



# Università degli Studi di Bergamo

---



**DIP. DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE E  
METODI MATEMATICI**

## **RETI INTERNET MULTIMEDIALI**

---

### **MPLS**

# MPLS

---

## Multi-Protocol Label Switching

# Introduzione

---

- MPLS: Multi Protocol Label Switching
- Pensato per unire i vantaggi di IP e ATM nelle Backbone Network
  - Routing IP
  - Switching ATM (label switching)
- con miglioramenti che eliminano gli svantaggi di IP su ATM

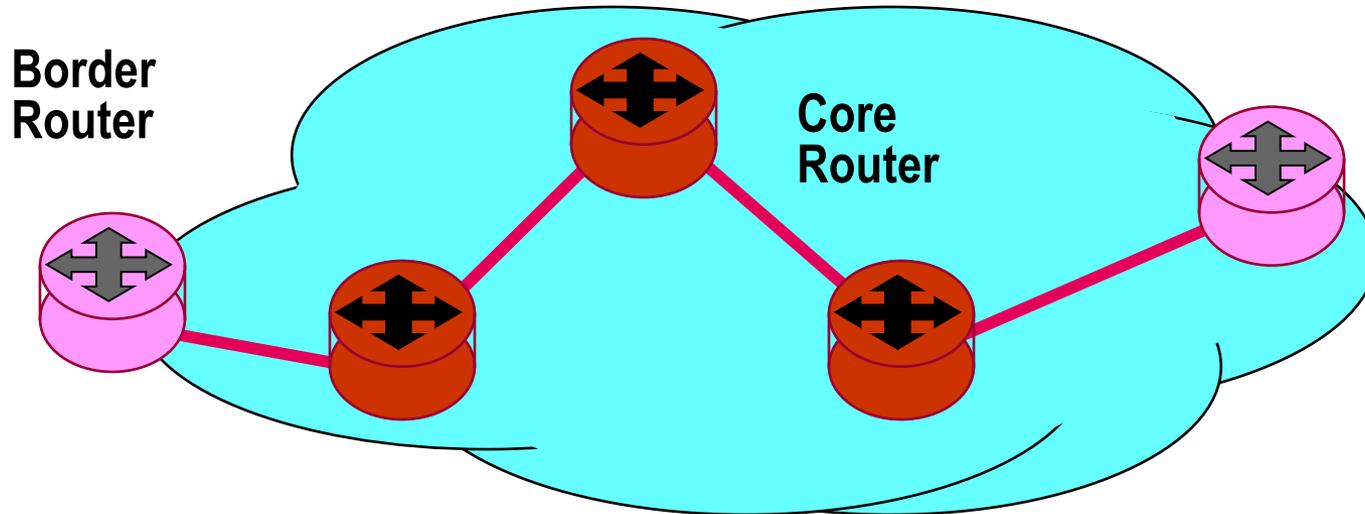
# Introduzione

---

- Precursori (dal '96)
  - IP Switching (Ipsilon/Nokia)
  - Tag Switching (Cisco)
  - Aggregate Route-Based IP-Switc. (IBM)
  - IP Navigator (Cascade/Ascend/Lucent)
  - Cell Switching (Toshiba)

# Architettura

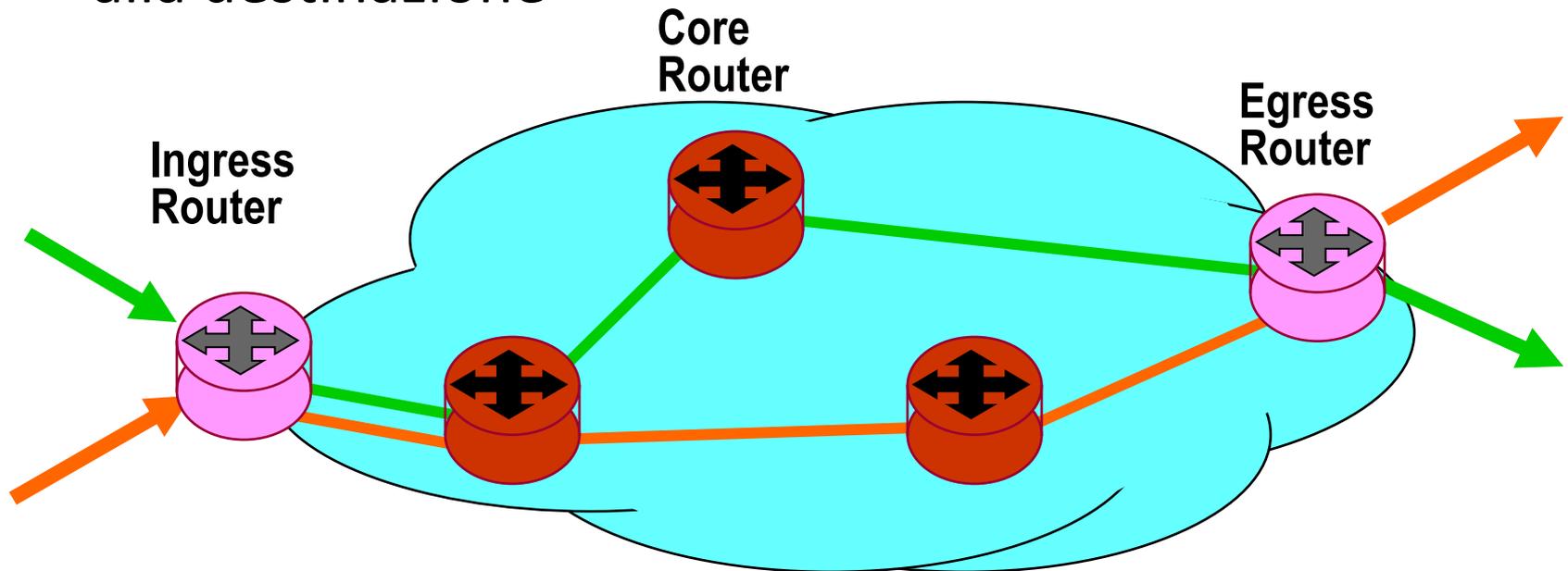
---



- E' un'architettura per la gestione dei flussi a circuito virtuale (Forward Equivalence Class)
  - predeterminati dal gestore o su richiesta esplicita degli utenti
  - con meccanismo di "set up" e prenotazione di risorse

