

Améliorer la qualité de la vidéo sur Internet

Wassim Ramadan

Laboratoire d'Informatique de l'Université de Franche-Comté (LIFC)

1 cours Leprince-Ringuet, 25200 Montbéliard, France

Wassim.Ramadan@pu-pm.univ-fcomte.fr

Résumé

De nos jours, de plus en plus des vidéos de haute définition et de haute qualité sont stockées sur Internet. Mais elles ne sont pas accessibles à tous car une bande passante élevée et stable est nécessaire pour les acheminer à leurs destinations. Un encodage bas débit est généralement préféré, mais il conduit aussi à une moins bonne qualité. Une solution consiste à utiliser un protocole de transport *TCP-friendly* et laisser l'application choisir elle-même, pour chaque utilisateur, le *bitrate* de la vidéo qui s'adapte le mieux à la bande passante du réseau. Cet article présente une méthode simple et efficace d'adaptation de la vidéo au niveau de la couche application *Video Adaptation at Application Layer* (VAAL). Elle est conçue pour améliorer l'expérience vidéo de l'utilisateur. Elle ne concerne que la couche application de l'émetteur (serveur). L'idée principale de VAAL est que l'application émettrice surveille l'état du réseau en vérifiant les débordements de tampon du protocole de transport et adapte le *bitrate* de la vidéo en conséquence. Les résultats expérimentaux montrent que l'adaptation vidéo effectuée par VAAL donne de très bons résultats comparée à l'encodage statique actuellement répandu.

Mots clefs: informatique, réseaux, protocoles, Internet, diffusion en continu.

1 Introduction

Avec le développement des réseaux informatiques et la démocratisation d'Internet, il est devenu très facile d'avoir accès à des multitudes de services

de chez soi. Un des services les plus populaires est la diffusion vidéo en continu. N'importe quelle personne connectée à Internet est capable d'aller sur un des sites proposant un tel service (e.g. Youtube, DailyMotion, etc.), de choisir la vidéo qu'elle souhaite regarder et puis en appuyant sur un seul bouton, de voir la vidéo s'afficher sur l'écran. Afin que ce processus soit possible, des protocoles spécifiques à l'acheminement des données vidéo ont été conçus.

Les services multimédia en continu sur Internet, ainsi que le nombre de clients demandant une meilleure qualité de la vidéo sont en constante progression. Les nouvelles normes pour la vidéo comme les vidéos en haute définition (HD¹) et en trois dimensions (3D) demandent plus de bande passante. Les variations de la bande passante disponible doivent également être prises en compte afin de raccourcir le temps de chargement de la vidéo en mémoire tampon. Regarder de telles vidéos sur un réseau sans-fil n'est pas une expérience agréable, car diverses technologies de réseau sans-fil avec des caractéristiques différentes cohabitent et évoluent au fil du temps. Ainsi, la bande passante disponible n'est pas toujours stable pour de nombreuses raisons (interférences, mobilité, etc.) En outre, le partage de la bande passante entre plusieurs utilisateurs pourrait rendre la bande passante disponible inférieure au bitrate requis pour la vidéo.

De plus en plus d'applications réseaux (par exemple, les applications en temps réel comme le *streaming* audio et vidéo) peuvent accepter un certain niveau de paquets perdus. D'une part, celles qui utilisent le protocole *Transmission Control Protocol* (TCP) doivent payer le prix de sa fiabilité, avec une grande latence. D'autre part, celles qui ont recours à *User Datagram Protocol* (UDP) doivent faire face à son manque de contrôle de congestion. *Real-time Transport Protocol* (RTP) [Schulzrinne *et al.*, 2003], protocole largement utilisé pour la transmission multimédia, est un protocole au niveau application. En tant que tel, il fonctionne au-dessus d'un protocole de transport, tels que TCP ou UDP, et n'est donc pas concerné par les problèmes des protocoles de transport.

Un autre protocole prometteur pour ces applications est *Datagram Congestion Control Protocol* (DCCP), récemment normalisé [Kohler *et al.*, 2006]. Il peut être considéré comme un TCP sans fiabilité mais avec un acheminement ordonné des paquets (deux points essentiels en *streaming* vidéo), ou

1. À noter que tous les sigles sont répertoriés dans un glossaire se trouvant à la fin du présent document.

encore comme un UDP muni d'un contrôle de congestion. Pour notre propos, DCCP possède deux points intéressants: premièrement, il permet de choisir le contrôle de congestion utilisé lors de la communication, deuxièmement, il utilise les accusés de réception. Parmi les trois contrôles de congestion actuellement normalisés, *TCP-Friendly Rate Control* (TFRC) est le plus adapté à la vidéo en *streaming* [Floyd *et al.*, 2006]. En outre, les accusés de réception donnent des informations utiles à l'émetteur, tels que les paquets perdus et ceux marqués *Explicite Congestion Notification* ECN.

Pour les protocoles ci-dessus, en particulier DCCP et TCP, la transmission vidéo est contrôlée au niveau de la couche réseau et l'application n'est pas du tout concernée. Pour le *streaming* vidéo en réseau avec une bande passante très variable au cours d'une connexion, une adaptation de la vidéo aux caractéristiques du réseau semble être cruciale. Une approche coopérative entre la couche application et la couche réseau peut améliorer la qualité de la vidéo perceptible par l'utilisateur final.

