

INTERCONNEXION DE RESEAUX

(Le Niveau Réseau)

Dans un réseau, les paquets doivent être transportés d'une extrémité à une autre. Le niveau paquet (couche 3 du modèle OSI) a la responsabilité de cet acheminement. Les paquets proviennent de la fragmentation des messages que les utilisateurs souhaitent échanger, ils doivent être encapsulé dans des trames pour être transportés sur une ligne physique.

Au troisième niveau de l'architecture internet, se trouve l'implantation du protocole IP (Internet Protocol). Ce protocole en mode datagramme, va offrir les fonctions de routage, l'interconnexion des machines et gère la fragmentation des données.

1. La notion d'adressage:

Une adresse est une suite de caractères désignant sans ambiguïté un point physique de raccordement à un réseau ou identifiant un processus ou une machine.

on désigne par technique d'adressage l'ensemble des moyens utilisés pour identifier les correspondants. Pour assurer la communication, le système d'extrémité source doit fournir au réseau l'adresse de l'extrémité destination (adresse destinataire) et celui-ci doit pouvoir identifier son correspondant (adresse source).

On peut trouver différents types d'adressage:

- ✓ **Adressage à plat ou global:** l'adresse correspond à un numéro unique attribué sans aucune règle de structuration(adresse MAC dans les réseaux locaux : deux champs: le premier sur 3 octets désigne le constructeur de la machine et le deuxième sur 3 octets correspond à un numéro de séquence attribué par le constructeur à une machine unique).
- ✓ **Adressage hiérarchique (Logique, adressage IP):** utilisé dans les grands réseaux d'interconnexion, identifie un point d'accès au réseau. Il désigne le réseau et les points d'accès participant à l'acheminement des informations.

2. Le protocole IP:

C'est un protocole de niveau réseau, responsable de :

- la transmission des données en mode non connecté;
- l'adressage et le routage des paquets entre stations via des routeurs;
- la fragmentation des données;

Lors de l'émission; les fonctionnalités assurées sont:

- identification du paquet;
- détermination de la route à suivre;
- vérification du type d'adressage (station ou diffusion);
- fragmentation de la trame si nécessaire.

à la réception, les fonctionnalités sont:

- vérification de la longueur du paquet;
- contrôle des erreurs;

- réassemblage en cas de fragmentation
- transmission du paquet réassemblé au niveau supérieur.

2.1. Le format du paquet IP

Le paquet IP ou datagramme IP est organisé en champs de 32bits :

31	23	15	7	0
Version	Longueur	Type de service	Longueur totale	
Identificateur			Drapeaux	Position du fragment
Durée de vie		Protocole	Checksum de l'en-tête	
Adresse station source				
Adresse station destinatrice				
Options éventuelles				Bourrage éventuel
Données couche 4				

- Version: numéro de la version du protocole IP (4 ou 6)(4bits)
- Longueur: longueur de l'en-tête codée sur 4bits
- Type de service (TOS) désigne la qualité de service qui doit être utilisée par le routeur. (ex: privilégier le débit par rapport au délai de transmission)(8bits)
- Longueur totale: longueur totale du fragment (en-tête +données) exprimé en nombre d'octets;(16bits)
- Identificateur : identifie le paquet pour la fragmentation (tous les fragments d'un même paquet portent le même numéro)(16 bits)
- Drapeaux: gère la fragmentation sur trois bits suivant le format:
 - DF MF;
 - le bit DF(Don't Fragment) demande au routeur de ne pas fragmenter le paquet quand il est positionné à 1;
 - le bit MF (More Fragment)est positionné à 1 dans tous les fragments , sauf le dernier(MF= 0 : soit c'est le dernier fragment soit c'est le fragment unique" le paquet n'a pas été refragmenté par le routeur) .
- Position du fragment: (Fragment Offset): indique par multiple de 8octets la position du fragment dans le paquet courant. Tous les fragments du paquet, sauf le dernier, doivent avoir pour longueur des multiples de 8octets. Avec codage sur 13 bits, le maximum pour un paquet est de 8192 fragments.
- Durée de vie (TTL: Time To Live) indique en nombre de sauts le temps pendant lequel un paquet peut rester dans le système. Si ce champ contient la valeur 0, le paquet doit être détruit, Sa valeur est décrémentée à chaque passage dans un routeur.(8bits)
- Protocole: numéro de SAP destinataire du paquet, indique le protocole de la couche supérieure.(8bits)
- Checksum de l'en-tête: contrôle d'intégrité sur l'en-tête (16bits)
- Options: utilisées pour le contrôle ou la mise au point.
- Données (maximum sur 64koctets)

2.2 l'adressage IP:

chaque machine susceptible d'être connectée à l'extérieur de son réseau local possède une adresse IP unique.

Une autorité internationale , le NIC(Network Information center) attribue des numéros à chaque réseau. Les adresses codées sur 32 bits comportent deux parties: le numéro du réseau (Net_id)et le numéro de la machine sur le réseau (Host_id). Le NIC n'affecte que les numéro de réseau. L'affectation des numéros complets est à la charge des administrateurs réseaux. suivant l'importance du réseau , plusieurs classes d'adressage sont possibles:

0	Net_id(sur 7bits)	Host_id (sur 24bits)	Classe A
10	Net_id (sur 14 bits)	Host_id (sur 16bits)	Classe B
110	Net_id(sur 21bits)	Host_id(sur 8bits)	Classe C
1110	Adresse Multicast(28bits)		Classe D

Les adresses sur 32bits sont exprimées par octet (soit 4 nombres compris entre 0 et 255) notées en décimal et séparées par des points

