



UNIVERSITÀ  
POLITECNICA  
DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA E DELL'AUTOMAZIONE

---

# **Implementazione di Protocolli di Routing in Ambiente Multivendor**

**Implementing Network Routing Protocols in a Multivendor Environment**

Candidato:  
**Simone Sticca**

Relatore:  
**Prof. Ennio Gambi**

Correlatore:  
**Ing. Adelmo De Santis**

Anno Accademico 2023-2024

---

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA  
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA E DELL'AUTOMAZIONE  
Via Brezze Bianche – 60131 Ancona (AN), Italy

*Dream until it's your reality*



# Ringraziamenti

Desidero esprimere la mia più sincera gratitudine al mio relatore, Prof. Ennio Gambi, e al mio correlatore, Ing. Adelmo De Santis, per il supporto e la guida che mi hanno fornito durante questo percorso. La loro esperienza e disponibilità sono stati fondamentali per il raggiungimento di questo traguardo.

Un sentito ringraziamento va alla mia famiglia e a mio nonno, che mi hanno sempre sostenuto e incoraggiato. In particolare, vorrei dedicare un pensiero speciale a mia nonna Pasquina, che con il suo amore e le sue parole di incoraggiamento mi ha sempre spronato a dare il meglio di me.

Un ringraziamento particolare va a tutti i miei amici, di vecchia e nuova data, che hanno reso questo percorso più leggero e gioioso. La vostra compagnia, il vostro supporto (soprattutto in palestra) e le risate condivise sono stati essenziali per affrontare le sfide di questi anni.

Infine, un ringraziamento di cuore alla mia ragazza, Violachiara. Sei stata la mia luce in questo viaggio, sempre pronta a sostenermi nei momenti di difficoltà e a condividere le gioie dei successi. La tua pazienza, il tuo amore e la tua capacità di rassicurarmi hanno reso questo percorso non solo più semplice, ma anche incredibilmente bello. Sei una delle persone più importanti della mia vita, e non avrei potuto immaginare di arrivare a questo traguardo senza di te al mio fianco. Pronto ad averti al mio fianco per ogni evento futuro.

Grazie a tutti voi per aver reso possibile questo sogno.

*Ancona, Ottobre 2024*

Simone Sticca



# Sommario

Questa tesi esplora l'integrazione e l'interoperabilità di dispositivi di rete *multi-vendor* in un ambiente tradizionale, concentrandosi sulla configurazione e gestione del protocollo di routing **OSPF** (Open Shortest Path First) tra *router* e *switch* di produttori diversi, tra cui Huawei, Cisco e Mikrotik. L'obiettivo principale è analizzare le sfide tecniche e le soluzioni adottate per garantire una comunicazione efficace e senza interruzioni tra dispositivi di rete eterogenei. Attraverso una serie di test pratici, è stata valutata l'efficacia del protocollo OSPF nel garantire l'interoperabilità e la stabilità della rete, con particolare attenzione alle prestazioni di rete e alla risoluzione dei problemi di compatibilità. I risultati dimostrano che, nonostante le differenze tra i dispositivi di rete, un'adeguata configurazione e comprensione dei protocolli di routing può permettere di costruire una rete robusta e performante in un ambiente multivendor. Le conclusioni sottolineano l'importanza della pianificazione e della configurazione accurata per garantire il successo dell'integrazione di dispositivi di diversi produttori.



# Indice

<b>1</b>	<b>Il mondo del networking</b>	<b>1</b>
1.1	Introduzione . . . . .	1
1.2	Importanza del Multivendor nel Networking . . . . .	1
1.3	Importanza Formativa del Multivendor . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Descrizione dell'Infrastruttura di Rete</b>	<b>5</b>
2.1	Topologia di Rete . . . . .	5
2.2	Descrizione degli Apparati . . . . .	6
2.2.1	Caratteristiche degli Apparati . . . . .	6
2.2.2	Sistemi Operativi Utilizzati . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Implementazione dell'Infrastruttura di Rete</b>	<b>11</b>
3.1	Attribuzione degli Indirizzi IP . . . . .	11
3.2	Il Protocollo OSPF . . . . .	15
3.3	Implementazione di OSPF . . . . .	17
<b>4</b>	<b>Test e Risultati</b>	<b>19</b>
4.1	Ping . . . . .	19
4.2	Traceroute . . . . .	26
4.3	Tabelle di Routing . . . . .	29



# Capitolo 1

## Il mondo del networking

### 1.1 Introduzione

Il **networking**, oggi, è una componente essenziale del mondo digitale, per cui dipendono la connessione tra dispositivi e la trasmissione di dati attraverso reti locali, regionali e globali. Le reti di calcolatori permettono lo scambio di informazioni in modo rapido ed efficiente, consentendo la portabilità tra diverse tecnologie e dispositivi.

Sono presenti vari tipi di reti, le piccole reti locali (**LAN**), che collegano dispositivi in un'area limitata, le reti geograficamente distribuite (**WAN**), fino a Internet, che rappresenta la più grande rete globale. Il networking si basa su una serie di protocolli e tecnologie standardizzati, che rendono affidabile e sicura la comunicazione.

Attraverso l'evoluzione della tecnologia, è stato possibile sviluppare nuovi paradigmi e approcci che hanno trasformato il networking, rendendolo più flessibile e adattabile. L'introduzione di tecnologie come la virtualizzazione e il cloud computing hanno esteso le funzionalità delle reti tradizionali, mentre nuovi strumenti e metodologie continuano a migliorare la gestione e il controllo delle infrastrutture di rete.

Così, il networking continua a essere un campo in continua evoluzione ed espansione, dove l'utilizzo di dispositivi di vari produttori e la gestione del traffico di rete rappresentano risvolti cruciali per garantire la continuità e la performance dei servizi digitali.

### 1.2 Importanza del Multivendor nel Networking

Nel contesto delle reti informatiche, il termine **multivendor** si riferisce all'utilizzo di dispositivi di rete provenienti da diversi produttori all'interno della stessa infrastruttura. In un ambiente multivendor, router, switch e altri componenti di rete, prodotti da aziende come Huawei, Cisco, e Mikrotik, colossi nel mondo del networking e non solo, devono funzionare insieme, coerentemente e senza problemi di compatibilità.

L'approccio multivendor offre importanti vantaggi, difatti permette la flessibilità nella scelta di soluzioni più adatte alle nostre esigenze, l'ottimizzazione dei costi e la prevenzione del lock-in tecnologico, ovvero la dipendenza da un singolo fornitore.

Tuttavia, questa strategia presenta anche delle problematiche, soprattutto in termini di interoperabilità tra dispositivi che potrebbero implementare i protocolli di rete in modi leggermente differenti.

Per configurare e gestire una rete multivendor si ha bisogno di un'importante conoscenza nei protocolli standard e delle specifiche implementazioni di ciascun produttore. Successivamente, è necessario un processo di test e verifica accurato per assicurarsi che tutti i componenti funzionino correttamente insieme e che la rete complessiva sia sicura, affidabile e performante.

Questa tesi esplora le sfide e le soluzioni legate alla creazione e gestione di una rete multivendor, analizzando casi di studio e scenari pratici in cui dispositivi di produttori diversi sono stati integrati per costruire un'infrastruttura di rete robusta ed efficiente.

### 1.3 Importanza Formativa del Multivendor

Nel panorama moderno delle reti informatiche, l'approccio multivendor riveste un ruolo fondamentale non solo dal punto di vista tecnico, ma anche formativo. L'utilizzo di dispositivi di rete provenienti da diversi produttori all'interno di un'unica infrastruttura offre un'opportunità unica per sviluppare competenze essenziali per chi si occupa di networking. Infatti, analizzare le diverse caratteristiche di ogni dispositivo permette di arricchire le proprie conoscenze, in modo da creare un bagaglio personale, soprattutto dal punto di vista lavorativo.

