



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



# Fondamenti di Internet e Reti

Antonio Capone, Matteo Cesana,  
Ilario Filippini, Guido Maier



**POLITECNICO**  
MILANO 1863



## **4 – Rete (parte 5)**

**Antonio Capone, Matteo Cesana,  
Ilario Filippini, Guido Maier**

# Agenda

- Routing in Internet
- Protocolli di routing
  - RIP
  - OSPF
  - BGP



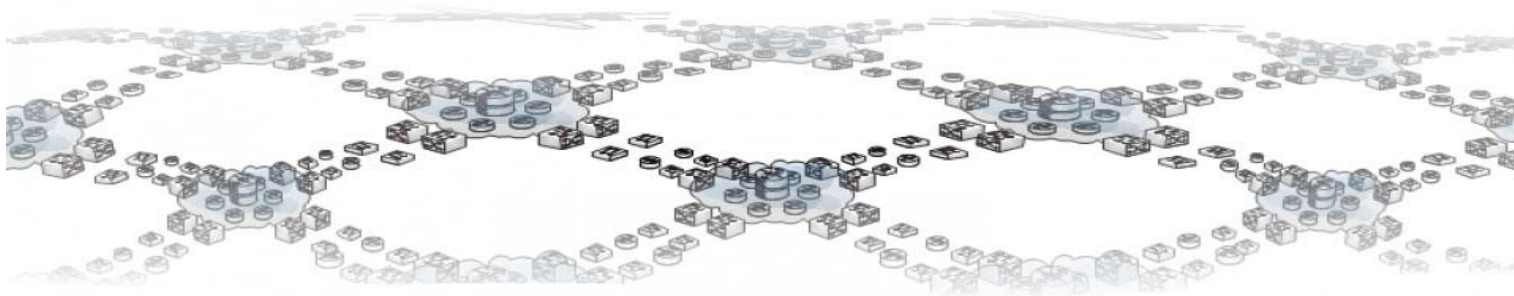
# Agenda

- Routing in Internet
- Protocolli di routing
  - RIP
  - OSPF
  - BGP

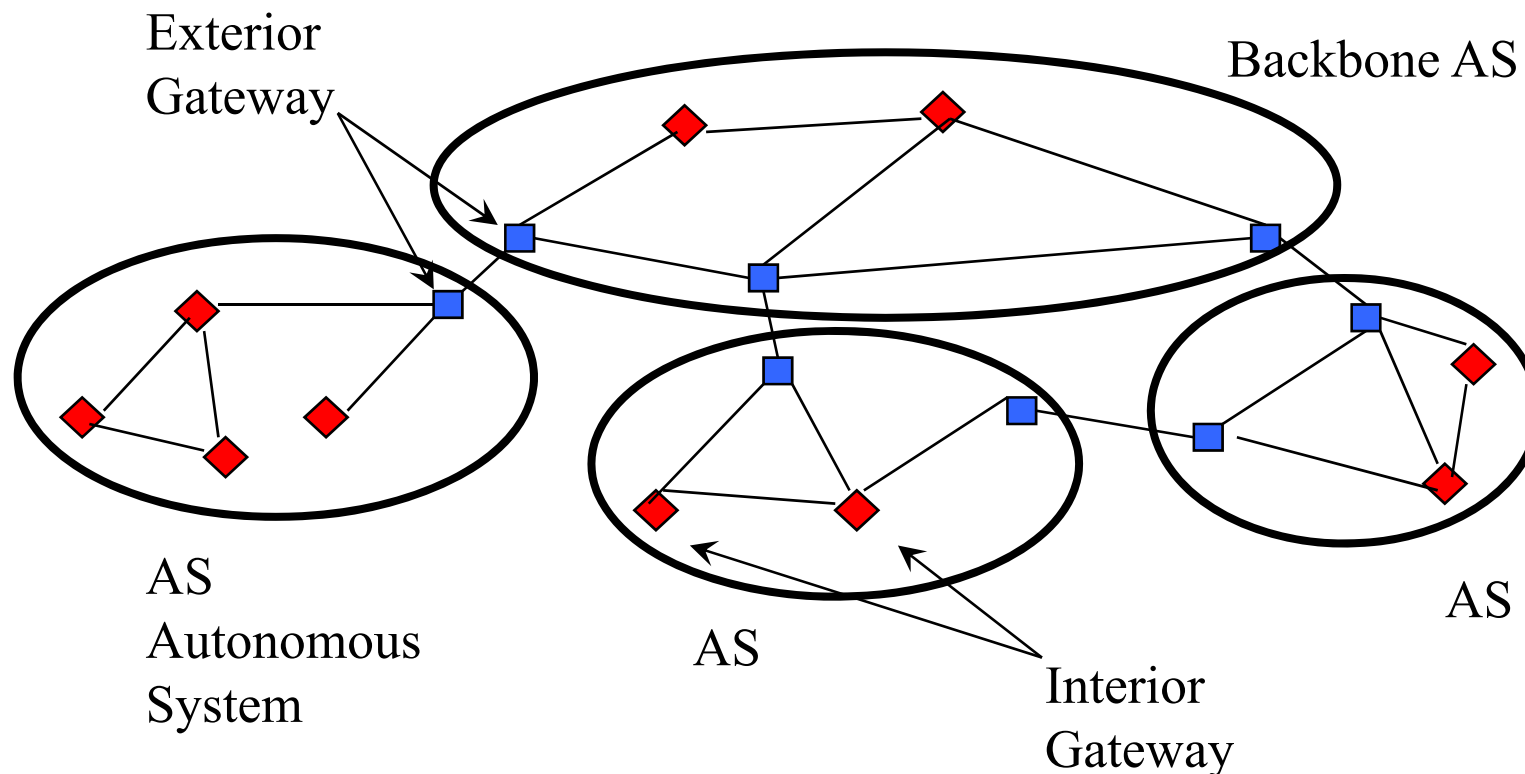


# Internet e DV/LS

- Non possiamo pensare di applicare DV/LS direttamente a tutta Internet:
  - **Scalabilità**: in DV/LS sono tutti allo stesso livello
    - Internet è formata da milioni di nodi: LS troppo grandi, DV non convergerebbe mai
  - **Sicurezza**: ISP non vogliono rivelare la struttura della propria rete (es., con un LS) oppure possono non voler attraversare alcuni domini
- Internet è strutturata in **Autonomous Systems**



