



École
Doctorale
d'Informatique,
Télécommunications
et Électronique de Paris

THÈSE

présentée à

TÉLÉCOM PARISTECH

pour obtenir le grade de

DOCTEUR de TÉLÉCOM PARISTECH

Mention “**Informatique et Réseaux**”

par

Marguerite FAYÇAL

**ROUTAGE EFFICACE POUR LES RÉSEAUX PAIR-À-PAIR
UTILISANT DES TABLES DE HACHAGE DISTRIBUÉES**

Soutenue le 28 mai 2010 devant la Commission d'Examen composée de :

Rapporteurs :

Elena MUGELLINI, Pr. École d'Ingénieurs et d'Architectes – Fribourg
Abdelmadjid BOUABDALLAH, Pr. Université de Technologie de Compiègne

Examineurs :

Patrick BELLOT, Pr. Télécom ParisTech
Maroun CHAMOUN, Pr. École Supérieure d'Ingénieurs de Beyrouth
Dominique GAÏTI, Pr. Université de Technologie de Troyes

Directeur de Thèse :

Ahmed SERHROUCHNI, MC. Télécom ParisTech

ABSTRACT

This dissertation is a synthesis of our research at Orange Labs (formerly France Telecom R&D) to answer a problem identified by the aforesaid network operator and concerning peer-to-peer (P2P) streams.

Commonly likened to file sharing, P2P has many applications. It corresponds to a changing world of software, networks and equipment. Beyond sharing, we are facing a real power (in terms of CPU, bandwidth, storage, etc.) available in a distributed manner.

The rise of P2P requires new systems to meet the needs of users, but also those of ISPs and other network operators. The former seek permanently quite noticeable high quality of service (QoS). The latter aim to optimize the use of network resources (e.g. bandwidth) and to reduce various operations' and management costs (including those following the business agreements they signed with each others).

Hence the interest of this thesis, that aims to let a P2P network be aware of its underlying IP network in order to achieve a system with an efficient routing mechanism that leads to a win-win situation. Our research focuses on systems based on distributed hash tables (DHT), that we study and analyze first.

This dissertation begins with an analysis of the main protocols for discovery of dynamic resources in the different P2P architectures. The requirements for efficient P2P routing are then established. Afterwards, discovery techniques for generating and providing underlay network proximity information are presented, followed by techniques and main systems that exploit such information.

Our research led to the definition, design, specification and both individual and comparative analysis of two systems: CAP (*Context-Aware P2P system*) and NETPOPPS (*Network Provider Oriented P2P System*). The former introduces semantics in the identifiers of peers and objects and is context-aware. The latter simplifies the management of the different identifiers and is network operator

oriented: it enables cooperation between P2P traffic and the underlay's network operator (its policies and network topology).

Key words:

Peer-to-Peer (P2P); Distributed Hash Table (DHT); hash function; application routing; identifier management, network operator; Internet Service Provider (ISP); topology-awareness; overlay network; underlay network.

RÉSUMÉ

Ce mémoire est une synthèse de nos travaux de recherche menés au sein des laboratoires d'Orange Labs (anciennement France Télécom R&D) pour répondre à une problématique identifiée par ledit opérateur et concernant les flux d'échanges en mode pair-à-pair (P2P).

Communément assimilé à un échange de fichiers, le P2P a de nombreuses applications. Il correspond à une évolution du monde du logiciel, des réseaux et des équipements. Au-delà du partage, nous sommes confrontés à une puissance disponible de façon distribuée (en termes de CPU, bande passante, stockage, etc.).

La montée en puissance du P2P exige de nouveaux systèmes pouvant satisfaire les besoins des usagers, mais aussi ceux des fournisseurs d'accès à Internet (FAI) et autres opérateurs de réseaux. Les premiers cherchent en permanence une bonne qualité de service (QoS) bien perceptible. Les seconds aspirent à l'optimisation de l'usage des ressources du réseau (notamment la bande-passante) et à la réduction des différents coûts d'opération et de maintenance (dont ceux découlant de leurs accords économiques inter-opérateurs).

D'où l'intérêt de nos travaux de recherche qui visent à sensibiliser un réseau P2P au réseau IP sous-jacent, afin d'aboutir à un système de routage P2P efficace, en phase avec les politiques des réseaux d'infrastructures sous-jacents. Ces travaux se focalisent sur les systèmes P2P utilisant des tables de hachage distribuées (DHT), après les avoir étudiées et analysées.

Ce mémoire commence par une analyse des principaux protocoles de découverte de ressources dynamiques dans les différentes architectures de réseaux P2P. Les exigences requises pour un routage P2P efficace sont par la suite établies. Il s'en suit une présentation des techniques de génération de l'information de proximité sous-jacente, ainsi que des techniques et principaux systèmes d'exploitation de cette information.

Nos travaux de recherche ont abouti à la définition, la conception, la spécification et l'analyse individuelle et comparative de deux systèmes : CAP

(*Context-Aware P2P system*) et NETPOPPS (*NETwork Provider Oriented P2P System*). Le premier système est sensible au contexte et introduit une sémantique dans les identifiants des pairs et des objets. Le second système est orienté opérateur de réseau, et adapte les flux P2P à la topologie sous-jacente et aux politiques de l'opérateur, tout en simplifiant la gestion des différents identifiants.

Mots clés :

Pair-à-pair (P2P) ; table de hachage distribuée (DHT) ; fonction de hachage ; routage applicatif ; gestion des identifiants ; opérateur de réseaux ; fournisseur d'accès à Internet (FAI) ; sensibilité à la topologie sous-jacente ; réseau de recouvrement ; réseau sous-jacent.