

Une nouvelle approche pour la gestion de flux temps réels basée sur l'algorithme EDF

S. Ould Cheikh El Mehdi, W. Fawaz, Ken Chen

▶ **To cite this version:**

S. Ould Cheikh El Mehdi, W. Fawaz, Ken Chen. Une nouvelle approche pour la gestion de flux temps réels basée sur l'algorithme EDF. Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP 2006, Eric Fleury and Farouk Kamoun, Oct 2006, Tozeur/Tunisia, Tunisie. 12 p. inria-00111967

HAL Id: inria-00111967
https://inria.hal.science/inria-00111967

Submitted on 20 Nov 2006

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Une nouvelle approche pour la gestion de flux temps réels basée sur l'algorithme EDF

S. Ould Cheikh El Mehdi - W. Fawaz - Ken Chen

L2TI, Institut Galilée, Université Paris13
99 Av. J.B Clément 93 430 Villetaneuse-France
{saadbouh, fawaz, kchen}@l2ti.univ-paris13.fr

RÉSUMÉ. *Pour répondre aux exigences temporelles de flux temps réels, beaucoup de techniques d'ordonnancement de paquets ont été proposées dans la littérature, pour être utilisées au niveau de routeurs IP. La technique utilisant l'algorithme EDF a attiré une attention particulière, car l'optimalité de cet algorithme a été prouvée pour un nombre important de critères. Cependant la complexité et le surcoût induits par l'algorithme EDF ont constitué toujours un handicap majeur empêchant son implémentation. Dans ce papier, nous proposons une nouvelle approche d'ordonnancement, dite hybride, qui permet de combiner la puissance de EDF et la simplicité de l'algorithme standard FIFO. l'approche proposée a une complexité beaucoup plus réduite que celle de EDF. Les résultats de simulation soulignent l'efficacité de cette approche hybride.*

ABSTRACT. *In an attempt to meet the stringent time constraints of real time flows, several scheduling technique have been proposed in the literature to be used at an IP router level. In this regard, the technique using the so-called EDF algorithm attracted special attention since it is prominent for optimally managing flows with strict time constraints. However, EDF is complex and expensive as far as implementation is concerned, especially when compared with the standard FIFO algorithm. As a main contribution in this paper, we therefore propose a novel hybrid scheduling approach, which combines the optimality of EDF and the simplicity of FIFO. This approach allows reducing EDF's implementation complexity while making efficient use of its optimal flow management. Our simulation results underline the benefits behind such a proposal.*

MOTS-CLÉS : *Qualité de service, Internet, Ordonnancement EDF, évaluation de performances.*

KEYWORDS: *Quality of service, Internet, EDF Scheduling, performances evaluation.*

CFIP 2006 - POST PRINT

1. Introduction

L'Internet est un réseau à commutation de paquets qui ne fournit qu'un service "au mieux" (best effort), c'est à dire qu'aucune garantie d'aucune sorte n'est fournie sur le service offert, autre que l'engagement du réseau à faire "du mieux qu'il peut" pour amener les paquets à destination. Ce type de service est tout à fait utilisable par les applications élastiques,fonctionnant au-dessus du protocole TCP, qui n'ont pas de contrainte temporelle et peuvent donc accepter de grandes variations de délai et compenser les pertes éventuelles par des retransmissions. Ainsi le réseau ne fournit qu'un service minimal, et c'est au niveau de la couche transport qu'est gérée la fourniture d'un service de bout en bout satisfaisant. Toutes les applications initialement développées sur l'Internet se satisfont d'un tel service.

Cependant, le développement de l'Internet a suscité la création de nouveaux types d'applications, telles que les applications multimédias(la voix sur IP (VoIP), la vidéo conférence,...)qui s'appuient sur le protocole UDP et qui ne peuvent se satisfaire d'un tel service minimal. Ces applications ont des contraintes du type temps réel et ont besoin de garanties de délai et/ou de débit pour les flots de données qu'elles génèrent. Différents types d'applications auront besoin de garanties plus ou moins strictes. Pouvoir satisfaire les besoins de ces applications, c'est leur fournir une qualité de service différentiée, adaptée à leurs besoins.

Depuis de nombreuses années, des travaux importants sont menés dans le domaine de la qualité de service dans les réseaux à commutation de paquets. En particulier, des techniques d'ordonnancement de paquets (comme par exemple WFQ (Weighted Fair Queuing) [DEM 89][PAR 94] aussi connu sous le nom : PGPS (Packet-by-Packet Generalized Processor-Sharing) et ses variantes [WAN 02]) ont été développées et certaines sont déployées dans les réseaux multimédia pour fournir une bande passante garantie à chaque flux servi et assurant une borne maximale sur son temps de réponse, sachant que chaque flux est borné par une courbe qui limite le taux d'arrivée maximale. Ces techniques de service sont implémentées dans les protocoles de gestion de qualité de service dans Internet tel que IntServ et Diffserv. Cependant, le temps de réponse fourni par de tels algorithmes (appelés communément les algorithmes d'ordonnancement dynamique guidés par le contrôle de la bande passante " *share-driven scheduling algorithms*") est fonction de la taille de rafale du trafic et de la bande passante réservée. Car si un flux arrive en rafale, le délai de bout en bout augmente linéairement avec la taille maximale de rafale. Ce qui peut amener au non-respect de l'échéance temporelle des paquets temps réels.

