Performances ARQ

M. Rubinstein

1

Suppositions et définitions

- La probabilité d'erreur d'un paquet est P
- La probabilité qu'un paquet sera correct est alors 1-P
- Le nombre de paquets émis est $n_{émis}$
- Le nombre de paquets reçus correctement est $n_{reçus}$
- On peut écrire donc $n_{reçus} = n_{émis}(1 - P)$

2

Suppositions et définitions

- Le nombre de bits dans le paquet est l_{data}
- Le nombre de bits dans le ACK est l_{ACK}
- Le délai de propagation est d_{prop}
- Le délai de transfert (temps total de transmission y compris un ACK) est appelé « round trip time » en anglais et « temps aller-retour » en français. Il est est représenté par *RTT*

3

Suppositions et définitions

- Le débit efficace ou effectif est le rapport entre le nombre de bits utiles et le temps total requis pour les transmettre, y compris le temps utilisé pour transmettre les en-têtes éventuelles, les temps morts et les acquittements.
- On doit donc définir ce qu'on entend par bits utiles. Dans le cadre de CPL, nous considéreront qu'il y a l_{data} bits utiles.
- Cette définition implique que nous ne tenons pas compte des éventuels en-têtes des couches supérieures puisque nous ne connaissons pas les protocoles des couches en dessus de la couche de liaison.

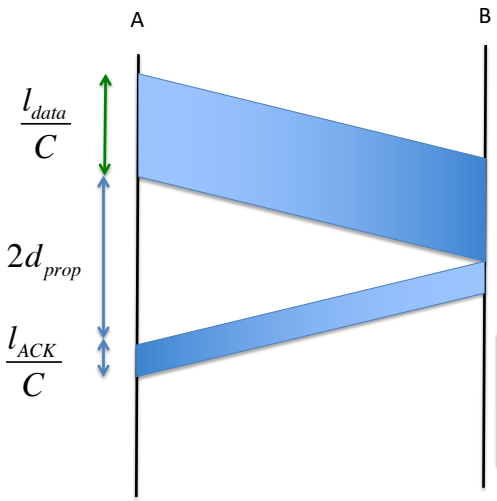
4

Suppositions et définitions

- Le taux d'utilisation ρ est le rapport entre le débit effectif obtenu D et le débit du lien C
- On peut aussi le calculer en divisant le temps passé à placer les donnés utiles correctement sur le canal divisé par le temps total de transmission.
- Lorsque la stratégie de retransmission requiert des temps d'attente ou de réception sans transmission simultanée, ρ est plus petit que 1
- Ce paramètre est aussi plus petit que 1 lorsqu'il y a des erreurs de transmission

5

Envoyer-et-attendre sans erreurs



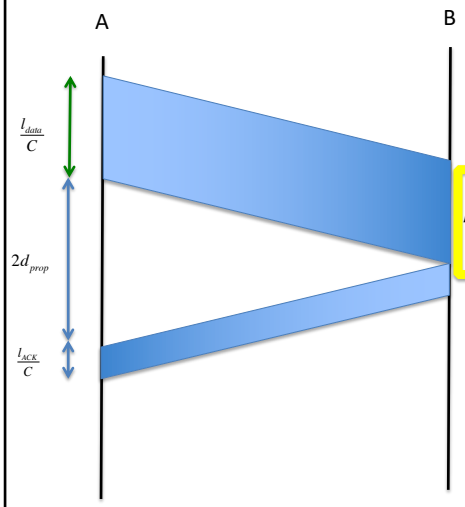
$$RTT = \frac{l_{data}}{C} + 2d_{prop} + \frac{l_{ACK}}{C}$$

On voit à la figure que pour chaque transmission de l_{data} bits utiles, il faut en moyenne un temps *RTT donné par l'équation ci-dessus*. Le débit effectif *D* est donc

$$D = \frac{l_{data}}{RTT} = \frac{l_{data}}{\frac{l_{data}}{C} + 2d_{prop} + \frac{l_{ACK}}{C}}$$

