

Laboratorio: Design OSPF Scalabile (Single-Area vs. Multi-Area)

1. Obiettivo di Design

Questo laboratorio ha lo scopo di analizzare, testare e confrontare due diversi approcci di design per un routing domain OSPF:

1. **Design Piatto (Single-Area):** Veloce da implementare, ma con notevoli problemi di scalabilità.
2. **Design Gerarchico (Multi-Area):** Richiede pianificazione (design), ma garantisce stabilità, isolamento dei guasti e prestazioni ottimali.

L'obiettivo non è configurare OSPF, ma **capire l'impatto architetturale** delle Aree OSPF sulla Link-State Database (LSDB), sulla CPU dei router e sulla propagazione dei guasti.

2. Prerequisiti

- **Piattaforma:** PNetLab
 - **Immagine:** Cisco vIOS (es. `vios-adventurek9-m.vmdk`)
 - **Router:** 9
-

Fase 1: Il Design "Piatto" (Tutto in Area 0)

In questa fase, configuriamo tutti i router per appartenere alla stessa Area 0, simulando una rete cresciuta "organicamente" senza un design gerarchico.

4.1. Configurazione (Template)

Applica una configurazione simile a questa su *tutti i 9 router*, adattando gli IP.

Template per R1:

```
hostname R1
!
interface Loopback0
    ip address 192.168.0.1 255.255.255.255
!
interface GigabitEthernet0/1
    description LINK-TO-R2
    ip address 10.0.12.1 255.255.255.0
    no shutdown
!
interface GigabitEthernet0/2
    description LINK-TO-R3
    ip address 10.0.13.1 255.255.255.0
    no shutdown
!
router ospf 1
    ! Abilita OSPF su tutte le interfacce configurate
    network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0
!
```

Template per R2 (Router Centrale):

```
hostname R2

!
interface Loopback0
    ip address 192.168.0.2 255.255.255.255

!
interface GigabitEthernet0/1
    description LINK-TO-R1
    ip address 10.0.12.2 255.255.255.0
    no shutdown

!
interface GigabitEthernet0/2
    description LINK-TO-R3
    ip address 10.0.23.2 255.255.255.0
    no shutdown

!
interface GigabitEthernet0/3
    description LINK-TO-R4-AREA1
    ip address 10.1.24.2 255.255.255.0
    no shutdown

!
interface GigabitEthernet0/4
    description LINK-TO-R7-AREA2
```

```
ip address 10.2.27.2 255.255.255.0  
no shutdown  
router ospf 1  
network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0
```

4.2. Analisi del Design (Piatto)

Una volta che tutti i router sono configurati e le adiacenze sono **FULL**, esegui queste verifiche.

1. Analisi Tabella di Routing (Su R5, Area 1):

R5# show ip route ospf

- **Osservazione:** Noterai che *tutte* le rotte OSPF (per i loopback e i link) sono marcate come "**O**" (**Intra-Area**). Non c'è distinzione gerarchica.

2. Analisi della LSDB (Su R5 e R8):

R5# show ip ospf database R8# show ip ospf database

- **Osservazione:** Le due LSDB sono **assolutamente identiche**. Ogni router nella rete (R1, R5, R9...) ha una mappa topologica completa e dettagliata (LSA Type 1 e 2) dell'intera infrastruttura.
- **Domanda di Design:** È efficiente che **R5** (Area 1) conosca i dettagli di ogni singolo link del Data Center (Area 2)?

4.3. Test di Impatto (Fault Isolation)

Questo è il test cruciale. Simuleremo un guasto in Area 2 e vedremo l'impatto sulla CPU di un router in Area 1.

1. **Su R5 (Area 1), attiva il debug dell'SPF:** R5# debug ip ospf spf
 2. **Su R8 (Area 2), spegni un link:**
 3. R8(config)# interface GigabitEthernet0/2
R8(config-if)# description LINK-TO-R9 R8(config-if)# shutdown
 4. **Osserva l'output su R5:** Vedrai immediatamente un log simile a questo:
 - Nov 4 10:30:00.123: OSPF: Rcv LSUPD from 192.168.0.7 on Gi0/x, length 84 Nov 4 10:30:00.123: OSPF: SFP RUN: OLD STATE: 1, NEW STATE: 1 *Nov 4 10:30:00.123: OSPF: SFP: Schedule SPF calculation...
 5. **Conclusione di Design (Fase 1):**
 - In un design "piatto", **qualsiasi instabilità (flap di link) ovunque nella rete forza ogni singolo router a ricalcolare il proprio albero SPF**. Questo è un enorme spreco di CPU e rende la rete instabile e lenta a convergere su larga scala.
-

Fase 2: Il Design Gerarchico (Multi-Area)

Ora modifichiamo il design per introdurre la gerarchia, senza cambiare un singolo cavo. Trasformeremo **R2** in un **Area Border Router (ABR)**.