La méthode d'adaptation de la vidéo que nous proposons *Video Adaptation at Application Layer* (VAAL) (« adaptation de la vidéo au niveau de la couche application») utilise le débordement du tampon du protocole de transport comme solution pour découvrir la bande passante disponible et adapter le bitrate de la vidéo transmise en conséquence. Toutes les n secondes, l'application serveur calcule le pourcentage du nombre de paquets qui n'ont pas pu être écrits dans le tampon. Ce pourcentage est utilisé pour contrôler le bitrate de la vidéo par la suite. Plus ce pourcentage est grand, moins la bande passante est disponible. L'application devrait donc diminuer le bitrate. Un pourcentage nul indique soit une bande passante stable soit plus grande; ainsi, le bitrate de la vidéo envoyée peut être augmenté.

L'adaptation précédente, connue dans la littérature sous le nom de *rate adaptive video control* (contrôle de la vidéo par débit adaptatif), peut être réalisée en contrôlant d'autres paramètres de la vidéo, comme le nombre d'images par seconde (*Frames Per Second* (FPS)) et la taille de l'image. Ces possibilités génèrent une vidéo hétérogène chez le client, et l'application cliente doit être capable de recréer une vidéo lisible.

Les trois paramètres présentées précédemment permettent d'optimiser la partie réseau du *streaming* de la vidéo. Pour des résultats encore meilleurs, ces méthodes pourraient être associées à d'autres méthodes. Par exemple, un problème bien connu est que les pertes propres aux réseaux sans-fil ne peuvent pas être différenciées des pertes de congestion; l'émetteur réduit le débit alors qu'il ne devrait pas [Ramadan *et al.*, 2009]. Un autre exemple

intéressant sur les liens avec perte est la *Forward Error Correction* (FEC) [Su *et al.*, 2003] par exemple. De plus, des techniques spécifiques à la vidéo permettent par exemple de donner la priorité [Gürses *et al.*, 2005] ou de ne retransmettre [Árpád Huszák et Imre, 2006] que les paquets importants (paquets I dans une vidéo encodée en MPEG) côté serveur.

Dans ce contexte, notre article est l'un des rares documents qui analysent l'adaptation du contenu vidéo [Haukaas, 2007] en est un autre, et le premier qui utilise DCCP avec de véritables expérimentations dans un réseau sans-fil. En outre, c'est la première fois que le débordement du tampon est proposé pour l'adaptation de la vidéo. Notre solution est très simple à déployer car il n'y a que l'application, du côté émetteur, qui doit être modifiée (il n'est pas nécessaire de modifier le récepteur, ni le protocole de transport). En corollaire, notre méthode fonctionne avec n'importe quel protocole de transport qui a un contrôle de congestion.

Cet article s'organise comme suit. La section 2 présente les travaux antérieurs liés à l'adaptation de la vidéo. La section 3 présente notre méthode VAAL et son implémentation sur GNU/Linux. La performance de VAAL est évaluée par des expérimentations réelles dans la section 4. Enfin, la section 5 conclut cet article.

2 État de l'art

L'idée de transmettre de la vidéo de manière adéquate sur le réseau, en changeant seulement les points de terminaison, n'est pas nouvelle. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour cela. Une première méthode consiste à transmettre les paquets sélectivement, en fonction de la bande passante disponible [Gürses *et al.*, 2005], ou de retransmettre les paquets de manière sélective en fonction de leur importance (dans une vidéo de type MPEG encodée en groupe d'images (I, P et B), les images I sont toujours retransmises, contrairement aux images P et B, par exemple) [Árpád Huszák et Imre, 2006]. Une autre méthode adapte le contenu de la vidéo en streaming (en fonction de la bande passante disponible, par exemple). Notre document se situant dans cette catégorie, nous présentons ici les travaux utilisant cette approche.

De toute évidence, l'une des couches *Open System Interconnection* (OSI) devrait se charger du ré-encodage. Nous classons les travaux actuels sur la base de la couche qui se charge de cette tâche:

Une approche consiste à laisser la couche application inchangée tout en

changeant une des couches basses ([Chaparro *et al.*, 2010]). L'application envoie la vidéo encodées en couches en utilisant le codec H.264/SVC. La couche *Internet Protocol* (IP) les reçoit toutes et envoie seulement celles qui sont avantageuses pour le réseau (*network-friendly*). La bande passante est estimée par des mesures régulières.

Une autre approche est d'effectuer des changements sur deux couches à la fois: les couches inférieures donnent des *feed-back* sur l'état du réseau à la couche application, qui agit en conséquence (par exemple adapter le *bitrate* de la vidéo). Du point de vue application, les *feed-back* peuvent être de type *push* (l'application demande des informations) ou de type *pull* (le réseau contacte l'application pour l'informer). *iTCP* [Khan et Zagher, 2007] est une solution de type *pull*. Il ajoute à TCP un mécanisme actif de *feed-back* basé sur les événements du réseau (tels que la retransmission *timeout* et la réception d'un troisième accusé de réception). Ces *feed-back* peuvent être utilisés par l'application afin de s'adapter aux conditions du réseau, avec l'inconvénient que, du côté du récepteur, si un ou plusieurs paquets sont perdus, l'application réceptrice est bloquée jusqu'à l'arrivée des retransmissions. DCCP par exemple ne souffre pas de ce problème, car ce n'est pas un protocole fiable. Lorsqu'il est utilisé avec TFRC, il devient plus adapté au streaming vidéo, car il a une courbe de débit plus lisse.

