Gestion des adresses

Michel RIVEILL, INP Grenoble
Laboratoire SIRAC, INRIA Rhône-Alpes
Michel.Riveill@inpg.fr
Et
Serge CHAUMETTE, Université Bordeaux 1,
LaBRI
Serge.Chaumette@labri.fr

Plan

- Introduction
- Physique
- Liaison
- Réseau
  - Fonctions
  - Types de service
  - IP
- Transport
- Applications

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Fonction de la couche réseau

- Interface du sous-réseau de communication
- Déterminer le chemin des paquets de leur source vers leur destination :
  - Source et destination sont dans le même sous-réseau de communication
  - Source et destination sont dans des sous-réseaux hétérogènes
- Assurer le contrôle de congestion du sous-réseau
- Prendre en compte les problèmes d'interconnexion de réseaux hétérogènes

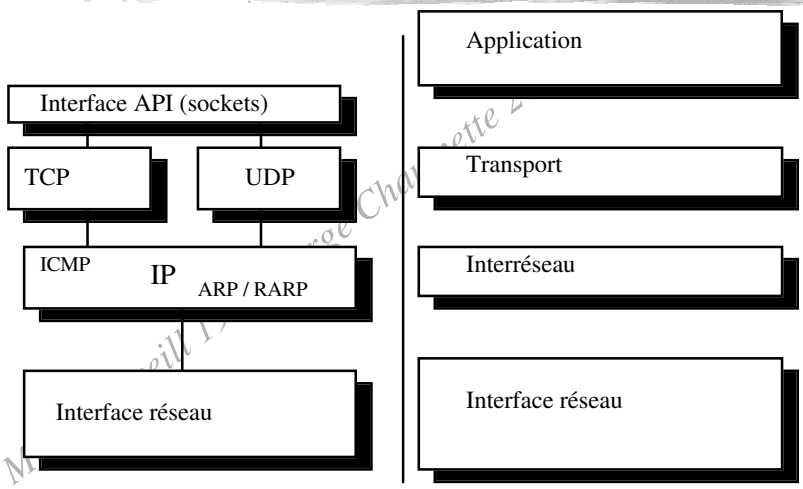
© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Le routage : généralités

- Chaque nœud du réseau à un certain nombre de canaux en entrée et un certain nombre de canaux en sortie. Le routage est la partie du logiciel qui décide sur quel canal de sortie doit être expédié un paquet qui arrive.
- Deux cas :
  - En mode orienté connexion :
    - la décision de routage n'est prise qu'au cours de la phase d'établissement de la connexion.
  - En mode non connecté :
    - Chaque paquet est routé séparément.
- Objectifs :
  - Exactitude, simplicité, justice (équité vis à vis des différents utilisateurs), optimisation, souplesse, et stabilité.

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Les protocoles de l'architecture Internet



© M. Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

IP (Internet Protocol)

- Responsable de l'acheminement de chaque datagramme
  - acheminement -> mode datagramme (= mode non connecté)
    - transparent (chaque datagramme indépendament des autres) => chaque datagramme comporte l'adreses IP de l'émetteur et l'adresses du destinataire
  - routage :
    - reconnaissance des adresses IP et grâce à des tables de routages : orientation des datagrammes vers une machine ou un routeur
  - fragmentation :
    - un datagramme IP est émis avec une certaine taille maximum fonction du premier réseau emprunté (ex : Ethernet 1500 octets); Si en chemin, il emprunte un autre réseau (ex: X25 : 128 octets), le routeur d'entrée découpe.
  - IP ne fait pas :
    - la vérification de séquencement
    - le contrôle de flux et la détection de perte ainsi que la retransmission

