

マルチメディア統合環境のテストベッドとその評価†

齋藤信男¹ 徳田 英幸^{1,2} 萩野達也¹ 追川修一¹ 天明 崇³ 緒方 正暢³
大町一彦⁴ 和田英彦⁵ 堀切和典⁶ 平林真実⁷ 多田征司⁸ 藤井敬三⁹
矢崎昌朋¹⁰ 薄 隆¹¹ 田中浩一¹² 人見 潔¹³ 小野 諭¹⁴ 南部 明¹⁵

¹ 慶應義塾大学、² カーネギーメロン大学、³ 日本アイ・ビー・エム(株)、⁴ 日立製作所、⁵ 横河電機(株)
⁶ 富士ゼロックス(株)、⁷ 株式会社リコー、⁸ 横河ヒューレットパッカード(株)
⁹ 株式会社システムコア、¹⁰ 富士通研究所、¹¹ ソニー(株)情報通信研究所
¹² ソニー(株)、¹³ オムロン(株)、¹⁴ NTTソフトウェア研究所、¹⁵ NTT情報通信網研究所

あらまし この研究では、今後普及すると思われるマルチメディア環境の基盤を追求することを目的としている。そこでは、実時間のカーネルやネットワークプロトコルに支えられたプラットフォームが、LANだけでなくWANのレベルでも同様に稼働することを目指している。そのために、実時間カーネルに基づく共通プラットフォームと、それらの結合を計る構内および広域のネットワークの構築を行ない、既存の実時間カーネル、実時間プロトコル、マルチメディア環境やサーバ、マルチインスティテューショナルファイルシステムなどを取り上げ、その比較や性能実験などを行なった。

キーワード 実時間システム、マイクロ・カーネル、マルチメディア環境、広域分散ファイルシステム

Construction and its Evaluation of the Testbed for Integrated Multimedia Environment Platform

Nobuo Saito¹ Hideyuki Tokuda^{1,2} Tatsuya Hagino¹ Shuichi Oikawa¹
Takashi Temmyo³ Masanobu Ogata³ Kazuhiko Oomachi⁴ Hidehiko Wada⁵
Kazunori Horikiri⁶ Masami Hirabayashi⁷ Seiji Tada⁸ Keizou Fujii⁹
Masatomo Yazaki¹⁰ Takashi Usuki¹¹ Koichi Tanaka¹²
Kiyoshi Hitomi¹³ Satoshi Ono¹⁴ Akira Nambu¹⁵

¹ Institute of Environmental Information, Keio University, ² School of Computer Science, Carnegie-Mellon University
³ IBM Research, Tokyo Research Laboratory, ⁴ System Development Laboratory, Hitachi Ltd.
⁵ Open Systems Laboratory, Yokogawa Electric Co., ⁶ Systems and Communications Laboratory, FUJI XEROX CO., LTD.
⁷ Software Research Center, Ricoh Co. Ltd., ⁸ Asia Pacific Workstation Marketing, Yokogawa-Hewlett-Packard, Ltd.
⁹ Software Development Division, System Core Co. Ltd., ¹⁰ Distributed Systems Laboratory, Fujitsu Laboratories, Ltd.
¹¹ Telecommunications and Information Systems Research Laboratory, Sony Corporation,
¹² Supermicro Systems Group, Sony Corporation, ¹³ Engineering Workstation Division, OMRON Co.,
¹⁴ NTT Software Laboratories, ¹⁵ NTT Information Network Systems Laboratories

Abstract. It is expected that the multimedia computer systems become popular and popular in near future, and this research aims to develop the platform software for integrated multimedia environments. The authors are trying to construct the testbed for this purpose so that it is possible to experimentally use and evaluate several existing software and hardware for the multimedia environment platform such as realtime kernel, realtime protocol, multimedia environments, server and multi-institutional file system.

