

UNIVERSITÉ D'ÉVRY-VAL-D'ESSONNE

LABORATOIRE DE RÉSEAUX ET SYSTÈMES MULTIMÉDIA

THÈSE

Pour obtenir le grade de

Docteur de l'Université d'Évry-Val-d'Essonne

Spécialité : *Informatique*

Présentée et devrait être soutenue publiquement

Le 25 Mars 2009

Optimisation des applications de streaming peer to peer pour des réseaux ad hoc mobiles

Par

Mehdi NAFA

Jury

Directeur	M. Nazim AGOULMINE	Professeur à l'Université d'Évry-Val-d'Essonne
Rapporteurs	M ^{me} Francine KRIEF	Professeur à l'ENSEIRB
	M. Ahmed KARMOUCH	Professeur à l'Université d'Ottawa
Examineurs	M. Djamel BELAID	Professeur à Télécom SudParis
	M. Chadi BARAKAT	Chargé de recherche à l'INRIA Sophia
	M ^{me} Brigitte KERVELLA	Maitre de conférences à l'Université d'Amiens

Dédicace

Je dédie cet humble travail,

A celle qui m'a toujours soutenu, supportant mes sauts d'humeur et mon stress, inconditionnellement présente auprès de moi, à toi ma Ouafa,

A celui que j'appelle mon « p'tit bonheur » qui à changer ma dernière année de thèse ainsi que ma vie en une véritable allégresse, oui à toi mon petit Nazim.

A ma chère maman, qui a toujours été là pour moi, m'a toujours soutenu, compris et fait tout ce qu'il faut pour me faciliter la vie, merci maman,

A mon adorable papa, sans qui je ne serai jamais arrivé là, cet homme qui a toujours su être présent pour moi, à tout moment et en toutes circonstances, faisant ainsi tout les sacrifices, soucieux toujours de me propulser vers le meilleur, un très grand merci papa,

A mon frère avec qui j'apprends toujours de la vie, des acquis que je n'aurais jamais su avoir sans toi, merci Dhikrane,

A vous mes amis, vous qui ensoleillez ma vie, et avec qui j'ai ce très grand plaisir de partager des instants de bonheur continu, et en particulier : Billy, Sana, Loops, Yacine, Abdoul, Makdoudi, Malek, Mounir, Rahim, Nadir, Jeddi, Teicire.

A vous mes camarades de parcours les précieux amis du LRSM : Elyes, Gondi, Hajer, Alaa, Nada, Halim, Ismail, Hui, Dang et Toan.

Encore merci du fond du cœur,

Mehdi

Remerciement

Ce travail de thèse n'aurait jamais abouti sans l'aide, les encouragements et l'implication de certaines personnes à qui j'exprime à travers ces quelques phrases modestes toute ma gratitude, en particulier :

Je suis très reconnaissant envers Monsieur Ahmed KARMOUCH, Professeur à l'Université d'Ottawa (Canada) ainsi que Madame Francine KRIEF Professeure à l'ENSERB (France) pour m'avoir fait l'honneur de juger ma thèse et de rapporter mon travail je vous remercie pour toute l'attention portée durant cette évaluation.

Je remercie chaleureusement Monsieur Djamel BELAID, Professeur à Télécom SudParis (France), Monsieur Chadi BARAKAT, Chargé de recherche à l'INRIA Sophia (France), Madame Brigitte KERVELLA, Maître de conférences à l'Université d'Amiens (France). D'avoir accepter d'être parmi les membres de jury de ma thèse et d'avoir examiner mes travaux.

Toute ma gratitude va à mon Professeur, Monsieur Nazim AGOULMINE, Professeur à l'Université d'Evry Val d'Essonne (France) pour m'avoir accueilli dans son laboratoire de recherche LRSM (Laboratoire de Réseaux et Systèmes Multimedia) et de m'avoir permis d'effectuer cette thèse dans de bonnes conditions. Je le remercie aussi pour m'avoir donné toutes ces idées, ainsi que pour toutes les riches réunions de travail, sans quoi je ne serai jamais arrivé à bout de cette thèse, je ne vous remercierai jamais assez pour m'avoir fait profiter de votre expérience et de m'avoir témoigné tant de bienveillance.