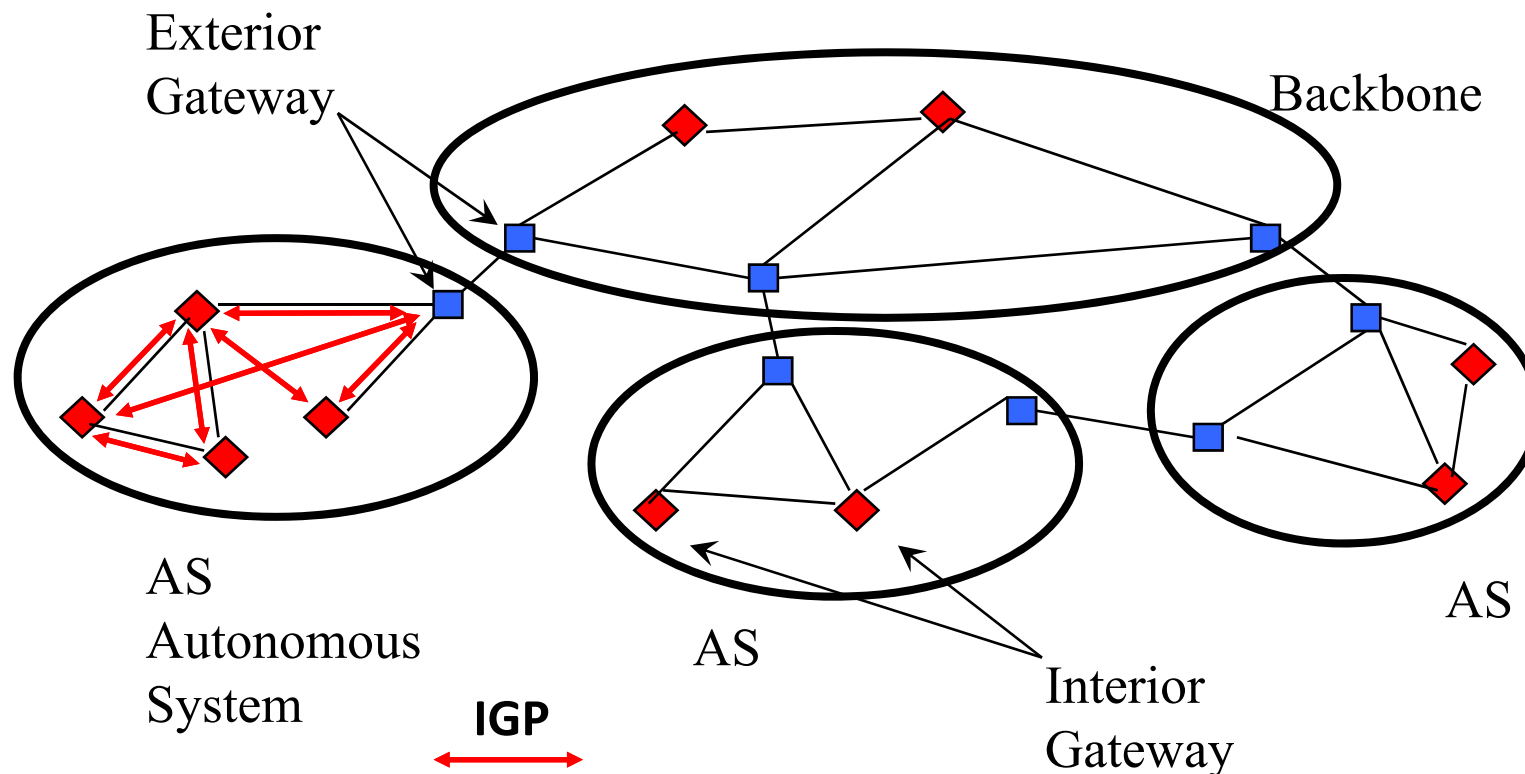
# Architettura di routing di Internet



- Internet è suddiviso in **Autonomous Systems (AS)**
  - Porzione di rete gestita dalla stessa autorità
  - Un router interno a un AS si chiama **Interior Gateway**
  - Un router al bordo di un AS si chiama **Exterior Gateway**



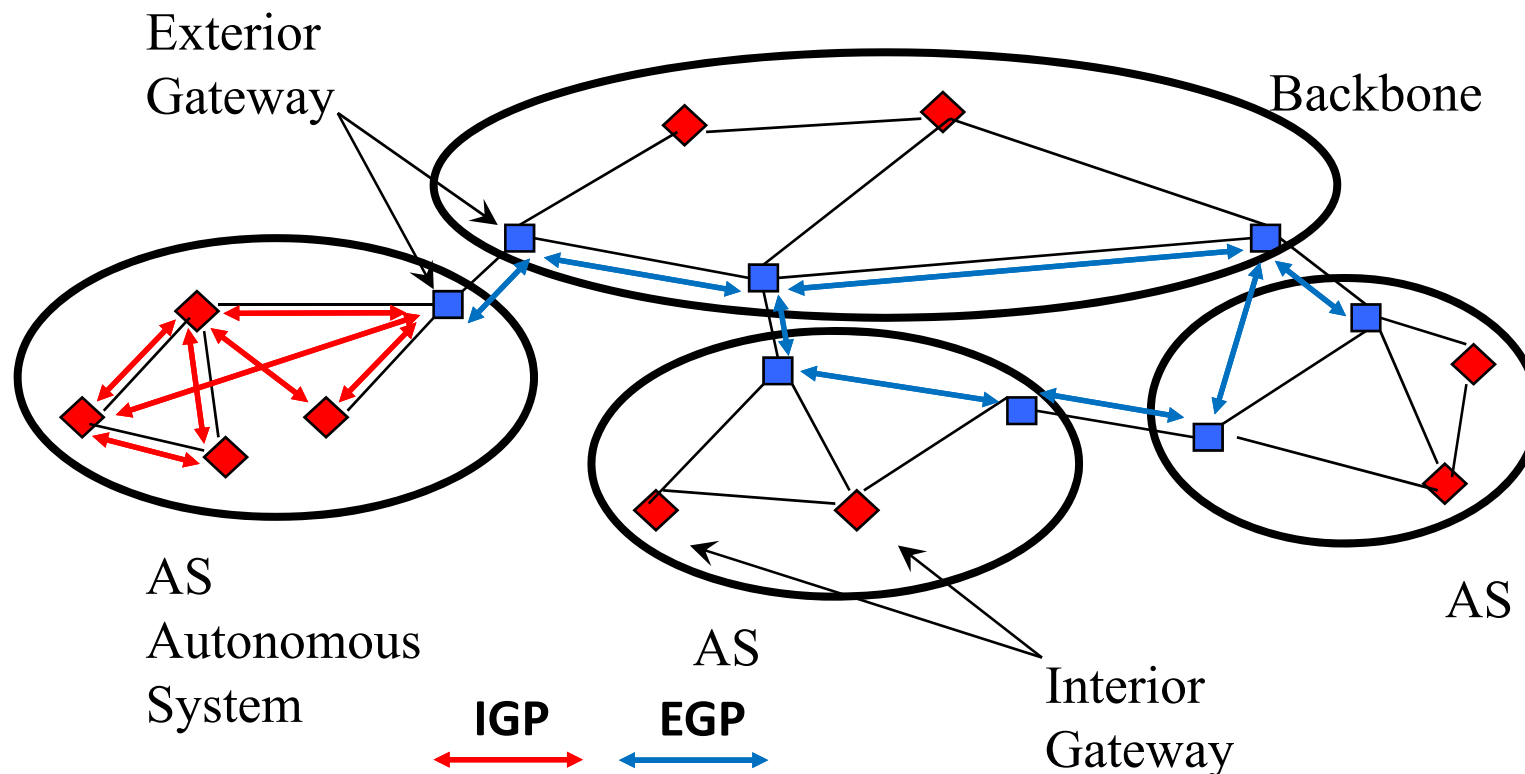
# Architettura di routing di Internet



- All'interno di un AS il routing è indipendente dagli altri AS
  - Gli Interior Gateway si scambiano informazioni di routing «intra-AS» usando un **Interior Gateway Protocol (IGP)**
  - Condivisione completa delle informazioni topologiche



# Architettura di routing di Internet



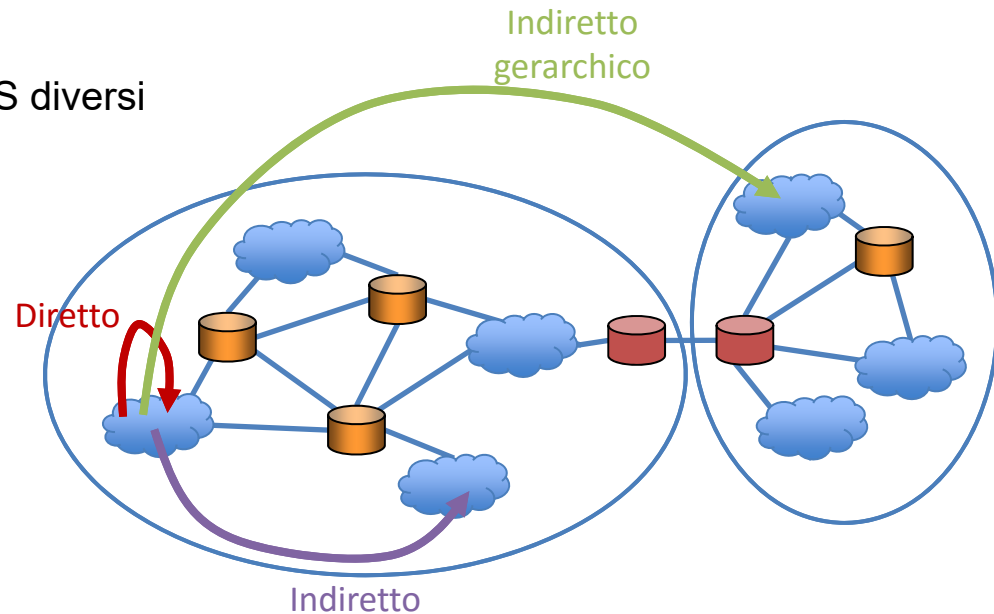
- Il routing tra AS è gestito in modo differente
  - Gli Exterior Gateway si scambiano informazioni di routing usando un **Exterior Gateway Protocol (EGP)**
  - Utilizza un approccio diverso da quello DV/LS





