



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Fondamenti di Informatica

Ing. Alba Amato, PhD

alba.amato@unina2.it



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Le reti di comunicazione

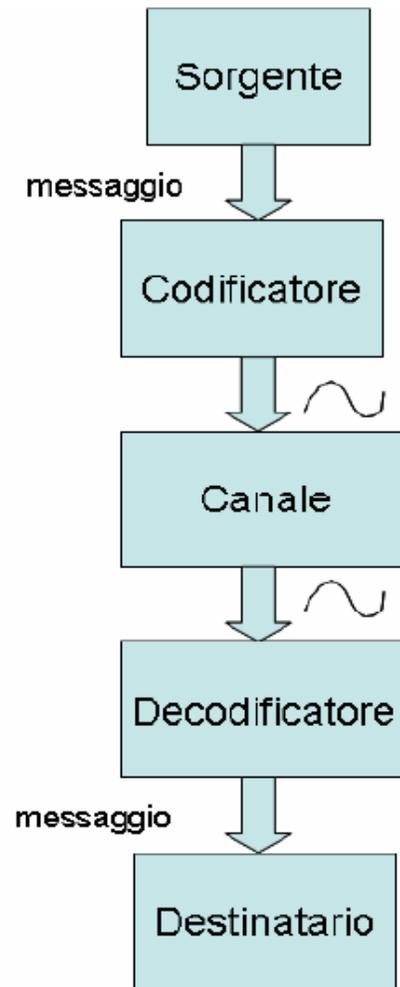
Lucidi tratti da:

Alla scoperta dei fondamenti dell'informatica. Un viaggio nel mondo dei bit
di Angelo Chianese, Vincenzo Moscato, Antonio Picariello

capitolo 11 -par. 11.1, 11.2



Sistemi di comunicazione



Alla base della trasmissione dell'informazione è il concetto di *messaggio* inteso come una *informazione* che viene trasferita da una *sorgente* ad una o più *destinatari*.

Un ***sistema di comunicazione*** è in generale formato da cinque elementi fondamentali:

- una *sorgente* che genera messaggi;
- un *sistema di codifica* che trasforma un messaggio della sorgente in una sequenza di segnali;
- un *canale trasmissivo* (ad esempio un doppino telefonico, fibre ottiche, l'etere) usato per trasferire segnali dalla sorgente alla destinazione;
- un *decodificatore* che esegue di solito le operazioni inverse di un codificatore, ossia trasforma i segnali in messaggi;
- un *destinatario* che riceve i messaggi.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Velocità di comunicazione ed errori

I canali di comunicazione hanno una capacità limitata, misurata in *bit al secondo*.

Essi sono di solito costituiti da circuiti elettronici che possono, durante la trasmissione, dare luogo ad una serie di disturbi, cui viene dato il nome di **rumore**.

- *rumore bianco*: si tratta di un disturbo sempre presente nei dispositivi elettronici (è in gran parte generato dal moto degli elettroni) e può essere facilmente mitigato attraverso opportuni dispositivi elettronici detti *filtri*;
- *rumore impulsivo*: si tratta di un disturbo dovuto a cause *imprevedibili* che possono verificarsi durante la trasmissione (caduta di tensione, effetti parassiti delle linee elettriche e così via). Il rumore impulsivo genera errori casuali e altera in modo imprevedibile i bit trasmessi.



Rilevare e correggere gli errori: cenni

Per ridurre gli effetti dei disturbi (soprattutto quelli imprevedibili), sono state definite tecniche di trasmissione dei messaggi che permettano di rilevare la presenza di errori e, sotto opportune ipotesi, di correggerli.

- Per riconoscere un errore di trasmissione, è possibile verificare se i bit ricevuti sono differenti da quelli inviati
- A tal fine si utilizzano tecniche di codifica dell'informazione basate sull'uso di *codici ridondanti*: ad una "parola dati" di m bit si aggiungono r bit di controllo e si ottiene una "parola codice" di $n = m + r$ bit
 - quando si legge una parola, vengono controllati gli r bit in eccesso al fine di rilevare l'errore (es. bit di parità, checksum, ecc.)



