

## Les Réseaux Informatiques

Master MIAGE & ALMA & ORO  
2010/2011  
Salima Hamma  
Salima.Hamma@univ-nantes.fr

## Fonctionnement pédagogiques

- Cours 18h - TD 18h - TP 12h
- Responsable du module : S.Hamma
- Chargés de TD : S.Hamma, P.Passard
- Chargés de TP : S.Hamma, P.Passard
- Contrôle des connaissances : une épreuve écrite + projets de TP

S.Hamma

2

## Plan de cours

- Rappels
  - Réseaux locaux
  - Le protocole IEEE 802.3 et Ethernet
  - Le protocole IEEE 802.5 : Token-Ring
- TCP/IP : protocoles de l'Internet
  - Couche réseau
    - ✓ Protocole IP
    - ✓ Protocole ARP/RARP
    - ✓ Protocole ICMP

S.Hamma

3

## Plan de cours (suite)

- Couche transport
  - ✓ protocole UDP
  - ✓ Protocole TCP
- IPv4 vers IPv6
- Protocoles de routage dynamique
  - Le routage intra-domaine : RIP, RIP2, OSPF
  - Le routage inter-domaine : EGP, BGP
- Les services
- La sécurité

S.Hamma

4

## Bibliographie

- D.Comer, TCP/IP Architecture, protocoles, applications, InterEditions, 1996.
- G.Cizault, IPv6, O'Reilly, 2002, 3ème édition.
- C.Huitéma, Le routage dans l'Internet, Eyrolles, 1995.
- G.Pujolle, Les réseaux, Eyrolles, 2008.
- P.Rolin, Réseaux haut débit, Hermès, 1999.
- L.Toutain, Réseaux locaux et Internet, des protocoles à l'interconnexion, Hermès, 2003.

S.Hamma

5

## Les réseaux locaux

- Introduction
- Les supports de transmission
- La topologie
- Les méthodes d'accès
  - l'accès statique
  - l'accès déterministe
  - l'accès aléatoire
- Le modèle IEEE

S.Hamma

6

## Les réseaux locaux

### Introduction (1)

- **Définition** : un réseau de taille réduite couvrant un domaine privé (entreprises, administrations, universités,...)
- Interconnexion d'équipements : exemple
  - bureautique (ordinateurs, imprimantes, scanner,...)
  - industrie (contrôle et mesure)
- Protocoles simples et rapides
  - ✓ pas de reprise sur erreur
- Débit plus important sur de petites distances
- Caractéristique : *la diffusion*
  - ✓ envoi d'un message à un groupe de stations

S.Hamma

7

## Les réseaux locaux

### Introduction (2)

- Caractérisé par :
  - ✓ son support de transmission
  - ✓ sa topologie
  - ✓ sa méthode de contrôle d'accès au support

S.Hamma

8

## Les réseaux locaux

### Les supports de transmission (1)

- *La paire torsadée*
  - type de support largement utilisé
  - support simple et économique mais sensibles aux perturbations électromagnétiques.
  - les paires non blindées (UTP), les paires blindées (STP).
  - les associations américaines EIA/TIA (Electronic/Telphony Industries Association) ont défini une norme EIA/TIA-568.
    - Elle définit la bande passante garantie
    - et l'affaiblissement maximum pour chaque catégorie de paires torsadées (UTP3, UTP4, UTP5)

S.Hamma

9

## Les réseaux locaux

### Les supports de transmission (2)

- *Le câble coaxial*
  - des débits plus importants
  - Câbles :
    - 50 Ohms (bande de base)
    - 75 Ohms (large bande)
  - deux diamètres :
    - *thick* ou câble épais : 2.6 à 9.5 mm
    - *thin* ou câble fin : 1.2 à 4.4 mm (support privilégié des réseaux LAN)

S.Hamma

10

## Les réseaux locaux

### Les supports de transmission (3)

- *La fibre optique* :
  - véhicule les signaux de données sous forme de signaux optiques
  - connexions point à point
  - débits binaires très importants (600 Mb/s)
  - taux d'erreurs de l'ordre de  $10^{-9}$
  - deux types de fibre optique :
    - la fibre *multimode* à saut d'indice (40 MHz /km) et gradient d'indice (500 MHz /km)
    - la fibre *monomode* (plus fine et plus grande bande passante 100 GHz)

