



Marzo 2000


OSPF

Open Shortest Path First

Silvano GAI
Mario Baldi
Pietro Nicoletti

OSPF-2000 - 1

Copyright: si veda nota a pag. 2




Marzo 2000

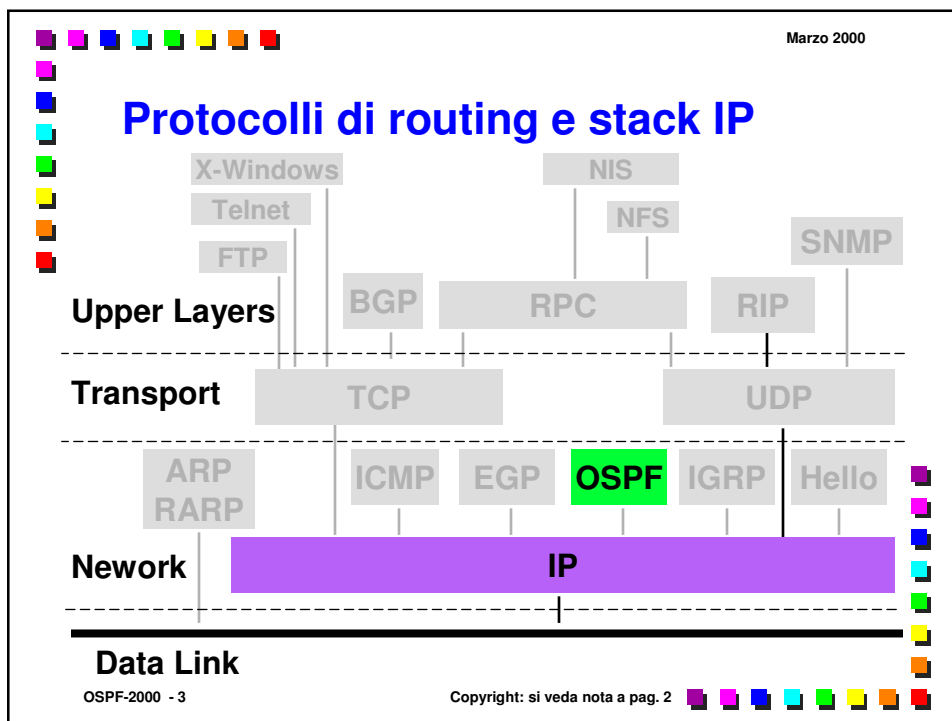
Nota di Copyright

- 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.

