

サーバ設定演習が可能なディスクレス計算機環境の検討

柘田 秀夫[†], 中西 通雄[‡], 安留 誠吾[‡], 齊藤 明紀[◇].

h-masuda@kit.ac.jp, {naka,yasutome}@is.oit.ac.jp, saito@kankyo-u.ac.jp

[†] 京都工芸繊維大学 情報科学センター

[‡] 大阪工業大学 情報科学部

[◇] 鳥取環境大学 情報システム学科

概要 学校などの教育用計算機システムで、コンピュータシステム自体を構築するような演習を実施する為には、管理者権限が必要になったり、OS 自体も演習者毎に持たせる必要が生じ、実施にあたっての敷居が高い。また、VMware や KNOPPIX のような仮想環境を用いて演習をすることも、演習者間で共通の OS イメージからスタートさせたり、演習課題にあわせた OS イメージの提供がスムーズにできないという問題がある。そこで、本稿では unionfs を用いたディスクレス環境を用い、演習課題毎に異なる初期設定をした OS イメージを使って、複数の演習者が同時に同じスタートラインから演習できるようにしたシステム環境を提案する。

キーワード ディスクレス, 単一イメージ, unionfs, サーバ設定演習

A diskless computer lab system suitable for training course of unix server setup

Hideo Masuda¹, Michio Nakanishi², Seigo Yasutome² and Akinori Saitoh³.

h-masuda@kit.ac.jp, {naka,yasutome}@is.oit.ac.jp, saito@kankyo-u.ac.jp

¹ Center for Information Science, Kyoto Institute of Technology

² Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

³ Department of Information System, Tottori University of Environmental Studies

Abstract Setting up a unix server computer is a good training to obtain the network knowledge and the operation skill. However, it would be difficult to open such a course in universities due to system administrative reasons. Moreover, even if virtual machine such as VMware or KNOPPIX is used, there is a problem of controlling client PCs.

In this paper, we propose a diskless computer system using unionfs and Xen. Since the system enables a teacher to provide several different OS images for exercises, it would be suitable for achieving such an advanced course.

keywords Diskless, Single image, unionfs, setup training

1 はじめに

大学等のコンピュータリテラシ教育では、「パソコンの使い方」を指導する段階から、より高度な活用方法や情報科学の基礎を教育する段階へ移行しつつある。意欲のある学生に対する次のステップの選択肢の1つとして、「OSの設定やサーバ構築」を体験させれば、コンピュータの動作原理をより深く学ばせることが可能になり、トラブル対応能力も養成できることが経験的に知られている。しかし、情報工学系の演習で、実機を用いて実施しようとしても設備の制約で難しい。

一方、OSのインストール作業には面倒な手順が必要であり、インストーラを使ったとしてもパッケージの展開などにかかる時間は無視できず準備の手間も大きい。さらに、インストール作業では受講生が管理者特権を持つため、共同利用設備のコンピュータ群を利用した演習の場合には、システム全体としてのセキュリティを確保することが難しい。

本稿では、unionfsを用いたディスクレス環境を用い、演習課題毎に異なる初期設定をしたOSイメージをサーバから提供して、複数の演習者が同時に同じスタートラインから演習が実施可能となるシステム環境の検討を行う。この手法は、VMwareやKNOPPIXのような仮想環境を個々のPC上で用いて演習することに比べて、演習課題にあわせたOSイメージの提供がサーバ側で制御可能であることから、演習がスムーズに進められることが期待できる。

2 要件

OSの設定やサーバの構築の演習を実施するにあたり、本稿では、以下の点を満たすシステムを目指す。

1. 複数の初期設定状態から受講開始が可能であること。
2. 既存のPC教室で演習に配慮できていること。
3. ローカルのHDDやネットワークに悪影響を与えにくいこと。
4. 受講者の演習状態が把握できること。
5. Linuxや*BSDでの実施が可能であること。



図 1: 可搬型 PC サーバの概観

3 設計

3.1 ディスクレス環境

本稿の目的の為に、CD/DVD から起動するKNOPPIX[5]やFreeSBIE[6]を用いて演習を行うことが考えられる。しかしながら、KNOPPIXやFreeSBIEを用いる場合は、初期設定状態を変えたものから開始したい場合に、再度CD/DVDの再作成と再配布が必要となり手間がかかる。VMwareなどの仮想計算機環境をまるごと演習者のPCにインストールする方法でもインストールイメージの作成や配布の観点では同様に問題となる。

文献[1]では、大型のサーバ計算機上にVMware ESX serverを導入しその仮想計算機環境上での演習を実施している。この方法は、PC教室側に特に変更を加える必要がないが、新たに大型のサーバが少なくない台数(数人に一台)が必要となることや、PC教室にある計算機性能を有効活用しきることができないといった制約がある。

