

Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia

Facoltà di Ingegneria

CORSO DI
RETI DI CALCOLATORI
Concetti base delle Reti di
Calcolatori

Ing. Franco Zambonelli

Anno Accademico 2001-2002

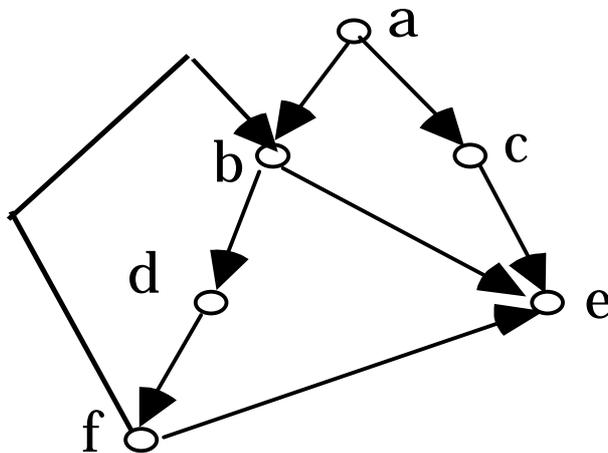
COSA SONO LE RETI?

Le reti sono un concetto pervasivo nel mondo fisico e sociale

- Reti di Amici
- Reti Organizzative Aziendali
- Reti di Imprese
- Reti Stradali e Ferroviarie
- Reti Telefoniche
- Reti (“Network”) Televisivi e Radiofoniche
- Reti di Neuron
- Reti Circolatorie Linfatiche, Sanguigne, Digestive
- Reti Molecolari (DNA, RNA)

Concetto generale di rete come:

Schema di Connessione tra Entità



Allo scopo di: **condividere o scambiare materiale (p.e., sangue o geni) o informazione (p.e. chiacchiere o immagini televisive)**

FONDAMENTALE: Concetto di Trasmissione

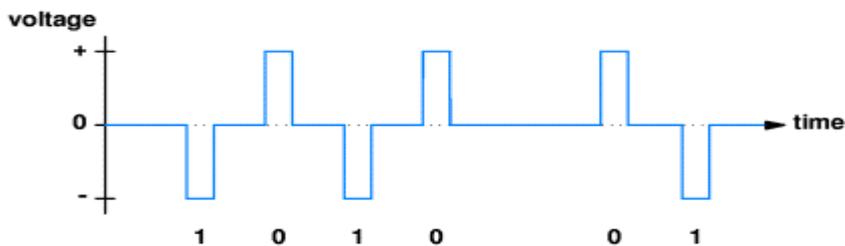
RETI DI CALCOLATORI

Sistemi di connessione e telecomunicazione tra calcolatori

- Permettono lo scambio di dati tra calcolatori attraverso un **mezzo di trasmissione fisico**
- Opportuni dispositivi di I/O per la trasmissione ricezione di dati dal mezzo di trasmissione fisica (**interfaccia di rete**)
- Opportuni **software di rete** permettono la condivisione e la trasmissione di risorse (p.e., posso condividere delle stampanti e dei dischi, posso trasmettere files)

A livello di **comunicazione fisica**:

i cavi di collegamento tra computer si scambiano **segnali** elettrici (o ottici) **DIGITALI**: valori 0 o 1 a seconda dello stato elettrico (o ottico) della linea



A livello di comunicazione **logica (interfaccia di rete)**:

i vari computer si scambiano dati in forma di “**messaggi**” o “**pacchetti**”, come insiemi di bit organizzati di dimensione fissata

A livello **applicativo (software di rete)**: i vari computer si scambiano dati che vengono interpretati a seconda delle esigenze applicative:

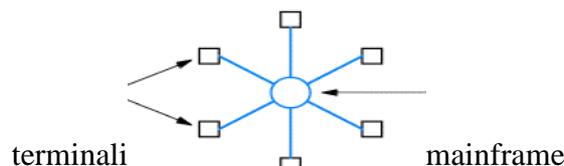
- file mp3, file HTML, etc...
- come insiemi di pacchetti

LA NASCITA: **TERMINALI REMOTI**

I computer e le loro periferiche erano molto cari una volta...piu' che replicare le cose conveniva avere risorse condivise (p.e., hard disk, stampanti).

