



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN INGEGNERIA ELETTRONICA

**IMPLEMETAZIONE DI RIDONDANZA L2 IN UNA RETE DI
TRASMISSIONE DATI MULTISWITCH
IMPLEMENTING L2 REDUNDANCY IN A MULTISWITCH
DATA NETWORK**

Relatore:

Prof.

Ennio Gambi

Tesi di laurea di:

Francesco Vici

Correlatore:

Ing.

Adelmo De Santis

Anno Accademico 2022-2023

Ad Ennio Gambi ed Adelmo De Santis per la competenza e la disponibilità.

Alla mia famiglia ed ai miei genitori per il supporto morale in questi anni.

Grazie di cuore

Sommario

Introduzione.....	5
Capitolo 1	7
1.1 Reti LAN.....	7
1.2 Modello gerarchico a tre livelli	8
Capitolo 2	10
2.1 Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DII).....	10
2.2 Gli apparati	12
2.3 Moduli SFP+	14
2.3 Il Cablaggio	15
2.4 Patch panel.....	16
Capitolo 3	17
Introduzione	17
3.1 Tecniche di ridondanza L2	18
3.2 Spanning-Tree Protocol.....	19
3.2.1 Elezione del Root-Bridge	20
3.2.2 Ruoli e stati delle porte	21
3.2.3 Costi di attraversamento	23
3.3 Rapid-STP.....	25
3.4 Rapid Per VLAN STP e Multiple STP.....	26
3.5 RSTP in Wireshark.....	28
Capitolo 4	29
Introduzione	29
4.1 Il banco di prova	29
4.2 Configurazione della RB4011.....	31
4.3 Configurazione switch DELL N2048.....	33
4.4 Configurazione iniziale.....	34

4.5 Verifica sperimentale 1: Cambio della velocità dell'interfaccia	36
4.6 Verifica sperimentale 2: Modifica della priorità di sistema	37
4.7 Verifica sperimentale 3: Configurazione complessa	40
Capitolo 5	43
5.1 Implementazione RSTP	43
5.2 Configurazioni switch lato ex-DIBET	44
5.3 Configurazioni switch lato ex-DIIGA	48
Capitolo 6	53
6.1 Analisi delle prestazioni e test.....	53
6.2.1 Test n.1.....	55
6.2.2 Test n.2.....	56
6.2.3 Test n.3.....	57
6.2.4 Test n.4.....	57
6.2.5 Test n.5.....	59
6.2.6 Test n.6.....	59
Capitolo 7	62
7.1 Conclusioni	62
7.2 Sviluppi futuri	63
Bibliografia	65

Introduzione

Questa tesi ha lo scopo di studiare, implementare e verificare il funzionamento del protocollo STP in una rete LAN già esistente ed in esercizio presso il dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DII) di questa Università.

L'intento è quello di comprendere quale versione di protocollo sia la più adatta alla rete del dipartimento in funzione delle connessioni fisiche già esistenti tra gli armadi di piano, implementare il protocollo in tutti gli apparati e verificare sperimentalmente che in caso di interruzione di una linea di up-link, il protocollo selezioni automaticamente la linea dati secondaria nei tempi previsti in modo da minimizzare il disservizio. Visto che l'infrastruttura è "in produzione", tutti gli interventi dovranno avere impatto minimo sull'operatività degli utenti.

Il primo capitolo descrive l'organizzazione di una rete di trasmissione dati con particolare riferimento alle reti LAN. Vengono introdotti gli apparati utilizzati nei livelli di accesso, aggregazione e core secondo il modello gerarchico a 3 livelli.

Il secondo capitolo descrive l'attuale configurazione della rete DII descrivendone la topologia, gli apparati in uso e la loro configurazione.

Il terzo capitolo riguarda la ridondanza nei collegamenti L2, i problemi che essa comporta (broadcast storm e mac instability) per poi concentrarsi sul protocollo STP. Vengono descritte la prima implementazione di STP e le moderne versioni (RSTP, RPVSTP, MSTP) spiegando le ragioni della scelta di quella da implementare.

Il quarto capitolo descrive il metodo di progettazione utilizzato e descrive i test fatti al banco di prova per verificare il comportamento dei dispositivi relativamente al protocollo STP.

Il quinto capitolo analizza lo stato attuale della rete e sulla base delle linee in rame disponibili per realizzare i collegamenti ridondati, pianifica le connessioni da effettuare nonché le modifiche da apportare alle configurazioni degli apparati.

Il sesto capitolo riporta l'analisi dei risultati dei test effettuati per verificare la effettiva rispondenza del protocollo ai target progettuali.

Il settimo capitolo contiene le conclusioni e propone eventuali sviluppi futuri attuabili al momento del rollout degli apparati di rete.

Capitolo 1

1.1 Reti LAN

Nel mondo la condivisione e circolazione delle informazioni sono oggi alla base della vita quotidiana sia in ambito lavorativo sia in ambito personale.

Per queste ragioni, le reti di telecomunicazione rivestono un ruolo fondamentale quale mezzo per lo scambio di dati, la condivisione di risorse, la gestione di sistemi, la collaborazione remota, la sicurezza e altro ancora.

Le reti di calcolatori sono un insieme di dispositivi elettronici, quali ad esempio server, computer, smartphone e sensori, interconnessi opportunamente tra loro per consentire loro di inter-operare efficacemente.

Si possono classificare sia in base alle loro dimensioni geografiche sia in base al numero di dispositivi connessi:

- Locali (LAN): se interessano al massimo uno o più edifici in un' area circoscritta
- Wireless LAN(WLAN): legate alle LAN e confinate a porzioni di edifici o aree limitate
- Metropolitane (MAN): se interessano una città o porzione di essa e consentono l'interconnessione ad alte prestazioni di più LAN;
- Estese (WAN): se attraversano regioni, paesi o continenti (interconnettono LAN e MAN)
- Globali (Internet): la Wide Area Network globale.

Le reti LAN consentono l'accesso a tutti i dispositivi client e server, sia per la connessione alle risorse esterne (internet) sia per l'accesso alle risorse condivise entro la rete stessa. Nelle reti LAN i protocolli che vengono usati maggiormente fanno capo allo standard Ethernet ed agli standard 802.11 per la connettività wireless.

Strutturalmente le reti LAN sono progettate e realizzate in base a topologie gerarchiche che associano ad ogni livello funzionalità specifiche e che consentono di creare reti affidabili, scalabili ed economicamente vantaggiose.

Il modello preso come riferimento è il modello gerarchico a tre livelli.

1.2 Modello gerarchico a tre livelli

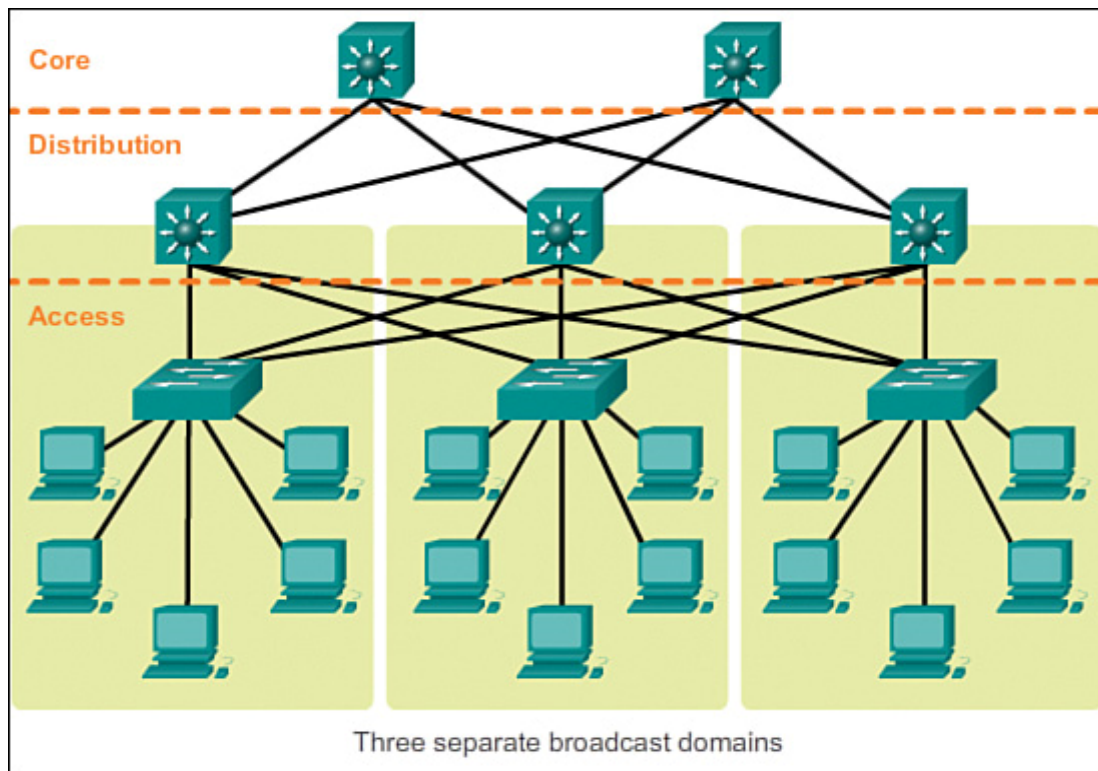


Figura 1

Il modello gerarchico scompone la complessità di una rete locale in 3 livelli distinti: *access*, *distribution* e *core* (Fig.1).

L'Access (o Edge) Layer consente l'accesso degli utenti alle risorse disponibili nella rete ed è composto tipicamente da switch di livello 2 e da access point che forniscono connettività ai dispositivi client.

Gli switch L2, usati in questo livello, consentono di impostare regole per il controllo di accesso, separare i domini di collisione mediante VLAN e implementare funzioni di port-security limitando ad esempio il numero di MAC address per ogni porta di accesso.

L'Aggregation (o Distribution) Layer integra apparati che “aggregano” il traffico proveniente dagli switch di accesso verso il Core layer. E' a questo livello che possono essere implementate le funzioni specifiche dei livelli 4-7 del modello ISO-OSI quali ad esempio il load-balancing, SSL offloading, firewalling, intrusion detection (IDS).

Gli switch di livello aggregazione sono gli elementi di interconnessione tra la rete di accesso e quella di core pertanto è raccomandabile ridondare tutti i link fisici garantendo al contempo una topologia logica priva di percorsi multipli (loop-free topology).

Core (o backbone): La rete di backbone è costituita da core switch L2/L3 e da router e consente l'accesso ai servizi presenti in quella LAN nonché l'accesso alle altre reti.

La rete core network trasporta grandi volumi di traffico ad alta velocità per un grande numero di utenti e pertanto richiede anch'essa un opportuno livello di ridondanza nei collegamenti fisici. Tipicamente, quindi anche la connessione tra apparati Core e apparati Aggregation è ridondata con collegamenti multipli.

Capitolo 2

2.1 Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione (DII)

Presso il dipartimento DII la topologia della rete è più complessa e al contempo meno strutturata rispetto al modello gerarchico appena descritto.

Condizioni preesistenti ed esigenze di spazio e di budget, hanno fatto sì che la distinzione tra i layer di core, aggregazione e accesso non sia netta.

La topologia della infrastruttura ICT è rappresentata, in modo schematico, dalla fig.2. Lo switch di colore grigio (in alto) rappresenta l'uplink verso la rete di facoltà per l'intero dipartimento ed è caratterizzato da un singolo collegamento ottico a 10Gbps verso la backbone di ateneo.

In blu sono rappresentati gli switch di accesso posti ai vari piani della struttura, connessi con singoli link ottici a 10Gbps agli switch di aggregazione rappresentati in rosso.

Gli switch di aggregazione non sono posti allo stesso livello come ci si aspetterebbe in una configurazione gerarchica, bensì in cascata l'uno con l'altro, e ciò è dovuto in parte alla configurazione preesistente della rete e al fatto di avere a disposizione un solo uplink a 10Gbps verso la backbone. Tale architettura è quella che consente di massimizzare la velocità di uplink per entrambe le sezioni della rete di Dipartimento.

