

Struttura Internet

formato da:

- dispositivi collegati
- applicazioni di rete
- collegamenti
- router: instradano il traffico, permettono connessione remota
- ISP: Internet Service Provider
- protocolli

Internet è una **rete di reti**, è una **struttura gerarchica** con regole e standard comuni che permettono il funzionamento

Protocollo

definisce l'ordine e delle **regole di comunicazione** dei messaggi scambiati tra più entità in comunicazione

è necessario che host e client comunichino per avere accesso ai servizi
Internet permettere di interconnettere dispositivi, 2 "modi":

- best-effort
- affidabile

Struttura di una rete

- ai **confini** di una rete: applicazioni e sistemi terminali
- reti e dispositivi collegati con cavi o wireless
- al **centro** della rete: router interconnessi -> rete di reti

Confini della rete

sistemi terminali (host): fanno girare programmi applicativi (ex: Web, e-mail...)

- **architettura client/server**: client host richiede e riceve servizio da un programma server in esecuzione da qualche parte (ex da un data center aziendale)
- **architettura peer to peer**: non c'è mediazione, uso limitato o inesistente di server dedicati (ex Skype)

Reti di accesso

permette di scambiare i dati digitali
tipi:

- residenziali (ex wifi, telefono), tipo DSL
- aziendali
- mobile

Diverse prestazioni, ex ampiezza di rete (bit al secondo per il trasferimento)
Risorse di rete possono essere condivise o dedicate

Accesso Aziendale Reti locali (LAN)

collega terminali di aziende/univ. all'edge router

usa tecnologia **Ethernet**: via cavo con doppino intrecciato, velocità di comunicazione elevata (da 1 a 10 Gigabit/sec)

terminali a switch ethernet con una delle interconnessioni al router che porta verso l'esterno

Accesso wireless

rete condivisa d'accesso wireless
tramite stazione di base di diversi tipi

- ex con wifi: access-point rete (802.11 fino a 100+Mbit/sec)
- ex con mobile: stazione radio base (4/5 G)

gestite da provider di telecomunicazioni

Reti domestiche

- Dsl o modem via cavo -> router - ethernet -> accesso wireless

Mezzi trasmissivi

permettono ai bit (info binarie) di passare da un sistema terminale all'altro

il sistema che connette trasmittente e ricevente è il mezzo fisico

- mezzi guidati: segnali si propagano in mezzo fisico : cavo, fibra ...
- mezzi a onda libera: si propagano nello spazio

Cavi Ethernet

Ethernet ex RJ-45

cavo a doppino intrecciato: due fili di rame avvolti usati per trasferire info
diverse modalità di schermatura (nei casi tipici non c'è, oppure su ogni doppino o su tutto)

X/Y TP

- X schermatura intero cavo
 - Unshielded
 - Foiled
 - S : maglia intrecciata
 - SF
- Y schermatura di ogni doppino
 - Unshielded
 - F: shielded

in ethernet il tipo di tecnologia si riferisce alla velocità di comunicazione, ha un indicatore e poi una lettera T (ex 100BASE-T)

regola per interconnettere ciascun doppino (2 modalità):

creo due tipi di cavi: patch (due connettori stesso ordine di fili) e cross (serve per connettere due dispositivi terminali)

Altri cavi

- cavo coassiale (USA) : due connettori uno sullo stesso asse dell'altro
- **fibra ottica**: flessibili e sottili, conduce la luce, molto veloci (100 Gigabit/sec), mezzo preferito per collegamenti a lunga distanza e con molti dati, basso tasso di errore e molta velocità

Canale radio trasporta segnale in spettro elettromagnetico, spesso bidirezionali, subisce effetti dell'ambiente di propagazione (riflessione, ostacoli, interferenza)

varie tecnologie:

- wifi per Lan
- microonde terrestri
- wide-area (cellulari)
- satellitari

Nucleo della rete

rete magliata di router che interconnettono i terminali
come vengono trasferiti i dati?