OSPF-2000 - 2

Copyright: si veda nota a pag. 2





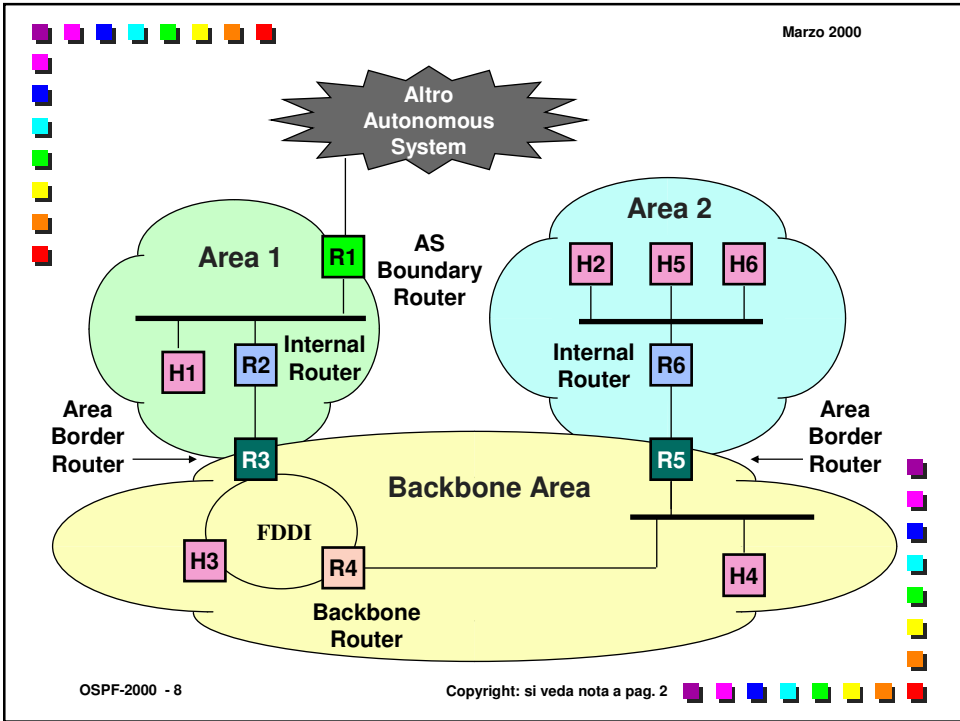
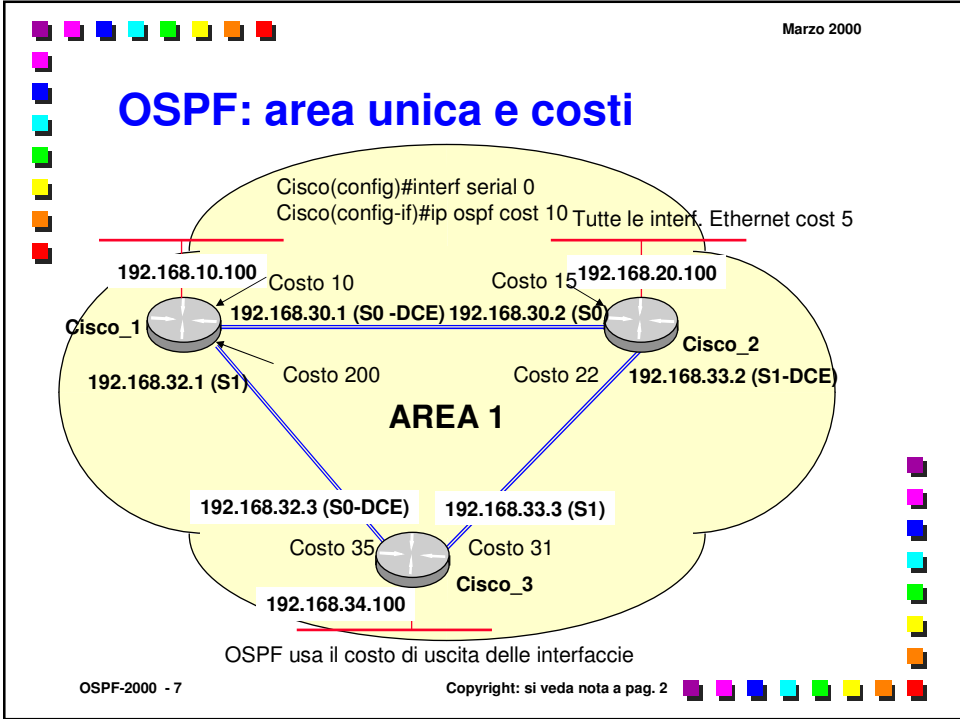
- Marzo 2000
- ## OSPF: concetti generali
- Protocollo di tipo link state packet
 - Definito dall'IETF con la RFC 1247 (1991) e la RFC 1583 (1994)
 - OSPF ha il concetto di gerarchia
 - un AS è suddiviso in aree
 - le aree contengono un gruppo di reti contigue
 - *backbone*: area particolare non necessariamente contigua
- OSPF-2000 - 4 Copyright: si veda nota a pag. 2

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



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

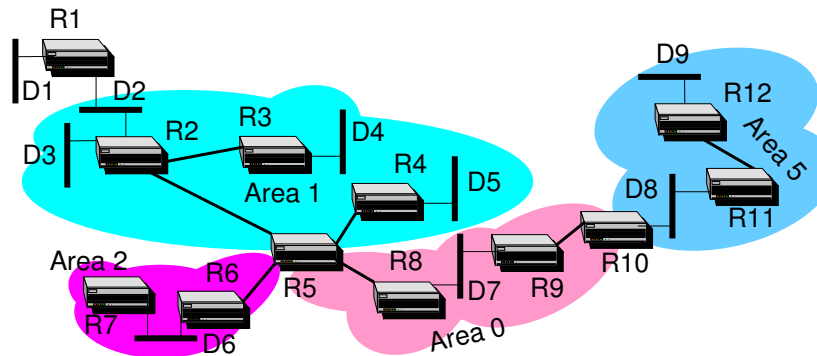
- Serve a contenere le informazioni nella tabella di routing e ridurre le informazioni di raggiungibilità da comunicare ai router adiacenti

