



# Open Shortest Path First

**Mario Baldi**

<http://staff.polito.it/mario.baldi/>

**Giorgio Valent**

**SSGRR**

**Fulvio RISSO**

<http://staff.polito.it/fulvio.risso/>



# Nota di Copyright

- Questo insieme di trasparenze (detto nel seguito slides) è protetto dalle leggi sul copyright e dalle disposizioni dei trattati internazionali. Il titolo ed i copyright relativi alle slides (ivi inclusi, ma non limitatamente, ogni immagine, fotografia, animazione, video, audio, musica e testo) sono di proprietà degli autori indicati a pag. 1.
- Le slides possono essere riprodotte ed utilizzate liberamente dagli istituti di ricerca, scolastici ed universitari afferenti al Ministero della Pubblica Istruzione e al Ministero dell'Università e Ricerca Scientifica e Tecnologica, per scopi istituzionali, non a fine di lucro. In tal caso non è richiesta alcuna autorizzazione.
- Ogni altra utilizzazione o riproduzione (ivi incluse, ma non limitatamente, le riproduzioni su supporti magnetici, su reti di calcolatori e stampate) in toto o in parte è vietata, se non esplicitamente autorizzata per iscritto, a priori, da parte degli autori.
- L'informazione contenuta in queste slides 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. Gli autori non assumono alcuna responsabilità per il contenuto di queste slides (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 slides.
- In ogni caso questa nota di copyright non deve mai essere rimossa e deve essere riportata anche in utilizzi parziali.

## Concetti generali

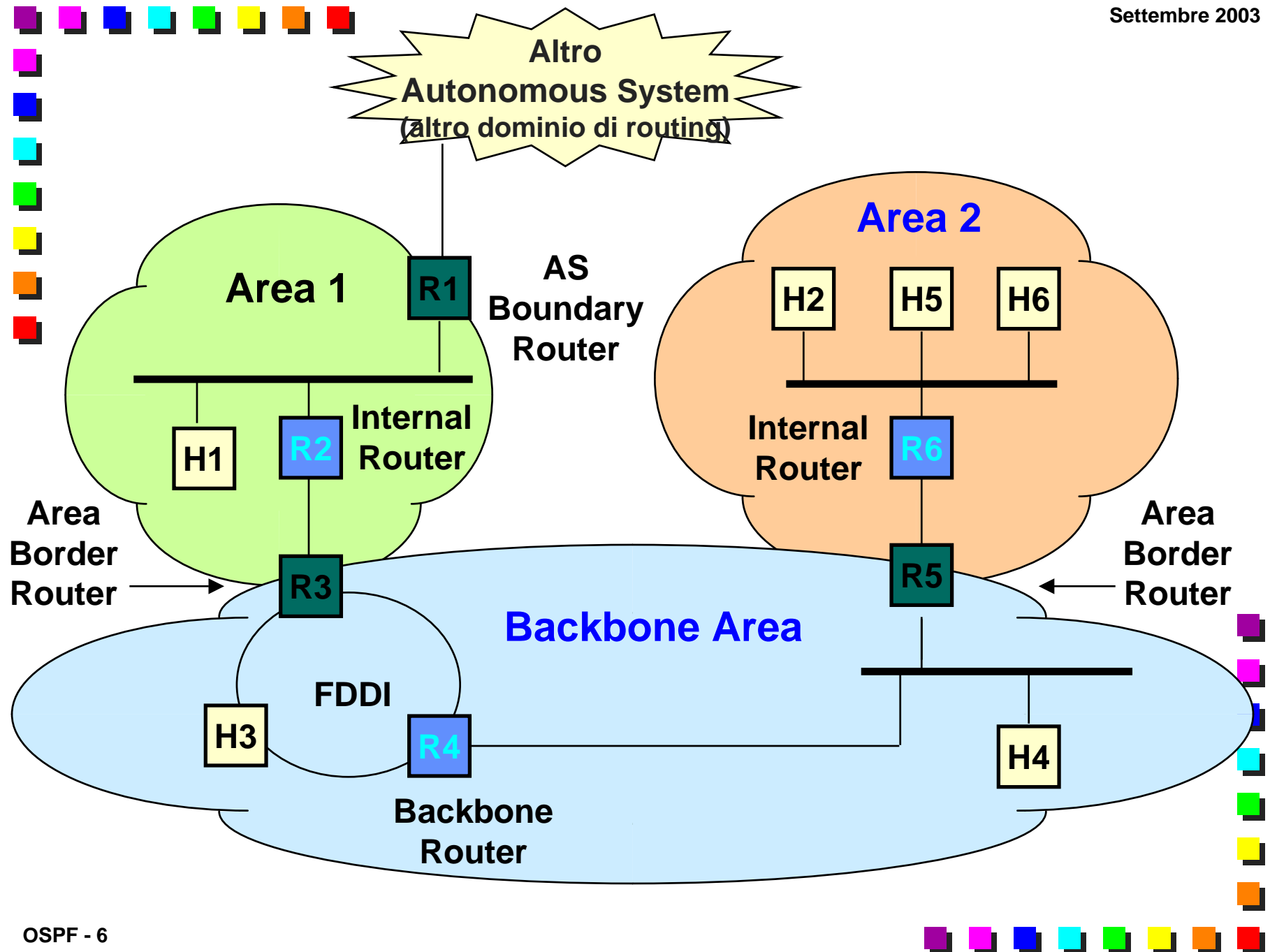
- Protocollo di tipo link state packet
- Definito dall'IETF con la RFC 1247 (1991) e la RFC 1583 (1994)
- OSPF ha il concetto di gerarchia
  - Permette di gestire reti di dimensioni notevoli
  - Un AS è suddiviso in aree
  - Le aree contengono un gruppo di reti contigue
  - Backbone: area particolare, non necessariamente contigua, alla quale si affacciano tutte le altre aree

# Terminologia

- **Backbone** → rete di livello 2
- **Backbone router** → IS di livello 2
- **Area border router** → backbone router che si affaccia su più aree
  - esegue una copia dell'algoritmo per ogni area
- **Internal router** → IS di livello 1

# Terminologia

- **Autonomous System (AS)** → dominio di routing
- **AS boundary router** → IS collegato a IS appartenenti ad altri AS
- **Link State Advertisement (LSA)** → diffondono informazioni sullo stato dei link
  - equivalenti ai tradizionali LSP
  - non sono pacchetti



## Metriche

- Non ha una formula precisa come IGRP
- Il best path può essere, a seconda dell'esigenza dei pacchetti
  - il percorso più breve
  - quello a capacità maggiore
  - quello a ritardo minore
  - ...
- OSPF supporta contemporaneamente più metriche sullo stesso link

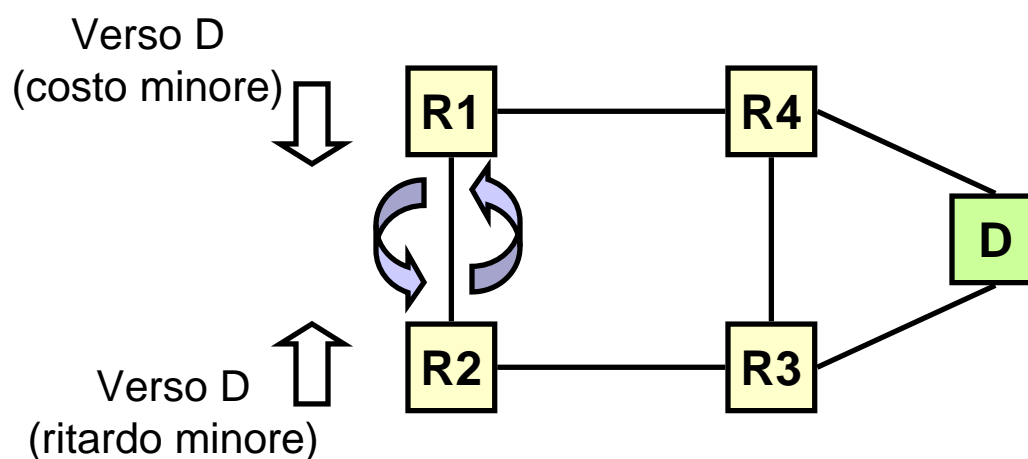
# Metriche e Loop

## ■ Metriche diverse

- attenzione ad avere delle metriche consistenti nei vari nodi e evitare il pericolo dei loop

## ■ Serve una indicazione univoca della metrica da adottare

- la scelta della metrica è determinata dal campo TOS del pacchetto IP





## Metriche: TOS

- OSPF permette di definire metriche in base al campo TOS del pacchetto IP
  - in teoria 64 possibili tipi di servizio
  - in pratica precedence è ignorato --> 8 TOS
  - si sta pensando di
    - aggiungere una metrica di spesa
    - proibire l'impostazione di più bit contemporaneamente
  - campo in fermento per l'opera di gruppi quali DiffServ

precedence	Delay	Throughput	Reliability	0	0
3	1	1	1	1	1

## Costi

- **Assegnati dal costruttore in base alla banda**

- Compresi tra 1 e 65535

- Ogni costruttore ha i suoi valori di default

$$\text{Costo (Cisco)} = 10^8 / \text{banda}$$

- Consigliato personalizzarli sui link più importanti

```
interface <name>
```

```
ip ospf cost <value>
```

