



Gestione delle Reti di Telecomunicazioni

Modello TCP/IP

Ing. Tommaso Pecorella

Ing. Giada Mennuti

{pecos,giada}@lenst.det.unifi.it

Instradamento



- **All'accensione una macchina sa:**
 - il suo indirizzo MAC
 - il suo indirizzo IP (e la rete locale a cui appartiene)
 - il suo indirizzo alfanumerico

- **NON sa:**
 - chi ha attorno (macchine "visibili" direttamente)
 - qual'è il modo per raggiungere l'esterno (indirizzo dei gateways)

Instradamento



- Un cammino attraversato da un *datagramma* IP è composto da sotto-reti interconnesse da router
- Un datagramma è interpretato da una sotto-rete come un'unità di dati di servizio (SDU)
- Una sotto-rete consegna la SDU al router successivo o alla destinazione (se la destinazione è all'interno della sottorete) utilizzando i propri meccanismi protocollari
- Due tipi di instradamento
 - diretto
 - indiretto

Instradamento diretto



si applica quando il pacchetto deve essere rilanciato nella sotto-rete di destinazione

- l'host di destinazione è connesso alla stessa sotto-rete dell'host sorgente o del router che emette il *datagramma*
- Il trasferimento dei *datagrammi* IP non coinvolge router intermedi
- E' necessaria la traduzione dell'indirizzo IP dell'host di destinazione nel suo indirizzo fisico (es. indirizzo MAC)
- Il *datagramma* IP viene incapsulato nell'unità dati della sotto-rete che viene inviata direttamente all'host di destinazione
- L'instradamento all'interno della sotto-rete utilizza i meccanismi specifici della sotto-rete

Instradamento indiretto



si applica quando il pacchetto deve essere instradato in sotto-reti diverse da quella di destinazione

- quando l'host di destinazione è connesso ad una sotto-rete diversa da quella dell'host sorgente o del router che emette il datagramma
- L'host mittente identifica il router a cui inviare il datagramma IP ed individua il suo indirizzo fisico
- Il router esamina il datagramma IP ricevuto e decide il router successivo verso cui instradarlo
 - l'instradamento attraverso la sotto-rete che connette i due router avviene secondo i meccanismi della sottorete
- Il processo si ripete di router in router sino alla sotto-rete di destinazione
 - nella sotto-rete di destinazione è utilizzato l'instradamento diretto

Routing Table



- La scelta del router verso cui inviare il datagramma avviene utilizzando la Tabella di Instradamento (Routing Table - RT) contenuta in ogni host e router
- Ogni elemento di una RT contiene
 - Indirizzo IP di destinazione (host address o network address)
 - Indirizzo del router successivo (next hop router) sul cammino verso la rete di destinazione
 - Indicazione dell'interfaccia fisica di uscita
- Un router non conosce il cammino completo verso la destinazione

Routing Table



Un router esegue i seguenti passi:

- ricerca nella RT un elemento che corrisponda completamente all'indirizzo di destinazione contenuto nel datagramma
- ricerca di un elemento che corrisponda all'indirizzo di rete
- ricerca l'indirizzo del "router di default"

Se nessuno dei passi precedenti dà esito positivo, il datagramma è classificato come "undeliverable" ed è scartato

Routing Table



La tabella di instradamento di un router è riempita mediante le informazioni ricevute dal Router stesso mediante i Protocolli di Instradamento (Routing Protocol)

La scelta del percorso e quindi del router successivo dipende da un fissato criterio di ottimalità (es. costo minimo)

E' necessario che un Router conosca lo stato della rete, quindi:

- la topologia
- il costo di attraversamento dei singoli rami

Ad ogni ramo della rete è associato un costo che ad esempio può essere

- inversamente proporzionale alla banda del ramo
- proporzionale al carico istantaneo sul ramo
- proporzionale al costo d'uso del ramo
- qualsiasi combinazione tra i precedenti criteri