Pour arriver au bon respect de l'échéance temporelle, les regards sont généralement tournés vers l'utilisation d'autres genres d'algorithme d'ordonnancement connus sous le nom des algorithmes guidés par l'échéance (*deadline driven scheduling algorithms*) en particulier l'algorithme EDF (Earliest Deadline First)[CON 67] [JEF 91] [MIG 98] [LIE 96], qui est bien connu dans le contexte d'ordonnancement temps réel, son principe est le suivant ([CHI 00],[FER 90]) : Chaque flux i, à un routeur donné m sur son chemin, est associé à une échéance locale d_i^m , quand un paquet de flux

CFIP 2006 - POST PRINT

i arrive à l'instant t, une échéance absolue $t + d_i^m$ est attribuée à tel paquet, et puis les paquets sont servis selon l'ordre croissant de leurs échéances. Un certain nombre d'études théoriques ([GEO 95][GEO 97] et [FIR 97]) ont montré que cet algorithme est optimal pour de nombreux critères (taux de dépassement d'échéance, ampleur de retard, etc.). Sa mise en application dans les réseaux a déjà fait l'objet de nombreuses études (cf [CHI 89][CHE 89][PEH 90][PIN 90] pour les premières études, et [SIV 01] [GRI 03] [AND 00] [NAT 01] pour des études plus récentes).

Cependant, cet algorithme souffre d'un handicap majeur qui vient en partie du fait qu'il induit un surcoût de classement qui augmente avec la longueur de la file, en plus son efficacité devient conséquente en cas de charge élevée. Dans cet article, afin de diminuer le surcoût et, à la fois, tirer profit de l'optimalité de l'algorithme EDF, nous proposons un mécanisme hybride de gestion de file d'attente qui, au lieu d'utiliser l'algorithme EDF pour ordonnancer tout le contenu de la file, n'utilise celui-ci que pour les N premiers paquets présents à la tête de la file et qui range le reste de la file selon l'algorithme FIFO (First In First Out) connu par sa simplicité et sa rapidité. Dans l'article [NAI 92] un algorithme similaire combinant FIFO et Minimum Laxity (qui peut être considéré comme une variante de l'EDF) a été modélisé avec une profondeur (N) réduite. Notre travail se situe dans la continuité de cette idée de gestion hybride EDF/FIFO, en étudiant dans un premier temps son comportement par simulation mais avec une profondeur (N) plus réaliste. Nos tests, pour ce mécanisme, se font à l'aide du logiciel de simulation NS2 (Network Simulator) [NS], auquel nous avons rajouté les modules d'extension relatifs à nos travaux.

Le reste de ce papier est organisé comme suit. Dans la section 2, nous décrivons notre nouvelle approche. La section 3 est dédiée à l'évaluation de performances de notre mécanisme par comparaison aux approches classiques (FIFO et EDF). Dans la section 4, nous discutons de l'intégration de notre mécanisme hybride dans Internet, en particulier dans la logique des architectures IntServ et DiffServ. Enfin, la section 5 conclut ce papier et donne les perspectives de ce travail.

2. Une nouvelle approche pour l'ordonnancement de flux temps réels

2.1. *Un algorithme d'ordonnancement hybride*

Cette section décrit l'approche hybride qui combine les deux algorithmes d'ordonnancement EDF et FIFO. Etant donné que l'objectif est de diminuer le surcoût et la complexité de l'algorithme EDF, nous limitons l'application de celui-ci sur N paquets présents consécutivement dans la file d'attente, et le reste de la file est ordonnancé selon l'algorithme FIFO. Deux sortes de combinaisons sont alors possibles : a) EDF est appliqué sur les N premiers paquets de la file ou, b) EDF sur les N derniers paquets de la file. Dans l'article [NAI 92], il a été prouvé que les deux sortes de combinaisons sont statistiquement équivalentes. Dans ce papier, nous prenons la variante où l'algorithme EDF est à la tête de la file. La Figure 1 représente une telle file hybride de taille L, qui est en réalité composée de deux files mises en série (EDF et FIFO). EDF

CFIP 2006 - POST PRINT

pour ranger les N premiers paquets dans la file tandis que FIFO pour ranger les (L-N) paquets restants.