# Architettura

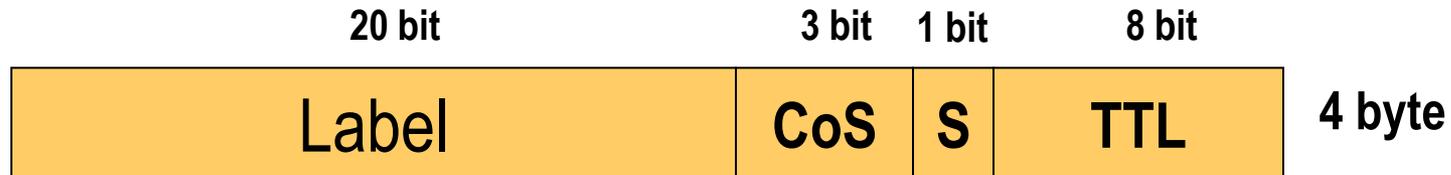
- E' possibile ottimizzare l'instradamento dei flussi in base a meccanismi statici o dinamici
- E' possibile instradare in base a un ricco set di parametri (sorgenti, porte, applicazioni) in aggiunta alla destinazione



# LS Forwarding

---

- IP è incapsulato in un LS header
  - Cos: Class of Service
  - S: Stack (consente l'uso in cascata)
  - TL: Time To Live



- La label di 20 bit è compatibile con il VC ATM

# LS Forwarding

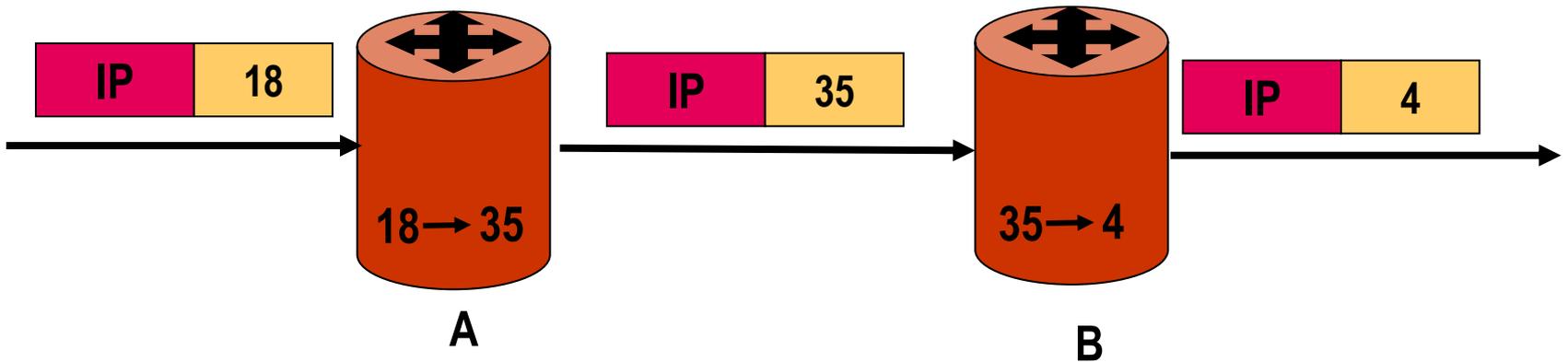
- La Label è usata per commutare - Label Swapping (circuito virtuale)

In Interface	In Label	Out Interface	Out Label
.....	.....	.....	.....
3	21	4	18
3	56	6	135
.....	.....	.....	.....

- La label ha significato locale (come in ATM e FR)

