

Introduction aux Systèmes et Réseaux

TD n°5 : Introduction aux réseaux

Le but de ce sujet de TD est d'illustrer le fonctionnement des réseaux par le biais d'études de performances et de quelques discussions plus qualitatives ¹.

Exercice 1 : On considère deux machines (M_1 et M_2) reliées via un chemin qui comporte trois routeurs (R_1, R_2, R_3). Lors de l'acheminement jusqu'à M_2 d'un paquet IP émis par M_1 :

- Quel est le nombre de décisions de routage prises pour réaliser l'acheminement du paquet ?
- Quel est le nombre d'interfaces réseau traversées par le paquet ?

Exercice 2 : On considère deux machines reliées par un lien réseau (par exemple, un câble Ethernet). On transfère un fichier de l'une à l'autre en utilisant un protocole applicatif donné (par exemple FTP ou SFTP), qui s'appuie lui même sur les protocoles TCP/IP. À l'aide d'un dispositif de mesure, on observe les données brutes transmises sur le lien. À quoi correspondent les premiers octets observés lors d'une telle expérience ?

Exercice 3 : Lorsqu'une machine reçoit un paquet IP dont elle est la destinataire, comment le système d'exploitation peut-il déterminer le type de contenu encapsulé dans le paquet (par exemple : un *segment* associé au protocole de transport TCP, un datagramme associé au protocole de transport UDP, etc.) ?

Exercice 4 : Dans un réseau IP (et donc sur l'Internet) un routeur qui n'a pas, dans sa table de routage, une destination explicite pour un paquet reçu va :

1. rediriger le paquet vers un routeur par défaut, si une route par défaut existe dans la table de routage ;
2. éliminer le paquet, s'il n'y a pas de route par défaut dans la table de routage ;
3. mettre le paquet en attente pour une retransmission ultérieure (lorsque de nouvelles informations seront disponibles dans la table de routage) ;
4. renvoyer le paquet vers le voisin qui lui a transmis le paquet ;

1. Certaines questions sont empruntées (avec adaptations) aux ouvrages suivants : A. Tanenbaum, *Computer Networks*, 4th edition, Prentice Hall, 2003, J. Kurose, K. Ross, *Computer Networking : a Top-Down Approach*, 4th edition, Pearson, 2007, L. Peterson, B. Davie, *Computer Networks : A Systems Approach*, 4th edition, Morgan Kaufmann, 2007, S. Cateloin, A. Gallais, S. Marc-Zwecker, J. Montavont, *Mini-manuel des réseaux informatiques*, Dunod 2012. et *Introduction à la science informatique*, CNRP-CRDP, 2011.

5. renvoyer le paquet vers l'émetteur du paquet ;
6. aucune des propositions précédentes.

Exercice 5 : On considère un modèle de couches de protocoles réseau, inspiré du modèle à cinq couches de l'Internet mais privé de la couche *transport*. Quelles sont les affirmations correctes par rapport au fonctionnement d'une telle couche ?

1. Toutes les machines doivent appartenir au même réseau car aucune fonction de routage n'est possible.
2. La pile de protocoles nécessite que tous les liens de communication soient fiables à 100% : aucune perte ni corruption de données.
3. Seule une application par machine peut utiliser le réseau.

Exercice 6 : On considère deux applications (A et B) qui s'exécutent sur l'hôte (machine) M1 et sont susceptibles de communiquer avec les applications C et D qui s'exécutent sur l'hôte M2. Discuter de la faisabilité des affirmations suivantes.

1. A peut utiliser le port TCP 1234 de M1 pour communiquer avec C qui utilise le port UDP 4567 de M2.
2. A et B peuvent partager le port TCP 12456 de M1 pour communiquer simultanément avec C, sur le port TCP 80 de M2.
3. L'application cliente A peut utiliser simultanément les ports TCP 12456 et 12457 de M1 pour communiquer avec l'application serveur C sur le port TCP 80 de M2.
4. A peut utiliser le port UDP 1234 de M1 pour communiquer avec C qui utilise le port UDP 6789 de M2, et en même temps, B peut utiliser le port TCP 4567 de M1 pour communiquer avec D sur le port TCP 6789 de M2.

Exercice 7 : On donne ci-dessous des traces² obtenues en réponse à des requêtes DNS via l'utilitaire `dig`.

```
mandelbrot:~> dig www.cs.princeton.edu
[...]
;; ANSWER SECTION:
www.cs.princeton.edu. 300 IN A 128.112.136.35
;; AUTHORITY SECTION:
cs.princeton.edu. 300 IN NS dns1.cs.princeton.edu.
cs.princeton.edu. 300 IN NS dns2.cs.princeton.edu.
;; ADDITIONAL SECTION:
dns1.cs.princeton.edu. 300 IN A 128.112.136.10
dns2.cs.princeton.edu. 300 IN A 128.112.136.12
```

2. Les traces fournies sont tronquées pour simplifier et raccourcir l'énoncé.

```
mandelbrot:~> dig NS princeton.edu
[...]
;; ANSWER SECTION:
princeton.edu. 300 IN NS dns.princeton.edu.
```

```
mandelbrot:~> dig dns.princeton.edu
[...]
;; ANSWER SECTION:
dns.princeton.edu. 33 IN A 128.112.129.15
```

```
mandelbrot:~> dig math.princeton.edu
[...]
;; ANSWER SECTION:
math.princeton.Edu. 300 IN A 128.112.18.16
;; AUTHORITY SECTION:
princeton.Edu. 300 IN NS dns.princeton.Edu.
```

Répondre aux questions suivantes en justifiant les réponses.