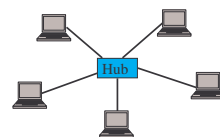
S.Hamma

11

## Les réseaux locaux

### La topologie

- *Topologie en étoile*
  - Stations du réseau raccordées à un contrôleur central
  - Ex : le système téléphonique : stations = postes téléphoniques et le PABX (Private Auto-Branch eXchange) = contrôleur central



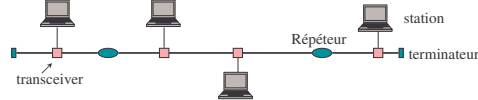
S.Hamma

12

## Les réseaux locaux La topologie

### • Topologie en bus

- Stations du réseau partagent un support unique (multipoint)
- nécessité de politique de partage du support (conflits)
- longueur maximale d'un segment de support est limitée  $\Rightarrow$  utilisation de répéteurs pour l'augmenter



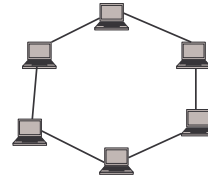
S.Hamma

13

## Les réseaux locaux La topologie

### • Topologie en anneau

- Stations reliées entre elles pour former une boucle
- signal régénéré par le répéteur
- manque de fiabilité pallié par le double anneau



S.Hamma

14

## Les réseaux locaux Les méthodes d'accès

Partage du support de transmission

Plusieurs méthodes d'accès au support  
(prévenir et régler les conflits d'accès)

Accès statique      Accès déterministe      Accès aléatoire

S.Hamma

15

## Les réseaux locaux Les méthodes d'accès - statique (1)

### ➤ Accès statique

La bande passante est allouée définitivement  
à une station

**temporellement**  
**AMRT**  
(Accès Multiple à  
Répartition dans le Temps)

**fréquentiellement**  
**AMRF**  
(Accès Multiple à  
Répartition en Fréquence)

S.Hamma

16

## Les réseaux locaux Les méthodes d'accès - statique (2)

### AMRT ou TDMA (Time Division Multiple Access)

- découper l'espace temps en intervalles T ou en trames
- découper T en n sous intervalles (slots), n est le nombre total de stations
- un intervalle donné est alloué à une station donnée
- durant cet intervalle, la station concernée a un accès exclusif
- méthode parfois appelée multiplexage temporel

### AMRF ou FDMA (Frequency Division Multiple Access)

- diviser la bande passante en sous bandes
- chaque sous bande est affectée exclusivement à une station
- méthode parfois appelée multiplexage fréquentiel

S.Hamma

17

## Les réseaux locaux Les méthodes d'accès - statique (3)

### Conclusions

- ne conviennent pas aux environnements tels que les réseaux LAN :

**ajout ou retrait d'une station**



**modifier la structure de l'intervalle T (trame)**

**ou**

**modifier la répartition des sous bandes de fréquence**

- perte de la bande passante lorsqu'une station est inactive

S.Hamma

18

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - déterministe (1)

#### ➤ Accès déterministe

- La bande passante allouée dynamiquement à une station ou à la demande
- Le mécanisme de décision permet de :
  - ✓ choisir une station parmi toutes pour émettre
  - ✓ assurer l'équité d'accès entre les stations



S.Hamma

19

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - déterministe (2)

#### Par polling (invitation à émettre)

- une station joue le rôle de station primaire et les autres sont des stations secondaires
- la station primaire utilise une *table de scrutation* afin de déterminer quelle est la prochaine station à inviter
- elle envoie à celle-ci un message de *poll* (la réponse est soit positive soit négative)

#### Conclusions

- se prête bien aux topologies en étoile et en bus
- méthode reposant sur la fiabilité et la puissance de la station primaire
- le temps d'accès risque d'être long à cause de la scrutation de chaque station

S.Hamma

20

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - déterministe (3)

#### Par jeton

- trame particulière appelée *jeton* permet d'effectuer le contrôle d'accès
- seule la station détenant le jeton a le droit d'émettre
- ordre de passage du jeton d'une station à une autre bien défini
- une station doit :
  - ✓ éviter de monopoliser le jeton
  - ✓ être capable de détecter la duplication ou la perte du jeton
- deux méthodes d'accès par jeton (selon la topologie)



S.Hamma

21

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - déterministe (4)

