

L'essenza della comunicazione

L'obiettivo di tutti è di rappresentare/elaborare e trasferire le informazioni. Questo può avvenire tramite:

- una sequenza analizzabile di simboli (che costituisce l'informazione digitale)
- Quantità fisiche continuamente variabili (che costituiscono l'informazione analogica)
- Le informazioni possono essere trasferite tramite la trasmissione e la ricezione di *segnali*
- Noi ci concentreremo sulle comunicazioni elettriche

Multiplexing

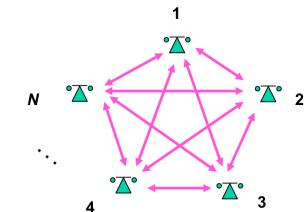
Nelle telecomunicazioni, la multiplazione è un sistema che consente la trasmissione, praticamente simultanea, di due o più messaggi attraverso la stessa linea.

- Sistemi di comunicazioni point-to-point:
Trasmissione + link di collegamento + ricezione

I **grafi** vengono usati per le reti di telecomunicazioni e ci permettono di connettere più sistemi punto-punto.

I grafi sono formati da nodi (i sistemi) e gli archi (i percorsi).

A volte un utente non raggiunge direttamente l'utente a cui vuole far arrivare l'informazione quindi è necessario trasferire i dati ad un nodo intermedio = **switching node** (commutazione).



Gli "ingranaggi" di internet

Internet è un rete di calcolatori che interconnette centinaia di milioni di dispositivi di calcolo in tutto il mondo.

Inizialmente i dispositivi di elaborazione erano pc tradizionali, workstation Linux o server. Al giorno d'oggi vengono sempre più spesso connessi ad internet sistemi non tradizionali, quali: computer portatili, tablet, smartphone, tv ecc.

Tutti questi dispositivi sono detti **host** (ospiti) o **sistemi periferici** (end system).

I sistemi periferici sono connessi tra di loro tramite una **rete di collegamenti** (communication link) e **commutatori di pacchetti** (packet switch).

Tali collegamenti possono essere di diverso tipo e si distinguono ad esempio dalla velocità con cui trasmettono i dati, la **velocità di trasmissione** (transmission rate) viene misurata in bit/secondo (bps).

Packet Switching

Internet è un esempio di rete di commutatore di pacchetti.

Quando un sistema periferico (pc, tablet ecc) vuole inviare dati ad un altro sistema periferico, suddivide i dati in sottoparti: l'informazione (che può essere espressa attraverso linguaggio binario, ovvero una sequenza di bit) è spezzettata in tanti piccoli pacchetti (**packets**).

I pacchetti sono inviati attraverso la rete, saltano da un nodo all'altro finché non trovano la via per la destinazione (**store and forward**) dove vengono riassemblati per ottenere i dati originari. Questi salti possono essere realizzati da qualsiasi sottorete (**internet-networking**). Esistono due tipi di rete: di **accesso** (insieme di sottoreti e routers a cui gli utenti si connettono direttamente) e **dorsali** (insieme di sottoreti e routers che servono per smistare le informazioni.)

Un commutatore di pacchetto prende un pacchetto che arriva da uno dei collegamenti in ingresso e lo trasmette su uno di quelli in uscita.

I due principali commutatori in internet sono : i **router** e i **commutatori a livello di collegamento** (link-layer switch).

(Nelle reti del circuito telefonico è noto come **exchange**, nel contesto della LAN è noto come **switch**.)

La sequenza di collegamenti e di commutatori di pacchetto attraversata dal singolo pacchetto è nota come **percorso** (route o path) attraverso la rete.

Ai confini della rete

I calcolatori e gli altri dispositivi connessi ad internet sono solitamente detti **sistemi periferici** o **end system**, in quanto si trovano ai confini di internet.