Di seguito sono riportate alcuni dei risvolti più importanti del multivendor:

**Ampiezza delle Competenze Tecniche** Lavorare in un ambiente multivendor richiede una conoscenza approfondita delle diverse tecnologie e protocolli implementati dai vari produttori. Contrariamente ad un ambiente **monovendor**<sup>1</sup>, dove le soluzioni tendono a seguire una logica e un'architettura coerenti all'interno dell'ecosistema di un singolo fornitore, un ambiente multivendor offre diverse metodologie, interfacce e strumenti per la configurazione. Questa esposizione amplia le competenze tecniche, permettendo agli specialisti di adattarsi a diversi ambienti di lavoro e di risolvere problemi in modo più versatile.

**Miglioramento delle Capacità di Risoluzione dei Problemi** Le reti multivendor presentano problematiche uniche riguardo a compatibilità e interoperabilità. Difatti, gestire e configurare dispositivi di rete diversi richiede non solo una conoscenza teorica dei protocolli standard, ma anche l'abilità di diagnosticare e risolvere problematiche legate alle proprietà dei diversi dispositivi interconnessi. Questo tipo di esperienza pratica è preziosa per gli specialisti della rete, poiché sviluppa una mentalità orientata alla risoluzione dei problemi e una capacità di pensare in modo critico e analitico.

---

<sup>1</sup>Infrastruttura caratterizzata da dispositivi di un unico produttore.

**Adattabilità e Flessibilità** In un settore in continua evoluzione come quello del networking, la capacità di adattarsi a nuove tecnologie e soluzioni è cruciale. Un ambiente multivendor permette di formarsi in modo eccellente in questo senso, poiché richiede ai professionisti di essere flessibili e pronti a gestire nuove interfacce, comandi e logiche di configurazione. Essere flessibili è particolarmente utile in contesti aziendali dinamici, dove le esigenze possono cambiare rapidamente e dove è importante essere in grado di integrare nuove soluzioni senza compromettere l'integrità della rete.

**Preparazione per il Mercato del Lavoro** Il mondo del lavoro nel settore delle reti informatiche richiede sempre più spesso professionisti che sappiano gestire ambienti multivendor. Le aziende cercano esperti che possano garantire la comunicazione tra dispositivi di diversi fornitori, sfruttando le migliori caratteristiche di ciascuno per costruire reti robuste e performanti. L'esperienza acquisita in laboratorio, lavorando con dispositivi diversi, non solo arricchisce il curriculum, ma prepara gli esperti ad essere più competitivi e dinamici di fronte le sfide del mondo reale.

**Innovazione e Ottimizzazione** Infine, l'approccio multivendor permette l'innovazione. Lavorando con dispositivi di diversi produttori, i professionisti sono spesso obbligati a cercare soluzioni innovative per ottimizzare la rete. Questo processo di innovazione continua è formativo e può portare a nuove scoperte e miglioramenti che sarebbero stati difficili da raggiungere in un ambiente monovendor.



## Capitolo 2

# Descrizione dell'Infrastruttura di Rete

### 2.1 Topologia di Rete

In questa sezione tratteremo la **topologia di rete**<sup>1</sup> utilizzata per l'integrazione multivendor. E' stato scelto di utilizzare una topologia di tipo ibrida, ovvero utilizzando una combinazione di più tipi diversi di topologie di rete, in modo da massimizzare la comunicazione tra i dispositivi di diversi produttori e di garantire la stabilità della rete.

L'immagine seguente rappresenta la topologia della rete configurata, evidenziando i collegamenti tra i vari dispositivi e i relativi ruoli all'interno dell'architettura di rete.

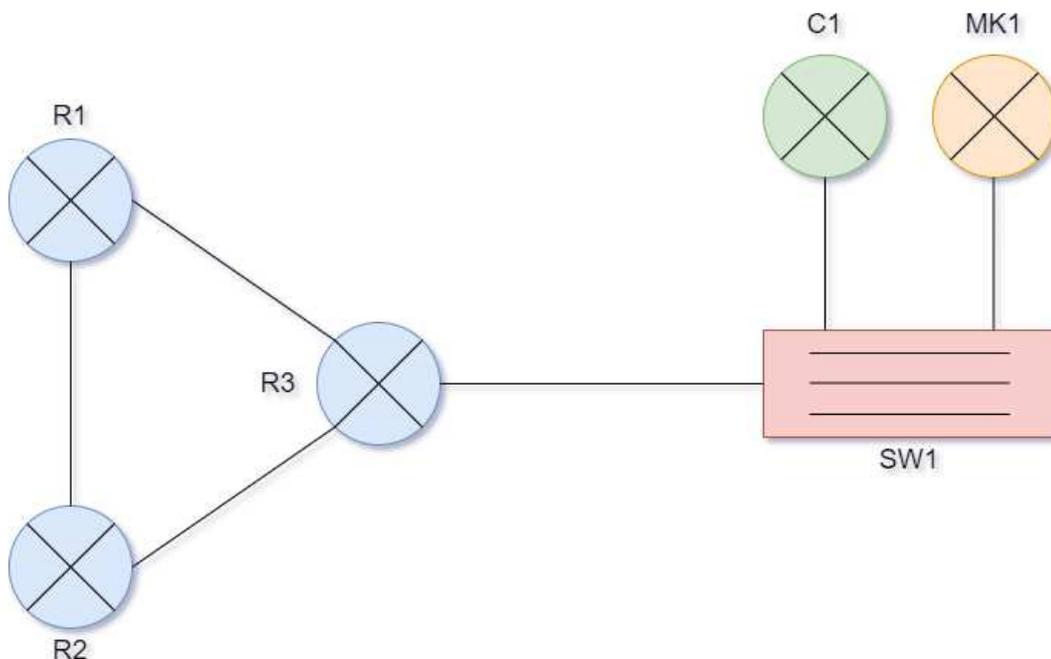


Figura 2.1: Topologia di Rete

<sup>1</sup>Modello geometrico rappresentante la disposizione fisica di nodi all'interno dell'infrastruttura di una rete.

Le figure e colori utilizzati permettono di evidenziare i diversi dispositivi e produttori utilizzati per la creazione dell'infrastruttura.

**Cerchio Azzurro - Router<sup>2</sup> Huawei**, denominato dalla sigla **R**.

**Cerchio Verde - Router Cisco**, denominato dalla sigla **C**.

**Cerchio Arancione - Router Mikrotik**, denominato dalla sigla **MK**.

**Rettangolo Rosso - Switch<sup>3</sup> Huawei**, denominato dalla sigla **SW**.

## 2.2 Descrizione degli Apparati

In questa sezione ci occuperemo della descrizione più approfondita dei vari apparati, spaziando tra le diverse caratteristiche dei dispositivi dei diversi produttori.

### 2.2.1 Caratteristiche degli Apparati

#### Dispositivi Huawei

Come è possibile notare nella Figura 2.1, sono stati utilizzati quattro dispositivi Huawei.

I dispositivi R1 ed R3 sono due router **AR1220**, il dispositivo R2 è un router **AR1220VW**, infine troviamo il dispositivo SW1, uno switch **S5720**.

Di seguito sono riportate alcune delle caratteristiche tecniche principali dei vari dispositivi.

**AR1220** La serie AR1200 raggruppa funzioni di routing, switching, servizio 3G, LAN wireless (WLAN), voce e sicurezza.

L'AR1220 utilizza una tecnica di crittografia hardware incorporata e supporta un processore di di segnale digitale (DSP).

Il router supporta la sicurezza firewall, l'elaborazione delle chiamate, la posta vocale e altre applicazioni.