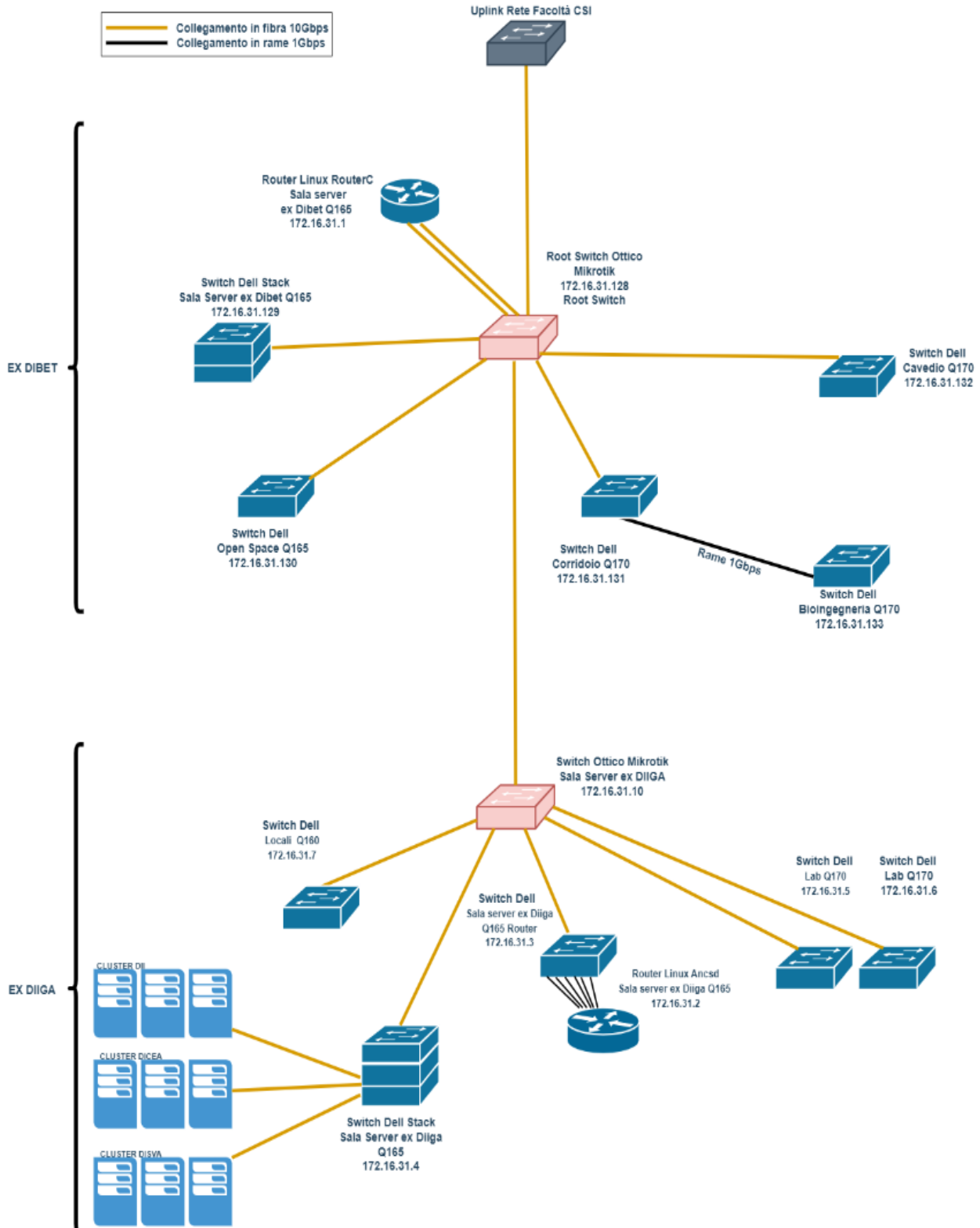
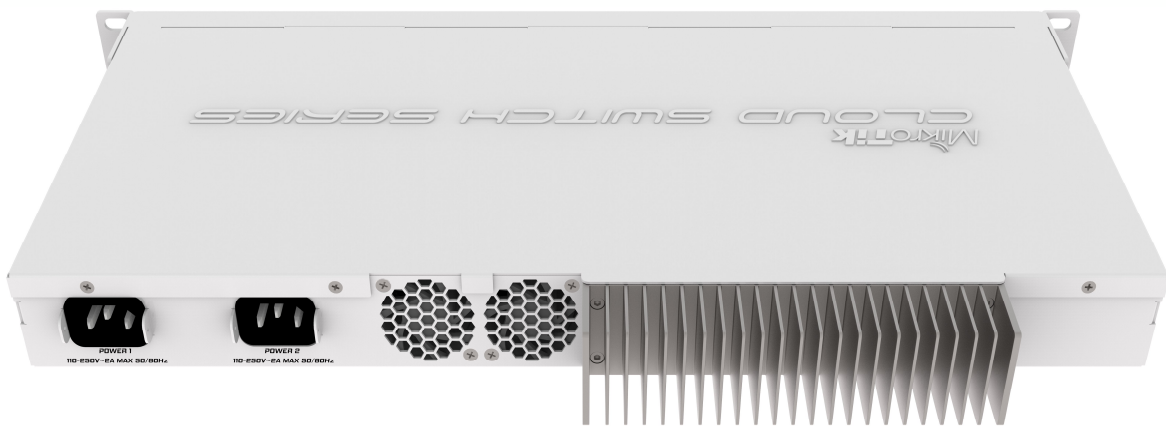
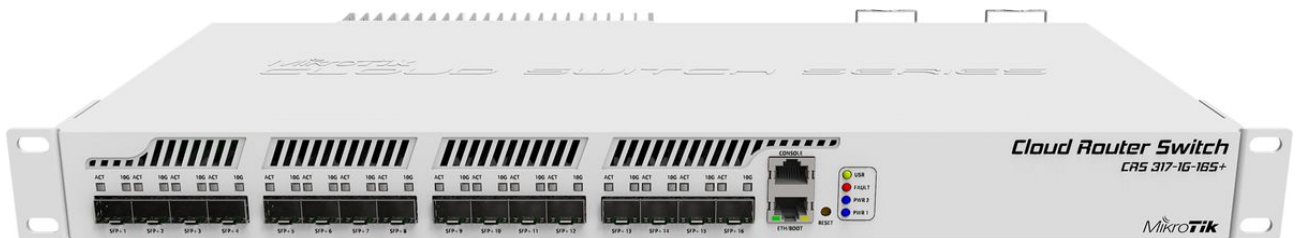


Figura 2

2.2 Gli apparati

Gli switch di aggregazione sono dei Mikrotik CRS317 equipaggiati con 16 porte SPF+ capaci di alloggiare sia moduli elettrici sia ottici con velocità fino a 10Gbps adatti a fibre MMF operanti a 850nm e dotati di alimentazione ridondata.

Il dato di throughput massimo dei Mikrotik si attesta a 317Gbps con frame di 1518 byte.



Switching results

CRS317-1G-16S+RM							
Mode	Configuration	1518 byte		512 byte		64 byte	
		kpps	Mbps	kpps	Mbps	kpps	Mbps
Switching	Non blocking Layer 2 throughput	13,085.2	158,906.4	37,828.9	154,947.4	239,583.3	122,666.7
Switching	Non blocking Layer 2 capacity	13,085.2	317,812.7	37,828.9	309,894.7	239,583.3	245,333.3
Switching	Non blocking Layer 1 throughput	13,085.2	161,000.0	37,828.9	161,000.0	239,583.3	161,000.0
Switching	Non blocking Layer 1 capacity	13,085.2	322,000.0	37,828.9	322,000.0	239,583.3	322,000.0

Figura 3

Gli switch di accesso sono dei DELL N2048 dotati di 48 porte Ethernet 1Gbps, 2 porte SFP+ per moduli ottici fino a 10Gbps nonché sul retro 2 porte per lo stacking fino ad un massimo di 12 apparati. Il throughput massimo raggiunge i 220Gpbs.



2.3 Moduli SFP+

I moduli SFP+ sono dei transceiver ottici 10Gbps adatti a lavorare con fibre multimodali di categoria minima OM4 a 850nm su distanze massime di 400m.

Technical Description (DELL)

Brand: Finisar/Dell

Model: FTLX8571D3BCL-FC / WTRD1 / 0WTRD1

Distance: 300 m (400m max OM4 MMF)

Data Rate (max): 10.5 Gb/s

Protocol: 10x Fibre Channel Compliant 10 Gigabit Ethernet Compliant

Power supply: Single 3.3V

Power dissipation: < 1W

Laser: Uncooled 850nm VCSEL laser

Receiver: PIN

Voltage Supply: 3.3

Wavelength: 850nm Band

Connector: Duplex LC connector

Hot-pluggable SFP+ footprint: yes

Commercial temperature range: 0°C to 70°C

Technical Description (Mikrotik)

Brand: Mikrotik

Model: S+85DLC03D

Distance: 300 m

Data Rate (max): 10.5 Gb/s

Protocol: 10 Gigabit Ethernet Compliant

Wavelength: 850nm Band

Connector: Duplex LC connector

Hot-pluggable SFP+ footprint: yes

Tested ambient temperature: -40°C to 70°C

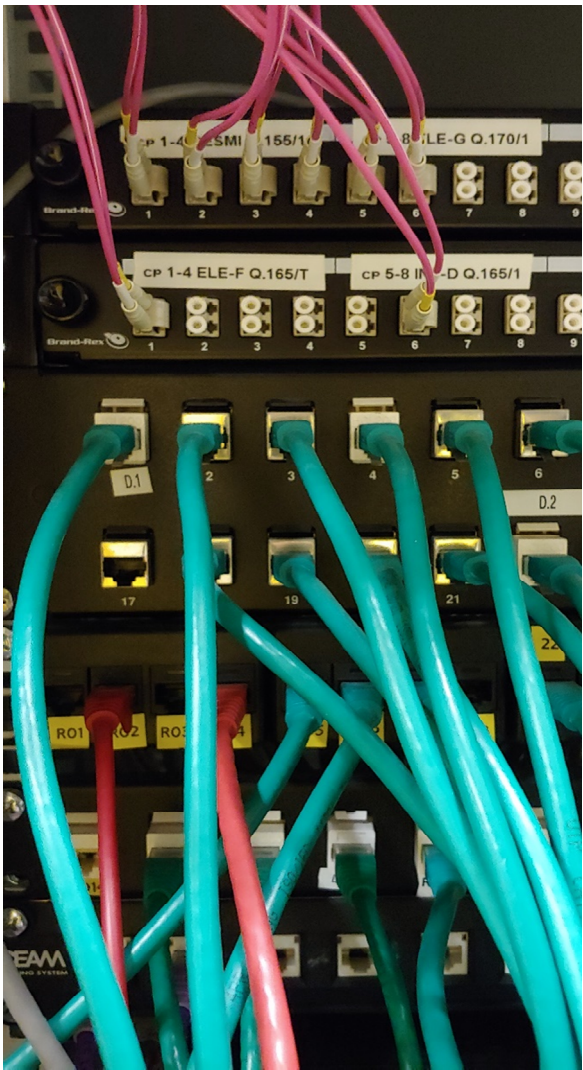
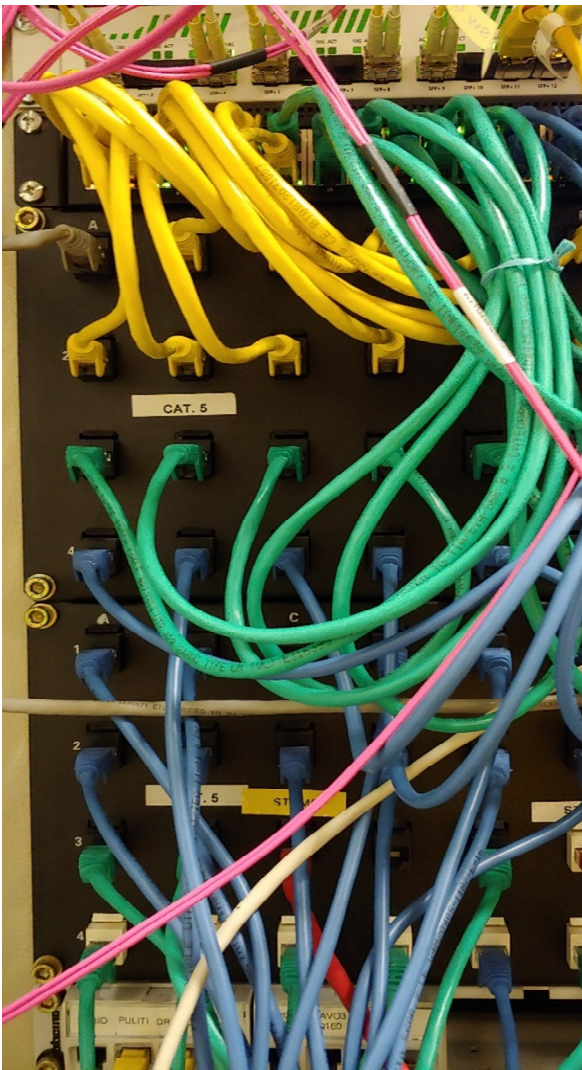
2.3 Il Cablaggio

Il cablaggio strutturato del dipartimento inizialmente era costituito solo da cavi UTP in rame cat.5 e 5e sia per le connessioni di accesso sia per gli up-link verso la rete di facoltà.

Con il calo dei costi è stato possibile sostituire il cablaggio verticale ed integrare quello orizzontale con fibre ottiche OM4.

In figura 2 sono rappresentate in colore arancione le connessioni in fibra ottica a 10Gbps ed in nero la connessione in rame a 1Gbps verso il laboratorio di bioingegneria non ancora raggiunto dalla fibra.

2.4 Patch panel



Capitolo 3

Introduzione

Le principali caratteristiche di una rete sono le sue prestazioni e la sua affidabilità e cioè rispettivamente la capacità massima di trasportare informazione nell'unità di tempo e la capacità di rimanere attiva nel tempo senza disservizi.

In funzione dei costi che si decide di sostenere, per avere una rete ad alte prestazioni sono necessari apparati (L2-L3) capaci di garantire elevati throughput ed un cablaggio strutturato che consenta di realizzare link ad alta velocità.

Per migliorare l'affidabilità di una rete si devono prendere in considerazione vari aspetti: alimentazioni elettriche affidabili, ridondanza degli apparati di rete, ridondanza delle connessioni fisiche tra gli apparati.

Nel nostro caso l'esigenza di contenere i costi di esercizio, l'assenza di particolari criticità e la buona affidabilità degli apparati, hanno suggerito di introdurre soltanto degli UPS al fine di proteggere tutte le linee di alimentazione degli apparati.

Nel seguito del documento verranno descritte le fasi di progettazione ed implementazione del protocollo STP nel contesto della rete di Dipartimento in funzione dei collegamenti fisici preesistenti ed al momento inutilizzati.

3.1 Tecniche di ridondanza L2

Ridondare i collegamenti fisici in una rete Ethernet significa in generale avere due o più collegamenti tra due endpoint.

