Gestion dynamique de la bande passante dans les réseaux ad hoc multi-sauts

Cheikh Sarr, Isabelle Guérin-Lassous

▶ **To cite this version:**

Cheikh Sarr, Isabelle Guérin-Lassous. Gestion dynamique de la bande passante dans les réseaux ad hoc multi-sauts. 9ème Rencontres Francophones sur les Aspects Algorithmiques des Télécommunications, May 2007, Ile d'Oléron, France. pp.13-16. inria-00176962

HAL Id: inria-00176962
https://inria.hal.science/inria-00176962

Submitted on 5 Oct 2007

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.

Gestion dynamique de la bande passante dans les réseaux ad hoc multi-sauts

Cheikh Sarr[1] and Isabelle Guérin Lassous[2]

[1] *ARES INRIA / CITI, INSA-Lyon – F-69621 Villeurbanne, France - Cheikh.Sarr@insa-lyon.fr*
[2] *LIP / Université Lyon I – 69364 Lyon Cedex 07, France - Isabelle.Guerin-Lassous@ens-lyon.fr*

Dans cet article, nous présentons un protocole simple qui permet d'offrir des garanties aux flux QoS tout en optimisant la gestion des ressources pour les flux Best Effort. Notre approche, comparée au protocole QPART [Yal04], repose sur une évaluation fine de la bande passante libre, ce qui permet une meilleure gestion des ressources.

1 Introduction

Les réseaux ad hoc sont des réseaux autonomes ne possédant aucune infrastructure fixe. L'absence d'une gestion centralisée des communications dans ce contexte ad hoc rend difficile le partage des ressources entre les différents flux. Etant données les performances de ces réseaux, il semble utile de différencier les applications : celles qui exigent des garanties en terme de bande passante, de délai ou d'une métrique quelconque, communément appelés flux *QoS*, et d'autres qui sont beaucoup plus tolérantes à la dégradation de leurs ressources appelées applications *Best Effort*.

Beaucoup de travaux se sont essentiellement concentrés sur la garantie de ressources pour les applications QoS sans se soucier de la présence des flux Best Effort [Che06] ou sans optimiser la gestion des flux Best Effort [Cla05]. Cette absence de considération peut rapidement conduire à des configurations où la majeure partie des ressources disponibles est occupée par ces flux Best Effort. Le protocole QPART [Yal04] se propose de réguler le débit des flux Best Effort en fonction de l'environnement. Cependant, l'inconvénient de ce protocole est qu'aucune estimation de la bande passante résiduelle n'est effectuée, empêchant d'évaluer finement la bande passante maximale à allouer à ces flux Best Effort.

Dans cet article, nous proposons le protocole DRBT pour *Dynamic Regulation of Best Effort Traffic*. L'idée principale de cette approche consiste à estimer de manière différenciée la bande passante résiduelle des liens afin de diminuer si nécessaire le débit des flux Best Effort. Cette diminution permet d'augmenter le taux d'acceptation des flux QoS existants où à venir. D'autres approches proposent de fixer un seuil maximal pour le débit des flux Best Effort. Cependant, cette approche peut dans certaines configurations réduire de manière non négligeable le taux d'acceptation des flux QoS en fonction de la valeur seuil choisie. L'utilisation du canal radio devant être optimale, lorsque les flux QoS s'arrêtent de transmettre ou se déplacent, les flux Best Effort doivent alors dynamiquement augmenter leur débit.

2 Gestion du débit des flux Best Effort

Dans cette section, nous présentons en détail l'estimation de la bande passante résiduelle des flux QoS et comment cette estimation est utilisée pour réguler le débit des flux Best Effort.

2.1 Estimation de la bande passante résiduelle pour les flux QoS

La première étape, afin de garantir le débit des flux QoS, est d'estimer la bande passante résiduelle que l'on peut leur allouer. L'estimation doit être distribuée et prendre en compte les différents phénomènes propres aux réseaux ad hoc (interférences, collisions etc.). Le protocole ABE [Che06] fournit une estimation

fiable de la bande passante résiduelle des liens radio. Le principe de base de ce protocole est que les nœuds monitorent le support radio afin de connaître le taux d'occupation du canal radio. Par la suite, une estimation de la synchronisation des mobiles émetteur et récepteur, ainsi que du taux de collision sont effectuées afin de déterminer la bande passante résiduelle des liens. Pour plus de détails consulter [Che06]. Toutefois, l'estimation dans ABE ne prend pas en compte le type (QoS ou Best Effort) des transmissions dans le réseau. Nous rajoutons donc au protocole ABE, un mécanisme afin de différencier les paquets.

