

Sommaire : Routage

Fonctionnement du routeur

- Rôle du routeur

- Table de routage

- Aiguillage

Configuration

- Deux familles d'algorithmes

- Configuration statique

- Routage dynamique

Algorithmes et protocoles

- Systemes Autonomes

- Protocoles à vecteur de distance

- Protocoles à état de lien

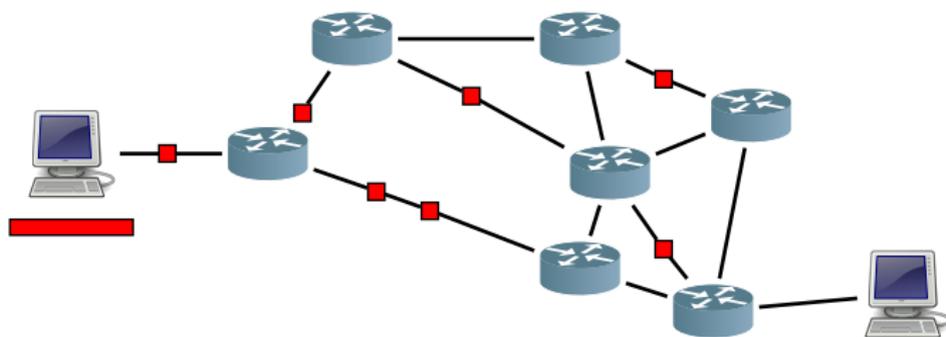
Protocole OSPF

- Protocole OSPF

- Paquets OSPF

- Routeur désigné

Rôle du routeur



- le routage permet l'interconnexion de réseaux
- il est inutile sur un LAN isolé.
- l'information transite d'un réseau à l'autre par des hôtes spécialisés appelés routeur
- un routeur possède une connexion sur chacun des réseaux qu'il interconnecte
- le routeur maintient une table de routage

Table de routage

- Un hôte voulant faire une transmission constitue un paquet IP
- Ce paquet contient l'adresse du destinataire et l'adresse de l'expéditeur.
- Au niveau de la couche réseau, le routage utilise une **table de routage** qui contient une ou plusieurs lignes contenant chacune essentiellement trois informations :
 - 1 une adresse de réseau : la destination
 - 2 un masque de réseau
 - 3 comment atteindre le réseau :
 - soit **directement** par une interface connectée sur ce réseau (on parle de routage direct),
 - soit **en passant par un routeur** (on parle de routage indirect) qui est identifié par son IP et l'interface à utiliser pour l'atteindre.
- Un routeur peut être un équipement spécialisé ou simplement un hôte ordinaire relié à plusieurs réseaux.

Aiguillage

La décision de routage se fait par la recherche d'une correspondance dans la table de routage

- On applique pour chaque ligne, le masque de réseau à l'adresse de destination.

Quatre cas peuvent alors se présenter :

1. le réseau de la destination est **directement connecté**. Il y a une **remise directe** en utilisant le réseau local sous-jacent.
2. le réseau de la destination est **accessible via un routeur**. Le paquet est **transmis au routeur** sans changer les adresses IP de l'émetteur et du destinataire.
3. le réseau de la destination est **absent de la table de routage, mais il existe une route par défaut**. Le paquet est **transmis au routeur désigné**.
4. le réseau de la destination est **absent de la table de routage, et il n'existe pas de route par défaut**. Envoi d'un message ICMP à l'émetteur : `Network is unreachable`

Chaque routeur recevant un paquet IP applique le même algorithme.

Routage statique ou dynamique

- routage **non adaptatif** ou routage **statique** : la table de routage est gérée manuellement
- routage **adaptatif** ou routage **dynamique** : la table de routage est gérée automatiquement. C'est à dire qu'un routeur du réseau applique un algorithme qui, en fonction d'information sur l'état du réseau, lui permet de calculer sa table de routage.

