

14 giugno 2024

La Galassia del Routing IP

Il cuore dell'Internet



XI[^] puntata - IS-IS: aspetti avanzati

Tiziano Tofoni

Note di *Copyright*

- Questo insieme di diapositive è protetto dalle leggi sul *copyright* e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i *copyright* relativi alle diapositive (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo), in accordo con gli artt. 12 e seguenti della Legge 633/1941, sono di proprietà dell'autore Tiziano Tofoni (di seguito 'l'autore').
- Le diapositive possono essere utilizzate esclusivamente per scopi di studio nell'ambito dei corsi tenuti dall'autore.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti ottici/magnetici, su reti di calcolatori o stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte dell'autore.
- L'informazione contenuta in queste diapositive è ritenuta essere accurata alla data della pubblicazione. Essa è fornita per scopi meramente didattici e non per essere utilizzata in progetti di impianti, prodotti, reti, ecc. In ogni caso essa è soggetta a cambiamenti senza preavviso. L'autore non si assume alcuna responsabilità per il contenuto di queste diapositive (ivi incluse, ma non limitatamente, la correttezza, completezza, applicabilità, aggiornamento dell'informazione).
- In ogni caso non può essere dichiarata conformità all'informazione contenuta in queste diapositive.
- In ogni caso questa nota di *copyright* non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

Di cosa parlerò ...

#1

Route Leaking

#2

Estensioni di IS-IS per IPv6

#3

IS-IS multi-topology

#4

Case study

I problemi della aree IS-IS

- Le aree IS-IS sono simili alle aree OSPF di tipo *Totally NSSA*
 - Pro
 - Scalabilità
 - Contro
 - I percorsi IS-IS non sempre sono ottimi
 - Problemi nelle reti che utilizzano il piano dati MPLS (sia con LDP che con *Segment Routing*)
 - Alcuni vendor non consentono di stabilire sessioni iBGP tra router remoti se nella RIB non è presente un *entry* esplicito verso l'estremo remoto della sessione iBGP (la presenza della sola *default route* a volte non è sufficiente)
- Soluzione (dei contro): implementare il *Route Leaking*
 - RFC 5302 - *Domain-wide Prefix Distribution with Two-Level IS-IS*, ottobre 2008

Route Leaking (1/2)

- È possibile far traboccare prefissi IP da un LSDB L2 in un LSDB L1 (*Route Leaking*)
 - NOTA: l'operazione inversa (da L1 LSDB a L2 LSDB) è automatica, ma può essere utile per filtrare prefissi dal LSDB L1 al LSDB L2

- IOS e IOS XE

```
router(config)# router isis [instance-ID]
router(config-router)# redistribute isis ip {level-1|level-2} into {level-2|level-1}
                        {distribute-list numero-ACL-estesa | route-map nome-RM}
```

- IOS XR

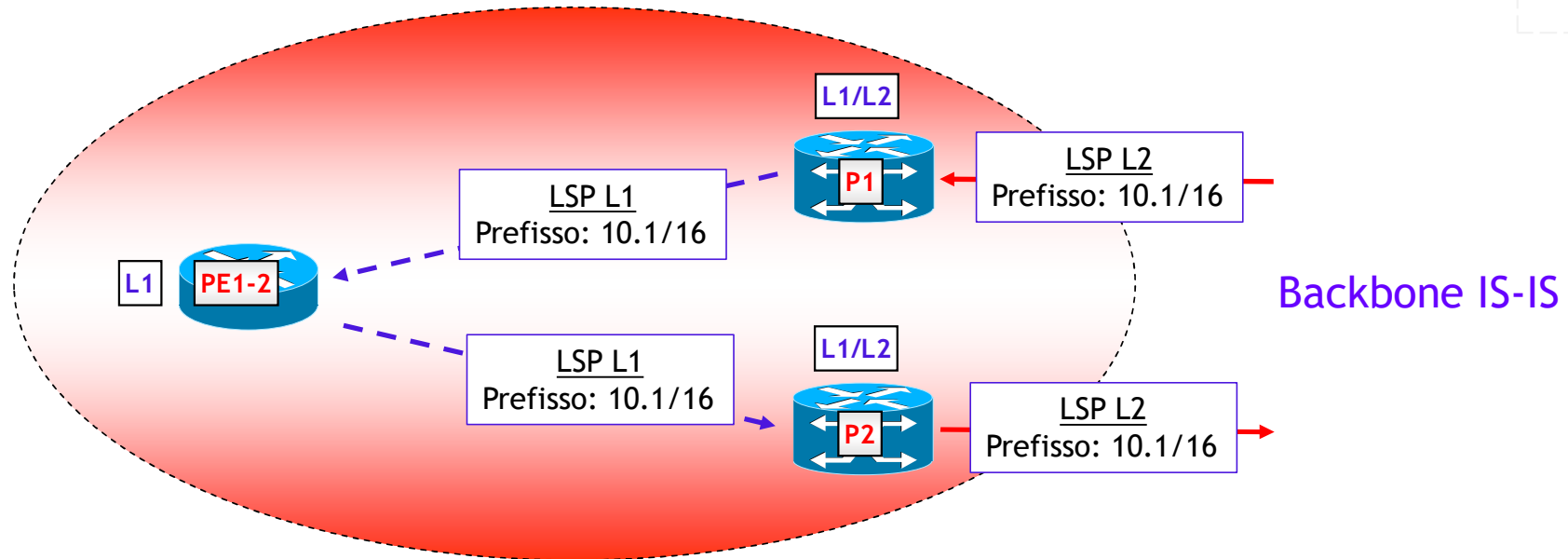
```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router isis instance-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis-af)# propagate level {1|2} into level {2|1}
                                         route-policy nome-RP
```

Route Leaking (2/2)

- Nel JunOS la configurazione avviene attraverso la definizione di una routing policy, da applicare nella direzione export all'interno del processo IS-IS

