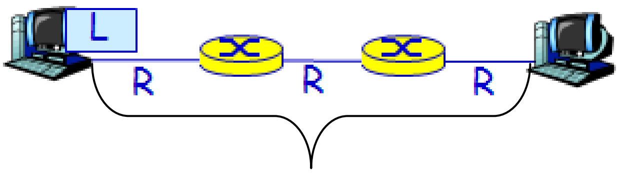
Travaux dirigés N°1
Module Réseaux
2ème année du cycle Ingénieur

Exercice 1:

Considérer 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 bits/s. 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 supposés négligeables.

1. Supposez 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 de sa source à sa destination ?



Q liaison

Le temps de transmission d'un paquet sur une liaison est $T1=(L+h)/R$
Le premier paquet arrive à la destination après $T_Q=Q(L+h)/R$
Le deuxième paquet arrive à la destination après $(L+h)/R$ du premier
Le troisième paquet arrive à la destination après $(L+h)/R$ du deuxième
Etc. Le dernier paquet arrive à la destination après $(L+h)/R$ de l'avant dernier.
En totalité, il faut un temps de $T=t_s+ Q(L+h)/R+(M-1)(L+h)/R= t_s+ (Q+M-1)(L+h)/R$

2. Supposez que le réseau soit un réseau à datagramme à commutation par paquets reposant sur un service sans connexion. Supposez maintenant que chaque paquet comporte un en-tête d'une longueur de 2h bits. Combien de temps faut-il pour envoyer le fichier ?

   En suivant le même raisonnement et en enlevant le temps d'établissement du circuit, le temps de transmission est de : $T= (Q+M-1)(L+2h)/R$

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

   Avec un seul message envoyé de bout-en-bout, il faut un temps de $T=Q(L+2h)/R$

4. Enfin, supposez que le réseau soit un réseau à commutation de circuits. Imaginez également que le débit d'un circuit entre la source et la destination soit de R bits/s. Dans

l'hypothèse d'un temps de mise en place t_s et d'un en-tête de h bits rattaché au fichier tout entier, combien de temps faut-il pour l'envoyer ?

Dans le cas d'un réseau à commutation de circuit, le débit est constant en traversant les commutateurs sans la mise en file d'attente (technique de multiplexage). Le temps de transmission est de $T= t_s+ (L+h)/R$.

Exercice 2:

Ce problème constitue une première approche dans l'étude des temps de propagation et de transmission, deux notions fondamentales en ce qui concerne les réseaux d'ordinateurs. Soient deux serveurs A et B, connecté l'un à l'autre au moyen d'une seule liaison à R bits/s. Supposez que les deux serveurs soient séparés par une distance de m mètres, et supposez que la vitesse de propagation le long de la liaison soit de s m/s. Le serveur A envoie un paquet de L bits au serveur B.

1. Exprimez le temps de propagation, t_{prop}, en fonction de m et s.

   $t_{prop}=m/s$

2. Déterminer le temps de transmission, t_{trans}, en fonction de L et R.

   $t_{trans}=L/R$

3. En négligeant les temps de traitement et d'attente, trouvez l'expression du temps de bout-en-bout

   $T=m/s+L/R$

4. Supposez 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_{trans} ?

   A t_{trans} *le dernier bit vient de quitter le serveur A*

5. Soit t_{prop} supérieur à t_{trans}. A l'instant $t=t_{trans}$, où est le premier bit du paquet ?

   Le premier bit est dans le réseau

6. Soit t_{prop} inférieur à t_{trans}. A l'instant $t=t_{trans}$, où est le premier bit du paquet ?

   Le premier bit est au serveur B

7. Soit $s=2,5*10^8$ m/s, L=100 bits et R=28 kbits/s. Trouvez la distance m devant séparer A et B pour que t_{prop} soit égal à t_{trans}.

   $T_{prop}=t_{trans} \Rightarrow L/R=m/s \Rightarrow m=Ls/R=100*2,5*10^8/28*10^3=892857$ mètre

Exercice 3:

Soient deux serveurs, A et B, séparés par une distance de 10 000 km, connectés par une liaison directe d'un débit R=1Mbit/s et représentant une vitesse de propagation de $2,5*10^8$m/s.

