
REVUE DES TECHNOLOGIES DE RADIO-CANADA

Numéro 4 - juillet 2007

www.cbc.radio-canada.ca

RÉSEAU DE DIFFUSION DE CONTENUS ASSISTÉE PAR DES PAIRS (RDCp)

Bernard Jules

**Premier chef de projet, Internet/technologie des nouveaux médias
Stratégie et planification**

Mohamed Hefeeda

Professeur, Université Simon Fraser

SOMMAIRE

La diffusion de programmes numériques à domicile par Internet se situe à un point tournant car les joueurs clés de l'industrie des médias sont en train de revoir leurs stratégies. Ces derniers cherchent en effet à créer de nouvelles plates-formes et à adopter de nouveaux modèles d'affaires pour la diffusion de contenus en vue d'un déploiement massif de contenus numériques sur demande et pour produire de nouvelles sources de revenus. Avec l'utilisation de plus en plus répandue des ordinateurs de bureau à haut rendement et compte tenu de la grande disponibilité de l'accès à large bande, les joueurs clés de l'industrie se tournent de plus en plus vers le modèle poste-à-poste (PàP), lequel constitue une solution pratique pour la diffusion sûre et rentable de contenus exigeant une grande bande passante comme c'est le cas de la transmission vidéo en continu. Le groupe Stratégie et planification du service Technologies de CBC/Radio-Canada s'efforce de développer la prochaine génération de plates-formes de diffusion de contenus pour faire face aux changements prévisibles dans la manière dont les contenus seront livrés et diffusés aux utilisateurs finals et pour réduire le coût de la demande croissante de vidéo de grande qualité.

En partenariat avec le laboratoire des systèmes réseau de l'Université Simon Fraser, CBC/Radio-Canada pousse le paradigme informatique PàP au-delà des applications de partage des fichiers en mettant à l'essai un système de diffusion de contenus à grande échelle pour la transmission vidéo en continu de haute qualité, aussi bien en direct que sur demande, et qui permettra des économies de coûts importantes. Cet article aborde quelques uns des défis que nous avons à relever en développant la plate-forme PàP, dont : (i) l'optimisation de la qualité vidéo pour les postes hétérogènes; (ii) la transmission efficace de vidéo en provenance d'expéditeurs multiples; (iii) la réduction du volume de trafic sur les réseaux des fournisseurs d'accès Internet (FAI); (iv) l'intégration transparente de la gestion des droits d'auteur numériques (GDN); et (v), la restriction des contenus à certains emplacements géographiques (clôture géographique). Nous passons également en revue différents modèles de gestion de diffusion des contenus (PàP).

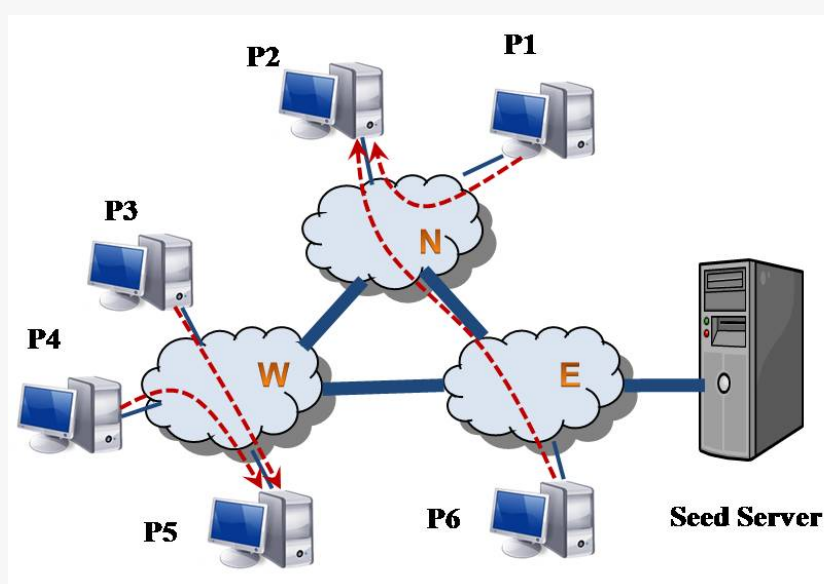


Figure1 Architecture d'un réseau de diffusion de contenu assistée par des pairs

INTRODUCTION

Prenons l'exemple de la Société Radio-Canada (CBC/Radio-Canada) qui fournit des contenus à grande échelle et qui diffuse des objets multimédias à des millions de clients sur Internet. Le fournisseur de contenus a le choix de tirer parti du modèle classique client-serveur en établissant un serveur gigantesque (ou un parc de serveurs) avec des raccordements réseau prodigieux à Internet de l'ordre de centaines de mégabits par seconde. De toute évidence, cette option n'est pas évolutive, ni rentable car la clientèle augmente sans cesse et exige des contenus en plus grand nombre et de plus haute qualité. L'utilisation d'un réseau de diffusion de contenus (RDC) comme Akamai ou Digital Island constitue une autre option. Bien que les RDC soient extensibles et offrent une meilleure performance, ils sont passablement dispendieux, car chaque mégaoctet livré au client est facturé.

Les réseaux de diffusion de contenus assistée par des pairs (RDCp) représentent la troisième option, et sans doute la plus viable. Les RDCp tirent profit du franc succès du paradigme informatique pair-à-pair. Ils promettent de réduire de beaucoup les coûts de diffusion des contenus en : (i) améliorant l'extensibilité grâce à la contribution de ressources par des pairs et à une moins grande dépendance sur des serveurs centralisés; (ii) utilisant les ressources déjà déployées et en réduisant le besoin d'infrastructures dispendieuses; et (iii) en permettant le déploiement rapide, tout le traitement étant effectué en fin de ligne. Actuellement, le développement de systèmes de diffusion de contenus assistée par des pairs semble susciter beaucoup d'intérêt au sein des milieux universitaires et industriels. Par exemple, la société Warner Brothers a récemment conclu une entente avec la société BitTorrent pour vendre plus de 200 films par l'intermédiaire de son réseau PàP [Newsweek, numéro du 29 mai 06] Par ailleurs, les principaux réseaux de diffusion de contenus comme Akamai perçoivent le paradigme PàP comme une menace réelle car il permet d'offrir les mêmes services à une fraction du coût. Enfin, des recherches récentes démontrent que les postes (ordinateurs des utilisateurs finals) sont suffisamment puissants pour accepter des systèmes de transmission en continu à grande échelle.

