

8 Marzo 2024

La Galassia del Routing IP

Il cuore dell'Internet



III[^] puntata - OSPF in area singola

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

Le basi di OSPF

#2

Protocolli e formato dei messaggi

#3

Link State Advertisement (LSA)

#4

Configurazioni base di OSPF in area singola

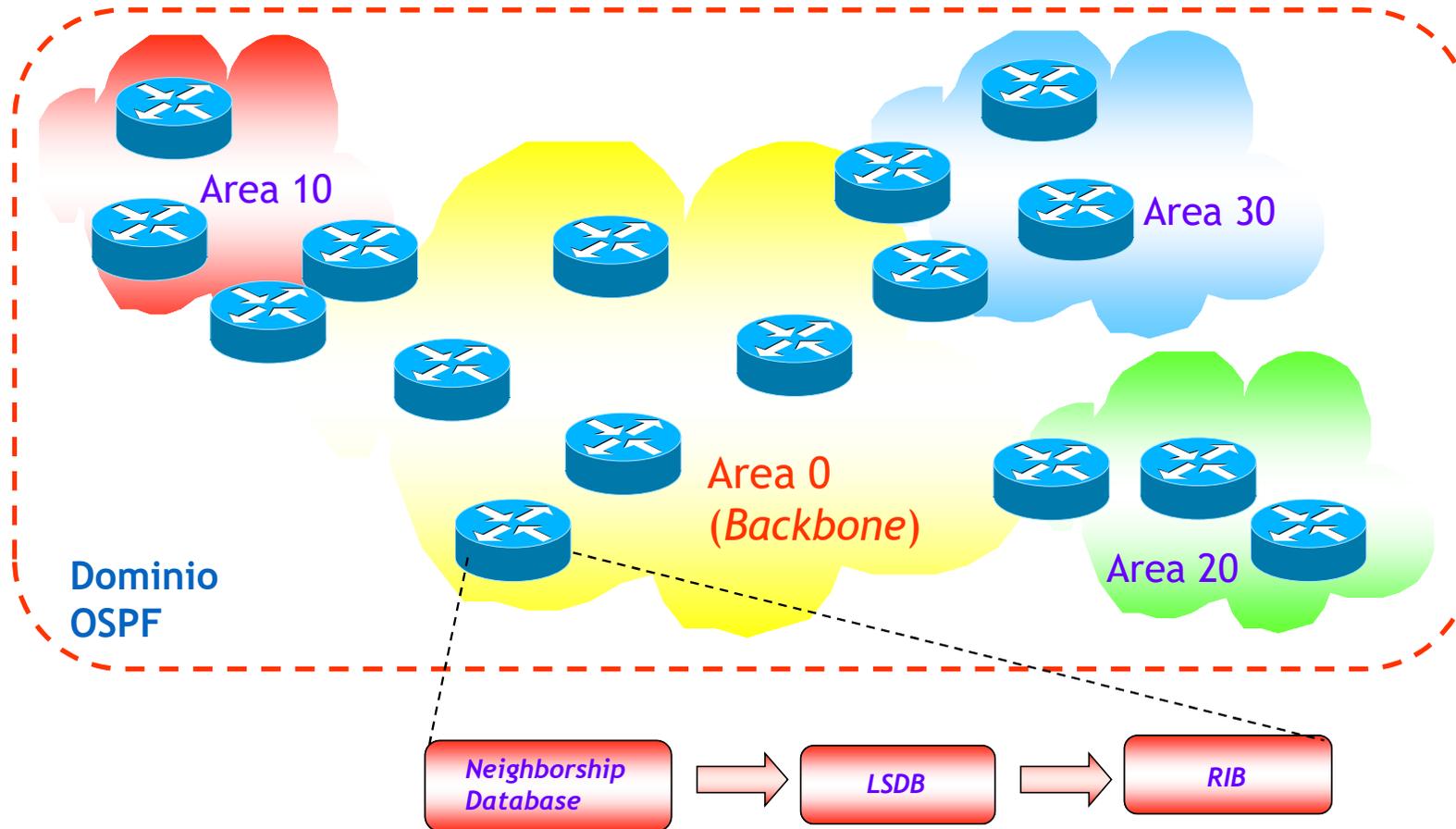
#5

Verifica e troubleshooting

Introduzione

- **OSPF** (*Open Shortest Path First*) è un protocollo *Link State standard* sviluppato dall'IETF
 - RFC 1131 (Ottobre 1989) - OSPFv1
 - RFC 2328 (Aprile 1998) - OSPFv2
 - RFC 5340 (Luglio 2008) - OSPFv3
 - RFC 5838 *Support of Address Families in OSPFv3*, Aprile 2010
- È un protocollo di routing **gerarchico**
 - Un dominio OSPF è suddiviso in **aree**
 - Le aree contengono un gruppo di reti contigue
 - Le aree comunicano tra di loro tramite un'area speciale (**Area Backbone**)
- Determina i percorsi ottimi tramite l'algoritmo SPF di **Dijkstra**
 - Il costo dei percorsi è la **somma delle metriche** associate alle interfacce attraversate

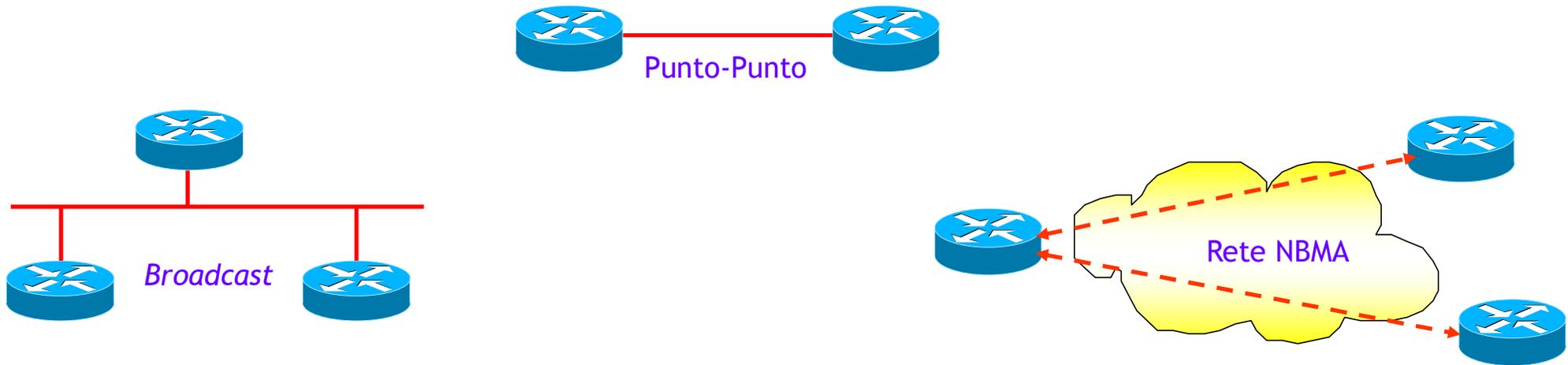
Gli "ingredienti" fondamentali



LSP ⇒ *Link State Advertisement (LSA)*

Tipi di segmenti di rete

- OSPF opera su tre differenti tipi di rete
 - **Punto-Punto**: un singolo circuito che connette due router
 - **Broadcast**: un segmento di rete che connette più router con la possibilità di invio di un singolo pacchetto a tutti i router del segmento
 - **Non-Broadcast Multi-Access (NBMA)**: un segmento di rete che supporta più di due router ma non ha la capacità di *broadcast* (es. Frame Relay, ATM)



Di cosa parlerò ...

#1

Le basi di OSPF

#2

Protocolli e formato dei messaggi

#3

Link State Advertisement (LSA)

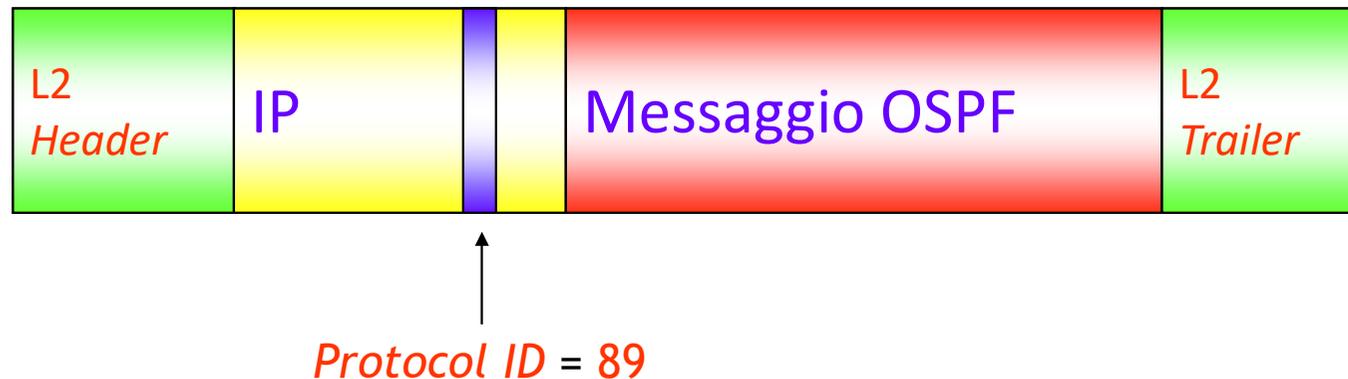
#4

Configurazioni base di OSPF in area singola

#5

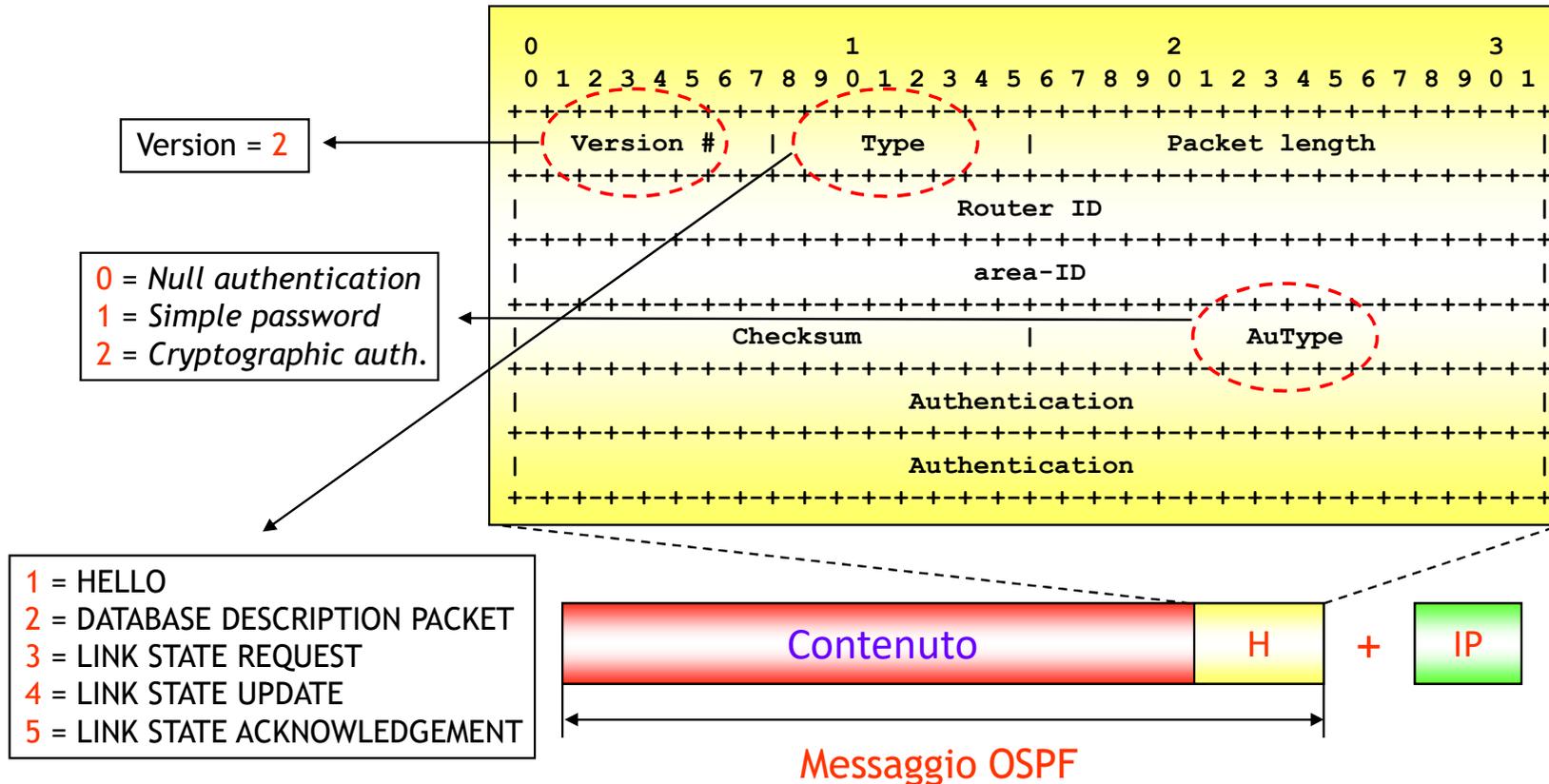
Verifica e troubleshooting

Messaggi OSPF: trasporto



- I messaggi OSPF sono **incapsulati direttamente in pacchetti IP** con **Protocol ID = 89**
- **Indirizzi IP**
 - L'indirizzo IP **sorgente** è sempre quello dell'interfaccia che trasmette il messaggio
 - L'indirizzo IP **destinazione** varia in funzione dei messaggi e delle procedure
 - 224.0.0.5 (*AllSPFRouters*)
 - 224.0.0.6 (*AllDRouters*)
 - Unicast

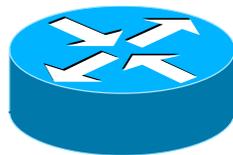
Messaggi OSPF: formato



- Ciascun messaggio OSPF è costituito da una **intestazione comune** seguita da **informazioni caratteristiche del tipo di messaggio**

Il Router ID

- Il **Router ID (RID)** è un valore di **32 bit** che **identifica in maniera univoca il router all'interno del dominio OSPF**
 - È utilizzato per identificare il router che ha generato un determinato messaggio OSPF
 - La RFC 2328 non specifica come deve essere determinato
- **REGOLA FONDAMENTALE: il RID deve essere diverso su tutti i router del dominio OSPF**
- Nei router Cisco il RID viene deciso con il seguente criterio
 1. Eventuale **RID configurato manualmente** sotto il processo OSPF
 2. L'indirizzo di **Loopback più alto** configurato sul router
 3. L'indirizzo IP **più alto** configurato sulle **interfacce fisiche attive (up/up)**



Loopback 1: 172.16.0.1
Loopback 2: 172.16.0.2
Gi 0/0: 192.168.1.1
Gi 0/1: 192.168.5.1