Alcune voci nello specifico:

- Standard di rete: IEEE 802.3
- Tipo di interfaccia Ethernet: Gigabit Ethernet
- Velocità di trasferimento ethernet LAN: 100,1000 Mbit/s
- Porte: 10xGE
- Slot: 2xSIC
- Supporto VPN: IPSec VPN, GRE VPN

---

<sup>2</sup>Dispositivo di rete che permette di inoltrare pacchetti di dati attraverso reti informatiche.

<sup>3</sup>Dispositivo che permette la connessione tra dispositivi all'interno di una rete locale.

- Memoria flash: 256 MB
- RAM installata: 512 MB

**AR1220VW** Fondamentalmente presenta le stesse caratteristiche del dispositivo descritto in precedenza, facendo parte difatti della stessa serie di dispositivi. La differenza sostanziale si ha nella presenza di antenne adibite all'utilizzo del WI-FI, che non sono state impiegate nel progetto.

- S5720**
- Quantità di porte RJ-45: 28
  - Tipo di porte RJ-45: Gigabit Ethernet
  - Quantità di port Gigabit Ethernet(rame): 28
  - VLAN di supporto: Si
  - Caratteristiche della Lan virtuale: Protocol-based Vlan, Port-based VLAN
  - Supporto multicast: Si
  - Protocolli di gestione: SNMPv1, RMON/RMON2, TFTP, FTP
  - RAM installata: 2048 MB
  - Memoria flash: 340 MB

### Dispositivi Cisco

Nell'infrastruttura è stato utilizzato un solo dispositivo Cisco, un router **4221**.

La serie **4000 Integrated Services Router (ISR)** sono router modulari che permettono una connettività LAN, e supportano diversi moduli di interfaccia.

Nello specifico troviamo:

- Quantità porte Ethernet LAN: 4
- Numero USB: 2
- Protocolli di routing: BGP, EIRGP, **OSPF**, RIP, RIP-2
- Memoria flash: 8000 MB
- RAM installata: 4000 MB
- Tipo di RAM: DRAM

### Dispositivi Mikrotik

Il router dispone di 9 porte e di una porta USB 3.0. Sette porte sono Gigabit Ethernet, una è 2,5 Gigabit Ethernet e l'ultima è una gabbia SFP+ da 10 GB. Le porte sono collegate ad uno switch-chip<sup>4</sup> della famiglia Marvel Amethyst. Infine è presente una CPU Marvell Armada quad-core ARMv8 da 1,4 GHz.

Nello specifico troviamo:

---

<sup>4</sup>Componente hardware che esegue operazioni di commutazione (switching).

- Memoria flash: 1 GB
- RAM installata: 1 GB

### 2.2.2 Sistemi Operativi Utilizzati

Ogni dispositivo di rete presenta un determinato **sistema operativo**<sup>5</sup>, che determina le varie funzionalità. In questa sottosezione ci occuperemo di descrivere i vari sistemi operativi utilizzati dagli apparati, evidenziando alcune delle caratteristiche principali.

#### Huawei VRP

La VRP (Versatile Routing Platform) di Huawei è un sistema operativo di rete dotato di un potente motore di inoltro IP. Essendo una piattaforma scalabile in grado di evolversi costantemente con interfacce aperte, supporta un gran numero di protocolli e funzionalità con grande flessibilità. Attraverso quest'ultimo è quindi possibile realizzare un rete efficiente e facilmente gestibile.

L'architettura di VRP è di tipo modulare, ciò permette di offrire agli utenti una soluzione multi servizio affidabile e flessibile, composta dai seguenti moduli con relative funzionalità:

- **Nucleo del SO real-time:** fornisce un meccanismo di pianificazione delle attività e gestione delle risorse altamente affidabile ed efficace.
- **Motore di inoltro IP:** supporta un ricco set di metodi di inoltro come switching ad alta velocità, inoltro sicuro e fornisce ampio supporto per altri metodi di inoltro attraverso la sua interfaccia aperta.
- **Processore di routing:** fornisce alla piattaforma i meccanismi di gestione degli algoritmi di routing Unicast e Multicast in modo che la piattaforma possa supportare diversi protocolli di routing a diversi livelli in base alle diverse esigenze delle apparecchiature sulla rete.

Attraverso la sua piattaforma di configurazione e gestione, VRP introduce in modo flessibile meccanismi di gestione della rete e Web.

Alcune caratteristiche principali di VRP sono:

Proteggere in modo completo le risorse degli utenti e garantire affidabilità, alta efficienza e sicurezza delle reti degli utenti.

Fornire un gran numero di protocolli di sicurezza e backup, tra cui controllo degli accessi, autenticazione, firewall, crittografia di incapsulamento e funzione di

---

<sup>5</sup>Software di base che permette la gestione delle risorse hardware e software.

registro. La potente funzione di crittografia di sicurezza può controllare efficacemente l'autorità dell'utente e monitorare le attività degli utenti. Le sue funzioni di backup semplici e pratiche garantiscono la fluidità delle comunicazioni sulla rete e la trasmissione ininterrotta dei dati.

Fornire mezzi di configurazione, gestione e monitoraggio semplici e altamente efficienti. Inoltre, la piattaforma fornisce funzionalità di configurazione remota in modo che gli utenti possano configurare in remoto il router accedendo tramite TELNET o collegandosi tramite modem.

[1]

### Cisco IOS

Uno dei migliori sistemi operativi presenti sul mercato è sicuramente Cisco IOS. Difatti IOS gestisce le risorse in modo conveniente attraverso il controllo e l'unificazione di funzionalità di rete complesse e distribuite. Funge inoltre da veicolo flessibile in grado di aggiungere nuovi servizi, funzionalità e applicazioni all'internetnetwork. Nell'ambito del supporto delle applicazioni, Cisco IOS assicura l'interoperabilità con un numero maggiore di interfacce di protocollo fisiche e logiche basate su standard rispetto a qualsiasi altro fornitore di internetnetwork del settore. Da doppiino intrecciato a fibra ottica, LAN, campus, supporti WAN, UNIX, Novell NetWare e IBM SNA, nessun'altra architettura di rete può eguagliare il supporto del protocollo IOS.

Alcune delle caratteristiche più importanti:

**Servizi di routing adattivo affidabili** Le funzionalità di routing adattivo permettono di migliorare la produttività e individuando percorsi ottimali per le prestazioni e indirizzando rapidamente il traffico intorno a qualsiasi guasto di rete. Inoltre il routing adattivo permette di ridurre i costi utilizzando in modo efficiente la larghezza di banda e le risorse di rete, eliminando la gestione delle route statiche.

**Servizi di ottimizzazione WAN** La maggior parte dei costi di rete è associata alle funzioni di switching e all'utilizzo della rete WAN (Wide Area Network). per questo motivo una rete efficiente è tenuta ad ottimizzare tutte le operazioni legate alla WAN. L'ottimizzazione consiste nell'aumentare il throughput della rete e riducendo i tempi di latenza. Inoltre, contribuisce a ridurre i costi eliminando il traffico superfluo e selezionando autonomamente i collegamenti WAN più economici. Così Cisco IOS fornisce il più alto livello di supporto WAN del settore.

**Servizi di gestione e sicurezza** Il sistema operativo IOS di Cisco incorpora diverse funzionalità essenziali di gestione in ogni router dell'azienda. Queste includono:

1. Servizi di configurazione che semplificano e rendono più economici i processi di installazione, aggiornamento e riconfigurazione dei router.

2. Strumenti completi per il monitoraggio e la diagnostica dei dispositivi.
3. Supporto e dati per le applicazioni di gestione dei router, sia quelle sviluppate da Cisco che dai suoi partner.

Le applicazioni di Cisco, raggruppate sotto il nome CiscoWorks™, offrono agli amministratori di rete un'ampia gamma di funzionalità. Queste coprono aspetti operativi, di progettazione e di gestione, con l'obiettivo di migliorare l'efficienza e ridurre i costi complessivi di gestione della rete.

