

---

# Network layer

## IP

(cenni)

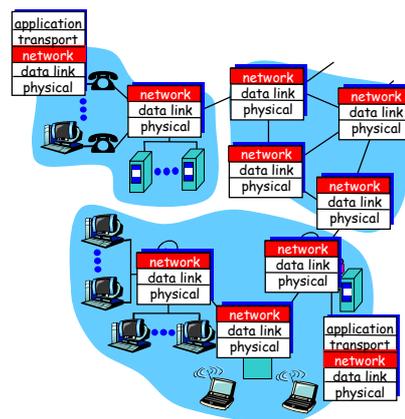
---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

---

# Network layer

- Si occupa di trasportare pacchetti **da un host ad un altro**
- Esiste una entità di tipo network in ogni host e in ogni **router**



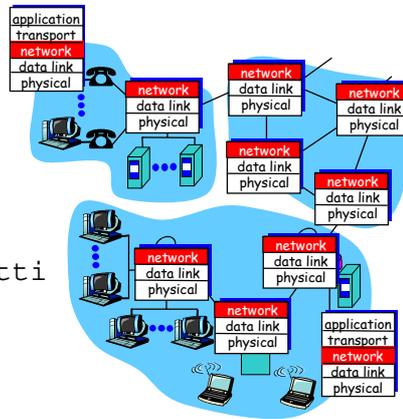
---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Network layer

### 3 funzioni importanti

- **Determinazione del cammino**  
(algoritmi di routing)
- **Instradamento**  
(forwarding) dei pacchetti
- **Call setup**  
per stabilire una  
connessione tra i router  
(non si usa in Internet)



Applicazioni di Rete - M. Ribaud - DISI

## Servizi forniti dal Network layer

- Si possono perdere pacchetti?
- Il tempo trascorso tra la spedizione di due pacchetti e quello trascorso per la loro ricezione è lo stesso?
- Vengono ricevuti nello stesso ordine in cui sono spediti?
- La rete fornisce informazioni su eventuali situazioni di congestione?

Applicazioni di Rete - M. Ribaud - DISI

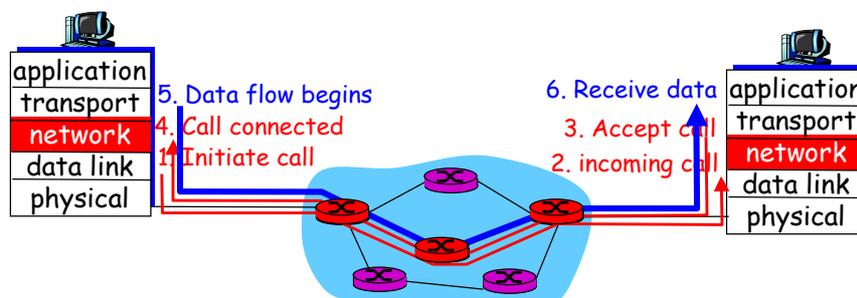
## Che astrazione di rete?

virtual circuit  
or  
datagram?

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Virtual circuit

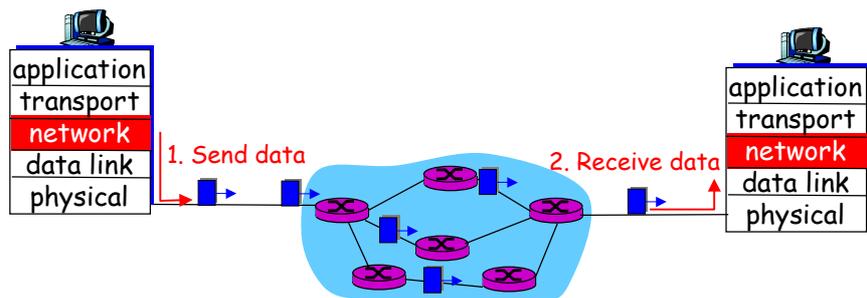
- ATM, frame-relay, X.25
- Non usato in Internet



Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Datagram

- Non c'è conoscenza della connessione e i pacchetti vengono inoltrati conoscendo l'indirizzo del destinatario (best effort)

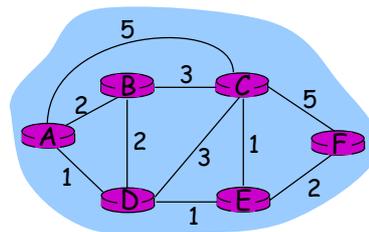


Applicazioni di Rete - M. Ribauda - DISI

## Routing

Si usano algoritmi studiati per i grafi

- ✓ I router sono i nodi
- ✓ I link fisici sono gli archi
- ✓ Ad ogni link è associato uno "costo": ritardo, livello di congestione, ...