RID = 172.16.0.2

I messaggi OSPF

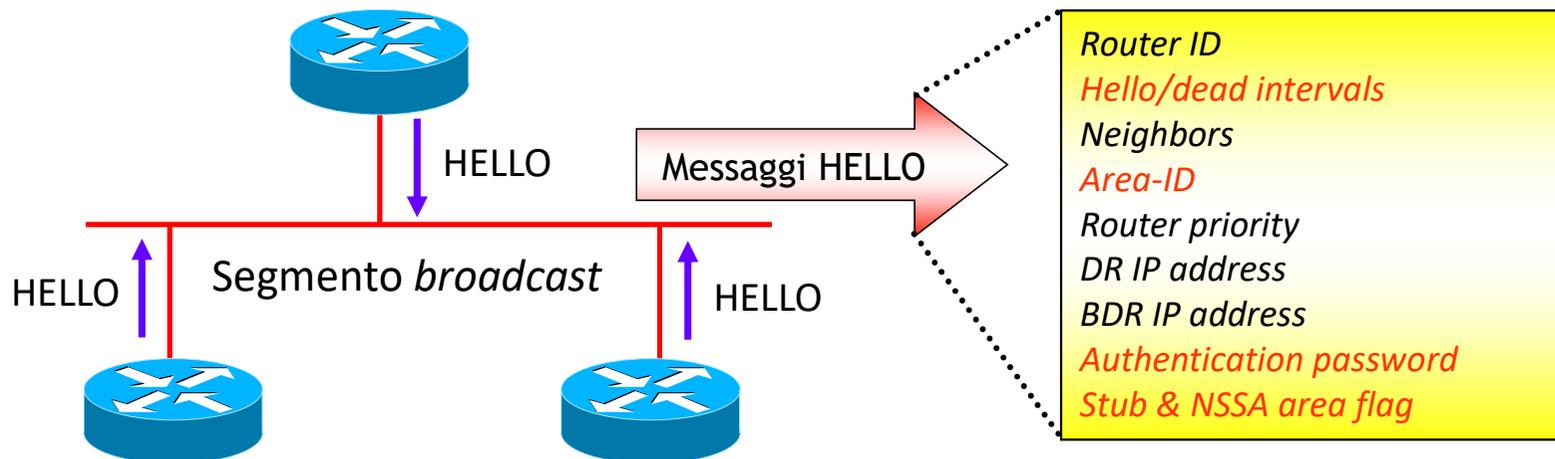
- **HELLO**
 - Utilizzati per scoprire router adiacenti
- **DATABASE DESCRIPTION PACKET (DDP)**
 - Utilizzati per sincronizzare i LSDB di router adiacenti
- **LINK STATE REQUEST (LSR)**
 - Utilizzati per richiedere uno o più LSA
- **LINK STATE UPDATE (LSU)**
 - Contiene un insieme di LSA che il router mittente deve inviare
- **LINK STATE ACKNOWLEDGEMENT (LSAck)**
 - Indicano l'avvenuta ricezione di un certo insieme di LSA precedentemente inviati all'interno di un LSU

I (sotto-)protocolli OSPF

- **Hello (Neighbor Greetings)**: scopre automaticamente i vicini, stabilisce e mantiene le adiacenze
 - Nei segmenti di rete *broadcast* si occupa anche dell'elezione del *Designated Router* e del *Backup Designated Router*
- **Exchange**: responsabile della sincronizzazione dei LSDB
- **Flooding**: responsabile della diffusione delle informazioni OSPF ogni volta che si verifica un cambiamento della topologia della rete

Il sotto-protocollo *Hello* (*Neighbor Greetings*)

- Il sotto-protocollo di *Hello* assolve alle seguenti funzionalità
 - Scoperta dei *neighbor* e controllo della congruenza dei parametri
 - Monitoraggio dello stato operativo del link (*Keepalive*)
 - Elezione del *Designated Router (DR)* e *Backup Designated Router (BDR)* sui segmenti *broadcast*
- Si utilizzano messaggi **HELLO** che vengono inviati **periodicamente** dai router
 - Vengono spediti all'indirizzo multicast **224.0.0.5**



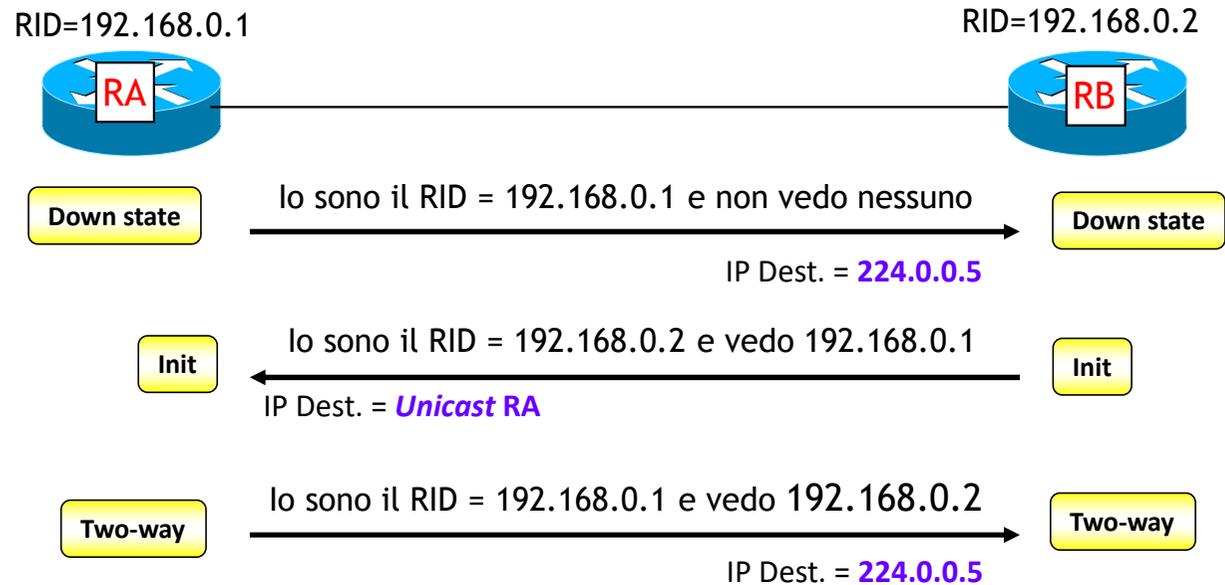
Timer associati ai messaggi HELLO

- All'invio periodico dei messaggi HELLO sono associati *due timer*, entrambi *configurabili*
 - *HelloInterval*: definisce l'intervallo temporale tra due HELLO consecutivi
 - *RouterDeadInterval*: definisce il tempo terminato il quale senza ricezione di messaggi HELLO, l'adiacenza OSPF viene abbattuta
- Valori di default nei router *Cisco* e *Juniper*
 - *HelloInterval*: *10 s* per reti *punto-punto* e *broadcast*
 - *RouterDeadInterval*: *4* volte il valore *HelloInterval*
- **IMPORTANTE**: affinché un'adiacenza raggiunga lo stato *Full* i *due timer HelloInterval e RouterDeadInterval* agli estremi del collegamento devono coincidere

Analisi *wireshark* di un messaggio HELLO

- > Internet Protocol Version 4, Src: 10.1.11.2, Dst: 224.0.0.5
- ✓ Open Shortest Path First
 - ✓ OSPF Header
 - Version: 2
 - Message Type: Hello Packet (1)
 - Packet Length: 48
 - Source OSPF Router: 10.1.99.11
 - Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
 - Checksum: 0x93d9 [correct]
 - Auth Type: Null (0)
 - Auth Data (none): 0000000000000000
 - ✓ OSPF Hello Packet
 - Network Mask: 255.255.255.252
 - Hello Interval [sec]: 10
 - > Options: 0x12, (L) LLS Data block, (E) External Routing
 - Router Priority: 1
 - Router Dead Interval [sec]: 40
 - Designated Router: 10.1.11.1
 - Backup Designated Router: 10.1.11.2
 - Active Neighbor: 192.168.0.11
 - > OSPF LLS Data Block

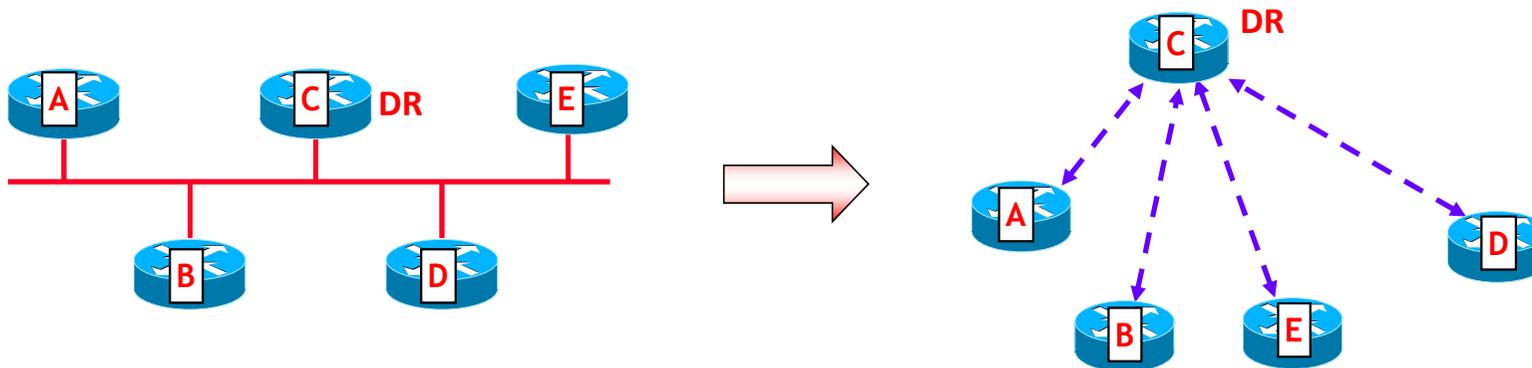
Scoperta dei *Neighbor*



- NOTA: due router **vicini** (*neighbor*) non sono necessariamente **adiacenti**
 - Due router **adiacenti**, oltre ad essere vicini, **sincronizzano i loro LSDB**

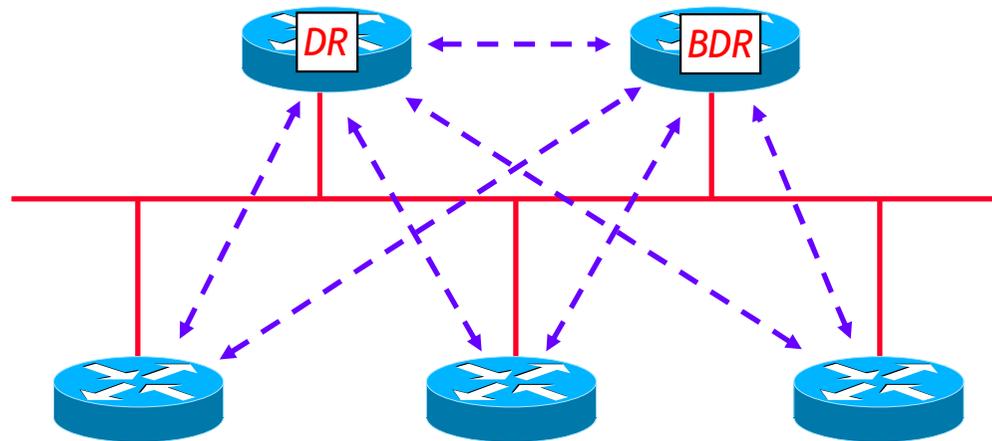
Adiacenze (di sincronizzazione)

- L'**adiacenza** è il passo successivo alla scoperta di un *neighbor*
- I **router adiacenti** vanno oltre lo scambio dei messaggi HELLO e **procedono alla sincronizzazione dei rispettivi LSDB**
- Nei segmenti *broadcast* è troppo oneroso che ogni vicino diventi adiacente
 - In un segmento *broadcast* con N router le adiacenze sarebbero $N*(N-1)/2$
 - Soluzione: definire un **Designated Router (DR)** che ha il compito di mantenere sincronizzati tutti i LSDB dei router del segmento *broadcast*



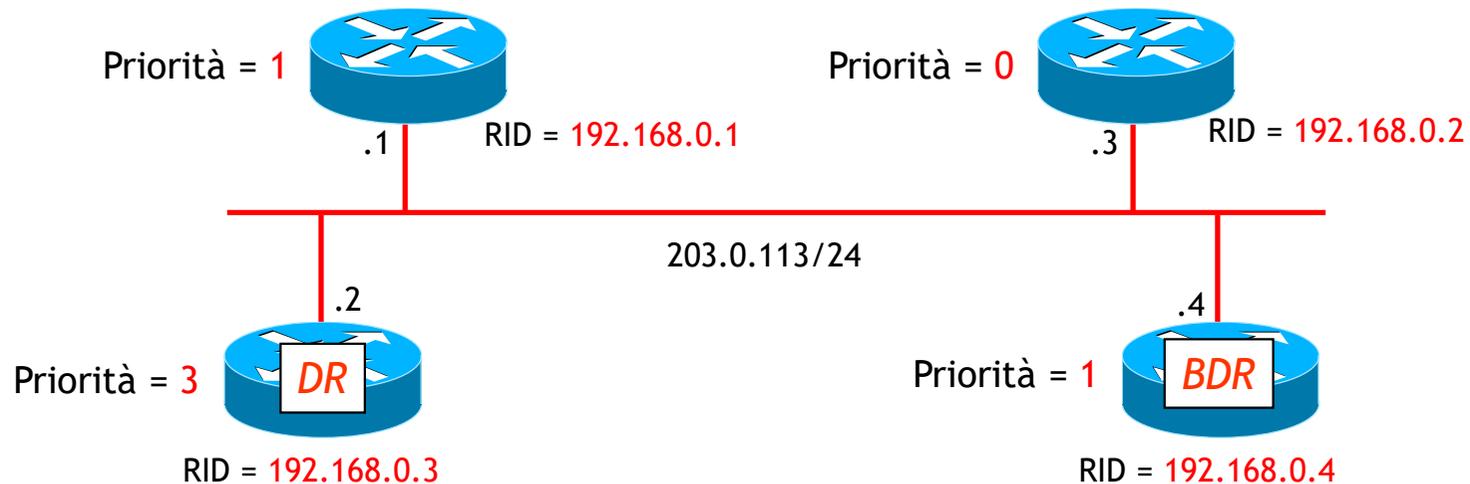
Designated Router (DR) e Backup DR (BDR)

- Sulle reti *broadcast* vengono eletti
 - Un *Designated Router (DR)*
 - Un *Backup Designated Router (BDR)*
- Tutti i router di una rete *broadcast* sono *adiacenti al DR e BDR*
- *DR* e *BDR* sono tra loro *adiacenti*



