

## PRINCIPES DU ROUTAGE IP

IP ROUTING PRINCIPALS

[securIT@free.fr](mailto:securIT@free.fr)

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr> |

Slide n°1

## TABLE DES MATIERES

- PLAN
  - PROBLEMATIQUES
  - PRINCIPES DU ROUTAGE IP
  - PROTOCOLES DE ROUTAGE IP
  - ROUTAGE IP STATIQUE
  - ROUTAGE IP DYNAMIQUE
    - DISTANT VECTOR vs LINK STATE
    - ROUTAGE INTER/INTRA DOMAINES
    - ROUTAGE INTRA DOMAINE : RIP
    - ROUTAGE INTRA DOMAINE : OSPF
    - ROUTAGE INTER DOMAINES : BGP
    - EVOLUTIONS : CIDR
    - EVOLUTIONS : IPv6
  - CONCLUSIONS

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr> |

Slide n°2

## PROBLEMATIQUES (1)

- Qu'est ce que le routage ?
  - Processus par lequel un élément (courrier, appels téléphoniques, trains ...) va être acheminé d'un endroit à un autre.
  - Un élément faisant du routage doit connaître :
    - La destination,
    - De quelle source il peut apprendre les chemins d'accès à la destination voulue,
    - Les itinéraires possibles pour atteindre la destination,
    - Le(s) meilleur(s) itinéraire(s) pour atteindre la destination,
    - Un moyen d'actualiser les itinéraires.

## PROBLEMATIQUES (2)

- Pourquoi faire du routage sur un réseau ?
  - Un équipement sur un réseau local
    - Peut atteindre directement les machines sur le même segment sans routage (ARP),
    - Ne peut pas atteindre les équipements sur un autre réseau (ou sous-réseau) sans un intermédiaire.
- Qui doit faire du routage sur un réseau ?
  - Équipement connecté à 2 réseaux ou sous-réseaux au moins
    - Station de travail avec 2 interfaces réseau au moins
    - Routeur (CISCO, BayNetworks, Xyplex, ACC ...)

## PRINCIPES DU ROUTAGE IP

Routing IP basé uniquement sur l'adresse du destinataire

- Chaque équipement du réseau sait atteindre un équipement d'un autre réseau, s'il existe au moins un équipement de routage pour acheminer les paquets à l'extérieur du réseau local.
- Les informations de routage sont mémorisées dans la table de routage des équipements.
  - Cette table doit être périodiquement mise à jour
    - Manuellement : routage STATIQUE
    - Automatiquement : routage DYNAMIQUE
  - Accès à la table de routage
    - D'une station (UNIX, NT) : `netstat -r[n]`
    - D'un routeur (CISCO) : `show ip route [sum]`

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr> |

Slide n°5

## PROTOCOLES DE ROUTAGE IP

- Types de routage
  - Statique
    - Stations
      - `route add|delete @IP_destination @IP_router metric`
      - `route default @IP_destination metric`
    - Routeurs
      - `ip route @IP_destination netmask @IP_router metric`
  - Dynamique
    - Échange périodique des tables de routage
    - Mise à jour automatique des tables de routage
    - Classification des protocoles de routage (dynamiques)
      - Protocoles de routage
        - » INTERNE
        - » EXTERNE
      - Protocoles de routage
        - » A VECTEUR DISTANT (DISTANT VECTOR)
        - » A ETAT DE LIEN

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr> |

Slide n°6

## ROUTAGE IP STATIQUE

- ICMP (Internet Control Message Protocol) redirect
  - Le routage statique n'est pas complètement statique.
  - ICMP redirect évite la mise à jour manuelle lorsqu'on ajoute un routeur au réseau.
- Problèmes du routage statique
  - Mise à jour manuelle de tous les équipements du réseau
  - Une station ne peut atteindre que les réseaux qu'on lui indique par la commande `route`
  - Boucles de routage, routages asymétriques
  - Routages aberrants ...
- Recommandations générales
  - Stations => Routage statique
  - Routeurs => Routage dynamique