Mezzi Trasmissivi

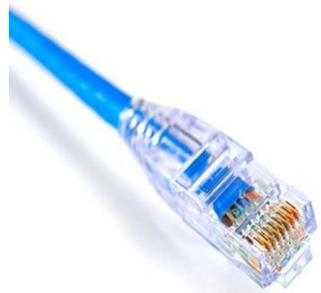


Il tipo di mezzo trasmissivo utilizzato determina il numero massimo di bit che possono essere trasmessi in un secondo, o *bps*

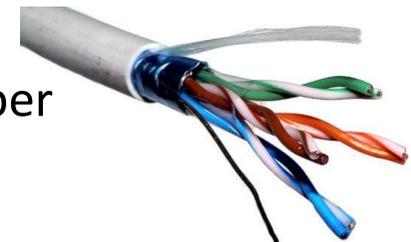
Ad oggi, esistono vari mezzi fisici di trasmissione:

- **Cavi in rame:**

- **linea bifilare:** 2 fili isolati che portano una tensione/corrente e una tensione di riferimento rispettivamente (19.2 kbps, max 50 m). Pur essendo molto semplice, questo tipo di linea è affetta da fenomeni di interferenza dei segnali elettrici dei fili adiacenti nel cavo (diafonia).
- Per rendere più robusta la trasmissione rispetto al rumore, si può utilizzare una linea bifilare con fili intrecciati (binatura), detta coppia simmetrica o **doppino**; tipicamente usati nella rete telefonica.



Il doppino può essere singolo (una sola coppia) oppure in una treccia di una serie più meno numerosa di coppie. Queste linee, dette anche in inglese Unshielded Twisted Pair (UTP) non prevedono alcun tipo di schermatura. **UTP:** 4 coppie di doppini intrecciate (max 100m), usate per trasmettere dati in una rete locale; esistono vari tipi di UTP, per esempio gli *UTP level 3* sono utilizzati sia per la telefonia che per la trasmissione dati fino a 10 Mbps.

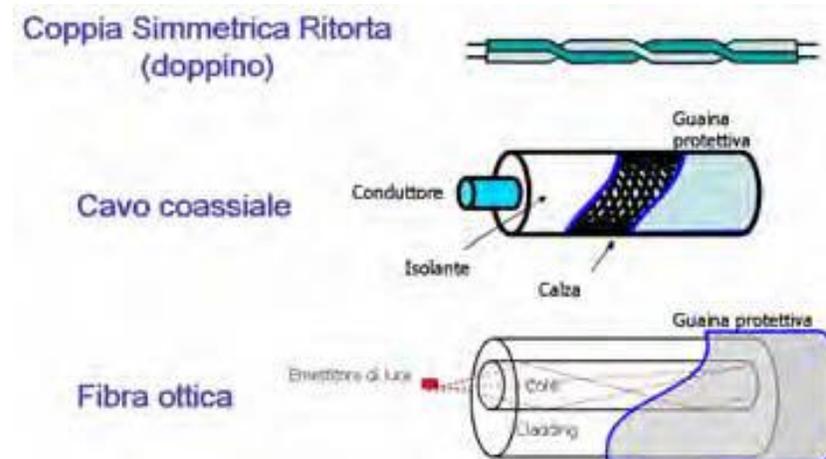




Mezzi Trasmissivi

- **cavo coassiale:** costituito da un conduttore interno in rame, avvolto in un isolante di materiale plastico (dielettrico) attorno al quale è posto il conduttore esterno (una “calza” metallica), il tutto ricoperto da un isolante.

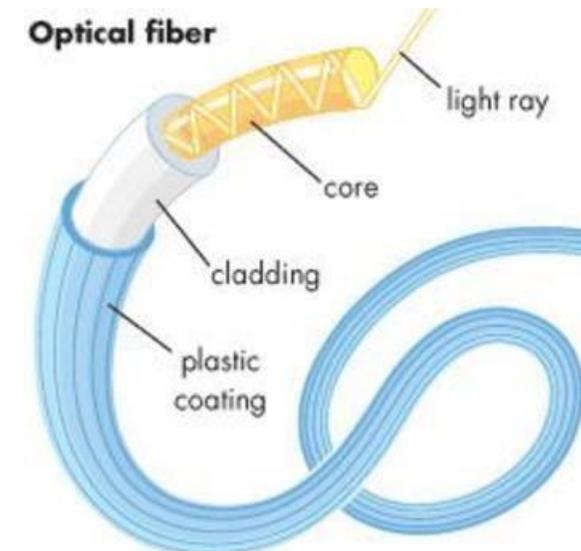
Il cavo coassiale garantisce una minore sensibilità alle interferenze nonché una minore attenuazione del segnale in funzione della distanza, rispetto al doppino. Inizialmente utilizzato per le trasmissioni analogiche del segnale radio e del segnale Tv, ha trovato anche applicazione nella realizzazione delle prime reti informatiche locali e cittadine. Oggi può trovare utilizzo nelle reti inter-cittadine, perché garantisce una velocità connessione superiore a quella dei cavi a coppie.





