

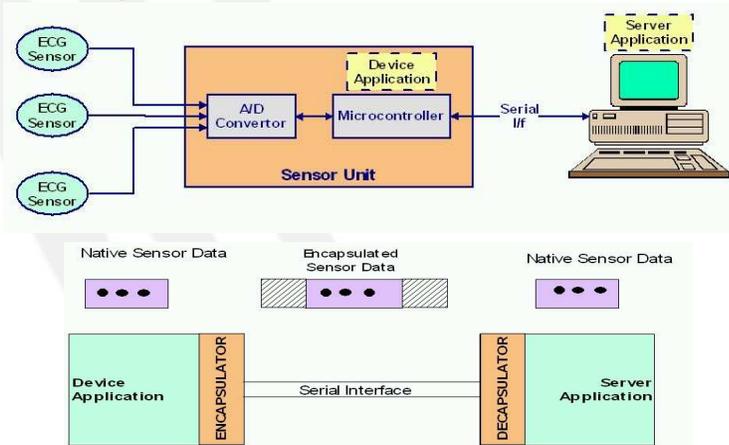
## Comunicazione tra sistemi automatici

Davide Quaglia

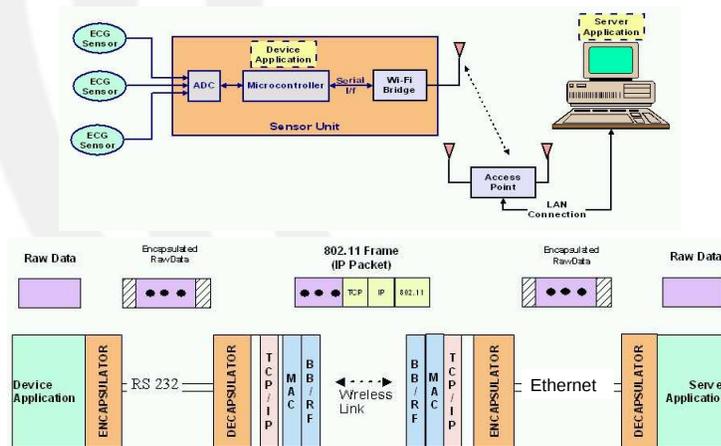
## Reti di Calcolatori e loro importanza

- **Definizione**
  - Interconnessione di unità autonome di elaborazione dati
    - Supercomputer
    - Personal computer
    - Sistemi embedded
- **Importanza:**
  - Raccolta, elaborazione e distribuzione dell'informazione

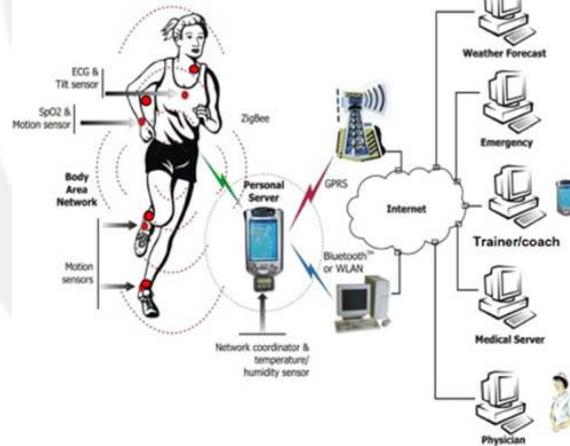
## Importanza in un laboratorio



## Importanza in un laboratorio (2)



## Importanza in medicina



## Classificazione delle reti

- Per tipo di trasmissione
  - Broadcast
  - Punto-punto
- Per dimensioni

## Classificazione per dimensioni

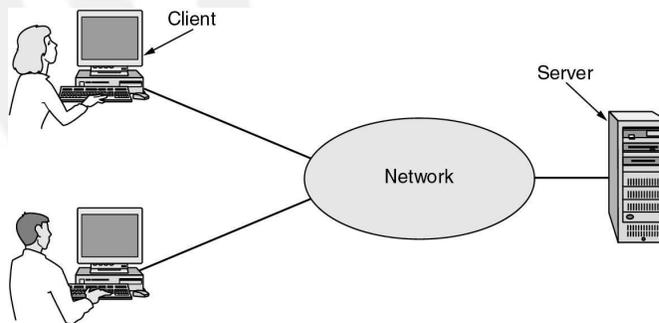
- Personal Area Network (PAN)
  - Local Area Network (LAN)
    - Aziendali
    - Domestiche
  - Metropolitan Area Network (MAN)
  - Wide Area Network (WAN)
- } Stessi protocolli
- } Utilizzo di risorse pubbliche
- NOTA: oggi la differenza tra LAN e MAN è di tipo legale più e riguarda l'utilizzo o meno di risorse pubbliche (sottosuolo, frequenze radio)

## Classificazione per dimensioni (2)

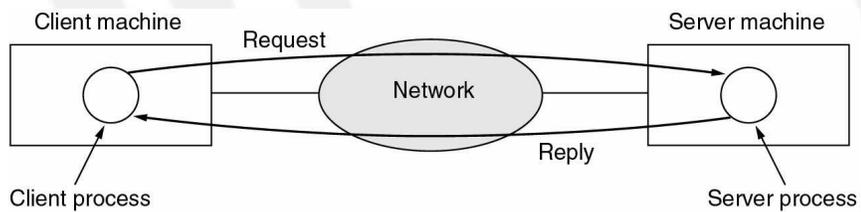
Interprocessor distance	Processors located in same	Example
1 m	Square meter	Personal area network
10 m	Room	Local area network
100 m	Building	
3 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan area network
100 km	Country	Wide area network
1000 km	Continent	
10,000 km	Planet	The Internet

## Modello client-server

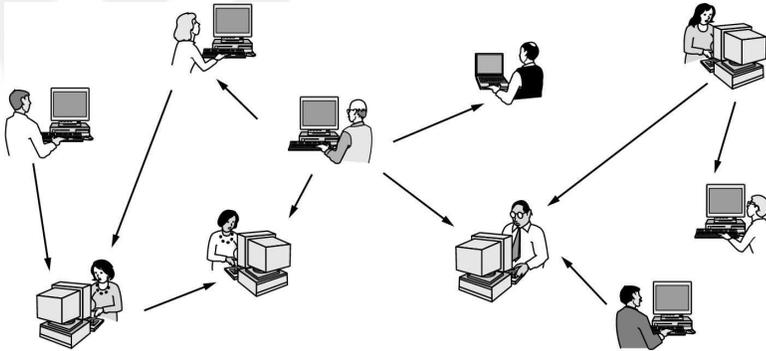
- Rete con 2 client e 1 server.



## Modello client-server (2)



## Modello peer-to-peer



## Definizioni

- Tempo di propagazione
  - Tempo tra l'entrata di un bit nel canale e il suo arrivo nel sistema di destinazione
- Capacità del canale
  - Numero max di bit che possono essere trasmessi nell'unità di tempo
- Bitrate
  - Numero di bit trasmessi da un nodo nell'unità di tempo
- Capacità e bitrate possono cambiare nel tempo
- ATTENZIONE: uso di kb,Mb,Gb e di KB,MB,GB

## Relazioni tra capacità e bitrate

- La capacità totale di un percorso in rete tra 2 end-system è condizionata dalla minima tra le capacità dei link che lo formano e la capacità di accettazione del ricevitore (dipende dalla sua potenza di calcolo).
- Se il bitrate emesso da un end-system è maggiore della capacità totale del percorso si perde informazione.

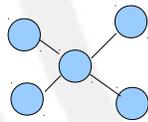
## Topologie di rete

- Rete = Nodi + Canali di trasmissione
- Link semplice

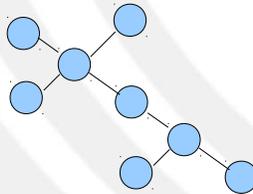


- Stella

– Semplice



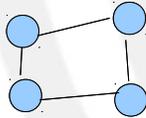
– Albero



## Topologie di rete (2)

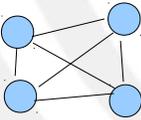
- Rete = Nodi + Canali di trasmissione

- Anello

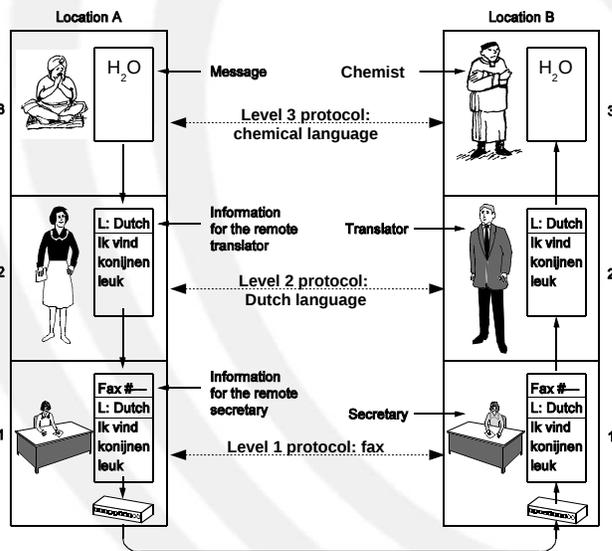
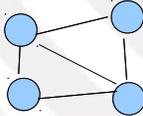


- Maglia

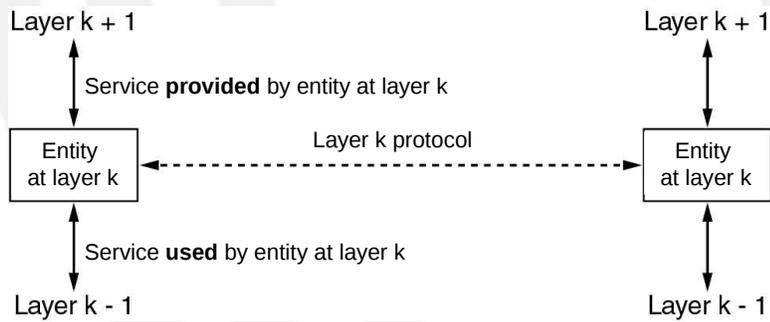
– Completa



– Incompleta

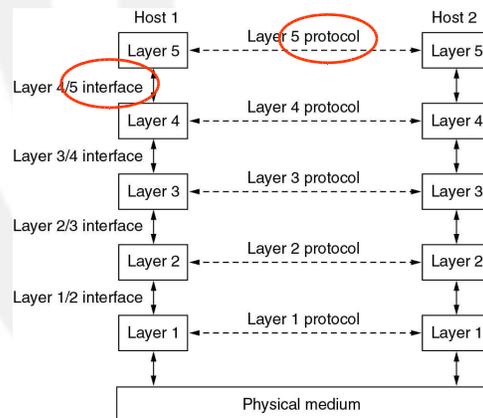


## Entita', Servizi e Protocolli



Le entità possono essere in HW o SW (driver, S.O., applicazioni).

