

Programmation Internet

Cours 3

Kim Nguyễn

<http://www.lri.fr/~kn>

30 septembre 2013

Plan

1. Système d'exploitation ✓
2. Réseau et Internet
 - 2.1 Principes des réseaux
 - 2.2 TCP/IP
 - 2.3 Adresses, routage, DNS

Définitions

Réseau : ensemble de **nœuds** reliés entre eux par des **liens** (où canaux)

Réseau informatique : réseau où les nœuds sont des ordinateurs. Les liens sont hétérogènes (cables, liaisons satellites, liaisons radio, etc.)

Protocole : ensemble de **conventions** permettant d'établir une communication mais qui ne font **pas partie** du sujet de la communication

Organismes de standardisation

Plusieurs organismes interviennent à différents niveaux :

- ISO** : standardise **TOUT**. Donc, il y a un standard pour les réseaux informatiques (modèle *Open System Interconnection*)
- IETF** : *Internet Engineering TaskForce*, organisme ouvert qui standardise TCP/IP
- IEEE(-SA)** : *Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association*, association Américaine à l'origine (mondiale maintenant). Définit des standards comme (IEEE 802.11abgn,...)
- W3C** : *World Wide Web Consortium*, standardise les formats du Web : HTML, SVG, XML, ...
- Industrie** : les gros acteurs ont aussi de l'influence : Google, Oracle, Microsoft, Cisco,...

Les 7 couches du modèle OSI

N	Unité	Nom	Utilisation
7	–	<i>Application</i>	Logiciel
6	–	<i>Presentation</i>	Chiffrement
5	–	<i>Session</i>	Identification, connexion
4	Segment	<i>Transport</i>	Intégrité des données
3	Paquet	<i>Network</i>	Acheminement (routage)
2	Trame	<i>Data-Link</i>	Encodage sur le support physique
1	Bit	<i>Physical</i>	Matériel (cables, voltage, ...)

Plan

1. Système d'exploitation ✓
2. Réseau et Internet
 - 2.1 Principes des réseaux
 - 2.2 TCP/IP
 - 2.3 Adresses, routage, DNS

Modèle TCP/IP

Modèle en 4 couches, similaire au modèle OSI :

N	Nom	Description	Eq. OSI
4	Application	HTTP, Bittorrent, FTP, ...	7, 6, 5
3	Transport	TCP, UDP, SCTP,...	4
2	Internet	IP (v4, v6), ICMP, IPsec, ...	3
1	Link	Ethernet, IEEE 802.11, ...	2, 1

Modèle TCP/IP

Modèle en 4 couches, similaire au modèle OSI :

N	Nom	Description	Eq. OSI
4	Application	HTTP, Bittorrent, FTP, ...	7, 6, 5
3	Transport	TCP, UDP, SCTP,...	4
2	Internet	IP (v4, v6), ICMP, IPsec, ...	3
1	Link	Ethernet, IEEE 802.11, ...	2, 1

TCP : *Transfer control protocol*, s'occupe de la bonne transmission des données (détection d'erreurs, retransmissions, ...)

IP : *Internet Protocol*, s'occupe de 2 choses :

- donner une adresse unique aux machines
- router les paquets, *i.e.* transmission des paquets vers une autre machine, plus proche de la destination

Structure d'un paquet IPv4

14 champs (13 obligatoires, 1 optionnel) :

	0-3	4-7	8-13	14-15	16-18	19-31
0	Version	Longueur en-tête	DSCP	ECN	Longueur totale	
32	Identification				Flags	Position du fragment
64	TTL		Protocole		Somme de contrôle	
96	Adresse IP de la source					
128	Adresse IP de la destination					
160	<i>Options (si Longueur en-tête > 5)</i>					
> 160	Données					

Le paquet est transmis en *big endian* (c'est à dire, bit 0 le plus à gauche)

Détail des champs obligatoires (1)

Version : Numéro de version du protocole (4)

Longueur en-tête : Longueur de l'en-tête en mots de 32bits (5 si pas d'options)

DSCP : *Differentiated Service Code Point*, code du type de service (Voix sur IP, vidéo, jeu,...)

ECN : *Explicit Congestion Notification*, gestion de l'engorgement

Longueur totale : en octet, en-tête + données

Identification : numéro servant à identifier le fragment

Flags : bit 0 toujours à 0, bit 1 à 1 si le paquet ne doit pas être fragmenté, bit 2 à 0 si c'est le dernier paquet d'un ensemble fragmenté

Détail des champs obligatoires (2)

Position du fragment : position du fragment par rapport à un paquet non-fragmenté

TTL : *Time To Live* compteur décrémenté à chaque fois que le paquet traverse un nœud. Si 0 le paquet est jeté.