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr> |

Slide n°7

## ROUTAGE IP DYNAMIQUE (1)

- Principes :
  - Diffusion périodique sur le réseau des informations de routage
  - Les équipements de routage
    - Échangent leurs informations de routage
    - Mettent à jour leur table de routage
- Distant Vector vs Link State
  - Distant Vector : ancien, petits réseaux
    - IP/IPX RIP, AppleTalk RTMP, IGRP
  - Link State : plus récent, grands réseaux
    - IP OSPF, IPX NLSP, IS-IS
- Protocoles intra / extra domaines
  - Intra-domaines (interior): RIP II, IGRP, OSPF, EIGRP, IS-IS (monde OSI)
  - Inter-domaines (exterior) : EGP, BGP, IDRP (monde OSI)

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr> |

Slide n°8

## ROUTAGE IP DYNAMIQUE (2)

- PONT
  - Spanning Tree
  - Source Routing Bridging
  - Source Route Transparent
- OSI
  - IS-IS
  - ES-ES
  - Connection Less Network Protocol
- TCP/IP
  - RIP, RIP II
  - OSPF
  - EGP, BGP 4
  - IGRP/EIGRP

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr>

Slide n°9

## DISTANT VECTOR vs LINK STATE (1)

- Identification des voisins
  - DISTANT VECTOR
    - Pas de moyen formel pour s'assurer de la présence d'un voisin
    - Détecte un voisin indisponible seulement lorsque ce voisin n'envoie pas la mise à jour de sa table de routage au cours d'un intervalle prédéfini (typiquement 10 à 90 secondes)
  - LINK STATE
    - Connexion formelle (état de lien) utilisant HELLO PROTOCOL
    - Détecte un voisin indisponible quand un message HELLO n'est pas reçu au cours d'un intervalle de mise à jour prédéfini (typiquement 10 secondes)

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr>

Slide n°10

## DISTANT VECTOR vs LINK STATE (2)

### ■ Découverte des chemins d'accès

#### – DISTANT VECTOR

- Chaque routeur crée une table de routage qui recense les réseaux qui lui sont directement connectés et envoie cette table aux routeurs qui lui sont directement connectés (en suivant l'algorithme de l'horizon coupé)
- Le routeur voisin incorpore toutes les tables de routage reçues à sa propre table (en mettant à jour les métriques associées aux routes) et envoie sa table mise à jour à tous ses voisins

#### – LINK STATE

- Chaque routeur crée une table d'état de liens recensant l'ensemble du réseau
- Chaque routeur inonde le réseau d'informations à propos des liens qu'il connaît (paquet de mise à jour)
- Chaque routeur reçoit des paquets de mise à jour, les copie et les transmet à un voisin (de proche en proche)

## DISTANT VECTOR vs LINK STATE (3)

### ■ Choix du meilleur chemin

#### – DISTANT VECTOR

- Métrique de base : on compte le nombre de routeurs (hops) sur les différents chemins jusqu'à destination (max. 15)
- Le chemin avec la plus faible métrique est désigné meilleur chemin (best path)
- Algorithme de Bellman-Ford pour déterminer le plus court chemin
- Redondance, répartition du trafic : coexistence dans la table de routage de routes avec la même métrique

#### – LINK STATE

- Métrique basée sur une valeur numérique (cost) fixée en fonction de la bande passante
- Le chemin avec le coût le plus faible est désigné meilleur chemin
- Algorithme du Shortest Path First pour le plus court chemin
- Redondance également

