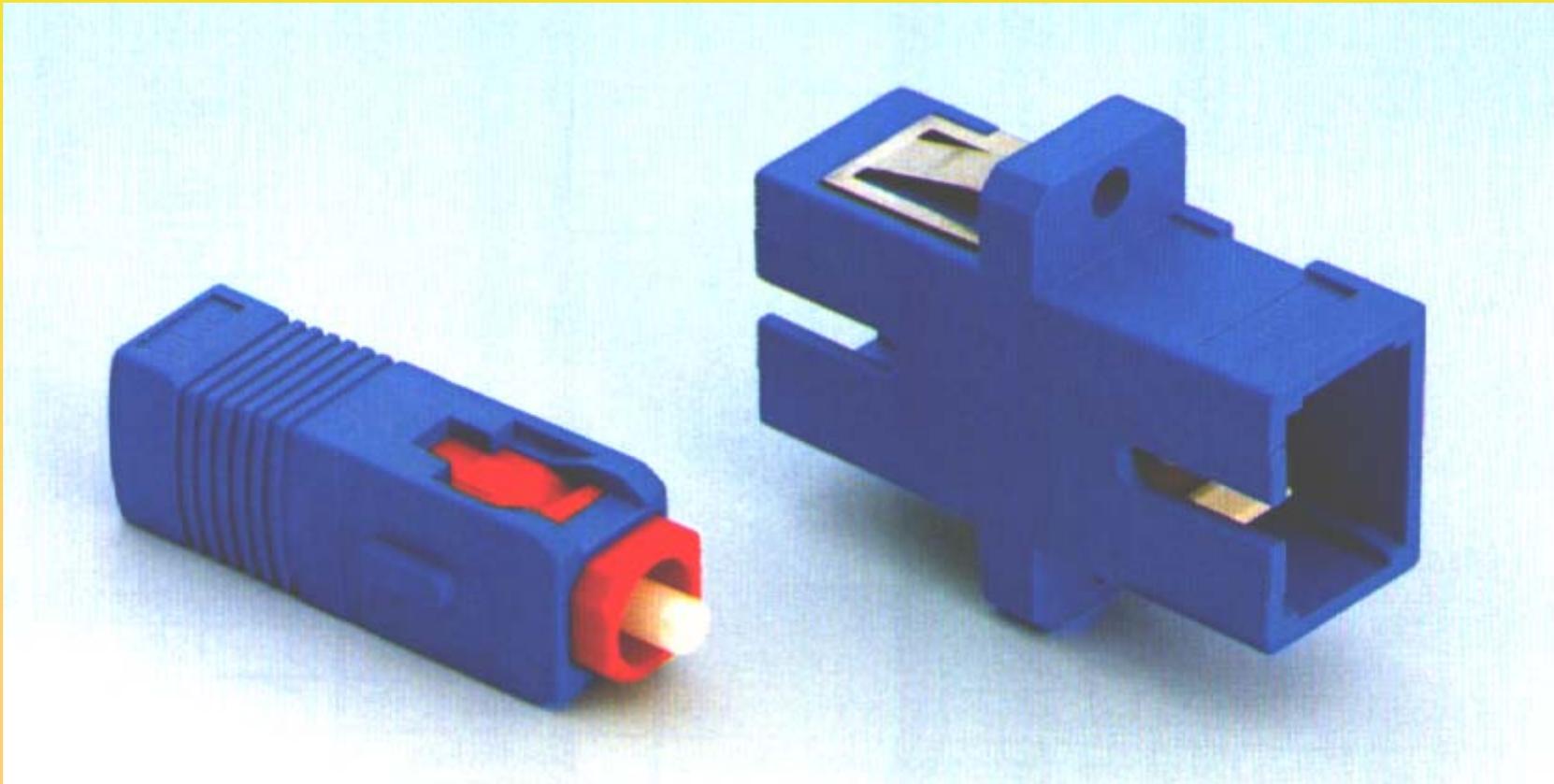


monomodali: 8/125, 9/125, 10/125

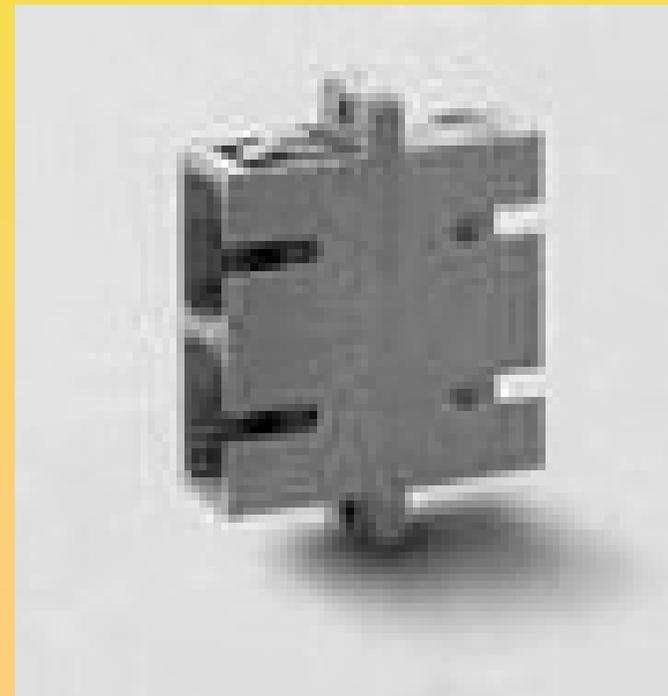
Connettore e bussola ST



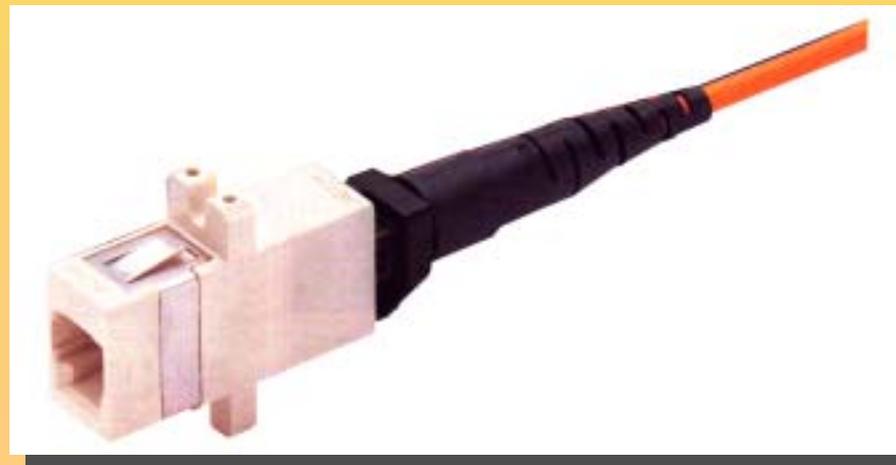
Connettore e bussola SC (previsti dai nuovi standard)



Connettore e bussola SC (previsti dai nuovi standard)



Connettore MT-RJ



Banda passante delle fibre ottiche

- Si misura in MHz·Km: all'aumentare della lunghezza aumenta il ritardo relativo dei diversi modi di propagazione (“raggi” più o meno inclinati)

I	finestra	800 - 900 nm	150 MHz · Km
II	finestra	1250 - 1350 nm	500 MHz · Km
II	finestra con laser su multim.		1 GHz · Km
II	finestra con laser su monom.		10 GHz · Km
III	finestra	1500 - 1550 nm	100 GHz · Km

Tipi di fibre ottiche

- Lo standard ISO/IEC 11801 riporta quattro tipi di fibre ottiche:
 - OM1 (50 o 62.5 /125)
 - OM2 (50 o 62.5 /125)
 - OM3 (50/125)
- OS1 monomodale

