

Systèmes et Réseaux (ASR 2) - Notes de cours

Cours 12

Anne Benoit

April 28, 2015

PARTIE 1: Systèmes

PARTIE 2: Réseaux

1 Architecture des réseaux de communication

2 La couche 2-liaison

2.1 Détection et correction d'erreurs

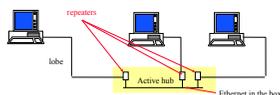
2.2 Partage de liens dans la couche MAC

2.3 MAC pour l'interconnexion de réseaux

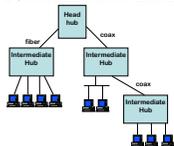
Comment construire un réseau sans routeurs.

1. **Câble coaxial.** Réseau de taille 200m à 100 Mb/s.

2. **Hub actif et répéteurs.** Pour résoudre les problèmes de câble, utilisation de hub actifs. Les répéteurs "répètent" les bits (couche physique). Au plus 4 répéteurs sur un chemin.



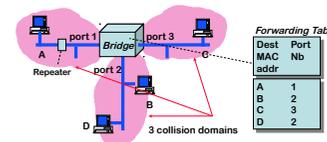
3. **Réseau sous forme d'arbre de hubs.** Un seul domaine de collision.



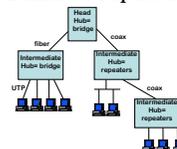
4. **Les ponts.** • Permet de séparer les domaines de collision.

• Transfert des trames suivant l'adresse MAC.

On peut avoir un paquet de B à D, et en parallèle un paquet de A à C (pas de collision).



5. **Ponts et répéteurs combinés.** Réseau sous forme d'arbres de hubs et de ponts.



6. **Utilisation de câble UTP point-à-point.** Permet uniquement une liaison point-à-point, moins cher que le coaxial et plus facile d'utilisation. Avec deux paires de câble, on obtient le Full duplex Ethernet (utilisation dans les deux directions). Plus besoin de CSMA/CD! Seuls restent les formats des trames et les adresses!

7. **Protocole d'arbre couvrant.** Permet de déployer des ponts sur n'importe quelle topologie. Réseau Ethernet: une centaine de machines.

Conclusion. Couche MAC en Wifi: partage des ondes. Avec câbles: CSMA/CD = Ethernet pour le partage. Maintenant, *Full duplex Ethernet*: liaisons point-à-point et ponts.

5		5		
4		4	IP	
3	trame Eth	3	↔ 3	
2	↔	2	↔ 2	2
1	1	1	1	1
	répéteur		pont	routeur

Architecture vs produits: un *switch* est le nom d'un produit qui est en fait un pont (nom de l'architecture). Le nom du produit dit comment l'objet est implémenté (nom de marketing).

3 La couche 3-réseau

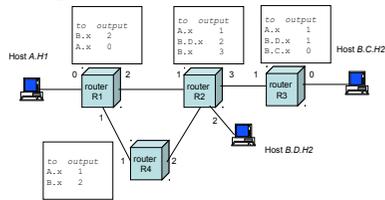
Les principes d'IP, mais nous verrons les algorithmes de routage plus tard.

3.1 Principes

Pourquoi une couche réseau?

- La solution Ethernet ne passe pas à l'échelle.
- Solution = couche réseau sans connection. IP: Internet Protocol.
- Chaque hôte a une adresse IP.
- Les routeurs retransmettent les paquets suivant les adresses de destination.
- Chaque paquet contient une adresse IP, et les routeurs transmettent les paquets suivant le **plus long préfixe**.

Exemple:



Adresses IP uniques = adresse d'une interface. Pour communiquer, il faut connaître les adresses IP.

Routeurs: interconnectent des sous-réseaux = ensemble d'hôtes avec le même préfixe. Pas de routeur à l'intérieur d'un sous-réseau.

Hôte: transmet le paquet directement via le LAN, ou le donne à un routeur si c'est pour un autre sous-réseau.

3.2 Adresses IP

IPv4: adresses sur 32 bits, notées en notation décimale à points, par exemple 192.78.32.2.

Une partie préfixe et une partie hôte: adresse IP = préfixe:hôte. Le préfixe permet d'identifier le sous-réseau, il est utilisé pour le routage. Utilisation de masque de sous-réseau pour identifier le préfixe.

Plusieurs notations:

décimale: 234

binaire: b1110 1010

hexadécimale: xEA

Passer du binaire à l'hexa est facile: 1 chiffre hexa correspond à 4 bits binaire: xE = b1110, xA=b1010.

Passer du binaire au décimale: calculette! b1110 1010 = 128+64+32+8+2 = 234.

Cas particuliers: xF=b1111=15; xFF=b1111 1111 = 255.

Adresses IP sur 32 bits = 4 groupes de 8 bits. Exemples (à compléter):

Décimal	Hexa	Binaire
128.191.151.1	x80 BF 97 01	b0100 0000 1011 1111 1001 0111 0000 0001
129.192.152.2	?	?

Préfixe de sous-réseau: Notation masque ou préfixe.

Masque: on donne une adresse et un masque, par exemple

- Ex1: 128.178.156.13 masque 255.255.255.0

Le masque est la représentation décimale d'une chaîne constituée de 1 sur le préfixe et 0 ailleurs. Si on fait un & sur les bits, on obtient le préfixe. Sur l'exemple, le préfixe est 128.178.156.0.

- Ex2: 129.132.119.77 masque 255.255.255.192

Quel est le préfixe? Combien d'hôtes peuvent être sur le sous-réseau?

