

Sous – thème 5 :

Technologie et thème libre

Etat de l'art sur le contrôle de la congestion – orienté modèle d'architecture décentralisé

ANDRIANIRINA C. B., RAFANOTSIMIVA L. F., RAKOTOBÉ T. R., FANOMEZANTSOA T.A.S.,
FANOMEZANTSOA T.A.S., Antsiranana – MADAGASCAR, saimfanoom@gmail.com.

Résumé :

Bien présent dans les réseaux de télécommunication, le problème de congestion est le phénomène qui gêne, voire empêche la communication de passer : les pages web qui mettent longtemps à se charger, les appels qui n'aboutissent pas pendant les saturations du réseau en jours de fêtes... Mal présenté, ce problème amène souvent à adopter des solutions très coûteuses et donc n'intègre pas le concept de développement durable. Le présent article de synthèse vise à pallier ce problème de présentation. Pour ce faire, il dresse une littérature afin de dégager les angles de vue les plus concrets et fidèles sur la présentation du problème, ensuite d'en dégager les directions particulières prises pour le résoudre. Il ne se repose donc pas sur une expérimentation. Il est structuré en trois parties dont une introduction pour présenter le sujet, une partie littérature qui discute les différentes sources retenues, et enfin une conclusion pour résumer les principaux apports de la littérature dans les études sur le domaine.

Now in telecommunications networks, the problem of congestion is the phenomenon that hinders, or even prevents the communication from passing: the web pages that take long to load, the calls that do not end during the saturations of the network in holiday days. This problem has often led to very costly solutions and therefore does not integrate the concept of sustainable development. This synthesis article is designed to address this issue of presentation. In order to do this, he draws up a literature in order to clear the most concrete and faithful views on the presentation of the problem, then to clear the specific directions taken to solve it. It is therefore not based on an experimentation. It is structured in three parts including an introduction to present the subject, a literature section that discusses the various sources selected, and finally a conclusion to summarize the main contributions of literature in studies on the field.

Mots-clés : Réseau de communication, flux de données, congestion, système à retard, système linéaire à saut.

I. Introduction

Lors des premières synthèses bibliographiques [1], la notion de congestion a été abordée en dressant une littérature. Le processus global du mécanisme était déjà mis en évidence. Ce document ne va pas reprendre le même format, il poursuit directement dans le concret. Des recherches plus approfondies devaient s'en suivre pour aborder plus en détails ce traitement de la congestion.

Le présent document vient directement à la synthèse : depuis la définition de la congestion, en passant par le lieu où elle peut apparaître, ce travail va présenter étape par étape le traitement de la congestion, afin de proposer un modèle pour poursuivre les travaux de recherches.

II. Notions théoriques

D'après [2] la première apparition du phénomène de congestion dans la littérature a été en Juillet 1961, le travail d'un certain Leonard Kleinrock. Il publie dans une communication une théorie sur l'adressage des packets. Mais lui-même ayant bénéficié de travaux qui datent de 1928. Depuis cette première apparition, plusieurs notions ont été présentées.

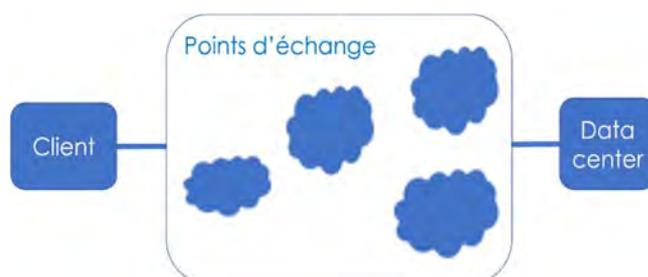
II.1. Définition

Dans [2], le contexte est assez simple : le concept de « congestion » est la résultante directe du « Sharing », ce concept qui fait d'internet aussi précieux. En effet internet implémente toute sorte de systèmes sur toute une variété de matériels tournant des applications toutes aussi diverses. Ainsi l'un ne peut exister sans l'autre.

Cependant il est précisé que la définition de la congestion ne fait pas l'unanimité auprès des experts [3]. En effet il est présenté des approches d'un côté théoriques (recherches), où la congestion est considérée quand il y a accumulation ou pertes des paquets, de l'autre plus professionnelles où la congestion est considérée dès que la bande passante maximale commence à être atteinte.

II.2. Lieu

Dans une architecture centralisée, il serait moins dur de définir le lieu où la congestion se produit. On s'intéresse à l'architecture décentralisée. Dans le cas d'un réseau opérateur, la congestion n'est pas forcément à la charge de l'opérateur. Les données passent par plusieurs points (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), plusieurs lieux tels que les Data Centers, Les points d'échanges, ou encore chez le client. A chaque point est susceptible rencontrer la congestion.



