

OSPF Open Shortest Path First

Silvano GAI

sgai@cisco.com

Mario Baldi

mario.baldi@polito.it
staff.polito.it/mario.baldi

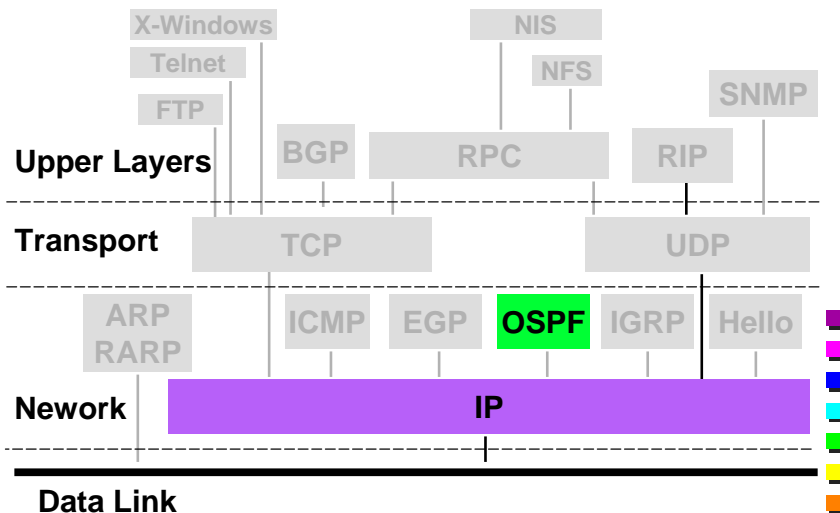
Pietro Nicoletti

nicoletti@studiodireti.it

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.

Protocolli di routing e stack IP



OSPF: 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
 - un AS è suddiviso in aree
 - le aree contengono un gruppo di reti contigue
 - **backbone:** area particolare non necessariamente contigua

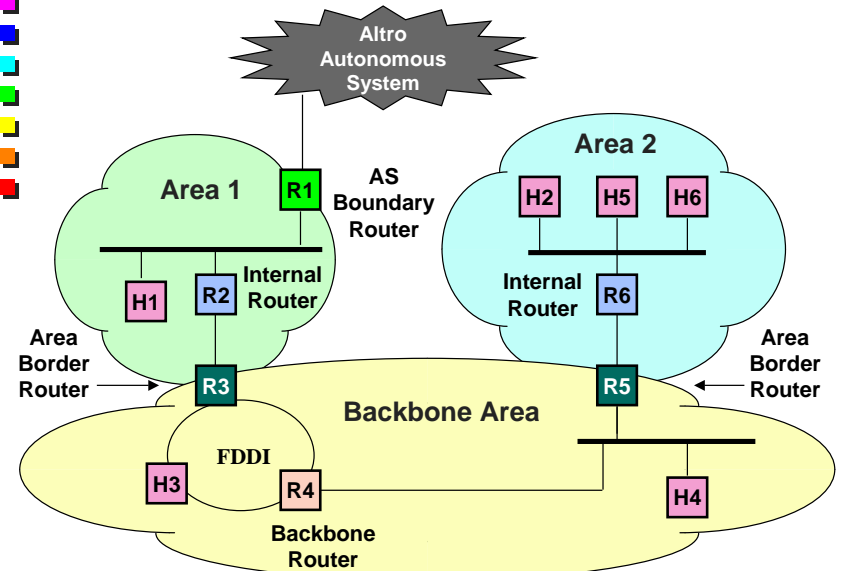
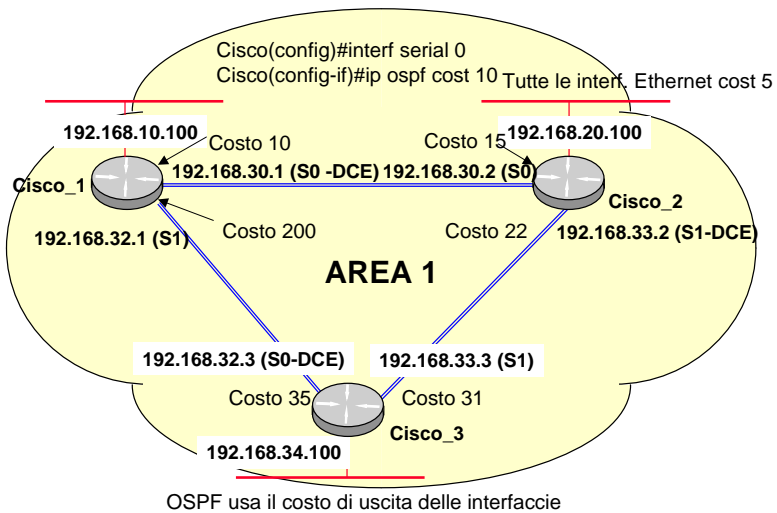
Terminologia

