



ELEMENTI di RETI LOCALI
e
di CABLAGGIO STRUTTURATO

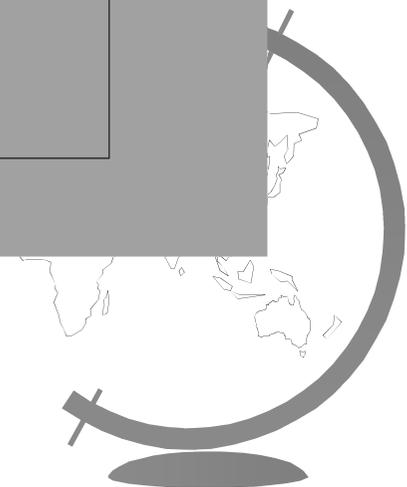
Prof. Ing. Maurizio Casoni



**Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari”
Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia**

RETI

	AREA	DISTANCE	NETWORK
PARALLEL COMPUTER	Mainboards	0.1 m	Massive parallel Multi processor Cluster
	System	1 m	
	Room	10 m	
COMPUTER NETWORKS	Building	100 m	LANs
	Blocks	1 Km	Extended LANs
	City	10 Km	MAN
	State	100 Km	WAN
	Continent	1000 Km	WAN
	Planet	10000 Km	WAN



LAN: Local Area Networks

Infrastruttura di telecomunicazioni che consente ad apparati **indipendenti** di comunicare in un'area **limitata** attraverso **un** canale fisico ad **elevata** bit rate con bassi tassi di errore:

- **INDIPENDENTI**: assenza di architetture master-slaves
- **LIMITATA**: area privata, senza vincoli di legge
- **UN**: canale fisico usato da tutte le workstations
- **ELEVATA BIT RATE**: uso esclusivo dell'intera banda anche se per brevi intervalli



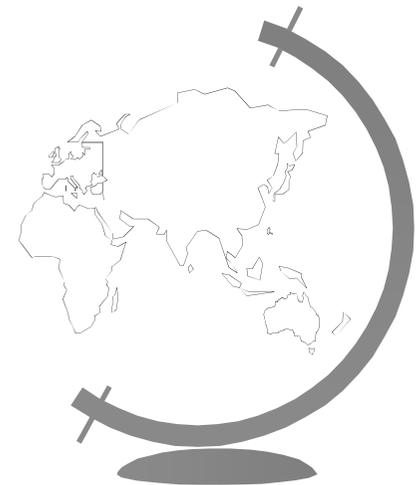
LAN: Architettura

- Protocolli Standard (layer 2 modello ISO-OSI):

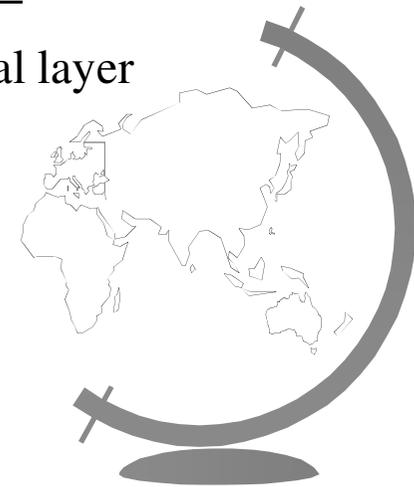
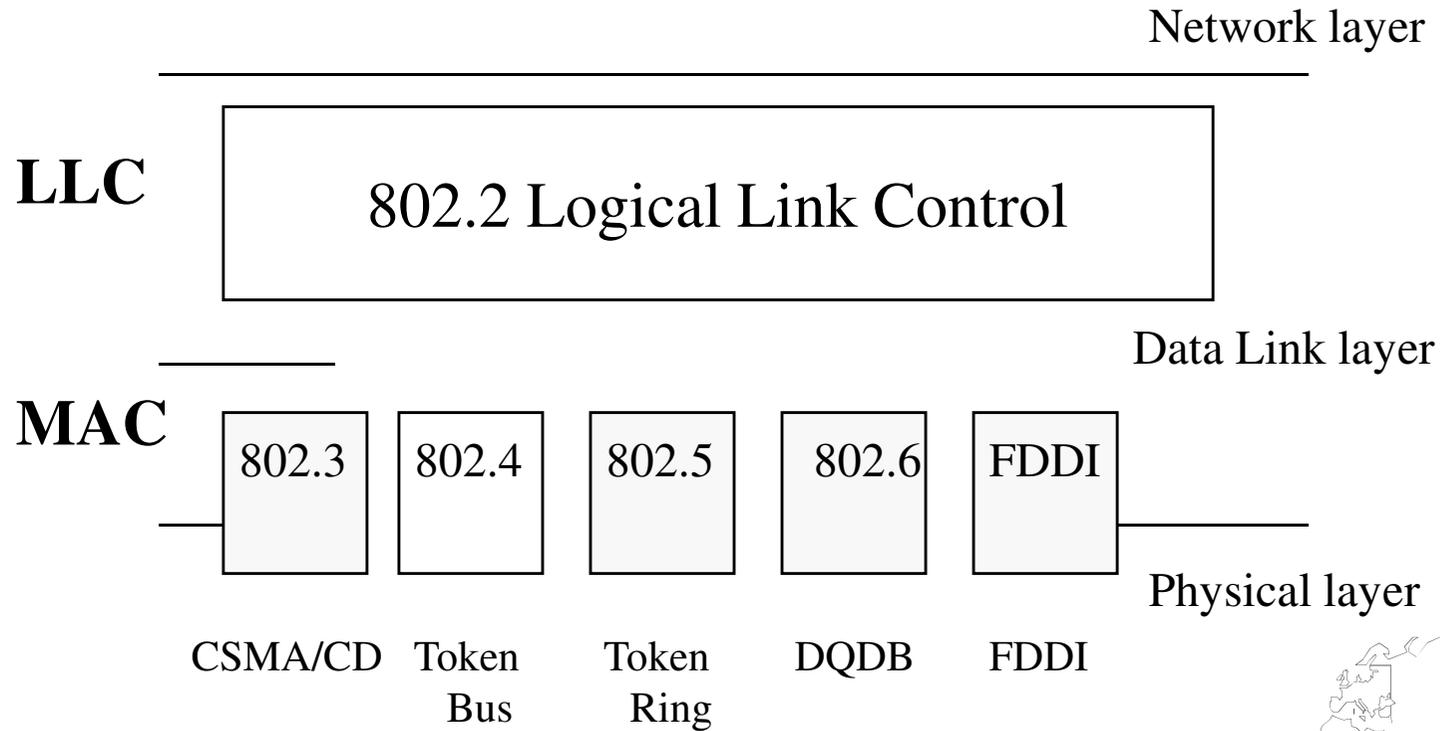
IEEE 802

- Cablaggio (layer 1 modello ISO-OSI):

EIA/TIA 568

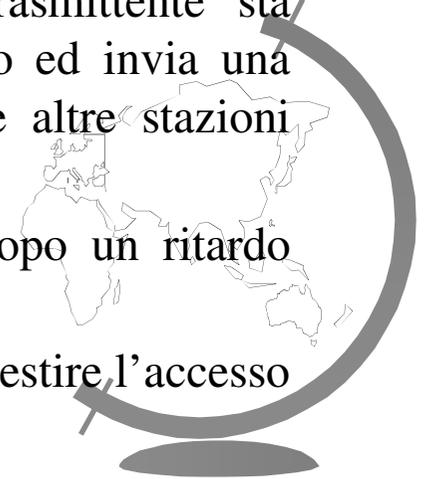


PROGETTO IEEE 802



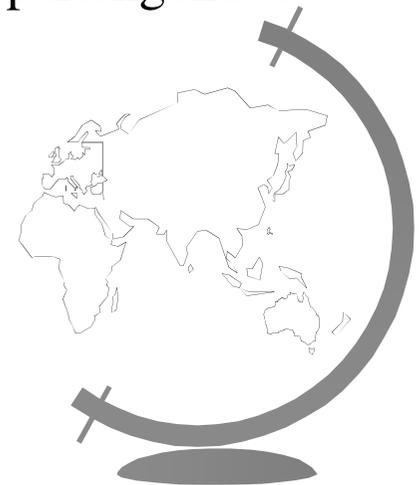
Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection

- Topologia: two-way bus
- Bit rate: 10Mbit/s
- Funzionamento in 3 passi:
 - * **Carrier sensing**: ogni stazione ascolta il bus e trasmette solo se il bus è libero;
 - * **Multiple access**: una volta iniziata la trasmissione una collisione può avvenire a causa del ritardo di propagazione;
 - * **Collision detection**: per rilevare una collisione la stazione trasmittente sta 'in ascolto' sul mezzo; in caso di collisione, si ferma subito ed invia una particolare sequenza di bits (jamming) per informare tutte le altre stazioni dell'avvenuta collisione
- In caso di collisione, la stazione ritenterà la trasmissione dopo un ritardo casuale determinato dall'algoritmo di back-off;
- La collisione non è un errore di trasmissione ma è il modo per gestire l'accesso multiplo



COLLISION DOMAIN

- Un dominio di collisione è una singola LAN CSMA/CD dove se 2 o più stazioni provano a trasmettere contemporaneamente, i loro pacchetto collideranno;
- Stazioni connesse mediante *repeaters* sono nello stesso dominio di collisione;
- Stazioni connesse mediante *bridge, router* o *gateway* appartengono a domini di collisione distinti;
- *HUB* di solito si comporta come repeater



Ethernet: parametri principali

Slot time 512 bit times (51.2 μ s)

Inter frame spacing 9.6 μ s

Attempt limit 16

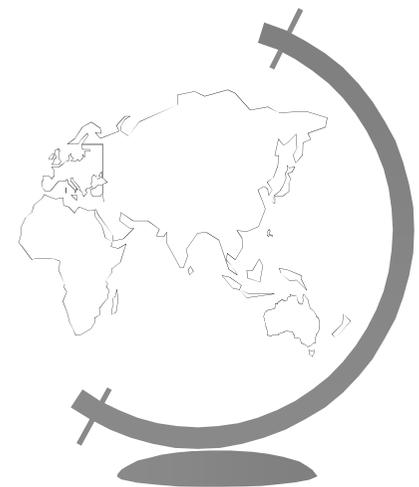
Back-off limit 10

Jam size 32 to 48 bit

Max frame size 1518 bytes

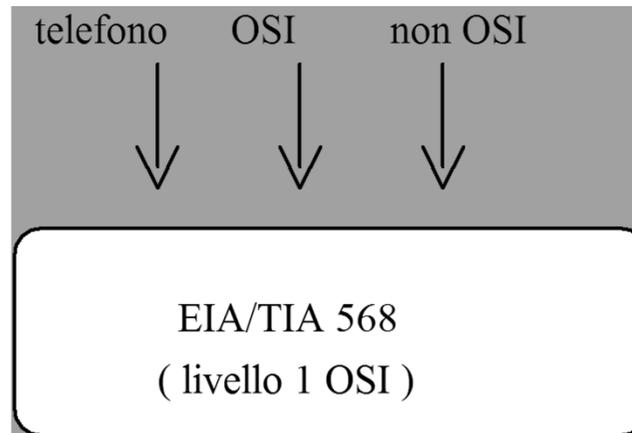
Min frame size 64 bytes

Address size 48 bit

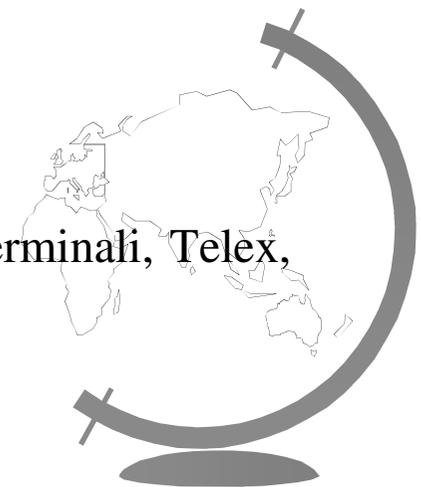


SISTEMI DI CABLAGGIO INTEGRATI

- **1970:** "Reti", Telefonia, Altri servizi
- **1980:** Integrazione fonia/dati su supporto telefonico : 64 Kb/sec
 - fallisce perchè una rete locale ha caratteristiche di traffico (a burst) con esigenze di velocità per cui le linee telefoniche non sono idonee
- **1990:**



- **Cosa Integrare:** fonia, LAN, Video, Videoconferenza, Terminali, Telex, Allarmi, Sicurezza...



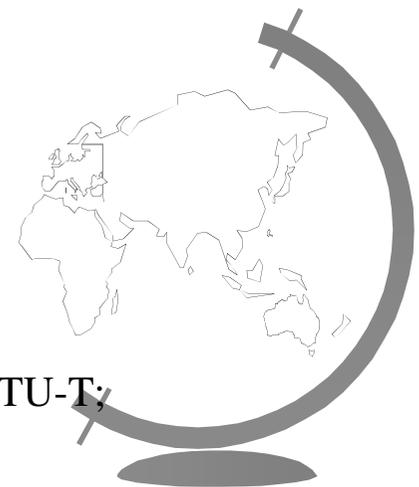
PROBLEMATICHE PROGETTUALI

- Architetture proprietarie:
 - non standard;
 - progettate in modo indipendente ed arbitrario dai ogni costruttori;
 - sono molte e molto diffuse (IBM/SNA, Digital/Decnet-IV, Novell/IPX)

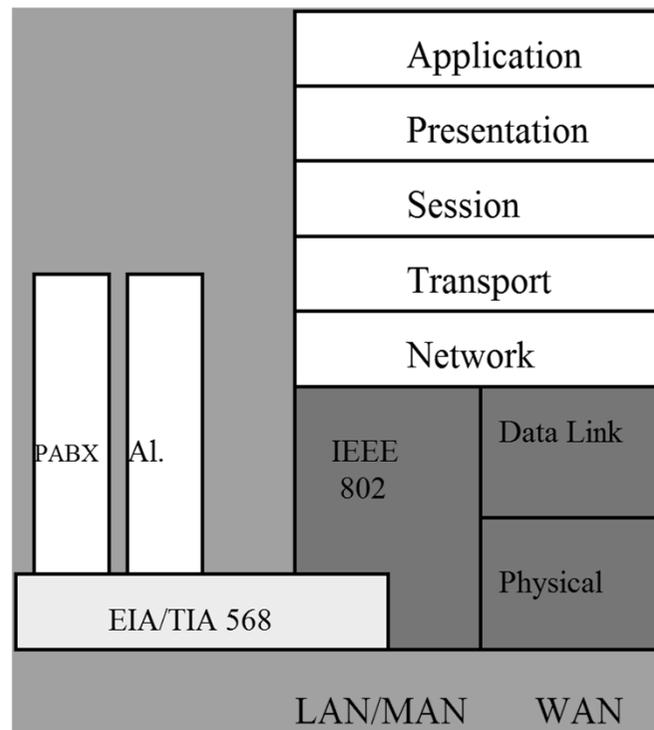
- Standard "de facto":
 - larghissima diffusione ma non riconosciuti da alcun organismo internazionale di standardizzazione;
 - TCP/IP, Ethernet v.2.0 (non è 802.3!).

