



*Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni*

Progetto FOSSR: Architettura e Implementazione di un sistema HPC con Networking Ridondante

Emanuele Damiano, Pier Giuseppe Meo, Giovanni Massafra, Angelo Esposito, Mario Sicuranza

RT-ICAR-NA-2024-08

Dicembre 2024



Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni (ICAR)
Sede di Napoli, Via P. Castellino 111, I-80131 Napoli,
Tel: +39-0816139508, Fax: +39-0816139531,
e-mail: napoli@icar.cnr.it, URL: www.na.icar.cnr.it



Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni

Progetto FOSSR: Architettura e Implementazione di un sistema HPC con Networking Ridondante

Emanuele Damiano, Pier Giuseppe Meo, Giovanni Massafra, Angelo Esposito, Mario Sicuranza

**Istituto di Calcolo e Reti ad Alte Prestazioni del Consiglio Nazionale delle Ricerche
Via Pietro Castellino, 111 – 80131 Napoli, Italia**

E-mail:

{emanuele.damiano, piergiuseppe.meo, giovanni.massafra, angelo.esposito, mario.sicuranza}@icar.cnr.it

Abstract

Questo rapporto descrive l'implementazione di un prototipo HPC nell'ambito del progetto FOSSR, volto a promuovere l'accesso aperto ai dati nella ricerca sociale. Il nodo di primo livello (1LN), realizzato presso l'ICAR-CNR di Napoli, è stato progettato per validare le performance e garantire resilienza, modularità e scalabilità. L'infrastruttura utilizza tecnologie avanzate come bonding delle interfacce, Virtual Link Trunking (VLT) e segmentazione della rete, assicurando alta disponibilità e sicurezza. Il sistema include tre server Dell PowerEdge R7525 e switch Dell S5232F-ON, con gestione remota tramite iDRAC. I risultati sottolineano l'importanza di ridondanza e sicurezza, con prospettive future di integrazione di schede Rockport per migliorare ulteriormente le prestazioni.

Keywords: *Networking, data center, HPC, VLT*

Sommario

| | |
|--|----|
| 1. Introduzione..... | 4 |
| 2. Fondamenti Tecnologici del Prototipo | 6 |
| 2.1. Principi Architetture Fondamentali | 6 |
| 2.2. Sistema di Gestione Remota..... | 6 |
| 2.3. Architettura di Rete e Sicurezza | 7 |
| 2.3.1 Politiche di Accesso..... | 7 |
| 2.3.2. Virtual Link Trunking nel Contesto FOSSR | 7 |
| 3. Architettura del prototipo | 9 |
| 3.1. Configurazione prototipo..... | 9 |
| 3.1.1. Architettura Generale | 9 |
| 3.1.2 Accesso SSH Esterno | 10 |
| 3.1.3 Rete di Management (iDRAC) | 10 |
| 3.1.4 Rete Dati ad Alte Prestazioni..... | 11 |
| 4. Conclusioni..... | 13 |
| 5. Riferimenti..... | 14 |
| 6. Appendici Tecniche..... | 15 |
| Appendice A: Dispositivi | 15 |
| Switch Dell PowerSwitch S5232F-ON | 15 |
| Switch Dell Networking S4112F-ON..... | 16 |
| Server Dell PowerEdge R7525 | 17 |
| Appendice B: VLTi configuration..... | 18 |
| Configurazione di base del dominio VLT | 18 |
| Appendice C: Configurazione Bonding | 23 |
| Interfacce di Rete..... | 23 |
| Appendice D: Configurazione Rete tramite NETPLAN | 23 |
| Dettaglio della Configurazione Netplan | 24 |

1. Introduzione

Il rapporto tecnico documenta l'implementazione di un prototipo di un'infrastruttura di rete ad alte prestazioni, sicura e ridondante, sviluppato nell'ambito del progetto Fostering Open Science in Social Science Research (FOSSR). Questo progetto, finanziato dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) [1], ha come obiettivo lo sviluppo di un'infrastruttura di ricerca avanzata per le scienze sociali, con lo scopo di offrire strumenti innovativi e servizi per l'analisi dei fenomeni economici e sociali. Il PNRR, avviato dal Governo italiano nel 2021, rappresenta una serie di interventi pensati per rilanciare l'economia nazionale dopo la crisi pandemica, con un investimento complessivo di 191,5 miliardi di euro distribuiti su sei missioni strategiche. Oltre a questo, il Piano Nazionale Complementare (PNC) [2] ha previsto ulteriori 30,6 miliardi di euro per interventi complementari. Il progetto FOSSR è inserito all'interno della Missione 4: "Istruzione e Ricerca" [3] del PNRR, mirato a rafforzare le infrastrutture scientifiche nazionali, affrontare le sfide tecnologiche e ambientali, e migliorare le competenze scientifiche nel Paese.

Il progetto FOSSR [4] ha come scopo promuovere l'accesso aperto e la condivisione dei dati nella ricerca sociale, creando un ambiente collaborativo basato su una piattaforma cloud all'avanguardia. Gli obiettivi principali del progetto includono:

- Garantire la sostenibilità e la scalabilità delle infrastrutture di ricerca.
- Promuovere l'interoperabilità tra le infrastrutture nazionali e internazionali.
- Modernizzare il panorama della ricerca sociale, promuovendo trasparenza e innovazione.

In particolare, il progetto prevede la realizzazione di un *Italian Open Science Cloud* dedicata alle scienze sociali, che sarà conforme ai principi FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) [5] [6]. Tale piattaforma sarà dedicata a mettere a disposizione dati aperti di alta qualità, per facilitare processi decisionali basati su evidenze nei settori economico e politico. Tra le tematiche principali affrontate dalla piattaforma ci sono l'analisi delle dinamiche demografiche, le strutture economiche, le disuguaglianze sociali, la migrazione e l'invecchiamento della popolazione.

Il cuore dell'infrastruttura FOSSR è costituito dalla realizzazione di una rete di data center distribuiti [7], destinata a supportare la comunità scientifica con risorse avanzate, tra cui strumenti, dati e servizi. Un elemento chiave di questa infrastruttura è il prototipo HPC (High-Performance Computing) sviluppato presso l'Istituto ICAR del CNR di Napoli, che funge da nodo di primo livello (1LN) della rete FOSSR. Questo prototipo ha due finalità principali:

1. Effettuare test di conformità sulle prestazioni e la resilienza a livello di singolo nodo.
2. Fornire un ambiente di test simil-produzione per permettere agli stakeholder di testare applicativi e carichi di lavoro.

L'architettura del prototipo è stata progettata secondo i principi di modularità, ridondanza e resilienza, con l'obiettivo di garantire un'infrastruttura altamente affidabile e scalabile.

Il prototipo HPC sviluppato presso l'Istituto ICAR di Napoli rappresenta uno dei primi passi concreti verso la realizzazione della rete FOSSR. Questo nodo di primo livello integra:

- Hardware avanzato: processori multi-core, GPU ad alte prestazioni e sistemi di storage all'avanguardia.
- Architetture di rete avanzate: progettate per garantire elevata sicurezza, prestazioni ottimali e resilienza.

L'infrastruttura di rete è stata sviluppata utilizzando approcci innovativi:

- Astrazione dell'infrastruttura fisica: tramite la virtualizzazione per ottimizzare la gestione delle risorse.
- Ridondanza multilivello: soluzioni per garantire la continuità operativa anche in caso di guasti critici.

- Isolamento dei domini di rete: implementazione di VLAN per migliorare la sicurezza e le prestazioni.
- Gestione remota centralizzata: strumenti avanzati per monitorare e configurare l'infrastruttura in modo efficiente.

