

Corso di Laurea in Ingegneria Informatica



Corso di Reti di Calcolatori I

Roberto Canonico ([roberto.canonico@unina.it](mailto:roberto.canonico@unina.it))

Giorgio Ventre ([giorgio.ventre@unina.it](mailto:giorgio.ventre@unina.it))

## Reti locali Ethernet

I lucidi presentati al corso sono uno strumento didattico che NON sostituisce i testi indicati nel programma del corso  
I lucidi sono adattati dagli originali di J. Kurose e K. Ross e fanno riferimento al testo *Reti di calcolatori e Internet - Un approccio top-down* (6a ed.)

## Nota di copyright per le slide COMICS



### Nota di Copyright

Questo insieme di trasparenze è stato ideato e realizzato dai ricercatori del Gruppo di Ricerca COMICS del Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università di Napoli Federico II. Esse possono essere impiegate liberamente per fini didattici esclusivamente senza fini di lucro, a meno di un esplicito consenso scritto degli Autori. Nell'uso dovranno essere esplicitamente riportati 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.

Autori:

Simon Pietro Romano, Antonio Pescapè, Stefano Avallone,  
Marcello Esposito, Roberto Canonico, Giorgio Ventre

## Tecnologie per le LAN

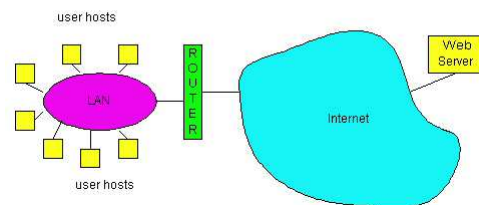


Riepilogo dei compiti del livello Data link:

- servizi, rilevamento/correzione degli errori, accesso al canale

Agenda: tecnologie per le LAN

- Indirizzamento
- Ethernet
- Hub, bridge, switch



3

## Indirizzi IP ed indirizzi LAN



**Indirizzi IP a 32-bit:**

- Indirizzi di *livello rete*
- Usati per permettere la corretta consegna del pacchetto ad un destinatario collegato alla rete

**Indirizzi LAN (o MAC o fisici):**

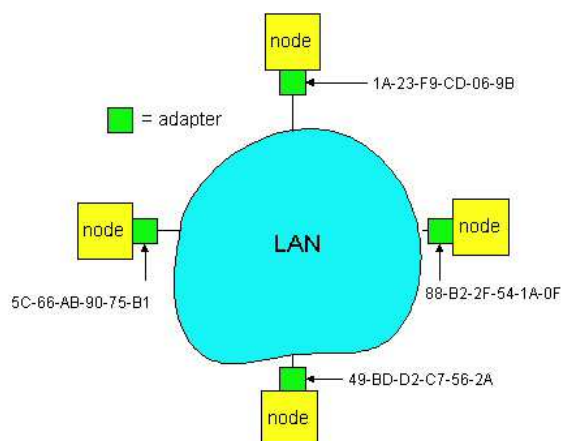
- usati per permettere la trasmissione di una frame da una scheda di rete ad un'altra scheda con cui sussiste un collegamento diretto (stessa rete fisica)
- indirizzi MAC di 48 bit (per la maggior parte delle LAN) cablati nelle ROM delle schede di rete

4

## Indirizzi LAN



Ogni scheda di rete su una LAN ha un indirizzo LAN univoco



5

## Indirizzi LAN



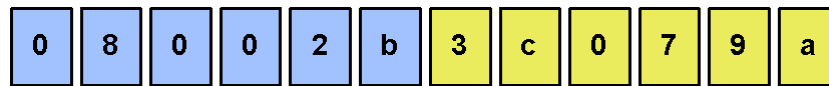
- Distribuzione degli indirizzi MAC gestita da IEEE
- I produttori di schede di rete detengono una porzione degli indirizzi MAC (per garantire l'univocità)
- Analogie:
  - (a) MAC address: come il Codice Fiscale
  - (b) IP address: come l'Indirizzo di Posta
- MAC "flat" address → portabilità
  - è possibile spostare una scheda di rete da una LAN ad un'altra
- Classi gerarchiche di indirizzi IP:
  - NON SONO portabili
  - dipendono dalla rete alla quale si è collegati

