

Amélioration de l'Allocation Dynamique de Ressource dans un Système Satellite DVBS/ RCS

Frédéric Nivor, Pascal Berthou, Slim Abdellatif, Thierry Gayraud

► **To cite this version:**

Frédéric Nivor, Pascal Berthou, Slim Abdellatif, Thierry Gayraud. Amélioration de l'Allocation Dynamique de Ressource dans un Système Satellite DVBS/ RCS. Colloque Francophone sur l'Ingénierie des Protocoles - CFIP 2006, Oct 2006, Tozeur/Tunisia, Hermès, 12 p., 2006, Session 6: Qualité de service et réseaux sans fil. <inria-00113676>

HAL Id: inria-00113676

<https://hal.inria.fr/inria-00113676>

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.

Amélioration de l'Allocation Dynamique de Ressource dans un Système Satellite DVB-S/RCS

Frédéric Nivor*, Pascal Berthou*, Slim Abdellatif*, Thierry Gayraud*

*LAAS-CNRS

7, avenue du Colonel Roche

31077 Toulouse cedex 4

{prenom.nom}@laas.fr

RÉSUMÉ. La récente standardisation d'une voie de retour par satellite (DVB-RCS) et les efforts conséquents de la communauté satellite en terme d'interopérabilité au cours de ces dernières années permettent d'intégrer les réseaux Satellite comme alternative aux réseaux terrestres. Les réseaux satellite tendent à fournir un accès large bande aux services multimédia interactifs dans des zones géographiques à faible densité. Cet article se propose d'améliorer, dans une architecture à Qualité de Service (QoS) DVB-RCS, le mécanisme d'allocation de ressource à la demande pour le rendre plus dynamique afin de satisfaire au mieux deux critères divergents qui sont : une utilisation optimale des ressources sur la voie montante, et une diminution significative de la latence dans les terminaux satellites.

ABSTRACT. The recent standardization of a Return Channel via Satellite (DVB-RCS) and the satellite community efforts in term of interoperability over the last few years lead to integrate Satellite networks as an alternative to terrestrial networks. Satellite networks tend to provide broadband access to interactive multimedia services in low infrastructure areas. This paper proposes, in a DVB-RCS (Quality of Service) QoS architecture, to improve the dynamic bandwidth allocation scheme in order to satisfy both conflicting targets which are an optimal use of resources on the return channel, and a significant decrease of latency in satellite terminals.

MOTS-CLÉS : Réseau satellite, DVB-RCS, DAMA, Qualité de service, allocation dynamique, bande passante à la demande.

KEYWORDS: Satellite network, DVB-RCS, DAMA, Quality of Service, dynamic allocation, BoD.

1 Introduction

Bien que les réseaux Satellite géostationnaires aient longtemps été dédiés aux services de diffusion, de nombreux efforts ont été réalisés par la communauté Satellite pour en faire une technologie complémentaire aux infrastructures terrestres. Ils apportent ainsi le support de services interactifs large bande dans les zones géographiques non couvertes. En effet, l'évolution des transmissions et techniques de codage ont permis la mise en place d'une voie de retour satellite (i.e. utilisateur terminal vers satellite) qui est standardisée à travers la norme DVB-RCS (Digital Video Broadcast Return Channel Via Satellite) [1]. Elle permet d'offrir ainsi les services IP multimédia large bande dans les zones non couvertes ou à couverture difficile. Cependant, afin d'être entièrement complémentaire aux réseaux terrestres, un certain nombre d'architectures à Qualité de Service (QoS) pour les réseaux satellite ont vu le jour [2] [3]. Parmi ces dernières, il y a l'architecture à QoS basée sur les standards DVB-RCS qui a été définie par le projet européen SATIP6 [4]. Cette architecture est aujourd'hui la proposition la plus avancée dans le domaine puisqu'elle offre de nombreuses possibilités en terme de gestion de la QoS. D'ailleurs, l'évaluation de cette architecture a démontré les capacités des systèmes satellites de nouvelle génération à supporter la fourniture de services multimédia, afin d'assurer leur intégration avec les réseaux terrestres [10].