Mezzi Trasmissivi

- **Fibra ottica:** il cavo è costituito da un sottile filo di sostanza vetrosa, generalmente silicio, molto fragile, detto core (nucleo), attraverso il quale si propaga la luce; il nucleo è avvolto da una sostanza (mantello) con proprietà ottiche differenti dal nucleo stesso in modo che la luce introdotta nel nucleo non esca più, e venga riflessa in modo da viaggiare lungo il nucleo fino a destinazione.
- Il mantello è avvolto in una guaina che protegge il cavo da umidità e deformazioni. Il segnale luminoso può essere generato tramite LED (trasmissioni a tratta corta) o laser (trasmissioni ad alto tasso trasmissivo per lunghe distanze). Attualmente si raggiungono velocità massime di alcuni Tbit/s.





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Mezzi Trasmissivi

- **Onde radio e sistemi wireless:** La tecnologia più diffusa per la comunicazione wireless (senza fili) è quella che fa uso delle onde radio, che possono essere usate per:
 - Collegare periferiche ad un elaboratore (Bluetooth)
 - Realizzare reti locali (WiFi)
 - Realizzare reti metropolitane (WiMax)
 - Realizzare reti geografiche (GSM, GPRS, UMTS, rete satellitare)

Le distanze coperte variano da pochi metri (Bluetooth) a centinaia di km (rete satellitare)



Le Reti di Calcolatori

- Le reti di computer o computer network rappresentano l'evoluzione tecnologica, sia software sia hardware, dei primi sistemi informatici e nascono dall'esigenza, sempre più impellente, di permettere agli utenti che operano su diversi elaboratori di "comunicare" fra di loro.
- Nell'accezione più propria del termine, *rete di computer* sta ad indicare un insieme di computer autonomi interconnessi, cioè capaci di scambiarsi informazioni in un formato comune.
- Perché interconnettere i computer?
 - Riduzione costi : sia come effetto diretto, sia come conseguenza dell'aumento di efficienza e della diminuzione dei tempi necessari per l'espletamento di alcune procedure. Si pensi, ad esempio, al sistema di posta elettronica (e-mail): che permette, da un lato, la drastica riduzione dei costi telefonici e parallelamente la riduzione dei tempi di trasferimento dei documenti tra gruppi di utenti dislocati geograficamente.
 - Condivisione risorse : . È probabilmente la funzionalità più utilizzata nelle reti: la condivisione delle risorse rende i programmi, i dati e le apparecchiature, disponibili a qualsiasi utente della rete, indipendentemente dalla dislocazione sia di queste che dell'utente. Si può, ad esempio, investire in una stampante di alta qualità condivisa tra più utenti piuttosto che, a parità di costo, acquistare un certo numero di stampanti più piccole, guadagnando così, sia in prestazioni che in efficienza.



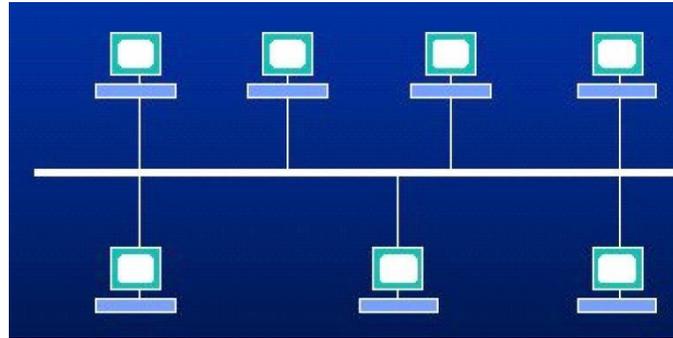
Le Reti di Calcolatori

- **Replicazione ed affidabilità:** La possibilità di replicare i dati, ed in generale le risorse e programmi più importanti, ai quali hanno necessità di accedere più di un utente su diverse macchine, rende una rete molto più affidabile di un sistema ad elaborazione concentrata. In quest'ultimo caso, infatti, un blocco del sistema centrale renderebbe inservibile l'intera struttura mentre, nel caso di una rete, esistono - grazie appunto alla possibilità di replicazione – tecniche automatiche o semiautomatiche di recovering che permettono agli utenti di continuare a lavorare tranquillamente mentre i tecnici ripristinano la configurazione ordinaria.). Tale caratteristica è fondamentale sistemi che devono funzionare a tutti i costi (traffico aereo, centrali nucleari, sistemi militari, ecc.)
- **Decentralizzazione del calcolo e distribuzione delle attività** al fine di migliorare la produttività ed efficienza del sistema complessivo.
- **Cooperazione tra utenti**
- **Scalabilità** Si possono aumentare le prestazioni del sistema aumentando il numero di elaboratori (entro certi limiti).