} multimodali

Prestazioni dei collegamenti in fibra ottica

- Lo standard ISO/IEC 11801 definisce tre classi di connessione:
 - OF-300: canali che supportano le applicazioni su una distanza minima di 300 metri
 - OF-500: canali che supportano le applicazioni su una distanza minima di 500 metri
 - OF-2000: canali che supportano le applicazioni su una distanza minima di 2000 metri

La corrispondenza con il tipo di fibra necessaria va valutata di volta in volta in funzione della lunghezza e dell'impiego previsto

Indice degli argomenti

- L'esigenza del cablaggio strutturato
- Organizzazione ed utilizzo del cablaggio
- Mezzi trasmissivi
- Standard
- Realizzazione e collaudo

Gli standard

- I principali standard sono:
 - TIA/EIA 568A e successivi aggiornamenti (USA)
 - ISO/IEC 11801 e aggiornamenti (internazionale)
 - EN50173 (europeo, derivato da ISO/IEC 11801)
 - CEI-EN 50173 (CEI 304-14) traduzione in italiano dell'EN50173 (URL www.ceiuni.it)
- Riguardano “cablaggi di edifici commerciali di tipo office oriented”

Altri standard

- EIA/TIA 569, USA: infrastrutture per il cablaggio
- EIA/TIA 570, USA: cablaggio in ambito residenziale
- EIA/TIA 607, USA: messa a terra degli elementi del cablaggio
- EIA/TIA 606, USA: nomenclatura, simbologia e documentazione dei cablaggi
- EN50174, europeo: norme per l'installazione
- ISO/IEC 14763, internazionale: gestione e collaudo dei cablaggi

Specifiche tecniche

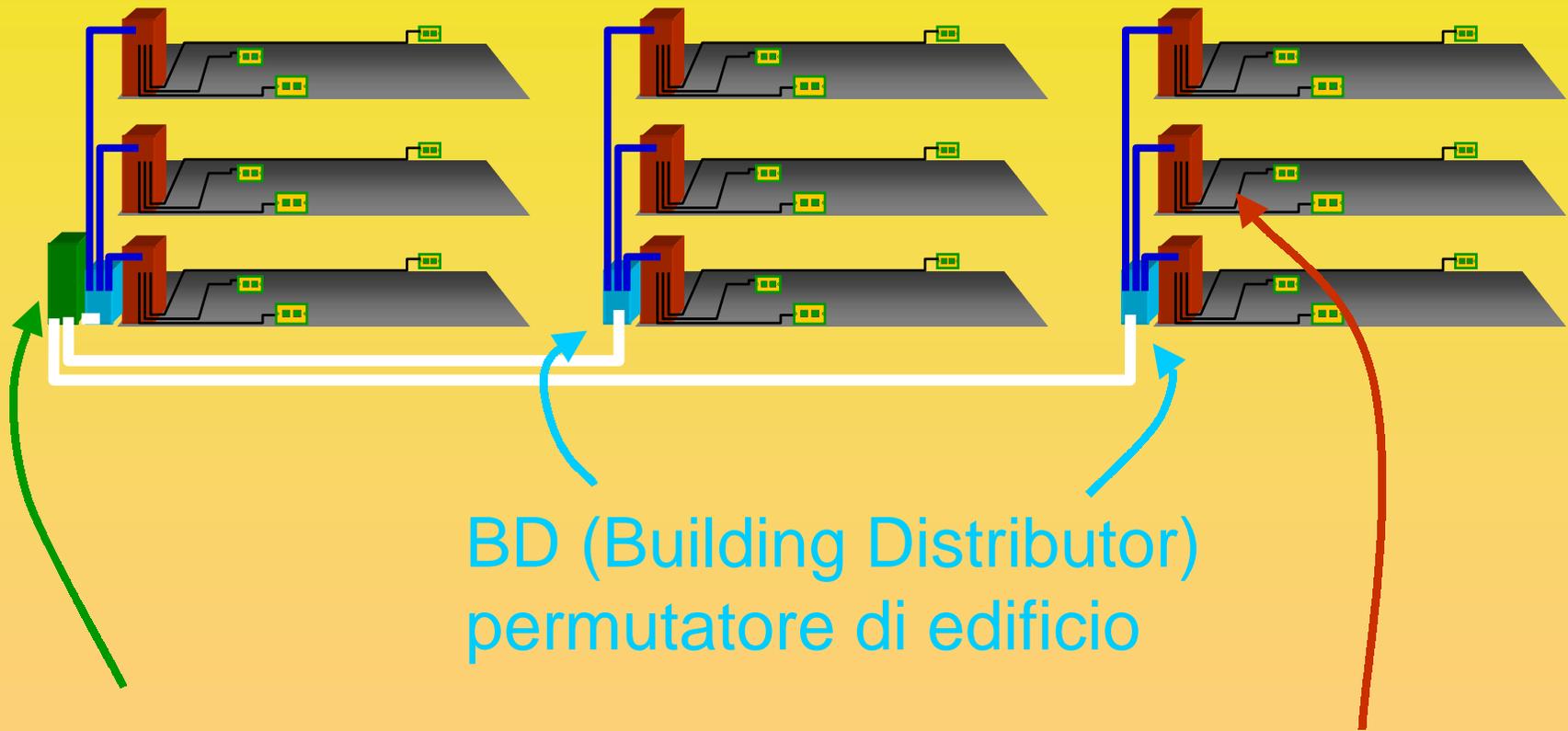
- Gli standard definiscono:
 - topologia
 - caratteristiche dei mezzi trasmissivi
 - caratteristiche degli elementi di interconnessione (spine, prese, pannelli, ecc.)
 - distanze massime

Specifiche tecniche

- Tutte le specifiche rappresentano l'insieme **più restrittivo** delle specifiche richieste da tutti i principali servizi