Affinché la rete a livello data link funzioni correttamente, è necessario che tra 2 stazioni ci sia uno ed un solo percorso possibile per evitare che Switching Loops (percorsi multipli che formano un anello in una rete a commutazione di pacchetto) facciano collassare la rete.

Tre sono i problemi causati dai loop in una rete:

- Broadcast storms
- MAC instability
- Trasmissione multipla dello stesso frame

Il broadcast-storm è la ritrasmissione continua di uno stesso frame: un frame di broadcast (o multicast) inviato da una stazione, viene normalmente ritrasmesso su tutte le porte dello switch (flooding) fatta eccezione per la porta che lo ha ricevuto. Se però lo switch ricevesse lo stesso frame attraverso un diverso path su un'altra porta, lo ritrasmetterebbe di nuovo.

Questo fenomeno unito al fatto che i frame non contengono un campo Time To Live come i pacchetti IP, fa sì che la ripetizione vada avanti all'infinito saturando la banda disponibile e collassando rapidamente la rete.

Il fenomeno del MAC instability è legato al Broadcast-Storm: la ricezione dello stesso frame su porte differenti causa un continuo aggiornamento della MAC Address table. Tutto ciò determina pertanto che un endpoint riceva ripetutamente lo stesso frame.

Il protocollo che si preoccupa di gestire questa problematica è lo Spanning-Tree Protocol (STP) che verrà dapprima analizzato nella sua versione originale descritta nelle specifiche IEEE 802.1D e successivamente nella versione Rapid-STP (IEEE

802.1w) accennando anche le caratteristiche delle versioni RPVSTP (Rapid Per Vlan STP) e MSTP (Multiple Spanning Tree - 802.1s) quest'ultima incorporata nelle specifiche 802.1Q (VLAN).

3.2 Spanning-Tree Protocol

STP ha lo scopo di riconoscere la presenza di eventuali loop nella topologia e decidere quali interfacce lasciare attive e quali disattivare, per garantire la comunicazione ma evitare la formazione di loop.

In questa sezione verranno usati i termini dispositivo, bridge e switch come sinonimi. L'algoritmo di STP (STA) crea una topologia ad albero rovesciato in cui in cima si trova lo switch principale (root-bridge) cui poi faranno riferimento tutti gli altri dispositivi (non-root bridge) per determinare il percorso meno costoso affinché un frame proveniente da una qualsiasi porta, raggiunga la radice al costo minore.

Il costo viene determinato in base al numero di porte attraversate e alle caratteristiche di velocità della porta.

STP è un protocollo che prevede due fasi: la prima riguarda l'elezione del Root-Bridge e la seconda prevede l'associazione di opportuni ruoli a specifiche porte.

3.2.1 Elezione del Root-Bridge

Per comprendere il meccanismo di elezione di STP si osservi la figura 4.

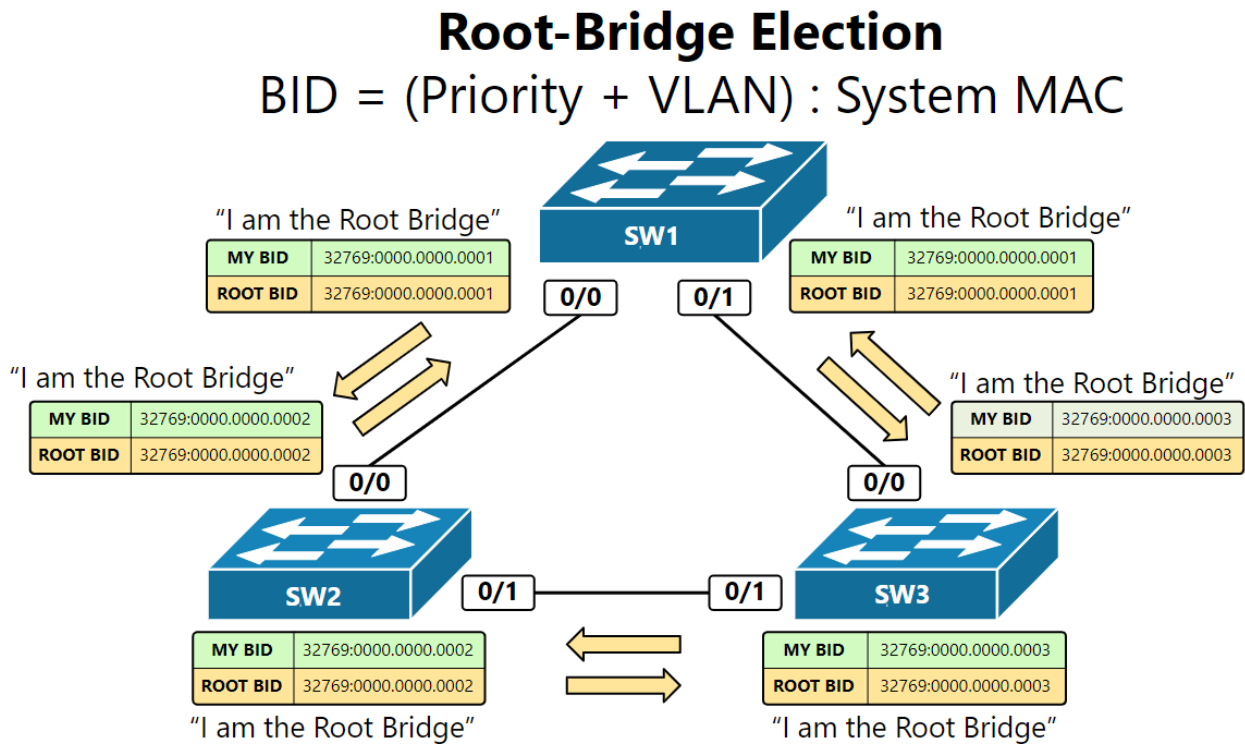


Figura 4

STP costruisce messaggi di configurazione (Bridge PDU) per scambiare informazioni con i vicini. La BPDU più comune è la *Hello BPDU* contenente i seguenti dati:

- Root Bridge ID
- Sender's Bridge ID
- Sender's Root Cost
- Timer Values

Ogni dispositivo invia le sue BPDU ai vicini con un intervallo imposto dal Hello Timer (default 2 secondi).

Il Bridge ID è costituito da un campo di 2 byte modificabile (Priority) e il campo di 6 Byte del MAC address specifico ed unico per ogni dispositivo (non modificabile).

Diviene Root-Bridge il dispositivo con il Bridge ID (BID) con priorità più alta (valore numericamente più basso).

Per far sì che STP converga verso la topologia logica desiderata è necessario modificare opportunamente il campo *priorità* nel dispositivo che si vuole diventi il root-bridge. In generale questa operazione può essere necessaria anche nei non-root bridge in caso di topologie complesse in quanto, in caso di parità nel campo *Priority*, verrebbe utilizzato il MAC Address del dispositivo come valore di decisione.

3.2.2 Ruoli e stati delle porte

Il protocollo definisce per le porte *ruoli* e *stati* che differiscono leggermente in base alla versione in uso.

Ruoli	
STP	RSTP
Designated	Designated
Root	Root
Blocked	Alternate
	Backup
	Edge

Tabella 1

Stati	
STP	RSTP
Disabled	Disabled
Blocking	Discarding
Listening	
Learning	Learning
Forwarding	Forwarding

Tabella 2

Il diagramma di figura 5 chiarisce il metodo di assegnazione dei ruoli nel caso di STP:

- tutte le porte che “vedono” uno switch più a valle sono Designated Ports (verde).
- Tutte le porte a valle che “vedono” Designated Ports possono essere Root (blu) o Blocked (Alternate) (rosso)
- Le porte Root lasciano passare tutto il traffico (Forwarding state) mentre le Blocked (Alternate) lasciano passare solo le BPDU di gestione protocollo (Blocking/Discarding state).

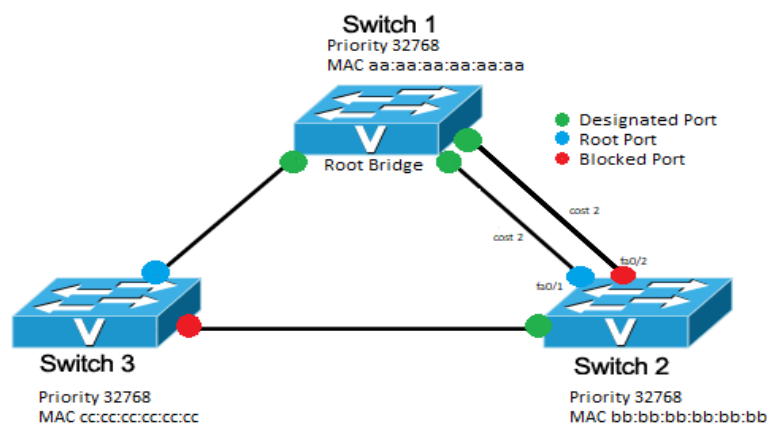


Figura 5

La transizione tra lo stato di Forwarding a quello di Blocking è immediata mentre quella opposta deve avvenire secondo temporizzazioni imposte dal Forward Delay Timer.

Una porta in stato di Blocking (Discarding in RSTP) prima di passare allo stato di Forwarding deve attraversare stati intermedi: Listening e Learning (Learning in RSTP).

Listening: No Forwarding dati utente/Svuotamento MAC Address table

Learning: No Forwarding dati utente/Aggiornamento MAC address table

Esempio di transizione di ruolo:

Blocking->(MaxAge)->Listening->(Delay)->Learning->(Delay)->Forwarding

Timers	STP
Forward Delay Timer	15 sec
Maxage	10 x Hello Timer
Hello Timer	2 s

Tabella 3

Dall'esempio si comprende che il tempo di riconvergenza di STP in caso di guasto risulta piuttosto lungo e pari a circa 50 secondi.

3.2.3 Costi di attraversamento

La logica che STP usa in ogni dispositivo, per stabilire quali porte mettere in stato di Forwarding e quale in stato di Blocking si basa sull'analisi del costo di attraversamento delle porte di uscita fino a raggiungere la radice.

Ogni switch dichiara nelle proprie BPDU il costo di attraversamento delle sue porte di uscita verso la radice (root-port): pertanto il costo dichiarato dal root-switch “per raggiunger se stesso” è pari a zero.

In Tabella 4 sono riportati i costi standardizzati dall’IEEE sia per STP nella sua versione originale sia nelle sue versioni aggiornate.

Port Costs (IEEE 802.1Q)		
Velocità	IEEE < 1998	IEEE > 2004
10Mbps	100	2.000.000
100Mbps	19	200.000
1Gbps	4	20.000
10Gbps	2	2.000
100Gbps	-	200
1Tbps	-	20
10Tbps	-	2

Tabella 4

Nell’esempio di figura 5, assumendo per semplicità che le interfacce abbiano pari velocità di collegamento (e quindi stesso costo), Switch3 calcolerà un costo di attraversamento inferiore (pari alla somma del costo della sua interfaccia di uscita ed il costo dichiarato dal root-switch Switch1 pari a zero) utilizzando il collegamento diretto verso Switch1 piuttosto che attraversando Switch2.

Per questo motivo Switch3 potrà in Ruolo Root la sua porta verso Switch1 ed in ruolo Blocked la porta verso Switch2.

3.3 Rapid-STP

Se in passato i tempi di riconvergenza di STP nella sua forma originale erano considerati più che accettabili (circa 1 minuto), nelle reti moderne non lo sono più.

Nelle recenti versioni sono state introdotte funzionalità volte ad accelerare il processo di innesco della riconvergenza ed anche BPDU informative che gli apparati possono inviare per interrogare i vicini anziché attendere i timeout previsti dai timer.

Verrà trattato specificatamente il protocollo RSTP elencandone le similitudini e le caratteristiche che lo differenziano da STP per passare poi al banco di prova.

Similitudini:

- Il meccanismo di elezione del root-bridge è lo stesso
- Il meccanismo di identificazione delle root-ports e delle designated ports è lo stesso
- Ruoli e stati delle porte sono molto simili

Differenze:

- I valori dei timer sono stati ridotti per cui la convergenza di RSTP (3 sec) è molto più rapida di STP (50 sec)
- Esistono circostanze in cui RSTP può evitare di attendere i tempi imposti dai timer e far passare una porta subito nello stato di forwarding

In RSTP il ruolo Blocked prende il nome Alternate e vengono introdotti i ruoli Backup e Shared per le Designated Ports.

Una porta Alternate è una root-port alternativa posta in stato discarding.

I ruoli di porta Backup e Shared non sono di interesse per questa tesi essendo utilizzate solo in caso di presenza di hub nella topologia.

Il ruolo Edge viene utilizzato solo sulle porte che sono destinate ad utenti finali, ovvero a connettere dispositivi (calcolatori) con i quali è improbabile creare loop.

Una porta con ruolo Edge non trasmette BDPU.

In figura 6 un esempio di Backup port.

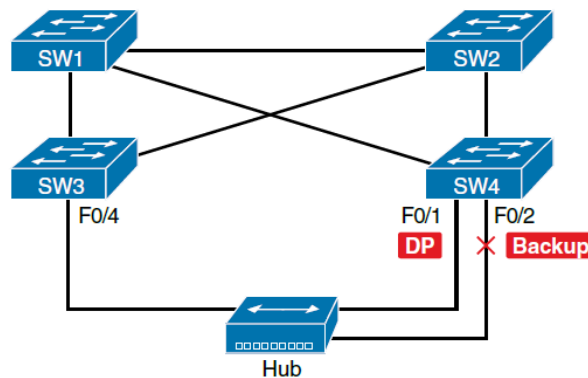


Figura 6

3.4 Rapid Per VLAN STP e Multiple STP

Prima dell'introduzione della tecnica delle VLAN, STP funzionava gestendo in maniera ottimale ogni bridge.