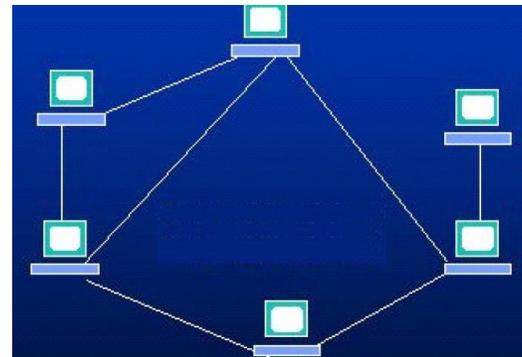


Tipologie di reti (per tipo di interconnessione)

Quando un elaboratore riceve un pacchetto, esamina l'indirizzo di destinazione: se questo coincide col proprio indirizzo, allora il pacchetto viene elaborato altrimenti viene ignorato.



- **Reti broadcast:** dotate di un unico canale di comunicazione che è condiviso da tutti gli elaboratori: i messaggi inviati sono ricevuti da tutti, ma il trasmettitore specifica nel messaggio l'*indirizzo* (un riferimento unico) del destinatario (oppure specifica un indirizzo broadcast per indicare che il messaggio è rivolto a tutti)



- **Reti punto-punto:** consistono di un insieme di connessioni fra coppie di elaboratori. Per arrivare dalla sorgente alla destinazione, un messaggio può dover passare per uno o più elaboratori intermedi, e spesso esistono più cammini alternativi per arrivare da un sorgente ad un destinatario (problemi di instradamento o **routing**)



Tipologie di reti (per modello di elaborazione)

Ulteriore differenza è spesso fatta sulla base del modello di elaborazione effettuata, ovvero il modello *client-server* e quello *peer to peer*.

- **reti client-server:** è costituita da entità che richiedono servizi, o *client*, e da entità che forniscono tali servizi, o *server*. Il server di solito è un calcolatore più potente che gestisce risorse condivise, come ad esempio stampanti, basi di dati, file, programmi. Un client è di solito un elaboratore più “leggero”
- **reti peer to peer:** tutti gli elementi della rete sono allo stesso livello ed i calcolatori della rete comunicano direttamente gli uni con gli altri senza far riferimento ad un server. In altri termini un computer può fungere in un’architettura P2P sia da client che da server a seconda delle necessità.



Tipologie di reti (per dimensioni)

Una ulteriore ed importante classificazione delle reti è quella basata sulle loro dimensioni. Come si può osservare in tabella, la principale distinzione è tra reti locali, reti metropolitane e reti geografiche

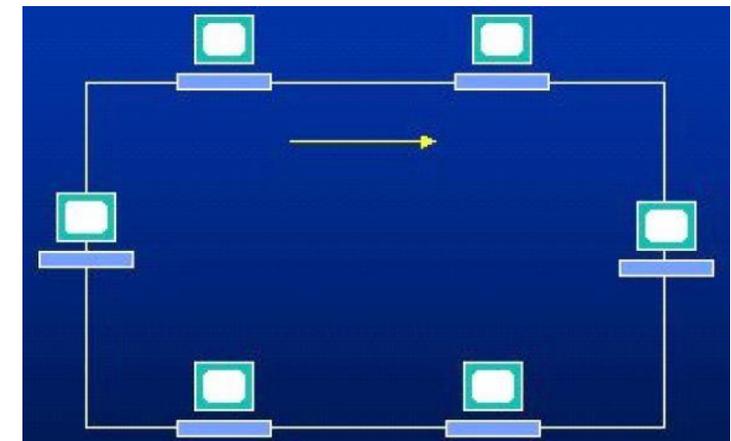
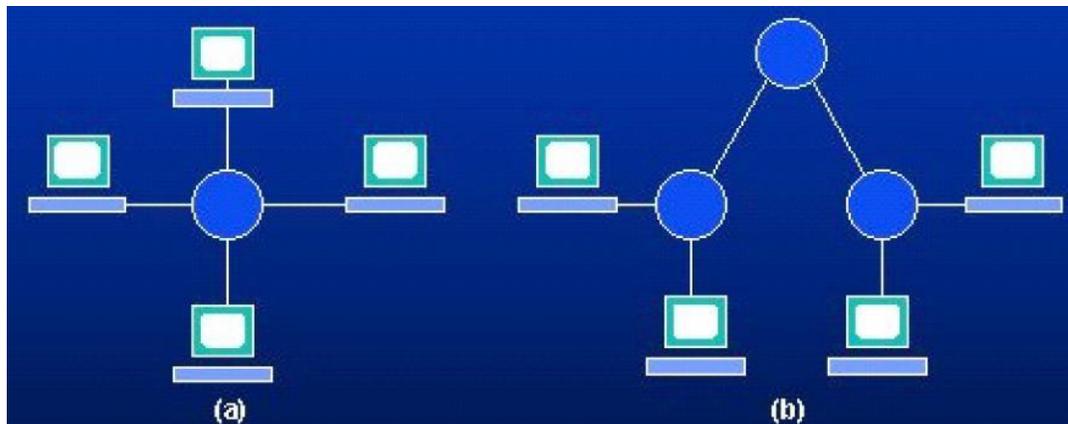
Distanza	Ambito	Tipo di rete
10 m	Stanza	Rete locale
100 m	Edificio	Rete locale
1 Km	Campus	Rete locale
10 Km	Città	Rete Metropolitana
100 Km	Nazione	Rete geografica
1000 km	Continente	Rete geografica
10.000 km	Pianeta	Internet (Interconnessione di reti)



