

連続メディア処理用 FDDI ネットワークアーキテクチャ†

3C-9

塩野崎 敦*

徳田 英幸**

*慶應義塾大学大学院 計算機科学専攻

**慶應義塾大学環境情報学部

1 はじめに

近い将来、日常生活においてマルチメディアコンピュータを利用することが一般的になる。マルチメディアコンピュータの主な特徴は、動画および音声などの連続メディアを従来のデータ処理と統合して利用できることにある。ユーザはこれらのコンピュータを通じてネットワークをアクセスし、大規模な分散環境に蓄積された情報の中から自分の好みの映像データなどを検索することが可能となる。このような Video on Demand アプリケーション、その他にもビデオ会議システムなどを利用するにはネットワークが必要不可欠である。また、連続メディアデータは大容量で、かつ時間制約を満たす必要がある。ネットワークアーキテクチャにおいては、実時間性、帯域確保、および高速・大容量データ転送を考慮しなければいけない。

本稿では、マイクロカーネルアーキテクチャを採用するリアルタイム OS RT-Mach 3.0 における高速ネットワークデバイス FDDI の実装について解説する。この FDDI モジュールは、RT-Mach 上で動作するネットワークプロトコルサーバ (NPS) から利用できる。また、実験環境を基盤として連続メディアのさまざまな要求に対応できるネットワークアーキテクチャの構築について検討する。

2 ネットワーク技術の現状

TCP/IP など、現在広く利用されているプロトコル体系には連続メディアをサポートする機能が十分に用意されていない。このため高性能ハードウェアの開発、および新しい通信プロトコルの研究が盛んに行なわれている。通信プロトコルの場合、時間制約を満たす必要があるデータは特別に処理し転送効率の向上を図る方式を用いた VMTP [3] や XTP [8] などが挙げられる。これらのプロトコルでは、ネットワーク処理における遅延時間を最小にするため優先度機構が導入されている。

その他に、通信が行なわれる前に通信セッション毎に必要な資源 (ネットワーク帯域・バッファ・CPU サイクル) を予約することによって、デッドライン、ジッタの上限、スループットなどを保証するプロトコルが目立っている。この方法の場合、予約された資源の利用状況が変化しなければ、リアルタイム性を保証することができる。例として、SRP [2]、RMTP/RTIP [12]、ST-II [11] などが挙げられる。さらに CBSRP [10] では、ネットワークセグメント内の動的 QOS (quality of service) 制御機構も導入される。RSVP [13] は、インターネットワーク上の資源予約を目的とした新しいプロトコルである。これらのコネクッション指向ネットワーク・プロトコルは、ストリームまたはセッションと呼ばれるコネクッションを通信前に確立することによって資源を予約する機構を実現している。また、ユーザは自分の必要とする QOS を指定できること、さらにそれを通信時に動的にできることを望むことなどが重視されている。インターネットワーク中の動的 QOS 制御を実現するための RrP [7] などもある。

また、ネットワークプロトコルに加えて、最近市場に出現している ATM が注目されている。ATM ネットワークを利用す

ると、仮想回線を予約できるので、ネットワークが帯域を確保できる。ATM を用いて、上記のコネクッション指向ネットワークプロトコルを実現する研究も行なわれている [4]。

下位層において帯域予約が可能であることが理想であるが、必ずしもそのような機能が利用できるとは限らない。そこで、ネットワークアーキテクチャをリアルタイム OS と統合化し、異種媒体においても連続メディアに適したサービスを提供する必要がある。今回は、RT-Mach と NPS を用いて、このようなアーキテクチャを構築した。

3 システム構成

RT-Mach

RT-Mach [9] は、Carnegie Mellon 大学で開発されたマイクロカーネル技術を用いたリアルタイム分散オペレーティングシステムである。リアルタイムスケジューリング、リアルタイムプロセス間通信などの機能を提供することによって、時間制約が厳しい連続メディア処理に適している。さらに、プロセッサの予約、周期スレッド・非周期スレッドもサポートする。

NPS 動作環境

NPS (Network Protocol Server) [6] は、RT-Mach 用に開発されたネットワークプロトコルを実装したサーバである。今回は、NPS を RTS (Real-Time Server) という簡単なファイルシステム、シェル機能、デバイスアクセス機能を提供するサーバと共に利用した。

