



HAL
open science

Adaptation des flux de vidéoconférence en coeur de réseau SDN

Christelle Al Hasrouty, Cristian Olariu, Vincent Autefage, Damien Magoni,
John Murphy

► **To cite this version:**

Christelle Al Hasrouty, Cristian Olariu, Vincent Autefage, Damien Magoni, John Murphy. Adaptation des flux de vidéoconférence en coeur de réseau SDN. Rencontres Francophones sur la Conception de Protocoles, l'Évaluation de Performance et l'Expérimentation des Réseaux de Communication, May 2017, Quiberon, France. hal-01514461

HAL Id: hal-01514461

<https://hal.science/hal-01514461>

Submitted on 28 Apr 2017

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.

Adaptation des flux de vidéoconférence en coeur de réseau SDN

Christelle Al Hasrouty¹, Cristian Olariu², Vincent Autefage¹,
Damien Magoni¹ et John Murphy²

¹Univ. Bordeaux, LaBRI, UMR 5800, F-33400, Talence, France

²Univ. Coll. Dublin, School of Computer Science, Belfield, Dublin 4, Ireland

Les flux de vidéo en direct, tels que ceux des flux de vidéoconférence, ont des contraintes strictes de délai et consomment beaucoup de bande passante. Pour gérer ces contraintes, les applications de vidéoconférence utilisent le plus souvent un serveur centralisé et n'exploitent pas les services offerts par les couches réseau. Avec l'émergence du *Software Defined Networking* (SDN), il est maintenant possible d'optimiser la transmission vidéo en direct en opérant au coeur du réseau, et ce en employant des techniques avancées telles que le multicast ou les flux multiniveaux (*stream layering*). Dans cet article, nous étudions l'impact de ces techniques sur la qualité des vidéoconférences en termes de bande passante et de délai. Nous montrons plus généralement l'intérêt de l'utilisation du SDN dans ce contexte, notamment concernant la capacité du réseau.

Mots-clefs : SDN ; Vidéoconférence ; Arbres de diffusion multipoint ; Débits adaptatifs ; SVC

1 Introduction

L'utilisation d'appareils mobiles induit des contraintes spécifiques aux réseaux sans fil sur les vidéoconférences, ce qui impacte la Qualité d'Expérience (*Quality of Experience*) des utilisateurs. Afin de pallier les différences en termes de débit, chacun d'entre eux utilise un transcoding qui re-encode les flux audio et vidéo. Mais ce re-encodage peut dégrader la qualité des flux. Le *Scalable Video Coding* (SVC) [SMW07] est une technique qui évite le re-encodage en utilisant des flux vidéo multiniveaux, chaque niveau correspondant à une qualité donnée. Les utilisateurs ne reçoivent donc que les niveaux correspondant à leur débit et les flux demandant une plus grande capacité sont supprimés. Cependant, cette suppression est faite au niveau du point d'accès et les flux les plus consommateurs en bande passante sont souvent transportés inutilement jusqu'à ces points. Or, il n'est pas nécessaire de délivrer les niveaux de flux les plus élevés jusqu'au point d'accès d'un utilisateur qui ne peut pas le recevoir à cause de la capacité insuffisante de son lien d'accès. Éliminer ces flux en amont permet d'économiser de la capacité au coeur du réseau. Dans cet article, nous proposons un algorithme qui permet la sélection des flux dans le réseau. Cet algorithme utilise des techniques de SDN pour construire des arbres de diffusion multicast et détermine à quels endroits les niveaux de flux vidéo non nécessaires doivent être supprimés.

2 Modèle de vidéoconférence avec SDN

Un utilisateur participant à une vidéoconférence est à la fois un émetteur et un récepteur de flux vidéo. Les utilisateurs se connectent au réseau via une technologie 4G, comme LTE. Comme ils sont mobiles, ils peuvent être arbitrairement connectés à n'importe quel nœud du réseau, et plusieurs d'entre eux peuvent être connectés au même nœud. Chaque nœud dans le réseau est supposé fournir une fonction d'accès sans fil (comme par exemple eNode-B) et des fonctions de commutation SDN (*SDN switching functions*). Chaque nœud contient un commutateur OpenFlow et peut communiquer avec un contrôleur SDN. Il peut donc adapter les flux SVC et supprimer les niveaux non utilisés sur les chemins indiqués par le contrôleur. Les flux SVC sont structurés en plusieurs niveaux, tous reposant sur un niveau de base. Dans cet article, nous considérons qu'ils consistent en un niveau de base L1 et trois niveaux supérieurs L2, L3 et L4. Les débits indiqués incluent les en-têtes spécifiques au réseau et le flux audio :