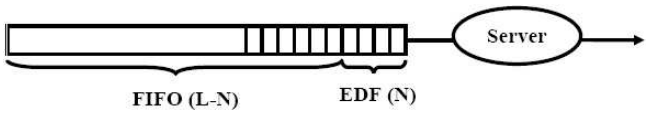


Figure 1. Une file hybride EDF/FIFO.

Cette file hybride vise à réaliser une réduction de la complexité, sans provoquer une dégradation importante de performances, par rapport à une file EDF pure. Ainsi N est un paramètre clé, il est évident que plus N est grand plus les performances de la file hybride s'approchent de celles d'une file EDF pure, lorsque $N = L$ les performances sont identiques à celles d'une file EDF. A l'opposé, plus N est petit plus la complexité et le surcoût de classement sont réduits. C'est donc avec N que l'on règle le compromis entre le niveau de complexité et le niveau de performances. La section 3, présente une étude quantitative obtenue par simulation.

2.2. *Description fonctionnelle*

La file hybride peut traiter les paquets arrivant selon deux modes operationnels différents, que nous appelons respectivement le mode *normal* et le mode *amélioré* :

– Sous le *mode normal* : à l'arrivée d'un nouveau paquet, si la file EDF n'est pas encore pleine, le paquet est inséré dans la file EDF, sinon (la file EDF est pleine) il est inséré directement à la fin de la file FIFO. Le coût d'insertion quand la file EDF est pleine (le nombre de paquets présents est plus grand que N), est donc $O(1)$ (juste le coût de l'opération d'insertion FIFO).

– Sous le *mode amélioré* : à l'arrivée d'un nouveau paquet,l'insertion de celui-ci, dans la file EDF, est systématiquement essayée. Si la file EDF est déjà pleine et le nouveau paquet peut être inséré, alors le dernier paquet EDF est repoussé à la tête de la file FIFO (Pour céder la place au nouveau paquet plus prioritaire). Si le nouveau paquet ne peut pas être inséré dans la file EDF, alors il est inséré à la fin de la file FIFO. Donc le coût d'insertion quand la file EDF est pleine est maintenant $O(\log_2(N))$, plus l'opération d'insertion FIFO (qui soit à la fin ou à la tête)(coût : $O(1)$).

L'idée derrière l'utilisation du *mode amélioré* est d'obtenir un comportement plus près de celui obtenu par un algorithme EDF pur, aux dépends d'un effort d'insertion systématique. En effet, le coût additionnel du *mode amélioré* est $O(\log_2(N))$, mais son comportement est beaucoup plus proche à EDF que le *mode normal*. Les deux variantes conservent néanmoins la même caractéristique de base de la file d'attente hybride, qui est l'existence d'une limite supérieure déterministe sur le coût d'insertion.

CFIP 2006 - POST PRINT

2.3. *Description Algorithmique*

Nous donnons ici, une description algorithmique de la file hybride avec ses deux variantes (*mode normal* et *mode amélioré*).

2.3.1. *Définition de la file et ses variables*

Nous considérons une file d'attente hybride EDF/FIFO comme montré à la Figure 1

– N est la longueur de la file EDF, L est la longueur totale de la file hybride ;

– L_1 (resp. L_2) est le nombre de paquets dans la file EDF (resp. la file FIFO), initialement $L_1 = L_2 = 0$.

Il y a deux opérations récurrentes : insérer un nouveau paquet et servir un paquet. Pour la simplicité, le nouveau paquet arrivant est noté P_a, et son échéance est notée D_a. Aussi le dernier paquet dans la file EDF est noté P_l et son échéance est notée D_l. L'opération d'insertion dans EDF (resp FIFO) signifie implicitement l'insertion selon la discipline d'ordonnancement EDF (resp FIFO)

2.3.2. *Processus d'insertion*

A l'arrivée d'un nouveau paquet (P_a), l'insertion est effectuée soit en `mode Normal` ou en `mode Amélioré`.

– si (`mode=Normal`) alors

- si $L_1 < N$ alors insérer P_a dans EDF, $L_1 := L_1 + 1$

- sinon inserer P_a dans FIFO, $L_2 := L_2 + 1$

– sinon (dans le cas où `mode=Amélioré`)

- si $L_1 < N$ alors insérer P_a dans EDF, $L_1 := L_1 + 1$

- sinon

- si ($D_a < D_l$) alors mettre P_l (le dernier paquet de la file EDF) à la tête de la file FIFO, insérer P_a dans EDF, $L_2 := L_2 + 1$

- sinon insérer P_a dans FIFO, $L_2 := L_2 + 1$

– Vérification de la taille totale de la file :

- si $L_1 + L_2 > L$ alors rejeter le dernier paquet de la file FIFO, $L_2 := L_2 - 1$

2.3.3. *Processus de service*

Pour servir un paquet,

– le nouveau premier paquet (s'il existe) de la file EDF est servi sans attente

– Si la file FIFO est non vide, alors le premier paquet FIFO est inséré tout de suite dans la file EDF (Pour remplir la place vacante) et $L_2 := L_2 - 1$,

– sinon $L_1 := L_1 - 1$

CFIP 2006 - POST PRINT

3. Evaluation de performances de la file hybride : Etude par simulation

Dans cette section, nous présentons une étude par simulation pour évaluer les performances des deux variantes de la file hybride proposées dans la section précédente. Les tests sont effectués grâce au simulateur de réseaux (*NS-2*)[NS], auquel nous avons rajouté les modules d'extensions nécessaires. Les performances sont mesurées en terme de pourcentage de respect d'échéance. L'objectif principal est d'évaluer les performances de la file hybride par rapport aux files *EDF pure* et *FIFO pure*.

