

Il transparent bridging, lo spanning tree protocol e le sue evoluzioni

Mario Baldi

Politecnico di Torino
www.polito.it/~baldi

Pietro Nicoletti

Studio Reti
www.studiorreti.it

Basato sul capitolo 4 di:

M. Baldi, P. Nicoletti, "Switched LAN", McGraw-Hill, 2002, ISBN 88-386-3426-2

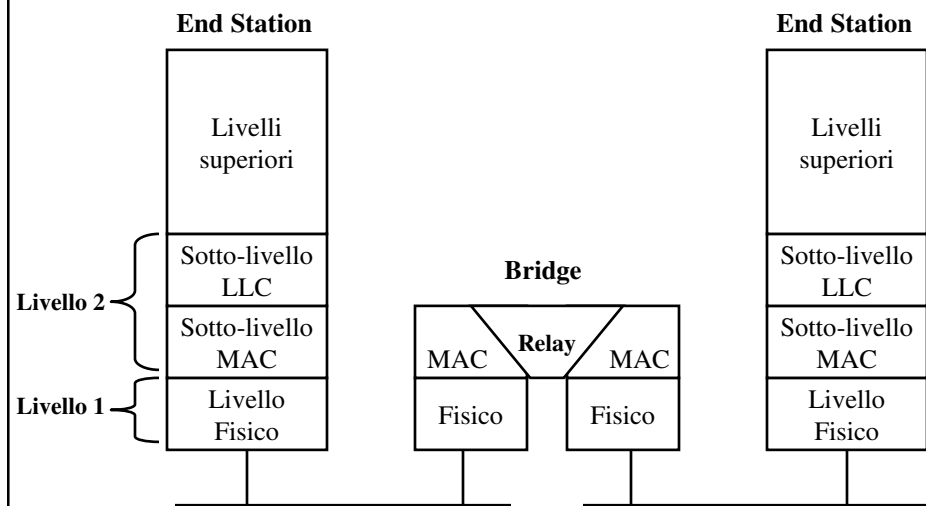
Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.
- L'informazione contenuta in queste slides è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slides (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

Transparent Bridging

- Originariamente sviluppato da DEC
- Standardizzato da IEEE 802.1
- IEEE 802.1D
 - Inoltro selettivo di pacchetti da una LAN ad un'altra
 - Inoltro di traffico tra LAN distinte
 - Confinamento del traffico
- Bridge
 - Collegamento di LAN: BLAN (Bridged LAN)
- Trasparente
 - Non indirizzati esplicitamente
- Switch
 - Termine commerciale

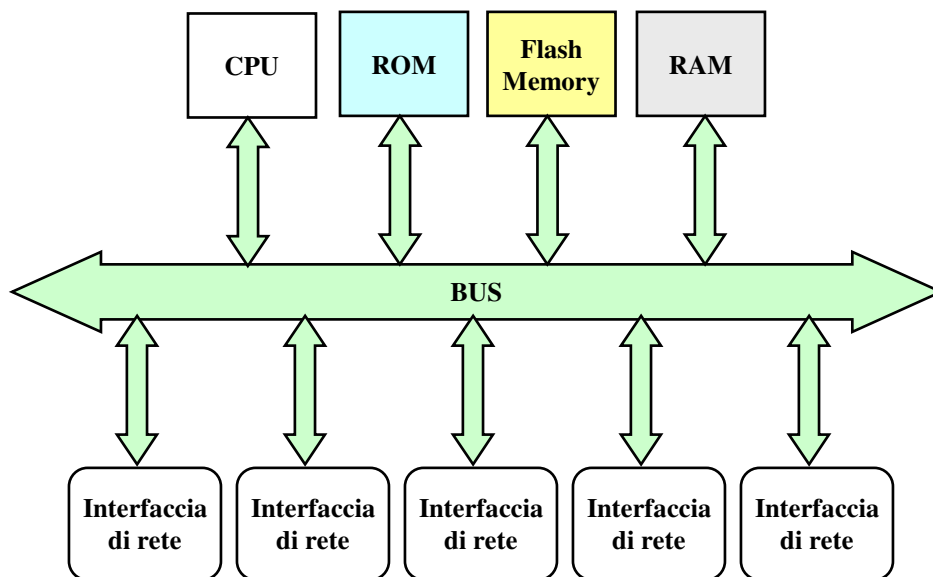
Modello architetturale



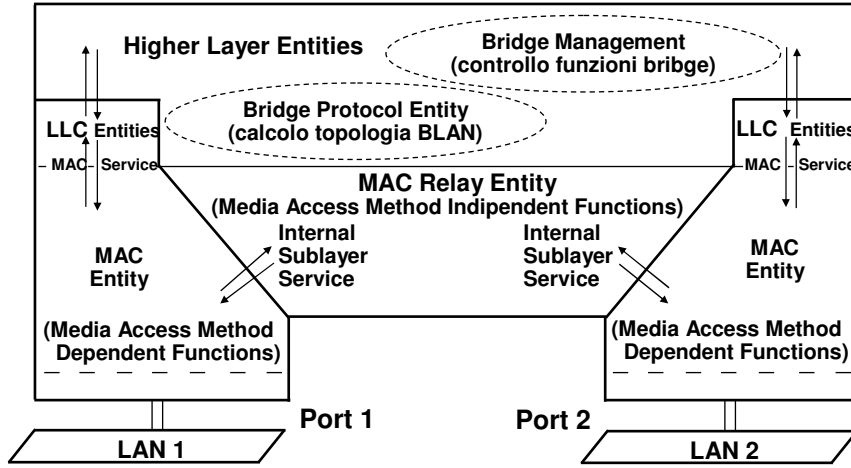
Caratteristiche generali

- Reti omogenee
 - Più comune
- Reti eterogenee
 - Per esempio, Ethernet-FDDI, Token Ring-FDDI
 - Conversione di formato → critico → non più utilizzato
- Store&forward
 - Modalità standard
- Cut-through
 - Trasmissione appena finita l'elaborazione
 - Dopo aver ricevuto indirizzo destinazione
 - Solo tra LAN omogenee con stessa velocità
 - Insignificante miglioramento ad alta velocità
 - Non conforme IEEE 802.1D

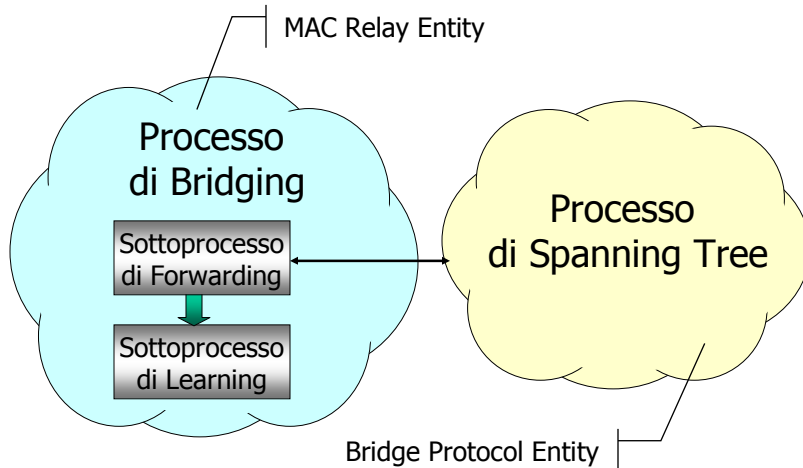
Architettura fisica



Architettura logica



Funzioni



Filtering data base

- Campi di ogni *entry*
 - Indirizzo MAC
 - Porta destinazione
 - Ageing time
 - Stato della porta (secondo spanning tree protocol)
 - Tipo di entry
 - dinamica
 - aggiornata dal processo learning
 - numero massimo tra 1024 e 65 K
 - statica
 - non aggiornata dal processo learning
 - numero massimo intorno a 256
- Lookup realizzabile tramite CAM (Content Addressable Memory)

Esempio di filtering database

Comando per la visualizzazione del filtering database

```
Switch-1> show cam dynamic
* = Static Entry. + = Permanent Entry.
# = System Entry X = Port Security Entry
```

