

Figure 3: Opération AND effectuée pour savoir si une machine appartient à un réseau donné.

en prenant une partie des bits réservés aux adresses de machines (voir figure 3 dans laquelle 2 bits sont pris sur la partie normalement réservée aux machines). Ensuite, pour les adresses de machines, on évite les adresses ayant tous les bits à 0 ou à 1. Par convention, ces adresses sont utilisées pour le broadcast.

Exercices

A quelle classe de réseau est associée l'adresse binaire suivante:

11001000100010001010100100011101

Quelle en est la représentation décimale?

En supposant que l'on utilise dans une adresse de classe C 5 bits de la partie machine pour un sous-réseaux local, indiquer pour chacune des adresses suivantes si elles sont valides.

192.168.134.180

203.103.81.87

222.189.34.206

On suppose qu'une compagnie d'assez grande taille se voit affecter l'adresse de classe B 128.134. Elle possède en outre 5 sous-réseaux qu'elle veut adresser.

Question 1: Combien de bits doivent être pris sur la partie gérée localement pour définir au moins 5 sous-réseaux. En utilisant la numérotation binaire, indiquer alors le masque de réseau qui doit être utilisé.

On peut utiliser l'outil `bc`, qui est un calculateur en ligne, pour convertir des nombres binaires en notation décimale. Exemple:

```

# bc
ibase=2
10001111
143
  
```

Faire un tableau qui récapitule pour chaque sous-réseau (même ceux inutilisés) l'adresse du sous-réseaux, l'adresse de la première et de la dernière machine possible sur le sous-réseau.

3 Adressage sans classe CIDR

Depuis 1994, afin de réduire le gaspillage des adresses IP (du aux classes A et B) et la taille des tables de routage dans les routeurs inter-domaine, le système CIDR (Classless Inter Domain Routing) est utilisé pour agréger et attribuer des d'adresses de classe C consécutives. En fait, les adresses sont maintenant vues comme composée d'un préfixe de longueur variable et d'un

nombre représentant le nombre de bits du masque de réseau. Ainsi par exemple l'adresse suivante 193.127.32.0/23 représente les adresses réseaux 193.127.32.0 et 193.127.33.0.

Le nombre d'adresse réseaux adressé peut facilement être déduit du nombre de bits du masque. Ainsi en prenant comme exemple une adresse de classe C, /24 adresse un seul réseau, /23 adresse 2 réseaux, /22 4 réseaux et ainsi de suite.

Exercices

Un routeur BGP inter-domaine R1 possède dans sa table de routage l'entrée suivante 140.127.0/22 pour adresser un ISP A. Quels sont les réseaux accessibles via R1?

Maintenant l'ISP A est dit multi-domicilié (multi-homing), c'est le cas par exemple lorsqu'il possède 2 routes vers le réseau de son l'opérateur (donc est raccordé à 2 routeurs BGP inter-domaine). Ses réseaux 140.127.0/22 sont raccordé au routeur R1 et son réseaux 140.127.2/24 au routeur R2. Quel est la table de routage de R1 et R2.

4 Configuration adresse IP et sous-réseaux

Dans la pratique il est courant de construire des réseaux avec différents segments/domaine Ethernet, les stations reliées à plusieurs segments servent de routeurs. La figure 4 représente la salle de TP Estaing avec les machines. Toutes les machines sont reliées à un commutateur Ethernet via les prises de brassage au niveau des tables.

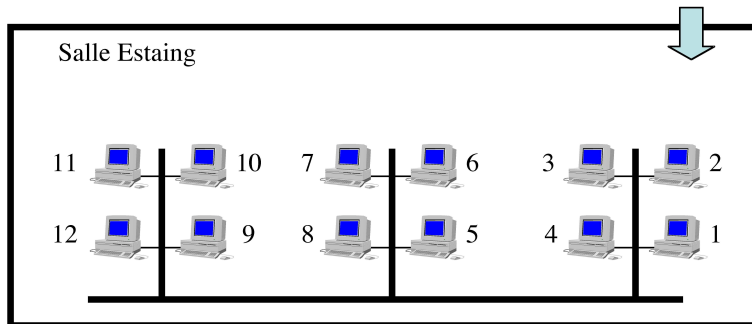


Figure 4: Schéma de la salle de TP Estaing.