[2]

### **MikroTik RouterOS**

MikroTik RouterOS è un sistema operativo basato sul kernel<sup>6</sup> Linux. Attraverso quest'ultimo è possibile rendere i dispositivi di rete MikroTik versatili e altamente configurabili.

Per configurare il router MikroTik presente nell'infrastruttura di rete è stata utilizzata la versione software **7.15** di RouterOS.

RouterOS offre anche una vasta gamma di funzionalità di routing, supportando protocolli come **OSPF**, BGP e RIP, adatto per la gestione di reti complesse e scalabili.

Offre strumenti per la gestione del traffico, come shaping<sup>7</sup>, prioritizzazione e limitazione della banda.

Integra un firewall stateful con capacità di filtraggio avanzato, NAT (Network Address Translation) e VPN (Virtual Private Network).

Supporta diverse funzionalità wireless, inclusi gli standard 802.11, per configurazioni di access point, bridge e ripetitori.

Offre un'autenticazione avanzata e una configurazione facile e veloce attraverso l'interfaccia grafica Winbox (è possibile utilizzare la CLI per configurazioni avanzate).[3]

---

<sup>6</sup>Programma situato al centro del sistema operativo avente un controllo completo dell'intero sistema.

<sup>7</sup>Operazioni di controllo sul traffico di una rete per ottimizzare le prestazioni di trasmissione

# Capitolo 3

## Implementazione dell'Infrastruttura di Rete

In questa sezione tratteremo l'implementazione dell'infrastruttura, partendo dall'attribuzione degli indirizzi IP, analizzando le scelte tecniche e i vari procedimenti. Successivamente approfondiremo il protocollo OSPF, parlando delle sue caratteristiche e funzionalità principali, per poi passare all'implementazione vera e propria sui diversi dispositivi di rete.

### 3.1 Attribuzione degli Indirizzi IP

Dopo aver ordinatamente connesso e instradato i vari cavi dell'infrastruttura di rete è stato possibile passare all'implementazione vera e propria, configurando singolarmente ogni dispositivo, accedendovi tramite **TELNET**<sup>1</sup>. Per facilitare l'implementazione dell'infrastruttura di rete è stato utilizzato un indirizzo IP privato, appartenente alla classe C di indirizzi, ovvero il 192.168.X.X, la cui **maschera di rete**<sup>2</sup> è 255.255.255.0 o più semplicemente /24. Avendo una connessione *point-to-point* tra i router Huawei è stata utilizzata una maschera /30 (2 host nella sottorete), in modo da non avere indirizzi IP superflui. Per le porte collegate allo switch Huawei sono stati utilizzati indirizzi /24, in modo da avere più libertà nella scelta. Inoltre, sono state introdotte delle interfacce di loopback<sup>3</sup> per eseguire ulteriori test.

- R1**
- Porta Gigabit Ethernet 0/0/0: **192.168.1.1 /30**
  - Porta Gigabit Ethernet 0/0/1: **192.168.1.10 /30**
  - Loopback: **1.1.1.1 /32**
- R2**
- Porta Gigabit Ethernet 0/0/0: **192.168.1.9 /30**
  - Porta Gigabit Ethernet 0/0/1: **192.168.1.6 /30**
  - Loopback: **2.2.2.2 /32**

<sup>1</sup>Protocollo di rete per effettuare un login da remoto.

<sup>2</sup>Parametro di configurazione che definisce la dimensione della sottorete IP, in modo da ridurre il traffico di rete.

<sup>3</sup>Interfaccia di rete virtuale.

- R3**
  - Porta Gigabit Ethernet 0/0/0: **192.168.1.2 /30**
  - Porta Gigabit Ethernet 0/0/1: **192.168.1.5 /30**
  - Porta Fast Ethernet 0/0/0: **192.168.2.1 /24**
- C1**
  - Porta Gigabit Ethernet 0/0/0: **192.168.2.2 /24**
  - Loopback: **3.3.3.3 /32**
- MK1**
  - Porta Gigabit Ethernet 0/0/0: **192.168.2.3 /24**
  - Loopback: **4.4.4.4 /32**

E' possibile configurare gli indirizzi IP sui vari dispositivi, velocemente, attraverso CLI (Command Line Interface) o interfacce grafiche (MikorTik).

Di seguito sono riportati esempi per i vari dispositivi:

### Router Huawei

```
<Huawei> system-view
[Huawei] interface GigabitEthernet 0/0/0
[Huawei-GigabitEthernet 0/0/0] ip address 192.168.1.1 /30

<Huawei> system-view
[Huawei] interface LoopBack0
[Huawei-LoopBack0] ip address 1.1.1.1 /32
```

Nel caso del router R3, le porte Gigabit Ethernet sono state utilizzate per i collegamenti *point-to-point* con i router R2 e R1. Per questo motivo è stata utilizzata una porta Fast Ethernet per la connessione con lo switch. La Fast Ethernet si comporta come la porta di uno switch, quindi è stata creata una Vlan<sup>4</sup>, associando l'indirizzo IP alla Vlanif.

```
<Huawei> system-view
[Huawei] vlan 10
[Huawei-vlan10] quit
[Huawei] interface Vlanif10
[Huawei-Vlanif10] ip address 192.168.2.1 /24
[Huawei-Vlanif10] quit
[Huawei] interface FastEthernet 0/0/1
[Huawei-FastEthernet0/0/1] port-link type access
[Huawei-FastEthernet0/0/1] port default vlan10
[Huawei-FastEthernet0/0/1] quit
```

---

<sup>4</sup>Tecnologia utilizzata per suddividere un dominio di broadcast.

#### Cisco

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# interface GigabitEthernet 0/0/0
Router(config-if)# ip address 192.168.2.2 /24

Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# interface Loopback0
Router(config-if)# ip address 3.3.3.3 /32
```

#### MikroTik

MikroTik offre un'interfaccia grafica, ovvero Winbox, ma in questo caso mostreremo come configurare un indirizzo IP tramite CLI.

```
/ip address add address=192.168.1.1/24 interface=ether1
/ip address add address=4.4.4.4/32 interface=loopback
```

#### Switch Huawei

Per configurare le porte dello switch è bastato creare una Vlan e configurare le porte come **porte access**<sup>5</sup>