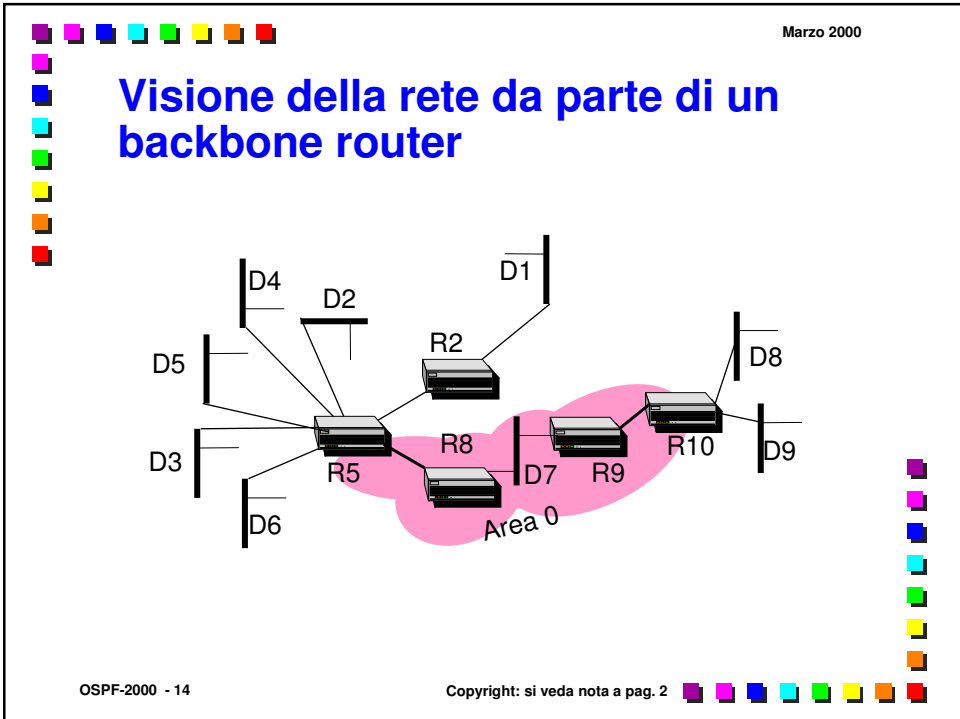
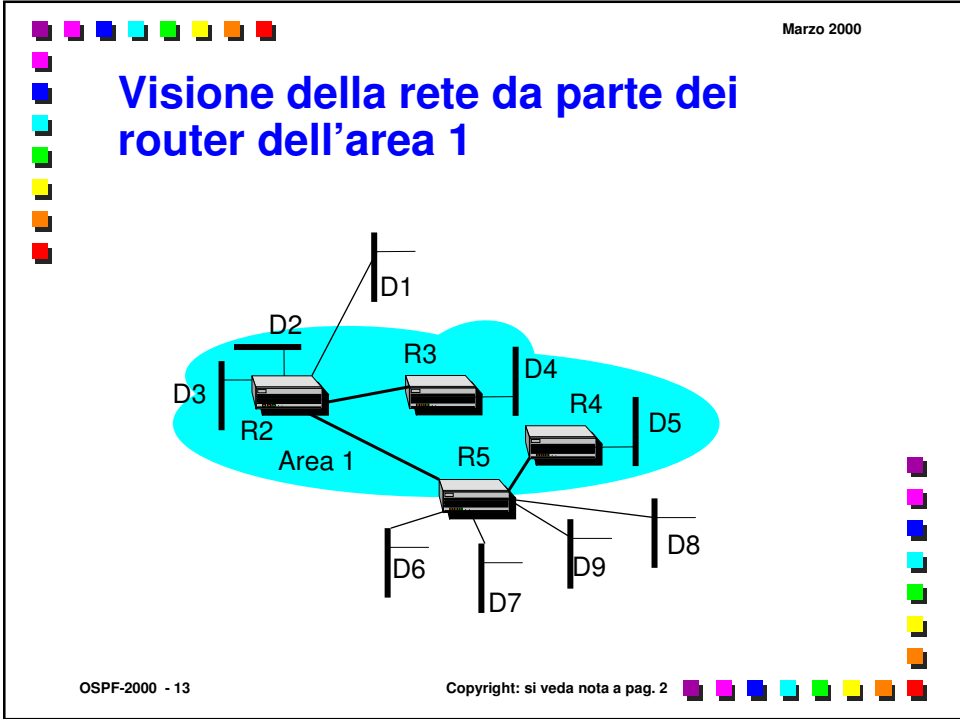
```

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





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 **AllRouters**
- Il DR e il backup DR ricevono all'indirizzo AllRouters
- Il DR manda il LSA all'indirizzo multicast data-link **AllSPFRouters**
- I router inviano le conferme di ricezione (*acknowledgment*) all'indirizzo AllRouters
- 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

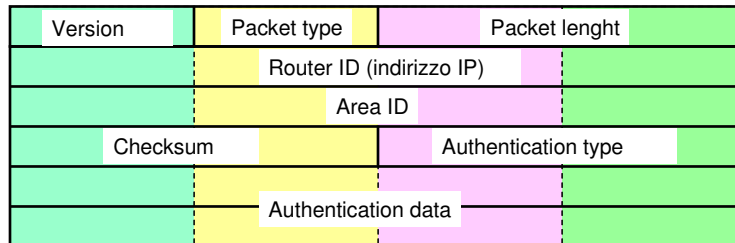
- Non ci sono campi di lunghezza variabile
- Non ci sono campi per estensioni che le versioni precedenti ignorano



- Codifica più compatta
- Elaborazione dei pacchetti più veloce
- Maggiore rigidità all'evoluzione

OSPF funziona "sopra" IP

Intestazione pacchetti OSPF