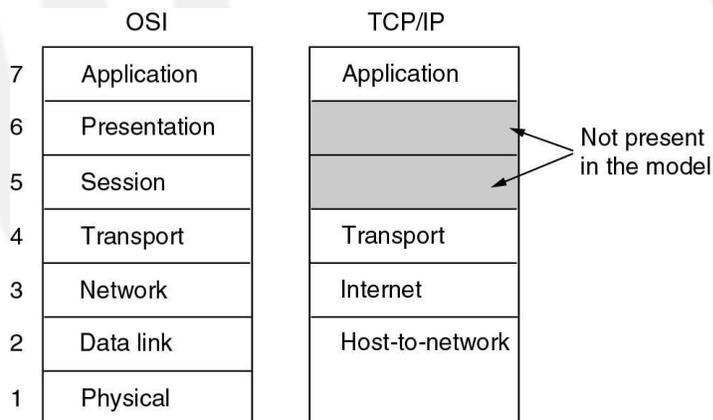
## Pila di protocolli (protocol stack)



## Possibili problematiche affrontate da un protocollo

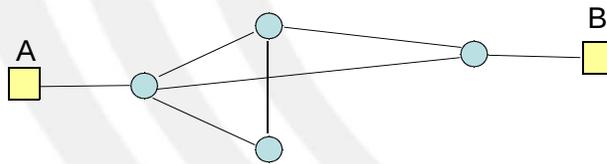
- Indirizzamento
- Rilevazione e recupero pacchetti mancanti, errati o fuori sequenza
- Controllo di flusso
- Frammentazione e ri-assemblaggio
- Instradamento (routing)
- Questi problemi non sono tutti affrontati dallo stesso protocollo ma assegnati a diversi protocolli su diversi livelli della pila

## Modello TCP/IP e confronto



## Commutazione

- Come instradare i dati trasmessi tra A e B attraverso la rete ?



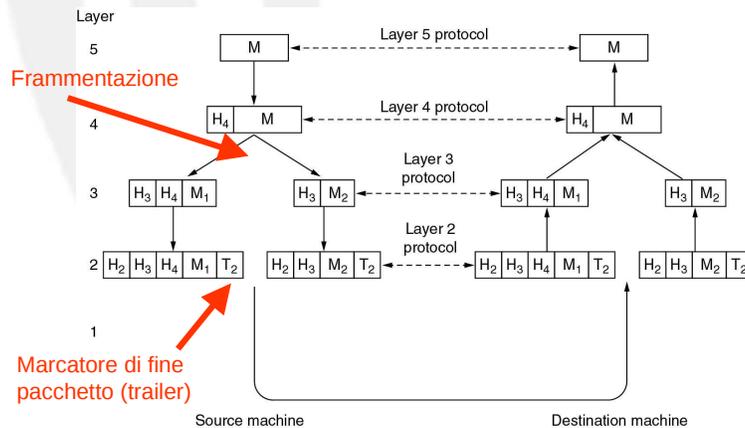
## Commutazione di circuito

- Viene stabilito un percorso fisso tra A e B **per tutto il tempo** della trasmissione
- **Tutti i dati** seguono tale percorso come se fosse un "filo" continuo in cui far scorrere i bit uno ad uno.
- PRO: Basso ritardo e capacità totale costante
- CONTRO: Possibile spreco di risorse
- Nato per le telefonate analogiche e poi applicato anche a quelle digitali (sia fisse che cellulari)
  - ISDN
  - GSM

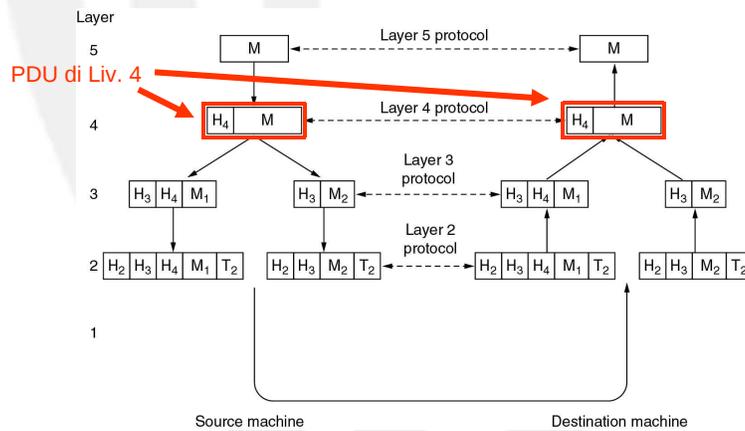
## Commutazione di pacchetto

- I bit vengono raggruppati in “pacchetti”.
- I pacchetti contengono informazioni che consentono l'instradamento attraverso i nodi.
- In una trasmissione tra A e B i pacchetti possono fare tutti lo stesso percorso oppure no.
- PRO: Migliore utilizzo delle risorse in presenza di traffico “a raffica” (tipico dei dati).
- CONTRO: Più difficile mantenere ritardo e capacità costanti nel tempo
- Da questo momento, quando non specificato, parliamo di reti a commutazione di pacchetto.

## Imbustamento multiplo



## Protocol data unit (PDU)

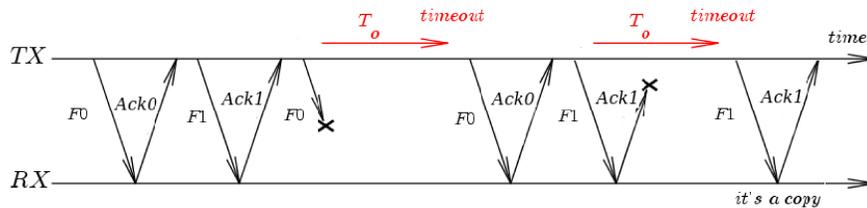


## Perdita di pacchetti e acknowledge

- Un pacchetto trasmesso può non arrivare mai a destinazione oppure arrivare con errori che ne compromettono l'accettazione
- **Acknowledge (ack):** è un pacchetto "di ricevuta" che il ricevitore trasmette indietro al mittente.
  - Il mittente può sapere se il suo messaggio è stato ricevuto e in caso negativo lo ritrasmette
- Potrebbe succedere che il pacchetto dei dati arrivi a destinazione ma venga perso il suo ack
  - Il mittente rispedisce e il destinatario si trova a ricevere più volte gli stessi dati e deve accorgersene
    - I pacchetti devono avere un numero di sequenza come identificatore univoco

## Schema di conferma Stop&Wait

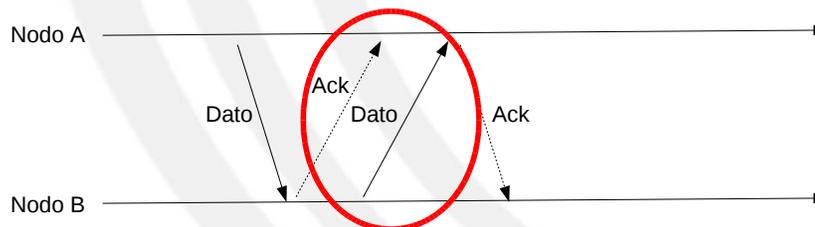
- Il più semplice schema di conferma



- Basta 1 bit come identificatore univoco
- Se il prodotto capacità\_canale\*ritardo\_canale è grande la soluzione Stop&Wait porta ad uno scarso utilizzo del canale perché durante l'attesa dell'ack si potrebbero inviare altri pacchetti
  - Evoluzione → Protocolli sliding window

## Piggyback acknowledge

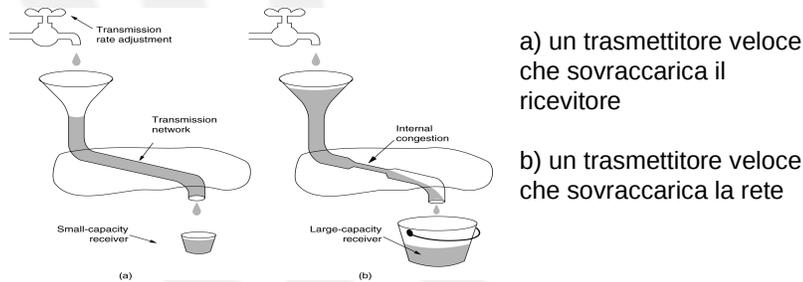
- In caso di trasmissione di dati nella direzione opposta è possibile evitare la trasmissione di messaggi solo per funzione di ack ma si può aggiungere un campo nell'intestazione dei messaggi dati



**Si possono accorpate in un unico pacchetto!**

## Acknowledge e controllo di flusso

- La perdita di un pacchetto è sintomo che sto inviando i dati con un bitrate non sostenibile dalla rete o dal ricevitore



a) un trasmettitore veloce che sovraccarica il ricevitore

b) un trasmettitore veloce che sovraccarica la rete

- Il trasmettitore, alla mancata ricezione dell'ack, può decidere di rallentare la trasmissione oltre a ritrasmettere il pacchetto perso (controllo di flusso)