Le principe de base des RDCp, comme illustré à la Figure 1, repose sur l'entraide entre clients (pairs) pour l'échange de contenus multimédias : en plus de consommer des ressources, le pair en fournit également, ce qui confère une certaine extensibilité au système. Idéalement, le fournisseur de contenus n'aura qu'à déployer quelques *serveurs source* pour la gestion des pairs et l'introduction de nouveaux contenus au système. À grande échelle, un système de diffusion de contenus assistée par des pairs fonctionne de la manière suivante : Le pair qui désire recevoir un objet communique avec un serveur source; plutôt que de lui faire parvenir l'objet au complet, le serveur source redirige le pair vers d'autres pairs qui ont récemment reçu (où sont en train de recevoir) cet objet; le pair demandeur communique avec les pairs expéditeurs possibles et reçoit l'objet à partir d'un sous-ensemble de ces pairs. Avec certains détails techniques additionnels, cette idée simple a donné de très bons résultats pour les systèmes PàP de *partage de fichiers* largement utilisés comme celui de BitTorrent. Cependant, il reste encore plusieurs points à éclaircir avant d'utiliser le paradigme informatique PàP dans un système de diffusion de contenus multimédias commercialement viable.

Dans le présent article, nous allons décrire comment les RDCp peuvent *transmettre des multimédias en continu* à une vaste communauté d'utilisateurs, de manière rentable et fiable, et avec un niveau élevé de qualité. La transmission de multimédias en continu est plus complexe que le partage de fichiers PàP, application déjà fort répandue. Dans les systèmes de partage de fichiers, le client doit télécharger l'objet *au complet* avant de pouvoir l'utiliser, ce qui peut être très long pour des objets multimédias volumineux. Par exemple, le téléchargement d'un fichier de 1 Go (soit un vidéoclip d'environ une demi-heure) peut prendre plus de 90 minutes sur une liaison DSL (ligne d'abonné numérique) de 1,5 Mbps. Ce délai est inacceptable pour un client qui a hâte de visionner un vidéoclip. Par contraste, dans les systèmes de transmission en continu, la transmission de données et la lecture se chevauchent, ce qui permet au client de commencer le visionnement d'un vidéoclip après un bref délai de mise en tampon (quelques secondes).

Les systèmes de transmission en continu imposent donc des contraintes de temporisation très strictes à la transmission des données. Par conséquent, il faut concevoir des algorithmes de transmission de données efficaces qui tiennent compte du nombre limité de ressources contribuées par les pairs et de la nature dynamique du réseau. De plus, dans les systèmes de transmission en continu, les objets vidéo sont codés et transmis à différents débits pour s'adapter aux postes récepteurs dont les ressources informatiques et de réseau sont hétérogènes. Cette souplesse va de pair avec le problème de déterminer la meilleure qualité pour chaque poste récepteur en fonction des ressources disponibles aux extrémités de réception et de transmission.

De plus, les systèmes RDCp doivent veiller à ne pas surcharger les réseaux des fournisseurs d'accès Internet (FAI) sinon ces derniers pourraient filtrer ou déclasser le trafic RDCp, ce qui aurait un impact négatif sur la qualité perçue par le client. En dernier lieu, les systèmes RDCp devraient permettre la gestion des droits d'auteur numériques (GDN), c.-à-d. ne fournir des contenus qu'aux clients légitimes. En annexe au présent article, on trouvera un résumé de toutes les caractéristiques du système RDCp proposé ainsi qu'une comparaison avec les systèmes courants de partage de fichiers PàP.

Dans la prochaine section, nous décrivons le système prototype développé par des chercheurs de l'Université Simon Fraser et mis à l'essai sur le réseau de CBC/Radio-Canada. La section 4 traite des problèmes au niveau de la recherche et des fonctions additionnelles actuellement à l'étude. La section 5 décrit différents modèles de gestion pour les systèmes de diffusion de contenus PàP. La section 6 présente les conclusions.

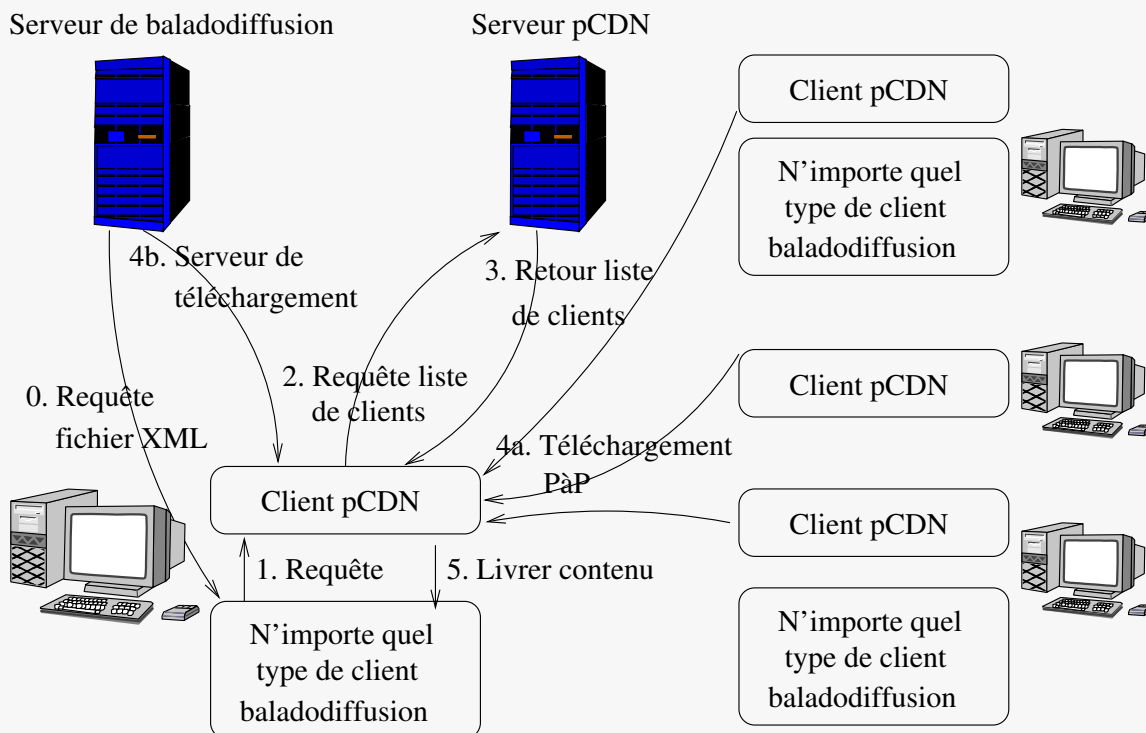


Figure 2¹. Fonctionnement d'un réseau de diffusion de contenus assistée par des pairs

¹ Une traduction des principaux termes de cette illustration est fournie à la fin de l'article.