NPS 内部では、ネットワークに対して送受信したパケットに対し、x-kernel のメッセージ構造を利用することによってバッファ管理を行っている。また、完全にユーザレベルのタスクとして実現されていて、UX と共存することができるので、新しいプロトコルの開発、およびデバックが簡単に行なえる。NPS の内部構造も複数の層に分割されているので、新しいモジュールの追加も容易に行なえる。最下位層は、ND (Network Device) 層によって構成され、その上に任意のプロトコルスタックを構築することができる。最上位には、アプリケーションに対するインタフェース層がある。

FDDI

FDDI は、100Mbps という高速通信を実現した光ファイバのリング型ネットワークである。同期モードをサポートしているので、このモードを利用することによって、事前にある程度のネットワーク帯域を確保することができる [1]。また、Ethernet と比較して、MTU (Maximum Transmission Unit) が大きいので (4500 byte) 連続メディアなどの大容量データ転送を必要とする通信に適している。

4 実装および評価

本 NPS/FDDI システムは Gateway2000 4DX2-66E 上で実装した。FDDI のデバイスドライバは、RT-Mach 3.0 MK83 に組み込まれ、通常の Mach のデバイスインタフェースを介して利用することができる。ドライバの中には、ネットワークに送受信するフレームを保持するバッファが必要だが、FDDI の場合 MTU が非常に大きいため (1 ページ/4096 byte より大きい) バッファ管理には注意する必要がある。

また、NPS が用意している udpip スタック¹に FDDI モジュールを組み込み、さらに FDDI のフレームを直接送受信する rawfddi スタックを新しく用意した (図 1 参照)。NPS では、

¹RFC 1390 [5] に準拠したヘッダをもつフレームが送出される。

† "An FDDI Network Architecture for Continuous Media"†

Atsushi Shionozaki* shio@mt.cs.keio.ac.jp

Hideyuki Tokuda** hxt@sfc.keio.ac.jp

* Keio University, Department of Computer Science, 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama 223 Japan. ** Keio University, 5322, Endo, Fujisawa-shi, Kanagawa, 252 Japan.

† この研究は、情報処理振興事業協会 (IPA) が実施している開放型基盤ソフトウェア研究開発評価事業「マルチメディア統合環境基盤ソフトウェア」プロジェクトのもとに行なわれた。

ネットワーク媒体からフレームを受け取る高プライオリティスレッドを Ethernet と FDDI 用に用意している。受信フレームのプロトコルスタック内の処理は、この高プライオリティスレッドから他のワーカースレッド [6] にディスパッチすることが可能である。udpip スタックでは、UDP の処理はワーカースレッドに任されている。rawfddi スタックではワーカースレッドを利用していない。アプリケーションインタフェースにおいても、要求を処理するためにワーカースレッドが用意されている。

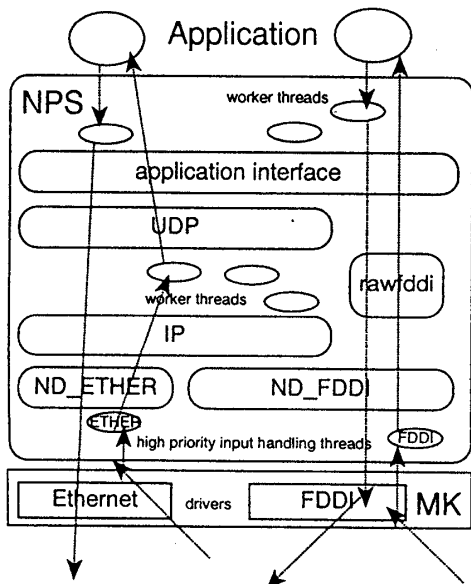


図 1: システム構成

表 1 に、アプリケーション間のデータ転送に要するプロトコルスタック毎の遅延時間を示す。なお、アプリケーションプログラムは、NPS と独立したタスクとして実現されている。比較対象として、通常の NPS に用意されている Ethernet を用いた udpip の測定値も示す。

性能評価の際、ハードウェアとして FDDI インタフェースカードは、Network Peripheral 社の NP-EISA, Ethernet カードは、3Com EtherLinkII/16 を利用した。測定には、250nsec 単位で測定可能な STAT! タイマーボードを用いた。しかし NP-EISA では、FDDI 媒体から流れ込むフレームは、FIFO キューに蓄えられ、さらに送出されるフレームも同様に処理される。したがって、FDDI の特徴である同期通信モードを完全に活かすことができない。

