

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

Cheikh Sarr
 Université de Thiès
 Thiès, Sénégal BP 960
 csarr1979@hotmail.com

Sofiane Khalfallah
 Heudiasyc UMR CNRS 6599
 UTC BP 20529 60205 Compiègne
 skhalfal@hds.utc.fr

Isabelle Guérin Lassous
 Université Lyon / LIP
 69364 Lyon Cedex 07 France
 Isabelle.Guerin-Lassous@ens-lyon.fr

Abstract—Dans cet article, nous présentons un protocole simple appelé DRBT qui permet d’offrir, dans un réseau ad hoc, des garanties aux flux QoS tout en optimisant la gestion des ressources pour les flux Best Effort. Ce protocole propose de réguler si possible le débit des flux Best Effort afin d’augmenter le taux d’acceptation des flux QoS. Par des simulations, nous comparons les performances de DRBT avec d’autres protocoles tels que AODV, ABE et QPART.

Index Terms—Réseaux ad hoc, Qualité de service, Best Effort, IEEE 802.11, bande passante résiduelle

I. INTRODUCTION

L’absence d’une gestion centralisée des communications dans un contexte ad hoc rend difficile le partage des ressources entre flux de classes différentes. Dans un réseau ad hoc multi-saut, nous sommes généralement en présence de deux types d’applications : celles qui exigent des garanties en terme de délai ou de bande passante ou d’une métrique quelconque et communément appelés flux *QoS*. D’autres par contre, beaucoup plus tolérantes à la dégradation de leurs ressources sont appelées flux *Best Effort*. Beaucoup de travaux se sont intéressés à la garantie de ressources pour les applications QoS dans les réseaux ad hoc sans se soucier de la présence de ces flux *Best Effort*.

La solution que nous proposons consiste à mettre en place un protocole distribué appelé DRBT pour *Dynamic Regulation of Best Effort Traffic*. L’idée principale de cette approche consiste à estimer de manière différenciée (en tenant compte de la nature des flux) la bande passante résiduelle des liens afin de diminuer ou d’augmenter si nécessaire le débit des flux *Best Effort*. L’estimation de la bande passante résiduelle utilise les mécanismes définis par le protocole ABE (*Available Bandwidth Estimation*) et présenté en détail dans [2] en y rajoutant quelques extensions. La diminution du débit des flux *Best Effort* permet d’augmenter le taux d’acceptation des flux QoS existants ou à venir. Ainsi, les deux principaux objectifs à remplir sont les suivants :

- Diminuer si nécessaire le débit des flux *Best Effort* afin de maximiser le taux d’acceptation des flux QoS.
- Obtenir une utilisation efficace des liens radio, i.e. permettre aux flux *Best Effort* d’utiliser le maximum de bande passante lorsque cela est possible.

Dans la section II, nous présentons un état de l’art sur des techniques de régulation des flux *Best Effort* dans un contexte ad hoc. Dans la section III, nous décrivons le protocole DRBT et enfin, nous comparons les performances de notre protocole avec d’autres approches existantes dans la section IV.

II. ETAT DE L’ART

Pour garantir les débits des applications QoS, la plupart des approches se basent sur une estimation de la bande passante libre afin de réguler le débit des applications. Les mécanismes de régulation dynamique de trafic, l’un pour les flux QoS et/ou à adapter le débit des flux *Best Effort*.

A. Approches existantes

SWAN [3] est un protocole distribué qui n’utilise aucun messages de contrôle pour garantir dynamiquement la bande passante des flux QoS. Pour atteindre cet objectif SWAN met en place trois mécanismes. Un mécanisme de contrôle d’admission à la source des flux QoS et deux mécanismes de régulation dynamique de trafic, l’un pour les flux QoS et l’autre pour les flux *Best Effort*.