SYSTÈME PROTOTYPE ACTUEL

Un système RDCp a été mis à l'essai pour le service de baladodiffusion de CBC/Radio-Canada. Les essais préliminaires ont eu lieu en janvier 2007 au laboratoire des systèmes réseau de l'Université Simon Fraser et aux installations de Vancouver de CBC/Radio-Canada en utilisant des contenus de baladodiffusion de Radio 3. Le prototype a été mis à l'essai sur les plateformes Windows, MAC et Linux.

Le service de baladodiffusion est un service de radio sur demande qui permet aux utilisateurs de choisir différents canaux de radio et de les écouter sur des ordinateurs ou sur des lecteurs multimédias portatifs. Les services de baladodiffusion actuels utilisent un ou plusieurs serveurs de baladodiffusion centralisés, lesquels fournissent des contenus multimédias directement aux utilisateurs individuels. Les fournisseurs de services de baladodiffusion publient des menus électroniques sur lesquels apparaissent les épisodes de baladodiffusion offerts aux utilisateurs. Un épisode est tout simplement un fichier multimédia qui peut être transmis en continu ou téléchargé au client au moyen d'un logiciel de baladodiffusion, comme iTunes. Les utilisateurs choisissent les menus qui les intéressent et s'abonnent à l'aide de leur logiciel. Le logiciel de baladodiffusion analyse les menus, présente les détails relatifs à chaque épisode, et permet aux utilisateurs de choisir les épisodes qui les intéressent. Une fois la sélection effectuée, le logiciel du client retire les fichiers multimédias d'un serveur de baladodiffusion en utilisant le protocole HTTP. Le service de baladodiffusion se prête bien aux systèmes assistés par des pairs comme le RDCp pour plusieurs raisons : (i) les épisodes de baladodiffusion sont volumineux et augmentent de façon considérable la charge de travail du serveur et l'utilisation de la bande passante; (ii) ces épisodes sont publiés périodiquement (une fois par semaine, par exemple) et les derniers épisodes sont souvent très populaires, les utilisateurs ayant hâte de se procurer les tout derniers contenus.

La Figure 2 représente le système assisté par des pairs envisagé, lequel comprend les éléments suivants : (i) un serveur de baladodiffusion Web; (ii) un poste de baladodiffusion; (iii) un serveur RDCp; (iv) un poste RDCp. Les deux premiers éléments sont présents dans les services de baladodiffusion poste/serveur. Le serveur de baladodiffusion Web met en mémoire et, au besoin, achemine les épisodes de baladodiffusion aux postes. Il fournit également les menus électroniques (en format XML), qui annoncent les épisodes offerts aux postes de baladodiffusion. Le poste de baladodiffusion obtient les fichiers XML et fournit une description des épisodes offerts aux utilisateurs. Contrairement au service poste/serveur, le service RDCp permet à un poste de télécharger un fichier balado d'un autre poste RDCp tournant sous le même système d'exploitation plutôt que d'un serveur de baladodiffusion Web. Le poste RDCp intercepte les demandes de fichiers balados et retourne les demandes complétées aux postes demandeurs tournant sous le même système d'exploitation, comme suit : Il demande d'abord au serveur RDCp de localiser les postes RDCp qui ont déjà reçu l'épisode; il obtient ensuite l'épisode de ces postes. Le poste RDCp peut aussi choisir de télécharger cet épisode directement du serveur de baladodiffusion si le fichier n'est pas disponible auprès d'un autre poste RDCp. En dernier lieu, le serveur RDCp maintient une base de données des épisodes qui ont déjà été diffusés par les postes RDCp. Grâce à cette base de données, le serveur est en mesure de fournir une liste des expéditeurs possibles d'un épisode donné aux postes demandeurs.

Suit une description de téléchargement. Un poste RDCp reçoit une demande de téléchargement d'un poste de baladodiffusion tournant sous le même système d'exploitation. Pour répondre à cette demande de téléchargement, le poste RDCp cherche les meilleurs expéditeurs en interrogeant le serveur RDCp. Ce dernier localise les meilleurs expéditeurs et en fournit la liste au poste RDCp demandeur. Cette liste d'expéditeurs possibles pourrait être vide, ce qui signifierait que l'épisode n'est pas encore disponible sur le réseau PàP. Si l'épisode est disponible, le poste RDCp demandeur peut communiquer avec les expéditeurs (qui sont aussi des postes RDCp) et obtenir le fichier balado d'eux. Ou bien, le poste demandeur peut télécharger le fichier du serveur de baladodiffusion si le réseau PàP n'arrive pas à répondre à sa demande. Seuls quelques postes RDCp peuvent avoir un fichier balado relativement nouveau; par la suite, un poste RDCp acheminera cet épisode à un autre poste de baladodiffusion tournant sous le même système d'exploitation.

