

17 maggio 2024

La Galassia del Routing IP

Il cuore dell'Internet



IX[^] puntata - IS-IS: aspetti base

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

Concetti fondamentali

#2

Indirizzi OSI di Livello 3

#3

Neighbor e adiacenze

#4

Link State Packet (LSP) e Link State DataBase (LSDB)

Introduzione

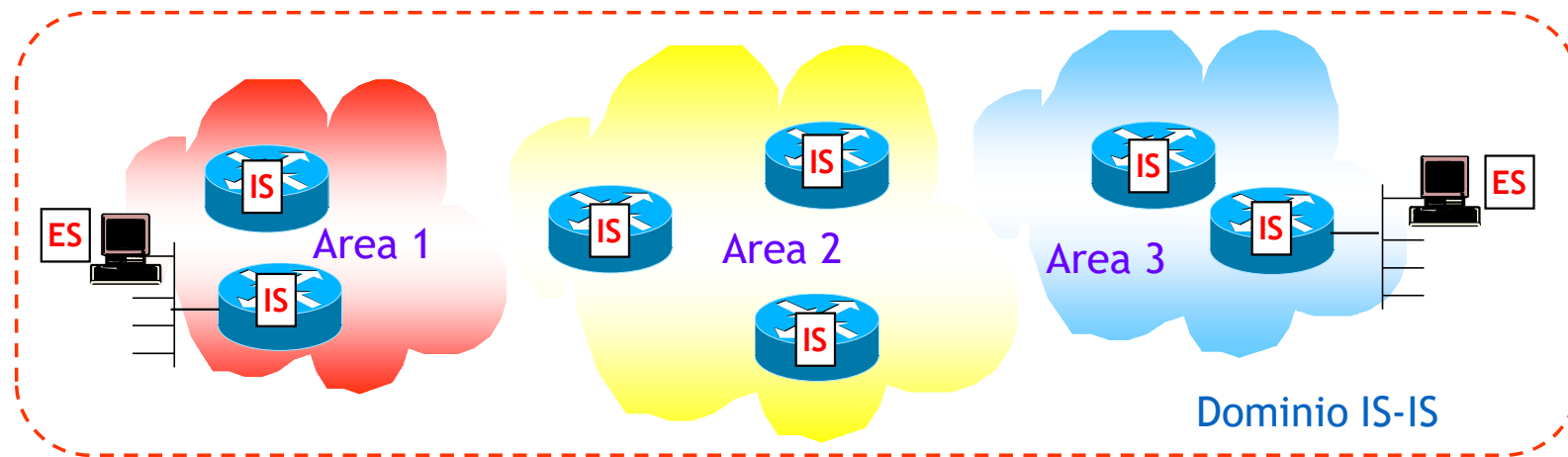
- **IS-IS** (*Intermediate System - Intermediate System*) è un protocollo **Link State standard** sviluppato per il routing in ambiente OSI
 - ISO/IEC 10589: *IS-IS intra-domain routing exchange protocol*
- **Integrated IS-IS** è una estensione del protocollo IS-IS per il routing in ambiente **misto IP/OSI**
 - RFC 1195 (Dicembre 1990): *Use of OSI IS-IS for Routing in TCP/IP and Dual Environments*
- Componenti fondamentali (tipiche dei protocolli *Link State*)
 - Utilizzo dei messaggi di HELLO per creare le adiacenze
 - Rappresentazione dei *link state*, *aging* delle informazioni, metriche
 - Presenza del **Link State DataBase (LSDB)**
 - Algoritmo **Shortest Path First** (Dijkstra)
 - Processo di *flooding*
 - Routing gerarchico su due livelli

Integrated IS-IS e le reti IP

- Integrated IS-IS consente la gestione di domini di routing **IP, OSI e OSI/IP**
- I link-state contengono informazioni **sia sulle reti OSI che sulle reti IP**
- Le reti IP sono considerate come **particolari host** (*End System* nella terminologia OSI)
- Il supporto del protocollo IP consente tutte le caratteristiche di **scalabilità** tipiche dei protocolli di routing IP avanzati
 - Supporto VLSM
 - Aggregazione dei prefissi

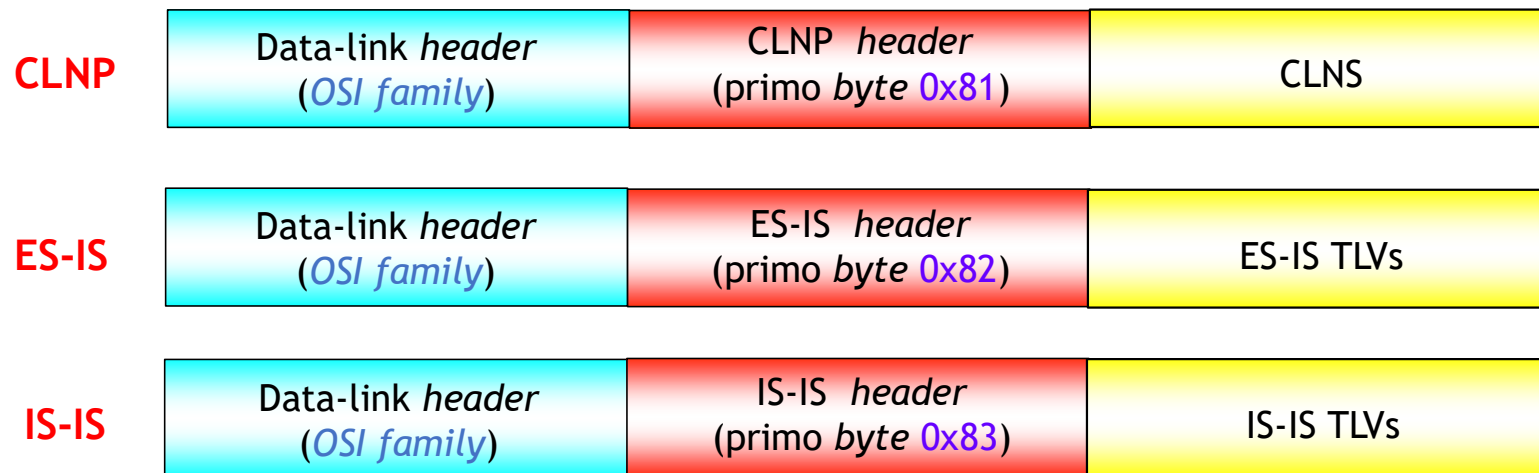
Terminologia

- All'interno di una rete OSI si possono individuare 4 entità
 - L'**area** una entità logica formata dall'insieme di router e collegamenti all'interno di questa. Le aree sono connesse per formare un backbone
 - Gli **End System (ES)** sono nodi che non hanno capacità di routing (**host**)
 - Gli **Intermediate System (IS)** sono nodi che hanno capacità di routing
 - Il **dominio** è un insieme di reti OSI che contengono un certo numero di aree poste sotto un unico controllo amministrativo

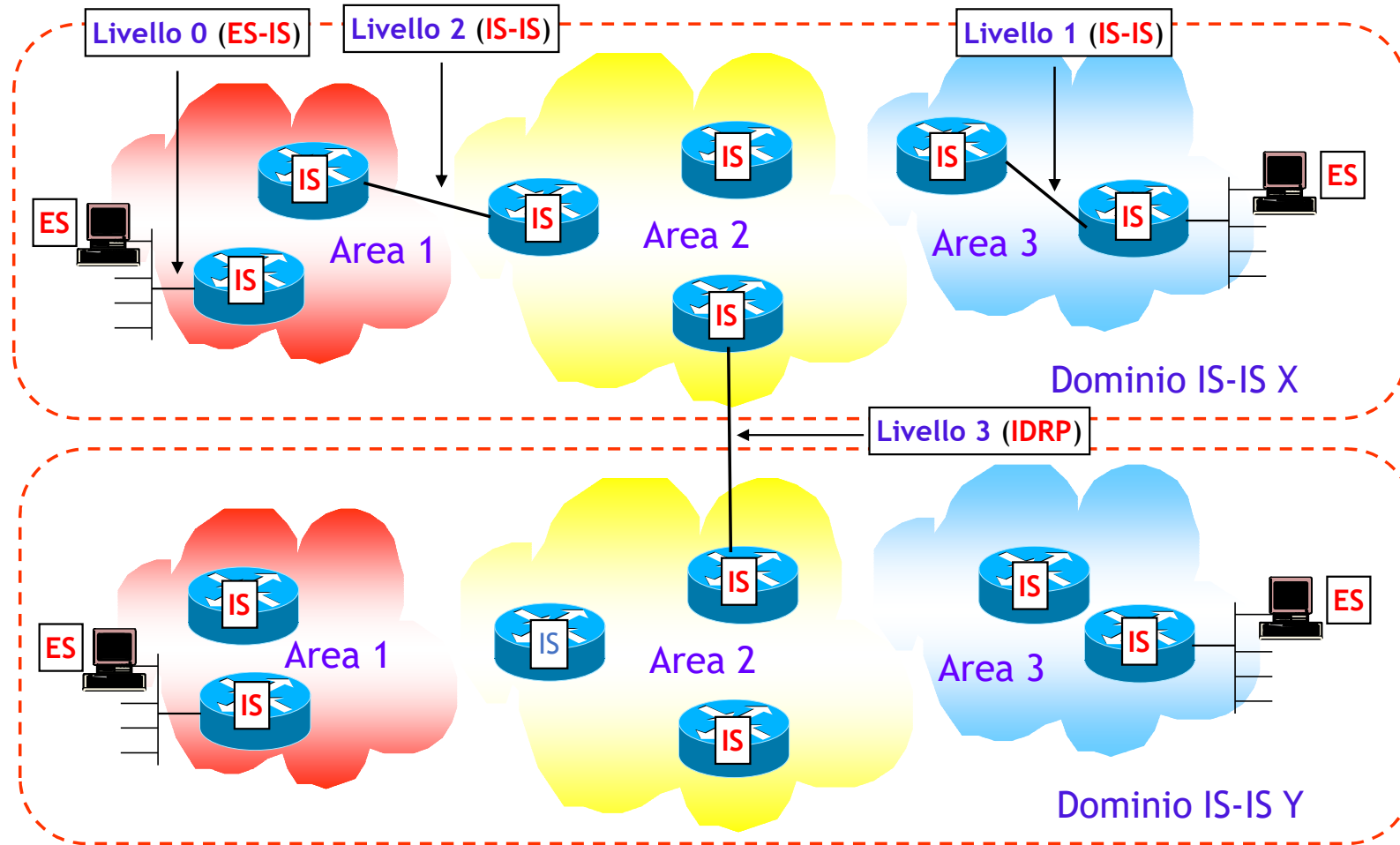


PDU OSI di Livello 3

- Le PDU OSI di Livello 3 (e quindi di IS-IS) sono **incapsulate direttamente in trame di Livello 2**
 - Sono identificate a Livello *Data-Link* da un codice che identifica la “Famiglia OSI”
 - Le diverse PDU di Livello 3 sono identificate dal primo byte della PDU
 - CLNP ⇒ primo byte = 0x81
 - ES-IS ⇒ primo byte = 0x82
 - IS-IS ⇒ primo byte = 0x83

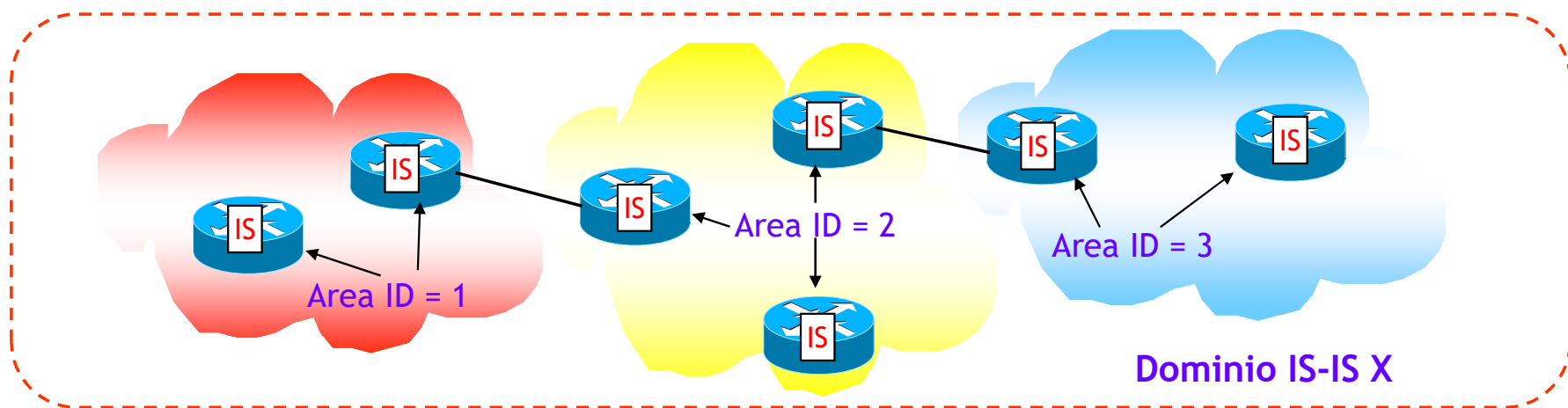


Livelli e Protocolli di Routing OSI



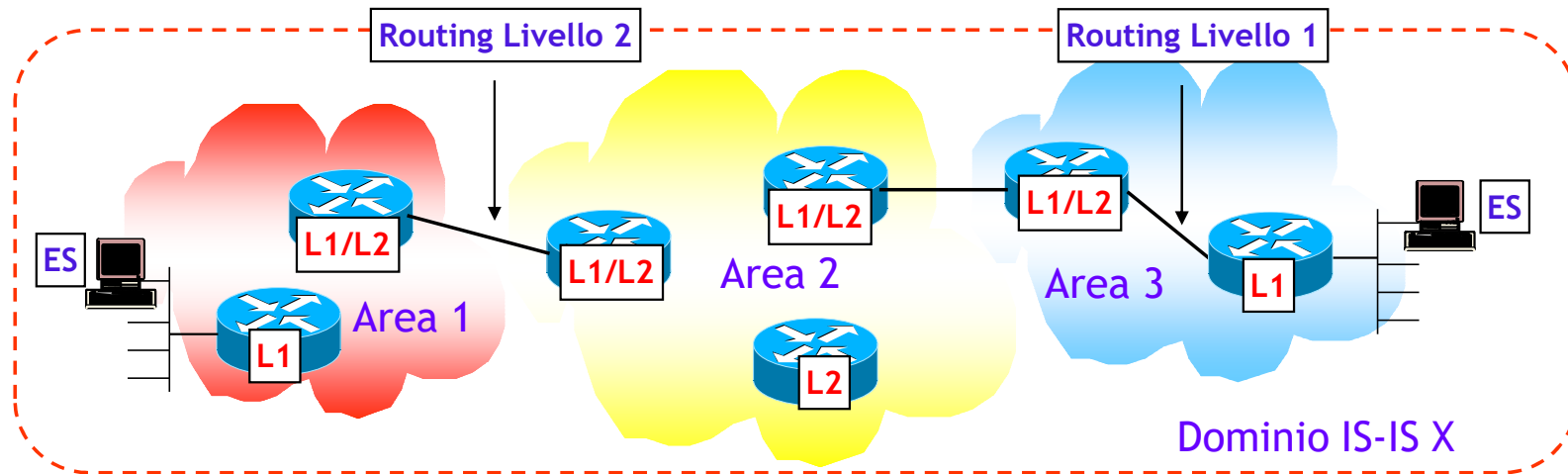
Aree IS-IS

- Una area IS-IS è costituita da un **gruppo di IS** identificati da un comune valore di **Area ID**
 - L'**Area ID** è **parte dell'indirizzo OSI** assegnato a ciascun IS
- A differenza di OSPF dove il confine delle aree è sui router (ABR), in IS-IS **il confine delle aree è sui collegamenti**
- Gli IS di una **stessa area** hanno lo **stesso LSDB** (principio del *Link State*)



