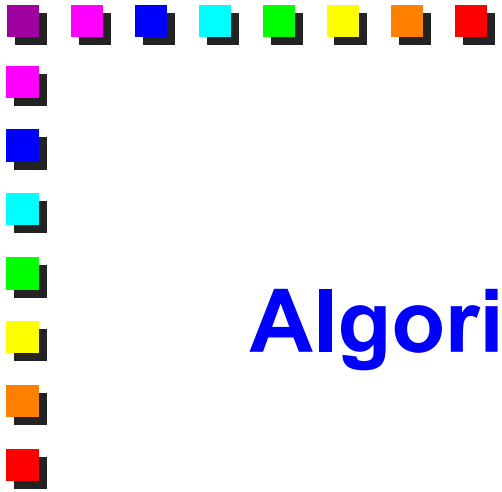


Algoritmo di Routing Link State

Fulvio Risso

fulvio.risso[at]polito.it

Mario Baldi

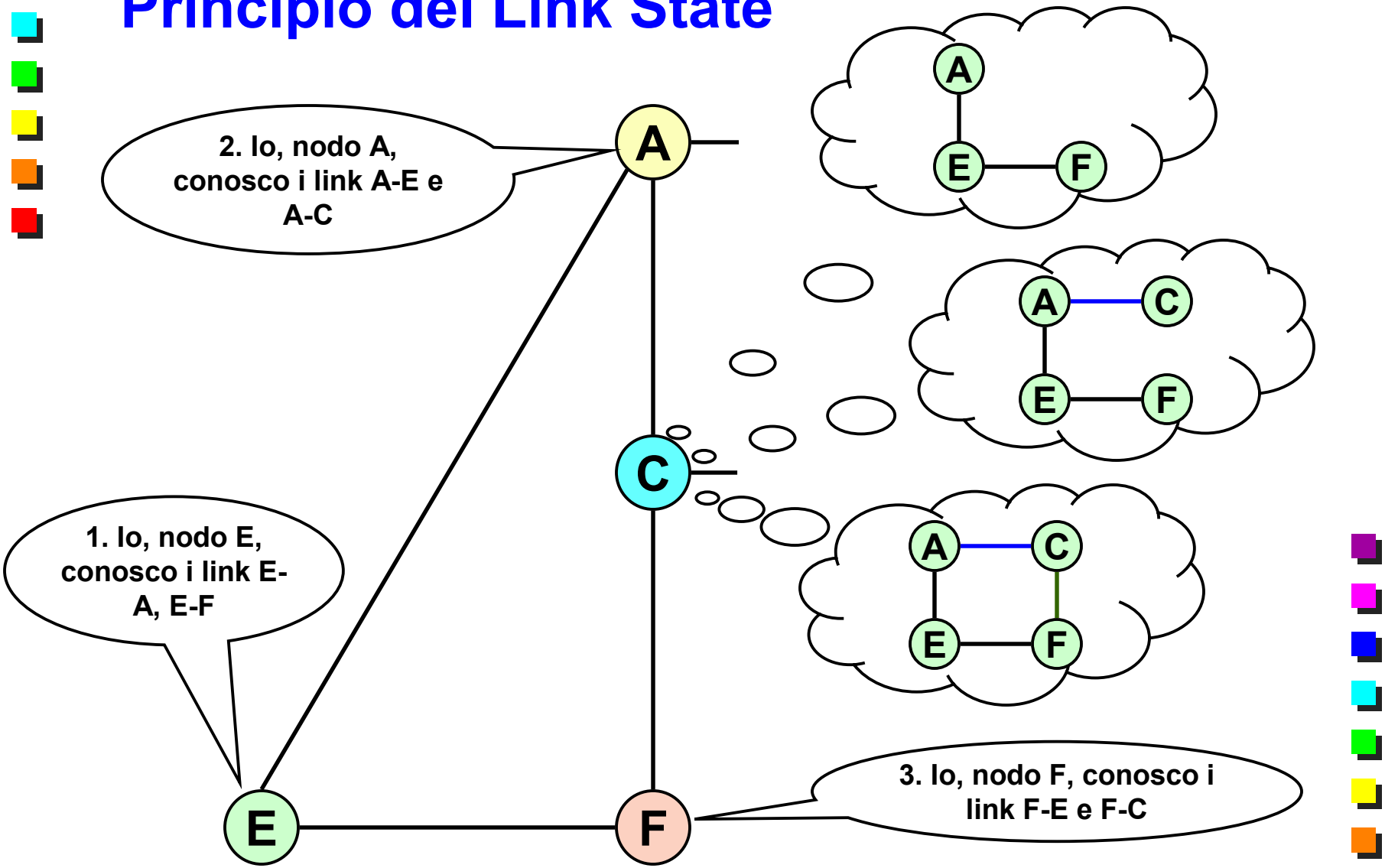
http://staff.polito.it/mario.baldi

Nota di Copyright

Routing Distribuito

- Modello Peer
  - Unione dei vantaggi di routing Isolato e Centralizzato
  - Centralizzato: i router cooperano allo scambio di informazioni di connettività
  - Isolato: i router sono paritetici e non esiste un router “migliore”
- Due algoritmi principali
  - Distance Vector
    - Si distribuiscono ai vicini le informazioni su tutta la rete
    - Variante: Path Vector
  - Link State
