

平成21年 5月28日現在

研究種目：基盤研究(C)
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19500069
 研究課題名（和文） OS やサーバシステム構築カリキュラムとスケールする
 教育用システム環境の構築
 研究課題名（英文） A Scalable Computer System Environment and Course Curriculum
 for OS and Server System Management
 研究代表者
 中西 通雄 (NAKANISHI MICHIO)
 大阪工業大学・情報科学部・教授
 研究者番号：30227847

研究成果の概要：

本研究では、OS の設定やサーバシステム構築といったより高度な演習を、一般的な PC 演習室で実施することができる環境を構築するためのシステム一式を開発した。本システムは、PC 演習室のパソコンの OS インストール状況に触れることなく、演習に必要な OS をネットワークブートで取得することにより稼動するため、演習開始に際しての手間が比較的小さいことが特徴である。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2008年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 計算機システム・ネットワーク

キーワード：分散システム、OS 設定演習、サーバ構築演習

1. 研究開始当初の背景

大学等におけるコンピュータリテラシー教育は、高校新課程で学んだ学生が入学してきたことから、パソコン(以下、PC)の基本操作を教える段階を終えて、より高度な活用教育や情報科学教育へ移行している。さらに意欲のある学生に発展的な授業として「OS の設定やサーバ構築演習」を提供することで、コンピュータの動作原理をより深く学ばせ、トラブル対応能力をつけさせることができる。実際、情報系学科では専用の演習室の PC 群を用いてこれが実施されてきた。この演習

を情報センターのコンピュータ教室で大規模に実施できるようにして、多くの学生に学べるようにしたい。

OS やサーバの設定を演習させる事例はいくつかあったが、ほとんどがルータなどの実際の機器を用いるものである。UML(User Mode Linux)を用いて仮想的なネットワークを構築する試みもあるが、この試みはネットワーク管理者育成を目的としており、UML を設定した専用の PC が必要となるため、共用の演習室で多人数が実施することは考えられて

いない。本研究は、仮想化技術を利用する点ではこれと類似点があるが、ネットワーク構築だけではなく、異なる設定をした OS 同士で通信させる演習も視野に入れており、個人ごとに異なる設定の OS のイメージを複数個持つことが必要となる。

また、OS やサーバ設定の演習のためには、まず個々の PC で実行される OS やアプリケーションをネットワーク経由で管理する仕組みが必須である。例えば、各 PC の内容を通常は書き換えられないようにしておき、変更が必要になった場合には管理システムからそれを適用する方式がよく用いられている。また、各クライアントでアプリケーションを実行させずに、サーバシステム上で実行する方式や、OS やアプリケーションをネットワーク経由で提供することによってシステムを稼働させるネットワークブート方式も用いられている。これらの方式には一長一短があるが、大学などの演習室環境のように多数の PC をできるだけ少ない運用管理コストで運用したい場合には、ネットワークブート(ディスクレス)方式が比較的優れている。しかし、多くのネットワークブートシステムでは1台のサーバでサービス可能なクライアント PC の数が20台程度と少なく、独自の演習課題に適した OS イメージの配信には準備などが大変になるので、より多くのクライアント PC を稼働させることが可能なブートサーバの開発が必要となる。

さらに、OS やサーバ設定については、卒業研究に配属された研究室で行われている程度であり、体系的なモデル授業が公開されている例は我々の知る限り見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では、コンピュータ実習室などの共用の演習室環境において、大勢の受講生に対して OS 設定演習やサーバ構築演習の授業を実施できるようにするために、以下の3つを具体的な目的とした。

- (1) 学習者が複数の OS イメージを持てるようにすること
- (2) ネットワークブート方式の強化
- (3) モデル授業の構成と評価

本研究では、既存の事例をふまえてネットワークブート方式を採用することとし、スケールすること(多数の利用者が同時に OS 設定演習をできるようにすること)、および、ブートサーバを認証する機構を実現してセキュアに利用できるようにすることで、上記の(2)で書いた「ブート方式の強化」を行う。

また、ネットワークブートシステムは、本質的にネットワークのトラブルに弱い性質を持っている。演習室のようなネットワークが

十分に高速で安定した環境だけでなく、他のトラフィックの影響で利用帯域が増減するような状況でもネットワークブートができるように、ネットワークへの依存性を減らす。

3. 研究の方法

まず、従来研究してきたネットワークブートのシステムに対して、ボトルネック解析を実施する。ボトルネックとなりうる構成要素としては、サーバのディスク入出力とネットワーク・トラフィックであると予想されているが、その具体的な影響を明らかにする必要がある。この解析を実施するために、以下の2点の開発とその解析を行う。