© M. Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

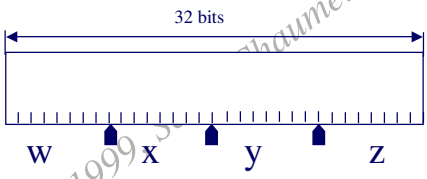
Adresse IP

- Chaque hôte est identifié par une adresses IP logique
  - adresse unique
  - identifie l'emplacement d'un système au sein du réseau (comme une adresses postale)
- Format standardisé
- Définit à la fois la rue (le réseau physique=ID de réseau), et la maison (le système=ID de l'hôte)
- l'ID de l'hôte peut être un système ou un routeur vers un autre réseau

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

ID de réseau et ID d'hôte

- Adresses IP = 32 bits de 4 champs de 8 bits
- Il existe différentes classes de réseaux avec des significations différentes



exemple : 131.107.3.24

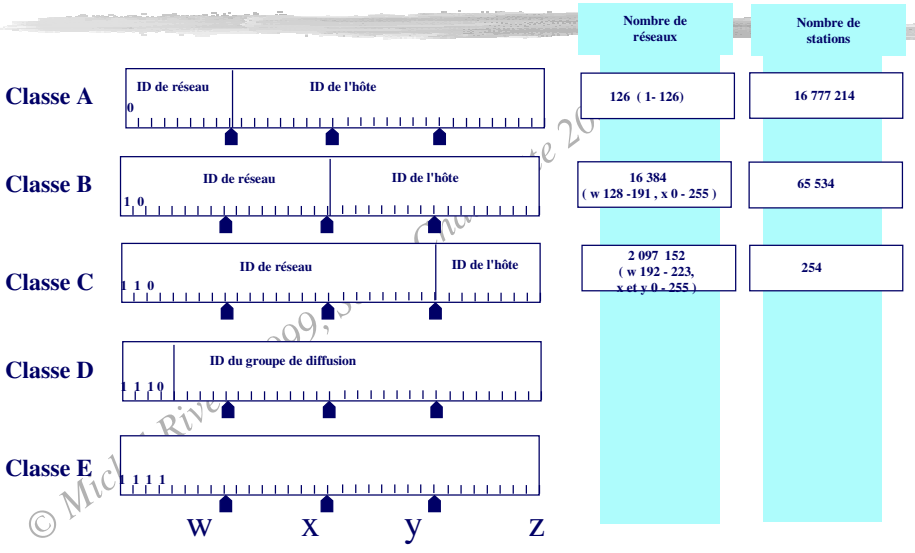
© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Classes d'adresses 1/3

- 5 classes de réseaux / à la diversité des réseaux en terme de taille
  - Classe A
    - réseaux comportant un grand nombre d'hôtes
    - ID de l'hôte sur 24 bits: x.y.z
  - Classe B
    - réseaux de moyenne ou de grande taille
    - ID de l'hôte sur 16 bits: y.z
  - Classe C
    - réseaux de taille modeste
    - ID de l'hôte sur 8 bits : z
  - Classe D
    - les adresses de classe D sont utilisées pour la diffusion multiple
    - ID du sous-groupe de diffusion sur 24 bits: x.y.z
  - Classe E
    - les adresses de classe D sont expérimentales

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Classes d'adresses 2/3



© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Classes d'adresses 3/3

- Il est possible de déterminer la classe à partir de la valeur du premier octet
  - Classe A : 1.x.y.z à 126.x.y.z
  - Classe B : 128.0.y.z à 191.255.y.z
  - Classe C : 192.0.0.z à 223.255.255.z
- Règles de base / ID de réseau :
  - L'ID de réseau doit être unique
  - 127 est réservé pour des fonctions de diagnostic par bouclage (loopback)
  - L'ID de réseau ne peut pas valoir 255, adresse de diffusion
  - L'ID de réseau ne peut pas valoir 0, 0 indique un réseau local
- Règles de base / ID de hôte:
  - L'ID de hôte doit être unique
  - L'ID de hôte ne peut pas valoir 255, adresse de diffusion
  - L'ID de hôte ne peut pas valoir 0, 0 indique ce réseau seulement

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Trame IP (1/4)

