

Titre : Structure et dynamique du graphe d'Internet

Directeur(s) de Thèse : Jean-Jacques Pansiot (PR 27ème section), co-encadrement Stéphane Cateloin (MCF 27ème section)

Unité(s) d'Accueil(s) : LSIIT – UMR 7005 : Equipe Réseaux et Protocoles.

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg

Collaboration(s) (s'il y a lieu) : IP Networking Lab (Louvain), Complex Networks (Lip6)

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) :

Résumé (1500 caractères au maximum) :

L'évaluation de nouveaux protocoles applicables à Internet repose généralement sur des simulations ou des déploiements sur des plates-formes expérimentales à grande échelle. La qualité des résultats obtenus dépend de la qualité des modèles utilisés, en particulier des modèles de topologie d'Internet. Ceci est très important pour les problèmes de routage (multi-routage, routage avec contraintes, reroutage rapide), les opérateurs utilisant de plus en plus d'outils d'ingénierie de trafic dans ou entre leurs réseaux.

Jusqu'à présent les topologies utilisées sont soit générées à l'aide de modèles assez simplificateurs, soit issues de mesures obtenues à partir de l'outil *traceroute*, selon un principe initié dans notre laboratoire il y a quelques années. Il est maintenant clair que le modèle "*traceroute*" doit être amélioré et complété par d'autres sources de mesures, parmi lesquelles nous proposons les données mrinfo.

Le travail de recherche consistera à mener une analyse comparative des topologies obtenues par ces deux méthodes. Le premier objectif en croisant ces deux sources de données est de quantifier notamment les erreurs obtenues par la méthode *traceroute*, ainsi que de produire des graphes de référence à destination de la communauté de recherche dans les réseaux. Par ailleurs ces outils permettant d'obtenir une suite temporelle de graphes, il s'agira de proposer des modèles de dynamique de ces graphes, et donc un modèle d'évolution de la topologie d'Internet.

Ces études nécessiteront l'étude d'une méthodologie de mesures croisées entre les deux outils, et distribuées sur Internet, en fonction des divers biais liés au point d'observation, puis la mise en place d'un système d'acquisition adéquat.

Descriptif du sujet (en complément, au format WORD impérativement)

Sujet de thèse : Structure et dynamique du graphe d'Internet

Le nom et le numéro de l'école doctorale : Mathématiques, Sciences de l'Information et de l'Ingénieur
– MS2I – ED n° 269

Le nom et label de l'unité de recherche : LSIIT – UMR 7005 : Equipe Réseaux et Protocoles.

La localisation : Illkirch (Sud de Strasbourg)

Le nom du directeur de thèse et du co-directeur s'il y a lieu : Jean-Jacques Pansiot (PR 27^{ème} section) (co-encadrant : Stéphane Cateloin, MCF 27^{ème})

L'adresse courriel du contact scientifique : Pansiot@unistra.fr

Le titre de la thèse : Structure et dynamique du graphe d'Internet

Le titre de la thèse en anglais : Structure and evolution of the internet graph

La description du projet :

Le projet s'inscrit dans la thématique de modélisation et de cartographie d'Internet. L'étude et la validation de nouveaux protocoles ou mécanismes applicables au réseau Internet reposent généralement sur des simulations ou des déploiements sur des plates-formes expérimentales à grande échelle. La qualité des résultats obtenus dépend de la qualité des modèles utilisés, et parmi ceux-ci, la qualité des modèles de topologie d'Internet. Ceci est plus particulièrement important pour les problèmes de routage notamment, les opérateurs utilisant de plus en plus d'outils d'ingénierie de trafic dans ou entre leurs réseaux. La recherche amont sur les algorithmes de multi-routage, de routage avec contraintes, de reroutage rapide en cas de défaillance, etc., nécessite donc des modèles fiables de topologie.

La topologie d'Internet (ou plutôt d'une de ses parties) est généralement représentée par un graphe de routeurs (ou parfois un graphe de systèmes autonomes), les arêtes de ce graphe étant éventuellement valuées par une ou des métriques. Les propriétés intéressantes pour le routage concernent notamment le degré des nœuds, la multiconnectivité, la distance moyenne, etc...

Jusqu'à présent les topologies utilisées sont soit générées à l'aide de modèles un peu trop simplificateurs, soit issues de mesures obtenues à partir de l'outil *traceroute*, selon un principe initié dans notre laboratoire il y a quelques années (cf [1]). De nombreuses améliorations ont été apportées à cette méthode ([2,3]). Il est maintenant clair que le modèle "*traceroute*" doit être amélioré et complété par d'autres sources de mesures, parmi lesquelles nous proposons une nouvelle méthode *mrinfo* ([4,5]).

Par ailleurs une série de mesures du graphe d'Internet permet d'espérer modéliser son évolution à long terme et ses changements temporaires comme des pannes (voir par exemple l'outil Radar : [6,7]).

Le travail de recherche consistera à mener une analyse comparative des topologies obtenues par les méthodes *traceroute* et *mrinfo*. Il s'agira en particulier d'établir une correspondance entre les nœuds et arêtes obtenus par des méthodes différentes. Le premier objectif en croisant ces deux sources de données est de quantifier notamment les erreurs obtenues par la méthode *traceroute*,

ainsi que de produire des graphes de référence à destination de la communauté de recherche dans les réseaux. Par ailleurs ces outils permettant d'obtenir une suite temporelle de graphes ([8]), il s'agira de proposer des modèles de dynamique de ces graphes, et donc un modèle d'évolution de la topologie d'Internet.

L'obtention des données nécessitera la mise au point d'une méthodologie de mesures croisées (voir coordonnées) entre les deux outils et distribuées sur Internet, en fonction des divers biais de mesures liés au point d'observation. La méthodologie sera mise en place au moyen d'un système d'acquisition adéquat.

Une partie de ce travail a déjà été amorcée en collaboration entre le Lsiit et l'équipe du Professeur O. Bonaventure à l'Université de Louvain, et à déjà donné lieu à deux publications dans des conférences de très bon niveau (ACM-Usenix Internet Measurement Conference, IMC 2009, et ACM Passive and Active Measurement Conference, PAM, avril 2010). D'autres collaborations sont en cours avec l'équipe « complex networks » du Lip6 (Paris).

Références

[1] On routes and Multicast Trees in the Internet, *J.-J. Pansiot, D. Grad, ACM Computer Communication Review*, Vol 28 n°1, pp. 41-50, janvier 1998.

[2] <http://www.cs.washington.edu/research/networking/rocketfuel/>

[3] Donnet, B., Friedman, T.: Internet topology discovery: a survey. *IEEE Communications Surveys and Tutorials* 9(4) (December 2007) 2–15

[4] Jean-Jacques Pansiot, Local and dynamic analysis of Internet multicast router topology, *Annals of Telecommunications*, vol. 62 num. 3-4, 2007.

[5] P. Mérindol, V. Van Der Schrieck, B. Donnet, O. Bonaventure, J.-J. Pansiot, Quantifying Ases Multiconnectivity using Multicast Information, *ACM Internet Measurement Conference*, ACM press, novembre 2009

[6] Matthieu Latapy, Clemence Magnien and Frederic Ouedraogo. A Radar for the Internet, <http://arxiv.org/pdf/0807.1603v1>

[7] <http://www-rp.lip6.fr/~latapy/Radar/>

[8] <http://svnet.u-strasbg.fr/mrinfo/>

Les connaissances et compétences requises :

Le candidat devra avoir de solides compétences en réseaux, notamment en ce qui concerne les mécanismes et protocoles de routage intra et inter-domaine, ainsi que dans le domaine des graphes.