

Université de Montréal
Département d'informatique et de recherche opérationnelle
Session Hiver 2003
Professeur B. Jaumard

IFT3320/IFT6320 – Téléinformatique
Corrigé - Examen Intra

Vendredi 28 février 2003

Question #1 (20 points)

Le modèle de référence OSI contient 7 couches, nommez et expliquez chacune de ces couches.

Comment le barème a été appliqué ?

1 point par nom de couche, 2 points pour la définition de chaque couche sauf pour la couche session (1 point).

Je rappelle très brièvement la définition de chacune des couches, en mettant en caractères gras les mots clés que je m'attendais à trouver dans vos définitions.

Un commentaire à propos des exemples de protocoles. Il existe plusieurs architectures de réseaux avec chacune sa propre liste de protocoles. Beaucoup d'entre vous m'ont donné des exemples de protocoles de l'architecture de réseau TCP/IP dont l'architecture et en particulier le nombre de couches diffère de l'architecture de réseau OSI.

- ✓ **Couche physique.** Assure la **transmission** transparente de trains **de bits** sur les **moyens physiques d'interconnexion** entre deux entités de liaison adjacentes (support de transmission). Elle définit les normes mécaniques, électriques et fonctionnelles nécessaires pour activer, maintenir et désactiver les connexions physiques entre ces entités de liaison de données. Ces entités sont reliées au moyen d'un support de transmission (câble coaxial, paire torsadée, micro-ondes, fibres optiques). **Les données (bits) sont encodées dans une forme acceptable pour le transport de l'information (signal électrique / onde lumineuse, signal numérique / analogique).**
 - Un exemple de protocole dans une architecture ISO: X21.
- ✓ **Couche liaison de données.** Assure **l'échange de trames entre deux éléments adjacents** et ce, sans erreur, ni duplication, ni perte : cela ne signifie pas qu'il n'y a jamais d'erreurs, mais que cette couche **doit détecter les erreurs de transmission, et**

retransmettre les données erronées dans la mesure du possible. De plus, la couche liaison de données est responsable de la gestion des temporisations associées à l'envoi des trames, de la connexion de liaison de données, de l'identification des extrémités de connexion de données et du respect de la séquence des trames reçues.

- Un exemple de protocole dans une architecture ISO: HDLC.

- ✓ **Couche réseau.** Veille à **l'acheminement des paquets d'un hôte à l'autre** (mais faire attention que la couche réseau définit encore des **protocoles entre deux éléments d'interconnexion adjacents**). Parce que la connexion entre les hôtes n'est pas directe, la couche réseau a pour mandat de mener à destination les paquets en utilisant des techniques **de routage à travers le réseau**. La couche réseau a pour fonction d'établir ou de rompre la connexion du réseau, de transférer les données de façon totalement transparente, de **gérer le flux des paquets** pour prévenir engorgement possible du réseau, d'identifier les extrémités de connexion, de prévenir la couche supérieure d'erreurs survenues, de respecter la séquence des paquets, de contrôler le flux normal ou accéléré des paquets, de réinitialiser la connexion réseau (en cas de problèmes graves). La couche réseau résout les problèmes d'interconnexion des réseaux hétérogènes.

- Exemples de protocole dans une architecture ISO: CLNP, LNCP.

- ✓ **Couche transport.** Offre un **service de bout en bout : les extrémités étant les hôtes expéditeur et destinataire** (si unicast). **Adapte les besoins de l'application avec les caractéristiques physiques du réseau**. A pour mandat d'assurer un transfert transparent des fragments à la couche supérieure. La couche transport s'occupe de **découper en unités plus petites (fragments) les données provenant de la couche supérieure**. S'assure que les fragments ont été reçus correctement et dans la bonne séquence par l'hôte destinataire tout en respectant le contrôle de flux.

- Exemples de protocole dans une architecture ISO: TP0, TP1, TP2, TP3, TP4.

- ✓ **Couche session.** Fournit aux processus de la couche supérieure les services tels que **l'établissement d'une connexion de session entre deux applications**, l'organisation et l'échange de messages qui sont appelées des lettres au niveau de la couche session. Fait appel aux services de la couche transport pour réaliser le transfert de lettres.

- ✓ **Couche présentation.** Chargée de la **représentation des enregistrements**, c'est-à-dire des messages de la couche présentation que les entités de la couche supérieure échangent. Opère un **la transformation syntaxique des messages en une représentation commune**. Ainsi, les entités de la couche supérieure bénéficient d'une indépendance syntaxique.