***ATTUALMENTE QUESTE
SPECIFICHE SONO QUELLE
DELLE RETI LOCALI
AD ALTA VELOCITÀ***

Topologia

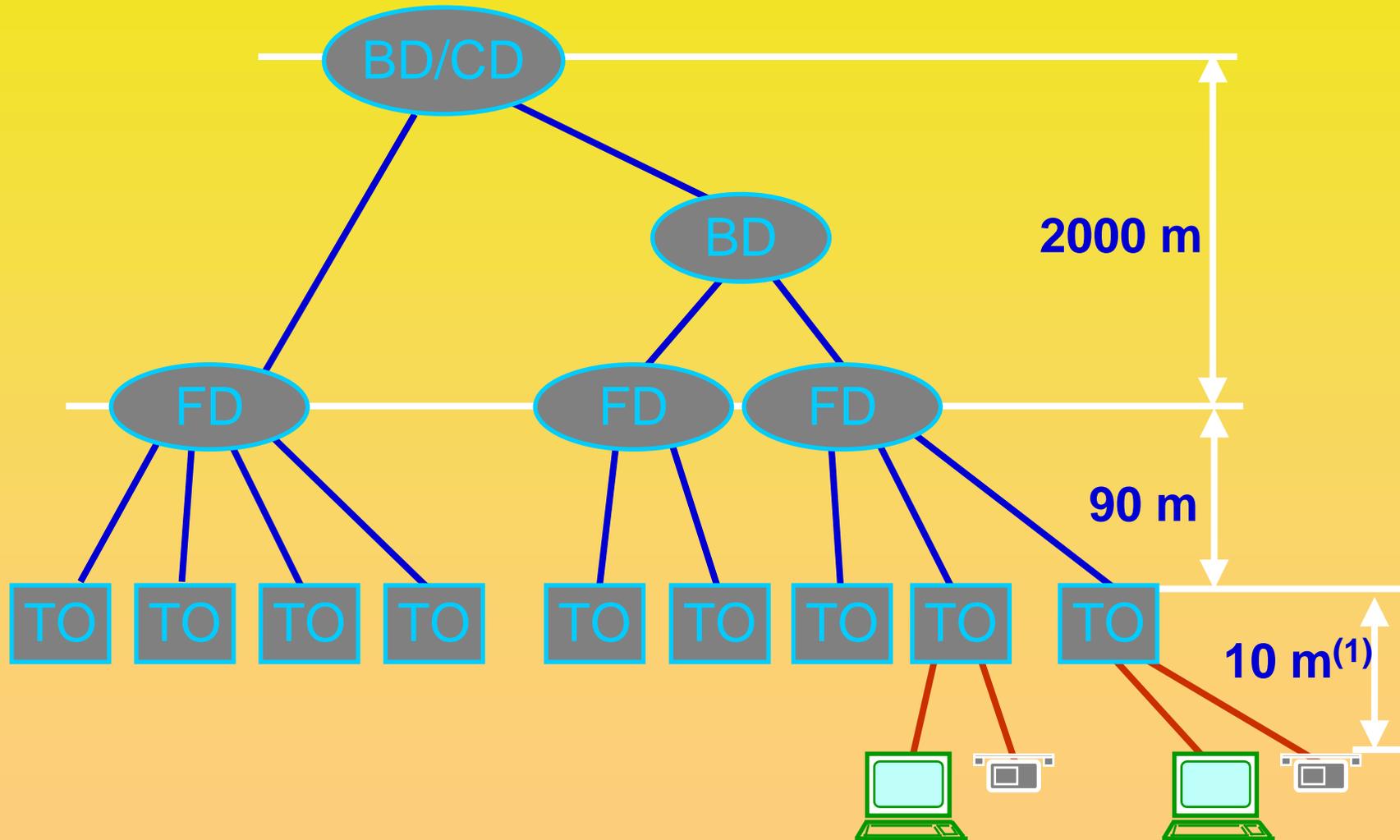


BD (Building Distributor)
permutatore di edificio

CD (Campus Distributor)
permutatore di campus

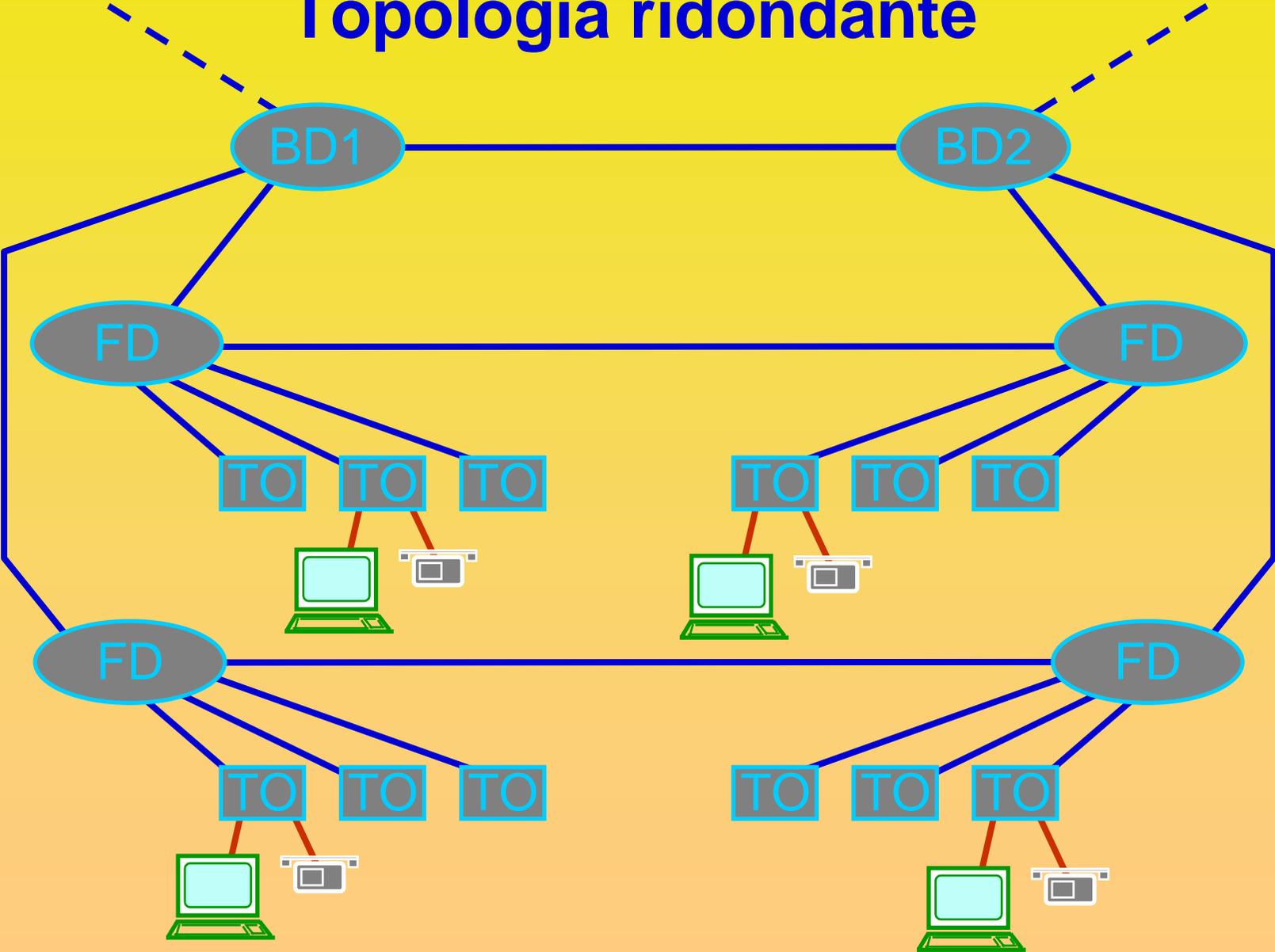
FD (Floor Distributor)
permutatore di piano

Topologia e distanze massime



(1) work area cable + patch cord + eventuale equipment cable

Topologia ridondante



Prese utente

- Almeno due per posto di lavoro:
 - una in rame di cat.5 o superiore
 - una in rame di cat.5 o superiore o fibra ottica
- Struttura tipica:
 - 2 RJ45 su cavo cat. 5E, in futuro probabilmente cat. 6
- La fibra ottica è consigliabile in caso di ambienti elettromagneticamente inquinati

Il posto di lavoro (work area)

- Un posto di lavoro ogni 10 m²
(standard EIA/TIA 569)



Permutatori

- Gli standard non specificano che tipo di prese devono essere utilizzate



**permutatore di
derivazione telefonica**

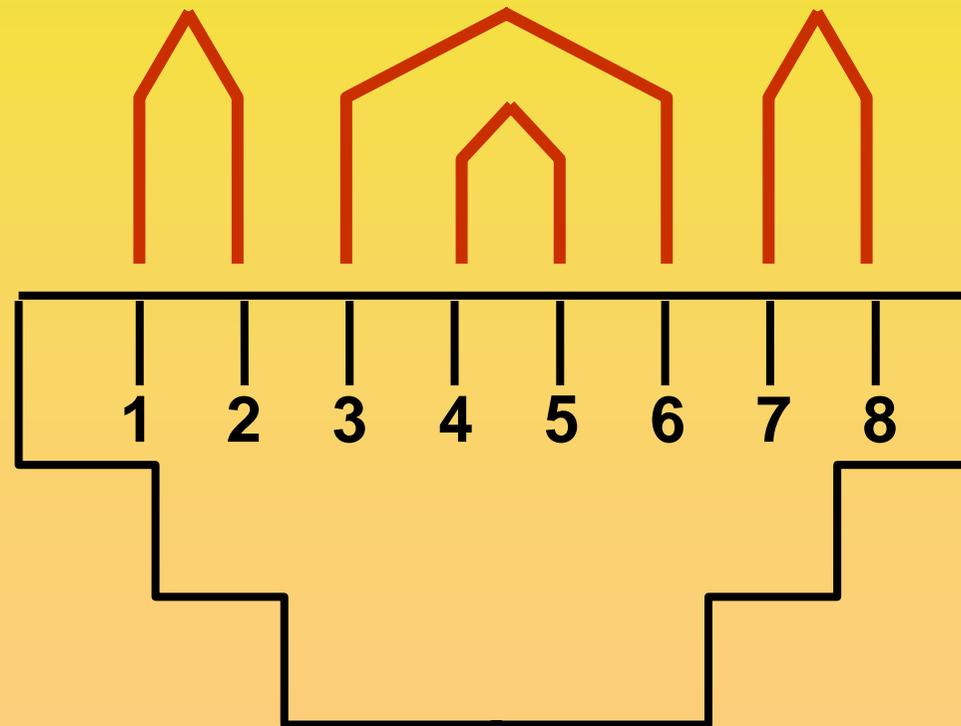


**permutatore di
derivazione dati**

Cavi di permutazione

- In rame: “patch cord”
 - per i dati devono essere della stessa categoria del resto del cablaggio
 - per la fonia possono essere di qualità (e costo) inferiore
 - sono realizzati con rame trefolato da 26 AWG: le caratteristiche trasmissive sono peggiori che nel caso del rame pieno del cablaggio orizzontale
- In fibra ottica: “bretelle ottiche”
 - coppia di fibre (cavo bifibra di tipo “tight”)