```
<Huawei> system-view
[Huawei] vlan 10
[Huawei-vlan10] quit
[Huawei] interface GigabitEthernet 0/0/1
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1] port link-type access
[Huawei-GigabitEthernet0/0/1] port default vlan 10
```

---

<sup>5</sup>La porta è attraversata da un'unica Vlan.

Si è giunti così ad una infrastruttura più dettagliata, mostrata nella Figura 3.1.

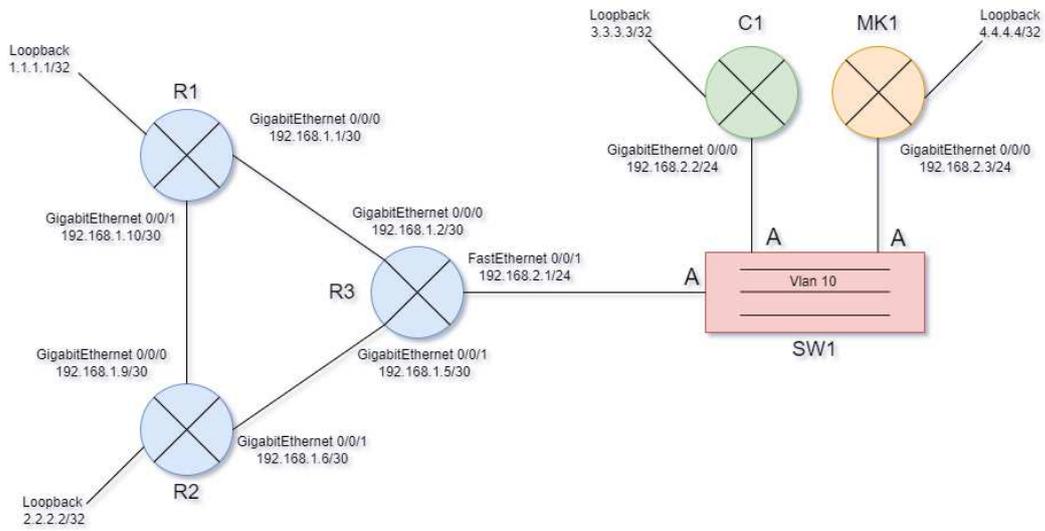


Figura 3.1: Topologia di Rete Dettagliata

## 3.2 Il Protocollo OSPF

Ad oggi, uno dei protocolli di instradamento più utilizzati è sicuramente il protocollo *open short path first* (OSPF). Essendo un protocollo più complesso di RIP (Routing Information Protocol)<sup>6</sup>, viene solitamente utilizzato per sistemi di medie o grandi dimensioni, tipicamente in ISP (Internet Service Provider)<sup>7</sup> di primo o secondo livello. Allo stesso modo del RIP, OSPF permette di rappresentare una rete mediante un grafo, dove i nodi sono i router e i rami sono i vari collegamenti tra router. OSPF così definisce 5 diversi tipi di messaggi, riassunti nella Tabella 3.1.

Tipo	Nome messaggio	Acronimo	Funzione
1	Hello		Scoperta e mantenimento della relazione di vicinanza tra router
2	Link state database	LSDB	Comunicazione dello stato dei collegamenti
3	Link state request	LSR	Richiesta di informazioni sullo stato dei collegamenti
4	Link state update	LSU	Aggiornamento sullo stato dei collegamenti
5	Link state acknowledgment	LSA	Riscontro dei messaggi LSU ricevuti

Tabella 3.1: Tipi di messaggio di OSPF

L'instradamento utilizzato da OSPF è di tipo *link state*, in cui ogni router è capace di valutare la distanza verso tutti i router adiacenti e comunicare con essi per mezzo di messaggi *link state update* (LSU). Le informazioni ricevute da ogni nodo permette di determinare, attraverso l'algoritmo di DiJkstra, il percorso più breve verso ogni rete conosciuta. Così viene creata una tabella di instradamento, che indica costo del percorso e *next hop* (NH) router.

Il nuovo dispositivo che desidera inserirsi all'interno di un sistema autonomo invia un messaggio di saluto (*hello*) a tutti i router "vicini". I router vicini rispondono inviando un messaggio di tipo *link state database* (LSBD), che fornisce al nuovo router tutte le informazioni sui collegamenti uscenti da ogni vicino. Gli aggiornamenti frequenti possono anche essere richiesti attraverso *link state request* (LSR). I messaggi LSU sono instradati attraverso un meccanismo di tipo *flooding*: il router che riceve messaggi LSU li rilancia su tutte le porte uscenti. Per aggiornare le tabelle di instradamento sono utilizzati messaggi *link state acknowledgment* (LSA).

<sup>6</sup>Protocollo che utilizza il distance vector per la ricerca di nodi, solitamente utilizzato in sistemi di piccole dimensioni.

<sup>7</sup>Infrastruttura che offre servizi basati su internet.

Quando si parla di reti multiaccesso, solo un dispositivo, il "designated router", è autorizzato a inviare messaggi LSU, in modo da ridurre il traffico di messaggi sulla rete. Il *designated router* viene eletto nella prima fase di scambio di messaggi OSPF di tipo *hello*.

Inoltre il protocollo OSPF permette di adottare diverse metriche di costo, quali il numero di salti, il throughput, l'affidabilità e il ritardo.

Quando si hanno grandi sistemi autonomi che adottano OSPF, il traffico delle tabelle di instradamento potrebbe sovraccaricare la rete. Per questo motivo è usuale suddividere il sistema in più *aree*, ognuna delle quali si comporta come sistema autonomo. Così ogni area adotta il protocollo OSPF, utilizzando diverse metriche di costo. Utilizzando questa architettura il flooding dei messaggi LSU è limitato all'interno dell'area.

Solitamente la configurazione delle aree è di tipo gerarchica: difatti, solo l'**area dorsale** (*backbone area*), che comprende un *backbone router*, svolge il ruolo di interconnessione tra le aree. Adottando questa configurazione saranno presenti dei router, detti **router di confine di area** (*area border router*), connessi a due o più aree, includendo obbligatoriamente l'area dorsale. Il compito di questi router è di fare da tramite tra un'area e un'altra, trasferendo informazioni sulle reti che si trovano al loro interno. I backbone router svolgono il ruolo di **router di confine**, in quanto sono connessi con altri sistemi autonomi[4].

Il protocollo OSPF permette di:

- bilanciare dinamicamente il carico del sistema; in presenza di più percorsi con lo stesso costo l'instradamento dei datagrammi viene suddiviso equamente sui percorsi;
- aumentare la sicurezza della rete adottando scambi di informazioni di tipo autenticato.

### Algoritmo di Dijkstra

Fondamentalmente, attraverso l'algoritmo di Dijkstra, è possibile costruire un albero a partire da un generico nodo  $s$  e definendo i seguenti parametri:

- $N$ : insieme dei nodi della rete;
- $d_{ij}$ : costo del collegamento *diretto* tra  $i$  e  $j$ ;  $d_{ij} = \infty$  se i due nodi non sono connessi direttamente;
- $D_j$ : costo del percorso a costo minimo dal nodo sorgente  $s$  al nodo  $j$ ;
- $M$ : insieme dei nodi dell'albero corrente;
- $V(M)$ : insieme dei nodi "adiacenti" all'insieme  $M$ , raggiungibili cioè in un solo salto da un nodo qualunque dell'insieme  $M$ ;

- $P_j$ : nodo predecessore del nodo  $j$  nell'STP.

L'algoritmo di Dijkstra è composto dai seguenti passi:

1. Si definisce l'albero come composto dal solo nodo sorgente  $s$  e si individua l'insieme  $V(s)$  dei suoi nodi adiacenti, cioè quei nodi aventi una distanza finita  $d_{sj}$ . Il nodo sorgente  $s$  è per definizione il predecessore di ogni altro nodo nell'albero dei cammini minimi.
2. L'insieme  $M$  dei nodi dell'albero corrente si arricchisce del nodo  $k$ , che risulta più vicino a  $s$  tra quelli adiacenti nell'insieme  $M$ . Se attraversando il nodo  $k$  si percorre un tragitto minore rispetto a quello risultante al passo precedente, allora si aggiorna la distanza dalla sorgente  $s$  al nodo  $j$  dell'insieme  $M$ . Così facendo il percorso da  $s$  a  $j$  tramite il nodo  $k$  ha un costo minore di quello calcolato al passo precedente. Questo passo viene ripetuto finché vi sono nodi da includere nell'insieme  $M$ .
3. L'algoritmo termina al terzo passo, dopo aver incluso tutti i nodi nell'insieme  $M$ , in modo che  $M = N$ .

La corrispondente equazione matematica è enunciata di seguito:

1.  $M = s$   
 $D_j = d_{sj}, \forall j \in N - s$   
 $P_j = s, \forall j \in N - s$
2. *Select*  $k \in V(M) \mid D_k = \min_{i \in V(M)} \{D_i\}$   
 $M = M \cup k$ , connect  $k$  to  $P_k$  in SPT  
 $D_j = \min\{D_j, D_k + d_{kj}\}, \forall j \in V(M)$   
*if*  $D_j > D_k + d_{kj}$  *then*  $P_j = k, \forall j \in V(M)$
3. *if*  $M = N$  *stop*  
*else go to 2*

[4]

### 3.3 Implementazione di OSPF

Nella seguente sezione tratteremo l'implementazione del protocollo di routing OSPF nei vari dispositivi presenti all'interno dell'infrastruttura di rete.

Avendo un'infrastruttura di rete di piccole dimensioni è stata utilizzata una sola area, denominata **area 0** (*backbone area*).

Ora passiamo all'implementazione nei vari dispositivi.

## Huawei

Utilizzando il VRP di Huawei è possibile configurare il protocollo OSPF su ogni interfaccia dei diversi router, inserendoli all'interno dell'area desiderata.

Di seguito è riportato un esempio per un'interfaccia Gigabit Ethernet e per una Loopback:

```
<Huawei> system-view
[Huawei] ospf 1
[Huawei-ospf-1] router-id 1.1.1.1
[Huawei-ospf-1] area 0
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.0] network 192.168.1.0 0.0.0.3
[Huawei-ospf-1-area-0.0.0.0] network 1.1.1.1 0.0.0.0
```

## Cisco

Attraverso Cisco IOS è possibile configurare il protocollo OSPF sul nostro dispositivo.

E' stato riportato un esempio per un'interfaccia Gigabit Ethernet e un'interfaccia di Loopback:

```
Router> enable
Router# configure terminal
Router(config)# router ospf 1
Router(config-router)# router-id 3.3.3.3
Router(config-router)# network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
Router(config-router)# network 3.3.3.3 0.0.0.0 area 0
```

## MikroTik

Infine è stato abilitato il protocollo OSPF sul dispositivo MikroTik, andando ad utilizzare la CLI (in alternativa si può utilizzare l'interfaccia grafica WinBox).

Di seguito si riporta un esempio per un'interfaccia Gigabit Ethernet e un'interfaccia di Loopback:

```
/routing ospf instance
set [ find default=yes ] router-id=4.4.4.4
/routing ospf network
add network=192.168.2.0/24 area=backbone
add network=4.4.4.4/32 area=backbone
```

# Capitolo 4

## Test e Risultati

Una volta terminate le varie implementazioni di IP e protocolli di routing, l'infrastruttura di rete dovrebbe essere completa e pronta all'utilizzo. In questo capitolo andremo a testare la nostra infrastruttura attraverso utility specifici, come *ping* e *traceroute*, per poi avere conferma del perfetto funzionamento attraverso le *tabelle di routing*.

### 4.1 Ping

Il **PING** (Pack Internet Groper) è un'utility di amministrazione per reti di computer usata per misurare il tempo, in millisecondi, impiegato dai pacchetti ICMP per raggiungere un determinato dispositivo di rete. Solitamente viene utilizzato per verificare se un determinato dispositivo presente nella rete è raggiungibile e per misurare le latenze di trasmissione di rete.

Sono stati allegati alcuni screenshot che certificano il funzionamento dell'infrastruttura.

Huawei

```
[R1]ping 2.2.2.2
  PING 2.2.2.2: 56 data bytes, press CTRL_C to break
    Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=1 ttl=254 time=7 ms
    Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=2 ttl=254 time=1 ms
    Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=3 ttl=254 time=1 ms
    Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=4 ttl=254 time=1 ms
    Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=5 ttl=254 time=1 ms

  --- 2.2.2.2 ping statistics ---
    5 packet(s) transmitted
    5 packet(s) received
    0.00% packet loss
    round-trip min/avg/max = 1/2/7 ms

[R1]ping 3.3.3.3
  PING 3.3.3.3: 56 data bytes, press CTRL_C to break
    Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=1 ttl=254 time=1 ms
    Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=2 ttl=254 time=10 ms
    Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=3 ttl=254 time=1 ms
    Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=4 ttl=254 time=1 ms
    Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=5 ttl=254 time=1 ms

  --- 3.3.3.3 ping statistics ---
    5 packet(s) transmitted
    5 packet(s) received
    0.00% packet loss
    round-trip min/avg/max = 1/2/10 ms
```

Figura 4.1: Ping da R1 alle interfacce di Loopback R2-C1

```
[R1]ping 4.4.4.4
PING 4.4.4.4: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=1 ttl=63 time=7 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=2 ttl=63 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=3 ttl=63 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=4 ttl=63 time=10 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=5 ttl=63 time=1 ms

--- 4.4.4.4 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/4/10 ms
```

Figura 4.2: Ping da R1 alle interfacce di Loopback MK1

```
[R2]ping 1.1.1.1
PING 1.1.1.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=254 time=2 ms
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=2 ttl=254 time=1 ms
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=3 ttl=254 time=2 ms
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=4 ttl=254 time=1 ms
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=5 ttl=254 time=1 ms

--- 1.1.1.1 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/1/2 ms

[R2]ping 3.3.3.3
PING 3.3.3.3: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=1 ttl=254 time=1 ms
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=2 ttl=254 time=1 ms
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=3 ttl=254 time=1 ms
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=4 ttl=254 time=1 ms
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=5 ttl=254 time=1 ms

--- 3.3.3.3 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
```

Figura 4.3: Ping da R2 alle interfacce di Loopback R1-C1

```
[R2]ping 4.4.4.4
PING 4.4.4.4: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=1 ttl=63 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=2 ttl=63 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=3 ttl=63 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=4 ttl=63 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=5 ttl=63 time=1 ms

--- 4.4.4.4 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
```

Figura 4.4: Ping da R2 alle interfacce di Loopback MK1

```
[R3]ping 1.1.1.1
PING 1.1.1.1: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=10 ms
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=2 ms
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=10 ms
  Reply from 1.1.1.1: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=2 ms

--- 1.1.1.1 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/5/10 ms

[R3]ping 2.2.2.2
PING 2.2.2.2: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=10 ms
  Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=10 ms
  Reply from 2.2.2.2: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=2 ms

--- 2.2.2.2 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/4/10 ms
```

Figura 4.5: Ping da R3 alle interfacce di Loopback R1-R2

```
[R3]ping 3.3.3.3
PING 3.3.3.3: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=1 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=2 ttl=255 time=9 ms
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=3 ttl=255 time=2 ms
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=4 ttl=255 time=1 ms
  Reply from 3.3.3.3: bytes=56 Sequence=5 ttl=255 time=2 ms

--- 3.3.3.3 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/3/9 ms

[R3]ping 4.4.4.4
PING 4.4.4.4: 56 data bytes, press CTRL_C to break
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=1 ttl=64 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=2 ttl=64 time=10 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=3 ttl=64 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=4 ttl=64 time=1 ms
  Reply from 4.4.4.4: bytes=56 Sequence=5 ttl=64 time=2 ms

--- 4.4.4.4 ping statistics ---
  5 packet(s) transmitted
  5 packet(s) received
  0.00% packet loss
  round-trip min/avg/max = 1/3/10 ms
```

Figura 4.6: Ping da R3 alle interfacce di Loopback C1-MK1

**Cisco**

```
Router#ping 1.1.1.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 1.1.1.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
Router#ping 2.2.2.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2.2.2.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
Router#ping 4.4.4.4
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 4.4.4.4, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
```

Figura 4.7: Ping da C1 alle interfacce di Loopback

## MikroTik

```

Terminal <1>
MMM      MMM  III  KKK KKK  RRRRRR  OOO  OOO  TTT  III  KKK KKK
MMM      MMM  III  KKK KKK  RRR  RRR  OOOOOO  TTT  III  KKK KKK

MikroTik RouterOS 7.14.2 (c) 1999-2024      https://www.mikrotik.com/

Press F1 for help

[admin@MikroTik] >
[admin@MikroTik] > ping 1.1.1.1

```

SEQ	HOST	SIZE	TTL	TIME	STATUS
0	1.1.1.1	56	254	617us	
1	1.1.1.1	56	254	504us	
2	1.1.1.1	56	254	506us	
3	1.1.1.1	56	254	515us	
4	1.1.1.1	56	254	507us	
5	1.1.1.1	56	254	513us	
6	1.1.1.1	56	254	509us	

Figura 4.8: Ping da MK1 all'interfaccia di Loopback 1.1.1.1