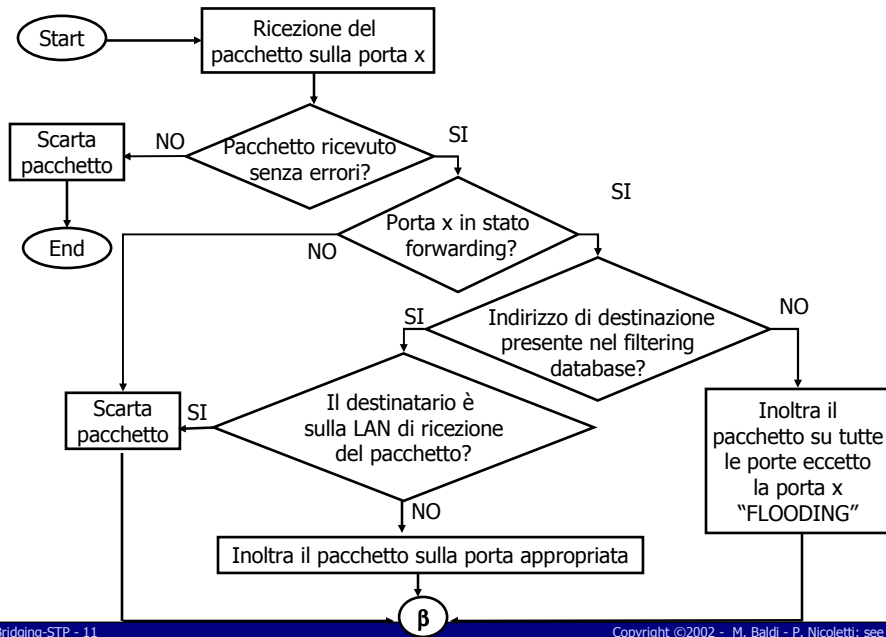
Dest MAC Address	Ports	Age
00-00-86-1a-a6-44	1/1	1
00-00-c9-10-b3-0f	1/1	0
00-00-f8-31-1c-3b	1/2	4
00-00-f8-31-f7-a0	1/1	2
00-01-e7-00-e3-80	2/2	0
00-02-a5-84-a7-a6	2/1	1
00-02-b3-1e-b4-aa	2/1	5
00-02-b3-1e-da-da	2/5	1
00-02-b3-1e-dc-fd	2/4	2

Porte switch modulare:
alloggiamento del
modulo/porta all'interno
del modulo

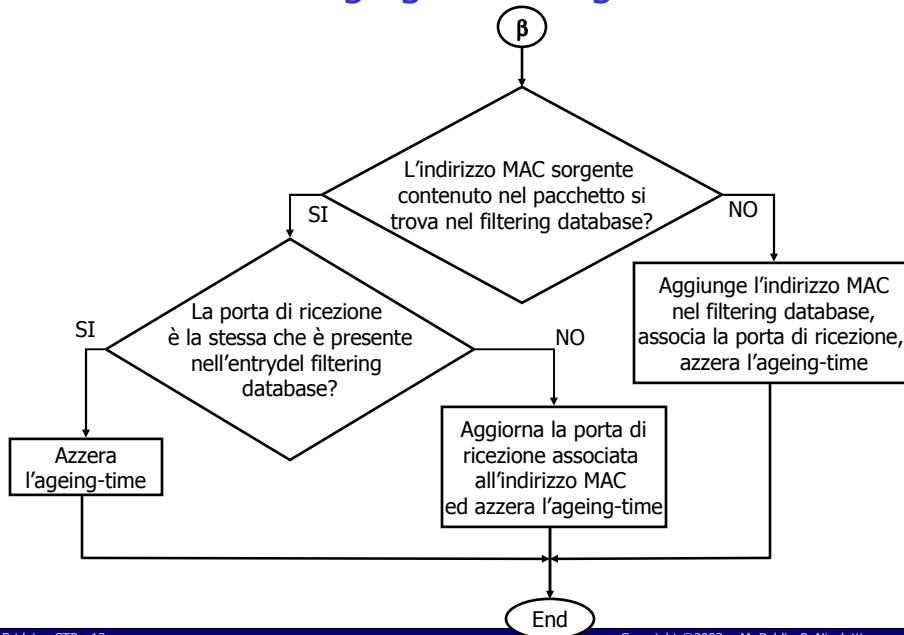
Ageing time

Indirizzi MAC delle stazioni

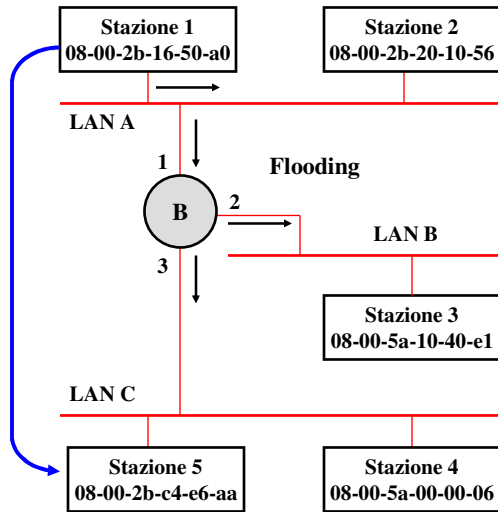
Processo di Bridging: Forwarding



Processo di Bridging: Learning

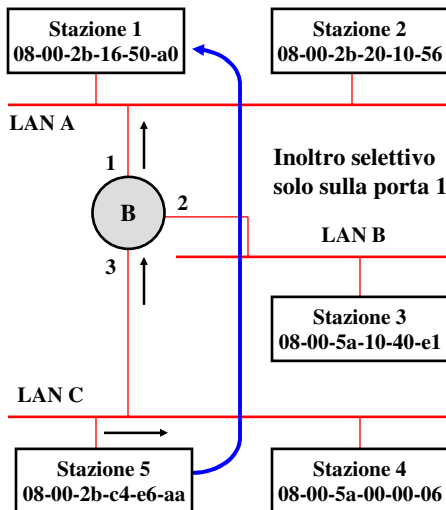


Inoltro di trama unknown e popolazione del filtering database



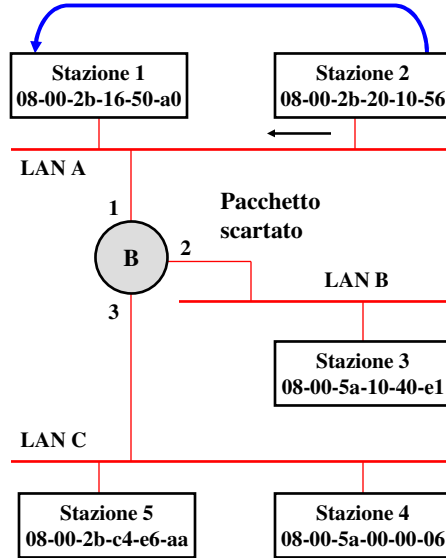
Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	0

Inoltro di trama known e popolazione del filtering database



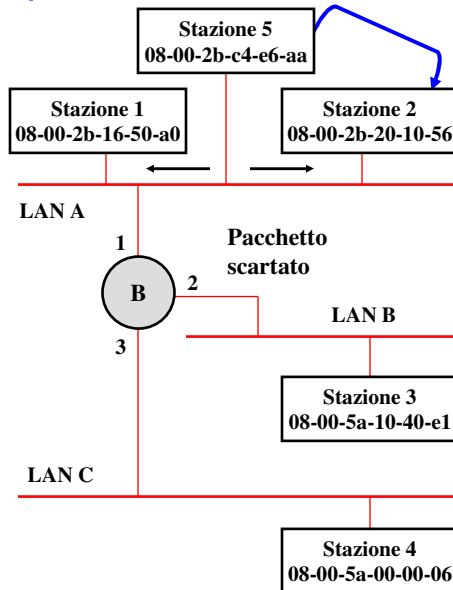
Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	5
3	08-00-2b-c4-e6-aa	0

Limitazione del traffico



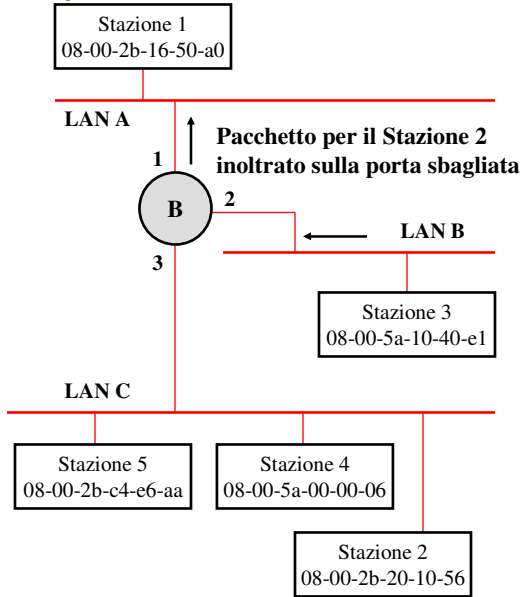
Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	12
3	08-00-2b-c4-e6-aa	13
1	08-00-2b-20-10-56	0

Spostamento Stazione 5 e aggiornamento



Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	40
1	08-00-2b-c4-e6-aa	0
1	08-00-2b-20-10-56	20