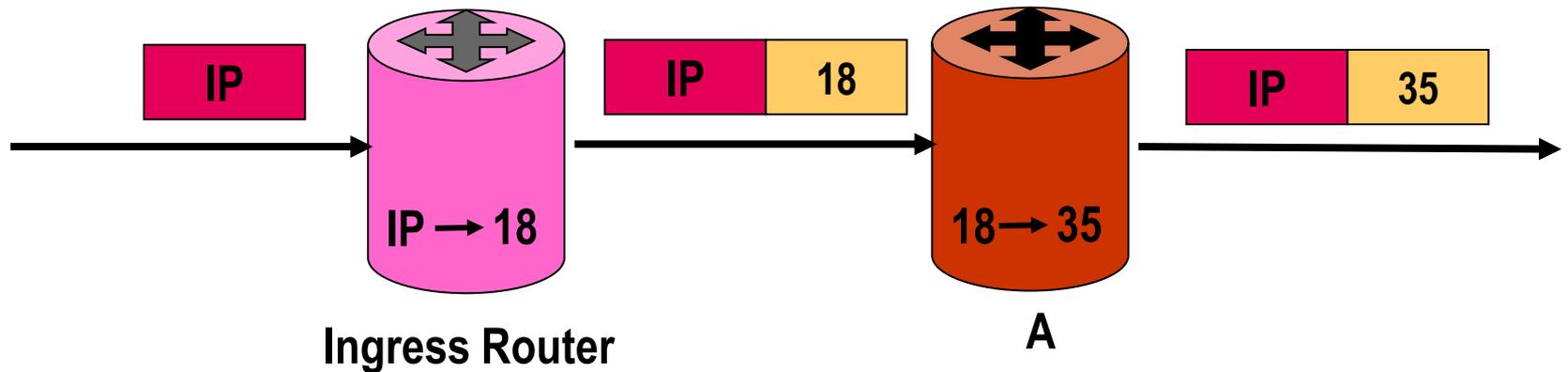
# LS Forwarding

- Le Label vengono determinate e “cucite” al momento del set up del cammino

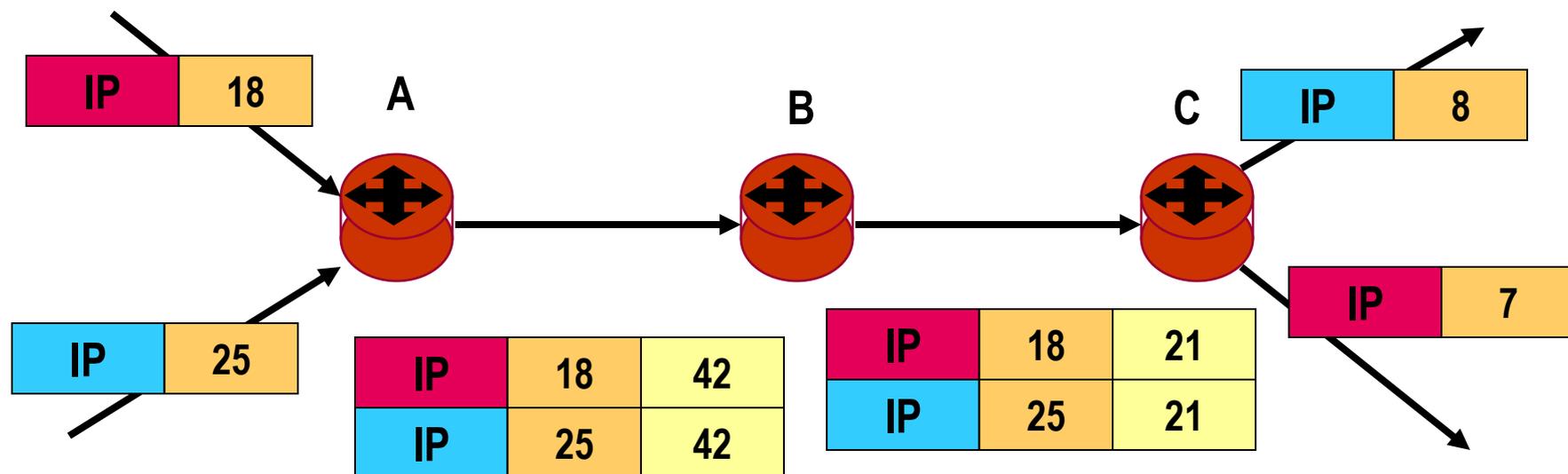


# LS Forwarding

- All'Ingress Router la corrispondenza è fra l'indirizzo IP di destinazione (e possibilmente altri parametri) e la Label del cammino scelto



# Affasciamento dei cammini



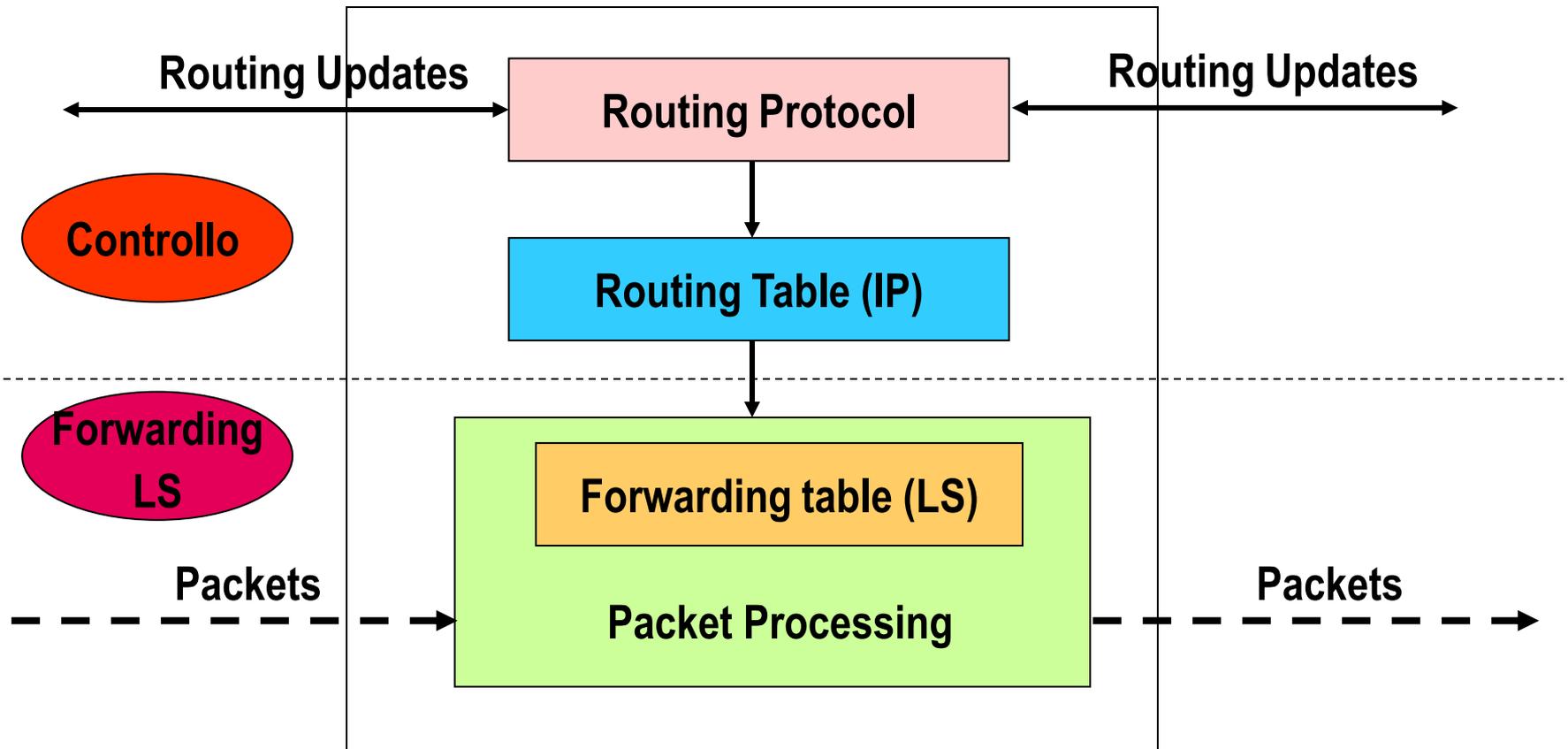
- I due flussi seguono il cammino AC in comune
- A incapsula i due flussi con identica label
- B instrada sulla seconda label
- C decapsula i flussi