Le travail de cet article concerne l'architecture de QoS suscitée et plus spécifiquement l'algorithme d'allocation de ressources à la demande qu'elle intègre. Cet algorithme d'allocation cherche à satisfaire au mieux deux objectifs antagonistes : une utilisation optimale des ressources disponibles sur la voie montante et une réduction de la latence due à l'allocation des ressources dans les terminaux satellite. En diminuant cette latence, cela engendre une sous utilisation des ressources du lien satellite. En optimisant ce dernier, une latence non négligeable pour les applications multimédia est introduite.

L'objectif de cet article est de proposer une amélioration de l'algorithme d'allocation de ressources à la demande permettant de requérir les ressources nécessaires pour ne pas être soumis à une latence élevée tout en optimisant l'utilisation des ressources du réseau satellite. Cette amélioration se base sur l'utilisation d'informations de signalisation de type SIP (Session Information Protocol) afin d'effectuer une calibration dynamique et judicieuse des paramètres d'allocation de ressources permettant ainsi de satisfaire au mieux chacun de ces deux objectifs.

Cet article est organisé de la manière suivante : la première partie décrit l'architecture de QoS proposée par le projet SATIP6. La section suivante décrit notre proposition d'amélioration de l'algorithme d'allocation de ressources à la demande. Enfin, une évaluation est menée afin d'observer l'amélioration apportée sur cet algorithme.

2 Les réseaux Satellite

2.1 Norme DVB-RCS

En 1999, la norme DVB-RCS (Digital Video Broadcast Return Channel over Satellite) standardise une voie retour via satellite pour les terminaux satellites. Couplée avec la voie aller s'appuyant sur la norme DVB-S (Digital Video Broadcast for Satellite), DVB-RCS introduit l'interactivité nécessaire à la définition d'une architecture d'un système multimédia large bande de nouvelle génération. En effet, la norme DVB-RCS constitue la brique élémentaire des systèmes satellites bidirectionnels puisque, comme le montre la Figure 1, elle permet au ST (Satellite Terminal) d'interagir. Ces derniers se comportent comme des routeurs d'accès au segment satellite et concentrent le trafic utilisateur sur la voie retour. L'entité chargée de la gestion des ressources est le NCC (Network Control Center). Cette fonction est généralement effectuée au sol et est couplée avec un GW (Gateway) qui centralise l'ensemble du trafic dans le réseau satellite et s'interconnecte avec les réseaux de cœur terrestres. Par le biais d'une table de signalisation (TBTP) émise périodiquement sur la voie aller, le NCC communique aux ST les affectations de ressources de la voie retour. Les Proxy SIP (Session Initiation Protocol) [12] participent à la mise en œuvre de la qualité de service pour les applications multimédia. Leur fonctionnement est décrit en section 4.1.

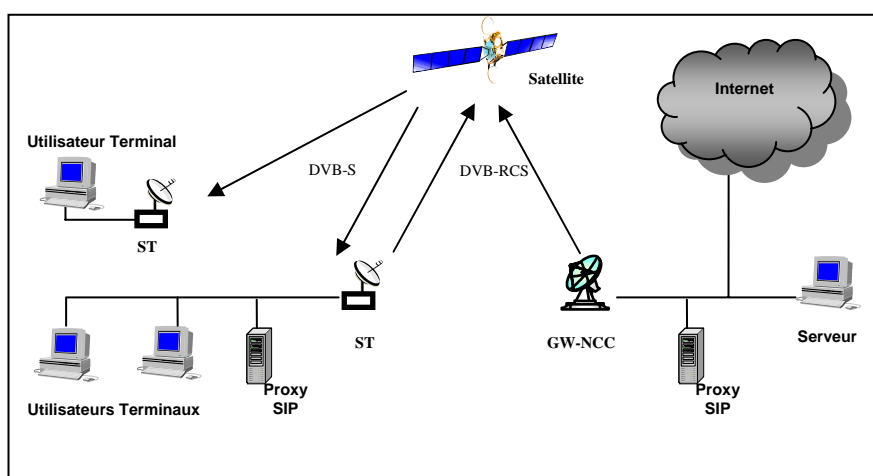


Figure 1. Réseau Satellite DVB-RCS

Comme tout protocole de liaison de données utilisant un médium à diffusion, DVB-RCS propose un mécanisme de contrôle d'accès entre les différents STs qui tentent d'accéder simultanément au lien satellite. La méthode utilisée se base sur la

