



## 2.B : Commutateurs et répéteurs

Olivier GLÜCK  
Université LYON 1 / Département Informatique  
Olivier.Gluck@univ-lyon1.fr  
<http://perso.univ-lyon1.fr/olivier.gluck>

1

## Copyright

- Copyright © 2022 Olivier Glück; all rights reserved
- Ce support de cours est soumis aux droits d'auteur et n'est donc pas dans le domaine public. Sa reproduction est cependant autorisée à condition de respecter les conditions suivantes :
  - Si ce document est reproduit pour les besoins personnels du reproducteur, toute forme de reproduction (totale ou partielle) est autorisée à la condition de citer l'auteur.
  - Si ce document est reproduit dans le but d'être distribué à des tierces personnes, il devra être reproduit dans son intégralité sans aucune modification. Cette notice de copyright devra donc être présente. De plus, il ne devra pas être vendu.
  - Cependant, dans le seul cas d'un enseignement gratuit, une participation aux frais de reproduction pourra être demandée, mais elle ne pourra être supérieure au prix du papier et de l'encre composant le document.
  - Toute reproduction sortant du cadre précisé ci-dessus est interdite sans accord préalable écrit de l'auteur.

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

2

## Remerciements

- Certains transparents sont basés sur des supports de cours de :
  - Danièle DROMARD (PARIS 6)
  - Andrzej DUDA (INP Grenoble/ENSIMAG)
  - Shivkumar KALYANARAMAN (RPI/ECSE)
  - Alain MILLE (LYON 1)
  - CongDuc PHAM (LYON 1)
  - Laurent Toutain (ENST Bretagne)
  - Michel RIVEILL (Université de Nice/ESSI)
  - L'Institut National des Télécommunications (INT)
  - Cisco Networking Academy
- Des figures sont issues des livres cités en bibliographie

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

3

## Bibliographie

- « *Réseaux* », 4ième édition, Andrew Tanenbaum, Pearson Education, ISBN 2-7440-7001-7
- « *Réseaux et Télécoms* », Claude Servin, Dunod, ISBN 2-10-007986-7
- « *Analyse structurée des réseaux* », 2ième édition, J. Kurose et K. Ross, Pearson Education, ISBN 2-7440-7000-9
- « *TCP/IP Illustrated Volume 1, The Protocols* », W. R. Stevens, Addison Wesley, ISBN 0-201-63346-9
- « *TCP/IP, Architecture, protocoles, applications* », 4ième édition, D. Comer, Dunod, ISBN 2-10-008181-0
- « *An Engineering Approach to Computer Networking* », Addison-Wesley, ISBN 0-201-63442-6
- « *Réseaux locaux et Internet, des protocoles à l'interconnexion* », 3ième édition, Laurent Toutain, Hermes Science, ISBN 2-7462-0670-6
- Internet...

4



## La commutation dans les LAN

Principe de la commutation  
Matrices de commutation  
Problème de congestion  
Techniques et modes de commutation

5

## Commutation dans les LAN

- Issue de la téléphonie (RTC) et des réseaux grande distance (WAN)
- Apparition dans Ethernet (*Switched Ethernet*)
  - garantit une certaine bande passante
  - évite les problèmes d'effondrement dans le cas des réseaux CSMA/CD chargés
  - permet des communications full-duplex
- Aujourd'hui, les commutateurs sont largement utilisés dans les réseaux Ethernet

Olivier Glück Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

6

## Principe de la commutation (1)

- Commutation = mise en relation directe d'un port d'entrée avec un port de sortie
  - établissement d'une liaison point à point
    - avant chaque communication par un protocole de signalisation spécifique (circuit virtuel)
    - dynamiquement (réseaux locaux) en fonction d'une table d'acheminement (FDB : *Forwarding Data Base*)
  - plus de problème d'accès multiples au support (évite les collisions)
- Comment établir cette mise en relation ?
  - plus ou moins complexe, plus ou moins coûteux
  - nécessite de l'intelligence dans l'équipement

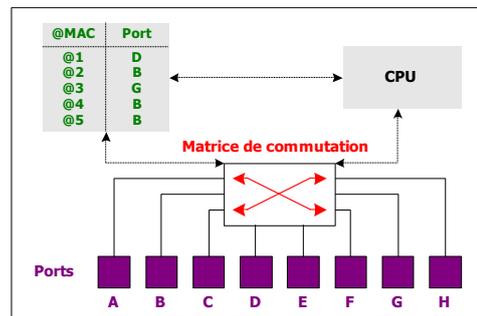
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

7

7

## Principe de la commutation (2)



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

8

8

## Principe de la commutation (3)

- Table construite par analyse du trafic entrant (@MAC source)
- Les trames à destination d'une @ non présente dans la table sont répétées sur tous les ports sauf le port d'entrée
- Plusieurs trames peuvent être traitées simultanément
- Mémoire limitée dans le commutateur
  - les entrées les plus anciennes sont effacées
  - un timer est associé à chaque entrée de la table
  - il est réinitialisé lors de la réception d'une trame de cette provenance