# Affasciamento dei cammini

---

- Il numero di affasciamenti non ha limite
- I router instradano:
  - sulla base della label esterna
  - sulla base di indicazioni “push - - pop”
- E' il meccanismo di scalabilità
  - i router interni commutano pochi flussi

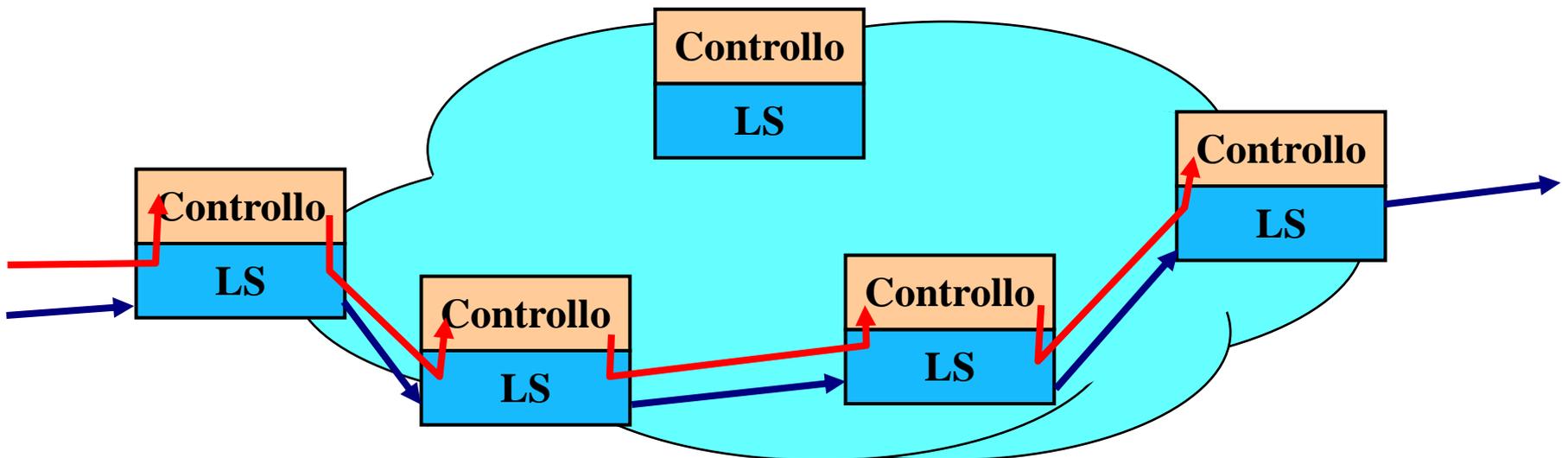
# Inoltro e Controllo



Disaccoppiamento fra routing e forwarding

# Inoltro e Controllo

- I pacchetti di controllo seguono un inoltro hop-by-hop simile a quello IP tradizionale
- I pacchetti di controllo creano un nuovo label switched path (circuito virtuale)
- I pacchetti dati per i quali è stato creato il path possono essere inoltrati direttamente in base alla label

