

Diskless Linux を用いた情報教育システムの開発とその評価

梶 田 秀 夫^{†1} 小 川 剛 史^{†2} 町 田 貴 史^{†3}
 中 澤 篤 志^{†4} 清 川 清^{†4} 竹 村 治 雄^{†4}

教育用計算機システムでは、多数の利用者に対して各種のアプリケーションが動作する様な計算機環境を、できるだけ低い TCO (Total Cost of Ownership) で実現する必要がある。運用コスト削減のためには、故障時に素早い復旧が可能であることだけでなく、そもそも故障しにくい構成をとることも重要である。本論文では、これまでの運用の中で最も故障の多かったハードディスクをクライアント上では使用しない、ディスクレス構成を用いた Linux ベースの情報教育システムの開発とその評価について述べる。また、予算措置の関係で導入時期や機種が異なる複数種類のパソコンを、一括して運用管理する必要性に対応するための構成上の工夫についても述べる。さらに、Microsoft Office で作られた文書の激増に対して、互換性のある OpenOffice.org や StarSuite だけではなく、OS としての Microsoft Windows を運用せずに、Microsoft Office 自体を CrossOver Office という WINE ベースのエミュレータ上で稼働させることに挑戦している。これらの構成の設計・開発の経緯、ならびに導入後約 2 年間の運用実績と得られた知見について報告する。

Development and Evaluation of a Diskless Linux System for Educational Computer System

HIDEO MASUDA,^{†1} TAKEFUMI OGAWA,^{†2} TAKASHI MACHIDA,^{†3}
 ATSUSHI NAKAZAWA,^{†4} KIYOSHI KIYOKAWA^{†4}
 and HARUO TAKEMURA^{†4}

This paper shows the configurations and evaluations of the educational computer system in our university that serves variety types of applications for many numbers of users, reducing Total Cost of Ownership (TCO). As for client operating systems, we developed newly designed diskless Linux. The OS and other applications are loaded from servers through networks; therefore the clients don't have hard drives. This scheme drastically reduces TCO because it is not necessary to replace hard drives which fail most frequently in these types of systems. Also, the software updates of the clients are achieved just by uploading the files in few servers. This also reduces the maintenance cost rather than updating the software stored in local hard drives of many clients. As for the client application software, we installed not only OpenOffice.org or StarSuite, but also Microsoft Office combined with Crossover Office emulator that is highly demanded by end users.

1. はじめに

近年、大学などにおける教育用計算機システムは、コンピュータを利用する講義での利用にとどまらず、

ウェブ閲覧や電子メールのやりとりなど日常的に利用されるようになってきている。そのため、システムの運用に際しては、できるだけ利用率が高いことが要請される。また、OS やアプリケーションの肥大化に従い、OS やアプリケーションの不具合やセキュリティ上の問題も多発しており、これらの問題に素早く対応する必要性も高まっている。

本論文では、2005 年 3 月にリプレースを行った大阪大学の情報教育システムについて、更新にあたってのシステム的设计や構成について述べる。

本システムは、Sun Microsystems 社の Sun Fire サーバワークステーション群と、DELL 社の OptiPlex GX270 485 台で構成され、別途導入されている

†1 京都工芸繊維大学情報科学センター
 Center for Information Science, Kyoto Institute of Technology

†2 東京大学情報基盤センター
 Information Technology Center, The University of Tokyo

†3 株式会社豊田中央研究所
 Toyota Central R&D Labs., Inc.

†4 大阪大学サイバーメディアセンター
 Cybermedia Center, Osaka University

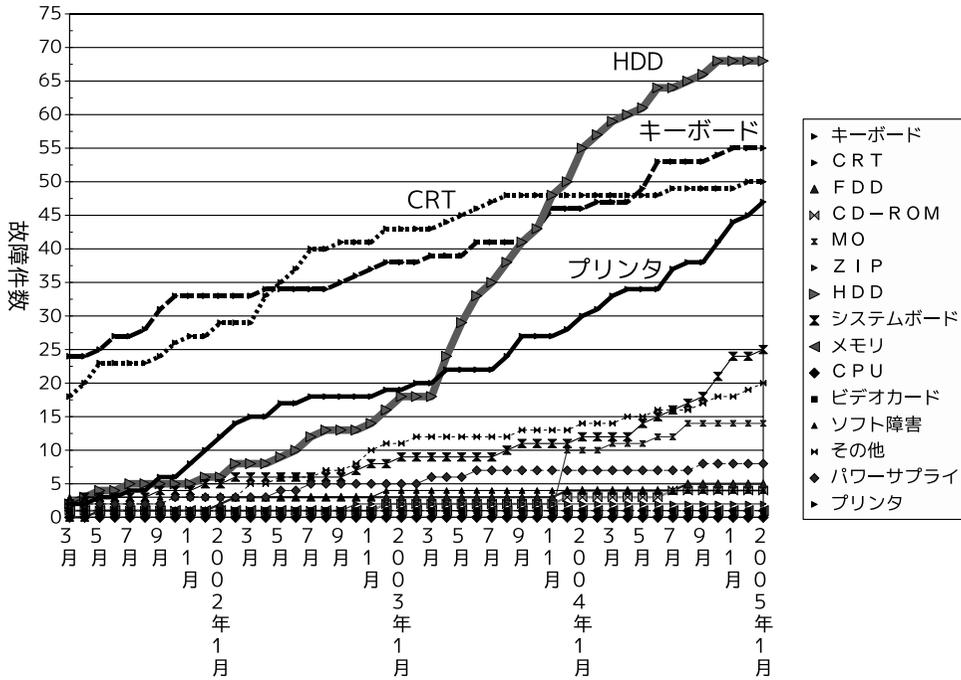


図 1 前システムの利用者計算機のパーツ別故障累計数の推移
 Fig. 1 The number of broken components in previous system.

