



Programme ANR VERSO

Projet VIPEER

Ingénierie du trafic vidéo en intradomaine basée sur les
paradigmes du Pair à Pair

Dcision n° 2009 VERSO 014 01 06 du 22 dcembre 2009
T0 administratif = 15 Novembre 2009
T0 technique = 1er Janvier 2010

Deliverable 0.2

Rapport final sur la dissémination et la valorisation

Auteur:
A. Gravey (Telecom Bretagne)

Avril 2013

Telecom Bretagne ; Eurecom ; INRIA ; France Telecom ; NDS ; ENVIVIO

Résumé

La vidéo envahit le Web. Les fournisseurs d'accès Internet (FAI) et distributeurs de contenus (CDN) sont souvent en conflit relativement au financement de leurs interconnexions dont la capacité doit être augmentée pour éviter la congestion.

Pour remédier cette situation, le projet VIPEER a exploré des moyens permettant un FAI de contrôler et d'optimiser la distribution de contenus vidéo portés sur le canal Internet en collaboration avec un CDN qui peut ainsi servir ses clients dans de bonnes conditions.

Ce livrable présente la dissémination des résultats scientifiques obtenus durant le projet, ainsi que les projets de valorisation des partenaires industriels du projet.

Mots Clés : Distribution de contenus vidéo, réseau de distribution de contenus, codage vidéo, HTTP Adaptive Streaming (HAS), Dynamic Adaptive Streaming over HTTP (DASH), optimisation du positionnement, supervision du réseau, mesure de la QoE, démonstrateur

Table des matières

1	Introduction	4
2	Dissémination	6
2.1	Chaîne de valeur de la distribution vidéo et architecture VIPEER	6
2.2	Mesure de la QoE et Métrologie du système	7
2.3	Encodage et Transcodage vidéo	8
2.4	Organisation de Fonctionnement du dCDN	9
2.5	Prototypage et démonstration	11
3	Valorisation	12
3.1	Valorisation industrielle	12
3.2	Valorisation universitaire	12
3.3	Vulgarisation	13
4	Production logicielle	14
4.1	Logiciels de métrologie	14
4.2	Logiciels de codage vidéo	14
4.3	Prototypes	14
5	Conclusion	16
	Bibliographie	16

Chapitre 1

Introduction

La vidéo envahit le Web. On prévoit que son volume devrait être multiplié par quatre dans les cinq ans à venir. Les fournisseurs d'accès Internet (FAI) et distributeurs de contenus (CDN) jouent des rôles complémentaires : d'une part, les FAI ont directement accès aux clients mais ne maîtrisent ni le volume, ni la localisation des contenus sur Internet ; d'autre part les CDN contrôlent ces contenus mais doivent passer par les FAI pour accéder aux clients. FAI et CDN sont souvent en conflit relativement au financement de leurs interconnexions dont la capacité doit être augmentée pour éviter la congestion [15].

Pour remédier à cette situation, le projet VIPEER propose le moyen de contrôler et d'optimiser la distribution de contenus vidéo sur Internet. VIPEER suppose qu'une collaboration s'établit entre le CDN et le FAI, au terme de laquelle le CDN délègue la distribution de certains contenus (typiquement, les plus populaires) au FAI. Le FAI opère alors son propre réseau de distribution de contenu, distribué géographiquement sur des serveurs de son propre réseau : le dCDN. Cette délégation permet de distribuer les contenus au plus près de la demande, sans solliciter les liens interconnectant CDN et FAI.

Ce sont de véritables outils d'ingénierie du trafic que le projet VIPEER a développés : une architecture fonctionnelle du dCDN a été conçue, ainsi qu'un processus transparent de redirection des demandes du client vers le dCDN.

Les contenus vidéo sont distribués en utilisant une technique de type HTTP Adaptive Streaming (HAS), ce qui est d'ailleurs implémenté par tous les acteurs industriels. Chaque contenu est segmenté en séquences de quelques secondes, chaque séquence pouvant être distribué par différents serveurs, et à différents débits d'encodage. La vitesse de réception est estimée afin de sélectionner en conséquence la demande du segment au débit d'encodage requis.

Des méthodes d'optimisation du placement des contenus, et de la sélection du serveur à utiliser pour chaque demande, le tout en fonction de la popularité du contenu, de la localisation de la demande et de l'état du réseau et des serveurs, ont été développées. VIPEER propose une solution pour l'un des cas d'usage des interconnexions de CDNs, sujet traité par le groupe CDNI de l'IETF, qui a débuté ses travaux en 2011. L'interconnexion de CDNs soulève également des problèmes réglementaires et commerciaux qui n'ont pas été directement abordés au sein du projet VIPEER.