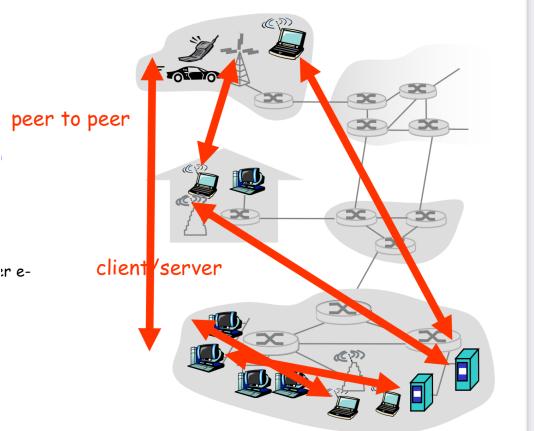
I sistemi periferici vengono anche detti **host** in quanto ospitano (ed eseguono) programma applicativi (quali browser).

Talvolta gli host vengono ulteriormente suddivisi in due categorie: **client** e **server**.

Client = sono host che richiedono dei servizi e tendono ad essere PC, smartphone e via dicendo.

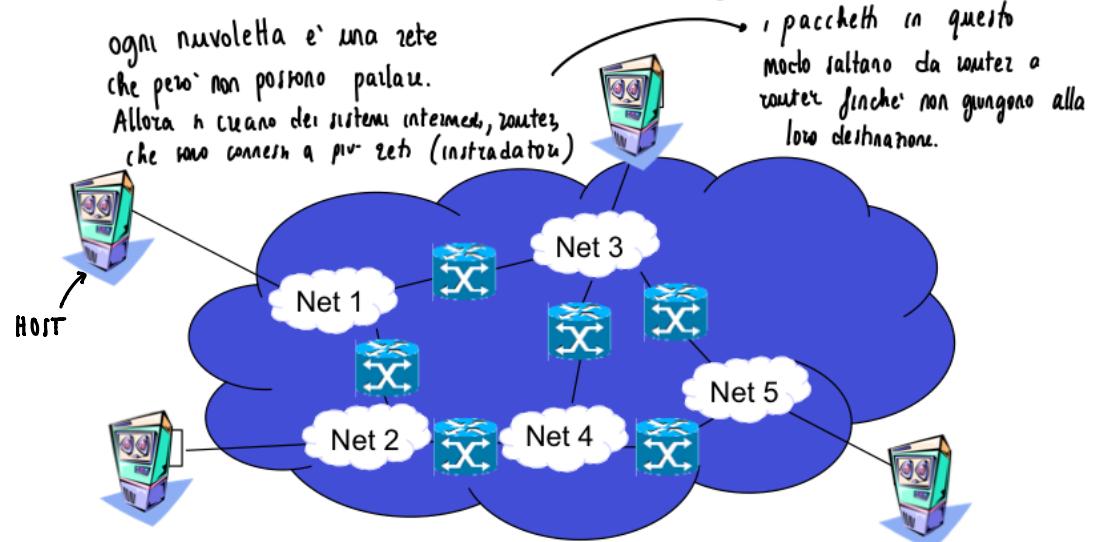
Server = si occupano di erogare dei servizi e sono sostanzialmente macchine più potenti che memorizzano e distribuiscono pagine web o flussi video ecc.

La maggior parte dei server è collocata in grandi **data center**.



Visione ad alto livello di internet

- Hosts, routers and inter-networking



per una sottorete e' obbligatorio avere un router, non e' isolata, ma non e' obbligatorio avere un host.

Le reti di accesso

Accesso residenziale

I due accessi residenziali a larga banda più diffusi sono: il **digital subscriber line (DSL)**, e quello **via cavo**.

