

15 Marzo 2024

La Galassia del Routing IP

Il cuore dell'Internet



IV[^] puntata - OSPF multiarea

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

OSPF multiarea

#2

Link State Advertisement (LSA)

#3

Tipi di area

OSPF in area singola: problemi di scalabilità

Consumo eccessivo di banda a causa del *flooding* di LSA

Frequenti ricalcoli dei percorsi ottimi (via SPF) pesanti per la CPU

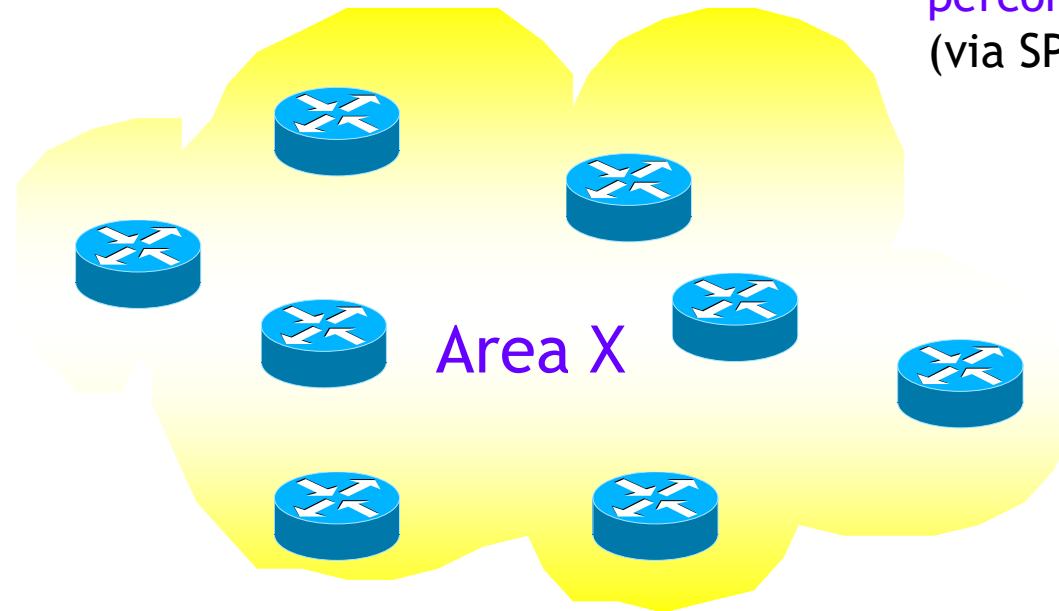
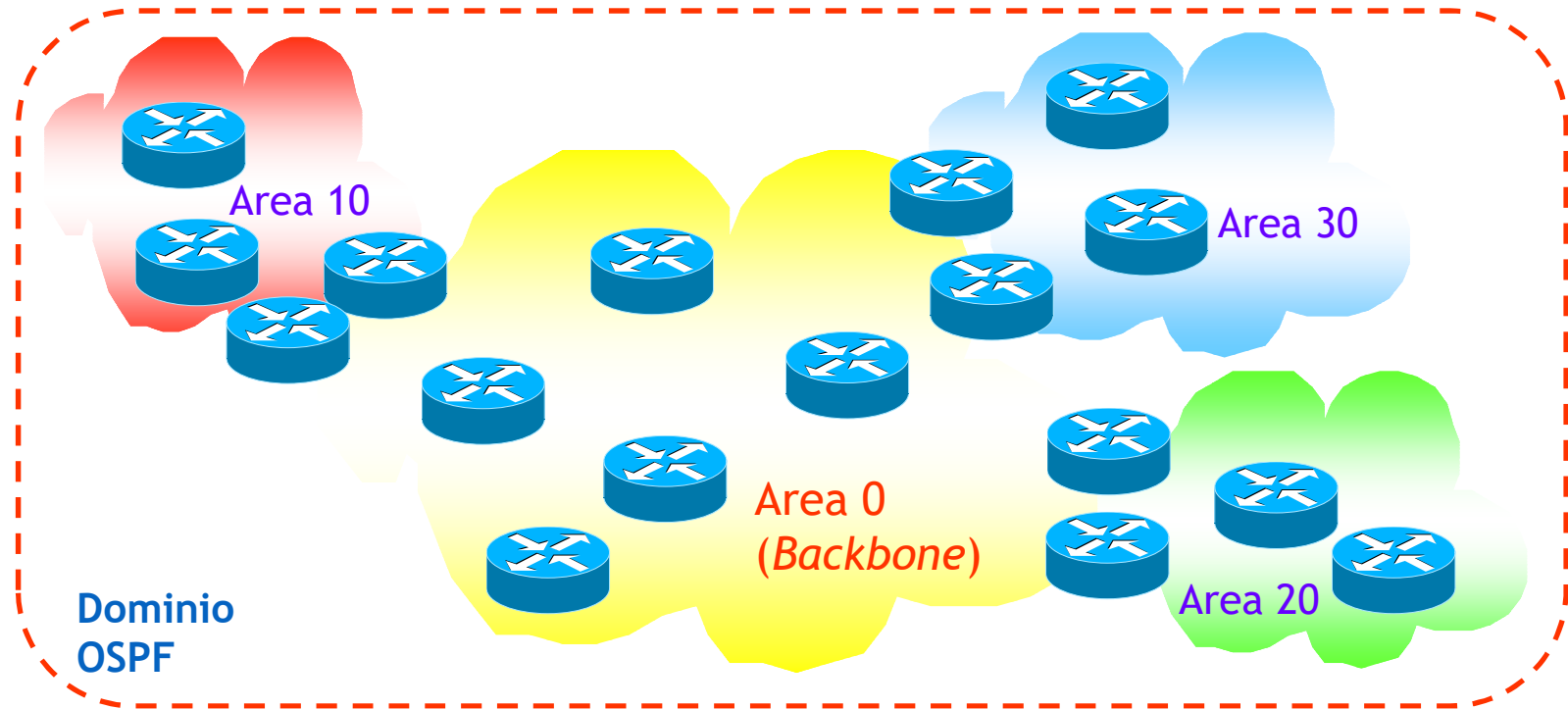


Tabelle di Routing grandi e sensibili alle variazioni

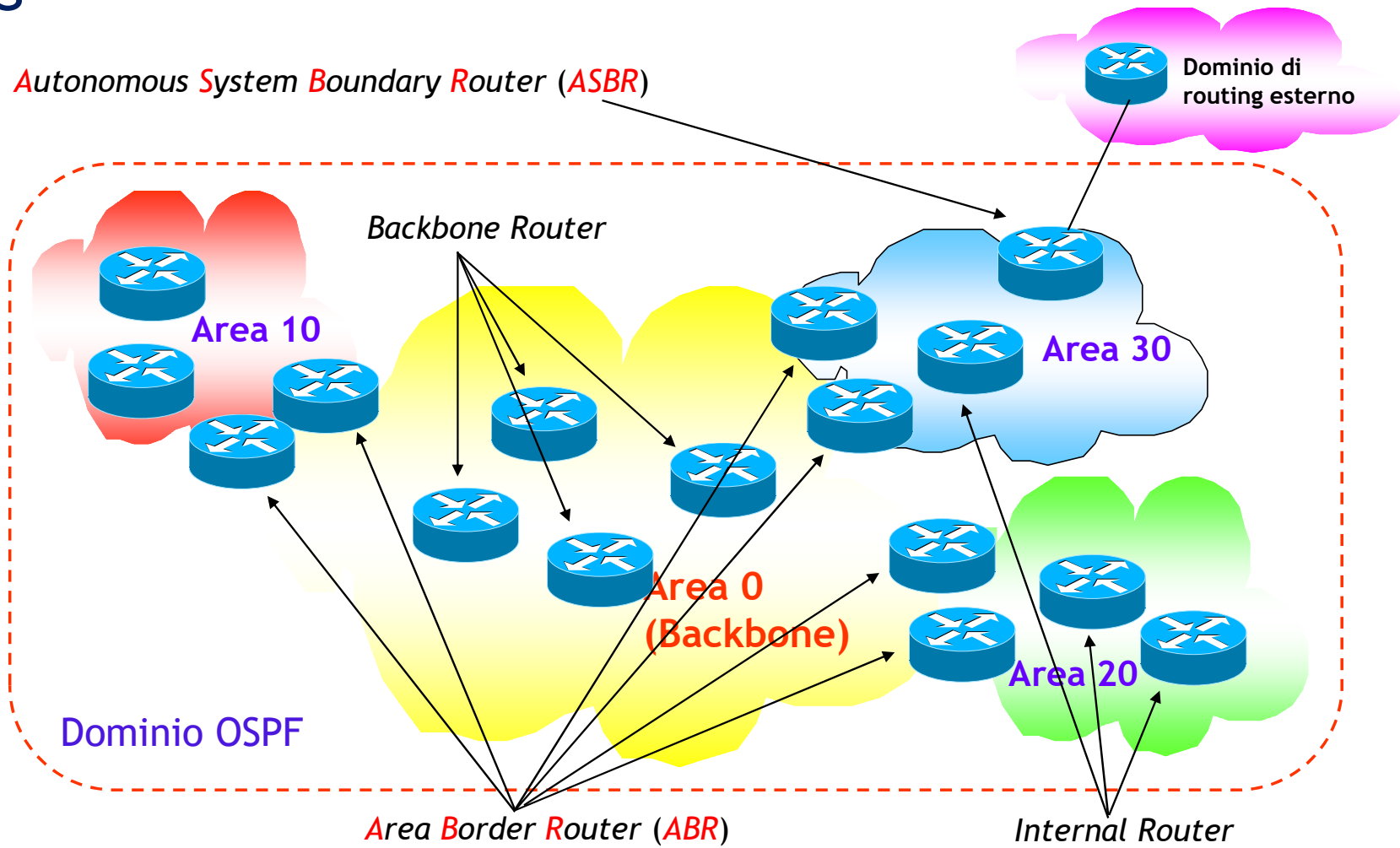
Consumo eccessivo di memoria a causa di LSDB molto grandi

OSPF multiarea



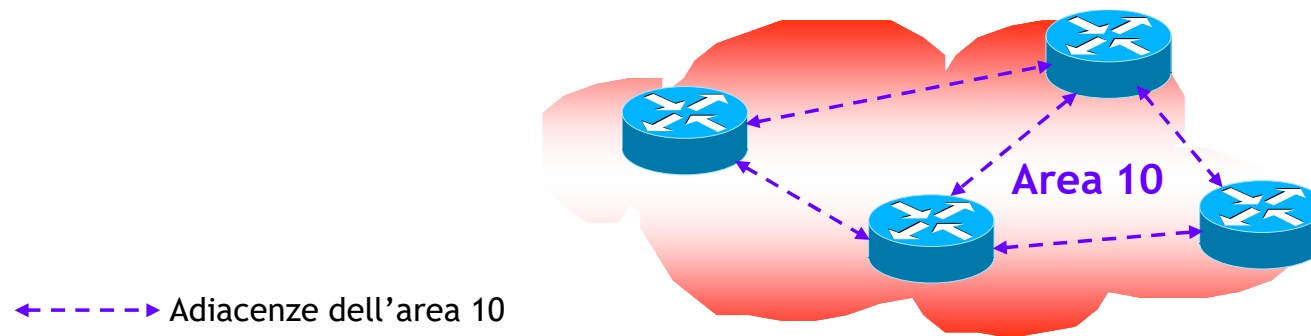
- Riduce il traffico di *routing update*
- Riduce l'ampiezza del LSDB e delle tabelle di routing
- Confina l'instabilità all'interno di una area

Tipologie di router



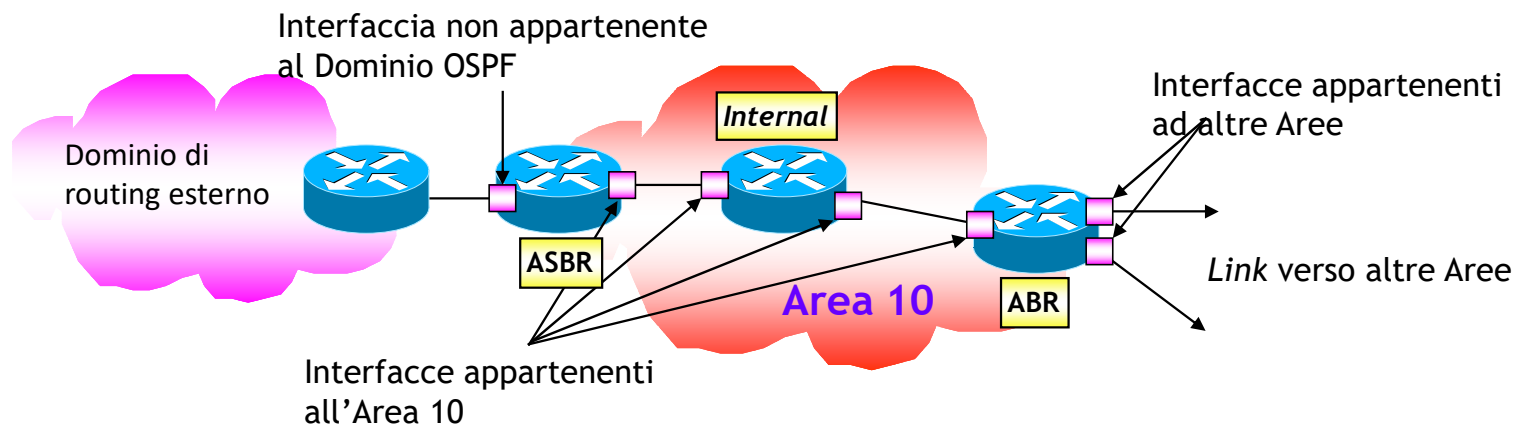
Definizione di area

- Premessa 1: ogni area è identificata da un *area-ID* (32 bit)
 - L'*area-ID* può essere scritto con notazione uguale a quella degli indirizzi IP oppure come semplice numero decimale
 - Esempi: Area 10 = Area 0.0.0.10; Area 270 = Area 0.0.1.14
- Premessa 2: ogni adiacenza OSPF appartiene ad un'area
 - Ricordare che una delle condizioni affinché si formi un'adiacenza è che i valori di *area-ID* agli estremi dell'adiacenza coincidano
- DEFINIZIONE: un'area OSPF è un insieme contiguo di adiacenze con lo stesso *area-ID*



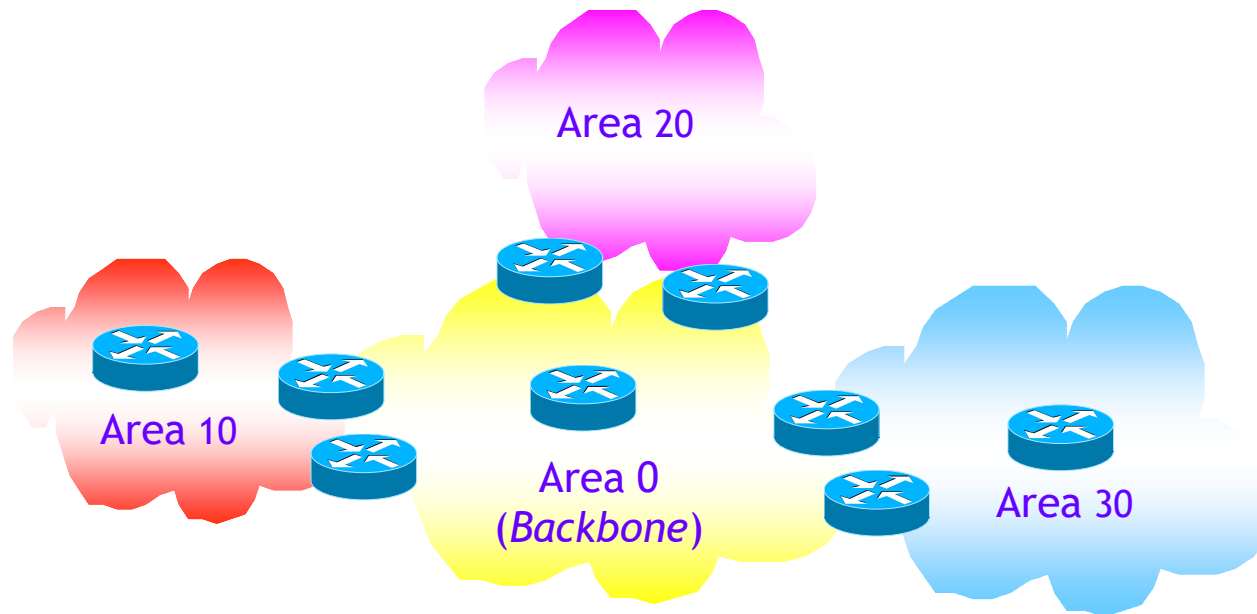
Caratteristiche delle aree (1/2)

- Il **confine** di una area è definito dagli **ABR** e **ASBR**
- Ogni **interfaccia** dei router interni o di ABR deve **appartenere ad un area OSPF**
- In un **ASBR** sole le interfacce **lato dominio OSPF** appartengono a un'area



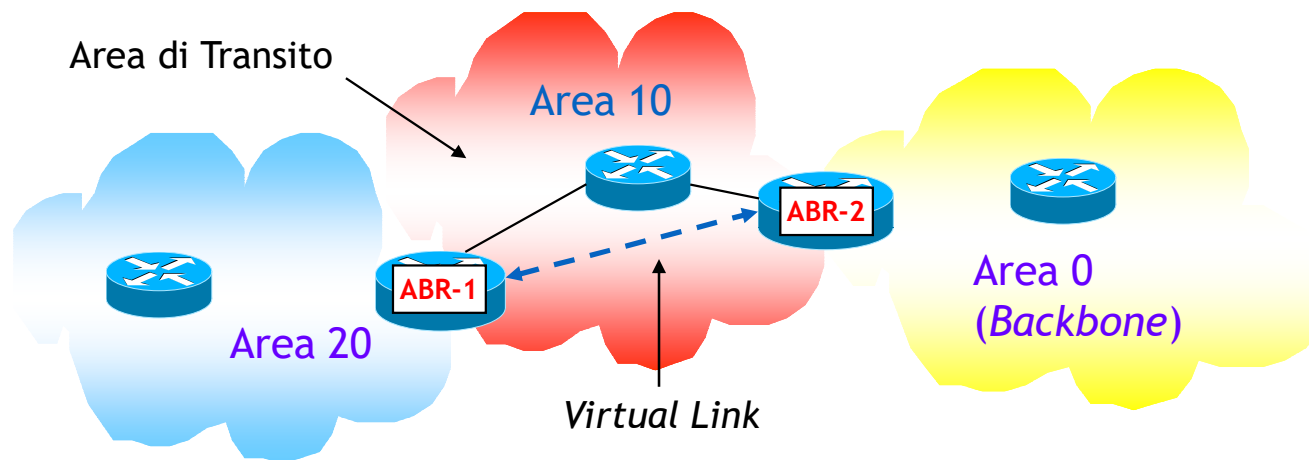
Caratteristiche delle aree (2/2)

- Deve esistere una area speciale, denominata *Area Backbone*, alla quale tutte le altre aree devono essere collegate
 - Ogni area *deve avere* (almeno) un ABR con (almeno) una interfaccia appartenente all'*Area Backbone*
 - L'*Area Backbone* ha *area-ID* = 0 = 0.0.0.0