Version	Longueur en-tête	Type de service	Longueur totale du paquet	
Numéro de paquet			Indicateur	Déplacement
Durée de vie		Protocole Id	Somme de contrôle	
Adresse IP de la source				
Adresse IP de la destination				
Options				Remplissage
Données du transport				

© Michel

Trame IP (2/4)

- Version (4 bits) : identification du protocole IP utilisé
- Longueur (4 bits) : longueur de l'en-tête en mot de 32 bits
- Type de service (8 bits) indicatif :
  - Priorité sur 3 bits, 0 la plus faible
  - Bits de qualité de services
    - D (1 bit) : faible attente
    - T (1 bit) : flux important
    - R (1 bit) : fiable
- Longueur totale du paquet (16 bits) : exprimée en octets, incluant l'en-tête et les données
- Numéro de paquet (16 bits) : identificateur permettant d'associé des fragments à un mêmedatagramme si un découpage du datagramme s'avérerait nécessaire en cours de route, dû à sa taille trop importante

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Trame IP (3/4)

- Indicateurs (3 bits) :
  - F : indique si le paquet peut être fragmenté
  - U : non-utilisé
  - M : indique si le fragment est le dernier du paquet
- Déplacement (13 bits) : indique le décalage du fragment de donnée en multiple de 8 octets par rapport au données transportées dans le datagramme originel. 0 pour un datagramme en 1 seul fragment, ou pour le premier fragment.
- Durée de vie (8 bits) : durée maximum de vie du paquet dans le réseau (en seconde). Valeur décrémentée par chaque noeud traversé. A 0, le datagramme est détruit
- Protocole (8 bits) : indique quels sont les protocoles de niveau supérieur qui utilisent internet (protocole client)
- Somme de contrôle (16 bits) : code permettant de détecter les erreurs susceptibles d'apparaître dans l'en-tête. Recaculculer à chaque modification de l'en-tête (changt de durée de vie)

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Trame IP (4/4)

- Adresse IP de la source (32 bits) : contient l'adresse Internet de l'emetteur. Adresse découpée en deux zones selon la classes du réseau et les sous-réseaux éventuels
- Adresse IP de la destination (32 bits) : contient l'adresse Internet du destinataire.
- Options (taille variable) : champ prévu pour de futures modifications du standard Internet
  - Code (1 octet) : indique le type de traitement à appliquer aux options
    - Copy (1 bit) : indique si les options doivent être recopiées dans les fragments
    - Classe (2bits) : 0 : datagramme ou contrôle, 1 et 3 réservé, 2 mise au point
    - Numéro (5 bits) : nom de l'option dans la classe
  - longueur (1 octet) :longueur en octets des données de l'option
  - Données de l'option
- Remplissage : bits à 0 nécessaires pour que l'en-tête soit un multiple de 32 bits

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Les autres protocoles de liaison

- Couche d'interréseau :
  - IP : internet protocol
    - responsable de l'adressage et du routage des paquets entre l'hôte et les réseaux
    - protocole réseau à datagramme
  - ARP : Address Resolution protocol
    - utilisé pour obtenir l'adresse matériel des hôtes situés sur le même réseau physique
    - protocole permettant l'association entre une adresse IP et une adresses Ethernet
  - RARP : Reverse ARP
    - protocole permetant l'association entre une adresse ethernet et une adresse IP
  - ICMP : internet Control Message Protocol
    - envoie des messages et rapporte les erreurs concernant l'acheminement des paquets

