



教育用計算機の構成と特徴

中山 仁¹

1 はじめに

情報通信技術の進展により、情報科学センターの教育用システムを使用して行う教育の内容も、従来からのプログラミングや数値計算などに加えて、計算機リテラシーやインターネットの利用などが大きな部分を占めるようになってきた。今後は情報関係以外の教科において、マルチメディア教材の提示といった用途での利用が多くなることも予想される。

情報科学センターは1992年から8年間にわたり、Xウィンドウ端末(X端末)を利用者インターフェースとする、UNIXベースの教育用計算機システムを構築、運用してきた[1]。ネットワークを基盤とした分散型の構成やGUIの採用、UNIXのオープンなソフトウェア環境の利用など、新しい手法をいち早く取り入れたシステムであったが、近年の利用形態の高度化に対しては、機能的に十分とは言えなくなってきた。

2000年春の教育用システムの更新では、従来のX端末に代わる新しい利用者端末として、それ自身のディスクを持たず、ネットワークファイルサーバと連携して動作するパーソナルコンピュータ(ディスクレスPC)を採用した。ディスクレスPCは機能的には一般のPCと同等の能力を持っており、受動的なX端末に比べるとはるかに高性能で、多様な利用形態に柔軟に対応することができる。一方で、個々のPCのファイルシステムもすべてファイルサーバで集中管理するため、多数のPCを多人数で管理する場合のさまざまな問題を大幅に軽減することができ、比較的小さな管理コストで、安定した環境を提供することが可能になった。

本稿では、このディスクレスPC端末を中心に、現在の教育システムの概要を紹介する。

2 システム構成の概要

教育用システム構成の概要を図1に示す。なお、この図は1キャンパス分を示したものであり、実際には戸畑および飯塚の両地区に、それぞれ同等のシステムが配置されている。システムを構成する主なハードウェアについては、表1にまとめた。センター計算機システムとしては、教育システムの他に研究用計算機システム、学内LAN用ネットワークサーバ、運用管理システムなどのサブシステムを含むが、本稿ではそれらの説明は割愛する。

教育システムは教室の利用者端末群とファイルサーバなどの各種サーバとをローカルエリアネットワーク(LAN)で相互接続したものになっている。従来のシステムとは異なり、各利用者端末自体が個々

¹情報科学センター, jin@isc.kyutech.ac.jp

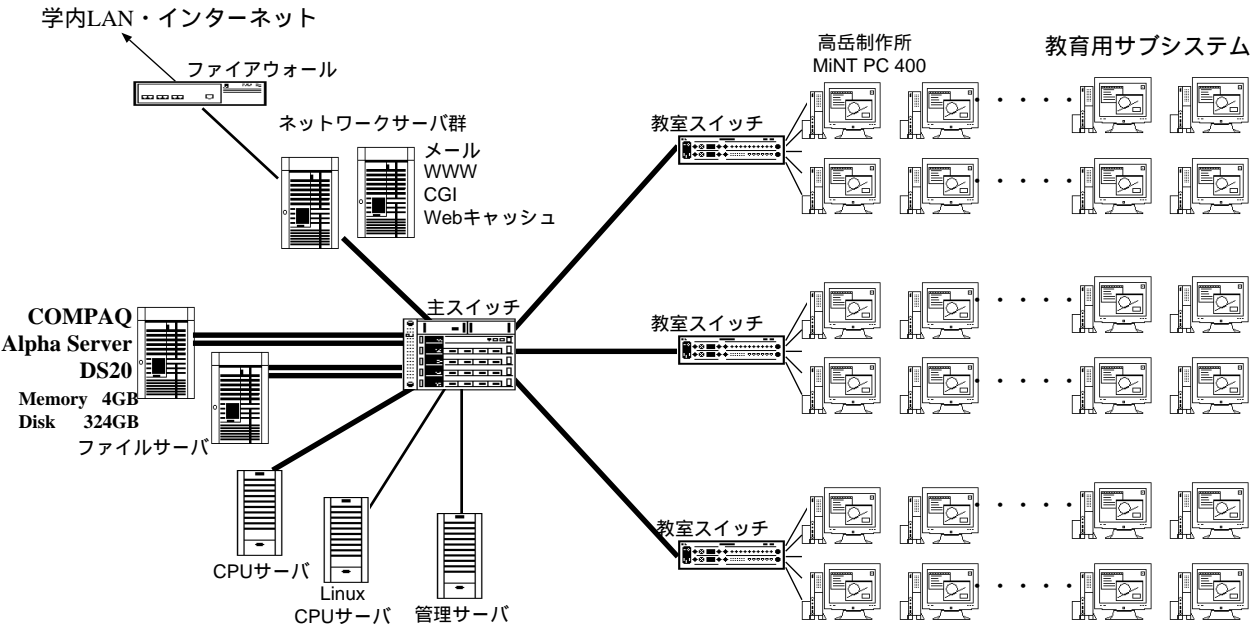


図 1: 教育システム構成概要 (1 キャンパス相当)