Assegnazione delle coppie (ISO/IEC 11801)

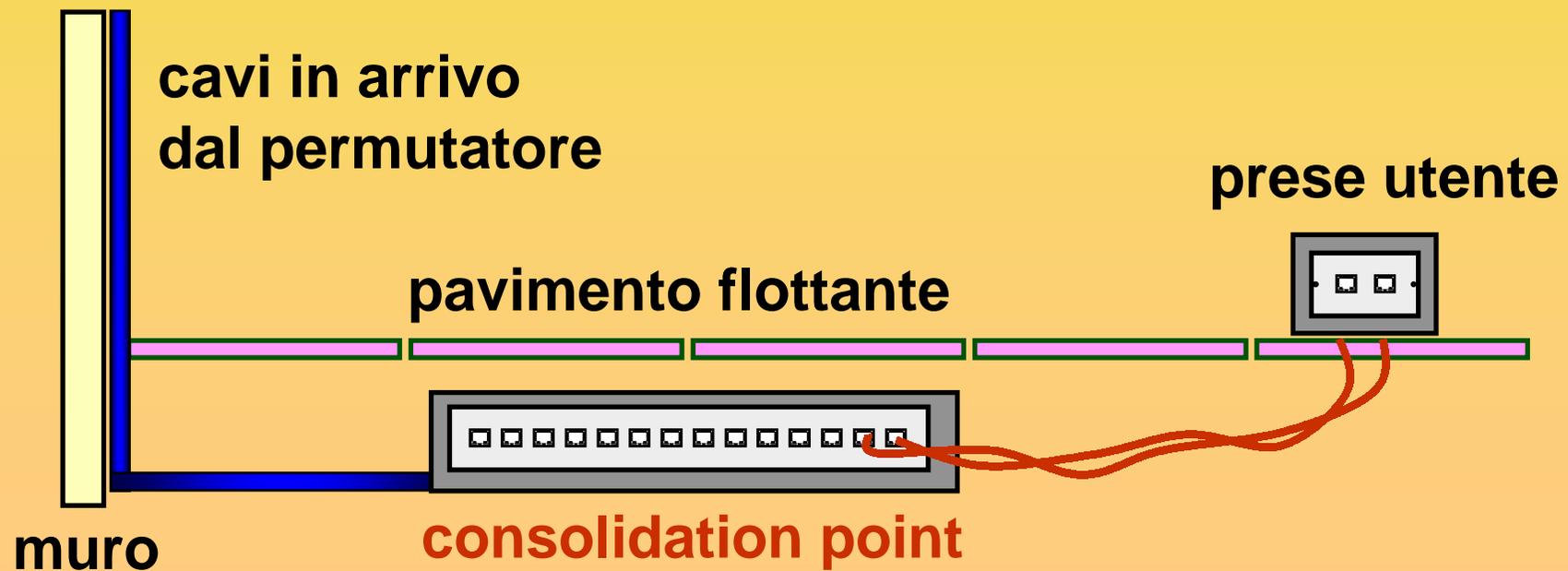


Colorazione delle coppie

- Lo standard ISO/IEC 11801 *non* assegna colori
- Lo standard EIA/TIA 568A assegna i colori classici:
 - marrone / bianco-marrone
 - blu / bianco-blu
 - arancio / bianco-arancio
 - verde / bianco-verde
- Lo standard EIA/TIA 568A definisce anche le due tipologie di attestazione T568A e T568B
 - **NON CAMBIA NULLA: IL COLLEGAMENTO È SEMPRE “PIN-TO-PIN”**

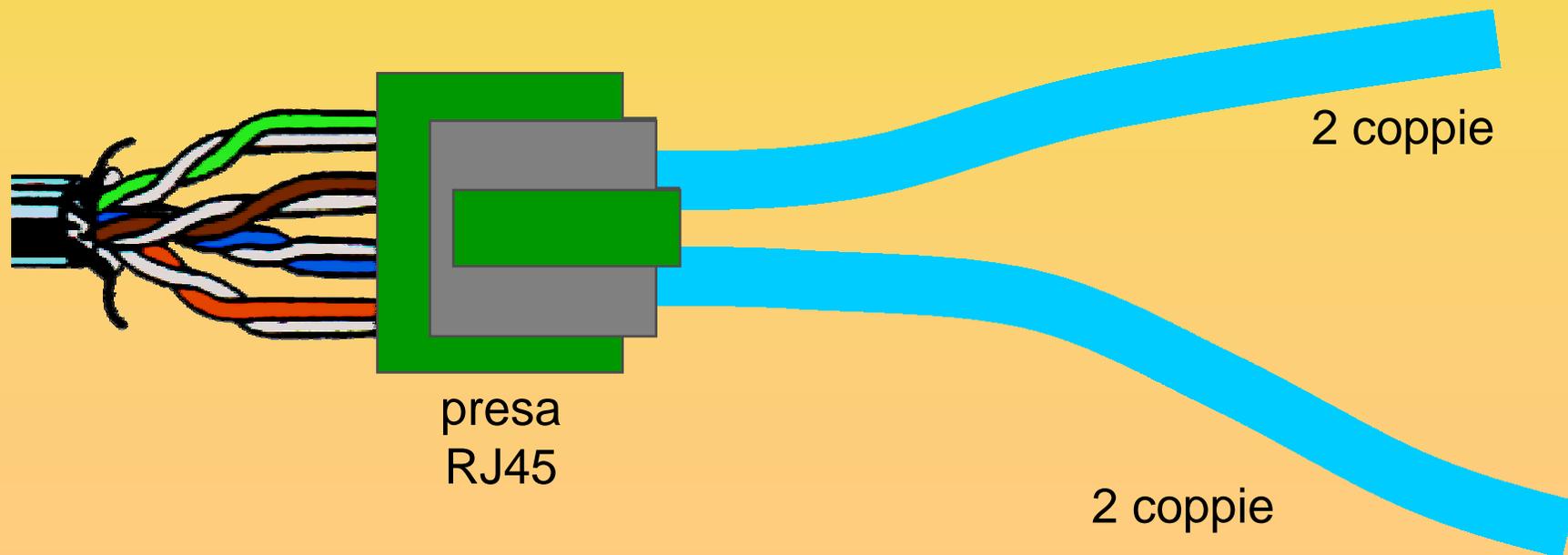
Consolidation point

- Consente di ancorare ad una struttura fissa delle prese intermedie qualora le prese utente non possano essere installate in posizioni stabili (es. pavimento flottante)



Adattatori e cavi ad Y

- Permettono di suddividere le quattro coppie di un cavo orizzontale su due servizi distinti
- Devono sempre essere esterni (non cablati all'interno delle scatole)



