

Routage

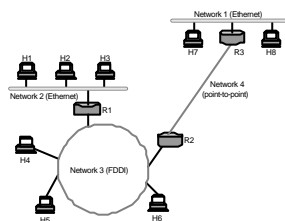
Séminaire 2005-2006

(diagrammes adaptés, originaux de Christian Hassenot)

Interconnexion : Concepts (1)

- Réseaux interconnectés de natures physiques diverses
 - Différences entre les réseaux "invisibles" à l'utilisateur
- L'interconnexion n'a pas de connaissance des applications responsables des données
 - Les données sont acheminées par les nœuds intermédiaires
 - La commutation s'effectue sur la base de **paquets de petites tailles** plutôt que sur la totalité de fichiers,
 - La couche physique s'adapte au support (système flexible)
 - Interfaces physiques variables avec les applications identiques,
 - Protocoles modifiables sans affecter les applications.

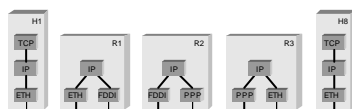
Interconnexion : Concepts (2)



Interconnexion : Concepts (3)

- L'interconnexion internet = Couche réseau
 - Masque les détails de la communication physique du réseau lui-même
 - Détache les applications des problèmes de routage.
 - Permet le transit des données depuis une machine d'un réseau vers une autre machine d'un autre réseau par des nœuds spécialisés appelés **routeurs**

Interconnexion : Concepts (4)



Le routeur : Caractéristiques (1)

- Un routeur possède une connexion sur chacun des réseaux qu'il interconnecte
- Son rôle est de transférer les paquets du réseau IP1, destinés au réseau IP2 et inversement.



Le routeur : Caractéristiques (2)

- R1 se charge du transfert des données du :
 - Réseau IP1 vers IP2 et réciproquement
 - Réseau IP1 vers IP3 et réciproquement
- R1 doit avoir la connaissance du chemin vers IP3
- Le routage s'effectue sur le réseau destinataire



Infrastructures de Communication - Séminaire

7

Routage : Remarques

- Les communications inter machines ne passent pas systématiquement par un routeur
 - Si les machines sont sur le même réseau IP (ARP)
 - Le passage par un routeur est un frein, la technologie évolue, mais pour tous les équipements réseaux aussi
- Une machine sur un réseau local :
 - Possède toutefois un minimum d'informations de routage.
 - Commandes ifconfig et route
 - ifconfig : lui permet de savoir sur quel réseau elle se trouve
 - route : information(s) additionnelle(s) de routage

Infrastructures de Communication - Séminaire

8

Routage IP : Principes

- Routage IP basé uniquement sur l'adresse du destinataire
- Chaque équipement du réseau local sait atteindre :
 - Une autre machine du même réseau : ARP
 - Une machine d'un autre réseau : ARP + routeurs
- Le routeur possède les informations de routage dans sa table de routage
- Sa table de routage peut être fixe ou variable avec mise à jour par des protocoles de routage

Infrastructures de Communication - Séminaire

9

ROUTAGE IP : Principes (2)

- Mise à jour de la table de routage :
 - **Manuelle** = Routage statique
 - Commande "route" des stations unix
 - Langage de commande des routeurs (Cisco : ip route)
 - **Automatique** = Routage dynamique
 - Processus sur les stations et les routeurs
 - Échanges d'informations de routage : protocoles de routage
 - **Mixte** : Routage statique et dynamique

Infrastructures de Communication - Séminaire

10

Routage : Organisation hiérarchique

- Distinguer le routage
 - Dans le réseau local LAN
 - **Administrateur local** / Administrateur du site
 - De site (ensemble de réseaux locaux) MAN
 - **Administrateur du site**
 - Hors du site ("longue distance") WAN
 - **Administrateur opérateur** / Administrateur du site
- Les protocoles de routage ne sont pas les mêmes

Infrastructures de Communication - Séminaire

11

Routage statique

- Le routage statique =
 - Mise à jour manuelle de tous les équipements du réseau
 - Gestion de la redondance de routes impossible
 - Si perte de lien la route existe toujours (pas de retour)
- On recommande en général :
 - Stations => Routage statique
 - Routeurs => Routage dynamique

Infrastructures de Communication - Séminaire

12

Routage dynamique (1)

- Routage IP est dynamiquement adaptatif
 - Cohérence permanente des tables de routage,
 - Cherche aussi à limiter la taille des tables de routage (agrégation) pour réduire les temps de traitement associé:
 - Routage IP effectué de saut en saut (**next hop**) depuis la source jusqu'à la destination,
 - A chaque saut :
 - Prise de décision autonome : sélection de la route à prendre,
 - Connaissance partielle du routage
 - Concept de **route par défaut** est au cœur du routage IP.