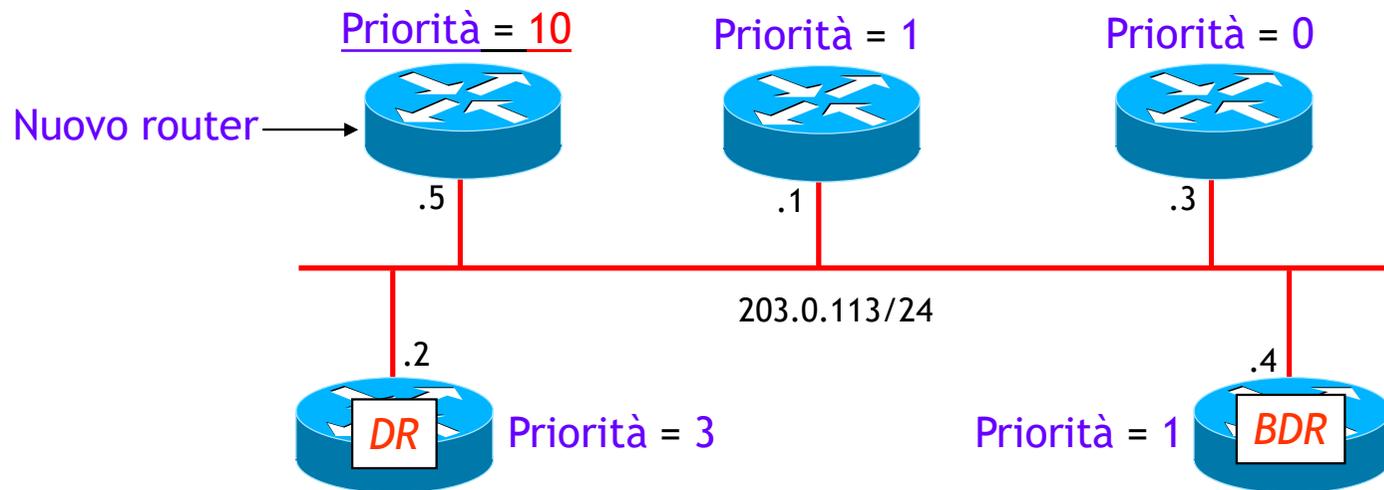
Elezione del *Designated Router* (1/2)

- L'elezione di *DR* e *BDR* è effettuata tramite i messaggi HELLO
 - Il *DR* è il router con **priorità più alta** o, a parità di priorità, il router con **RID più alto**
 - Il *BDR* è il router con **priorità immediatamente inferiore al *DR*** o, a parità di priorità, il router con **RID immediatamente inferiore al *DR***
 - Il valore **Priorità = 0** indica un router che **non può essere eletto *DR* o *BDR***
 - L'elezione avviene in un arco di tempo (***Wait Timer***) di valore pari al ***RouterDeadInterval***



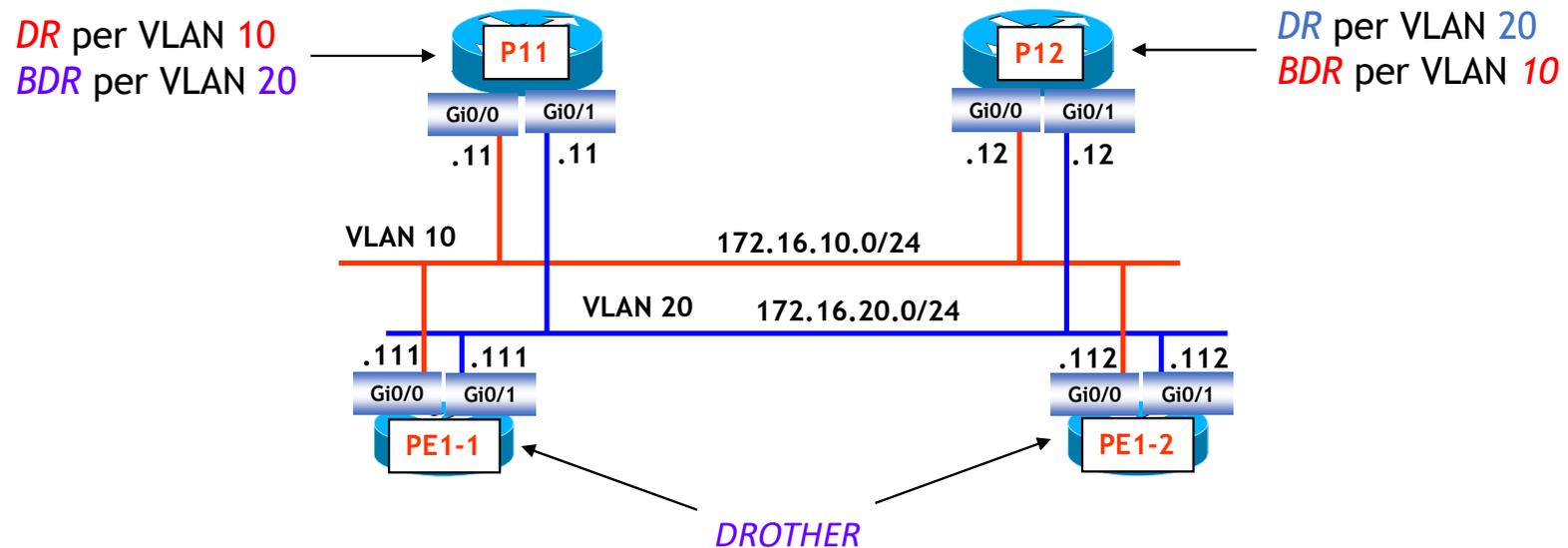
Elezione del *Designated Router* (2/2)

- Un nuovo router che viene aggiunto a un segmento di rete *broadcast* **non diventa immediatamente DR** anche avendone i parametri per diventarlo (processo di elezione *non-preemptive*)
 - Prima di diventare *DR* devono andare fuori servizio sia *DR* che *BDR* correnti



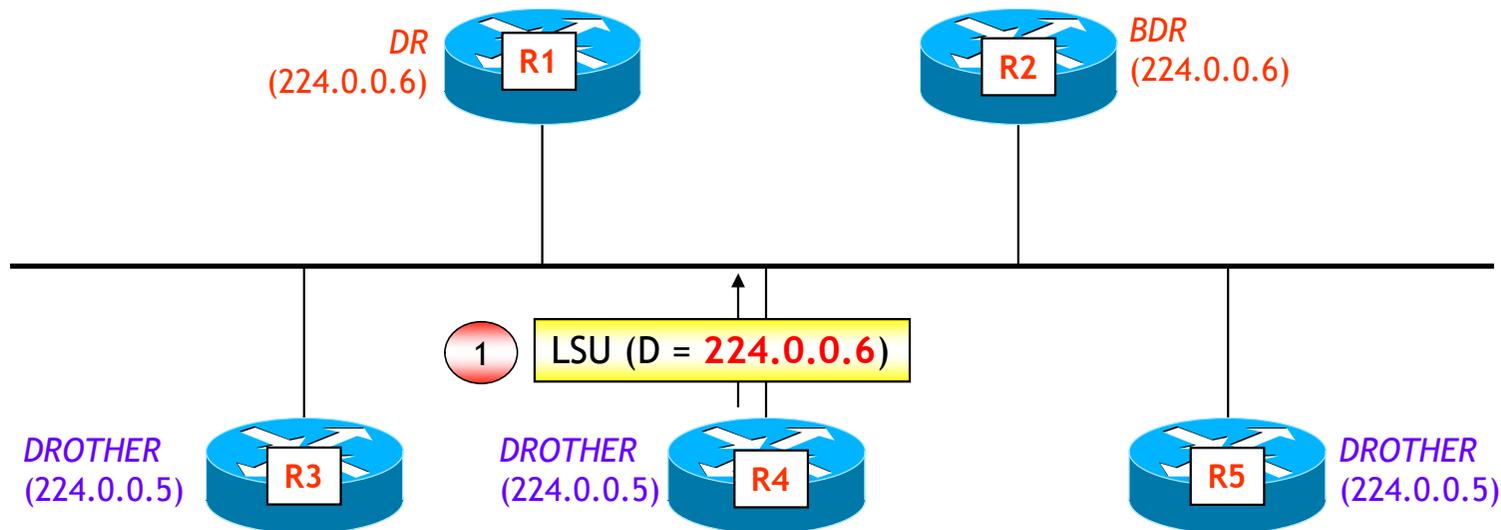
DR e BDR per ciascun segmento *broadcast*

- Un router appartenente a più segmenti *broadcast* tratta l'elezione di *DR* e *BDR* sui vari segmenti in modo **indipendente**
 - Esempio: un router può essere *DR* su un segmento *broadcast*, *BDR* su un secondo segmento, né *DR* né *BDR* su un terzo segmento



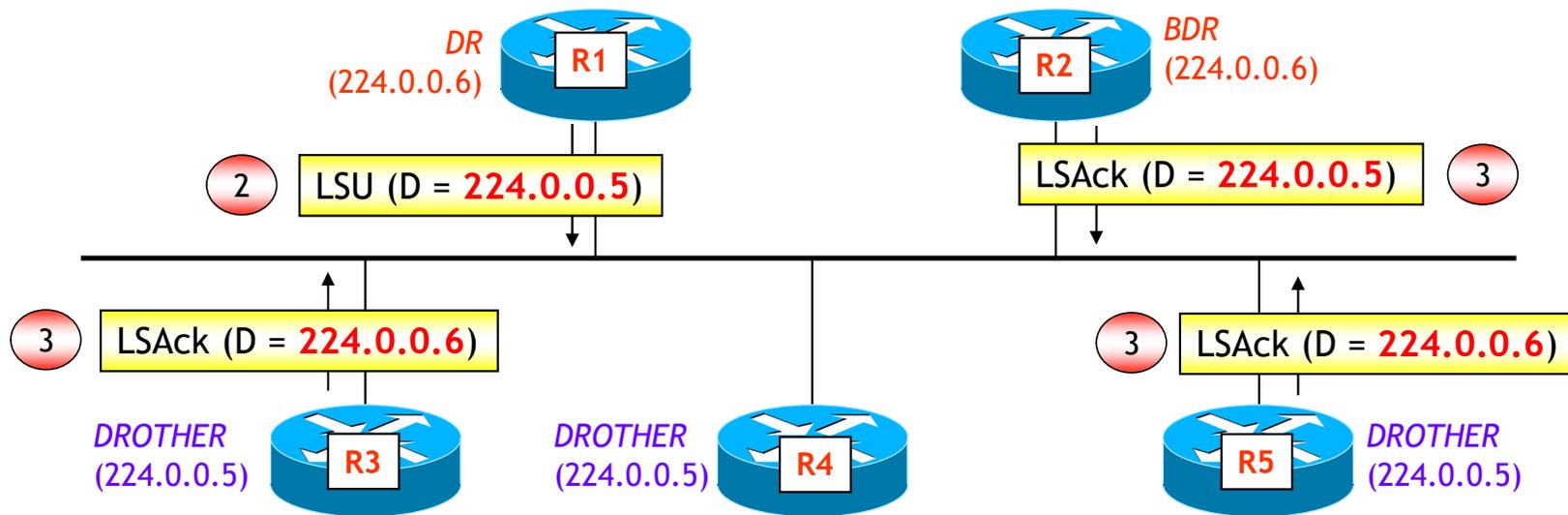
Trasmissione dei LSU (1/2)

- I router di un segmento *broadcast* inviano i messaggi LSU al *DR* e al *BDR* all'indirizzo multicast *AllDRouters* (224.0.0.6)



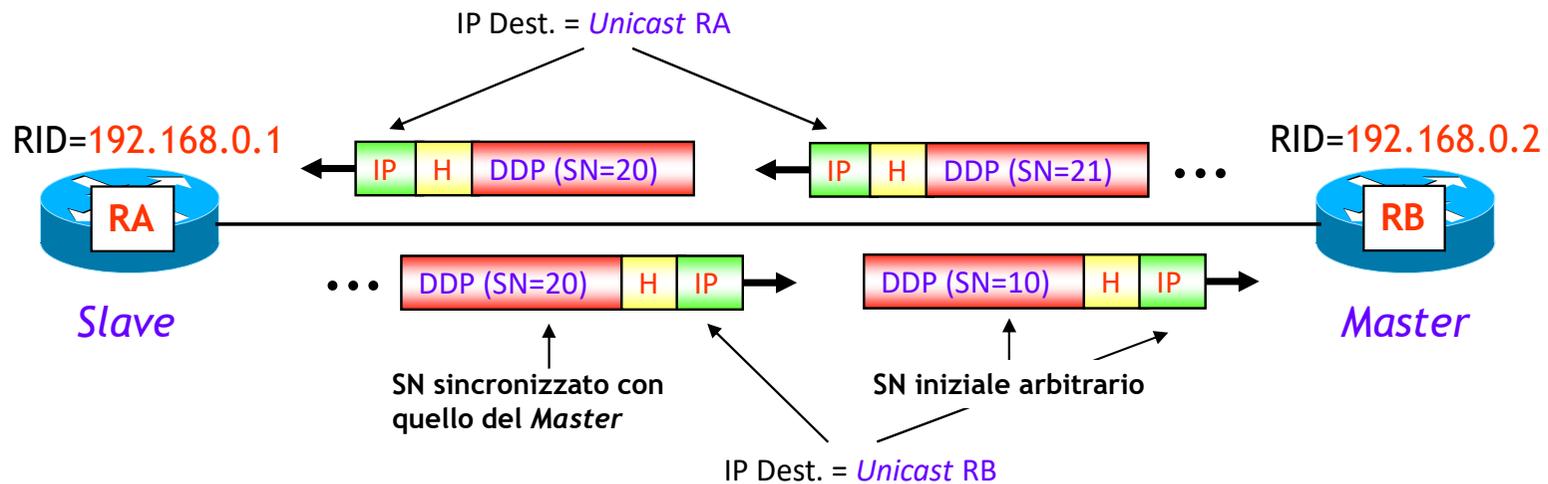
Trasmissione dei LSU (2/2)

- Il *DR* invia i messaggi LSU a tutti gli altri router connessi al segmento *broadcast*, all'indirizzo multicast *AllSPFRouters* (224.0.0.5)