technique MF-TDMA (Multi-Frequency Time Division Multiple Access) qui permet de créer plusieurs canaux par répartition de fréquences. Chaque canal est découpé en « supertrame » qui correspond à des « intervalles temporels » (timeslots) durant lesquelles un ST peut transmettre des données au format ATM (Asynchronous Transfer Mode).

2.2 Mécanismes d'allocation de bande passante à la demande : DAMA

Afin d'allouer la bande passante de manière dynamique et donc plus efficace, le DAMA (Demand Assigned Multiple Access) sous la topologie client/serveur permet aux STs de requérir régulièrement auprès du NCC de la « capacité d'émission », c'est à dire des réservations de timeslots pendant lesquels ils pourront émettre sur la voie retour sans contention possible. Ces demandes de réservation de capacité sont calculées par client DAMA du ST selon l'état de ses files d'attente d'émission et transmises par des requêtes de capacité (CR).

La norme définit 4 types de requêtes de capacité pour satisfaire les besoins des applications : des requêtes de bande passante fixe (Continuous Rate Assignment) négociée à l'initialisation du ST et allouée pour la durée de connexion du ST; des requêtes de bande passante variable (Rate Based Dynamic Capacity) négociée pour une supertrame ; des requêtes de transmission d'un volume de données (Volume Based Dynamic Capacity) cumulable sur plusieurs supertrames ; des requêtes de transmission d'un volume de données (Absolute Volume Based Dynamic Capacity et Absolute Volume Based Capacity) : idem que le VBDC sauf qu'une nouvelle requête annule la précédente.

A noter qu'une allocation « bonus » FCA (Free Capacity Assignment) offerte par le NCC est redistribuée équitablement lorsqu'il reste de la bande passante non utilisée.

La norme définit également des classes de trafic au niveau MAC qui peuvent être matérialisées ou non dans le ST par des files d'attente MAC distinctes. Ces classes sont au nombre de 4 : la classe RT (Real Time) pour les applications à fortes contraintes temporelles ; la classe VR-RT (Variable Rate) dédiée au trafic à débit variable sensible ; la classe VR-JT dédiée au trafic tolérant à la gigue ; et JT (Jitter Tolerant) pour le reste du trafic.

Des correspondances entre requêtes de capacité et classes de service sont recommandées : CRA pour RT, RBDC pour VR et VBDC/AVBDC pour JT.

Afin de transporter les CRs vers le serveur DAMA du NCC, les STs disposent de deux types de signalisation : une signalisation dans la bande et hors bande. Dans le cas de la signalisation hors bande, qui est plus fréquemment utilisée, les CRs sont transmises en début de chaque supertrame comme le montre la Figure 2. Le NCC répond aux CRs en diffusant la table TBTP qui contient le plan d'allocation des timeslots de la prochaine supertrame partagée entre les STs.

3 Problématique

3.1 Latence du DAMA

Entre l'émission d'une requête dynamique (RBDC ou VBDC) par le ST vers le NCC et la consommation effective de ses capacités par le ST, le cycle de Requête/Allocation (au moins un aller-retour dans le réseau Satellite) ne peut descendre en deçà d'un délai minimum incompressible. Appelé T_{MSL} (Minimum Scheduling Latency), il correspond à environ 600ms. Cependant, selon l'état de la voie retour du réseau Satellite, ce délai peut aller jusqu'à plusieurs secondes si une supertrame ne suffit pas à écouler le volume requis par l'ensemble des STs à un instant précis.