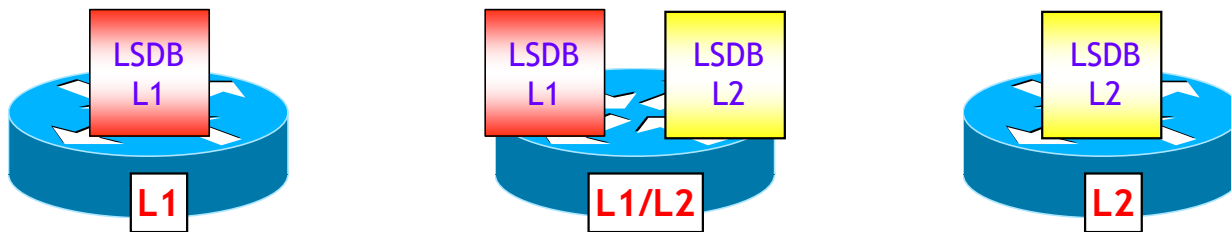
Tipi di IS

- Gli IS possono essere di **tre** tipi
 - **L1 (Livello 1)**: sono responsabili del routing **intra-area**
 - Equivalenti ai router OSPF interni ad una area (*non-backbone*)
 - **L2 (Livello 2)**: sono responsabili del routing **inter-area**
 - Equivalenti ai router di *backbone* OSPF
 - **L1/L2 (Livello 1/2)**: sono gli IS di **confine** di una area ed eseguono routing sia intra/inter-area
 - Equivalenti agli ABR OSPF



Tipi di LSDB

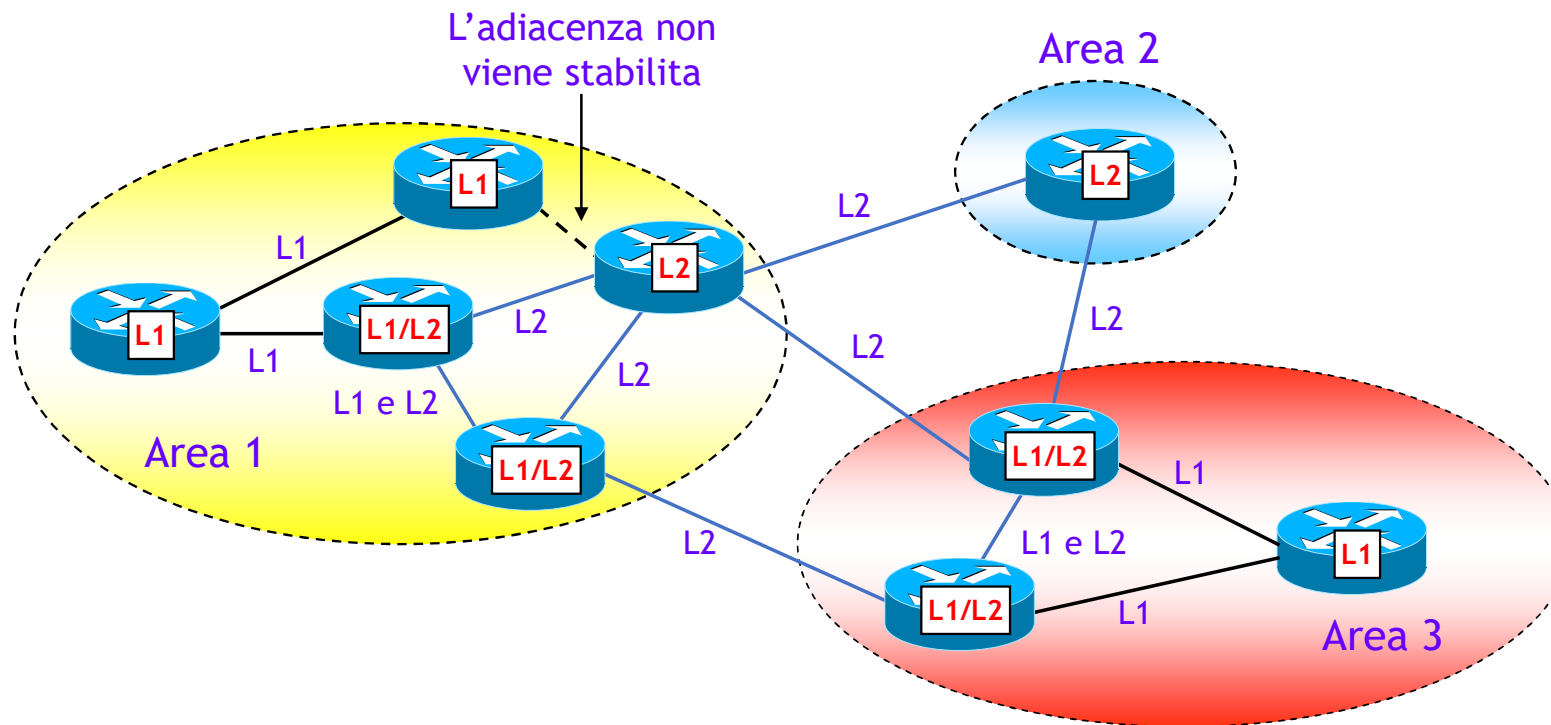
- IS-IS prevede **due tipi di LSDB**
 - **Livello 1 (L1)** LSDB: contengono le informazioni topologiche sugli IS L1 e L1/L2 di una singola area e sono utilizzati per la determinazione dei percorsi intra-area
 - **Livello 2 (L2)** LSDB: contengono le informazioni topologiche sul *backbone* IS-IS e sono utilizzati per la determinazione dei percorsi inter-area
- Relazione tra tipi di IS e tipi di LSDB
 - Gli IS di tipo L1 hanno un solo LSDB di tipo L1
 - Gli IS di tipo L2 hanno un solo LSDB di tipo L2
 - Gli IS di tipo L1/L2 hanno un LSDB di tipo L1 e un LSDB di tipo L2



Tipi di adiacenze (topologiche)

- Due tipi di adiacenze

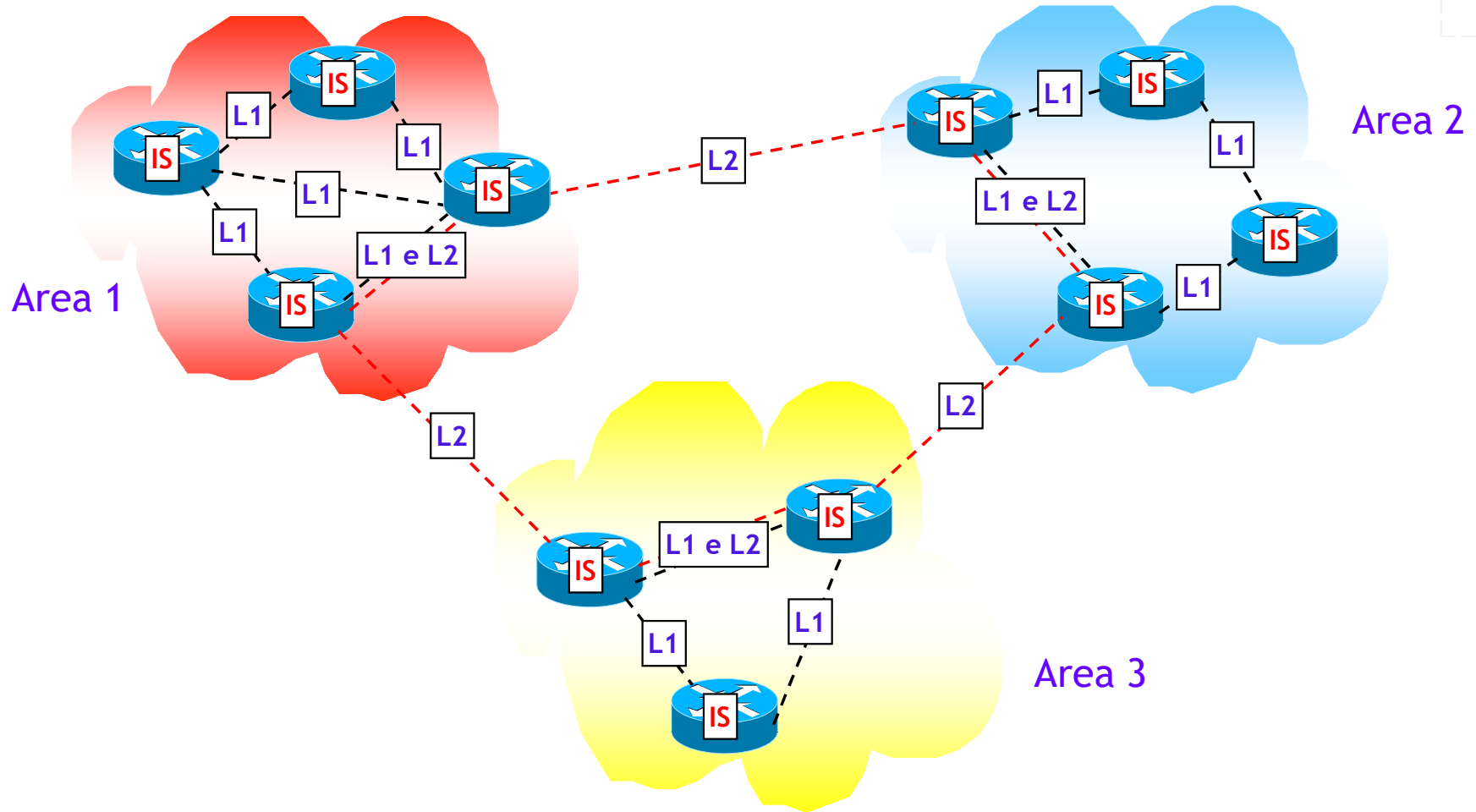
- **L1**: vengono stabilite tra IS di tipo L1 o L1/L2 appartenenti alla **stessa area**
- **L2**: vengono stabilite tra IS di tipo L2 o L1/L2 (anche se non appartenenti alla stessa area)



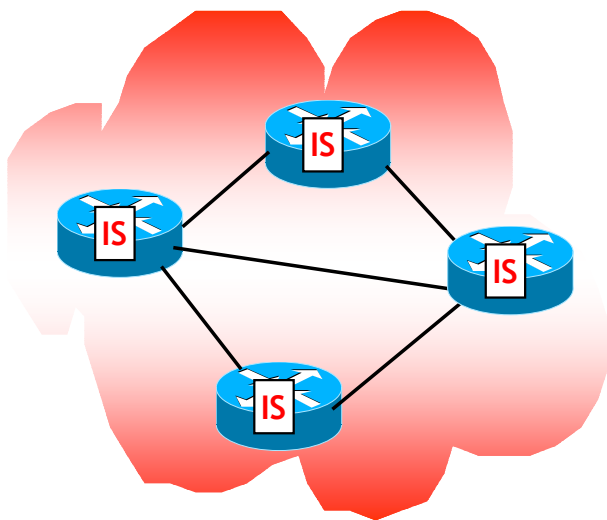
Tipi di adiacenze: riassunto

Tipo IS-A	Tipo IS-A	Area	Adiacenza	Tipo Adiacenza
L1	L1	Stessa	Si	L1
L1	L1	Diversa	No	N.A.
L1	L2	Qualsiasi	No	N.A.
L1	L1/L2	Stessa	Si	L1
L1	L1/L2	Diversa	No	N.A.
L2	L2	Qualsiasi	Si	L2
L2	L1/L2	Qualsiasi	Si	L2
L1/L2	L1/L2	Stessa	Si	L1 e L2
L1/L2	L1/L2	Diversa	Si	L2