Interfaccia	Costo OSPF default (Cisco)
Fast Ethernet	1
T3 (45 Mbps)	2
T1 (1.5 Mbps)	64

# Equal Cost Multi-Path Routing

- Possibile quando più percorsi hanno lo stesso costo
  - Detto anche Load Sharing
  - Implementazione: non è obbligatoria
- Meccanismo di distribuzione del traffico
  - Dipende dal costruttore
  - Flow Based
    - Preserva l'ordinamento dei pacchetti
    - Complicato
  - Packet Based
    - Può essere costoso (richiede informazioni di stato)
  - Destination-Based
    - Più semplice
    - Può portare ad una distribuzione non ottimale del traffico

# Propagazione delle informazioni

- I router sul backbone sono configurati per aggregare gli indirizzi
  - all'esterno dell'area sono diffusi address summary
  - ad esempio
    - un area contiene indirizzi nella forma 5.12.\*.\* e 5.7.\*.\*
    - il router di livello 2 dichiara di essere collegato a 5.\*.\*.\*
- I router sul backbone diffondono nelle aree non backbone riassunti delle informazioni provenienti da altre aree
  - i router all'interno di un'area non backbone possono scegliere un punto ottimale di uscita dall'area

## Contenuto del Database

- Il database di un router appartenente ad un area contiene:
  - Link State Records relativi e tutti i router presenti in quell'area
  - Summary Records, emessi dagli Area Border Router dell'area in esame e relativi a tutte le reti appartenenti alle altre aree e al backbone; queste route sono summarize, a differenza di quelle del punto precedente
  - External Records, emessi dagli AS Boundary Router relativi alle route esterne all'AS
- Questa suddivisione contribuisce ad aumentare la scalabilità di OSPF
- Le entry sono rimosse se invalidate da un apposito messaggio o allo scadere di un timer

## Link State Records: tipi

- Negli algoritmi di tipo LS è necessario modellare ogni destinazione come link punto-punto
- Procedura subottimale su LAN, quando si dovrebbe mappare ogni percorso router – end system con un link punto punto
- OSPF definisce due tipi di link
  - Router Link: collegamento punto-punto tra due router (ad es. tra 2 router collegati da link seriale)
  - Network Link: collegamento punto punto tra un router e una rete

## Aree di tipo Stub (1)

- È un area dove tutte le External route all'area stessa sono sostituite da una sola Default Route
- È usata spesso quando un area ha un solo Area Border Router
  - In questo caso non è necessario inviare le route esterne, in quanto per uscire dall'Area vi è un solo router e quindi la strada è obbligata
  - Le route esterne servono solo per scegliere il migliore Egress Router
  - Non comunque vietato avere una Stub Area con più di un Area Border Router, anche se la cosa è inutile

## Aree di tipo Stub (2)

- Una stub area non può essere usata come transito verso altri domini
  - Non è quindi possibile collegare un AS Boundary Router ad un area Stub
    - Si supponga di collegare un Boundary Router ad una Stub
    - Se i pacchetti che entrano nell'area sono destinati ad un'altra area all'interno dell'AS, viene applicata la Default Route (all'interno dell'area Stub si conoscono solo le route interne ad essa)
    - Il pacchetto seguendo la Default Route riesce dal Boundary Router, in altre parole ritorna da dove è arrivato
- Non sono ammessi Virtual Link che attraversano la Stub Area



## Propagazione degli LSA su LAN

- Un router R che deve propagare un LSA sulla LAN, lo invia al DR mediante l'indirizzo multicast data-link AllDrouters
- Il DR e il backup DR ricevono all'indirizzo AllDrouters
- Il DR manda il LSA all'indirizzo multicast data-link AllSPFRouters
- I router inviano le conferme di ricezione (acknowledgment) all'indirizzo AllDrouters
- Se il DR non riceve conferme da un sottoinsieme di router, invia copie dell'LSA ad ognuno di questi router

## Propagazione degli LSA su LAN

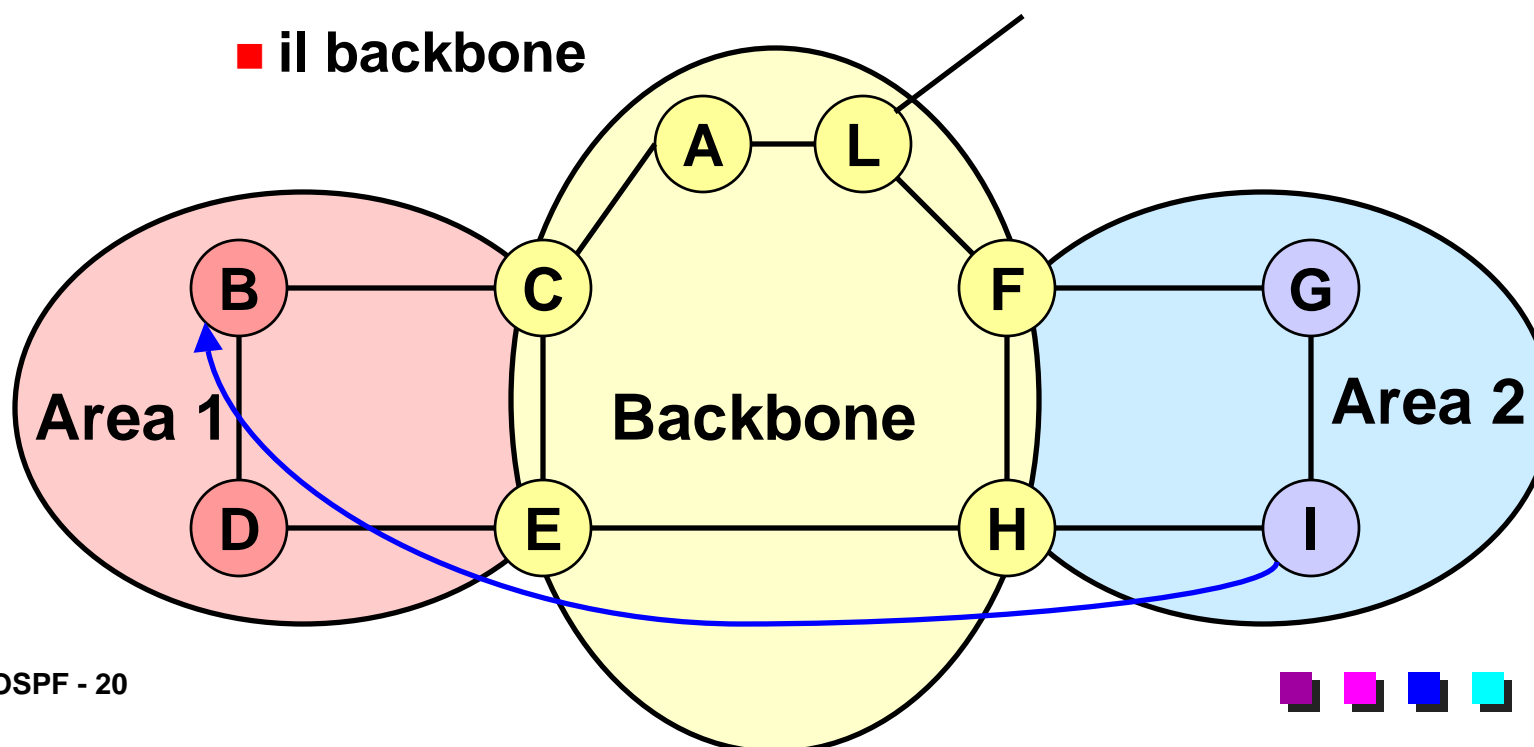
- Il Designated Router (DR) raccoglie conferme esplicite della ricezione degli LSA da parte degli altri router
- Il DR ha molte informazioni sullo stato delle basi dati degli altri router
- La sostituzione del DR richiederebbe
  - un intenso scambio di messaggi con cui il nuovo DR raccoglie tali informazioni
  - molto tempo prima di essere effettivamente operante
- Viene eletto un backup designated router
  - sente i messaggi diretti al DR
  - memorizza le stesse informazioni raccolte dal DR
- DR e backup DR non decadono se funzionanti

# Autenticazione

- In ogni pacchetto sono presenti informazioni per l'autenticazione
- Ad ogni link è associata una (e una sola) password
  - sono accettati solo pacchetti che contengono la password associata al link da cui arrivano
  - difficile cambiare la password di un link
  - basta intercettare un messaggio per avere la password ed utilizzarla in entrambe le direzioni