Spostamento Stazione 2 e inoltrato errato

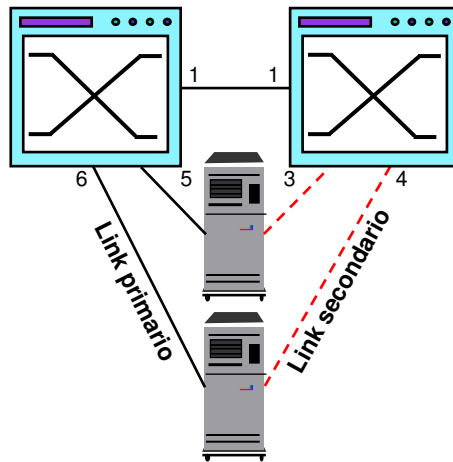


Port	MAC adress	Ageing time
1	08-00-2b-16-50-a0	50
3	08-00-2b-c4-e6-aa	51
1	08-00-2b-20-10-56	40
2	08-00-5a-10-40-e1	0

Importanza dell'ageing-time

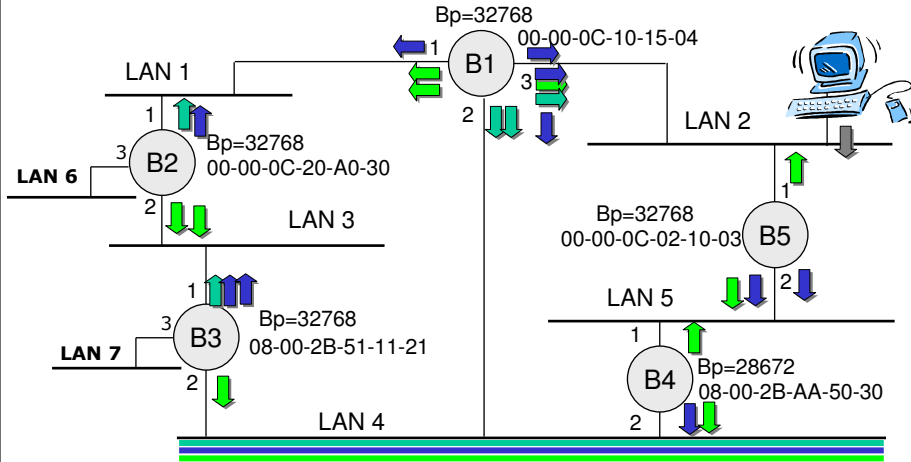
Caso comune e importante: architettura di rete fault-tolerant

- Abbassamento dell'ageing-time
 - Per esempio 1 min
 - Valori minori sono sconsigliabili
 - Flooding troppo frequente
- Annunci periodici dei server alleviano il problema
 - Previsto da alcuni protocolli
- Interfacce fault-tolerant "intelligenti"
 - Quando commutano porta generano un pacchetto broadcast

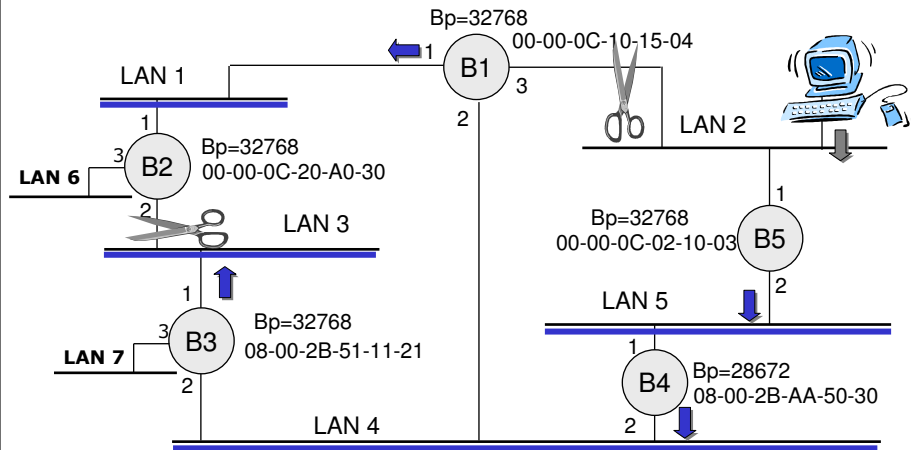


Problemi con i percorsi chiusi

Completa saturazione della rete in pochi secondi: **broadcast storm**



Soluzione: eliminare i percorsi chiusi



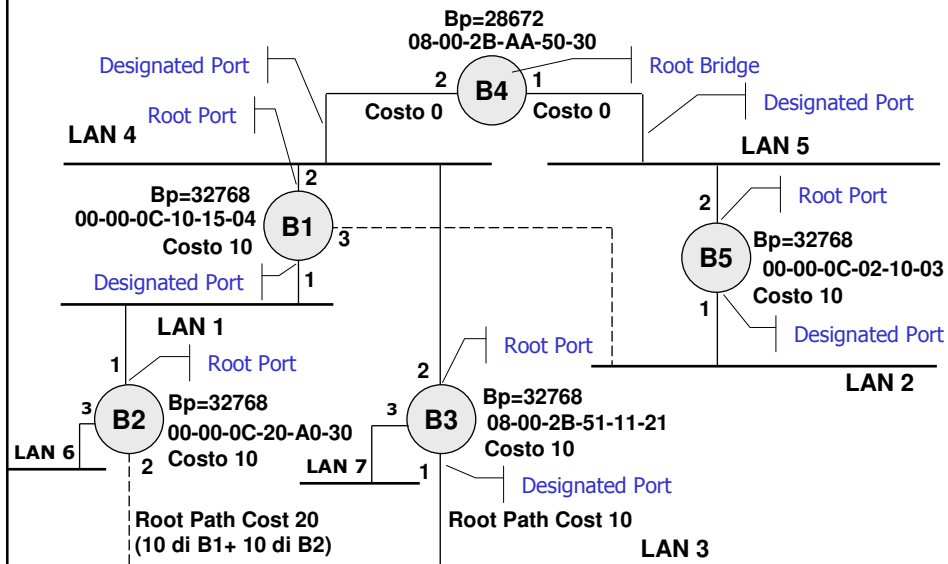
Spanning Tree Protocol

- Eseguito dal processo Spanning Tree
- Definito da IEEE 802.1D
- Trasforma una rete con maglie in un albero
 - Eliminazione di percorsi circolari chiusi (loop)

Tre fasi:

- Elezione del **root bridge**
 - Radice dell'albero (spanning tree) che si vuole costruire
- Selezione della **root port**
 - Una tra le porte di un bridge è usata per raggiungere il root bridge
- Selezione delle **designated port**
 - Una tra le porte collegate ad una LAN è usata per ricevere e inoltrare pacchetti

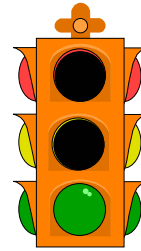
Risultato dello spanning tree protocol



Stato delle porte

■ **Forwarding**

- Root port e designated port
- La porta è utilizzata per inoltrare pacchetti
- I pacchetti ricevuti dalla porta vengono elaborati, ed eventualmente inoltrati dal bridge



■ **Blocking**

- Tutte le altre porte
- Non vengono inoltrati pacchetti sulla porta
- I pacchetti ricevuti sono ignorati



Bridge Protocol Data Unit (BPDU)

- Trasmesse ad indirizzo multicast predefinito
- **Configuration** BPDU
- **Topology Change Notification** BPDU

Dest. Addr.	Source Addr.	Length	DSAP	SSAP	Control	BPDU	
Multicast 01-80-C2 00-00-00	Singlecast Indirizzo Bridge	XY	042H	042H	XID	Configuration BPDU oppure Topology Change Notification BPDU	FCS

BPDU: Bridge Protocol Data Unit
DSAP: Destination Service Access Point
SSAP: Source Service Access Point

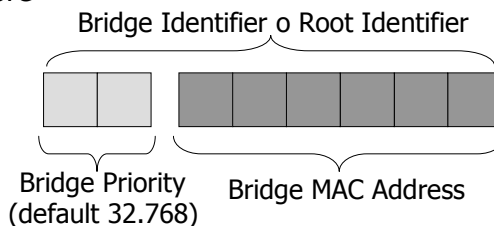
Configuration BPDU

- **Root Identifier**
 - identificatore del bridge assunto come root
- **Root Path Cost**
 - costo per raggiungere il bridge che ha originato la Configuration BPDU lungo il percorso lungo cui il messaggio ha transitato
- **Bridge Identifier**
 - identificatore del bridge che ha originato la Configuration BPDU
- **Port Identifier**
 - identificativo della porta del bridge attraverso cui la Configuration BPDU è stata generata

