Etude Comparative des Mécanismes de Rejets Sélectifs dans un Commutateur Frame Relay

S.HAMMA T.ATMACA

Institut des Télécommunications
9 Rue Charles Fourier 91011 Evry Cedex
&
Université de Paris VI, Laboratoire MASI, 4 Place Jussieu 75005 Paris

Résumé

Dans un réseau à haut débit, il peut être nécessaire d'assurer pour les paquets d'informations une priorité à la perte. Cette priorité est considérée comme étant une technique de contrôle de congestion. Elle permet l'utilisation efficace des ressources du réseau et ainsi satisfait la demande en qualité de service pour les différentes classes de trafic.
Dans ce présent rapport, nous nous sommes intéressés à deux mécanismes de rejets sélectifs : Partial Buffer Sharing (PBS) et le Push-Out (PO). Nous avons déterminé les performances du PBS qui est un mécanisme de gestion basé sur un seuil. Nous avons également, fait l'étude comparative de PBS et PO et ce, pour chaque classe de trafic, montrant les meilleurs performances du mécanisme à seuil (PBS). De plus, nous avons défini, par des simulations, les seuils de performances de chacun des deux schémas de priorité ainsi que l'influence de la charge du trafic moins prioritaire sur leurs performances.

Mots clés : Performances, Partial Buffer Sharing, Push-Out, priorité, perte, simulation, Frame Relay, LAN

Abstract

In high speed network, it can be necessary to ensure priority packet discarding which is considered to be a popular congestion control technique. This technique allows network ressources to be used more efficiency, thereby making it easier to satisfy QoS requierement of differents classes of traffic.
In this report, we focus on two priority mechanisms which both realize selective discarding : Partial Buffer Sharing (PBS) and Push-Out (PO). We have evaluate performance of PBS which is a threshold-based discarding mechanism. Furthermore, we make comparative study of PBS and PO for each priority class, indicating the best performance of a simple threshold mechanism (PBS). In addition, we study via simulation the limitation of those mechanisms performances and influence of less priority traffic load.

Keywords : Performances, Partial Buffer Sharing, Push-Out, priority, loss, simulation, Frame Relay, LAN

Table des matières

1 Introduction

Face aux développements de l'informatique, les réseaux grande distance en général, et le réseau Frame Relay (FR) en particulier, sont amenés à transporter un volume croissant de trafic de données. Chaque type d'application requière une certaine qualité de service et souscrit à des contrats de trafic approprié. En général, le trafic sensible à la perte, telsque les données, est plus prioritaire qu'un trafic moins sensible à la perte telque le trafic voix. Le réseau doit être capable de réagir à des violations de contrats de trafic en implémentant des mécanismes de contrôles de trafic. Ces contrôles ont pour but de garantir une bonne qualité de service pour les différentes connexions. L'utilisation des mécanismes de priorité de perte des trames est considéré comme une technique de contrôle de congestion. L'indication de la priorité peut se faire grâce au bit Discard Eligibility (DE) de l'entête de la trame FR.

Différents mécanismes de rejet sélectifs ont été proposé pour la gestion du buffer en cas de congestion [2, 3, 8, 12, 13]. Plusieurs articles ont abordés l'aspect de la priorité à la perte, de la priorité en temps et d'autres ont mixé les deux types de priorités [4].
Dans cette présente étude, nous nous intéressons à deux mécanismes de rejets selectifs. Le premier est le Partial Buffer Sharing. Les trames de faible priorité sont acceptées uniquement lorsque l'occupation mémoire du commutateur est en dessous d'un certain seuil noté S_{pbs}. Alors que les trames de forte priorité sont acceptées tant que la capacité du buffer n'est pas maximale.
Le second mécanisme est le Push-Out. Il permet aux trames de forte priorité d'accéder au buffer de stockage soit, dans le cas où le buffer n'est pas entièrement occupé, soit, dans le cas où des trames de faible priorité occupent le buffer. La technique de remplacement d'une trame moins prioritaire est LIFO.

Nous considérons qu'un commutateur FR posséde un buffer de stockage à capacité limité. Les trames sont générées par plusieurs sources et le flux d'arrivée est modélisé par un processus de poisson. Le temps de service du commutateur est exponentiellement distribué et est identique pour chaque classe de trafic.

Les objectifs de cette étude est de définir, dans un premier temps, les performances du mécanisme à seuil et le choix optimal d'un seuil de partage de la ressource du réseau par deux classes de trafic. Dans un second temps, elle compare les performances garanties par PBS et PO pour le trafic prioritaire. De plus, nous montrons l'influence de la charge de trafic de classe 2 sur les niveaux de performances des deux mécanismes.
L'organisation du rapport reflète les objectifs énoncés ci-dessous. Le chapitre 2 fait une brève présentation des mécanismes PBS et PO. Le mécanisme à seuil en chapitre 3 montre le choix optimal à faire pour S_{pbs} afin de d'atteindre les garanties en qualité de service pour le trafic prioritaire. Le chapitre 4 est consacré à l'étude comparative des deux mécanismes, montrant les meilleurs performances du schḿa à seuil. La charge du réseau en trafic moins prioritaire est un paramètre certainement à prendre en considération pour définir les performances garanties pour le trafic "important". Des simulations, présentées en chapitre 5, montrent les seuils de performances des deux mécanismes en fonction de la charge de trafic non prioritaire. En conclusion, un bref résumé des résultats est fourni en chapitre 6.