Il presente documento si articola in sei capitoli, ognuno dedicato a un aspetto fondamentale del prototipo realizzato. Nel Capitolo 2, intitolato "Fondamenti Tecnologici del Prototipo", viene fornita una panoramica dettagliata delle soluzioni tecnologiche che sono state adottate per garantire i requisiti di alta affidabilità, prestazioni ottimali e sicurezza dell'infrastruttura. Questo capitolo si concentra sull'importanza di scegliere tecnologie all'avanguardia e collaudate per la realizzazione di un prototipo robusto ed efficiente. Il Capitolo 3, denominato "Architettura del Prototipo", entra nel dettaglio della configurazione di rete. Vengono illustrate le diverse reti implementate, con un focus specifico sulle reti dedicate alla gestione del sistema, al trasferimento di dati ad alte prestazioni e all'accesso SSH esterno. Questo capitolo sottolinea l'importanza di un'architettura di rete ben progettata per garantire la separazione dei flussi di traffico e la sicurezza delle comunicazioni. Il Capitolo 4, intitolato "Conclusioni", riassume i principali risultati ottenuti durante l'implementazione del prototipo e le sfide che sono state affrontate. Viene dedicata particolare attenzione agli aspetti relativi alla ridondanza dei sistemi e alla sicurezza dell'infrastruttura, elementi cruciali per la realizzazione di un prototipo affidabile e resiliente. Il Capitolo 5 è dedicato ai "Riferimenti", dove sono elencate le fonti bibliografiche e documentali che sono state consultate durante la realizzazione del presente documento. Infine, il Capitolo 6, denominato "Appendici", contiene informazioni tecniche dettagliate sull'hardware utilizzato e sulle configurazioni di rete implementate. Questa sezione fornisce un approfondimento sugli aspetti implementativi del prototipo, utile per una comprensione completa del sistema realizzato.

2. Fondamenti Tecnologici del Prototipo

Questo capitolo descrive l'architettura tecnologica del prototipo, con particolare attenzione alle soluzioni adottate per garantire alta affidabilità, prestazioni ottimali e sicurezza dell'infrastruttura. L'analisi si concentra sulle tecnologie chiave implementate, tra cui la gestione remota, le configurazioni di rete ridondanti e i protocolli di sicurezza avanzati.

2.1. Principi Architettureali Fondamentali

L'architettura del prototipo si fonda su tre pilastri essenziali: modularità, resilienza e scalabilità [8]. La modularità consente la decomposizione dell'infrastruttura in componenti autonomi ma interconnessi, ottimizzando le operazioni di manutenzione e aggiornamento. Questo paradigma architetturale facilita l'isolamento e la risoluzione delle anomalie, riducendo i tempi di intervento e razionalizzando i costi operativi.

La resilienza dell'infrastruttura è implementata attraverso un sistema di ridondanza distribuita, supportata da meccanismi di monitoraggio real-time. L'implementazione di tecnologie come il bonding delle interfacce e il Virtual Link Trunking (VLT) [9] garantisce la continuità operativa mediante il failover automatico. Nonostante ciò, abbia portato ad un incremento dell'investimento iniziale, questa strategia si rivela efficace nel garantire la business continuity e l'integrità dei dati.

La scalabilità infrastrutturale è assicurata attraverso un'architettura espandibile sia orizzontalmente che verticalmente, supportata da protocolli come il Link Aggregation Control Protocol (LACP) [10] e strumenti di configurazione dichiarativa come Netplan.

2.2. Sistema di Gestione Remota

Il sistema di gestione remota si basa sul Integrated Dell Remote Access Controller (iDRAC) [11], integrato nei server Dell PowerEdge. Operando su un piano di controllo indipendente dal sistema operativo, iDRAC fornisce capacità complete di gestione dell'hardware, inclusi monitoraggio real-time, orchestrazione del firmware e accesso remoto sicuro.

L'implementazione prevede una rete di gestione dedicata con switch segregati, configurazioni isolate per ciascun nodo e protocolli di accesso crittografati. Il sistema iDRAC implementa un framework completo di gestione dell'hardware che include:

- Monitoraggio Real-time
 - Telemetria granulare di CPU, memoria e storage con campionamento ad alta frequenza
 - Monitoraggio termico con thermal mapping dei componenti critici
 - Analisi predittiva dei parametri di performance con early warning system
 - Monitoraggio del consumo energetico con power capping dinamico
- Orchestrazione del Firmware
 - Gestione centralizzata degli aggiornamenti firmware per tutti i componenti
 - Repository locale per il versioning del firmware
 - Rollback automatico in caso di fallimento dell'aggiornamento
 - Scheduling programmabile degli aggiornamenti con tool di manutenzione
- Sistema di Diagnostica
 - Auto-diagnostica hardware con test automatizzati
 - Log dettagliati degli eventi hardware con timestamp precisi
 - Analisi delle correlazioni tra eventi per troubleshooting avanzato
 - Export automatico dei log per analisi storica

2.3. Architettura di Rete e Sicurezza

L'architettura di rete del prototipo separa rigorosamente il traffico di gestione da quello dei dati [12], utilizzando configurazioni avanzate che garantiscono resilienza e prestazioni elevate.

Il bonding delle interfacce di rete è realizzato in diverse modalità, tra cui Round Robin per ottimizzare la banda, Active-Backup per il failover automatico, e LACP per l'aggregazione dinamica dei link.

Il VLT crea un dominio di switching unificato, eliminando i punti di guasto singoli e bilanciando automaticamente il traffico.

L'accesso all'infrastruttura avviene via SSH che implementa crittografia end-to-end e autenticazione basata su chiavi asimmetriche.

La segmentazione della rete separa il traffico di gestione, gestito tramite switch dedicati con connessioni 1GbE per iDRAC, dal traffico dati, che transita su switch configurati in modalità VLT con bonding delle interfacce server.

Questa architettura consente non solo prestazioni elevate e protezione dei dati, ma anche l'adattabilità alle esigenze in continua evoluzione del progetto, mantenendo elevati standard di sicurezza e affidabilità.

2.3.1 Politiche di Accesso

L'accesso all'infrastruttura è disciplinato da politiche di sicurezza rigorose, progettate per proteggere i sistemi e i dati [13], in linea con i principi di minimo privilegio, separazione dei ruoli e monitoraggio continuo:

- **Minimo Privilegio:** Ogni utente o servizio ha accesso esclusivamente alle risorse strettamente necessarie per le proprie funzioni, riducendo così la superficie di attacco.
- **Separazione dei Ruoli:** In un primo momento, tutti gli utenti sono amministratori, ma in futuro è prevista una separazione più granulare tra amministratori di sistema, amministratori di rete e utenti con privilegi limitati.
- **Monitoraggio e Audit:** Le attività di accesso sono costantemente monitorate e registrate in log di sistema, analizzati periodicamente per identificare e rispondere tempestivamente a potenziali incidenti.

Politiche di Accesso per la Rete

Per proteggere le reti dati e di management (iDRAC), le politiche di accesso prevedono:

- **Accesso SSH:** L'accesso amministrativo è centralizzato tramite il Server 1, che funge da front-end verso gli altri server dell'infrastruttura. L'autenticazione avviene esclusivamente tramite chiavi asimmetriche, disabilitando l'accesso tramite password.
- **Segmentazione della Rete:** Sono implementate due reti fisiche separate per il traffico dati e per la gestione (iDRAC). Il traffico dati è instradato tramite switch configurati in VLT, mentre la rete di management è separata fisicamente.
- **VLAN:** In futuro, l'uso delle VLAN segmenterà ulteriormente la rete logica, isolando il traffico generato da container e macchine virtuali, e applicando politiche di accesso specifiche per ciascun ambiente.

2.3.2. Virtual Link Trunking nel Contesto FOSSR

Il VLT è un elemento centrale nell'architettura del prototipo, consentendo alta disponibilità, prestazioni elevate e una gestione semplificata della rete: VLT, infatti, permette di aggregare due switch fisici in un dominio logico unico, eliminando i punti di guasto singoli e ottimizzando il bilanciamento del carico.

