

UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA ELETTRONICA

E DELLE TECNOLOGIE DIGITALI

PROGETTO DI UNA SOLUZIONE MULTIVENDOR PER ROUTING AZIENDALE

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MULTIVENDOR SOLUTION FOR ENTERPRISE ROUTING

Relatore:

Prof. Ennio Gambi

Tesi di Laurea di:

Francesco Brinci

Correlatore:

Ing. Adelmo De Santis

A.A. 2025/2026

Indice

CAPITOLO 1 Definizione del Problema e Specifiche di Progetto 2

CAPITOLO 2 Progettazione dell'Infrastruttura e Configurazione degli Apparati 4

CAPITOLO 3 Verifiche Sperimentali e Conclusioni 13

CAPITOLO 1

Definizione del Problema e Specifiche di Progetto

Il presente lavoro di tesi riguarda la progettazione e la realizzazione pratica di una topologia di rete aziendale caratterizzata da un'architettura di routing dinamico multi-area e multi-vendor. I due obiettivi principali del progetto che si è deciso di realizzare sono i seguenti:

1. Interoperabilità del protocollo di routing dinamico OSPF: garantire la corretta comunicazione ed il passaggio del traffico su più aree facendo dialogare tra loro apparati di rete di vendor differenti quali Huawei e Cisco. Essendo OSPF uno standard aperto, infatti, consente a sistemi operativi eterogenei di scambiarsi in modo trasparente le informazioni sulle rotte e sullo stato dei collegamenti.
2. Segmentazione dei domini di broadcast mediante VLAN: realizzare e rendere operativa la topologia logica di riferimento fornita nelle specifiche di progetto mediante l'impiego di soli due switch Huawei. Attraverso un opportuno utilizzo delle VLAN, infatti, è possibile attestare più collegamenti logici diversi e separati tra loro dentro il medesimo switch, garantendo l'isolamento del traffico.

La rete si articola attorno all'Area 0, una backbone area, che garantisce il passaggio delle informazioni tra le altre due aree periferiche e all'interno della quale è presente un router Cisco. La progettazione include la definizione in autonomia dei vari indirizzi IP e del numero di VLAN e prevede la configurazione delle interfacce di LoopBack contrassegnate dai seguenti indirizzi IP sui router:

- R1: 10.1.1.1/32
- R2: 10.2.2.1/32
- R6: 10.6.6.1/32

La topologia logica di riferimento fornita nelle specifiche di progetto è illustrata nella Figura 1.1.

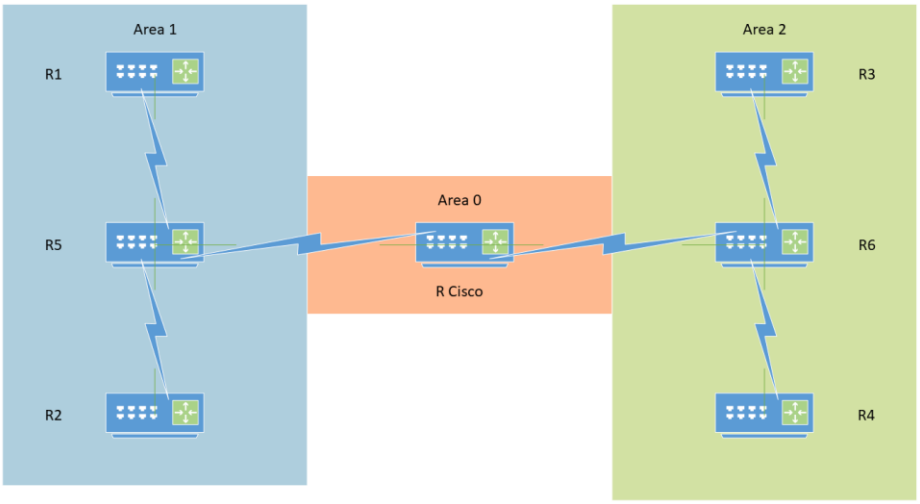


Figura 1.1 – *Topologia logica della rete proposta nelle specifiche di progetto*

CAPITOLO 2

Progettazione dell'Infrastruttura e Configurazione degli Apparati

A partire dalla topologia logica di riferimento fornita nelle specifiche di progetto, è stata definita l'architettura di rete effettiva. Poiché tale struttura prevede che i collegamenti avvengano esclusivamente tra le interfacce dei router e degli switch, è stato necessario utilizzare delle VLAN realizzando dunque sei domini di broadcast indipendenti ed altrettanti collegamenti isolati:

