



● Università
● degli Studi
● della Campania
Luigi Vanvitelli

Reti di Calcolatori e Cybersecurity

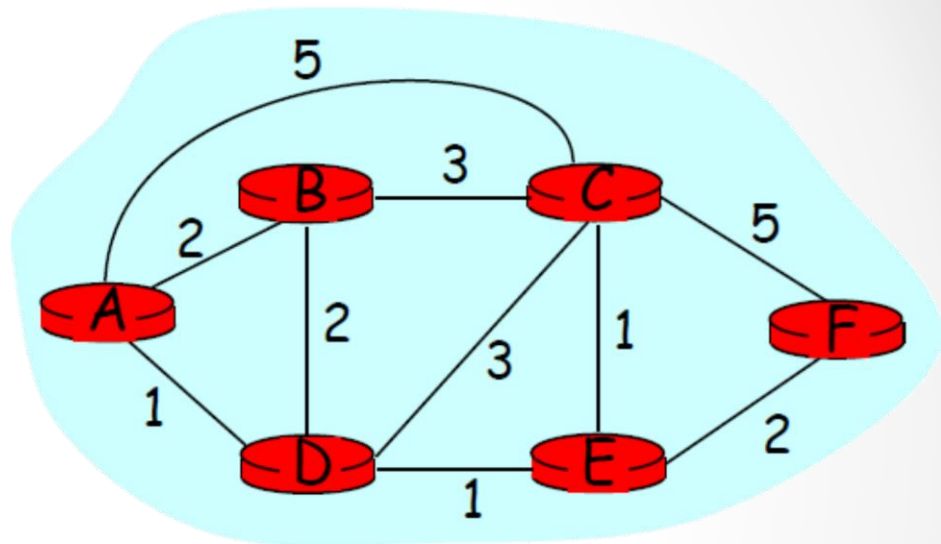
Routing in reti packet switching

Ing. Vincenzo Abate

Reti rappresentazione

Rete modellata come grafo:

- nodi = router
- archi = link fisici
 - costo link:
 - ritardo,
 - costo trasmissione,
 - congestione,...



Scelta del cammino:

- cammino a costo minimo
- altre possibilità (un cammino calcolato in base a specifici vincoli...)

Gli algoritmi per la gestione di una rete sono basati sulla teoria dei grafi

Parametri

Bandwidth

- capacità di un link, tipicamente definita in bit per secondo (bps)

Delay

- il tempo necessario per spedire un pacchetto da una sorgente ad una destinazione

Load

- una misura del carico di un link

Reliability

- riferita, ad esempio, all'error rate di un link

Hop count

- il numero di router da attraversare nel percorso dalla sorgente alla destinazione

Cost

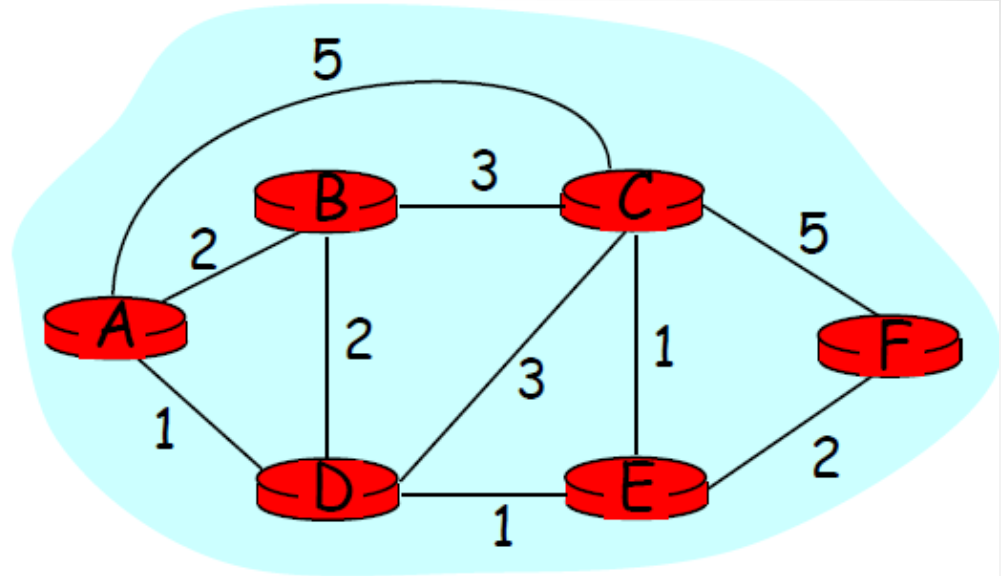
- un valore arbitrario che definisce il costo di un link
- ad esempio, costruito come funzione di diversi parametri (tra cui bandwidth, delay, packet loss, MTU,...)