図 2: ファイルサーバ (飯塚)

表 1: 教育システムの主要なハードウェア要素

端末装置	高岳製作所 MiNTPC400, 飯塚 222 台, 戸畑 189 台 CPU: Intel Celeron 400MHz Memory: 256MB 入出力等: USB, サウンド入出力, PCI 拡張スロット ディスプレイ: 17inches CRT (戸畑), 15inches LCD (飯塚)
ファイルサーバ	Compaq AlphaServer DS20 (2CPU) + RA8000, 計 4 台 1 台あたり実効容量約 320GB, RAID 5
CPU サーバ	Compaq AlphaServer ES40 (3CPU), 計 2 台 CPU: Alpha21264 500MHz, 700SPECint_rate95, 1300SPECfp_rate95 Memory: 2GB, Disk: 18GB
ネットワークサーバ	Compaq PersonalWorkstation 600au, 計 16 台 Compaq ProLient 800, 計 8 台 Cobalt RaQ2, 計 8 台

に処理を行うため、利用者環境を直接担当する CPU サーバは不要になった。一方で、ファイルサーバと LAN には大きな負荷が予想されたことから、性能的に余裕のある機器構成をとった。

ファイルサーバ (図 2) は、高性能の UNIX サーバ (Compaq AlphaServer DS20) に RAID 構成の大容量ディスク装置を接続したものである。単体としても可能な限り高性能な構成にすると共に、各キャンパスごとにそれらを 2 台ずつ配置して、多人数での一斉使用時における負荷分散を図っている。

ネットワークシステムの中心となるのが、計算機室に設置した高速大容量 (スイッチング容量 128Gbps) のイーサネットスイッチ (主スイッチ) で、ファイルサーバをはじめとする主要なサーバ機器と教室とのネットワーク接続を行う。教室の利用者端末は数十台ごとに教室に設置したイーサネットスイッチ (教室スイッチ) に収容し、それぞれの教室スイッチをギガビットイーサネット (1Gbps, 光ファイバ) により、主スイッチに接続する構成とした。教室スイッチは、端末台数に応じて教室あたり 1~3 台を配置した。

教室スイッチ—主スイッチ—ファイルサーバを結ぶネットワークは、授業などで一斉に端末を利用する場合に、短時間に非常に大量の通信が流れる部分である。今回のシステムでは、ネットワークの性能が端末の性能に大きく影響することが予想されたので、基幹部分には十分なスピードと通信容量を確保し、ネットワークがシステム性能のボトルネックにならないように配慮した。特に各ファイルサーバと主スイッチ間は 2 系統のギガビットイーサネットで接続し、余裕を持たせた構成としている。

この他の主なシステム構成要素としては、CPU サーバ、電子メールや WWW などのネットワークサーバ、利用者管理やシステムの監視を行う管理サーバなどがある。また、教育システムと大学の幹線ネットワークの間には、パケットフィルタ機能と NAT (Network Address Translation: ネットワークアドレス変換) 機能を持ったルータを配置して、簡易ファイアウォールとして動作させている。



図 3: ディスクレス PC 端末

3 ディスクレス PC 端末

今回導入したディスクレス PC 端末 (高岳製作所 XMiNTPC400) の外観を図 3 に示す。

ハードウェアとしては、ハードディスクの有無を除けば一般的な小型デスクトップ PC とほぼ同等である。ディスプレイに液晶タイプを採用したため (飯塚地区のみ、戸畑地区は CAD ソフト利用の都合上 CRT ディスプレイを使用)、本体、キーボードと共にコンパクトな構成となった。

入出力インターフェースは、基本的なキーボード、マウス、ディスプレイ、LAN (Ethernet) の他に、音声入出力端子²、USB 端子を備えている。また PCI 拡張スロット (1 スロット) を有しており、一部の端末にはここにビデオキャプチャカードが装着されている。