NEC 社の Mate 209 台と IBM IntelliStation E Pro 155 台を含めた約 850 台の利用者計算機が、合計 20 カ所の演習室と 18 カ所の分散端末室に分かれて稼働している。

2. 問題点と目標

2000 年度に導入された Linux による計算機環境^{1),2)} は、Microsoft Windows 以外の異なった環境が体験できることから、利用学生からも好意的な反応が少なくなかった。しかし、導入後 5 年が経過し、その間の 2 度にわたる OS のバージョンアップの中で、ウェブブラウザ、オフィススイートの肥大化により、利用者計算機の処理能力不足が顕在化してきた。

また、日々の運用の中での作業として、以下のような要因が大きな負担になってきた。

問題 1. 利用者計算機の故障率

図 1 は、2000 年に導入されたシステムのうち、利用者計算機関連のパーツ別の故障累計数を表したものである。2005 年 1 月の段階で最も壊れたパーツの上位 4 つは、HDD、キーボード、CRT、プリンタであった。特に稼働開始後 4 年目に入ったころ（2003 年 3 月）から、HDD の故障が目立ち始めており、稼働率の低下につながっていることが分かる。

問題 2. 利用者用環境に対する更新作業

2000 年度からのシステムにおける利用者用環境の更新は、文献 3) のアイデアと RPM⁴⁾ パッケージシステムを組み合わせることで実現していた^{1),2)} が、更新情報が大きい場合に、更新作業に失敗することが何度かあった。また、HDD の障害時に、fsck などでファイルが消失するようなことが発生すると、RPM などのパッケージシステムだけでは完全性を維持しきれない場合があることも分かった。RPM は、パッケージのインストール時とアンインストール時にどのファイルがそのパッケージの管轄下にあるのか、またそのファイルのハッシュ値は何かといった情報をデータベースに記録しているので、静的なファイルについて、障害などによる改変を検出することは原理的には可能である。しかし、インストール後に動的に作成されるファイル、たとえば emacs lisp の .elc ファイルや X のフォントキャッシュである fonts.dir などは RPM だけでは改変を検出することができない。また、更新用の RPM は NFS 経由で参照するようにしていたが、更新の途中にネットワークの不調などで RPM ファイルが読み取れなくなり中断せざるをえなくなる場合がある。それ以外にも更新が大きくなると、一時領域が不足して RPM

データベースの更新途中で異常停止してしまう場合もあった。1度そのような状態になると、RPMのデータベースが不正な状態となり、手動での対応が必要になったり、初期インストールを余儀なくされた。

問題 3. 複数機種の利用者計算機の管理

前システムは5年間の契約で稼働していた。台数の不足などを補うため、別途予算により利用者計算機の増強がはかられたが、パソコンのハードウェアは導入の時期により異なっていた。利用者にとっては、導入されているアプリケーションの違いや見栄えの違いはできるだけないことが望ましいが、運用管理の観点からはハードウェア構成の違いに対応した更新作業を実施する必要があるため、非常に手間が大きくなっていった。

問題 4. 障害時の現場に出向く回数

遠隔の演習室に設置されている利用者計算機では、アプリケーションの暴走状態などにより、コンソールから利用できなくなることがある。その場合には遠隔でリブートをかける必要があるが、ファイルシステムが異常状態になったりすることにより正しく起動しない状態になると、現地に出向いて修正しなければならなかった。出向く回数は、平均すると10~15回/月程度であったが、システム更新直前には、多いときで2~3端末/日ほどにもなっていた。また、プリンタの設定を勝手に変更されることにより、ハードウェアの異常ではないにもかかわらず印刷ができないことが散見された。導入されていたプリンタでは、現地に行かなければ修復できなかった。このトラブル対応だけでも、1~2回/月程度の対応が必要になっていた。

この対応のために、数少ない窓口担当者が現地に行っている間に、他の利用者への窓口対応が遅延したり停止してしまったりすることが、深刻な問題となっていた。

問題 5. Microsoft Office ファイルの取扱い

Microsoft Office を用いて作られた文書が、個人だけでなく企業や政府機関などでも激増している。これらに対して、互換性のある OpenOffice.org や StarSuite があり、スクラッチから作成する学生のレポートなどでは大きな問題はないが、テンプレートなどを駆使した文書に対して書き込みを行うような用途では、再現性に問題がある場合があることが指摘されていた。前システムでは、Applixware4.1, StarSuite6, StarSuite7 を使用して

いたが、自宅で使用している、Microsoft Office 97 や 2000 などで作成したファイルがうまく読み込めないという苦情が多く聞かれた。

問題 6. 利用者計算機の急速な陳腐化

2000 年度に導入された計算機は、PentiumII 450 MHz、メモリ 128 MByte、13 GByte HDD という構成であり、当時としては十分な性能であったが、必要台数の要求のために若干のスペックダウンを余儀なくされていた。OS のサポート体制の変化や導入していたオフィススイートのサポート中止などの要因により、ハードウェアスペックを変えることなく更新を行ったが、アプリケーションがオンメモリでは動作することはできず、パフォーマンスの著しい劣化が発生した。OS・アプリケーションの肥大化が急速に進んでいるため、余裕を持ったハードウェアスペックによる導入は欠かすことができない。