Byte 1+2	Protocol Identifier:	00-00
3	Protocol Version Identifier:	00
4	BPDU Type:	00
5	TC	Flags
	Root Identifier	
6+13	primi 2 byte = Bridge Priority successivi 6 byte = Indirizzo MAC del Root Bridge	
	Root Path Cost	
14+17	Bridge Identifier	
18+25	primi 2 byte = Bridge Priority successivi 6 byte = Indirizzo MAC del Bridge che trasmette la BPDU	
	Port Identifier	
26+27	primo byte = Port Priority secondo byte = numero di porta	
28+29	Message Age	
30+31	Max Age	
32+33	Hello Time	
34+35	Forward Delay	

Bridge Identifier

- Ad ogni bridge è associato un indirizzo MAC
- Ad ogni bridge è associata una priorità: **bridge priority**
 - Configurazione
 - Valore di default per garantire funzionamento "plug&play"
- Si elegge root bridge quello con bridge identifier minore
 - La bridge priority minore determina il root bridge
 - A parità di bridge priority viene eletto il bridge con indirizzo minore



Root Bridge Election

- Inizialmente ogni bridge assume di essere root bridge
 - Inserisce il proprio bridge identifier nel campo root identifier
 - Genera Configuration BPDU con periodo **hello time**
 - Default: 2 secondi
- Ogni bridge confronta il proprio bridge identifier con il campo root identifier delle Configuration BPDU ricevute
 - Se è minore, continua a generare Configuration BPDU
 - Il campo root identifier contiene il suo bridge identifier
 - Altrimenti, inoltra le Configuration BPDU (flooding) ricevute
 - Il campo root identifier contiene il bridge identifier del candidato a divenire root bridge
- Alla fine solo il root bridge origina Configuration BPDU

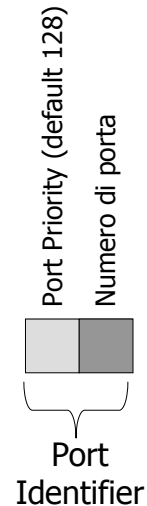
Root Port Selection

- Porta sul cammino di costo minimo verso il root bridge
 - Riceve Configuration BPDU generate dal root bridge
 - Inoltra trame verso il root bridge
- Ad ogni porta è associato un costo
- Le Configuration BPDU contengono il costo del cammino attraversato
 - Campo `root path cost`
 - Il costo associato alla porta di ricezione viene sommato al campo `root path cost` da ogni bridge attraversato
- Viene scelta root port quella che riceve Configuration BPDU con priorità maggiore
- Solo le Configuration BPDU ricevute dalla root port sono inoltrate

Priorità delle Configuration BPDU

Una Configuration BPDU ha priorità maggiore di un'altra se soddisfa, nell'ordine, una delle seguenti condizioni

- Il valore del campo `root path cost` è minore
 - Aggiornato sommando il costo (path cost) associato alla porta di ricezione il valore nella Configuration BPDU ricevuta
- Il valore del campo `bridge identifier` è minore
- Il valore del campo `port identifier` è minore
- Il parametro ***port identifier*** associato alla porta di ricezione è minore



Designated port selection

- Su una LAN su cui è collegata più di una porta non root vengono inoltrate più copie di Configuration BPDU
 - Hanno fatto percorsi diversi dal root bridge alla LAN
- Un bridge collegato alla LAN tramite porta non root riceve Configuration BPDU inoltrate da altri bridge
- La porta è scelta come designated se le Configuration BPDU inoltrate hanno priorità più elevata di quelle ricevute
 - Ogni altra porta è portata in stato blocking
 - Solo la designated port inoltra le BPDU sulla LAN

Parametri di configurazione

- I bridge sono plug&play
 - Sono in grado di funzionare con i valori di default
- Bridge priority
 - Range: 0 - 61440
 - Default/raccomandato: 32768
 - Incremento consigliato (IEEE 802.1t): 4096
- Port priority
 - Range: 0 - 240
 - Default/raccomandato: 128
 - Incremento consigliato (IEEE 802.1t): 16
- Path cost
 - Range: 0 - 65535
 - Raccomandato (IEEE 802.1D): $1000 / (\text{velocità in Mb/s})$

Path cost raccomandato da IEEE 802.D rev1998

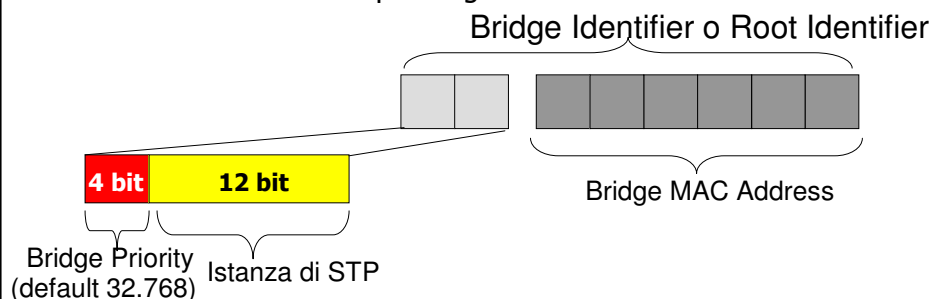
Velocità porta	Valore raccomandato	Intervallo di valori raccomandati	Intervallo di valori accettabili
4Mb/s	250	100 - 1000	1 - 65535
10 Mb/s	100	50 - 600	1 - 65535
16 Mb/s	62	40-400	1 - 65535
100 Mb/s	19	10 - 60	1 - 65535
1 Gb/s	4	3 - 10	1 - 65535
10 Gb/s	2	1 - 5	1 - 65535

802.1t: nuove raccomandazioni per i parametri di spanning tree

- Estende il contenuto dei primi due byte del Bridge Identifier usati fino ad oggi per definire solo la bridge priority per:
 - definire la bridge priority
 - identificare istanze multiple di STP
 - previste dal nuovo standard 802.1s
 - utilizzato da Cisco nella soluzione proprietaria PVST (Per VLAN Spanning Tree) per generare un Bridge_ID distinto per ogni VLAN
- Lo standard 802.1t cambia sostanzialmente i criteri di assegnazione dei costi alle porte che hanno range molto più estesi
 - da 1 a 200.000.000

802.1t extended system ID

- Utilizzo dei primi 2 byte del Bridge Identifier
 - i primi 4 bit vengono utilizzati per la definizione della bridge priority
 - ragione per cui gli incrementi/decrementi sono fatti a passi di 4096
 - i restanti 12 bit vengono utilizzati per identificare le diverse istanze di spanning tree



Trattamento delle configuration BPDU

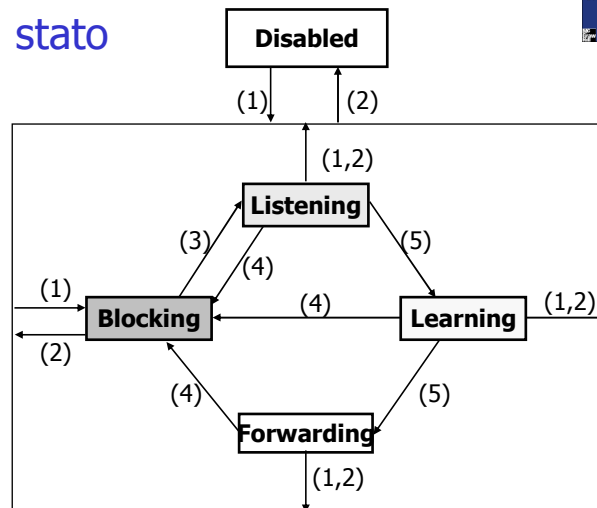
- Una configuration BPDU ricevuta dalla root port è inoltrata su tutte le altre porte (flooding)
- Il bridge aggiorna ogni copia:
 - Somma al `root path cost` il parametro `path cost` associato alla porta di ricezione
 - Inserisce il proprio bridge identifier nel campo omonimo
 - Inserisce il port identifier della porta su cui la BPDU è inoltrata nel campo omonimo

Timer

- Hello time
 - Periodicità per la generazione di Configuration BPDU
 - Range: 1 - 10 secondi - Raccomandato: 2 secondi
- Forward delay timer
 - Ritardo in alcuni cambiamenti di stato delle porte
 - Tempo di rimozione veloce di entry del filtering database
 - Range: 4 - 30 secondi - Raccomandato: 15 secondi
- Max age
 - Intervallo tra la ricezione di una Configuration BPDU e "sblocco" di una porta
 - Range: 6 - 40 secondi - Raccomandato: 20 secondi

I bridge adottano i valori annunciati dal root bridge all'interno delle configuration BPDU

Diagramma di stato delle porte



- (1) Management o inizializzazione
- (2) Management o guasto (non connessa o no Link Integrity Test)
- (3) Seleziona come Designated o Root Port
- (4) Seleziona come "non Designated Port"
- (5) Scadenza Forward Delay timer