ディスクレス PC 端末の最も重要な特徴は、端末の動作に必要なシステムファイルおよび利用者ファイルをファイルサーバに集中して格納し、それをすべての端末からネットワーク経由でアクセスする点である。したがって、端末の設定変更やシステムの更新などは、ファイルサーバ上のファイルの変更を行うだけで全端末に一括して反映させることができる。また、動作時の各種の作業ファイルなどは、メモリの一部を RAM ディスク (メモリファイルシステム) として設定し、その中に格納するようにした。そのため、個々の端末がシステムエラーや障害などで異常動作した場合でも、システムファイルにその影響が及ぶことはなく、その端末を再起動するだけで正常な状態に復帰させることができる。このように、多数の学生が共同で使用する教室の端末設備全体を常に一定のコンディションに保つことが容易であるため、多人数での演習などにおいても専用端末並の安定した環境を提供することが可能となっている。

一方ディスクレス PC は、ファイルシステム以外の点では、入出力などを含めて通常の PC として扱うことができるため、PC のハードウェアを前提として開発された膨大なソフトウェアや周辺ハードウェア

² 音声出力を聞くためには、ヘッドフォン、外部スピーカなどを接続する必要がある

アの大部分を、そのままあるいはわずかな修正で利用することができる。流通するソフトウェアが非常に少なく、新しい機能やサービスが必要な場合には、自力で開発しなければならない場合が多い専用端末 (Java 端末や Network Computer など) と比較すると、極めて大きな利点であるといえる。

こうした特性により、ディスクレス PC 端末は PC としての性能と柔軟性を維持しながら、専用端末と同等の安定性、頑健さを実現している [2]。

4 基本的な利用者環境

ディスクレス PC 端末のオペレーティングシステム (OS) には UNIX 系 OS の一つである Linux を採用した。また、グラフィカルユーザインターフェース (GUI) は X ウィンドウシステムを基盤とした統合デスクトップ環境 GNOME を用いている³。

これらの環境は、従来から教育システムで利用してきた UNIX, X ウィンドウに基づいた環境とも親和性が高い。また Linux, GNOME とも、現在広く利用されている標準的なソフトウェア基盤であるため、ソフトウェアの利用法から詳細な技術情報まで、多くの関連情報を容易に入手することができる。さらに、これらシステムを構成するソフトウェアのほとんどがオープンソースであることから、この環境は単に学習のための道具というだけでなく、それ自体が優れたソフトウェア技術の教材となっている。

システム導入後も、Linux とそれを取り巻くソフトウェア、さらに各種の周辺技術は急速に発展を続けている。こうした流れを取り入れていくことで、ソフトウェアシステムを常に最新に近い状態に保てる点も、Linux を利用する大きな利点である。

GUI については、GNOME の標準的なデスクトップ環境を基本としながらも、機能は絞り込んだ。操作面での扱いやすさよりも、利用者がシステム内部機構を深く理解し、それに基づいてより高度な利用を試みることを、できるだけ妨げないことが重要だと判断したためである。GNOME 自体は、たとえばほとんどの操作をアイコンとメニューで実行するように設定することも可能である。しかしセンターの標準設定は、従来からのコマンドベースの操作を中心としたシンプルなものとしている。

アプリケーション関係では、エディタや言語処理系といった従来からの UNIX 系のアプリケーションに加えて、インターネットやマルチメディア関連など、これまで PC がカバーしてきた分野のアプリ

表 2: 教育用端末で利用できる主なアプリケーション

Web ブラウザ	Netscape 4.7
電子メール	Mew, Sylfeed
動画	RealPlayer, xanime
画像, 作図	GIMP, Tgif
エディタ	Emacs, vi
言語処理系	C, C++, Pascal (いずれも GNU) Java, Perl
文書処理	TEX(pLATEX)

³GNOME の提供は 2001 年度から開始した

ケーションについても充実を図っている。従来システムでは利用できなかった音声 (サウンド) や動画についても、インターネットで広く利用されるデータ形式の多くに対応できるようになった。こうしたことから、今後他の PC や各種の情報機器 (デジカメ, PDA, デジタル AV 機器など) とともに、より密接に連携させることが可能になるであろう。

電子メール, WWW など、従来から利用されてきた主要なインターネットアプリケーションについても、端末の性能向上によって一層利用しやすくなった。こうした環境の変化を受けて、現在センターでは各種の利用者サービスのオンライン化を進めており、各種の申請の手続きやセンターとの連絡の多くが端末から行えるようになった。まだ整備途上の部分もあるが、今後このようなオンラインサービスの環境をさらに充実させていく予定である。