- Su SW1: la VLAN 10 per il collegamento logico tra R1 ed R5, la VLAN 20 per il collegamento logico tra R2 ed R5 e la VLAN 100 per il collegamento logico tra R5 e R Cisco.
- Su SW2: la VLAN 30 per il collegamento logico tra R3 ed R6, la VLAN 40 per il collegamento logico tra R4 ed R6 e la VLAN 200 per il collegamento logico tra R6 e R Cisco.

In tale contesto R5 e R6 assumono il ruolo di area border router, collegando ciascuna area periferica con l'Area 0. L'architettura di rete così ricavata è illustrata nella Figura 2.1.

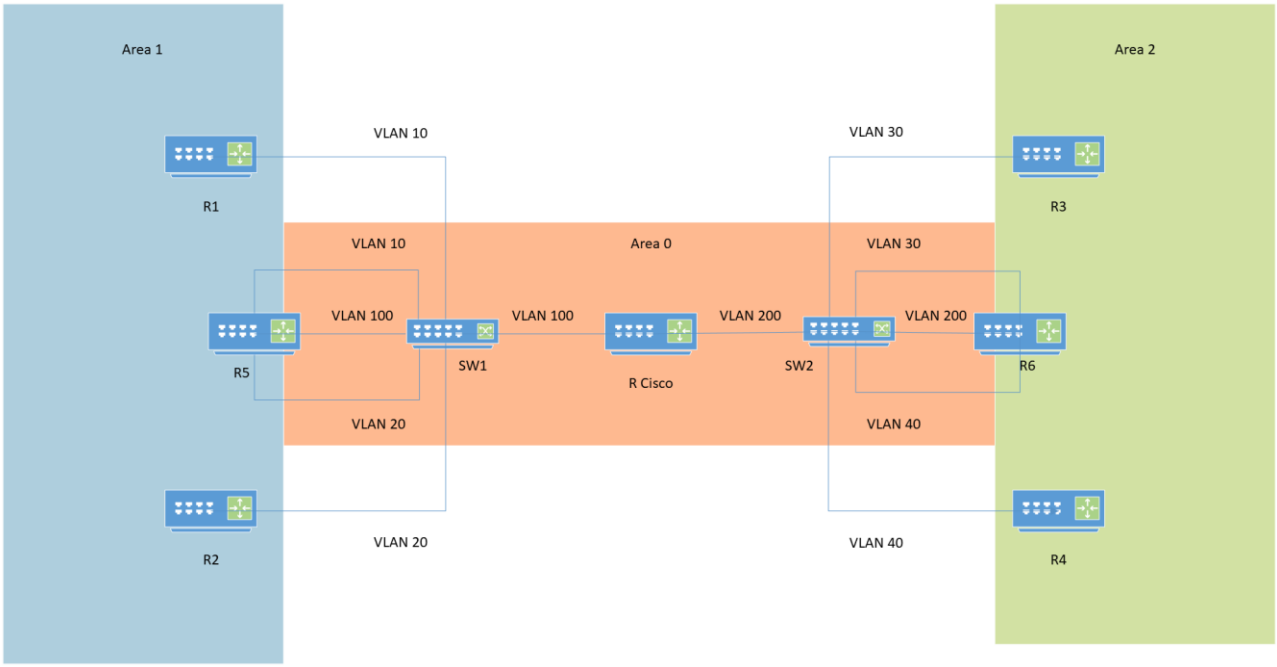


Figura 2.1 – *Topologia di rete effettiva*

Successivamente, si è proceduto al cablaggio fisico degli apparati di rete presenti sul rack di laboratorio. La realizzazione fisica della topologia di rete è illustrata nella Figura 2.2.