Con l'introduzione delle VLAN però si è reso necessario sviluppare una versione di STP che funzionasse in una rete con più domini di broadcast.

Cisco introdusse dapprima PVSTP+ (basato su STP) e successivamente il RapidPVST+ (Rapid Per Vlan Spanning Tree).

Al momento della standardizzazione, la IEEE decise di non adottare il RPVST+ di Cisco ma di creare uno standard open chiamato MSTP e basato su RSTP.

Sia RPVSTP che MSTP consentono di configurare la bridge priority per ogni VLAN. La differenza principale tra RPVSTP e MSTP sta nella differente gestione delle VLAN.

Mentre RPVSTP prevede la configurazione del protocollo per ciascuna VLAN e conseguentemente una istanza di STP per ogni vlan configurata, la versione MSTP

consente di organizzare le vlan in gruppi e configurare una istanza STP per ogni gruppo.

Gli switch Dell supportano tutte le versioni del protocollo (STP, RSTP, PVSTP, RPVSTP e MSTP) mentre i Mikrotik supportano solamente STP, RSTP e MSTP.

Nel nostro caso, essendo esiguo il numero di switch in esercizio e VLAN configurate, essendo presente un solo aggregation switch per zona (i due Mikrotik CRS317) e considerando le versioni di STP comuni a tutti gli apparati, si è optato per lavorare con RSTP.

3.5 RSTP in Wireshark

In figura 7 è visibile un esempio di decodifica del protocollo STP operata dal programma Wireshark catturando le BPDU in arrivo da una porta dello Stack Switch 31.4.

Sono chiaramente visibili l'id del protocollo STP, la versione (2) la tipologia (Rapid), il BID del Root Switch, il path cost per quella porta ed il Bridge identifier che identifica lo switch cui si è connessi.

Seguono il Port Id, Message Age, Max Age, Hello Timer, Forward Delay e Versione.

```
Frame 20: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface id 0
IEEE 802.3 Ethernet
Logical-Link Control
Spanning Tree Protocol
  Protocol Identifier: Spanning Tree Protocol (0x0000)
  Protocol Version Identifier: Rapid Spanning Tree (2)
  BPDU Type: Rapid/Multiple Spanning Tree (0x02)
  BPDU flags: 0x7c, Agreement, Forwarding, Learning, Port Role: Designated
  Root Identifier: 4096 / 0 / b8:69:f4:8d:bd:2e
  Root Path Cost: 2010
  Bridge Identifier: 32768 / 0 / f8:b1:56:7d:a0:ab
  Port identifier: 0x808f
  Message Age: 2
  Max Age: 20
  Hello Time: 2
  Forward Delay: 15
  Version 1 Length: 0
```

Figura 7

Capitolo 4

Introduzione

L'approccio al progetto ed alla configurazione è stato affrontato sulla carta riproducendo uno schema della attuale topologia della rete del dipartimento (Figura 2) con l'intento di identificare le principali criticità nella connettività e, sulla base del cablaggio inutilizzato disponibile tra gli armadi di rete, pianificare la ridondanza delle connessioni.

Trattandosi di una rete attiva ed in esercizio, al fine di evitare potenziali disservizi, si è preferito simulare in zona protetta la configurazione degli apparati principali ovvero switch di aggregazione e switch di accesso (Mikrotik e DELL) per verificare sperimentalmente i comportamenti teorici attesi.

4.1 Il banco di prova

Avendo a disposizione una Routerboard Mikrotik RB4011 ed uno switch DELL N2048 di riserva, si è costruita una rete di test nella quale fare prove di configurazione del root-switch ed analisi delle designated-ports.



Figura 8

La Routerboard Mikrotik utilizza lo stesso firmware 6.48.2 dell'apparato CRS317 sebbene a livello hardware sia molto meno potente (Figure 9-10).

La RB4011 è dotata di 10 porte Ethernet Gigabit elettriche ed una sola porta SFP+ che alloggia un modulo ottico 10Gbps. Come evidenziato in Figura 11 ha un throughput decisamente più basso pari a circa 9.8 Gbps contro 317Gbps dell'unità usata nel centro stella.

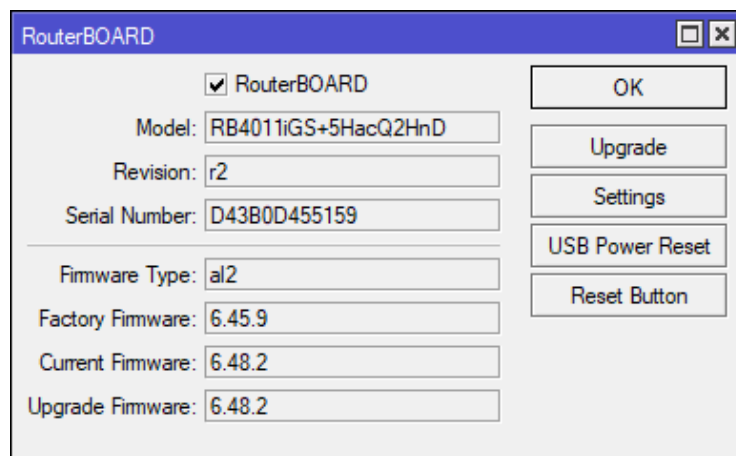


Figura 9

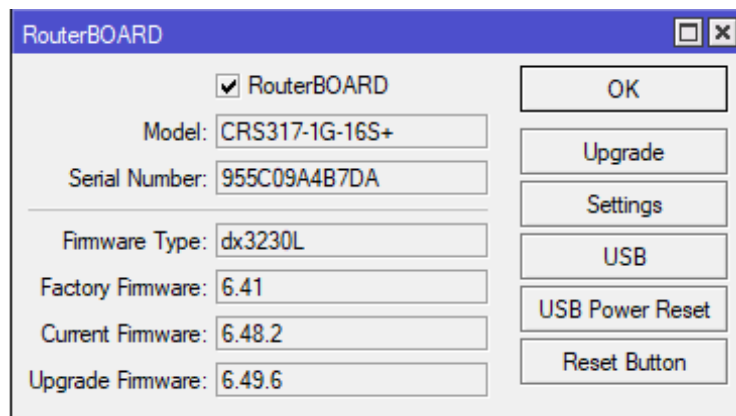


Figura 10

RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN		AL21400 1G/S+ all port test					
Mode	Configuration	1518 byte		512 byte		64 byte	
		kpps	Mbps	kpps	Mbps	kpps	Mbps
Bridging	none (fast path)	806,4	9,792.9	2312,9	9,473.6	5509,7	2,821.0
Bridging	25 bridge filter rules	806,4	9,792.9	1037,4	4,249.2	1153,2	590.4
Routing	none (fast path)	806,4	9,792.9	1923,3	7,877.8	5092,3	2,607.3
Routing	25 simple queues	806,4	9,792.9	1046,6	4,286.9	960,3	491.7
Routing	25 ip filter rules	593,7	7,209.9	625,2	2,560.8	564,6	289.1

Figura 11

Ciò non rappresenta un problema tenuto conto che, a questo livello, l'unico interesse è quello di verificare le reazioni dei 2 dispositivi in base alle configurazioni e ai cambiamenti di topologia.

4.2 Configurazione della RB4011

La routerboard RB4011 è internamente equipaggiata con 2 bridge configurabili.

Al Bridge1 sono state associate le porte ethernet 1-5 e la porta SFP+ la quale, connessa al trunk di dipartimento, consente l'accesso alla pagina web di controllo della routerboard dal pc.

Al Bridge2 sono state associate le porte ethernet 6-10 e sono state scelte le porte ether6-ether7 per il collegamento ridondato.

Dalla Figura 12 si nota che la configurazione di default ha priority 8000H pari a 32768dec e dalla Figura 13 si evince che il bridge isolato si è autoeletto root-bridge con BID pari a 80:00:08:55:31:6D:54:7F

Interface <bridge2>

General STP VLAN Status Traffic

Protocol Mode: ☒ none ☐ STP ☒ RSTP ☐ MSTP

Priority: 8000 hex

Region Name:

Region Revision: 0

Max Message Age: 00:00:20

Forward Delay: 00:00:15

Transmit Hold Count: 6

Max Hops: 20

OK Cancel Apply Disable Comment Copy Remove Torch

enabled running slave

Figura 12

Interface <bridge2>

General STP VLAN Status Traffic

Last Link Down Time: Apr/08/2023 19:14:16

Last Link Up Time: Apr/08/2023 19:14:25

Link Downs: 4

☒ Root Bridge

Root Bridge ID: 0x8000.08:55:31:6D:54:7F

Regional Root Bridge ID: 0.00:00:00:00:00:00

Root Path Cost: 0

Root Port: none

Port Count: 4

Designated Port Count: 2

MST Config Digest:

☐ Multicast Router

OK Cancel Apply Disable Comment Copy Remove Torch

enabled running

Figura 13

4.3 Configurazione switch DELL N2048

Trattandosi di uno switch ancora non configurato si è optato per configurazione tramite porta console seriale.

Entrando in console e digitando il comando “show spanning-tree” si è verificato lo stato iniziale dello switch: il protocollo spanning-tree è attivo (come è lecito attendersi su questa categoria di apparati). La versione attiva è RSTP e lo switch ha eletto se stesso come root con priority 32768 (8000H) e BID 80:00:F8:B1:56:7D:A0:BB

```
Q165_SS_TEST#show spanning-tree
```

```
Spanning Tree           : Enabled
BPDU Flooding           : Disabled
Portfast BPDU Filtering : Disabled
Mode                    : rstp
Portfast BPDU Guard     : Disabled
CST Regional Root       : 80:00:F8:B1:56:7D:A0:BB
Regional Root Path Cost : 0
ROOT ID

      Priority          32768
      Address           F8B1.567D.A0BB
      This Switch is the Root.
      Hello Time: 2s Max Age: 20s Forward Delay: 15s Transmit Hold Count: 6s
      Bridge Max Hops: 20
```

```
Interfaces
```

Name	State	Prio.Nbr	Cost	Sts	Role	Restricted
Gil/0/1	Enabled	128.1	200000	FWD	Desg	No
Gil/0/2	Enabled	128.2	0	DIS	Disb	No
Gil/0/3	Enabled	128.3	0	DIS	Disb	No
Gil/0/4	Enabled	128.4	0	DIS	Disb	No
Gil/0/5	Enabled	128.5	0	DIS	Disb	No
Gil/0/6	Enabled	128.6	0	DIS	Disb	No
Gil/0/7	Enabled	128.7	0	DIS	Disb	No
Gil/0/8	Enabled	128.8	0	DIS	Disb	No
Gil/0/9	Enabled	128.9	0	DIS	Disb	No
Gil/0/10	Enabled	128.10	0	DIS	Disb	No

La porta 1 dello switch è attiva perché connessa ad una interfaccia ethernet di test connessa ad un PC. Come atteso il ruolo della porta è Designated ed il costo impostato dallo switch è pari a 200.000 che secondo lo standard 802.1Q (Tabella 4) ha velocità di 100Mbps il che corrisponde alle caratteristiche dell’adattatore usb/ethernet Dlink ivi connesso.

Trattandosi di uno switch completamente isolato, configurare le VLAN al momento non è necessario ai fini della sperimentazione.

4.4 Configurazione iniziale

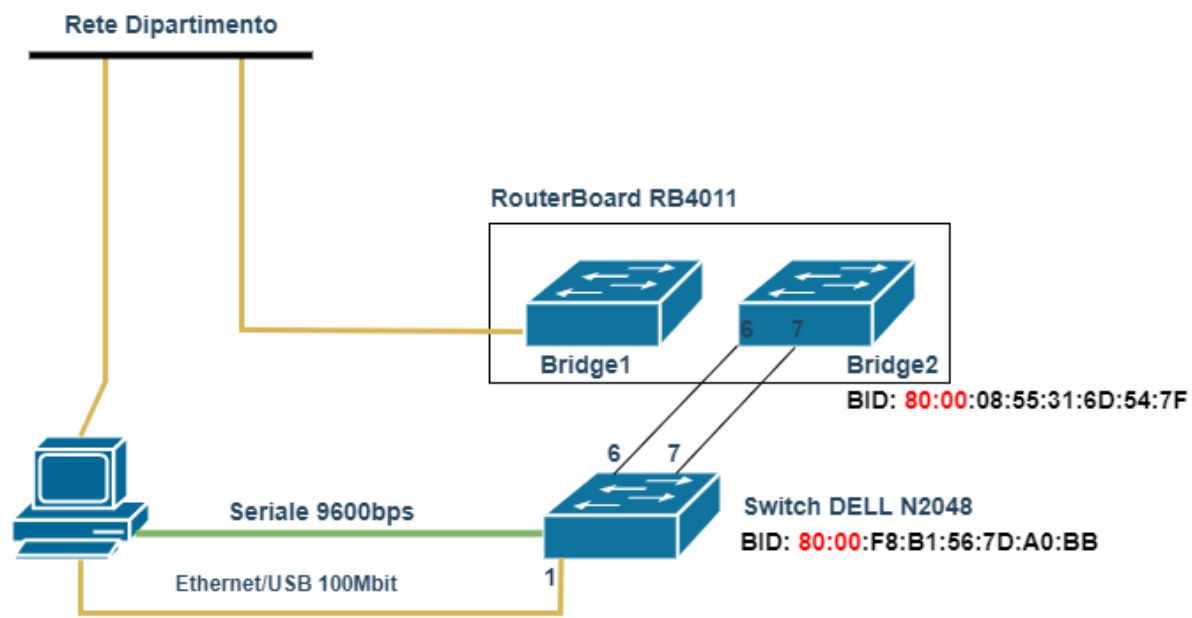


Figura 14

Partendo dalla condizione in cui il Bridge 2 della Routerboard e lo switch DELL erano isolati, si è simulato un cambiamento topologico collegando le due porte scelte della RB4011 a 2 porte del N2048 scelte per comodità con gli stessi indici (6-7). Le porte 6-7 della RouterBoard sono diventate attive ed entrambe Designated Ports il che sta ad indicare che tra i due device la RouterBoard è diventata Root-Bridge per la coppia Mikrotik/DELL. Ciò è risultato coerente analizzando i 2 BID (Figura 14): stessa priority (8000hex) ma il MAC Mikrotik numericamente più basso del DELL.

