

Les protocoles de routage interne

UVCI

Équipe Pédagogique Réseau Informatique @
UVCI 2018

Table des matières



I - Objectifs	3
II - Introduction	4
III - I. le protocole RIP (Routing Information Protocol)	5
1. Le protocole de routage RIP	5
2. RIP version 2	6
3. Exercice : Exercice 1	7
4. Exercice : Exercice 2	7
5. Exercice : Exercice 3	8
IV - II. Le protocole OSPF (Open Shortest Path First)	9
1. La notion de coût	9
2. Les tâches des routeurs OSPF	10
3. Format des messages OSPF	11
4. Exercice : Exercice 1	12
5. Exercice : Exercice 2	13
6. Exercice : Exercice 3	13
V - Conclusion	14
VI - Solutions des exercices	15
VII - Bibliographie	17



Objectifs

A la fin de cette leçon, vous serez capable de :

- Expliquer le principe de fonctionnement du protocole de routage RIP
- Expliquer le principe de fonctionnement du protocole de routage OSPF

Introduction



Les protocoles de routage interne sont des protocoles de routage qui permettent le routage à l'intérieur de systèmes autonomes (AS : Autonomous System) correspondant à un domaine de routage. Ils peuvent être caractérisés par un langage de communication.



I. le protocole RIP (Routing Information Protocol)



Objectifs

Expliquer le principe de fonctionnement du protocole de routage RIP

RIP est un protocole de routage à vecteur de distance qui implémente l'algorithme de routage Bellman-Ford.

La métrique utilisée par ce protocole pour déterminer les chemins est le nombre de sauts (nombre de routeurs) à traverser avant d'atteindre un réseau. La métrique est exprimée comme un nombre entier variant de 1 à 15 ; la valeur 16 correspond à l'infini.

1. Le protocole de routage RIP

1.1. Format de message RIP version 1

Les messages au format RIP commencent par un mot de 32 bits comportant le code de la demande et un numéro de version, suivi par un ensemble de couples adresse/métrique occupant cinq (5) mots de 32 bits.

Commande (8 bits)	Version (8 bits)	Laisser à zéro (16 bits)
Famille d'adresse (16 bits)		Laisser à zéro (16 bits)
Adresse IP (32 bits)		
Laisser à zéro (32 bits)		
Laisser à zéro (32 bits)		
Métrique (32 bits)		

Figure 1 : format du message RIPv1

Les messages peuvent être de deux types :

- Une requête caractérisée par le champ commande avec la valeur 1, permet de demander à l'autre routeur d'envoyer tout ou partie de sa table de routage.
- Une réponse avec le champ commande mis à 2, qui contient tout ou partie de la table de routage de l'hôte émettrice.

Chacun des couples adresse/métrique permet la mise à jour des tables de routage du routeur recevant le message suivant l'algorithme de Bellman-Ford.

le champ *Command* permet de distinguer les différents types de message :

- *Request*, qui permet de demander à un système distant d'envoyer tout ou partie de sa table de routage. Ce message permet, à un routeur, lors de son démarrage d'acquies rapidement les informations de routage sans attendre une diffusion ;
- *Response*, message contenant tout ou partie d'une table de routage. Ce message peut être envoyé en réponse au message précédent (*Request*), ou lors d'une simple mise à jour périodique ;

le champ *Version* identifie la version du protocole, il doit être mis à 1.

L'ensemble des champs suivants contient les informations en relation avec les routes :

- *Address Family* identifie la famille d'adresse, cette valeur est à 2 pour IP. Toute autre valeur doit être ignorée. Les deux octets suivants doivent être mis à zéro ;
- *IP Address* contient l'adresse IP d'un réseau, d'un sous-réseau ou d'une station ou un routeur par défaut (0.0.0.0) ; Les deux champs suivants doivent être mis à zéro ;
- *Metric* indique, en nombre de sauts, la distance du réseau IP identifié précédemment. La valeur maximale est de 15.