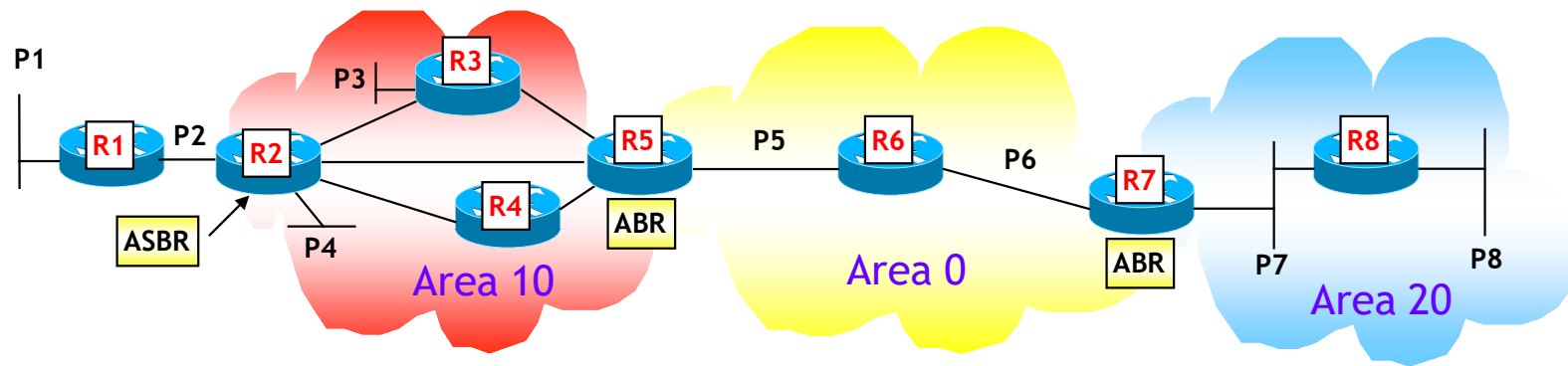
Virtual link

- Se per particolari eventi (es. integrazione di due domini OSPF, fuori servizio di un *link* o router), un'area si trova **disconnessa** dall'Area *Backbone*, è possibile creare il collegamento (*Virtual Link*) attraverso un'altra area (necessariamente connessa all'Area *Backbone*)
- Un *Virtual Link* può anche essere realizzato per **recuperare** eventuali **partizioni** dell'Area *Backbone*



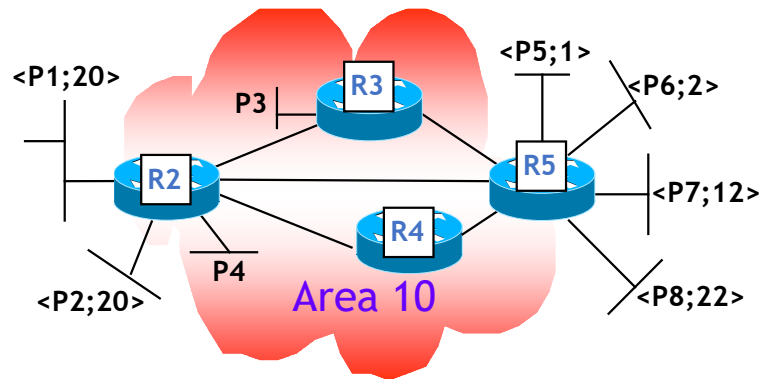
Visione della rete (1/2)

- I router di una stessa area hanno una **comune visione** della rete (hanno lo **stesso LSDB**)
 - Gli **ABR** hanno un **LSDB per ciascuna area di appartenenza**
- I prefissi **esterni** all'area sono visti come **direttamente connessi** agli ABR o ASBR (con metriche differenti)
- Esempio

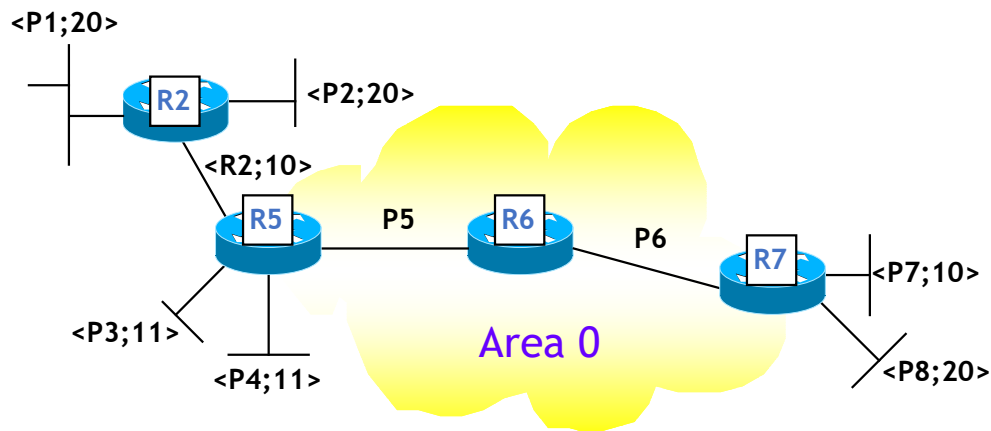


(Segue)

Visione della rete (2/2)



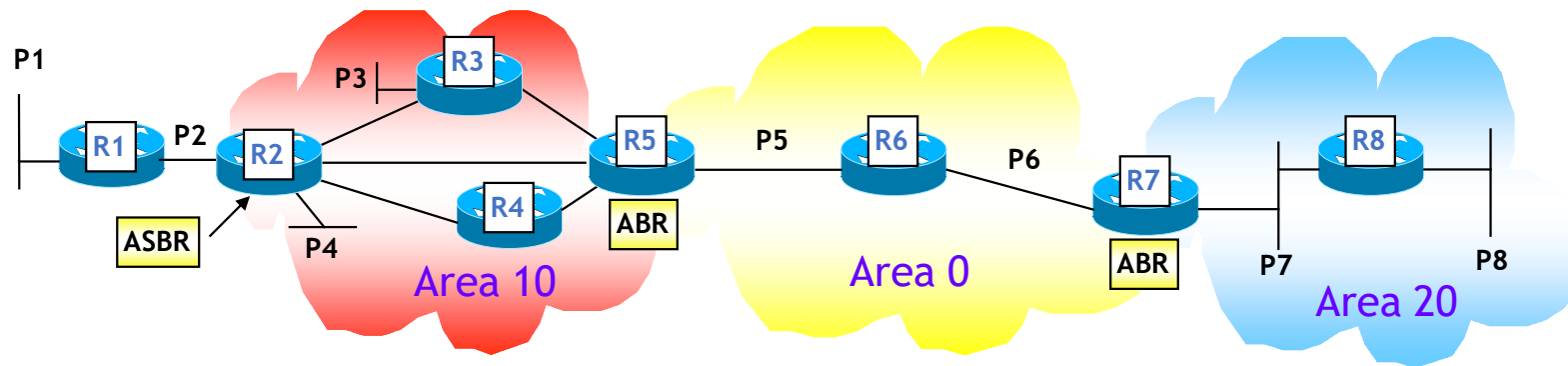
← Visione della rete da parte di un qualsiasi router dell'Area 10



← Visione della rete da parte di un qualsiasi router dell'Area 0

Tipi di percorsi

- Un percorso selezionato da OSPF può essere
 - *Intra-area*: se è interno ad un'area OSPF
 - *Inter-area*: se oltrepassa i limiti delle aree
 - *External*: se oltrepassa i limiti del dominio OSPF



P3 - P4: *Intra-area*

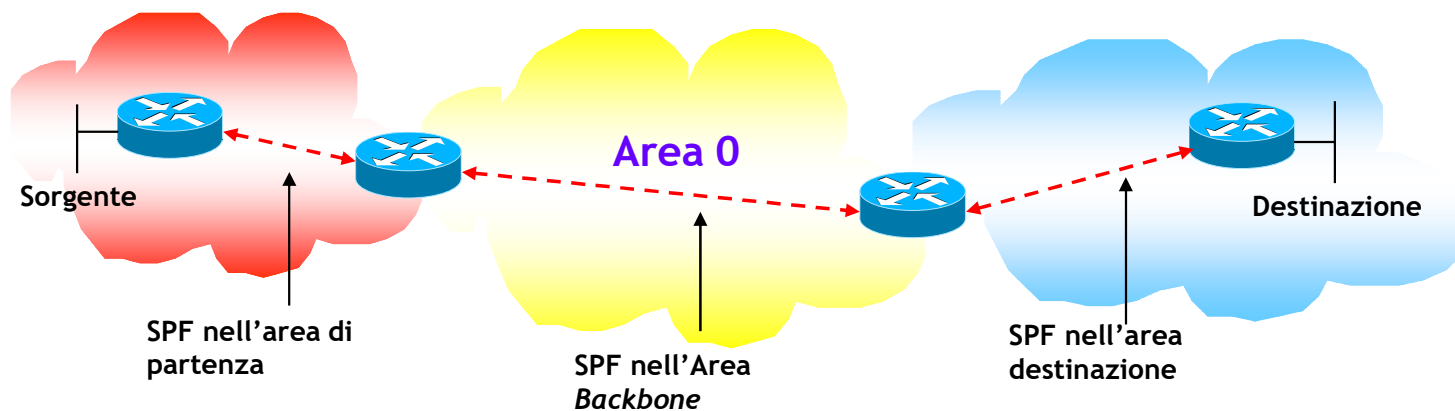
P4 - P8: *Inter-area*

P8 - P1: *External*

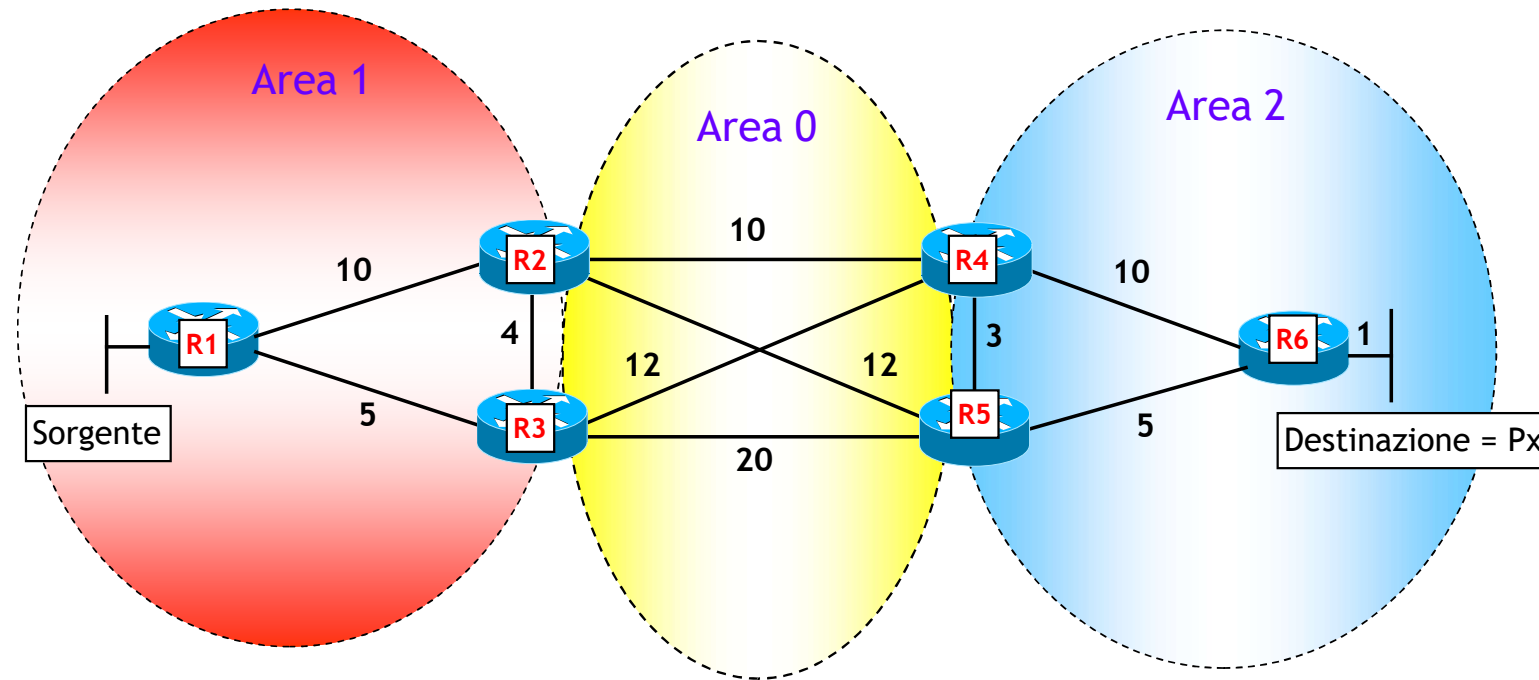
P4 - P1: *External*

Determinazione dei percorsi interni

- **Intra-area**: via SPF all'interno dell'area
- **Inter-area**: tre calcoli "locali" dell'algoritmo SPF
 - Percorso ottimo per raggiungere l'ABR "ottimo" dell'area di partenza, **tenendo conto anche del costo da ABR alla destinazione**
 - Percorso ottimo all'interno dell'Area *Backbone* tra ABR "ottimo" dell'area di partenza e ABR "ottimo" dell'area di destinazione, **tenendo conto anche del costo da quest'ultimo alla destinazione**
 - Percorso ottimo all'interno dell'area destinazione

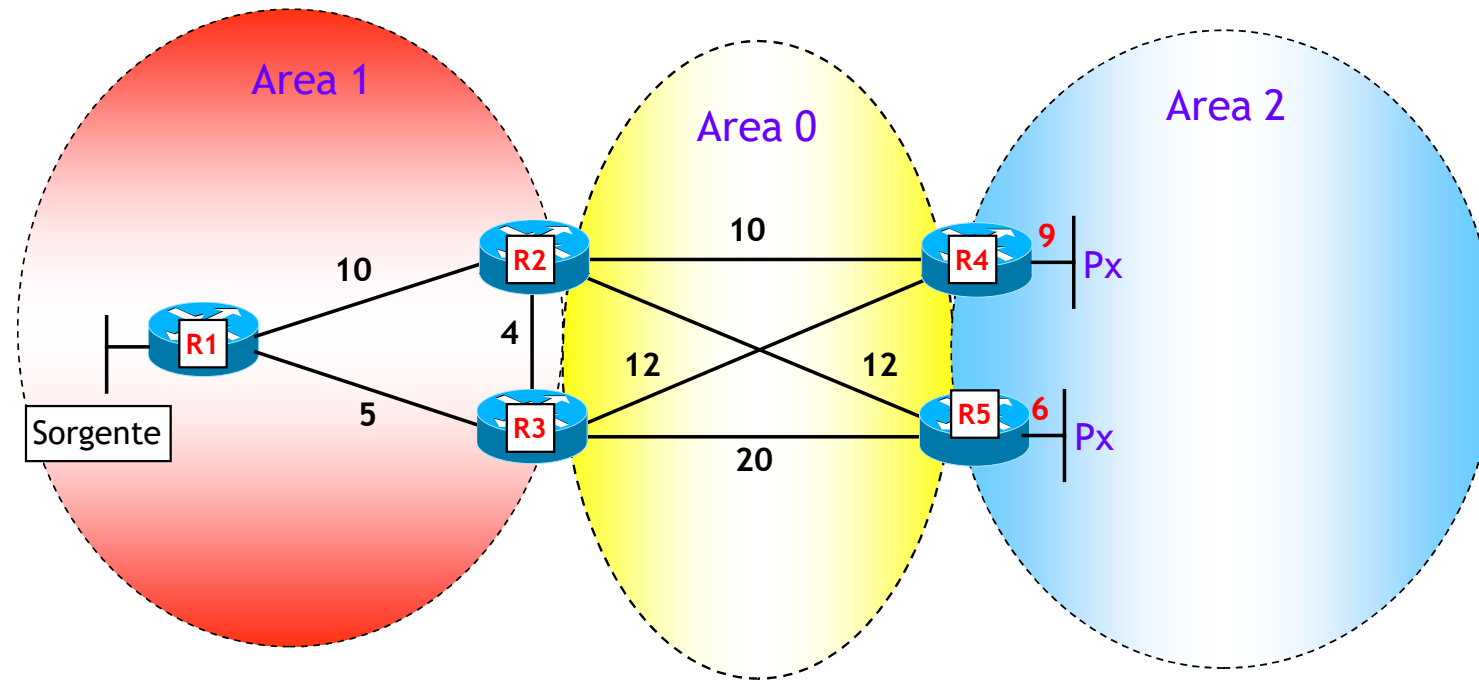


Determinazione di un percorso *inter-area*: esempio (1/4)



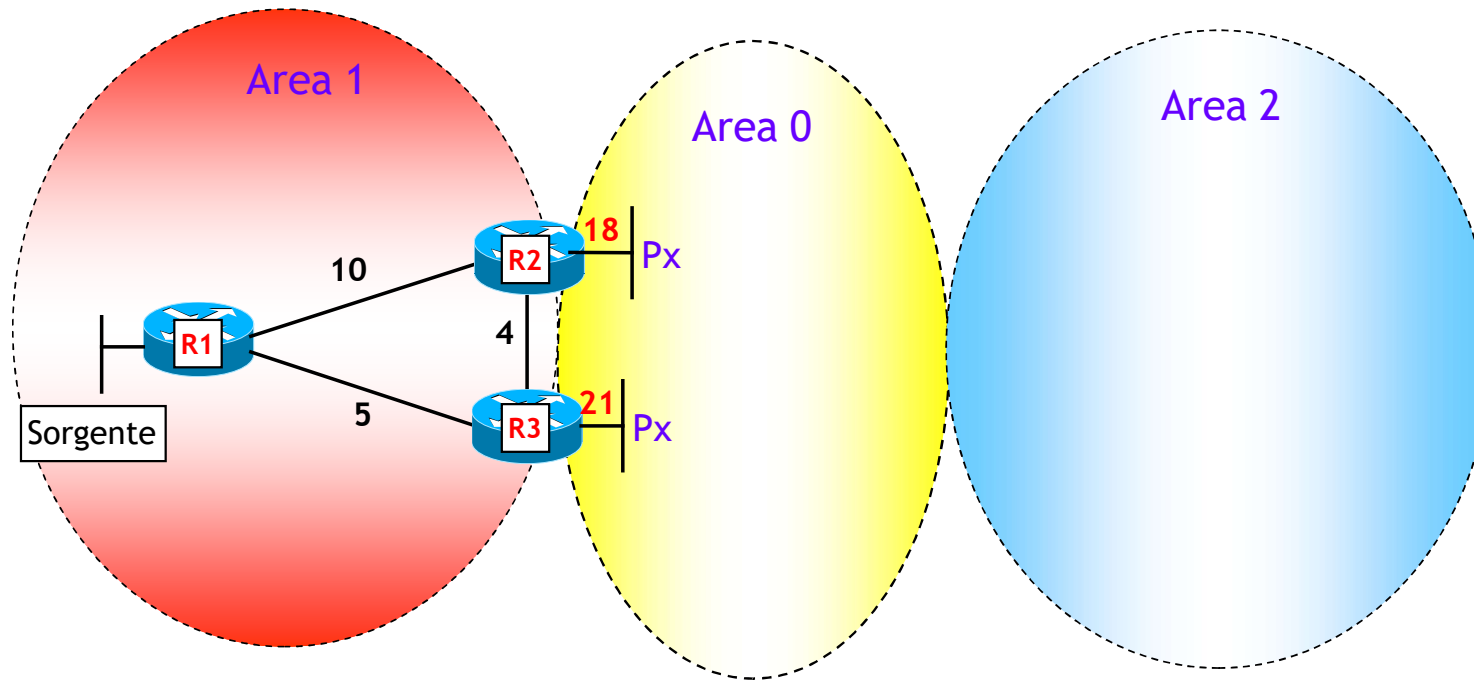
- Passo 1: determinazione del percorso ottimo nell'area 2 (via Dijkstra)
 - R4: Costo ottimo = $3 + 5 + 1 = 9$; Percorso ottimo via R5-R6
 - R5: Costo ottimo = $5 + 1 = 6$; Percorso ottimo via R6