我々は単一のブートイメージを用いて多数のLinux/NetBSD環境をディスクレスブートさせる技術を開発してきている[2]。これを使えば、演習課題に応じて初期設定状態を変えたものをサーバ側に準備するだけで、各クライアントPCがディスクレスブートすることにより、同じ初期設定状態を提供することが容易に実現できる。本稿では、こちらの方式を採用する。

この方式では、まず、クライアントのハードウェアが、ローカルディスクの助けを借りることなくOSを起動する能力を持つ必要がある。従って本稿では、クライアントPCはPXE(Pre Execution

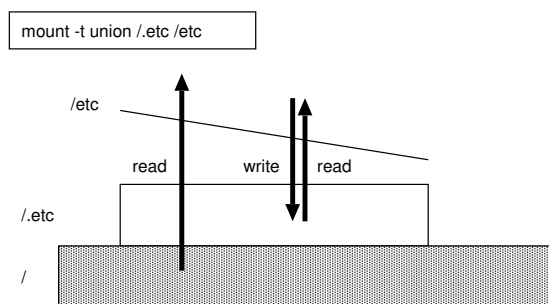


図 2: unionfs の概要

Environment) 機能を持つパソコンを前提とする。

また PXE はサーバとして、特殊な応答を返す DHCP サーバと、ブートローダや OS のカーネルイメージを提供する tftp サーバが必要である。DHCP サーバとしては、ISC の dhcpd の実装を利用すれば設定可能であり、tftp サーバは多くの UNIX 系 OS で標準装備されているので、特殊なアプリケーションの開発は不要である。

演習用 PC が 10~20 台であれば、図 1 程度の PC を持ち込み PC が接続された L2 ネットワークに接続すれば演習が実施できる。

3.2 ルートファイルシステム

ディスクレス稼働する OS では、ルートファイルシステムの保持の方式として、メモリファイルシステムを利用するものと NFS(Network File System) を利用するものがある。

メモリファイルシステムを利用する方式は、必要なカーネルや OS イメージを転送した後は、ネットワークを利用せずに稼働することが可能であるが、メインメモリを多用する為、OS イメージに含めるアプリケーションを厳選しなければならない。

一方 NFS を利用する方式は、カーネルを転送した後も、OS イメージをネットワーク経由で参照しつづける必要があるため、ネットワーク接続を維持する必要があるが、メインメモリを圧迫しにくく、実際には使用されなかったアプリケーションのデータについてはネットワークを使用しない。

本稿では、文献 [2] で開発したシステムを利用し、NFS をルートファイルシステムとしながら、ホスト個別のファイルを配置するファイルシステムも NFS で提供し、そのファイルシステムを unionfs を用いて重ね合わせる方式を採用する。

unionfs[7] は、スタックブルファイルシステムの一つであり、複数のファイルシステム (ディレクトリ) を重ねあわせることができる。unionfs を用いれば、例えば読み込みのみのファイルシステム (1) の上に読み書き可能なファイルシステム (例えば RAM ディスク)(2) を重ねあわせることで、

- (1) の上にあるファイルはそのまま読み込み可能である。
- (1) の上にあるファイルを書換えようとする時、(2) の上にコピーされた上で処理され、見掛け上ファイルが書換え可能となる

という効果が得られる (図 2)。この方式であれば、サーバ側で演習の初期状態のイメージを一つだけ準備するだけで、複数の演習用 PC を稼働させることが可能である上、それぞれの演習者の書き換えたファイルもサーバ上に配置されることとなり、演習受講者の演習状況の把握に利用可能となる。

3.3 仮想計算機環境

ルートファイルシステムを NFS で提供する方式を採用する場合、NFS のやりとりを妨害してしまうと、演習用 PC が動作しなくなってしまう。

ディスクレス環境を文献 [3] のような教育用計算機システムとして提供している場合であれば、ネットワークの設定は管理者のみが変更する可能性があると思えば良いので、NFS のやりとりが妨害されることは機器の障害を除き、通常はないと考えてよい。しかし、本稿で実施したい OS の設定やサーバ構築の演習では、演習用 PC 上でネットワークを含めた設定の変更を演習者が行う可能性は想定しなければならない。

そこで、本稿では、仮想計算機環境である Xen[8] を用いた解決策を採用した。Xen は仮想計算機環境の一つで、仮想計算機を実現する専用のモニタを持ち、OS のカーネルにもこのモニタに対応した形での実装を行うアプローチであり、Paravirtualization と呼ばれる。仮想計算機を実現することに特化しているため、仮想計算機環境でのパフォーマンスに優れている。Xen は、Linux や NetBSD に対応している上、オープンソースであり、さらにバージョン 3 では、Intel 社の Vanderpool Technology[9] に