Les trois équipes universitaires ont pu avancer leurs travaux dans les domaines de la distribution et du stockage dans le nuage, celui de l'estimation de la QoE, celui de la classification du trafic par catégories d'applications, et celui des calculs sur de grands volumes de données.

Les travaux menés durant VIPEER sont rapportés dans le chapitre 2 et ont donné lieu à plus d'une quinzaine de publications scientifiques : six articles de journaux internationaux, onze communications dans des conférences internationales, dont deux multipartenaires. L'une de ces deux communications a obtenu la distinction du "Best Paper" de cette conférence. Un bref article de vulgarisation a été produit par le Pôle de Compétitivité Images et Réseaux et une conférence publique a présenté les résultats du projet lors des Trophées "Loading the Future" en Octobre 2012.

Les projets de valorisation des partenaires industriels du projet sont décrits brièvement dans le chapitre 3. Orange Labs a pu évaluer l'opportunité d'opérer des CDN internes pour servir les flux vidéo distribués dans le canal Internet. Envivio a développé des outils de codage et de distribution vidéo utilisant les méthodes d'adaptive streaming (HAS / DASH). Ces outils sont commercialisés aujourd'hui. NDS (faisant maintenant partie de Cisco) a partagé son expérience quant à l'utilisation du Cloud / Big Data (Amazon Web Service et Hadoop MapReduce) et a acquis des compétences relatives à HAS, OTT, services STB.

Chapitre 2

Dissémination

Ce chapitre résume les résultats obtenus au cours du projet VIPEER, et indique comment ces résultats ont été disséminés au sein de la communauté académique principalement, et au delà quand cela a été possible.

2.1 Chaîne de valeur de la distribution vidéo et architecture VIPEER

La chaîne de valeur de la distribution de contenus vidéo a été étudiée dès le début du projet VIPEER. En identifiant les acteurs, les chemins de données et les interfaces commerciales, ce travail justifie commercialement l'interaction directe entre distributeur de contenu au niveau mondial et distribution de contenu par le FAI pour ses clients. Ce travail a été rapporté dans le livrable D1.1. Il figure sous forme abrégée dans la publication [17].

Les livrables D1.1 et D1.2 présentent pourquoi la collaboration entre distributeur vidéo et FAI doit être explicite :

- le client réclamant une vidéo la demande explicitement au distributeur vidéo ; le FAI ne voit pas cette demande (elle s'exprime dans une requête HTTP qui ne doit pas être interceptée, et qui peut d'ailleurs être cryptée) ; c'est donc au distributeur vidéo d'explicitement rediriger la demande vers le FAI ;
- les droits sur les contenus ont été négociés entre le propriétaire du contenu et le distributeur vidéo, et non avec le FAI. Le distributeur vidéo doit donc déléguer explicitement ces droits au FAI. Cela pose des difficultés techniques si le contenu est crypté et ne doit jamais circuler en clair au terme de l'accord avec le propriétaire du contenu (ce qui est souvent le cas pour les contenus premium). En particulier, cela remet en cause une mise en oeuvre simple de fonctions de transcodage implémentées par le FAI.

L'architecture fonctionnelle de VIPEER a été introduite dans le livrable D1.2 et finalisée en milieu de projet ; elle figure dans D1.3. L'architecture fonctionnelle élaborée par le projet VIPEER correspond à CDN distribué dans le réseau du FAI (dCDN) et opéré par ce dernier. Les blocs fonctionnels devant apparatre dans une architecture fonctionnelle permettent :

- Au fournisseur OTT de déléguer certains contenus au FAI
- Au FAI de sélectionner les serveurs sur lesquels les composantes des différentes versions d'un contenu sont stockées
- Au FAI de superviser l'état de ses serveurs ainsi que des ressources réseau
- Au fournisseur OTT de rediriger les demandes des clients vers le FAI

- Au FAI de diriger le client vers un serveur idoine du FAI, en tenant compte des erreurs possibles.

L'architecture VIPEER repose sur trois éléments fonctionnels : les noeuds du dCDN, le dCollector qui supervise le réseau du FAI et le dTracker qui assure l'interface avec le fournisseur de contenu ou le CDN international et qui décide o stocker les contenus qui sont segmentés en séquences temporelles, une séquence pouvant figurer codée en multiples formats (pour tenir compte de la multiplicité des clients vidéo) et à des débits différents (pour tenir compte des ressources disponibles). VIPEER a permis, pour la première fois, de mettre au point et de tester une architecture (présentée dans [17]) mettant en oeuvre une collaboration entre un acteur OTT et un FAI.