6

Envoyer-et-attendre sans erreurs

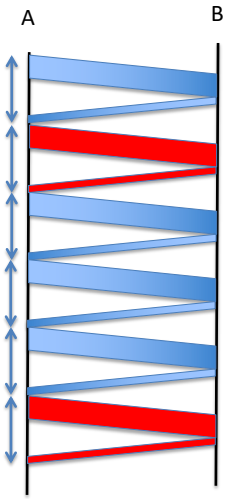


Le taux d'utilisation du canal est le rapport entre le débit effectif *D* et le débit du lien *C*:

$$\rho_{sans\ erreurs} = \frac{D}{C} = \frac{l_{data}}{RTT \cdot C} = \frac{l_{data}}{l_{data} + l_{ACK} + 2Cd_{prop}}$$

7

Envoyer-et-attendre avec erreurs

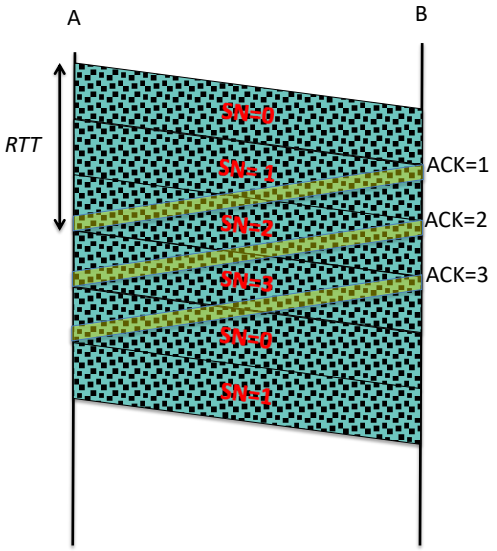


Le taux d'utilisation du canal est le rapport entre 1) le temps passé à placer les donnés utiles sur le canal et 2) le temps total de transmission (voir deuxième point du slide 5).
Dans l'exemple de la figure à gauche, les transmissions avec erreurs sont marquées en rouge.
Le temps total requis pour la transmission est $n_{émis}RTT$.
Le temps passé à mettre les bits utiles correctement sur le canal est $n_{reçus}l_{data}/C$
Le débit efficace est donc

$$\rho_{avec\ erreurs} = \frac{n_{reçus}}{n_{émis}} \frac{l_{data}/C}{RTT} = (1-P)\rho_{sans\ erreurs}$$

8

Go-Back-N et Rejet Sélectif : fenêtre optimale

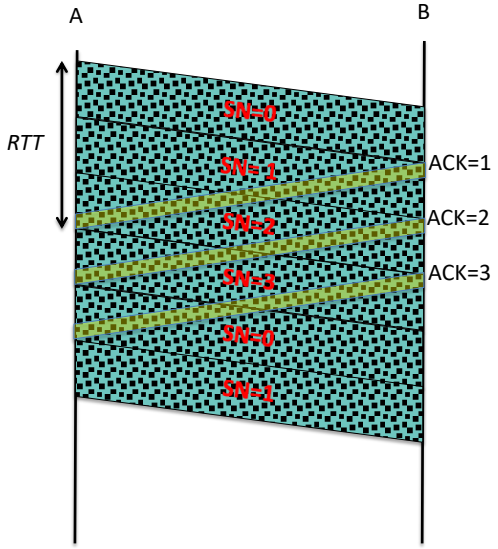


Si l'acquittement de la première trame arrive avant la fin de la transmission de la trame *n*, on peut transmettre les paquets sans interruption.
Selon la figure à gauche, la condition peut être exprimée mathématiquement par l'équation suivante :

$$RTT \leq \frac{nl_{data}}{C}$$

9

Go-Back-N et Rejet Sélectif sans erreurs Cas 1: fenêtre optimale



Avec la fenêtre optimale, il n'y a pas d'attente avant la transmission des trames.

Le débit effectif est :

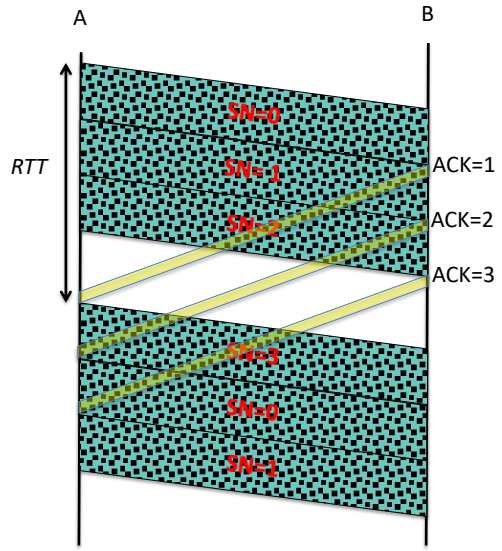
$$D = \frac{nl_{data}}{RTT} = \frac{\frac{RTT \cdot C}{l_{data}} l_{data}}{RTT} = C$$

