



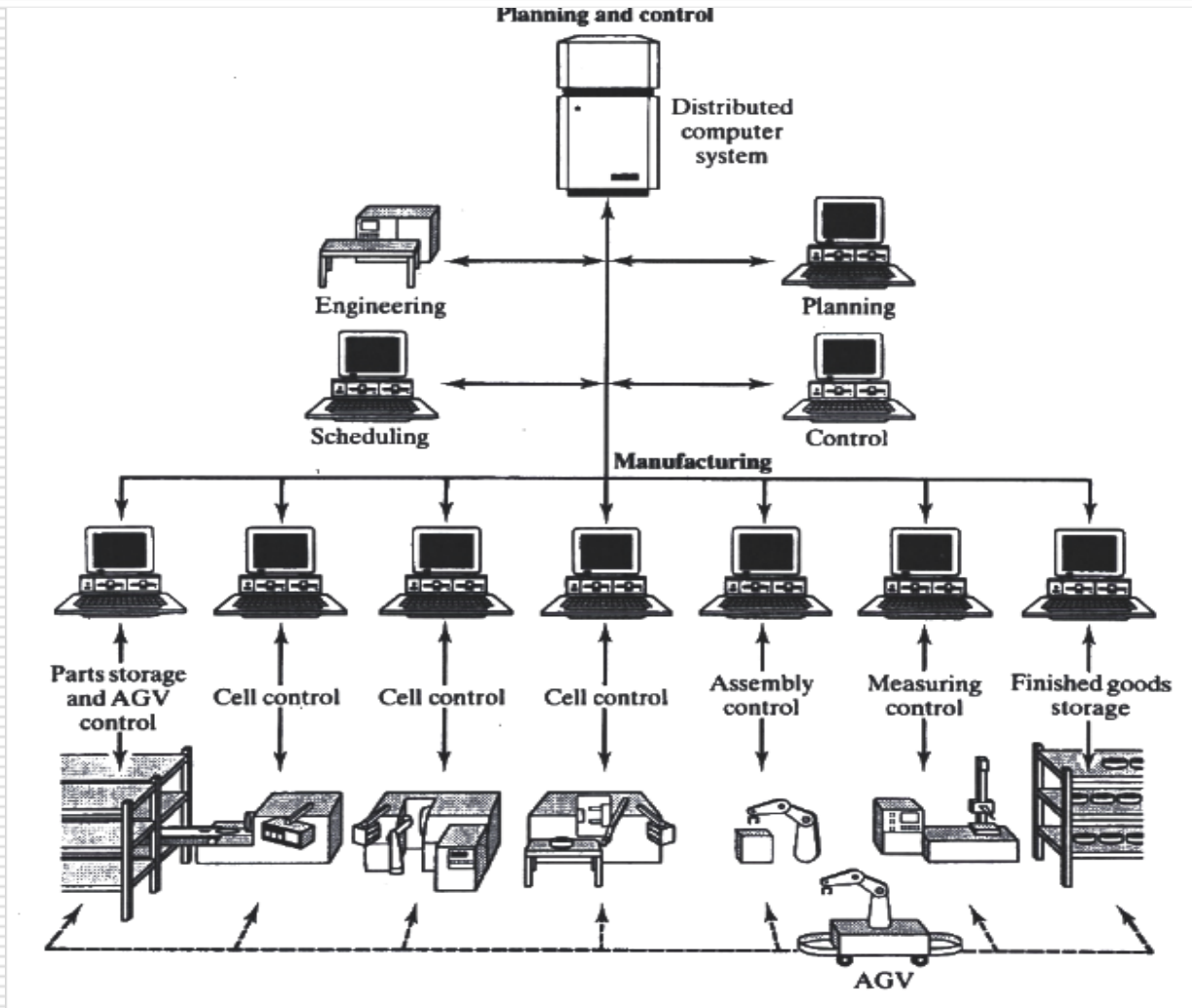
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI BERGAMO
Facoltà di Ingegneria

Informatica Industriale

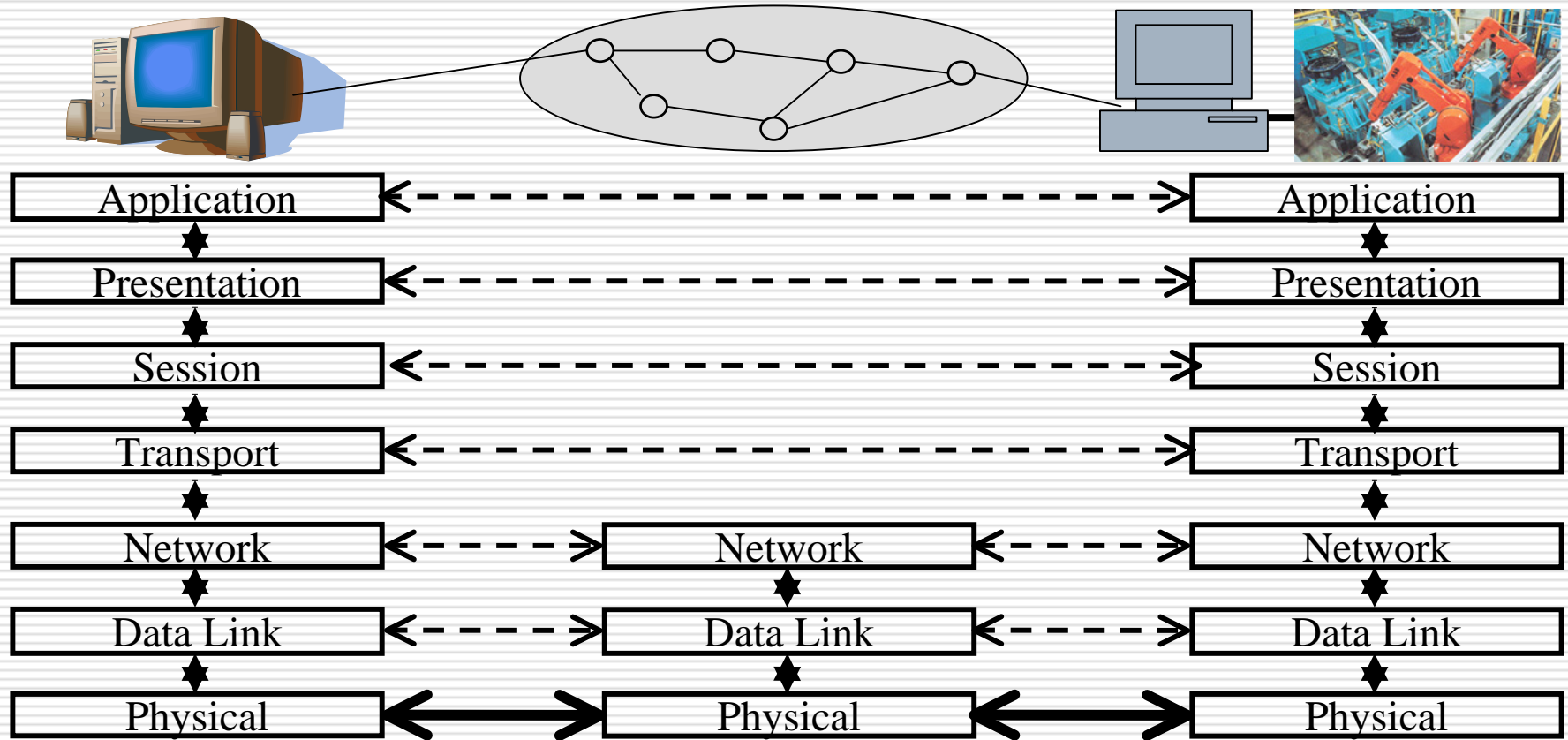
Prof. Davide Brugali

3.1 – Reti per l'automazione

Architettura hardware



Modello ISO-OSI

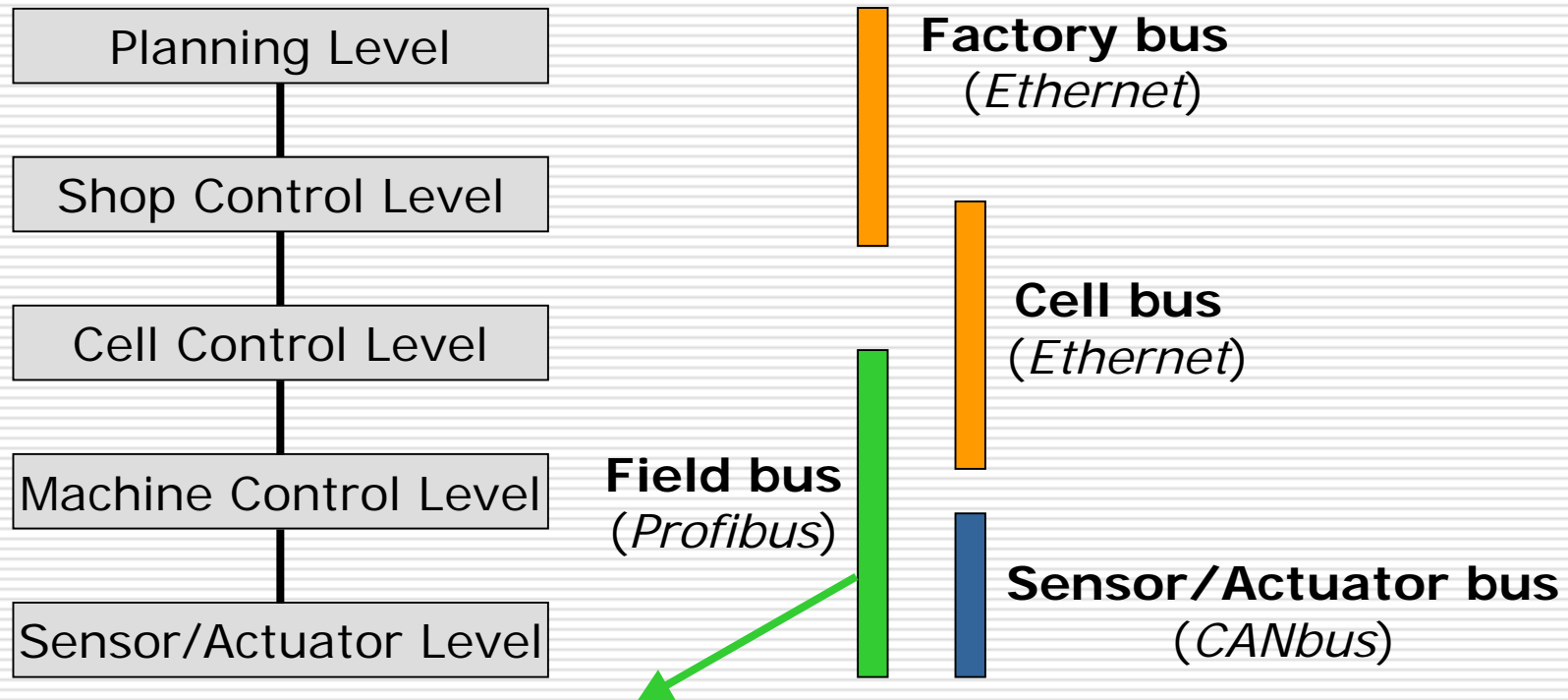


Physical Layer

Provides the physical means for data transfer between two systems. It is concerned with the transmission of unstructured bit stream over physical medium.

