

理2597-8

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

Traffic Control Methods for Large-Scale
Multimedia Communication Networks

大規模マルチメディア通信網
におけるトラヒック制御方式

申 請 者

川原 亮一

Ryoichi Kawahara

2000 年 7 月

業績概要：

“Traffic Control Methods for Large-Scale Multimedia Communication Networks”

「大規模マルチメディア通信網におけるトラヒック制御方式」

マルチメディア通信網は急速な発展を遂げている。中でもインターネットプロトコル (IP: Internet protocol) は有力な通信プロトコルであり、また、非同期転送モード (ATM: asynchronous transfer mode) やインテリジェントネットワーク (IN: Intelligent Network) は柔軟かつ高速なマルチメディア通信を提供する技術として注目されている。これらの通信技術によりマルチメディア通信網はさまざまなサービスやアプリケーションの提供を可能とする。それに伴ってトラヒック特性も多種多様となりその振る舞いは時々刻々と大きく変動するため、トラヒック特性を予め定めることができない、あるいは予測できないといった問題が生じ、従来のトラヒック制御では対応できないおそれがある。その一方で、マルチメディア通信網に対し、サービス品質 (QoS: quality of service) への要求はますます高まると予想される。したがって、これからのマルチメディア通信網においては、予めトラヒック特性を仮定せずにトラヒック測定値に基づいて、リンクの帯域やノードのプロセッサ処理能力といったネットワークリソースを有効に利用しつつ QoS を満足できるようなトラヒック制御方式を確立することが重要となってくる。また、大規模網においては、トラヒック制御方式は多重されるコネクション数（フロー数）の大きさに依存しない、実装が容易な方式である必要がある。

本研究は、大規模マルチメディア通信網における呼レベルからセル（パケット）レベルまでの実用的なトラヒック制御方式について述べている。提案方式は IN、ATM 網、ATM ベースの IP 網におけるトラヒック制御方式であり、いずれの方式もトラヒック特性に関する仮定を必要とせず、簡易なトラヒック測定値に基づいた実装が容易な方式である。

本研究は大きく以下の3つに分けられる。一つは、IN における呼レベルのノード輻輳に対するトラヒック制御、一つは、ATM 網におけるセルレベルのリンク輻輳に対するトラヒック制御、一つは ATM ベースの IP 網におけるパケットレベルのリンク輻輳に対するトラヒック制御についてである。ATM 網における輻輳を制御する方法として、本研究では、予めトラヒック特性を規定せずに閉ループ制御を用いる ATM サービスカテゴリである、利用可能ビットレート (ABR: available bit rate) を用いている。また、IP 網におけるトラヒック制御としては、近年、パケットレベルでの品質保証サービスとして着目されている最低スループット保証サービスや保証フレームレート (GFR: guaranteed frame rate) サービスを実現するための制御方式を提案している。

1 インテリジェントネットワークにおけるトラヒック制御方式 [8]

IN は様々な新しいサービスの迅速な導入や既存サービスの容易な変更を可能とする。そのために、IN アーキテクチャでは基本的な交換転送機能とサービス制御機能が分離されており、後者はサービス制御ノード (SCP: service control point) によって実行される。IN では多種多様なサービス制御プログラムを SCP に分配することにより、基本的な転送網と独立して IN サービスの開発・提供を行うことが可能となる。従来の IN あるいは電話網におけるトラヒック制御は、各 SCP あるいはノードに加わるトラヒック特性を仮定して定められた受付可能呼数に基づいていた。しかしながら、将来の IN では、多種多様なサービスを一つの SCP が提供するため、そのときのトラヒック条件に応じて輻輳 SCP での受付可能呼数は大きく変動してしまうと予想される。

そこで本研究では、簡易なトラヒック測定値から輻輳 SCP での受付可能呼数を推定し、それをもとに SCP 輻輳を制御する新しいトラヒック制御方式を提案した。また IN における様々な輻輳パターンを模擬できるシミュレータを作成し、シミュレーション評価により、いずれのトラヒック条件下においても提案方式が有効に動作して高スループットを維持できることを示した。