Commutazione di circuito

si stabilisce un circuito dedicato per l'intera sessione (ex vecchio telefono)

Vantaggi: **risorse dedicate punto a punto** non condivise a nessun altro con ampiezza di banda, prestazioni garantite, necessario impostazione di chiamata

Possibile divisione delle risorse e della banda in "porzioni", ciascuna allocata ai vari collegamenti, le risorse rimangono inattive se non usate, si può fare in diversi modi:

- ripartizione **bit rate**
- divisione di frequenza **FDM**
- divisione del tempo **TDM**

Esempio slide 35

File di $64 * 10^4$ bit da Host A a B su comm. circuito, dati

bit rate (velocità di trasmissione) di 1.536 Mbit/s,

TDM di 24 slot/s

0.5 s ogni punto a punto

-> $\frac{1536}{24} = 64 \text{ kbit/slot} = 64 * 10^3$

-> $\frac{64 * 10^4}{64 * 10^3} = 10 \text{ s}$

->-> $10 + 0.5 = 10.5 \text{ s}$

Commutazione di pacchetto

ogni messaggio di una sessione usa risorse su richieste, potrebbero dovere attendere per accedere a un collegamento. Internet funziona così

flusso di dati diviso in pacchetti che vanno da host a ad host b e condivide tutte le risorse di rete.

Condivisione di risorse su richieste: **multiplexing statistico**

non c'è convenzione di chiamata, non c'è divisione in porzione, non c'è prenotazione di risorse

-> contesa di risorse

può creare problemi tipo congestione: troppi pacchetti si accodano in ingresso del router e devo aspettare e memoria del router potrebbe esaurire -> pacchetto eliminato

router trasmette 1 pacchetto alla volta: sta facendo TDM: ogni host ha suo slot di tempo

paradigma di comunicazione: store and forward : switch deve ricevere intero pacchetto prima di trasferire, non si inoltra ogni bit ricevuto perchè non so destinazione

Confronto tra commutazioni

commutazione di pacchetto: più utenti usano la rete, rischio di avere troppi utenti attivi contemporaneamente è molto bassa

-> esempio slide

ottima per dati a raffica (ex streaming video) "burst"

ma rischio di congestione: ritardo o perdita di pacchetto

si può usare protocollo per evitare ciò perdendo prestazioni

è possibile configurare divisione come se fosse a circuito? problema non risolto

ISP di livello 1

al centro

aziende di telecomunicazioni grandi che hanno sul territorio molte infrastrutture per portare grandi moli di dati: copertura nazionale o internazionale

quando vengono installati, vengono connessi ad altri ISP di livello 1 per stabilire rotte di comunicazione tra i vari : nucleo molto connessi

vendono risorse a **ISP di livello 2**

ISP di livello 2

copertura nazionale o distretti, si connettono a ISP liv 1 con reti di transitano, comprando risorse

connessione ad albero (difficile 2 isp liv 2 connessi tra loro)

è un cliente di ISP liv 1

se si connettono uno con l'altro: di pari grado (peer)

si può arrivare ora a cliente finale con **ISP di livello 3**

ISP locali di livello 3

che comprano da liv 2 e vendono ai clienti. tipi diversi

IXP (Internet Exchange Point)

punto in cui ISP liv 2 mettono apparecchiature per connettersi tra loro per fare peering (per evitare di scendere e risalire l'albero)

Ci sono compagnie molto grandi che hanno bisogno di grande infrastruttura per avere servizi su tutto il territorio -> si inserisce direttamente negli ISP o IXP

A volte le reti che offrono ai clienti vengono fornite da queste compagnie connesse a ISP grazie a presenza capillare sulla rete

Percorsi di pacchetti

Un pacchetto deve passare attraverso molte reti

tutte le strutture si organizzano per il trasferimento -> **il percorso può cambiare tra andata e ritorno**

Questo ha conseguenze su prestazioni e misure

Implicazioni dati da gerarchia:

- dal core partono molte connessioni da pochi dispositivi
- il core trasferisce e consuma maggiori parte delle risorse nonostante siano pochi dispositivi rispetto a utenti

Importante avere collegamenti (anche intercontinentali) -> iniziative per posare cavi in acqua per atlantico e pacifico. Sono strutture molto ridondanti

Ritardi di pacchetti

Primo motivo è l'infrastruttura stessa: i router sono limitati con ritardi hd complessi
può succedere che risorse si esauriscono (troppi pacchetti o attesa troppo lunga)