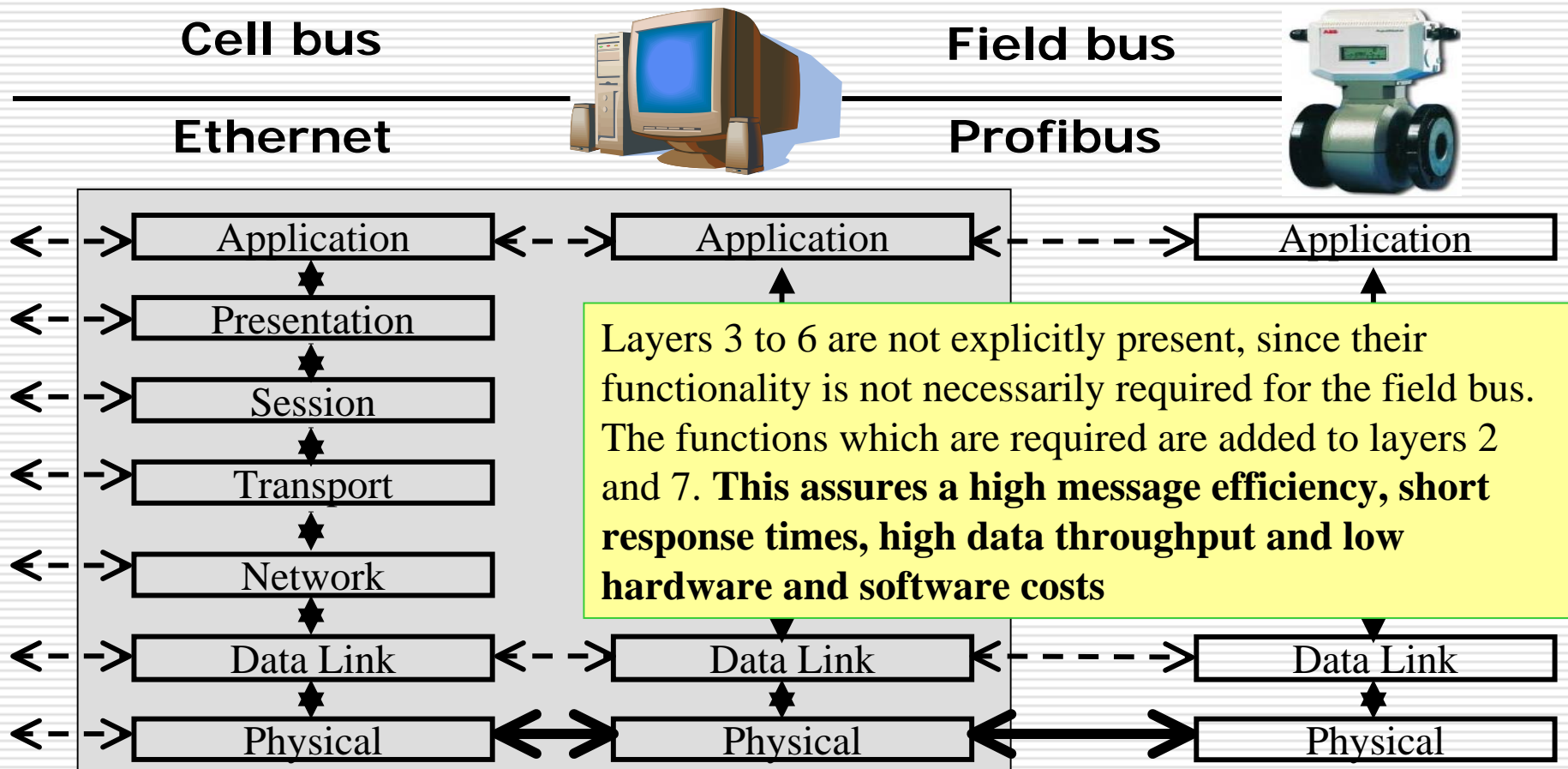
Deals with mechanical, electrical, functional and procedural characteristics to access the physical medium (RS 232), time-out control.

Reti per l'automazione



Ethernet is not used here for cost reasons and because of the particular requirement profile. The idea of field bus system for interconnecting simple sensor and actuator systems stemmed from industrial process control. Here, the application are characterized by **large distances** between the devices so that **reduction of cabling cost** for sensors and actuators is particularly important.

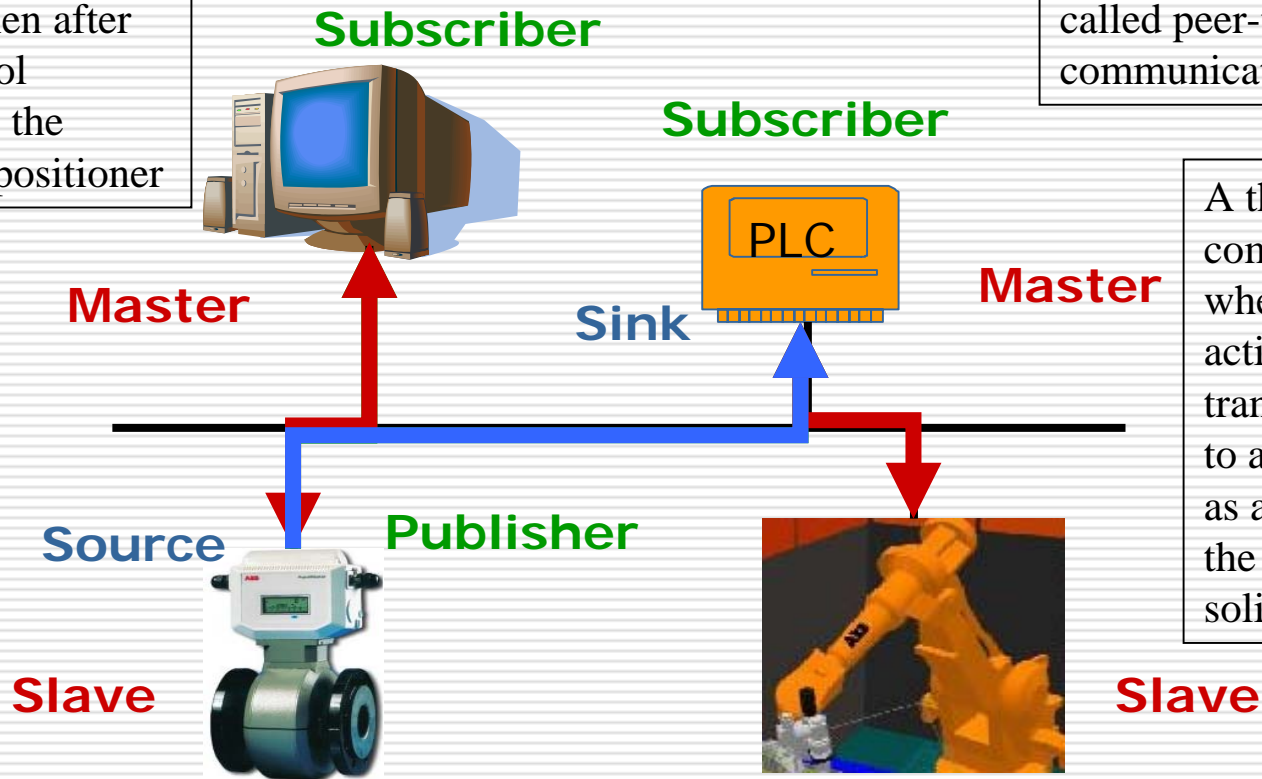
Field bus in the ISO-OSI model



Master / Slave communication

An example of the master/slave configuration is a master PLC reading a process value from a slave transmitter and then after executing a control algorithm writing the output to a slave positioner

Communicating from one device to another without going through a centralized master is called peer-to-peer communication.



A third mode of communication is when a device acting as a “source” transmits a message to a device acting as a “sink” without the sink having to solicit the data.

Field Level Standards

- Livelli 1 e 2 e 7
- HART
 - Analogico (4-20 mA)
 - Digitale
- FOUNDATION Fieldbus H1
 - Digitale
- PROFIBUS PA
 - Digitale

Field Level Standards

- ❑ Both FOUNDATION Fieldbus H1 and PROFIBUS PA are **completely digital** and even use identical wiring, following the IEC 61158-2 standard. However, beyond that there are major differences between these two protocols.
- ❑ HART, FOUNDATION Fieldbus and PROFIBUS PA have gone further than most protocols. They **specify a user layer** with parameters for input, output, alarms, tuning, diagnostics, and configuration and also indicate how the values are to be interpreted.
- ❑ Using these full-fledged protocols, software and devices have a **common understanding of the meaning of the bits and bytes** and therefore a far higher degree of interoperability than could be achieved by, for example, Ethernet on its own.

HART

- ❑ HART is significantly different from the other two in that it is a so-called smart protocol, that is a **combination of digital** communication simultaneously superimposed on a **conventional 4-20 mA signal**.
- ❑ As such, the HART protocol has been an ideal intermediate solution in the **transition from analog**. HART is compatible with exiting analog recorders, controllers, and indicators while at the same time it makes possible remote configuration and diagnostics using digital communication.
- ❑ The HART protocol does allow several devices to be multidropped on a single pair of wires, but this is a capability infrequently explored because of the low update speed, typically half a second per device. For a vast majority of installations HART devices are connected **point to point**, that is, one pair of wires for each device and a handheld connected temporarily from time to time for configuration and maintenance.