1. Calculez le produit du temps de propagation par le débit, $R*t_{prop}$. Proposez une interprétation de ce produit.

   C'est le nombre maximum de bits qu'on peut avoir entre A et B.

2. Quelle est la longueur (en mètres) d'un bit sur la liaison ?

   Si dans 10000 km on peut avoir au max $R*t_{prop}=10^6*10000*10^3/2,5*10^8=40000$ *bits.*
   La longueur d'un bit est de 250 mètres.

3. Dérivez une expression générale permettant de déterminer la longueur d'un bit en fonction de la vitesse de propagation s, le débit R et la longueur de la liaison m.

   La longueur d'un bit est $m/R*t_{prop}=s/R$

4. Supposez qu'il est possible de modifier la variable R. Quelle doit être sa valeur pour que la longueur d'un bit soit équivalente à la longueur de liaison

   $m=s/R$ ➔ $R=s/m =2,5*10^8 /10000*10^3=250$ *bits/s*

5. Combien de temps faut-il pour envoyer un fichier de 400 000 bits, en admettant qu'il soit envoyé en continu ?

   $T=L/R+m/s=400000/10^6+10000*10^3/2,5*10^8=0.44$ *s*

6. Supposez maintenant que le fichier soit scindé en 10 paquets de 40000 bits chacun. Supposez que chaque paquet fasse l'objet d'un accusé de réception de la part du destinataire et que le temps de transmission d'un tel accusé soit négligeable. Enfin, imaginez que l'expéditeur ne puisse pas envoyer de paquet avant confirmation de la réception du précédent. Combien de temps faut-il pour envoyer ce fichier ? Que peut-on conclure ?

   L'envoi de chaque paquet engendre un temps de transmission et deux fois le temps de propagation pour inclure celui de l'accusé (non négligeable)
   Le temps total est $T=10*t_{trans}+ 19\ t_{prop}=10 *40000/10^6+ 19*10000*10^3/2,5*10^8=1.16$ *s.*

   Le temps de prop du dernier ack n'est pas compté.
   On peut conclure que l'introduction d'une segmentation en paquets diminue les performances de transmission, mais augmente la fiabilité et la possibilité du contrôle de flux entre les deux entités communicantes.

Exercice 4:

Considérer l'envoi d'un long fichier de taille F bits d'un hôte A vers un hôte B reliés par deux liaisons et un Routeur. On suppose que le délai d'attente est négligeable. L'hôte A segmente le fichier en divers segments de S bits et ajoute h bits d'en-tête, formant des segments d'une longueur L=S+h bits. Chaque liaison se caractérise par un débit de R bits/s.

1) Calculer, en fonction de Fet S, le nombre de segments envoyés par A.

1^er cas : F/S est un entier naturel, alors le nombre de segment N=F/S
2^ème cas : F/S n'est pas un entier naturel, alors N=E(F/S)+1, où E est la partie entière

2) Calculer, en fonction de F, S, h et R le délai de transmission de la totalité du fichier.

Il s'agit de deux liaisons et un routeur, donc le premier segment arrive à B après 2(S+h)/R, le deuxième segment arrive après (S+h)/R de l'arrivé du premier, etc.
Donc tous les segments arrivent après un délai de T=[2+N-1](S+h)/R=(N+1)(S+h)/R
1^er cas : F/S est un entier naturel, alors T=(F/S+1)(S+h)/R=1/R[F+h+S+hF/S]
2^ème cas : F/S n'est pas un entier naturel, alors T=(E(F/S)+1)(S+h)/R+[F-SE(F/S)+h]/R
T=1/R[SE(F/S)+hE(F/S)+S+h+F-SE(F/S)+h]=1/R[F+h+S+h(E(F/S)+1)]

3) Déterminer, en fonction de F et h, la valeur de S minimisant le délai de transmission de ce fichier dans le cas où F est un multiple de S.

