

Reti di calcolatori: Reti LAN e TCP/IP

Francesco Brun

Sistemi elettronici e informatici in ambito di imaging – II



Eravamo qui...

- TCP/IP nasce anche con la **definizione dei protocolli**
- In particolare quelli di livello trasporto e internet danno il nome all'architettura

Application	Telnet	Ftp	Smtp	Http	Nntp	ecc.
Transport	Tcp		Udp			
Internet	IP					
Host - to - Network	Vari standard per LAN, WAN e MAN					

- Partiamo dal basso ed entriamo nel dettaglio **delle sole reti LAN**
- (In questo corso non vedremo le connessioni ADSL/Fibra e 3G/4G/5G)

Reti LAN

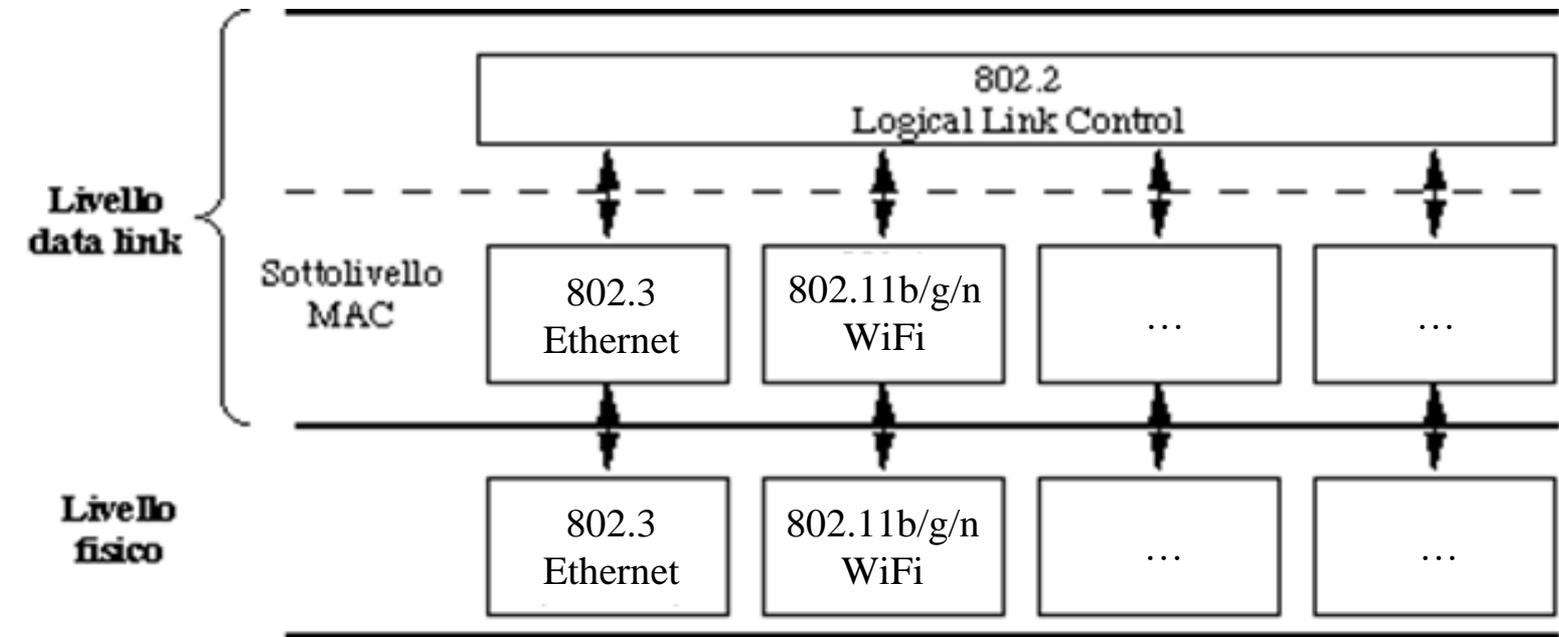
- Una LAN è una rete di computer di dimensione limitata geograficamente
 - Una rete locale è di tipo **broadcast**
 - Vedremo alcune problematiche e alcuni dettagli implementativi
 - ✓ del livello host-to-network TCP/IP
 - ✓ ovvero dei livelli fisico e data link OSI
- per il più diffuso standard per reti LAN, cioè **IEEE 802**
- **IEEE 802** descrive un'ampia famiglia di protocolli per reti locali
 - Prende il nome dal fatto che fu sviluppato nel febbraio 1980 da parte dell'Institute of Electrical and Electronics Engineer (IEEE)

