



Reti di Calcolatori

Topologie complesse per LAN Il Cablaggio Strutturato

Giorgio Ventre
Dipartimento di Informatica Sistemistica
Università di Napoli Federico II

Nota di Copyright

Quest'insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca sull'Informatica Distribuita del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli e del Laboratorio Nazionale per la Informatica e la Telematica Multimediali. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovrà essere esplicitamente riportata la fonte e gli Autori. Gli Autori non sono responsabili per eventuali imprecisioni contenute in tali trasparenze né per eventuali problemi, danni o malfunzionamenti derivanti dal loro uso o applicazione.

Cos'è il cablaggio

- Insieme di componenti passivi posati in opera:
 - » cavi
 - » connettori
 - » prese
 - » permutatori, ecc.
- Per interconnettere
 - » computer
 - » telefoni
 - » stampanti
 - » monitor
 - » apparati di rete

Due tipologie

- **Proprietari:**
 - » IBM Cabling System
 - » Digital DECconnect
- **Strutturati (conformi a standard nazionali o internazionali):**
 - » TIA/EIA 568A
 - » ISO/IEC IS 11801
 - » prEN 50173
 - »

Cosa integrare?

- Reti locali
 - Terminali
 - Fonia
 - Controllo Accessi
 - Rilevamento presenze
 - Sicurezza
 - TV a circuito chiuso
- » Per la realizzazione di un edificio “intelligente”

Problematica e strategia

- Progettare il cablaggio strutturato al pari degli impianti elettrici e idraulici, contestualmente a
 - » costruzione degli edifici
 - » ristrutturazione
- Necessità di sistemi di cablaggio standard per edifici commerciali
 - » regole standard per la progettazione e messa in opera
- Primo standard
 - » 1991 EIA/TIA 568

Gli elementi componenti

- Mezzi trasmissivi:
 - » cavi in rame e fibre ottiche
- Strutture di permutazione
- Connettori, spine e prese
- Adattatori
- Apparati di protezione elettrica
- Materiali di supporto:
 - » cassette, supporti, canaline, armadi, ecc.

Standard (1)

- TIA/EIA 568A
 - » standard americano per i cablaggi di edifici commerciali di tipo **office oriented**:
 - » approvato nel 1995:
 - » riprende buona parte delle specifiche contenute EIA/TIA 568
- ISO/IEC 11801
 - » standard internazionale per i cablaggi di edifici commerciali di tipo **office oriented**:
 - » approvato nel 1995

Standard (2)

- PrEN 50173
 - » bozza di standard **europeo**
 - » derivata da ISO/IEC IS 11801
- EIA/TIA 569
 - » standard americano:
- EIA/TIA 570 standard americano:
 - » definisce le specifiche del cablaggio in ambito **residenziale**
- TIA/EIA TSB 67
 - » standard americano:
 - » modalità di **test e certificazione** di un cablaggio strutturato

Normative specificate dagli standard

- Definiscono l'ambito di adozione:
 - » Gruppo di edifici appartenenti ad un comprensorio (campus)
- Descrivono:
 - » le topologie ammesse
 - » elementi facenti parte del cablaggio
 - » mezzi trasmissivi
 - » dorsali
 - » cablaggio orizzontale
 - » norme per l'installazione
 - » documentazione
 - » norme per il collaudo
- Fissano la durata minima di validità del progetto

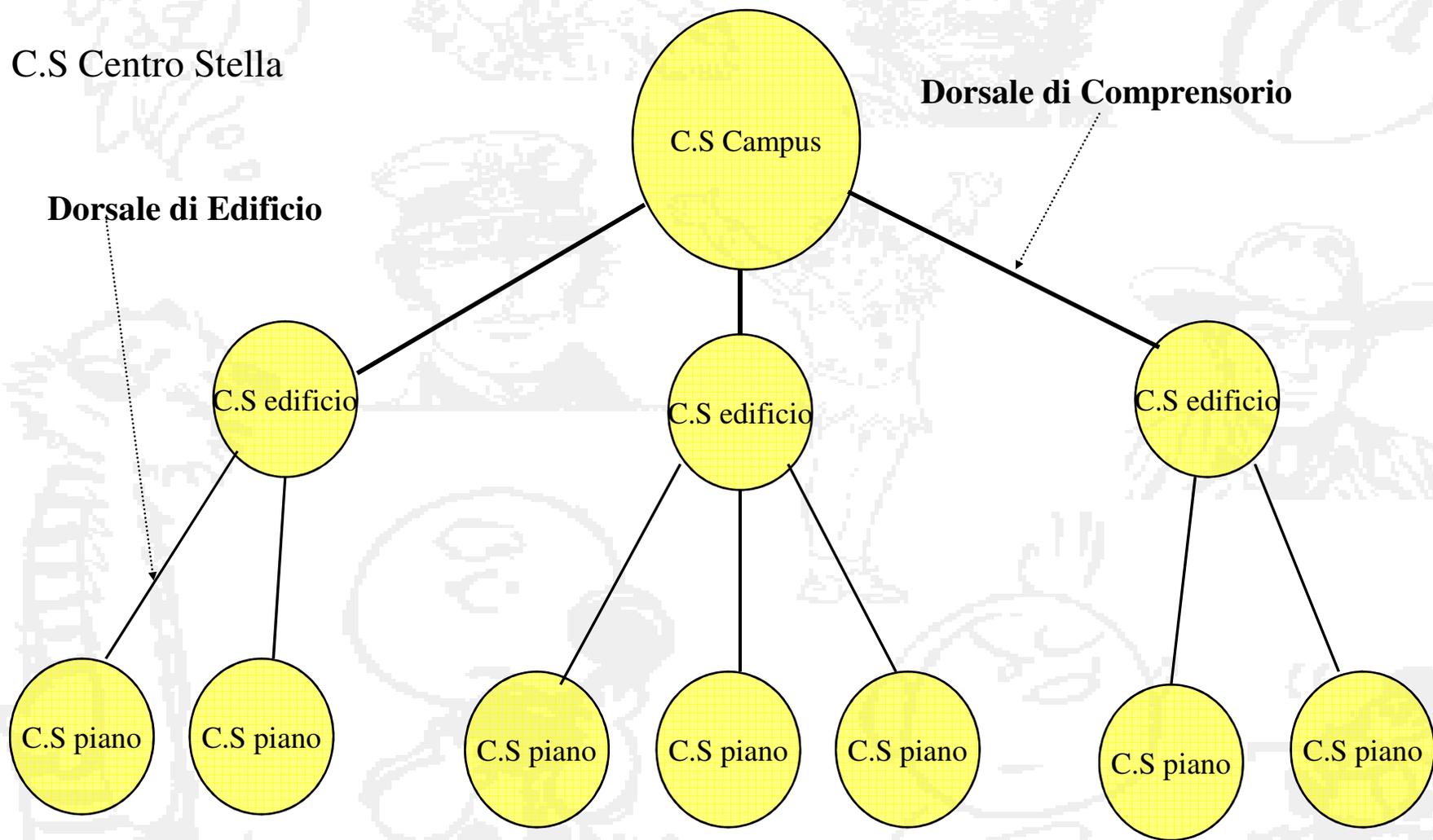
Campus

- Gruppo di edifici facenti parte di uno stesso comprensorio (singolo appezzamento di suolo privato)
 - » Si estende al massimo per 3.000 metri
 - » Superficie massima ciascun edificio 1.000.000 mq
 - » Popolazione massima ciascun edificio 50.000 persone

Topologie per il cablaggio

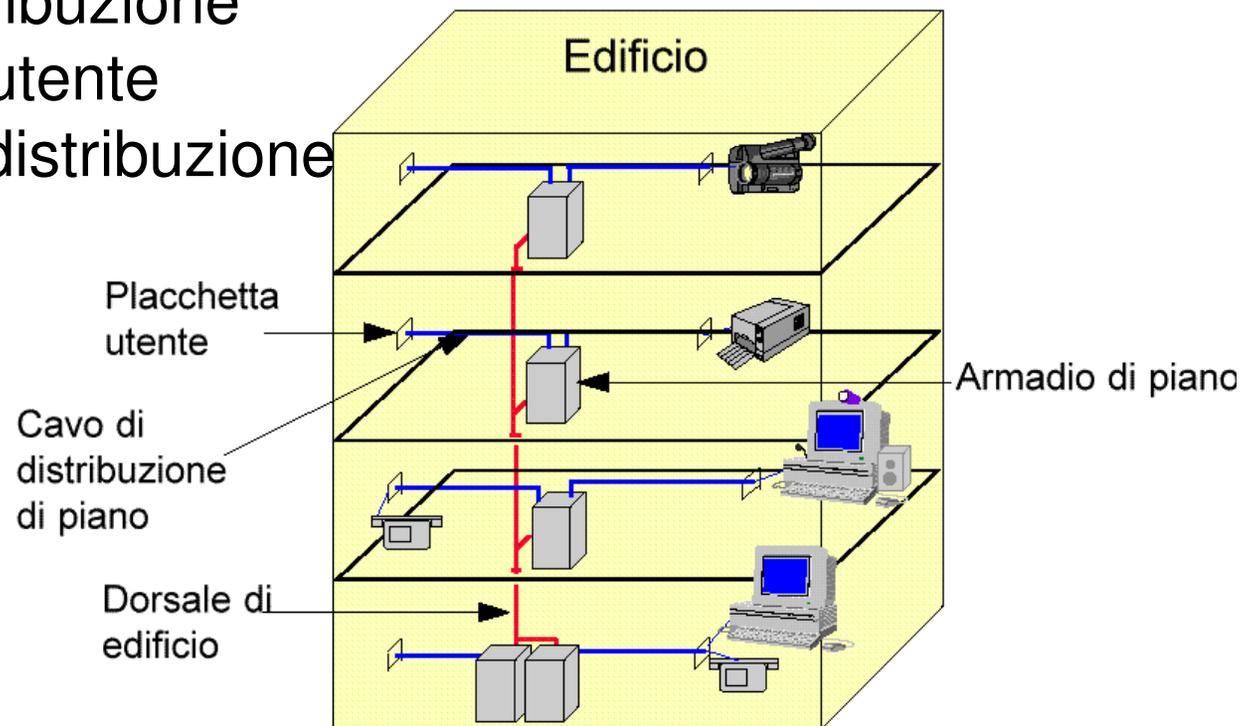
- Sia EIA/TIA 568A che ISO/IEC 11801 stabiliscono una topologia **stellare** gerarchica a tre livelli:
 - » primo livello
 - centro stella di comprensorio
 - » secondo livello
 - centro stella di edificio
 - » terzo livello
 - centro stella (o armadio) di piano