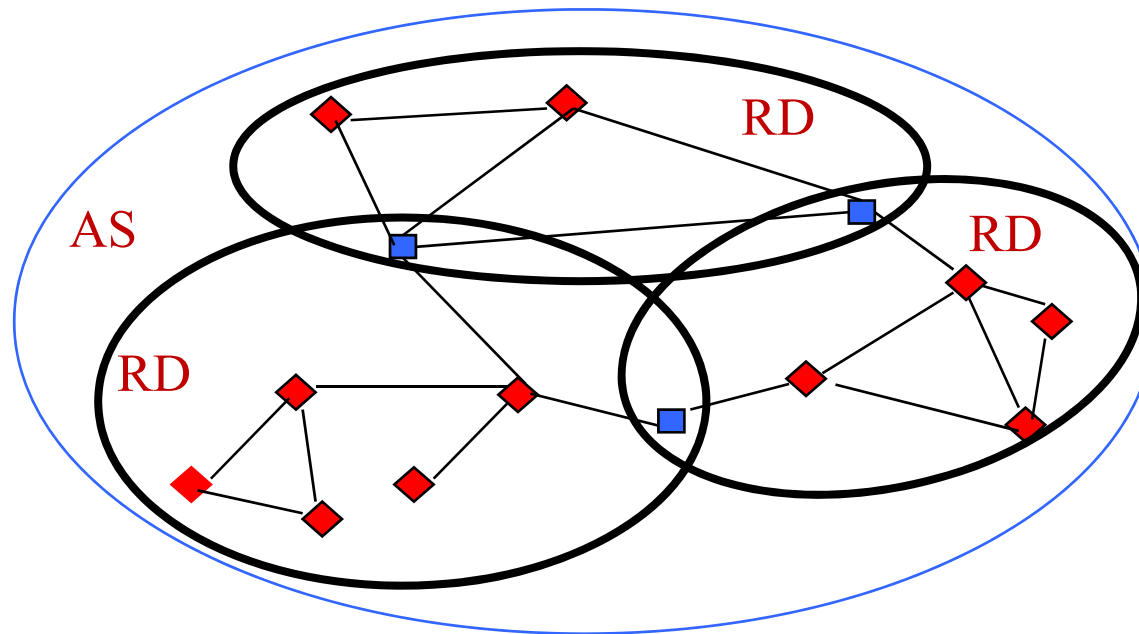
# Tipi di inoltro diversi

- **Diretto**
  - Il NETID degli host sorgente e destinazione coincidono
  - Il forwarding è effettuato mediante la rete di livello 2 (associazione tra HOSTID indirizzi MAC)
- **Indiretto**
  - Il NETID degli host sorgente e destinazione sono diversi ma appartengono allo stesso AS
  - Il forwarding avviene mediante Interior Gateways usando IGP
- **Indiretto gerarchico**
  - Sorgente e destinazione sono in AS diversi
  - Nell'AS sorgente il pacchetto è instradato con IGP fino all'Exterior Gateway
  - Usando EGP e Exterior Gateways arriva all'AS destinazione
  - Nell'AS destinazione il pacchetto è instradato con IGP fino all'host destinazione
- L'EGP annuncia all'interno le destinazioni esterne raggiungibili
- Gli Exterior Gateway si scambiano informazioni sintetiche di raggiungibilità

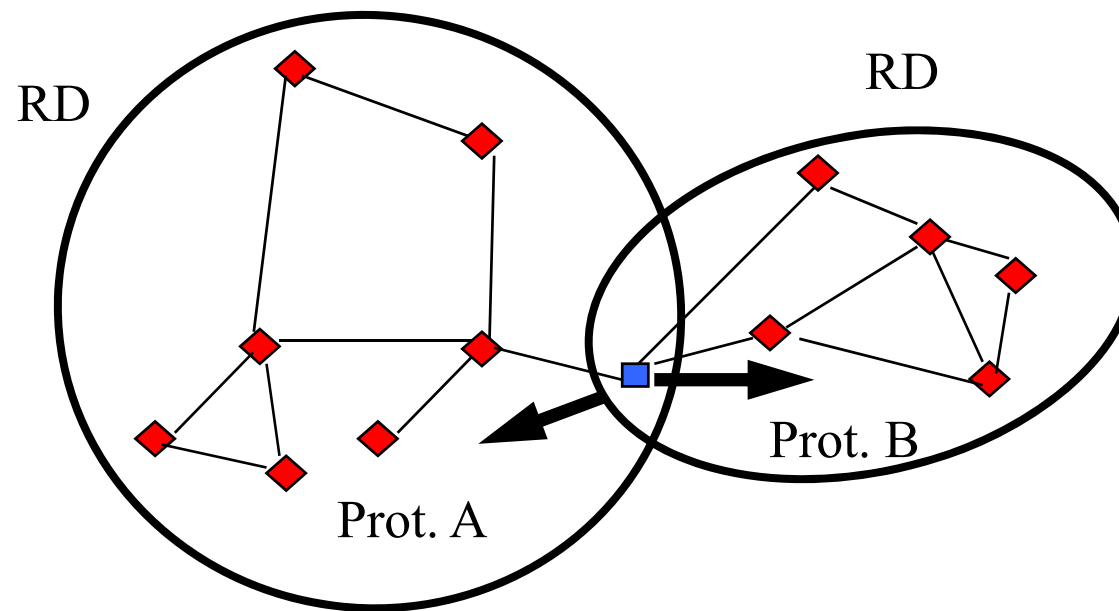


# Interior Gateway Protocols (IGP)

- In un AS possono essere configurati più IGP
  - Devono essere gestiti in modo da garantire la consistenza del routing
  - Il caso più frequente è tuttavia un unico IGP in tutto l'AS
- Il dominio di routing (Routing Domain, RD) è una porzione di AS in cui è implementato un unico protocollo IGP
- Alcuni router appartengono a più RD e implementano più protocolli di routing sulle diverse interfacce



# Ridistribuzione



- I router su più domini possono “ridistribuire” le informazioni di un dominio nell’altro e viceversa
- La traduzione delle informazioni dal Prot. A al Prot. B dipende dall’implementazione e dalle caratteristiche di A e B
- I due protocolli possono anche essere un IGP e un EGP (per alcuni sono definiti dei criteri di redistribuzione)

# I Protocolli di Routing più usati

- **IGP**

Distance  
Vector

- RIP (Routing Information Protocol), versione 1 e 2
- IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) proprietario CISCO

Link State

- IS-IS (Intermediate System Intermediate System)
- OSPF (Open Shortest Path First)

- **EGP**

Path Vector

- BGP (Border Gateway Protocol)



# Agenda

- Routing in Internet
- Protocolli di routing
  - RIP
  - OSPF
  - BGP

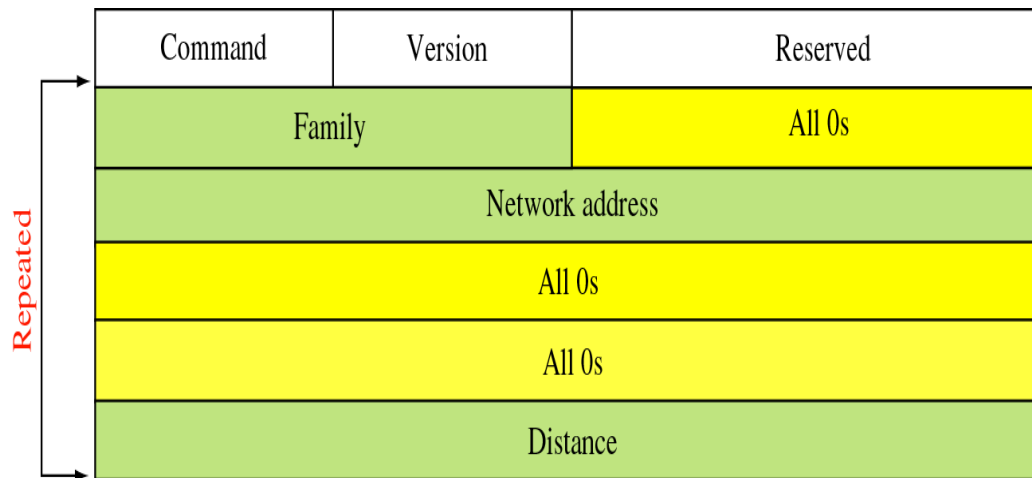


# RIP (Routing Information Protocol) - Version 1

- Progettato a *Berkeley* (1982) e successivamente standardizzato in RFC 1058 (1988)
- Protocollo IGP
- *Distance Vector*, usa *Bellman-Ford* per il calcolo dei cammini minimi
  - Protocollo distribuito
- Metrica: numero di *hop*
- Limitato a 16 *hops*
- I pacchetti RIP sono incapsulati in UDP (porta assegnata: 520) e inviati con IP destinazione: 255.255.255.255
  - Tuttavia, ogni router RIP ha preconfigurata una lista di vicini (neighbors) e accetta messaggi SOLO dai vicini