これらの問題を解決することを目標に、新しいシステムの構築に対して以下のような基本方針を立てた。

- (1) 利用者計算機の OS は、(Vine) Linux を継続して利用する。
- (2) 利用者計算機は、ディスクレスで稼働するようにする。
- (3) 別予算による台数補強に対応するため、異なるハードウェア構成のパソコンを一緒に扱える仕組みとする。
- (4) できる限り現地に赴くことなく運用管理ができるようにする。
- (5) OpenOffice.org/StarSuite だけでなく、Microsoft Office を利用可能とする。
- (6) 利用者計算機の H/W 能力の増強を優先する。

3. システムの構成

図 2 は、本システムの構成概略図である。また表 1 は、導入時における主要ハードウェアのスペックの一覧である。

3.1 利用者計算機とブートサーバ

利用者計算機は、Wake On LAN により電源が投入された後、PXE (Pre eXecution Environment) を用いて起動し、tftp を用いてカーネルを読み込んだのち、NFS を経由してファイルシステムをマウントすることで稼働する。稼働にあたって、ローカルに HDD は必要としない。これにより、OS へのパッチなどは、ブートサーバ上の OS イメージにのみ適用すればよく、(不正な電源断などによる) HDD 上のファイルシステムの論理的な矛盾は原理的に発生しないため、2 章で

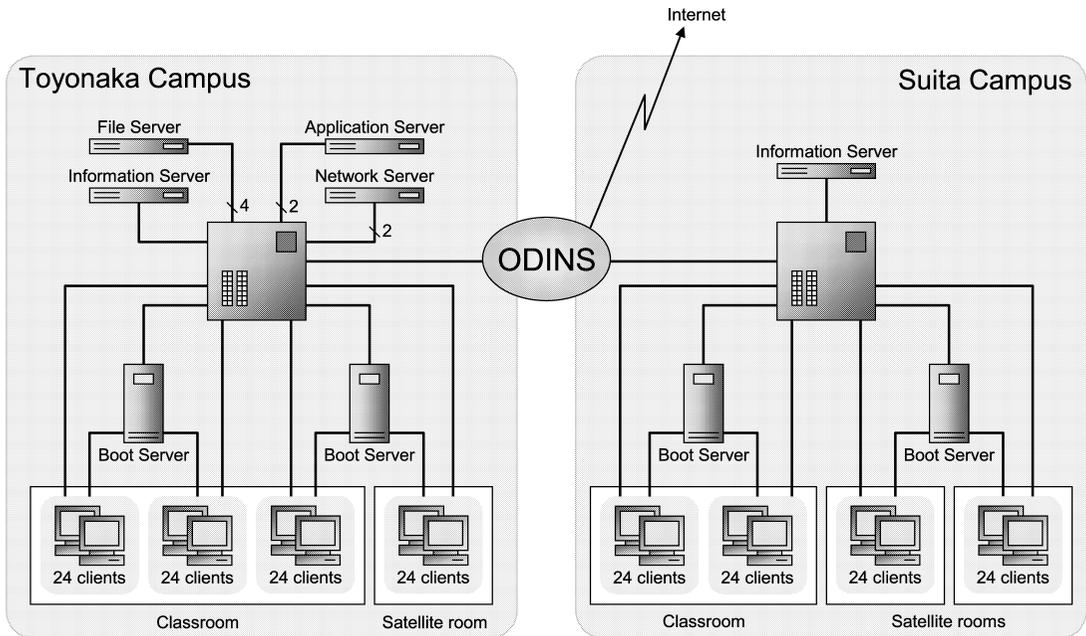


図 2 システム構成概略図

Fig. 2 Our system configuration.

表 1 導入されたシステムの諸元

Table 1 Specifications of our system.

種類	製品名	諸元 (概要)
ブートサーバ	Sun Fire 280R	UltraSPARCIII 1.2 GHz ×2, 8 GB mem, GbE ×3 73 GB HDD ×2 + 400 GB (RAID5)
ファイルサーバ	Sun Fire V880	UltraSPARCIII 1.2 GHz ×8, 16 GB mem, GbE ×4 (trunk) 73 GB HDD ×2 + 3 TB (RAID5) + 10 TB (LTO changer)
アプリケーションサーバ	Sun Fire V480	UltraSPARCIII ×4, 8 GB mem, 73 GB HDD ×2, GbE ×2 (trunk)
ネットワークサーバ	Sun Fire 6800 (1/3 Domain)	UltraSPARCIII 1.2 GHz ×4, 8 GB mem, 73 GB HDD ×2, GbE ×4 (trunk)
情報管理サーバ (主)	Sun Fire 6800 (1/3 Domain)	UltraSPARCIII 1.2 GHz ×4, 8 GB mem, 73 GB HDD ×2 + 1 TB (SAN), GbE ×2
情報管理サーバ (副)	Sun Fire V480	UltraSPARCIII 1.2 GHz ×2, 4 GB mem, 73 GB HDD ×2, GbE ×2
コア L3 スイッチ	Foundry FastIron 400	1000baseLX ×10, 1000baseSX ×22, 1000baseT ×4 (2 台分の合計ポート数)
エッジ L2 スイッチ	DELL PowerConnect3324	10/100/1000baseT ×2 + 10/100baseTX ×24
利用者計算機	DELL Optiplex G270	Pentium4 3.0 GHz, 1 GB mem, 10/100/1000baseT 1280×1024@75 Hz (64 MB), USB2.0
プリンタ	RICOH IPSiO NX650S	A4 (500 枚トレイ), Postscript Level3, SNMP (PrinterMIB)

