



La Sapienza

Università degli Studi di Roma

Dipartimento di Informatica e Sistemistica

RETI DI CALCOLATORI II

OSPF - **O**pen **S**hortest **P**ath **F**irst

Emiliano Trevisani

trevisani@dis.uniroma1.it

A.A. 2008/2009

Link State Routing

- ❑ I protocolli “Link State” sono adatti a reti di grandi dimensioni
- ❑ Principi base:
 - i router hanno la responsabilità di contattare i router vicini e acquisire la loro identità (pacchetti Hello)
 - i router emettono i Link State Packets (LSP) contenenti la lista delle reti connesse al router e le metriche di attraversamento corrispondenti
 - i LSP sono trasmessi a tutti gli altri router
 - tutti i router hanno lo stesso insieme di dati e quindi possono costruire la stessa mappa della rete
 - le mappe di rete sono utilizzate per determinare i cammini migliori e quindi l'instradamento ottimo

Link State Routing

- ❑ 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 ed una rete

Link State Routing

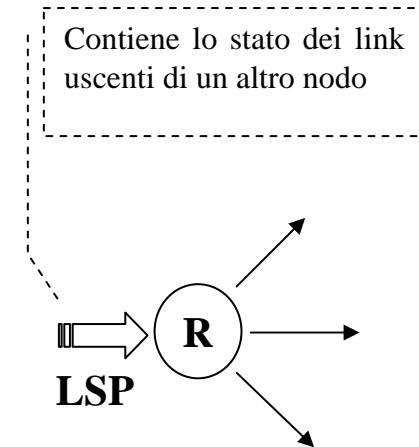
□ I LSP sono emessi:

- quando un router contatta un nuovo router vicino
- quando un link si guasta
- quando il costo di un link varia
- periodicamente ogni fissato intervallo temporale

□ La rete trasporta i LSP mediante la tecnica di **flooding**

- un LSP è rilanciato da un router su tutte le sue interfacce tranne quella dalla quale è stato ricevuto
- i LSP trasportano dei riferimenti temporali (timestamp) e numeri di sequenza per:
 - evitare il rilancio di pacchetti già rilanciati
 - consentire un corretto riscontro dal ricevente

L'idea è quella di contenere l'elevato traffico di segnalazione che di per sé tende ad esplodere



Flooding

Poiché uno stesso pacchetto arriva, in generale, al router da molte direzioni aumenta la probabilità di informazione completa

- ❑ Assicura che tutti i router di una rete:
 - riescano a costruire un database contenente lo stato della rete
 - abbiano le stesse informazioni sullo stato dei link
- ❑ Alla ricezione di un LSP:
 - un router esamina i campi di un LSP: link identifier, metrica, timestamp o numero di sequenza
 - se il dato non è contenuto nel database, viene memorizzato ed il LSP è rilanciato su tutte le interfacce del router tranne quella di ricezione
 - se il dato ricevuto è più recente di quello contenuto nel database, il suo valore è memorizzato ed il LSP è rilanciato su tutte le interfacce del router tranne quella di ricezione
 - se il dato ricevuto è meno recente di quello contenuto nel database, viene rilanciato un LSP con il valore contenuto nel database esclusivamente sull'interfaccia di arrivo dell'LSP
 - se i dati del LSP corrispondono a quanto già nel database, non viene eseguita alcuna operazione

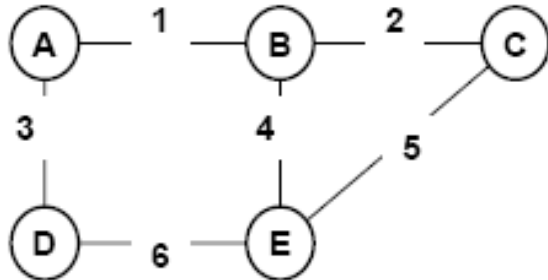
Flooding

- ❑ La tecnica flooding ha i seguenti vantaggi:
 - esplora tutti i possibili cammini tra origine e destinazione
 - è estremamente affidabile e robusta
 - almeno una copia di ogni LSP seguirà la via a minor costo
- ❑ Il traffico generato dipende dalle dimensioni della rete e può essere notevole

Possibili soluzioni:

- ❑ Evitare di rilanciare i LSP sull'interfaccia di ricezione
- ❑ Evitare la ritrasmissione di pacchetti già trasmessi [può introdurre limitazioni]
- ❑ Dividere un AS in sottoaree all'interno delle quali viene applicato il protocollo link state "puro" e fra le quali viene utilizzata una versione "light" del protocollo che scambia solo informazione aggregata

Link State Protocol: esempio 1/3



Database Topologia

Da	A	link	Dist
A	B	1	1
A	D	3	1
B	C	2	1
B	E	4	1
D	E	6	1
E	C	5	1

Routing Table

A	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	0	1	2	1	2
	Link	local	1	1	3	1

B	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	1	0	1	2	1
	Link	1	local	2	1	4

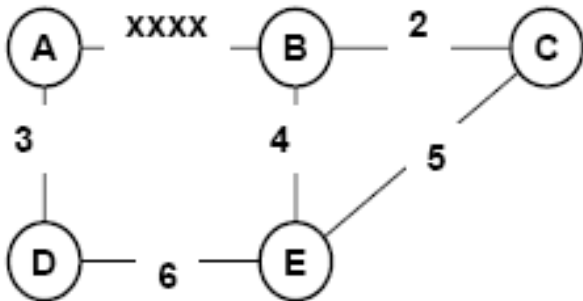
C	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	2	1	0	2	1
	Link	2	2	local	5	5

D	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	1	2	2	0	1
	Link	3	3	6	local	6

E	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	2	1	1	1	0
	Link	4	4	5	6	local

Link State Protocol: esempio 2/3

**Guasto del ramo
AB**



Routing Table

A	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	0	inf	inf	1	inf
	Link	local	1	1	3	1

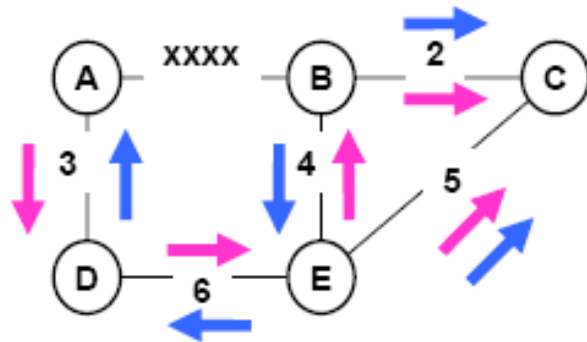
B	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	inf	0	1	inf	1
	Link	1	local	2	1	4

C	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	2	1	0	2	1
	Link	2	2	local	5	5

D	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	1	2	2	0	1
	Link	3	3	6	local	6

E	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	2	1	1	1	0
	Link	4	4	5	6	local

Link State Protocol: esempio 3/3



A	Link	1
	Metric	Inf

B	Link	1
	Metric	Inf

Database Topologia

Da	A	link	Dist
A	B	1	Inf
A	D	3	1
B	C	2	1
B	E	4	1
D	E	6	1
E	C	5	1

Routing Table

A	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	0	3	3	1	2
	Link	local	3	3	3	3

B	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	3	0	1	2	1
	Link	4	local	2	4	4

C	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	3	1	0	2	1
	Link	5	2	local	5	5

D	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	1	2	2	0	1
	Link	3	6	6	local	6

E	Destinazione	A	B	C	D	E
	Distanza	2	1	1	1	0
	Link	6	4	5	6	local

External routing

- ❑ Un AS è connesso ad altri AS attraverso uno o più “AS Border Router”
- ❑ Se l’AS Border Router è unico è sufficiente indicare a tutti i router interni l’instradamento di default verso l’esterno
- ❑ Se gli AS Border Routers sono più di uno, ognuno di essi indicherà ai router interni il
- ❑ costo della via verso l’esterno
 - External record

OSPF

- ❑ OSPF appartiene alla categoria dei Link State Routing Protocol
- ❑ RFC 2328
 - Unico protocollo la cui implementazione e' obbligatoria in router IPv4 (RFC 1812)
 - “Aperto”: disponibile al pubblico
- ❑ È costituito da tre protocolli componenti [header comune]:
 - Hello
 - Exchange
 - Flooding

OSPF

- ❑ **Il messaggio di notifica OSPF contiene un campo per ogni router adiacente**
- ❑ Il messaggio di notifica è inviato all'intero Sistema Autonomo (mediante flooding)
- ❑ Caratteristiche avanzate:
 - Sicurezza: tutti i messaggi OSPF sono autenticati
 - Sono permessi più cammini minimi (solo uno in RIP)
 - Load balancing
 - Per ogni link, metriche diverse per valori diversi del campo TOS
 - esempio: costo di un link satellitare “basso” per traffico best effort; alto per traffico real time)
 - Supporto per unicast e multicast:
 - Multicast OSPF (MOSPF) usa lo stesso database (tabelle di routing) di OSPF
 - OSPF gerarchico in sistemi autonomi di grandi dimensioni.

OSPF

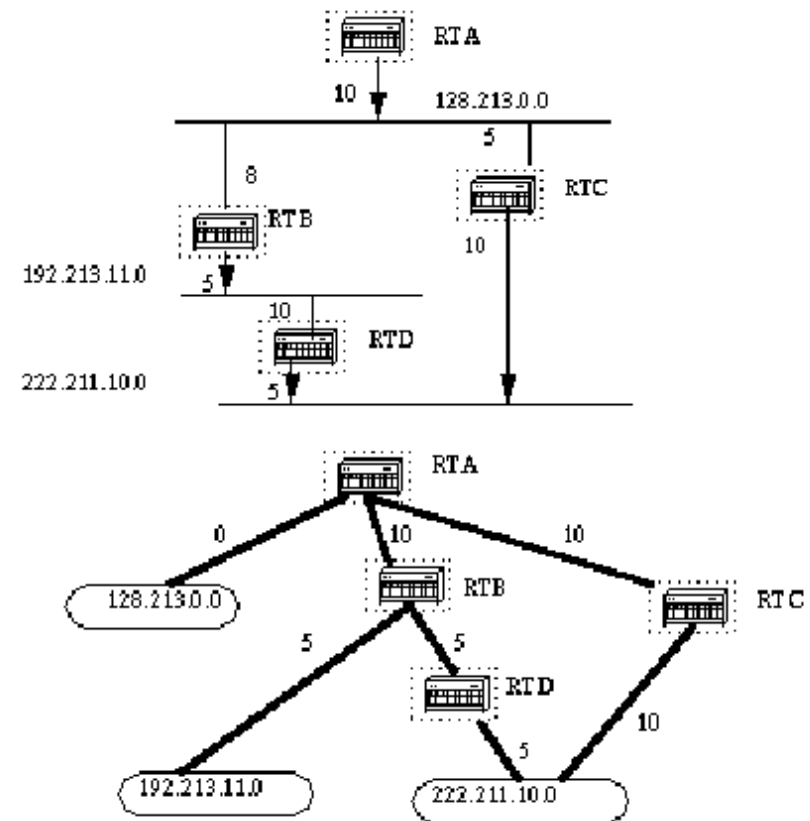
□ **Analisi OSPF:**

- Albero dei cammini minimi
- Scalabilità:
 - Instradamento gerarchico – aree
 - Tabelle di instradamento e route summarization [queste ultime tendono a limitare le dimensioni delle RT]
- Raccolta delle informazioni di stato
 - Link State Advertisements
 - Neighbours