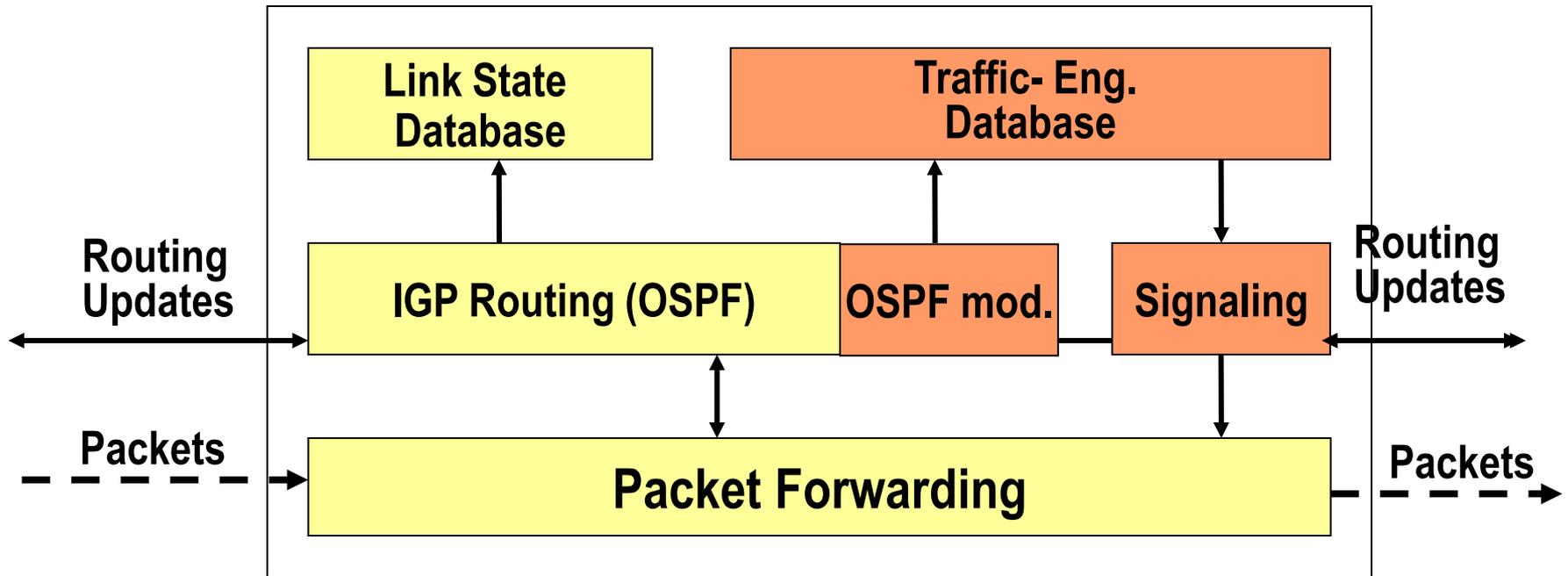


# Inoltro e Controllo

---

- Ovviamente è possibile anche un'instaurazione "manuale" dei label switched path; in questo caso il controllo non serve
- Il disaccoppiamento fra routing e forwarding consente l'evoluzione delle tecniche e dei parametri di routing
- Consente economie di scala (cammini affasciati)
- Il forwarding a circuito consente la prenotazione di risorse e l'uso di tecniche di ingegneria del traffico

# Controllo



- Nuovo Traffic Engineering Database (TED)
- Nuove procedure di signaling

# TED: Traffic Engineering DB

---

- Contiene informazioni relative a
  - Informazioni topologiche tipo link-state
    - Derivate dai protocolli di routing
  - Risorse di rete (banda dei link, banda prenotata)
    - Derivate da estensioni dei protocolli di routing (IGP)
  - Dati amministrativi
    - Derivate da dati di configurazione degli utenti
- Consente ai border router di determinare un cammino di rete

# Instauramento del cammino

---

- Si determina lo Egress Router in base al next hop IBGP
- I cammini possono essere determinati con calcoli “off line”
  - Ottimizzazione globale conoscendo i flussi
- Oppure “on line” (Constrained based routing)
  - Tiene conto dei vincoli dell’utente
    - Banda
    - Inclusione/esclusione di link/nodi
    - Richieste amministrative
    - Riarrangiamento si/no
    - .....

# Signaling

---

- Serve un meccanismo di segnalazione
  - Coordinare la distribuzione delle label
  - Instaurare un cammino desiderato (Explicit Route)
  - Riservare le risorse
  - Riassegnare le risorse
  - Prevenire i loop

# Signaling

---

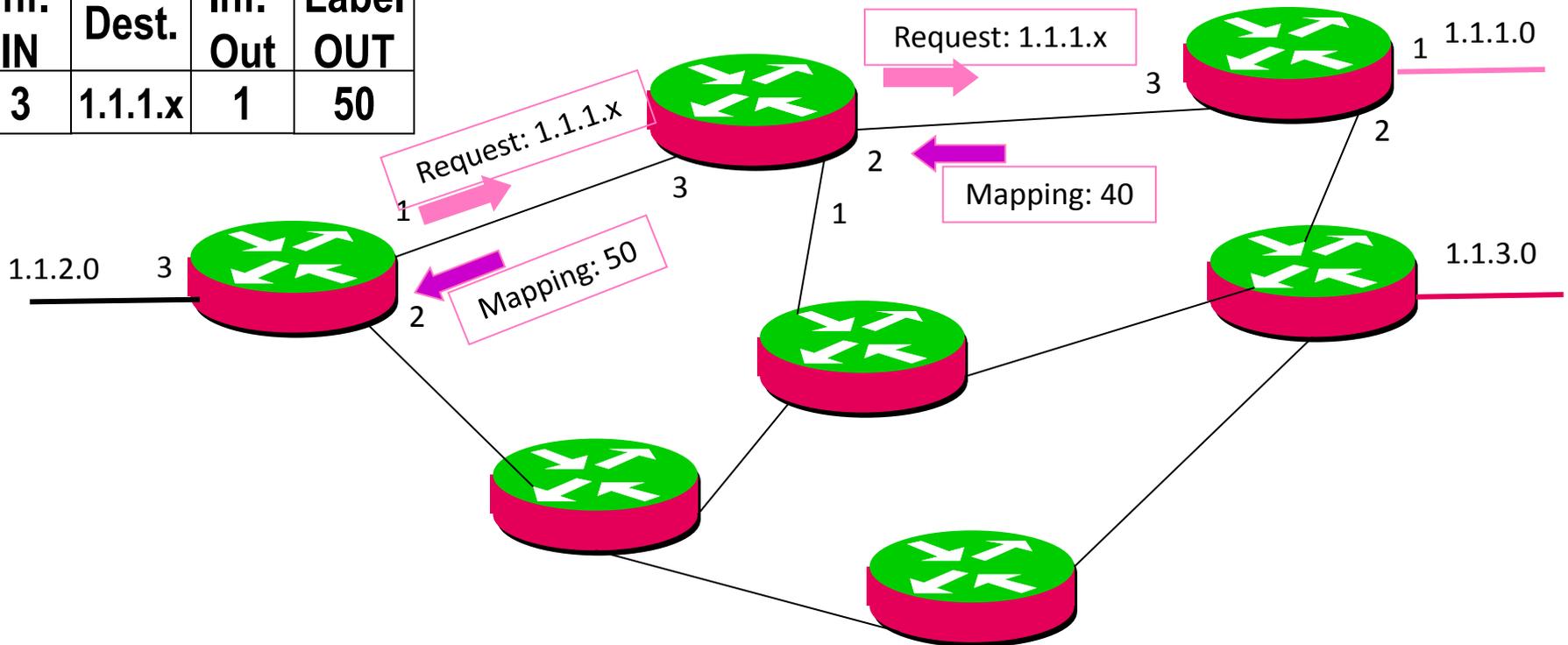
- I meccanismi prevedono 3 possibilità
- Label Distribution Protocol (LDP)
  - Hop per Hop
  - Segue i cammini di IGP
  - Non supporta il Traffic Engineering
- Resource Reservation Protocol (RSVP)
  - Estensione per supportare route esplicite
  - Gestito dai border Routers
- Constrained Routing LDP
  - Estende LDP a supportare le route esplicite