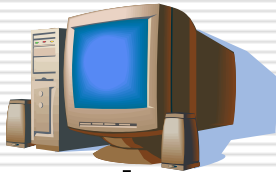
Host Level Standards

- Livelli 1, 2, 3, 4
 - ETHERNET
- Livello 7
 - FOUNDATION Fieldbus HSE
 - PROFINet
 - Modbus/TCP

The field-level networks have made it possible to retrieve so much more data from the field instruments that **an information explosion** has resulted, one that old proprietary control level networks are unable to cope with. **Ethernet provides the throughput** required to transfer the large amount of data used for traditional plant operation and historical trending; for new capabilities for **remote diagnostics, maintenance, and configuration**; and for the quick response necessary for factory automation task. Ethernet was chosen for these applications because its high speed enables it to carry all this information

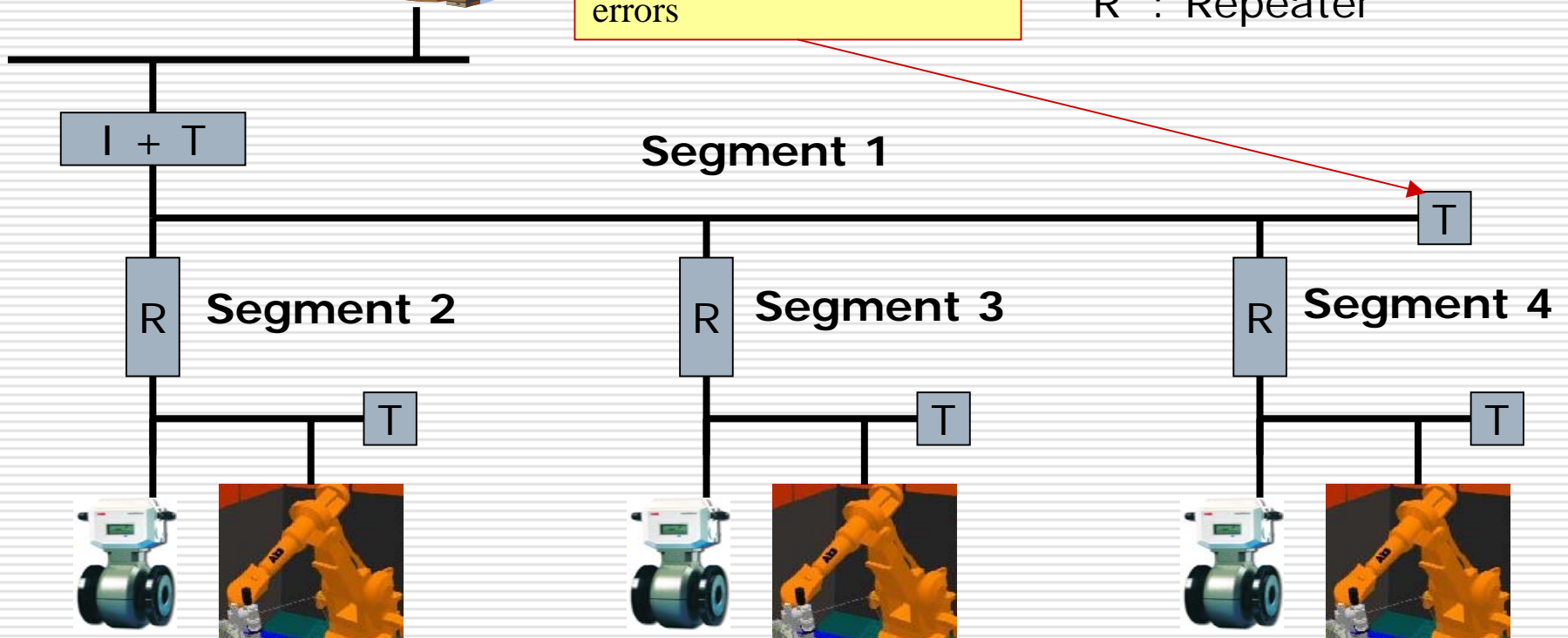
Network topology

Host



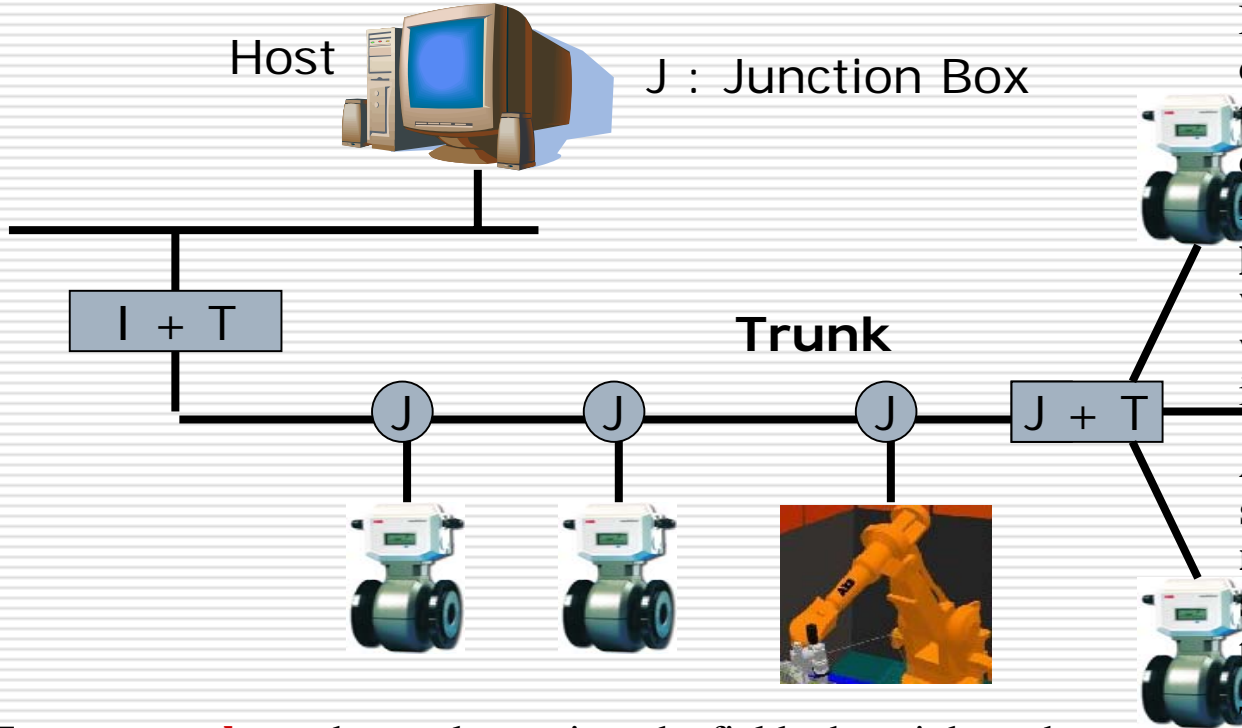
The **terminator** is a simple component that prevents signal reflection and subsequent communication errors

I : Interface
T : Terminator
R : Repeater



Network topology

Host J : Junction Box



For **bus topology**, a main cable called “**trunk**” typically runs from the marshalling panel near the central control room out into the field until it reaches the last device, **passing all the devices** along the way. From the main trunk shorter wires called “spurs” connect the individual devices.

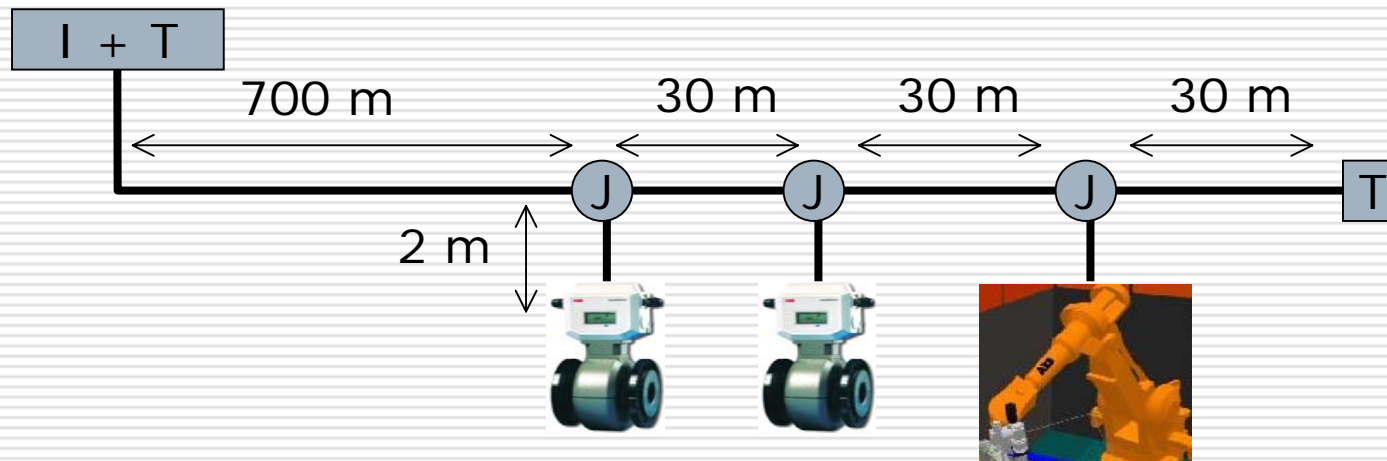
A segment is not a spur. Every segment of a network is using a **repeater**, and each can have several spurs. The spurs may connect to the trunk by using small junction boxes.

For **tree topology**, the trunk runs into the field where it branches out into the individual devices from a single junction box. Since the trunk ends in the junction box the field-end terminator is mounted in the junction box. This topology **minimizes the number of connections**, but the **cable length** will be longer, especially if the devices are not particularly close together. Tree topology is common when older plants are reinstrumented while retaining the existing wiring.

The advantage of bus topology is that it **minimizes the amount of cable** that is required to connect to the devices. However, because several junction boxes are required for the spurs there will be **many connections**.

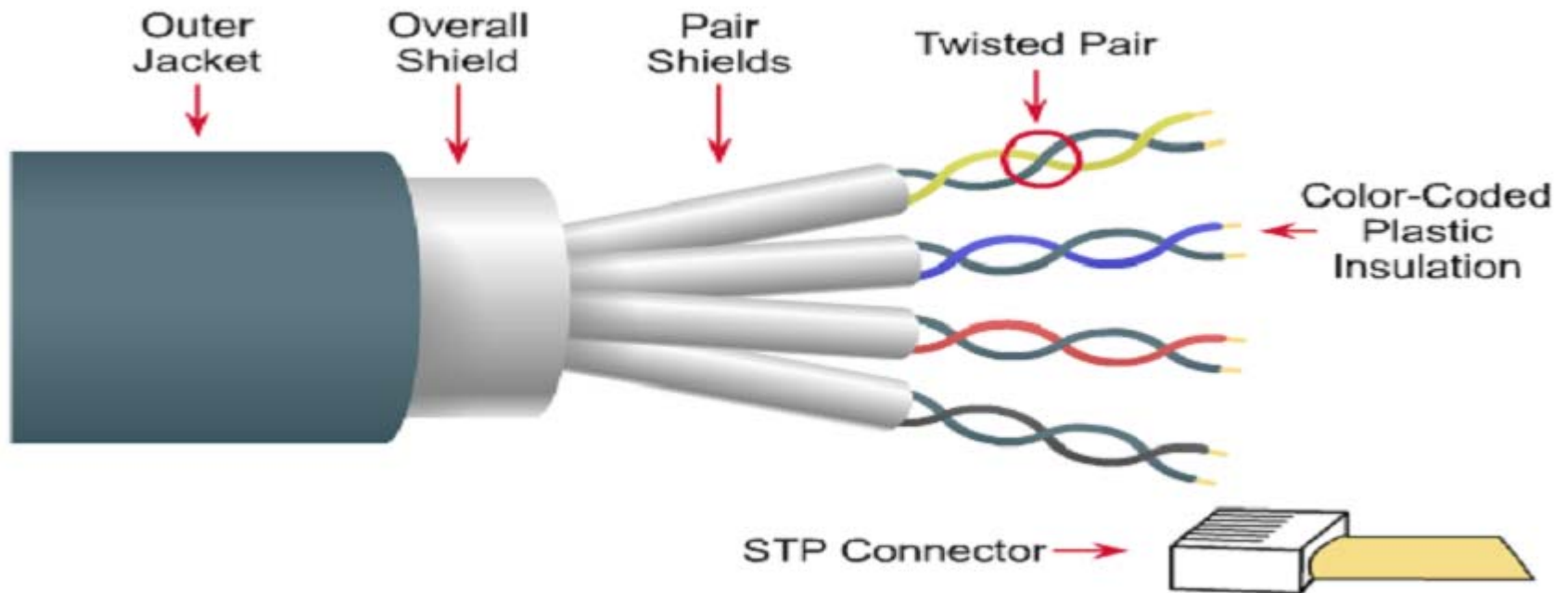
Cable Types

Shielded	Twisted	Pair	Size	Length	Type
Yes	Yes	Single	0.8 mm ² (AWG 18)	1,900 m (6,200 ft)	A
Yes	Yes	Multi	0.32 mm ² (AWG 22)	1,200 m (3,900 ft)	B
No	Yes	Multi	0.13 mm ² (AWG 26)	400 m (1,300 ft)	C
Yes	No	Multi	1.25 mm ² (AWG 16)	200 m (650 ft)	D



