

Protocoles réseaux

TD n° 2 : Protocoles de couche lien

Exercice 1 : TDMA

Le *multiplexage temporel* consiste à affecter à chaque utilisateur, pendant un court instant et à tour de rôle, la totalité de la bande passante disponible. Pour cela, une trame TDMA est divisée en intervalles de temps (*time slots*) et chaque intervalle est alloué à un utilisateur. Un utilisateur ne peut transmettre ses données que dans l'intervalle de temps qui lui est alloué. Cette technologie est par exemple utilisée dans la norme GSM (téléphones portables de « deuxième génération »), où chaque porteuse (canal physique) supporte huit intervalles de temps attribués à huit communications simultanées.

Dans cet exercice, on prend les valeurs utilisées par GSM : une trame TDMA de 1248 bits est divisée en 8 *time slots*, et un *time slot* est de 0.577 ms.

1. Quelle est l'occupation du lien lorsqu'un seul utilisateur est connecté ? Lorsque 8 utilisateurs sont connectés ? Concluez.
2. Que se passe-t-il lorsqu'un 9-ième utilisateur se connecte ?
3. Quel est le temps maximal d'accès au lien ?

Exercice 2 : RTS-CTS

On considère le réseau radio de la figure 1, où *A* peut communiquer avec *B* et *C*, mais *B* et *C* ne s'entendent pas.

1. Quelle est la propriété qui est garantie sur un réseau filaire que le réseau de la figure 1 ne satisfait pas ?
2. On suppose que *B* est en cours d'émission d'une trame vers *A*, et que *C* commence à envoyer une trame. Montrez comment CSMA/CA n'évite pas la collision.

Pour éviter ce problème, la norme IEEE 802.11 inclut un mécanisme optionnel nommé *RTS-CTS*. Avant d'envoyer sa trame, la station *B* envoie une toute petite trame *RTS*(*A*, 12000) (*Request to Send*) qui indique son intention d'envoyer une trame de 12000 bits à *A*. *A* répond par une trame *CTS*(*B*, 12000), qui autorise *B* à occuper le canal pendant le temps nécessaire à l'envoi de 12000 bits.

3. Pourquoi ai-je choisi la valeur 12000 dans l'exemple ci-dessus ?
4. Montrez comment le mécanisme *RTS-CTS* évite le problème de la station cachée. Pourquoi est-il peu probable qu'il y ait une collision entre deux trames *RTS* ?
5. Pourquoi le mécanisme *RTS-CTS* est-il optionnel dans la norme IEEE 802.11 ?

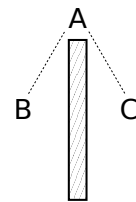


FIGURE 1 – Station cachée

Exercice 3 : Aloha pur et CSMA/CD

On considère un réseau où le débit est de 10 Mb/s et les trames qui circulent ont une taille de 10000 bits. Supposons que deux machines A et B émettent des trames à intervalles réguliers. A commence à émettre au temps 0 une première trame et ensuite en émet toutes les 4 ms (la trame suivante est émise 4 ms après le début de l'émission de la trame précédente). B commence à émettre 3 ms plus tard que A, puis en émet toutes les 3 ms. Les nœuds sont proches, on peut donc négliger le temps de propagation du signal.

1. Donnez le nombre de paquets provenant de A et B et effectivement reçus après 30 ms, ainsi que le nombre de collisions si :

1. le système utilise le protocole Aloha pur (sans réémissions),
2. le système utilise le protocole CSMA/CD avec les temps aléatoires suivants pris dans l'ordre :

A	1 ms	0.9 ms	2.2 ms	1.5 ms
B	1.5 ms	2 ms	0.7 ms	0.8 ms

2. On suppose maintenant qu'il n'y a que deux nœuds sur le lien, qui ont en permanence des trames à émettre. On propose l'algorithme suivant : après avoir détecté une collision (ce qu'on suppose immédiat), le nœud tire à pile ou face. Pile, il tente immédiatement d'envoyer sa trame, face, il attend t . Pour une trame donnée, donner le temps d'attente au pire, et en moyenne, à partir du moment où l'on cherche à l'émettre pour la première fois. On rappelle que $\sum_{i=0}^{\infty} ix^i = \frac{x}{(1-x)^2}$.
3. Dans cet algorithme, si les deux ont en permanence quelque chose à émettre, quel est le débit effectif du lien ? On suppose que t est le temps nécessaire pour envoyer 500 bits.
4. Ethernet utilise l'algorithme *Binary Exponential Backoff* qui est qu'après c collisions successives, chaque station qui veut émettre tire un nombre entier aléatoire i dans l'intervalle $\{0, \dots, 2^c - 1\}$ et attend i slots avant de tenter d'émettre¹. Ainsi après la troisième collision on attend entre 0 et $7t$. Justifier cet algorithme par-rapport au précédent. Borner la probabilité de non-collision en fonction de c et du nombre de stations. En déduire une borne du temps d'attente moyen quand k stations veulent émettre.

On admettra

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{x-1}{x} \right)^{x-1} = \frac{1}{e}$$

On pourra supposer que les premières fois on échoue (collisions quasi-certaines au début), et montrer que quand k dépasse 2^c la probabilité de succès (c'est-à-dire qu'une rame passe) devient constante.

1. En fait, pour c entre 10 et 15 on tire dans $\{0, \dots, 1023\}$ et au-delà de 15 tentatives on signale un échec à la couche supérieure. On néglige ces détails dans cet exercice