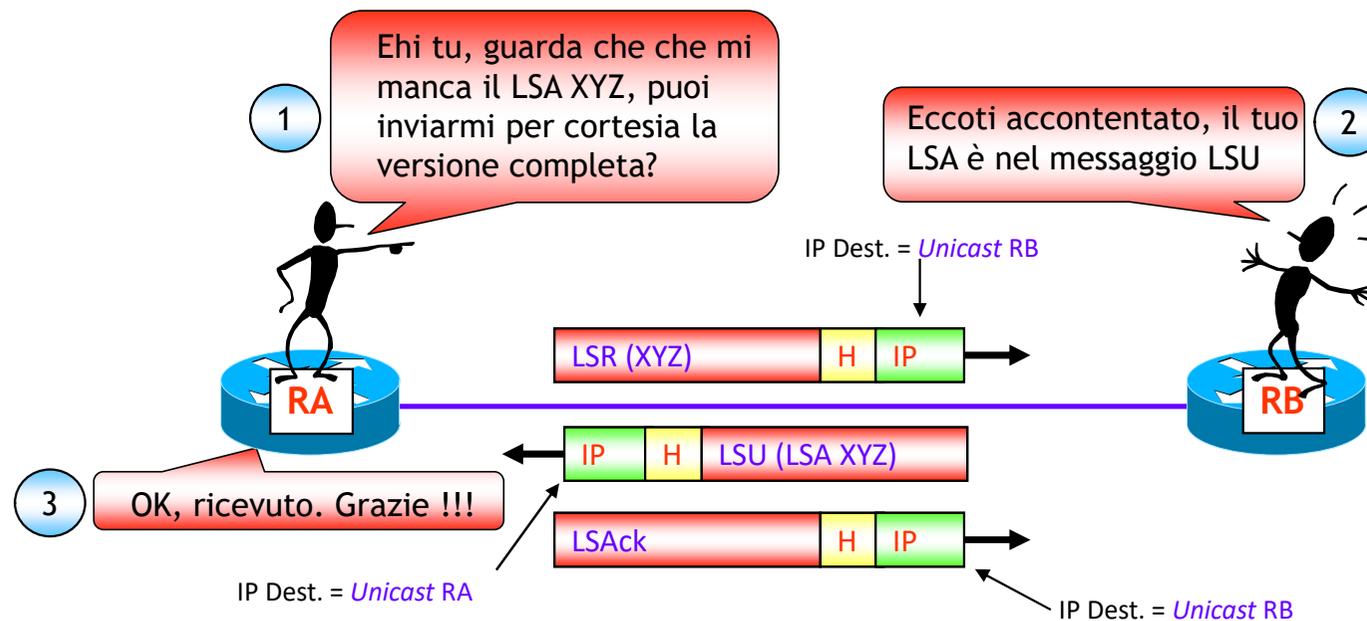
Sotto-protocollo *Exchange* (1 / 3)

- Protocollo utilizzato da router adiacenti per **sincronizzare** i propri LSDB
- Prevede la creazione di una relazione **Master-Slave** tra router adiacenti e la definizione di un numero di sequenza iniziale
 - Il *Master* è il router con **RID OSPF più alto**
 - Il *Master* fissa un numero di sequenza iniziale (SN, *Sequence Number*) che viene utilizzato come **valore iniziale per la numerazione sequenziale di eventuali blocchi in cui possono essere segmentati DDP molto grandi**

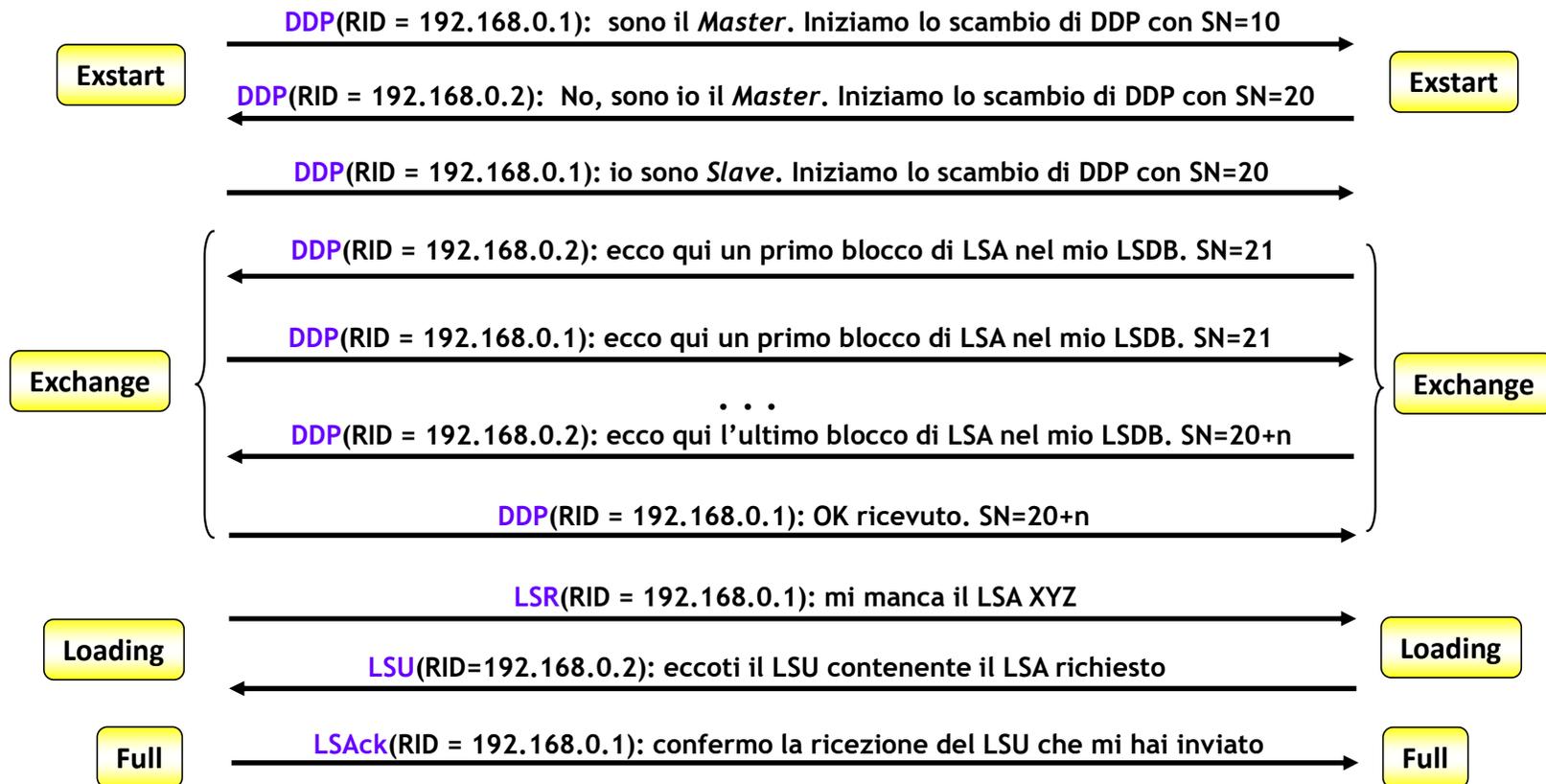
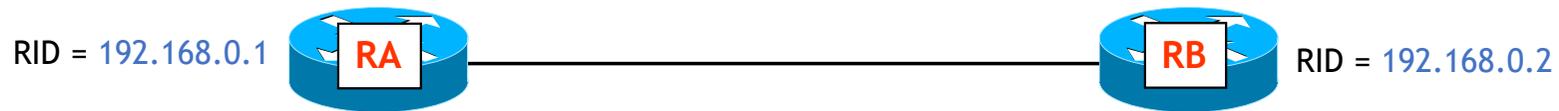


Sotto-protocollo *Exchange* (2/3)

- Qualora uno dei due router riscontrasse la mancanza di uno o più LSA o la presenza di versioni più vecchie nel proprio LSDB, **ne richiede la trasmissione completa** attraverso un messaggio **LSR** (Fase di *Loading*)
- I LSA richiesti vengono inviati tramite un messaggio **LSU**
 - Il router ricevente riscontra il LSU ricevuto con un messaggio **LSAck**

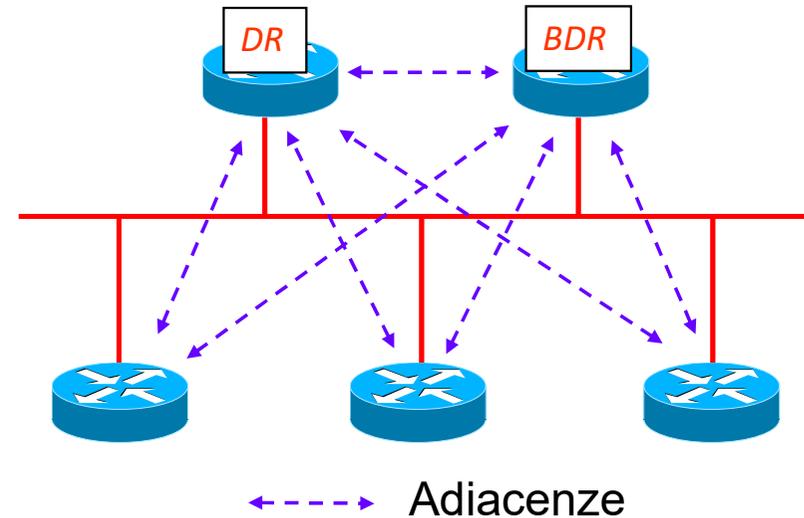
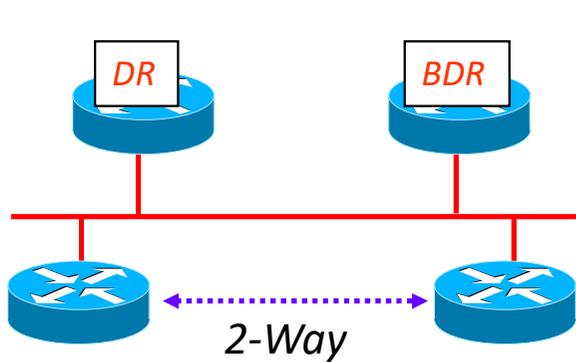


Sotto-protocollo *Exchange* (3/3)



Neighborship e adiacenza

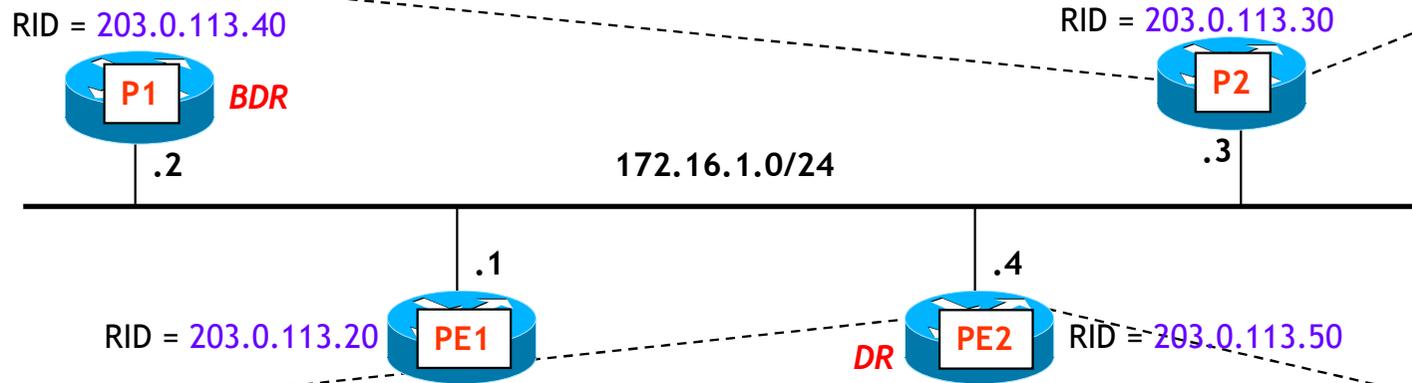
- Stato *2-Way*
 - Il router vede sé stesso nei messaggi HELLO ricevuti \Rightarrow i router sono *neighbor*
- Stato *Full*
 - I router sono *adiacenti* \Rightarrow LSDB sincronizzati



Adiacenze sui segmenti *broadcast*: esempio

P2# `show ip ospf neighbor`

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
203.0.113.50	1	FULL/DR	00:00:33	172.16.1.4	GigabitEthernet1
203.0.113.20	1	2WAY/DROTHER	00:00:31	172.16.1.1	GigabitEthernet1
203.0.113.40	1	FULL/BDR	00:00:30	172.16.1.2	GigabitEthernet1



PE2# `show ip ospf neighbor`

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
203.0.113.40	1	FULL/BDR	00:00:31	172.16.1.2	GigabitEthernet1
203.0.113.20	1	FULL/DROTHER	00:00:32	172.16.1.1	GigabitEthernet1
203.0.113.30	1	FULL/DROTHER	00:00:30	172.16.1.3	GigabitEthernet1

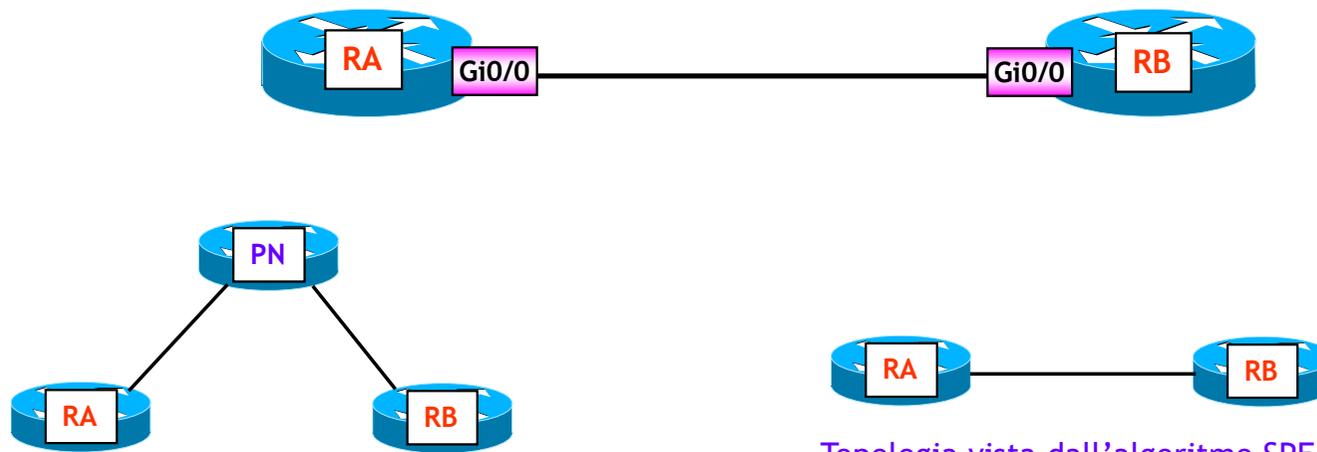
Adiacenze su reti punto-punto (1/2)

- Tipicamente si ha tra router collegati a Livello 2 attraverso protocolli punto-punto (es. PPP, HDLC Cisco, PVC ATM o FR)
- Non esiste il concetto di *DR* e *BDR*
- Tutti i messaggi OSPF vengono inviati all'indirizzo multicast *AllSPFRouters* (224.0.0.5)



Adiacenze su reti punto-punto (2/2)

- Quando il collegamento punto-punto è realizzato con un collegamento Ethernet *back-to-back*, è buona regola disabilitare l'elezione di *DR* e *BDR*
 - L'elezione di *DR* e *BDR* comporta un inutile spreco di CPU e aumenta il numero di *link* visti dall'algoritmo SPF da 1 a 2
 - Idea descritta nella RFC 5309 «*Point-to-Point Operation over LAN in Link State Routing Protocols*»