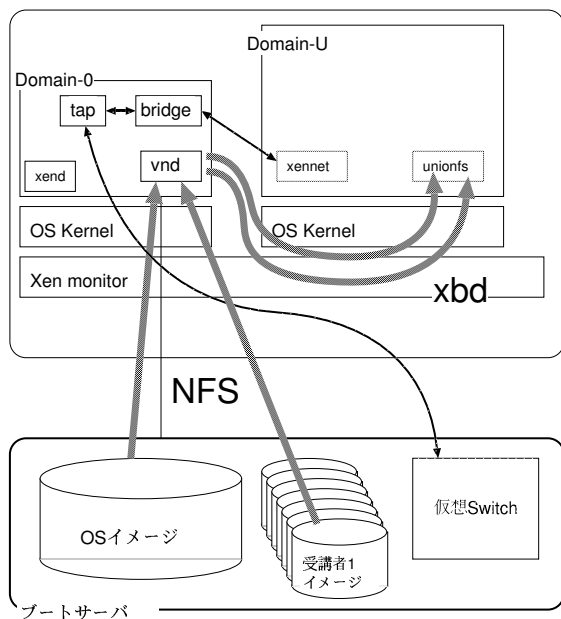


図 3: Xen を用いた設計の概要

対応した Microsoft Windows の稼働も可能であると言われている。

本稿の環境の実現にあたっては、まず Xen のホスト OS にあたる Domain-0 をディスクレスで起動する。この Domain-0 は演習者が直接扱うことはないものとする。その環境の中で、ゲスト OS にあたる Domain-U として、演習用に設定された OS イメージをベースにして稼働させる。このとき、Domain-U の OS イメージは、Domain-0 の VND(vnode disk driver) 機能を用いることで、Domain-U にとっては Xen の仮想ブロックデバイス配下のハードディスクのように見え、実体はサーバ上の OS イメージを NFS 経由で参照する仕組みとなる。このようにすることで、Domain-U の OS イメージは実体は NFS 上にありながらも、Domain-U のネットワーク設定には依存しない状況が作り出せる。さらに、Domain-0 側で Domain-U にみせるネットワークを VPN 化することで、物理的なネットワーク構成に依存しない自由なネットワーク上での演習が可能となる。

4 実装

3 節の設計に従い、Xen 2.0.7 を用いた上で Domain-0 には NetBSD 4.0.BETA[10]、Domain-

U には NetBSD 4.0.BETA および Vine Linux 3.2[11] 上で実装した。

4.1 Domain-0

pxegrub, Xen 2.0.7 の Xen モニタをインストールした上で、NetBSD 4.0.BETA の XEN2.DOM0 のカーネル設定ファイルを元に¹ カーネルを作成してベースキット一式を展開して使用する。Xen の制御ツールとして pkgsrc から sysutils/xentools20 と、VPN を張るために net/openvpn を追加インストールする。

また、複数の初期設定 OS イメージを選択して稼働させるため、Domain-0 に演習者の権限でログインすると、どの Domain-U を起動させるかを選択するだけのアプリケーションをログインシェルとなるようにしている。

4.2 Domain-U/NetBSD

基本的に文献 [2, 12] の通りであるが、NetBSD 4.0 から init(8) の稼働時に chroot(2) した環境で動作することが可能となった。これにより、unionfs で重ね合わせたディレクトリに chroot を実行することで、ルートファイルシステム全体に演習者用のファイルシステムを重ね合わせる方法が使用できる。

4.3 Domain-U/Linux

こちらも文献 [2, 13] の通りであり、unionfs の使用方法としてルートファイルシステム全体に演習者用のファイルシステムを重ね合わせる方法を initrd 中で使用する。

5 考察

5.1 コンソール

当初は、単純にディスクレスブートした環境での演習を考えていたが、ネットワーク設定を変更してしまう問題に気がつき、Xen を使った仮想計算機環境上での構成とした。Xen の Domain-U 側で GUI

¹ DHCP で動的に IP アドレスを貰って稼働させるための設定を追加。

表 1: 実装環境

サーバ	ボックス型 PC Athlon 1.2GHz, 2GB mem, 80GB(EIDE), 100baseTX(SiS900) 100baseTX x4(FXP-4TX)
クライアント	NEC Mate/93T PentiumIII 933MHz, 512MB, 100baseTX(i82559)
ネットワーク	PCi FXG-08TXS