    - Si distribuiscono a tutti i router le informazioni sui vicini
  - Utilizzati da gran parte dei protocolli di routing moderno

Principio del Link State

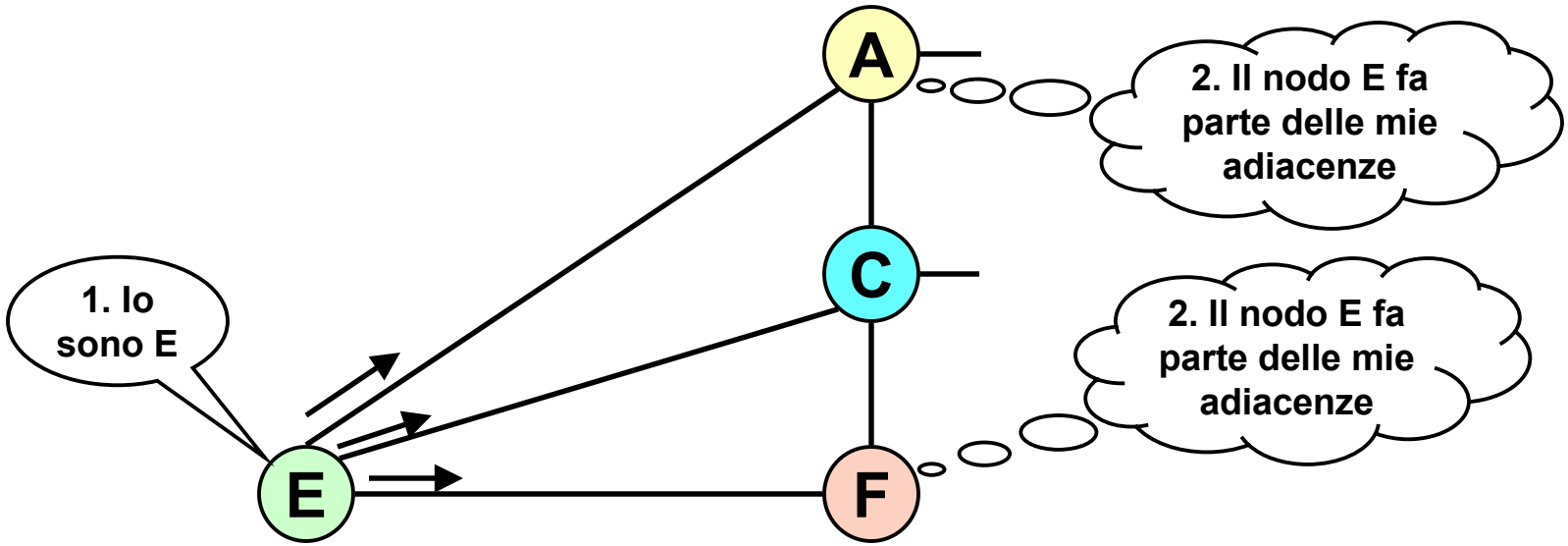


Componenti dell'algoritmo Link State

- Link State: invio delle informazioni sullo stato dei link adiacenti a tutti i nodi della rete
- Ogni nodo dispone di una mappa della rete
  - La costruzione è fatta in maniera cooperativa
- Necessari più componenti per il funzionamento del routing Link State
  - Neighbor Greetings (Hello)
  - Link State (Packet)
  - Flooding
    - Può essere un algoritmo Selective Flooding classico
  - Dijkstra (o Shortest Path First)
  - Bringing up Adjiacencies