Le prime reti erano “Terminali Remoti” (nati metà anni '50 con diffusione metà anni 60): Un unico computer centrale “**mainframe**” a cui si collegavano più terminali (video e tastiera) che agivano sullo stesso computer.

Non erano vere e proprie reti di calcolatori. I terminali non sono calcolatori completi.



Il calcolatore mainframe doveva permettere di avere più utenti collegati contemporaneamente al calcolatore. Richiede time sharing e concorrenza, e sistemi operativi multiprogrammati:

- **concorrenza:** più programmi in esecuzione contemporanea sul calcolatore
- **time-sharing:** i programmi si alternano nel tempo per l'uso delle risorse di esecuzione (Microprocessore) e si spartiscono la memoria centrale (RAM). Un programma può essere in esecuzione più volte, per conto di utenti diversi → si parla di “**processi**”
- **sistemi operativi multiprogrammati:** devono gestire più processi in esecuzione, in mod protetto (un processo non deve disturbare gli altri)

L'EVOLUZIONE: **RETI DI PEERS**

Col calare dei prezzi, più di un calcolatore poteva essere presente in una ditta/università/ufficio. Nasce necessità di:

- scambiare e condividere file tra i diversi computer
- permettere condivisione risorse costose (p.e. stampanti, plotter, scanner, collegamenti modem)
- permettere comunicazioni veloci tra gli utenti dei diversi calcolatori

Nascono le “reti di calcolatori” vere e proprie (nate metà anni '60 con diffusione metà anni '70)

- I diversi calcolatori vengono connessi attraverso **linee di trasmissione dati** (tipicamente elettromagnetici, ma oggi anche ottici e radio)
- **Dispositivi di I/O** appositi (schede di interfaccia di rete) gestiscono le comunicazioni da/per il computer e con gli altri computer della rete
- **Sistemi operativi di rete** con le funzionalità necessaria a gestire, oltre alle risorse proprie del calcolatore (p.e., memoria, dischi, microprocessore) le risorse di rete attraverso la interfaccia di rete

NOTA: si richiede comunque concorrenza e multiprogrammazione del sistema operativo per permettere ai computer di scambiarsi dati tra loro mentre gli utenti lavorano sui calcolatori:

- programmi applicativi dell'utente
- programmi per la gestione dei dati e delle trasmissioni

OGGI: **RETI LOCALI e GEOGRAFICHE**

LAN (rete local, Local Area Network) come concetto sia tecnologico che giuridico

- **Tecnologico:** rete di peers senza computer o dispositivi di calcolo dedicati alla gestione dei dati che transitano – la gestione è effettuata da peer stessi
- **Giuridico:** dentro allo stesso edificio (o all'interno di una proprietà privata). Solo gli enti designati (p.e., Telecom, Autostrade, PA) possono mettere cavi di telecomunicazione nel terreno

Una rete che sfrutta dispositivi per connettere più reti e cavi a gestione di terzi è una rete metropolitana (MAN) o, più generalmente, geografica (**WAN**, Wide Areas Network)

In particolare, una rete WAN è tipicamente formata da:

- reti LAN connesse tra loro attraverso
- dispositivi di calcolo dedicati alla comunicazione che “instradano” i messaggi da una rete LAN all'altra (**Router**)
- infrastrutture di comunicazione (cavi dedicati, sistemi di comunicazione radio, cavi telefonici e relativi modem) geograficamente distribuite che connettono i router fra loro

In Italia:

- rete Itapac per collegare Pubbliche amministrazioni
- rete Garr per collegare università e centri ricerca
- etc. etc.

Oggi oramai è tutto **Internet**: la rete WAN mondiale e più usata!
L'unica rete WAN....