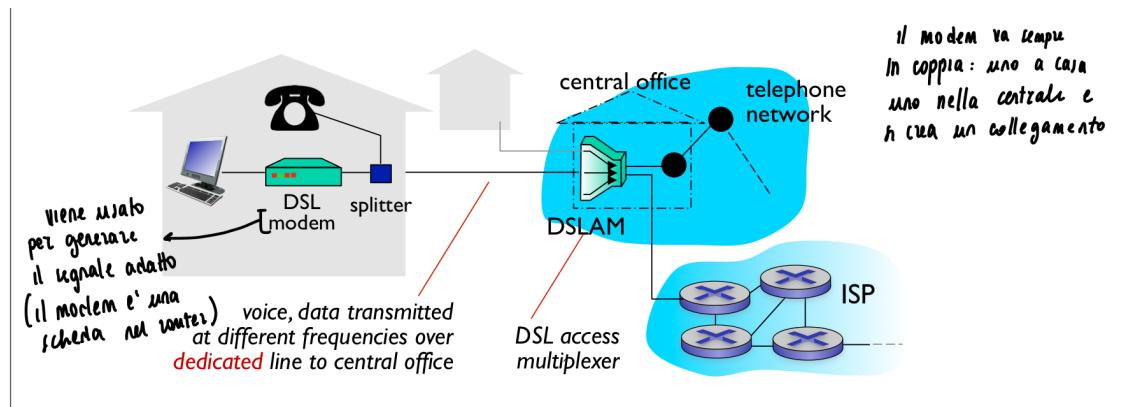
Un accesso residenziale a internet di tipo DSL viene generalmente fornito dalla stessa compagnia telefonica che fornisce anche il servizio di telefonia fissa.

Il modem DSL dell'utente usa la linea telefonica esistente per scambiare i dati con un **DSLAM** (*digital subscriber line access multiplex*) che si trova nella centrale locale della compagnia telefonica, che assume anche il ruolo di ISP (internet service provider, ossia connettono i servizi periferici a internet).

Il modem DSL residenziale converte i dati digitali in toni ad alta frequenza per poterli trasmettere alla centrale locale sul cavo telefonico; tutti i segnali analogici in arrivo alle abitazioni vengono riconvertiti in formato digitale nel DSLAM.

Le linee telefoniche residenziali trasportano contemporaneamente dati e segnali telefonici tradizionali codificandoli in tre bande di frequenza non sovrapposte:

- Canale di downstream (verso l'abitazione) ad alta velocità (typically < 10 Mbps)
- Un canale di upstream (verso DSLAM) a velocità media (typically < 1 Mbps)
- Un canale telefonico ordinario a due vie



Tale approccio fa apparire un singolo collegamento DSL come tre collegamenti separati, in modo che una chiamata telefonica e una connessione internet possano contemporaneamente condividere lo stesso collegamento DSL (multiplexing).

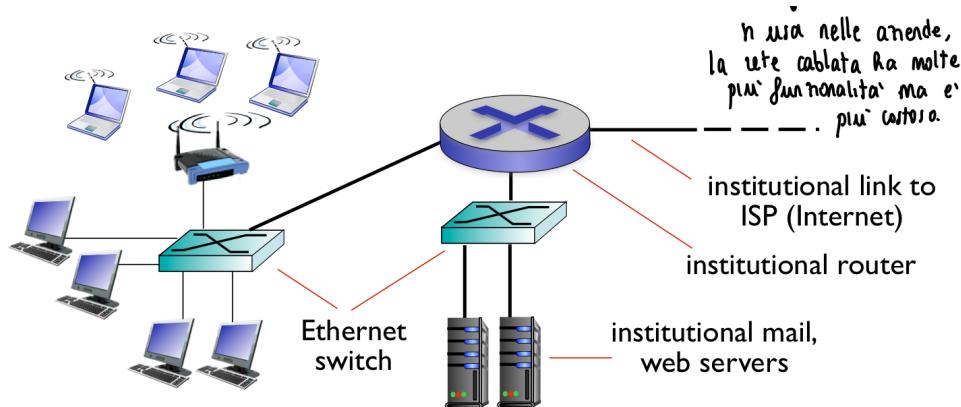
La DSL può limitare appositamente il tasso di trasmissione quando offre servizi a più livelli (velocità di trasmissione diverse a costi differenti) o perché il tasso di trasmissione massimo è limitato dalla distanza che intercorre tra l'abitazione e la centrale locale.

