

Vérification du lien entre auto-similarité et distributions à queues lourdes sur un dispositif grande échelle

Patrick Loiseau*, Paulo Gonçalves*, Guillaume Dewaele†, Pierre Borgnat‡, Patrice Abry‡, Pascale Primet Vicat-Blanc*

Laboratoire de l'Informatique du parallélisme
Ecole Normale Supérieure de Lyon
46 allée d'Italie, 69364 Lyon cedex 07
{patrick.loiseau, paulo.goncalves,
guillaume.dewaele, pierre.borgnat, patrice.abry,
pascale.primet}@ens-lyon.fr

Mots-clés : Réseaux, Grid5000, métrologie, auto-similarité, distributions à queues lourdes.

1. Introduction

Au cours de la dernière décennie, les travaux de [8] et [6] ont montrés que l'hypothèse de Poisson pour la description du trafic dans les réseaux devait être abandonnée au profit d'une hypothèse d'auto-similarité. À la suite de cette avancée majeure, plusieurs études ont identifié les queues lourdes de certaines distributions (essentiellement la distribution des tailles de flux) comme origine de cette auto-similarité [1].

Dans [3], Taqqu et ses collaborateurs établissent une relation analytique entre le paramètre d'auto-similarité et l'indice de queue lourde.

Cependant, la validation de cette prédiction théorique reste peu satisfaisante dans la mesure où elle n'a été expérimentalement vérifiée que sur des simulateurs numériques de réseaux [2], ou sur des données de trafic réel dont on ne maîtrise aucun des paramètres. En particulier, cette relation n'a jamais été formellement validée sur des réseaux réels en situation contrôlée de scénarii stationnaires, dans lesquels des distributions à queues lourdes spécifiques sont prescrites, et des intervalles de confiances estimés.

Dans ce travail, nous utilisons le potentiel de Grid5000, une plate-forme à large échelle profondément reconfigurable et totalement contrôlée

* INRIA RESO, ENS Lyon (LIP), Université de Lyon.

† ENS Lyon (Lab. de physique), Université de Lyon.

‡ CNRS, ENS Lyon (Lab. de physique), Université de Lyon.

pour confronter la prédiction théorique de Taqqu au trafic réel et en tirer le domaine d'application de cette relation.

2. Théorie

On se place dans le cadre du modèle ON/OFF avec un grand nombre de sources indépendantes émettant chacune une suite de flux (périodes ON) séparés par des périodes de silence (périodes OFF). La superposition de ces flux constituent le trafic sur un lien du réseau.

La taille X de ces flux suit une distribution à queue lourde de paramètre α : $P(X > w) \underset{w \rightarrow \infty}{\sim} cw^{-\alpha}$.

Les périodes OFF peuvent aussi suivre une distribution à queue lourde de paramètre β .

On s'intéresse à la quantité $Y(t)$ correspondant au débit agrégé sur le lien. Ce signal est dit à longue mémoire si sa fonction d'auto-covariance décroît lentement : $\mathbb{E}Y(t)Y(t + \tau) \underset{\tau \rightarrow \infty}{\sim} |\tau|^{2H-2}$, avec $\frac{1}{2} < H < 1$. Le paramètre H est le paramètre de longue mémoire ou paramètre d'auto-similarité (on confondra ici les deux notions).

Le théorème de Taqqu ([3]) stipule qu'à la limite où le nombre de sources et la taille de la fenêtre d'agrégation tendent vers l'infini, le débit agrégé sur le lien présente la caractéristique d'auto-similarité avec le paramètre $H = \frac{3-\alpha^*}{2}$, où $\alpha^* = \min(\alpha, \beta, 2)$.

3. Expériences

3.1. Plate-forme de métrologie

Les expériences sont réalisées sur la plate-forme Grid5000, constituée d'environ 5000 CPU répartis sur 9 sites en France. On utilise une topologie << butterfly >> entre les sites de Lyon (sources) et Renne (destinations). Le trafic du lien central (<< bottleneck >>) à 1 Gb/s est dupliqué vers un système de capture.

Notre système de capture est composé d'une boîte GtrcNET-1 à base de FPGA, développée par l'AIST, capable d'extraire les en-têtes des paquets ethernet et de les estampiller avec une précision de 60 ns ; et d'un serveur qui stocke le train des en-têtes extraites. L'ensemble permet de capturer sans pertes les en-têtes de tous les paquets à 1 Gb/s.

3.2. Estimation de H et α

Le fichier des en-têtes ainsi obtenu est ensuite traité pour obtenir le débit agrégé et la distribution des tailles de flux. A partir de ces données, on peut estimer les paramètres H et α .