III. Mise en œuvre

Tel que présenté dans le dernier ouvrage, le contrôle de la congestion comprend quatre parties : la détection, la notification, la décision et enfin la réaction.

En considérant qu'un système de communication intègre des types variés de matériels et de logiciels, un mécanisme d'adressage était déjà à l'œuvre pour déterminer l'ordre de priorité afin de mieux gérer ce monde hétérogène. Dans ce contexte, c'était déjà un mécanisme de contrôle de congestion [2]

IV. Détection

On peut effectuer une analyse des données du réseau en collectant les données qui transitent par les interfaces. On peut également utiliser des techniques de gestion de file d'attente.

III.1.1. Analyses des données réseau

Les données du réseau sont les premières détectrices de congestion. Il y a deux méthodes pour avoir ces données, la méthode passive et la méthode active [4]. Les mesures passives visent à mesurer le flux réel en un point spécifique du

réseau [5] et de l'analyser de nouveau en un autre point du réseau pour récupérer les données.

Quant aux mesures actives elles visent à évaluer les données par le ressenti des applications même par rapport au trafic. On y procède en introduisant un flux particulier pour ressentir lui-même l'état du réseau. [3]

III.1.2. Gestion de file d'attente

On peut citer le RED (Random Early Detection). De nature les paquets sont supprimés en cas de mémoire pleine. Le principe des RED est d'anticiper que la mémoire ne soit pleine, en paramétrant un seuil. D'autant plus on se rapproche du seuil, davantage de paquets sont supprimés. C'est une technique d'Active Queue Management (AQM) [6], qui détruit aléatoirement des paquets selon une probabilité de 0 à p_{max} quand la file augmente d'un seuil mTh à MTh (cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Au-delà du seuil maximal, tout le trafic est détruit.



Les RED ainsi présentent bien une efficacité pour prévenir la congestion, mais d'une manière bien implicite. Car le principe de la détection cherche à répondre à des questions plus précises, plus explicites. De cette idée a été mise en œuvre les ECN ou Explicit Congestion Notification [7]. Un marquage est effectué au lieu de détruire les paquets en utilisant deux bits ECN dans l'en-tête IP (cf. Figure 1) pour signaler au destinataire un risque de congestion dans le réseau.



Figure 1 : En-tête IP

Des versions améliorées de RED ont été proposées.

La Gentle Random Early Detection (GRED) [8] augmente de façon plus lisse la probabilité de destruction ou de marquage.

L'Adaptive Random Early Detection (ARED) [9] quant à elle adapte de façon dynamique les paramètres de la file suivant l'intensité du trafic.

D'autres mécanismes de gestion de file d'attente sont proposés dans [10], [11], [12] [13] et [14].

V. Notification

Les informations qui intéressent sont la présence, la localisation, la source et l'intensité de la congestion. La forme de la requête, la capacité, l'architecture et la gestion du réseau dans son ensemble, contribuent à fournir ces informations [2]. Quant aux intervenants, on peut considérer le cas du réseau vers la source, ou encore du réseau vers l'opérateur.

III.2.1. Du réseau vers la source

En considérant l'expéditeur comme organe de décision, moyennant l'ECN, l'opérateur notifie la congestion par marquage du flux porteur de l'information au destinataire, tandis que ce dernier rapporte le message via les accusés de réception.

Cette mesure fournit la présence de la congestion, mais pas la localisation exacte, ni son intensité.

D'où des améliorations, avec [15] qui apporte des précisions au destinataire sur les marquages effectués et avec [16] qui réduit la fenêtre de congestion de façon proportionnelle au nombre de marques.

D'autre part, l'opérateur peut, au lieu de marquer le flux qui transite encore par le destinataire, agir directement sur les interfaces. Le contact envers l'expéditeur serait direct. C'est ce que propose [17] ou [18].

III.2.2. Du réseau vers l'opérateur

Ici l'opérateur est l'organe de décision. Ceci a pour avantage d'agir directement sur la qualité de service qu'il propose.

Afin d'être notifié sur l'éventuelle présence d'une congestion, l'opérateur doit lui-même collecter les données sur les interfaces où le mécanisme de détection a été implémenté, tel que le propose [19].

Cette mesure permet déjà de connaître la présence, la localisation et l'intensité mais locale. Le besoin d'assurer une qualité de service nécessite de connaître l'intensité globale [3]. Il est possible d'estimer l'intensité globale en comparant la proportion de marquage aux informations sur le flux global du réseau récupéré à sa sortie. C'est ce que propose PCN (Pre Congestion Notification) pour une architecture décentralisée, l'objet de nos travaux (cf. Figure 2).