Le taux d'utilisation du lien est donc:

$$\rho = \frac{D}{C} = 1$$

10

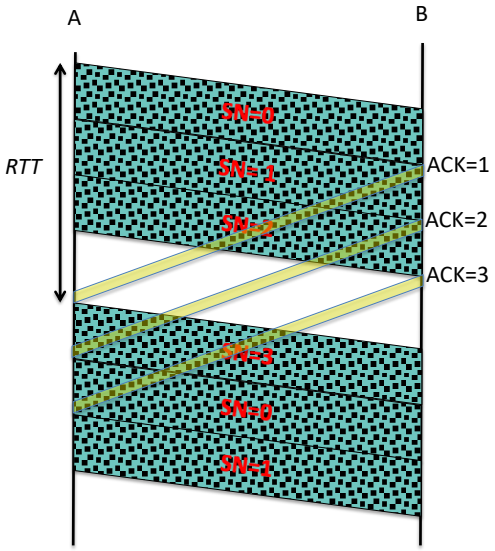
Go-Back-N et Rejet Sélectif sans erreurs
Cas 2: fenêtre plus courte que RTT



Dans l'exemple à côté, *n* est 3. Selon la technique de la fenêtre glissante ou Go-Back-N, une fois que le nœud A a transmis 3 trames, il ne peut plus transmettre des trames jusqu'à la réception d'un ACK de B.

11

Go-Back-N et Rejet Sélectif sans erreurs
Cas 2: fenêtre plus courte que RTT



On voit qu'on transmet *n* paquets en RTT secondes. En l'occurrence, *n=3*.
Le débit effectif est donc:

$$D = \frac{nl_{data}}{RTT} = \frac{nl_{data}}{\frac{l_{data}}{C} + \frac{l_{ACK}}{C} + 2d_{prop}}$$

Le taux d'utilisation du lien est donc :

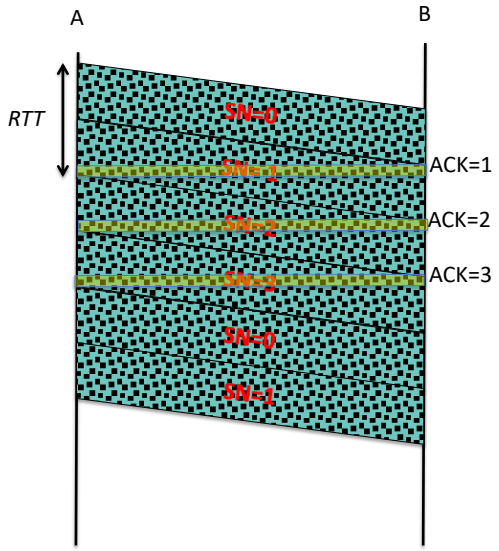
$$\rho = \frac{D}{C} = \frac{nl_{data}}{RTT \cdot C} = \frac{nl_{data}}{l_{data} + l_{ACK} + 2Cd_{prop}}$$

La condition est

$$RTT > \frac{nl_{data}}{C}$$

12

Go-Back-N et Rejet Sélectif sans erreurs
Cas 3: fenêtre plus longue que RTT



Avec la fenêtre supra-optimale, il n'y a pas d'attente avant la transmission des trames. La condition pour la fenêtre supra-optimale est donné par:

$$n > \frac{RTT \cdot C}{l_{data}}$$

Le débit effectif est :

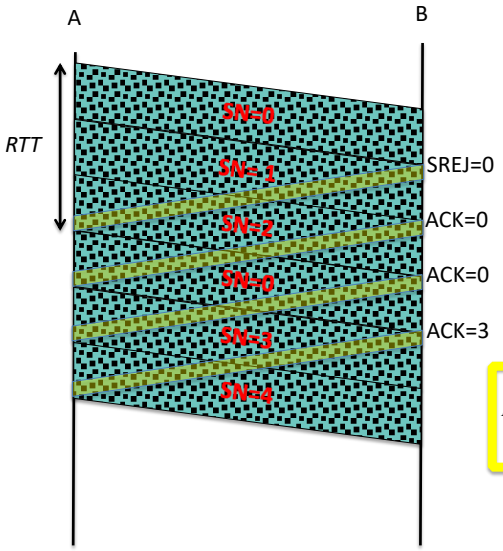
$$D = C$$

Le taux d'utilisation du lien est donc :

