

Évaluation et comparaison des performances d'algorithmes de routage à déflexion sous contrainte temps réel

David Nott

Laboratoire PRISM
Université de Versailles St-Quentin en Yvelines
45, avenue des États-Unis
78035 Versailles
David.Nott@prism.uvsq.fr

1. Introduction

Les réseaux tout-optique représentent une technologie séduisante et prometteuse pour fournir à la fois un haut débit et une haute qualité de service. En effet, l'actuelle technologie electro-optique approche de son plafond de performance, les capacités de conversion d'optique en électronique et d'électronique en optique ne pouvant suivre l'augmentation de la capacité de l'optique.

Le projet ROMEO [1] a eu pour but de concevoir un réseau haut débit multi-service. En raison de sa flexibilité, l'approche par commutation de paquet a été choisie. Avec la technologie optique actuelle, les routeurs optiques ont peu ou pas de buffer. Par conséquent, les algorithmes de routage pour réseau tout-optique sont différents des algorithmes store-and-forward basés sur les buffers électroniques. La plus étudiée des stratégies de routage pour les réseaux tout-optique est le routage à déflexion à plus court chemin.

Le routeur ROMEO vise le téra-bit en capacité avec jusqu'à des centaines de paquets à router à chaque étape de routage. Les décisions de routages sont prises par des unités de contrôle qui donne ses instructions au commutateur optique. Les décisions devant être prises très rapidement (de l'ordre de quelques us), l'unité de contrôle est composée de plusieurs processeurs en parallèle qui fonctionnent indépendamment les uns des autres.

Avec le routage à déflexion à plus court chemin, les routeurs tentent de diriger les paquets le long d'un plus court chemin vers leur destination. Un routeur peut envoyer jusqu'à un nombre donné de paquet sur un lien donné (la capacité du lien) à chaque étape de routage. Aucun paquet n'est mis en attente. Si le nombre de paquets demandant un lien donné est supérieur à la capacité du lien, alors

certains paquets seront routés sur le lien qu'ils demandent tandis que les autres seront défléchis vers un lien qui ne les rapprochent pas de leur destination. Ainsi, des paquets défléchis voyagent sur des chemins plus long. Finalement, les déflexions résultent en une augmentation du temps de transport de ces paquets et une réduction du débit utilisable du réseau.

Pour fournir flexibilité et réactivité au réseau face à un trafic fluctuant, nous proposons d'utiliser du routage multi-chemin dans le réseau ROMEO. Plusieurs algorithmes de routage à deflexion multi-chemin existent. Bien évidemment, ces algorithmes se différencient à la fois par leur capacité à fournir de bonnes solutions et par leur temps de calcul. Mais, elle partagent une propriété importante : plus la taille de l'ensemble des paquets à traiter est grande, plus le routage est efficace. Cette propriété est une conséquence du lissage que crée l'aggrégation de trafic. Par conséquent, plus un algorithme est rapide en temps d'exécution, plus il profite d'un trafic agrégé et donc lissé. Les algorithmes de routage doivent être évalué et comparé non pas par rapport à leur performance par rapport à une capacité donnée comme les algorithmes sont usuellement comparés, mais par rapport à un temps de calcul donné.

2. Étude des algorithmes de routage sous contrainte temps réel

2.1. Algorithmes de routage à déflexion

Le premier algorithme étudié est une heuristique gloutonne qui prend en entrée une liste de paquets, et qui les route en une passe. Si un ou plusieurs liens demandés sont disponibles, le paquet est routé sur un des liens disponibles, sinon il est défléchi aléatoirement sur un lien non demandé. Avec le second algorithme, lorsqu'un choix est possible, on choisit le celui qui préserve le plus la liberté future de choix. Le troisième algorithme est l'algorithme de routage optimal de Quessette [2]. Sous l'hypothèse que tous les paquets requièrent un ou deux liens de sortie adjacents pour avancer vers leur destination, il est optimal en nombre de paquets défléchis.

2.2. Performance des routages à déflexion

Le critère de performances choisi pour mesurer les algorithmes de déflexion est le taux de déflexion d'un paquet. La figure 1 montre la probabilité de déflexion d'un paquet en fonction du nombre de longueurs onde traitées. Ces résultats ont été obtenus par simulation sur un noeud en supposant que

le trafic est indépendant et uniforme, la charge du réseau 0.9 et la proportion de paquets requérant deux sorties 0.5. On constate que les trois stratégies de routage améliorent leur performance avec l'agrégation de trafic.