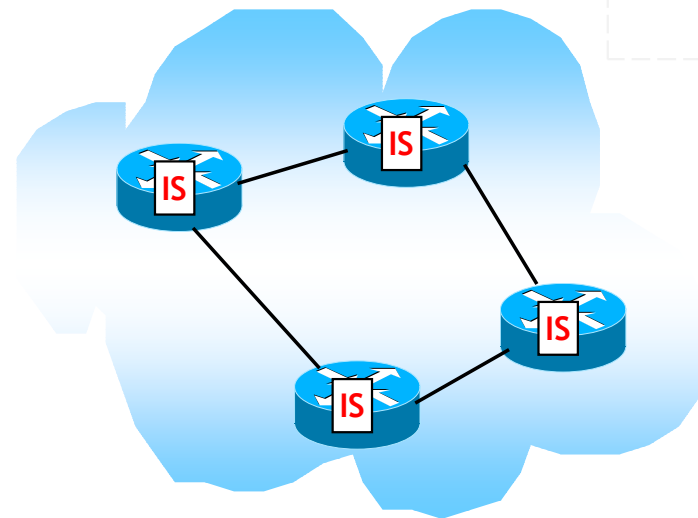
Topologie di Livello 1 e 2



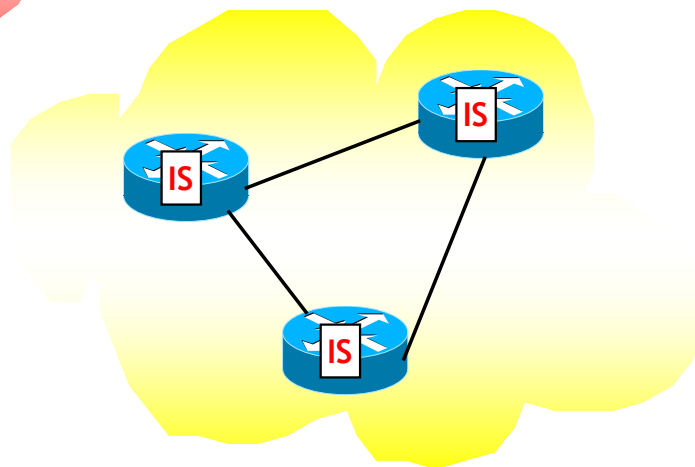
Topologie di Livello 1



Area 1

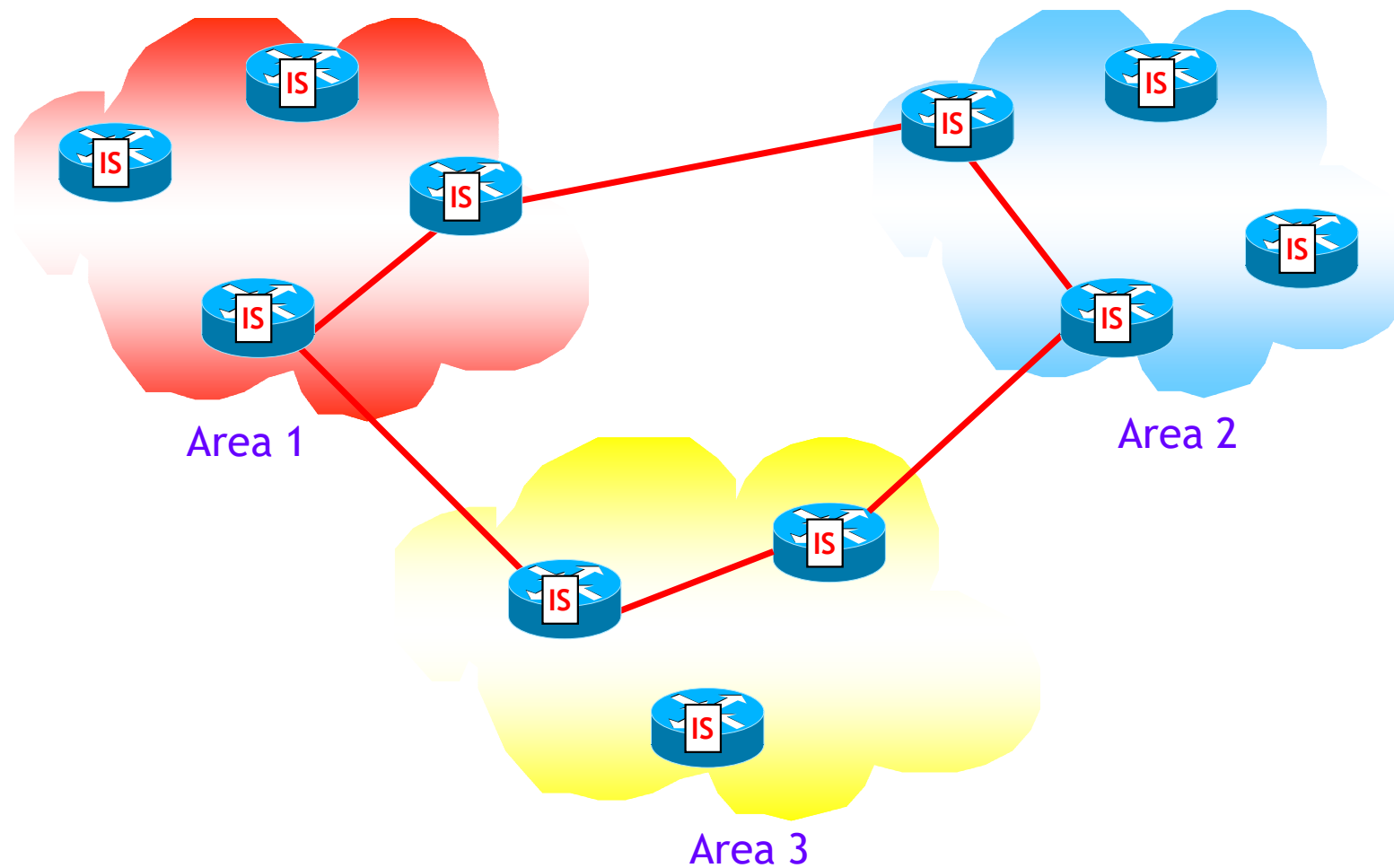


Area 2



Area 3

Topologia di Livello 2 (= *backbone* IS-IS)

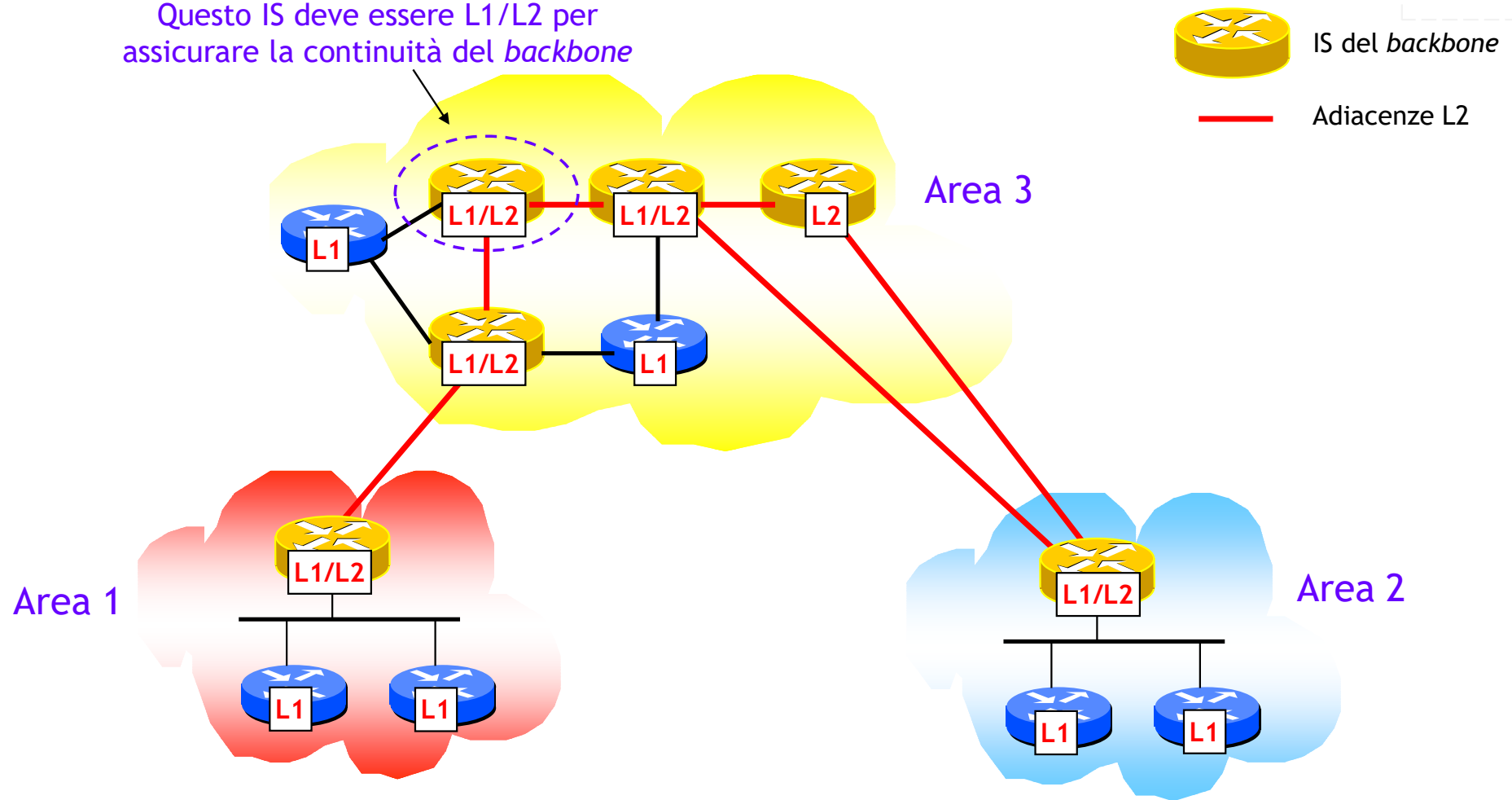


Backbone IS-IS

- A differenza dell'OSPF **non esiste una area *backbone*** alla quale tutte le altre aree dovrebbero essere connesse
- Il *backbone IS-IS* è costituito da **tutti gli IS di tipo L2 o L1/L2 e dalle adiacenze L2 tra questi, ossia dalla Topologia di Livello 2**
 - È sempre necessario assicurarsi che il *Backbone IS-IS* sia **continuo**
 - Eventuali partizioni sono in teoria riparabili via *Virtual Link* ma i router dei principali costruttori **non supportano** questa funzionalità (presente nello standard IS-IS)
- È buona regola di progettazione far sì che il *backbone IS-IS* sia il più possibile **stabile**
 - Utilizzare **collegamenti** di *Backbone* **affidabili** e ad **alta velocità**
 - Progettare una topologia del *Backbone* **sufficientemente magliata** in modo da **evitare partizioni**

Continuità del *backbone*

Questo IS deve essere L1/L2 per assicurare la continuità del *backbone*

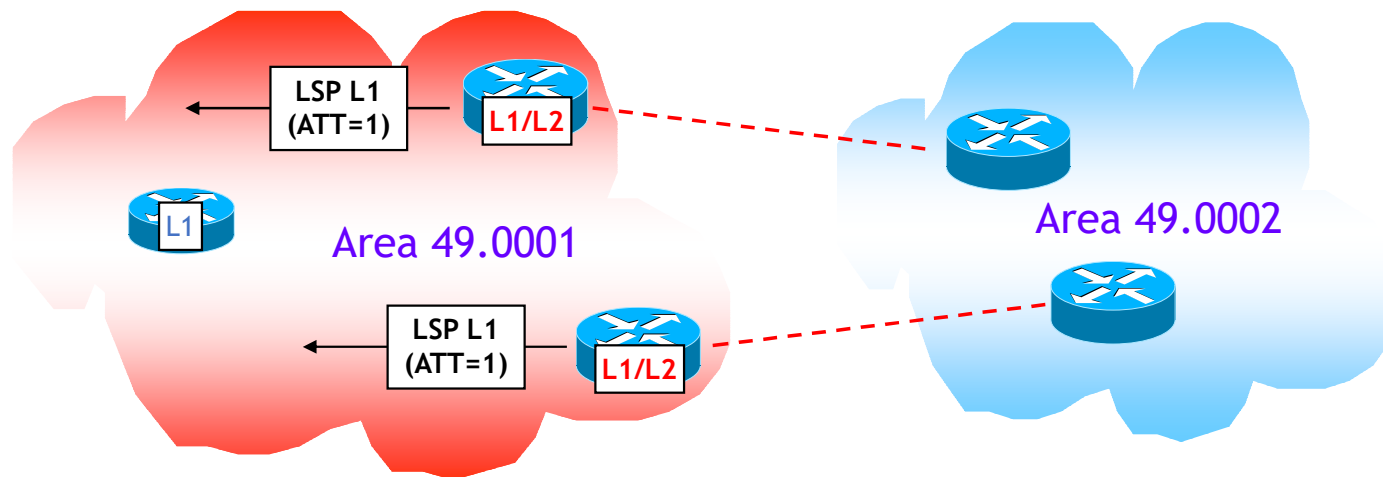


Metriche

- IS-IS supporta **4 tipi di metriche**, tutte rappresentate in un campo di **6 bit**
 - *Default*
 - *Delay*
 - *Expense*
 - *Error*
- Tutti i maggiori costruttori (es. Cisco, Juniper) **supportano solo la metrica di tipo *Default***
 - Valore di default = **10** (variabile su base configurazione)
- Per applicazioni di ***Traffic Engineering MPLS*** (via RSVP-TE o SR-TE) e per l'estensione a IPv6 è stata introdotta una **metrica estesa di 24 bit (*wide metric*)**

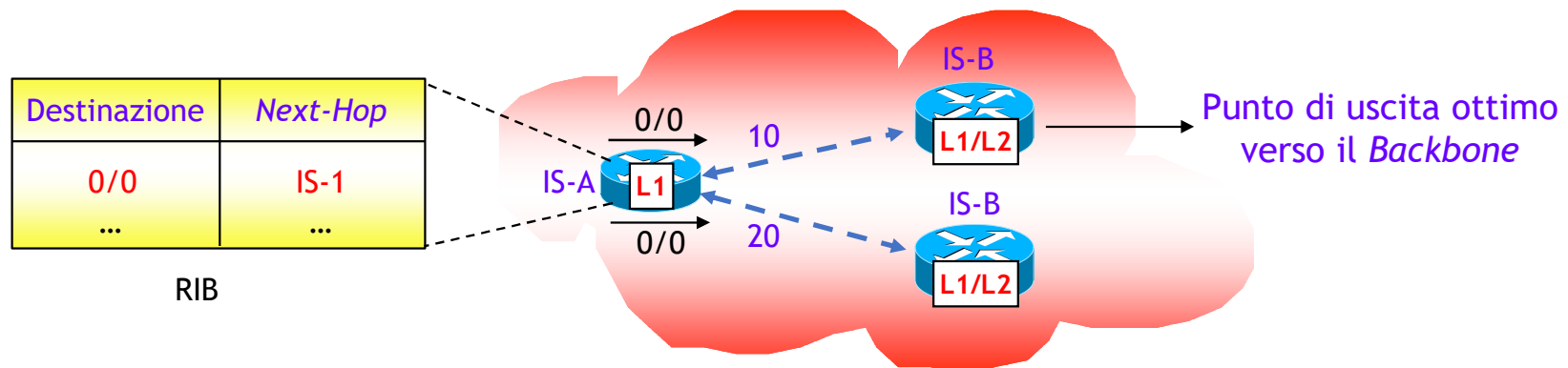
Determinazione dei percorsi (1/3)

- **REGOLA FONDAMENTALE:** Gli IS di tipo L1/L2 di una area notificano a tutti gli IS L1 della stessa area che hanno la **possibilità di instradare il traffico inter-area**
 - Ciò avviene attraverso un particolare bit (ATT) presente nei *Link State Packet L1*
 - Tramite questo meccanismo gli IS di tipo L1 di una particolare area vengono a conoscenza di **tutti i punti di uscita verso il Backbone**
 - **NOTA IMPORTANTE:** il campo *ATT* viene posto a 1 **se e solo se il router L1/L2 ha una adiacenza L2 con un router appartenente ad un'area diversa**



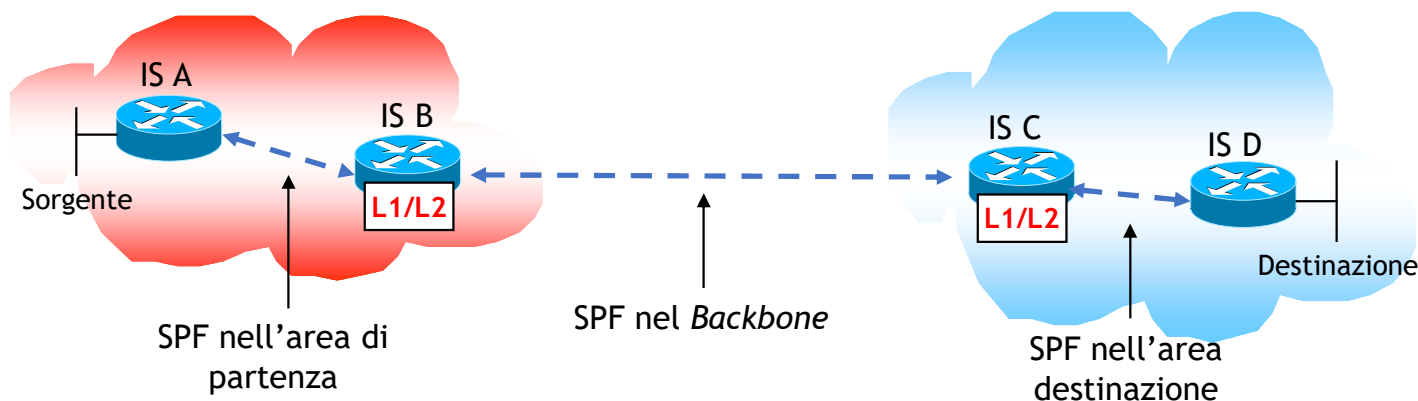
Determinazione dei percorsi (2/3)