Keywords: Real-Time System, Micro kernel, Multimedia Environment, Distributed file System

†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ました。本稿に含まれている見解や結論は、著者自身のものであり、IPA自身の見解や結論を表すものではありません。

1 はじめに

マルチメディア環境は、これからかなりの勢いで普及していくと予想される。本研究は、そのような環境のもっとも基礎となるプラットフォームを構築する基本ソフトウェアを開発し、それを普及させることを目的としている。これは、4年間のプロジェクト研究であり、本年度はその最初の年として、現在利用できる関連ソフトウェアを調査し、そのテストができるテストベッドを構築し、それらのソフトウェアを試用していくつかの項目を評価することを目標としている。この報告は、主として、テストベッドの構成と、その上でのネットワーク機能や分散ファイル機能の評価について紹介するものである。

本プロジェクトでは、マルチメディア環境において、そのもっとも基礎となるプラットフォームを追求するために、オペレーティングシステムの実時間機能、ネットワークプロトコルの実時間機能をまず実現し、その上に各種のメディア機器を操作し制御するツールキットを実現する。また、これらのマルチメディア環境は、分散環境の上で利用されるが、それは単に構内網に限らず広域網まで広げた分散環境で使えるのが必須条件である。従って、本プロジェクトでは、オペレーティングシステムのカーネルから広域網での分散利用まで垂直型のインテグレーションを行なうという特徴を持っている。

マルチメディア環境では、どの部分でも実時間性を十分保証することが必要である。また、今後メディア機器は各種の工夫がなされて出現する可能性があり、その機器制御のサーバツールキットの作成は十分柔軟に行なえることが必要である。このために、一枚岩のオペレーティングシステムの構成ではなく、カーネルの最小化をはかるマイクロカーネルの利用も必須となる。また、広域の分散環境で効率のよい情報システムを構築するためには、分散ファイルシステムが鍵となる。そこでは、透明なファイル構造を持ち、アクセスも効率良く行なう必要がある。また、マルチメディア環境の応用は多くの可能性を秘めており、複数の組織にまたがった応用、例えばコンピュータ会議、協同作業などがひんばんに行なわれよう。従って、広域の分散ファイルシステムは、複数の組織に透明な構造を提供するマルチインスティテューショナルファイルシステム (multi institutional file system) を実現しなければならない。そこでは、アクセスのオーセンティケーションなど、困難な問題も発生するが、垂直型の統合化を実現するためには、解決しなければならない課題である。

以下には、テストベッドの構築とその将来計画、その上での分散ファイルシステムとネットワークの関連性の評価実験などを述べ、マルチメディア環境の垂直型統合における問題点をまとめる。

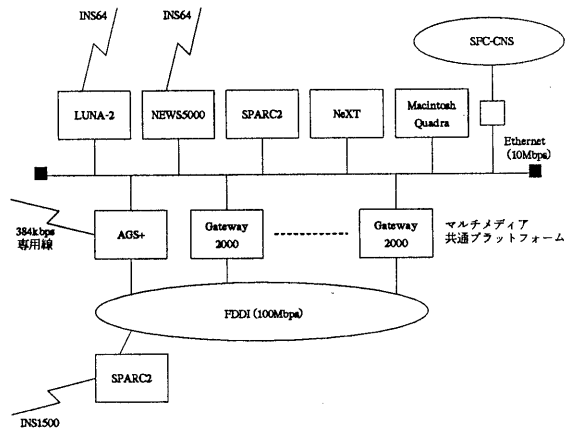


図 1: テストベッドの概念図

2 マルチメディア統合環境基盤のテストベッド

このプロジェクトの一つの目標は、最終的に得られたソフトウェアを普及させることである。従来、マルチメディア環境のハードウェアやソフトウェアは、比較的高価なものが多かった。そこで、基本となる共通プラットフォームはなるべく低価格で購入できる Intel 486 マシンを想定した。一方、マルチメディア関連の既存のソフトウェア (商品も含めて) は、いくつかのワークステーションや Macintosh 系の PC などで稼働している。当初の目的を達成するためには、これらのワークステーションや PC をも統合的に分散環境に装備し、さまざまなソフトウェアを導入して試用し評価することが必要である。

また、今回の目標となっている構内網および広域網のネットワーク環境を整備し、その上での実験や経験を積んでマルチメディア環境との整合性を探ることが必要となる。このような判断から、今回構築したテストベッドは、図 1 に示すような論理構成となっている。その構成要素のおおよその役割を、以下に示す。