- Standard “de iure”:
 - emessi da ISO e ITU-T;
 - progetto IEEE/ISO 802 (per reti locali) e OSI;

- Evoluzione tecnologica:
 - enti di standardizzazione hanno tempi lunghi;
 - es.: diversi Forum (consorzio di costruttori) sono molto più rapidi di ITU-T;



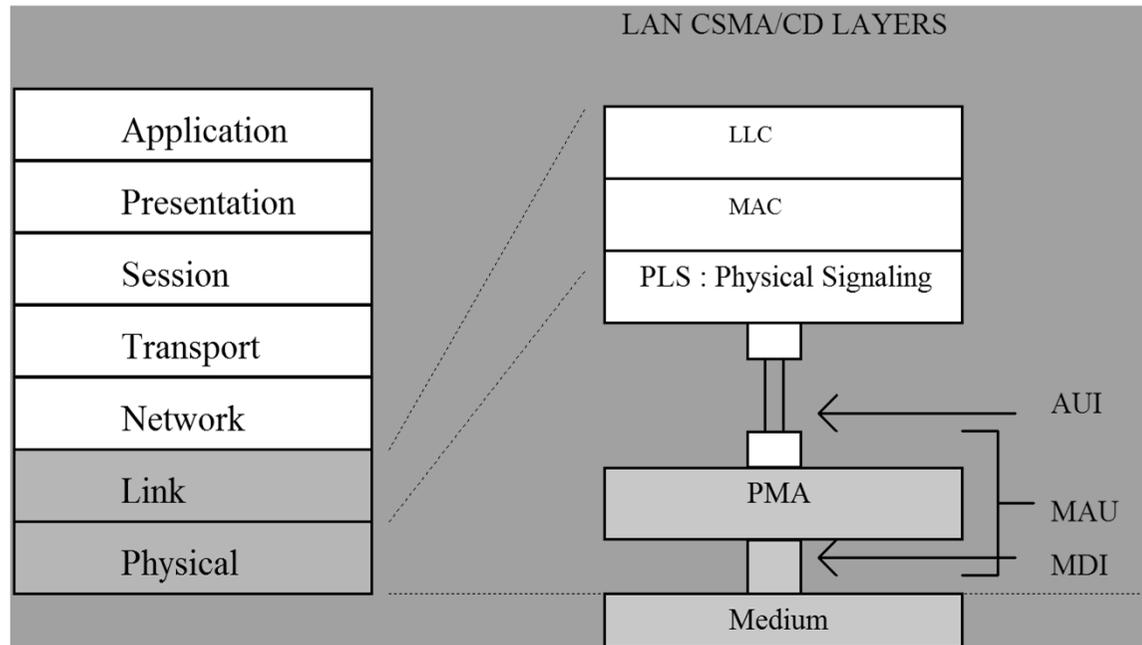
ISO-OSI e IEEE 802



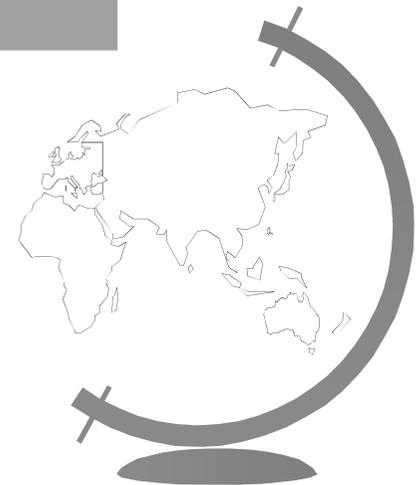
- progetto IEEE 802 per livello fisico proponeva mezzi trasmissivi proprietari, non compatibili con quelli di altri cablaggi per altri tipi di informazione (allarmi, telefonia);
- EIA/TIA 568: cablaggio standard unificato adeguato sia per trasmissione dati su LANs sia voce tramite PABXs sia altri tipi di informazione (edificio intelligente)



LIVELLO FISICO



AUI = Attachment Unit Interface
MAU = Medium Attachment Unit
MDI = Medium Dependent Interface
PMA = Physical Medium Attachment

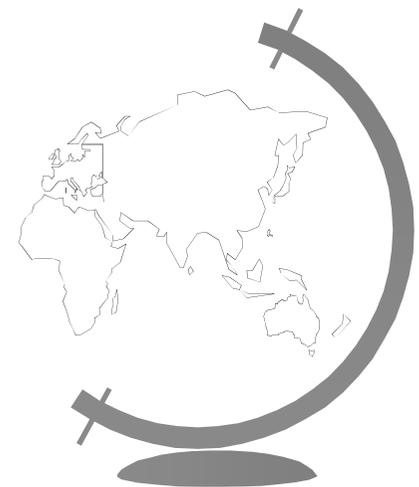


LIVELLO FISICO : MEZZI TRASMISSIVI

- *Elettrici*
 - Doppino “telefonico”
 - Cavo coassiale

- *Ottici*
 - Fibra ottica

- *Etere*
 - Radio
 - Microonde
 - Satelliti
 - Laser



MEZZO ELETTRICO IDEALE

Ha le seguenti caratteristiche:

- * resistenza bassa
 - * capacità bassa
 - * induttanza bassa
- ovvero è un mezzo non dispersivo e non dissipativo: tutta la potenza inviata sul canale dal trasmettitore arriva al ricevitore ed il segnale su cui si appoggia l'informazione non viene distorto passando nel canale



CONDIZIONI DI NON DISTORSIONE

La forma d'onda $y(t)$ riproduce indistorta la forma d'onda $x(t)$ quando risulta:

$$y(t) = T_0 x(t-t_0), T_0 > 0$$

cioè quando $y(t)$ differisce da $x(t)$ solo per una costante moltiplicativa T_0 ed una traslazione temporale t_0 .

In pratica tale condizione verrà considerata solo in una banda limitata.



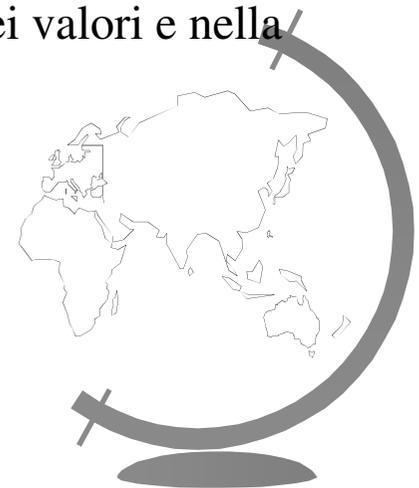
QUALITÀ DI TRASMISSIONE

Segnali analogici

- ❑ Il segnale ricevuto deve riprodurre indistorto il segnale originario
- ❑ Il rumore ed i disturbi che si sovrappongono al segnale utile siano contenuti entro limiti prefissati

Segnali numerici

- ❑ i bit rigenerati in ricezione devono riprodurre quelli trasmessi nei valori e nella cadenza temporale; occorre quindi:
- ❑ limitare il tasso di errore
- ❑ limitare il jitter



CARATTERISTICHE PRINCIPALI

Le caratteristiche principali di un mezzo trasmissivo sono:

- V_p : *velocità di propagazione* del segnale espresso come % della velocità della luce nel vuoto;
- $Z = R + jI$: *impedenza caratteristica* della linea
 - cavi coax: 50 ohm (thick e thin Ethernet), 75 ohm TV
 - doppino: 100 ohm (UTP), 150 ohm (STP)
- **AWG**: unità di misura del diametro dei conduttori; insieme alla resistività del materiale impiegato permette di calcolare la resistenza del conduttore.



ATTENUAZIONE

- La potenza associata ad un'onda elettromagnetica che si propaga lungo una linea di trasmissione si attenua a causa delle dissipazioni di quest'ultima (perdite nei conduttori e nel dielettrico)
- Attenuazione in dB è proporzionale alla lunghezza della tratta percorsa dall'onda

$$A[\text{dB}] = 10 \log_{10} P_0/P(x) = \alpha_1 x$$

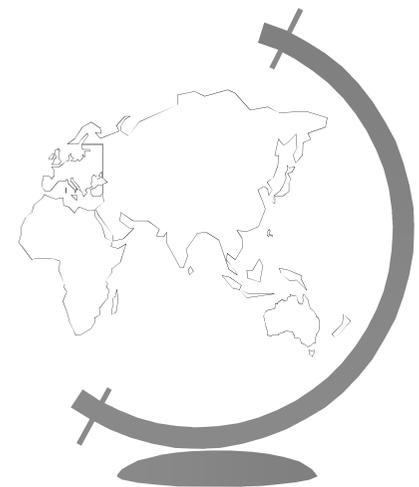
- α_1 = costante di attenuazione della linea (dB/Km); è funzione crescente della frequenza e dipende dalla geometria e dai materiali della linea



AWG : AMERICAN WIRE GAGE

- Scala per misurare il diametro dei fili di rame;
- E' una regressione geometrica con 39 valori compresi nell'intervallo 000 gage (0.460 inch di diametro) e 36 gage (0.005 inch di diametro);
- Ogni incremento di un gage corrisponde ad un rapporto tra i diametri di:

$$\left(\frac{0.460}{0.005} \right)^{\frac{1}{39}} = 92^{\frac{1}{39}} = 1.1229322$$



AWG : AMERICAN WIRE GAGE

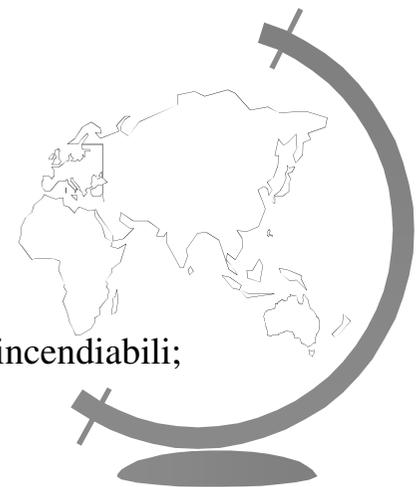
<u>AWG</u>	<u>mm</u>	<u>mmq</u>	<u>kg/km</u>	<u>Ω/km</u>
22	0.6438	0.3255	2.894	52.96
23	0.5733	0.2582	1.820	84.21
24	0.5106	0.2047	1.746	87.82
25	0.4547	0.1624	1.414	108.4
26	0.4049	0.1288	1.145	133.9



CARATTERISTICHE ELETTRICHE

- Dipendono da quelle geometriche e più precisamente da :
 - * numero dei conduttori e loro diametro;
 - * distanza dei conduttori;
 - * presenza di schermi (stagnola, metallo gabbia di Faraday)
- Dipendono inoltre dai materiali usati nella costruzione ed in particolare dagli isolanti:
 - * costante dielettrica;
 - * permeabilità magnetica;
 - * conduttanza
- Non esistono formule semplici e generali.

- Per raggiungere elevate frequenze occorre:
 - * avere bassa attenuazione (cresce in dB come f);
 - * avere bassa diafonia (cross-talk): interferenza tra coppie vicine;
- Cavi con tali caratteristiche devono avere:
 - * elevata dimensione del conduttore interno;
 - * buona spaziatura tra i conduttori;
 - * bassa costante dielettrica (idealmente aria);
 - * coppie schermate singolarmente e globalmente;
- Cavi con tali caratteristiche sono ingombranti, pesanti, difficili da posare e facilmente incendiabili;
- La scelta è sempre di *compromesso*



CAVI (GENERALITÀ)

- Cavi di alimentazione: concepiti per basse frequenze di lavoro (p.es. 50 Hz) e per minimizzare le perdite di potenza
- Cavi per Reti Locali: concepiti per operare con larghe bande (maggiori di 10 Mhz) e per ridurre la distorsione del segnale.



CROSS-TALK O DIAFONIA

- La diafonia è la presenza impropria su una coppia del segnale proveniente da coppie vicine;
- Si misura in dB (rapporto segnale/rumore) e deve essere intesa come attenuazione di diafonia ed è quindi un fattore di merito:

$$20 \log \frac{v}{v_{indotto}}$$

- Esempio: per lo standard 10baseT sono richiesti cross-talk minimi per tratta (tipicamente 100 metri) di:
 - * 30.5 dB a 5 Mhz e 26 dB a 10 Mhz per cavi a 4 coppie;
 - * 35 dB a 5 Mhz e 30.5 dB a 10 Mhz per cavi a 25 coppie;



MISURA DELLA DIAFONIA

Vi sono due modi principali

- **Metodo pair-to-pair**

Viene misurata la massima interferenza provocata da una singola coppia attiva nel cavo; se vi sono più coppie attive le prestazioni saranno peggiori di quelle previste

- **Metodo Power Sum**

Le misurazioni sono effettuate quando tutte le coppie di un cavo multicoppia sono attive; per cavi con più di 4 coppie è l'unico metodo attendibile per misurare la diafonia



RAPPORTO ATTENUAZIONE CROSS-TALK (ACR)

- In generale non interessano i valori assoluti di attenuazione e di diafonia ma la loro azione congiunta
- Trascurando il rumore esterno al cavo è la loro combinazione che determina il rapporto segnale/rumore in ingresso al ricevitore
- ACR esprime il rapporto tra il segnale attenuato, p.es. presente su una coppia, ed il segnale indotto, p.es. da una coppia vicina
- Entrambi espressi in dB, quindi quando la differenza tra attenuazione e diafonia è “troppo” piccola si verificano “molti” errori di trasmissione



RETURN LOSS

- Irregolarità nella geometria di un cavo fanno variare l'impedenza caratteristica
- Quando un segnale elettrico propagandosi le incontra subisce delle riflessioni, perdendo energia
- Tale perdita per riflessioni è detta *return loss*
- La conseguenza maggiore però è la nascita di segnali di jitter
- Il jitter può causare errori in ricezione



TEST WIREMAP

- Questo test consiste nella verifica della connessione di ogni connettore di un'estremità con quella all'estremità opposta
- Verifica corrispondenza pin to pin, che non vi siano contatti con la massa
- Sufficiente per applicazioni telefoniche e a bassa frequenza ma insufficiente per applicazioni su reti locali



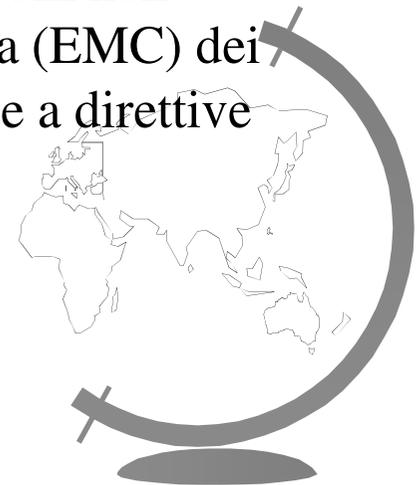
DOPPIO

- Detto anche coppia (pair), è il mezzo trasmissivo classico della telefonia;
- Due fili di rame ritorti (binati, twisted) per ridurre le interferenze elettromagnetiche;
- La binatura serve per far sì che mediamente i campi elettromagnetici esterni agiscano in ugual modo sui due conduttori;
- Nel caso di cavi con più coppie i passi di binatura devono essere diversi per ridurre la diafonia (cross-talk);
- Adatto sia per telefonia sia per dati;
- Costi ridotti e semplice installazione;
- Esistono varie versioni:
 - * versione telefonica non schermata (UTP: Unshielded Twisted Pair)
 - * versione con un unico schermo, tipicamente in lamina d'alluminio, per tutto il cavo (FTP: Foiled Twisted Pair)
 - * versione schermata con uno schermo per ogni coppia più uno schermo globale (STP: Shielded Twisted Pair)



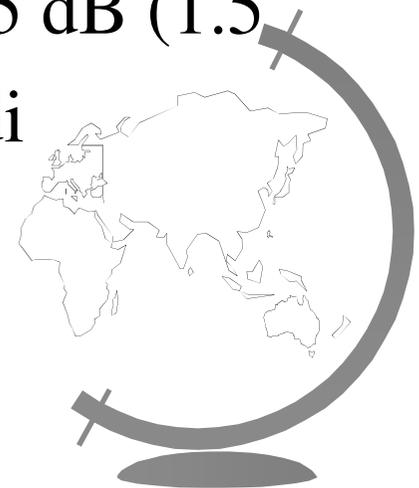
DOPPINI CON SCHERMO

- Sia i cavi schermati (STP) sia quelli con lamina (FTP) hanno manicotti metallici che occorre correttamente mettere a terra per ridurre al minimo l' interferenza elettromagnetica;
- La messa a terra della schermatura viene eseguita in corrispondenza dei connettori
- Si ricorda che sia l' installatore sia l' utente sono responsabili nell' assicurare il requisito della compatibilita` elettromagnetica (EMC) dei propri sistemi di rete con altri dispositivi elettronici in base a direttive europee vincolanti dal 1 Gennaio 1996



