
Diffusion Vidéo avec une Meilleure Qualité d'Expérience et Respectant la Vie Privée

Simon DA SILVA

Directeurs : Daniel NÉGRU, Laurent RÉVEILLÈRE

Laboratoire Bordelais de Recherche en Informatique, LaBRI, CNRS UMR 5800, Université de Bordeaux

30 mars 2020

Le streaming vidéo devrait atteindre 82% du trafic total sur Internet en 2022. Il y a deux raisons à ce succès : la multiplication des sources de contenu vidéo et la démocratisation des connexions haut-débit à Internet. Les principales plateformes de streaming vidéo dépendent d'infrastructures planétaires pour répondre à la demande croissante en qualité visuelle. Cependant, l'utilisation de ces plateformes génère des données personnelles sensibles (sous la forme d'historiques de visionnage). Protéger les intérêts des utilisateurs est nécessaire pour une nouvelle génération de services de streaming vidéo respectueux de la vie privée. Cette thèse propose une nouvelle approche pour du streaming vidéo temps-réel multi-sources en délivrant du contenu avec une meilleure qualité d'expérience (délai de démarrage rapide, flux stable en haute qualité, pas de coupures) tout en permettant une protection de la vie privée (grâce aux environnements d'exécution de confiance).

Introduction

Le streaming vidéo représente actuellement 65% du trafic mobile sur Internet et devrait atteindre 82% du trafic total d'ici 2022. YouTube et Netflix représentent à eux seuls plus de 50% du trafic Internet en heure de pointe aux États-Unis. De plus, l'essence même de la télévision (la diffusion en direct) est en train de basculer vers des alternatives sur Internet comme Twitch, privilégiées par le public grâce à leur flexibilité d'utilisation et de support. La part du streaming vidéo en direct sur Internet est également en très forte croissance, puisqu'elle devrait être multipliée par 15 pour atteindre 17% du trafic vidéo total d'ici 2022.

Ces nouveaux modes de consommation de contenus posent un problème majeur : la *qualité d'expérience* proposée à l'utilisateur. En effet, avec une telle croissance, les opérateurs et fournisseurs de contenu peinent à mettre à niveau leurs infrastructures pour supporter la demande toujours croissante des utilisateurs. Les ré-

seaux sont souvent saturés, les serveurs se retrouvent surchargés, et il devient de plus en plus difficile de proposer une diffusion fiable, sans coupures, avec une bonne qualité visuelle et une stabilité satisfaisante, à des coûts abordables pour les fournisseurs de contenus. Il est alors nécessaire de trouver des solutions pour réduire l'impact de ces flux sur la santé du réseau, en permettant au plus grand nombre d'accéder aux ressources tout en fournissant une bonne qualité d'expérience aux utilisateurs consommant les contenus.

Des méthodes de streaming vidéo adaptatif sur HTTP ont récemment vu le jour, notamment le standard DASH qui est utilisé entre autres par YouTube, Facebook, Netflix et Twitch. L'objectif de ces techniques est de réduire le nombre de coupures lors de la diffusion en adaptant la qualité du flux à la bande passante disponible entre l'utilisateur et le serveur. Pour cela, la vidéo est d'abord encodée dans plusieurs qualités. Ensuite, chaque qualité est découpée en segments de quelques secondes. Quand le client souhaite lire une

vidéo, le serveur lui fournit une liste des qualités disponibles, et le lecteur vidéo choisit alors la qualité la plus adaptée à la bande passante disponible pour chaque segment. La vidéo est alors reçue en plusieurs segments qu'il faut remettre bout à bout pour lire le flux.

Motivation

Le standard DASH et les techniques similaires permettent d'améliorer sensiblement la *qualité d'expérience* du public en éliminant la plupart des coupures dues aux mauvaises conditions du réseau entre l'utilisateur et le serveur. En revanche, les problèmes liés à la surcharge des serveurs ou à leur capacité perdurent. Si de nombreux utilisateurs situés dans la même zone géographique regardent simultanément un même contenu vidéo, le serveur le plus proche devient rapidement surchargé. Certains utilisateurs subissent alors des dégradations de qualité ou une indisponibilité du contenu, et donc une *qualité d'expérience* faible et inéquitable.

