Allocation de bande passante dans les grands réseaux stochastiques

Mathieu Feuillet [1]

Mathieu Feuillet a soutenu sa thèse en juillet 2012 à Inria Paris-Rocquencourt, sous la direction de Philippe Robert (Inria) et Thomas Bonald (Telecom ParisTech). Il est actuellement chargé de mission à l'agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI).



L'objectif de cette thèse était d'étudier les performances d'algorithmes utilisés dans les réseaux à l'aide de modèles probabilistes. Cette approche permet de comprendre le fonctionnement des réseaux, de construire des méthodes pour dimensionner des systèmes et peut apporter une contribution à la conception d'algorithmes. L'utilisation des probabilités pour modéliser les réseaux est naturelle du fait de la nature intrinsèquement aléatoire du trafic, du caractère stochastique de certains algorithmes et des pannes et erreurs qui affectent les réseaux. Les premiers travaux en ce sens sont ceux d'Erlang [1] en 1909. Pour cette thèse, trois problèmes différents ont été abordés mais tous font intervenir un phénomène appelé *stochastic averaging* et des méthodes de renormalisation ont été abondamment utilisées dont certaines ont été développées pendant ce doctorat.

Le premier problème abordé lors de cette thèse a consisté à étudier le contrôle de congestion dans Internet. Il est communément admis dans la communauté réseau que la croissance de Internet n'aurait pas été possible sans l'utilisation du protocole

1. http://mathieu.feuillet.pro

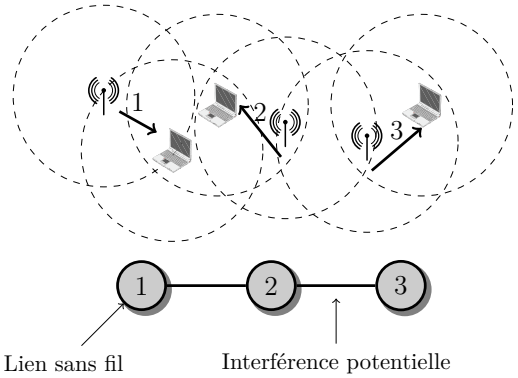


FIGURE 1. Un exemple de graphe d'interférence

TCP et notamment de sa fenêtre de congestion. Ce mécanisme permet de répartir les ressources disponibles entre les utilisateurs d'un réseau de manière complètement distribuée. En 2000, Massoulié et Roberts [3] ont proposé une nouvelle modélisation des réseaux qui a permis de mesurer les performances d'algorithmes tels que TCP à l'aide de modèles probabilistes et de prouver s'ils utilisent les ressources de manière efficace ou non. En 2009, nous avons utilisé ce type de modèle pour comprendre ce que serait Internet sans contrôle de congestion. Nous avons prouvé qu'il existe des cas où un effondrement des performances peut se produire entrainant un gaspillage des ressources disponibles. Néanmoins, nous avons également conjecturé qu'il existe une grande classe de réseaux où les ressources sont malgré tout utilisées de manière quasi-efficace, et ce d'autant plus que les débits maximaux des utilisateurs sont petits par rapport aux débits des équipements dans le cœur de réseau. Le début de cette thèse a été consacré à l'étude de cette conjecture sur une classe particulière de réseaux.

Le second problème était l'étude des performances de l'algorithme qui répartit la bande passante entre les utilisateurs dans le wifi : le CSMA/CA. Un modèle utilisant les graphes d'interférence (voir Figure 1) a été proposé en 1992 par Tassiulas et Ephremides [5]. Ils ont également prouvé l'existence d'un protocole qui garantit un usage efficace des ressources disponibles. Cependant, cet algorithme exige la présence d'une autorité centrale et revient à résoudre un problème NP-complet, ce qui le rend inutilisable en pratique. Plus récemment, différents progrès ont été réalisés, notamment par Shah et Shin [4] et par Jiang et Walrand [2] en 2008 qui permettaient de supputer l'existence d'un algorithme simple, complètement distribué et efficace. Dans cette thèse, nous avons prouvé que CSMA/CA n'est pas efficace et nous avons proposé une modification simple de cet algorithme qui le rend efficace.

Enfin, le troisième problème a consisté à étudier une table de hachage distribuée avec pertes pour estimer la vitesse de disparition des fichiers qu'elle contient. Il s'agit d'un domaine qui avait fait l'objet de peu d'études théoriques jusqu'à présent. Nous avons donc proposé un premier modèle très simple qui permet néanmoins de caractériser la vitesse de disparation des fichiers en fonction de paramètres comme le nombre de copies, la durée de vie d'une copie et la capacité de duplication des fichiers du système. Nous avons également pu caractériser le nombre maximum de fichiers qu'un tel système peut contenir au-delà duquel une fraction significative des fichiers est perdue dès la mise en route du système.

Références

[1] A.K. Erlang. The Theory of Probabilities and Telephone Conversations. *Nyt Tidsskrift for Matematik B* **20**, 33 (1909).

[2] L. Jiang and J. Walrand. A Distributed CSMA Algorithm for Throughput and Utility Maximization in Wireless Networks. In : *Allerton Conference on Communication, Control, and Computing* (2008).

[3] L. Massoulié and J. W. Roberts. Bandwidth Sharing and Admission Control for Elastic Traffic. *Telecommunications Systems* **15**, 185–201 (2000).

[4] D. Shah and J. Shin. Randomized scheduling algorithm for queueing networks. *The Annals of Applied Probability* **22**, no. 1, 128–171 (2012).

[5] L. Tassiulas and A. Ephremides. Stability properties of constrained queueing systems and scheduling policies for maximum throughput in multihop radio networks. *IEEE Transactions on Automatic Control* **37**, 1936–1948 (1992).