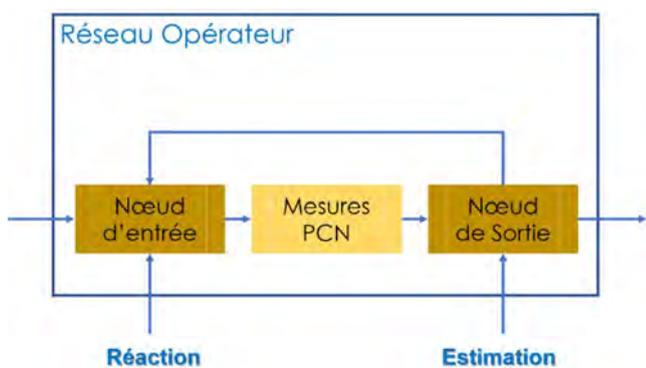


Figure 2 : Principe de PCN (Pre Congestion Notification)

VI. Décision

Une fois les informations collectées et notifiées, l'organe de décision peut effectuer la moyenne pondérée des stats. Et donc considérer les volume de données, ou encore les volumes de congestion.

III.3.1. Volume de données

Une méthode bien connue des opérateurs est la limitation en termes de volume de données [2].

Le cas bien connu de tous : le forfait AKAMA 7 d'Orange Madagascar qui propose 500mo de données mobiles pour surfer sur Facebook pendant 7 jours. Une fois ce volume atteint, le débit est très réduit.

III.3.2. Volume de congestion

Les stats collectés (Trafic global, proportions de marquages...) permettent de connaître l'intensité de la congestion. Mais alors pour agir selon le volume de la congestion, il faut agir auprès de chaque utilisateur pour éviter de ralentir inutilement le trafic pour l'ensemble.

Grâce à la technique de ConEx (Congestion Exposure) [20], l'utilisateur lui-même notifie les informations relatives aux marquages. La Figure 3 illustre un exemple où l'expéditeur réintroduit l'information reçue de l'accusé de réception par le destinataire. Cette information « Re echo » [3] est donc le compteur du volume de congestion, et non les données.

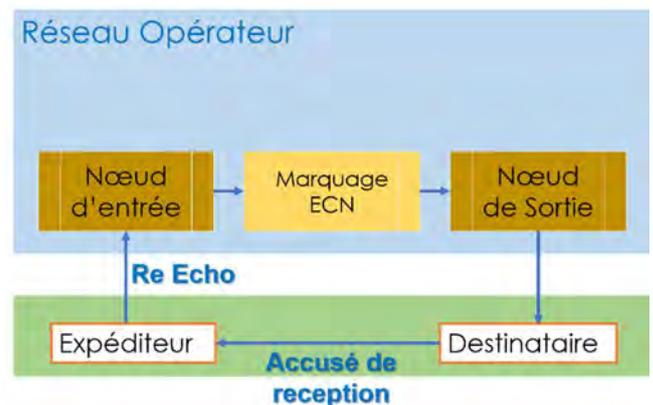


Figure 3 : Principe de ConEx (Congestion Exposure)

VII. Réaction

Il y a deux réactions possibles :

III.4.1. Priorisation

Procéder à un système de priorisation est un système également connu des opérateurs [2], en fonction du trafic durant les périodes de congestion ou bien des termes lors d'une souscription de client.

III.4.2. Ordonnancement

Presque similaire à la priorisation, la différence réside dans l'action sur la classe des services pour la priorisation, contre sur la file d'attente pour l'ordonnancement. [21]

III.4.3.D'autres réactions

[22] : Le MPLS ou MultiProtocol Label Switching permet de reroutage pour une meilleure répartition de la charge sur le point congestionné via un système à tunnels.

[23] : Des fois, les termes entre un utilisateur et l'opérateur sont dépassés. Les algorithmes de leaky bucket permettent la mise en œuvre de deux mécanismes : soit le trafic qui tend à dépasser est volontairement retardé pour respecter les termes, soit il est marqué avec une priorité basse.

VIII. Discussions

Traiter le problème de la congestion est une tâche relative : de par la définition même de la congestion, mais également compte tenu des diverses données recueillies, plusieurs mesures différentes sont à adopter et à ajuster.

En se concentrant sur le modèle d'architecture décentralisé, la Technique de ConEx semble répondre à nos besoins. C'est un bon modèle car certaines mesures sont certes proposées mais engendrent d'autres difficultés.

D'après [2], agir sur les volumes de données affectent d'autant plus le réseau.

Les travaux futurs seront d'abord de modéliser un système de contrôle de congestion parmi les systèmes proposés pour architecture décentralisée (via ConEx par exemple) et d'effectuer des essais en reproduisant un des modèles étudiés pour un aperçu direct. Ceci est nécessaire quand on effectuera les essais sur notre propre modèle.