6	ether6	bridge2	no	80	10 designated port
7	ether7	bridge2	no	80	10 designated port

Figura 15

Verificando lo stato dello spanning-tree nello switch DELL (Figura 16) si nota che la Mikrotik è stata riconosciuta come root-bridge e che le porte 6-7 del DELL sono divenute attive rispettivamente come Root e Alternate port (indicando che il DELL ha riconosciuto di non essere più root-switch) con un costo di 20.000 indicante una velocità di 1Gbps (dato coerente con le interfacce in questione).

```
Q165_SS_TEST#show spanning-tree

Spanning Tree      : Enabled
BPDU Flooding      : Disabled
Portfast BPDU Filtering : Disabled
Mode               : rstp
Portfast BPDU Guard : Disabled
CST Regional Root  : 80:00:F8:B1:56:7D:A0:BB
Regional Root Path Cost : 0
ROOT ID
    Priority        32768
    Address         0855.316D.547F
    Path Cost       20000
    Root Port       Gil/0/6
    Hello Time: 2s Max Age: 20s Forward Delay: 15s Transmit Hold Count: 6s
    Bridge Max Hops: 20
Bridge ID
    Priority        32768
    Address         F8B1.567D.A0BB
    Hello Time: 2s Max Age: 20s Forward Delay: 15s Transmit Hold Count: 6s
Interfaces
Name      State    Prio.Nbr  Cost      Sts  Role  Restricted
-----
Gil/0/1   Enabled  128.1    200000    FWD  Desg  No
Gil/0/2   Enabled  128.2     0         DIS  Disb  No
Gil/0/3   Enabled  128.3     0         DIS  Disb  No
Gil/0/4   Enabled  128.4     0         DIS  Disb  No
Gil/0/5   Enabled  128.5     0         DIS  Disb  No
Gil/0/6   Enabled  128.6    20000    FWD  Root  No
Gil/0/7   Enabled  128.7    20000    DSC  Altn  No
Gil/0/8   Enabled  128.8     0         DIS  Disb  No
Gil/0/9   Enabled  128.9     0         DIS  Disb  No
Gil/0/10  Enabled  128.10    0         DIS  Disb  No
```

Figura 16

Il fatto che la porta 6 sia diventata root-port e la 7 alternate è perfettamente coerente con il protocollo STP che in caso di parità di costo tra le interfacce, utilizza l'id della porta stessa come ulteriore discriminante (Id più basso -> priorità maggiore $128.6 < 128.7$).

4.5 Verifica sperimentale 1:

Cambio della velocità dell'interfaccia

Per verificare il corretto funzionamento del sistema si è modificata forzatamente la velocità di connessione della porta 6 portandola a 100Mbps. Una successiva verifica della topologia ha evidenziato che ora la porta 6 aveva un costo maggiore della porta 7 ($200.000 > 20.000$) e pertanto quest'ultima è divenuta root-port (Figura 17).

```
Q165_SS_TEST(config-if-Gil/0/6)#show spanning-tree
```

Spanning Tree : Enabled
BPDU Flooding : Disabled
Portfast BPDU Filtering : Disabled
Mode : rstp
Portfast BPDU Guard : Disabled
CST Regional Root : 80:00:F8:B1:56:7D:A0:BB
Regional Root Path Cost : 0
ROOT ID

Priority 32768
Address 0855.316D.547F
Path Cost 20000
Root Port Gil/0/7
Hello Time: 2s Max Age: 20s Forward Delay: 15s Transmit Hold Count: 6s
Bridge Max Hops: 20

Bridge ID

Priority 32768
Address F8B1.567D.A0BB
Hello Time: 2s Max Age: 20s Forward Delay: 15s Transmit Hold Count: 6s

Interfaces

Name	State	Prio.Nbr	Cost	Sts	Role	Restricted
Gil/0/1	Enabled	128.1	200000	FWD	Desg	No
Gil/0/2	Enabled	128.2	0	DIS	Disb	No
Gil/0/3	Enabled	128.3	0	DIS	Disb	No
Gil/0/4	Enabled	128.4	0	DIS	Disb	No
Gil/0/5	Enabled	128.5	0	DIS	Disb	No
Gil/0/6	Enabled	128.6	200000	DSC	Altn	No
Gil/0/7	Enabled	128.7	20000	FWD	Root	No
Gil/0/8	Enabled	128.8	0	DIS	Disb	No
Gil/0/9	Enabled	128.9	0	DIS	Disb	No
Gil/0/10	Enabled	128.10	0	DIS	Disb	No

Figura 17

Si è infine ripristinata la condizione iniziale di velocità della porta 6 a 1Gbps e verificato il ritorno alla topologia iniziale con la porta 6 quale root-port.

4.6 Verifica sperimentale 2:

Modifica della priorità di sistema

Al fine di verificare la corretta inversione dei ruoli tra root-switch e non-root-switch a seguito del cambiamento manuale della priorità, si è deciso di cambiare il valore priority della RouterBoard da 8000h a 8001h.

L'esito è stato effettivamente quello dell'elezione di un nuovo root-switch, dell'inversione dei ruoli delle designated-ports in root/alternate ports nella RouterBoard e delle porte root/alternate in designated-ports nel DELL.

Ciò è visibile nelle figure 18 e 19 relativamente alla RouterBoard e nella Figura 20 relativamente al DELL.

6	ether6	bridge2	no	80	10	root port	10
7	ether7	bridge2	no	80	10	alternate port	10

Figura 18

Interface <bridge2>

General STP VLAN Status Traffic

Last Link Down Time: Apr/08/2023 19:14:16

Last Link Up Time: Apr/08/2023 19:14:25

Link Downs: 4

☐ Root Bridge

Root Bridge ID: 0x8000.F8:B1:56:7D:A0:BB

Regional Root Bridge ID: 0.00:00:00:00:00:00

Root Path Cost: 10

Root Port: ether6

Port Count: 4

Designated Port Count: 0

MST Config Digest:

☐ Multicast Router

OK Cancel Apply Disable Comment Copy Remove Torch

enabled running slave

Figura 19

```
Q165_SS_TEST#show spanning-tree
```

```
Spanning Tree           : Enabled
BPDU Flooding           : Disabled
Portfast BPDU Filtering : Disabled
Mode                    : rstp
Portfast BPDU Guard     : Disabled
CST Regional Root       : 80:00:F8:B1:56:7D:A0:BB
Regional Root Path Cost : 0
ROOT ID

      Priority      32768
      Address      F8B1.567D.A0BB
      This Switch is the Root.
      Hello Time: 2s Max Age: 20s Forward Delay: 15s Transmit Hold Count: 6s
      Bridge Max Hops: 20
```

Interfaces

Name	State	Prio.Nbr	Cost	Sts	Role	Restricted
Gil/0/1	Enabled	128.1	200000	FWD	Desg	No
Gil/0/2	Enabled	128.2	0	DIS	Disb	No
Gil/0/3	Enabled	128.3	0	DIS	Disb	No
Gil/0/4	Enabled	128.4	0	DIS	Disb	No
Gil/0/5	Enabled	128.5	0	DIS	Disb	No
Gil/0/6	Enabled	128.6	20000	FWD	Desg	No
Gil/0/7	Enabled	128.7	20000	FWD	Desg	No
Gil/0/8	Enabled	128.8	0	DIS	Disb	No
Gil/0/9	Enabled	128.9	0	DIS	Disb	No
Gil/0/10	Enabled	128.10	0	DIS	Disb	No

Figura 20

Dalla Figura 19 si nota anche un altro importante dato negativo: purtroppo la RouterBoard non rispetta lo standard 802.1Q per quanto riguarda il costo delle interfacce.

Infatti, il dato di costo è impostato a 10 contro il valore che ci si aspetterebbe di 20.000.

In effetti da una verifica effettuata nel manuale Mikrotik di RouterOS relativo alla configurazione di STP al link

https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Spanning_Tree_Protocol

si evince che il costo di qualsiasi interfaccia indipendentemente dalla sua velocità è sempre impostato a 10 di default sebbene sia un valore modificabile manualmente.

Default values

When creating a bridge or adding a port to a bridge the following are the default values that are assigned by RouterOS:

- Default bridge priority: **32768 / 0x8000**
- Default bridge port path **cost**: **10**
- Default bridge port priority: **0x80**
- BPDU message age increment: **1**
- HelloTime: **2**
- Default max message age: **20**

RouterOS does not change port path **cost** based on the link speed, for 10M, 100M, 1000M and 10000M link speeds the default path **cost** value when a port is added to a bridge are always **10**. The age of a BPDU is determined by how many bridges have the BPDU passed times the message age since RouterOS uses **1** as the message age increment, then the BPDU packet can pass as many bridges as specified in the `max-message-age` parameter. By default this value is set to **20**, this means that after the 20th bridge the BPDU packet will be discarded and the next bridge will become a root bridge, note that if `max-message-age=20` is set, then it is hard to predict which ports will be the designated port on the 21st bridge and may result in traffic not being able to be forwarded properly. In case bridge filter rules are used, make sure you allow packets with DST-MAC address **01:80:C2:00:00:00** since these packets carry BPDUs that are crucial for STP to work properly.

4.7 Verifica sperimentale 3: Configurazione complessa

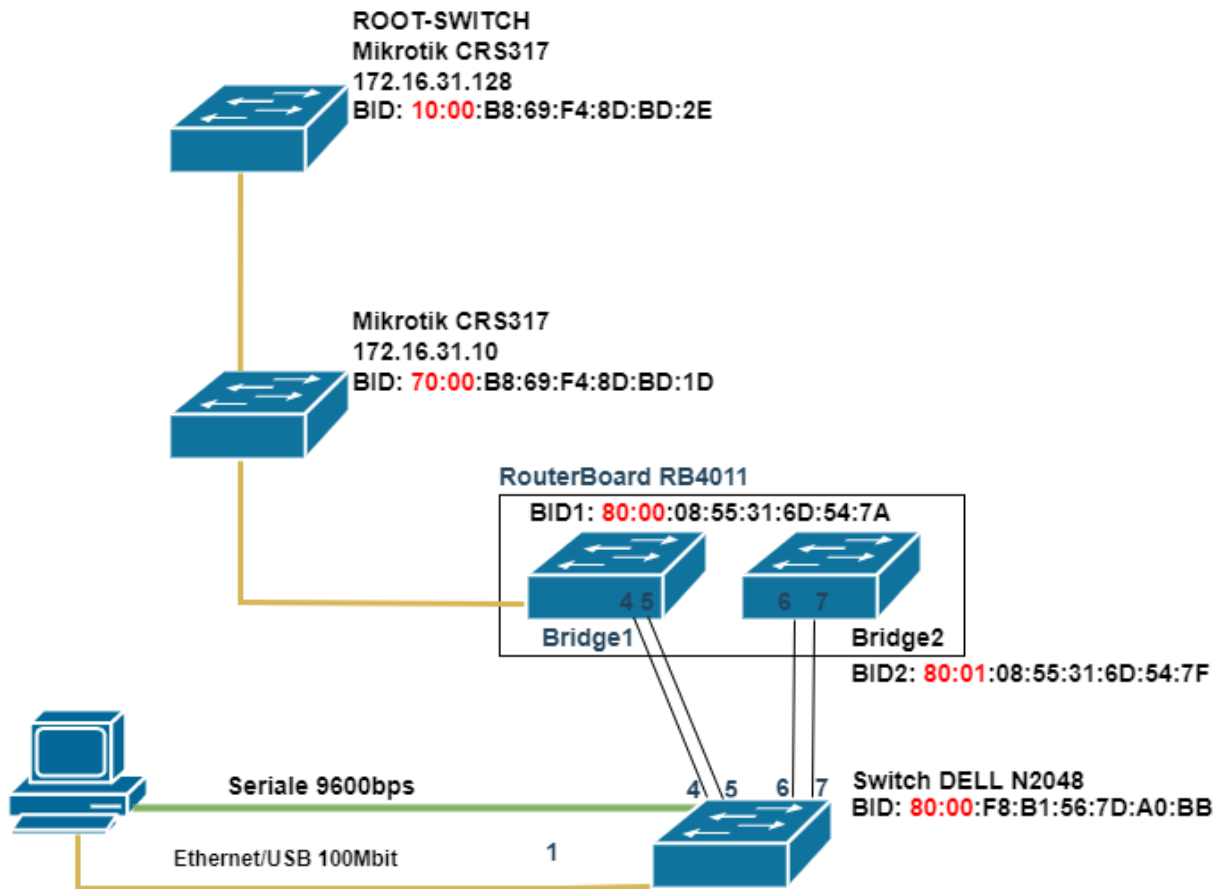


Figura 21

Per realizzare questo test si è dovuto modificare la configurazione di RSTP dei due switch Mikrotik CRS317 in esercizio nel dipartimento.