Topologia: un Campus di tre edifici



Topologia: Edificio

- Per ogni edificio
 - » Un cavo dorsale di distribuzione.
- Per ogni piano
 - » Un cavo di distribuzione
 - » Più placchette utente
 - » Un armadio di distribuzione



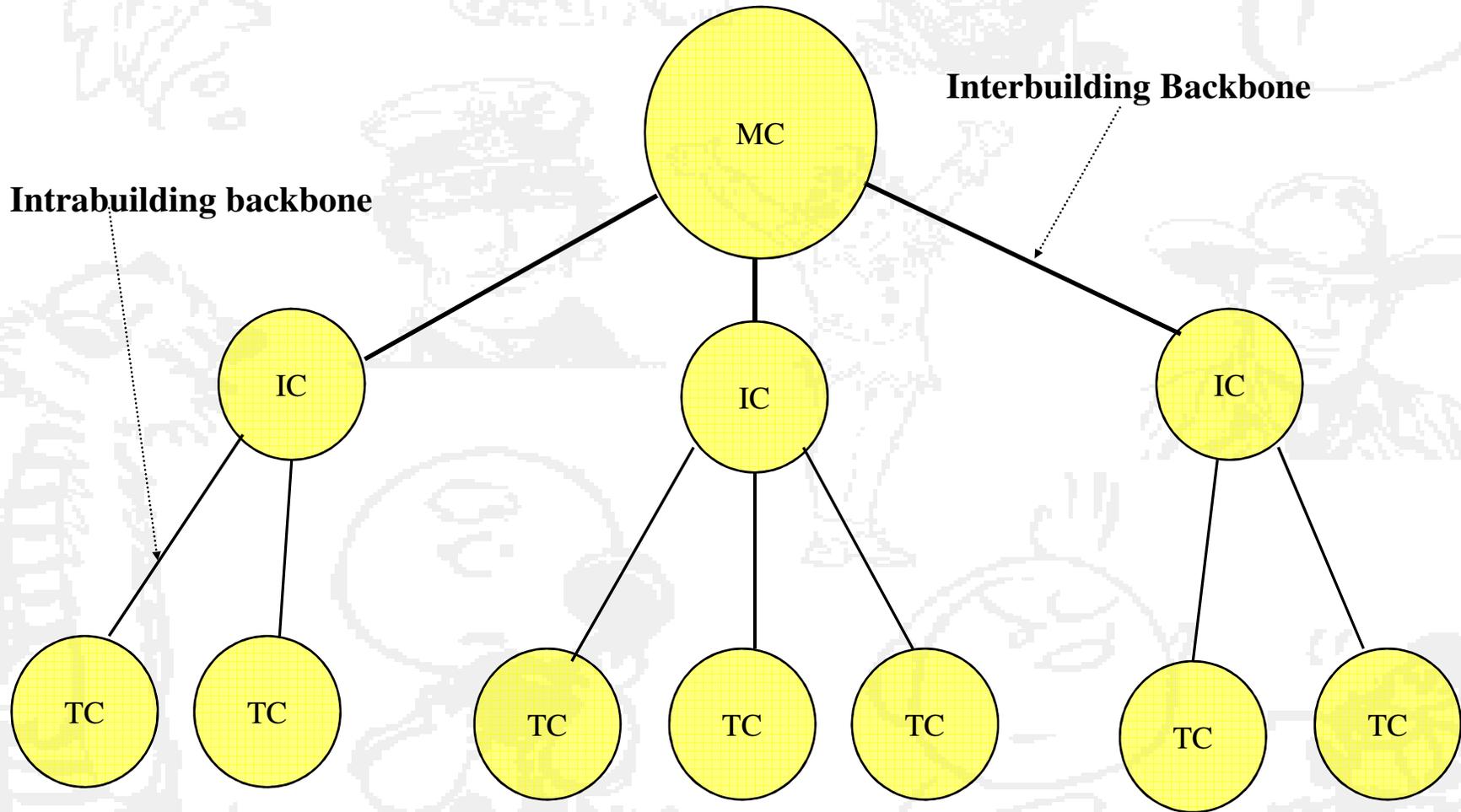
Nomenclatura

- I centri stella gerarchici secondo EIA/TIA :
 - » Main Cross Connect (MC) (Centro Stella di Compensorio)
 - primo livello gerarchia
 - situato nell'edificio centrale del compensorio da cui vengono distribuiti i cavi di dorsale verso gli altri edifici
 - » Intermediate Cross Connect (IC) (Centro Stella di Edificio)
 - secondo livello gerarchia
 - da esso si distribuiscono i cavi di dorsale di edificio
 - » Telecommunication Closet (TC o HC) (Centro Stella di Piano)
 - terzo livello della gerarchia
 - da esso si dipartono i cavi orizzontali.

Nomenclatura

- Dorsale di comprensorio
 - » Interbuilding Backbone
 - interconnette il centro stella di comprensorio ai centro stella di edificio
- Dorsale di edificio
 - » Intrabuilding Backbone
 - interconnette il centro stella di edificio ai centro stella di piano

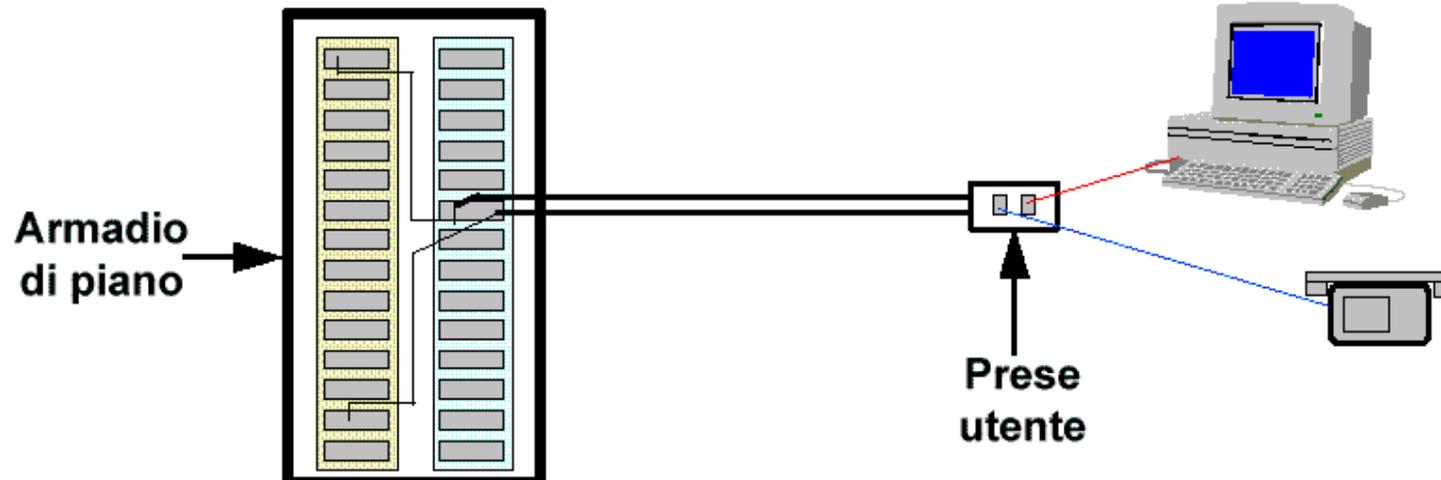
EIA/TIA 568 A Topologia



EIA/TIA 568 A

Nomenclatura

- L'armadio di piano:
 - » Telecommunication Closet (TC)
- La presa utente:
 - » Telecommunication Outlet (TO)
 - RJ45 per cavi a 4 coppie
 - Ermafrodita 802.5 per cavi 2 coppie STP
 - SC per fibra ottica