# RIP v1: formato dei messaggi

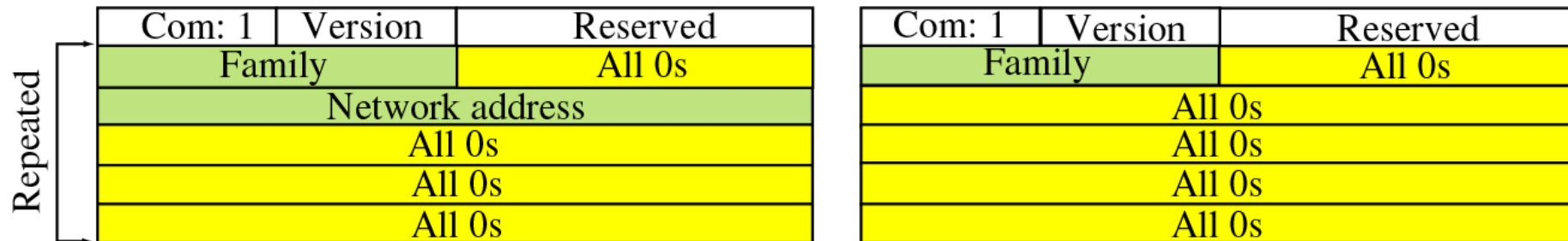


Source: TCP/IP Protocol Suite, B. Forouzan

- I messaggi RIPv1 si distinguono in
  - Richieste (di invio di DV)
  - Risposte (stimolate e non)
- Campi:
  - *Command*: tipo (1 domanda, 2 risposta)
  - *Version*: versione RIP
  - *Family*: famiglia di indirizzi usati (2 = IP)
  - *Address*: indirizzo della rete di destinazione
  - *Distance*: hop count dalla rete di destinazione (valido da 1 a 15, 16 = infinito)
    - Attenzione: nel capitolo precedente abbiamo visto solo distanze tra router



# Messaggi di richiesta



*Source: TCP/IP Protocol Suite, B. Forouzan*

- Le richieste possono venire da
  - Un router appena attivato
    - L'invio su ogni interfaccia permette di scoprire tutti i router adiacenti
  - Un router che ha qualche destinazione in “scadenza”
- Le richieste possono riguardare
  - Tutte le destinazioni
  - Una destinazione in particolare





# Messaggi di risposta

RIP message

Com: 2	Version	Reserved
Family: 2		All 0s
141.12.0.0		
All 0s		
All 0s		
5		
Family: 2		All 0s
181.2.0.0		
All 0s		
All 0s		
2		
Family: 2		All 0s
97.0.0.0		
All 0s		
All 0s		
4		

Source: TCP/IP Protocol Suite, B. Forouzan



Conceptual message

141.12.0.0	5
181.2.0.0	2
97.0.0.0	4

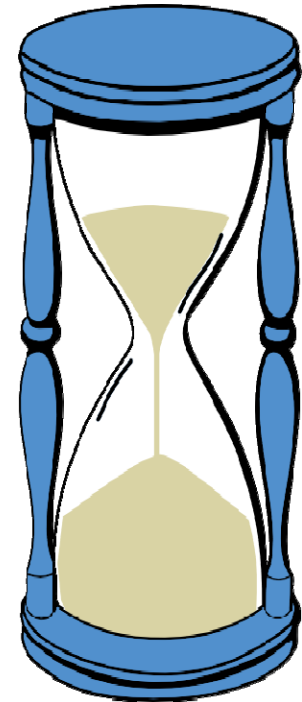
## Contengono il DV

- Al massimo 25 rotte per risposta
- >25 rotte trasferite con più pacchetti UDP



# RIP v1: tempistica dei messaggi

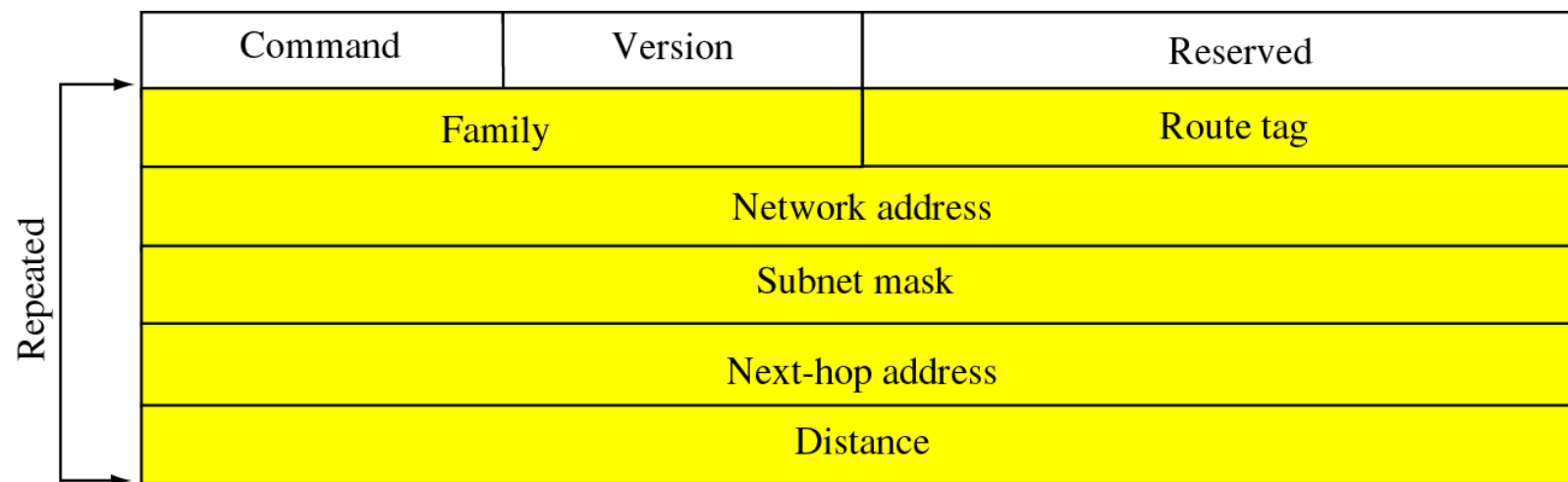
- *routing update timer* (tipic. 30 s)
  - intervallo di tempo per l'invio dei DV
- *route invalid (o duration) timer* (tipic. 180 s)
  - intervallo dopo il quale, se non si ricevono annunci dalla stessa interfaccia, una route è dichiarata non valida
  - la route viene comunque annunciata con una distanza posta a 16
- *route flush timer o garbage collection timer* (tipic. 60-120 s)
  - intervallo di tempo dopo cui una route invalida è cancellata
  - serve ad informare i vicini sull'invalidità di una rotta prima di cancellarla
- *triggered update*
  - in caso di cambiamento del valore di una metrica per una route, viene inviato subito in DV con solo le entry cambiate



# RIP Version 2



- Standardizzato in RFC 1723
- Funzionalità aggiuntive
  - Info sulla connettività
    - Indicazione esplicita del Next Hop
    - Route Tag: permette di marciare le rotte secondo la provenienza (scoperte da RIP, scoperta da altro IGP, indicate da EGP, ecc)
  - Autenticazione !
  - Classless routing (subnet mask)
  - Multicasting: usa l'indirizzo 224.0.0.9 come destinazione dei pacchetti

