

Reti di Calcolatori:  
Internet, Intranet e Mobile Computing  
a.a. 2007/2008

<http://www.di.uniba.it/~lisi/courses/reti/reti0708.htm>

dott.ssa Francesca A. Lisi  
lisi@di.uniba.it

Orario di ricevimento: mercoledì ore 10-12

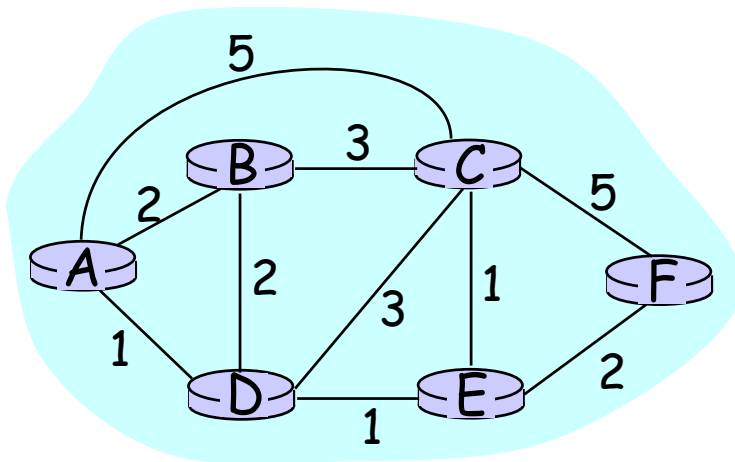
# Sommario della lezione di oggi: Lo strato di rete (3/3)

- ❑ Servizi e protocolli dello strato di rete
- ❑ Reti a circuito virtuale vs reti a datagramma
- ❑ Struttura di un router
- ❑ Inoltro e indirizzamento in Internet: il protocollo IP
- ❑ **Instradamento in Internet**

# Instradamento

## protocollo

**Obiettivo:** determinare un "buon" percorso (sequenza di router) attraverso la rete da sorgente a destinazione.



La rete è formalizzata come grafo dove:

- i nodi sono i router
- gli archi sono i link
- il costo associato ad un arco è uno dei seguenti:
  - ritardo sul link
  - costo in denaro del link
  - livello di congestione del link
- per "buon" percorso tipicamente si intende **percorso a costo minimo**
  - altre def. sono possibili

# Instradamento: una classificazione degli algoritmi

## Globale o decentralizzato?

### Globale:

- ❑ tutti i router hanno completa info su topologia e costi dei link
- ❑ algoritmi "link state"

### Decentralizzato:

- ❑ ogni router conosce i vicini connessi fisicamente e costi di link ai vicini
- ❑ processo iterativo di calcolo, scambio di info con i vicini
- ❑ algoritmi "distance vector"

## Statico o dinamico?

### Statico:

- ❑ le rotte cambiano lentamente nel tempo

### Dinamico:

- ❑ le rotte cambiano più rapidamente
  - aggiornamento periodico
  - in risposta ai cambiamenti nei costi dei link

# Instradamento gerarchico

- ❑ Il nostro studio sull'instradamento si baserà sulla assunzione semplificativa di rete "piatta"
  - cioè, tutti i router eseguono lo stesso algoritmo di instradamento
- ❑ La realtà di Internet deve tener conto di:
  - scalabilità dell'instradamento
  - autonomia amministrativa delle reti di Internet

## scala

- ❑ costo di esecuzione calcoli, immagazzinamento e comunicazione delle informazioni di instradamento cresce al crescere dei router

## autonomia amministrativa

- ❑ internet = rete di reti
- ❑ ogni amministratore di rete può voler controllare le politiche di instradamento nella rete che gestisce