Le contrôle d’admission à la source utilise une approche intrusive pour estimer la bande passante résiduelle. Avant chaque transmission d’un flux QoS, une sonde est envoyée de la source vers la destination pour évaluer la bande passante résiduelle le long de ce chemin. En fonction de cette valeur, le contrôle d’admission à la source décide de l’envoi ou non du flux QoS concerné. Il n’y a pas de routage car le chemin entre la source et la destination est supposé connu. Lorsque le protocole SWAN estime que le réseau est dans un état de congestion, alors les mécanismes de régulations sont déclenchés.

Le premier mécanisme de régulation dynamique de trafic QoS se base sur une approche passive d’estimation de la bande passante résiduelle. La modélisation de la DCF de 802.11 faite par Bianchi [4] permet d’estimer la bande passante résiduelle sur un lien moyennant le taux d’utilisation du canal radio. Ainsi, lorsqu’une congestion est détectée, la source du flux QoS est informée et diminue dans un premier temps le débit du flux QoS.

Le deuxième mécanisme de régulation dynamique du trafic *Best Effort* se base sur une autre méthode d’estimation de la bande passante résiduelle : le délai des paquets

d'acquitements (*ACK*) sur un lien est mesuré. Si ce délai est supérieur à un seuil (dépendant de la bande passante désirée par les flux QoS [1]), alors le protocole SWAN considère le réseau dans un état de congestion et par conséquent diminue le débit des flux Best Effort.

L'estimation de la bande passante résiduelle à l'aide d'une sonde envoyée de bout en bout consomme une part non négligeable de la bande passante. Pour le premier mécanisme de régulation, la bande passante résiduelle est obtenue à partir de la modélisation de la DCF de 802.11 faite par Bianchi. Cependant, les travaux de Bianchi ne sont applicables que dans une cellule où tous les mobiles sont à portée de communication et dans un environnement à saturation ce qui n'est pas toujours le cas. Par conséquent, le protocole SWAN demeure imprécis dans l'évaluation de bande passante restante sur un lien ce qui rend plus complexe la décision de réguler le débit des trafics Best Effort.

Le protocole QPART [6] se base sur une estimation passive de la bande passante et un mécanisme de régulation dynamique du débit des flux Best Effort. Il classe les trafics avec qualité de service en fonction de deux métriques : le délai et la bande passante. Toutefois, nous nous intéresserons ici qu'à la bande passante résiduelle comme métrique puisque c'est celle que nous avons considérée dans cet article.

L'estimation de la bande passante restante effectuée dans QPART se base sur la théorie des files d'attente et plus précisément sur le protocole RED [5]. L'algorithme RED démontre que pour maintenir un débit constant sur un chemin multi-saut, la taille des files d'attente doit être maintenue en dessous d'un certain seuil prédéterminé. Si ce seuil est dépassé alors les mécanismes de régulation sont automatiquement enclenchés afin de résorber le surplus de trafic.

En cas de congestion, la taille de la fenêtre de contention des flux QoS et Best Effort est mise à jour de manière à rendre la transmission des flux QoS prioritaire. Parallèlement, l'algorithme de QPART sélectionne des flux susceptibles d'être rejetés en se basant sur une priorité des flux.

Cependant, QPART souffre des mêmes limitations que le protocole SWAN. Premièrement, il se base sur un mécanisme d'estimation de la bande passante utilisé dans les réseaux filaires et qui est inadapté dans un contexte ad hoc. En effet l'estimation utilisée dans QPART se base sur la théorie de file d'attente. L'algorithme RED utilisé stipule que pour maintenir un débit constant sur un chemin multi-saut, on doit maintenir la taille des files d'attente au niveau de chaque émetteur en dessous d'un seuil déterminé. Cependant, dans un contexte ad hoc sans fil, cette assertion n'est pas toujours vérifiée. En effet, il existe de nombreuses topologies, notamment celle des stations cachées où les files d'attente des nœuds restent en dessous d'un seuil mais les collisions à la réception engendrent des retransmissions fréquentes. Deuxièmement, le mécanisme de régulation dynamique du trafic Best Effort dans le protocole QPART, consistant à faire varier la taille de la fenêtre de contention, ne permet d'augmenter ou de diminuer le débit des ces flux Best Effort qu'en moyenne.