## Tipi di servizi

- Connection-oriented
  - Prima di inviare dati c'è una fase di creazione della connessione logica
  - Alla fine c'è distruzione della connessione logica
  - ID di connessione
  - Consegna affidabile (con ack) e ordinata dei pacchetti
  - (opzionale) controllo di flusso
- Connection-less
  - Datagram
  - Può essere
    - Confermato (con ack)
    - Non confermato (senza ack)

## Livello fisico

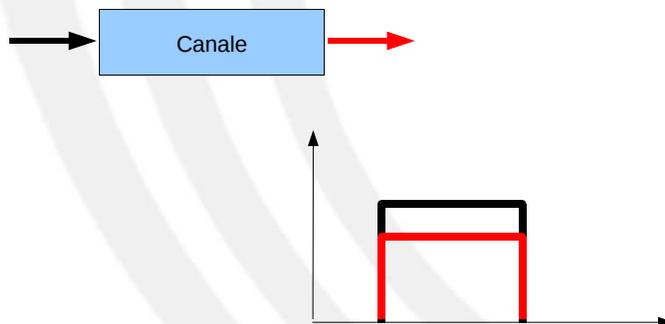
## Obiettivi del livello fisico

- Definire il concetto di bit a partire da variazioni di grandezze fisiche
  - Tensione, corrente elettrica
  - Luce
  - Onde radio
- Definire mezzi trasmissivi (es. cavi, frequenze radio, modulazioni radio) e modalità di cablaggio (=collegamento)
- Combattere i “nemici” della trasmissione

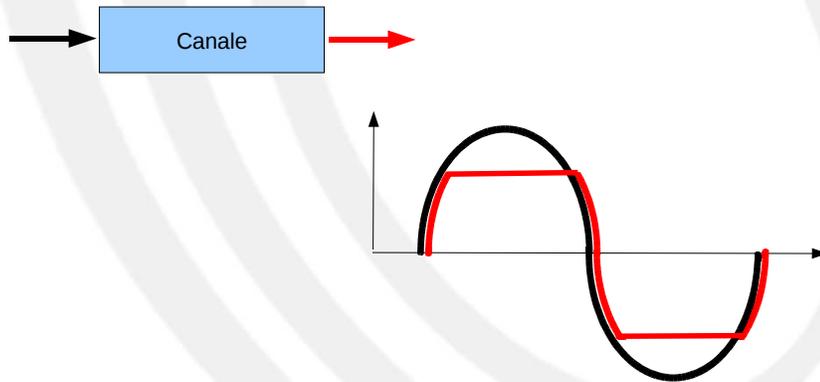
## Nemici della trasmissione

- Attenuazione
  - Il segnale perde forza lungo il cammino o in presenza di ostacoli (solo per il wireless)
- Distorsione
  - Il segnale perde la forma originale
- Interferenza
  - Esterna
  - Interna: diafonia o cross-talk

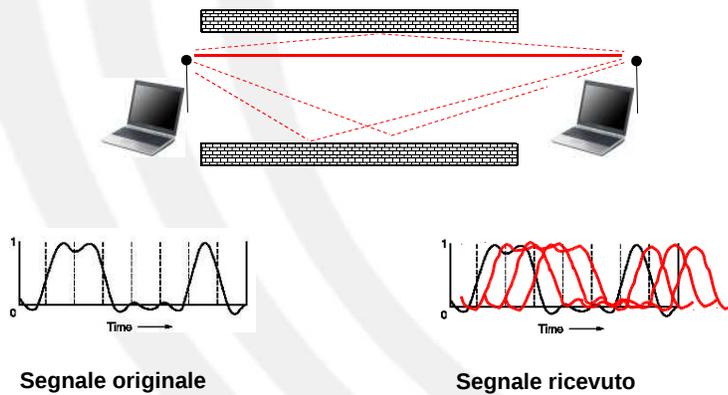
## Esempio di attenuazione



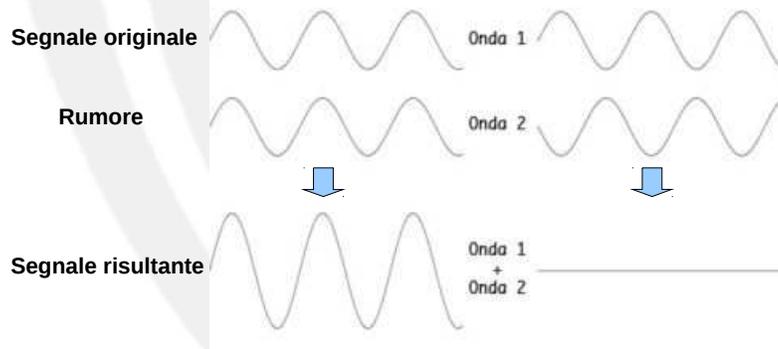
## Esempio di distorsione



## Esempio di distorsione: cammini multipli



## Esempio di interferenza



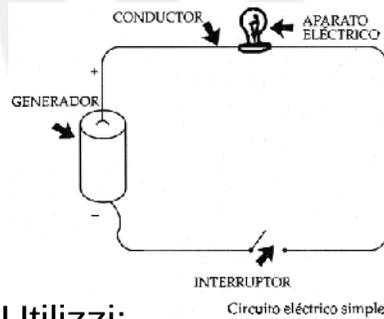
37

## Trasmissione su cavo

- Cavo di rame
  - Trasmissione sbilanciata
    - Coppia parallela
    - Coppia coassiale
  - Trasmissione bilanciata o differenziale
    - Doppino ritorto (copper twisted pair cable)
- Fibra ottica

38

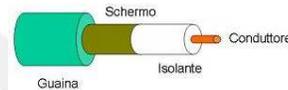
## Trasmissione sbilanciata



Coppia parallela

Utilizzi:

– Seriale RS-232

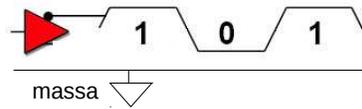


Cavo coassiale

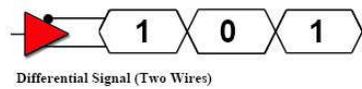
## Trasmissione bilanciata o differenziale

- L'informazione viene letta come differenza di due segnali
- Non serve un riferimento di massa comune tra trasmettitore e ricevitore
- Due fili per portare l'informazione → la coppia di fili è chiamata **doppino**
- Una interferenza esterna si manifesta uguale sui due fili e l'effetto viene annullato nella differenza → elevata immunità al rumore
- L'immunità si accentua se i due fili (isolati) si attorcigliano → **doppino ritorto**

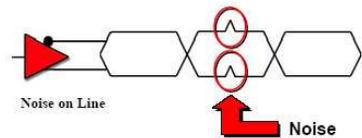
## Trasmissione sbilanciata vs. bilanciata o differenziale



Trasmissione sbilanciata



Trasmissione differenziale



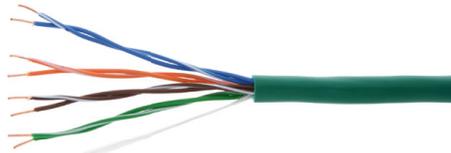
Trasmissione differenziale con annullamento dell'effetto dell'interferenza

## Trasmissione bilanciata o differenziale

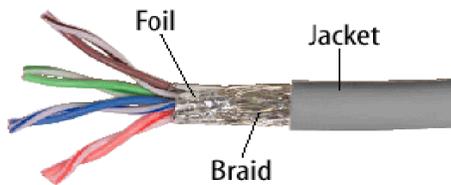
- Utilizzi:
  - USB, Firewire
  - Telefonia, ADSL
  - LAN su rame (Ethernet)
  - Bus di campo (CAN, Fieldbus)

## Tipologie di doppino

Doppino non schermato:  
un-shielded twisted pair  
(UTP)



Doppino schermato:  
shielded twisted pair  
(STP)



## Doppino in rame non schermato



(a)



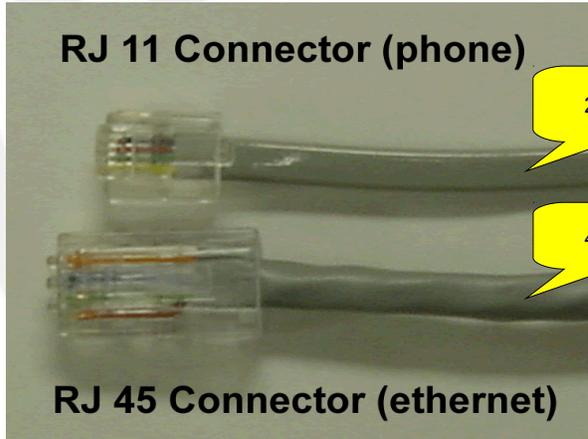
(b)

(a) UTP di categoria 3

(b) UTP di categoria 6

## Connettori per doppino

**RJ 11 Connector (phone)**



2 coppie

4 coppie

**RJ 45 Connector (ethernet)**

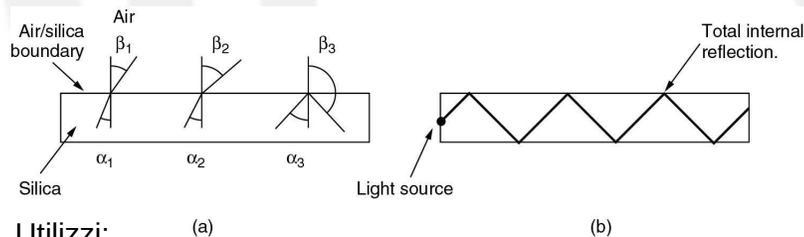
## RJ45



## Trasmissione sbilanciata vs. bilanciata

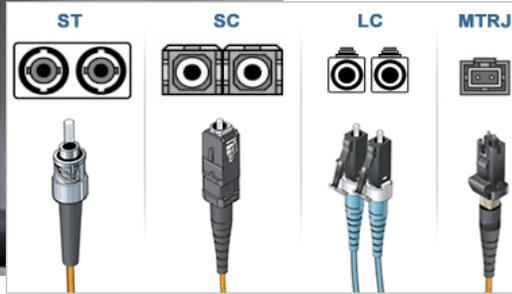
- Si assuma di volere trasmettere su N canali indipendenti in parallelo, ad es.
  - N canali nella stessa direzione per trasmissione parallela
  - N/2 canali per TX e N/2 per RX
- Allora
  - Approccio sbilanciato: N+1 fili
  - Approccio bilanciato: 2N fili
- L'approccio bilanciato è più oneroso a fronte di una maggiore immunità al rumore