Stati delle porte

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Listening <ul style="list-style-type: none"> ■ Riceve trame ■ Non inoltra trame ■ Non aggiorna forwarding data base ■ Elabora BPDU ricevute ■ Ritrasmette BPDU ■ Forwarding <ul style="list-style-type: none"> ■ Riceve trame ■ Inoltra trame ■ Aggiorna forwarding data base ■ Elabora BPDU ricevute ■ Ritrasmette BPDU | <ul style="list-style-type: none"> ■ Learning <ul style="list-style-type: none"> ■ Riceve trame ■ Non inoltra trame ■ Aggiorna forwarding data base ■ Elabora BPDU ricevute ■ Ritrasmette BPDU ■ Blocking <ul style="list-style-type: none"> ■ Riceve trame ■ Non inoltra trame ■ Non aggiorna forwarding data base ■ Elabora BPDU ricevute ■ Non ritrasmette BPDU |
|---|--|

Byte

1÷2	Protocol Identifier: 00-00
3	Protocol Version Identifier: 00
4	BPDU Type: 80



Cambiamento topologico

- Filtering database può non essere aggiornato
 - Eliminazione delle entry per garantire raggiungibilità grazie al flooding
 - Apprendimento di nuove entry
- Il bridge che rileva un cambiamento invia una Topology Change Notification BPDU attraverso la root port
 - I bridge che la ricevono la inoltrano sulla propria root port
- Il root bridge risponde con una Configuration BPDU con il bit **topology change** impostato
 - I bridge che la ricevono dalla root port la inoltrano impostando il bit **topology change acknowledgment**
- I bridge, che rilevano il cambiamento di topologia, eliminano le entry dopo un tempo forward delay

Rilevamento di un cambiamento topologico

- Rilevamento di un malfunzionamento di livello fisico
 - Fallimento del Link Integrity Test
- Mancata ricezione periodica di Configuration BPDU
 - Una porta in stato di blocking inizializza un timer al valore del parametro max age
 - Se il timer scade, la porta passa in stato listening
 - Il collegamento dal root bridge alla LAN ha problemi
 - Allo scadere del forward delay passa in stato learning
 - Allo scadere del forward delay passa in stato forwarding
 - Transizioni ritardate per evitare oscillazioni
 - Recupero del guasto richiede 50 secondi

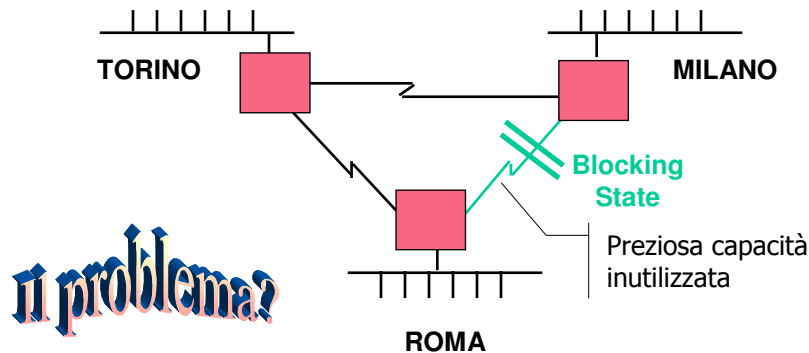
Taratura dei timer

- Valori raccomandati assicurano corretto funzionamento con 7 bridge in cascata
 - In IEEE 802.1D si parla di max bridge diameter
- Modificando i timer si possono
 - Ridurre i tempi di convergenza
 - Aumentare il diametro massimo della rete
- Non facile da realizzare in modo efficace
 - Valori non ottimali possono
 - Peggiorare la reattività della rete ai cambiamenti topologici
 - Compromettere il buon funzionamento della rete (Loop!!!)
- Difficile da gestire
 - Se si cambia l'apparato root bridge è importante cambiare il valore dei timer

Taratura dei timer

- IEEE 802.1D definisce i calcoli tramite cui ottenere un valore ottimale per i parametri a partire da
 - `max bridge diameter` → numero massimo di bridge in cascata
 - `maximum bridge transit delay` → massimo tempo che una BPDU impiega ad attraversare un bridge
 - Dalla ricezione alla ritrasmissione, includendo l'elaborazione
- Si deve diminuire il `maximum bridge transit delay`
- Calcolare il valore risultante per i vari timer
 - Normalmente hello time è il doppio del `maximum bridge transit delay`
 - In molti casi di ottimizzazione hello time viene posto a 1 s

Spanning Tree su LAN estese



Il problema?

Unico albero per tutto il traffico

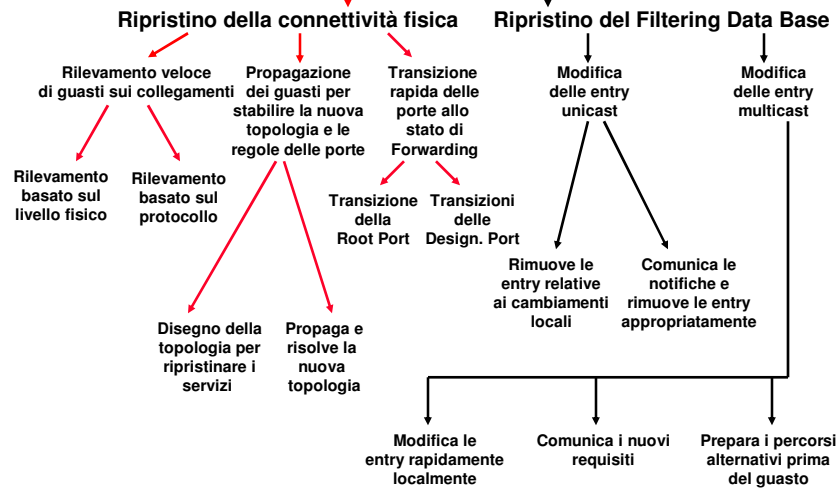
La soluzione? **Albero per destinazione**

Rapid Spanning Tree Protocol (RSTP)

- Spanning tree con convergenza veloce
- Standard IEEE 802.1w approvato a fine anno 2001
- Interoperabile con lo spanning tree IEEE 802.1D
 - Senza convergenza veloce
- Soluzione di livello 2 ideale per reti mission critical
- Opera solamente in presenza di link punto-punto
 - Collegamenti diretti (no hub)
- Sostituisce soluzioni proprietarie per resiliency con convergenza veloce adottate da alcuni costruttori

Migliorie rispetto STP

Migliorie adottate per il rapido ripristino dei servizi



Regole delle porte

- Alternate
 - offre un percorso alternativo in direzione del Root Bridge
 - porta alternativa alla Root Port da utilizzare in caso di guasto
- Backup
 - entra in funzione a seguito del guasto della Designated port
 - presente solo se due o più porte dello stesso bridge connettono una LAN
- Root
- Designated
- Disabled

Alternate port e Backup port

- IEEE 802.1w non prevede lo stato di Blocking
- Le porte connesse a percorsi alternativi verso la radice vengono selezionate come Alternate
- Più porte dello stesso bridge collegate alla stessa LAN:
 - una Designated
 - le altre Backup
 - connessione punto-punto tra due porte di un bridge
 - due o più porte di un bridge collegate ad un repeater
 - Le due porte sono collegate alla stessa LAN

Edge Port

- La porta di tipo Edge è una porta terminale di una delle tante estremità dell'albero e non è inclusa in alcuna maglia
 - Porta automaticamente configurata come Edge da RSTP se connessa ad una stazione (no BPDU ricevute)
- La porta Edge differisce dalle altre porte perché:
 - al rilevamento del link del livello fisico va immediatamente in forwarding senza passare dagli stati: Listening e Learning
 - Il cambiamento di stato della porta non comporta l'invio del messaggio Topology Change

Stato delle porte: relazioni tra STP e RSTP

STP - stato delle porte	Stato amministrativo delle porte	Operatività del MAC	RSTP - stato delle porte	Topologia attiva RSTP (regole delle porte)
DISABLED	Disabled	FALSE	Discarding	Excluded (Disabled)
DISABLED	Enabled	FALSE	Discarding	Excluded (Disabled)
BLOCKING	Enabled	TRUE	Discarding	Excluded (Alternate, Backup)
LISTENING	Enabled	TRUE	Discarding	Included (Root, Designated)
LEARNING	Enabled	TRUE	Learning	Included (Root, Designated)
FORWARDING	Enabled	TRUE	Forwarding	Included (Root, Designated)