2 Présentation des mécanismes de contrôle

2.1 Push-Out (PO)

Le mécanisme PO (figure 1) est un mécanisme qui garantit l'accès au buffer pour une certaine classe de trafic. Nous désignerons par classe 1, les trames dont le bit DE=0 et par classe 2, les trames dont le bit DE=1. Le principe de ce mécanisme peut se résumer en trois situations possibles :

1. le buffer de stockage n'est pas plein : toute trame de classe 1 ou 2 va pouvoir transiter dans ce buffer.
2. le buffer de stockage est plein et au moins une trame de classe 2 est dans le buffer : une trame de classe 1 va pouvoir remplacer une trame de classe 2 dans le buffer. Alors que toute trame de classe 2 qui arrive est rejetée.
3. le buffer de stockage est entièrement occupé par des trames de classe 1 : toute trame aussi bien de classe 1 que de classe 2 qui arrive est immédiatement rejetée.

La sélection de la trame de classe 2 (non prioritaire) à rejeter est faite grâce à une stratégie de remplacement LIFO.

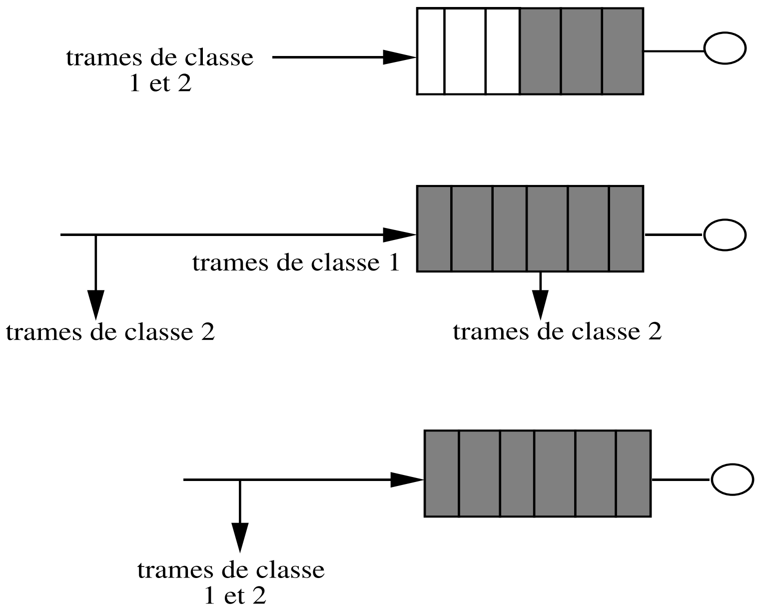

FIG. 1 – *Illustration du mécanisme Push-Out*

2.2 Partial Buffer Sharing (PBS)

Le mécanisme PBS a été proposé comme une alternative pour le Push-Out. Il était conçu afin d'éviter la complexité d'implantation d'un mécanisme telque le PO. Telle que son nom l'indique les sources partagent de façon partielle le buffer (2). Autrement dit, on considére virtuellement que l'on dispose de deux buffers l'un partageable par les deux classes de trafic dont le débit est respectivement λ_p et λ_{np}. L'autre buffer n'est accessible que par le trafic de classe 1. Concrètement, le buffer du commutateur dont la taille est K est géré à l'aide d'un seuil noté S_{pbs}. Toutes les trames reçues par le réseau sont mises en attente dans la file à condition que le seuil ne soit pas atteint. Au delà de ce seuil, toutes les trames de classe 2 sont ejectées du réseau. Les autres trames sont admises tant que la capacité du buffer n'est pas maximale. Les trames prioritaires (classe 1) sont ejectées du réseau lorsque le buffer atteint sa capacité maximale K.