I benefici di VLT sono significativi:

- **Eliminazione dei Single Point of Failure:** In caso di guasto di uno switch, il traffico è automaticamente reindirizzato sull'altro, garantendo continuità operativa.
- **Bilanciamento del Carico:** Il traffico è distribuito tra i due switch, migliorando le prestazioni e l'utilizzo delle risorse, essenziale per ambienti ad alta intensità di traffico come FOSSR.
- **Prevenzione dei Loop di Rete:** VLT riduce il rischio di loop di rete, semplificando la gestione della rete e aumentando la stabilità.

Integrazione tra VLT e Bonding

VLT e bonding delle interfacce operano sinergicamente per garantire ridondanza e alta disponibilità, sia a livello di server che di switch. Il bonding aggrega più interfacce fisiche di un server in un'unica entità logica, mentre il VLT unifica due switch fisici in un dominio logico. Questa integrazione assicura protezione contro guasti hardware a tutti i livelli, consentendo la continua operatività in caso di malfunzionamenti.

Segmentazione della Rete e VLT

La segmentazione fisica e logica della rete, abbinata all'uso di VLT, offre un ulteriore livello di sicurezza. Il traffico di gestione è isolato tramite uno switch dedicato, mentre il traffico dati è distribuito su switch VLT configurati in bonding, ottimizzando l'utilizzo delle risorse e riducendo la latenza.

3. Architettura del prototipo

3.1. Configurazione prototipo

In questo capitolo viene descritta in dettaglio l'architettura di rete del sistema, con particolare attenzione alle soluzioni implementate per garantire accesso, gestione e comunicazione ad alte prestazioni. L'architettura progettata enfatizza resilienza, scalabilità e isolamento delle funzionalità principali. Le specifiche tecniche dei dispositivi utilizzati sono riportate nell'Appendice A.

3.1.1. Architettura Generale

La topologia di rete segue una configurazione a stella estesa, scelta per garantire un equilibrio ottimale tra semplicità gestionale e alta disponibilità. La configurazione prevede uno switch dedicato alla gestione (SWITCH MGT) e due switch principali (SWITCH 1 e SWITCH 2), collegati a tre server (Server 1, Server 2 e Server 3) tramite connessioni di rete aggregate (bond).

Rispetto ad altre topologie, come quella ad anello, che offre una ridondanza maggiore ma con maggiore complessità di gestione, o quella full mesh, che garantisce prestazioni ottimali ma con costi e cablaggio molto elevati, la stella estesa rappresenta un compromesso efficace: la disposizione consente di centralizzare la gestione tramite SWITCH MGT, riducendo i punti di guasto critici rispetto a una configurazione gerarchica semplice e garantendo al contempo alte prestazioni grazie alle connessioni aggregate e alla ridondanza intrinseca.

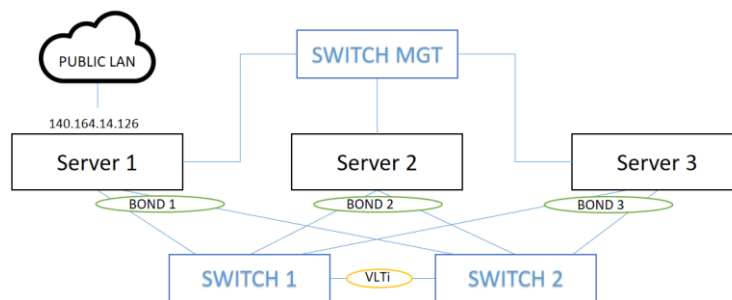


Figura 1 - Architettura di rete del sistema

Componenti Principali e Funzionalità

- SWITCH MGT: Responsabile della gestione e configurazione centralizzata della rete.
- SWITCH 1, SWITCH 2: Dispositivi di switching che gestiscono il traffico locale e supportano funzionalità avanzate come VLAN e QoS. I due switch sono collegati tramite VLT, che li unifica in un singolo dominio logico di switching.
- Server 1, 2, 3: Nodi principali che svolgono ruoli specifici, quali server applicativi, database e gestione.
- BOND 1, 2, 3: Gruppi di interfacce di rete aggregate in canali logici per migliorare larghezza di banda, ridondanza e disponibilità dei servizi.

Ruolo del VLT

Il VLT consente di considerare SWITCH 1 e SWITCH 2 come un unico dominio logico, garantendo:

1. **Ridondanza Elevata:** In caso di guasto di uno switch, il traffico viene automaticamente reindirizzato sull'altro senza interruzioni: questo supera le limitazioni dello stacking tradizionale, che spesso soffre di tempi di convergenza più lunghi.
2. **Bilanciamento del Carico:** Ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse di rete, prevenendo la formazione di colli di bottiglia e sfruttando appieno entrambe le unità. Rispetto allo stacking, il VLT offre una maggiore flessibilità nella distribuzione del traffico.

3. **Gestione Semplificata:** Unificazione della rete per operazioni più semplici di configurazione e monitoraggio. Inoltre, il VLT consente di integrare switch di capacità differente, offrendo scalabilità rispetto alle configurazioni di stacking che richiedono hardware identico.

Grazie a questa configurazione, ogni server è dotato di connessioni ridondanti e bilanciate verso i due switch principali, garantendo sia continuità operativa che prestazioni elevate.

3.1.2 Accesso SSH Esterno

Server 1 funge da gateway principale per l'accesso all'infrastruttura, grazie alla sua posizione strategica nella rete che consente di concentrare il traffico esterno su un unico punto d'ingresso, semplificando le operazioni di sicurezza e monitoraggio. Questa scelta facilita la centralizzazione delle operazioni di sicurezza e manutenzione.

Accesso:

- **Accesso Esterno:** L'indirizzo IP pubblico 140.164.14.126 consente connessioni SSH dirette da Internet.
- **Rete Interna Privata:** Gli indirizzi IP privati (es. 192.168.0.10 per Server 1) sono utilizzati per comunicazioni sicure tra i server.
- **Connessioni SSH Interne:** Configurate per garantire comunicazioni criptate e autenticate tra i server all'interno della rete.

Vantaggi:

1. **Centralizzazione della Sicurezza:** Un unico punto di ingresso facilita l'applicazione di politiche di sicurezza avanzate.
2. **Gestione Ottimizzata:** Semplifica aggiornamenti e manutenzioni.
3. **Protezione dei Dati:** Connessioni SSH criptate impediscono intercettazioni non autorizzate.

Gli indirizzi IP sono stati assegnati in modo da separare la rete di gestione, la rete dati e l'accesso SSH pubblico.

| SERVER | ACCESSO SSH PUBBLICO | IP PRIVATO | IDRAC | IP BOND (RETE DATI) |
|----------|----------------------|--------------|--------------|---------------------|
| SERVER 1 | 140.164.14.126 | 192.168.0.10 | 192.168.0.50 | 10.10.10.10 |
| SERVER 2 | NA | 192.168.0.11 | 192.168.0.51 | 10.10.10.11 |
| SERVER 3 | NA | 192.168.0.12 | 192.168.0.52 | 10.10.10.12 |

Tabella 1 - Tabella Riassuntiva della Configurazione IP

La **Tabella 1** riassume la configurazione degli indirizzi IP per ciascun server, evidenziando le reti utilizzate:

- La colonna **Accesso SSH Pubblico** specifica l'indirizzo IP utilizzato per l'accesso remoto al Server 1, che funge da punto di ingresso per la rete.
- La colonna **IP Privato** mostra gli indirizzi assegnati per la comunicazione interna tra i server.
- La colonna **iDRAC** descrive gli indirizzi riservati alla rete di gestione dedicata per il monitoraggio e la configurazione remota.
- La colonna **IP Bond (Rete Dati)** riporta gli indirizzi assegnati alle interfacce "bond" utilizzate per il trasferimento di dati ad alte prestazioni.

