

# Dispositivi di relaying che operano al livello 2

## 1 Hub

Il più semplice dispositivo di relaying operante al livello 2 (data link) è l'**hub**, che connette più stazioni di rete secondo una topologia fisica a stella, ma realizza una topologia logica a bus: il segnale ricevuto su una porta viene semplicemente replicato su tutte le altre porte dell'hub. Dato il suo funzionamento molto semplice, gli hub possono essere assimilati a dispositivi di livello 1 (fisico).

Un vantaggio di usare un hub, invece di realizzare direttamente una topologia anche fisica a bus, è una maggiore affidabilità: se uno dei cavi di rete si dovesse rompere, verrebbe compromesso l'accesso alla rete solo per una stazione (mentre la rottura di un bus potrebbe escludere dalla rete molte stazioni).

Tuttavia, la topologia a bus, anche se realizzata solo logicamente, mediante un hub, ha ancora uno svantaggio: siccome ogni messaggio inviato da una stazione occupa l'intero bus (nel caso di un hub, perché viene ritrasmesso a tutte le stazioni connesse), la banda della rete è condivisa tra le stazioni collegate. Ad esempio, se la rete supporta 100 Mbps, e in un certo istante una stazione sta usando 90 Mbps, per le altre stazioni connesse all'hub rimangono solo 10 Mbps. Per questo motivo, oggi gli hub non si usano praticamente più: si preferiscono invece dispositivi più avanzati, che consentono uno sfruttamento maggiormente efficiente della banda di rete, e ormai non hanno neanche costi eccessivi.

## 2 Bridge

Un **bridge** è un dispositivo di relaying di livello 2 che consente di interconnettere LAN *eterogenee*, cioè LAN che possono utilizzare tecnologie diverse (ad esempio, si può connettere una rete Ethernet a una Token Ring).

A differenza di un hub, un bridge inoltra i frame in modo intelligente, mandandoli solo verso la porta corrispondente alla LAN nella quale si trova la stazione destinataria. Così, la banda non è più condivisa tra le stazioni collegate a tutte le porte, ma solo tra quelle collegate a una stessa porta.

In particolare, nell'ambito delle reti ad accesso casuale, un bridge *isola i domini di collisione*: gestendo in modo intelligente i frame, invece di ripetere semplicemente i segnali,

esso fa in modo che due frame inviati contemporaneamente da stazioni collegate a porte diverse non generino mai una collisione.

## 2.1 MAC table

Per sapere come inoltrare i frame, un bridge mantiene una **MAC table**, una tabella che associa all'indirizzo MAC di ciascuna stazione il numero della porta del bridge a cui essa è collegata (inoltre, viene memorizzato anche il tempo più recente al quale la stazione ha comunicato sulla rete).

Questa tabella è inizialmente vuota, e viene riempita gradualmente in funzione dei frame in transito. Quando poi arriva un frame da inoltrare, il bridge ne legge l'indirizzo MAC di destinazione, e se quest'ultimo è presente nella MAC table, il frame viene inoltrato solo alla porta corrispondente.

## 3 Switch

Uno **switch** è un dispositivo di relaying di livello 2 che interconnette LAN *omogenee* (cioè realizzate con la stessa tecnologia), ma per il resto è simile a un bridge: in particolare, anch'esso isola i domini di collisione collegati a ciascuna delle sue porte.

Uno switch può avere tre diverse modalità di funzionamento, che si differenziano per il modo in cui i frame vengono inoltrati:

- **Store and forward:** lo switch legge l'intero frame, ne verifica la checksum per determinare se contiene errori, e in tal caso lo scarta; altrimenti, se il frame è corretto, lo memorizza temporaneamente nel buffer associato alla porta di uscita, e infine lo trasmette quando la linea della porta di uscita è libera.
- **Cut and through:** lo switch legge solo l'header del frame e lo inoltra immediatamente, senza una memorizzazione intermedia. Alcuni switch verificano comunque le checksum, tenendo traccia del numero di errori (ma senza scartare frame errati), e se questo supera una certa soglia passano automaticamente alla modalità store and forward.
- **Fragment free:** lo switch legge solo i primi 64 byte del frame, che sono quelli nei quali possono avvenire le collisioni, e infatti corrispondono alla lunghezza minima di un frame Ethernet. I frame di dimensione minore di 64 byte vengono scartati, mentre tutti quelli più lunghi vengono immediatamente inoltrati, anche se contengono errori.

### 3.1 Cablaggio strutturato

Quando bisogna cablare una rete di una certa dimensione, gli switch permettono di farlo in modo molto ordinato, seguendo una metodologia di **cablaggio strutturato**. Essa consiste nel collegare gli switch in modo gerarchico, realizzando una topologia logica a stella. Ad esempio, se la rete da cablare copre un complesso di più edifici, si potrebbero disporre gli switch come segue:

- uno switch centrale;
- uno switch per ogni edificio, connesso allo switch centrale;
- uno switch per ogni piano di un edificio, connesso allo switch principale dell'edificio;
- uno switch per ogni area di un piano (ad esempio appartamento, ufficio open space, ecc.), connesso allo switch di piano.