Routing Table



- Le Routing Table sono dinamiche
 - ogni router ed ogni host aggiornano nel tempo le informazioni di instradamento in loro possesso
- L'aggiornamento dinamico è necessario perché:
 - Internet non può essere considerata stabile
 - in caso di guasti alcuni cammini non sono utilizzabili
 - È consigliabile scegliere il cammino in base allo stato di occupazione delle risorse di rete
- Le RT devono essere aggiornate continuamente (anche ad intervalli di pochi secondi)
- L'aggiornamento delle RT è attuato mediante protocolli di colloquio tra i router (Routing Protocol)

Grafi



- Una qualsiasi rete a pacchetto può essere modellata come un grafo orientato pesato
 - i nodi sono i router
 - i rami sono le linee trasmissive o le sotto-reti
- L'instradamento (routing) di un pacchetto equivale alla ricerca di un cammino nel grafo associato della rete
- Ricerca del cammino a minima distanza (numero minimo di hop)
 - grafo non pesato
- Ricerca del cammino a minima lunghezza (costo minimo)
 - grafo pesato (pesi corrispondenti a costo, congestione, capacità, ecc.)

Esempio costruzione di un grafo



Protocolli di instradam. RIP



Routing Information Protocol (RIP) appartiene alla categoria degli Distance Vector Routing Protocols

- E' richiesto che ogni nodo scambi informazioni (costi dei rami e le minime distanze verso le altre reti) con i nodi adiacenti, ad intervalli regolari o quando la routing table cambia.
 - due nodi sono adiacenti se sono direttamente connessi mediante la stessa rete
- RIP è utilizzato in reti di piccole dimensioni
- E' molto semplice, tuttavia
 - la convergenza è lenta
 - lo stato di equilibrio può essere un sub-ottimo

Protocolli di instradam. RIP



Routing Information Protocol (RIP) appartiene alla categoria degli Distance Vector Routing Protocols

- Tipicamente ad ogni link è associato un costo unitario (1)
- E' un protocollo di routing a minimo numero di hop
- Il massimo numero di hop è pari a 16 (loop prevention)
- L'aggiornamento delle RT avviene tipicamente ogni 30 secondi
– LENTO
- RIP2 aggiunge l'autenticazione delle RT (password) e le subnet mask

1 oct Command	1 oct Version number	2 oct unused	2 oct AFI	2 oct Route tag	4 oct Network address	4 oct Subnet mask	4 oct Next hop	4 oct Metric
------------------	----------------------------	-----------------	--------------	--------------------	-----------------------------	-------------------------	-------------------	-----------------

Protocolli di instradam. OSPF (Dijkstra)



Open Shortest Path First (OSPF) è un protocollo "Link State" che sostituisce il protocollo RIP in reti di grandi dimensioni

Principi base:

- i router hanno la responsabilità di contattare i router adiacenti e di acquisire la loro identità (pacchetti Hello)
- i router
 - formano i Link State Advertisement (LSA) che contengono una lista delle reti adiacenti con i relativi costi di raggiungimento
 - gli LSA sono trasmessi a tutti gli altri router
- tutti i router della rete hanno lo stesso insieme di dati e quindi possono costruire lo stesso grafo pesato della rete
- il grafo di rete è utilizzato per determinare i cammini ottimi e quindi l'instradamento

Protocolli di instradam. OSPF

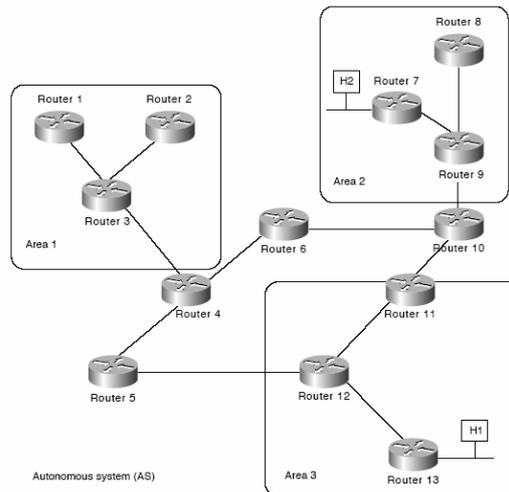


OSPF lavora in maniera gerarchica all'interno di un Autonomous System

Un Autonomous System viene diviso in:

- Backbone
- Aree

Nessun elemento della gerarchia conosce le RT degli altri



Protocolli di instradam. OSPF

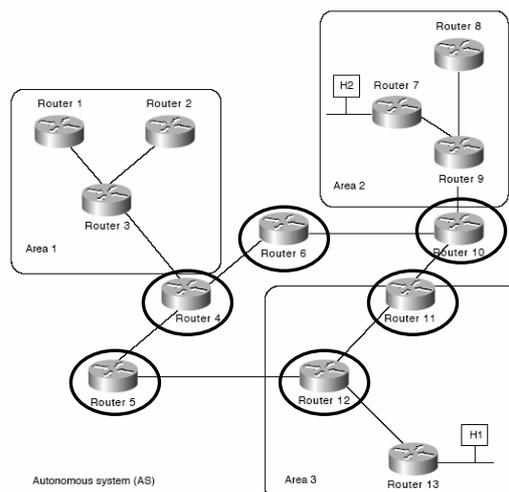


La differenziazione in aree e backbone rende un AS simile a un'insieme di AS separati.

Il backbone è composto da:

- Tutti gli Area Border Routers
- Le reti non completamente contenute in un'area
- I router ad esse connessi

Il backbone è esso stesso un'area OSPF. Se il backbone non è connesso, si devono usare Virtual Links per renderlo connesso



Protocolli di instradam. OSPF



- 1) Inizializzazione e controllo (attraverso livelli inferiori) del funzionamento delle interfacce
- 2) Si inviano pacchetti *Hello* in broadcast per acquisire le informazioni sui router vicini
- 3) Si ricevono i pacchetti *Hello* dei vicini

- I pacchetti *Hello* vengono anche usati per testare il funzionamento di link (keep alive)

Nelle reti multiaccesso (con più di un router di ingresso/uscita) il protocollo elegge un **designated router**. Quest'ultimo è responsabile della generazione degli LSA per l'intera rete multiaccesso, cioè disabilita l'altro router.

Così facendo si limita il traffico e la complessità del grafo di rete.

Ciascun router manda periodicamente un LSA per fornire informazioni topologiche (router adiacenti) e per notificare cambiamenti nello stato dei router. Confrontando le informazioni inviate con quelle già memorizzate (link states) è possibile scoprire guasti nei router o nei link.

Quindi:

- 1) dagli LSA viene costruito il database topologico della rete.
- 2) ciascun router calcola lo **shortest-path tree** a lui relativo
- 3) lo **shortest-path tree** genera la tabella di routing

Protocolli di instradam. OSPF



Gli LSA sono emessi

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

La rete trasporta gli LSA mediante la tecnica di flooding

- Due router vicini che hanno la tabella di routing sincronizzata si dicono **adiacenti**
- I database topologici sono scambiati solo tra router adiacenti
- L'invio periodico serve ad informare dello stato topologico (router adiacenti a quello che invia) e/o per informare del cambiamento di stato dei router.

Protocolli di instradam. OSPF



Version number - Identifies the OSPF version used

Type - Identifies the OSPF packet type as one of the following:

- Hello - Establishes and maintains neighbor relationships.
- Database description - Describes the contents of the topological database. These messages are exchanged when an adjacency is initialized.
- Link-state request - Requests pieces of the topological database from neighbor routers. These messages are exchanged after a router discovers (by examining database-description packets) that parts of its topological database are outdated.
- Link-state update - Responds to a link-state request packet. These messages also are used for the regular dispersal of LSAs. Several LSAs can be included within a single link-state update packet.
- Link-state acknowledgment - Acknowledges link-state update packets.

1 oct Version	1 oct Type	2 oct Packet length	4 oct Router ID	4 oct Area ID	2 oct Checksum	2 oct Authent. type	8 oct Authent.	variable Data
------------------	---------------	---------------------------	-----------------------	---------------------	-------------------	---------------------------	-------------------	------------------

Protocolli di instradam. OSPF



Packet length

Specifies the packet length, including the OSPF header, in bytes.

Router ID

Identifies the source of the packet.

Area ID

Identifies the area to which the packet belongs. All OSPF packets are associated with a single area.