Cette différenciation s'effectue au niveau de la couche MAC et consiste à ne mesurer que l'occupation médium des paquets QoS durant la phase d'écoute du support radio. En effet, lorsqu'un paquet est transmis sur le médium radio, les nœuds qui écoutent le support à portée de communication peuvent identifier la nature du paquet (QoS ou Best Effort) en analysant les champs ToS de l'en tête IP. Un champ ToS = 1 correspond à un paquet QoS.

Cependant, dans un réseau ad hoc, les paquets se trouvant dans la zone de détection de porteuse ne sont pas décodables. Dans ce cas précis, cette différenciation ne peut se faire. Toutefois, pour se placer dans le pire des cas, nous considérons tous les paquets se trouvant dans la zone de détection de porteuse comme des paquets QoS. En d'autres termes, les transmissions Best Effort se trouvant dans la zone de détection de porteuse sont considérés comme des flux QoS.

Dans la suite de cet article, le terme *bande passante résiduelle différenciée* correspond à la bande passante résiduelle estimée en ne prenant en compte que les transmissions QoS.

2.2 Régulation du débit des flux Best Effort

L'évaluation précédente ne signifie pas que le flux QoS peut émettre au débit calculé puisque la bande passante libre évaluée ne prend pas en compte les éventuels flux Best Effort existants. Par conséquent, il est nécessaire de réguler le débit des flux Best Effort en fonction de l'estimation de la bande passante résiduelle des flux QoS présentée dans la section précédente. Dans DRBT, cette régulation se déroule en deux étapes :

1. Réduire, si nécessaire, le débit des flux Best Effort lorsqu'un nouveau flux QoS désire transmettre et ne trouve pas assez de bande passante résiduelle, car une partie de celle-ci est occupée par ces trafics Best Effort.
2. Augmenter le débit de ces flux Best Effort lorsqu'un flux QoS libère de la bande passante ou se déplace dans une autre zone de transmission

2.2.1 Réduction du débit des flux Best Effort

Le protocole DRBT n'utilise que les paquets de contrôle classiques tels que les RREQ et RREP que l'on retrouve dans la plupart des protocoles de routage réactifs. Ainsi, pour chaque nouvelle transmission d'un flux QoS, un paquet de RREQ est envoyé au préalable afin de réserver les ressources ainsi que le paquet de réponse RREP correspondant. Les informations stockées dans ces paquets sont :

– Le débit désiré par le nouveau flux QoS (*DebitQoS*).
– Le nombre de flux Best Effort se trouvant dans le voisinage du flux QoS concerné (*nbBE*). En effet, chaque flux Best Effort possède un identifiant unique propagé à travers les paquets *Hello*. En conséquence, chaque nœud peut estimer le nombre de flux Best Effort dans son voisinage en analysant ces identifiants.

La précision de notre protocole DRBT passe aussi bien par une estimation précise de la bande passante résiduelle différenciée que par un processus de routage efficace. Nous utilisons un routage réactif proche de celui d'AODV. La source d'un flux QoS envoie un paquet de RREQ à l'ensemble de ses voisins. Ce paquet contient en plus des deux champs décrits précédemment, l'adresse de l'émetteur, la destination et un numéro de séquence unique. Tout nœud recevant ce paquet de RREQ effectue un simple contrôle d'admission en vérifiant si la bande passante désirée, indiquée au niveau du paquet de RREQ, est inférieure à la valeur de la bande passante résiduelle différenciée sur ce lien. Si c'est le cas, le nœud ajoute son adresse dans la route, met à jour la valeur de *nbBE* en ajoutant le nombre de flux voisins Best Effort (différents de ceux du nœud voisin précédent ayant envoyé le RREQ) et retransmet ce paquet de RREQ. Ce processus continue jusqu'au nœud destinataire qui après avoir effectué le dernier contrôle d'admission, envoie le paquet de RREP en unicast, par le chemin inverse afin de réserver les ressources.