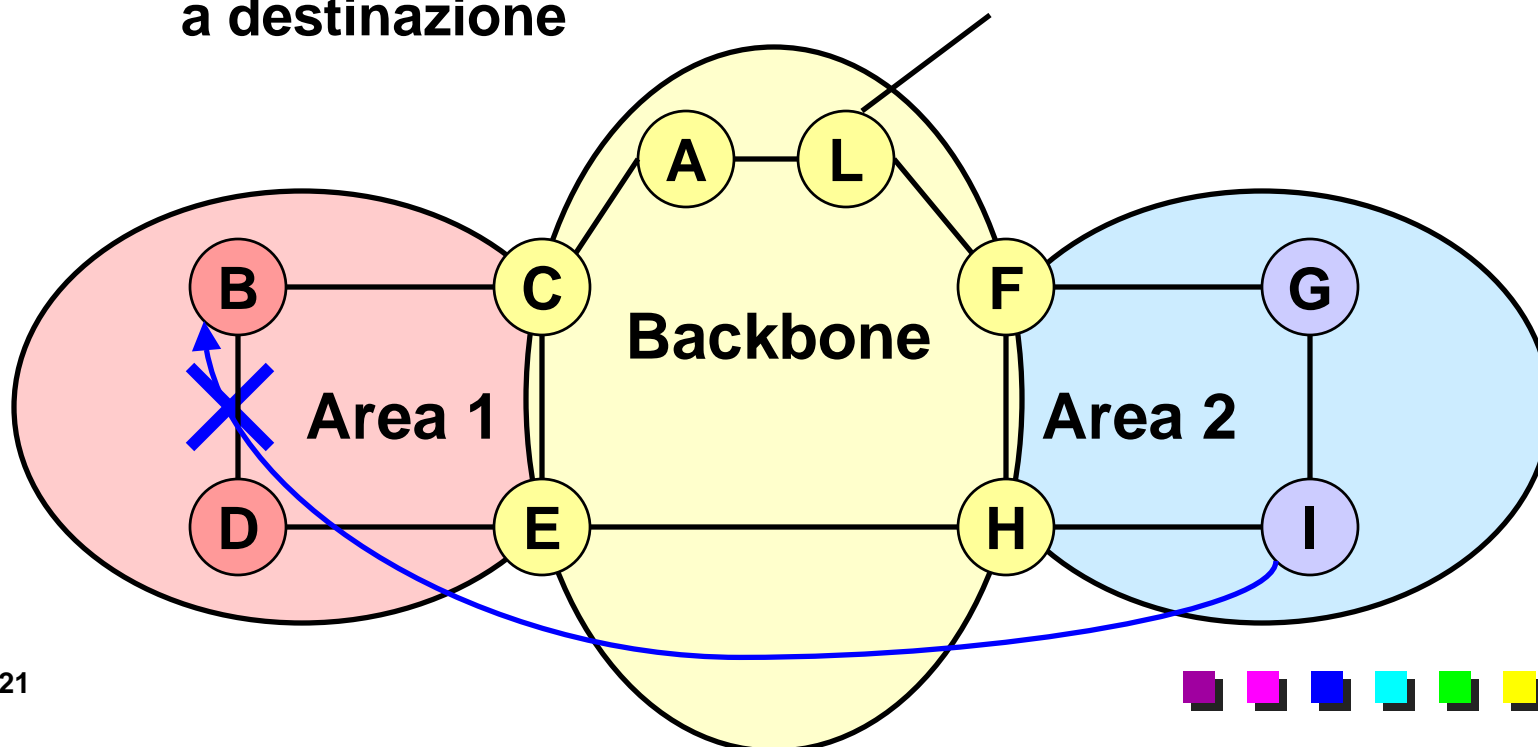
## Aree partizionate (1)

- È un problema classico se si vogliono gerarchizzare le route
- In OSPF si risolve diversamente a seconda che a trovarsi partizionata sia
  - un'area
  - il backbone



## Aree partizionate: Area (2)

- Essendo le route summarizzate, un pacchetto da I a B può essere iniettato nell'area 1 sia da C che da E
  - Il percorso migliore è I-H-E-D-B
  - Se è iniettato da E il pacchetto non può giungere a destinazione

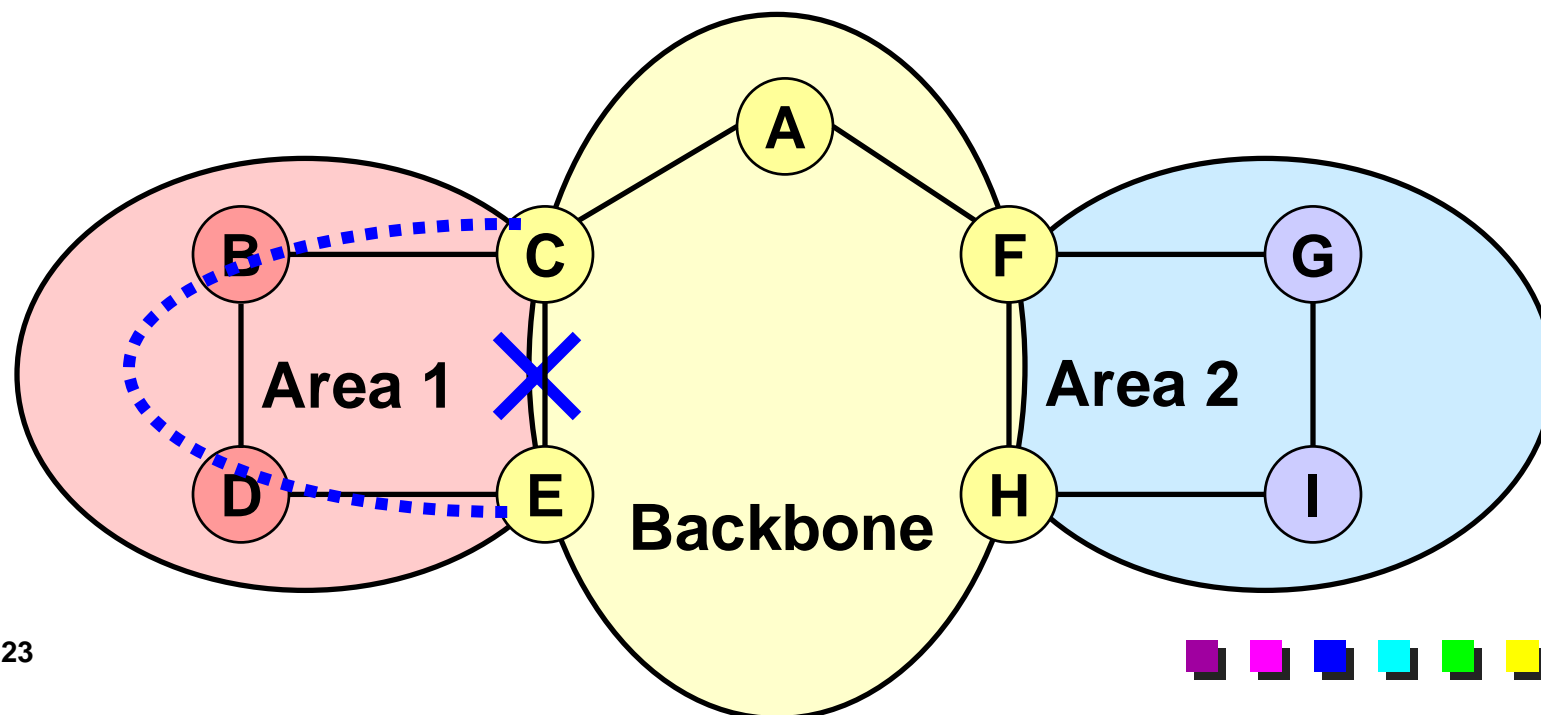


## Aree partizionate: Area (3)

- **Soluzione:** gli Area Border Router non summarizzano le informazioni in base a tutte le reti presenti nell'area in esame, ma sono di quelle che riescono a raggiungere
  - Nel backbone continua ad esserci solo una entry per ogni network, in quanto anche se 2 border router annunciano la stessa network (come accade per la rete B quando non c'è il guasto) viene comunque selezionata la route migliore
- **Non usando aggregazione nei router di livello 2 le partizioni non creano problemi di raggiungibilità**
  - si sfruttano solo parzialmente i vantaggi del routing gerarchico

## Aree partizionate: Backbone (1)

- Un guasto sul backbone può isolare il router E anche se esisterebbe un percorso alternativo attraverso l'area 1
- La soluzione consiste nel creare un Virtual Link tra E ed un altro nodo del backbone (ad es C, passando per B e D)



## Aree partizionate: Backbone (2)

- I router di backbone possono essere collegati da link virtuali
  - la backbone può essere non connessa
- Non c'è un meccanismo automatico tramite cui due router comprendono se tra loro è necessario un link di livello 2
  - i link virtuali devono essere configurati a mano



