

Il cablaggio strutturato: un'infrastruttura ad alte prestazioni per reti locali affidabili

Napoli, 19 febbraio 2004

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 dell'autore.

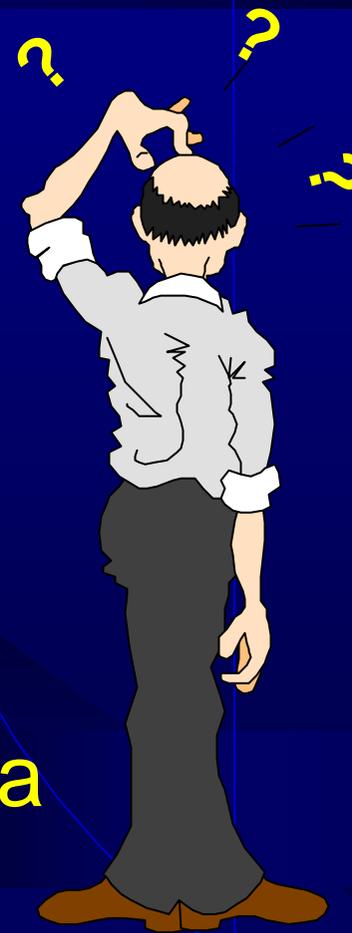
L'informazione contenuta in queste slide è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. L'autore non assume alcuna 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.

Evoluzioni tecnologiche

- Nuove tecnologie per l'integrazione fonia-dati
- Gigabit Ethernet (e 10 Gigabit Ethernet?)
- Cablaggio in rame fino a 250 e 600 MHz
- Wi-Fi (ma la banda trasmissiva la condividiamo o no???)



Cos'è il cablaggio?

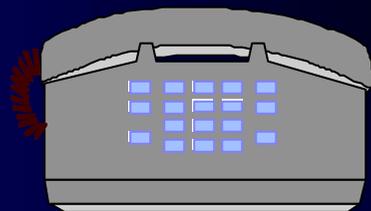
- Il cablaggio è un'infrastruttura per la trasmissione di segnali in un edificio o in più edifici in un campus
- Si compone di un insieme di componenti passivi:
 - cavi
 - connettori (jack, plug)
 - prese (telecommunication outlet)
 - permutatori (cross-connect, distributor)
 - ...

Cos'è il cablaggio?

- Tale infrastruttura può essere facilmente configurata per portare servizi di telecomunicazioni ai posti di lavoro o per spostarli, senza opere murarie ed elettriche aggiuntive

L'esigenza del cablaggio strutturato - I

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



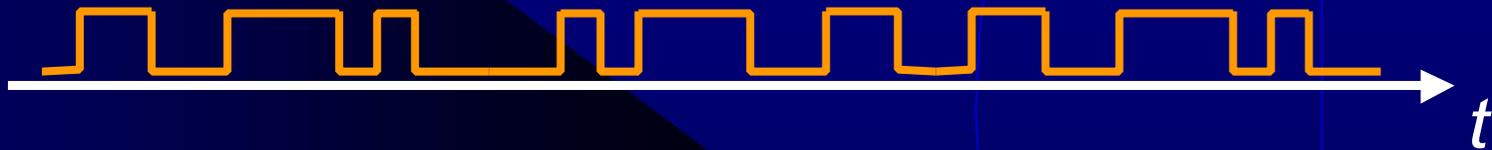
- Problema: tipi differenti di trasmissione

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
 - ...

Trasmissione telefonica in ambito locale

- Fonia: flusso continuo a 64 kb/s
(campionamento a 8 KHz, 8 bit/campione)

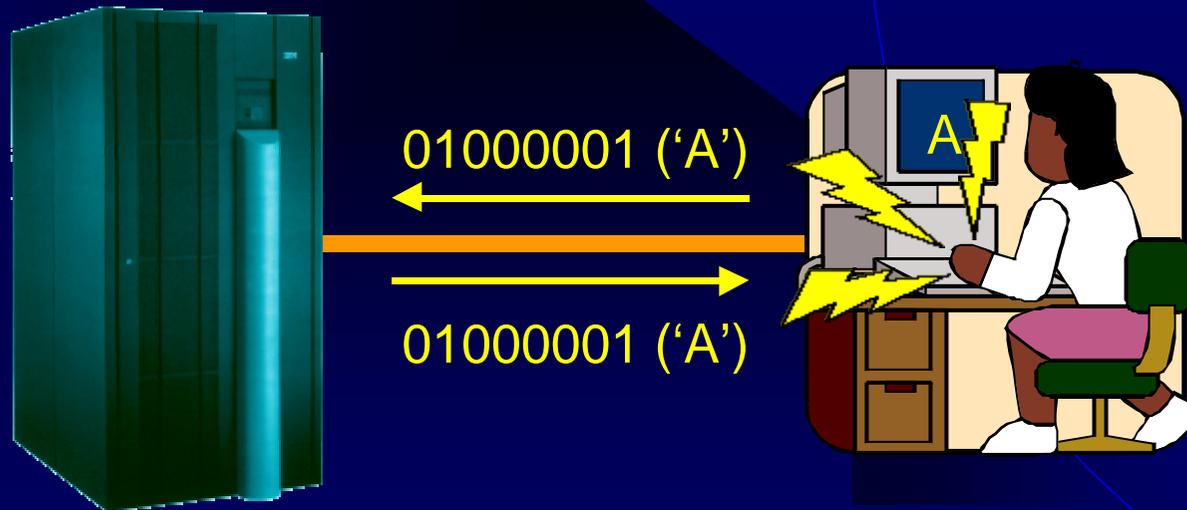


BLA BLA BLA ...

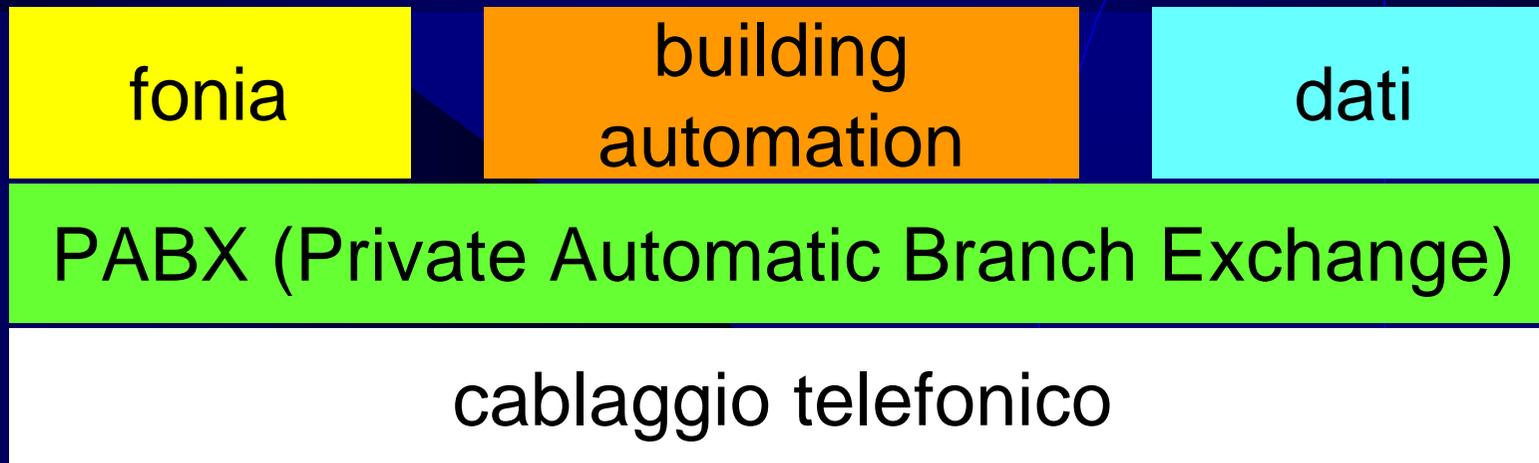


Trasmissione in ambito locale

- Terminali alfanumerici: trasmissione asincrona a bassa velocità



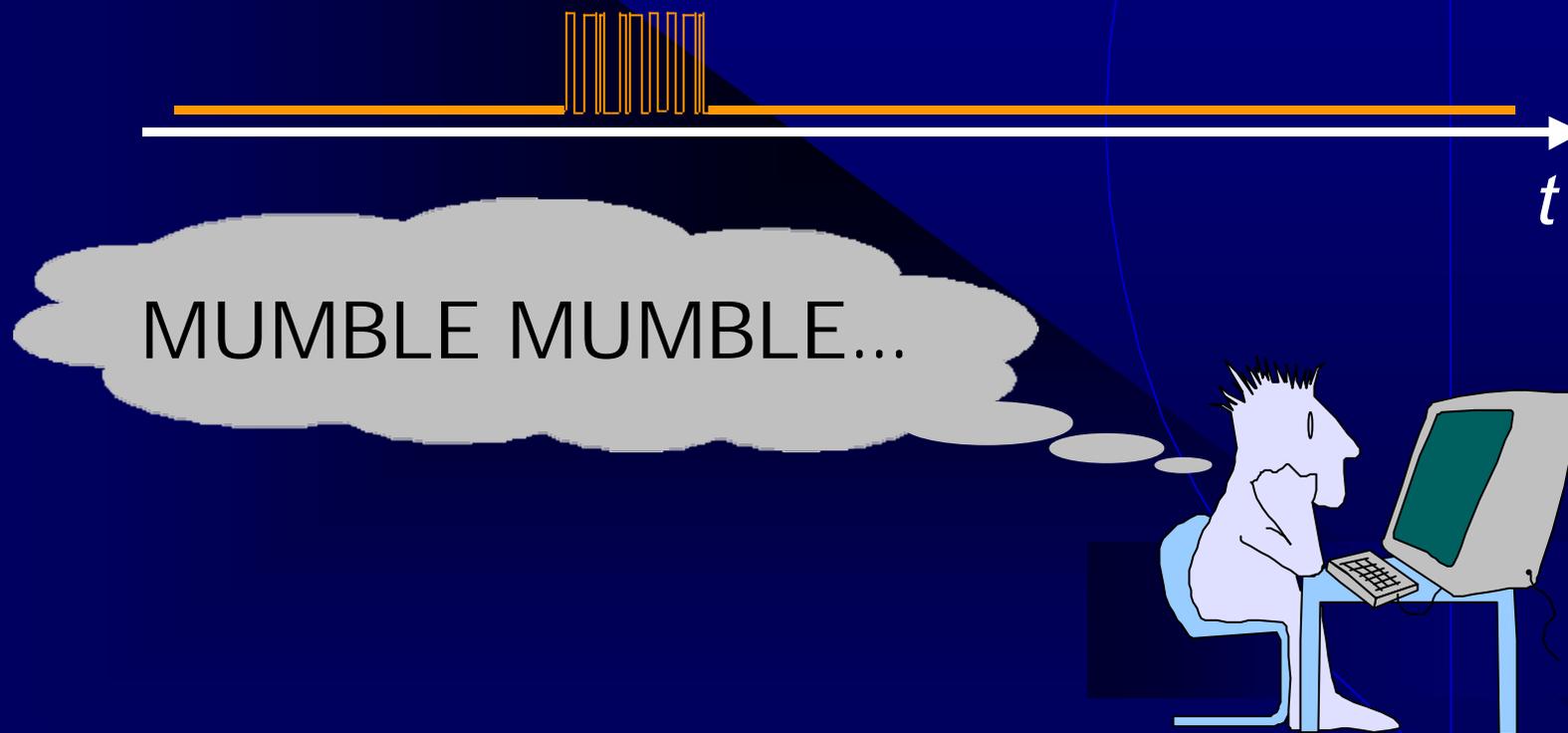
Primo modello proposto per l'integrazione fonia-dati



- Limitato al collegamento di terminali alfanumerici
- Non adatto a sistemi distribuiti con capacità elaborative locali

Trasmissione dati in una rete locale

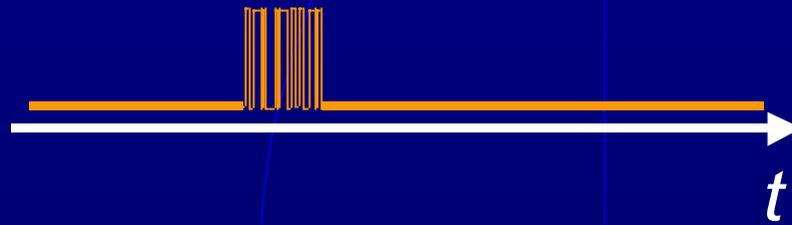
- Sistemi distribuiti: trasmissione “a burst”, richiede elevata velocità per brevi periodi



Come integrare?



fonìa

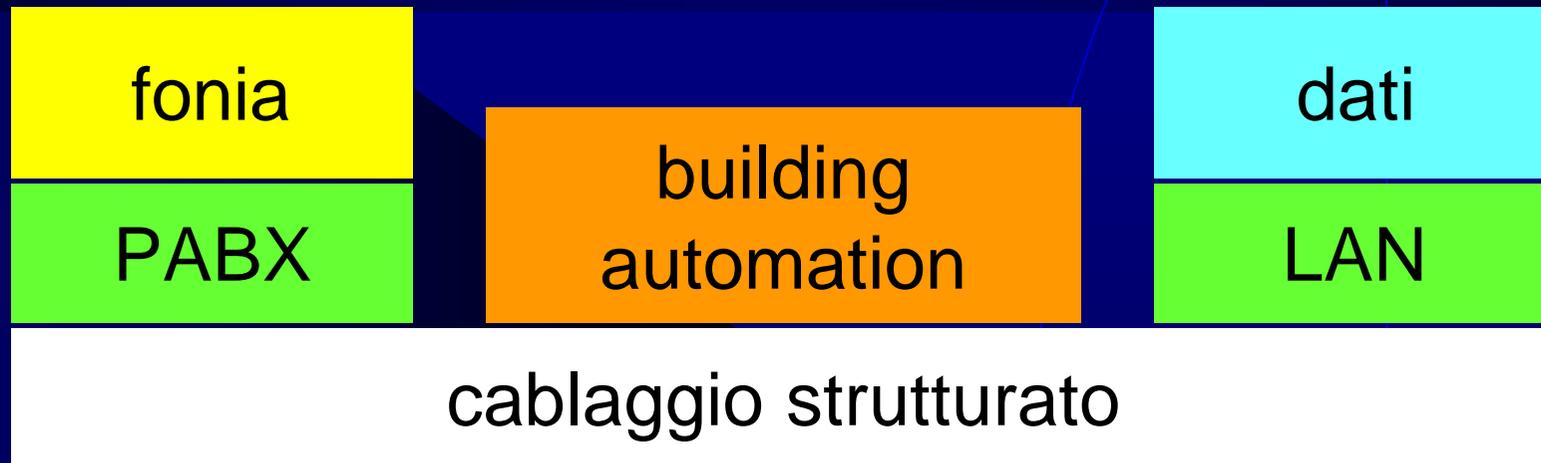


dati



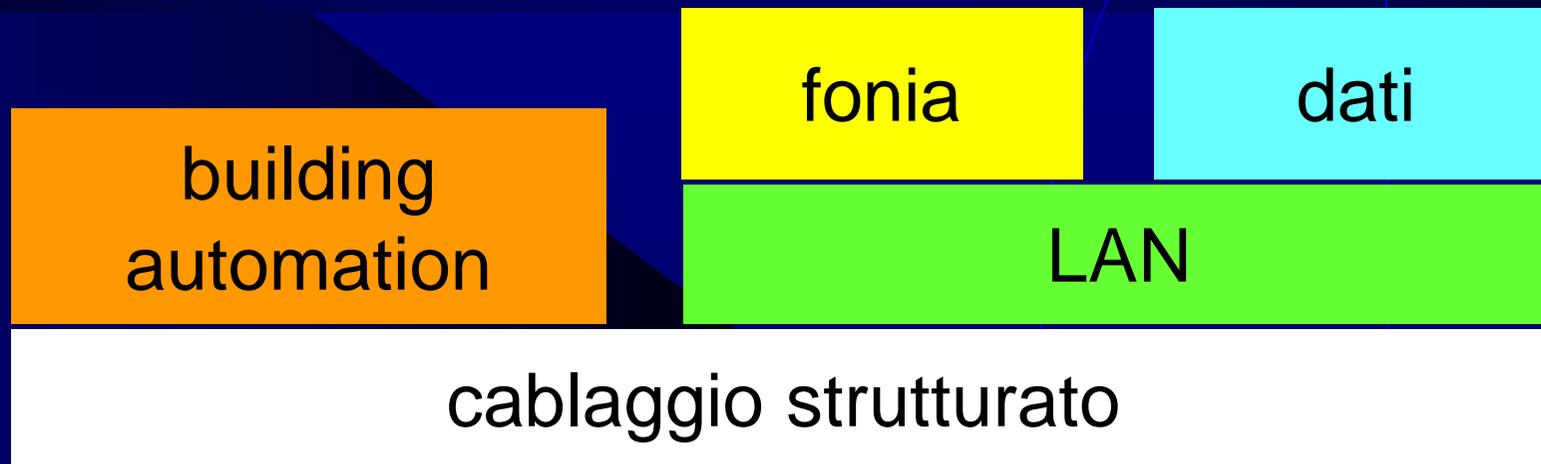
stesso tipo di supporto fisico

Attuale modello di integrazione fonia-dati



- L'integrazione si basa su una infrastruttura fisica comune

Possibile futuro modello di integrazione fonia-dati



- **Tecnologia proposta:
VOIP (Voice Over IP)**

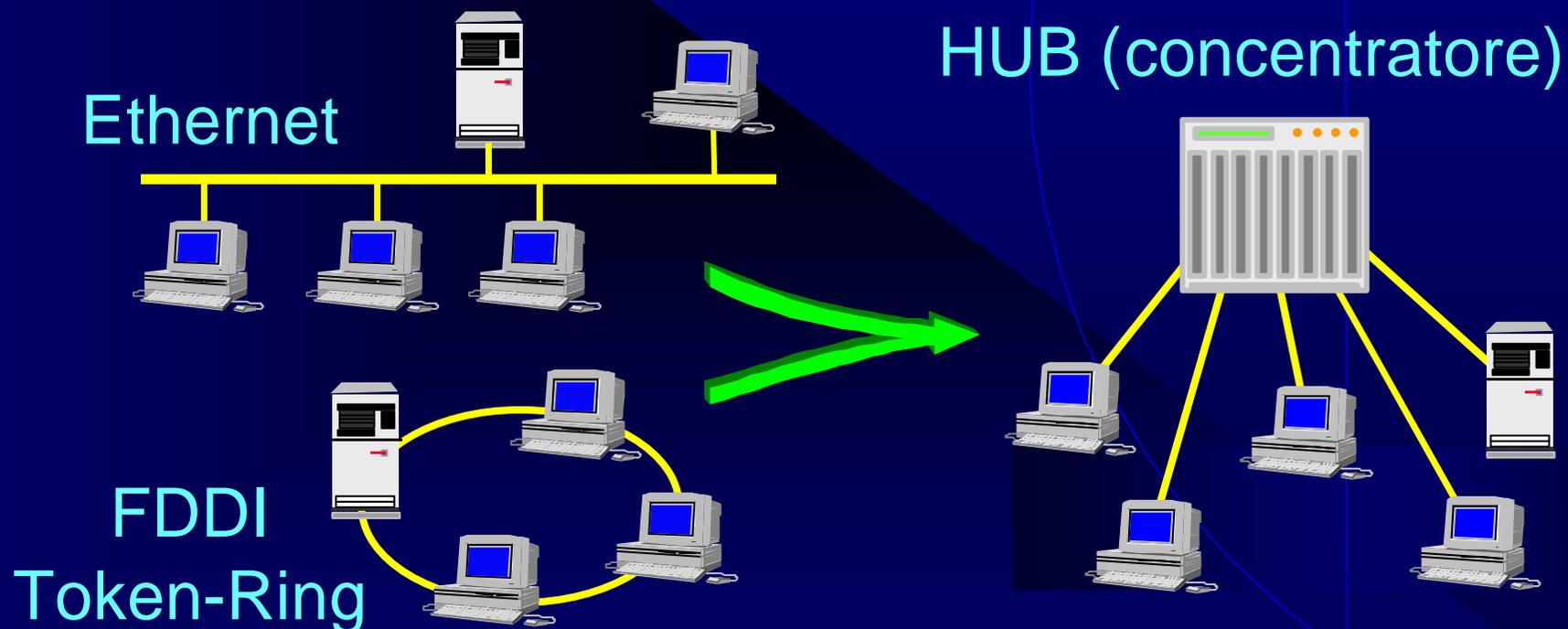
L'esigenza del cablaggio strutturato - III



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

L'esigenza del cablaggio strutturato - IV

- Evoluzione delle reti locali:
 - da topologia a bus/anello a topologia stellare



Fault tolerance

- Particolarmente importante nei collegamenti di dorsale e delle sale macchine (server)
- Realizzata mediante gli apparati di rete, richiede adeguata infrastruttura di cablaggio

Affidabilità del cablaggio

- Il cablaggio è un sistema trasmissivo che lavora a frequenze elevate



- Progettazione accurata
- Infrastrutture adeguate
- Attenta scelta dei componenti
- Cura nell'installazione

Sommario

- **Evoluzione delle reti locali**
 - Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet (Locale? Si fa per dire!)
- **Il cablaggio strutturato degli edifici**
 - Architettura, standard ed evoluzione
 - Nuove categorie e certifica
- **Criteri di progetto**
 - Infrastrutture
 - Dorsali in fibra ottica
- **Conclusioni**

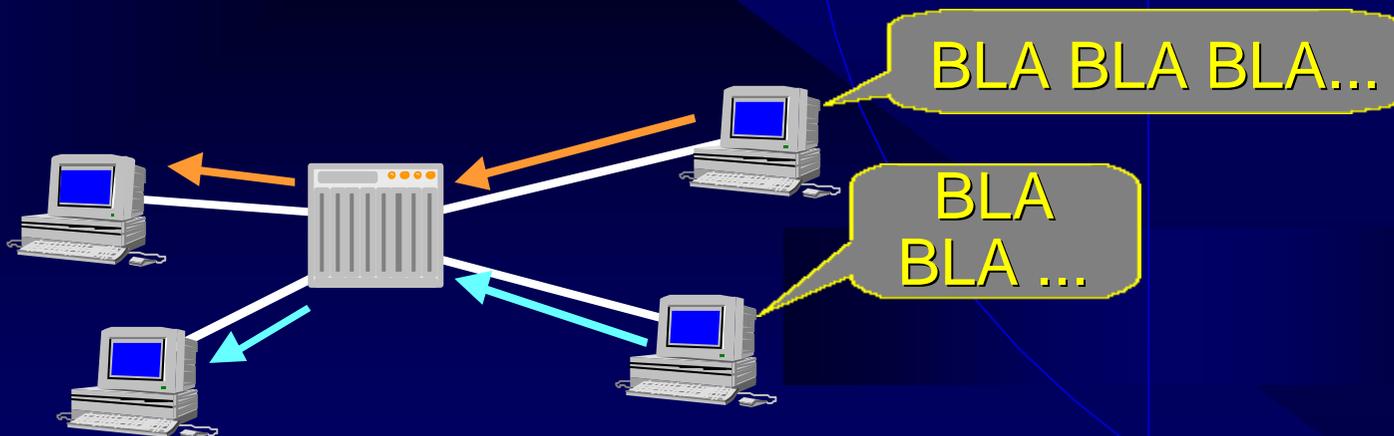
Sommario

- **Evoluzione delle reti locali**
 - Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet (Locale? Si fa per dire!)
- **Il cablaggio strutturato degli edifici**
 - Architettura, standard ed evoluzione
 - Nuove categorie e certifica
- **Criteri di progetto**
 - Infrastrutture
 - Dorsali in fibra ottica
- **Conclusioni**

Evoluzione della rete Ethernet

Progressivo abbandono della condivisione della banda trasmissiva

- Bridge 802.1D
- Switch (realizzazione hardware delle funzioni di inoltro dei bridge)



Evoluzione della rete Ethernet

Aumento della velocità trasmissiva

- Fast Ethernet (IEEE 802.3u): 100 Mb/s
- Gigabit Ethernet (IEEE 802.3z, IEEE 802.3ab, IEEE 802.3x): 1 Gb/s
- 10Gb Ethernet (IEEE 802.3ae): 10 Gb/s

Evoluzione della rete Ethernet

Viene mantenuto il formato
del pacchetto

Vengono modificati alcuni parametri
del protocollo

→ **Fast Ethernet:** si riduce il diametro
massimo della rete

→ **Gigabit Ethernet:** si aumenta la durata
minima della trasmissione

Evoluzione della rete Ethernet

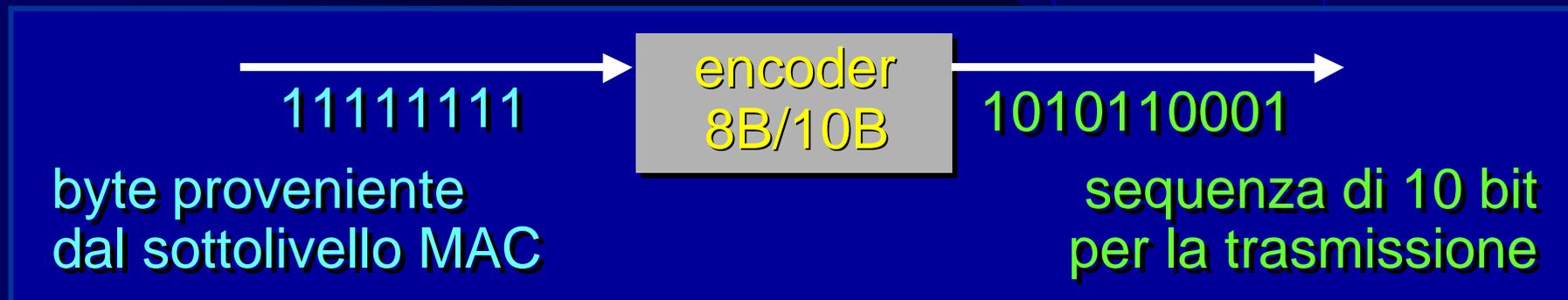
→ 10Gb Ethernet:

si abbandona la possibilità di condividere la banda trasmissiva mediante CSMA/CD (rete di soli switch con collegamenti punto-punto full duplex)

Codifiche di livello fisico per velocità di 1 Gb/s

Codifica 8B10B: 1Gb/s su fibra ottica e su rame
STP fino a 25 metri

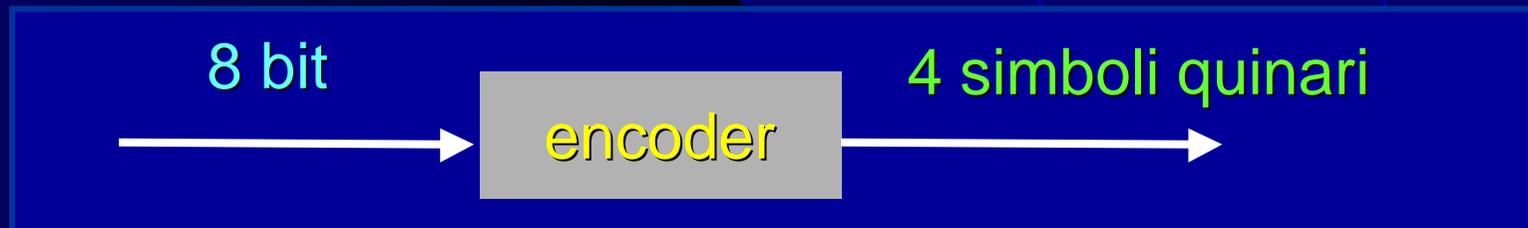
- Garantisce la trasmissione di un numero di transizioni sufficiente a consentire la sincronizzazione del ricevitore



Codifiche di livello fisico per velocità di 1 Gb/s

PAM 5 (5 level pulse amplitude modulation):
1Gb/s su TP cat. 5e

→ Codifica a 5 livelli



→ Simboli quinari trasmessi a 125 Mbaud

→ I simboli ridondanti sono usati per forwarding error correction

PAM 5

In Gigabit Ethernet su doppino di cat. 5e vengono utilizzate le 4 coppie contemporaneamente

Velocità risultante:

- 125M simboli al sec. (per ogni coppia) x 4 coppie = 500 M simboli quinari/sec.
- 4 simboli trasportano 8 bit → ogni simbolo trasporta in media 2 bit
- bit rate = $500 \text{ M} \times 2 = 1000 \text{ Mb/s}$

Livello fisico per Gigabit Ethernet

Standard	Mezzo fisico (banda passante per lunghezza)	Utilizzo	Max lung.	Codifica
1000BASE-SX	MMF 50/125 μm (400 MHz * Km a 850nm)	2 fibre	500 m	FC: 8B10B
	MMF 50/125 μm (500 MHz * Km a 850nm)		550 m	
	MMF 62.5/125 μm (160 MHz * Km a 850nm)		220 m	
	MMF 62.5/125 μm (200 MHz * Km a 850nm)		275 m	
1000BASE-LX	MMF 50/125 μm (400/500 MHz * Km a 1300nm)	2 fibre	550 m	FC: 8B10B
	MMF 62.5/125 μm (500 MHz * Km a 1300nm)		550 m	
	SMF 10/125 μm		5000 m	
1000BASE-CX	Doppino attorcigliato schermato bilanciato (jumper cable) 150 Ω	2 coppie	25 m	FC: 8B10B
1000BASE-T	Doppino attorcigliato non schermato bilanciato 100 Ω Cat. 5	4 coppie	100 m	PAM5

10 Gigabit Ethernet: obiettivo MAN e WAN

- **Mantiene il formato della trama 802.3**
- **Non prevede l'utilizzo di repeater (quindi non utilizza il protocollo MAC CSMA/CD né la carrier extension)**

10 Gigabit Ethernet: obiettivo MAN e WAN

- Impiegata per il collegamento full-duplex tra switch
- Prevede esclusivamente l'utilizzo di fibra ottica multimodale o monomodale