Face à de tels délais dans le réseau satellite, on peut en déduire certaines répercussions au niveau des applications multimédia. [5] montre que les applications multimédia vidéo et audio de type *streaming* tolèrent des délais jusqu'à 10s. Ceci est géré à la réception en utilisant d'importantes mises en mémoire du flux multimédia avant la lecture du média. Ces applications ne sont pas touchées par la latence du satellite. Par contre, de tels délais ne sont pas négligeables vis-à-vis des applications de type audioconférence ou visioconférence. Ces dernières tolèrent un délai maximum de 400ms dû à leur aspect interactif. Parmi ces applications, on peut en distinguer deux types : ceux qui utilisent des codecs de type CBR (Constant Bit Rate) et qui évoluent autour d'un débit moyen avec de faibles variations de débit. Leur comportement reste relativement statique et est géré en demandant un débit fixe puis en faisant varier faiblement les futures demandes autour de ce débit. Elles ne sont donc pas problématiques. Par contre, les applications critiques sont celles utilisant des codecs de type VBR (Variable Bit Rate) qui engendrent de grandes variations de débit et par conséquent sont toujours en régime transitoire. Les requêtes dynamiques de ressources RBDC ou VBDC nécessitent d'anticiper ces grandes variations de débit afin de ne pas être soumis à la latence T_{MSL} du cycle Requête/Allocation.

3.2 Mécanismes d'anticipation

Une anticipation optimale sur la voie retour du réseau Satellite peut être considérée selon la Figure 2 comme suit : au début de la *supertrame k*, le ST dispose déjà des ressources nécessaires pour émettre les données utilisateurs durant cette *supertrame k*. Le ST alors transmet à travers le CR ses futurs besoins en ressources pour la *supertrame k+1*. Le NCC répond avec le TBTP correspondant au plan d'allocation de la *supertrame k+1*. Ainsi, avant que ne commence la *supertrame k+1*, le ST dispose déjà des ressources pour cette *supertrame k+1*. Les données utilisateurs arrivant ainsi au cours de la *supertrame k+1* pourront être transmises à la volée sans être soumises à la latence T_{MSL} , mais seulement au temps propagation du réseau Satellite, à savoir 250ms.

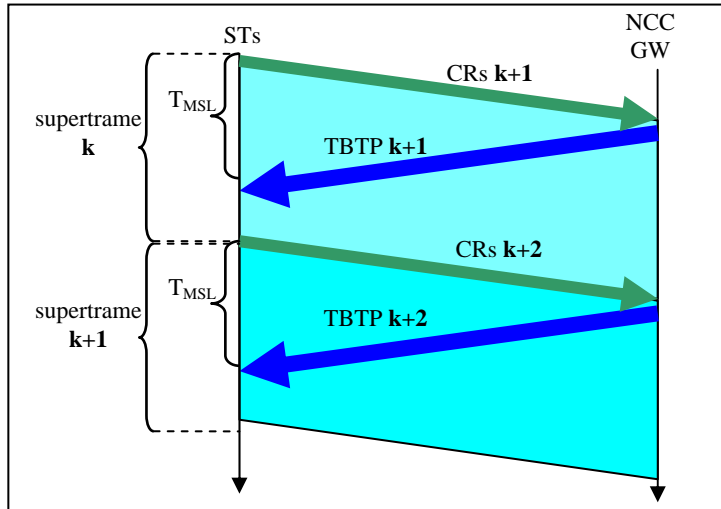


Figure 2. Cycle de requête/allocation dans le DAMA

Un certain nombre de travaux ont déjà proposé des mécanismes d'anticipation de la demande de ressources du DAMA [6-9]. Notre contribution se base sur la proposition [10] qui a été retenue par l'architecture de QdS SatIP6. L'estimation de la capacité requise $r_{REQ}[k]$ par un ST à la $k^{\text{ième}}$ supertrame est exprimée à partir de [11] selon la formule suivante :

$$r_{REQ}[k] = \left[r_{IN}[k] + \max \left\{ 0, \frac{1}{2} [q[k] - (r_{IN}[k] + (\alpha - 1)r_{IN}[k-1] + (\alpha - 1)r_{IN}[k-2] + r_{REQ}[k-1] + r_{REQ}[k-2])] \right\} \right] \quad (1)$$

Où $r_{REQ}[k]$ est la capacité requise à la $k^{\text{ième}}$ supertrame, $r_{IN}[k]$ est le nombre de cellules reçues dans la file d'attente durant la $(k-1)^{\text{ième}}$ supertrame, $q[k]$ est la taille de la file d'attente mesurée au début de la $k^{\text{ième}}$ supertrame et α un coefficient de pondération.