L'evoluzione degli standard

- Da quando sono nati, gli standard per il cablaggio strutturato sono stati soggetti a numerose revisioni ed ampliamenti
 - Nuove categorie
 - Nuove specifiche per il collaudo

Revisione della categoria 5 e della classe D

- Primo aggiornamento degli standard per soddisfare le specifiche di Gigabit Ethernet:
 - aumento dei margini di attenuazione, diafonia e ACR
 - introduzione delle misure di FEXT e di return loss
- Nuove denominazioni:
 - Class D - 2000
 - Cat. 5 (TSB 95)

Categoria 5E e Classe D 2000+

- Soddisfano le specifiche richieste dallo schema di trasmissione di Gigabit Ethernet (trasmissione contemporanea su 4 coppie):
 - introduzione delle misure di Power Sum
Power Sum NEXT
Power Sum ACR
 - incremento dei margini di attenuazione, diafonia, ACR

Categorie 6 e 7, classi E ed F

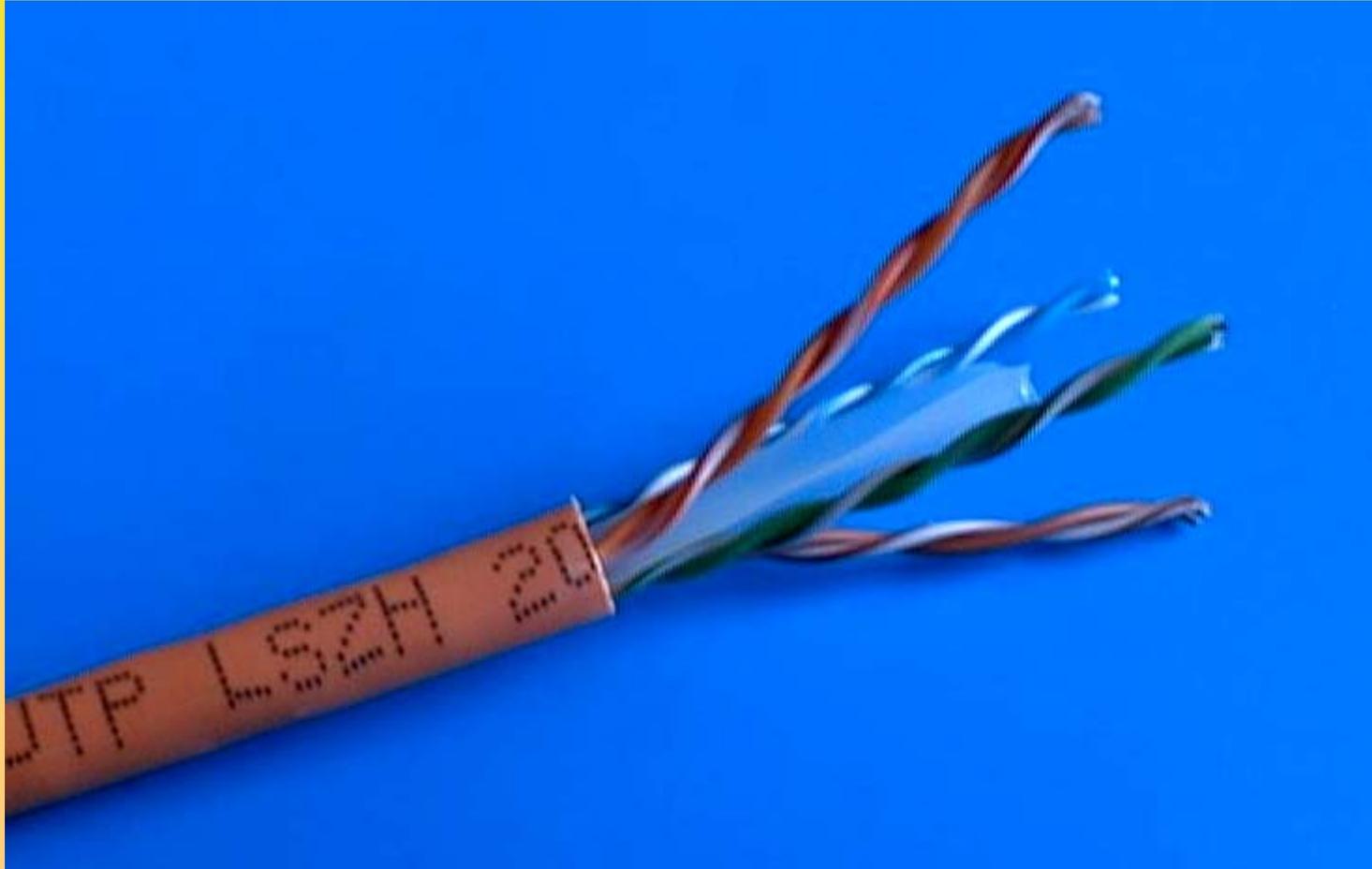
- Obiettivo: consentire la trasmissione di segnali a frequenze superiori a 100 MHz

(NOTA: attualmente tutte le codifiche di livello fisico lavorano al di sotto di 100 MHz, comprese Fast Ethernet e Gigabit Ethernet)

