



UNIVERSITE DE RENNES 1

OSPF

Routage intra-domaine

Bernard Cousin

Plan

- Présentation de OSPF
- Le protocole OSPF
 - Les aires de routage d'OSPF
 - Les phases d'OSPF
 - Les messages d'OSPF
- Conclusion

OSPF

- Un protocole de routage :
 - Mise à jour des tables de routage des routeurs
- Un **protocole de routage intra-domaine** :
 - "Interior Gateway Protocol"
- Version 2 normalisée par l'IETF
 - Depuis avril 1991 => RFC 2328 (Avril 1998)
- Un protocole de routage de type "**link state**"
- "Open Shortest Path First" (OSPF)
 - Le protocole de routage intra-domaine le plus répandu dans l'Internet
 - Les spécifications d'OSPF sont du domaine public
 - Utilise l'algorithme SPF (algo. de Dijkstra)

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

3

Principaux avantages d'OSPF

- OSPF a été conçu pour gérer de **large réseaux**
 - Peu de contrainte de taille du réseau
 - par ex. celle dû au hop-count
 - Le domaine de routage peut être divisé pour faciliter sa gestion :
 - "Routing area"
 - OSPF est économe en trafic
 - "Designated Router", ou transmission multicast
 - Lorsque la topologie ne change pas
 - De petits messages "hello" pour vérifier la connectivité
 - Un échange global, uniquement toutes les 30 mn
- OSPF propose **plusieurs critères**
 - Gestion de la qualité de service (ToS)
 - Par ex. le délai
- OSPF gère plus finement l'allocation des adresses
 - VLSM ("Variable-length subnet masking")
- OSPF gère l'**équilibre du trafic** entre les routes de même coût
- OSPF peut coopérer avec les EGP
 - Les routes OSPF peuvent être "tagées"
 - Par ex. par le numéro de l'AS de destination de la route

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

4

Principaux inconvénients d'OSPF

- OSPF peut être complexe
 - Il présente de nombreuses options, extensions
 - Qui enrichissent le procédé de type "link state"
- OSPF peut être gourmand en calcul et en mémoire
- Le routage entre 2 aires de routage au sein d'un domaine de routage n'est pas toujours optimal.

Bibliographie

- J. Moy, "OSPF Version 2", Rfc 2328, April 1998
- C. Huitema, "Routing the Internet (partie III)", Prentice Hall, 2000
- "OSPF Design Guide", Cisco.

Les "Areas" d'OSPF

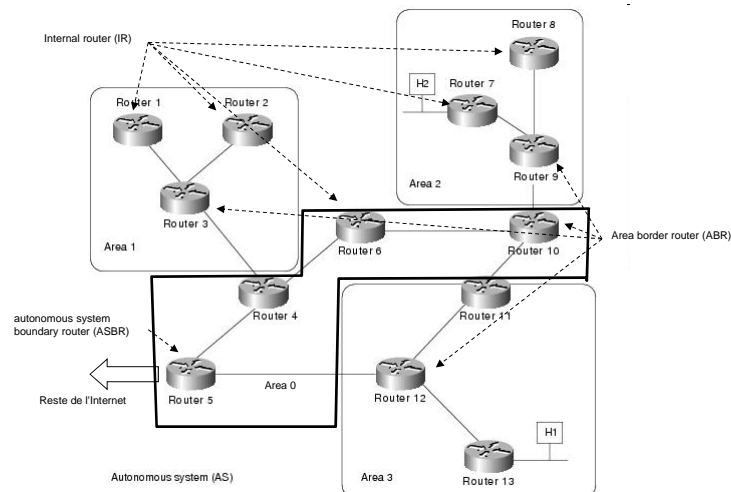
- Le domaine de routage autonome (AS) est partitionné
 - En aires de routage (disjointes)
 - Ce routage hiérarchique
 - Restreint une partie du trafic de routage à l'intérieur des aires
 - Donc réduit le volume total du trafic de routage
- Le "backbone"
 - L'aire de routage 0 est obligatoire
 - L'aire 0 == le "backbone"
- Lorsque un trafic doit être routé entre deux aires
 - Il est d'abord routé vers le routeur du "backbone" dans l'aire de l'émetteur
 - Puis au sein du "backbone" vers le routeur de l'aire de destination
 - Et enfin vers le destinataire dans l'aire de destination.
 - La route suivie n'est pas toujours optimale
- Une aire de routage OSPF n'a pas besoin d'être connexe
 - Une connectivité est recrée par des liaisons virtuelles

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

7

"OSPF areas"