Nous rappelons que dans une file hybride EDF/FIFO de longueur L, l'algorithme EDF est appliqué sur les N premiers paquets tandis que l'algorithme FIFO est appliqué sur les $(L - N)$ paquets restants. L'objectif de cette division est de réduire la complexité liée à la classification de l'algorithme EDF et en même temps, tirer profit de l'optimalité d'un tel algorithme. Cependant pour assurer un compromis raisonnable entre l'amélioration de performances et la réduction de la complexité, une valeur appropriée doit être assignée au paramètre N. Donc le comportement de la file hybride est lié fortement au choix du paramètre N. Dans cette étude par simulation, plusieurs choix du paramètre N sont testés.

3.1. *Scénario de simulation*

La topologie du réseau utilisée pour effectuer les simulations est constituée de trois sources de trafic, ces trois sources partagent un lien de 2 Mb/s, les paquets ont une taille fixe de 150 octets, le lien est géré respectivement par une file EDF pure, une file FIFO pure ou une des deux variantes de la file hybride proposée (à savoir HYB et HYB-AMELIORE), la taille maximum de la file d'attente est fixée à 80 paquets ($L = 80$). Plusieurs types de trafic et plusieurs distributions d'échéances ont été combinés afin de tester réellement l'efficacité de notre proposition.

– Pour les échéances, nous avons utilisé deux ensembles : $\mathcal{D}_1 = (d_1 = 5ms, d_2 = 50ms, d_3 = 120ms)$, $\mathcal{D}_2 = (d_1 = 10ms, d_2 = 30ms, d_3 = 150ms)$, où d_i est l'échéance donnée au flux i.

– Pour les types de trafic, nous avons considéré un trafic en rafale modélisé par une source ON/OFF où ON présente une période de temps dans laquelle la source génère des clients périodiquement et l'état OFF désigne la période de silence. Pour faire varier le type de trafic, deux distributions de période (ON et OFF) ont été testée : une distribution exponentielle et une distribution Pareto.

3.2. *Résultats Numériques*

Nous comparons systématiquement les performances de différentes files (EDF pure, FIFO pure , et les 2 variantes de la file hybride proposée, notées respectivement HYB et HYB-AMELIORE) en terme de *taux de deadlines ratés*, qui donne le pourcentage de paquets qui ont raté leurs échéances. Vu que les performances de la

CFIP 2006 - POST PRINT

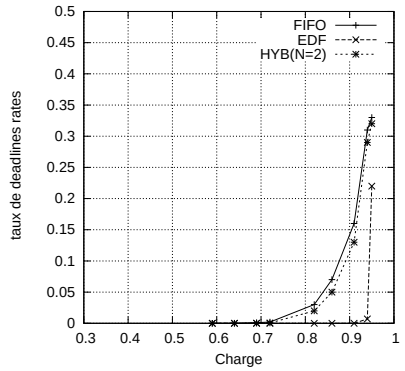


Figure 2. *Comparaison EDF, FIFO et HYB (N=2)"Trafic Exponentiel ON/OFF ", l'ensemble d'échéances est $\mathcal{D}_1$.*

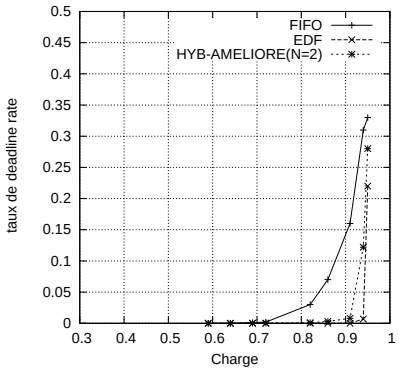


Figure 3. *Comparaison EDF, FIFO et HYB-AMELIORE(N=2) "Trafic exponentiel ON/OFF", l'ensemble d'échéance est $\mathcal{D}_1$.*

file hybride dépendent largement de la valeur du paramètre N, plusieurs valeurs de tel paramètre ont été testées.