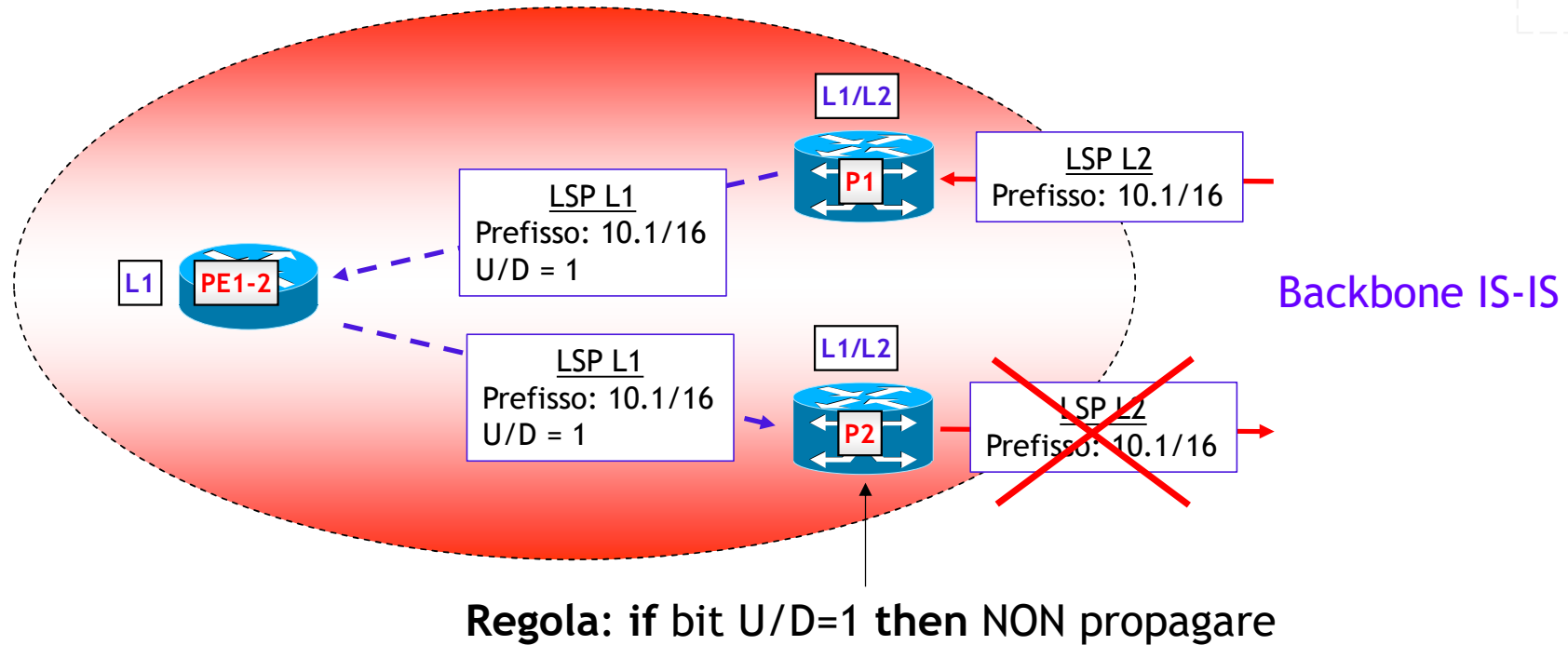
```
[edit policy-options policy-statement nome-routing-policy]
from {
  route-filter specifica-filtro-1;
  ...
  route-filter specifica-filtro-n;
  protocol isis;
  level 2;
}
to {
  protocol isis;
  level 1;
}
then accept;
```

Attenti al *loop* ... (1/2)



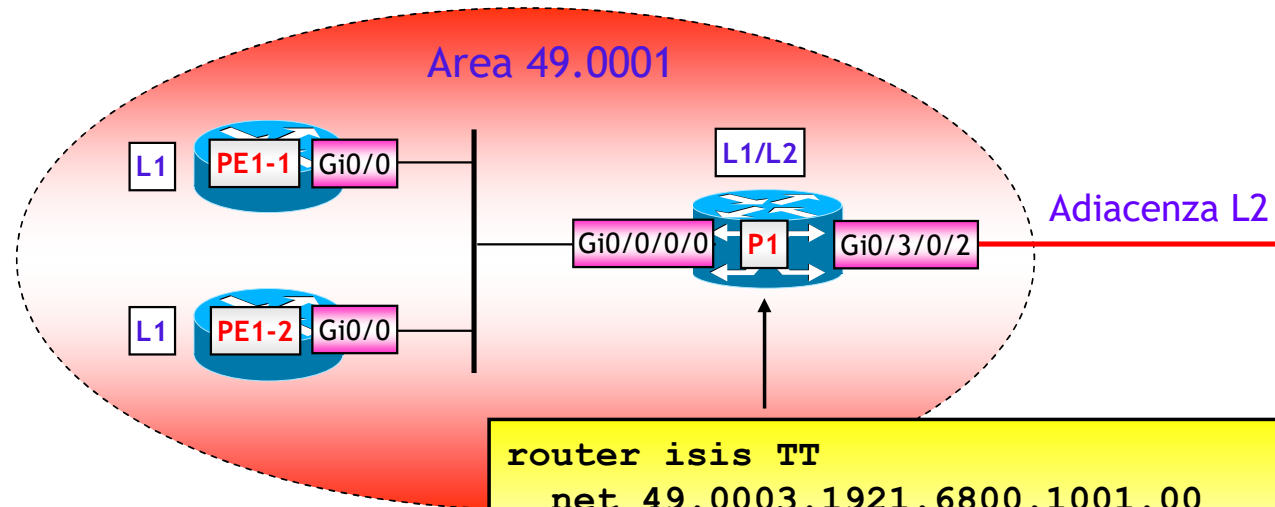
- Per evitare il problema, è sufficiente non riannunciare al *backbone* un prefisso ricevuto dal *backbone* stesso

Attenti al *loop* ... (2/2)



- Soluzione: viene utilizzato il bit **U/D** (Up/Down)

Esempio su piattaforme Cisco (1/2)



```
router isis TT
 net 49.0003.1921.6800.1001.00
 address-family ipv4 unicast
   propagate level 2 into level 1 route-policy RL
 !
 route-policy RL
   if destination in (192.168.0.0/24 eq 32) then
     pass
   endif
 end-policy
```

Esempio su piattaforme Cisco (2/2)