Cette architecture fonctionnelle se base sur le fait que le FAI et l'OTT distribuant des contenus vidéo doivent collaborer explicitement. Plusieurs conflits récents impliquant les acteurs de distribution de contenus ont été décrits dans le livrable D1.4 et [9]. L'architecture VIPEER a été évaluée d'un point de vue économique dans le livrable D1.4 en supposant que l'opérateur pouvait cacher des contenus au niveau de l'accès Internet d'une grande ville, et ainsi distribuer directement des contenus à la place de l'OTT. Pour se baser sur des données réalistes, et non sur des hypothèses arbitraires, des campagnes de mesures ont été effectuées sur le trafic YouTube dans les réseaux d'Orange, cf. [13,14]. L'analyse technico économique de l'architecture a été étudiée dans [9]. Un modèle prenant en compte les revenus et les coûts potentiels a été développé, qui a essayé de quantifier les intérêts respectifs du FAI et de l'OTT. Il a été montré que, pour être efficace, le gain en nombre de clients doit être suffisamment important pour justifier le déploiement d'une telle infrastructure.

On note finalement que VIPEER réalise un des cas d'interaction entre CDN identifiés récemment par l'IETF [2], comme le note le livrable D1.4.

2.2 Mesure de la QoE et Métrologie du système

L'un des objectifs de VIPEER est de permettre l'adaptation du fonctionnement du dCDN aux ressources disponibles en matière de stockage et à la variation des paramètres du réseau (e.g. congestion). L'optimisation de la distribution de contenus au sein d'un FAI tenant compte de la performance du réseau de ce dernier passe donc par la mise en place d'une infrastructure de mesure permettant d'informer le dCDN de l'état du réseau. Pour ce faire, une infrastructure de mesure a été développée dans le cadre de ViPEER. En plus de mesurer des métriques classiques tels que les délais, les pertes et la bande passante disponible des liens, cette infrastructure inclut la mesure de la QoE ainsi qu'un outil de classification permettant, sans faire de la DPI (Deep Packet Inspection) de détecter le type de trafic traversant le réseau.

Le développement d'un outil de mesure de la QoE pour le streaming adaptatif temps réel a nécessité, dans un premier temps, d'explorer l'état de l'art (livrable D2.1). Les techniques objectives permettent d'obtenir une estimation assez fine de la QoE. Cependant, la nécessité de requérir à une référence rend ces approches inexploitable dans le cadre d'une mesure en temps réel. Permettant une meilleure estimation de la QoE que les techniques subjectives, les techniques pseudo-subjectives s'appuient sur la modélisation de l'évaluation humaine à travers la mesure de l'impact de certains paramètres réseaux sur la qualité perue. Pour ce faire, l'outil PSQA Pseudo-subjective Quality Assesment , se basant sur des réseaux de neurones aléatoire, a été étendu pour modéliser la qualité perue lors de la réception de flux adaptatif temps réel; ces travaux sont rapportés dans les livrables D2.2, D2.3 et dans [21].

Traditionnellement, la classification de trafic se base sur des outils tels que la DPI (Deep Packet Inspection) qui consistent à analyser le contenu de chaque paquet. Ces outils, très gourmands en ressources, présentent des limitations :

- tout d’abord, à très haut débit, il n’est pas toujours possible d’analyser chaque paquet ;
- d’autre part, si le flux est crypté, l’analyse d’un paquet crypté n’apporte aucune information

Pour se faire, un classificateur de trafic, basé sur une technique d’apprentissage supervisé, a été proposé dans le cadre de VIPEER. L’approche proposée, qui s’appuie sur une méthode de reconnaissance des formes exploitant des descripteurs de trafic simples, se base sur les machines à vecteur de support (i.e. Support Vector Machine ou SVM) pour la classification de trafic. Il a été démontré qu’il était possible d’utiliser des cartes comme NetFPGA pour implémenter des classificateurs de trafic basés sur cette technique d’apprentissage supervisé. Tous ces travaux sont rapportés dans les livrables D2.2, D2.3 et dans [12].

Tous ces outils ont d’abord été développés individuellement ; il a fallu également les intégrer au prototype VIPEER. Pour cela, un serveur a été conçu afin de centraliser les mesures. Ce serveur sera utilisé par les fonctions de réplication sur les serveurs du dCDN et de sélection du serveur de dCDN lors d’une demande de lecture. La mesure de métriques simples est également pilotée par ce serveur :

- le temps d’aller-retour entre serveur et client (ou zone géographique du client) ; cette mesure est réalisée à l’aide de simples PING ;
- la bande passante disponible pour chaque serveur ; cette mesure est réalisée localement par chaque serveur vidéo.

Cette architecture de mesure est décrite dans les livrables D2.2 et D2.3. Elle a été implémentée dans le prototype de VIPEER développé à la fin du projet et sur lequel des démonstrations ont été menées (voir livrables D4.4 et D5.5).