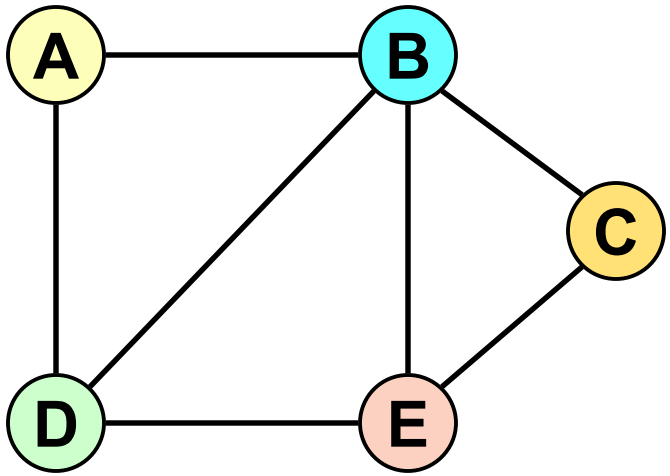
Neighbor Greetings (Hello)

- Necessario per riconoscere l'esistenza dei nodi adiacenti
  - Funzionamento periodico, molto simile all'invio del Distance Vector
  - Periodicità elevata per il riconocimento delle variazioni sulle adiacenze in tempo ragionevoli
  - Evita il ricorso ai segnali link-up (non sempre affidabili)



Link State (Packet)

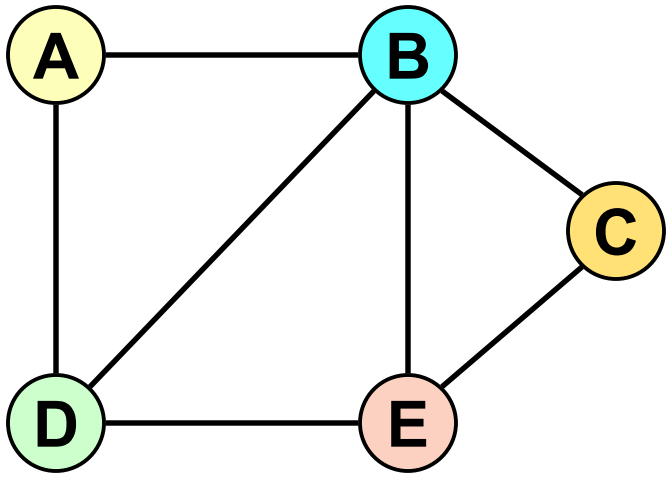
- Insieme delle adiacenze (*adiacenza – costo*)
  - Link: caratterizzato da nodo sorgente – nodo destinazione
    - Nodo sorgente: implicito nel mittente del LS
  - Generato indipendentemente da ogni nodo
  - Ogni nodo inserisce l'elenco delle adiacenze e il loro costo
  - Ogni nodo memorizza i LS di tutti gli altri nodi della rete
  - Propagazione veloce (non c'è elaborazione locale del LS)



Memoria di A

LS (A)	LS (B)	LS (C)	LS (D)	LS (E)
B, 1	A, 1	B, 1	A, 1	B, 1
D, 1	C, 1	E, 1	B, 1	C, 1
	D, 1		E, 1	D, 1
	E, 1			

Link State Database



Memoria di A

LS (A)	LS (B)	LS (C)	LS (D)	LS (E)
B, 1	A, 1	B, 1	A, 1	B, 1
D, 1	C, 1	E, 1	B, 1	C, 1
	D, 1		E, 1	D, 1
	E, 1			

Ogni nodo ha a disposizione il grafo della rete:
- i nodi rappresentano i router
- gli archi (con relativo costo) rappresentano i link

Link State Database	
A	B/1 D/1
B	A/1 C/1 D/1 E/1
C	B/1 E/1
D	A/1 B/1 E/1
E	B/1 C/1 D/1

⟺ (da)

(a)