6

## Gli indirizzi MAC (1)



- Si compongono di due parti grandi 3 Byte ciascuna:
  - I tre byte più significativi indicano il lotto di indirizzi acquistato dal costruttore della scheda, detto anche *vendor code* o *OUI (Organization Unique Identifier)*.
  - I tre meno significativi sono una numerazione progressiva decisa dal costruttore



OUI assegnato dall'IEEE

Assegnato dal costruttore

7

## Gli indirizzi MAC (2)



Alcuni OUI:

Organization	Address Block
Cisco	0000Ch
DEC	08002B (et. al.)
IBM	08005A (et. al.)
Sun	080020h
Proton	000093h
Bay-Networks	0000A2h

8

## Tipi di Indirizzi MAC



Sono di tre tipi:

- Single: di una singola stazione
- Multicast: di un gruppo di stazioni
- Broadcast: di tutte le stazioni (ff-ff-ff-ff-ff-ff)

Ogni scheda di rete quando riceve un pacchetto lo passa ai livelli superiori nei seguenti casi:

- Broadcast: sempre
- Single: se il DSAP è uguale a quello hardware della scheda (scritto in una ROM) o a quello caricato da software in un apposito buffer
- Multicast: se ne è stata abilitata la ricezione via software

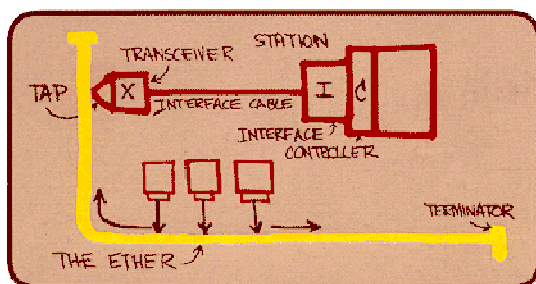
9

## Ethernet



Tecnologia "dominante" per le LAN:

- Economica: 20€ per 100Mbs!
- La prima tecnologia LAN ampiamente diffusa
- Più semplice ed economica rispetto alle LAN "a token" e ad ATM
- Aggiornata nel corso degli anni: 10, 100, 1000 Mbps



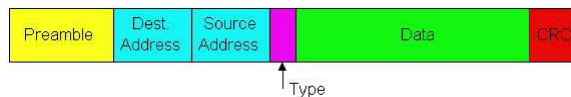
Uno schizzo del progetto di Metcalfe per la rete Ethernet

10

## Struttura della Frame Ethernet 1/2



- L'interfaccia di rete del mittente incapsula i datagrammi IP (o altri pacchetti di livello rete) in **frame Ethernet**



### Preambolo (8 byte):

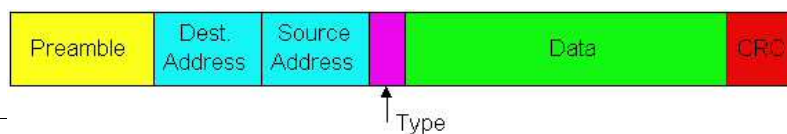
- 7 byte con una sequenza 10101010 seguiti da un byte (SFD) con la sequenza 10101011
- utilizzato per sincronizzare i clock del mittente e del destinatario

11

## Struttura della Frame Ethernet 2/2



- **Indirizzi (6 byte):** La frame è ricevuta da tutti gli adattatori di rete presenti sulla LAN, e scartata se l'indirizzo destinazione non coincide con quello della scheda stessa – (indirizzo broadcast: **ff:ff:ff:ff:ff:ff**)
- **Type (2 byte):** indica il protocollo di livello rete sovrastante, principalmente IP, ma altri protocolli (ad esempio Novell IPX e AppleTalk) sono supportati
- **CRC (4 byte):** controllo effettuato alla destinazione:
  - se l'errore è rilevato, la frame viene scartata

