

Linux thin client を端末とする集合教育用計算機環境の構築

中山仁 大西淑雅 望月雅光 山之上卓 甲斐郷子

九州工業大学情報科学センター

計算機利用の多様化に伴い、教育用計算機システムへの要求もより高度化してきた。しかし、PCのように高機能を実現する機器の導入は、一般に設定や維持の手順も複雑化させ、運用管理コストを増大させる原因となる。九州工業大学情報科学センターでは、従来の X ウィンドウ端末ベースの利用者環境にかわって Linux thin client (LTC) と呼ぶ端末を導入することにより、利用者環境の高度化と運用管理コストの低減の両立をめざすシステムの構築を行い、ほぼ満足すべき結果を得ることができた。本稿では教育システム用端末としての LTC の特徴について議論するとともに、システム構成上および運用上の課題とその対策について述べる。

Construction of Educational Computer System with the Linux Thin Clients

Hitoshi NAKAYAMA, Yoshimasa OHNISHI, Masamitsu MOCHIZUKI,
Suguru YAMANOUE and Kyoko KAI

Kyushu Institute of Technology, Information Science Center

A large system constructed with personal-computers (PC) often pays high cost of management although it is powerful. We introduce the Linux thin client (LTC) instead of the PCs for large scaled distributed systems. This paper examines the advantage of the application of the LTC to educational systems and describe the problem of constructing and managing the LTC based system, using our experience of the design and the construction of an educational system in Kyushu Institute of Technology.

1 はじめに

近年の計算機利用形態の高度化と多様化に伴って、大学の一般情報処理教育における計算機教育の内容も大きく変化しつつある。すなわち、プログラミングとそれに付随する各種の操作を中心とするものから、文書処理、データベース利用、インターネット等の通信の利用など、いわゆる計算機リテラシーの領域への拡大である。また、計算機を利用して音声、動画などのマルチメディア情報を提示したり、受講者との間で対話的な処理を行うなどの形で、計算機教育以外の授業において

も計算機を利用する場面が広がりつつある。

九州工業大学情報科学センター(以下センターと呼ぶ)は、工学系の学生を対象とした一般情報処理教育のための計算機環境の運用管理を、主な業務の1つとしている。センターでは、これまで UNIX ワークステーションをホスト計算機とし、X ウィンドウ端末(X 端末)を利用者端末とする集合教育用計算機システムを構築、運用してきた[1]。しかし、従来のシステムは、主に X 端末の機能的制約から、先に述べたような計算機教育の展開に十分に対応できなくなりつつあり、大幅な見直しが必要になってきた。

そこで平成12年4月のシステム更新にあたって、X端末にかわる利用者端末として、Linux thin client (LTC) と呼ぶ一種のディスクレスワークステーションを導入することを決め、この端末を中心としたシステム設計を行った。LTCは基本的にPCと同等の能力が期待できる一方、端末のシステム設定を含むほぼすべてのファイルシステムをサーバで集中管理できるため、通常のPCに比べて管理コストを低減できる。しかしその性能は、NFSサーバやそれらの間を結ぶLANの能力によって大きく左右されるため、システム構築に際してはサーバの規模や資源の配分、ネットワークの構成などに、十分な注意が必要となる。

本稿ではLTC端末を教育用計算機システムに導入する利点について述べ、またLTCを利用したシステム構築上の問題点と、その対策について、とくに大人数での利用を前提としたシステムに特有なものを中心に紹介する。まず2節では本教育用計算機システムに対する基本的な目標と、それに基づく利用者端末の選定経緯を述べる。次に3節で具体的なシステム構成に関して、全体像と各部の実現のようすを示す。4節では運用について触れる。

2 システム設計の基本方針

2.1 必要条件

九州工業大学は工学部と情報工学部の2つの工学系学部からなる大学で、それぞれの学部は地理的に離れたキャンパスに立地している。センターはこれらの学部の主に初年次および2年次の学生に対する計算機入門やプログラミング、計算機リテラシーなどの教育のための教育用計算機システムを提供している。教育システムは講義時間以外は全学生、教職員に開放され、自主学习での利用はもちろん、学内外への情報アクセスの窓口や、ワープロや簡単な画像の編集といった情報ツールとしての利用も多い。