1. FDDI ネットワーク
マルチメディア用の高速構内網として設置する。
2. Ether ネットワーク
高信頼性のネットワークとして、マルチメディアを支援するものとして設置する。
3. INS-64 ネットワーク
広域の高速あるいは中速のネットワークとして設置し、マルチメディア環境との整合性などを評価する。
4. INS-1500 ネットワーク
広域の高速のネットワークとして設置し、マルチメディアあるいは実時間性との整合性などを評価する。

5. 専用回線ネットワーク

広域の高速のネットワークとして設置し、交換局を介する INS 系のものと比較する。

6. SFC-CNS

慶應大学湘南藤沢キャンパス内に設置されている大規模構内ネットワークで、従来の資源の利用などに使われる。

7. ルータ (AGS 系)

FDDI, Ether、専用回線などの異種のネットワーク間の接続とルーティングを行なう。

8. マルチメディア共通プラットフォーム

低価格の共通プラットフォームとして利用するコンピュータシステムで、今回は Gateway 2000 (Intel 486、ATバス)を採用した。これに対しては、マルチメディア化するための周辺機器 (ビデオボード、音声ボード、タイマボード、FDDI ボードなど)も低価格で導入できる。

9. SPARC 2

これは、プロジェクトのファイルサーバとして機能し、AFSのサーバを装備してある。また、一般目的に使用するものは、AFSのクライアントとして稼働する。

10. NEWS5000

これは、一般目的として、また INS-64 の受け口として設置する。

11. LUNA-2

これは、INS-64 の受け口として設置する。

12. NeXT

これは、マルチメディア環境の例として設置する。

13. Macintosh Quadra

これは、マルチメディア環境の例として設置する。

なお、このテストベッドの広域ネットワークについて、将来計画も含めた概念図を図 2 に示す。

ここでは、比較的数の多い参加メンバーの企業サイトや IPA 技術センターと接続するために現在 INS-64 を主体としているが、マルチメディア環境で多くのデータが交換される将来は INS-1500 への移行を目指している。一方、比較的数の少ない研究協力サイトと接続するためには、現在 384KBPS の専用回線で接続するが、将来本格的な広域マルチメディア環境の実現に向けて、1.5MBSP までの専用回線に移行していく計画である。

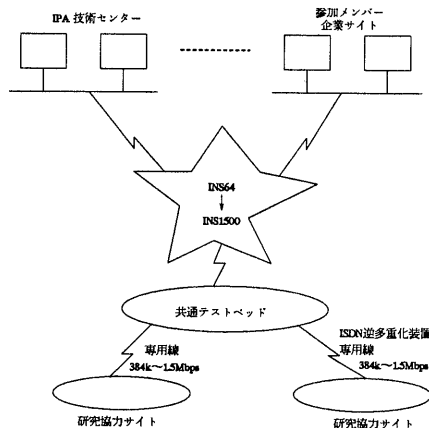


図 2: 広域ネットワークの概念図

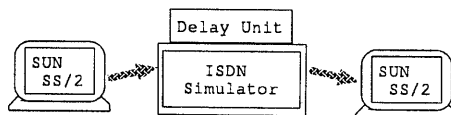


図 3: INS-64 伝送シミュレータ

3 ネットワークの評価実験とその結果

今回のテストベッド構築で、広域ネットワークの主体となった INS-64 に関して、その性質を調べるために、以下のような評価実験を行なった。

INS-64 の伝送遅延の影響の調査

INS-64 の回線交換を用いる場合、回線の伝送遅延がプロトコルに与える影響の評価が必要である。

今回は、図 3 に示すように、遅延機能のある ISDN エミュレータを用い、

- 0ms 遅延がない場合
- 16ms 平均的な伝送遅延
- 45ms 衛星を経由しない場合の長めの遅延
- 325ms 衛星を経由した場合の長めの遅延

について計測した。

転送対象は、512kB のバイナリファイルで、転送には、SUN SPARC2 に 1B (64kb) 回線交換の SBUS 用 ISDN ボードを使用した。使用コマンドは、