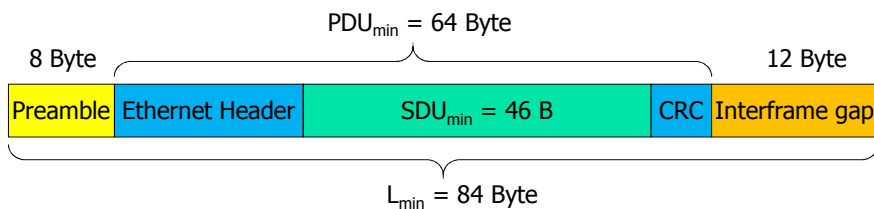


12

## Trasmissione di frame Ethernet: $L_{min}$



- Spaziatura tra le frame (*inter-frame gap*) corrispondente al tempo di trasmissione di 12 Byte
- Minima dimensione di una frame Ethernet  $PDU_{min} = 64$  Byte
  - Header (14 Byte) +  $SDU_{min}$  (46 Byte) + CRC (4 Byte)
- Dimensione minima di una frame Ethernet trasmessa:
  - Preambolo = 8 Byte
  - PDU minima = 64 Byte
  - Inter-frame gap = 12 Byte $L_{min} = 84$  Byte

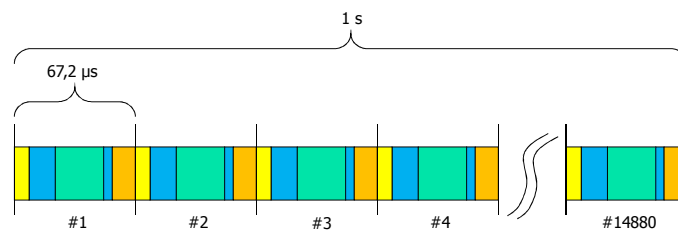


13

## Ethernet a 10 Mbps: max transmission rate



- Se la velocità di trasmissione è di  $10 \text{ Mb/s} = 10^7 \text{ b/s}$
- Tempo di trasmissione di 1 pacchetto di dimensione minima:
  - $84 * 8 / 10^7 = 67,2 \mu\text{s}$
- Il reciproco è il massimo numero di pacchetti di dimensione minima che si possono trasmettere in 1 secondo
  - $1 / (67,2 * 10^{-6}) \cong 14880$  pacchetti/s

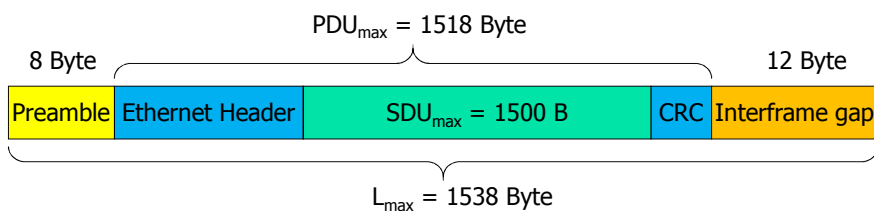


14

## Trasmissione di frame Ethernet: $L_{max}$



- Massima dimensione di una frame Ethernet  $PDU_{max} = 1518$  Byte
  - Header (14 Byte) +  $SDU_{max}$  (1500 Byte) + CRC (4 Byte)
- Dimensione massima di una frame Ethernet trasmessa:
  - Preambolo = 8 Byte
  - PDU massima = 1518 Byte
  - Inter-frame gap = 12 Byte $L_{max} = 1538$  Byte
- $SDU_{max} = 1500$  Byte è la MTU di un pacchetto IP