- Tabella di routing IP di PE1-1 **prima** della configurazione del *Route Leaking* dal LSDB L2 al LSDB L2

```
RP/0/RP0/CPU0:PE1-1# show route ipv4 isis
Wed Feb 27 17:19:49.373 UTC

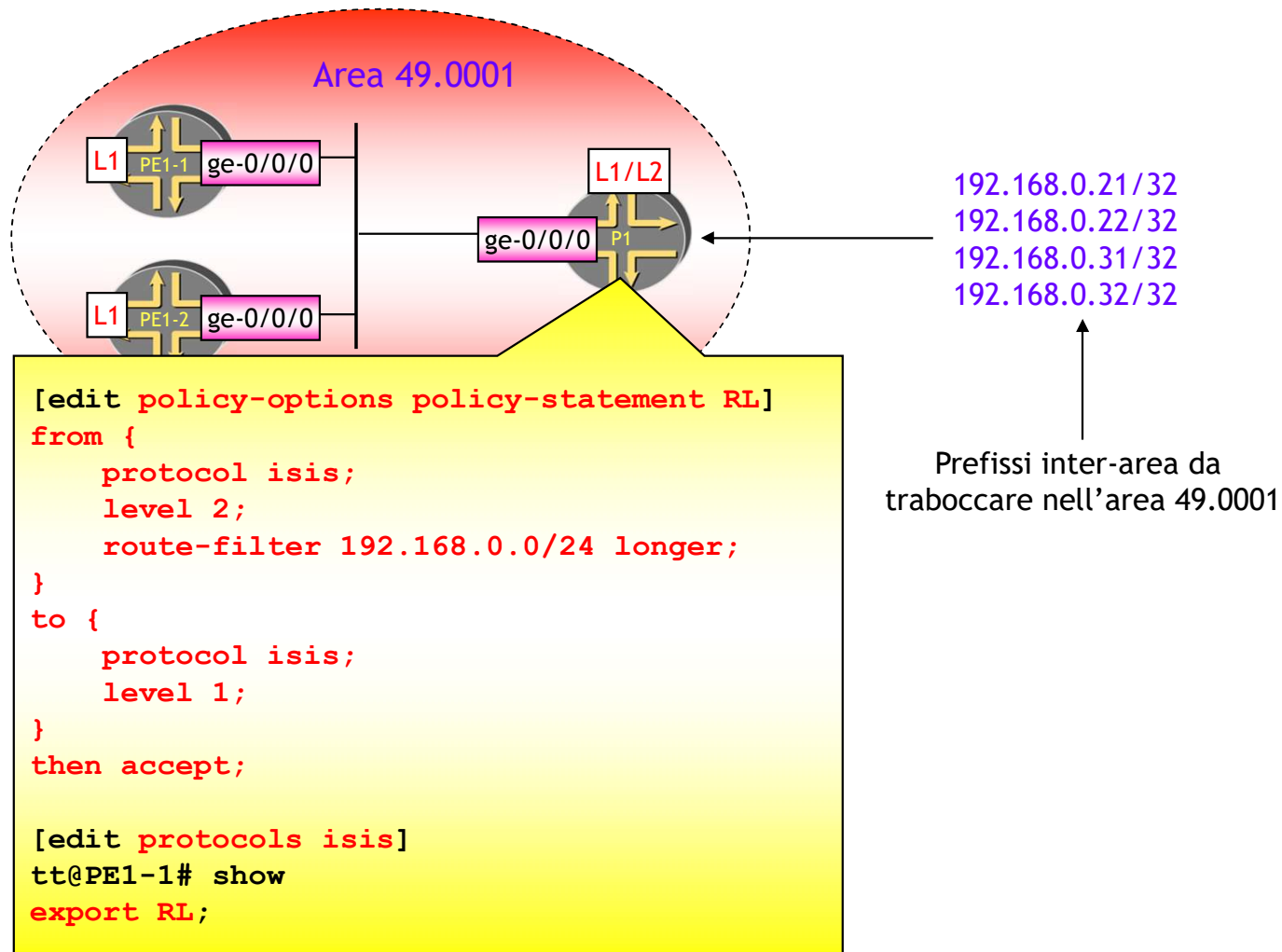
i L1    192.168.0.12 [115/20] via 172.16.1.12, 00:12:42, GigabitEthernet0/0
i L1    192.168.1.1 [115/20] via 172.16.1.1, 00:13:23, GigabitEthernet0/0
i*L1 0.0.0.0/0 [115/10] via 172.16.1.1, 00:13:58, GigabitEthernet0/0
```

- Tabella di routing IP di PE1-1 **dopo** la configurazione del *Route Leaking* dal LSDB L2 al LSDB L2

```
RP/0/RP0/CPU0:PE1-1# show route ipv4 isis
Wed Feb 27 17:22:40.885 UTC

i ia    192.168.0.32 [115/168] via 172.16.1.1, 00:01:12, GigabitEthernet0/0
i L1    192.168.0.12 [115/20] via 172.16.1.12, 00:15:42, GigabitEthernet0/0
i L1    192.168.1.1 [115/20] via 172.16.1.1, 00:16:28, GigabitEthernet0/0
i*L1 0.0.0.0/0 [115/10] via 172.16.1.1, GigabitEthernet0/0
i ia    192.168.0.31 [115/168] via 172.16.1.1, 00:1:24, GigabitEthernet0/0
i ia    192.168.0.21 [115/168] via 172.16.1.1, 00:1:28, GigabitEthernet0/0
i ia    192.168.0.22 [115/168] via 172.16.1.1, 00:1:26, GigabitEthernet0/0
```

Esempio su piattaforme Juniper (1/3)



Esempio su piattaforme Juniper (2/3)

- Percorsi acquisiti via IS-IS nella Tabella di Routing IP di PE1-2 prima della configurazione del *Route Leaking*

```
tt@PE1-2> show route protocol isis
...

0.0.0.0/0          *[IS-IS/15] 05:12:24, metric 1
                   > to 172.16.1.1 via fe-0/0/0.0
192.168.0.11/32   [IS-IS/15] 05:12:24, metric 1
                   > to 172.16.1.11 via fe-0/0/0.0
192.168.1.1/32    *[IS-IS/15] 05:12:24, metric 1
                   > to 172.16.1.1 via fe-0/0/0.0
```

Esempio su piattaforme Juniper (3/3)

- Percorsi acquisiti via IS-IS nella Tabella di Routing IP di PE1-2 dopo la configurazione del *Route Leaking*

```
tt@PE1-2> show route protocol isis
...

0.0.0.0/0          *[IS-IS/15] 05:17:09, metric 1
                   > to 172.16.1.1 via fe-0/0/0.0
192.168.0.11/32   [IS-IS/15] 05:17:09, metric 1
                   > to 172.16.1.11 via fe-0/0/0.0
192.168.0.21/32   *[IS-IS/18] 00:00:10, metric 14
                   > to 172.16.1.1 via fe-0/0/0.0
192.168.0.22/32   *[IS-IS/18] 00:00:10, metric 14
                   > to 172.16.1.1 via fe-0/0/0.0
192.168.0.31/32   *[IS-IS/18] 00:00:10, metric 14
                   > to 172.16.1.1 via fe-0/0/0.0
192.168.0.32/32   *[IS-IS/18] 00:00:10, metric 14
                   > to 172.16.1.1 via fe-0/0/0.0
192.168.1.1/32    *[IS-IS/15] 05:17:09, metric 1
                   > to 172.16.1.1 via fe-0/0/0.0
```

Di cosa parlerò ...