- Exemples de protocole dans une architecture ISO: ASN.1.

- ✓ **Couche application.** Porte d'entrée dans l'environnement OSI. **Fournit les services de communication aux utilisateurs** (opérateurs, périphériques, programmes d'application) **qui échangent des messages**. Les services offerts par la couche application sont nombreux : identifier les partenaires susceptibles d'entrer en communication, déterminer leur disponibilité actuelle (c'est-à-dire ressources adéquates et de niveau de qualité adéquate) afin de donner l'autorisation de communiquer. La

couche application s'occupe aussi de synchroniser les processus d'applications en communication, de choisir les règles d'initialisation, de dialogue, et de libération de la communication et de désigner la responsabilité de récupération d'erreurs.

- o Exemples de protocole dans une architecture ISO: FTAM, VT, MHS, X500.

Question #2 (5 points)

Expliquez la différence entre la transmission synchrone et la transmission asynchrone.

Il existe deux façons de mettre en œuvre la transmission sérielle, c'est-à-dire la transmission de l'information en émettant un bit à la fois. On peut le faire de façon synchrone ou asynchrone. **Toute transmission nous oblige à synchroniser les signaux**, l'utilisation de l'électricité encore plus à cause des interférences et autres délais. Si l'appareil recevant le signal ne connaît pas le temps de départ de ce dernier ni sa durée, alors il ne pourra pas interpréter correctement le signal reçu.

Transmission synchrone.

La transmission asynchrone est **plus efficace pour la transmission à haute vitesse de grands blocs de données**. Un **caractère spécial, appelé SYNC, est transmis sans arrêt au début de la communication**. Lorsque le récepteur identifie correctement ce caractère, il devient synchronisé avec l'émetteur, le lui signale et il peut maintenant interpréter adéquatement l'information qu'il reçoit. La synchronisation doit être maintenue tout au long du transfert de ce bloc de données. **Un caractère SYNC est inséré régulièrement** (par exemple à tous les 1000 caractères) **pour garder la synchronisation**. Des caractères spéciaux permettent le découpage de l'information à transmettre en blocs plus petits qui permettent de détecter les erreurs. **Un caractère SYNC termine la transmission**.

Transmission asynchrone.

La transmission asynchrone, dont le coût des circuits est minime par rapport aux circuits synchrones, est **utile lorsque la vitesse de communication n'a pas besoin d'être élevée ou que la quantité d'information à transmettre est relativement petite**. Dans ce cas-ci, la transmission asynchrone entre les appareils s'effectue individuellement pour chaque caractère. Pour réaliser cette technique, **deux bits de contrôle entourent chaque caractère**. Le premier s'appelle bit de départ (start bit) et permet aux dispositifs de se synchroniser pour que la caractère arrive. La transmission du caractère se termine par un bit de fin (stop bit). Le récepteur retourne alors en mode veille et attend le prochain caractère.

Comparaison des transmissions synchrones/asynchrones. La transmission asynchrone est plus simple à construire que la transmission synchrone. Par contre, elle génère plus de données de contrôle et la quantité utile transmise (à vitesse de transmission

identique) est plus faible qu'avec la transmission synchrone. Il faudra alors plus de temps pour transmettre l'information avec la transmission asynchrone. **Par exemple**, calculons le temps nécessaire pour transmettre un fichier de 100 ko dans les deux cas en supposant que la vitesse de transmission est de 33 600 bps.

Transmission synchrone :

- Utilisation d'environ 110 caractères SYNC (1 à chaque 1000 caractères et quelques-uns au début) ;
- Nombre de caractères = $(100 \times 1\,024) + 110 = 102\,510$ caractères ;
- Nombre de bits = $102\,510 \times 8 = 820\,080$ bits ;
- Temps de transmission = $820\,080 / 33\,600 = \mathbf{24,4 \text{ secondes.}}$

Transmission asynchrone :

- Utilisation d'un bit de départ et d'un bit de fin pour chaque caractère ;
- Nombres de caractères = $100 \times 1\,024 = 102\,400$ caractères ;
- Nombre de bits = $102\,400 \times (8+1+1) = 1\,024\,000$ bits ;
- Temps de transmission = $1\,024\,000 / 33\,600 = \mathbf{30,5 \text{ secondes.}}$

Plusieurs protocoles de réseaux utilisent la transmission synchrone, on peut citer les protocoles BSC et HDLC. La transmission asynchrone est surtout utilisée avec les modems ; parmi les protocoles connus, citons X-MODEM et Z-MODEM.