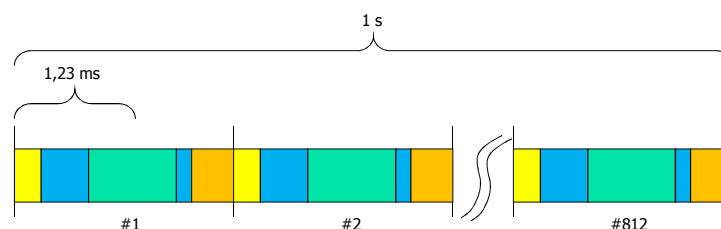


15

## Ethernet a 10 Mbps: max transmission rate



- Alla velocità di trasmissione di  $10 \text{ Mb/s} = 10^7 \text{ b/s}$
- Se si assume che i pacchetti non siano tutti di dimensione minima, il massimo numero di pacchetti al secondo diminuisce
  - Questo è un bene: meno overhead e meno interruzioni per le stazioni !
- Tempo di trasmissione di 1 pacchetto di dimensione massima:
  - $1538 * 8 / 10^7 = 1,23 \text{ ms} \rightarrow 812 \text{ pacchetti/s}$



16



## Ethernet: impiego del CSMA/CD



```
A: ascolta il canale,  
  if idle then {  
    transmit and monitor the channel;  
    if detect another transmission (collision) then {  
      abort and send jam signal;  
      update # collisions;  
      delay as required by exponential backoff  
      algorithm;  
      goto A  
    }  
    else {done with the frame; set collisions to zero}  
  }  
  else {wait until ongoing transmission is over and goto A}
```

17

## CSMA/CD



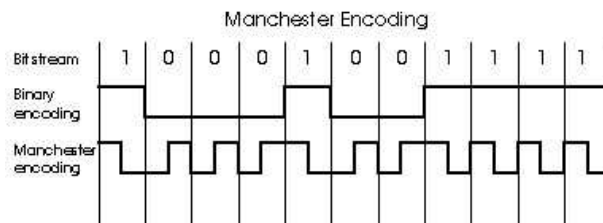
**Jam Signal:** consente alle altre stazioni di accorgersi dell'avvenuta collisione (48 bit)

### Exponential Backoff:

- **Obiettivo:** algoritmo per adattare i successivi tentativi di ri-trasmissione al carico corrente della rete
  - in presenza di sovraccarico il tempo d'attesa casuale sarà maggiore:
    - prima collisione: scegli K tra {0,1}; il ritardo di trasmissione è pari ad un intervallo  $K \times 512$  bit (pari a 51.2 usec in una Ethernet a 10 Mbps)
    - dopo la seconda collisione: scegli K tra {0,1,2,3}...
    - dopo 10 o più collisioni, scegli K tra {0,1,2,3,4,...,1023}
- **Segnale:** in banda base, codifica Manchester

18

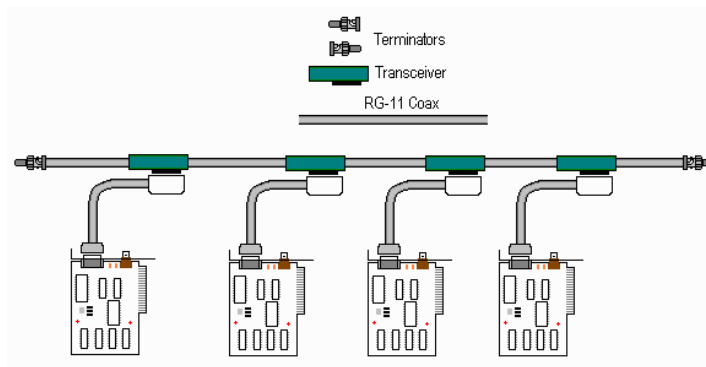
## Codifica Manchester



- Usata in 10BaseT, 10Base2
- Ogni bit ha una transizione
- Permette ai clock dei nodi riceventi e trasmettenti di sincronizzarsi
  - Non è richiesto un clock centralizzato e globale tra tutti i nodi
- E' una problematica di livello fisico