また、ワープロや表計算などを含む、いわゆるオフィススイートソフトウェアについても、商用ソフトおよびフリーウェアとして、Microsoft 社の製品と同等の機能やデータ互換性を備えた製品が公開されはじめている。この他にも Linux に対応した多くのアプリケーションが新たに利用できるようになりつつある。今後そうした製品を利用することで、教育用端末の利用範囲をさらに広げていくことができると考えている。

5 その他の機器

CPU サーバ

本システムの利用者環境はディスクレス PC 端末が提供するが、PC がカバーしない特別のアプリケーションの利用や、より高度な演算能力を提供するため、マルチ CPU 構成の UNIX サーバ (Compaq AlphaServer E40) を CPU サーバとして設置した。この CPU サーバは、ディスクレス端末から遠隔ログインする形で利用する。ユーザ名とパスワードは端末と共通のものが利用できる。端末と CPU サーバは同じ UNIX 系の OS であるが、コマンドなど異なる部分も多い。また、バイナリレベルでのソフトウェア互換性もないので、利用の際には注意が必要である。

一方、ディスクレス端末と同等のソフトウェアおよびファイルシステム構成を持ち、端末とほぼ同じ環境を提供する Linux CPU サーバがある。学内の他の計算機からや電話回線を経由して Linux CPU サーバに遠隔ログインすることにより、端末にログインした場合⁴とほぼ同等の計算機環境を利用することができる。なおこれは CPU サーバという呼び方はするものの、ハードウェア的にはディスクレス端末と同程度の PC であり、大規模な計算処理やあまり多人数での利用は想定していない。あくまで、端末の Linux 環境をネットワーク経由で利用する手段としてのものである。

ネットワークサーバ

電子メールや WWW などのネットワークサービスを提供する各種ネットワークサーバは、従来からさまざまな形で整備を進めてきたが、今回は電子メール, WWW (CGI を含む), Web キャッシュの各サービスについてそれぞれ専用のサーバを設置した。いずれも複数のサーバによる冗長構成をとっており、処理能力と耐障害性を向上させている。サーバ間での通信の振り分けやサーバ障害時の切り替えな

⁴原則として端末に遠隔ログインすることはできない

どは、専用のネットワークスイッチが自動的に行う。

なお教育システムからの Web 参照は、利用者のブラウザソフトの設定にかかわらず、強制的に Web キャッシュに向けられる設定 (transparent cache: 透過的キャッシュ) とした。利用者が意識することなく Web キャッシュの機能を利用することで、通信量の削減と応答性能の向上を図っている。

リモートアクセスサーバ

センターシステムを電話回線経由で学外から利用するために、アナログモデム、ISDN に対応したアクセスサーバを準備した。ディスクレス端末には原則として遠隔ログインすることはできないので、電話回線経由で教育用システムを利用する場合には CPU サーバなどを利用されたい。電話接続した PC からは、電子メールサーバや WWW サーバを直接利用することも可能である。

6 おわりに

現在のシステムが稼働しはじめてから 2 年が経過した。ディスクレス PC 端末がハードウェア性能面で現行機種 of PC に後れを取っていることは否めないが、現在の講義演習には十分対応できるレベルを保っていると考えられる。ソフトウェアの更新により、むしろ当初よりも機能面で向上した部分もある。また、ファイルサーバのハードウェア故障などによるシステム停止が若干あったものの、全体としては非常に安定した運用を行ってきた。このように、今回のディスクレス PC 端末によるシステム構成は、これまでのところ非常に満足できる結果を得られている。

本システムとその運用実績は、同様な教育用計算機設備を運営する他の大学などからも注目されており、実際にディスクレス PC 端末ベースのシステムを採用する例⁵も増えつつある。

Linux や周辺ソフトウェアは依然として機能的、性能的な拡大が続いており、各種のコンピュータ応用の分野で、商用 OS とも肩を並べる存在に成長している。今後教育システムにおいても、こうした成果を適宜取り入れていくことで、システム全体として常に先進性を保っていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 中山仁：センター次期システムの概要，九州工業大学情報科学センター広報第 8 号，1995 年 11 月，pp.55-65。
- [2] 中山仁，大西淑雅，望月雅光，山之上卓，甲斐郷子：Linux thin client を端末とする集合教育用計算機環境の構築，情報処理学会研究報告 2000-DSM-18，2000 年 7 月

⁵佐賀大学学術情報処理センター (<http://www.cc.saga-u.ac.jp/system/CenterSystem/index.html>) など