- **Backbone** → area di transito tra le altre aree
- **Backbone router** → router che è nel backbone
- **Area border router (ABR)** → backbone router che si affaccia su più aree
 - esegue una copia dell'algoritmo per ogni area
- **Internal router** → router che fa parte di un area diversa dal backbone

Terminologia

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

OSPF: area unica e costi



Area unica o più aree

- Quando la rete è costituita da meno di 50 router si può realizzare un'area unica
 - bisogna considerare anche la complessità della rete ed il numero di maglie presenti
 - se i router hanno basse prestazioni sarebbe consigliabile avere aree con non più di 20 router
- Se la rete è costituita da un numero contenuto di router, ma l'azienda è in grande espansione conviene strutturarla con backbone e aree

Propagazione delle informazioni

- Gli area border router diffondono in un'area riassunti delle informazioni raccolte nelle altre aree
 - gli internal router sono in grado di scegliere un punto di uscita dall'area ottimale
- Gli area border router conviene configurarli 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.*.*
 - l'area border router dichiara di essere collegato a 5.*.*.*

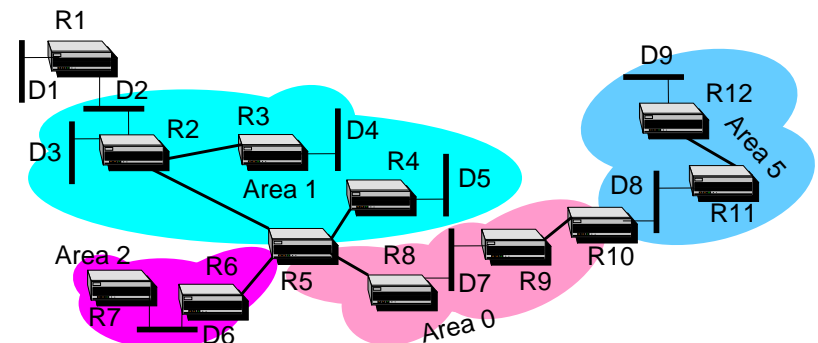
Aggregazione di indirizzi

- Serve a contenere le informazioni nella tabella di routing e ridurre le informazioni di raggiungibilità da comunicare ai router adiacenti

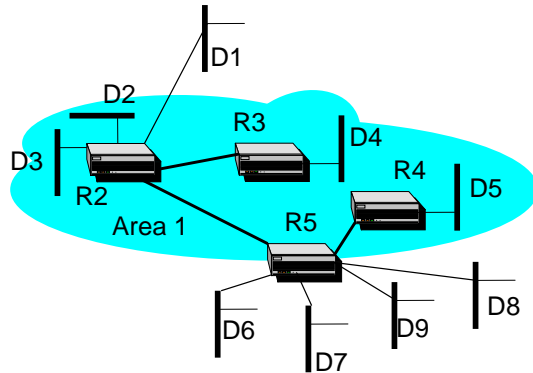
```
interface Ethernet0
ip address 192.168.34.100 255.255.255.0
!
interface Serial0
ip address 192.168.32.3 255.255.255.0
clockrate 64000
!
interface Serial1
ip address 192.168.33.3 255.255.255.0
!
router ospf 1
network 192.168.0.0 0.0.255.255 area 1
!
```

Visione completa della rete

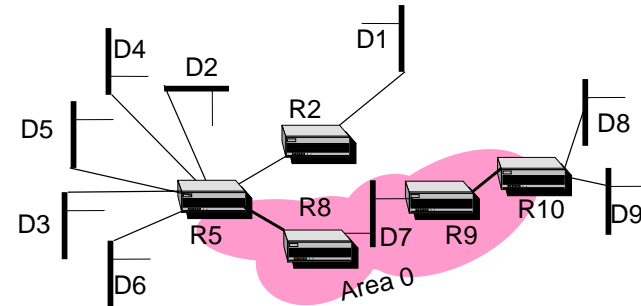
- Esempio di rete costituito da backbone e 3 aree