Simboli grafici convenzionali

Legenda simboli grafici	
Simbolo grafico	Significato
	BRIDGE
	LAN

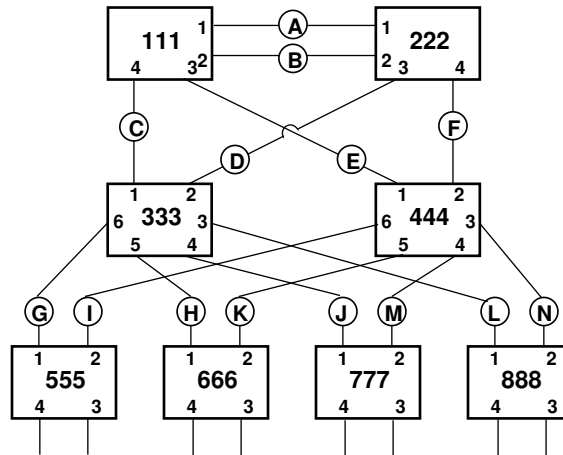
Simboli grafici convenzionali

Ruolo della porta	Stato della porta	Legenda
Designated	Discarding	●+—
	Learning	●H—
	Forwarding	●—
su porta Edge	Forwarding	●◇—
Root Port	Discarding	○+—
	Learning	○H—
	Forwarding	○—
Alternate	Discarding	—H—
Backup	Discarding	—HH—
Disabled	-----	—/—
BPDU trasmesse		
Designated		————→
Designated Proposal		————→→
Root		————→
Root Agreement		————→→

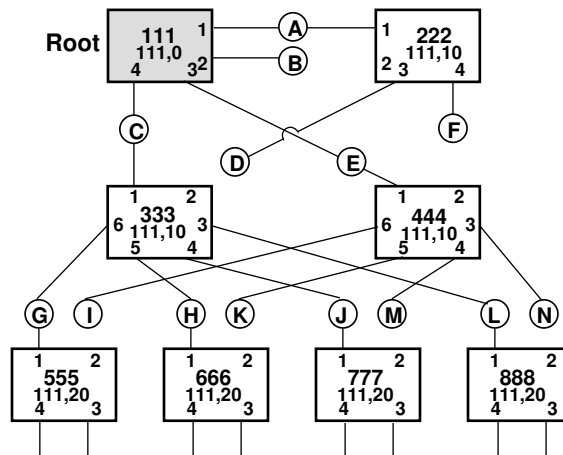
Principi di funzionamento

- L'albero viene creato come nello STP tradizionale
 - Elezione del root bridge
 - Definizione della root port
 - Definizione delle designated port
- Le porte rimanenti (né root, né designated)
 - Alternate se collegate ad una porta di un altro bridge
 - Backup se collegate ad una porta dello stesso bridge

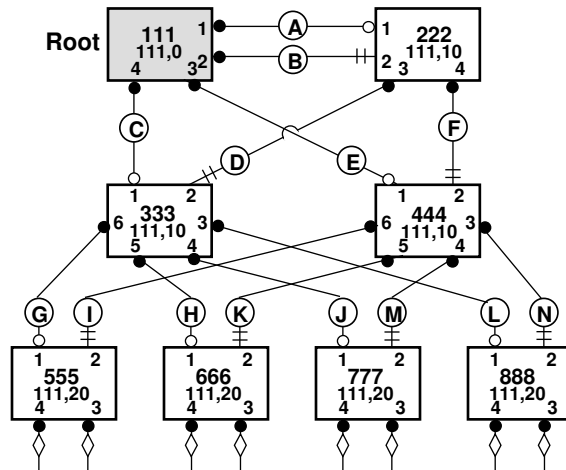
Esempio: topologia fisica



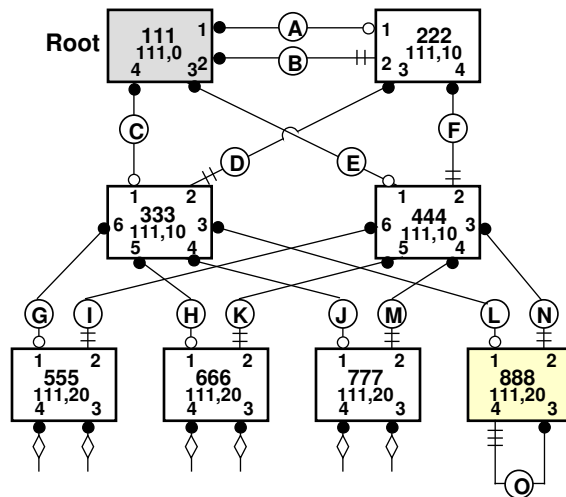
Topologia attiva RSTP



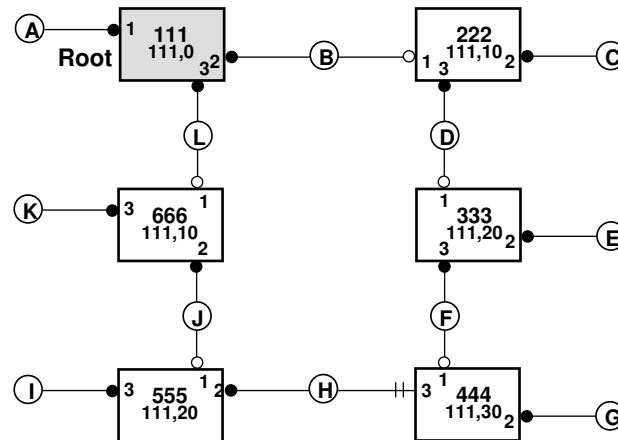
Stato delle porte



Porta backup

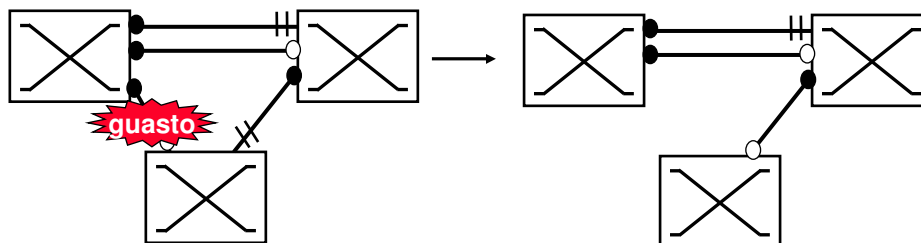


Dorsale ad anello



Reazione ai guasti e recovery su base livello fisico

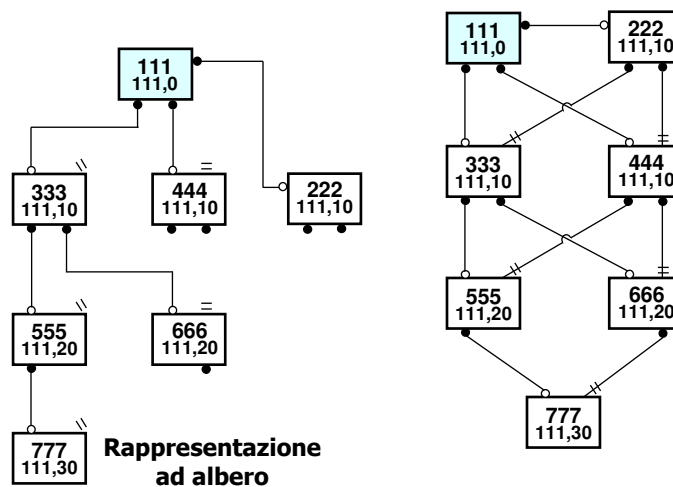
- Eliminazione entry relative alla porta guasta
 - I due bridge agli estremi di un link guasto
 - I bridge direttamente collegati ad un bridge guasto
- Se si guasta la root port una porta alternate, se presente, diviene root
 - rilevamento guasto e ripristino basato sul livello fisico



Reazione ai guasti

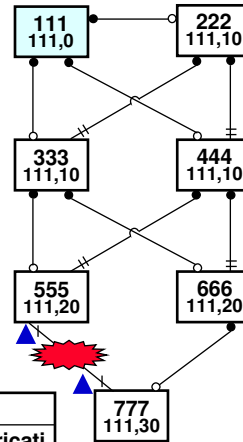
- Invio di un messaggio *Topology Change Notification* (TCN)
 - Su tutte le porte in stato forwarding
- Alla ricezione di un messaggio TCN
 - Rimozione delle entry di tutte le porte, eccetto quella da cui il messaggio TCN è ricevuto
 - Invio di un messaggio TCN sulle porte in stato forwarding
 - Eccetto quella da cui il messaggio TCN è ricevuto

Flush entry: configurazione iniziale



Flush entry: fase 1

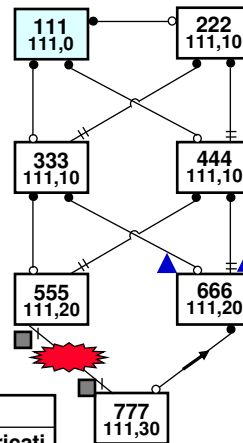
- Guasto sul link tra 555 e 777
- I bridge 555 e 777 rilevano il guasto
- Rimuovono (flush) le entry relative alle porte coinvolte



