

R&T1 R1 TD3

Rappels et compléments :

– Protocole (cf [1] 1.1.3) :

format et ordre des messages échangés entre deux entités et actions générées (cf cours Ch2 – 6)

– commutation de circuits, par paquets, de messages (cf [1] 1.3.1) :

commutation de circuits : ressources nécessaires le long du chemin entre les terminaux sont réservées pour toute la durée de la session. Les liaisons comportent des circuits mis en oeuvre par multiplexage (cf cours Ch1 – 17 à 21). Exemple réseau téléphonique commuté : **RTC (débit constant** pour toute la communication)

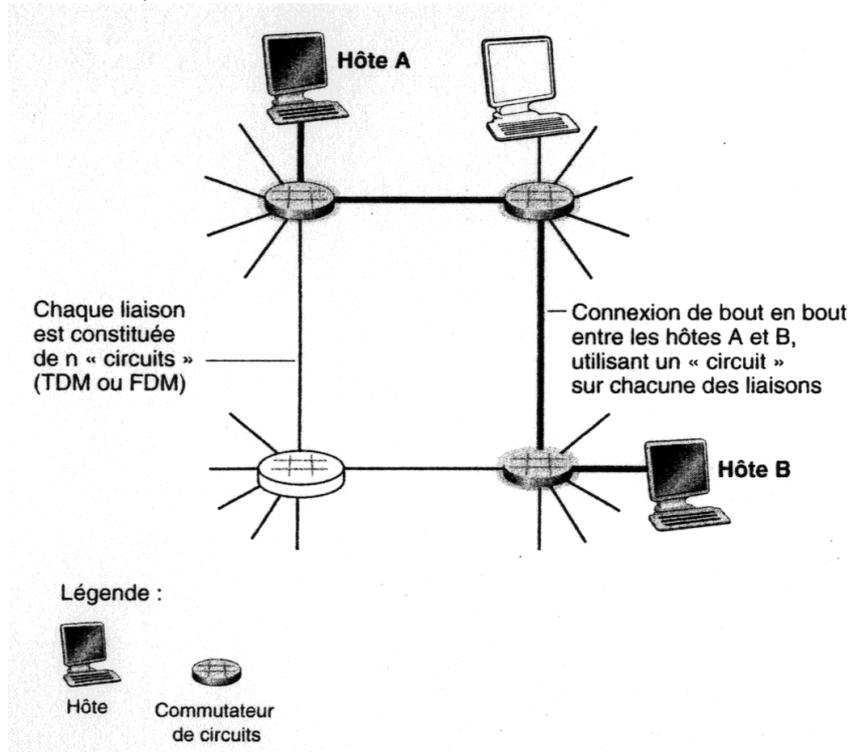


Figure TD3R1.1 : réseau à commutation de 4 commutateurs et 4 liaisons

commutation de paquets : ressources nécessaires le long du chemin (qui comporte des commutateurs de paquets = **routeurs**) entre les terminaux sont attribuées à la demande, d'où des attentes parfois nécessaires (file d'attente). Exemple réseau **internet (pas de réservation de débit** pour toute la transmission).

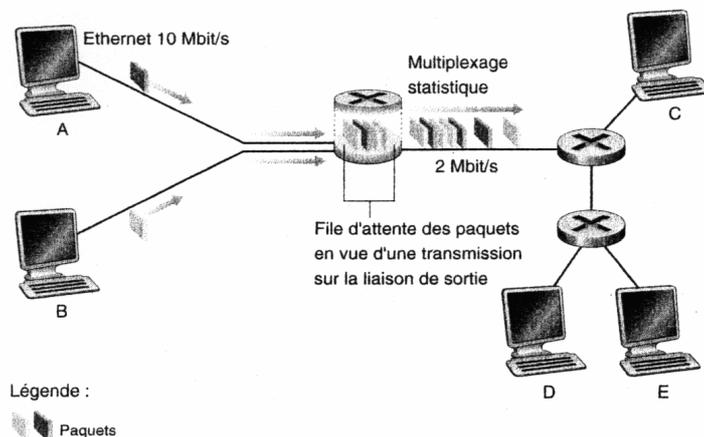


Figure TD3R1.2 : commutation de données par paquets

Exercice 1 :

Citez les avantages d'un réseau à commutation de circuits par rapport à un réseau de commutation par paquets.