OSPF

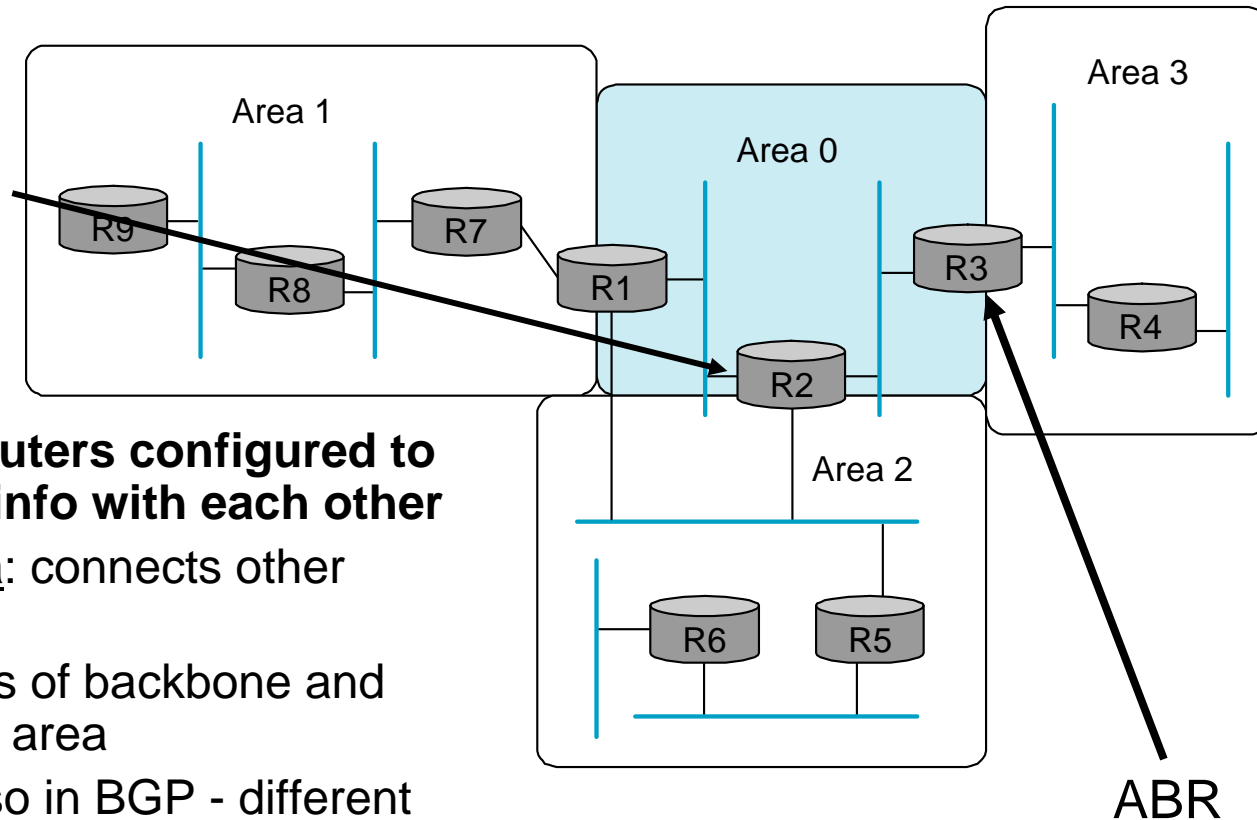
□ Albero dei cammini minimi [*Shortest Path Tree –SPT*]:

- Per ogni router
- Esempio:
 - SPT calcolato a RTA
 - Possibili piu' cammini alternativi
 - I link sono diretti
 - I costi possono essere diversi a seconda della direzione
 - Es.: livelli di congestione diversi nelle due direzioni
 - In figura: $\text{costo}(\text{RTA}, \text{RTB}) \neq \text{costo}(\text{RTB}, \text{RTA})$



Areae

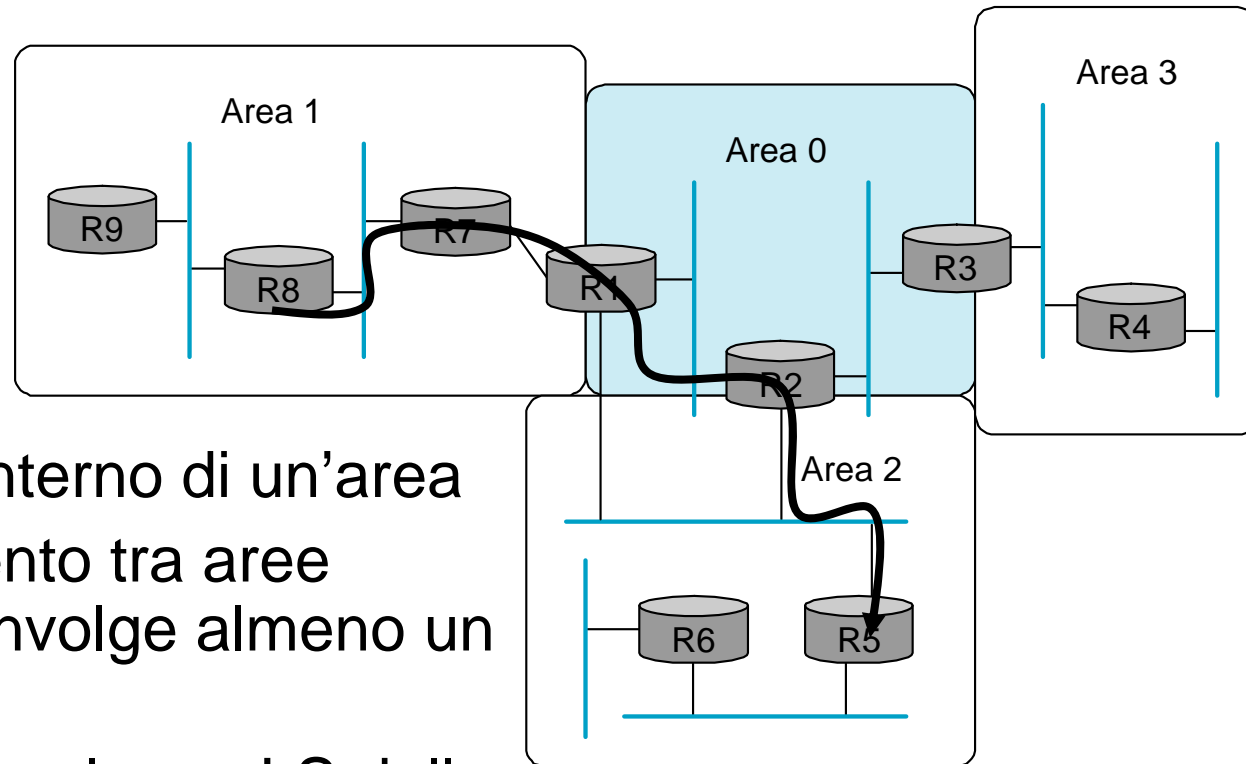
Attenzione: per andare in area 2 passo per R2
Perche' importante?



- **Area: set of routers configured to exchange LS info with each other**
- **Backbone area: connects other areas**
- ABRs members of backbone and non- backbone area
- **Note: areas also in BGP - different meaning**
- Internal Routers have all interfaces within same area
- **Allows for scalability**
- Every area: unique 32-bit ID

Tabella di routing a R7
Si assumo costo dei link unitario

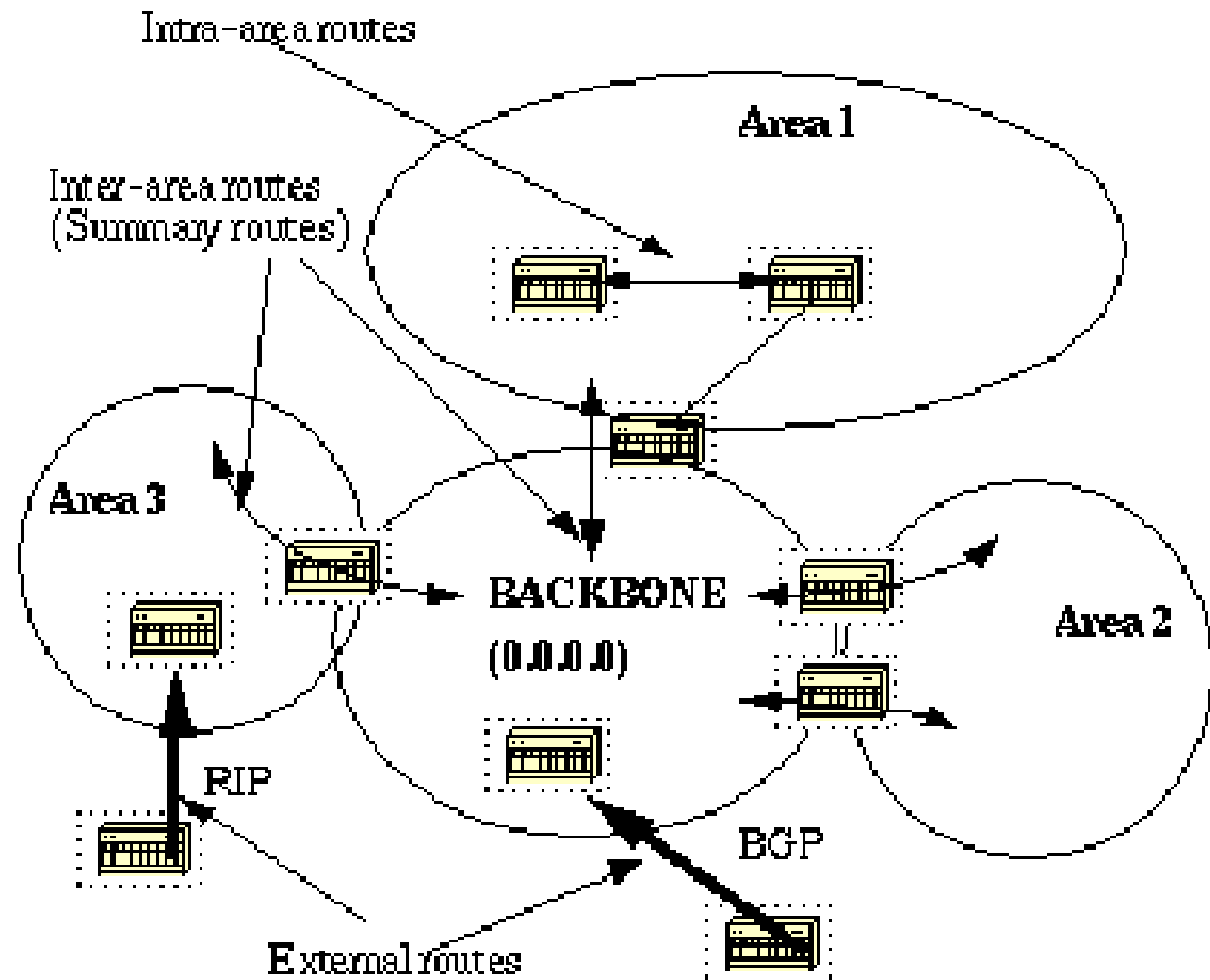
Routing



- Ottimo all'interno di un'area
- Instradamento tra aree diverse coinvolge almeno un ABR
- Gli ABR raccolgono LS dalle aree cui sono connessi e li diffondono nella backbone area e da questa nelle altre aree (route summarization)

Area 0 - backbone

- Un' area deve essere la 0
- L' area 0 connette tutte le altre
- Il backbone distribuisce info di instradamento tra le diverse aree
- Summary route: percorso tra aree diverse
- External route: percorso verso reti che usano protocolli diversi



Gerarchia dei router OSPF

- IR (Internal Router)
 - Router interni a un'area: scambiano informazioni di stato con i router della stessa area mediante flooding
- ABR (Area Border Router)
 - Router che fungono da interfaccia verso l'area 0
 - Inviano l'informazione di stato sull'area di pertinenza agli altri ABR del backbone
 - Diffondono informazioni di stato su altre aree verso l'area di pertinenza
- ASBR (Autonomous System Boundary Router)
 - Router di confine verso altri sistemi autonomi
 - Importano/esportano informazioni di stato da/verso sistemi esterni

Tabelle di instradamento

- In linea di principio, ogni router potrebbe conoscere un percorso ottimo verso qualunque altro router della rete
- In pratica, percorsi ottimi soltanto all'interno di ciascuna area
- Route summarization
 - Si ha soltanto informazione aggregata su sottoreti di aree diverse
 - Informazione raccolta, aggregata e distribuita dagli ABR

