

Notions de Routage IP

Les Protocoles

cours@urec.cnrs.fr

Routage IP: Protocoles

- **1994: création Bernard Tuy**
- **Modifications**
 - 1995 Bernard Tuy
 - 1997 Bernard Tuy
 - 1998 Bernard Tuy

Plan

- **Les protocoles de Routage IP**
 - Généralités
 - RIP (2)
 - IGRP
 - OSPF
 - EGP (2)
 - BGP
 - CIDR
- **Evolutions**
 - IPv6 et les protocoles de routage

Rappels

- **Equipement de routage :**
 - équipement connecté à 2 réseaux au moins (ou 2 sous-réseaux)
- **Routage basé sur l'@IP du destinataire**
 - Un routeur ne connaît que l'@IP du prochain routeur (next hop)
 - remise directe (stations sur le même segment physique) : **ARP**
 - ARP @IP_destination
 - ou par l'intermédiaire d'un (plusieurs routeurs) : **proxy ARP**
 - ARP @IP_NextHop
- **La Table de routage**
 - chaque équipement de routage possède une table de routage
 - unicast (et éventuellement multicast)

Rappels (2)

- **Routage statique :**
 - `route add | delete @IP_destination @IP_router metric`
 - `route default @IP_destination metric`

 - `ip route @IP_destination netmask @IP_routeur`
- **Routage dynamique :**
 - échange périodique des tables de routage
 - mise à jour automatique de la table de routage

Les Protocoles de Routage IP

- **Pourquoi utiliser un protocole de routage ?**
=> pallier les inconvénients du routage statique :
 - boucles de routage, routages asymétriques
 - "trous noirs", routages aberrants ...
- **Routage au sein d'un Autonomous System (AS)**
 - Interior Protocol
 - => RIP, OSPF, IGRP ...
- **Routage entre deux AS**
 - Exterior Protocol
 - => EGP, BGP ...

Classification des Protocoles de Routage

- Interior / Exterior
- Distance Vector / Link State

Distance Vector Protocols

- Algorithm de Bellman-Ford :
 - Chaque routeur diffuse à tous ses voisins :
 - la liste des réseaux (destinations) qu'il sait atteindre,
 - le nombre de sauts à effectuer
 - l'@IP du routeur à utiliser,
 - A réception de ces informations :
 - chaque routeur met à jour sa table de routage

Distance Vector Protocols (2)

- **Avantage :**
 - C'est simple !
 - et interopérable

- **Inconvénients :**
 - Convergence peut être longue dans un réseau de grande dimension
 - calcul des routes réparti entre tous les routeurs
 - la notion de distance ne peut rendre compte de tout ...

 - le volume des informations échangées est directement proportionnel aux nombres de réseaux

Link State Protocols

- Chaque routeur :
- Surveille activement l'état de toutes ses liaisons

 - diffuse cet état à tous les autres routeurs

 - Construit à partir de ces informations une carte topologique complète du réseau

 - Calcule les routes de plus court chemin
 - Algorithme de Dijkstra

Link State Protocols (2)

- **Avantages :**
 - Chaque routeur calcule indépendamment la carte du réseau
 - le volume des informations échangées ne dépend pas du nombre de réseaux
- **Inconvénients :**
 - Le calcul peut être très complexe.

Distance Vector Interior Protocols *R.I.P et ses évolutions*

- **Routing Information Protocol (RIP)**
 - cf le cours de la première partie
 - RFC 1058
 - a servi de base pour de nombreux autres protocoles
 - AppleTalk, Novel / IPX, Banyan Vines ...
 - messages UDP sur le port 520
 - broadcasts toutes les 30 secondes
- **RIP v 2**
 - RFC 1387 et RFC 1388
 - permet le routage des sous-réseaux (véhicule le netmask)
 - identifie les routes externes utilisées par un EGP
 - interopère "raisonnablement" avec RIP v 1
 - diffusion multicast (224.0.0.9) plutôt que broadcast
 - authentification