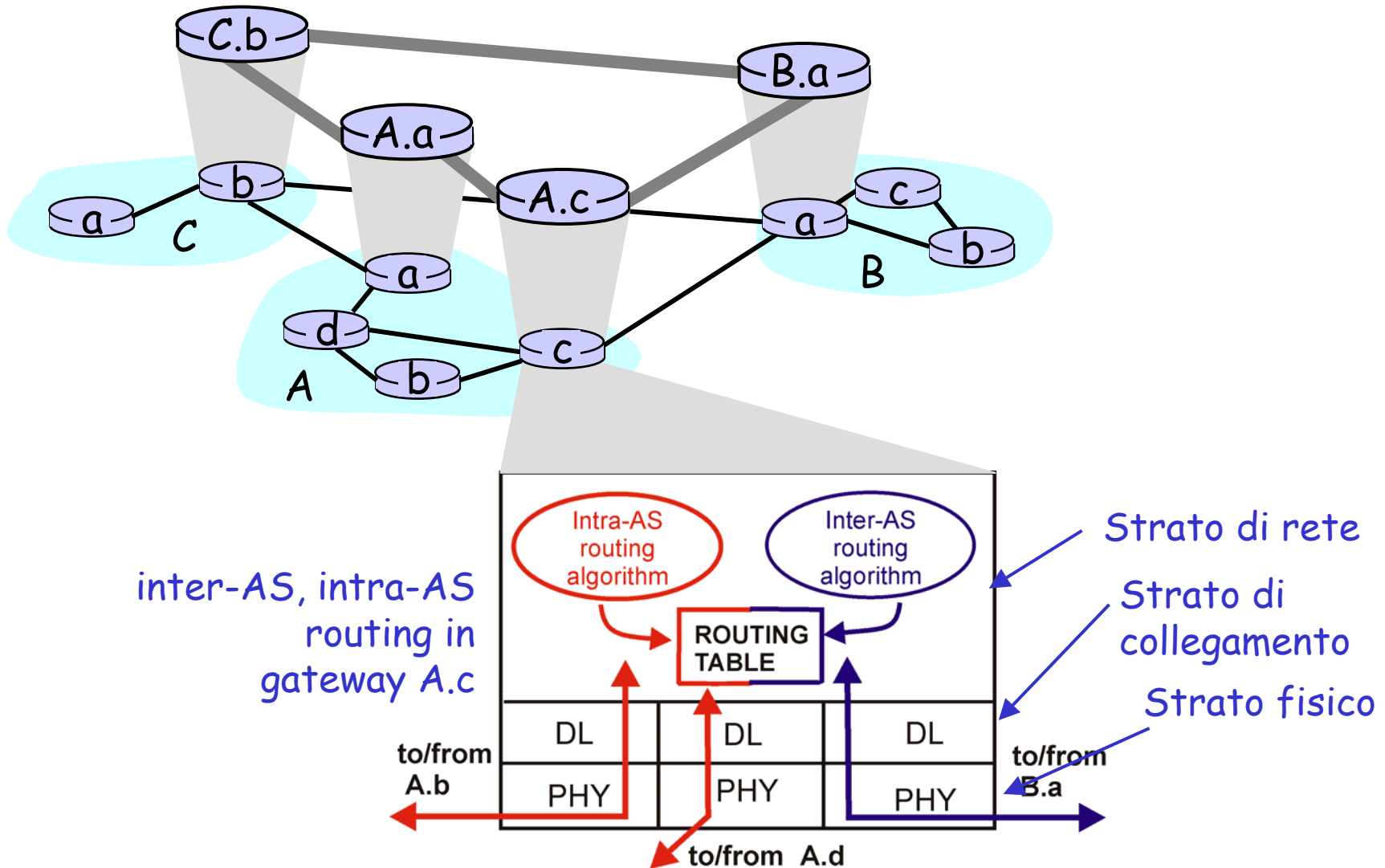
# Instradamento gerarchico (cont.)

- ❑ Aggregazione di router in regioni, "autonomous systems" (AS)
- ❑ router nello stesso AS eseguono medesimo protocollo di instradamento ("intra-AS" routing)
  - router in differenti AS possono eseguire diversi protocolli di instradamento intra-AS

## gateway routers

- ❑ Router speciali negli AS
- ❑ eseguono protocolli di instradamento intra-AS con tutti gli altri router all'interno di AS
- ❑ sono *anche* responsabili dell'instradamento verso destinazioni esterne
  - eseguono un protocollo di *instradamento inter-AS* con altri router di gateway