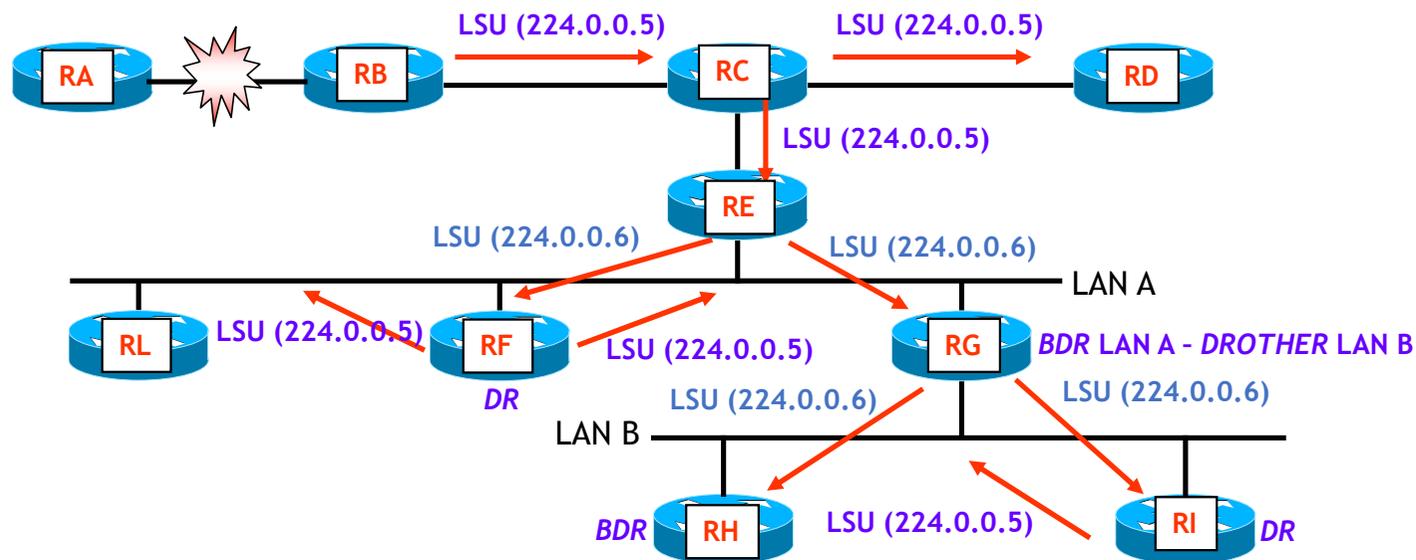


Topologia vista dall'algoritmo SPF senza disabilitare l'elezione di *DR* e *BDR*

Topologia vista dall'algoritmo SPF disabilitando l'elezione di *DR* e *BDR*

Sotto-protocollo di (*Selective*) Flooding

- È il processo con il quale i LSA vengono inviati a **tutti** i router del dominio OSPF
 - In caso di **cambiamento di stato del link** (es. fuori servizio, ritorno in servizio, cambio di metrica)
 - Allo **scadere di un timer** (normalmente dell'ordine delle **decine di minuti**)
 - NOTA: Gli LSA sono trasmessi all'interno di messaggi di tipo **LSU**



Di cosa parlerò ...

#1

Le basi di OSPF

#2

Protocolli e formato dei messaggi

#3

Link State Advertisement (LSA)

#4

Configurazioni base di OSPF in area singola

#5

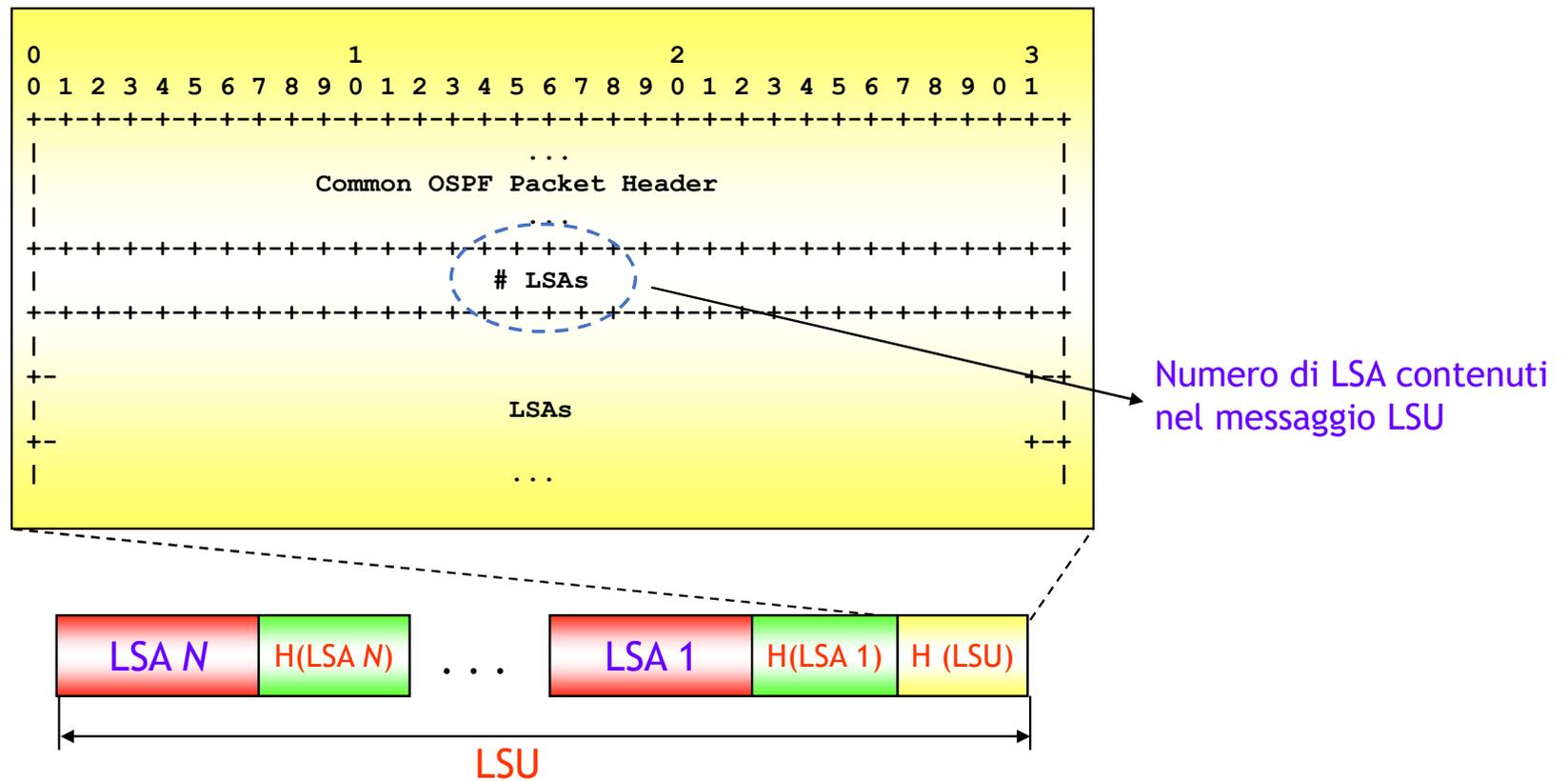
Verifica e *troubleshooting*

Tipi di LSA

Nome	Tipo	Area singola	Multiarea
Router Link	1	SI	SI
Network Link	2	SI	SI
Summary Link	3	NO	SI
ASBR summary	4	NO	SI
AS External	5	SI	SI
NSSA External	7	NO	SI
Opachi	9/10/11	SI	SI

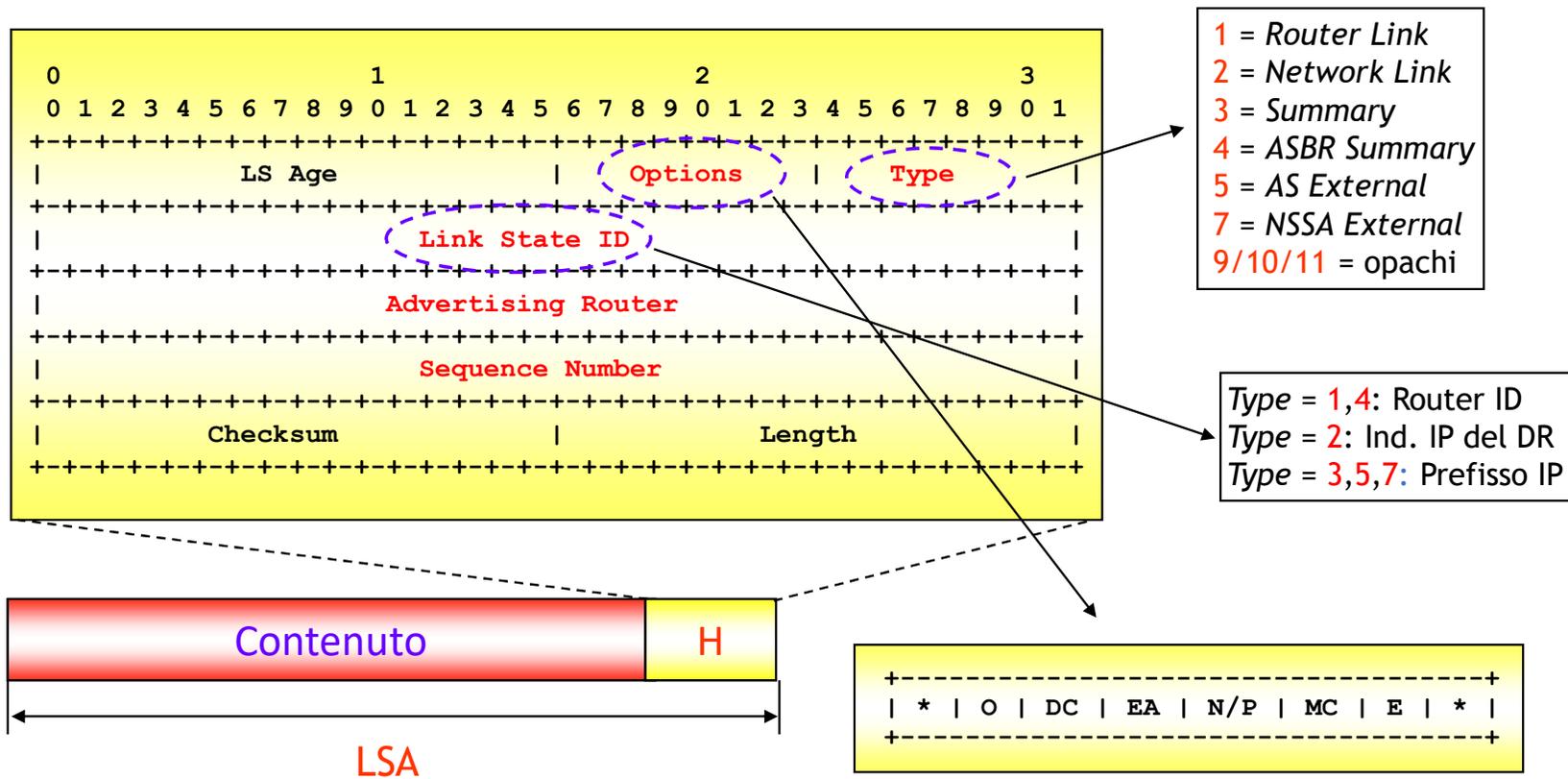
Trasporto dei LSA

- I LSA sono trasportati nei messaggi LSU
- Un messaggio LSU può trasportare uno o più LSA



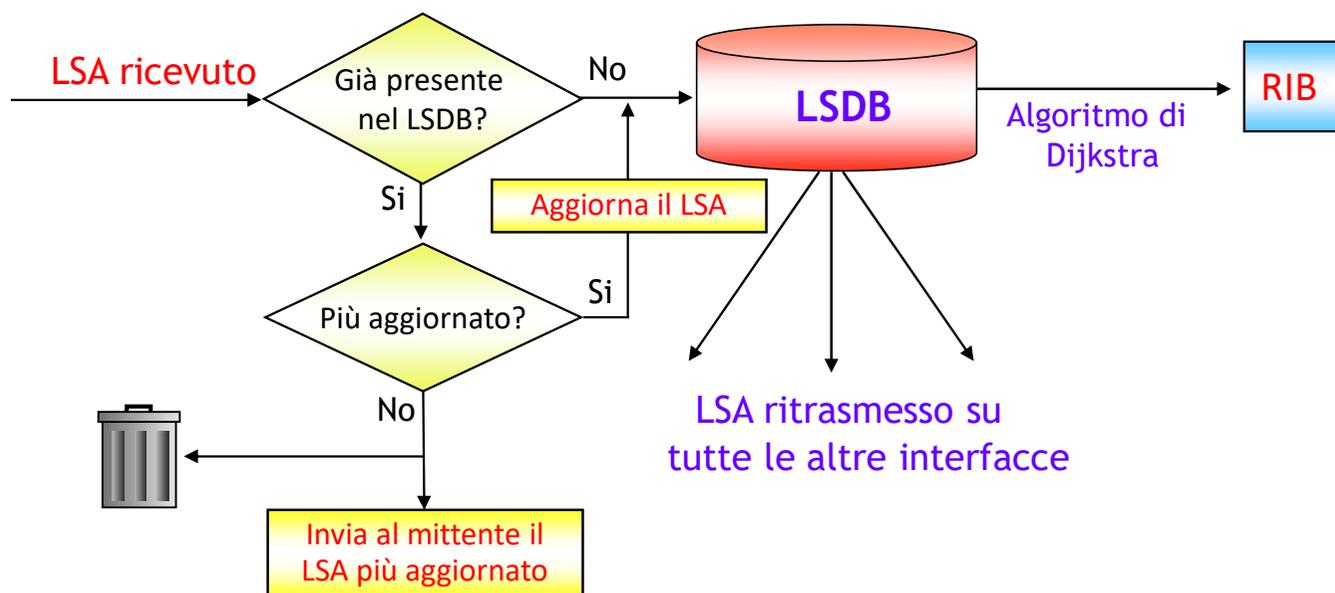
Formato dei LSA

- Ciascun LSA è costituito da una intestazione comune seguita da informazioni caratteristiche del tipo di LSA



Il Link State DataBase

- I router OSPF possiedono un archivio di LSA (**LSDB**, *Link State DataBase*)
- Un router che riceve un LSA controlla l'archivio
 - Se il LSA ricevuto non è presente nel LSDB **viene aggiunto**
 - Se presente nel LSDB e il LSA ricevuto è **più recente** di quello già presente, **lo sostituisce**, altrimenti lo **scarta e invia al mittente la copia aggiornata**



Alcuni *timer* e costanti dei LSA

- Ai LSA sono associati i seguenti *timer*
 - **LSRefreshTime** (non sempre configurabile): definisce il tempo di **rigenerazione** di un LSA
 - **MaxAge** (valore **3.600 sec**, non configurabile): definisce il tempo di vita di un LSA, ossia il tempo terminato il quale senza ricezione di una copia di un LSA, questo viene eliminato dal LSDB
 - **RxmtInterval**: definisce il tempo terminato il quale senza ricezione di un LSAck, il LSA viene **ritrasmesso**
 - **InfTransDelay**: è una stima del tempo impiegato (in secondi) per trasmettere un messaggio LSU su una interfaccia
 - **MinLSInterval**: definisce il tempo minimo che deve trascorrere tra due generazioni successive di uno stesso LSA
 - **LSA-delay**: definisce il ritardo di generazione di un LSA, a fronte della ricezione di un segnale di cambio di topologia
- Ai LSA sono associate le seguenti costanti **non configurabili**
 - **LSInfinity** (= **0xFFFFFFFF**): è il valore della metrica (24 *bit*) che indica **che una destinazione è irraggiungibile**
 - **InitialSequenceNumber** - **MaxSequenceNumber** (= **0x80000001** - **0x7FFFFFFF**): valore iniziale e finale del Numero di Sequenza
 - **MaxAgeDiff** (= 15 min): *timer* utilizzato per la scelta del LSA più recente (vedi prossime diapositive)