STP

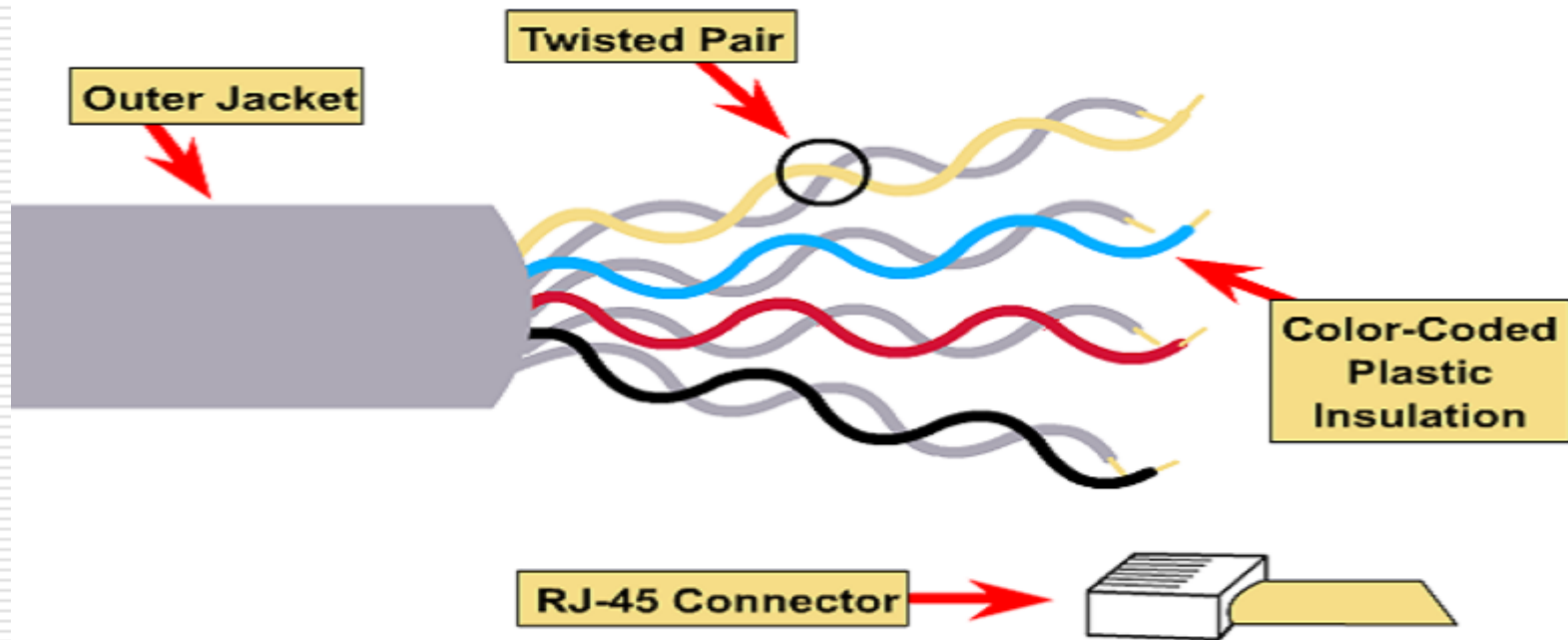
STP (Shielded Twisted Pair)



- ◆ Speed and throughput: 10 - 100 Mbps
- ◆ Average \$ per node: Moderately Expensive
- ◆ Media and connector size: Medium to Large

UPT

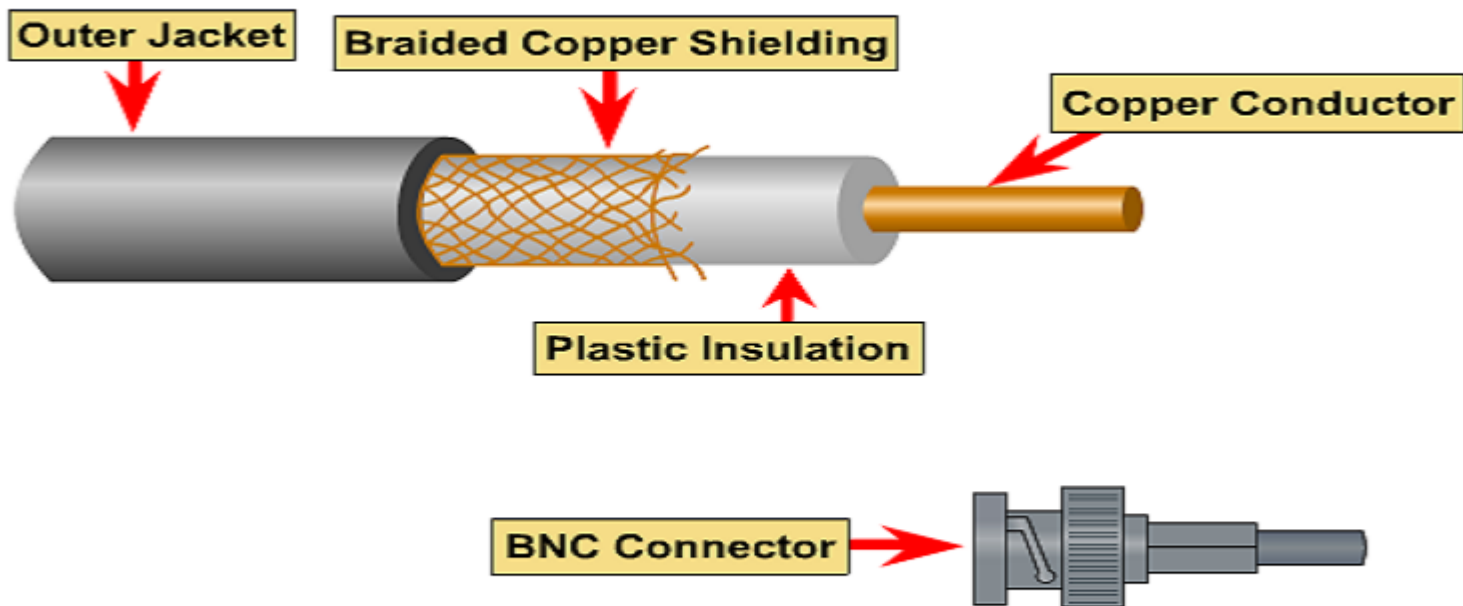
Unshielded Twisted Pair (UTP)



- ◆ Speed and throughput: 10 - 100 Mbps
- ◆ Average \$ per node: Least Expensive
- ◆ Media and connector size: Small

Cavo coassiale

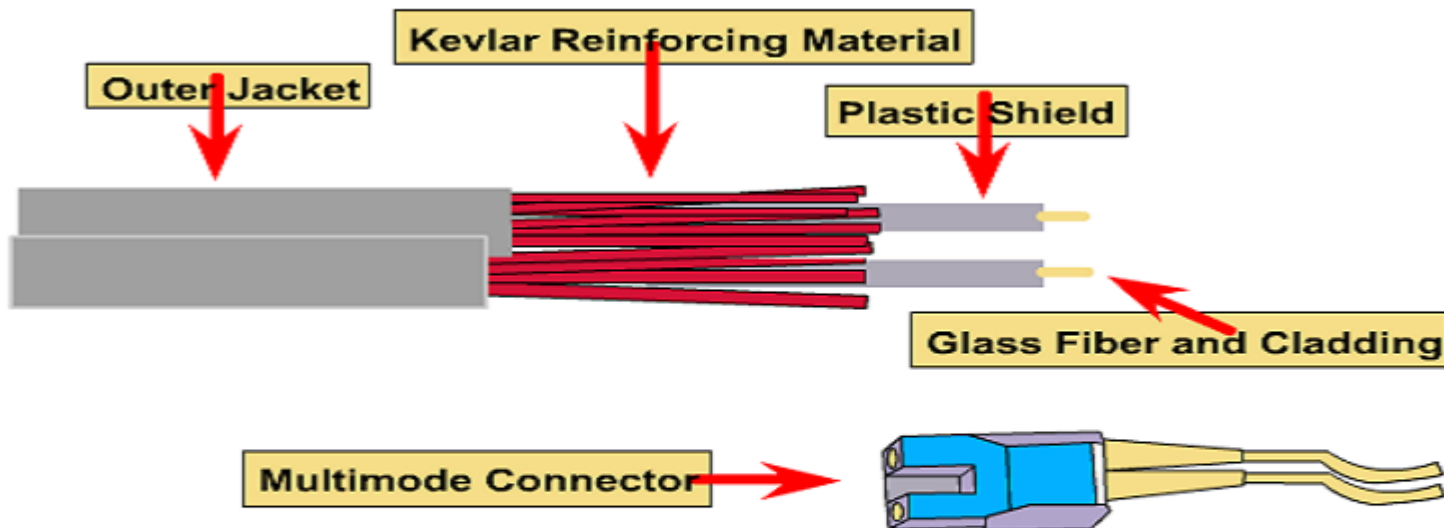
Coaxial Cable



- ◆ Speed and throughput: 10 - 100 Mbps
- ◆ Average \$ per node: Inexpensive
- ◆ Media and connector size: Medium