Video Transport Protocol (VTP) [Balk *et al.*, 2003] est un nouveau protocole au niveau application. Il présente les inconvénients inhérents à l'implémentation du contrôle de congestion à ce niveau. Il nécessite aussi une modification de l'application du côté du récepteur, et il y a un risque qu'il ne soit pas compatible avec TCP (*TCP-friendly*). Les auteurs de VTP ont fait des expérimentations sous Linux. La méthode décrite dans [Kazantzidis, 2002] agit de la même façon que VTP, mais elle crée un nouveau protocole de transport.

Enfin, la troisième approche modifie uniquement la couche application. L'application utilise les informations fournies par les couches inférieures. L'application présentée dans [Ozbek *et al.*, 2007] transmet une vidéo encodée avec le codec H.264/SVC en « multi-couche ». Elle lit régulièrement la bande passante disponible via DCCP et elle envoie autant de couches qu'elle peut, sans dépasser la bande passante. Toutefois, cet article est axé sur la vidéo et n'analyse pas du tout les problèmes liés au réseau.

Avant la création de DCCP, il y avait des méthodes qui utilisaient le ré-encodage ([Wakamiya *et al.*, 2001]) (en changeant le paramètre de quantification du codeur) pour adapter la vidéo à la bande passante réseau. Mais

pour connaître la bande passante réseau, les auteurs ont mis en place un contrôle de congestion au niveau de l'application en utilisant les informations RTCP. Leur solution a certains inconvénients: premièrement, elle dépend du protocole de contrôle en temps réel *Real Time Control Protocol* (RTCP), où le calcul n'est pas précis, parce que par exemple cela se fait au niveau de l'application. Deuxièmement, et le plus important, il y a un risque qu'elle ne soit pas *TCP-friendly*.

Dans nos travaux précédents [Linck *et al.*, 2006], le protocole DCCP a été aussi utilisé, dans une simulation, mais avec des traces réelles de la vidéo. La solution apportée ne se concentre pas sur les problèmes de réseau, comme le présent article, mais sur l'architecture complète du streaming, y compris un mixeur RTP entre le serveur et le client. À noter que le ré-encodage (adaptation de contenu) a été fait dans le mixeur, qui a besoin d'avoir accès aux données DCCP à travers un mécanisme inter-couches.

Il existe d'autres travaux proches de notre méthode [Haukaas, 2007]; [Lie et Klaue, 2008]. Ils utilisent la simulation sous le simulateur de réseau *Network Simulator* (NS2) avec des traces réelles des fichiers vidéo pour analyser l'adaptation de la vidéo avec DCCP.

Notre méthode se situe aussi dans cette catégorie. Nous pensons que la meilleure couche pour réaliser l'adaptation est la couche application. Nous pensons également que si une méthode d'adaptation du débit doit être déployée, elle devrait entraîner un minimum de changements aux systèmes d'exploitation existants et aux applications.

3 Adaptation de la vidéo, VAAL

3.1 Explication de VAAL

Comme le montre la figure (fig. 1), l'application écrit des paquets dans la mémoire tampon du socket du protocole de transport à un taux égal au débit de la vidéo en cours. Le protocole de transport a un contrôle de congestion qui fournit la vitesse à laquelle les paquets peuvent quitter la machine et entrer dans le réseau. Le but de VAAL est d'adapter le bitrate de la vidéo au débit estimé par le protocole de transport. Ainsi, l'algorithme de VAAL est divisé en deux étapes, présentées dans la figure (fig.2) :

-la découverte de l'état du réseau : la bande passante disponible comme information basée sur le débordement du tampon du protocole du transport ;

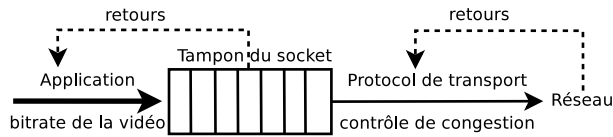


FIGURE 1 – Le flux des données de la vidéo côté émetteur.

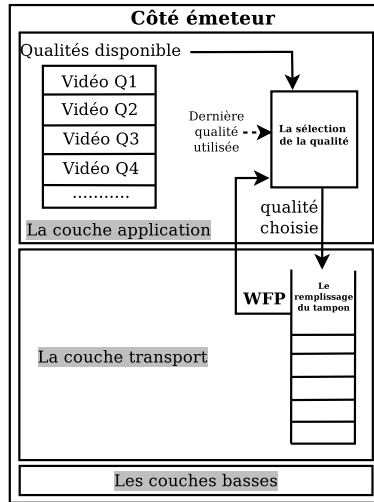


FIGURE 2 – La méthode de VAAL du côté émetteur.

-la sélection de la qualité : l'action à réaliser.

Ces deux étapes sont exécutées à chaque période de n secondes.