Le premier terme de l'équation correspond aux capacités requises pour écouler les cellules qui sont entrées dans la file d'attente durant la supertrame précédente.

Le deuxième terme de l'équation est proportionnel à la taille actuelle de la file d'attente à laquelle est retranchée la somme des requêtes encore en attente de réponse. Ce terme fournit également une anticipation classique pour les besoins lors de la supertrame $k+T_{MSL}$. Il se base sur la quantité de cellules reçues durant les 2 supertrames précédentes. Il tient donc compte de l'état passé de la file d'attente. Afin d'affiner cette anticipation, un facteur α de pondération est introduit dans le deuxième terme de l'équation. Constant et compris entre 0 et 1, ce facteur α permet

de pondérer la quantité de cellules rentrées précédemment dans la file d'attente servant pour les futures demandes de cellules.

Les Figure 3 et 4 résument les résultats de campagnes de simulation menées afin d'évaluer notamment l'influence du paramètre α à la fois sur la latence et l'efficacité de l'algorithme. Dans ce scénario, le trafic en entrée du satellite considéré est un flux vidéo utilisant le codec Xvid [15], avec un débit qui varie entre 2 Mbit/s en moyenne et 7 Mbit/s en crête avec des creux à moins d'1 Mbit/s.

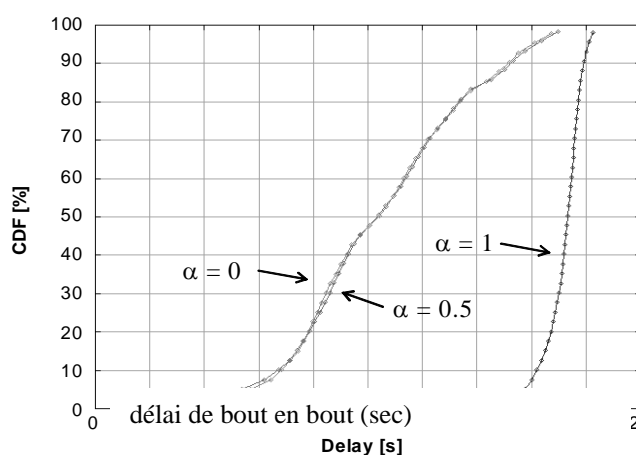


Figure 3. fonction

de distribution cumulative du délai de bout en bout

La courbe de la Figure 3 présente les courbes de distribution cumulative du délai subit dans le réseau satellite par une application vidéo utilisant un codec Xvid [15]. Le délai mesuré de bout en bout, représente exactement le retard subit par un paquet après la traversée du réseau. Ce codec a la particularité de produire un débit très fortement variable par conséquent, les changements rapides de débits produisent des ruptures dans les mécanismes d'allocation qui doivent rapidement faire face à un accroissement des paquets dans les files d'émission. La distribution des délais montre clairement l'intérêt de l'anticipation de réservation (paramètre α) : Quand celui-ci vaut 1 (pas d'anticipation), les délais varient entre 1,2 s et 1,6 s. Quand sa valeur est inférieure à 0,5, les paquets subissent en moyenne moins de 1 s de délai.