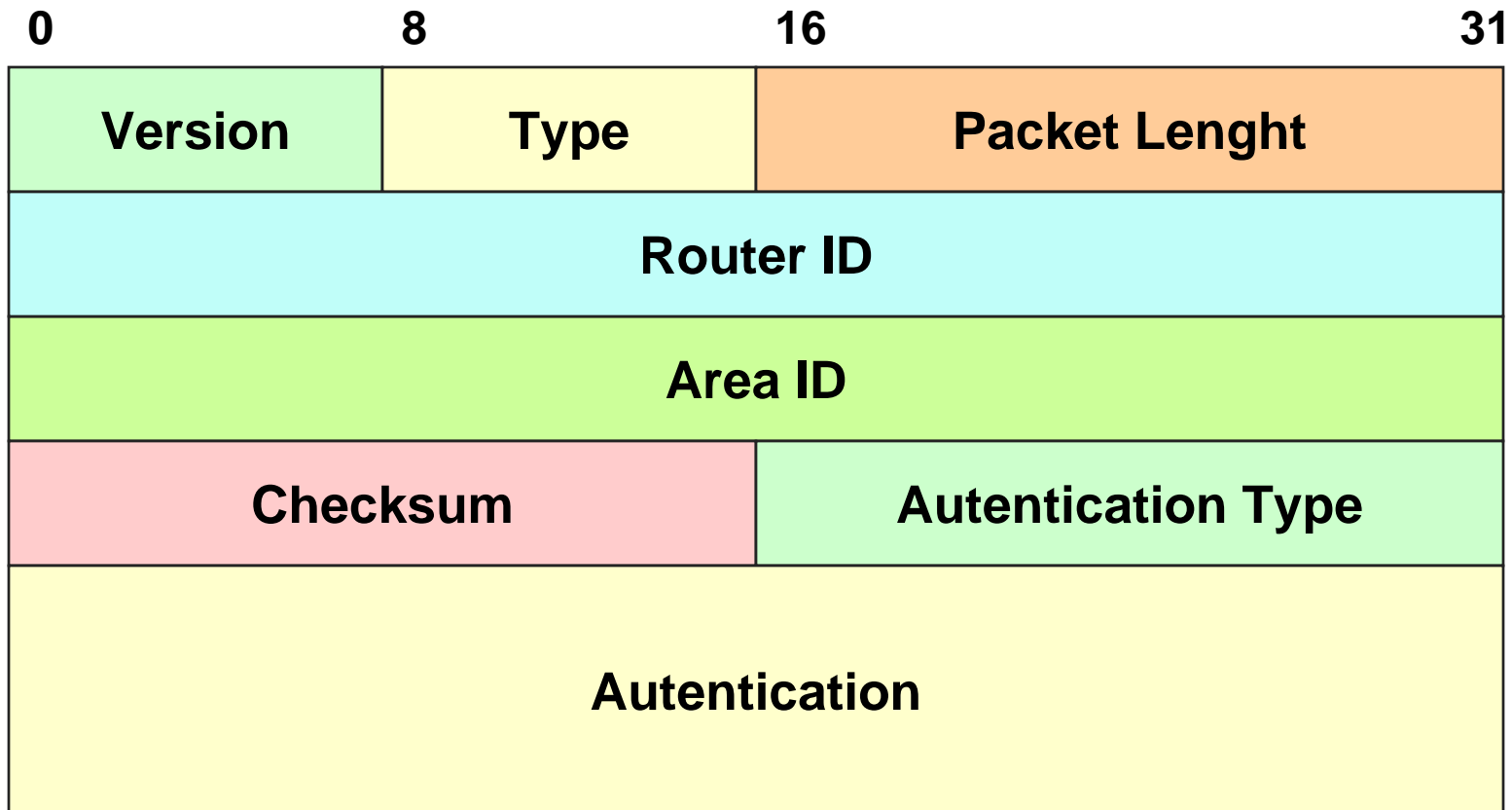
## Aree partizionate: Virtual Link

- I messaggi di routing sono imbustati in pacchetti IP
  - la destinazione ed il sorgente sono gli estremi del link virtuale (C e E)
- I pacchetti di dato instradati da C verso E devono attraversare l'area 1
  - i router di livello 1 devono sapere che i pacchetti devono andare verso E
    - l'informazione deve arrivare dalle informazioni di livello 2 propagate all'interno dell'area
- Alternativa: incapsulamento (**tunneling**) tra C e E

## OSPF: Formato dei pacchetti

- È imbustato in IP (protocol Type = 89)
- Non ci sono campi di lunghezza variabile
- Non ci sono campi per estensioni ignorate dalle versioni precedenti
  - Codifica più compatta
  - Elaborazione dei pacchetti più veloce
  - Maggiore rigidità all'evoluzione
- È formato in effetti da 3 sotto-protocolli
  - Hello
  - Exchange
  - Flooding
- Tutti i pacchetti iniziano però con un header comune

# Formato dei pacchetti: header (1)



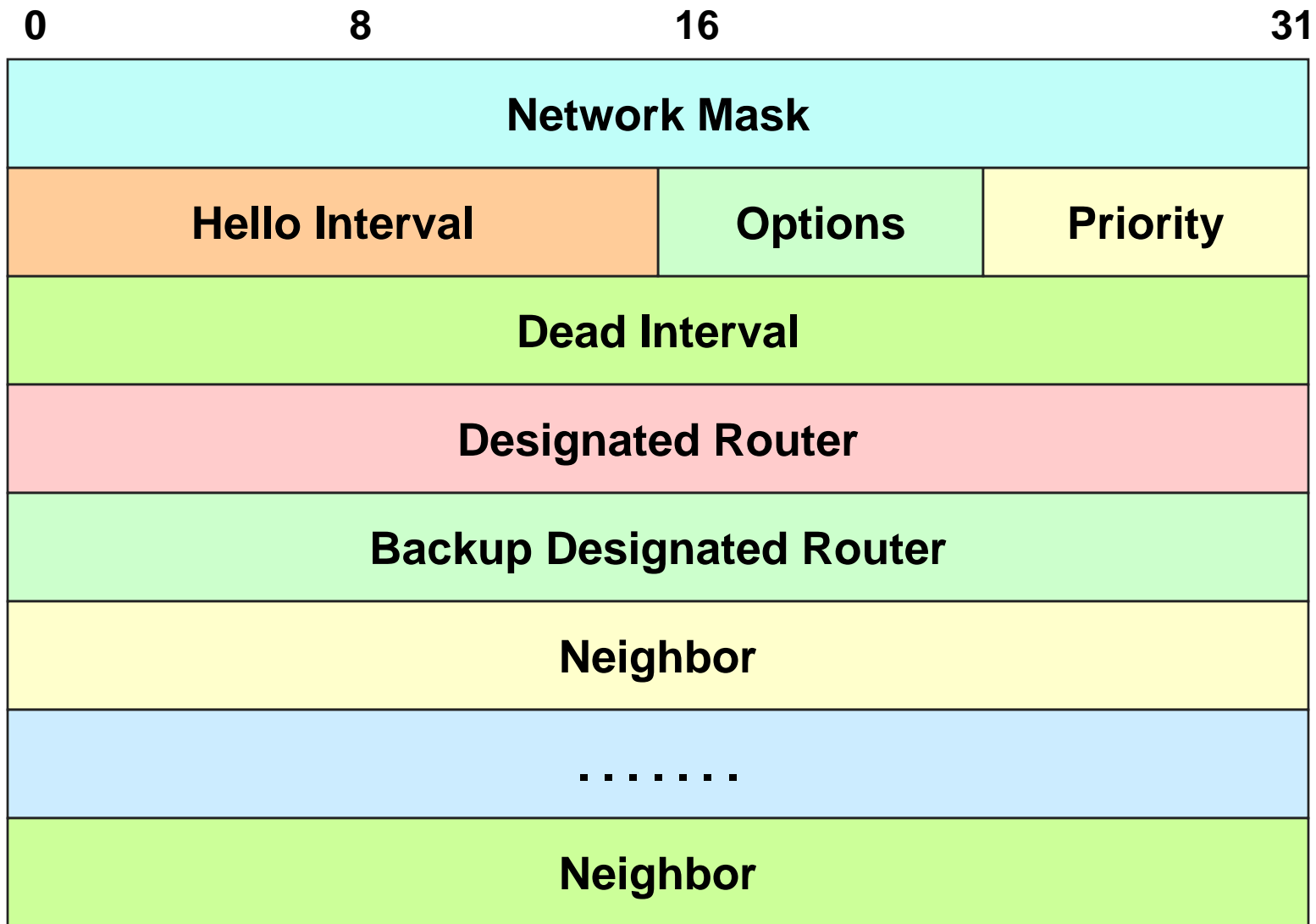
## Formato dei pacchetti: header (2)

- Version: attualmente 2
- Type: il tipo di pacchetto OSPF trasportato (Hello, Exchange, Flooding)
- Router\_ID: indirizzo IP scelto per identificare il router
- Area\_ID: numero che identifica univocamente l'area all'interno del dominio OSPF
  - spesso viene scelto un indirizzo IP
  - un valore 0 identifica il backbone
- Authentication Type: ne sono definiti 2 tipi:
  - No Authentication
  - Simple Password