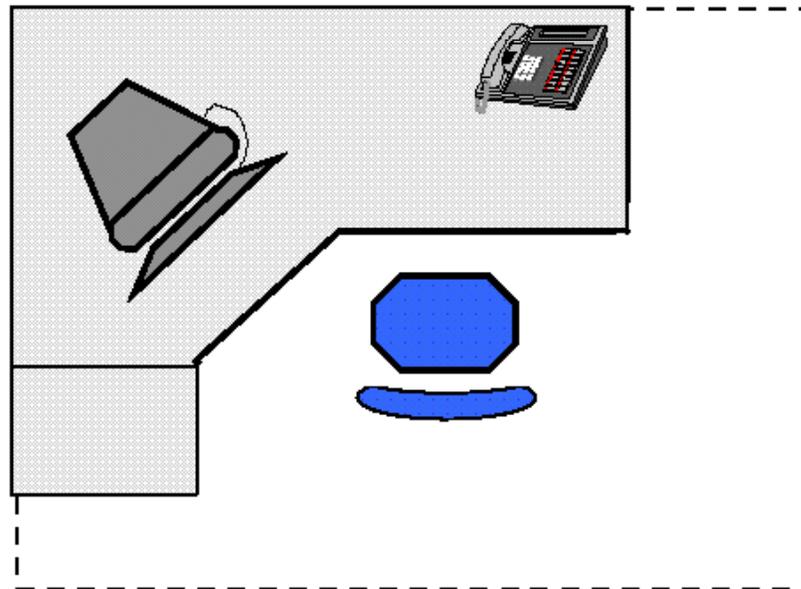


Nomenclatura

- Il posto di lavoro

- » Work Area

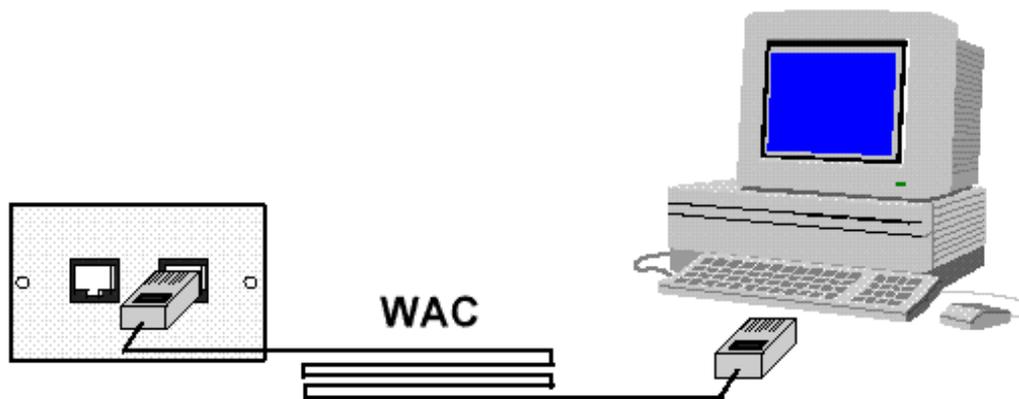
- servito da almeno due prese utente



EIA/TIA 568 A

Nomenclatura

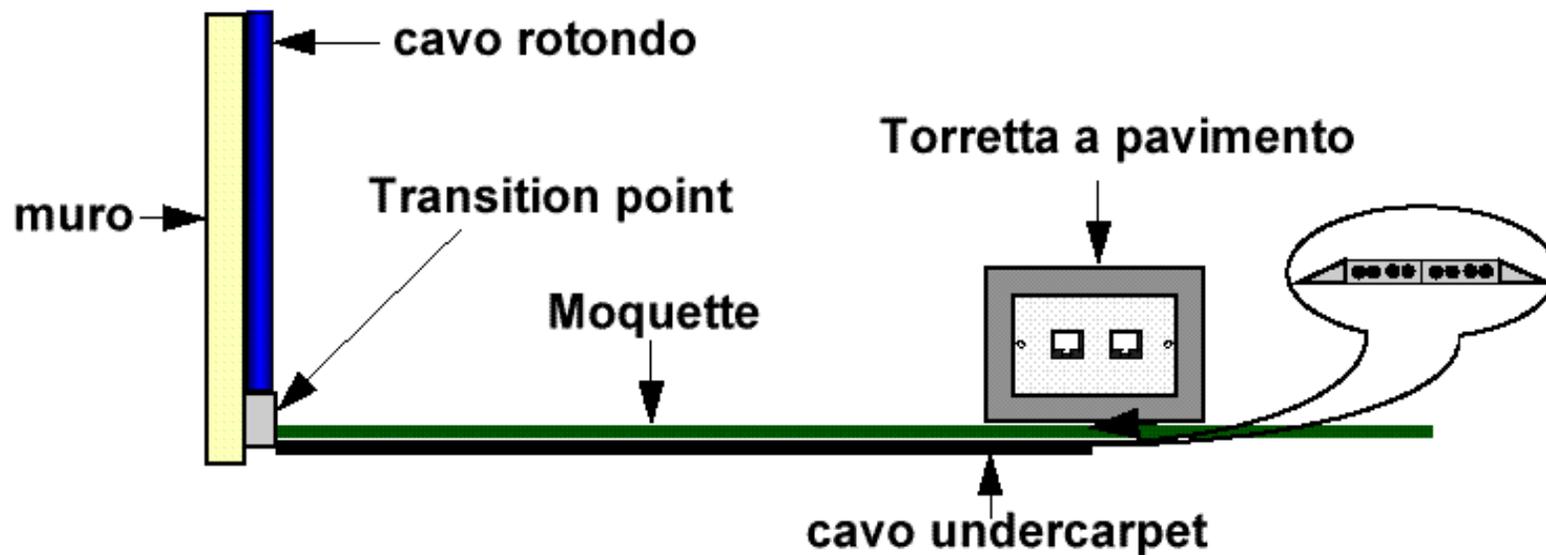
- Cavetto di interconnessione tra la presa e il posto di lavoro:
 - » Work Area Cable (WAC)
- Cavetto di connessione tra l'apparato attivo e il permutatore (all'interno dell'armadio)
 - » Equipment Cable (EC):



EIA/TIA 568 A

Nomenclatura

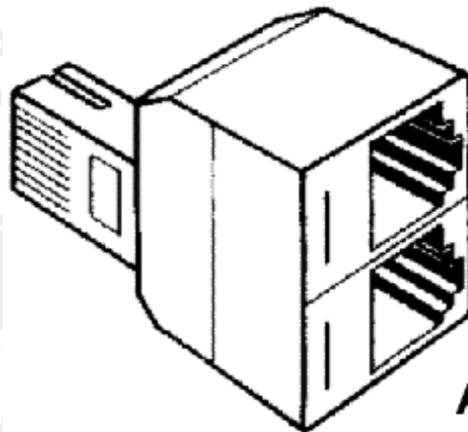
- Punto di transizione del cablaggio orizzontale:
 - » Transition Point (TP)
 - punto di transizione in cui un cavo rotondo viene connesso con un cavo undercarpet



EIA/TIA 568 A

Nomenclatura

- Adattatori passivi:
 - » balun
 - » cavi di adattamento per diverse tipologie di connettori
 - » media filter
 - » derivatori ad "Y"
- attivi:
 - » minimodem, RS232-RS423, ecc.



Adattatore ad "Y"

EIA/TIA 568 A

Nomenclatura

- Locale tecnico

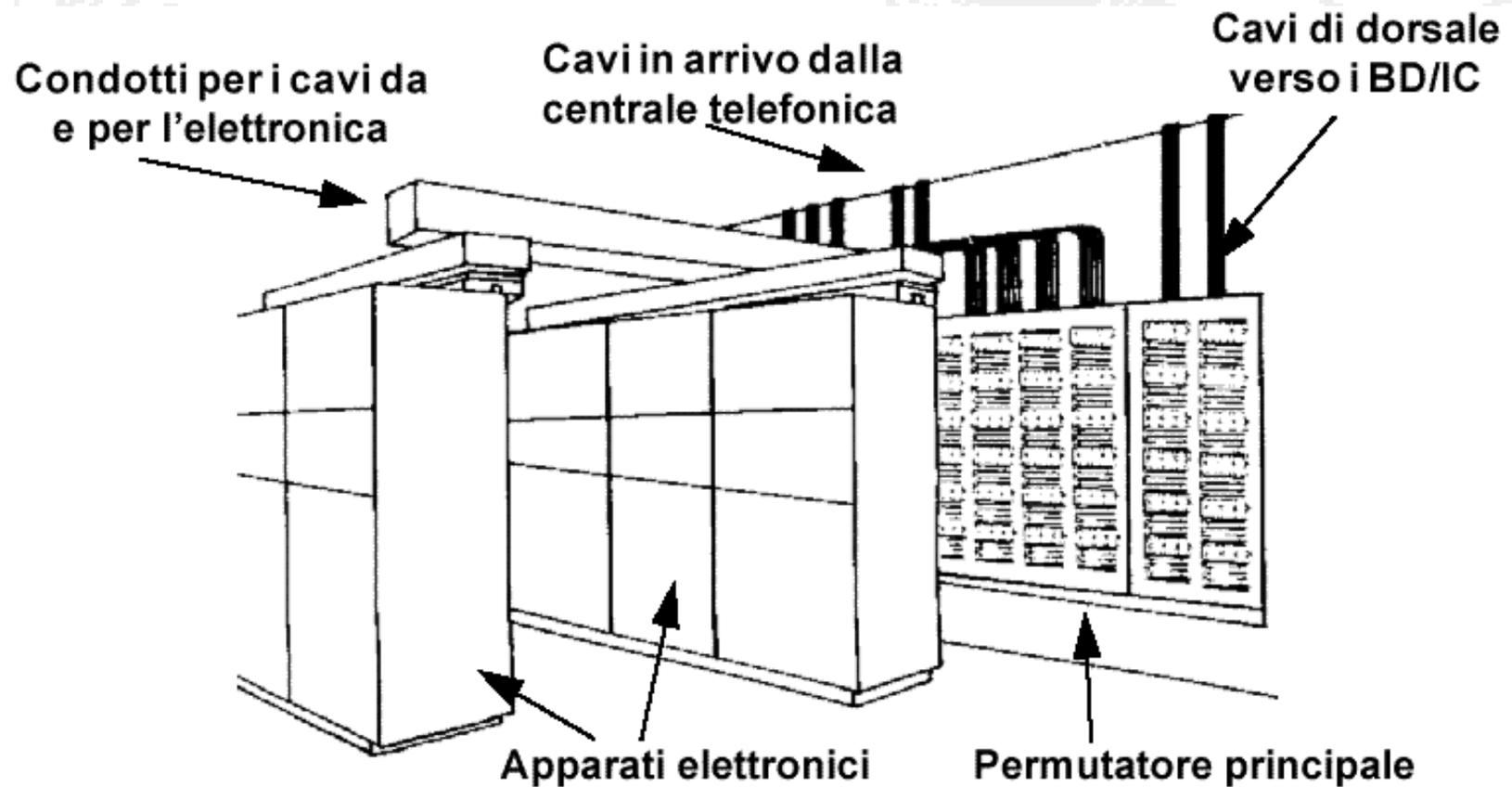
- » Equipment Room (ER)

- contiene gli apparati attivi ed i sistemi di permutazione

- si distingue dal Telecommunication Closet per la maggiore complessità degli apparati ivi contenuti
tutte le funzioni di un TC possono essere fornite dal ER

- un edificio deve avere almeno un TC oppure una ER

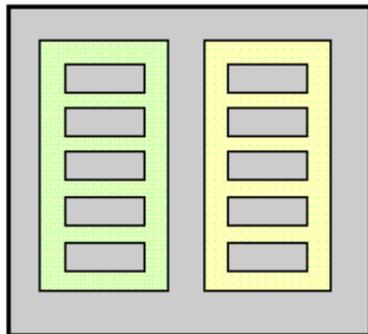
Esempio di locale tecnico



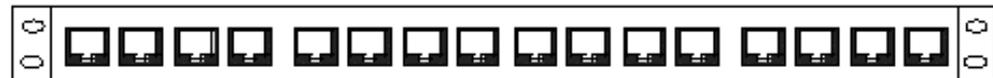
EIA/TIA 568 A

Nomenclatura

- patch panel
 - » pannello di permutazione:
 - » 2 tipi:
 - per cavi in rame
 - per fibre ottiche