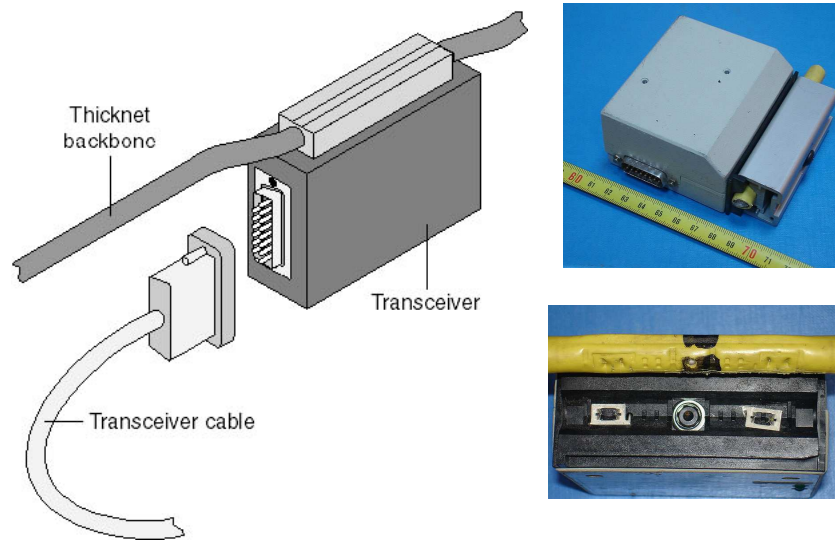
19

## Ethernet 10base5



20

## Ethernet 10base5: transceiver

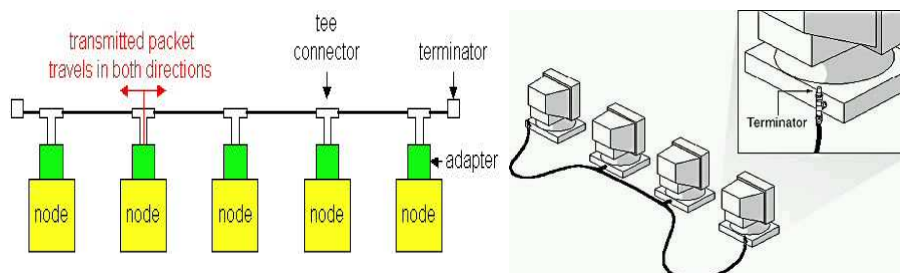


21

## Ethernet Technologies: 10Base2



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



- Il cavo *thin* è più flessibile di quello *thick*, e dunque è più agevole da portare in prossimità delle stazioni
- E' più agevole inserire una nuova stazione nella catena di collegamenti che formano il bus

22

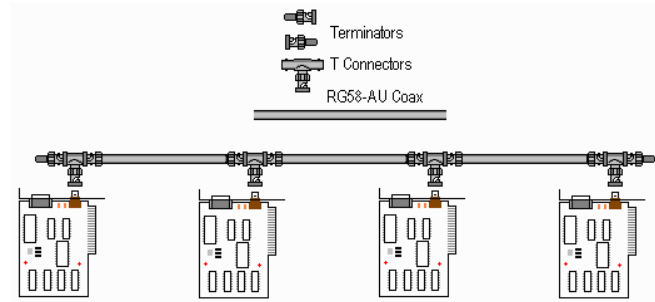
## Ethernet 10base2



Connettore a T

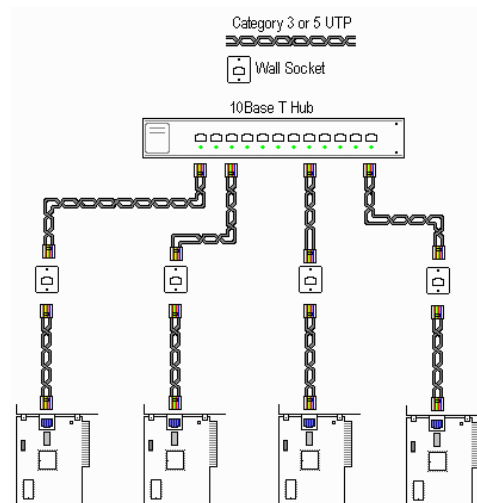


Terminatore  
(o tappo)