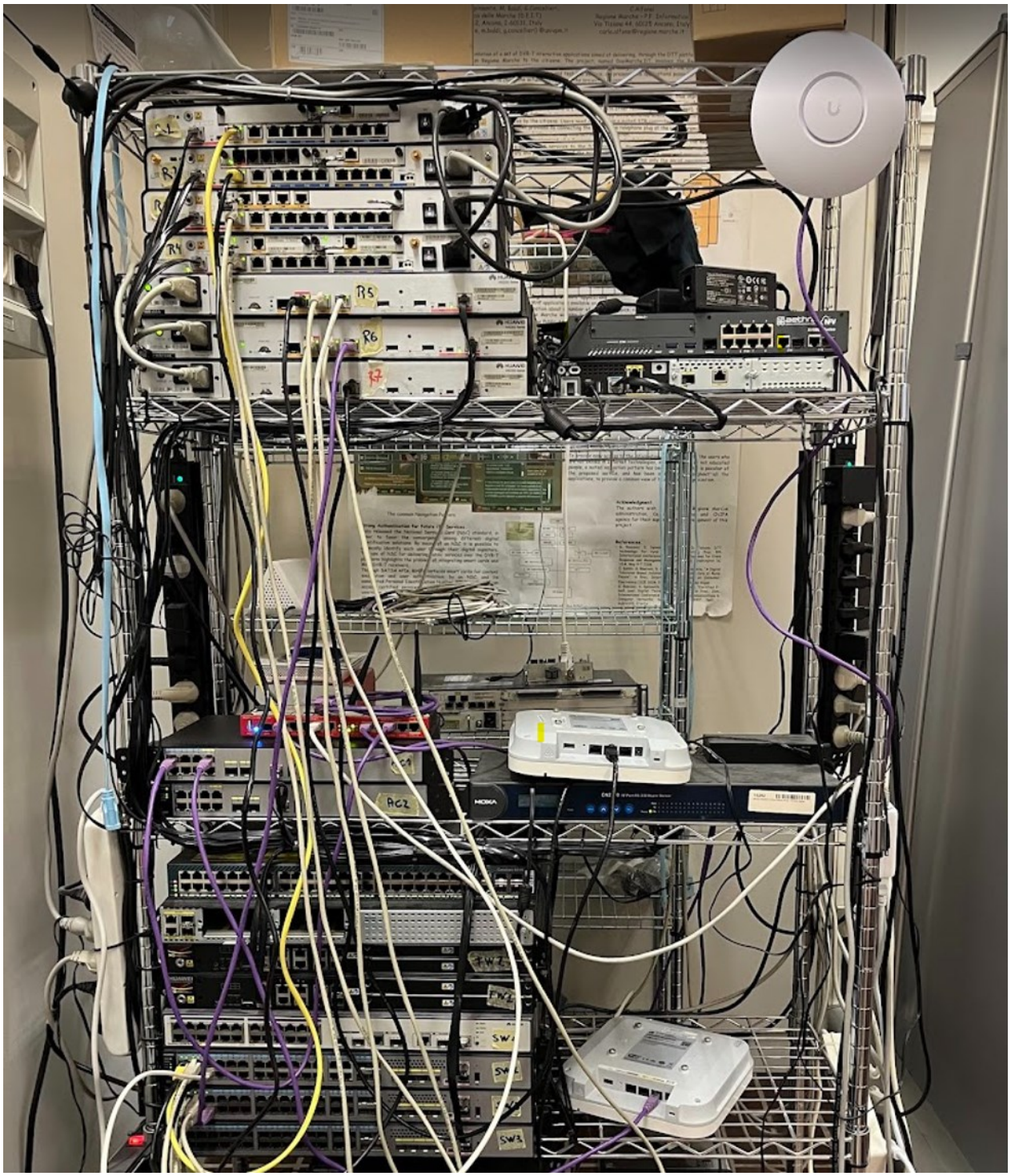


Figura 2.2 – *Realizzazione fisica della topologia di rete*

La selezione delle interfacce sui diversi dispositivi è stata effettuata in autonomia. Si è quindi passati alle fasi di configurazione di seguito riportate.