1 octobre 2013

Open Shortest Path First

8

Les liaisons d'OSPF

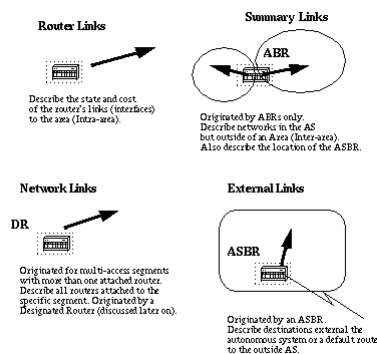
- OSPF définit différents **types de liaison** OSPF
 - (c.-à-d. par exemple une liaison de type réseaux locaux).
- Point à point
 - Par ex. une liaison série
- Multipoint
 - Par ex. Ethernet ou Token Ring
- Multipoint sans diffusion
 - Par ex. réseaux Frame Relay ou X.25
- Mais aussi
 - Les liaisons virtuelles entre deux parties d'une aire
 - "Summary links" issus des ABR
 - "External links" issus des ASBR

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

9

Les liaisons d'OSPF



1 octobre 2013

Open Shortest Path First

10

" Designated Router "

- "Designated Router" (DR)
 - Un seul routeur est responsable de chaque liaison OSPF
 - Le DR seul envoie les informations concernant le lien
 - Cela évite d'établir N^2 relations entre routeurs voisins et d'envoyer de manière multiples la même information
 - Un processus d'élection
 - Élit le DR
 - Et un BDR ("Backup DR")
 - Qui surveille le DR et prend sa place s'il s'absente
 - Une priorité peut être utilisée par l'administrateur pour influencer l'élection
 - 0 = le routeur ne sera jamais un DR
 - Le routeur avec la plus haute priorité devient DR

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

11

Principe de fonctionnement d'OSPF

- Trois phases:
 - Phase de contrôle de la connectivité
 - "Hello" message
 - Phase de diffusion de l'état des liaisons
 - Constitution de la base de données des liaisons OSPF
 - Produit la topologie du réseau
 - Link state advertisement message" (LSA)
 - Phase de calcul de routes
 - Le "next hop" pour chaque destination de la table de routage
 - Algorithme de choix des routes
 - le "plus court chemin d'abord"
 - Calcul interne à chaque routeur

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

12

Le coût OSPF

- Coût = 10^8 bit/s / Débit
- IOS interface command : **ip ospf cost <value>**

Contrôle de la connexité

- Le protocole "Hello"
 - Tous les routeurs envoient sur chacune de leur interface un paquet Hello, toutes les 10 s
 - Les routeurs OSPF voisins en déduisent la présence du routeur et le bon fonctionnement de la liaison
 - Si après 40 s un routeur OSPF n'a pas reçu d'un de ses routeurs OSPF voisins un paquet Hello
 - Il en déduit l'absence du routeur et l'interruption de la liaison (si c'est le cas, pour tous les routeurs partageant la liaison)
 - Les valeurs des temporisateurs peuvent être modifiées
- De nombreux autres protocoles utilisent le même protocole Hello (ou similaire)
 - Par ex. BGP

"Link State Advertisement"

- "Link State Advertisement" (LSA)
 - Le nom d'un enregistrement de la BD de routage d'OSPF !
 - Chaque LSA concerne une liaison (un objet) OSPF
 - Un LSA est émis
 - Lorsque l'état de sa liaison change
 - "up"=> "down" ou "down"=> "up"
 - Ou bien après 30 mn sans changement
- Les paquets de routage OSPF
 - Contiennent un ou plusieurs LSA
 - Emis à un débit contrôlé
 - <5% du débit de la liaison

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

15

Shortest Path First

- Algorithme de Dijkstra (1959)
 - Sa complexité : $O(|V|^2+|E|)$, avec V : nombre de noeuds et E : nombre de liens
 - La variante d'OSPF conserve tous (6) les chemins les plus courts ayant un coût égal

```
1 function Dijkstra(Graph, source):
2   for each vertex v in Graph:           // Initializations
3     dist[v] := infinity                 // Unknown distance function from source to v
4     previous[v] := undefined           // Previous node in optimal path from source
5   dist[source] := 0                     // Distance from source to source
6   Q := the set of all nodes in Graph   // All nodes in the graph are unoptimized -
  thus are in Q
7   while Q is not empty:                // The main loop
8     u := node in Q with smallest dist[]
9     remove u from Q
10    for each neighbor v of u:           // where v has not yet been removed from Q.
11      alt := dist[u] + dist_between(u, v)
12      if alt < dist[v]                  // Relax (u,v)
13        dist[v] := alt
14        previous[v] := u
15  return previous[]
```

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

16

Shortest Path First

1. Create a distance list, a previous vertex list, a visited list, and a current vertex.
 1. Current vertex is set as the starting vertex.
 2. All the values in the distance list are set to infinity except the starting vertex which is set to zero.
 3. All values in the previous list are set to a special value signifying that they are undefined, such as [null](#).
 4. All values in visited list are set to false.
2. Mark the current vertex as visited.
3. Update distance and previous lists based on those vertices which can be immediately reached from the current vertex.
4. Update the current vertex to the unvisited vertex that can be reached by the shortest path from the starting vertex.
5. Repeat (from step 3) until all nodes are visited.