Routage statique

Solutions :

- configurer le fichier `/etc/network/interface` en remplaçant

```
iface eth0 inet dhcp
```

par :

```
iface eth0 inet static
```

```
address 192.168.1.1
```

```
netmask 255.255.255.0
```

```
gateway 192.168.1.254
```

```
# route statique supplémentaire
```

```
up route add -net 172.20.11.0/16 gw 192.168.1.253 dev eth0
```

- systemd
- NetworkManager

- utiliser la commande `ip`

```
#ip route add 172.20.11.0/16 via 192.168.1.253
```

- utiliser la commande `route`

```
#route add -net 172.20.11.0/16 gw 192.168.1.253
```

Routes

- route

```
#route
```

```
Table de routage IP du noyau
```

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Metric	Ref
172.21.60.0	*	255.255.252.0	U	0	0
10.0.0.0	172.21.63.5	255.0.0.0	UG	0	0
default	172.21.60.1	0.0.0.0	UG	100	0

- ip route show

```
#ip route
```

```
172.21.60.0/22 dev eth0 proto kernel scope link src 172.21.62.8  
10.0.0.0/8 via 172.21.63.5 dev eth0  
default via 172.21.60.1 dev eth0 metric 100
```

Principe du routage dynamique

Principe :

- les routeurs échangent des informations avec leurs voisins
- ils se servent de ces informations pour établir leur table de routage
- les modifications de la topologie des réseaux (coupures, nouvelles liaisons) sont prises en comptes automatiquement.

Systèmes Autonomes

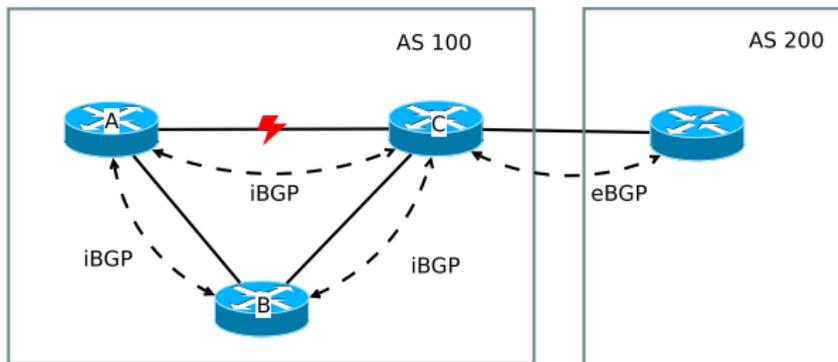
En pratique définition des Systèmes Autonomes

- ensemble des dispositifs interconnectés gérés par la même **administration**
- identifié par un numéro d'AS (sur 16 bits ou maintenant 32 bits) unique au monde et attribué par un RIR (*Regional Internet Registry*) AS2243 FR-U-SCIENCES-NANTES

Routage entre et au sein d'AS

Le routage se fait à deux niveaux :

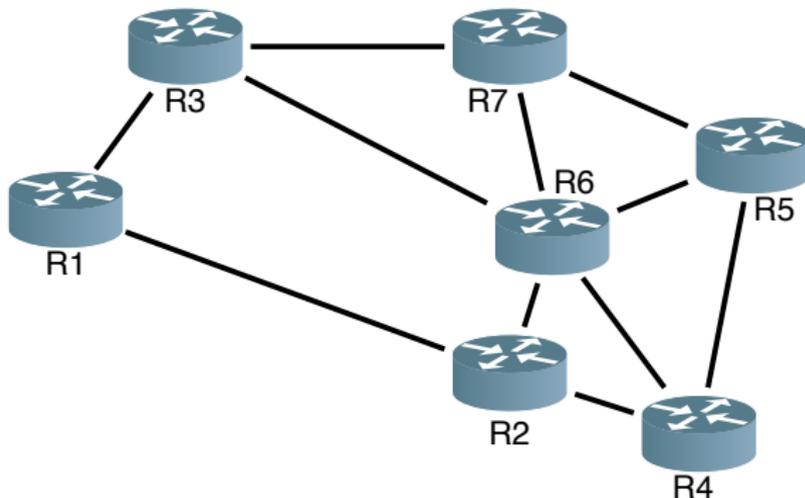
- 1 protocoles de routage interne à un AS ; IGP (*Interior Gateway Protocol*) : RIP (*Routing Information Protocol*) RFC 1058, OSPF (*Open Shortest Path First*) RFC 2178
- 2 protocoles de routage entre AS ; EGP (*Exterior Gateway Protocol*) : BGP (*Border Gateway Protocol*) RFC 4271



Routage dynamique

Dans les protocoles de routage interne, les deux familles de protocoles les plus répandues sont :

- 1 protocoles à vecteurs de distance
- 2 protocoles à états de lien



Protocoles à vecteur de distance

- échange local d'informations globales
- table d'un routeur transmise à ses voisins
- table de routage \simeq unions tables de routage
- la distance est le nombre de sauts à faire (*hops*)
- algorithme de Bellman-Ford.
- exemple : RIP
- inconvénients : convergence lente, 15 sauts maximum, problème du "comptage à l'infini", ...