23

## Ethernet 10baseT

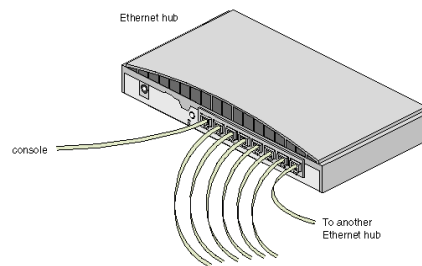


24

## 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



25

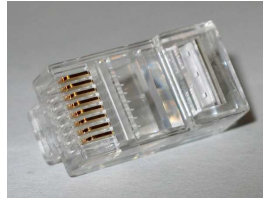
## 10BaseT e 100BaseT (2/2)



- 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

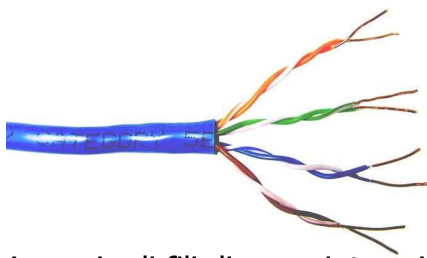
26

## Cavi UTP

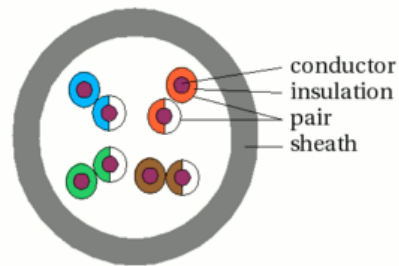


Connettore  
RJ-45

UTP



4 coppie di fili di rame intrecciati



27

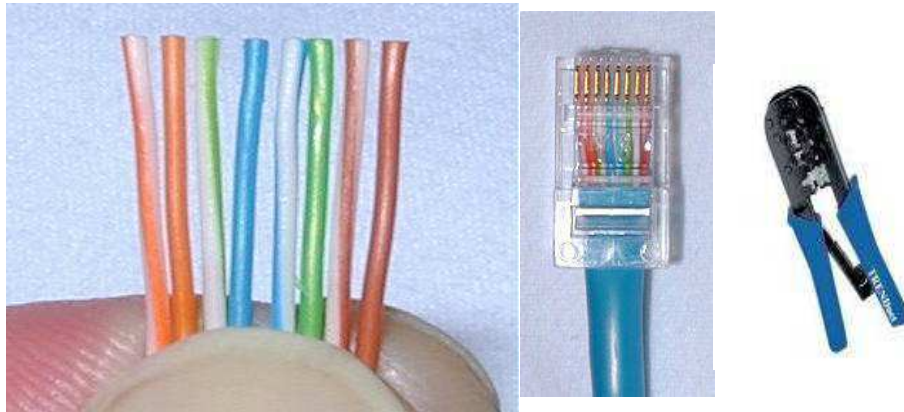
## Categorie di cavi UTP



Category 1	Voice only (Telephone)
Category 2	Data to 4 Mbps (Localtalk)
Category 3	Data to 10Mbps (Ethernet)
Category 4	Data to 20Mbps (Token ring)
Category 5	Data to 100Mbps (Fast Ethernet)
Category 5e	Data to 1000Mbps (Gigabit Ethernet)
Category 6	Data to 2500Mbps (Gigabit Ethernet)