- Uniquement audio (*Audio-only*), 32Kbps
- L1 : Niveau de base contraint (*Scalable Constrained Baseline*), 90Kbps
- L2 : Niveau de base amélioré (*Scalable Baseline*), 250Kbps
- L3 : Niveau élevé contraint (*Scalable Constrained High*), 0,5Mbps
- L4 : Niveau élevé amélioré (*Scalable High*), 1Mbps

Un niveau ne peut être utilisé que si les flux de tous les niveaux inférieurs sont également reçus. Chaque utilisateur accepte le maximum de niveaux que son débit descendant permet. Avec le niveau de base, l'utilisateur reçoit la qualité de vidéo la plus basse. Si même le niveau le plus bas n'est pas permis par le débit de l'utilisateur, celui-ci peut quand même participer à la conférence en n'utilisant que le flux audio à 32kbps. En deçà de ce débit, l'utilisateur ne peut plus participer. Durant une vidéoconférence, chaque utilisateur émet le niveau maximum que peut recevoir n'importe quel autre utilisateur, si son débit montant le permet. Les flux sont ensuite adaptés aux utilisateurs ayant un débit descendant faible en supprimant les niveaux supérieurs. La vision globale de la topologie du réseau et de la capacité des liens grâce à SDN permet d'identifier les nœuds où les flux SVC doivent être adaptés.

3 Algorithme de construction des sessions vidéo

L'algorithme est exécuté par le contrôleur SDN. Pour établir une vidéoconférence, il construit un arbre multicast de chaque émetteur vers tous les récepteurs. Il s'appuie sur les principes suivants :

- Pour n participants, n arbres multicast sont construits ;
 - Tous les flux des différents niveaux émis par le même utilisateur suivent le même chemin dans le réseau. Il n'y a pas un arbre par niveau mais un arbre pour tous les niveaux. Certaines branches de l'arbre ne transporteront qu'un sous-ensemble des flux selon où la suppression des flux supérieurs est effectuée ;
 - Pour les simulations, le débit descendant des liens d'accès est sélectionné aléatoirement parmi un ensemble de débits 4G plausibles. Il est supposé ne pas varier durant la vidéoconférence ;
 - Les liens du cœur du réseau sont supposés avoir la même bande passant dédiée à ce type de trafic audio/vidéo. Elle varie entre 100Mbps et 1Gbps selon le scénario étudié ;
 - Le contrôleur SDN doit connaître la topologie complète du réseau, la position des utilisateurs ainsi que leur débit montant et descendant ;
 - Chaque commutateur SDN est capable d'adapter les flux vidéo en supprimant les niveaux SVC supérieurs.
- L'algorithme est constitué de trois étapes principales :

1. Constater la capacité du lien d'accès (descendant) de chaque utilisateur ;
2. Calculer le niveau de flux pour chaque émetteur et chaque récepteur selon son débit ;
3. Construire un arbre multicast de chaque émetteur vers tous les récepteurs si leur bande passante le permet.

Avant l'exécution de l'algorithme, le contrôleur récupère l'état général du réseau. Durant l'étape 1, le contrôleur constate la capacité du lien d'accès de l'utilisateur en interrogeant le commutateur auquel l'utilisateur est connecté. Durant l'étape 2, le niveau pouvant être reçu par chaque utilisateur est calculé en divisant la capacité totale de son lien d'accès descendant par le nombre de participants à la vidéoconférence (excepté lui-même), et ensuite en sélectionnant le niveau le plus élevé demandant un débit inférieur ou égal à la valeur obtenue. Cela signifie que chaque utilisateur recevra le même niveau de tous les émetteurs (optimiser la réception avec des niveaux différents pour un même utilisateur induirait une complexité trop élevée et sera considéré dans des travaux futurs). Le niveau émis par chaque utilisateur est ensuite défini comme étant le niveau le plus élevé pouvant être reçu par les autres utilisateurs.

Durant l'étape 3, chaque utilisateur (considéré comme un émetteur), construit un arbre multicast vers tous les autres utilisateurs. Les niveaux possibles sont triés du plus élevé (nécessitant un débit B) au plus bas. Les récepteurs sont également triés selon le niveau le plus élevé qu'ils peuvent recevoir, et en cas d'égalité, selon leur distance (en nombre de liens) de l'émetteur. Puis un chemin est construit entre l'émetteur et le premier récepteur (selon le tri) avec un débit B . Pour les autres récepteurs ayant le même niveau que le premier, deux méthodes sont définies pour les connecter à l'émetteur :

- Arbre couvrant qui minimise de façon non-optimale la consommation de bande passante (*Minimizing Spanning Tree- MST*) : Un plus court chemin est construit vers le récepteur à partir du nœud de l'arbre qui lui est le plus proche.