Routage dynamique (2)

- Routage dynamique :
 - Rapidement obligatoire : fonction taille du réseau
 - Utilisation de protocole(s) de routage
 - But : maintenir la cohérence des informations associées aux routes
 - Protocoles de routage de natures différentes si ils :
 - Traitent le routage à l'intérieur d'un domaine de routage,
 - Traitent le routage de plusieurs domaines de routage.

Domaine de routage : Système Autonome

- Concept d'AS : Autonomous System
 - Découpage de l'Internet entre AS interconnectés
 - Domaine sous la responsabilité d'une autorité unique.
 - Diminution table de routage
 - Architecture indépendante des autres systèmes autonomes
 - Exemples : fournisseur d'accès, réseau de multinationale ...
 - AS : numéro unique (2 octets) attribué par RIPE, ARIN...

Classes de protocoles de routage (1)

- Le concept AS implique que tous les routeurs de celui-ci soient interconnectés
 - Le réseau d'une société nécessitant un autre AS pour communiquer ne peut constituer un AS.
 - Tous les routeurs d'un AS échangent leurs tables :
 - IGP : protocole de routage entre routeurs d'un AS
 - **Intra domaine.** Exemples : RIP, OSPF, EIGRP ...
 - EGP : protocole de routage entre AS
 - **Inter domaine** Exemples : EGP, BGP.

Routage intra domaine

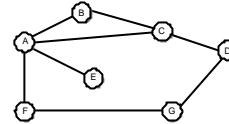
Protocoles de routage interne

- 3 types d'algorithmes :
 - Distance-Vector
 - RIP (Version 1 et 2), IGRP (Cisco)
 - DUAL (Diffusing Update ALgorithm) (Cisco)
 - EIGRP
 - Link-State
 - OSPF

Algorithme Distance-Vector (1)

- Algorithme de Belman-Ford : calcul de routes distribué.
- Un routeur par diffusion régulière informe ses voisins des routes qu'il connaît.
- Une route est composée de :
 - L'adresse du réseau de destination,
 - L'adresse du routeur pour atteindre le réseau de destination (next hop)
 - La métrique : **nombre de saut(s)** = nombre de routeur(s) à traverser pour atteindre le réseau de destination.
- En réception, le routeur compare les routes reçues avec les siennes, il met à jour sa propre table de routage si :
 - Une route reçue est **meilleure** (métrique inférieure),
 - Une route reçue est **nouvelle**.

Algorithme Distance-Vector : Exemple (1)



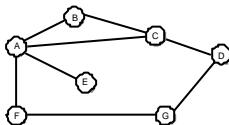
Destination	Coût	NextHop
B	1	B
C	1	C
D	8	-
E	1	E
F	1	E
G	8	-

Table initiale de routage du routeur A

Information dans le routeur	Distance pour atteindre un routeur							
	A	B	C	D	E	F	G	
A	0	1	1	8	1	1	8	
B	1	0	1	8	8	8	8	
C	1	1	0	1	8	8	8	
D	8	8	1	0	8	8	1	
E	1	8	8	8	0	8	8	
F	1	8	8	8	8	0	1	
G	8	8	8	1	8	1	0	

Distances initiales (chaque ligne est enregistrée dans le routeur correspondant)

Algorithme Distance-Vector : Exemple (2)



Destination	Coût	NextHop
B	1	B
C	1	C
D	2	C
E	1	E
F	1	E
G	2	F

Table finale de routage du routeur A

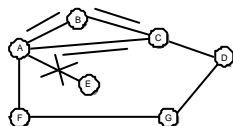
Information dans le routeur	Distance pour atteindre un routeur							
	A	B	C	D	E	F	G	
A	0	1	1	2	1	1	2	
B	1	0	1	2	2	2	3	
C	1	1	0	1	2	2	2	
D	2	2	1	0	3	2	1	
E	1	2	2	3	0	2	3	
F	1	2	2	2	2	0	1	
G	2	3	2	1	3	1	0	