Determinazione di un percorso *inter-area*: esempio (2/4)



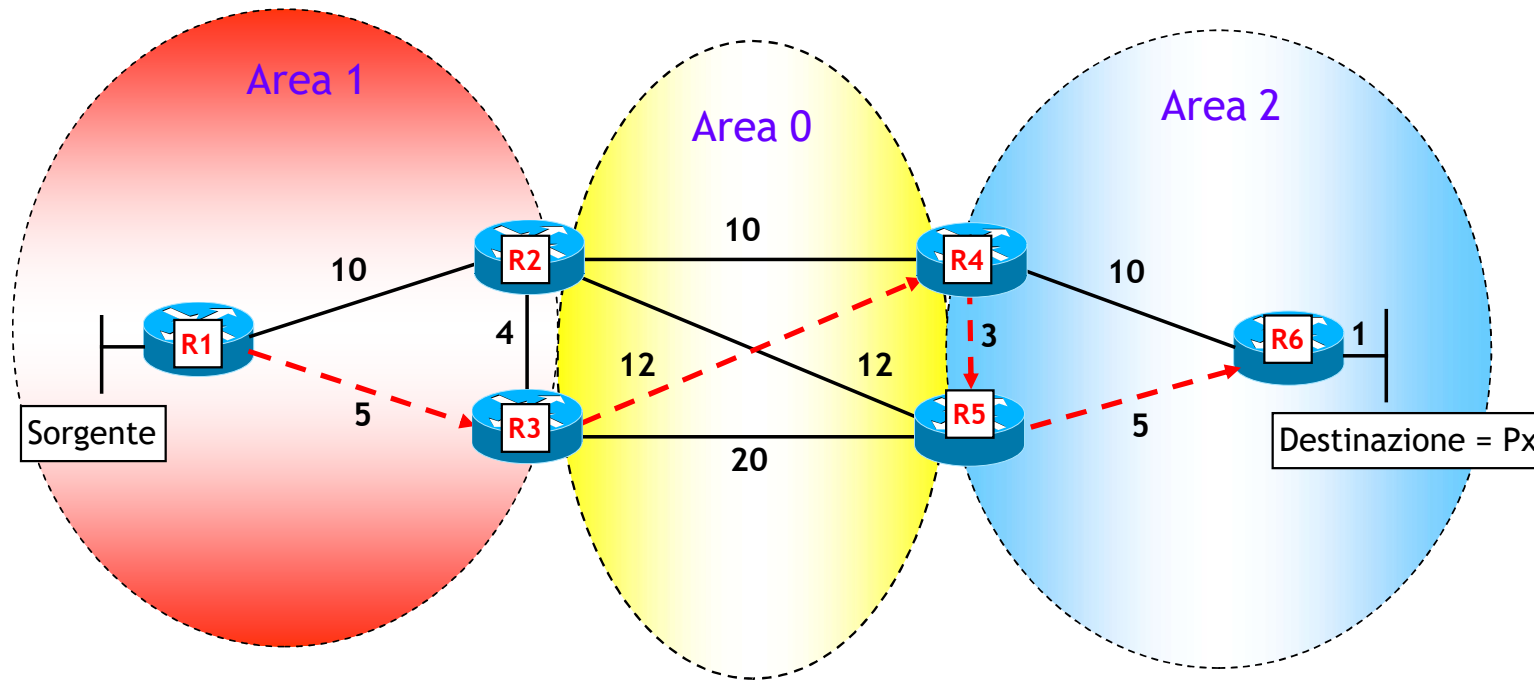
- Passo 2: determinazione del percorso ottimo nell'area 0 (via Dijkstra)
 - R2: Costo ottimo = $12 + 6 = 18$; percorso ottimo via R5
 - R3: Costo ottimo = $12 + 9 = 21$; percorso ottimo via R4

Determinazione di un percorso *inter-area*: esempio (3/4)



- Passo 3: determinazione del percorso ottimo nell'area 1 (via Dijkstra)
 - R1: Costo ottimo = $5 + 21 = 26$; percorso ottimo **via R3**

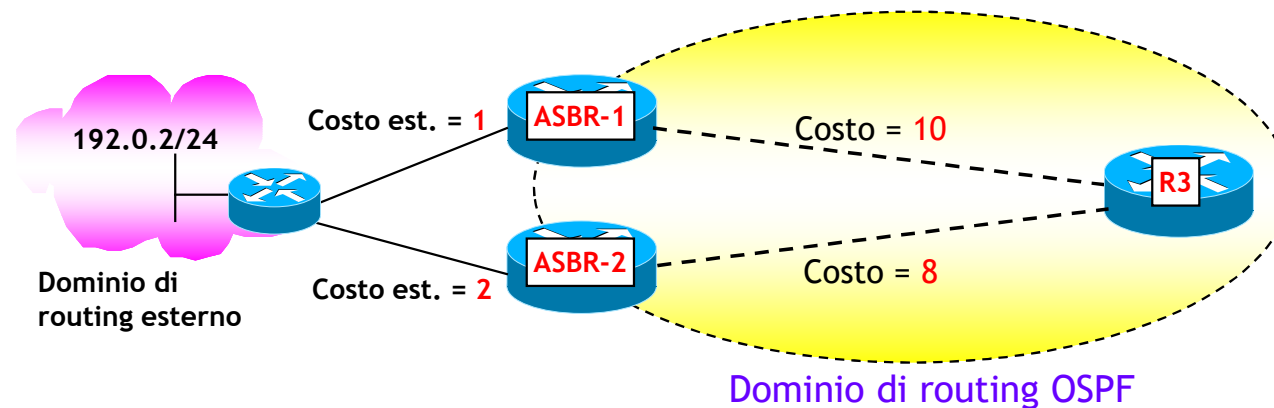
Determinazione di un percorso *inter-area*: esempio (4/4)



- Percorso ottimo finale: $R1 \rightarrow R3 \rightarrow R4 \rightarrow R5 \rightarrow R6$
- Costo ottimo: $5 + 12 + 3 + 5 + 1 = 26$

Determinazione dei percorsi esterni

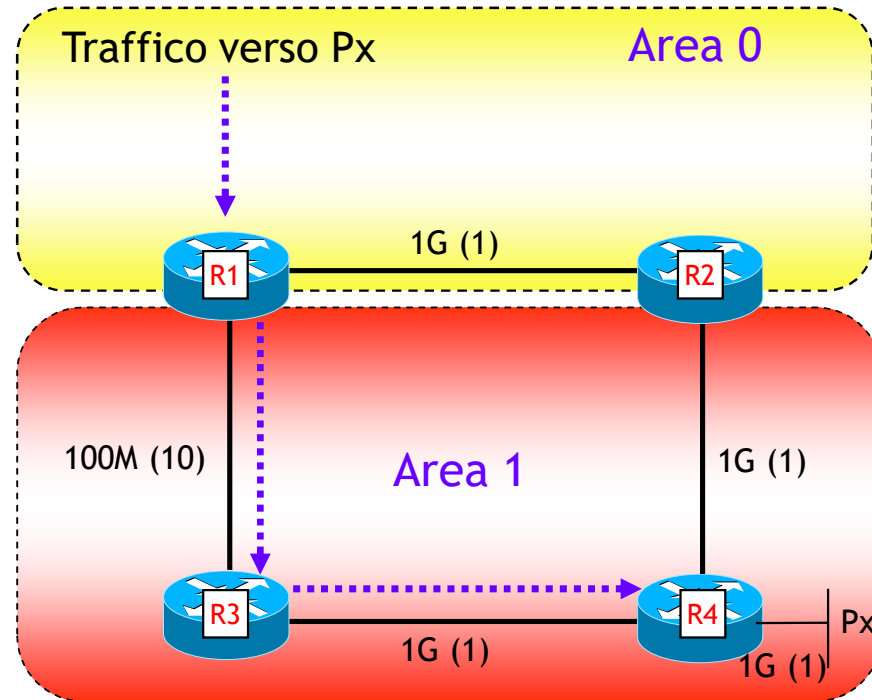
- OSPF prevede **due tipi di percorsi *External***, differenziati dal calcolo del **costo totale** fino alla destinazione esterna
 - ***External* di tipo 1 (E1)**: il costo totale è la somma del costo verso l'ASBR che annuncia la destinazione e il costo esterno
 - ***External* di tipo 2 (E2)**: il costo totale è dato dal solo costo esterno
- Esempio: cammino ottimo da R3 verso 192.0.2/24
 - **E1**: Costo ottimo = $8 + 2 = 10$ - percorso ottimo via ASBR-2
 - **E2**: Costo ottimo = 1 - percorso ottimo via ASBR-1



Scelta del percorso

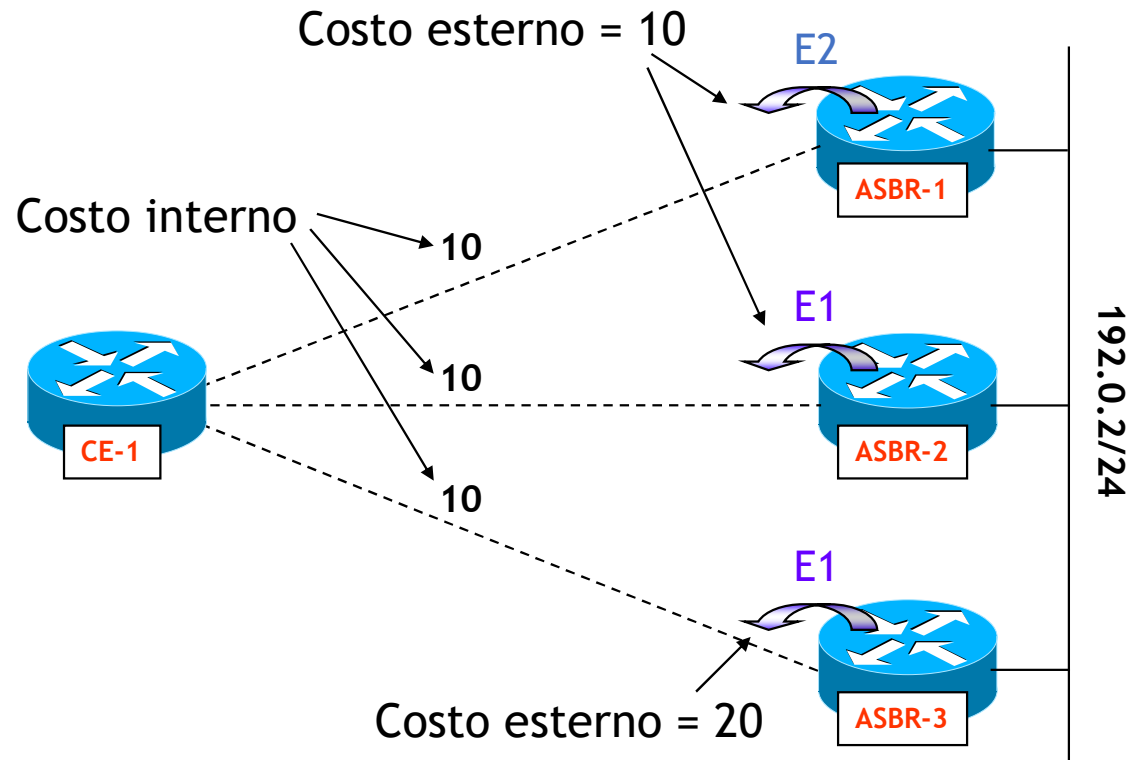
- Quando un router ha più percorsi OSPF verso un determinato prefisso, la scelta del percorso ottimo avviene secondo il seguente ordine
 - *Intra-area*
 - *Inter-area*
 - *External di tipo 1 (E1)*
 - *External di tipo 2 (E2)*
- Quando esistono più percorsi dello stesso tipo viene scelto quello a **costo minore**
 - Nel caso di percorsi E2 con identico costo esterno, viene scelto quello con costo minore verso l'ASBR
- Quando più percorsi dello stesso tipo hanno lo stesso costo (minimo) il traffico può essere **ripartito** in modo uguale tra questi (*load balancing*)

Scelta del percorso: esempio 1



- Il percorso scelto da R1 verso il prefisso Px è quello **attraverso i router R3 e R4** (costo totale = $10 + 1 + 1 = 12$)
 - Anche se il **percorso a costo minimo** è $R1 \rightarrow R2 \rightarrow R4 \dots$
 - Per ottenere un cammino ottimo è necessario utilizzare adiacenze multi-area

Scelta del percorso: esempio 2



- Il percorso scelto da CE-1 verso la rete 192.0.2/24 è quello **attraverso il router ASBR-2** (costo totale = 10 + 10 = 20)

Tipi di LSA

Ehi, qui ci sono più aree, ho bisogno di diversi tipi di LSA

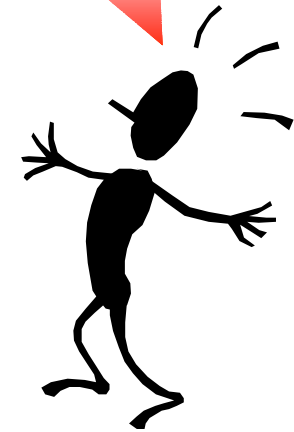


Area Singola	Multiarea
<i>Router Link</i> LSA (tipo 1)	<i>Router Link</i> LSA (tipo 1)
<i>Network Link</i> LSA (tipo 2)	<i>Network Link</i> LSA (tipo 2)
<i>AS External Link</i> LSA (tipo 5)	<i>Summary Link</i> LSA (tipo 3)
	<i>ASBR Summary Link</i> LSA (tipo 4)
	<i>AS External Link</i> LSA (tipo 5)
	<i>NSSA External Link</i> LSA (tipo 7)

Tipi di aree

Area Singola	Multiarea
<i>Standard</i>	<i>Backbone</i>
	<i>Standard</i>
	<i>Stub</i>
	<i>Totally Stub</i>
	<i>Not-So-Stubby Area (NSSA)</i>
	<i>Totally NSSA</i>

Credo sia opportuno utilizzare differenti tipologie di aree



Di cosa parlerò ...

#1

OSPF multiarea

#2

Link State Advertisement (LSA)

#3

Tipi di aree

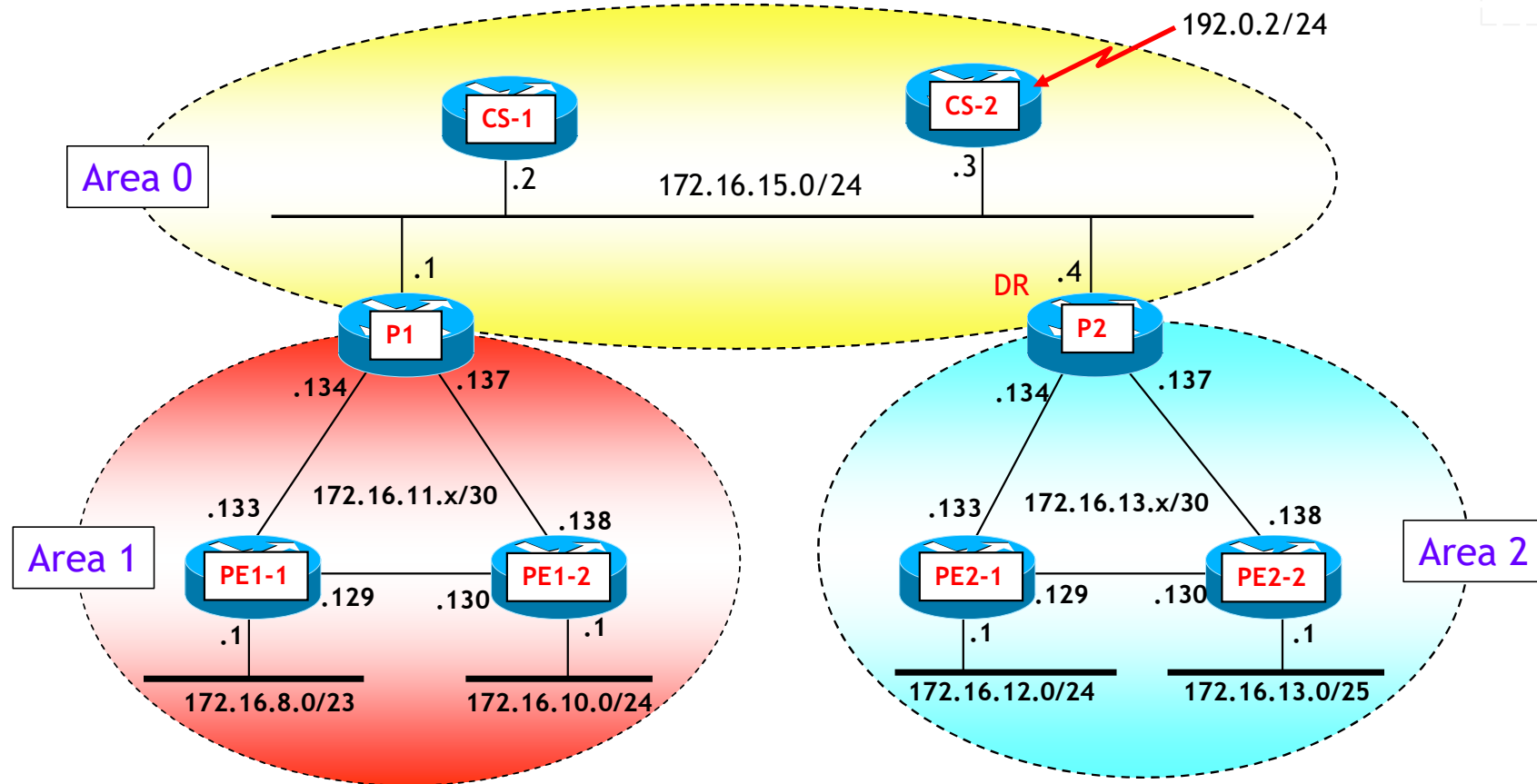
Tipi di LSA

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

Le tre "dimensioni" dei LSA

- Chi li genera?
 - Gli ABR, ciascun router, i DR, gli ASBR?
- Quale è l'ambito di diffusione?
 - L'area, l'intero dominio OSPF?
- Che tipo di informazioni trasportano?
 - *Stub network*, adiacenze, metriche, prefissi esterni/inter-area, ...?