10 Gigabit Ethernet: obiettivo MAN e WAN

- ➔ Consente il riutilizzo di infrastrutture fisiche (fibre ottiche) attualmente esistenti
- ➔ Può utilizzare componenti hardware già sviluppati per SONET/SDH
- ➔ Possibilità di trasporto di trame 10GE su SONET/SDH

Livello fisico per 10 Gigabit Ethernet

Standard	Tipo fibra	Massima lunghezza	Finestra	Utilizzo	Codifica
10GBASE-SR	Multimodale 62.5 μm	26 – 33 m	850 nm	Edificio (Cablaggio orizzontale)	64B/66B
	Multimodale 50 μm	66 – 300 m			
10GBASE-LR	Monomodale (10 μm)	10 Km	1310 nm	Comprensorio	64B/66B
10GBASE-ER	Monomodale (10 μm)	40 Km	1550 nm	Metropolitana	64B/66B
10GBASE-LX4	Multimodale 62.5 μm	300 m	1310 nm	Edificio (Cablaggio orizzontale)	FC 10G: 8B10B
	Multimodale 50 μm	240 – 300 m			
	Monomodale (10 μm)	10 Km		Comprensorio	
10GBASE-SW	Multimodale 62.5 μm	26 – 33 m	850 nm	Edificio (Cablaggio orizzontale)	64B/66B SONET/SDH framing
	Multimodale 50 μm	66 – 300 m			
10GBASE-LW	Monomodale (10 μm)	10 Km	1310 nm	Comprensorio	64B/66B SONET/SDH framing
10GBASE-EW	Monomodale (10 μm)	40 Km	1550 nm	Metropolitana	64B/66B SONET/SDH framing

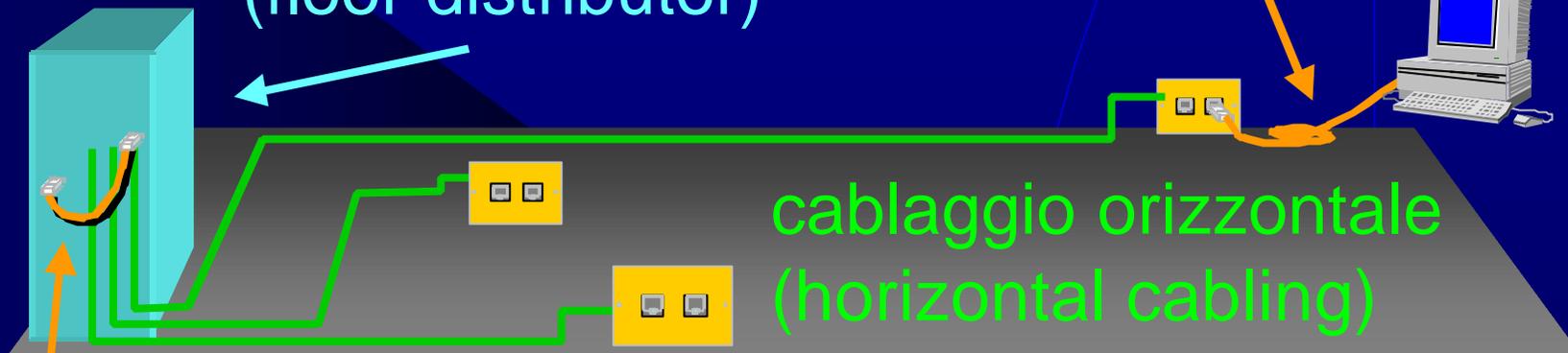
Sommario

- Evoluzione delle reti locali
 - Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet (Locale? Si fa per dire!)
- Il cablaggio strutturato degli edifici
 - Architettura, standard ed evoluzione
 - Nuove categorie e certifica
- Criteri di progetto
 - Infrastrutture
 - Dorsali in fibra ottica
- Conclusioni

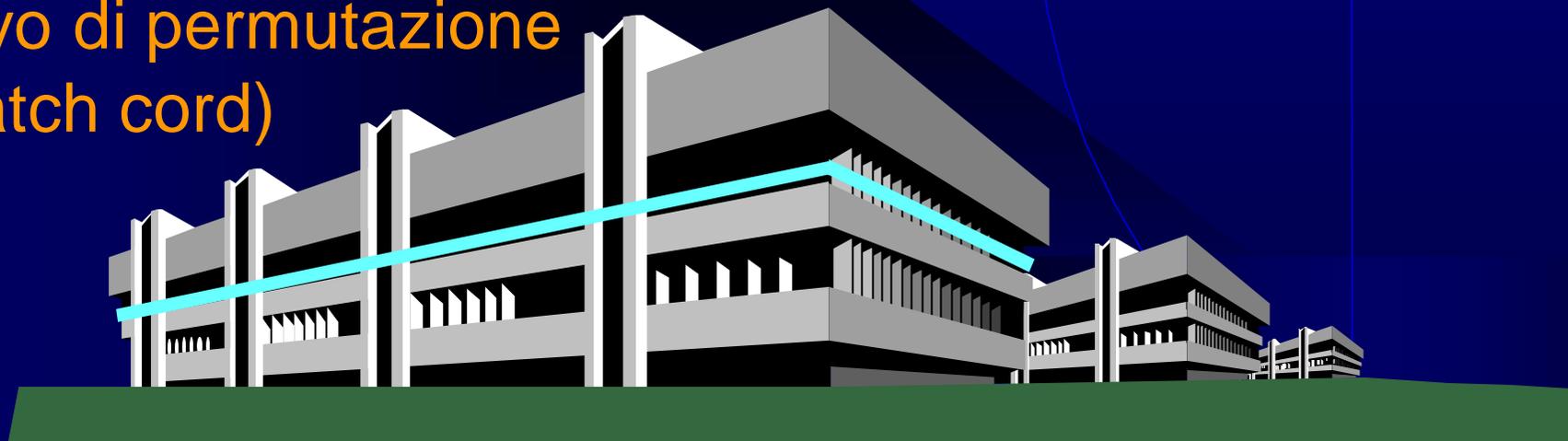
Struttura di un cablaggio tipico

permutatore di piano
(floor distributor)

work area cable



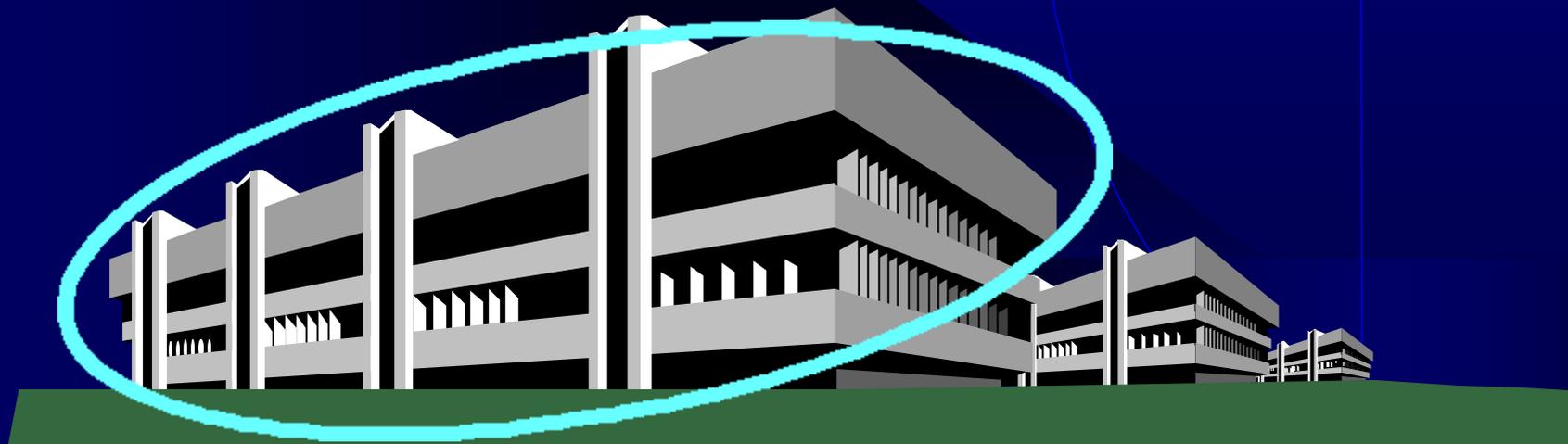
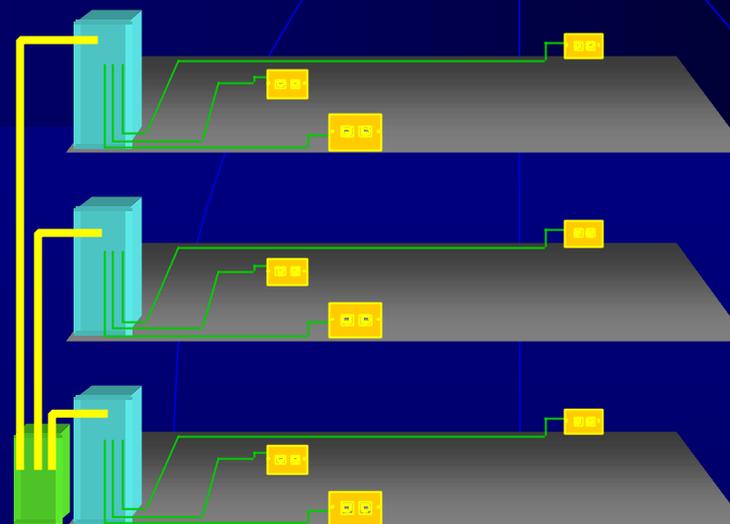
cavo di permutazione
(patch cord)



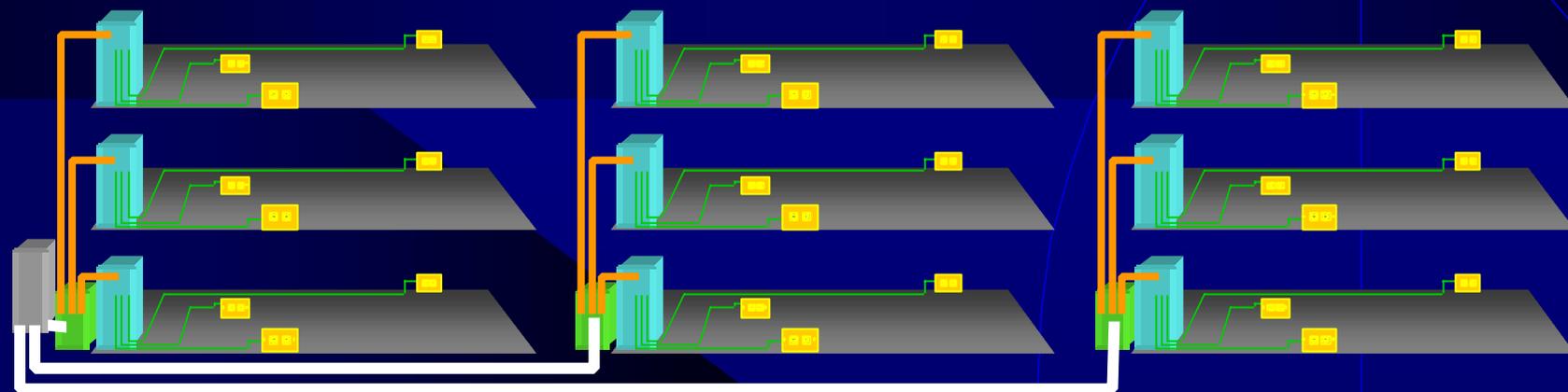
Struttura di un cablaggio tipico

cablaggio verticale o dorsale
(building backbone)

permutatore di edificio
(building distributor)

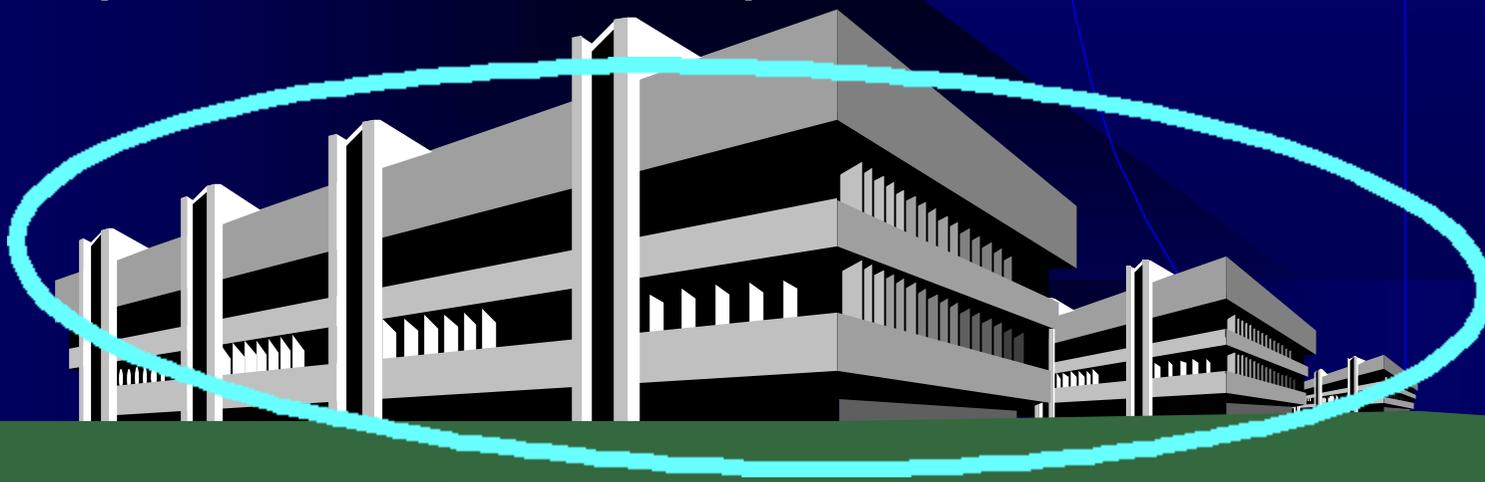


Struttura di un cablaggio tipico



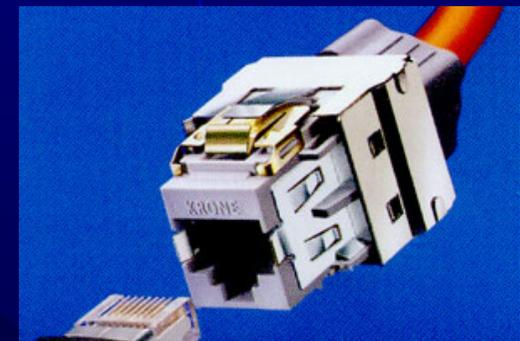
permutatore di campus

dorsale di campus



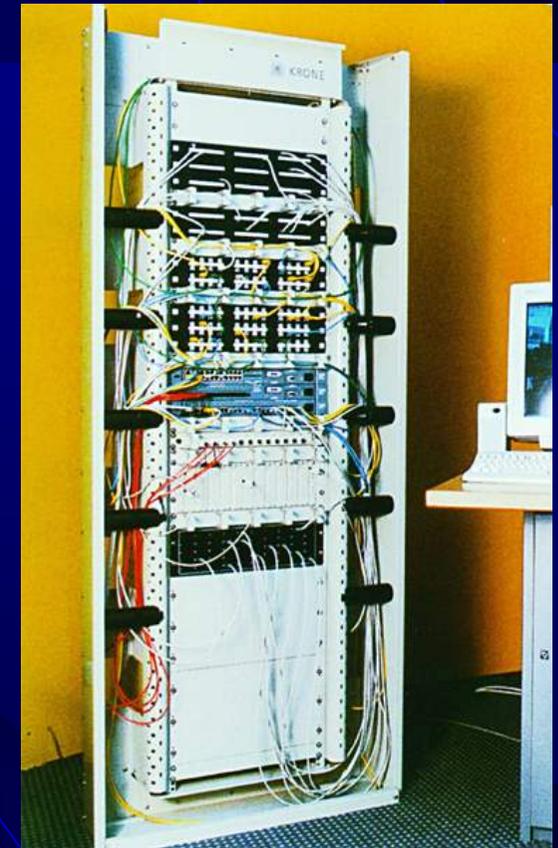
Componenti di un cablaggio tipico

- **Cablaggio orizzontale**
 - doppino in rame a 4 coppie (UTP o FTP) di categoria 5E o superiore
 - prese RJ45 di categoria 5E o superiore (almeno 2 per posto di lavoro)



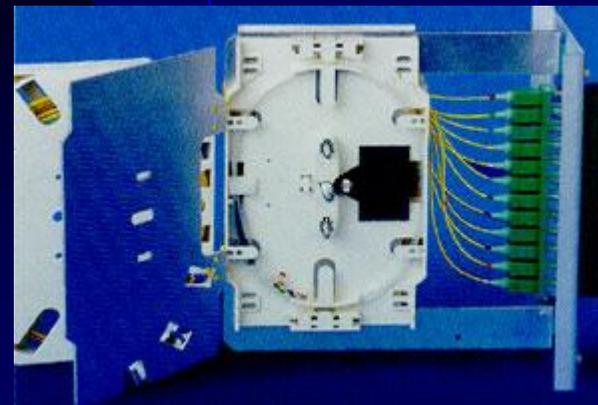
Componenti di un cablaggio tipico

- Permutazione e collegamento delle utenze
 - “patch cord” per cavi in rame
 - “bretelle ottiche” per link in fibra ottica

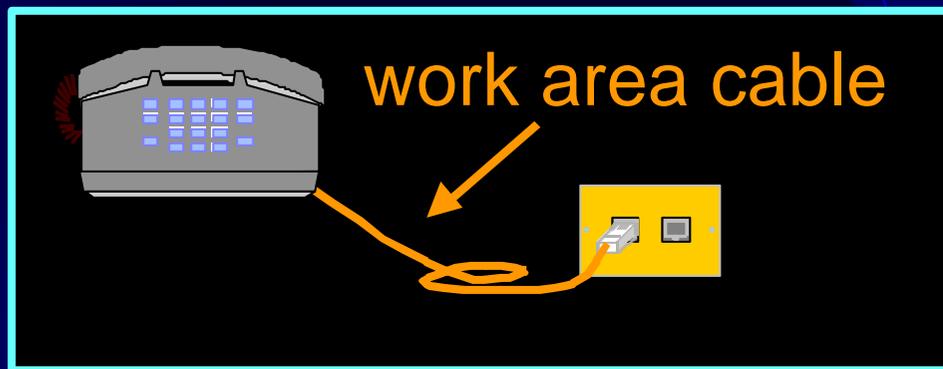
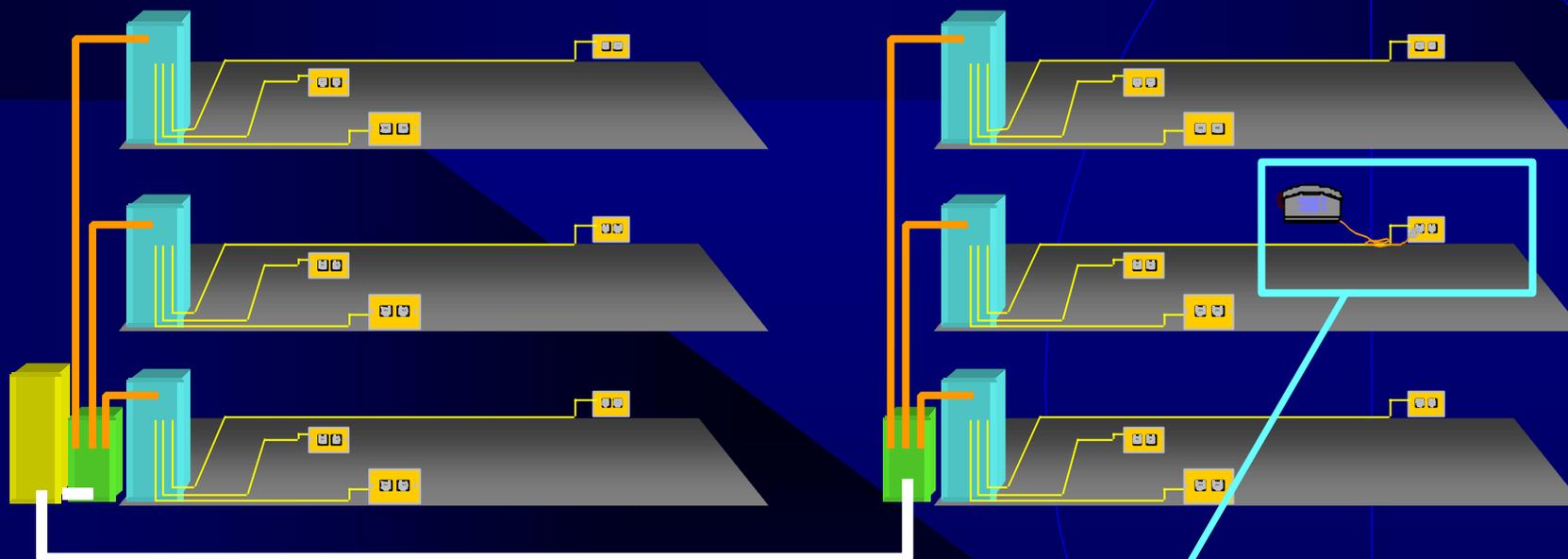


Componenti di un cablaggio tipico

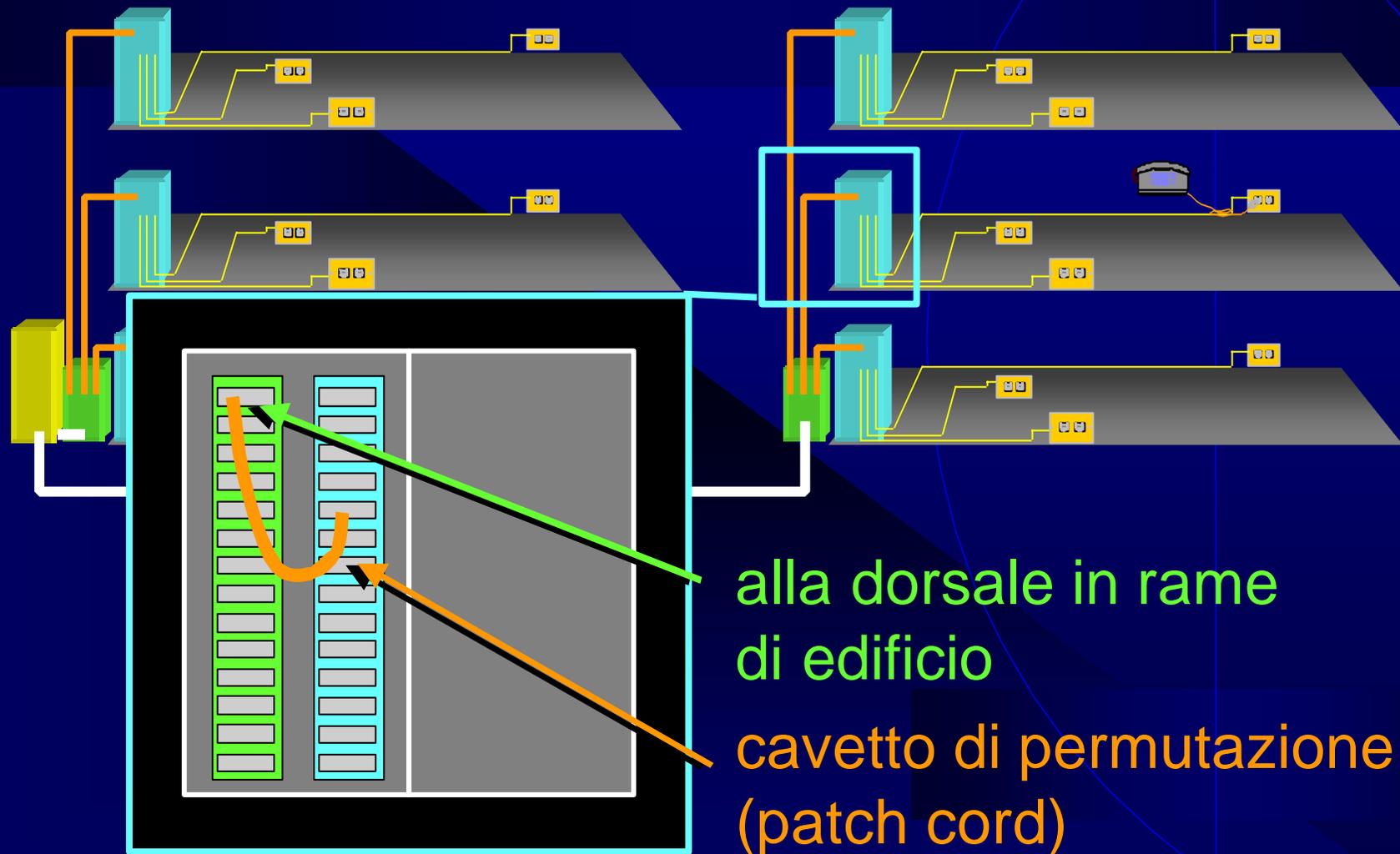
- Cablaggio verticale
 - doppino multicoppia per la telefonia
 - fibra ottica per la rete dati e per eventuali altri servizi



L'utilizzo: fonia (I)



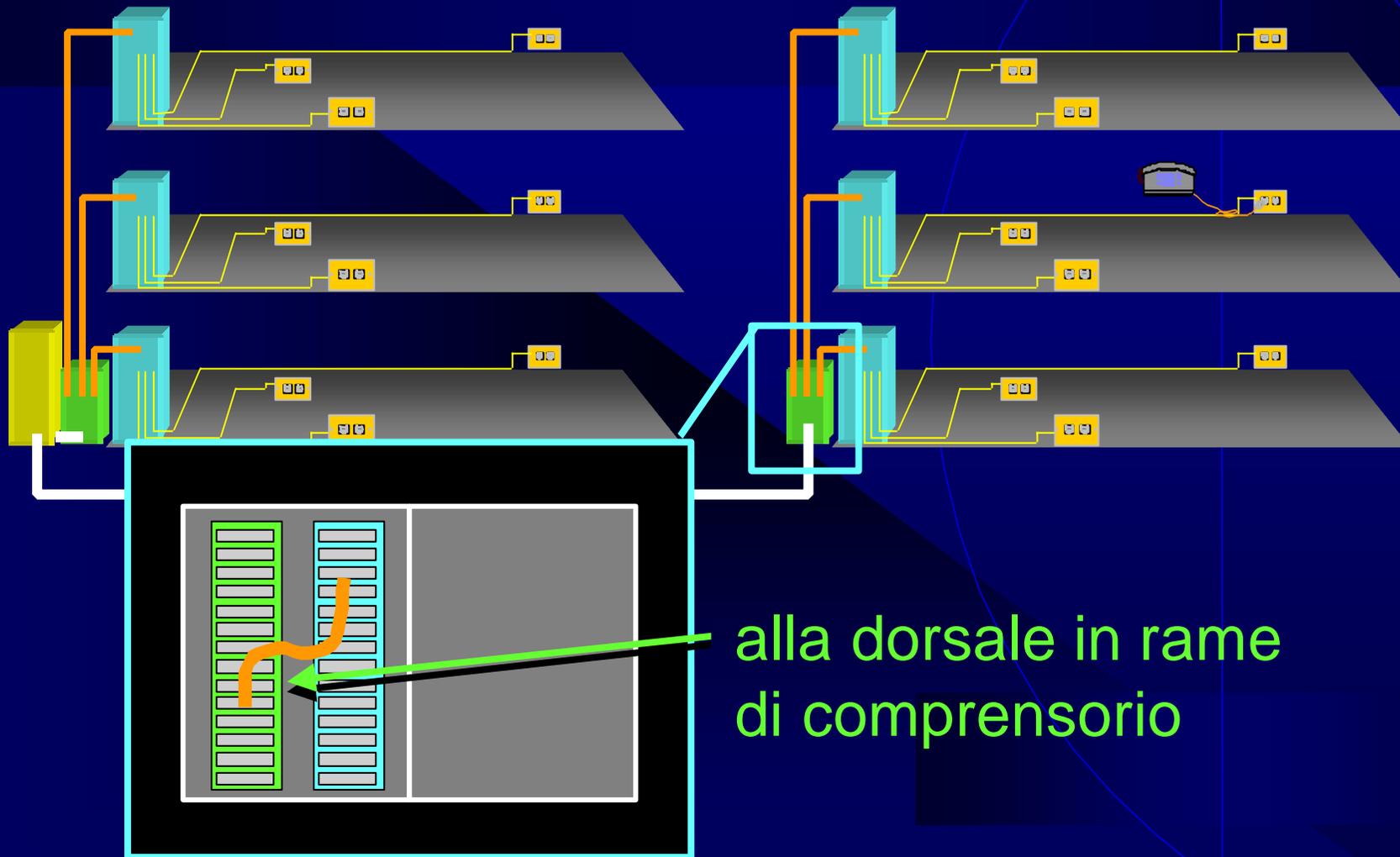
L'utilizzo: fonia (II)



alla dorsale in rame
di edificio

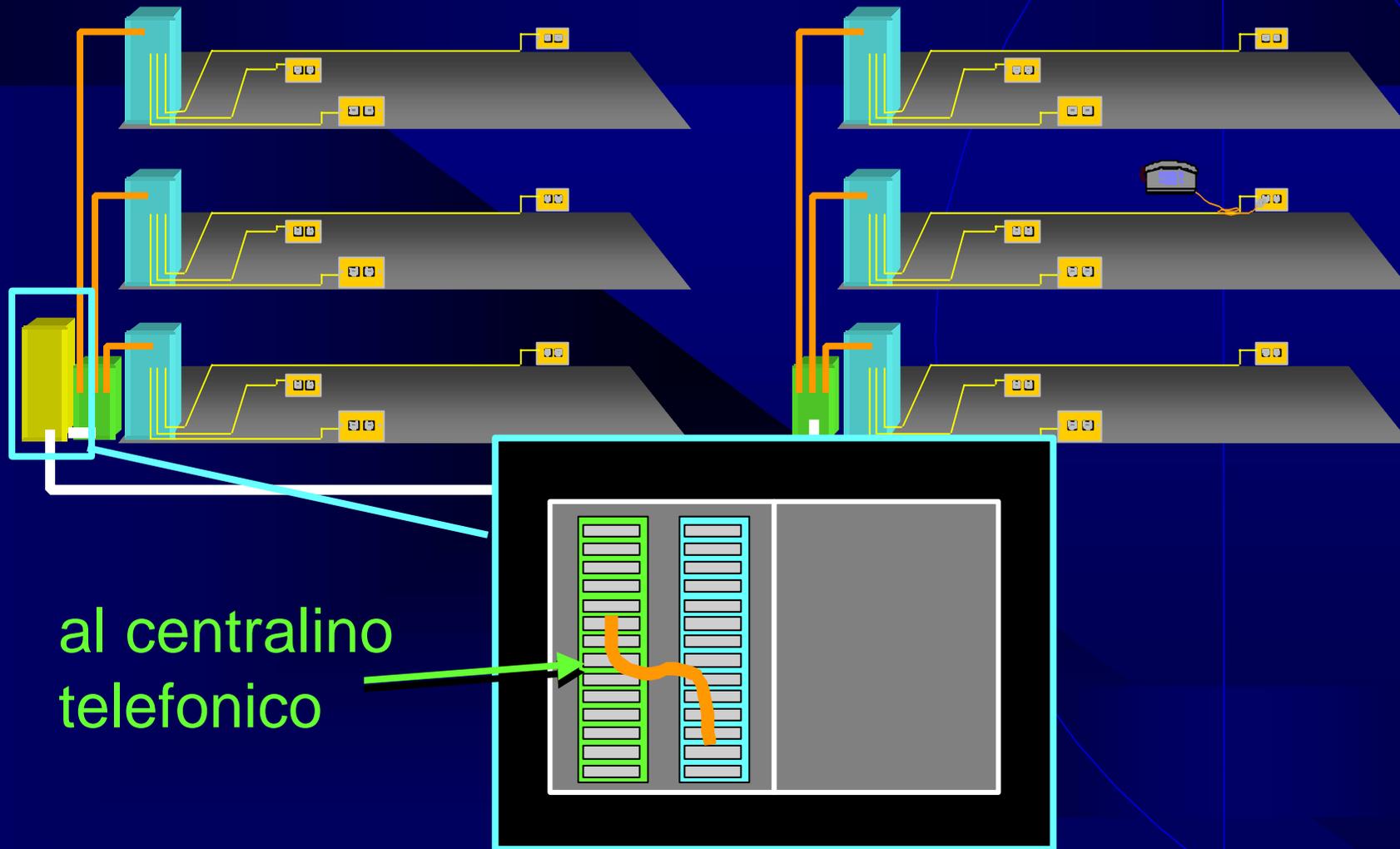
cavetto di permutazione
(patch cord)

