

高速・高信頼情報通信ネットワークを実現するためのトラフィック制御技術に関する研究 (0221041)

Studies on Traffic Control for High-Speed and High-Reliability Networks

川原 憲治 九州工業大学情報工学部
Kenji KAWAHARA Faculty of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology

池永 全志[†] 堀良 彰^{††}
Takeshi IKENAGA[†] Yoshiaki HORI^{††}
[†]九州工業大学大学院工学研究科 ^{††}九州大学大学院システム情報科学研究院
[†]Graduate School of Engineering, Kyushu Institute of Technology
^{††}Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

研究期間 平成 14 年度～平成 16 年度

概要

本研究では、重要な通信基盤であるインターネットにおいて、多様化する利用者からの要求に応え、信頼性の高い通信サービスを提供するために必要となる新たなトラフィック制御手法を提案し、その性能を明らかにする。接続サービスを提供するインターネットサービスプロバイダ(ISP)だけでなく、一般家庭のアクセス回線に至るまで高速・大容量な通信回線で接続され始めており、このような環境で新たな通信サービスを創造し提供するためには、インターネットが持つ特徴を生かしながら効率良くトラフィック制御を行う技術が必要不可欠である。特に、利用可能な経路が複数存在する場合には、耐故障性や輻輳回避能力といった網の信頼性に大きく関連する重要な問題となる。そこで、新たなトラフィック制御手法を提案し、シミュレーションや数値解析による有効性の調査とともに、実証実験による現実的な評価も行う。

Abstract

In this study, we propose some traffic control mechanisms for high-speed and high-reliability networks since the transmission capacity on the backbone network, ISP and access line has been increasing and various types of traffic from users should be accommodated effectively on their networks. Thus we evaluate the performance of proposed traffic control mechanisms by analytical approach and/or computer simulation, and investigate the effectiveness of proposed scheme on the test-bed network.

研究内容

本研究では、次世代インターネットにおけるトラフィック制御技術を検討する上で、輻輳に対してトラフィックの転送経路を個別、かつ動的に制御する方式と、ネットワークトポロジに対応して予め用意した転送経路表をエッジルータで選択する方式の二つに着目し、これらをサブテーマとする。前者はルータの転送技術を MPLS(Multi-protocol Label Switching) に一新した場合に適用可能であるため、基本性能や実現可能性を中心に議論する。後者の方式は、既存ルータの枠組との親和性が高いため、前者の方式との性能比較や、現状のインターネット環境における実験を中心に調査する。

1. MPLS 技術を活用したトラフィック制御

MPLS 技術の適用を前提として以下の 2 つの目的を達成するためのトラフィック制御手法の定量的な評価を行う。

- i. ユーザの要求サービス品質(Quality of Service, QoS)の提供
- ii. ネットワーク資源の有効利用

まず、MPLS の機能を実装したルータである LSR (Label Switching Router)複数台で構成される小規模な MPLS ネットワークにおいて、上記の目的 i.、ii.を同時に満足するためのトラフィック制御、すなわち、トラフィックエンジニアリング(TE)の基礎性能を評価する。次に、より大規模な MPLS ネットワークにおける効果的な TE 手法の提案・評価を行う。

実際にトラフィック制御を行うためには、ネットワークを構成するルータ/リンクの利用率や転送トラフィック量を計測し、各ユーザに提供される QoS や利用可能帯域を精確に推定する必要がある。このネットワーク特性計測・推定技術の一方である Active Measurement では、ユーザがトラフィック転送時にプローブパケットを注入して、その被る転送遅延や損失からネットワークの各種状態を統計的に推定するが、注入プローブパケット量が少ないと統計誤差が大きくなり、多すぎるとネットワークの状態を攪乱するため、そのトレードオフを考慮した測定/推定方式の検討が必要となる。