Une variation de la taille de la fenêtre de contention ne permet pas de prédire avec précision quelle sera la variation la bande passante associée. Cela s'explique simplement par le fait qu'au niveau du protocole IEEE 802.11, la transmission sur le canal radio dépend aussi bien de la taille de la fenêtre de contention mais également de l'état du canal (occupé ou libre) et des collisions qui surviennent à la réception. C'est pourquoi QPART ne peut garantir avec précision la bande passante des flux QoS ni garantir une utilisation au mieux du médium pour les flux Best Effort.

B. Synthèse

D'après les deux protocoles étudiés ci-dessus, il apparaît clairement que les mécanismes de régulation du débit des flux Best Effort doivent être combinés à une estimation très précise de la bande passante résiduelle, sous peine de ne pouvoir assurer des garanties strictes aux flux QoS.

En effet, SWAN et QPART sont des protocoles de type passifs, ils ne conservent localement aucune information sur l'état du réseau. Une congestion est détectée lorsque des seuils prédéfinis sont dépassés et la décision de réguler les flux Best Effort ne s'effectue que dans ce cas précis. Le principal avantage de ce type d'approche est le passage à l'échelle car aucune information n'est véhiculée à travers le réseau. Cependant, il est difficile de fixer au préalable des valeurs de seuils qui puissent s'adapter à toutes les topologies multi-sauts. Ainsi, il arrive très souvent que les mécanismes de régulation soient activés alors que le réseau n'est pas congestionné ou dans le cas contraire qu'il ne soient pas activés en cas de congestion.

Dans la solution proposée, nous réutilisons l'estimation de la bande passante résiduelle déjà mise en place par le protocole ABE présenté dans [2]. L'avantage de ce protocole est qu'il propose une estimation fiable de la bande passante résiduelle. Cependant, nous rajoutons une estimation différenciée de la bande passante résiduelle en fonction du type de trafic (QoS ou Best Effort), ce qui permet d'instaurer une bonne cohabitation entre les flux QoS et les flux Best Effort.

III. PRÉSENTATION DU PROTOCOLE DRBT

Dans cette section nous présentons en détails les mécanismes mis en place afin de réguler si nécessaire et de manière totalement distribuée le débit des flux Best Effort. Une telle approche permet de maximiser le taux d'acceptation des flux QoS.

Nous présentons d'abord l'estimation différenciée de la bande passante résiduelle et par la suite le mécanisme de régulation dynamique du débit des flux Best Effort.

A. Estimation de la bande passante résiduelle différenciée

La première étape pour garantir le débit des flux QoS, consiste à estimer la bande passante résiduelle sur l'ensemble de liens du réseau. Cette estimation va nous permettre de quantifier la proportion de bande passante libre pour les flux QoS, et qui est occupée par les flux Best Effort.

L'estimation doit être distribuée et prendre en compte les différents phénomènes propres aux réseaux ad hoc (interférences, collisions, etc.). Ainsi, nous réutilisons l'estimation de la bande passante résiduelle effectuée par le protocole ABE présenté dans [2], auquel nous rajoutons un nouveau mécanisme correspondant à la **différenciation entre les paquets QoS et les paquets Best Effort**.