Je remercie O. Bensaada et K. Nafaa pour avoir bien voulu faire une relecture critique de ce manuscrit

Abstract

Video content production has reached, nowadays, a big volume of traffic over the internet. Emerging social and professional networks (i.e. Facebook) and video portals (i.e. Youtube) acted as veritable accelerators for this phenomenon. In addition to IPTV and VoD applications, personal video sharing is also in the run.

Our initial concern in this thesis was infrastructure wireless networks. We were focusing on how to provide a seamless mobile multimedia streaming service during horizontal handovers over cellular WLAN networks. This includes the proposal of a prediction based buffering scheme to cope with the video service disruption during the blackout periods. The work ended with a comparison between simulated and real test-bed implemented results.

After file sharing and IP telephony, p2p streaming applications are getting a great concern from both academia and industry. The main goal of this technology is to allow nodes to cooperate and exchange contents among themselves. A lot of p2p streaming applications are currently used, over the Internet, for both video on demand and real-time streaming services like IPTV such as PPStream, UUSee, SopCas, TVants and Joost.

At the same time we are seeing the development of new type of infrastructure-less communications using different types of devices PDA, telephones, computers, etc called Mobile Ad Hoc Networks. With this communication technology, networks can be created spontaneously at any place (home, office, street, bus, etc.). In a second phase our aim was to show how these MANET and P2P technologies can stimulate the emergence of new types of experience sharing in the society. We can easily imagine a scenario where mobile users build their own swarm, without resorting to the infrastructure, to exchange videos among them with no cost. Relying on their built-in wireless communication interfaces, they form a spontaneous network based on their preferences and including their friend, colleagues, etc. The two last contribution chapters are targeting the modeling and simulation of a mobile p2p streaming solution for MANETs. Relying on a mobility model based on the social communities we have shown the feasibility of P2P streaming over MANETs.

Résumé

De nos jours, La de production de contenu vidéo génère un grand volume de trafic sur Internet. Une panoplie de réseaux sociaux émergent (tels que Facebook) et de portails vidéo communautaires (tels que Youtube) ont agi comme de véritables accélérateurs de ce phénomène. En plus des applications IPTV et de VoD, le partage de vidéos personnelles est également dans la course.

Notre première préoccupation dans cette thèse est la mobilité dans les réseaux sans fil dits infrastructure. Nous nous sommes concentrés sur la façon de fournir un service de streaming multimédia sans coupures lors des transferts horizontaux d'un mobile traversant des réseaux WLAN cellulaires. Cela comprend la proposition d'un système de mise en cache (buffering) fondé sur la prédiction du handover afin de faire face à l'interruption du service vidéo au cours de la période de la perte de connexion par le terminal. Le travail s'est terminé par une comparaison entre des résultats obtenus par simulation d'un coté et ceux mesurés sur un banc d'essai réel.

Après le partage de fichiers et la téléphonie IP, les applications de streaming p2p reçoivent un grand intérêt à la fois académique et industriel. L'objectif principal de cette technologie est de permettre aux nœuds de coopérer et d'échanger les contenus entre eux. Un grand nombre d'applications de streaming p2p sont actuellement utilisées, sur Internet, à la fois pour la vidéo à la demande et en temps réel comme les services de télévision IP, tels que PPStream, UUSee, SopCas, TvAnts et Joost.