Distances finales (chaque ligne est enregistrée dans le routeur correspondant)

Algorithme Distance-Vector : Avantages et Inconvénients

- **Avantages :**
 - Simplicité de l'algorithme (charge CPU faible)
 - Interopérabilité (stations, routeurs)
- **Inconvénients :**
 - Convergence lente pour les grands réseaux
 - Le volume des informations échangées entre routeurs est **proportionnel** aux nombres de réseaux

Distance-Vector : éviter les boucles (1)



1. Câble entre A et E ne marche plus (connexion perdue).
2. A déduit une distance 8 entre A et E, mais B et C ont toujours une distance de 2 vers E.
3. B apprend qu'il peut atteindre E à travers C en 2 hops, et en déduit qu'il peut le faire en 3 hops. B envoie cette info à A.
4. A conclut qu'il peut atteindre E en 4 hops, et envoie cette info à C.
5. C conclut qu'il peut atteindre E en 5 hops, etc....

Distance-Vector : éviter les boucles (2)

- Fixer le nombre maximum de hops
 - Faire attention à que la taille du réseau ne soient pas supérieur à ce maximum.
- Horizon partagé (split horizon) :
 - Ne renvoie pas des informations apprises sur un routeur X au routeur X (ip **split-horizon** par défaut).
 - p.ex.: Si B a la route (E,2,A), il sait qu'il l'a appris de A. Lorsque B envoie un update à A, il n'inclut pas la route (E,2).
- Horizon partagé empoisonné (split horizon with poison)
 - À la différence de l'horizon partagé, on envoie la route mais avec une distance infinie (empoisonné).
 - P.ex.: B envoie la route (E,8) à A pour s'assurer que A n'utilisera pas B pour arriver à E.

Distance-Vector : RIP V1

- RFC 1058, très répandu (gated, routed sur les stations unix)
- Base de nombreux protocoles : Appletalk, Novell ...
- Métrique limitée à 15 (= 16 : route inaccessible)
- Ne conserve que la meilleure route
 - Le + court chemin en nombre de routeur(s) traversé(s) (saut) \Leftrightarrow la métrique la + faible (quantité, pas la qualité)

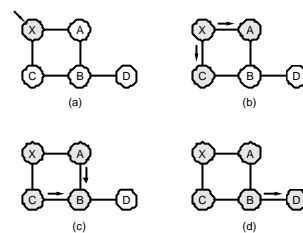
Distance-Vector : Principes de RIP V1

- Diffuse toutes les 30 s sa table de routage
- Route est invalide au bout de 180 s : nombre de saut = 16 si :
 - Aucun message n'a été reçu
 - Un message explicite a été reçu.
- Mais les paquets y sont toujours envoyés.
- La route est maintenue dans les tables, mais les voisins sont avertis du problème (**hold down** de 180s)
- Au bout de 240 s, la route est obligatoirement enlevée des tables (flush)

Algorithme SPF : Shortest Path First

- Routeurs testent périodiquement l'état des liens (Link State) avec ses voisins
- Diffusent périodiquement ces états à tous les autres routeurs du domaine
 - Pour chaque routeur : données identiques et cohérentes grâce à une diffusion avec acquittement et validité limitée en temps, contrôle des enregistrements (checksum)
- Établissement d'une carte des Link State complète du réseau
 - Métriques multiples fonction de paramètres multiples (débit, délai, coût, fiabilité).
- À partir de cette carte, le routeur selon l'**algorithme SPF** (Dijkstra) :
 - Détermine localement le + court chemin vers chaque destination.
- Pas de diffusion périodiques des tables de routage, mais diffusion seulement des mises à jour de l'état (up, down) des routes (limite la taille des messages et la charge du réseau).

OSPF : Inondation (flooding)



Un routeur envoie l'état de ses connexions (LSA) à ses voisins qui envoient, à leur tour, des LSAs à leurs voisins.