Configurazione R1

```
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname R1
[R1]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R1-GigabitEthernet0/0/0]ip address 192.168.10.1 24
[R1-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R1]interface LoopBack 0
[R1-LoopBack0]ip address 10.1.1.1 32
[R1-LoopBack0]quit
[R1]ospf router-id 1.1.1.1
[R1-ospf-1]area 1
[R1-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.10.1 0.0.0.0
[R1-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.1.1.1 0.0.0.0
[R1-ospf-1-area-0.0.0.1]quit
[R1-ospf-1]quit
[R1]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R1-GigabitEthernet0/0/0]ospf network-type p2p
[R1-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R1]interface LoopBack 0
[R1-LoopBack0]ospf network-type p2p
[R1-LoopBack0]quit
```

Configurazione R2

```
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname R2
[R2]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R2-GigabitEthernet0/0/0]ip address 192.168.20.1 24
[R2-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R2]interface LoopBack 0
[R2-LoopBack0]ip address 10.2.2.1 32
[R2-LoopBack0]quit
[R2]ospf router-id 2.2.2.2
[R2-ospf-1]area 1
[R2-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.20.1 0.0.0.0
[R2-ospf-1-area-0.0.0.1]network 10.2.2.1 0.0.0.0
[R2-ospf-1-area-0.0.0.1]quit
[R2-ospf-1]quit
[R2]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R2-GigabitEthernet0/0/0]ospf network-type p2p
[R2-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R2]interface LoopBack 0
[R2-LoopBack0]ospf network-type p2p
[R2-LoopBack0]quit
```

Configurazione R3

```
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname R3
[R3]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R3-GigabitEthernet0/0/0]ip address 192.168.30.1 24
[R3-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R3]ospf router-id 3.3.3.3
[R3-ospf-1]area 2
[R3-ospf-1-area-0.0.0.2]network 192.168.30.1 0.0.0.0
[R3-ospf-1-area-0.0.0.2]quit
[R3-ospf-1]quit
[R3]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R3-GigabitEthernet0/0/0]ospf network-type p2p
[R3-GigabitEthernet0/0/0]quit
```

Configurazione R4

```
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname R4
[R4]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R4-GigabitEthernet0/0/0]ip address 192.168.40.1 24
[R4-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R4]ospf router-id 4.4.4.4
[R4-ospf-1]area 2
[R4-ospf-1-area-0.0.0.2]network 192.168.40.1 0.0.0.0
[R4-ospf-1-area-0.0.0.2]quit
[R4-ospf-1]quit
[R4]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R4-GigabitEthernet0/0/0]ospf network-type p2p
[R4-GigabitEthernet0/0/0]quit
```

Configurazione R5

```
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname R5
[R5]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R5-GigabitEthernet0/0/0]ip address 192.168.10.2 24
[R5-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R5]interface GigabitEthernet 0/0/1
[R5-GigabitEthernet0/0/1]ip address 192.168.20.2 24
[R5-GigabitEthernet0/0/1]quit
[R5]interface GigabitEthernet 0/0/2
[R5-GigabitEthernet0/0/2]ip address 192.168.100.1 24
[R5-GigabitEthernet0/0/2]quit
[R5]ospf router-id 5.5.5.5
[R5-ospf-1]area 1
[R5-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.10.2 0.0.0.0
[R5-ospf-1-area-0.0.0.1]network 192.168.20.2 0.0.0.0
[R5-ospf-1-area-0.0.0.1]quit
[R5-ospf-1]area 0
[R5-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.100.1 0.0.0.0
[R5-ospf-1-area-0.0.0.0]quit
[R5-ospf-1]quit
[R5]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R5-GigabitEthernet0/0/0]ospf network-type p2p
[R5-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R5]interface GigabitEthernet 0/0/1
[R5-GigabitEthernet0/0/1]ospf network-type p2p
[R5-GigabitEthernet0/0/1]quit
[R5]interface GigabitEthernet 0/0/2
[R5-GigabitEthernet0/0/2]ospf network-type p2p
[R5-GigabitEthernet0/0/2]quit
```