L'utilizzo: fonia (III)



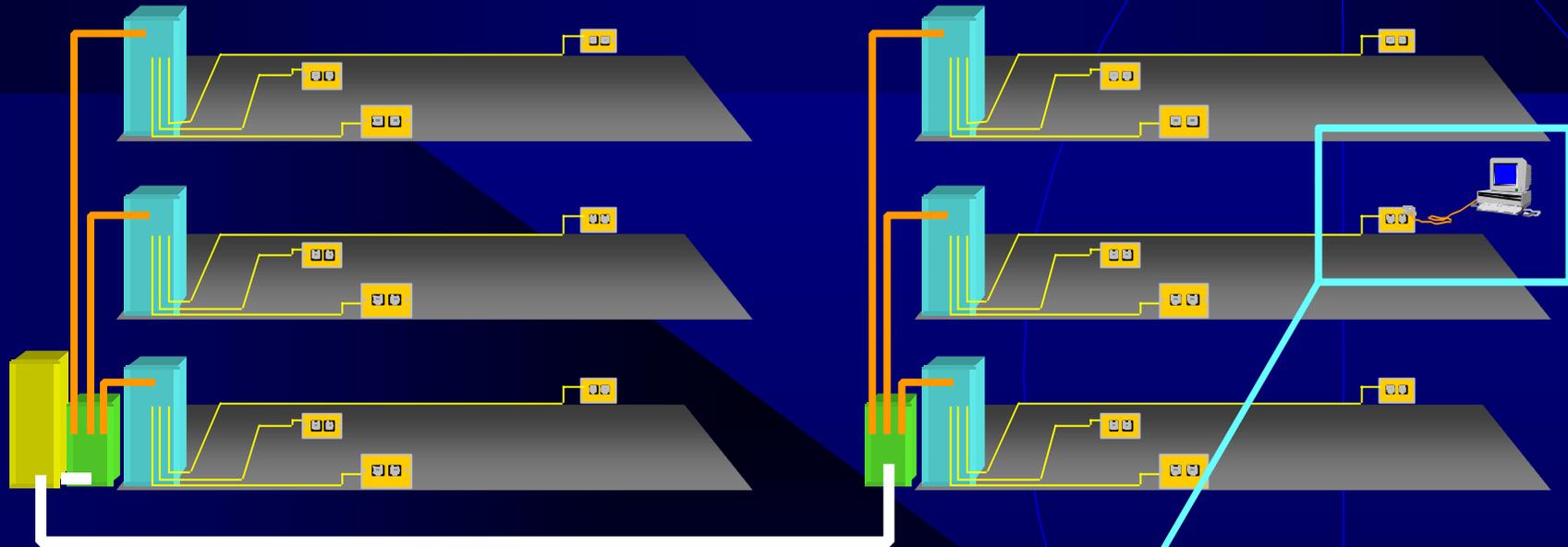
alla dorsale in rame
di comprensorio

L'utilizzo: fonia (IV)

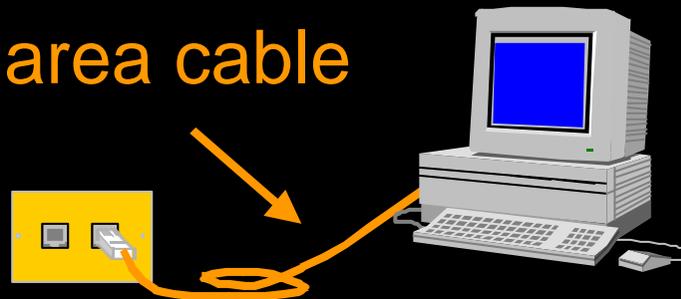


al centralino
telefonico

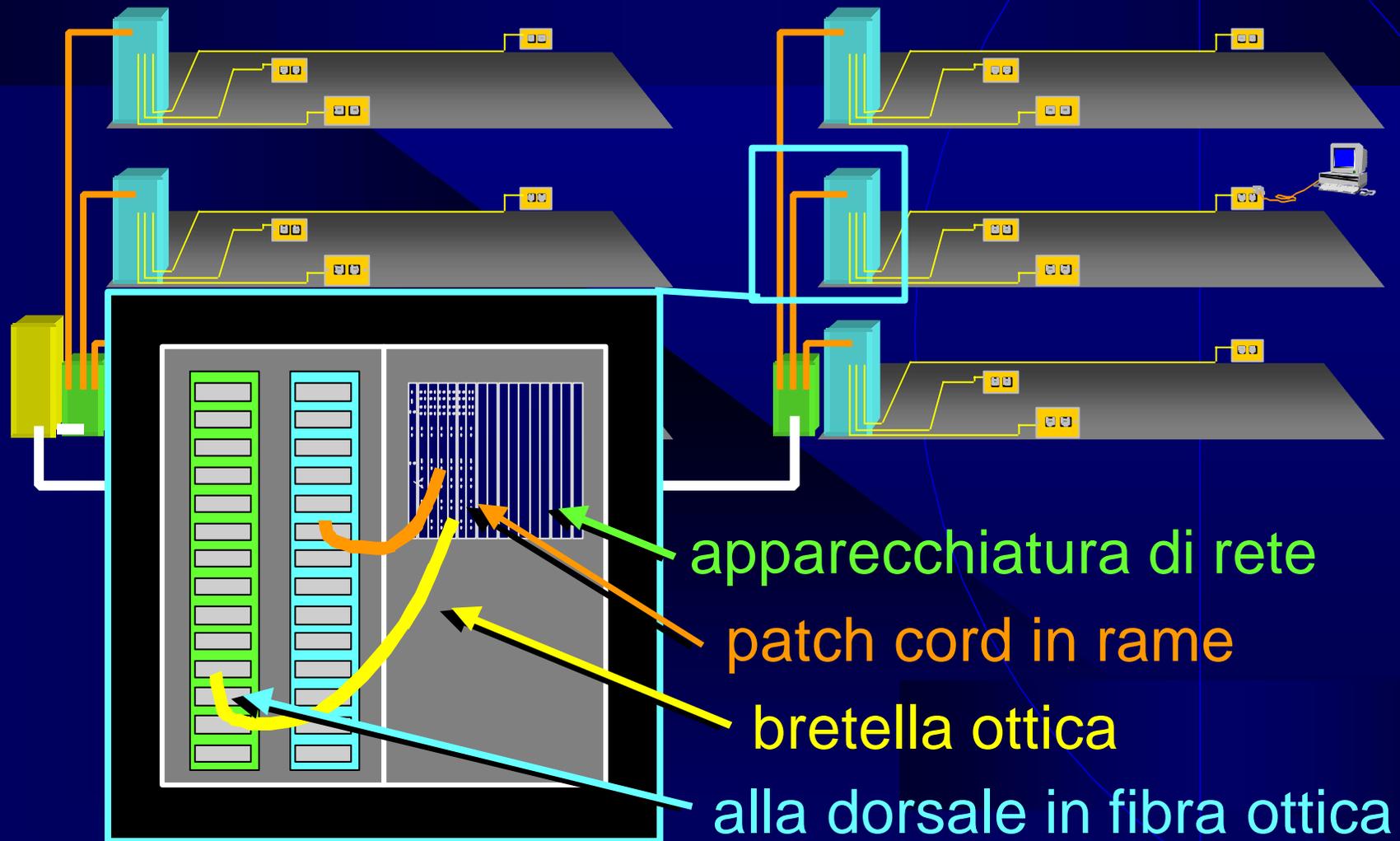
L'utilizzo: dati (I)



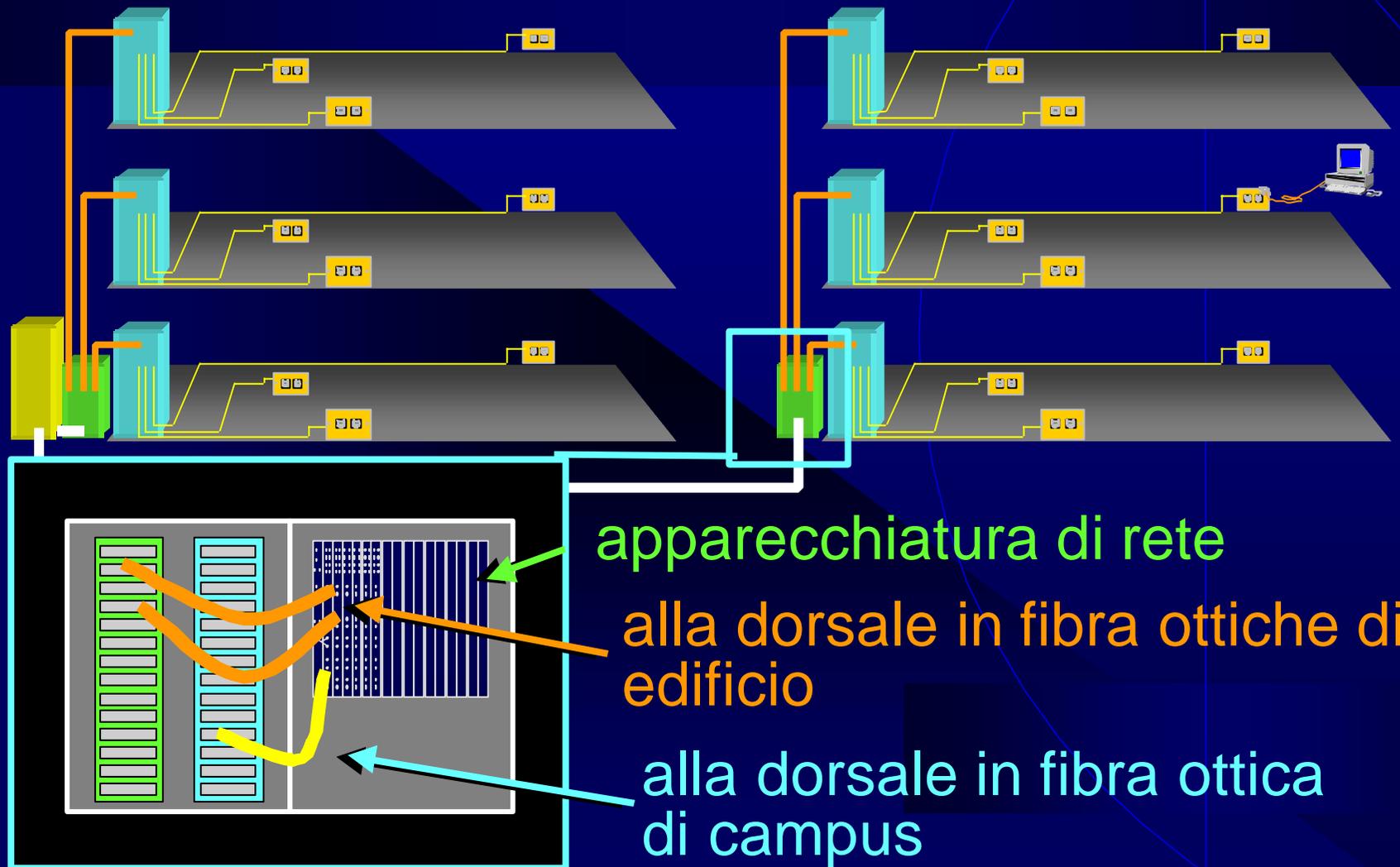
work area cable



L'utilizzo: dati (II)



L'utilizzo: dati (III)

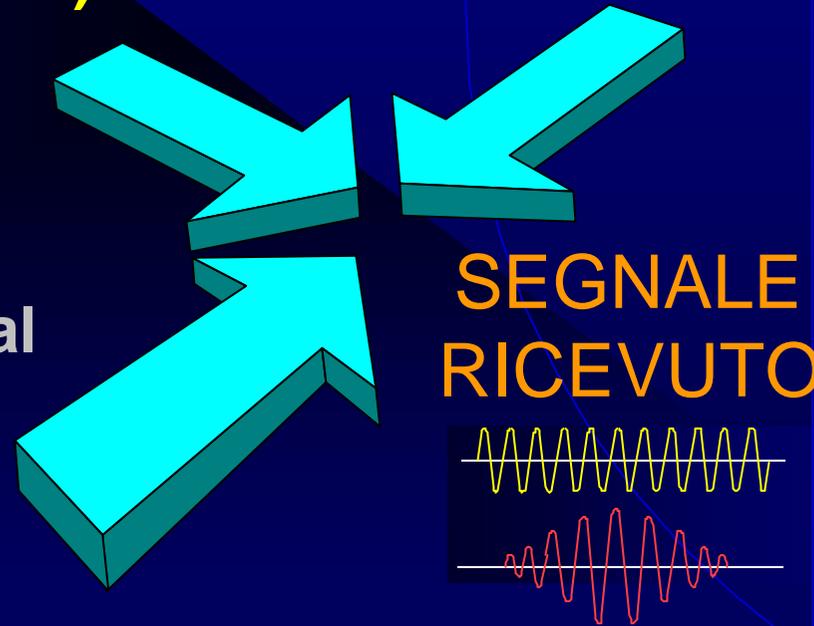


Il problema della trasmissione dei segnali

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)

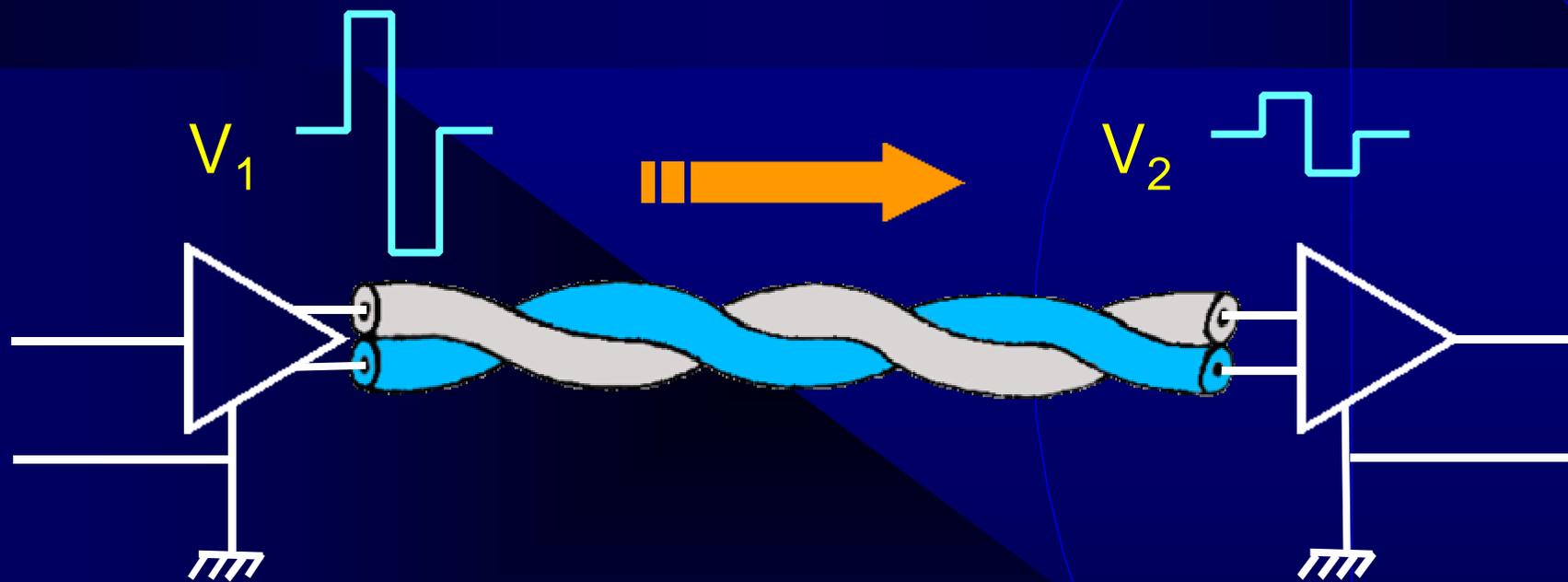
Rumore (dipende dal mezzo stesso e dall'ambiente esterno)



Attenuazione

- Riguarda sia i cavi in rame che le fibre ottiche
- Misura la perdita di energia del segnale durante la propagazione lungo il mezzo trasmissivo
- Aumenta all'aumentare della frequenza del segnale

Attenuazione



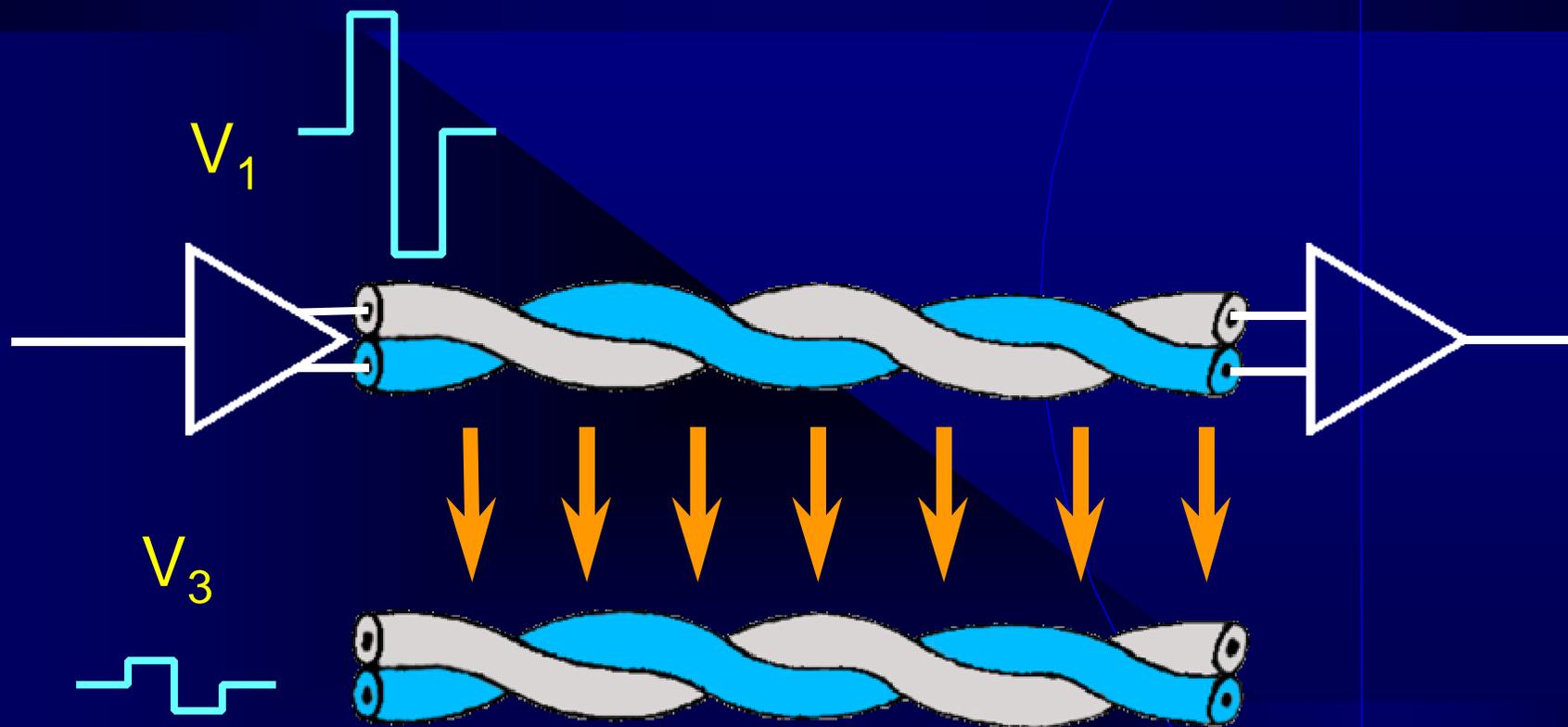
$$\alpha_{\text{dB}} = 20 \log_{10} (V_1 / V_2)$$

Diafonia (cross-talk)

- Riguarda soltanto i cavi in rame
- Comporta il passaggio di parte dell'energia del segnale sui conduttori vicini, dove diventa un disturbo
- Il fenomeno aumenta con l'aumentare della frequenza
- Può essere misurata in più modi

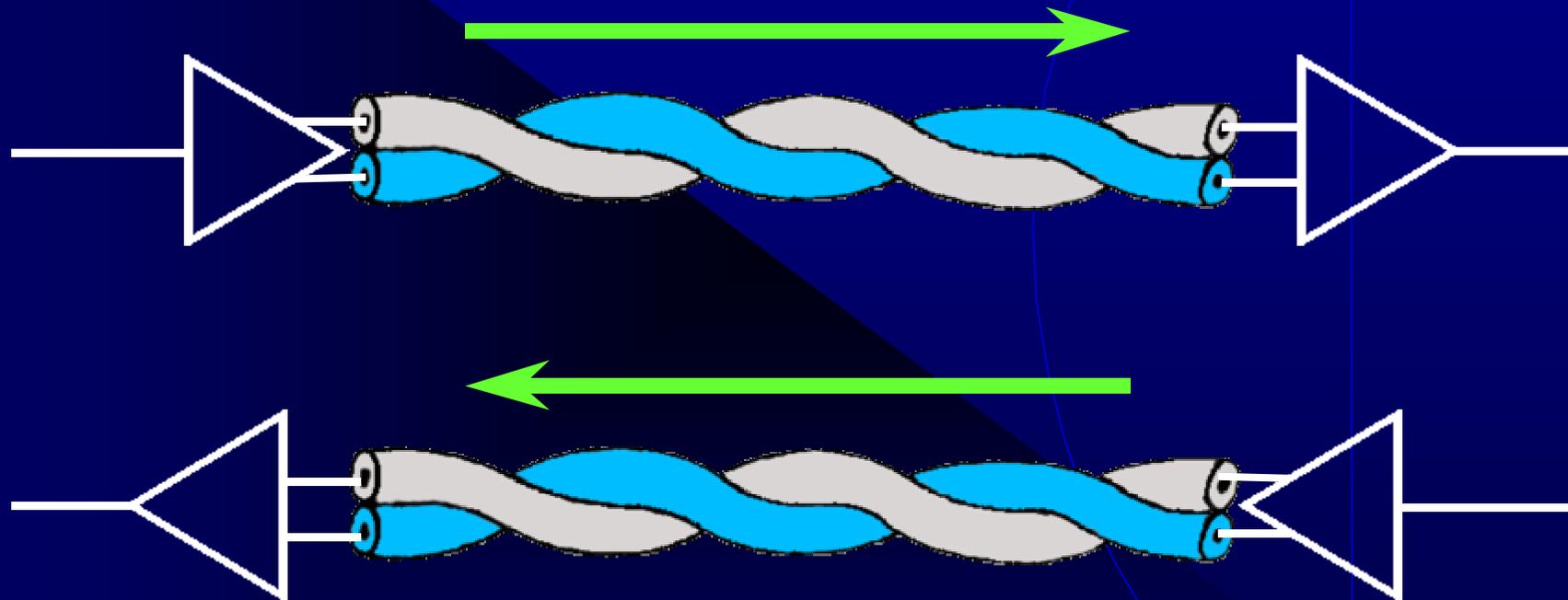
NEXT: Near End Cross-Talk (paradiafonia)

- Diafonia misurata dal lato della sorgente



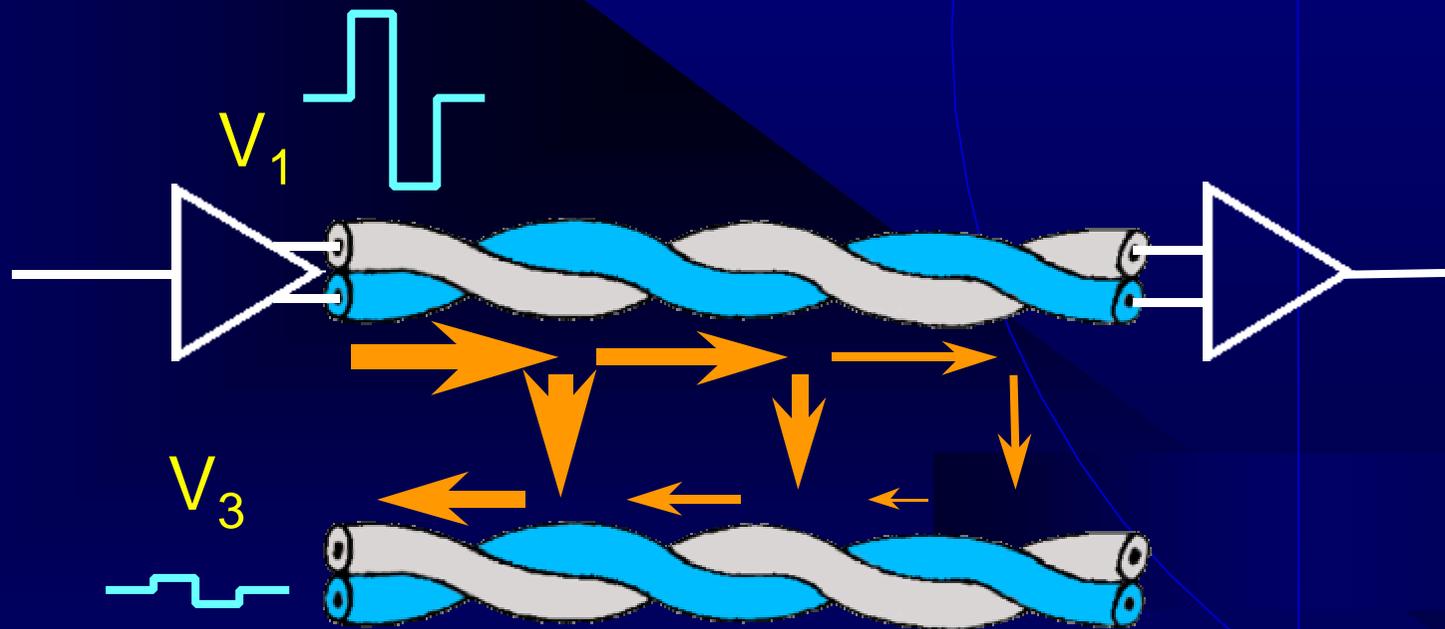
$$\text{NEXT}_{\text{dB}} = 20 \log_{10} (V_1 / V_3)$$