## DISTANT VECTOR vs LINK STATE (4)

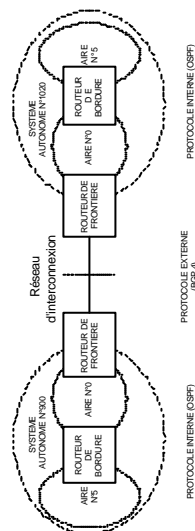
### ■ Mise à jour des routes

- DISTANT VECTOR
  - Quand un routeur prend connaissance d'une modification dans le réseau, il met à jour sa table de routage et l'envoie à ses voisins
  - Les voisins incorporent la table reçue à leur propre table, exécute l'algorithme de Bellman-Ford et renvoie leur table modifiée
  - Ce procédé se poursuit jusqu'à convergence de chacun des routeurs
  - S'il n'y a pas de changement sur le réseau durant un certain intervalle (habituellement 60 sec.), chaque routeur envoie sa table à ses voisins
- LINK STATE
  - Quand un routeur prend connaissance d'une modification dans le réseau, il met à jour sa table d'état de liens et envoie une mise à jour à tous les routeurs concernant uniquement le lien modifié
  - Chaque routeur reçoit la mise à jour et l'intègre dans sa table
  - Les routeurs exécutent SPF pour sélectionner les meilleures routes
  - Mises à jour périodiques pour les routes non modifiées (30min. à 2h.)

## ROUTAGE INTER/INTRA DOMAINES

### ■ Autonomous System (AS)

- « Ensemble de réseaux et de routeurs sous une administration commune »
  - Toutes les parties d'un AS doivent être connexes
  - Numéros d'AS (16 bits) délivrés par l'IANA (Renater AS 1717)
- Au sein d'un même AS
  - Interior Protocols : RIP, RIP II, OSPF, IGRP ...
  - Détermine dynamiquement la meilleure route vers chaque (sous) réseau
- Interconnexion d'AS
  - Exterior Protocols (Interdomain Routing Protocols) : EGP, BGP4



## ROUTAGE INTRA DOMAINE : RIP

- RIP : Distant Vector Interior Protocol
  - RFC 1058
  - Message RIP contenu dans un datagramme UDP (port 520)
  - Daemon **routed** ou **gates** sous Unix
  - Limité à 15 routeurs
- Extensions de RIP
  - CISCO : Interior Gateway Routing Protocol
    - Plus de limites à 15 nœuds, plusieurs chemins possibles
    - Meilleure mise à jour des tables de routage
    - Moins de charge sur le réseau (HELLO = 90 sec)
  - RIP-2 (jan 1993)
    - Prise en compte des netmasks
    - Possibilité d'authentification des routeurs
    - Utilisation d'une adresse de multicast (224.0.0.9)

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr>

Slide n°15

## ROUTAGE INTRA DOMAINE : OSPF (1)

- OSPF : Link State Interior Protocol
  - RFC 1583, au dessus d'IP (proto = 89)
  - Implante l'algorithme SPF de Dijkstra
  - Routage hiérarchisé pour simplifier le calcul des routes
    - Système Autonome découpé en Aires
    - Chaque aire se comporte comme un réseau indépendant
    - Elle ne connaît que l'état des liaisons internes à l'aire
  - Deux niveaux de routage
    - Intra Area
    - Inter Area
  - Nombre illimité de routeurs, système d'authentification
  - Meilleur que RIP mais
    - Demande des routeurs puissants
    - Plus difficile à configurer

Protocoles de routage  
IP

<http://securit.free.fr>

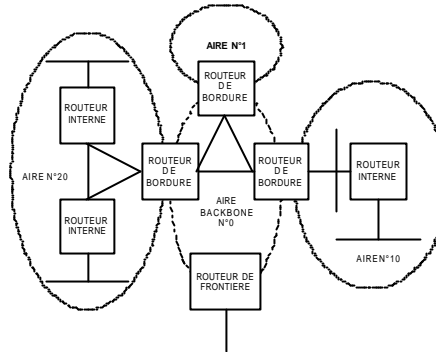
Slide n°16



## ROUTAGE INTRA DOMAINE : OSPF (2)

### ■ O.S.P.F. : les Aires (Area)

- 3 classe d'aires
  - L'aire backbone (Area 0)
    - Chemin obligatoire pour passer d'une aire à l'autre
  - Les aires secondaires
    - Tous les nœuds 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