**Pannello con
permutatore
telefonico**



Pannello per cavi UTP con 16 RJ45

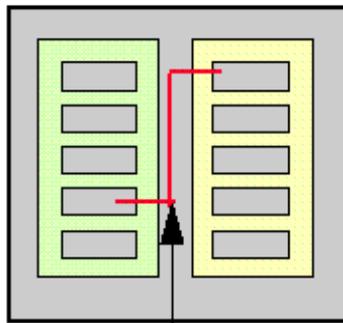


Pannello per fibre ottiche con 16 conn. SC

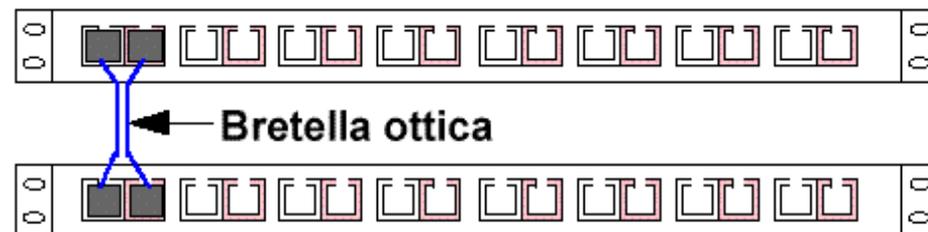
EIA/TIA 568 A

Nomenclatura

- patch cord :
 - » cavetto di permutazione
 - » per effettuare le permutazioni tra cavi entranti e cavi uscenti
 - » può essere di due tipi:
 - in cavo rame
 - in fibra ottica e viene chiamato “bretella ottica”



Cavetto di permutazione



EIA/TIA 568 A

Nomenclatura

- Permutatore:
 - » cross-connect
 - » è costituito da due parti dove vengono terminati i cavi entranti e quelli uscenti: si possono effettuare per esempio delle permutazioni tra dorsali di edificio (cavi entranti) e distribuzione di piano (cavi uscenti)
- Interbuilding Entrance Facility (EF):
 - » realizza le connessioni tra l'Interbuilding Backbone e l'Intrabuilding Backbone provvedendo alle necessarie protezioni elettriche (scaricatori) per i cavi rame

EIA/TIA 568 A

I mezzi trasmissivi

- Cavi coassiali
- Cavi UTP a 4 coppie
- Cavi UTP multicoppia
- Cavo STP a 150 Ω
- Fibre ottiche multimodali

EIA/TIA 568 A

Cavo coassiale

- Devono soddisfare gli standard
 - » IEEE 802.3
 - Tipo Thick (o cavo giallo)
 - impedenza $50 \pm 2 \Omega$
 - velocità propagazione minima $0.77 c$
 - attenuazione massima segmento (500m)
 - 8.5 dB a 10 MHz
 - 6 dB a 5 MHz
 - » 10Base5 (Come IEEE 802.3)
 - » 10Base2
 - impedenza $50 \pm 2 \Omega$
 - velocità propagazione minima $0.65 c$
 - attenuazione massima segmento (185 m)
 - 8.5 dB a 10 MHz
 - 6 dB a 5 MHz

EIA/TIA 568 A

Cavi UTP a 4 coppie

- Dimensione singolo conduttore 24 AWG
- Devono soddisfare almeno le caratteristiche della categoria 3
 - » impedenza 100 Ohm $\pm 15\%$ nel range 1-16 MHz
 - » velocità propagazione 0.6 c
 - » Near_End_Crosstalk (attenuazione interferenze cavi vicini)
 - 54 dB/100m (minimo)

EIA/TIA 568 A

Cavi UTP multicoppia

- Uno o più gruppi da 25 coppie cadauno
 - » dimensione 22-24 AWG
- Caratteristiche elettriche
 - » Impedenza $100 \pm 15\%$ Ohm nel range 1-16 MHz
 - » Velocità propagazione 0.6 c
 - » NEXT (minimo) 52 dB/100m

EIA/TIA 568 A

Cavo STP

- Tipo 1 IBM
 - » impedenza 150 Ohm
 - » velocità propagazione 0.81 c
 - » attenuazione (100m) 2.2 dB a 4 MHz
 - » NEXT (minimo) 58 dB/100m

EIA/TIA 568 A

Fibre ottiche

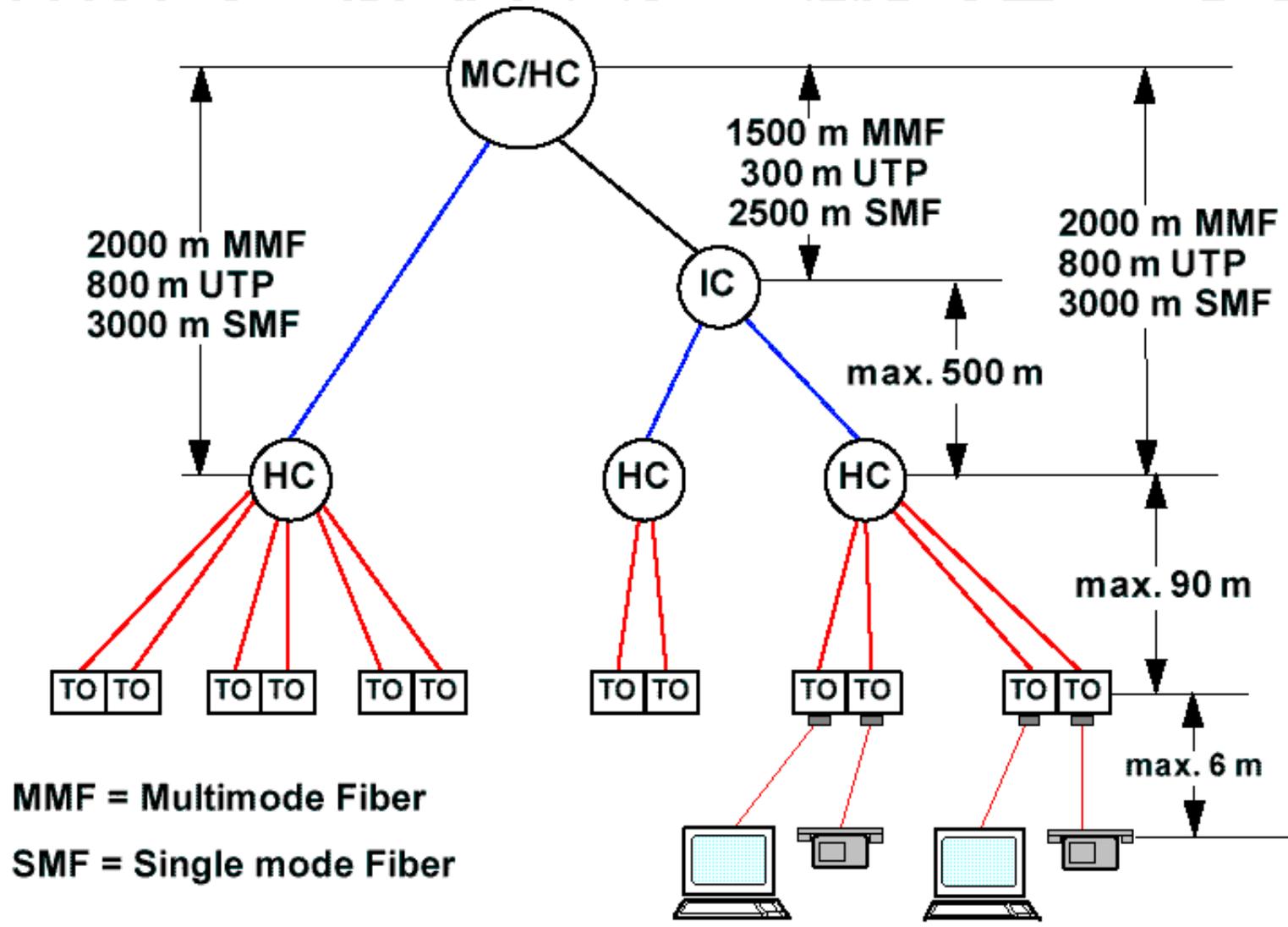
- Dimensione 62,5/125 μm
- Caratteristiche
 - » Attenuazione massima
 - 3.75 dB/Km alla lunghezza d'onda di 850 nm
 - 1.5 dB/Km alla lunghezza d'onda di 1300 nm

Dorsali

- Elementi portanti del cablaggio
 - » interconnettono, con topologia stellare gerarchica
 - edifici diversi con l'edificio centro stella
 - interbuilding backbone
 - armadi di piano diversi con l'armadio di edificio
 - intrabuilding backbone
 - » hanno lunghezze massime dipendenti dai mezzi di trasmissione e dallo standard utilizzato.