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

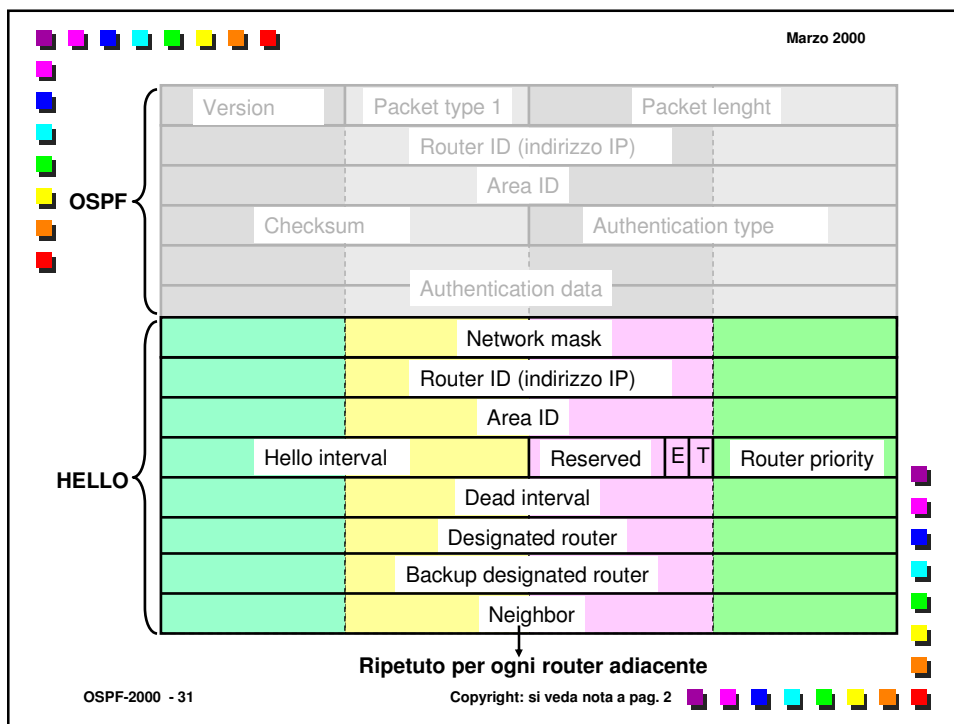
- numero di secondi tra due pacchetti Hello

■ Router priority

- priorità per l'elezione del DR e del BDR

■ Dead Interval

- numero di secondi dopo cui dichiarare irraggiungibile un router



Marzo 2000

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 -----
OSPF:
OSPF: Version = 2,   Type = 1 (Hello),   Length = 48
OSPF: Router ID    = [192.168.65.2]
OSPF: Area ID     = [0.0.0.2]
OSPF: Header checksum = F4E2 (correct)
OSPF: Authentication: Type = 0 (No Authentication), Value = 0000 0000 0000 0000
OSPF:
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
OSPF: Router dead interval = 40 (seconds)
OSPF: Designated router  = [192.168.65.2]
OSPF: Backup designated router = [192.168.65.7]
OSPF: Neighbor (1)     = [192.168.66.7]
OSPF:
  