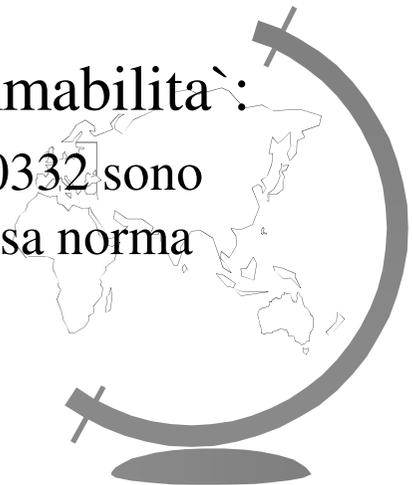
DOPPIO per 10baseT

- Binatura minima 6 giri/metro
- Cavo UTP 100 +/- 15 da 1 a 16 Mhz
- Velocità di propagazione minima 0.585
- Attenuazione massima 10dB/100m da 5 a 10 Mhz
- Attenuazione di inserzione minore di 11.5 dB (1.5 per i connettori in presenza di spezzone di lunghezza massima = 100 m)



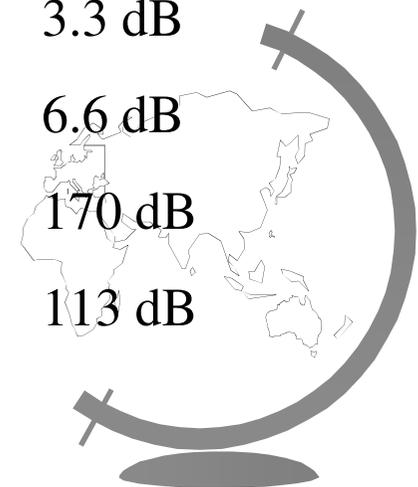
PREVENZIONE INCENDI

- Tale normativa varia da Stato a Stato dell' UE ma comunque riguarda sempre due aspetti
 - Velocità di propagazione della fiamma
 - Emissione di fumi
- Prassi consolidata per minimizzare i danni in caso di incendio è l'impiego di materiali **Low Smoke Zero Halogen (LSZH)**: emissione minima di fumi che agevola l'evacuazione
- Tali materiali però non garantiscono bassa infiammabilità:
 - Cavi conformi alle specifiche in sezione 3 norma IEC 60332 sono meglio dei più economici cavi della sezione 1 della stessa norma



ALCUNI TIPI DI CAVI

	Belden 1456A	AT&T 2061	1 IBM	2 IBM	6 IBM
AWG	24	24	22		26
Z	100	100	150		150
Vp	0.66	---	0.81		0.81
Peso (Kg/Km)	39	27	91	138	80
Att.10Mhz	6.6 dB	6.5 dB	2.2 dB (4Mhz)		3.3 dB
Att.16Mhz	8.3 dB	8.1 dB	4.5 dB		6.6 dB
CTalk 10	42 db	47 dB	190 dB(4Mhz)		170 dB
CTalk 16	40 dB	44 dB	134 dB		113 dB



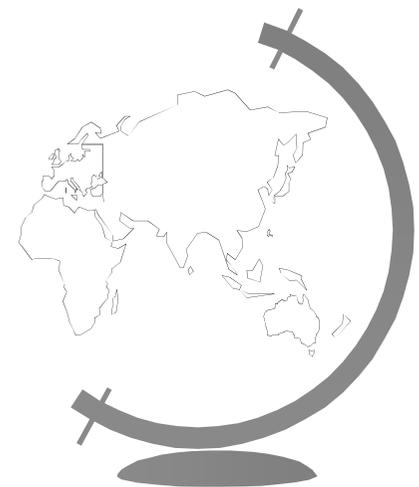
CAVO COASSIALE

- Un connettore centrale ed una o più calze schermo
- Sistema trasmissivo adattato in impedenza
- Velocità più elevate del doppino, maggiore isolamento dal mondo esterno, minori interferenze
- Costi leggermente più elevati, maggiore difficoltà di installazione
- Molto utilizzati in reti locali “datate”
- Trasmissione sbilanciata: conduttore interno posto in tensione verso il riferimento dato dalla calza esterna che funge pure da schermo
- E' possibile interconnettere cavi coassiali con i doppini telefonici; occorre utilizzare un dispositivo chiamato BALUN (balanced to unbalanced) per adattare la trasmissione sbilanciata dei primi a quella bilanciata dei secondi.



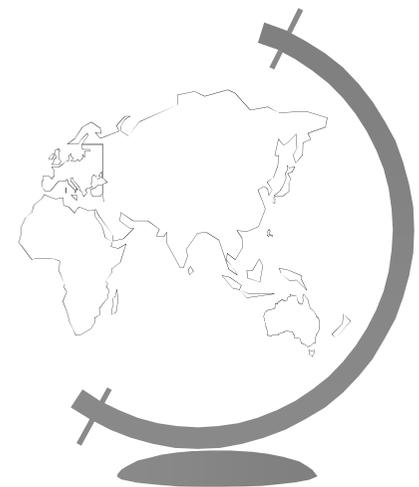
THICK ETHERNET

- Più schermi, calze sovrapposte
- AWG = 12;
- $Z = 50$
- $V_p = 0.81$
- Peso = 180 kg/km
- Attenuazione a 5 Mhz = 12 dB /km
- Attenuazione a 16 Mhz = 17 dB/km



THIN ETHERNET

- 2 schermi, calze sovrapposte
- AWG = 22
- $Z = 50$
- $V_p = 0.81$
- Peso = 57 kg/km
- Attenuazione a 5 Mhz = 32.4 dB /km
- Attenuazione a 10 Mhz = 45.9 dB/km



DOPPIO : QUALITA'

I doppi sono suddivisi in 5 categorie o livelli con crescenti caratteristiche di qualità:

- **Livello 1**: è il doppio vero e proprio, tipico della telefonia e perciò sono idonei per una banda di frequenze fino a 100 KHz.
- **Livello 2**: sono adatti per frequenze fino ad 1 Mhz quindi per trasmissione dati a bassa velocità (accesso base ISDN).
- **Livello 3**: sono idonei per frequenze fino a 20Mhz anche se oltre i 16 Mhz attenuazione e cross-talk sono elevati. Usati per Token Ring a 4 Mbit e per 10baseT: è il cavo di minima qualità che deve essere usato in EIA/TIA 568 .
- **Livello 4**: specificati fino a 32Mhz e supportano il Token Ring a 16 Mbit.
- **Livello 5**: sono idonei per sostenere frequenze fino a 100Mhz



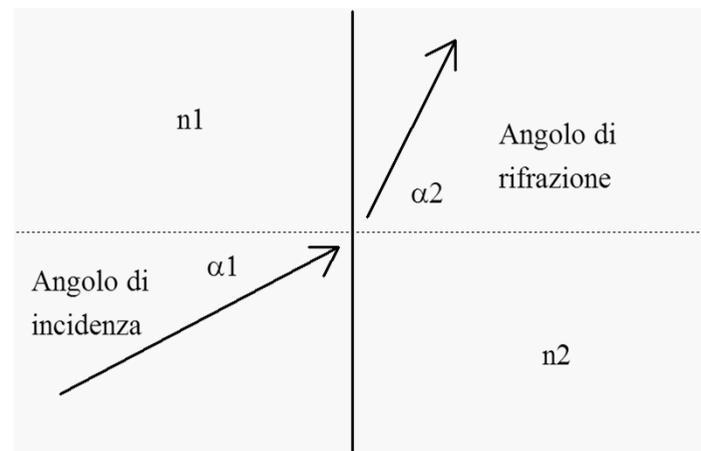
FIBRE OTTICHE

- ❑ La fibra ottica si presenta come un minuscolo e flessibile 'filino' di materiale vetroso costituito da una parte interna (core) ed una esterna (cladding) aventi indice di rifrazione diversi.
- ❑ La diversità di indice di rifrazione serve a mantenere confinata la luce all'interno del core.
- ❑ Una guida d'onda è un sistema atto a confinare e guidare al suo interno un campo elettromagnetico.
- ❑ Le fibre ottiche sono particolari guide d'onda per la luce.
- ❑ Le fibre ottiche sono in materiale dielettrico
- ❑ La propagazione all'interno delle guide d'onda avviene essenzialmente per riflessioni successive.

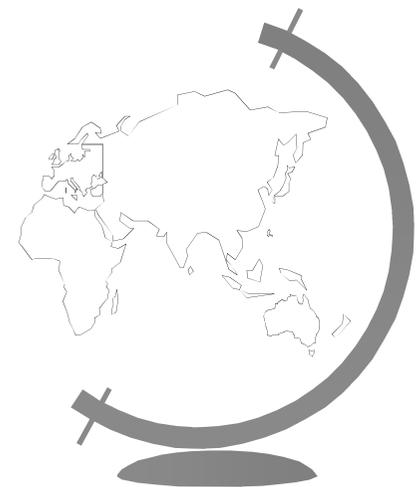


LA LEGGE DI SNELL

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$$



- Nelle fibre ottiche n_2 (core) $>$ n_1 (cladding);
- Si dice angolo critico quell'angolo di incidenza α tale che:
 $\sin \alpha = n_2/n_1$, avendo $\alpha_2 = 90^\circ$
- Per valori $\alpha_1 > \alpha$ siamo in presenza di riflessione totale



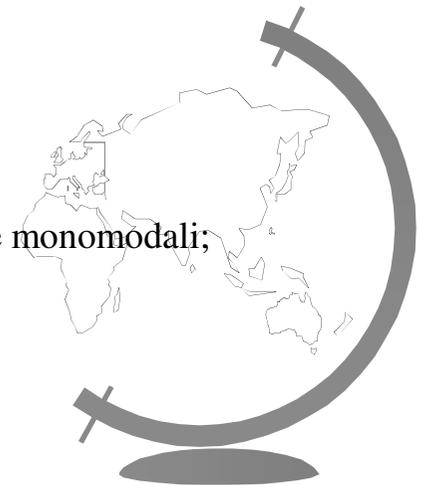
MODI DI PROPAGAZIONE

- In generale in una fibra ottica la luce ha più modi di propagazione (dispersione modale);
- La dispersione modale limita la banda;
- **Fibre multimodali**
 - Le prime fibre che comparvero furono le *step index* in cui la variazione degli indici di rifrazione fra cladding e core è brusca e causa molta dispersione modale
 - Per evitare che la luce propagandosi su cammini diversi arrivi a destinazione in tempi diversi sono state realizzate le fibre *graded index* con variazione continua degli indici di rifrazione tale da rallentare i raggi più centrali.
- **Fibre monomodali**
 - Si risolve definitivamente il problema della dispersione modale;
 - E' ridotta fortemente la dimensione del core (8-10 μm);
 - La fibra si comporta come una guida d'onda ammettendo una sola modalità propagativa;
 - Occorrono Laser più costosi, avendo però velocità e distanze maggiori.



FIBRE OTTICHE

- Le fibre ottiche sono unicamente adatte per collegamenti punto-punto, non essendo possibile prelevare o inserire il segnale in un punto intermedio
- Totale immunità ai disturbi elettromagnetici;
- Caratterizzate da 2 numeri n/m dove:
 - n: diametro della parte interna conduttrice di luce;
 - m: diametro della parte esterna;
- Valori tipici in μm :
 - multimodali: 50/125, 62.5/125, 100/140
 - monomodali: 10/125
- La difficoltà di interconnessione delle fibre ottiche aumenta al diminuire delle dimensioni del core;
- Occorre una strumentazione di laboratorio per connettere le fibre
- Più costose del rame;
- Molto costose le giunte e la connettorizzazione:
 - il problema è più critico al diminuire delle dimensioni del core e quindi nelle monomodali;
 - è richiesto personale qualificato con strumentazione adeguata;
- Elevate velocità:
 - oggi è standard lavorare a Gbit/s



TOPOLOGIE

□ STELLA

- centro stella: critico per affidabilità della rete ma semplifica la gestione e la manutenzione della rete;
- spesso è stella gerarchica quindi più precisamente un albero;
- si realizza impiegando due mezzi trasmissivi punto-punto (doppino o fibra);
- **cablaggio strutturato degli edifici;**

□ ANELLO

- collega ogni sistema al successivo con un mezzo trasmissivo punto-punto e l'ultimo al primo;
- anello unidirezionale ed ogni stazione funge pure da ripetitore;
- semplice per organizzazione logica ma non altrettanto per quanto riguarda il cablaggio;
- minore affidabilità rispetto alla stella per guasti;

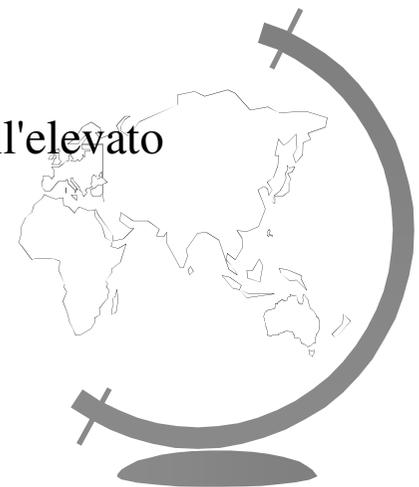


□ **BUS**

- mezzo trasmissivo necessariamente bidirezionale di tipo broadcast;
- usato in LANs Ethernet di “vecchia” concezione;
- la mancanza di un elemento centrale come in stella comporta un'elevata affidabilità intrinseca;
- realizzati tipicamente con cavi coassiali di regolare impedenza: ciò non si adatta molto ben con il cablaggio strutturato che impiega invece doppini e fibre con topologia a stella gerarchica

□ **MAGLIA:**

- completa: applicazione solo in reti molto piccole per via dell'elevato numero di collegamenti richiesti;
- incompleta: applicata in reti geografiche.



IL CABLAGGIO STRUTTURATO DEGLI EDIFICI

- In fase di costruzione o ristrutturazione di un edificio è indispensabile predisporre un supporto per la trasmissione di informazione nelle sue varie forme: LANs, immagini video, telefonia, allarmi,...;
- Le normative definiscono metodi per cablare un gruppo di edifici costruiti su un suolo privato;
- Inizio anni '80: necessità di collegare terminali ad hosts: nascono le prime reti locali e si sviluppano i *primi sistemi di cablaggio proprietario*: IBM cabling system e Digital DECconnect;
- Fine anni '80 in reti locali si abbandonano i mezzi trasmissivi proprietari e si inizia ad usare il doppino di rame 24 AWG e la topologia a stella;
- Nascita **EIA/TIA 568** che nell 1991 viene ratificato per gli U.S.A.