Figure 2 et Figure 3 montrent une comparaison entre les deux variantes de la file hybride : le *mode normal* et le *mode amélioré*. Les deux simulations ont été faites avec un trafic ON/OFF exponentiel, et avec l'ensemble d'échéances $\mathcal{D}_1$ ($\mathcal{D}_1 = (d_1 = 5ms, d_2 = 50ms, d_3 = 120ms)$). Nous observons que la variante *mode normal "HYB"*, a un comportement entre la file FIFO pure et la file EDF pure (Figure 2). Mais, elle est plus proche à la file FIFO par rapport à la variante *mode amélioré "HYB-AMELIORE"*, qui est plus proche à la file EDF pure (Figure 3).Bien que cette différence soit qualitativement prévisible, nos résultats de simulations montrent une grande différence quantitative entre ces deux variantes.

Nous avons mené le même type d'étude pour un trafic ON/OFF Pareto et nous sommes arrivés à une conclusion similaire (Figures 4 et 5). Nous pouvons donc en déduire que notre proposition est efficace pour deux modèles principaux de trafic.

On constate que même avec ($N = 2$), la file hybride apporte une bonne amélioration des performances (surtout dans sa variante *mode amélioré*) par rapport à une file FIFO pure. Sachant que dans ce cas ($N = 2$) la complexité de l'algorithme EDF(dans la file hybride) est réduite à son niveau minimal, car on applique cet algorithme seulement sur 2 paquets ($N = 2$) sur 80.

En se basant sur ces résultats, il est clair que la file hybride proposée peut préserver la majeure partie de performances de l'algorithme EDF, tout en exploitant la simplicité de la classification de l'algorithme FIFO. Les résultats obtenus dans le cas du premier ensemble d'échéances $\mathcal{D}_1 = (d_1 = 5ms, d_2 = 50ms, d_3 = 120ms)$ avec $N = 2$ sont confirmés pour le cas où le second ensemble d'échéances $\mathcal{D}_2 = (d_1 = 10ms, d_2 = 30ms, d_3 = 150ms)$ est utilisé avec ($N = 5$) , comme illustré aux Figures 6 à 9.

CFIP 2006 - POST PRINT

CFIP'2006.

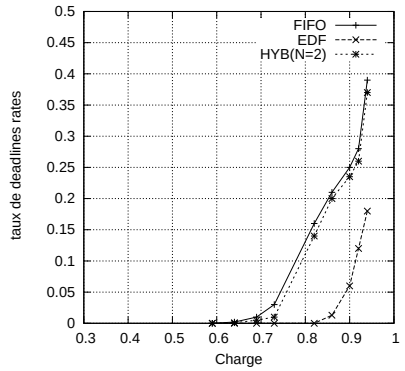


Figure 4. *Comparaison EDF, FIFO et HYB (N=2)"Trafic Pareto ON/OFF ", l'ensemble d'échéances est $\mathcal{D}_1$.*

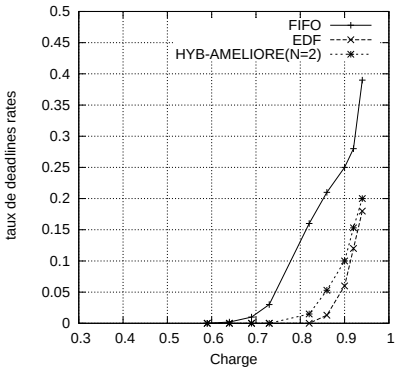


Figure 5. *Comparaison EDF, FIFO et HYB-AMELIORE(N=2) "Trafic Pareto ON/OFF", l'ensemble d'échéance est $\mathcal{D}_1$.*

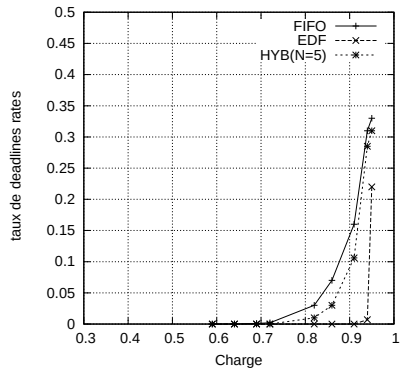


Figure 6. *Comparaison EDF, FIFO et HYB (N=5)"Trafic Exponentiel ON/OFF ", l'ensemble d'échéances est $\mathcal{D}_2$.*

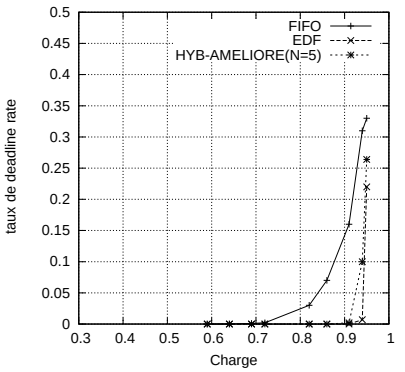


Figure 7. *Comparaison EDF, FIFO et HYB-AMELIORE(N=5) "Trafic exponentiel ON/OFF", l'ensemble d'échéance est $\mathcal{D}_2$.*

Le nombre de paquets qui ne ratent pas leurs échéances augmentent considérablement quand N augmente et les performances de la file hybride *"la variante mode amélioré"* s'approchent beaucoup plus à celles d'une file EDF pure (comme illustré aux Figures 10 et 11).