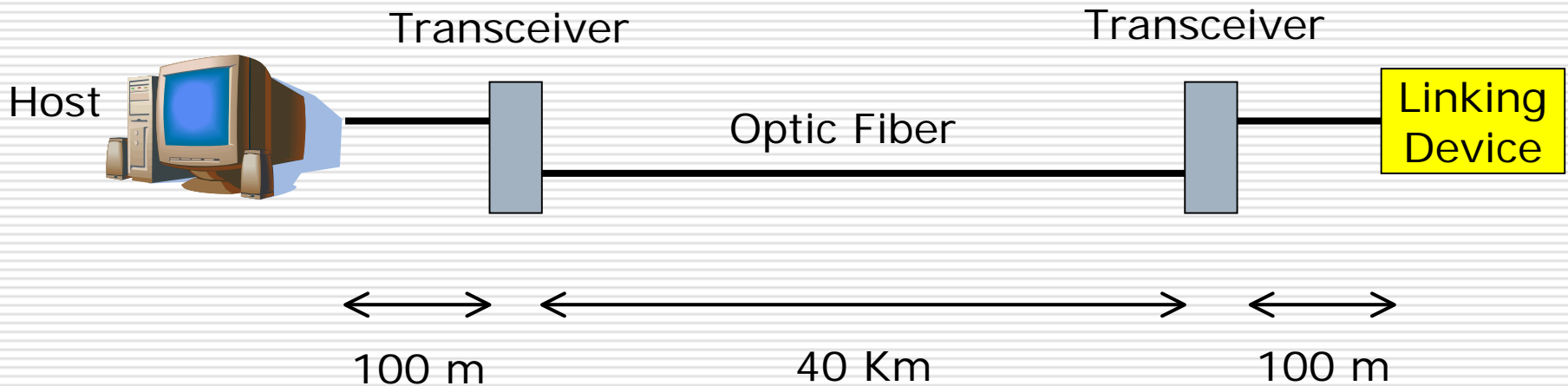
Fibra ottica

Fiber Optic Cable

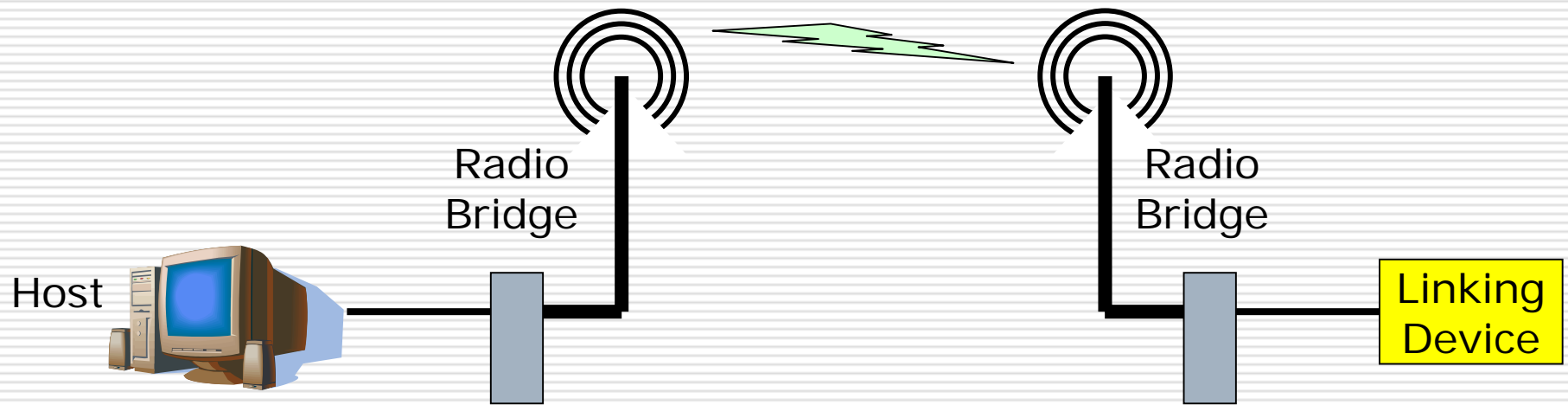


- ◆ Speed and throughput: 100+ Mbps
- ◆ Average \$ per node: Most Expensive
- ◆ Media and connector size: Small
- ◆ Single mode, maximum cable length: Up to 3000m
- ◆ Multimode mode, maximum cable length: Up to 2000m
- ◆ Single mode: One stream of laser-generated light
- ◆ Multimode: Multiple streams of LED-generated light

Optic Fiber

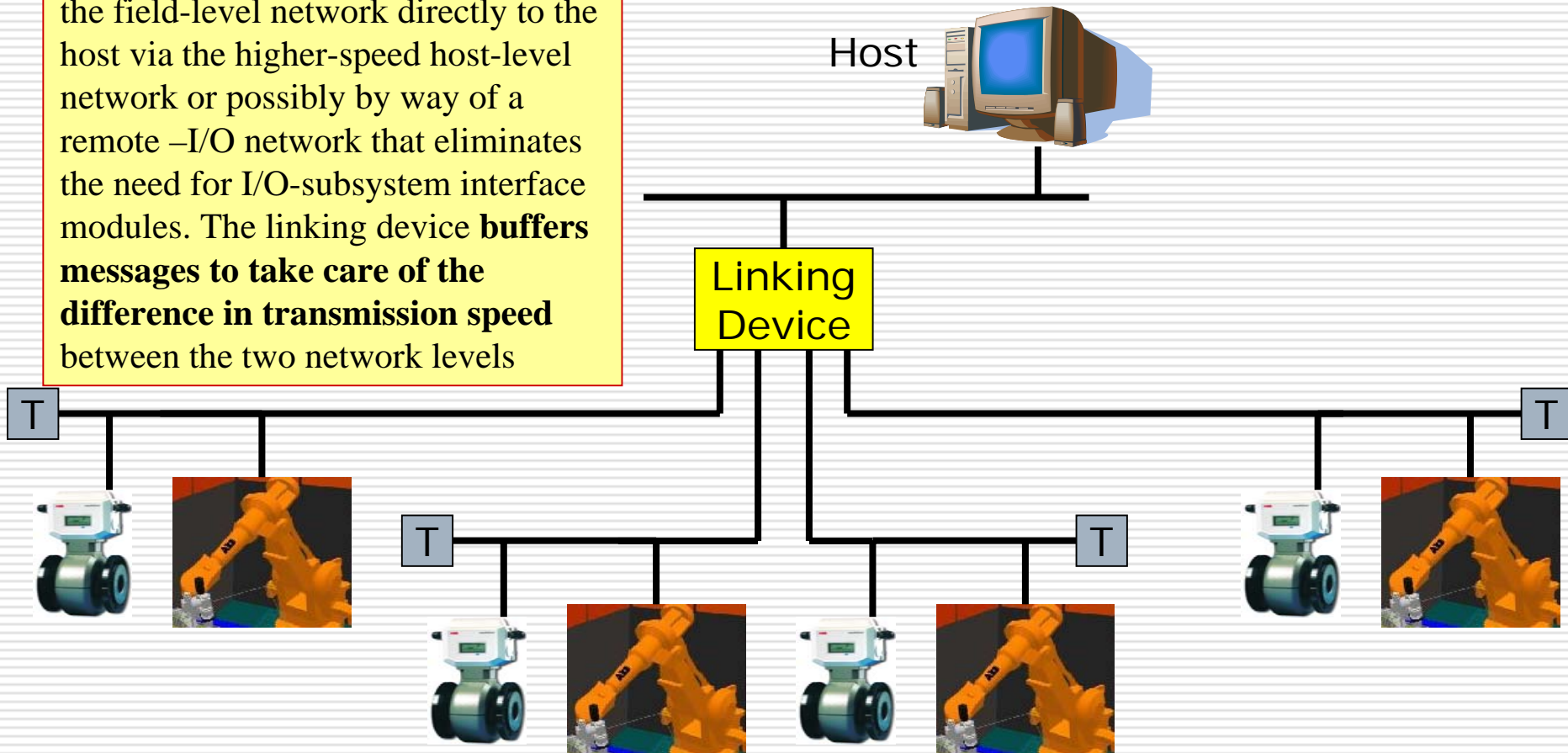


Wireless



Interface and Linking Device

A **linking device** is used to connect the field-level network directly to the host via the higher-speed host-level network or possibly by way of a remote –I/O network that eliminates the need for I/O-subsystem interface modules. The linking device **buffers messages to take care of the difference in transmission speed** between the two network levels



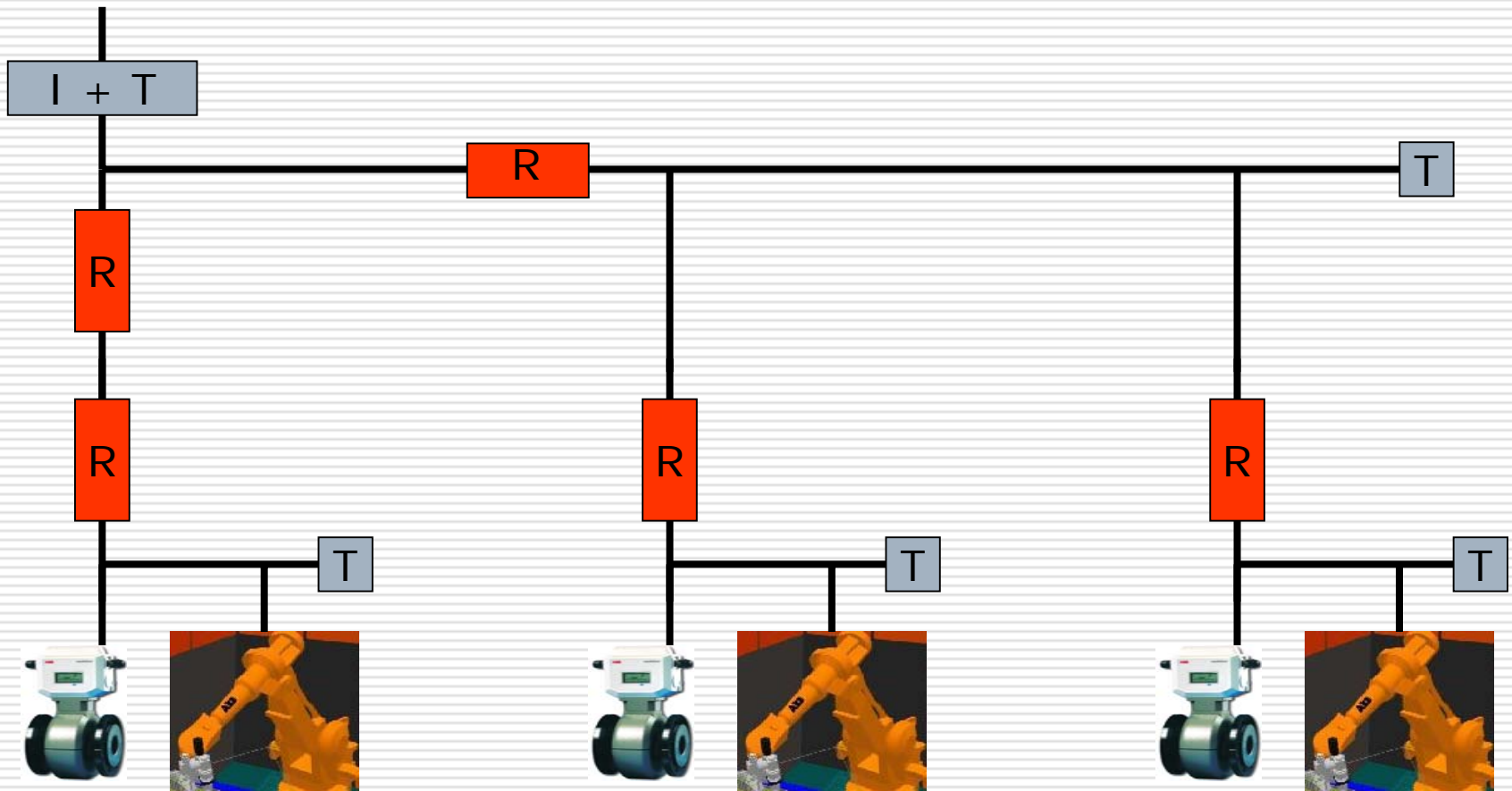
Linking Devices

- Esistono vari tipi di Linking device, possiamo classificarli in base al livello del modello ISO/OSI in cui lavorano:
 - 1) Repeater, Hub
 - 2) Bridge, Switch
 - 3) Router, Gateway

Livello 1 : Repeater

- ❑ Per estendere la rete oltre la distanza permessa dai mezzi di connessione dobbiamo usare un dispositivo di rete: Il Repeater
- ❑ Lo scopo del repeater è quello di **rigenerare e rifasare il segnale** a **livello di bit** in modo da consentire un viaggio più lungo attraverso il mezzo di comunicazione.
- ❑ Per l'uso dei repeater esiste una regola pratica detta la **regola 5-4-3**: si possono collegare tra loro 5 segmenti di rete con 4 repeater ma solo tre segmenti possono ospitare degli host.

