



教育用計算機システムの構成と特徴

中山 仁¹

1 はじめに

近年，大学などの教育機関において，教育用のコンピュータシステムに求められる要件は急速に多様化してきています．従来からのプログラミング教育や情報リテラシといった，いわゆる情報教育のためだけの設備にとどまらず，今後は学生への広報や教務情報へのアクセスなどをはじめとして，キャンパスライフ全般を支援する情報ツールとしての利用までもが視野に入ってくるようになると思われます [1]．

本学においても，サテライトキャンパスの展開や，e-ラーニングの導入，さらに高校の「情報」科目を履修した学生の受け入れ開始などを控え，教育面を重視した情報システムインフラの重要性が高まりつつあることは言うまでもありません．その一方で，多くの選択肢の中からシステムに求められる要件を的確に判断し，必要十分な構成を整えることは，ますます難しい課題になりつつあります．

情報科学センターの教育用計算機システムは，2000年にディスクレスPC端末という全く新しいシステム構成を導入し，大幅な利用環境の機能向上と，教育システムとしての安定性を両立させることができました [2]．今回，2005年4月のシステムの更新にあたっては，引き続き利用者端末の性能向上を図ってより高度な利用形態への展開に備えるとともに，利用者環境を支えるサーバシステムを大幅に見直し，整理することにより，将来の新たな形でのシステム利用の要求に対しできるだけ柔軟に対応できるシステムとすることをめざしました．

本稿では2005年4月に導入した教育用計算機システムについて，新しい試みを中心にその概要を紹介します．

2 システム構成の概要

今回導入した教育システムの主要部分は図1のような構成になっています．図は1キャンパス分を示したもので，全体としては，同等の構成が戸畑キャンパス(工学部)と飯塚キャンパス(情報工学部)にそれぞれ配置されています．この他に，プリンタなどの周辺機器，そして運用管理のために使用するサーバや端末なども含まれます．

¹情報科学センター 助手

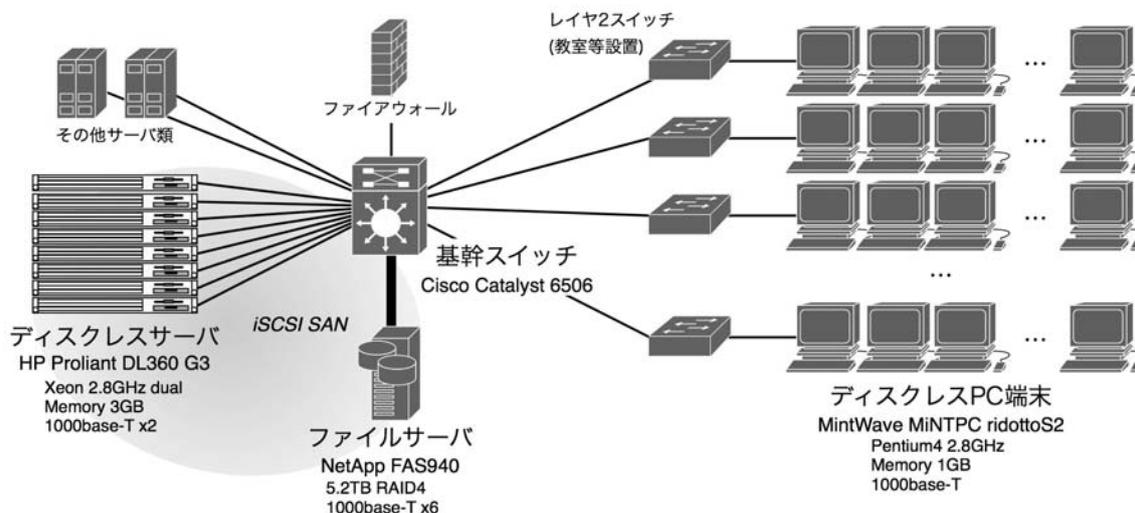


図 1: 教育システム構成概要 (1 キャンパス相当)

