

## TD1 - Généralités et Protocoles de Transport

### 1 Exercice - Propagation et capacité d'émission

Certaines compagnies aériennes proposent un accès réseau par Wi-Fi à leurs passagers durant leurs vols. Pour cela, les passagers se connectent sur un point d'accès Wi-Fi embarqué dans l'avion qui lui-même communique avec un satellite géostationnaire. Les satellites géostationnaires se situent à environ **36 000 kilomètres** de la surface de la Terre tandis que l'altitude d'un avion en vol long courrier est approximativement de **12 km**. On supposera que tous les liens impliqués dans une communication entre un passager et un serveur terrestre ont une vitesse de propagation de  $2.5 \times 10^8$  mètres/sec.

#### Questions :

- Déterminer la durée minimale d'un ping d'une machine d'un passager de l'avion vers un serveur web terrestre (par exemple celui de l'université). Exprimez le résultat en **ms**.<sup>1</sup>

On s'intéresse à présent uniquement au lien entre l'avion (c'est-à-dire le point d'accès Wi-Fi de l'avion) et le satellite. Supposons que la capacité d'émission du lien vers/depuis le satellite est de **10 Mb/s**.

- À partir de quelle taille de message (exprimée en **bits**), le temps d'émission du message devient plus grand que le temps de propagation de ce lien ?<sup>2</sup>
- Déterminer le nombre maximal de bits qui peuvent être sur le lien à un même instant. Exprimez le résultat en **kbit**.
- Donner une expression puis calculer la taille d'un bit, notée **taille**, en fonction de la vitesse de propagation  $s$  (donnée en **m/s**), de la capacité d'émission  $C$  (donnée en **b/s**) et de la longueur du lien  $m$  (donnée en **m**). Exprimez le résultat en **m**.

### 2 Exercice - Fragmentation et encapsulation

On doit transmettre 1 million d'octets entre 2 machines à travers un réseau à commutation de paquets utilisant le mode datagramme. On suppose que l'ensemble des en-têtes à ajouter pour émettre les données représente un volume de 100 octets supplémentaire par paquet. Pendant cette opération, un octet sera mal transmis, et donc le paquet le contenant sera corrompu et devra être retransmis.

#### Questions :

- On négligera la taille du paquet émis ainsi que le temps de propagation entre la machine d'un utilisateur et le point d'accès Wi-Fi de l'avion.
- On supposera que le message n'est pas fragmenté en paquets et qu'il n'y a pas de potentiels en-têtes à ajouter.

- Pour des tailles de paquets de 1000 octets de données utiles (sans les en-têtes), calculer la somme du surcoût dû aux en-têtes et aux octets perdus.
- Même question pour des paquets de 5000, 10000 et 20000 de données utiles (sans les en-têtes).
- Quelle est la taille de paquets optimale ?

### 3 Exercice - Temps de transfert d'un fichier

Dans cet exercice on s'intéresse aux performances atteintes par un réseau à commutation de paquets en mode datagramme et dans lequel les routeurs utilisent le mode Store & Forward. Pour cela on cherche à évaluer le temps de transfert  $T$  d'un message qui sera fragmenté en plusieurs paquets. On considère connue la valeur des variables suivantes :

- $L$  : la taille du message à transmettre (en octets)
- $N$  : le nombre de nœuds sur le chemin (comprenant le nœud source et le nœud destination)
- $C$  : la capacité d'émission du lien entre chaque paire de nœuds (en Mb/s par seconde)
- $H$  : la taille de l'en-tête ajouté à chaque paquet afin de pouvoir faire leur acheminement (en bits)
- $p$  : le nombre de paquets issus de la fragmentation du message<sup>3</sup>
- $d$  : la distance séparant les deux nœuds extrêmes, c'est-à-dire la source de la destination (en kilomètres)
- $v$  : la vitesse de propagation (en kilomètres par seconde)

On supposera que les temps de traitement des paquets dans les nœuds sont négligeables, que tous les paquets suivent le même chemin et qu'aucun autre trafic ne vient gêner le transfert.

#### Questions :

- Calculer la taille totale d'un paquet (comprenant les données utiles et l'en-tête) en bits.
  - Calculer le temps que doit attendre le dernier paquet (le  $p^{\text{e}}$  paquet) dans le premier nœud avant de démarrer son transfert. Ce temps sera exprimé en s.
  - Calculer le temps de transfert du dernier paquet jusqu'au nœud destination une fois son attente au premier nœud terminée. Ce temps sera exprimé en s.
  - En déduire le temps de transfert  $T$  du message sur ce réseau à commutation de paquets (exprimé en s).
  - Comment évolue  $T$  en fonction de  $N$  ? Que peut-on en déduire ? Expliquer cette évolution.
  - Comment évolue  $T$  en fonction de  $H$  ? Que peut-on en déduire ? Expliquer cette évolution.
  - Comment évolue  $T$  en fonction de  $p$  ? Que peut-on en déduire ? Expliquer cette évolution. Quelle valeur de  $p$  optimise le temps de transfert ?
  - Comment évolue  $T$  si le réseau est à commutation de messages. Parmi  $L$ ,  $N$ ,  $C$ ,  $H$ ,  $p$ ,  $d$  et  $v$ , quelle(s) variable(s) doit(vent) être annulée(s) ou modifiée(s) ?
- 
- Les  $p$  paquets sont de taille identique.

## 4 Exercice - Protocole de transport fiable

Soit  $T$  le temps nécessaire pour transférer un fichier de 1 Mo sur un lien de communication. Ce temps de transfert comprend le transfert des paquets de données et des acquittements associés. Soit  $U$  le taux d'utilisation du lien. On suppose une capacité d'émission de  $1,5 \text{ Mb/s}$ , un délai de propagation<sup>4</sup> de  $50 \text{ ms}$ , des paquets de données de taille  $1 \text{ Ko}$ , des acquittements de taille supposée négligeable, et une phase de négociation initiale (« handshaking ») avant de démarrer l'envoi des données de  $200 \text{ ms}$ . Dans cet exercice, on néglige la taille des en-têtes des paquets.

La **fenêtre d'anticipation** d'un protocole de transport correspond au nombre de paquets qui peuvent être transmis consécutivement par la source sans attendre d'accusés de réception.

**Questions :** Calculer  $T$  (en s) et  $U$  dans les situations suivantes :

1. On utilise un protocole de transport fiable sans fenêtre d'anticipation. Chaque paquet est acquitté mais l'émetteur émet en continu.
2. On utilise un protocole de transport fiable de type « send and wait » avec acquittement.

Dans la suite de l'exercice, on supposera que **tous** les paquets émis dans une fenêtre d'anticipation doivent avoir été acquittés pour pouvoir commencer à émettre les paquets de la fenêtre d'anticipation suivante. La fenêtre d'anticipation est dite « sautante » par opposition à « glissante ».

3. On utilise un protocole de transport fiable avec une fenêtre d'anticipation de taille fixe égale à 20.
4. On utilise un protocole de transport avec une fenêtre d'anticipation initiale de 1 et qui s'incrémente de 1 après chaque réception d'acquittement. Autrement dit, à chaque RTT, la taille de la fenêtre d'anticipation double passant de  $2^{1-1}$  à  $2^{2-1}$ , à  $2^{3-1}$ , .....

---

4. qu'on supposera identique dans les 2 directions