Livello Data Link nelle reti LAN

- IEEE ha ritenuto opportuno suddividere il livello data link di ISO/OSI in due parti:
 - ✓ LLC (*Logical Link Control*)
 - ✓ MAC (*Media Access Control*)
- Il sottolivello LLC è comune a tutti gli standard della famiglia IEEE 802
- Il sottolivello MAC è più strettamente legato al livello fisico
- Fra le **implementazioni di MAC** vanno ricordate le più importanti:
 - ✓ **802.3** (Ethernet)
 - ✓ **802.11 b/g/n** (Wireless Ethernet)

Livello Data Link nelle reti LAN

- La situazione nelle reti LAN è quindi:



- Sono state proposte numerose implementazioni di MAC
- Le due più diffuse si distinguono per l'uso di un cavo (Ethernet) o di un'antenna

MAC address (physical address)

- A livello MAC viene definito un indirizzo per identificare univocamente il nodo
- Un **indirizzo MAC** (o indirizzo fisico) è composto da una **sequenza di 48 bit**
- Di norma ciascun byte è indicato in esadecimale e i byte sono separati con : o -
- Ad esempio, un MAC address è: 01 : 23 : 45 : 67 : 89 : ab

- Il MAC address è **“scolpito” nell’hardware di rete**
- I produttori di schede di rete impostano il MAC address (univoco al mondo)
- Tale MAC address è in linea di principio imm modificabile
- Mentire sul proprio MAC address è molto difficile (*MAC spoofing*)

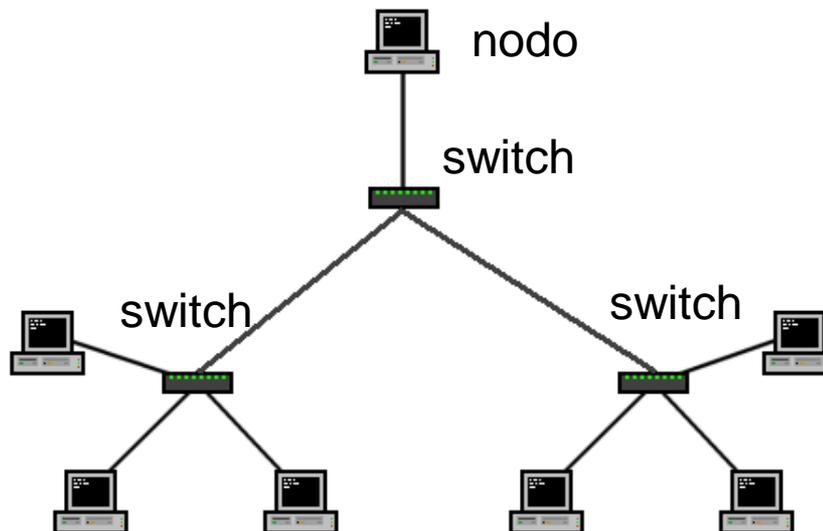
- Per scoprire il proprio MAC address: **ipconfig /all** (Windows) o **ifconfig** (Unix)

Topologie per reti cablate Ethernet

- Si distingue tra:
 - ✓ **Topologia fisica**: è la modalità fisica di collegamento dei cavi di reti
 - ✓ **Topologia logica**: qual è il percorso seguito dalla comunicazione a prescindere da come siano collegati effettivamente i nodi della rete
(Nelle reti Ethernet la topologia logica è sempre di tipo broadcast)
- Le **topologie fisiche** più diffuse sono:
 - ✓ **Bus**: ogni nodo è legato ad un'unica linea, chiamata bus
 - ✓ **Stella**: tutti i nodi sono collegati ad un elemento comune (hub o switch)
 - ✓ **Anello**: ogni nodo è collegato con altri due in una disposizione circolare
- La topologia a stella con **hub** e, meglio, **switch** è sicuramente la predominante