INTERNET

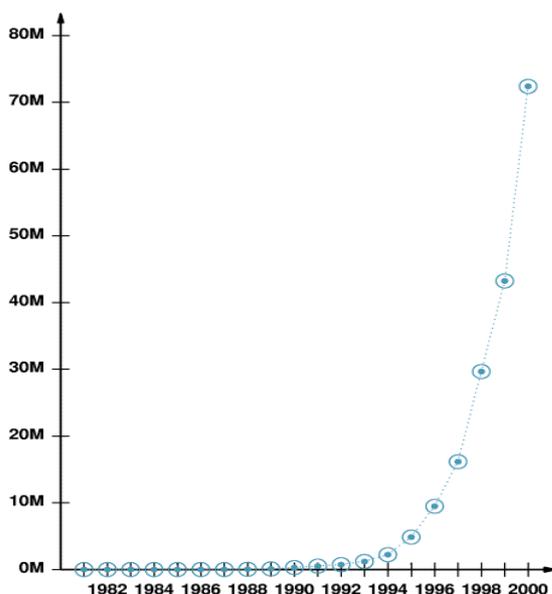
Nata nel 1968 da un progetto di ricerca americano, fu la prima WAN della storia, e connetteva i calcolatori di tre università americane. Presto fu connessa a tutte le università e centri governativi americane, a metà degli anni 80 arriva in Italia.

Il primo E-mail della storia in Internet fu inviato nel 1971

Dal 1993, provider pubblici permettono accessi a Internet via modem per linee telefoniche casalinghe:

- modem per trasmettere dati digitali sulla linea telefonica
- con la connessione, si diventa parte della rete del provider, la quale è connessa ad Internet attraverso un router
- altri tipi di collegamento (p.e., satellitari o ADSL) fanno lo stesso ma con connessioni alla rete del provider permanenti

Crescita numero di computer connessi ed utenti esponenziale:



DOMANI: **The “Embedded Internet”**

Da un lato, possibilità di connessioni a Internet pervasive

- via telefono
- via radio
- via satellite
- attraverso la rete elettrica

Dall'altro, dispositivi di calcolo pervasivi

- telefonini, palmari
- frigoriferi, lavatrici
- macchine, segnali stradali
- maniglie delle porte, sistemi d'allarme
- **TUTTI COLLEGATI A INTERNET!!!**

Tutto, migliaia di miliardi di sistemi di calcolo, saranno collegati a Internet, sempre, 24 ore su 24, tutto sarà accessibile e condivisibile via Internet.....

Intanto, partiamo con le reti LAN....

RETI LAN

Computer collegati tra loro in un edificio, o campus

Velocità di trasmissione tipiche:

- 10-100 Mega bit per secondo (indichiamo con Mbs)

Varie tecnologie disponibili

IBM Token Ring, Star Networks, Ethernet 10, Ethernet 100

Si distinguono fundamentalmente rispetto alla **tipologia di interconnessione**

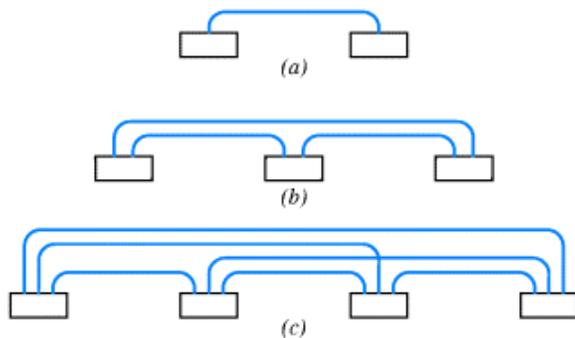
Attualmente: quasi tutto Ethernet 100

Valutazione di una rete:

- costi – delle linee di comunicazione e dei dispositivi I/O
- scalabilità – possibilità di crescere in numero di computer e dimensioni)
- affidabilità – capacità di funzionare nonostante guasti

TIPOLOGIE DI INTERCONNESSIONE LAN

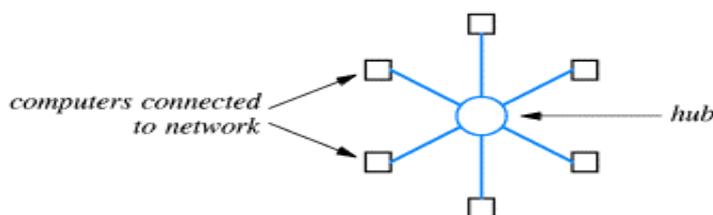
Punto a Punto (ogni computer collegato direttamente con gli altri, rete totalmente connessa)



Pro: comunicazione veloce tra tutti i computer

Contro: alto costo di canali di comunicazione, alto costo interfacce di rete, non scalabile