La découverte de l'état du réseau fonctionne comme suit. Les paquets sont mis en tampon dès lors que le protocole de transport ne peut pas en envoyer plus sur le réseau (couches basses). Si la mémoire tampon est pleine, les nouveaux paquets générés par l'application ne peuvent pas y être écrits (débordement du tampon), ils sont rejetés. VAAL surveille ainsi la bande passante disponible à travers le débordement de tampon du socket du protocole de transport lorsque l'application essaie d'y écrire un paquet. À chaque période, VAAL calcule le pourcentage de paquets débordés (échoués), que nous appellerons *Write Failure Percentage* (WFP), le pourcentage d'échecs d'écriture. WFP est donc une indication de l'état du réseau: plus WFP est grand, plus la bande passante est petite.

La sélection de qualité (adaptation) fonctionne comme suit. VAAL initie la connexion en envoyant la vidéo avec la plus haute qualité disponible à

partir de la source de la vidéo. À la fin de chaque période, VAAL lit la valeur de WFP (donnée par la première étape) et agit comme ceci:

- Si WFP est nul (pas de paquets échoués lors de l’écriture dans le tampon) VAAL choisit le niveau de qualité supérieure (débit plus élevé), sauf si la qualité est déjà la plus élevée.
- Sinon, si WFP est tolérable (moins de 5%), la qualité est maintenue au même niveau. ITU.T G.1070 [ITU-T, 2007] recommande que le taux de perte de bout en bout des paquets IP en streaming vidéo devrait être inférieur à 10 %. Par conséquent, nous avons choisi un seuil inférieur ou égal à 5% de taux de perte au niveau de la mémoire tampon de l’émetteur (WFP \leq 5%), les 5% autres étant laissés à gérer les pertes de réseau.
- Enfin, lorsque WFP est supérieur à 5 % et à moins que la qualité la plus basse ne soit déjà en cours d’utilisation, VAAL recherche une qualité inférieure q' qui vérifie l’équation suivante:

$$q' \leq q(1 - \text{WFP})r$$

où q est la qualité actuelle. Dans cette formule, $q(1 - \text{WFP})$ représente la bande passante disponible pour la période qui vient de s’achever, tandis que r est un paramètre qui permet de choisir une qualité avec un débit différent de la bande passante disponible.

À noter que VAAL nécessite un protocole de transport avec un contrôle de congestion, peu importe lequel. En outre, VAAL est particulièrement utile dans la vidéoconférence (vidéo à la volée), car il n’exige pas de ré-encoder la vidéo, mais simplement de changer (ou de choisir) un bitrate (un autre taux d’encodage).

3.2 Implémentation de VAAL

Nous avons implémenté VAAL (adaptation de la vidéo) au niveau de la couche application sur une machine GNU/Linux ayant un noyau 2.6.35 (sans aucune modification sur le noyau du système). VAAL utilise DCCP en tant que protocole de transport et TFRC en tant que contrôle de congestion (un des avantages de DCCP est que les données perdues ne sont pas retransmises; en conséquence, un paquet perdu ne force pas l’application cliente à attendre jusqu’à ce que ces paquets soient retransmis et reçus). WFP est calculée toutes les deux secondes, $n = 2$. Puisqu’à un taux de perte inférieur ou égal

à 5 % VAAL maintient le débit, nous avons choisi $r = 1,05$, c'est-à-dire que l'on tolère jusqu'à 5 % de paquets échoués.

4 Résultats des expérimentations

La figure 3 montre la topologie du réseau réel utilisé pour réaliser des tests avec le programme présenté dans la section précédente. Une connexion vidéo en continu est mise en place entre un émetteur connecté à un point d'accès (AP) via un câble filaire, et un récepteur connecté au même AP via une connexion sans-fil (voir le tableau 4 pour plus d'informations). Le *streaming* vidéo utilise une vidéo réelle de 180 secondes qui a été encodée en quatre qualités : 3Mb/s, 2Mb/s, 1Mb/s et 512kb/s.

Paramètre	Valuer du paramètre
Lieu	dans un bâtiment
Taille du paquet	1024 octets
PC1 (émetteur): carte filaire	82567LM-3
PC1 : technologie	Gigabit Connection
PC1 : marque	Intel Corporation
La bande passante filaire	100Mb/s
PC2 (récepteur): carte sans-fil	BCM4311
PC2 : technologie	802.11b/g
PC2 : marque	Broadcom Corporation
PC1&2 OS	Linux (Ubuntu 64bits)
PC1&2 noyau	2.6.35 generic
DCCP	version du noyau
Point d'accès (AP)	LINKSYS
Technologie de l'AP	Wireless-G
Bande passante sans-fil	54Mb/s
Distance (AP ↔ PC2)	50cm
Réseau partagé	no

TABLE 1 – Paramètres du réseau utilisé pour réaliser les expérimentations

Dans tous les tests, il y a dix flux concurrents. Ils utilisent des algorithmes identiques (autrement dit tous utilisent l'adaptation, ou tous utilisent une vidéo avec un bitrate fixe). Cela permet de voir ce qui se passe lorsque plusieurs flux partagent la bande passante disponible, en particulier pour vérifier

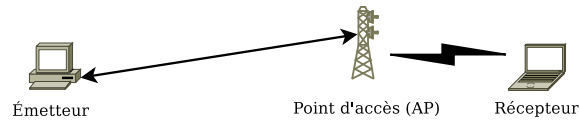


FIGURE 3 – Topologie du réseau utilisé pour réaliser les expérimentations.

si cela conduit à une oscillation globale des performances. En fait, les dix flux avec un maximum de bitrate (3Mb/s) dépassent largement la bande passante ($10 \times 3\text{Mb/s} = 30\text{Mb/s}$) fournie par un réseau sans-fil ayant 54Mb/s théorique. Nous avons testé également pour cinq flux simultanés, les résultats sont similaires, mais puisqu'il y a moins de flux, ils obtiennent une plus grande bande passante. VAAL est en mesure de choisir une qualité meilleure pour chacun d'eux.

