

Routage hierarchique

- **Intra AS:**

- IGP: *Interior Gateway Protocol*

- RIP: Routing Information Protocol
 - OSPF: Open Shortest Path First
 - IS-IS, IGRP, EIGRP (Cisco)...

- **Inter AS:**

- EGP: *Exterior Gateway Protocol*

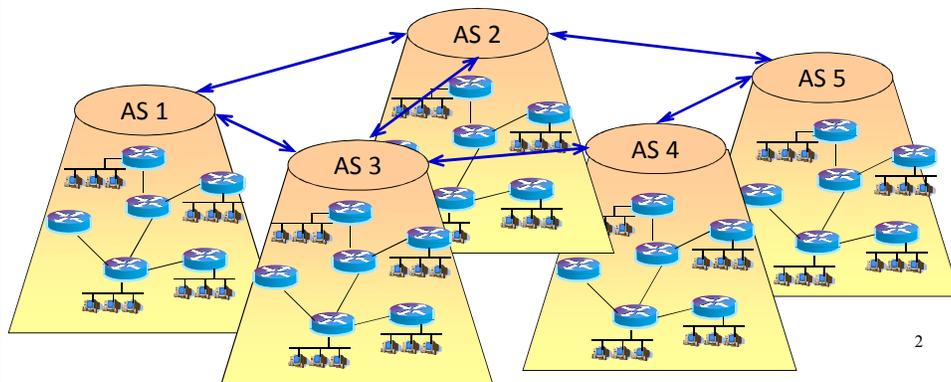
- BGP (v4): Border Gateway Protocol

1

s1

Internet: Réseaux de réseaux

- Autonomous System (AS)



2

Slide 2

s1 **Combine 5 and 6**
sonnh, 3/8/2008

Algorithmes de routage fondamentaux État des liens

Dijkstra's

- Graphe globale avec cout de lien
 - Diffusion de “Link-state”
 - Tous les routeurs contiennent la meme information
- L'algorithme de Dijkstra calcule le chemin le plus court entre deux noeuds d'un réseau
 - Pour construire la table de routage

3

Notion

- $G = (V, E)$: Graphe, ensemble de noeud V , ensemble de lien E
- $c(x, y)$: cout de lien (x, y) ; $= \infty$ si x et y ne sont pas voisin
- $d(v)$: estimation de cout du chemein de s à v
- $p(v)$: precedent de v sur la chemin le plus court
- T : Ensemble de noeud dont la chemin le plus court est calculé

4

Procedure

- **Init():**

Pous tous v , $d[v] = \infty$, $p[v] = \text{NIL}$

$d[s] = 0$

- **Improve(u, v)**, (u, v) est un lien de G

if $d[v] > d[u] + c(u, v)$ then

$d[v] = d[u] + c(u, v)$

$p[v] = u$

5

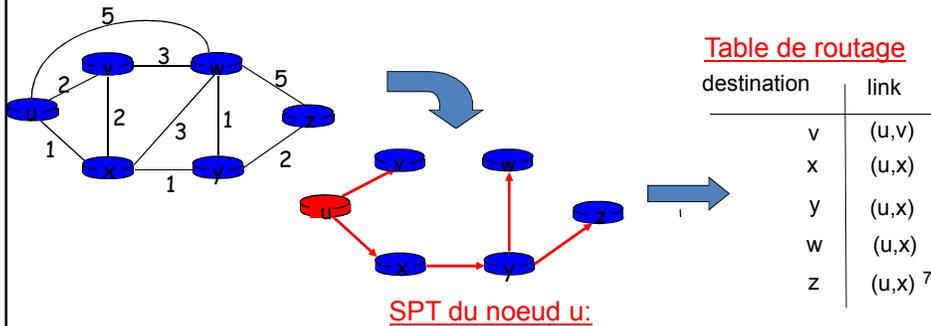
Dijkstra's Algorithm

1. **Init()** ;
2. $T = \Phi$;
3. **Repeat**
4. u : $u \notin T \mid d(u)$ is minimized;
5. $T = T \cup \{u\}$;
6. for all $v \in \text{neighbor}(u)$ and $v \notin T$
7. **update**(u, v) ;
8. **Until** ($T == V$)