**Goal:** determinare un "buon cammino" per collegare mittente e destinatario

Applicazioni di Rete - M. Ribauda - DISI

## Routing

---

### Informazione "globale" o "parziale"?

#### Globale

- ✓ L'algoritmo deve conoscere la topologia della rete e il costo di tutti i link
- ✓ Algoritmi "link state"

#### Parziale

- ✓ I nodi conoscono solo i loro "vicini"
- ✓ Si definisce un processo iterativo per lo scambio delle informazioni tra vicini
- ✓ Algoritmi "distance vector"

---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Routing

---

### Informazione statica o dinamica?

#### Statica

- ✓ I cammini cambiano lentamente

#### Dinamica

- ✓ I cammini cambiano velocemente al modificarsi del traffico e della topologia della rete

---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Routing gerarchico

---

- **Problema di scala:** con centinaia di milioni di destinazioni è difficile memorizzare nelle **tabelle di routing** tutte le informazioni
- Però, internet = rete di reti (**network of networks**)
- Ogni network può voler utilizzare il proprio algoritmo di routing

---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Routing gerarchico

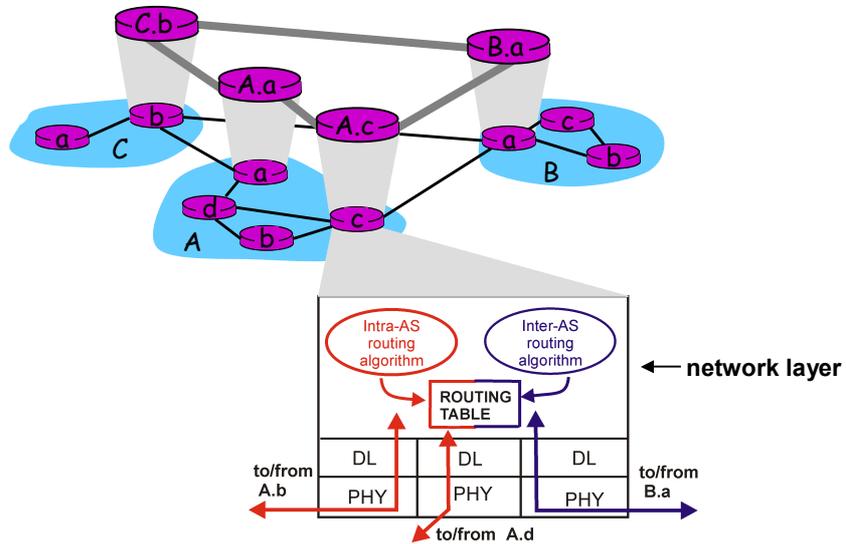
---

- Si aggregano i router in "**autonomous systems**" (AS)
  - ✓ Per i router nello stesso AS si usa lo stesso protocollo di routing (**intra-AS routing**)
  - ✓ I router in AS diversi possono usare protocolli diversi
- **Gateway:** router "speciale" che è responsabile del routing all'esterno di un AS (**inter-AS routing**)

---

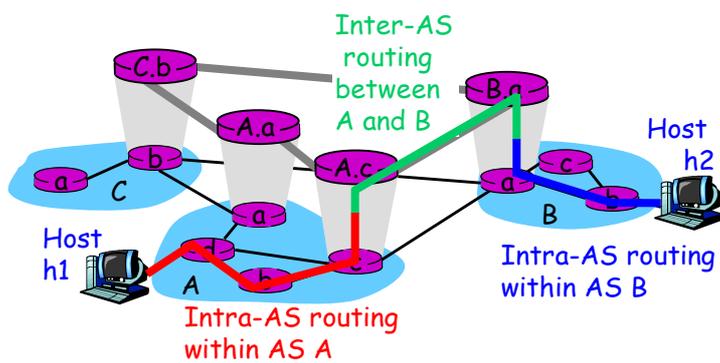
Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Intra-AS e Inter-AS routing