Visione della rete da parte dei router dell'area 1



Visione della rete da parte di un backbone router



Stub Area

- Molto spesso le aree sono connesse al backbone da un singolo router
 - non ha senso propagare in queste aree le informazioni esterne
 - meglio usare una default route
- Il meccanismo di propagazione di informazioni può essere parzialmente inibito definendo un'area come *stub area*
 - gli area border router diffondono nell'area:
 - informazioni di raggiungibilità all'interno dell'AS
 - una default route (0.0.0.0) come riassunto delle informazioni esterne

Informazioni topologiche: LSA

- Gli LSA (Link State Advertisement) contengono le informazioni topologiche della rete
- Gli LSA sono contenuti all'interno di un *link state packet* o di un pacchetto di *database description*
 - vengono trasmessi secondo le regole del selective flooding

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

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
- 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
 - problematico cambiare la password di un link
 - basta intercettare un messaggio per avere la password ed utilizzarla in entrambe le direzioni

Autenticazione

- La password è inserita negli LSA da chi trasmette
 - non da chi ha originato il LSA
 - ha validità locale
 - la configurazione è semplice
 - una configurazione non corretta non può creare problemi globali
- Il campo per l'autenticazione hanno lunghezza fissa (64 bit)
 - sufficiente per schemi semplici
 - insufficiente per schemi più complessi
 - ad esempio quelli basati su chiave pubblica

Inizializzazione della base dati

- Quando due router divengono adiacenti devono sincronizzare le proprie basi dati
- Il protocollo di sincronizzazione prevede di eleggere (in base all'identificatore)
 - master
 - slave
- Il master trasmette pacchetti *Database Description (DD)*
 - ognuno contiene una parte della base dati di LSA
 - ognuno ha un numero di sequenza

Inizializzazione

- Lo slave invia un pacchetto DD per ogni pacchetto DD ricevuto
 - utilizza il numero di sequenza del pacchetto ricevuto e così ne conferma la ricezione
 - inserisce nel pacchetto DD i propri LSA
- Il master trasmette un nuovo pacchetto DD solo dopo aver ricevuto la conferma per il precedente
- Se il master ha trasmesso tutte le informazioni necessarie e lo slave no, il master continua ad inviare pacchetti DD vuoti

Aggiornamento

- Se un router si accorge dal contenuto di un pacchetto DD che:
 - gli mancano alcuni LSA → ne richiede la trasmissione inviando uno o più *link state request packet*
 - al mittente mancano alcuni LSA → glieli invia

Partizioni di area

- Non è previsto un meccanismo per il recupero automatico
 - riconfigurare area border router per aggregare gli indirizzi in modo differente nelle 2 partizioni
- Non usando aggregazione negli area border router le partizioni non creano problemi di raggiungibilità
 - si rinuncia al routing gerarchico

Partizioni del backbone

- I backbone router 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 virtuale
 - i link virtuali devono essere configurati a mano

Formato dei pacchetti OSPF

- Non ci sono campi di lunghezza variabile
 - Non ci sono campi per estensioni che le versioni precedenti ignorano
- ↓
- Codifica più compatta
 - Elaborazione dei pacchetti più veloce
 - Maggiore rigidità all'evoluzione

OSPF funziona "sopra" IP

Intestazione pacchetti OSPF

Version	Packet type	Packet length
Router ID (indirizzo IP)		
Area ID		
Checksum	Authentication type	
Authentication data		

Pacchetto OSPF: campi principali

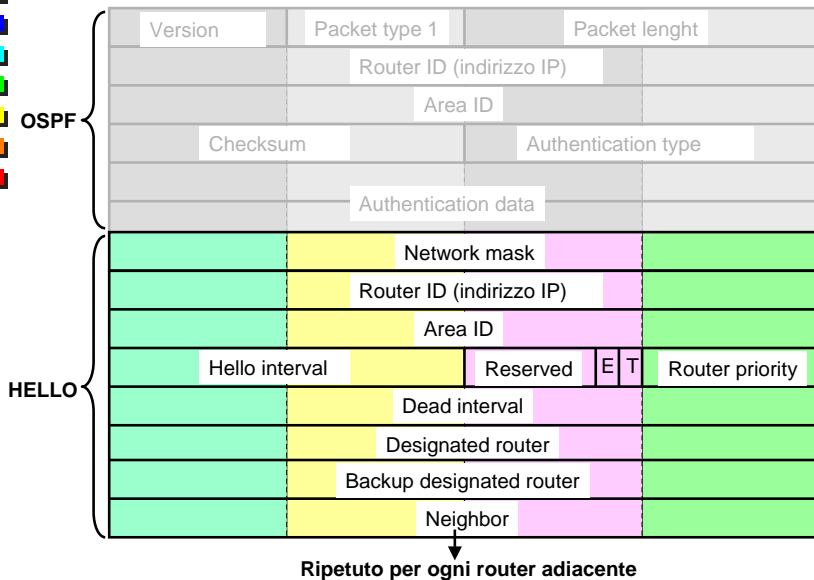
- Version
 - specifica la versione del protocollo
- Packet Type
 - identifica il tipo del pacchetto.
 - 1: Hello
 - 2: Database Description
 - 3: Link State Request
 - 4: Link State Update
 - 5: Link State Acknowledgement