Topologia a stella per reti Ethernet

- Lo scenario a stella è rappresentato in figura:



- Gli switch possono essere collegati in cascata
- Si mantiene il collegamento logico a bus (è sempre una rete broadcast)
- Si ha una complessa topologia fisica ad albero (o stella gerarchica)

Dispositivi per reti Ethernet: hub

- **Hub** significa *fulcro, mozzo, elemento centrale*
- Un hub inoltra i dati in arrivo da una qualsiasi delle sue porte su tutte le altre
- E' un "ripetitore multiporta"
- E' uno dei componenti più economici per costruire una rete
- E' poco utilizzato e, ad oggi, è stato di fatto rimpiazzato dagli switch
- Ritrasmette semplicemente i segnali elettrici e non entra nel merito dei dati
- E' quindi considerato un **dispositivo di livello 1 (fisico)** nel modello OSI
- La topologia fisica è a stella ma dal punto di vista logico è a bus
- Due dispositivi comunicano attraverso l'hub come se questo non ci fosse

Dispositivi per reti Ethernet: switch

- **Switch** significa commutatore
- E' un dispositivo di rete che **inoltra selettivamente** i frame ricevuti
- Due nodi comunicano attraverso uno switch come se questo non ci fosse
- Uno switch normalmente inoltra i frame in arrivo da una qualsiasi delle sue porte soltanto a quella cui è collegato il nodo destinatario del frame
- Si ha quindi maggiore efficienza (c'è meno "traffico" di rete)
- Il traffico di broadcast è comunque lo stesso dello scenario con hub (a meno di utilizzare dispositivi evolutivi in grado di realizzare le cosiddette virtual LAN)
- Uno switch deve quindi avere conoscenze del sottolivello MAC (indirizzi)
- Si dice che uno switch **opera al livello data link di ISO/OSI**

Dispositivi per reti WiFi: access point

- Nelle reti WiFi l'equivalente di hub e switch è denominato **access point**
- Viene identificato con un **SSID (Service Set Identifier)**
- L'access point comunica in continuazione in broadcast il suo SSID
- I nodi della rete si attivano e "ascoltano" i vari SSID nel loro raggio di copertura
- L'access point di norma è connesso via Ethernet al resto dell'infrastruttura di rete
- Curiosità: è convinzione di tanti che Wi-Fi sia l'acronimo di "Wireless Fidelity"
- In realtà Wi-Fi non ha alcun significato

Confronto 802.3 e 802.11

- L'ovvia differenza tra 802.3 e 802.11 è il mezzo trasmissivo (cavo o antenna)
- Ci sono inoltre **differenze di prestazioni**
- Per le reti 802.11:
 - ✓ **802.11b** ha una trasmissione max a 11 Mb/s a 2,4 GHz
 - ✓ **802.11g** ha trasmissione max a 54 Mb/s a 2,4 GHz
 - ✓ **802.11n** (il più diffuso ad oggi) fino a **300 Mb/s a 2,4 GHz** oppure 5 GHz
 - ✓ **802.11ac** fino a 600 Mb/s in dual band (doppia antenna 2,4 GHz e 5 GHz)
- Per le reti 802.3:
 - ✓ **Fast Ethernet** (ancora diffuso) con trasmissione max a 100 Mb/s
 - ✓ **Gigabit** (il più diffuso ad oggi) con trasmissione max a **1000 Mb/s**
 - ✓ **10 gigabit Ethernet** (poco diffuso)