# Instradamento gerarchico (cont.)



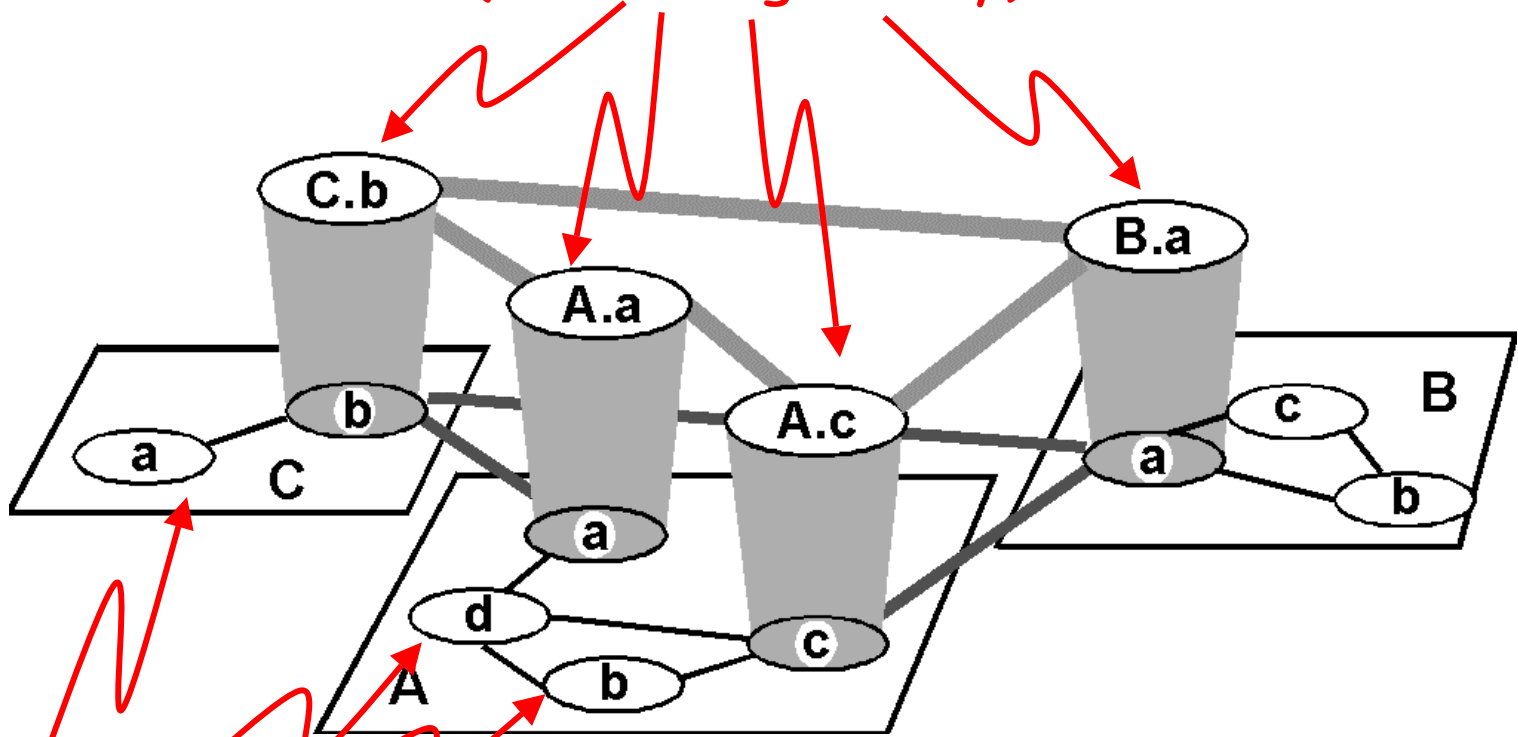
# Instradamento in Internet

- Internet consiste di **Autonomous Systems (AS)** interconnessi l'uno con l'altro:
  - **Stub AS**: piccola azienda
  - **Multihomed AS**: grande azienda (no transit)
  - **Transit AS**: provider
  
- Instradamento a due livelli:
  - **Intra-AS**: l'amministratore è responsabile delle scelte
  - **Inter-AS**: standard unico