A chaque réception d'un paquet de RREQ ou de RREP par un émetteur d'un flux Best Effort, ce dernier estime s'il y a assez de bande passante résiduelle pour transporter ce flux QoS sans dégrader son débit (celui du flux Best Effort). Si ce n'est pas le cas, il réduit son propre débit en envoyant un paquet appelé DRP pour *Dynamic Regulation Packet*. Ce paquet, envoyé depuis la couche IP vers la couche LL du même nœud, ne circule pas à travers le réseau. Les informations stockées dans ce paquet DRP sont : la valeur de la bande passante désirée par le flux QoS (*DebitQoS*) et extraite du paquet de RREQ ou RREP et la valeur actuelle de débit du flux Best Effort (*DebitBE*). Enfin, lorsque la couche LL réceptionne ce paquet DRP, elle enclenche le mécanisme de réduction du débit des flux Best Effort.

En pratique, deux files d'attente virtuelles sont utilisées. La première sert à transporter les paquets QoS et la seconde les paquets Best Effort. Pour diminuer de manière précise le débit du trafic Best Effort, nous réduisons la taille de la file Best Effort jusqu'à une valeur seuil. Cette valeur seuil, notée *Seuil*, varie à chaque réception d'un nouveau paquet DRP. Elle est obtenue grâce aux formules :

$$Seuil = \frac{DebitBE}{BPbesteffort} \quad (1) \qquad BPbesteffort = \frac{BPDiff - DebitQoS}{nbBE} \quad (2)$$

D'après l'équation 1, si la valeur du seuil est supérieure à un, alors le débit du trafic Best Effort doit être diminué. L'équation 2 représente alors la nouvelle bande passante maximale a allouer au flux Best Effort, si le nouveau flux QoS est accepté.

Une fois que le seuil est déterminé, la nouvelle taille de la file d'attente des flux Best Effort est simplement obtenue en faisant le ratio entre le nombre de paquets Best Effort entrés dans la file d'attente durant une période de mesure d'une seconde et le Seuil dans l'équation 1. Nous avons choisi de fixer cette période à une seconde car au niveau du protocole ABE, les débits de l'ensemble des liens du réseau sont mis à jour toutes les secondes.

2.2.2 Augmentation du débit des flux Best Effort

Lorsqu'un flux QoS arrête sa transmission ou se déplace dans une autre zone de communication, tous les flux Best Effort ayant réduit leur débit à cause de la présence de ce flux QoS, peuvent augmenter de nouveau leur débit jusqu'à la valeur initiale. Cette augmentation permet d'utiliser de manière optimale et dynamique les ressources disponibles qui se libèrent dans le réseau. Pour atteindre cet objectif nous utilisons encore une fois les paquets *Hello*. Chaque nœud transportant un flux QoS stocke dans ces paquets *Hello*, des informations sur l'identité de ce flux et la valeur de la bande passante résiduelle différenciée.

Quand un flux QoS arrête de transmettre ou libère de la bande passante, ce changement d'état est indiqué au niveau des paquets *Hello*. L'émetteur d'un flux Best Effort qui se trouve dans le voisinage de ce flux QoS est en mesure d'intercepter ces paquets *Hello* indiquant qu'un flux QoS a libéré de la bande passante. Finalement, le flux Best Effort peut augmenter son débit en fonction de la nouvelle valeur de la bande passante disponible. En cas de mobilité de certains nœud du flux, les nœuds voisins émetteurs de flux Best Effort ne reçoivent alors plus de paquets *Hello* de ces derniers. En conséquence, ils augmentent leur débit jusqu'à la dernière valeur qui avait été conservée.

3 Evaluation de performance

A travers le simulateur NS-2, nous avons évalué les performances de DRBT. Nous comparons les résultats obtenus avec trois autres protocoles : le protocole au mieux AODV qui fournit un routage basique sans contrôle d'admission ; le protocole ABE dont la comparaison va nous permettre de voir quel est l'apport d'une différentiation de flux lorsqu'on régule le débit des communications Best Effort ; le protocole QPART que nous avons implémenté et qui servira de base pour la comparaison avec DRBT lorsqu'une différenciation est réalisée.