Pacchetto OSPF: campi principali

- Router-id
 - un numero su 32 bit che identifica univocamente il router che ha generato il pacchetto
- Area-id
 - un numero su 32 bit che identifica a quale area appartiene il pacchetto
- Authentication Type
 - 0 nessuna authentication
 - 1 password in chiaro
 - altri valori riservati per usi futuri

Pacchetti di Hello

- Trasmessi periodicamente su tutte le interfacce, compresi i virtual link, per stabilire e mantenere le relazioni di vicinato
- Sulle reti broadcast sono anche utilizzati per:
 - scoprire automaticamente i vicini
 - configurare il DR e il BDR
- Hello Interval
 - numero di secondi tra due pacchetti Hello
- Router priority
 - priorità per l'elezione del DR e del BDR
- Dead Interval
 - numero di secondi dopo cui dichiarare irraggiungibile un router



Esempio di pacchetto di Hello

```

SUMMARY Delta T Destination Source Summary
M 1 [224.0.0.5] [192.168.65.2] OSPF Hello ID=[192.168.65.2]
OSPF: ----- OSPF Header ----- Router mittente (2503b)
OSPF: Indirizzo multicast IP riservato ad OSPF
OSPF: Version = 2, Type = 1 (Hello), Length = 48
OSPF: Router ID = [192.168.65.2]
OSPF: Area ID = [0.0.0.2] Area in cui si trova l'interfaccia di trasmissione
OSPF: Header checksum = F4E2 (correct)
OSPF: Authentication: Type = 0 (No Authentication), Value = 0000 0000 0000 0000
OSPF: Network mask = [255.255.255.0]
OSPF: Hello interval = 10 (seconds)
OSPF: Optional capabilities = X2
OSPF: .... 0... = router is not NSSA capable
OSPF: .... 0.. = no multicast capability
OSPF: .... 1.. = external routing capability
OSPF: .... ..0 = no Type of Service routing capability
OSPF: Router priority = 1 Priorità per divenire designated router
OSPF: Router dead interval = 40 (seconds)
OSPF: Designated router = [192.168.65.2] designated router e suo
OSPF: Backup designated router = [192.168.65.7] backup sulla LAN
OSPF: Neighbor (1) = [192.168.66.7] Vicini già identificati
OSPF:
    
```

Pacchetti LSA

I pacchetti LSA (Link State Advertisement) possono essere contenuti nei pacchetti di:

- database description
- link state update
- link state acknowledgment

Intestazione degli LSA

Link State age	Reserved	E	T	Link State type
Link State ID				
Advertising router				
Link State sequence number				
Link State checksum	Lenght			

LSA Header

■ LSA age

- Il tempo in secondi da quando il LSA è stato generato
- Un LSA deve essere cancellato dopo 3600 s
- Un router deve ripetere gli LSA da esso originariamente generati ogni 1800 s

■ LSA type

- 1 - Router links
- 2 - Network links
- 3 - Summary link (IP network)
- 4 - Summary link (ASBR)
- 5 - AS external link