Une différenciation entre les flux QoS et Best Effort doit permettre une meilleure utilisation de la bande passante pour les flux QoS. Cette différenciation s'effectue au niveau MAC et consiste à ne mesurer que l'occupation médium des paquets QoS durant la phase d'écoute du support radio et à ne pas prendre en compte les flux Best Effort dans cette occupation. Elle n'est donc possible que si les mobiles peuvent décoder les informations sur les paquets. En effet, lorsqu'un paquet est transmis sur le médium radio, les nœuds qui écoutent le support ne pourront identifier la nature du paquet (QoS ou Best Effort) en analysant les champs ToS de l'en-tête IP, que s'ils sont en mesure de décoder le paquet. Cependant, les paquets émis dans la zone de détection de porteuse ne peuvent être décodés parce que la puissance du signal perçue est faible. En conséquence, le protocole DRBT considère ces paquets comme des paquets QoS. En d'autres mots, les flux Best Effort se trouvant dans la zone de détection de porteuse sont considérés comme des flux QoS dans l'évaluation de l'occupation du médium.

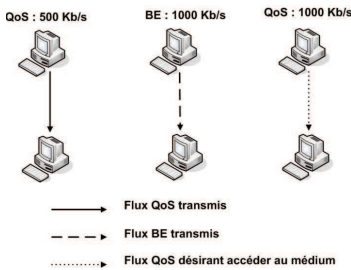


Fig. 1. Exemple de différenciation de flux

Considérons l'exemple de la figure 1 pour lequel tous les nœuds sont dans la même zone de communication. La capacité est de 1600 Kb/s. Un flux QoS de débit 500 Kb/s et un autre flux Best Effort de débit 1000 Kb/s sont transmis. Un troisième flux QoS désire accéder au médium avec un débit de 1000 Kb/s. Si nous estimons la bande passante résiduelle avec le protocole ABE, cette valeur est presque nulle et le troisième flux QoS ne peut être transmis. Cependant, si nous effectuons une estimation différenciée de cette bande passante résiduelle (qui ne prend en compte que les transmissions QoS) nous obtenons une bande passante résiduelle de 1100 Kb/s pour le troisième flux QoS qui peut alors accéder au réseau. Par conséquent, le nouveau flux QoS pourra être transmis sans dégrader le premier flux QoS si le débit du flux Best

Effort est diminué.

B. Régulation du débit des flux Best Effort

Comme expliqué précédemment, le contrôle d'admission de certains flux QoS peut échouer car une partie de la bande passante est consommée par des flux Best Effort. Par conséquent, il est nécessaire de réguler leur débit en fonction de l'estimation de la bande passante résiduelle présentée dans la section précédente. Dans DRBT, cette régulation ne concerne que les flux Best Effort et se déroule en deux étapes :

- 1) Réduire 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 flux Best Effort.
- 2) Augmenter le débit de ces flux Best Effort à leur valeur initiale lorsqu'un flux QoS libère de la bande passante ou se déplace dans une autre zone de transmission.

1) *Réduction du débit des flux Best Effort*: Dans cette partie, nous expliquons la méthode utilisée pour réduire le débit des flux Best Effort si nécessaire. Le protocole DRBT n'utilise que les paquets classiques tels que les RREQ et RREP, paquets de contrôle que l'on retrouve dans la plupart des protocoles de routage réactifs.

Ainsi, avant chaque nouvelle transmission d'un flux QoS, un paquet de RREQ (*Route Request*) est envoyé au préalable afin de réserver les ressources ainsi que le paquet de réponse RREP (*Route Reply*) correspondant. Les informations que nous mettons dans ces paquets sont :

- L'adresse du nœud émetteur.
- L'adresse du nœud récepteur.
- Un numéro de séquence unique.
- Le débit désiré par le nouveau flux QoS (*ThroughputQoS*).
- Le nombre total 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 total de flux Best Effort dans son voisinage et analyser ces identifiants.
- La bande passante résiduelle différenciée (qui ne prend en compte que les transmissions QoS et notée *DiffBandwidth*). Si la bande passante résiduelle différenciée indiquée par le paquet de RREQ est inférieure à la valeur stockée sur le lien par lequel le paquet de RREQ a été reçu, alors elle est mise à jour au niveau de ce paquet de RREQ.