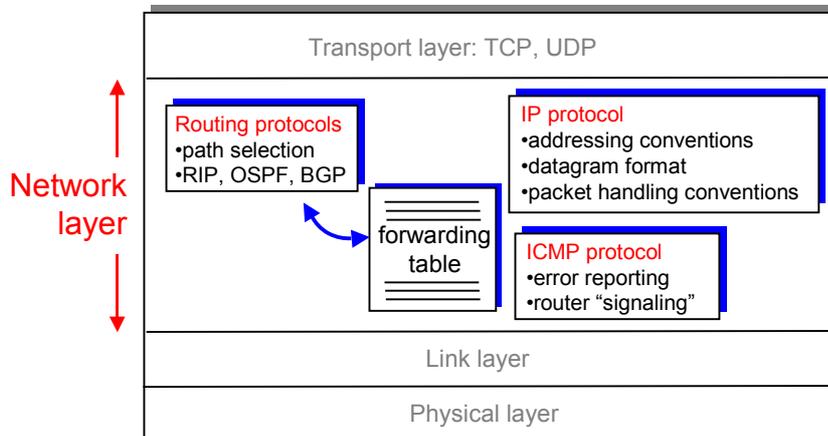
Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Intra-AS e Inter-AS routing



Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

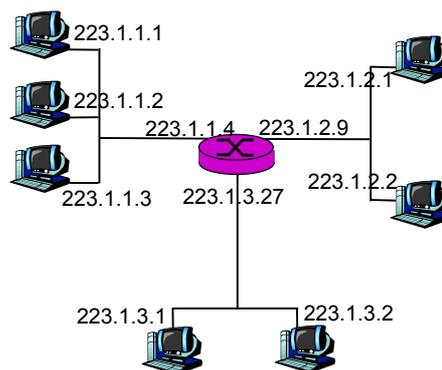
## Internet network layer



Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## IP: formato degli indirizzi

- **Indirizzo IP**  
32-bit,  
identifica gli  
host e i router



- **Interfaccia**

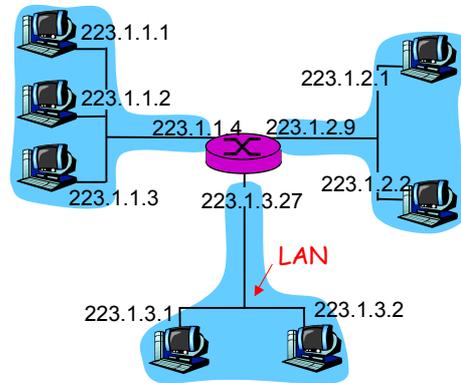
223.1.1.1 = 11011111 00000001 00000001 00000001

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## IP: formato degli indirizzi

- Ogni indirizzo IP è formato da due parti

- ✓ network prefix
  - ✓ host part

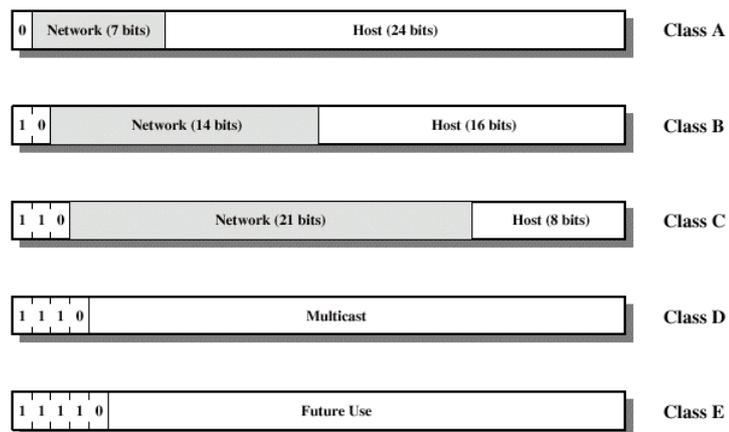


- Network mask

- a.b.c.d/8
  - a.b.c.d/16
  - a.b.c.d/24

Applicazioni di Rete - M. Ribaudò - DISI

## IP: classi di reti



Applicazioni di Rete - M. Ribaudò - DISI

## IP: classi di reti

Classe	# Reti	# Host
A	$2^7=128$ 1.0.0.0/8 - 127.255.255.255/8	$2^{24}=16.777.216$
B	$2^{14}=16.384$ 128.0.0.0/16 - 191.255.255.255/16	$2^{16}=65.536$
C	$2^{21}=2.097.152$ 192.0.0.0/24 - 223.255.255.255/24	$2^8=256$