```

Router mittente (2503b)
Indirizzo multicast IP riservato ad OSPF
Area in cui si trova l'interfaccia di trasmissione
Priorità per divenire designated router
designated router e suo backup sulla LAN
Vicini già identificati

OSPF-2000 - 32 Copyright: si veda nota a pag. 2

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

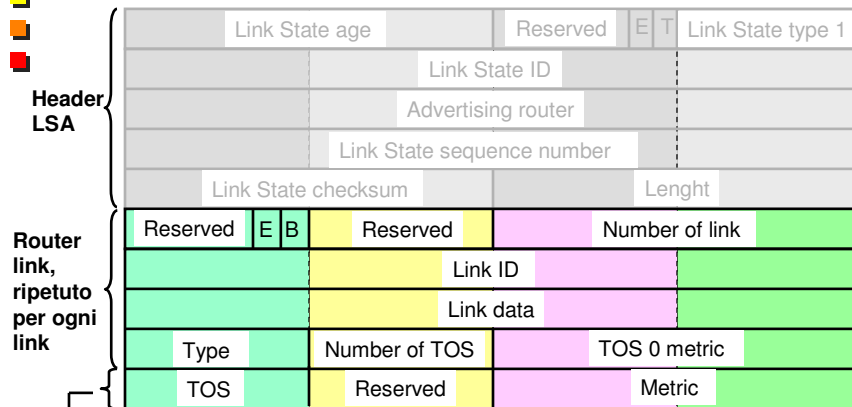
- Usato per distinguere versioni successive dello stesso LSA

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



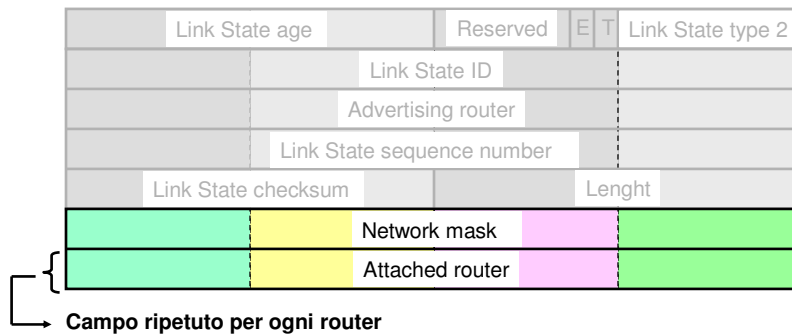
Se c'è più di un TOS questo campo viene ripetuto per ogni TOS success.