NEXT: modello di trasmissione



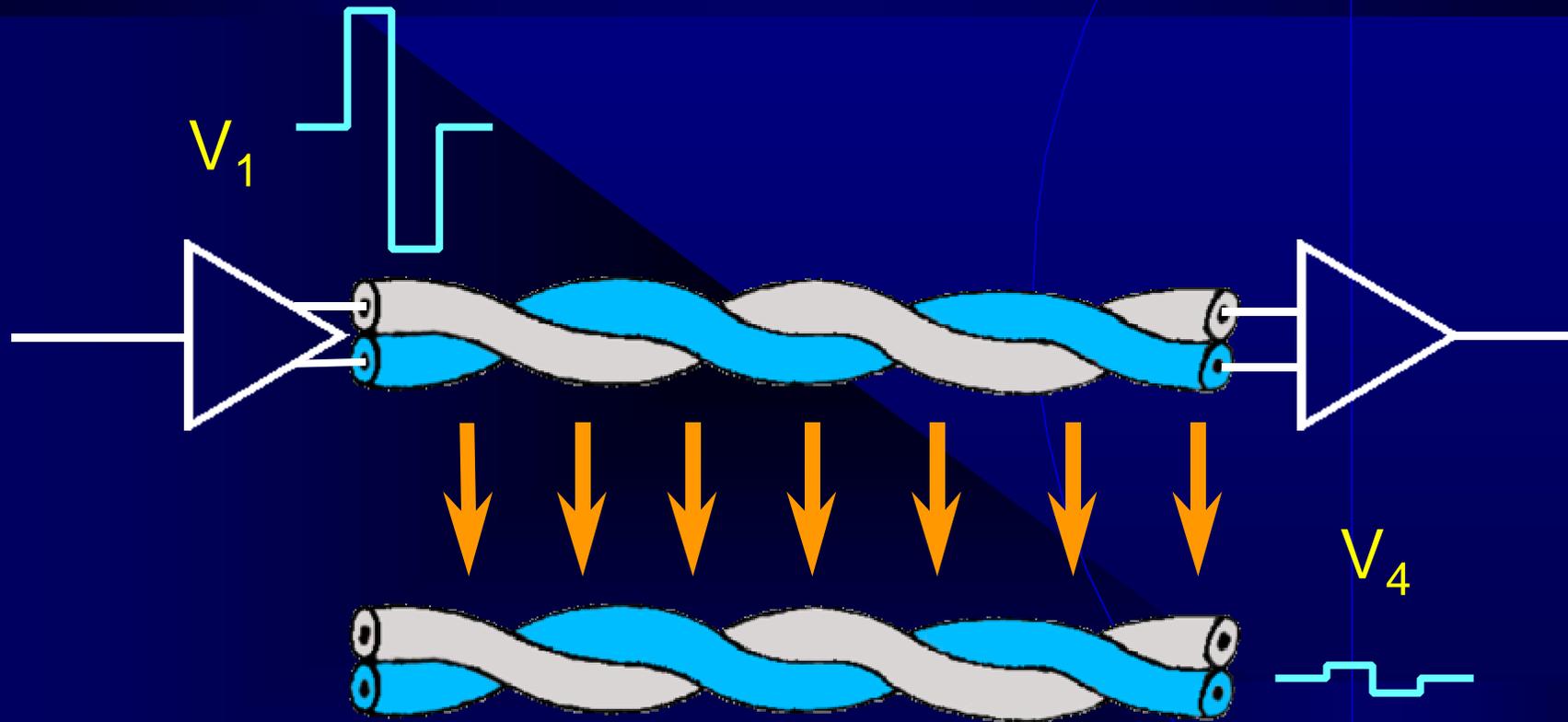
NEXT: Near End Cross-Talk

- L'attenuazione rende la misura di NEXT significativa soltanto per i primi 20-30 m di cavo
- È necessaria la misura ad entrambe le estremità:
 - dual NEXT



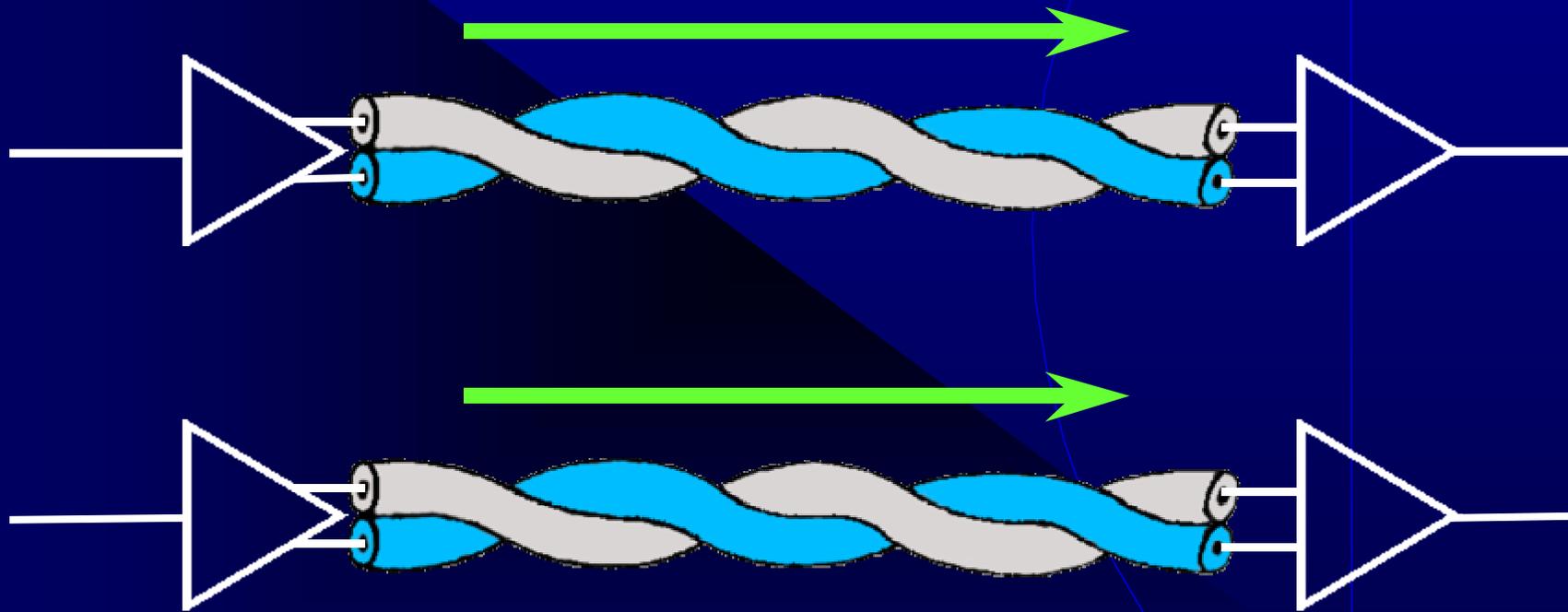
FEXT: Far End Cross-Talk (telediafonia)

- Diafonia misurata dal lato del ricevitore



$$\text{FEXT}_{\text{dB}} = 20 \log_{10} (V_1 / V_4)$$

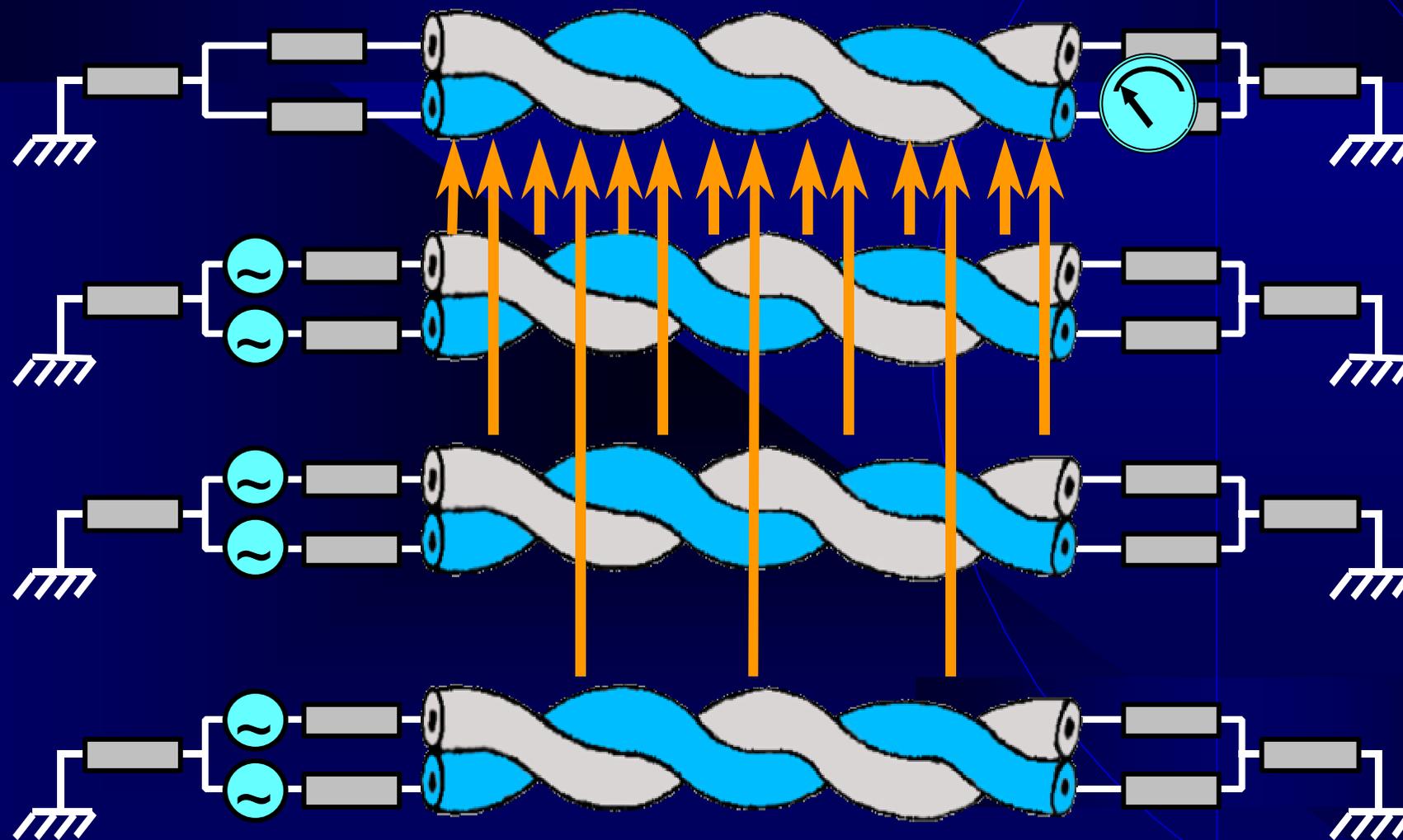
FEXT: modello di trasmissione



Altre misure legate alla diafonia

- **ELFEXT (equal level FEXT)**
 - combinazione di attenuazione e telediafonia, fornisce il rapporto segnale/rumore
- **ACR (Attenuation to Cross-Talk Ratio)**
 - combinazione di attenuazione e telediafonia, fornisce il rapporto segnale/rumore
- **Power Sum NEXT, ELFEXT**
 - misure di diafonia nel caso di trasmissione simulatna su più coppie

Esempio: PSELFEXT (Power Sum ELFEXT)

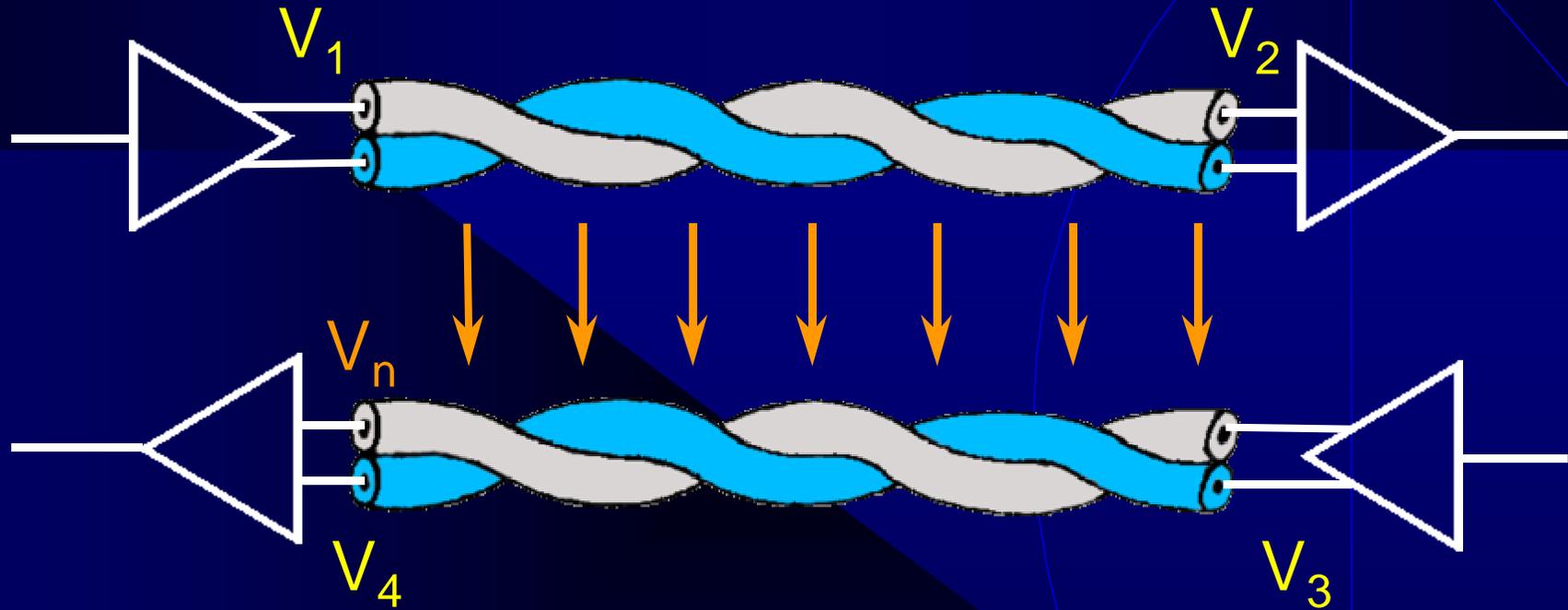


ACR

- Attenuation to Cross-talk Ratio
- Assumendo la diafonia come unica (o principale) fonte di disturbo, fornisce il rapporto S/N

$$ACR_{dB} = NEXT_{dB} - \alpha_{dB}$$

ACR



$$V_4 = V_3 \cdot 10^{-\alpha/20}$$

$$V_n = V_1 \cdot 10^{-NEXT/20}$$

$$V_3 = V_1$$

$$V_4 = V_3 \cdot 10^{-\alpha/20}$$

$$V_n = V_1 \cdot 10^{-NEXT/20}$$

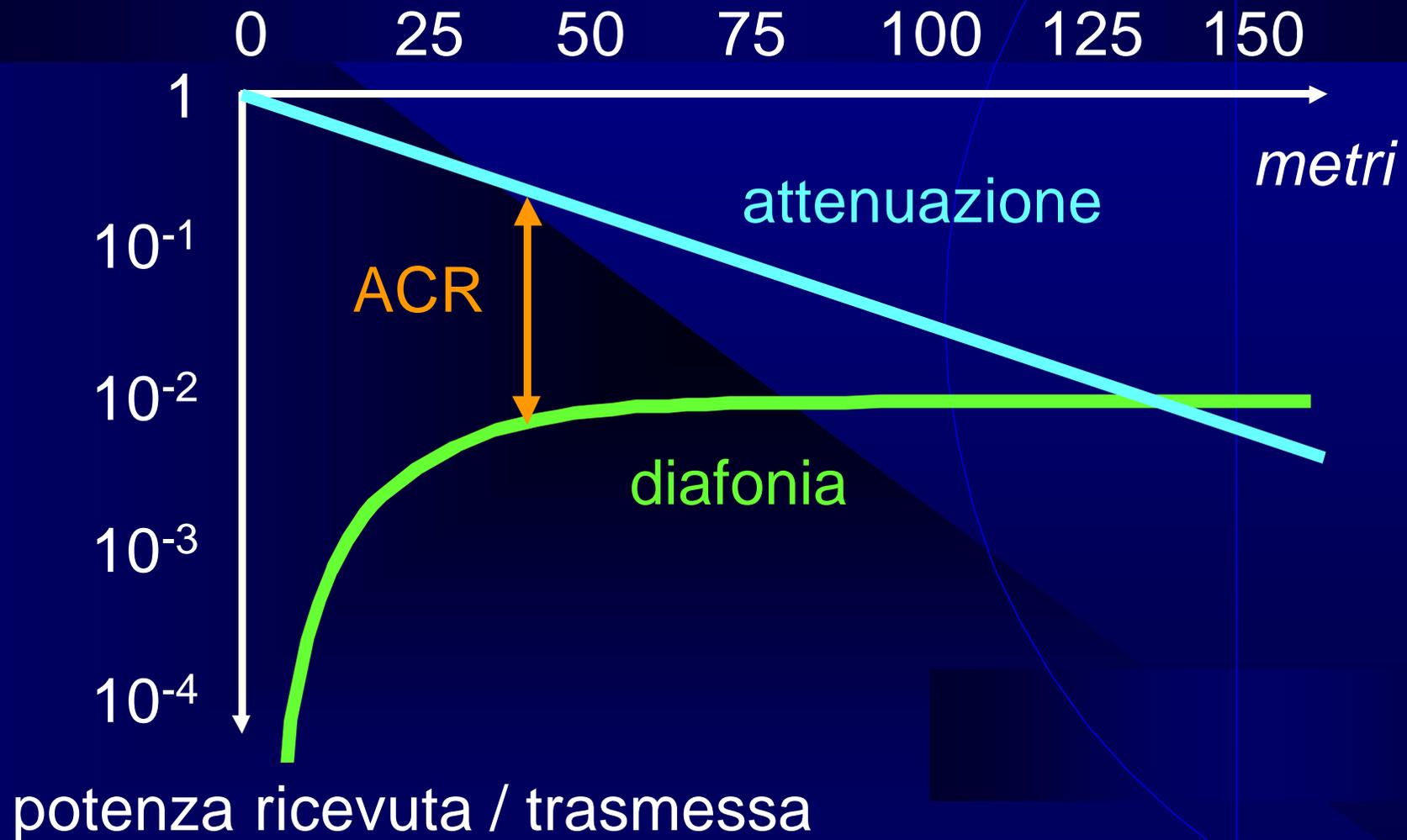
$$V_3 = V_1$$

$$\frac{S}{N} = \frac{V_4}{V_n} = \frac{\cancel{V_3} \cdot 10^{-\alpha/20}}{\cancel{V_1} \cdot 10^{-NEXT/20}}$$

$$\left. \frac{S}{N} \right|_{dB} = 20 \log_{10} \frac{10^{-\alpha/20}}{10^{-NEXT/20}} = NEXT - \alpha$$

ACR

ACR



Velocità e tempi di propagazione

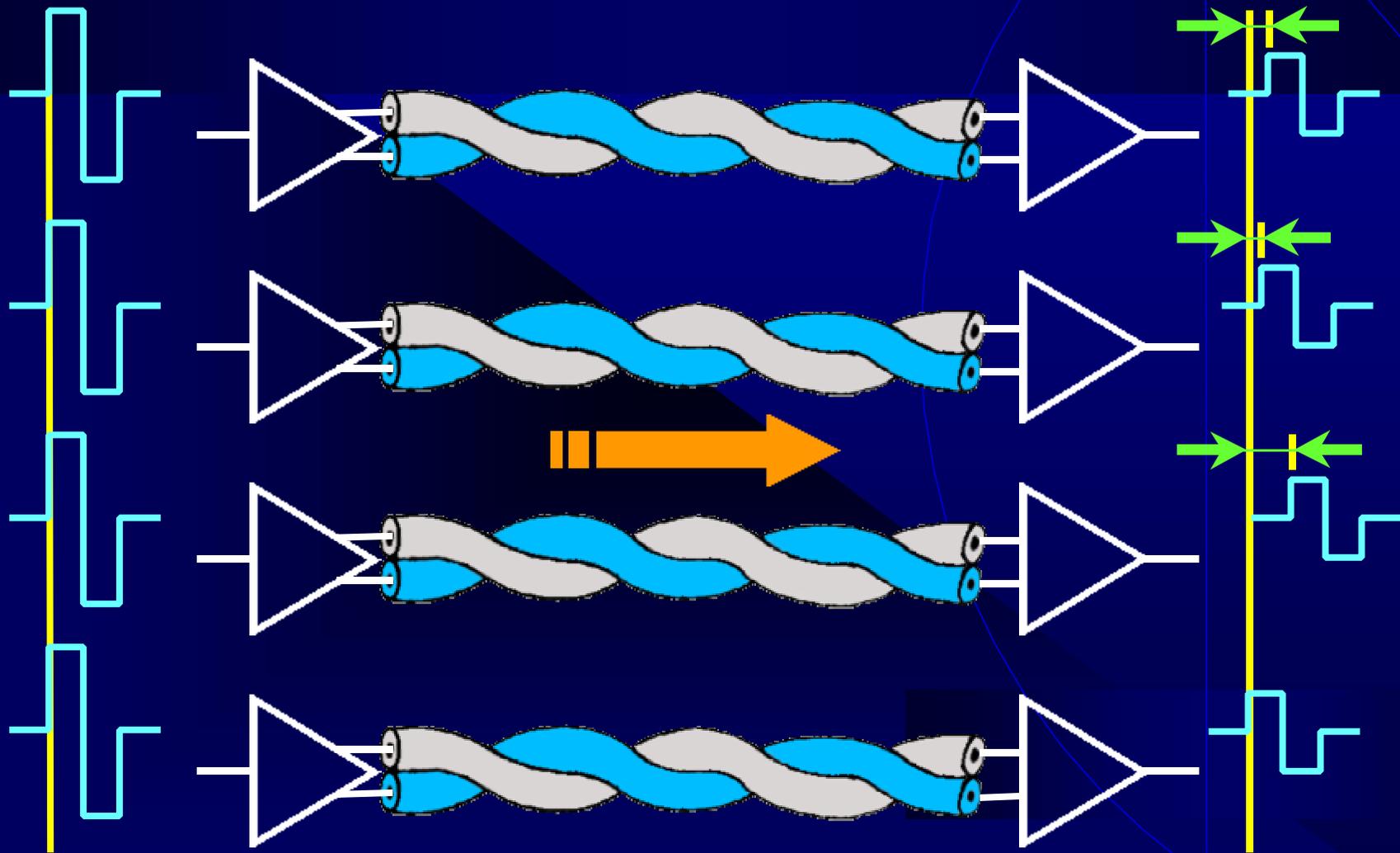
- Riguardano sia i cavi in rame che le fibre ottiche
- La velocità di propagazione dei segnali sui mezzi trasmissivi è elevata, ma non infinita, quindi il tempo di propagazione è piccolo ma non nullo
- Per garantire il funzionamento dei protocolli è necessario garantire che i ritardi non eccedano determinati valori massimi

$$V_p \cong 2/3 c$$

(c è la velocità di propagazione della luce nel vuoto @ $3 \cdot 10^8$ m/s)

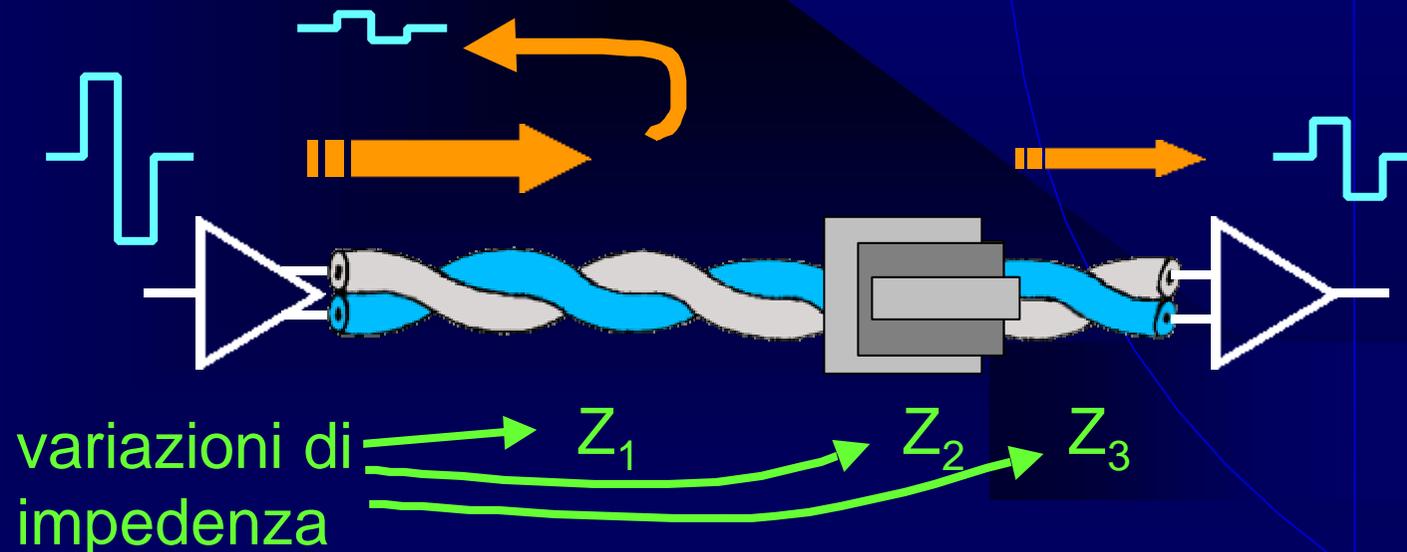
Delay skew

(variazione di ritardo tra le coppie)

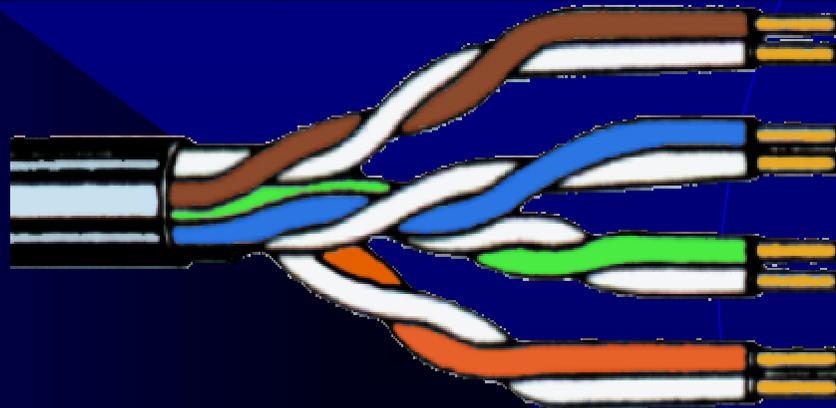


Return loss

- Se il segnale, propagandosi lungo il cavo, incontra delle discontinuità (connettori, deformazioni, ecc.), viene in parte riflesso a causa del disadattamento di impedenza
- Il return loss misura la perdita di potenza per riflessioni

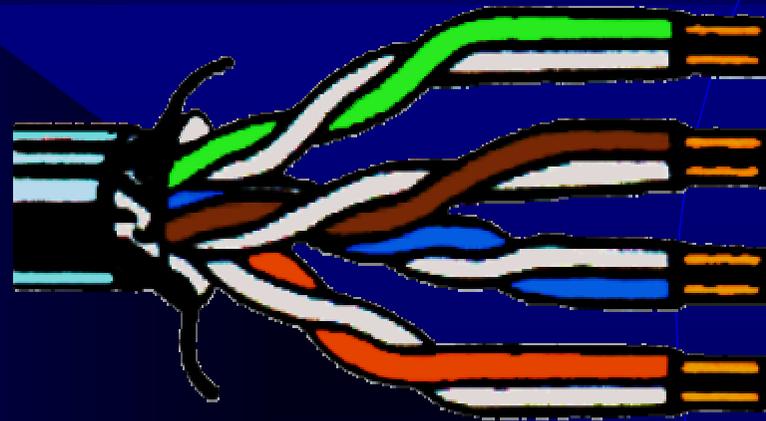


Tipi di doppino



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

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

categoria 6: caratteristiche elettriche definite fino a 250 MHz

categoria 7: caratteristiche elettriche definite fino a 600 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 (varie misure)
 - velocità di propagazione
 - resistenza
 - impedenza
 - ecc.