## Pacchetti Hello (1)

- Sono utilizzati per:
  - vedere se il link è operativo, quindi per costruire la tabella delle adiacenze
  - eleggere il Designated Router e il Backup DR sulle LAN
- Trasmessi solo tra nodi vicini e mai propagati
- Header OSPF: Type = 1

# Pacchetti Hello (2)



## Pacchetti Hello (3)

- **Network Mask:** netmask associata all'interfaccia da cui viene emesso il pacchetto
- **Hello Interval:** comunica ogni quanti secondi viene emesso un pacchetto di Hello
- **Options:** vengono definiti solo gli ultimi 2 bit
  - **E:** se il router è in grado di inviare e ricevere route esterne; è pari a 0 se l'interfaccia appartiene ad una stub area
  - **T:** se il router è in grado di gestire pacchetti con diversi TOS
- **Priority:** server per l'elezione del DR
  - Viene eletto DR router chi ha la priorità più alta
  - Un router con priorità 0 non potrà mai diventare DR
  - È un parametro settato da management

## Pacchetti Hello (4)

- **Dead\_Interval:** intervallo di tempo di validità dei pacchetti di Hello ricevuti
  - oltrepassato questo intervallo gli Hello ricevuti vengono ritenuti decaduti
- **DR, BDR:** indirizzo del Designated Router - BDR (0 se non sono ancora stati definiti)
- **Neighbor:** lista di router\_ID da cui è stato ricevuto il pacchetto di Hello negli ultimi Dead\_Interval secondi
- **Il link tra due router è dichiarato operativo se**
  - i pacchetti possono scorrere in ambedue le direzioni
  - Ambedue i router hanno lo stesso valore del bit E



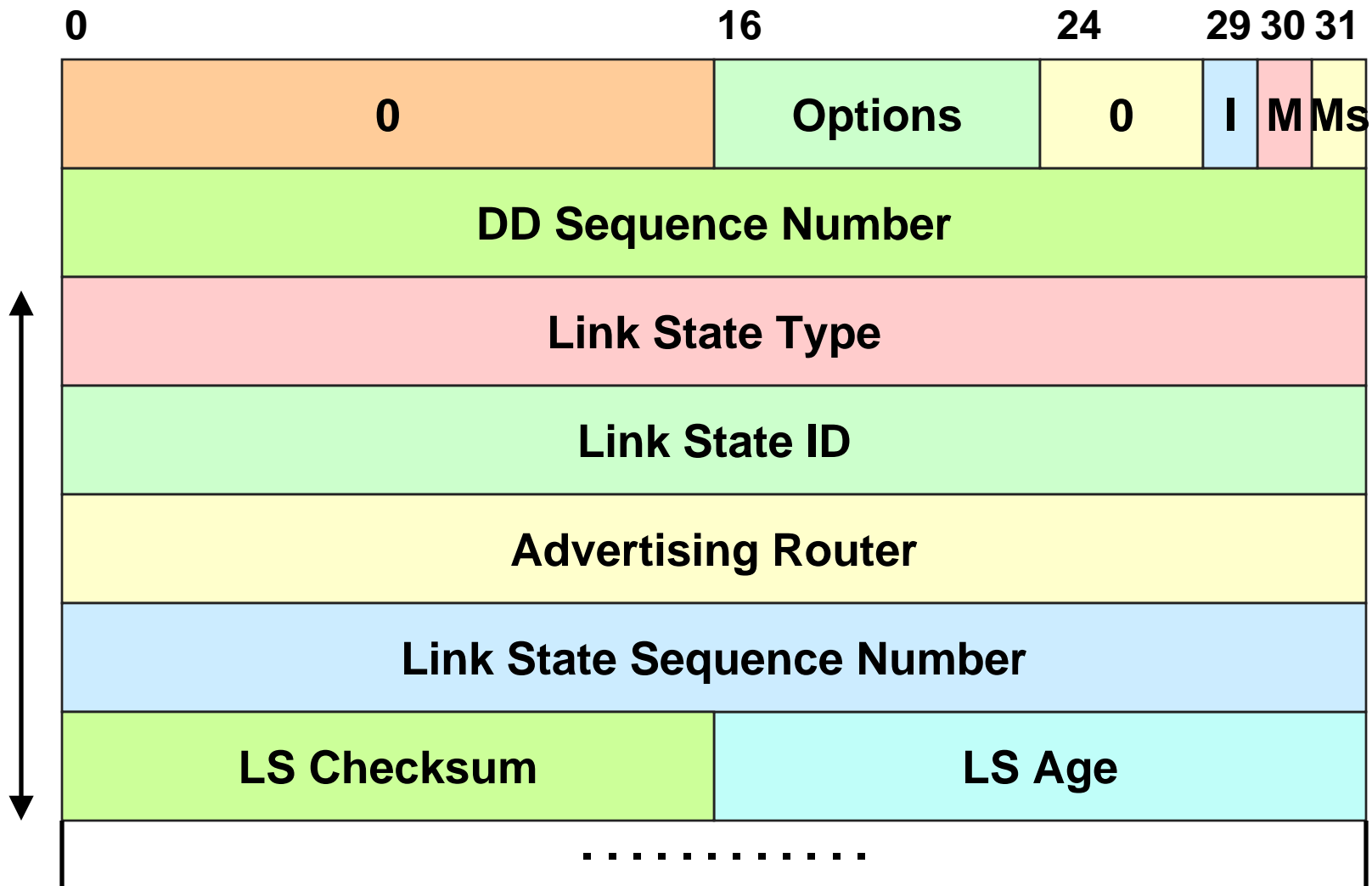
# Protocollo di Exchange (1)

- Comprende due tipi di pacchetti
  - Database Description (Header OSPF: Type = 2)
  - Link State Request (Header OSPF: Type = 3)
- È usato per sincronizzare i router quando diventano adiacenti
  - ad esempio all'accensione oppure quando un nuovo link diventa operativo
- È un protocollo asimmetrico
  - il primo passo consiste nel definire uno dei due router come Master e l'altro come Slave

## Protocollo di Exchange (2)

- Sincronizzazione non vuol dire semplicemente Inizializzazione
- Fasi del protocollo Exchange
  - Scambio dei tutti gli LSA (o meglio, del solo sommario) in possesso di ciascun router
  - Richiesta all'altro router degli LSA mancanti/vecchi
  - Trasmissione degli LSA richiesti
    - Solo a questo punto l'LSA viene trasferito in maniera completa

# Pacchetti Database Description (1)



## Pacchetti Database Description (2)

### Options: come nel pacchetto Hello

- E: se il router è in grado di inviare e ricevere route esterne; è pari a 0 se l'interfaccia appartiene ad una stub area
- T: se il router è in grado di gestire pacchetti con diversi TOS

### I: Initialize

### M: More

### MS: Master - Slave (1= Master)

### DD SN: numero di sequenza del pacchetto DD

### I campi successivi (che possono essere ripetuti) sono la descrizione dell'header di un LSA, ed hanno quindi lo stesso significato

## Protocollo di Exchange (2)

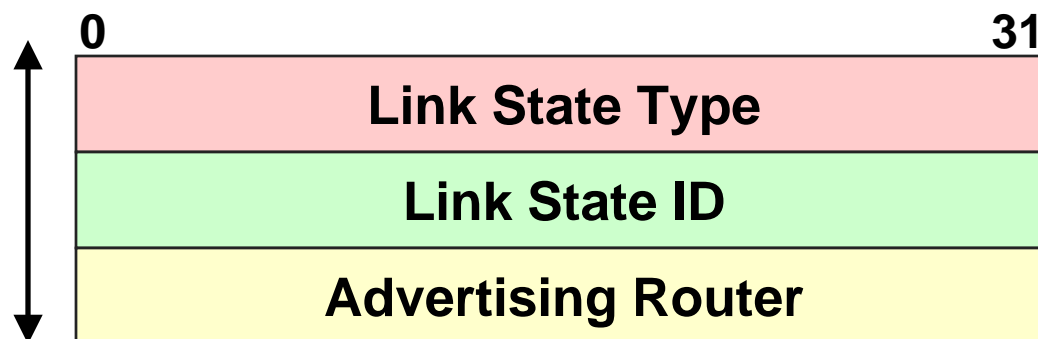
- Il router che vuole iniziare la procedura
  - Emette un pacchetto vuoto DD con I, M, Ms settati
- L'altro router risponde
  - Emette un pacchetto DD di “acknowledgment” con I, M
- Il primo router può iniziare ad inviare le descrizioni da lui possedute
  - Emette pacchetti DD con M, Ms (eccetto l'ultimo pacchetto che ha solo Ms)
- Lo slave risponde
  - Emette un pacchetto DD di “acknowledgment” con M, riportando la “sua” descrizione del database
- Se il master non riceve l'Ack entro un certo intervallo ri-invia il pacchetto originale DD