2.3 Encodage et Transcodage vidéo

Lors du lancement de VIPEER, le consortium n’avait pas statué sur le mode d’encodage de la vidéo. En fait, la distribution des contenus vidéo en 2009 était caractérisée par la multiplicité des modes d’encodage. Il y avait d’une part le codage standardisé SVC (Scalable Video Coding) qui n’était pas déployé à grande échelle en raison de son manque de flexibilité et de sa remise en cause potentielle des architectures traditionnelles de distribution vidéo. D’autre part, les CDN utilisaient majoritairement de multiples solutions propriétaires de type HAS : par exemple celle d’Apple HTTP Live Streaming (HLS) ou celle de Microsoft Smooth Streaming .

La première décision a été de choisir un mode HAS, en raison d’une part de son utilisation majoritaire par les CDN, et d’autre part pour sa capacité à s’adapter à l’état dynamique du lien entre client et serveur. Cependant, alors que l’utilisation habituelle de HAS laisse chaque usager faire ses demandes individuellement au serveur vidéo, VIPEER diffère de ce mode car c’est au dCDN de sélectionner d’une part le serveur le plus approprié, et d’autre part de contrôler le débit d’encodage envoyé au client par ce serveur.

Une plateforme d’encodage de contenus a donc été développée par le partenaire ENVIVIO. Sa première version (décrite dans D3.2) supportait des formats propriétaires, mais la version finale qui fait l’objet du livrable non public D3.4 est basée sur des encodages DASH [1], version de HAS standardisée qui a vu le jour durant le projet VIPEER. La norme DASH identifie

aujourd'hui deux profils possibles :

- Un profil VOD qui nécessite de manipuler côté serveur une table d'indexation ainsi que des fichiers (un fichier par représentation) ; selon le niveau de qualité requis par le client (par exemple), la table d'indexation sélectionne un segment identifié par un byte de début et un byte de fin à l'intérieur du fichier correspondant à la représentation demandée ; ce profil n'a pas été implémenté car il ne correspond pas à la gestion des segments temporels décrite dans l'architecture VIPEER.
- Un profil Live qui permet de manipuler directement des segments au sens défini dans l'architecture VIPEER (pas de table à gérer en plus au niveau du serveur) ; ce profil autorise deux types d'implémentations, l'un avec une table d'indexation qui identifie des numéros de segments, l'autre par tronçon de temps (segment timeline) ; dans ce second mode le premier segment correspond par exemple aux dix premières secondes de la vidéo, le second segment aux dix suivantes, etc.

Pour des raisons de simplicité notre choix d'implémentation retenu est le mode tronçon de temps.

Les caractéristiques principales du logiciel développé sont les suivantes :

- Génération de segments encapsulés au format fichier MP4 ;
- Accès aux segments via un modèle d'URL basé segment timeline ;
- Support du profil Live .

Ce logiciel permet de paramétrer la longueur des segments, et les choix des résolutions et des débits d'encodage. Il a été exploité au niveau serveur dans le prototype de VIPEER (livrables D5.4 et D5.5). La justification de cette démarche progressive et les principes de son implémentation dans l'architecture VIPEER sont rapportés dans le livrable D3.5.

Le transcodage est techniquement réalisable, mais peu réaliste dans le cadre d'un service de CDN dans lequel les contenus, et possiblement leurs metadatas, sont cryptés et ne seront déchiffrés que par l'utilisateur final l'ayant requis auprès du CDN original.

2.4 Organisation de Fonctionnement du dCDN

VIPEER s'appuie sur la collaboration entre un CDN traditionnel et un CDN opéré par le FAI distribué géographiquement dans le réseau de l'opérateur (le dCDN). Le projet VIPEER a exploré plusieurs options pour opérer un dCDN :

1. Exploitation par le FAI d'un système P2P interne au FAI : la proposition initiale de VIPEER supposait l'utilisation par le FAI des passerelles résidentielles (les box) des clients.
2. Utilisation de techniques de type CCN : le projet a examiné la performance à espérer d'un ensemble de caches localisés dans des routeurs et géré de façon distribuée.
3. Fonctionnement de type CDN : le projet a supposé que le FAI contrôlait de façon centralisée un ensemble de serveurs dispersés géographiquement. La capacité globale des serveurs est importante, et peut être composée d'un très grand nombre de petits serveurs (les passerelles résidentielles), de grands serveurs (localisés typiquement au niveau des points d'accès régionaux du FAI), voire de serveurs intermédiaires (localisés par exemple au niveau des DSLAM ou des OLT, c'est à dire au niveau des commutateurs téléphoniques d'abonnés).