Le système RDCp assure la transparence à la fois pour les fournisseurs et les utilisateurs de contenus : les fournisseurs de contenus utilisent les mêmes serveurs de baladodiffusion sans reconfiguration et les utilisateurs peuvent utiliser n'importe quel logiciel de baladodiffusion standard, comme auparavant. La mise en œuvre des RDCp pour les serveurs et les postes fait appel au langage de programmation Java. Le serveur RDCp utilise une table de hachage efficace pour tenir à jour la liste des épisodes. Chaque épisode est associé aux postes RDCp qui sont détenteurs de l'épisode ou qui sont en train de le télécharger. Dès réception d'une demande pour un épisode donné, le serveur RDCp fournira une liste comprenant jusqu'à dix postes RDCp associés à cet épisode. Le serveur RDCp choisit les expéditeurs possibles en tenant compte de l'état de leur liaison d'accès et de leur ancienneté de sorte que le pair le plus fiable et avec le moins d'ancienneté est choisi en premier. Le serveur RDCp choisit également de manière intelligente les expéditeurs possibles de façon à permettre la traversée de la traduction d'adresses réseau (NAT). La traduction d'adresses réseau (NAT) est un protocole utilisé pour masquer les adresses IP sur Internet. De façon à maximiser le débit de transfert, un algorithme de traversée NAT est essentiel car trop d'utilisateurs ont des réseaux sans fil à domicile, protégés par des pare-feux NAT. Les RDCp tournent sur les ordinateurs des clients et leur utilisation est transparente. Ils permettent des téléchargements d'épisodes concurrents. Ils acheminent des demandes au serveur RDCp pour trouver des expéditeurs possibles. Un poste RDCp récepteur tente de communiquer avec tout au plus six expéditeurs possibles. Un poste RDCp devient expéditeur si la communication est établie avec succès; sinon, le système le qualifie de « non disponible ». Le récepteur RDCp utilise un algorithme d'ordonnement des paquets pondéré et cyclique pour demander des morceaux d'épisode aux expéditeurs. Cet algorithme d'ordonnement permet au poste RDCp de s'adapter à un réseau dynamique et aux conditions de l'expéditeur, ce qui maximise la vitesse de transfert. Sur réception d'une requête, l'expéditeur commence à injecter de manière séquentielle des morceaux au poste RDCp récepteur, à un débit constant contrôlé par un algorithme de fuite. Cet algorithme maintient une qualité de service sans congestionner le réseau et sans surcharger la mémoire tampon du poste. Lorsque le morceau suivant de l'épisode n'est pas disponible, l'expéditeur élague la connexion au récepteur. Le poste RDCp récepteur ferme cette connexion et se tourne vers d'autres expéditeurs. De même, si d'autres exceptions sont rencontrées sur le réseau au cours de la transmission, le récepteur termine la connexion en toute transparence et réutilise l'algorithme d'ordonnement auprès d'autres expéditeurs actifs.

Ce mécanisme de traitement des exceptions permet au poste RDCp de récupérer à la suite d'une faute réseau. En dernier lieu, le poste récepteur RDCp conserve un nombre minimum (paramètre configurable) d'expéditeurs actifs. S'il y a trop peu d'expéditeurs disponibles sur le réseau, le poste récepteur passe au mode de téléchargement HTTP de façon à obtenir le fichier d'un serveur.

PROBLÈMES DE RECHERCHE ET CARACTÉRISTIQUES FUTURES

Cette section aborde brièvement les différents problèmes de recherche que nous devons surmonter de façon à réaliser le plein potentiel des systèmes RDCp. L'approche utilisée pour solutionner ces problèmes y est aussi décrite. Les caractéristiques relatives aux systèmes RDCp et les difficultés inhérentes à ces systèmes sont résumées à l'Annexe.

OPTIMISATION DE LA QUALITÉ VIDÉO POUR LES POSTES HÉTÉROGÈNES

De façon à offrir une qualité élevée et à accommoder des postes récepteurs dont les ressources sont hétérogènes, nous envisageons d'utiliser un codage vidéo évolutif à grain fin (FGS). Ce codage a été proposé dans le cadre des normes récentes MPEG-4 et H.264. Une séquence vidéo à codage FGS comporte une couche de base non évolutive qui fournit la qualité de base et une couche d'enrichissement qui apporte des raffinements de qualité incrémentiels en fonction du nombre de bits reçus. Le codage FGS permet de tronquer la couche d'enrichissement à n'importe quel emplacement du flux binaire, ce qui assure un réglage fin du débit binaire. Ce réglage fin permet au système de transmission en continu d'utiliser au maximum la bande passante des récepteurs afin de fournir la plus haute qualité possible. Le codage FGS procure aussi une grande souplesse et une grande efficacité aux serveurs de transmission en continu. Les serveurs ne font que coder la vidéo une seule fois avec la plus haute qualité et sont en mesure de contrôler facilement les débits binaires lors de différentes séances de transmission en continu en tronquant le flux binaire aux endroits appropriés. La troncature est une opération facilement réalisable en temps réel.

La finesse du codage vidéo, la limitation des ressources informatiques et de réseau des postes et la nature dynamique des réseaux PàP font que la fourniture de services de transmission en continu de haute qualité et fiables représente une tâche de recherche ardue. Par exemple, il faut que le système effectue des transmissions en continu en provenance de plusieurs expéditeurs simultanément tout en maintenant une banque d'expéditeurs de relève, ce qui crée un certain nombre d'exigences à savoir : (i) déterminer la taille moyenne de l'expéditeur actif et des ensembles d'expéditeurs de relève qui offrent une bonne qualité et sont en mesure de composer avec les échecs des pairs; (ii) choisir soigneusement les expéditeurs actifs de façon à réduire la charge sur le réseau fédérateur et les fluctuations de la qualité; (iii) attribuer des débits de transmission en continu et des segments de données aux expéditeurs actifs; et (iv) composer avec les échecs des expéditeurs et assurer une transition harmonieuse des expéditeurs actifs aux expéditeurs de relève. Certaines de ces questions ont été résolues lors de nos recherches initiales.

TRANSMISSION DE VIDÉO EFFICIENTE À PARTIR D'EXPÉDITEURS MULTIPLES

Comme les objets vidéo sont volumineux, ils doivent être segmentés. La segmentation permet à un poste de recevoir différentes parties d'un même objet en provenance de différents expéditeurs en même temps. À la différence du partage des fichiers, la transmission en continu PàP impose des contraintes de synchronisation sur le transfert des données des expéditeurs au récepteur. Dans un contexte de transmission en continu, les données qui parviennent au récepteur après le temps de lecture sont essentiellement inutiles. Chaque segment doit donc avoir une échéance d'arrivée au récepteur. Plus il y a de retard au niveau des segments, pire sera la qualité au niveau des utilisateurs.

Nous développons des algorithmes d'ordonnement de transmission de segments de façon à réduire le nombre de retards chez les segments. Nous utilisons tout d'abord un algorithme d'ordonnement glouton dans lequel nous transmettons le segment ayant l'échéance la plus rapprochée et provenant du « plus proche » expéditeur détenteur du segment. Cet algorithme peut comporter certaines variations. Par exemple, plutôt que de choisir l'expéditeur le plus proche, nous pouvons porter notre choix sur l'expéditeur dont la bande passante est la plus grande ou sur celui qui est le plus fiable (en se basant sur les antécédents).