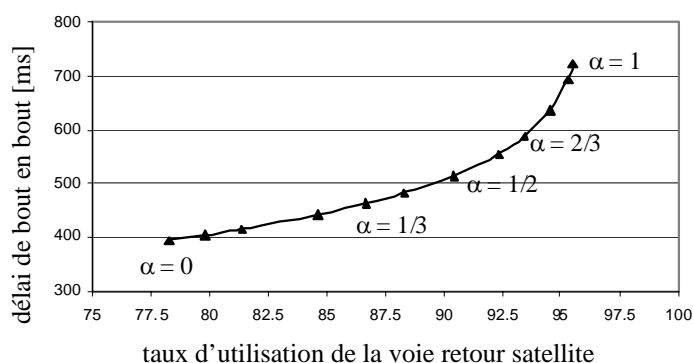


Figure 4. Taux d'utilisation en fonction du délai de bout en bout

Seulement, comme l'on pouvait s'y attendre (cf. Figure 4), en diminuant α , on augmente le volume de ressources demandé dans les requêtes de capacité pour les futures consommations. Si le volume de ressources demandé n'est pas finalement consommé, on perd ces ressources non utilisées. Ce qui mène au problème, celui de la sur allocation (sous utilisation) du lien satellite. La Figure 4 montre qu'un α ayant une valeur de 0.5 contraint le taux maximal d'utilisation du réseau à une valeur de 90%.

4 Amélioration de l'anticipation pour l'allocation dynamique de ressource

Aujourd'hui, ce paramètre α est fixé par l'opérateur réseau et reste constant tout le long du service fourni. Cette constance place l'opérateur face au dilemme de l'optimisation de l'allocation, et donc de la rentabilité du réseau, avec la diminution de la qualité de service et donc de la valeur ajoutée. Ainsi ce paramètre α s'avère très délicat à configurer.

Nous proposons de faire évoluer dynamiquement ce facteur α en fonction de l'évolution du trafic, afin de requérir plus de ressources quand cela est nécessaire, c'est à dire quand les applications en ont vraiment besoin et que le mécanisme d'allocation de ressources pourrait être mis en défaut.

4.1 Connaissance des paramètres du flux

L'originalité de la méthode de calcul du facteur d'anticipation dans l'architecture QdS SATIP6 que nous proposons se base sur une connaissance préalable de la nature des flux.

L'utilisation d'applications multimédia de type SIP (Session Initiation Protocol) [12] [14] préconisée dans les travaux [13] permet d'obtenir des informations pertinentes. Ces dernières comportent entre autre, « l'adressage » de la session

(utilisateurs, adresses IP, ports) et les types de média, codecs utilisés, bande passante, etc.

Ces informations sont émises à l'initialisation de la session par l'application multimédia SIP, puis traitées par le proxy SIP. Sa fonctionnalité première est de relayer les messages SIP d'entités SIP en entités SIP jusqu'au destinataire. Doté de fonctionnalités avancées dans l'architecture à QoS de SATIP6, le proxy SIP intercepte les descriptions de session véhiculées par SIP entre l'appelant et l'appelé, en déduit les caractéristiques de chaque média (débit crête et débit moyen) impliqué dans la session et effectue les réservations et les libérations de ressource associées au nom de l'application au sein du réseau Satellite. Ces informations des messages SIP servent d'autre part dans l'amélioration l'allocation dynamique de ressource à au travers du facteur d'anticipation.

Nous faisons l'hypothèse d'une architecture tel que celle décrite dans [10] qui dissocie les trafics, à destination des mécanismes dynamiques d'allocation de ressource, en deux files : L'une prioritaire et réservée aux trafics temporellement contraints, telle que les flux issus des applications multimédia ; L'autre non prioritaire et destinée au trafic « best effort » des applications classiques comme la navigation web ou de transfert de fichiers FTP. Nous pouvons considérer que toute application souhaitant utiliser le service prioritaire ait l'obligation d'utiliser le protocole SIP pour signaler ses besoins.

De ce fait, *pour la file prioritaire*, nous pouvons connaître à tout instant, une description précise du *trafic prévu* de chaque application, sous la forme des paramètres tel que le débit crête (d_c). Si ces informations ne sont pas disponibles dans le SDP elles pourront être déduites des types de codecs utilisés.

4.2 Méthode de calcul du facteur d'anticipation

L'objectif de cette méthode est d'obtenir une forte anticipation quand la variabilité du trafic est élevée, c'est-à-dire quand le DAMA peut-être mis en défaut, et une faible anticipation (donc un fort taux d'utilisation) quand le trafic est stable.