# Label Distribution Protocol (LDP)

Inf. IN	Dest.	Inf. Out	Label OUT
3	1.1.1.x	1	50

Inf. IN	Label IN	Dest.	Inf. Out	Label OUT
3	50	1.1.1.x	2	40

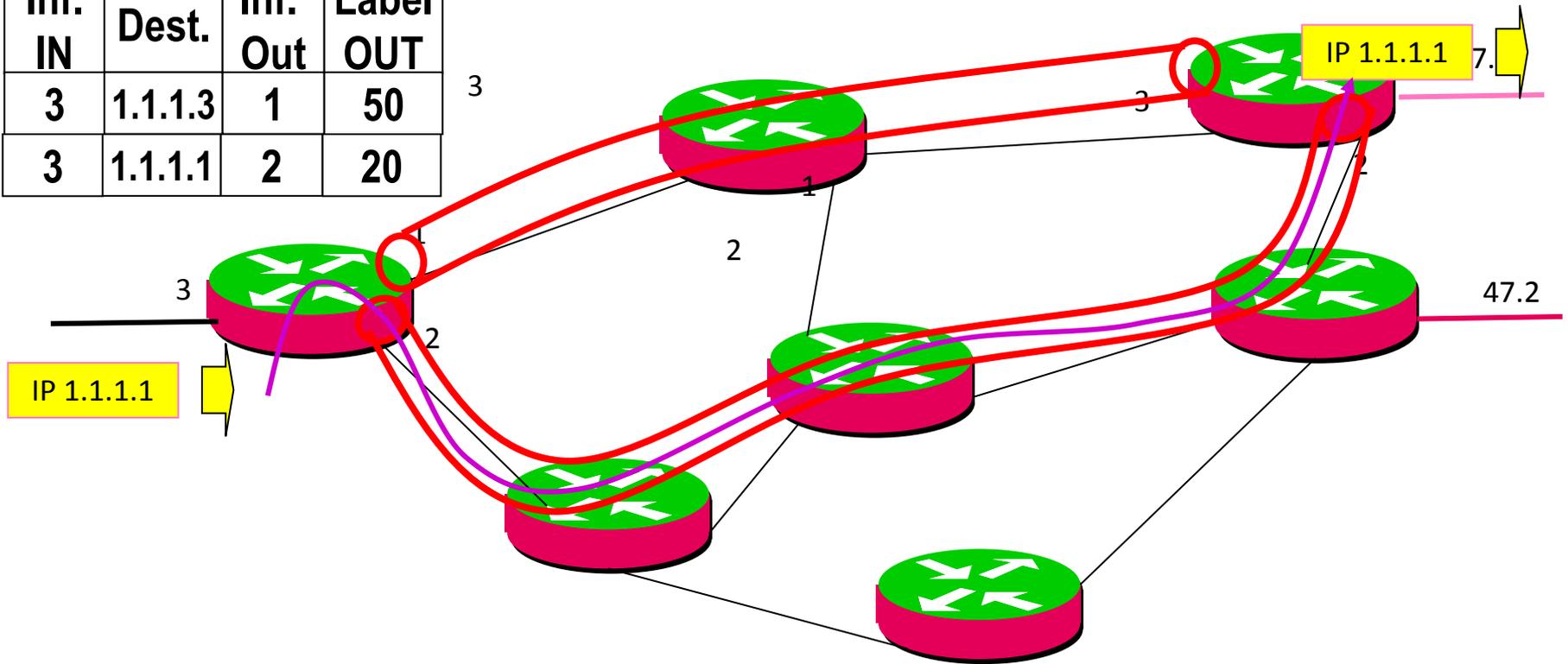
Inf. IN	Label IN	Dest.	Inf. Out
3	40	1.1.1.x	1