#1

Route leaking

#2

Estensioni di IS-IS per IPv6

#3

IS-IS multi-topology

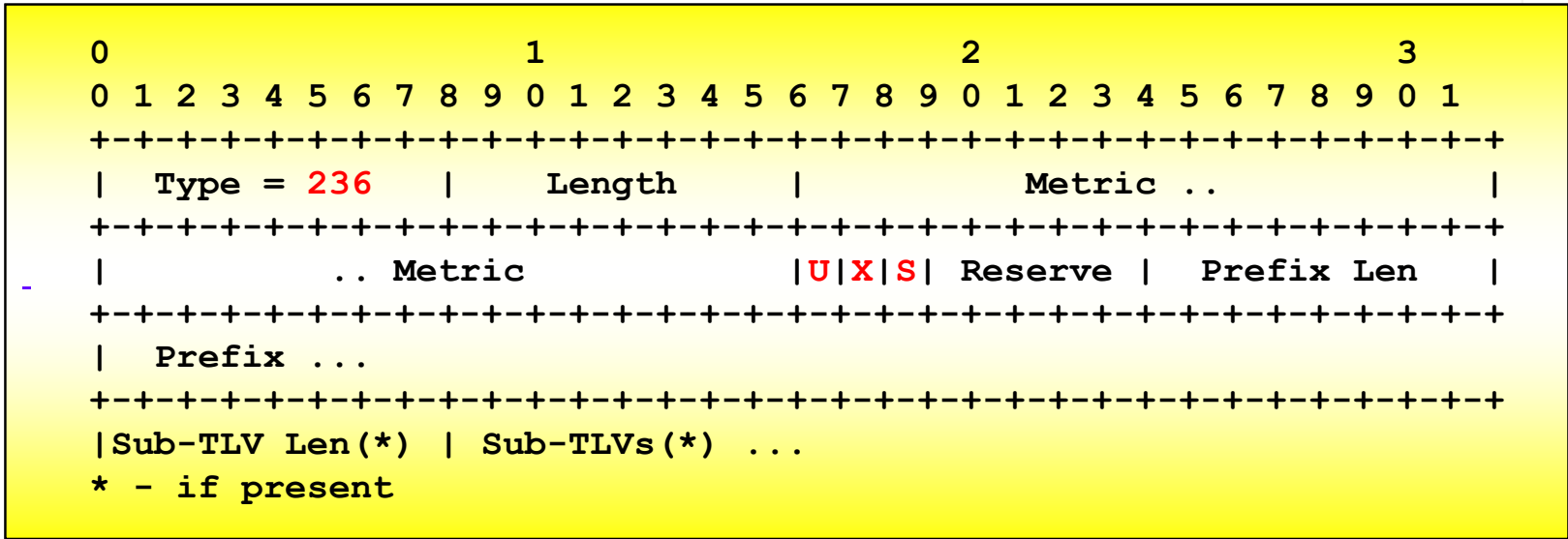
#4

Case study

Esempio

- IS-IS è stato progettato in modo da **supportare più protocolli di Livello 3** in modo semplice
 - In IS-IS, il protocollo IPv6 è identificato dal **NLPID = 0x8E (= 142)**
- L'introduzione di IPv6 come nuovo protocollo ha comportato solamente l'adozione di **due nuovi moduli TLV**
 - **IPv6 Interface Address (TLV 232)**: simile all'analogo modulo TLV per IPv4, serve a trasportare uno o più indirizzi IPv6
 - **IPv6 Reachability (TLV 236)**: simile al modulo TLV per IPv4 *Extended IPv4 Reachability*, serve a trasportare informazioni su:
 - i prefissi IPv6 direttamente connessi
 - le metriche per raggiungerli
 - eventuali informazioni opzionali (tipicamente utilizzate nel *Traffic Engineering MPLS*)
- Le **estensioni di IS-IS** per il supporto di IPv6 sono state standardizzate nella **RFC 5308 - Routing IPv6 with IS-IS**, ottobre 2008

Il modulo TLV 236



- **Flag U:** bit *up/down*
- **Flag X:** indica se il prefisso è esterno (X=1) o interno al dominio IS-IS
- **Flag S:** indica la presenza di *sub-TLV* (S=1)
- **NOTA:** il modulo TLV 236 utilizza metriche estese da 32 bit

Configurazione di IS-IS per IPv6

- IOS e IOS XE

```
router(config)# interface tipo numero
router(config-if)# ipv6 router isis [instance-ID]
!
router(config)# router isis [instance-ID]
router(config-router)# address-family ipv6
router(config-router-af)# ...
```