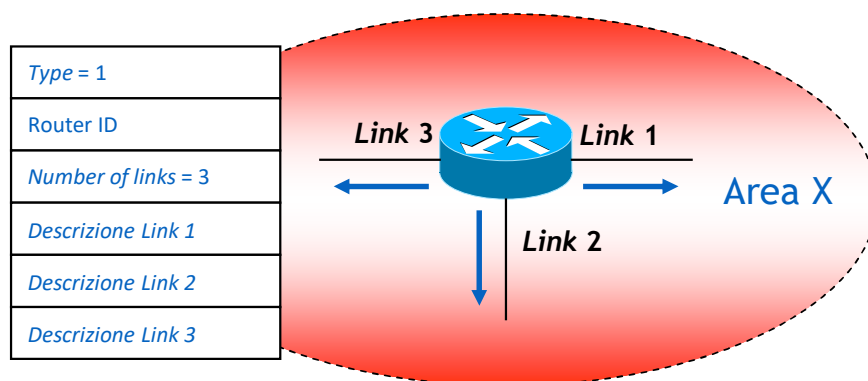
Rete esempio



RID PEx-y = 192.168.0.xy ; RID Px = 192.168.1.x ; RID CS-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

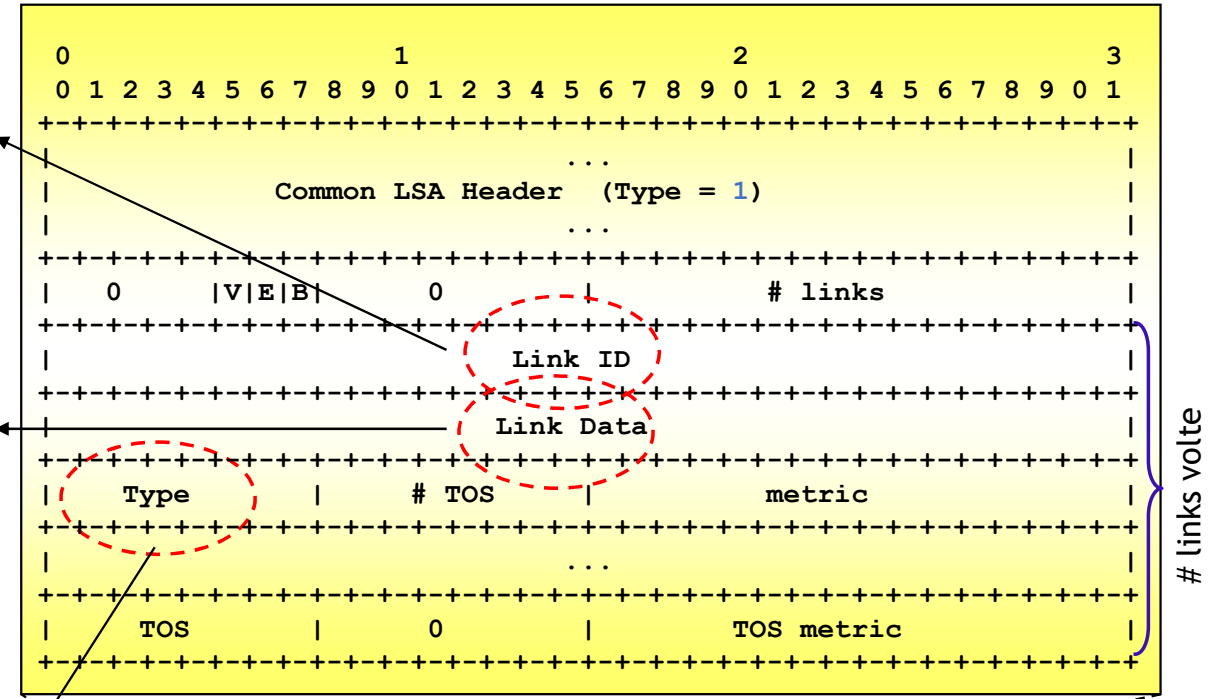


RL LSA: formato

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

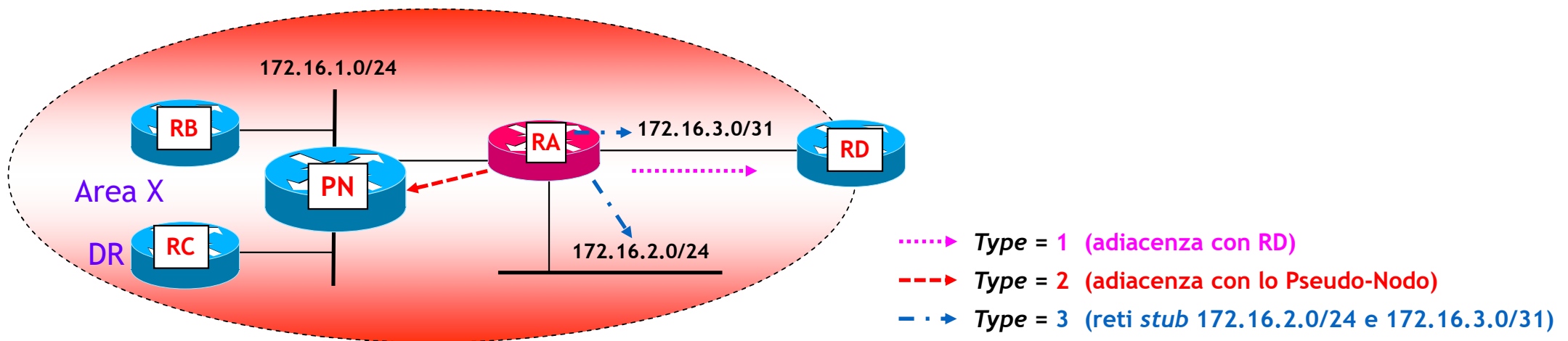
Type = 1,2,4: Indirizzo IP dell'interfaccia
 Type = 3: Subnet Mask

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



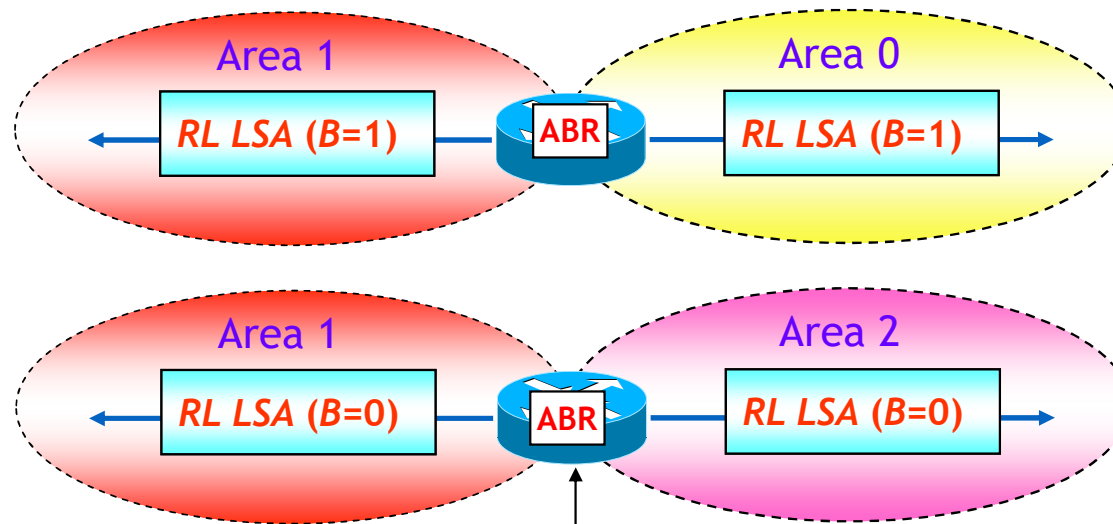
LSDB e reti periferiche

- 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**



Note sul *bit B*

- Il bit *B* presente nei *RL LSA* viene posto a 1 se e solo se il router che lo genera è un ABR
- Differenza tra le implementazioni Cisco e Juniper
 - L'implementazione Cisco di OSPF considera un router un ABR se e solo se ha almeno una interfaccia (fisica o virtuale) non *down* collegata all'area *backbone*
 - L'implementazione Juniper di OSPF considera un router tra due aree sempre un ABR



L'implementazione Cisco non considera questo router un ABR, l'implementazione Juniper si

Router Link LSA nella rete esempio

- RL LSA generato nell'area 2 dal router PE2-1 (RID = 192.168.0.21), visualizzato nel LSDB del router P2 (RID = 192.168.1.2)

```
P2# show ip ospf database router 192.168.0.21
      OSPF Router with ID (192.168.1.2) (Process ID 2)

      Router Link States (Area 2)

LS age: 1525
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 192.168.0.21
Advertising Router: 192.168.0.21
LS Seq Number: 80000007
Checksum: 0xF8B2
Length: 84
  Number of Links: 5

  Link connected to: another Router (point-to-point)
    (Link ID) Neighboring Router ID: 192.168.0.22
    (Link Data) Router Interface address: 172.16.13.129
    Number of TOS metrics: 0
    TOS 0 Metrics: 1

  Link connected to: a Stub Network
    (Link ID) Network/subnet number: 172.16.13.128
    (Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
    Number of TOS metrics: 0
    TOS 0 Metrics: 1
```

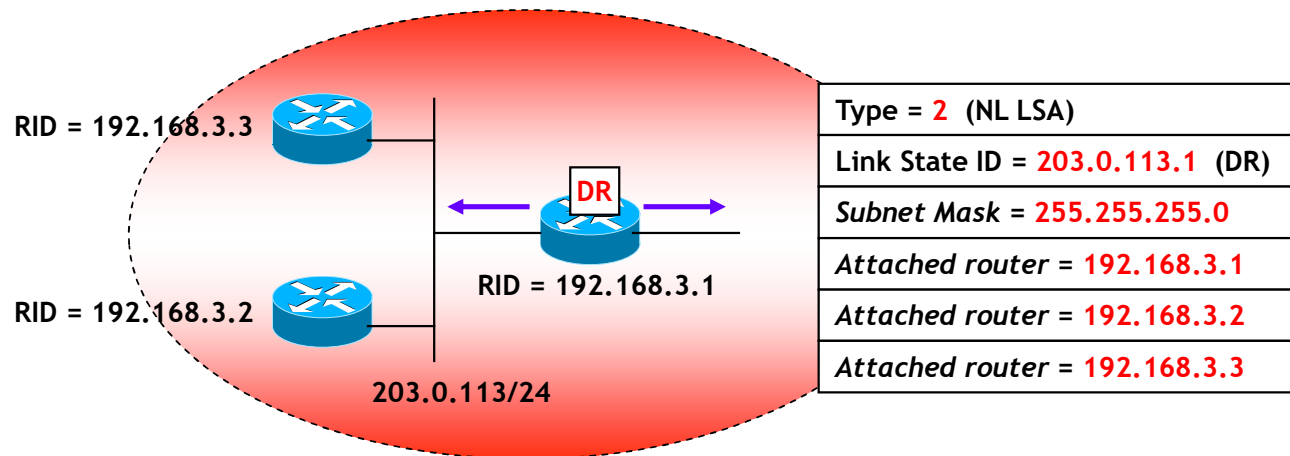
```
Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID:
192.168.1.2
(Link Data) Router Interface address:
172.16.13.133
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 64

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number:
172.16.13.132
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 64

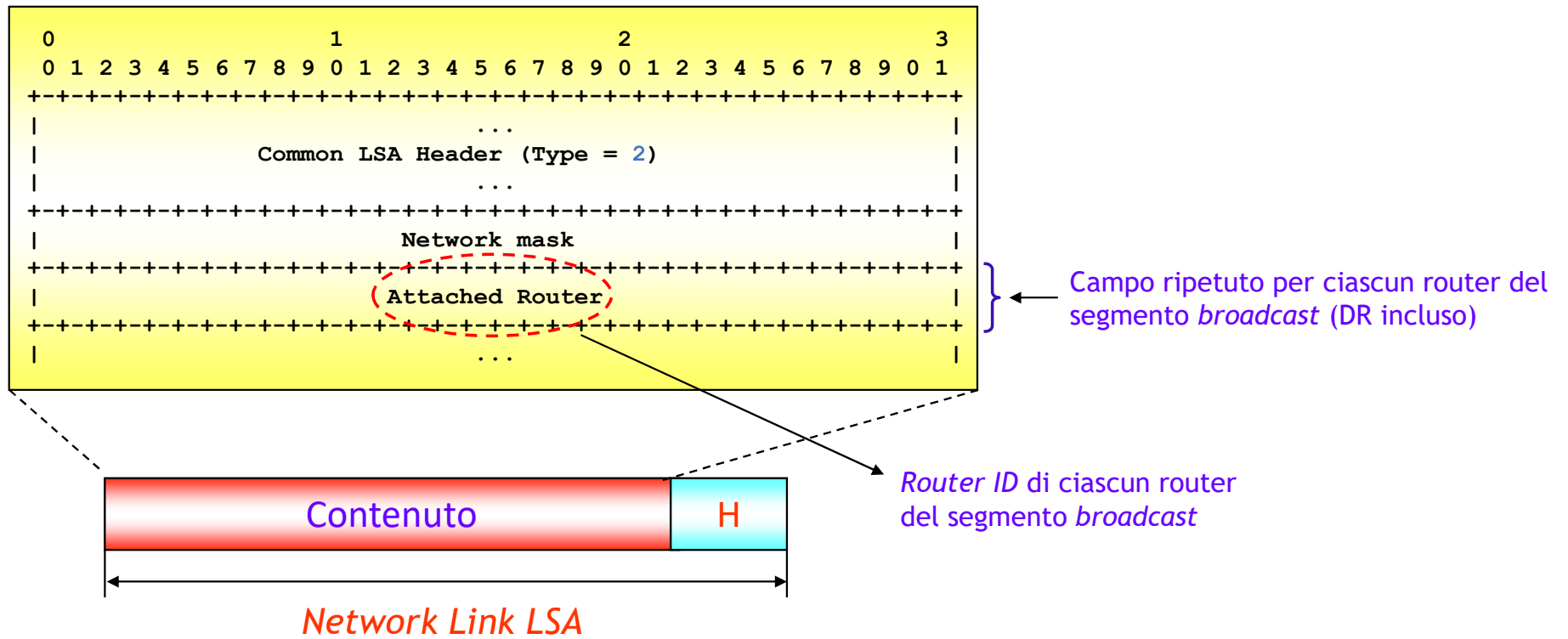
Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number:
172.16.12.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 10
```

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



Network Link LSA nella rete esempio

- NL LSA generato nell'area 0 dal DR P2 (RID = 192.168.1.2), visualizzato nel LSDB del router CS-2 (RID = 192.168.2.2)

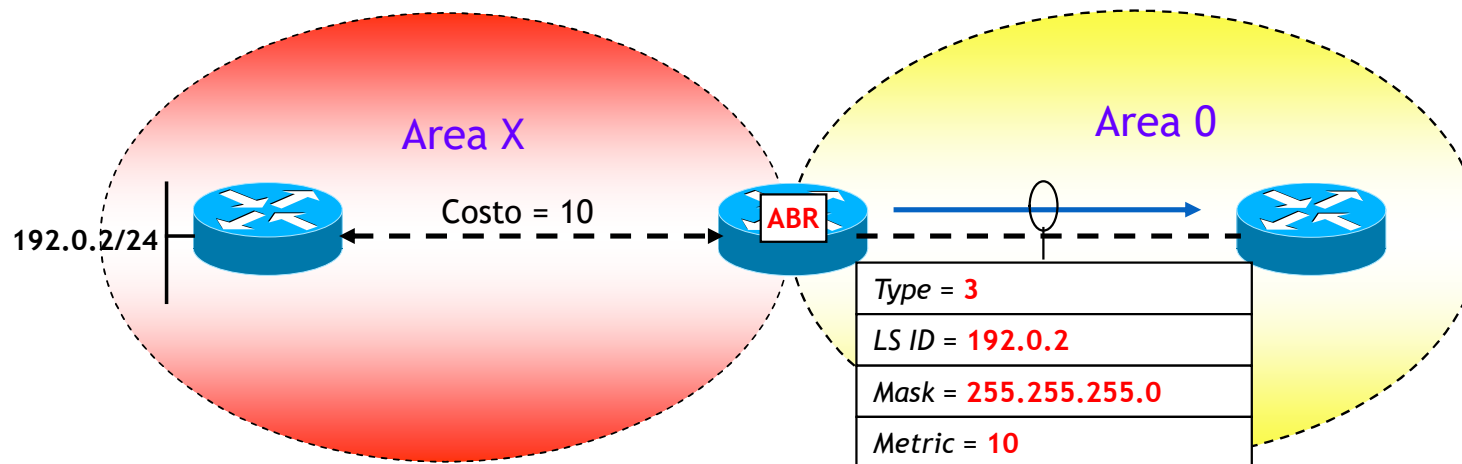
```
CS-2# show ip ospf database network
      OSPF Router with ID (192.168.2.2) (Process ID 2)

      Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA
LS age: 1445
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Network Links
Link State ID: 172.16.15.4 (address of Designated Router)
Advertising Router: 192.168.1.2
LS Seq Number: 8000000E
Checksum: 0x5902
Length: 40
Network Mask: /24
    Attached Router: 192.168.1.2
    Attached Router: 192.168.2.1
    Attached Router: 192.168.1.1
    Attached Router: 192.168.2.2
```

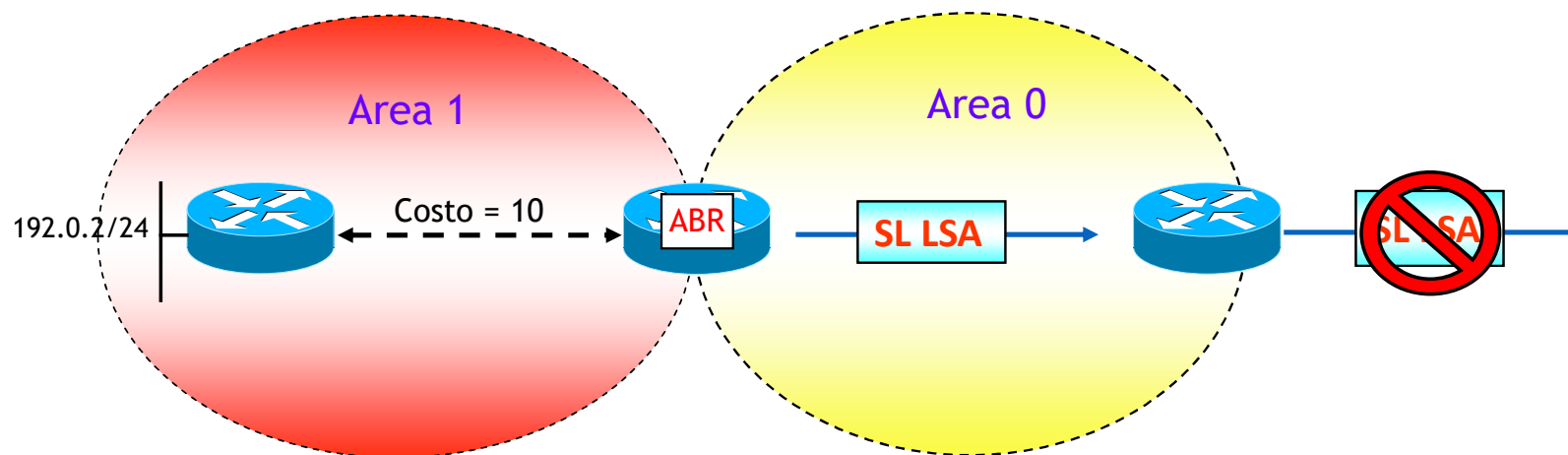
Summary Link LSA (SL LSA)