1.2. Principe général de RIP version 1

Suivant l'état d'un routeur, différentes séquences sont mis en œuvre :

- Lors de l'initialisation, le routeur envoie sur chacune de ses interfaces une requête pour demander la table complète des routeurs connectés (ses voisins) après avoir déterminé l'adresse réseau de ses interfaces (champ adresse family à 0 et métrique à 16) ;
- Lors de la réception d'une requête, pour une requête d'initialisation la table de routage intégrale est transmise. Sinon pour chaque route demandée, la métrique en cours est renvoyée.
- Lors de la réception d'une réponse, le routeur peut mettre à jour sa table de routage, en ajoutant, modifiant ou détruisant les différentes entrées. Deux cas peuvent se présenter :
 - Pour une nouvelle route, il incrémente la distance (métrique), vérifie que celle-ci est strictement inférieur à 15 et diffuse immédiatement le vecteur de distance (adresse/métrique) correspondant.
 - Pour une route existante mais avec une distance plus faible, la table est mis à jour et le vecteur est intégré si les informations diffèrent. Dans le cas contraire la route est ignorée.

2. RIP version 2

Amélioration de RIPv2

La deuxième version de RIP propose un ensemble d'améliorations :

- Le routage par sous réseau : diffusion des masques de sous réseaux associés aux adresses réseaux (RIPv1 utilise les masques réseaux par défaut)
- Le support de CIDR
- L'authentification des messages avec des mots de passe crypté avec MD5
- La transmission multicast : Pour diffuser les vecteurs de distance, la multi-diffusion est utilisée au lieu de la diffusion pour réduire les encombrements sur le réseau.

L'ensemble de ces améliorations rendent RIPv1 obsolète bien qu'il soit géré par tous les routeurs et simple.

Format du message RIPv2

RIP v2 remédie à certains inconvénients de RIPv1 tout en restant compatible avec lui. RIP v2 permet de diffuser le masque de sous-réseau (Subnet Mask Field). Un champ d'authentification peut être inséré entre l'en-tête RIP et la première entrée, c'est à dire l'Address Family. Le format de RIPv2 est présenté par la figure 2.