Nous introduisons une nouvelle métrique (ϕ) représentant le taux d'acceptation des flux QoS et défini par :

$$\phi = \frac{\text{Nombre de flux QoS admis correctement}}{\text{Nombre total de flux QoS dans le réseau}} \quad (3)$$

Un *flux QoS admis correctement* est un flux QoS n'ayant pas subi plus de 5% de dégradation de son débit lors de sa transmission. Cette situation implique donc que l'estimation de la bande passante résiduelle différenciée et la phase de contrôle d'admission soient fiables. Cette métrique va également nous permettre d'estimer la fiabilité de l'estimation différenciée de la bande passante résiduelle. En effet, une estimation erronée entraînerait irrémédiablement une dégradation du débit des flux QoS et par conséquent une diminution de la valeur de la variable ϕ.

Nous avons procédé à des simulations pour estimer la valeur du paramètre ϕ. Le nombre de nœuds dans le réseau considéré varie de 10 à 50 et sont positionnés aléatoirement sur un carré de 1000m x 1000m. La portée de communication est de 250m tandis que la portée de détection de porteuse est de 550m. Dix flux CBR, dont cinq Best Effort et cinq QoS sont établis entre des nœuds source et destination choisis aléatoirement. Les débits sont distribués uniformément dans l'intervalle [0-100] Kb/s. Chaque simulation dure 100 secondes et les résultats présentés constituent la moyenne de 30 simulations pour un nombre de nœuds défini.

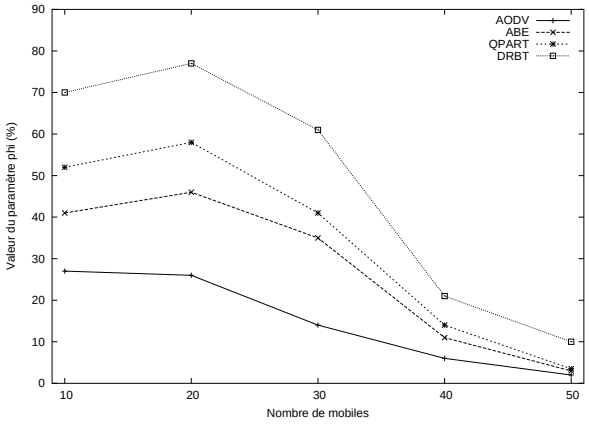

FIG. 1: Taux d'acceptation des flux QoS avec les protocoles AODV, ABE, QPART et DRBT

La figure 1 représente la valeur du paramètre ϕ en fonction du protocole utilisé. De manière évidente, plus le réseau devient dense, plus le taux d'acceptation ϕ des flux QoS diminue car la bande passante résiduelle des liens devient plus faible (la capacité reste constante tandis que le nombre de liens augmente). Lorsque le réseau est peu dense (entre 10 et 20 nœuds), le taux d'acceptation ϕ est relativement élevé pour notre protocole (70%) tandis que le protocole QPART achemine environ 51% des flux QoS. Ainsi, les deux mécanismes de différenciation de flux et d'estimation différenciée de la bande passante résiduelle permettent d'augmenter le taux d'acceptation des flux QoS. Cependant, lorsque le réseau est moyennement dense (entre 20 et 30 nœuds), le taux d'acceptation des flux QoS de tous les protocoles commencent à diminuer. Toutefois le protocole DRBT arrive encore à acheminer jusqu'à 61% des flux QoS présents. Enfin, lorsque le réseau est très dense (entre 40 et 50 nœuds), la bande passante résiduelle des liens devenant très faible, une diminution du débit des flux Best Effort est insuffisante pour garantir les ressources au flux QoS. Cependant avec DRBT, 10% des flux QoS sont encore acheminés avec les conditions requises alors que les autres protocoles acheminent dans le meilleur des cas 3.5% de ces flux.

Références

[Che06] Cheikh SARR, Claude Chaudet, Guillaume Chelius, Isabelle Guérin-Lassous. Improving Accuracy in Available Bandwidth Estimation for IEEE 802.11-based Ad hoc Network. In *Proceedings of the The Third IEEE International Conference on Mobile Ad-hoc and Sensor Systems (MASS)*, Vancouver, Canada, October 9-12 2006.

[Cla05] Claude Chaudet and Isabelle Guérin-Lassous. Evaluation of the BRuIT protocol. In *Proceedings of the IEEE 61st Semiannual Vehicular Technology Conference (VTC Spring 2005)*, Stockholm, Sweden, May 2005.

[Yal04] Yaling Yang and Robin Kravets. Distributed QoS Guarantees for Realtime Traffic in Ad Hoc Networks. In *IEEE International Conference on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks (SECON)*, pages 118– 127, Oct 2004.