La précision de notre protocole DRBT passe aussi bien par une estimation précise de la bande passante résiduelle 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. Tout nœud recevant ce paquet de RREQ effectue un simple contrôle d'admission en vérifiant si la bande passante désirée et transportée par le 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 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 si le contrôle d'admission a été positif sur tout le chemin.

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. Si ce n'est pas le cas, il réduit son 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 nouveau flux QoS ($Throughput_{QoS}$) et extraite du paquet de RREQ ou RREP.
- La valeur actuelle de débit du flux Best Effort ($Throughput_{BE}$).
- Le nombre total de flux Best Effort rencontrés le long du chemin ($nbBE$).
- La valeur de la bande passante résiduelle différenciée stockée le long du chemin dans la variable $DiffBandwidth$.
- Un numéro de séquence unique permettant d'identifier le paquet RREQ et RREP.

Il est important de remarquer que seule la source du flux Best Effort est en mesure de dégrader son débit. Pour des topologies où la source du flux Best Effort n'est pas dans le voisinage du flux QoS qu'il gêne, une solution aurait pu être d'informer la source à l'aide de nouveaux paquets de contrôle. Cependant nous n'avons pas retenu cette solution notamment à cause de la part non négligeable de ressources qu'elle consommerait.

En pratique, deux files d'attente virtuelles sont utilisées. La première sert à transporter les paquets QoS et la seconde les paquets Best Effort. Nous pouvons donc contrôler dynamiquement la taille de chacune des files. La figure 2 représente le schéma général de l'architecture d'un nœud DRBT.

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, noté $Threshold$ varie à chaque réception d'un nouveau paquet DRP. Elle est obtenue grâce à la formule :

$$Threshold = \frac{Throughput_{BE}}{AvBandwidth} \quad (1)$$

avec :

$$AvBandwidth = \frac{DiffBandwidth - Throughput_{QoS}}{nbBE} \quad (2)$$

L'équation 2 représente la nouvelle bande passante que l'on pourra allouer au flux Best Effort, si le nouveau flux QoS

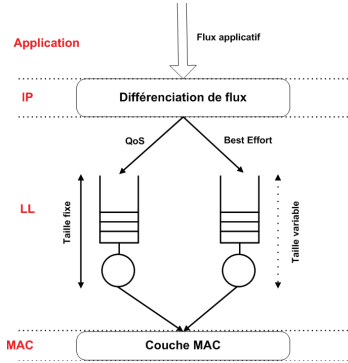


Fig. 2. Architecture interne d'un nœud DRBT

est accepté. D'après l'équation 1, si la valeur du seuil est supérieure à un, alors le débit du trafic Best Effort doit être diminué.

Une fois que le seuil est déterminé, la taille de la file d'attente $sizeBE$ est donnée par la formule :

$$sizeBE = \frac{Nbpackets_{BE}}{Threshold} \quad (3)$$

La variable $Nbpackets_{BE}$ représente le nombre de paquets Best Effort entrés dans la file d'attente durant une période de mesure d'une seconde. Nous avons choisi de fixer cette période de temps 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) *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 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 réutilisons 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 du flux Best Effort qui se trouve dans le voisinage du 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 d'un ou des nœuds du flux QoS hors de leur ancienne zone de communication, les nœuds Best Effort ne reçoivent plus de paquets *Hello* de ces derniers. En conséquence, ils augmentent leur débit jusqu'à la dernière

valeur du débit qui avait été conservée.

C. Synthèse

Nous avons présenté dans cette partie, DRBT un protocole de régulation dynamique du débit des flux Best Effort. Cette régulation se base sur une estimation différenciée de la bande passante résiduelle prenant en compte le type des paquets (QoS ou Best Effort). En s’inspirant du protocole RED, la régulation du débit des flux Best Effort s’effectue en adaptant dynamiquement la taille de la file d’attente des nœuds émetteurs Best Effort. Comme nous allons le voir à travers des simulations, contrairement aux méthodes consistant à réduire la taille de la fenêtre de contention, cette approche permet de mieux contrôler le débit des flux Best Effort.