Route summarization

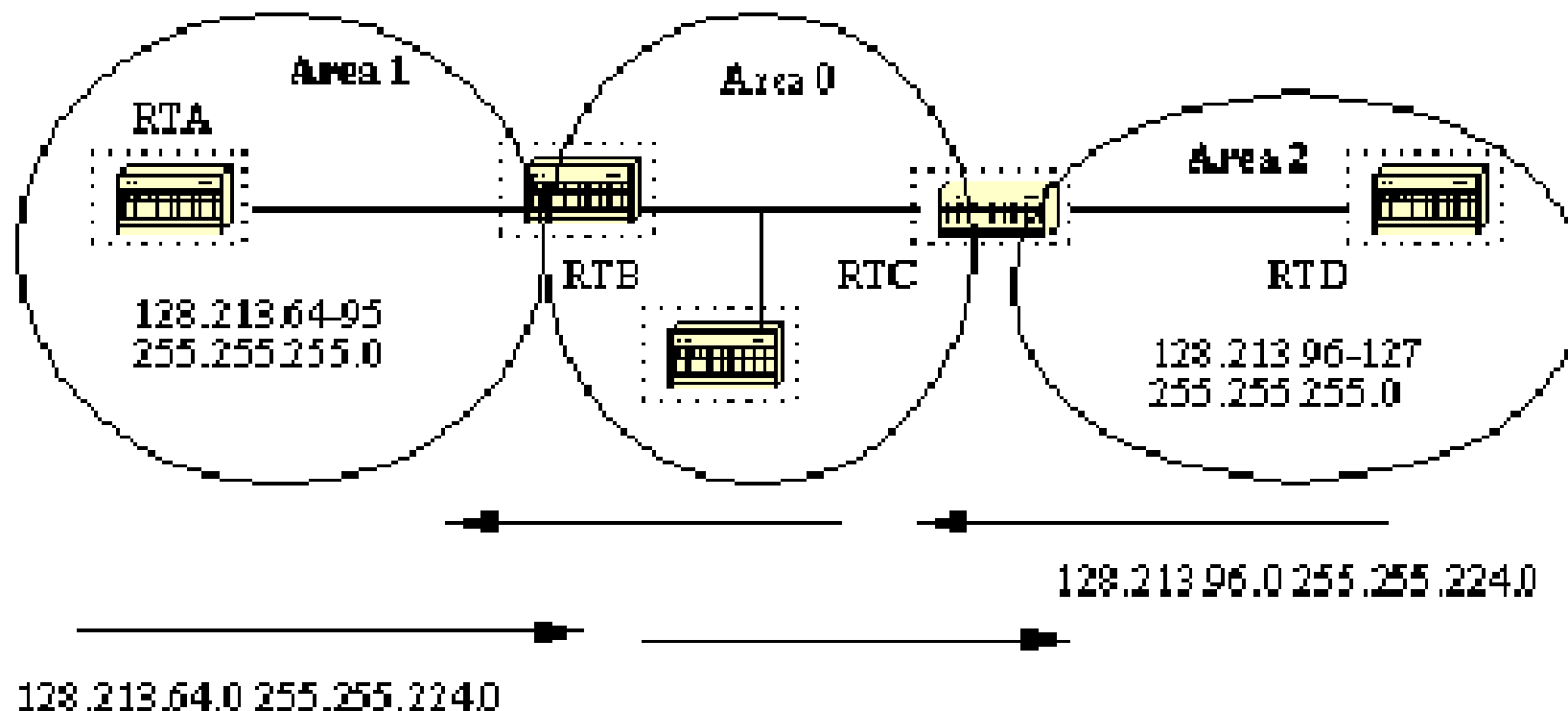
- Invio di informazione su piu' percorsi all'interno di un unico LSA (Link State Advertisement)
- Operazione svolta dagli ABRs
- Normalmente avviene dalle aree verso il backbone
- Route Inter-area: aree dello stesso sistema autonomo
- Route External: si riferisce solitamente a percorsi esterni (all' AS) comunicati a un ASBR al confine con un diverso AS

Route summarization/cont.

- Basata su uso di network mask
- Esempio: individuare in modo sintetico il blocco di indirizzi 128.213.64.0 - 128.213.95.255
 - $2^{13} = 8192$ indirizzi IP
- Prefisso binario comune a tutti gli indirizzi del blocco:
10000000 11010101 010 (19 bit) -> Net mask =
255.255.224.0 (primi 19 bit a 1)
- Notazione sintetica: 128.213.64/19
- Funziona perche' si assegnano blocchi di indirizzi contigui
- V. CIDR

Route summarization/cont.

- I 3 bit piu' significativi del terzo byte sono mascherati -> 32 reti classe C in ciascuna area
- Quanti indirizzi in Area 1?
- Es.: RTB invia info sulle reti 128.213.64-95
- Attenzione alle sovrapposizioni!!



LSA - struttura

- Es.: LSA di tipo 1 - costo di link tra router
- LS ID = advertising router
- Sequence number: identifica LSA vecchi o duplicati

- Link ID/Link Data
 - identificano link
- metric: costo
- link type: ex. ETH
- num_TOS: descrive il significato del costo

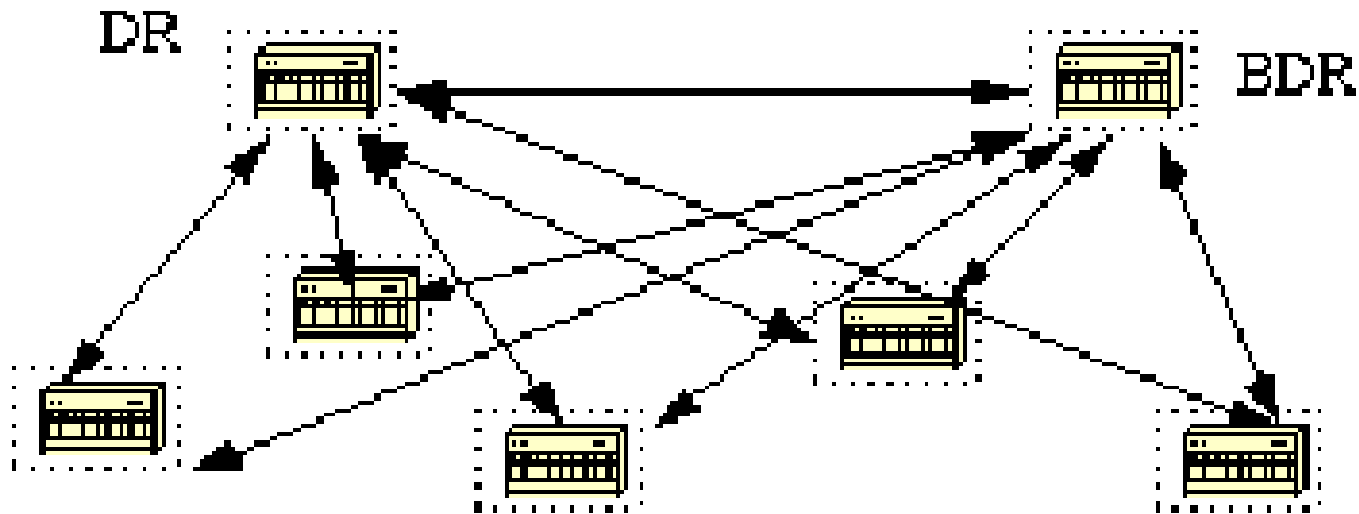
HEADER OSPF			
LS Age		Options	Type=1
Link-state ID			
Advertising router			
LS sequence number			
LS checksum		Length	
0	Flags	0	Number of links
Link ID			
Link data			
Link type	Num_TOS	Metric	
Optional TOS information			
More links			

Corrisponde a un LSP

Link LSA

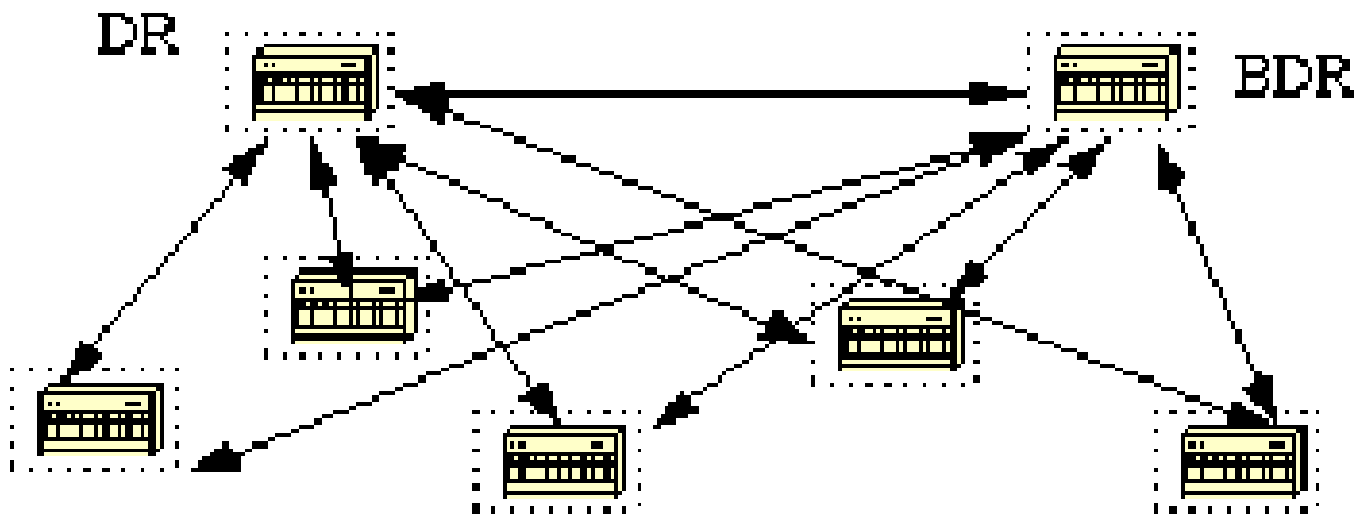
Neighbours

- Router sullo stesso segmento LAN
 - Su reti ad accesso multiplo: tutte le coppie
 - Su reti punto - punto: router fisicamente adiacenti



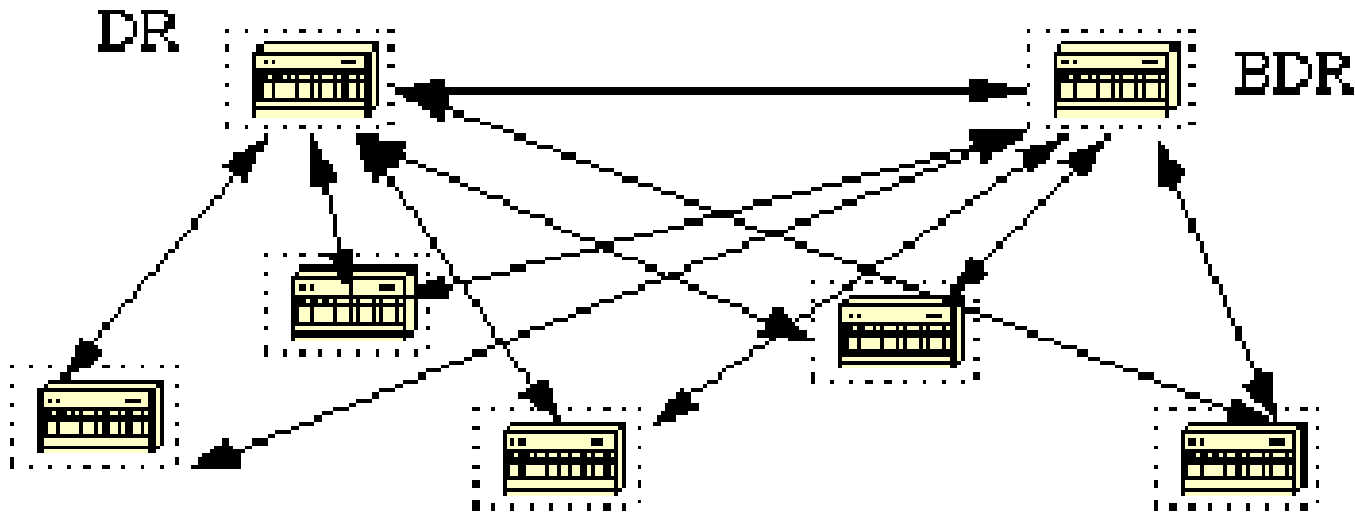
Adiacenza

- **Adiacenza:**
 - Nodi diventano vicini usando un protocollo di Hello
 - Su reti multi-accesso (es. Ethernet): due nodi vicini diventano adiacenti se uno dei due e' un DR o un BDR



