

## 5 B-7 MKng プロジェクトにおける高速ネットワークサポート

船渡大地<sup>†</sup> 木原誠司<sup>‡</sup> 松井康範<sup>†</sup> 尾上裕子<sup>‡</sup> 徳田英幸<sup>†§</sup><sup>†</sup> 慶應義塾大学 政策・メディア研究科<sup>§</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部<sup>‡</sup> NTT 情報通信研究所

## 1 はじめに

慶応大学を中心に行なわれている次世代マイクロカーネル (MKng) 研究プロジェクト [1] のテーマの一つに、高速ネットワークシステムの構築がある。ここでは Real-Time Mach と ATM ネットワークをベースに、デバイスドライバからプロトコル処理系まで、実装およびその評価を中心に、アーキテクチャおよびプロトコルの開発を行なう。

現在 ATM ネットワークに代表される高速ネットワークが普及しつつあるが、例えば従来までの TCP/IP を ATM 上に実現した場合、十分な実効転送速度を得ることができないという問題が指摘されている [2]。また、ATM の持つ QoS (Quality of Service) 保証機能は、TCP/IP のような QoS 指定機能がないプロトコルを利用する場合には効果的に使用することができない。この研究ではリアルタイムマイクロカーネルと ATM ベースのネットワークとの組み合わせにより、連続メディアのような時間的制約をもつデータを効果的に扱うことができるネットワークシステムを目指している。

## 2 MKng における高速ネットワークアーキテクチャ

現在、慶応大学では5つに分散されたキャンパス間で 155Mbps の ATM で結ぶ KISH (Keio Information Super Highway) 計画が進行中であり、現在までにこの KISH 網をテストベッドとした様々な実験を行ってきた [3]。これらの結果を踏まえ、MKng プロジェクトの高速ネットワークグループでは、特にビデオやオーディオなどの連続メディア処理に向けたリアルタイムマイクロカーネルおよびサーバの構築に重点を置いている。具体的には ATM をリアルタイムマイクロカーネル環境で使うためのドライバの構築、ATM 向けのフローコントロール機構、ATM の QoS 保証機構を利用したリアルタイム通信プロトコル、ネットワークの QoS をマッピングする機構、さらに ATM の他に FDDI やイーサネットなどが混在する異種接続ネットワーク環境で有効なマルチキャスト機能などを主なテーマとして研究を進めている。

High Speed Network Support in the MKng Project

Daichi FUNATO<sup>†</sup>, Seiji KIHARA<sup>‡</sup>, Yasunori MATSUI<sup>†</sup>, YUKO ONOE<sup>‡</sup>, Hideyuki TOKUDA<sup>†§</sup>,<sup>†</sup> Keio University Graduate school of Media and Governance  
5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252 Japan<sup>‡</sup> NTT Information and Communication Systems Laboratories  
1-2356 Take, Yokosuka, Kanagawa, 238-03 Japan<sup>§</sup> Keio University Faculty of Environmental Information 5322  
Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252 Japan

現在までにいくつかのシステムのプロトタイプが実現されている。連続メディアデータ処理には物理層からアプリケーション層まで一貫した QoS コントロールのメカニズムを必要とするため、これまで筆者らが行ってきた試みを、その現状と問題点について下位層から順を追って以下に述べて行く。

## 2.1 ATM セルレート制御機構

ATM ネットワークでは、予約された帯域を守ってデータを送出している場合には非常に高品質な通信が可能であるが、予約帯域を超過した場合には中継するスイッチ内部でセルの廃棄が行なわれる。1つのセル損失は上位レイヤのフレーム全体の損失につながるため、セルの送出スピードを守ることは重要な問題である。以上の問題点を解決するため、RT-Mach 上で ATM デバイスドライバを実現し、リアルタイムスレッドを使いセル送出のスピードをコントロールするモデルを研究した [4]。このモデルではスレッド起動の時間的粒度がセル送出の粒度より荒いという問題があるため、現在ではスレッドでセルより上位レイヤ (IP 処理等) のスケジューリングを行ない、セルレベルでは ATM インターフェースボード上のファームウェアを開発しボード内部の CPU を用いて周期的にセル送出を行なうメカニズムを構築中である。