EIA/TIA 568 A

Distanze tra dorsali



EIA/TIA 568 A

Cavi per le dorsali

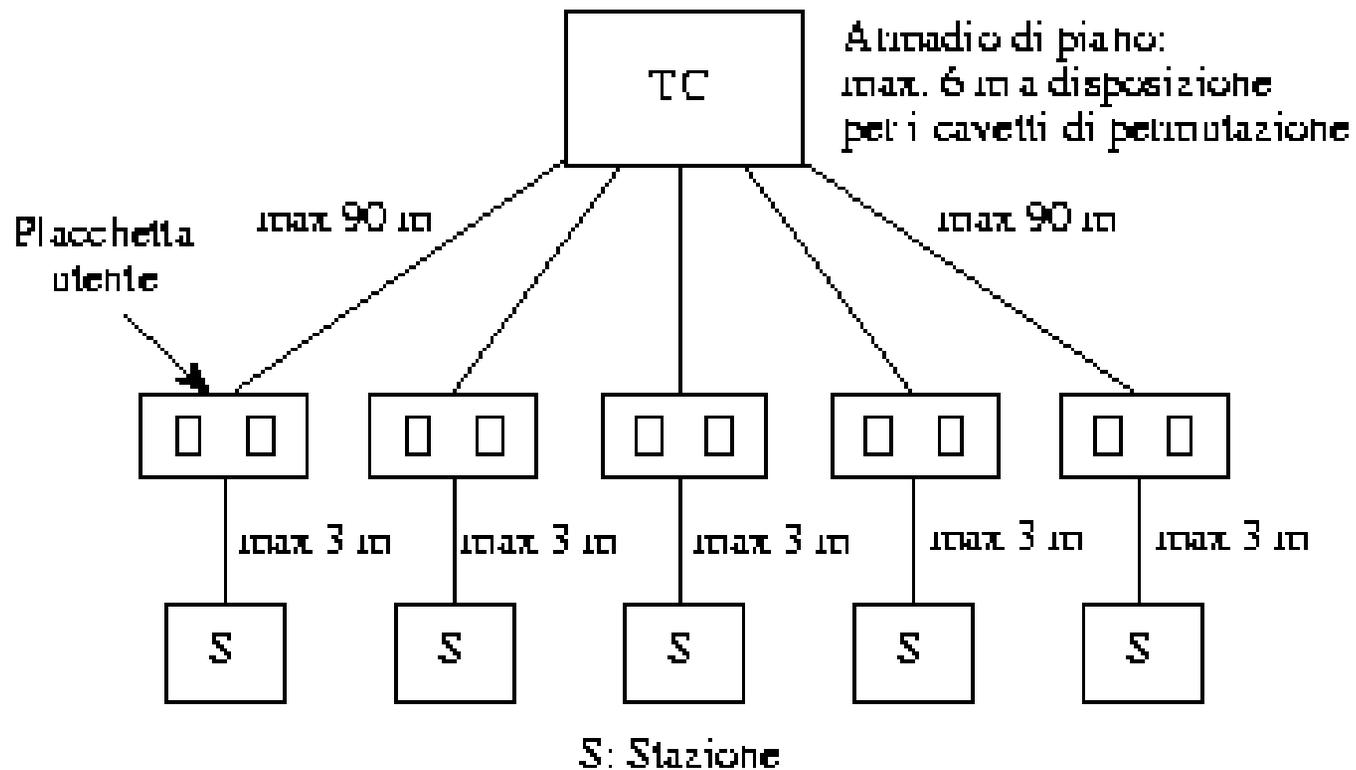
- cavi multicoppie UTP 100 Ω
 - fibra ottica multimodale 62.5/125 μm
 - cavo coassiale Thick Ethernet
- Suggerisce fibra ottiche in caso di ambienti caratterizzati da forte rumore elettromagnetico

Cablaggio orizzontale

- Interconnette i vari posti di lavoro all'armadio di piano
- Fornisce i seguenti servizi di trasporto:
 - » fonia
 - » dati in modalità seriale
 - » dati per reti locali
 - » segnali per il controllo di dispositivi (es termostati)
- Ha topologia stellare a partire dall'armadio di piano.

EIA/TIA 568 A

Distanze cablaggio orizzontale



EIA/TIA 568 A

Cavi per cablaggio orizzontale

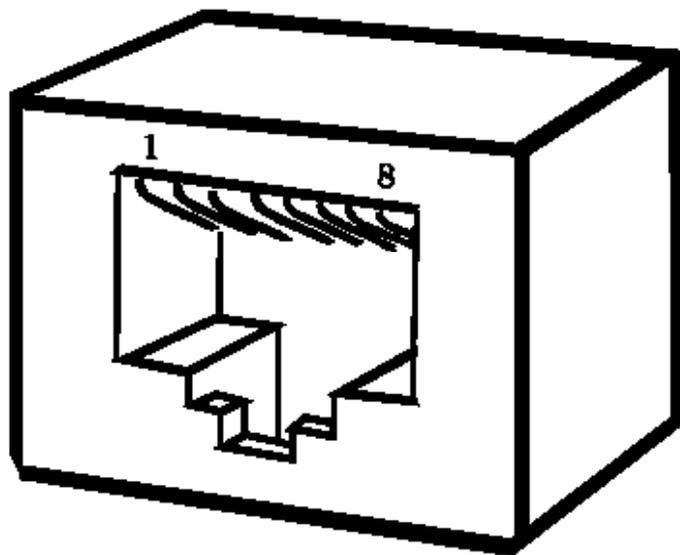
- Cavo UTP
 - » a 4 coppie di cat. 3 o superiore a 100 Ω
- Cavo STP
 - » a 2 coppie a 150 Ω
- Cavo Coassiale
 - » Thin Ethernet a 50 Ω
 - » intestato alle due estremità con connettori BNC
- Fibra Ottica
 - » multimodale 62.5/125 μm

EIA/TIA 568 A

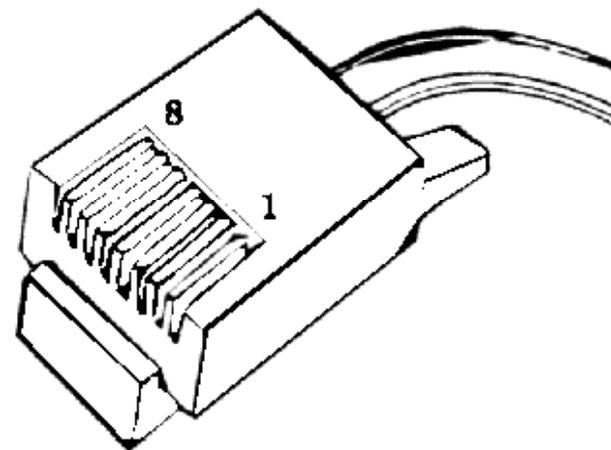
Cablaggio orizzontale: placchetta utente

- Deve contenere almeno due cavi
 - » almeno uno di tipo UTP a 4 coppie di categoria 3 o sup.
 - Intestato su una presa RJ45
 - » uno qualunque dei cavi ammessi per il cablaggio orizzontale
 - di solito UTP

RJ45: prese e connettori



Presa Femmina da parete



Spinotto (plug) maschio volante

EIA/TIA 568 A

Altri connettori

- Per cavi STP 150 Ω :
 - » si deve usare il connettore IEEE 802.5 che è un connettore ermafrodita (due unità identiche possono essere collegate ruotandole di 180 gradi)
- Per fibra ottica:
 - » è ammesso soltanto il connettore SC
 - » il connettore ST viene ammesso soltanto nei casi di cablaggi già esistenti

EIA/TIA 568 A

Principali norme d'installazione

- Riguardano solo gli aspetti che impattano maggiormente sulla qualità del cablaggio:
 - » messa in opera dei cavi UTP
 - » cablaggio sotto moquette
 - » messa a terra
- Altre regole da rispettare
 - » quelle vigenti nella nazione in cui viene realizzato il cablaggio se più stringenti di quelle dello standard stesso

Norme d'installazione 1

- Cavo UTP:

- » Massima tensione di tiro applicabile

- 110 N (11,3 KG)

- » Raggio di curvatura

- categoria 3 ammette un minimo di 25,4 mm

- categoria 4 e 5 ammette un minimo pari a 8 volte il diametro esterno del cavo

- » Tutti i componenti passivi devono essere almeno della stessa categoria del cavo o superiore

Norme d'installazione 2

- Undercarpet

- » No locali umidi
- » Moduli quadrati per pavimentazione

- Messa a terra

- » su cavi di tipo schermato
- » su cavi fibra ottica se protetti da guaine metalliche.

EIA/TIA 568 A

Identificazione dei cavi

- Per ogni cavo dorsale:
 - » un numero unico
 - identificativo del cavo
 - numero coppie (cavo multicoppia) o numero di fibre
 - » es 4005/1-300
 - cavo numero 4005 contenente le coppie da 1 a 300
- Per ogni WAC (Work Area Cable)
 - » una targhetta
 - riferimento al palazzo
 - riferimento al piano
 - riferimento al posto di lavoro (tre caratteri)
 - riferimento all'armadio di piano
 - es. "PG04102F"

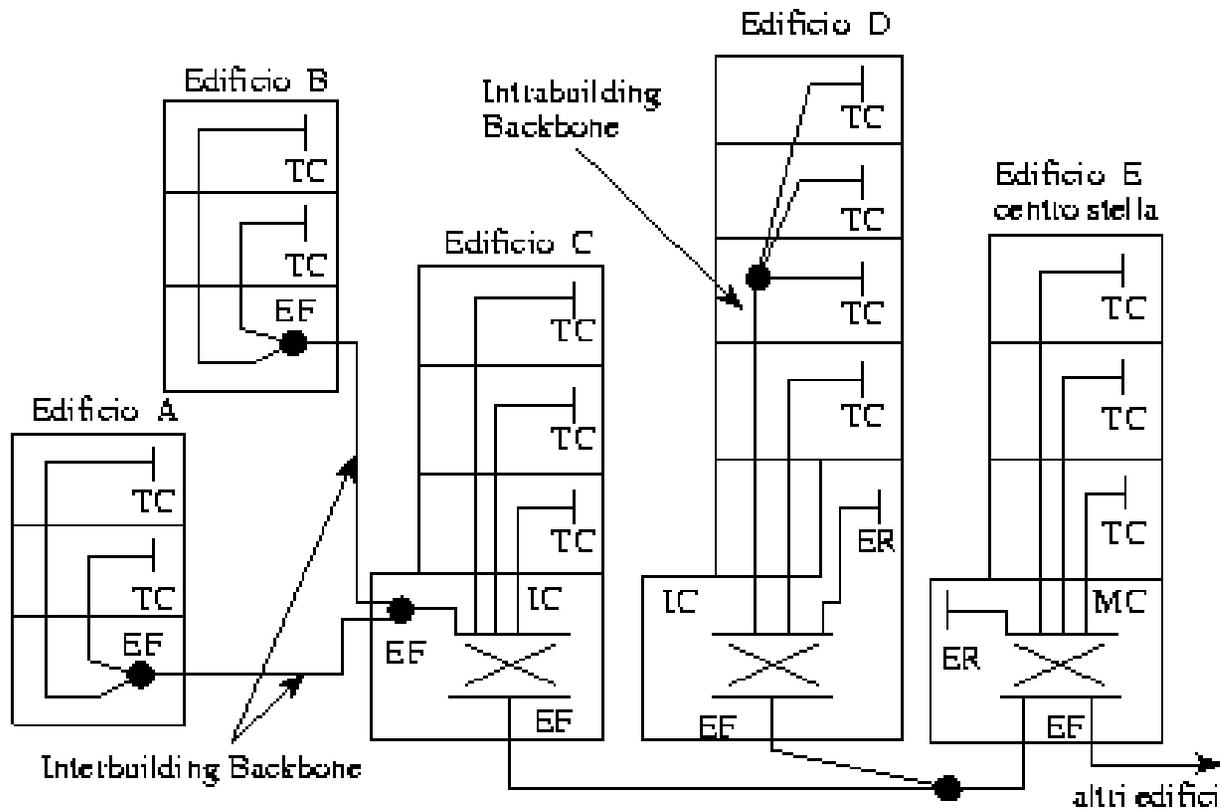
EIA/TIA 568 A

Documentazione

- Progetto logico dell'intero comprensorio
- Progetto logico singolo edificio
- Tabella dorsali
 - » identificativo di tutti i cavi
 - » coppia armadi cui ogni cavo è attestato
- Tabella di armadio
 - » connessioni tra armadio e posto lavoro
 - tabella delle permutazioni
 - percorso permutatore- posto di lavoro