6

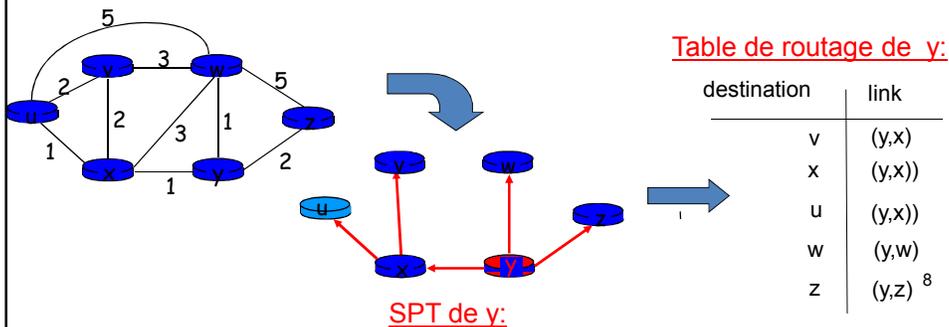
Dijkstra's algorithm: Exemple (u)

Step	T	d(v),p(v)	d(w),p(w)	d(x),p(x)	d(y),p(y)	d(z),p(z)
0	u	2,u	5,u	1,u	∞	∞
1	ux	2,u	4,x		2,x	∞
2	uxy	2,u	3,y			4,y
3	uxyv		3,y			4,y
4	uxyvw					4,y
5	uxyvwz					



Dijkstra's algorithm: (y)

Step	T	d(v),p(v)	d(w),p(w)	d(x),p(x)	d(u),p(u)	d(z),p(z)
0	y	∞	1,y	1,y	∞	2,y
1	yx	3,x	1,y		2,x	2,y
2	yxw	3,x			2,x	2,y
3	yxwz	3,x			2,x	
4	yxwzu	3,x				
5	yxwzuv					



OSPF : Protocole de routage intra-système

- Protocole de routeur interne : IGP (*Interior Gateway Protocol*)
- Devenu un standard en 1990 (RFC 1247)
- Protocole supporté par de nombreux routeurs
- Devient le protocole de routeurs internes principal.

9

OSPF : Caractéristiques

1. Utilisation d'un algorithme ouvert (*Open Shortest ...*)
2. Support de divers métriques
3. Algorithme dynamique capable de s'adapter automatiquement et rapidement aux changements de topologies.
4. Supporter le routage par type de service (ex: trafic temps réel) en utilisant le champ ToS de IP.
5. Faire de l'équilibrage de charge (répartition sur plusieurs liens).
6. Support de systèmes hiérarchiques.
7. Un minimum de sécurité.

10

OSPF : Connexions et réseaux

- OSPF supporte 3 types de connexions et de réseaux :
 - les liaisons point-à-point entre deux routeurs,
 - les réseaux multi-accès à diffusion (la plupart des réseaux LAN),
 - les réseaux multi-accès sans diffusion (la plupart des réseaux WAN).

Un réseau *multi-accès* est un réseau qui contient plusieurs routeurs, chacun d'eux pouvant directement communiquer avec tous les autres.

