

Title	Design and Performance Evaluation of Small-buffered Optical Packet Switched Networks
Author(s)	Alparslan, Onur
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2591">https://hdl.handle.net/11094/2591</a>
rights	
Note	

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	オヌル アルパルスラン ONUR ALPARSLAN
博士の専攻分野の名称	博 士（情報科学）
学 位 記 番 号	第 2 2 5 0 9 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 20 年 9 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 情報科学研究科情報ネットワーク学専攻
学 位 論 文 名	Design and Performance Evaluation of Small-Buffered Optical Packet Switched Networks (小容量バッファによる光パケットスイッチネットワークの設計に関する研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 村田 正幸 (副査) 教 授 村上 孝三 教 授 今瀬 真 教 授 東野 輝夫 教 授 中野 博隆

## 論 文 内 容 の 要 旨

The lack of high capacity optical RAM makes it difficult to buffer optical packets in optical packet switching (OPS) networks. According to a rule-of-thumb, buffer size of each output link of a router must be  $B = RTT * BW$ , where  $RTT$  is the average round trip time of flows and  $BW$  is the bandwidth of output link, in order to achieve high utilization with TCP flows. However it requires a huge memory size due to high speed of optical links, so it is currently unfeasible. Currently, the only available solution that can be used for buffering in the optical domain is using FDLs. However, FDLs have important limitations. On the other hand, optical RAM is under research and it may be available in the near future. Optical RAM solves the problems of FDLs. However, Optical RAM is not expected to have a large capacity, soon. Therefore, decreasing the huge buffer requirements of OPS networks is necessary in order to make use of optical buffering.

In this thesis, first we design and propose a new XCP framework called Rate-based Paced XCP specially designed for small buffered OPS networks. We evaluate the FDL requirements on a meshed network with multiple-hop paths and show how FDL requirements change with slot size, utilization, FDL granularity, scheduling and packet size distribution. As a next step, we propose new switch architectures specially designed for Rate-based Paced XCP for further decreasing the buffer requirements and switch costs. We

investigate and compare input and output buffered optical switch architectures. We show how the FDL requirements of different switch architectures change with FDL granularity and packet size distribution by using a star topology. We next focus on optical RAM. We show that proposed architecture has low buffer requirements with optical RAM due to advantage of  $O(1)$  reading operation of optical RAM when compared with FDLs. As a last step, by using the ideas and results from the rate-based paced XCP, we propose a new core pacing architecture that is very light-weight, easier to implement and does not require XCP framework. Simulations show that both of our proposed pacing algorithms and network architectures increase the achievable utilization of very small optical FDL or RAM buffered optical core links or namely throughput of TCP flows using these links.

## 論文審査の結果の要旨

パケットネットワークにおいてリンクの利用率を高めるためには帯域遅延積相当のバッファが必要となることが知られている。光通信技術を用いた光パケットネットワークでは、回線帯域が増大するため帯域遅延積も増大することから、バッファの大容量化が望まれている。しかし、光パケットルータに適用なバッファリング技術としてファイバ遅延線と光RAMがあるが、いずれの技術を採用してもバッファの大容量化は困難であると想定される。本論文では、光パケットネットワークにおけるバッファサイズを削減することを目的とし、パケットスイッチアーキテクチャ並びにパケット転送手法を提案・評価し、手法の有効性を示している。

まず、本論文では、ネットワーク上のすべての送信・受信者のプロトコルの改変が不要であり、転送レートの明示的な制限がなく高速回線にも適用可能な小容量光RAMバッファに適した転送プロトコルであるpaced-XCPを立案し、ファイバ遅延線バッファを用いた際の有効性を示している。提案手法では、ファイバ遅延線を用いることによって生じるパケット間空き領域を考慮した転送レート制御をおこなうことで、高いリンク利用率を達成しつつ必要バッファ容量を既存の手法と比較して3桁以上削減可能であることを計算機シミュレーションにより明らかにしている。

次に、小容量光RAMを用いた光パケットスイッチのアーキテクチャとして、出力バッファ型、出力共有バッファ型、入出力バッファ型、入力バッファ型のバッファ構成法を比較評価し、光RAMの必要量を計算機シミュレーションにより比較検討している。評価の結果、入力バッファ型の6240Byte、出力バッファ型の8060Byteと比較して、入出力バッファ型のバッファ構成において入力段のバッファ容量と出力段のバッファ容量がほぼ等しくなり、3120Byteとなることを明らかにした。光RAMを分散配置する入出力バッファ型のバッファ構成法では、入力インターフェイス側のバッファ容量と出力インターフェイス側のバッファ容量を適切に設定することで光RAMブロックサイズが小さくなり、必要となるバッファ容量も3Kbyte程度となることを示している。

本論文では、光パケットスイッチネットワークのコアルータにおいて、パケットの送信間隔を調整するノードペーシング機構を提案し、計算機シミュレーションによりトラフィックのバースト性が軽減され、パケット棄却の発生を軽減することによりリンク利用率が10%向上可能であることを示している。

以上のように、本論文は、小容量バッファを有する光パケットネットワークの実現に向けた多くの研究成果を挙げている。よって、博士(情報科学)の学位論文として価値あるものと認める。