– TDM et FDM :

TDM : *Time Division Multiplexing = multiplexage temporel qui peut être statique (ou dynamique) (cf cours Ch1 – 20 à 21)*

FDM : *Frequency Division Multiplexing = multiplexage fréquentiel (cf cours Ch1 – 17)*

Exercice 2 :

Comparaison des TDM et FDM au sein d'un réseau à commutation de circuits.

Exercice 3 :

Pourquoi dit-on que la commutation par paquet a recours à un multiplexage statistique ? Comparez le multiplexage statistique avec le mode de multiplexage TDM.

Exercice 4 :

Calculez le temps nécessaire à la transmission d'un fichier de 640 000 bits d'un serveur A vers un serveur B au travers d'un réseau à commutation de circuits, toutes les liaisons de ce réseau utilisant le TDM avec 32 IT, chacun de ces IT ayant un taux de transfert de 2,048 Mbps. De plus le temps d'établissement du circuit de bout en bout nécessite 500 ms avant toute transmission.

– service orienté connexion et service sans connexion (cf [1] 1.2.2) :

orienté connexion : *transfert de données fiables, précédé d'une phase d'établissement de la connexion entre les terminaux, avec contrôle de flux (réduire le taux d'envoi de l'émetteur), et contrôle de congestion (éviter la saturation). Exemple pour internet : TCP*

sans connexion : *transfert de données entre les terminaux par transmission des paquets sans contrôle de bonne réception, sans contrôle de flux, ni contrôle de congestion; les transferts sont donc plus rapides. Exemple pour internet : UDP*

– segmentation de message :

*On dit d'un réseau de commutation par paquets qu'il pratique une **commutation de message** si les messages transmis ne sont pas décomposés (segmentés) en paquets. Cette méthode augmente les délais de transmission (passage dans les commutateurs et problème de retransmission en cas d'erreur).*

– temps d'attente, de propagation et de traitement.

– fonctionnement d'un commutateur de paquet (routeur) :

*le mode enregistrement et retransmission (**store and forward**) impose au routeur d'attendre d'avoir reçu l'intégralité du paquet avant de pouvoir initier la retransmission, d'où un **délai de stockage et de transmission** qui dépend de la longueur du paquet (L bits) du débit de la liaison sortante du routeur (R bps) et qui vaut L/R secondes.*

*Chaque sortie d'un routeur est associée à une file d'attente (ou **tampon de sortie**) qui permet de stocker temporairement des paquets avant leurs transmissions si le réseau est encombré d'où un **délai d'attente**, et un risque de perte de paquet (suivant la taille du tampon de sortie et l'encombrement)*

Exercice 5 :

Supposons qu'il n'y ait qu'un seul commutateur de paquet entre un serveur émetteur et un serveur récepteur. Soient R_1 le débit entre l'émetteur et le commutateur et R_2 le débit entre le commutateur et le récepteur. Quel est le délai de bout-en-bout total généré par l'envoi d'un paquet de longueur L ?

– réseau à circuits virtuels et réseau à datagramme :

réseau à circuits virtuels : c'est un réseau transportant des paquets selon des adresses de destination. Chaque paquet transporte une en-tête

réseau à datagramme : c'est un réseau transportant des paquets en fonction de numéros de circuits virtuels (VC : chemin entre expéditeur et destinataire). Chaque commutateur possède une table de conversion de circuit virtuel qu'il utilise pour attribuer à chaque paquet le traversant le numéro du prochain VC.

Exercice 6 :

Citez les différents types de retards composant le temps de réponse pour le transfert d'un paquet de bout en bout d'un chemin, et leurs caractéristiques (constants, variables) .