3.1.3 Rete di Management (iDRAC)

I server sono equipaggiati con controller iDRAC, connessi a una rete di gestione dedicata e isolata, garantendo accesso sicuro e remoto all'hardware. Ad esempio, in caso di guasto al sistema operativo, l'iDRAC consente

di accedere alla console del server per eseguire il reboot, aggiornare il firmware o reinstallare il sistema operativo, tutto in modalità remota, riducendo così i tempi di intervento e aumentando l'efficienza operativa.

La rete di gestione è supportata da uno switch Dell Networking S4112F-ON operante a 1 Gbps.

Funzionalità iDRAC:

- Monitoraggio in tempo reale di componenti hardware e prestazioni.
- Configurazione di parametri come BIOS, RAID e impostazioni di rete.
- Aggiornamento semplificato di firmware e sistema operativo.
- Operazioni di provisioning per il ripristino o la creazione di nuovi sistemi.

L'isolamento della rete di gestione dalla rete dati garantisce maggiore sicurezza, mentre l'automazione delle attività di gestione aumenta l'efficienza e la disponibilità operativa.

3.1.4 Rete Dati ad Alte Prestazioni

La rete dati è stata progettata per ottimizzare prestazioni e ridondanza. In particolare, il throughput atteso per ogni connessione server-switch raggiunge i 50 Gbps, grazie all'uso del bonding di interfacce da 25 Gbps, mentre la latenza media stimata sulla rete interna si mantiene inferiore a 1 ms, garantendo risposte rapide anche sotto carico elevato. Ogni server è connesso a SWITCH 1 e SWITCH 2 tramite interfacce "bond". Questa configurazione:

1. Aggrega più interfacce fisiche in canali logici, aumentando larghezza di banda e ridondanza.
2. Assicura alta disponibilità grazie al bonding delle connessioni con gli switch S5232F-ON.

Segmentazione degli Indirizzi IP:

Gli indirizzi IP sono stati assegnati per separare:

- **Accesso SSH Pubblico:** Utilizzato dal Server 1 come punto di ingresso esterno.
- **Rete Privata:** Per comunicazioni sicure tra i server.
- **Rete iDRAC:** Dedicata alla gestione hardware remota.

Questa segmentazione migliora sicurezza e prestazioni, garantendo un'architettura robusta e scalabile, in grado di soddisfare le esigenze di applicazioni ad alte prestazioni.

| Categoria | Dispositivo | Interfaccia | Rete | IP | Note |
|---------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------|--------------------------|
| Rete di Gestione | Server 1 | iDRAC | 192.168.0.0/24 | 192.168.0.50 | Accesso remoto al server |
| | Server 2 | | | 192.168.0.51 | |
| | Server 3 | | | 192.168.0.52 | |
| | Server 1 | eth0 (Gestione) | | 192.168.0.10 | Interfaccia di gestione |
| | Server 2 | | | 192.168.0.11 | |
| | Server 3 | | | 192.168.0.12 | |
| Rete di Produzione | Server 1 | bond (LACP) | 10.10.10.0/24 | 10.10.10.10 | Aggregazione link |
| | Server 2 | | | 10.10.10.11 | |
| | Server 3 | | | 10.10.10.12 | |
| Rete Pubblica (LAN) | Switch (VLT Peer) | uplink (LAN Pubblica) | 140.164.14.0/24 | 140.164.14.126 | Gateway esterno |
| Switch | Switch 1 Dell EMC | Inter-switch VLT | Link inter-switch | 192.168.0.40 | Connessione con Switch 2 |

| | | | | | |
|--|-------------------|--|--|--------------|--------------------------|
| | Switch 2 Dell EMC | | | 192.168.0.30 | Connessione con Switch 1 |
|--|-------------------|--|--|--------------|--------------------------|

Tabella 2 - Tabella Riassuntiva delle Reti, Dispositivi e IP

La Tabella 2 offre una panoramica dettagliata delle reti implementate, specificando le interfacce e gli indirizzi IP assegnati per ciascuna categoria di rete:

- **Connessione Switch:** Gli switch Dell EMC S5232F-ON sono collegati tra loro tramite un link inter-switch configurato in modalità VLT, garantendo ridondanza e resilienza. I dettagli della configurazione sono disponibili nell'Appendice B.
- **Rete di Gestione:** Comprende gli indirizzi IP delle interfacce iDRAC e "eth0" dei server, dedicate alla gestione remota e alla comunicazione interna su una rete isolata (192.168.0.0/24). I dettagli completi sono riportati nell'Appendice C.
- **Rete Pubblica (LAN):** Lo switch configurato come peer VLT è dotato di un uplink verso la rete pubblica (140.164.14.0/24), utilizzato per l'accesso esterno tramite il Server 1. Maggiori dettagli sono disponibili nell'Appendice C.
- **Rete di Produzione:** Basata su bonding (LACP) per l'aggregazione dei link di rete, utilizza indirizzi IP dedicati alla rete dati ad alte prestazioni (10.10.10.0/24). La configurazione di dettaglio è descritta nell'Appendice D.

4. Conclusioni

L'implementazione del prototipo HPC presso l'ICAR-CNR di Napoli, nell'ambito del progetto FOSSR finanziato dal PNRR, rappresenta un significativo passo avanti verso la realizzazione di un'infrastruttura di calcolo ad alte prestazioni (HPC) all'avanguardia. Il prototipo, configurato come nodo di primo livello della rete FOSSR, è stato progettato per garantire affidabilità, scalabilità e prestazioni elevate, elementi cruciali per supportare le esigenze di calcolo intensivo della ricerca scientifica moderna.

L'infrastruttura di rete implementata, basata su tecnologie avanzate come il *bonding* delle interfacce e il VLT, offre elevate prestazioni e ridondanza: in particolare, il VLT si è dimostrato un elemento chiave per la realizzazione di un'infrastruttura HPC affidabile e sicura. Questa tecnologia, permettendo di unire due switch fisici in un unico dispositivo logico, elimina i singoli punti di guasto e garantisce un bilanciamento automatico del carico, contribuendo in modo significativo alla resilienza e alla disponibilità del sistema.

La gestione remota tramite iDRAC ha semplificato le operazioni di manutenzione, consentendo interventi rapidi e efficienti anche a distanza. I test di conformità, eseguiti secondo standard rigorosi, hanno validato le prestazioni del prototipo, confermando la sua capacità di soddisfare i requisiti di calcolo intensivo e fornendo un solido fondamento per future espansioni dell'infrastruttura FOSSR.

Sono state affrontate sfide legate alla configurazione di sistemi di rete complessi, come l'implementazione del VLT e del *bonding*, e alla garanzia della sicurezza dell'infrastruttura. La complessità di queste tecnologie richiede una conoscenza approfondita e una pianificazione accurata per garantire il corretto funzionamento e la massima efficienza del sistema.

Per il futuro, sono previste l'integrazione di schede Rockport per migliorare ulteriormente le prestazioni del prototipo, l'espansione dell'infrastruttura per soddisfare le crescenti esigenze del progetto FOSSR e l'ottimizzazione continua delle configurazioni attraverso un monitoraggio costante e un'analisi dettagliata dei dati di rete. L'obiettivo è garantire che l'infrastruttura rimanga competitiva e in grado di supportare le più recenti applicazioni HPC, fornendo agli utenti un ambiente di calcolo all'avanguardia per la ricerca scientifica.