## Protocollo di Exchange (3)

- Se viceversa lo slave non ha finito di trasmettere le sue descrizioni
  - In corrispondenza del pacchetto del Sender con  $M=0$  emette un pacchetto DD con  $M = 1$
  - Il master continua ad inviare pacchetti vuoti con  $M = 0$ , ed accettare gli Ack (pieni) che gli arrivano dallo slave
  - La procedura di sincronizzazione termina quando anche lo Slave invia un pacchetto con  $M = 0$
- Durante lo scambio
  - sia il master che lo slave controllano di avere l'LSA inviato dalla controparte, e questo LSA non deve essere più vecchio di quello ricevuto
  - se questo non è verificato l'LSA viene inserito nella lista degli LSA da richiedere

## Pacchetti Link State Request

- Vengono inviati alla fine dei DD se sono stati rilevati LSA da sincronizzare
  - richiedono all'altro router di trasmettere il LSA completo corrispondente ai campi Link\_State\_Type, Link\_State\_ID e Advertising\_Router indicati
- Possono essere fatte più richieste insieme
  - i tre campi possono essere ripetuti più volte in un pacchetto OSPF
- Gli LSA richiesti sono inviati attraverso il protocollo di flooding



## Protocollo di flooding

- È usato per forwardare a tutta la rete il nuovo stato di un link
  - vengono inviati:
    - in caso di cambiamento di stato del link
    - allo scadere di un timer (normalmente 60 min)
  - anche se utilizza un ACK la ri-generazione allo scadere del timer garantisce una maggiore immunità ai guasti
- Comprende due tipi di pacchetti
  - Link State Update (Header OSPF: Type = 4)
  - Link State Acknowledgement (Header OSPF: Type = 5)

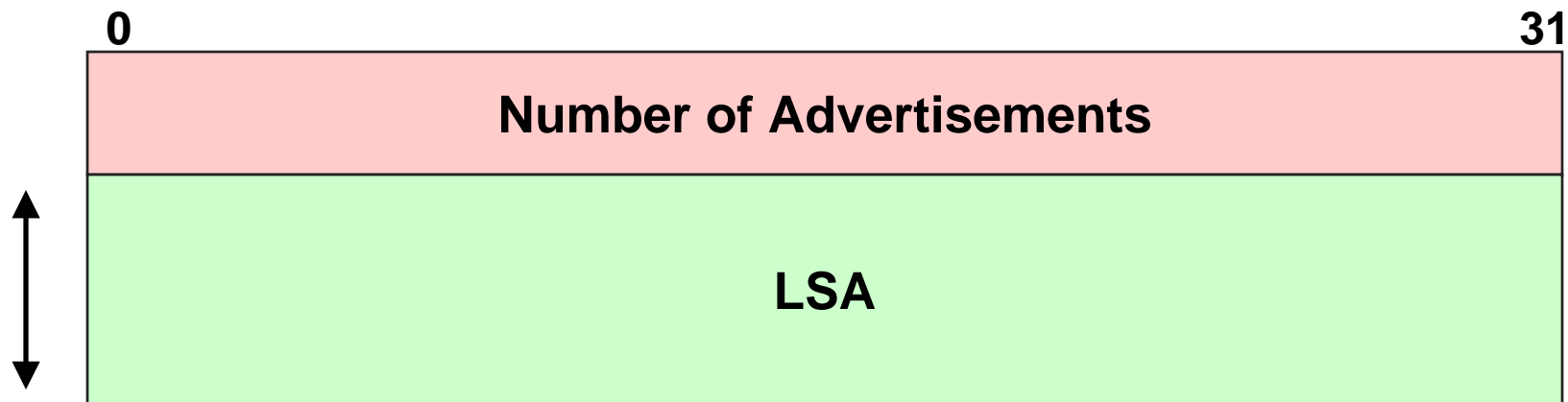


# Flooding e Lollipop space

- Problema: come capire se un nuovo LSA è più recente di uno attualmente in possesso del nodo
- Possibili soluzioni
  - Spazio lineare della sequenza
    - Cosa succede quando si esaurisce lo spazio?
    - Cosa succede quando si ricomincia (ad es. a causa di un reboot del router?)
  - Spazio circolare
    - $a > b$  se:  $(a-b) \leq N/2$
    - $a < b$  se:  $(b-a) > N/2$
    - Risolve il primo problema, non il secondo, perchè non è banale dire quale tra due numeri è più piccolo
  - Spazio a “lecca-lecca”

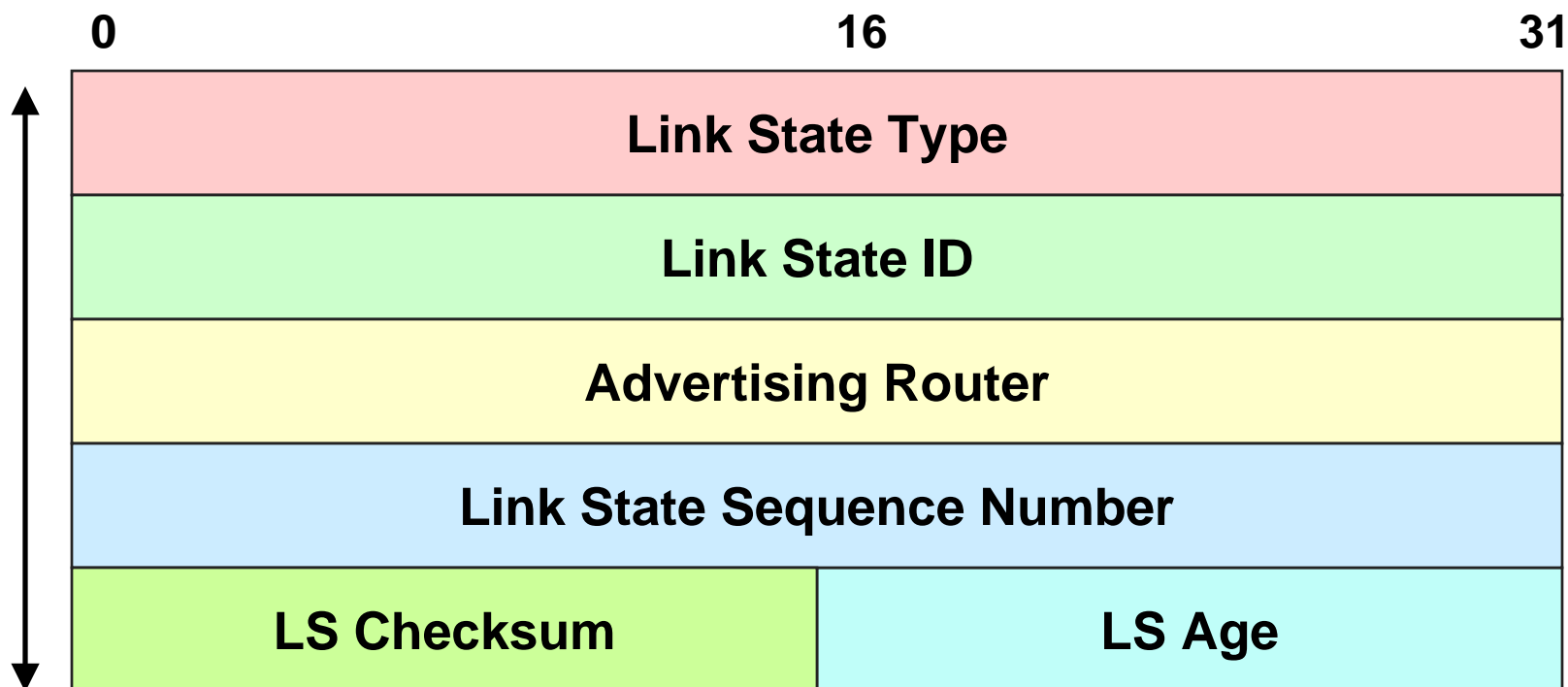
# Link State Update

- Number of Advertisement: il numero di LSA che vengono trasportati dal pacchetto in esame
  - possono essere trasportati più LSA
- LSA è il Link State vero e proprio