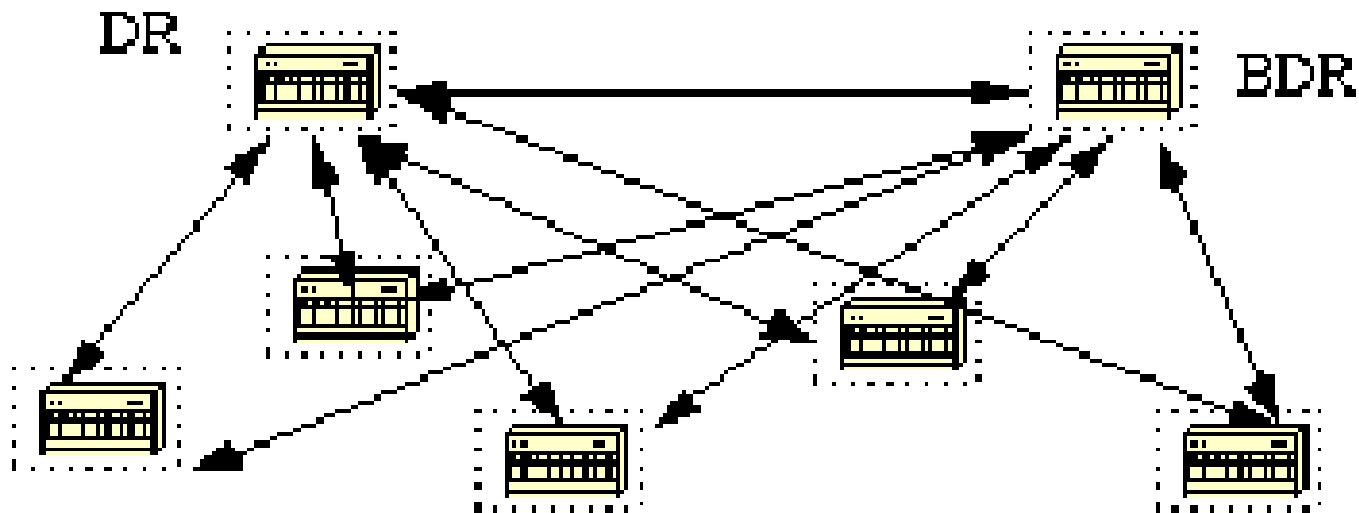
Adiacenza/cont.

- Su reti ad accesso multiplo: si scambiano LSA attraverso un Designated Router
- Accanto al DR vi e' un Backup DR
- In questo modo si riduce il traffico
- Il DR invia LSA di tipo NL ai router dell'area contenente il segmento LAN



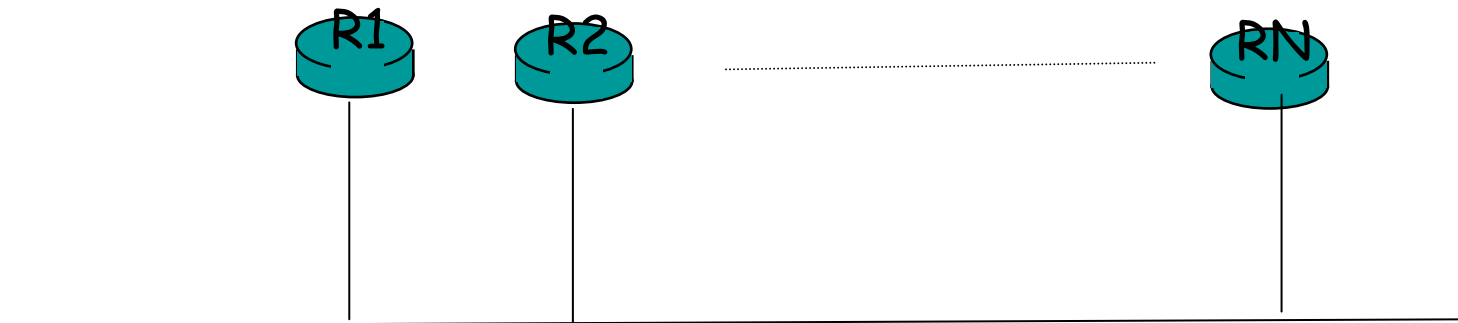
Adiacenza/cont.

- DR servono soltanto a ridurre il traffico scambiato all'interno di un segmento LAN
- I vicini si scambiano l'informazione di base che serve a ricostruire l'informazione di instradamento all'interno di un'area



Adiacenza/cont.

- Segmento LAN interno a un'area OSPF
- N router
- Quanti messaggi perche' ciascun router abbia info aggiornata sul segmento locale se manca un DR?
- Quanti se un DR e' presente?



OSPF

- Il protocollo Open Shortest Path First (OSPF) è stato progettato sulla base dei seguenti principi
 - separazione tra host e router
 - supporto di reti Broadcast (es. LAN)
 - supporto di reti non broadcast (es. reti a pacchetto)
 - suddivisione di grandi reti in aree

Separazione tra host e router

- ❑ Normalmente un router è interconnesso ad una molteplicità di host mediante una rete locale (LAN)
- ❑ OSPF sfrutta il concetto di Subnet definito nello schema di indirizzamento di IP
 - la sottorete è rappresentata da un unico link nel database indicato dall'identificativo di sottorete
 - Link to a stub network
- ❑ Questo accorgimento limita il numero di record nel database di rete

Supporto di reti broadcast

- ❑ Una rete locale (LAN) è caratterizzata da:
 - Piena connettività
 - Trasmissione diffusiva
- ❑ Se la LAN contiene N router:
 - Ogni router deve gestire $N-1$ relazioni di adiacenza con gli altri router e un “stub-network link” con gli host della rete
 - In totale ci sono N^2 record nel database di rete
- ❑ Il problema è risolto definendo per ogni LAN un “Designated Router” (DR)
 - ogni router stabilirà relazioni di adiacenza solo con il DR
 - il numero di record si riduce a N
 - il meccanismo di flooding nella rete è gestito solo dal DR

Supporto di reti non broadcast

- ❑ Una rete a pacchetto in area geografica fornisce:
 - Piena connettività tra i nodi di rete
 - Trasmissione non diffusiva
- ❑ Se una rete geografica contiene N router:
 - Occorre definire una configurazione statica di circuiti virtuali
 - nel caso di maglia completa si ha una complessità N^2
 - Applicazione del concetto di Designated Router (DR)
 - la differenza rispetto al caso di reti broadcast risiede nel fatto che il DR deve inviare una copia di ogni LSP su ogni link virtuale verso ogni altro router della rete

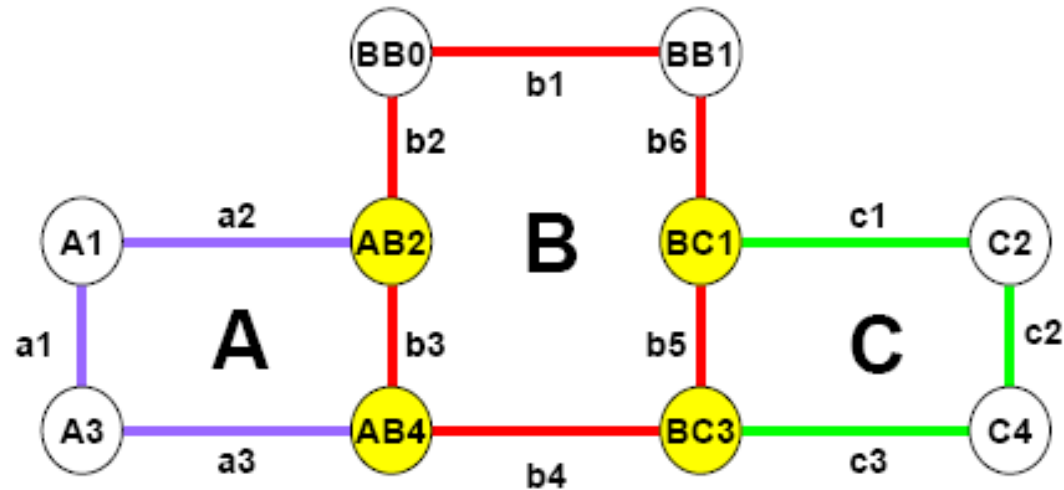
Suddivisione di grandi reti in aree

- Se la rete è di grandi dimensioni:
 - Cresce il numero di record del database e quindi la memoria necessaria in ogni router
 - Cresce il tempo necessario al calcolo dei percorsi
 - Cresce il traffico di segnalazione dovuto all'invio dei LSP
- OSPF risolve questo problema adottando un instradamento di tipo gerarchico:
 - Una rete è suddivisa in aree
 - Sezioni indipendenti di rete
 - Database separati
 - Meccanismi di flooding indipendenti
 - Le singole aree sono interconnesse da un backbone

Suddivisione di grandi reti in aree

- ❑ Alcuni router (Area Border Router - ABR) appartengono ad aree diverse
 - Ogni area ha almeno un ABR
 - Ogni area è almeno connessa al backbone
- ❑ Un ABR:
 - contiene i database delle aree a cui appartiene
 - emette degli appositi messaggi (summary records) che contengono la lista delle sottoreti raggiungibili attraverso le aree a cui appartiene

Suddivisione di grandi reti in aree - esempio



□ Il database di un router dell'area A conterrà:

- I record dei link a1, a2, a3, comunicati dai router A1, A3, AB2, AB4
- I summary record relativi alle sottoreti comprese nel backbone e nell'area C, comunicati dai router AB2 e AB4
 - Ad ogni sottorete sarà associato il costo di raggiungimento
 - Analogia con i protocolli distance vector
- Gli external record emessi dai router BB0 e BB1 e rilanciati dai router AB2 e AB4
 - Ad ogni destinazione sarà associato il costo di raggiungimento

OSPF

I LSP sono definiti LSA in ambito OSPF

❑ OSPF è il protocollo IGP più utilizzato nelle reti più recenti e di grandi dimensioni:

- è basato sullo scambio di LSP detti Link State Advertisement (LSA)
- supporta metriche relativi a diversi valori del campo TOS
- supporta l'uso del concetto di variable length subnet mask
- supporta il servizio di autenticazione tra router
- supporta l'indicazione di specific routes
- riduzione delle dimensione delle tabelle di routing con l'uso del concetto di designated router
- supporto del concetto di virtual link per l'interconnessione di aree non contigue

Supporto password

L'idea è quella di diversificare la topologia della rete (costo dei rami) sulla base del tipo di servizio. Esempio: uno stesso ramo può avere un costo basso per il servizio ad alta affidabilità ed un costo più elevato per quello a basso ritardo

Se in una LAN ci sono più router l'idea è quella di eleggerne uno che "parla" a nome degli altri allo scopo di ridurre il traffico di segnalazione

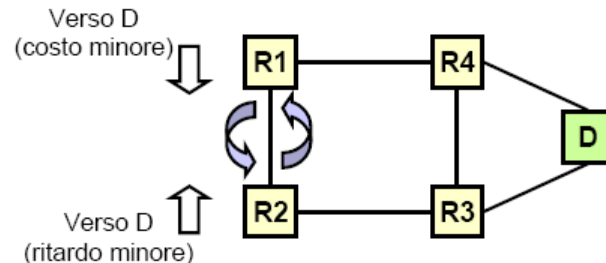
OSPF

□ Metriche:

- Non hanno una formula precisa come IGRP
- Best path può essere, a seconda dell'esigenze specifiche:
 - il percorso più breve
 - quello a capacità maggiore
 - quello a ritardo minore
 - ...
- OSPF supporta contemporaneamente più metriche sullo stesso link

□ Metriche diverse:

- è importante avere delle metriche consistenti nei vari nodi per evitare il pericolo dei loop
- è importante un'indicazione univoca della metrica da adottare
 - **la scelta della metrica è determinata dal campo TOS del pacchetto IP**



OSPF

□ Metriche TOS:

- OSPF permette di definire metriche in base al campo TOS del pacchetto IP:
 - in teoria 64 possibili tipi di servizio
 - in pratica i bit di *precedence* sono ignorati
 - si sta valutando di:
 - aggiungere una metrica di spesa
 - proibire l'impostazione di più bit contemporaneamente
- Campo TOS “under review” per l'opera anche di altri gruppi [es. DiffServ]

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

Terminologia OSPF

□ Area

- è un insieme logico di reti e di router (geografico, amministrativo,...)
- ha lo scopo di limitare la dimensione dei database di descrizione della topologia di rete all'interno dei router
- all'interno di un area i router devono avere database identici che descrivono la topologia di rete
- informazioni sulla parte di rete esterna all'area sono contenute in router speciali denominati Area Border Router
- un Area Border Router trasmette LSA contenenti informazioni sulle reti esterne all'interno dell'area
- tutte le reti OSPF devono essere composte da almeno un'area, denominata backbone