La DSL è stata espressamente progettata per distanze piccole tra l'abitazione e la centrale locale.

Accesso aziendale (Ethernet)

Nelle aziende e nelle università, sempre di più nelle abitazioni anche se più costoso, per collegare i sistemi periferici al router di bordo si utilizza una **rete locale** (LAN, local area network). La LAN più utilizzata è la tecnologia **Ethernet**.

Ethernet utilizza un doppino di rame intrecciato per collegare numerosi sistemi periferici tra loro e connetterli a uno switch Ethernet. Lo switch viene poi a sua volta connesso a internet.



- typically used in companies, universities, etc.
- 10 Mbps, 100Mbps, 1 Gbps, 10Gbps, 100 Gbps transmission rates
- today, end systems typically connect into Ethernet switch

L'accesso

tramite

Ethernet ha generalmente velocità di 100 Mbps fino anche a 1 o 10 Gbps.

In una LAN wireless gli utenti trasmettono e ricevono pacchetti da e verso un access point wireless entro un raggio di poche decine di metri, connesso a una rete aziendale, che probabilmente include una rete Ethernet cablata, ed è a sua volta connessa ad internet.

Accesso a reti wireless

Gli smartphone utilizzano la stessa infrastruttura wireless usata dalla telefonia cellulare, le comunicazioni sono mantenute in piedi anche se uno si sposta e c'è il supporto alla mobilità: posso accedere in un qualunque punto della rete, ossia riesco a connettermi con la stessa utenza sia a Roma che a Parigi. Cambio punto di accesso della rete mantenendo la mia identità (roaming)

- shared wireless access network connects end system to router
 - via base station aka "access point"

wireless LANs:

- within building (within tens of meters)
- 802.11b/g/n/ac/ax (WiFi): up to several Gbit/s transmission rate



wide-area wireless access

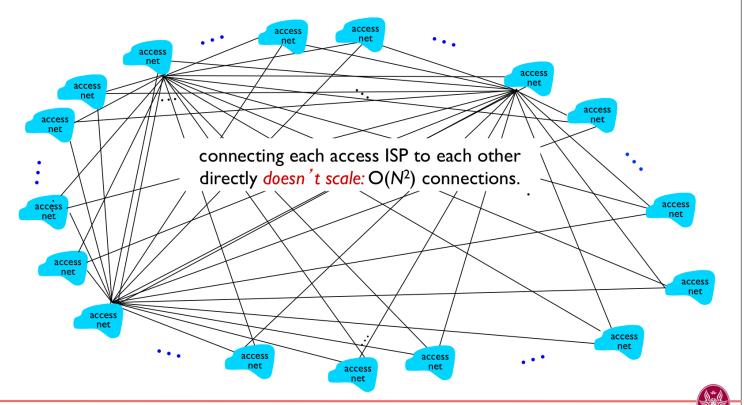
- provided by telco (cellular) operator, 10's km
- between up to ~ 1 Gbit/s
- 2G: GSM, GPRS; 3G: UMTS; 4G: LTE, 5G: NewRadio



Principio interconnessione : le informazioni devono essere espresse tramite bit, successivamente vengono divise in pacchetti che viaggiano dalla sottorete di origine fino ad arrivare, saltando da router a router , alla sottorete finale.

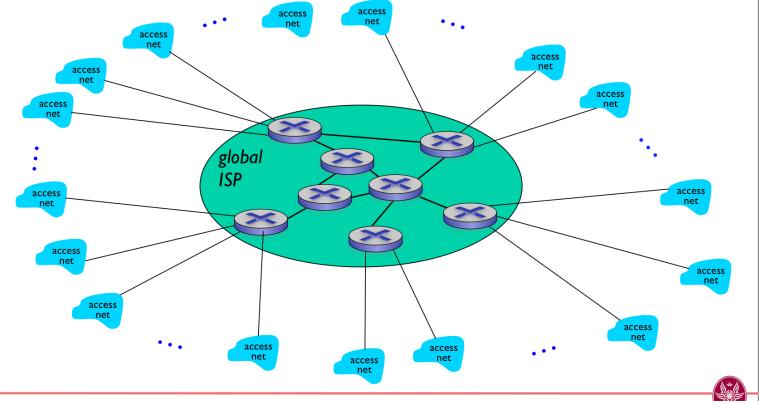
Non conviene connettere le reti di accesso con un grafo a maglia completa $(n-1)n/2$, in quanto ci sarebbero troppi collegamenti.