EIA/TIA 568 A

Esempio Progetto logico



EIA/TIA 568 A

Esempio tabella delle permutazioni

Posto lavoro	Patch panel	Blocco #	Posizione	Coppie attive	Tipo di utilizzo
PG04102F	A-08	05	04	2 e 3	Ethernet
PG04103F	A-08	05	05	2 e 3	Ethernet
PG04104F	A-08	05	06	1	Telefono
PG04105F	A-08	05	07	2 e 3	Ethernet
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
PG04110F	A-08	05	24	1	Telefono
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
PG04127F	A-08	06	19	2 e 3	Ethernet
PG04128F	A-08	06	20	1	Telefono
PG04129F	A-08	06	21	1	Telefono
PG04130F	A-08	06	22	1	Telefono

Lo standard ISO/IEC 11801

- Standard internazionale
- Riprende ed estende lo standard americano EIA/TIA
 - » nomenclatura leggermente diversa
 - » concetto classi di lavoro
 - » caratteristiche dettagliate dei mezzi trasmissivi
 - » non ammette cavi coassiali
 - » test rigorosi per il controllo delle categorie dei cavi in rame
 - » non specifica la documentazione del progetto

ISO/IEC 11801

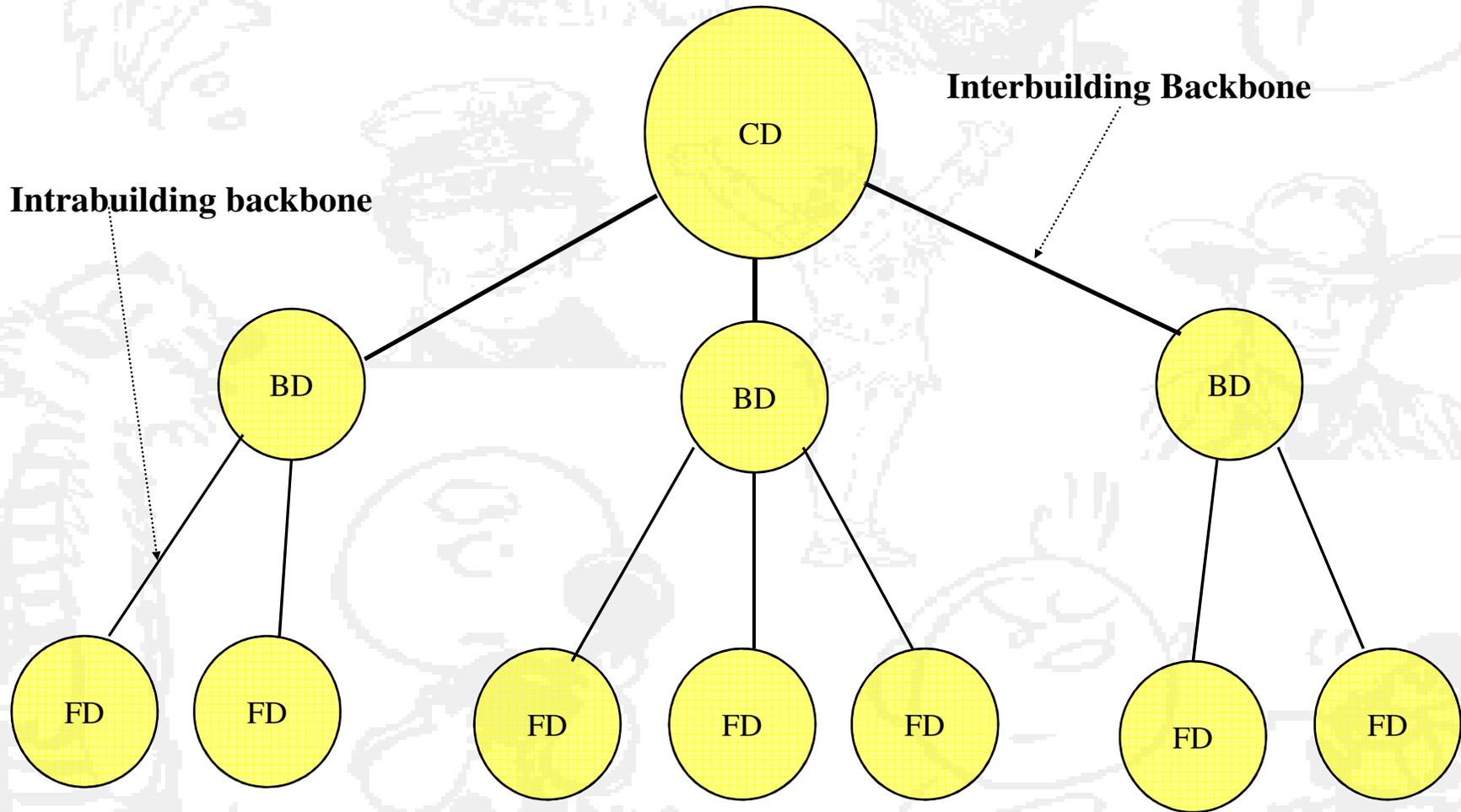
Nomenclatura

- **Campus Distributor (CD)**
 - » centro stella di comprensorio
- **Building Distributor (BD)**
 - » centro stella di edificio
- **Floor Distributor (FD)**
 - » centro stella di piano

Topologia

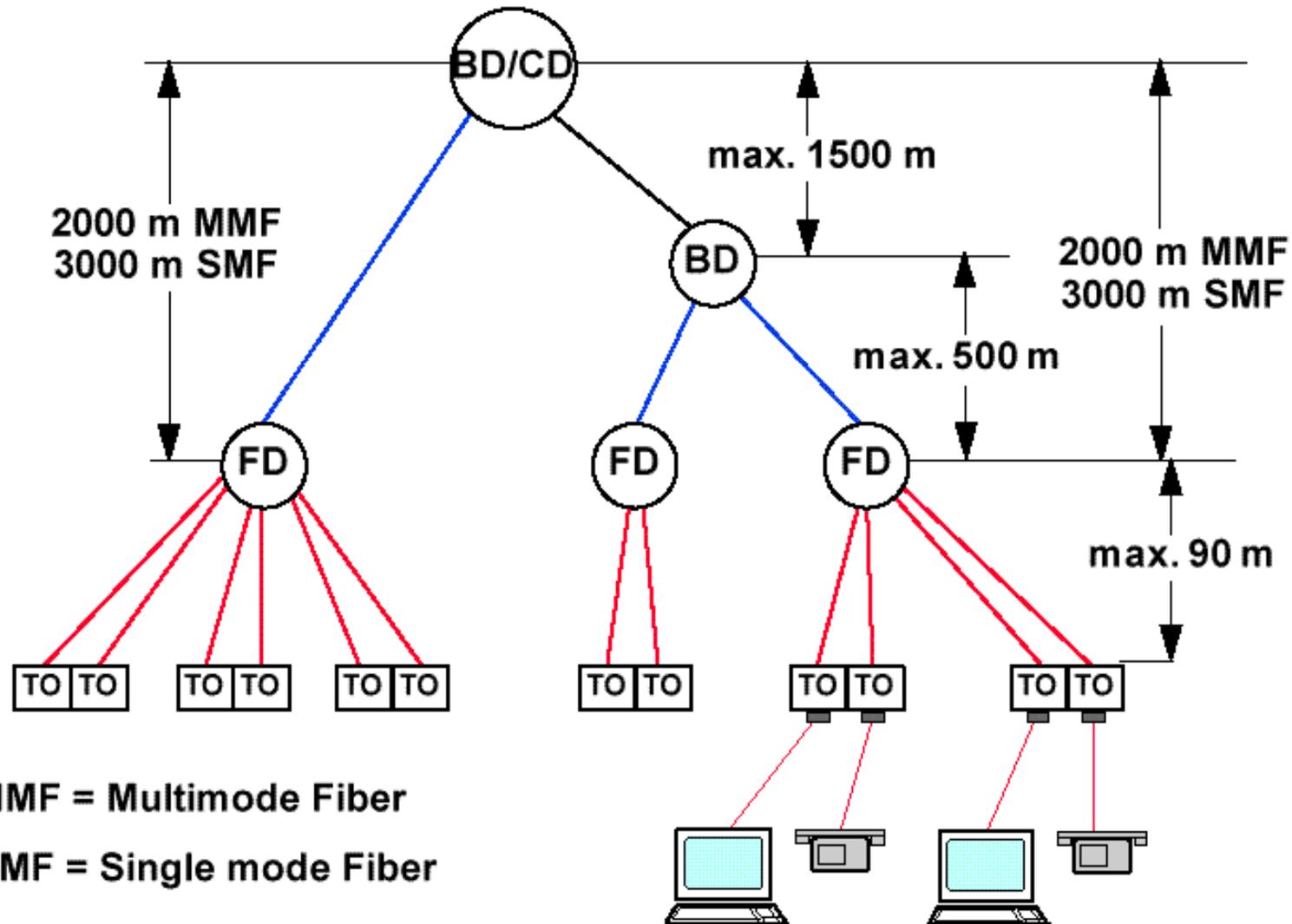
- Stellare gerarchica su tre livelli
 - » Primo livello
 - CD
 - » Secondo livello
 - BD
 - » Terzo livello
 - FD
- E' possibile connettere cavi di dorsale tra livelli uguali di gerarchia

ISO/IEC 11801
Topologia



ISO/IEC IS 11801

Distanze



MMF = Multimode Fiber
SMF = Single mode Fiber

ISO/IEC 11801

I mezzi trasmissivi

- Fibre ottiche
 - » multimodali
 - » monomodali
- Cavi UTP e FTP a 4 coppie
 - » impedenza 100 Ω o 120 Ω
- Cavi multicoppie schermati e non
 - » impedenza 100 Ω o 120 Ω
- cavi STP
 - » impedenza 150 Ω

ISO/IEC 11801

Cavi ammessi per dorsali:

- Cavi multicoppie schermati e non
 - impedenza 100 Ω o 120 Ω
 - » fibra ottica multimodale 62.5/125 μm
 - » fibra ottica monomodale
 - » cavi STP
 - impedenza 150 Ω

ISO/IEC 11801

Classificazione delle connessioni

- Lo standard ISO/IEC inserisce il concetto di classe delle connessioni
- 5 Classi
 - » 4 per cavi in rame
 - » 1 per la fibra ottica
- Un cablaggio strutturato sarà classificato in funzione delle caratteristiche dei link utilizzati per realizzarlo.