新システムの設計にあたっては、現在のこうした利用形態を継承しながらも、パソコンの普及やインターネット利用が日常化している現状に対応できること、そして今後の教育技術において重要度が高まることが予想されるマルチメディア技術や対話処理技術なども視野に入れることなどが、基

本的な要件となった。

具体的には、

- 利用者環境は、工学分野での普及と、前システムからの継続性を考慮して、UNIX準拠のOSとX-windowシステムを基本にしたものとする。またその範囲の中で、できるだけ事実上の標準に近い製品を選択する
- 利用者に対し、従来の文字や画像に加え、音声や動画像などのマルチメディア情報を利用しうる機能と性能を提供する
- インターネットをはじめとするネットワーク機能については、情報の発信側と受信側の両方の側面に対して十分な環境整備を行う。またセキュリティにも注意を払う
- 複数のクラス(1クラス最大110名)が並行して授業を行い、すべての端末(約400台)を同時に使用し、一斉に操作した場合にも、システムが十分な応答性と安定性を有する
- 安定した運用を維持するための保守管理の負担が小さいシステム構成をめざす。そのため、故障の可能性の少ない機器の選択、システム資源の二重化あるいは冗長化などを検討する

などを目標とした。

とくに一斉授業時の負荷については、「軽い処理であるが、ごく短い時間幅にすべて集中する」という特殊なパターンのものである。そのため、必要に応じて負荷の分散を図ることや、システムのボトルネックになると予想される部分については、システム規模から通常予想されるよりもかなり大きな資源を投入するなどの対策をあらかじめ行うことが充用である。

また運用管理に関しては、ここにあまり管理者の人的資源を割かなければいけないようだ、今後のシステムの発展性までがそがれてしまうおそれがある。したがって、運用管理コストについては、従来のレベルをあまり上回ってはいけなさと考えた。

2.2 利用者端末の検討

新システムでは、利用者に対する機能面での拡充が大きな目標の一つであることから、利用者イ

インターフェースの中心である利用者端末の選択が重要な課題である。

利用者端末の候補となったのは、次のようなものである。なお、利用者向けの OS を UNIX 系 OS としたことにより、Windows などのパソコン OS を搭載した PC は候補からはずれた。

1. X 端末
2. thin client (NC:Network Computer, Java 端末など)
3. UNIX PC (ワークステーションなどを含む)

このうち、X 端末と thin client は、別に各種処理のためのサーバが必要だが、PC はそれ自身が処理装置でもある。

X 端末と thin client は、従来のシステム設計をほぼそのまま適用できる点と、運用管理のコストが小さい利点があるが、いずれも将来の発展性に疑問がある。機能面では X 端末は明らかに今回のシステムの目標に対して不十分であり、thin client はそれよりは多機能であるものの制約が大きく、また、マルチメディア情報を扱うようなアプリケーションにとっては性能が不足していると感じられた。

機能面から見ると、PC あるいはワークステーションを端末とする方法が最も素直な解であろう。しかし一方、ハードディスク装置などの比較的脆弱なハードウェアを持ち、システムソフトウェアを含むファイルシステムを内蔵する PC は、X 端末のような単機能の端末に比べてハード、ソフト両面で障害を起こす可能性が高い。また、システムソフトウェアが個々の端末に分散して配置されるため、複数の端末における一貫性が失われやすく、故意あるいは障害などによるソフトウェアの変更などをチェックすることも難しい。設置する端末の台数規模が大きくなり、本システムのように数百台の端末を運用する場合には、こうした障害への対応が管理面での負担を非常に増大させる可能性が高い。

2.3 Linux thin client

PC の管理面での問題の原因がハードディスクであるならば、それを取り除いたらどうであろうか。この場合、PC 端末の動作に必要なファイルシステムは、ネットワーク (LAN) を介して共有ファイル

サーバ上に置くということが考えられる。自身のディスク装置を持たずリモートファイルシステムに依存するこのようなシステムは、過去にディスクレスワークステーションとして製品化されていた。