Option: connect each access ISP to every other access ISP?



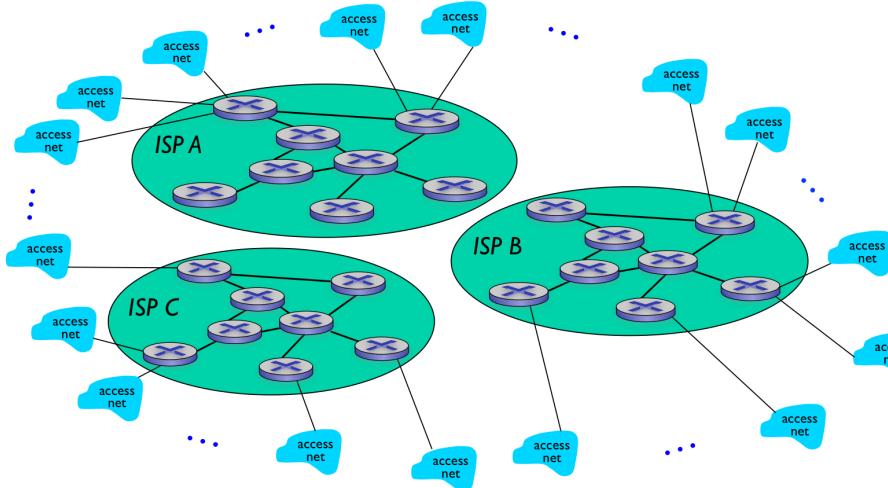
Per tale motivo vengono utilizzati dei routers, dei sistemi intermedi che le reti utilizzano per arrivare alla loro rete di destinazione. Con questo sistema nasce il problema del percorso.

*Option: connect each access ISP to one global transit ISP?
Customer and provider ISPs have economic agreement.*



Se questa dei routers è una cosa che ha senso fare lo farà più di un'azienda. Da un punto di vista di ricevere internet per il cliente non cambia niente, da un punto di vista aziendale ci possono essere più competitor. Inoltre è difficile garantire una qualità ottima con tanti clienti, quindi suddividerseli tra aziende da un lato conviene.