Legenda simboli relativi alle fasi di flush	
▲	Indirizzi appresi sulle porte che devono essere scaricati
■	Indirizzi appresi sulle porte che sono stati scaricati
→	Pacchetti TCN trasmessi in direzione della freccia

Flush entry: fase 2

- I bridge 555 e 777 hanno rimosso le entry relative alle porte coinvolte nel guasto
- Il bridge 777 fa diventare root la porta alternate
- Il bridge 777 invia un messaggio TCN
 - Il messaggio TCN ha lo stesso effetto di una Configuration-BPDU con il flag TC impostato al valore 1

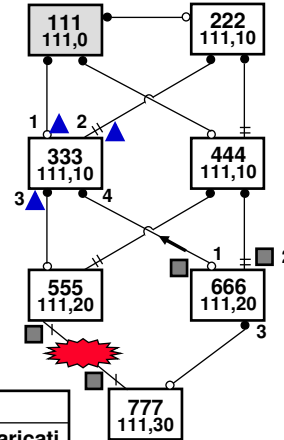


Legenda simboli relativi alle fasi di flush	
▲	Indirizzi appresi sulle porte che devono essere scaricati
■	Indirizzi appresi sulle porte che sono stati scaricati
→	Pacchetti TCN trasmessi in direzione della freccia

Flush entry: fase 3

Il bridge 666

- Riceve il messaggio TCN su una porta e
- Rimuove le entry relative a tutte le altre porte
 - Porta 1 e porta 2
- Invia il messaggio TCN su ogni altra porta in stato forwarding
 - La porta 1 verso il bridge 333

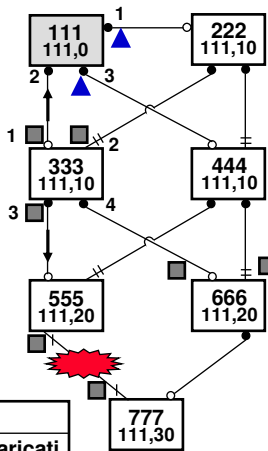


Legenda simboli relativi alle fasi di flush	
▲	Indirizzi appresi sulle porte che devono essere scaricati
■	Indirizzi appresi sulle porte che sono stati scaricati
→	Pacchetti TCN trasmessi in direzione della freccia

Flush entry: fase 4

Il bridge 333

- Riceve il messaggio TCN sulla porta 4
- Rimuove le entry relative a tutte le altre porte
 - Porta 1, porta 2 e porta 3
- Invia il messaggio TCN su tutte le sue porte in stato forwarding
 - Porta 1 verso il bridge 111
 - Porta 3 verso il bridge 555

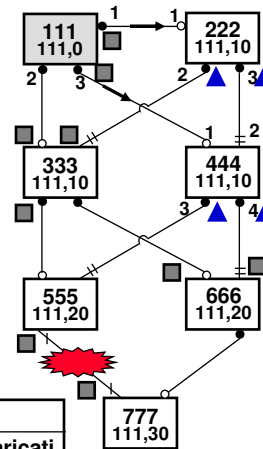


Legenda simboli relativi alle fasi di flush	
▲	Indirizzi appresi sulle porte che devono essere scaricati
■	Indirizzi appresi sulle porte che sono stati scaricati
→	Pacchetti TCN trasmessi in direzione della freccia

Flush entry: fase 5

Il bridge 111

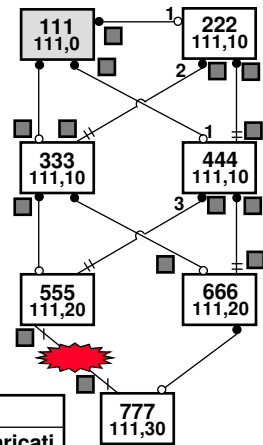
- Riceve il messaggio TCN sulla porta 2
- Elimina le entry relative a tutte le altre porte
 - Porta 1 e porta 3
- Trasmette il messaggio TCN sulle altre porte in stato forwarding
 - Porta 1 verso il bridge 222
 - Porta 3 verso il bridge 444



Legenda simboli relativi alle fasi di flush	
▲	Indirizzi appresi sulle porte che devono essere scaricati
■	Indirizzi appresi sulle porte che sono stati scaricati
→	Pacchetti TCN trasmessi in direzione della freccia

Flush entry: fase 6

- I bridge 222 e 444
- Ricevono il messaggio TCN su una delle loro porte
- Eliminano le entry relative a tutte le altre porte (si veda figura)
- I messaggi TCN da loro trasmessi raggiungono solo porte in stato discarding ???



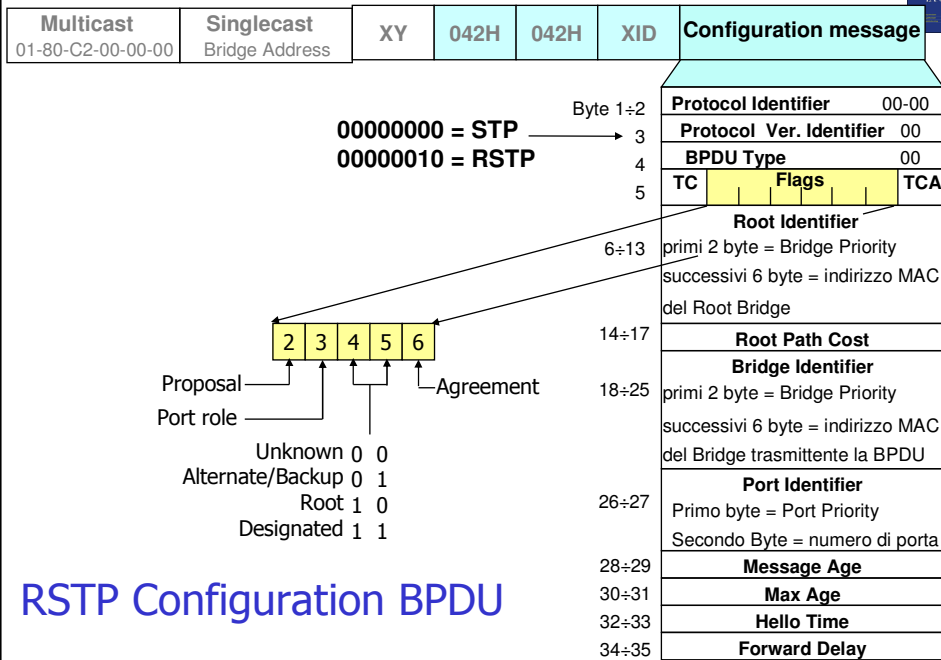
Legenda simboli relativi alle fasi di flush	
▲	Indirizzi appresi sulle porte che devono essere scaricati
■	Indirizzi appresi sulle porte che sono stati scaricati
→	Pacchetti TCN trasmessi in direzione della freccia

Path Cost IEEE 802.1t e 802.1w



Velocità porta	Valore raccomandato	Intervallo raccomandato	Intervallo accettabile
<= 100 Kb/s	200.000.000	20.000.000 - 200.000.000	1 - 200.000.000
1 Mb/s	20.000.000	2.000.000 - 200.000.000	1 - 200.000.000
10 Mb/s	2.000.000	200.000 - 20.000.000	1 - 200.000.000
100 Mb/s	200.000	20.000 - 2.000.000	1 - 200.000.000
1 Gb/s	20.000	2.000 - 200.000	1 - 200.000.000
10 Gb/s	2000	200 - 20.000	1 - 200.000.000
100 Gb/s	200	20 - 2000	1 - 200.000.000
1 Tb/s	20	2 - 200	1 - 200.000.000
10 Tb/s	2	1 -20	1 - 200.000.000