#### Jeton adressé

- méthode orientée vers les topologies en bus
- jeton envoyé de façon explicite à une station suivant la topologie logique : l'anneau
- chaque station connaît les adresses des deux stations voisines
- ex : l'ordre de passage d'une station à l'autre dans l'anneau logique : ordre décroissant de l'adresse
  - le jeton est passé à la station dont l'adresse est immédiatement inférieure
  - la station dont l'adresse est la plus petite renvoie le jeton à la station dont l'adresse est la plus grande
  - technique retenue pour le *Token Bus*

S.Hamma

22

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - déterministe (5)

#### Jeton non adressé

- généralement utilisée pour des **topologies en anneau**
- jeton : trame particulière qui circule en permanence sur l'anneau dans le sens de la transmission
- une station a le droit d'émettre lorsqu'elle détient le jeton
- une trame émise est recopiée par son destinataire. Indique la réception (positionne certains bits de la trame)
- la trame émise est retirée de l'anneau par son émetteur
- le jeton est alors marqué libre et est émis sur l'anneau à destination de station voisine (d'où le nom de jeton non adressé) et ainsi de suite.

S.Hamma

23

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - déterministe (6)

#### A quel moment la station émettrice libère le jeton ?

- à la fin de la réception de sa trame  
*une seule trame circule sur l'anneau*
- à la fin de la réception de l'entête de sa trame  
*améliore la précédente mais limite la taille de la trame*
- après avoir transmis sa trame  
*l'utilisation de la bande passante est optimisée*  
*(plusieurs trames de sources différentes circulent en même temps)*

S.Hamma

24

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - déterministe (6)

#### Qui se charge du retrait de la trame de l'anneau ?

- soit l'émetteur en reconnaissant sa propre adresse  
après réception de toute la trame ou de l'entête seulement
- soit le récepteur  
n'est pas adapté si la trame concerne plusieurs récepteurs

S.Hamma

25

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - aléatoire(1)

#### ➤ Accès aléatoire

- La bande passante utilisée de façon aléatoire
- Particulièrement adaptée aux topologies en bus
- Une station désirant émettre ne se soucie pas de l'activité des autres stations
- Conflits d'accès (collisions) lorsque plus d'une station émet sur le support
- Plusieurs techniques d'accès proposées pour résoudre le problème de conflits

Aloha

CSMA

CSMA/CD

S.Hamma

26

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - aléatoire(2)

#### Aloha

- l'un des premiers protocoles (des plus simples)
- développé au début des années 70 pour relier les îles d'Hawaï par faisceaux hertziens
- **principe de fonctionnement** : «on émet quand on veut»
  - ✓ au début de chaque transmission, un temporisateur est armé (tps d'1 aller-retour entre les 2 stations les plus éloignées)
  - ✓ la station destinataire contrôle la trame reçue
  - ✓ renvoie un ack si elle n'a pas détecté d'erreurs
  - ✓ si le temporisateur expire et la station ne reçoit toujours pas d'ack, renvoie la trame après un délai d'attente aléatoire.
  - ✓ Au bout de  $n$  retransmissions, la station abandonne

S.Hamma

27

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - aléatoire(3)

#### Aloha (suite)

cette anarchie totale ne permet pas de bonnes performances : des modélisations mathématiques ont montré que seulement **18%** des trames pouvaient être émises avec succès

↓ version améliorée

#### Aloha par tranches

découper le temps en tranches  
n'autoriser l'émission qu'en début de tranche

- le taux de réussite est ramené au double 36%
- nécessite une synchronisation au niveau de toutes les stations

S.Hamma

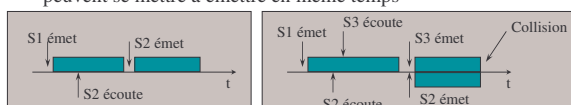
28

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - aléatoire(4)

#### CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

- Accès Multiple avec écoute de la porteuse
- améliore l'efficacité de Aloha en diminuant les collisions
- **principe de fonctionnement** : «écouter avant d'émettre» et n'émettre que si le canal est libre
- le temps de propagation étant faible sur un LAN, une station qui émet est détectée par l'ensemble des stations (moins de collisions)
- cas de collisions : deux stations qui écoutent en même temps peuvent se mettre à émettre en même temps



S.Hamma

29

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - aléatoire(5)

#### CSMA (suite)

écoute de la porteuse

non persistante

persistante

p-persistante

#### CSMA non persistant

- lorsque le canal est occupé, la station attend un délai aléatoire avant de réécouter la porteuse  
réduit le nombre de collisions et le taux d'utilisation du canal

