

TD 3 : Méthode d'accès, CSMA/CD

Équipe pédagogique : Zhiyi ZHANG, Saeed ALSABBAGH

Exercice 1 (Multiplexage)

1. Quel est l'objectif du multiplexage ?
2. Un canal de transmission avec un débit total de 100 Mbps. Ce canal est partagé avec 4 utilisateurs grâce au multiplexage temporel. Chaque trame contient 200 bits de données par utilisateurs et 50 bits de synchronisation.
 - Quel est le débit pour chaque utilisateur si chacun transmet dans un créneau temporel fixe ?
 - Quelle est l'efficacité du canal ?
 - Quel est le débit utile (effectif) pour chaque utilisateur ?
3. Un canal de transmission dispose d'une bande passante totale de 100 MHz. Une bande de garde de 100 KHz est nécessaire entre deux canaux adjacents. Chaque utilisateur occupe une bande passante de 5 MHz.
 - Combien d'utilisateurs peuvent partager ce canal à l'aide du multiplexage en fréquence ?
 - Quelle est la bande passante effectivement utilisée pour les signaux utiles ?
 - Calculez l'efficacité spectrale.

4. Trois utilisateurs A, B et C partagent un même canal grâce au CDMA. Leurs codes d'étalement ($L = 8$) sont les suivants :

$$C_A = [+1, -1, +1, -1, +1, -1, +1, -1];$$

$$C_B = [+1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, -1];$$

$$C_C = [+1, -1, -1, +1, -1, +1, +1, -1].$$

Les bits à transmettre sont :

$$b_A = [+1, -1, +1]; b_B = [-1, +1, -1]; b_C = [+1, +1, -1]$$

- Vérifiez si les codes C_A , C_B et C_C sont orthogonaux. (Les codes a et b sont orthogonaux si $\langle a \cdot b \rangle = \sum_{k=1}^L a_k b_k = 0$)
- Calculez le signal transmis S_t pour chaque instant de transmission $t = 1, 2, 3$. Le signal transmis $S_t = b_{A,t}C_A + b_{B,t}C_B + b_{C,t}C_C$ (superposition des signaux).
- Montrez comment le récepteur peut retrouver le bit de chaque utilisateur. Au récepteur de l'utilisateur $i \in \{A, B, C\}$, le signal décodé $\hat{b}_{i,t} = \text{sign} \langle S_t \cdot C_i \rangle$

$$\text{Si } (S_t \cdot C_i) > 0, \text{ alors } \hat{b}_{i,t} = +1; \quad \text{sinon } \hat{b}_{i,t} = -1.$$

5. Dans un système de communication OFDM, chaque utilisateur reçoit 100 sous-porteuse. Chaque sous-porteuse transmet 6 bits par symbole, et la durée du symbole est $66,7 \mu s$. Calculez le débit brut par utilisateur.
6. Dans un réseau OFDM, la bande passante totale disponible est de 15 MHz. On réserve 150 kHz de chaque côté pour les bandes de garde. Chaque sous-porteuse occupe 15 kHz, et la sous-porteuse centrale n'est pas utilisée. Environ 5% des sous-porteuses servent de pilotes pour la synchronisation et le suivi du canal. Les ressources sont partagées entre trois types de services : 50 % des sous-porteuses pour la vidéo en streaming; 30% pour la communication vocale et 20% pour les objets connectés (IoT). Calculez le nombre de sous-porteuses pour chaque service.

Exercice 2 (Token Ring)

1. Expliquez le rôle du jeton dans un réseau Token ring.
2. Que se passe-t-il si le jeton est perdu ou s'il y a plusieurs jetons dans le réseau ?
3. Pourquoi limite-t-on la durée pendant laquelle une station peut conserver le jeton ?
4. Un réseau Token Ring relie 10 stations. La distance entre deux stations voisines est de 100 m. La vitesse de propagation du signal est de 2×10^8 m/s, et le débit du lien est de 10 Mbps. Le jeton contient 24 octets.
 - Le délai de rotation du jeton est-il borné ? Si oui, calculez ce délai.
 - En réalité, chaque station traite le jeton à son arrivée. On suppose un temps de traitement de $2 \mu s$ par station. Comment cela influence le délai de rotation du jeton ?
 - Est-ce que le délai d'accès au canal pour une station est borné ?

Exercice 3 (CSMA)

1. Expliquez le principe du protocole CSMA. Quelle différence avec Aloha ?
2. Comparez les variantes de CSMA : 1-persistent, non-persistent et p-persistent.

Exercice 4 (Ethernet & CSMA/CD)

1. Dans un réseau Ethernet fonctionnant à un débit de 10 Mbps selon le protocole CSMA/CD, la vitesse de propagation du signal est de 2×10^8 m/s et la distance maximale entre deux stations, en tenant compte des câbles, répéteurs et connecteurs, est d'environ 2,5 km. Le délai de traitement pour l'ensemble du matériel est d'environ $13,1 \mu s$. Déterminez la taille minimale d'une trame Ethernet.
2. Un réseau local en bus comportant 4 stations : A, B, C et D, utilisant un protocole de type CSMA/CD. Si le support est occupé, la station commence l'envoi dès que celui-ci se libère.

Les données à transmettre :

$t = 0$, la station A commence à transmettre une trame dont la durée d'émission est de 6 slots;

$t = 5$, les stations B, C et D décident chacune de transmettre une trame d'une durée de 6 slots.

Les variables :

attempts : compteur de tentatives de transmission

maxBackOff : borne supérieure de l'intervalle de tirage

slotTime : durée d'un slot ($51,2 \mu s$)

BackOffLimit : nombre maximal de tentatives avant saturation

Delay : nombre de slots d'attente avant retransmission

L'algorithme :

Algorithm 1: Reprise_après_collision(attempts : entier ; maxBackOff : entier)**Data:** attempts : compteur de tentatives de transmission

maxBackOff : borne supérieure de l'intervalle de tirage

Result: Temps d'attente avant la prochaine tentative de transmission**Début**

```

if attempts = 1 then
  | maxBackOff ← 2
else
  | if attempts ≤ backOffLimit then
  | | maxBackOff ← maxBackOff × 2
  | else
  | | maxBackOff ← 210
  delay ← int(random × maxBackOff)
  wait(delay × slotTime)

```

où :

- int() est une fonction qui renvoie la partie entière inférieure d'un nombre réel;

- random() est une fonction qui tire aléatoirement un nombre réel dans [0; 1[.

On considère que la fonction random rend respectivement les valeurs données par le tableau suivant :

Stations	A	B	C	D
1er tirage	2/3	1/4	1/2	3/4
2ème tirage	1/4	3/5	1/4	1/4
3ème tirage	2/5	1/3	1/2	1/8

- Dessiner un diagramme de temps gradués en slots décrivant le déroulement des différentes transmissions de trame.

On adopte la schématisation suivante :

A	A	O	A	X
---	---	---	---	---

- Un slot occupé par la transmission correcte d'une trame de la station A est notée A;
- Un slot occupé par une collision est noté X;
- Un slot libre est noté O.
- Calculez sur la période allant de $t = 0$ à la fin de la transmission de la dernière trame, le taux d'utilisation du canal pour la transmission effective de trames.
- Calculez le temps moyen d'accès au support. Est-il borné ?