- I *SL LSA* sono generati dagli *ABR* per annunciare all'area *backbone* i (soli) prefissi delle aree *non backbone* a cui è collegato (aggregati o no)
 - Contengono prefisso/*netmask* del prefisso IP annunciato e il costo minimo tra l'ABR e il prefisso
 - NOTA: ogni *SL LSA* contiene solo le informazioni di un singolo prefisso IP
- I *SL LSA* che un *ABR* riceve dall'area *backbone* sono rigenerati su tutte le aree a cui l'ABR è collegato



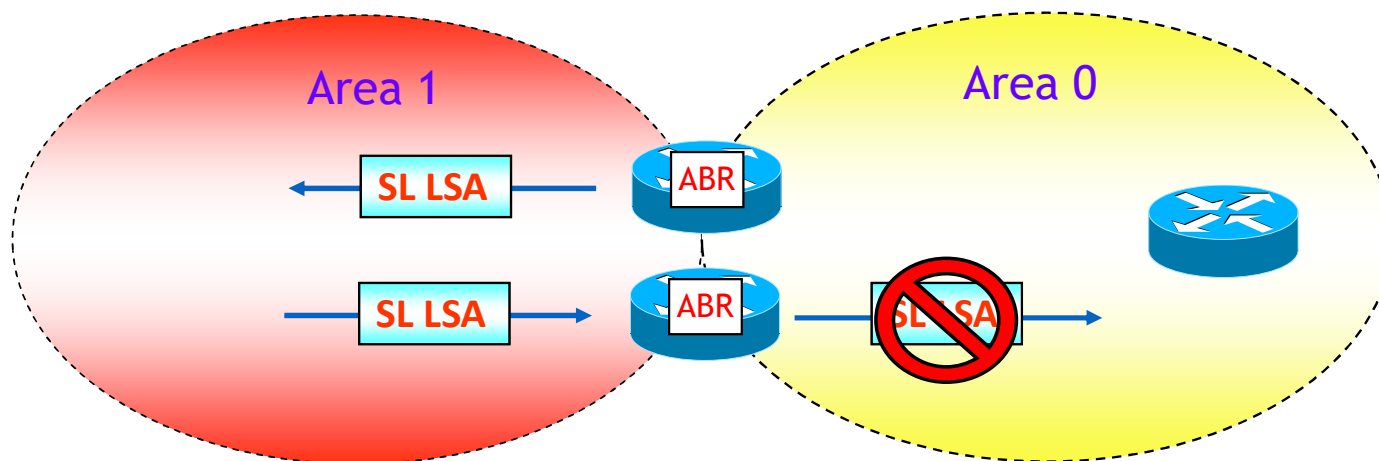
SL LSA: Regole di propagazione (1/4)

- REGOLA N.1: i SL LSA generati da un ABR sono propagati (via *flooding*) solo sull'area dove vengono inoltrati



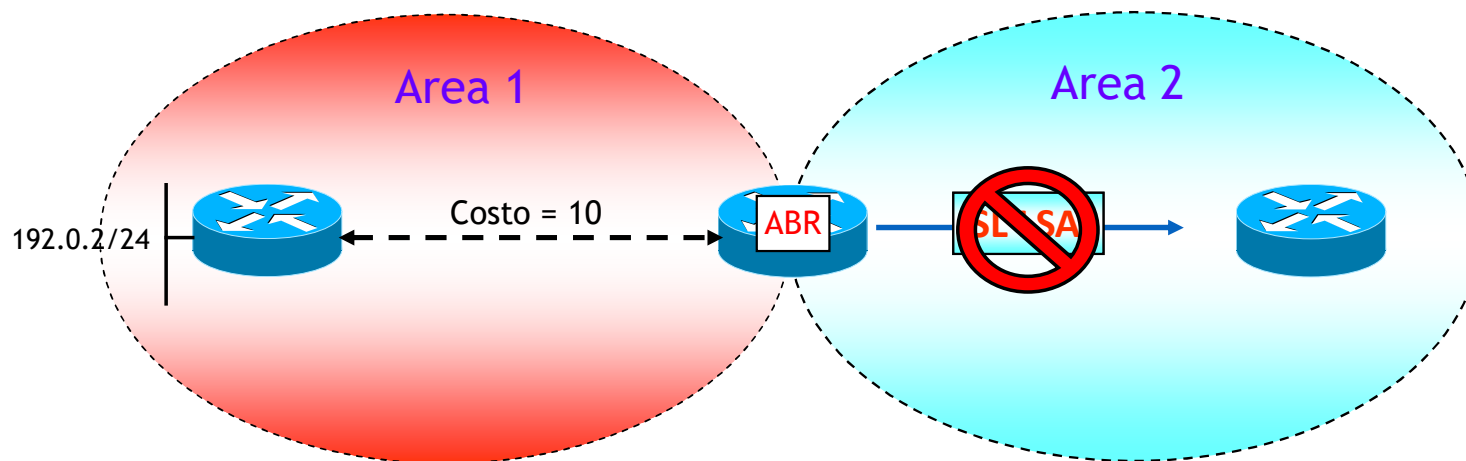
SL LSA: Regole di propagazione (2/4)

- REGOLA N.2: i SL LSA provenienti da aree *non backbone* non vengono rigenerati nell'area *backbone*



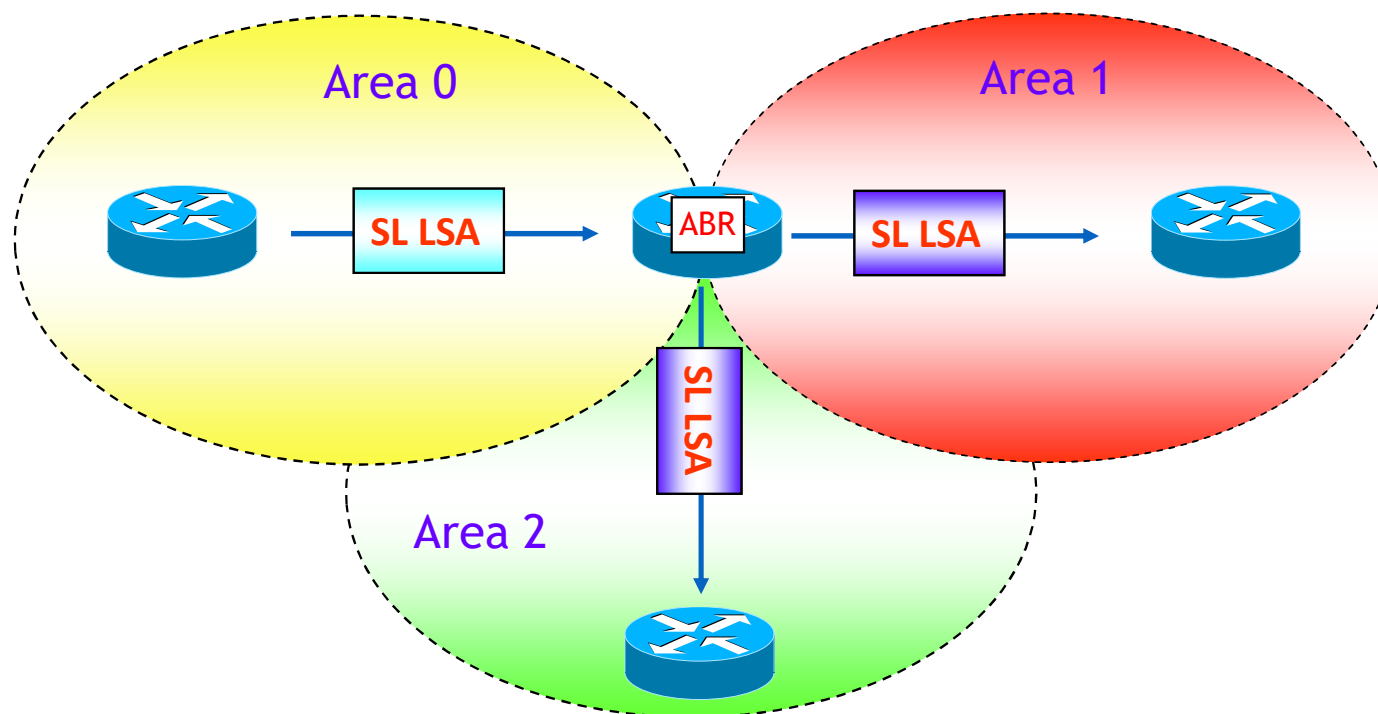
SL LSA: Regole di propagazione (3/4)

- REGOLA N.3: un ABR non genera mai SL LSA in aree non *backbone* a meno che l'ABR non abbia almeno una interfaccia nell'area *backbone*
 - NOTA: questa è in realtà una regola dei router Cisco. Non vale ad esempio nei router Juniper

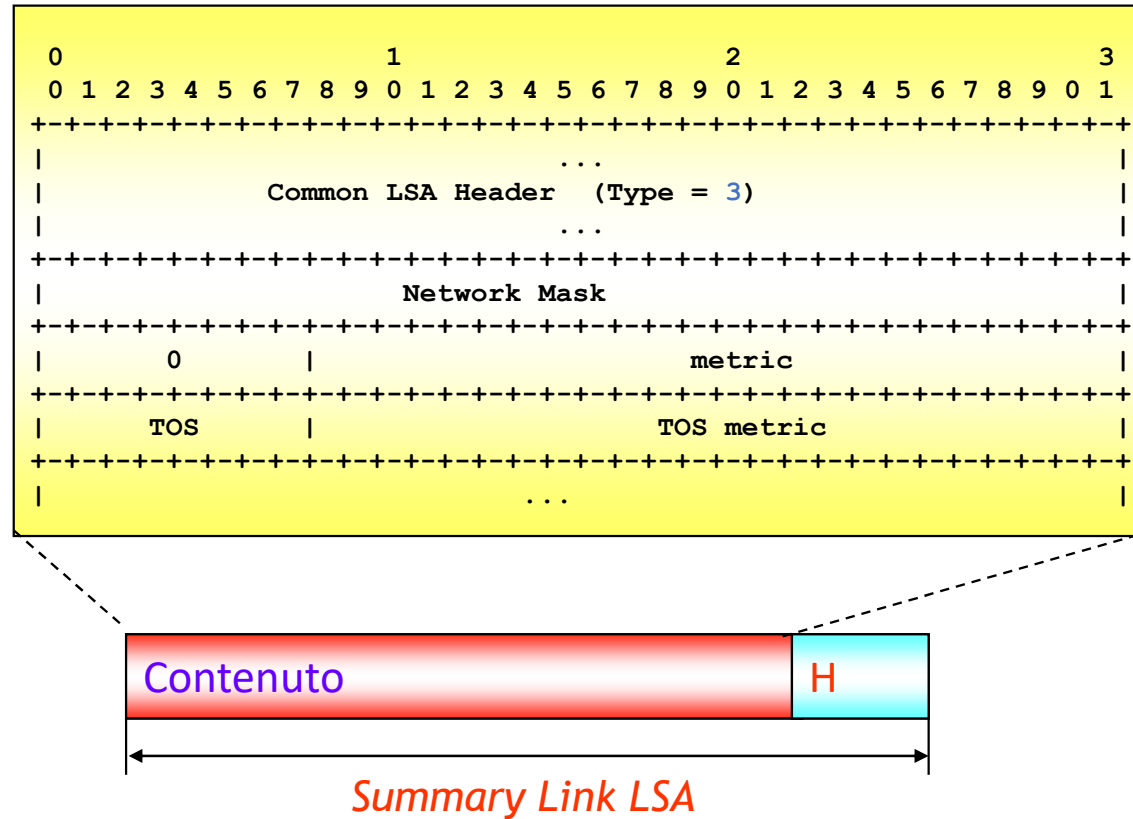


SL LSA: Regole di propagazione (4/4)

- REGOLA N.4: i SL LSA provenienti dall'area backbone **vengono rigenerati in tutte le aree non backbone**



SL LSA: formato



- NOTA: il prefisso annunciato è contenuto nel campo *Link State ID* dell'intestazione del *SL LSA*

SL LSA nella rete esempio

- SL LSA generato nell'area 0 dall'ABR P2 (RID = 192.168.1.2), visualizzato nel LSDB del router CS-2 (RID = 192.168.2.2), per annunciare il prefisso 172.16.12.0/24

```
CS-2# show ip ospf database summary 172.16.12.0

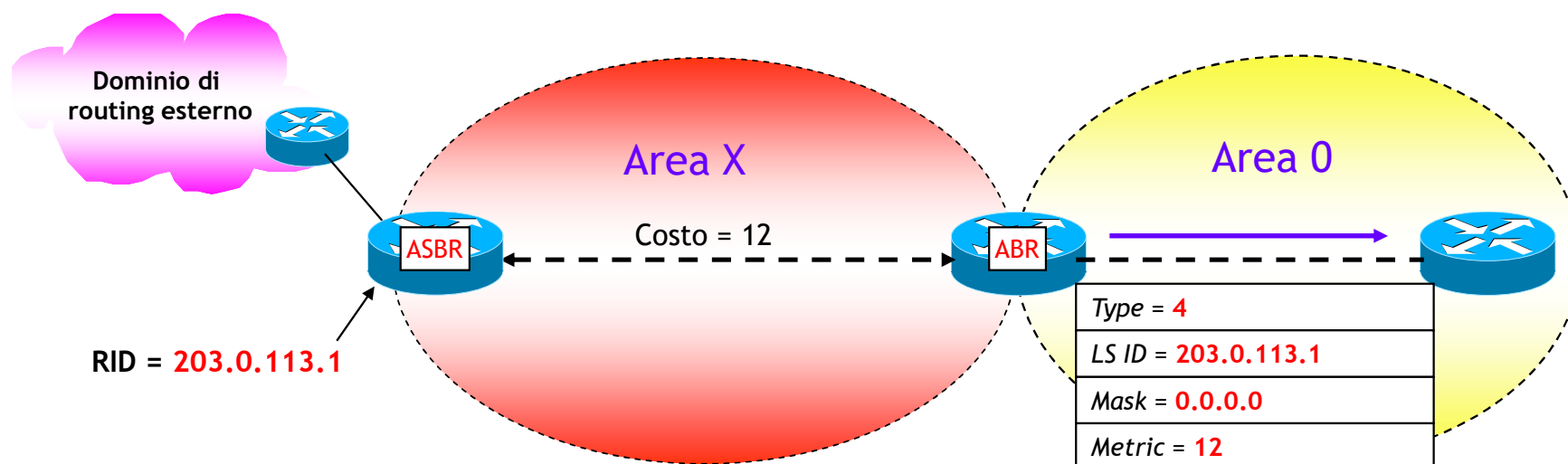
      OSPF Router with ID (192.168.2.2) (Process ID 2)

          Summary Net Link States (Area 0)

Routing Bit Set on this LSA
LS age: 1170
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Summary Links(Network)
Link State ID: 172.16.12.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 192.168.1.2
LS Seq Number: 8000000D
Checksum: 0x3A14
Length: 28
Network Mask: /24
      TOS: 0 Metric: 74
```

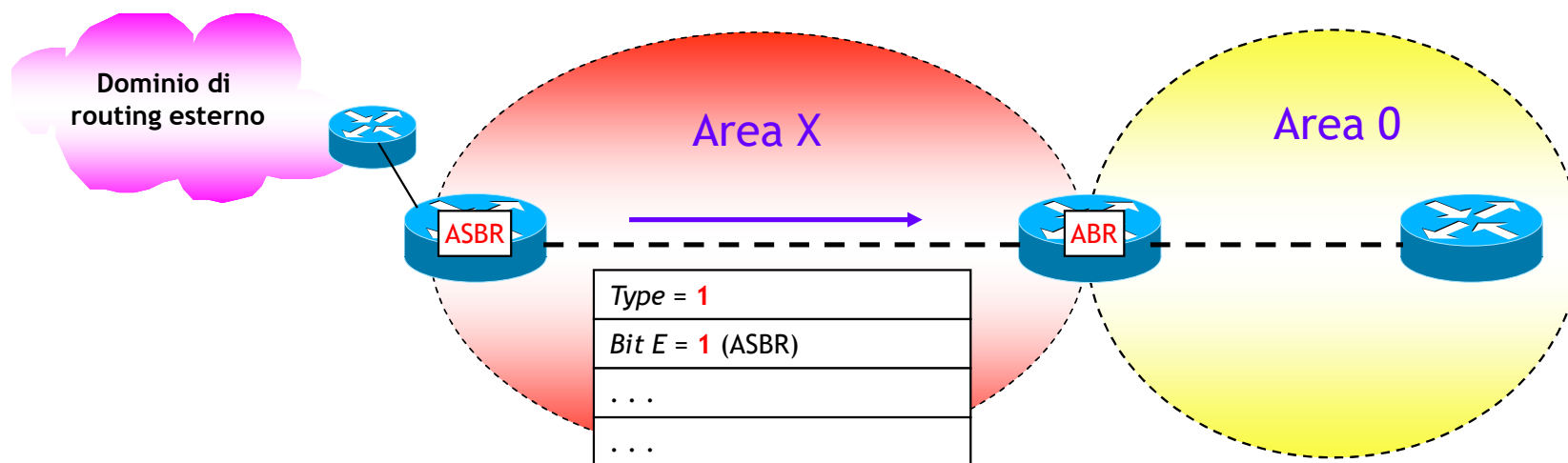
ASBR Summary Link LSA (ASL LSA)

- Gli ASL LSA sono generati dagli ABR per annunciare la raggiungibilità degli ASBR
 - Le regole di propagazione sono identiche a quelle dei SL LSA
 - Ogni ASL annuncia un singolo ASBR
- Contengono il Router ID dell'ASBR annunciato e il costo minimo tra l'ABR e l'ASBR



ASBR Summary Link LSA: formato

- Il formato degli ASL LSA è **identico** a quello degli SL LSA
- L'ASBR è identificato dal **Router ID** contenuto nel campo **Link State ID** dell'intestazione dell'ASL LSA
- Un ABR **apprende l'esistenza di un ASBR** in un area a cui è connesso, **tramite il RL LSA** che l'ASBR genera
 - In un **RL LSA** è indicato il ruolo del router che lo genera (bit **E = 1** indica che il router è un ASBR)