Si F est un multiple de S alors F/S est un entier naturel.
T(S)=1/R[F+h+S+hF/S].
Le minimum est obtenu quand la dérivée de T(S) est nulle.
T'(S)=1/R[1-hF/S²]=0 , donc hF/S²=1 $\Rightarrow S=\sqrt{hF}$

4) Calculer dans ces conditions le délai optimal en fonction de F et h

Le délai optimal est obtenu quand $S=\sqrt{hF} \Rightarrow T=1/R[F+h+2\sqrt{hF}\,]$

5) En déduire l'efficacité d'une segmentation optimale dans le cas où F=1Mbits et h=40bits.

$$\text{Le débit utile} = \frac{\textit{Le nombre de bits utiles envoyés}}{\textit{Le délai optimal}} = \frac{F}{\frac{1}{R}[F+h+2\sqrt{hF}]} = \frac{RF}{[F+h+2\sqrt{hF}]}$$

$$\text{Efficacité} = \frac{\textit{Débit réel}}{\textit{Débit théorique}} = \frac{\frac{RF}{[F+h+2\sqrt{hF}]}}{R} = \frac{F}{[F+h+2\sqrt{hF}]} = \frac{10^6}{[10^6+40+2\sqrt{40\times10^6}\,]}$$

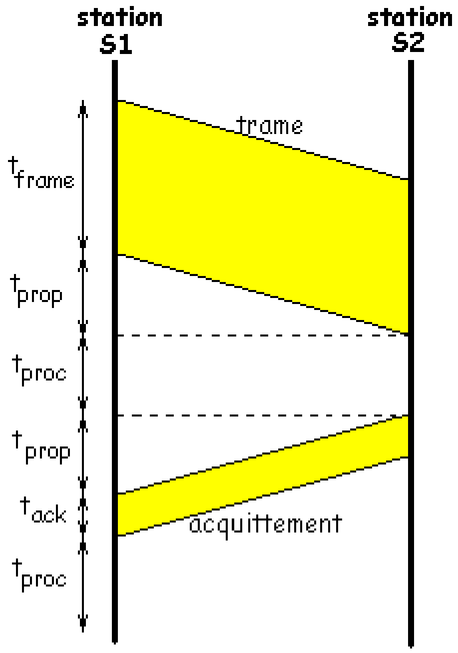
Efficacité=98,74%

Exercice 5 :

1) On considère une ligne half-duplex entre deux stations S_1 et S_2 fonctionnant suivant le mode Stop and Wait :

a) Exprimer le temps total d'expédition d'une trame depuis l'envoi du premier bit jusqu'à la réception du dernier bit de l'acquittement. On utilisera les durées suivantes :

t_{prop} : temps de propagation d'un bit entre S1 et S_2
t_{frame} : temps d'émission d'une trame
t_{proc} : temps de traitement de données reçues
t_{ack} : temps d'émission d'un acquittement



En se basant sur le schéma ci-contre, on en déduit très aisément :

$T = t_{prop} + t_{frame} + t_{proc} + t_{prop} + t_{ack} + t_{proc}$

On considère que t_{proc} est négligeable devant les autres durées et que la taille d'un acquittement est négligeable devant la taille d'une trame de données. En déduire une approximation de la durée d'expédition de n trames.

On peut négliger tous les termes de la somme précédente sauf t_{frame} et t_{prop}

d'où : $T_n = n\,T = n(2t_{prop} + t_{frame})$

On pose a = t_{prop}/ t_{frame} , Exprimer le taux d'occupation de la ligne θ (t_{rame}/ t_{total}) en fonction de a.

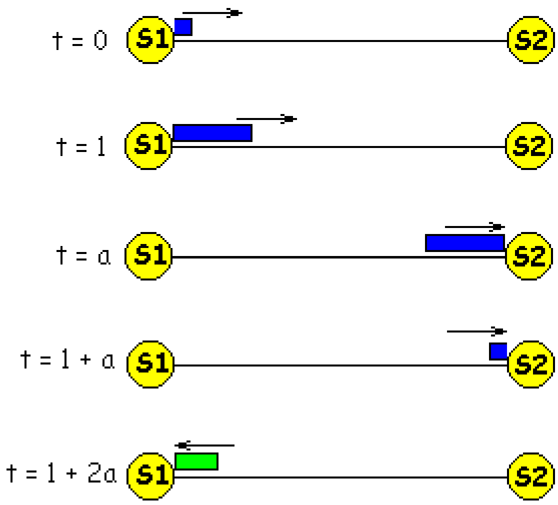
$\theta = 1/(2a+1)$

Si D est le débit binaire de la ligne, d, la distance entre les stations, v la vitesse de propagation des ondes sur la ligne, L la longueur d'une trame en bits, exprimer a en fonction des grandeurs précédentes.