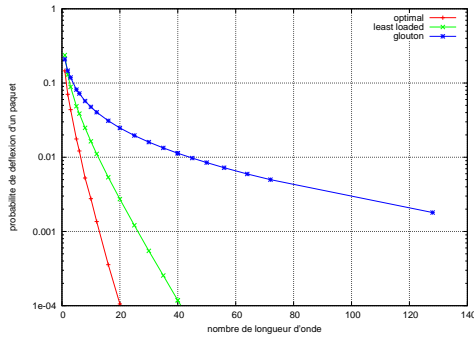


FIG. 1 – Performance des routages à déflexion

2.3. Mesure des temps de calcul sous contrainte temps réel

Un algorithme temps réel est correct si non seulement il produit le bon résultat, mais aussi s'il le délivre dans le temps imparti. La conséquence du non respect de la contrainte de temps serait probablement la perte de l'ensemble des paquets devant être routés. C'est pourquoi, le temps de calcul imparti doit être suffisant pour calculer le routage quel que soit l'ensemble des paquets devant être routé. Ainsi, on a mesuré une borne supérieure sur le temps nécessaire pour calculer une solution de chacun des algorithmes de routage en leur appliquant l'algorithme de prédiction du pire cas décrit dans [3]. Cet algorithme calcule le pire chemin d'exécution de chacun des algorithmes à partir du graphe de flot de contrôle et en déduit une borne sur le nombre de cycles nécessaire pour le calcul.

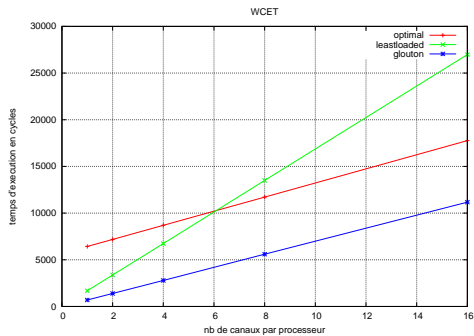


FIG. 2 – Temps de calculs des routages à déflexion

2.4. Comparaison des algorithmes sous la contrainte temps réel

Le temps de calcul disponible pour chaque unité de contrôle contraint le nombre de paquets dont une unité peut calculer le routage à chaque étape de routage. Ainsi, pour un temps fixé de calcul disponible t , si un algorithme peut calculer au maximum le routage d'un nombre N de paquets, la valeur de la performance de l'algorithme pour le temps t est la valeur de la performance pour le nombre N de paquets. La figure 3 montre les performances des routages en fonction du temps de calcul disponible. On observe que le routage optimal est le plus performant seulement si l'on dispose de suffisamment de temps.

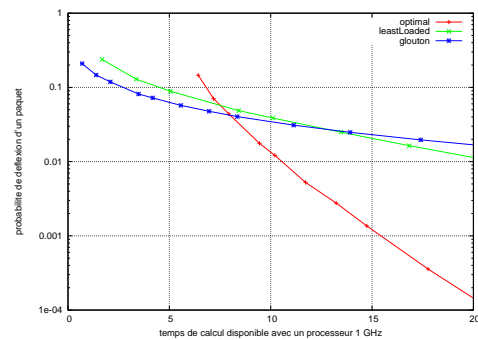


FIG. 3 – Performance temps réel des routages à déflexion

3. Conclusion

On a montré dans cet article que les performances des routages à déflexion pour du temps réel nécessite d'être comparé en fonction du temps de calcul disponible. On propose une méthodologie pour les évaluer dans laquelle on compare les algorithmes de manière classique, on mesure leur temps d'exécution et on en déduit leurs performances pour du temps réel.

Bibliographie

1. D. Barth, J.M. Fourneau, D. Nott and D. Chiaroni, –Routing and QoS in all-optical network packet network,–IEEE Workshop on Optical Burst Switching, Boston, 2005
2. S. Mneimeh and F. Quessette, – Minimum Deflection Routing Algorithm, – Alcatel Patent Application #135945, 2002
3. F. Bodin and I. Puaut, – A WCET-Oriented Static Branch Prediction Scheme for Real Time Systems, – Proceeding of the 17th EuroMicro Conference on Real-Time Systems, Palma de Mallorca, Spain, 2005