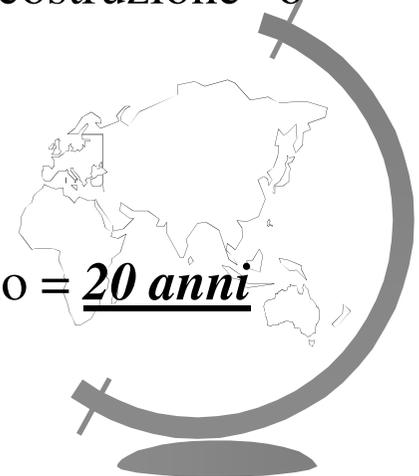
Sistemi di Cablaggio: Standards Internazionali

- **EIA/TIA 568:** standard americano per edifici commerciali approvato nel 1991 ed ampiamente diffuso in tutto il mondo
Telecommunications Industry Association: www.tiaonline.org
- **EIA/TIA 569:** Specifiche tecniche per infrastrutture in grado di supportare un sistema di cablaggio
- **ISO/IEC 11801:** standard emesso dopo EIA/TIA568
International Standard Organization: www.iso.ch
International Electrotechnical Commission
- **EN50173:** standard europeo molto simile a **ISO/IEC 11801**



EIA/TIA 568

- Necessità di sistemi di cablaggio standard per edifici commerciali è stata avvertita da ditte di telecomunicazione (TIA) e di informatica (EIA) dal 1985
- Tale sistema di cablaggio deve essere:
 - adatto ad un ambiente multiproduct/multivendor;
 - indipendente dai prodotti di TLC che verranno impiegati;
 - adatto ad essere realizzato contestualmente alla costruzione o ristrutturazione di un edificio
- La validità minima di un progetto deve essere di *10 anni*;
- Oggi: durata media prevista di un installazione di cablaggio = **20 anni**



EIA/TIA 568: cosa contiene

- Specifiche per il cablaggio fino al *telecommunication outlet*
- Specifiche per un edificio (o gruppo di) all'interno di suolo privato (*campus*);
- Fornisce raccomandazioni per:
 - mezzo di trasmissione
 - topologie
 - distanze
 - connettori
 - dorsali orizzontali e relativo cablaggio
 - realizzazione
 - certificazione ed identificazione dei cavi



ELEMENTI PRINCIPALI del CABLAGGIO

Main Crossconnect (MC): centro stella di un comprensorio e si occupa della distribuzione dei dati/voce/segnali tra i vari edifici collegati; da qui si dipartono i cavi di dorsale verso gli altri edifici;

Intermediate Crossconnect (IC): si occupa della distribuzione dei dati/voce/segnali a livello di singolo edificio ovvero dei cavi di dorsale verso i vari piani; rappresenta il secondo livello gerarchico del cablaggio ed è il centro stella di edificio;

Telecommunication Closet (TC): è il centro stella della distribuzione ad ogni singolo piano: è anche chiamato *armadio di piano* ed è collegato mediante una dorsale all'IC dell'edificio e mediante cavi punto-punto ai telecommunication outlet;

Interbuilding Backbone: dorsale di comprensorio: è la dorsale che interconnette gli IC al MC ovvero il centro stella di edificio con quello di comprensorio;

Intrabuilding Backbone: dorsale di edificio: è la dorsale che interconnette gli IC al TC ovvero il centro stella di edificio con quello di piano;

Equipment Room (ER): è un locale apposito che può contenere apparati passivi (pannelli di permutazione, canaline,...) ed attivi (PBX, apparati di rete...); date le sue dimensioni è utilizzato come centro stella di comprensorio o di edificio;

Interbuilding Entrance Facility (EF): insieme di infrastrutture e di componenti passive per l'ingresso delle dorsali di comprensorio nell'edificio;



Transition Point: punto di transizione del cablaggio orizzontale dove un cavo rotondo ritorto (twisted) viene collegato tramite giunto meccanico ad un cavo piatto normalmente preintestato.

Telecommunication Outlet: è la placchetta utente dove terminano i cavi orizzontali di distribuzione;

Work Area: è il posto di lavoro (scrivania);

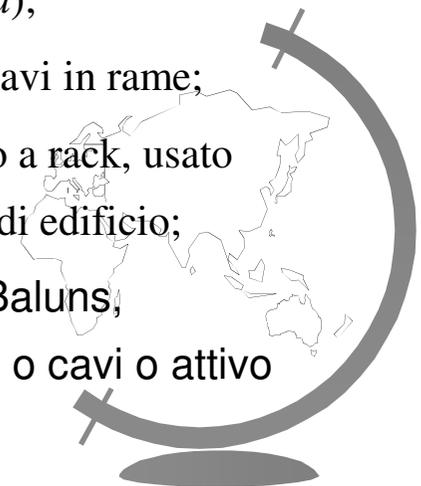
Private Branch Exchange (PBX): è il centralino telefonico;

Patch Panel: pannello di permutazione per i mezzi trasmissivi; il *patch cord* è un cavetto di permutazione per cavi in rame o per fibre ottiche (*bretella*);

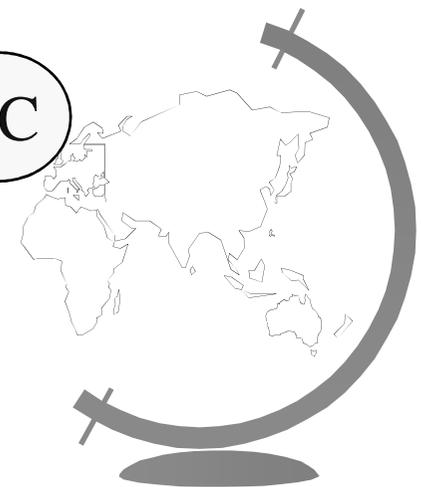
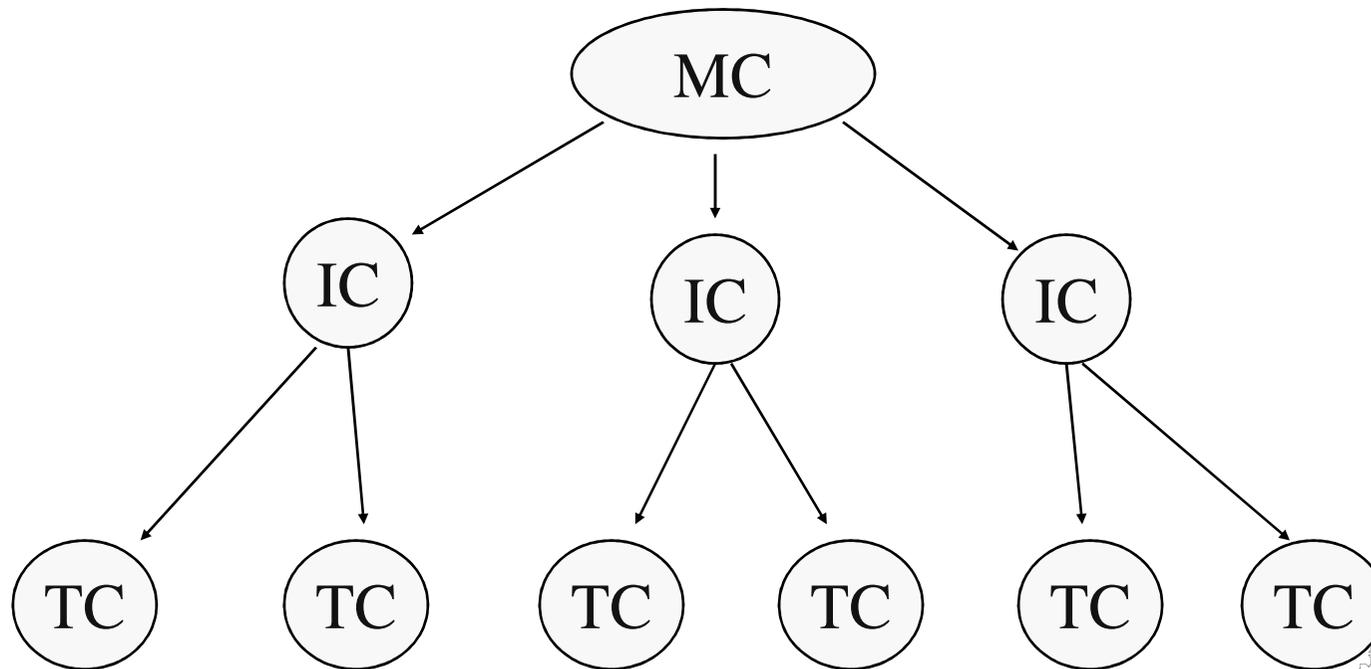
Wiring Block: blocchi di terminazione; terminazione meccanica dei cavi in rame;

Cross-Connect: è un gruppo di punti di connessione, montato a muro o a rack, usato per terminare meccanicamente i cavi e per organizzare il cablaggio di edificio;

Adapter: è un adattatore per il cablaggio e può essere passivo (Baluns, connettore a 'Y',...) per adattare tipologie diverse di connettori o cavi o attivo (RS232-RS423,...) per adattare sistemi trasmissivi diversi;

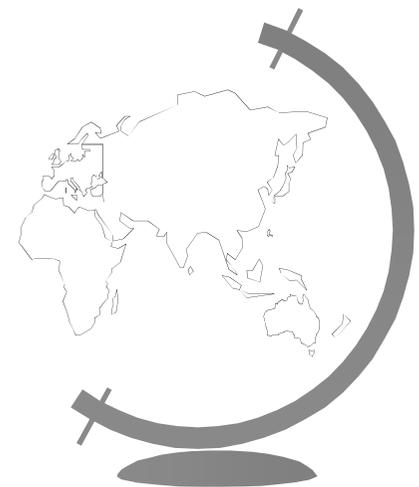


TOPOLOGIA: STELLA



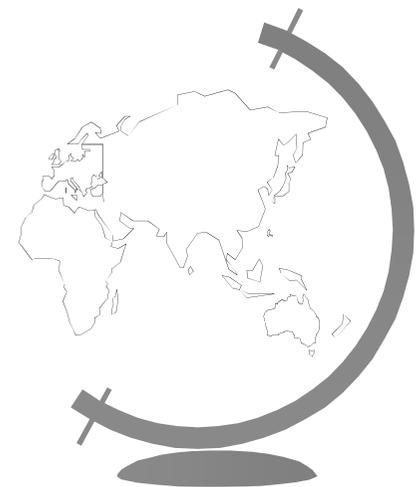
CAVI PERMESSI

- Cavi coassiali (50Ω, standards 10base5 & 10base2)
- fibre ottiche multimodali (62.5/125 μm)
- UTP 4 coppie (24AWG, cat ≥ 3, coppie hanno colori diversi)
- UTP multicoppia (25 pairs, 24/22 AWG)
- STP (150Ω, IBM 1 type);

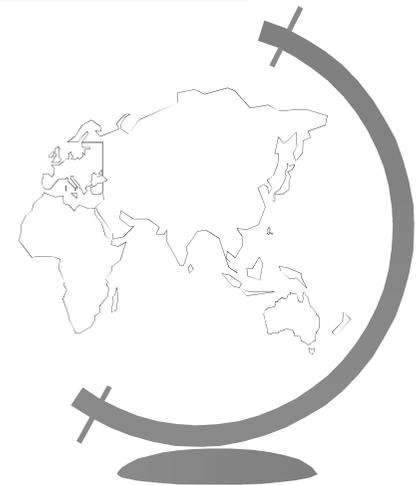
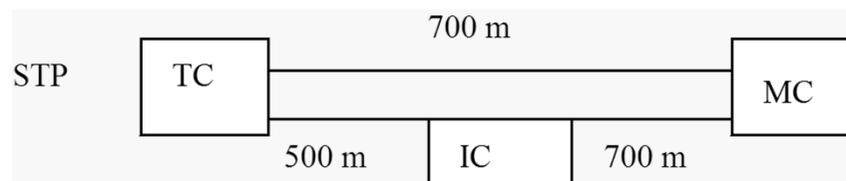
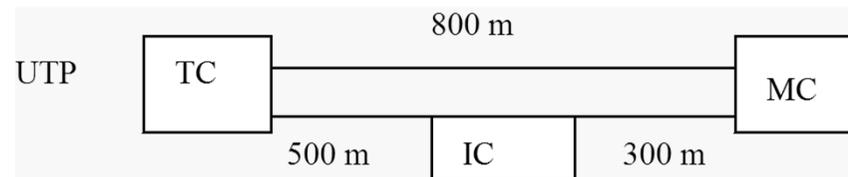
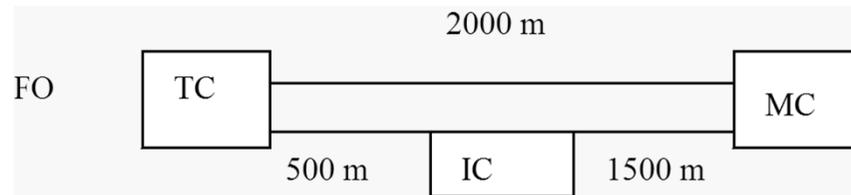


DORSALI

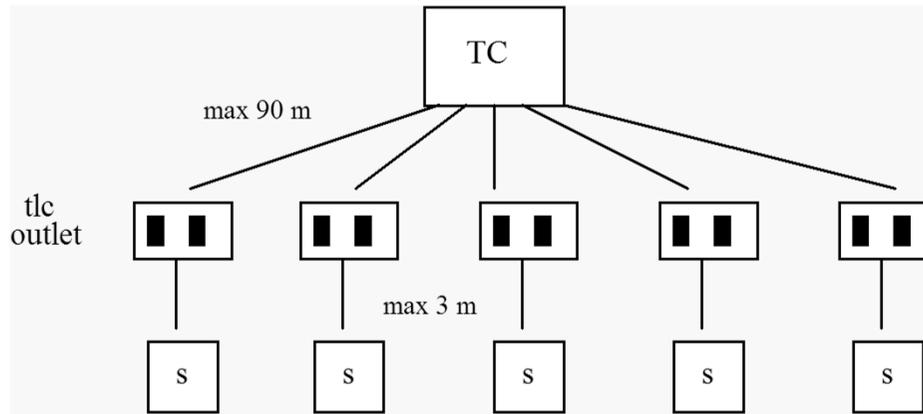
- Sono gli elementi portanti del cablaggio e possono interconnettere edifici diversi con l'edificio centro stella del comprensorio o armadi di piano diversi con l'armadio di edificio;
- Topologia a stella gerarchica
- Problematiche di EMI se si usano cavi in rame (fulmini,...)
- Cavi ammessi :
 - cavo multicoppie UTP 100
 - cavo STP 150
 - cavo coassiale 50 , tipo thick Ethernet
 - fibra ottica multimodale 62.5/125 μm



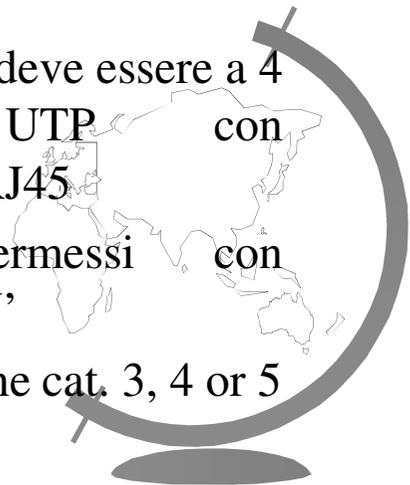
DISTANZE MAX SULLE DORSALI



CABLAGGIO ORIZZONTALE



- 4 coppie UTP 100 Ω ;
- 2 coppie STP 150 Ω
- coax 50 Ω , thin Ethernet con connettori BNC
- fibre ottiche multimodali 62.5/125 μm ;
- almeno 2 prese per posto di lavoro
- almeno una deve essere a 4 coppie UTP con connettore RJ45
- servizi permessi con adattatore 'Y'
- Certificazione cat. 3, 4 or 5



NORME DI INSTALLAZIONE

- Il cablaggio a seconda dei componenti utilizzati e della qualità di installazione potrà considerarsi di categoria 3,4 o 5;
- Ad installazione avvenuta occorre certificare con appositi strumenti l'intero cablaggio per verificarne la reale categoria;
- Norme per cavi UTP:
 - * massima tensione di tiro applicabile è 11.3 kg per non compromettere la ritorsione delle coppie con degrado delle caratteristiche elettriche;
 - * raggio di curvatura minimo ammesso è di 25.4 mm per cat.3 e 50.8 per cat.4 e 5;
 - * parte del cavo non ritorta sulla terminazione è di 25 mm per cat.4 e 13mm per cat.5;
- Norme per cablaggio sotto il pavimento;
- Norme per la messa a terra;