- ・ tftp (UDP を用いた固定ウィンドウ)
- ・ ftp (TCP を用いた可変ウィンドウ)
- ・ rsh host cat ... (TCP を用いたパイプ処理)

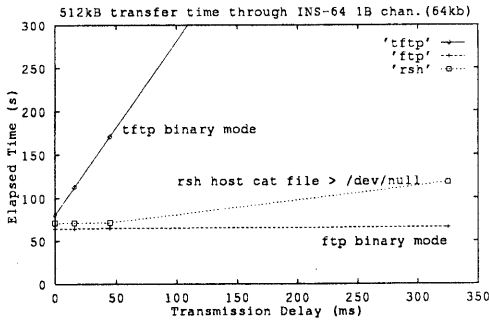


図 4: 伝送遅延を変化させた時のファイル転送時間の変化

の 3 種類である。

転送時間は、図 4 に示すように、使用プロトコルにより顕著な差が現れた。ウィンドウ数の不十分な tftp では、ほぼ遅延に比例して転送時間が長くなり、衛星経由に相当する場合、無遅延の 9 倍にもなった。他方、ウィンドウ制御をする ftp では、このような場合でも、転送時間はほとんど低下しなかった。パイプでは、その中間の性質を示した。

これらの実験から、比較的低速度の 1 B チャンネル回線交換の場合であっても、適切なプロトコルを使用しないと、特に衛星を経由した場合に、著しく性能が劣化する場面があることがわかった。

4 分散ファイルシステムの評価実験とその結果

次に、ネットワークの性能と関連させながら、分散ファイルシステムの性能を測定する実験を行なった。ここで用いるファイルシステムは、以下の三つである。

1. UFS(UNIX File System)
2. NFS(Network File System)
3. AFS(Andrew File System)

ここで、UFS は分散ファイルシステムではないが、ファイル操作におけるバッファなど基本的な要素はここでのパラメタとして決定される。従って、ここでは考慮の対象としておく。NFS と AFS の違いは、データのキャッシングであり、NFS はデマンドに応じたブロックキャッシングを基本とし、AFS はファイル単位のキャッシングを基本としている。従って、ローカルなバッファ (ディスク上) にファイル単位で格納しておくという基本的な違いがある。

異なったネットワークの性能の上で稼働する分散ファイルの性能を比較するために、図 5 に示すようにテスト

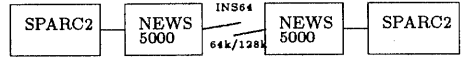


図 5: 分散ファイルシステムの評価実験のネットワーク環境

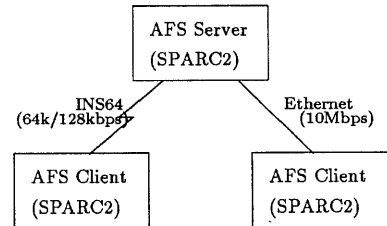


図 6: 分散ファイルシステムの評価実験の論理構成

ベッド上で 2 台の SPARC 2 が INS-64 を介して接続出来る。さらに、NEWS5000 の INS-64 ボードは 2 B を一本化できる機能があり、64KBPS および 128KBPS の 2 種類の回線速度を実現出来る。

このような環境において、分散ファイルシステムの評価実験を行なうが、図 6 に示すように 2 台の SPARC 2 を AFS のクライアントとして設定し、AFS サーバとの接続をその中の 1 台だけ INS-64 を介するように設定する。

ネットワークの影響の実験

上記のような環境で、NFS および AFS[How88] を稼働させて、各クライアントの動作を以下のようにして、ファイルの大きさを変動させ、その処理時間を測定した。

1. Client-1 write
2. Client-1 read
3. Client-2 read
4. Client-1 read
5. Client-2 read
6. Client-1 read

この結果を表 1 に示す。ここでは、ファイルの大きさを 1 MB から 4 MB まで変えたが、NFS と AFS のキャッシングの方式の違いが現れるところまでにはならなかった。これは、NFS でも UFS でのキャッシング (カーネルあるいはディスクドライブ) の効果が上がって来て、二つの分散ファイルの差は出なかった。これについては、ファイルの大きさを 30 MB 位までにしてさらに実験して見る必要がある。