En outre, deux séries de tests ont été effectuées. Dans la première série, tous les flux sont présents au même moment (elle sera appelée dans la suite série à « flux sans écart »). Dans la seconde, chaque flux commence 30 secondes après le début du flux précédent, sauf le premier qui commence au temps 0 (elle sera appelée par la suite série à « flux avec écart »). Pour les deux séries, chaque flux attend un nombre aléatoire entre 0 et 4 secondes, pour éviter que toutes les deux secondes tous les flux changent de bitrate en même temps.

Chaque test est répété trois fois mais un seul résultat significatif est présenté ici. Il est à noter qu'il n'y a pas de retransmission des paquets perdus dans tous nos tests.

Nous présentons deux résultats: l'adaptation de bitrate prend bien en compte les retours du tampon DCCP, et VAAL surpasse la transmission vidéo avec l'encodage statique classique.

4.1 Variation de la qualité

Dans cette section, nous discutons de la variation de qualité effectuée par VAAL. Comme précédemment, VAAL regarde le pourcentage d'échec d'écriture (WFP) dans le tampon du socket de DCCP toutes les deux secondes. VAAL décide ensuite d'augmenter, de maintenir ou de diminuer le bitrate. Nous présentons ici les résultats pour les dix flux sans écart.

Dans la figure (fig. 4), l'axe des abscisses représente le temps de 0 à 180s. Le bitrate de la vidéo transmise et le pourcentage de réussite d'écriture

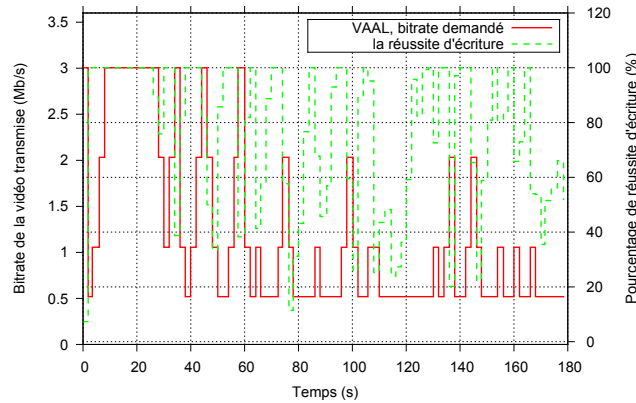


FIGURE 4 – Variation de la qualité pour 10 flux sans écart, flux 1.

(WSP) sont mis sur l’axe des ordonnées. Deux courbes sont tracées dans chaque graphique : la première courbe trace le bitrate de la vidéo en cours. Pour une meilleure visualisation, la deuxième courbe donne le pourcentage de réussite d’écriture ($WSP = 1 - WFP$).

4.1.1 Dix flux sans écart

Dans ce test, les dix flux sont en cours d’exécution et ils utilisent simultanément la bande passante disponible. Seulement les résultats pour le premier flux de ce test est présenté ici (fig. 4). On peut voir que lorsque WSP est très faible, la qualité choisie par VAAL est très faible aussi (par exemple à la seconde 38). Au contraire, lorsque le taux d’échec est nul, la qualité est augmentée lentement (c’est-à-dire basculée vers le bitrate supérieur disponible toutes les deux secondes, par exemple aux secondes 40, 42 et 44). On peut remarquer également que la qualité est souvent comprise entre 1Mb/s et 512Kb/s. Cela s’explique par le fait que la bande passante disponible est partagée entre les dix flux, ce qui réduit considérablement la part de chacun d’eux. Une autre chose à remarquer est la fréquence de commutation de la qualité: elle varie souvent en fonction de la bande passante disponible. De cette façon, VAAL assure que la qualité est une fonction de la bande passante. Plus la bande passante disponible est élevée, meilleure est la qualité. Enfin, il n’y a pas de meilleure qualité fixe, ce qui veut dire que l’adaptation est utile.

4.2 Performance de l'adaptation

Afin de savoir si l'adaptation est utile, nous comparons VAAL avec la même application mais sans adaptation. Nous considérons que si une nouvelle méthode est en mesure de maximiser le nombre de paquets reçus, tout en minimisant la différence entre le nombre de paquets envoyés et reçus, elle permettra d'améliorer la qualité de la vidéo reçue. Ainsi on compare d'une part le nombre de paquets reçus, et d'autre part le nombre de paquets perdus, en moyenne.

Les résultats pour VAAL sont issus des expérimentations présentées au début de cette section. Pour DCCP sans adaptation vidéo, les trois mêmes séries d'expérimentations ont été effectuées, séparément pour chacune des quatre qualités (Q3=3Mb/s, Q2=2Mb/s, Q1=1Mb/s et Q0=512 Kb/s).