# Link State Acknowledgement

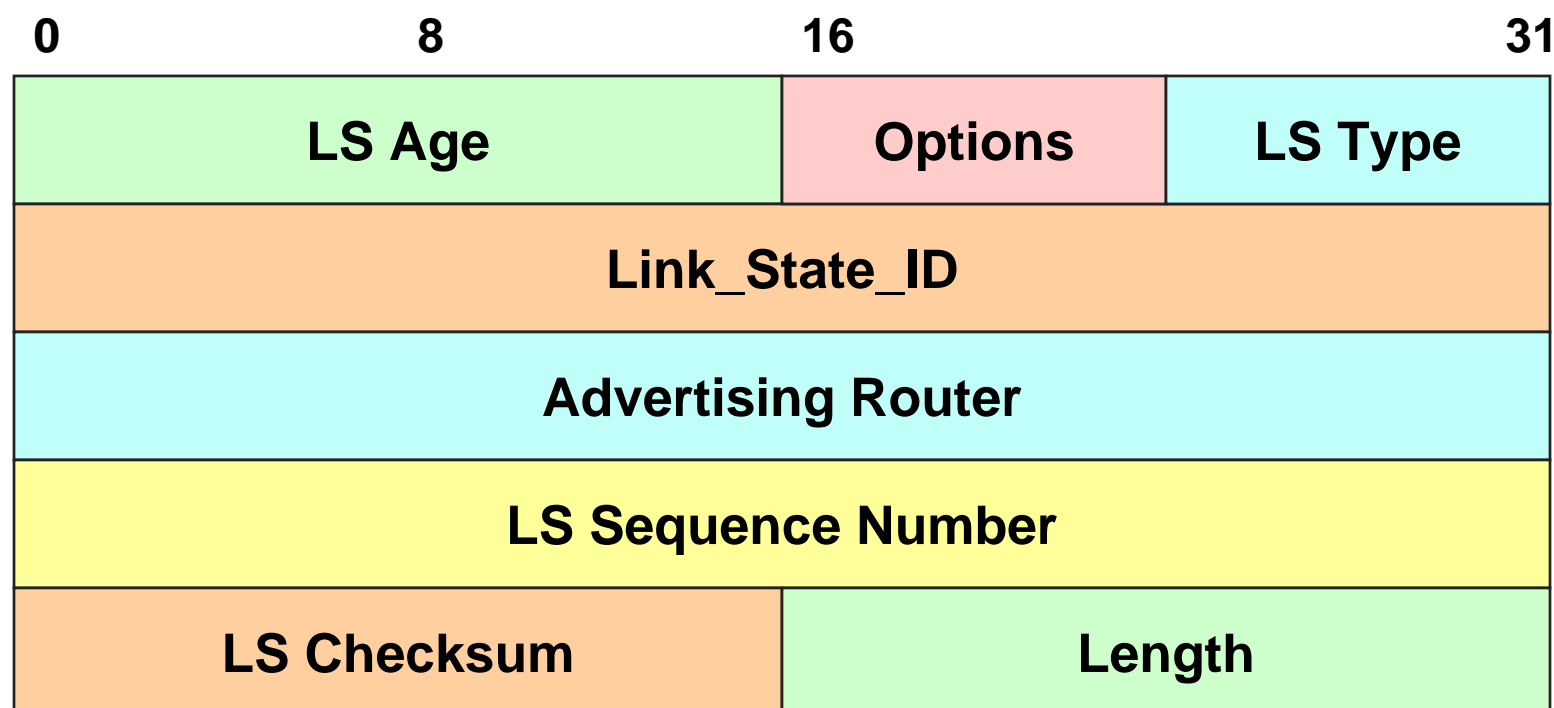
- È il messaggio di conferma della ricezione del LS Update
- Comprende l'Acknowledgement nello stesso formato del DD Ack



# Link State Advertisement

- È effettivamente la struttura dati che trasporta le informazioni
  - È la corrispondente del LSP degli algoritmi teorici

# LSA Header (1)



- Tutti gli LSA hanno lo stesso header
- Advertising Router: uno degli indirizzi IP del router (quello selezionato come OSPF\_ROUTER\_ID)

## LSA Header (2)

- Age: anzianità dell'LSA corrente (secondi)
- Options
  - Solo 2 degli 8 bit a disposizione hanno significato
  - E: External Link, usato dal protocollo di Hello
  - T: settato quando il router supporta il TOS Routing
- Type: tipo di LSA trasportato
- Link\_State\_ID: identificativo dell'LSA
  - scelto dall'Advertising Router, ma il significato preciso può variare a seconda di Type
  - Basta genericamente che la combinazione Router\_ID, Link\_State\_ID e Type sia univoco (per riuscire ad identificare univocamente l'LSA)

## LSA Type

- Ne esistono di 5 tipi
  - Router Link
  - Network Link
  - Summary Link (IP Network)
  - Summary Link (to a border router)
  - External Link
- I formati dei pacchetti di questi 5 tipi di LSA (riportati nelle slide successive) DEVONO essere sempre preceduti dall'LSA Header

## LSA Type 1: Router Link (1)

- riporta le informazioni su tutti i link connessi al router che sta facendo l'advertising
  - le informazioni riportate comprendono quindi tutti i router adiacenti e tutte le LAN collegate
  - siccome gli LSA generati da un internal router devono raggiungere tutti i router della sua area, le reti contenute in un'area devono essere contigue, cioè deve essere possibile spostare un pacchetto da un qualsiasi router interno all'area ad un qualsiasi altro transitando esclusivamente su collegamenti (e router) interni all'area.
- propagato solo all'interno dell'area (sia per le aree non backbone che per il backbone)
- I campi dal Link\_ID fino alla fine sono ripetuti N volte pari al numero di link presenti
- simile ad un LSP tradizionale
- Type = 1



# LSA Type 1: Router Link (2)

0	6	7	8	16	31
0	E	B	0	Number of links	
Link ID					
Link Data					
Link Type	# TOS		TOS 0 metric		
TOS = x	0		TOS x metric		
.....					
TOS = z	0		TOS z metric		

## LSA Type 1: Router Link (3)

- E: se il router è un Area Border Router (External)
- B: se il router è un AS Boundary Router (Border)
- Link\_State\_ID, Link Data, Link Type
  - Se *Link\_Type* è un link punto - punto
    - *Link\_State\_ID*: OSPF\_ID di questo router
    - *Link\_Data*: indirizzo IP dell'interfaccia del router
  - Se *Link\_Type* è un link su una rete che ha un Designated Router
    - *Link\_State\_ID*: indirizzo IP dell'interfaccia del Des. Router
    - *Link\_Data*: indirizzo IP dell'interfaccia del router
  - Se *Link\_Type* è un link che si connette ad una rete Stub
    - *Link\_State\_ID*: indirizzo IP della rete / sottorete
    - *Link\_Data*: netmask relativa al punto precedente

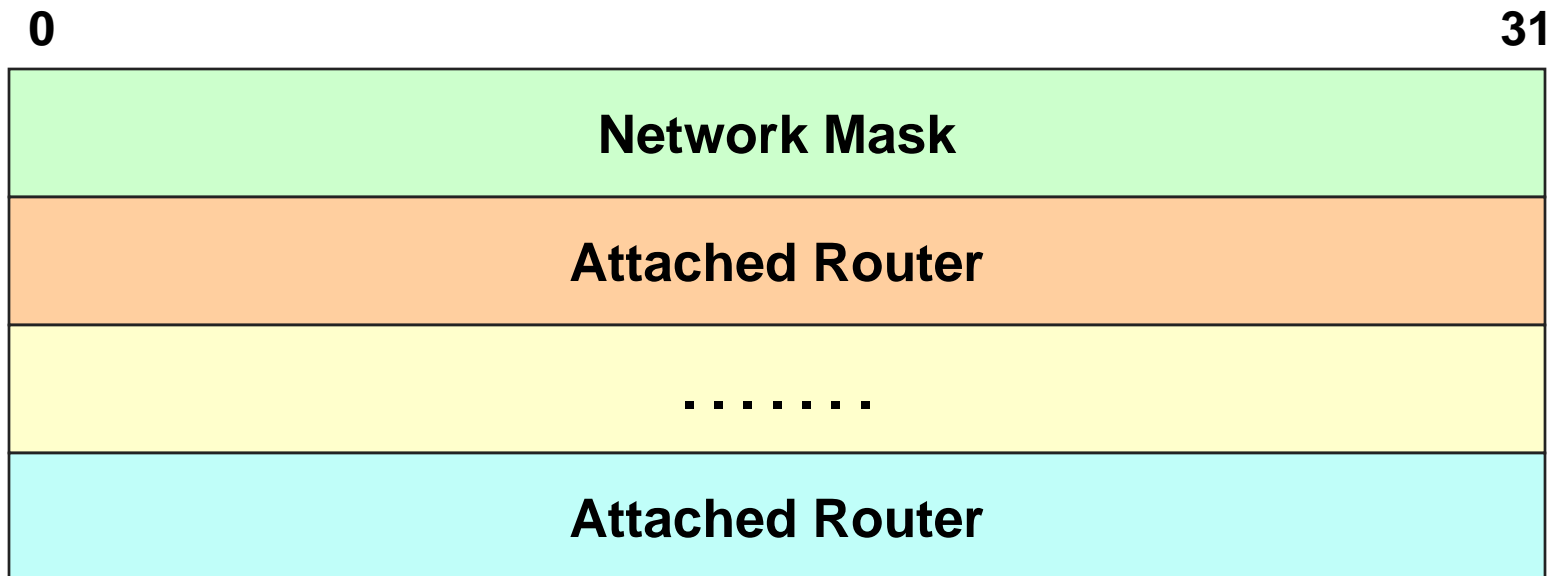
## LSA Type 1: Router Link (4)