In sintesi, il prototipo HPC implementato presso l'ICAR-CNR di Napoli rappresenta una base solida e promettente per lo sviluppo dell'infrastruttura FOSSR. L'adozione di tecnologie all'avanguardia, come il VLT e il *bonding*, e la pianificazione di futuri miglioramenti, garantiranno che l'infrastruttura rimanga competitiva e in grado di supportare le più recenti applicazioni HPC, contribuendo al progresso della ricerca scientifica. Il prototipo, con la sua architettura resiliente e scalabile, possiede il potenziale per future espansioni e per l'integrazione di nuove tecnologie, consolidando il ruolo dell'ICAR-CNR come centro di eccellenza nel campo del calcolo ad alte prestazioni.

5. Riferimenti

- [1] G. Italiano, «PNRR,» [Online]. Available: <https://www.italiadomani.gov.it/content/sogeing/it/it/home.html>.
- [2] G. Italiano, «PNC,» [Online]. Available: <https://www.italiadomani.gov.it/it/ilpiano/Risorse/piano-complementare/piano-nazionale-complementare.html>
- [3] G. Italiano, «Missione 4 "Istruzione e Ricerca",» [Online]. Available: <https://www.mur.gov.it/it/pnrr/missione-istruzione-e-ricerca>
- [4] C. N. d. Ricerche, «Progetto FOSSR,» [Online]. Available: <http://www.fossr.eu/>
- [5] GoFair, «Fair Principles» [Online]. Available: <https://www.go-fair.org/go-fair-initiative/>
- [6] A. J. e. Al., «FAIR Principles: Interpretations and Implementation Considerations,» *Data Intelligence*, vol. 2, n. 1-2, pp. 10-29, 2020.
- [7] P. FOSSR, «Network of Data Center» [Online]. Available: <https://www.fossr.eu/cosafacciamo/rete-di-data-center/>
- [8] Gundla, N. K. (2024). Building Castles in the Cloud: Architecting Resilient and Scalable Infrastructure. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 72(9), 77–92. <https://doi.org/10.14445/22312803/ijctt-v72i9p113>
- [9] "Connecting Common VLANs Between Switch Units". SuperStack II Switch 3000 TX 8 Port User Guide. June 1997. Document No. DUA1694-1AAA04
- [10] Seaman, M. (1999). Link aggregation control protocol. *IEEE*, 1, 0399. <http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ad/public/mar99/seaman>
- [11] Integrated Dell Remote Access Controller (iDRAC). Available: <https://www.dell.com/it-it/lp/dt/open-manage-idrac>
- [12] Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2017). *Computer Networking: A Top-Down Approach* (7th ed.) Pearson.
- [13] NIST. (2017). *An Introduction to Information Security (NIST Special Publication 800-12 Revision 1)*. National Institute of Standards and Technology. <https://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-12-r1/final>

6. Appendici Tecniche

Le specifiche dettagliate dei componenti hardware sono disponibili nelle seguenti appendici:

- Appendice A: Dispositivi
- Appendice B: Configurazione del VLTi
- Appendice C: Configurazione Bonding
- Appendice D: Configurazione Rete tramite NETPLAN

Appendice A: Dispositivi

L'architettura della rete si avvale di dispositivi hardware avanzati, progettati per garantire alte prestazioni, sicurezza e affidabilità. Di seguito vengono descritti i principali componenti del sistema.

Switch:

- **Core:** 2× Dell Networking S5232F-ON
- **Management:** 1× Dell Networking S4112F-ON

Server:

- 3× Dell PowerEdge R7525

Switch Dell PowerSwitch S5232F-ON

Il Dell PowerSwitch S5232F-ON è un switch di rete di fascia alta, progettato per rispondere alle esigenze di ambienti data center ad alta densità, ottimizzando l'efficienza delle operazioni di rete. Questo dispositivo è ideale per applicazioni ad alta intensità, come il cloud computing, l'High-Performance Computing (HPC) e le reti aziendali su larga scala. La sua progettazione consente una gestione ottimale del traffico in scenari complessi, rappresentando una soluzione innovativa per infrastrutture di rete moderne.

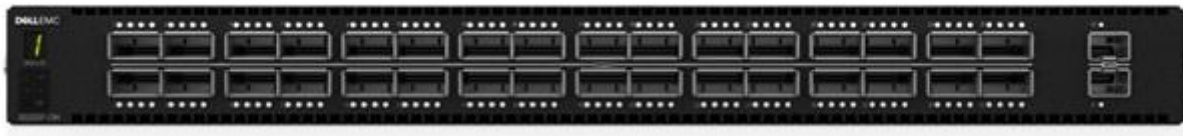


Figura 2 - Dell PowerSwitch S5232F-ON

Caratteristiche principali:

- **Capacità di commutazione:** Lo switch offre una capacità di commutazione di 3,2 Tbps (6,4 Tbps full-duplex), con un throughput di 2,4 Bpps (4,8 Bpps full-duplex), assicurando prestazioni elevate anche in condizioni di carico intensivo.
- **Alta densità di porte:** Dotato di 32 porte QSFP28, lo switch supporta velocità fino a 100 GbE. È possibile configurare fino a 124 porte a 10 GbE o 64 porte a 50 GbE grazie all'uso di cavi breakout, conferendo una notevole flessibilità nella configurazione della rete.
- **Scalabilità e flessibilità:** La configurabilità delle porte e la capacità di commutazione elevata permettono una scalabilità rapida e sicura, adattandosi all'evoluzione delle esigenze di rete. Supporta anche lo stacking, facilitando la gestione di più dispositivi come un'entità unica e migliorando l'affidabilità complessiva.

Funzionalità avanzate di rete:

- **Qualità del servizio (QoS):** Gestisce il traffico di rete assegnando priorità alle applicazioni critiche, un elemento essenziale per ambienti di cloud computing e HPC, dove la variabilità dei carichi di lavoro richiede una gestione dinamica delle risorse.
- **Virtualizzazione della rete (VXLAN):** Supporta il protocollo VXLAN, permettendo la creazione di reti virtuali su dispositivi fisici, particolarmente utile in contesti multi-tenant o in situazioni che necessitano di isolamento del traffico per motivi di sicurezza.
- **VLT:** La funzionalità VLT consente la configurazione di percorsi multipli tra switch senza la creazione di loop, ottimizzando la resilienza e l'utilizzo della larghezza di banda.

Sicurezza e sincronizzazione:

- **Protezione avanzata:** Il dispositivo implementa misure per difendersi da attacchi DDoS e offre un filtraggio avanzato dei pacchetti, potenziando la sicurezza dell'infrastruttura di rete.
- **Sincronizzazione temporale:** Supporta il protocollo 1588v2 PTP per una sincronizzazione precisa dei sistemi di rete, fondamentale in applicazioni che richiedono alta precisione temporale, come le transazioni finanziarie e le analisi in tempo reale.

Gestione e integrazione del sistema:

- **Open Network Install Environment (ONIE):** ONIE permette l'installazione di differenti sistemi operativi di rete, consentendo una gestione personalizzabile delle infrastrutture di rete.
- **Supporto per Dell Enterprise SONiC:** Integrato con SONiC, un sistema operativo open-source, questo switch consente configurazioni altamente adattabili per ambienti cloud e reti virtualizzate, migliorando l'interoperabilità e il controllo granulare sulla rete.

Applicazioni nei data center:

- **Reti ad alta densità:** Le porte ad alta velocità e la latenza ridotta lo rendono ideale per connettere server e storage in ambienti altamente densificati, garantendo performance ottimali anche sotto carichi elevati.
- **Cloud computing:** Perfetto per ambienti cloud pubblici e privati, gestendo flussi di traffico dinamici con flessibilità massima.
- **High-Performance Computing (HPC):** L'elevato throughput e la bassa latenza lo rendono perfetto per applicazioni HPC, dove la velocità e la capacità di elaborazione sono determinanti.

Switch Dell Networking S4112F-ON

Il Dell PowerSwitch S4112F-ON è uno switch gestito, progettato per supportare moderne infrastrutture di data center. Coniuga prestazioni elevate, flessibilità e facilità di gestione, risultando un componente chiave per ottimizzare le reti aziendali.