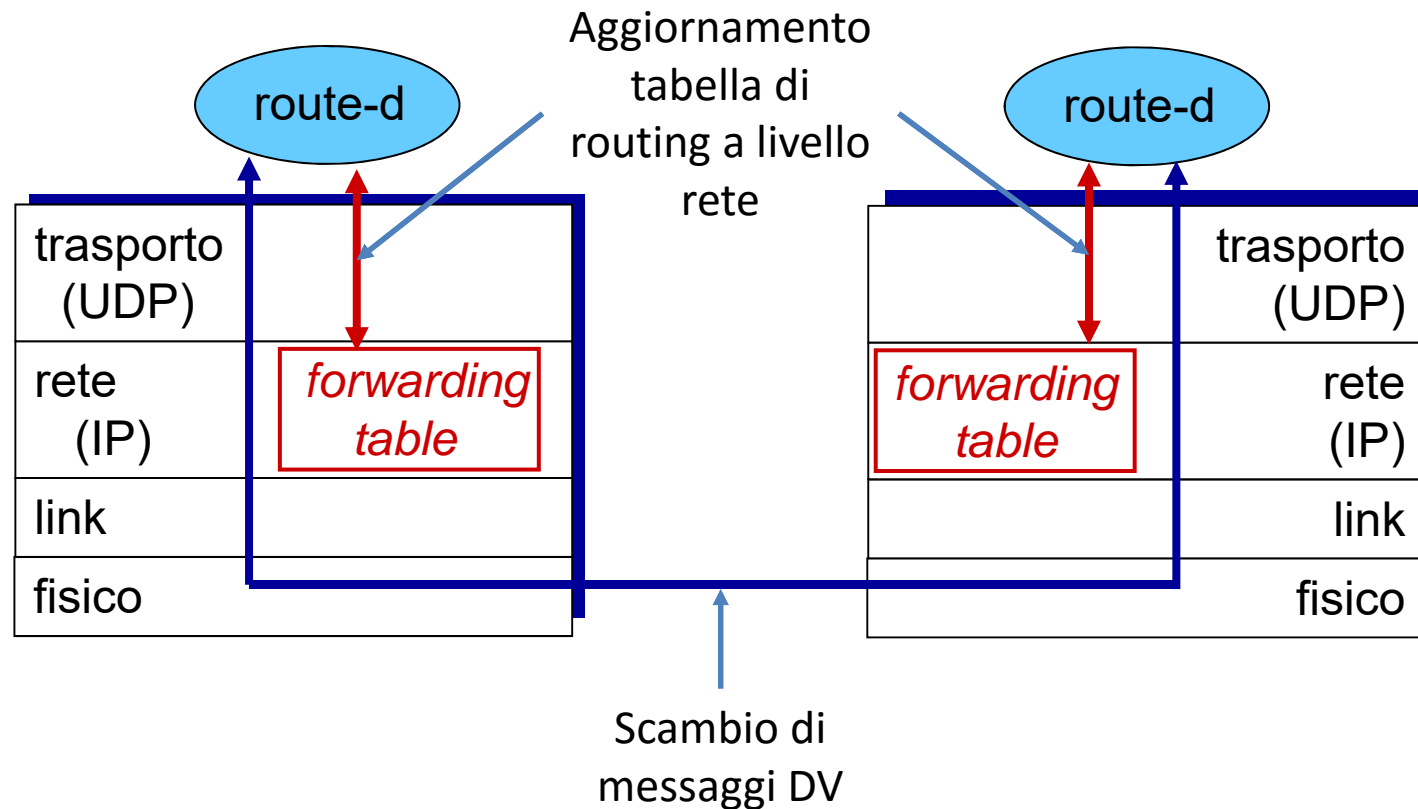


Source: TCP/IP Protocol Suite, B. Forouzan



# Implementazione RIP

- Le tabelle di routing sono gestite da un processo a livello applicativo chiamato: route-d (daemon)



# RIP

## *Limitazioni*

- Hop count è una metrica troppo semplice!
  - Potrei voler considerare informazioni più interessanti
    - lunghezza della coda ad ogni hop
    - ritardo di attraversamento
    - percentuale d'errore del collegamento
    - etc...
- Funziona per reti medio-piccole
  - Due nodi possono distare al massimo 15 nodi
- Convergenza lenta dovuta ai lunghi timer



# Agenda

- Routing in Internet
- Protocolli di routing
  - RIP
  - OSPF
  - BGP



# OSPF (1)



- RFC 1247, 1583, 2328
- Protocollo Link State
  - Esecuzione algoritmo Dijkstra in ogni nodo
- Supporta routing gerarchico
  - Aree di routing e area di backbone
- Metrica generica
  - Costo di attraversamento di interfaccia configurabile dall'amministratore
- Utilizzo di protocollo di *Hello* per monitorare lo stato di connessione dei vicini



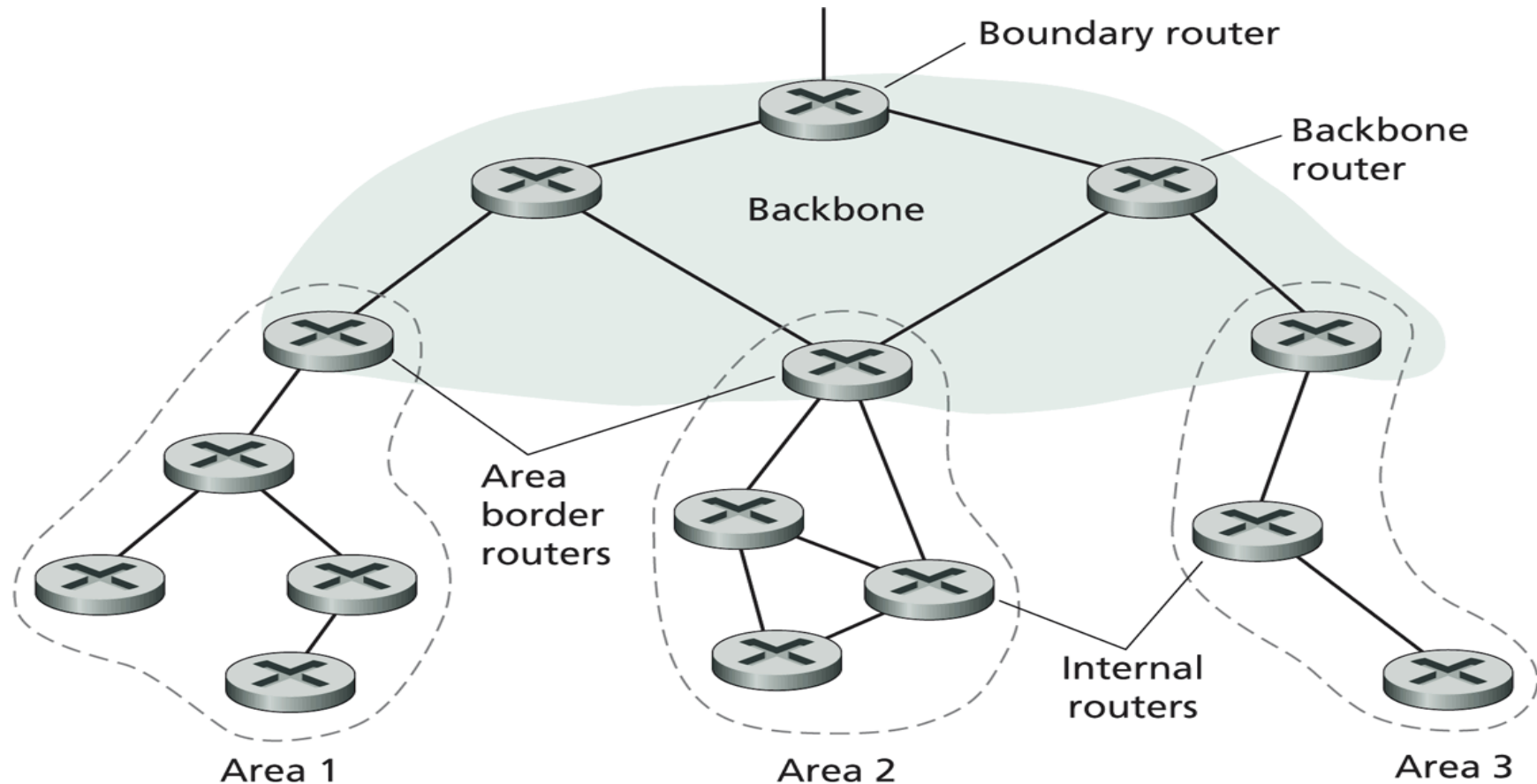
## OSPF (2)

- Trasportato direttamente su IP (Protocol = 89)
  - Deve implementare funzioni livello di trasporto
    - Messaggi ACK
- Molte tipologie di messaggi scambiati
- Supporta autenticazione
- Supporta percorsi multipli verso la destinazione
  - Rotte con la stessa “lunghezza” vengono usate per bilanciare il carico