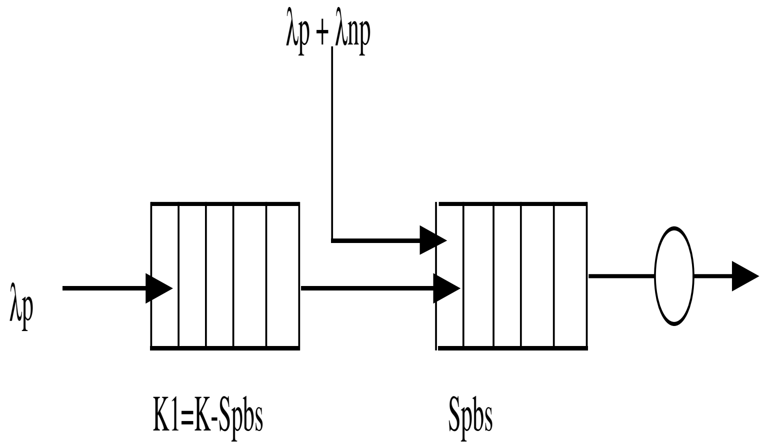

FIG. 2 – *Mécanisme Partial Buffer Sharing*

3 Performances du mécanisme PBS

3.1 Description du modèle de simulation

Modèle

La figure 3 décrit le modèle de simulation étudié. Il est constitué de deux sources S_1 et S_2. S_1 génère un trafic prioritaire (DE=0) et S_2 un trafic non prioritaire (DE=1). Le commutateur est modélisé par un buffer à capacité limitée et un serveur dont le taux de service est noté μ.

Les paramètres du modèle

Dans nos simulations, nous avons considéré des processus d'arrivée poissonniens de moyenne respectives λ_1=1Mb/s et λ_2=0.5Mb/s. La longueur d'une trame est considérée fixe de valeur 1000 octets. La capacité du buffer de stockage (K) est considérée comme étant égale à 10, 20 et 30 trames. Le comportement d'un tel mécanisme est observé pour un seuil égal à 50, 60 et 70% de la taille du buffer.

Les critères de performances

Nous nous sommes intéressés tout particulièrement à trois critères de performances importants :

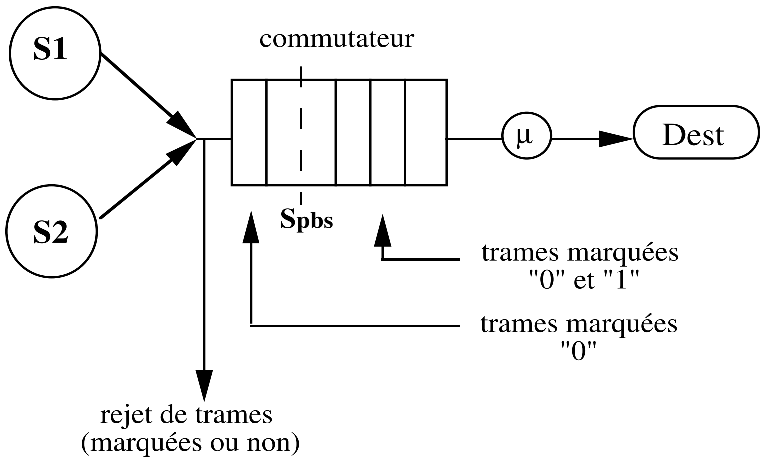

FIG. 3 – *Modèle de simulation du PBS*

- le taux de perte des trames aussi bien celles marquées "0" que celles marquées "1"
- le débit utile des deux sources
- le délai de transit moyen d'une trame "0" ou "1"

On notera que le troisième critère de performance n'a pas une très grande importance pour la transmission de données comparativement à la transmission de la voix.

3.2 Résultats de la simulation

Les résultats sont résumés comme suit :

Le taux de perte des trames prioritaires DE=0 (figure 4) : nous constatons que plus le seuil S_{pbs} est petit, plus la perte est faible. En effet, lorsque le seuil est petit, la proportion du buffer non partagée est grande. Par conséquent, la perte des trames marquées DE=0 comptabilisé est faible.

taux de perte des trames non prioritaires DE=1 (figure 5) : à l'inverse du taux de perte des trames marquées DE=0, la perte des trames marquées DE=1 est plus importante lorsque le seuil S_{pbs} est petit. La proportion de partage du premier buffer virtuel est faible donc la perte est grande.

Le débit global mesuré (figure 6) : augmente d'environ 1% lorsque la valeur du seuil S_{pbs} est augmentée de 10%. Le débit moyen est également sensible à la taille du buffer. En effet, il est plus important lorsque K est plus grand pour être stable à K=30 trames.

Le délai de transit moyen d'une trame (figure 7) : la courbe du délai en fonction de K a la même allure que la courbe du débit. Plus le nombre de trames traitées est grand, plus l'attente est grande et plus le délai de transit moyen est important. Il varie de 10 à 15ms en fonction de K.