このディスクレス PC 方式では、ハードウェアの能力はベースとなる PC と同じであるから、機能面では PC と同等のものが得られる。一方、システムファイルや各種の設定情報をファイルサーバ上で集中管理するため、ファイルシステムの改変や障害のおそれは非常に少なく、またリカバリも容易である。もちろん、ハードディスク装置がないので、それに起因する故障は発生しない。

ファイルサーバおよびネットワークを十分高速なもので構成して、リモートファイルアクセスによる性能低下を抑えることができれば、ディスクレス PC 方式は、機能面と管理面の両方の要求を満足することができる。そこで今回のシステムでは、この方式の端末を採用することを決め、システム全体の設計をはじめた。

ディスクレス PC 端末の OS としては、Linux を採用した。技術的には他の PC-UNIX を利用することもできるが、

- 比較的普及度が高く、対応するソフトウェアや技術情報が入手しやすい
- 多くのアーキテクチャ (組み込み用途からメインフレームまで) に移植されており、応用範囲が広い
- 商用分野にも採用されているため、システムを納入する業者からも協力を得やすい

などの理由 [2] により Linux を選択した。なお、この端末の thin client としての性格を強調する意味で、Linux thin client (LTC) と呼ぶ。

3 システム構成

3.1 全体構成

図 1 に今回構築したセンター計算機システムの全体構成を示す。システムは、本学の 2 つのキャンパスのそれぞれに、同等の規模と構成のものが設置されている (ただし研究用サブシステムは全体で 1 つだけ)。この図はそれらのうちの片方を示したものである。2 つのシステムは、学内ネットワー

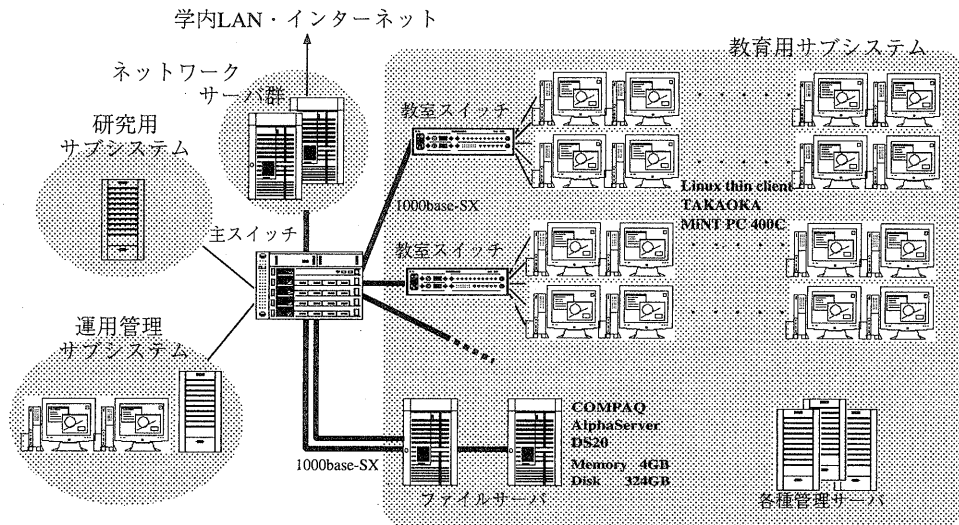


図 1: システム構成概要

クのキャンパス間接続回線 (6Mbps) を経由して相互接続している。

システムは大きく教育用サブシステム、研究用サブシステム、運用管理サブシステムおよびネットワークサーバ群の各部からなる。教育用サブシステムは講義室やオープン端末室などに設置したLTC 端末群と、それらのファイルシステムを管理するファイルサーバ、利用者のアカウント管理や各種の統計情報を収集する管理用サーバなどから構成される。研究用システムは、研究利用者のために高速演算サーバなどの資源を提供する。運用管理サブシステムは、システム全体の監視や管理、さらに各種の研究開発のための機材を含む。ネットワークサーバはセンターの利用者に、電子メールやWWWなどの主要なインターネットサービスを提供する。