Come determinare il LSA più recente



1) Confronta il Numero di Sequenza (NS): Il LSA con NS superiore è il più recente



2) Se i due LSA hanno lo stesso NS allora confronta le “Checksum”: Il LSA con “checksum” superiore è il più recente



3) Se i due LSA hanno la stessa “checksum” allora confronta le età (*Link State Age*): se uno (e solo uno) dei due LSA ha età pari a *MaxAge* (= 3600 s) è considerato il più recente

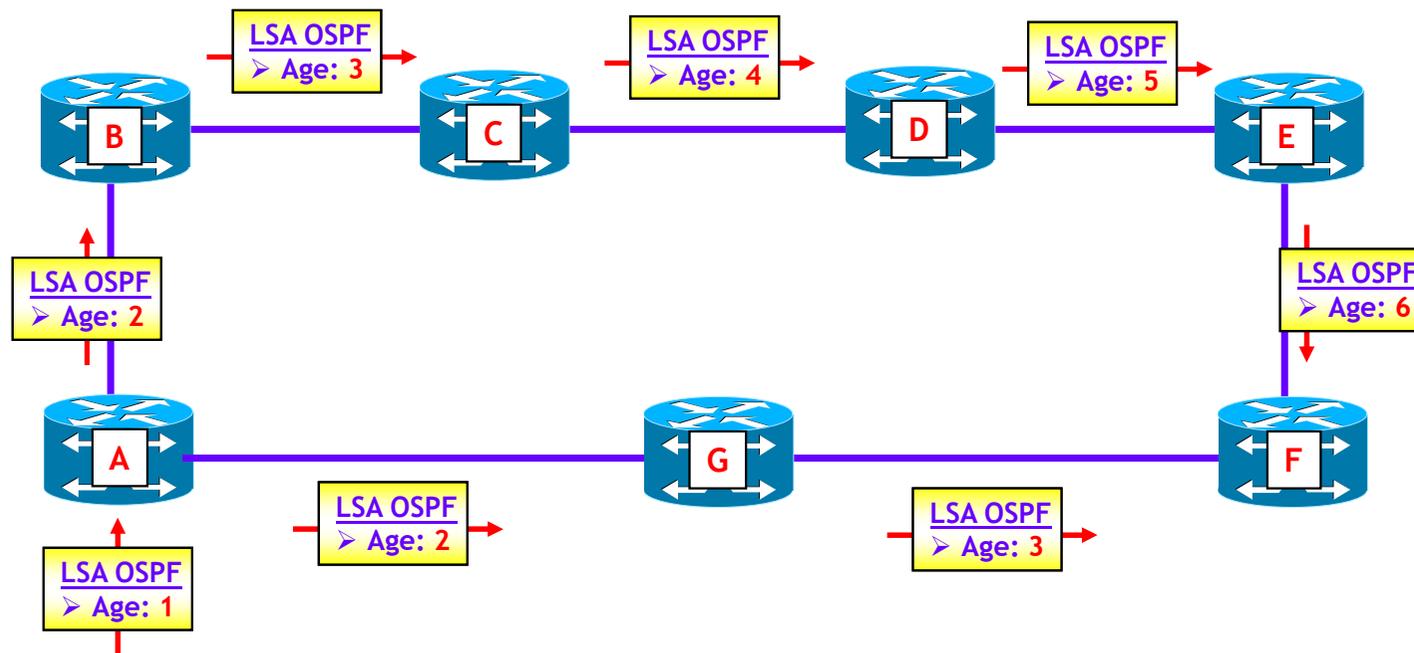


4) Se i due LSA hanno età che differisce per più di *MaxAgeDiff* (=15 min) allora il LSA che ha età minore è considerato il più recente

5) Se nessuna delle precedenti condizioni è verificata, i due LSA sono considerati identici

InfTransDelay e *MaxAgeDiff*: esempio

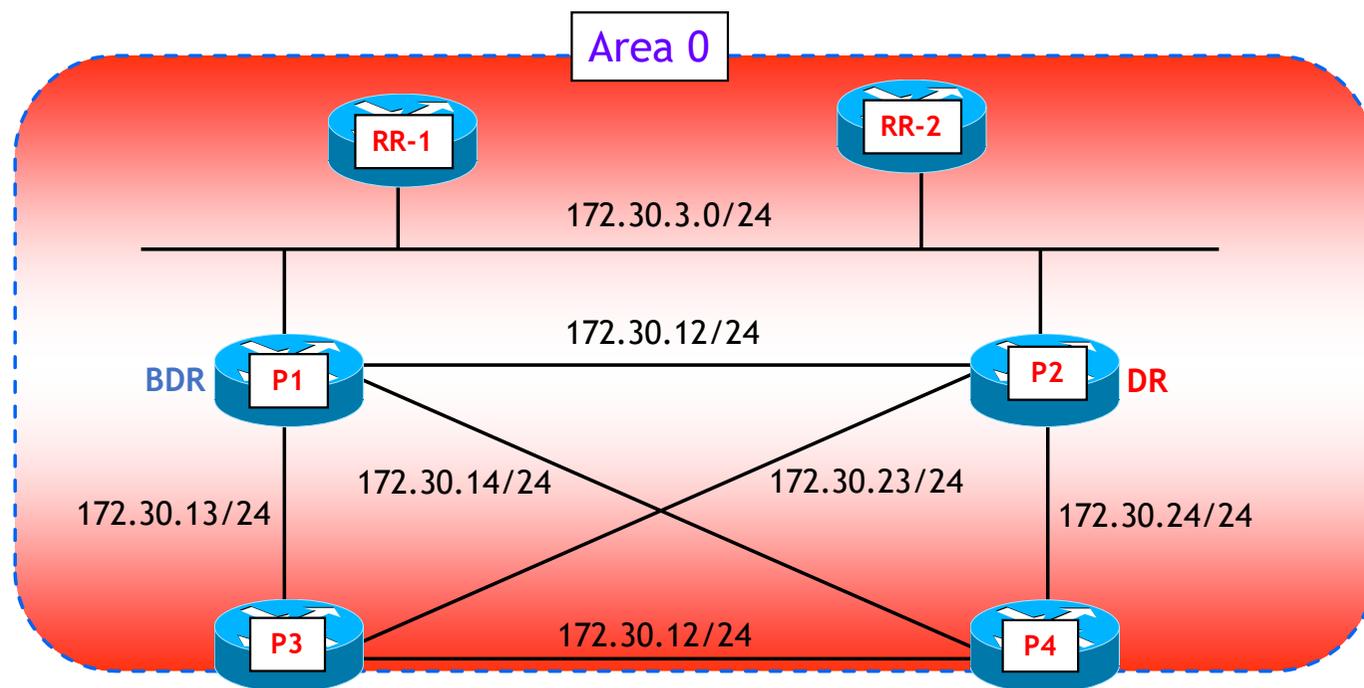
- Ogni router aggiunge al valore di *Age* il valore costante *InfTransDelay* (= 1 sec)
- A parità di *Numero di Sequenza* e di *checksum*, poiché la differenza del valore di *Age* è inferiore a *MaxAgeDiff* (= 15 min) allora viene scelto come più recente il LSA con *Age* minore



Rete test

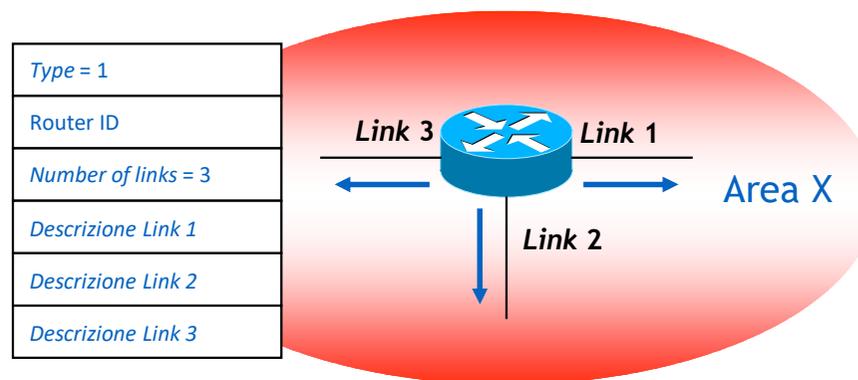
- Piano di numerazione

- Le interfacce dei router Px terminano con .x
- Le interfacce dei router RR-x terminano con .1x
- RID Px-y = 192.168.3.xy; RID RR-x = 192.168.2.x



Router Link LSA (RL LSA)

- I RL LSA sono **generati da ogni router** e propagati solo all'interno dell'area nella quale vengono generati
- Descrivono i **collegamenti** tra un router ed i suoi vicini
 - Contengono informazioni sulle **adiacenze topologiche con router o pseudo-nodi**, metriche, **stub network**
- Gli ABR generano un RL LSA per **ciascuna area** a cui appartengono

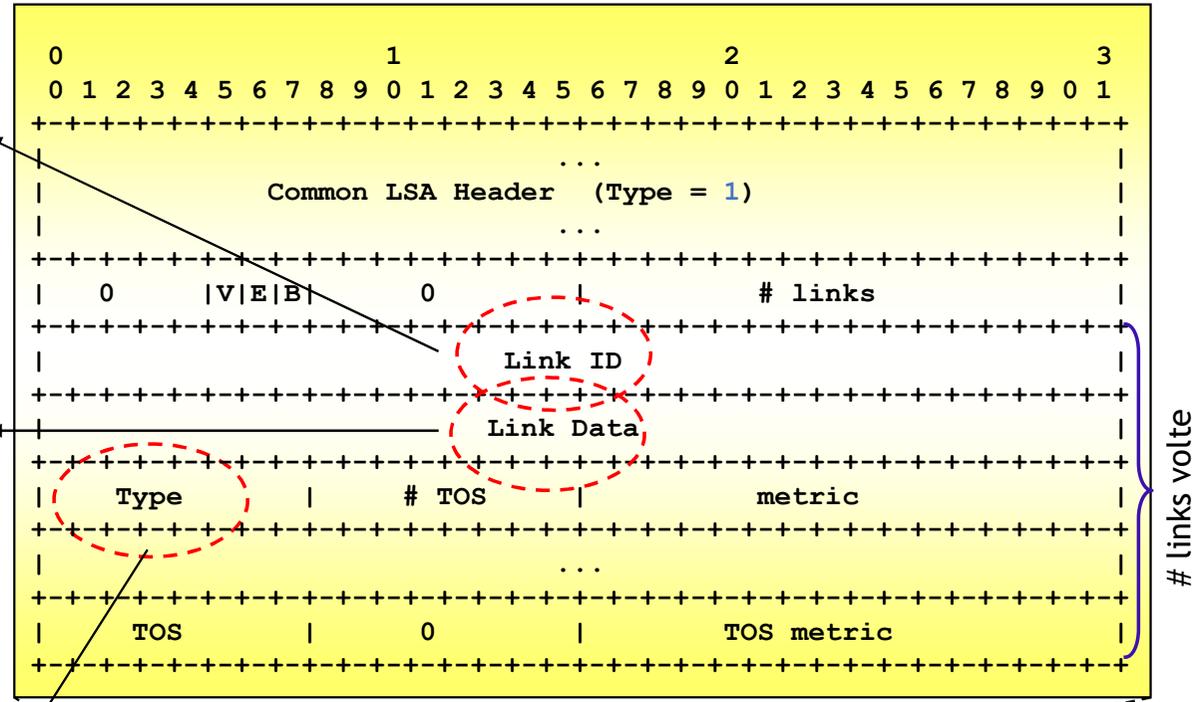


RL LSA: formato

Type = 1,4: Router ID
 Type = 2: Ind. IP del DR
 Type = 3: Prefisso di rete

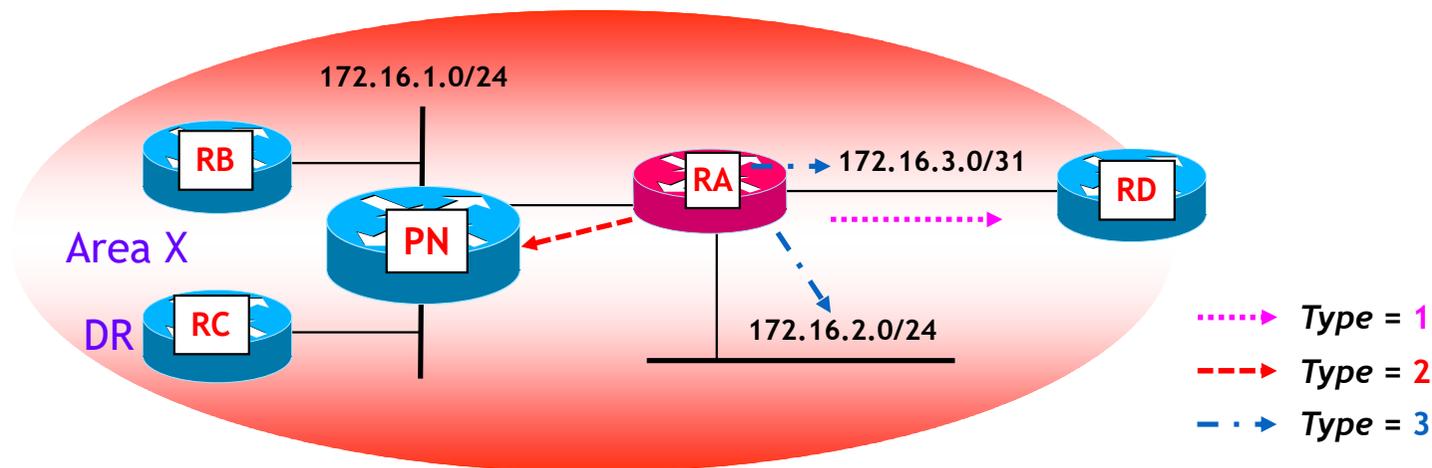
Type = 1,2,4: Indirizzo IP dell'interfaccia
 Type = 3: Subnet Mask

- 1 = Point-to-Point
- 2 = Transit Network
- 3 = Stub Network
- 4 = Virtual Link



LSDB e reti periferiche

- Un *Router Link* LSA consente la descrizione di **4 tipi di link**
 - Connessione **punto-punto** a un altro router (*Type = 1*)
 - Connessione a una rete di **transito** (*Type = 2*)
 - Connessione a una rete **stub** (*Type = 3*)
 - Connessione a un **Virtual Link** (*Type = 4*)
- Esempio: il RL LSA generato da RA contiene **4 Link**



