

Protocoles de routage

17 novembre 2025

Le programme

Introduction

Introduction : Dans un réseau, les routeurs jouent un rôle essentiel dans la transmission des paquets sur Internet : les paquets sont routés individuellement par des algorithmes. Les pertes logiques peuvent être compensées par des protocoles reposant sur des accusés de réception ou des demandes de renvoi, comme TCP.

Capacités attendues

Capacités attendues : identifier, suivant le protocole de routage utilisé, la route empruntée par un paquet.

Commentaires : en mode débranché, les tables de routage étant déonnes, on se réfère au nombre de sauts (protocole RIP) ou au coût des routes (protocole OSPF) / le lien avec les algorithmes de recherche de chemin sur un graphe est mis en évidence

Préambule / révisions

Préambule / révisions

Binaire

Pour cette partie, il est nécessaire de maîtriser les notions suivantes :

- ▶ conversion décimal \leftrightarrow binaire
- ▶ opérations binaires (ET, OU, NON, XOR)

A revoir si besoin dans le cours de 1ère NSI...

IP et sous-réseaux I

Une adresse IPv4 est composée de 32 bits, généralement écrite en notation décimale pointée, par exemple :

192.168.1.1

Un sous-réseau est une plage d'adresses IP contiguës, définie par une adresse de réseau et un masque de sous-réseau. Le masque de sous-réseau est souvent exprimé en notation CIDR (Classless Inter-Domain Routing), par exemple :

192.168.1.0/24

Ici, le “/24” indique que les 24 premiers bits de l'adresse sont utilisés pour le réseau, laissant les 8 bits restants pour les hôtes dans ce sous-réseau.

IP et sous-réseaux II

- ▶ L'adresse de réseau est la première adresse du sous-réseau (tous les bits d'hôte à 0).
- ▶ L'adresse de diffusion (broadcast) est la dernière adresse du sous-réseau (tous les bits d'hôte à 1).
- ▶ Les adresses entre l'adresse de réseau et l'adresse de diffusion sont utilisables pour les hôtes.

IP et sous-réseaux III

Comment calculer la plage d'adresses d'un sous-réseau donné ?

1. Convertir l'adresse IP et le masque de sous-réseau en binaire.
2. Appliquer un ET binaire entre l'adresse IP et le masque pour obtenir l'adresse de réseau.
3. Pour obtenir l'adresse de diffusion, inverser le masque de sous-réseau et appliquer un OU binaire avec l'adresse de réseau.
4. Les adresses entre l'adresse de réseau et l'adresse de diffusion sont les adresses utilisables pour les hôtes.

Il existe de nombreux outils en ligne et logiciels qui peuvent effectuer ces calculs automatiquement, pour vérifier vos résultats.

IP et sous-réseaux IV

Exercice : pour chaque sous-réseau ci-dessous, déterminer l'adresse de réseau, l'adresse de diffusion, et la plage d'adresses utilisables pour les hôtes.

- ▶ 10.0.0.0/8
- ▶ 192.168.1.0/24
- ▶ 172.16.0.0/16
- ▶ 172.23.208.0/21
- ▶ 138.124.18.129/13

Routage de l'information

Routage de l'information

Principe

<https://en.wikipedia.org/wiki/Routing>

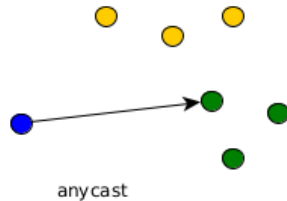
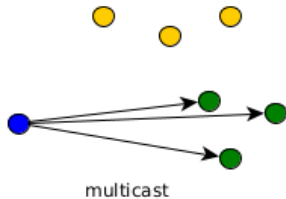
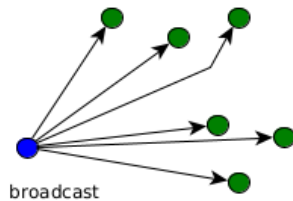
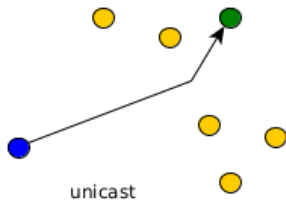
Le routage est le mécanisme par lequel des chemins sont sélectionnés dans un réseau pour acheminer les données d'un expéditeur jusqu'à un ou plusieurs destinataires.