Livello 1 : Repeater



Livello 1 : Hub

Hub da 8 porte 10/100 Intellinet



- ❑ E' un repeater multiporta
- ❑ Lo scopo di un hub è quello di rigenerare un segnale in rete, ciò viene fatto a livello di bit su un grande numero di host.

Livello 1 : Hub

- ❑ E' un repeater multiporta
- ❑ Un Hub rigenera i bit e trasmettere il segnale su tutte le proprie porte tranne quella da cui è arrivato il segnale.
- ❑ Vantaggi rispetto al Repeater:
 - Un hub crea un punto centrale di connessione dei cavi.
 - Un hub aumenta l'affidabilità della rete: la caduta di un collegamento non provoca la caduta dell'intera rete.



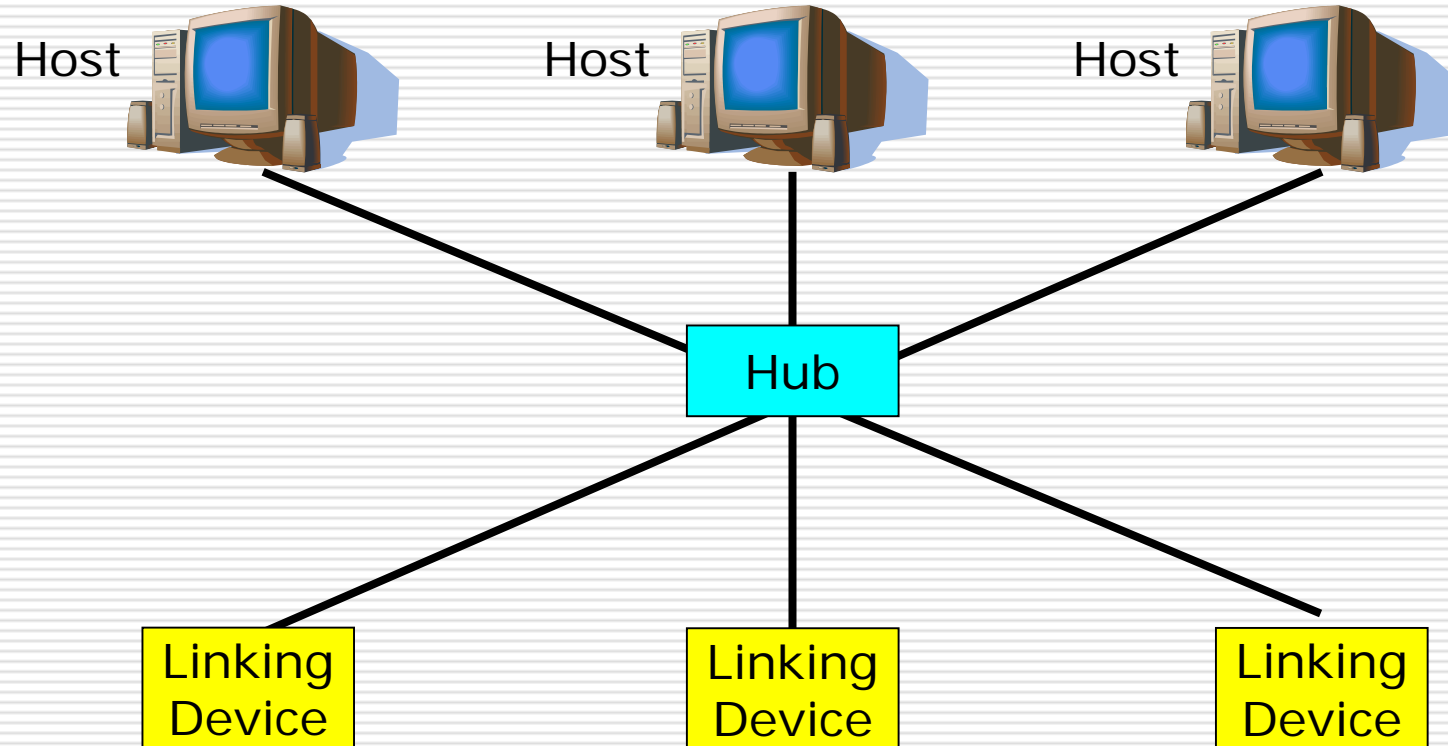
Hub da 8 porte 10/100 Intellinet

Livello 1 : Hub

□ Classificazione

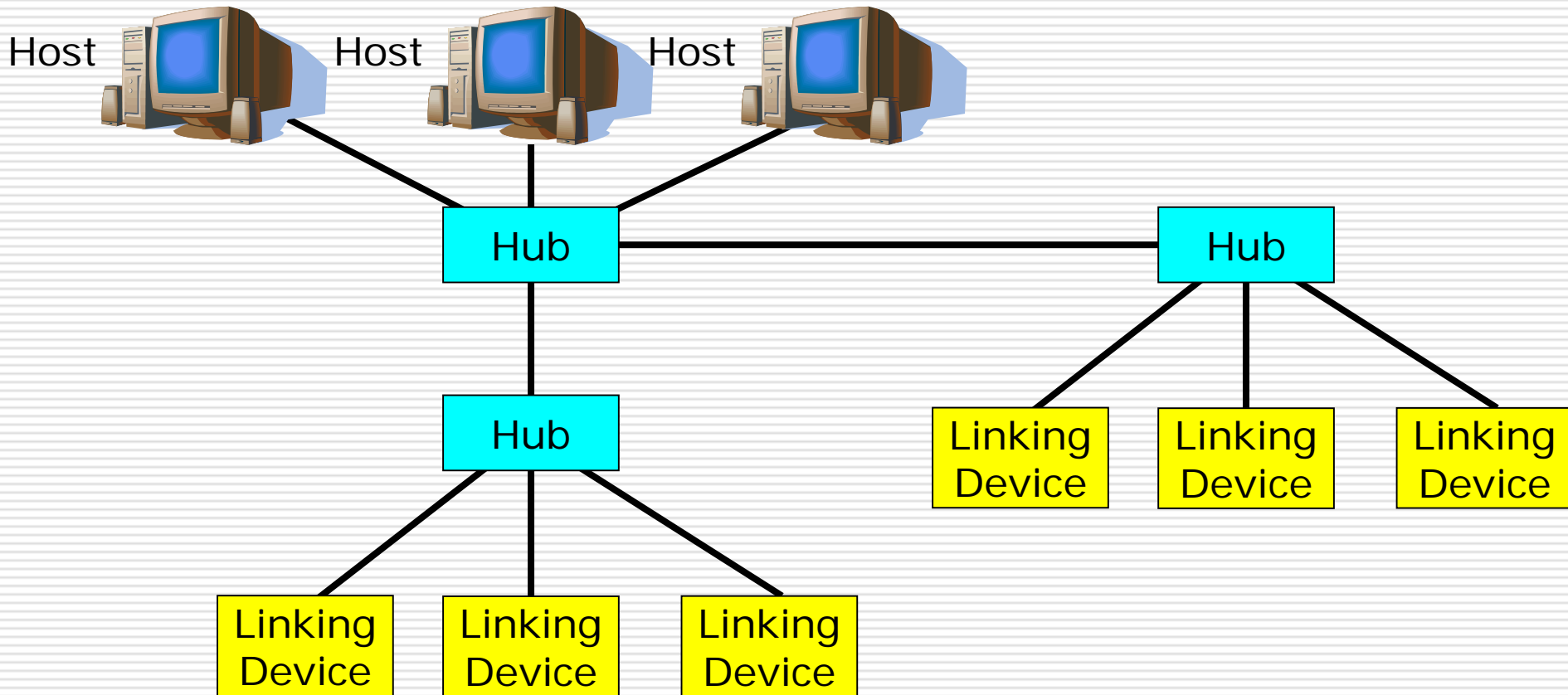
- Hub attivo: prende energia da un generatore per rigenerare il segnale.
- Hub passivo: non rigenerano il segnale ma si limitano a diffonderlo a più dispositivi.
- Hub intelligente: può essere programmati per gestire il traffico di rete.

Livello 1 : Hub



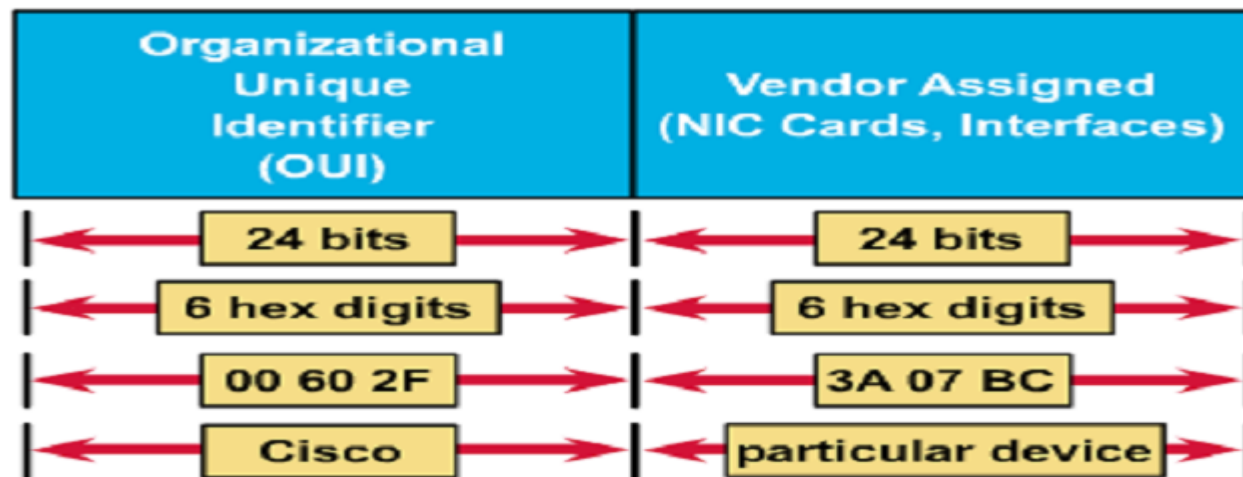
Star topology is now the most commonly used formation for Ethernet. Every node is connected to its own port on the central hub and has its own exclusive segment running like a spoke from the hub. A major advantage of this formation is that **a failed node or wire segment does not affect the other nodes**, which results in high availability. **Devices can be installed** and removed under power without disrupting other nodes. Because of the high speed, the twisted-pair cable is limited to 100 m (330 ft).