Classificazione delle connessioni

- Le classi di connessione sono utili 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 (fino a 1 MHz)
 - » classe C
 - per applicazioni ad alta velocità (fino a 16 MHz)
 - » classe D per applicazioni ad altissima velocità (fino a 100 MHz)
- La certificazione della fibra ottica è trattata separatamente

Classificazione delle connessioni

- La classificazione delle connessioni avviene in funzione dei valori di alcuni parametri qualitativi delle connessioni stesse:
 - » Attenuazione del link
 - Misura della perdita in potenza del segnale
 - in scala logaritmica (dB)
 - » Diafonia del link (Near End Cross Talk NEXT)
 - Misura di quanto un cavo disturba un altro cavo vicino
 - » Attenuation to Cross-talk Ratio
 - Rapporto tra Attenuazione e NEXT

ISO/IEC 11801

Attenuazione di un link

Frequenz. MHz	Attenuazione massima ammessa (dB)			
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
0.1	16	5.5	N/A	N/A
1	N/A	15	3.7	2.5
4	N/A	N/A	6.6	4.8
10	N/A	N/A	10.7	7.5
16	N/A	N/A	14	9.4
20	N/A	N/A	N/A	10.5
31.25	N/A	N/A	N/A	13.1
62.5	N/A	N/A	N/A	18.4
100	N/A	N/A	N/A	23.2

ISO/IEC 11801

NEXT di un link

Frequenz. MHz	Valori minimi di Crosstalk loss (dB)			
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
0.1	27	40	N/A	N/A
1	N/A	25	39	54
4	N/A	N/A	29	45
10	N/A	N/A	23	39
16	N/A	N/A	19	36
20	N/A	N/A	N/A	35
31.25	N/A	N/A	N/A	32
62.5	N/A	N/A	N/A	27
100	N/A	N/A	N/A	24

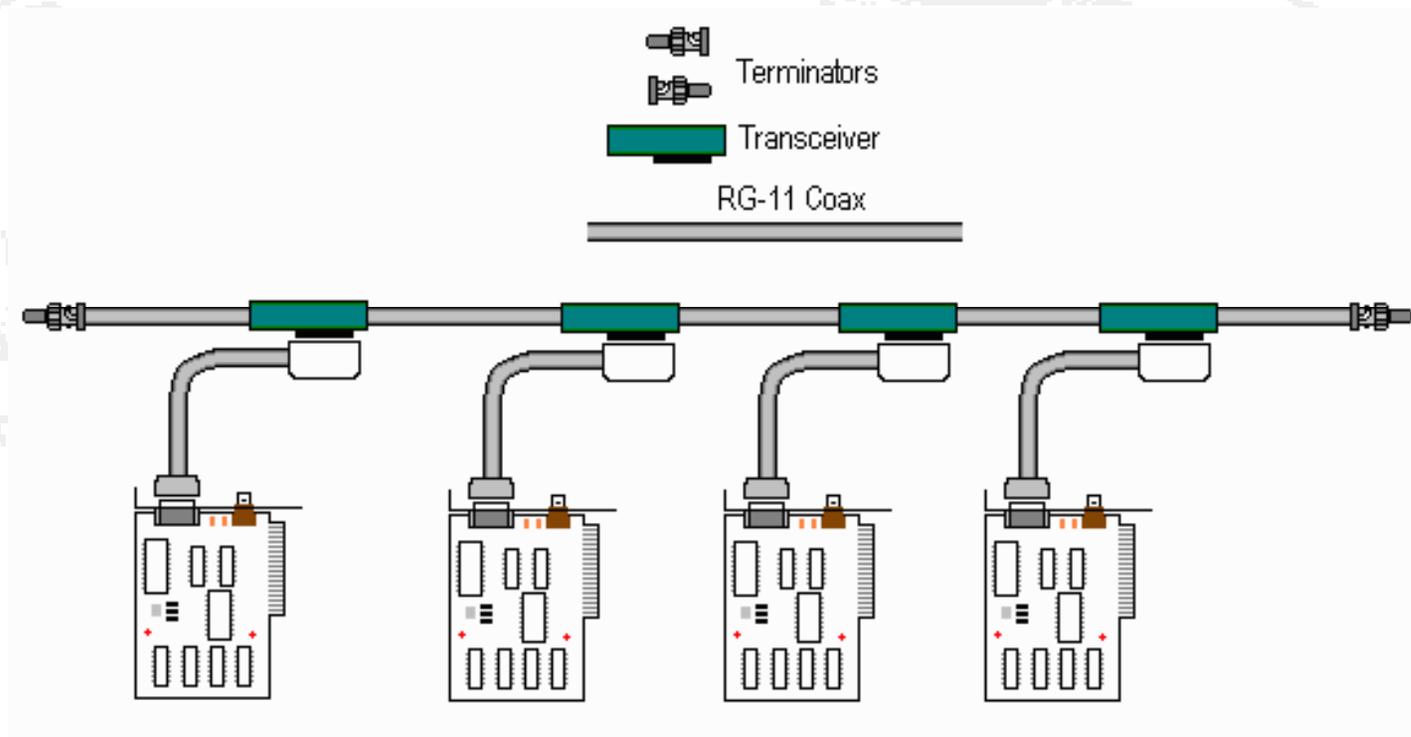
ISO/IEC 11801

ACR del link

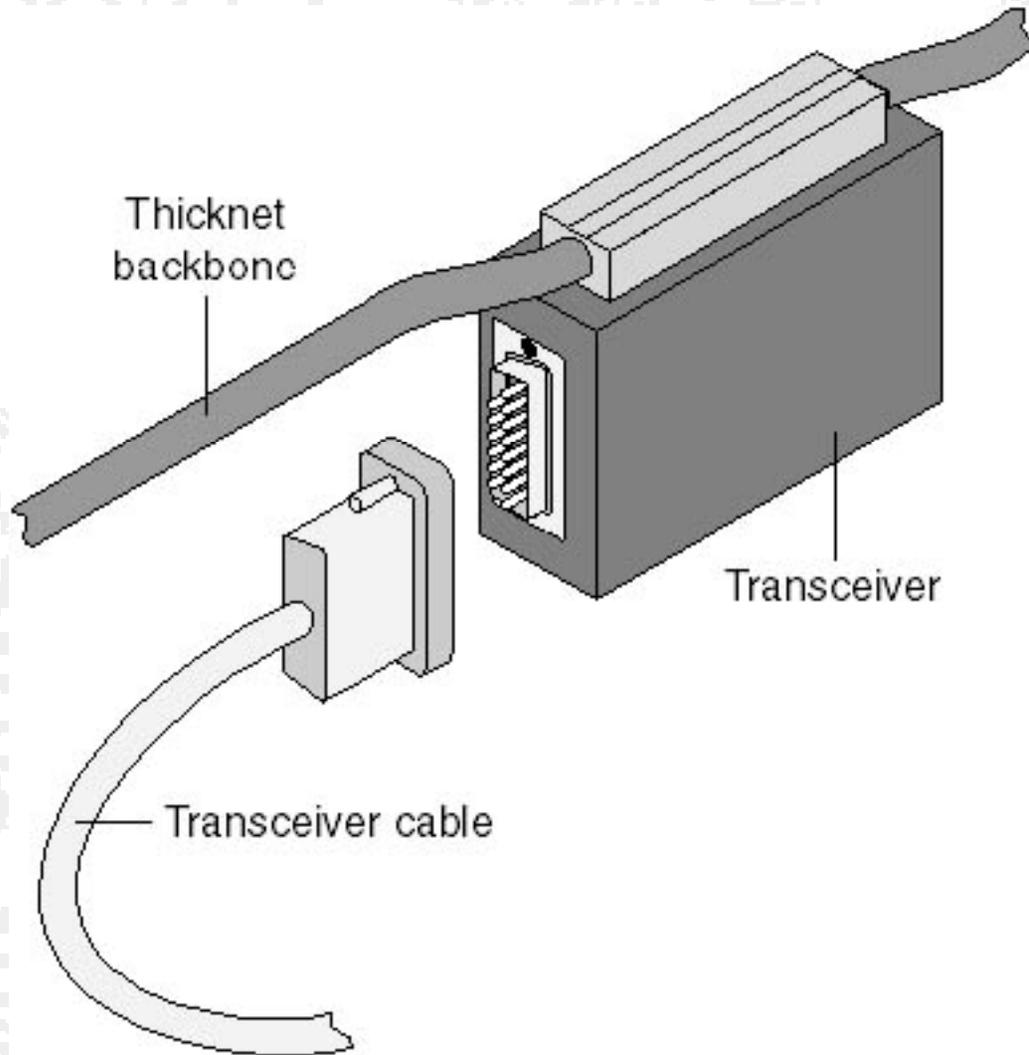
- Lo standard prevede, per le connessioni di classe D, i valori riportati nella tabella