Checksum

Checks the entire packet contents for any damage suffered in transit.

1 oct Version	1 oct Type	2 oct Packet length	4 oct Router ID	4 oct Area ID	2 oct Checksum	2 oct Authent. type	8 oct Authent.	variable Data
------------------	---------------	---------------------------	-----------------------	---------------------	-------------------	---------------------------	-------------------	------------------

Protocolli di instradam. OSPF



Authentication type

Contains the authentication type. All OSPF protocol exchanges are authenticated. The authentication type is configurable on per-area basis.

Authentication

Contains authentication information.

Data

Contains encapsulated upper-layer information.

1 oct Version	1 oct Type	2 oct Packet length	4 oct Router ID	4 oct Area ID	2 oct Checksum	2 oct Authent. type	8 oct Authent.	variable Data
------------------	---------------	---------------------------	-----------------------	---------------------	-------------------	---------------------------	-------------------	------------------

Protocolli di instradam. OSPF



- **La metrica usata può non essere quella del numero di hop**

- In genere non lo è

- **Si possono definire metriche in relazione con il TOS IP**

- Creazione di route "virtuali" differenti per pacchetti ad alta priorità e/o con probabilità di scarto differenti

Protocolli di instradam. BGP

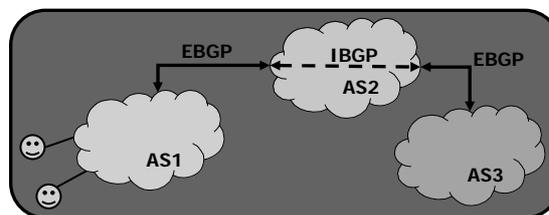


I protocolli visti finora erano di tipo
IGP (Interior Gateway Protocols),
ossia servono a stabilire le route tables all'interno di un AS.

**BGP (Border Gateway Protocol) è un protocollo per
l'instradamento tra AS differenti** (interautonomous systems)

BGP può anche essere usato all'interno di un AS, nel qual caso si chiama
IBGP (Interior BGP)

Altrimenti si denomina
EBGP (Exterior BGP)



Protocolli di instradam. BGP



Il BGP è attualmente usato per più di 90 000 routes...

Per mantenere scalabilità ed efficienza il BGP usa molti parametri per ogni route, chiamati **Attributi** (Attributes) con cui si definiscono le politiche di routing.

Per diminuire la dimensione delle tabelle di routing si usa il CIDR (Classless InterDomain Routing)

150.217.8.0/24 interfaccia X
150.217.9.0/24 interfaccia X
diventano
150.217.8.0/23 interfaccia X

$8/8 = 1000$, $9/8 = 1001$ quindi $8/7 = 100x$

Protocolli di instradam. BGP - Attributi



Gli attributi che il BGP associa ad ogni route sono:

- Weight (prop. Cisco)
- Local preference
- Multi-exit discriminator (MED) o metric attribute
- Origin
- AS_path
- Next hop
- Community

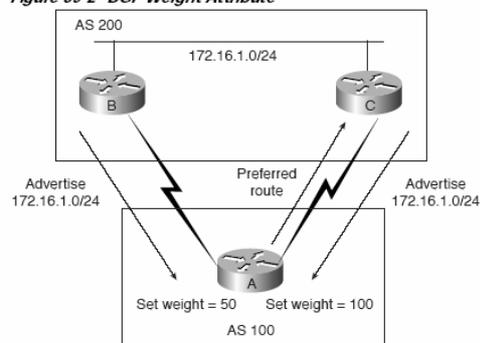
Protocolli di instradam. BGP - Weight



E' un attributo *locale* (interno ad un router). Non è propagato (advertised).

In caso di multipath, viene preferita la route con maggiore weight.

Figure 39-2 BGP Weight Attribute



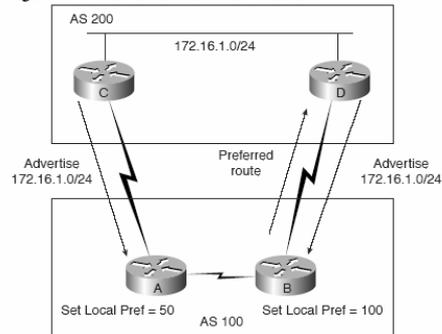
Protocolli di instradam. BGP - Local preference



E' usato per scegliere la strada di uscita preferita tra DUE o più router.