Hiérarchie des aires OSPF

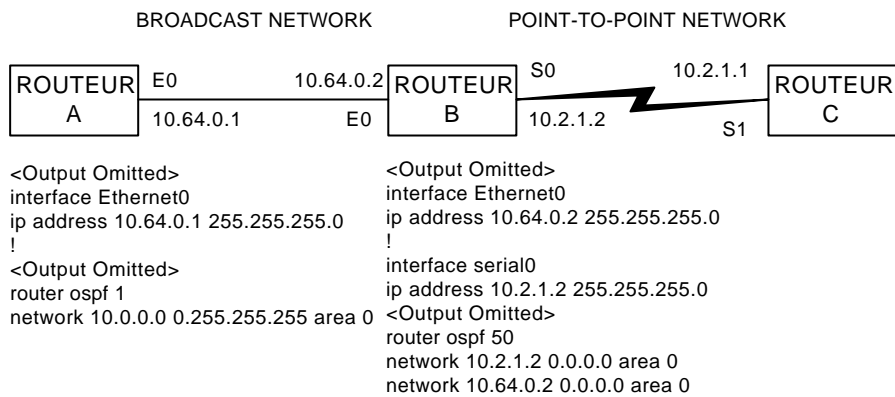
## ROUTAGE INTRA DOMAINE : OSPF (3)

### ■ Terminologie OSPF

- Link : interface d'un routeur
- Link state : état d'un lien entre 2 routeurs
- Cost : valeur attribuée à un lien
- Area : ensemble de routeurs et de (sous) réseaux
- Designated Router (DR, BackupDR) : routeur spécialement élu par les autres routeurs du même LAN (chaque réseau à un DR et un BDR)
- Adjacencies database : liste des voisins avec lesquels un routeur à établi une communication bidirectionnelle
- Link-state database : liste tous les routeurs (topology database)
- Routing table : liste les meilleures routes

## ROUTAGE INTRA DOMAINE : OSPF (4)

### ■ Exemple de configuration OSPF CISCO (single area)



## ROUTAGE INTER DOMAINES : BGP

### ■ BGP : Exterior Protocol (utilisé par les ISP)

- BGP 4 : RFC 1654 et 1655
- Ni vraiment Distant Vector ni Link State
- Évitement des boucles par maintien du chemin des AS traversés (transmet le chemin d'AS entre la source et la destination)
- BGP 4 permet l'adressage CIDR
- Adapté à des topologies complexes (maillées)
  - Échange des informations par une connexion TCP (port 179)
    - Ouverture
    - Mise à jour (échange d'information de routage)
    - Notification (détection des erreurs de protocole)
    - Sonde (vérifie la vie de la connexion)
  - Authentification des messages échangés
  - Peut-être utilisé comme protocole de routage interne (i-BGP)

## EVOLUTIONS : CIDR

### ■ Classless Inter Domain Routing

- 2 problèmes à résoudre
  - Pénurie d'adresses de classe B (50 % allouées dès 1992, l'épuisement était planifié pour 1994)
  - Explosion de la taille des tables de routage et de la mémoire des routeurs
- Solution à court terme
  - Découper les réseaux de classe A (subnet mask)
  - Allocation de réseaux sans classe
- Agréger les tables de routage
  - Allouer aux utilisateurs des réseaux de classe C contigus
    - Groupement des préfixes par région, ISP ...
    - Router les préfixes des supernets (ou agrégats)
      - » Une seule entrée dans la table de routage suffit
    - Exemple : 193.127.32.0 255.255.255.0 -- 193.127.33.0 255.255.255.0  
=> 192.127.32.0 / 23 (préfixe / nb de bits masqués)
    - CIDR Impose la contiguïté des adresses

## EVOLUTIONS : IPv6

- Solution à long terme de la pénurie d'adresses
  - La taille de l'Internet double tous les 12 mois
  - Épuisement des adresse IP : 2008 +/- 3 ans
- Nouveau protocole permettant
  - D'adresser un espace beaucoup plus grand
    - Adresse sur 16 octets (128 bits) (10 E+9 réseaux au minimum)
  - Un routage plus efficace
  - La résolution de problèmes critiques : applications temps réel, multipoint, sécurité ...
- Protocoles en cours de développement / tests
  - RIPv6, RIPng
  - OSPFv6, BGP4+ (ou BGP 5 ?)
  - RSVP

## CONCLUSIONS

- Les protocoles les plus répandus
  - Routage intra domaine
    - OSPF
    - iBGP
  - Routage inter domaines
    - BGP-4
- Vers les hauts débits