# OSPF: gerarchia e classificazione dei router

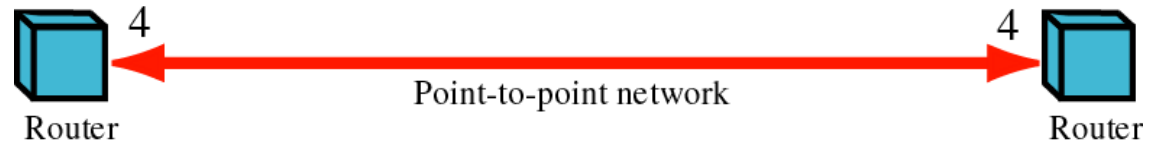


*Source: Computer Networking, J. Kurose*

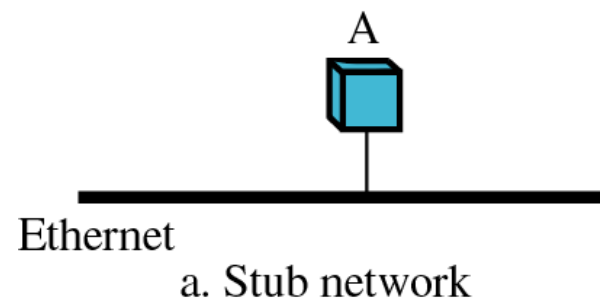


# Tipi di collegamenti in OSPF

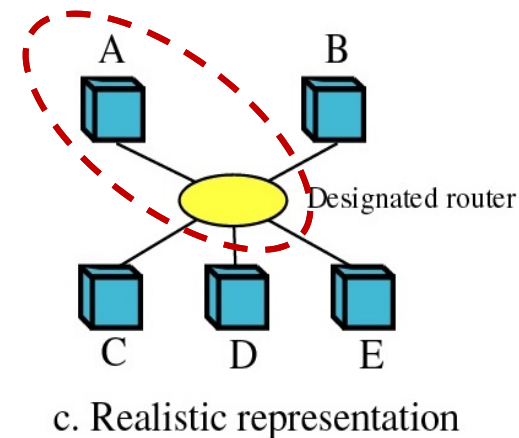
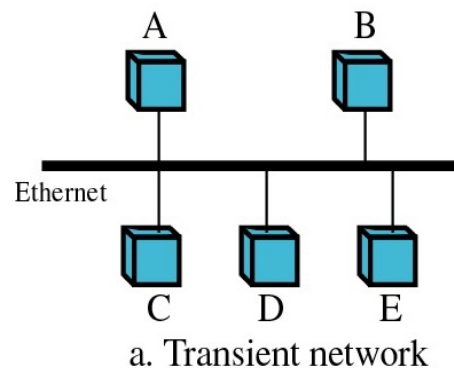
- Collegamenti punto-punto



- Reti con singolo router



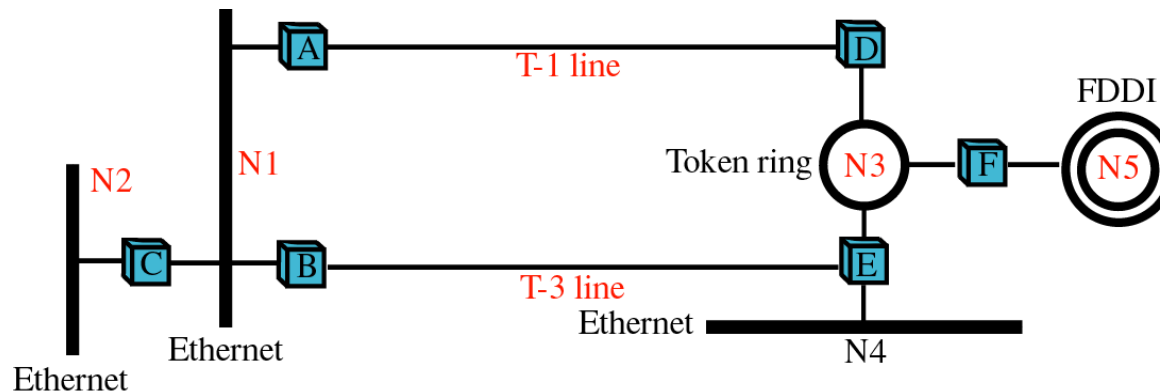
- Reti con più router



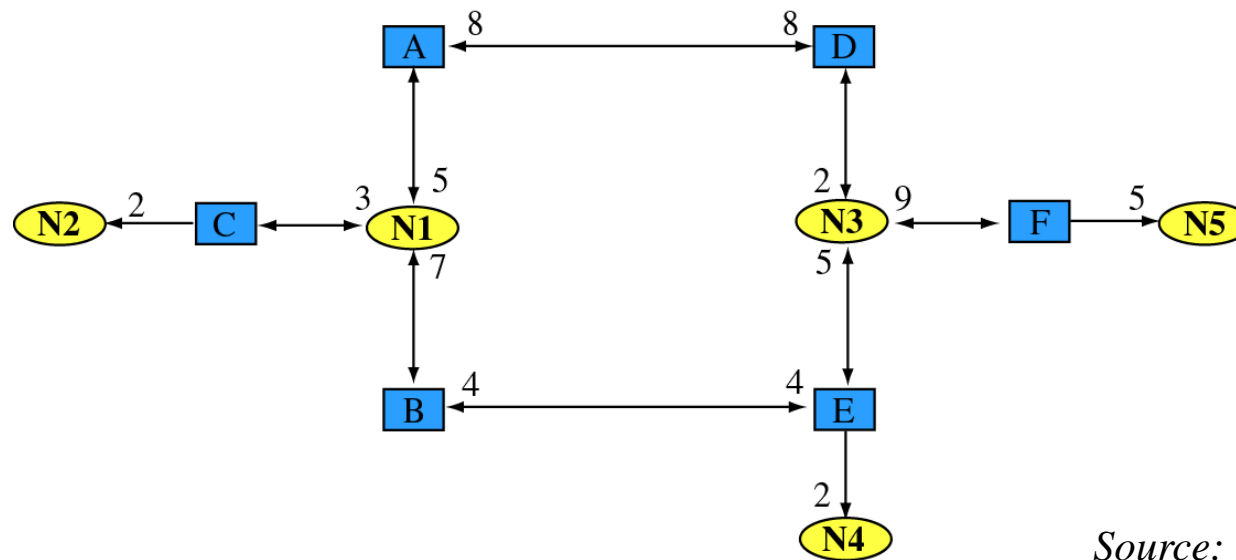
Source: TCP/IP Protocol Suite, B. Forouzan