- Quando un **IS di tipo L1** di una area riceve uno o più LSP L1 con **bit ATT=1** installa nella sua Tabella di routing IP una **default-route** con **Next-Hop** l'IS adiacente sul percorso verso l'IS L1/L2 più "vicino" (secondo i costi IS-IS)
 - NOTA: la *default-route* viene installata solo da IS di tipo L1 e non da IS di tipo L1/L2
 - Una area IS-IS può quindi essere **paragonata a una area OSPF di tipo Totally NSSA**
- Per instradare il traffico inter-area i pacchetti vengono inviati all'IS L1/L2 **più vicino** (a costo minimo) e quindi inoltrati dal **Backbone** verso un IS L1/L2 dell'area di destinazione



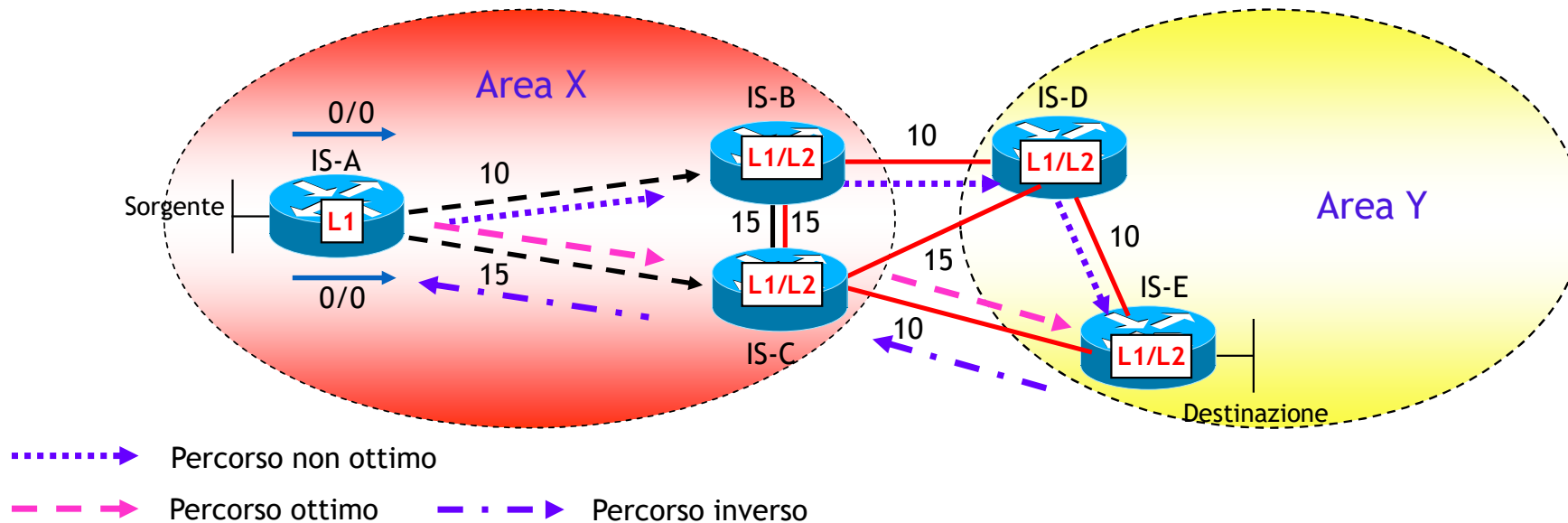
Determinazione dei percorsi (3/3)

- **Intra-area:** via SPF all'interno dell'area
- **Inter-area:** tre calcoli "locali" dell'algoritmo SPF
 - Percorso ottimo, utilizzando il LSDB di tipo L1, per raggiungere l'IS di tipo L1/L2 "ottimo" dell'area di partenza
 - Percorso ottimo all'interno del *Backbone*, utilizzando il LSDB di tipo L2 tra IS L1/L2 "ottimo" dell'area di partenza e IS L1/L2 "ottimo" dell'area di destinazione, tenendo conto anche del costo da quest'ultimo alla destinazione
 - Percorso ottimo all'interno dell'area destinazione per raggiungere l'IS dove si trova l'ES destinazione utilizzando il LSDB di tipo L1

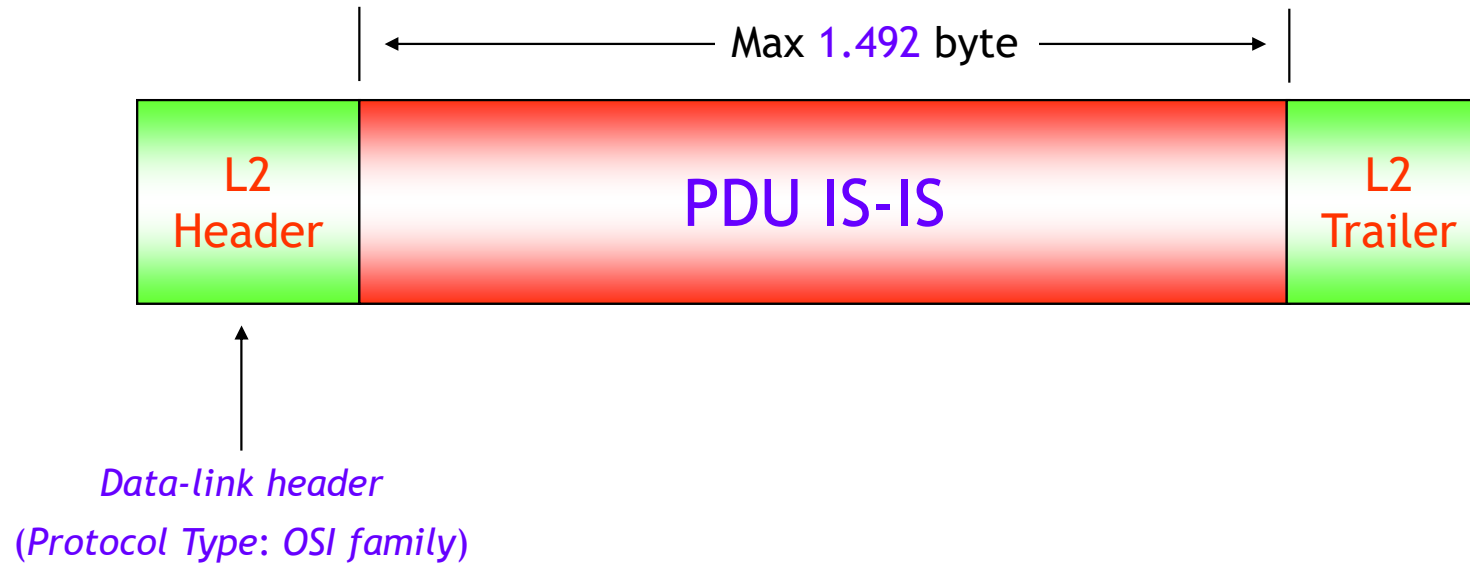


Possibilità di routing sub-ottimo e asimmetrico

- Percorso **dalla rete sorgente verso la rete destinazione**
 - **Ottimo:** IS-A → IS-C → IS-E (Costo = 15 + 10 = 25)
 - **Reale (non ottimo):** IS-A → IS-B → IS-D → IS-E (Costo = 10 + 10 + 10 = 30)
- Percorso **inverso (dalla rete destinazione verso la rete sorgente)**
 - **Ottimo:** IS-E → IS-C → IS-A (Costo = 10 + 15 = 25)

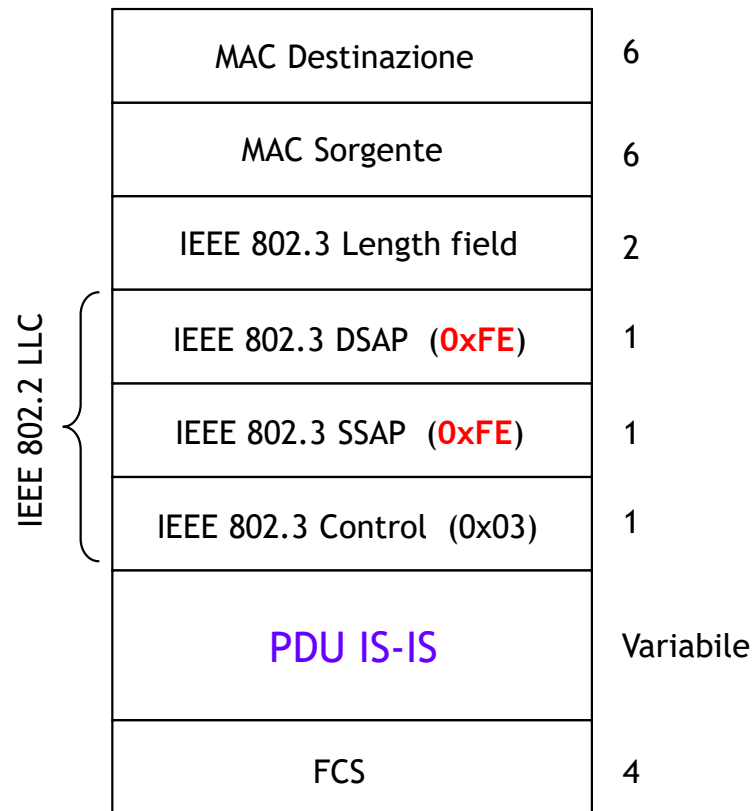


PDU IS-IS: trasporto (1/2)

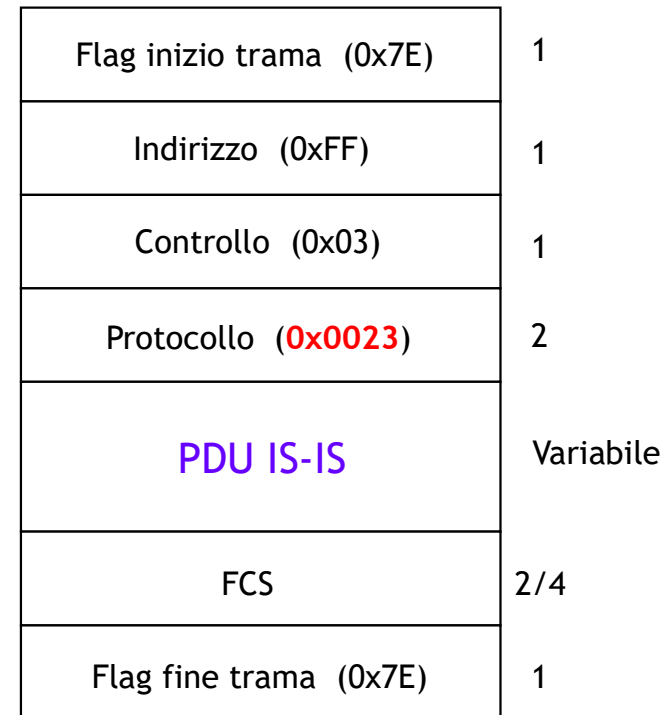


- Le PDU IS-IS sono incapsulate direttamente in trame di Livello 2

PDU IS-IS: trasporto (2/2)

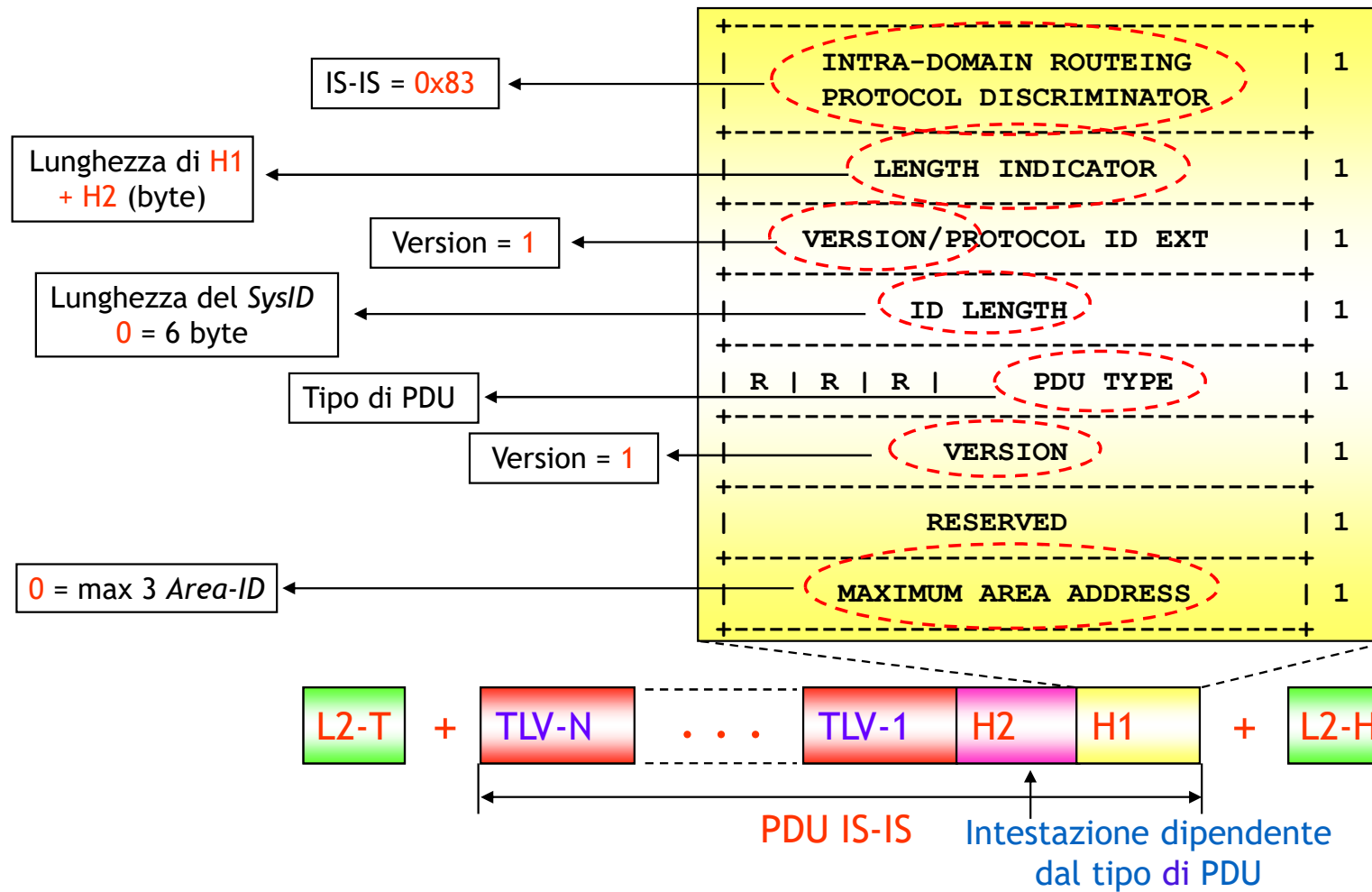


Incapsulamento IEEE 802.3 (SAP)



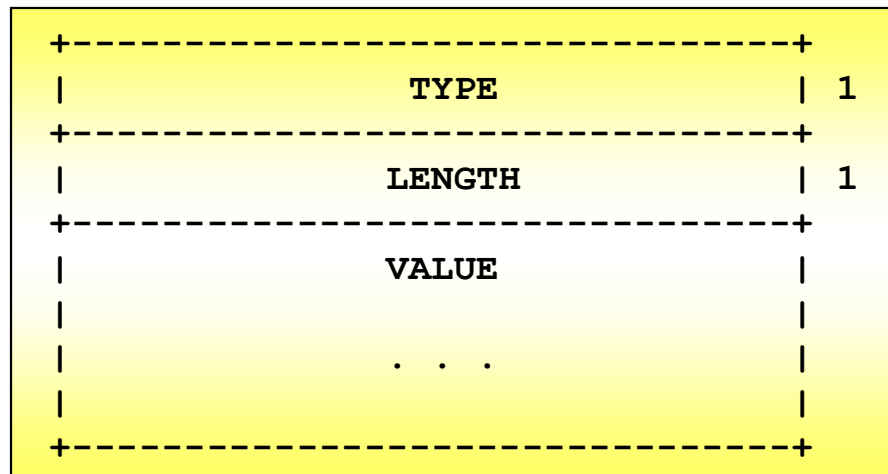
Incapsulamento PPP

PDU IS-IS: trasporto (2/2)



Moduli TLV

- I moduli **TLV** (*Type-Length-Value*) sono moduli contenenti informazioni di vario tipo presenti nelle PDU IS-IS
 - Negli standard ISO 10589 e RFC 1195 sono state definite varie TLV
 - Ciascuna PDU IS-IS ha associati un determinato numero di moduli TLV
 - **Consentono facilmente l'aggiunta di nuove funzionalità** del protocollo senza definire nuovi tipi di PDU



Tipi di PDU IS-IS

- HELLO

- LAN HELLO di tipo L1 (*PDU Type = 15*)
- LAN HELLO di tipo L2 (*PDU Type = 16*)
- *Point-to-Point* HELLO (*PDU Type = 17*)

- LINK STATE PACKET (*LSP*)

- LSP di tipo L1 (*PDU Type = 18*)
- LSP di tipo L2 (*PDU Type = 20*)

- SEQUENCE NUMBER PDU (*SNP*)

- *Complete SNP (CSNP)* di tipo L1 (*PDU Type = 24*)
- *Complete SNP (CSNP)* di tipo L2 (*PDU Type = 25*)
- *Partial SNP (PSNP)* di tipo L1 (*PDU Type = 26*)
- *Partial SNP (PSNP)* di tipo L2 (*PDU Type = 27*)

Di cosa parlerò ...