En même temps, nous assistons au développement d'un nouveau modèle de communication sans infrastructures présentes dans différents types de dispositifs mobile (tels que les PDA, téléphones, ordinateurs portable, etc) appelée Mobile Ad Hoc Networks. Avec cette technologie de communication, les réseaux peuvent être créés spontanément à n'importe quel endroit (domicile, bureau, rue, bus, etc.) Dans une deuxième phase, notre objectif était de montrer comment ces technologies P2P MANET et peuvent stimuler l'émergence de nouvelles formes de partage d'expérience dans la société. Nous pouvons facilement imaginer un scénario où les mobiles des utilisateurs construire leur propre essaim, sans recourir à l'infrastructure, à l'échange de vidéos entre eux sans frais. S'appuyant sur leurs interfaces de communications sans fils, ils forment un réseau spontané en fonction de leurs préférences et y compris leurs amis, leurs collègues, etc. Les deux derniers chapitres de contribution portent sur la modélisation et la simulation d'une solution de streaming p2p pour MANETs. S'appuyant sur un modèle de mobilité basé sur des communautés sociales, nous avons pu démontrer la faisabilité du streaming P2P sur MANETs.

Liste des tableaux

Tableau 1 – Comparaison entre topologies Mesh et Tree 23

Tableau 2 – MANETs vs.P2P: Différences 35

Tableau 3 – MANETs vs.P2P:Similitudes 37

Tableau 4 autres paramètres du modèle 85

Tableau 5. Statistiques sur les nœuds 90

Tableau 6 – Paramètres de simulation.....100

Liste des figures

Figure 1: Réseau P2P de 1 ^{ère} génération (index central)	10
Figure 2: Réseau P2P de 2 ^{ème} génération (inondation de requête)	11
Figure 3: Table de hachage distribuée (DHT)	12
Figure 4: Le super peering.....	13
Figure 5: Parts des clients (BitTorrent, Kazaa, eMule et Gnutella) sur le trafic P2P file sharing [6]	18
Figure 6: topologies Mesh vs. Tree.....	23
Figure 7: Push vs. Pull.....	26
Figure 8: Classification des familles de protocoles ad hoc	27
Figure 9:Algorithme de prédiction du Tbho.....	52
Figure 10: Prédiction du Tbho et évolution du buffer	57
Figure 11: Schéma du banc d'essai.....	58
Figure 12:Schéma du buffering.....	59
Figure 13 Composantes logicielles de SM ² Stream	61
Figure 14 Evolution des RSS reçus	62
Figure 15: Tbho prédit et évolution du buffer	63
Figure 16 Couches du modèle	70
Figure 17 : Comparaison des résultats des équations maîtresse et de taux [109].....	73
Figure 18: Un exemple de réseau social [121]	75
Figure 19: Exemple d'une Matrice d'affinité représentant un réseau social.	76
Figure 20:Exemple de matrice d'adjacence représentant le réseau social.	76
Figure 21: Exemple d'une communauté mobile [121].	77
Figure 22: Distribution des degrés entrant et sortant.	86
Figure 23: Evaluations du délai (cas fixe).	87
Figure 24: Evaluations du délai (cas mobile sans considération de l'overhead).	89