- ritardo per attesa di essere trasmessi
- ritardo per pacchetti in attesa
- perdite di pacchetti dopo la congestione

Quattro cause di ritardo:

- **elaborazione di nodo:** ex con sistema di controllo di errori e determinazione canale di uscita
- **accodamento:** attesa di trasmissione e congestione del router
 $\text{intensità di traffico} = \text{lunghezza del pacchetto} * \text{tasso medio dei pacchetti} / \text{freq di trasmissione}$
 - se è circa 0 poco ritardo
 - se cresce vicino a 1 il ritardo cresce
 - se è > 1 ho più lavoro da gestire di quanto posso svolgere: ritardo medio infinito
- **ritardo di trasmissione:** limite fisico, tempo = lunghezza pacchetto / frequenza di trasmissione del collegamento
- **propagazione:** limite fisico di trasmissione: ritardo di propagazione = lunghezza del collegamento fisico / velocità di propagazione del collegamento.

-> **Ritardo di un nodo** = rit elaborazione (poco) + rit di accodamento (non so a priori) + rit di trasmissione (dipende da elettronica) + rit di propagazione (dipende da distanza)

c'è un ritardo nascosto : **ritardo di accesso:** mezzo di accesso a contesa, collegamento specifico (ex tutti pc a stesso access point) (ex wireless)

Perdita di pacchetti

- coda buffer è limitato
- se c'è coda piena il pacchetto viene scartato e è perso
- può essere ritrasmesso o meno dal nodo precedente

Throughput

frequenza al quale una certa unità dati viene trasmessa tra mittente e ricevente

quantità per unità di tempo

bit al secondo

può essere istantaneo o medio (periodo più lungo)

Collo di bottiglia collegamento su un percorso che vincola throughput di tutto il percorso

O la velocità di trasmissione del server o del client è collo di bottiglia

Prodotto banda-ritardo

tasso di trasmissione * ritardo di propagazione

massimo numero di bit presenti sul cavo se ne vengono trasmessi a sufficienza

Esempio

Host A e B separati da $20 * 10^6$ m e connessi a velocità $R = 2 * 10^6$ bit/s, con velocità di propagazione di $s = 2.5 * 10^8$ m/s

->

banda = $2 * 10^6$ bit/s

ritardo = $\frac{20 * 10^6}{2.5 * 10^8} = 0.08$ s

->-> **bdp** = $2 * 10^6 * 0.08 = 160000$ bit

tempo per trasmettere un bit = $1/r = \frac{1}{2 * 10^6} = 5 * 10^{-7}$ s

lunghezza del bit = $2.5 * 10^8 / 2 * 10^6 = 125$ m

$20 * 10^6 / 125 = 160000$ bit

Oss: -> stesso risultato

Livelli di protocollo

le reti sono complesse perchè

- composte da diversi oggetti con compiti molto diversi
- i collegamenti sono diversi
- applicazioni diverse
- protocolli e regole di comunicazione diverse
- hd e sw diversi

Dobbiamo trovare punti fermi per standardizzare:

serie di portocolli stratificati

Vari livelli: ognuno realizza un servizio

- facendo operazioni interne al livello
- usando i servizi del livello precedente

Stratificazione per **vantaggi**:

- un livello non si preoccupa di quelli inferiori e ne usa solo i servizi: migliora relazioni e rende sistema **modulare** (non serve cambiare tutto il sistema, solo l'interfaccia), le modifiche interne sono trasparenti e non influenzano il resto del sistema

Svantaggio:

- **overhead**: può essere necessario riscrivere i "dati" da livello precedente per sicurezza, duplicando info (ex sistema di controllo errore su internet esiste su diversi

Livelli e Servizi (SAP)

un mezzo di trasmissione e una serie di strati con portocolli per gestire comunicazioni tra strati

per ogni sistema c'è sottosistema per gestire funzionalità

al suo interno c'è **entità** che implementa le funzionalità di layer

slide 76

Ogni layer

- fornisce servizi al superiore
- usa i servizi dell'inferiore e le proprie funzioni

Servizi forniti attraverso **SAP** (Service Access Point)