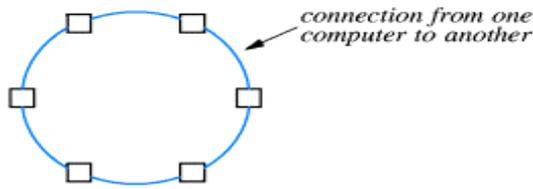
A **stella** (hub come redistributore di messaggi):



Pro: basso costo linee di comunicazione (se computer non troppo distanti) e di interfacce di rete

Contro: hub punto di intasamento (**collo di bottiglia**) se traffico intenso, punto sensibile di rottura, poco scalabile

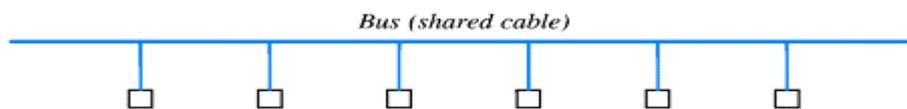
Ad **anello**, rete “IBM Token Ring”: un computer è collegato ad altri due, i messaggi tra computer non vicini vengono instradati dai computer intermedi:



Pro: basso costo linee di comunicazione

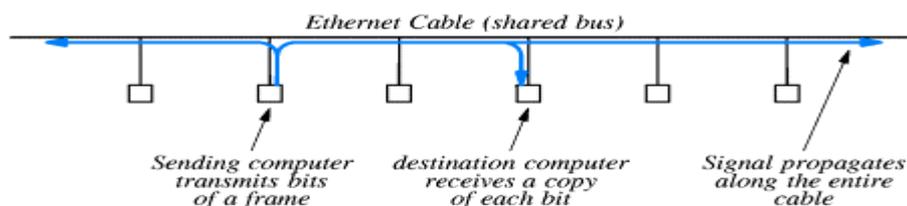
Contro: partizionamento rete in caso di guasti, lunghi tempi di trasmissione tra computer distanti

A **bus:** tutti i computer si affacciano su un unico cavo trasmissivo



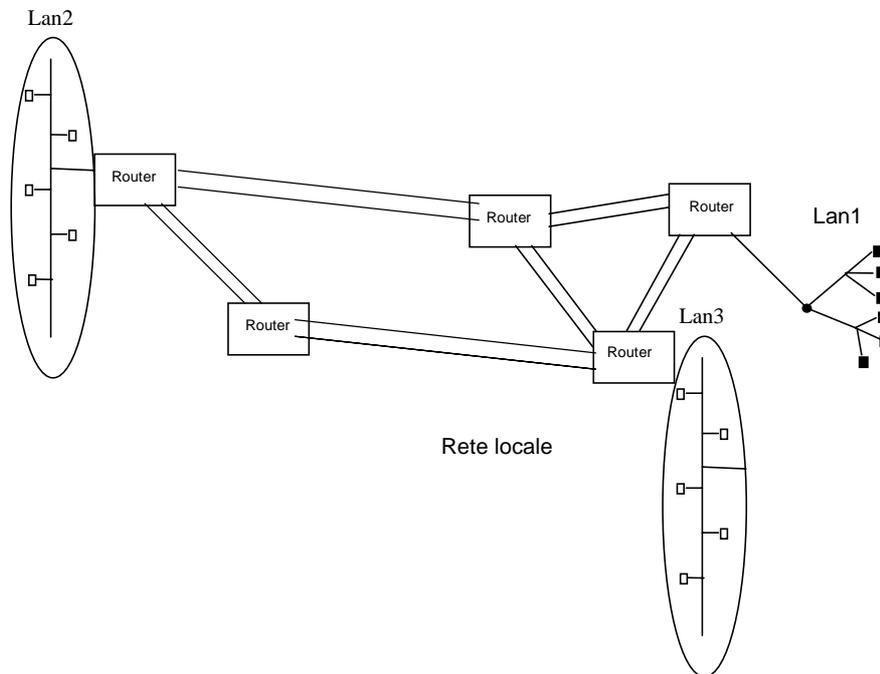
Pro: costo molto basso linee di comunicazione, basso costo dispositivi di I/O (sono molto semplici), rete molto diffusa. La tipologia a bus è attualmente la più usata (rete Ethernet).

