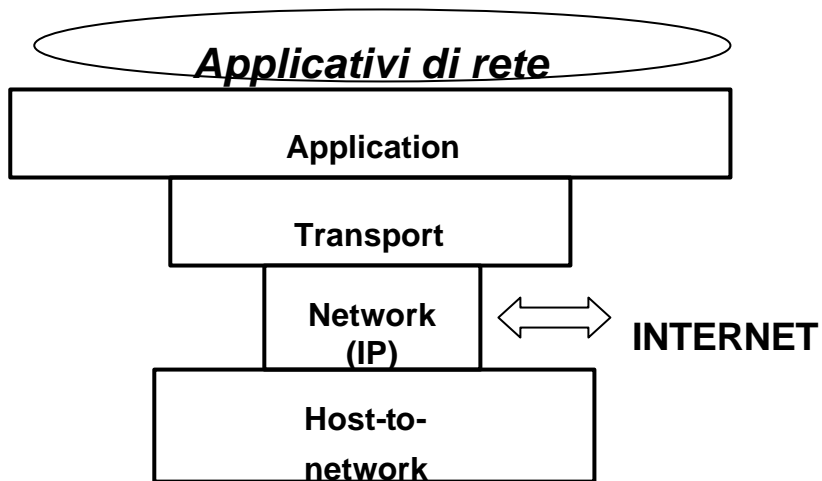


PARTE 4

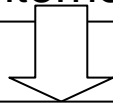
LIVELLO IP

(La “dorsale” di Internet)

Suite di protocolli TCP/IP



**Il successo
continuo
e costante di
Internet**



**Tutti gli host
collegati ad
Internet devono
essere
“identificati” in
modo univoco**

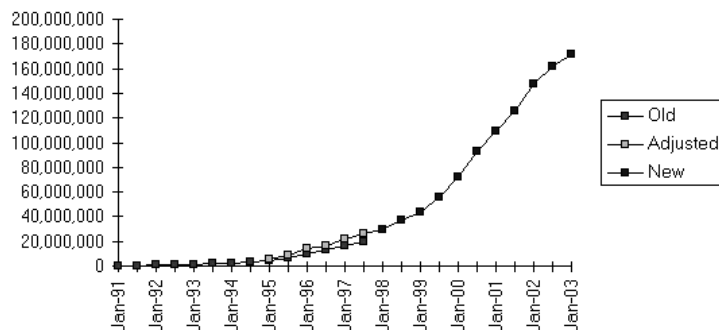
Fonte: www.isc.org

Numero di host collegati ad Internet

Gennaio 1993	1.313.000
Luglio 1993	1.776.000
Gennaio 1994	2.217.000
Luglio 1994	3.212.000
Gennaio 1995	4.852.000
Luglio 1995	6.642.000
Gennaio 1996	9.472.000
Luglio 1996	12.881.000
Gennaio 1997	16.146.000
Luglio 1997	19.540.000
Gennaio 1998	29.670.000
Luglio 1998	36.739.000
Gennaio 1999	43.230.000
Luglio 1999	56.218.000
Gennaio 2000	72.340.000
Luglio 2000	93.047.000
Gennaio 2001	109.574.000
Luglio 2001	125.888.000
Gennaio 2002	147.344.000
Luglio 2002	162.128.000
Gennaio 2003	171.638.000
Luglio 2003	???
Gennaio 2004	???

Il numero di host in Internet

Internet Domain Survey Host Count



Source: Internet Software Consortium (www.isc.org)

Modulo 1: Servizi del livello IP

Servizi principali del protocollo IP

1. **Indirizzamento univoco degli host**
2. **Unità di trasferimento dati:** definisce l'unità base di informazione utilizzata da Internet per trasferire dati
3. **Funzione di routing:** sceglie il percorso nella rete attraverso il quale consegnare i pacchetti
4. **Consegna non affidabile dei pacchetti:**
 - **consegna non garantita:** i pacchetti possono essere persi, duplicati, ritardati, o consegnati senza ordine
 - **consegna con impegno (*best effort*):** tentativo di consegnare ogni pacchetto (possibili inaffidabilità derivanti da congestione della rete o guasto dei nodi)
 - **privo di connessione:** ogni pacchetto è trattato in modo indipendente da tutti gli altri

Altri tipi di protocolli

- **Non tutti i protocolli forniscono un servizio di consegna di pacchetti non affidabile**
- **Ad esempio, vi sono vari protocolli (di origine telecomunicazioni) che forniscono un “circuito virtuale”**
 - **X.25** (praticamente estinto)
 - **Frame Relay** (molto popolare in Europa negli anni '90, ora in declino)
 - **ATM** (Asynchronous Transfer Mode)

Internet: network-layer connection-less service

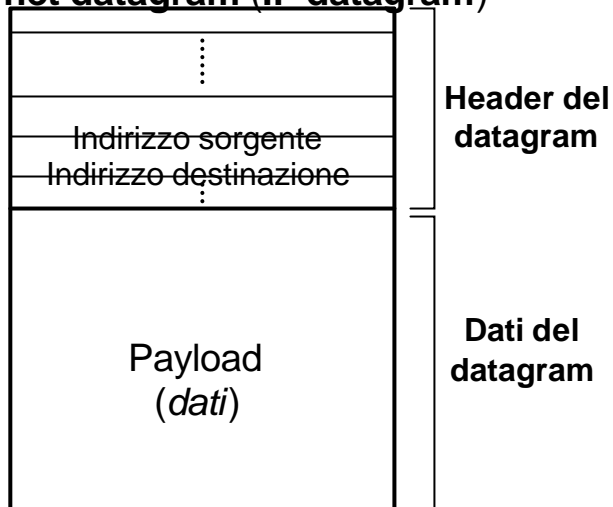
Telefonia: network-layer connection-oriented service

PERCHE'?