## Fibra ottica

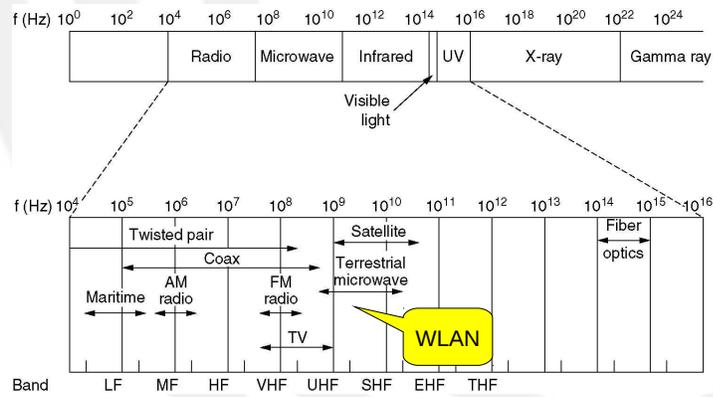


- Utilizzi:
  - Trasmissioni in ambienti con elevato rumore elettromagnetico (es. presse, saldatori, motori elettrici)
  - Necessità di disaccoppiamento elettrico per evitare rischi di folgorazione (es. applicazioni mediche)
  - Altissima capacità di trasmissione

# Fibra ottica



# La trasmissione radio

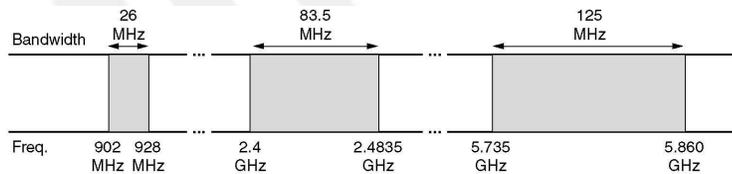


## La trasmissione radio

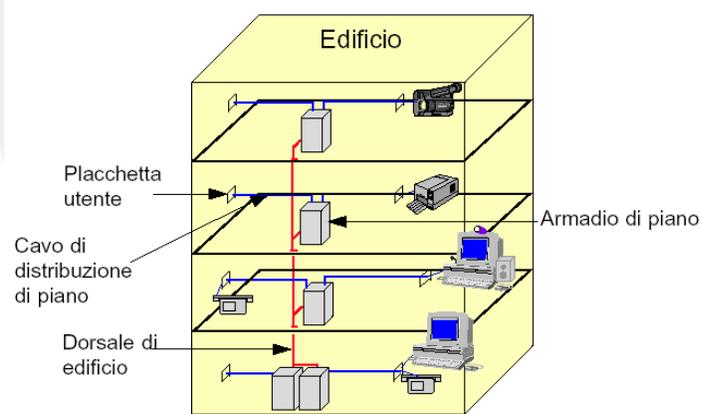


## Assegnazione delle frequenze radio

- Lo spettro EM è una risorsa controllata a livello nazionale
  - Concessioni governative: TV, radio, telefonia mobile
- Le bande libere Industria-Scienza-Medicina (ISM)
  - Sono usate da Bluetooth, Wireless LAN, ZigBee



## Esempio di cablaggio strutturato



## Cosa integrare in un cablaggio strutturato ?

- Reti locali
- Telefonia
- Controllo accessi
- Video-sorveglianza
- Antifurto
- Allarmi (incendio, furto)

## Componenti del cablaggio strutturato

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

## Perchè il cablaggio strutturato ?

- Necessità di sistemi di cablaggio standard per edifici commerciali è avvertita da associazioni di telecomunicazioni (TIA) e di calcolatori (EIA) nel 1985
  - nel 1991 approvano lo standard per cablaggio strutturato EIA/TIA 568
- Il sistema di cablaggio deve essere:
  - adatto ad un ambiente multiproduct/multivendor
  - indipendente dai prodotti di telecomunicazione che verranno installati
  - pensato per essere realizzato contestualmente alla costruzione o ristrutturazione organica di un edificio

## Tecnologie di trasmissione

- Seriale
  - viene trasmesso un bit alla volta
  - minor utilizzo di cavi o canali radio
  - trasmissione più lenta rispetto a quella parallela
  - Es. RS-232, USB, Firewire, Ethernet
- Parallela
  - vengono trasmessi più bit contemporaneamente su più cavi o canali radio
  - Es. cavo parallelo per stampante, collegamento tra hard disk e CPU nel PC

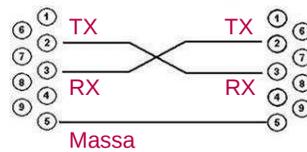
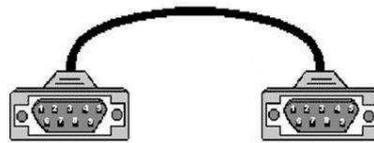
## Trasmissione sincrona e asincrona

- Nella trasmissione sincrona, trasmettitore e ricevitore hanno una base tempi comune che scandisce l'invio dei bit
- Nella trasmissione asincrona non c'è una base tempi comune e ciascuna trasmissione deve essere identificata da un bit di Start e da un bit di Stop.
  - Il bit di start indica che il "dato" sta per iniziare e il bit di stop indica quando che il dato è terminato.

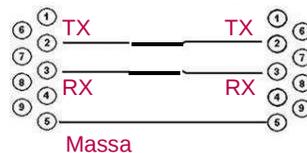
## RS-232

- Standard per la trasmissione seriale asincrona nato per collegare PC al modem
- Trasmissione elettrica sbilanciata
  - Un filo per trasmettere
  - Un filo per ricevere
  - Filo di massa
- Capacità
  - fino a 1 Mb/s con cavo di 1-2 m
  - fino a 19200 b/s con cavo di 15 m

## Collegamenti RS-232



Cavo incrociato  
o Null Modem



Cavo dritto

## Protocollo RS-232



- Il livello di Idle è alto per rilevare la rottura della linea
- Il bit di start è sempre 0
- Il numero di bit di dato può essere 5, 6, 7, 8
- Il reciproco del tempo di trasmissione di un bit è detto baud rate
- La parità può essere pari, dispari oppure non esserci
- I bit di stop sono sempre a livello 1 e possono essere 1, 1.5, 2

## Protocollo RS-232

- Sia il ricevitore che il trasmettitore devono essere predisposti con gli stessi valori di
  - baud rate (es. 9600, 19200, ecc...)
  - numero di bit di dato
  - presenza della parità e tipo
  - numero di bit di stop

## Successori di RS-232

- Universal Serial Bus (USB)
  - Lunghezza max di un cavo: 5 metri
  - 480 Mb/s (versione 2) - 4.8 Gb/s (versione 3)
  - Trasmissione bilanciata: 1 coppia per TX + 1 coppia per RX
  - Ulteriore coppia di fili per portare l'alimentazione
  - Possibilità di inserire hub per moltiplicare porte e amplificare il segnale
- Firewire (o IEEE1394 o I-Link)
  - 800 Mb/s a 4.5 metri max
- Serial ATA
  - 1.26 Gb/s
  - Usato per collegare i dischi fissi con la CPU

## Limiti dei collegamenti punto-punto

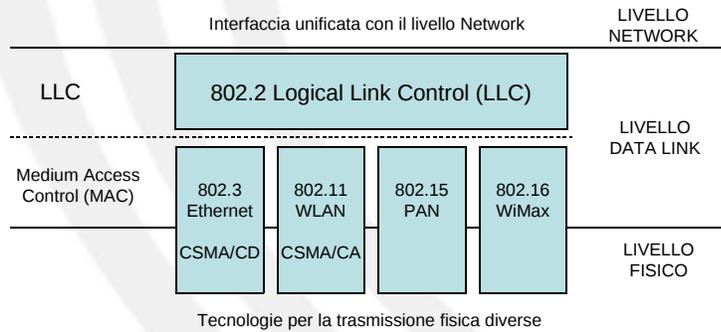
- RS-232, USB, Firewire sono protocolli punto-punto, cioè collegano coppie di macchine
- Per collegare tra loro N macchine occorrerebbero  $N(N-1)$  cavi e connettori !
- Occorre introdurre un canale condiviso e delle regole per
  - identificare univocamente le macchine
  - decidere il turno di utilizzo
- Nasce il concetto di Local Area Network e il livello Datalink

## Livello Datalink

## Problematiche affrontate dal livello Datalink

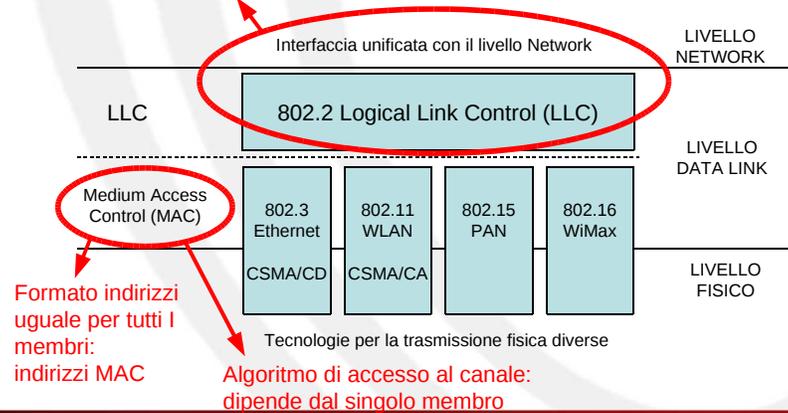
- Situazione
  - Apparecchiature indipendenti
  - Canale ad alta capacita' ma condiviso da piu' stazioni
- Problemi
  - Individuare univocamente le macchine
  - Stabilire chi in ogni istante utilizza il canale
  - Definire il concetto di pacchetto
- Soluzione: famiglia di standard IEEE 802.X

# Famiglia IEEE 802.X



# Famiglia IEEE 802.X

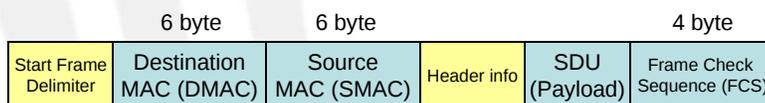
Protocollo Internet e applicazioni (web, email, ecc) funzionano indipendentemente da Ethernet, WLAN, ecc...