システムは基本的に、前システムと同じくディスクレス PC 端末を中心とする構成をとりました。前システムからの主な変更点としては、

- ネットワークの高性能化，セキュリティ強化
- ファイルサーバの性能強化
- 利用者端末の高性能化
- サーバ群の増強

などがあげられます。

ネットワークシステムは、中央に大型のネットワークスイッチ (基幹スイッチ) を置き、教室端末群を収容した教室系ネットワークスイッチや各種サーバ群をすべてこのスイッチに集中させるという、従来からの構成を踏襲したものとなりました。新しいシステムでは、ほぼ全ての端末、サーバ類が 1Gbps のネットワークインターフェースで接続されることになり、ネットワークの性能と安定稼働がシステムにとってさらに重要性を増しています。新しい基幹スイッチは、スイッチング容量が 128Gbps から 720Gbps に向かうなど性能面で大幅な増強を行っただけでなく、制御モジュールと電源モジュールをそれぞれ二重化することで、障害の可能性をより小さくする配慮を行いました。

また、教育システムと各キャンパスの学内ネットワークとの境界には、電子メールなどのウイルスチェック機能を含んだ高性能のファイアウォール装置を配置し、ネットワークを介した攻撃や、不正利用の検知、遮断が行えるようにしました。ただし、現在は通信の利便性の面を重視して、比較的緩めのファイアウォール設定で運用を行っています。これは、全ての利用者端末がディスクレス構成であることなど、システム自体が本質的にセキュリティ上の問題が起きにくい構成であるためです。将来的には、今後のセキュリティ問題の動向に注意しながら、制限の強化を行う余地を残しています。

この他にも、公開サーバ以外の機器の大部分をプライベート IP アドレス化して、学内、学外からの直接アクセスを許さない設定を行うことや、キャンパス間接続やセンターの建屋外に設置されるプリンタ

との接続といった、センター管理範囲外のネットワークを経由する部分について VPN (Virtual Private Network) 技術による通信の暗号化を行うことなど、様々な面でセキュリティの向上を図っています。

ファイルサーバは、従来の UNIX サーバベースの NFS (Network File System) サーバに対し、今回はネットワークファイルサーバ専用機 (NetApp 社 NetApp FAS940) を採用しました。従来のファイルサーバは、主に利用者用のファイルや教材データ、そして利用者端末のシステムファイルを管理してきましたが、FAS940 はこれに加えて、後述するディスクレスサーバのシステムファイルも提供しています。これにより、本システムで使用されるファイルのほとんどを、ファイルサーバで集中管理できるようになりました。

なお、前システムではキャンパスあたり 2 台のサーバを配置して必要な性能を確保していましたが、FAS940 は 1 台ですべてのファイルサーバ能力を提供できます。ただし、従来は基幹スイッチとのネットワーク接続が合計 4Gbps であったのに対し、FAS940 では 6Gbps に強化し、ネットワークが性能のボトルネックとなることを防いでいます。

以下の項では引き続き、利用者端末、サーバ計算機システムなどの紹介を行います。

3 利用者端末

センターの講義室などに設置する利用者端末として、ミントウェブ社の MiNT PC ridottoS2 を採用しました。ridottoS2 は、内蔵のハードディスクを持たず、ネットワーク接続したファイルサーバ上のファイルシステムを参照して動作するディスクレス PC 型の端末です。ディスクレス方式を採用したことで、これまでどおり、多人数での演習や講義において均質で安定した利用環境を提供することが可能になっています。

仕様面では PC としての性能が大幅に向上し、より高度な機能や GUI (グラフィカルユーザインターフェース) を提供するアプリケーションの利用や、動画を含めたメディアプレーヤとしても十分な能力を備えるようになりました。CPU はインテル Celeron 400MHz から Pentium4 2.8GHz へ、メモリ容量は 256MB から 1GB へとそれぞれ増強されています。ネットワークインターフェースも 1Gbps に対応 (1000base-T) しました。