# Rappresentazione della topologia



Rete reale

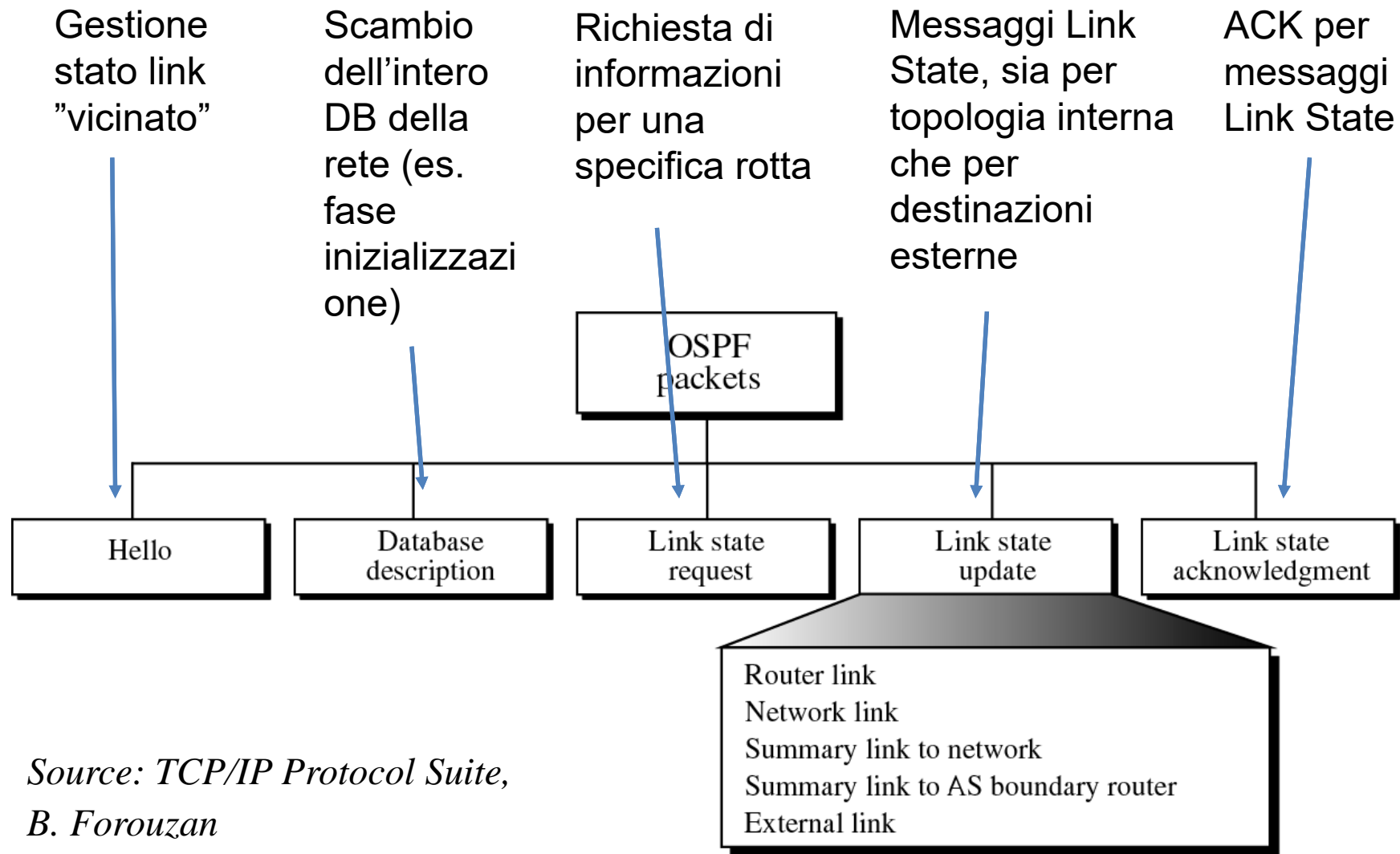


Rappresentazione  
usata da OSPF

Source: *TCP/IP Protocol Suite*, B. Forouzan



# OSPF: tipi di pacchetti scambiati

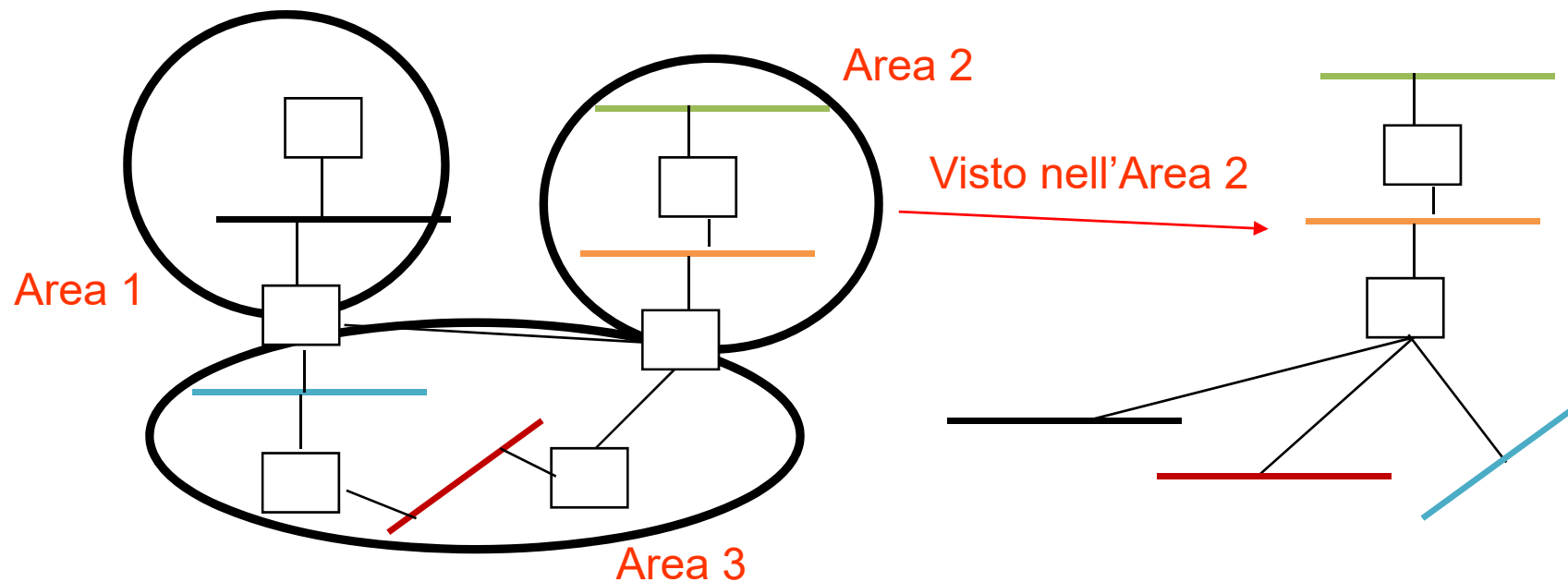


*Source: TCP/IP Protocol Suite,  
B. Forouzan*



# OSPF: Ridistribuzione

- Gli area border router diffondono in ciascuna area un riassunto delle informazioni raccolte nell'altra
  - indicano solo le destinazioni raggiungibili, non i router attraversati
  - contaminazione distance vector



# Agenda

- Routing in Internet
- Protocolli di routing
  - RIP
  - OSPF
  - BGP



[illegible]

-

## BGP: Path vector (1)

- Il BGP è un protocollo simile al *distance vector*, ma nei DV inviati dai nodi non è indicata una “distanza dalla destinazione”, ma l'intero percorso verso la destinazione

Rete	Router successivo	Percorso
N01	R01	AS2,AS5,AS7,AS12
N02	R07	AS4,AS13,AS6,AS9
N03	R09	AS11,AS12,AS8,AS6
...	...	...





## BGP: Path vector (2)

- In realtà un messaggio di *path vector* che si scambiano due EG vicini non contiene un percorso ma una sequenza di “attributi”
- Si distinguono attributi obbligatori, che devono essere interpretati da tutte le implementazioni di BGP, e facoltativi
- Tra gli attributi obbligatori:
  - ORIGIN: protocollo IGP da cui proviene l’informazione (ad es. OSPF, RIP, IGRP)
  - AS\_PATH: sequenza di AS attraversati
  - NEXT\_HOP: prossimo router



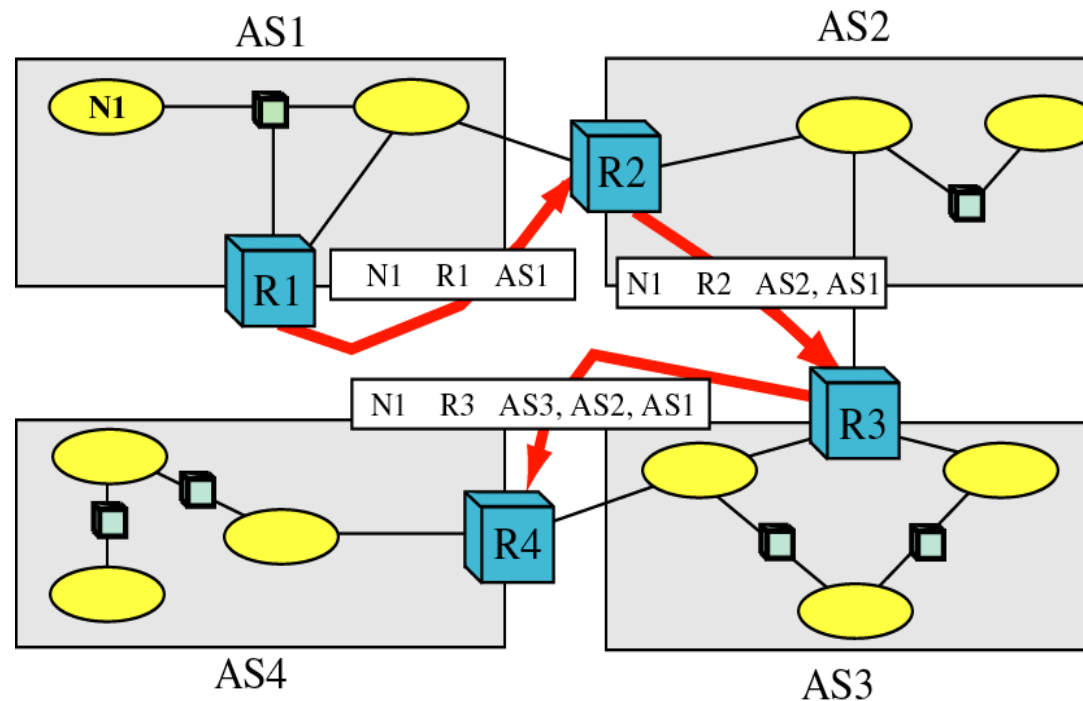
# BGP: scambio dei messaggi

- Ogni router BGP invia il proprio *path vector* ai router BGP vicini (*peers*)
- L'informazione del *path vector* è trasmessa su connessioni TCP
  - La connessione TCP è aperta dal trasmittente verso il router vicino
  - BGP usa i servizi di TCP (numero di porta 179)
- Tipi di messaggio:
  - **OPEN**: apre la connessione TCP e gestisce l'autenticazione reciproca dei router
  - **UPDATE**: annunciare una nuova rotta (od annullarne una vecchia)
  - **KEEPALIVE**: mantiene attiva la connessione in caso di assenza di UPDATE (usato anche come ACK ai messaggi OPEN)
  - **NOTIFICATION**: notifica errori in messaggi precedenti (usato anche per chiudere la connessione)