Figura 3 - Switch Dell N3248TE

Caratteristiche Principali:

- **Prestazioni Solide:** Offre una capacità di commutazione elevata e una latenza ridotta, garantendo un flusso di dati fluido anche in condizioni di carico elevato.
- **Densità di Porte Versatile:** Dotato di 48 porte 1GbE in rame, lo switch offre una connettività flessibile per una vasta gamma di dispositivi.

- **Gestione Efficiente:** L'interfaccia utente intuitiva e le funzionalità di auto-apprendimento semplificano la configurazione e la gestione dello switch.
- **Affidabilità e Resilienza:** Progettato per operare in ambienti 24/7, lo switch offre funzionalità di ridondanza e alta disponibilità per garantire la continuità operativa.
- **Gestione della Qualità del Servizio (QoS):** Permette di assegnare priorità al traffico critico, assicurando prestazioni ottimali per applicazioni sensibili alla latenza.

Applicazioni Ideali:

- **Data Center di Piccole e Medie Dimensioni:** L'N3248TE-ON è ideale per fornire una connettività affidabile e scalabile a server, storage e dispositivi di rete in ambienti di data center di dimensioni moderate.
- **Reti Campus e Filiali:** Può essere utilizzato per collegare edifici all'interno di un campus o per fornire connettività a filiali remote.
- **Reti Convergenti:** Grazie alla sua flessibilità, lo switch può essere utilizzato per supportare sia il traffico dati che la voce.

Vantaggi Principali Rispetto ad Altri Switch:

- **Costo-Efficacia:** Offre un ottimo rapporto qualità-prezzo, rendendolo una scelta ideale per aziende con budget limitati.
- **Facilità di Utilizzo:** L'interfaccia utente intuitiva e le funzionalità di auto-apprendimento lo rendono facile da configurare e gestire anche per utenti meno esperti.
- **Scalabilità:** Può essere facilmente integrato in reti di dimensioni maggiori grazie alle sue capacità di stacking.

Server Dell PowerEdge R7525

Il Dell PowerEdge R7525 è una piattaforma server scalabile, progettata per affrontare le esigenze dei data center moderni, con particolare attenzione a carichi di lavoro ad alta intensità come la virtualizzazione e l'analisi avanzata dei dati. Grazie all'integrazione di avanzate funzionalità di networking, il R7525 assicura una performance ottimale in ambienti ad alta densità di rete, garantendo scalabilità, affidabilità e sicurezza.



Figura 4 - Server Dell PowerEdge R7525

Caratteristiche principali:

- **Opzioni di rete integrate:** Include due schede di rete LOM da 1 GbE e supporta l'espansione tramite scheda OCP Mezzanine 3.0, ottimizzando il traffico e gestendo carichi complessi.
- **Gestione remota tramite iDRAC:** La porta dedicata a Dell Integrated Remote Access Controller (iDRAC) permette il monitoraggio remoto delle risorse, con protocolli come Redfish che migliorano l'integrazione con i sistemi di gestione.
- **Aggregazione dei collegamenti:** Supporta il LACP, migliorando throughput e ridondanza per ambienti ad alta densità di traffico.

Sicurezza e segmentazione della rete:

- **VLAN:** La segmentazione del traffico tramite VLAN isola i flussi sensibili e assicura che le applicazioni critiche ricevano priorità, riducendo il rischio di accessi non autorizzati.
- **Protezione e monitoraggio:** La configurazione con firewall e zone DMZ aumenta la protezione contro attacchi esterni.
- **Ridondanza per alta disponibilità:** Alimentatori ridondanti e configurazioni RAID garantiscono la continuità operativa anche in caso di guasti hardware.

Virtualizzazione e ottimizzazione della rete:

- **Efficienza della virtualizzazione:** Il supporto per più macchine virtuali per server ottimizza l'utilizzo delle risorse, riducendo i costi operativi.
- **Strumenti di gestione centralizzata:** L'integrazione con Dell OpenManage Enterprise semplifica il monitoraggio e la configurazione, migliorando l'efficienza della rete su larga scala.

Applicazioni avanzate:

- **HPC:** L'architettura a bassa latenza e l'elevata larghezza di banda sono ideali per applicazioni HPC.
- **Storage software-defined:** Il supporto per NVMe permette la costruzione di infrastrutture di storage scalabili.
- **Piattaforme di analisi avanzata:** Garantisce performance elevate per carichi di lavoro intensivi come il machine learning e l'analisi dei big data.

Appendice B: VLTi configuration

Questa appendice descrive in dettaglio la configurazione del VLT implementata nel prototipo. Il VLT è una tecnologia fondamentale che consente di unire due switch fisici in un unico dispositivo logico, migliorando la ridondanza, le prestazioni e la gestione della rete.

La configurazione VLT si articola in diversi elementi chiave:

- **Dominio VLT:** Definisce un'istanza VLT univoca, assegnando un ID e un indirizzo MAC al dominio. Stabilisce le priorità dei peer per determinare il nodo primario in caso di failover e configura le interfacce di discovery per permettere ai peer di identificarsi reciprocamente.
- **Port-channel:** Aggrega multiple interfacce fisiche in un unico link logico, aumentando la larghezza di banda e la ridondanza. Assegna le interfacce fisiche ai port-channel e configura la modalità di aggregazione (active).
- **VLAN:** Segmenta la rete logica in domini di broadcast separati, isolando il traffico e migliorando la sicurezza. Configura le VLAN sui port-channel per permettere la comunicazione tra i segmenti di rete.
- **VRRP:** Fornisce ridondanza per i router virtuali, garantendo la disponibilità dei servizi di rete in caso di guasti. Assegna un indirizzo IP virtuale al gruppo VRRP e configura i router virtuali sui peer VLT.

Configurazione di base del dominio VLT

La configurazione è stata effettuata utilizzando il sistema operativo degli switch OS 10.5.5.5. La connessione fisica tra i due switch è realizzata con un cavo in fibra.

Comandi e spiegazioni:

- Creazione di un dominio VLT con l'ID 1. Tutti gli switch che fanno parte di questo dominio devono avere lo stesso ID.

```
VLT-Peer1(config)# vlt-domain 1
```

- Assegnazione di una priorità al peer VLT. In caso di failover, il peer con la priorità più alta diventa primario.

```
VLT-Peer1(conf-vlt-1)# primary-priority 4096
```

- Assegna un indirizzo MAC univoco al dominio VLT. Questo indirizzo sarà utilizzato per identificare il VLT nella rete.

```
VLT-Peer1(conf-vlt-1)# vlt-mac 12:34:56:00:00:01
```

- Specifica delle interfacce utilizzate per scoprire l'altro peer VLT.

```
VLT-Peer1(conf-vlt-1)# discovery-interface ethernet1/1/27-1/1/28
```

- Specifica dell'indirizzo IP del peer di backup.

```
VLT-Peer1(conf-vlt-1)# backup destination 192.168.0.40
```

Ripetere i comandi analoghi su VLT-Peer2, modificando l'indirizzo IP di backup e la priorità.

Scelta del nodo primario e gestione del failover

La priorità assegnata a ciascun peer VLT è un parametro fondamentale che determina quale switch assumerà il ruolo di *nodo primario* in caso di failover. Il nodo primario è responsabile della gestione attiva del traffico e delle funzioni di controllo del dominio VLT.

In caso di failover (ad esempio, guasto del nodo primario), il peer VLT con la *priorità più alta* diventa automaticamente il nuovo nodo primario. È essenziale configurare correttamente le priorità per garantire una transizione senza interruzioni e per evitare ambiguità nella gestione del dominio VLT.