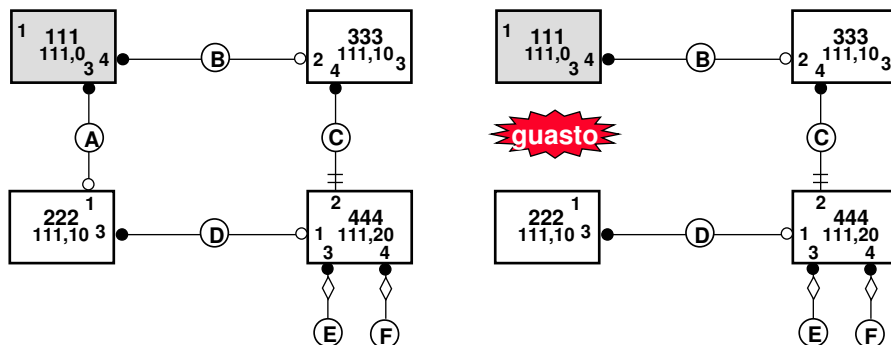
DSAP SSAP Length DSAP SSAP Control



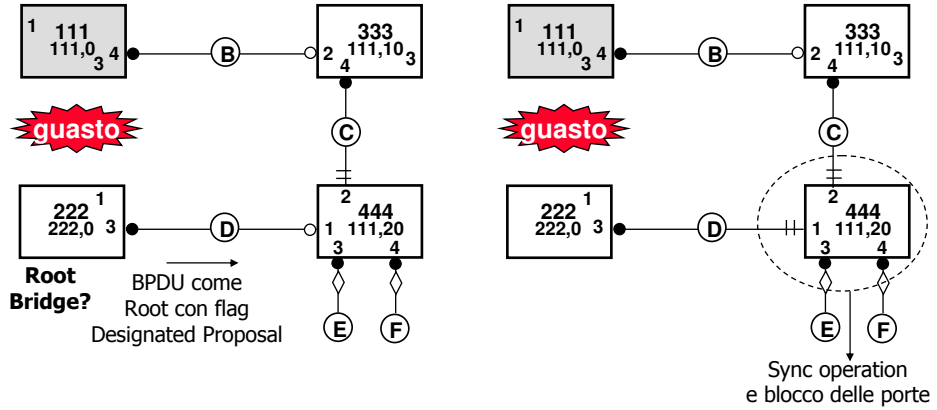
Dorsale ad anello: e fast recovery

- Anello in caso di guasto
 - Se il bridge dispone di una porta alternate l'attiva immediatamente
 - Recovery basata sul livello fisico
 - Se cade il link della porta root e non dispone di porta alternate lo switch si propone come Root Bridge
 - Recovery basata su interscambio protocollare
 - Interscambio veloce di BPDU di tipo Proposal e Agreement
- Operazioni di Sync e Agree
 - Quando una porta riceve una BPDU con il flag *Designated Proposal* fa un'operazione di *Sync*, ovvero scarica i pacchetti da tutte le porte non Edge (Port-Discarding)
 - La porta Discarding che riceve una BPDU con il flag di *Agreement* va immediatamente in stato Forwarding

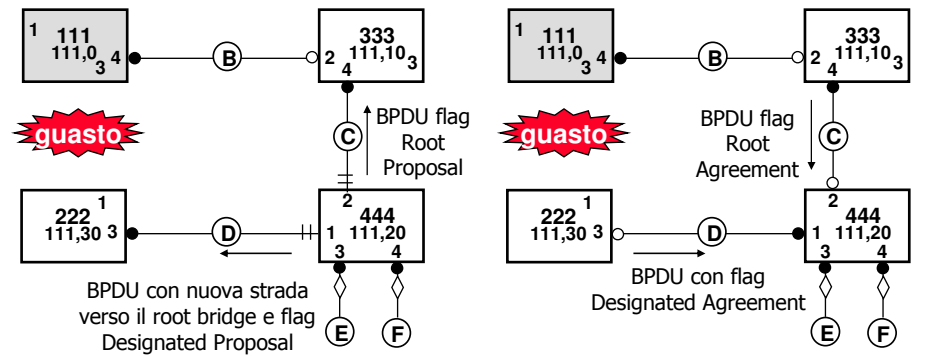
Dorsale ad anello: guasto fase 1



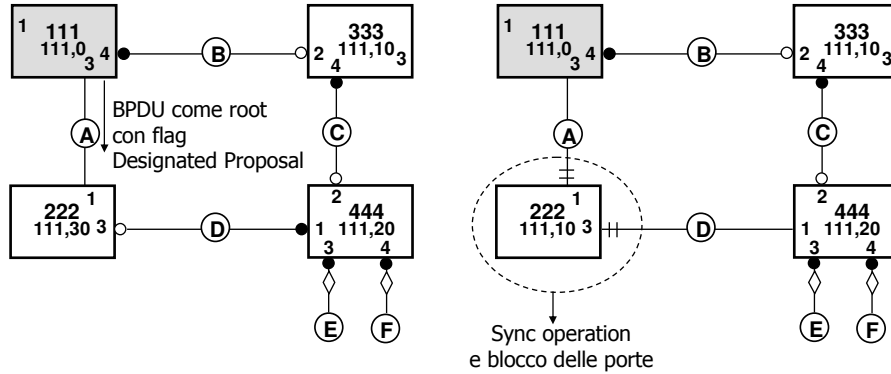
Dorsale ad anello: guasto e proposta di new Root



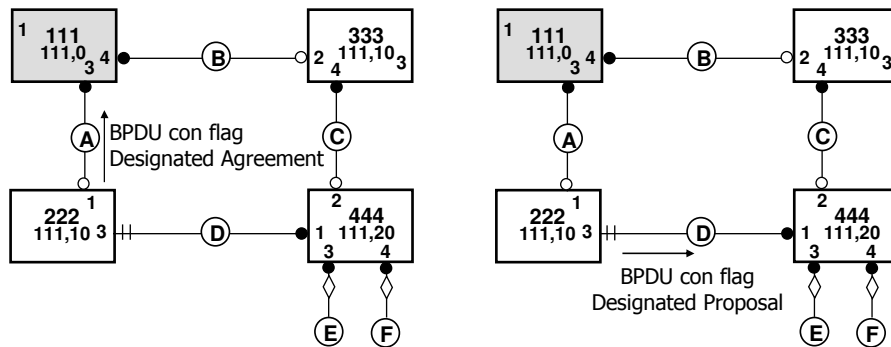
Dorsale ad anello: Sync e Agree Operation



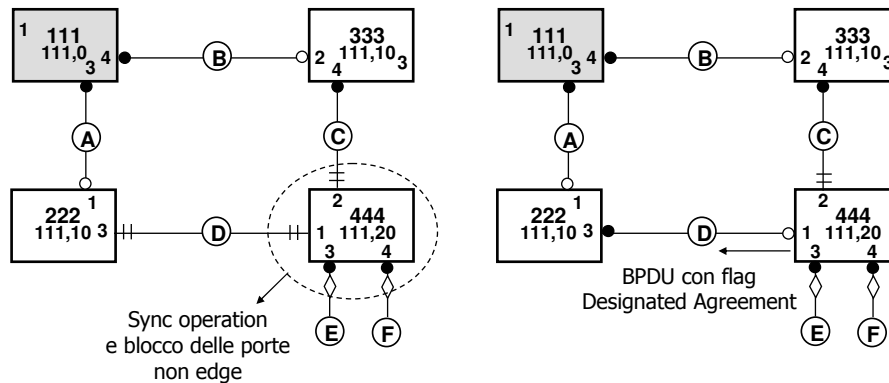
Dorsale ad anello: ripristino del guasto fasi 1 e 2



Dorsale ad anello: ripristino del guasto fasi 3 e 4



Dorsale ad anello: ripristino del guasto fasi finali



RSTP e compatibilità con STP

- I bridge RSTP possono essere configurati ad operare in modalità STP
 - Fondamentale in presenza di ripetitore tra due bridge
 - Funzionamento in modalità RSTP potrebbe portare a instabilità e loop temporanei
- I bridge RSTP (IEEE 802.1w) operano automaticamente in modalità STP (IEEE 802.1D) in presenza di 1 o più bridge operanti in modo STP
 - Cambiamento di modalità alla ricezione di BPDU con valore 0 nel campo protocol version identifier
 - L'operatività contemporanea in modalità STP e RSTP può portare a instabilità nella definizione dello spanning tree
 - Possibile duplicazione di pacchetti
 - Possibile recapito di pacchetti fuori sequenza

Rapidità di convergenza di RSTP

- Un percorso alternativo potrebbe essere attivato in 10 - 20 ms
- La rapidità di convergenza dipende da
 - Capacità di rilevare un guasto in modo affidabile
 - Capacità di rilevare un guasto in tempi brevi
 - Criteri di livello fisico
 - Tempi di Handshaking delle BPDU (Proposal/Agreement)
- A questo fine concorrono i sistemi di trasmissione utilizzati
 - Elevata stabilità dovuta alla componentistica elettronica molto affidabile
 - Guasti intermittenti creerebbero problemi di stabilità
 - Transceiver con funzionalità di rilevamento guasto locale e remoto su collegamenti punto-punto

Problemi dovuti alla rapidità di convergenza

- Aumento della probabilità di duplicazione di pacchetti
- Aumento delle probabilità di consegna di pacchetti fuori sequenza
- Dovuto alla probabilità non nulla di avere
 - Percorsi chiusi (loop) temporanei
 - Cambiamenti intermittenti dello spanning tree
- Attenzione con protocolli che assumono l'uso di Ethernet!
 - LAT, NETBEUI e LLC2
 - Non sono in grado di gestire pacchetti duplicati e fuori ordine
 - Consigliabile disabilitare la modalità RSTP (IEEE 802.1w)