ディスプレイ装置は従来、戸畑キャンパス側が 17 インチ CRT (1280 × 1024 ドット表示)、飯塚キャンパス側が 15 インチ液晶 (1024 × 768 ドット表示) であったものを、すべて 17 インチ液晶 (1280 × 1024 ドット表示) に統一しています。ディスプレイインターフェースもアナログからデジタル (DVI-D) に変更し、表示の能力と品質の向上を図りました。キーボードは従来からのコンパクトで高品位な製品を引き続き採用しました。マウスは光学式とすることで、ほこりや汚れによる経年劣化の影響が少なくなるよう配慮しています。

この他、USB 2.0、IEEE1394、サウンド入出力など、現在広く用いられている主要な入出力インターフェースにも対応しています²。

従来のディスクレス PC 端末は、起動時に必要なブートローダと OS (Linux) カーネル部分を端末内のフラッシュメモリに格納していましたが、新端末はそれらについてもネットワーク経由でサーバから

²実際に利用できる機能は、OS やアプリケーションによって異なります



図 2: MiNT PC ridottoS2 外観

表 1: 主な仕様

CPU	Intel Pentium4 2.8GHz
メモリ	1GB
ネットワーク	1000base-T (1Gbps)
入出力	USB 2.0, IEEE1394, サウンド入出力
ディスプレイ	17 インチ液晶 1280 × 1024 ドット表示

取得する方式に変わりました。この方式では、端末起動用のサーバとネットワークに対する負担が増大するものの、起動時に端末にロードされるソフトウェアを比較的自由に設定することができるため、端末環境の自由度を大きく向上させることができます。

新システムではこのような特徴を活かし、一部の自習用端末について、その端末を Linux と Windows のどちらの OS で起動して利用するかを選択できるデュアルブート端末として設定しました。原理的には、もっと多くの種類の OS を選択したり、教室によって異なる OS を起動するような設定も可能であることから、将来的な利用形態の変化にもより柔軟に対応できるものと考えています。

4 サーバ計算機群 (ディスクレスサーバ)

新システムでは、利用者端末群の起動や管理、電子メールや WWW などの各種のネットワーク関連サービスなど、各種の機能を提供するために数多くのサーバ計算機を使用する必要があります。前システムではこうしたサーバが 12 台稼働していましたが、今回のシステムでは、サービスの多様化などに伴って 38 台³に増加しました。一般にこうしたサーバの種類や数が増加すると、それらを管理運用するためのコストが増大し、また障害が発生する可能性も高くなっていきます。これに対し、比較的低コストでサーバ群の管理性と安定性を向上させる方法として、本システムではサーバのハードウェア構成の規格化、共通化、そしてサーバのディスクレス化という 2 つのアプローチを採り入れました。

ハードウェアの規格化により、基本的なソフトウェア構成や設定などをサーバ間で共通化することができます。これにより、あるサーバが障害を起こした場合に、そこで実行していたサービスを他のサーバに移すといったことが容易に行え、サービス停止時間を最小限に抑えることができます。また、サーバとサービスとの対応を比較的弾力的に変化させられるため、現在のハードウェア設備を活かしたまま、将来のサービス内容の変動にも柔軟に対応できることも可能になります。

一方、ディスクレス化は端末の場合と同様に、ファイルシステムの集中管理による安定性の向上と管理コストの低減をめざすものです。しかし、サーバのファイル入出力は、端末のそれに比べてさらに高い性能と信頼性を求められます。またアプリケーションによっては、ディスクレベルの入出力動作の互

³教育システムの運用、利用に直接かわるものの台数。センター職員だけが利用する運用や開発用の機器などは含みません

換性が必要となる場合もあります。そのため、ディスクレスサーバを実現するにあたっては、端末における NFS に代わるものとして、SAN (Storage Area Network) 技術によるネットワークアクセスを用いることにしました。さらに今回、現在主流として用いられている FC (Fibre Channel) SAN に代えて、比較的新しい技術である iSCSI[3] という SAN 方式を先行して採り入れたことにより、従来方式に比べて低コストで高性能なディスクレスサーバ群を構成することができました。

iSCSI SAN によるディスクレスサーバは、ファイルサーバ上に設定した各サーバごとの仮想ディスクにアクセスして動作します。仮想ディスクは、ファイルサーバでは通常のファイルとして取り扱うこともでき、また設定によってサーバとの対応関係を容易に変更することができます。そのため、