IX. References

- [1] Sédric FANOMEZANTSOA et al, «Etat de l'art sur le contrôle de flux de données,» chez *Journée des Recherches des 3 ISTs*, Antananarivo, MADAGASCAR, 2018.
- [2] Steven Bauer et al, *The Evolution of Internet Congestion*, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- [3] M. A. SANHAJI, «Nouveaux paradigmes de contrôle de congestion dans un réseau d'opérateur,» Toulouse, 2016.
- [4] R. X.Nicolay, *Métrieologie des réseaux*, 2016.
- [5] W3, «La Métrieologie des Réseaux,» [En ligne]. Available: (<http://validator.w3.org/check?uri=referer>).
- [6] Jacobson et al, «Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance,» *IEEE/ACM Transactions on Networking*, August 1993.
- [7] S. Floyd, « The Addition of Explicit Congestion Notification (ECN) to IP,» September 2001.
- [8] M. Baklizi, «Performance Assessment of AGRED, RED and GRED Congestion Control Algorithms,» *Information Technology Journal*, vol. 11, 2012.
- [9] Sally Floyd et al, *Adaptive RED: An Algorithm for Increasing the Robustness of RED's Active Queue Management*, AT&T Center for Internet Research at ICSI, 2001.
- [10] Kathleen Nichols et al, «A modern AQM is just one piece of the solution to bufferbloat,» *NETWORKS*, vol. 9.
- [11] «PIE : A lightweight control scheme to address the bufferbloat problem,» chez *Advanced Architecture & Research Group*, Cisco Systems Inc., San Jose, USA, 2013.

- [12 E. P. Eardley, «Pre-Congestion Notification
] (PCN) Architecture,» June 2009. [En ligne].
Available:
<https://tools.ietf.org/html/rfc5559>.
- [13 C. Bastian et al, «Comcast's Protocol-
] Agnostic Congestion Management
System,» December 2010. [En ligne].
Available:
<https://tools.ietf.org/html/rfc6057>.
- [14 G. Karagiannis et al, «Overview of Pre-
] Congestion Notification Encoding,» July
2012. [En ligne]. Available:
<https://tools.ietf.org/html/rfc6627>.
- [15 B. Briscoe et al, «More Accurate ECN
] Feedback in TCP draft-ietf-tcpm-accurate-
ecn-07,» 2 July 2018. [En ligne]. Available:
[https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-tcpm-
accurate-ecn-07](https://tools.ietf.org/html/draft-ietf-tcpm-accurate-ecn-07).
- [16 Mohammad Alizadeh et al, «Data Center
] TCP (DCTCP),» SIGCOMM, India, 2010.
- [17 Wanchun Jiang et al, «Analysis of Backward
] Congestion Notification with Delay for
Enhanced Ethernet Networks,» *IEEE
TRANSACTIONS ON COMPUTERS*, vol.
63, n° 111, 2014.
- [18 .. P. Joglekar, «Improved Quantized
] Congestion Notification in Data Center
Network,» chez *FIFTH POST GRADUATE
CONFERENCE OF COMPUTER
ENGINEERING*, 2016.
- [19 Schmidt et al, Essential SNMP, Canada,
] 2001.
- [20 B. Briscoe et al, «Congestion Exposure
] (ConEx) Concepts and Use Cases,»
December 2012. [En ligne]. Available:
<http://www.rfc-editor.org/info/rfc6789>..
- [21 «Class-Based Weighted Fair Queueing,»
] [En ligne]. Available:
[http://www.cisco.com/
en/US/docs/ios/12_0t/12_0t5/feature/guide/
cbwfq](http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0t/12_0t5/feature/guide/cbwfq).
- [22 J. VALLET, «Optimisation dynamique des
] réseaux IP/MPLS,» Université de Toulouse,
Toulouse, 2015.
- [23 Tai et al, «Network traffic characterization
] using token bucket model,» chez *Eighteenth
Annual Joint Conference of the IEEE
Computer and Communications Societies.*,
1999.
- [24 J.H. Saltzer et al, «END-TO-END
] ARGUMENTS IN SYSTEM DESIGN,»
M.I.T. Laboratory for Computer Science.
- [25 M. Allman et al, «TCP Congestion Control,»
] September 2009. [En ligne]. Available:
<https://tools.ietf.org/html/rfc5681>.
- [26 M. Mathis et al, «Tcp selective
] acknowledgment options,» October 1996.
[En ligne]. Available:
<https://tools.ietf.org/html/rfc2018>.
- [27 Van Jacobson et al, «Congestion
] Avoidance and Control,» California, 1988.