Distance Vector Interior Protocols (2) I.G.R.P

- Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)
 - Propriétaire Cisco
 - Broadcasts de mise à jour toutes les 90 secondes
 - mesures de protection contre les boucles de routage
 - routage des sous-réseaux
 - routage multi-chemins (secours + load balancing)
 - la table de routage peut avoir plus d'un chemin pour atteindre une même destination
 - chaque chemin = @_prochain_routeur, N°_interface
 - avantages :
 - secours automatique si un chemin devient indisponible
 - partage du trafic entre les chemins de métriques voisines
 - gestion des routes par défaut (candidates)

Distance Vector Interior Protocols (2) I.G.R.P

- La métrique composite d'IGRP
 - la métrique tient compte de :
 - la bande passante (B)
 - le délai de propagation (D)
 - la charge de la liaison (C)
 - et sa fiabilité (F)
 - => B et D sont des caractéristiques statiques de la liaison
 - => C et F sont des variables dynamiques calculées par le routeur.
- avantages :
 - affiner le routage en fonction des besoins, des coûts des ressources, de la redondance ...
 - en faisant varier les composantes de la métrique.
- Evolution :
 - Extended IGRP (E-IGRP)

Link State Interior Protocols O.S.P.F

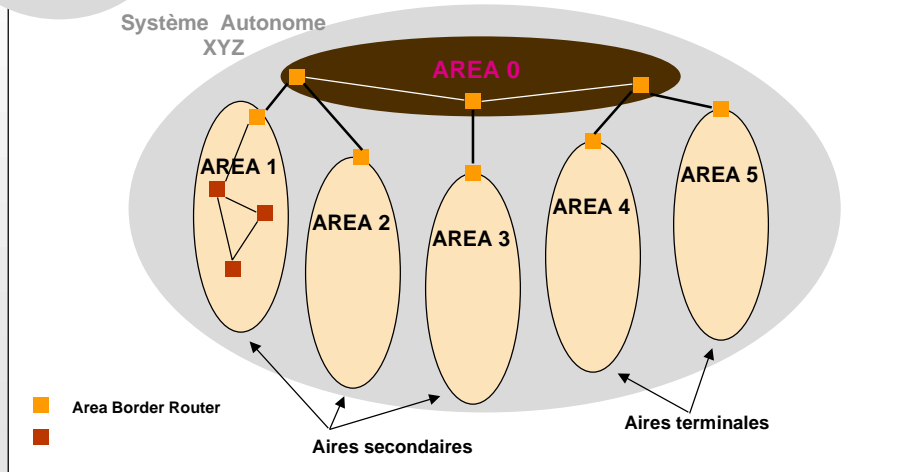
- **Open Shortest Path First (OSPF)**
 - RFC 1583
 - Implante l'algorithme SPF de Dijkstra
 - Le routage est hiérarchisé pour simplifier le calcul des routes :
 - le Système Autonome (AS) est découpé en AREA
 - une Area est un ensemble de réseaux contigus
 - chaque AREA se comporte comme un réseau indépendant
 - elle ne connaît que l'état des liaisons internes à l'AREA

 - Deux niveaux de routage :
 - intra Area
 - inter Area

O.S.P.F : les Aires (Area)

- **On distingue 3 classes d'Aires :**
 - **l'Aire backbone (Area 0)**
 - chemin obligatoire pour passer d'une aire à l'autre
 - **les Aires secondaires**
 - Tous les noeuds de routage ont une vue complète de la carte du réseau
 - ils calculent localement la meilleure route entre une source et une destination.
 - **les Aires terminales (stub area)**
 - même comportement que les aires secondaires
 - sauf : ne mémorisent pas les informations sur les routes externes
 - Toutes les routes externes sont récapitulées dans une route par défaut

O.S.P.F : les Aires



O.S.P.F (2)

○ OSPF

- Calcule des coûts en guise de métriques
- Sait router les sous-réseaux,
- par types de service,
- permet le load balancing

- Inclut un système d'authentification des messages échangés

- Envoie un LSA (Link state Announcement)
 - quand l'état d'une ligne change
 - ou toutes les 30 minutes.