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

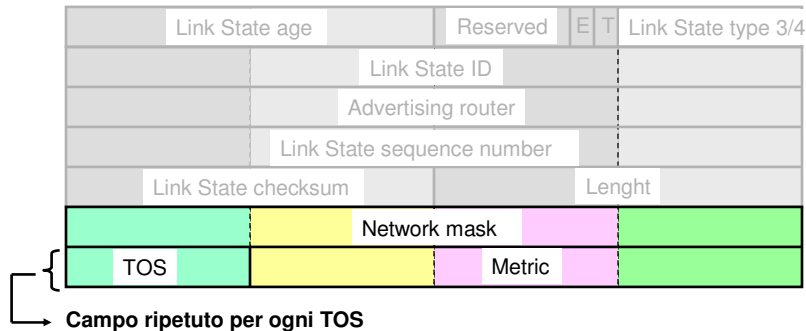
Network link advertisement



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

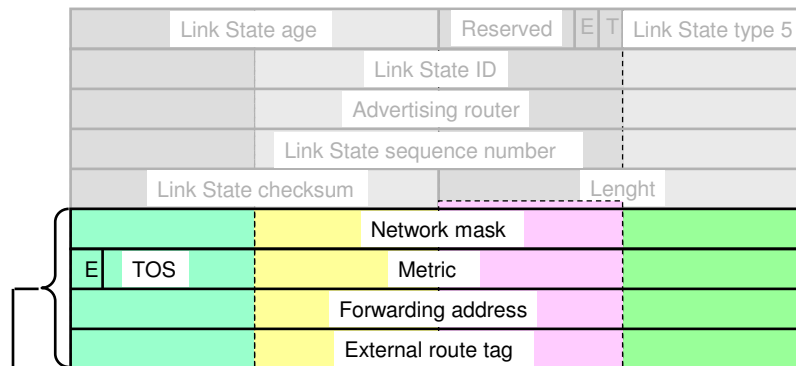
■ Tipo 4: AS boundary routers summary link advertisement

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

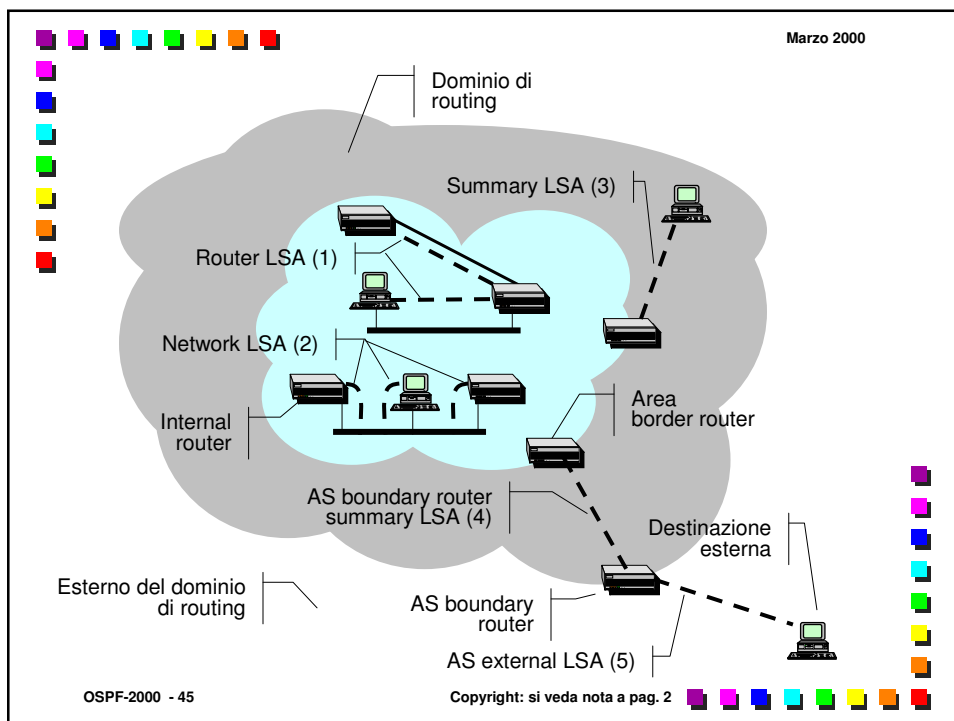
■ Tipo 5: AS external link advertisement