Prestazione dei collegamenti in rame

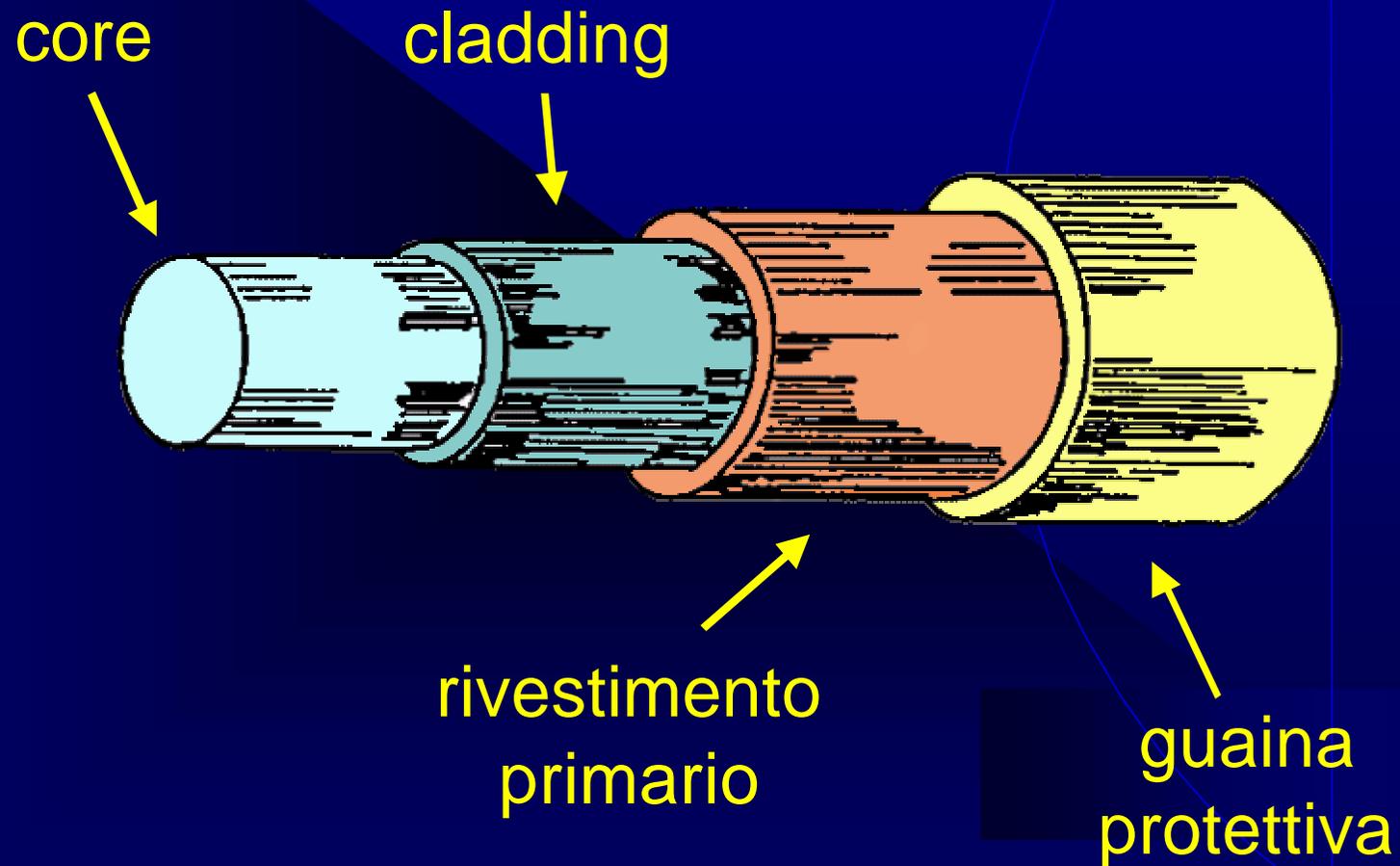
- Lo standard ISO/IEC 11801 ha introdotto il concetto di *classe* per la certificazione dei cablaggi in rame:
 - classe A per applicazioni voce e a bassa velocità che richiedono test fino a 100 KHz
 - classe B per applicazioni a media velocità che richiedono test fino a 1 MHz
 - classe C per applicazioni 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
 - classe E per applicazioni per applicazioni ad alta velocità che richiedono test fino a 250 MHz
 - classe F per applicazioni per applicazioni ad alta velocità che richiedono test fino a 600 MHz

Categorie e classi di connessione

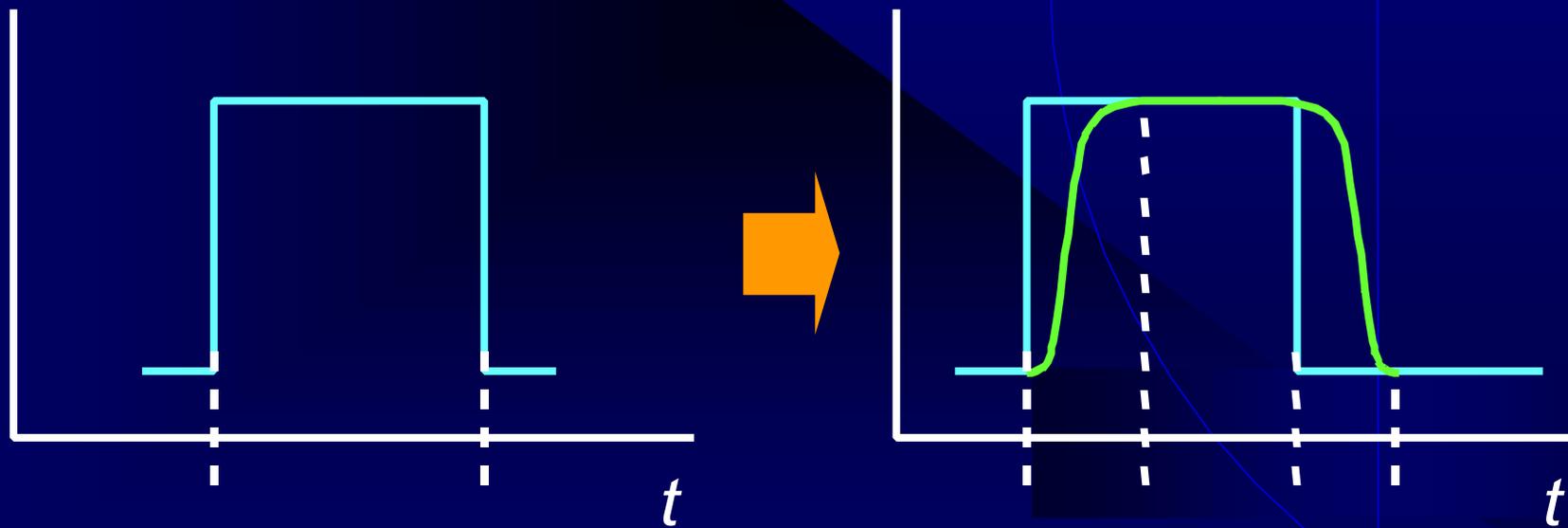
- **Categorie**
 - definiscono le caratteristiche di ogni singolo componente
- **Classi di connessione**
 - definiscono le caratteristiche che deve avere un collegamento (insieme dei componenti installati)

L'idea è che per ottenere una determinata classe di connessione (es. classe D) è necessario usare componenti della corrispondente categoria (es. categoria 5E)

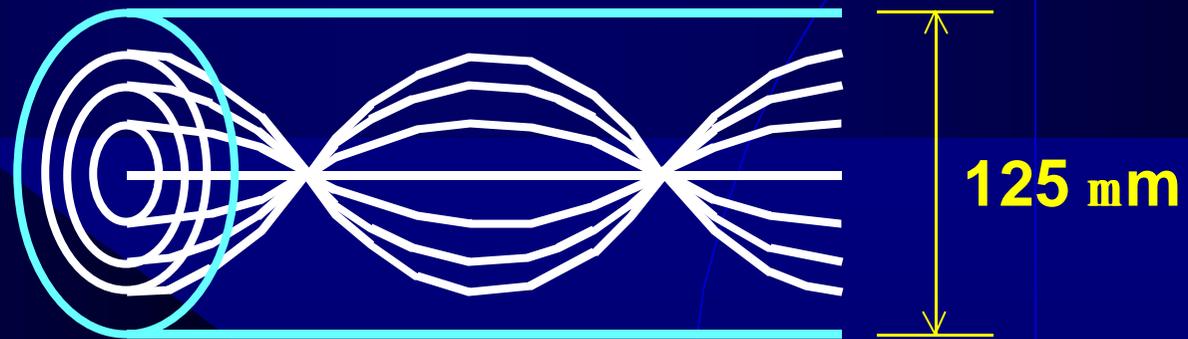
Struttura di una fibra ottica



Dispersione modale



Fibre multimodali



multimodali: 50/125, 62.5/125



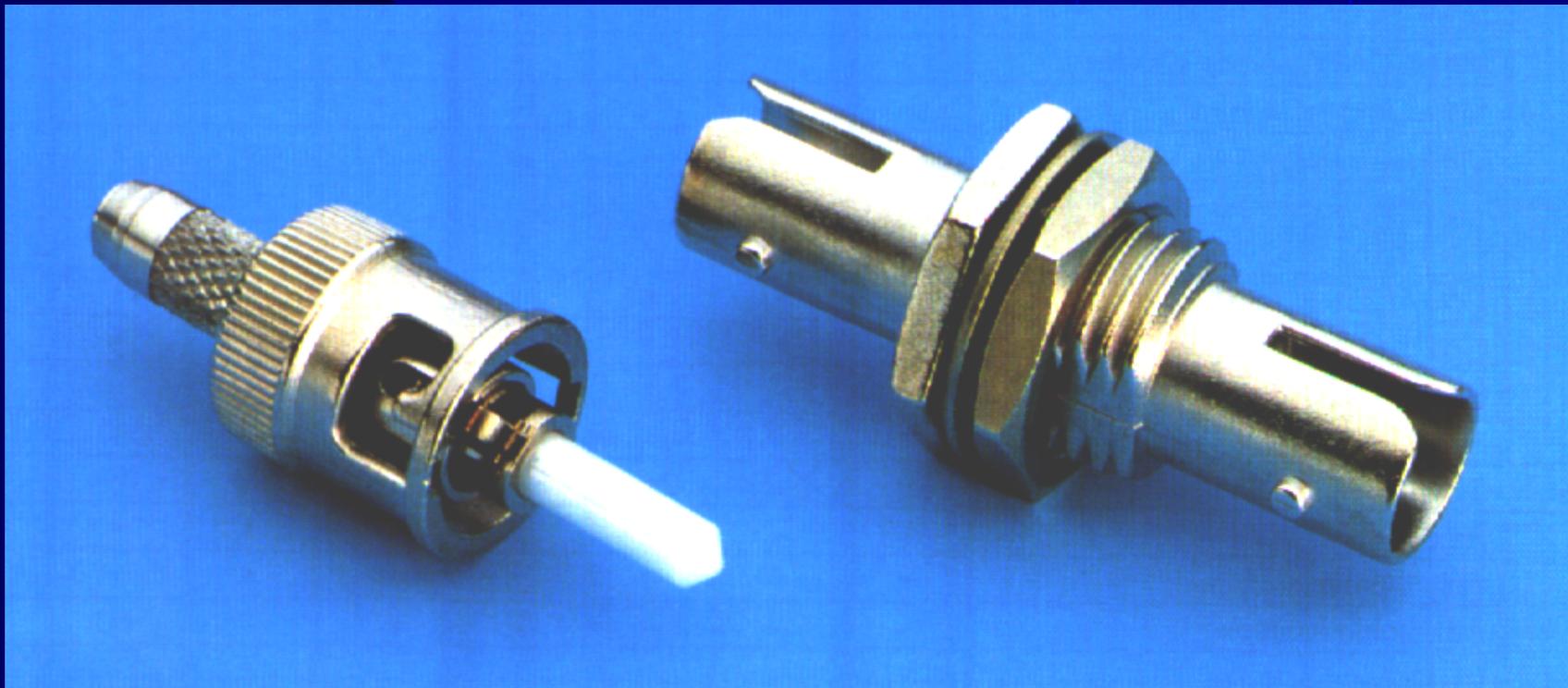
monomodali: 8/125, 9/125, 10/125

Banda passante delle fibre ottiche

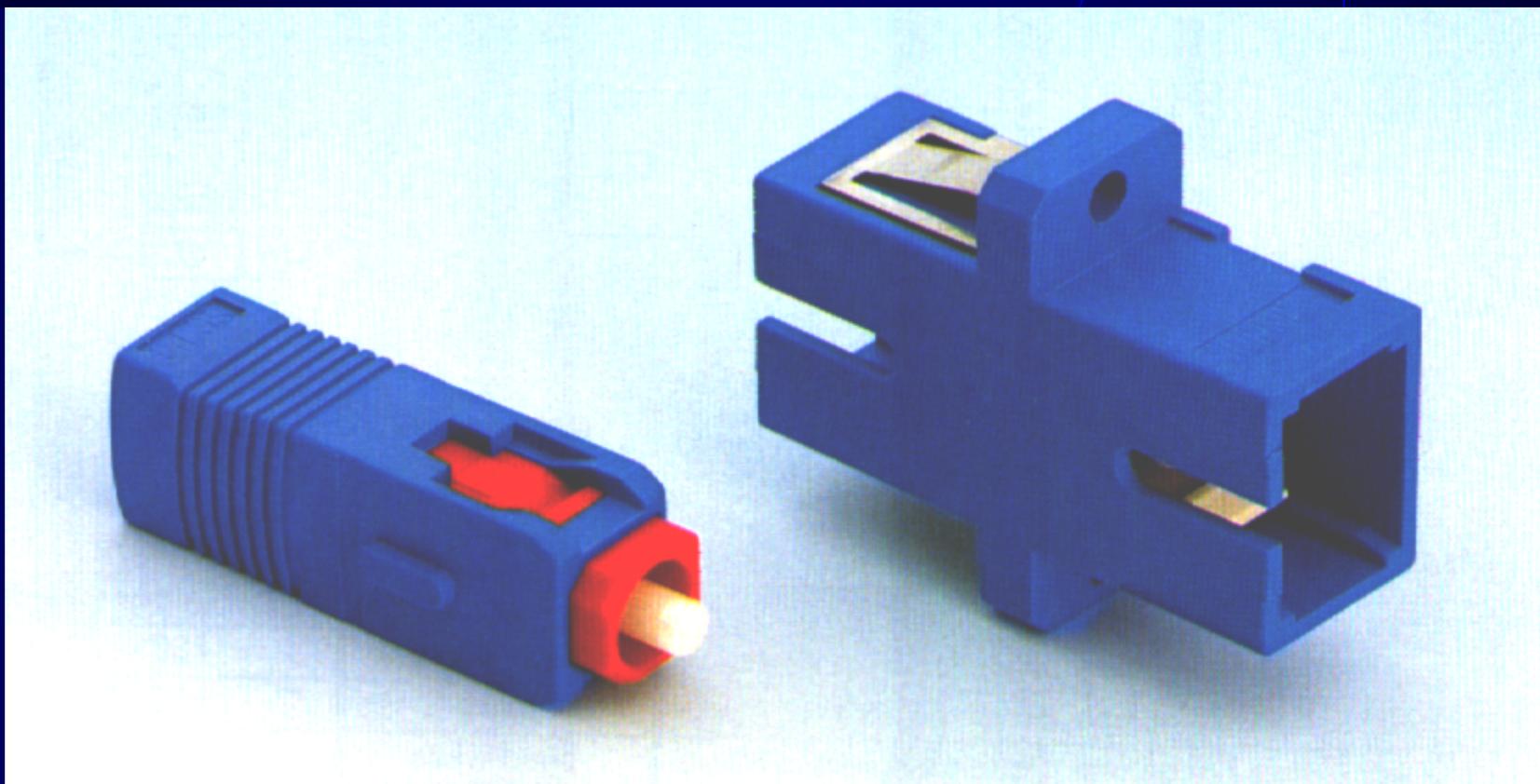
- Si misura in MHz·Km: all'aumentare della lunghezza aumenta il ritardo relativo dei diversi modi di propagazione (“raggi” più o meno inclinati)

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

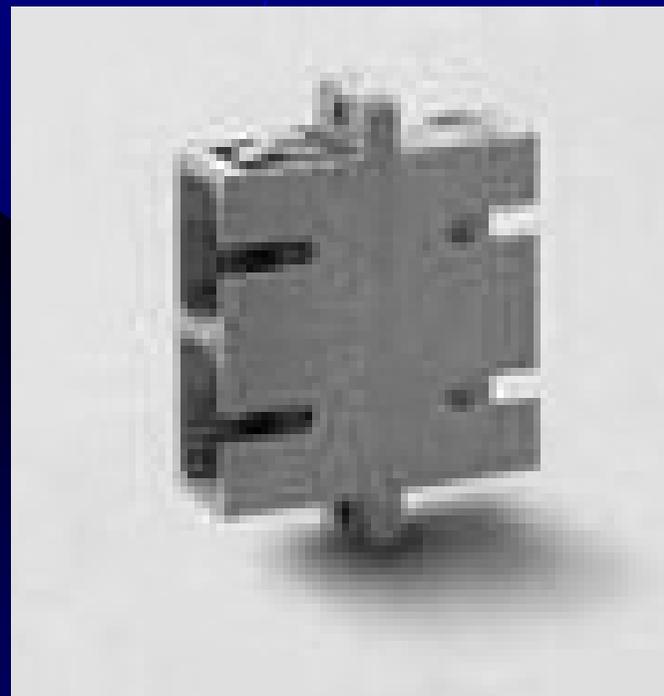
Connettore e bussola ST



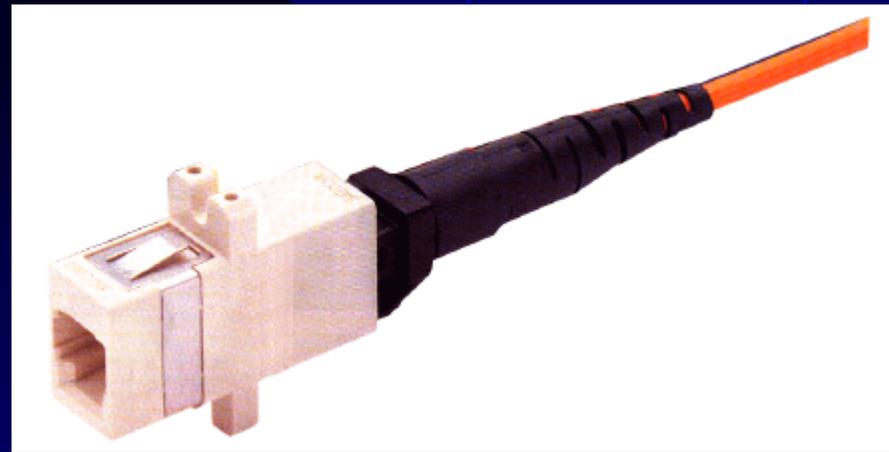
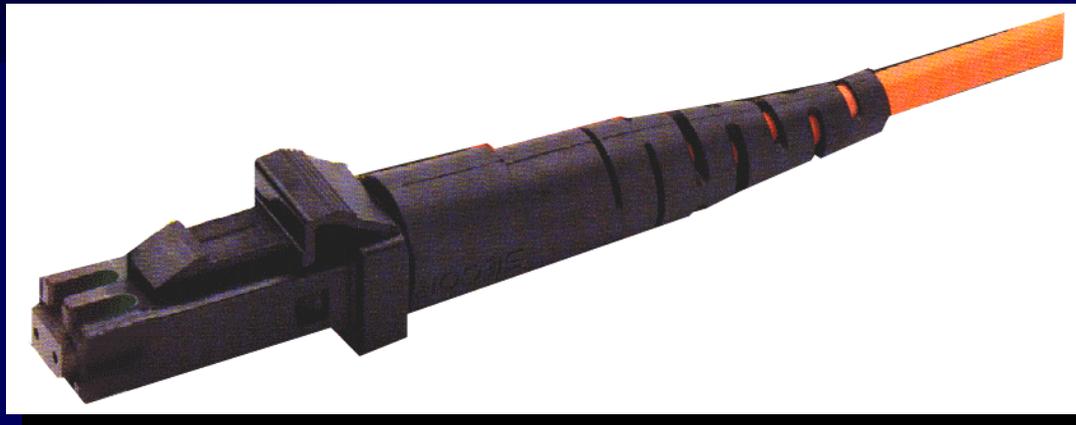
Connettore e bussola SC (previsti dai nuovi standard)



Connettore e bussola SC (previsti dai nuovi standard)



Connettore MT-RJ



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) } multimodali
- OS1 monomodale

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

Fibre per Gigabit Ethernet

- **Multimodale 62.5/125**
 - 220 metri
- **Multimodale 50/125**
 - 500 metri
- **Monomodale**
 - > 5 km

Gli standard per il cablaggio strutturato

- 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 - EN 50346 2002: gestione e collaudo dei cablaggi

Specifiche tecniche

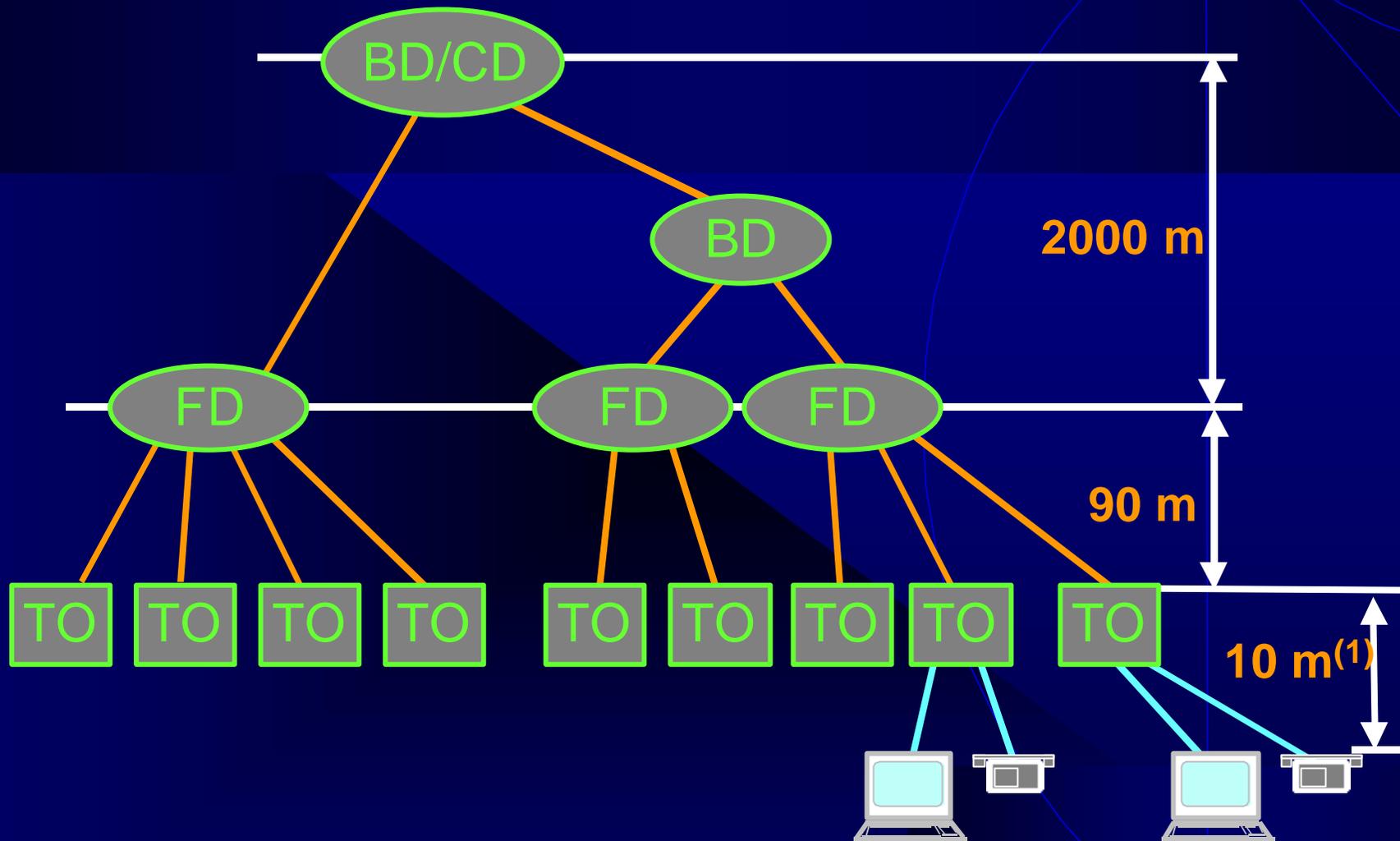
- Gli standard definiscono:
 - topologia
 - caratteristiche dei mezzi trasmissivi
 - caratteristiche degli elementi di interconnessione (spine, prese, pannelli, ecc.)
 - distanze massime

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 e distanze massime



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

Sommario

- **Evoluzione delle reti locali**
 - Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet (Locale? Si fa per dire!)
- **Il cablaggio strutturato degli edifici**
 - Architettura, standard ed evoluzione
 - Nuove categorie e certifica
- **Criteri di progetto**
 - Infrastrutture
 - Dorsali in fibra ottica
- **Conclusioni**

Classi E ed F, categorie 6 e 7

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)*

Classi E ed F, categorie 6 e 7

ISO/IEC 11801:

- **Classe E (fino a 250 MHz)**
- **Classe F (fino a 600 MHz)**

TIA/EIA 568 B (addendum 1):

- **Cat. 6 (fino a 250 MHz)**
- **Cat. 7 (fino a 600 MHz)**

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**

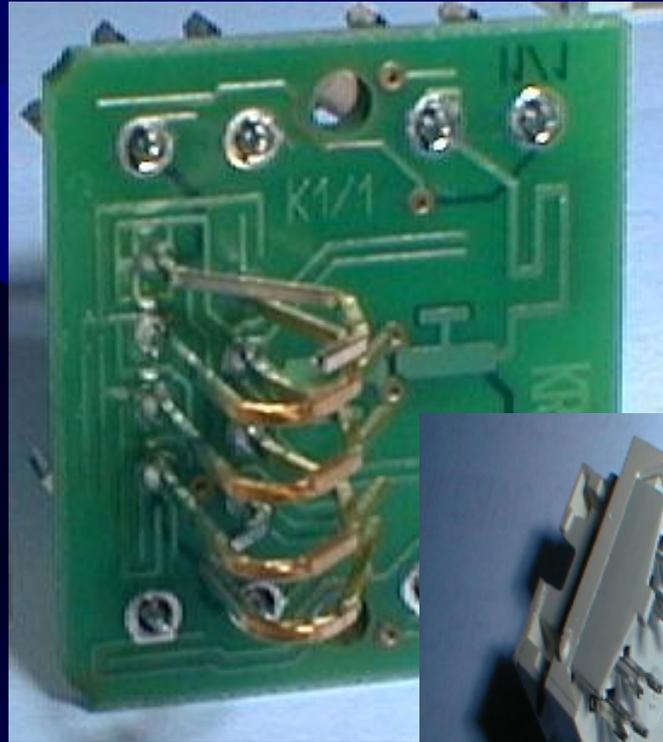
- minore diafonia, maggior rapporto segnale/rumore anche sotto i 100 MHz: la trasmissione è più “robusta”
- apertura verso standard trasmissivi più “spinti”

- **Svantaggi**

- maggiore difficoltà di realizzazione e collaudo
- maggiori costi per soddisfare esigenze non evidenti

Componenti di categoria 6

cat. 5



cat. 6



Componenti di categoria 6

cat. 5

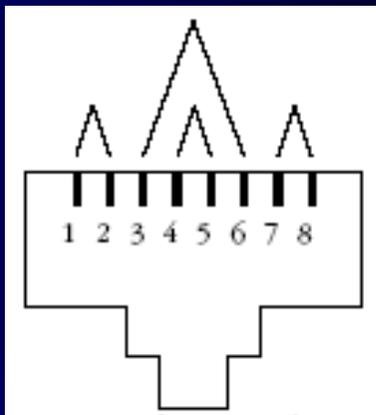


cat. 6

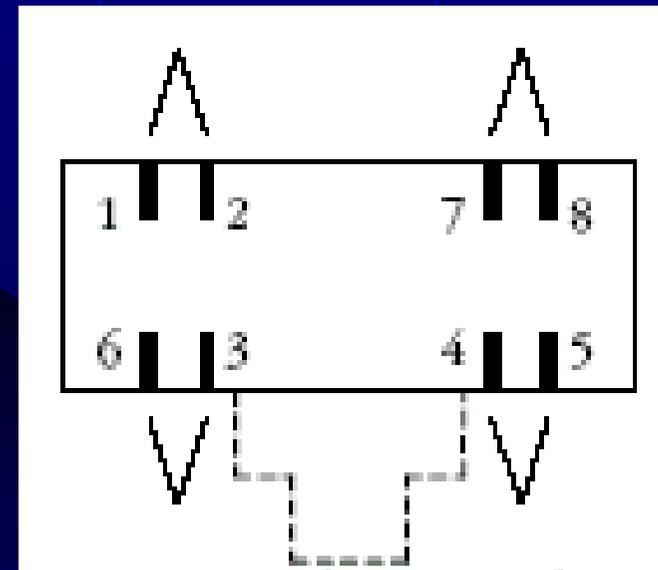


Categoria 7

- Cavo STP (schermatura globale e delle singole coppie)
- Nuovo connettore



cat. 6

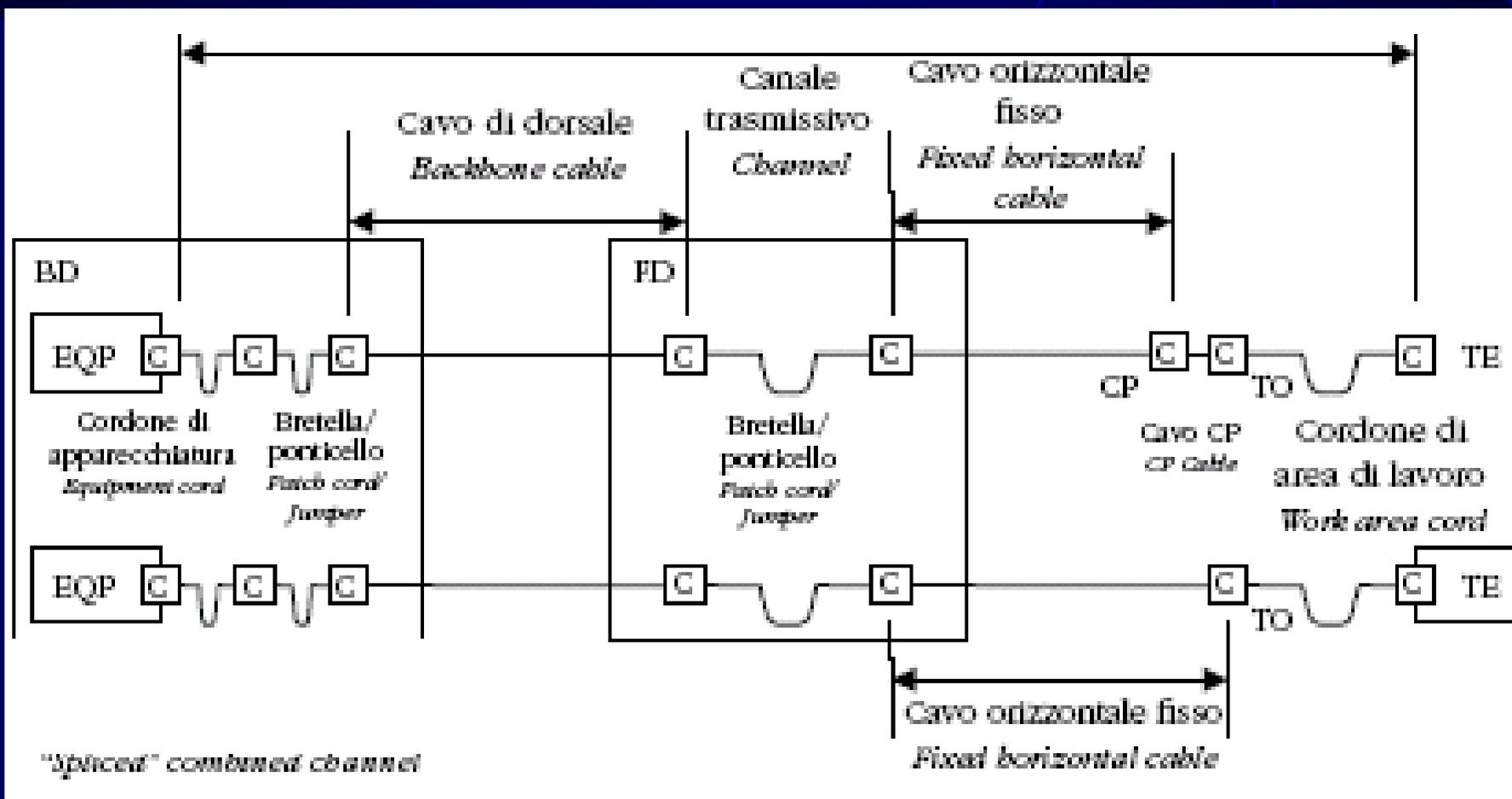


cat. 7

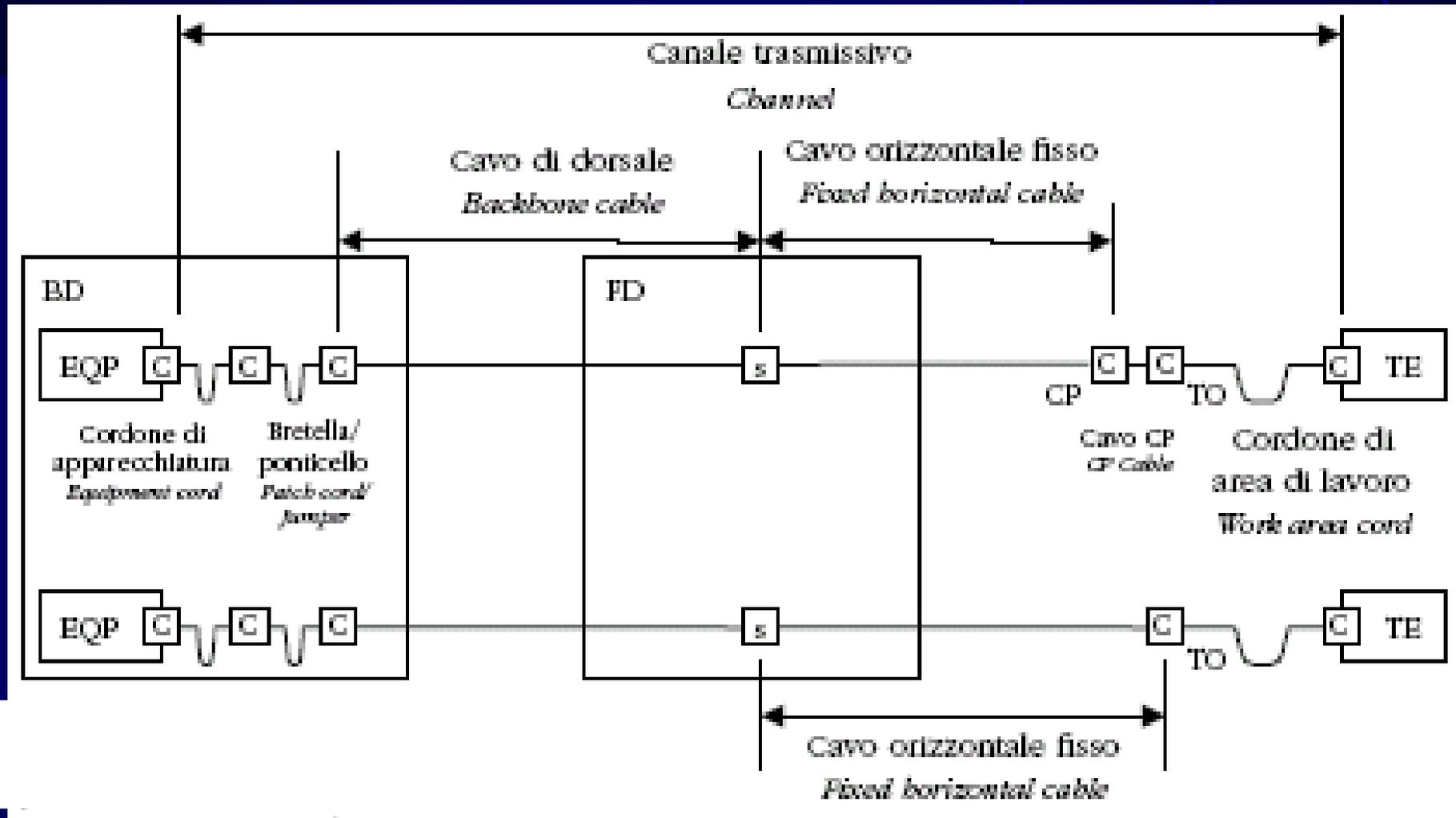
Fiber-to-the-desk

- I cablaggi che portano la fibra ottica fino all'area di lavoro vengono definiti “combinati” (CEI EN 50173-1)
- La normativa prevede 3 tipi di canali combinati:
 - Canale combinato con bretella di connessione
 - Canale combinato con giunzione
 - Canale combinato “diretto”