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

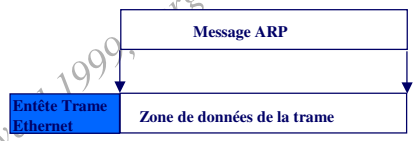
Le protocole ARP

- Définition :
  - ARP (RFC 826) est un protocole de bas niveau qui masque les détails d'adressage du réseau physique sous-jacents.
  - Il permet d'associer l'adresse IP de son choix à chaque machine.
  - ARP est considéré comme faisant partie du système de réseau physique et non des protocoles TCP/IP
- Structure : ARP est constitué de deux parties
  - détermination des adresses physiques lors de l'émission d'un paquets avec gestion d'un cache
  - réponse aux requêtes formulées par d'autres machines
- Problèmes
  - Changement d'adresse physique d'une machine : invalidation des entrées du cache sur temporisation sur chaque entrée
  - Bufferisation des requêtes en attente, accès multiple avec requêtes encours

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

La trame ARP (1/3)

- Lors d'une requête :
  - Le destinataire met à jour lui aussi son cache
- Sur Ethernet :
  - La trame est encapsulée directement dans la trame Ethernet



© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

La trame ARP

- Détail de la trame ARP
  - sa taille est variable selon le support

Type de matériel		Type de protocole
LGR-MAT	LGR-PROT	Opération
Adresse IP de la source		
Adresse Physique de la source		
Adresse IP de la destination		
Adresse Physique de la destination		

© Michel Riveill 1999 Sylvie Chaumette 2002

La Trame ARP (3/3)

- Contenu
  - Type de matériel : indique le type d'interface matérielle pour lequel le demandeur fait sa requête (ex : Ethernet = 1)
  - Type de protocole : indique le type d'adresse de protocole de haut niveau fournie par l'émetteur (ex : IP = h0800)
  - LGR-MAT et LGR-PROT : permettent l'utilisation de ARP sur tout type de réseau. Ils indiquent la longueur des adresses physiques et IP
  - Opération : indique une demande (1) ou une réponse (2) ARP, une demande (3) ou une réponse (4) RARP
  - Adresse IP (source / destination) : 4 octets en général
  - Adresses Physique (source/destination) : variables selon le support (Ethernet = 6)
  - Le destinataire lors de sa réponse positionnera le falg opération à réponse et inversera les champs source et destination

© Michel Riveill 1999 Sylvie Chaumette 2002

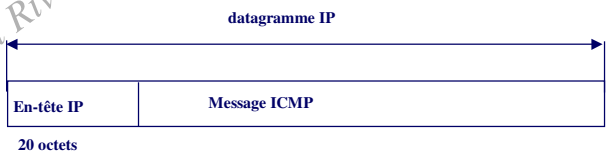
Le protocole RARP

- Objectifs :
  - Une machine peut avoir plusieurs interfaces réseaux et plusieurs adresses IP (ex : routeurs)
  - Souvent ces adresses sont soit en PROM (réseau principal) de boot configurées par l'administrateurs soit sur disques (lors de plusieurs réseaux)
  - Comment peut-on connaître sa propre adresse IP pour une station sans disque (diskless)
- Serveurs de boot associé a RARP
  - la station diskless fait une demande RARP avec son adresse physique Ethernet
  - Le serveur de boot configuré pour booter cette station répondra à la station en lui transmettant son adresse IP.

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Le protocole ICMP

- ICMP : Internet Control Message Protocol
  - ICMP est souvent considéré considéré comme faisant partie de la couche IP
  - Il communique les messages d'erreurs et les autres circonstances qui réclame l'attention
  - Les message ICMP se conforment soit à la couche IP, soit à la couche supérieure de protocole (TCP ou UDP) ou parfois directement à l'application (ex : ping)
  - Les message ICMP sont transmis à l'intérieur de datagrammes IP
  - RFC 792



© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Les messages iCMP

- Destination innacessible
- Temps expiré
- Paramètre incorrect
- Limitation de production
- Reroutage
- Demande d'écho et renvoi d'écho
- Demande d'horodatage et renvoi d'horodatage
- Demande d'information et renvoi d'information

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

La trame ICMP

- Format variable selon la requête / réponse

2002

Type	Code	Somme de contrôle
contenu dépendant du type et du code		

- Contenu
  - Un message d'erreur ICMP contient toujours l'entête IP et les 8 premiers octets du datagramme qui a provoqué l'erreur (permet de déterminer le protocole en cause et le port)