Le reti locali (LAN)

Le LAN sono molto usate per connettere tra di loro Personal Computer e/o workstation. Esse si distinguono dagli altri tipi di rete per tre caratteristiche

- hanno una dimensione ridotta;
- usano una tecnologia trasmissiva di tipo broadcast;
- hanno una "topologia" classicamente a
 - *Stella*
 - *Bus*
 - *Anello*





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Le reti locali (LAN)

Stella: *il ruolo centrale della trasmissione è svolto da un dispositivo o insieme di dispositivi chiamati centri stella ripetitori che semplicemente inviano le informazioni che ricevono a tutte le porte collegate. La topologia a stella consente un controllo centralizzato (grazie agli hub) delle comunicazioni con prestazioni elevate per le connessioni; come rovescio della medaglia, si possono verificare dei punti critici nella linea, proprio in corrispondenza degli hub.*

Bus: *in ogni istante un elaboratore solo può trasmettere, mentre gli altri devono astenersi (problemi di arbitraggio). Lo standard IEEE 802.3 (chiamato impropriamente Ethernet) è lo standard di riferimento per la trasmissione su reti broadcast, basate su un bus, con arbitraggio distribuito*

Anello: *le macchine sono disposte lungo un anello ed ogni bit- informazione “circumnaviga” l’anello per raggiungere il destinatario. Anche qui è necessario un meccanismo di arbitraggio spesso basato sul possesso di un gettone (token) che abilita alla trasmissione. Più nel dettaglio, il diritto di trasmettere si basa sul continuo passaggio del token circolante fra le stazioni della rete: la stazione che ha il token può trasmettere (le altre si trovano in modalità di ascolto) fino a completamento dell’invio del messaggio; il gettone viene quindi passato alla stazione successiva che passa allo stato di trasmissione se ha qualcosa da trasmettere, altrimenti passa, a sua volta, il token alla stazione che la segue nell’anello. Si noti che il token altro non è che un insieme di bit con particolare configurazione che circola continuamente sull’anello.*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Le reti geografiche (WAN)

Le reti geografiche o Wide Area Network, WAN, si estendono a livello di una nazione, di un continente o dell'intero pianeta

Esistono 2 principali tipi di comunicazione su WAN:

- A **commutazione di circuito**: utilizzata nelle comunicazioni telefoniche, consiste nel creare un circuito virtuale fra due entità comunicanti; per tutto il tempo della comunicazione esiste una connessione su canale «dedicato»
- A **commutazione di pacchetto**: ogni messaggio è diviso in tanti elementi di dimensione fissa detti *pacchetti* (opportunosamente numerati), e ogni pacchetto contiene l'informazione relativa all'indirizzo del computer destinatario e a quello del mittente e viene trasmesso separatamente
 - Ogni pacchetto può fare una strada diversa dagli altri pacchetti del messaggio per arrivare al destinatario
 - I pacchetti non arrivano necessariamente nello stesso ordine con cui sono stati inviati: per questo il destinatario deve aspettare la ricezione di tutti i pacchetti per poterli poi ricomporre e ricostruire il messaggio