#### CSMA persistant

- lorsque le canal est occupé, la station «persiste» à écouter le canal jusqu'à ce qu'il devienne libre  
augmente le nombre de collisions et permet un gain de temps

S.Hamma

30

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - aléatoire(6)

#### CSMA p-persistant

- lorsque le canal est occupé, la station émet avec une probabilité  $p$  et diffère son émission avec une probabilité  $1-p$   
*diminue la probabilité de collisions mais le choix de  $p$  reste le point déterminant de la performance attendue*
  - ✓ à forte charge  $p$  doit être petit

*Ces variantes donnent des performances plus ou moins bonnes selon l'environnement d'utilisation de la technique (nombre de stations, valeur de  $p$ ,...)*

S.Hamma

31

## Les réseaux locaux

### Les méthodes d'accès - aléatoire(7)

#### CSMA/CD (CSMA/Collision Detection)

- améliore la technique CSMA persistant
- **principe** : une station qui émet une trame continue à écouter le canal pendant sa propre transmission
  - ✓ *détection précoce des collisions*
- en cas de collision :
  - la station arrête sa transmission
  - émet une séquence de bourrage pour rendre la collision détectable par toutes les stations
  - attend un délai aléatoire avant d'émettre à nouveau sa trame

*Cette technique est instable lorsque la charge du réseau est importante (débit peut tendre vers 0) et le délai d'accès ne peut être garanti*

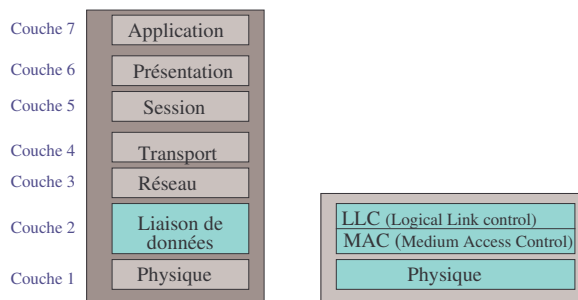
S.Hamma

32

## Les réseaux locaux

### Le modèle IEEE (1)

#### Le modèle OSI et le modèle IEEE



S.Hamma

33

## Les réseaux locaux

### Le modèle IEEE (2)

- La **couche physique** : même rôle que son équivalent dans le modèle OSI. Elle comprend :
  - un adaptateur (transceiver) : traitement des signaux (codage,...)
  - une prise pour une connexion physique au médium
- La **couche 2** : divisée en deux sous couches :
  - **La sous couche MAC** (Medium Access Control) : les stations d'un réseau local partagent un même support de transmission
    - ✓ nécessité d'un contrôle d'accès
  - **La sous couche LLC** (Logical Link Control) :
    - ✓ gère les communications et les liaisons logiques
    - ✓ assure l'interface avec les couches supérieures

S.Hamma

34

## Les réseaux locaux

### Le modèle IEEE (3)

- travaux de normalisation des réseaux locaux ont débuté en 1979
- initiés par l'IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*)

#### But

adapter les couches 1 et 2 du modèle OSI (*Open System Interconnection*) aux particularités des réseaux locaux et métropolitains

- En février 1980, le groupe de travail a pris le nom de groupe 802 (80 indiquant l'année et 2 indiquant le mois)

#### But du comité IEEE 802

développer un standard permettant la transmission de trames d'information entre deux systèmes différents via un support partagé

S.Hamma

35

## Les réseaux locaux

### Le modèle IEEE (4)

Le comité 802 n'a pas donné lieu à un standard unique mais à une série de standards pour mieux couvrir l'ensemble des besoins



En 1982, le comité 802 a été réorganisé et plusieurs groupes ont vu le jour



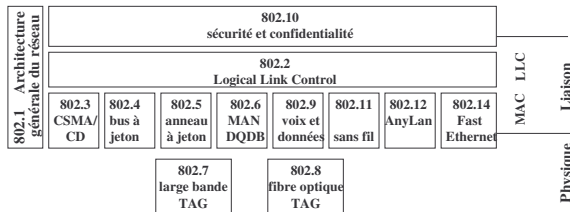
Chaque groupe (802.x) est concerné par un sujet particulier pour lequel un standard est élaboré portant le nom du groupe

S.Hamma

36

## Les réseaux locaux Le modèle IEEE (5)

### Les standards IEEE



S.Hamma

37

## Les réseaux locaux Le modèle IEEE (6)

- **IEEE 802.1** : architecture générale du réseau
- **IEEE 802.2** : sous couche LLC. Gère le transfert des données. Trois classes :
  - *LLC type 1 : service en mode non connecté*
    - ⇒ ni détection d'erreur, ni reprise sur erreur, ni contrôle de flux.
  - *LLC type 2 : service en mode connecté* (comparable au service offert par HDLC)
    - ⇒ détection d'erreur, reprise sur erreur, contrôle de flux (mécanisme à fenêtre).