Les différentes classes d'adresse correspondent donc à des nombres appartenant aux plages suivantes:

- **Classe A:** 1.0.0.0 à 126.0.0.0, soit 126 réseaux et 16 777 214 machines par réseau(les réseaux de grande envergure: ministère de la défense, réseau d'IBM...);
- **Classe B:** 128.1.0.0 à 191.254.0.0, soit 16 382 réseaux et 65 535 machines par réseau.(Les réseaux moyens: université, centre de recherche....)
- **Classe C:** 192.0.1.0 à 223.255.254.0 , soit 2 097 150 réseaux et 254 machines par réseau(Les petits réseaux régionaux).
- **Classe D:** 224.0.0.1 à 239.255.255.255, soit 268 435 455 adresses de groupe(ne désigne pas une machine particulière mais un ensemble de machines désirant partager la même adresse).

Remarques:

- L'adresse dont la partie basse est constituée de bits à 0 est une adresse réseau ou sous réseau: 212.92.27.0 pour une classe C.
- L'adresse dont la partie basse est constituée de bits à 1 est une adresse de diffusion (broadcast) : 157.42.255.255 pour une classe B.
- 127.0.0.1 est une adresse de bouclage (localhost, loopback)et permet l'utilisation interne de TCP/IP sans aucune interface matérielle.
- 0.0.0.0 : une adresse non encore connue utilisée par une machine ne connaissant pas son adresse IP au démarrage.

2.3. l'adressage de sous-réseaux (subnetting)

La partie de l'adresse IP administrée localement (host_id) peut être découpée en deux parties: adresse de sous réseau et numéro de machine.

Un masque de sous réseau ou subnet mask a le même format qu'une adresse IP. Les bits à 1 désignent la partie sous-réseau de l'adresse et les bits à 0 la partie numérotation des machines sur le sous-réseau:

adresse IP: 192.44.77.79 =1100 0000 . 0010 1100 . 0100 1101 . 01 00 1111

netmask: 255.255.255.192 =1111 1111 . 1111 1111 . 1111 1111 . 11 00 0000

adresse de sous-réseau: 192.44.77.64=1100 0000 . 0010 1100 . 0100 1101 . 01 00 0000

00 1111 numéro de machine 15

dans cet exemple, un réseau de classe C , les deux bits de poids fort des 8 bits disponibles sont utilisés pour identifier le sous-réseau.(4 adresses de sous-réseaux possibles: 192.44.77.0, 192.44.77.64, 192.44.77.128, 192.44.77.192; la première à exclure pour ne pas confondre avec l'adresse du réseau/sous réseau, et la dernière pour des raisons de symétrie/diffusion)

Les masques de réseau par défaut pour les classes standard:

- Classe A: 255.0.0.0
- Classe B: 255.255.0.0
- Classe C: 255.255.255.0

3. L'acheminement dans le réseau:

acheminer les informations dans un réseau consiste à assurer le transit des blocs d'un point de sortie à un point d'entrée désigné par son adresse. chaque nœud du réseau comporte des tables dites tables de routage qui indiquent la route à suivre pour atteindre le destinataire (un triplet <adresse destination>/<Route à prendre>/<Coût>). Il faut alors avoir un algorithme de routage qui spécifie les échanges entre les nœuds, le mode de calcul de la route et du coût.

Si un paquet émis par une machine ne trouve pas sa destination dans le réseau ou sous-réseau local, il doit être dirigé vers un routeur qui rapproche le paquet de son objectif. Il faut par conséquent que toutes les stations du réseau possèdent l'adresse du routeur par défaut. La machine source applique le masque de sous-réseau pour savoir si le routage est nécessaire.

Chaque routeur doit alors connaître l'adresse du routeur suivant lorsque la machine de destination n'est pas sur les réseaux ou sous-réseaux qui lui sont raccordés. Un routeur intègre au moins deux interfaces réseau avec une adresse IP dans chaque réseau connecté, il doit gérer une table de routage de manière statique ou dynamique.

3.1. Les protocoles de routage:

3.1.1. **Routage statique ou fixe:** consiste à construire une table indiquant pour chaque nœud destination, l'adresse du nœud suivant(aucun bouclage de chemin, pratique pour les petits réseaux).

3.1.2. **Routage par diffusion:** Lorsqu'une information doit être routée vers plusieurs destinataire, il faut dupliquer le message en autant d'exemplaire que de destinataires.

3.1.3. **Routage par inondation**: chaque nœud envoie le message sur toutes ses lignes de sortie sauf celle d'où provient le message.

3.1.4. **Routage par le chemin le plus court ou au moindre coût (routage dynamique)**: Les routeurs doivent envoyer régulièrement la liste des réseaux ou de sous-réseaux que l'on peut atteindre par eux. Ce qui permet aux autres routeurs de mettre à jour leurs tables de routage. Ils évaluent dynamiquement la meilleure route vers chaque réseau ou sous-réseau. Chaque lien a un coût calculé ou affecté. A partir de ces informations(nombre de sauts, distance réelle en Km, temps de latence dans les files d'attente,...), le routeur détermine le chemin optimal à emprunter .

Deux types d'algorithmes de routage dynamique existent:

- **algorithme à vecteur de distance**: (vector-distance) pour lesquels les informations échangées permettent pour chaque routeur de retenir la plus courte distance (le plus petit nombre de sauts) pour atteindre une destination.
- **algorithme à état des liens** (link-state) : basé sur la transmission d'une carte complète des liens possibles entre les routeurs, ceux-ci doivent ensuite localement calculer les meilleures routes pour une destination.