Data Size (bytes)	udpip Ethernet	udpip FDDI	rawfddi
1	4.87	5.46	3.90
4	4.69	5.45	4.00
128	5.56	5.76	4.19
512	7.54	6.72	5.17
1024	10.26	7.91	6.26
2048	-	10.57	8.66

表 1: NPS のネットワーク遅延時間 (ms)

今回の実装はまだプロトタイプ段階なので、最適化されていない。今後、projected buffer を用いてカーネルと NPS で共有メモリを実現すること、FDDI の大きな MTU に適したバッファ管理を導入するなど課題が残されている。しかし、表 1 に示されているように、FDDI の性質がフレーム単位の数値に現

れている。二つの udpip スタックを比較すると、データサイズを小さい場合は、Ethernet の方が高速であるが、データサイズが増加すると、FDDI の方が高速である。上記の測定値は、Mach Timesharing ポリシを用いた際に得た結果を示す。今回の実装では、RT-Mach のスケジューリングポリシを固定プライオリティ、レートモニタックなどに変更しても、遅延時間の大幅な変化は見られなかった。今後は、スケジューリングポリシに合った実装方法を検討する必要がある。

5 最後に

本稿では、RT-Mach 用 FDDI の実装および評価について述べた。この FDDI は、ネットワークアーキテクチャテストベッド NPS から利用でき、連続メディア用基盤実験環境を提供する。現在、この環境を利用して、QuickTime データをホスト間で送信し、VGA の画面に直接出力する qtplay プログラムへの対応を図っている。今後の予定としては、本実装では利用できなかった同期通信モードの利用、ATM などの他のネットワークデバイスの導入などを考えており、連続メディア用ネットワーク帯域予約機能を取り入れる。また、この基盤環境に用いて、RtP および ST-II などのインターネットワークに対応するための実験も行なう予定である。

謝辞

多くの助言を頂いた北陸先端大学院大学の中島達夫教授に深く感謝致します。

参考文献

- [1] G. Agrawal, B. Chen, W. Zhao, and S. Davari. Guaranteeing Synchronous Message Deadlines with the Timed Token Protocol. *The 12th International Conference on Distributed Computing Systems*, June 1992, pp. 468-475.
- [2] D. P. Anderson, R. G. Herrtwich, and C. Schaefer: SRP: A Resource Reservation Protocol for Guaranteed Performance Communication in the Internet, Technical Report TR-90-006, International Computer Science Institute, February 1990.
- [3] D. R. Cheriton: VMTP: Versatile Message Transaction Protocol. Protocol Specification, February 1988. RFC 1045.
- [4] O. Hagsand and S. Pink. ATM as a Link in an ST-2 Internet, In *Proceedings of the 4th International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, Nov. 1993.
- [5] D. Katz: Transmission of IP and ARP over FDDI Networks, Jan. 1993. RFC 1390.
- [6] T. Nakajima, T. Kitayama, and H. Tokuda. Experiments with Real-Time Servers in Real-Time Mach. In *3rd USENIX Mach Symposium*, 1993.
- [7] A. Shionozaki and M. Tokoro. Control Handling in Real-Time Communication Protocols. In *SIGCOMM '93 Conference Proceedings*, pp. 149-159, September 1993.
- [8] W. T. Strayer, B. J. Dempsey, and A. C. Weaver: *XTP: The Xpress Transfer Protocol*, Addison-Wesley Publishing, 1992.
- [9] H. Tokuda, T. Nakajima and P. Rao: "Real-Time Mach: Towards a Predictable Real-Time System," *USENIX Mach Workshop*, pp.73-82 (1990).
- [10] H. Tokuda, Y. Tobe, S. T.-C. Chou, and J. M. F. Moura. Continuous Media Communication with Dynamic QOS Control Using ARTS with an FDDI Network. In *SIGCOMM '92 Conference Proceedings*, August 1992.
- [11] C. Topolcic, S. Casner, C. Lynn, P. Park, and Kenneth Schroder. Experimental Internet Stream Protocol, Version 2 (ST-II), 1990. RFC 1190.
- [12] H. Zhang and T. Fisher. Preliminary Measurement of the RMTP/RTIP. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video*, 1992.
- [13] L. Zhang, S. Deering, D. Estrin, S. Shenker, and D. Zappala. RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol. *IEEE Network*, pp. 8-18, September 1993.