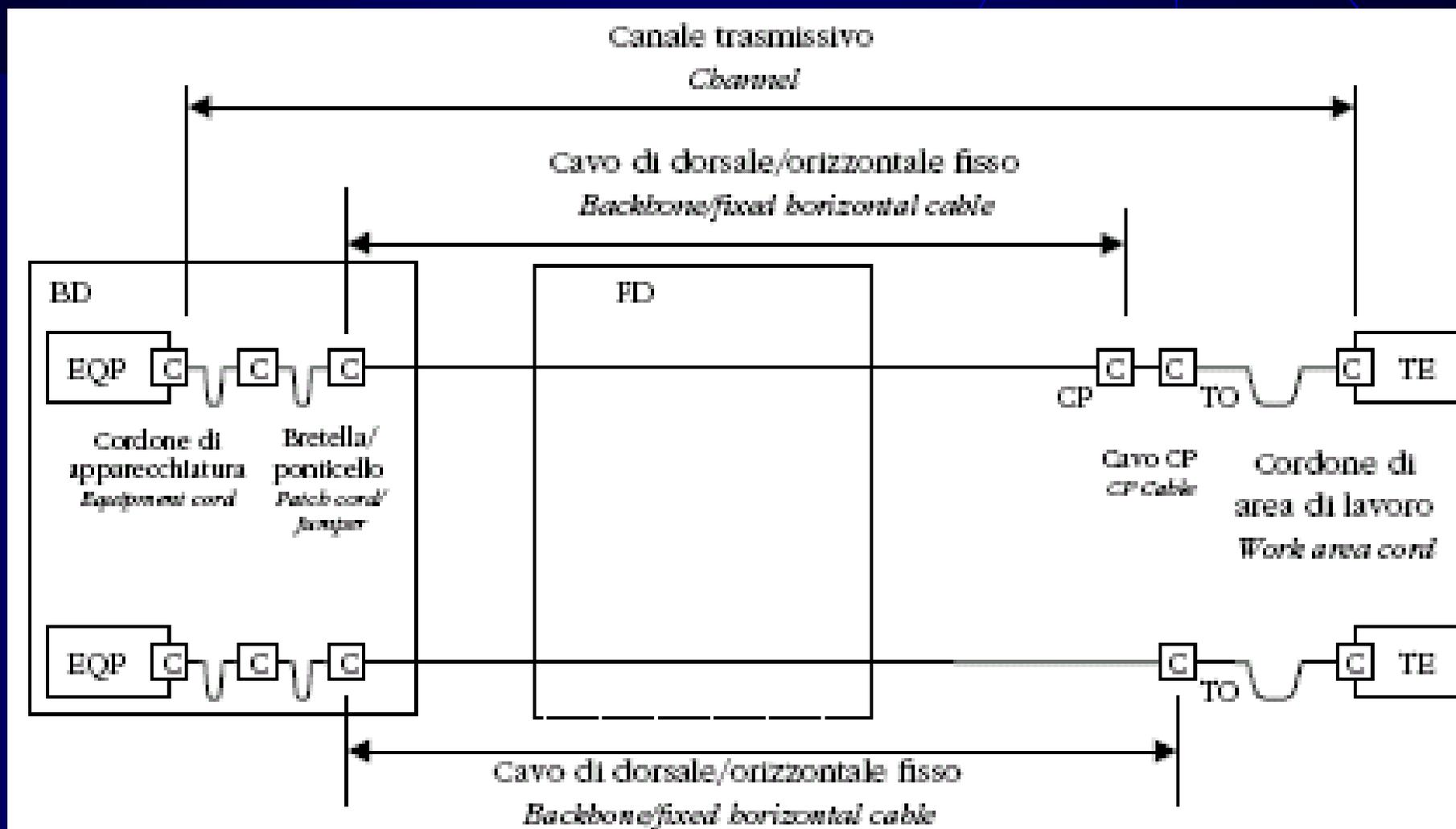
Canale combinato con bretella di connessione



Canale combinato con giunzione



Canale combinato "diretto"



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

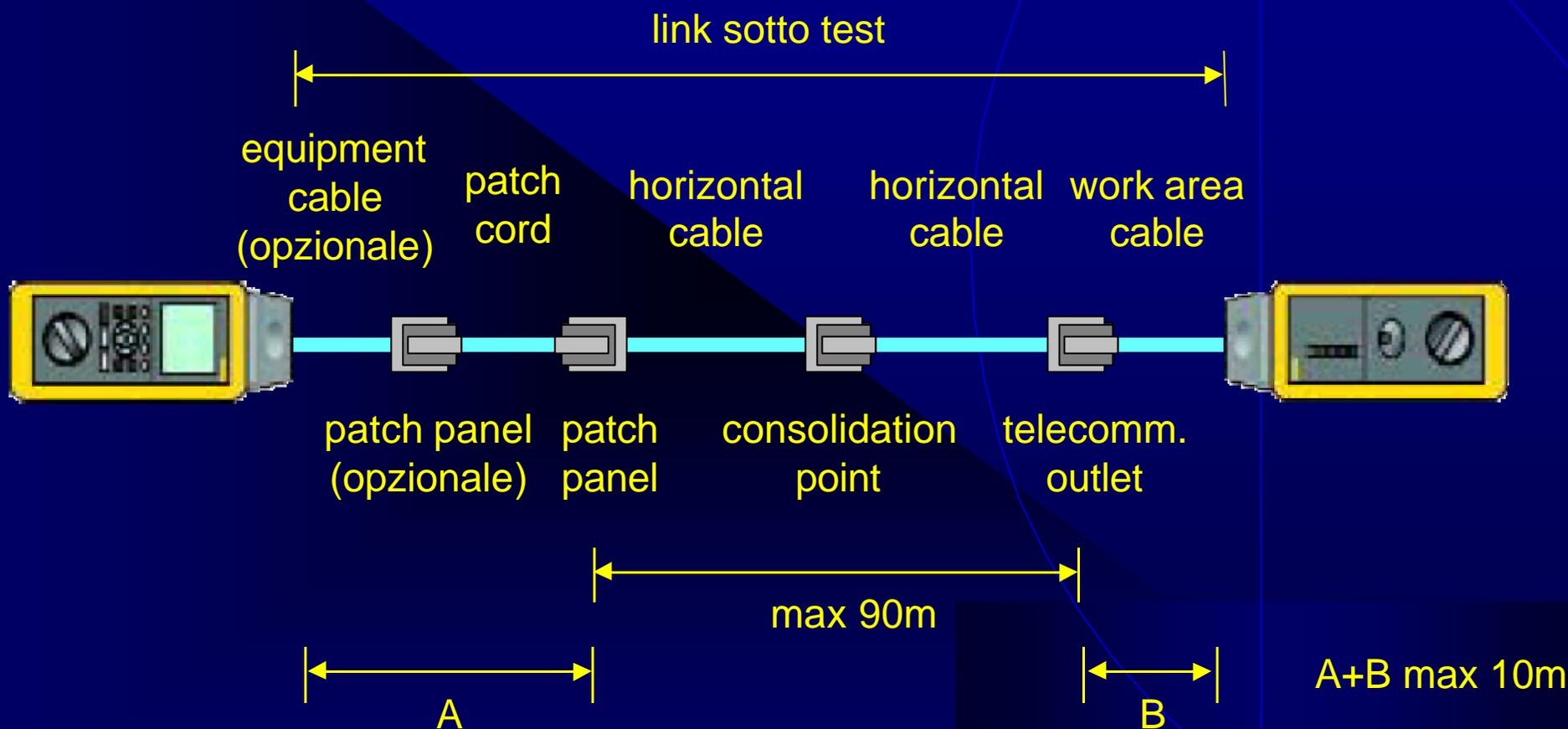
I field tester

- 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 controllato dal master
- Possono tenere in memoria alcune centinaia di misure e successivamente scaricarle su PC

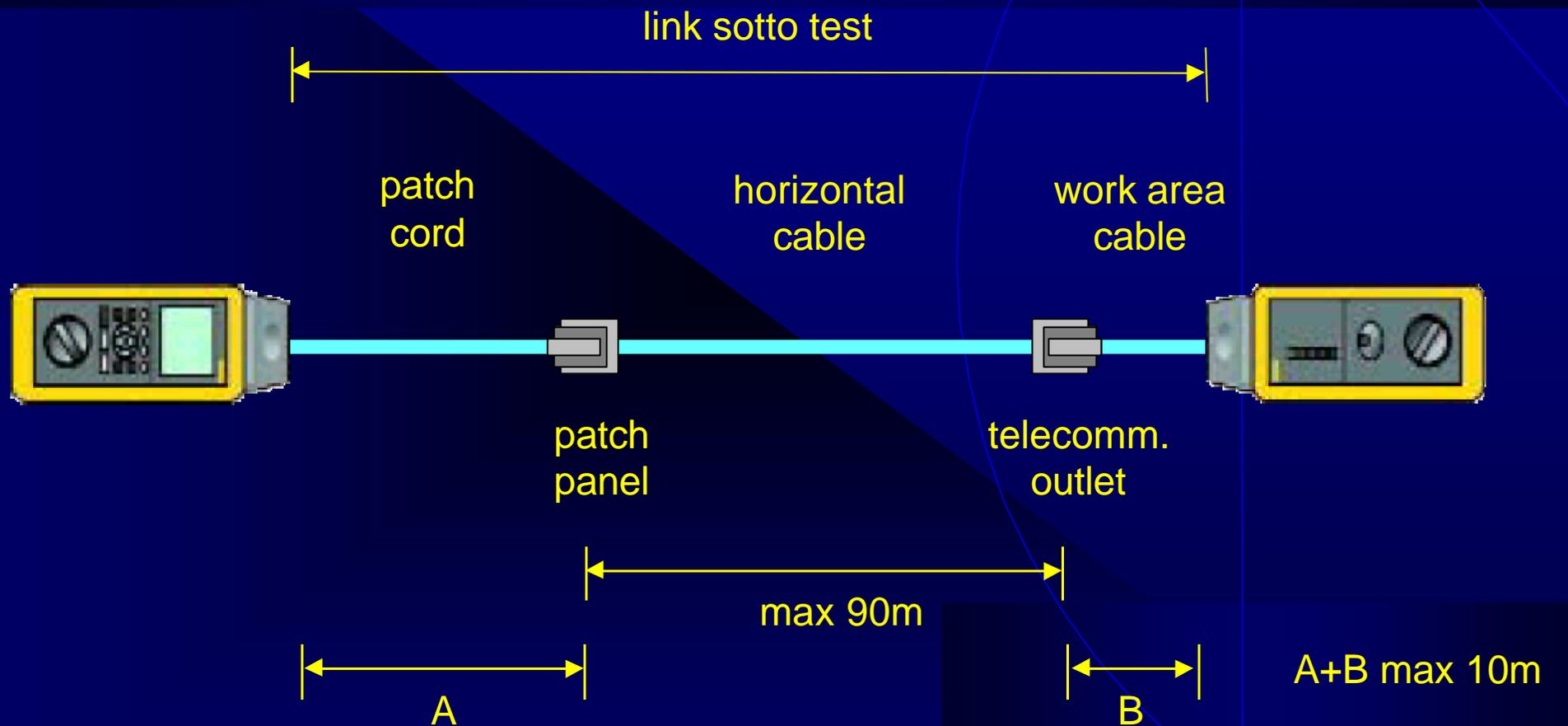
Modelli di misura per il collaudo (o “certifica”)

- Gli standard specificano più modelli di misura, non solo per via dei diversi limiti dei parametri in funzione della categoria, ma anche per il modello di connessione fisica:
 - channel
 - permanent link

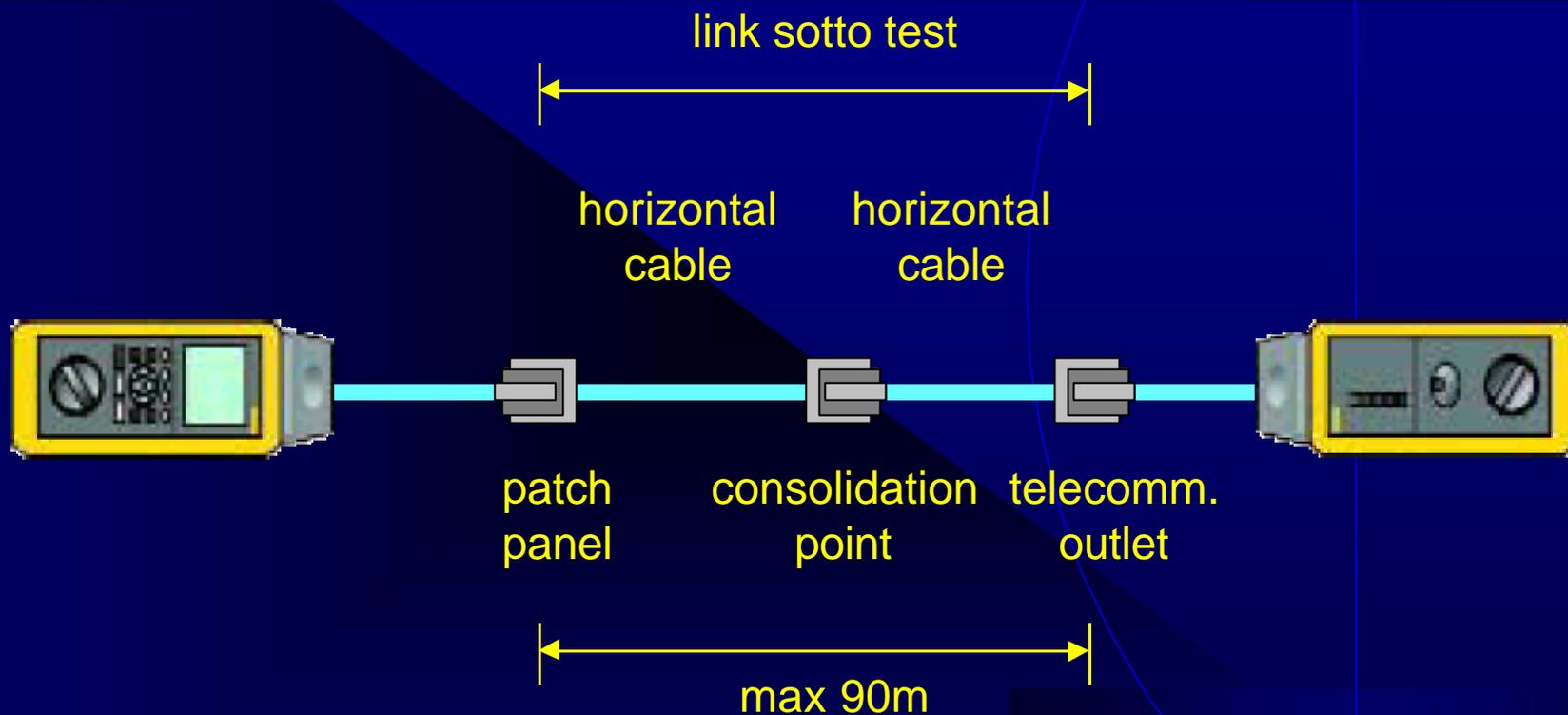
Modelli di misura: channel (in teoria)



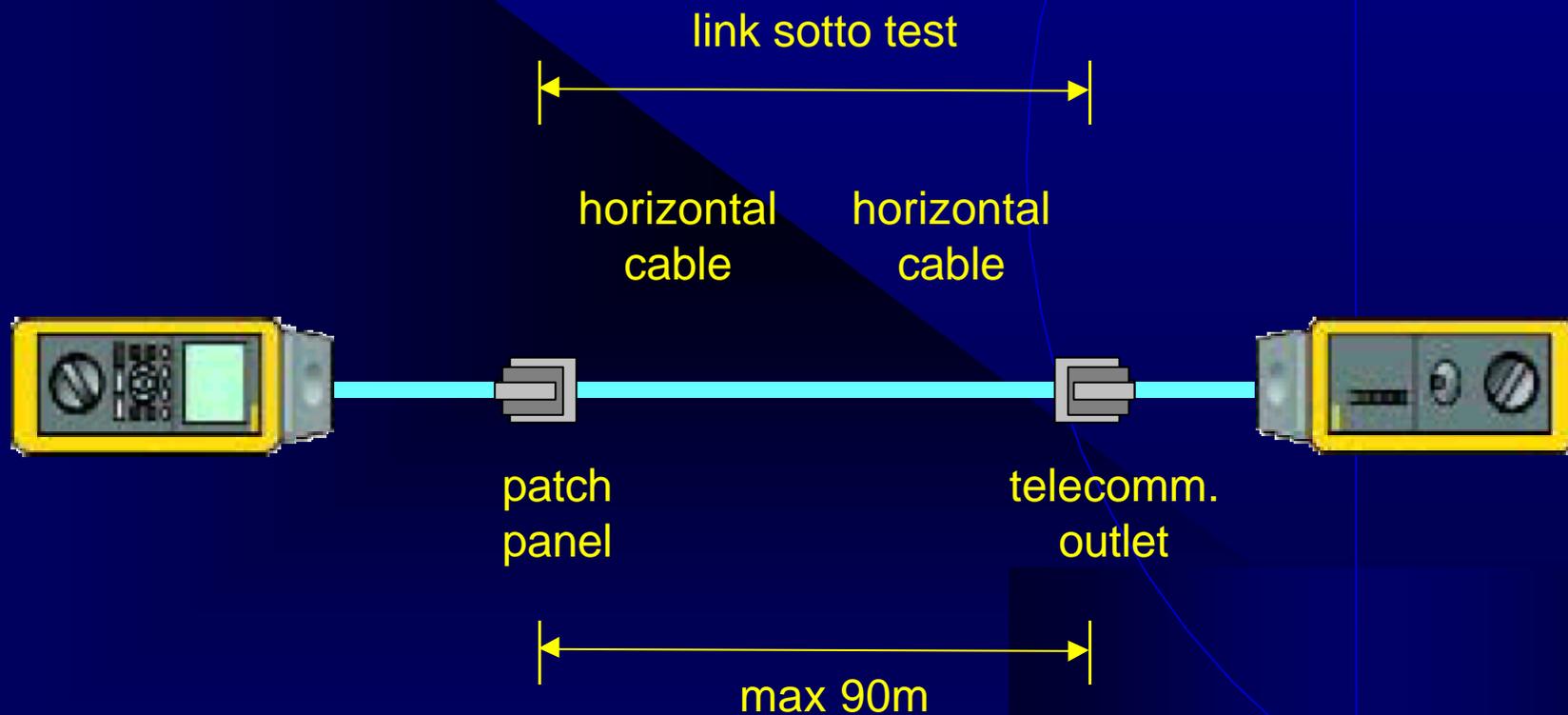
Modelli di misura: channel (in pratica, quasi sempre)



Modelli di misura: permanent link (in teoria)



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



LIA: Link Interface Adapter

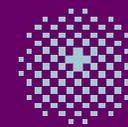
- Sui field tester di nuova generazione il modulo di interfaccia fisica è intercambiabile:
 - test di link o di channel (jack o plug)
 - cavi per collaudo di cat. 5/5E o di cat. 6



Studi sulla categoria 6 all'Università degli Studi di Udine

- Valutare le criticità dei sistemi di cablaggio in categoria 6
- Individuare soluzioni ottimali per la progettazione e la realizzazione

In collaborazione con



KRONE

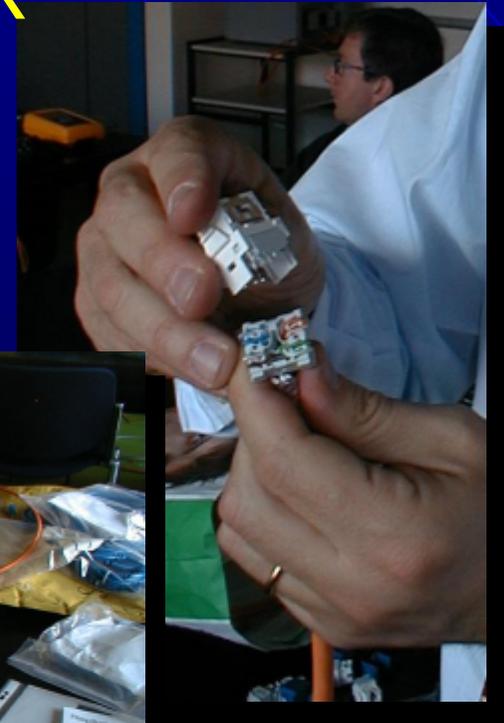
FLUKE
networks™

Metodo

- Riprodurre una normale situazione di posa in opera di un tipico cablaggio disponibile sul mercato
- Realizzare un insieme di link campione per confrontare tutte le possibili configurazioni alternative significative
- Effettuare le misure con strumenti da campo dell'ultima generazione
- Analizzare le criticità in funzione delle differenti configurazioni

Cablaggi campione e misure

- Sono stati definiti, realizzati e misurate 20 differenti configurazioni di link



Obiettivi delle prove di laboratorio

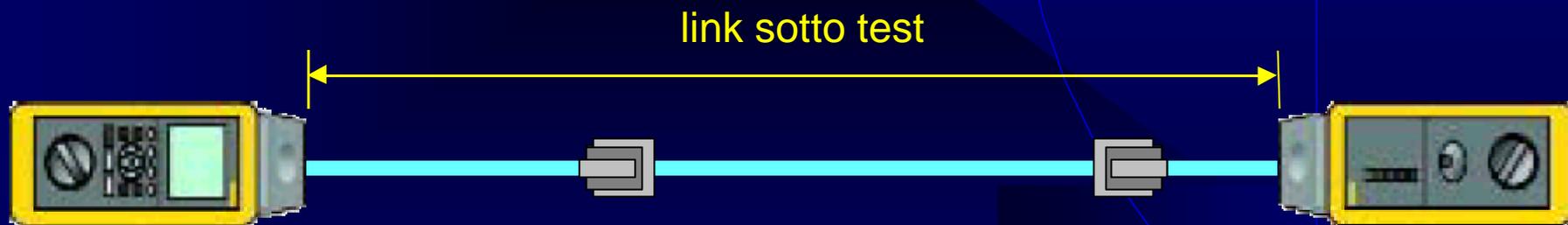
- Valutazione dei margini rispetto agli standard di cat. 6 e identificazione delle eventuali criticità
- Confronto dei parametri di qualità trasmissiva rispetto alla categoria 5E
- Dipendenza dei parametri di qualità trasmissiva in funzione della distanza: confronto del comportamento tra cat. 6 e cat. 5E
- Interoperabilità tra cat. 6 e cat. 5E

Valutazione dei margini rispetto agli standard di cat. 6 (UTP e FTP)

- 90m (permanent)



- 90m + 2 patch (channel minimo)



Valutazione dei margini rispetto agli standard di cat. 6 (UTP e FTP)

- La realizzazione in cat. 6 non è eccessivamente critica, ma è bene evitare connettorizzazioni intermedie (consolidation point, transition point, patch panel per equipment cable)
- I link sotto test si sono rivelati robusti anche rispetto alle deformazioni meccaniche (per esempio dovute a posa in opera poco accurata) e disturbi esterni (per esempio telefoni cellulari)

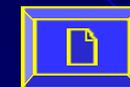
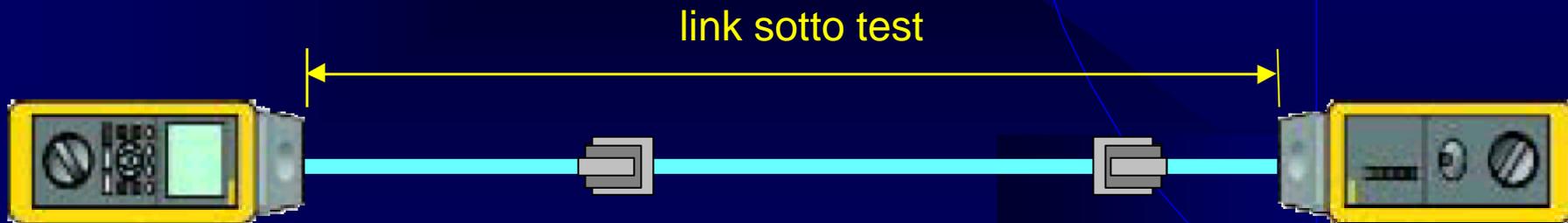
Confronto dei parametri di qualità trasmissiva rispetto alla categoria 5E

Su cat 5E:

- 90m (permanent)

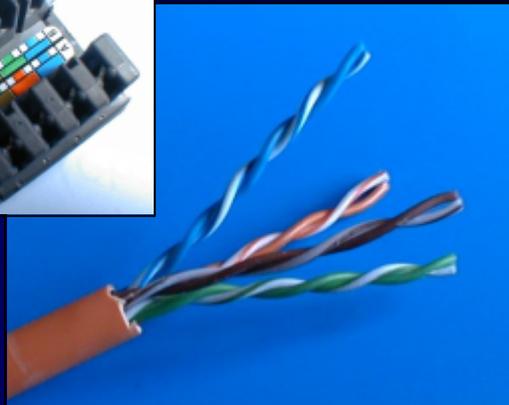


- 90m + 2 patch (channel minimo)

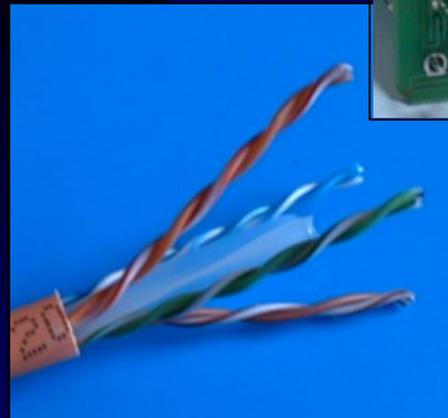


Confronto dei parametri di qualità trasmissiva rispetto alla categoria 5E

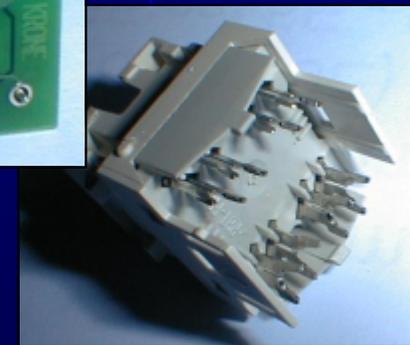
- Migliore qualità del segnale (circa 10 dB di ACR come minimo)



cat. 5



cat. 6



Dipendenza dei parametri di qualità trasmissiva in funzione della distanza: confronto del comportamento tra cat. 6 e cat. 5E

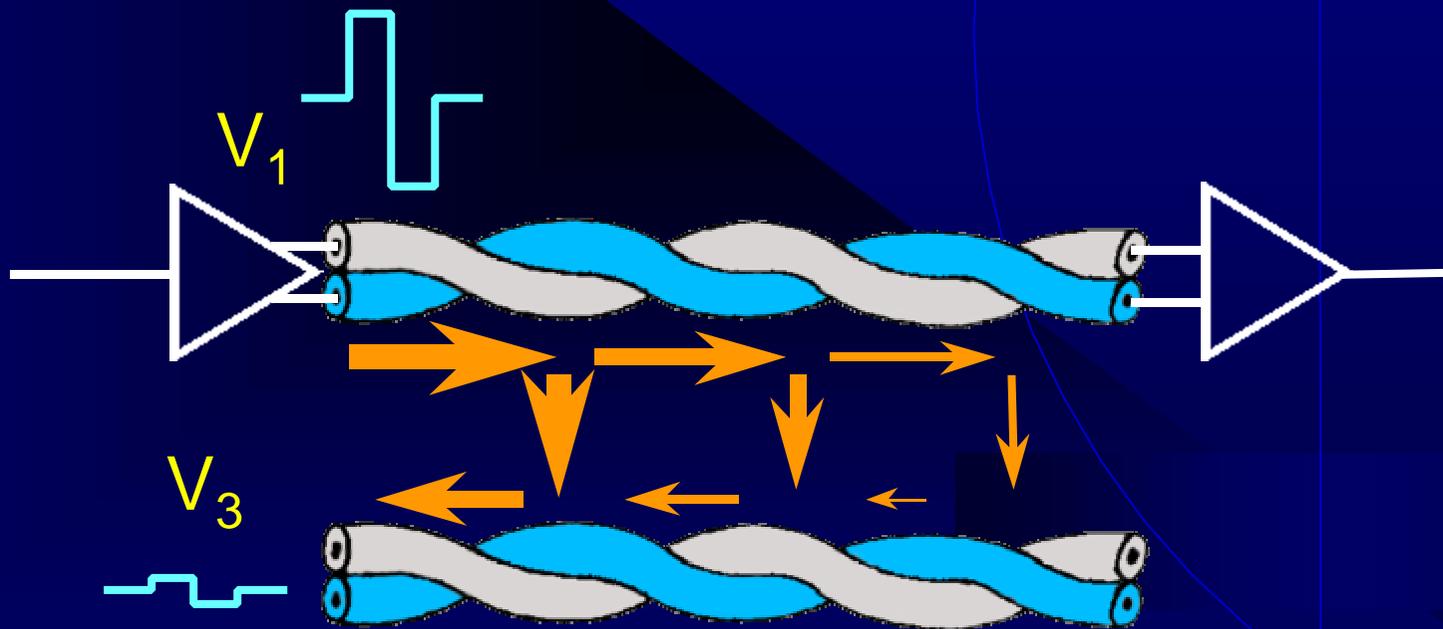
Misure di permanent link e channel:

- 90m cat. 6 e 5E
- 50m cat. 6 e 5E
- 20m cat. 6 e 5E



Dipendenza dei parametri di qualità trasmissiva in funzione della distanza: confronto del comportamento tra cat. 6 e cat. 5E

- Il NEXT (e quindi l'ACR) varia poco tra 20 e 50 metri, a causa del tipo di misura:



Dipendenza dei parametri di qualità trasmissiva in funzione della distanza: confronto del comportamento tra cat. 6 e cat. 5E

- Nelle misure di PSELFEXT i link di categoria 6 denotano una considerevole dipendenza dalla distanza
- Nelle misure di ELFEXT e PSELFEXT le frequenze più critiche per la cat.6 sono quelle comprese tra 200 e 250 MHz, per la cat 5E sono più uniformemente distribuite (standard più bilanciato?)