Une autre problématique importante est la protection de la *vie privée*. L'utilisation des plateformes de streaming génère des informations personnelles sensibles en terme d'historique de visionnage aux vidéos. Ces données peuvent être exploitées soit au bénéfice de l'utilisateur, par exemple pour lui faire des recommandations personnalisées pour d'autres contenus, ou au bénéfice de la plateforme pour de la publicité ciblée. Cependant, la disponibilité des historiques d'accès peut également conduire à des menaces majeures sur la vie privée. En effet, il est facilement possible d'inférer des informations privées sur l'utilisateur, tel que son genre, origine, ses orientations politiques, religieuses ou sexuelles, ou la composition du domicile familial.

Objectif L'objectif de cette thèse est de proposer un système pragmatique et réaliste de streaming vidéo préservant la vie privée, avec à la fois une meilleure *qualité d'expérience* et des garanties de protection de la *vie privée* aux utilisateurs, au moindre coût. Proposer une bonne *qualité d'expérience* signifie (1) fournir une qualité d'image haute, (2) minimiser les fluctuations de qualité, (3) éviter les interruptions pendant la lecture, et (4) assurer un délai de démarrage rapide. Protéger la *vie privée* des utilisateurs dans un système de streaming vidéo signifie camoufler leur historique de visionnage, à la fois des serveurs et des autres utilisateurs.

Contexte Plusieurs protocoles de streaming vidéo multi-sources ont récemment émergé pour faire face à la surcharge des serveurs ou liens réseau. MS-Stream (Multiple-Source Streaming) [1], conçu au LaBRI, est un protocole de streaming vidéo adaptatif compatible avec DASH. Il permet d'utiliser plusieurs serveurs simultanément pour assurer une meilleure *qualité d'expérience* au public, à la fois en réduisant le nombre de coupures et en améliorant la qualité vidéo affichée (grâce à l'agrégation des bandes passantes).

Contributions

MUSLIN *Muslin* [2] est une solution de streaming vidéo fournissant une *qualité d'expérience* haute et équitable aux utilisateurs, à un coût inférieur aux solutions actuelles. *Muslin* implémente MS-Stream pour la livraison du contenu. *Muslin* utilise des retours périodiques automatisés des lecteurs vidéo des clients pendant les sessions de streaming, et un score de classement pour provisionner et affecter dynamiquement les serveurs selon de multiples critères. Cela permet d'ajuster l'échelle de l'infrastructure en temps réel en fonction du besoin constaté et donc réduire les coûts.

PRIVATUBE *PRIVATUBE* [3] est un système de streaming vidéo fournissant une bonne *qualité d'expérience* à ses utilisateurs tout en protégeant leur *vie privée*. *PRIVATUBE* étend MS-Stream pour améliorer la *qualité d'expérience* et réduire la charge sur les serveurs en permettant aux clients de récupérer les contenus à la fois depuis les serveurs centraux et depuis les pairs ayant regardé le même contenu précédemment. *PRIVATUBE* protège la *vie privée* des utilisateurs en chiffrant tous les flux dans des enclaves Intel SGX. Des requêtes fictives permettent de brouiller les pistes tout en pré-provisionnant du contenu chez les pairs pour améliorer également la disponibilité et le passage à l'échelle. Nos résultats démontrent que *PRIVATUBE* offre un anonymat quasi-total aux utilisateurs tout en proposant une meilleure *qualité d'expérience* que les systèmes actuels.

PrivateRecSys *PrivateRecSys* est une solution permettant de fournir des recommandations aux utilisateurs des services de streaming tout en préservant leur *vie privée*, en garantissant un anonymat total. Pour cela, un système de double proxy dans des enclaves Intel SGX chiffre et anonymise les requêtes à la volée, de manière transparente pour les utilisateurs. Ce système est robuste aux attaques de type *side-channel*, et il a un impact faible sur la latence et le débit du service.

Références

- [1] J. Bruneau-Queyreix, M. Lacaud, D. Negru, J. Mongay Batalla, E. Borcoci. *Adding a new dimension to HTTP Adaptive Streaming through multiple-source capabilities*. IEEE MultiMedia 25, 3 (2018).
- [2] S. Da Silva, J. Bruneau-Queyreix, M. Lacaud, D. Négru, L. Réveillère. *MUSLIN : A QoE-Aware CDN Resources Provisioning and Advertising System for Cost-Efficient Multi-Source Live Streaming*. International Journal of Network Management (IJNM '19).
- [3] S. Da Silva, S. Ben Mokhtar, S. Contiu, D. Négru, L. Réveillère, E. Rivière. *PRIVATUBE : Privacy-Preserving Edge-Assisted Video Streaming*. 20th International Middleware Conference (Middleware '19).