を使用したい場合、一般には VNC などを用いて、Domain-0 側で稼働する X サーバ上でビューワを起動し、Domain-U 側で稼働する X サーバ (Xvnc) に接続する方法が利用される。しかしこの方法は、Domain-U 側などでネットワーク設定を変更してしまうとビューワからの操作ができなくなってしまうため、Domain-U 側のコンソールは CUI を標準とせざるをえなくなった。

Xen では、Domain-U 側に物理デバイスを直接見せる機能は存在しているが、通常の X server を Domain-U 側で稼働させて、キーボード・マウス、物理フレームバッファにアクセスさせることには、このような使用方法が想定外であるのかまだ成功していない。

VMware/VMplayer を用いてゲスト OS を VMware 上で稼働させる方法であれば、ホスト OS とゲスト OS の両方で X server を稼働させる必要がある分負荷は高いが、ゲスト OS 上の X server とのやりとりにネットワークを使っていないため GUI は使えると考えられる。しかし、この場合は unionfs を使った OS イメージ単一化の仕組みなどが動作することを確認することが課題として残る。

5.2 NFS 上の VND デバイス

VND デバイスは、あるファイルを物理ディスクのインターフェイスを持つデバイスとして見せる機能を持つ。このファイルは NFS 上にあっても構わないが、サーバもしくはクライアントの NFS の性能が追い付かない場合に Domain-U が panic する可能性があることが経験上分かっている。これは、NFS では読み書きにある程度の遅れが許容されるプロトコルであるが、ディスクの読み書きに対しては、大きな遅れが想定されていないため、ディ

スクの読み出しが行えないと判断しているのではないかと予想している。

この問題は、タイムアウトを調整することや、Domain-0 でもっと積極的にキャッシュをする方法などを検討することが課題である。

5.3 演習状況の把握

ブートサーバ上の NFS パーティションを unionfs を用いて重ね合わせていることから、演習者の変更ファイルは、ファイル単位でほぼリアルタイムに参照可能である。

しかし、それを教授者が追跡することは数が多く困難となると予想されるため、サポートツールの充実が必要であると考えられる。

6 まとめ

本稿では、学校などの教育用計算機システムで、コンピュータシステム自体を構築するような演習を実施する為の環境として、unionfs と Xen を用いたディスクレス環境を用い、演習課題毎に異なる初期設定をした OS イメージを使った演習が実施可能となるシステム環境を検討・設計し、NetBSD と Linux でのプロトタイプを実装した。

今後の課題として、本システムを使用した実際の演習カリキュラムの開発などが挙げられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究 (C)(2) 課題番号 17500050 による。

参考文献

- [1] 中川, 浮貝, 三井田: “仮想計算機演習室を利用したネットワークの基本知識の学習支援に関する研究”, 教育システム情報学会第 31 回全国大会, pp.363-364, Aug 23-25, 2006.
- [2] 梶田, 齊藤: “unionfs を用いたディスクレスシステムの実装とその評価”, 情処学会 DSM シンポジウム 2005, pp.7-12, 2005.

- [3] 榎田, 齊藤 : “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 2004, pp.87-92, 2004.
- [4] H.Masuda, A.Saitoh, S.Yasutome and M.Nakanishi: “Diskless Linux system with unionfs for an educational computer center”, SIGUCCS'05, Nov 6-9, 2005.
- [5] KNOPPIX Linux Live CD,
<http://www.knoppix.org/>.
- [6] FreeSBIE - Free System Burned In Economy,
<http://www.freesbie.org/>.
- [7] A Stackable Unification File System,
[http://www.fsl.cs.sunysb.edu/
project-unionfs.html](http://www.fsl.cs.sunysb.edu/project-unionfs.html).
- [8] Xen,
[http://xen.cl.cam.ac.uk/
Research/SRG/netos/xen/](http://xen.cl.cam.ac.uk/Research/SRG/netos/xen/).
- [9] Intel Virtualization Technology,
[http://www.intel.com/
technology/computing/vptech/](http://www.intel.com/technology/computing/vptech/).
- [10] NetBSD, <http://www.netbsd.org/>.
- [11] Vine Linux, <http://www.vinelinux.org/>.
- [12] Diskless NetBSD HOW-TO,
[http://www.jp.netbsd.org/Documentation/
network/netboot/](http://www.jp.netbsd.org/Documentation/network/netboot/).
- [13] Diskless Linux Mini Howto,
[http://www.linux.or.jp/JF/JFdocs/
archive/Diskless-HOWTO.html](http://www.linux.or.jp/JF/JFdocs/archive/Diskless-HOWTO.html).