5.1. Modifica Configurazione (Refactoring)

1. **Su R2 (Il nuovo ABR):** Dobbiamo rimuovere il comando "catch-all" e specificare le aree per interfaccia.

```
hostname R2
!
router ospf 1
    ! Rimuove la vecchia regola "catch-all"
    no network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0
    !
    ! Interfacce assegnate all'Area 0 (Backbone)
    network 192.168.0.2 0.0.0.0 area 0
```

```
network 10.0.12.2 0.0.0.0 area 0
network 10.0.23.2 0.0.0.0 area 0
!
! Interfaccia assegnata all'Area 1
network 10.1.24.2 0.0.0.0 area 1
!
! Interfaccia assegnata all'Area 2
network 10.2.27.2 0.0.0.0 area 2
!
```

2. Su R4, R5, R6 (Router Area 1): Sposta tutto in Area 1.

```
hostname R4 (o R5, o R6)

!
router ospf 1

! Rimuove la vecchia regola "catch-all"

no network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0

!

! Abilita OSPF su tutte le interfacce in Area 1

network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 1

!
```

3. Su R7, R8, R9 (Router Area 2): Sposta tutto in Area 2.

```
hostname R7 (o R8, o R9)

!
router ospf 1

! Rimuove la vecchia regola "catch-all"

no network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 0

!

! Abilita OSPF su tutte le interfacce in Area 2

network 0.0.0.0 255.255.255.255 area 2

!
```

5.2. Analisi del Design (Gerarchico)

Dopo che le adiacenze tornano **FULL**:

1. Verifica ABR (Su R2):

```
R2# show ip ospf
```

- **Osservazione:** L'output ora indicherà: **It is an area border router.**

2. Analisi Tabella di Routing (Su R5, Area 1):

```
R5# show ip route ospf
```

- **Osservazione:** La tabella è cambiata!
 - Le rotte interne all'Area 1 (es. **192.168.0.4, 192.168.0.6**) sono ancora "**O**".
 - Tutte le rotte per l'Area 0 e l'Area 2 (es. **192.168.0.8, 10.0.12.0/24**) sono ora "**O IA**" (**Inter-Area**).
- **Domanda di Design:** Qual è il vantaggio di vedere le rotte esterne come "Inter-Area"? (Risposta: Sono riepiloghi. R5 ora sa solo "per andare in Area 2, vai a R2". Non conosce la topologia *interna* dell'Area 2).

3. Analisi della LSDB (Su R5):

```
R5# show ip ospf database
```

- **Osservazione:** La LSDB di R5 è ora **significativamente più piccola**.
 - Contiene LSA Type 1 e 2 (Router e Network) *solo* per l'Area 1.
 - *Non contiene* i LSA Type 1 e 2 dell'Area 0 e 2.
 - Contiene invece LSA Type 3 (Summary) generati da R2, che riepilogano le reti delle altre aree.

5.3. Test di Impatto (Fault Isolation)

Ripetiamo lo stesso test di prima.

1. **Su R5 (Area 1), assicurati che il debug sia attivo:** R5# debug ip ospf spf
2. **Su R8 (Area 2), riattiva e spegni di nuovo il link:** R8(config)# interface GigabitEthernet0/2 R8(config-if)# no shutdown R8(config-if)# shutdown
3. **Osserva l'output su R5:**
 - **Osservazione: NON VEDRAI NESSUN RICALCOLO SPF!**
 - **R5** riceverà un LSA Type 3 (Summary) aggiornato da **R2**, ma poiché la sua topologia interna (LSA 1/2) non è cambiata, e il suo next-hop (R2) è ancora valido, non ha bisogno di rieseguire l'algoritmo SPF.

6. Conclusioni di Design

- **Single-Area (Piatto):** Facile da implementare, ma **non scala**. Ogni modifica topologica impatta la CPU di ogni router, creando una rete "nervosa" e instabile. La LSDB cresce esponenzialmente.
- **Multi-Area (Gerarchico):** Richiede pianificazione per definire i confini delle aree (dove posizionare gli ABR). **Isola i guasti**, riduce la dimensione della LSDB e della tabella di routing, e limita l'utilizzo della CPU solo ai router nell'area interessata dal guasto. Questo è un design **stabile e scalabile**.