Open Shortest Path First : Caractéristiques (1)

- OSPF version 2 est un protocole Link State :
 - Ouvert (Open) : public, spécifications dans RFC 1583 (3/1994)
 - Créé pour remplacer RIP et les autres protocoles intérieurs propriétaires.
- Calcule des **coûts** en guise de métriques
- OSPF utilise les types de service (champ précedence) d'IP
 - Permet la gestion de plusieurs routes pour une même destination,
 - Selon critères du champ TOS : délai, débit, fiabilité, coût (1 à la fois).
 - OSPF permet le load-balancing parmi les ? routes vers un même réseau.

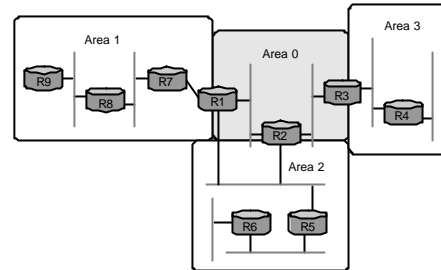
Open Shortest Path First : Caractéristiques (2)

- Découpe d'un système autonome en sous systèmes (aires, areas) pour **limiter** les informations de routage à l'aire.
- **Sécurité** : N° de séquence, Checksum, Authentification possible pour les échanges entre routeurs.
- Envoie des LSA (Link State Announcement)
 - Quand l'état d'une ligne change
 - Ou toutes les 30 minutes.

OSPF: routage hiérarchique (1)

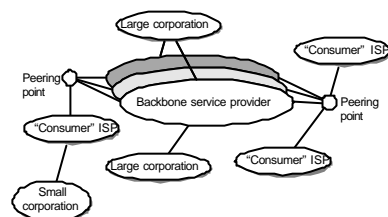
- Avec un réseau de grande taille, on risque d'avoir :
 - Un overhead du trafic dû au transit des informations de routage,
 - Des calculs de route longs (CPU) + besoin de RAM important (coût)
- OSPF utilise un **routage hiérarchique** basé sur le découpage du réseau en **aires** (areas, codés sur 4 octets) (réseaux contigus)
 - Reliées par une dorsale (Backbone ou Area Backbone)
 - Chaque aire constitue un ensemble indépendant de réseau(x)

OSPF: routage hiérarchique (2)



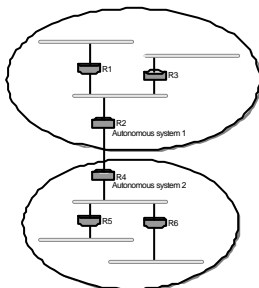
Routage inter domaine

Internet actuel : Multi backbone



- Les protocoles de routages inter domaine ne marchent plus à cette échelle.
- Il faut diviser l'Internet en Systèmes Autonomes et utiliser des nouveaux protocoles de routage.

Systèmes Autonomes (AS)

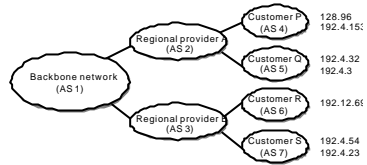


- Internet est divisé en systèmes autonomes (AS)
 - Backbones
 - Service providers
 - Grandes entreprises
 - Petites entreprises
- Chaque AS a son propre protocole de routage inter domaine (RIP, OSPF, etc.)

Border Gateway Protocol (BGP)

- BGP : pour le routage moderne inter AS (existe aussi en interne)
- Communication entre routeurs BGP : même réseau et même AS
 - À l'**initialisation** pour comparer ses tables
 - Et déterminer qui est l'AS border router (routeur vers les autres AS)
- Il se peut qu'un AS ne soit qu'un lieu de passage d'un AS vers un autre
 - => les updates BGP consiste donc en une liste de paires de N°réseau/N°AS.
 - Le chemin vers l'AS contient la liste des AS à traverser et les réseaux à utiliser.
- Transports des mises à jour fiable: **TCP** port 179
- Métriques de BGP : donne le degré de préférence pour un chemin donné
 - Fixés par l'administrateur en fonction du nombre d'AS traversé, de la vitesse des liens, de leur fiabilité ...

BGP : Exemples



- Pour atteindre le réseau 192.4.23 depuis 128.96 il faut passer <AS4,AS2,AS1,AS3,AS7>
- Pour atteindre le réseau 192.4.54 depuis 192.12.69 il faut passer <AS6,AS3,AS7>