

Soutenance de thèse

Victor PERRIER soutiendra sa thèse de doctorat, préparée au sein de l'équipe d'accueil doctoral ISAE-ONERA MOIS et intitulée «*Mécanisme de contrôle de congestion LEO/GEO basé sur l'apport des sciences cognitives*»

Le 16 mars 2023 à 9h30

Amphi des thèses C002, ENSEEIHT, 2 rue Charles Camichel, 31400 Toulouse

devant le jury composé de

M. Emmanuel LOCHIN	Professeur ENAC	Directeur de thèse
M. Pham CONGDUC	Professeur Université de Pau	Rapporteur
M. Toufik AHMED	Professeur Université de Bordeaux	Rapporteur
M. Jean-Yves TOURNERET	Professeur INP-ENSEEIH	Co-directeur de thèse
M. Jérôme LACAN	Professeur ISAE-SUPAERO	
Mme Aline CARNEIRO VIANA	Directrice de recherche INRIA Saclay	

Résumé : Depuis 1980, de nombreux algorithmes de contrôle de congestion ont été proposés tels que TCP Tahoe, Reno, NewReno, Vegas, FAST, BIC, Compound, BBR, CUBIC (par défaut pour ce dernier dans tous les systèmes à ce jour). Fort de constater qu'ils fonctionnent plutôt bien dans des réseaux simples, avec un trafic réseau simple et restent bien souvent exclusifs au monde de l'Internet ou au monde du satellite. Ces difficultés de gestion du contrôle de congestion sont augmentées pour plusieurs raisons aujourd'hui. L'utilisation de liaisons satellites LEO est difficile à cause de délais de communication important. De plus, Internet évolue sans cesse, traversant les océans et incluant à la fois réseaux de satellites, cellulaires et centres de données ultra-rapides. Ce dernier devient donc extrêmement complexe et varié. Si nous ajoutons à cela l'explosion des applications d'où résulte un trafic de plus en plus conséquent, nous ne pouvons qu'observer l'inadéquation des contrôles de congestion traditionnels qui deviennent sous-optimaux et instables. Que cela soit pour le monde de l'Internet standard ou les spécificités relatives aux réseaux satellitaires, le contrôle de congestion de par son caractère non adaptatif devient obsolète. L'algorithme s'en trouve limité à l'espace des paramètres avec lequel il a été conçu et ne peut pas répondre avec précision et efficacité à la fluctuation rapide du trafic réseau, à la mobilité et à la variation de la capacité du canal dans le cadre d'une liaison satellitaire. Enfin et encore une fois, la conception d'un algorithme de contrôle de congestion repose de manière significative sur l'expérience des concepteurs de protocole, forcément non exhaustive et spécifique à un cadre d'utilisation. Les méthodes proposées ici pour améliorer le contrôle de congestion se basent sur l'apprentissage automatique. Générés par ordinateur, ces algorithmes obtiennent des capacités de modélisation plus fortes et un espace de stratégie plus complexe comme montré récemment par certaines universités et industriels. Le MIT et notamment Keith Winstein, fut l'un des pionniers dans ce domaine avec les propositions de SPROUT et Remy CC. De la même façon cette thèse étudie et propose de nouvelles techniques de Deep Learning permettant de comprendre ce qu'il se passe au coeur du réseau lors de l'utilisation d'un mécanisme de contrôle de congestion, afin de permettre à ces derniers de mieux réagir lorsque la congestion se produit.

Mots clés : SATCOM, machine learning, contrôle de congestion

Summary: Since 1980, several congestion control algorithms have been proposed such as TCP Tahoe, Reno, NewReno, Vegas, FAST, BIC, Compound, BBR, CUBIC (by default for the latter in all systems to

date). In the satellite field, proposals have also been made such as TCP Hybla, Peach, Noordwijk, DARTS, SCPS. However, all these algorithms have been developed based on the prior experience of designers and hypotheses on the network. They work rather well in simple networks, with simple network traffic and often remain exclusive to the Internet or satellite world. The existing gap between Internet protocols, used in particular in the context of LEO links, is even greater. Indeed, although the delays of LEO architectures allow the use of the Internet protocols on these links, they remain inefficient in this context. In addition, the Internet is constantly evolving : crossing the oceans and including satellite, cellular and high-speed data centre networks. As a result, the networks are becoming extremely complex and diverse. If we also consider the increase in the number of applications resulting in ever-increasing traffic, we can only point to the inadequacy of traditional congestion controls, which are becoming sub-optimal and unstable. Whether for the standard Internet or the particularities of satellite networks, congestion control is becoming obsolete due to its non-adaptive nature. The algorithms are limited to the parameter domain with which they were designed and cannot accurately and efficiently handle rapid fluctuations in network traffic, mobility and channel capacity variation within a satellite link. Finally, the design of a congestion control algorithm is significantly based on the experience of protocol designers, which is necessarily not exhaustive and specific to a particular usage. One possibility would be to design a congestion control algorithm based on automatic learning algorithms. These computer-generated algorithms provide stronger modeling capabilities and a more complex strategy space as recently demonstrated by some universities and industries. MIT and in particular Keith Winstein, was one of the pioneers in this field with the SPROUT proposals which is a stochastic prediction algorithm based on a random walk (see <http://alfalfa.mit.edu/>) or Remy CC (see <http://web.mit.edu/remy/>), more in line with the theme we wish to develop here and which focuses on the application of some ML algorithms to the field of transport. However, these proposals are only a first step (for example: more than 24 hours to achieve optimal training for Remy's algorithm) and there are still many techniques and key challenges that need to be addressed, including: 1) how to design or choose a learning model adapted to solve the congestion control problem, valid on both the standard Internet and LEO architectures? 2) what mechanism is possible for the particular case of cut-off networks such as GEO architectures? 3) how to train this model? 4) what types of data are needed for learning and how to collect them? 5) what is the cost of bringing these models into production? This thesis will seek answers to all these questions, among others.

Keywords: machine learning, congestion control, SATCOM