Problème 1

Considérons l'envoi d'un fichier d'une taille de $F=M*L$ bits le long d'un chemin composé d'un nombre de liaisons Q . Chaque liaison transmet à un débit de R bps. Le réseau est peu occupé, de sorte qu'il n'y a aucun délai d'attente. Avec la commutation par paquets, les $M*L$ bits sont fragmentés en M paquets, chacun constitué de L bits. Les temps de propagation sont négligés.

a) Supposons que nous soyons en présence d'un réseau à commutation par paquets doté de circuits virtuels. Appelons t_s le temps de mise en place d'un circuit virtuel et supposons que les couches émettrices ajoutent à chaque paquet un total de h bits en en-tête. Combien de temps faut-il pour envoyer le fichier source à sa destination ?

b) Supposons que nous soyons en présence d'un réseau à datagramme à commutation par paquet reposant sur un service sans connexion. Supposons maintenant que chaque paquet comporte un en-tête de longueur $2h$ bits. Combien de temps faut-il pour envoyer le fichier source à sa destination ?

c) Même chose, mais en prenant cette fois le cas de la commutation de messages (c'est à dire que $2h$ bits sont ajoutés au message, qui ne fait l'objet d'aucune segmentation).

d) Supposons que nous soyons en présence d'un réseau à commutation de circuits. Imaginons que le débit du circuit entre la source et la destination soit de R bps. Dans l'hypothèse s'un temps de mise en place t_s et d'un en-tête de h bits rattaché au circuit tout entier, combien de temps faut-il pour l'envoyer ?

Problème 2

On cherche à envoyer un long fichier (de F bits) d'un hôte A à un hôte B. Deux liaisons (et un commutateur) relient A et B, et ceux-ci ne sont pas saturés (c'est-à-dire qu'ils ne présentent pas de délai d'attente). L'hôte A segmente le fichier en divers segments de S bits et ajoute à chacun 40 bits d'en-tête, formant des paquets d'une longueur de $L = 40 + S$ bits. Chaque liaison se caractérise par un débit de R bps. Trouvez la valeur de S qui minimise le délai encouru par le fichier sur son parcours entre A et B, tout en négligeant les temps de propagation.

Problème 3

Soit deux serveurs A et B, connectés l'un à l'autre au moyen d'une seule liaison à R bps. Supposons que les deux serveurs soient séparés par une distance de m mètres, et supposons que la vitesse de propagation le long de la liaison soit de s m/s. Le serveur A envoie un paquet de L bits à l'hôte B.

- Exprimez le temps de propagation, d_{prop} en fonction de m et s .
- Déterminez le temps de transmission du paquet d_{trans} , en fonction de L et R .
- En négligeant les temps de traitement et d'attente, trouvez l'expression du temps de bout en bout.
- Supposons que le serveur A commence à transmettre le paquet au temps $t=0$. Où se trouve le dernier bit du paquet à l'instant $t=d_{\text{trans}}$?
- Soit d_{prop} supérieur à d_{trans} . A l'instant $t=d_{\text{trans}}$ où est le premier bit du paquet ?
- Soit d_{prop} inférieur à d_{trans} . A l'instant $t=d_{\text{trans}}$ où est le premier bit du paquet ?
- Soit $s=2,5 \cdot 10^8$, $L=100$ bits et $R=28$ kbps. Trouvez la distance m devant séparer A et B pour que d_{prop} soit égal à d_{trans} .

Problème 4

Considérons le temps d'attente au niveau d'un tampon d'un routeur (précédant une liaison sortante). Supposons que tous les paquets contiennent L bits, que le débit soit de R bps et que N paquets arrivent simultanément au tampon toutes les L/R secondes. Calculez le temps d'attente moyen d'un paquet (remarques : le temps d'attente affectant le premier paquet est nul; le temps affectant le deuxième paquet est de L/R . Le N ième paquet a déjà été transmis lorsque le deuxième groupe de paquets arrive.)

Problème 5

Soit deux serveurs A et B séparés par une distance de 10 000 km, connectés par une liaison directe d'un débit $R=1$ Mbps et présentant une vitesse de propagation de $2,5 \cdot 10^8$ m/s.

- a) Calculez le produit du temps de propagation par le débit, $R \cdot t_{\text{prop}}$
- b) Imaginons l'envoi d'un fichier de 400 000 bits du serveur A au serveur B. Supposons que celui-ci soit envoyé en continu comme un seul et volumineux message. Quel est le nombre de bits maximal pouvant se trouver sur la liaison à un instant donné ?
- c) Proposez une interprétation du produit du temps de propagation par le débit.
- d) Quelle est la largeur (en mètres) d'un bit sur la liaison ? Est-il plus long qu'un terrain de football ?
- e) Décrivez une expression générale permettant de déterminer la largeur d'un bit en fonction de la vitesse de propagation s , le débit R et la longueur de la liaison m .