4. Intégration de la file hybride dans Internet

L'efficacité de notre mécanisme hybride a été validée par les études qui ont été présentées dans la section précédente. Pour pouvoir l'appliquer dans le cadre de l'Internet, nous devons surmonter une difficulté d'ordre plutôt technologique, à savoir l'association d'une échéance à un paquet. En effet, l'en-tête du paquet IP actuel (ni

CFIP 2006 - POST PRINT

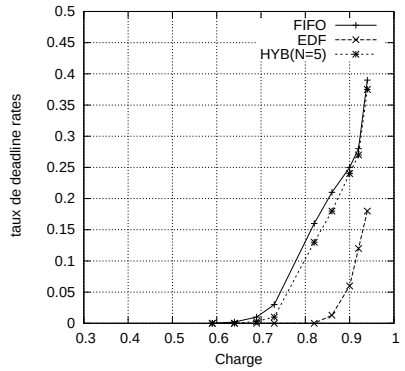


Figure 8. *Comparaison EDF, FIFO et HYB (N=5)"Trafic Pareto ON/OFF ", l'ensemble d'échéances est $\mathcal{D}_2$.*

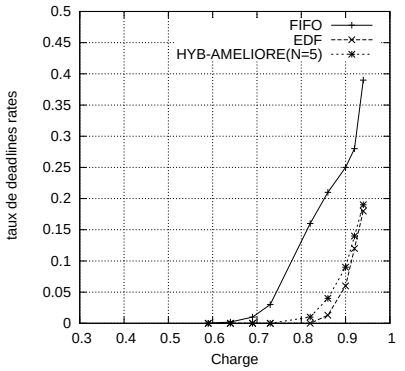


Figure 9. *Comparaison EDF, FIFO et HYB-AMELIORE(N=5) "Trafic Pareto ON/OFF", l'ensemble d'échéance est $\mathcal{D}_2$.*

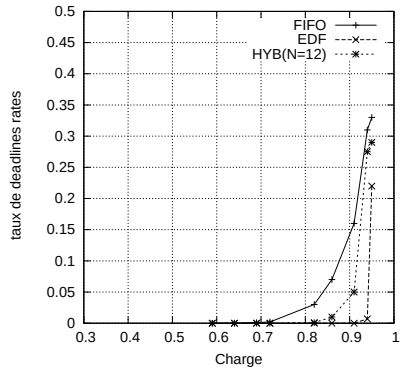


Figure 10. *Comparaison EDF, FIFO et HYB (N=12)"Trafic Exponentiel ON/OFF ", l'ensemble d'échéances est $\mathcal{D}_2$.*

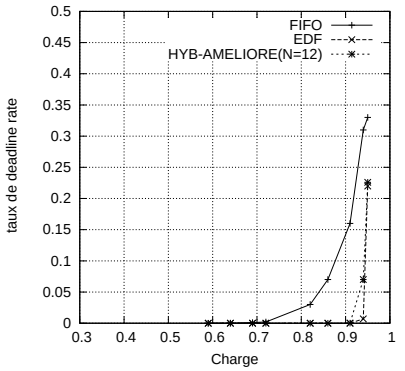


Figure 11. *Comparaison EDF, FIFO et HYB-AMELIORE(N=12) "Trafic exponentiel ON/OFF", l'ensemble d'échéance est $\mathcal{D}_2$.*

IPv4, ni IPv6) n'offre aucune place pour y inscrire une information pouvant être interprétée directement comme l'échéance du paquet.

Pour remédier à ce problème majeur, nous proposons un procédé d'intégration de notre mécanisme dans la logique du cadre actuel de la gestion de QoS en vigueur dans l'Internet, à savoir, DiffServ/IntServ, avec comme protocole de signalisation RSVP. Voici une description succincte de ce procédé. Ce procédé s'applique à un flux (ou un groupe de flux) dont chaque paquet possède la même contrainte temporelle (par exemple, aucun paquet ne doit subir un délai au-delà de 200 ms), cette contrainte globale est vue comme un budget global qui sera ventilé sur l'ensemble des noeuds traversés. Le procédé proposé comporte, dans son ensemble, deux étapes : l'étape de

CFIP 2006 - POST PRINT

la configuration d'une session et l'étape du traitement du paquet au niveau de noeuds traversés.

1) Configuration de la session

- Soit D la contrainte globale d'un flux (ou groupe de flux) F, soit N le nombre de noeuds traversés par F.

- On détermine, par une méthode indépendante, une répartition de D sur les N noeuds : $\{d_i\}_{i=1,...,N}$ où d_i est la marge dont chaque paquet de F dispose pour traverser le noeud i. Evidemment, $d_i > 0$ et $\sum_{i=1}^{N} d_i = D$. Soulignons que la détermination des $\{d_i\}_{i=1,...,N}$ est en soi un problème ouvert sur lequel il y a déjà un certain nombre de travaux réalisés [ZHU 01].