	A	B	C	D	E
A		1		1	
B	1		1	1	1
C		1			1
D	1	1			1
E		1	1	1	

Database: identico su tutti i nodi della rete

Flooding

- I Link State Packets
  - Devono essere inviati in “broadcast” a tutta la rete
  - Devono essere ricevuti invariati da qualunque nodo della rete
- Protocolli reali: implementano una forma di Selective flooding
  - La routing table non può ancora essere utilizzata per raggiungere (in unicast) tutti i nodi della rete

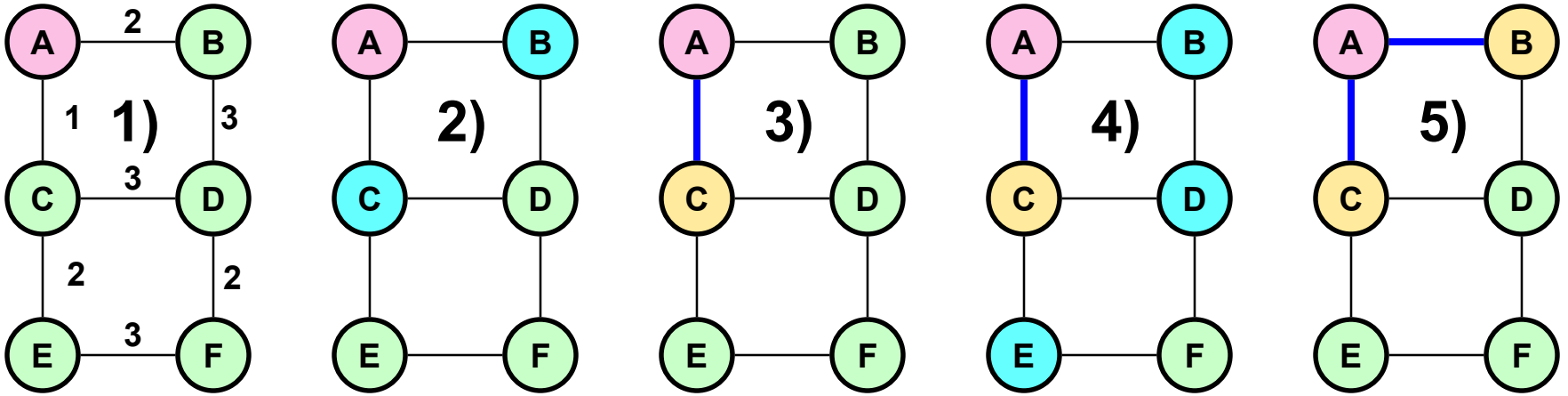
Algoritmo di Dijkstra

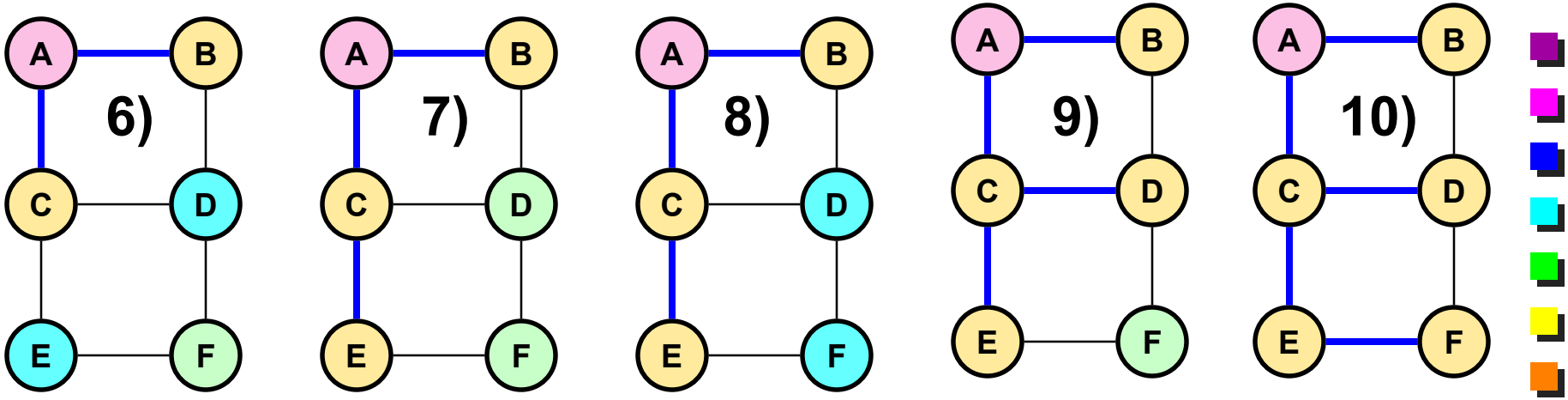
- Algoritmo di Dijkstra
  - Usato per il calcolo dello Spanning Tree (albero dei cammini di costo minimo avente il nodo come radice) del grafo
- Funzionamento
  - Si individua il nodo “più vicino” a quello radice
  - Se il nodo esiste:
    - Si inserisce questo percorso nella routing table
    - Si ripete da capo, selezionando il nodo a costo immediatamente superiore
  - Altrimenti: termina quando è stato trovato un percorso per tutti i nodi