Configurazione R6

```
<Huawei>system-view
[Huawei]sysname R6
[R6]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R6-GigabitEthernet0/0/0]ip address 192.168.30.2 24
[R6-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R6]interface GigabitEthernet 0/0/1
[R6-GigabitEthernet0/0/1]ip address 192.168.40.2 24
[R6-GigabitEthernet0/0/1]quit
[R6]interface GigabitEthernet 0/0/2
[R6-GigabitEthernet0/0/2]ip address 192.168.100.2 24
[R6-GigabitEthernet0/0/2]quit
[R6]interface LoopBack 0
[R6-LoopBack0]ip address 10.6.6.1 32
[R6-LoopBack0]quit
[R6]ospf router-id 6.6.6.6
[R6-ospf-1]area 2
[R6-ospf-1-area-0.0.0.2]network 192.168.30.2 0.0.0.0
[R6-ospf-1-area-0.0.0.2]network 192.168.40.2 0.0.0.0
[R6-ospf-1-area-0.0.0.2]network 10.6.6.1 0.0.0.0
[R6-ospf-1-area-0.0.0.2]quit
[R6-ospf-1]area 0
[R6-ospf-1-area-0.0.0.0]network 192.168.200.1 0.0.0.0
[R6-ospf-1-area-0.0.0.0]quit
[R6]interface GigabitEthernet 0/0/0
[R6-GigabitEthernet0/0/0]ospf network-type p2p
[R6-GigabitEthernet0/0/0]quit
[R6]interface GigabitEthernet 0/0/1
[R6-GigabitEthernet0/0/1]ospf network-type p2p
[R6-GigabitEthernet0/0/1]quit
[R6]interface GigabitEthernet 0/0/2
[R6-GigabitEthernet0/0/2]ospf network-type p2p
[R6-GigabitEthernet0/0/2]quit
[R6]interface LoopBack 0
[R6-LoopBack0]ospf network-type p2p
[R6-LoopBack0]quit
```

Configurazione R Cisco

```
Router>enable
Router#configure terminal
Router(config)#interface GigabitEthernet 0/0/0
Router(config-if)#ip address 192.168.100.2 255.255.255.0
Router(config-if)#ip ospf network point-to-point
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit
Router(config)#interface GigabitEthernet 0/0/1
Router(config-if)#ip address 192.168.200.2 255.255.255.0
Router(config-if)#ip ospf network point-to-point
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#exit
Router(config)#router ospf 1
Router(config-router)#router-id 7.7.7.7
Router(config-router)#network 192.168.100.2 0.0.0.0 area 0
Router(config-router)#network 192.168.200.2 0.0.0.0 area 0
Router(config-router)#exit
```

Configurazione SW1

```
<HUAWEI>system-view
[HUAWEI]sysname SW1
[SW1]vlan batch 10 20 100
[SW1]interface GigabitEthernet 0/0/1
[SW1-GigabitEthernet0/0/1]port link-type access
[SW1-GigabitEthernet0/0/1]port default vlan 10
[SW1-GigabitEthernet0/0/1]quit
[SW1]interface GigabitEthernet 0/0/2
[SW1-GigabitEthernet0/0/2]port link-type access
[SW1-GigabitEthernet0/0/2]port default vlan 20
[SW1-GigabitEthernet0/0/2]quit
[SW1]interface GigabitEthernet 0/0/3
[SW1-GigabitEthernet0/0/3]port link-type access
[SW1-GigabitEthernet0/0/3]port default vlan 10
[SW1-GigabitEthernet0/0/3]quit
[SW1]interface GigabitEthernet 0/0/4
[SW1-GigabitEthernet0/0/4]port link-type access
[SW1-GigabitEthernet0/0/4]port default vlan 20
[SW1-GigabitEthernet0/0/4]quit
[SW1]interface GigabitEthernet 0/0/5
[SW1-GigabitEthernet0/0/5]port link-type access
[SW1-GigabitEthernet0/0/5]port default vlan 100
[SW1-GigabitEthernet0/0/5]quit
[SW1]interface GigabitEthernet 0/0/6
[SW1-GigabitEthernet0/0/6]port link-type access
[SW1-GigabitEthernet0/0/6]port default vlan 100
[SW1-GigabitEthernet0/0/6]quit
```