Il layer A+1 sa che può usare servizio offerto A dai livelli inferiori ma non sa come implementato: da A in giù sono black box per entità di livello A+1

Service Access Point

servizio A offerto a entità di livello A+1 con interfaccia detta Service Access Point

STACK PROTOCOLLI INTERNET

5 livelli:

5. **Applicazione**: supporto a appl di rete (ex HTTP, DNS)

4. **Trasporto**: trasferimento dei messaggi di livello appl tra server e client (TCP, UDP)

3. **Rete**: sceglie rotta per inviare pacchetti da sorgente a destinazione: instrada datagrammi e implementa scelta assicurandosi che le politiche siano applicate (IP)

2. **Collegamento**: instradamento datagrammi punto a punto (Ethernet, PPP)

1. **Fisico**: trasferimento singoli bit a livello fisico

Modello di riferimento ISO-OSI

primo modello di riferimento (non quello sopra)
ci sono livelli di

- **presentazione** (conversioni per preparare dati) e
- **sessione** (sincronizzare, controllo e recupero dati)

tra livello applicazione e trasporto per rendere modello più generale possibile

Livello 7 Applicazione	7
Livello 6 Presentazione	6
Livello 5 Sessione	5
Livello 4 Trasporto	4
Livello 3 Rete	3
Livello 2 Collegamento	2
Livello 1 Fisico	1

Livello 7 Applicazione

fornisce alle applicazioni mezzi per scambiarsi dati

HTTP, FTP, P2P (file sharing), POP3 - IMAP
vari servizi

I dati del livello 7 sono detti **messaggi**

Livello 6 Presentazione

representazione codifica/decodifica dati

conversione dati da formato host a formato rete

criptatura

Livello 5 Sessione

sessione di comunicazione che non si interrompe tra due entità, riprende e termina

maschera eventuali disconnessioni a livello 4

Livello 4 Trasporto

controllo di flusso

trasferimento dei messaggi di livello appl tra server e client
risolve problemi di qualità del servizio di livello 3
segmenta dati se non sono gestibili da un'applicazione

dato che internet funziona in mod. best-effort
se necessario fa controlli
spezzettare e ricomporre dati

I pacchetti sono detti **segmenti**

Livello 3 Rete

instradamento pacchetti, controllo di errori e congestione (non obbligatorio)

responsabile della consegna Data Unit tra entità di liv 3 da un host all'altro

diversi servizi:

- reti orientate al datagramma: ogni pacchetto instradato autonomamente
- reti a circuito virtuale: stabilisce rotta e proprietà della comunicazione e le mantiene per tutti i pacchetti

pacchetti detti **pacchetti** o **datagrammi**

Livello 2 Collegamento

trasferimento punto punto

single-hop

- controllo e correzione errori
- moltiplicazione e demoltiplicazione
- affidabilità
- medium access control

pacchetti detti **frame**

Livello 1 Fisico

trasmette bit con uso segnali elettrici, acustici, onde ...

- fornisce mezzi per creare e distruggere connessioni fisiche
- definisce proprietà come codifica, livelli di tensione, modulazione ...

le unità dati dette **bit** o **simboli**

Data Units (DUs)

tradurre esistenza dei layers nella struttura dati inviati con collegamenti di rete

ogni layer ha propri dati da trasmettere e c'è flusso dati dell'applicazione

da sistema con M layer i dati da trasmettere sono M-SDU (service data unit di livello m)

- a questo il livello aggiunge la sua M-PCI (protocol control information di livello m)
- risultato è M-**PDU (Protocol Data Unit)**
- SDU: testo di una lettera, PCI: mittente e destinatario

Ogni layer considera PDU come busta chiusa

N-PDU del livello N:

- è la (N-1)-SDU del livello N-1
- se metto prima la (N-1)-PCI diventa la (N-1)-PDU

al ricevitore si fa inverso:

- ogni layer rimuove le sue PCI

Creare PDU

Ci sono sandwich di header (PCI dei vari livelli) e payload (veri dati da trasmettere)

Data Unit possono essere

Incapsulamento

possono esserci più macchine che non hanno bisogno di intero stack protocollare

alcuni arrivano fino al 3, altre fino a 2

-> quindi non si passa sempre per tutti i protocolli