Concetto di internetwork

- Tra ISO/OSI e TCP/IP si crea confusione con **il termine “rete”**:
 - ✓ **rete (network)**: insieme di host collegati direttamente tramite un unico canale di comunicazione (es. LAN)
 - ✓ **internetwork**: che è una collezione di più network, anche non omogenee, collegate per mezzo di appositi dispositivi di internetwork (**router** o **gateway**)
- Nel contesto del corso utilizzeremo:
 - ✓ **internet** abbreviazione di internetwork, interconnessione di reti generiche
 - ✓ **Internet (con la I maiuscola)** per riferirci alla specifica internetwork basata su TCP/IP che ormai tutti conoscono
- Il mondo giornalistico si parla di Internet come "la rete"

Livello network (o internet)

- Il livello network muove i pacchetti dalla sorgente fino alla destinazione finale
- Per farlo è necessario attraversare tanti sistemi intermedi (**router** o gateway)
- Ogni nodo della internetwork comunica con un altro nodo della internetwork.
- Ciò è molto diverso dal compito del livello data link
- Il livello data link muove informazioni da un capo all'altro di un singolo canale
- Le incombenze principali di questo livello sono:
 - ✓ conoscere la topologia della internetwork (**indirizzamento**)
 - ✓ scegliere di volta in volta il cammino migliore (**routing**)
 - ✓ gestire la presenza di più network con standard diversi

(vedi video sui dispositivi di rete)

Indirizzo network e internetwork

- In prima approssimazione, in una internetwork ogni nodo ha due indirizzi
 - ✓ **Indirizzo network**
 - nel caso di network basate su Ethernet è **l'indirizzo MAC**
 - ✓ **Indirizzo internetwork**
 - nel caso di internetwork basate su TCP/IP è **l'indirizzo IP**
- Il nodo non sa quante e quali network compongono quella internetwork
- Ad occuparsi della comunicazione tra network vi è un nodo specializzato chiamato **router** o **gateway** ed è il “collante” per l'internetwork
- Ogni nodo collegato ad una internetwork “vede” solamente la sua network e comunica “da solo” all'interno di essa, altrimenti “chiede al router”

Il protocollo IP

- IP è il protocollo usato per “incollare” insieme le network di Internet
- IP è un protocollo **non connesso e non affidabile**
- In trasmissione:
 - ✓ riceve un **segmento** dal livello superiore (TCP o UDP)
 - ✓ li incapsula in **pacchetti**
 - ✓ instrada i pacchetti nell'internetnetwork, eventualmente frammentandoli
- In ricezione:
 - ✓ riassembla (se necessario) i **frame** del livello inferiore (Ethernet) in pacchetti
 - ✓ estrae da questi i segmenti del livello superiore (TCP o UDP)
 - ✓ consegna al livello superiore (TCP o UDP) i dati **nell'ordine in cui sono arrivati** (che non è necessariamente quello in cui sono partiti)

Indirizzo IP

- Un indirizzo IP è formato da **32 bit** e cerca di codificare due cose:
 - ✓ **network number**: identifica univocamente la network
 - è assegnato da un'autorità centrale coordinata a livello mondiale
 - in altre parole, “si compra (e si paga) un network number”
 - (o, equivalentemente, si compra un intervallo di indirizzi IP)
 - ✓ **host number**: numero assegnato all'host della network
 - è assegnato da un'autorità locale, ovvero il progettista/systemista di rete
- Non possono esistere nell'intera rete Internet due indirizzi IP uguali
- Ci sono in totale 2^{32} possibili indirizzi IP (in realtà ce ne sono ancora meno)
- Questa scelta di progetto inizia a pesare: è stato proposto **IPv6**

Indirizzo IP: dotted decimal notation

- Un indirizzo IP è scritto nella cosiddetta **notazione decimale puntata**
- Ciascun byte è scritto nella sua forma decimale ed è separato da un punto (dot)
- Per esempio, si consideri l'indirizzo IP 193.32.216.9
 - ✓ Il 193 è l'equivalente decimale dei primi otto bit dell'indirizzo
 - ✓ il 32 è l'equivalente decimale dei secondi otto bit dell'indirizzo
 - ✓ il 216 è l'equivalente decimale del terzo byte dell'indirizzo
 - ✓ il 9 è l'equivalente decimale del quarto byte dell'indirizzo
- Quindi, l'indirizzo 193.32.216.9 in notazione binaria è:

11000001 00100000 11011000 00001001

Subnet mask

- Un indirizzo IP non è scelto "come capita"
- Una parte dell'indirizzo IP è determinata dalla network cui l'interfaccia è collegata
- Per distinguere tra network number e host number si usa la **subnet mask**
- Una subnet mask è una sequenza di 32 bit, come ad esempio:

11111111 11111111 11111111 11000000

- Non ci posso essere 0 e 1 intervallati. Si parte con 1 fino ad un certo punto, poi 0
- La subnet mask determina che i primi n bit rappresentano il network number
- La subnet mask si indica anche **con il numero di bit a 1 dopo una barra**
- Più spesso però la subnet mask si esprime in notazione decimale puntata
- Nell'esempio di prima si avrebbe la subnet mask 255.255.255.192

Esempio (facile) di assegnazione di indirizzi IP

- Supponiamo di aver comprato il blocco di indirizzi IP: 223.1.1.0 / 24
- **Quanti nodi posso connettere a quella network?**
- **Qual è un indirizzo valido per un nodo di quella network?**
- Un qualunque nodo di quella network va configurato con
 - ✓ Indirizzo IP: 223.1.1.x (la parte **rossa** può variare in teoria tra 0 e 255)
 - ✓ Subnet Mask: 255.255.255.0
- In linea di principio si possono connettere 256 host a quella network

(vedi video sugli indirizzi IP)

Sull'assegnazione degli indirizzi IP

- Gli **host number** con **tutti zero** e **tutti uno** sono riservati
 - ✓ **Tutti zero** identifica la rete stessa
 - ✓ **Tutti uno** identifica **l'indirizzo** speciale **di broadcast**
- Quindi nell'esempio precedente 223.1.1.0 e 223.1.1.255 vanno esclusi.
- Quella network può avere al massimo 254 host
- Si tenga conto poi che **un indirizzo va riservato per il router (o gateway)**
- Tradizione vuole che il router si prende il primo o l'ultimo indirizzo del dominio
- Nell'esempio precedente 223.1.1.1 (o 223.1.1.254) sarà riservato al router
- In conclusione, in quella network si possono avere 253 nodi

Configurazione IP di un nodo

- Ci sono due strade per "connettere" un nodo ad una internetwork
 - ✓ **Assegnazione "statica"** dell'IP impostando manualmente:
 - IP address
 - subnet mask
 - default gateway (l'IP del router)
 - ✓ **Assegnazione "dinamica"** dell'IP:
 - La network è configurata con DHCP (*Dynamic Host Client Protocol*)
 - Riceviamo in automatico IP address, subnet mask, gateway
- Nella pratica si configurano anche uno o più indirizzi DNS Server

TCP e UDP: concetto di porta

- I protocolli di livello trasporto gestiscono l'accesso alla rete dei vari applicativi
- La differenza tra TCP e UDP è:
 - ✓ **TCP** offre un servizio **connesso** ed **affidabile**
 - ✓ **UDP** offre un servizio **connectionless** e non **affidabile**
(cioè non aggiunge molto al servizio offerto IP)
- Le porte servono per realizzare la moltiplicazione delle connessioni
- Si vuole permettere ad un calcolatore di effettuare più connessioni contemporanee
- I dati in arrivo vanno indirizzati al processo applicativo che li sta aspettando
- Le **porte** sono numeri (a 16 bit) utilizzati per identificare una connessione