Interoperabilità tra cat. 6 e cat.5

Configurazioni miste (lunghezza = 90m)

- connettori cat. 5E su cavo cat. 6, test cat. 6
- connettori cat. 5E su cavo cat. 6, test cat. 5E
- patch cat. 5E su cavo e connettori cat. 6, test cat. 5E
- connettori e patch cat. 5E su cavo cat. 6, test cat. 5E
- connettori e cavo 5E patch cat. 6, test cat. 5E
- connettori e cavo 5E patch cat. 6, test cat. 6



Interoperabilità tra cat. 6 e cat.5

- Un cablaggio in cat. 6 utilizzato come cat. 5E (con patch cat. 5E) ha prestazioni un po' *inferiori* ad un cablaggio in cat. 5E (mancato accoppiamento dei connettori)
- I patch cord hanno un ruolo determinante
- Un buon link di cat. 5E con patch di cat. 6 può quasi soddisfare le specifiche della cat. 6 (i punti critici sono tra i 200 e i 250 MHz)
- Ottimo l'impiego di cavo in cat. 6 per realizzare un cablaggio in cat. 5E

Conclusioni sulle caratteristiche dei cablaggi in categoria 6

- I componenti per cablaggi in cat. 6 iniziano ad essere “maturi” e fornire buoni margini rispetto ai draft degli standard
- Resta critico il comportamento alle frequenze comprese tra 200 e 250 MHz (cura nelle connettorizzazioni e nella posa in opera del cavo)
- È importante la qualità delle patch cord

Sommario

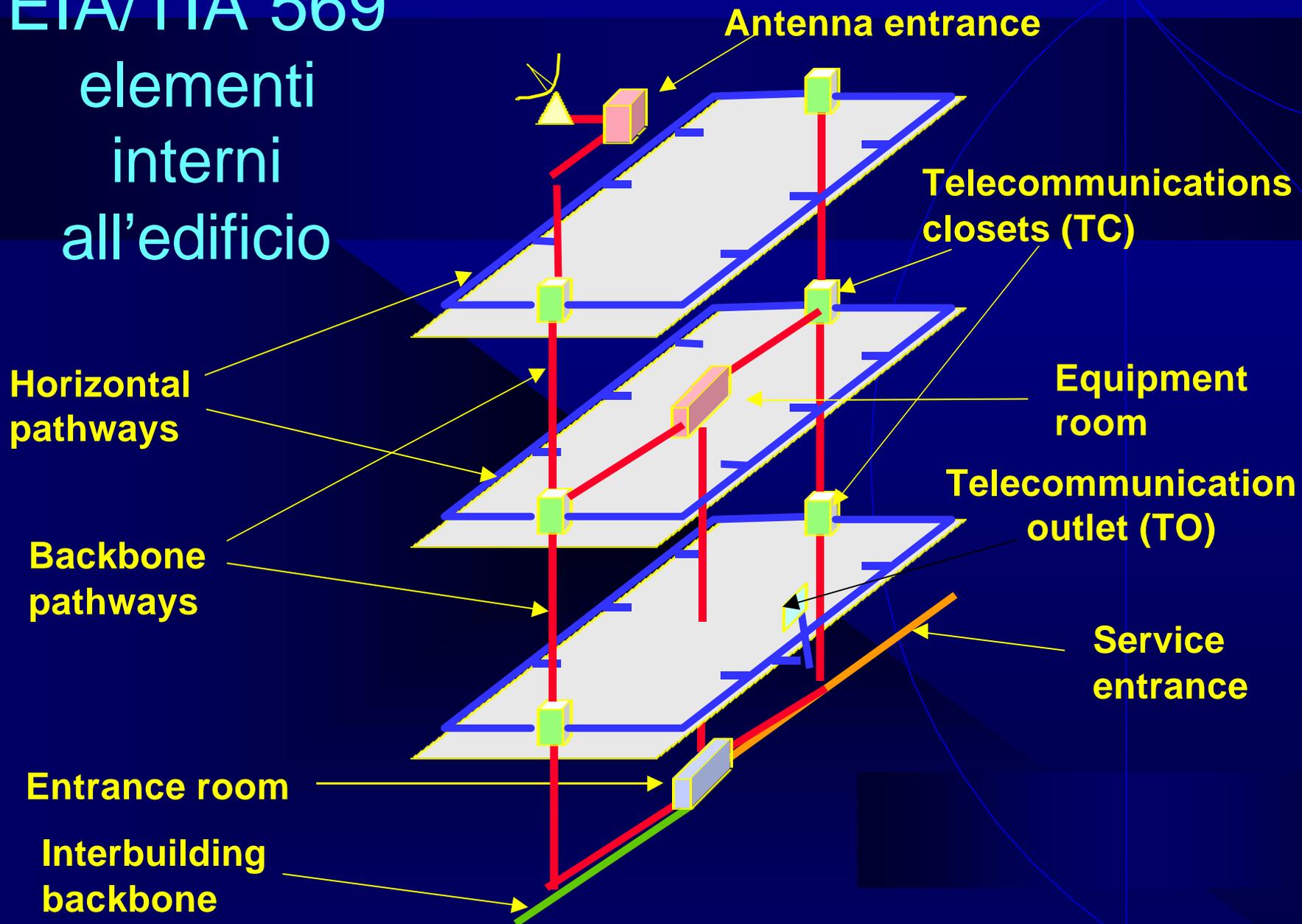
- **Evoluzione delle reti locali**
 - Gigabit Ethernet
 - 10 Gigabit Ethernet (locale? Si fa per dire!)
 - Fault tolerance
- **Il cablaggio strutturato degli edifici**
 - Architettura, standard ed evoluzione
 - Nuove categorie e certifica
- **Criteri di progetto**
 - Infrastrutture
 - Dorsali in fibra ottica
- **Conclusioni**

Problemi tipici nella realizzazione di cablaggi strutturati

- Topologia delle canalizzazioni inadatta
- Quantità di canalizzazioni insufficiente
- Tipi di canaline e tubi non adatti
- Raggi di curvatura minimi non rispettati
- Assenza di spazi per gli armadi
- Assenza di condutture per il collegamento degli armadi alle canalizzazioni per le dorsali
- Elevato costo per realizzare le integrazioni necessarie su un edificio al termine della costruzione/ristrutturazione

EIA/TIA 569

elementi
interni
all'edificio



Distanza dei cavi di segnale da impianti di potenza (≤ 480 V)

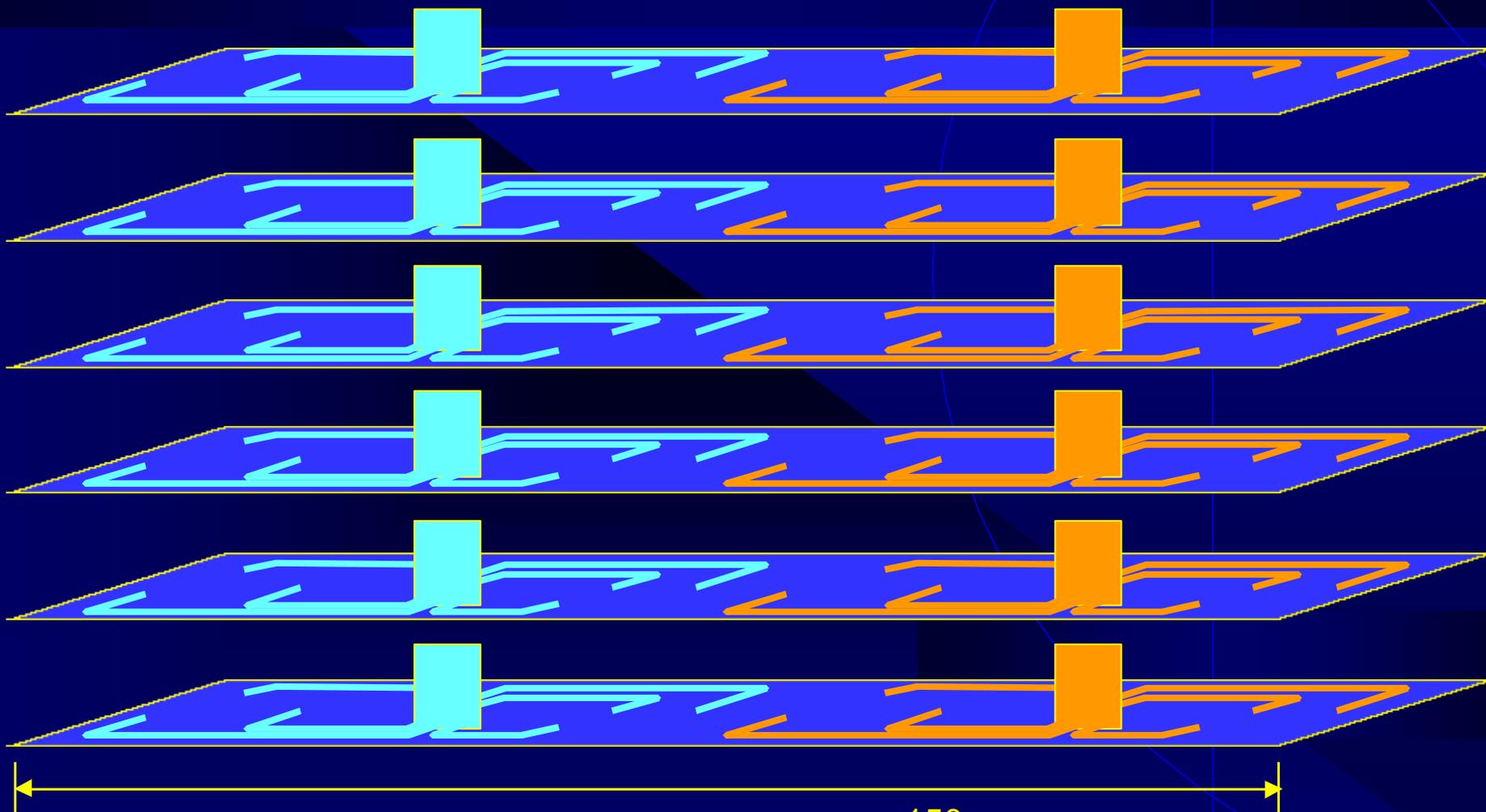
Situazione	Distanza minima		
	< 2 kVA	2-5 kVA	> 5 kVA
Linee elettriche non schermate in prossimità di canaline aperte o non metalliche	127 mm	305 mm	610 mm
Linee elettriche non schermate in prossimità di canaline metalliche con collegamento di terra	64 mm	152 mm	305 mm
Linee elettriche schermate in prossimità di canaline metalliche con collegamento di terra	-	76 mm	152 mm

Dove metto gli armadi?

- Criteri di scelta:
 - disponibilità di spazio
 - minimizzare le distanze dalle prese
 - minimizzare il numero di armadi

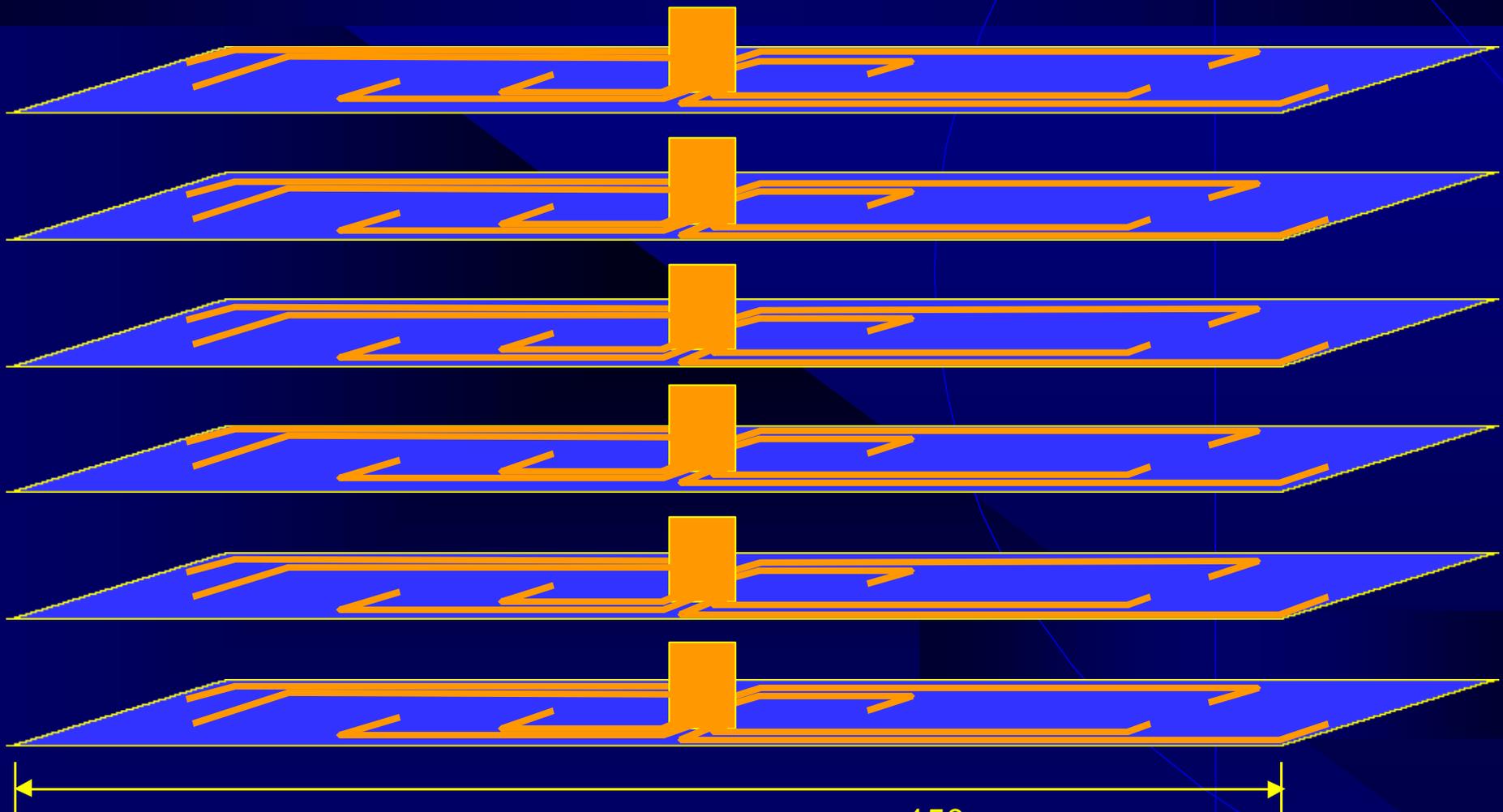
Dove metto gli armadi?

- Soluzione classica di qualità



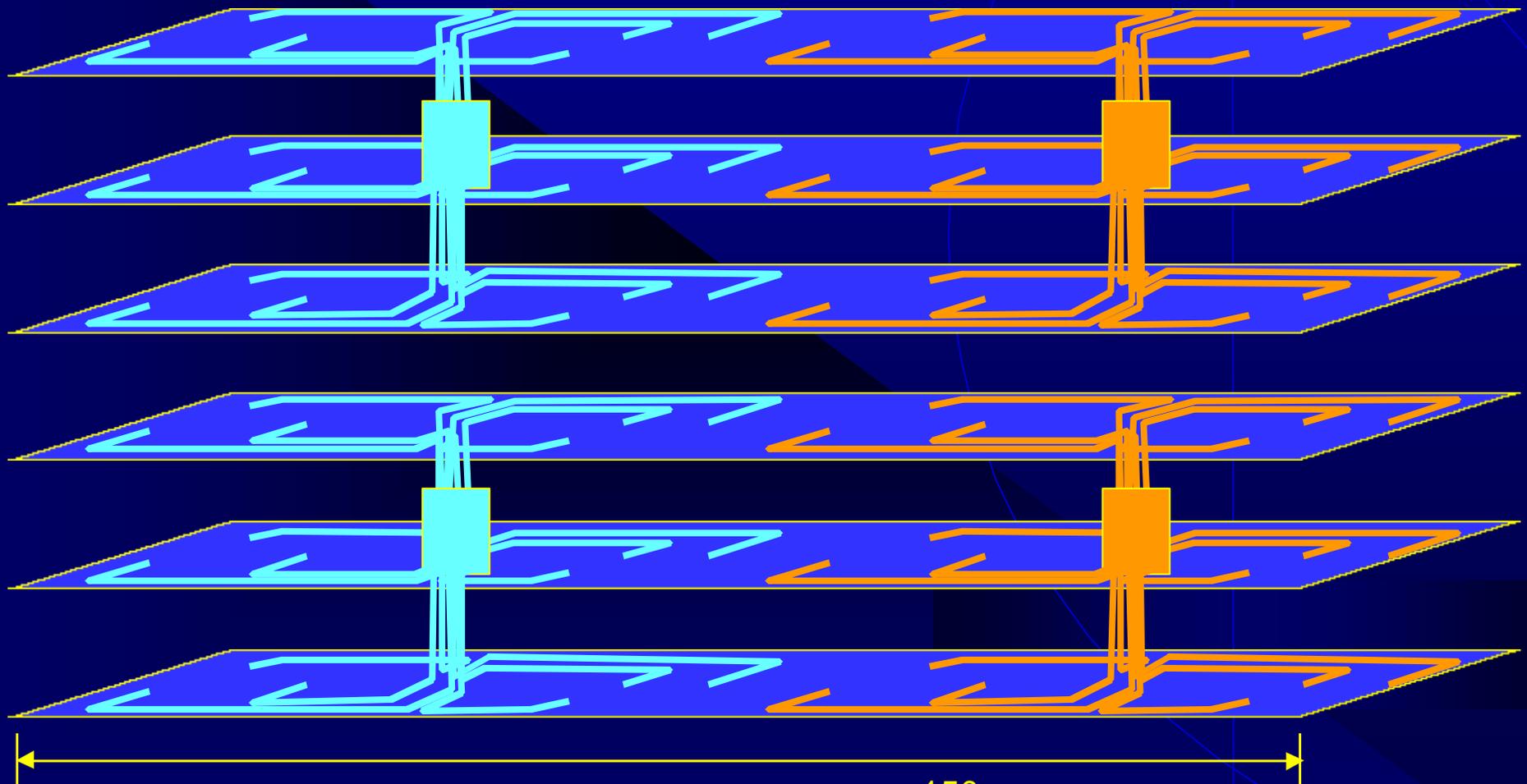
Dove metto gli armadi?

- Soluzione al limite delle distanze



Dove metto gli armadi?

- Soluzione ottimale



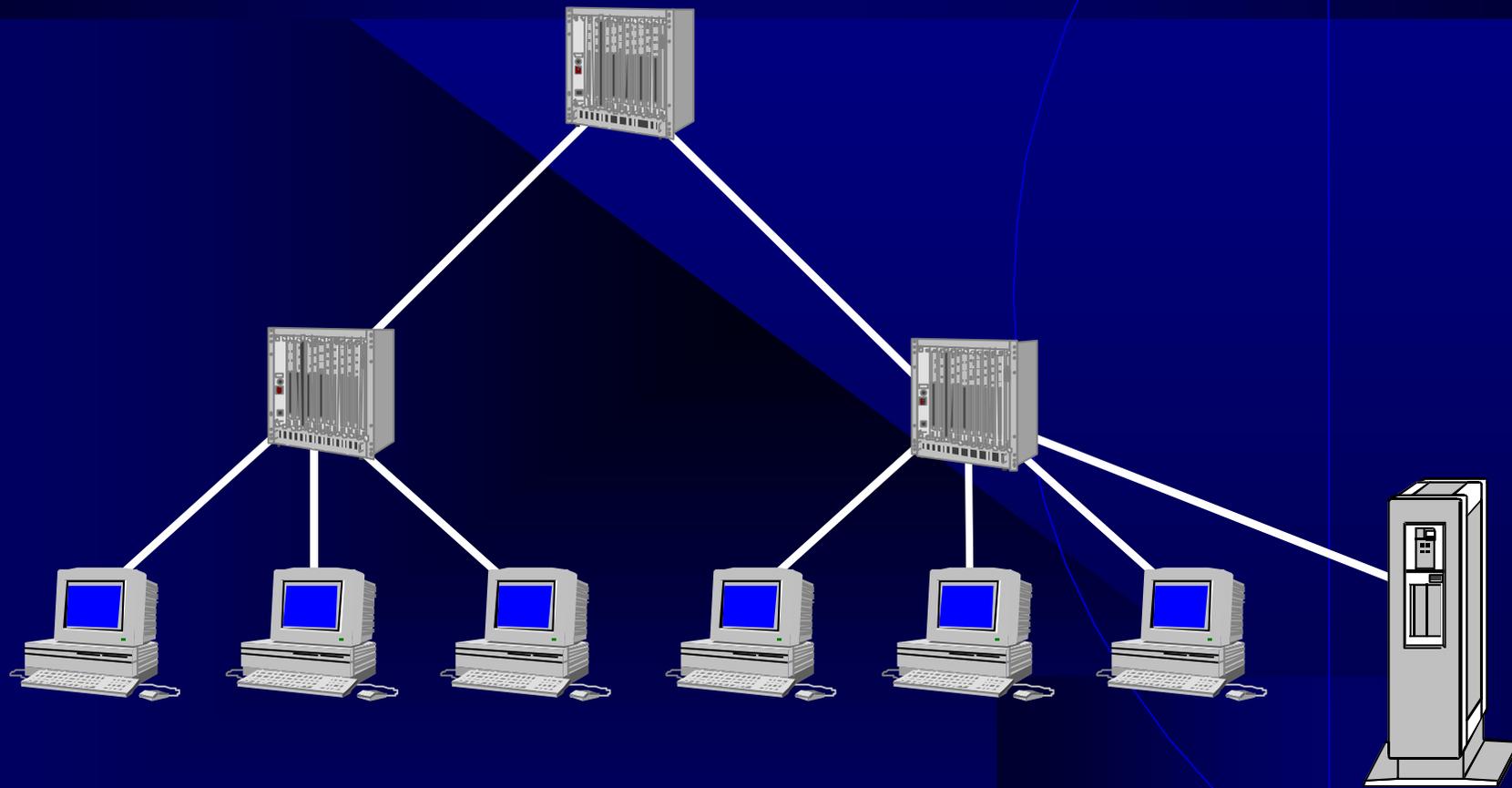
Armadi di piano *non* nel piano?