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## CIDR: Classless InterDomain Routing

- Le classi precedenti usano in modo inefficiente gli indirizzi IP
- Si usano indirizzi in cui si alloca alla parte di rete un numero arbitrario di bit [RFC 1519]

Network prefix	Host part
11001000 00010111 00010000	00000000
200.23.16.0/23	

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Come si ottiene un indirizzo IP?

---

- Un ISP acquista un certo numero di indirizzi IP e poi li assegna ai suoi host
  - ✓ In modo **statico**  
(hard-coded sull'host)
  - ✓ In modo **dinamico** usando il protocollo DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)

---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Come si ottiene un indirizzo IP?

---

### **ICANN**

**I**nternet **C**orporation for **A**ssigned **N**ames and **N**umbers

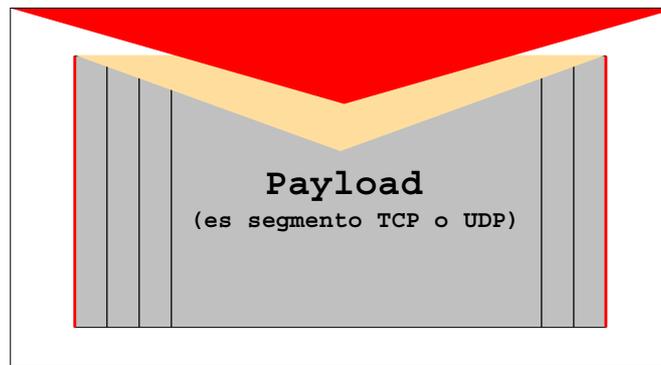
- ✓ Alloca gli indirizzi IP
- ✓ Gestisce i root name server per il DNS
- ✓ Assegna i nomi di dominio, risolvendo eventuali dispute

---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

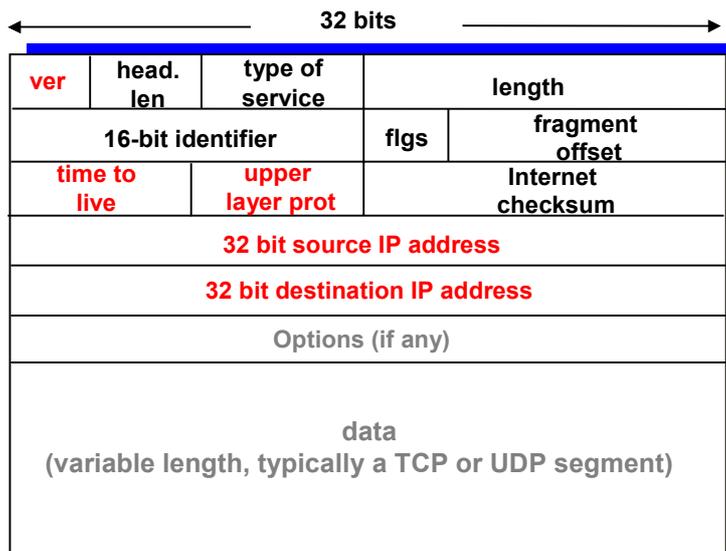
## IP: formato di un datagram

Header IP



Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## IP: formato di un datagram

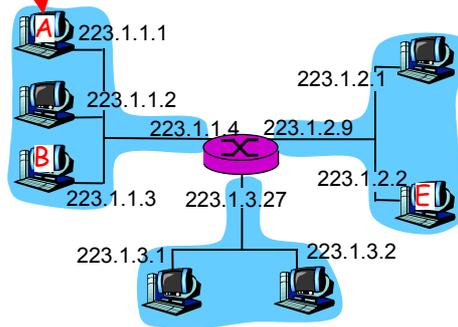


Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## Dal mittente al destinatario

...	<b>223.1.1.1</b>	<b>223.1.2.2</b>	...
-----	------------------	------------------	-----