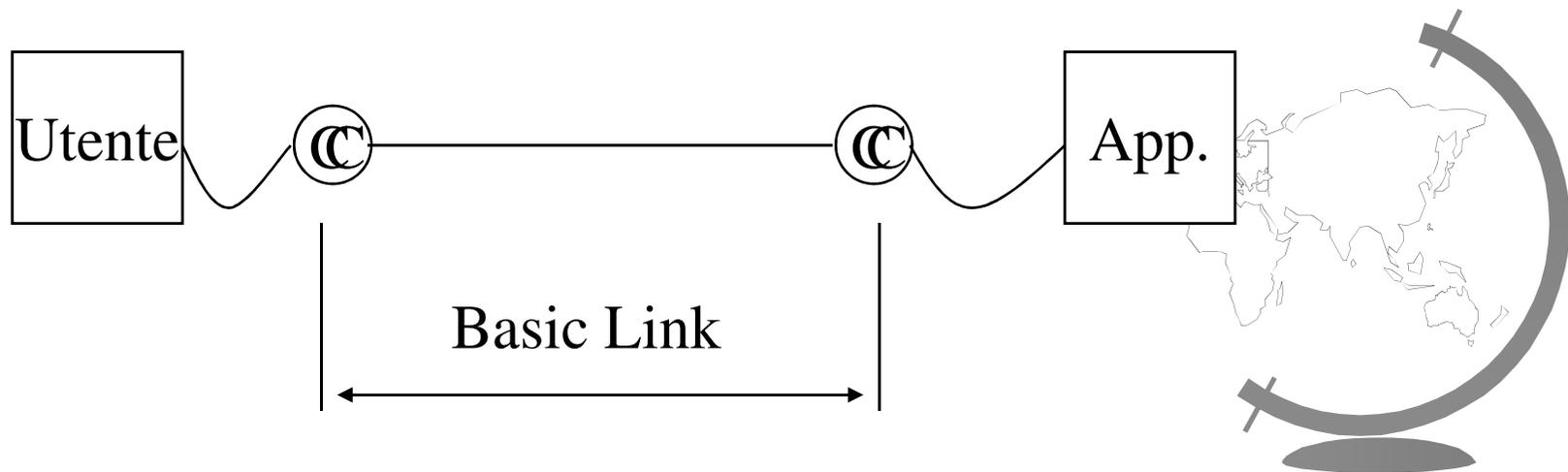
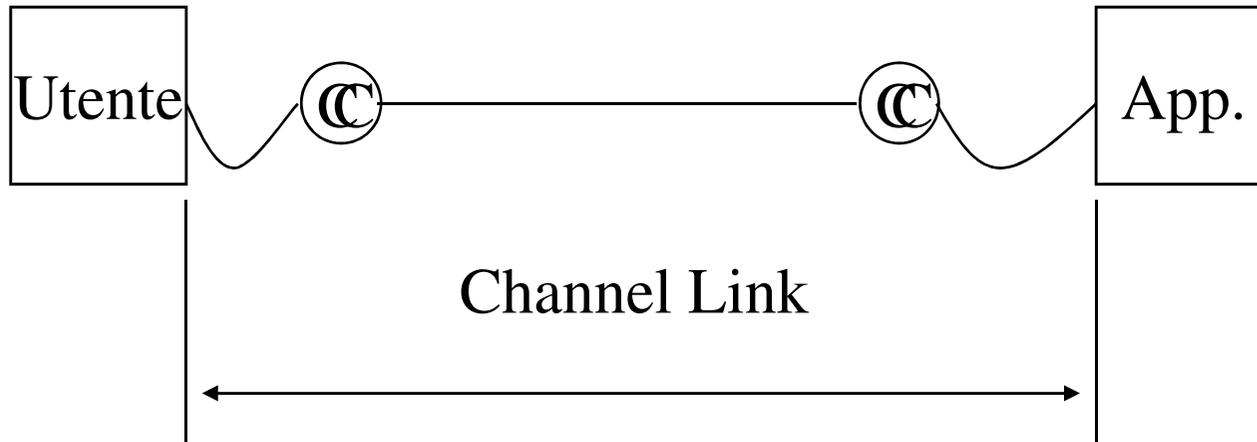
STANDARD PER IL COLLAUDO

EIA/TIA TSB 67 e successive integrazioni:

- Indica i modelli di test (Channel e Basic Link) da usare
- Definisce livelli di precisione che gli strumenti devono possedere per potere certificare determinate Classi
- Passi da compiere per corretta certificazione di un impianto
 - Utilizzo di componenti omogenei (della stessa Categoria) e dotati di certificati di conformita`, ossia verificati in laboratorio da enti terzi rispetto ai costruttori;
 - Posa in opera a regola d' arte
 - Utilizzo di strumento certificatore appropriato
 - Selezione del modello di test corretto (Channel sempre verificato, il Basic in fase di realizzazione o ristrutturazione dell' impianto)
 - Selezione dello standard corretto
 - Produzione dei test report, contenenti le misure effettuate e consegna all' utente



MODELLI DI TEST



DOCUMENTAZIONE

Per ogni cablaggio occorre fornire una documentazione redatta con simbologia ed abbreviazione standard comprendente:

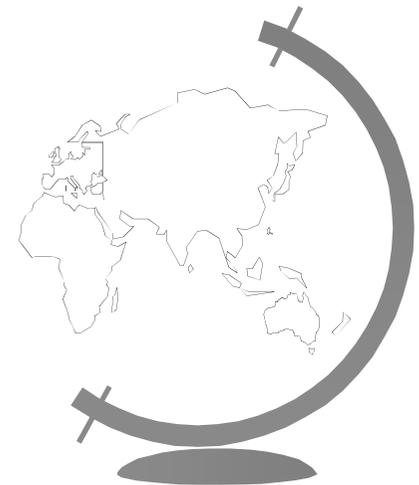
- * Disegno logico dell'intero comprensorio o del singolo edificio;
- * Tabella per identificare le dorsali;
- * Tabella di armadio che indichi le connessioni tra l'armadio di piano ed i posti di lavoro;



STANDARD 10base5 e 10base2

- **10base5** specifica le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per velocità di 10Mb/s su un segmento di 500m;
 - Cavo coassiale thick, grosso, giallo da 50Ω;
 - Al massimo 100 MAU (transceiver) per segmento;
 - Distanza minima tra MAU è di 2.5m
 - Lunghezza max transceiver cable è 50m;
 - Transceiver connesso "a vampiro";

- **10base2** specifica le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per velocità di 10Mb/s su un segmento di 185m;
 - Cavo coassiale thin
 - Numero max di stazioni: 30;
 - Distanza minima tra le stazioni: 0.5m;
 - Lunghezza max transceiver cable è 50m;
 - Transceivers connessi con connettore a "T" di tipo BNC



STANDARD 10baseT

- Specifica le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per velocità di 10Mb/s basate su un segmento in doppino o Twisted Pair;
- Questo standard è di tipo link ovvero punto-punto e quindi ammetterebbe la connessione di 2 sole stazioni:
 - ripetitori multiporta per connettere più di 2 stazioni in rete;
 - topologia è stellare;
 - connessione tra la stazione ed il repeater è fatta usando 2 doppini (coppie), una per Tx e l'altra per Rx;
- L'uso di doppini è particolarmente adatto per cablaggi strutturati: standard concepito per adattarvi IEEE 802.3;
- Facilità di connettorizzazione: RJ45;
- Lunghezza max consigliata 100m (EIA/TIA 90M + cavetti di patch);
- Funzionalità:
 - Tx: trasferisce i dati codificati in modo "Manchester" dal DTE al doppino; se non vi sono dati si trasmette sulla coppia Tx un segnale di idle: meccanismo sincrono di colloquio;
 - Rx: trasferisce i dati dal doppino al DTE;
 - Loopback: quando MAU trasmette si rinvia al DTE copia dei segnali trasmessi;
 - Rilevazione collisioni: MAU rileva collisioni quando riceve simultaneamente dati dalla coppia Rx e dal DTE;

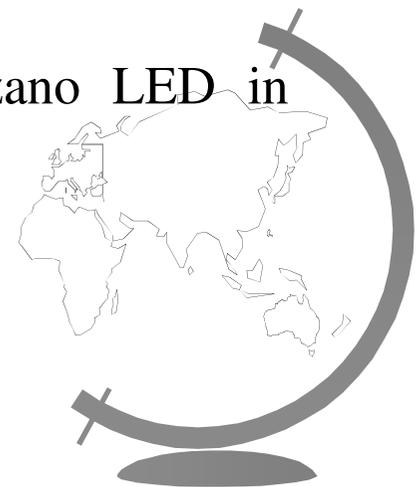


STANDARD 10baseF

- Regolamenta uso della fibra ottica come mezzo trasmissivo per LAN 802.3

- Si suddivide in 3 sotto-standard:
 - 10baseFP: basato sull'uso di stelle ottiche passive;
 - 10baseFB: basato su una trasmissione sincrona sulla fibra ottica;
 - 10baseFL;

- Sono tutti conformi a standard EIA/TIA 568, utilizzano LED in finestra 850nm;



STANDARD 10baseFP

- Standard che specifica le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per velocità di 10Mb/s basate su segmenti in fibra ottica connessi tramite stella passiva (FP:Fiber Passive);
- Unici elementi attivi sono i transceiver ottici;
- Fibra comporta link punto-punto: topologia a stella;
- Stella passiva: si usano splitter ottici, ripartitori del segnale ottico;
- Lunghezza max di fibra tra stella e MAU è 500m;
- Distanza max tra 2 MAU è 1000m



STANDARD 10baseFB

- Standard che specifica le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per velocità di 10Mb/s basate sul segmento in fibra ottica che ha funzione di dorsale tra 2 ripetitori (*FB:Fiber Backbone*);
- Gli elementi attivi del segmento sono sia i transceiver ottici sia le stelle attive;
- Questo standard è di tipo sincrono e la sincronizzazione tra trasmettitore e ricevitore avviene mediante un segnale di idle;
- Lunghezza max segmento in fibra è di 2000m;



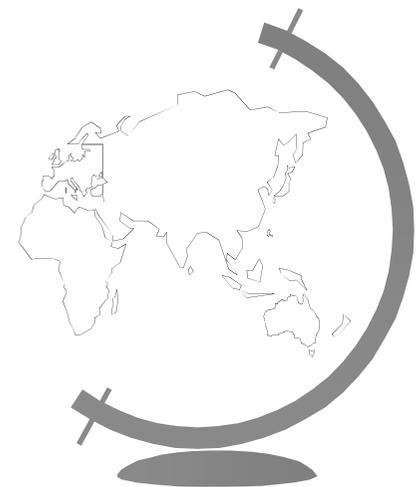
STANDARD 10baseFL

- Standard che specifica le caratteristiche dei MAU e dei mezzi trasmissivi per velocità di 10Mb/s basate su segmenti in fibra ottica di tipo link (*FL:Fiber Link*) che possono connettere ripetitori e stazioni in modalità punto-punto e stellare;
- Gli elementi attivi del segmento sono sia i transceiver ottici sia le stelle attive;
- Questo standard è di tipo sincrono e la sincronizzazione tra trasmettitore e ricevitore avviene mediante un segnale di idle;
- Lunghezza max segmento in fibra è di 2000m;



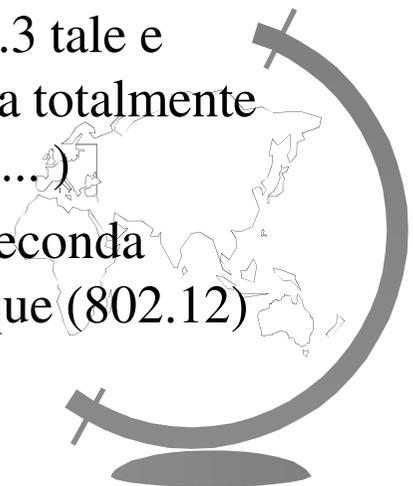
ISO/IEC 11801

- Simile a EIA/TIA 568
- Mezzi di trasmissione consentiti: cavi in rame, fibre ottiche (**NO cavi coassiali**)
- Molti dettagli sulla messa a terra
- Test rigorosi sulla categoria dei cavi



LANs: EVOLUZIONE

- Fino al 1990 per la maggioranza degli utenti era sufficiente Ethernet @ 10Mps perché le applicazioni principali erano *ftp* ed *e_mail*
- In seguito, apparvero applicazioni dalle notevoli esigenze di banda come audio-videoconferenza, browsers per navigare in rete ad alte definizioni grafiche
- Soluzioni ed apparati tradizionali si rivelarono inadeguati per queste nuove applicazioni
- 1992: IEEE riconvocò il comitato 802.3 con l'esigenza di definire LANs più veloci: una prima proposta fu di mantenere 802.3 tale e quale, rendendola solo più veloce, un'altra fu di ridefinirla totalmente con nuove caratteristiche (traffico real-time, voce digitale,...)
- Il comitato alla fine decise per la prima ed i fautori della seconda formarono un loro comitato e la standardizzarono comunque (802.12)



LANs : EVOLUZIONE (cont.)

Tre ragioni principali da parte del comitato 802.3:

- Necessità di essere compatibile con migliaia di LANs esistenti
- Timore che un nuovo protocollo potesse presentare problemi inaspettati
- Desiderio di giungere ad una soluzione prima di mutamenti tecnologici

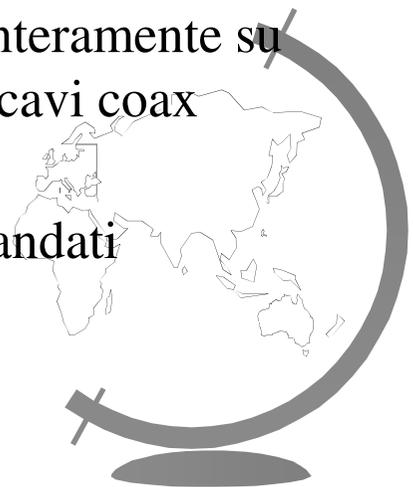
Nel Giugno 1995 fu ufficialmente approvato un documento:

802.3u



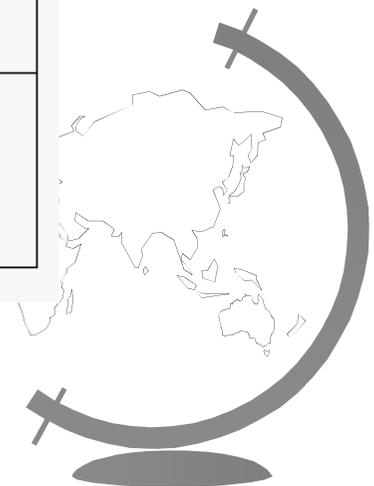
IEEE 802.3u (Fast Ethernet)

- Tecnicamente, 802.3u non è uno standard ma un addendum allo standard esistente 802.3 (compatibilità “indietro”)
- **IDEA FONDAMENTALE**: conservare tutti i formati di pacchetto “vecchi”, le interfacce e le regole procedurali ma semplicemente ridurre il tempo di bit da 100 nsec a 10 nsec
- In teoria, sarebbe possibile usare ancora il cavo coax e rilevare le collisioni in tempo riducendo la lunghezza massima del cavo di un fattore dieci
- 10BaseT ha così tanti vantaggi che Fast Ethernet si basa interamente su di esso: tutti i sistemi Fast Ethernet usano HUBs mentre i cavi coax con fori a vampiro o connettori BNC non sono permessi
- Categorie UTP 3 e 5 e fibre ottiche sono in mezzi raccomandati



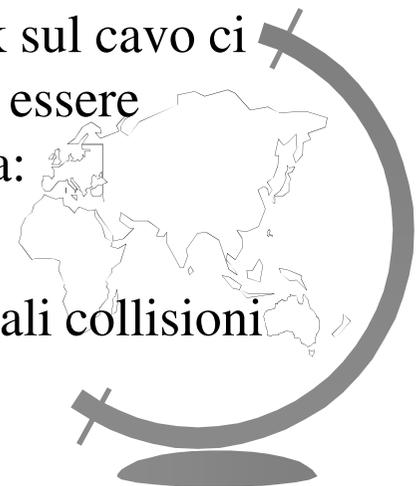
Fast Ethernet: Cablaggio

NAME	CABLE	Max. Segment	Advantages
100Base-T4	Twisted Pair	100 m	Uses cat.3 UTP
100Base-TX	Twisted Pair	100 m	Full duplex @ 100 Mps
100Base-FX	Fiber Optics	2000 m	Full duplex @ 100 Mps long runs



