

# Majeure Informatique - X99

Contrôle écrit : Réseaux, protocoles (INF 586)

Vendredi 22 mars 2002

Le contrôle dure 2h. Les questions sont indépendantes. Les documents autorisés sont les copies des transparents et les notes personnelles. Aucun livre n'est autorisé.

## Question 1

Afin de comparer les deux modes de commutation : "de circuit" et "de paquet", on considère le transfert d'un fichier de  $10^7$  octets d'une station  $A$  vers une station  $B$ . Calculer le temps total de transmission ainsi que le débit effectif (taille du fichier/temps total de transmission) dans les cas suivants:

- Un réseau local en étoile en commutation de circuits. La station centrale  $S$  est liée à toutes les autres stations (dont  $A$  et  $B$ ) par des liaisons à 1 Mbps. On néglige à ce stade le temps d'établissement du circuit entre  $A$  et  $B$  via  $S$ , ainsi que le délai de propagation et le délai introduit par le coupleur de la station  $S$  lors de la transmission des données entre  $A$  et  $B$ .
- Un "circuit virtuel" relie les deux stations  $A$  et  $B$  séparées d'une distance  $D$  Km à travers plusieurs routeurs (on néglige les délais dans les files d'attente des routeurs intermédiaires). La capacité des liaisons est de  $C$  bps chacune, la taille des paquets est de  $P$  bits avec un entête de 10 octets. Les acquittements ont une longueur de 11 octets. Un acquittement est transmis après la réception complète d'un paquet de données. La fenêtre est de 1. La vitesse de propagation sur les liaisons est de  $200$  m/ $\mu$ s. Faites les calculs (temps de transmission et débit effectif) pour :
  1.  $D = 1$ ,  $C = 10^6$ ,  $P = 256$ ,
  2.  $D = 1$ ,  $C = 10^7$ ,  $P = 256$ ,
  3.  $D = 10$ ,  $C = 10^6$ ,  $P = 256$ ,
  4.  $D = 1$ ,  $C = 50 \cdot 10^6$ ,  $P = 10000$ .
- 5. A t-on une transmission continue dans les 4 cas ci-dessus?

Pourquoi n'a t-on pas pris considéré les acquittements dans le réseau en étoile étudié dans la première partie de cette question?

Expliquer l'erreur dans le raisonnement suivant : la commutation de paquets nécessite que des bits de contrôle et d'adressage soient ajoutés aux données. Ceci introduit une surcharge considérable pour la commutation de paquets. En commutation de circuit un circuit "transparent" est établi. Pas d'ajout de bits en extra.

1. Donc, il n'y a pas de surcharge en mode commutation de circuit
2. comme il n'y a pas de surcharge, l'utilisation des liens de communication est plus efficace que le mode commutation de paquets.

## Question 2

On considère une application de Simulation Interactive Distribuée (DIS) utilisant la transmission multipoint dans laquelle les changements du terrain (e.g. destruction d'un pont) doivent être transmis de façon *fiable* à tous les participants à la simulation (et donc membres du groupe multipoint). Un des besoins en terme de qualité de service est la transmission des changements de terrain très rapidement à tous les membres, sachant que les changements de terrain *n'ont pas lieu très fréquemment*.

Il s'agit de proposer un protocole multipoint fiable pour répondre aux besoins de cette application. Dans ce protocole, la source insère un numéro de séquence dans chaque paquet et définit un temps maximum d'inactivité (MaxIT). La source garantit qu'elle transmettra un paquet toutes les MaxIT secondes. Si l'application n'a pas de données à émettre, le protocole générera alors des paquets de rafraîchissement périodiques ("heartbeat") toutes les MaxIT secondes.