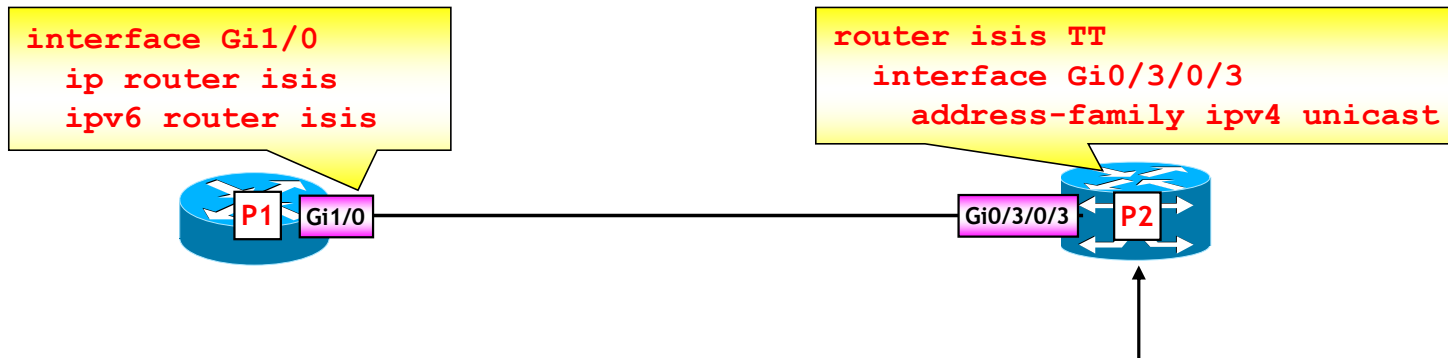
- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router isis instance-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis)# address-family ipv6 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis-af)# single-topology
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis)# interface tipo numero
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis-if)# address-family ipv6 unicast
```

- La configurazione, oltre a quella base di IS-IS (definizione del NET, del tipo di router, ecc.), prevede la **solita abilitazione delle interfacce al trasporto di informazioni di routing IPv6**

Regole per la formazione delle adiacenze

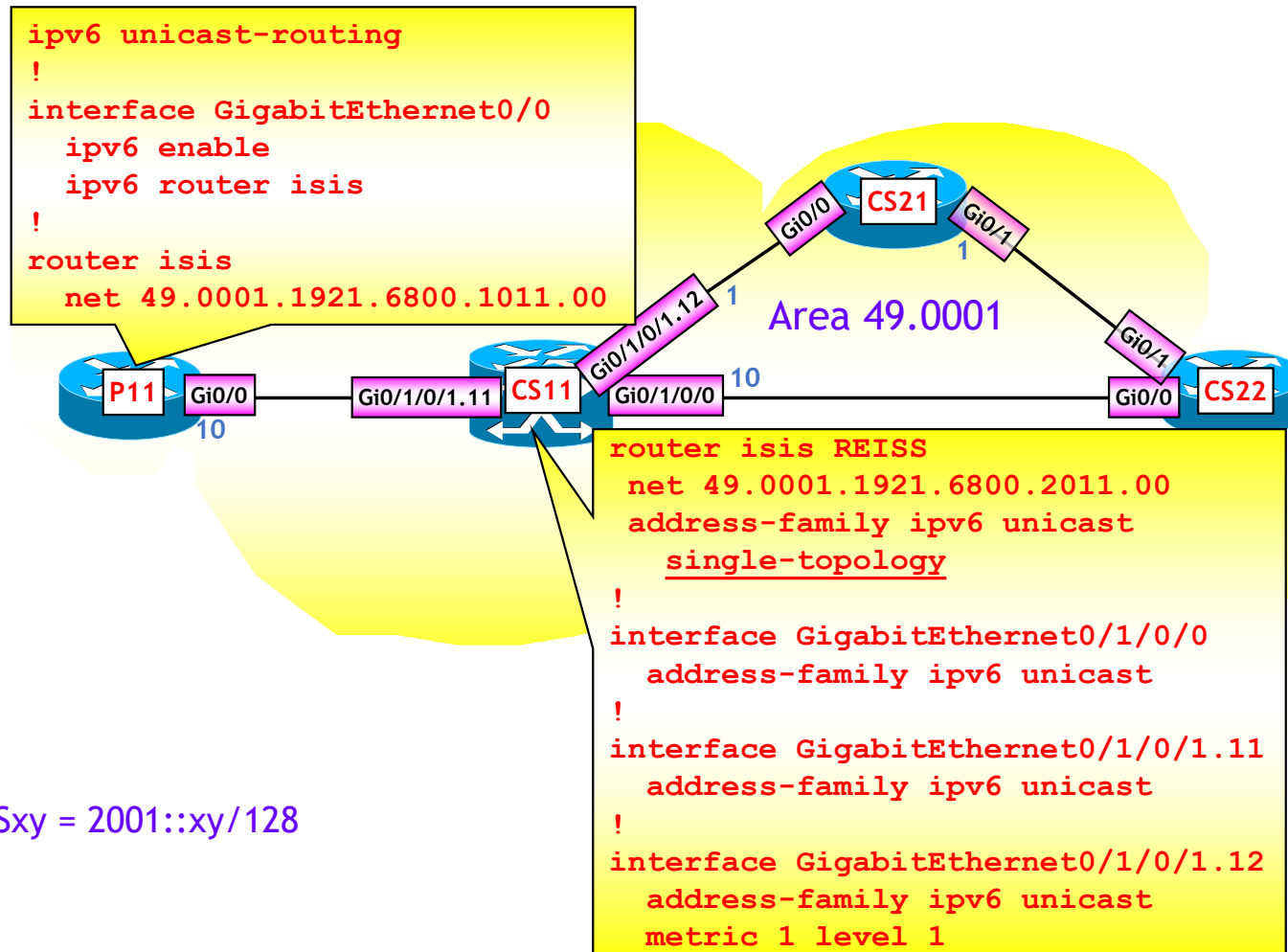
- Affinché le adiacenze siano correttamente stabilite, su tutte le interfacce di una sottorete devono essere abilitati gli stessi protocolli di Livello 3
 - NOTA: il controllo può essere disabilitato via configurazione



```
RP/0/0/CPU0:P2# show isis adj
. . .
IS-IS TT Level-2 adjacencies:
System Id      Interface          SNPA              State Hold Changed  NSF IPv4 IPv6
                BFD              BFD
1921.6800.3003 Gi0/3/0/3         *PtoP*           Init  28   not up   Yes None None
```

L'adiacenza non va nello stato *up* poiché sull'interfaccia Gi1/0 di P1 sono abilitati i protocolli IPv4 e IPv6 mentre sull'interfaccia Gi0/3/0/3 di P2 è abilitato il solo protocollo IPv4

Esempio: modalità IPv6-only (1/3)



Esempio: modalità IPv6-only (2/3)

```
RP/0/0/CPU0:CS11# show isis adjacency
```

```
Thu Mar 7 13:46:07.354 UTC
```

```
IS-IS REISS Level-1 adjacencies:
```

System Id	Interface	SNPA	State	Hold	Changed	NSF	IPv4	IPv6
							BFD	BFD
CS21	Gi0/1/0/1.12	0016.4795.f400	Up	9	00:00:11	Yes	None	None
P11	Gi0/1/0/1.11	000f.f743.73e0	Up	8	00:15:43	Yes	None	None
CS22	Gi0/1/0/0	fcfb.fb35.de71	Up	7	00:15:43	Yes	None	None

```
RP/0/0/CPU0:CS11# show isis database CS22.00-00 detail
```

```
Thu Mar 7 13:54:00.345 UTC
```

```
IS-IS REISS (Level-1) Link State Database
```

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
CS22.00-00	0x00000007	0x5CD5	571	0/0/0

```
Area Address: 49.0001
```

```
NLPID: 0x8e
```

```
Hostname: CS22
```

```
IPv6 Address: 2001::22
```

```
Metric: 10 IPv6 2001::22/128
```

```
Metric: 10 IS CS11.00
```

```
Metric: 10 IS CS21.00
```

Esempio: modalità IPv6-only (3/3)

