

Réseaux 6^e édition

Andrew Tanenbaum, Nick Feamster, David Wetherall

Corrigés des exercices

Chapitre 4 : La sous-couche MAC de contrôle d'accès au canal

ISBN : 978-2-3260-0239-5

1. La formule à utiliser est la formule des files d'attente de Markov présentée à la section 4.1.1, soit $T = 1/(\mu C - \lambda)$. Dans l'exemple, $C = 10^8$ et $\mu = 10^{-4}$, ce qui donne $T = 1/(10\,000 - \lambda)$ secondes. Pour les trois rythmes d'arrivée indiqués, on obtient (a) 0,1 ms, (b) 0,11 ms, (c) 1 ms. Pour le cas (c), on se trouve en présence d'un système à file d'attente avec $\rho = \lambda/\mu C = 0,9$, ce qui donne un délai de $10x$.
2. Dans le cas d'un système pur ALOHA, le débit (ou bande passante) utile est $0,184 \times 56 \text{ kbit/s} = 10,3 \text{ kbit/s}$. Comme chaque station réclame 10 bit/s, cela correspond à une valeur maximale de $N = 10\,300/10 = 1\,030$ stations.
3. Chaque terminal émet une requête toutes les 200 secondes, ce qui résulte en 50 requêtes par seconde. Ainsi, $G = 50 / 8000 = 1/160$.
4. a) D'après la loi de Poisson, $P_0 = e^{-G}$, et $G = -\ln P_0 = -\ln 0,1 = 2,3$.
b) En prenant $S = Ge^{-G}$ avec $G = 2,3$ et $e^{-G} = 0,1$, $S = 0,23$.
c) Dès que $G > 1$, le canal est surchargé. Il l'est donc.
5. Le ALOHA discrétisé (*slotted*) permet d'obtenir un meilleur débit maximal que le ALOHA pur mais impose de plus longs délais avant d'émettre. Le CSMA persistant et non persistant requiert du matériel supplémentaire pour détecter l'état libre ou pas de la porteuse avant d'émettre. Dans le cas des protocoles CSMA p -persistants, une valeur de p plus basse procure un meilleur débit maximal, mais augmente l'attente avant transmission, donc le délai. Enfin, le CSMA non persistant augmente encore le plafond de débit, mais aussi le délai.
6. a) La vitesse de propagation du signal dans un câble bifilaire est de $2,46 \times 10^8 \text{ m/s}$. Le temps de propagation pour 2 km est donc $8,13 \mu\text{s}$ et la longueur d'un slot de contention est de $16,26 \mu\text{s}$.
b) La vitesse de propagation du signal dans une fibre multimode est de $1,95 \times 10^8 \text{ m/s}$. Le temps de propagation du signal sur 40 km est de $205,13 \mu\text{s}$ et la longueur d'un slot de contention est de $410,26 \mu\text{s}$.
7. Le cas le plus défavorable est : toutes les stations souhaitent émettre et s est la station dont l'adresse numérique est la plus faible. Le temps d'attente total correspond au temps d'attente de la période de contention, soit : N temps bits + $(N - 1) \times d$ temps bit pour la transmission d'une trame, ce qui correspond à un temps total de : $N + (N - 1) \times d$ temps bit.
8. Si une station d'adresse numériquement faible a un paquet à envoyer en même temps qu'une station d'adresse numériquement élevée, c'est la station d'adresse numériquement élevée qui se verra sélectionnée. Si ce scénario se répète avec bon nombre de stations d'adresses numériquement élevées la station d'adresse numériquement faible peut se voir privée de tout envoi.

Le délai total est de 58,8 μ s. Au cours de cette période, 224 bits de données ont été effectivement transmis, ce qui correspond à un débit utile de 3,8 Mbit/s.