Dans les figures suivantes (fig. 5 et fig. 6), l'axe des ordonnées donne le nombre de paquets envoyés et reçus pour chaque type de streaming : Q0, Q1, Q2, Q3 et VAAL. Afin de les distinguer plus facilement, les courbes emploient le même type de symbole (par exemple c'est un cercle plein pour VAAL). L'axe des abscisses représente le numéro du flux, suivi par la moyenne de tous les flux. À noter que, même si toutes les courbes sont représentées sur le même graphique, l'exécution s'est faite à des moments différents. En outre, même si les courbes utilisent des lignes droites pour une meilleure visualisation, les flux sont indépendants.

4.2.1 Dix flux sans écart

Le résultat de ce test est indiqué sur la figure (fig. 5). On peut voir que VAAL et DCCP sans adaptation de la vidéo sont très proches l'un de l'autre en terme de nombre moyen de paquets reçus. D'autre part, lorsque le nombre de paquets générés et rejetés est pris en compte, nous pouvons conclure que DCCP sans adaptation de la vidéo (qualité Q1 et Q2) offre de mauvais résultats à cause du taux élevé des paquets perdus (par exemple environ 50000 paquets rejetés sur 70000 pour la qualité avec un bitrate de 3Mb/s, et 25000 sur 47000 pour 2Mb/s). VAAL est nettement meilleure. La raison de ce nombre élevé de pertes de paquets dans le tampon DCCP est que le taux de paquets générés au niveau de la couche application est beaucoup plus élevé que la capacité du réseau. Ce taux élevé de paquets perdus affecte considérablement la qualité vidéo du côté du récepteur (un nombre élevé de paquets perdus conduit à une mauvaise qualité de la vidéo reçue).

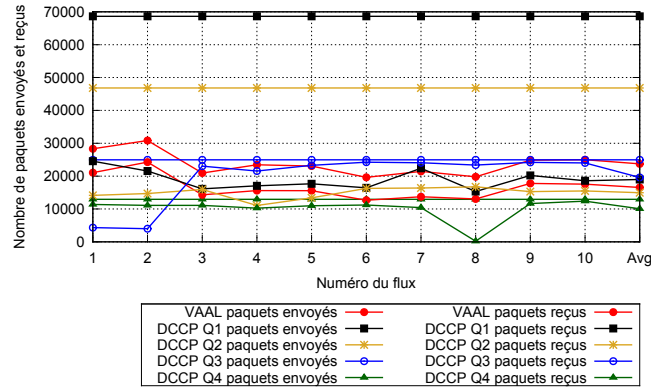


FIGURE 5 – Comparaison du nombre de paquets envoyés et reçus pour les 10 flux sans écart.

4.2.2 Dix flux avec écart

Ce test permet de comparer la performance dans une situation plus dynamique où le nombre de flux varie dans le temps (le nombre de flux simultanés varie entre 1 et 6 à tout moment). Comme déjà précisé, il y a environ 30 secondes entre deux flux consécutifs. Les résultats sont présentés dans la figure (fig. 6). La même conclusion peut être faite: avec VAAL, la bande passante est utilisée efficacement. Par exemple, les flux numéros 1, 2 et 3 utilisent souvent la plus haute qualité parce qu'ils ont suffisamment de bande passante. Les flux numéros 4, 5, 6 et 7 ont moins de bande passante (car le nombre de flux est supérieur au cours de leur durée de vie), ils utilisent donc une qualité inférieure et ainsi de suite. De l'autre côté, sans adaptation, les paquets sont toujours générés à la même vitesse, qui ne prend pas en compte la bande passante disponible. On risque par conséquent de perdre un grand nombre de paquets (comme vu précédemment), avant même qu'ils ne soient envoyés sur le réseau.

Une autre comparaison entre les figures précédentes (fig. 5 et fig. 6) montre que lorsque la bande passante est partagée entre un petit nombre de flux simultanés, l'application peut choisir une meilleure qualité. VAAL sait trouver la meilleure qualité possible dans les deux cas.

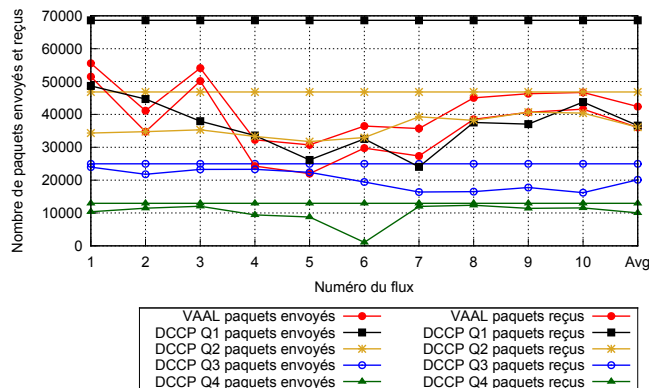


FIGURE 6 – Comparaison du nombre de paquets envoyés et reçus pour les 10 flux avec écart.