100Base-T4

- Velocità di segnalazione a 25 Mhz: per raggiungere la banda richiesta sono necessarie 4 coppie “twisted”: funzionamento “half-duplex”
- Siccome lo standard dei cavi telefonici imponeva 4 coppie “twisted” per cavo, la maggioranza degli uffici è già a posto
- Di solito, una coppia è sempre diretta verso l’ hub, una è sempre dall’ hub e le altre due vengono pilotate a seconda della direzione corrente della trasmissione
- Non si usa più il codice Manchester ma quello **8B6T**: si inviano segnali ternari cosicché durante un singolo tempo di clock sul cavo ci può essere uno 0, 1 o 2. Con 3 coppie 27 simboli possono essere trasmessi rendendo possibile inviare 4 bits con ridondanza:
$$4\text{bits} \times 25 \text{ Mhz} = 100 \text{ Mbps}$$
- la coppia fissa in ricezione viene usata per rilevare eventuali collisioni



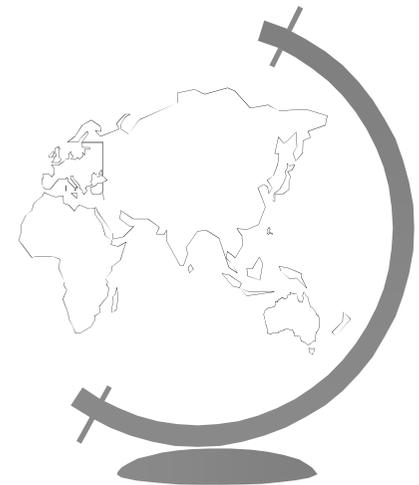
100Base-TX

- Si usano cavi di Cat. 5: supportano velocità di clock fino a 125 Mhz ed anche oltre
- Si usano solo 2 coppie “twisted”: una verso l’ hub e l’altra da esso
- Si usa la codifica 4B5B @ 125 Mhz
- E’ un sistema full-duplex @ 100 Mbps
- Con connettori RJ45 si possono avere 2 telefoni ed 1 stazione di lavoro attivi contemporaneamente



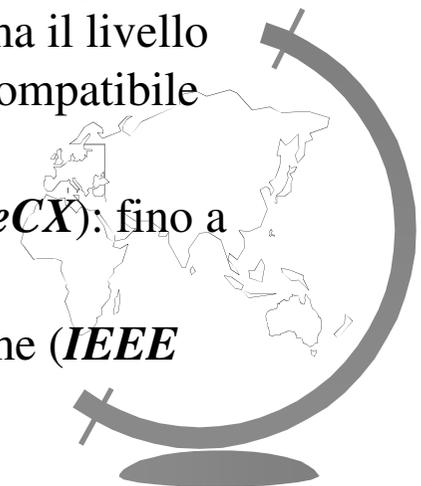
100Base-FX

- Usa due linee di fibre ottiche multi-modali,
una per ogni direzione:
full-duplex @ 100 Mbps
- Distanza HUB-station fino a 2 Km



Ethernet: un po' di storia...

- ❑ 1980: IEEE 802.3 definizione specs CSMA/CD per Ethernet : no QoS, stazioni fino a 2 Km riescono a rilevare una collisione, dimensione di pacchetto minima pari a 64 bytes. Tutto funziona @ 10 Mbps
- ❑ 1994: IEEE 802.3u (100BaseT) si mantiene il formato del frame e si aumenta la bit rate a 100 Mbps: ciò impone di diminuire il diametro della rete da 2 Km a 200 m: il tutto funziona ancora (Fast Ethernet)
- ❑ 1996: IEEE comincia a lavorare su Gigabit Ethernet: in teoria un ulteriore incremento di 10 volte del clock richiederebbe una pari riduzione del diametro della rete: 20 m è però inaccettabile
- ❑ 1998: il comitato *IEEE 802.3z* emette uno standard (Draft 5) per Gigabit Ethernet su fibra: si mantiene il dominio di collisione di 200m ma il livello MAC viene ridefinito. Codifica usata è 8B/10B. Comunque, è compatibile all'indietro: stesso formato di frame 802.3
- ❑ IEEE 802.3z definisce Gigabit Ethernet su cavo coax (*1000BaseCX*): fino a 25m, ma principalmente entro il “wiring closet”
- ❑ Fine 1999: Standard per Gigabit Ethernet su doppipli UTP in rame (*IEEE 802.3ab*)



GIGABIT ETHERNET

- ❑ MAC layer ridefinito perché altrimenti 2 stazioni distanti 200 m non riuscirebbero a rilevare una collisione quando trasmettono entrambe pacchetti lunghi 64 bytes
- ❑ Incapacità di rilevare una collisione comporta instabilità della rete
- ❑ Il meccanismo che rende un diametro di 200 accettabile è noto come **CARRIER EXTENSION**: ogni volta che una scheda gigabit trasmette un frame minore di 512 bytes, il gigabit MAC invia un segnale speciale, continuando a monitorare per eventuali collisioni
- ❑ Se una collisione viene rilevata durante questo periodo, si reagisce come al solito: segnale di jamming e algoritmo di back-off
- ❑ 512 bytes non è proprio 64×10 : 802.3z decise che un'estensione a 640 bytes sarebbe stata troppo inefficiente: si è ridotta un po' di ridondanza (numero di repeater: max 1)
- ❑ Per aumentare l'efficienza per frames corti IEEE ha definito una versione avanzata del carrier extension: **PACKET BURSTING**

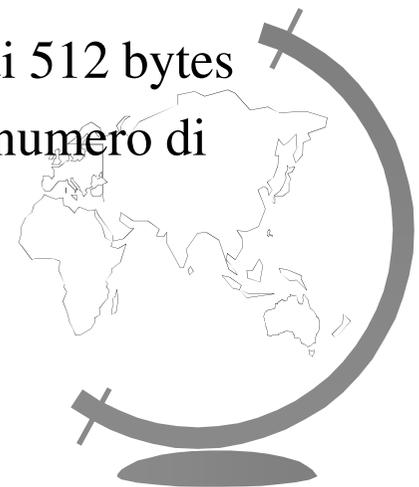


CARRIER EXTENSION

- ❑ Fornisce un modo semplice per estendere il diametro della rete fino 200 m senza modificare l'algoritmo CSMA-CD
- ❑ Frames più corti di 512 bytes sono inviati in una finestra di 512 byte ed un simbolo di carrier extension viene usato per riempire la parte rimanente

Due problemi:

- ❑ utilizzazione della rete molto scarsa per frames più corti di 512 bytes
- ❑ probabilità di collisione più elevata che può aumentare il numero di frames persi



CARRIER EXTENSION: UTILIZZAZIONE

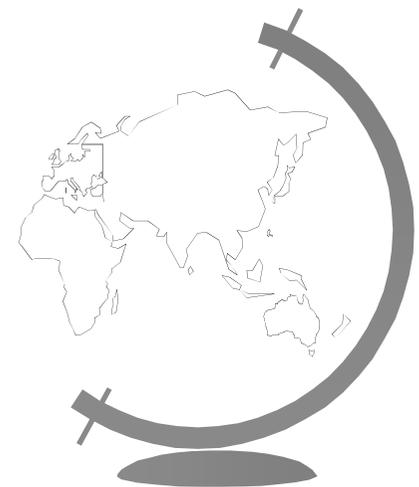
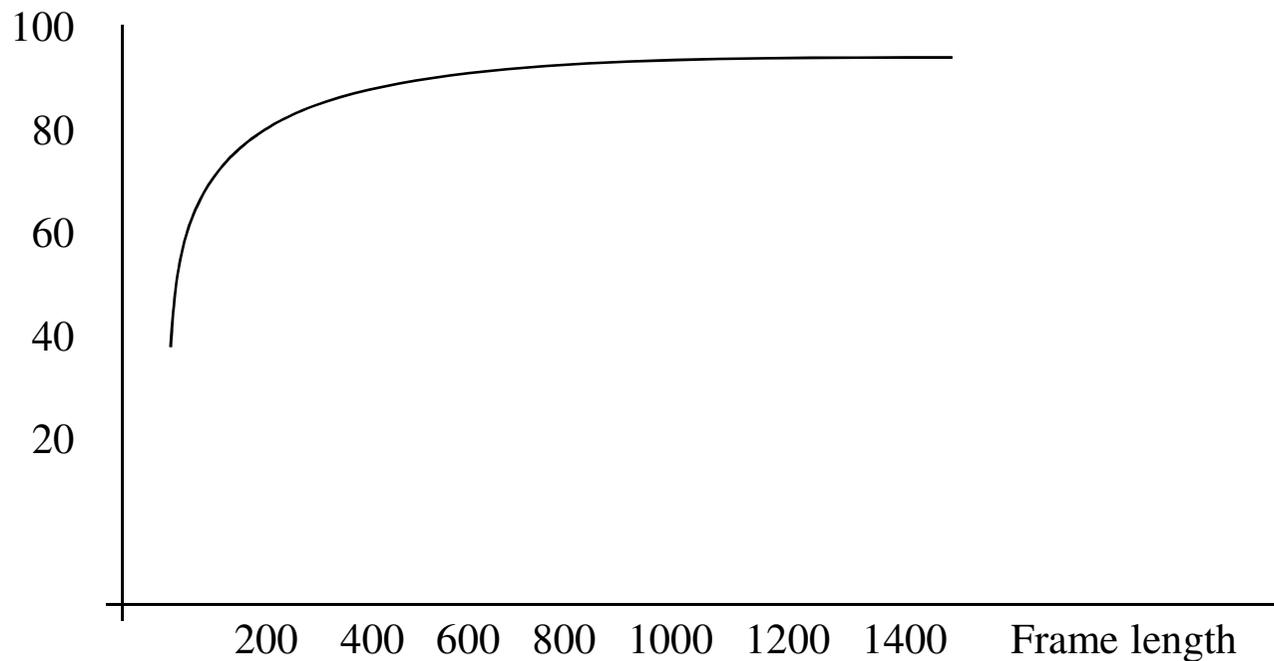
- Devono gli amministratori di rete preoccuparsi dei frame corti? Sì, perché la maggioranza dei frame di controllo sono corti e potrebbero essere trasmessi per ogni frame di dati
- FL: frame length
- ND: non data infos: indirizzi MAC, type fields, CRC
- PRM: preambolo
- IFG: interframe gap (12 bytes)
- CE: carrier extension if $FL < 512$ else 0

$$U = \frac{FL - ND}{FL + PRM + IFG + CE}$$



CARRIER EXTENSION: UTILIZZAZIONE

- ❑ Caso peggiore: traffico completamente dato da frames di 64 bytes : throughput crolla al 10% -12%
- ❑ Case realistico: dimensione media del frame è tra 200 e 500 bytes sicché Gigabit Ethernet funzionerebbe tra 390 e 977 Mbps

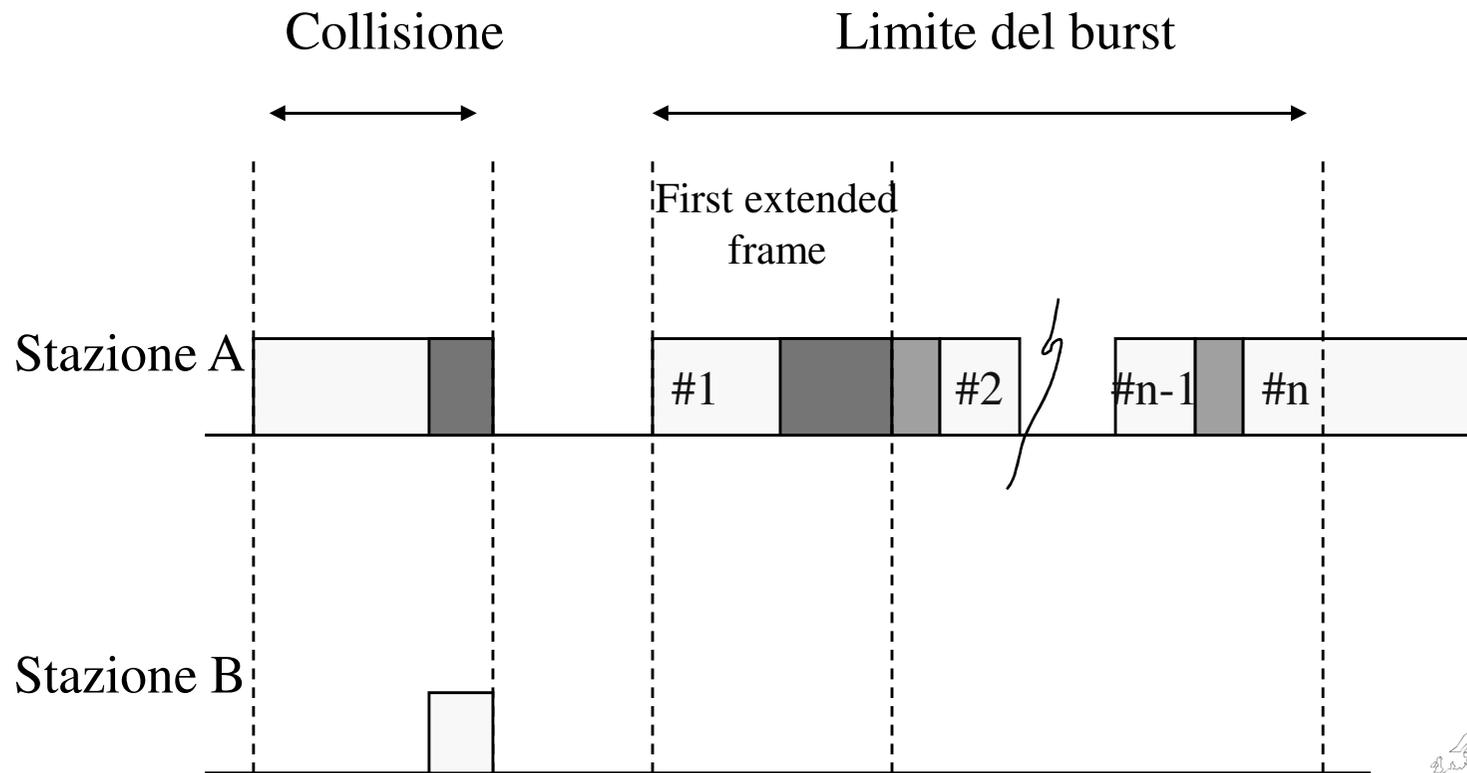


PACKET BURSTING

- ❑ Tecnica pensata per migliorare l'efficienza del gigabit ethernet
- ❑ Scheda di rete trasmette il primo frame come consueto, i.e. con carrier extension per frame minori di 512 bytes
- ❑ Allo stesso tempo, fa partire un contatore inizializzato per una durata di 64 Kbits
- ❑ Dopo che il primo pacchetto è stato trasmesso, se ce n'è un altro in attesa e se il contatore non è scaduto, si trasmettono 96 bits di carrier extension (padding) seguiti dal pacchetto successivo nell'ambito dello stesso frame
- ❑ Questo processo viene ripetuto finché non ci sono più pacchetti in attesa o il timer è scaduto
- ❑ Problema: maggior parte delle applicazioni sono ignare del packet bursting e dovrebbero essere riscritte per avvantaggiarsene
- ❑ Questi rimedi, carrier extension e packet bursting, sono necessari solo in modalità half-duplex; full-duplex elimina questa necessità per il CSMA-CD; stazioni trasmettono e ricevono i dati su differenti mezzi, in modo che non ci possono essere collisioni e quindi nessun bisogno di fare attese per trasmettere