Successivamente è stato possibile collegare la coppia RB4011/DELL e verificare la convergenza del sistema.

Il Bridge1 della RB4011 che prima era il root-bridge, ha riconosciuto il nuovo root nel Mikrotik CRS317 con IP 172.16.31.128 aggiornando il suo path cost a 20.

In cascata al Bridge1 si trova il DELL N2048 connesso con le porte 4-5 (root-alternate) verso il Bridge1 porte 4-5 (designated-designated) e con le altre due porte 6-7 (designated-designated) verso il Bridge2 (root-alternate).

4	ether4	bridge1	no	yes	80	10 designated port	
5	ether5	bridge1	no	yes	80	10 designated port	
6	ether6	bridge2	no	yes	80	10 root port	20030
7	ether7	bridge2	no	yes	80	10 alternate port	20030

Figura 22

Infine, il Bridge 2 (l'ultimo blocco logico della catena) ha anch'esso riconosciuto il CRS317 come root-bridge ed aggiornato il path cost a 20.030.

Di seguito le configurazioni viste rispettivamente dal Mikrotik (Fig.23-24) e dal DELL N2048 (Fig.25).

The screenshot shows the 'Interface <bridge1>' configuration window in Mikrotik WinBox, specifically the 'STP' tab. The window has tabs for 'General', 'STP', 'VLAN', 'Status', and 'Traffic'. The 'STP' tab is active, displaying various Spanning Tree Protocol settings. On the right side, there is a vertical column of buttons: 'OK', 'Cancel', 'Apply', 'Disable', 'Comment', 'Copy', 'Remove', and 'Torch'. At the bottom of the window, there are three status indicators: 'enabled', 'running', and 'slave'.

Key configuration details visible in the 'STP' tab include:

- Last Link Down Time:** (empty field)
- Last Link Up Time:** Apr/12/2023 16:58:30
- Link Downs:** 0
- Root Bridge:** ☐ (unchecked)
- Root Bridge ID:** 0x1000.B8:69:F4:8D:BD:2E
- Regional Root Bridge ID:** 0.00:00:00:00:00:00
- Root Path Cost:** 20
- Root Port:** sfp-sfpplus1-TRUNK-D11
- Port Count:** 9
- Designated Port Count:** 2
- MST Config Digest:** (empty field)
- Multicast Router:** ☐ (unchecked)

Figura 23

Interface <bridge2>

General STP VLAN Status Traffic

Last Link Down Time:

Last Link Up Time: Apr/12/2023 16:58:30

Link Downs: 0

☐ Root Bridge

Root Bridge ID: 0x1000.B8:69:F4:8D:BD:2E

Regional Root Bridge ID: 0.00:00:00:00:00:00

Root Path Cost: 20030

Root Port: ether6

Port Count: 4

Designated Port Count: 0

MST Config Digest:

☐ Multicast Router

enabled running slave

OK Cancel Apply Disable Comment Copy Remove Torch

Figura 24

Q165_SS_TEST#show spanning-tree

```
Spanning Tree      : Enabled
BPDU Flooding      : Disabled
Portfast BPDU Filtering : Disabled
Mode               : rstp
Portfast BPDU Guard : Disabled
CST Regional Root  : 80:00:F8:B1:56:7D:A0:BB
Regional Root Path Cost : 0
ROOT ID
    Priority        4096
    Address         B869.F48D.BD2E
    Path Cost       20020
    Root Port       Gil/0/4
    Hello Time: 2s Max Age: 20s Forward Delay: 15s Transmit Hold Count: 6s
    Bridge Max Hops: 20
Bridge ID
    Priority        32768
    Address         F8B1.567D.A0BB
    Hello Time: 2s Max Age: 20s Forward Delay: 15s Transmit Hold Count: 6s
Interfaces
Name      State    Prio.Nbr  Cost    Sts  Role  Restricted
-----
Gil/0/1   Enabled  128.1    0        DIS  Disb  No
Gil/0/2   Enabled  128.2    0        DIS  Disb  No
Gil/0/3   Enabled  128.3    0        DIS  Disb  No
Gil/0/4   Enabled  128.4    20000    FWD  Root  No
Gil/0/5   Enabled  128.5    20000    DSC  Altn  No
Gil/0/6   Enabled  128.6    20000    FWD  Desg  No
Gil/0/7   Enabled  128.7    20000    FWD  Desg  No
Gil/0/8   Enabled  128.8    0        DIS  Disb  No
Gil/0/9   Enabled  128.9    0        DIS  Disb  No
Gil/0/10  Enabled  128.10   0        DIS  Disb  No
```

Figura 25

Capitolo 5

5.1 Implementazione RSTP

Le configurazioni ed i test svolti nel test bed sono state la base sulla quale elaborare lo stato futuro della topologia ridondata. Essa è rappresentata in figura 26 con linee rosse.

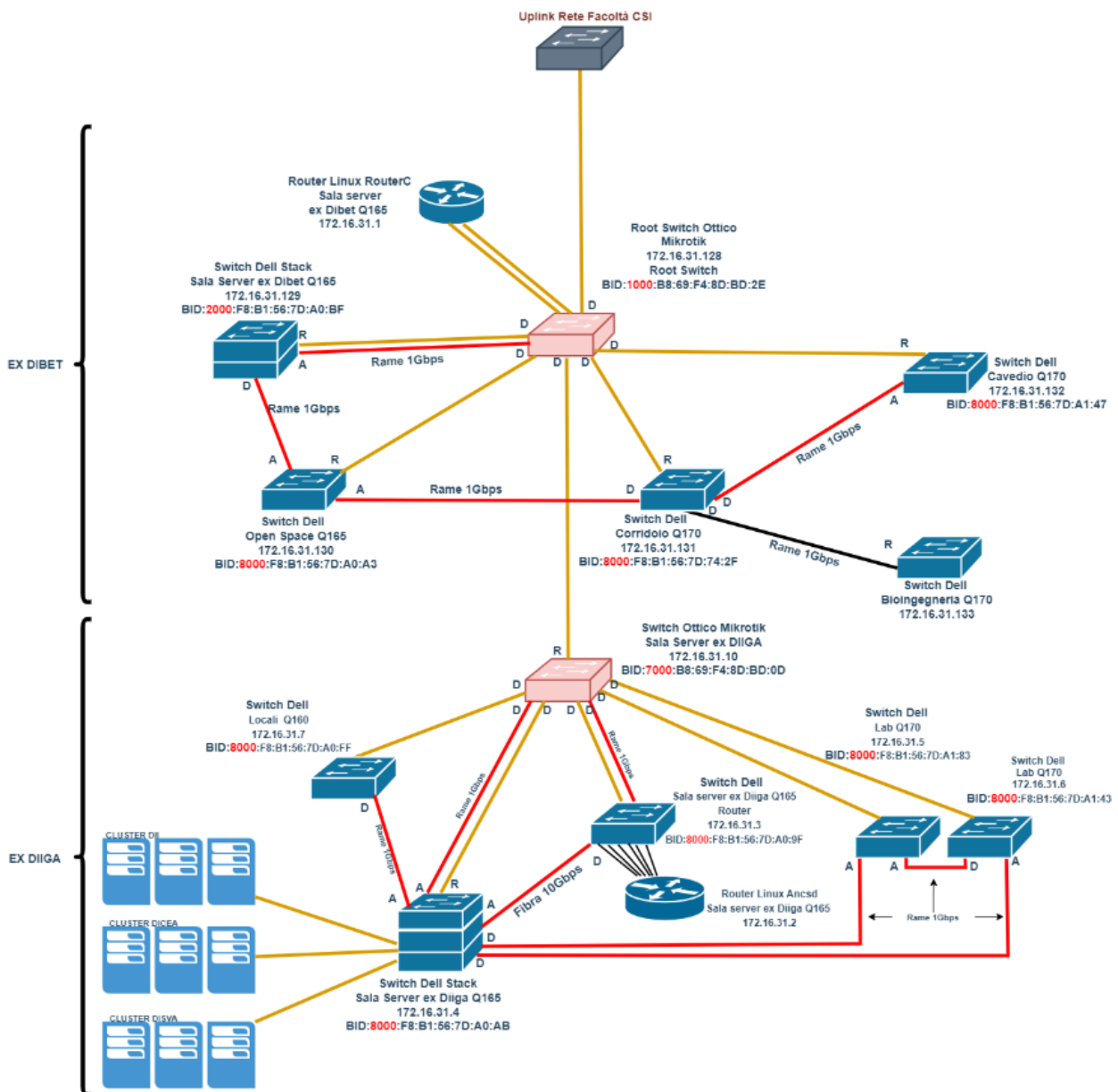


Figura 26

Prima di effettuare i collegamenti si è proceduto alla configurazione delle porte ethernet dei vari apparati DELL scelte per diventare le Alternate Ports di RSTP.

La loro configurazione deve necessariamente ricalcare quella delle Root Ports ottiche cui sono associate. Pertanto, sono state configurate come porte Trunk o General.

Di seguito vengono mostrate le configurazioni delle porte ethernet e lo stato dello spanning-tree dopo il loro collegamento secondo lo schema rappresentato in figura 26.

In tutte le configurazioni, a causa dei costi più elevati delle connessioni in rame previste dal protocollo STP, la Root port è sempre la porta in fibra ottica.

5.2 Configurazioni switch lato ex-DIBET

Gli switch di uplink hanno le porte configurate in modo Trunk con la VLAN di management come VLAN nativa.

Stack Switch Sala Server IP 172.16.31.129

```
interface Gi1/0/48
description "Backup xSTP Corridoio RAME"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 3-4,12-13,31,44,101
```

La porta ethernet Gi1/0/48 presentando un costo di 20000 (coerente con la velocità di 1Gbps) è stata posta da RSTP in ruolo Alternate e stato Discarding.

Gi1/0/48	Enabled	128.48	20000	DSC	Altn	No
Tel/0/1	Enabled	128.49	0	DIS	Disb	No
Tel/0/2	Enabled	128.50	2000	FWD	Root	No

La Root port è la porta in fibra Tel/0/2 con Path cost 2000.

ROOT ID	
Priority	4096
Address	B869.F48D.BD2E
Path Cost	2000
Root Port	Tel/0/2

Switch Dell Open-Space Q165 IP 172.16.31.130: sono state preconfigurate due porte (47-48) in quanto lo switch ha due Alternate Ports: una verso lo Stack Switch (31.129) ed una verso lo switch Corridoio-Q170 (31.131).

```
interface Gil/0/47
description "Backup xSTP Corridoio Rame"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 3-4,12-13,31,44,101

interface Gil/0/48
description "Backup xSTP Centro Stella Rame"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 3-4,12-13,31,44,101

interface Tel/0/1
description "Centro stella ottico"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 3-4,12-13,31,44,101
```

Verifica dello spanning-tree:

Gil/0/47	Enabled	128.47	20000	DSC	Altn	No
Gil/0/48	Enabled	128.48	20000	DSC	Altn	No
Tel/0/1	Enabled	128.49	2000	FWD	Root	No

Si nota che questo switch è l'ultimo della catena in quanto ha entrambe le porte Gigabit in ruolo Alternate (Altn) e state Discarding (DSC).

Switch Corridoio Q165 IP 172.16.31.131: le porte 47 e 48 connesse a OpenSpace-Q165 e Cavedio-Q170 hanno ruolo Designated e la Root Port è quella ottica a 10Gbps (Tel/0/2).

```
interface Gil/0/47
description "Backup xSTP Oспен Space"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 3-4,12,31,44,101

interface Gil/0/48
description "Backup xSTP Cavedio"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 3-4,12,31,44,101

interface Tel/0/2
description "Collegamento Centro Stella"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 3-4,12,31,44,101
```

Verifica dello spanning-tree:

Gil/0/47	Enabled	128.47	20000	FWD	Desg	No
Gil/0/48	Enabled	128.48	20000	FWD	Desg	No
Tel/0/2	Enabled	128.50	2000	DIS	Root	No

Switch Cavedio-Q170 IP 172.156.31.132: anche in questo caso lo switch ha la porta rame (Gi1/0/48) in ruolo Alternate.

```
interface Gi1/0/48
description "Backup xSTP - Corridoio RAME"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 1,3-4,12-13,31,44

interface Tel/0/1
description "Q165 centro stella"
switchport mode trunk
switchport trunk native vlan 31
switchport trunk allowed vlan 1,3-4,12-13,31,44,101
```

Verifica dello spanning-tree:

Gi1/0/48	Enabled	128.48	20000	DSC	Altn	No
Tel/0/1	Enabled	128.49	2000	FWD	Root	No

5.3 Configurazioni switch lato ex-DIIGA

Gli switch lato ex-Diiga hanno le porte di uplink configurate in modalità General che, similmente alla modalità Trunk, consente la coesistenza sulla stessa interfaccia di molteplici VLAN taggate ma anche molteplici VLAN non taggate.

In questo caso la modalità General viene usata per consentire solamente traffico di tipo tagged per tutte le VLAN (tagged only) e nessuno traffico untagged.