2-1 大規模 ATM 網における ABR レート制御方式 [6]

ATM 網において高速データ通信に対する要求を満たすため、新しい ATM サービスとして ABR が規定された。データ通信トラヒックはその特性を予め定めることが困難なため、ABR では網の輻輳状況に応じてスイッチが端末へ送信可能レートを通知し、端末はその指示に従って最大レート (PCR: peak cell rate) と最小レート (MCR: minimum cell rate) の間で送信レートを調整する。スイッチにおいて送信レートを決定する ABR レート制御アルゴリズムがこれまでに各種提案されているが、どのアルゴリズムが大規模網に適しているか明らかでなかった。

そこで本研究では、様々なアルゴリズムをレート計算方法や測定項目等から分類し、各種アルゴリズムの大規模網におけるトラヒック特性をシミュレーション評価した。その評価結果に基づいて、実装が容易で、かつ大規模網において想定される、様々なコネクション数や制御遅延に対応可能な ABR レート制御アルゴリズムを選定した。

2-2 公衆網において重み付け帯域割当可能な ABR レート制御方式 [4]

2-1 で選定した ABR レート制御アルゴリズムは各コネクションの PCR と MCR が均一なトラヒック条件下では有効に動作する。しかしながら、実際に公衆網でサービスを提供することを考慮に入れると、様々な PCR や MCR を持つコネクションが混在すると考えられる。またサービスを差別化するため、各コネクションへの割当帯域を重み付けする必要性が生じる場合がある。

そこで本研究では、2-1で選定したアルゴリズムをもとに、様々な PCR や MCR を持つコネクションの混在時にも高スループットを維持でき、かつ重み付け帯域割当が実現可能なレート制御アルゴリズムを提案した。提案方式はコネクション毎に状態管理することなく実装が容易なアルゴリズムである。

3-1 大規模 IP 網における GFR サービス実現方式 [2]

インターネットに代表される現在のデータ通信はベストエフォート型の通信である。しかしながら、近年 IP 通信においても QoS 保証が着目され、中でも網が輻輳していても予め定めた最低スループットを保証するサービスの提供が期待されている。GFR サービスは ATM における最低スループット保証サービスであり、その実現方法として重み付けラウンドロビン (WRR: weighted round robin) が提案されている。しかし、WRR はコネクション毎にキューイングおよびスケジューリングを必要とするため、コネクション数が大きい大規模網への実装が困難である。

そこで本研究では、2-2で提案した ABR レート制御をバックボーン ATM 網に適用することにより、大規模網において実装が容易な GFR 実現方式を提案した。本方式は、ノード単体の制御である WRR と異なり、ネットワークレベルで帯域を有効に利用し、高スループットを維持できる。

3-2 大規模網における IP スループット最低保証のための ATM トラヒック制御方式 [3]

不特定多数のユーザ間における IP 通信サービスを ATM 網で提供する場合、パケットハンドリング機能を持つノードを網内に配備し、そのノード内で ATM コネクションをいったん終端させ、パケットレベルのルーチングを行う方法が考えられている。この方法では、各 ATM コネクションがスループット保証単位であった 3-1 のネットワークモデルと異なり、ATM コネクションに複数のユーザフローが多重されるため、そのときのアクティブフロー数に応じた帯域を各コネクションへ割り当てる必要がある。

そこで本研究では、バックボーン ATM 網に 2-2で提案した ABR レート制御を適用し、ABR の帯域割当における重み付けを、簡易なトラヒック測定から推定されたアクティブフロー数に応じて動的に変化させることにより、各コネクションにそのときのアクティブフロー数に応じた帯域を割り当てることが可能なトラヒック制御方式を提案した。ABR 制御を用いることにより、集中制御に頼ることなく迅速にトラヒックの変動に対応可能である。また、提案方式により、様々なトラヒック条件下において、各ユーザに対して IP パケットレベルでの最低スループットが保証できることをシミュレーション評価を通じて示した。

*[]内は研究業績内におけるリスト番号