## Indirizzi MAC

- 6 byte univoci per ogni scheda conforme allo standard 802 (Ethernet, WLAN, ecc...)
- Esempio:
  - Il mio PC ha
    - 00:11:43:3E:98:DB per Ethernet
    - 20:22:41:3F:A0:AA per WLAN
  - Per mandare un pacchetto a tutte le macchine della rete si usa un indirizzo broadcast
    - FF:FF:FF:FF:FF:FF

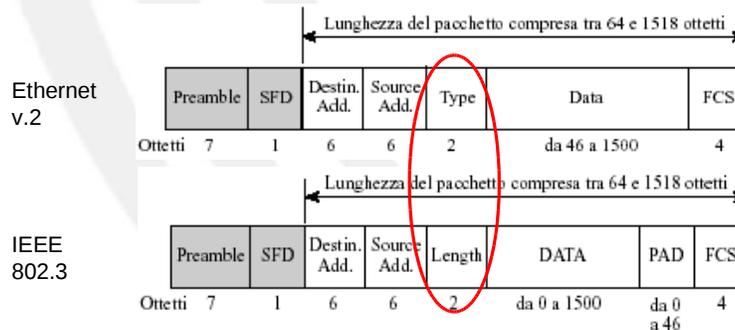
## Formato del pacchetto MAC (detto volgarmente frame)



- I campi gialli dipendono dallo specifico protocollo
- La lunghezza max e min di un frame dipendono dallo specifico protocollo
- FCS è un codice per la rilevazione di errore (CRC)
- I frame sono delimitati da
  - Start Frame Delimiter (SFD)
  - Spazio minimo tra frame (Inter Frame Gap)

## Frame Ethernet/IEEE 802.3

- Ethernet v.2 → IEEE 802.3
  - differiscono per un campo del frame



## Frame Ethernet/IEEE 802.3

- Preambolo: seq. di 7 byte per sincronizzare il clock dei ricevitori
- Start Frame Delimiter (SFD): indica l'inizio del frame
- Type: codice del protocollo contenuto nel payload
- Length: lunghezza in byte della parte utile del payload
- PAD: byte di padding nel caso che con i soli dati non si riesca a raggiungere la dim min di 64 byte

## CSMA/CD

- Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
- Carrier Sense = prima di trasmettere ascolto se il canale e' libero
- Multiple Access = piu' stazioni, credendo libero il canale, possono iniziare la trasmissione
- Collision Detection = durante la trasmissione verifico se quanto passa sul canale e' dovuto solo alla mia trasmissione
  - Se i bit ricevuti sono diversi da quelli trasmessi allora c'è stata COLLISIONE

## Collisione

- Le staz. trasmittenti sospendono l'invio del frame e trasmettono una *sequenza di jamming* (32-48 bit)
  - Si genera un *frammento di collisione*
- Le stazioni riceventi scartano il frame ricevuto perché minore della lungh. minima oppure perché fallisce il controllo del CRC
- Le stazioni che hanno interrotto la trasmissione ritentano dopo un tempo casuale (alg. di backoff)

## Evoluzione Ethernet/802.3

- 802.3 Ethernet (10 Mb/s)
- 802.3u Fast Ethernet (100 Mb/s)
- 802.3z Gigabit Ethernet (1 Gb/s)
- 802.3ae 10 Gigabit Ethernet (10 Gb/s)
  - Usato sulle reti geografiche e nei data center come collegamento veloce tra server e con hard disk condivisi (= Storage Area Network)

## WLAN 802.11: caratteristiche fisiche

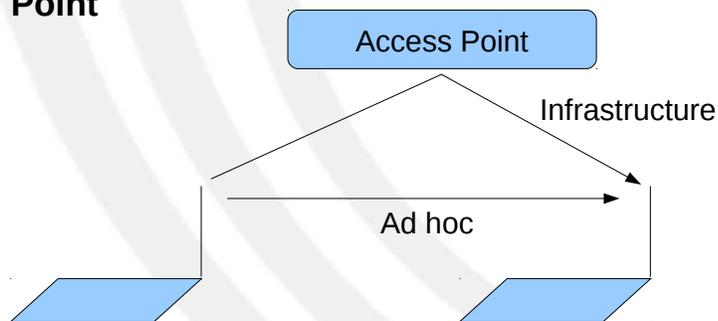
- Staz. fisse e mobili in ambito locale
  - Bassa velocità di spostamento (<20 km/h)
  - Max 1 km di raggio
- Bande ISM centrate su 2.4 GHz e 5 GHz
- Potenza tra 10mW a 100mW
  - Riduzione interferenze
  - Aumento della durata batterie
  - Minore inquinamento elettromagnetico

## Sotto-livello fisico di 802.11

- 802.11: 1-2 Mb/s
  - Infrarosso (in disuso)
  - Radio 2.4 GHz
- 802.11b: 1-2-5.5-11 Mb/s
  - Radio 2.4 GHz
- 802.11a: radio a 5 GHz, 54 Mb/s
- 802.11g: radio a 2.4 GHz, 54 Mb/s
- 802.11n: radio a 2.4/5 GHz, 100 Mb/s
  - Trasmissione su più canali in parallelo

## MAC di 802.11

- **ad hoc**: trasmissione diretta tra stazioni
- **infrastructure**: trasmissione attraverso **Access Point**



## Livello Network

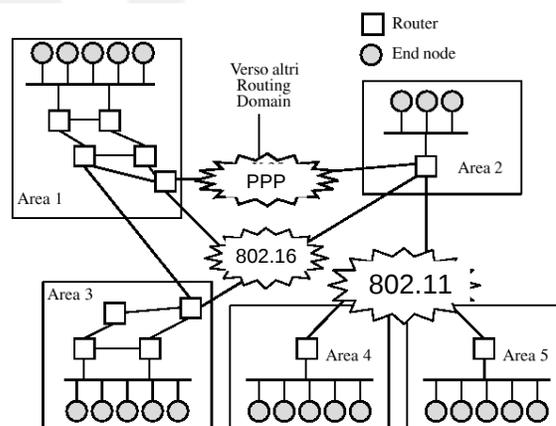
## Problematiche affrontate dal livello Network

- Necessità di far comunicare diversi tipi di reti di livello 2
  - Diversi mezzi trasmissivi
  - Diversi formati di Datalink PDU
  - Diverse dimensioni max di frame (Max Transfer Unit – MTU)
  - Diversi formati di indirizzi (o assenti)
  - Presenza di percorsi multipli per aumentare l'affidabilità

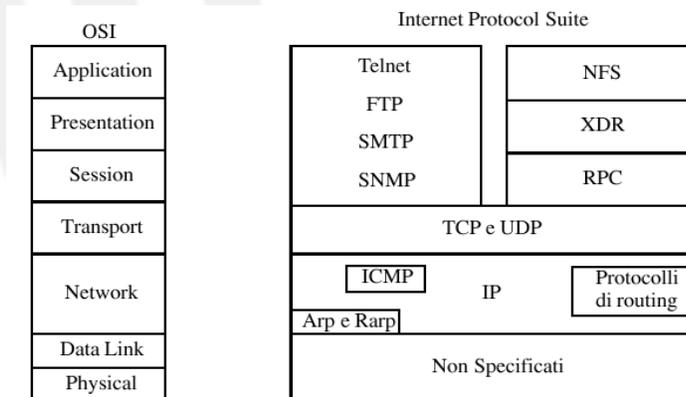
## Funzionalità del livello network

- Aggregazione di reti di livello 2 per creare reti molto grosse (fino a Internet mondiale)
- Indirizzamento delle stazioni indipendente dallo standard di livello 2
- Routing: trovare la strada (migliore) tra due nodi qualsiasi della rete globale
- Gestione delle diverse MTU mediante frammentazione e riassettaggio

## Aggregazione di reti di liv. 2



## Architettura TCP/IP

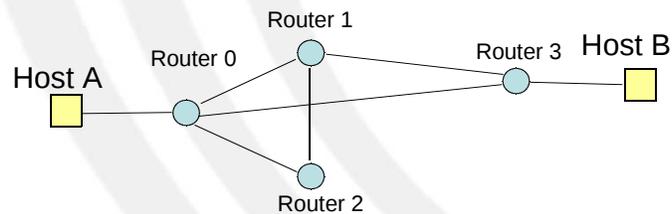


## Internet Protocol (IP)

- Negli anni 70' DARPA progetta ARPANET
- Internet Engineering Task Force (IETF)
- Request for Comment (RFC)
  - RFC 791 describe IP
- Internet = Inter Networking = come far parlare due nodi che non si vedono a livello 2

## Rete IP

- Rete IP = host + router



## Internet Protocol (2)

- Indirizzamento dei nodi
- Servizio non connesso e non confermato: ogni pacchetto è indipendente dagli altri e deve contenere l'indirizzo di destinazione
- Routing
- Altre funzionalità:
  - Frammentazione
  - Rilevazione debole degli errori (solo checksum dell'header della Network PDU)
  - Forwarding (host+router+reti di livello 2)