LSA Header

■ Link State ID

- Questo campo, unitamente al prossimo, identificano univocamente il LSA

■ Advertising Router

- l'identificativo del router che ha prodotto il LSA

■ LSA sequence number

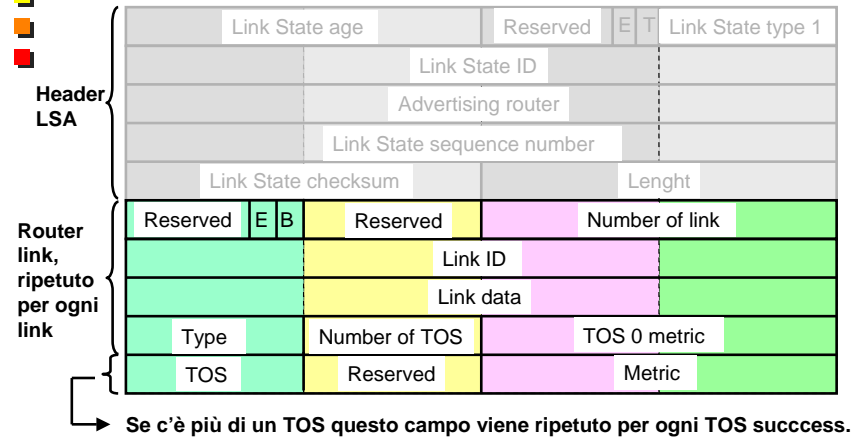
- Usato per distinguere versioni successive dello stesso LSA

Tipi di LSA

■ Tipo 1: *router links advertisement*

- simile ad un LSP tradizionale
- contiene informazioni su
 - router adiacenti
 - LAN collegate
- propagato solo all'interno dell'area
- può essere generato e propagato da un backbone router sul backbone
 - in questo caso è simile ad un tradizionale LSP di livello 2
 - comunica quali sono i backbone router

Router link advertisement

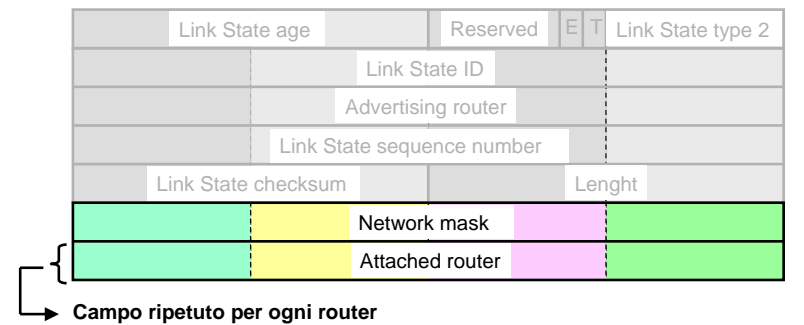


Tipi di LSA

■ Tipo 2: *network links advertisement*

- simile ad un tradizionale LSP generato per conto di una LAN
- generato dal DR di una LAN
- elenca tutti i router presenti sulla LAN
- propagato sul backbone dai backbone router

Network link advertisement

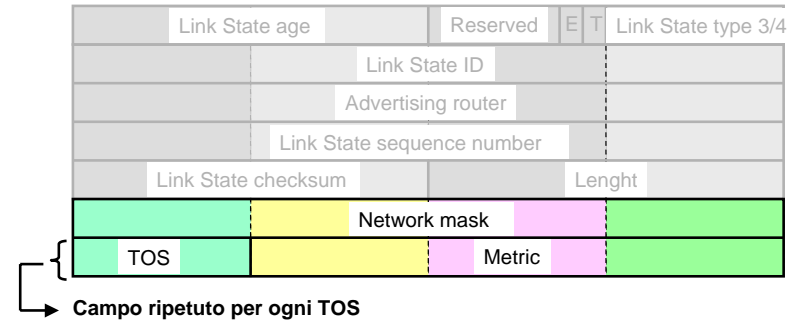


Tipi di LSA

■ Tipo 3: *network summary link advertisement*

- informazioni di livello 2 propagate in un'area
- generato da un area border router
- un area border router genera LSA diversi nelle aree cui è collegato
- il LSA di tipo 3 è utilizzato dagli area border router per riassumere e propagare informazioni su un'area
 - in questo caso contiene informazioni su una singola area
- il LSA di tipo 3 riguarda una sola destinazione IP → ogni area border router ne genera molti (messi nello stesso pacchetto)
 - in ogni sua area → un LSA per ogni indirizzo IP esterno all'area e interno all'AS
 - sul backbone → un LSA per ogni indirizzo IP interno alle sue aree

Network summary link tipo 3 e 4



Tipi di LSA

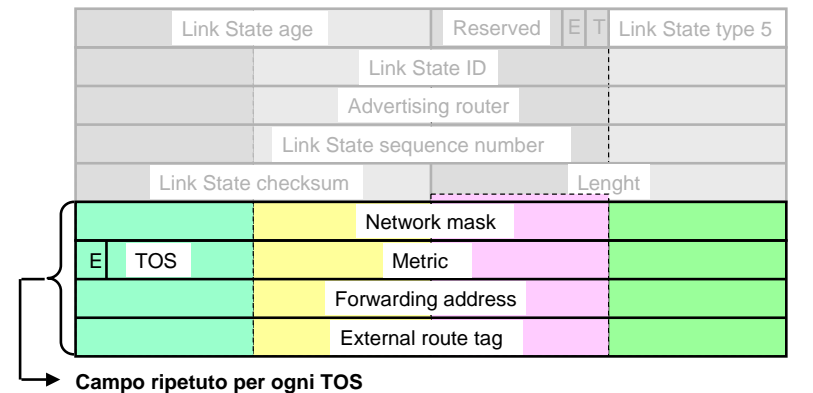
■ Tipo 4: *AS boundary routers summary link advertisement*