But if one global ISP is viable business, there will be competitors

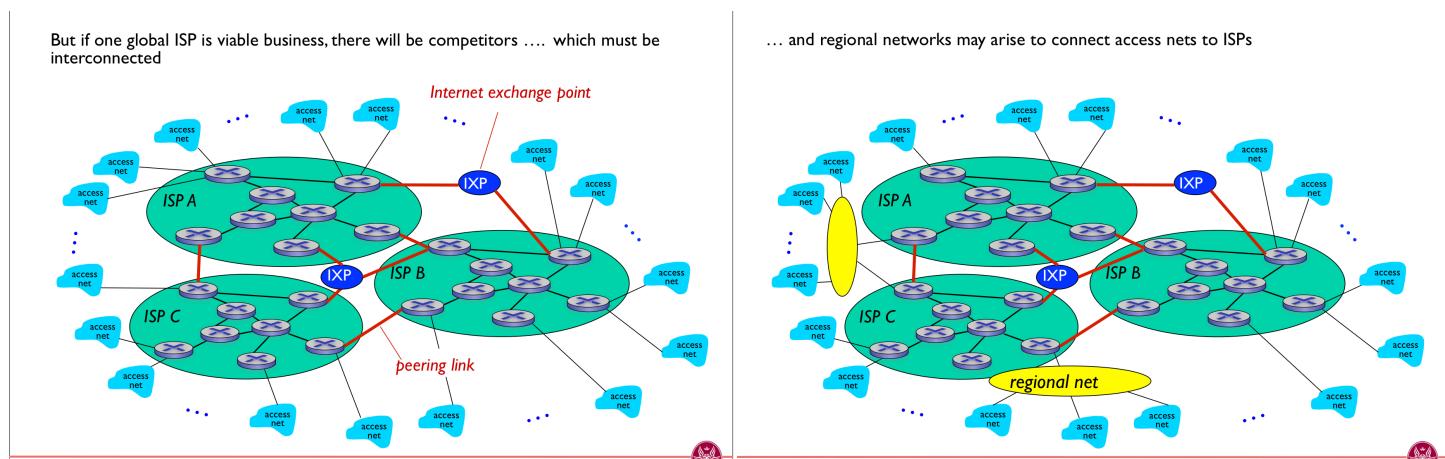


Il collegamento tra reti celesti e router (verdi) sono quelli che riguardano il contratto tra il cliente e l'azienda. Quelli neri nei router verdi sono i collegamenti propri dell'azienda.

I collegamenti rossi

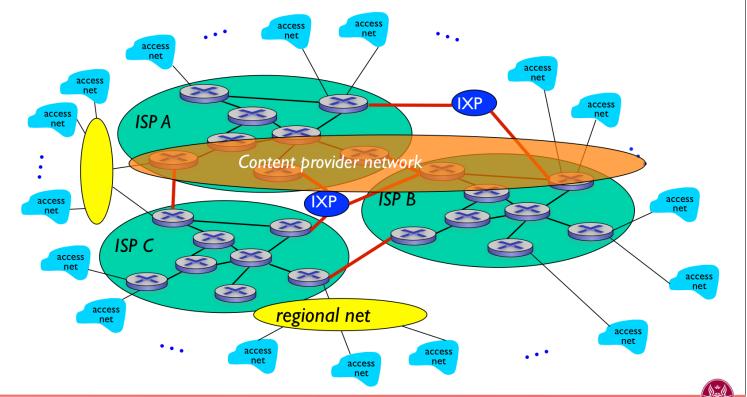
Comunque tutti questi collegamenti hanno lo stesso compito di trasportare informazioni.

Per offrire l'opportunità a tutti gli operatori di interconnettersi agli altri ci sono dei neutral access point o **IXP** (*internet exchange point*) o punto di interscambio, è un'infrastruttura fisica che permette a diversi internet service provider di scambiare traffico internet tra loro.

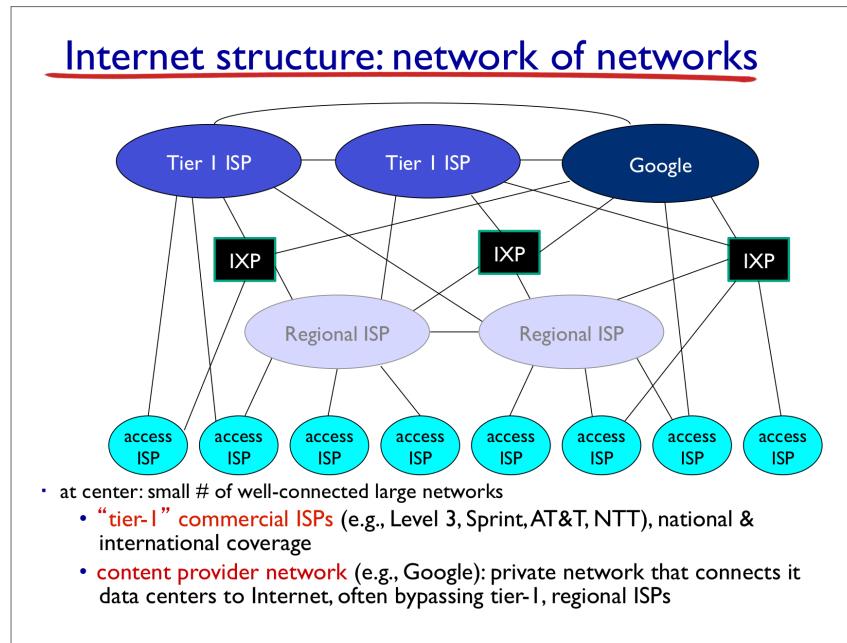


Attualmente ci sono operatori over the top, come google, che possono offrire servizi dall'alto per le reti, sono il cloud.