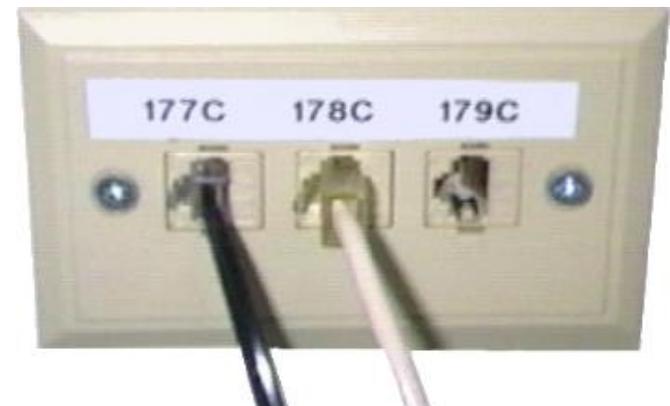
Porte standard

- Le porte dei servizi applicativi più diffusi sono ben note
- Sono assegnate dall'Internet Assigned Numbers Authority (IANA)
- Le porte dei più diffusi servizi applicativi sono:
 - ✓ FTP (*File Transfer Protocol*): porta 21
 - ✓ SSH (*Secure Shell*): porta 22
 - ✓ SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*): porta 25
 - ✓ HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*): porta 80
- E' importante supervisionare le porte su cui è possibile essere "in ascolto"
- Una buona configurazione di rete "chiude" le porte e ne lascia "aperte" solo alcune

(vedi video su TCP, UDP e Port Number)

Cablaggio strutturato

- Per cablaggio strutturato si intende l'insieme di componenti e dispositivi utilizzati per la trasmissione di segnali in un edificio o in più edifici di un'organizzazione al fine di creare la rete di calcolatori
- Si compone di diversi elementi: il più vicino all'utente è la **presa a muro RJ45** (diverse da quelle telefoniche di tipo RJ11)
- Ogni singola presa può essere attivata/disattivata da un amministratore della rete (per questo sono numerate)

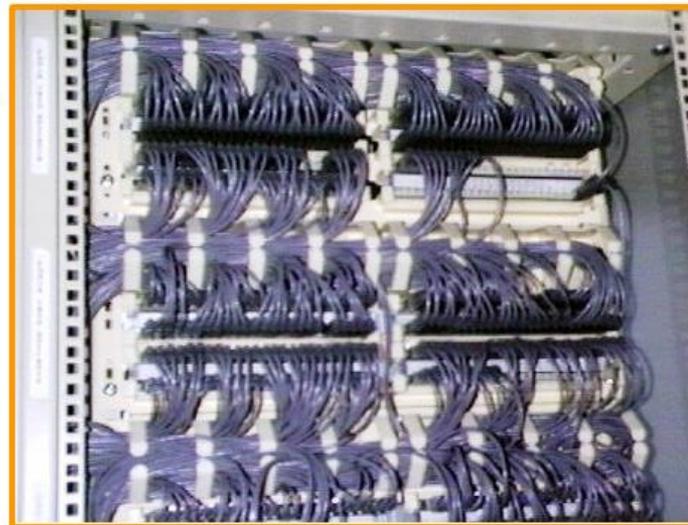


Armadio rack

- I cavi a monte di una presa a muro (inseriti in una "canalina" o murati) tipicamente raggiungono il **sezionatore** collocato in un armadio (tipicamente uno per piano)



- Raggruppa in maniera logica, per tipo e per utilizzo, tutti i cablaggi in modo che sia agevole testarli e monitorarli