L'ordonnement de la transmission des segments d'expéditeurs multiples vers un récepteur est semblable à l'ordonnement des travaux sur des machines parallèles, ce qui peut prendre beaucoup de temps à déterminer. Cependant, des algorithmes heuristiques et d'approximation présentant une bonne performance ont déjà été proposés. Nous prévoyons adapter et appliquer certains de ces algorithmes au problème d'ordonnement des segments. De plus, nous allons développer de nouveaux algorithmes d'approximation optimisés pour l'ordonnement des segments dans un environnement PàP dynamique.

Pour ce qui est du problème de segmentation des objets, nous débuterons avec un modèle de segmentation simple. Chaque objet est divisé en segments de taille égale. Bien qu'elle soit très simple, cette segmentation pourrait ne pas être optimale en termes de qualité de lecture, capacité de mémoire tampon et surcharge de stockage. Nous développerons donc de meilleurs modèles de segmentation et évaluerons leur hausse de performance ainsi que leur complexité. Les nouveaux modèles de segmentation prendront en compte la distribution de la taille des objets, leur popularité relative, leur type (audio, vidéo), leur codage et le comportement des clients. Nous analyserons et expérimenterons l'interaction entre les modèles de segmentation des objets et les algorithmes d'ordonnement de transmission des segments, et étudierons l'impact de cette interaction sur la qualité perçue par les utilisateurs.

PROTECTION CONTRE LA SURCHARGE DES RÉSEAUX DES FOURNISSEURS D'ACCÈS INTERNET (FAI)

La diffusion de contenus multimédias impose une charge importante sur les réseaux fédérateurs des FAI propriétaires-exploitants. Il s'ensuit que les FAI demandent un prix élevé pour transporter le trafic multimédia. Une grande partie de ces coûts est encourue lorsque le trafic emprunte les liaisons entre FAI. Les FAI paient en effet des frais élevés pour ces liaisons. Les FAI disposent en général d'une bande passante élevée à l'intérieur de leur réseau. Par conséquent, il est essentiel de veiller à réduire la charge sur les liaisons entre FAI en transférant le trafic multimédia. Par exemple, le fait de desservir le poste P5 à partir du poste P3 et du poste P4 à l'intérieur du réseau du FAI W à la Figure 1 est préférable à toute autre configuration car le trajet reste à l'intérieur du même FAI et ne déborde pas sur une liaison coûteuse entre FAI.

Afin de réduire la charge sur les FAI et éviter leurs réactions possibles au trafic PàP, nous proposons d'établir un appariement expéditeurs-récepteurs sensible au réseau. En plus de réduire la charge sur les FAI, l'appariement sensible au réseau améliore la performance générale du système. Par exemple, un poste de Vancouver qui est desservi par des expéditeurs de la côte est ne peut éviter la lenteur des liaisons pancanadiennes. Nous sommes en train de développer des algorithmes d'appariement sensibles au réseau qui tiennent compte de deux types de données : (i) les paramètres statiques tels que la topologie de réseau et la distance entre les postes; et (ii) les paramètres dynamiques tels que l'état du réseau et la robustesse des postes. Pour tout contenu et tout demandeur, cet algorithme fournit une liste des expéditeurs qui sont en mesure d'offrir le débit de transfert le plus élevé et par conséquent de procurer le meilleur service aux utilisateurs.

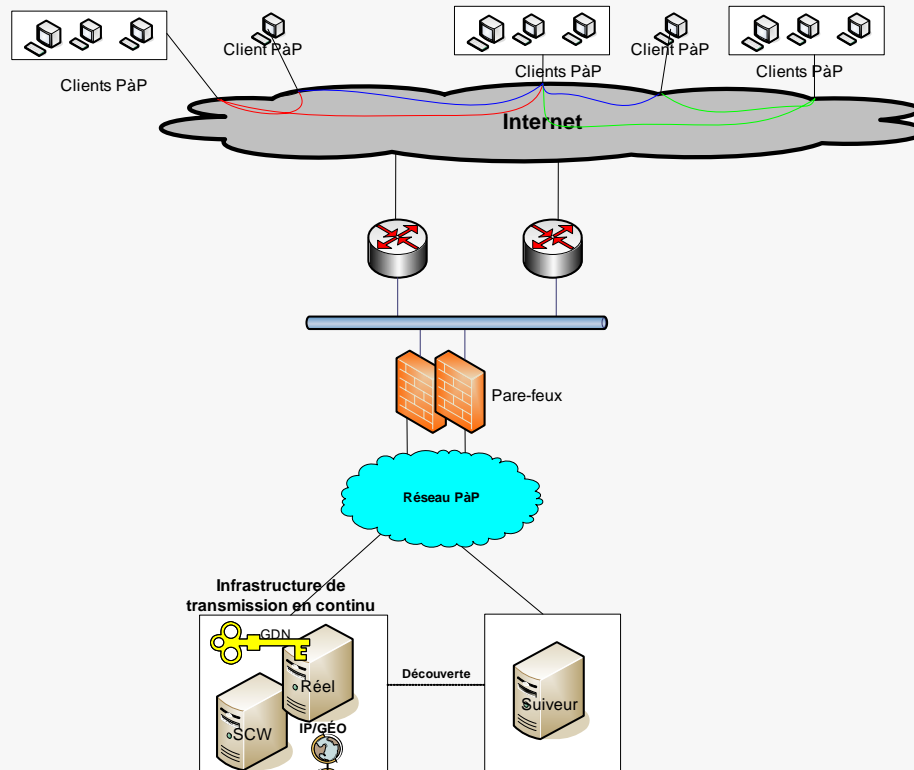
SOUTIEN INTÉGRÉ POUR LE CLÔTURAGE GÉOGRAPHIQUE

Bien souvent, les fournisseurs de contenus auront à limiter la diffusion à certains emplacements géographiques. Par exemple, CBC/Radio-Canada détient les droits pour la diffusion au Canada des Jeux olympiques de Beijing de 2008. Par conséquent, CBC/Radio-Canada aura à limiter l'accès à ses contenus en ligne aux seuls clients canadiens. Cette mesure s'appelle le « clôturage géographique ». Nous développons actuellement des algorithmes et structures de données visant à offrir un clôturage géographique efficace à des fournisseurs de contenus à grande échelle. Dans ce cas-ci, l'« efficacité » se traduit par une décision très rapide (de l'ordre de quelques millisecondes) d'accorder ou non l'autorisation d'une session à un client, tout en imposant un faible temps de traitement aux serveurs de façon à ce qu'ils puissent évaluer des millions de demandes par seconde. Notre approche fait appel à des bases de données offertes sur le marché (celle de MaxMind, p. ex.) qui font correspondre l'adresse IP d'un client à son emplacement géographique (pays, province et ville).