18. Avec un câble de 1 km, le délai de propagation est de 5 μ sec, donc $2\tau = 10 \mu$ sec. Pour que CSMA/CD fonctionne, il faut qu'il soit impossible de transmettre toute une trame dans ce délai. À 1 Gbit/s, toutes les trames de moins de 10 000 bits de long peuvent être entièrement transmises en moins de 10 μ sec ; la taille de trame minimale est donc de 10 000 bits ou 1 250 octets.
19. La trame Ethernet minimale a une longueur de 64 octets, incluant les deux adresses, le champ type/longueur, le total de contrôle et l'en-tête. Comme l'en-tête compte 18 octets et que la taille du paquet est de 60 octets, la longueur totale de cette trame est de 78 octets, ce qui est supérieur aux 64 octets minimum. Il n'y a donc pas besoin de recourir au remplissage de cette trame Ethernet.
20. La longueur maximale du câble en Fast Ethernet correspond à 1/10 de celle de l'Ethernet standard.
21. L'encodage n'est efficace qu'à 80 %. Il faut prévoir 10 bits transmis pour 8 bits de données utiles. 1 250 mégabits sont transmis par seconde, soit 125 millions de mots de code. Chaque mot de code représentant 8 bits de données, le débit de données effectif est de 1000 mégabits/sec.
22. La plus petite trame Ethernet étant de 512 bits, à 1 Gbit/s, on obtient 1 953 125 trames, soit près de 2 millions de trames par seconde. Cependant, cela n'est pertinent que lorsqu'on a une émission en rafale (*frame bursting*). Dans le cas contraire, les trames courtes sont complétées à 4 096 bits, auquel cas le nombre maximal est de 244 140. Avec la plus grande trame (12 144 bits), on peut avoir jusqu'à 82 345 trames par seconde.
23. Le réseau Gigabit Ethernet ainsi que la norme 802.16. C'est utile pour l'optimisation de la bande passante (un seul préambule, etc.) et, également, lorsque les trames à émettre doivent être de petite taille.
24. La station C est la plus proche de A, elle reçoit la trame RTS et transmet en réponse son signal NAV. En revanche, D ne répond pas car elle est hors de portée radio de A.
25. RTS/CTS de 802.11 ne traite pas le cas du terminal exposé. Si l'on prend le scénario de la figure 4.11(b), le protocole MACA va autoriser une communication simultanée entre B et A d'une part, et C et D d'autre part, alors que 802.11 n'autorisera qu'une seule de ces communications à un instant donné.
26. B1 et B2 sont des terminaux exposés, H1 et F des terminaux masqués.
27. a) Chaque ensemble de 10 trames comprend une trame provenant de chaque station. Toutes les stations bénéficient donc d'un débit de 54/50 Mbit/s = 1,08 Mbit/s.
b) Chaque station dispose du même temps pour transmettre. Les stations à 6 Mbit/s émettent donc à 0,6 Mbit/s, celles à 18 Mbit/s le font à 1,8 Mbit/s et les stations à 54 Mbit/s, à 5,4 Mbit/s.
28. Une trame contient 512 bits. Le taux d'erreur est $p = 10^{-7}$. La probabilité que les 512 bits soient reçus correctement est de $(1 - p)^{512}$, ce qui correspond à 0,9999488. Le taux de trames endommagées est de l'ordre de 5×10^{-5} . Le nombre de trames par seconde est de $11 \times 10^6/512$, soit de l'ordre de 21 484. En multipliant ce nombre par le taux de trames endommagées, on obtient une trame endommagée par seconde.
29. Si un équipement réussit à faire admettre au point d'accès que ses trames contiennent des données temps réel, il pourra profiter des faibles temps d'attente de AIFS₁.
30. En l'absence de trafic très prioritaire, les trames sont retardées plus que nécessaire.
31. L'une des deux raisons est le besoin de qualité de service pour les applications temps réel. Si une erreur apparaît, il n'est pas possible d'attendre la retransmission. L'application ne supporte pas la moindre attente. Un code correcteur d'erreur est mieux adapté dans ce cas. L'autre raison : l'utilisation d'une liaison de mauvaise qualité entraîne de nombreuses demandes de retransmission (nombre important d'erreurs de transmission), c'est le cas par exemple de certaines liaisons radio. Le taux d'erreurs étant très important, les retransmissions peuvent elles aussi être entachées d'erreurs. Pour améliorer les choses, il est préférable d'utiliser un code correcteur d'erreur.