(1) ディスクの入出力バンド幅やネットワーク入出力バンド幅を仮想的に変動させる仕組み新たに導入するサーバ PC とネットワーク機器を使い、クライアント PC としては従来研究で購入した PC を活用する。

(2)サーバ上のファイルアクセスパターンを収集できる仕組みバンド幅だけではなく、OS イメージファイル群に対するアクセスパターンの偏りを解析し、アクセスパターンに動的に適合する方法が検討可能となる。この段階では、従来研究で購入していた PC を活用し、従来研究で実施した演習課題時のアクセスパターンや、それ以外のオフィスの利用(ワープロや表計算など)をした場合のアクセスパターンを収集する。Microsoft Office を Linux 上で動作させるために、CrossOver Office を導入して活用する。

さらに、ネットワークブートさせるクライアント OS として、従来研究の Linux をそのまま稼働させる方式に加えて、仮想計算機システム(VM)を動かし利用者が使用する OS をゲスト OS として VM 上で稼働させる方式を実装し、同様にボトルネック解析とアクセスパターン収集を行う。VM には、オープンソースであり、かつ、VMware などと比べて入出力動作が軽快な Xen を用いる。また、ゲスト OS には Linux と Windows を使用して、ゲスト OS による差違、VM の構成方法による差(ディスクイメージの提供機能等)を評価する。

これらの解析結果を元に、ネットワーク使用バンド幅の削減のために必要と考えられる、ディスクイメージのキャッシュ方式などを検討・実装し、構築した解析システムにより、その効果を随時評価する。

また、システム全体として、クライアント PC の数よりも多くの OS インスタンスを安全に

稼働させる仕組みの検討および実装を行う。

次年度は、複数の OS インスタンスの間の仮想ネットワークの構築方法について、以下のような点について研究を進める。

(1) 複数の OS インスタンスを指定されたシナリオで相互接続する仮想ネットワーク生成の仕組み

ネットワークブートする際に、サーバ側に準備した設定ファイルを読み込み、クライアント PC 側で設定に沿った仮想ネットワークを生成する仕組みを検討する。

(2) 複数のクライアント PC を跨いだ OS インスタンス間での仮想ネットワーク生成の仕組み

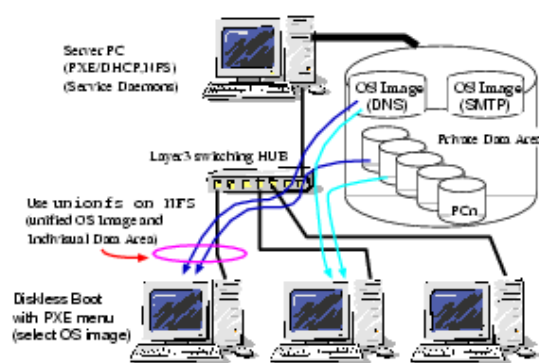
異なるクライアント PC 上の仮想ネットワーク同士を、指定された方法で接続する仕組みを検討する。具体的には、サーバ側で受講者を識別しグループを定義できるようにし、そのグループに属する受講者の使用している PC を特定して、それらの PC の間で仮想ネットワークを構築する。受講者情報を管理するために、オープンソースの Moodle と呼ばれる Learning Management System を導入する。

さらに、仮想ネットワークの管理から拡張し、ネットワークブートしている PC 上の設定状況などをモニタリングするエージェントモジュールとしての実現を検討し、Moodle と連携することで、サーバ構築のモデル授業の構成に活かす仕組みも検討する。

次に、このフレームワークを活用した OS 設定、サーバ構築のモデル授業を構成し、実際に演習に適用して評価を行う。

そして、これらを解決するフレームワークを開発する。具体的には、Xen の機能で Domain-0 と呼ばれるドメイン管理機能のある環境をシステム管理用に限定し、利用者が使用する OS インスタンスは Domain-U と呼ばれる完全に仮想化された環境で動作させるものとする。Domain-0 側で、さらに仮想ネットワーク管理システムを稼働させることにより、このフレームワークの実現をめざす。なお、この仮想ネットワーク管理システムとは、どの PC 上のどの Domain-U と Domain-U をレイヤー2(あるいはレイヤー3)で繋ぐのか、というネットワーク構成を Domain-0 側から制御する為のツール群であり、OpenVPN を利用して作成する予定である。

4. 研究成果



図：本システムの概要

平成 19 年度は、

(1) ディスクの入出力帯域幅やネットワーク入出力帯域幅を仮想的に変動させる仕組み、
(2) サーバ上のファイルアクセスパターンを収集できる仕組み、
(3) ネットワークブートする OS を仮想計算機上で稼働させた場合の性能評価を実施する計画であった。