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

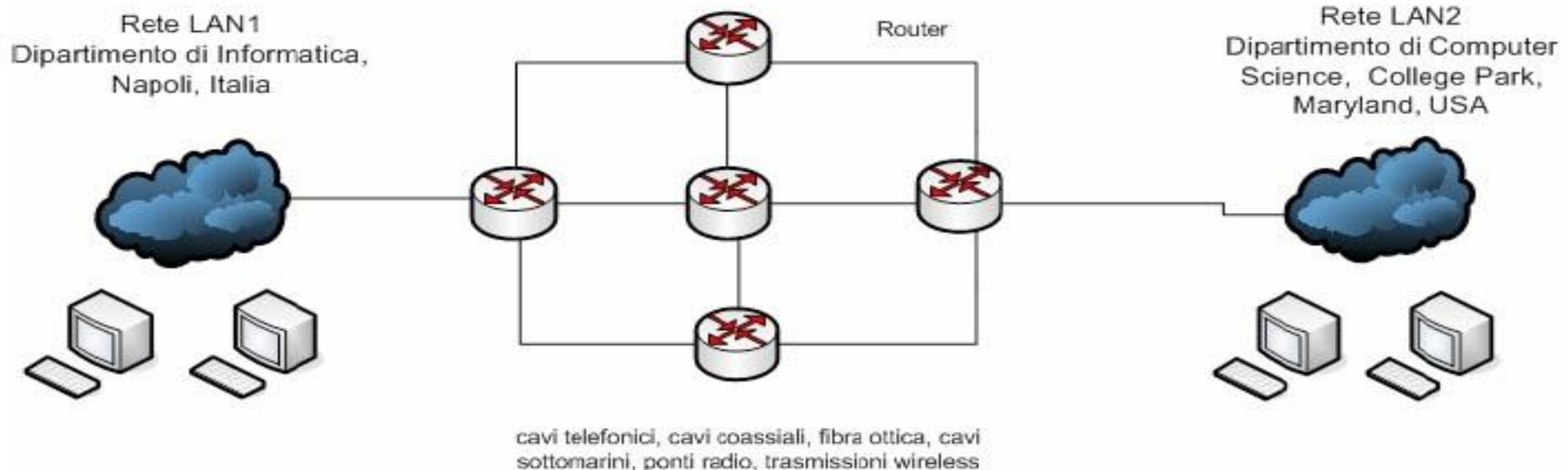
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Le reti geografiche (WAN)

Una WAN è costituita di due componenti distinte: un insieme di elaboratori detti *host* oppure *end system* ed una *communication subnet* (o subnet).

Una subnet consiste di due componenti: *linee di trasmissione* (dette anche circuiti, canali, trunk) ed elementi di commutazione (*switching element*), detti anche “sistemi intermedi”, oppure “nodi di commutazione” o anche *router*

Una WAN è usata per connettere più LAN tra di loro.





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

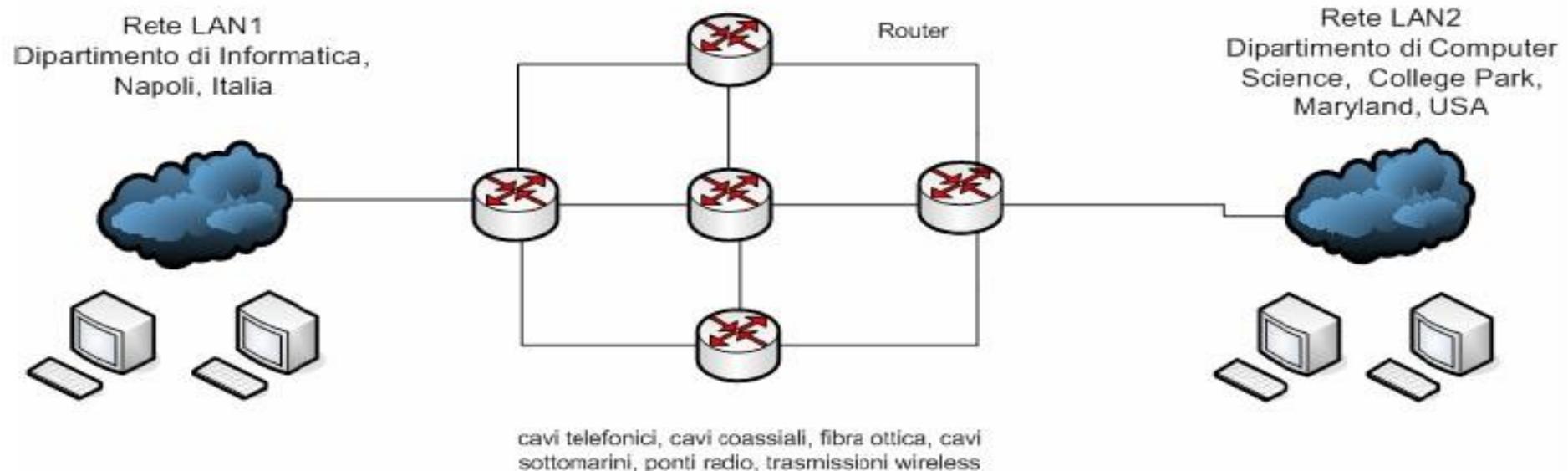
SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Le reti geografiche (WAN)