- Ces $\{d_i\}_{i=1,...,N}$, associés à F (un flux ou un groupe de flux) vont être communiqués aux noeuds concernés via une signalisation adéquate (basée sur RSVP).

2) Traitement de paquet au niveau des noeuds

- Lors de l'arrivée d'un paquet à un noeud (routeur), celui-ci subit le traitement *classique* de DiffServ (resp. IntServ), c'est-à-dire, on identifie d'abord la classe (resp. le flux) à laquelle (resp. auquel) il appartient.

- On lui *marque* ensuite l'échéance correspondante (c'est-à-dire la durée maximale supposée de son séjour dans le noeud).

- Ce paquet est alors prêt à être envoyé à la file de sortie adéquate au plan de routage, pour être traité par notre mécanisme hybride (qui exploite l'échéance).

Ainsi, l'intégration de notre mécanisme hybride exploite pleinement, et exclusivement, l'architecture existante de gestion de QoS (DiffServ, IntServ, RSVP) et ne réclame pas d'extension majeure. Les opérations récurrentes (au niveau de chaque paquet) sont classiques, à savoir, identification du paquet (classe ou flux) puis le marquage d'une échéance. Le coût opérationnel sera donc sensiblement similaire à ceux des solutions Diffserv/IntServ classiques, il y a seulement le marquage qui est une opération supplémentaire.

Nous sommes dans une première phase d'investigation de ce procédé dont nous présentons quelques résultats (Figures 12 et 13). Il s'agit d'un mélange de 4 trafics indépendants traversant chacun deux noeuds. On a adopté une répartition uniforme des échéances sur les noeuds (c'est-à-dire, dans ce cas simple, on coupe l'échéance globale d'un flux en deux parts égales).

En guise de conclusion de ce paragraphe, dont le rôle est essentiellement de discuter de la faisabilité de l'intégration de notre mécanisme hybride dans le cadre Internet, nous pouvons constater que nos premiers résultats sont encourageants.

5. Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans ce papier une nouvelle approche pour l'ordonnancement de flux temps réel. L'approche proposée combine les deux fameux algorithmes

CFIP 2006 - POST PRINT

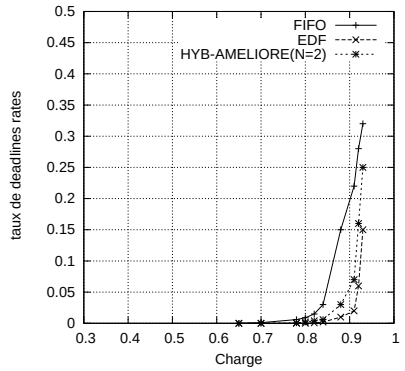


Figure 12. *Comparaison EDF, FIFO et HYB-AMELIORE (N=2)"Trafic Exponentiel ON/OFF traversant deux routeurs.*

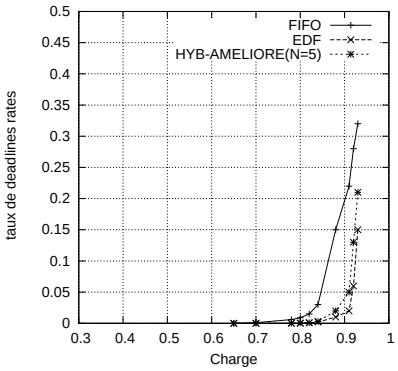


Figure 13. *Comparaison EDF, FIFO et HYB-AMELIORE(N=5) "Trafic exponentiel ON/OFF traversant deux routeurs.*

d'ordonnancement EDF et FIFO. Il a pour ambition de réduire la complexité de EDF, tout en préservant la majeure partie de ses performances. Notre étude par simulation confirme les performances de cette approche, avec un taux de dépassement d'échéance proche de celle d'une file EDF pure, et une complexité de gestion proche de celle de FIFO. Nous avons également discuté de l'intégration de ce mécanisme hybride dans Internet, avec nos premiers résultats encourageants. Nos travaux se poursuivent dans cette direction.

6. Bibliographie

[AND 00] ANDREWS M., « Probabilistic end-to-end delay bounds for earliest deadline first scheduling », *Proceedings of IEEE INFOCOM'00*, March 2000, p. 603-612.

[CHE 89] CHEN T., WALRAND J., MESSERSCHMITT D., « Dynamic Priority Protocols for Packet Voice », *IEEE J.SAC.*, June 1989, p. 632-643 vol.7.

[CHI 89] CHIPALKATTI R., KUROSE J., TOWSLEY D., « Scheduling Policies for Real-Time and Non-Real-Time Traffic in a Statistical Multiplexer », *Proceedings of INFOCOM'89*, April 1989, p. 774-783 vol.3.