Techniques d'adressage et de routage I

En fonction du nombre de destinataires et de la manière de délivrer le message, on distingue :

- ▶ **unicast** : association unique entre une source et une destination
- ▶ **broadcast** : distribution à toutes les destinations
- ▶ **multicast** : distribution à un groupe de destinations
- ▶ **anycast** : distribution à une destination donnée parmi un groupe de destinations

Techniques d'adressage et de routage II



Techniques d'adressage et de routage III

Les données nécessaires à la prise de décision de transmission d'un chemin sont regroupées dans des **tables de routage**. Chaque entrée d'une table de routage associe un préfixe à un moyen d'acheminer la trame vers la destination, ainsi qu'une **métrique** (mesure de "distance").

Si plusieurs routes sont possibles, la route choisie est celle avec la **plus petite métrique**.

Techniques d'adressage et de routage IV

Exercice : en utilisant la table de routage ci-dessous, quel chemin est choisi pour une trame à destination des adresses suivantes : 10.1.2.3 / 139.124.18.207 / 192.168.1.44 / 192.168.133.22

Destination	Chemin (Next hop)	Métrique
10.0.0.0/24	10.0.0.254 eth0	1
0.0.0.0/0	10.0.0.254 eth0	1000
192.168.0.0/16	192.168.0.1 eth1	5
192.168.133.0/24	192.168.1.1 eth2	2

Routage statique / dynamique

Les tables de routage peuvent contenir des entrées :

- ▶ statiques : entrées manuellement, pas de changement
- ▶ dynamiques : déterminées par un **protocole de routage**

Protocoles de routage

Principe

https://en.wikipedia.org/wiki/Routing_protocol

Un **protocole de routage** spécifie comment les routeurs communiquent entre eux pour distribuer des informations qui leur permettent de sélectionner des itinéraires entre deux nœuds quelconques d'un réseau.

Initialement, chaque routeur ne connaît que les réseaux qui lui sont directement rattachés. Le protocole de routage partage cette information d'abord entre voisins immédiats, puis dans tout le réseau, de manière à ce que chaque routeur acquière une connaissance suffisante de la topologie du réseau.

Les protocoles de routage doivent s'adapter dynamiquement à des conditions changeantes (coupure de ligne, ...).

AS

Un **AS** (autonomous system) est une collection de préfixes IP d'un ou plusieurs réseaux contrôlés par une même *entité administrative*, et définissant une *politique de routage vers l'internet*.

Types de protocoles

- ▶ **IGP** (interior gateway protocols, interne à un AS). Exemple : **OSPF** (utilise la bande passante comme métrique), **RIP** (utilise le nombre de sauts comme métrique)
- ▶ **EGP** (exterior gateway protocols, routage entre AS). Exemple : **BGP** (hors programme NSI)

RIP

RIP

Fonctionnement

Chaque routeur RIP (Routing Information Protocol) gère une **table de routage**.

Initialement, un routeur ne connaît que les réseaux auquel il est connecté.

Toutes les 30 secondes, chaque routeur envoie sa table de routage complète (vecteurs de distance = [adresse, distance]) à ses **voisins immédiats**, qui utilisent alors ces informations pour compléter leur propre table de routage.

Ces échanges se poursuivent en permanence. Lorsque plus aucun changement n'est détecté dans les tables de routage, on dit que le protocole a convergé.

RIP utilise le **nombre de sauts** (hops) comme métrique de routage, et autorise un nombre de sauts maximum : 15

Evolution

En cas de panne, le routeur coupé cesse d'envoyer des mises à jour à ses voisins. Au bout de 180 secondes sans actualisation, les routeurs voisins suppriment alors les routes correspondantes, et cette information est alors propagée au reste du réseau.

Limites et avantages

Avantages :

- ▶ **simplicité** : RIP est simple à configurer
- ▶ **ressources** : RIP est peu gourmand en ressources
- ▶ **compatibilité** : RIP est compatible avec quasi tous les routeurs

Inconvénients :

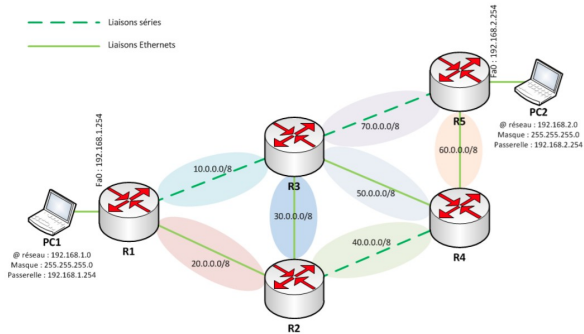
- ▶ **taille** : la limite de 15 sauts limite la taille des réseaux routables
- ▶ **convergence** : la convergence est lente (potentiellement plusieurs minutes)
- ▶ **ressources** : RIP ne prend pas en compte la **bande passante des liens**

Exemples et ressources

CF site web pour les ressources ci-dessous.

