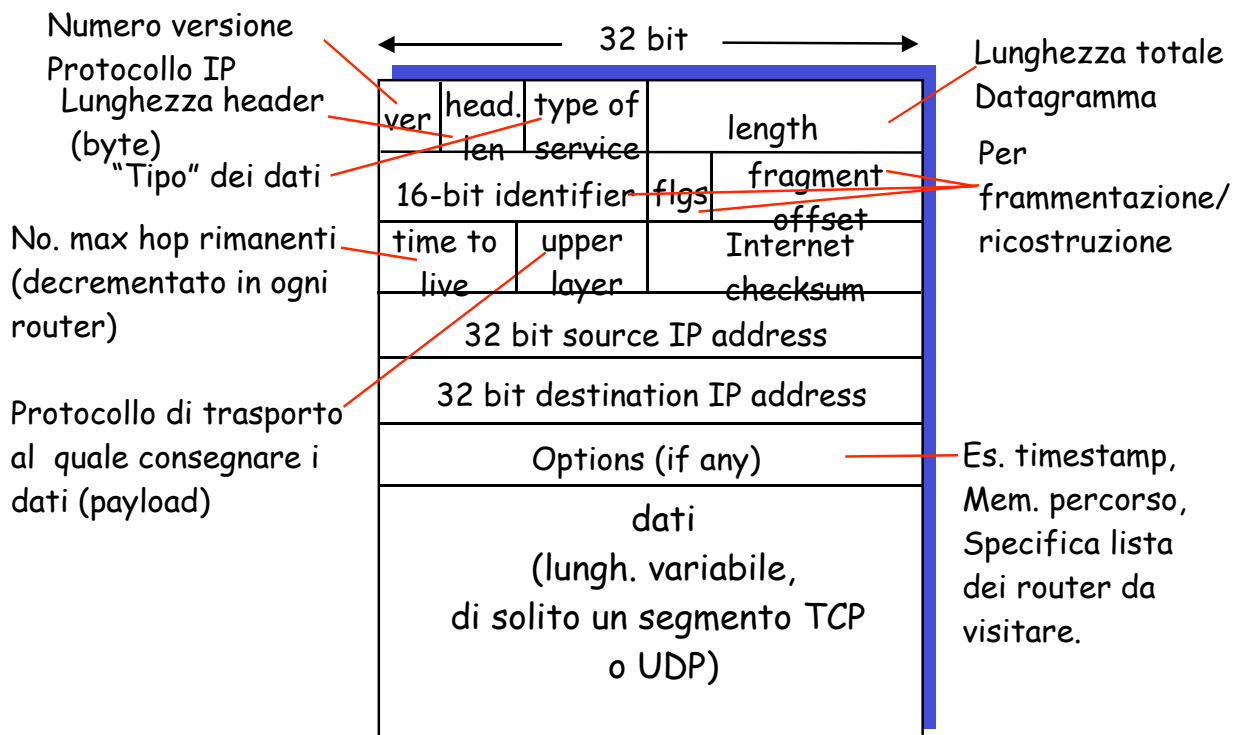


## Routing (instradamento) in Internet

- Internet globalmente consist di **Sistemi Autonomi (AS)** interconnessi:
  - **Stub AS:** istituzione piccola
  - **Multihomed AS:** grande istituzione (nessun transito)
  - **Transit AS:** provider
  
- Routing a due livelli :
  - **Intra-AS:** l'amministratore di rete è respnsabile della scelta
  - **Inter-AS:** standard unico