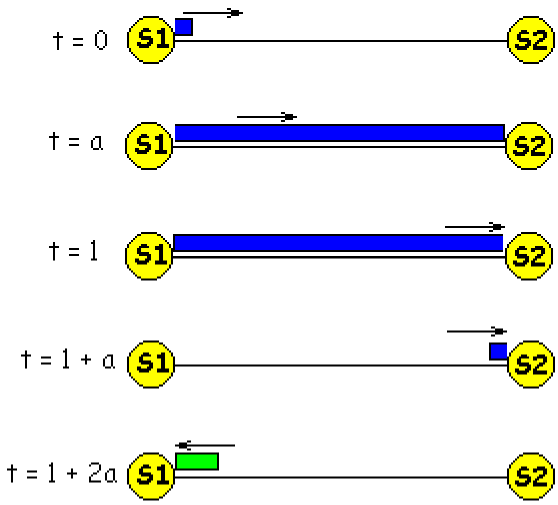
$t_{prop} = d/v$ $\quad$ $t_{frame} = L/D$ $\quad$ d'où $a = (dD)/(vL)$

b) On suppose que t_{frame} = 1s, d'où t_{prop} = a.

Suivant que a<1 ou a>1, indiquer ce qui se passe aux instants t = 0, 1, a, 1+a, 1+2a.



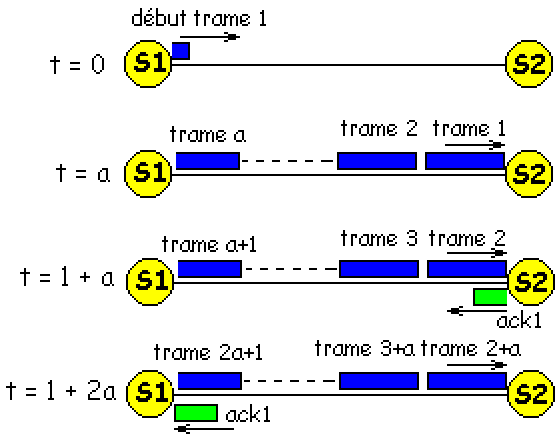
a>1



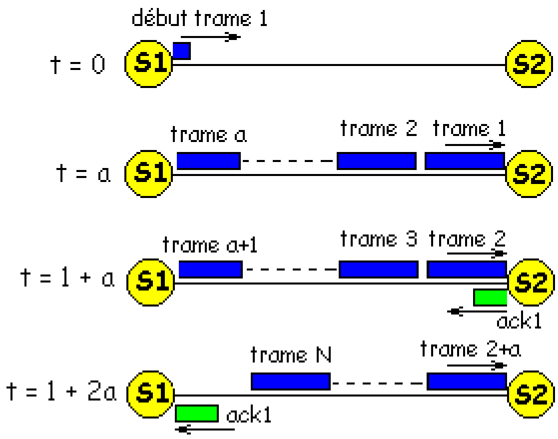
a<1

2) On envisage une méthode de fenêtre glissante. On considère que la largeur de la fenêtre est N et que $t_{frame} = 1$s.

Etudier ce qui se passe aux instants t = 0, a, a+1, 2a + 1. On envisagera les deux cas N > 2a+1 et N< 2a + 1. En déduire, pour ces deux cas, l'expression du taux d'occupation θ.



N>2a+1



N<2a+1

Dans le cas où N > 2a+1, la ligne est toujours occupée donc θ = 1
Dans le cas où N < 2a+1, la durée d'émission est N pendant le temps 2a+1, donc θ = N/(2a+1)