L'approche P2P est à la base du système CYCLOPS décrit dans le livrable D4.2, et a fait l'objet de la publication [3]. CYCLOPS suppose que l'ensemble des clients intéressés par un

contenu sont gérés comme un essaim BitTorrent afin de minimiser le téléchargement direct sur le serveur extérieur au FAI, tout en maintenant un temps de téléchargement satisfaisant pour les usagers. Une boucle de contrôle est donc implémentée, qui quantifie la qualité du téléchargement en P2P et fait appel au téléchargement sur le serveur externe uniquement lorsque la qualité délivrée par le P2P devient insuffisante. Le comportement de CYCLOPS a été testé à grande échelle, y compris sur un ensemble d'utilisateurs d'Internet en comparant un téléchargement en P2P pur, de type BitTorrent, dans lequel la source est un serveur situé sur Amazon EC2, avec un téléchargement CYCLOPS dont la source est également un (autre) serveur situé sur Amazon EC2. Le livrable D4.2 rapporte les résultats de l'expérimentation, qui démontre l'efficacité de CYCLOPS pour diminuer la charge du serveur source. On notera que CYCLOPS permet le téléchargement de documents et non le streaming vidéo.

La seconde approche s'appuie sur le paradigme du Content Centric Networking (CCN) et a été étudiée dans le cadre de la télévision de rattrapage. En mode CCN, chaque routeur décide individuellement s'il cache un contenu qu'il transmet ; s'il cache effectivement un contenu demandé, il peut intercepter la demande et la servir directement. Une application naive de ce mode de fonctionnement conduit à cacher de multiples fois les contenus très populaires et donc à ne pas vraiment améliorer la performance du système. Le livrable D4.2 et [16, 19] proposent des modes de gestion des caches permettant un réel gain. Des simulations ont été réalisées afin d'évaluer l'efficacité du mode CCN s'appuyant sur des capacités réalistes de stockage : un routeur est supposé pouvoir stocker au plus 100 segments d'une minute, chacune des 500 vidéos comprenant de 60 à 120 segments. Dans un système comprenant 20 routeurs agrégeant les demandes des usagers et 20 routeurs pouvant stocker des segments, l'usage des serveurs externes est limité de plus de 60%. On notera ici que le mode CCN est plus distribué que ce qui a été présenté dans l'architecture fonctionnelle VIPEER. En effet, on suppose dans ce mode que l'ensemble des routeurs a été configuré comme devant stocker certains segments uniquement, et le rôle du dCDN se réduit donc à indiquer aux routeurs quels segments stocker. De plus, on suppose qu'il n'y a qu'un seul codage disponible par contenu, ce qui est trop restrictif. Pour traiter des situations plus réalistes, les études ultérieures ont considéré des capacités de stockage interne de plus grande capacité.

Dans le cadre de la troisième approche, il est fondamental d'utiliser des traces de trafic réelles afin d'évaluer l'efficacité des solutions considérées. Le partenaire Orange a ainsi fourni des traces de grande taille. Nous nous sommes appuyés sur une activité de 6 semaines pendant laquelle près de 9000 clients ont accédé le service plus de 100000 fois, demandant environ 6000 vidéos différentes. En moyenne, chaque vidéo est demandée environ 16 fois, mais les analyses de la trace confirment le fait bien connu que la popularité des contenus est très variable : par exemple, les contenus les plus populaires ont été demandés plus de 700 fois en 1 mois ! Comment utiliser de façon optimale les capacités de stockage du dCDN ? Le problème est celui d'un placement optimal des contenus ; intuitivement, il semble opportun de répliquer d'autant plus un contenu qu'il est populaire. Il a été montré que le problème de placement optimal est de type k-PCFLP (k-Product Capacitated Facility Location Problem) qui est NP-complet [20]. La méthode pour déterminer la localisation optimale des contenus est basée sur l'utilisation de MapReduce pour résoudre un algorithme génétique de placement optimal. Cette approche est décrite dans les livrables D4.3, D4.4 et D4.5. Ce dernier propose également une étude détaillée de l'efficacité du placement sur les serveurs et de l'identification optimale du serveur à consulter. Cette étude montre qu'une redirection optimale couplée avec un placement optimal permettait de réduire le coût opérationnel de 70%. Ces résultats sont rapportés dans [16, 17].

VIPEER n'a pas seulement utilisé le système MapReduce mais a également participé à la communauté Open Source en proposant un protocole nommé Hadoop Fair Sojourn Protocol afin de résoudre le problème d'ordonnancement des calculs. Ce protocole sera bientôt disponible dans une version prête pour la production. Ces travaux sont rapportés dans le livrable D4.5.

Enfin, les performances respectives d'une politique de cache versus une politique de placement optimal a été analysée dans le livrable D4.5. Cacher consiste à garder en copie dans le noeud une vidéo demandée par un client de ce noeud, alors que placer de manière optimale consiste à calculer au préalable le schéma optimal de réplication et de pousser les contenus dans les serveurs avant même qu'ils ne soient demandés. Le partenaire Orange a récemment conduit des analyses prouvant l'efficacité potentielle d'une politique de cache [13]. Les résultats rapportés dans D4.5 montrent que le coût pour le FAI peut encore être divisé par 2 par rapport à une politique de cache lorsque le placement des vidéos est optimisé en fonction de la popularité des contenus.