4: Network Layer 4a-1

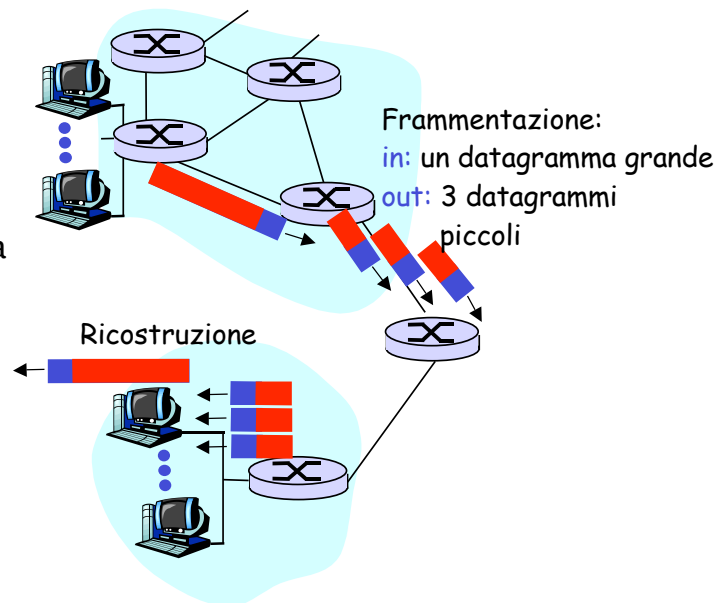
## Formato del datagramma IP



4: Network Layer 4a-2

# IP: frammentazione e ricostruzione

- I link hanno una MTU (max.transfer unit) – dim. Max frame del livello link.
  - Diversi tipi di link, MTU differenti
- Datagrammi IP grandi divisi (“frammentati”) nella rete
  - Più datagrammi piccoli da un singolo datagramma grande
  - “Ricostruzione” solo alla destinazione finale
  - Alcuni bit di intestazione IP usati per identificare e ordinare frammenti dello stesso datagramma di partenza



4: Network Layer 4a-3

# IP: frammentazione e ricostruzione (cont.)

length	ID	fragflag	offset
=4000	=x	=0	=0

Più datagrammi piccoli da una datagramma di partenza

length	ID	fragflag	offset
=1500	=x	=1	=0

length	ID	fragflag	offset
=1500	=x	=1	=1480

length	ID	fragflag	offset
=1040	=x	=0	=2960

4: Network Layer 4a-4

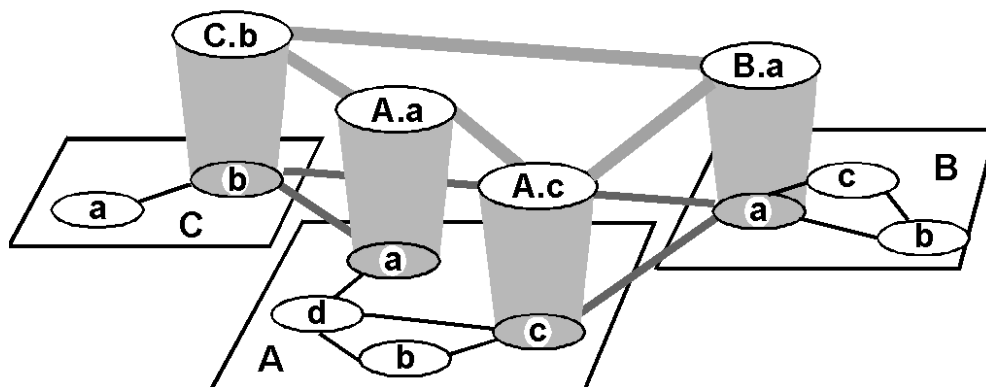
# ICMP: Internet Control Message Protocol

- ❑ Usato da host, router, gateway per trasmettere info di rete
  - Notifica di errore: host irraggiungibile, rete, porta, protocollo
  - Richiesta/risposta eco (usato da ping)
- ❑ Si trova "sopra" IP:
  - Messaggi ICMP trasportati da datagrammi IP
- ❑ **Messaggio ICMP** : tipo, codice, più i primi 8 byte del datagramma IP che ha causato un errore

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

4: Network Layer 4a-5

## Gerarchia degli AS in Internet



4: Network Layer 4a-6

## Routing intra-AS

- ❑ Noto anche come **Interior Gateway Protocols (IGP)**
- ❑ IGP più comuni :
  - RIP: Routing Information Protocol
  - OSPF: Open Shortest Path First
  - IGRP: Interior Gateway Routing Protocol (proprietario Cisco)