ASBR Summary Link nella rete esempio

- ASL LSA generato nell'area 2 dall'ABR P2 (RID = 192.168.1.2), visualizzato nel LSDB dello stesso router, per annunciare l'ASBR CS-2 (RID = 192.168.2.2) appartenente all'Area 0

```
P2# show ip ospf database asbr-summary

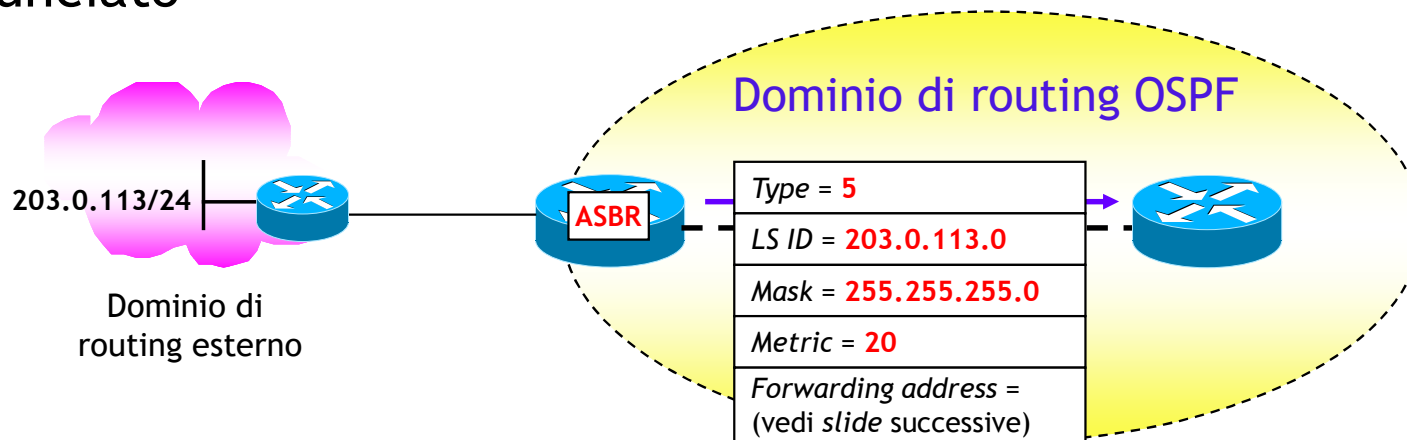
      OSPF Router with ID (192.168.1.2) (Process ID 2)

          Summary ASB Link States (Area 2)

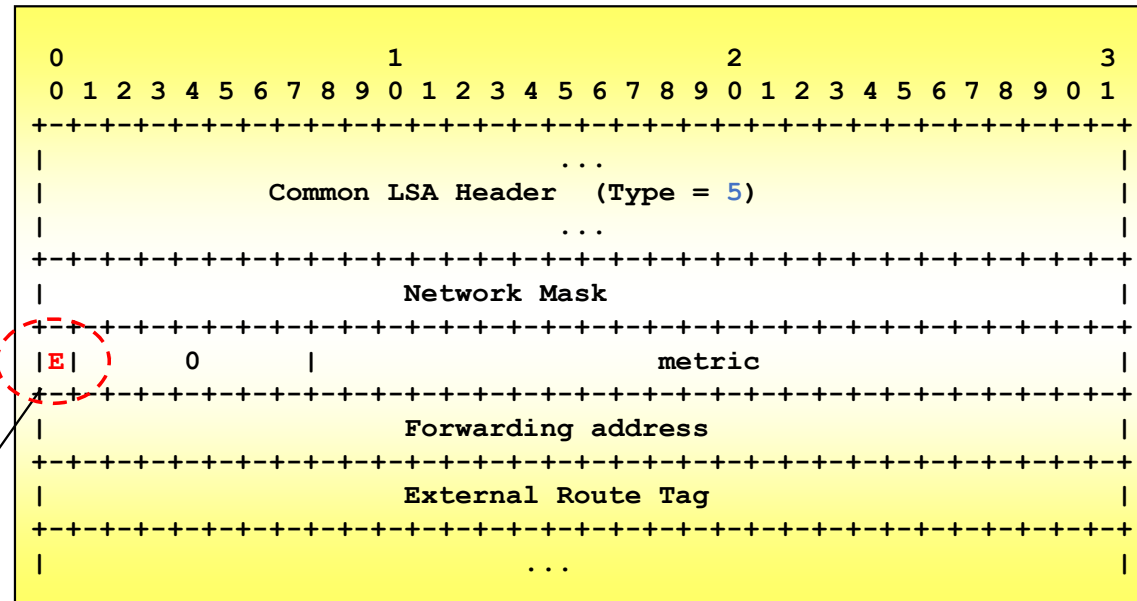
LS age: 736                                RID CS-2 (ASBR)
Options: (No TOS-capability, DC, Upward)
LS Type: Summary Links (AS Boundary Router)
Link State ID: 192.168.2.2 (AS Boundary Router address)
Advertising Router: 192.168.1.2
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xD8C9
Length: 28                                RID P2 (ABR)
Network Mask: /0
      TOS: 0  Metric: 10
```

AS External Link LSA (AEL LSA)

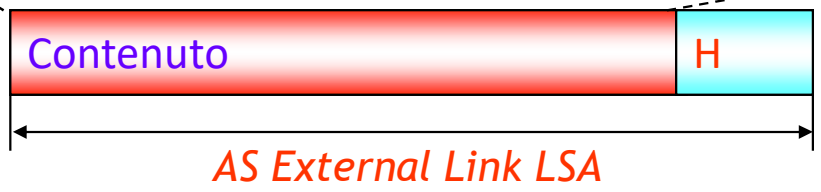
- Gli AEL LSA sono **generati dagli ASBR** per annunciare prefissi IP esterni al dominio di routing OSPF
 - Gli AEL LSA sono gli unici ad essere **propagati** (via protocollo di **flooding**) in tutto il dominio OSPF
 - Ogni AEL contiene solo le informazioni di un **singolo** prefisso IP
 - REGOLA FONDAMENTALE: un router ignora gli **AEL LSA** ricevuti da un ASBR se non ha ricevuto un **ASL LSA** (LSA di tipo 4) che annuncia l'ASBR
- Contiene **Prefisso IP/Subnet Mask**, tipo di percorso (**E1/E2**) e **costo** del prefisso esterno annunciato



AEL LSA: formato



0 = LSA di Tipo E1
1 = LSA di Tipo E2



- **NOTA:** il prefisso esterno annunciato è contenuto nel campo *Link State ID* dell'intestazione (*Common LSA Header*) dell'AEL LSA

AEL LSA nella rete esempio

```
P2# show ip ospf database external

      OSPF Router with ID (192.168.1.2) (Process ID 2)

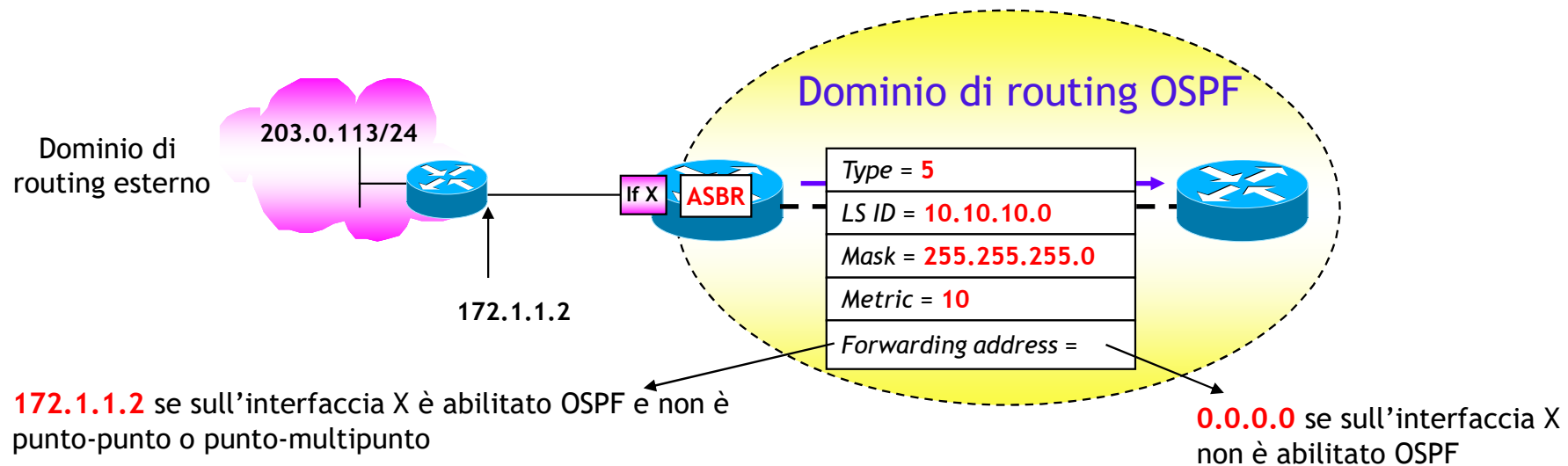
          Type-5 AS External Link States

Routing Bit Set on this LSA
LS age: 1608
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: AS External Link
Link State ID: 192.0.2.0 (External Network Number)
Advertising Router: 192.168.2.2
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x45AC
Length: 36
Network Mask: /24
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 20
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 1
```

- AEL LSA generato nell'area 0 dall'ASBR CS-2 (RID = 192.168.2.2), visualizzato nel LSDB del router P2 (RID = 192.168.1.2), per annunciare il prefisso esterno al dominio OSPF 192.0.2/24

Note sul *Forwarding Address*

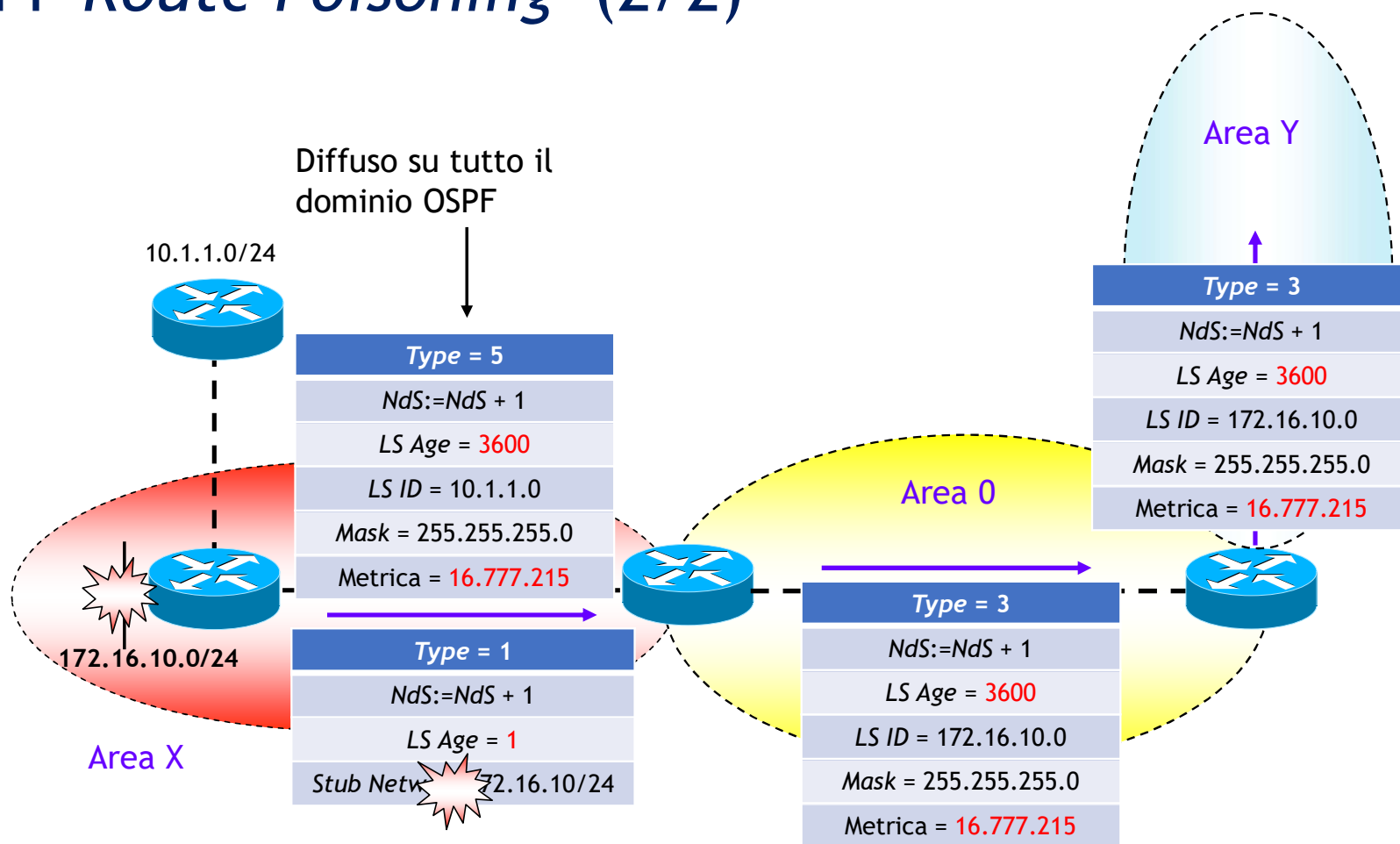
- Il campo *Forwarding Address* presente negli *AEL LSA* assume il valore
 - **0.0.0.0** quando un ASBR redistribuisce prefissi esterni e **OSPF non è abilitato sull'interfaccia *Next-Hop***
 - Un valore **diverso da 0.0.0.0** quando OSPF è abilitato sull'interfaccia *Next-Hop* e l'interfaccia *Next-Hop* sull'ASBR non è punto-punto o punto-multipunto
- Regola fondamentale: un router installa nella propria Tabella di Routing IP un prefisso annunciato da un *AEL LSA* con *Forwarding Address* non nullo **se e solo se l'indirizzo presente nel campo *Forwarding Address* è raggiungibile via percorsi OSPF inter-area o intra-area**



OSPF *Route Poisoning* (1/2)

- Un router può **perdere la connettività verso un prefisso** della propria area, di un'area diversa o verso un prefisso redistribuito
- In funzione di dove il prefisso viene perso, il router che perde la connettività deve informare gli altri router del dominio OSPF (*Route Poisoning*)
 - Se viene perso un prefisso *intra-area (stub network)*, il router informa i router della propria area inviando un nuovo LSA di tipo 1 senza il prefisso verso cui è stata persa la connettività, **umentando di 1 il numero di sequenza** e ponendo *LS Age = 1*
 - La comunicazione alle altre aree avviene da parte degli ABR, che generano un nuovo LSA di tipo 3 **umentando di 1 il numero di sequenza**, ponendo il *LS Age = MaxAge = 3600* e *metrica pari a LInfinity*
 - Nel caso di **prefissi redistribuiti** è cura dell'ASBR generare un LSA di tipo 5 **umentando di 1 il numero di sequenza**, ponendo il *LS Age = MaxAge = 3600* e *metrica pari a LInfinity*
- **NOTA IMPORTANTE:** solo il router che **origina** il LSA può eseguire il *Route Poisoning*

OSPF Route Poisoning (2/2)



Altri tipi di LSA

- **NSSA External Link LSA (Type = 7)**
 - Tipo di LSA utilizzato in particolari tipi di aree OSPF denominate *Not-So-Stubby*
 - Trattato nel prossimo paragrafo
- **LSA opachi (Type = 9, 10, 11)**
 - Utilizzati per diffondere informazioni di vario tipo utilizzando il protocollo di flooding di OSPF
 - Esempio di utilizzo: diffusione di informazioni sulle proprietà dei *link* (banda, tipo di *link*, ecc.) per costruire LSP MPLS soggetti a vincoli (*MPLS Traffic Engineering*)
 - Il tipo definisce l'ambito di propagazione
 - **Type=9**: propagato solo su un segmento di rete (*point-to-point, broadcast, NBMA*)
 - **Type=10**: propagato solo all'interno di una area OSPF
 - **Type=11**: propagato in tutto il dominio OSPF

LSA: 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)	ASBR	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 in un'area NSSA

Di cosa parlerò ...

#1

OSPF multiarea

#2

Link State Advertisement (LSA)

#3

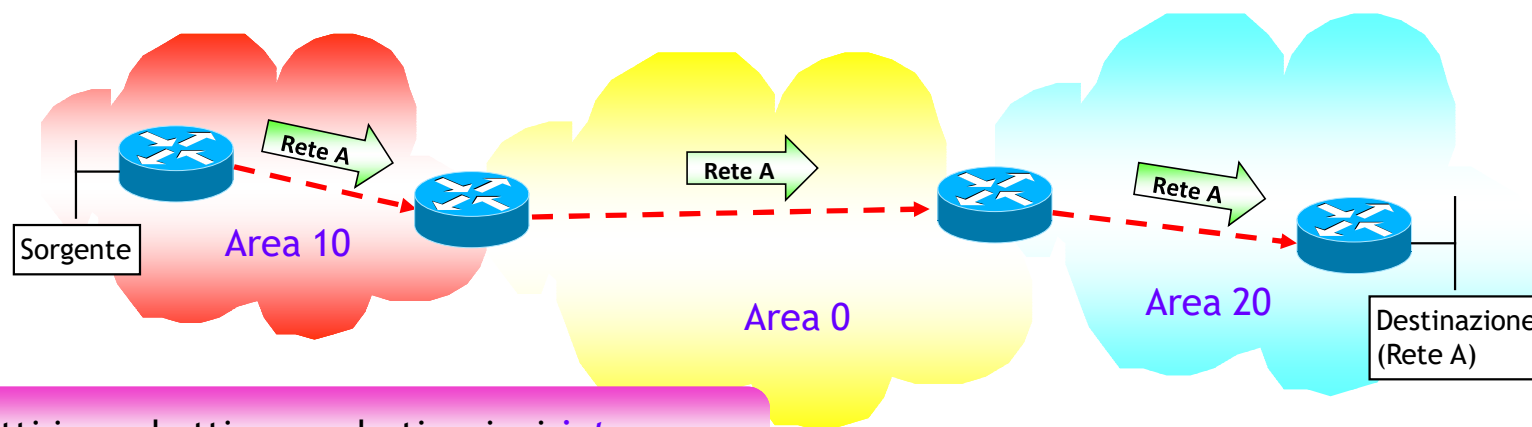
Tipi di aree

Tipi di area

- OSPF **standard** prevede **quattro** tipi diversi di aree
 - *Backbone*
 - *Standard*
 - *Stub*
 - *Not-So-Stubby (NSSA)*
- Nei router Cisco e Juniper sono previste due ulteriori tipi di area
 - *Totally Stubby*
 - *Totally NSSA*
- Il tipo di area **definisce i tipi di LSA** che possono essere propagati all'interno dell'area
- Indipendentemente dal tipo di area, **i *RL LSA* e *NL LSA* sono sempre propagati all'interno dell'area**

Area backbone (1/3)