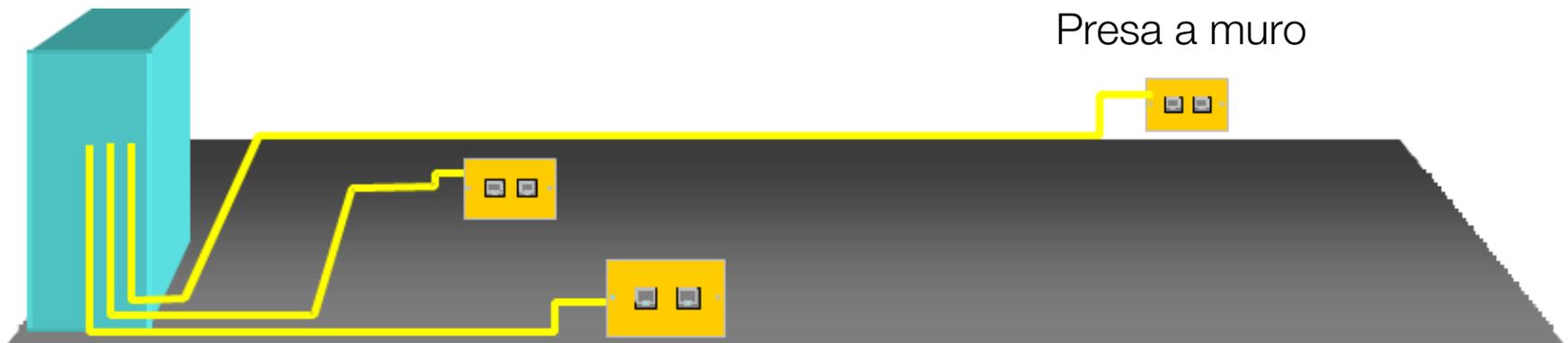


- Tipicamente l'armadio contiene uno o più **switch**

Scenario comune

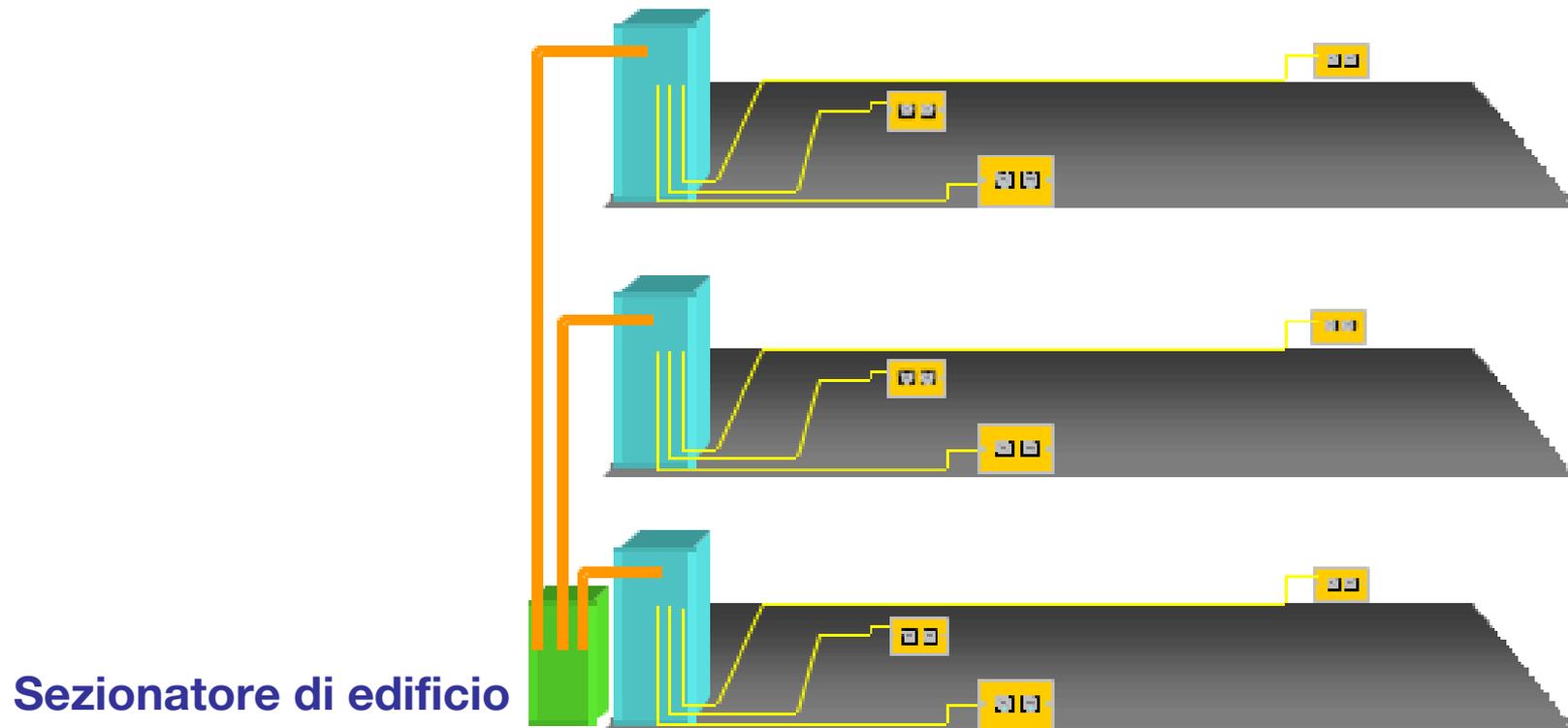
- Lo scenario più frequente è il cablaggio "orizzontale" di un piano di un edificio (in giallo nella figura in basso)
- I cavi raggiungono il **sezionatore** collocato in un punto idoneo del piano