- Gli standard prevedono questa possibilità per le zone con poche utenze (es. hall del piano terreno)
- Il concetto può essere esteso agli altri piani per:
 - sopperire all'assenza di adeguati spazi
 - ridurre le lunghezze dei cavi
 - ridurre il numero totale di armadi (e quindi anche di apparecchiature attive)

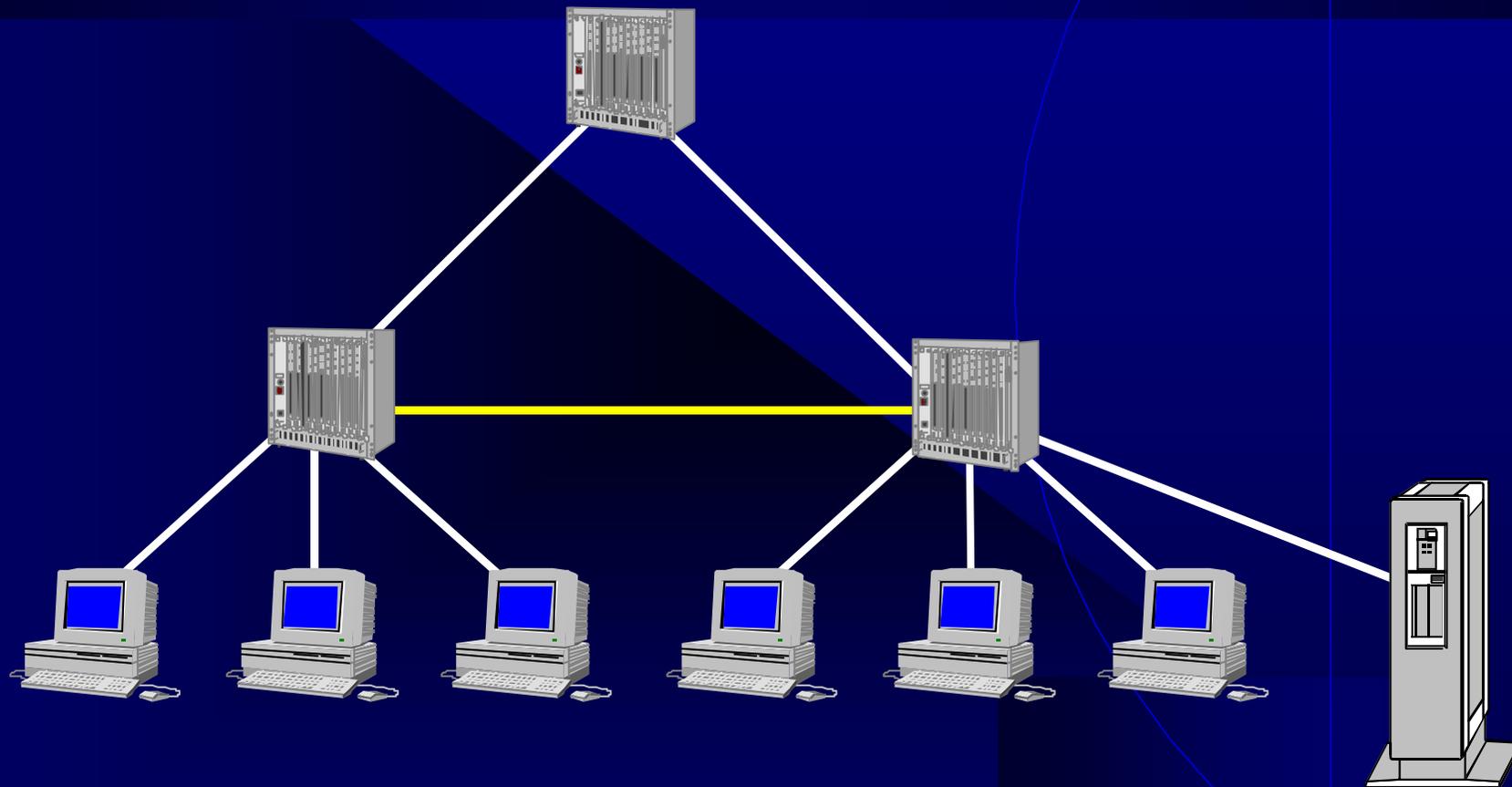
Sommario

- **Evoluzione delle reti locali**
 - Gigabit Ethernet
 - 10 Gigabit Ethernet (locale? Si fa per dire!)
 - Fault tolerance
- **Il cablaggio strutturato degli edifici**
 - Architettura, standard ed evoluzione
 - Nuove categorie e certifica
- **Criteri di progetto**
 - Infrastrutture
 - Dorsali in fibra ottica
- **Conclusioni**

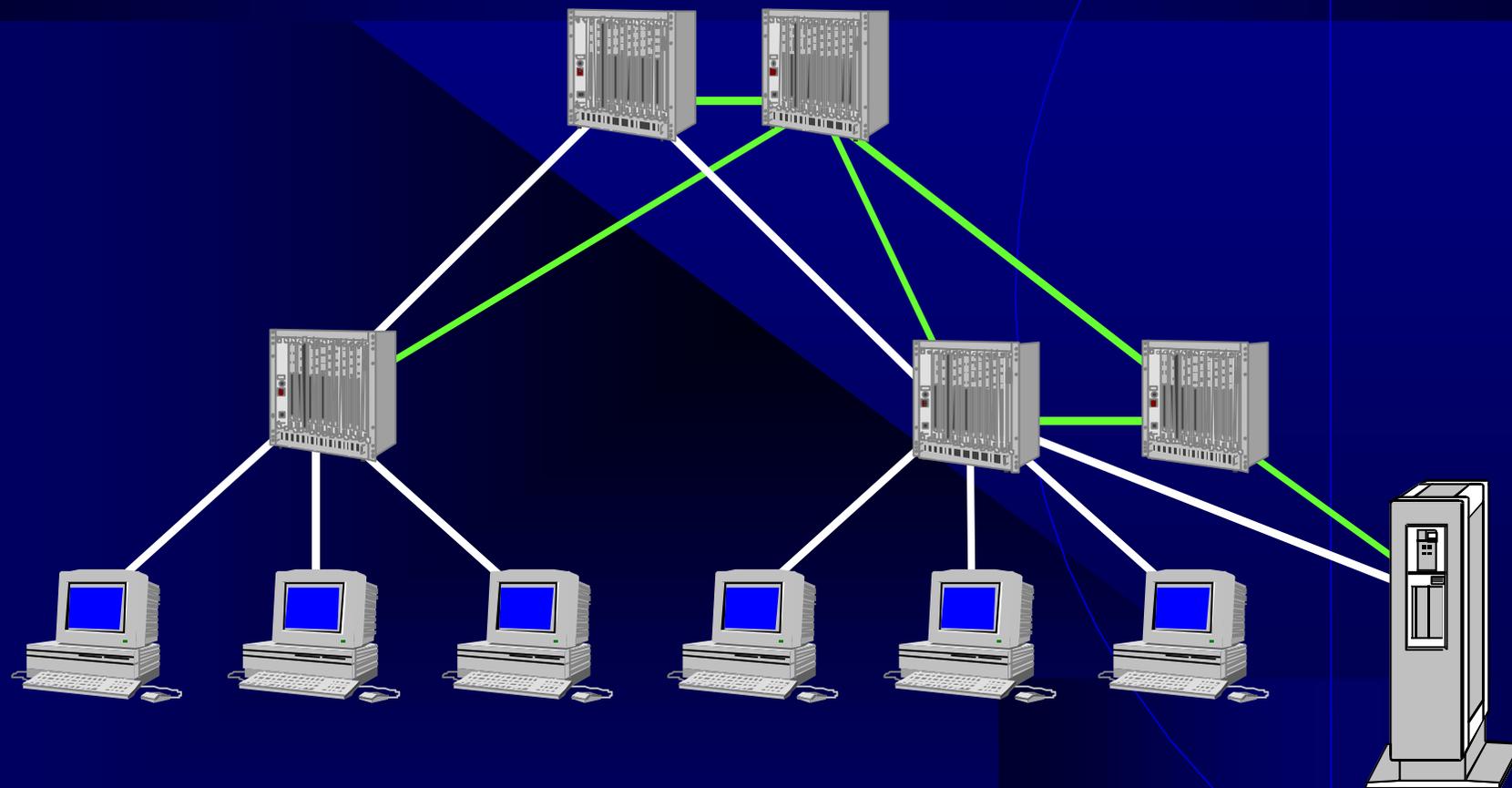
Topologia a stella



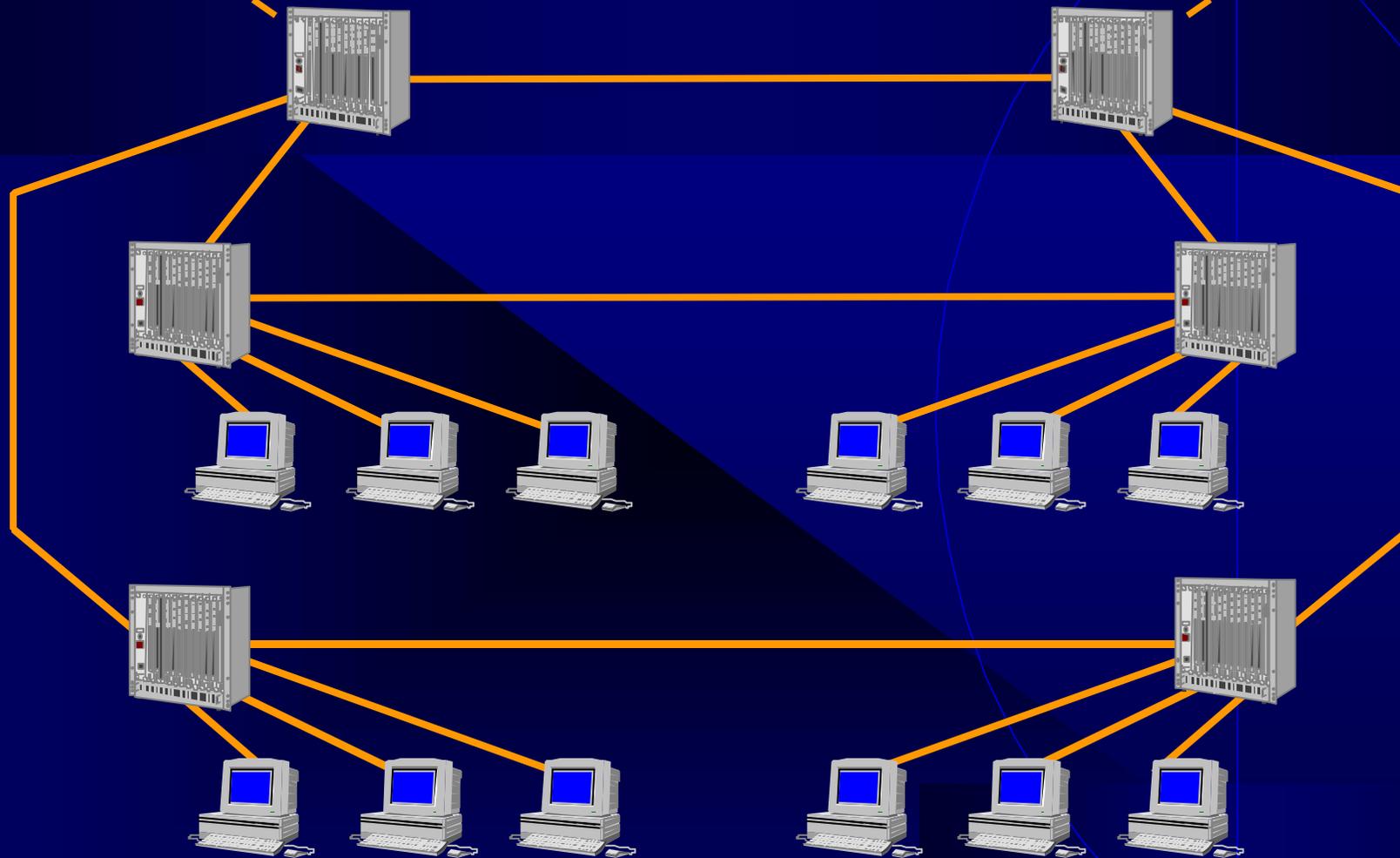
Topologia ridondante



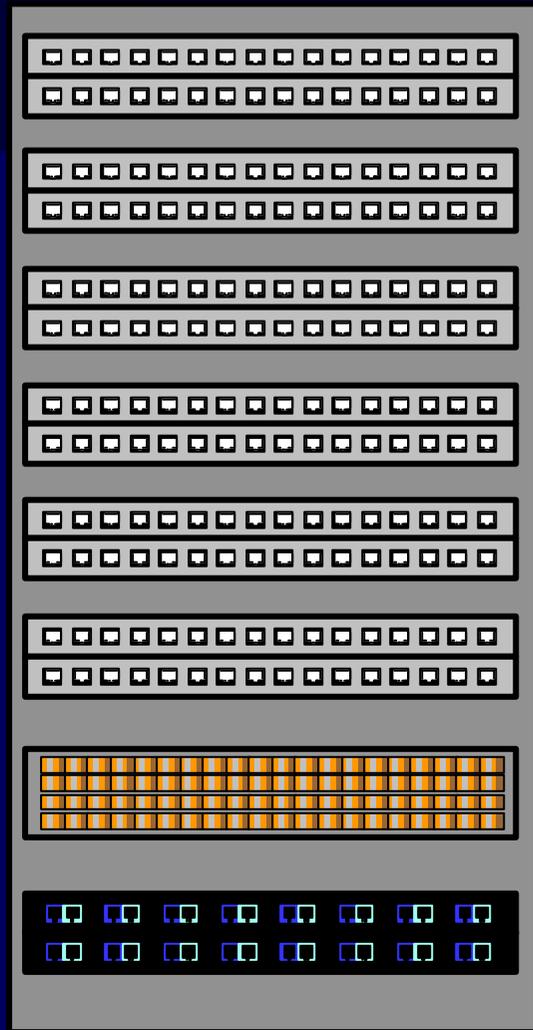
Topologia ridondante



Topologia ridondante



Organizzazione degli armadi (versione minima)



utenze del cablaggio orizzontale

arrivo della dorsale in rame per la fonia

arrivo della dorsale in fibra ottica per i dati

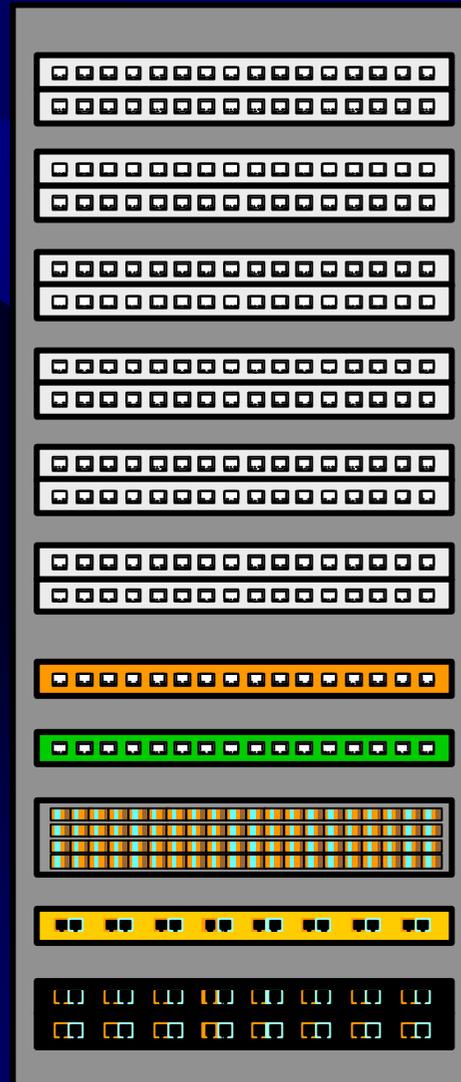
Organizzazione degli armadi (versione più flessibile)

rame:

- da e verso gli armadi vicini

fibra ottica:

- dal centro stella
- da e verso gli armadi vicini

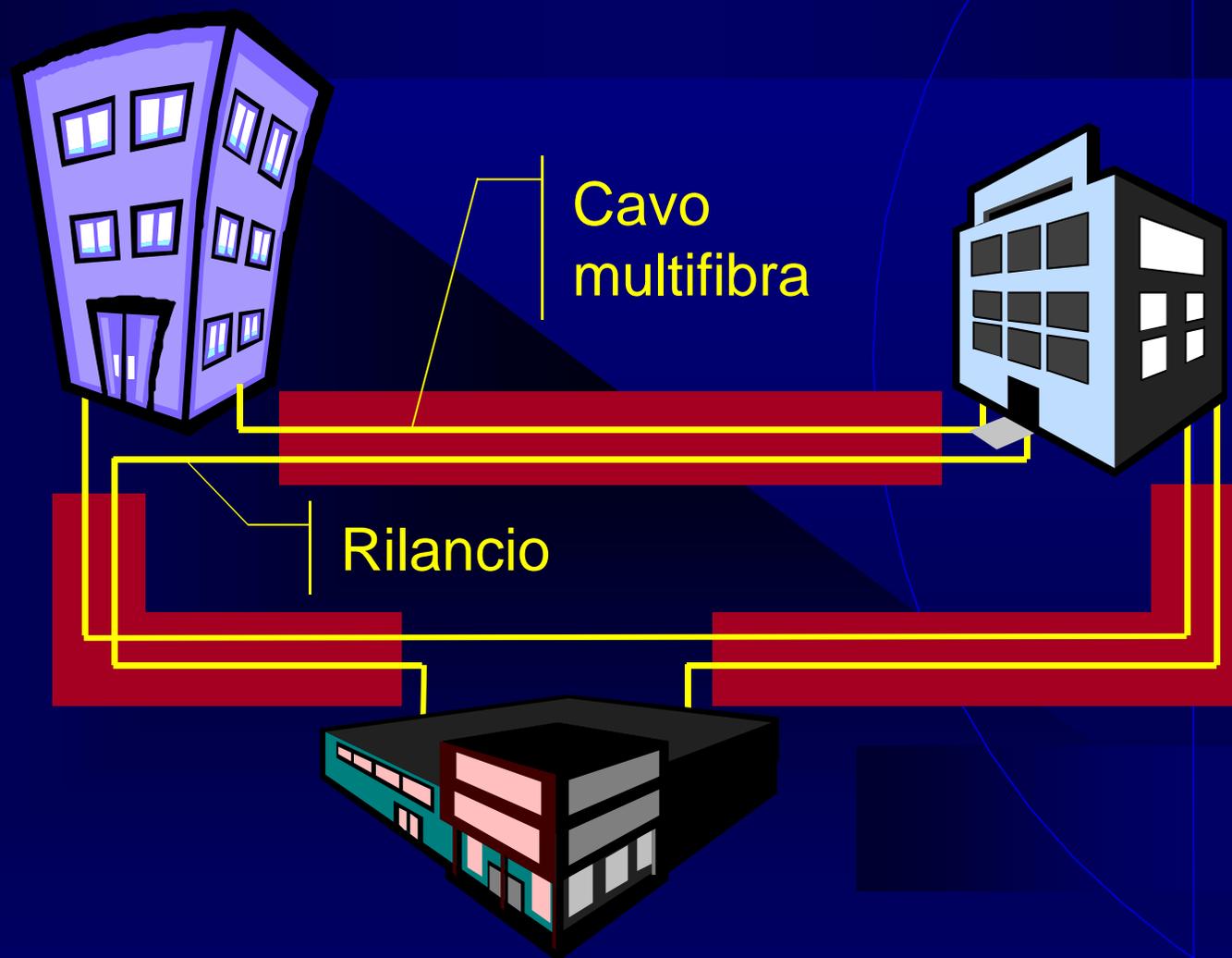


utenze del
cablaggio
orizzontale

arrivo della dorsale in
rame per la fonia

arrivo della dorsale in
fibra ottica per i dati

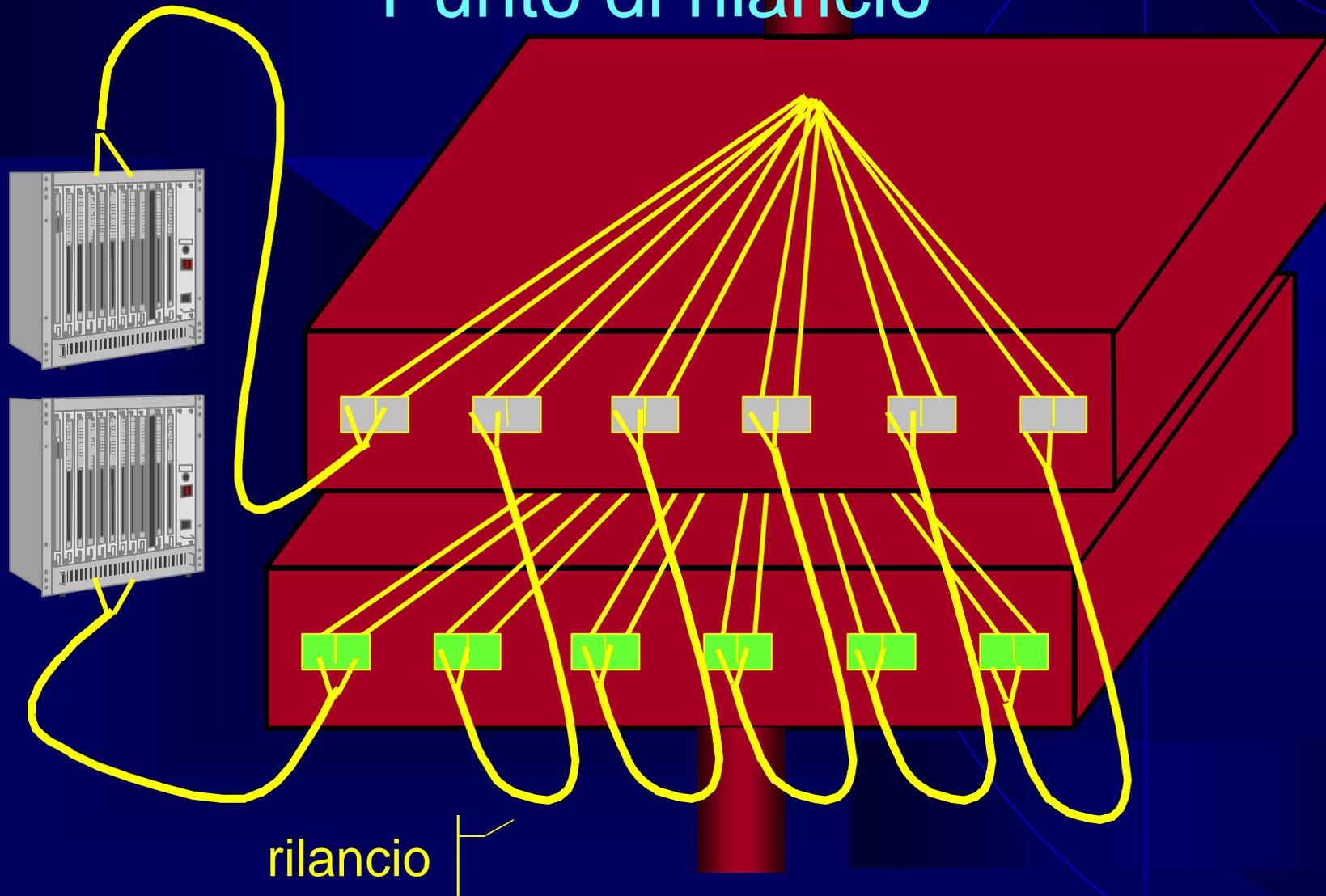
Dorsale di comprensorio: stella cablata ad anello



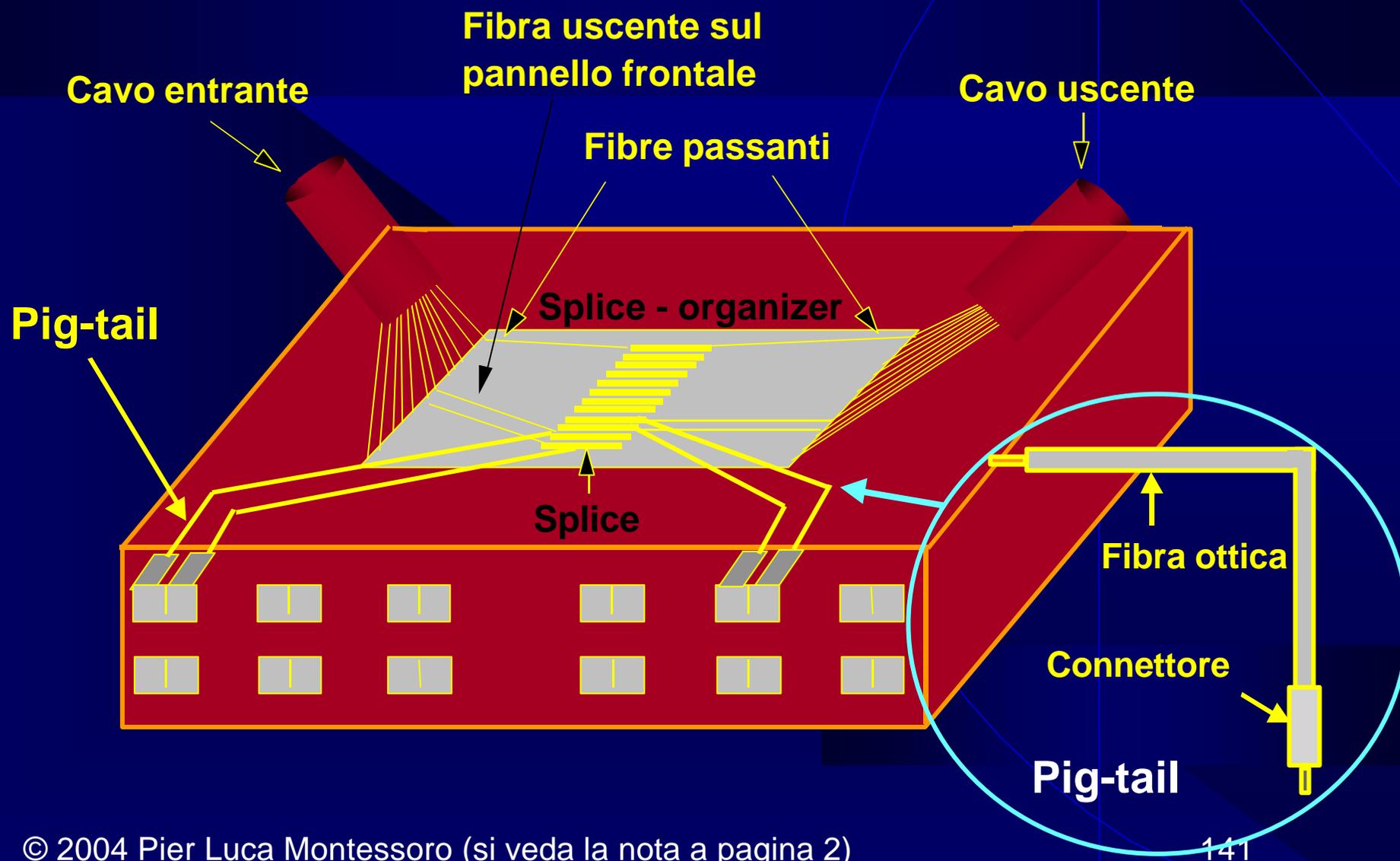
Dorsale di comprensorio: anello

- L'anello rappresenta un buon compromesso
- Presenta:
 - ridondanza dei collegamenti
 - ridondanza delle canalizzazioni e dei passaggi dei cavi (soprattutto in esterno una canalizzazione può venire danneggiata)
 - costo limitato

Punto di rilancio



Cassetto ottico passante



Calcolo dell'attenuazione

- L'attenuazione di canale è data da

$$LT \cdot a + Na \cdot 0,75 + Ng \cdot 0,3$$

LT: lunghezza tratte in fibra [km]

a: attenuazione della fibra [dB/km]
(dipendente dalla lunghezza d'onda)

Na: numero di accoppiamenti ottici

Ng: numero di giunzioni

Margine di sicurezza

- Va tolto al power budget reso disponibile dalla tecnologia trasmissiva
- Tiene in conto dell'attenuazione aggiuntiva dovuta a
 - sporco sulle teste dei connettori
 - difetti nella smerigliatura della fibra
 - difetti nella saldatura della fibra

Ethernet 10 e 100 Mb/s su fibra ottica

Parametri	MMF 62.5 μm		MMF 50 μm		Unità	
	850 nm 10B-FL	1300 nm 100B-FX	850 nm 10B-FL	1300 nm 100B-FX		
Banda Passante	160	200	500	500	500	MHz * Km
Power Budget di canale	10,5	10,5	11	6,5	7	dB
Distanza massima	2000	2000	2000	1000	2000	m
Attenuazione di canale	9	9	4,5	5,25	4,5	dB
Margine di sicurezza	1	1	1	1	1	dB
Budget rimanente	0,5	0,5	5,5	0,25	1,5	dB

Rete di campus con molti edifici

- Elevato numero di edifici attraversati dalla dorsale ad anello o multi anello
 - è necessario effettuare molti rilanci per rimanere entro il diametro massimo della BLAN di 7 switch
 - ogni rilancio implica il passaggio attraverso due accoppiamenti ottici con una conseguente perdita di 1,5 dB del power budget a disposizione

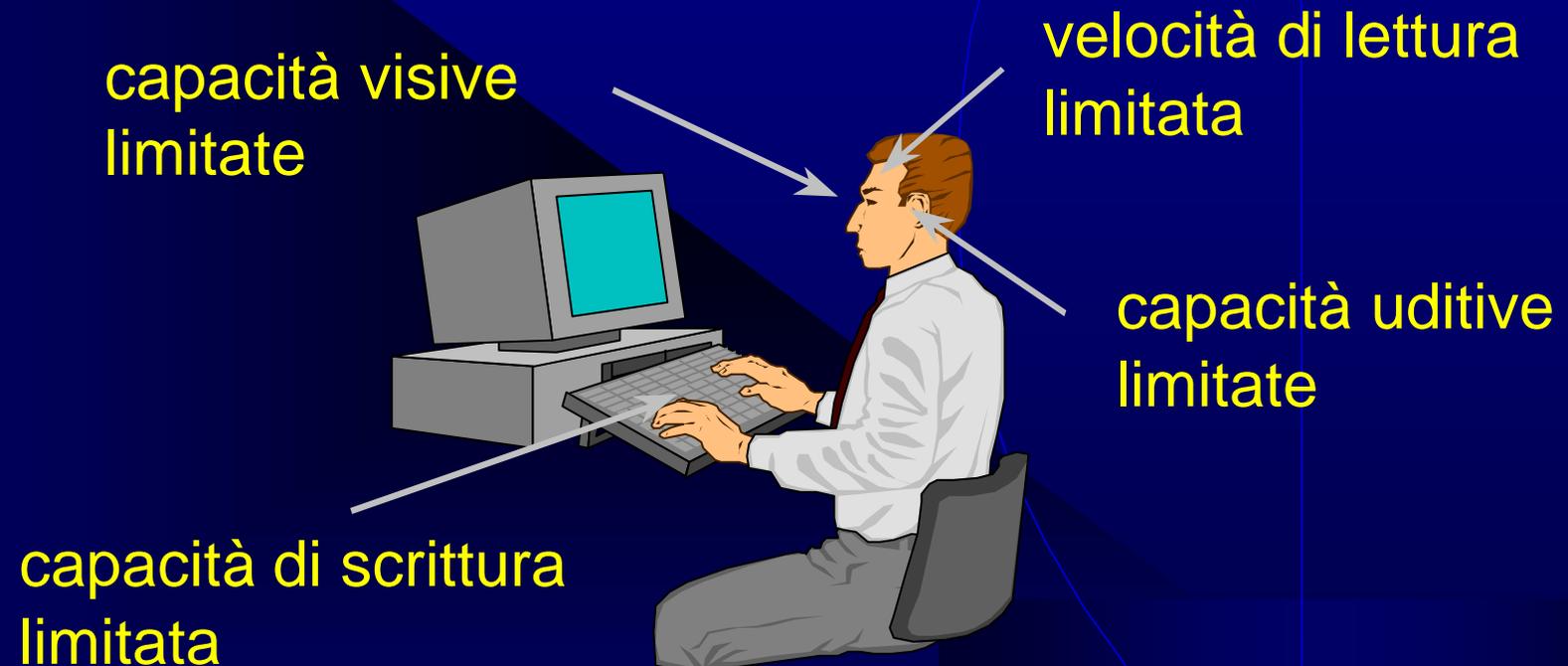
Rete di campus con molti edifici

- L'impiego del cassetto passante permette di effettuare il rilancio tramite fusione o giunzione con splice tra la fibra ottica entrante e quella uscente
 - la perdita si riduce a 0,3 dB nel caso peggiore

Sommario

- **Evoluzione delle reti locali**
 - Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet (Locale? Si fa per dire!)
- **Il cablaggio strutturato degli edifici**
 - Architettura, standard ed evoluzione
 - Nuove categorie e certifica
- **Criteri di progetto**
 - Infrastrutture
 - Dorsali in fibra ottica
- Conclusioni

Il vero fattore limitante



Dimensionamento del cablaggio orizzontale

- Il cablaggio orizzontale serve i posti di lavoro:
 - desktop computer
 - possibilmente non le workstation usate come server
 - MAI server “mission critical”
- Esigenze di banda:
 - 10 Mb/s condivisi: applicazioni “office”
 - 10 Mb/s switched : comuni applicazioni multimediali
 - 100 Mb/s condivisi: applicazioni multimediali
 - 100 Mb/s switched : applicazioni multimediali avanzate

Conclusioni

- Ma allora, dove devo investire?
 - Accuratezza della progettazione
 - Qualità dei componenti
 - Cura nell'installazione
 - Ridondanza e fault tolerance
- E il wireless?
 - Formidabile *complemento* del sistema di cablaggio