Figure 25: Distribution du délai (cas mobile avec considération de l’overhead)90

Figure 26: Vue d'ensemble de MadTorStream.....98

Figure 27: Vue en couches de MadTorStream.98

Figure 28: La stratégie Closest Deadline First.....99

Figure 29: Résultats avec Closest Deadline First.....101

Figure 30: Résultats avec Rarest First.....101

Liste des algorithmes

Algorithme 1: Collecte d'information sur les réseaux avoisinants 59

Algorithme 2 : prédiction des T_{bho} et T_{bmo} 60

Algorithme 3 : mise en cache..... 60

Algorithme 4: exécution du handover 61

Algorithme 5: modification de l'algorithme principal de Groover 84

Table des matières

Dédicace	i
Remerciement	iii
Abstract	v
Résumé.....	vii
Liste des tableaux	ix
Liste des figures.....	xi
Liste des algorithmes.....	xiii
Table des matières	xv
Chapitre 1. Introduction	1
1.1. Streaming peer to peer	1
1.2. Mobile ad hoc networks	2
1.3. Contexte & Motivations.....	3
1.4. Contributions de la thèse	4
1.5. Structure du document	5
Chapitre 2. Etat de l'art	7
2.1. Le streaming vidéo	7
2.1.1. Transport de flux sur le réseau	8
2.1.2. Sur la couche applicative	8
2.1.2.1. <i>Mesure de la performance</i>	9
2.1.3. Utilisation du 802.11 pour le streaming	9
2.2. Les applications p2p.....	10
2.2.1. L'indexation et la recherche.....	10
2.2.1.1. <i>Approche centralisée</i>	10
2.2.1.2. <i>décentralisée (distribuée)</i>	11
a. Tables de hachages distribuées DHT:	11
b. Hybride	12

2.2.2.	Application de partage de contenu	13
2.2.2.1.	<i>Partage de fichier (File sharing)</i>	13
a.	Gnutella.....	14
b.	FastTrack.....	15
c.	eDonkey.....	16
d.	BitTorrent	16
e.	Statistiques	17
2.2.2.2.	<i>Voix sur IP</i>	18
2.2.2.3.	<i>Streaming audio et vidéo</i>	19
a.	Pplive	20
b.	Joost	21
2.2.2.4.	<i>Les deux topologies du streaming P2P</i>	22
a.	Topologie mesh.....	22
b.	Topologie Arbre.....	22
c.	Comparaison.....	23
2.2.2.5.	<i>Stratégies de sélection de bloc et de nœuds</i>	24
a.	La sélection de pairs	24
b.	La sélection de bloc	25
2.2.2.6.	<i>Technique de transfer des blocs</i>	25
a.	Le mode push	25
b.	Le mode Pull	26
c.	Le mode hybride.....	26
2.3.	Les réseaux ad hoc mobiles.....	27
2.3.1.	Classification des protocoles de routage.....	27
2.3.1.1.	<i>Protocoles proactifs</i>	27
a.	OLSR (Optimized Link-State Routing).....	28
2.3.1.2.	<i>Réactif</i>	28
a.	AODV (Ad Hoc On-demand Distance Vector)	28

2.3.1.3.	<i>Hybride</i>	29
a.	ZRP (Zone Routing Protocol)	29
2.3.2.	Modèles de mobilité	30
2.3.2.1.	<i>Modèles synthétiques</i>	30
a.	Modèles basés sur la marche aléatoire	30
b.	Le Random Way-point	31
2.3.3.	Group Mobility Model	31
2.3.4.	Community based mobility model	32
2.4.	P2P sur MANETs quelle motivation ?.....	32
2.4.1.	Différences	33
2.4.2.	Similitudes	35
2.4.3.	Synergie entre les systèmes P2P et MANET	37
2.4.4.	P2P MANETS	38
2.4.5.	Approches de conception du P2P MANET	39
2.4.5.1.	<i>Stratifiée et non structurée</i>	39
2.4.5.2.	<i>Intégrée et non structurée</i>	39
2.4.5.3.	<i>Stratifiée et structurée</i>	40
2.4.5.4.	<i>Intégrée et structurée</i>	40
2.5.	Mobile P2P Streaming	40
Chapitre 3.	SM ² Stream: Diffusion multimédia dans les réseaux disruptifs	43
3.1.	Résumé.....	43
3.2.	Introduction	43
3.2.1.	Contexte	43
3.2.2.	Problématique.....	44
3.3.	Introduction à la mobilité dans l'infrastructure sans fil:	44
3.4.	Travaux relatifs.....	45
3.5.	La mise en cache (buffering)	47
3.6.	La prédiction du handover	48
3.6.1.	Handover horizontal dans WLAN.....	49