Algoritmo di Dijkstra

- Si definiscono
  - 1 nodo radice (root), il nodo che sta calcolando l'algoritmo
  - 1 insieme PATH di nodi per i quali si è già trovato il percorso migliore
  - 1 insieme TEMP di nodi per i quali si sta cercando un percorso
- Algoritmo
  - Si inserisce il nodo root in PATH
  - Si inseriscono tutti i nodi vicini del precedente in TEMP
  - Si prende il nodo N con il percorso a costo minore in TEMP e lo si promuove in PATH
  - Per ogni vicino V del nodo N promosso
    - Se V non esiste ancora in TEMP lo si inserisce ora
    - Se V già esiste se ne analizza il costo verso la root (D(root, N) + D(N, V)) e se questo è minore del precedente riportato in TEMP si aggiorna cost e link di quel nodo in TEMP

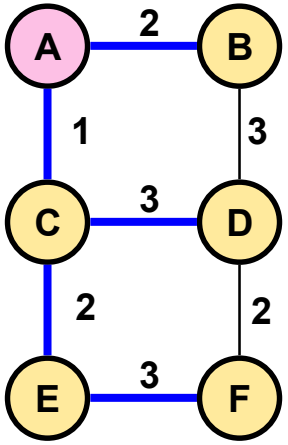
Esempio

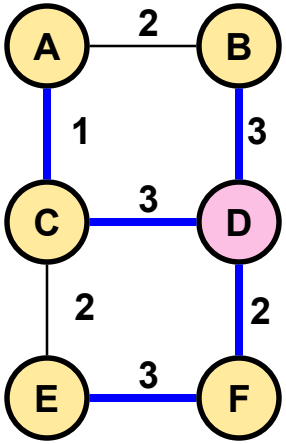




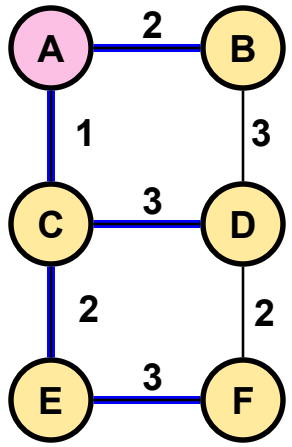
Alberi di instradamento

- Ogni nodo ha lo stesso DB
  - Ogni nodo ha però un diverso albero di instradamento verso le destinazioni
    - Spanning Tree: l'albero di instradamento è invece condiviso tra i nodi
    - Non esistono link inutilizzati
  - Gli albero di instradamento sono coerenti tra i vari nodi