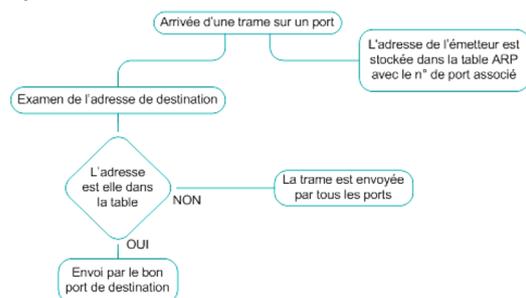
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

9

9

## Principe de la commutation (4)



source <http://www.labo-cisco.com>

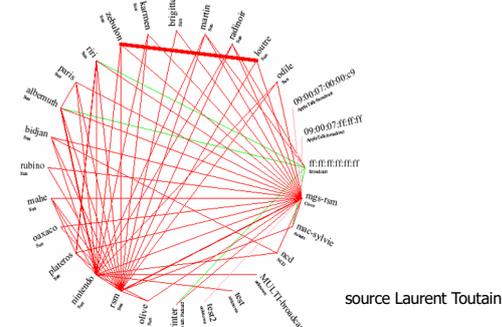
Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

10

10

## Exemple de trafic sur un switch



Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

11

11

## Matrices de commutation

- Comment mettre en relation N ports d'entrée avec N ports de sortie ?
  - cross-bar complet :  $N^2$  transistors passants ou bloqués, complexe, efficace, coûteux
  - commutation type Banyan :  $N \cdot \log N$  points de connexion (traversée de plusieurs étages, pas adapté à la diffusion)
  - architectures à bus interne ou à mémoire partagée avec gestion des accès multiples simultanés

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

12

12

### Problème de congestion (1)

- Plusieurs ports d'entrée peuvent simultanément être dirigés vers un même port de sortie
  - saturation des files d'attente (perte de trames)

Olivier Glück      Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux      13

13

### Problème de congestion (2)

- Solution partielle : attribuer plus de bande passante aux liens qui risquent d'être saturés

Olivier Glück      Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux      14

14

### Problème de congestion (3)

- Contrôle de flux "back pressure" dans certains commutateurs
  - émission de données vers les liens qui consomment trop de ressources du commutateur -> provoque l'arrêt des émissions (collisions) en CSMA/CD (ne fonctionne que pour du half-duplex)
  - en full-duplex, émission d'une trame particulière indiquant un délai pendant lequel l'équipement ne doit plus émettre de trames

Olivier Glück      Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux      15

15

### Techniques de commutation (1)

- "Cut through" - commutation rapide à la volée
  - dès que le port de destination est connu (premier champ de la trame Ethernet), les données sont recopiées directement vers le port de sortie
  - rapide mais pas appropriée si un port est relié à un hub standard (transmission des trames de collision erronées)
- "Store & Forward" - stockage avant retransmission
  - une trame est entièrement mémorisée avant retransmission
  - permet vérification du CRC, des longueurs minimales et maximales des trames, détection des trames de collision
  - mais : mémoire sur le commutateur, délai supplémentaire
- Le commutateur fait du CSMA/CD sur un port relié à un hub -> mémorisation obligatoire (retransmissions)

Olivier Glück      Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux      16

16

### Techniques de commutation (2)

- Variantes
  - méthode "fragment-free" : équivalent au "cut-through" mais supprime les trames trop courtes (collisions)
  - méthode au choix de l'administrateur du commutateur : la méthode est fixée par une commande
  - méthode adaptative :
    - démarrage en mode "cut-through"
    - passage en "store & forward" au delà d'un certain seuil de taux d'erreurs calculé par vérification des CRC (paramétrable ou non)
    - retour en mode "cut-through" en dessous du seuil

Olivier Glück      Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux      17

17

### Séparation des domaines de collision

Olivier Glück      Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux      18

18

## Critères de choix du commutateur

- Quelle est la bande passante globale ?
- Commutateur de segments ou de stations ?
- Quelles performances ?
  - Temps de latence
    - cut-through : 1er bit entré - 1er bit sorti
    - store & forward : dernier bit entré - 1er bit sorti
- Le coût par port dépend
  - architecture (matrice de commutation)
  - nombre d'adresses MAC gérées par port
  - taille des buffers en entrée/sortie pour chaque port
  - présence de ports 10/100/1000

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

19

19

## Ethernet full-duplex

- Ethernet *full-duplex* impossible sur un support partagé avec accès CSMA/CD
- Ethernet *full-duplex* nécessite une liaison point à point, utilisable dans les deux sens de comm., sans méthode d'accès
- Fast Ethernet et Gigabit Ethernet utilisent des commutateurs qui émulent des liaisons point à point full-duplex pour
  - garantir la bande passante (elle n'est plus partagée)
  - diminuer les problèmes de limitation de distance
  - nécessite des cartes d'interface full-duplex sur les stations

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

21

21

## Conclusions sur la commutation

- Meilleur accès au média
  - meilleur contrôle de la bande passante : le trafic est dirigé vers la station spécifiée uniquement
  - la charge du réseau est mieux répartie (segmentation du trafic)
  - moins de conflits d'accès, collisions réduites
- Les trames de diffusion sont répétées sur tous les ports
- Intelligence dans le port du commutateur
  - analyse des trames, mémorisation, prises de décision
  - temps de traversée de l'équipement plus élevé
- Deux techniques : "store & forward" et "cut through"

Olivier Glück

Licence Informatique UCBL - Module LIFASR6 : Réseaux

22

22