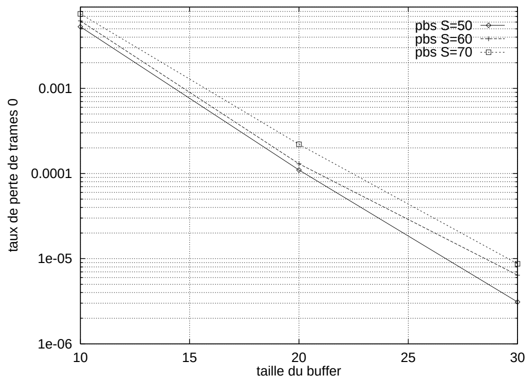

Fig. 4 – *Taux de perte des trames marquées DE=0 en fonction de K*

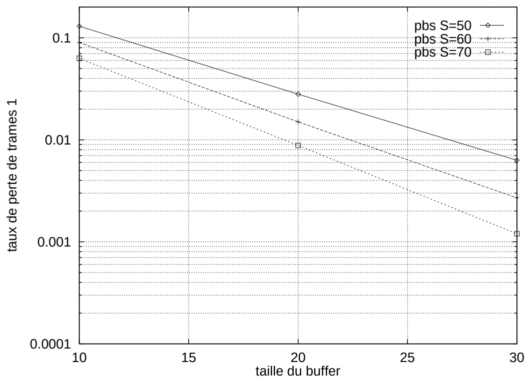

Fig. 5 – *Taux de perte des trames marquées DE=1 en fonction de K*

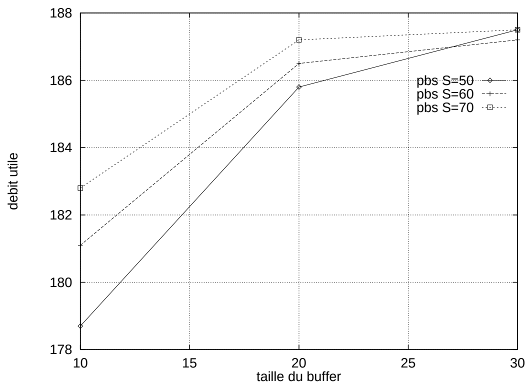

Fig. 6 – *Débit mesuré globale en fonction de K*

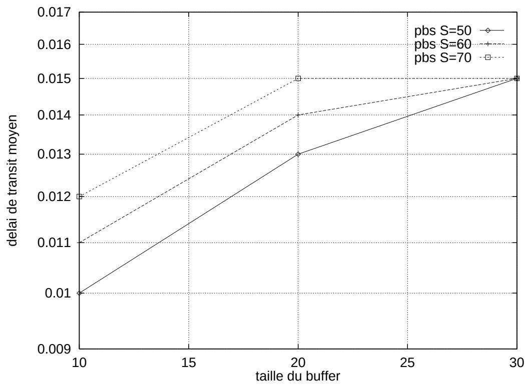

Fig. 7 – *Délai de transit moyen d'une trame dans le réseau en fonction de K*

Les résultats pour K=20 avec les intervalles de confiance correspondants sont donnés dans le tableau Tab 1.

	Perte DE=0	Int_conf (%)	Perte DE=1	Int_conf (%)	débit global (trames)	Int_conf (%)	délai moyen (ms)	Int_conf (%)
$S_{pbs} = 50\%$	0.84E-4	0	0.28E-1	0	185.9	10	13	10
$S_{pbs} = 60\%$	0.12E-3	0	0.15E-1	0	186.3	10	14	10
$S_{pbs} = 70\%$	0.19E-3	0	0.83E-2	0	187.3	10	15	10

TAB. 1 – *Résultats de la simulation pour K=20*

3.3 Conclusions

- Si l'usager souhaite minimiser la perte des trames dites prioritaires, le paramètre du PBS doit être le plus petit possible de manière que la proportion utilisable uniquement par ces trames soit le plus grand possible.
- Si l'usager souhaite minimiser la perte globale et maximiser le débit, le seuil S_{pbs} doit être grand. Cependant, le délai de transit moyen est plus important. Or, si tel est le cas l'implantation d'un mécanisme PBS n'est plus utile.
- Si l'usager souhaite minimiser le délai de transit au dépend du débit, le seuil S_{pbs} le seuil est le plus petit possible. Dans ce cas de figure la perte des trames dites prioritaires est faible.

4 Etude comparative des deux mécanismes de contrôle de trafic : PBS et PO

La suite de notre étude se situe dans le cadre d'une interconnexion LAN-FR. La figure 8 montre une interconnexion de trois LAN par un réseau FR. Les noeuds du réseau définissent les fonctions d'accès et de transit et il sont interconnectés par des ligne de transmission à 2 Mb/s. Les routeurs ou les ponts assurent l'interconnexion des LAN et FR.

Pour la simplicité de l'étude, il sera considéré uniquement une interconnexion LAN qui peut être la somme de plusieurs LAN (les débits sont choisis comme multiples de 64Kb/s).
Ce présent paragraphe est consacré à l'étude comparative de performances de deux mécanismes de contrôle de trafic : le mécanisme à rejet selectif Push-Out et le mécanisme du Partial Buffer Sharing.