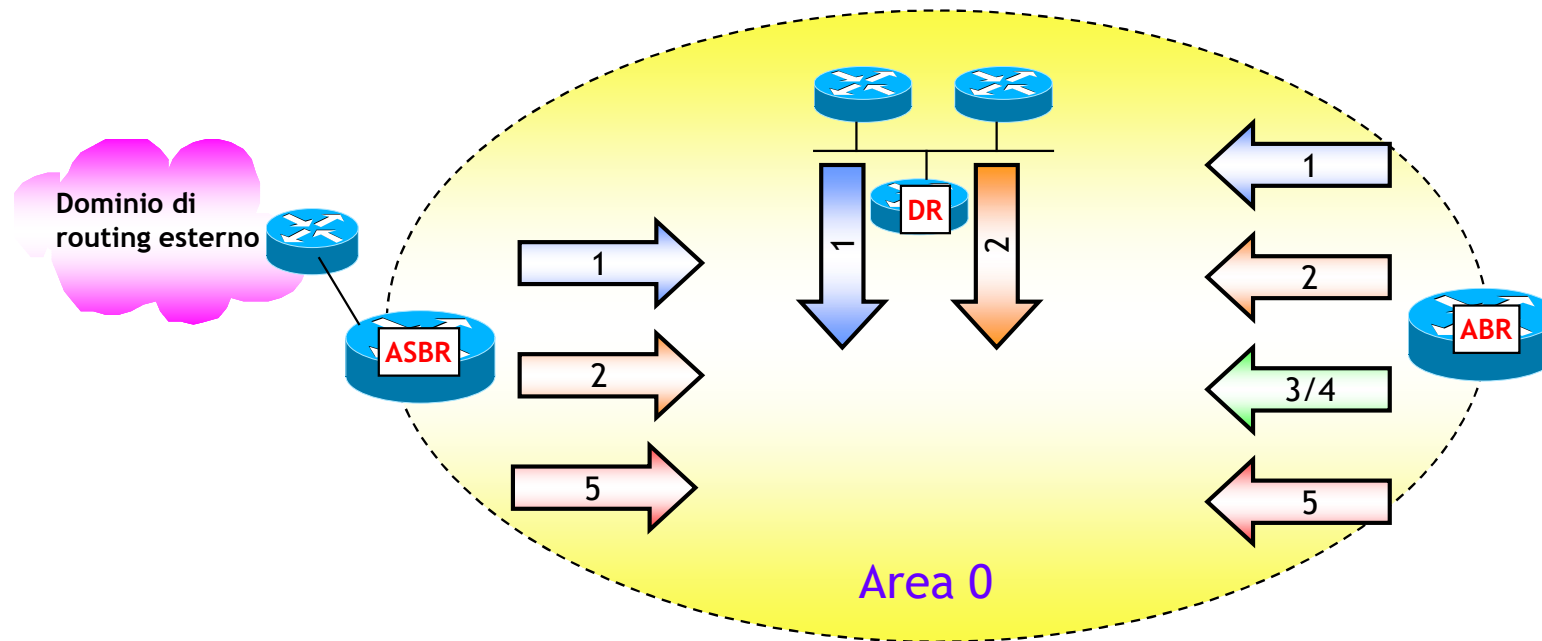
- L'area *backbone* (*area-ID* = 0 = 0.0.0.0) è quella dove transita tutto il traffico *inter-area*
 - Tutte le aree dovrebbero essere *collegate fisicamente all'area backbone*
 - Nell'ipotesi che una area non sia connessa fisicamente all'area zero si ha bisogno di realizzare un *Virtual Link*



Tutti i pacchetti verso destinazioni *inter-area* devono transitare per l'area *backbone*

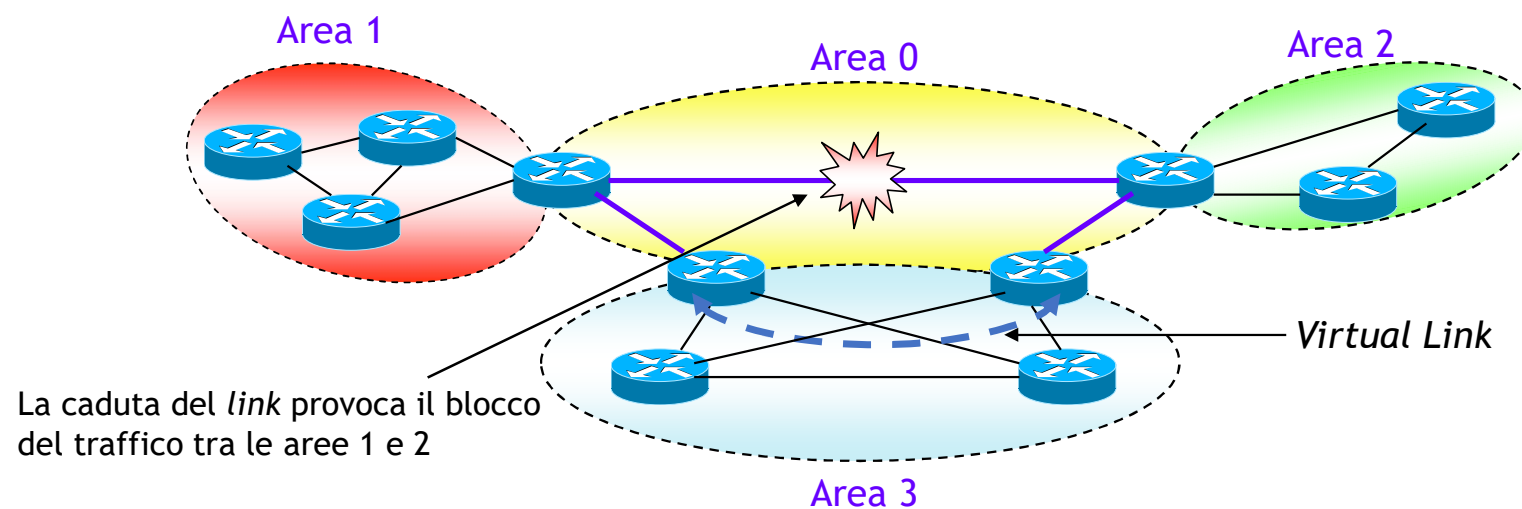
Area backbone (2/3)

- Accetta tutti i tipi di LSA ad esclusione dei *NSSA External Link* (Type = 7)



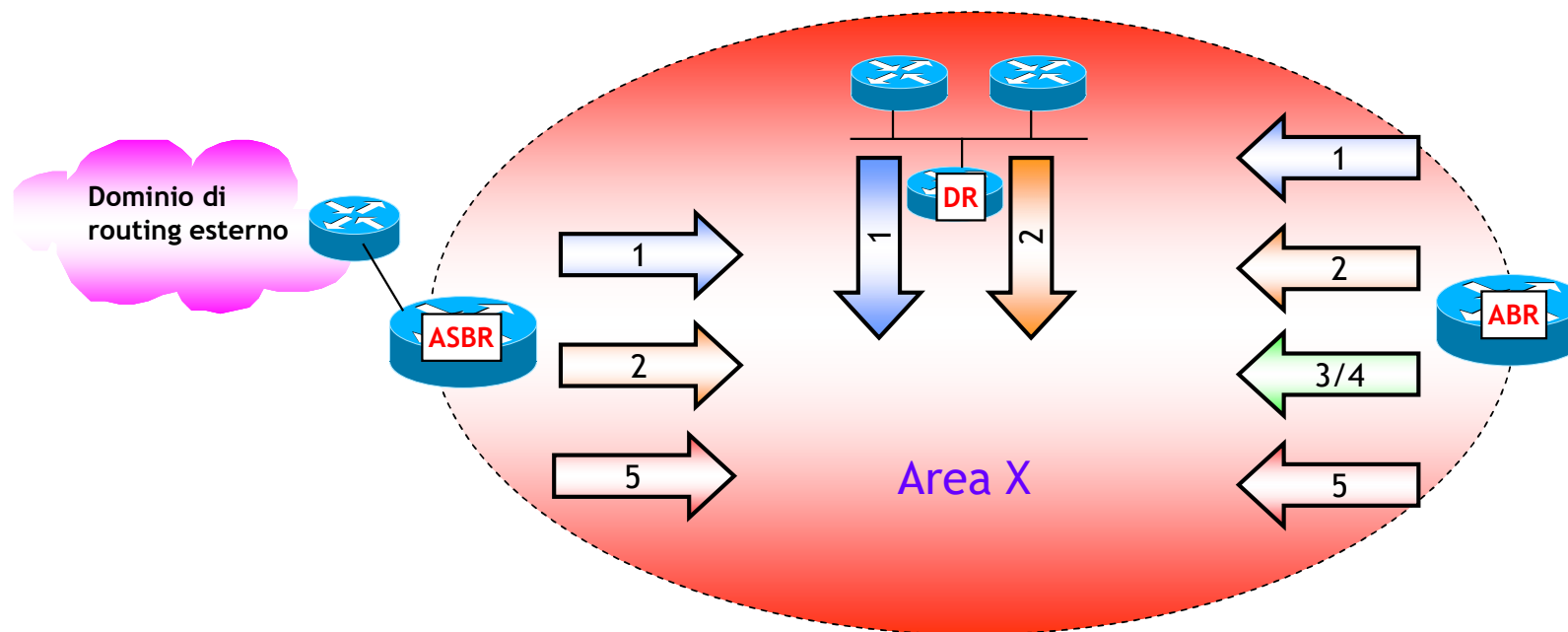
Area backbone (3/3)

- È buona regola di progettazione far sì che l'area *backbone* sia il più possibile **stabile**
 - Utilizzare **collegamenti affidabili** e ad **alta velocità**
 - Progettare una topologia **sufficientemente magliata** in modo da **evitare partizioni**
 - Eventuali partizioni possono essere recuperate via **Virtual Link** (sconsigliato!)



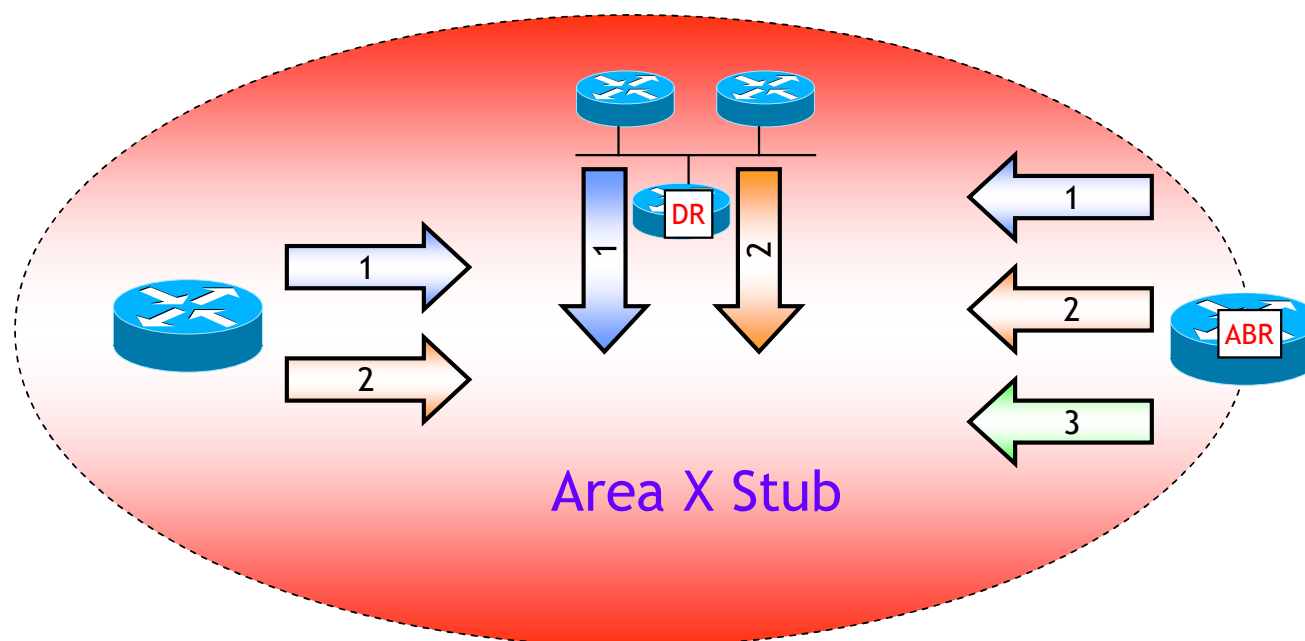
Aree standard

- Nelle Aree *Standard* possono circolare **tutti** i tipi di LSA
- Le **aree standard** sono le aree di **default OSPF**



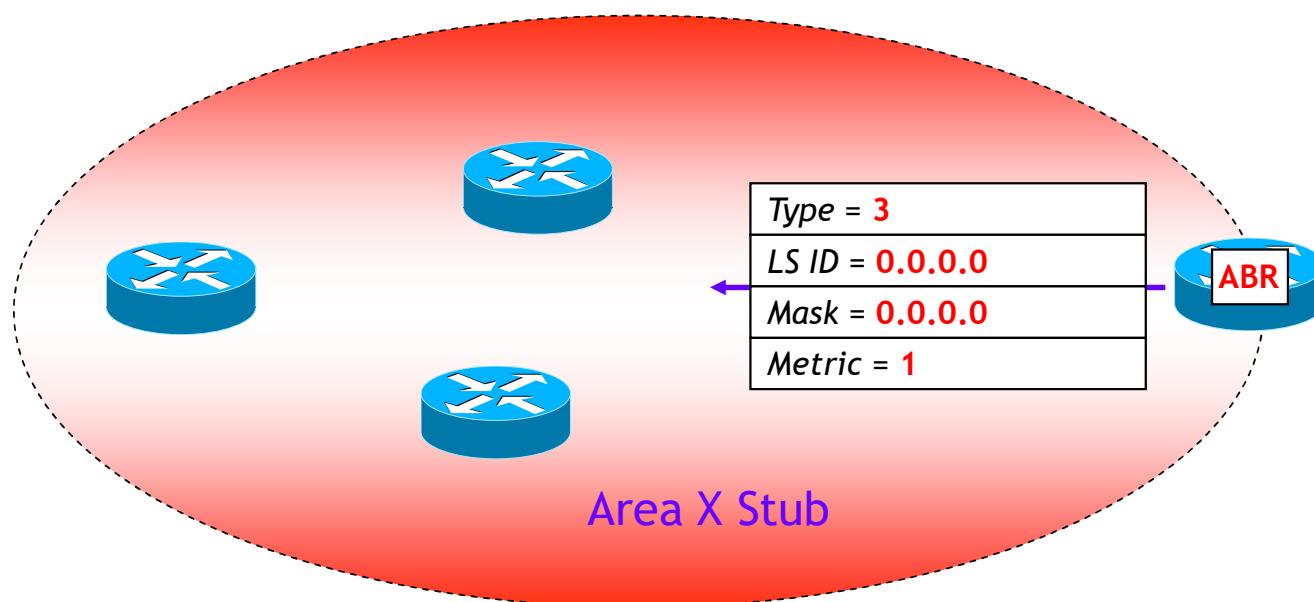
Area stub (1/4)

- Nelle *Area Stub* possono circolare tutti i tipi di LSA ad eccezione degli *AS External Link LSA*
 - Questo rende *non necessaria* la propagazione all'interno di una *Area Stub* di *ASBR Summary Link LSA* che vengono quindi *bloccati* dagli ABR



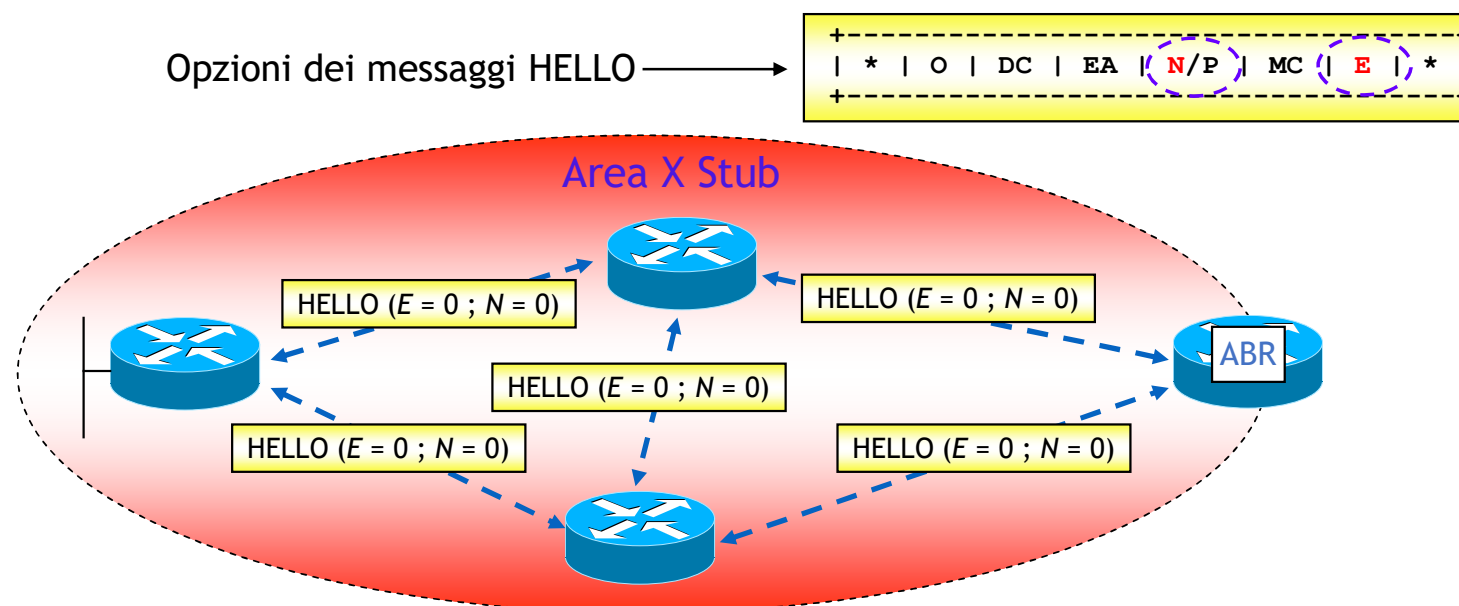
Aree stub (2/4)

- La raggiungibilità dei prefissi esterni si ottiene attraverso una *default route* che viene generata dagli ABR e inserita nell'area tramite un *Summary Link* LSA



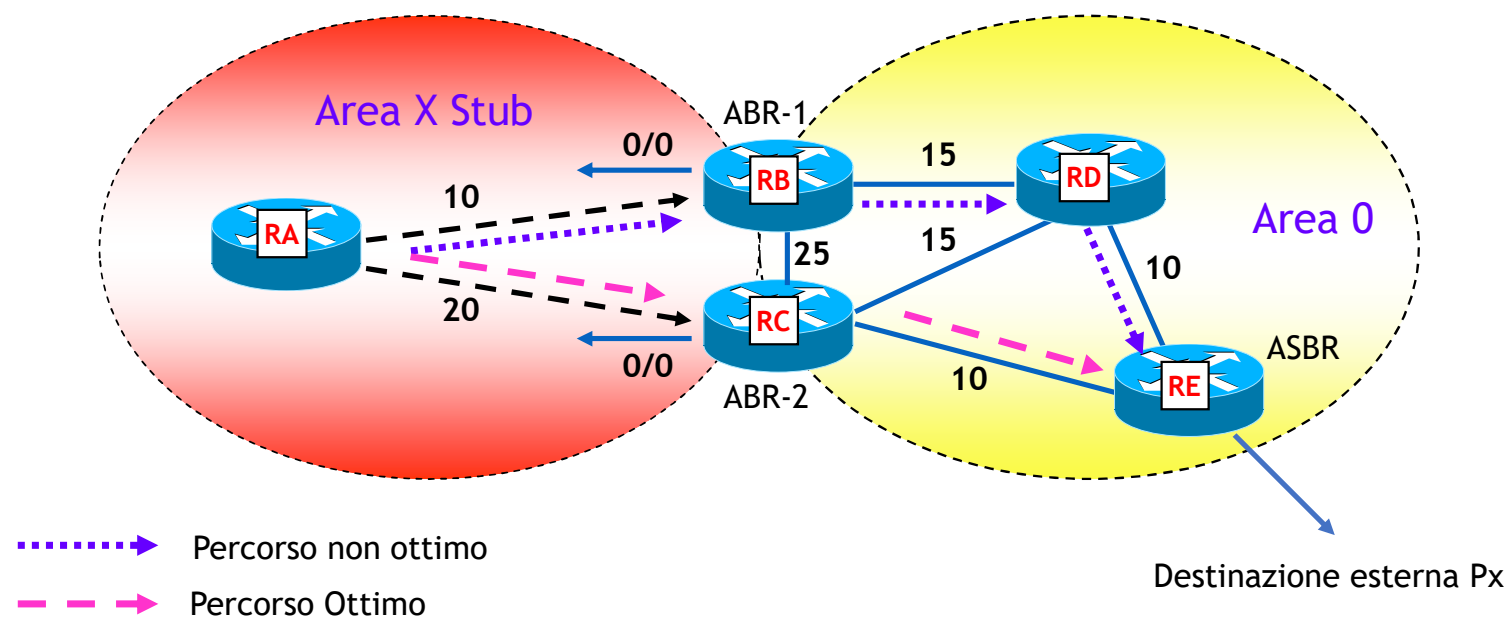
Aree stub (3/4)