IV. EVALUATION DES PERFORMANCES DE DRBT

Nous présentons dans ce chapitre les performances de notre protocole de régulation dynamique du débit des flux Best Effort, DRBT. Nous nous plaçons dans un contexte ad hoc multi-saut. Nous avons utilisé le simulateur NS-2 et avons comparé 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 différenciation de flux lorsqu’on régule le débit des communications Best Effort.
- Le protocole QPART [6] qui servira de base pour la comparaison avec DRBT, puisque c’est un des rares protocoles de QoS qui s’intéressent également à la cohabitation des flux QoS et Best Effort.

A. Topologies aléatoires

L’évaluation des performances d’un protocole sur des topologies aléatoires permet de mieux caractériser le comportement du protocole dans des situations totalement imprévisibles. Ainsi, nous disposons aléatoirement 20 nœuds dans un carré de 1000m × 1000m. Nous démarrons cinq connexions CBR, dont trois connexions de type Best Effort et deux connexions de type QoS. Le tableau ci-dessous représente les débits désirés par chacune des connexions. Pour chacune des ces transmissions, une source choisit aléatoirement une destination vers laquelle elle route ses informations. La destination peut ne pas être dans la zone de communication de l’émetteur, nécessitant dans ce cas précis un routage multi-saut. Le démarrage des flux est espacé de 5 s et la simulation dure 50 s.

Flux	Type	Débit désiré (Kb/s)	Date d’émission (s)
CBR1	Best Effort	319	5
CBR2	Best Effort	164	10
CBR3	Best Effort	386	15
CBR4	QoS	129	20
CBR5	QoS	281	25

Au niveau de la figure 3(a), les résultats présentés montrent qu’avec le protocole AODV, un partage des ressources dans le réseau est effectué ce qui empêche aux flux QoS d’atteindre

le débit désiré. Cette situation conduit rapidement à une congestion du réseau entraînant parallèlement des cassures de routes et des reconstructions fréquentes.

Avec le protocole ABE (figure 3(b)), les trois premiers flux Best Effort se partagent les ressources au niveau du médium radio. Par la suite, la phase de contrôle d’admission des deux flux QoS estime qu’il n’y a pas assez de bande passante pour pouvoir les acheminer au débit désiré. Par conséquent, seuls les trois flux Best Effort sont émis à travers le réseau. L’inconvénient du protocole ABE provient du fait qu’aucune différenciation n’est effectuée entre les flux Best Effort et QoS.

L’utilisation du protocole QPART au niveau de la figure 3(c) permet de diminuer le débit des flux Best Effort. Cependant, le débit des flux QoS introduits n’est pas stable et subit parfois des dégradations. La cause principale est que la diminution du débit de flux Best Effort n’est pas assez importante car aucune estimation des ressources disponibles n’est mise en place.

Avec le protocole DRBT, on estime d’abord la bande passante maximale à allouer au flux Best Effort, ce qui permet ensuite de garantir aux flux QoS une transmission stable sans dégradation de leur débit comme indiqué au niveau de la figure 3(d).

Ce scénario présenté montre qu’une estimation de la bande passante résiduelle est efficace pour limiter correctement le débit des flux Best Effort. Beaucoup d’autres scénarios de ce type ont été effectués et dans tous les cas, les conclusions sont identiques.

B. Taux d’acceptation des flux QoS

De par la nature des flux QoS, la fiabilité de leur transmission permet d’estimer la précision des protocoles de qualité de service. Le but de notre protocole DRBT est de réduire efficacement le débit des flux Best Effort afin d’augmenter le taux d’acceptation des flux QoS. Pour évaluer le taux d’acceptation de DRBT, nous utilisons une nouvelle métrique β que nous définissons comme :

$$\beta = \frac{\text{Nombre de flux QoS admis correctement}}{\text{Nombre total de flux QoS à émettre dans le réseau}}$$

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 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 métrique β .