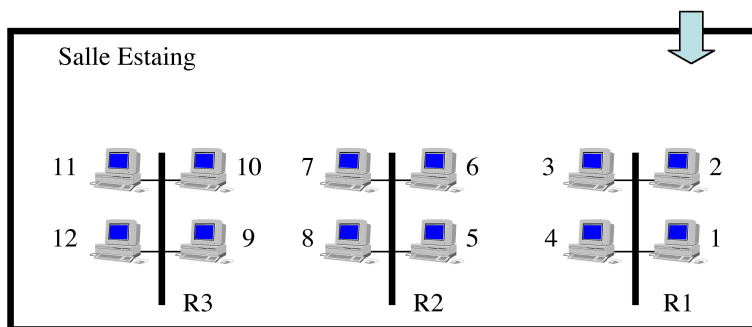


Figure 5: Schéma du réseau 1 à réaliser.

Pour le TP on va construire le réseau correspondant à la figure 5. Pour simplicité de lecture, on choisira pour les réseaux R1, R2 et R3 les adresses 192.168.[1-3].0 avec des masques de 255.255.255.0 (adresse de classe C où le troisième octet permet de spécifier 256 sous-réseaux, on suppose que l'administrateur a reçu 3 adresses de réseaux différentes). L'adresse IP d'une machine sur un sous-réseau s'obtiendra en concaténant son numéro de machine à l'adresse du sous-réseau: par exemple la machine 3 aura l'adresse IP 192.168.1.3 sur le réseau R1. Chaque réseau possède une adresse de diffusion (conventionnellement avec les bits de poids faibles à 1), qui permet de diffuser un paquet IP à toutes les machines du réseau. Dans notre cas on prendra comme adresse de diffusion l'adresse IP du sous-réseau se terminant en 255 (donc pour R2 on a 192.168.2.255).

Exercice

Déterminer les adresses IP de chacune des machines de la salle, compléter le schéma avec les adresses de sous-réseaux et les adresses de broadcast. Donner un nom à votre machine si le nom n'est pas correct (voir étiquette sur la machine). Créer un fichier `/etc/hosts` pour associer un nom de machine à une adresse IP. Créer un fichier `/etc/networks` qui donne un nom logique aux différents sous-réseaux (R[1-3]).

Configuration des adresses IP

La configuration de IP sous Linux se fait essentiellement à l'aide des commandes `ifconfig` et `route`.

ifconfig

`ifconfig` permet de configurer l'adresse IP d'une des interfaces. Les interfaces ont pour nom `eth0`, `eth1` pour les différentes interfaces ethernet physiques, `ppp0` pour les interfaces PPP (en général une liaison IP sur port série). **Les machines peuvent avoir plusieurs interfaces réseaux. Si c'est le cas, vous les utiliserez plus tard, pour l'instant utilisez uniquement eth0.**

La syntaxe de `ifconfig` est la suivante:

```
ifconfig <interface> <addr-ip> netmask <masque> broadcast <broad-addr>.
```

5 Routage des paquets IP

La configuration du routage des paquets IP se fait avec le programme `route`. Chaque machine possède une table de routage que l'on affiche avec `route` sans argument.

route

Chaque entrée donne l'interface d'expédition pour les paquets dont la destination correspond à un sous-réseau/masque. Les entrées dans la tables sont de deux types:

- Les routes directes pour les destinations qui sont sur un réseau directement connectées.
- Les entrées du type "gateway" pour les réseaux distincts, où on indique l'adresse du routeur qui va prendre en charge les paquets, ce routeur doit être sur l'un des réseaux directement connectés.