Préfixe 129.132.119.64: 26 bits de sous-réseau et 6 bits pour l'hôte. (77=b0100 1101, 192=b1100 0000). Il peut donc y avoir 64 adresses sur ce sous-réseau. Les adresses 0..0 et 1..1 sont réservées, donc au plus 62 hôtes.

Notation préfixe:

- Ex1: 128.178.156.13/24: on indique le nombre de bits qui constituent le préfixe (24 dans ce cas). Les bits en plus sont ignorés: 128.178.156.13/24 = 128.178.156.22/24.

- Ecrire 129.132.119.77 masque 255.255.255.192 en notation préfixe. C'est 129.132.119.77/26, ou 129.132.119.64/26.

- Est ce que les préfixes suivant sont différents?

201.10.0.0/28, 201.10.0.16/28, 201.10.0.32/28, 201.10.0.48/28

Combien d'adresses IP peuvent être allouées à chaque sous-réseau?

4 préfixes différents car ils diffèrent par des bits autre que les 4 derniers. Il reste 16 adresses possibles, moins les 2 réservées, soit 14 hôtes possibles par sous-réseau.

Le préfixe peut lui-même être structuré en sous-préfixes.

Délégation d'adresses. Deux fournisseurs d'accès à internet, ISP1 (62.125/16) et ISP2 (195.44/14). Un client, qui possède les adresses 62.125.44.50/24 chez ISP1, désire passer chez ISP2. Quel impact cela a-t-il?

Si le client souhaite garder les mêmes adresses IP, les adresses de ISP2 ne sont plus contiguës, et les tables de routage doivent représenter ISP2 avec deux entrées, 195.44/14 et 62.125.44.50/24.

Adresses IP particulières. Adresse destination 255.255.255.255: broadcast limité, non transmis via les routeurs.

préfixe.1...1: broadcast sur le sous-réseau identifié par le préfixe.

préfixe.0...0: vieille notation pour broadcast.

10/8, 172.16/12, 192.168/16: réservé pour usage interne (intranets).

3.3 Transfert de paquets IP

C'est l'algorithme au coeur de l'architecture TCP/IP: décide ce qu'un système doit faire d'un paquet. Les règles sont simples.

A chaque routeur, on a

- une table des interfaces physiques:

IP	Masque	Numéro d'interface
A	SM	
- une table de routage:

IP dest.	Masque	Next hop
destAR	SM	
default		

destAdr = adresse destinataire dans le paquet IP.

destAR = adresse dans la table de routage.

Les cas sont testés dans cet ordre, les uns après les autres. On s'arrête dès qu'un des cas a réussi.

Cas 1: pour chaque entrée de la table de routage, si (destAdr=destAR), alors envoyer au next hop (il existe un chemin direct vers l'hôte).

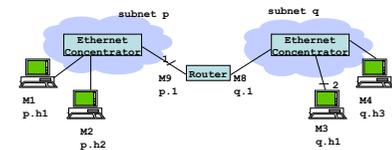
Cas 2: pour chaque entrée de la table des interfaces, si (A & SM = destAdr & SM), envoi direct du paquet sur l'interface (destAdr est sur un réseau directement connecté au routeur).

Cas 3: pour chaque entrée de la table de routage + masque SM, choix du plus long préfixe tel que (destAR & SM = destAdr & SM), et envoi au next hop (il existe une route réseau vers destAdr, on prend celle de plus long préfixe).

Cas 4: pour chaque entrée, si (destAR=default), envoi au next hop (on prend la route par défaut s'il y en a une).

Cas 5: Renvoi message ICMP à la source: "destination non atteignable".

Exemple avec deux sous-réseaux. Mx = adresse MAC.



$M1$ envoie un paquet à $M3$: quelles sont les adresses MAC et IP aux points 1 et 2? Et si $M4$ envoie un paquet à $M3$?

$M1 \rightarrow M3$: En 1, srcIP=p.h1, destIP=q.h1, srcMAC=M1, destMAC=M9.

En 2, adresses IP identiques, mais srcMAC=M8 et destMAC=M3.

Pour $M4 \rightarrow M3$, pas de passage par le routeur. On ne voit le paquet qu'en 2, et on a donc srcIP=q.h3, destIP=q.h1, srcMAC=M4, destMAC=M3.

3.4 Protocole ARP

$M1/ip1$ veut envoyer un paquet à $ip2$. Il y a 4 machines sur le sous-réseau ($M1/ip1$, $M2/ip2$, $M3/ip3$, $M4/ip4$, et le routeur $M5/ip5$).

1. Envoi d'une requête ARP en broadcast sur le sous-réseau, avec targetIP=ip2. Le routeur ne transmet dans la requête. Dans le paquet, il y a ip1 et M1.

2. $M2$ s'est reconnu, et envoie donc ARP-reply avec ip2 et $M2$ à l'originnaire de la requête ($ip1/M1$).

3. $M1$ envoie le paquet IP à $M2$.

Table ARP maintenue à chaque hôte, avec les correspondances IP/MAC. Après l'étape 1, tous les hôtes connaissent la correspondance $ip1/M1$.

Exemple de la section précédente: que doit faire le routeur lorsqu'il reçoit un paquet de $M1$ pour $M3$ pour la première fois? Il connaît l'adresse IP du destinataire, q.h1, et effectue donc une requête ARP sur le sous-réseau q pour q.h1.

3.5 Entête IP

Cf feuilles distribuées en cours, et IPv4 vs IPv6.

3.6 Conclusion

IP: couche réseau sans connection.

Adresses IP sur 32 bits.

Une adresse IP par interface.

Routeurs: bon passage à l'échelle car ils peuvent agréger les routes.

Hôtes sur Internet: échangent des paquets avec des adresses IP.