Frequenza MHz	ACR minimo dB
1	-
4	40
10	35
16	30
20	28
31.25	23
62.5	13
100	4

Ethernet 10base5

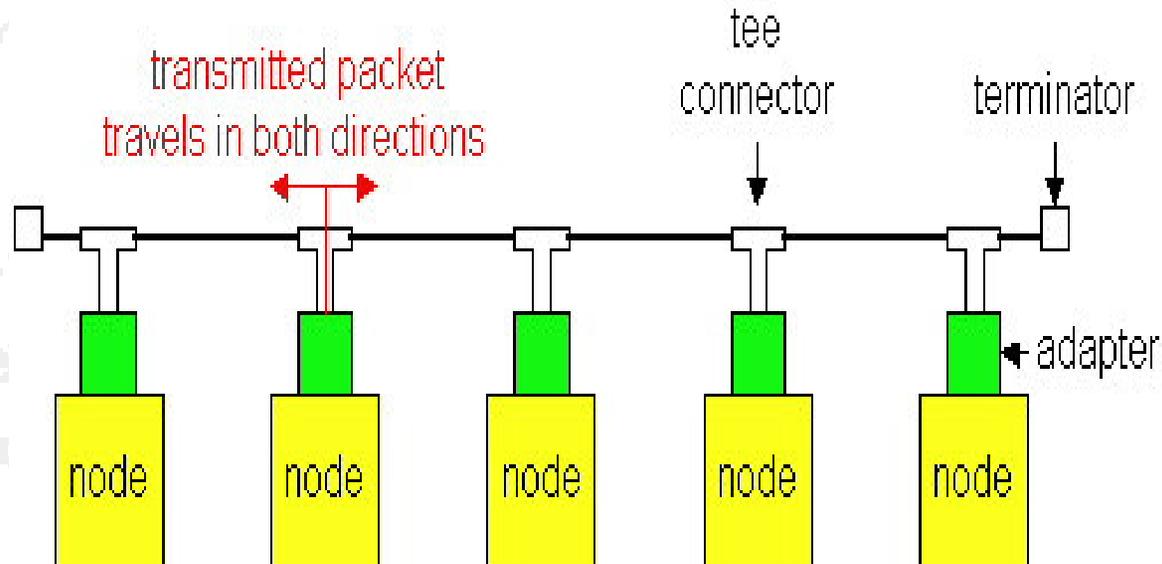


Ethernet 10base5: transceiver



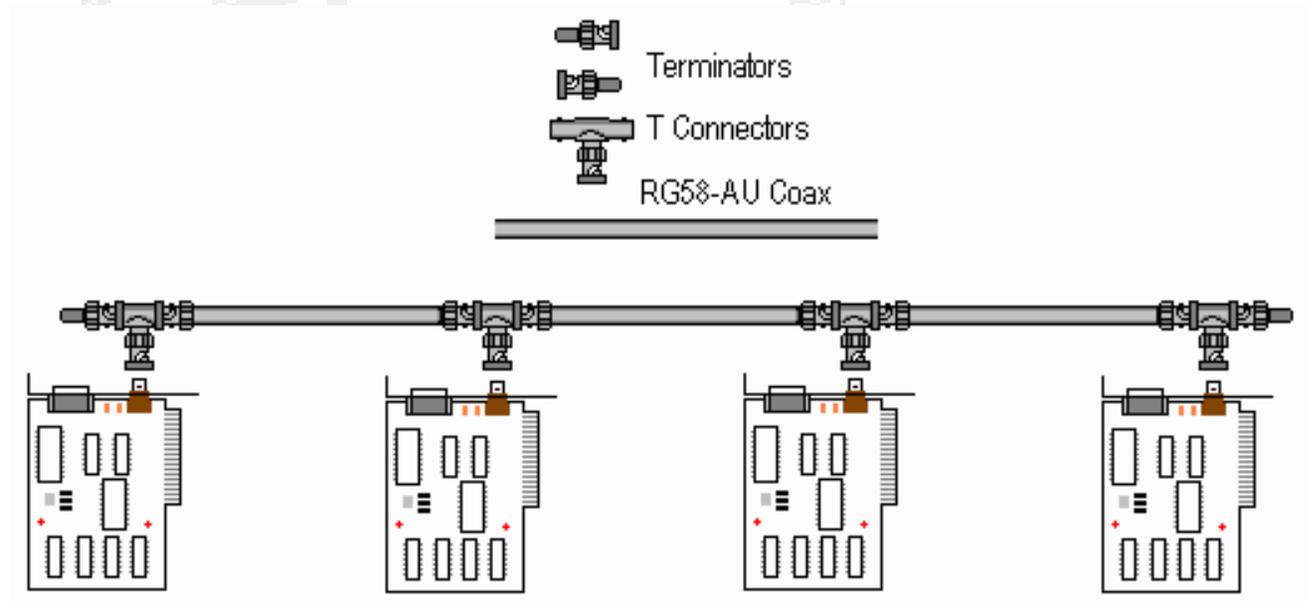
Ethernet Technologies: 10Base2

- 10: 10Mbps; 2: massima lunghezza del cavo: 200 metri
- Topologia a bus su cavo coassiale sottile (thin)

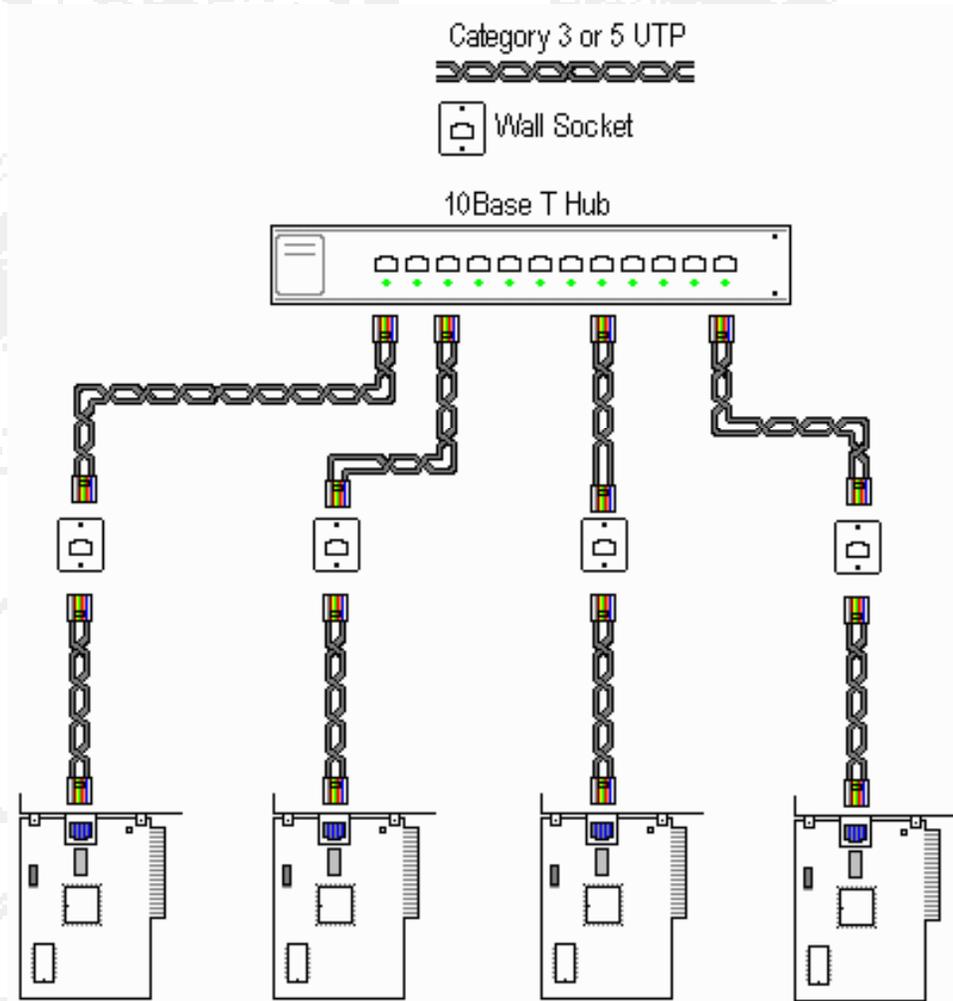


- Impiego di ripetitori per collegare più segmenti
- I ripetitori ritrasmettono i bit in entrata da un'interfaccia verso le altre interfacce:
 - » entità di livello fisico

Ethernet 10base2

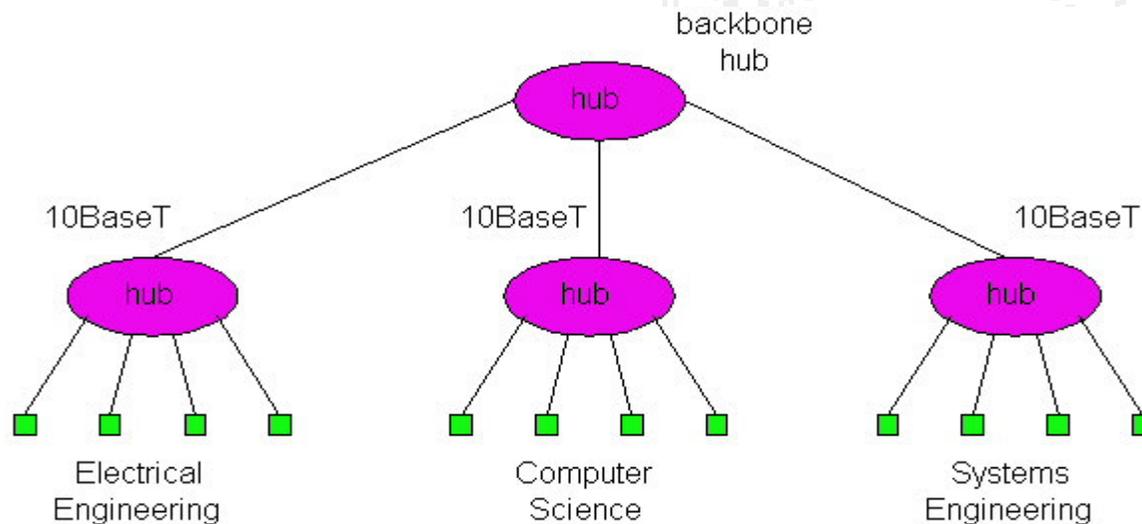


Ethernet 10baseT



10BaseT e 100BaseT (1/2)

- 10/100 Mbps
- La versione a 100Mbps è nota come “fast ethernet”
- T sta per Twisted Pair (doppino intrecciato)
- Topologia “a stella”, mediante un concentratore (hub) al quale gli host sono collegati con i doppini intrecciati



10BaseT e 100BaseT (2/2)

- Massima distanza tra nodo e hub pari a 100 metri
- Gli hub possono disconnettere le schede malfunzionanti:
 - » “jabbering”
- Gli hub possono:
 - » fornire informazioni utili al monitoraggio
 - » collezionare statistiche per effettuare previsioni, agevolando il compito degli amministratori della LAN