AFS の評価実験

分散ファイルシステム上で連続メディアを取り扱う際の問題点を探るために、MPEG 形式で圧縮された動画ファイルをファイルシステムを通してアクセスおよびデコードしながらXウィンドウシステム上に再生するソフトウェアを用いて、

- ローカルなファイルシステムを通してファイルアクセスした場合
- Andrew File System を通して INS 経由でファイルアクセスした場合

におけるシステムの動特性を調べた。

対象としたデータは、フレームサイズ 160 × 128 (ピクセル)、フレーム数 557 個で構成される動画ファイルを MPEG 形式で圧縮したものであり、圧縮後のデータサイズは、約 700 キロバイト (一フレームあたり平均 1.3 キロバイト) である [Pat93]。このデータファイルをファイルシステムを通して一フレームごとに読み出し・解読しながらXウィンドウシステム上に再生する。このとき、データの読みだし・解読に要した時間をフレーム毎に測定した結果を図 7、図 8 に示す。

5 まとめ

マルチメディアの環境のテストベッドを構築して、その有用性を検証し、また、そこで分散環境とくに分散ファイルシステムとネットワークとの関連性を追求する評価実験を行なった。

マルチメディア環境では、実時間性が重要であるが、広域ネットワークではあまり高速のインフラストラクチャは期待できない。ネットワークの影響の実験では AFS と NFS の差は今のところ見られないが、本来キャッシング方式から言えば、AFS が勝っていると予想される。一方、AFS の評価実験では MPEG のファイル転送ではキャッシングのサイズに同期したピークが見られる。これは、実時間性を大きくそこなり可能性があるが、INS-64 の評価実験で分かるように、プロトコルを上手に設計すれば十分対応できる可能性がある。

今後、この評価実験に基づき、より良いマルチメディア

環境のプラットフォームを開発していく予定である。

参考文献

- [How88] J.H. Howard, M.L.Kazar et al., Scale and Performance in Distributed File System, ACM Transactions on Computer Systems, ACM Press(Feb. 1988)
- [Pat93] K.Patel,B.C.Smith,and L.A.Rowe, "Performance of a Software MPEG Video Decoder," EECS,University of California Berkeley (Jan. 1993)

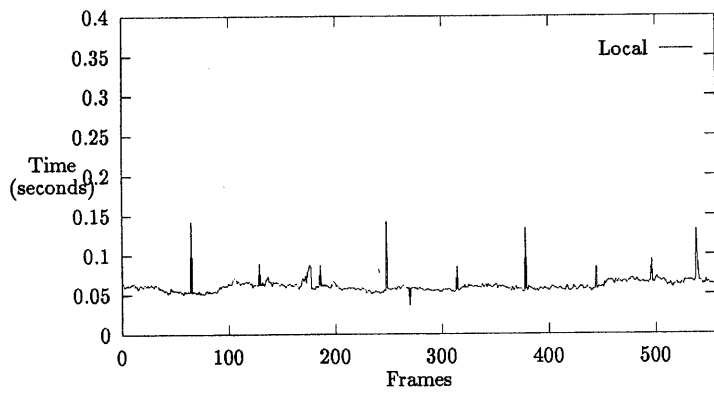


図 7: MPEG 動画ファイル再生時のフレーム毎の描画時間 (Local)