Protocole : code du protocole utilisé dans la partie donnée

Somme de contrôle : *hash* de l'entête, vérifiée à chaque retransmission

Adresse source : Adresse IP de l'expéditeur

Adresse destination : Adresse IP du destinataire

Champs optionnels

Les champs optionnels commencent par un octet d'identification.
Plusieurs options possibles :

Routage spécifié : Liste de tous les nœuds à suivre pour arriver à la destination

Routage large : Liste de nœuds que le paquet doit traverser

Enregistrement de la route : les adresses des nœuds traversés sont mémorisées dans le champs

...

Plan

1. Système d'exploitation ✓
2. Réseau et Internet
 - 2.1 Principes des réseaux
 - 2.2 TCP/IP
 - 2.3 Adresses, routage, DNS

Adresses IP

- Moyen d'identifier une machine sur Internet
- Adresse composée de 4 octets :
ex : 129.175.28.179
- Certaines adresses sont réservées : 10.x.x.x, 172.[16-31].x.x, 192.168.x.x, 169.254.x.x
- *Internet Assigned Numbers Authority*, attribue les IPs par bloc aux fournisseurs d'accès et grandes entreprises
- IPv4 est amené à disparaître, remplacé par IPv6 (adresses sur 128 bits)

Classes d'adresses IP

Une adresse IP se décompose en deux parties :

1. Adresse réseau (assignée par l'IANA)
2. Adresse de la machine (assignée par l'administrateur du réseau local)

Il y a 5 classes d'adresses (3 utilisées en pratique) : On note **N** (= adresse réseau) et **N** (= adresse machine)

classe A : [0–127].H.H.H

classe B : [128–191].N.H.H

classe C : [192–223].N.N.H

Deux classes spéciales :

classe D : [224–247].X.X.X, multicast

classe E : [248–255].X.X.X, expérimental (réservé)

Exemple

classe A : 7 bits pour le réseau, 3 octets pour la machine

- exemple : 74.125.39.103

classe B : 14 bits pour l'adresse du réseau, 2 octets pour l'adresse de la machine

- exemple : 129.175.125.111 (www.u-psud.fr)

classe C : 5 bits plus 2 octets pour le réseau, 1 octet pour la machine :

- exemple : 207.46.131.43 (microsoft)

Adresses réservées

Certaines adresses ont une utilisation particulière :

Cette machine : 127.0.0.1, pour que la machine ait une adresse réseau, même si elle n'est pas connectée.

Tout le réseau : N.0.0.0 pour les IPs de classe A, N.N.0.0 pour les IPs de classe B, N.N.N.0 pour les IPs de classe C

Diffusion : N.255.255.255 pour les IPs de classe A, N.N.255.255 pour les IPs de classe B, N.N.N.255 pour les IPs de classe C

Routage

Une machine A veut envoyer un message à la machine D. Les deux machines ne sont pas directement reliées (pas de câble point-à-point, pas sur le même switch, pas sur des switchs connectés, pas sur le même réseau Wifi,...)

Routeur : machine possédant **au moins 2** interfaces réseau ainsi que des logiciels spécialisés et dont le but est de transmettre les paquets IP d'un réseau vers un autre.

Table de routage : spécifie, pour chaque groupe d'IP quel est le routeur. Exemple :

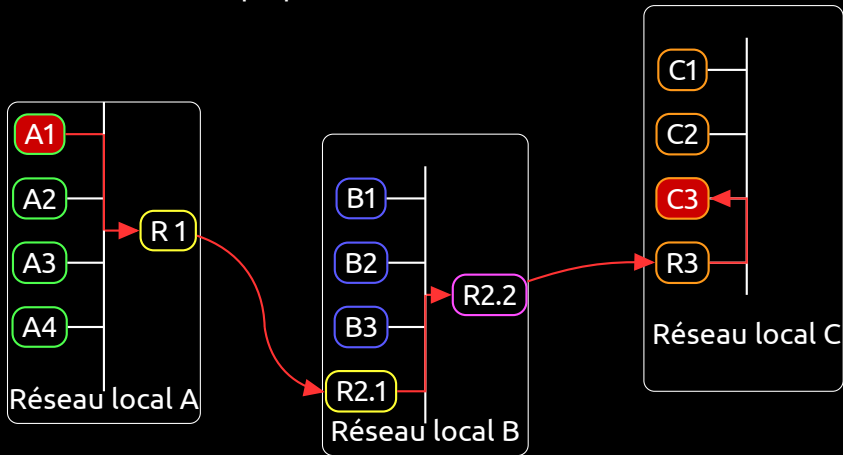
```
> route
```

```
Kernel IP routing table
```