INTÉGRATION DE LA GESTION DES DROITS D'AUTEUR NUMÉRIQUES (GDN) AUX PLATES-FORMES PÀP

La GDN permet aux créateurs, fournisseurs et diffuseurs de contenus de conserver la propriété de leurs contenus en contrôlant les droits d'utilisation. Le but d'intégrer un module de GDN dans la recherche actuelle est de tirer profit de la plate-forme PàP pour diffuser des contenus sans frais et dont les droits sont protégés.

Plus loin dans cet article, nous passerons en revue différents modèles de gestion PàP ainsi que la manière dont la GDN et les plates-formes PàP peuvent être utilisées pour répondre aux besoins et aux intérêts de différents consommateurs.



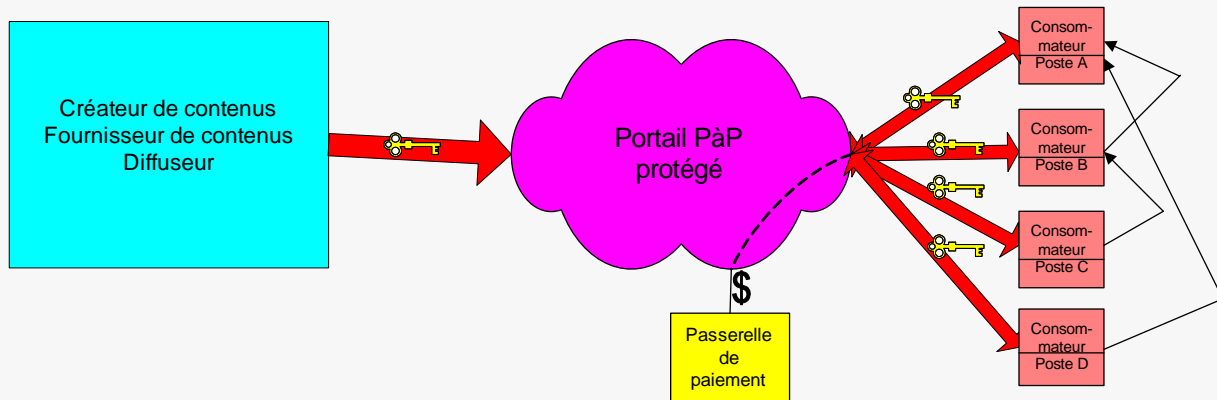
MODÈLES DE GESTION POUR LES SYSTÈMES DE DIFFUSION DE CONTENUS PÀP

Le système PàP a le potentiel de devenir le modèle de diffusion le plus répandu sur Internet, notamment pour les contenus numériques. Cependant, pour qu'il soit largement adopté par les entreprises médiatiques, on doit d'abord lui trouver un modèle générateur de recettes viable qui pourra soutenir sa croissance à long terme. Dans cet article, nous présentons quatre modèles. Le premier est un modèle entreprise à consommateur (EàC) qui est autosuffisant, à contenu payant. Le deuxième est également un modèle EàC, financé à même les recettes publicitaires. Le troisième est un modèle EàC à accès gratuit, basé sur les contenus et également financé à même les recettes publicitaires. Le quatrième est un modèle CàC (consommateur à consommateur) financé par les recettes publicitaires et présenté dans un contexte Web 2.0. Tous ces modèles permettent le ciblage géographique des contenus par pays, province ou ville.

MODÈLE PÀP D'EÀC PAYANT

Dans ce modèle, le consommateur A se raccorde à un portail PàP et choisit un programme particulier visé par la GDN, en vue de le télécharger. Avant d'accorder une licence de téléchargement à ce consommateur, le serveur de GDN dirige ce dernier vers la passerelle de paiement de façon à ce qu'il puisse payer pour l'utilisation du contenu. Une fois le paiement complété, le consommateur A obtient une licence pour télécharger et visionner le contenu. Le consommateur B s'intéresse au contenu du consommateur A et le télécharge.

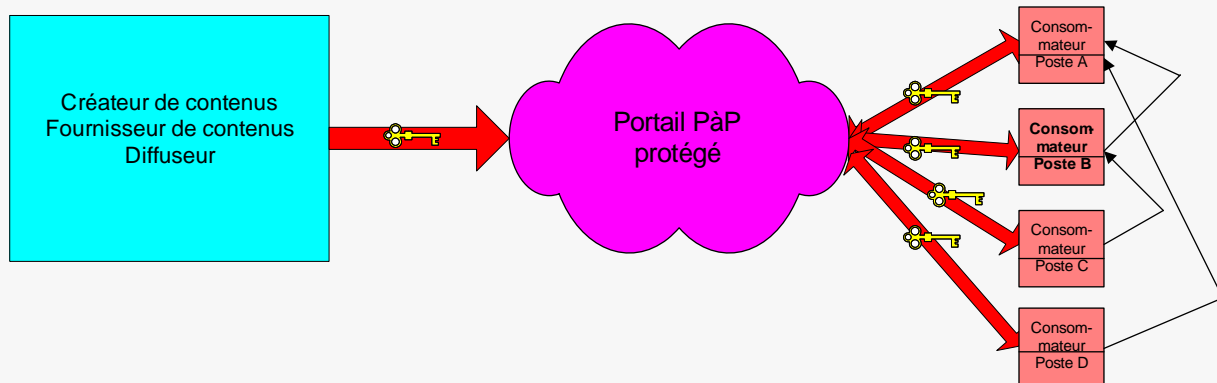
Dès que le consommateur B tentera de visionner le contenu, il sera automatiquement dirigé vers la passerelle de paiement. Si les consommateurs C et D décident de télécharger le même contenu, ils seront eux aussi exposés au même traitement que le consommateur B.



Avec ce modèle, il est possible d'offrir le contenu retrouvé en magasin, mais à coût réduit car les frais généraux pour la bande passante et pour l'imposante infrastructure physique deviennent alors inexistants. Ce modèle permet également aux consommateurs de s'abonner au portail et de payer un forfait mensuel pour les téléchargements.