```
P11# show ipv6 route
IPv6 Routing Table - default - 5 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static
route
       B - BGP, M - MIPv6, R - RIP, I1 - ISIS L1
       I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D -
EIGRP
       EX - EIGRP external, ND - Neighbor Discovery
I1  2001::11/128 [115/20]
     via FE80::C801:EFF:FE78:0, GigabitEthernet0/0
I1  2001::21/128 [115/30]
     via FE80::C801:EFF:FE78:0, GigabitEthernet0/0
I1  2001::22/128 [115/30]
     via FE80::C801:EFF:FE78:0, GigabitEthernet0/0
LC  2020::11/128 [0/0]
     via Loopback0, receive
L   FF00::/8 [0/0]
     via Null0, receive
```

Di cosa parlerò ...

#1

Route leaking

#2

Estensioni di IS-IS per IPv6

#3

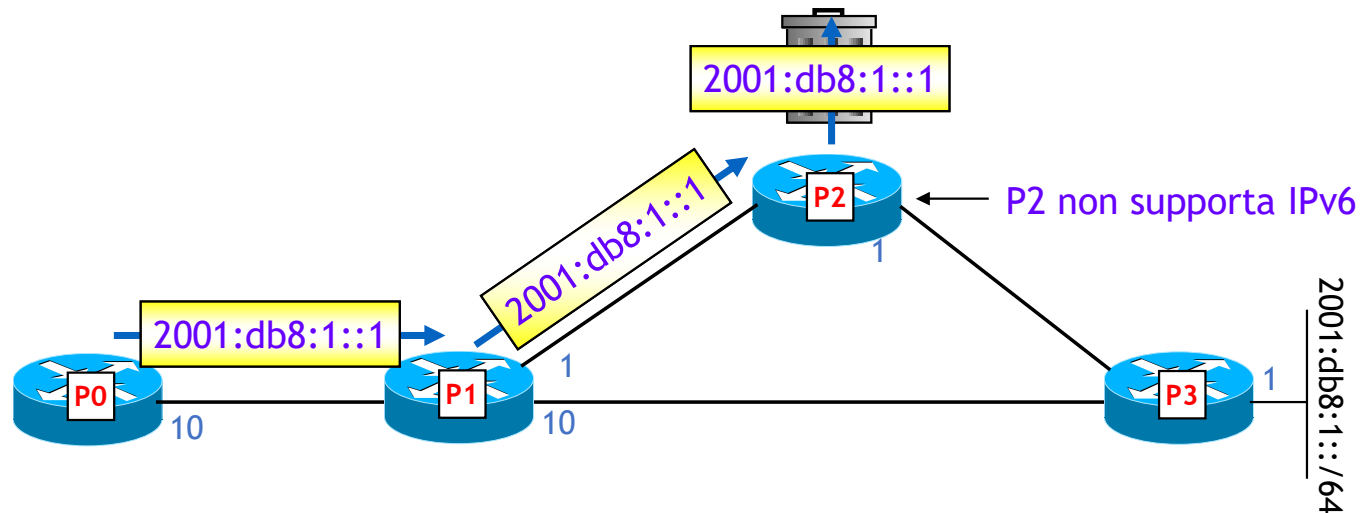
IS-IS multi-topology

#4

Case study

Vincoli topologici

- IS-IS definisce i percorsi in modo svincolato dai protocolli di Livello 3 di cui trasporta le informazioni di routing
 - L'algoritmo SPF è unico per tutti i protocolli di Livello 3
- Problema: il traffico di un protocollo potrebbe far transito su un router che non supporta quel protocollo, e quindi finire in un buco nero

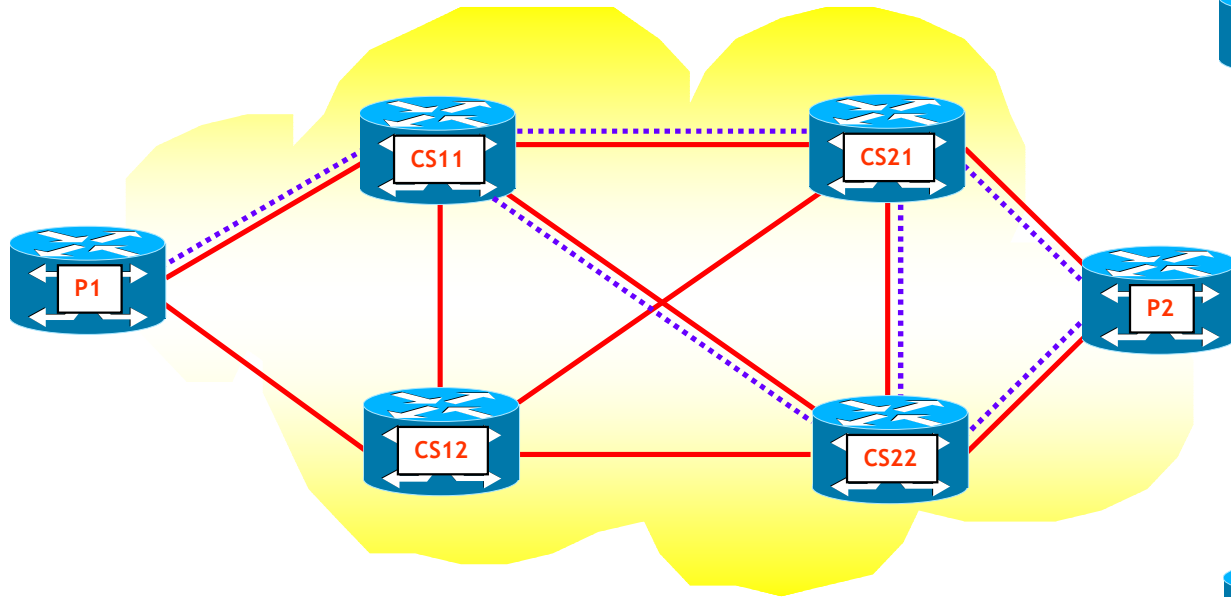


Percorso IS-IS ottimo da P0 verso 2a01:1::/64: P0-P1-P2-P3

La soluzione: IS-IS *multi-topology* ...

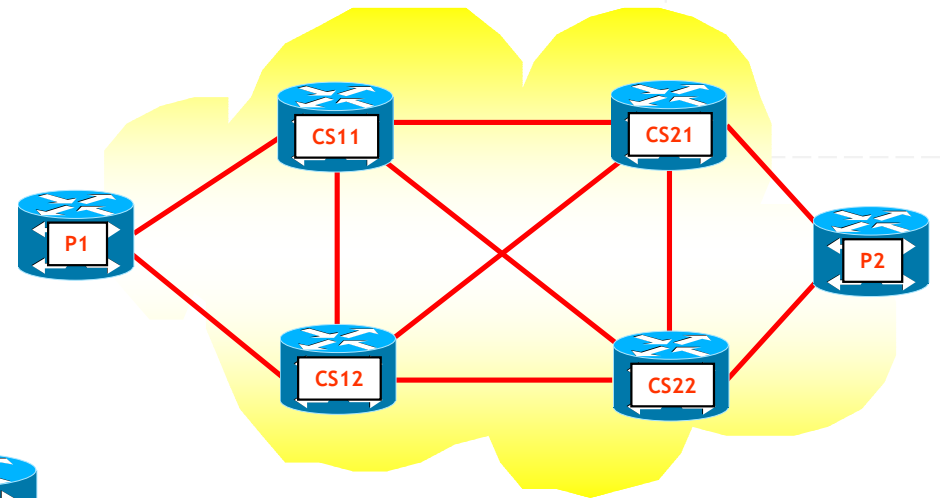
- IS-IS multi-topology consente di definire **sulla stessa rete fisica, topologie diverse per IPv4 e IPv6**, e quindi creare percorsi diversi per il traffico IPv4 e IPv6
 - L'estensione prevede la possibilità di creare anche altre topologie, non solo IPv4 e IPv6
- L'algoritmo **SPF viene eseguito due volte separatamente**, per le due diverse topologie
 - Qualora un collegamento fisico appartenga a entrambe le topologie, è possibile definire metriche diverse per il collegamento (logico) appartenente alla topologia IPv4 e per quello appartenente alla topologia IPv6
- Standardizzata nella RFC 5120 - *M-ISIS: Multi Topology (MT) Routing in Intermediate System to Intermediate Systems (IS-ISs)*, Febbraio 2008, ha un utilizzo generale, non necessariamente legato alla coesistenza IPv4/IPv6

Esempio di multi-topologia

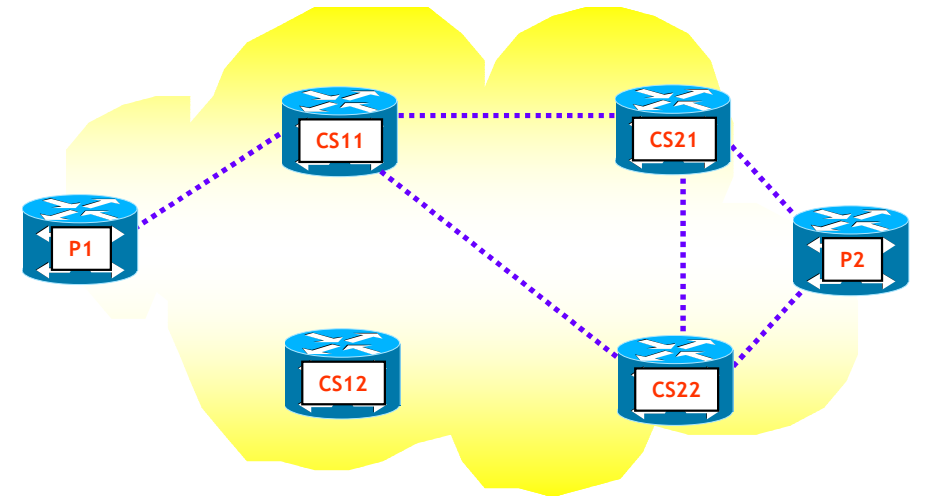


— Topologia IPv4

⋯ Topologia IPv6



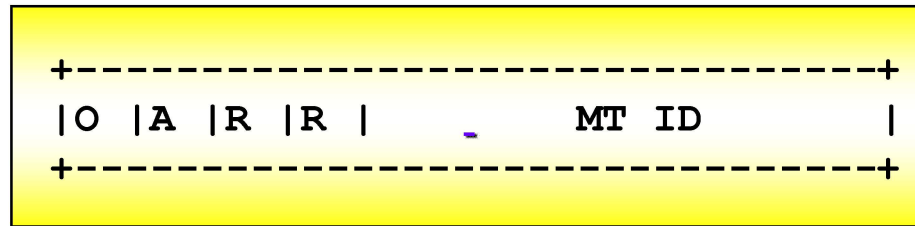
Topologia IPv4



Topologia IPv6

Il modulo TLV 229

- L'estensione utilizza nuovi moduli TLV, di cui uno particolarmente importante: il modulo *Multi-Topology TLV*, caratterizzato da Type = 229, lunghezza variabile, e contenuto costituito da blocchi di 2 byte, uno per ciascun protocollo supportato



- I bit O ed A rappresentano rispettivamente i bit OL e il bit relativo alla metrica default del campo ATT
- Il campo MT ID contiene un identificativo della topologia di appartenenza. I valori standard più importanti sono i seguenti
 - *MT ID* = 0/2: topologia IPv4/IPv6 Unicast
 - *MT ID* = 3/4: topologia IPv4/IPv6 RPF Multicast

Configurazione di IS-IS *multi-topology*

- IOS e IOS XE