- ▶ PDF illustrant la convergence de RIP
- ▶ Simulation en python de la convergence du réseau ci-dessus : fichier python et résultat de la simulation
- ▶ Simulation filius du réseau précédent : fichier filius, et log des échanges RIP d'un routeur

Exercice I



Exercice II

- ▶ déterminer la table de routage RIP de chaque routeur R1 à R5
- ▶ quel chemin sera choisi pour un paquet partant de 192.168.1.1 à destination de 192.168.2.1

OSPF

OSPF

Fonctionnement

Chaque routeur OSPF (Open Shortest Path First) communique avec ses voisins immédiats en envoyant un message "HELLO" en *multicast*, à intervalle régulier (entre 10 et 30 secondes). Ce paquet permet de détecter la présence de voisins et de confirmer la connectivité.

Régulièrement, et immédiatement lors d'un changement d'état, chaque routeur communique la liste des réseaux auxquels il est connecté par des message LSA (Link State Advertisements) à ses voisins. Ceux-ci retransmettent alors ce message à leurs voisins, et ainsi de suite (flooding).

L'ensemble des messages LSA permet de construire *sur chaque routeur* la connaissance de l'**ensemble de la topologie du réseau**. Chaque routeur peut alors calculer le chemin le plus court vers chaque destination (algorithme de **Dijkstra**).

Métrique

La métrique utilisée est une métrique additionnée sur l'ensemble des liens réseau, un entier variant entre 1 et 65535.

La spécification ne donne pas de signification particulière à cette métrique, la contrainte étant qu'*additionner les coûts* de liens successifs pour déterminer le coût total doit avoir un sens.

Cisco utilise une valeur par défaut du coût d'un lien qui vaut $\frac{BP_{ref}}{BP_{lien}}$. Avec $BP_{ref} = 100 \text{ Mbit/s}$, un lien de 10 Mbit/s aura par exemple un coût de 10.

Pour tenir compte des connexions à très haute vitesse (1 Gbit/s et plus), on peut fixer manuellement le coût de chaque lien, ou bien fixer une bande passante de référence supérieure à celle par défaut.

Evolution

Lorsque les messages Hello détectent un changement d'état d'un lien (panne ou rétablissement), un message LSA est immédiatement envoyé à tous les voisins, qui le propagent à leur tour. Chaque routeur peut alors recalculer les chemins les plus courts.

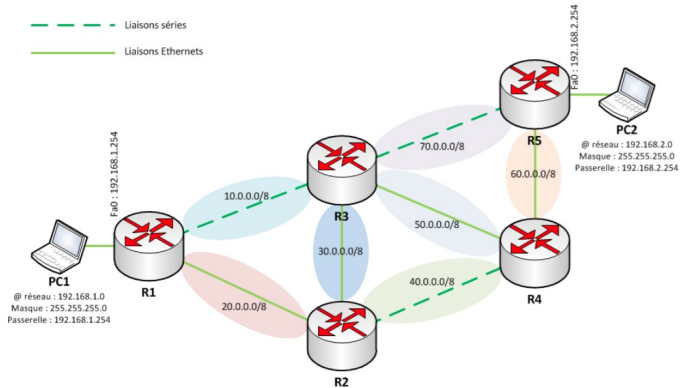
Il faut 4 tentatives de Hello échouées (par défaut) pour considérer qu'un lien est tombé, soit entre 40 et 120 secondes suivant l'intervalle de Hello.

Exemples et ressources

CF site web pour les ressources ci-dessous.

- ▶ PDF illustrant la convergence d'OSPF
- ▶ Simulation en python de la convergence du réseau ci-dessus : fichier python et résultat de la simulation

Exercice I



Exercice II

- ▶ déterminer la table de routage OSPF de chaque routeur R1 à R5
- ▶ quel chemin sera choisi pour un paquet partant de 192.168.1.1 à destination de 192.168.2.1

Entraînement

Annales de bac

Liens sur le site web.

- ▶ 2021 - J2ME1 - Métropole - Jour 2
- ▶ 2024 - S01 - Sujet zero 2023 1
- ▶ 2023 - J1LR1 - Mayotte Liban - Jour 1 - faire aussi la partie programmation
- ▶ Expérimentation : cours rédigé par Claude Sonnet 4.5 et Gemini 2.5 Pro à partir de ce document : [cours-routage-texte-ia](#)