Contro: quando un computer manda messaggi gli altri non possono (conflitti sulle rete di comunicazione), relativamente scalabile (max 300 metri, max 200 computer)



NOTA: le reti radio sono logicamente a bus, perché i dispositivi si affacciano e sfruttano tutti lo stesso mezzo trasmissivo (lo spazio)

CONNESSIONI WAN



Più reti connesse tra loro (“**INTER-NET-WORKING**”)

- Tipologia di connessione **punto-punto** non completa (non tutti si connettono con tutti, rete parzialmente connessa)
- mezzi trasmissivi diversi tra router e router: cavi dedicati, cavi telefonici (in questo caso si connettono via modem per effettuare conversioni digitale/analogico), sistemi radio e satellitari
- collegano tipi di reti anche diverse tra loro
- più strade possibili tra due reti
- inaffidabilità dei mezzi trasmissivi

Problema di instradamento (**ROUTING**)

- computer dedicati specifici, i **router** devono decidere come recapitare i messaggi da una rete all'altra
- scelgono le strade che a loro sembra più conveniente (**politica di routing**)

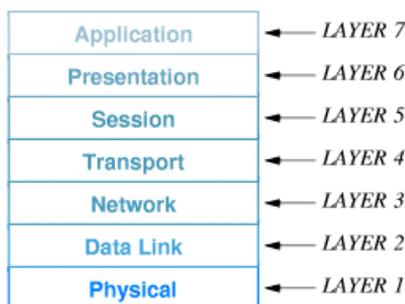
I LIVELLI DELLA RETE

Abbiamo già anticipato come le “cose” che vengono trasmesse sulla rete siano diverse da diversi punti di osservazione

- se guardiamo il mezzo di trasmissione fisico, tutto ciò che vediamo sono sequenze di bit in forma elettrica o ottica che viaggiano lungo il mezzo
- se guardiamo la trasmissione attraverso la interfaccia di rete, vediamo dei pacchetti di bit che viaggiano da un computer all'altro di una rete locale
- se guardiamo la trasmissione attraverso dei programmi applicativi (p.e., Napster o Explorer) vediamo interi file che vengono trasferiti da un computer all'altro di reti locali diverse attraverso internet

Bisogna identificare bene i livelli di osservazione!!!

In verità, non sono solo 3, ma ne sono stati identificati addirittura 7!!!



Ogni livello definisce:

- **dei servizi**
- **dei protocolli**

SERVIZI E PROTOCOLLI

Servizio: funzionalità messa a disposizione da una entità a un'altra

Esempio:

orecchio mette a disposizione di mente il servizio “ascolta parole”
bocca mette a disposizione di mente il servizio “pronuncia parole”

Oppure:

interfaccia di rete mette a disposizione di sistema operativo il servizio “spedisci pacchetto sulla rete”

Protocollo: schema convenzionale di comunicazione tra due entità

Esempio:

tra due persone, il protocollo prevede che alla ricezione di “buongiorno” si risponda “grazie, altrettanto”

Oppure:

tra un programma di navigazione Web (p.e. Explorer) e il programma server sul sito Web, il protocollo prevede che al “click” su un collegamento il server risponda inviando la corrispondente pagina Web

Oppure:

quando la interfaccia di rete manda un pacchetto sulla rete destinato a un calcolatore, il protocollo prevede che il ricevente controlli la correttezza dei dati ricevuti ed eventualmente li richieda di nuovo

SERVIZI PER I PROTOCOLLI

La realizzazione di un protocollo richiede lo sfruttamento di servizi

Esempio:

per rispondere “grazie altrettanto”, io devo richiedere alla mia mente di pensare le parole (servizio “pensa”), poi la mente richiede alla mia bocca di pronunciare la parola (servizio “pronuncia”)

Oppure:

perché un programma di navigazione Web possa richiedere l’invio di una pagina Web, deve usare un servizio del sistema operativo che prepari la richiesta, il sistema operativo poi userà il servizio della interfaccia di rete che provvederà a spedire sulla rete il pacchetto di richiesta

In generale:

la realizzazione di un protocollo richiede da un lato, lo sfruttamento di servizi dall’altro, implica la esecuzione di un protocollo di livello più “basso”