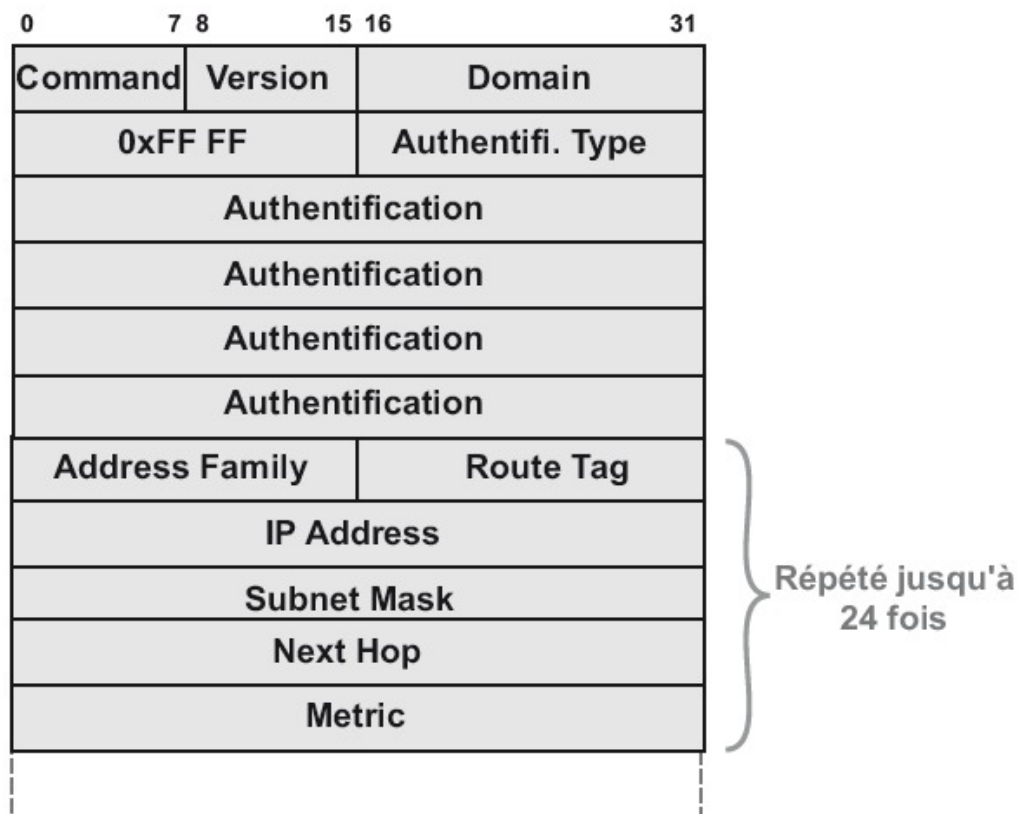


Figure 2. Format des messages RIPv2

Le champ *Type authentication* à 0x0000 indique qu'il s'agit d'une authentification simple, suit alors le mot de passe en clair sur 16 octets. Un autre format, plus complexe, permettant de crypter le mot de passe est aussi défini.

Le champ *Domain* permet de subdiviser le réseau en différents réseaux logiques. Les routeurs ignorent les messages émanant d'un domaine autre que le leur.

Le champ *Route Tag* pourra être utilisé en conjonction avec un protocole de routage externe (EGP).

Le champ *Next Hop* identifie le routeur d'origine, mais il permet aussi de forcer une route vers un autre routeur.

3. Exercice : Exercice 1

[Solution n°1 p 15]

Le protocole de routage RIP est un protocole de routage à [] qui implémente l'algorithme de []. La métrique utilisée par ce protocole pour déterminer les chemins est le [] à traverser avant d'atteindre un réseau.

4. Exercice : Exercice 2

[Solution n°2 p 15]

Le format d'un message RIPv1 est composé de combien de bits ?

- ☐ 32 bits
- ☐ 5 mots de 32 bits
- ☐ 192 bits

5. Exercice : Exercice 3

[Solution n°3 p 15]

Parmi les champs suivant, lesquels sont communs à RIPv1 et RIPv2

- ☐ Address Family
- ☐ Authentification
- ☐ Masque de sous réseau
- ☐ Command
- ☐ Metric
- ☐ IP Address

* *

*

Cette activité a permis de présenter le principe de fonctionnement du protocole de routage RIP.

II. Le protocole OSPF (Open Shortest Path First)

Objectifs

Expliquer le principe de fonctionnement du protocole de routage OSPF

Le protocole OSPF est un protocole à état de liens globalement plus efficace que RIP et tend à remplacer ce dernier pour le routage interne.

OSPF utilise l'algorithme de Dijkstra afin d'élire le meilleur chemin de coût cumulé le plus faible sur l'ensemble de ses liens vers une destination donnée.

C'est un protocole ouvert (Open) et défini par l'IETF. (Internet Engineering Task Force)

1. La notion de coût

Supposons qu'on dispose de la topologie ci-dessous. Les coûts spécifiés sont les coûts par défaut et sans unités.

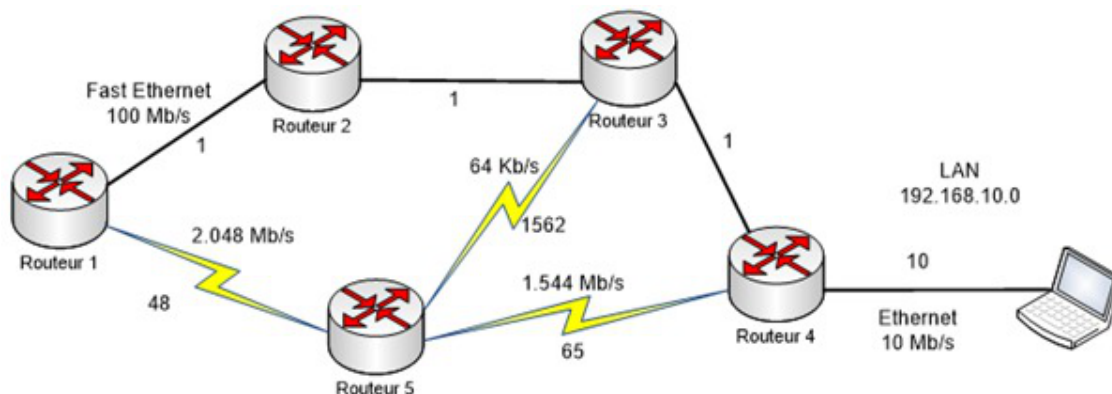


Figure 2 : Exemple de coût sur les liens OSPF

L'idée est d'atteindre le réseau local 192.168.10.0 à partir du routeur 1. Avec RIP, la route la plus courte en nombre de sauts passe par le routeur 5 (Routeur 1 - Routeur 5 - Routeur 4). Si certains liens présentent un débit plus élevé que d'autres, le choix de RIP n'est pas approprié.

