

Examen (première session)

Partie 1 (partie de Gérard Chalhoub) – 7 points

Exercice 1.1 – Méthodes d’accès (3 points)

Dans cet exercice, on suppose que la bande de fréquences utilisée est privée et elle permet d’avoir plusieurs canaux de communication. Pour chacun des cas suivants, précisez le type de méthode d’accès que vous utiliserez (TDMA, FDMA, CSMA/CA, hybride TDMA/FDMA) en justifiant votre réponse :

- Topologie statique, trafic périodique permanent et stable avec une forte charge.
- Topologie statique, trafic sporadique avec une charge moyenne.
- Topologie dynamique, trafic périodique permanent et stable avec une faible charge.

Exercice 1.2 – WiFi (2 points)

Pourquoi WiFi utilise des messages RTS/CTS ? Quel(s) effet(s) négatif(s) peuvent-ils avoir ?

Exercice 1.3 – CSMA/CA p -persistant (2 points)

Soit un réseau avec 4 nœuds (A, B, C et D), tous à portée des autres. Les nœuds A, B et C ont une trame à transmettre à l’instant T_0 au nœud D en utilisant une méthode CSMA/CA p -persistante avec une probabilité $p=25\%$. Donnez la probabilité de collision entre A, B et C simultanément à l’instant T_2 . (cf figure 1).

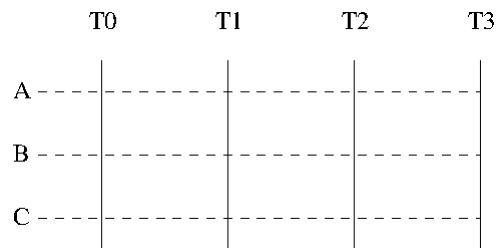


Figure 1 – Les slots de temps de l’exercice 1.3.

Partie 2 (partie d’Alexandre Guitton) – 13 points

Exercice 2.1 – CSMA/CA slotté de IEEE 802.15.4 (5 points)

Question 2.1.1 (1 point) : Dessinez sur un schéma le fonctionnement de la CAP de IEEE 802.15.4, en prenant pour exemple deux nœuds qui ont chacun une trame à transmettre. Vous vous arrangez pour que la première tentative d’accès au canal du nœud 2 tombe pendant la transmission du nœud 1.

Dans la version 2003 de la norme IEEE 802.15.4, si un nœud n'a pas le temps de transmettre une trame avant la fin de la CAP, il la transmet au début de la prochaine CAP. En début de CAP, tous les paramètres sont réinitialisés à leur valeur initiale. Notamment, BE (*backoff exponent*) reprend sa valeur de base qui est 3.

Question 2.1.2 (1 point) : Comment un nœud détermine qu'il n'a plus le temps de transmettre une trame avant la fin de la CAP ? Quel est le calcul qu'il réalise ?

Question 2.1.3 (1 point) : Expliquez pourquoi, de manière générale, le nombre de trames à envoyer en début de CAP est beaucoup plus grand que le nombre de trames restant à envoyer en fin de CAP. N'oubliez pas que des trames sont produites en permanence par les nœuds capteurs.

Question 2.1.4 (1 point) : Donnez deux raisons qui montrent que les collisions en début de CAP sont importantes dans la version 2003 de la norme.

Dans la version 2006 de la norme IEEE 802.15.4, lorsqu'une trame n'a pas eu le temps d'être transmise en fin de CAP, BE conserve la valeur qu'il avait à la fin de la CAP.

Question 2.1.5 (1 point) : Expliquez en quoi la version de 2006 de la norme est une correction de la version de 2003.

Exercice 2.2 – Routage hiérarchique optimisé (8 points)

L'adresse hiérarchique de IEEE 802.15.4 consiste à créer une topologie arborescente en fonction de trois paramètres RM , CM et LM , et à distribuer les adresses courtes aux nœuds en fonction de leur emplacement dans l'arbre. Les adresses sont distribuées de la manière suivante :

- le coordinateur du PAN, qui est la racine de l'arbre, a l'adresse 0,
- le x -ème routeur ($x \geq 1$) a l'adresse $A_{parent} + (x-1)Cskip(d) + 1$,
- la y -ème feuille ($y \geq 1$) a l'adresse $A_{parent} + RM.Cskip(d) + y$.