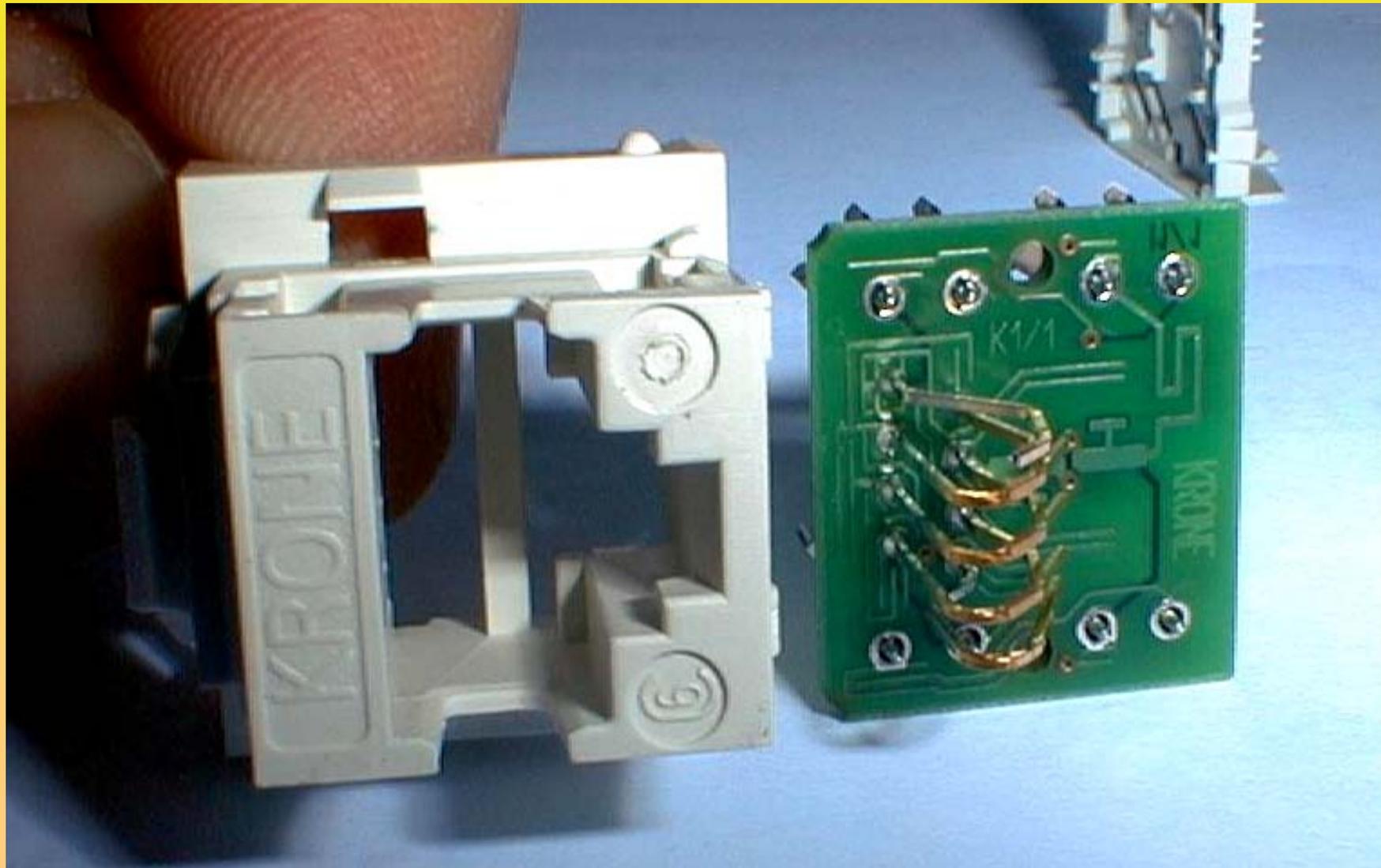
Categorie 6 e 7, classi E ed F

- ISO/IEC 11801:
 - Classe E 2000+ (fino a 250 MHz)
 - Classe F 2000+ (fino a 600 MHz)
- TIA/EIA 568 B (addendum 1):
 - cat. 6 (fino a 250 MHz)
 - cat. 7 (fino a 600 MHz)

Cavi di categoria 6



Connettori di categoria 6



Matrice di compatibilità

- Gli standard richiedono la “backward compatibility”:

		categoria del connettore (presa)		
		CAT. 5	CAT. 6	CAT. 7
categoria del patch cord	CAT. 5	CAT. 5	CAT. 5	CAT. 5
	CAT. 6	CAT. 5	CAT. 6	CAT. 6
	CAT. 7	CAT. 5	CAT. 6	CAT. 7

Vantaggi e svantaggi delle nuove categorie

- Vantaggi
 - minore diafonia, maggior rapporto segnale/rumore anche sotto i 100 MHz: la trasmissione è più “robusta”
 - apertura verso standard trasmissivi più “spinti”
- Svantaggi
 - maggiore difficoltà di realizzazione e collaudo
 - maggiori costi per soddisfare esigenze non evidenti (frequenze da 100 a 250 MHz)

Indice degli argomenti

- L'esigenza del cablaggio strutturato
- Organizzazione ed utilizzo del cablaggio
- Mezzi trasmissivi
- Standard
- Realizzazione e collaudo

Infrastrutture edilizie

- Rappresentano un aspetto fondamentale per la qualità del cablaggio
- Spesso il problema è sottovalutato
- Altrettanto spesso i costi aumentano in corso d'opera a causa delle integrazioni necessarie
- Elementi principali:
 - canalizzazioni per il cablaggio orizzontale e per le dorsali
 - vani per i permutatori
 - impianto di terra

EIA/TIA 569

Tutorial: il cablaggio strutturato degli edifici canalizzazioni per le antenne



Il collaudo

- A causa delle possibili criticità di installazione, le caratteristiche della componentistica usata rappresentano una condizione necessaria **ma non sufficiente** per ottenere un cablaggio funzionale per reti dati ad alta velocità
- È necessario effettuare il collaudo (detto anche **“certifica”**) sul 100% dei cavi e delle prese installate

Certifica

- Si tratta di verificare la conformità dei link (cavi con connettori installati ed eventualmente patch cord) con i parametri elettrici definiti dagli standard
- Procedure separate per
 - cavi in rame (aspetto più delicato)
 - fibra ottica

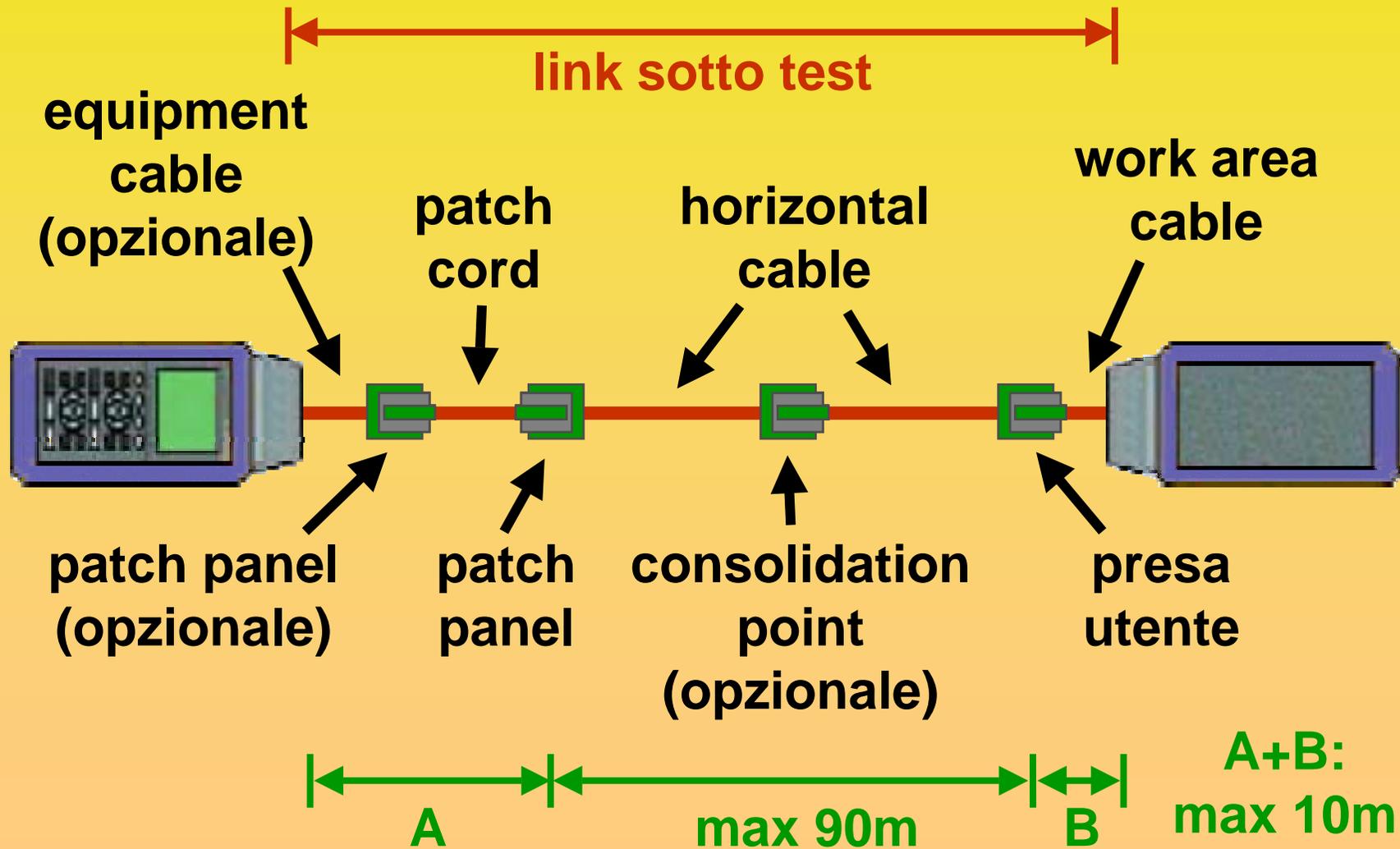
I field tester

- Sono strumenti di misura costituiti da due apparati:
 - *master*, con display e tastiera, effettua tutte le misure
 - *slave*, funge da iniettore di segnale e strumento di misura (per esempio per il “dual NEXT”)
- Possono tenere in memoria alcune centinaia di misure e successivamente scaricarle su PC
- Permettono di certificare i collegamenti in rame
- Spesso è disponibile un modulo opzionale per alcune misure sui collegamenti in fibra ottica