#1

Concetti fondamentali

#2

Indirizzi OSI di Livello 3

#3

Neighbor e adiacenze

#4

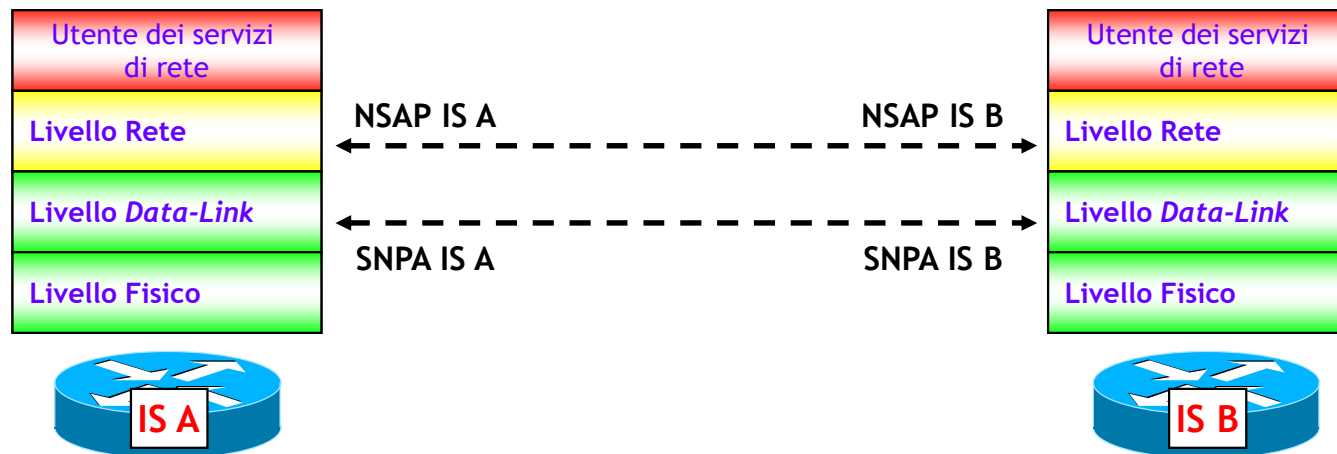
Link State Packet (LSP) e Link State DataBase (LSDB)

Network Service Access Point (NSAP)

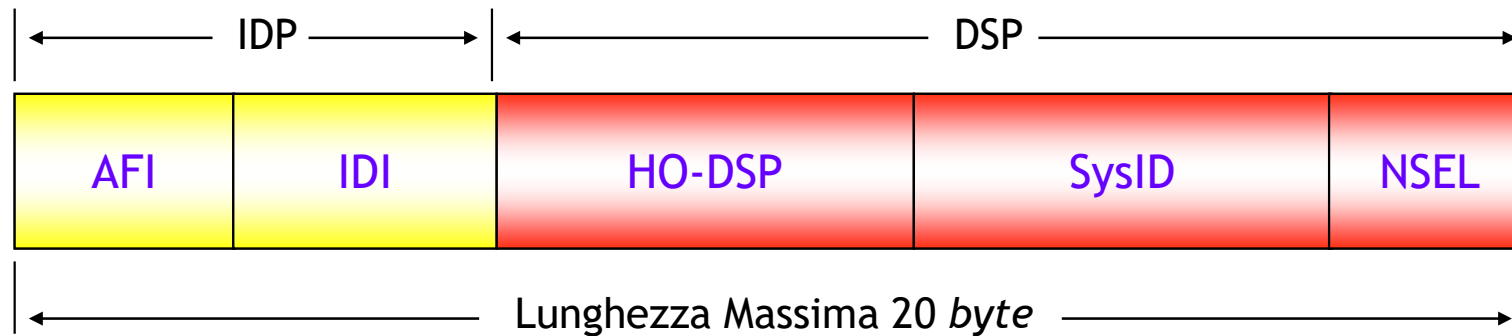
- Nell'architettura di comunicazione ISO/OSI il **Livello 3 (Rete)** fornisce servizi **al livello superiore**
 - In un IS il livello superiore può essere il **livello di trasporto** o il **livello di routing**
- Una entità di livello superiore che utilizza il Livello 3 di un IS A per comunicare con la stessa entità di un IS B ha bisogno di sapere **come indirizzare** a Livello 3 l'IS B
- Gli indirizzi OSI di Livelli 3 sono detti **NSAP** (*Network Service Access Point*)
- **REGOLA FONDAMENTALE:** a differenza delle reti IP dove gli indirizzi IP sono assegnati alle singole interfacce (di un host o router) **nelle reti OSI gli indirizzi NSAP sono assegnati ai nodi (ES o IS)**

SNPA e NSAP

- Nell'architettura di comunicazione ISO/OSI i servizi di Livello 3 utilizzano i servizi del Livello 2
- Il punto di aggancio dei servizi di Livello 3 ai servizi del Livello 2 viene detto *SubNetwork Point of Attachment (SNPA)*
- Un SNPA può essere identificato
 - Dal tipo di incapsulamento o DLCI sulle interfacce WAN
 - Dall'indirizzo MAC sulle interfacce LAN



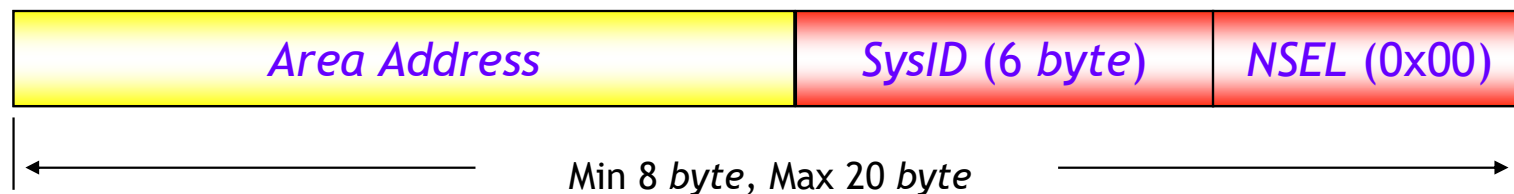
Struttura degli indirizzi NSAP



- **IDP** = *Initial Domain Part* (variabile)
 - **AFI** = *Address Format Identifier* (1 byte)
 - **IDI** = *Initial Domain Identifier* (variabile)
- **DSP** = *Domain Specific Part* (variabile)
 - **HO-DSP** = *High Order - Domain Specific Part* (variabile)
 - **SysID** = *System ID* (variabile)
 - **NSEL** = *NSAP Selector* (1 byte)

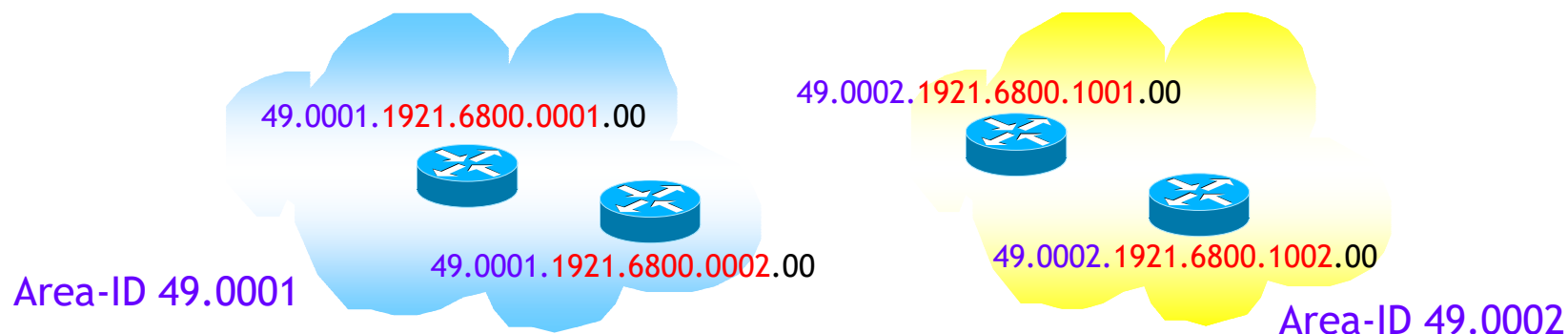
Indirizzi NSAP per IS-IS

- Nell'implementazione di IS-IS ogni IS deve essere identificato da un indirizzo NSAP univoco
- IS-IS (ISO/IEC 10589) distingue solo tre campi negli indirizzi NSAP
 - **Area Address**: campo di lunghezza variabile costituito dall'insieme dei campi NSAP ad esclusione di *SysID* e *NSEL*
 - **SysID**: campo di lunghezza compresa tra 1 e 8 byte
 - Nella maggior parte delle implementazioni (es. Cisco, Juniper) la lunghezza del *SysID* è fissa e pari a 6 byte
 - **NSEL**: campo di lunghezza 1 byte, sempre pari 0x00



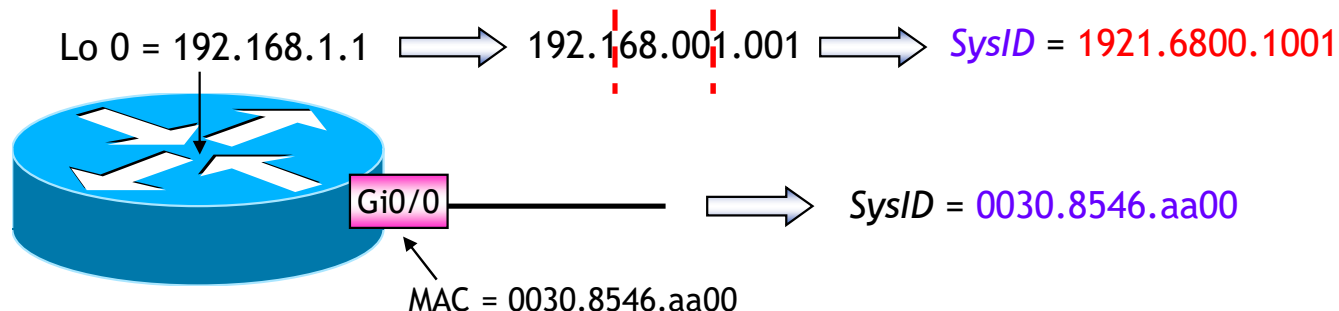
Regole pratiche

- IS appartenenti ad **aree IS-IS diverse** devono avere un **diverso Area Address**, mentre IS appartenenti alla **stessa area IS-IS** devono avere un **identico Area Address**
- All'interno di una stessa area IS-IS e per tutti i router del *Backbone* (L2 e L1/L2) il *SysID* deve essere **univoco**
 - *Best-practice*: anche se non strettamente necessario, è consigliabile utilizzare **valori univoci di SysID per tutto il dominio IS-IS**
- Suddividere l'*Area Address* in **AFI (1 byte) + Area-ID (≤ 13 byte)**
 - *Best practice*: utilizzare **AFI = 49** (indirizzi NSAP privati) e un **Area-ID da due o 4 byte**



Scelta del SysID

- Può essere scelto in modo **arbitrario** purché compatibile con le regole descritte
- Per sceglierlo univoco all'interno del dominio IS-IS (*best-practice*) possono essere utilizzati due criteri (equivalenti)
 - Scegliere **SysID = indirizzo MAC** di una qualsiasi interfaccia
 - Scegliere il **SysID utilizzando l'indirizzo IP** di una qualsiasi interfaccia IP (es. Loopback) nel modo seguente
 - Effettuare un allineamento a tre cifre di ogni *byte* dell'indirizzo IP aggiungendo degli zeri a sinistra
 - Dividere le cifre risultanti in gruppi di 4 (rappresentazione esadecimale)



Di cosa parlerò ...