— Arbre de plus courts chemins (*Shortest Path Tree- SPT*) : Un plus court chemin est construit de l'émetteur vers le récepteur. Cette méthode vise à obtenir un arbre qui minimise le délai pour chaque participant.

S'il n'est pas possible d'obtenir un chemin par les méthodes ci-dessus à cause de liens saturés, l'appel est rejeté. L'algorithme est donc arrêté et le contrôleur restaure l'état du réseau avant l'exécution. Si tous les chemins vers les nœuds nécessitant un débit B sont établis correctement, les flux sont dupliqués au niveau des nœuds de jonctions dans l'arbre. Les nœuds du niveau suivant sont à leur tour connectés à l'arbre selon une des méthodes décrites.

4 Simulation et résultats

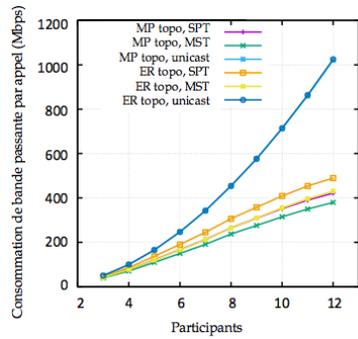
Pour évaluer l'efficacité de notre algorithme, nous avons généré des réseaux avec différentes topologies en utilisant le modèle d'Erdős-Rényi (ER) [ER59], ainsi que celui de Magoni-Pansiot(MP) [MP02] où la distribution des degrés des nœuds suit une loi de puissance. Nous avons comparé les méthodes MST et SPT à la méthode unicast où chaque utilisateur a une connexion unicast à chaque autre sans passer par un serveur central. Cette méthode est utilisée dans la plupart des applications. Dans nos simulations, le lien d'accès vers chaque utilisateur a un débit descendant choisi aléatoirement entre 4Mbps et 14Mbps. Le débit montant du lien d'accès est fixé à 1,5Mbps. Ces valeurs sont tirées de mesures réelles effectuées sur les réseaux 4G LTE actuels [BATM14]. Les liens du coeur du réseau ont une bande passante limitée dédiée aux communication audio/vidéo, telles que les vidéoconférences. Sa valeur est spécifiée dans les figures des simulations. Le délai des liens d'accès est fixé à 30 ms et celui des liens de coeur à 10 ms. Les résultats des figures 1a et 1b sont obtenus en générant 100 instances de chaque modèle (ER et MP) pour chaque taille de réseau. Chaque instance est générée avec une graine différente pour les nombres aléatoires. Pour chaque instance et chaque nombre d'utilisateurs, on effectue 100 vidéoconférences entre un ensemble aléatoire d'utilisateurs. Ainsi, chaque point de ces courbes est une moyenne de 10000 valeurs. D'un autre côté, afin de réduire le temps de calcul pour la génération des figures 1c et 1d, ce nombre de valeurs est réduit à 100 pour le modèle MP car ce modèle est plus réaliste que ER. L'intervalle de confiance à 95% est inférieur à 5% pour toutes les figures. La marge d'erreur est montrée uniquement pour les figures 1c et 1d.

La figure 1a montre l'évolution de la bande passante utilisée lors d'une vidéoconférence en fonction du nombre d'utilisateurs. La bande passante totale est calculée en sommant les bandes passantes utilisées sur chaque lien. Comme escompté, la méthode MST est celle qui consomme le moins de bande passante, suivie de près par SPT. La méthode unicast, quant à elle, consomme beaucoup plus. Cela est dû à la redondance des flux sur les liens. Avec 8 utilisateurs, la consommation des méthodes multicast est d'environ 70% celle de la méthode unicast. Cette proportion tombe à 40% avec 12 utilisateurs.

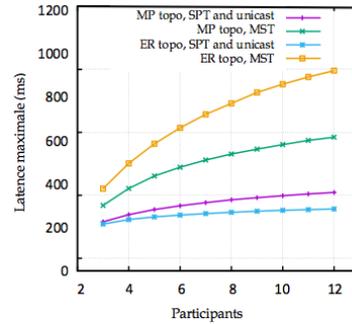
La figure 1b montre l'évolution du délai maximum d'une vidéoconférence en fonction du nombre de d'utilisateurs. Ce délai est le même pour les méthodes SPT et unicast et ne dépend pas du nombre d'utilisateurs. Il devient dépendant et augmente avec le nombre d'utilisateurs si on utilise la méthode MST. Mais les valeurs restent acceptables pour une communication vidéo interactive en direct.