## 2.2 ST-II

ネットワーク層での資源予約機能を持つリアルタイムプロトコルである ST-II を、RT-Mach で動作するユーザレベルサーバとして実現した [5]。ST-II はコネクション指向のプロトコルであり、コネクション確立時に多くの情報をやりとりするために、データ送受信の時にはデータパケットのヘッダを小さくすることができ、高速な通信が可能となる。また、通信の QoS をアプリケーションから指定するための仕組みを持つ。実装においては、データの送受信を RT-Mach のリアルタイムスレッドとして実装し、RT-Mach のリアルタイムスケジューリングにより、要求されたパケットの送信間隔を守ることを可能としている。また、時間的に無駄になったデータをリングバッファにより捨て、無駄な通信を行わないようにしている。

## 2.3 MPC

ATM 以外の FDDI やイーサネットなどが混在する異種接続ネットワーク環境で有効な QoS 制御可能なマルチキャスト機能の研究として、MPC (Multicast Protocol for Continuous Media) を開発した [6]。このプロトコルでは、(1) 混成的なネットワーク形態において、グループメンバーの受信処理能力および要求の多様性を許容した相対的 QoS、および (2) アプリケーションからの要求や、

ネットワークや CPU の一時的な負荷および輻輳時に対処するための動的 QoS を提供する転送制御方式を特徴とする。そのため、エンドポイントの要求条件、ネットワークから受ける転送サービス性能、メディア情報の特性、の3点を加味したフロー制御を行なう機能がある。

### 3 今後の方針

今後の大きな方針として、連続メディアアプリケーションのシステムに対する要求(画像の質、フレームレート等)を各層に適切にマッピングし、トータルな QoS 制御が可能になるシステム構築を考えている。次にそのために必要な今後の研究課題について述べる。

#### 3.1 アダプティブ・フロー制御機構

連続メディアの中でも高帯域を必要とする動画は圧縮されることが多く、現時点で標準的な圧縮方法 JPEG, MPEG などを用いると、圧縮されたデータは一般に VBR (Variable Bit Rate) という特性を持つ。帯域予約されたネットワーク上で効率良く VBR を扱うためには工夫が必要である。単純にストリームの最大値に合わせた予約帯域では、平均的な帯域の使用効率が非常に低くなってしまふ。そのため、複数ストリームを多重化して流し、平滑化することが考えられるが、VBR ストリームの自己相似性などの統計的性質から、うまく行くとは限らない [7]。2.1 節で述べたように、ATM ネットワークでは予約帯域を守ることが重要である。したがって、多重化した上で送出側で予約帯域を守ろう送出量制御を行なう必要がある。

そこで、アプリケーションからの情報、つまり VBR ストリームデータの性質をもとに、予約帯域に適した送出量を維持するネットワークドライバのアーキテクチャを研究している。これには、データストリームの性質により適切な制御モジュールを組み込むことが可能であることと、ドライバの効率を落とさないことが要求される。現在、基盤となるドライバメカニズムと、それを利用して実現されるポリシーのモデル化を行ない、プロトタイプを作成中である。

#### 3.2 ATM 上での ST2+

現在実現されている ST-II に、上記の RT-Mach 上での ATM ドライバとフローコントロール機構を利用し ATM の帯域予約機構とマッピングすることで、ST-II の効果的な実装が実現できる。さらに、現在の実装は ST-II のサブセットであり、かつ ST-II は現在 ST2+ という新しい仕様になっているため、ST2+ への対応を行ないネットワーク層での QoS 制御を可能にする。