Question #3 (28 points)

On considère une dimension de trame de 1500 bits et un lien satellite de 1Mbps avec un délai de propagation de 270 ms. Quelle est l'efficacité maximale de la ligne si on utilise un contrôle de flux :

- a) Arrêt et attendre
- b) Go Back N avec une fenêtre coulissante de taille 7 ?
- c) Go Back N avec une fenêtre coulissante de taille 127 ?
- d) Go Back N avec une fenêtre coulissante de taille 255 ?

Les réponses non justifiées ne seront pas considérées.

Comment le barème a été appliqué ?

Arrêt et attendre

- 2 points pour avoir défini l'efficacité comme le ratio temps de transmission/temps total de transmission (si vous utilisez une lettre, par exemple E, pour l'efficacité, il ne faut pas oublier de dire $E = \text{efficacité}$!)
- 3 points pour avoir donné la formule complète du temps total de transmission et avoir expliqué quels sont les termes que l'on peut négliger
- 5 points pour la formule $E = 1/(1+2a)$

- 2 points pour la valeur numérique de E

Go Back N

- 5 points pour la formule de E (voir ci-dessous pour son expression)
- 5 points pour sa justification
- 2 points pour la valeur numérique de E pour chaque valeur de fenêtre coulissante

L'efficacité E d'une ligne peut être définie comme le ratio du temps de transmission des trames sur le temps total de transmission. On peut l'exprimer comme suit :

$$E = \frac{T_{Trans}}{T_{Total}} .$$

Le temps total de transmission est le temps requis pour que la trame arrive sans erreur au destinataire. Il faut considérer entre autres plusieurs laps de temps. On a :

$$T_{Total} = T_{Prop} + T_{Exec} + T_{Trans} + T_{Accus} + T_{Prop} ,$$

où

- T_{Total} est le temps total de transmission,
- T_{Prop} est le temps de propagation,
- T_{Exec} est le temps d'exécution,
- T_{Trans} est le temps de transmission de la trame,
- T_{Accus} est le temps de transmission de l'accusé de réception.

Notons a le rapport entre le temps de propagation et le temps de transmission de la trame. Le temps de propagation s'exprime comme le rapport entre la distance d et la vitesse du signal V . Ce dernier correspond à la vitesse de la lumière, c'est-à-dire 3×10^8 m/s (mètres par seconde). Le temps de transmission est le rapport entre la longueur de la trame L en bits et la vitesse de transmission B en bits par seconde (bps). On obtient :

$$a = \frac{\text{temps de propagation de la trame}}{\text{temps de transmission de la trame}} = \frac{T_{Prop}}{T_{Trans}} = \frac{d/V}{L/B} = \frac{d \times B}{L \times V} .$$

a) Méthode arrêt et attendre.

On ne considère que les temps de propagation et de transmission dans le calcul du temps total de transmission. Les autres temps sont considérés comme suffisamment petits pour qu'ils puissent être inclus dans les temps de propagation et de transmission. On obtient le temps total de transmission comme suit :

$$T_{Total} = T_{Prop} + T_{Trans} + T_{Prop} = 2T_{Prop} + T_{Trans} .$$

Par conséquent, on peut dire que l'efficacité est :

$$E = \frac{T_{Trans}}{T_{Total}} = \frac{T_{Trans}}{2T_{Prop} + T_{Trans}} = \frac{1}{1 + 2a} .$$

$$T_{Prop} = 270 \text{ ms}$$

$$T_{Trans} = 15000 \text{ bits} / 1 \text{ Mbps} = 1500 / 10^6 = 15 \times 10^{-4} \text{ s}$$

$$a = \frac{T_{Prop}}{T_{Trans}} = \frac{270 \times 10^{-3}}{15 \times 10^{-4}} = 180.$$

$$\text{Efficacité maximale de la ligne} = E = \frac{1}{1+2a} = \frac{1}{361} = 0.27 \times 10^{-2}.$$

b) Go Back N avec une fenêtre coulissante de taille 7 ?

Avec la fenêtre coulissante, un accusé de réception est envoyé toutes les fois que N trames sont reçues. Si l'accusé de réception arrive à la station émettrice avant que celle-ci n'ait fini de transmettre ces N trames, elle n'aura pas à attendre avant de renvoyer une nouvelle séquence. L'efficacité sera de 1 (c'est-à-dire de 100%). Dans ce cas, la longueur de la fenêtre est supérieure ou égale à $2a+1$.