In generale una WAN contiene numerose linee che congiungono coppie di router. Ogni router allora deve:

- ricevere un pacchetto da una linea in ingresso;
- memorizzarlo in un buffer interno;
- instradare il pacchetto appena la necessaria linea in uscita è libera: ogni nodo, infatti, mantiene una tabella che indica a quali vicini ritrasmettere un pacchetto non destinato a lui, in base all'indirizzo di destinazione del pacchetto





Protocolli di comunicazione

Gli elaboratori, per poter comunicare fra loro, devono seguire alcune regole dette **protocolli di comunicazione**. Tali regole devono permettere la corretta instaurazione, mantenimento e terminazione di una comunicazione di qualsiasi tipo tra due o più entità.

Un protocollo deve poter definire la sintassi da seguire (il formato del messaggio), e l'ordine dello scambio di messaggi.

- L'architettura dei protocolli di rete è organizzata **a livelli**. Lo scopo di ogni livello è di fornire servizi alle entità del livello immediatamente *superiore*, mascherando il modo in cui questi sono implementati e *sfruttando opportunamente i servizi* che gli vengono a sua volta forniti *dal livello immediatamente inferiore*
 - Livello del canale fisico di comunicazione
 - Livello del protocollo di trasmissione (regole che permettono di interpretare i segnali scambiati)
 - Livello del protocollo applicativo (regole che permettono di dare una interpretazione ai segnali scambiati)

l'ISO (International Standard Organization) ha proposto lo standard OSI (Open System Interconnection) per la schematizzazione a livelli di un'architettura di rete con l'obiettivo di garantire l'interoperabilità tra vari sistemi (7 livelli)



Protocolli di comunicazione

- A tal fine, pensiamo alla seguente analogia con la comunicazione fra esseri umani, nella quale un *filosofo indiano* vuole conversare con uno *stregone africano*, sapendo che il filosofo indiano parla solo l'hindi, mentre lo stregone africano solo lo swahili.
- C'è allora bisogno innanzitutto di due traduttori, che parlino una lingua in comune tra di loro, ad esempio l'inglese: un traduttore traduce da hindi in inglese ed un traduttore da swahili in inglese.
- Dopo aver fatto la traduzione, si inviano quanto tradotto su un mezzo fisico, ad esempio via fax. Dal punto di vista logico, il filosofo dialoga con lo stregone, il traduttore indiano con il traduttore africano, e il fax indiano con il fax africano.





La rete internet

- La rete **INTERNET** (INTERconnected NETworks) si basa sulla connessione di molteplici reti e computer disseminati in tutto il mondo
- Internet è il risultato di una ricerca, che risale alla fine degli anni 60, promossa e finanziata dal Ministero della Difesa degli Stati Uniti allo scopo di progettare ed implementare una rete di comunicazione militare che fosse decentrata e capace di sopravvivere a possibili attacchi atomici (progetto **ARPANET** del DARPA-Agenzia per i Progetti di ricerca avanzata per la Difesa)
- Per tutti gli anni '70 ARPANET continuò a svilupparsi in ambito universitario e governativo, ma dal 1974, con l'avvento dello standard di comunicazione **TCP/IP** (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), il progetto della rete prese ad essere denominato **Internet**.
- Nel 1983 la parte militare di ARPANET divenne MILNET (presto abbandonata); nel frattempo Internet cominciò ad essere sfruttata a fini commerciali grazie a diverse applicazioni (posta elettronica, FTP) ed ebbe il suo boom con l'invenzione di HTTP e del WWW (1991)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

IL WEB

Nel 1991 presso il CERN di Ginevra il ricercatore Tim Berners-Lee definì il protocollo HTTP (HyperText Transfer Protocol), un sistema che permette una lettura ipertestuale, non-sequenziale dei documenti, saltando da un punto all'altro mediante l'utilizzo di rimandi (link o, più propriamente, hyperlink).

Il primo browser con caratteristiche simili a quelle attuali, il Mosaic, venne realizzato nel 1993. Esso rivoluzionò profondamente il modo di effettuare le ricerche e di comunicare in rete. Nacque così il World Wide Web.