La syntaxe de `route` est la suivante pour ajouter une route:

```
route add -net <reseau> [ netmask <masque> ] [ gateway <addr> ] [<interface>].
```

Dans les versions récentes de Linux (celle que vous utilisez par exemple), la définition d'une adresse IP pour une interface (`eth0` par exemple) avec `ifconfig` configure automatiquement une route qui permet à la machine d'accéder au réseau par cette interface. Vous pouvez le vérifier en tapant tout simplement `route` après avoir fait le `ifconfig`.

Exercice

Réaliser les sous-réseaux en utilisant des hubs/switchs. Configurer les machines du réseau en reprenant le système d'attributions d'adresse puis vérifier avec `ifconfig` (sans argument) que les valeurs indiquées sont correctes. Vérifiez que toutes les machines d'un même sous-réseau sont joignables par `ping` (Dans le schéma de réseau 1 chaque table est un sous-réseau).

Tester les adresses de broadcast avec `ping`.

6 Ajout du routage entre les sous-réseaux

Les machines 1, 5 et 9 possèdent 2 interfaces réseau (`eth0` et `eth1`). Nous pouvons donc les utiliser pour en faire des routeurs.

Réaliser le réseau représenté par le schéma suivant:

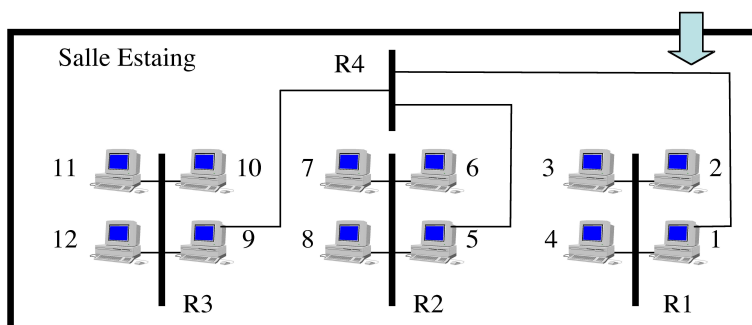


Figure 6: Schéma du réseau 2 à réaliser.

Comme précédemment, le réseau R4 a pour adresse 192.168.4.0. Configurer les machines qui serviront de routeurs/passerelles en leur assignant pour leur deuxième interface une adresse IP dans le réseau R4. Les mêmes conventions d'adressage seront utilisées.

Les machines sur les différents sous-réseaux doivent désigner les machines qui servent de routeur sur leur propre sous-réseau comme étant le routeur par défaut. Regarder comment vous pouvez faire cela avec la commande `route`. Faire `man route` pour avoir l'aide de la commande `route`.

Une fois toutes les machines bien configurées, vérifier que les pings passent entre les machines des différents sous-réseau.

Vérifier avec `traceroute` le chemin parcouru pour aller à chaque machine. Comment pourriez-vous savoir avec `ping` le nombre de gateway traversés sur un chemin entre une machine A et une machine B.

7 Capture du trafic LAN avec Ethereal

Utilisez `Ethereal` pour regarder le trafic sur le LAN. Par exemple, faites des `ping` et essayez de voir le contenu des paquets en repérant les adresses IP source et destination dans les paquets capturés.

8 Visualisation des entrées ARP

Pour communiquer sur Ethernet, les paquets IP sont encapsulés dans des trames Ethernet. Avant d'envoyer un paquet IP sur le réseau local, une machine doit donc connaître l'adresse Ethernet de la machine destination. Pour cela elle utilise le protocole ARP (RFC 826) en faisant un broadcast à toutes les machines du réseau, la machine concernée renvoie alors son adresse Ethernet.

Exercice

Visualiser la table courante des entrées ARP déjà déterminées avec `arp -a`. Essayer ensuite après avoir fait un `ping` sur une autre machine. Pour avoir plusieurs machines à essayer, rajouter momentanément votre machine sur d'autres sous-réseaux en utilisant une nouvelle interface logique, par exemple mettez 3 sur R5, 4 sur R4, etc.

Les figures 1 et 2 sont issues du livre *Computer Network 3rd Edition* de Andrew S. Tanenbaum. Les fichiers postscript sont fournis par l'auteur à des fins pédagogiques.