28

## Cavi UTP: connettorizzazione

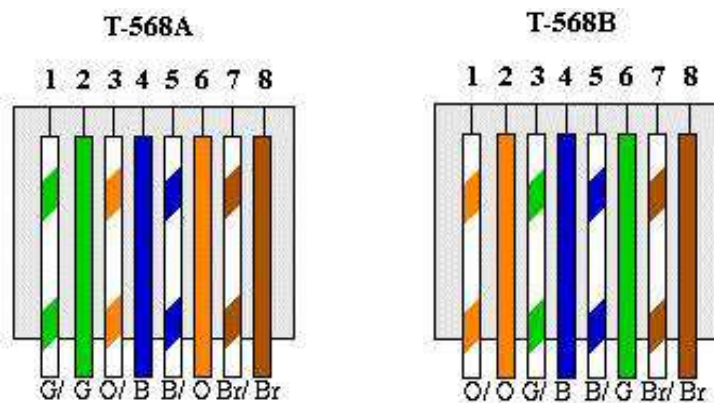


29

## UTP: TIA/EIA T-568A vs. T-568B



- TIA/EIA 568A: GW-G OW-BI BIW-O BrW-Br
- TIA/EIA 568B: OW-O GW-BI BIW-G BrW-Br

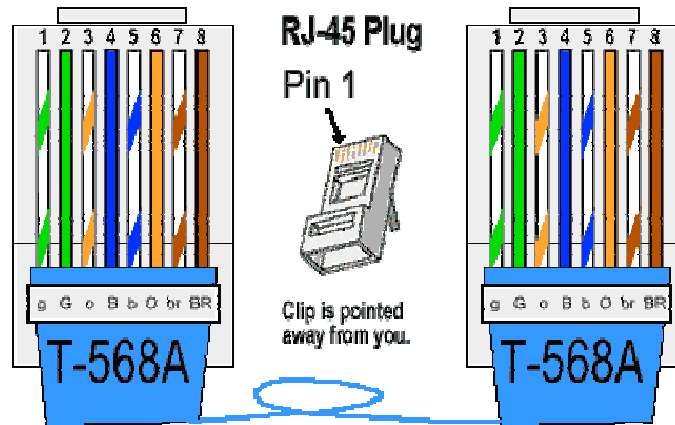


30

## Cavo UTP straight (T-568A)



Per collegamento tra end-system ed hub/switch

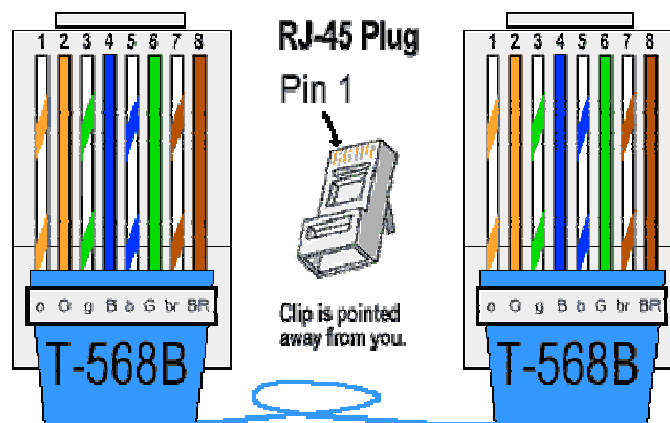


31

## Cavo UTP straight (T-568B)



Per collegamento tra end-system ed hub/switch



32



## Cavo UTP cross

Per collegamento diretto tra due end-system

33

## UTP: differenza tra cavo straight e cross

PC	STRAIGHT-THRU	HUB	PC	CROSSOVER	PC
TX+ 1	1	RX+ 1	TX+ 1	1	TX+ 1
TX- 2	2	RX- 2	TX- 2	2	TX- 2
RX+ 3	3	TX+ 3	RX+ 3	3	RX+ 3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
RX- 6	6	TX- 6	RX- 6	6	RX- 6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8

34