あげた問題 2 や問題 4 に対応できる。ただし、ファイルシステムとしては問題がなくても、ファイルやディレクトリの内容が正しく書き込まれない場合がありうる。そのため、書き換え可能としてマウントする NFS ファイルシステムは最小限に限定 (/var のみ) し、仮りに障害によりファイルやディレクトリの内容が破壊されたとしても、アプリケーションに影響がない構成をとることにした。また、故障の大きな要因であった HDD を使用しないので問題 1 への対応も期待できる。

ブートサーバは、利用者計算機のネットワークブートサービスと、OS イメージを提供するための NFS サービスを提供する。前者は、PXE に対応した DHCP サービスと、TFTP サーバによるカーネルイメージの提供を行う。また、これらのサービスを提供するために、ブートサーバは 2 本の GbE の NIC を持っており、GbE の NIC は、L2 のスイッチを経由して最大 24 台までの利用者計算機 (ブートサーバ 1 台あたり最大 48 台) を担当することができる構成としている。

センターの建物内の教室は 1000baseSX で接続し、分散端末室へは 1000baseLX で接続している。ブートサーバは、豊中キャンパスに 10 台、吹田キャンパスに 2 台配置している*1。

ディスクレスの構成の弱点として、ネットワークが一時的にでも不調になった場合に、OS の稼働が不安定となり、遠隔からのアクセスができなくなることがある。たとえば、起動時のカーネル読み込み時にネットワークが不調になり、カーネル全体を読み込めなければ、その利用者計算機はハングアップしてしまい遠隔からはいっさい操作ができなくなってしまう。このままでは 2 章の問題 4 が解消できているとはいえない。本システムでは、ネットワークを経由して遠隔から AC100 V を制御できる電源スイッチを各利用者計算機の電源ラインに挿入することとした。ディスクレスであることから、利用者計算機がハードディスクへ読み書きしているかどうかを気にすることなく、電源を強制的に切断して停止させることが可能になり、OS の稼働が不安定になったとしても、再起動を遠隔から実施することができる。

3.2 ネットワーク

それぞれのキャンパスに、核となる高性能レイヤ 3 スイッチ (coreL3) を配置することとした。利用者計算機とサーバとの間のアクセス (主にファイルサービス) を、ディスクレス稼働のためのトラヒックから分離するため、ブートサーバからのネットワークとは別に GbE のネットワークによって接続することにより、ネットワーク負荷の軽減・分散をさせている。また、利用者計算機には、今までと同様に Private Address (RFC1918) を割り振り、インターネットとのやりとりは、プロキシ経由とする方針は堅持した。

以前のシステムでは、サーバと利用者計算機との間のアクセスをレイヤ 2 の通信で実施できるようにするため、サーバ計算機上でインタフェースエイリアスを多用した。インタフェースエイリアスとは、1 つの物理 NIC に対して複数の IP アドレスを割り当てる技術である。前システム導入時は IEEE802.1Q VLAN 技術がまだまだ枯れていなかったため、インタフェースエイリアスを使用して、単一の物理 NIC に複数のサブネットの IP アドレスを割り当てて複数のネットワークに直に接続している状態を作り出した。しかし、VLAN 技術が普及してきた現状から見れば、異なるサブネットのパケットが同一リンク上を区別なく流れて

いるという非常にトリッキーな構成であるため、ネットワーク構成の見通しが悪くなり、相互接続性が劣化してしまった。そこで、新システムでは、サーバ計算機は単一の IP アドレスを持ち、利用者計算機の間はレイヤ 3 のルーティングにより行われるようにして、見通しを良くした。

3.3 サービスサーバ

各種ネットワークサービスを提供するサーバは以下の 4 種類で構成した。

ファイルサーバ

利用者のホームディレクトリを提供する。稼働中にバックアップが取得できるようにジャーナリング機能やスナップショット機能を持たせている。以前のシステムでは地区ごとの 2 カ所に分散配置したが、サーバ計算機が豊中地区に集中していることや、豊中・吹田間のネットワーク接続がギガビットクラスに増強されているため、1 カ所に集中させ、管理負荷を軽減させた。

ネットワークサーバ

外部との接続に関するサービスを提供する。具体的には、メール (SMTP, IMAP, ウィルスチェック, SPAM フィルタ)、プロキシ (WWW, ftp, RTSP) としている。新システムでは、IMAP だけでなく、WebMail 機能も提供している。また、SMTP AUTH (RFC2554) を実施することにより、利用者によるユーザ詐称を容易に検知できるようにしている。

情報サーバ

ユーザ情報を含むディレクトリ情報を提供する。具体的には、Sun Java Directory Service を稼働させ、LDAP による認証などが行えるようにしている。アカウント情報は、本学の統一アカウントシステム (現在は全学 IT 認証基盤システム) から提供を受けている。また、プリンタのアカウントサービス⁵⁾ も提供し、すべてのプリンタジョブを集約し、印刷枚数の上限を超えた場合に印刷不能になるようにしている。さらに、利用者への情報提供用に、XOOPS⁶⁾ を用いたポータル機能も提供している。

アプリケーションサーバ

利用者の特定のプロセスを稼働させる。具体的には、統計処理パッケージの SAS のサービスと、利用者のウェブページ (内部向け) や CGI の実行が行えるようにしている。