3.6.2.	Présentation du filtre grey GM(1,1)	50
3.6.3.	Prédiction du temps avant handover.....	51
3.6.4.	Prédiction du temps avant l'abandon de la cellule.....	54
3.7.	Evaluations	55
3.7.1.	Simulations.....	55
3.7.2.	Résultats et Discussions.....	56
3.7.3.	Expérimentation	57
3.7.3.1.	<i>Description du banc d'essai</i>	<i>57</i>
3.7.3.2.	<i>Algorithmes réalisés dans VLC</i>	<i>58</i>
3.7.3.3.	<i>Résultats</i>	<i>61</i>
3.8.	Conclusion	63
Chapitre 4.	MADP2PStream: Modèle de streaming peer to peer sur réseaux ad hoc mobiles..	65
4.1.	Introduction.....	65
4.1.1.	Objectif de cette contribution.....	66
4.2.	Travaux existants	67
4.3.	Modélisation du p2p streaming basé sur le modèle de Carra <i>et al.</i>	68
4.3.1.	Principes de base	68
4.3.2.	Analyse des applications streaming fondées sur le mesh.....	69
4.3.3.	Comportement du système ciblé.....	71
4.3.3.1.	<i>Le streaming.....</i>	<i>71</i>
4.3.3.2.	<i>Arrivée, départ & mise à jour.....</i>	<i>72</i>
4.3.4.	Modèle mathématique	72
4.4.	Modélisation de la mobilité par Musolesi <i>et al.</i>	74
4.4.1.	Matrice d'affinité (affinity).....	75
4.4.2.	Modèle social de la communauté	76
4.5.	Prise en compte de l'overhead dans le calcul des délais.....	79
4.5.1.	Cas de protocole réactif	80
4.5.2.	Cas de protocole proactif.....	81
4.6.	Représentation de la mobilité dans le graphe de streaming p2p	82

4.7.	Evaluations	84
4.7.1.	Groover: solveur d'équations différentielles.....	84
4.7.2.	Application du modèle MADP2PStream	84
4.7.3.	Analyse du degré	85
4.7.4.	Analyse du délai	86
4.7.5.	Analyse de la qualité.....	90
4.8.	Discussion et conclusions.....	91
Chapitre 5.	: <i>MadTorStream</i> - un protocole pour le streaming p2p mobile	93
5.1.	Introduction	93
5.1.1.	Persistence et réplication pour palier à la mobilité.....	94
5.1.2.	Mobilité augmente la diversité.....	94
5.2.	Travail effectué	94
5.2.1.	Travaux relatifs	95
5.2.2.	Manet modèles de routage et de la mobilité	96
5.2.3.	Mobile peer-to-peer streaming	96
5.2.4.	Difference entre file sharing et streaming p2p.....	96
5.3.	Vue d'ensemble de MadTorStream	97
5.3.1.	Manet modèles de routage et de la mobilité	98
5.3.2.	Au niveau peer-to-peer (couche de partage vidéo).....	99
5.3.3.	Application du Modèle de mobilité.....	99
5.4.	Simulations.....	100
5.5.	Discussion des résultats.....	100
5.6.	Conclusions	102
Chapitre 6.	Conclusions et perspectives	103
6.1.	Synthèse du travail réalisé	103
6.2.	Résumé des contributions	104
6.2.1.	Streaming sans coupure en mobilité sur WLAN « SM ² Stream ».....	104
6.2.2.	Modèle de streaming p2p sur MANET « MADP2PStream ».....	104
6.2.3.	Streaming bittorrent sur MANET « MadTorStream »	105

6.3.	Perspectives	105
6.3.1.	Adaptation de paquets vidéo pour handover.....	106
6.3.2.	Mécanisme de réplication pour streaming P2P sur MANET.....	106
6.3.3.	Clustering basé sur la session de lecture.....	107
6.3.4.	Localisation P2P sémantique de contenu vidéo (DHT, MPEG-7 et Ontologies) ...	107
	Références	109
	Annexe A.....	123
A.1.	Liste des publications.....	123
A.1.1.	Articles de recherche.....	123
A.1.2.	Rapports de projet.....	124
A.2.	Index.....	125
A.3.	Glossaire	127
A.4.	Media Streaming dans VLC.....	129