- Les domaines `princeton.edu`, `cs.princeton.edu` et `math.princeton.edu` appartiennent-ils à la même zone ?
- La machine `www.cs.princeton.edu` est-elle, comme son nom le suggère, située dans les locaux de l'Université de Princeton ?
- Dans le cas le plus favorable, combien de requêtes DNS sont-elles nécessaires pour qu'une application (par exemple un navigateur web) s'exécutant sur `mandelbrot` obtienne l'adresse IP associée au nom `www.cs.princeton.edu` ?
- Reprendre la question précédente en considérant le cas le plus défavorable. Détailler la réponse à l'aide d'un schéma illustrant la séquence de requêtes/réponses échangées. Préciser la fonction de chaque machine impliquée ainsi que (lorsque l'information est disponible dans la trace), son nom DNS et son adresse IP.

Exercice 8 : On considère deux machines reliées par un réseau dont les caractéristiques sont les suivantes :

- longueur $L : 10^7$ m
- débit $D : 10^6$ bits/s
- vitesse de propagation $V : 2 \cdot 10^8$ m/s

On considère par ailleurs que les temps d'attente sont négligeables. Dans chacun des cas suivants, indiquer quel est le facteur (latence de base ou débit) qui a le plus d'impact sur les performances de l'application répartie :

- échange question-réponse, chaque message fait une taille M (1000 bits) et on suppose que le temps de traitement sur le serveur est négligeable ;

2. envoi d'un message (fichier) de taille N (10^6 bits).

Exercice 9 : Une liaison par réseau entre deux sites a une longueur L et la vitesse de propagation du signal est V . Pour un paquet de P octets, quel est le débit pour lequel le temps de propagation est égal au temps de transmission ? Quel est ce temps de propagation ?

On prendra $L = 40$ km, $P = 100$ octets, $V = 2 \cdot 10^5$ km/s.

Exercice 10 : On considère deux ordinateurs reliés par un réseau qui comporte N nœuds intermédiaires (routeurs) et une distance totale de câbles d (en km), avec une vitesse de propagation V (en m/s). Chaque nœud intermédiaire induit une latence de commutation, qui correspond au temps passé entre la réception complète d'un paquet et sa retransmission. Un délai de commutation t (en μs) affecte-t-il significativement la latence des communications entre les deux ordinateurs ?

On prendra $N = 50$, $d = 5000$ km, $V = 2 \cdot 10^8$ m/s et $t = 10 \mu s$.

Exercice 11 : On considère deux nœuds (A et B) reliés par un réseau avec un débit D (en Gb/s), une vitesse de propagation V (en m/s) et une distance L (en km). On cherche à évaluer le temps nécessaire pour une communication (entre l'émission du premier bit par A et la réception du dernier bit par B) en fonction de différentes hypothèses sur les nœuds intermédiaires utilisés pour acheminer les données.

Calculer le temps entre le premier bit émis et le dernier bit reçu pour les cas suivants, en considérant à chaque fois l'envoi d'un message de M bits :

- (a) le réseau comporte un nœud intermédiaire fonctionnant sur le mode *store and forward* (c'est-à-dire qui doit attendre la réception complète d'un paquet avant de le retransmettre) et une latence de commutation négligeable ;
- (b) le réseau comporte trois nœuds intermédiaires fonctionnant sur le mode *store and forward* ;
- (c) le réseau comporte un nœud intermédiaire fonctionnant sur le mode *cut-through* (c'est-à-dire avec la capacité de retransmettre un paquet dès qu'une sous partie du paquets a été reçue) à partir des N premiers bits d'un paquet ;
- (d) le réseau comporte trois nœuds intermédiaires fonctionnant sur le mode *cut-through* (avec la même valeur pour N).

On prendra $D = 1$ Gb/s, $V = 2 \cdot 10^8$ m/s, $L = 20$ km, $M = 5000$ bits et $N = 128$ bits.

Exercice 12 : On considère un réseau qui relie deux machines (A et B) par l'intermédiaire de deux routeurs (R1 et R2). Le débit d'un lien est 1,5 Mbits/s. Les temps de propagation et d'attente sont négligeables. On souhaite envoyer un message de 7,5 Mbits.

(a) On suppose pour commencer que le matériel est capable de gérer des messages de taille arbitraire. Il n'est donc pas nécessaire de découper un message en paquets plus petits. Quel est le temps nécessaire pour transmettre le message (dans son intégralité) jusqu'au premier routeur ?
Et jusqu'au récepteur final (en supposant que les routeurs fonctionnent sur le mode *store and forward*, avec un délai de commutation négligeable) ?

(b) On considère maintenant que le message est segmenté en 5000 paquets de 1500 bits. Quel est le temps nécessaire pour transmettre le message (dans son intégralité) jusqu'au premier routeur ?
Sachant que le second paquet est transmis entre A et R1 alors que le premier paquet est transmis entre R1 et R2, à quel instant le second paquet sera-t-il complètement reçu au niveau de R1 ? Au final, combien de temps faut-il pour transmettre l'intégralité du message découpé en paquets de 1500 octets ?