3.4 プリンタ

以前のシステムでは、利用者計算機 50 ~ 70 台程度

*1 情報教育システムのうち約 350 台は豊中キャンパスにある教育研究棟にあるため、上記の不均衡が起こっている。

の教室に対して、4~5 台のプリンタを配置していた。これに対して新システムでは、教室あたり 2 台にまで台数を抑えた。このとき稼働率を上げるために、2 章の問題 4 を回避する機能として、プリンタコンソールからの設定禁止機能を持つ RICOH IPSiO NX650S を採用した。

4. 利用者環境

4.1 OS とアプリケーション

利用者計算機では、OS として、Vine Caves 社が提供している「Vine Linux Educational Edition 2.0 (VLEE2.0)」⁷⁾ を採用した。これは、Vine Linux 3.1 をベースに、構築・保守サポート機能をパッケージ化したものである。GUI 環境としては、GNOME 2.4、ファイルマネージャには Nautilus が採用されている。

4.1.1 主要アプリケーション

電子メール・Web ブラウザとして、Mozilla 1.7、ワープロ・表計算・作図・プレゼンテーションなどを含むオフィススイートとして、OpenOffice.org と本学でキャンパスライセンスを取得している StarSuite7^{*1} を導入した。

4.1.2 商用アプリケーション

以前のシステムから継続して、Wolfram Research 社の Mathematica、Maplesoft 社の Maple はすべての利用者計算機上で同時に利用可能にし、SAS Institute 社の SAS はアプリケーションサーバ上で利用する体制とした。

日本語入力に関しては、利用者の利便性に対する重要度が高いと判断し、商用アプリケーションであるオムロンソフト社の Wnn7 を採用し、xwnmo を用いた入力を採用している。

4.1.3 Microsoft Office の利用

Microsoft Office を用いて作られた文書が、個人だけでなく企業や政府機関などでも激増している。これらに対して、互換性のある OpenOffice.org や StarSuite があり、最初から作成する学生のレポートなどでは大きな問題はないが、テンプレートなどを駆使した文書に対して書き込みを行うような用途では、再現性に問題がある場合があることが指摘されている。

この問題への一般的な対応は、なんらかの形で Windows OS を稼働させ、その上で Microsoft Office を利用可能とする方法である。Linux を利用するうえで Windows OS を利用する場合の稼働方式としては、大きく分けて以下の 3 通りが知られている。

デュアルブート方式⁸⁾

Windows と Linux を切り替えて使用する方式で、単純に 2 種類の OS を準備するだけですむが、たとえば Linux 特有の処理 (gcc を使った socket プログラミングなど) をしながら同時に Windows 上の処理 (Microsoft Office を使用するなど) を行うことができず、切替えにも時間がかかるため両方の OS を使いたい場合には、使い勝手が悪くなってしまふ。

並行稼働方式^{9),10)}

VMware などの仮想計算機技術を用いて、Windows と Linux を同時に稼働させる方式であれば、両方の OS が同時に稼働しているため切り替える時間は不要である。しかし、Windows と Linux の両方の OS の設定やパッチ当てといった作業や共存をさせるための作り込みを行う必要があり、手間が倍増する。

遠隔利用方式⁸⁾

Windows Terminal Server などを用いて Windows 環境を遠隔利用する方式であるが、Terminal Server のコストが非常に高く、また Windows と Linux の両方の OS の設定やパッチ当ての作業の手間については、並行稼働方式と同等以上である。

そこで我々のシステムでは、OS としての Microsoft Windows を運用することはないアプローチを検討し、Codeweavers 社の CrossOver Office 4.1¹²⁾ を用いることにした。CrossOver Office は、WINE¹³⁾ というプロジェクトがベースの Windows の API をエミュレートするアプリケーションであり、Microsoft Office の稼働などのためのチューニングを実施したものである。これにより、ファイルシステム構成やユーザの権限管理などは Linux のままで、Microsoft Office XP Professional を利用することが可能となり、2 章の問題 5 に対応している。CrossOver Office を用いる場合、Microsoft Windows のライセンスは不要であり、Microsoft Office のライセンスのみ調達すれば動作させることができる。

4.2 複数の環境で稼働する Linux システム

2 章の問題 2、問題 3 に対応するため、我々は以下のような特徴を持つ unionfs¹⁴⁾ を用いたディスクレス構成のシステム¹⁵⁾ を開発した。

- (1) 基本的に単一イメージを利用して、複数の端末を稼働できる。
- (2) ベースの Vine Linux 3.1 に対するパッケージが、そのまま利用できる。

*1 現在は StarSuite8 に更新している。

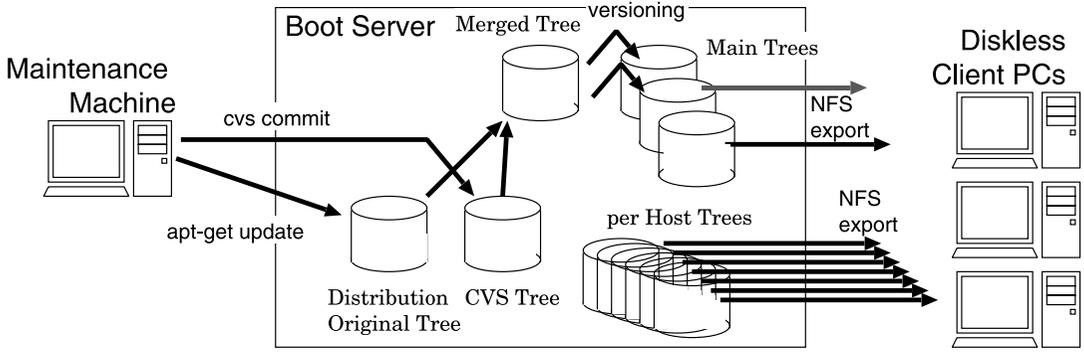


図 3 更新システムの構成
 Fig. 3 Overview of our update system.