Configurazione SW2

```
<HUAWEI>system-view
[HUAWEI]sysname SW2
[SW2]vlan batch 30 40 200
[SW2]interface GigabitEthernet 0/0/1
[SW2-GigabitEthernet0/0/1]port link-type access
[SW2-GigabitEthernet0/0/1]port default vlan 30
[SW2-GigabitEthernet0/0/1]quit
[SW2]interface GigabitEthernet 0/0/2
[SW2-GigabitEthernet0/0/2]port link-type access
[SW2-GigabitEthernet0/0/2]port default vlan 40
[SW2-GigabitEthernet0/0/2]quit
[SW2]interface GigabitEthernet 0/0/3
[SW2-GigabitEthernet0/0/3]port link-type access
[SW2-GigabitEthernet0/0/3]port default vlan 30
[SW2-GigabitEthernet0/0/3]quit
[SW2]interface GigabitEthernet 0/0/4
[SW2-GigabitEthernet0/0/4]port link-type access
[SW2-GigabitEthernet0/0/4]port default vlan 40
[SW2-GigabitEthernet0/0/4]quit
[SW2]interface GigabitEthernet 0/0/5
[SW2-GigabitEthernet0/0/5]port link-type access
[SW2-GigabitEthernet0/0/5]port default vlan 200
[SW2-GigabitEthernet0/0/5]quit
[SW2]interface GigabitEthernet 0/0/6
[SW2-GigabitEthernet0/0/6]port link-type access
[SW2-GigabitEthernet0/0/6]port default vlan 200
[SW2-GigabitEthernet0/0/6]quit
```

CAPITOLO 3

Verifiche Sperimentali e Conclusioni

Al termine delle fasi di configurazione, si è proceduto alla fase di validazione e collaudo dell'infrastruttura di rete. L'obiettivo principale delle verifiche sperimentali è accertare la raggiungibilità tra tutti i nodi della rete e la corretta segmentazione del traffico di rete. Come prima cosa, è stato ispezionato lo stato dei vicini OSPF sui singoli router tramite il comando da CLI `display ospf peer` per i router Huawei e `show ip ospf neighbor` per il router Cisco, per confermare lo stabilimento delle adiacenze sia all'interno delle aree periferiche sia all'interno dell'Area 0. Successivamente, si è passati all'analisi delle tabelle di routing mediante i comandi da CLI `display ip routing-table` per i router Huawei e `show ip route` per il router Cisco per verificarne il corretto popolamento. Le tabelle di routing di R5 ed R6 sono riportate rispettivamente nella Figura 3.1 e nella Figura 3.2.

```
[R5]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 19        Routes : 19

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        10.1.1.1/32  OSPF    10   1           D   192.168.10.1    GigabitEthernet0/0/0
        10.2.2.1/32  OSPF    10   1           D   192.168.20.1    GigabitEthernet0/0/1
        10.6.6.1/32  OSPF    10   2           D   192.168.100.2   GigabitEthernet0/0/2
      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
   192.168.10.0/24   Direct  0    0           D   192.168.10.2    GigabitEthernet0/0/0
   192.168.10.2/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/0
 192.168.10.255/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/0
   192.168.20.0/24   Direct  0    0           D   192.168.20.2    GigabitEthernet0/0/1
   192.168.20.2/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/1
 192.168.20.255/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/1
   192.168.30.0/24   OSPF    10   3           D   192.168.100.2   GigabitEthernet0/0/2
   192.168.40.0/24   OSPF    10   3           D   192.168.100.2   GigabitEthernet0/0/2
  192.168.100.0/24   Direct  0    0           D   192.168.100.1   GigabitEthernet0/0/2
  192.168.100.1/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/2
192.168.100.255/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/2
  192.168.200.0/24   OSPF    10   2           D   192.168.100.2   GigabitEthernet0/0/2
255.255.255.255/32   Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0

[R5]
```