[CHI 00] CHIUSSI.F, M.GERLA, V.SIVARAMAN, « Traffic Shaping for End-to-End Delay Guarantees with EDF Scheduling », *proceedings of International Workshop on Quality of Service (IWQoS)*, June 2000.

[CON 67] CONWAY R., MAXWELL W., MILLER L., *Theory of Scheduling*, Addison-Welsey, 1967.

[DEM 89] DEMERS.A, S.KESHAVT, S.SHENKER, « Analysis and Simulation of Fair Queuing Algorithm », *Proceeding of ACM SIGCOMM Symposium on Communication Architectures and Protocols*, September 1989, p. 3-12.

[FER 90] FERRARI.D, D.VERMA, « A Scheme for Real-time Channel Establishment in Wide-area Networks », *IEEE Journal on Selected areas in communications*, , April 1990, p. 368-

CFIP 2006 - POST PRINT

379.

[FIR 97] FIROIU.V, J.KUROSE, D.TOWSLEY, « Efficient Admission Control for EDF Schedulers », *Proceedings of IEEE INFOCOM*, , April 1997, p. 310-317.

[GEO 95] GEORGE.L, P.MUHLETAHLER, N.RIVIERRE, « Optimality and Non-preemptive Real-time Scheduling Revisited », *Technical Report 2516, INRIA*, 1995.

[GEO 96] GEORGE.L, N.RIVIERRE, M.SPURI, « Preemptive and Non-preemptive Real-time Uniprocessor Scheduling », *Technical Report 9266, INRIA Rocquencourt*, September 1996.

[GEO 97] GEORGIADIS.L, R.GUERIN, A.K.PAREKH, « Optimal Multiplexing on a Single Link : Delay and Buffer Requirements », *Proceedings of the IEEE Transactions on Information Theory*, September 1997.

[GEO 00] GEORGE.L, P.MUHLETAHLER, N.RIVIERRE, « A Few Results on non-Preemptive Real-Time Scheduling », *INRIA Technical Report n° RR3926*, 2000.

[GRI 03] GRILO A., MACEDO M., NUNES M., « A scheduling algorithm for QoS support in IEEE802.11e networks », *IEEE Wireless Communications*, June 2003, p. 36-43 vol.10.

[JEF 91] JEFFAY.K, D.STANAT, C.MARTEL, « On Non-Preemptive Scheduling of Periodic and Sporadic Tasks », *IEEE Real-Time Systems Symposium*, December 1991, p. 129-139.

[LIE 96] LIEBEHERR.J, D.WREGE, D.FERRARI, « Exact admission control in networks with bounded delay services », *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 4, December 1996, p. 885-901.

[MIG 98] MIGGE.J, A.JEAN-MARIE, « Timing Analysis of Real-Time Scheduling Policies : A Trajectoy Based Model », *Tech. Report, INRIA, RR-3561*, Nov 1998.

[NAI 92] NAIN.P, D.TOWSLEY, « Comparaison of Hybrid Minimum Laxity /First-In-First-Out Scheduling Policies for Real-Time Multiprocessors », *IEEE Transactions on Computers*, , October 1992, p. 1271-1278.

[NAT 01] NATALE M. D., MESCHI A., « Scheduling messages with earliest deadline techniques », *Journal Real-Time Syst.*, 2001, p. 255-285 vol.20.

[NS] « http : //www.isi.edu/nsnam/ns/ ».

[PAR 94] PAREKH.A, R.GALLAGER, « A generalized processor sharing approach to flow control in integrated services networks : the multiple node case », *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 2, April 1994, p. 137-150.

[PEH 90] PEHA J., TOBAGI F., « Evaluation scheduling algorithms for traffic with heterogenous performance objectifs », *Proceedings of GlobeCom'90*, December 1990, p. 21-27 vol.1.

[PIN 90] PINGALI S., KUROSE J., « Scheduling Two Classes of Real Time Traffic With Identical Deadlines », *Proceedings of IEEE GlobeCom'91*, December 1990, p. 460-465.

[SIV 01] SIVARAMAN V., CHIUSSI F. M., GERLA M., « End-to-end statistical delay service under GPS and EDF scheduling : A comparison study », *Proceedings of IEEE INFOCOM'01*, April 2001, p. 1113-1122.

[WAN 02] WANG.S, Y.WANG, K.LIN, « Integrating Priority with Share in the Priority-Based Weighted Fair Queuing Scheduler for Real-Time Networks », *Journal of Real-Time Systems*, , January 2002, p. 119-149.

[ZHU 01] ZHU.K Y. Z., VINIOTIS, « Achieving en-to-end delay bounds by EDF scheduling without traffic shaping », *Proceedings of INFOCOM 2001*, April 2001, p. 1493-1501 vol.3.

CFIP 2006 - POST PRINT