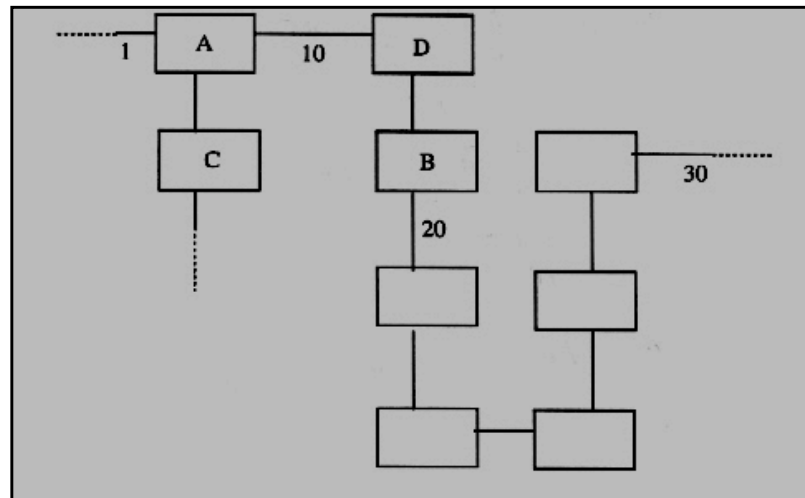
4: Network Layer 4a-7

## RIP ( Routing Information Protocol)

- ❑ Schema di tipo distance vector
- ❑ Incluso nella distribuzione BSD-UNIX già nel 1982
- ❑ Metrica: # di hop (salti, max = 15 hop)
  - *Perché?*
- ❑ Vettore di distanza: scambiato ogni 30 secondi mediante un Response Message (detto anche **Advertisement**)
- ❑ Ogni Advertisement contiene fino a 25 reti di destinazione

4: Network Layer 4a-8

## RIP (Routing Information Protocol)



Rete Destinazione	Prox. Router	Num. di hop alla dest.
1	A	2
20	B	2
30	B	7
10	--	1
.....	.....	.....

4: Network Layer 4a-9

### RIP: recupero da guasti

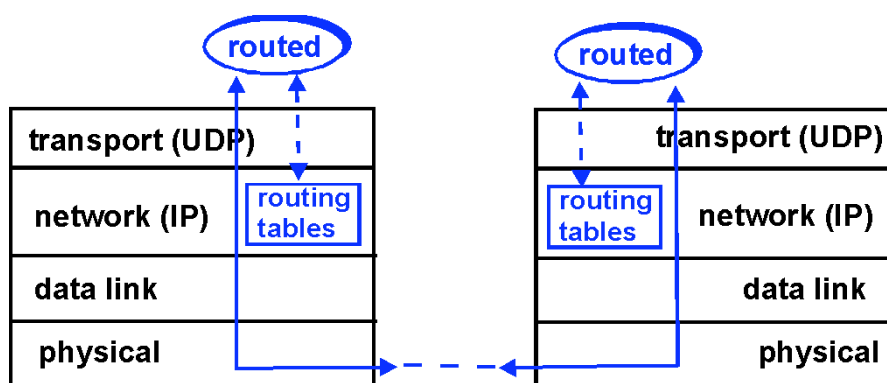
- ❑ Se non giunge un advertisement, dopo 180 sec. Si assume che il link sia morto
- ❑ Si rimuovono i cammini che usano il link; si mandano messaggi di notifica (advertisement) ai vicini
- ❑ I vicini fanno altrettanto se le loro tabelle di routing sono modificate (vedi schema DVR)
- ❑ L'informazione si propaga rapidamente all'intera rete

## RIP: gestione delle tabelle di routing

- ❑ Le tabelle di routing RIP sono gestite da un processo applicativo chiamato route-d (daemon o demone, terminologia Unix)
- ❑ I messaggi di advertisement sono incapsulati in pacchetti UDP (non serve un trasferimento affidabile perché i messaggi di notifica sono inviati periodicamente)

4: Network Layer 4a-11

## RIP: gestione delle tabelle di routing (cont.)



4: Network Layer 4a-12

## RIP: gestione delle tabelle di routing, esempio

### Tabella di routing RIP

(nel router *giroflée.eurocom.fr*):