Le protocole OSPF attribue un coût à chaque lien afin de privilégier l'élection de certaines routes. Plus le coût est faible, le lien est éligible. Dans notre exemple de topologie de la figure 2, la métrique choisie est le débit. Suivant les coûts associés à chaque lien, la route OSPF passera par le routeur 2, routeur 3, routeur 4 avec un coût total de 13 et un débit minimum de 10 Mb/s sur toute la route donc OSPF privilégie les routes avec un coût faible, supposés rapide en termes de débit.

L'expression de calcul du coût est : $\text{référence} / \text{débit avec référence} = 100 \text{ million}$ correspondant à un débit de 100 Mb/s.

Un protocole OSPF fonctionnera dans un domaine (une zone) et à l'intérieur de cette zone, les routeurs OSPF doivent préalablement remplir différentes tâches (voir les sections suivantes) avant de pouvoir effectuer le travail de routage.

2. Les tâches des routeurs OSPF

2.1. Établissement de la liste des routeurs voisins

Pour établir la liste des voisins, des paquets de données appelés « hello » sont envoyés périodiquement (par défaut toutes les 10 s) sur chaque interface du routeur où le routage dynamique a été activé.

Les paquets « hello » permettent à chaque routeur de s'annoncer auprès de ses voisins et d'intégrer leurs adresses IP dans une base de données.

Ce processus est généralisé à l'ensemble même des routeurs d'une zone donnée, ce qui fait qu'à terme, tous les routeurs de la même zone connaîtrons les adresses IP de tous leurs voisins.

Remarque

Deux routeurs sont dits voisins s'ils ont au moins un lien en commun.

2.2. Élection du routeur désigné

Dans une zone OSPF, il est nécessaire d'élire *un routeur désigné* qui servira de référent pour la base de données topologique (la carte des liens) représentant le réseau. Cette élection répond à trois objectifs :

- Réduire le trafic lié à l'échange d'informations sur l'état des liens. Désormais avec le routeur désigné (le référent), il n'y a plus d'échange entre tous les routeurs mais entre chaque routeur et le référent ;
- Améliorer l'intégrité de la base de données topologique. En effet, cette base de données doit être unique pour tous les routeurs de la même zone ;
- Accélérer la convergence, c'est-à-dire le temps mis pour que les routeurs aient la même table complète et à jour (point faible de RIP)

Par convention, le référent est celui qui a la priorité la plus élevée et cette priorité est spécifiée par l'administrateur.

Remarque

L'élection du référent (routeur désigné) se fait à l'aide d'échange de paquet hello qui contienne l'adresse IP et la valeur de priorité du routeur émetteur.

2.3. Découverte des routes

Pour constituer la base de données topologique, les routeurs doivent communiquer les liens qu'ils connaissent.

- Sur une interface sans référent, les mises à jour OSPF sont envoyées directement au voisin.
- Sur une interface avec référent, les routeurs « non référent » envoient leurs mis à jour au référent en utilisant l'adresse multicast 224.0.0.6
- Le référent relaie les mises à jour à tous les routeurs OSPF en utilisant l'adresse multicast 224.0.0.5

2.4. Sélection des bonnes routes

Chaque routeur possédant la table à jour des liens est capable de calculer au besoin la nouvelle route vers une destination selon l'algorithme de Dijkstra.

2.5. Maintient de la base topologique

Quand un changement survient sur un lien dans le réseau, les routeurs doivent avertir leurs voisins. Ce changement est constaté par un routeur lorsqu'il ne reçoit pas de paquets « hello » pendant une durée de 40 secondes de silence. Un tel lien sera considéré comme inactif (non actif). Le routeur qui a détecté ce changement envoie un paquet contenant l'information du nouvel état du lien au référent qui fera passer le message aux autres routeurs.