MODÈLE PÀP D'EÀC ET À FINANCEMENT PUBLICITAIRE DE GDN

Le deuxième modèle est également un modèle d'EàC, mais il est financé uniquement par des recettes publicitaires. La principale différence entre le modèle 1 et le modèle 2 est l'absence de transaction de paiement. Si le consommateur B télécharge le contenu du consommateur A et désire le visionner, le consommateur A dirige le consommateur B non pas vers le serveur de paiement mais plutôt vers le serveur de GDN de façon à ce que le consommateur B puisse obtenir une licence d'utilisateur avec droits de visionnement et de téléchargement.

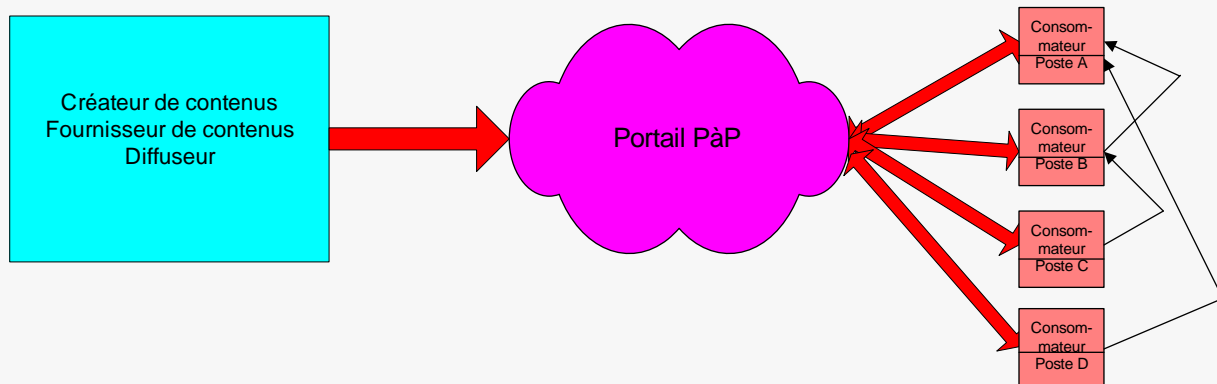


Les pairs additionnels (consommateur C ou consommateur D) qui téléchargent le fichier et désirent le visionner auront à suivre la même procédure que le consommateur B.

En plus de fournir les mêmes avantages économiques que le modèle 1, le modèle 2 vise à accroître le taux de participation PàP en offrant des contenus gratuits aux consommateurs tout en protégeant les droits des propriétaires de contenus.

MODÈLE PÀP D'EÀC À FINANCEMENT PUBLICITAIRE

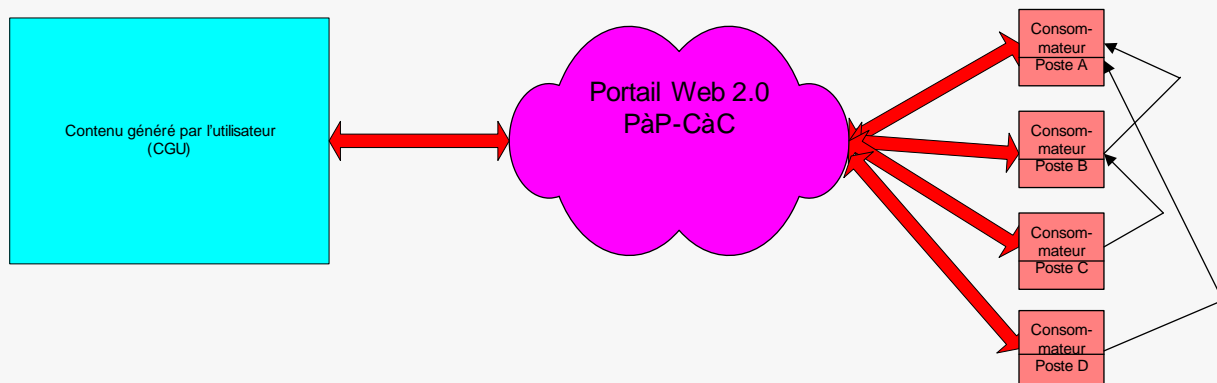
Le troisième modèle est également un modèle d'EàC financé par les recettes publicitaires. Il diffère des deux autres par les contenus qui sont, dans ce cas-ci, exempts de droits.



Le consommateur qui désire télécharger un fichier est dirigé vers le meilleur poste disponible qui détient le fichier.

MODÈLE PÀP DE CÀC, À CONTENU GÉNÉRÉ PAR L'UTILISATEUR (CGU) ET À FINANCEMENT PUBLICITAIRE

Le quatrième modèle est un modèle CàC (Consommateur à Consommateur) financé par les recettes publicitaires. Il n'offre que des contenus générés par les utilisateurs (CGU) et ces derniers sont exempts de droits.



Dans le modèle CGU, le consommateur A se raccorde au portail Web 2.0 PàP et télécharge un fichier vidéo. Le consommateur B qui désire regarder le contenu du fichier du consommateur A le télécharge à son tour. Dès que le consommateur B tente de visionner le contenu, il est dirigé au portail Web 2.0, ce qui lui permet de fournir ses commentaires et recommandations.

SOMMAIRE ET CONCLUSIONS

Au cours des deux dernières années, la popularité des contenus sur demande tels que des fichiers vidéo et balados a cru de façon exponentielle et devrait se poursuivre dans le futur. Le groupe Technologies des nouveaux médias de CBC/Radio-Canada ainsi que d'autres fournisseurs de contenus continueront de composer avec les coûts élevés de la diffusion de contenus aux consommateurs. L'arrivée et la popularité instantanée de sites Web collectifs tels

que Wikipedia, Youtube, MySpace, Facebook et d'autres, ainsi que de systèmes de messagerie instantanée plus conviviaux et collaboratifs laissent entrevoir les tendances futures et la manière dont l'avenir se développera. Les Internauts s'attendent maintenant à accéder à leurs contenus d'une manière sûre, où qu'ils soient et peu importe les périphériques qu'ils utilisent. Cette croissance explosive continue d'avoir un impact sur les contenus en direct et sur demande, et est en train de rendre le modèle actuel de serveur client financièrement inefficace pour chaque intervenant de la chaîne de valeur, allant des créateurs aux consommateurs de contenus. Une des façons pratiques d'évoluer au-delà du modèle classique de client-serveur et de surmonter les inefficacités économiques est d'adopter un modèle comme le réseau de diffusion de contenus assistée par des pairs (RDCp).