```

[admin@MikroTik] > ping 2.2.2.2

```

SEQ	HOST	SIZE	TTL	TIME	STATUS
0	2.2.2.2	56	254	583us	
1	2.2.2.2	56	254	526us	
2	2.2.2.2	56	254	478us	
3	2.2.2.2	56	254	539us	
4	2.2.2.2	56	254	505us	
5	2.2.2.2	56	254	497us	
6	2.2.2.2	56	254	486us	

Figura 4.9: Ping da MK1 all'interfaccia di Loopback 2.2.2.2

```

[admin@MikroTik] > ping 3.3.3.3

```

SEQ	HOST	SIZE	TTL	TIME	STATUS
0	3.3.3.3	56	255	907us	
1	3.3.3.3	56	255	837us	
2	3.3.3.3	56	255	815us	
3	3.3.3.3	56	255	841us	
4	3.3.3.3	56	255	734us	

Figura 4.10: Ping da MK1 all'interfaccia di Loopback 3.3.3.3

## 4.2 Traceroute

**Traceroute** è un'utility che permette l'invio di pacchetti ICMP, ricevuti da ogni router coinvolto nel trasferimento dei dati. I pacchetti ICMP forniscono caratteristiche e informazioni sui router.

E' particolarmente utile per poter capire quali sono i vari *hop* di routing che i dati devono effettuare. Fondamentalmente ci permette di tracciare il pacchetto inviato.

### Huawei

```
[R1]trace 2.2.2.2
traceroute to 2.2.2.2(2.2.2.2), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.1.2 39 ms 3 ms 3 ms
 2 192.168.1.6 7 ms 3 ms 3 ms
[R1]trace 3.3.3.3
traceroute to 3.3.3.3(3.3.3.3), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.1.2 20 ms 3 ms 3 ms
 2 192.168.2.2 20 ms * 3 ms
[R1]trace 4.4.4.4
traceroute to 4.4.4.4(4.4.4.4), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.1.2 21 ms 3 ms 3 ms
 2 4.4.4.4 9 ms 2 ms 2 ms
```

Figura 4.11: Traceroute di R1

```
[R2]trace 1.1.1.1
traceroute to 1.1.1.1(1.1.1.1), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.1.5 9 ms 3 ms 3 ms
 2 192.168.1.1 33 ms 3 ms 3 ms
[R2]trace 3.3.3.3
traceroute to 3.3.3.3(3.3.3.3), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.1.5 9 ms 3 ms 3 ms
 2 192.168.2.2 6 ms * 2 ms
[R2]trace 4.4.4.4
traceroute to 4.4.4.4(4.4.4.4), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.1.5 9 ms 3 ms 3 ms
 2 4.4.4.4 6 ms 2 ms 2 ms
```

Figura 4.12: Traceroute di R2

```
[R3]trace 1.1.1.1
traceroute to 1.1.1.1(1.1.1.1), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.1.1 20 ms 3 ms 3 ms
[R3]trace 2.2.2.2
traceroute to 2.2.2.2(2.2.2.2), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.1.6 20 ms 3 ms 3 ms
[R3]trace 3.3.3.3
traceroute to 3.3.3.3(3.3.3.3), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 192.168.2.2 20 ms * 3 ms
[R3]trace 4.4.4.4
traceroute to 4.4.4.4(4.4.4.4), max hops: 30 ,packet length: 40,press CTRL_C to break
 1 4.4.4.4 16 ms 3 ms 2 ms
```

Figura 4.13: Traceroute di R3

## Cisco

```
Router#trace ip 1.1.1.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 1.1.1.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 192.168.2.1 2 msec 3 msec 10 msec
  2 192.168.1.1 2 msec 3 msec 6 msec
```

Figura 4.14: Traceroute da C1 a R1

```
Router#trace ip 2.2.2.2
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 2.2.2.2
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 192.168.2.1 2 msec 10 msec 4 msec
  2 192.168.1.6 2 msec 2 msec 7 msec
```

Figura 4.15: Traceroute da C1 a R2

```
Router#trace ip 4.4.4.4
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 4.4.4.4
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 4.4.4.4 1 msec 1 msec 0 msec
```

Figura 4.16: Traceroute da C1 a MK1

## MikroTik

```
[admin@MikroTik] > tool traceroute 1.1.1.1
Columns: ADDRESS, LOSS, SENT, LAST, AVG, BEST, WORST, STD-DEV
# ADDRESS      LOSS  SENT  LAST   AVG  BEST  WORST  STD-DEV
1 192.168.2.1  0%    7    7.6ms 4.7  1.6  11.2  3.7
2 1.1.1.1      0%    7    0.5ms 0.5  0.5  0.6   0

[admin@MikroTik] > tool traceroute 2.2.2.2
Columns: ADDRESS, LOSS, SENT, LAST, AVG, BEST, WORST, STD-DEV
# ADDRESS      LOSS  SENT  LAST   AVG  BEST  WORST  STD-DEV
1 192.168.2.1  0%    3    8.9ms 7    1.6  10.6  3.9
2 2.2.2.2      0%    3    0.5ms 0.5  0.5  0.5   0

[admin@MikroTik] > tool traceroute 3.3.3.3
Columns: ADDRESS, LOSS, SENT, LAST, AVG, BEST, WORST, STD-DEV
# ADDRESS      LOSS  SENT  LAST   AVG  BEST  WORST  STD-DEV
1 3.3.3.3      0%    3    0.7ms 0.7  0.6  0.7   0
```

Figura 4.17: Traceroute di MK1

## 4.3 Tabelle di Routing

La **tabella di routing**, tabella di instradamento in italiano, è una tabella di dati memorizzata in un router, dove vi sono elencate tutte le rotte di una rete.

La tabella di routing è costruita attraverso sorgenti di informazioni di routing, come ad esempio i *protocolli di routing*.

Di seguito sono riportate le tabelle di routing dei dispositivi utilizzati nell'infrastruttura di rete.

### Huawei

```
[R1]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: Public
      Destinations : 16          Routes : 16

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost    Flags NextHop          Interface
-----
      1.1.1.1/32     Direct   0    0        D   127.0.0.1         LoopBack0
      2.2.2.2/32     OSPF     10   2        D   192.168.1.2       GigabitEthernet
0/0/0
      3.3.3.3/32     OSPF     10   3        D   192.168.1.2       GigabitEthernet
0/0/0
      4.4.4.4/32     OSPF     10   3        D   192.168.1.2       GigabitEthernet
0/0/0
      127.0.0.0/8    Direct   0    0        D   127.0.0.1         InLoopBack0
      127.0.0.1/32   Direct   0    0        D   127.0.0.1         InLoopBack0
127.255.255.255/32 Direct   0    0        D   127.0.0.1         InLoopBack0
      192.168.1.0/30  Direct   0    0        D   192.168.1.1       GigabitEthernet
0/0/0
      192.168.1.1/32 Direct   0    0        D   127.0.0.1         GigabitEthernet
0/0/0
      192.168.1.3/32 Direct   0    0        D   127.0.0.1         GigabitEthernet
0/0/0
      192.168.1.4/30 OSPF     10   2        D   192.168.1.2       GigabitEthernet
0/0/0
      192.168.1.8/30 Direct   0    0        D   192.168.1.10     GigabitEthernet
0/0/1
      192.168.1.10/32 Direct  0    0        D   127.0.0.1         GigabitEthernet
0/0/1
```

Figura 4.18: Tabella di routing di R1

```
      192.168.1.11/32 Direct  0    0        D   127.0.0.1         GigabitEthernet
0/0/1
      192.168.2.0/24 OSPF     10   2        D   192.168.1.2       GigabitEthernet
0/0/0
255.255.255.255/32 Direct  0    0        D   127.0.0.1         InLoopBack0
```

Figura 4.19: Tabella di routing di R1