3. Format des messages OSPF

3.1. Généralité

OSPF utilise des adresses multicast, 224.0.0.5 pour adresser tous les routeurs d'une zone et 224.0.0.6 pour communiquer avec le routeur désigné. Tous les messages d'OSPF utilisent le même en-tête de 24 octets (figure 3).

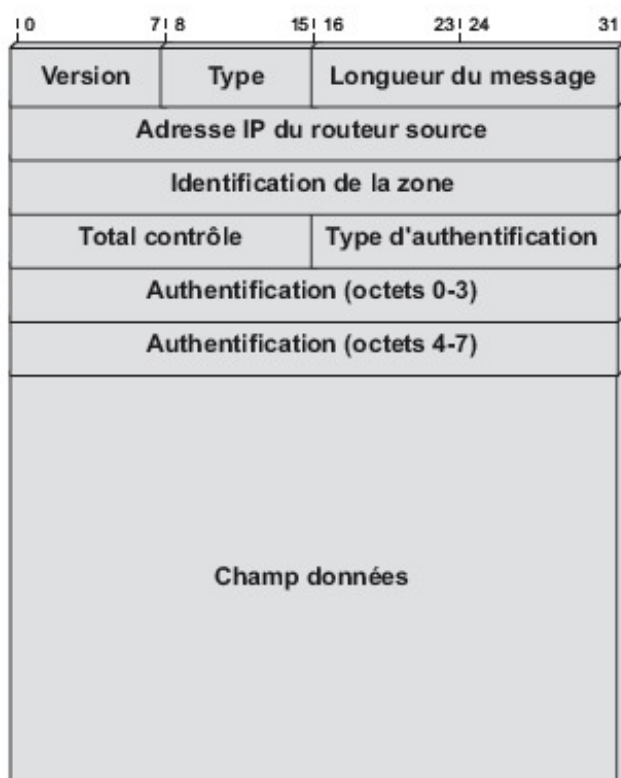


Figure 3 : en-tête message OSPF

Les différents champs sont :

- Version : indique la version courante du protocole. La version actuelle est la 2 ;
- Type, sur un octet précise le contenu du champ Données :
 - Type 1, message Hello pour déterminer le délai ;
 - Type 2, message de description de la base de données (topologie) ;
 - Type 3, requête d'état de la liaison (Link state request) ;
 - Type 4, message de mise à jour de l'état de la liaison (Link state update) ;
 - Type 5, acquittement d'un message d'état de la liaison ;
- Le champ Longueur du message indique en octets la longueur du message en-tête compris ;
- Adresse IP de l'expéditeur du message ;
- Identification de zone, numéro d'identification sur 32 bits de la zone (Area).

- Total de contrôle, calculé de manière similaire au total de contrôle de TCP ;
- Type d'authentification, 0 aucune, 1 mot de passe simple ;
- Authentification, contient un mot de passe en clair sur 8 caractères.

3.2. Fonctionnement OSPF

Pour son fonctionnement OSPF met en œuvre trois sous-protocoles :

- le protocole « Hello » est utilisé entre deux routeurs adjacents pour synchroniser leur base de connaissance ;
- le protocole d'échange permet, lors de l'initialisation d'un routeur, l'acquisition des entrées de sa base de données ;
- le protocole d'inondation est utilisé par un routeur pour signaler la modification de l'état d'un lien qui lui est rattaché.

3.3. Le protocole Hello

Le protocole Hello permet de vérifier la connectivité entre les nœuds, d'élire le routeur désigné et le routeur backup. Un message Hello est envoyé périodiquement (intervalle Hello) pour tester la présence du routeur voisin. En l'absence de réception de message durant une période supérieure à une durée prédéterminée dénommée intervalle de mort, la liaison silencieuse est déclarée inaccessible.

3.4. Le protocole d'échange

Après la découverte de ses voisins, le routeur doit initialiser sa base de données topologiques. À l'aide des différentes informations fournies, il construit les entrées de la table (liste des liens et routeurs responsables de la mise à jour des valeurs d'état ou coût). Ces entrées lui permettront de construire une liste de demandes d'état de liens. Par la suite, les différents champs de la base seront maintenus à jour par le protocole d'inondation.

L'échange peut avoir lieu entre routeurs adjacents ou avec le routeur désigné. Durant cette phase le routeur ayant initialisé l'échange est déclaré maître (Master) et l'autre esclave (Slave).