5 Conclusions

Cet article présente VAAL, une méthode simple et puissante pour adapter le contenu de la vidéo en streaming en utilisant le débordement du tampon sur le serveur au niveau de la couche application. Intuitivement, elle devrait permettre une meilleure performance du streaming vidéo. Les expérimentations réelles confirment cette hypothèse, à savoir que le bitrate de la vidéo utilisé lors de l’adaptation s’adapte à la bande passante réseau disponible. Cette méthode conduit généralement, d’une part à beaucoup moins de pertes, d’autre part à éviter une sous-utilisation de la bande passante réseau. En outre, l’utilisation d’un protocole de transport, comme DCCP dans notre implémentation, avec un contrôle de congestion, comme TFRC, garantit la compatibilité de notre méthode avec TCP, tandis que TFRC la rend appropriée au streaming vidéo.

Les travaux futurs viseront à mettre en œuvre et à tester des méthodes similaires. Ils utiliseront également des mesures de qualité de la vidéo. Notre objectif final est de montrer que l’adaptation du contenu vidéo sur le serveur est la méthode la plus appropriée, non seulement en termes de performance mais aussi en termes de mise en œuvre et de déploiement, pour faire face à la bande passante réseau dynamique dans des cas tels que la vidéoconférence et les serveurs vidéo de taille modeste.

Références

- [Balk *et al.*, 2003] BALK, A., MAGGIORINI, D., GERLA, M. et SANADIDI, M. Y. (2003). Adaptive MPEG-4 video streaming with bandwidth estimation. In MARSAN, M. A., CORAZZA, G., LISTANTI, M. et ROVERI, A., éditeurs : *International Workshop on Quality of Service in Multiservice IP Networks*, 2, pages 525–538, Milano, Italy. Springer, LNCS 2601.
- [Chaparro *et al.*, 2010] CHAPARRO, P. A., MONTEIRO, J., CALAFATE, C. T., ALCOBER, J., CANO, J.-C. et MANZONI, P. (2010). Supporting scalable video transmission in MANETs through distributed admission control mechanisms. In DANELUTTO, M., BOURGEOIS, J. et GROSS, T., éditeurs : *Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing (PDP)*, 18, pages 238–245, Pisa, Italy. IEEE.
- [Floyd *et al.*, 2006] FLOYD, S., KOHLER, E. et PADHYE, J. (2006). Profile for Datagram Congestion Control Protocol (DCCP) congestion control ID 3: TCP-friendly rate control (TFRC). RFC 4342.
- [Gürses *et al.*, 2005] GÜRSES, E., AKAR, G. B. et AKAR, N. (2005). A simple and effective mechanism for stored video streaming with TCP transport and server-side adaptive frame discard. *Computer Networks*, 48:489–501.
- [Haukaas, 2007] HAUKAAS, T. (2007). Rate adaptive video streaming over wireless networks. Mémoire de D.E.A., Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.
- [ITU-T, 2007] ITU-T (2007). Opinion model for video-telephony applications.
- [Kazantzidis, 2002] KAZANTZIDIS, M. I. (2002). *Adaptive Multimedia in Wireless IP Networks*. Thèse de doctorat, University of California, Los Angeles, USA.
- [Khan et Zaghal, 2007] KHAN, J. et ZAGHAL, R. (2007). Symbiotic rate adaptation for time sensitive elastic traffic with interactive transport. *Computer Networks*, 51(1):239–257.
- [Kohler *et al.*, 2006] KOHLER, E., HANDLEY, M. et FLOYD, S. (2006). Datagram Congestion Control Protocol (DCCP). RFC 4340.
- [Lie et Klaue, 2008] LIE, A. et KLAUE, J. (2008). Evalvid-RA: trace driven simulation of rate adaptive MPEG-4 vbr video. *Multimedia Systems*, 14(1):33–50.
- [Linck *et al.*, 2006] LINCK, S., MORY, E., BOURGEOIS, J., DEDU, E. et SPIES, F. (2006). Video quality estimation of DCCP streaming over wireless networks. In *Euromicro Conference on Parallel, Distributed and Network-based Processing*, 14, pages 405–412, Montbéliard, France. IEEE.
- [Ozbek *et al.*, 2007] OZBEK, N., GORKEMLI, B., TEKALP, A. M. et TUNALI, T. (2007). Adaptive streaming of scalable stereoscopic video over DCCP. In *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, volume 6 de 14, pages 489–492, San Antonio, TX, USA.
- [Ramadan *et al.*, 2009] RAMADAN, W., DEDU, E. et BOURGEOIS, J. (2009). EcnLD, ECN loss differentiation to optimize the performance of transport protocols on wireless networks. In *International Conference on Ultra Modern Telecommunications & Workshops (ICUMT), WMCNT workshop*, 1, pages 1–6, Saint Petersburg, Russia. IEEE.

- [Schulzrinne *et al.*, 2003] SCHULZRINNE, H., CASNER, S., FREDERICK, R. et JACOBSON, V. (2003). RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC 3550.
- [Su *et al.*, 2003] SU, Y.-C., YANG, C.-S. et LEE, C.-W. (2003). Optimal FEC assignment for scalable video transmission over burst error channel with loss rate feedback. *Signal Processing: Image Communication*, 18(7):537–547.
- [Wakamiya *et al.*, 2001] WAKAMIYA, N., MURATA, M. et MIYAHARA, H. (2001). TCP-friendly video transfer. In CHIU, A. L., HUEBNER, F. et van der MEI, R. D., éditeurs : *Internet Quality and Performance and Control of Network Systems*, volume 4211, pages 25–35. SPIE.
- [Árpád Huszák et Imre, 2006] ÁRPÁD HUSZÁK et IMRE, S. (2006). Selective retransmission of MPEG video streams over IP networks. In *International Symposium on Communication System Networks and Digital Signal Processing (CSNDSP)*, 5, pages 125–128, Patras, Greece.

