

Graphes de Réseaux d'Opérateurs & Routage Multi-Chemins

Lieu	Équipe Réseaux, ICube (UMR CNRS 7357)
Encadrants	Thomas NOEL (noel@unistra.fr) & Jean-Jacques PANSIOT (pansiot@unistra.fr) & Pascal MERINDOL (merindol@unistra.fr)

Contexte

Les réseaux d'opérateurs se doivent d'assurer un certain degré de connectivité à leurs clients. Cela induit des motifs particuliers quant à la structuration du graphe sous-jacent (en particulier l'assurance d'une redondance minimale via des propriétés de k -connectivité au niveau lien et/ou routeur). Une autre problématique inhérente aux réseaux d'opérateurs est l'optimisation de leurs ressources. Cet objectif peut notamment être mis en oeuvre au niveau routage. Le routage multi-chemins est l'une des solutions envisageables pour répartir la charge sur le réseau et ainsi limiter l'apparition de congestions. Certains mécanismes de répartition de charge sont d'ores et déjà employés dans le coeur des réseaux IP. Des études [1] ont notamment mis en évidence l'utilisation d'ECMP [2] qui permet de faire transiter les données sur des routes multiples de coûts égaux. Néanmoins ce type de mécanisme n'offre pas une diversité de chemins optimale et s'avère assez limité en fonction de l'attribution des poids.

La modélisation et la cartographie [3] de la structure de l'Internet sont des enjeux importants pour appréhender son fonctionnement à une échelle globale. La topologie d'Internet (ou plus modestement d'une de ses parties) est généralement représentée par un graphe de routeurs [4] (ou parfois un graphe de systèmes autonomes [5]), les arêtes de ce graphe étant éventuellement valuées par un ou plusieurs poids. Les propriétés intéressantes pour le routage concernent notamment le degré des noeuds [6], la diversité des chemins, les distances moyennes, les poids logiques attribués aux liens, etc... L'évaluation de nouveaux protocoles de routage repose généralement sur des simulations ou des déploiements expérimentaux : la pertinence des résultats obtenus via ce type d'expérimentations dépend de la qualité des modèles utilisés, et parmi ceux-ci, la qualité des modèles de topologie d'Internet. Dans le cadre de ce travail, une fois certaines propriétés extraites d'un sous-ensemble de réseaux réels, nous souhaiterions entre autres objectifs inverser la problématique : comment adapter le graphe au(x) protocole(s) de routage multi-chemins ?

Sujet

En plus d'une étude préalable sur la compréhension de la topologie d'Internet et de ses caractéristiques structurelles, l'objectif de cette thèse est d'étudier les relations qui lient la structure du graphe des réseaux IP et l'opportunité d'y mettre en place un routage multi-chemins *efficace*. En examinant les algorithmes et protocoles de routage multi-chemins de la littérature [7, 8, 9], il s'agira donc dans un premier temps de définir ce qu'est un routage multi-chemins efficace. Plusieurs indicateurs peuvent se révéler pertinents en fonction de l'objectif : la quantité de routes découvertes, leur longueur, leur recouvrement (le fait qu'elles soient totalement ou partiellement disjointes et le flot maximal résultant), etc. La question de la valuation des liens est alors prépondérante : est-il plus commode de valuer les liens pour favoriser le routage multi-chemins, ou de s'affranchir de cette surcouche logique pour ne s'en remettre qu'à la structure physique ? Il faudra également considérer la problématique de l'équilibrage de charge : il n'est pas nécessaire que l'ensemble des routes découvertes soit utilisé simultanément par le mécanisme de partage. Peut-on lier un certain nombre d'indicateurs liés à la topologie (degré des noeuds, distribution de ces degrés, k -connectivité, etc.) à ceux qui caractérisent l'efficacité du routage multi-chemins ? Est-il possible de dire, a priori, en connaissant les caractéristiques topologiques d'un réseau, quel algorithme de routage multi-chemins sera le plus efficace ? Réciproquement, peut-on, étant donné un algorithme de routage, inférer des modèles de graphe adaptés, qui favorisent son efficacité ? Existe-t-il des motifs structurels qui nuisent à la mise en place de routes multiples ou, au contraire, existe-t-il des motifs qui tendent à la favoriser ?

Références

- [1] Timur Friedman Brice Augustin and Renata Teixeira. Measuring multipath routing in the internet. In IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 19, issue 3, pp. 830 ?840, June 2011.
- [2] C.Hopps. Analysis of an equal-cost multi-path algorithm, November 2000.
- [3] B. Donnet and T. Friedman. Internet topology discovery : a survey. IEEE Communications Surveys and Tutorials, 9(4) :2–15, December 2007.
- [4] A. Botta, W. de Donato, A. Pescapé, and G. Ventre. Discovering topologies at router level : Part II. In Proc. IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM), November 2007.
- [5] Z. M. Mao, J. Rexford, J. Wang, and R. H. Katz. Towards an accurate AS-level traceroute tool. In Proc. ACM SIGCOMM, August 2003.
- [6] P. Mérindol, B. Donnet, O. Bonaventure, and J.-J. Pansiot. On the impact of layer-2 on node degree distribution. In Proc. ACM/USENIX Internet Measurement Conference (IMC), November 2010.
- [7] S.Vutukury. Multipath routing mechanisms for traffic engineering and quality of service in the internet. In PhD thesis, University of California, Santa Cruz, 2001.
- [8] X.Yang and D.Wetherall. Source selectable path diversity via routing deflections. In SIGCOMM, volume 36, pages 159 ?170, october 2006.
- [9] Pascal Mérindol. Routage multichemins par interface d'entrée. In PhD thesis, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 2008.