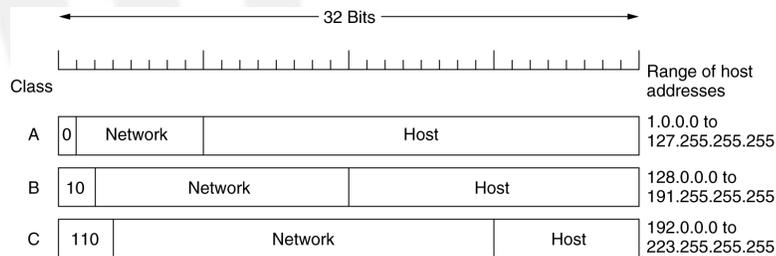
## Indirizzi IP

- Assegnati alle interfacce (e non alle macchine !)
- 32 bit
- I 32 bit vengono raggruppati in 4 numeri da 8 bit (intervallo 0-255) che vengono scritti
  - In base 10
  - Separati da punti
- Esempio:  
01111111 00000000 00000000 00000001 -->  
127.0.0.1 (interfaccia di loopback = l'interfaccia di default della propria macchina)

## Struttura degli indirizzi

- Meccanismo simile al prefisso nei telefoni
- 32 bit divisi tra Network e Interface
- Determinazione della parte Network
  - Automatica mediante suddivisione in 5 classi di indirizzi
  - Manuale mediante AND bit-a-bit con la **network bitmask (netmask)**

## Classi degli indirizzi IP



## Netmask

130.192.16.15 --> indirizzo di classe B  
 Net: 130.192.0.0 Host: 0.0.16.15

130.192.16.15 + "11111111 11111111 11110000 00000000"  
 --> Net: 130.192.16.0 Host: 0.0.0.15

Si può anche scrivere 130.192.16.15/20

- Se non si specifica la netmask vale la lunghezza del prefisso determinata dalla classe dell'indirizzo
- La netmask viene usata per suddividere grossi lotti di indirizzi in lotti più piccoli (subnetting)

## Primo livello di routing

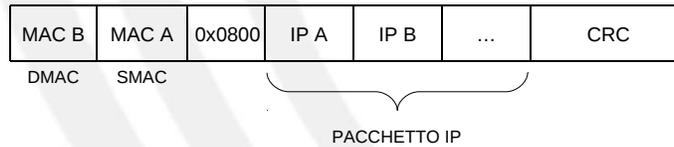
- Ogni interfaccia conosce:
  - Il proprio IP
  - La lunghezza della parte network (ufficiale o netmask)
  - IP di un router (default GW)
- Si confronta la parte dell'IP destinatario corrispondente alla parte network del proprio IP. Si verificano due casi:
  - Uguali: raggiungibilità diretta sulla rete di livello 2
  - Diversi: occorre spedire il pacchetto al default gateway
- Conseguenza: mittente e default gateway hanno lo stesso prefisso

## Primo livello di routing (2)

- Subnet IP = insieme di tutte le interfacce con lo stesso prefisso IP (per lunghezza e per valore)
- Subnet IP  $\subseteq$  rete di livello 2
- L'indirizzo del default GW impostato sul mio host deve essere nella stessa subnet e quindi avere lo stesso prefisso del mio IP
  - `/sbin/ifconfig -a` ---> IP e eventuale netmask
  - `/sbin/route` ---> IP del default GW

## Invio di un pacchetto IP su rete Ethernet

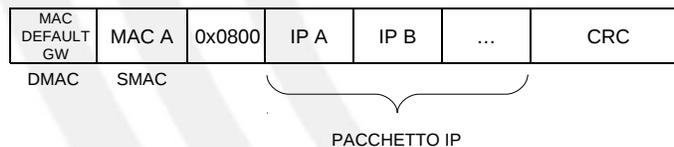
Formato di un frame MAC per l'invio di un pacchetto IP tra 2 host (da A a B) della **stessa** sottorete IP:



Per conoscere l'indirizzo MAC di B la stazione A usa l'Address Resolution Protocol (ARP)

## Invio di un pacchetto IP su rete Ethernet (2)

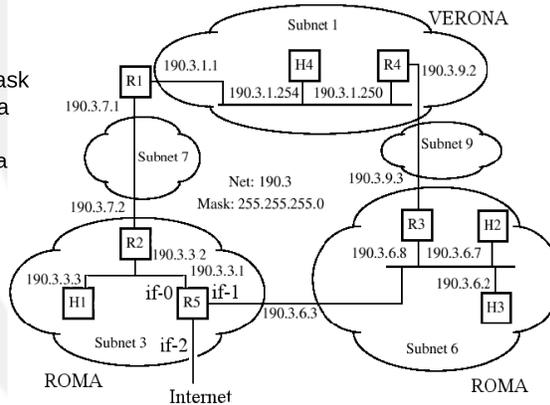
Formato di un frame MAC per l'invio di un pacchetto IP tra 2 host (da A a B) appartenenti a sottoreti IP **diverse**:



Per conoscere l'indirizzo MAC del default GW la stazione A usa l'Address Resolution Protocol (ARP)

## Routing tra subnet diverse

- Tutte le interfacce devono avere IP con la stessa netmask
- I router non appartengono a nessuna sotto-rete
- Tra 2 router c'è sempre una sotto-rete con almeno due indirizzi
- Ogni interfaccia di ciascun router ha associato
  - Un IP
  - Una netmask
  - Un default GW

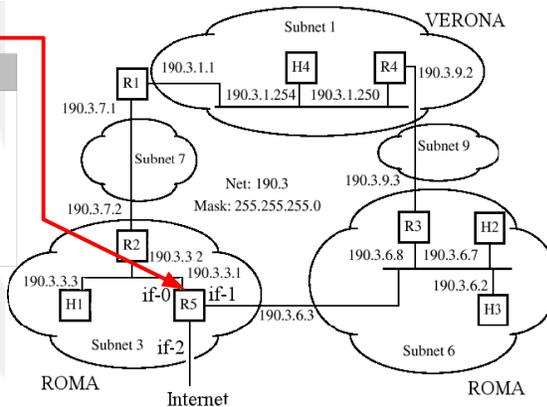


## Routing tra subnet diverse

Tabella di instradamento

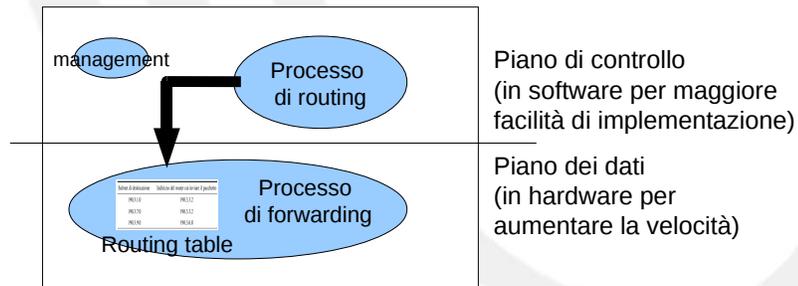
Destinazione	IFacc
190.3.6.0/24	if-1
190.3.3.0/24	if-0
190.3.1.0/24	if-0
190.3.7.0/24	if-0
190.3.9.0/24	if-1
default	if-2

Inserite automaticamente dal router per conoscenza diretta

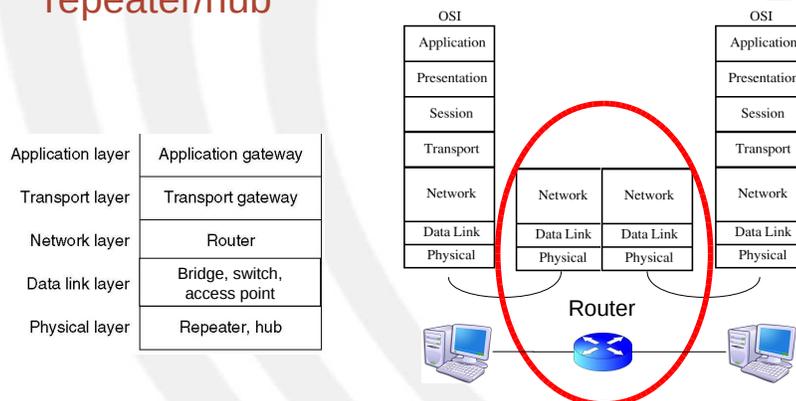


## Architettura di un router

- Il **routing** è diverso dal **forwarding**
- Marche: Cisco, Juniper, HP, ...

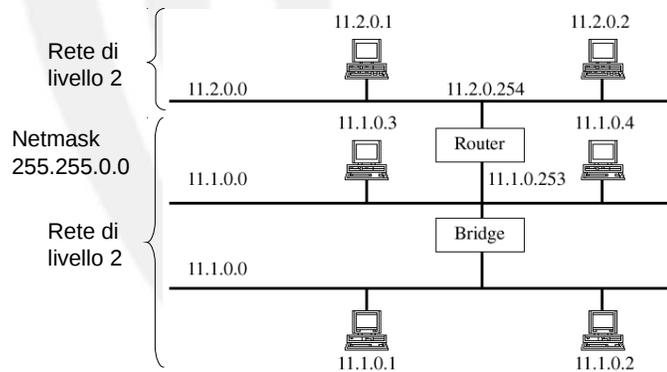


## Router vs. switch/bridge/access-point e repeater/hub



Un router lavora a livello Network

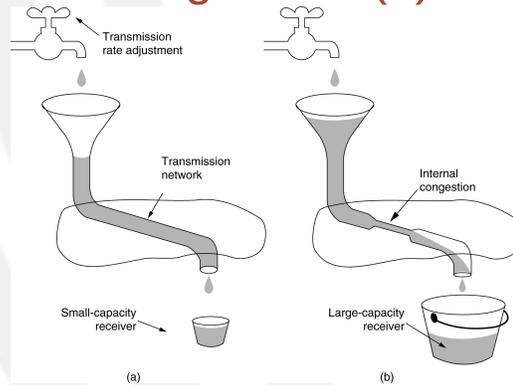
## Router vs. switch/bridge



## Congestioni

- L'architettura di rete IP adotta un modello di comportamento chiamato **Best Effort**
  - La rete fa il suo meglio per recapitare pacchetti
  - Non rifiuta mai nuovi utenti (a differenza della rete telefonica)
- Possono verificarsi **congestioni** nelle code dei router
  - Un pacchetto IP che arriva ad una coda piena viene scartato