Unità trasferimento dati di IP

Layout dell'Internet datagram (IP datagram)

Tutto il traffico Internet consiste di pacchetti. Ciascun pacchetto è lungo fino a 64 Kbyte



Esempi di datagrammi

⋮
209.101.56.122
207.85.155.125
⋮
<p>“Elenco Università Italiane”</p>

⋮	
207.85.155.125	
209.101.56.122	
⋮	
"76 matches found... Match 1: ... Match 2: ..."	

Formato del datagramma IP

0	4	8	16	19	24	31	
VERS		HLEN		SERVICE TYPE		TOTAL LENGTH	
IDENTIFICATION				FLAGS		FRAGMENT OFFSET	
TIME TO LIVE		PROTOCOL		HEADER CHECKSUM			
SOURCE IP ADDRESS (32 bit)							
DESTINATION IP ADDRESS (32 bit)							
IP OPTIONS					PADDING		
DATA							

Datagramma IP (2)

- **VERS**: versione del protocollo IP usata per creare il datagram (4 bit)
- **HLEN**: lunghezza dell'header del datagram (in parole di 32 bit); in generale uguale a 5 (20 byte)
- **TOTAL LENGTH**: lunghezza del datagram IP (in byte); max dimensione 2^{16} = 65536 byte
- **TYPE OF SERVICE (TOS)**: specifica come deve essere trattato il datagram

0	1	2	3	4	5	6	7
PRECEDENCE			D	T	R	NON USATI	

PRECEDENCE: l'importanza del datagram

D (delay): basso ritardo

T (throughput): alto throughput

R (reliability): alta affidabilità

} tipo di trasporto desiderato

Parte 4

Modulo 2: Indirizzi IP

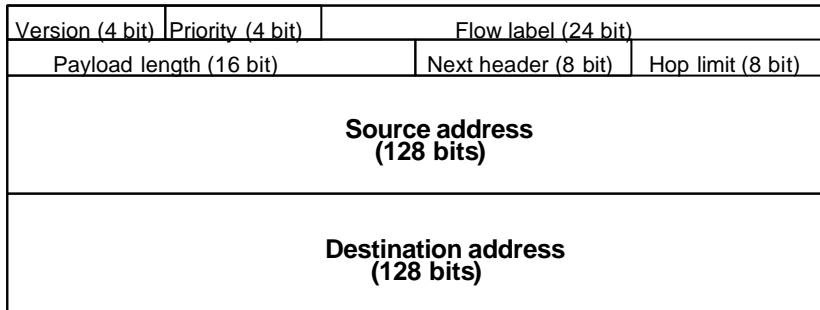
Indirizzi IP

- Per fornire un servizio di comunicazione universale (ogni nodo della rete può comunicare con ciascun altro nodo) occorre un metodo che permetta di identificare univocamente ogni nodo
 - Ad ogni nodo è assegnato un unico indirizzo Internet (indirizzo IP) formato da 32 bit $2^{32} \cong 4,3$ miliardi di indirizzi diversi
- L'indirizzo IP è suddiviso in 4 campi, ciascuno dei quali è formato da 8 bit, separati da un punto (notazione decimale puntata o **dotted notation**), ad es. 130.192.5.189

Indirizzi IP

- Attualmente ciascun indirizzo IP (**IPv4**) consiste di **4 byte** (32 bit). Esempio: 204.178.16.36
- In IPv4 vi sono **3.758.096.384** indirizzi IP disponibili
 - *Si stanno (quasi!) esaurendo ...*
- Un indirizzo **IPv6** consiste di **16 byte** (128 bit)

Layout dell'header IPv6



Componenti dell'indirizzo IP

- Ogni indirizzo IP è formato dalla coppia
<netid, hostid>

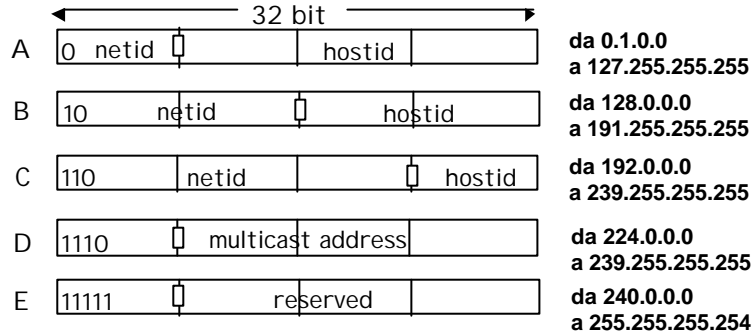
dove **netid** (o prefisso di rete) identifica la rete
e **hostid** identifica un host di quella rete

Tutti gli host che condividono lo stesso netid
appartengono alla stessa rete logica

Classi di indirizzi IP

- 4 classi utilizzabili di indirizzi IP (*classe A*, *classe B*, *classe C*, *classe D*) più 1 riservata (*classe E*)
 - La quantità di bit destinati al prefisso di rete dipende dalla classe cui l'indirizzo appartiene
 - La classe è codificata dai bit più significativi dell'indirizzo