# Gerarchia di AS in Internet

Inter-AS border (exterior gateway) routers



Intra-AS interior (gateway) routers

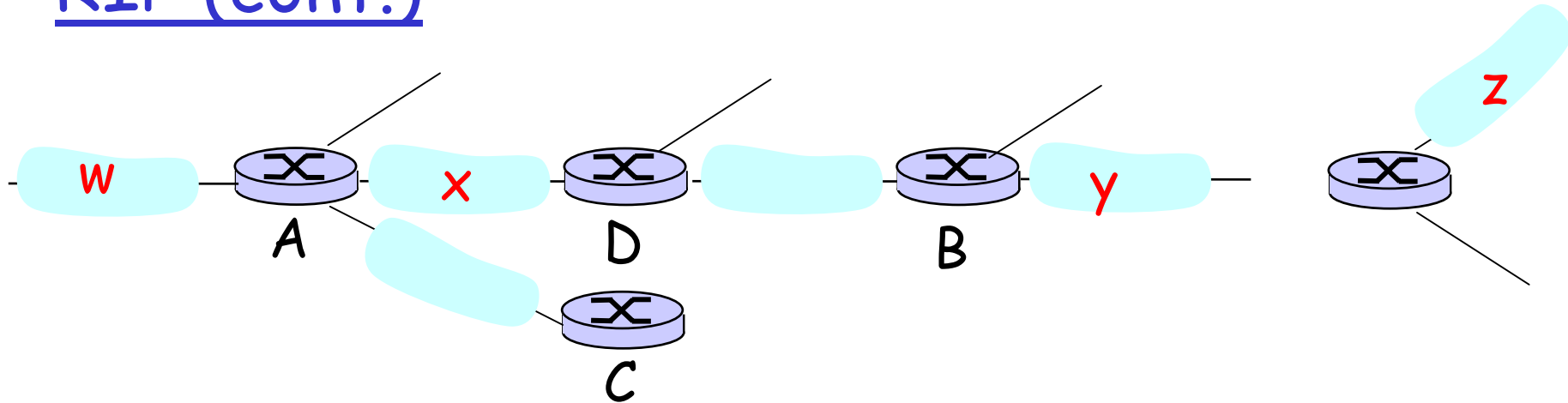
# Instradamento intra-AS in Internet

- ❑ I protocolli per l'instradamento intra-AS in Internet sono noti anche come *protocolli per gateway interni* (**Interior Gateway Protocols, IGP**)
- ❑ IGP più comunemente usati sono:
  - RIP: Routing Information Protocol
  - OSPF: Open Shortest Path First

# Instradamento intra-AS in Internet: RIP (Routing Information Protocol)

- ❑ Incluso in BSD-UNIX Distribution nel 1982
- ❑ Basato sull'approccio *distance vector*
- ❑ Metrica di distanza: # di hop (max = 15 hop)
- ❑ Vettori di distanza: scambiati ogni 30 sec mediante *messaggi di replica* (detti anche *avvisi*)
- ❑ Ogni annuncio: percorso fino a 25 reti di destinazione

# Instradamento intra-AS in Internet: RIP (cont.)



Destination Network	Next Router	Num. of hops to dest.
W	A	2
Y	B	2
Z	B	7
X	--	1
....	....	....

Tabella di instradamento in D

# Instradamento intra-AS in Internet:

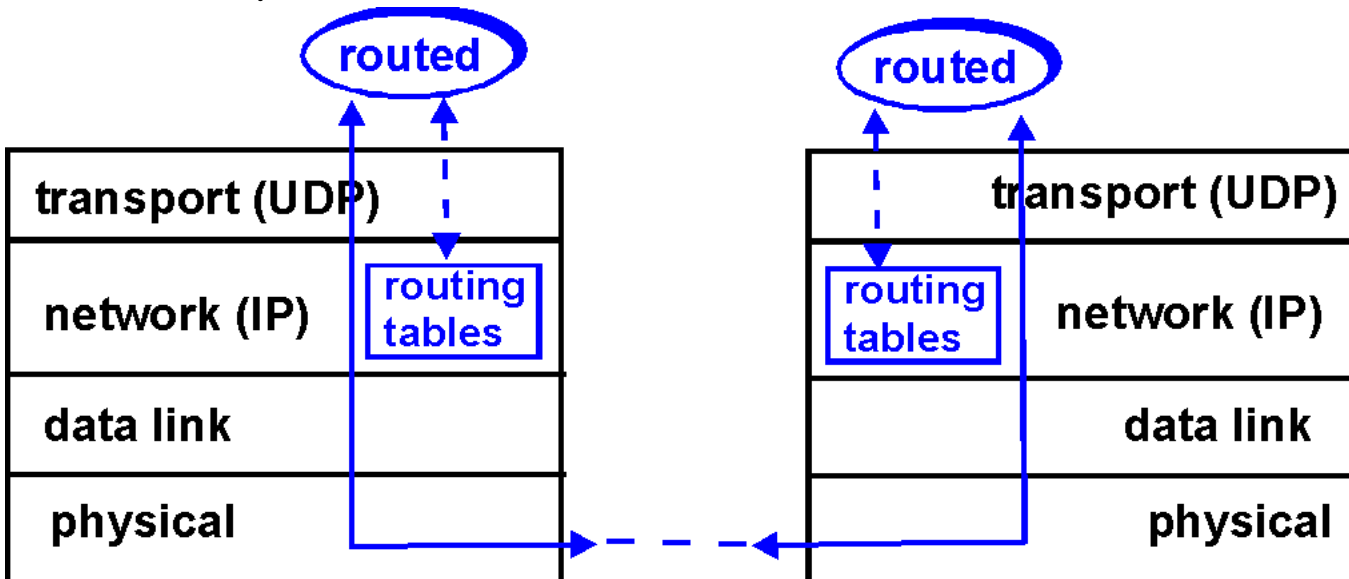
## RIP (cont.)