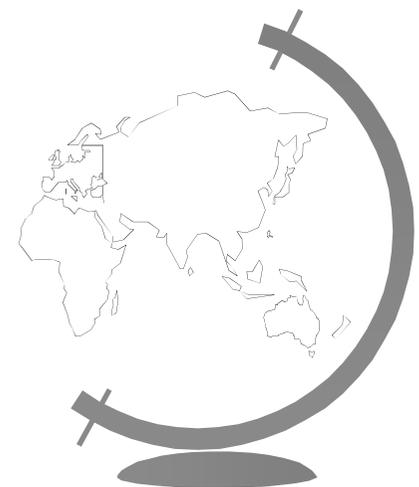
PACKET BURSTING



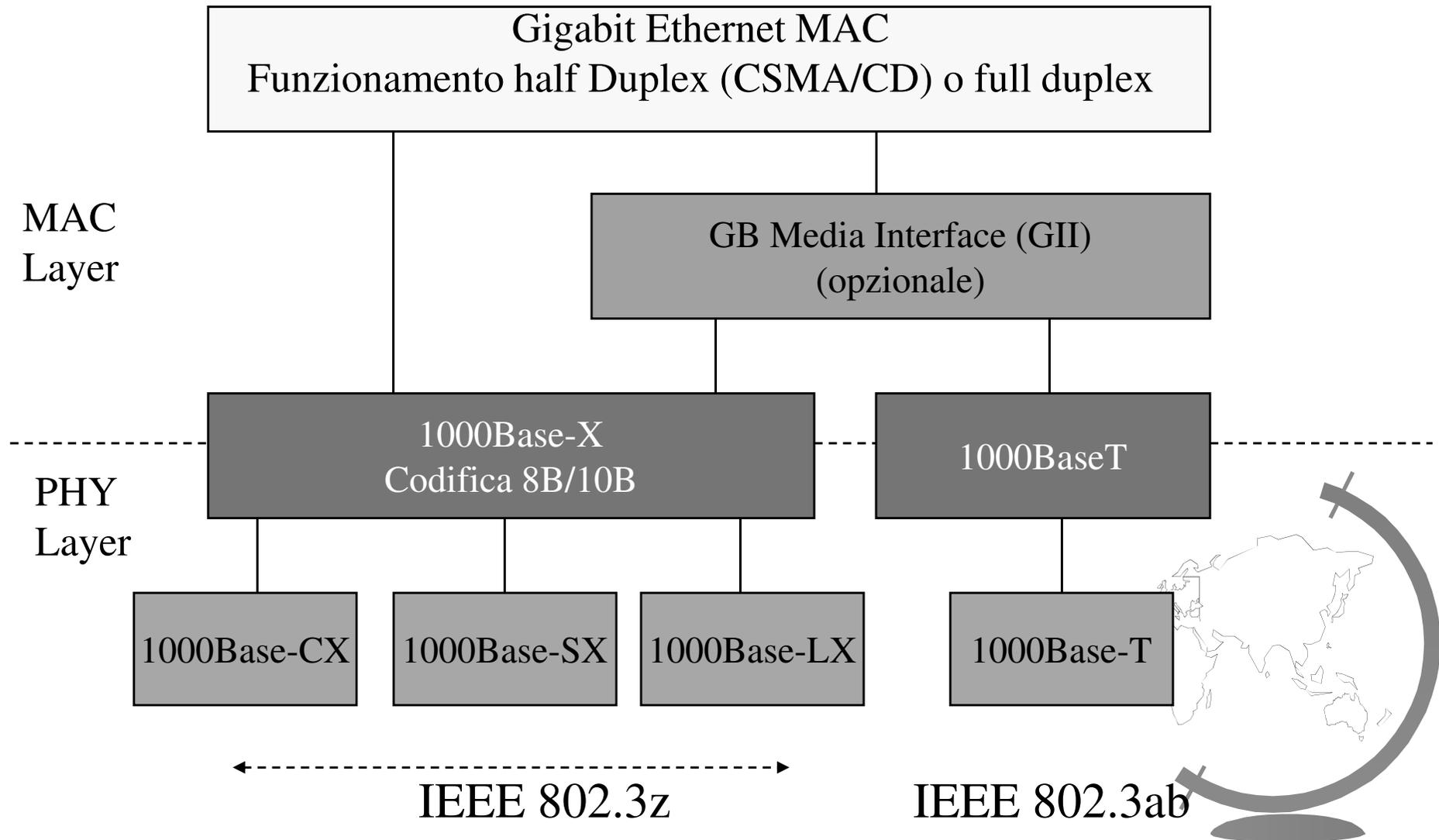
Interframe gap con simboli di carrier extension



Frame extension con simboli di carrier extension

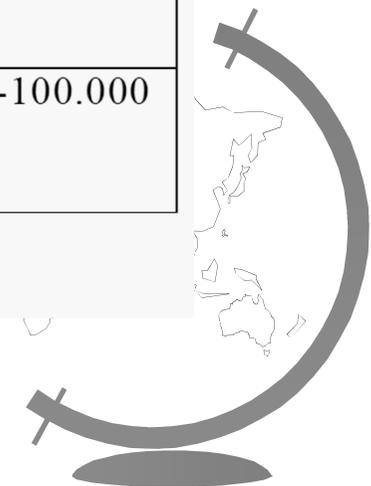


ARCHITETTURA GBETHERNET



GIGABIT ETHERNET: CABLAGGIO

Standard	Cable type	Diameter (microns)	Modal BW (Mhz / Km)	Minimum range (meters)
1000BaseSX	MMF	62.5	160	2-220
1000BaseSX	MMF	62.5	200	2-275
1000BaseSX	MMF	50	400	2-500
1000BaseSX	MMF	50	500	2-550
1000BaseLX	MMF	62.5	500	2-550
1000BaseLX	MMF	50	400	2-550
1000BaseLX	MMF	50	500	2-550
1000BaseLX	SMF	10	N/A	2-5000
1000Base-T	4 UTP	N/A	N/A	100
1000Base-LH Long-Haul (non standard)	SMF	9	N/A	1000-100.000



GIGABIT ETHERNET: CABLAGGIO

- ❑ Fibra è tipicamente più costosa del rame
- ❑ Un altro gruppo di lavoro IEEE , 802.3ab, si è occupato di questo
- ❑ Fine 1997 IEEE ha scelto PAM a 5-livelli come schema di trasmissione per il codice di linea per trasferire gigabit Ethernet sulla distanza desiderata di 100 m con cablaggio a Cat. 5 UTP
- ❑ Lo schema ha bisogno di tutte e 4 le coppie (Cat.5e-enhanced, 568A-5) ed opera sia in half sia in full duplex
- ❑ La grande sfida per i cavi in rame è la cancellazione delle onde riflesse e degli eco
- ❑ Quando un oggetto qualsiasi (connettore RJ45, p.es.) viene messo in opera, si verificano delle riflessioni del segnale che possono facilmente destabilizzare l'intera rete
- ❑ Potenti, ma costosi, DSPProcessors sono necessari per cancellare le riflessioni: volumi di massa per UTP gigabit fino al desktop



GIGABIT ETHERNET: CABLAGGIO

- ❑ Cat.5e opera a 100Mhz, pensato come sufficiente per supportare Gigabit Ethernet (banda minima teorica = 62.5 Mhz)
- ❑ Cat.5e contiene requisiti più stringenti non solo sul cavo stesso ma pure sui connettori hw, le patch cords, etc.
- ❑ Cat.5e precisa alcune differenze fondamentali nella segnalazione e nel modo di operare quando si usano tutte e 4 le coppie
- ❑ Un nuovo elenco di “testing terms” viene definito
- ❑ Parametri di test per Cat.5 sono definiti dal TIA’s TSB-67: Near-End Crosstalk (NEXT) ed attenuazione, ma non considera alcuni fattori importanti quando si usano tutte le coppie
- ❑ Per Cat.5e un altro documento, TSB-95, descrive le nuove misure da effettuare: Far-End Crosstalk (FEXT), Equal-Level Far-End Crosstalk (ELFEXT), power sum ELFEXT



Cablaggio Cat. 6: Soluzione per Applicazioni Gigabit

- ❑ Febbraio 1997: TIA fece partire un progetto, PN 3727, per indagare specifiche per un sistema di cablaggio UTP avanzato
- ❑ Gigabit Ethernet usa tutte e 4 le coppie di uno spinotto modulare: Near-End Crosstalks specs devono essere date per la situazione peggiore delle combinazioni tra le coppie

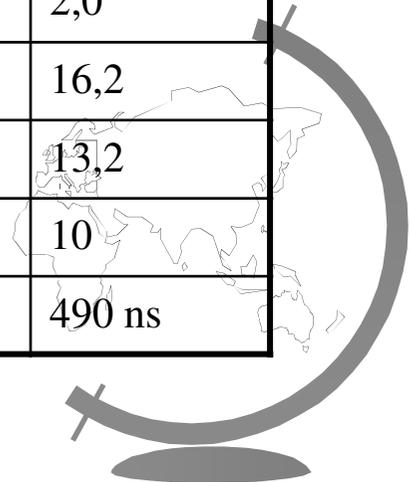
Obiettivi TIA e ISO:

- ❑ Il sistema deve rappresentare un miglioramento significativo rispetto alla Cat.5: deve funzionare @ 200 Mhz bene come Cat.5 funziona @ 100 Mhz
- ❑ Compatibilità “indietro”: combinazioni di cat.5 e 6 devono dare prestazioni almeno di cat.5
- ❑ Aperto a suggerimenti da IEEE per applicazioni future
- ❑ Sistema di cablaggio di prossima generazione dovrà rispettare i dettami del cablaggio orizzontale (100 m), come da TIA-568A, 568B, 569A



CONFRONTI

	Cat.5/Classe D EIA/TIA 568A (db a 100 Mhz)		Cat.5e/Classe D EIA/TIA 568A5 (db a 100 Mhz)		Cat.6/Classe E EIA/TIA 568B (db a 250 Mhz)	
	Channel	Basic	Channel	Basic	Channel	Basic
Attenuazione	24	21,6	24	21,6	35,9	30,7
NEXT	27,1	29,3	30,1	32,3	33,1	35,3
PSNEXT	24,1	24,5	27,1	29,3	30,2	32,7
ACR	3,1	7,7	6,1	10,7	-2,8	4,7
PSACR	0,1	2,9	3,1	7,7	-5,8	2,0
ELFEXT	17	17	17,4	20	15,3	16,2
PSELFEXT	14,4	14,4	14,4	17	12,3	13,2
RETURN LOSS	10	10,1	10	12,1	8	10
Propagation Delay	548 ns	510 ns	548 ns	510 ns	546 ns	490 ns



PARAMETRI DI COLLAUDO PER CABLAGGI IN RAME

- **Near End Crosstalk (NEXT)** o paradiafonia: ampiezza del disturbo indotto da una coppia sull' altra misurato dalla stessa parte dell' emettitore;
- **Equal Level Far End Crosstalk (ELFEXT)**: ampiezza del disturbo indotto da una coppia sull' altra misurato dalla parte opposta all' emettitore;
- **Power Sum Near End Crosstalk (PSNEXT)**: disturbo indotto da 3 coppie sulla quarta, calcolato dai risultati di 3 misure di NEXT;
- **Power Sum Equal Level Far End Crosstalk (PSELFEXT)**:
Calcolato da 3 misure di ELFEXT;
- **Delay Skew**: differenza massima nel tempo di propagazione sulle 4 coppie



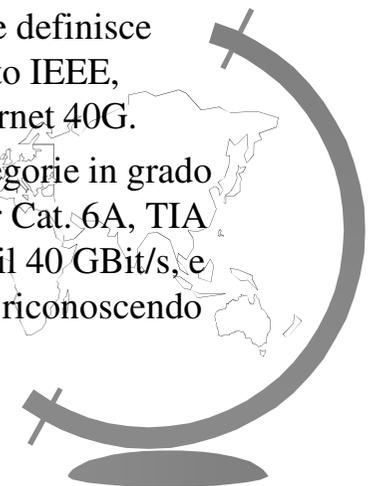
GIGABIT ETHERNET: CABLAGGIO

- ❑ Malgrado Cat.5 e Cat.5e supportino Gigabit Ethernet, TIA e ISO hanno studiato soluzioni più avanzate
- ❑ TIA ha definito il cablaggio di Categoria 6, che opera nella banda dei 200Mhz (e testato a 250Mhz)
- ❑ Misure sul NEXT, power sum NEXT, ELFEXT, power sum ELFEXT e return loss richiedono limiti più severi
- ❑ Prese e spinotti devono essere ripensati per consentire più elevate prestazioni mantenendosi per compatibili con gli apparati esistenti
- ❑ ISO ha studiato il cablaggio di classe F, equivalente al TIA Cat.7, ed IEC ha specificato uno standard a 600 Mhz su rame (probabilmente di tipo schermato)
- ❑ Sono cominciati pure studi sul Cat.8 con banda prevista di 1.2 Ghz



CABLAGGI EIA/TIA e ISO

- Negli ultimi anni, i sistemi di cablaggio realizzati fanno prevalentemente riferimento a mezzi trasmissivi doppiati di Cat.6 e 6A, che hanno corrispondenza nelle norme ISO, nelle successive diverse edizioni (2000, 2002, 2008, 2010, 2017), con le classi E e EA.
- ISO ha in tempi recenti definito specifiche ambiziose per la classe F e per la classe FA, che non sono al momento riconosciute da TIA.
- Infatti, le specifiche di Classe FA si basano su quelle di classe F, e sulla stessa interfaccia presa-spina di tipo non RJ di categoria 7, e la estendono. Il miglioramento delle specifiche di classe FA riguarda l'estensione della banda di frequenza da 600 MHz a 1000 MHz. Ciò conferisce al cablaggio di classe FA la capacità di supportare una molteplicità di applicazioni che operano fino ai 900 MHz. L'intento della Classe FA è quella di arrivare a supportare anche il 40Gigabit Ethernet: 40Gbase-T. Si può pensare, quindi, che tutte le soluzioni di cablaggio completamente schermate specificate nel prossimo futuro possano essere di Classe FA.
- Tuttavia, nel 2016, il gruppo di lavoro IEEE 802.3bq ha ratificato l'emendamento 3 che definisce 25Gbase-T e 40Gbase-T sul cablaggio di categoria 8 specificato a 2000 MHz. In ambito IEEE, statunitense, pertanto, si ribadisce che la Classe FA viene superata per supportare Ethernet 40G.
- Sembra che TIA non abbia seguito ISO per questa strada in quanto più orientata a Categorie in grado di supportare maggiori velocità trasmissive. Pertanto, avendo già emanato standard per Cat. 6A, TIA vede il prossimo passo evolutivo nella Cat.8, la sola che può in prospettiva supportare il 40 GBit/s, e quindi non si è occupata della Cat.7. In questo modo, TIA si è allineata con IEEE, non riconoscendo la categoria 7A.



MARGINI PARAMETRI TRASMISSIVI

	CATEGORIA 5E/CLASSE D	CATEGORIA 6/CLASSE E	CATEGORIA 6 _A CLASSE E _A	CLASSE F	CLASSE F _A
Frequenza (MHz)	1 - 100	1 - 250	1 - 500	1 - 600	1 - 1,000
Insertion Loss (dB)	24.0	21.3 (21.7)	20.9	20.8	20.3
NEXT Loss (dB)	30.1	39.9	39.9	62.9	65.0
PSNEXT Loss (dB)	27.1	37.1	37.1	59.9	62.0
ACR (dB)	6.1	18.6	18.6	42.1	46.1
PSACR (dB)	3.1	15.8	15.8	39.1	41.7
ACRF 1) (dB)	17.4	23.3	23.3 (25.5)	44.4	47.4
PSACRF 2) (dB)	14.4	20.3	20.3 (22.5)	41.4	44.4
Return Loss (dB)	10.0	12.0	12.0	12.0	12.0
PSANEXT Loss (dB)	n/s	n/s	60.0	n/s	67.0
PSAACRF (dB)	n/s	n/s	37.0	n/s	52.0
TCL (dB)	n/s	n/s	20.3	20.3	20.3
ELTCTL (dB)	n/s	n/s	0.5 (0) 3)	0	0
Ritardo di propagazione (ns)	548	548	548	548	548
Delay Skew (ns)	50	50	50	30	30

Insertion Loss:

L'insertion loss indica il calo della potenza del segnale lungo la linea di trasmissione. Garantire un'attenuazione minima di segnale è fondamentale per il funzionamento della rete alle velocità trasmissive da supportare.