La figure 1c montre l'évolution du nombre de vidéoconférences simultanées possibles en fonction de la taille du réseau. Les vidéoconférences sont générées aléatoirement et ajoutées dans le réseau les unes après les autres. Si l'une d'entre elles est rejetée à cause de la saturation du réseau, le simulateur essaie d'en ajouter d'autres car il est possible qu'elles ne soient pas rejetées si elles n'utilisent pas des liens saturés. Cependant, après 10 rejets, on estime que la probabilité d'ajouter d'autres vidéoconférences est faible et que la capacité du réseau est atteinte. Sur cette figure ainsi que la figure 1d, les barres d'erreur montrent l'erreur type autour de la moyenne. Pour des réseaux à 4000 nœuds, et en supposant que les liens de coeur ont une capacité dédiée à l'audio/vidéo de 500Mbps, on peut constater que la méthode MST permet d'effectuer plus de 1050 vidéoconférences simultanées. La méthode unicast permet environ 730. La méthode MST permet donc un gain de 43%. Ce gain est plus petit pour de plus petits réseaux. Par exemple, un gain de 35% est observé pour des réseaux à 500 nœuds. La méthode SPT est légèrement moins performante que MST mais la différence est très faible.

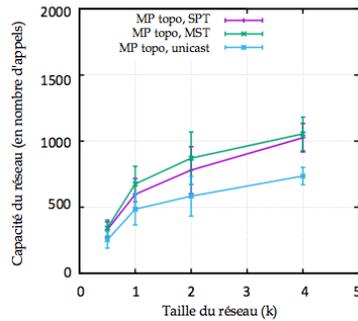
La figure 1d montre l'évolution du nombre de vidéoconférences simultanées possibles en fonction de la capacité dédiée des liens de coeur. Pour cette simulation, la taille des réseaux est fixée à 2000 nœuds. Les résultats montrent que la méthode MST permet les meilleures performances, suivie de près par SPT, loin devant la méthode unicast. Le gain est de 80% pour une capacité de 100Mbps et de 36% pour une capacité de 1Gbps. Quand la capacité est faible, la saturation est atteinte bien plus rapidement en utilisant la méthode unicast qu'en



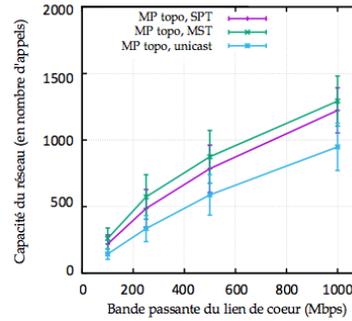
(a) Consommation de bande passante par vidéoconférence en fonction de la méthode utilisée et du nombre d'utilisateurs. (réseau de 2000 nœuds, 1Gbps la capacité des liens de cœur).



(b) Délai maximum en fonction de la méthode utilisée et du nombre d'utilisateurs. (réseau de 2000 nœuds, 1Gbps la capacité des liens de cœur).



(c) Nombre de vidéoconférences simultanées en fonction de la taille du réseau. (6 utilisateurs, 500Mbps la capacité des liens de cœur).



(d) Nombre de vidéoconférences simultanées en fonction de la capacité dédiée des liens de cœur. (6 utilisateurs, réseau de 2000 nœuds).

FIGURE 1: Résultats de simulation

utilisant MST ou SPT.

5 Conclusion

Dans cet article, nous avons proposé un système de vidéoconférence en utilisant une architecture SDN. Notre système utilise les différents niveaux SVC et les adapte au cœur du réseau aux endroits les plus appropriés. De plus, il utilise une technologie multicast pour éliminer la redondance des flux. Les résultats des simulations montrent que la bande passante utilisée par notre méthode MST est seulement de 40% celle utilisée par la méthode unicast dans certaines configurations, tout en maintenant un délai acceptable. Le nombre de vidéoconférences simultanées que peut supporter le réseau est substantiellement supérieur en utilisant notre méthode. Dans de futurs travaux, nous prévoyons d'étudier la robustesse du système proposé dans un environnement dynamique où les débits des liens d'accès des participants varient durant les appels. Nous prévoyons également d'implémenter un prototype de notre système sur un réseau virtuel pour confirmer les résultats obtenus par simulation.

Références

- [BATM14] V. Buenestado, Jose María Ruiz Avilés, Matias Toril, and Adriano Mendo. Analysis of throughput performance statistics for benchmarking It networks. *IEEE Communications Letters*, 18 :1607–1610, 2014.
- [ER59] Paul Erdős and Alfréd Rényi. On random graphs i. *Publicationes Mathematicae*, 6 :290–297, 1959.
- [MP02] Damien Magoni and Jean-Jacques Pansiot. Internet topology modeler based on map sampling. In *Proceedings of the 7th IEEE Symposium on Computers and Communications*, pages 1021–1027, 2002.
- [SMW07] Heiko Schwarz, Detlev Marpe, and Thomas Wiegand. Overview of the scalable video coding extension of the h. 264/avc standard. *IEEE Trans. on circuits and systems for video technology*, 17(9) :1103–1120, 2007.