#### 3.3 IPv6 上での MPC

MPC では次世代インターネットプロトコル IPv6 のアーキテクチャへの対応を検討中である。IPv6 では、24 bits フローラベルなどリアルタイム通信処理サービスへの要求に応じた QoS サポートが考慮されている。

既存の MPC では、IP アドレスとポート番号によりネットワークレイヤレベルでフローを認識していたが、IPv6 上での MPC では送信側でフローの階層毎にフロー ID を振り、送信ノードアドレスとフロー ID の組でフローを一

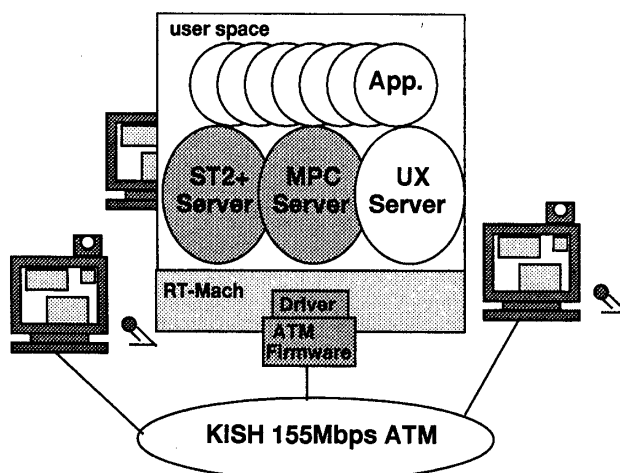


図 1: MKng における高速ネットワークサポート構成

意に識別し、フィルタ設定要求およびルータにおけるフロー制御を行う。

さらに、ネットワークドライバとサーバ間でフローラベル毎に異なるリアルタイムキューを作り、キューのリミット値、タイプ、周期と転送期間、優先度とキュー制御ポリシーを指定可能な機構を実現する等、リアルタイム OS 上で IPv6 を利用した MPC を実現する。

### 4 まとめ

MKng プロジェクトの高速ネットワークグループでは、以上のように連続メディアデータ処理をターゲットとして研究を進めている。図 1 に示すように、リアルタイムマイクロカーネル内での高速かつ送出速度のコントロールが可能なネットワークドライバの実現を目指す一方、MPC や ST-II などプロトコル処理部は、オーバヘッドを軽減するためにユーザレベルサーバとして構築している。今後、各層での処理を垂直的に統合する事により、連続メディアアプリケーションが要求する計算機資源を各層に適切に写像するような、トータルな QoS コントロールが可能なアーキテクチャを目指している。

### 参考文献

- [1] 徳田, 追川, 西尾, 萩野, 斎藤, “MKng: 次世代マイクロカーネル研究プロジェクト” 第 53 回情報全大論文集, 5B-4 July 1996.
- [2] Romanow, A. Flloyd, S., “Dynamics of TCP Traffic over ATM Networks” In *Proc. ACM SIGCOMM'94* 1994.
- [3] 松井, 内海, 松渡, 中村, 成田, 細川, 徳田, “ATM-LAN 環境と ATM-WAN 環境の転送特性の比較” 情報研報, 95(OS-71):99-104, November 1995.
- [4] Funato, D., Matsui, Y., Tokuda, H., Saito, N., “A Rate Based ATM Communication Mechanism in Real-Time Mach” In *IEEE Youth Forum in Computer Science and Engineering*, October 1995.
- [5] 木原, 盛合, 南部, “ST-II プロトコルサーバの Real-Time Mach への実装と評価”. 情報研報, 94(OS-65):81-88, July 1994.
- [6] Onoe, Y., Tokuda, H., “Multicast Protocol for Continuous media” In *Collected Abstracts from the 6th Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, April 1996.
- [7] Garret, M.W., Willinger, W., “Analysis, Modeling and Generation of Self-Similar VBR Video Traffic” In *Proceedings of ACM SIGCOMM 1994*