

氏名	イシティアク アハメド ISHTIAQ AHMED
学位(専攻分野)	博士(情報学)
学位記番号	情博第53号
学位授与の日付	平成14年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	情報学研究科システム科学専攻
学位論文題目	A STUDY ON TRAFFIC MANAGEMENT OF MULTIMEDIA COMMUNICATIONS ON TCP/IP OVER ATM NETWORKS (マルチメディア ATM ネットワークにおける TCP/IP のトラフィック管理に関する研究)
論文調査委員	(主査) 教授 金澤正憲 教授 高橋 豊 教授 高橋達郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

高度情報社会を向かえ、遠隔講義システム、Webによる情報提供、グリッドコンピュータでのデータ交換など、高速伝送の広帯域マルチメディア通信の必要性が高まってきている。現在のマルチメディア通信網としては、QoS (Quality of Service) の保証が可能な ATM (Asynchronous Transfer Mode) 網上に、TCP/IP プロトコルを実現する方式が多く採られている。しかし、複数の通信を同時に行うと、ATM のセルロスが発生し、スループットが著しく低下する問題が指摘されている。ATM スイッチに新しい機能を付加したり、バッファを大きくするといった解決法が提案されているが、既に世界中に多数配置されている現状では、新しいフロー制御アルゴリズムの開発が必要不可欠である。

本論文では、映像のような常に一定の帯域を占有する伝送 (CBR) と、IP ネットワークで通常利用されるようなデータ量に変化のある伝送 (UBR) とが ATM スイッチ上で輻輳を起こす実験環境を構築し、種々の既存のフロー制御アルゴリズムを実装して輻輳状態が発生する状態を測定し、ダンプファイルの分析により原因となるメカニズムを検証し、その結果から、輻輳状態を回避できる新しいフロー制御アルゴリズムを提案し、その有効性を明らかにしたものであり、全体で7章からなっている。

第1章は、本論文の序論であり、マルチメディア通信について概説し、現在多く利用されている ATM 上に TCP/IP を実装したネットワーク (IP over ATM および TCP) について説明している。

第2章では、既に研究者によって指摘されている、ATM 上で TCP/IP を動作させたときに生じる ATM セルロスによる IP セグメントロスの誘引などの問題点を概説し、今までに考案された輻輳回避の解決法とその問題点を指摘している。

第3章では、本論文で構築するネットワークモデルについて検討し、CBR と TCP/IP の伝送用の UBR が同時に行われるマルチメディア ATM 通信として典型的な環境を実験システムとすることを示している。パラメータとして、CBR 負荷のトラフィック、ATM スイッチのバッファサイズ、TCP ウィンドウサイズ、MTU サイズを設け、多様な状態を設定可能としている。

第4章では、TCP のアルゴリズムとして現在広く使用されている TCP Reno を実験システムに実装し、輻輳の発生状況を検討している。ATM スイッチのバッファサイズ、MTU サイズ、CBR 負荷のどのような組合せが輻輳状態に陥らせるか、ATM スイッチのバッファサイズ、TCP ウィンドウサイズの組合せが、CBR 負荷が低くても輻輳状態に陥らせるかを実験結果で明らかにしている。また、使用可能帯域の2%程度のスループットしか得られていないことも示している。さらに、TCP dump から、デッドロックの発生メカニズムを解明している。

第5章では、提案されている新しいアルゴリズム TCP New Reno と TCP SACK を実験システムに実装し、第4章と同様の実験を行い、TCP Reno に比較して改善されていることを確認している。しかし、使用可能帯域の20%程度のスループットしか得られていないことが示されている。

第6章では、実験の結果、IP over ATM で推奨されている MTU サイズに問題があることを指摘し、輻輳状態を検出す

ると MTU サイズを小さくする DGC (Dynamic Granularity Control) アルゴリズムを提案している。DGC アルゴリズムを実装し、実験システムで測定した結果、使用可能な帯域の96%までのスループットを得られることを検証している。また、TCPSACK のように送受信双方に実装する必要がないため、DGC は実用性の点で優れていることを示している。

第7章は結論であり、本論文で得られた知見を述べている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、通信システムでひろく構築されている ATM (Asynchronous Transfer Mode) による広帯域マルチメディア通信網でのトラヒックに関して、実環境を構築し、既存の通信アルゴリズムによるスループットの性能評価を行うとともに、改善アルゴリズムを提示し、その性能評価を行い、有効性を明らかにしたものであり、得られた成果は以下のようにまとめられる。

(1)現在のマルチメディア通信網としては、QoS の保証が可能な ATM 網上に、TCP/IP プロトコルを実現する方式が多く採られている。映像のような常に一定の帯域を占有する伝送 (CBR) と、IP ネットワークで通常利用されるようなデータ量に変化がある伝送 (UBR) とが ATM スイッチ上で輻輳する現象に着目し、実際に CBR と UBR が同時に伝送される実験システムを構築した。特に、十分な帯域が使用可能であるにもかかわらず UBR が輻輳状態になることを明らかにするため、ATM スイッチのバッファサイズを可変にし、任意の帯域の CBR を発生できるようにするなど、種々の環境を任意に設定できる実験装置を構築した。

(2)実験システムに、従来提案されている TCP 用のアルゴリズム (TCP Tahoe, Reno) を実際に実装し、MTU サイズ、CBR の帯域、ATM スイッチのバッファサイズなどのパラメータを変化させ、いずれのアルゴリズムにおいても、バッファサイズが 1K セル以下の場合、スループットの著しい低下が発生する状況を詳細に測定した。さらに、TCP dump を解析することにより、デッドロック状態が頻繁に発生し、再送タイムアウトにより回避していることを解明した。

(3)さらに、新しく提案された TCP New Reno, SACK の両アルゴリズムを実験システムに実装し、測定したところ、デッドロックが発生することが実証され、改善は限定的であることを明らかにした。

(4)上記の実験の結果、IP over ATM で推奨されている MTU サイズの標準値に問題があることが明らかになり、輻輳を検出したときに MTU サイズを動的に小さくする DGC (Dynamic Granularity Control) アルゴリズムを考案した。DGC アルゴリズムを実装し、実験を行ったところ、送信側に実装するだけで有効であり、かつ、常に使用可能な帯域の96%のスループットを得られることを確認した。

以上のように、本論文は、広帯域マルチメディア網における伝送アルゴリズムの理論的發展に貢献するとともに、トラヒック管理に対する実用技術を開発したものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士 (情報学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成14年2月15日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。