Switch Stack Sala Server ex-DIIGA Q165 IP 172.16.31.4

Lo Stack Switch DELL 31.4 lato ex-DIIGA è composto da tre dispositivi e per questo sono state previste cinque interconnessioni di backup RSTP per minimizzare il disservizio dovuto al guasto ad uno o più dispositivi: una porta in fibra verso lo switch Router 31.3 e quattro in rame verso gli switch Dell 31.5, 31.6, 31.7 e Mikrotik 31.10.

```
interface Te1/0/1
description "Backup xSTP SW DELL 31.3 Te1/0/1 FIBRA"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit

interface Te2/0/1
description "UPLINK MIKROTIK DIIGA 31.10 SFP16 FIBRA"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
```

```

interface Gi1/0/48
description "Backup xSTP SW_DELL 31.5 Q170 1/0/46 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit

interface Gi2/0/48
description "Backup xSTP SW_DELL 31.6 Q170 1/0/46 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit

interface Gi3/0/47
description "Backup xSTP MIKROTIK 31.10 SS_Q165 SFP12 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit

interface Gi3/0/48
description "Backup xSTP SW_DELL 31.7 Q160 1/0/48 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit

```

Verificando lo spanning tree, le porte di backup (rame e fibra) sono correttamente impostate con ruolo Designated/Alternate in base alla posizione degli apparati connessi nella topologia.

Te1/0/1	Enabled	128.49	2000	DSC	Altn	No
Te2/0/1	Enabled	128.102	2000	FWD	Root	No
Gi1/0/48	Enabled	128.48	20000	FWD	Desg	No
Gi2/0/48	Enabled	128.101	20000	FWD	Desg	No
Gi3/0/47	Enabled	128.153	20000	DSC	Altn	No
Gi3/0/48	Enabled	128.154	20000	FWD	Desg	No

ROOT ID	
Address	10:00:B8:69:F4:8D:BD:2E
Path Cost	2010
Root Port	Te2/0/1

Switch Router-Q165 IP 172.16.31.3

Lo switch direttamente connesso al router ha come backup RSTP una porta in fibra connessa con lo stack-switch (Tel/0/1) e una porta in rame direttamente connessa al Mikrotik.

Coerentemente con il protocollo RSTP, la Root port è la porta in fibra connessa al Mikrotik (Tel/0/2) con path cost 2010.

```
interface Gi1/0/48
description "Backup xSTP Mikrotik 31.10 SFP_11 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
interface Tel/0/1
description "Backup xSTP Dell 31.4 Tel/0/1 FIBRA"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
interface Tel/0/2
description "TRUNK SWITCH CENTRO STELLA MIKROTIK"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,10,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
```

Gi1/0/48	Enabled	128.48	20000	DSC	Altn	No
Tel/0/1	Enabled	128.49	2000	FWD	Desg	No
Tel/0/2	Enabled	128.50	2000	FWD	Root	No

ROOT ID		
Priority	4096	
Address	B869.F48D.BD2E	
Path Cost	2010	
Root Port	Tel/0/2	

Switch Lab-Q170-1 IP 172.16.31.5

Gli switch 31.5 e 31.6 sono molto vicini e per questo oltre ad avere un uplink in fibra ciascuno, sono anche connessi tra loro (attraverso le porte 1/0/48) e connessi allo Stack Switch 31.4 con connessioni in rame ad 1Gbps (porte 1/0/46).

```
interface Gil/0/46
description "Backup xSTP SW_DELL 31.4 SS_DIIGA Q165 1/0/48 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
switchport trunk native vlan 4
exit
interface Gil/0/48
description "Backup xSTP SW_DELL 31.6 Q170 1/0/48 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
interface Tel/0/2
description "TRUNK MIKROTIK 31.10 SS_DIIGA-Q165 SFP8 FIBRA"
switchport mode general
switchport general pvid 4
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
```

Gil/0/46	Enabled	128.46	20000	DSC	Altn	No
Gil/0/48	Enabled	128.48	20000	DSC	Altn	No
Tel/0/2	Enabled	128.50	2000	FWD	Root	No

Switch Lab-Q170-2 IP 172.16.31.6

```
interface Gil/0/46
description "Backup xSTP SW_DELL 31.4 SS_DIIGA Q165 2/0/48 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
interface Gil/0/48
description "Backup xSTP SW_DELL 31.5 Q170 1/0/48 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
interface Tel/0/2
description "TRUNK MIKROTIK 31.10 SS_DIIGA-Q165 SFP9 FIBRA"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
```

Gil/0/46	Enabled	128.46	20000	DSC	Altn	No
Gil/0/48	Enabled	128.48	20000	FWD	Desg	No
Tel/0/2	Enabled	128.50	2000	FWD	Root	No

Switch Lab-Q160 IP 172.16.31.7

Lo switch 31.7 ha soltanto una porta di backup RSTP in rame con ruolo Alternate.

```
interface Gil/0/48
description "Backup xSTP SW_DELL 31.4 SS_DIIGA Q165 3/0/48 RAME"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
interface Tel/0/2
description "TRUNK MIKROTIK 31.10 SS_DIIGA-Q165 SFP5 FIBRA"
switchport mode general
switchport general acceptable-frame-type tagged-only
switchport general allowed vlan add 3-4,12,31,44 tagged
switchport general allowed vlan add 1 tagged
exit
```

Gil/0/48	Enabled	128.48	20000	DSC	Altn	No
Tel/0/2	Enabled	128.50	2000	FWD	Root	No

Capitolo 6

6.1 Analisi delle prestazioni e test

Partendo dalla configurazione esposta al capitolo 5, si è passati ai test di funzionamento del protocollo. Con riferimento alla figura 26 si è deciso quali connessioni interrompere. Nella figura che segue sono contrassegnate con una X le connessioni in fibra ottica scelte per simulare il guasto e verificare l'effettiva riconvergenza della rete nonché i tempi necessari.

Per simulare la perdita di connessione sono state disattivate le porte in fibra lato Mikrotik attraverso il software di gestione Winbox.

Come test probe, per verificare i tempi di convergenza, si è usato il comando ping in configurazione particolare (`ping -i 0.05 <ip address>`) che consente di disabilitare il tempo di attesa e forzare l'invio del pacchetto icmp ogni 50ms.

L'ip verso cui fare il ping test è stato scelto opportunamente in funzione del path da testare.

Come atteso i tempi di riconvergenza sono stati diversi tra la caduta del link e la sua riattivazione. Ciò è conforme alle specifiche del protocollo RSTP che prevede che il passaggio dal ruolo Discarding al ruolo Forwarding di una interfaccia passi per il ruolo Listening.

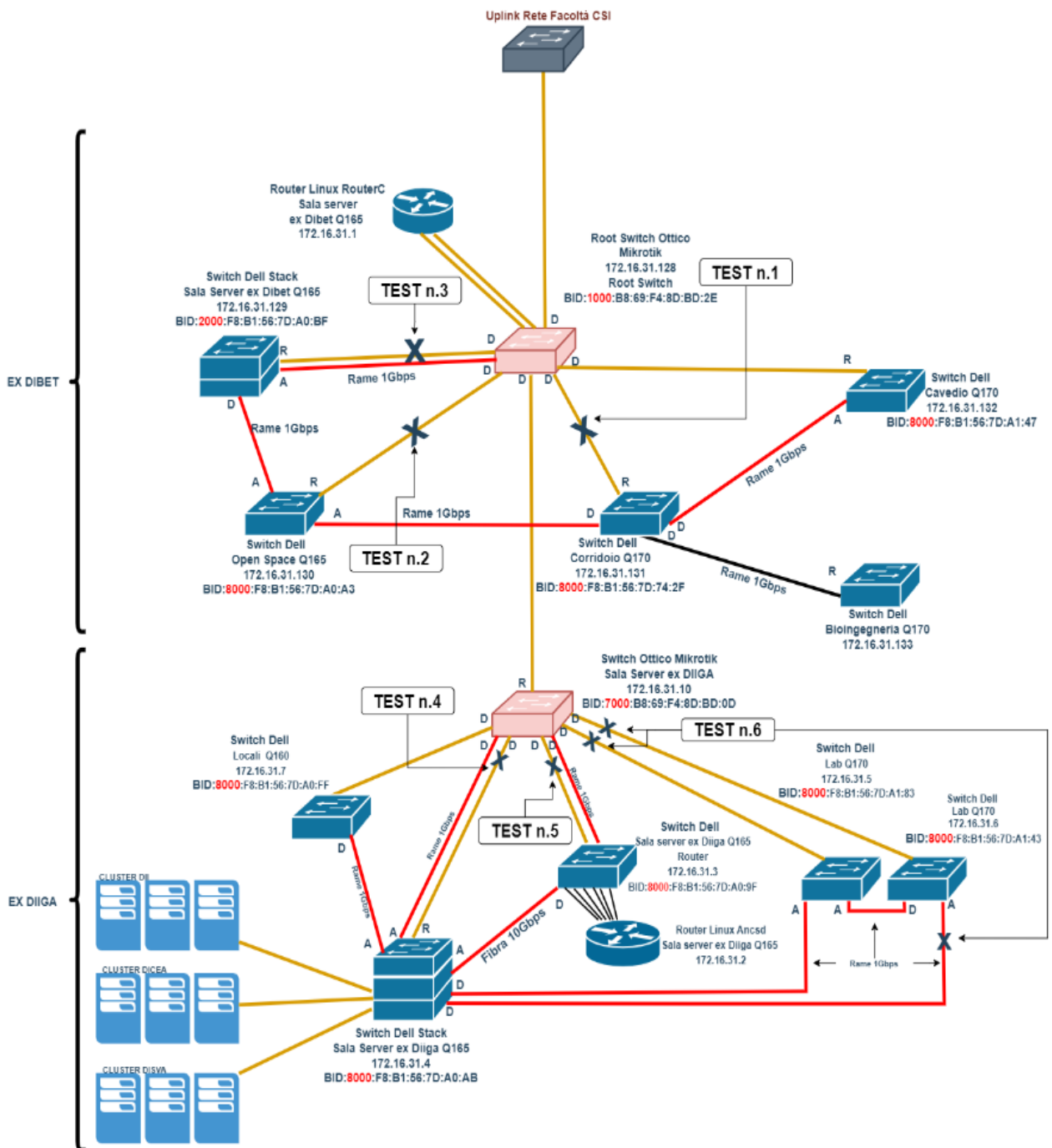


Figura 27

6.2.1 Test n.1

Questo test ha simulato l'interruzione della connessione in fibra tra Mikrotik 31.128 e switch Dell Corridoio 31.131.

Alla disattivazione della porta in fibra del Mikrotik sono stati persi 3 pacchetti icmp con un ritardo nella riconvergenza di circa 150ms.

```
64 bytes from 172.16.31.131: icmp_seq=55 ttl=64 time=0.754 ms
64 bytes from 172.16.31.131: icmp_seq=56 ttl=64 time=0.819 ms
64 bytes from 172.16.31.131: icmp_seq=60 ttl=64 time=1.17 ms
64 bytes from 172.16.31.131: icmp_seq=61 ttl=64 time=1.20 ms
```

Come atteso lo switch 31.131 ha attivato come percorso alternativo quello verso lo switch Open Space 31.130. Ciò è risultato coerente perché a parità di path cost verso 31.130 e 31.132 la priorità scelta è condizionata dall'id delle porte

1/0/47 → switch 31.130

1/0/48 → switch 31.132

Gil/0/47	Enabled	128.47	20000	FWD	Root	No
Gil/0/48	Enabled	128.48	20000	DSC	Altn	No
Tel/0/2	Enabled	128.50	2000	DIS	Disb	No

Si nota che le due porte inizialmente in ruolo Designated sono divenute Root/Altn.

ROOT ID	
Priority	4096
Address	B869.F48D.BD2E
Path Cost	22000
Root Port	Gil/0/47

Al ripristino della porta in fibra ottica sono stati persi 86 pacchetti che dimostrano un ritardo di circa 4.35s.

```
64 bytes from 172.16.31.131: icmp_seq=69 ttl=64 time=0.778 ms
64 bytes from 172.16.31.131: icmp_seq=70 ttl=64 time=0.904 ms
64 bytes from 172.16.31.131: icmp_seq=157 ttl=64 time=1.02 ms
64 bytes from 172.16.31.131: icmp_seq=158 ttl=64 time=1.07 ms
```

6.2.2 Test n.2

Questo test ha simulato l'interruzione della connessione in fibra tra Mikrotik 31.128 e switch Dell Open Space 31.130.

Alla disattivazione della porta in fibra del Mikrotik sono stati persi 5 pacchetti con un ritardo nella riconvergenza di circa 250ms.

```
64 bytes from 172.16.31.130: icmp_seq=20 ttl=64 time=1.05 ms
64 bytes from 172.16.31.130: icmp_seq=21 ttl=64 time=0.654 ms
64 bytes from 172.16.31.130: icmp_seq=27 ttl=64 time=17.5 ms
64 bytes from 172.16.31.130: icmp_seq=28 ttl=64 time=0.889 ms
```

Lo switch 31.130 aveva due percorsi alternativi attraverso le porte 1/0/47 e 1/0/48 con lo stesso path cost. Coerentemente con il protocollo RSTP, è stata posta in forwarding la porta 1/0/48 connessa allo switch con priorità maggiore (2000H).

ROOT ID	
Priority	4096
Address	B869.F48D.BD2E
Path Cost	22000
Root Port	Gil/0/48

Alla riattivazione della connessione in fibra ottica, il link ottico è stato ripristinato con la perdita di 75 pacchetti con un ritardo di circa 3.8s.

```
64 bytes from 172.16.31.130: icmp_seq=76 ttl=64 time=0.873 ms
64 bytes from 172.16.31.130: icmp_seq=77 ttl=64 time=1.09 ms
64 bytes from 172.16.31.130: icmp_seq=153 ttl=64 time=1010 ms
64 bytes from 172.16.31.130: icmp_seq=154 ttl=64 time=954 ms
```

6.2.3 Test n.3

Questo test ha simulato l'interruzione della connessione in fibra tra Mikrotik 31.128 e lo Stack Switch Dell 31.129.