教室端末 (飯塚地区計 222 台、戸畑地区計 189 台) は各教室ごとにそれぞれ 100Mbps のネットワーク (100base-TX) で 1 台から数台のイーサネットスイッチ (教室スイッチ) に収容される。そこからギガビットイーサネット (1000base-SX) のリンクにより高速のレイヤ 3 イーサネットスイッチ (主スイッチ) を経由してファイルサーバに接続する。

主スイッチには、ファイルサーバをはじめとして、各サブシステムの主要な機器も直接接続されており、ネットワークがシステムのボトルネック

とならないよう留意した。

3.2 Linux thin client 端末の構成

本システムの LTC 端末 (高岳製作所 MiNT PC 400C) の主な諸元を表 1 に示す。CPU 性能がやや控え目であるが、これはコスト的な問題もさることながら、消費電力 (すなわち発熱) との兼ね合いを考慮した結果でもある。

一方でメモリは多めに設定した。これは、Linux の swap 動作を止めて、完全にメモリだけで動作させることを意図したからである。swap 動作を行わないことは、NFS アクセスの頻度を減少させ、サーバとネットワークへの負担を小さくするだけでなく、端末の応答性を悪化させる要因を減らすことにもなる。さらにメモリの一部を RAM ディスクとして設定し、そこに /dev や /var のようなアクセス頻度の高いファイルシステムを展開して、ファイルアクセスのオーバーヘッドを減らす工夫も行っている。

起動用のロードとカーネルを格納するファイルシステムとして、フラッシュメモリを内蔵している。フロッピーディスクや CD-ROM などは装備しておらず、機械的な部品は冷却ファンのみである。

表 1: LTC 端末諸元

CPU	Intel Celeron 400MHz
メモリ	256MB
ネットワーク	100base-TX
ディスプレイ	15 インチ液晶 17 インチ CRT
インターフェース	サウンド入出力 USB PCI スロット
外形寸法	72(W) × 240(H) × 224(D)

3.3 ファイルサーバ

NFS ファイルサーバは、LTC 端末の動作に必要なシステムファイルイメージ、全利用者ファイル（ホームディレクトリ）、教材ファイルなど、教育サブシステムのほぼすべてのファイルシステムを集中管理する。LTC 端末のファイル入出力動作のほとんどがこのファイルサーバに対する NFS アクセスとして処理されるため、その性能がすべての端末の性能を左右するといつてよい。とくに一斉利用時には、非常に急激なアクセス集中が起きる部分でもあるので、そうした状況を想定した対策が必要である。

今回の実現では、UNIX サーバ (Compaq AlphaServer DS20) に実効容量約 320GB の RAID ディスクアレイ (Compaq RA8000) を装備したものを 2 セットで計 640GB のファイルシステムを提供している。2 セットに分けることにより、1 台あたりの負荷を下げる目的とともに、障害時の影響を多少とも軽減するねらいもある。

ここで使用されているディスクアレイは、内部的に 2 つのディスクグループを構成しているため、結局このファイルサーバセットは 4 つのディスクグループを持つと見なすことができる。そこで、4 つのディスクグループのそれぞれに、端末が使用するシステムファイルイメージのコピーを配置した。さらに端末も 4 グループに分けて、グループごとに異なるファイルグループイメージを参照するように設定することで、アクセスの分散を図っている。また利用者も 4 グループに分け、各グループのホームディレクトリを異なるディスクグループ上のファイルシステムに分散して配置すること

で、一斉利用時に各ファイルグループへのアクセスが均等になるように配慮した。

ところで、システムの導入開始当初、LTC 端末からの NFS アクセスの性能が非常に悪かった。その後、端末側サーバ側双方（主にサーバ側）で各種パラメータを調整した結果、最終的には問題ないレベルに到達させることができた。

Linux とその他の OS との間の NFS アクセスについては、組み合わせによって性能がかなり変化するという報告もある¹。NFS read/write のバッファサイズを変更する簡単な修正で大きく改善する場合もあるが、多人数での利用が前提となるシステムでは、もう少し突っ込んだチューニングが必要な場合があるかもしれない。なお、Linux のバージョンによっても状況が異なるようなので、過去の事例を参照する場合は注意が必要である。