L'estimateur de H utilisé est basé sur une régres-

	Proto.	Limit. débit	α	$\langle P \rangle$	Param. mesuré
A	TCP	PSP HTB TCP	1.1 – 4	100	\hat{H} $\hat{\alpha}$
	UDP	iperf			
B	TCP	TCP	1.1 – 4	100	gamme d'échelles
				1000	

TAB. 1 – Conditions expérimentales ($\langle P \rangle$: nombre moyen de paquets par flux).

sion linéaire dans un diagramme log-échelle qui représente la variance des coefficients en ondelette du débit agrégé en fonction du logarithme de l'échelle [5]. L'estimateur de α utilisé est basé sur la mesure par ondelette de la régularité à l'origine de la fonction caractéristique de la distribution [7].

3.3. Description des scenarii

Toutes les expériences sont réalisées avec 100 sources produisant 8 heures de trafic stationnaire. Le débit de chaque source est limité à 5 Mb/s pour éviter la congestion. On impose les périodes OFF suivant une loi exponentielle, et les périodes ON suivant une loi de Pareto de paramètre α . Le tableau 1 résume les paramètres utilisés dans les différentes séries d'expériences réalisées en faisant varier α avec 10 valeurs entre 1.1 et 4.

4. Résultats

Pour chaque trace de trafic de la série A, l'indice de queue lourde de la distribution des tailles de flux est estimé, et c'est cette valeur estimée $\hat{\alpha}$ qui est utilisée dans la suite.

Les diagrammes log-échelles sont ensuite tracés à partir du débit agrégé à 100 μ s. On constate un comportement linéaire (auto-similarité) aux grandes échelles, dont l'indice estimé \hat{H} devrait donc correspondre à la prédiction de Taqqu.

Dans [4], les auteurs suggèrent de prendre la durée moyenne des flux comme borne inférieure des grandes échelles. En utilisant la série d'expériences B, nous avons vérifié avec deux valeurs différentes qu'on observe effectivement le comportement linéaire au delà de la durée moyenne des flux.

La réalisation des expériences de la série A avec deux protocoles différents (TCP et UDP) et trois mécanismes de limitation de débit différents (PSP, HTB et limitation de fenêtre TCP) nous a permis de montrer que ces deux paramètres sont sans influence sur le comportement aux grandes échelles

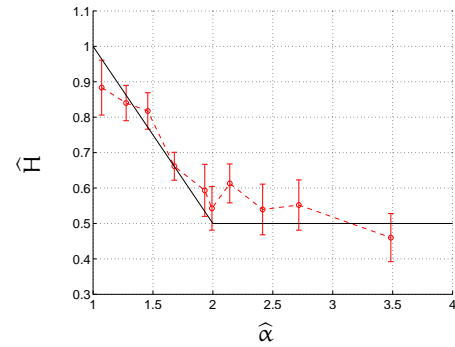


FIG. 1 – Courbes expérimentale et théorique de \hat{H} en fonction de $\hat{\alpha}$

(les diagrammes log-échelles se superposent et on estime le même \hat{H} quels que soient le protocole et le mécanisme de limitation utilisés).

La figure 1 montre les résultats de \hat{H} en fonction de $\hat{\alpha}$ pour les expériences de la série A avec le protocole TCP et la limitation de fenêtre TCP. La courbe obtenue avec le protocole UDP est identique, ce qui est en opposition avec les résultats de [2]. Bien que la prédiction de Taqqu soit correctement vérifiée, nous recherchons encore actuellement l'origine du biais négatif sur \hat{H} pour $\hat{\alpha}$ proche de 1 et positif \hat{H} pour $\hat{\alpha}$ proche de 2.

Bibliographie

1. M. E. Crovella and A. Bestavros. Self-similarity in World Wide Web traffic : Evidence and possible causes. *IEEE/ACM Trans. on Net.*, 1997.
2. K. Park et al. On the relationship between file sizes, transport protocols, and self-similar network traffic. In *ICNP 96*.
3. M. S. Taqqu et al. Proof of a fundamental result in self-similar traffic modeling. *SIGCOMM CCR*, 1997.
4. N. Hohn et al. Cluster processes, a natural language for network traffic. *IEEE Trans. on Sig. Proc. – Special Issue on Sig. Proc. in Net.*, 2003.
5. P. Abry et al. Wavelets for the analysis, estimation and synthesis of scaling data. In K. Park and W. Willinger, editors, *Self-Similar Network Traffic and Performance Evaluation*. J. Wiley & Sons, Inc., 2000.
6. W. E. Leland et al. On the self-similar nature of ethernet traffic (extended version). *IEEE/ACM Trans. on Net.*, 1994.
7. P. Gonçalves and R. Riedi. Diverging moments and parameter estimation. *JASA*, 2005.
8. V. Paxson and S. Floyd. Wide area traffic : The failure of Poisson modeling. In *SIGCOMM 94*.