(3) 単一の OS イメージで、できるだけ多くのハードウェア構成に対応できる。

このシステムは、図 3 のような形になっており、OS イメージ (Distribution Original Tree) の更新がメンテナンスマシンから、Vine Linux の標準的な更新ツールである apt を用いるだけで一元的に管理できるようになっている。また、運用上の設定情報は、Vine Linux の Distribution 上のファイルを直接編集せず、別途 CVS Tree を準備しそこでバージョン管理を行っている。

ブートサーバでは、OS イメージと CVS Tree をマージして、マスタの OS イメージである Merged Tree を作成し、この Merged Tree を複数のブートサーバに配布する。このとき、Merged Tree を直接ディスクレスクライアントが参照することになると、ディスクレスクライアントがすべて停止しているときでなければ Merged Tree の更新を安全に実施することができなくなる。そこで、Merged Tree をもう 1 度コピーし、それを Main Tree と名付け、ディスクレスクライアントはこれを参照して稼働することにした。Main Tree は、Merged Tree が更新された際には元の Main Tree を残した状態で新しいものを作成し、再起動したディスクレスクライアントから順に新しい方を Main Tree として稼働させる。元の Main Tree を参照していたディスクレスクライアントがすべて再起動すれば、古い方の Main Tree は削除可能となる。したがって、通常時は同一のマスタ OS イメージを使って動作するようになっており、クライアント間でのアプリケーションの差異は発生しないようになっている。

また、NFS ファイルサーバで多数のディスクレスクライアントを稼働させる場合、通常、共有できる部分 (readonly マウント) と端末固有の部分 (readwrite マウント) はマウントポイント (ファイルシステム) 単

位で選択するしかない。そのため、root ファイルシステムは端末ごとに準備することになり、

- ファイルサーバ (ブートサーバ) でのディスク容量を無駄に消費する、
- OS のパッチは、各クライアントごとに当てる必要がある、

という問題が生じていた。

そこで本システムでは、この問題に対して unionfs を用いる方法で解決をした。個々の利用者計算機の固有ファイルだけを持った小さいファイルシステムを、unionfs も用いて共通のファイルシステム (Main Tree) の上に重ねることで、ファイル単位での固有/共有の制御ができる。/var ディレクトリ以下はほとんどが固有ファイルのみなので、unionfs ではなくブートサーバにクライアントの数だけディレクトリ (PerHost Tree) を用意し NFS でマウントしている。

本システムでは、別途導入されている 2 つの既存 PC システムも統一して管理することが求められていた。単純には、新端末と同様に従来端末もディスクレス化すればよい。しかし既存システムにはブートサーバとして転用できる余分なサーバはない。また本システムのブートサーバも新規調達した利用者端末数に対応する容量しか持っていない。そのため、既存システムをディスクレス化することはできなかった。

そこで、既存 PC に関しては、ディスクレス用として作成した OS イメージをそのままローカル HDD 上に書き込み、それを使って稼働させることを考えた。ディスクレス用のカーネルや OS イメージを tftp や NFS などのネットワーク経由で取得する代わりに、ローカル HDD 上から読み込むように変わるだけで、OS イメージの構成はそのままよく、2 章の問題 3 に対応できている。また、ディスクレス用の OS イメージは、複数のクライアントから共有されることを前提にする

ため、利用者計算機からは読み込み専用として運用されている。したがって、ローカル HDD 上に書き込んで稼働させる場合も読み込み専用として動作させることが可能になり、不正な電源断への耐性が高くなる効果も得られる。

5. 評価

5.1 ディスクレスサーバの性能

ディスクレス構成で最も気になる性能が、ブート時の性能である。図 4 は、ブートサーバ (Sun Fire 280R) 1 台が 2 本の GbE のそれぞれに 24 ポート L2 スイッチ (DELL PowerConnect 3324) 経由で 24 台ずつのクライアント PC (DELL Optiplex GX270) を一斉起動 (合計 48 台) するときの時間とその負荷の推移を示している。12:21:00 に起動要求の Wake On LAN パケットを送出したところ、12:23:22 に最後の 1 台がログイン画面の表示をしたことを目視確認できたので、起動完了に 2 分 22 秒かかったことが分かる。この間、ブートサーバの最大のロードアベレージは 7 程度までであり、tftp のタイムアウトなども発生しなかったので、性能に余裕が見てとれる。

5.2 現在の運用状況と TCO 削減の効果

比較的新しい技術を導入したため、不安定な部分はまだ残っているが、ディスクレス稼働については、ほぼ満足のいくレベルに仕上がったと感じている。以前のシステムでも HDD の故障は 4 年目に入ったあたりから顕在化し件数が増大したので、この効果は今後を待たなければならない。

運用に直接携わっている技術職員に対する聞き取りによれば、おおむね以下のような点が良い点としてあがっている。

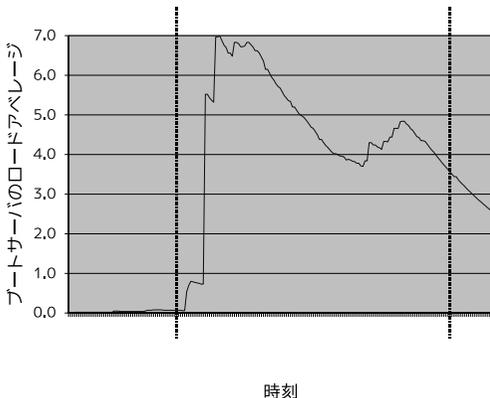


図 4 クライアント一斉起動時のブートサーバの負荷の推移
Fig. 4 Server load average during client PCs boot up.