32. Un souci qui se pose avec la centralisation de bandes de fréquences sans licence est lié au fait que d'autres réseaux proches risquent d'envoyer du trafic en interférence. Celles-ci sont cependant réduites en utilisant des fréquences plus élevées qui se propagent moins facilement à travers les murs et autres obstacles.
33. Ces profils sont spécifiques ce qui permet à Bluetooth de prendre en charge les exigences réseau particulières de différentes applications. Cela diminue la complexité des applications, mais augmente celle du protocole.
34. Les lasers sont des faisceaux de lumière directs, ce qui permet de créer des connexions semblables à des liaisons point à point de l'Ethernet commuté. Les stations ne sont pas obligées de tester le canal et peuvent émettre à tout moment ; aucun contrôle de l'accès au média n'est requis. En revanche, l'algorithme doit utiliser des acquittements comme le 802.11, car le risque de collisions est assez élevé. Rappelons que la chaleur peut détourner le rayon laser, que le vent peut bousculer l'émetteur ou le récepteur ou qu'un objet peut briser la ligne de visée.
35. Il est impossible qu'un équipement soit simultanément maître dans deux piconets à la fois. Il y a deux problèmes. D'abord, il n'y a que 3 bits d'adresse dans l'en-tête et on peut dénombrer jusqu'à 7 esclaves dans un piconet. Un maître ne peut ainsi adresser que 7 esclaves d'un piconet. Ensuite, le code d'accès au début de la trame est dérivé de l'identité du maître. C'est ainsi qu'un esclave sait quand un message émane du piconet auquel il appartient. Si deux piconets se chevauchant utilisaient le même code d'accès, il n'y aurait aucun moyen de savoir de quel piconet émane un message en cours de transmission. En fait, ces deux piconets formeraient un grand piconet plutôt que deux piconets indépendants.
36. Taille maximale du champ de données d'une trame Bluetooth de 3 slots au débit de base :
1 509 octets, car 386 octets sont utilisés par l'overhead.
37. Un canal ACL est asynchrone, les trames arrivant de façon irrégulière en fonction du rythme de production des données. Un canal SCO est synchrone, les trames arrivant périodiquement à un taux prédéfini.
38. Avec une trame Bluetooth de 5 slots, on peut transmettre au maximum 3 125 bits (625×5) au débit de base dont un maximum de 2 744 bits de données. Dans le cas d'un codage de répétition, les données sont tripliquées, ce qui fait qu'il n'y a que 914 bits réellement transmis et donc une efficacité de 29 % environ.
39. Elles ne doivent pas. Le temps de maintien en 802.11 n'est pas standard, aussi est-il nécessaire de le donner à toute nouvelle station qui arrive dans le réseau. Dans Bluetooth, ce temps est toujours de 625 μ s, il n'y a pas nécessité de l'annoncer aux nouvelles stations arrivantes. Tous les équipements Bluetooth ont cette valeur intégrée en dur dans leurs composants. Bluetooth a été conçu pour être une technologie économique, le nombre de sauts et le temps de maintien sont fixes pour obtenir un composant très simple.
40. Le cas le plus défavorable est un flux continu de trames de 64 octets (512 bits). Si le bus fond de panier peut traiter 10^9 bit/s, le nombre de trames qu'il peut traiter est de $10^9/512$, ce qui correspond à 1 953 125 trames par seconde.
41. B sur le port 4, D sur le port 1, F sur le port 2 et G sur le port 3.
42. Toutes les transmissions sauf la c) provoquent une diffusion broadcast.
43. (a) B1 réexpédie ce paquet sur les ports 2, 3 et 4. B2 le réexpédie sur les ports 1, 2 et 3.
(b) B2 réexpédie ce paquet sur les ports 1, 3 et 4. B1 le réexpédie sur les ports 1, 2 et 3.
(c) B2 ne réexpédie ce paquet sur aucun port. B1 ne le voit pas.
(d) B2 réexpédie ce paquet sur le port 2. B1 ne le voit pas.
(e) B2 réexpédie ce paquet sur le port 4. B12 le réexpédie sur le port 1.
(f) B1 réexpédie ce paquet sur les ports 1, 3 et 4. B2 le réexpédie sur le port 2.
44. B0 devient la racine du nouvel arbre recouvrant. B4 et B5 exploitent leur lien direct avec B0. B3 se connecte à B0 par B4, B2 à B0 par B4, B1 à B0 par B2. Tous les autres liens sont désactivés.
45. Il faudrait renommer le port du pont B1 qui est relié à la machine blanche en tant que W. De même, le port du pont B2 relié au pont B1 devrait être renommé GW.

46. Dans l'arbre recouvrant trouvé par le protocole Ethernet, le pont 0 est choisi comme racine. Les ponts 1 et 2 ne se servent que de leur port menant au pont 0, et les ponts 3, 4, 5 et 6 n'utilisent que leur port menant au pont 1. Dans le cas où l'essentiel du trafic va au pont 2, on réduit la latence de trame moyenne en laissant les ponts 3, 4, 5 et 6 exploiter leur port relié au pont 2.
47. CSMA/CD est requis dans les deux cas. CSMA/CD l'est toujours avec un concentrateur hub. Puisque les câbles sont électriquement reliés, les stations font partie du même domaine de collision. CSMA/CD est aussi requis avec un commutateur switch si les câbles sont half-duplex, puisque l'envoi de données à une station peut subir une collision avec des données destinées au commutateur.
48. Les commutateurs en mode différé stockent intégralement toute trame arrivante avant de la réexpédier. Dès qu'une trame est enregistrée, elle est analysée (adresses, total de contrôle, etc.). Si elle est endommagée, elle est immédiatement détruite. Dans le cas des commutateurs en mode direct, une trame endommagée ne peut pas être détruite par le commutateur. En effet, le temps que l'erreur soit détectée, la trame a déjà été retransmise. C'est comme fermer la porte d'une écurie alors que le cheval s'est déjà échappé.
49. Un pont P qui ne possède aucune station qui lui soit directement connectée et qui fait partie d'une boucle est susceptible de ne pas faire partie de l'arbre recouvrant. Cela peut se produire si les plus courts chemins vers la racine de tous les ponts reliés à P ne passent pas par P .
50. Non. Les hubs ne font que connecter électriquement toutes les lignes qu'ils relient les unes aux autres. Il n'y a rien à configurer. Aucun routage n'est effectué dans un hub. Toute trame qui arrive dans le hub est retransmise immédiatement sur toutes les autres lignes.
51. Oui, cela peut fonctionner. Les trames pénétrant dans le domaine central devront alors être étiquetées par le premier commutateur. Il pourra le faire en utilisant soit les adresses MAC, soit les adresses IP. Réciproquement, en sortie, le commutateur devra supprimer l'étiquetage des trames sortantes.
52. Exercice pratique. Appréciation entre collègues ou par un enseignant.