Exterior Protocols E.G.P (RFC 904 et 911)

- Exterior Gateway Protocol (EGP)

- cf cours 1 ère partie
- échanges entre routeurs déclarés comme "pairs" (peers)
- situés sur un même réseau : réseau source

=> tout le trafic entre 2 AS passe par le même chemin physique

EGP ne doit pas donner d'information sur des réseaux situés en dehors de son AS

Exterior Protocols (2) B.G.P (RFC 1105 ...)

- Border Gateway Protocol (BGP)

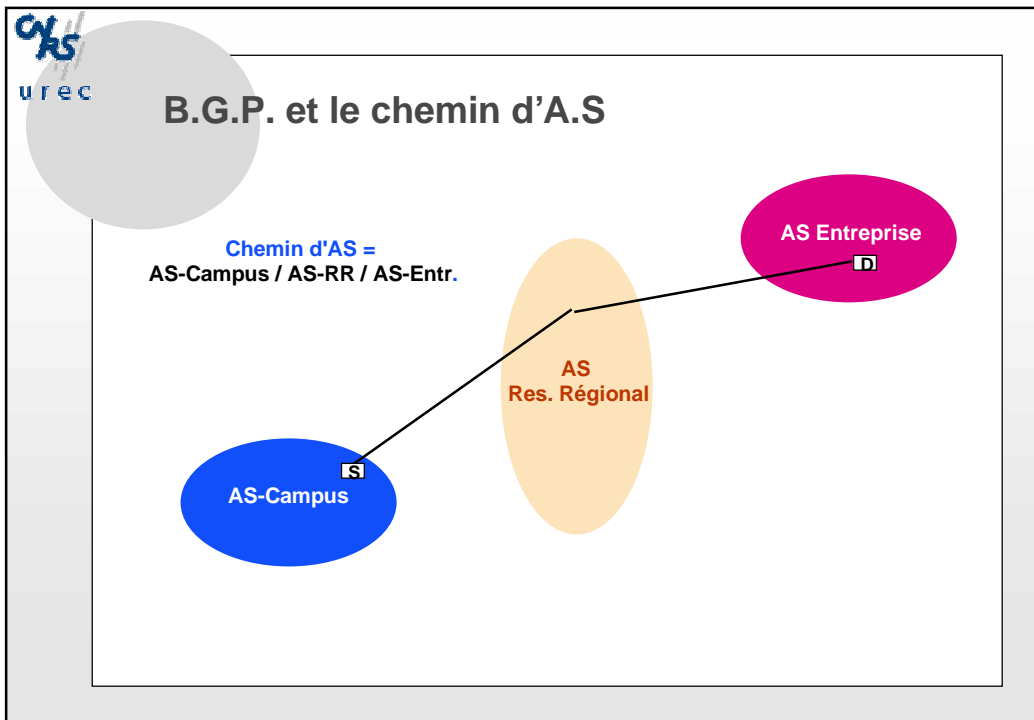
- RFC 1105, BGP-1
- RFC 1163, BGP-2
- RFC 1267, BGP-3

Ni vraiment distance vector ni vraiment link state

- transmet le "chemin d'AS" entre la source et la destination
 - détection simple et efficace des boucles

- Adapté à des topologie complexes (maillées)

- Echange des informations de routage par une connexion TCP (port 179)
- inclut un système d'authentification des messages échangés
- Peut aussi être utilisé comme protocole de routage interne (I-BGP)



urec

B.G.P (2)

- **Avantages :**
 - Convergence rapide
 - Mises à jour incrémentales = gain de BW et de CPU
 - Cohérence des métriques entre routages interne et externe
- **BGP est LE protocole de routage externe moderne**
 - version 4 : RFC 1654 et RFC 1655