4.1 Modèle de simulation

Nous avons considéré pour cette étude un modèle de simulation dans lequel sont implantés le mécanisme à fenêtre sautante et l'un ou l'autre des mécanismes que l'on souhaite étudier. La figure 9 modélise l'interconnexion de LAN et FR. Nous supposons que la source LAN noté S est de type exponentiel. Les sources S_1 et S_2 modélisent le trafic émanant des noeuds FR voisins. Elles sont de type exponentiels et génèrent respectivement un trafic dit prioritaire et

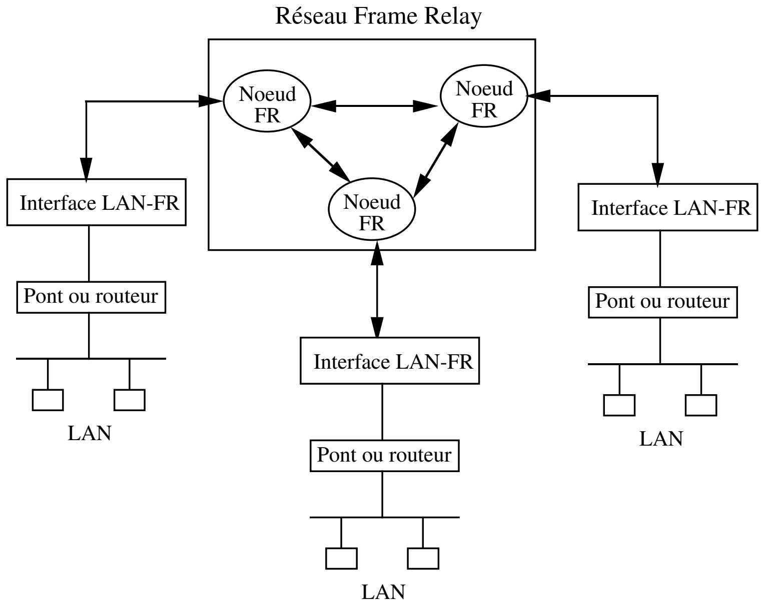

FIG. 8 – *Interconnexion LANs-FR*

un trafic dit non prioritaire. Le noeud du réseau étudié est modélisé par une file d'attente à capacité limitée, gérée par l'un des mécanismes en question.

Les paramètres du modèle

Les paramètres choisis pour cette étude sont :

Source :

- débit de la source LAN=160 trames/s,
- débit de la source S1=80 trames/s,
- débit de la source S2=40 trames/s.

Mécanisme à fenêtre :

- taille du buffer variable (K=40,..,80 trames),
- Bc=200 trames,
- Be=20 trames,
- Tc=1.

Partial Buffer Sharing : deux seuils différents ont été choisis : S_{pbs} égal à 60% et 80% la taille du buffer.

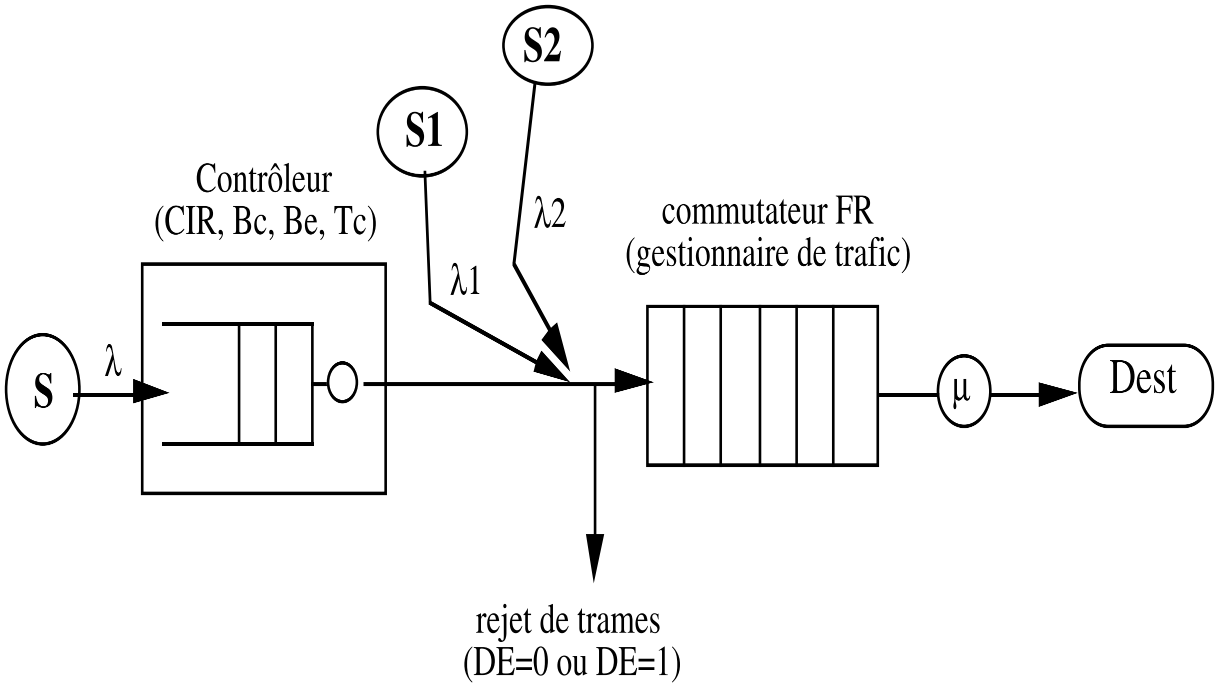

FIG. 9 – *Modèle illustrant le mécanisme à fenêtre sautante et un mécanisme de gestion de trafic*