2.5 Prototypage et démonstration

Autant il a été simple de prototyper les mécanismes de monitoring individuels (livrable D5.1) car chaque mécanisme était déployé individuellement, autant il a été compliqué de concevoir, et coûteux d'intégrer, les différents blocs fonctionnels pour la conception du prototype de VIPEER utilisé pour la démonstration finale.

Le livrable D5.5 rapporte les scénarios de la démonstration, les conditions de la démonstration et un retour d'expérience sur le prototype construit.

La démonstration finale est basée sur un service de VoD utilisant le streaming adaptatif dynamique sur HTTP (DASH) comme support technique pour le streaming. Plusieurs sites ont participé à la plate-forme physique composée de serveurs localisés à Telecom Bretagne (Brest), à l'INRIA (Rennes) et à Orange Labs (Lannion). Un serveur Amazon a été loué par NDS afin de représenter le serveur de streaming du CDN hors de France afin d'être dans des conditions de peering réalistes ; les serveurs de streaming localisés à Brest, Rennes et Lannion représentant les serveurs du dCDN. Un film a été encodé sous DASH et a été fourni par le partenaire ENVIVIO pour être stocké sur tous les serveurs vidéo. La bande passante disponible de tous ces serveurs pouvait être limitée afin de simuler la congestion d'un serveur, imposant soit le passage à un niveau d'encodage dégradé (traduit visuellement par une dégradation de la résolution de l'image), soit l'indisponibilité du service (traduit visuellement par une vidéo bloquée, voir un plantage général). Un serveur localisé à Brest jouait le rôle du dTracker, centralisant les mesures faites sur le réseau, et redirigeant les demandes vers le serveur approprié. Des clients VLC ont été mis en place à Brest, Rennes et Lannion ; de plus, ces clients pouvaient être pilotés à distance, de façon centralisée, afin de pouvoir jouer des scénarios.

Il a ainsi été possible de faire fonctionner ce petit prototype et de montrer l'efficacité du mode de redirection, qui améliorerait la qualité du service vidéo. Ce prototype a tourné, en vraie grandeur, lors de l'événement "Loading the Future" organisé par le pôle Images et Réseaux, à Nantes, en Novembre 2012. Une vidéo de cette démonstration a été faite afin de pouvoir la rejouer à volonté ([10], livrable D5.4).

Chapitre 3

Valorisation

Ce chapitre aborde la valorisation des résultats obtenus, en décrivant tout d’abord comment les partenaires industriels du projet comptent les exploiter, puis en résumant l’impact académique du projet en matière de publications.

3.1 Valorisation industrielle

Les résultats du projet VIPEER sont utilisés chez Orange pour étudier les caractéristiques du trafic des OTT (notamment YouTube) et pour évaluer l’efficacité des systèmes de caches. Actuellement, les relations entre les principaux acteurs OTT et Orange sont critiques et les résultats du projet peuvent aider à mettre en place un meilleur cadre pour ces relations.

Envivio a développé des outils de codage et de distribution vidéo utilisant les méthodes d’adaptive streaming (HAS / DASH). Ces outils sont commercialisés aujourd’hui.

La démonstration des Trophées “Loading the Future” du Pôle de Compétitivité Images et Réseaux a été une expérimentation en vraie grandeur : des flux ont été générés en résolution haute définition avec différents débits pour un démonstrateur. La démonstration a montré que la qualité de la vidéo reçue par le client variait selon sa bande passante disponible.

Les approches du projet VIPEER ont été exposées en interne chez NDS/Cisco pour une utilisation possible dans les prochains produits/offres.

3.2 Valorisation universitaire

Les trois équipes universitaires ont pu avancer leurs travaux dans les domaines de la distribution et du stockage dans le nuage, celui de l’estimation de la QoE, de l’analyse de trafic et celui des calculs sur de grands volumes de données.

Les travaux menés durant VIPEER ont été rapportés dans plus d’une quinzaine de publications scientifiques : six articles de journaux internationaux [3, 7, 8, 11, 22], neuf communications dans des conférences internationales monopartenaire [4–6, 12–14, 18, 19, 21], et deux communications dans des conférences internationales multipartenaires [9, 17]. La publication [9] a obtenu la distinction du Best Paper de cette conférence.

3.3 Vulgarisation

L'url du site web dédié au projet VIPEER, et ouvert dès le début du projet est la suivante : <http://recherche.telecom-bretagne.eu/vipeer/>.

Un bref article de vulgarisation [15] a été produit par le Pôle de Compétitivité Images et Réseaux et une conférence publique a présenté les résultats du projet lors des Trophées Loading the Future en Octobre 2012 [10].