C.I.D.R

- **Classless Inter Domain Routing (CIDR)**
pourquoi faire ?
- **2 problèmes à résoudre :**
 - => **épuisement des adresses réseau de classe B (16.384)**
(# 50% alloués dès 1992, l'épuisement était planifié pour 1994)
 - **pallié par allocation de réseaux de classe C**
> 2 millions de réseaux de classe C
 - => **explosion de la taille des tables de routage ...**
NSFnet, janvier 1993 : 9000 réseaux connectés
janvier 1994 : 21400
... et de la mémoire des routeurs

C.I.D.R (2)

- **Solutions à court terme :**
 - **"découper" les réseaux de classe A**
 - en utilisant la technique des masques (*subnet mask*) .
 - 1 réseau de classe A permet d'adresser > 16 millions de *hosts*
 - => **allocation de réseaux sans classe (classless)**
 - **agréger les tables de routage :**
 - => **allouer aux "utilisateurs" des réseaux de classe C contigus**
des réseaux contigus ont les mêmes bits de poids fort :
ils ont même préfixe
 - => **grouper les préfixes par région, prestataires ...**
 - => **router les préfixes des supernets (ou agrégats)**
une seule entrée par agrégat dans la table de routage suffit

C.I.D.R (3) : exemple

- 193.127.32.0 \Leftrightarrow 193.127.32.0 255.255.255.0
 \Leftrightarrow 193.127.32.0 / 24
 - 193.127.33.0 \Leftrightarrow 193.127.33.0 255.255.255.0
 \Leftrightarrow 193.127.33.0 / 24
 - les 2 réseaux explicites 193.127.32.0 et 193.127.33.0
sont agrégés en 193.127.32.0 255.255.254.0
 - l'agrégat est noté : 193.127.32.0 / 23
il désigne le couple préfixe / nb bits masque
- dans la table de routage, il représente les 2 réseaux
193.127.32.0 et 193.127.33.0

CIDR : exemple (suite)

- 32 \Rightarrow 0010 0000 netmask 254 \Rightarrow 1111 1110 (7 bits)
- 33 \Rightarrow 0010 0001 le dernier bit peut donc être 0 ou 1

\Rightarrow la suite de "1" du netmask doit être continue

ainsi 253 (1111 1101) et 250 (1111 1010) ne sont pas adéquats,
mais 252 (1111 1100) et 248 (1111 1000) conviennent

C.I.D.R (4)

○ Correspondance Netmask / nombre de réseaux de l'agrégat :

- 255 => / 24 R = 1
- 254 => / 23 R = 2
- 252 => / 22 R = 4
- 248 => / 21 R = 8
- 240 => / 20 R = 16
- ...

$$R = (255 - \text{netmask}) + 1$$

CIDR et BGP-4

• Implantation de CIDR :

Ce nouveau découpage -sans classe, classless- des réseaux et l'agrégation des tables de routage
=> une nouvelle version de Border Gateway Protocol
BGP-4 (RFC 1654 et RFC 1655)

CIDR et BGP-4 (2)

- Quelques remarques en guise de conclusion :
 - pour que l'agrégation des tables de routage soit "efficace"
 - => il faut qu'elle soit utilisée par tous les prestataires de connectivité IP qui échangent des informations de routage entre eux.
 - dès qu'un prestataire utilise l'option d'agrégation de BGP4
 - => tous ceux qui échangent des informations de routage avec lui vont devoir faire de même
 - ... et inversement
 - l'agrégation sans "trou" versus l'agrégation de gros blocs
 - Que se passe t-il quand un "utilisateur" change de prestataire de service (renumérotation ...?)
 - la technique d'agrégation des réseaux dans les tables de routage a permis de gagner une année, dans le processus d'inflation ...

I.P version 6

- Solution à long terme :
 - **IPv6 ou IP Next Generation**
 - permet un adressage hiérarchique sur 16 octets (128 bits)
 - => une meilleure agrégation des tables de routage
 - de nombreuses fonctionnalités seront ajoutées aux protocoles de routage (sécurité, multicast ...)
 - **les protocoles en cours de développement / tests :**
 - RIPv6, (RIPng)
 - OSPFv6
 - BGP 4+ (ou BGP 5?)