Si tratta di informazioni aggregate, nel senso di “già processate”

Terminologia OSPF

❑ Intra-Area Router (IAR)

- sono i router che sono situati all'interno di una area OSPF
- scambiano LSA con tutti gli altri router dell'area
- gestiscono il database relativo alla topologia dell'area

❑ Area Border Router (ABR)

Deve gestire 2 modalità: ABR puro + IAR per ciascuna area alla quale risulta connesso

- sono i router che sono connessi a due o più aree OSPF
- gestiscono i database di topologia di tutte le aree a cui sono connessi
- trasmettono all'interno di ogni area LSA relativi alle reti presenti in ogni area

❑ AS Boundary Router (ASBR)

Deve gestire 2 protocolli: IGP per ciascuna area alla quale risulta connesso + EGP per ciascun AS al quale risulta connesso

- sono i router che sono situati a bordi del dominio OSPF
- scambiano LSA contenenti informazioni di raggiungibilità di router di altri AS
- inviano LSA all'interno del dominio con informazioni sui percorsi esterni

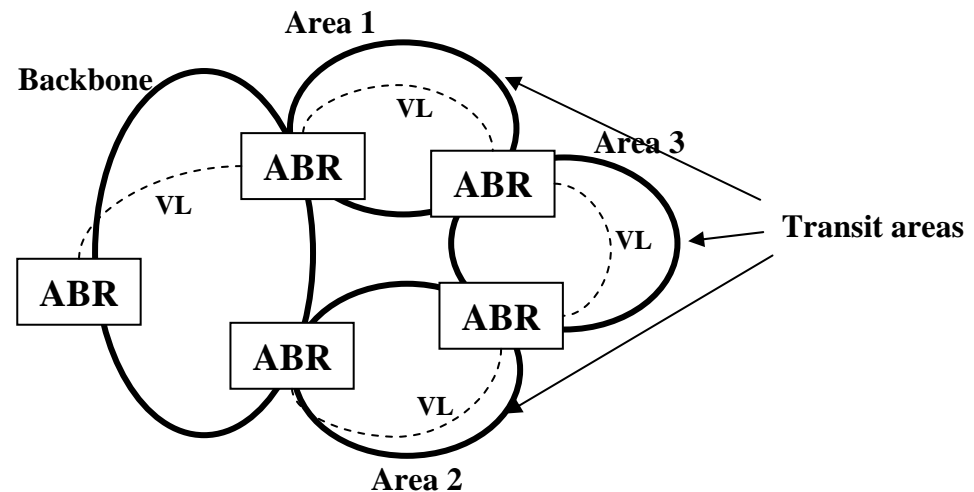
Terminologia OSPF

□ Virtual Link (VL):

- 2 possibilità:
 - È una parte del backbone
 - I suoi end-points sono 2 ABR che condividono un'area non backbone

□ Transit Area

- È l'area nella quale si estende fisicamente un VL; naturalmente il backbone è una transit area



Terminologia OSPF

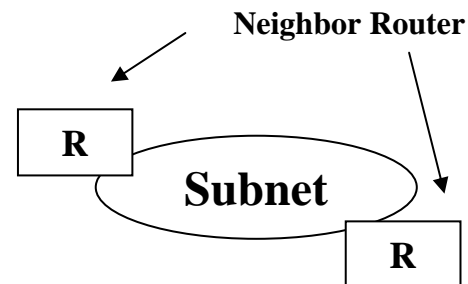
□ Neighbor Router (NR):

- Adiacenza “fisica”: router che si interfacciano sulla stesse rete

□ Adjacent Router (AR)

- Adiacenza “logica”: sono neighbor router che si scambiano LSA per sincronizzare i rispettivi database topologici dell’area

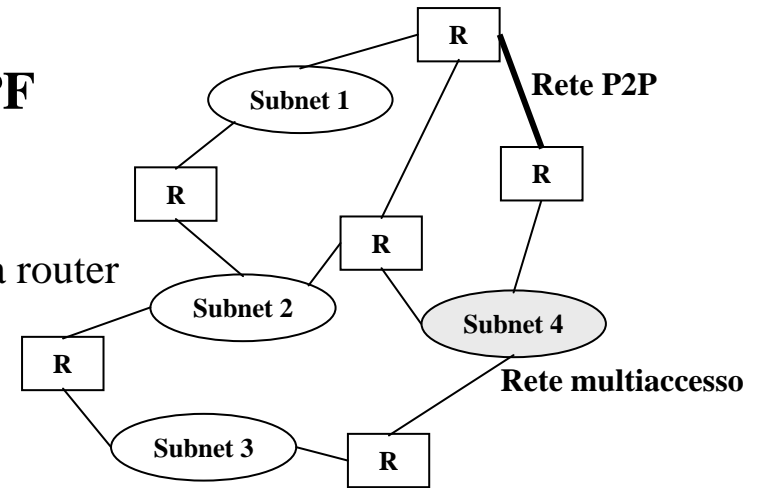
- **Non tutti i NR diventano AR**



Terminologia OSPF

□ Reti fisiche:

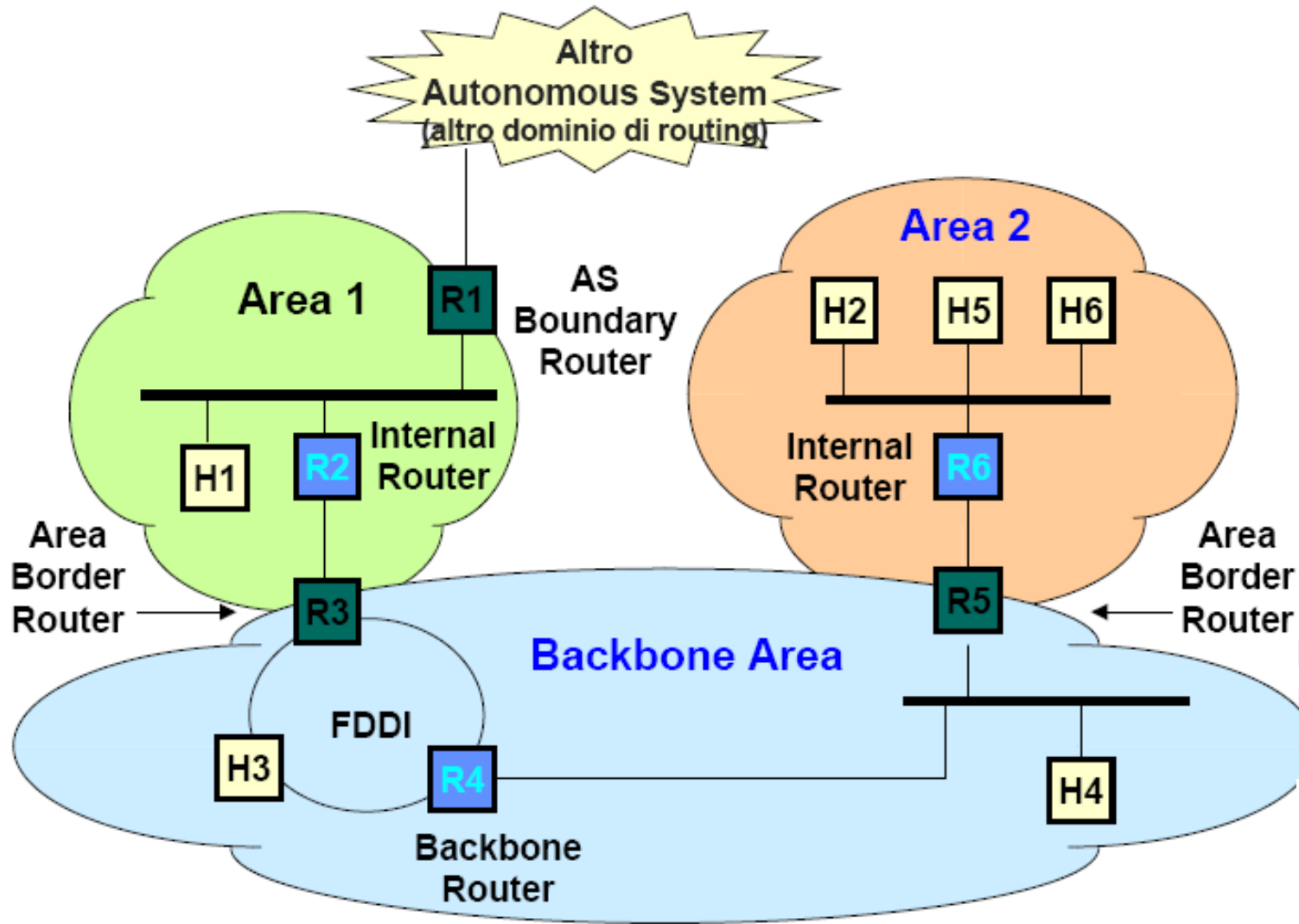
- Ciascun'area è costituita da reti fisiche interconnesse da router
- Sono definite 2 tipi di reti fisiche:
 - Reti punto – punto [link P2P tra i router]
 - Reti multiaccesso
 - ✓ sono reti che consentono l'interconnessione di un maggiore di 2 router
 - ✓ possono essere di tipo broadcast [es: LAN] o non broadcast [reti a maglia]



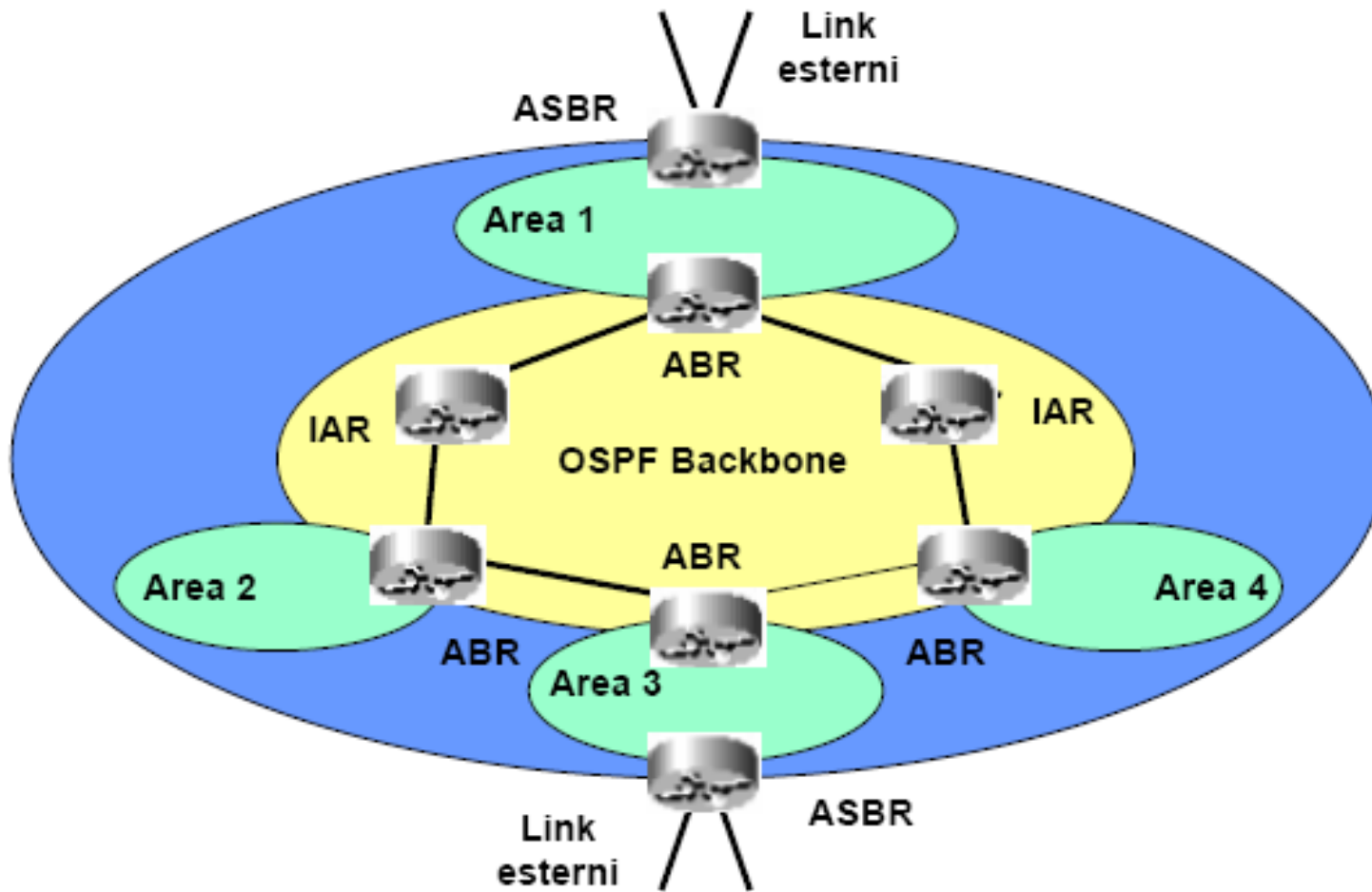
□ Designated Router (DR): una rete multi accesso può avere un Designated Router che:

- È adiacente a tutti i router connessi alla rete multi accesso [nel senso di scambio LSA]
- Invia LSA verso i router esterni contenenti la lista dei router connessi alla rete multi accesso [**Network link advertisements**]

Terminologia OSPF



Terminologia OSPF



Terminologia OSPF

❑ **Type Of Service (TOS) metrics**

- un LSA deve almeno contenere una metrica relativa al campo TOS “0000”
- un LSA può contenere metriche relative a valori TOS diversi

❑ **Link State database**

- è un grafo orientato che descrive lo stato della rete visto da un router
- creato e aggiornato in base ai LSA ricevuti dal router

❑ **Area ID**

- identificatore a 32 bit di un area (area backbone ID = “0”)

❑ **Router ID**

- identificatore a 32 bit di un router in un AS

Terminologia OSPF

□ Link State Advertisements (LSA)

- sono i pacchetti scambiati tra router OSPF per aggiornare i link state database e i percorsi inter-area e inter-AS

- **Router link advertisement**

Informazioni di aggiornamento topologico

- indicano lo stato dei link uscenti da un router, sono inviati all'interno di una singola area con tecnica di flooding

- **Network link advertisement**

Informazioni di aggiornamento topologico

- sono generati dai DR e contengono la lista dei router connessi alla rete multi accesso, sono inviati all'interno di una singola area con tecnica di flooding

- **Summary link advertisement**

Informazioni pre-processate: sono già informazioni d'instradamento

- sono generati dagli ABR e individuano le reti contenute nelle altre aree ed i relativi costi di raggiungimento, sono inviati all'interno di tutte le aree gestite da un ABR

- **AS external link advertisement**

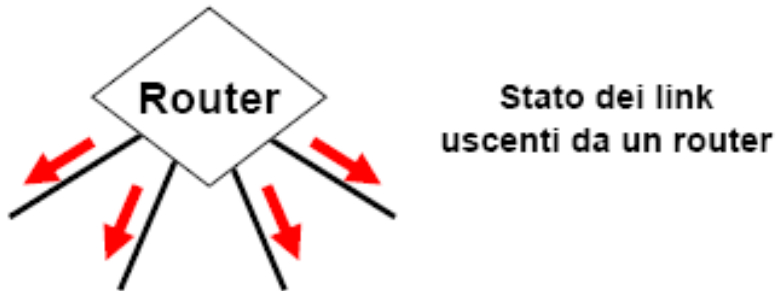
Informazioni pre-processate: sono già informazioni d'instradamento

- sono generati dagli ASBR e indicano i cammini verso le reti esterne al dominio OSPF, sono inviati all'interno di tutte le aree di un dominio OSPF

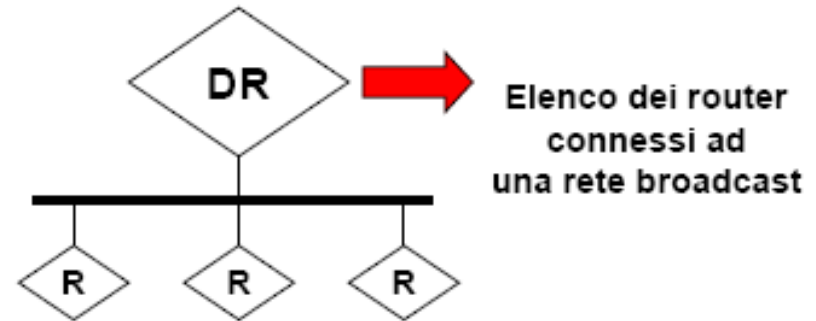
4 tipi di LAS

Terminologia OSPF

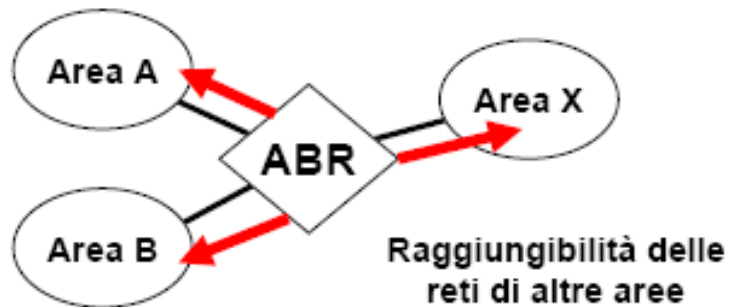
Router Link Advertisement



Network Link Advertisement



Summary Link Advertisement

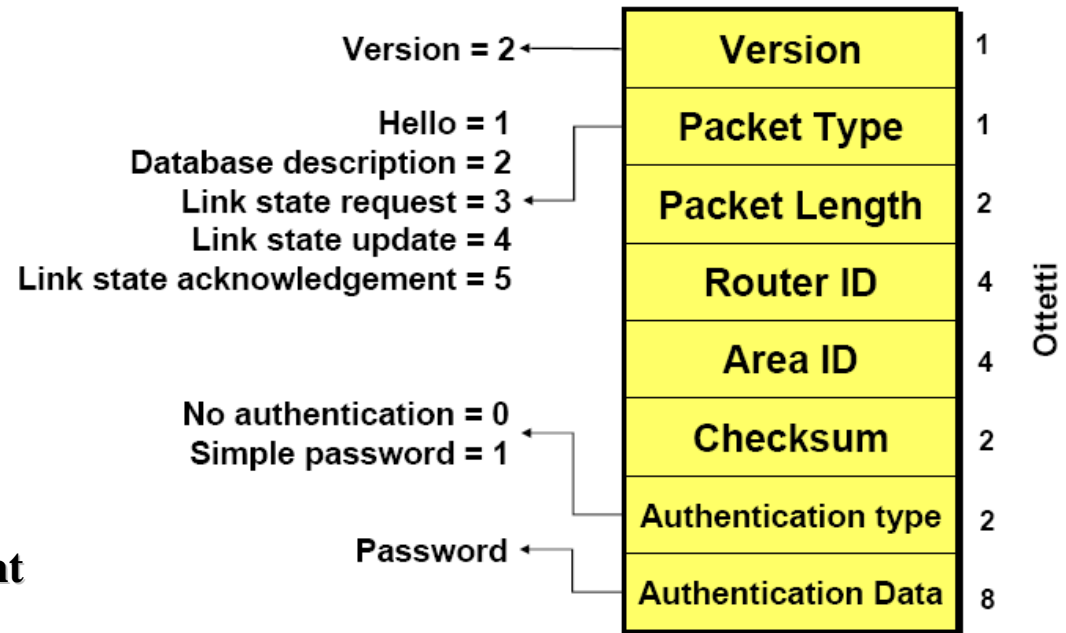


External Link Advertisement



Protocollo OSPF

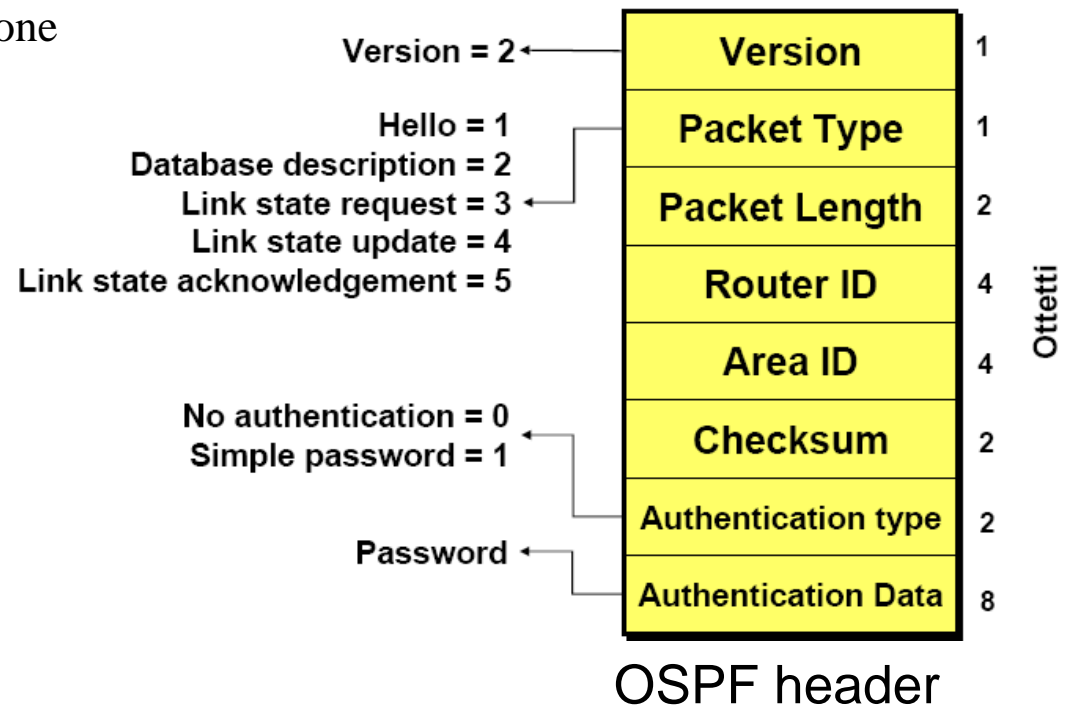
- ❑ I pacchetti OSPF sono incapsulati direttamente in datagrammi IP
 - protocol identifier = 89
- ❑ Cinque tipi di pacchetti:
 1. **Hello**
 2. **Database description**
 3. **Link state request**
 4. **Link state update**
 5. **Link state acknowledgement**
- ❑ Tutti i pacchetti OSPF sono caratterizzati dalla stessa header
 - l'header specifica il tipo di pacchetto



OSPF header

Protocollo OSPF

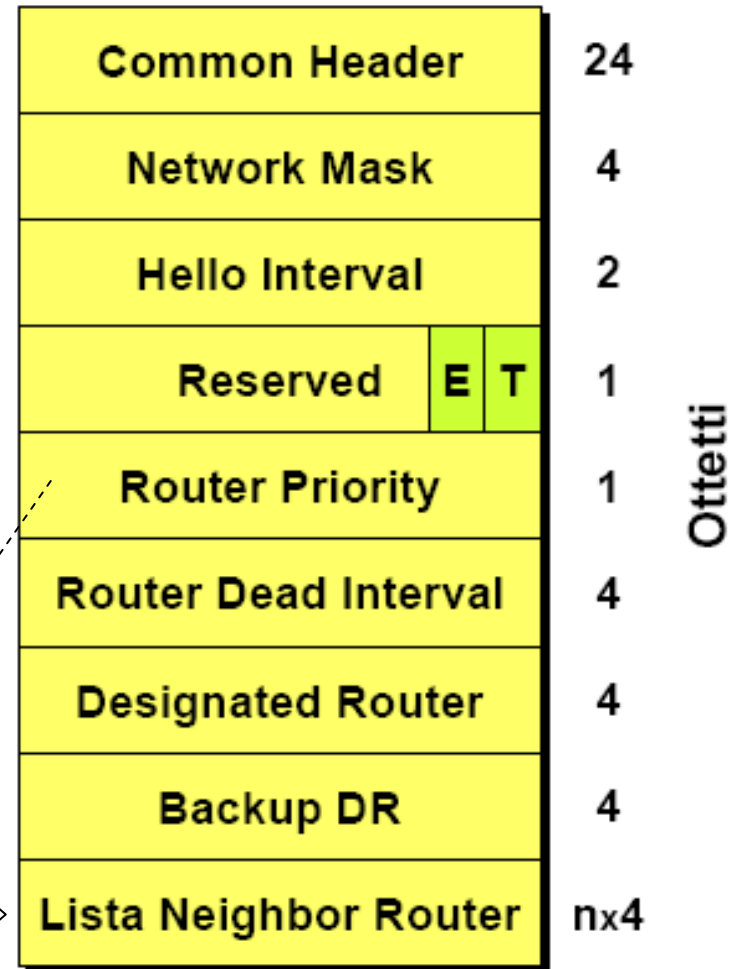
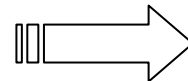
- L'header OSPF contiene sostanzialmente:
 - l'ID del router che emette il pacchetto
 - la tipologia di pacchetto
 - informazioni per l'autenticazione