En cas de collision d'initialisation, c'est le routeur de plus grand identifiant qui est choisi.

3.5. Le protocole d'inondation

À chaque changement d'état d'un lien, le routeur qui en a la charge (routeur annonçant) émet un message d'avertissement d'état d'un lien. Chaque routeur

recevant ce message compare le numéro de séquence des liens qu'il a en mémoire et le numéro de séquence de l'annonce. Si l'annonce est plus récente, il la retransmet sur toutes ses interfaces, sauf celle par laquelle il l'a reçue et acquitte ce message.

4. Exercice : Exercice 1

[Solution n°4 p 15]

Le protocole OSPF est un protocole à [] qui tend à remplacer le protocole [] pour le routage interne. Il utilise l'algorithme de [] afin d'élire le meilleur chemin de coût cumulé le plus [] sur l'ensemble de ses liens vers une destination donnée.

5. Exercice : Exercice 2

[Solution n°5 p 15]

Spécifiez les tâches d'un routeur qui implémente le protocole OSPF

- ☐ Établissement de la liste des routeurs voisins
- ☐ Établissement de la liste des routeurs distants
- ☐ Élection du routeur désigné
- ☐ Découverte des routes
- ☐ Sélection des bonnes routes

6. Exercice : Exercice 3

[Solution n°6 p 16]

Le fonctionnement d'OSPF peut se décomposer en quatre étapes :

- ☐ élection du routeur désigné et de son backup ;
- ☐ synchronisation des données topologiques ;
- ☐ mise à jour des bases de données ;
- ☐ calcul du chemin le plus court.

Conclusion



Cette leçon a permis de présenter les principes des principaux protocoles de routage interne tels que OSPF et RIP.



Solutions des exercices

> Solution n° 1

Exercice p. 7

Le protocole de routage RIP est un protocole de routage à **vecteur de distance** qui implémente l'algorithme de **Bellman-Ford**. La métrique utilisée par ce protocole pour déterminer les chemins est le **nombre de sauts** à traverser avant d'atteindre un réseau.

> Solution n°2

Exercice p. 7

- ☐ 32 bits
- ☒ 5 mots de 32 bits
- ☒ 192 bits

le format est composé de 6 mots de 32 bits soit $6 \times 32 = 192$.

> Solution n°3

Exercice p. 8

- ☒ Address Family
- ☐ Authentification
- ☒ Masque de sous réseau
- ☒ Command
- ☒ Metric
- ☒ IP Address

> Solution n° 4

Exercice p. 12

Le protocole OSPF est un protocole à **état de liens** qui tend à remplacer le protocole **RIP** pour le routage interne. Il utilise l'algorithme de **Dijkstra** afin d'élire le meilleur chemin de coût cumulé le plus **faible** sur l'ensemble de ses liens vers une destination donnée.

> Solution n°5

Exercice p. 13

- ☒ Établissement de la liste des routeurs voisins
- ☐ Établissement de la liste des routeurs distants
- ☒ Élection du routeur désigné
- ☒ Découverte des routes

- ☒ Sélection des bonnes routes

> Solution n°6

Exercice p. 13

- ☒ élection du routeur désigné et de son backup ;
- ☒ synchronisation des données topologiques ;
- ☒ mise à jour des bases de données ;
- ☒ calcul du chemin le plus court.

Bibliographie



Guy Pujolle, Initiation aux Réseaux cours et exercices, Éditions Eyrolles 2001

Guy Pujolle, Initiation aux réseaux cours et exercices, Editions Eyrolles 2001

Andrew Tanenbaum, Réseaux, 4è édition, Nouveaux Horizons, ISBN 978-2-915236-75-0

Jean-Luc Montagnier, Réseaux s'entreprise par la pratique, 2è Editions, Editions Eyrolles, ISBN 2-212-11258-0

Danièle DROMARD, Dominique SERET, Architecture des réseaux Synthèses de cours et exercices corrigés, collection Synthex, ISBN 978-2-7440-7385-4, 2009 Pearson Education France

Claude Servin, RESEAUX & TELECOMS cours et exercices corrigés, 3è édition DUNOD, ISBN 978 2 10 052626 0