Les critères de performances

Nous nous sommes intéressés tout particulièrement au critères de performances suivants :

- le taux de perte des trames DE=0 pour la source LAN
- le débit utile de la source LAN
- le délai de transit moyen d'une trame LAN

4.2 Résultats de la simulation

Les résultats sont illustés grâce aux figures 10, 11 et 12. Nous constatons grâce à ces courbes :

- Le taux de perte est plus faible lorsque le mécanisme PBS gère le réseau. Il est d'autant plus faible que le seuil S_{pbs} est faible ce qui confirme les résultats de la section précédente. Les performance de ce mécanisme approche ceux du Push-out lorsque le seuil est très grand (supérieur à 80%).
- Le débit moyen dû au PBS est plus important (perte faible). De même, le débit utile de ce mécanisme approche celui du push-out lorsque le seuil est très grand.
- Le temps de transit moyen est quasiment linéairement croissant en fonction de la taille du buffer FR. Ce délai est faible également pour le PBS et pour un seuil petit.

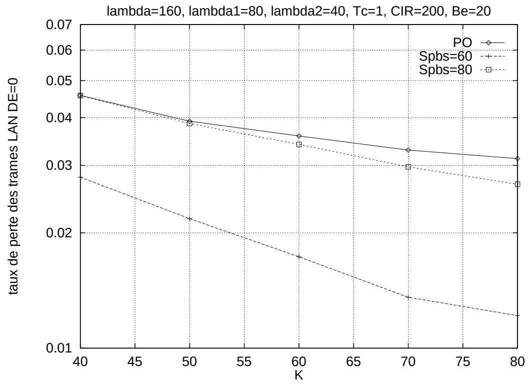

FIG. 10 – *Comparaison du taux de perte des trames DE=0 pour PO et PBS*

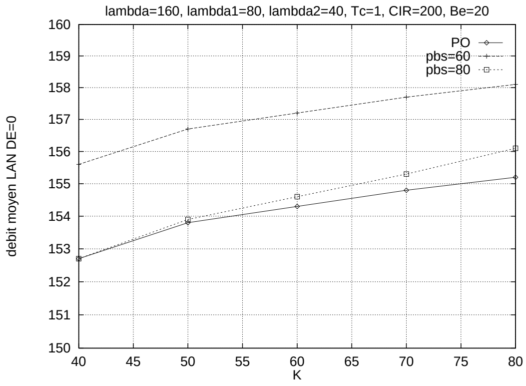

FIG. 11 – *Comparaison du débit moyen LAN DE=0 pour PO et PBS*

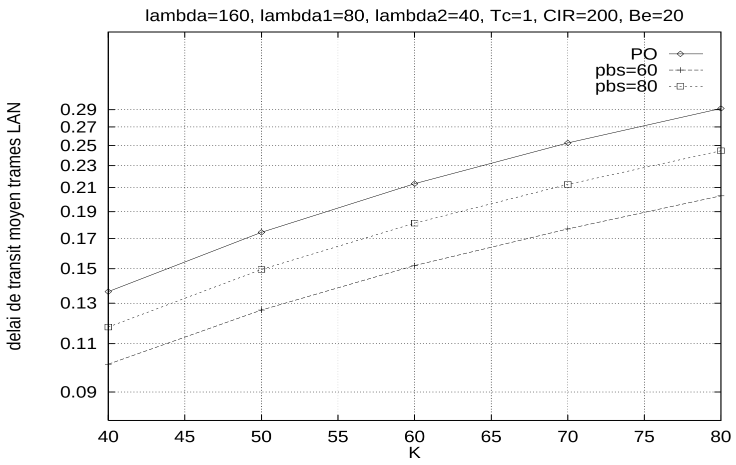

FIG. 12 – *Comparaison du délai moyen de transit d'une trame LAN DE=0 pour PO et PBS*

4.3 Conclusions

Nous pouvons dire à travers cette étude que le mécanisme de gestion du trafic le plus approprié dans un réseau FR et pour un trafic prioritaire est le mécanisme Partial Buffer Sharing. De plus, il offre des performances meilleures pour un seuil de partage très petit.

5 Etude des seuils de performances des deux mécanismes

Dans la section précédente, nous avons simulé un modèle de gestion de trafic. Les résultats de ce dernier nous ont montré que le mécanisme à seuil est plus performant en terme de taux de perte des trames marquées 0 et de débit moyen pour ce même type de trames. Cependant, nous nous posons la question de savoir quelle est la limite d'un tel mécanisme et quel est la proportion de trafic non prioritaire (DE=1) toléré?
La présente étude permet de définir les performances de PBS et PO en considérant la proportion du trafic non prioritaire entrant dans le réseau.