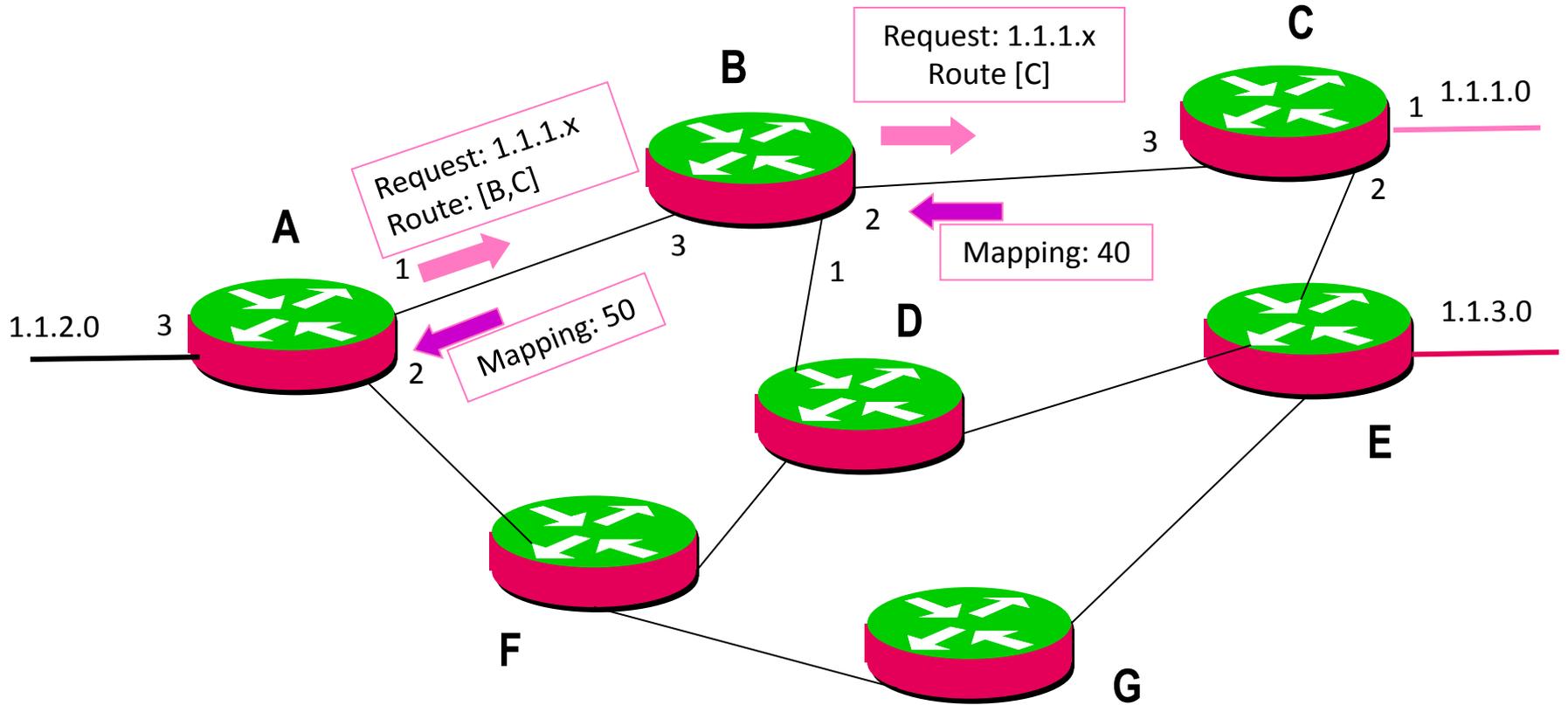


# Explicitly Routed LSP ER-ISP

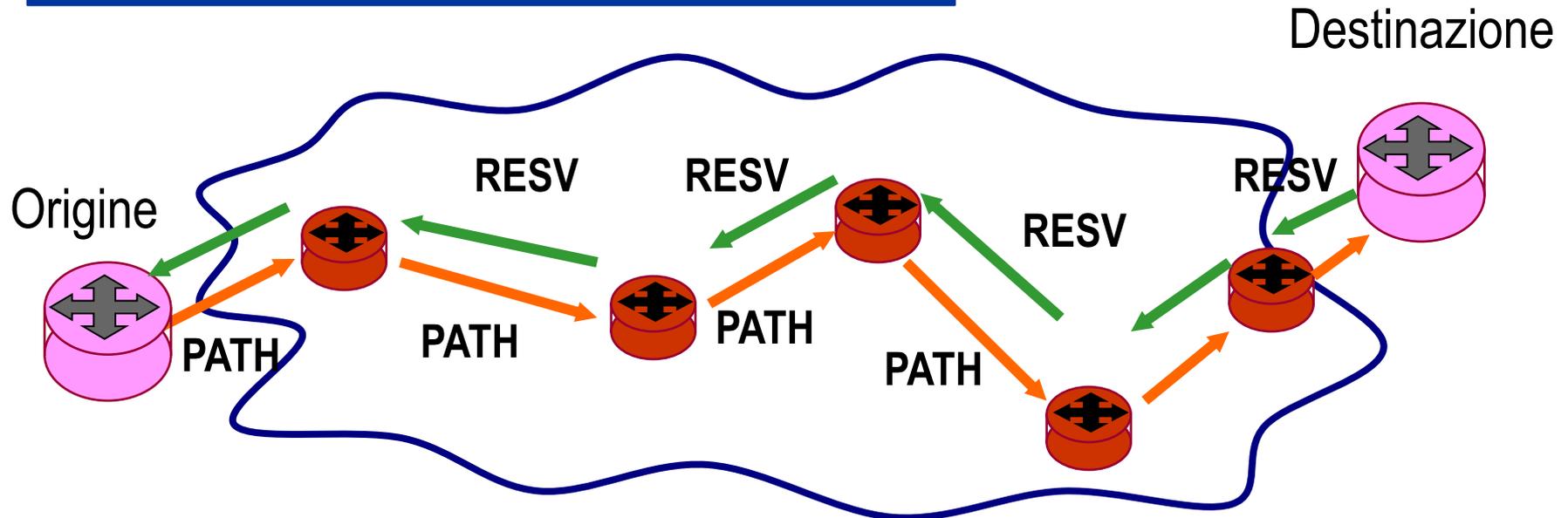
Inf. IN	Dest.	Inf. Out	Label OUT
3	1.1.1.3	1	50
3	1.1.1.1	2	20