Se nessun avviso pervenuto dopo 180 sec -->  
vicino/link dichiarato morto

- percorso attraverso il vicino viene invalidato
- nuovo avviso inviato ai vicini
- i vicini a turno inviano nuovi avvisi (se le loro tabelle di instradamento sono cambiate)
- info su link failure si propaga rapidamente all'intera rete
- *poisoned reverse* usato per prevenire i cicli ping-pong (distanza infinita = 16 hop)

# Instradamento intra-AS in Internet: RIP (cont.)

- ❑ Le tabelle di instradamento RIP sono gestite da un processo a livello di applicazione denominato *routed* (un demone)
- ❑ annunci inviati in pacchetti UDP, ripetuti periodicamente



# Instradamento intra-AS in Internet: RIP (cont.)

Router: *giroflée.eurocom.fr*

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	

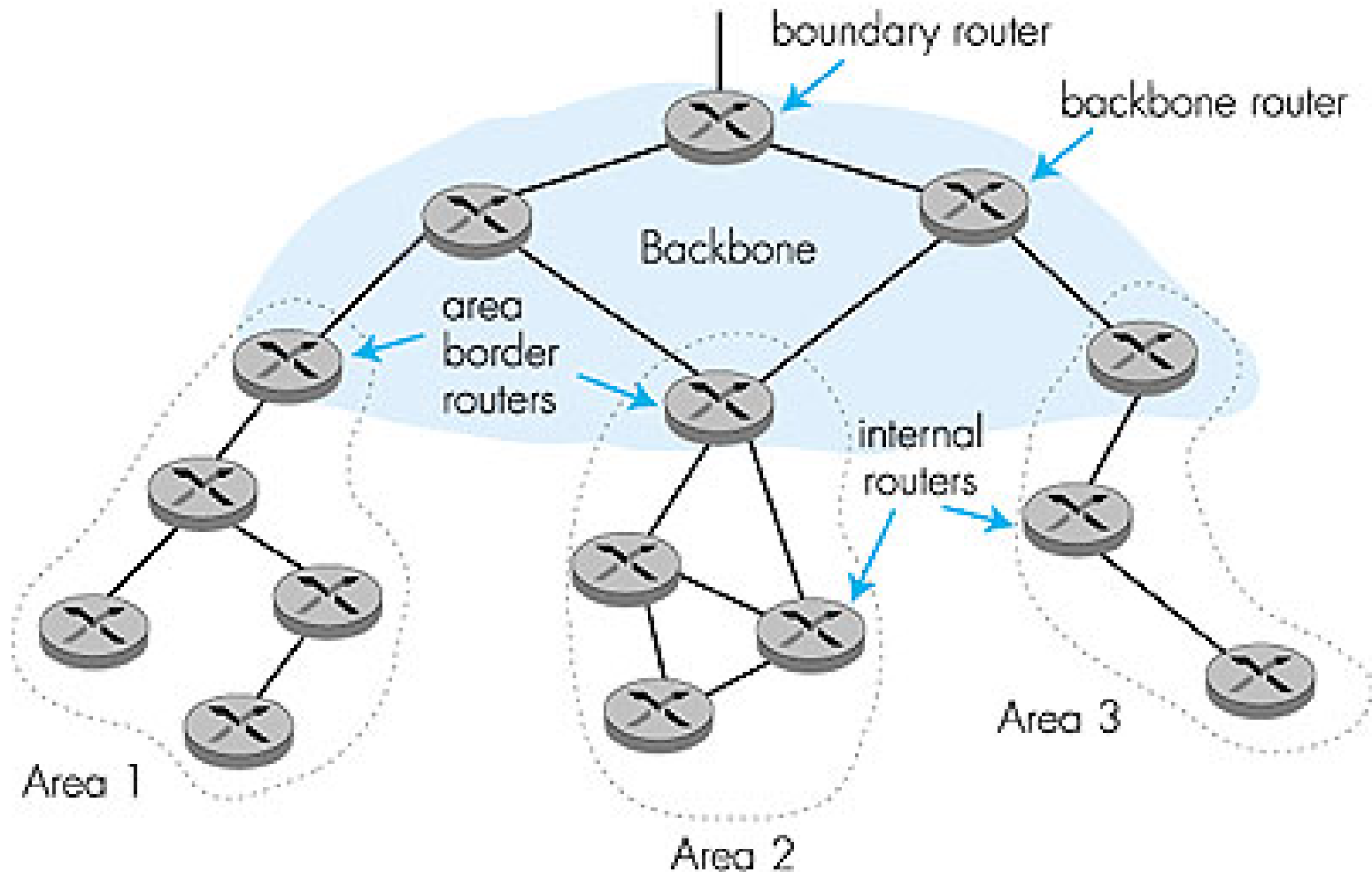
- ❑ Tre reti di classe C attaccate (LAN)
- ❑ Il router conosce solo percorsi alle LAN attaccate
- ❑ Interfaccia di *loopback* (per il debugging): 127.0.0.1
- ❑ Route multicast address: 224.0.0.0
- ❑ Router di default usato per "go up"