- ❑ Tre reti di classe C (LAN) attaccate
- ❑ il router conosce solamente i percorsi verso le LAN direttamente collegate
- ❑ il router di default usato per “uscire”
- ❑ indirizzo multicast: 224.0.0.0
- ❑ Interfaccia di loopback (ritorno) per debugging

4: Network Layer 4a-13

## Tabella RIP – esempio

Destination	Gateway	Flags	Ref	Use	Interface
127.0.0.1	127.0.0.1	UH	0	26492	lo0
192.168.2.	192.168.2.5	U	2	13	fa0
193.55.114.	193.55.114.6	U	3	58503	le0
192.168.3.	192.168.3.5	U	2	25	qaa0
224.0.0.0	193.55.114.6	U	3	0	le0
default	193.55.114.129	UG	0	143454	

4: Network Layer 4a-14

## OSPF (Open Shortest Path First)

- ❑ “Aperto”: disponibile al pubblico (gratis)
- ❑ Usa l’algoritmo Link State
  - Broadcast di pacchetti LS
  - Topologia in ogni nodo
  - Calcolo del cammino minimo usando alg. di Dijkstra
- ❑ Il messaggio di notifica OSPF contiene un campo per ogni router adiacente
- ❑ Il messaggio di notifica è inviato all **intero** Sistema Autonomo (mediante flooding)

4: Network Layer 4a-15

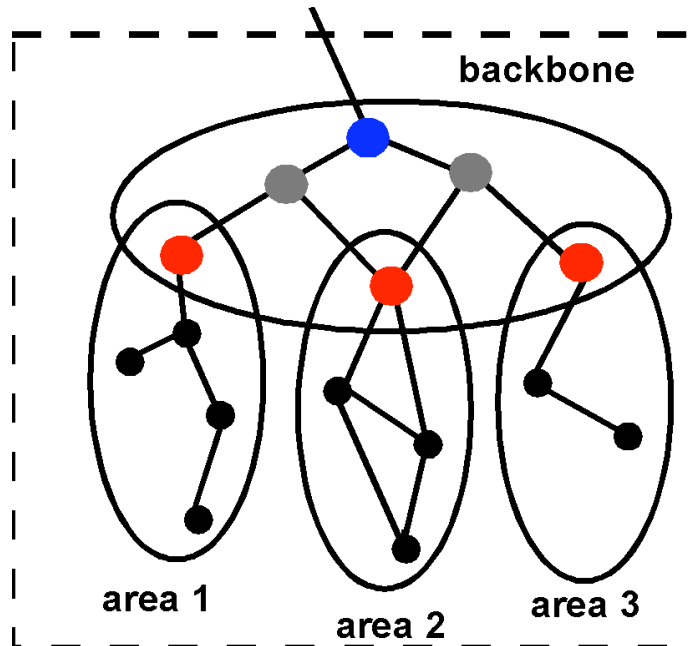
## Caratteristiche avanzate di OSPF (non presenti in RIP)

- ❑ **Sicurezza**: tutti i messaggi OSPF sono autenticati; si usano connessioni TCP
- ❑ **Sono permessi più cammini minimi** (solo uno in RIP)
- ❑ Per ogni link, metriche diverse per valori diversi del campo **TOS** (es, costo di un link satellitare “basso” per traffico best effort; alto per traffico real time)
- ❑ Supporto per uni- e **multicast**:
  - Multicast OSPF (MOSPF) usa lo stesso database (tabelle di routing) di OSPF
- ❑ OSPF **gerarchico** in sistemi autonomi di grandi dimensioni.

4: Network Layer 4a-16



## OSPF gerarchico



4: Network Layer 4a-17

## OSPF gerarchico

- ❑ Gerarchia a due livelli: area locale e backbone (rete principale).
- ❑ I messaggi di notifica link-state non lasciano le aree locali rispettive.
- ❑ I nodi di ciascuna area hanno una topologia dettagliata dell'area; conoscono solo la direzione (cammino minimo) verso reti di aree diverse.
- ❑ Gli **Area Border router** (router di confine dell'area) "riassumono" le distanze verso altre reti e inviano messaggi di advertisement ad altri Area Border router.
- ❑ **Backbone router** (router principali): eseguono un algoritmo di routing OSPF limitato al backbone.
- ❑ I **Boundary router** (router di confine) connettono verso altri AS.