La scelta delle priorità può essere influenzata da diversi fattori, tra cui:

- **Affidabilità degli switch:** Se uno switch è considerato più affidabile dell'altro (ad esempio, per la ridondanza dell'alimentazione o per la qualità dei componenti), può essere assegnata una priorità più alta.
- **Capacità di elaborazione:** Se uno switch ha una maggiore capacità di elaborazione o una maggiore potenza di calcolo, può essere preferito come nodo primario per gestire in modo più efficiente il traffico di rete.
- **Conessioni di rete:** Se uno switch ha connessioni di rete più veloci o più ridondanti, può essere preferito come nodo primario per garantire prestazioni ottimali.

Esempio pratico

Supponiamo di avere due switch VLT, Switch A e Switch B. Se vogliamo che Switch A sia sempre il nodo primario a meno che non si verifichi un guasto, possiamo assegnare a Switch A una priorità più bassa (ad esempio, 4096) e a Switch B una priorità più alta (ad esempio, 8192). In questo modo, Switch A sarà sempre il nodo primario, a meno che non si verifichi un guasto. In tal caso, Switch B diventerà automaticamente il nuovo nodo primario.

Configurazione dei port-channel:

- Creazione di un port-channel e associazione al dominio VLT.

```
VLT-Peer1(config)# interface port-channel101
```

```
VLT-Peer1(conf-if-po-101)# vlt-port-channel 101
```

- Aggiunta di un'interfaccia fisica al port-channel e la configura in modalità attiva.

```
VLT-Peer1(config)# interface ethernet1/1/1:1
```

```
VLT-Peer1(conf-if-eth1/1/1:1)# channel-group 101 mode active
```

Ripetere i comandi analoghi per le altre interfacce che fanno parte del port-channel e per l'altro peer VLT.

Configurazione delle VLAN e del VRRP:

- Creazione delle VLAN:

```
VLT-Peer1(config)# interface vlan 14
```

- Configurazione del trunk:

```
VLT-Peer1(conf-if-po-101)# switchport mode trunk
```

```
VLT-Peer1(conf-if-po-101)# switchport trunk allowed vlan 14
```

```
VLT-Peer1(conf-if-po-101)# switchport access vlan 100
```

- Assegnazione di indirizzi IP e configurazione del VRRP:

```
VLT-Peer1(conf-if-vl-100)# ip address 10.20.100.10/24
```

```
VLT-Peer1(conf-if-vl-100)# vrrp-group 100
```

```
VLT-Peer1(conf-vlan100-vrid-100)# virtual-address 10.20.100.30
```

Altre configurazioni:

- Peer Routing: Abilita il routing tra i peer VLT.
- Configurazione di altri port-channel: Configura altri port-channel per collegare i dispositivi a diverse VLAN.
- Configurazione delle interfacce fisiche: Configura le modalità delle interfacce fisiche (access o trunk) e le VLAN consentite.

Significato dei comandi

- `vlt-domain`: Definisce un gruppo di switch che lavorano insieme come un unico switch virtuale.
- `primary-priority`: Stabilisce l'importanza di uno switch nel gruppo VLT. Il valore più alto indica la priorità maggiore.
- `vlt-mac`: Assegna un indirizzo MAC univoco al gruppo VLT.
- `discovery-interface`: Indica le porte utilizzate per comunicare tra gli switch VLT.
- `port-channel`: Combina più porte fisiche in un unico canale logico per aumentare la larghezza di banda e la ridondanza.
- `vlan`: Definisce una rete virtuale.
- `vrrp`: Assicura la ridondanza gateway con il predefinito.

Sunto comandi di configurazione

- Configurazione del dominio VLT (su entrambi i peer, adattando i valori):

```
VLT-Peer1(config)# vlt-domain 1
```

```
VLT-Peer1(conf-vlt-1)# primary-priority 4096
```

```
VLT-Peer1(conf-vlt-1)# vlt-mac 12:34:56:00:00:01
```

```
VLT-Peer1(conf-vlt-1)# ethernet1/1/27-1/1/28
VLT-Peer1(conf-vlt-1)# backup destination 192.168.0.30
```

```
VLT-Peer2(config)# vlt-domain 1
VLT-Peer2(conf-vlt-1)# primary-priority 8192 (esempio: priorità diversa)
VLT-Peer2(conf-vlt-1)# vlt-mac 12:34:56:00:00:01 (deve corrispondere)
VLT-Peer2(conf-vlt-1)# discovery-interface ethernet1/1/27-1/1/28
VLT-Peer2(conf-vlt-1)# backup destination 192.168.0.40 (indirizzo IP dell'altro peer)
```

- **Creazione della VLAN (su entrambi i peer)**

```
VLT-Peer1(config)# interface vlan 100
VLT-Peer2(config)# interface vlan 100
```

- **Creazione del port-channel (su entrambi i peer)**

```
VLT-Peer1(config)# interface port-channel 101
VLT-Peer1(conf-if-po-101)# vlt-port-channel 101
```

```
VLT-Peer2(config)# interface port-channel 101
VLT-Peer2(conf-if-po-101)# vlt-port-channel 101
```

- **Aggiunta delle interfacce fisiche al port-channel e abilitazione di LACP (su entrambi i peer, per ogni interfaccia)**

```
VLT-Peer1(config)# interface ethernet1/1/1:1
VLT-Peer1(conf-if-eth1/1/1:1)# channel-group 101 mode active
```

```
VLT-Peer1(config)# interface ethernet1/1/1:1(esempio: altra interfaccia)
VLT-Peer1(conf-if-eth1/1/1:2)# channel-group 102 mode active
```

... (altre interfacce)

```
VLT-Peer2(config)# interface ethernet 1/1/1:1
VLT-Peer2(conf-if-eth1/1/1:1)# channel-group 101 mode active
```

... (altre interfacce)

- **Configurazione del trunk sul port-channel (su entrambi i peer)**

```
VLT-Peer1(conf-if-po-101)# switchport mode trunk
VLT-Peer1(conf-if-po-101)# switchport trunk allowed vlan 14
```

```
VLT-Peer2(conf-if-po-101)# switchport allowed vlan 100
```

```
VLT-Peer2(conf-if-po-101)# switchport mode trunk
VLT-Peer2(conf-if-po-101)# switchport trunk allowed vlan 14
```

```
VLT-Peer2(conf-if-po-101)# switchport allowed vlan 100
```

- **Assegnazione IP e configurazione VRRP (su entrambi i peer, per la VLAN)**

```
VLT-Peer1(conf-if-vl-100)# ip address 10.20.100.10/24
```

```
VLT-Peer1(conf-if-vl-100)# vrrp-group 100
```

```
VLT-Peer1(conf-vlan100-vrid-100)# virtual-address 10.20.100.30
```

```
VLT-Peer2(conf-if-vl-100)# ip address 10.20.100.11/24 (IP diverso)
```

```
VLT-Peer2(conf-if-vl-100)# vrrp-group 100
```

```
VLT-Peer2(conf-vlan100-vrid-100)# virtual-address 10.20.100.30 (IP virtuale uguale)
```

- **Comandi di verifica**

- o show vlan

```
S1-40# show vlan
Codes: * - Default VLAN, M - Management VLAN, R - Remote Port Mirroring VLANs,
       @ - Attached to Virtual Network, P - Primary, C - Community, I - Isolated,
       S - VLAN-Stack VLAN
Q: A - Access (Untagged), T - Tagged
NUM   Status   Description                               Q Ports
*  1     Active                                               A Eth1/1/1:4,1/1/2-1/1/26,1/1/29-1/1/34
                                           A Po1000
    14    Active                                               T Po101-103,1000
    100   Active                                               T Po1000
                                           A Po101-103
    4094  Active                                               T Po1000
```

Figura 4 - Output del comando "show vlan" che mostra le VLAN configurate sullo switch.