Classe



Classe A

- 128 possibili network ID
- oltre 4 milioni host ID per network ID

Classe B

- 16K possibili network ID
- 64K host ID per network ID

Classe C

- oltre 2 milioni possibili network ID
- circa 256 host ID per network ID

Assegnamento indirizzi IP

- Ciascun host deve essere identificato da un unico indirizzo IP, che può essere assegnato permanentemente ad un host oppure assegnato dinamicamente al momento del boot di un host
- **Come fa un host a conoscere il proprio indirizzo IP?**
 - **Configurazione manuale:** l'indirizzo IP è configurato in un file dall'amministratore del sistema
 - **Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP):** allocazione dinamica effettuata da un server speciale
- **Gli indirizzi IP sono indirizzi *logici* (non fisici!)**

Assegnamento indirizzi IP (*cont.*)

- Un **network ID** (corrispondente ad un insieme di indirizzi IP) è assegnato alle organizzazioni da un'unica autorità centrale
- **Assegnazione di indirizzi di rete:**
 - Tramite **Internet Service Provider (ISP)**
 - **Internet Assigned Numbers Authority (IANA)**

Assegnamento indirizzi IP (*cont.*)

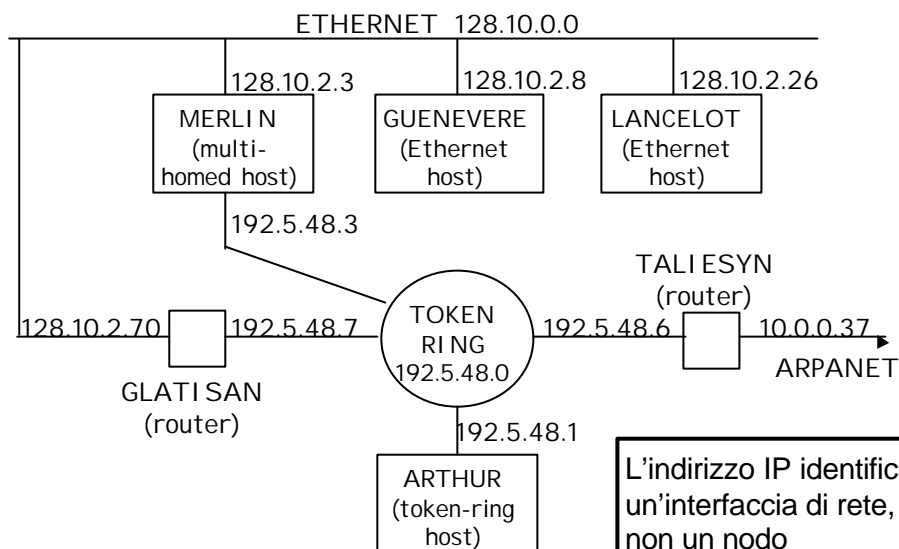
- Gli **host ID** sono assegnati localmente dall'amministratore di sistema dell'organizzazione
- Gli host che si trovano sulla stessa rete condividono lo stesso network ID, ovvero la stessa parte a sinistra dell'indirizzo IP
- Sia il network ID sia l'host ID sono utilizzati per il routing

Host address

NOTA IMPORTANTE

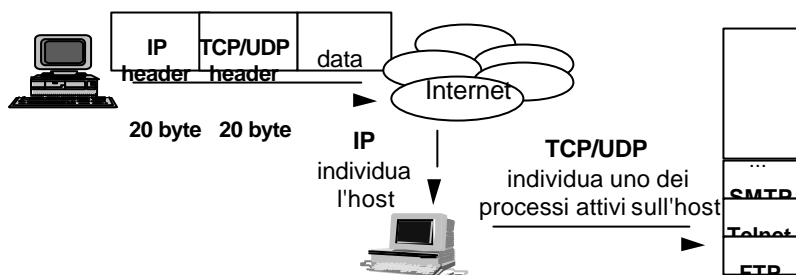
- Un indirizzo IP (detto ***host address***) viene in realtà assegnato ad una interfaccia di rete
- Un host (per es., un computer) può essere dotato di più interfacce di rete e quindi può avere multipli ***host address***

Assegnamento di indirizzi IP



Uso degli indirizzi Internet

- I dati sono trasmessi a pacchetto: ciascun blocco di dati è preceduto da intestazioni che specificano:
 - a quale macchina sono diretti (**protocollo IP**)
 - da quale programma debbono essere utilizzati (**protocolli TCP/UDP**)



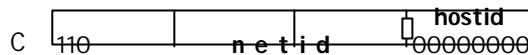
Indirizzi IP speciali

Insieme di indirizzi speciali riservati (non sono mai assegnati ad host)

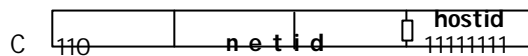
- **network address**: denota il netid (prefisso) assegnato ad una rete; hostid con tutti i bit uguali a 0 (es., 128.211.0.0 indica la rete di classe B avente netid 128.211)
- **directed broadcast address**: permette il broadcast a tutta una data rete; hostid con tutti i bit uguali a 1 (es., 128.211.255.255 indica il broadcast per la rete di classe B avente netid 128.211)
- **limited broadcast address**: permette il broadcast sulla rete fisica locale; tutti i bit uguali a 1 (ossia 255.255.255.255)
- **this host address**: usato per il boot dell'host; tutti i bit uguali a 0 (ossia 0.0.0.0)
- **loopback address**: usato per il testing di applicazioni di rete; la classe A con netid pari a 127 (es., 127.0.0.1)