© Michel Riveill 1999,

Exemple ICMP : ping

- Trame Ping / ICMP
  - Emission d'une trame ICMP echo en direction d'une machine donnée.
  - Partitionné en deux : client ping (la commande), serveur ping (souvent inclus dans le noyau)
  - Si l'option tracé de route est choisie, IP indique dans le datagramme l'option IP RR, le destinataire recopiera le contenu du champ option du datagramme dans la trame ICMP

Type (0 ou 8)	Code (0)	Somme de contrôle
Identificateur		Numéro de séquence
contenu dépendant du type et du code		

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Exécution de ping

```
$ ping -i 1 www.nasa.org
PING www.nasa.org (205.166.250.94) from 147.210.8.170 : 56(84) bytes of data.
64 bytes from www.nasa.net (205.166.250.94): icmp_seq=0 ttl=234 time=119.586 msec
64 bytes from www.nasa.net (205.166.250.94): icmp_seq=1 ttl=234 time=118.798 msec
64 bytes from www.nasa.net (205.166.250.94): icmp_seq=2 ttl=234 time=119.236 msec
64 bytes from www.nasa.net (205.166.250.94): icmp_seq=3 ttl=234 time=119.760 msec
64 bytes from www.nasa.net (205.166.250.94): icmp_seq=4 ttl=234 time=120.355 msec
64 bytes from www.nasa.net (205.166.250.94): icmp_seq=5 ttl=234 time=119.959 msec
64 bytes from www.nasa.net (205.166.250.94): icmp_seq=6 ttl=234 time=121.422 msec
ò
--- www.nasa.org ping statistics ---
7 packets transmitted, 7 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max/mdev = 118.798/119.873/121.422/0.885 ms
$
```

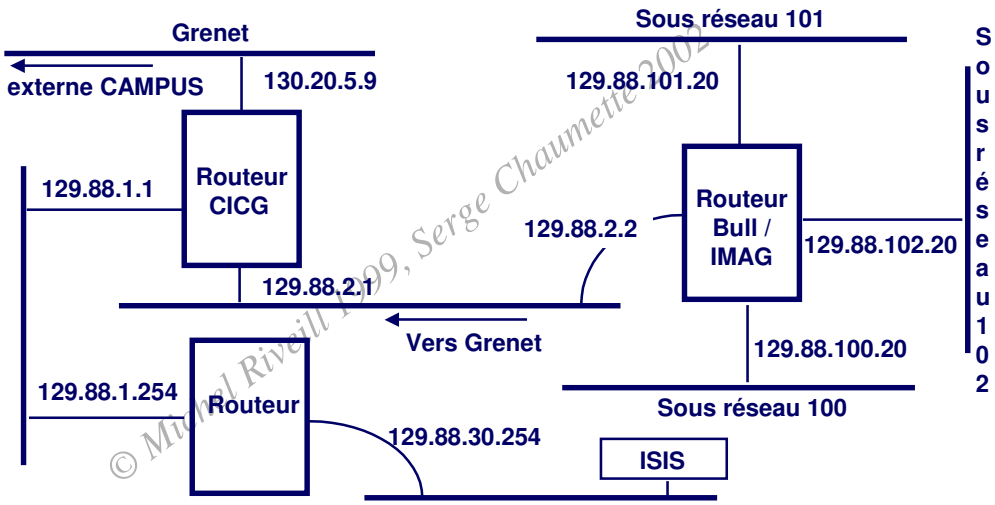
© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Interconnexion de réseau

- Eléments d 'interconnexion
  - couche physique
    - répéteur : amplifie et retransmet le signal
  - couche liaison
    - pont (bridge) : filtre et retransmet la trame (change le format)
  - couche réseau
    - routeur (router) : retransmet le paquet sur des réseaux différents