- o show lacp interface ethernet 1/1/1:1

```
S1-40# show lacp interface ethernet 1/1/1:1
Interface ethernet1/1/1:1 is up
Channel group is 101 port channel is 101
Individual: false
PDUS sent: 5361271
PDUS rcvd: 171399
Marker sent: 0
Marker rcvd: 0
Marker response sent: 0
Marker response rcvd: 0
Unknown packetse rcvd: 0
Illegal packetse rcvd: 0
Local Port: 33   MAC Address=12:34:56:00:00:01
System Identifier=4096,12:34:56:00:00:01
Port Identifier=32768,33
Operational key=101
LACP_Activity=active
LACP_Timeout=Long Timeout(30s)
Synchronization=IN_SYNC
Collecting=true
Distributing=true
Partner information refresh timeout=Short Timeout(3s)
Actor Admin State=ADEHJLMP
Actor Oper State=ADEGIKNP
Neighbor: 2
MAC Address=a6:ca:27:a1:93:80
System Identifier=65535,a6:ca:27:a1:93:80
Port Identifier=255,2
Operational key=21
LACP_Activity=active
LACP_Timeout=Short Timeout(1s)
Synchronization=IN_SYNC
Collecting=true
Distributing=true
Partner Admin State=BDEGIKMP
Partner Oper State=ACEGIKNP
```

Figura 5 - Output del comando "show lacp interface ethernet 1/1/1:1" che mostra i dettagli dell'interfaccia Ethernet 1/1/1:1 nel gruppo LACP.

- show port-channel summary

```
S1-40# show port-channel summary

Flags:  D - Down      I - member up but inactive  P - member up and active
        U - Up (port-channel)  F - Fallback Activated    IND - LACP Individual
-----
Group Port-Channel      Type      Protocol  Member Ports
-----
101  port-channel101  (U)      Eth       DYNAMIC   1/1/1:1(P)
102  port-channel102  (U)      Eth       DYNAMIC   1/1/1:2(P)
103  port-channel103  (U)      Eth       DYNAMIC   1/1/1:3(P)
1000 port-channel1000  (U)      Eth       STATIC    1/1/27(P) 1/1/28(P)
```

Figura 6 - Output del comando "show port-channel summary" che mostra lo stato dei port-channel configurati.

- Salvataggio della configurazione
 - copy running-config startup-config

Note importanti:

- I comandi vanno eseguiti su entrambi gli switch VLT (VLT-Peer1 e VLT-Peer2), con le dovute modifiche (indirizzi IP, priorità, ecc.).
- L'ordine dei comandi è importante, soprattutto per quanto riguarda la creazione del dominio VLT, dei port-channel e delle VLAN.

Appendice C: Configurazione Bonding

Questa configurazione imposta una rete composta da tre interfacce attive: due interfacce fisiche con indirizzi IP statici e una interfaccia "bonded" che incrementa la ridondanza e la disponibilità della rete. Il sistema è configurato per interagire con altre reti tramite gateway definiti, utilizzando il server DNS di Google per la risoluzione dei nomi di dominio.

Interfacce di Rete

Le interfacce di rete sono identificate tramite nomi come **enp129s0f1np1**, che sono assegnati dal sistema operativo Linux, in particolare dal demone **systemd-networkd**, il quale è responsabile della gestione della rete tramite **Netplan**. Il sistema di nomenclatura segue una convenzione che riflette la posizione fisica dell'interfaccia nella macchina.

- **en**: Denota una scheda di rete Ethernet.
- **p**: Indica che il nome è basato sul percorso PCI.
- **129s0**: Fornisce informazioni sul bus PCI e sullo slot.
- **f1**: Specifica la funzione PCI dell'interfaccia.
- **np1**: Indica il numero di porta virtuale associato all'interfaccia.

Sebbene la comprensione di questa struttura non sia essenziale per la configurazione, essa offre una visione utile del sistema di indirizzamento delle interfacce di rete.

Appendice D: Configurazione Rete tramite NETPLAN

La configurazione della rete, gestita tramite il linguaggio di configurazione **Netplan**, definisce le interfacce di rete utilizzate dal sistema, l'assegnazione degli indirizzi IP, la configurazione dei gateway e la risoluzione dei nomi di dominio tramite il server DNS di Google. Il file di configurazione descrive come impostare la comunicazione tra il sistema e altre reti, fornendo una base per la connessione del server a risorse remote.

Dettaglio della Configurazione Netplan

La configurazione si sviluppa nel seguente modo:

- Interfacce Ethernet:**
 - **eno8303** e **eno8403**: Due interfacce di rete con indirizzi IP statici, assegnati per garantire la coerenza dell'indirizzo IP ad ogni avvio del sistema.
 - **enp129s0f0np0** e **enp129s0f1np1**: Interfacce fisiche che non dispongono di indirizzi IP diretti, ma sono aggregate in un'interfaccia logica di tipo "bond".
 - **bond0**: Interfaccia virtuale risultante dal bonding delle due interfacce fisiche precedenti. Questo bonding permette di ottenere un miglior throughput e una maggiore ridondanza. In caso di guasto di una delle interfacce fisiche, la connessione viene mantenuta attraverso l'altra.
- Modalità di Bonding:** È stato implementato il protocollo **802.3ad (LACP)** per aggregare i link di rete, ottimizzando sia la banda disponibile che la resilienza della rete. L'interfaccia bondata, denominata **bond0**, è configurata con gli indirizzi IP **10.10.10.0/24** e si connette a una rete dati ad alte prestazioni. I parametri di configurazione specificano:
 - **lACP-rate: fast**: Attiva una negoziazione LACP più rapida per una gestione ottimale dei link aggregati.
 - **mii-monitor-interval: 100**: Imposta un intervallo di monitoraggio dei link fisici di 100 millisecondi, garantendo la rilevazione tempestiva di eventuali malfunzionamenti.
 - **MTU: 9000**: Imposta una dimensione del pacchetto (Maximum Transmission Unit) maggiore, ottimizzando le prestazioni nelle reti ad alta velocità.
- Indirizzi IP:** Ogni interfaccia (eno8303, eno8403, bond0) è associata a un indirizzo IP statico con la subnet mask /24, il che definisce la rete di appartenenza di ciascuna interfaccia.
- Gateway:** Ogni interfaccia è configurata con un gateway predefinito, che permette al sistema di comunicare con reti esterne. I pacchetti destinati a indirizzi IP esterni alla rete locale vengono inoltrati tramite il gateway.
- Server DNS:** È stato configurato il server DNS pubblico di Google (IP **8.8.8.8**) per la risoluzione dei nomi di dominio. L'utilizzo di Google Public DNS garantisce:
 - **Affidabilità**: La rete globale di server DNS di Google offre alta disponibilità e robustezza.
 - **Velocità**: La risoluzione dei domini è ottimizzata per ridurre i tempi di risposta.
 - **Sicurezza**: Protezione avanzata contro attacchi come il DNS spoofing.
- Altre opzioni di configurazione:**
 - **mtu**: Definisce la dimensione massima dei pacchetti che possono essere trasmessi su un'interfaccia.
 - **lACP-rate, mode, mii-monitor-interval**: Parametri specifici per la gestione del bonding, che influiscono sulla ridondanza e sul bilanciamento del carico.

Sintesi della Configurazione in yaml:

```
network:
  ethernets:
    eno8303:
      addresses:
        - 192.168.0.12/24
      nameservers:
        addresses:
          - 8.8.8.8
      routes:
        - to: default
          via: 192.168.0.1
```


eno8403:

addresses:

- 140.164.14.126/24

nameservers:

addresses:

- 8.8.8.8

routes:

- to: default

via: 140.164.14.1

bonds:

bond0:

addresses: [10.10.10.12/24]

interfaces:

- enp129s0f0np0

- enp129s0f1np1

mtu: 9000

parameters:

lacp-rate: fast

mode: 802.3ad

mii-monitor-interval: 100

version: 2