Near-End Crosstalk (NEXT)

Il NEXT (Pair-to-pair near-end crosstalk loss) quantifica l'accoppiamento di segnale indesiderato tra coppie adiacenti misurato all'estremità vicina (la stessa estremità di quella di trasmissione) del cablaggio o di un componente. Un eccessivo NEXT può essere nocivo per il funzionamento della rete alle velocità trasmissive da supportare.



CONSIGLIO (MARZO 2022)

- Con un approccio garantista e conservativo, si consiglia di progettare e realizzare i cablaggi delle reti fino alla Cat.6A, corrispondente a classe EA, che supporta i 10 Gbit/s, con cavi UTP schermati.
- A questo punto, come purtroppo sembrerebbe inevitabile, sorge il problema di come misurare e certificare i più recenti standard di cablaggio con strumenti che devono gestire scelte diverse e, in certi casi, specifiche dei parametri trasmissivi non direttamente confrontabili tra i due organismi di standardizzazione (TIA vs ISO).



CERTIFICAZIONE DELLA CAT. 7A OVVERO CLASSE FA

- In sostanza, mentre si può con ragionevole certezza sostenere che non ci siano differenze sostanziali tra una certificazione eseguita rispetto allo standard internazionale ISO 11801 e una eseguita rispetto allo standard statunitense TIA 568 fino alla Classe EA ovvero Cat.6A, qualche difficoltà potrebbe nascere per la certificazione di cablaggi in Classe F e FA, terminati su connettori Cat.7 e Cat.7A, non essendo questi ultimi riconosciuti da TIA.
- Sostanzialmente, la differenza dei valori dei parametri trasmissivi fino alle Cat.6A/Classe E non sono tali da produrre risultati complessivi diversi. Ovvero, se un test fallisce la certificazione rispetto allo standard ISO, molto probabilmente fallirà anche rispetto allo standard TIA.
- Attualmente, però, esiste sostanzialmente un'unica eccezione a questa equivalenza di test ed è relativa alla misura e certificazione dei parametri trasmissivi relativi alla Classe FA (ovvero Cat.7A).

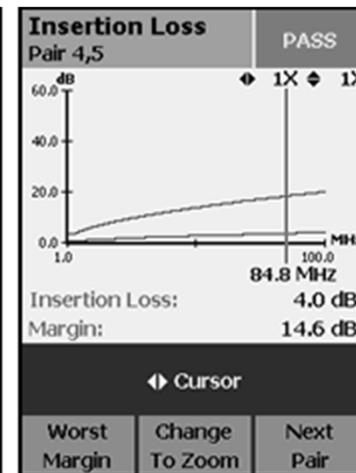
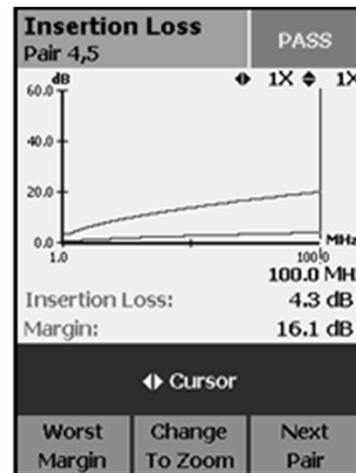
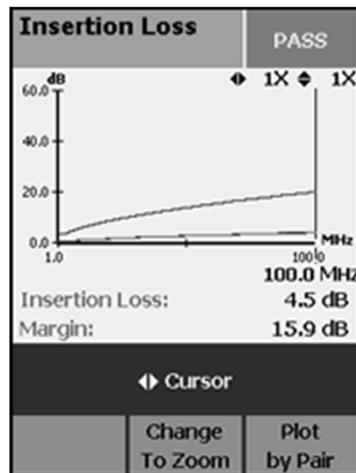
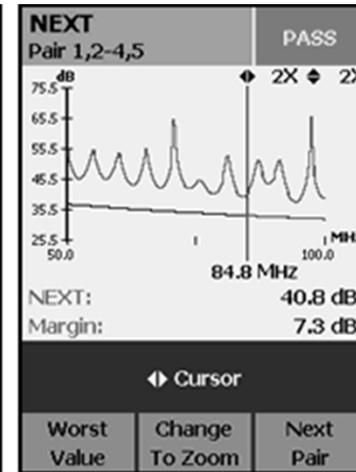
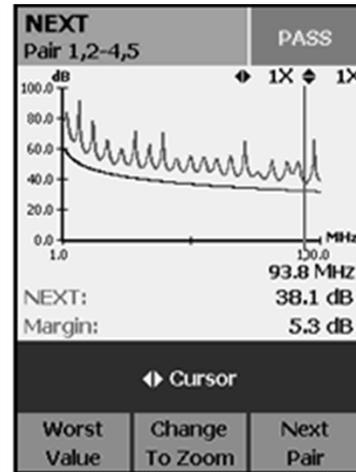
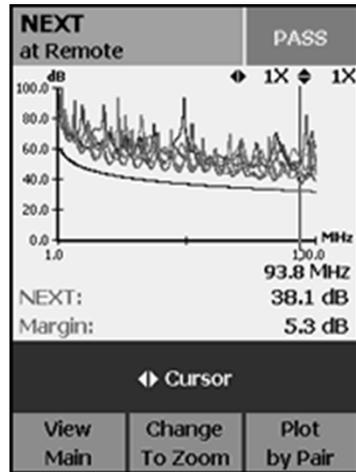


REGOLA DEI 4dB

- La documentazione tecnica deducibile da Manuali di strumenti di misura della Fluke Networks fa riferimento alla cosiddetta “regola dei 4 dB”.
- Questa regola afferma che fino alla frequenza in corrispondenza della quale l’attenuazione del link (IL = Insertion Loss) raggiunge il valore di 4 dB, i valori misurati per il parametro NEXT devono essere considerati solo a titolo informativo.
- A riguardo, la Fluke Networks esplicitamente riporta la “regola dei 4dB” dichiarandola applicabile solamente per gli standard ISO/IEC 11801, EN 50173, Aus/NZ, JIS.



NEXT vs. IL



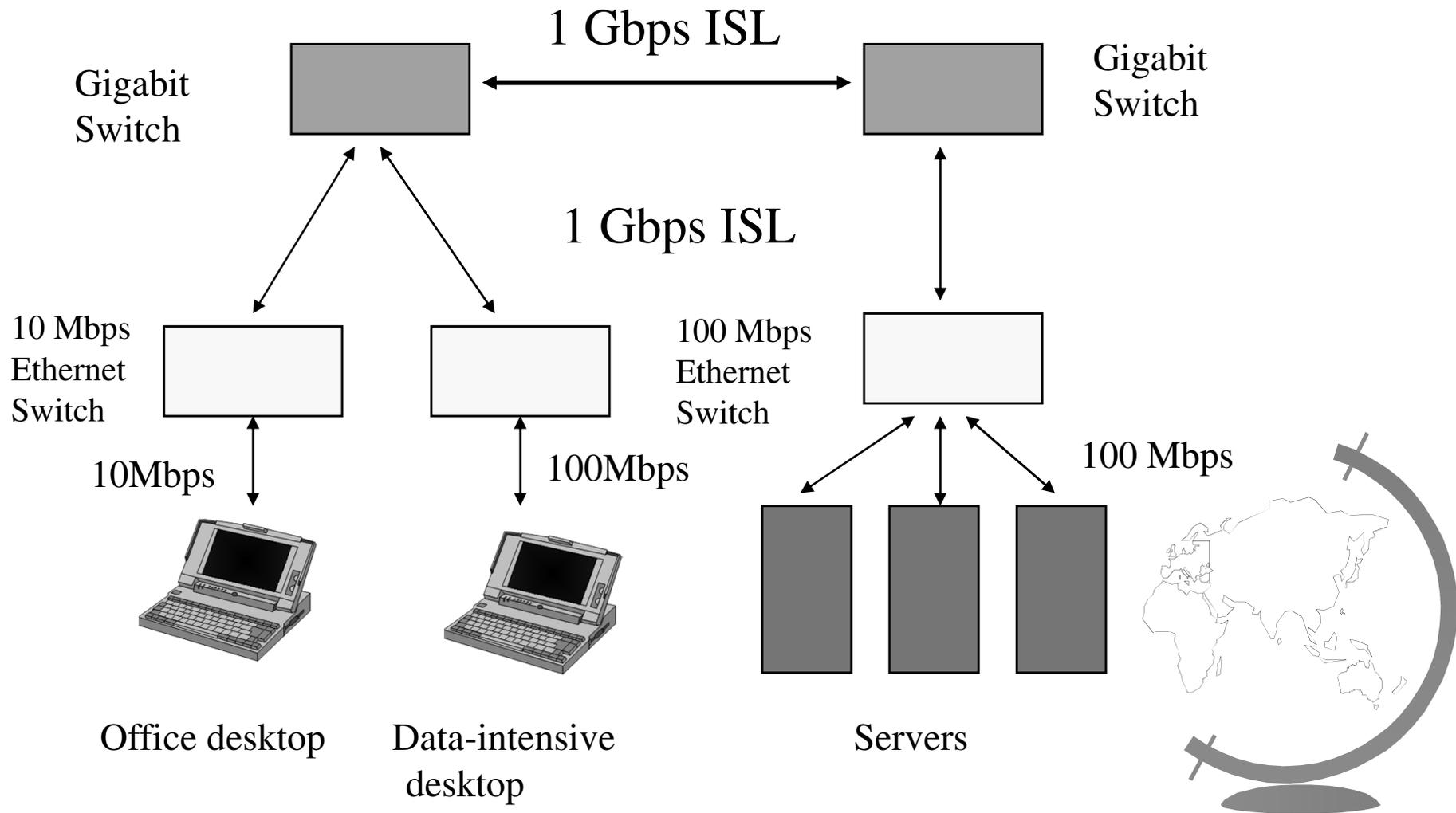
NEXT vs. IL

Da documentazione Fluke Networks, relativamente alla Classe FA della norma ISO/IEC 11801, per valori di IL inferiori ai 4dB, le misure del parametro NEXT devono essere considerate solo a titolo informativo, in applicazione della norma ISO/IEC 11801-1 Ed.1 2017-11.

L'espressione è perentoria e risulta ancora più evidente laddove si dichiara che “Quando si utilizzano standard ISO/IEC, la cosiddetta regola 4dB riporta tutti i risultati NEXT misurati e la perdita di inserzione <4dB non può avere un risultato negativo.”



GIGABIT ETHERNET come Internetworking Switch Link



10 GIGABIT ETHERNET

- Nel corso del 2002 IEEE ha ratificato un nuovo standard: 802.3ae
 - Specifiche per la trasmissione a 10 Gbit/s con protocollo Ethernet
- Applicabile solo su fibra ottica e non su rame
- 10 GBASE-XYZ
 - X: S (short wave, 850 nm), L (long wave, 1300 nm), E (extra long wave, 1550 nm)
 - Y: W (WAN con SONET ST-192), R (LAN), X (LAN con WDM)
 - Z: numero di canali WDM
- Uso di fibre 62,5/125 consente distanze max tra 35 e 300 metri a seconda del tipo di trasmissione
- Uso di fibre 50/125 consente distanze max tra 86 e 300 metri a seconda del tipo di trasmissione
- Uso di fibre 9/125 fino a 10 Km

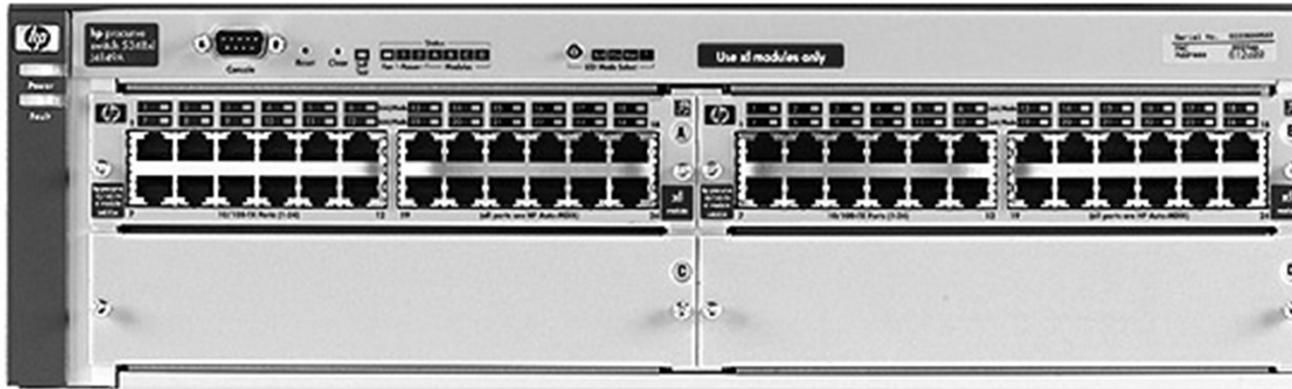


Confronto GE vs. 10 GE

<u>1 GE (802.3z)</u>	<u>10 GE (802.3ae)</u>
Molte modifiche al MAC per supportare half-duplex	Minimi cambiamenti al MAC
Supporto sia del doppino sia della fibra ottica	Supporto solo della fibra ottica
Codifica 8B/10B	Solo tecnologia ottica: 8/10 è inefficiente
Funzionamento sia con CSMA/CD sia full-duplex	SOLO full-duplex
Distanze: fino a 5 km	Distanze: fino a 40 km (WAN)



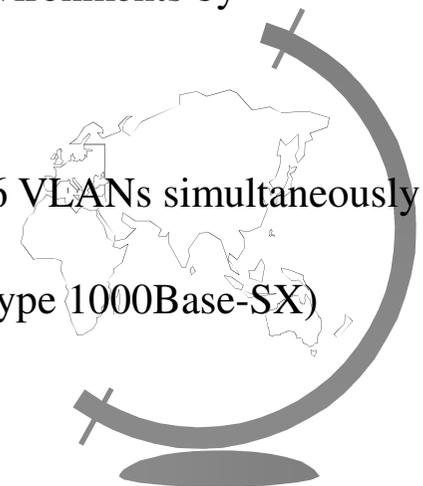
Esempio: HP ProCurve Networking Switch 5348xl



- Non-blocking architecture: 76.8 Gbps non-blocking crossbar switching fabric provides wire-speed intra- and inter-module switching with up to 48 million pps throughput
- IP layer 3 routing: provides routing of IP at media speed; supports basic routes, RIP, RIPv2, and OSPF
- 802.1s Multi-Instance Spanning Tree: high link availability in multiple VLAN environments by allowing multiple spanning trees
- 802.3ad Link Aggregation Control Protocol (LACP) and HP trunking: support up to 36 trunks, each with up to 8 links (ports) per trunk
- VLAN support and tagging: support complete 802.1Q (4,096 VLAN IDs) and 256 VLANs simultaneously



Ports: One 1000Base-SX port (IEEE 802.3z Type 1000Base-SX)
Connector: LC
Duplex: full



TRASPORTO DI ETHERNET SU MAN/WAN

Molti fattori hanno contribuito ad affrontare questo aspetto.

Dal versante reti LAN di utente:

- Ethernet è la soluzione di LAN dominante sia per PC sia per apparati di rete (hub, bridge, switch, router); volumi di scala l'hanno resa la soluzione più economica;
- Necessità di avere applicazioni multimediali fra uffici della stessa azienda posti in luoghi distanti ha aumentato il traffico su Ethernet
 - Queste applicazioni sono incapsulate in trame ethernet e quest'approccio è ormai ampiamente utilizzato e consolidato (voce, video, dati,..)

Per gestori di reti geografiche e ISP:

- Soluzioni esistenti in ambito geografico hanno problemi di scalabilità in termini di banda e di complessità di gestione
- La crisi economica ha lasciato poche risorse per realizzare nuove reti e al contempo la necessità di offrire nuovi proficui servizi
- Impiegare TCP/IP su Ethernet in ambito pure geografico sembra una buona soluzione di compromesso



RIFERIMENTI

- www.tiaonline.org
- www.iso.ch