Esempio:

il protocollo “buongiorno” “grazie anche a lei” è eseguito dalle menti di due persone sfruttando i servizi di bocca e orecchio. Le entità bocca orecchio d’altro canto, stanno eseguendo un protocollo di produzione-ricezione onde-sonore

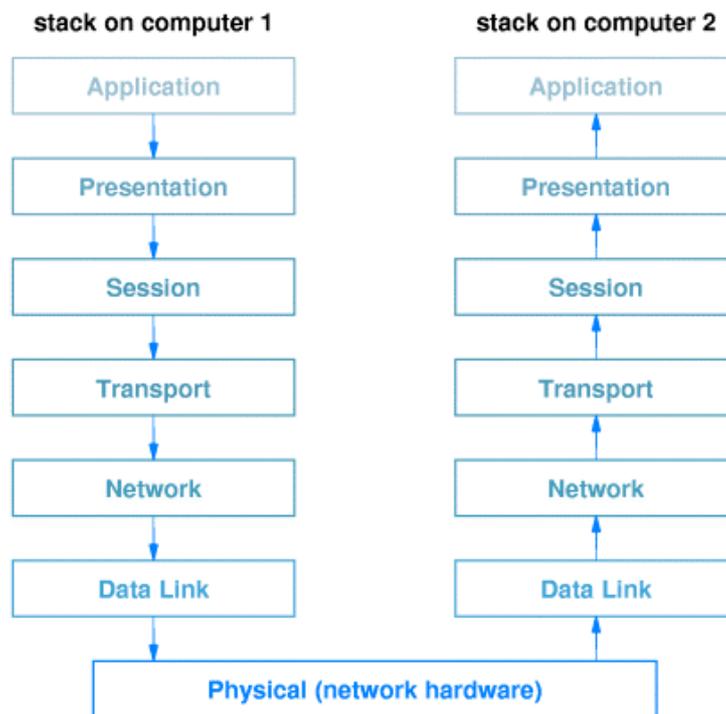
Oppure:

il protocollo di spedizione pagina Web implica un protocollo di trasmissione tra interfacce di rete

IL MODELLO ISO OSI

International Standard Organization, Open Software Interconnection

Non molto usato, ma comunque di riferimento per capire le problematiche dei servizi e dei protocolli di rete



L'idea base è che l'hardware e il software per la gestione di reti di calcolatori sia una "pila" (uno "stack") di livelli, ognuno dei quali fornisce al livello superiore specifici servizi, e che usa i servizi del livello inferiore per instaurare protocolli di comunicazione con le entità software o hardware di altri computer

I LIVELLI ISO OSI

Livello physical:

Comprende la struttura fisica di connessione e l'hardware di base delle interface di I/O per spedire i bit sulla rete

Diversi modi di codificare un bit o un insieme di bit. Dipendono dal mezzo fisico di per sé e, nell'ambito dello stesso mezzo fisico, dalle scelte dei progettisti della rete (p.e., Token Ring o Ethernet)

Protocolli: invio ricezione di bit

Servizi: ricezione di pacchetti da parte del livello datalink e loro trasmissione in forma di bit

Livello DataLink

Servizi: Spezza i messaggi ricevuti dal livello superiore in pacchetti ("FRAMES"), ci aggiunge l'indirizzo del calcolatore a cui spedire, una serie di bit di integrità (checksum, per controllare se ogni bit del messaggio arriva corretto) e li manda al livello sotto per la spedizione. Riceve i pacchetti dal livello sotto, li controlla in integrità e li manda al livello sopra.

Protocollo: controllo del checksum da parte del ricevente di un pacchetto

Il livello datalink è un livello software, nel senso che i suoi servizi e i suoi protocolli sono realizzati tramite algoritmi, anche se nelle interfacce di rete moderne gli algoritmi sono direttamente codificati su hardware per renderli più veloci

ALCUNE NOTE SU DATALINK

NOTA1:

Servizi standardizzati, qualunque sia la rete fisica i servizi sono uguali per tutti i livelli datalink di qualsiasi tipo di rete. Da questo livello in su, non conta più, dal punto di vista dei protocolli di comunicazione, quale è la rete LAN usata