#1

Concetti fondamentali

#2

Indirizzi OSI di Livello 3

#3

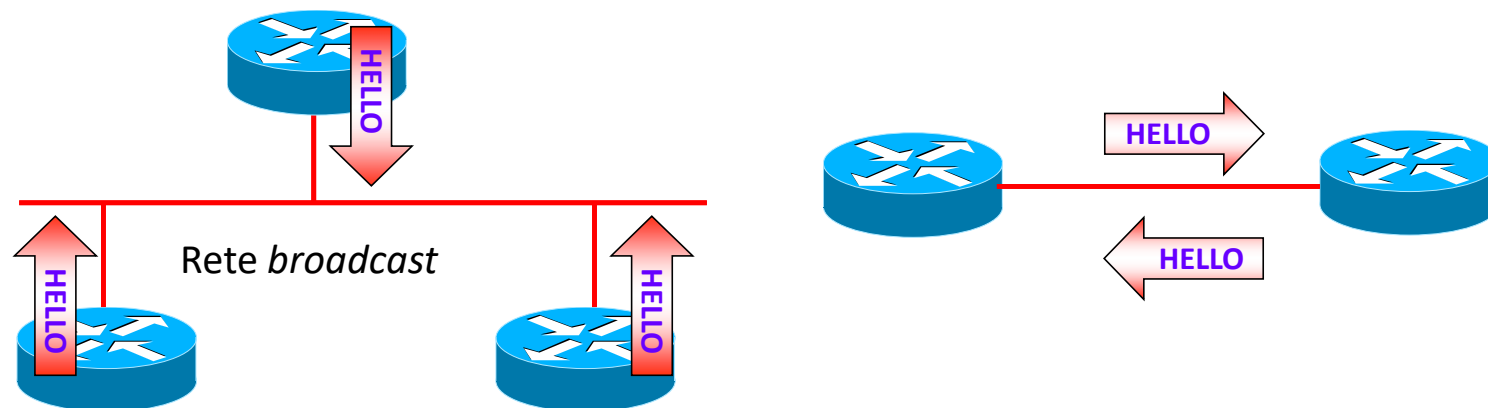
Neighbor e adiacenze

#4

Link State Packet (LSP) e Link State DataBase (LSDB)

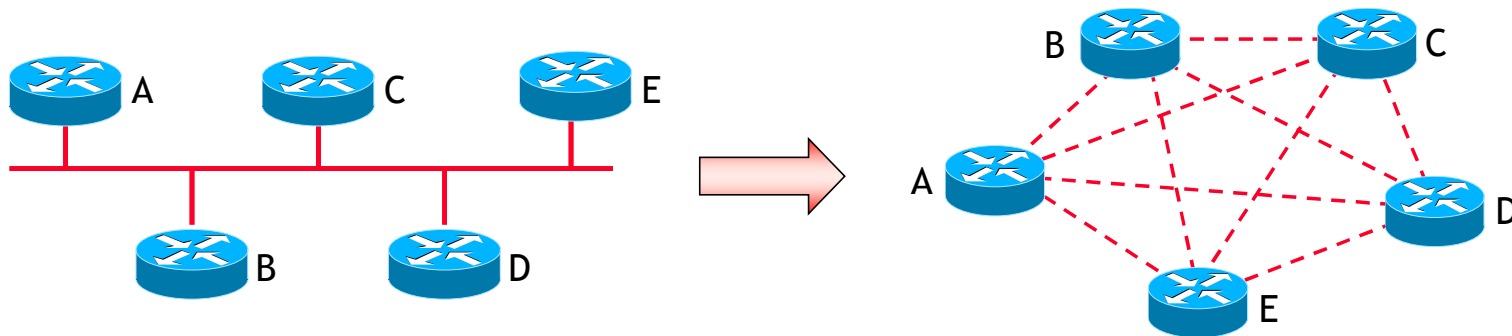
Scoperta dei *neighbor* e adiacenze

- La scoperta dei *neighbor* avviene attraverso PDU **HELLO**, che vengono inviate periodicamente dagli IS
 - Nelle reti *Broadcast* la frequenza degli HELLO varia con il tipo di IS
 - *Designated IS*: frequenza elevata
 - Altri IS: frequenza più bassa
- In IS-IS due router sono **adiacenti** se scambiano regolarmente PDU **HELLO**
 - Equivalente allo stato *two-way* di OSPF



Adiacenze nelle reti *broadcast*

- La *scoperta dei neighbor* avviene mediante l'invio di **LAN L1 HELLO** (*PDU Type = 15*) e **LAN L2 HELLO** (*PDU Type = 16*)
 - I LAN L1 HELLO sono inviati all'indirizzo multicast **0180.C200.0014** (*ALLL1IS*)
 - I LAN L2 HELLO sono inviati all'indirizzo multicast **0180.C200.0015** (*ALLL2IS*)
- Nei segmenti *broadcast* ogni router è adiacente ad ogni altro router del segmento

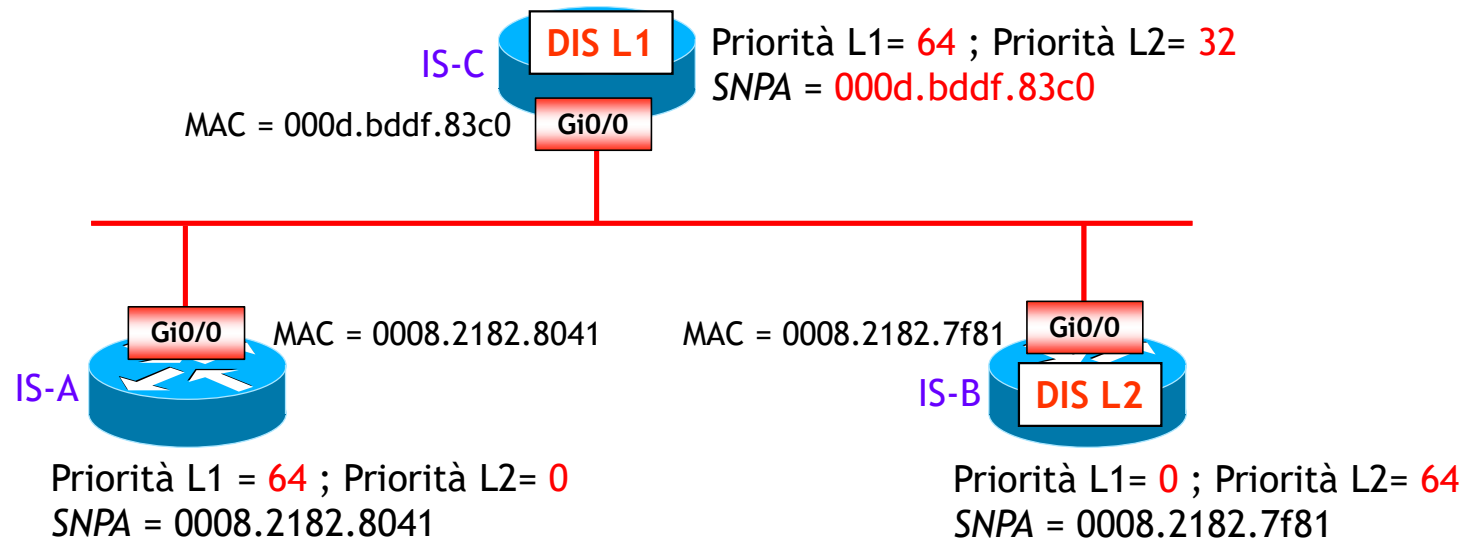


Designated IS (DIS)

- Su ogni segmento broadcast viene eletto un *Designated IS (DIS)* che ha due compiti fondamentali
 - **Annunciare** agli altri IS la **presenza del segmento broadcast e tutti i router connessi al segmento**
 - **Mantenere sincronizzati i LSDB** di tutti gli IS presenti sul segmento *broadcast*
- In ogni segmento LAN vengono eletti due diversi DIS
 - **DIS L1**: eletto tra IS che stabiliscono una adiacenza di tipo **L1**
 - **DIS L2**: eletto tra IS che stabiliscono una adiacenza di tipo **L2**
 - **NOTA: Non viene eletto un backup DIS**
 - Quando il *DIS* va fuori servizio **viene eletto immediatamente un nuovo DIS**
 - Per far sì che l'elezione avvenga in breve tempo il *DIS* emette IIR con **frequenza più elevata e Holdtime più basso**

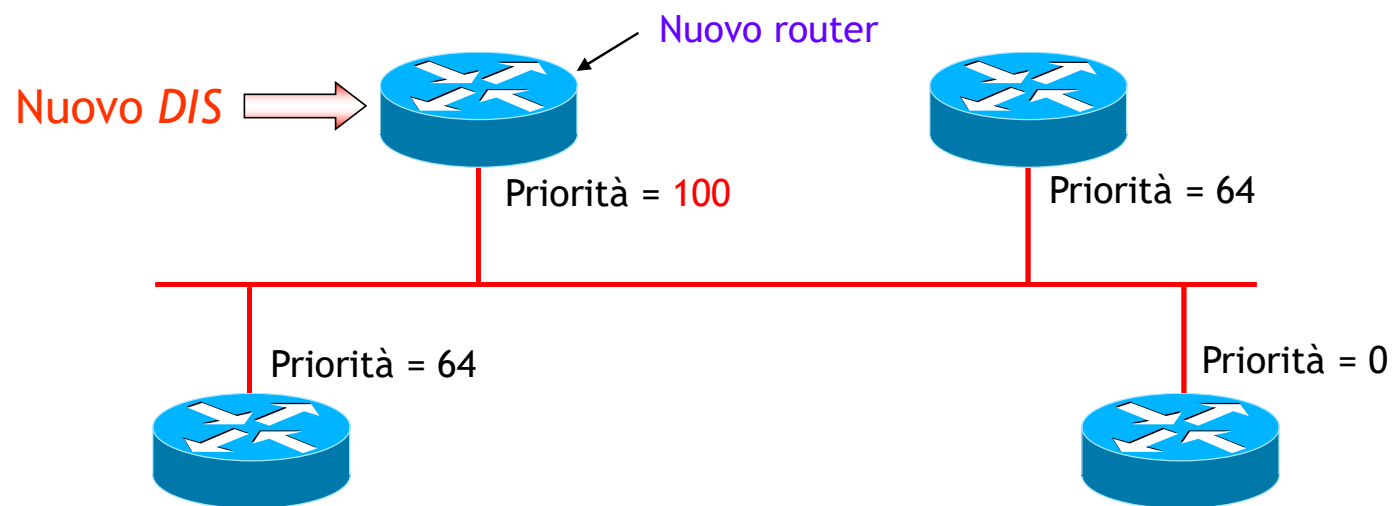
Elezione del DIS (1/2)

- L'elezione del *DIS* è effettuata tramite i LAN HELLO
 - Il *DIS* è l'IS con **priorità più alta** o, a parità di priorità, l'IS con **SNPA** (= indirizzo MAC dell'interfaccia) **più alto**
 - Il valore **Priorità = 0**, a differenza di OSPF, non implica che l'IS non possa diventare *DIS*
 - **NOTA: se il valore di priorità è nullo per tutti i router viene comunque eletto il DIS** (che diventa quello con SNPA più elevato). In OSPF nella stessa situazione invece non viene stabilita alcuna adiacenza



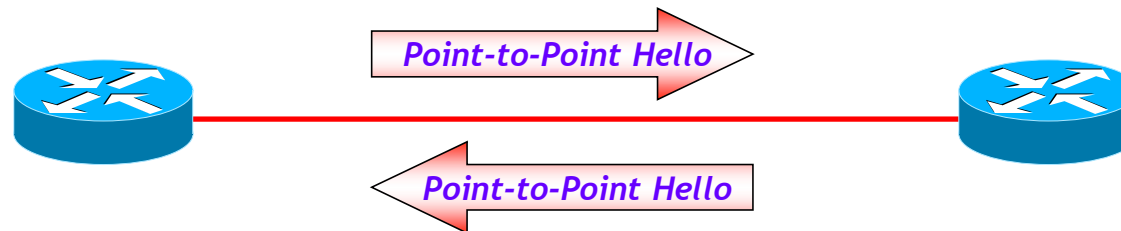
Elezione del DIS (2/2)

- A differenza di OSPF, un nuovo router che viene aggiunto a un segmento di rete *broadcast* diventa immediatamente *DIS*, se ha le credenziali per diventarlo (processo di elezione *preemptive*)



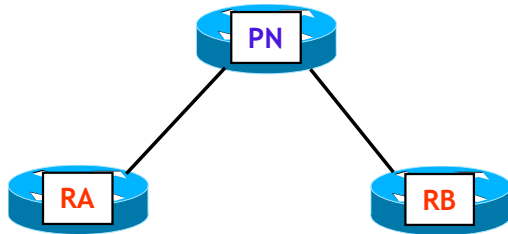
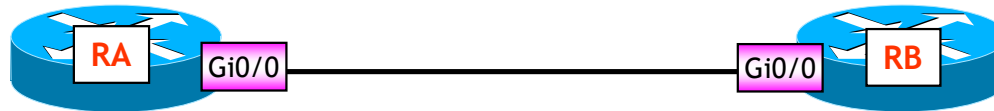
Adiacenze su reti punto-punto (1 / 2)

- Tipicamente si hanno tra IS collegati a Livello 2 attraverso protocolli p.to-p.to (es. PPP, HDLC Cisco, PVC ATM o FR)
- Non viene eletto alcun *DIS*
- La scoperta del *neighbor* avviene mediante l'invio di *Point-to-Point Hello* (PDU Type = 17)
 - I *Point-to-Point Hello* sono inviati al *SNPA* dell'IS all'altro capo del collegamento

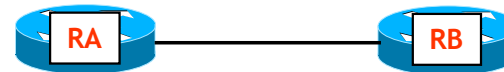


Adiacenze su reti punto-punto (2/2)

- Quando il collegamento punto-punto è realizzato con un collegamento Ethernet *back-to-back*, è buona regola **disabilitare l'elezione del DIS**
 - L'elezione del DIS comporta un inutile spreco di CPU e aumenta il numero di *link* visti dall'algoritmo SPF da 1 a 2



Topologia vista dall'algoritmo SPF senza disabilitare l'elezione del DIS



Topologia vista dall'algoritmo SPF disabilitando l'elezione del DIS

Timer associati ai messaggi HELLO

- All'invio periodico degli HELLO (sia di tipo *Point-to-Point* che LAN) sono associati **due timer**, entrambi **configurabili**
 - **Hello Interval**: definisce l'intervallo temporale tra due messaggi HELLO consecutivi
 - **Hello Holdtime**: definisce il tempo terminato il quale senza ricezione di messaggi HELLO, l'adiacenza IS-IS viene abbattuta
- Valori di default nei router
 - CISCO: *Hello Interval* = **10 s** per gli IS non *DIS* - **3,3 s** per i *DIS*; *Hello Holdtime* = **3** volte il valore *Hello Interval*
 - JUNIPER: *Hello Interval* = **9 s** per gli IS non *DIS* - **3 s** per i *DIS*; *Hello Holdtime* = **3** volte il valore *Hello Interval*
- **NOTA IMPORTANTE**: deve sempre essere

Hello Interval* < *Hello Holdtime

Regole per la formazione delle adiacenze

- Affinché la formazione di una adiacenza abbia successo devono **coincidere** alcuni parametri
 - **Lunghezza del SysID**: per gli IS di molti costruttori (es. Cisco, Juniper) la lunghezza del SysID è fissa e pari a **6 byte** (indicata dal valore 0 del campo *ID Length* nell'intestazione comune)
 - **Numero massimo di Area Addresses per IS**: per gli IS di molti costruttori (es. Cisco, Juniper) tale numero è di default pari a **3** (indicato dal valore 0 del campo *Max Area Addresses* nell'intestazione comune)
 - **MTU delle interfacce adiacenti**: l'adiacenza viene stabilita se e solo se la lunghezza di un HELLO ricevuto coincide con la MTU dell'interfaccia dalla quale si è ricevuto
 - **Tipo di autenticazione** (se configurata) e relativa *password*
- **NOTA**: a differenza di OSPF, **non è necessario che i valori di Hello Interval e Hello Holdtime coincidano**

Di cosa parlerò ...