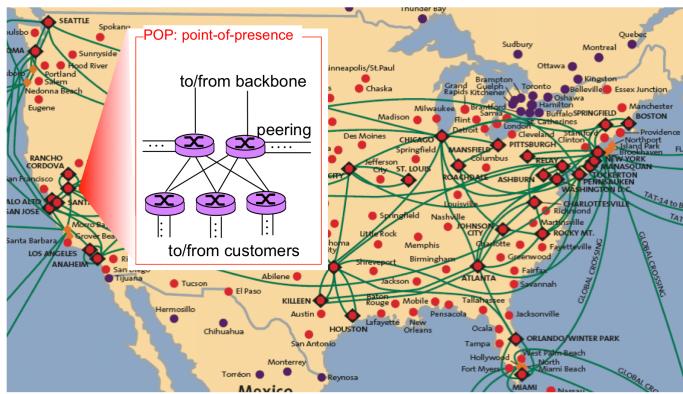
... and content provider networks (e.g., Google, Microsoft, Akamai) may run their own network, to bring services close to end users



La scala gerarchica:

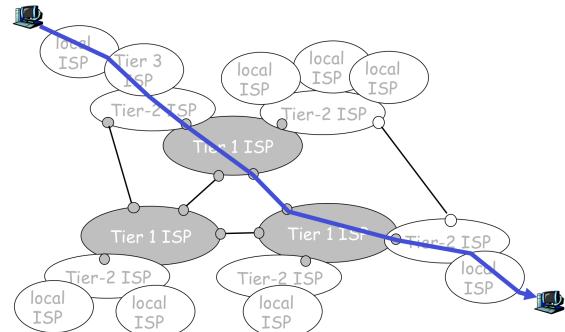


Invece di usare una macchina super potente per scrivere milioni di righe di codice al secondo, si è avuta l'idea di utilizzare moltissime macchine.



Internet structure: network of networks

- a packet passes through many networks!



Storia di Internet (in breve)

Internet nasce nel 1969. Per il primo decennio (quindi dagli anni 70 agli 80) l'obiettivo principale era quello di ottenere la connessione, l'alta velocità non era ancora una priorità. Infatti i dati venivano elaborati molto lentamente. Internet era un sistema chiuso di cui solo pochi utenti facevano parte, è infatti nato per connettere enti organizzativi militari, politici. Per tale motivo non valeva la pena investire sulla sicurezza.

Il primo protocollo di internet è stato definito nel 1981, dove la sicurezza ancora non era ancora un problema.

Quando internet è stato reso pubblico il problema della sicurezza però non era ancora stato risolto. Per questo motivo oggi abbiamo ancora problemi sotto questo verso, in quanto non è stato pensato sin dall'inizio.

Negli anni 90 e 2000 l'obiettivo divenne l'alta velocità.

Ad oggi l'obiettivo di internet è aver un'infrastruttura intelligente. Mentre prima si sviluppava la rete per la rete, senza nessuno obiettivo, adesso è costruita per : controllo dei processi produttivi, distribuzione e produzione dell'energia, gestione dei trasporti pubblici ecc.