2. 分散型 QoS 経路制御とパケットマーキングによるトラフィック制御

現在インターネットで利用されている経路制御およびネットワーク管理機構との親和性を考慮した分散型の QoS 経路制御を用いて、高速化および規模拡張性に優れた新しいトラフィック制御手法を提案する。特に、インターネットを構成する既存ルータにおける経路制御処理に着目し、ルータが経路を決定する処理および経路決定のために他のルータと交換する情報の内容等について新たな手法を導入する。具体的には、既存の経路制御では困難である複数の利用可能経路の負荷に応じた切り替えを実現するために、図 1 に示すようにネットワーク内の各ルータに複数の経路表を準備しトラフィック制御を実施する。

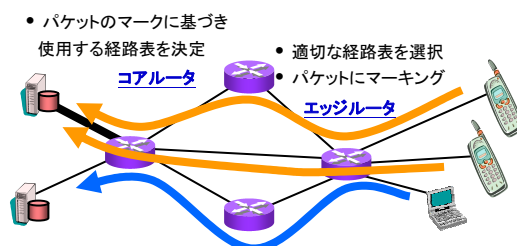


図 1 : 分散型 QoS 経路制御手法

研究成果（結果）

1. MPLS 技術を活用したトラフィック制御

図2に示すような複数台の LSR から構成される多入力1出力 MPLS ネットワークにおいて、到着トラフィックの転送経路として現在のインターネットにおけるデフォルト経路を通常利用するが、その経路の通信帯域が不足した場合のみ迂回経路を利用する TE 手法を提案し Shared 2×M/M/c/c 待ち行列システムでモデル化する。数値解析の結果、双方の入力 LSR のトラフィック量に極端に偏りがある場合、その量が少ない入力 LSR に收容されるユーザ性能の劣化を招くが、均一、もしくは軽微に不均一である場合は、全ユーザの性能向上が可能であることを示した(図3)。

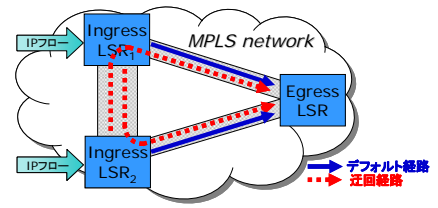


図2: 多入力1出力 MPLS-NW の TE

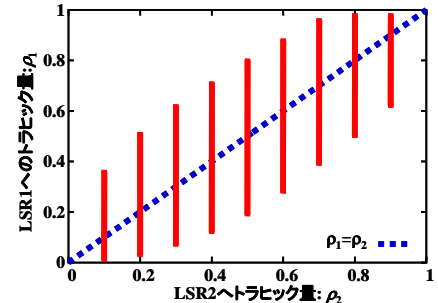


図3: 両 LSR におけるユーザ性能を改善可能な転送トラフィック量の範囲

Active 計測により着目する End-to-End 転送経路の packets 廃棄率特性を推定する場合、廃棄事象の発生頻度が小さいため、多くのプローブの転送を必要とする。したがって、図4に示すように n 個のプローブを連続的、かつ Tp で周期的に転送するパケットトレイン方式に着目して、廃棄頻度を意図的に高くし、かつ、連続するプローブの廃棄率の増加傾向を利用して、短時間に高精度で定常時のパケット廃棄率“target”を推定する手法を提案する。図5において