5.1 Paramètres du modèle

Le modèle de simulation étudié est décrit par la figure 9. Les sources S et S1 sont exponentielles de moyenne respectives 160 trames/s, 80 trames/s. La source S2 ne génère que des trames dites non prioritaires. La moyenne de cette source est 40, 80, 120, 160, 360, 480 tr/s ce qui correspond respectivement à 14, 25, 33, 40, 60, 80% du trafic global. la valeur du CIR égale à 200, est choisie de sorte à n'avoir que des trames marquées 0 émanant de la source S. La taille du buffer de stockage K est égale à 80 trames. Le seuil de partage (PBS) prend différentes valeurs (40, 60 et 80% de K)

5.2 Résultats de la simulation

Les résultats de la simulation sont illustrés par les figures 13, 14 et 15. Ils se résument comme suit :

Push-out :

- le taux de perte des trames dites prioritaires est relativement constant
- le débit moyen mesuré est relativement constant
- le délai de transit moyen est également constant

Partial Buffer Sharing :

- le taux de perte des trames dites prioritaires est plus faible lorsque le seuil Spbs est petit
- le débit moyen mesuré est plus important que celui obtenu avec Push-out
- le délai de transit moyen est plus faible que celui obtenu avec push-out

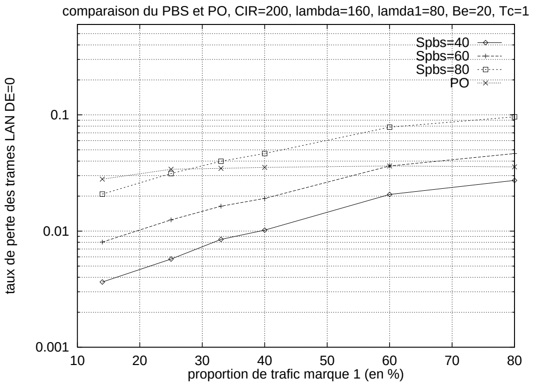

Fig. 13 – *Comparaison du taux de perte des trames DE=0 pour PO et PBS*

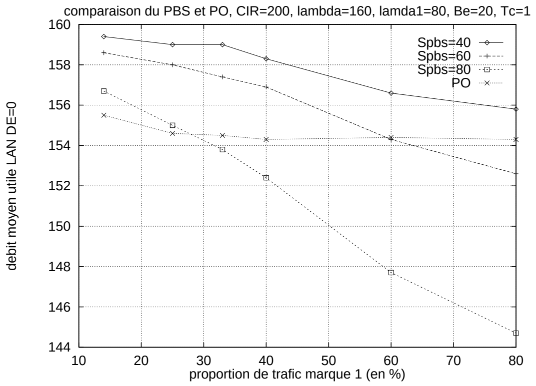

Fig. 14 – *Comparaison du débit moyen LAN DE=0 pour PO et PBS*

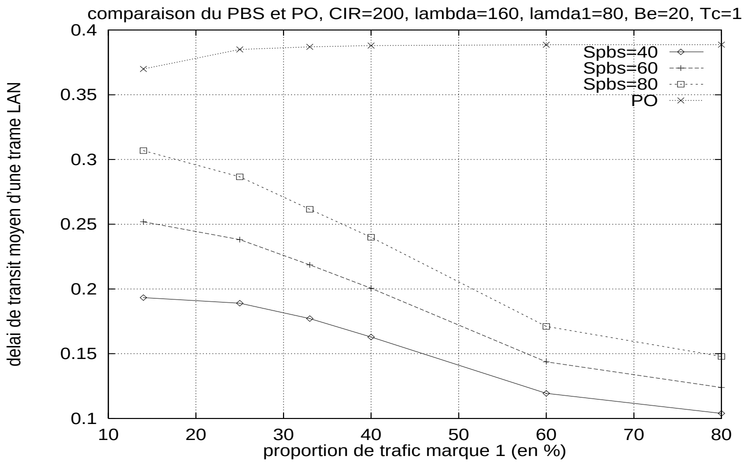

Fig. 15 – *Comparaison du délai moyen de transit d'une trame LAN DE=0 pour PO et PBS*

5.3 Conclusions

Les résultats des simulations montrent que le mécanisme Push-out est insensible à la proportion du trafic marqué 1. En effet, ce dernier permet éventuellement le remplacement d'une trame marquée 1 lorsque le buffer est plein et une trame marquée 0 tente d'accéder au buffer de stockage. Cependant, le mécanisme Partial Buffer Sharing n'est pas du tout insensible à cette proportion. La proportion du buffer partageable par les deux types de trafic n'est pas allouée dynamiquement. L'occupation de cette partie du buffer dépend fortement du débit de la source S2.