## Congestioni (2)



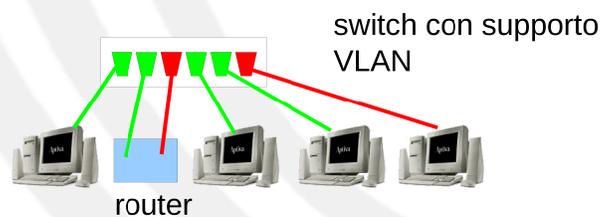
- a) un trasmettitore veloce che sovraccarica il ricevitore
- b) un trasmettitore veloce che sovraccarica la rete

## Virtual LAN

- Gli switch separano domini di collisione ma non di multicast/broadcast:
  - Protocollo ARP e malfunzionamenti generano traffico broadcast che occupa inutilmente banda
- Problemi di sicurezza:
  - Selective flooding nel transitorio
  - Possibilità di poisoning
- Soluzione: partizionamento di una LAN in tante LAN da collegare tramite router IP (creando corrispondenti sottoreti IP)

## Virtual LAN (2)

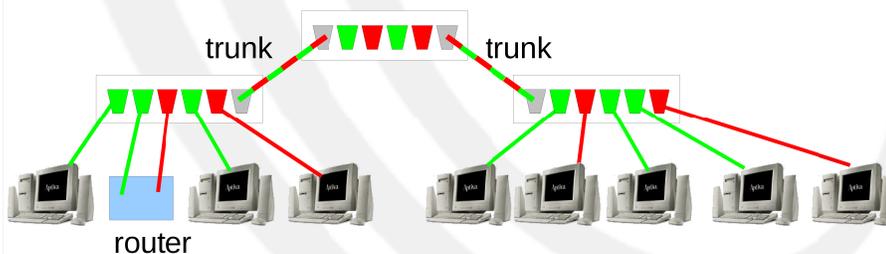
- Separazione di stazioni tra LAN diverse anche se collegati allo stesso switch
  - L'amministratore decide l'assegnazione delle porte tramite SW di net-management
  - Assegnazione facile da cambiare senza spostare cavi



103

## Come distribuire VLAN su più switch?

- Occorre scrivere un ID della VLAN nella trama ethernet (standard VLAN 802.1Q)
  - Le porte "colorate" degli switch VLAN lo aggiungono sulle PDU entranti e lo rimuovono da quelle uscenti
    - Non crea problemi di compatibilità con le stazioni
  - Utile per dare priorità

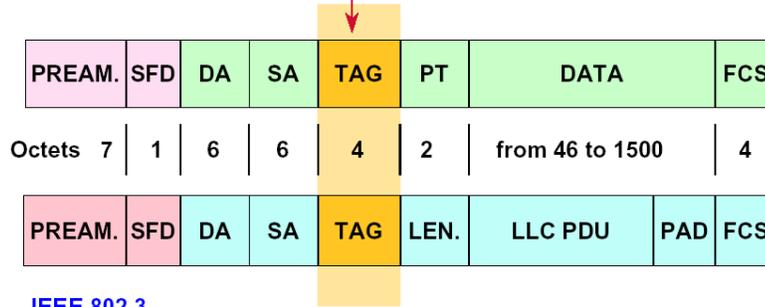


104

# VLAN 802.1Q

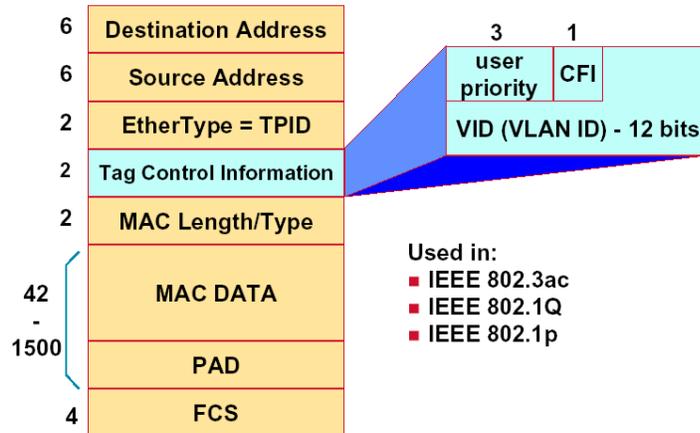
Ethernet v2.0

New Field



IEEE 802.3

# VLAN 802.1Q



Used in:

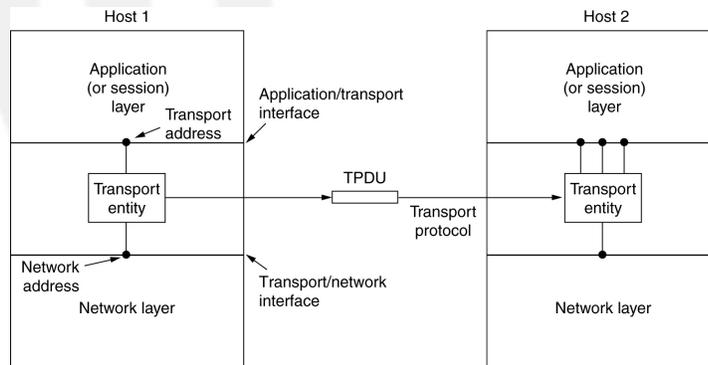
- IEEE 802.3ac
- IEEE 802.1Q
- IEEE 802.1p

## Livello Trasporto

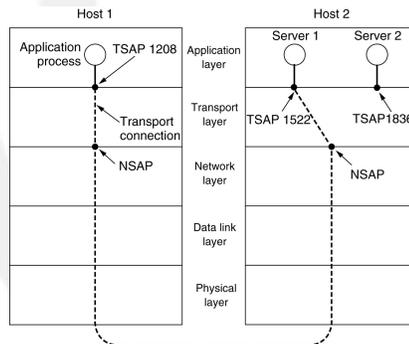
## Motivazioni

- Su un host vengono eseguiti diversi processi che usano la rete
- Problemi
  - Distinguere le coppie di processi che si stanno scambiando i dati
  - Fornire meccanismi adatti al tipo di applicazione coinvolta
    - Affidabilità
    - ecc...

## Servizi forniti ai livelli soprastanti

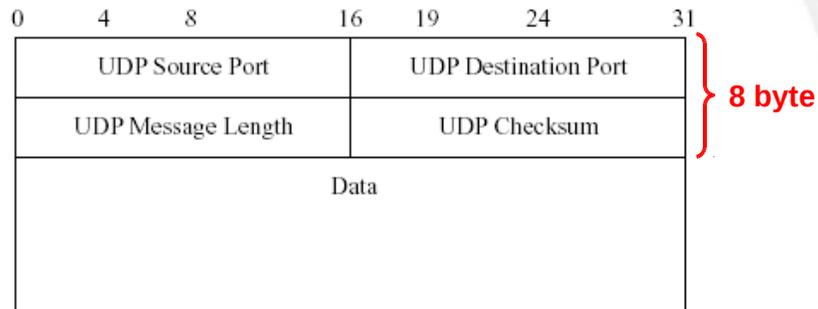


## Indirizzamento e multiplexing



Indirizzo visto dall'applicazione --> NSAP:TSAP  
 es: 157.27.242.32:3450

## User Datagram Protocol (UDP)



## UDP (2)

- Servizio non orientato alla connessione e non confermato
  - Solo multiplex delle applicazioni
  - La checksum copre la PDU UDP e parte del header IP
- Utilizzato per applicazioni in cui:
  - l'affidabilità non è richiesta (multimedia)
  - i dati scambiati stanno tutti in un pacchetto (es. Network Time Protocol)

## Transmission Control Protocol (TCP)

- Multiplex delle applicazioni
- Servizio orientato alla connessione
- Trasmissione
  - affidabile (con acknowledge)
  - ordinata
  - byte-oriented
  - full duplex
- Controllo di flusso
- Controllo di congestione

## Osservazione

- Il servizio TCP “fa vedere” alle applicazioni un “tubo” simile ad un file o ad una pipe in cui leggere e scrivere gruppi di byte di dimensione arbitraria (anche 1 solo)
- Attenzione che questo servizio “virtuale” è implementato sopra un livello network (IP) che non prevede connessioni
  - Tra due host di una connessione TCP i pacchetti IP possono fare strade differenti nelle due direzioni

## Livello applicazione

## World Wide Web

## World Wide Web

- Inventato da Tim Berners-Lee al CERN di Ginevra nel 1989
- Client (web browser) accedono a documenti HTML, immagini, ecc. contenuti su vari server

## Il funzionamento del WWW



1. Il browser determina l'URL (o digitata o cliccata)
2. Il browser chiede al Domain Name Server (DNS) locale l'IP di [www.ietf.org](http://www.ietf.org)
3. Il DNS risponde con 64.170.98.32
4. Il browser apre una conn TCP verso la porta 80 di 64.170.98.32
5. Il browser **richiede** la pagina /html.charters/wg.dir.html
6. Il server **invia** la pagina HTML e chiude la conn TCP
7. Il browser chiude la conn TCP e visualizza la pagina HTML
8. Il browser **richiede** al server **riceve** e visualizza le immagini contenute nella pagina