## 4 Protocollo Spanning Tree

Quando si hanno più LAN collegate tramite dei bridge, per garantire l'affidabilità della rete è utile che ci siano più percorsi tra le stesse LAN. Allora, però, si possono formare degli *anelli di bridge* (bridge loop), in cui i frame continuano a girare "in cerchio", senza mai raggiungere i destinatari. Per evitare che ciò avvenga, i bridge si scambiano delle informazioni di controllo, sulla base delle quali decidono quali delle loro porte lasciare attive e quali invece disattivare, in modo da creare un *albero di attraversamento* (*spanning tree*): un insieme di percorsi che collegi tutte le LAN e sia privo di anelli. Lo scambio di queste informazioni di controllo avviene mediante lo **Spanning Tree Protocol** (definito dallo standard IEEE 802.1D).

Per il protocollo Spanning Tree, ogni bridge è identificato da un ID unico, formato da un valore di *bridge priority* e dall'indirizzo MAC del bridge. Si definisce **root-bridge** il bridge con l'ID numericamente minore tra tutti quelli presenti in una rete.

Le porte di ogni bridge possono assumere diverse funzioni:

- **root** (R): individua il percorso più breve da questo bridge al root-bridge;
- **designated** (D): individua il percorso più breve dal root-bridge alla LAN collegata a tale porta;
- **blocked** (B): una porta che viene disattivata per evitare la formazione di anelli.

Tali funzioni vengono assegnate alle varie porte di ciascun bridge quando viene costruito lo spanning tree. La costruzione avviene mediante lo scambio di pacchetti chiamati **Bridge Protocol Data Unit (BPDU)**, ciascuna delle quali ha un formato del tipo ( $C_1, C_2, C_3$ ), ovvero è composta da tre campi principali:

- $C_1$  è l'ID del bridge che emette la BPDU;

- $C_2$  è l'ID del root-bridge, secondo il bridge che ha emesso la BPDU (inizialmente, non è noto quale sia il “vero” root-bridge);
- $C_3$  indica il costo del percorso da  $C_1$  a  $C_2$ , espresso in numero di LAN da attraversare.

#### 4.1 Elezione del root-bridge e scelta delle porte root

All'inizio della costruzione dello spanning tree, ogni bridge ipotizza di essere il root-bridge, quindi emette BPDU del tipo  $(x, x, 0)$ , dove  $x$  è il suo ID.

Quando un bridge con ID  $x$  riceve, su una delle sue porte, una BPDU  $(C_1, C_2, C_3)$  contenente un valore  $C_2 < x$ , si “rende conto” di non essere il root-bridge, ipotizzando che lo sia invece il bridge indicato da  $C_2$ , e allora:

- etichetta come root la porta da cui ha ricevuto questa BPDU;
- cessa l'emissione di BPDU  $(x, x, 0)$ ;
- ritrasmette su tutte le altre porte la BPDU  $(C_1, C_2, C_3)$  ricevuta dalla porta (che adesso è diventata) root, aggiornando il primo campo con il proprio ID e incrementando il campo di costo del percorso:  $(x, C_2, C_3 + 1)$ .

Alla fine di questa procedura, il root-bridge  $r$  è l'unico a emettere BPDU, e tutte le sue porte sono etichettate come designated. Invece, ogni altro bridge etichetta

- come root la porta da cui riceve BPDU con  $C_2 = r$  e con il più piccolo valore di  $C_3$ ;
- come designated tutte le altre sue porte.

#### 4.2 Selezione delle porte designated

Per eliminare i loop, è sufficiente eleggere come designated un'unica porta per ogni segmento di LAN che è connesso a più bridge, etichettando invece come blocked le altre porte interfacciate con tale segmento.

La selezione delle porte designated avviene per mezzo delle BPDU emesse dal root-bridge. Quando un bridge riceve una BPDU sulla sua porta root, la ritrasmette su tutte le sue altre porte, ovvero su tutti gli altri segmenti di LAN con cui esso è interfacciato. Se un segmento di LAN è collegato a più bridge, questi ricevono sulle loro porte non root le BPDU ritrasmesse, venendo così a conoscenza delle altre porte che conducono allo stesso segmento, e dei relativi costi. In base a ciò, ogni bridge che “scopre” di non essere il percorso migliore per arrivare a questo segmento blocca la sua porta connessa al segmento, mentre l'unico bridge che non riceve BPDU con costi minori al proprio (o perché rappresenta il percorso più breve, o semplicemente perché è l'unico bridge su questo segmento) imposta la sua porta come designated.

In caso di pareggio di costi tra due o più bridge per uno stesso segmento di LAN, la porta designated viene assegnata al bridge con l'ID minore.

### 4.3 Stato delle porte

Nelle operazioni normali, lo stato di una porta di un bridge può essere **blocking** (quando la porta è etichettata come blocked) o **forwarding** (quando la porta è designated o root). Se, a causa di cambiamenti della topologia di rete, una porta passa da blocking a forwarding, lo fa attraversando due stati transitori: **listening** e **learning**.

1. *Blocking*: la porta è bloccata per le trasmissioni, ma può ricevere le BPDU di configurazione.
2. *Listening*: la porta è bloccata e, ricevendo le PDU di configurazione, ha determinato che deve attivarsi, ma attende ancora prima di farlo, per evitare loop.
3. *Learning*: la porta inizia a popolare la sua MAC table in base ai frame ricevuti, che però ancora non inoltra.
4. *Forwarding*: la porta riceve e inoltra i frame.