NOTA2:

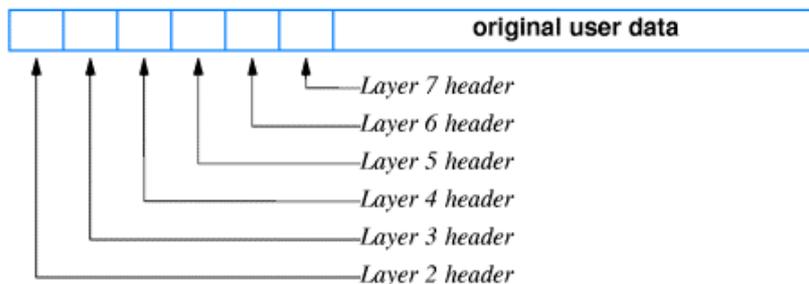
si scompone in pacchetti perché:

- nel caso di bus o mezzi di trasmissione condivisi, con pacchetti di dati piccoli si dà la possibilità a tutti di spedire senza impegnare per lungo tempo con messaggi lunghi la rete
- nel caso di distorsioni dei segnali elettrici o ottici, che producono errori nei bit trasmessi, si devono rispedire solo quei pacchetti errati. Nel caso di messaggi molto lunghi, bisognerebbe rispedire tutto il messaggio

NOTA3: FONDAMENTALE!!

Il livello DataLink aggiunge qualcosa ai dati da spedire che riceve dal livello superiore (il checksum)

In effetti, ogni livello, a salire nella pila, aggiunge le cosiddette intestazioni (“header”) ai messaggi, informazioni che gli servono per gestire correttamente i dati e i protocolli



DAL LIVELLO DATALINK AL LIVELLO NETWORK

I livelli 1 e 2, sono per gestire messaggi all'interno di una rete locale.

Problemi di *identificazione e locazione!*

Identificazione è di per sé garantita:

- Ogni interfaccia di I/O di un computer è identificata da un numero univoco, stabilito a livello mondiale da ISO.
- Quindi: ogni computer in rete è univocamente identificabile nel mondo
- Indirizzo interfaccia di rete: 6 byte (2^{48} computer!):
001011000011101001111011101110111001111111010
(si indica perlopiù in esadecimale: *00-ae-4f-65ef-4d*)

La localizzazione è un problema!!!

Se anche so l'indirizzo univoco di un computer, come lo trovo nel mondo?

Su una rete locale, il livello datalink fa così:

A livello datalink: il messaggio viene mandato sulla rete locale a tutti, il destinatario riconosce che è per sé!

Ma a livello di internetworking non si può spedire ogni pacchetto che circola sulla rete un messaggio.

Qui interviene il livello 3 – il livello network

IL LIVELLO NETWORK

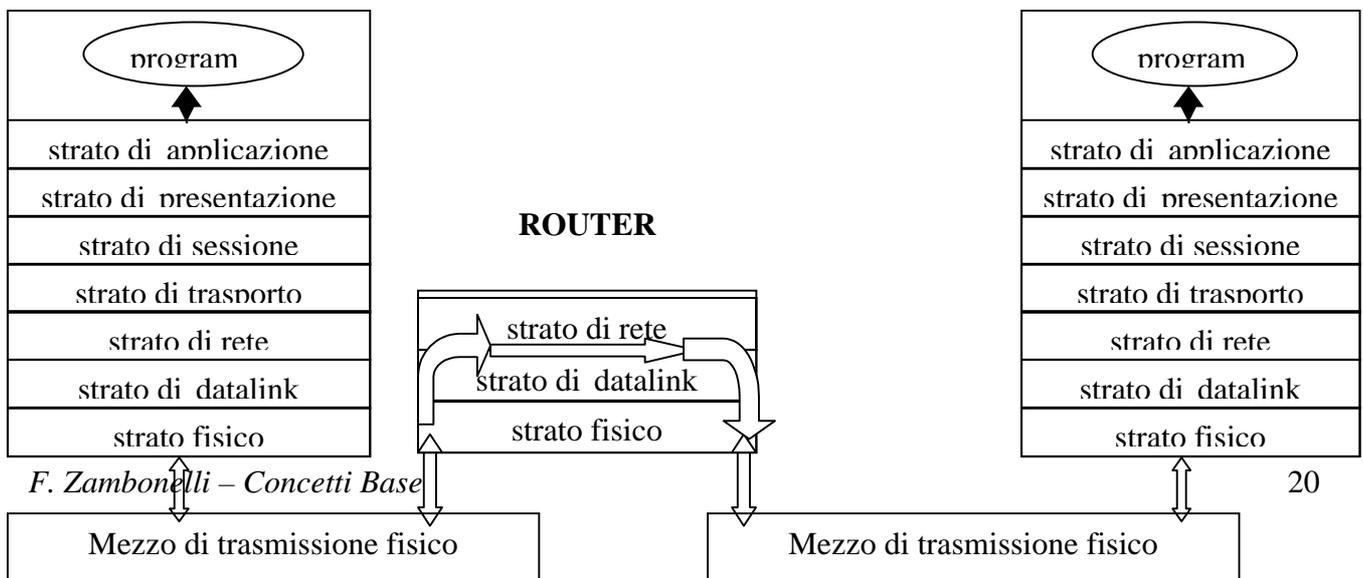
Fondamentalmente:

- se nessuno dei computer di una LAN si riconosce nel destinatario di un messaggio, il messaggio deve essere di internetworking
- un computer particolare della rete, il “router”, riconosce che il messaggio è per “l’esterno”, cioè per computer di altre reti
- il router può essere lui stesso collegato anche all’altra rete (lui fa parte allo stesso tempo di due reti diverse, e ha due diverse interfacce di rete)
- oppure può mandare il messaggio a un altro router, e così via
- fino a che il messaggio non giunge alla rete dove si trova il computer destinatario
- il messaggio viene ritrasmesso dal router locale e infine riconosciuto dal destinatario

Queste sono, semplificando, le funzionalità del livello 3

Se un messaggio non viene riconosciuto come a quella rete, viene mandato a un router, il messaggio viene analizzato fino a livello 3, ed eventualmente mandato ad altri router.

NOTA: su reti diverse il mezzo trasmissivo è separato, e il messaggio deve essere esplicitamente trasmesso dal router



IL LIVELLO NETWORK

Quindi, a livello network:

Servizi: riceve i messaggi dai livelli superiori, destinati a qualsiasi computer, e provvede a instradarli verso il computer giusto. Riceve i messaggi e, quando sono per quel computer, li instrada ai livelli più alti, altrimenti li manda ad altri router

Protocolli: scambio di messaggi tra i router

END-TO-END LEVELS

A livello Datalink: i protocolli di comunicazione si limitano a protocolli tra computer appartenenti alla stessa rete locale

A livello Network: i protocolli avvengono su router appartenenti a reti diverse e direttamente collegati tra loro

Ai livelli superiori: i protocolli avvengono direttamente tra computer su reti diverse:

- I livelli sottostanti si premurano di fare in modo che tutti i messaggi vadano a destinazione (se possibile), facendo in modo che i livelli superiori non debbano preoccuparsi della **localizzazione** dei computer

I livelli superiori (da 4 a 7) sono detti “**end-to-end**” perché a livello di protocolli essi vengono instaurati direttamente i mittenti-destinatari dei messaggi, con funzionalità via via superiori e sofisticate

I LIVELLI DA 4 a 7

Stato di trasporto: Effettua il controllo end-to-end della sessione di comunicazione (accesso alla rete da parte del client e trasferimento dei messaggi tra i client) e garantisce il livello di affidabilità (controllo consegna e ricezione)

Stato di sessione: Responsabile dell'implementazione di sessioni, cioè scambi di sequenze ordinate di messaggi

Stato di presentazione: Responsabile della risoluzione delle differenze di formato che possono presentarsi tra diversi nodi della rete (ad es. conversione di caratteri, compressione dei dati, sicurezza e autenticità dei messaggi attraverso tecniche di crittografia)

Stato di applicazione: Responsabile dell'interazione diretta con i programmi degli utenti che utilizzano la rete.

IN VERITA': nella pratica, dal livello 4 in su non c'è molta distinzione, le applicazioni spesso si realizzano direttamente a partire dal livello 4, o con 1-2 livelli intermedi realizzati "ad-hoc"