Limites des temporisateurs d'OSPF

- Une liaison dont l'état alterne (le "flapping") à un rythme inférieur à une trentaine de secondes n'est pas détectée
- Une liaison dans l'état "down pendant plus d'une heure disparaît de la BdR

Protocole OSPF

- OSPF directement au-dessus de IP
 - "Protocol number" = 89
 - Adresses Multicast
 - 224.0.0.5 : tous les routeurs OSPF
 - 224.0.0.6 : tous les DR OSPF
 - Authentification des messages OSPF
 - MD5
- Attention !
 - L'élément de transport d'OSPF : le paquet OSPF
 - L'élément de la BdD de routage d'OSPF : le LSA

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

19

Les paquets OSPF

Field length, n bytes	1	1	2	4	4	2	2	8	Variable
	Version number	Type	Packet length	Router ID	Area ID	Check-sum	Authentification type	Authentication	Data

- **Type**—Identifie le paquet OSPF :
 - **Hello**—établie et maintient la relation de voisinage.
 - **Database description**—décrit le contenu de la base de données topologique. Echangé lors de l'initialisation.
 - **Link-state request**—demande une partie de la base de données topologiques aux routeurs voisins quand on apprend qu'elle n'est plus à jour (suite à un paquet "database description").
 - **Link-state update**—réponse à un paquet de type "link-state request".
 - **Link-state acknowledgment**—acquiesce un paquet "link-state update".

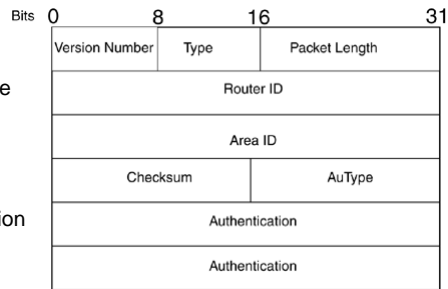
1 octobre 2013

Open Shortest Path First

20

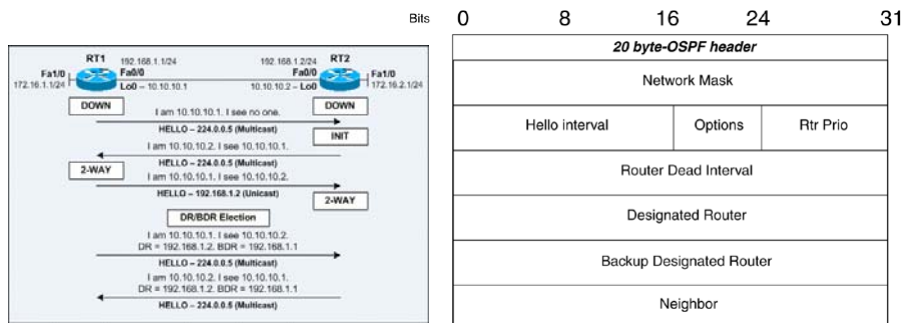
Format de l'entête du paquet OSPF

- L'entête OSPF:
 - Version Number = 2,
 - Type = {1: hello, 2: DB desc, 3: LS req, 4: LS Update, 5: LS Ack}
 - Router_ID = 32 bits identifiant le routeur
 - Area_ID = 32 bits identifiant l'aire de routage
 - Checksum = Fletcher's checksum
 - AuType = {0 (rien), 1 (en clair), 2 (MD5)}
 - Le contenu du champ Authentification dépend de l'AuType
- Le corps du paquet OSPF suit l'entête OSPF
 - son contenu dépend du champ Type



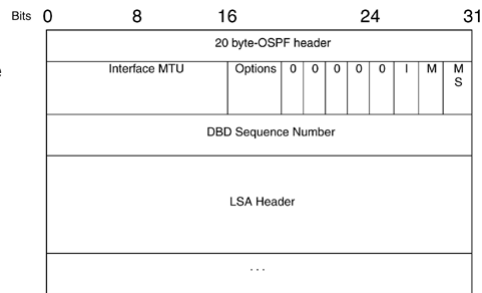
Format du paquet Hello

- Paquet Hello
 - Découverte des voisins, de leur capacité et élection du DR (et du BDR)
 - Hello interval = 10 s, par défaut
 - Options = {MC (Multicast capability), T (ToS capability), etc.}
 - RTR Prio = utilisé pour sélectionné le DR
 - Router Dead Interval = 4xHello-interval, par défaut