遠隔電源 OFF/ON は有効に使えている

Linux を採用しているため、コンソール画面の描画が止まってしまったような場合には、遠隔リブートが使用可能であり、週 10 回程度実施していると報告されている。

また、ネットワークの不調などで反応のなくなる端末があった場合などで、遠隔リブート自体ができない場合、遠隔電源スイッチを用いて OFF/ON を実施して対応しているが、これは平均して毎日 1~2 回程度と報告されている。

したがって、端末室へ出向くために片道 5 分~15 分程度かかるとすると、1 カ月あたり 10 人・時間程度 (20 分 × 1.5 回/日 × 20 日) の運用コストの削減ができたといえる。また、現地に出向く必要がないため、窓口を留守にする必要もなく迅速に対応可能になったといえる。

ハードディスクがないことが負担減になっている

前システムでは停止している端末が、ソフトウェア的にハングアップしているのかハードディスク障害で停止しているのかを切り分けなければならなかったが、現システムではそれが不要であり、電源 OFF/ON を繰り返して起動しなければ端末故障と判断して業者に依頼できるので助かる、という意見であった。端末のハードウェア交換の数は、平均して 3 台/月程度で推移していると報告されている。

電源 OFF/ON をして起動するかどうかを確認するには起動にかかる時間を待ってから遠隔ログインを試してみればよいので、5 分~10 分程度で実施できるが、ハードディスク障害かどうかを調べる手間は、起動中の画面を見たり、fsck をかけてみたりする必要があるため 30 分~1 時間以上はかかってしまう。したがって、調査対応の時間として、1 カ月あたり 2 人・時間程度 (40 分 × 3 台/月) の運用コストの削減ができたといえる。遠隔からの電源 OFF/ON を実施する場合、離れた端末室にあるクライアントに対しても並行して調査が可能であるので、さらに手間が削減できている。

パッチ当て作業がいつでも短時間でできる

前システムでは、端末の起動スクリプトに、パッチ適用アプリケーションを仕込み、起動時に自動的に行われるようにしていた。つまり、パッチを適用するためには再起動をかける必要があり、さらに起動途中に適用したパッチの種類によってはさらに再起動が必要となる場合もあり、授業のない時間帯を選ぶなど適用のタイミングを見計らう

必要があった。また、2章の問題2にあげた不整合の問題が発生すると、どうしても個別に対応をする必要が生じ、大変な手間となる。特に、パッチ適用アプリケーションの想定外の状況が発生すると、多数の端末が同時に使用不能になる場合も生じ、最悪の場合はすべての端末の前を巡って対応しなければならなかった。

これに対して、本システムでは、OSイメージは1つしか存在せず、そのイメージに対してパッチを適用したり動作確認を行ったりするだけですべての端末の環境を更新することができるので、大幅な運用コストの削減となる。

また、採用した仕組みに対する課題もあがっている。ブートサーバの故障の被害が大きい

ブートサーバあたり最大48台の計算機を稼働させているため、1台のブートサーバの故障で教室1つがまるまる使えなくなることが発生しうる。2006年度では2回の故障が発生した。これについては、空いているブートサーバで一時的に肩代わりできるような設定を検討する必要がある。

サーバ上の共存サービスの競合

物理的に1つのサーバに複数のサービスを共存させることにより、(サービス)サーバの台数を従来より少ない台数に集約したが、あるサービスの影響で、共存しているサービスが異常をきたす、という問題が発生した。特にネットワークサーバでは、共存サービスどうしがsocketなどのネットワーク資源の取り合いになり、サービス性能が落ちることが頻発した。たとえばネットワークサーバ上では、メールサービス、プロキシサービスを共存させているが、接続継続時間の長いメールサービスのimap4プロセスが想定以上のsocketやLWP(Light Weight Process)を消費してしまい、プロキシサービスの性能がでない状況となっていた。現在は、パラメータチューニング、サービスの集約方法の変更により対応できている。OSとしてのメンテナンスは数が減るので確かに楽になるが、サービスどうしの競合によるトラブルは避けられないため、論理パーティション技術などを使い、サービスどうしの競合を避ける工夫が必要であろう。

CrossOver Officeのエミュレーションの限界

Microsoft Windows OSを使わないままOfficeが稼働はしているが、細かい制限事項が散見されて

いる。特に目立つ問題が日本語入力時の問題であり、長文を一気に複文節変換をした場合の表示に不具合があることが分かっている。開発元などと連絡をとって本当に解決できないのかどうかを検討しているところであるが、完全に大丈夫とは、いまのところはいえないのが現状であろう*1。

6. おわりに

本論文では、本学の情報教育システムの更新にあたっての、システムの設計方針や構成について述べ、現状について報告した。Diskless Linuxを用いて数百台規模の教育用計算機システムを構築し、故障時以外はほとんど現地に赴くことなく再起動などの対応がとれるように工夫した。また、CrossOver Officeと呼ばれるエミュレーション環境を使用することでOSとしてはLinuxを運用管理するだけでMicrosoft Officeを稼働させている。