Livello 1 : Hub



Livello 2: MAC address

- Il dispositivi che lavorano al secondo livello del modello ISO/OSI operano sull'indirizzo fisico (MAC) del dispositivo.
- Un indirizzo MAC è lungo 48 bits e viene rappresentato con la traduzione esadecimale in 12 cifre, le prime 6 indicano l'OUI del produttore, le altre 6 indicano l' interface serial number.



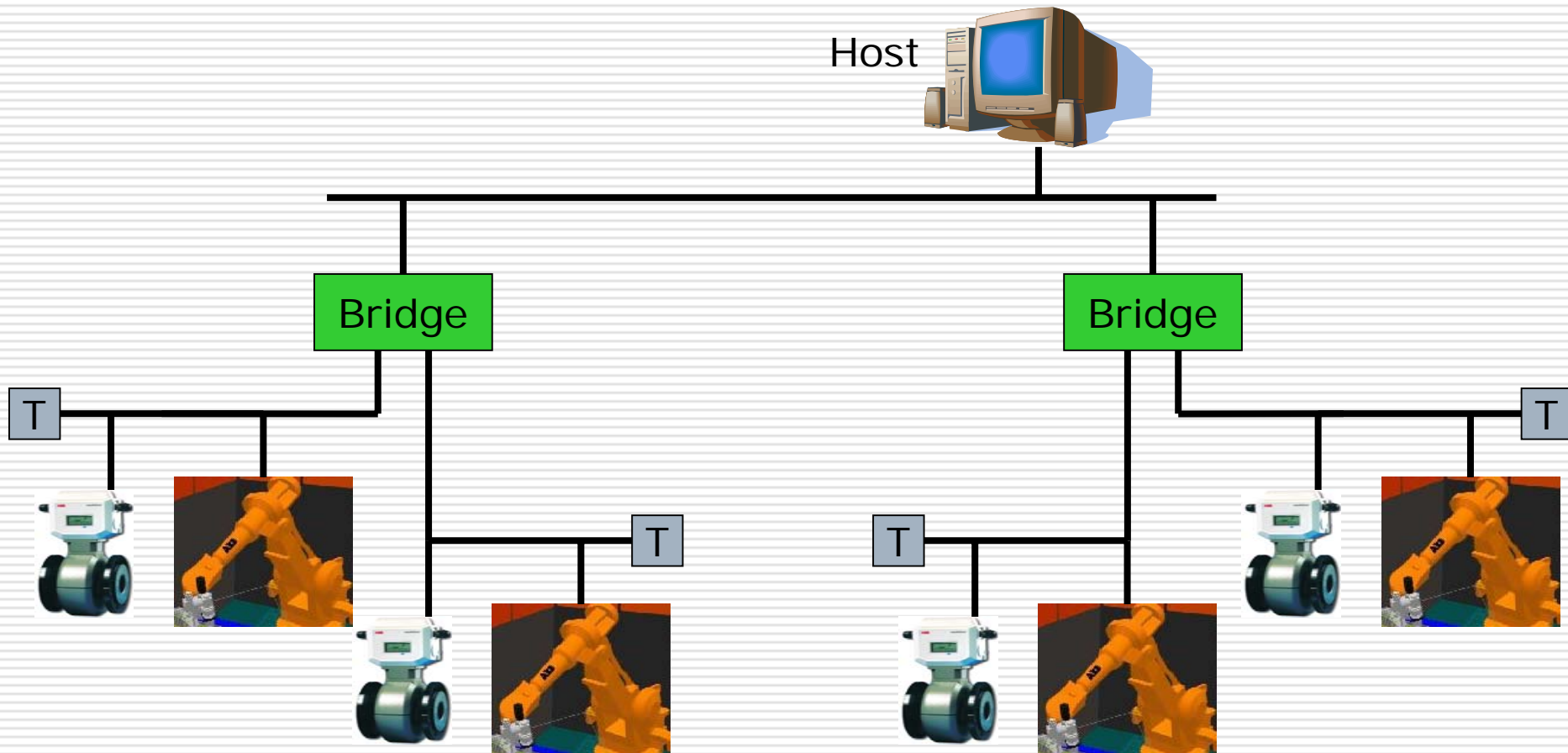
Livello 2: MAC address

Al livello Data link viene aggiunto un header ed un trailer ai dati provenienti dai livelli superiori, il trailer e l'header contengono informazioni di controllo specifiche per le entità di livello data link del sistema di destinazione.

Livello 2: Bridge

- ❑ Un bridge è un dispositivo usato per collegare due segmenti di una rete.
- ❑ Il bridge **filtra il traffico locale** su una rete e consente a dispositivi di reti diverse di comunicare.
- ❑ Per raggiungere il proprio scopo il bridge usa l'indirizzo MAC dei dispositivi.
- ❑ Ogni dispositivo della rete ha un unico indirizzo MAC, tenendo traccia di tali indirizzi in **apposite tabelle** il bridge è in grado di spedire un messaggio esclusivamente al destinatario corretto.

Livello 2: Bridge



Livello 2: Switch

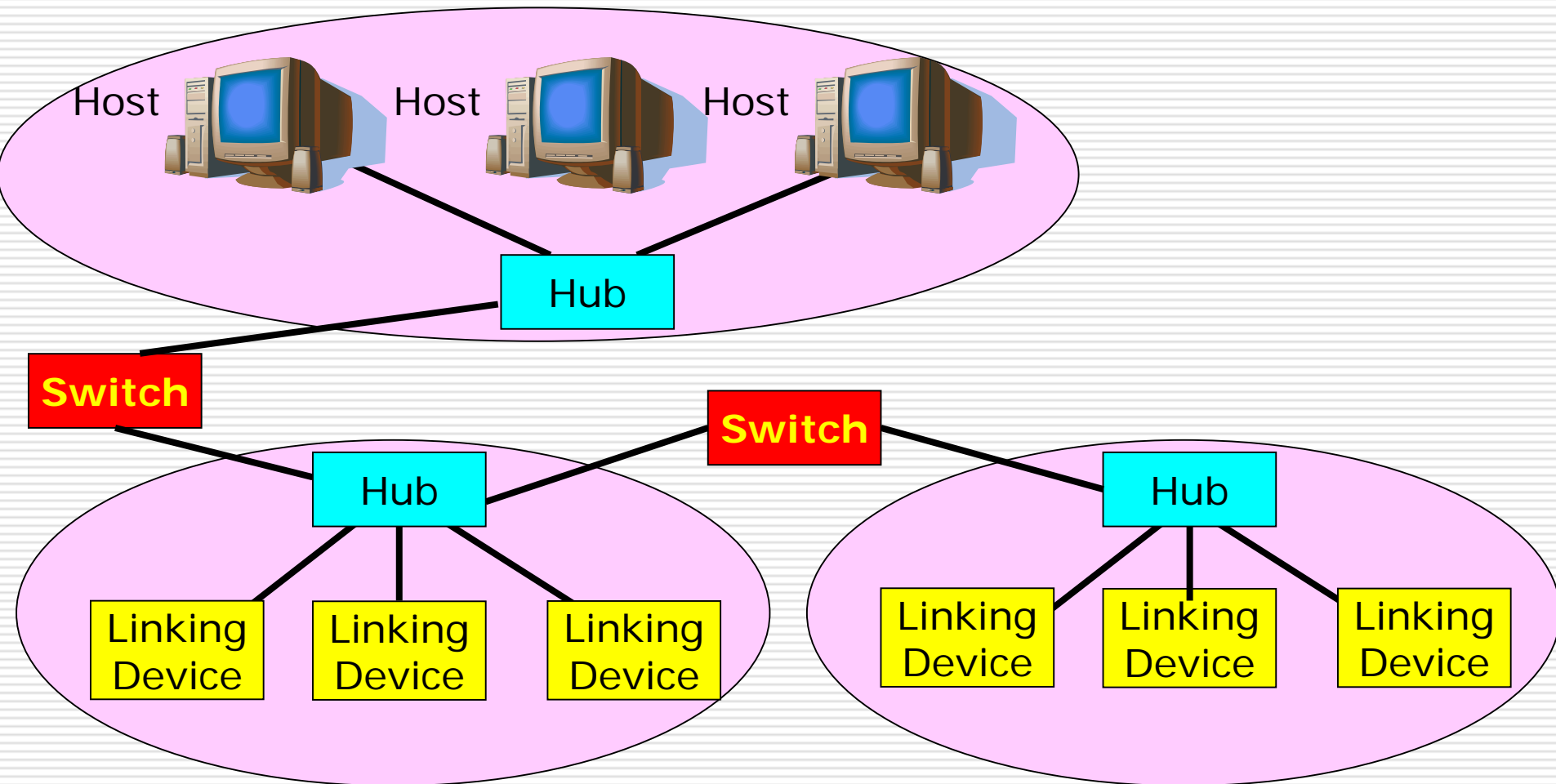
- ❑ Lo switch, come il bridge, è un dispositivo del secondo livello OSI.
- ❑ In effetti lo switch è detto anche bridge multiporta, proprio come l'hub è detto **repeater multiporta**.
- ❑ La differenza è che lo switch prende decisioni basate sull'indirizzo MAC, l'hub non prende decisioni.



Livello 2: Switch

- ❑ Lo switch è un dispositivo che è in grado di combinare la connettività di un hub con la regolazione del traffico di un bridge su ogni porta.
- ❑ Dirotta i frame in entrata sulle porte in uscita, garantendo ad ogni porta la medesima banda passante.
- ❑ Uno switch **permette a vari utenti di comunicare tra loro in parallelo** usando **circuiti virtuali** e segmenti di rete dedicati in un ambiente **privo di collisioni**.
- ❑ Un ulteriore vantaggio degli switch è il basso costo del passaggio ad una rete basata su switch in quanto l'hardware e il cablaggio preesistente può essere riutilizzato.

Livello 1 e 2: Hub e Switch



Livello 3: IP address

- I dispositivi che lavorano al livello 3 del modello ISO/OSI prendono le loro decisioni basandosi sull'indirizzo IP o logico.
- Lo scopo del livello rete è quello di trovare il **cammino migliore attraverso la rete**. Per fare ciò usa due tipi di indirizzamento:
 - Flat addressing, assegna ad ogni dispositivo il primo numero disponibile (un esempio è l'indirizzo MAC).
 - Hierarchical addressing, dove l'indirizzo dipende dal luogo in cui si trova il dispositivo (un esempio è il CAP del sistema postale).