#1

Concetti fondamentali

#2

Indirizzi OSI di Livello 3

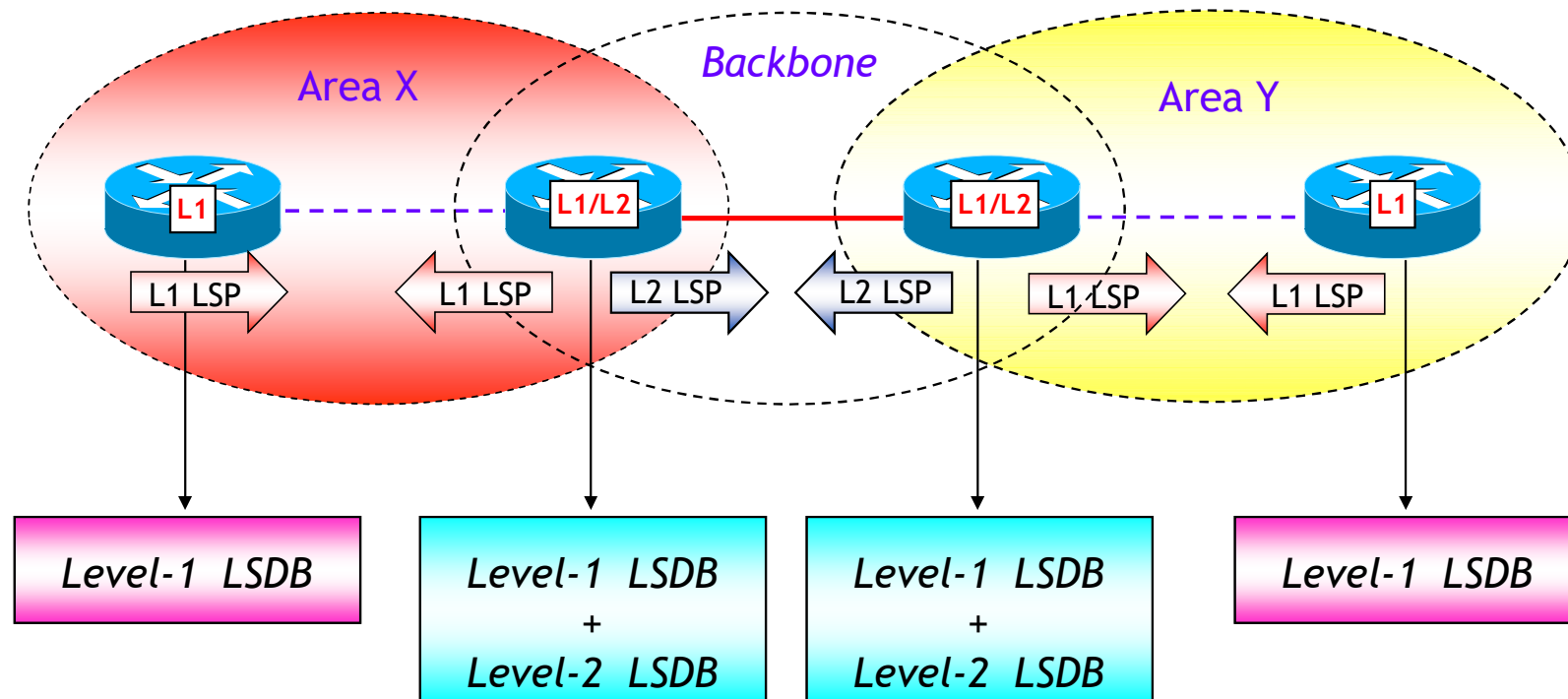
#3

Neighbor e adiacenze

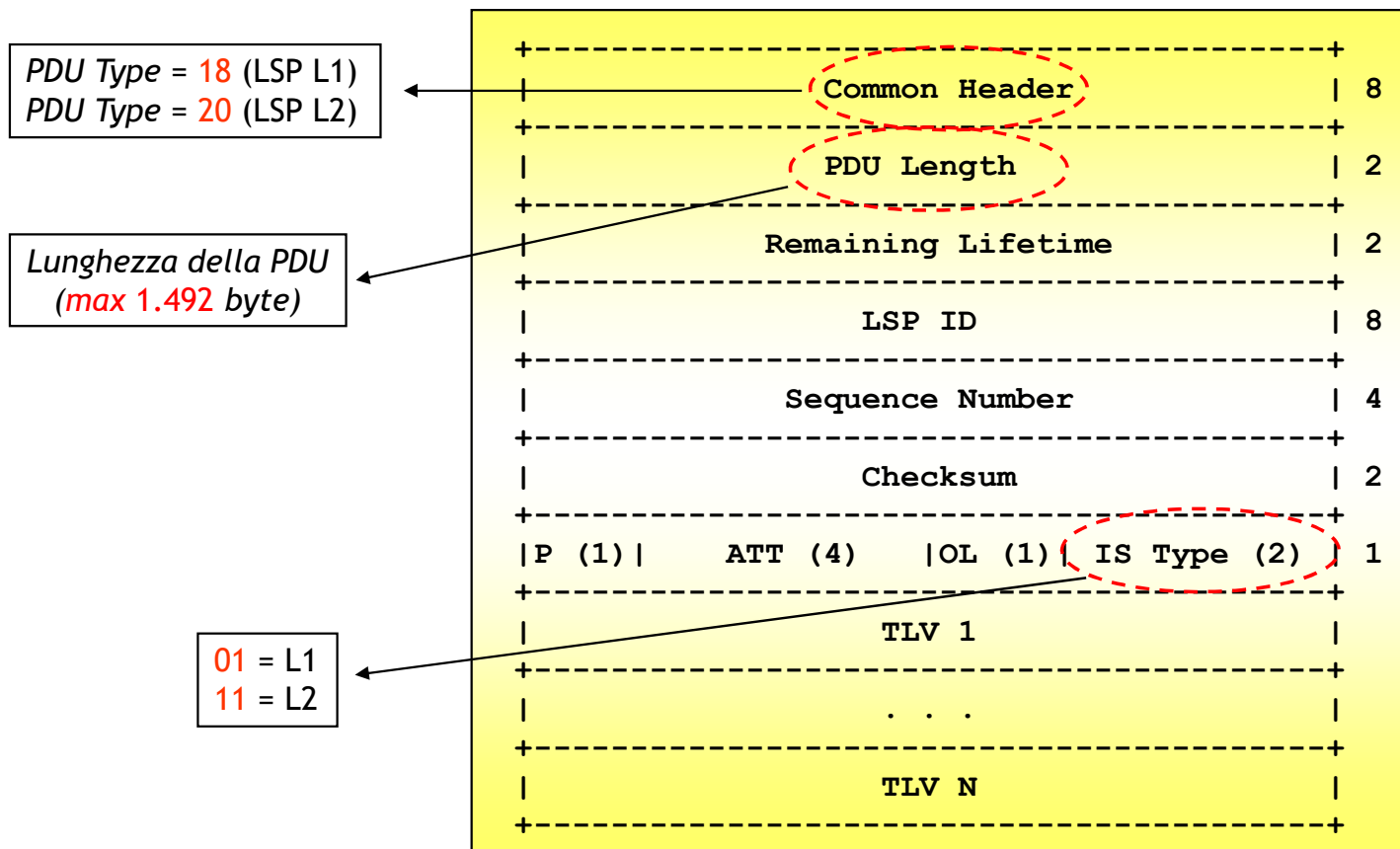
#4

Link State Packet (LSP) e Link State DataBase (LSDB)

Tipi di LSP e LSDB



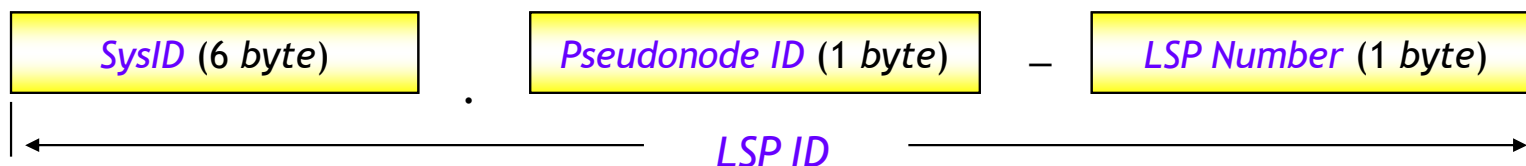
Formato dei LSP



- Il formato dei LSP L1 e L2 è **identico**, cambiano solo i moduli TLV supportati

Identificativo dei LSP (LSP ID)

- Serve a **distinguere** tra loro **gli LSP** e per **identificare gli IS** che li hanno generati
- Formato



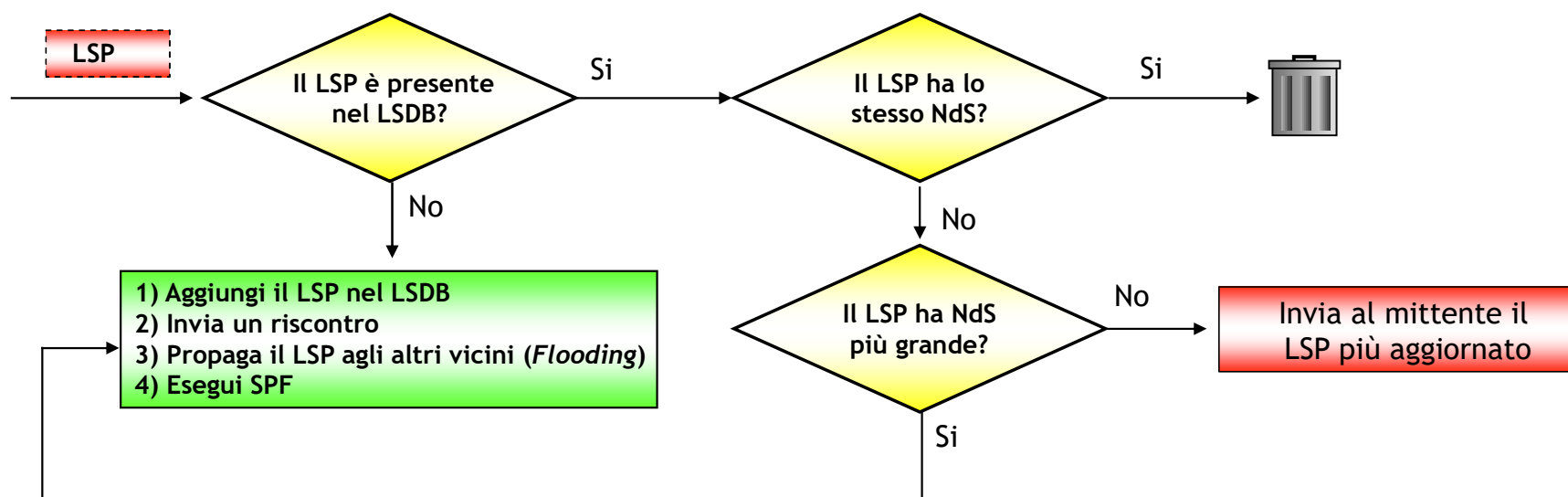
- **Pseudonode ID $\neq 0$** indica che il LSP è **generato da un DIS** di una rete *broadcast* e trasporta la lista degli IS del segmento (DIS incluso)
 - **Pseudonode ID $\neq 0$** \leftrightarrow **Pseudonode LSP**
 - **Pseudonode ID = 0** \leftrightarrow **Regular LSP**
- **LSP Number** serve nel caso si abbia bisogno di **frammentare** un LSP perché troppo grande
 - **Massima dimensione ammessa** di un LSP (inclusa intestazione comune) = **1.492 byte**

LSP ID: esempi

- 1921.6800.1001.00-00
 - Primo frammento di un “*Regular LSP*”
- 1921.6800.1001.01-00
 - Primo frammento di uno “*Pseudonode LSP*”
- 1921.6800.1001.00-01
 - Secondo frammento di un “*Regular LSP*”
- 1921.6800.1001.01-01
 - Secondo frammento di uno “*Pseudonode LSP*”
- NOTA: sono possibili al più 256 frammenti

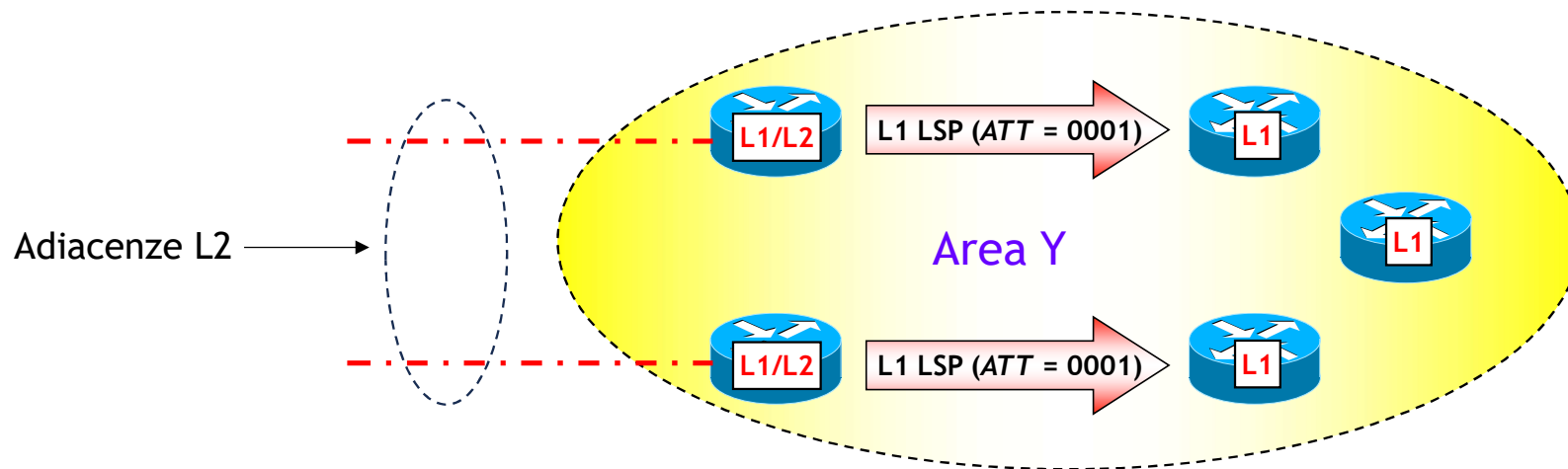
Numero di Sequenza

- Serve al processo di *update* per **numerare i LSP**
 - Il **primo** LSP generato da un IS ha **NdS = 1**
 - Ogni **successiva** versione ha NdS **incrementato di una unità**
- Viene utilizzato dagli IS per determinare il LSP più **recente** da inserire nel LSDB



Campo *ATT* (*ATT*ached)

- Serve ad indicare agli IS di una stessa area che **l'IS ha un collegamento ad altre aree attraverso il *Backbone*** e il tipo di metrica supportato (tra le 4 possibili)
 - **NOTA IMPORTANTE:** l'indicazione della funzione di *gateway* si ha **se e solo se** l'IS ha almeno una adiacenza di tipo L2 con almeno un IS appartenente ad un'area diversa
 - Poiché tipicamente i costruttori supportano solo la metrica *Default* la configurazione del campo *ATT* ha sempre i 3 bit più significativi pari a 0