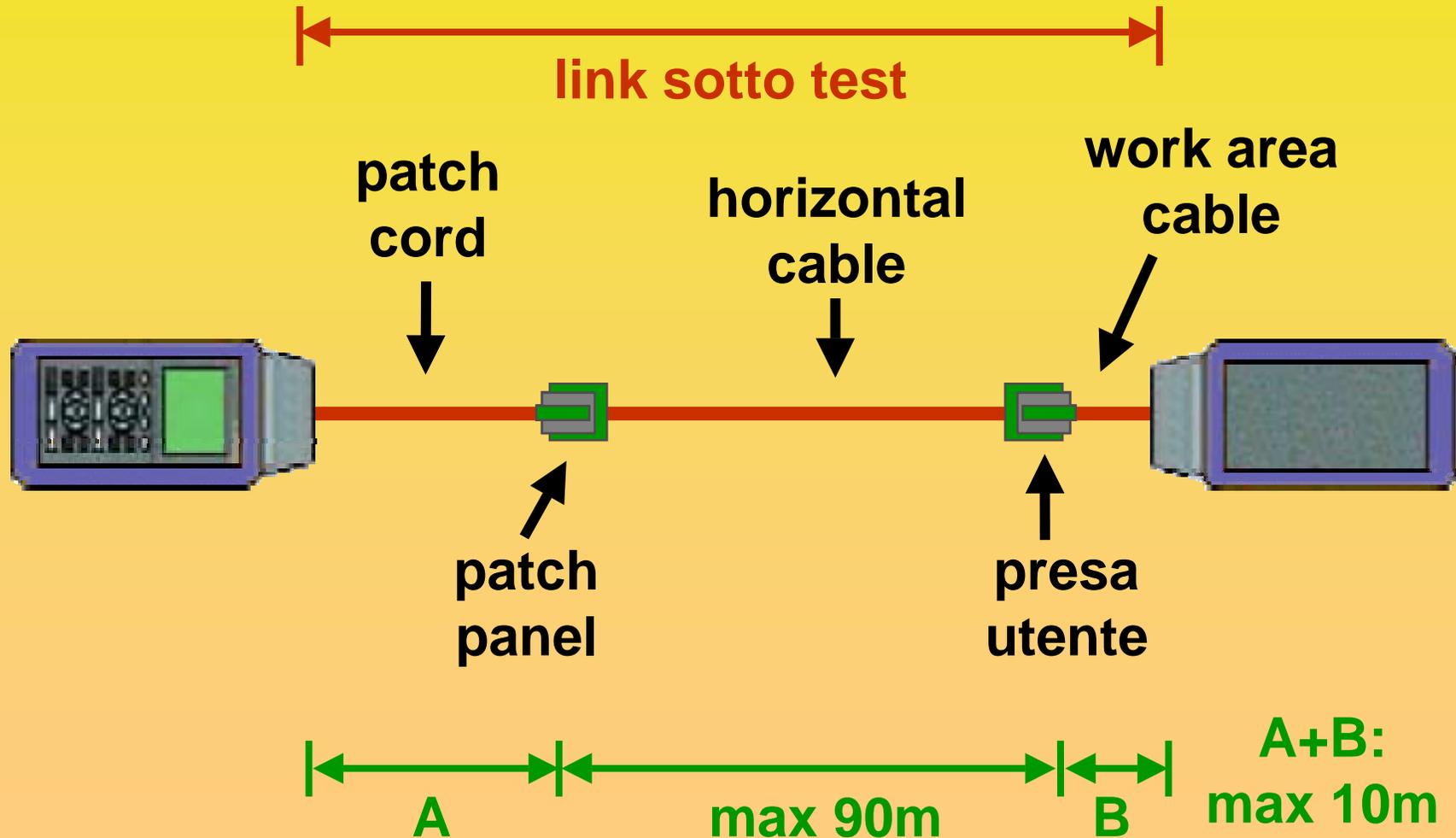
Come si certifica un cablaggio?

- **ATTENZIONE:** la semplicità d'uso dei field tester è insidiosa!
- Passi necessari:
 - scelta del modello di misura
 - configurazione del field tester coerentemente al modello scelto
 - impostazione (o misura) della velocità di propagazione del cavo nel field tester
 - esecuzione delle misure
 - consegna della documentazione

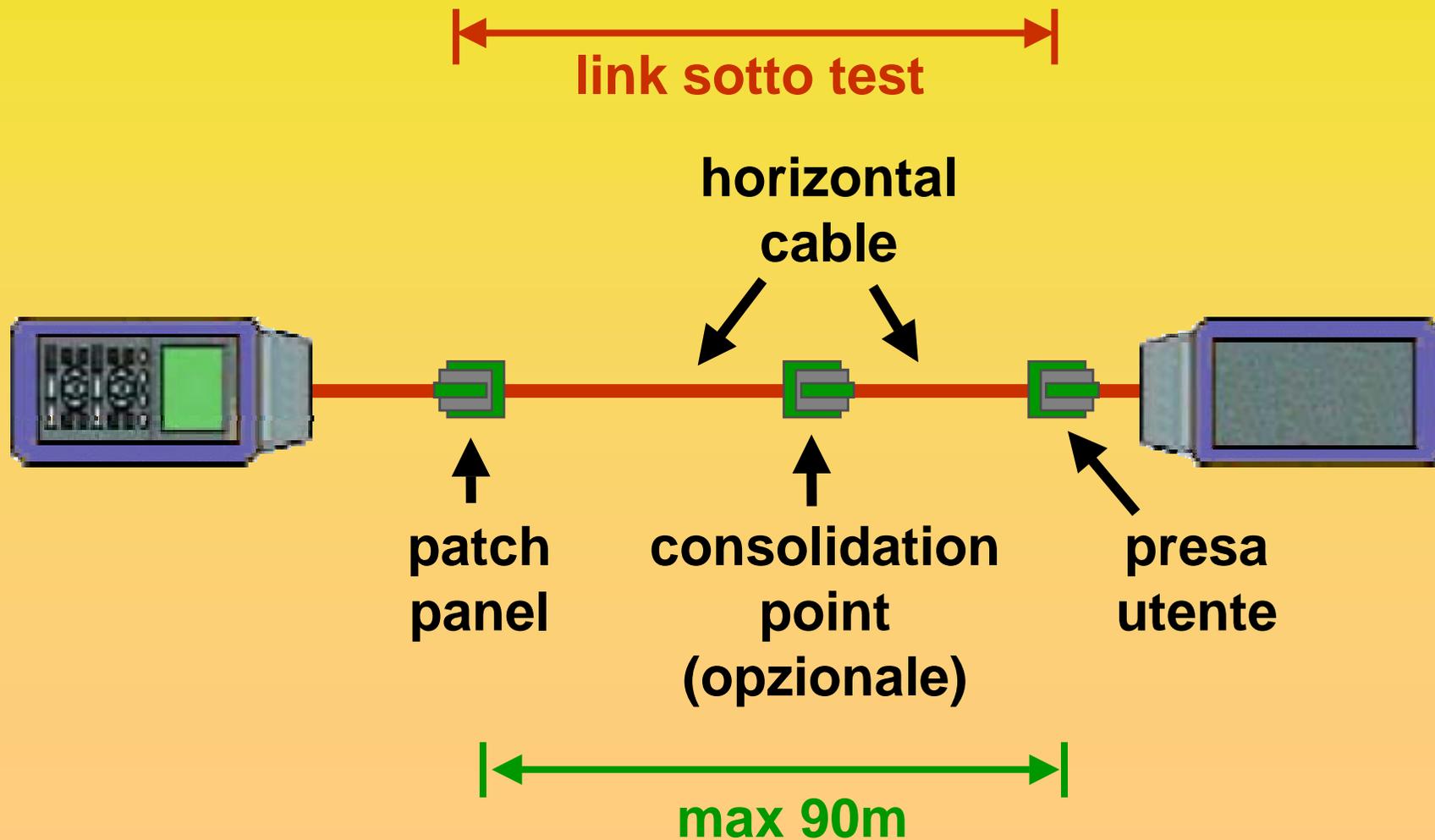
Modelli di misura: channel (in teoria)