Nous proposons de lier le débit d'arrivée des paquets (d_i), mesuré sur la file de forte priorité et directement lié à sa taille, aux caractéristiques annoncées du trafic.

Ce calcul est effectué avant chaque requête de capacité donc avec la même période d'une supertrame, cette dernière étant de 600ms. Le débit d'arrivée des paquets est alors mesuré à partir d'une fenêtre glissante de même période.

Ainsi pour cet ensemble de flux, à partir du débit d'arrivée des paquets d_i dans le ST et connaissant le débit crête (d_c) des applications multimédia, nous calculons le paramètre α à travers le rapport :

$$\alpha = \frac{d_i}{\sum d_c}$$

Cette formule, conjointement à l'utilisation des conditionneurs (*dual token bucket*) à l'entrée de la file, garantit que le facteur d'anticipation est compris entre 0 et 1.

5 Evaluations

Afin d'évaluer la pertinence de cette méthode, nous l'avons soumise, au cours de simulations, à différents types de trafics issus de codecs standards :

- Un flux multimédia vidéo utilisant un codec XVID [15] avec un débit qui varie entre 2 Mbit/s en moyenne et 7 Mbit/s en crête. Ce média vidéo a la particularité d'avoir un débit fortement variable ;
- Un flux multimédia audio utilisant un codec GSM [16] avec un débit moyen de 20kbit/s, dont le débit reste relativement constant autour du débit moyen avec de faibles variations ;

Le facteur α est calculé pour chacun de ces types d'applications sous une période de T_{MSL} . Leur évolution est observée au cours du temps.

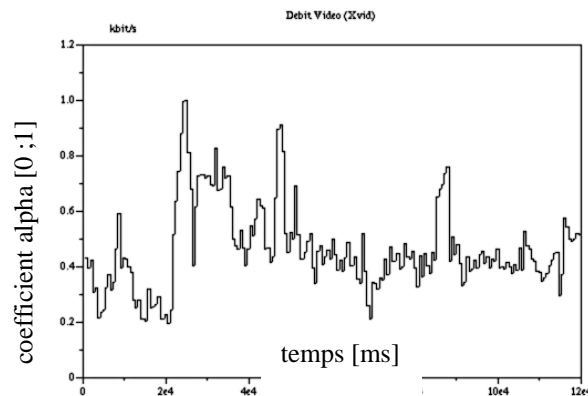


Figure 5.
Evolution de α

pour un flux vidéo (XVID)

Appliqué à un flux vidéo de type XVID, on s'aperçoit dans la Figure 5 que le paramètre α moyen se calibre assez bas, ce qui est normal car ce type d'application multimédia requiert de la réactivité dans ses demandes en bande passante. On a donc besoin de requérir beaucoup plus de ressources en anticipant plus pour assurer des délais d'allocation faibles.

Dans le cas d'un flux audio de type GSM, on remarque sur la Figure 6 que le facteur α est assez moyen avec des pics lorsque la suppression de silence se termine. Ces valeurs nulles et instantanées du facteur α s'expliquent par nécessité

d'écouler rapidement le trafic de l'application dont le codec vient reprendre la génération de paquets.

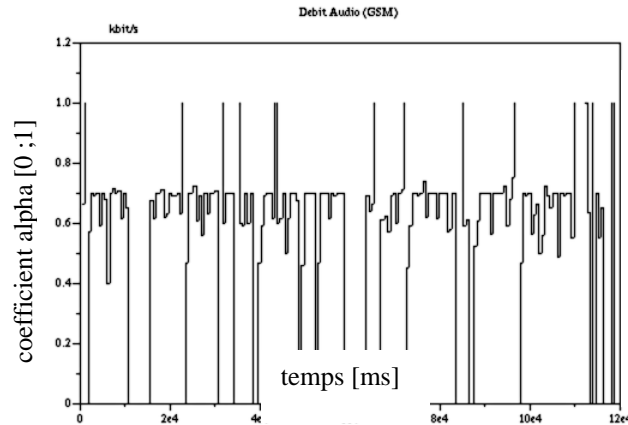


Figure 6.