- **# TOS:** il numero di tipi di servizio con cui vengono differenziate le metriche
  - essendo i valori del campo TOS  $2^8$  non è necessario riportare la metrica per tutti i TOS, ma solo per quelli che differiscono dal TOS 0
- **TOS 0 metric:** il costo di percorrenza del link per i pacchetti con TOS = 0
- **TOS = x:** il TOS dei pacchetti IP che utilizzano una metrica alternativa a quella standard
- **TOS x metric:** la metrica associata ai pacchetti che hanno TOS pari a x

## LSA Type 2: Network Link (1)

- Type = 2
- È generato dal Designated Router per le reti di transito (transit networks)
  - simile ad un tradizionale LSP generato per conto di una LAN
  - elenca tutti i router presenti sulla LAN
  - propagato sul backbone dai backbone router

# LSA Type 2: Network Link (2)



## LSA Type 2: Network Link (3)

- **Network Mask:** netmask della rete di transito
- **Attached Router:** indirizzo IP di tutti i router che vi si affacciano sulla LAN (o meglio, tutti i router che hanno creato una adiacenza con il designated router)
  - Non è necessario indicare il numero di router adiacenti in quanto la lunghezza del messaggio è data dal campo LENGHT dell'header
- **Link\_State\_ID (dell'header LSA):** è il corrispondente indirizzo IP dell'interfaccia del Designated Router collegata alla rete di transito

## LSA Type 3-4: Summary Links (1)

- Generati ambedue dagli Area Border Routers, e ne esistono di due tipi:
  - Summary Links for IP Networks (Type = 3): propagano le informazioni summarize relative alla distanza tra l'ABR e le destinazioni interne all'AS
  - Summary Links for Border Routers (Type = 4): propagano le informazioni summarize relative alla distanza tra l'ABR e gli AS Border Router
- Sono diversi dai Router Links fondamentale perché propagano delle informazioni summarize
- Ogni LSA contiene una sola destinazione (contrariamente ai Router Links)
  - ogni ABR ne genera molti, inseriti nello stesso pacchetto

## LSA Type 3-4: Summary Links (2)

### ■ Summary Links for IP Networks

- Un ABR genera LSA con contenuto diverso per ognuna delle aree su cui si affaccia
  - Gli LSA inviati in un area comprendono un LSA per ogni indirizzo IP esterno all'area in esame ma interno all'area stessa
  - Gli LSA inviati sul backbone comprendono un LSA per ogni indirizzo IP appartenente alle aree su cui si affaccia l'ABR
    - È utilizzato dagli ABR per riassumere e propagare le informazioni su una singola area

### ■ Summary Links for Border Routers

- Viene propagato senza variazioni su tutte le aree (e sul backbone) dove si affaccia l'ABR



## LSA Type 3-4: Summary Links (3)

0	8	16	31
Network Mask			
TOS = 0	0	TOS 0 metric	
TOS = x	0	TOS x metric	
.....			
TOS = z	0	TOS y metric	

## LSA Type 3-4: Summary Links (4)

### ■ Network Mask

- Summary Links for IP Networks: quella della rete o della subnet che viene summarizzata
- Summary Links for Border Routers: fissata a 0xFFFFFFFF

### ■ TOS = x, TOS x metric: stesso significato di quello dei Router Links

- Non serve il campo # TOS in quanto la lunghezza si ricava dall'header LSA

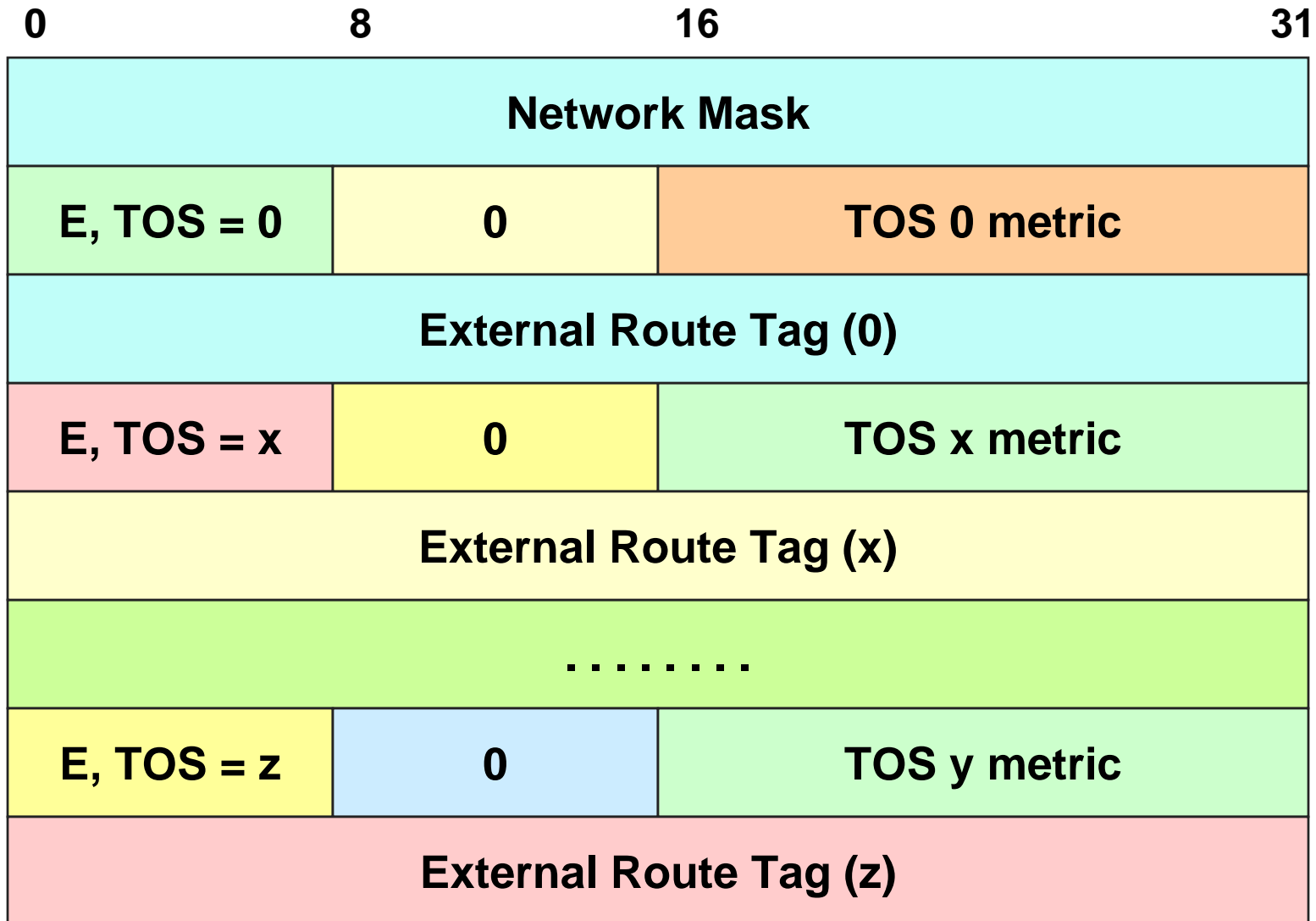
### ■ Link\_State\_ID (dell'header LSA)

- Summary Links for IP Networks: l'indirizzo IP della rete o della subnet che viene summarizzata
- Summary Links for Border Routers: l'indirizzo IP del Border Router

# LSA Type 5: External Links (1)

- Type =5
- Riportano le informazioni relative a destinazioni esterne al dominio (costo dal router che ha generato il LSA ad una destinazione esterna all'AS)
  - generati dagli AS Border Router
  - propagati a tutti i router del dominio OSPF
- Comprendono una destinazione per LSA (come i Summary Links)

# LSA Type 5: External Links (2)



## LSA Type 5: External Links (3)

- **Network Mask:** netmask della rete o della sottorete destinazione
- **E:** bit 0 del campo TOS
  - indica se la metrica le route esterne vengono acquisite tramite protocolli quali EGP e BGP, i quali non necessariamente forniscono una metrica comparabile con quella di OSF
  - se è settato indica che la metrica non è compatibile con OSPF e quindi la distanza deve essere considerata “*maggiore di ogni altra route interna*”
  - nel caso la metrica sia compabilile è possibile farne la somma con i costi interni al dominio OSPF ricavando il costo effettivo per raggiungere la destinazione

## LSA Type 5: External Links (4)

- External Route Tag: utilizzato dai Border Router per scambiarsi informazioni in riferimento a quella route
  - non è utilizzata né analizzata da OSPF
- TOS = x, TOS x metric: stesso significato di quello dei Router Links
  - Non serve il campo # TOS in quanto la lunghezza si ricava dall'header LSA
- Link\_State\_ID (header LSA): indirizzo IP della rete o della sottorete destinazione

# LSA Type 3-4-5: confronto

destinazione IP esterna all'AS  
destinazione IP interna all'AS

AS Boundary Router  
Area Border Router

Costo riportato  
negli LSA:

— tipo 3  
... tipo 4  
-- tipo 5