## Il funzionamento del WWW

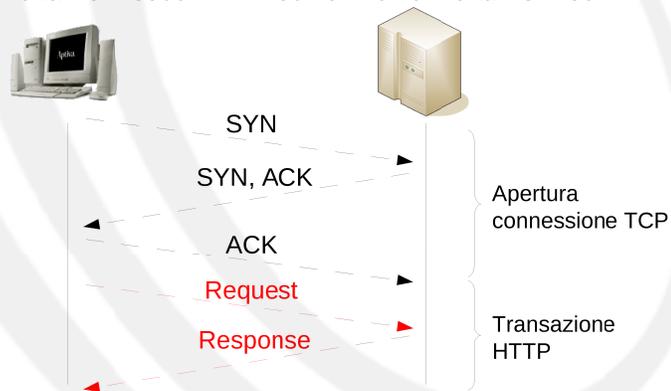


1. Il browser determina l'URL (o digitata o cliccata)
2. Il browser chiede al DNS locale l'IP di [www.ietf.org](http://www.ietf.org)
3. Il DNS risponde con 64.170.98.32
4. Il browser apre una conn TCP
5. Il browser **richiede** la pagina
6. Il server **invia** la pagina HTML
7. Il browser chiude la conn TCP e visualizza la pagina HTML
8. Il browser **richiede** al server **riceve** e visualizza le immagini contenute nella pagina

Le richieste e le risposte sono regolate dal protocollo di livello applicazione chiamato Hyper Text Transfer Protocol

## Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)

Browser Web (client) IP: 157.27.12.5 Porta TCP: 3500      Server Web (server) IP: 130.192.16.20 Porta TCP: 80



## Esempio di dialogo: client request

**GET** / HTTP/1.1  
**Host:** www.polito.it  
**User-Agent:** Mozilla/5.0 (X11; U; Linux i686; en-US; rv:1.8.1.11) Gecko/20071127 Firefox/2.0.0.11  
**Accept:** text/xml,application/xml,text/html  
**Accept-Language:** en-us,en;q=0.5  
**Accept-Encoding:** gzip,deflate  
**Accept-Charset:** ISO-8859-1,utf-8;q=0.7,\*;q=0.7

## Esempio di dialogo: server response

**HTTP/1.1 200 OK**  
**Date:** Wed, 04 Feb 2009 11:17:10 GMT  
**Server:** Apache/2.0.52 (Debian GNU/Linux)  
**Last-Modified:** Wed, 10 Nov 2004 11:40:38 GMT  
**Content-Length:** 1457  
**Content-Type:** text/html  
**Content-Language:** en

<html>  
...  
</html>

Header

Payload

## Esempio: server response: payload (1)

```
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<title>Test Page for Apache Installation</title>
</head>
<!-- Background white, links blue (unvisited), navy (visited), red
(active) -->
<body bgcolor="#FFFFFF" text="#000000" link="#0000FF" vlink="#000080" alink="#FF0000">
<p>If you can see this, it means that the installation of the
<a href="http://www.apache.org/foundation/preFAQ.html">Apache web server</a>
software on this system was successful. You may now add content to this directory
and replace this page.</p>

<hr width="50%" size="8" />
<h2 align="center">Seeing this instead of the website you expected?</h2>

...
```

## Esempio: server response: payload (2)

```
...

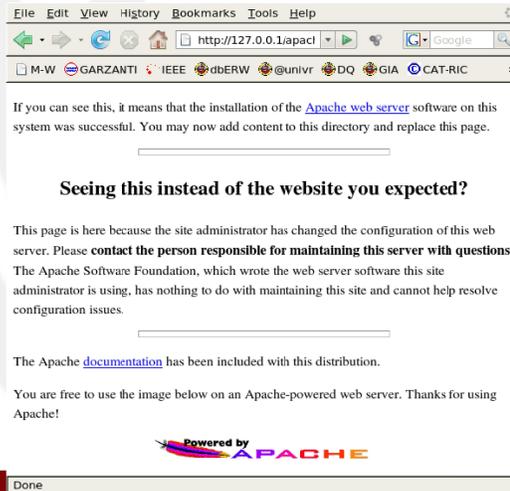
<p>This page is here because the site administrator has changed the
configuration of this web server. Please <strong>contact the person
responsible for maintaining this server with questions.</strong>
The Apache Software Foundation, which wrote the web server software
this site administrator is using, has nothing to do with
maintaining this site and cannot help resolve configuration issues.</p>

<hr width="50%" size="8" />
<p>The Apache <a href="/manual/">documentation</a> has been included
with this distribution.</p>

<p>You are free to use the image below on an Apache-powered web
server. Thanks for using Apache!</p>

<div align="center"></div>
</body>
</html>
```

## Esempio: risultato sul client



## Contenuti restituiti dal server web

- I contenuti restituiti possono essere
  - Statici: pagine, immagini, video, archivi biotech
  - Dinamici: risultati di calcoli, query a database
- Molti tipi di applicazioni possibili
  - Banche dati (ad es. Kegg, NCBI)
  - Commercio elettronico
  - Lettura di posta elettronica
  - Elaborazione distribuita con chiamata remota di metodi (SOAP)
  - Applicazioni collaborative
    - Forum
    - Content/Document Management System (CMS/DMS)
    - Wiki

## Wireless Sensor Network



- Nodi di ridotte dimensioni e consumo
- Sensori di parametri biologici e ambientali
- Alimentazione a batteria o "energy harvesting"
- Comunicazioni multi-hop a corto raggio

## Tipi di sensori

- Temperatura, umidità, CO, CO<sub>2</sub>
- Vibrazioni, accelerazione, rotazione, bussola
- Battito cardiaco
- Livello di ossigeno nel sangue, glicemia
- Ecc...
  
- Possono essere posizionati nell'ambiente, su macchinari, sul corpo umano o nel corpo umano

## Alimentazione

- Batteria ricaricabile o “usa e getta”
- Trasformazione dell'energia presente nell'ambiente in energia elettrica
  - Energia meccanica (effetto piezoelettrico)
  - Energia termica
  - Energia solare
  - Energia elettromagnetica (tramite induzione)

## Comunicazioni

- Trasmissione wireless a corto raggio per risparmiare energia
- Comunicazione multi-hop (multi-salto): i nodi sensore fungono anche da router per i vicini

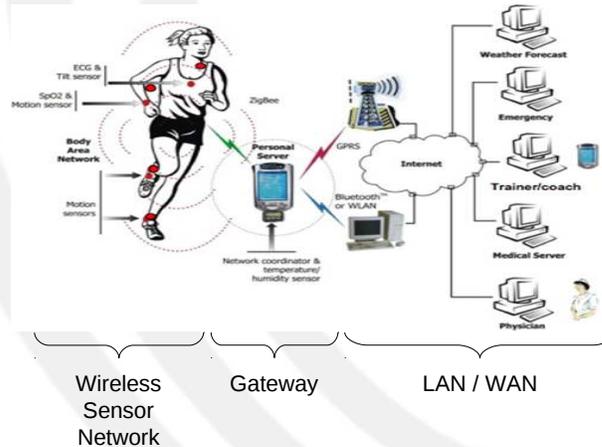


- Protocolli standard:

- |                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| • Bluetooth Low-Energy (BTLE)   | • Z-Wave         |
| • ZigBee                        | • Wireless HART  |
| • IEEE 802.15.4 e IEEE 802.15.6 | • Wireless M-Bus |
| • 6LoWPAN                       | • ISA100         |
| • ANT                           | • DASH7          |

Machine to machine (M2M) communications

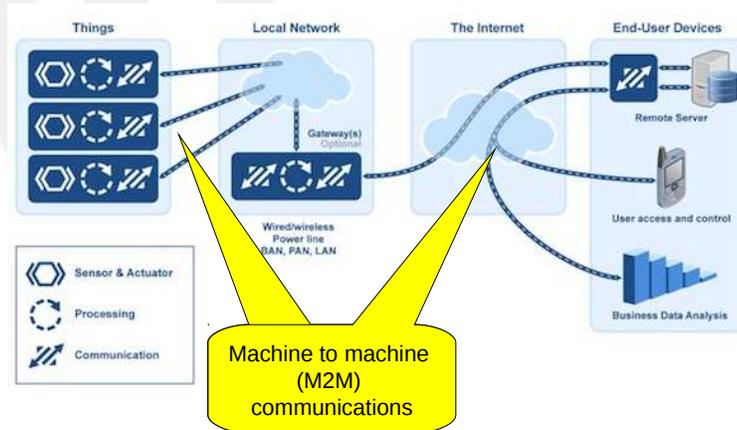
## Architettura complessiva



## Gateway

- Due interfacce di rete
  - Rete wireless della Wireless Sensor Network (es. Bluetooth)
  - Rete TCP/IP per collegamento con computer tradizionali
- Configurazione e supervisione della Wireless Sensor Network
- Immagazzinamento temporaneo dei dati raccolti

## Internet of Things



## Machine-to-machine communications

- Collegamento tra sistemi automatici senza l'uomo nel mezzo; ad esempio:
  - sensori e gateway
  - gateway e server in Internet
  - macchina per le analisi di laboratorio e database server
- Nell'interfaccia uomo-macchina l'ergonomia è la regola di progetto
- Nell'interfaccia macchina-macchina le linee guida sono:
  - protocolli standard
  - rappresentazione dei dati indipendente dalla macchina
  - rappresentazione standard dell'interazione tra dati

## Machine-to-machine communications (2)

- **Protocolli di comunicazione standard** in modo che siano indipendenti dal tipo di rete e macchina
  - IEEE 802.15.4 (sensori wireless)
  - TCP/IP
  - HTTP
- **Rappresentazione dei dati** indipendente dalla macchina (es. la codifica dei numeri e delle stringhe deve essere la stessa su tutte le macchine che interagiscono)
  - Abstract Syntax Notation (ASN.1)
  - XML
  - Serializzazione Java

## Machine-to-machine communications (3)

- Rappresentazione standard e astratta dei dati da leggere e scrivere
  - Chiamata a funzioni remote
    - Remote Procedure Call (RPC)
  - Oggetti
    - Java Remote Method Invocation (RMI)
    - CORBA
    - SOAP
  - Attributi da leggere e scrivere
    - Profili ZigBee
  - Risorse web
    - REST