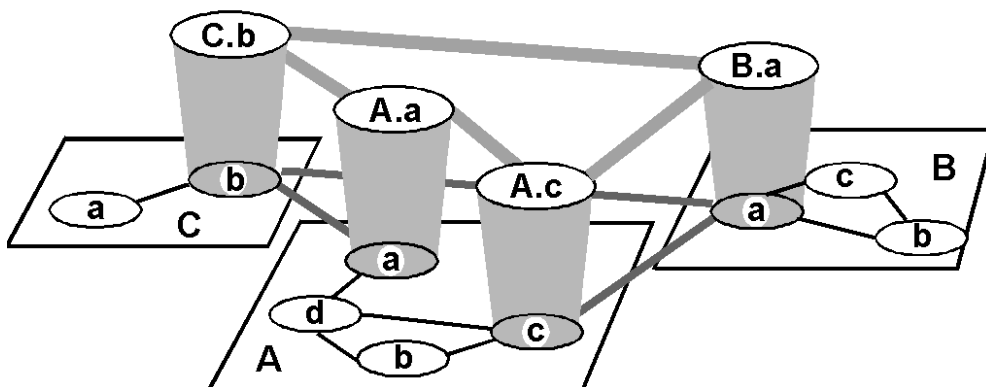
4: Network Layer 4a-18

## IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)

- ❑ Protocollo proprietario CISCO; successore di RIP (metà degli anni '80)
- ❑ Distance Vector, come RIP
- ❑ Molte metriche di costo (ritardo, banda, affidabilità, carico ecc.)
- ❑ Usa TCP per scambiare messaggi di aggiornamento del routing
- ❑ Il contenuto delle tabelle di routing è trasmesso ai vicini solo quando cambia
- ❑ Privo di cicli

4: Network Layer 4a-19

## Routing inter-AS



4: Network Layer 4a-20

## Routing inter-AS (cont.)

- ❑ **BGP (Border Gateway Protocol)**: lo standard di fatto
- ❑ Protocollo **Path Vector**: estensione del Distance Vector
- ❑ Ogni Gateway invia in broadcast ai vicini (peer) l'intero percorso (la sequenza degli AS attraversati) fino a destinazione
- ❑ Per esempio, il Gateway X può memorizzare il seguente cammino verso la destinazione Z:

$$\text{Path (X,Z)} = X, Y1, Y2, Y3, \dots, Z$$

4: Network Layer 4a-21

## Routing Inter-AS (cont.)

- ❑ Si supponga che X invii il cammino al Gwy peer W
- ❑ W può accettare o rifiutare il cammino proposto da X, per ragioni di costo, **strategia (\$\$\$\$)** o per evitare ciclo.
- ❑ Se W accetta il cammino proposto da X, allora:

$$\text{Path (W,Z)} = w, \text{Path (X,Z)}$$

**Importante:** la selezione del cammino minimo non è basata di solito sul costo (es., # di AS attraversati), ma piuttosto su considerazioni “politiche” (es., non instradare pacchetti verso AS di concorrenti)

4: Network Layer 4a-22

## Routing inter-AS (cont.)

- ❑ I gateway peer (pari) scambiano messaggi BGP usando TCP.
- ❑ **OPEN**: apre una connessione TCP verso un vicino e autentica il mittente
- ❑ **UPDATE**: notifica un nuovo cammino o propone l'eliminazione di uno vecchio
- ❑ **KEEPALIVE**: tiene in vita la connessione in assenza di messaggi UPDATE; serve anche come ACK per un messaggio OPEN
- ❑ **NOTIFICATION**: usato per notificare errori nel messaggio precedente e per chiudere la connessione

4: Network Layer 4a-23

## Perché routing intra- e inter-AS diversi?

- ❑ **Politiche di amministrazione**: routing inter-AS implementa politiche di gestione
- ❑ **Scala**: routing inter-AS permette di gestire la complessità della rete
- ❑ **Prestazioni**: routing intra-AS ha l'obiettivo di mantenere i costi bassi.

**Servono entrambi!**

4: Network Layer 4a-24