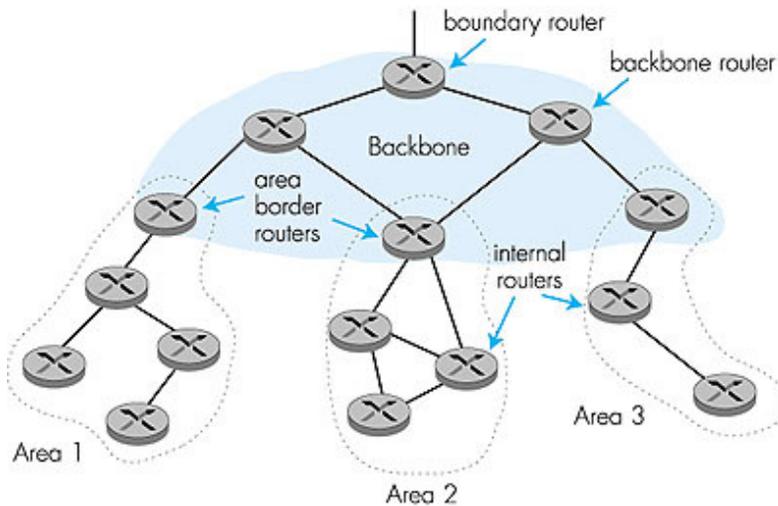
11

OSPF : Division d'un AS en zone

- Un système autonome (AS) est souvent vaste et complexe.
- Le protocole OSPF permet de les diviser en zones numérotées
- Une zone est un ensemble qui comprend un ou plusieurs réseaux contigus et des routeurs.
- Tous les AS ont une zone épine dorsale (*backbone area*) appelée « Zone 0 » (0.0.0.0).
- Toutes les zones d'un AS sont connectées à la zone épine dorsale

12

OSPF zones



13

OSPF : Type de chemin

- **intra-zone** : les plus simple, puisque le routeur source connaît déjà le chemin le plus court vers le routeur destinataire.
- **inter-zone** : Le routage inter-zone s'effectue en trois étapes.
 - 1) aller de la source vers l'épine dorsale,
 - 2) transiter au travers de l'épine dorsale jusqu'à la zone de destination,
 - 3) aller jusqu'au destinataire.
- **inter-système autonome**

14

OSPF : Classe de routeur

- les routeurs intra-zones (internes) entièrement à l'intérieur d'une zone,
- les routeurs inter-zones (*border routers*) connectés à deux zones (ou plus),
- les routeurs fédérateurs (*backbone routers*) connectés à l'épine dorsale,
- les routeurs inter-systèmes autonomes (*boundary routers*) connectés aux routeurs d'autres systèmes autonomes.

15

OSPF : Démarrage

- Quand un routeur démarre, il envoie un message *Hello* sur toutes ses lignes de sorties.
 - sur LAN les autres routeurs sont accessibles en diffusion multi-destinataire,
 - sur WAN le routeur a besoin d'informations complémentaires (de configuration) pour savoir comment les contacter.
- Les réponses qu'il reçoit lui permettent de savoir qui sont ses voisins.

16

OSPF : Fonctionnement

- Fonctionnement par échange de messages d'information entre **routeurs adjacents**.
- chaque routeur transmet périodiquement un message de *Mise à jour d'état de lien* à chacun de ses routeurs adjacents.
- Le même type de message est émis lorsqu'une liaison se crée, se coupe ou change de poids.

17

OSPF : Messages

- **Hello** Permet de découvrir qui sont les routeurs voisins.
- **Mise à jour d'état de lien** Information d'état fournie à la base de données topologique.
- **Accusé de réception de mise à jour** Acquiescement d'une mise à jour d'état de lien.
- **Demande d'état de lien** Demande d'information à la base de données topologique sur un partenaire.
- **Description de lien** La base de données topologique donne les informations d'état de lien à qui en a besoin.