Network Address e Broadcast IP

- Un indirizzo IP address che ha un **host ID di tutti 0**, è detto **network address** e si riferisce all'intera rete Internet. Per es., per un indirizzo di classe C



- Un indirizzo **IP broadcast** ha un **host ID di tutti 1**



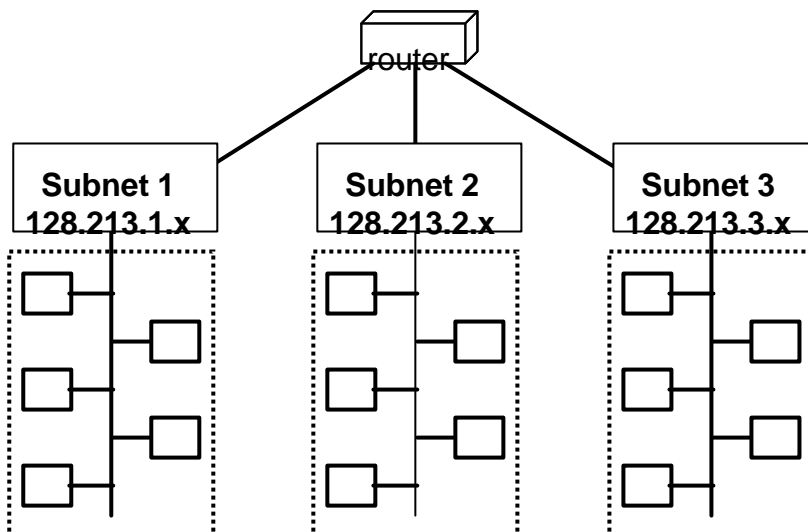
- IP broadcasting non è un vero broadcast in quanto si fonda sulla tecnologia hardware sottostante per il broadcast

Indirizzi di Subnet

- Un'organizzazione può suddividere il suo spazio di host address in gruppi detti **subnet**
- Il **subnet ID** è tipicamente utilizzato per raggruppare host basati sulla topologia fisica della rete
- Per esempio, per un indirizzo di classe B si ha:

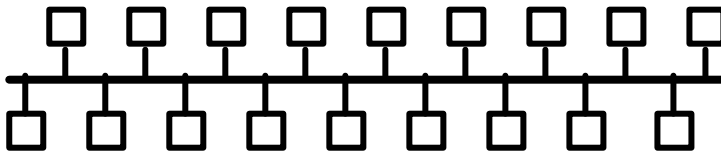


Subnetting



Subnetting (*cont.*)

- Le subnet servono anche (e soprattutto) per facilitare il routing dei pacchetti all'interno della rete dell'amministrazione
- I broadcast di subnet IP hanno l'hostID di tutti 1
- E' anche possibile avere una sola rete fisica (**wire network**) con subnet multiple. Es.,



Indirizzi IP privati per Intranet

- Un'organizzazione tipicamente ha una rete che include macchine appartenenti ad Internet (pubbliche) ed altre che non lo sono (private)
 - Le macchine private scambiano pacchetti soltanto con le macchine (pubbliche e private) di quella che viene detta **Intranet**
- **Indirizzi privati per consentire la comunicazione tra macchine pubbliche e private**

Classe A: 10.0.0.0

Classe B: 172.16.0.0 - 172.31.0.0

Classe C: 192.168.0.0 - 192.168.255.0

Indirizzi IP privati

IANA-Allocated, Non-Internet Routable IP Address Schemes

Classe	Network Address Range
A	10.0.0.0-10.255.255.255 (10.0.0.0/8)
B	172.16.0.0-172.31.255.255 (172.16.0.0/12)
C	192.168.0.0-192.168.255.255 (192.168.0.0/16)

Parte 4

Modulo 3: Architettura di Internet

Ma cos'è Internet?

DAL PUNTO DI VISTA DELLE APPLICAZIONI DI RETE:

Un'entità trasparente nella maggior parte dei casi

DAL PUNTO DI VISTA "FISICO":