Dans les formules ci-dessus, $Cskip(d) = (CM.RM^{LM-d-1} + RM - CM - 1) / (RM - 1)$, avec $RM \geq 2$ et d est la profondeur du père du nœud.

Question 2.2.1 (2 points) : Considérons l'exemple de la figure 2. Calculez les adresses des nœuds, sachant que $CM=4$, $RM=2$ et $LM=4$.

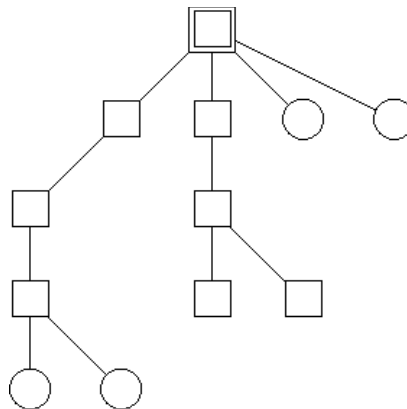


Figure 2 – Un exemple de topologie pour IEEE 802.15.4 / ZigBee. Les FFD sont représentés par des carrés, et les RFD par des ronds.

L'adressage hiérarchique peut être utilisé pour effectuer du routage hiérarchique : en connaissant l'adresse de la destination, un nœud peut facilement calculer l'adresse du prochain saut sur l'arbre. Cette propriété est utilisée par le routage hiérarchique de ZigBee.

Considérons une couche MAC nommée SEQ, qui découpe le temps en intervalles, et qui attribue chaque intervalle à un FFD. Pendant l'intervalle 1, le premier FFD et ses nœuds fils peuvent communiquer entre eux ; pendant l'intervalle 2, le deuxième FFD et ses nœuds fils peuvent communiquer entre eux ; etc. À la fin du dernier intervalle, SEQ redémarre à l'intervalle 1. Un RFD transmet et écoute uniquement pendant l'intervalle de son père. Un FFD transmet et écoute pendant son intervalle, et il écoute pendant ceux de son père et de ses fils.

Question 2.2.2 (1 point) : Expliquez pourquoi SEQ réduit les interférences et les risques de collisions ? Quels sont les seuls nœuds qui peuvent entrer en collision ?

Question 2.2.3 (2 points) : SEQ est efficace en terme d'énergie, mais peu efficace en terme de délai (à cause de la longueur des chemins). Expliquez pourquoi, en effectuant des calculs basés sur *RM*, *CM* et *LM* (la figure 2 peut vous aider).

Question 2.2.4 (1 point) : Expliquez pourquoi, avec l'adresse hiérarchique, le nœud source peut calculer le chemin complet jusqu'à la destination, uniquement à partir de l'adresse de la destination.

Nous allons utiliser cette propriété pour raccourcir le chemin de la source à la destination. Supposons qu'un FFD ait à envoyer un paquet sur le chemin (n_1, n_2, \dots, n_m) . Si le FFD détecte qu'il est à portée d'un voisin n_i , avec $i \geq 2$, alors le FFD lui enverra directement le paquet, plutôt que de l'envoyer à n_1 . Cette optimisation nécessite cependant que tous les FFD soient en écoute, pour recevoir cet éventuel paquet.

Considérons donc une couche MAC nommée PAR, qui découpe le temps en intervalles, comme dans SEQ. Un FFD transmet et écoute pendant son intervalle, mais à la différence de SEQ, il écoute pendant tous les intervalles de temps (et pas seulement pendant ceux de son père et de ses fils).

Question 2.2.5 (1 point) : Est-ce que les risques d'interférence et de collisions sont différents entre PAR et SEQ ?

Question 2.2.6 (1 point) : PAR n'est pas efficace en terme d'énergie. Expliquez pourquoi, en effectuant des calculs basés sur *RM*, *CM* et *LM*. Est-ce que le gain en délai compense cet inconvénient ?