Sinon, le temps de transmission est N fois le temps de transmission d'une trame. Par conséquent on peut dire que l'efficacité est :

$$E = \frac{N \times T_{Trans}}{2T_{Prop} + T_{Trans}} = \frac{N}{2a+1}.$$

L'efficacité en général de la méthode de la fenêtre coulissante s'exprimera comme suit :

$$E = \begin{cases} 1 & \text{si } N \geq 2a+1 \\ \frac{N}{2a+1} & \text{si } N < 2a+1. \end{cases}$$

Il est clair que si l'on compare les deux formules pour obtenir l'efficacité, on peut conclure que l'efficacité du protocole de la fenêtre coulissante est meilleure que celle du protocole arrêt et attente.

Dans tous les cas, pour $N=7, 127$ et 255 , on a $N < 2a+1$, et par conséquent $E = \frac{N}{2a+1}$.

On obtient donc :

$$N=7 \quad E = 1.94 \% ;$$

$$N=127 \quad E = 35.18 \% ;$$

$$N=255 \quad E = 70.64\%.$$

Question #4 (30 points)

Répondre aux questions suivantes :

ATM travaille en mode commuté (2 points)

Oui ☒

Non ☐

Pas seulement ☐

La principale fonction de la couche ATM est la commutation des cellules entre les différents circuits.

ATM travaille en mode connecté (2 points)

Oui ☒

Non ☐

Pas seulement ☐

Une première caractérisation des réseaux ATM provient du mode connecté utilisé pour la transmission des cellules. Une cellule ne sera transmise que lorsqu'un circuit virtuel aura été ouvert, ce circuit virtuel étant tracé à l'intérieur du réseau par des marques laissées dans chaque nœud traversé.

ATM travaille en mode asynchrone (2 points)

Oui ☒

Non ☐

Pas seulement ☐

ATM = **Asynchronous** Transfer Mode

Expliquer les concepts de VP (Virtual Path) et VC (Virtual Channel) (6 points)

La voie virtuelle (VC/Virtual Channel) est un terme générique utilisé pour décrire la capacité de communication en sens unique pour le transport de cellules ATM.

Le conduit virtuel (VP/Virtual Path) est un faisceau de VC. Tous les VC d'un faisceau ont les mêmes nœuds d'extrémité.

Expliquer les différentes couches de ATM (18 points) : voir Tanenbaum p. 55 à 59.

3 couches :

- Couche physique ATM avec une sous-couche dépendante du support de transmission (Sonet, DS3, RNIS, UTP5, ...), et une sous-couche de convergence de transmission.
- Couche ATM : commutation, multiplexage, routage, gestion de la congestion.
- Couche d'adaptation : AAL0, AAL1, AAL2, AAL3, AAL4, AAL5.

Liste des couches : 2 points / couche + 4 points / description d'une couche.

Question #5 (27 points)

On souhaite analyser le comportement d'un multiplexeur temporel par caractères (qui multiplexe des caractères et non des trames ou des paquets) chargé de gérer le trafic en provenance de N terminaux asynchrones fonctionnant à 110 bit/s. Un caractère émis sur une ligne basse vitesse est composé de 7 bits de données, 1 bit de parité, 1 bit *Start* et 2 bits *Stop*. Le débit de la ligne haute vitesse est de 9 600 bit/s. De plus 5% de la capacité de la ligne haute vitesse sont réservés à la signalisation et à la synchronisation.

a- Quel est le nombre N maximal de terminaux que le multiplexeur peut superposer?

b- Si $N = 100$, quel est le taux d'utilisation de la ligne haute vitesse?

c- On veut multiplexer sur une voie haute vitesse trois voies de parole de qualité haute fidélité (hi-fi) ayant une bande passante de 25 KHz. On numérise les voies basse vitesse par la technique MIC. En supposant que la codification s'effectue sur 8 bits, quel est le débit de la voie hi-fi une fois numérisée?

d- Si le rapport signal sur bruit est de 10, quelle est la largeur de bande minimale requise pour faire transiter la parole hi-fi?

e- Qu'en déduire? Pourquoi est-il intéressant de numériser la parole pour la transporter?

Pour le corrigé, revoir la démonstration dans laquelle cet exercice a été proposé.