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

AS external link advertisement



→ Campo ripetuto per ogni TOS



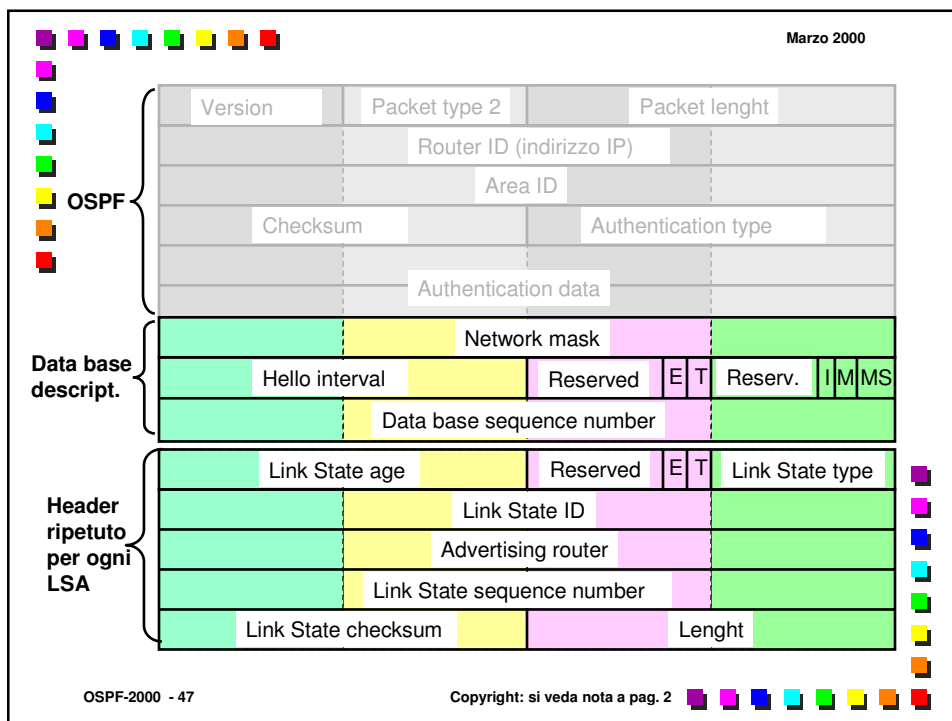
Marzo 2000

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

OSPF-2000 - 46

Copyright: si veda nota a pag. 2



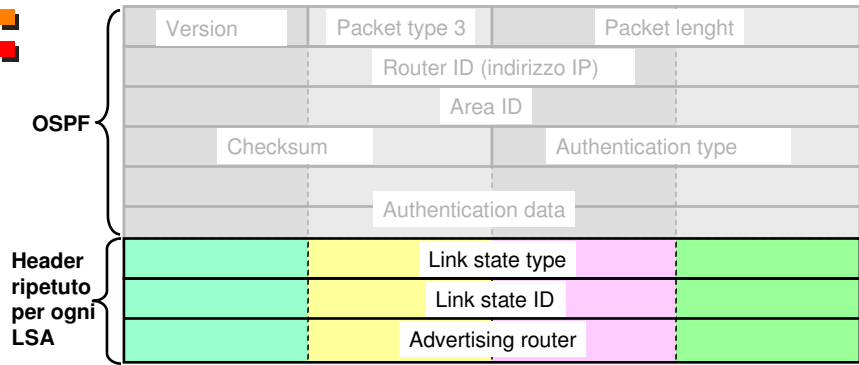
Marzo 2000

Pacchetti di link state

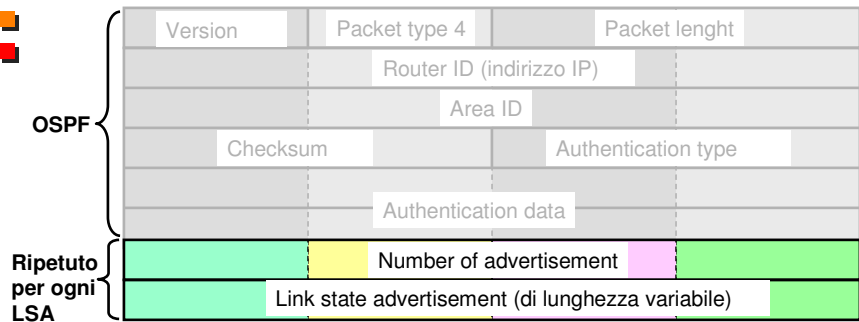
- **Link state request:**
 - utilizzati da un router per richiedere ad un altro l'invio di uno o più LSA
- **Link state update:**
 - contiene gli LSA che il router mittente deve inviare su un collegamento
 - avviene periodicamente o a seguito di un cambiamento topologico
- **Link state acknowledgment:**
 - risposta di conferma dopo la ricezione del link state update

