

氏 名 ORAWIWATTANAKUL TANANUN

学位（専攻分野） 博士（情報学）

学位記番号 総研大 1289 号

学位授与の日付 平成 21 年 9 月 30 日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 Fairness Provisioning in Optical Burst Switching
Networks

論文審査委員 主 査 准教授 計 宇生
教授 曾根原 登
教授 山田 茂樹
准教授 福田 健介
准教授 阿部 俊二
教授 李 頡 (筑波大学)

Optical burst switching (OBS) is a promising switching technology for next-generation Internet backbone networks. The main objectives of the dissertation are to provide fairness from various aspects, including rate and distance fairness, to OBS networks without degrading the loss probability or throughput.

This dissertation proposes a rate-fairness preemption (RFP) scheme to achieve max-min fair bandwidth allocation (FBA) or rate fairness in OBS networks. Methods of adaptive and fixed max-min rate allocation are introduced. RFP based on fixed max-min rate allocation is the simplest way of achieving max-min FBA in OBS networks because it does not require any additional control message to update the arrival or fairly allocated rates as required by existing FBA schemes. Core switches in RFP do not need to have a function for monitoring rates. A discrete-time Markov chain-based model for analysis of the burst loss probability for flows in RFP-based OBS networks is proposed. The performance of RFP was demonstrated through both analyses and simulations.

In addition, this dissertation proposes a technique of deflection routing (DR), called max-min DR (MMDR), to reduce losses when max-min FBA is achieved in OBS networks. The proposed DR strategy can be adapted to preemption-based and rate-control-based FBA schemes. In this research, we integrated MMDR with RFP and derived a new scheme called rate fairness preemption with deflection routing (RFP-DR). The simulation results indicate that RFP-DR can isolate and protect services as RFP does, but RFP-DR yields the lower total burst loss probability.

Although FBA can be achieved in OBS networks, the actual transmission rate of flows not only depends on the fairly allocated rate but also its burst loss probability due to the high-loss characteristic of OBS. The burst loss probability of flows in OBS networks tends to increase with larger hop counts. Therefore, rate fairness or FBA should be provided with distance fairness (fairness among flows with different hop counts) so that we can achieve real fairness in the sense of fair transmission rates. Consequently, this dissertation introduces a rate and distance fairness preemption (RDFP) scheme to achieve max-min FBA while ensuring distance fairness for traffic transmitted under the max-min rate.

The analytical and simulation results indicate that the proposed schemes effectively solve fairness problems in OBS networks without degrading the total burst loss probability. In addition, the proposed schemes are simple enough to implement in practical networks because of their low computational complexity.

博士論文の審査結果の要旨

本博士論文は「Fairness Provisioning in Optical Burst Switching Networks (光バーストスイッチングネットワークにおける公平性の提供)」と題し、波長分割多重 (WDM) 技術を利用した光バーストスイッチング (OBS) ネットワークにおいて、エンド・エンド間のトラフィックの流れ、すなわちフロー間で公平に資源を共有するための制御方式について提案したものである。光バッファを必要としない (または限定的にしか利用しない) 光スイッチング技術として提案された光バーストスイッチング技術は、ネットワーク内にバッファがないゆえに、ネットワークの混雑による損失が生じやすく、公平性の制御がなされない場合、特定のフローによるネットワーク帯域の独占が生じやすいという特徴がある。そのため、本論文は、光バーストスイッチング技術の実現に向けて解決すべき課題の一つとしての公平性の問題について扱うものであり、フロー間で公平に帯域共有を行うための制御方式について提案している。

論文は6章から構成され、第1章及び第2章の研究の目的と技術的背景に続いて、第3章から第5章では、バーストスイッチングネットワークにおける公平性を提供するための研究提案について述べられた。

第3章では、ネットワーク帯域の公平な配分という観点からRate Fairness Preemption (RFP) という制御方法の提案を行い、最小の利用に対してその利得を最大にするというMax-Min Fairnessを公平性の基準とし、帯域の競合が起きたときの波長先取りによる競合の制御を行っている。RFPでは、Max-Min Fairnessに基づく基準レートを超えた入力バーストをエッジスイッチ側でマークし、コアスイッチで競合が起きた場合にはマークされたバーストを優先的に廃棄するようにした。それによって、比較的少ない制御オーバーヘッドでフロー間のレートの公平性を保つことが可能になる。さらに、提案した制御方式を評価するための離散マルコフ連鎖による解析モデルとシミュレーションによる性能解析を行い、提案方式がトータルなバースト損失を増やさない前提でレート公平性を提供するのに有効であることが示された。

第4章では、RFPによる公平性の制御方式を採用した場合に、バーストの損失をさらに小さくするためのDeflection Routing (迂回ルーティング) 方式Max-Min Deflection Routing (MMDR) を提案している。MMDRは、帯域の競合が起きたときに、波長を先取りされたバーストをすぐに廃棄せずに開いている別なルートに迂回させることで、優先制御による損失を減らすことができる。迂回ルートが存在し、かつネットワークの混雑状況があまりない状況では提案方式が損失を減らすのに有効であることが示された。

第5章では、距離の公平性をも有する帯域制御の方法について提案を行っている。OBSネットワークではバーストの損失率がバーストの伝送距離の増大によって大きくなるという特性を持っている。したがって、レートの公平性の制御だけでは、公平性を提供するのに限界があり、伝送距離に対する公平性をも考慮に入れる必要がある。提案方式のRate and Distance Fairness Preemption (RDFP) ではレートの公平性基準を満たすバーストに対して使用した資源の量に考慮して距離の公平性の制御を行い、トータルな損失率を増やさない前提でレートと距離の公平性を同時に提供する。RDFP方式の性能はシミュレーションによってNSFNETおよびARPANETのような多くのホップ数を有するネットワー

クにおいて確かめられた。

また、第6章では結論についてまとめ、今後の課題を提示した。

なお、本研究の成果として、出願者はIEEE/OSAのジャーナル論文1篇、査読付国際会議7篇（採録済みを含む）を発表している。

以上を要するに、本論文は超高速ネットワーク交換方式として提案された光バーストスイッチングネットワークの実現に向けた重要な課題の一つである公平性の制御において、制御の複雑度を抑えつつ、総損失率を増やさない前提での公平な資源配分を提案し、その有効性を示したものであり、光スイッチングネットワークの実現による情報通信システムの高速化に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士の学位請求論文として合格と認められる。