1) 転送順 i のプローブパケットの廃棄率 $P_{loss}(i)$ を計測

2) 次式の二次多項式回帰により、係数 a, b, c を決定

$$\hat{P}_{loss}(i) = ai^2 + bi + c = P_{loss}(i)$$

3) 上式で $i = 0$ とした、 $\hat{P}_{loss}(0) = c$ により“target”を推定

することにより、高精度な廃棄率の推定が可能であることを理論的に示した。(図6に推定結果を示す)。

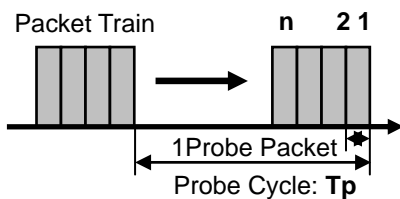


図4: パケットトレインモデル

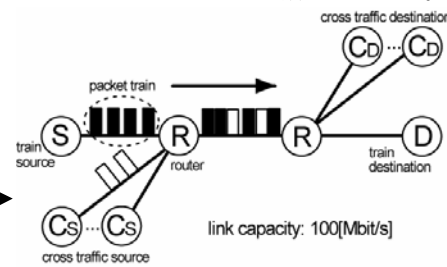


図5: 廃棄率推定のための解析モデル

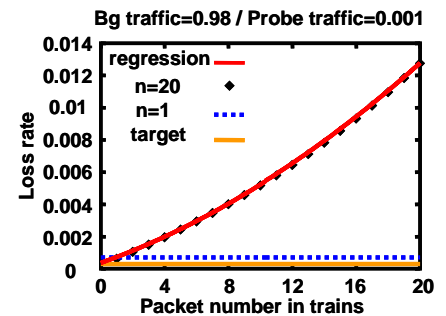


図6: 転送順序 - 廃棄率特性と回帰分析

2. 分散型 QoS 経路制御とパケットマーキングによるトラフィック制御

現在のインターネットにおける経路制御手法と親和性の高いホップバイホップ型の手法として、各ルータが複数の経路表を有する手法を提案した。本方式では、複数種類のトラフィックがネットワーク内に混在する場合、各トラフィックが要求する特性に対応した複数の経路表を各ルータが保持する。トラフィックがエッジルータに到着した際に、そのパケットに対して使用すべき経路表が決定され、その結果をパケットにマーキングする。コアルータでは複雑な処理を行わず、パケットに付与されたマークに従って使用すべき経路表を判断し、高速にパケット転送を行う。ネットワーク内の通信として、TCP を使用したベストエフォート型

トラフィックと VoIP を想定した UDP トラフィックの二種類を仮定し、提案手法の性能をシミュレーションによって評価した。その結果より、既存手法と比較して TCP トラフィックのスループット特性を向上させることが可能である(図7)とともに、UDP トラフィックのパケット廃棄率を低減させることが可能(図8)であることを示した。

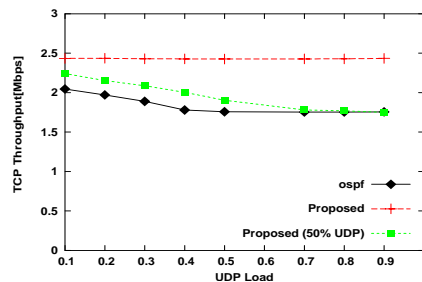


図7: TCP スループット特性

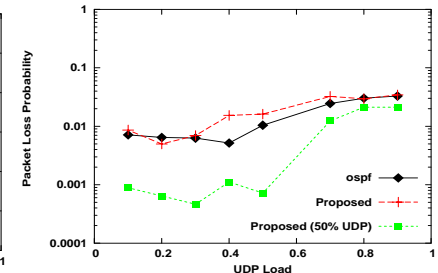


図8: UDP パケット廃棄率

誌上発表リスト

- [1] H. Tamura, S. Nakazawa, K. Kawahara, Y. Oie, “Performance Analysis for QoS Provisioning in MPLS networks,” Telecommunication Systems - Modeling, Analysis, Design and Management, Issue 3-4, pp209-230 (平成 16 年 3 月)、被引用度数: 1
- [2] H. Tamura, K. Kawahara, Y. Oie, “Performance analysis of flow loss probability and link utilization in MPLS networks for Traffic Engineering,” IEICE Transaction on Communications, Vol. E87-B No. 3, pp579-586 (平成 16 年 3 月)、被引用度数: 1
- [3] H. Kochkar, T. Ikenaga, Y. Oie, “Multi-Class QoS Routing with Multiple Routing Tables,” Proc. IEEE PACRIM'03, pp388-391 (平成 15 年 8 月)、被引用度数: 0