```
router(config)# router isis [instance-ID]
router(config-router)# metric-style wide
router(config-router)# address-family ipv6
router(config-router-af)# multi-topology [transition]
```

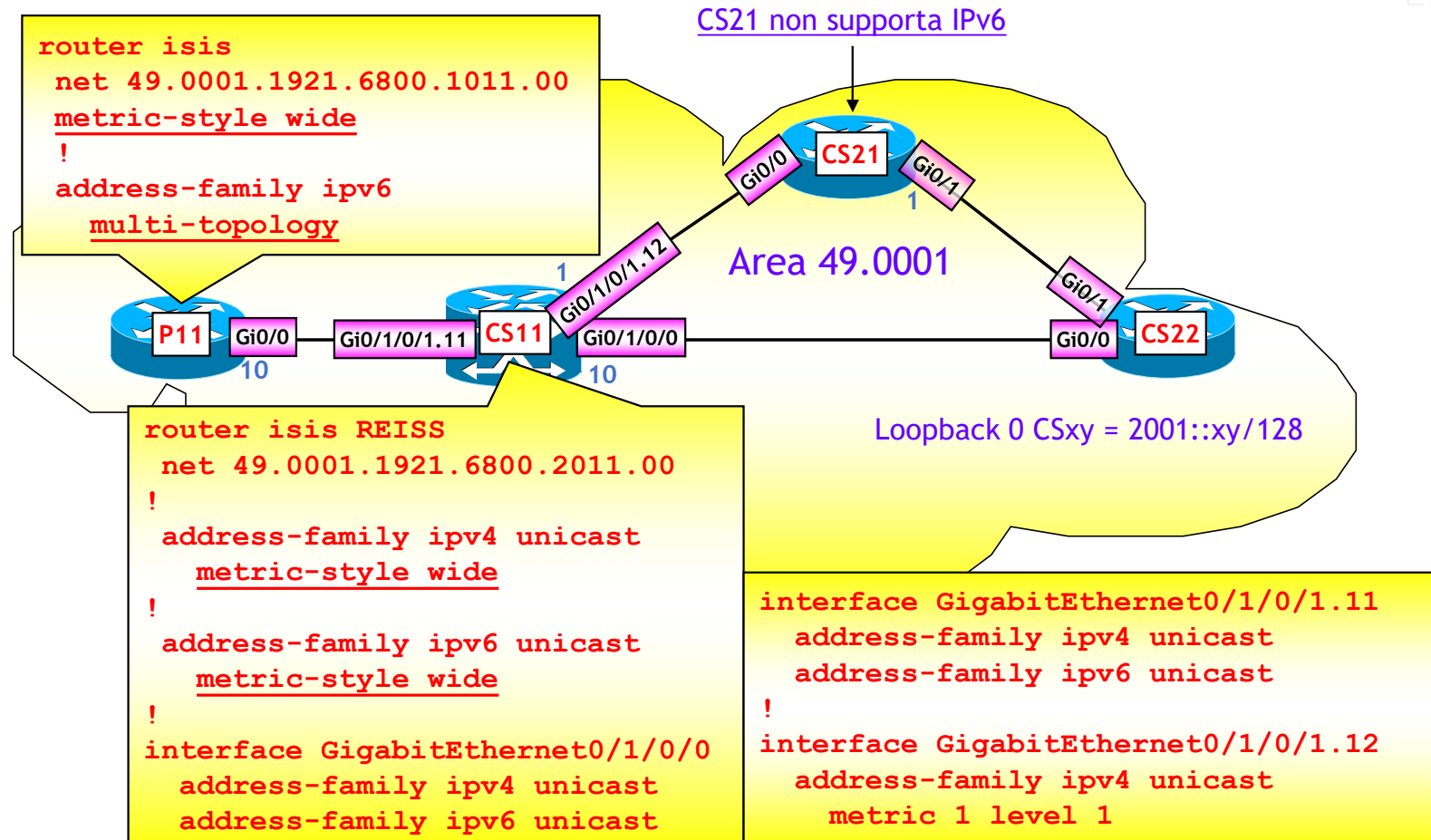
NOTA IMPORTANTE: la configurazione di IS-IS *multi-topology* richiede l'abilitazione delle metriche IS-IS *estese*

- IOS XR (funzionalità *multi-topology* abilitata di default)

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router isis instance-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis)# address-family ipv4 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis-af)# metric-style wide
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis)# address-family ipv6 unicast
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis-af)# metric-style wide
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis)# interface tipo numero
RP/0/RP0/CPU0:router(config-isis-if)# address-family {ipv4|ipv6} unicast
```