4 運用管理

4.1 端末管理

本システムでの端末の設定は基本的には均一な部分が多いが、それでも IP アドレスや使用する NFS サーバのアドレス、使用するモニタの表示サイズなど、固有の設定もある。こうした固有パラメータを全端末について作成し、各端末の IP アドレスをファイル名とするファイル群として、共通域のディレクトリに置いた。端末は起動時に自身の IP アドレス (DHCP により固有のものが割り当てられる) を手がかりにパラメータファイルを読みとり、必要な設定ファイルのカスタマイズを行っていく。

この方式では個々の端末のカスタマイズの範囲が限定されるので、あまり柔軟な変更を行うのには不向きであるが、逆に言えば端末ごとの相違の部分が一定の範囲を越えないので、管理する側にとっての見通しが良い方法だともいえる。

さて、LTC 端末が動作する際に出力する各種のログは、システムを管理する上で重要な情報源である。しかし一方で、こうしたログの中には、小刻みにファイル入出力を行うものもあり、多数の端末がこれをリモートファイルシステムに対して実行すると、かなりのオーバーヘッドを生じることになる。そのため本システムの LTC 端末では、ログの

¹<http://www.linux.or.jp/JF/JFdocs/NFS-HOWTO.html>などを参照のこと

出力をRAMディスクのファイルシステム (/var) に対して行うことで、この問題を回避している。ただし RAM ディスク上のファイルは、システムが停止すると消えてしまうので、定期的に²まとめて、ファイルサーバ上の領域に退避させている。

4.2 利用者管理

これまでのシステムでは、利用者アカウントはNISを用いて管理してきた。しかしNISはそれ自身セキュリティ的に脆弱であり、また近年のシャドウパスワードやロングパスワードなどの新しいパスワード形式にも対応していないため、新システムでは採用せず、Linux標準のパスワード(シャドウパスワード)をそのまま利用した。LTC端末の場合、Linuxのパスワードファイル、シャドウファイルが共有ファイル領域の中に含まれるため、参照するだけなら、特別なことをしなくても全端末でパスワード情報を共有できる。ただし、そのままではパスワードファイルの更新を伴う処理(パスワードの変更など)において不具合があるため、そうした処理については、別にツールを作成し、一般利用者はWWWページを通じて必要な変更を指示できるようにした。

5 おわりに

この新しいシステムの運用を開始して3ヵ月近くが経過した。これまでに数台の端末とサーバで、ハードウェア故障による障害が発生したが、全体としては問題なく動作しており、全教室の全端末を使う演習の時間帯でも、応答性、安定性とも不安はない。日常の管理面でも、端末についてはほとんど従来のX端末と同程度にしか意識する必要はない。

導入前には、ディスクレスの特性に合わせるためのLinuxの設定や、ファイルサーバのチューニングなど、かなりの労力と神経を使ったが、一度順調に滑り出した後は、非常に手のかからないシステムであると言える。その準備段階の労力にしても、新しい試みで試行錯誤を繰り返したことによる部分も少なくない。したがって、今後LTCの導入例が増えてノウハウが蓄積されれば、こうし

た点は改善されるものと期待している。

現在までのところ、旧システム的环境や教材を移行して使っている状況で、LTC端末の能力を積極的に活かした利用法が登場する段階ではない。それでも、旧システムに比べて端末の応答性が大幅に向上したことから、教材用のWWWページに画像をより多く使うようになるなど、徐々に高機能化の効果は浸透しつつあると考えている。

今後は、教育を担当する教官やさらに一般の利用者とも強調しながら、よりLTCの能力を活用する方向で、新しい教材の開発や、応用範囲の開拓を進めていきたい。

参考文献

- [1] 中山仁, 大西淑雅, 末永正, 有田五次郎: 工学系学生のための情報処理集合教育環境の設計と構築, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 11, pp.2225-2238, 1994.
- [2] 堀内泰輔: Windowsより軽快に動くLinux, 情報処理, Vol. 41, No. 2, pp.190-195, 2000.

²現在は5分に1回