S.Hamma

38

## Les réseaux locaux Le modèle IEEE (7)

- *LLC type 3 : service en mode non connecté mais avec acquittement*
  - ⇒ détection d'erreur, reprise sur erreur et de contrôle de flux très simplifiés
- **IEEE 802.3** : CSMA/CD (*Carrier Sens Multiple Access/ Collision Detection*).
  - ✓ topologie en bus
  - ✓ accès au support repose sur l'écoute du canal avant émission
  - ✓ évite les collisions et les résous
  - ✓ Ethernet : variante de cette norme

S.Hamma

39

## Les réseaux locaux Le modèle IEEE (8)

- **IEEE 802.4** : le bus à jeton (*Token Bus*)
  - défini pour des applications industrielles
  - seule la station détentrice du jeton a le droit d'émettre
  - jeton circule grâce à un anneau virtuel construit sur le bus, mais sa gestion est complexe
  - protocole garantit une borne maximale pour le temps d'émission
  - presque plus utilisé
- **IEEE 802.5** : l'anneau à jeton (*Token Ring*)
  - le droit à la parole est basé sur un jeton
  - gestion simplifiée car l'anneau existe physiquement

S.Hamma

40

## Les réseaux locaux Le modèle IEEE (9)

- **IEEE 802.6** : traite les cas des réseaux *MAN* (1990)
  - appelé aussi protocole DQDB (Dual Queue Dual Bus)
  - basé sur deux bus (deux sens différents)
  - chaque extrémité génère des slots dans lesquels les équipements peuvent émettre
  - utilisé pour transmettre des communications téléphoniques et des données
- **IEEE 802.7 et IEEE 802.8**
  - ne sont pas des normes mais des documents techniques fournis par le TAG (*Technical Advisory Group*)
    - aider aux bons choix technologiques
    - le premier concerne l'utilisation des supports large bande le second concerne la fibre optique

S.Hamma

41

## Les réseaux locaux Le modèle IEEE (10)

- **IEEE 802.9** : *IVD* (*Integrated Voice/Data*)
  - normalise des techniques d'accès intégrant la voix et les données
  - faire véhiculer des données multimédias sur les réseaux locaux
- **IEEE 802.10**
  - traite de la sécurité des données dans les réseaux locaux
  - propose le chiffrement des données émises
  - déploiement freiné
    - problème de législation
    - développement de techniques de chiffrement pour la couche 3.

S.Hamma

42

## Les réseaux locaux

### Le modèle IEEE (11)

- **IEEE 802.11** : *WLAN (Wireless LAN) ou réseau sans fil*
  - permet la transmission d'informations à des débits de 1 ou 2 Mb/s ou 54 Mb/s en utilisant des ondes hertziennes ou des liaisons infrarouges
  - La portée peut être de 100 m voire moins (obstacles)
- **IEEE 802.12** : réseaux 100 Mbits/s (*100 VG AnyLan*)
  - proposition supportée par HP, IBM, AT&T (en 1995)
  - VG : Voice Grade (paires torsadées de qualité téléphonique)
  - *Objectif* : augmenter le débit binaire des réseaux 100baseT et améliorer l'accès au réseau
    - ✓ DPAM : Demand Priority Access Method

S.Hamma

43

## Les réseaux locaux

### Le modèle IEEE (12)

- **IEEE 802.14** : réseaux 100 Mbits/s (*Fast Ethernet*)
  - groupe créé en 1996
  - appelé 100baseT, évolution naturelle de 10baseT
  - topologie en étoile
  - protocole d'accès reste le CSMA/CD
  - spécifie trois types de support
    - 100baseTX, 100baseFX, 100baseT4

*Les travaux ayant abouti au sein des sous comité 802.x ont donné lieu à des normes ISO de la série 8802.x (IS 8802.x)*

S.Hamma

44