- L'opzione **transition** permette l'interlavoro tra router che operano con topologia singola e con topologie multiple
 - Quando l'opzione non è configurata, la connettività IPv6 tra router che operano nelle modalità *single-topology* e *multi-topology* non è possibile

Esempio: modalità multi-topology (1/3)



Esempio: modalità multi-topology (2/3)

- Prima dell'abilitazione della modalità *multi-topology*

```
P11# show ipv6 route isis
IPv6 Routing Table - default - 4 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
       B - BGP, M - MIPv6, R - RIP, I1 - ISIS L1
       I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D - EIGRP
       EX - EIGRP external, ND - Neighbor Discovery
I1 2001::11/128 [115/20]
    via FE80::C801:11FF:FEF4:0, GigabitEthernet0/0
I1 2001::22/128 [115/22]
    via FE80::C801:11FF:FEF4:0, GigabitEthernet0/0

P11# ping 2001::22
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001::22, timeout is 2 seconds:
UUUUU
Success rate is 0 percent (0/5)
```

Costo del percorso P11-CS11-CS21-CS22 (12) +
metrica Loopback0 di CS22 (10)

L'indirizzo 2001::22 (Loopback 0 di CS22) non è raggiungibile poiché CS21 non lascia passare traffico IPv6.
In realtà quello che accade è che CS11 non ha nella tabella di routing IPv6 il prefisso 2001::22/128

Esempio: modalità multi-topology (3/3)

- Dopo l'abilitazione della modalità *multi-topology* (sui router P11 e CS22, sul router CS11 è abilitata di default)

```
P11# show ipv6 route isis
IPv6 Routing Table - default - 4 entries
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
       B - BGP, M - MIPv6, R - RIP, I1 - ISIS L1
       I2 - ISIS L2, IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D - EIGRP
       EX - EIGRP external, ND - Neighbor Discovery
I1 2001::11/128 [115/20]
    via FE80::C801:11FF:FEF4:0, GigabitEthernet0/0
I1 2001::22/128 [115/30]
    via FE80::C801:11FF:FEF4:0, GigabitEthernet0/0

P11# ping 2001::22
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 2001::22, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 4/48/44 ms
```

Costo del percorso P11-CS11-CS22 (20) +
metrica Loopback 0 di CS22 (10)

Di cosa parlerò ...

#1

Route leaking

#2

Estensioni di IS-IS per IPv6

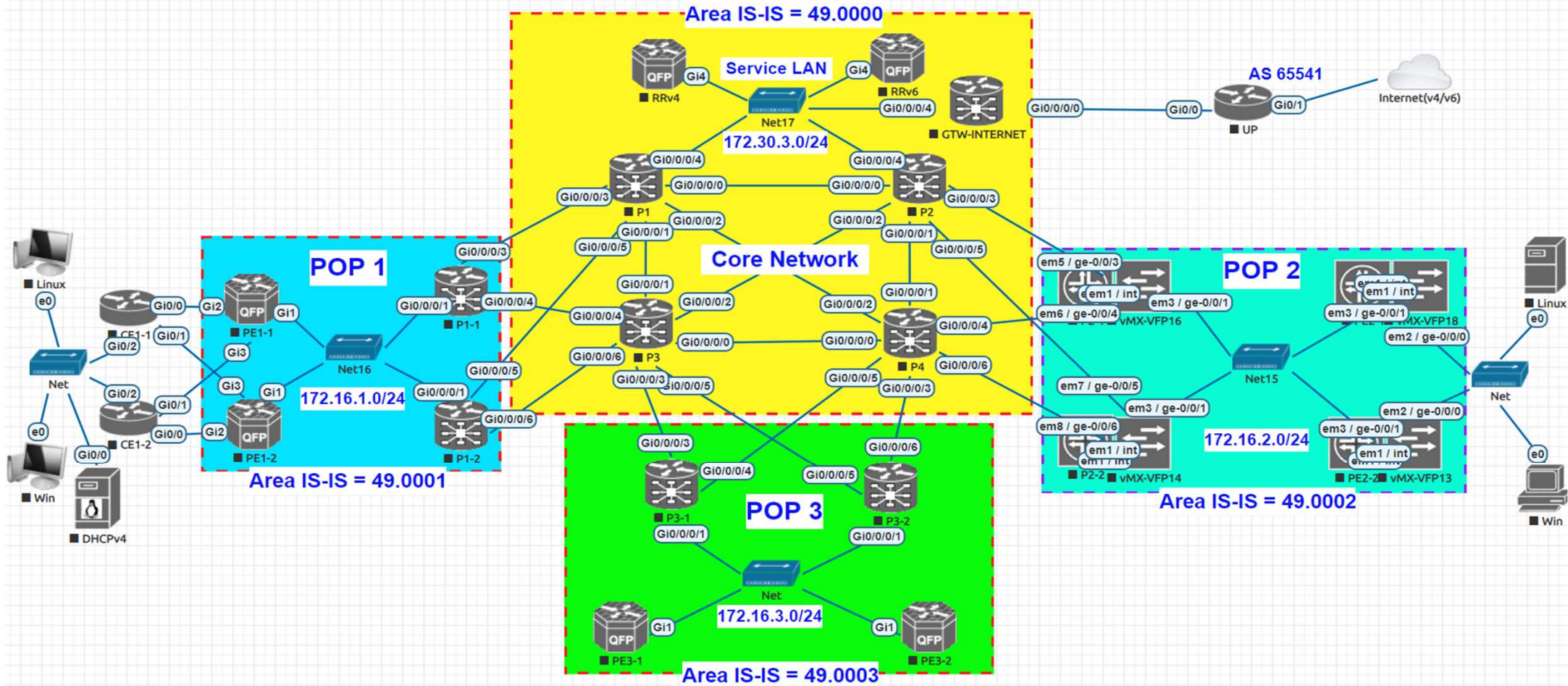
#3

IS-IS multi-topology

#4

Case study

Rete test



Ultima Diapositiva (finalmente ...)



Grazie per l'attenzione