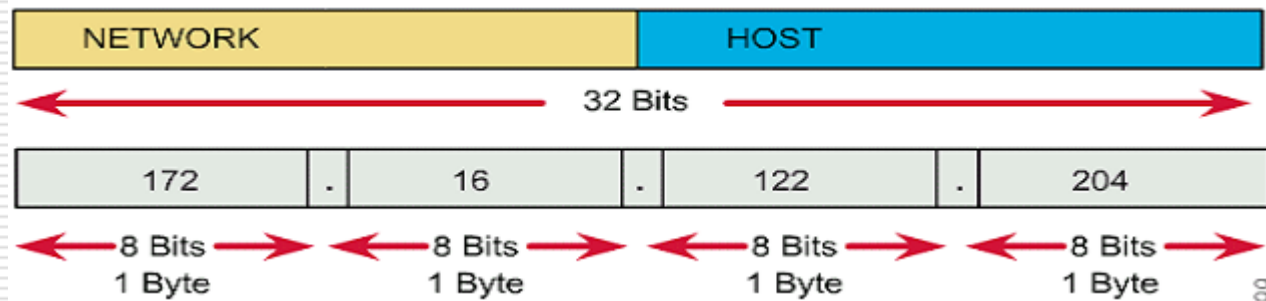
Livello 3: IP address

- ❑ Il protocollo IP è l'implementazione più diffusa dell'indirizzamento gerarchico ed è il protocollo di rete usato in Internet.
- ❑ Al livello rete i dati vengono incapsulati dentro a pacchetti, dove ai dati viene aggiunto l'IP packet header, il quale contiene l'indirizzamento ed altre informazioni di controllo.

0		8		16		24		31	
Vers.	IHL	Tipo Servizio		Lunghezza Totale					
Identificazione				Flags	Offset Frammento				
Tempo di Vita		Protocollo		Checksum Testata					
Indirizzo Sorgente									
Indirizzo Destinazione									
Opzioni							Pad		

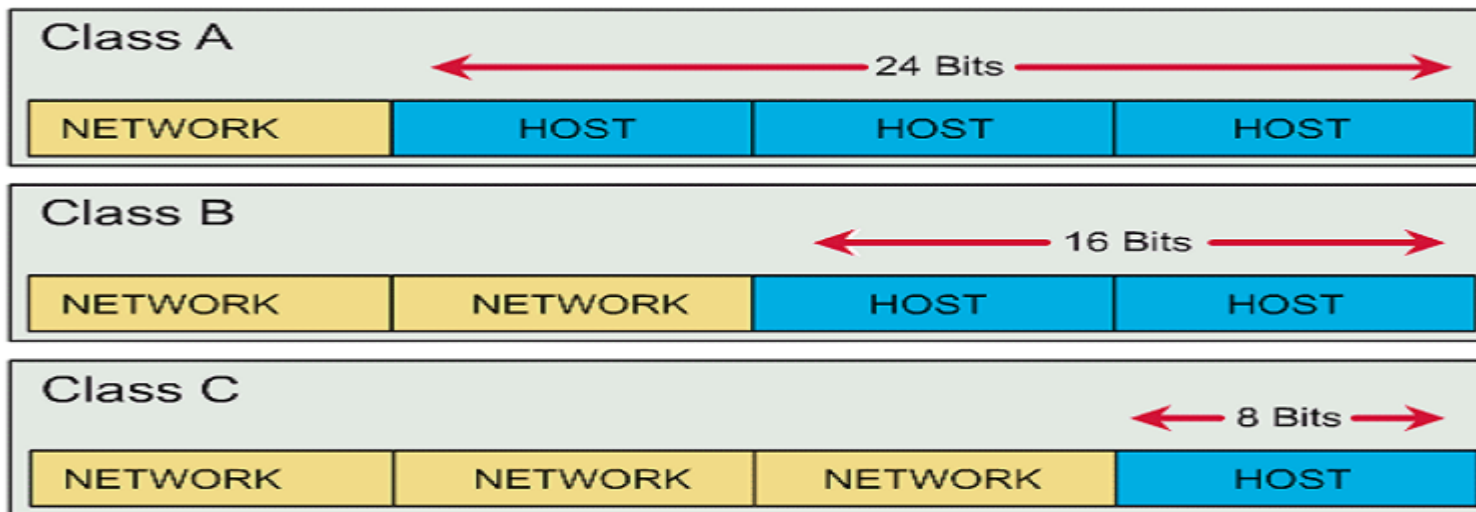
Livello 3: IP address

- Un indirizzo IP è composto da 32 bit divisi in due parti: una per l'indirizzo di rete e l'altra per quello della macchina.
- Normalmente i 32 bit vengono divisi in quattro ottetti rappresentati con il loro valore decimale, separati da un punto:
- Ad esempio l'indirizzo 10000011011011000111101011001100 viene rappresentato come 131.108.122.204



Indirizzamento IP - Classi

- ❑ Un indirizzo di classe A usa 8 bit per l'indirizzo della rete e 24 per indirizzare gli host, in questo modo possiamo avere reti che contengono fino ad un massimo di 16 milioni di host. Questa classe non sono molto usate (gli indirizzi verrebbero saturati in breve tempo)
- ❑ Un indirizzo di classe B usa 16 bit sia per l'indirizzo di rete che per quello degli host, permettendo così di creare reti con 65534 host. Questa classe di indirizzi è usata solamente da grandi aziende.
- ❑ Un indirizzo di classe C usa 24 bit per l'indirizzo di rete e 8 per gli host, permettendo così di creare reti con 254 host.



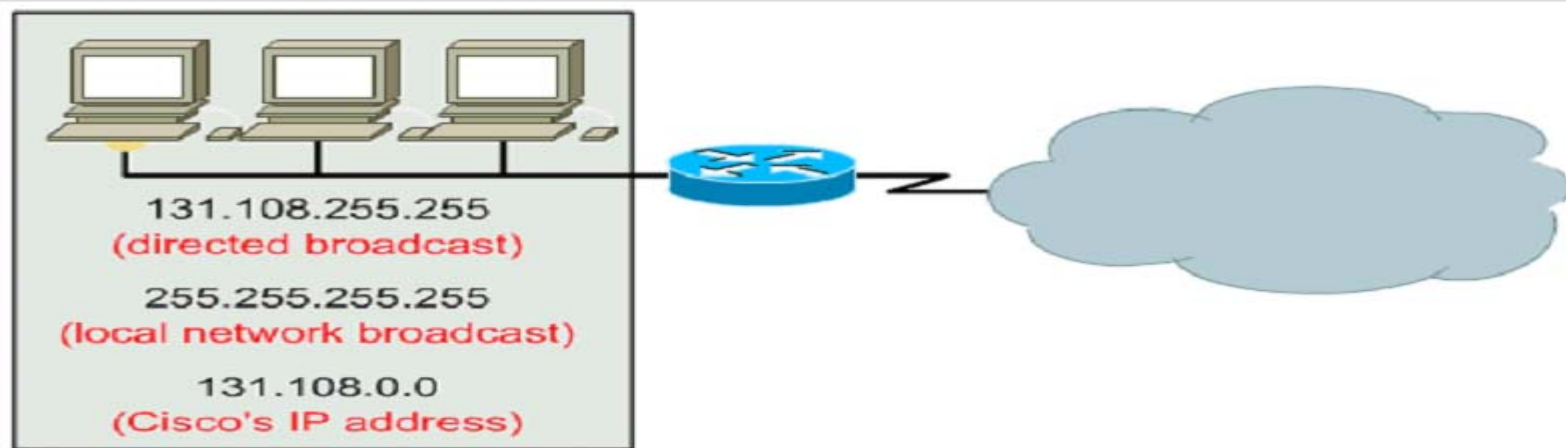
Indirizzamento IP - Classi



- ☐ Considerando l'indirizzo IP scritto con cifre binarie si ha la seguente distinzione:
 - Classe A, il primo bit deve essere 0
 - Classe B, i primi due bit devono essere 10
 - Classe C, i primi tre bit devono essere 110
- ☐ In questo modo gli indirizzi di classe A avranno il primo ottetto compreso tra 0 e 126 (127 è riservato), quelli di classe B tra 128 e 191 (192 è riservato), quelli di classe C tra 193 e 223.

Indirizzamento IP – Network address

- ❑ L'indirizzo di rete viene creato ponendo a 0 tutti i bit della parte degli host dell'indirizzo.
 - 119.0.0.0 è l'indirizzo di una rete di classe A.
- ❑ **L'indirizzo broadcast** viene usato per mandare un messaggio a tutti gli host di una rete
 - Un pacchetto con destination address 172.10.255.255 viene inviato a tutti gli host della rete 172.10.0.0



Indirizzamento IP – Subnet mask

- ❑ La subnet mask, la cui denominazione formale sarebbe “Extended Network Prefix” non è un indirizzo.
- ❑ La subnet mask determina quale parte di un indirizzo IP rappresenta l’indirizzo della rete e quale gli host.
- ❑ La subnet mask si ottiene ponendo a 1 i bit della rete e delle sottoreti.

11111111.11111111.11110000.00000000

Class B Network
16 bits for the Network
4 bits for the Subnetwork
12 bits for the Host

Livello 3: Router

- ❑ Lo scopo di un router è quello di esaminare l'indirizzo IP dei pacchetti in arrivo, cercare il percorso migliore da far loro intraprendere e smistarli sulla giusta porta di uscita.

Cisco 7600 series Router



Protocolli di routing

- La **determinazione del percorso** (path determination) è il processo che un router usa per scegliere la tappa successiva nel viaggio di un pacchetto verso la sua destinazione.
- Per effettuare il routing i routers devono essere in grado di creare delle mappe di tutti i router presenti nella rete o in Internet (chiamate **tebelle di routing**), per fare ciò i routers usano dei *routing protocols*.

Smistamento dei pacchetti

- **Il routing avviene a vari livelli:** entro la rete locale, entro un gruppo di reti locali interconnesse a far parte di un Sistema Autonomo, fino a livello dell'Internet globale. Si può dividere il routing in due forme: diretto e indiretto.
 - **Il routing diretto** avviene tra due stazioni connesse direttamente allo stesso mezzo fisico. Più computer collegati allo stesso mezzo fisico sono **nodi della stessa rete** o sottorete. Il test di appartenenza alla sottorete è eseguito semplicemente confrontando logicamente l'indirizzo IP di un nodo con la maschera di sottorete.
 - **Il routing indiretto** avviene quando i pacchetti devono essere fatti transitare almeno **attraverso un router**. Il sistema dei routers che usano i protocolli TCP/IP è una struttura interconnessa e cooperativa. I pacchetti sono smistati da un router ad un altro finché non giungono alla rete di destinazione.

Livello 3: Gateway

- ❑ Un **gateway** è in genere una porta di un router connesso con l'esterno (fuori dalla LAN).
- ❑ Attraverso il gateway passeranno tutti i pacchetti TCP/IP che non sono destinati alla propria sottorete.
- ❑ Ogni dispositivo per poter inviare un messaggio all'esterno della propria sottorete deve avere definito un gateway di default al quale invierà tutti i messaggi che hanno come destinatario un indirizzo esterno alla LAN.