Dest. Net.	next router	Nhops
223.1.1		1
223.1.2	223.1.1.4	2
223.1.3	223.1.1.4	2

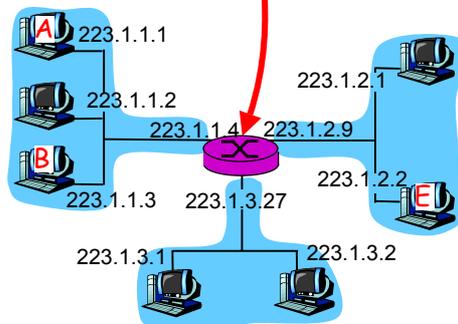


Applicazioni di Rete - M. Ribaud - DISI

## Dal mittente al destinatario

...	<b>223.1.1.1</b>	<b>223.1.2.3</b>	...
-----	------------------	------------------	-----

Dest. Net	router	Nhops	interface
223.1.1	-	1	223.1.1.4
223.1.2	-	1	223.1.2.9
223.1.3	-	1	223.1.3.27



Applicazioni di Rete - M. Ribaud - DISI

## ICMP: Internet Control Message Prot.

---

- È usato da host, router, gateway per comunicare informazioni sulla rete
- Per esempio, se durante una sessione TELNET o HTTP si ottiene un messaggio del tipo

**"Destination network unreachable"**

... un router non è stato in grado di trovare un cammino per il destinatario e ha creato e restituito un datagram IP con al suo interno un messaggio ICMP ...

---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## ICMP: Tipi di messaggi

---

Type	Code	Description
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest network unreachable
3	1	dest host unreachable
3	2	dest protocol unreachable
3	3	dest port unreachable
3	6	dest network unknown
3	7	dest host unknown
4	0	source quench (congestion control - not used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudo - DISI

## traceroute (tracert)

---

```
>> traceroute elios.disi.unige.it
```

```
1  cisco.di.unito.it (130.192.239.20)
2  clt-rete-di.net.unito.it (130.192.150.201)
3  rete-6500-8600.net.unito.it (130.192.150.77)
4  as-unito-gw.net.unito.it (130.192.150.246)
5  rc-unito.to.garr.net (193.206.132.177)
6  mi-to.garr.net (193.206.134.61)
7  ge-mi-1.garr.net (193.206.134.70)
8  unige-rc.ge.garr.net (193.206.132.86)
9  catadars-7500.csita.unige.it (130.251.206.146)
10 gigasmart.csita.unige.it (130.251.253.194)
11 puggia.csita.unige.it (130.251.253.154)
12 elios.disi.unige.it (130.251.61.19)
```

---

Applicazioni di Rete - M. Ribaudò - DISI

## IPv6

---

- Gli indirizzi a 32-bit saranno completamente allocati tra pochi anni (2008?).
  
- **IPv6**
  - ✓ Header a lunghezza fissa (40 byte)
  - ✓ Indirizzi IP a 128 bit (anycast address)

---

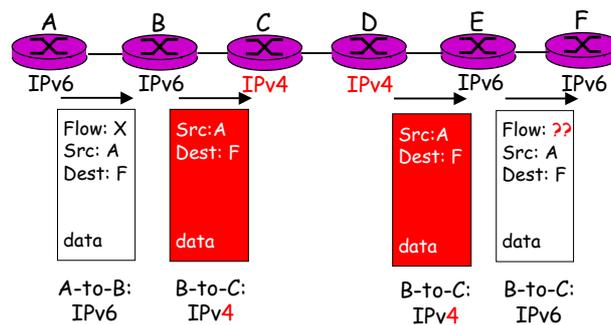
Applicazioni di Rete - M. Ribaudò - DISI

## Transizione da IPv4 a IPv6

- Non esiste un "flag day" in cui tutti i router cominceranno ad operare con IPv6
- Due proposte
  - ✓ **Dual Stack:** alcuni router con un doppio stack gestiranno entrambe le versioni
  - ✓ **Tunneling:** i datagram IPv6 diventeranno dati (payload) per datagram IPv4

Applicazioni di Rete - M. Ribaud - DISI

## Dual stack



Applicazioni di Rete - M. Ribaud - DISI

# Tunnelling