# Constrained Routing LDP



# Resource Reservation Protocol



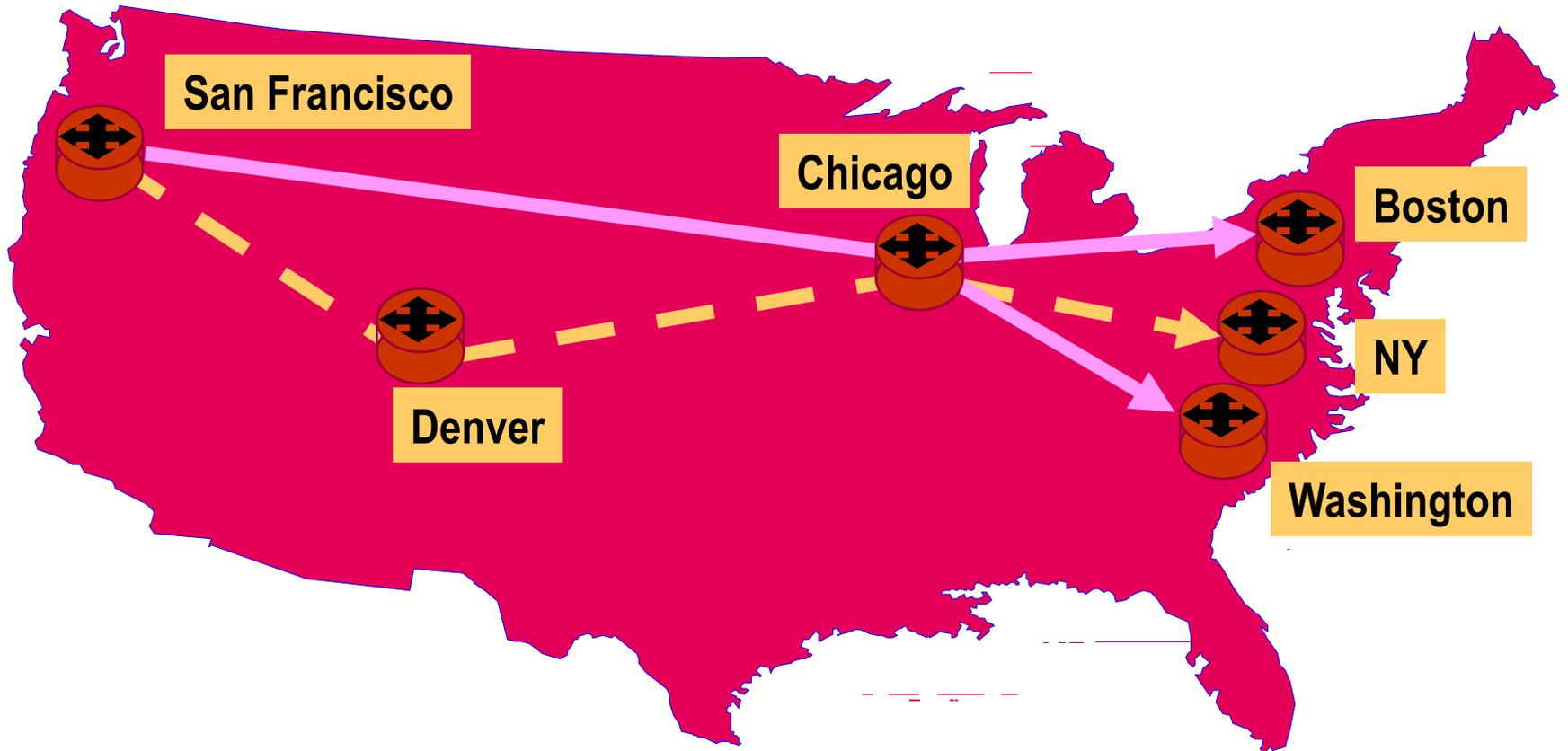
- La sorgente invia un messaggio di PATH verso la destinazione (route esplicita)

- La destinazione accetta la richiesta e invia un messaggio di RESV che distribuisce la label

PATH: Fissa il cammino su cui si effettua la riservazione

RESV: Distribuisce la label e riserva le risorse

# ESEMPI di TE: Trabocco



Se il link diretto è saturo il traffico per NY può essere provvisoriamente mandato via DENVER

# MPLS: Approfondimenti

---

- **Articoli** (disponibili sul sito web del corso):
  - G. Armitage, “MPLS: The Magic behind the Myths”, IEEE Communication Magazine, Jan. 2000, pp. 124-131.
  - D.O. Awduche, “MPLS and Traffic Engineering in IP Networks”, IEEE Communication Magazine, Dic. 1999, pp. 42-47.
- **Libri:**
  - Bruce S. Davie, Yakov Rekhter, MPLS: Technology and Applications , Morgan Kaufmann Publishers, 2000.
- **Links:**
  - MPLS Resource Center: <http://www.mplsrc.com/>
  - IETF MPLS Working Group: <http://www.ietf.org/html.charters/mpls-charter.html>
  - Rick Gallaher MPLS Links: <http://rickgallaher.com/mplslinks.htm>