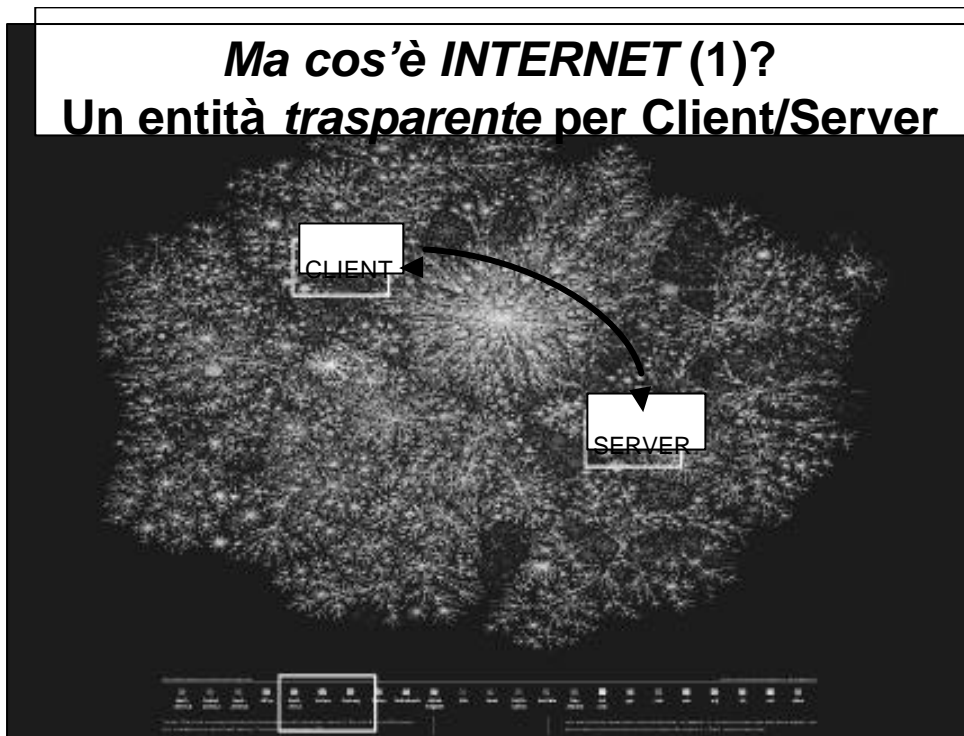
*Un insieme di componenti interne (host, link, router), in cui ciascun nodo è caratterizzato da un indirizzo IP in 4 byte, es. **158.24.80.57***

DAL PUNTO DI VISTA ORGANIZZATIVO:

- *Un insieme di nomi e domini (guardando agli host)*
- *Un insieme di Autonomous Systems (guardando ai router)*

Ma cos'è **INTERNET** (1)?

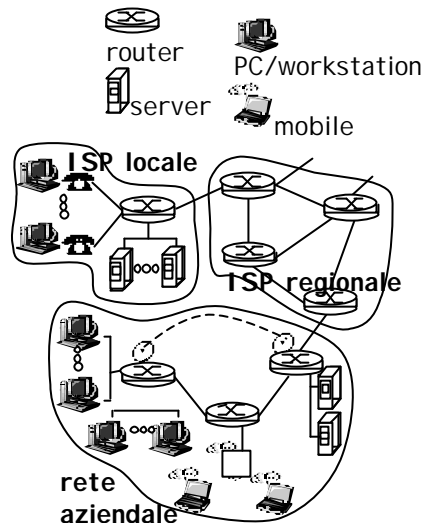
Un entità *trasparente* per Client/Server



Ma cos'è **INTERNET** (2)?

Un insieme di componenti interni

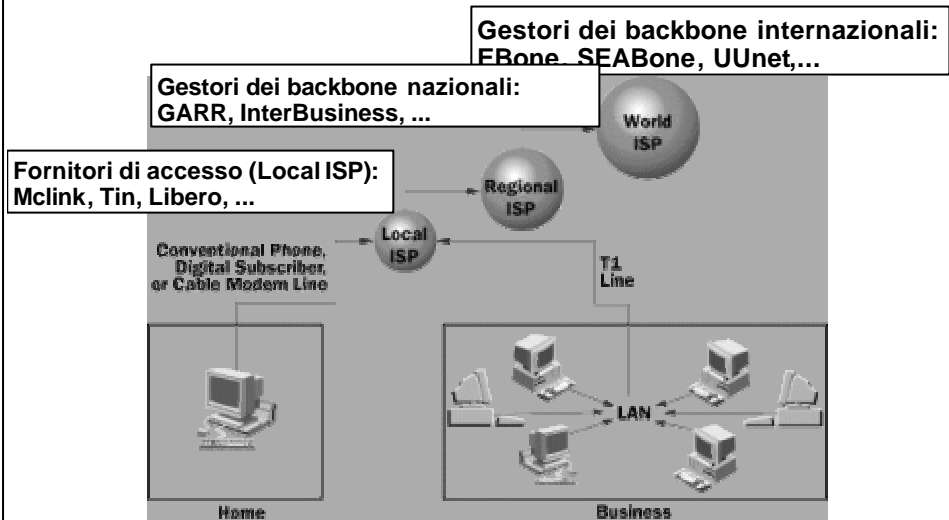
- Host
- Link di comunicazione
- Router



L'organizzazione "interna" di Internet

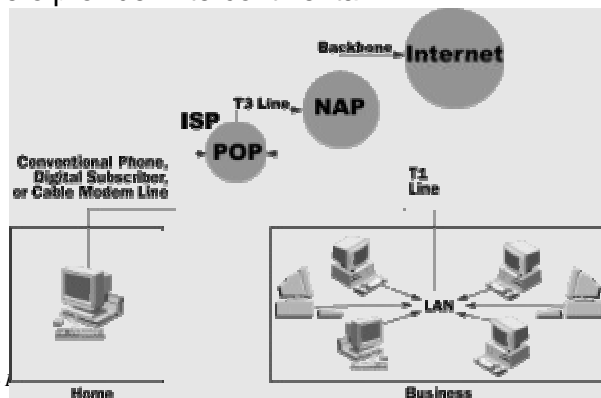
- Architettura largamente gerarchica
 - Gli host terminali sono connessi ad **Internet Service Provider (ISP) locali**
 - Gli ISP locali sono collegati a **ISP regionali** (tipicamente nazionali)
 - Gli ISP regionali sono collegati a **ISP internazionali**, detti **National Backbone Provider (NBP)** o **National Service Provider (NSP)**
 - Gli ISP nazionali e internazionali sono collegati tra di loro al più alto livello della gerarchia, mediante **peering point** (privati) o **Network Access Point (NAP)**