- In **tutti** i router con almeno un'interfaccia in un'Area *Stub*, l'area deve essere definita come *Stub*
 - La configurazione in un router di un'Area *Stub* implica che il bit **E** ed **N** del campo *Options* nei messaggi **HELLO** siano definiti come **E = 0** e **N = 0**
 - NOTA: la discordanza dei bit **E** ed **N** non consente di raggiungere lo stato *Two-way*



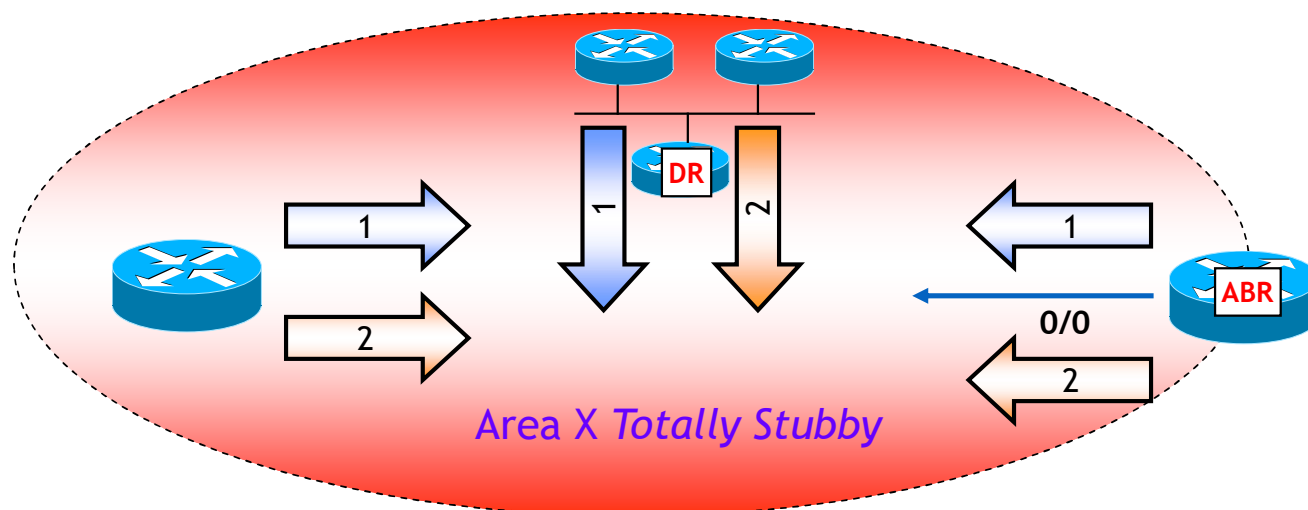
Aree stub (4/4)

- Percorso da RA verso la destinazione esterna Px
 - Ottimo: RA → RC → RE (Costo = 20 + 10 + C(Px) = 30 + C(Px))
 - Reale (non ottimo): RA → RB → RC → RE (Costo = 10 + 15 + 10 + C(Px) = 35 + C(Px))



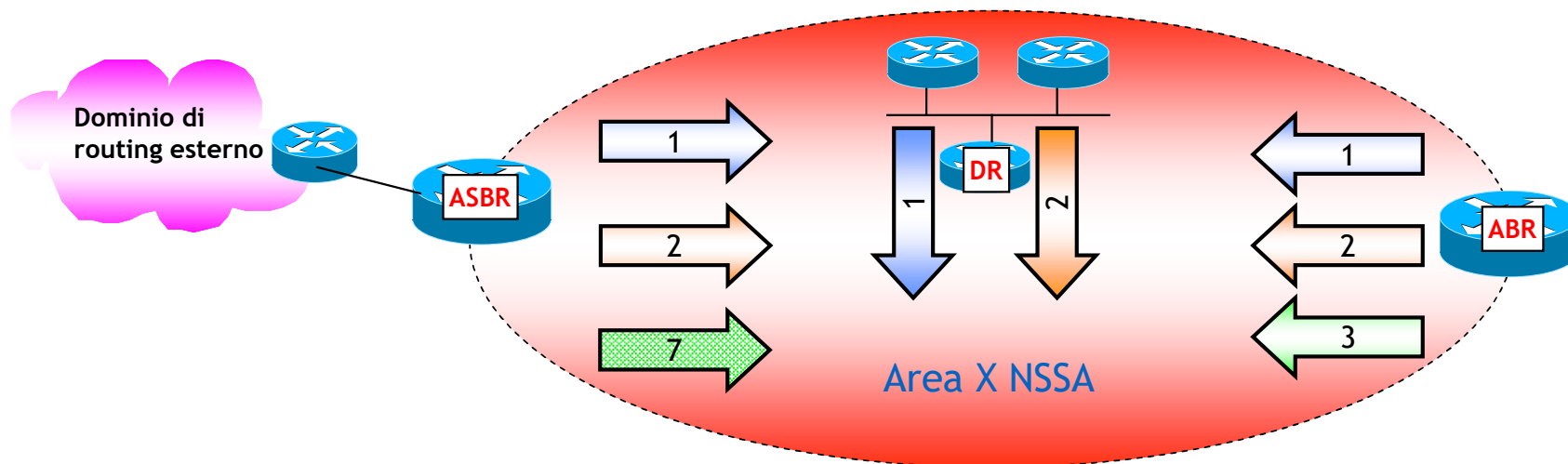
Are Totaly Stubby

- Sono particolari Aree *Stub* dove sono **bloccati** gli invii all'interno dell'area **anche** di **Summary Link LSA** (Tipo 3)
 - È un tipo di area **non standard**
 - È configurabile nei router **Cisco** e **Juniper**
 - Al pari delle aree *Stub*, la raggiungibilità dei prefissi **inter-area ed esterni** si ottiene attraverso una **default route** che viene iniettata nell'area da parte degli ABR tramite dei **Summary Link LSA**



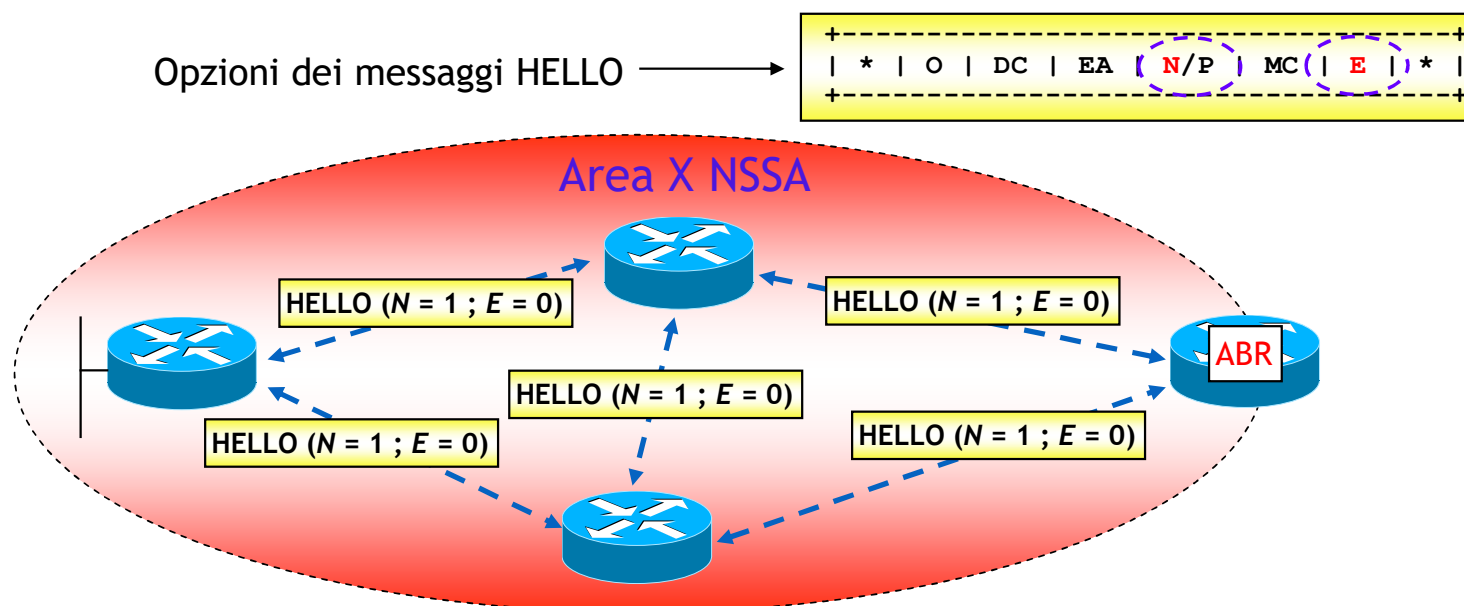
Aree Not-So-Stubby (NSSA) (1/2)

- Sono particolari Aree *Stub* dove è permessa la **redistribuzione** all'interno del processo OSPF **di prefissi esterni**
 - NOTA: a differenza delle aree *Stub/Totally Stubby*, **non viene iniettata automaticamente nell'area da parte degli ABR alcuna *default route***
 - La generazione della *default route* è tuttavia possibile attraverso una configurazione esplicita
- Le informazioni esterne all'area sono trasportate all'interno dell'area NSSA da un nuovo tipo di LSA denominato **NSSA External Link** (Tipo = 7)



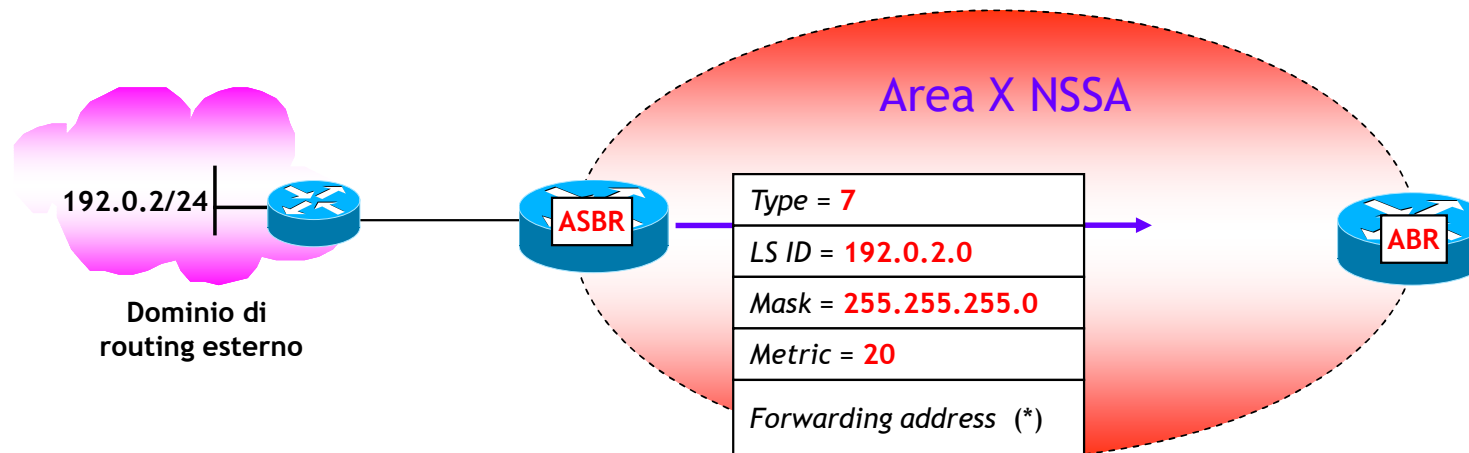
Aree Not-So-Stubby (NSSA) (2/2)

- In **tutti** i router di un'Area NSSA, l'area deve essere definita come **NSSA**
 - La configurazione in un router di un'Area NSSA implica che i bit **E** ed **N** del campo **Options** nei messaggi **HELLO** siano definiti come **E=0** e **N=1**
 - NOTA: la discordanza dei bit **E** ed **N** non consente di raggiungere lo stato *Two-way*



NSSA External LSA (1/2)

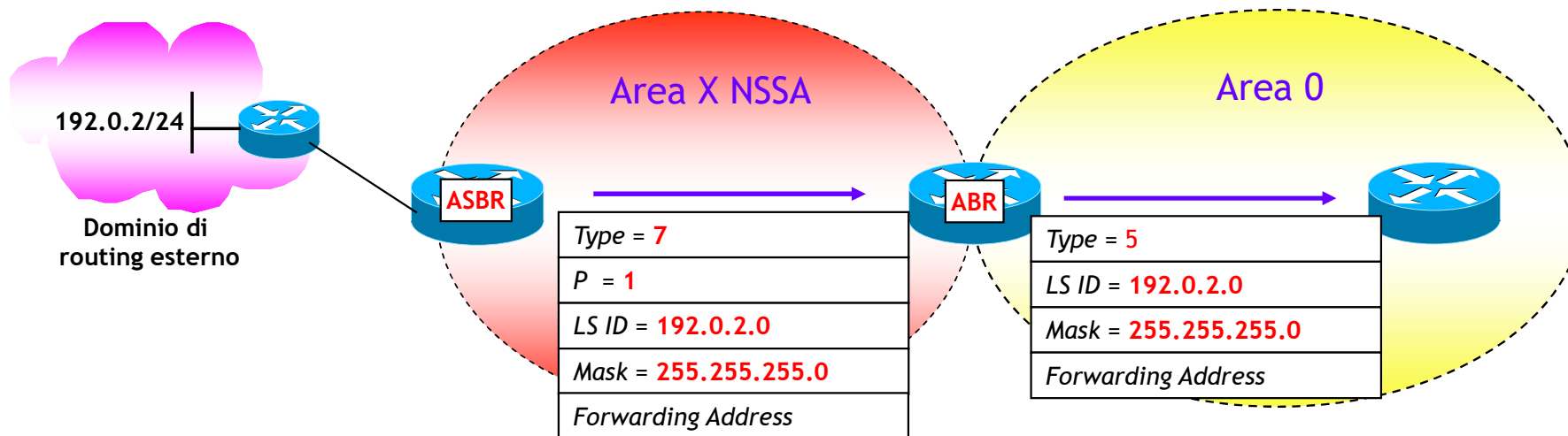
- Sono generati dagli ASBR per annunciare in un'area NSSA prefissi esterni al dominio OSPF
 - Gli *NSSA External LSA* non vengono propagati al di fuori dell'area NSSA
 - Ogni *NSSA External LSA* contiene solo le informazioni di un singolo prefisso
- Il formato è identico a quello di un *AS External LSA*



(*) contiene sempre l'indirizzo IP di una interfaccia dell'ASBR che genera il LSA di tipo 7; l'indirizzo IP deve necessariamente essere parte di una *subnet* annunciata da OSPF

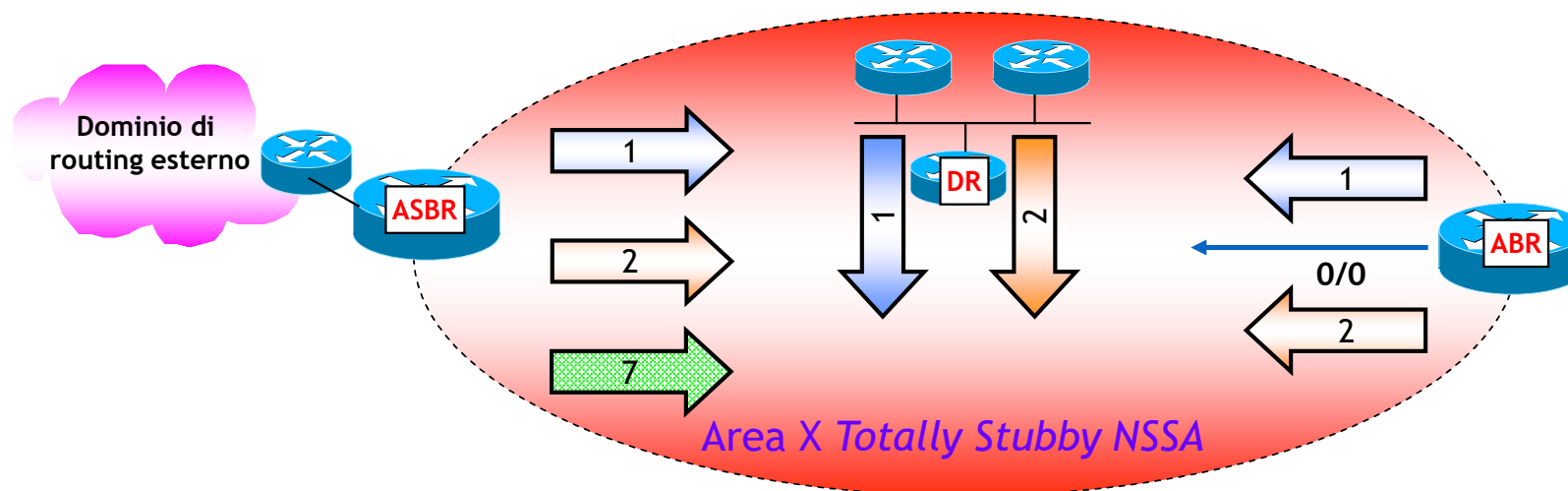
NSSA External LSA (2/2)

- Le informazioni contenute nei *NSSA External Link LSA* (LSA di tipo 7), vengono propagate al resto del dominio OSPF sotto forma di *AS External LSA* (LSA di tipo 5)
 - La traduzione da LSA di tipo 7 a LSA di tipo 5 è svolta da un (solo) ABR dell'area
 - NOTA: in presenza di due o più ABR, a effettuare la traduzione è l'ABR con il RID più elevato
 - La traduzione è regolata dal bit *P* del campo *Options* dell'intestazione del LSA
 - Se l'ABR designato per la traduzione riceve un *NSSA External LSA* con *P = 1*, allora effettua la traduzione da LSA di tipo 7 a LSA di tipo 5, altrimenti no



Aree *Totally NSSA*

- Sono particolari Aree NSSA dove sono **bloccati** gli invii all'interno dell'area anche di *Summary Link LSA* (Tipo 3)
 - È un tipo di area **non standard**
 - È configurabile nei Router **Cisco** e **Juniper**
 - Al pari delle aree *Stub/Totally Stubby*, la raggiungibilità dei prefissi *inter-area* si ottiene attraverso una *default route* che viene inviata nell'area da parte degli ABR tramite un *Summary Link LSA*
 - È anche possibile scegliere, su base configurazione, di inviarla come LSA di tipo 7



Tipi di aree OSPF: riassunto

	<i>Stub</i>	<i>Totally Stubby</i>	<i>NSSA</i>	<i>Totally NSSA</i>
LSA permessi nell'area	1, 2, 3	1, 2	1, 2, 3, 7	1, 2, 7
<i>Default route</i> generata automaticamente?	SI (Cisco) NO (JunOS)	SI (Cisco) NO (JunOS)	NO	SI (Cisco) NO (JunOS)
<i>Default route</i> generata con LSA di tipo	3	3	7	3 (7 configurabile)

Ultima Diapositiva (finalmente ...)



Grazie per l'attenzione