$$\rho = \frac{D}{C} = 1$$

13

Rejet Sélectif avec erreurs
et fenêtre optimal ou plus longue que RTT



Dans Rejet Sélectif, aucun paquet correct n'est retransmis. Chaque paquet correct compte comme un paquet reçu et il n'est pas écarté à cause, par exemple, du numéro de séquence. Avec une probabilité d'erreur d'un paquet de P, le nombre de paquets reçus sans erreur est

$$n_{reçus} = n_{émis}(1-P)$$

Le débit efficace est donc

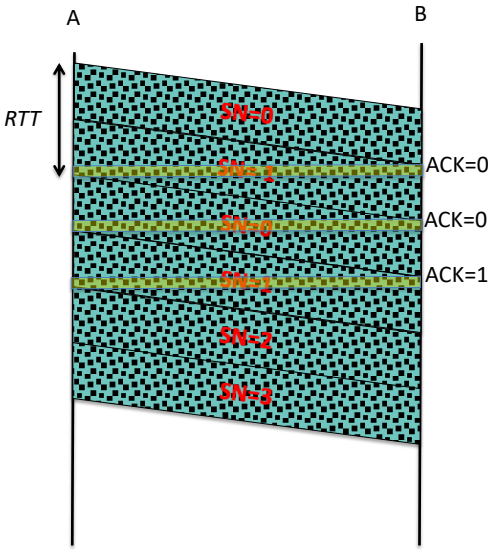
$$D = \frac{bits\ données}{Temps_{total}} = \frac{l_{data} n_{émis}(1-P)}{n_{émis}\frac{l_{data}}{C}} = C(1-P)$$

Le taux d'occupation du lien est :

$$\rho = 1 - P$$

14

Go-Back-N avec erreurs et fenêtre optimal ou plus longue que RTT



Dans Go-Back-N, on peut distinguer les retransmissions comme suit :

1. Transmission correcte du paquet, avec probabilité *(1-P)*. Un seul paquet est transmis
2. Transmission erronée suivie d'une retransmission réussie avec probabilité = *P(1-P)*. Tous les paquets depuis celui erroné sont retransmis. Au total, $1+\beta$ paquets sont transmis, où β est le minimum entre le paramètre *n* et $\left\lceil \frac{RTT \cdot C}{l_{data}} \right\rceil$

A gauche, par exemple, n=3 et $\left\lceil \frac{RTT \cdot C}{l_{data}} \right\rceil = 2$

3. Transmission erronée deux fois suivie d'une retransmission correcte et ainsi de suite. Les différents retransmissions sont résumées dans la tabelle au slide suivant

15

Go-Back-N avec erreurs

Nombre de transmissions erronés d'un paquet	Probabilité	Nombre de paquets transmis
0	(1-P)	1
1	P(1-P)	1+β
2	P^2(1-P)	1+2β
k	P^k(1-P)	1+kβ

Le nombre de paquets émis est $n_{émis}$. D'après la dernière ligne de la tabelle, si un paquet est transmis avec des erreurs k fois, il prendra un temps total de transmission de (1+kβ)t_{paquet}. Le nombre de ces paquets est $P^k(1-P)n_{émis}$. Si l'on additionne le termes pour toutes les valeurs de k, on obtient le temps total de la transmission:

$$t_{total} = n_{émis} \sum_{k=0}^{\infty} P^k (1-P)(1+k\beta) t_{paquet} = n_{émis} \frac{1-P+P\beta}{1-P} t_{paquet}$$

Le débit efficace est alors le rapport entre le nombre de bits et le temps total.

$$D = \frac{n_{émis} l_{data}}{t_{total}} = \frac{n_{émis} l_{data}}{n_{émis} \frac{1-P+P\beta}{1-P} t_{paquet}} = C \frac{1-P}{1-P+P\beta}$$

β est défini au slide précédant

16

Taux d'utilisation et débit effectif

- Rappelez-vous toujours qu'il y a une relation simple entre le taux d'utilisation d'un lien, le débit effectif *D* et le débit du lien *C* :

$$\rho = \frac{D}{C}$$

- Si vous connaissez deux de ces paramètres, il est facile de trouver le troisième

19