Gestori accessi e trasmissioni Internet



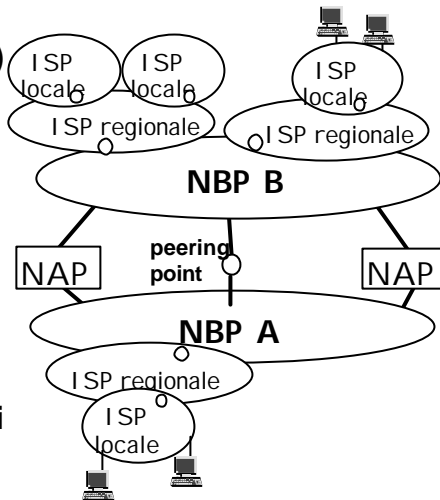
Infrastruttura di Internet

- **Internet Service Provider (ISP)** ha dei **Points-Of-Presence (POP)** tramite cui si collegano gli utenti privati o aziendali
- A loro volta gli ISP locali si connettono a linee (*almeno T3*) tramite i **Network Access Points (NAP)**, gestiti da ISP regionali (nazionali)
- Gli ISP regionali noleggiando accessi ai backbone di Internet gestiti da **NSP/NBP** ovvero provider intercontinentali



Esempio

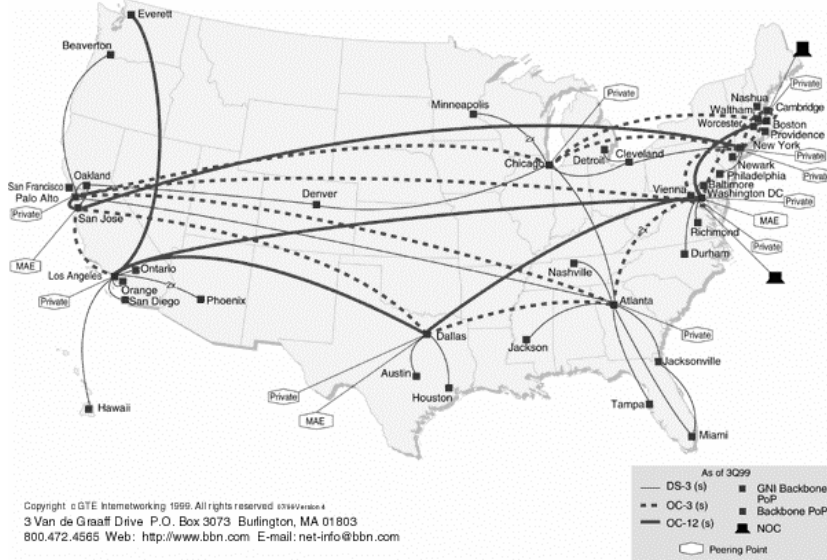
- **National/international backbone provider (NBP)**
 - Es., BBN/GTE, Sprint, AT&T, IBM, UUNet
- **ISP regionali**
 - Connessi agli NBP
- **ISP locali**
 - Connessi agli ISP regionali



Due tipi di interconnessione tra NBP

- **Network Access Point (NAP)**
 - Pubblici
 - In qualche caso sono Metropolitan Area Exchange (MAE)
 - Poiché trasferiscono enormi quantità di traffico Internet, i NAP sono elementi di switching molto potenti e replicati (per prestazioni e affidabilità)
 - Costo per collegarsi ad un NAP: 300.000 US\$/anno
- **Peering point**
 - Privati

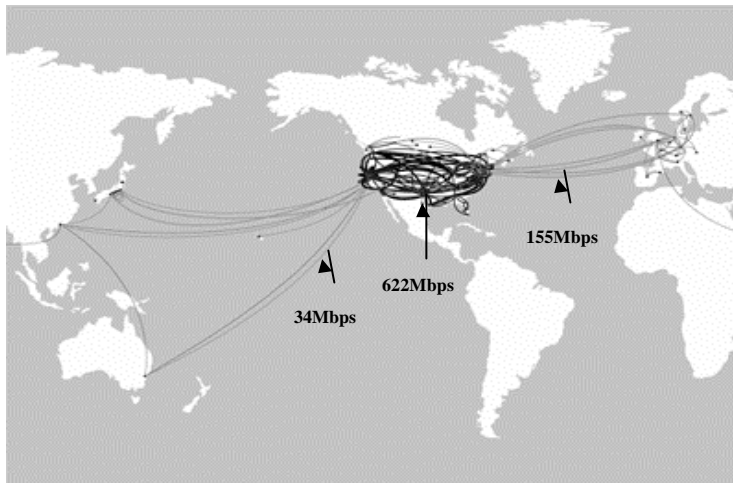
National Backbone Provider (es., BBN/GTE provider US)



Reti di Calcolatori 2003/2004 – Livello IP

weblab.ing.unimo.it/reti.shtml 4.41

UUNET Backbones (MCI) (Backbone continentali e intercontinentali)