Network Cabling Plan

Dispositivo A	Interfaccia A	Dispositivo B	Interfaccia B	Area / Scopo
Backbone				Area 0
R1	Gi0/1	R2	Gi0/1	R1 <-> R2
R1	Gi0/2	R3	Gi0/1	R1 <-> R3
R2	Gi0/2	R3	Gi0/2	R2 <-> R3
Area 1				Area 1
R2	Gi0/3	R4	Gi0/1	ABR <-> Area 1
R4	Gi0/2	R5	Gi0/1	R4 <-> R5
R4	Gi0/3	R6	Gi0/1	R4 <-> R6
R5	Gi0/2	R6	Gi0/2	R5 <-> R6
Area 2				Area 2
R2	Gi0/4	R7	Gi0/1	ABR <-> Area 2
R7	Gi0/2	R8	Gi0/1	R7 <-> R8
R7	Gi0/3	R9	Gi0/1	R7 <-> R9
R8	Gi0/2	R9	Gi0/2	R8 <-> R9

IP Address Table

Dispositivo	Interfaccia	Indirizzo IP	Subnet Mask	Note / Link a
R1 (Area 0)	Loopback0	192.168.0.1	255.255.255.255	
	Gi0/1	10.0.12.1	255.255.255.0	R2
	Gi0/2	10.0.13.1	255.255.255.0	R3
--	--	--	--	--
R2 (ABR)	Loopback0	192.168.0.2	255.255.255.255	
	Gi0/1	10.0.12.2	255.255.255.0	R1 (Area 0)
	Gi0/2	10.0.23.2	255.255.255.0	R3 (Area 0)
	Gi0/3	10.1.24.2	255.255.255.0	R4 (Area 1)
	Gi0/4	10.2.27.2	255.255.255.0	R7 (Area 2)
--	--	--	--	--
R3 (Area 0)	Loopback0	192.168.0.3	255.255.255.255	
	Gi0/1	10.0.13.3	255.255.255.0	R1
	Gi0/2	10.0.23.3	255.255.255.0	R2
--	--	--	--	--
R4 (Area 1)	Loopback0	192.168.0.4	255.255.255.255	
	Gi0/1	10.1.24.4	255.255.255.0	R2
	Gi0/2	10.1.45.4	255.255.255.0	R5
	Gi0/3	10.1.46.4	255.255.255.0	R6
	--	--	--	--
R5 (Area 1)	Loopback0	192.168.0.5	255.255.255.255	
	Gi0/1	10.1.45.5	255.255.255.0	R4
	Gi0/2	10.1.56.5	255.255.255.0	R6
--	--	--	--	--
R6 (Area 1)	Loopback0	192.168.0.6	255.255.255.255	
	Gi0/1	10.1.46.6	255.255.255.0	R4
	Gi0/2	10.1.56.6	255.255.255.0	R5
--	--	--	--	--
R7 (Area 2)	Loopback0	192.168.0.7	255.255.255.255	
	Gi0/1	10.2.27.7	255.255.255.0	R2
	Gi0/2	10.2.78.7	255.255.255.0	R8
--	--	--	--	--
R8 (Area 2)	Loopback0	192.168.0.8	255.255.255.255	

	Gi0/1	10.2.78.8	255.255.255.0	R7
	Gi0/2	10.2.89.8	255.255.255.0	R9
--	--	--	--	--
R9 (Area 2)	Loopback0	192.168.0.9	255.255.255.255	
	Gi0/1	10.2.79.9	255.255.255.0	R7
	Gi0/2	10.2.89.9	255.255.255.0	R8

🎯 Obiettivo Dettagliato

Comprendere e dimostrare, attraverso test pratici, perché un design OSPF **Multi-Area** (**gerarchico**) è architetturalmente superiore a un design **Single-Area** (**piatto**) in termini di:

- Efficienza:** Riduzione della dimensione della Link-State Database (LSDB) e della tabella di routing sui router non-backbone.
- Stabilità:** Limitazione dell'impatto sulla CPU (ricalcolo SPF) solo all'area interessata da un guasto.
- Scalabilità:** Isolamento dei guasti, che impedisce a un link instabile in un'area di compromettere la stabilità dell'intera rete.

Network Diagram (with Mermaid)