(1) については、ディスクとして、通常のハードディスクのように物理的な可動部分が動作速度に影響するものの代わりに、i-RAM と呼ばれる RAM を単体のハードディスクのように扱える装置を使用し、最大のバンド幅を確保する構成の評価を行った。(発表 2-2 の一部)

(2) については、ファイルシステムに通常存在している atime と呼ばれる、アクセスが発生した時刻を記録・更新している情報を収集する方法と、strace と呼ばれるシステムコールトレーサを使用してファイルアクセスに関するシステムコールの呼出を記録する方法を検討した。

(3) については、ネットワークブートする OS を、Xen の domain-0 と呼ばれる特権を持った仮想化 OS とし、その上で Xen の domain-U と呼ばれる仮想化 OS を動作させる仕組みと、Linux をネットワークブートした上で VMware Server を稼働させ、その上で OS を動作させる仕組みを検討した。

これらに加えて、本研究で構築しようとしているディスクレス環境を用いて、実際にサーバ設定演習を行い、その際のアクセスパターンなどのデータを収集している。本実習については、ITHET2007 で発表した(発表 2-5)。また、サーバ設定演習に関して、複数のメールサーバを使用して実地試験を行った事例について、FIT2007 で発表している(発表 1-1)。

平成 20 年度は、システム全体として、クライアント PC の数よりも多くの OS インスタ

ンスを安全に稼働させる仕組みの検討および実装を行う計画であった。

まず、小型で高性能なブートサーバを構築する場合のボトルネック解析を行い、通常のHDDのように比較的ランダムアクセス性能を高くしにくいものと、容量を大きくできないが高速なランダムアクセス性能を有するDRAMをベースとするi-RAMと呼ばれる製品の比較に加えて、近年低価格化が進んだFlashメモリをベースとするSSD(Solid State Disk)を使用した場合の性能比較を行った(発表2-2)。

また、本研究では演習用者のOSインスタンスを安全に稼働させる為に、Xenの機能でDomain-0と呼ばれるドメインを本システムの管理用に限定し、利用者が使用するOSインスタンスはDomain-Uと呼ばれる完全に仮想化された環境で動作させることとしている。このとき、利用者の演習に対する進捗状況やデーモンなどの起動状態を安全に確認できる仕組みについて、Linuxのセキュリティ強化モジュールであるSELinuxを用いた構成について検討を行い、評価環境構築を行った(発表2-3)。

さらに、サーバ構築の演習をMoodle上に構築した場合に、Moodle側から演習者のOSインスタンスに対してSNMP経由で演習設定をしたサーバの動作確認を実施して、それを自動評価する仕組みの検討も行った(発表2-1)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1件)

1-1. 榊田 秀夫, 落合 優: 「メールゲートウェイにおけるバウンスメール発生の抑制法とその評価」, FIT(情報科学技術フォーラム)2007 情報技術レターズ, LL-003, pp.369-372, September, 2007 (査読あり).

[学会発表] (計 5件)

2-1. Hideo Masuda, Kazuyoshi Murata, Seigo Yasutome, Yu Shibuya and Michio Nakanishi: “An Integrated Moodle System using VM Technology to Archive Higher Availability and Lower TCO”, ACM SIGUCCS 2008 Fall Conference, pp.315-319, October 19-22, 2008 (Portland, OR, USA).

2-2. 宅間 広大, 榊田 秀夫: 「高速二次記憶装置を用いたネットワークブートサーバの高性能化について」, 第四回情報科学ワークショップ in 長浜, pp.36-39, September 07-09, 2008 (滋賀県長浜市).

2-3. 小西 泰平, 榊田 秀夫: 「仮想環境上でのサーバ設定演習における安全な管理者権限の提供方法について」, 第四回情報科学ワークショップ in 長浜, pp.40-42, September 07-09, 2008 (滋賀県長浜市).

2-4. 榊田 秀夫, 中西 通雄, 安留 誠吾: 「PC 演習室を使用した持ち込みブートサーバによるOS設定演習事例」, 2007年PCカンファレンス, pp.447-450, August 02-04, 2007 (北海道大学).

2-5. Hideo Masuda, Michio Nakanishi and Seigo Yasutome: “Hands-on Training Course for Server Setup and Operations using Diskless Computer System”, Proceeding of The 8th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET2007), July 07-10, 2007 (Kumamoto City, Kumamoto, JAPAN).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中西 通雄 (NAKANISHI MICHIO)
大阪工業大学・情報科学部・教授
研究者番号: 30227847

(2) 研究分担者

安留 誠吾 (YASUTOME SEIGO)
大阪工業大学・情報科学部・准教授
研究者番号: 50252721
榊田 秀夫 (MASUDA HIDEO)
京都工芸繊維大学・情報科学センター・准教授
研究者番号: 90304063

(3) 連携研究者

なし。