Courtesy of UUNET, 2000

Reti di Calcolatori 2003/2004 – Livello IP

weblab.ing.unimo.it/reti.shtml 4.42

Bande di alcune tecnologie trasmissive

GSM	9.4-14.4 Kbps
POTS	fino a 56 Kbps
GPRS	56-114 Kbps
ISDN	64-128 Kbps
ISDL	128 Kbps
Satellite	382 Kbps
Frame relay	56 Kbps – 1.544 Mbps
T-1	1.544 Mbps
UMTS	fino a 2 Mbps
IBM Token Ring	4 – 16 Mbps
T-2	6.312 Mbps
DSL	512 Kbps – 8 Mbps
Modem via cavo	512 Kbps – 52 Mbps
Ethernet	10 Mbps
T-3	44.736 Mbps
OC-1 (ottica)	51.84 Mbps
Fast Ethernet	100 Mbps
FDDI	100 Mbps
OC-3	155.52 Mbps
OC-12	622.08 Mbps
Gigabit Ethernet	1 Gbps
OC-256	13.271 Gbps

NOTA: bande di picco teoriche

Due storiche dorsali nazionali



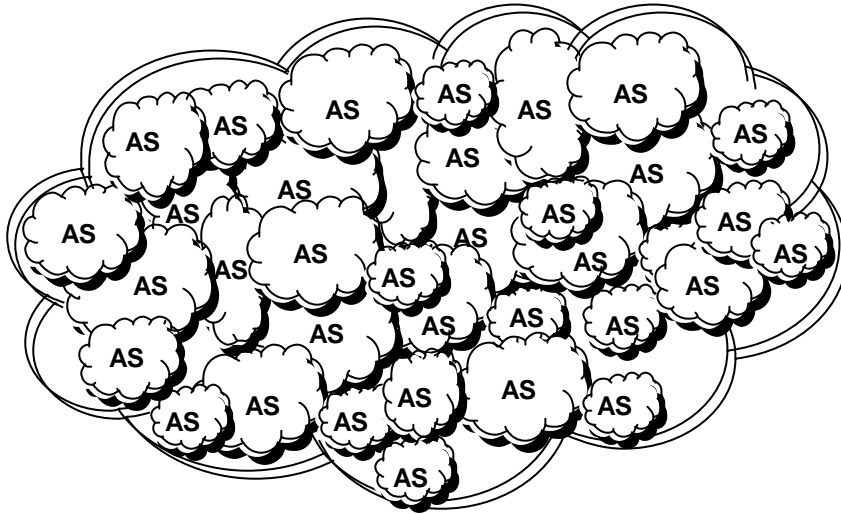
La dorsale INTERBUSINESS



Cos'è INTERNET (3)?

DAL PUNTO DI VISTA ORGANIZZATIVO:

Un insieme di circa 10000 Autonomous Systems

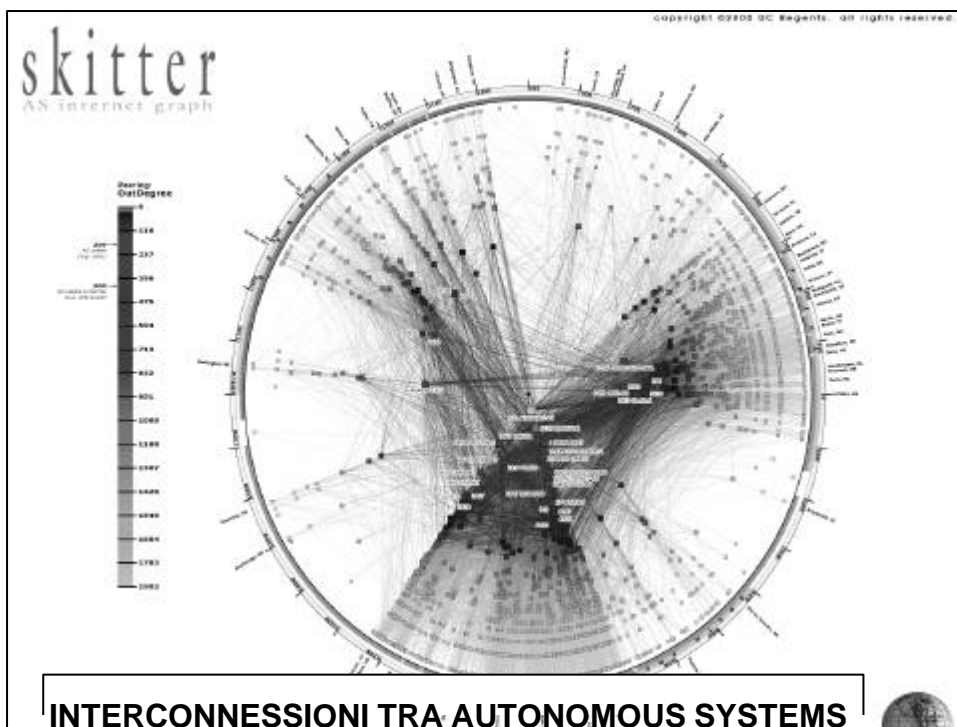


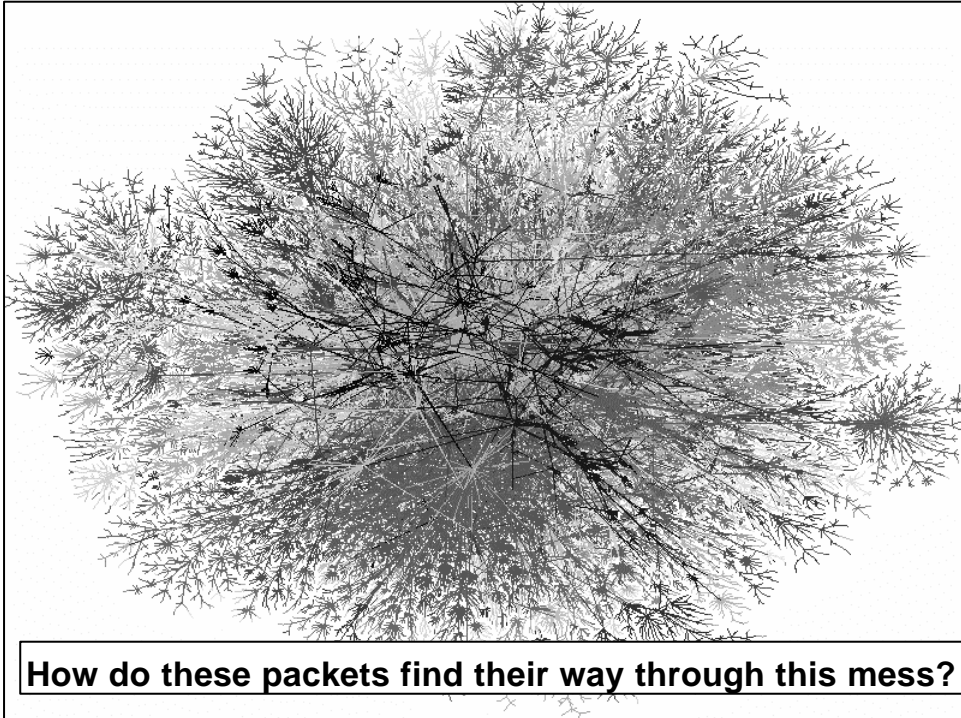
Autonomous Systems

- Internet non è un semplice insieme di router interconnessi tra di loro
- Inoltre, non tutti i router sono uguali
- I router sono aggregati in regioni o **Autonomous Systems (AS)**.
- **Tutti i router all'interno dello stesso AS usano lo stesso algoritmo di *instradamento dei messaggi (routing)* e hanno informazioni su tutti gli altri**

Situazione degli AS

- Il traffico Internet si distribuisce tra più di 9000 **Autonomous Systems** (AT&T, UUNET, @Home, BBN Planet, Sprint, Earthlink, RoadRunner, ...)
- **Nessuna rete gestisce più del 5% del traffico**
- **La stragande maggioranza degli AS gestisce molto meno dell'1% del traffico**





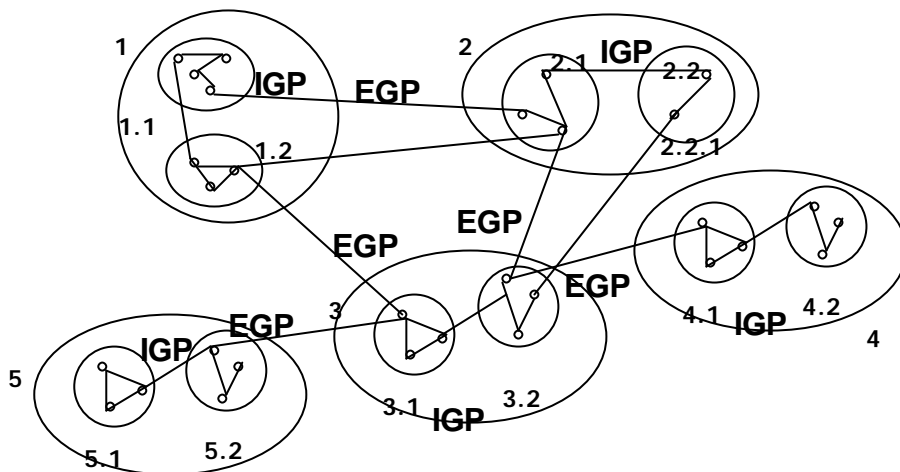
Autonomous Systems per il routing

- **Ciascun AS ha un numero identificativo assegnato da un'autorità di registrazione Internet o da un ISP, compreso fra 1 e 65535**
- **I numeri di AS compresi nell'intervallo 64512-65535 sono riservati per usi privati**

Autonomous Systems per il routing (2)

- **Altra definizione di AS**
 - Un insieme di router gestiti da una stessa amministrazione
 - Usa un ***Interior Gateway Protocol (IGP)*** e stesse metriche per indirizzare i pacchetti all'interno dell'AS
 - Usa un ***Exterior Gateway Protocol (EGP)*** per indirizzare i pacchetti verso altri AS
- Ciascun AS può usare metriche multiple per il routing interno, **ma appare come un unico AS ad altri AS**

Esempio (con 5 AS)



Routing in Internet

- Principali protocolli di routing **intra-AS**
 - **Routing Information Protocol (RIP)**
 - algoritmo di routing distribuito (distance vector protocol)
 - **Open Shortest Path First (OSPF)**
 - algoritmo di routing centralizzato (link state protocol)
 - successore di RIP
- Principale protocollo di routing **inter-AS**
 - **Border Gateway Protocol (BGP)**
 - algoritmo di routing distribuito (distance vector protocol)
 - è lo standard *de facto* per il routing tra AS

IL ROUTING SI APPROFONDIRA' IN Parte 5: Internet Routing