In caso di multi-route, viene preferita la route con maggior peso.

Figure 39-3 BGP Local Preference Attribute



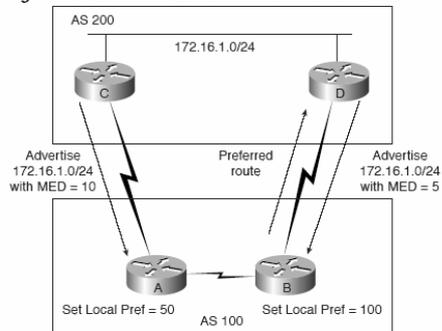
Protocolli di instradam. BGP - MED



E' usato per *suggerire* la strada di ingresso preferita tra DUE o più router.

In caso di multi-route, viene preferita la route con minor peso.

Figure 39-4 BGP Multi-Exit Discriminator Attribute



Protocolli di instradam. BGP - Origin



E' usato per *classificare* il modo in cui BGP ha appreso una route.

Le route sono divise in:

- **IGP** - la route è generata da un protocollo IGP ed è interna all'AS che la propaga
- **EGP** - la route è stata appresa attraverso l'EBGP
- **Incomplete** - la route è di origine sconosciuta o appresa tramite altra via

La classificazione è usata per la scelta della tabella di routing.

Protocolli di instradam. BGP - AS_path / Next-Hop



AS_path è usato per *determinare i loop*.

Ogni router traversato viene aggiunto ad una lista ordinata.
Vengono scartate tutte le routes che contengano loops.

Next-Hop è usato per indicare il next hop (numero IP del router che fa l'advertising)

Nell'EBGP è il numero IP dell'advertiser

Nell'IBGP il Next-Hop viene lasciato inalterato, è quindi necessario

- avere un IGP all'interno dell'AS
- o
- usare routes statiche all'interno dell'AS

altrimenti la route viene scartata

Protocolli di instradam. BGP - Community



E' usato per raggruppare destinazioni (comunità) per le quali le decisioni di routing debbano subire speciali trattamenti

Per definire le comunità si usano *Route maps*.

Le comunità predefinite sono:

- internet advertising libero, nessun restrizione
- no-export non esportare la route tramite EGBP (rimane all'interno dell'AS)
- no-advertise non esportare la route a nessuno

Figure 39-7 BGP no-export Community Attribute
172.16.1.0/24
Community:No Export

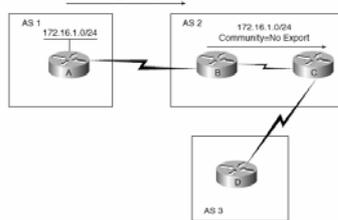
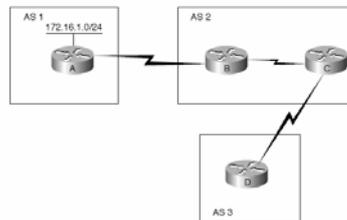


Figure 39-8 BGP no-advertise Community Attribute
172.16.1.0/24
Community:No Advertise



Protocolli di instradam. BGP



Quando si diceva un aggiornamento, si procede alla scelta del path secondo la seguente logica:

- Se il path specifica un next hop inaccessibile, scarta l'update.
- Scegli il path con maggior *weight* (locale).
- Se sono uguali, scegli il path con maggior *local preference*.
- Se sono uguali, scegli il path originato dal BGP che gira sul router stesso.
- Altrimenti, scegli il path con l' *AS_path* più corto.
- Se sono uguali, scegli in base all' *origin*
(in ordine di importanza, IGP > EGP > incomplete)
- Altrimenti, scegli il path con il MED più basso.
- Altrimenti, scegli il path esterno piuttosto che quello interno.
- Altrimenti, scegli il path attraverso l'IGP più vicino.
- Altrimenti, scegli il path con il numero IP più basso, secondo quanto specificato dall'ID del router BGP.