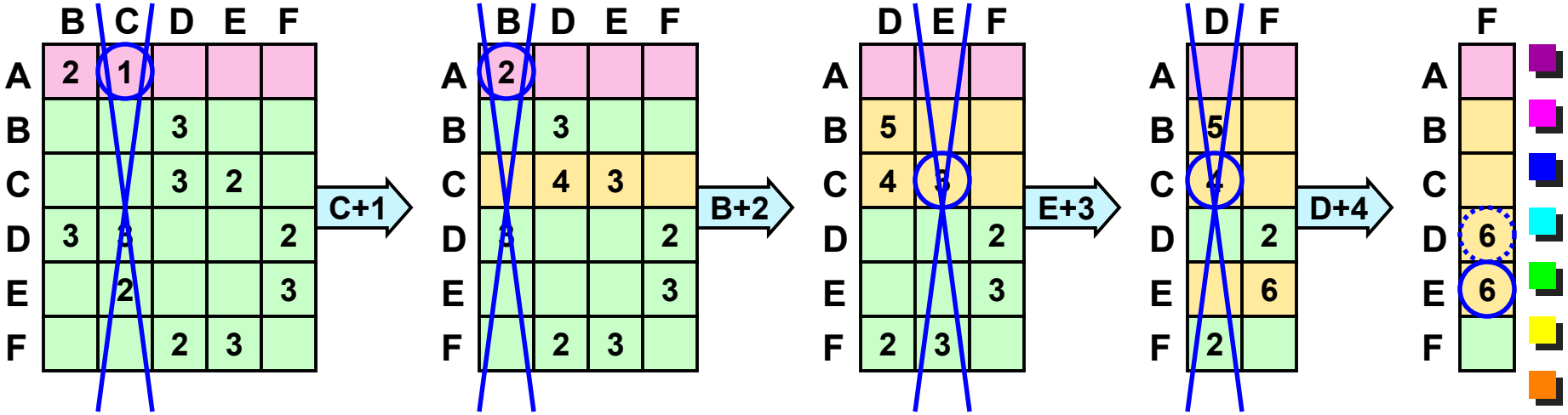


Dijkstra su matrice



1. Cancellare la colonna della radice
2. Selezionare il nodo a costo minore verso la radice
3. Inserirlo in PATH
4. Cancellarne la relativa colonna
5. Aggiornare i costi del nodo verso le altre destinazioni in modo da tenere conto del costo tra la radice e il nodo stesso
6. Se ci sono ancora colonne, vai al punto 2.

	A	B	C	D	E	F
A		2	1			
B	2			3		
C	1			3	2	
D		3	3			2
E			2			3
F				2	3	



Complessità dell'algoritmo di Dijkstra

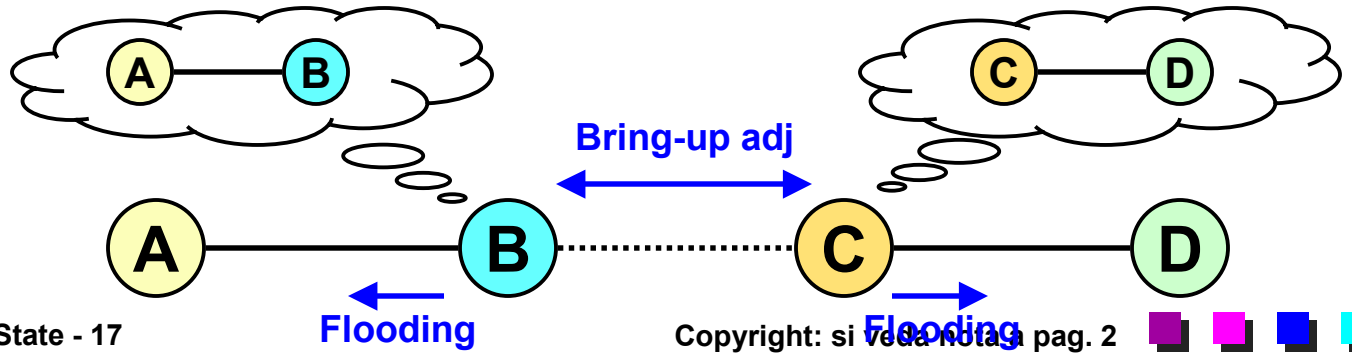
- Complessità algoritmica
  - Dijkstra : L * log N
  - Bellman-Ford: N * L
  - L è il numero di link, N è il numero di nodi
    - Normalmente N e L sono dello stesso ordine di grandezza
  - Dijkstra è molto più scalabile di Bellman-Ford
- Complessità algoritmica: è solo una componente di quella dell'algoritmo Link State nella sua interezza

Generazione dei Link State

- Teoricamente: quando il router rileva una variazione nella topologia locale (adiacenze)
  - riconosce di avere un nuovo vicino
  - il costo verso un vicino è cambiato
  - ha perso la connettività verso un vicino prima raggiungibile
- In pratica: generazione periodica
  - Aumento dell'affidabilità