Alla disattivazione della porta in fibra del Mikrotik corrispondente sono stati persi 5 pacchetti icmp con un ritardo nella riconvergenza di circa 250ms.

```
64 bytes from 192.168.82.5: icmp_seq=45 ttl=255 time=1.65 ms
64 bytes from 192.168.82.5: icmp_seq=46 ttl=255 time=0.802 ms
64 bytes from 192.168.82.5: icmp_seq=52 ttl=255 time=1.14 ms
64 bytes from 192.168.82.5: icmp_seq=53 ttl=255 time=0.742 ms
```

Come percorso alternativo è stato attivato quello via interfaccia Gi1/0/48 connessa direttamente al Mikrotik con costo 20000.

ROOT ID		
	Priority	4096
	Address	B869.F48D.BD2E
	Path Cost	20000
	Root Port	Gi1/0/48

Alla riattivazione della porta sono stati persi 83 pacchetti con un ritardo di circa 4.2s.

```
64 bytes from 192.168.82.5: icmp_seq=66 ttl=255 time=1.28 ms
64 bytes from 192.168.82.5: icmp_seq=67 ttl=255 time=1.03 ms
64 bytes from 192.168.82.5: icmp_seq=151 ttl=255 time=3.03 ms
64 bytes from 192.168.82.5: icmp_seq=152 ttl=255 time=2.93 ms
```

6.2.4 Test n.4

Questo test ha simulato l'interruzione della connessione in fibra tra Mikrotik 31.10 e lo Stack Switch Dell 31.4.

Alla disattivazione della porta SFP4 del Mikrotik sono stati persi 5 pacchetti icmp per un totale di circa 250ms.

```
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=80 ttl=64 time=0.304 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=81 ttl=64 time=0.270 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=87 ttl=64 time=0.345 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=88 ttl=64 time=0.225 ms
```

Lo Stack Switch 31.4 ha riconfigurato le sue porte privilegiando come nuova Root Port la porta in fibra Te1/0/1 connessa allo switch 31.3 passando da un path cost di 2010 a 4010. Confrontando lo stato delle porte prima e dopo la disconnessione, si è visto che oltre ad aver abilitato come nuova Root Port la seconda porta in fibra disponibile (Te1/0/1), tutte le porte rame sono diventate Alternate.

Lo Stack Switch 31.4 non era più percorso alternativo per gli switch 31.5 e 31.6 connessi rispettivamente alle Gi1/0/48 e Gi2/0/48. In questo caso si è verificata l'inversione dei ruoli tra lo switch 31.4 e gli switch 31.5 e 31.6.

Te1/0/1	Enabled	128.49	2000	DSC	Altn	No
Te2/0/1	Enabled	128.102	2000	FWD	Root	No
Gi1/0/48	Enabled	128.48	20000	FWD	Desg	No
Gi2/0/48	Enabled	128.101	20000	FWD	Desg	No
Gi3/0/47	Enabled	128.153	20000	DSC	Altn	No
Gi3/0/48	Enabled	128.154	20000	FWD	Desg	No

(prima)

Te1/0/1	Enabled	128.49	2000	FWD	Root	No
Te2/0/1	Enabled	128.102	0	DIS	Disb	No
Gi1/0/48	Enabled	128.48	20000	DSC	Altn	No
Gi2/0/48	Enabled	128.101	20000	DSC	Altn	No
Gi3/0/47	Enabled	128.153	20000	DSC	Altn	No
Gi3/0/48	Enabled	128.154	20000	DSC	Altn	No

(dopo)

Alla riattivazione della porta il numero di pacchetti icmp persi è stato pari a 83 con un ritardo di circa 4.2s.

```
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=77 ttl=64 time=0.288 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=78 ttl=64 time=0.238 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=162 ttl=64 time=0.295 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=163 ttl=64 time=0.238 ms
```

6.2.5 Test n.5

Questo test ha simulato l'interruzione della connessione in fibra tra Mikrotik 31.10 e Router Switch Dell 31.3. In questo caso la disattivazione della porta ha causato la perdita di 3 pacchetti per circa 150ms.

```
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=149 ttl=64 time=0.262 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=150 ttl=64 time=0.310 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=154 ttl=64 time=0.391 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=155 ttl=64 time=0.334 ms
```

Lo switch 31.3 conformemente ai costi previsti dallo standard IEEE802.1Q ha reinstradato il traffico sfruttando la connessione di backup in fibra ottica con lo switch 31.4 anziché quella in rame con path cost inferiore pari a 4010.

ROOT ID		
	Priority	4096
	Address	B869.F48D.BD2E
	Path Cost	4010
	Root Port	Tel/0/1

Alla riattivazione della porta il numero di pacchetti icmp persi è stato pari a 85 per circa 4.3s

```
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=109 ttl=64 time=0.292 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=110 ttl=64 time=0.235 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=196 ttl=64 time=0.232 ms
64 bytes from 192.168.100.91: icmp_seq=197 ttl=64 time=0.255 ms
```

6.2.6 Test n.6

Questo test ha simulato l'interruzione della connessione in fibra tra Mikrotik 31.10 e Router switch Dell 31.5.

In questo caso la disattivazione della porta ha determinato la perdita di 4 pacchetti per circa 200ms

```
64 bytes from 172.16.31.5: icmp_seq=33 ttl=64 time=0.528 ms
64 bytes from 172.16.31.5: icmp_seq=34 ttl=64 time=0.625 ms
64 bytes from 172.16.31.5: icmp_seq=39 ttl=64 time=2.05 ms
64 bytes from 172.16.31.5: icmp_seq=40 ttl=64 time=1.04 ms
```

Lo switch 31.5 ha selezionato come percorso alternativo quello tra la sua porta 1/0/46 connessa in rame con lo Stack Switch 31.4 con patch cost pari a 22010.

```
ROOT ID
      Priority      4096
      Address      B869.F48D.BD2E
      Path Cost    22010
      Root Port    Gi1/0/46
```

Alla riattivazione della porta il numero di pacchetti icmp persi è stato di 84 per circa 4.2s.

```
64 bytes from 172.16.31.5: icmp_seq=100 ttl=64 time=0.698 ms
64 bytes from 172.16.31.5: icmp_seq=101 ttl=64 time=1.15 ms
64 bytes from 172.16.31.5: icmp_seq=185 ttl=64 time=0.858 ms
64 bytes from 172.16.31.5: icmp_seq=186 ttl=64 time=0.894 ms
```

Successivamente sono stati disattivati in sequenza i link ottici verso gli switch 31.5 e 31.6. Questo ha determinato la perdita di ulteriori 4 pacchetti.

```
64 bytes from 172.16.31.6: icmp_seq=39 ttl=64 time=0.665 ms
64 bytes from 172.16.31.6: icmp_seq=40 ttl=64 time=0.707 ms
64 bytes from 172.16.31.6: icmp_seq=45 ttl=64 time=0.910 ms
64 bytes from 172.16.31.6: icmp_seq=46 ttl=64 time=0.796 ms
```

Come lo switch 31.5 anche lo switch 31.6 ha selezionato come percorso alternativo quello della sua interfaccia rame 1/0/46 connessa direttamente con lo Stack Switch 31.4.

Al fine di testare la connessione in rame tra gli switch 31.5 e 31.6 è stata disattivata anche la porta in rame dello switch 31.4 (Gi2/0/48) per simulare la caduta del link di backup in rame dello switch 31.6.

Lo switch 31.6 ha selezionato come root port la sua Gi1/0/48 connessa con lo switch 31.5 con path cost pari a 42010.

```
ROOT ID
      Priority      4096
      Address      B869.F48D.BD2E
      Path Cost    42010
      Root Port    Gi1/0/48
```

Tale costo è determinato da quello delle due porte in rame attraversate: link 31.6→31.5 e 31.5→31.4 (20000+20000) e dal costo della connessione in fibra dello Stack Switch 31.4 (2000) e della connessione verso il root switch Mikrotik (10).

Il test è stato fatto per motivi puramente dimostrativi essendo altamente improbabile che tre link possano andare in fault contemporaneamente.

Capitolo 7

7.1 Conclusioni

I test effettuati riportati nel precedente capitolo sono stati raccolti nella tabella 5.

Da essa si evince che, nel caso di caduta di un link attivo, il numero di pacchetti icmp persi prima di attivare un link alternativo è variato da un minimo di 3 ad un massimo di 5 con una media di 200ms mentre nel caso di riattivazione del link da un minimo di 75 ad un massimo di 86 pacchetti con una media di 4s.

TES T	Caduta Link (ICMP persi)	Riattivazione Link (ICMP persi)
1	3	86
2	5	75
3	5	83
4	5	83
5	3	85
6	4	86

Tabella 5

Il protocollo RSTP ha mostrato tempi medi di reazione molto rapidi e conformi alle aspettative.

Non ci sono state differenze sostanziali nei tempi di risposta tra i test effettuati nella sezione della rete ex-Dibet ove la ridondanza ha una topologia ad anello e quella ex-Diiga ove invece è a stella.

7.2 Sviluppi futuri

Per il prossimo futuro esiste già un progetto di accorpamento delle due sale server presenti nel dipartimento e il parziale rifacimento del cablaggio in rame con cavo cat.6, spostamento dei patch panel e rollout degli apparati.

Una prima evoluzione della rete potrebbe essere quella rappresentata in figura 28 nella quale gli switch di aggregazione Mikrotik vengono posti sullo stesso piano secondo il modello gerarchico a tre livelli e contemporaneamente raddoppiate le linee in fibra ottica verso la backbone configurando STP per vlan (RPVSTP o MSTP) in modo da integrarsi con la rete di ateneo.

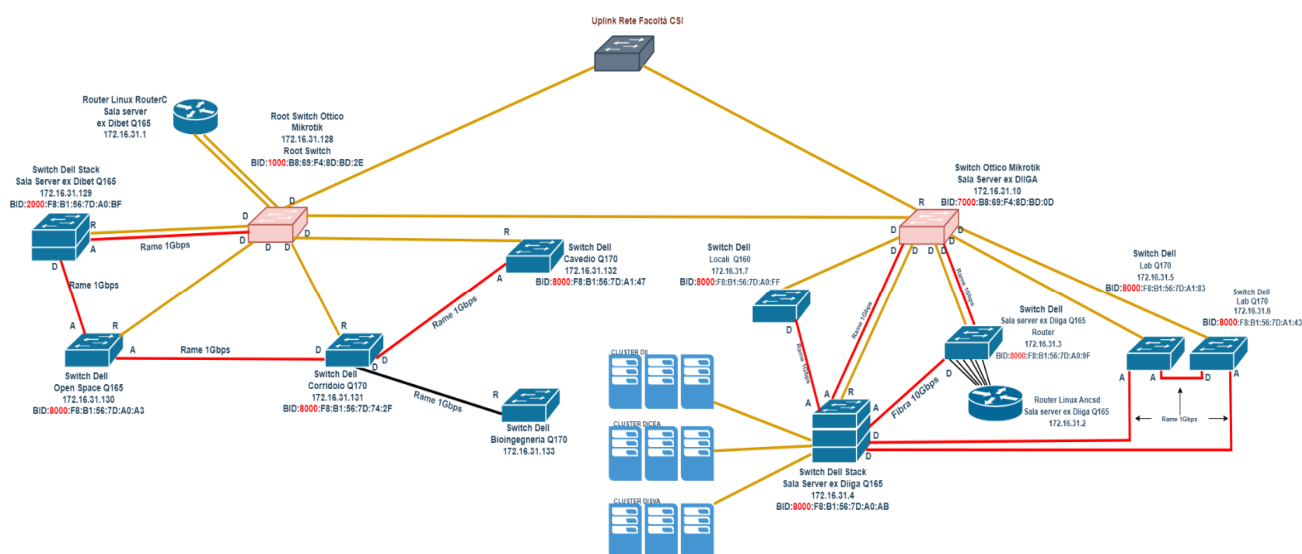


Figura 28

Successivamente si potrebbe ridisegnare interamente l'architettura di rete implementando ove possibile il protocollo LACP (Link Aggregation Control Protocol) al posto di STP con lo scopo di raddoppiare la banda disponibile accorpando canali singoli a 10Gbps.

Tale operazione non era al momento possibile in quanto LACP prevede l'aggregazione di link di pari velocità e nonostante la disponibilità di fibre, gli apparati attualmente in produzione sono dotati di due sole porte SFP+ ciascuno.

Infine, al momento del rollout degli apparati, si potrebbero sostituire gli switch di aggregazione e di accesso con apparati compatibili con moduli SFP28 (compatibili con gli attuali SFP+) per banda fino a 25Gbps o QSFP per banda fino a 100Gbps mantenendo le attuali fibre di tipo OM4.

Bibliografia

- Cisco Meraki

[https://documentation.meraki.com/MS/Port_and_VLAN_Configuration/Spanning_Tree_Protocol_\(STP\)_Overview](https://documentation.meraki.com/MS/Port_and_VLAN_Configuration/Spanning_Tree_Protocol_(STP)_Overview)

- Techhub HPE

https://techhub.hpe.com/eginfolib/networking/docs/switches/YA-YB/15-18/5998-8157_yayb_2530_atmg/content/ch06s11.html

- Firewall CX

<https://www.firewall.cx/networking-topics/protocols/spanning-tree-protocol/1045-spanning-tree-protocol-port-costs-states.html>

- Cisco Press

<https://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2202410&seqNum=4>

- Cisco Study CCNA

<https://study-ccna.com/cisco-three-layer-hierarchical-model/>

- Manuale online Mikrotik

https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Spanning_Tree_Protocol

- Cisco Press Ccna 200-301 Official Cert Guide Volume 1

- Software Wireshark

- Software Winbox

- Software Putty

- Software Draw.io