- サーバの運用を継続したまま、仮想ディスクのバックアップを行う
- サーバのハードウェア障害時に、当該サーバの仮想ディスクを予備サーバに接続することにより、サービスを早期に再開させる
- 仮想ディスク障害時に、予備の仮想ディスクにバックアップ内容をリストアして接続することにより、サービスを早期に再開させる

といった、柔軟なサーバの運用が実現でき、運用コストの低減や耐障害性の向上につながるものと考えています。

なお、本システムの 38 台のサーバのうち 30 台が、このディスクレスサーバとして稼働しています。

5 その他の機器

プリンタ関連

プリント管理システムとして、リコー社の Ridoc IO Gate⁴ を導入しました。これにより Linux と Windows の両方の環境から教室設置のレーザープリンタを利用できるようになり、また、利用者のプリント枚数の把握や制限をより正確に行うことができるようになりました。

また新しい試みとして、プリペイド方式で利用できる課金プリンタを設置しました。教室設置のプリンタがこれまでどおり A4 モノクロ印刷のみを提供するのに対し、課金プリンタはカラー印刷や A3 などの複数のサイズ of 用紙への印刷もサポートし、授業以外にもより広い範囲で活用できるものと考えています。なお、課金プリンタは戸畑キャンパスの生協店舗、飯塚キャンパスの食堂に設置されており、代金の収受 (プリペイドカードの販売) などは生協に協力いただいています。

リモートアクセス関連

学内 LAN またはインターネット経由で教育システム端末の環境を使用する場合の接続先として、遠隔利用者用端末を戸畑飯塚それぞれのキャンパスに準備しました。遠隔利用者用端末へは専用のゲートウェイを経由して接続する設定とすることで、外部からの不正なアクセスを減らす対策を行っています。ゲートウェイへの接続は ssh を使用するか、または Windows PC であれば、専用の X-window 接続ソフトウェア (Exceed onDemand) を用いて行うことができます。いずれの場合も通信内容の暗号化に対応しており、利用者のセキュリティに配慮しています。

⁴製品ホームページ http://ricoh.co.jp/IPSiO/related_goods/iogate/

インターネットを用いたりリモートアクセス手段として、この他にも各種の VPN (Virtual Private Network) が利用されるようになってきています。教育システムにおいても、今後の需要や提供するサービス内容の推移を見ながら、VPN サービスの拡充を検討していく予定です。

6 おわりに

ディスクレス PC 端末による教育用システムも 2 世代目に入り、利用者側、管理側双方にとって一段と使いやすいシステムへと成熟してきました。

新たに導入したディスクレスサーバシステムも、これまでのところ十分な性能と安定性を達成しており、その点においては満足できる状況です。これまで iSCSI SAN をこのような規模のシステムに導入した事例はまだ少なく、さらにこれだけの台数のサーバのディスクを iSCSI 化したことは、非常に先進的な試みであったと言えます。しかしその一方で、このシステムが潜在的に備えている柔軟性をまだ十分に使いこなしてはならず、能力を活かしきれていない面も大きいと感じています。

そうした意味でも、本システムはまだ発展途上であり、今後多様化するであろう教育環境への要求への対応ともあわせて、さらにより良いシステムへの改良を続けていきたいと考えています。

参考文献

- [1] 齊藤明紀, 中西通雄: 教育用計算機環境に対する要求と課題, 情報処理, Vol.45, No.3, 2004 年 3 月, pp.227-232.
- [2] 中山仁: 教育用計算機の構成と特徴, 九州工業大学情報科学センター広報第 14 号, 2002 年 3 月, pp.3-9.
- [3] W. Curtis Preston: SAN & NAS ストレージネットワーク管理, オライリー・ジャパン, 2002 年 10 月.