Format du paquet DD

- Décrit la base de données des routes :
 - Une liste d'entêtes de LSA des LSA disponibles
 - "LSA-1 Header, LSA-2 Header "
- La BdD peut être grande
 - Il peut être nécessaire de transmettre plusieurs paquets DD
 - Le bit initial (I-bit) indique le premier paquet DD
 - Le bit More (M-bit) indique que ce n'est pas le dernier paquet DD
 - Les paquets DD échangés sont numérotés et acquités
 - Le bit Master/Slave (MS-bit) indique que le routeur veut devenir le maître qui détermine le DB Sequence Number (le routeur de plus grand ID gagne)



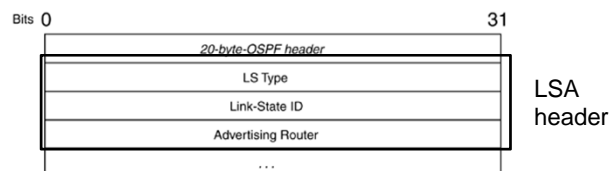
1 octobre 2013

Open Shortest Path First

23

Format de paquet LS Request

- Demande la transmission de certains LSA
 - Une liste d'entêtes de LSA
 - Chaque entête de LSA = <LSA Type, LS ID, advertising router,...>



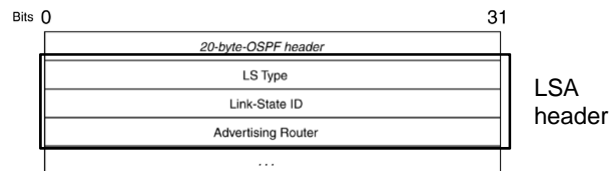
1 octobre 2013

Open Shortest Path First

24

Format du paquet LS Update

- Contient un ou plusieurs LSA

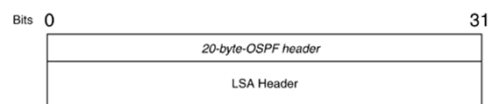


1 octobre 2013

Open Shortest Path First

Format du paquet LS Acknowledgment

- Confirme la bonne réception des LSA
 - Une liste d'entêtes de LSA



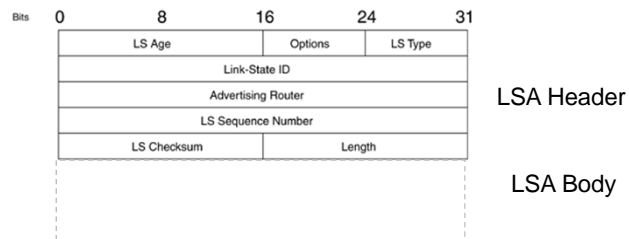
1 octobre 2013

Open Shortest Path First

26

Format général d'un LSA

- LS Age : age du LSA (s). L'age maximum est de 3600 secondes, alors le LSA est détruit
- LS Type = {1 : Router Link, 2 : Network Link, 3-5 : Summary Link, External Link}
- Link-State ID : identifie le lien
- Advertising Router : identifie le routeur qui a généré le LSA
- LS Sequence Number : permet de détecter les doublons de LSA
- LS Checksum : Fletcher's checksum du LSA (sans LS Age)



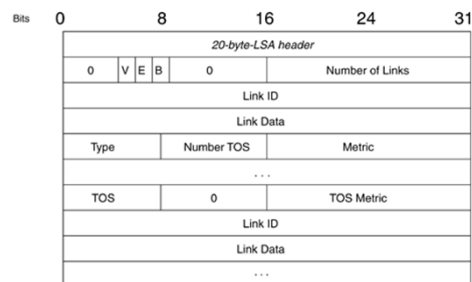
1 octobre 2013

Open Shortest Path First

27

Format d'un LSA de type Router

- Le type du routeur
 - E : ASBR
 - B : ABR
 - V : end of virtual link
- Le nombre de liens du routeur
- Puis la liste des liens du routeur
 - Chaque lien est identifié
 - Caractérisé (cf. champ Type)
 - Et pour chaque ToS,
 - on donne le coût du lien



Type	Description	Link ID	Link Data
1	Point-to-point	Neighbor's router ID	Interface IP address
2	Transit	IP address of the DR	Interface IP address
3	Stub	IP network number	Subnet mask
4	Virtual link	Neighbor's router ID	Interface IP address

1 octobre 2013

Open Shortest Path First

28

Conclusion

- OSPF
 - Protocole de routage inter domaine
 - OSPF => "Link state" + "O...SPF" + "routing areas"
 - Le protocole recommandé
 - Cloné par IS-IS

- Extensions d'OSPF
 - OSPF-TE (rfc 3630)
 - Multicast OSPF (rfc 1584)
 - OSPF pour MPLS (rfc 4203)