Glossaire

- 3D** three-dimensional video (3D), une vidéo à trois dimensions ou en relief. Elle donne la possibilité d’apprécier des images en trois dimensions par l’intermédiaire de techniques permettant au cerveau humain de simuler une perception de profondeur..
- bitrate** le débit de la vidéo exprimé en kbps ou kilo bits par seconde. Plus le bitrate a une valeur importante, plus la qualité de la vidéo est bonne mais également plus grande est sa taille..
- DCCP** Datagram Congestion Control Protocol, (DCCP) est un protocole de communication orienté paquet (classé dans la couche de transport (4) du modèle OSI). Il a été développé à l’IETF et est normalisé dans le RFC 4340. Il a actuellement trois contrôles de congestion : TCPlike, TFRC et TFRC-lite et il utilise ECN par défaut.
- ECN** Explicit Congestion Notification (ECN) est une extension du protocole TCP qui permet la notification de la congestion du réseau préalable à la perte de paquets..
- FEC** Forward Error Correction, code correcteur d’erreur.
- FPS** Frames Per Second (FPS), le nombre d’images par seconde d’une vidéo. Plus le nombre d’images est élevé, plus la vidéo est fluide et agréable à regarder.
- GNU** GNU est un système d’exploitation composé exclusivement de logiciels libres. Son nom est un acronyme récursif de « Gnu’s Not Unix » qui signifie GNU n’est pas UNIX.
- H.264** H.264, ou MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding), ou MPEG-4 Part 10, est une norme de codage vidéo développée conjointement par l’ITU-T ainsi que l’ISO/CEI Moving Picture Experts Group (MPEG). La norme H.264 comprend de nombreuses techniques nouvelles qui lui permettent de compresser beaucoup plus efficacement

les vidéos que les normes précédentes et fournit plus de flexibilité aux applications dans un grand nombre d'environnements réseau.

- HD** High Definition video, une vidéo de haute définition. Elle se réfère à toute vidéo d'une résolution supérieure à celle ayant une définition standard (SD, Standard Definition). Généralement, cela nécessite des résolutions d'affichage de 1280x720 pixels (720p) ou 1920x1080 pixels (1080i/1080p)..
- IETF** Internet Engineering Task Force, un groupe informel, international, ouvert à tout individu, qui participe à l'élaboration de standards pour Internet.
- IP** Internet Protocol, le protocole de communication fondamental de la suite des protocoles Internet. C'est un protocole de communication de réseau informatique, classé dans la couche réseau (3) du modèle OSI.
- ISO** International Standardization Organization, un organisme de normalisation international composé de représentants d'organisations nationales de normalisation de 158 pays.
- MPEG** Moving Pictures Experts Group, groupe d'experts de l'ISO chargé du développement de normes internationales pour la compression, la décompression et le traitement de la vidéo, de l'audio et de leur combinaison, de façon à satisfaire une large gamme d'applications.
- OSI** Open System Interconnection (OSI), modèle d'interconnexion des systèmes en réseau, norme proposée par l'ISO pour les communications entre ordinateurs. Il y a 7 couches : 1- la couche physique; 2- la couche liaison de données; 3- la couche réseau; 4- la couche transport; 5- la couche session; 6- la couche présentation; 7- la couche application..
- RFC** Request for Comments (RFC), littéralement « demande de commentaires », sont une série numérotée de documents officiels décrivant les aspects techniques d'Internet, ou de différents matériels informatiques..
- RTCP** Real Time Control Protocol, protocole de contrôle en temps réel (au niveau de la couche application (7) du modèle OSI)..
- RTP** Real-Time Transport Protocol, protocole pour le transfert temps réel (au niveau de la couche application (7) du modèle OSI).
- SVC** Scalable Video Coding (SVC), le codage vidéo évolutive est le nom donné à une norme de compression vidéo développée conjointement par UIT-T et l'ISO. L'objectif de SVC est d'offrir un contenu qui peut être encodé une fois et offrir ensuite différents débits avec différentes qualités..
- TCP** Transmission Control Protocol, protocole de contrôle de transmission. C'est un protocole de transport fiable sur un réseau. Il est situé au niveau de la couche transport (4) du modèle OSI.

TCPlike Un contrôle de congestion semblable à celui de TCP. C'est aussi un des contrôles de congestion de DCCP. Il est approprié pour les flux DCCP qui aimeraient recevoir autant de bande passante que possible sur le long terme.

TFRC TCP-Friendly Rate Control (TFRC) est un mécanisme de contrôle de congestion conçu pour les flux unicast sur Internet. Son objectif est de faire une concurrence loyale avec le trafic TCP sur des périodes moyennes, et d'être beaucoup moins variable que TCP sur des délais courts. Il fait parti des contrôle de congestion de DCCP.

UDP User Datagram Protocol, protocole de datagramme utilisateur. C'est l'un des principaux protocoles de télécommunication utilisés par Internet. Il fait partie de la couche transport (4) du modèle OSI.