今回の取り組みから、ローカルのHDDに頼らないシステムは多数の計算機を運用管理する面から非常に効果が高いことが分かる。しかし、HDDなしモデルがそれほど普及していないことや、HDD装置の低価格化を考慮すると、ローカルHDDをまったくなくしてしまうことによる導入コスト低減効果は薄いと考えられる。今後の発展として、ローカルHDDをキャッシュエリアとして使用することで、ディスクレスシステムの効果である利用者計算機自身へのシステムインストールを避けつつ、ネットワークの不調に耐性を持たせたり、ブートサーバの低コスト化をはかったりすることなどが考えられる。

さらに今後、システムの継続的な運用を続け、発生した問題点を検討・解決し、安定したシステムを実現する必要があると考える。

謝辞 本システムを開発・導入に際して、多くの助言をいただきました。Vine Caves社の鈴木大輔氏ならびに松林弘治氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 梶田秀夫, 中西通雄: Linuxを用いた教育用計算機システム, 2000年PCカンファレンス, pp.189-190 (Aug. 2000).
- 2) 梶田秀夫, 鈴木未央, 長瀬寛之, 中村聡史, 海貝明道, 小川剛史, 中西通雄: Linuxシステムを中心とした授業支援・運用支援システムの構築, 2001年PCカンファレンス, pp.34-35 (Aug. 2001).
- 3) 齊藤明紀: 教育用大規模計算機システムにおける管理の省力化手法, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.12, pp.3198-3207 (2000).

*1 導入時はバージョン4.1であったが、現在は6.1まで進んでいる。

- 4) RPM Package Manager.
<http://www.rpm.org/>
- 5) 榊田秀夫, 小川剛史, 齊藤明紀, 中村匡秀, 近藤弘一, 中西通雄: 教育用計算機システムにおけるプリンタシステムに求められる要求とその実装, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.4, pp.930-939 (2005).
- 6) XOOFS (ズープス): <http://jp.xoops.org/>
- 7) 有限会社ヴァインカーブ: 教育機関向け Linux ディストリビューション.
<http://www.vinecaves.com/eduvine.html>
- 8) 榊田秀夫ほか: 大規模分散ネットワーク環境における教育用計算機システム, 情報処理学会誌, Vol.45, No.3, 通巻 469 号, pp.225-281 (2004).
- 9) 安倍広多, 石橋勇人, 藤川和利, 松浦敏雄: 仮想計算機を用いた Windows/Linux を同時に利用できる教育用計算機システムとその管理コスト削減, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.11, pp.3468-3477 (2002).
- 10) 丸山 伸, 最田健一, 小塚真啓, 石橋由子, 池田心, 森 幹彦, 喜多 一: Virtual Machine を活用した大規模教育用計算機システムの構築技術と考察, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.4, pp.949-964 (2005).
- 11) 関谷貴之, 安東孝二, 尾上能之, 田中哲朗, 山口和紀: NetBoot による端末を用いた教育用計算機システムの開発と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.4, pp.1651-1664 (2007).
- 12) CodeWeavers Inc.: CrossOver Office Professional for Linux.
<http://www.codeweavers.com/>
- 13) Wine: "WINE" Is Not an Emulator.
<http://www.winehq.org/>
- 14) A Stachable Unification File System for Linux. <http://www.fsl.cs.sunysb.edu/project-unionfs.html>
- 15) 榊田秀夫, 齊藤明紀: ディスクレス環境の教育用計算機システムに適した Linux システムの実装, 情報処理学会 DSM シンポジウム (DSM2004), pp.87-92 (Dec. 2004).

(平成 19 年 6 月 11 日受付)

(平成 19 年 12 月 4 日採録)



榊田 秀夫 (正会員)

1998 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。同年大阪大学情報処理教育センター助手, 2000 年同サイバーメディアセンター助手, 2005 年京都工芸繊維大学情報科学セ

ンター助教授 (現准教授)。博士 (工学)。



小川 剛史 (正会員)

1999 年大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。2000 年同後期課程中退後, 同大学サイバーメディアセンター助手, 2007 年東京大学情報基盤センター講師。博士 (情報科学)。



町田 貴史 (正会員)

2000 年奈良先端科学技術大学院大学博士前期課程修了。2002 年同後期課程中退後, 大阪大学サイバーメディアセンター助手, 2006 年株式会社豊田中央研究所入社。博士 (工学)。



中澤 篤志 (正会員)

2001 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。同年科学技術振興事業団研究員。2003 年大阪大学サイバーメディアセンター講師 (2007~2008 年ジョージア工科大学

客員研究員)。博士 (工学)。



清川 清 (正会員)

1998 年奈良先端科学技術大学院大学博士後期課程修了。同年日本学術振興会特別研究員, 1999 年通信総合研究所研究官, 2001 年ワシントン大学ヒューマンインタフェーステクノロジー研究所客員研究員, 2002 年大阪大学サイバーメディアセンター助教授 (現准教授)。博士 (工学)。



竹村 治雄 (正会員)

1984 年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。1987 年同後期課程単位取得退学。同年株式会社国際電気通信基礎技術研究所 (ATR) 研究員。1991 年同主任研究員。1994 年同退社。同年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科助教授 (1998~1999 年トロント大学工学部客員助教授), 2001 年大阪大学サイバーメディアセンター教授。2005 年同副センター長を併任, 2007 年同センター長を併任。工学博士。