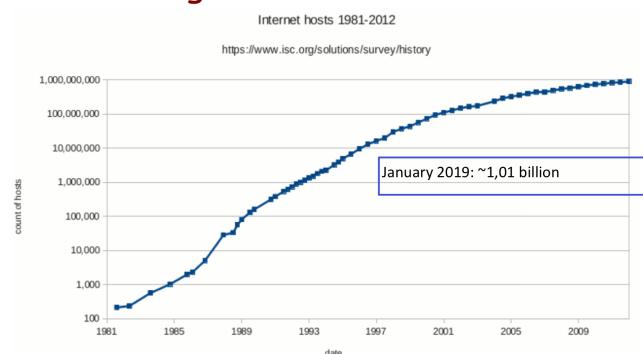
ITC = critical infrastructure for the global economy

Dal grafico, aumento esponenziale degli host .

Dalla parte sinistra vediamo che come ogni nuovo sistema tecnologico ci vuole tempo per essere "accettato", successivamente c'è il boom e poi un periodo di saturazione dove gli utenti sono moltissimi.

39

Log-scale host count



(Manca un pezzo)

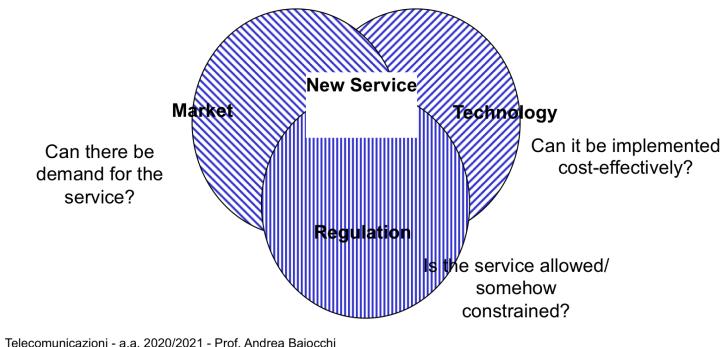
Trends in network evolution

Esempio di servizio di trasporti

Succes Factors for New Services

L'esperienza ha insegnato che per realizzare un nuovo servizio che abbia successo serve:

- una tecnologia abilitante che consenta di realizzare in maniera efficace il supporto per il servizio.
- un mercato: un insieme di utenti interessati al nuovo servizio pronti ad investire delle risorse
- La regolazione: le regole sono fondamentali perché consentono di standardizzare (ad esempio il telefono standard, tutti i telefoni hanno la stessa "struttura"), ossia che si scrivono dei documenti t.c tutti gli operatori si mettano d'accordo. Un esempio dove non c'è standard è ad esempio sugli attacchi delle prese elettriche. Invece internet è standard perché ci sono delle regole che valgono in tutto il mondo, infatti noi possiamo connetterci dove vogliamo. La regolazione è a favore del pubblico, quindi è di solito gestita dal pubblico e non dal privato.



Telecomunicazioni - a.a. 2020/2021 - Prof. Andrea Baiocchi

La standardizzazione porta alla interoperabilità, ossia un cliente può utilizzare apparati di operatori diversi ed essere libero di cambiare quando vuole, no matter di chi è il produttore.

Standards bodies

Enti famosi che decidono gli standard:

- Internet Engineering Task Force (IETF) (*internet sandbars development...*)
- Regional bodies (ETSI)
- Industry Organizations and Fora (*Wi-Fi, bluetooth...*)
- International Telecommunications Union (ITU)
- International Standardization Organization (ISO)

Prefissi metrici principali

Esp	Esplicito	Prefisso	Esp	Esplicito	Prefisso
10^{-3}	0,001	milli	10^3	1.000	Kilo
10^{-6}	0,000001	micro	10^6	1.000.000	Mega
10^{-9}	0,000000001	nano	10^9	1.000.000.000	Giga
10^{-12}	0,000000000001	pico	10^{12}	1.000.000.000.000	Tera
10^{-15}	0,000000000000001	femto	10^{15}	1.000.000.000.000.000	Peta
10^{-18}	0,000000000000000001	atto	10^{18}	1.000.000.000.000.000.000	Exa
10^{-21}	0,000000000000000000001	zepto	10^{21}	1.000.000.000.000.000.000.000	Zetta
10^{-24}	0,000000000000000000000000001	yocto	10^{24}	1.000.000.000.000.000.000.000.000	Yotta