- a) Compléter la description du protocole. En quoi est ce que les paquets "heartbeat" permettent à un récepteur de détecter plus rapidement une perte de paquet de données? Proposer un mécanisme d'adaptation de l'intervalle MaxIT afin de permettre une détection rapide des pertes sans pour autant surcharger le réseau. Comparer ce mécanisme à un autre qui utilise un MaxIT fixe. Discuter comment la variation du délai MaxIT permet de minimiser la surcharge des paquets "heartbeat" pour l'application considérée.
- b) Dans ce protocole, la fiabilité est assurée par un serveur qui enregistre tous les paquets transmis par la source. Un récepteur qui détecte une perte demande une retransmission au serveur. Discuter les avantages et les inconvénients de cette approche en général et pour l'application considérée en particulier. Une optimisation possible est d'avoir des serveurs secondaires qui gardent une copie des paquets transmis par la source en demandant une retransmission au serveur *primaire*. Discuter l'intérêt (et les inconvénients) de cette optimisation.
- c) Le protocole décrit ci-dessus a été proposé pour une application DIS. Le protocole SRM décrit dans le cours permettrait-il de fournir le service requis par cette application DIS? Quels seraient les avantages et les inconvénients de SRM par rapport au protocole décrit ci-dessus?

## Question 3

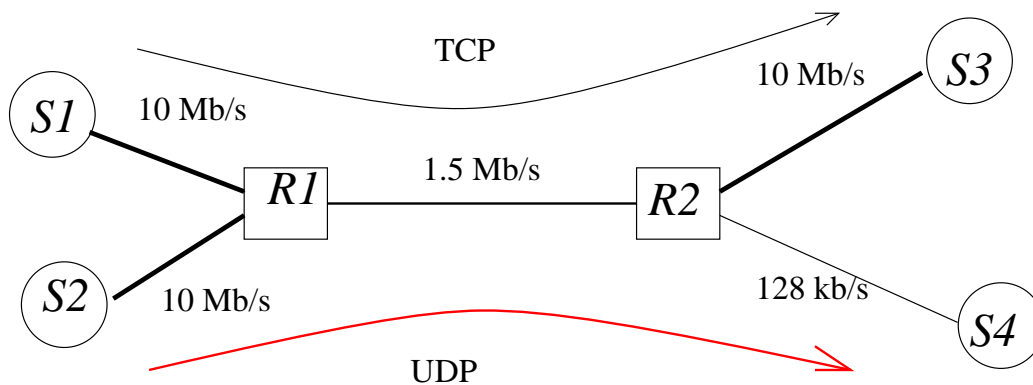
Nous avons étudié en cours la notion d'adaptation d'une application au service fourni par le réseau. Une application adaptative va par exemple modifier son débit d'émission de paquets en fonction de la congestion dans le réseau (qui peut être estimée par le taux de perte des paquets à la destination). Donc si le réseau est congestionné, le débit sera diminué. Bien sûr, cette diminution de débit se traduit en pratique par une diminution de qualité (diminution du nombre d'images par seconde ou de la qualité de chacune des images dans le cas d'une

application vidéo, augmentation du temps de transfert pour une application de transfert de fichiers, etc).

Considérons maintenant une application non adaptative qui émet à débit constant quel que soit l'état du réseau. Si le réseau est congestionné, beaucoup des paquets de cette application seront perdus, et la qualité à la destination sera également diminuée.

a/ Quel est donc l'intérêt d'avoir des applications adaptatives puisque dans les deux cas la congestion dans le réseau se traduit par une diminution de la qualité? Considérez et comparez les cas d'un réseau avec routeurs FIFO (comme dans l'Internet actuel) et d'un réseau avec routeurs Fair Queueing (permettant un ordonnancement par flot).

b/ Considérez le réseau suivant: un flux TCP va de  $S_1$  à  $S_3$ , un flux UDP de  $S_2$  à  $S_4$ ,  $R_1$  et  $R_2$  sont deux routeurs avec des buffers de taille finie, et les capacités des liens sont comme indiquées sur la figure.



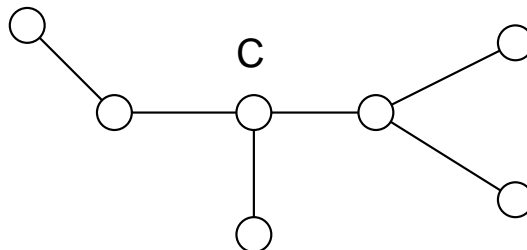
Décrivez ce qui se passe avec un flux UDP non adaptatif (pensez à tous les cas possibles, c'est à dire avec un débit UDP inférieur à 128kb/s, entre 128 kb/s et 1.5 Mb/s, entre 1.5 Mb/s et 10 Mb/s, et supérieur à 10 Mb/s). Décrivez ce qui se passe avec un flux UDP adaptatif. Considérez les deux cas des routeurs FIFO et Fair Queueing. Pouvez vous montrer l'intérêt social **et** individuel de l'adaptation dans le cas FIFO?