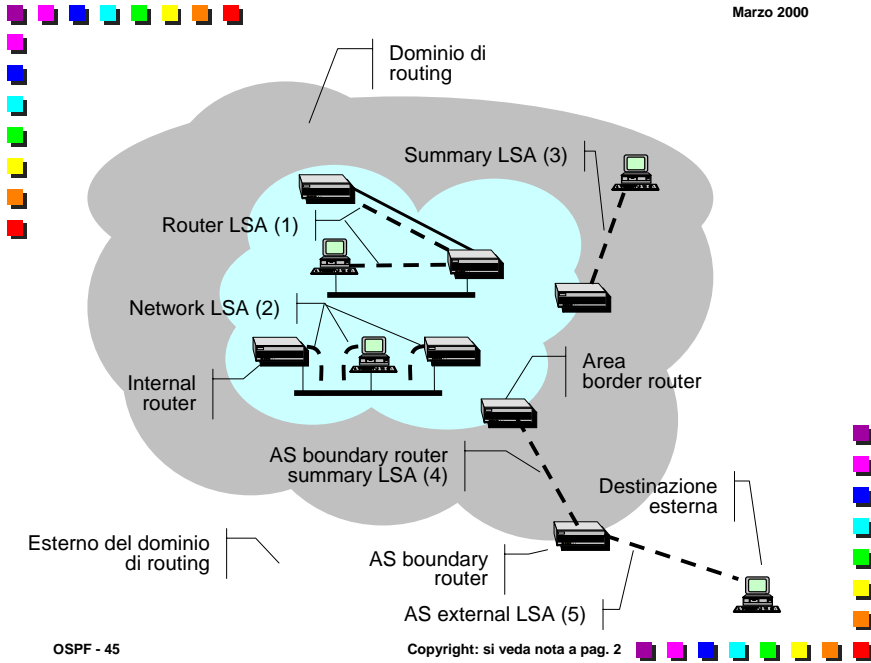
- altre informazioni di livello 2 propagate nelle aree
- costo dal router che ha generato il LSA ad un AS boundary router

■ Tipo 5: *AS external link advertisement*

- informazione di livello 2 propagata a tutti i router dell'AS
- generato da un AS boudary router
- costo dal router che ha generato il LSA ad una destinazione esterna all'AS

AS external link advertisement





Tipi di LSA

- Gli LSA di tipo 4 e 5 informano i router di livello 1 circa le destinazioni fuori dall'AS
- I border area router (livello 2) propagano il costo da loro agli AS border router (LSA di tipo 4)
- Gli AS border router propagano il costo da loro alle destinazioni

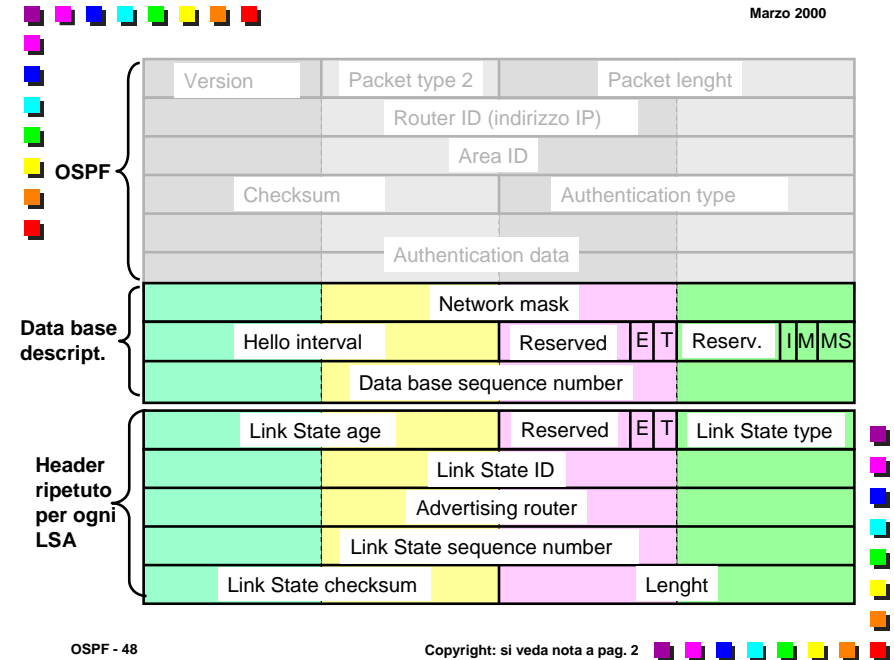
Non sarebbe meglio se gli area border router diffondessero il costo da loro alle destinazioni?