Protocoles à état de lien

- échange global d'informations locales
- état des liens transmis à tous les routeurs
- principe :
 - découverte des voisins
 - mesure de la distance à chaque voisin
 - construction d'un paquet contenant ces informations
 - transmissions aux autres routeurs
 - chaque routeur calcule le chemins le plus courts vers les autres (algorithme *Shortest Path First* de Dijkstra)
- différentes métriques peuvent être utilisées : qualité du lien, encombrement, le coût financier...
- exemple : OSPF
- inconvénients : charge de calcul

Protocole OSPF

- protocole de routage dynamique défini par l'IETF
Version actuelle OSPFv2 (RFC 2328) en 1997 et OSPFv3 (RFC 5340) en 2008 pour IPv6
- à état de lien
- utilise un coût compris entre 1 et 65535. Les coûts de liens successifs s'additionnent pour déterminer le coût total. Certaines implantation utilisent par défaut 10^8 / *bandepassante* du lien en bit/s.

les routeurs :

- établissent des relations d'adjacence avec leurs voisins
- se communiquent la liste des réseaux auxquels ils sont connectés, propagés de proche en proche (dans le cadre d'un réseau à diffusion, on désigne un routeur pour fédérer les échanges d'informations)
- déterminent les routes les plus courtes avec SPF

Paquets OSPF

1 HELLO

- découverte des voisins, détection de leur disparition
- deux routeurs sont voisins s'il ont un lien en commun
- se fait par multicast en utilisant l'adresse 224.0.0.5. Tous les routeurs OSPF sont destinataires.
- émis toutes les 10s (par défaut)

2 DATABASE DESCRIPTION (DBD)

- décrit les LINK-STATE ADVERTISEMENT (LSA) i.e. les liens disponibles (adresse routeur, coût du lien, numéro de séquence)

3 LINK-STATE REQUEST (LSR)

- demande d'information (complète)

4 LINK-STATE UPDATE (LSU)

- mise à jour d'un LSA

5 LINK-STATE ACKNOWLEDGE (LSAck)

- paquets d'acquittement d'un LSU

Routeur désigné

- Réseaux à diffusion (e.g. Ethernet):
 - Charge excessive du réseau quand chaque routeur établit une adjacence avec chaque autre routeur puis échange des informations d'état de liens : $\frac{n \times (n-1)}{2}$ adjacences soit en $O(n^2)$
 - Solution : élection d'un *Designated Router* qui reçoit toutes les informations et les retransmet à tous les autres (tous les échanges passent par ce routeur) ; le nombre d'adjacence est donc de $2 \times n - 1$ soit en $O(n)$
 - utilisation du multicast
- Réseaux sans diffusion (par ex : point à point) :
 - échanges directs entre voisins

Aires

- pour diminuer la charge des routeurs OSPF (Algo. de Dijkstra gourmand)
→ découpage en zone ou *area* et la charge réseau
- une zone backbone (numéro 0)
- routage dans chaque zone + propagation par des ABR (*Area Border Router*)

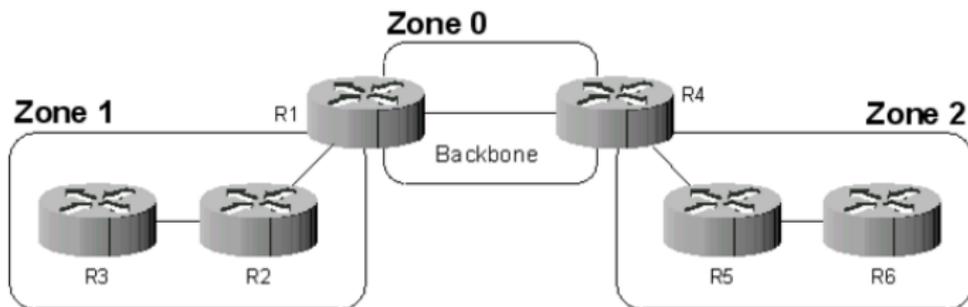


Figure: Trois aires