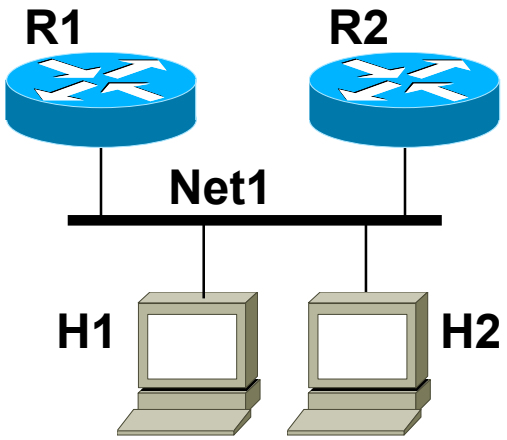
Bringing up adjacencies

- Utilizzato per:
  - Popolare immediatamente il DB di un nodo appena acceso
  - Allineare i DB dei nodi in caso di partizionamento della rete
    - Ambedue i router impareranno qualcosa l'uno dall'altro
- Procedura
  - Attivazione della procedura di HELLO
  - Se viene rilevato una nuova adiacenza, inizia una fase di sincronizzazione del database con essa
    - La sincronizzazione viene ripetuta per ogni adiacenza
    - I LS non conosciuti verranno anche inviati in flooding agli altri nodi di rete



Link State e reti reali: stub network

- Reti periferiche
  - Ospitano End System
    - Normalmente non hanno capacità di routing
    - Non generano Link State
  - Possono essere sostituite con una entry unica valida per tutta la rete



Link State Database (ideale)

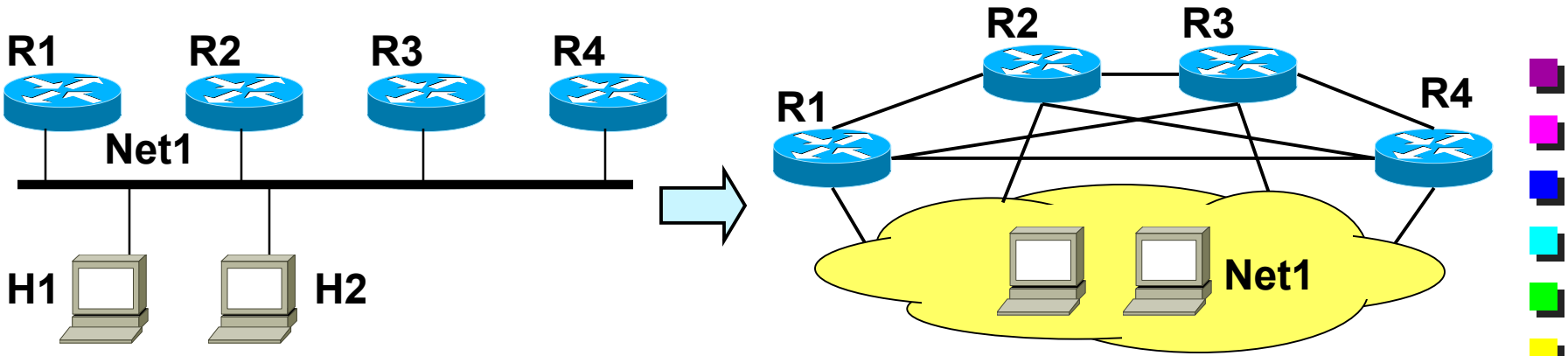
R1	R2/1	H1/1	H2/1
R2	R1/1	H1/1	H2/1
H1	R1/1	R2/1	H2/1
H2	R1/1	R2/1	H1/1

Link State Database (reale)