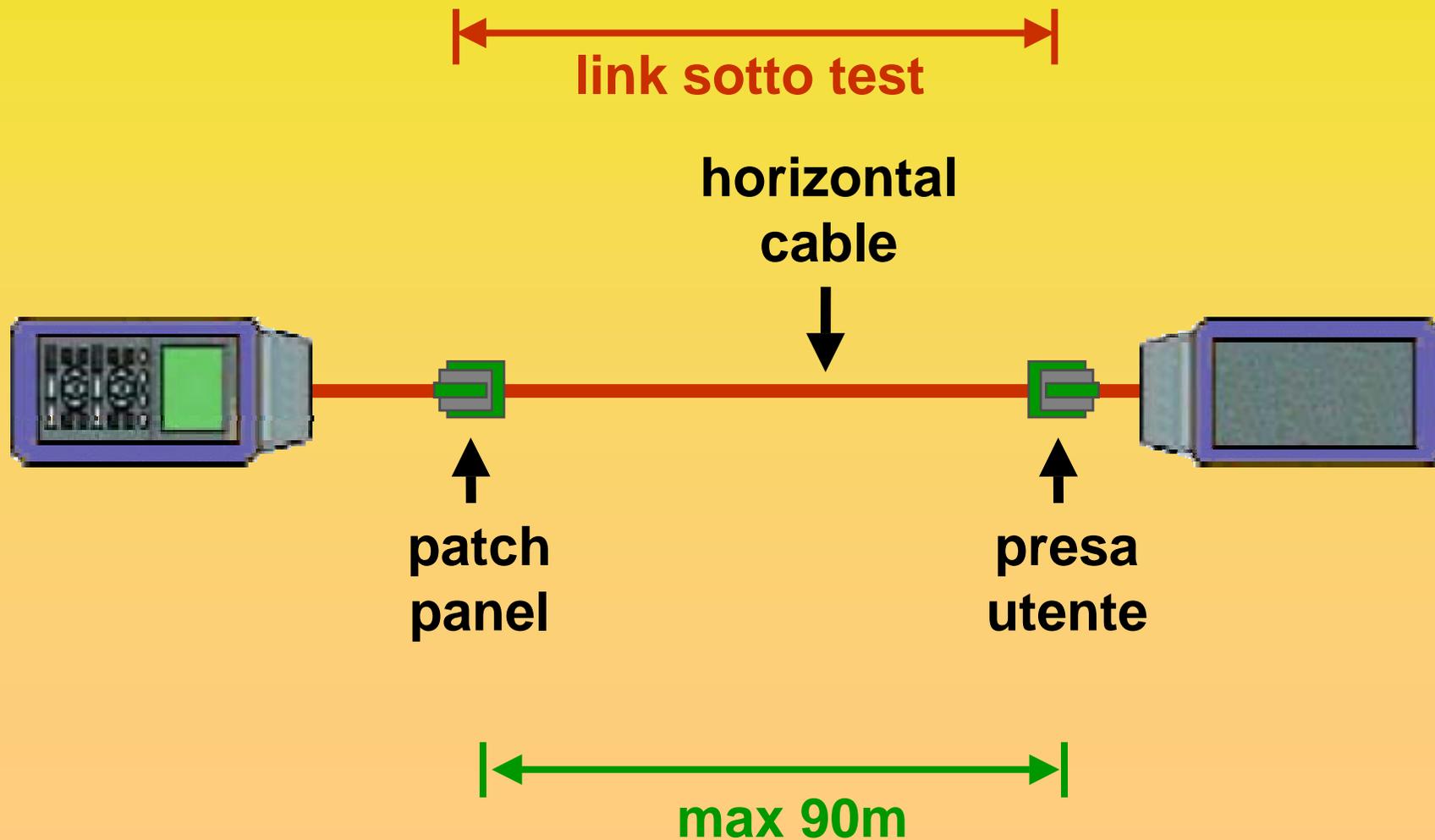
Modelli di misura: channel (in pratica, quasi sempre)



Modelli di misura: permanent link (in teoria)

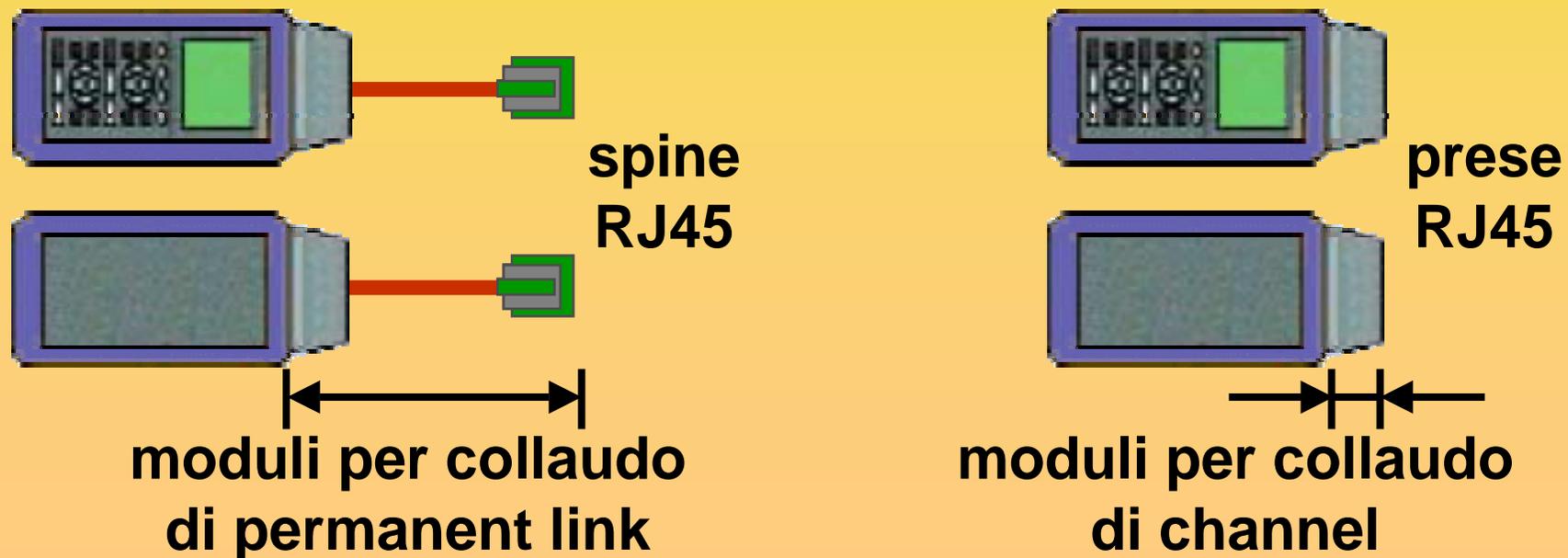


Modelli di misura: permanent link (in pratica, quasi sempre)



LIA: Link Interface Adapter

- Sui field tester di nuova generazione il modulo di interfaccia fisica è intercambiabile:
 - test di link o di channel (jack o plug)
 - cavi generici per collaudo di cat. 5/5E o proprietari per collaudo di cat. 6



Fibra ottica

- A rigore servirebbero le misure di:
 - attenuazione
 - return loss
- Date le ridotte distanze (rispetto alle potenzialità delle fibre ottiche), in genere ci si limita alla misura di attenuazione tramite power meter
- Per la misura di return loss è necessario utilizzare un OTDR (Optical Time-Domain Reflectometer)

Per saperne di più

“IL CABLAGGIO STRUTTURATO: fondamenti, criteri di progetto e realizzazione”

Videocorso in due videocassette prodotto e realizzato da P.L. Montessoro (no marketing!)



- Distribuzione: Krone Italia
- Presto in vendita anche via Internet
- Prezzo: 99 euro + i.v.a.
- Informazioni e link ai distributori:
www.montessoro.it