Une fois que le modèle présenté dans cet article sera complété et en déploiement, il devrait fournir les avantages additionnels suivants à CBC/Radio-Canada, en plus de permettre des économies de coûts :

- Permettre la transmission en continu de haute qualité, en direct, de contenus audio et vidéo.
- Réduire le trafic répétitif du serveur source aux pairs.
- Réduire le volume de trafic sur les raccordements en aval des FAI.
- Diminuer le temps d'attente des utilisateurs finals.
- Assurer la diffusion des contenus de manière sûre en protégeant les droits des contenus des propriétaires lorsque la GDN est associée au processus.
- Permettre le clôturage géographique des contenus par l'intermédiaire de la base de données à référence géographique / IP.

Pour que le modèle RDCp puisse offrir ces avantages, le modèle de gestion choisi devra : (i) protéger les droits des propriétaires de contenus; (ii) fournir un retour sur investissement renouvelable; et (iii) encourager la mise en œuvre d'algorithmes d'appariement sensibles au réseau de façon à prévenir la congestion des réseaux fédérateurs des FAI.

Dans l'immédiat, il ne fait pas l'ombre d'un doute que le modèle RDCp est appelé à devenir une des principales méthodes de diffusion des contenus entre entreprises et consommateurs (EàC) et entre consommateurs (CàC). L'évolution rapide de l'informatique pour services utilisateurs à haut rendement et le déploiement accéléré de la bande passante sont deux éléments clés qui augmenteront sa popularité tant auprès des entreprises que des consommateurs.

ANNEXE : TRANSMISSION EN CONTINU PÀP VERSUS PARTAGE DE FICHIERS PÀP

Cette annexe résume les différences entre le système de transmission en continu PàP proposé et les systèmes courants de partage de fichiers PàP. On y met en relief les fonctions qui seront prises en charge par notre système. Il n'existe pas encore de système de diffusion des contenus PàP présentant toutes ces caractéristiques.

Caractéristique	Transmission en continu PàP (notre travail)	Partage de fichiers (p. ex., BitTorrent, Kazaa)
Retard	Quelques secondes. Seule une petite quantité de données étant mise en mémoire tampon, le client peut commencer le visionnement de la vidéo presque immédiatement. Chevauchement du visionnement et du téléchargement.	Minutes. Selon la taille des fichiers. Dans le cas de fichiers vidéo volumineux, on peut parler d'heures. Le fichier ne peut être utilisé tant que son téléchargement n'est pas terminé.
Robustesse et qualité de la transmission en continu	Qualité vidéo assurée par le contrôle du débit de transmission de l'expéditeur. Diversité de parcours pour éviter les erreurs corrélées. Optimisation de la structure de flux vidéo extensibles.	Non prises en charge car le système tente de raccourcir le temps total de téléchargement et non d'optimiser la qualité vidéo.
Gestion des droits d'auteur numériques (GDN)	Sera étudiée et prise en charge.	Non prise en charge.
Reconnaissance des données de référence géographique	Sera prise en charge de deux manières : (1) desserte des postes par des expéditeurs en fonction de la proximité; et (2) contrôle de l'accès aux objets en fonction de l'emplacement. Cette fonction est essentielle à la GDN.	Non prise en charge.
Sensibilisation aux réseaux fédérateurs et aux FAI	Sera prise en charge. Diminuera la charge sur les réseaux fédérateurs. Tentera d'égaliser la charge sur les FAI. Les recommandations et/ou exigences des FAI seront prises en compte au moment de la conception.	Non prise en charge.
Intégrité et sécurité des données	Seront prises en charge.	Non prises en charge. Les postes peuvent recevoir des fichiers corrompus ou manipulés.
Interaction avec d'autres systèmes de diffusion de contenus, p. ex. la multi-diffusion	Sera prise en charge.	Non prise en charge.
Connectivité en présence de traducteurs d'adresses réseau (NAT) et de pare-feux	Sera prise en charge.	Partiellement prise en charge.
Qualité personnalisable par les clients	Sera prise en charge. Chaque poste obtiendra le niveau de qualité permis par ses ressources.	Non prise en charge.
Optimisation pour les infrastructures existantes des partenaires industriels	Sera prise en compte dans la conception du système.	Non prise en charge.



Bernard Jules a obtenu un baccalauréat en électrotechnique à l'École de Technologie Supérieure de Montréal ainsi que deux MBA dont un à l'Université du Québec, en gestion des technologies de l'information et l'autre à l'Université de Paris Dauphine, en gestion des affaires. Il est membre de l'Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). M. Jules compte plus de 19 ans d'expérience en réseautage informatique, dont 14 ont été passés à gérer des projets de technologie Internet et de recherche et développement informatiques.

Il occupe actuellement le poste de premier chef de projet Internet/Technologie des nouveaux médias au sein du groupe Stratégie et planification, Technologies de CBC/Radio-Canada.



Mohamed Hefeeda est professeur adjoint à l'école d'informatique de l'Université Simon Fraser (SFU), au Canada. Il a obtenu un doctorat en informatique auprès de l'Université Purdue en 2004. Il s'intéresse à la recherche en systèmes poste-à-poste (PàP), au réseautage multimédia et à la sécurité des réseaux. Il dirige le laboratoire des systèmes réseau de la SFU et supervise actuellement 6 étudiants de troisième cycle. Ses travaux de recherche sont subventionnés par des organismes de financement et l'industrie canadiens. M. Hefeeda a beaucoup d'expérience en informatique PàP et en transmission en continu de multimédias diffusés. Dans sa thèse de doctorat, il a proposé un cadre de travail pour des systèmes de diffusion de contenus PàP rentables. Deux de ces travaux sur ce sujet (ACM Multimedia 03 et ICDCS 02) sont parmi les premiers documents et les plus cités sur les systèmes de transmission en continu PàP. Selon les données du site scholar.google.com, chacun de ces travaux est cité plus de cent fois. Des renseignements additionnels peuvent être obtenus à l'adresse <http://www.cs.sfu.ca/~mhefeeda/>.