RL LSA nella rete esempio

```
RP/0/0/CPU0:P1#show ospf database router self-originate
Tue Feb 27 22:22:58.254 UTC
```

```
OSPF Router with ID (192.168.3.1) (Process ID TT)
```

```
Router Link States (Area 0)
```

```
LS age: 320
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 192.168.3.1
Advertising Router: 192.168.3.1
LS Seq Number: 80000022
Checksum: 0x13a5
Length: 144
Number of Links: 8
```

```
Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 192.168.3.1
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.255
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1
```

```
Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 192.168.3.2
(Link Data) Router Interface address: 172.30.12.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 10
```

```
Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 172.30.12.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 10
```

```
Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 192.168.3.3
(Link Data) Router Interface address: 172.30.13.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 10
```

```
Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 172.30.13.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 10
```

```
Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 192.168.3.4
(Link Data) Router Interface address: 172.30.14.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 10
```

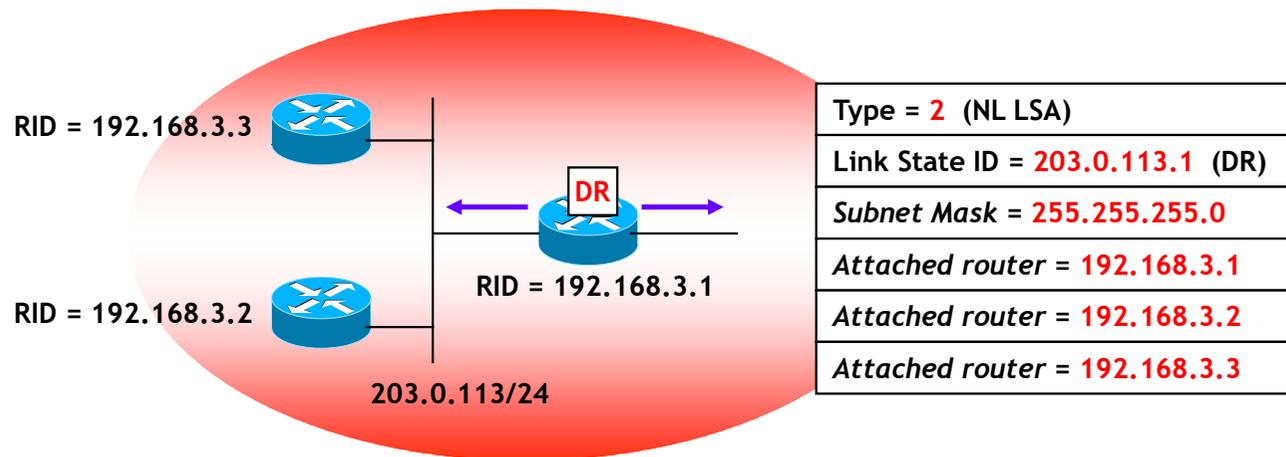
```
Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 172.30.14.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 10
```

```
Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 172.30.3.2
(Link Data) Router Interface address: 172.30.3.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 10000
```

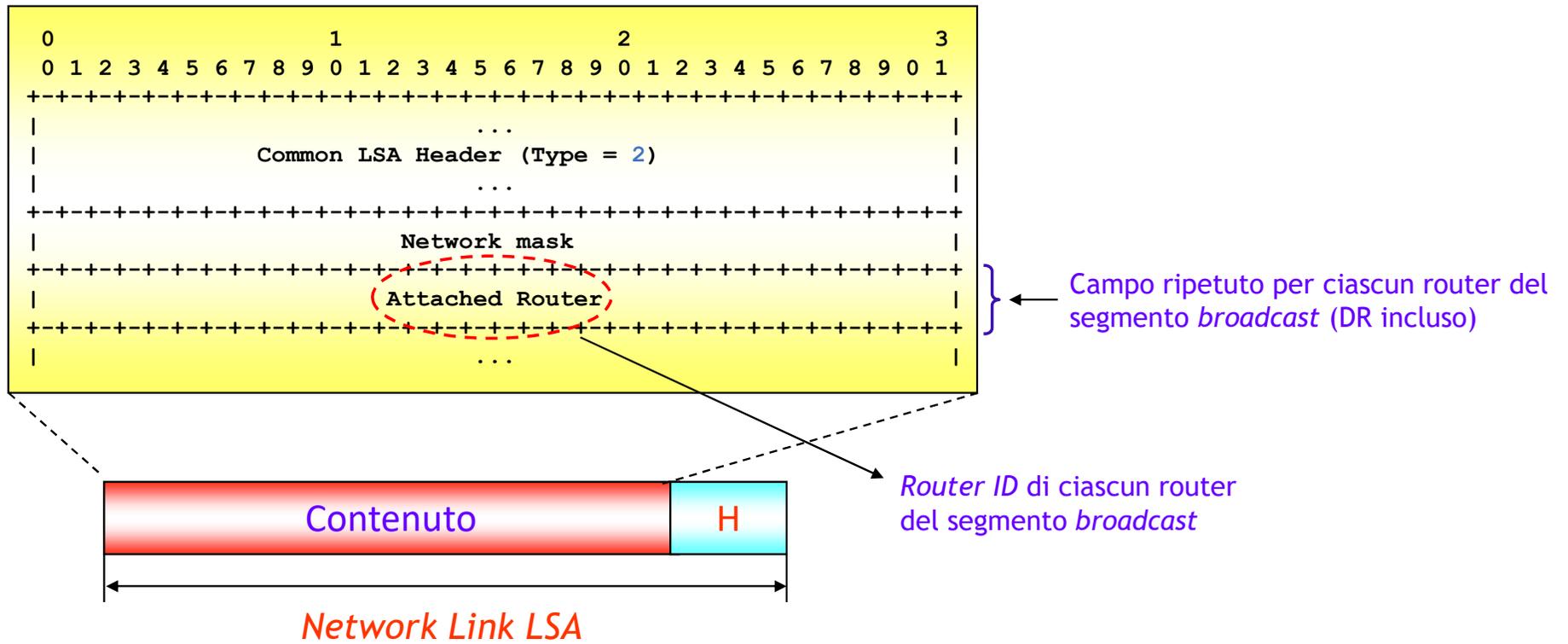
- RL LSA generato dal router P1 (RID = 192.168.3.1)

Network Link LSA (NL LSA)

- I NL LSA sono generati solo dai *DR* e propagati solo all'interno dell'area nella quale vengono generati
 - Se un router è *DR* per più segmenti *broadcast*, genera un diverso NL LSA per ciascun segmento
 - I *DR* generano comunque RL LSA per descrivere le adiacenze verso lo *pseudo-nodo* ed eventuali altre adiacenze con router al di fuori dei segmenti *broadcast*
- Contengono la *Subnet Mask* della LAN e il RID di tutti i router presenti sul segmento *broadcast* (incluso il *DR* stesso)



NL LSA: formato



NL LSA nella rete esempio

- *NL LSA* generato nell'area 0 dal DR P2 (RID = 192.168.3.2), visualizzato nel LSDB del router P1 (RID = 192.168.3.1)

```
RP/0/0/CPU0:P1#show ospf database network
Tue Feb 27 22:43:25.280 UTC

        OSPF Router with ID (192.168.3.1) (Process ID TT)

                Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA
LS age: 1464
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 172.30.3.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 192.168.3.2
LS Seq Number: 8000000d
Checksum: 0x161c
Length: 40
Network Mask: /24
    Attached Router: 192.168.2.1
    Attached Router: 192.168.2.2
    Attached Router: 192.168.3.1
    Attached Router: 192.168.3.2
```

LSA in area singola: riassunto

Tipo	Generato da	Ambito di propagazione	Informazioni trasportate
<i>Router Link LSA</i> (Tipo 1)	Ogni router (per gli ABR uno per ciascuna area)	Area	Adiacenze, metriche, <i>stub networks</i>
<i>Network Link LSA</i> (Tipo 2)	DR dei segmenti <i>broadcast</i>	Area	RID dei router connessi al segmento <i>broadcast</i>
<i>Summary Link LSA</i> (Tipo 3)	ABR	Area	Prefissi inter-area e costo OSPF dall'ABR al prefisso
<i>ASBR Summary Link LSA</i> (Tipo 4)	ABR	Area	RID degli ASBR e costo OSPF dall'ABR all'ASBR
<i>AS External Link LSA</i> (Tipo 5)	ASBR	Tutto il dominio OSPF	Prefissi esterni al dominio OSPF e redistribuiti nel dominio OSPF
<i>NSSA External Link LSA</i> (Tipo 7)	ASBR di aree NSSA	Area	Prefissi esterni al dominio OSPF e redistribuiti nel dominio OSPF

Dalla Teoria alla Pratica ...



Di cosa parlerò ...

#1

Le basi di OSPF

#2

Protocolli e formato dei messaggi

#3

Link State Advertisement (LSA)

#4

Configurazioni base di OSPF in area singola

#5

Verifica e troubleshooting

Cosa bisogna fare (Cisco IOS/IOS XE/IOS XR)...

1) Entrare nel processo OSPF

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf ...
```

2) (Opzionale) Configurare il Router-ID

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# router-id ...
```

3) Assegnare le interfacce alle aree

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# area ...
```

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface ...
```

4) Configurare aspetti opzionali del processo OSPF
(Tipi di aree, aggregazione di prefissi, propagazione della *default-route*, ecc.)

Come entrare nel processo di configurazione OSPF

- IOS/IOS XE

```
router(config)# router ospf process-ID
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf process-ID
```

- Il valore “*process-ID*” identifica il **processo OSPF** all'interno del router
 - Nell'IOS/IOS XE è un valore nell'intervallo **1÷65535**, nell'IOS XR una qualsiasi stringa alfanumerica di **max 40 caratteri**
 - È **locale** al router, non deve essere necessariamente coincidere in tutti i router del dominio OSPF

Definizione manuale del *Router ID*

- IOS/IOS XE

```
router(config)# router ospf process-ID  
router(config-router)# router-id RID
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf process-ID  
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# router-id RID
```

- IMPORTANTE

- Il RID deve essere diverso su ogni router del dominio OSPF
- L'abilitazione di OSPF **richiede che il processo OSPF sia in grado di stabilire il RID**

- NOTA: l'eventuale variazione del *RID* in un router con un processo OSPF già attivo **non comporta la variazione del *RID* stesso**

- Il nuovo *RID* verrà utilizzato dopo un *reload* del router o dopo un *reset* del processo OSPF effettuato tramite un comando di tipo “**clear ...**”

Assegnazione delle interfacce alle aree

- IOS/IOS XE

```
! METODO CLASSICO
router(config)# router ospf process-ID
router(config-router)# network prefisso-IP wildcard-mask area area-ID

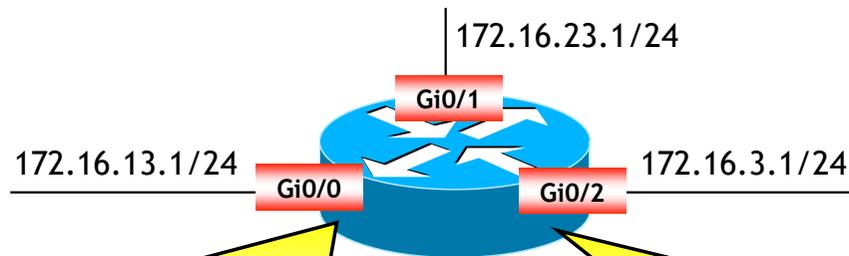
! METODO ALTERNATIVO (a partire dalla versione IOS 12.3(11)T)
router(config)# interface tipo numero
router(config-if)# ip ospf process-ID area area-ID [secondaries none]
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf process-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# area area-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface tipo numero
. . .
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface tipo numero
```

Esempio 1 (IOS/IOS XE)

- Assegnare le interfacce Gi0/0 e Gi0/1 all'area 1 del processo OSPF 10 e l'interfaccia Gi0/2 all'area 3 del processo OSPF 20



! METODO CLASSICO (LEGACY)

```
router ospf 10
  network 172.16.23.1 0.0.0.0 area 1
  network 172.16.13.1 0.0.0.0 area 1
!
router ospf 20
  network 172.16.3.1 0.0.0.0 area 3
```

! METODO ALTERNATIVO

```
interface gi0/0
  ip ospf 10 area 1
!
interface gi0/1
  ip ospf 10 area 1
!
interface gi0/2
  ip ospf 20 area 3
```

Esempio 2 (IOS XR)

- Configurazione di un router con le interfacce Loopback0, Gi0/0/0/0, Gi0/0/0/1 e Gi0/0/0/2 all'area 0

```
RP/0/RP0/CPU0:ABR(config)# router ospf 1
RP/0/RP0/CPU0:ABR(config-ospf)# area 0
RP/0/RP0/CPU0:ABR(config-ospf-ar)# interface Loopback0
RP/0/RP0/CPU0:ABR(config-ospf-ar)# interface Gi0/0/0/0
RP/0/RP0/CPU0:ABR(config-ospf-ar)# interface Gi0/0/0/1
RP/0/RP0/CPU0:ABR(config-ospf-ar)# interface Gi0/0/0/2
```