Rappresentazione a grafi: costi

$c(x,y)$ = cost of link (x,y)

e.g., $c(a,c) = 5$

cost could represent hop count,
bandwidth, or congestion



Cost of path $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_p) = c(x_1, x_2) + c(x_2, x_3) + \dots + c(x_{p-1}, x_p)$

Question: What's the least-cost path between a and f?

Routing algorithm: algorithm that finds least-cost path

Routing

- Il processo di routing è un processo decisionale
- Ogni entità che partecipa a questo processo:
 - mantiene delle informazioni
 - in base ad uno specifico algoritmo ed in funzione di determinate metriche:
 - definisce il procedimento di instradamento verso le possibili destinazioni
 - può spedire informazioni di aggiornamento alle altre entità coinvolte, secondo diversi paradigmi

Funzione di un Router

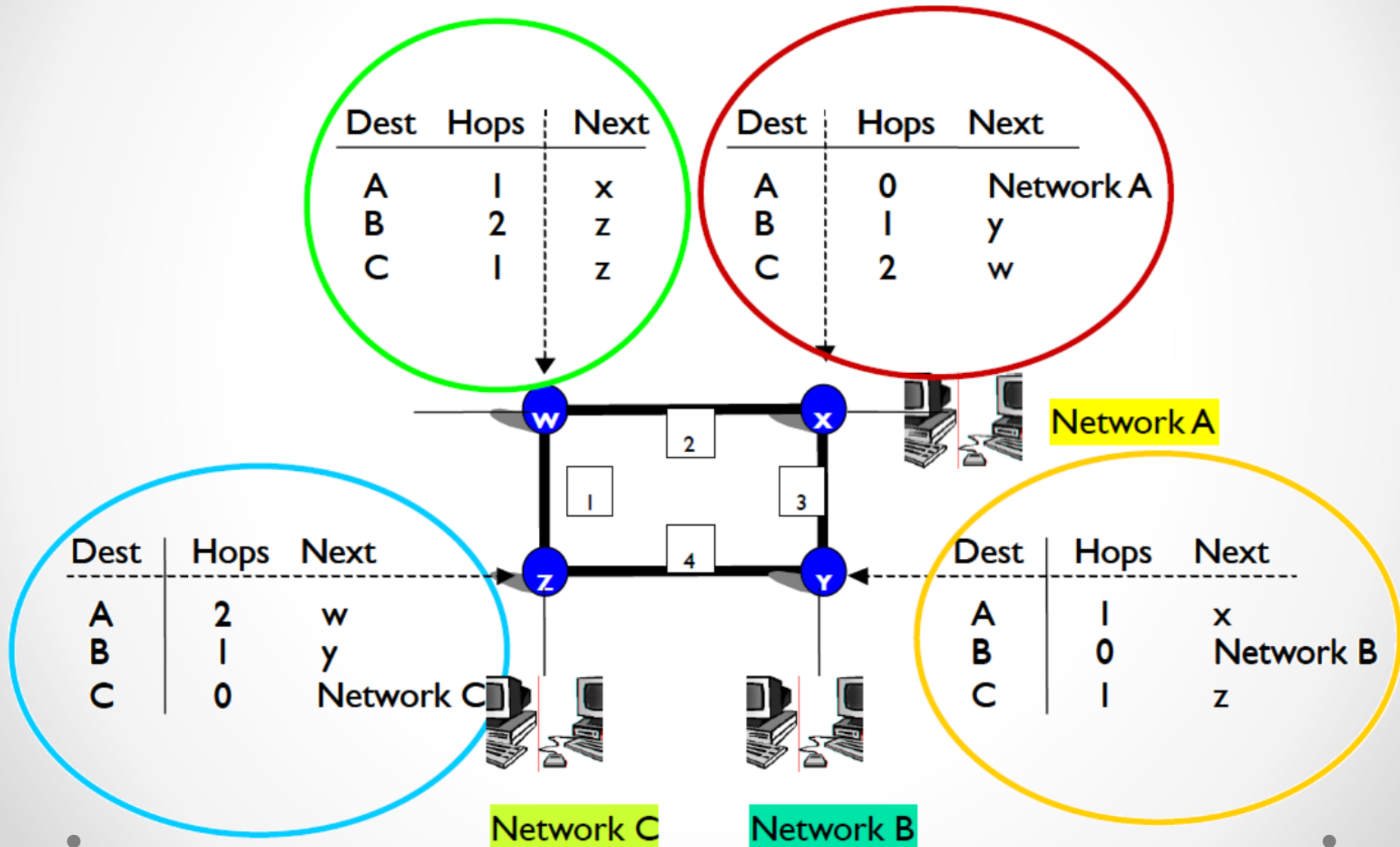
La funzione principale di un router è quella di determinare i percorsi che i pacchetti devono seguire per arrivare a destinazione, partendo da una data sorgente:

ogni router si occupa, quindi, del processo di ricerca di un percorso per l'instradamento di pacchetti tra due nodi qualunque di una rete

Problemi da risolvere:

- Quale sequenza di router deve essere attraversata?
- Esiste un percorso migliore (più breve, meno carico, ...)?
- Cosa fare se un link si guasta?
- Trovare una soluzione robusta e scalabile ...

Tabella di Routing



Tecniche di routing

Routing by Network Address

- ogni pacchetto contiene l'indirizzo del nodo destinatario, che viene usato come chiave di accesso alle tabelle di instradamento
- usato tipicamente nei protocolli non orientati alla connessione:
 - IPv4 e IPv6, bridge trasparenti, OSI CLNP, ...

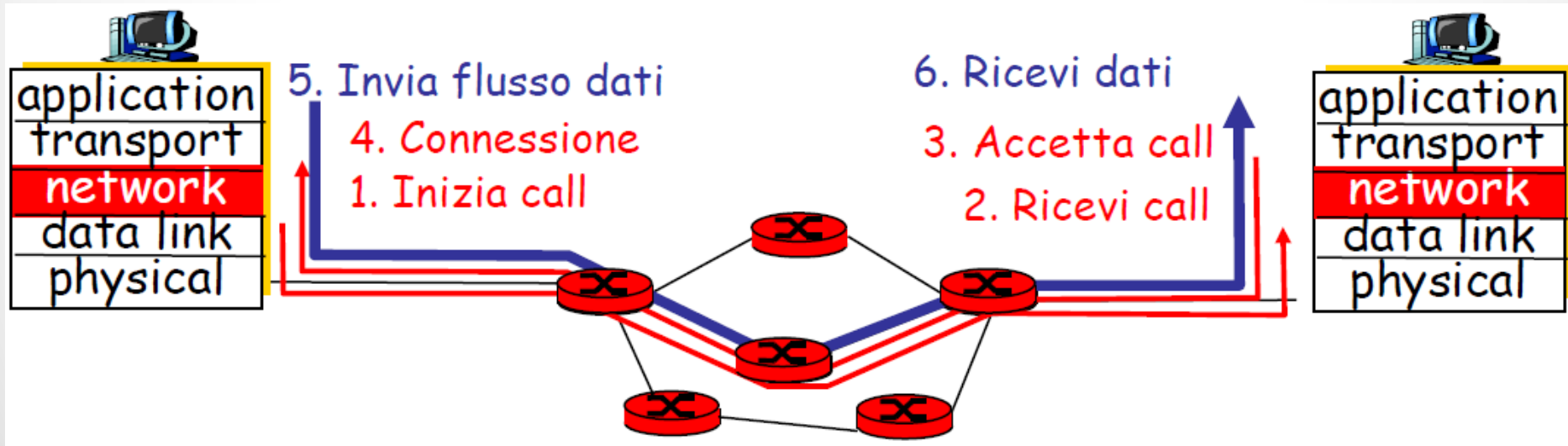
Label Swapping

- ogni pacchetto è marcato con una label (etichetta) che:
 - identifica la connessione
 - viene usata come chiave per determinare l'instradamento
- generalmente usato nei protocolli orientati alla connessione:
 - X.25, ATM, MPLS, ...

*Si crea, quando e sulla base
del circuito segue
un percorso*

Reti a circuiti virtuali

Viene aperta una connessione prima di inviare dati



Reti a datagramma

- Non esiste la fase di call setup a livello rete
- Nei router non esiste il concetto di connessione
- I pacchetti sono indirizzati usando un ID di destinazione:
 - pacchetti fra la stessa coppia sorgente-destinazione possono seguire strade diverse