Que se passerait il s'il y avait  $m$  flux UDP non adaptatifs entre  $S_2$  et  $S_4$  et un flux TCP entre  $S_1$  et  $S_3$ ? Etudier les deux cas FIFO et FQ.

Quel mécanisme proposeriez vous pour inciter les flux "malicieux" à s'adapter?

## Question 4

Considérons le réseau de la figure ci-dessous.



Les nœuds sont des routeurs multipoint. Discuter, en fonction du lieu de la source et des membres du groupe, l'intérêt de l'utilisation d'un arbre partagé (dont le centre est le nœud

C) par rapport à des arbres ayant la source comme racine. Conclusion? Ce réseau correspond à la topologie du Mbone dans ses premiers jours. La situation a radicalement changé avec le raccordement d'un nombre croissant de réseaux au MBone. Quel serait l'impact de la généralisation du support du multipoint dans les routeurs de l'Internet sur la discussion ci-dessus concernant les types d'arbre à utiliser?

Discuter l'aptitude à passer à l'échelle des protocoles DVMRP et PIM-SM.

## Question 5

Le protocole TCP permet d'assurer le contrôle de transmission fiable de données de bout en bout, indépendamment des spécificités des différentes liaisons. Cependant, les canaux utilisant des liens satellites géostationnaires ont des caractéristiques spécifiques telles que:

1. un délai de bout en bout élevé (250 ms pour l'aller),
2. un produit délai par bande passante élevé,
3. un taux d'erreur de bit élevé de l'ordre de  $10^{-7}$  (pour certaines liaisons),
4. une bande passante asymétrique.

Quel est l'impact de ces caractéristiques sur le fonctionnement du protocole TCP en ce qui concerne : (1) l'établissement de la connexion, et (2) les performances du transfert de données.

Après avoir répondu brièvement à la question ci-dessus, considérez en particulier le problème du slow start. L'adoption d'une valeur initiale de la fenêtre supérieure à un pourrait elle aider à améliorer les performances? quel pourrait être l'impact négatif d'une telle augmentation.

En quoi la détection de la taille maximale de l'unité de donnée à transmettre (MTU) serait elle utile pour l'amélioration des performances? Sachant que la phase de détection exige un retard du déclenchement de la phase de transmission de données.

Déterminer le débit maximum permis par TCP sur une liaison satellite géostationnaire (champ numéro de paquet = 16 bit). Comment pallier cette limitation? Si la fenêtre est étendue, il y a un risque plus grand d'avoir plusieurs "pertes" de paquet dans la même fenêtre. Quel impact auraient ces pertes sur les performances du protocole sachant que le fast retransmit ne fonctionne que pour une seule perte par fenêtre. (Le fast retransmit est un protocole associé au slow start qui permet de "supposer" une perte de paquet à la réception de trois acks dupliqués. Contrairement au slow start, la valeur de la fenêtre de congestion est divisée par deux et non remise à un). Proposer un mécanisme qui permettrait d'atténuer cet impact.

Considérons de nouveau la caractéristique 4 ci-dessus (l'asymétrie de la bande passante). Certaines liaisons satellite avec retour terrestre présentent effectivement une asymétrie importante (45 Mbps pour l'aller et 28.8 Kbps pour le retour par exemple). Quel est l'impact sur les accusés de réception à l'entrée de la liaison à bas débit? Certaines études ont proposé la suppression contrôlée d'accusés de réception de la file d'attente du routeur à l'entrée de la liaison à bas débit suivie par une reconstruction à la sortie de cette liaison. Est ce que la reconstruction est primordiale? Quel serait l'impact de cette technique sur les performances de TCP? sur les autres flux dans le réseau?

Tuyau: est ce que le "self clocking" des ACKs TCP est préservé?