Evolution de α pour un flux audio (GSM)

6 Conclusion et perspectives

Ces travaux s'intègrent dans le cadre d'une architecture à QoS portée sur un système satellite bidirectionnel de type DVB-S/RCS. Une amélioration de l'algorithme d'allocation de ressources est apportée pour rendre celui-ci plus dynamique afin de satisfaire au mieux les deux critères indicateurs de performance du protocole DAMA qui sont : une utilisation optimale des ressources sur la voie montante, et une diminution significative de la latence dans les terminaux satellites. Cette proposition utilise un algorithme permettant de prédire les futurs besoins des STs en se basant sur des mécanismes de signalisation de session de type SIP. Cette approche est totalement transparente à l'utilisateur et ne nécessite de développement particulier que dans les entités du réseau satellite.

Cette approche s'avérant performante en simulation, les travaux actuels adressent l'implémentation d'une telle architecture dans notre plateforme d'émulation. D'un côté les STs doivent être modifiés pour intégrer des proxies SIP qui intercepteront les descriptions SDP. D'un autre côté, l'algorithme de DAMA doit être modifié pour tirer profit de ces informations et de celles issues du classificateur.

7 Bibliographie

- [1] ETSI EN 301 790 v1.3.1: Digital Video Broadcast (DVB); Interaction channel for satellite distribution systems, ETSI Norm, January 2003.

- [2] T. Le-Ngoc et T. Elshabawy, Broadband Satellite Access for Interactive Multimedia Services, Space Communications, vol. 17, 2001, pp. 35-48.
- [3] N. Luoras et al., An IP-based Satellite Communication System Architecture for Interactive Multimedia Services, Int'l. J. Sat. Commun. And Net., vol. 21, 2003, pp. 401-26.
- [4] Projet Européen SATIP6 (Contrat IST-2001-34344), <http://satip6.tilab.com>
- [5] ITU-T G.1010 series G : transmission systems and media, digital systems and networks ; end-user multimedia QoS categories
- [6] Zhifeng Jiang, Yuheng Li, A Predictive Demand Assignment Multiple Access Protocol for Broadband Satellite Networks Supporting Internet Applications, IEEE ICC, New York, Apr 28 2002.
- [7] Ki-Dong Lee, An Efficient Real-Time Method for Improving Intrinsic Delay of Capacity Allocation in Interactive GEO Satellite Networks, IEEE Transaction on, Volume 53, Issue 2, Page(s):538 – 546, March 2004.
- [8] L. Chisci, R. Fantacci, T. Pecorella, Predictive Bandwidth Control for GEO Satellite Networks, IEEE Communications, Volume 7, Page(s):3958 - 3962 Vol.7, 20-24 June 2004.
- [9] L. Chisci, R. Fantacci, T. Pecorella, Multi-terminal dynamic bandwidth allocation in GEO Satellite Networks, IEEE VTC, Volume 5, 17-19 Page(s):2797 - 2801 Vol.5, May 2004.
- [10] A. Pietrabissa, T. Inzerilli, O. Alphand, P. Berthou, T. Gayraud, Validation of a QoS architecture for DVB-RCS satellite networks via the SATIP6 demonstration platform. Computer Networks, Vol. 49/6, pp 797-815, Nov 2005.
- [11] F. Delli Priscoli, A. Pietrabissa, Design of a bandwidth-on-demand protocol for satellite networks modeled as timedelay systems., Automatica, Vol. 40, Issue 5, May 2004.
- [12] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, SIP: Session Initiation Protocol, IETF RFC 3261, Juin 2002.
- [13] O. Alphand, Architecture à qualité de service pour systèmes satellites DVB-RCS dans un contexte NGN, Rapport LAAS-CNRS n° 05672, Dec 2005.
- [14] M. Handley, V. Jacobson, SDP: Session Description Protocol, IETF RFC 2327, April 1998.
- [15] codec XVID, www.xvid.org.
- [16] codec pour GSM, www.voip-info.org/wiki-GSM+Codec