Le projet VIPEER a également été présenté lors de colloques :

- Colloque ANR : quelle recherche pour les STIC de demain ? 5-6 Janvier 2010
- Colloque ANR/Verso : Tlcommunications Réseaux du futur et services 6-8 Dcembre 2010
- Colloque du Pôle Images et Réseaux : Loading the Future , 25 Octobre 2012
- Colloque ANR : les rencontres du numérique , 17-18 Avril 2013

Chapitre 4

Production logicielle

4.1 Logiciels de métrologie

- Logiciel de mesure de la QoE pour les flux HTTP adaptatifs (IRISA, WP2)
- Plateforme basée web pour la mesure de la QoE en End-to-end (IRISA, WP2)
- Logiciel pour la classification de trafic utilisant l’algorithme SVM (Support Vector Machine) et les tailles des premiers paquets des flots (Telecom Bretagne, WP2)
- Implémentation matérielle sur FPGA d’un classificateur de trafic basé sur l’algorithme SVM [Groleat-2013] exploitant au maximum les possibilités de parallélisation sur FPGA et atteignant des débits théoriques de plusieurs centaines de Gb/sec sur un FPGA Virtex 5. (Telecom Bretagne, WP2)

4.2 Logiciels de codage vidéo

Moteur de codage de flux segmentant un contenu en segments pouvant être lus en http streaming (ENVIVIO, WP3)

- Support des formats d’encapsulation compatibles avec Apple, Microsoft et Adobe
- Extension de la segmentation à la norme DASH

4.3 Prototypes

- Prototype VIPEER pour la démonstration (Telecom Bretagne, WP5)
- Développement du dTracker/Measurement Controller
 - Contrôle et collecte les mesures de réseau
 - Récupère les requêtes des clients
 - Sélectionne le serveur du dCDN le plus approprié en fonction du résultat des mesures
 - Envoie un message de redirection au client avec l’URL du serveur du dCDN sélectionné
- Développement d’un dNode VIPEER
 - A partir d’un serveur WEB classique
 - Mesure périodiquement le RTT entre serveur et clients et envoie la mesure au dTracker
 - Contrôle son débit de téléchargement maximum
- Développement d’une interface WEB de contrôle du prototype

- Permet de configurer les clients VLC, en spécifiant leur classe de QoS, et de contrôler leur activité
- Permet d'activer les serveurs dNodes et de configurer leurs débits
- Affiche les statistiques (RTT, débit émis par serveur, débit reçu par client.) et leurs variations au cours du temps
- Prototype du logiciel CYCLOPS (Eurecom, WP4)
- Prototype du logiciel de scheduling Hadoop MapReduce, HFSP (Eurecom, WP4)

Chapitre 5

Conclusion

Le projet VIPEER a pratiquement réalisé ses objectifs initiaux.

La gestion du stockage et de la distribution des contenus vidéo a surtout été étudiée, et évaluée, dans le cadre d'un contrôle centralisé (ce qui est proche du fonctionnement d'un CDN classique), et non dans le cadre d'un fonctionnement en P2P, dont la performance n'a pas été évaluée. Cependant, il est possible qu'un tel contrôle distribué réagisse mieux qu'un contrôle centralisé au facteur d'échelle, et il sera donc utile de compléter ce volet par des études ultérieures.

VIPEER a accompagné la naissance de la toute nouvelle norme de distribution vidéo DASH, certains membres de VIPEER participant d'ailleurs à la normalisation de cette norme MPEG. Les développements réalisés par ENVIVIO dans ce domaine sont donc tout à fait d'actualité aujourd'hui.

Certaines études qui n'avaient pas été prévues à l'origine du projet ont été menées afin de tenir compte des récents conflits entre acteurs de la distribution vidéo, et d'aborder la modélisation économique de la distribution vidéo sur Internet. Le livrable D1.4, explicite la raison des conflits entre acteurs, faisant le point sur l'état de la normalisation (qui montre en particulier que VIPEER est l'un des cas d'étude envisagés par l'IETF dans le contexte de l'interconnexion de CDN) et proposant enfin une esquisse de modèle pour quantifier l'impact économique d'une collaboration entre OTT et FAI.