Elezione del *Designated Router*

- IOS/IOS XE

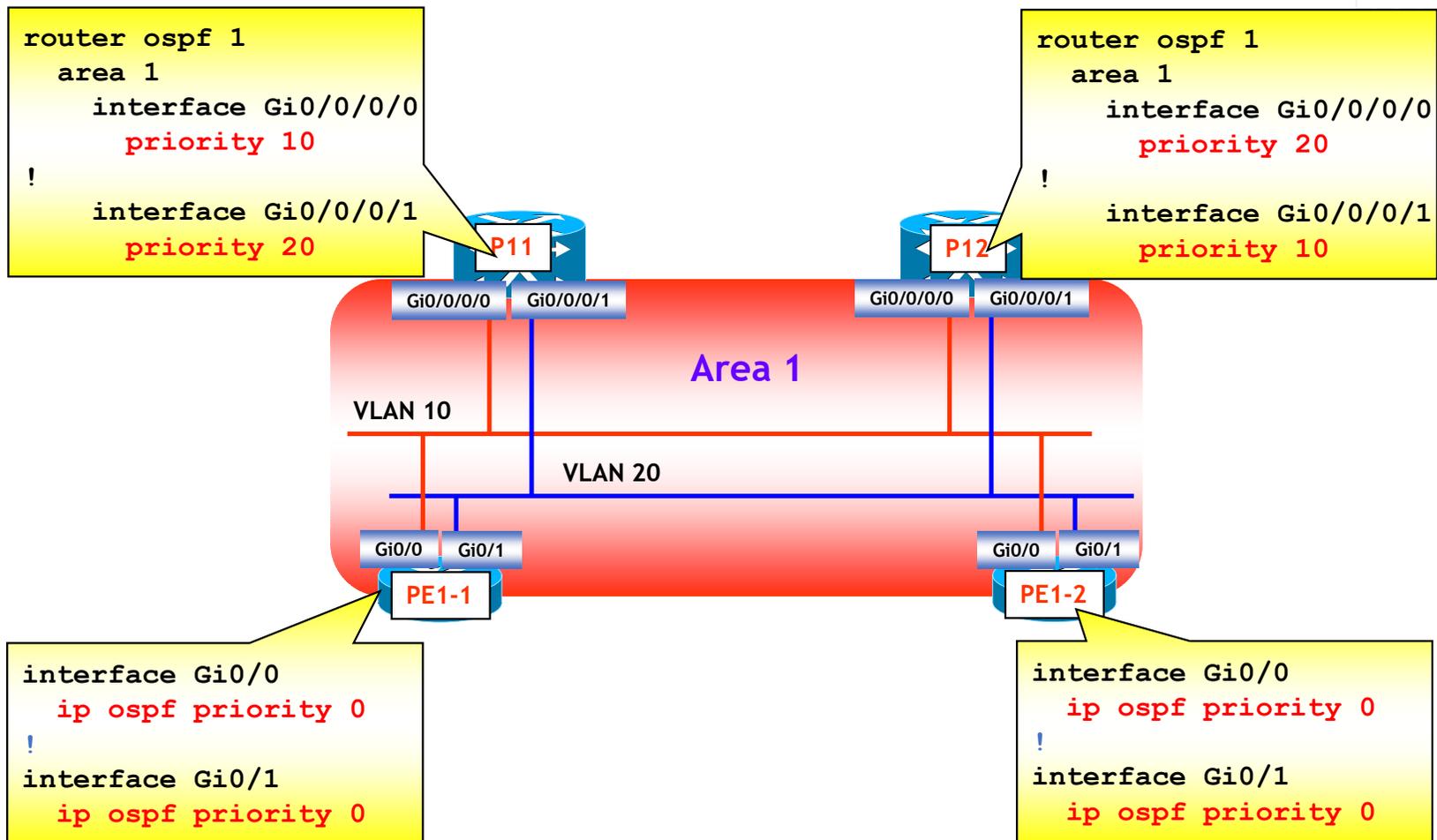
```
router(config)# interface tipo numero  
router(config-if)# ip ospf priority priorità
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf process-ID  
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# area area-ID  
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface tipo numero  
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# priority priorità
```

- Ogni interfaccia di una rete *broadcast* ha assegnata una **priorità di default pari a 1**
- La priorità di una interfaccia può essere definita **manualmente**
 - Il valore di priorità deve essere compreso nell'intervallo **0÷255**
 - Il valore **0** indica che il router **non partecipa all'elezione** di *DR* e *BDR*

Elezione del DR: esempio (1/2)



Elezione del DR: esempio (2/2)

```
RP/0/RP0/CPU0:P11# show ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
192.168.0.11	0	FULL/DROTHER	0:00:37	172.16.20.111	GigabitEthernet0/0/0/1
Neighbor is up for 8:36:46					
192.168.0.12	0	FULL/DROTHER	0:00:33	172.16.20.112	GigabitEthernet0/0/0/1
Neighbor is up for 8:36:34					
192.168.1.12	10	FULL/BDR	0:00:33	172.16.20.12	GigabitEthernet0/0/0/1
Neighbor is up for 8:36:18					
192.168.0.11	0	FULL/DROTHER	0:00:37	172.16.10.111	GigabitEthernet0/0/0/0
Neighbor is up for 8:36:27					
192.168.0.12	0	FULL/DROTHER	0:00:37	172.16.10.112	GigabitEthernet0/0/0/0
Neighbor is up for 8:36:02					
192.168.1.12	20	FULL/DR	0:00:30	172.16.10.12	GigabitEthernet0/0/0/0
. . . < altre adiacenze omesse > . . .					

Definizione delle metriche (1/2)

- Ogni interfaccia ha assegnata una **metrica di default pari a $10^8 / bandwidth$**
- La metrica di una interfaccia può essere definita **manualmente**
 - Il valore di metrica deve essere compreso nell'intervallo **1÷65535**

- IOS/IOS XE

```
router(config)# interface tipo numero  
router(config-if)# ip ospf cost metrica
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf process-ID  
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# area area-ID  
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface tipo numero  
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# cost metrica
```

Definizione delle metriche (2/2)

- È possibile ridefinire **manualmente** la **costante di riferimento** per il calcolo automatico delle metriche (default = 10^8)
 - Il valore della costante di riferimento deve essere **espresso in Mbit/s** e compreso nell'intervallo $1 \div 2^{31} - 1$
- **IMPORTANTE:** ogni router del dominio OSPF deve avere la stessa **costante di riferimento**

- IOS/IOS XE

```
router(config)# router ospf process-ID  
router(config-router)# auto-cost reference-bandwidth  
costante-di-riferimento
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf process-ID  
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# auto-cost reference-bandwidth  
costante-di-riferimento
```

Esempi di metriche di default

<i>Tipo di interfaccia</i>	<i>Costante di riferimento 100 Mbit/s</i>	<i>Costante di riferimento 100 Gbit/s</i>
Seriale a 64 Kbit/s	1.562	1.562.500
T1 (seriale 1,544 Mbit/s)	64	64.760
T1 (seriale 2,048 Mbit/s)	48	488.200
Ethernet	10	10000
FastEthernet	1	1000
1 GigabitEthernet	1	100
10 GigabitEthernet	1	10
100 GigabitEthernet	1	1

Timer associati ai messaggi HELLO

- È possibile configurare
 - *HelloInterval*: default = 10 sec
 - *RouterDeadInterval*: default = 4 volte *HelloInterval* (=40 sec)
- ATTENZIONE: ricordare che la **discordanza** di questi due parametri **non consente la formazione delle adiacenze**
- IOS/IOS XE

```
router(config)# interface tipo numero
router(config-if)# ip ospf hello-interval secondi
router(config-if)# ip ospf dead-interval secondi
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf process-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# area area-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface tipo numero
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# hello-interval secondi
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# dead-interval secondi
```

Blocco dell'elezione di *DR* e *BDR* nei collegamenti Ethernet *back-to-back*

- È possibile bloccare l'elezione di *DR* e *BDR* per i collegamenti Ethernet **utilizzati come collegamenti punto-punto**

- IOS/IOS XE

```
router(config)# interface tipo-IF numero-IF
router(config-if)# ip ospf network point-to-point
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router(config)# router ospf process-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf)# area area-ID
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar)# interface tipo numero
RP/0/RP0/CPU0:router(config-ospf-ar-if)# network point-to-point
```

```
interface GigabitEthernet0/0
ip ospf 1 area 1
ip ospf network point-to-point
```



```
router ospf 1
area 1
interface GigabitEthernet0/0/0/0
network point-to-point
```

Di cosa parlerò ...

#1

Le basi di OSPF

#2

Protocolli e formato dei messaggi

#3

Link State Advertisement (LSA)

#4

Configurazioni base di OSPF in area singola

#5

Verifica e *troubleshooting*

Cosa visualizzare ...

<i>Visualizzazione</i>	<i>IOS/IOS XE</i>	<i>IOS XR</i>
Caratteristiche del protocollo	<code>show ip ospf</code> <code>show ip protocols</code>	<code>show ospf</code> <code>show protocols</code>
Informazioni sulle interfacce abilitate OSPF	<code>show ip ospf interface</code>	<code>show ospf interface</code>
Caratteristiche e stato delle adiacenze	<code>show ip ospf interface</code> <code>show ip ospf neighbor</code>	<code>show ospf interface</code> <code>show ospf neighbor</code>
Contenuto del LSDB	<code>show ip ospf database</code>	<code>show ospf database</code>
Stato dei <i>Virtual Link</i>	<code>show ip ospf virtual-links</code>	<code>show ospf virtual-links</code>
Percorsi OSPF nella Tabella di Routing	<code>show ip route ospf</code>	<code>show route ospf</code> <code>show ospf routes</code>

Caratteristiche del protocollo (1/3)

```
RP/0/0/CPU0:P1# show ospf
Wed Feb 28 11:06:42.660 UTC
```

```
Routing Process "ospf TT" with ID 192.168.3.1 → RID
Role: Primary Active
NSR (Non-stop routing) is Enabled
Supports only single TOS(TOS0) routes
Supports opaque LSA
Router is not originating router-LSAs with maximum metric
Initial SPF schedule delay 50 msec → Timer dell'algoritmo SPF
Minimum hold time between two consecutive SPF's 200 msec
Maximum wait time between two consecutive SPF's 5000 msec
Initial LSA throttle delay 50 msec
Minimum hold time for LSA throttle 200 msec
Maximum wait time for LSA throttle 5000 msec
Minimum LSA interval 200 msec. Minimum LSA arrival 100 msec → InfTransDelay
LSA refresh interval 1800 seconds
Flood pacing interval 33 msec. Retransmission pacing interval 66 msec
Adjacency stagger enabled; initial (per area): 2, maximum: 64
  Number of neighbors forming: 0, 6 full
Maximum number of configured interfaces 1024
Number of external LSA 0. Checksum Sum 00000000
Number of opaque AS LSA 0. Checksum Sum 00000000
Number of DCbitless external and opaque AS LSA 0
Number of DoNotAge external and opaque AS LSA 0
```

(SEGUE)

Caratteristiche del protocollo (2/3)

```
Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
External flood list length 0
SNMP trap is enabled
LSD connected, registered, bound, revision 1
Segment Routing Global Block default (16000-23999), not allocated
Strict-SPF capability is enabled
  Area BACKBONE(0)
    Number of interfaces in this area is 7
    SPF algorithm executed 30 times
    Number of LSA 7. Checksum Sum 0x03281e
    Number of opaque link LSA 0. Checksum Sum 00000000
    Number of DCbitless LSA 0
    Number of indication LSA 0
    Number of DoNotAge LSA 0
    Flood list length 0
    Number of LFA enabled interfaces 0, LFA revision 0
    Number of Per Prefix LFA enabled interfaces 0
    Number of neighbors forming in staggered mode 0, 6 full
```

Caratteristiche del protocollo (3/3)

```
RP/0/0/CPU0:P1#show protocols ospf
Wed Feb 28 11:21:48.548 UTC

Routing Protocol OSPF TT
  Router Id: 192.168.3.1
  Distance: (110)
  Non-Stop Forwarding: Disabled
  Redistribution:
    None
  Area 0
    Loopback0
    GigabitEthernet0/0/0/0
    GigabitEthernet0/0/0/1
    GigabitEthernet0/0/0/2
    GigabitEthernet0/0/0/4
```

Distanza Amministrativa OSPF nei router Cisco

Interfacce assegnate all'area 0

Informazioni sulle interfacce abilitate OSPF

```
RP/0/0/CPU0:P1# show ospf interface GigabitEthernet 0/0/0/4
Wed Feb 28 14:50:17.701 UTC
```

```
GigabitEthernet0/0/0/4 is up, line protocol is up
Internet Address 172.30.3.1/24, Area 0
Label stack Primary label 0 Backup label 0 SRTE label 0
Process ID TT, Router ID 192.168.3.1, Network Type BROADCAST, Cost: 10000
Transmit Delay is 1 sec, State (BDR), Priority 100, MTU 1500, MaxPktSz 1500
Forward reference No, Unnumbered no, Bandwidth 1000000
Designated Router (ID) 192.168.3.2, Interface address 172.30.3.2
Backup Designated router (ID) 192.168.3.1, Interface address 172.30.3.1
Timer intervals configured, (Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5)
  Hello due in 00:00:07:370
Index 6/6, flood queue length 0
Next 0(0)/0(0)
Last flood scan length is 0, maximum is 14
Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
LS Ack List: current length 0, high water mark 5
Neighbor Count is (3), Adjacent neighbor count is (3)
  Adjacent with neighbor 192.168.2.1
  Adjacent with neighbor 192.168.2.2
  Adjacent with neighbor 192.168.3.2 (Designated Router)
Suppress hello for 0 neighbor(s)
Multi-area interface Count is 0
```

Questo router è il BDR

HelloInterval RouterDeadInterval

RxmtInterval

N.ro di adiacenze acquisite dall'interfaccia (Stato Full)

N.ro di neighbor acquisiti dall'interfaccia Gi0/0/0/4

Stato delle adiacenze (di sincronizzazione)

```
RP/0/0/CPU0:P1#show ospf neighbor
Wed Feb 28 15:00:55.857 UTC

* Indicates MADJ interface
# Indicates Neighbor awaiting BFD session up

Neighbors for OSPF TT

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
192.168.3.2     1     FULL/ -         00:00:38   172.30.12.2  GigabitEthernet0/0/0/0
Neighbor is up for 07:27:18
192.168.3.3     1     FULL/ -         00:00:37   172.30.13.3  GigabitEthernet0/0/0/1
Neighbor is up for 07:25:39
192.168.3.4     1     FULL/ -         00:00:33   172.30.14.4  GigabitEthernet0/0/0/2
Neighbor is up for 07:25:37
192.168.2.1     0     FULL/DROTHER    00:00:36   172.30.3.11  GigabitEthernet0/0/0/4
Neighbor is up for 07:27:40
192.168.2.2     0     FULL/DROTHER    00:00:36   172.30.3.12  GigabitEthernet0/0/0/4
Neighbor is up for 07:27:39
192.168.3.2     200   FULL/DR         00:00:38   172.30.3.2   GigabitEthernet0/0/0/4
Neighbor is up for 07:27:38

Total neighbor count: 6
```

RID dei *neighbor*

Priorità dei *neighbor*

Stato

Questo *neighbor* è il DR

IP sorgente dei
messaggi HELLO

Interfaccia dalla quale si
è acquisito il *neighbor*

Contenuto del LSDB

- IOS e IOS XE

```
router# show ip ospf [process-ID [area-ID]] database  
[database-summary | router | network | summary |  
asbr-summary | external | nssa-external]  
[self-originate][link-state-ID] [adv-router [RID]]
```

- IOS XR

```
RP/0/RP0/CPU0:router# show ospf [process-ID [area-ID]] database  
[database-summary | router | network | summary |  
asbr-summary | external | nssa-external]  
[self-originate][link-state-ID] [adv-router [RID]]
```

- NOTA: per brevità sono state riportate solo le opzioni più importanti e utili nelle applicazioni pratiche

Esempio

```
RP/0/0/CPU0:P1# show ospf database
```

```
Wed Feb 28 15:15:01.369 UTC
```

```
OSPF Router with ID (192.168.3.1) (Process ID TT)
```

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
192.168.2.1	192.168.2.1	1528	0x80000014	0x008664	2
192.168.2.2	192.168.2.2	1454	0x80000014	0x009a4c	2
192.168.3.1	192.168.3.1	1431	0x80000013	0x00ee5a	10
192.168.3.2	192.168.3.2	35	0x80000017	0x00e665	10
192.168.3.3	192.168.3.3	1419	0x80000012	0x0064c6	9
192.168.3.4	192.168.3.4	1942	0x80000015	0x005004	9

Nei RL LSA coincide con il RID



Nei NL LSA coincide con l'indirizzo del DR



Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
172.30.3.2	192.168.3.2	1566	0x8000000f	0x00121e

N.ro di Link annunciati



Ultima Diapositiva (finalmente ...)



Grazie per l'attenzione