Fase 1: Discovering Neighbors

- ❑ E' iniziata da un router per:
 - individuare i Neighbor Router (NR) su una rete
 - stabilire e mantenere le relazioni con questi ultimi
- ❑ Utilizza i pacchetti Hello
- ❑ La lista dei NR contiene:
 - gli IDs dei router di cui sono già stati ricevuti i pacchetti di Hello
 - gli IDs del DR e del backup DR
- ❑ Il bit T indica il supporto di metriche per TOS

È usato per stabilire eventualmente il DR



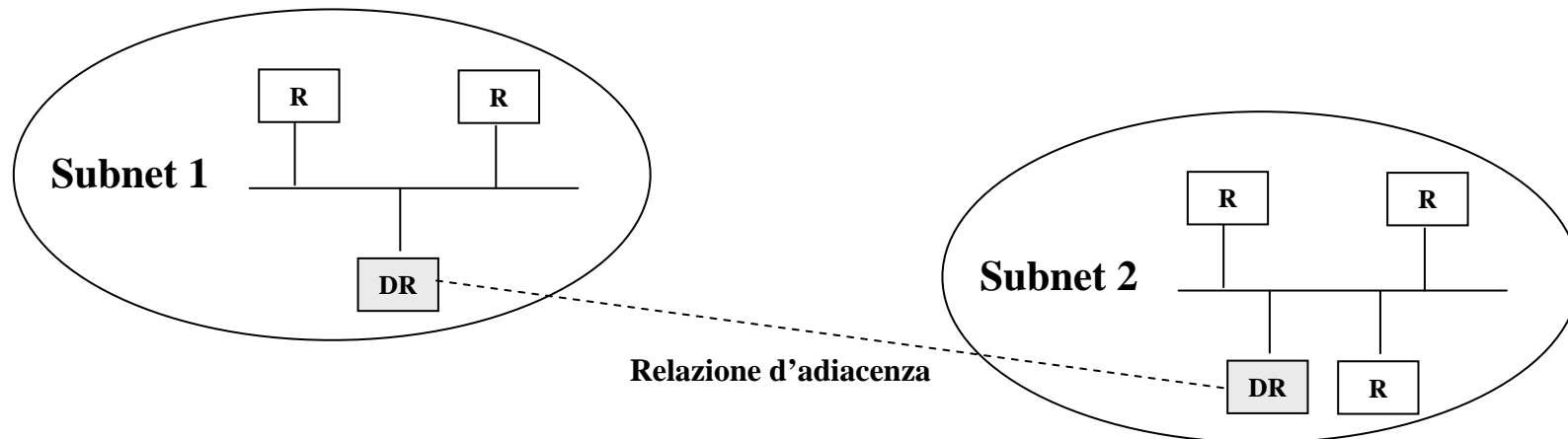
Fase 2: Electing Designated Router

- ❑ Il DR di una rete multiaccesso ha il compito di:
 - inviare i LSA verso i router esterni alla rete
 - stabilire e mantenere le adiacenze con gli altri router connessi alla rete
- ❑ Il ruolo di Designated Router è assegnato in base alle informazioni contenute nel pacchetto Hello
- ❑ Il router con priorità più elevata tra quelli che si scambiano i messaggi Hello diviene DR

Ma interni all'area; DR opera per suo conto e per conto dei router della rete multi accesso

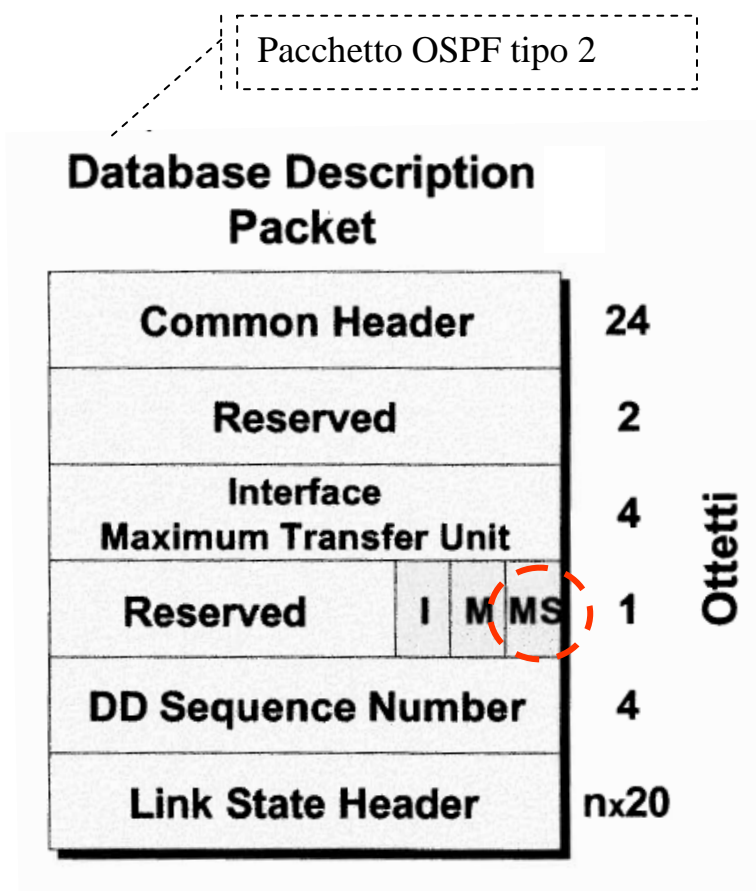
Fase 3: Establishing Adjacencies – Database Exchange

- ❑ Un router stabilisce le adiacenze con un sottoinsieme dei neighbor router
- ❑ I router connessi da reti P2P e da VL sono sempre adiacenti
- ❑ Router su reti multi accesso sono adiacenti solo con il DR ed il Backup DR
- ❑ I router adiacenti devono avere lo stesso database topologica dell'area di riferimento
- ❑ Lo scambio delle informazioni di topologia avviene al momento in cui si tenta di stabilire una relazione di adiacenza



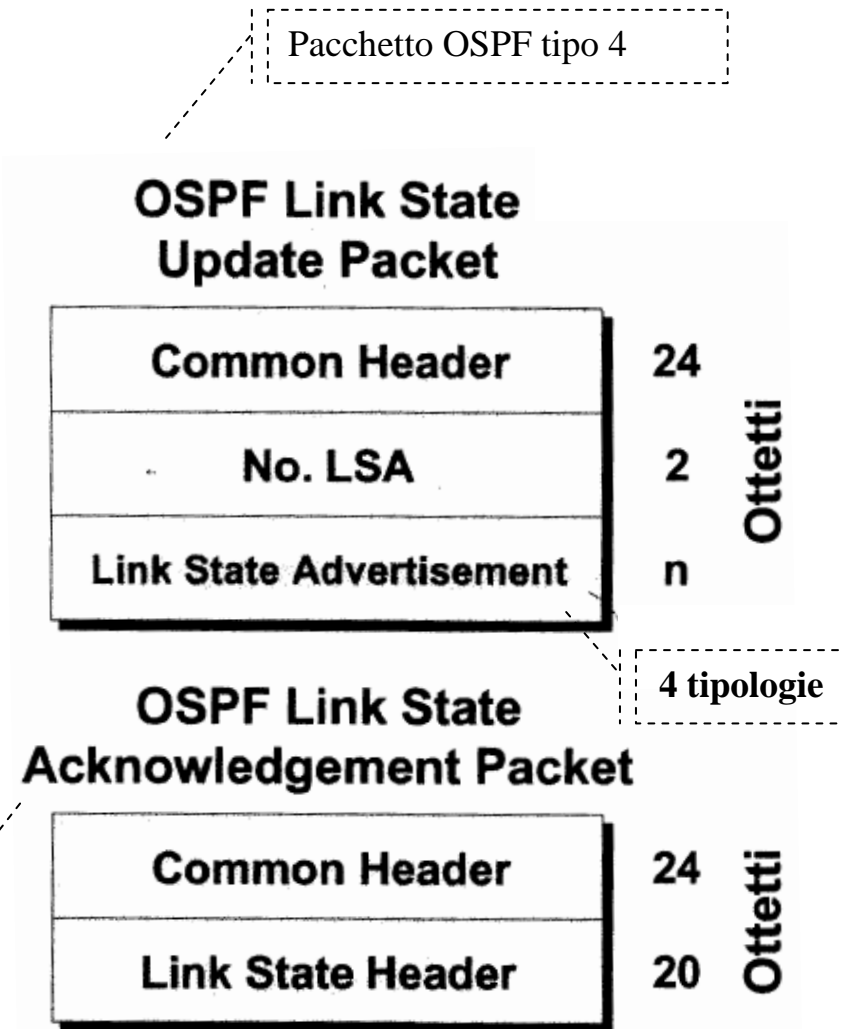
Fase 3: Establishing Adjacencies – Database Exchange

- ❑ Il router Master [M=S=1] emette il proprio database
- ❑ Il database può essere trasmesso utilizzando un insieme di pacchetti [M=1]
- ❑ Il router Slave riscontra i pacchetti inviando a sua volta il proprio database
- ❑ Se i due database sono diversi, prevale quello più recente [analisi del timestamp]



Fase 4: Link State Propagation

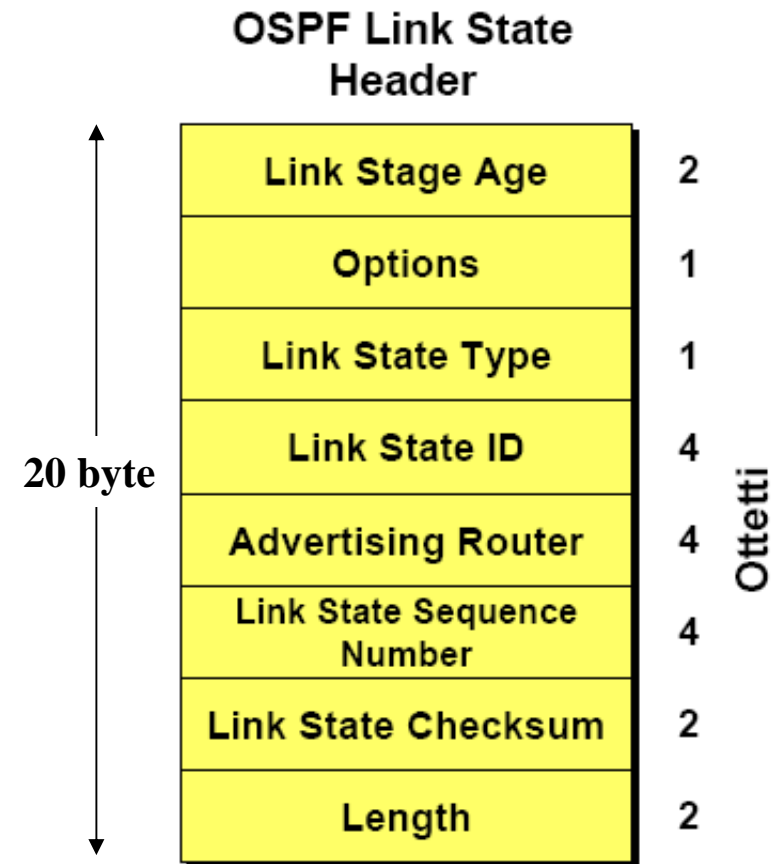
- ❑ L'aggiornamento dei database avviene mediante lo scambio di LSA [Link State Update Packet]
- ❑ I LSA sono inviati a tutti i router di un'area con tecnica di flooding
- ❑ Un advertisement è scartato se è meno recente rispetto a quanto contenuto nel database
- ❑ Ogni pacchetto valido viene riscontrato individualmente