Sezionatore di piano (armadio con switch)



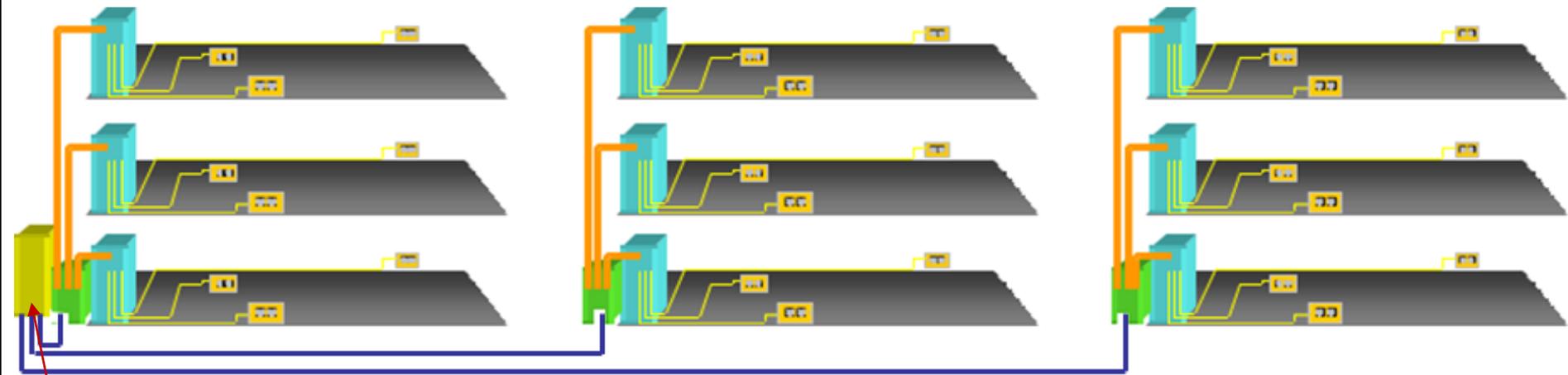
Cablaggio verticale

- In caso di più piani si configura il concetto di **dorsale** (o backbone) di edificio e si effettua un cablaggio "verticale" per connettere i vari piani (in arancione)



Cablaggio di più edifici

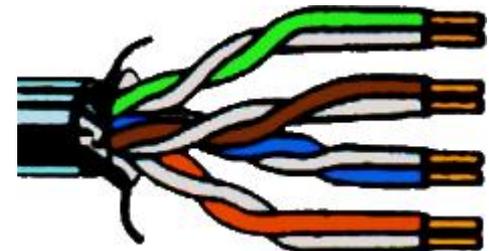
- In caso di più piani si configura il concetto di **dorsale** "di campus"
- Si introduce un sezionatore "di campus"



**Sezionatore di
"campus"**

Tipi di cavi

- Il **cablaggio orizzontale** è tipicamente realizzato con **cavi di rame** intrecciati a coppie (doppini).
- Organizzazioni di industrie di telecomunicazioni (TIA) e di elettronica/informatica (EIA) hanno prodotto standard e categorie per i cavi di rame
- La categoria più diffusa oggi è la **Cat. 5E** ma è comune utilizzare anche cavi di Cat. 6 e 7
- Le "dorsali" (cablaggio verticale) sono tipicamente realizzate con **fibre ottiche**



Riassunto dei concetti chiave

- Indirizzo MAC
- Hub, Switch e Router
- Indirizzo IP
- Subnet mask
- Default gateway
- DHCP
- TCP, UDP e porte
- Cablaggio strutturato