- Il protocollo HTTP viene usato per lo scambio di documenti ipertestuali ed è un protocollo testuale: i messaggi sono costituiti da sequenze di byte e ogni byte identifica un carattere secondo la tabella ASCII
- Le risorse web sono memorizzate su server web e sono identificate da un URL; il linguaggio HTML definisce le regole per la formattazione e impaginazione di documenti ipertestuali disponibili nel World Wide Web sotto forma di pagine web.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA CAMPANIA
LUIGI VANVITELLI

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
DESIGN EDILIZIA E AMBIENTE

Protocolli TCP/IP

- Dal punto di vista trasmissivo e informativo ciò che viaggia in Internet sono i pacchetti dati, che costituiscono l'unità minima di informazione in questo vasto sistema di comunicazione
- I pacchetti dati di una comunicazione che viaggiano da un host all'altro non seguono percorsi di instradamento predefiniti, ma quelli più congeniali nel preciso momento di attraversamento in base alla disponibilità fisica di collegamento dei link della rete e/o alle condizioni di congestione della rete stessa. Di conseguenza i pacchetti di una stessa comunicazione possono seguire percorsi diversi verso lo stesso destinatario.
- Per potersi collegare a Internet e usufruire dei relativi servizi, il solo requisito logico-funzionale necessario a un qualsiasi agente o dispositivo elettronico (tipicamente detto client) è quello di poter "dialogare" con il destinatario e i nodi interni di rete per mezzo di opportuni protocolli di rete che, nel caso in questione, fanno parte della cosiddetta suite di protocolli Internet, regolando opportunamente l'invio e la ricezione dei pacchetti informativi e implementando a livello software tutte le funzionalità richieste in una tipica architettura di rete a strati o livelli (layer).
- I protocolli più importanti di tale suite, cioè quelli che garantiscono l'interoperabilità e il buon funzionamento tra le diverse sottoreti, sono il **Transmission Control Protocol (Protocollo di Controllo di trasmissione dati, TCP)**, l'**User Datagram Protocol (UDP)** e l'**Internet Protocol (Protocollo Internet, IP)**: il primo ha funzionalità di controllo di trasmissione, il secondo di inoltro semplice, il terzo ha funzionalità di indirizzamento/instradamento nei nodi interni di commutazione.



Internet Protocol (Protocollo Internet, IP)

- **Il principale elemento per l'identificazione univoca di un nodo nella rete Internet è il cosiddetto indirizzo IP, definito all'interno del protocollo standard IP (Internet Protocol)**
- La versione di IP che è stata originariamente usata in ARPANET nel 1983 e che è ancora in uso oggi è **IPv4**. Essa definisce indirizzi di 32 bit espressi come 4 blocchi da 8 bit separati da un punto
 - Data la grande espansione di Internet e l'elevato numero di host, nel 1998 è stato standardizzato IPv6, che usa indirizzi a 128 bit ed è attualmente supportato
- Un indirizzo IP contiene in generale una porzione che identifica una rete e un'altra che identifica il singolo host nella rete
 - Esistono reti di dimensioni diverse, quindi è necessario avere un meccanismo di suddivisione dell'indirizzo flessibile: gli indirizzi IP sono quindi suddivisi in classi, e ciascuna classe è identificata da una *subnet mask*
- **L'indirizzo IP è usato per identificare gli host ma anche per effettuare l'instradamento (routing) nella rete attraverso i vari nodi di commutazione (router)**



Protocollo TCP

Transmission Control Protocol (Protocollo di Controllo di trasmissione dati, TCP)

- Il protocollo IP è detto di **livello rete**; i dati generati dal **livello applicativo** (HTTP) non sono direttamente inviati al livello rete, ma sono prima processati dal **livello trasporto**. Il principale protocollo di livello trasporto su cui si basa Internet è **TCP**
- Il **protocollo TCP** si occupa di **dividere i messaggi del livello applicativo in “pezzi”**, ognuno contenente una porzione di byte del messaggio originario;
- Questi “pezzi” vengono numerati e associati in un messaggio (pacchetto) IP e spediti separatamente, e possono quindi seguire strade diverse sulla rete
- Quando arrivano a destinazione, il software di gestione del protocollo TCP estrae i “pezzi” di file dai pacchetti, ne controlla l’integrità e li assembla per ricostruire il file originale
- Se qualche “pezzo” è danneggiato, ne viene richiesta la ritrasmissione



DNS

- Una comunicazione basata unicamente sugli indirizzi IP sarebbe improponibile nel mondo reale. Si ricorre, pertanto, a indirizzi simbolici cioè a nomi che possono essere immediatamente significativi per l'utente (www.unina2.it)
- La gestione della corrispondenza indirizzi simbolici -> indirizzi numerici è a carico di un servizio distribuito sulla rete denominato DNS (Domain Name System)
- Anche gli indirizzi simbolici hanno una sintassi che prevede l'uso del punto per concatenare stringhe alfanumeriche: host_name.subdomain.top_level_domain
- Esempio: www.unina2.it identifica l'host www del subdomain unina2 appartenente al dominio it (Italia)