Destination	Gateway	Genmask	...	Iface
192.168.0.0	*	255.255.255.0	...	eth1
129.175.240.0	*	255.255.255.0	...	eth0
default	129.175.240.1	0.0.0.0	...	eth0

Routage

Transmission d'un paquet d'une machine A1 à une machine C3 :



Épuisement des adresses IPv4

Combien de machines peut-on adresser avec IPv4 ?

Épuisement des adresses IPv4

Combien de machines peut-on adresser avec IPv4 ?

$$256 \times 256 \times 256 \times 256 = 2^{32} = 4\,294\,967\,296$$

Épuisement des adresses IPv4

Combien de machines peut-on adresser avec IPv4 ?

$$256 \times 256 \times 256 \times 256 = 2^{32} = 4\,294\,967\,296$$

Insuffisance du nombre d'adresses liée aux facteurs suivants :

- Explosion du nombre de terminaux mobiles (environ 1 milliard de smartphones fin 2012)
- Connexions permanentes (machines « toujours allumées et connectées »)
- Adressage par classes inadapté (rien entre les 16 millions d'adresses de la classe A et les 65536 adresses de la classe B)

Quelles solutions ?

- **IPv6** : nouvelle version du protocole IP
 - + : adresses sur 128 bits ($2^{128} \approx 3.4 \times 10^{38}$)
 - : standard complètement incompatible avec IPv4

Quelles solutions ?

- **IPv6** : nouvelle version du protocole IP
 - + : adresses sur 128 bits ($2^{128} \approx 3.4 \times 10^{38}$)
 - : standard complètement incompatible avec IPv4
- **Sous-réseau** : on utilise une partie de la partie « machine » d'une adresse IPv4 pour dénoter un sous-réseau
- **réseaux locaux** : certaines machines sont « cachées » du réseau global et utilisées uniquement en réseau local

Mise en sous-réseau

On utilise un **masque** *i.e.* un nombre dont le « et » binaire avec l'adresse va isoler la partie réseau.

Exemple :

- adresse : 129.175.34.35 (classe B, **réseau**, **machine**)
- masque : 255.255.240.0 (=11111111.11111111.11110000.00000000₂)
- application du masque :

décimal	129	175	34	35
binaire	10000001	10101111	00100010	01000011
masque	11111111	11111111	11110000	00000000
« ET »	10000001	10101111	00100000	00000000
sous-réseau	129	175	32	0
machine	0	0	2	35

On peut donc au moyen d'un masque découper une classe (A par exemple) en sous-réseaux plus petits.

Réseaux privés

Le standard réserve 3 blocs d'adresses :

- 10.0.0.0 – 10.255.255.255
- 172.16.0.0 – 172.31.255.255
- 192.168.0.0 – 192.168.255.255

Ces adresses ne peuvent **jamais** être données à une machine sur Internet. Elles sont utilisées par le réseau local. Seul le *routeur* possède une adresse publique et il s'occupe de faire la traduction entre adresses locales et adresses globales (NAT : *Network Address Translation*)

DNS

Domain Name System : permet d'attribuer un nom à une IP (annuaire).

Double avantage :

- pour les humains, un nom est plus simple a retenir
- on peut changer d'adresse IP de manière silencieuse

Principe hierarchisé :

- les serveurs DNS primaires gardent les informations sur les **tld** (Top Level Domain : `.com`, `.fr`, `.net`, ...)
- pour chaque tld, il y a un ensemble de serveur DNS de niveau 2 qui fait correspondre le nom de domaine (`google.com`, `u-psud.fr`) à un DNS de niveau 3 (généralement le DNS de niveau 2 est chez le FAI)
- le DNS de niveau 3 donne l'IP d'une machine particulière sur son domaine : `mail`, `www` (le DNS de niveau 3 est administré localement)

Commandes Unix pour le réseau

`nslookup`, `dig`, `host` : retrouve l'IP pour un nom de machine

`netstat` : affiche l'état des connexions en cours

`ping` : test de connexion

`traceroute` : affiche tous les sauts entre une source et une destination

`route` : affiche la table de routage

`ifconfig` : affiche les informations de configuration des interfaces réseau (adresse IP, réseau, masque, etc.)