R1	R2/1	Net1/1
R2	R1/1	Net1/1

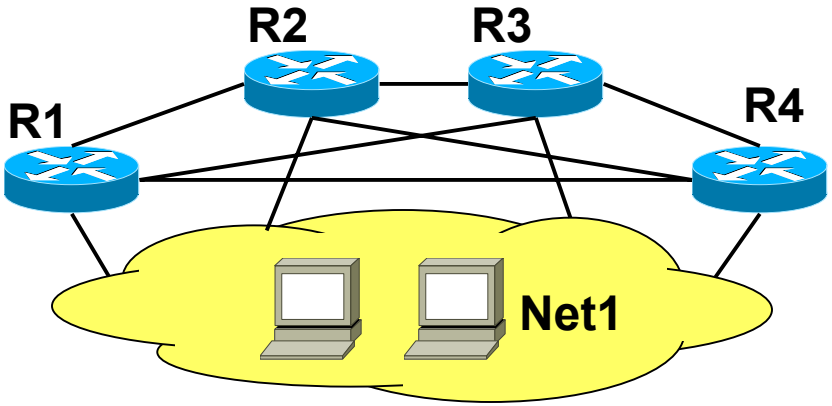
Link State e reti reali: reti broadcast

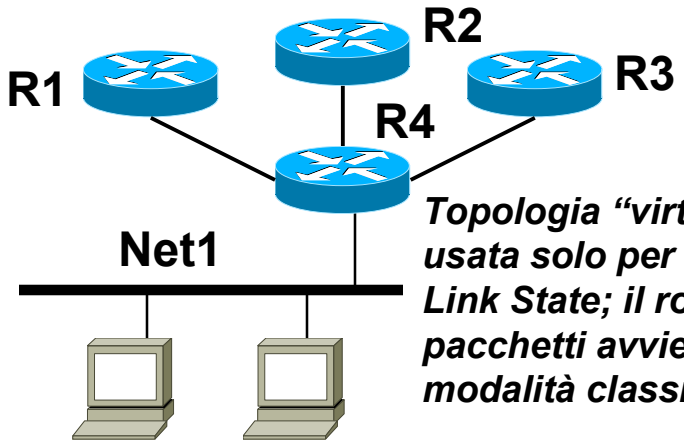
- Link State: contiene le adiacenze
  - N IS su rete broadcast = N^2 adiacenze (N^2 link)
  - ➔ Link State Database diventa ingestibile
  - ➔ Complessità di Dijkstra esplode (proporzionale al numero di link)
  - ➔ Fase di *Bringing up adjiacencies* esplode



Link State e reti reali: reti broadcast

- **Pseudo-nodo**
  - Nodo fittizio che trasforma la topologia equivalente da maglia completa a stella
  - In realtà: uno dei nodi precedenti viene “promosso” centro stella





Topologia “virtuale” usata solo per l’algoritmo Link State; il routing dei pacchetti avviene in modalità classica

Link State Database				
R1	R2/1	R3/1	R4/1	Net1/1
R2	R1/1	R3/1	R4/1	Net1/1
R3	R1/1	R2/1	R4/1	Net1/1
R4	R1/1	R2/1	R3/1	Net1/1

Link State Database				
R1	R4/1			
R2	R4/1			
R3	R4/1			
R4	R1/1	R2/1	R3/1	Net1/1

L'algoritmo Link State

- L'algoritmo LS
  - Ha convergenza rapida
    - I LS si propagano velocemente senza alcuna elaborazione intermedia
  - Difficilmente genera loop
  - E' comunque in grado di identificarli e interromperli facilmente
    - Dispone della mappa della rete
  - E' facile da capire e da farne il debug
    - Tutti i nodi hanno basi di dati identiche
  - Presenta una scalabilità maggiore
    - Si consiglia comunque di non avere domini troppo grossi (OSPF consiglia di non avere oltre 200 router in un'area)

Distance Vector vs Link State

- Neighbors
  - LS necessita di protocolli di Neighbor Greetings
  - DV conosce i vicini tramite i distance vector
- Mappa della rete
  - Gli IS LS cooperano per mantenere aggiornata la mappa della rete, poi ognuno di essi calcola il proprio spanning tree autonomamente
    - Ogni IS conosce tutta la topologia della rete e conosce esattamente il percorso per giungere a destinazione
  - Gli IS DV cooperano per calcolare le tabelle di routing
    - Ogni IS conosce solo il suo intorno e ogni router si fida del vicino per inviare i dati verso la destinazione (conosce solo il next hop)

Distance Vector vs Link State

- Semplicità
  - Distance Vector: unico algoritmo
  - Link State: ingloba molti componenti distinti
- Memoria occupata (in ogni nodo)
  - Dijkstra: N * A [ogni LS contiene A adiacenze]
  - Bellman-Ford: A * N [ogni DV contiene N destinazioni]
  - Valori equivalenti
- Traffico
  - Favorevole al Link State
  - Pacchetti di Hello molto più piccoli rispetto a DV