# Instradamento intra-AS in Internet: OSPF (Open Shortest Path First)

- ❑ Protocollo "aperto", cioè pubblicamente disponibile
- ❑ Basato sull'approccio *link-state*
- ❑ Annunci disseminati all'intero AS (via *flooding*)
  - Annuncio OSPF porta una entry per ogni router vicino
- ❑ Caratteristiche avanzate rispetto a RIP
  - **Sicurezza:** autenticazione messaggi (per prevenire intrusioni maligne); uso di connessioni TCP
  - **Percorsi multipli con lo stesso costo**
  - per ogni link, **molteplici metriche di costo** per diversi tipologie di servizio (p.es., costo del link satellitare impostato a "low" per il *best effort*, "high" per il *real time*)
  - Supporto integrato uni- e **multicast**
  - OSPF **gerarchico** in grossi domini.



# Instradamento intra-AS in Internet: OSPF gerarchico

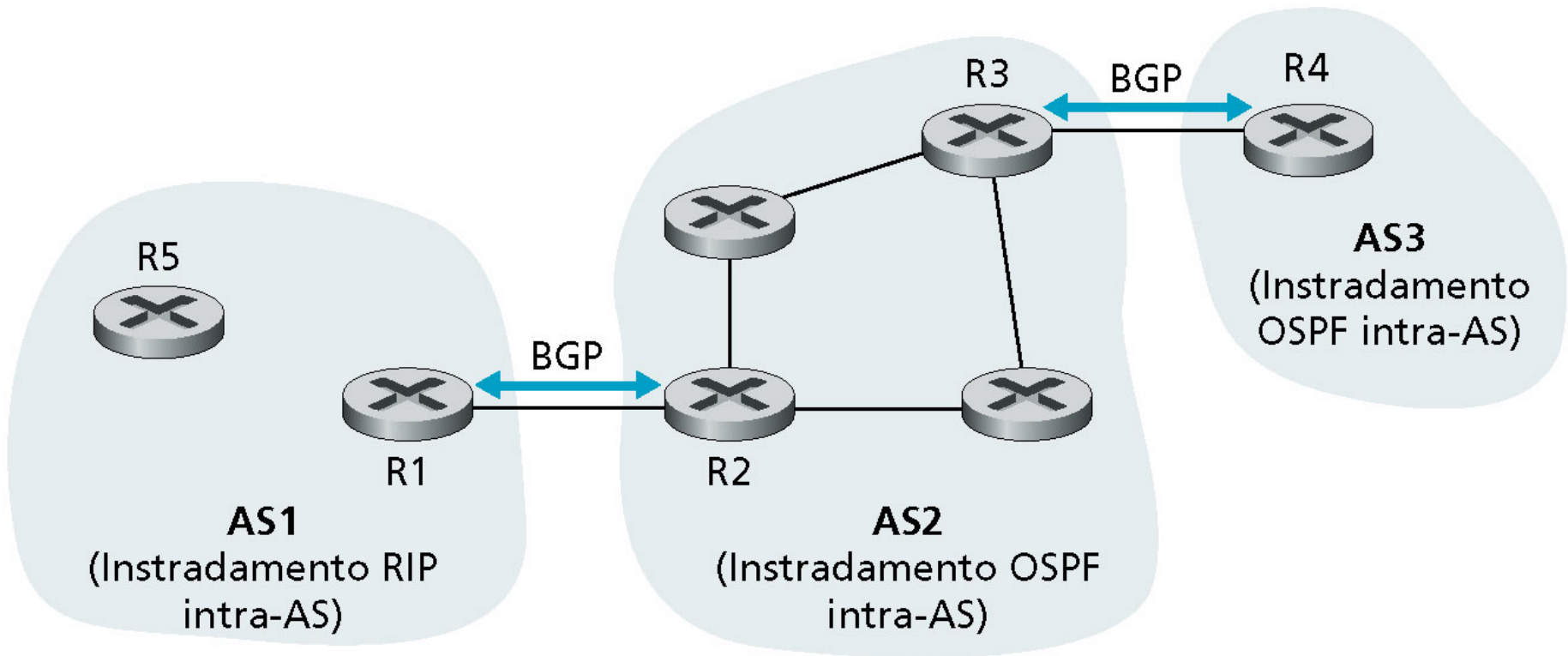


# Instradamento intra-AS in Internet: OSPF gerarchico (cont.)

- **Gerarchia a due livelli:** area locale, dorsale.
  - Annunci link-state solo nell'area
  - ogni nodo ha dettagliata topologia di area; conosce solo direzione (il percorso più breve) alle reti in altre aree.
- **Area border routers:** "riassumono" distanze alle reti nella propria area, inviano avvisi ad altri router di Area Border.
- **Backbone routers:** eseguono instradamento OSPF limitato alla dorsale.
- **Boundary routers:** connettono ad altri AS.

# Instradamento inter-AS in Internet: BGP (Border Gateway Protocol)

- Standard de facto per instradamento inter-AS



# Instradamento inter-AS in Internet: BGP (cont.)

- Basato sull'approccio *path-vector* (simile al *distance-vector*)
- Ogni Border Gateway invia in broadcasting ai pari (*peer*) il percorso intero (cioè la sequenza di AS) alla destinazione