Nous avons procédé à des simulations pour estimer la valeur du paramètre β . Le nombre de nœuds dans le réseau considéré varie de 10 à 50 et sont positionnés aléatoirement. Dix connexions CBR, dont cinq Best Effort et cinq QoS sont établies entre des nœuds source et destination choisis aléatoirement. Les débits sont distribués uniformément dans l’intervalle [0-200] Kb/s. Chaque simulation dure 100 secondes

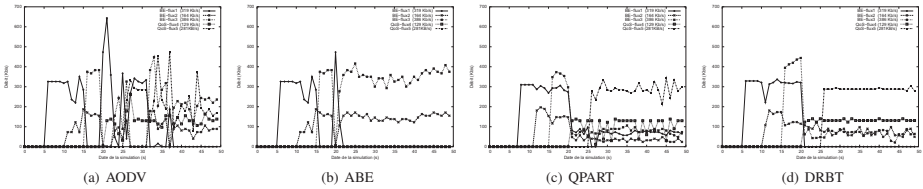


Fig. 3. Débits obtenus avec AODV, ABE, DRBT et QPART

et les résultats présentés constituent la moyenne de 30 simulations avec des intervalles de confiance de 95% et ceci pour un nombre de nœuds défini.

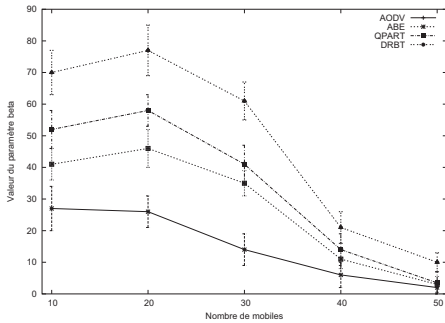


Fig. 4. Taux d'acceptation des flux QoS pour AODV, ABE, QPART et DRBT

La figure 4 représente la valeur du paramètre β en fonction du protocole utilisé. De manière triviale, plus le réseau devient dense, plus le taux d'acceptation β des flux QoS diminue car la bande passante résiduelle des liens devient plus faible.

Lorsque le réseau est peu dense (entre 10 et 20 nœuds), le taux d'acceptation est relativement élevé pour notre protocole (70%) tandis que le protocole QPART achemine environ 51% des flux QoS. Ainsi, les 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 commence 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.

V. CONCLUSION

Dans cet article, nous avons mis en place à travers le protocole DRBT, des mécanismes permettant de réguler le débit de flux Best Effort afin d'augmenter le taux d'acceptation des flux QoS dans les réseaux ad hoc. La décision de régulation se base sur une estimation différenciée de la bande passante résiduelle prenant en compte la nature des paquets transmis sur le médium radio. L'étude des performances permet d'augmenter de manière non négligeable le taux d'acceptation des flux QoS, tout en utilisant de manière optimisée les ressources du réseau.

REFERENCES

- [1] A. Veres, A. Campbell, M. Barry and L-h. Sun. Supporting Service Differentiation in Wireless Packet Networks Using Distributed Control. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC)*, 19(10), October 2001.
- [2] Cheikh Sarr, Claude Chaudet, Guillaume Chelius and Isabelle Guérin-Lassous. Bandwidth Estimation for IEEE 802.11-Based ad hoc network. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 7(8), August 2008.
- [3] Gahng-Seop Ahn, Andrew T. Campbell, Andreas Veres and Li-HsiangSun. SWAN: Service Differentiation in Wireless Ad Hoc Networks. In *IEEE INFOCOM*, 2002.
- [4] Giuseppe Bianchi. Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Volume 18(3):pages 535-547, March 2000.
- [5] Sally Floyd and Van Jacobson. Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance. *IEEE/ACM Transaction on Networking*, 1:397-413, 1993.
- [6] 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.