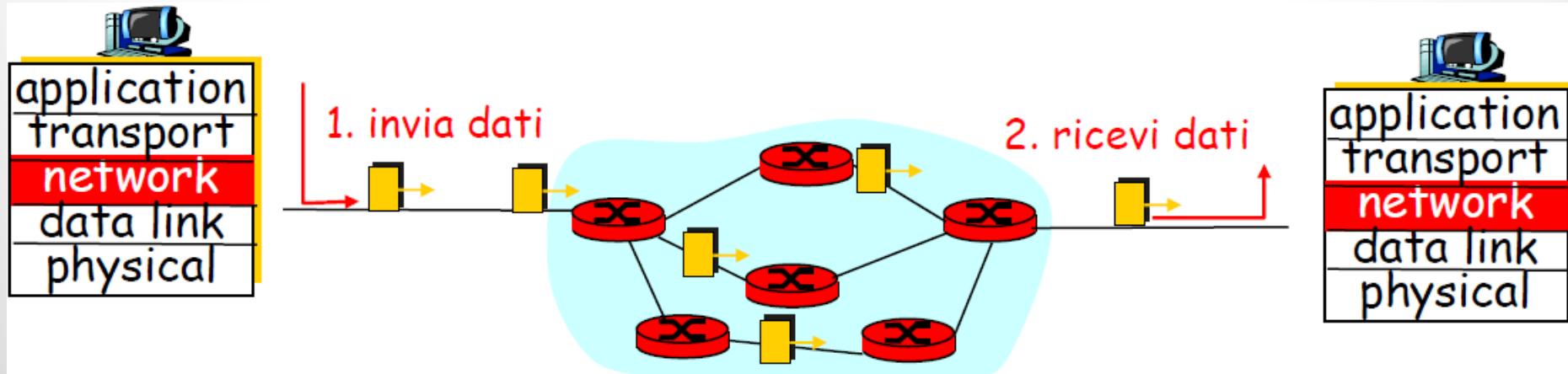
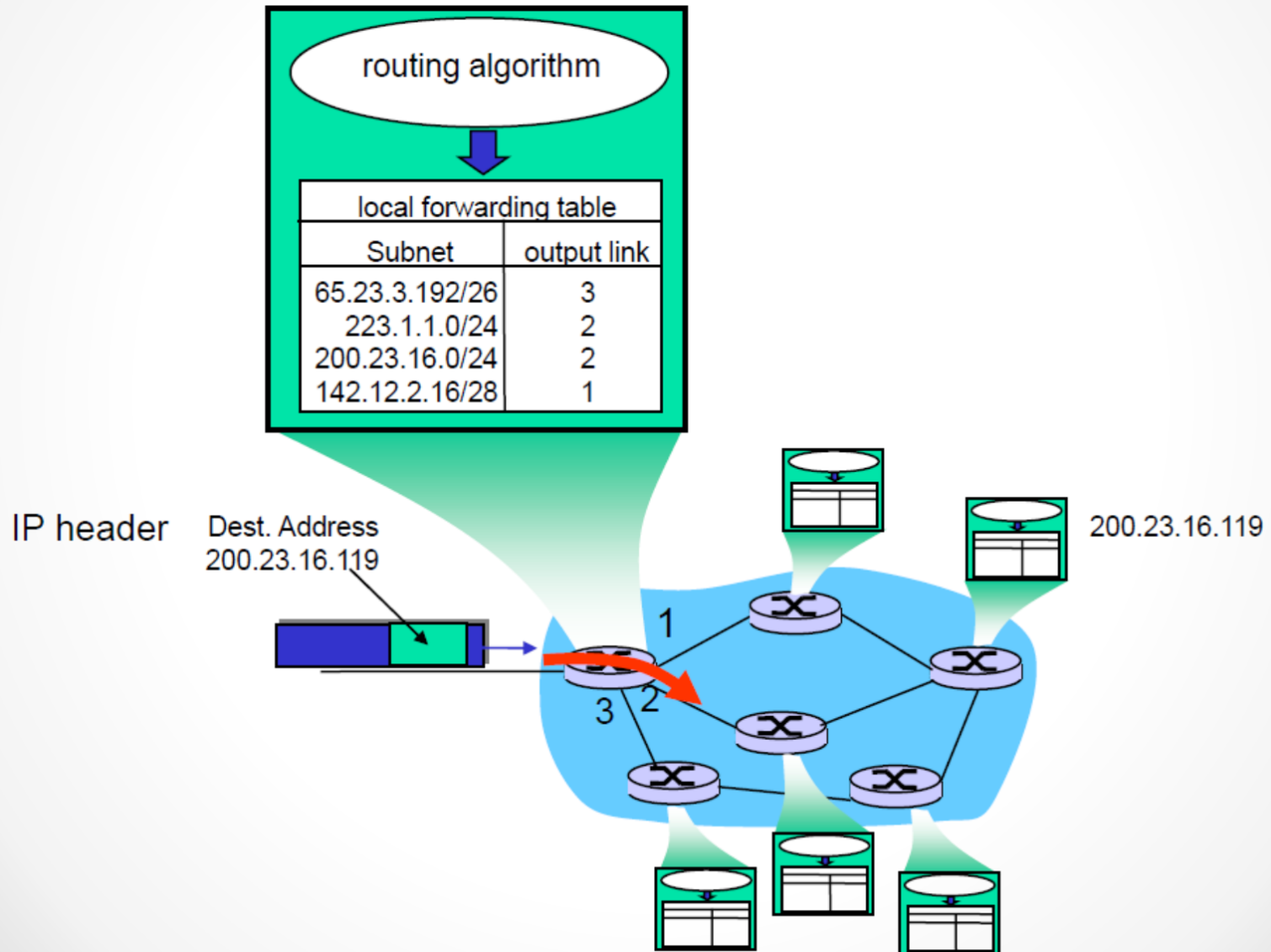


Tabelle di Routing per IP



Tipologie di routing

Lo scopo ultimo del routing consiste nel creare una **tabella di instradamento** in ciascun nodo (router) della rete

La scelta del percorso di instradamento può essere realizzata mediante tre approcci:

- **routing statico**: i percorsi sono calcolati una tantum sulla base della conoscenza della topologia della rete e, conseguentemente, l'amministratore di rete imposta le tabelle di routing in ciascun router
 - Qualsiasi modifica della topologia della rete richiede il ricalcolo dei percorsi e la riconfigurazione dei router
- **routing dinamico a controllo centralizzato**: un'entità centralizzata (controller) acquisisce dai router informazioni circa la topologia e lo stato della rete e conseguentemente calcola i percorsi, configurando i router
- **routing dinamico a controllo locale**: i router si scambiano informazioni circa lo stato della rete e, sulla base delle informazioni acquisite, ciascun router determina per ogni possibile destinazione il next-hop router

Routing dinamico a controllo centralizzato

- Un nodo centrale (controller) riceve informazioni sulla topologia e sullo stato della rete dai router e, sulla base di queste, calcola le tabelle di routing e le configura nei router
- Alla base del moderno approccio del **Software Defined Networking (SDN)**
- Applicabile quando tutti i router da controllare appartengono alla stessa entità
 - Utilizzato ad esempio da Google per gestire la propria rete WAN B4 che collega i datacenter su scala mondiale

Routing dinamico a controllo locale

Nel routing dinamico a controllo locale tutti i router partecipano attivamente alla determinazione dei percorsi

- L'approccio classico al routing in Internet
- I router si scambiano informazioni circa lo stato della rete ed eseguono un algoritmo che produce come output la tabella di routing che ciascun router utilizzerà per recapitare i pacchetti
 - Si presta ad essere applicato a contesti (come la rete Internet) in cui la rete può essere vista come internetwork di reti gestite da entità diverse
 - Ciascuna entità è responsabile della scelta dei percorsi all'interno della rete di propria competenza
- Esistono due diverse categorie di algoritmi per il routing dinamico a controllo locale:
 - algoritmi di tipo **distance-vector**
 - algoritmi di tipo **link-state**

Calcolo valore distanza con costo ecc. da mandare solo ai
router adiacenti
calcolo quanto
rimane da qualche
comunicare ai router adiacenti
Prodotto pacchetti del
tipo link state e mandalo

Criticità

Un router deve opportunamente sintetizzare le informazioni rilevanti utili alle proprie decisioni:

- per prendere correttamente decisioni locali bisogna avere almeno una conoscenza parziale dello stato globale della rete
- lo stato globale della rete è difficile da conoscere in quanto si può riferire ad un dominio molto esteso e che cambia in maniera estremamente dinamica

Le tabelle di routing devono essere memorizzate all'interno dei router:

- Bisogna minimizzare l'occupazione di spazio e rendere rapida la ricerca
- Bisogna minimizzare il numero di messaggi che i router si scambiano

Si deve garantire la robustezza dell'algoritmo

Scambio informazioni di Update

Broadcast periodico

- i router possono trasmettere agli altri router informazioni circa la raggiungibilità delle reti (destinazioni) di propria competenza ad intervalli regolari di tempo
- questa tecnica risulta inefficiente, in quanto si spediscono informazioni anche quando non è cambiato nulla rispetto all'update precedente

Event-driven

- in questo caso gli update sono inviati solo quando è cambiato qualcosa nella topologia oppure nello stato della rete
- questa tecnica garantisce un uso più efficiente della banda disponibile

Scelta algoritmo di routing

Possono esistere più criteri di ottimalità contrastanti:

- Es: “minimizzare il ritardo medio di ogni pacchetto” vs “massimizzare l'utilizzo dei link della rete”
- Il numero di nodi può essere elevato
- La topologia può essere complessa
- Algoritmi troppo complessi, operanti su reti molto grandi, potrebbero richiedere tempi di calcolo inaccettabili
- Vincoli di tipo amministrativo

Scelta algoritmo di routing: parametri

Semplicità

- I router hanno CPU e memoria finite

Robustezza

- Adattabilità alle variazioni (di topologia, di carico, ...)

Stabilità

- L'algoritmo deve convergere in tempo utile

Equità

- Stesso trattamento a tutti i nodi

Metrica da adottare

- Numero di salti effettuati, somma dei costi di tutte le linee attraversate, ecc.