  - E.g., Gateway X potrebbe inviare il suo percorso alla destinazione Z:

$$\text{Path (X,Z)} = X, Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Z$$

# Instradamento inter-AS in Internet: BGP (cont.)

*Supponiamo che:* il gateway X invia al peer gateway W il proprio percorso a costo minimo verso Z

- W potrebbe o non potrebbe selezionare il percorso offerto da X per una delle seguenti ragioni:
  - costo, politica (non transita attraverso AS concorrenti), ragioni di prevenzione di loop.
- Se W seleziona il percorso annunciato da X, allora:
$$\text{Path}(W,Z) = W, \text{Path}(X,Z)$$
- Nota: X può controllare il traffico in ingresso controllando gli annunci di percorso ai suoi pari:
  - p.es., non vuole instradare traffico verso Z -> non annuncia nessun percorso verso Z

# Instradamento inter-AS in Internet: BGP (cont.)

- I messaggi BGP sono scambiati usando TCP.
  - **OPEN**: apre connessione TCP al pari ed autentica il mittente
  - **UPDATE**: annuncia un nuovo percorso (o withdraws old)
  - **KEEPALIVE** tiene la connessione viva in assenza di UPDATES; riconosce anche richieste OPEN
  - **NOTIFICATION**: riporta errori nei precedenti msg; usato anche per chiudere la connessione

# Instradamento intra- e inter-AS: perché differenziare?

## Politica:

- ❑ Inter-AS: amministratore vuole il controllo su come viene instradato il suo traffico, su chi instrada attraverso la sua rete.
- ❑ Intra-AS: amministratore singolo, così nessuna decisione politica è necessaria

## Scala:

- ❑ instradamento gerarchico risparmia grandezza di tabella, ridotto traffico di aggiornamento

## Prestazioni:

- ❑ Intra-AS: enfasi su prestazioni
- ❑ Inter-AS: politica potrebbe dominare su prestazioni