OSPF-2000 - 48 Copyright: si veda nota a pag. 2

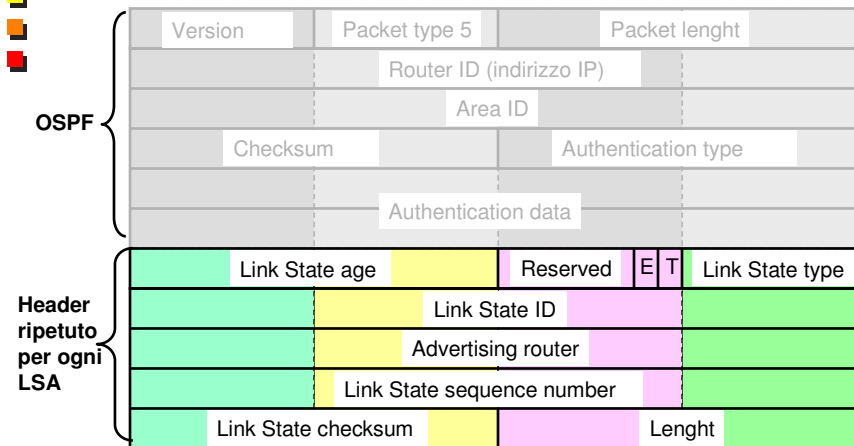
Link state request



Link state update



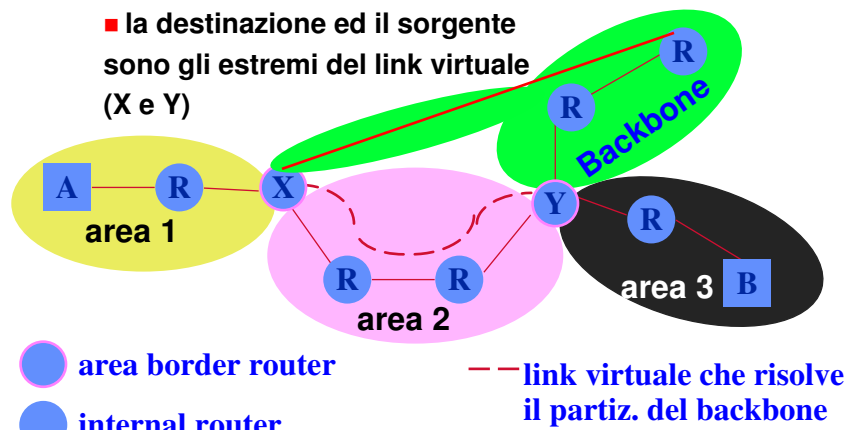
Link state acknowledgment



Link virtuali

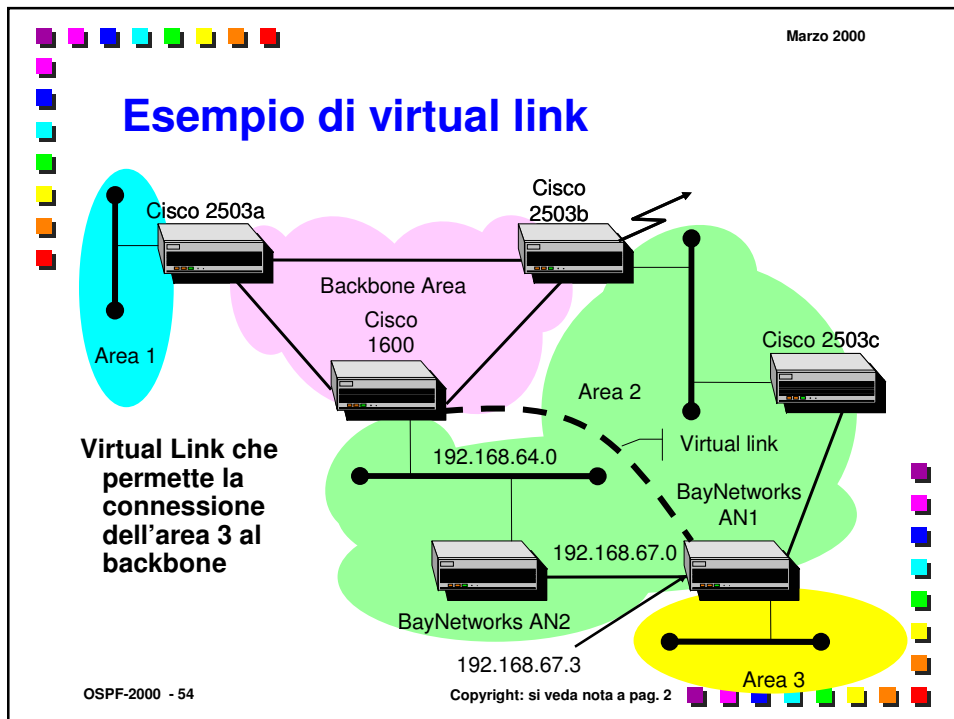
■ I messaggi di routing sono imbustati in pacchetti IP

- 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

```

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