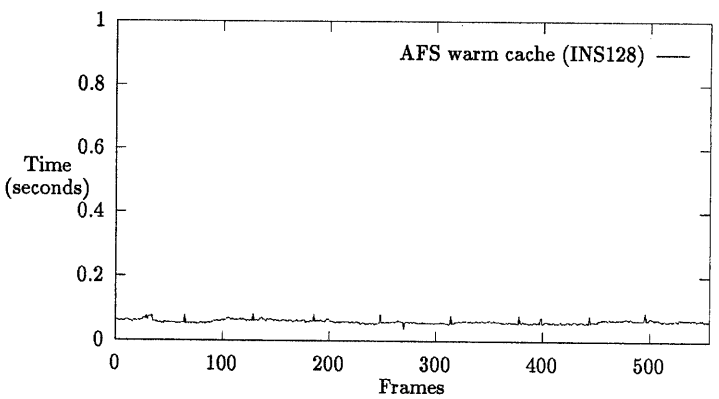
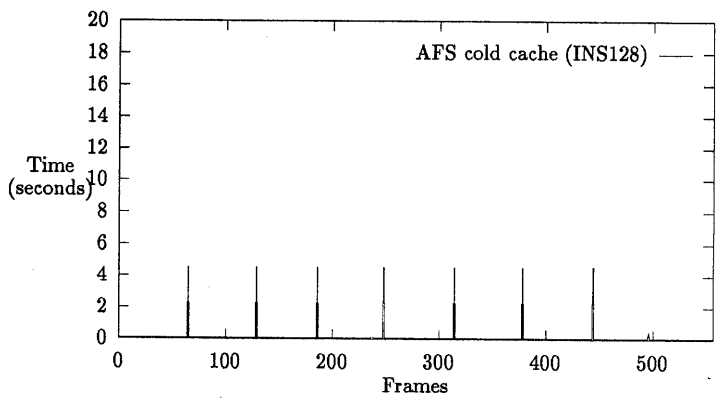
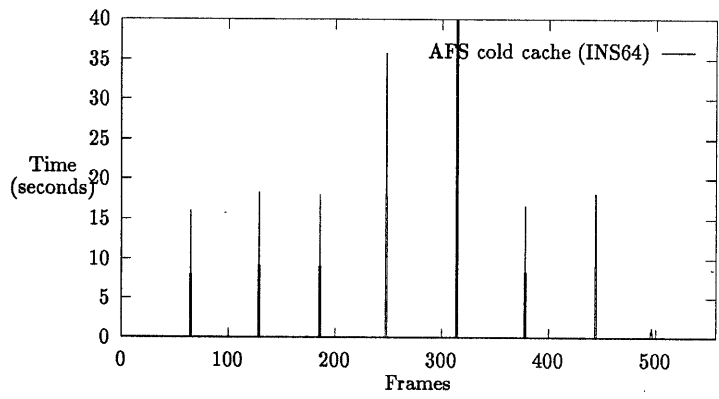


図 8: MPEG 動画ファイル再生時のフレーム毎の描画時間 (AFS via INS)

File Access	NFS	AFS
4MB Client-1 write	4:56	4:53
Client-1 read	0:04	0:04
Client-2 read	0:06	0:15
Client-1 read	0:04	0:04
Client-2 read	0:04	0:04
Client-1 read	0:04	0:04
2MB Client-1 write	2:27	2:26
Client-1 read	0:02	0:02
Client-2 read	0:03	0:07
Client-1 read	0:02	0:02
Client-2 read	0:02	0:02
Client-1 read	0:02	0:02
1MB Client-1 write	1:13	1:37
Client-2 read	0:01	0:01
Client-1 read	0:01	0:03
Client-2 read	0:01	0:01
Client-1 read	0:01	0:01

1:INS64(128Kbps),2:Ethernet(10Mbps)

File Access	NFS	AFS
4MB Client-1 write	0:28	0:22
Client-1 read	0:04	0:04
Client-2 read	4:42	4:45
Client-1 read	0:04	0:04
Client-2 read	0:04	0:04
Client-1 read	0:04	0:04
2MB Client-1 write	0:15	0:10
Client-1 read	0:02	0:02
Client-2 read	2:21	2:21
Client-1 read	0:02	0:02
Client-2 read	0:02	0:02
Client-1 read	0:02	0:02
1MB Client-1 write	0:06	0:05
Client-1 read	0:01	0:03
Client-2 read	1:10	1:10
Client-1 read	0:01	0:01
Client-2 read	0:01	0:01
Client-1 read	0:01	0:01

1:Ethernet(10Mbps),2:INS64(128Kbps)

表1：分散ファイルの評価