Pour un seuil très petit (ici Spbs=40%), le mécanisme PBS est plus performant que le mécanisme PO. Si le Spbs est très grand, le mécanisme PO devient plus performant.

Dans un modèle donné si l'on veut donner une priorité au trafic marqué 0 cela signifie que nous devons choisir un seuil Spbs petit. Dans de telles conditions, le mécanisme à seuil reste plus intéressant et plus performant en terme de perte, de débit et de délai.

6 Conclusions

Dans ce rapport, nous avons fait l'étude de deux mécanismes de rejets sélectifs : le Partial Buffer Sharing et Push-Out qui garantissent une faible probabilité de perte des trames prioritaires. Nous avons montré, dans un premier temps, que pour minimiser la perte du trafic prioritaire, il est nécessaire de choisir un seuil du PBS petit. De cette manière la proportion du buffer non partageable est grande. Autrement dit, le choix du seuil optimal est lié aux garanties en probabilité de perte des deux classes de trafic.
L'étude comparative des deux schémas de priorités, nous a révélée les meilleurs performances du PBS en terme de probabilité de perte, de débit et de délai de transit dans le réseau. Ce mécanisme est d'autant plus qualifié au contrôle que le seuil S_{pbs} est petit. De plus, nous avons étudié l'effet de la charge de trafic de faible priorité sur les performances des mécansimes. Les résultats des simulations ont montré que PO est insensible à cette charge. Une trame qui ne trouve pas de place dans le buffer peut remplacer une trame de classe 2 qui elle, occupe une place. Alors que PBS n'est pas du tout insensible à la charge de trafic de classe 2. Les performances de ce dernier décroit lorsque la charge du trafic de classe 2 croit. Cependant, il reste performant pour un seuil S_{pbs} petit.
Dans ce présent rapport, le trafic d'arrivée considéré est poissonnien. Une étude peut être réalisée pour évaluer le comportement d'un tel système dans le cas où les arrivées sont bursty.

Références

[1] T.Atmaca, T.Czachorski, "The impact of the reactive functions on the LAN interconnection by a frame relay net", Sixth IFIP WG.3 Conference on Performance of Computer Network, Octobre 23-26, 1995, Istanbul, Turkie.

[2] J.Garcia, O.Casals, "Stochastic Models of Space Priority Mechanisms with Markovian Arrival Processes", Annals of Operations Research, 1992.

[3] A.Gravey, P.Boyer, G.Hebuterne, "Tagging versus Policing in ATM Networks", Globecom'91.

[4] A.Gravey, G.Hebuterne, "Mixing Time and Loss Priorities in a Single Server Queue", Teletraffic and Datatraffic, 1991.

[5] I.W.Habib, T.N.Saadawi, "Controling Flow and Avoiding Congestion in Bradband Networks", IEEE Communications Magazine, Octobre 1991.

[6] S.Hamma, T.Atmaca, "Etude des mécanismes de contrôle de trafic et de congestion dans une interconnexion LAN par un réseau Frame Relay", Rapport de recherche Masi 95/25, Septembre 1995.

[7] G. Hebutherne, "Relayage de trame: controle du traffic, contrôle de congestion", Technical Report NT/LAA/SLC/399, Décembre 1993.

[8] G. Hebutherne, "A Space Priority Queuing Mechanism for Multiplexing ATM Channels", Computer Networks and ISDN systems, 1990.

[9] C. Heckart, "The guide to Frame Relay Networking", Flatiron Publishing Inc, December 1994.

[10] ITU-T : Recommandation I.233, "service support en mode trames", Genève 1992.

[11] ITU-T : Recommandation I.370, "Gestion des encombrements dans le service support à répétion de trames sur RNIS", 1993.

[12] J.B.Kim, R.Simba, T.Suda, "Analysis of a finite buffer queue with heterogeneous Markov Modulated Arrival Processes : a study of traffic burstiness and priority Packet Discarding", Computer Networks ans ISDN systems, pp 653-673, 1996.

[13] H.Kröner, G.Hebuterne, P.Boyer, A.Gravey, "Priority Management in ATM switching node", IEEE J.SAC, vol 9, N.3, Avril 1991.

[14] N.Lippis, "Frame Relay congestion Management : Too Many Option", Data Communications, Novembre 1991.

[15] L.P.MAMBO, "Surveillance de trafic dans un reseau à relayage de trames", Thèse, Université de Montréal, Novembre 1994.

[16] A.Platt, M.J.Morse, "Traffic Management in Frame Relay Networks", Computer Network and ISDN Systems, vol 23 N.4, 1992.

[17] M.Sidi, W.S.Liu, I.Cidon, "Congestion Control Through Input Rate Regulation", IEEE Transactions On Communications, Vol 41, N.3, Mars 1993.

[18] Simulog, "QNAP2, Reference Manuel", 1992, 1992.

[19] W.Stallings "ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM", 3ème édition Mac Millan 1995.