Bibliographie

- [1] Overview of MPEG-DASH Standard. document du DASH Industry Forum, available at <http://dashif.org/mpeg-dash/>.
- [2] RFC 6670 - Use cases for content delivery network interconnection, 2012. .
- [3] Francesco Albanese, Damiano Carra, Pietro Michiardi, and Azer Bestavros. Peer-assisted content distribution on a budget. *Elsevier Computer Networks*, Feb. 2012.
- [4] Laura Aspirot, Ernesto Mordecki, and Gerardo Rubino. Fluid Limits Applied to Peer to Peer Network Analysis. In *proc of Quest 2011, Aachen, Germany*, 2011.
- [5] Arian Baer, Antonio Barbuzzi, Pietro Michiardi, and Fabio Ricciato. Two Parallel Approaches to Network Data Analysis . In *Proc. of ACM SIGOPS LADIS 2011, in conjunction with VLDB2011*, 2011.
- [6] Damiano Carra, Moritz Steiner, and Pietro Michiardi. Adaptive load balancing in KAD. In *Proc. of P2P 2011, IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing, August 31-September 2nd, 2011, Kyoto, Japan*, 2011.
- [7] Damiano Carra, Moritz Steiner, Pietro Michiardi, Ernst W Biersack, Wolfgang Effelsberg, and Taoufik En-Najjary. Characterization and management of popular content in kad. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Volume 24, N4, ISSN : 1045-9219*.
- [8] Flavio Esposito, Ibrahim Matta, Debajyoti Bera, and Pietro Michiardi. On the impact of seed scheduling in peer-to-peer networks. *Elsevier Computer Networks, Volume 55, Issue 15*, October 2011.
- [9] Annie Gravey, Fabrice Guillemin, and Stéphanie Moteau. Issues raised by caching User Generated Content. In *Soumis pour publication*, 2013.
- [10] Annie Gravey and Stéphanie Moteau. Présentation de VIPEER aux trophées Loading the Future organisés Nantes par le Ple IR, 25 Octobre 2012. <http://klewel.com/conferences/trophees-loading-the-future-nantes-2012/index.php?talkID=3>.
- [11] Tristan Groleat, Matthieu Arzel, and Sandrine Vaton. Stretching the edges of high performance traffic classification with hardware acceleration. *Soumis pour publication*.
- [12] Tristan Groleat, Matthieu Arzel, and Sandrine Vaton. Hardware Acceleration of SVM-Based Traffic Classification on FPGA. In *IWCMC TRAC : International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, International Workshop on TRaffic Analysis and Classification*, 2012.
- [13] Fabrice Guillemin, Thierry Houdoin, and Stéphanie Moteau. Volatility of Youtube traffic in Orange networks and consequences. In *International Conference on Communications*, 2013.

- [14] Fabrice Guillemin, Bernard Kauffmann, Stéphanie Moteau, and Alain Simonian. Experimental analysis of caching efficiency for YouTube traffic in an ISP network. In *International Teletraffic Conference*, 2013.
- [15] Roland Le Boudec. Vipeer, une solution au trop-plein de vidéo sur Internet, Janvier 2013. <http://www.images-et-reseaux.com/fr/blogs/2013/01/vipeer-une-solution-au-trop-plein-de-video-sur-internet#sthash.V54Cdhh1.dpuf>.
- [16] Zhe Li. *Optimisation d'un réseau de distribution de contenus géré par un opérateur réseau*. PhD thesis, INFO - Dépt. Informatique (Institut Mines-Télécom-Télécom Bretagne-UEB), january 2013. Th. doct. : Informatique, Institut Mines-Telecom-Telecom Bretagne-UEB, january 2013.
- [17] Zhe Li, Mohamed Karim Sbai, Yassine Hadjadj-Aoul, Damien Alliez, Gwendal Simon, Kamal Singh, Gérard Madec, Jérémie Garnier, and Annie Gravey. Network Friendly Video Distribution. In *NoF 2012 : 3rd International Conference on the Network of the Future*, 2012.
- [18] Zhe Li and Gwendal Simon. Time-shifted TV in content centric networks : the case for cooperative in-network caching. In IEEE, editor, *ICC2011 : IEEE International Conference on Communications*, 2011.
- [19] Zhe Li, Gwendal Simon, and Annie Gravey. Caching Policies for In-Network Caching. In IEEE, editor, *ICCCN 2012 : IEEE International Conference on Computer Communication Networks*, 2012.
- [20] Hasan Pirkul and Vaidyanathan Jayaraman. A multi-commodity, multiplant capacitated facility location problem : formulation and efficient heuristic solution. *Computer and Operations Research*, 25(10) :869878, 1998.
- [21] Kamal Singh, Yassine Hadjadj-Aoul, and Gerardo Rubino. Quality of Experience estimation for adaptive HTTP/TCP video streaming using H.264/AVC. In *9th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference - Multimedia and Entertainment Networking and Services. CCNC 2012, 14-17 Jan. 2012, Las Vegas, NV, USA*, 2012.
- [22] Tarik Taleb, Yassine Hadjadj-Aoul, and Stefan Schmid. Geographical location and load based gateway selection for optimal traffic offload in mobile networks. *Lecture Notes in Computer Science, Volume 6640/2011, 331-342, DOI : 10.1007/978-3-642-20757-0-26*, 2011.