```
[R2]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: Public
  Destinations : 16          Routes : 16

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost    Flags NextHop         Interface
0/0/1              1.1.1.1/32 OSPF   10    2        D   192.168.1.5      GigabitEthernet
0/0/1              2.2.2.2/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1        LoopBack0
0/0/1              3.3.3.3/32 OSPF   10    3        D   192.168.1.5      GigabitEthernet
0/0/1              4.4.4.4/32 OSPF   10    3        D   192.168.1.5      GigabitEthernet
0/0/1              127.0.0.0/8 Direct  0     0        D   127.0.0.1        InLoopBack0
0/0/1              127.0.0.1/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1        InLoopBack0
127.255.255.255/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1        InLoopBack0
0/0/1              192.168.1.0/30 OSPF   10    2        D   192.168.1.5      GigabitEthernet
0/0/1              192.168.1.4/30 Direct  0     0        D   192.168.1.6      GigabitEthernet
0/0/1              192.168.1.6/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1        GigabitEthernet
0/0/1              192.168.1.7/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1        GigabitEthernet
0/0/1              192.168.1.8/30 Direct  0     0        D   192.168.1.9      GigabitEthernet
0/0/0              192.168.1.9/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1        GigabitEthernet
0/0/0
```

Figura 4.20: Tabella di routing di R2

```
0/0/0              192.168.1.11/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1        GigabitEthernet
0/0/0              192.168.2.0/24 OSPF   10    2        D   192.168.1.5      GigabitEthernet
0/0/1              255.255.255.255/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1        InLoopBack0
```

Figura 4.21: Tabella di routing di R2

```
[R3]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
-----
Routing Tables: Public
  Destinations : 18          Routes : 18

Destination/Mask    Proto    Pre  Cost    Flags NextHop          Interface
-----
0/0/0               1.1.1.1/32 OSPF   10    1        D   192.168.1.1        GigabitEthernet
0/0/1               2.2.2.2/32 OSPF   10    1        D   192.168.1.6        GigabitEthernet
                   3.3.3.3/32 OSPF   10    2        D   192.168.2.2        Vlanif10
                   4.4.4.4/32 OSPF   10    2        D   192.168.2.3        Vlanif10
                   127.0.0.0/8 Direct  0     0        D   127.0.0.1          InLoopBack0
                   127.0.0.1/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          InLoopBack0
127.255.255.255/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          InLoopBack0
0/0/0               192.168.1.0/30 Direct  0     0        D   192.168.1.2        GigabitEthernet
0/0/0               192.168.1.2/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/0               192.168.1.3/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/0               192.168.1.4/30 Direct  0     0        D   192.168.1.5        GigabitEthernet
0/0/1               192.168.1.5/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/1               192.168.1.7/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          GigabitEthernet
0/0/1               192.168.1.8/30 OSPF   10    2        D   192.168.1.6        GigabitEthernet
```

Figura 4.22: Tabella di routing di R3

```
0/0/1
  192.168.2.0/24 Direct  0     0        D   192.168.2.1        Vlanif10
  192.168.2.1/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          Vlanif10
  192.168.2.255/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          Vlanif10
255.255.255.255/32 Direct  0     0        D   127.0.0.1          InLoopBack0
```

Figura 4.23: Tabella di routing di R3

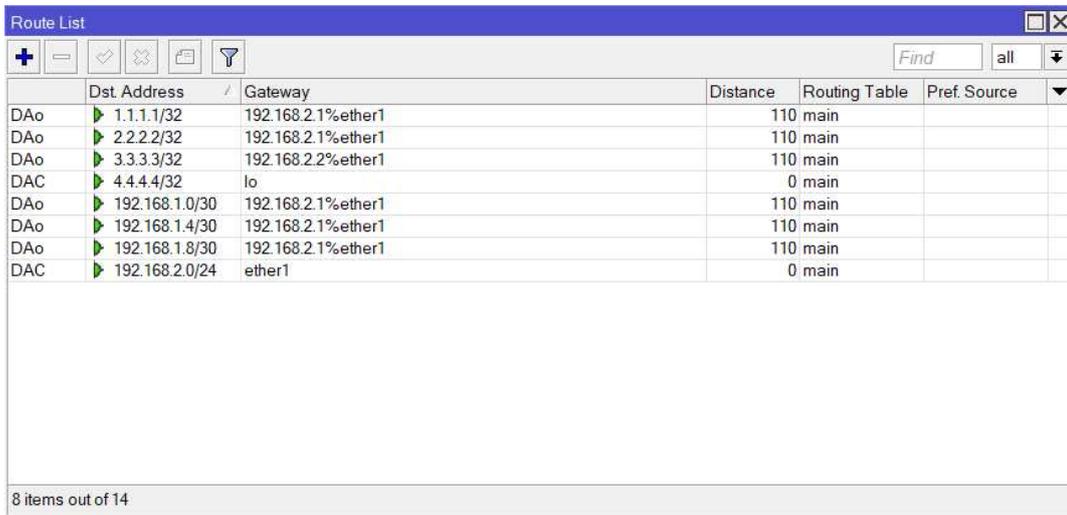
Cisco

```
Router#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route, H - NHRP, l - LISP
       a - application route
       + - replicated route, % - next hop override, p - overrides from PfR

Gateway of last resort is not set

  1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    1.1.1.1 [110/2] via 192.168.2.1, 1d01h, GigabitEthernet0/0/0
  2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    2.2.2.2 [110/2] via 192.168.2.1, 1d01h, GigabitEthernet0/0/0
  3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C    3.3.3.3 is directly connected, Loopback0
  4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    4.4.4.4 [110/2] via 192.168.2.3, 01:25:56, GigabitEthernet0/0/0
192.168.1.0/30 is subnetted, 3 subnets
O    192.168.1.0 [110/2] via 192.168.2.1, 1d01h, GigabitEthernet0/0/0
O    192.168.1.4 [110/2] via 192.168.2.1, 1d01h, GigabitEthernet0/0/0
O    192.168.1.8 [110/3] via 192.168.2.1, 1d01h, GigabitEthernet0/0/0
192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C    192.168.2.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
L    192.168.2.2/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0/0
```

Figura 4.24: Tabella di routing di C1

**MikroTik**

The screenshot shows the 'Route List' window in MikroTik WinBox. The window title is 'Route List' and it has a search bar with 'Find' and 'all' options. The table below displays the routing table with columns for 'Dst. Address', 'Gateway', 'Distance', 'Routing Table', and 'Pref. Source'. The table contains 8 entries, with the last one being '8 items out of 14'.

	Dst. Address	Gateway	Distance	Routing Table	Pref. Source
DAo	▶ 1.1.1.1/32	192.168.2.1%ether1	110	main	
DAo	▶ 2.2.2.2/32	192.168.2.1%ether1	110	main	
DAo	▶ 3.3.3.3/32	192.168.2.2%ether1	110	main	
DAC	▶ 4.4.4.4/32	lo	0	main	
DAo	▶ 192.168.1.0/30	192.168.2.1%ether1	110	main	
DAo	▶ 192.168.1.4/30	192.168.2.1%ether1	110	main	
DAo	▶ 192.168.1.8/30	192.168.2.1%ether1	110	main	
DAC	▶ 192.168.2.0/24	ether1	0	main	

8 items out of 14

Figura 4.25: Tabella di routing di MK1



## Bibliografia

- [1] Huawei Technologies CO. Huawei's versatile routing platform (vrp), 2021. Accesso il 2 ottobre 2024.
- [2] INC. Cisco Systems. Cisco internetwork operating system (cisco ios), 2006. Accesso il 2 ottobre 2024.
- [3] MikroTik. Routeros, 2024. Accesso il 2 ottobre 2024.
- [4] A. Pattavina. *Internet e reti. Fondamenti. Ediz. MyLab*. Pearson, 2022.