Figura 3.1 – *Tabella di routing di R5*

```
[R6]display ip routing-table
Route Flags: R - relay, D - download to fib
------------------------------------------------------------------------------
Routing Tables: Public
         Destinations : 19        Routes : 19

Destination/Mask    Proto   Pre  Cost      Flags NextHop         Interface

        10.1.1.1/32  OSPF    10   3           D   192.168.200.2   GigabitEthernet0/0/2
        10.2.2.1/32  OSPF    10   3           D   192.168.200.2   GigabitEthernet0/0/2
        10.6.6.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       LoopBack0
       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
   192.168.10.0/24  OSPF    10   3           D   192.168.200.2   GigabitEthernet0/0/2
   192.168.20.0/24  OSPF    10   3           D   192.168.200.2   GigabitEthernet0/0/2
   192.168.30.0/24  Direct  0    0           D   192.168.30.2    GigabitEthernet0/0/0
   192.168.30.2/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/0
 192.168.30.255/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/0
   192.168.40.0/24  Direct  0    0           D   192.168.40.2    GigabitEthernet0/0/1
   192.168.40.2/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/1
 192.168.40.255/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/1
  192.168.100.0/24  OSPF    10   2           D   192.168.200.2   GigabitEthernet0/0/2
  192.168.200.0/24  Direct  0    0           D   192.168.200.1   GigabitEthernet0/0/2
  192.168.200.1/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/2
192.168.200.255/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       GigabitEthernet0/0/2
255.255.255.255/32  Direct  0    0           D   127.0.0.1       InLoopBack0

[R6]
```

Figura 3.2 – *Tabella di routing di R6*

A conferma della raggiungibilità tra tutti i nodi della rete sono stati effettuati test di connettività diretta tramite l'invio di pacchetti ICMP mediante il comando da CLI `ping` ed in tutti i casi si è riscontrata una percentuale di successo del 100%. Per analizzare il cammino effettivo seguito dai pacchetti ICMP e verificarne il corretto instradamento sono stati eseguiti i comandi da CLI `tracert` per i router Huawei e `traceroute` per il router Cisco. I comandi descritti sono riportati nella Figura 3.3.

```
Router>ping 192.168.100.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.100.1, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
Router>ping 192.168.200.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 192.168.200.1, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
Router>ping 10.1.1.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.1.1.1, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
Router>ping 10.2.2.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.2.2.1, timeout is 2 seconds:
!!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 1/1/1 ms
Router>traceroute 10.1.1.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 10.1.1.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 192.168.100.1 2 msec 2 msec 1 msec
  2 192.168.10.1 13 msec 4 msec 3 msec
Router>traceroute 10.2.2.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 10.2.2.1
VRF info: (vrf in name/id, vrf out name/id)
  1 192.168.100.1 3 msec 5 msec 9 msec
  2 192.168.20.1 2 msec 2 msec 2 msec
Router>show ip ospf neighbor

Neighbor ID     Pri   State           Dead Time   Address         Interface
6.6.6.6           0   FULL/  -        00:00:39    192.168.200.1   GigabitEthernet0/0/1
5.5.5.5           0   FULL/  -        00:00:31    192.168.100.1   GigabitEthernet0/0/0
Router>
```

Figura 3.3 – Test di connettività, tracciamento delle rotte *e OSPF neighbor relationships su R Cisco*

Le verifiche sperimentali condotte sull'infrastruttura di rete ne confermano il pieno e corretto funzionamento, in perfetta conformità con le specifiche di progetto assegnate, validando la bontà delle scelte progettuali adottate.