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Routage Internet



© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Routage IP : principe de base

- Définition :
  - Processus de choix du chemin par lesquels les paquets sont transmis à la machine destinataire
  - Le routage s'effectue sur la base de table de routage IP routing table qui contient les informations relatives aux différentes destination possibles et à la façon de les atteindre
  - ex : netstat -r (sous UNIX)
- Principe de base :
  - L'émetteur ne connaît pas la route complète mais l'adresse du prochain site IP qui le rapprochera de la destination (prochain saut)
  - Ceci évite des tables trop complexe et lourde et permet aussi des changement plus dynamique de route en fonction de la charge ou de pannes potentielles.

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Routage IP : algorithme de base (1/2)

- Extraire du datagramme l'adresses IP de destination (IPDest)
- Calculer l'adresse du réseau de destination (Ires)
- Si cette adresses Ires correspond à l'adresse réseau du réseau local
  - IPdest est directement accessible sur le réseau élémentaire commun
  - La couche IP locale tente la translation adresse logique IPdest en une adresse physique à travers la table maintenue en cache
  - Si le réseau est de type Ethernet, (Tokenring, ...), le protocole ARP acquerra les éventuelles entrées manquantes dans la table et émettra le datagramme
  - Si le réseau est d'un autre type (Transpac, ...), les adresses physiques destinataires X21 auront dû être configurées à la main au préalable

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Routage IP : algorithme de base (2/2)

- sinon (ce n'est pas une adresse accessible, il faut alors consulter la table de routage IP locale)
  - si Ires est dans la table alors
    - Router le datagramme selon les indications de la table (vers un autre noeud du réseau local, avec résolution adresse IP -> adresse physique, ou vers un autre coupleur connecté à un réseau externe)
  - sinon Ires n 'est pas dans la table alors
    - Prendre la route par défaut indiquée dans la table (si abs => erreur)
    - Router le datagramme selon les indications de l'entrée par défaut de la table (vers un autre noeud du réseau local, avec résolution adresse IP -> adresse physique, ou vers un autre coupleur connecté à un réseau externe)

© Michel Riveill 1999 Sers Chaumette 2002

Sous-réseaux

- Définition
  - un sous-réseau fait partie d'un ensemble de plusieurs réseaux TCP/IP distincts utilisant un schéma d'adressage construit à partir de la même adresses IP, utiliser le même ID de réseau pour desservir plusieurs réseaux sur plusieurs segments
- Intérêts
  - diviser un réseau de grande taille en plusieurs réseaux physiques connectés par des routeurs (locaux ou distants)
  - possibilité de faire coexister des technologies de réseaux différentes
  - diminution de la congestion du réseau par redirection du trafic et réduction des diffusions
- Comment ?
  - ID sous-réseau en séparant les bits d'ID d'hôtes en plusieurs sections

© Michel Riveill 1999 Serge Chaumette 2002

Adressage de sous-réseau

- Déterminer le nombre d'ID réseau requis
  - un pour chaque sous-réseau
  - un pour chaque connexion WAN
- Déterminer le nombre d'ID d'hôte par sous-réseau
  - un pour chaque hôte TCP/IP
  - un pour chaque interface routeur
- Définir un masque de sous-réseau
- Définir un ID de réseau unique pour chaque sous-réseau en fonction du masque de réseau
- Définir des ID d'hôte valides pour chaque sous-réseau

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002

Masque de sous-réseau

- Permet de distinguer l'ID de réseau de l'ID de l'hôte
- Permet de distinguer si l'hôte de destination est local ou distant
- Tout les hôtes TCP/IP requièrent un masque de sous-réseau même si le réseau ne comporte qu'un segment
- Masque de sous-réseau par défaut (absence de sous-réseau)
  - Classe A : 255.0.0.0
  - Classes B : 255.255.0.0
  - Classe C : 255.255.255.0

© Michel Riveill 1999, Serge Chaumette 2002