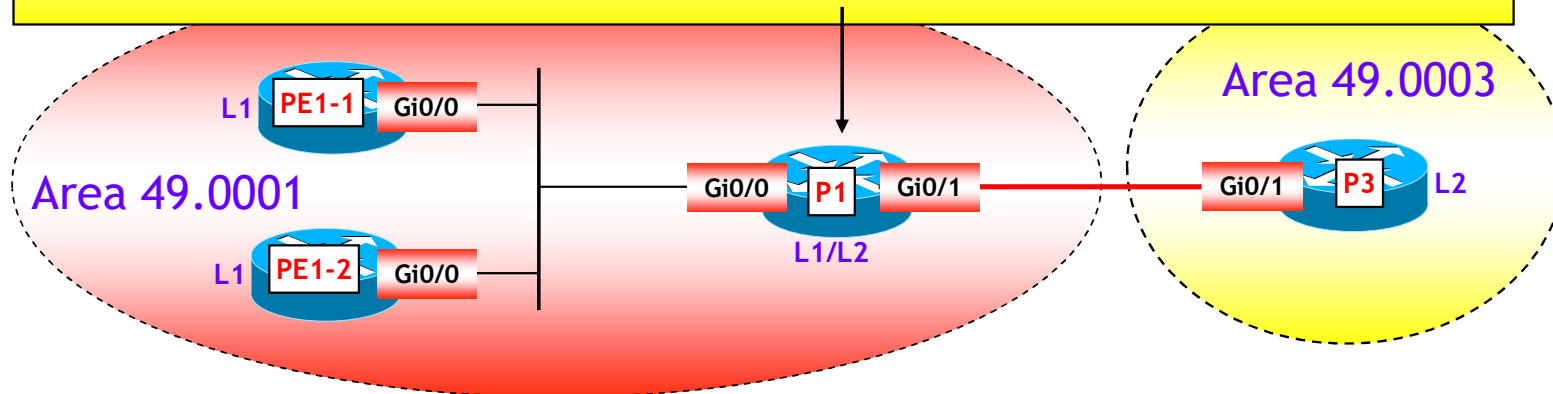


Esempio: LSP contenuti nei LSDB (1/3)

- LSP contenuti nei LSDB L1 e L2 di P1

```
RP/0/RP0/CPU0:P1# show isis database
.
.
.
IS-IS Level-1 Link State Database:
LSPID                LSP Seq Num  LSP Checksum  LSP Holdtime  ATT/P/OL
PE1-1.00-00          0x00000018  0x991B        1187           0/0/0
PE1-2.00-00          0x00000009  0x9526        1187           0/0/0
P1.00-00              * 0x00000011  0x1B99        1186           1/0/0
P1.01-00              * 0x00000004  0x12E4        1186           0/0/0

IS-IS Level-2 Link State Database:
LSPID                LSP Seq Num  LSP Checksum  LSP Holdtime  ATT/P/OL
P1.00-00              * 0x00000011  0xF9D4        1193           0/0/0
P3.00-00              0x0000000B  0x746A        1010           0/0/0
```



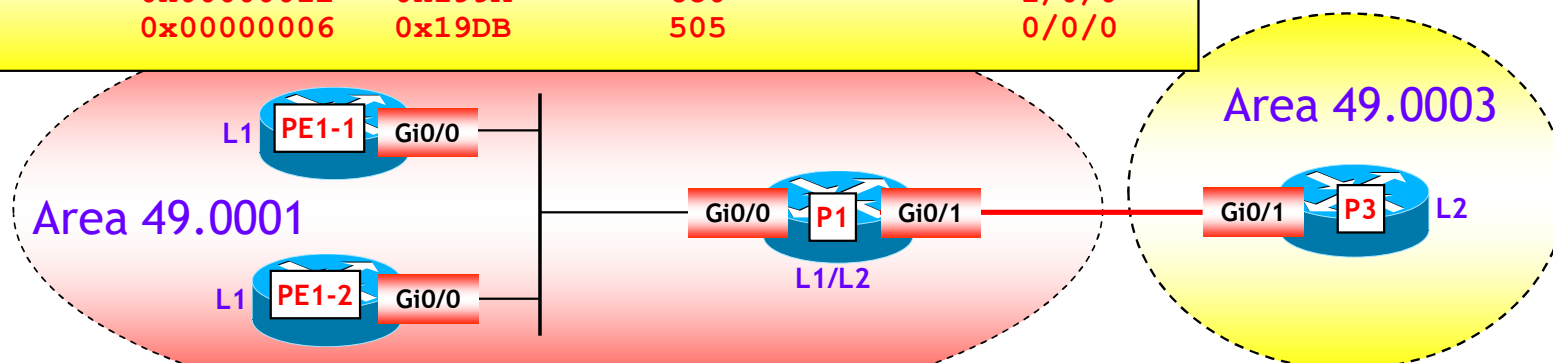
Esempio: LSP contenuti nei LSDB (2/3)

- LSP contenuti nei LSDB L1 di PE1-1 e PE1-2

```
RP/0/RP0/CPU0:PE1-1# show isis database
```

```
IS-IS Level-1 Link State Database:
```

LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
PE1-1.00-00	* 0x00000019	0x971C	513	0/0/0
PE1-2.00-00	0x0000000A	0x9327	734	0/0/0
P1.00-00	0x00000012	0x199A	680	1/0/0
P1.01-00	0x00000006	0x19DB	505	0/0/0



```
RP/0/RP0/CPU0:PE1-2# show isis database
```

```
IS-IS Level-1 Link State Database:
```

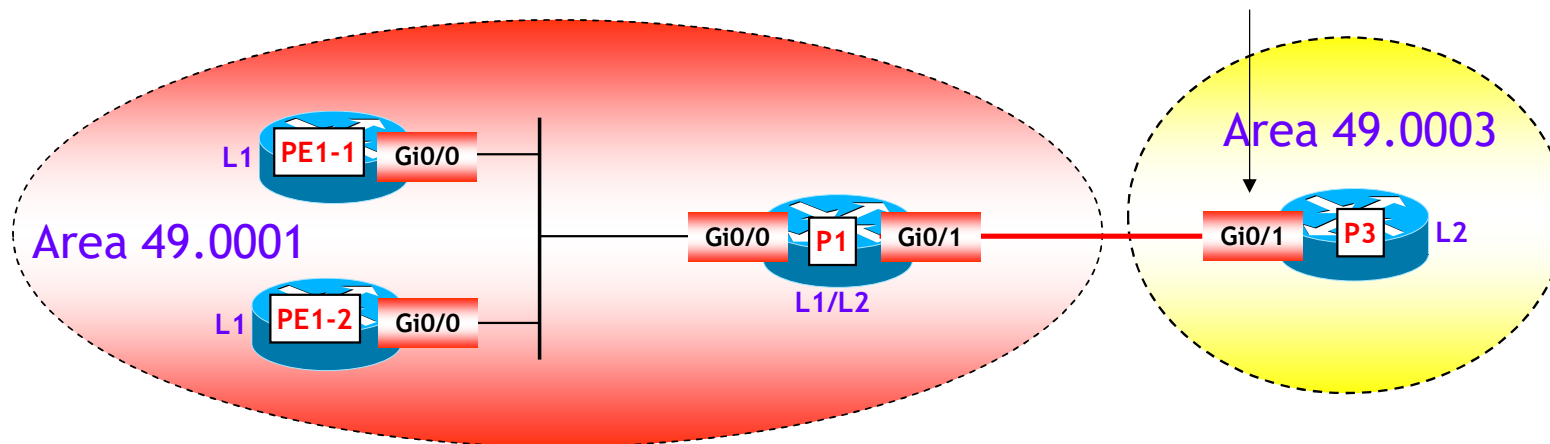
LSPID	LSP Seq Num	LSP Checksum	LSP Holdtime	ATT/P/OL
PE1-1.00-00	0x00000018	0x991B	1082	0/0/0
PE1-2.00-00	* 0x00000009	0x9526	1084	0/0/0
P1.00-00	0x00000011	0x1B99	1080	1/0/0
P1.01-00	0x00000004	0x12E4	1080	0/0/0

Esempio: LSP contenuti nei LSDB (3/3)

- LSP contenuti nel LSDB L2 di P3

```
RP/0/RP0/CPU0:P3# show isis database
```

```
. . . .  
IS-IS Level-2 Link State Database:  
LSPID          LSP Seq Num  LSP Checksum  LSP Holdtime  ATT/P/OL  
P1.00-00       0x00000015   0xDBD8        922            0/0/0  
P3.00-00       * 0x0000000D  0x706C        1029           0/0/0
```

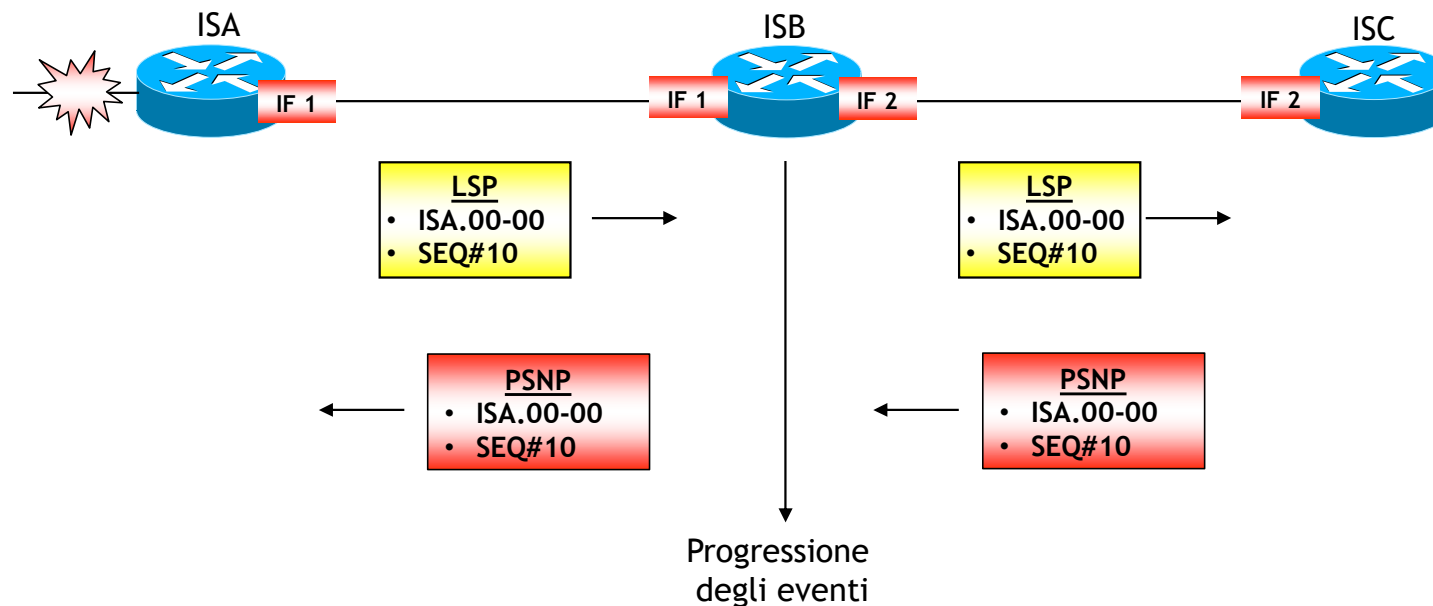


Sincronizzazione dei LSDB

- La sincronizzazione dei LSDB avviene attraverso
 - Il processo di *flooding*
 - L'utilizzo dei messaggi SEQUENCE NUMBER PDU (*SNP*)
- Il processo di *flooding* permette la propagazione dei LSP
 - I LSP L1 sono propagati solo *all'interno dell'area*
 - I LSP L2 sono propagati *in tutto il backbone*
- Le PDU SNP servono per *verificare/richiedere/riscontrare* i LSP
 - *Complete SNP (CSNP)*: contengono un sommario di *tutti* i LSP
 - *Partial SNP (PSNP)*: contengono un sommario di *alcuni* LSP

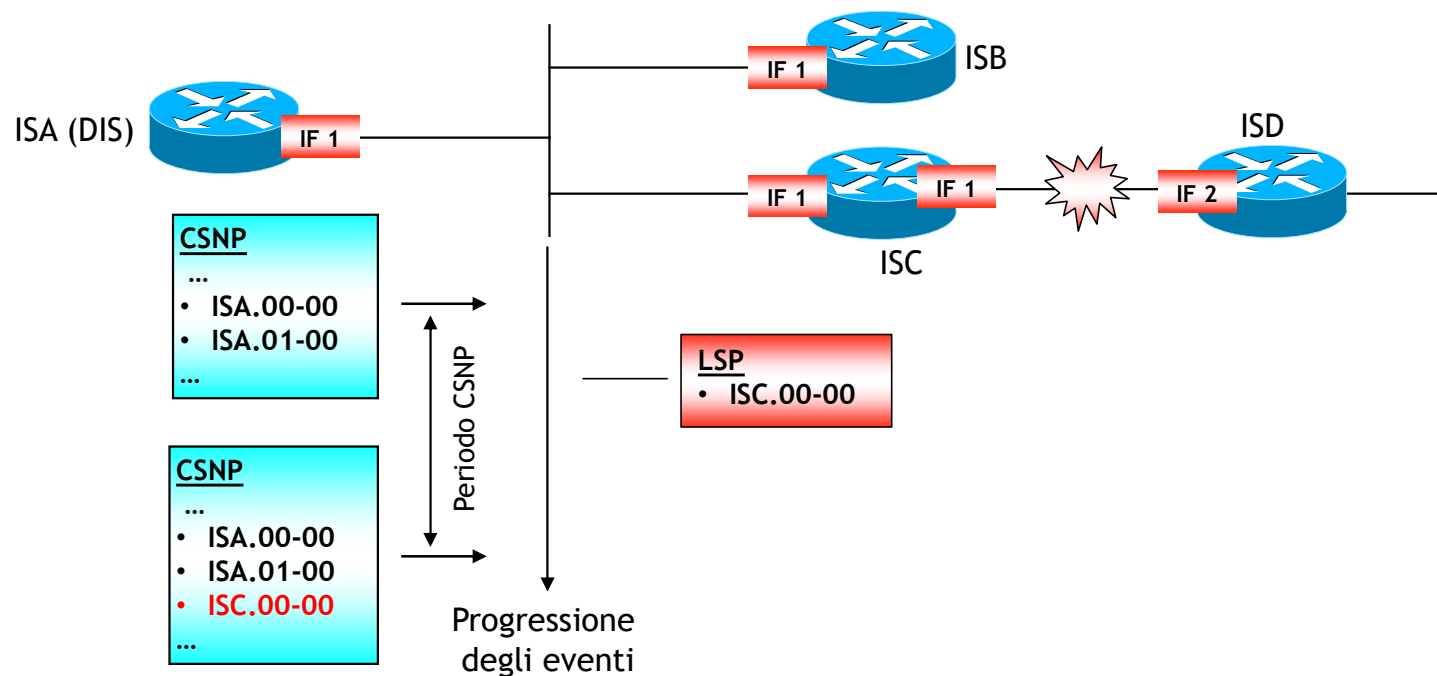
Flooding sulle sottoreti p.to-p.to

- Il (sotto-)protocollo di *flooding* sui segmenti di rete punto-punto è di tipo **affidabile**
 - I **riscontri** vengono effettuati attraverso PDU **PSNP**
 - Trascorso un *time-out* dall'invio di un LSP senza ricevere il riscontro via PSNP, il LSP viene **ritrasmesso**



Flooding sulle sottoreti broadcast

- Il protocollo di *flooding* sui segmenti *broadcast* è di tipo **non affidabile**
 - Per garantire un minimo di affidabilità il *DIS* invia **periodicamente** PDU CSNP a tutti gli IS della rete *broadcast*
 - Il riscontro è positivo se e solo se è presente nel successivo CSNP il sommario del LSP inviato



Ultima Diapositiva (finalmente ...)



Grazie per l'attenzione