Link State Advertisement 1/4

□ Tutti i tipi di LSA hanno lo stesso header

- Link Stage Age
 - indica il tempo (in secondi) di emissione dell'advertisement
- Link State Type
 - 1: Router link
 - 2: Network link
 - 3: Summary link
 - *inter-area, intra-AS route*
 - 4: Summary link
 - *route verso l'AS Boundary Router*
 - 5: AS External link
 - *route verso reti esterne all'AS*



Link State Advertisement 2/4

❑ Link State ID

- Indica l'ID del link a cui si riferisce il messaggio
- Tipo 1 e 4: indirizzo IP del Router emittente
- Tipo 3 e 5: indirizzo IP della rete a cui si riferisce il messaggio
- Tipo 2: indirizzo IP del DR emittente

❑ Advertising Router:

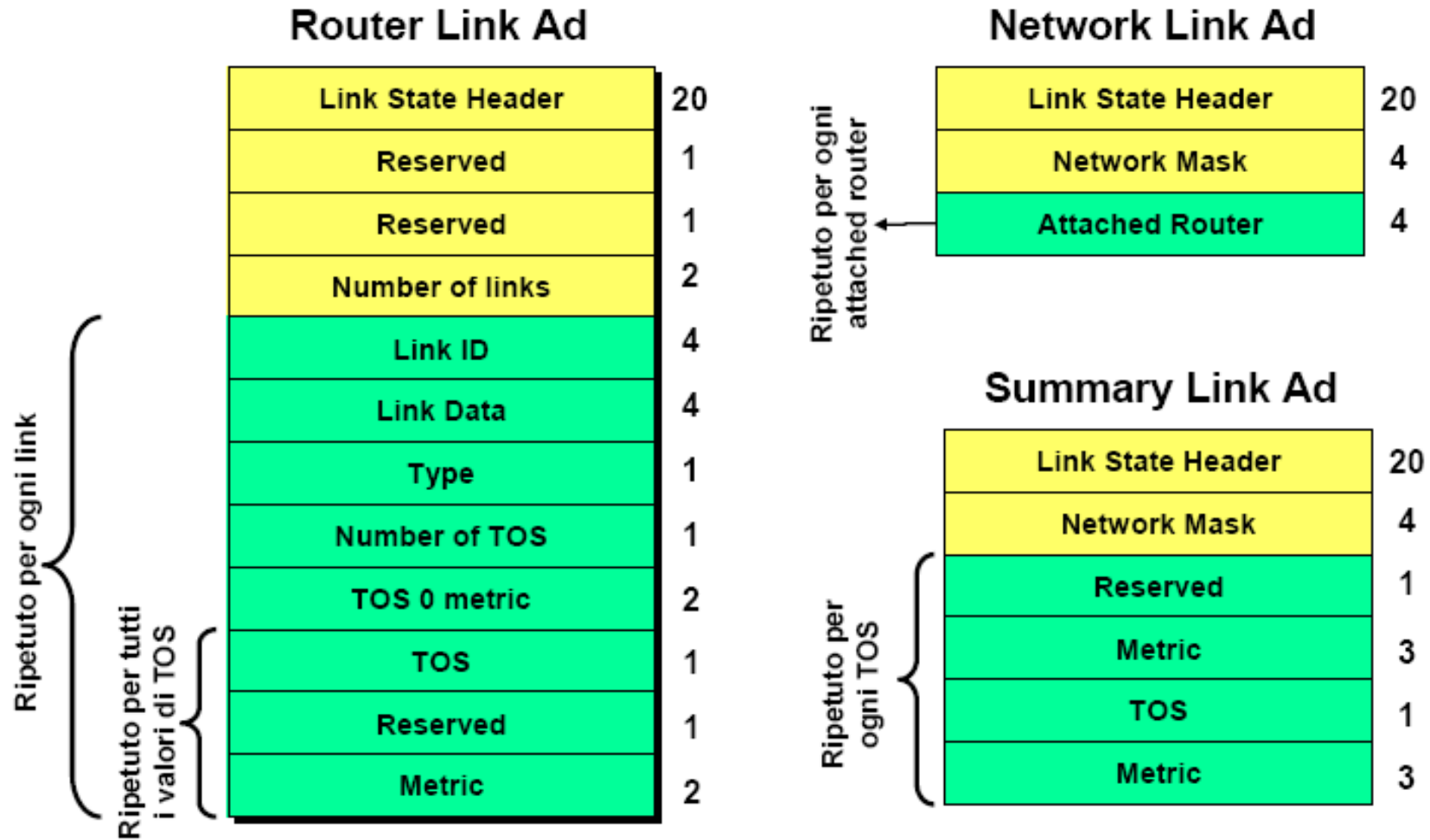
- Indirizzo IP del router che ha emesso il messaggio
- Tipo 1 : identico al campo Link State ID
- Tipo 2: indirizzo IP del DR
- Tipo 3 e 4: indirizzo IP del ABR
- Tipo 5: indirizzo IP del ASBR

OSPF Link State Header

Link Stage Age	2
Options	1
Link State Type	1
Link State ID	4
Advertising Router	4
Link State Sequence Number	4
Link State Checksum	2
Length	2

Otetti

Link State Advertisement 3/4



Link State Advertisement 4/4

❑ Network Mask

- maschera della rete a cui si riferisce il pacchetto, l'indicazione della rete è contenuta nell'header

❑ Metric

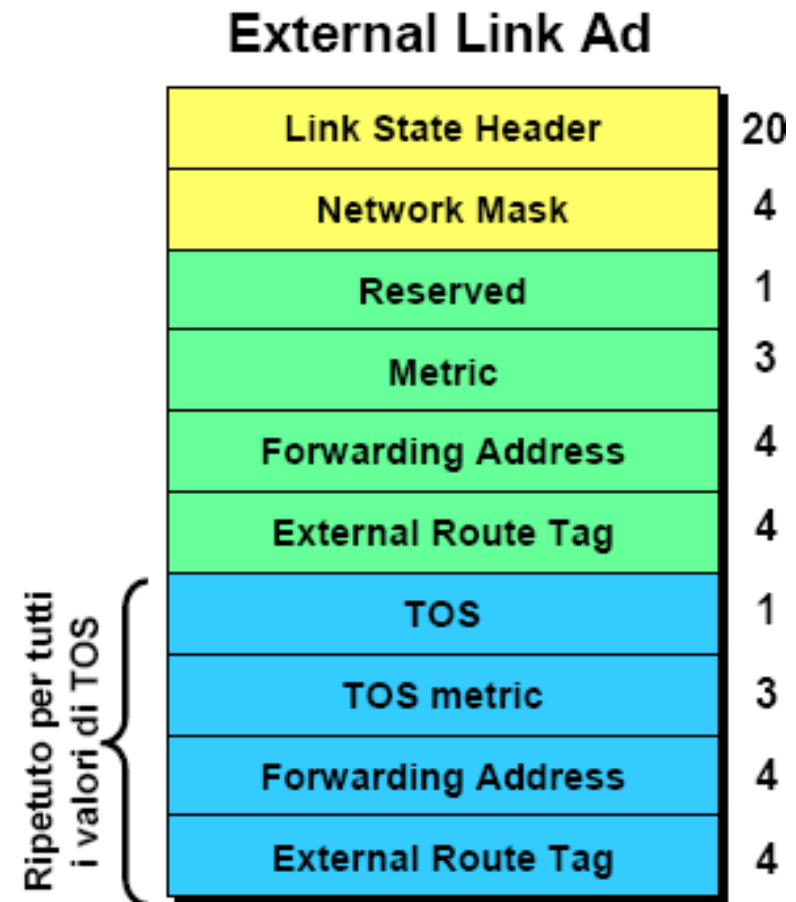
- costo del cammino

❑ Forwarding Address

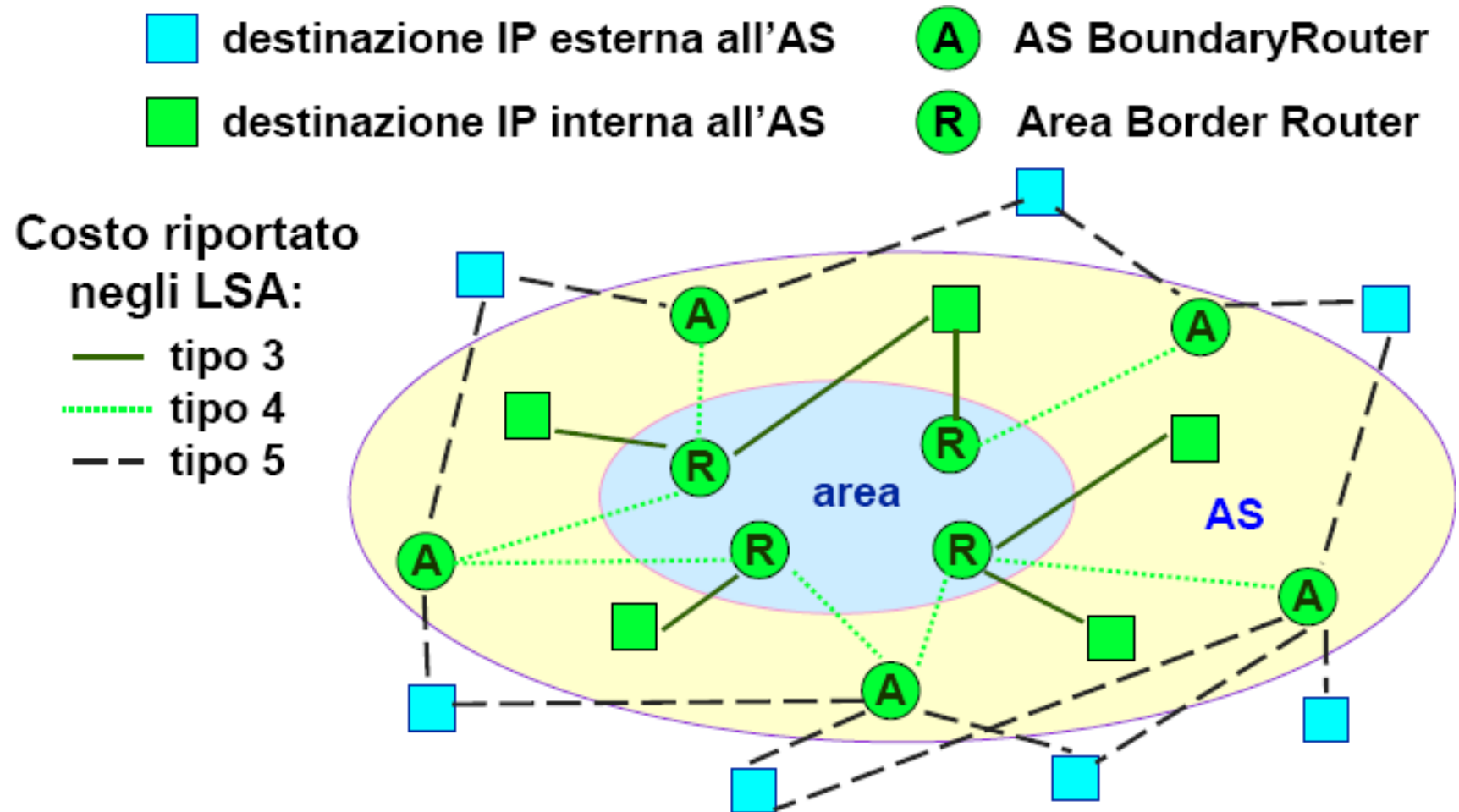
- indirizzo IP a cui deve essere inviato il traffico diretto alla rete indicata

❑ External Route Tag

- suffisso ad uso degli ASBR



LSA type 3-4-5: confronto



Calcolo della routing table

- ❑ Ogni router determina la propria Routing Table sulla base del contenuto del database della topologia
- ❑ Il calcolo dello spanning tree all'interno dell'area avviene mediante l'algoritmo di Dijkstra
- ❑ Alla RT vengono aggiunti:
 - i cammini Inter-area contenuti nei pacchetti summary links
 - i cammini Inter-AS contenuti nei pacchetti AS external links
- ❑ La RT è ricalcolata ogni volta che il database è aggiornato

Riferimenti

- Peterson & Davie, 4.1 e 4.2
- OSPF design guide (CISCO)
 - <http://www.cisco.com/warp/public/104/1.pdf>
- IBM red book su TCP/IP, 5.1 - 5.3 e 5.6:
- <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/GG243376/wwhelp/wwhimpl/js/html/wwhelp.htm>
- RFC 2453 (RIPv2)
 - <http://tools.ietf.org/html/rfc2453>