# BGP: Path Vector

- BGP consente di distribuire informazioni su un percorso verso una destinazione
- ..ma lascia la scelta dell'instradamento all'amministratore di rete (*policy based routing*)

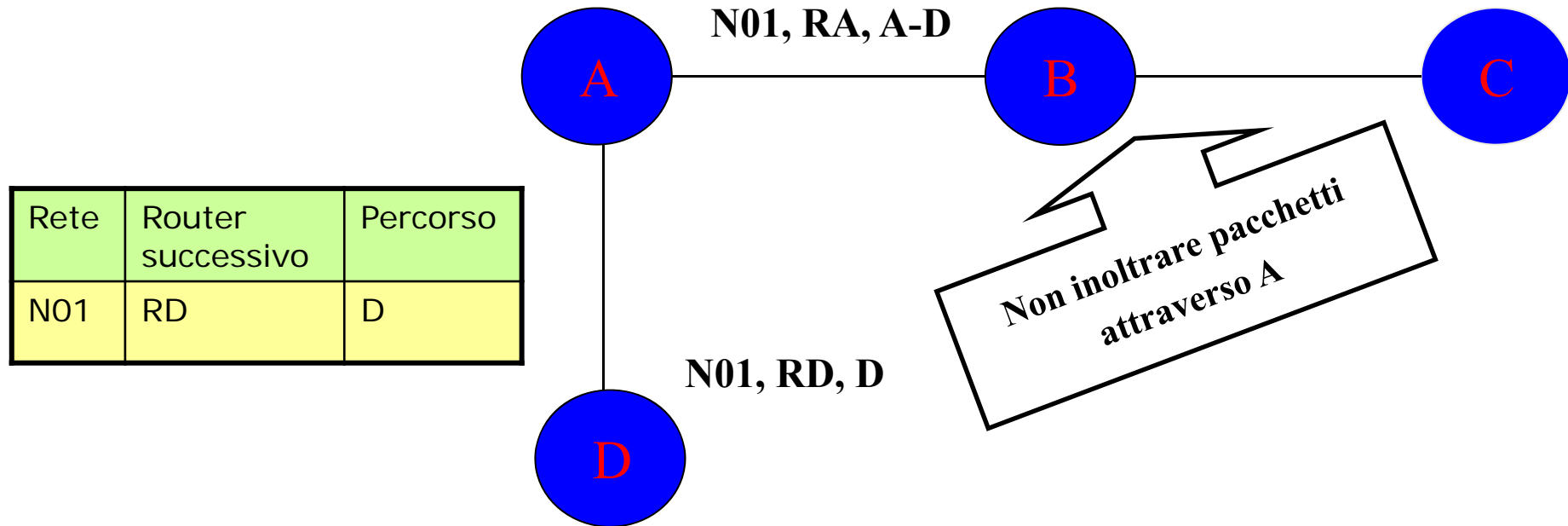


# Policy based routing

- Un router BGP che riceve un *path vector* da un *peer* può decidere o meno di:
  - Aggiungere alla propria tabella di routing la destinazione specificata dal path vector
  - Inoltrare il path vector ai suoi vicini
- In base alla politica di routing implementata localmente
- Agli AS è assegnato un *Autonomous System Number* (ASN) globale da IANA (come per indirizzi IP)



# Policy based routing: esempio 1



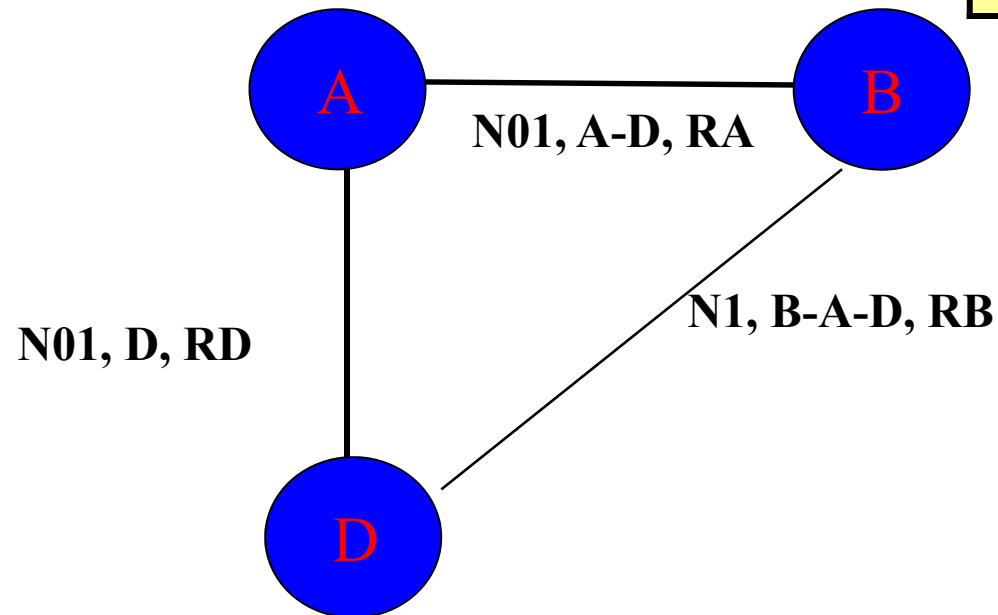
- B non modifica la propria tabella di routing e non inoltra il path vector ricevuto da A perchè è contro alla politica di routing locale



## Policy based routing: esempio 2

Rete	Router successivo	Percorso
N01	RD	D

Rete	Router successivo	Percorso
N01	RA	A-D



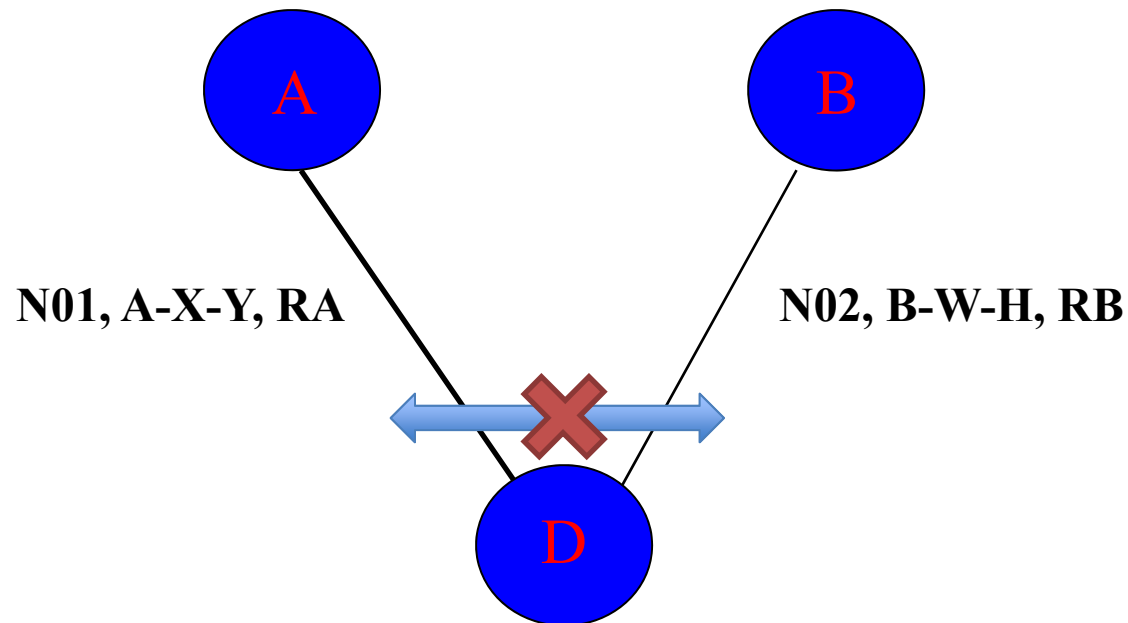
- D non modifica la propria tabella di routing e non inoltra il path vector ricevuto da B perchè nel percorso specificato è indicato anche l'AS di cui fa parte.



# Policy based routing: esempio 3

Rete	Router successivo	Percorso
N01	RA	A-X-Y

Rete	Router successivo	Percorso
N02	RB	B-W-H



- D non vuole inoltrare traffico tra A e B, dunque non inoltra il path vector ricevuto da B ad A, e viceversa.