18

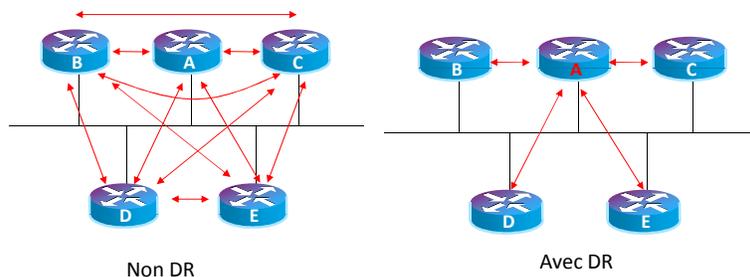
Routeur désigné et routeur de secours

- DR (*Designated Router*) et BDR (*Backup Designated Router*).
- Le DR sert de référent pour la base de données topologique. Objectifs :
 - réduire le trafic lié à l'échange d'informations sur l'état des liens ,
 - améliorer l'intégrité de la base de données topologique,

19

Élection du DR

- Le routeur élu est celui qui a la plus grande priorité (Router ID ou RID).
- Le BDR sera celui avec la seconde plus grande adresse IP.
- Une fois élu le DR n'est jamais remis en cause même si un routeur avec une priorité plus grande apparaît.



20

OSPF : Bilan

- Par inondation, chaque routeur informe tous les autres routeurs de sa zone (ses voisins et de ses poids)
- Chaque routeur de construire le graphe pour sa (ses) zone(s) et de calculer le plus court chemin.
- Les routeurs fédérateurs acceptent des informations venant des routeurs inter-zones afin de calculer le meilleur chemin
- Cette information est ensuite propagé à tous les routeurs inter-zones
- Un routeur est alors capable d'envoyer un datagramme inter-zone par la meilleur route de sortie vers la zone épine dorsale.

21

BGP : Border Gateway Protocol

- Entre plusieurs AS on utilise un protocole de routage BGP (protocole de type EGP), RFC 1654, RFC 1628.
- Les objectifs d'un protocole IGP sont différents d'un protocole de type EGP :
 - IGP transfert de la source vers la destination le plus efficacement possible.
 - EGP se préoccupe de stratégie.

Exemples :

- Le trafic sortant et entrant de Xinc. ne dois pas transiter par chez Ycorp.
- Aucun trafic ne doit transiter à travers certain AS ou pays.
- Transiter par un pays que s'il n'y a pas d'alternatives.

22

BGP

- La stratégie de routage est paramétré manuellement dans chaque routeur BGP – Elle ne fait pas partie du protocole lui même.
- Du point de vue d'un routeur BGP : Le « monde » est constitué de routeurs BGP interconnectés.
 - Deux routeurs BGP sont « connectés » s'ils partagent un réseau commun.

23

BGP pour le trafic de transit

Trois catégories de réseaux :

- **réseaux souches** : une seule connexion au graphe BGP.
- **réseaux multiconnectés** : peuvent être utilisés pour le trafic de transit (à l'exception de celui qu'il refuse)
- **réseaux de transit** : épines dorsales disposés à acheminer les datagrammes d'un tiers avec d'éventuelles restrictions

24

BGP : Communications

- Deux routeurs BGP communiquent via des connexions TCP.
- BGP : Protocole à DV (un peu différent de RIP) -> **Path Vector**
 - poids des liaisons vers chaque destination
 - garde la trace du chemin exact utilisé
 - envoie à ses voisins le chemin exact qu'il utilise

25

BGP : Principe de fonctionnement

- Le routeur ignore tous les chemins passant par lui même.
- Les routes restantes sont évalués en fonction de
 - la distance ;
 - la stratégie de routage (si violé -> distance infinie).
- La fonction d'évaluation ne fait pas partie du protocole BGP (fonction choisie par l'admin. du système).

26

BGP : Bilan

- Les algorithmes à DV font souvent un mauvais choix car ils sont incapables de déterminer lesquels de leur voisins ont des **routes indépendantes**.
- BGP (*Border Gateway Protocol*) utilise un protocole à vecteur de chemin (*path vector*).
 - Pas de boucles mais des tables de routage beaucoup plus grande.
 - Les routeurs utilisent TCP (contrairement à tous les autres protocoles).
 - BGPv4 est complexe et difficile à maintenir.