

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)*

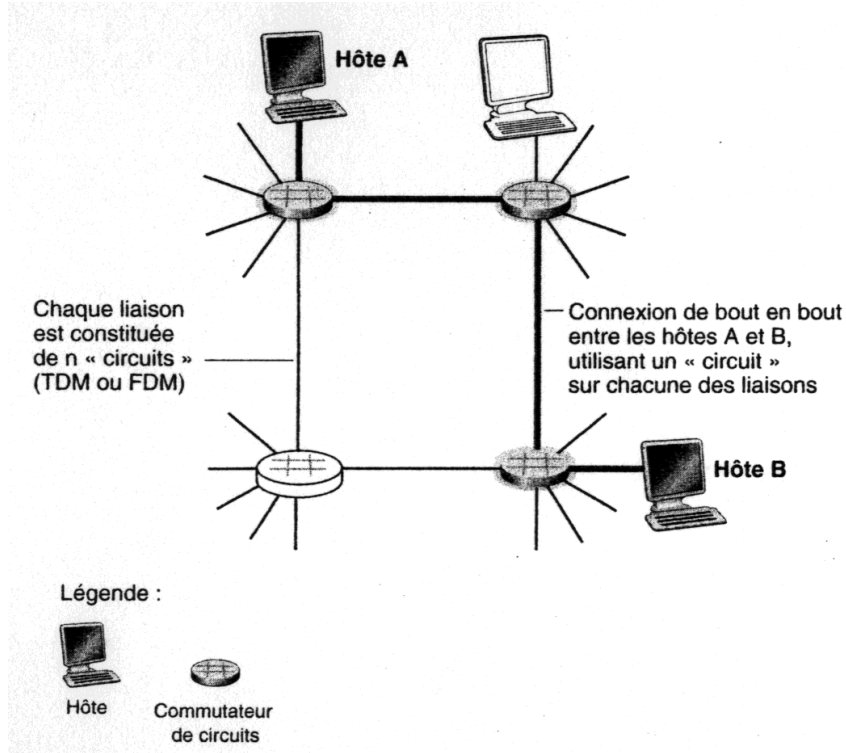


Figure TD3R1.1 : réseau à commutation de 4 commutateurs et 4 liaisons

*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).*

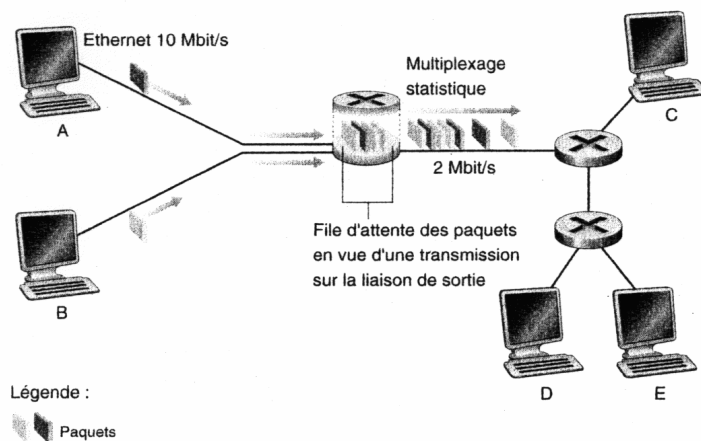


Figure TD3R1.2 : commutation de données par paquets

Exercice 1 :

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

La commutation de circuit est bien adaptée aux services temps réels (stabilité des débits et pas de délais d'attente imprévisibles), mais nécessite de réserver de la bande passante même si elle n'est pas utilisée. La commutation par paquet assure un meilleur partage de la bande passante.

La commutation par paquet prend une place de plus en plus importante dans les réseaux de télécommunications (ex VOIP).

– 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 :

...voir cours...

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.

La commutation par paquet utilise un multiplexage statistique, car le routeur ne sait pas dans quel ordre et à quelle fréquence vont arriver les paquets des différents serveurs. Il retransmet ces paquets au fur et à mesure. Dans le TDM, un IT est affecté à chacune des voies de transmission.

Exercice 4 :

Version A: 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.

*Chaque circuit à un taux de transfert de $2,048 \text{ Mbps} * 32 = 64 \text{ Mbps}$*

*Il faut $640\,000 / (2,048 \text{ Mbps} * 32) = 0,010\text{s}$ de transmission pour ce fichier*

Au total, il faut 0,51s pour que B récupère ce fichier

Version B: 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, **la ligne composite 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.

Chaque circuit à un taux de transfert de $2,048 \text{ Mbps} / 32 = 64 \text{ kbps}$

Il faut $640\,000 / 64 \text{ kbps} = 10 \text{ s}$ de transmission pour ce fichier

Au total, il faut $10,5 \text{ s}$ pour que B récupère ce fichier

- 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 (ségmentés) 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 ?

*Il faut L/R_1 secondes pour que le paquet arrive au commutateur, L/R_2 secondes de durée de stockage dans le commutateur, puis L/R_2 secondes pour arriver jusqu'au récepteur. Au total, il faut : $L/R_1 + 2 * L/R_2$ secondes.*

- réseau à circuits virtuels et réseau à datagramme :

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

réseau à circuits virtuels : 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) :

temps de traitement (analyse de l'en-tête du paquet) = constant

temps d'attente (dépend de la file d'attente et du réseau) = variable

temps de transmission (L/R) = constant

temps de propagation (dépend du support physique) = constant

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 d'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 ?

a) Q liaisons donc Q circuits virtuels soit $Q*t_s$ de temps d'établissement (on peut envisager que le temps d'établissement du chemin passe par la mise en place de Q chemins virtuels).

$M*(L+h)$ bits à transmettre par segments, il faut $[M*(L+h)]/R$ secondes pour transmettre tous les bits

Au total : $Q*t_s + Q*[M*(L+h)]/R$

b) service sans connexion (donc plus rapide) mais pas de temps d'établissement de la liaison.

$M*(L+2h)$ bits à transmettre sur un chemin à R bps.

Au total : $Q*M*(L+2h)/R$

c) Au total : $Q*(2h + M*L)/R$

d) Au total : $t_s + Q \cdot (h + M \cdot L) / R$

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.

$$F = n \text{ segments} = n \cdot S$$

les n paquets ($n = F/S$) sont envoyés à R bps

En négligeant l'influence du commutateur, la durée de transmission est de :

$$2 \cdot (L) / R \cdot F / S \text{ secondes} = 2 \cdot [(S + 40) \cdot F] / [R \cdot S]$$

Il convient donc de trouver le minimum de cette durée en fonction de S

...