Lo schema di OSPF richiede

- ☞ maggior scambio di informazioni
- ☝ meno memoria

Pacchetti Database Description

- Utilizzati per sincronizzare le basi di dati tra due router adiacenti
 - alla scoperta di un'adiacenza viene eletto un router master ed uno slave, tramite uno scambio di pacchetti database description
 - il master invia gli LSA della sua base dati allo slave inserendoli nel pacchetto di database description
 - lo slave conferma al master l'avvenuta ricezione



Pacchetti di link state

■ Link state request:

- utilizzati da un router per richiedere ad un altro l'invio di uno o più LSA

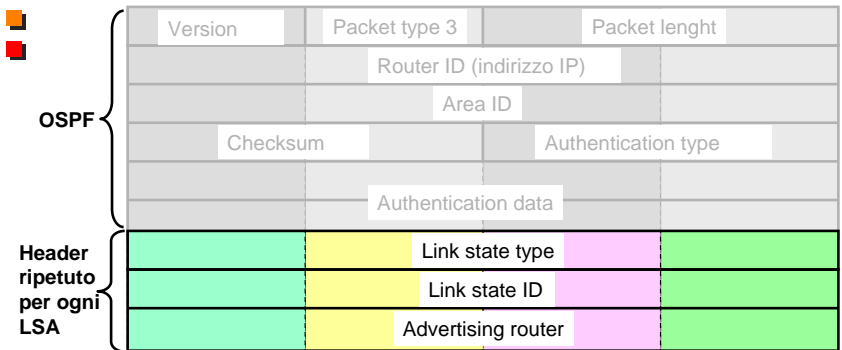
■ Link state update:

- contiene gli LSA che il router mittente deve inviare su un collegamento
 - avviene periodicamente o a seguito di un cambiamento topologico

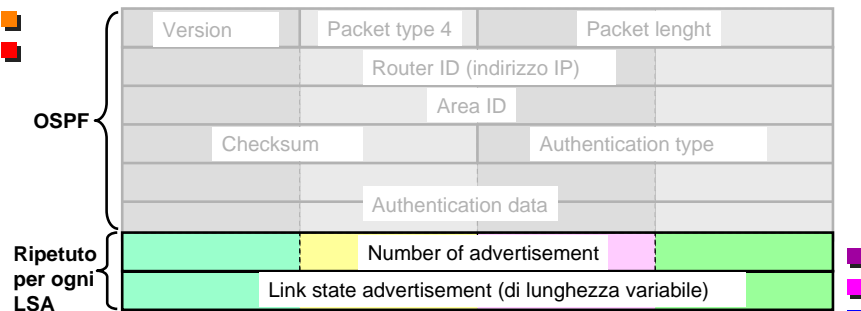
■ Link state acknowledgment:

- risposta di conferma dopo la ricezione del link state update

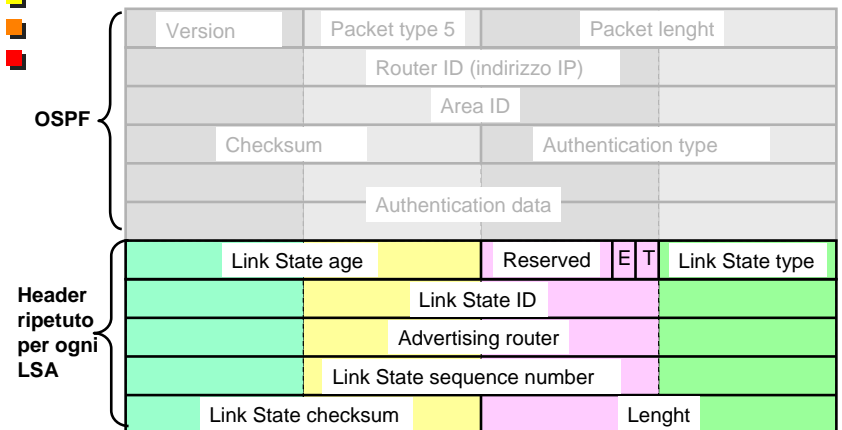
Link state request



Link state update



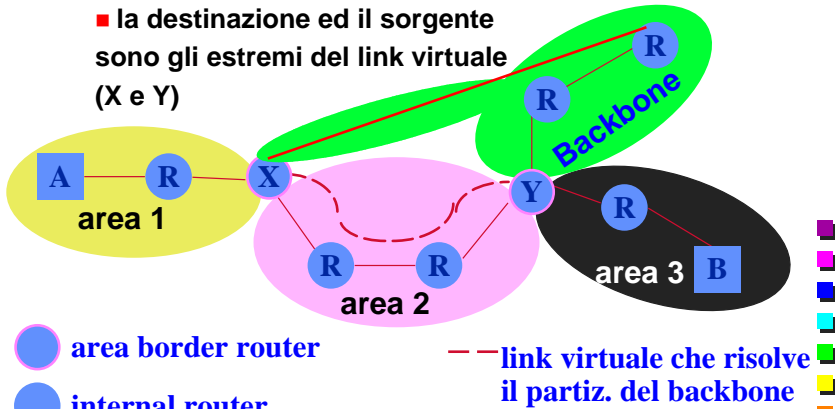
Link state acknowledgment



Link virtuali

■ I messaggi di routing sono imbustati in pacchetti IP

- la destinazione ed il sorgente sono gli estremi del link virtuale (X e Y)



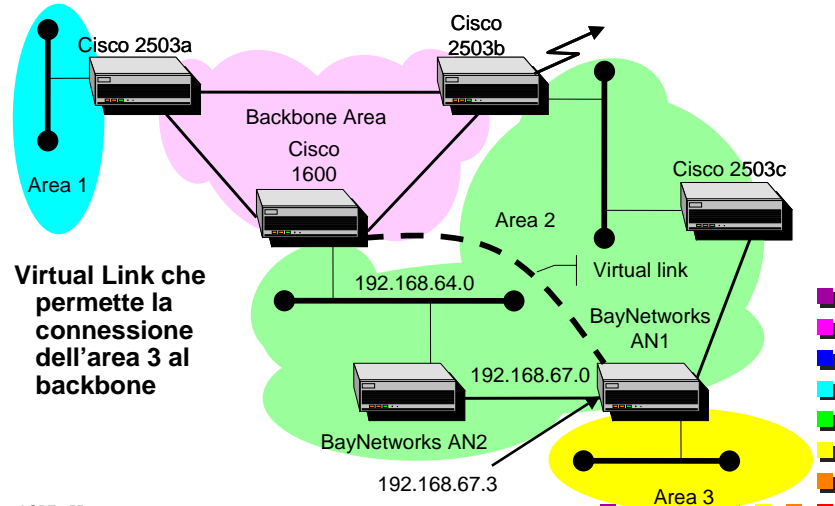
Link virtuali

■ I pacchetti di dato instradati da X verso Y devono attraversare l'area 2

- la destinazione e il sorgente sono A e B
- gli internal router devono sapere che i pacchetti devono andare verso Y
 - l'informazione deve arrivare dalle informazioni sull'esterno (di livello 2) propagate all'interno dell'area

■ Alternativa: incapsulamento (*tunneling*) tra X e Y

Esempio di virtual link



Virtual Link che permette la connessione dell'area 3 al backbone

Esempio di virtual link

```
1600(config)#router ospf 1
1600(config)# area 2 virtual-link 192.168.67.3
1600(config)# end

1600#write terminal
....
router ospf 1
network 192.168.64.0 0.0.0.255 area 2
network 192.168.0.0 0.0.3.255 area 0
area 0 range 192.168.0.0 255.255.252.0
area 2 range 192.168.64.0 255.255.252.0
area 2 virtual-link 192.168.67.3
!
```

Creazione del virtual link con AN1 attraverso l'area 2



Limiti consigliati

- Un'area non deve avere più di 50 router
 - ridurre il numero in caso di link non stabili
- Un router non deve avere più di 60 neighbor
- Un router non deve stare in più di tre aree
 - backbone area
 - 1 o 2 aree non backbone
- Il Designated Router e il Backup Designated Router devono essere dei router il più possibile scarichi

