

UNIX 系 OS 一括導入方法の提案と性能評価について

藤村 直美、瀧山 真貴¹
九州大学、九州芸術工科大学

共同利用センターなどにおいて、Windows と Linux のように複数の OS を提供する例が増えている。Windows 系 OS については OS を導入する際に一括して導入する仕組みがあるが、UNIX 系 OS においては類似の支援システムがない。共同利用センターなどで多数のパソコンに Linux などの UNIX 系 OS を導入する場合、対象になるパソコンの台数が多いため、導入の手間、時間、費用を無視できない。本研究では、多数のパソコンに個別に設定の異なる Linux など、UNIX 系の OS をネットワークブートなどの既存の機能をうまく組み合わせることで一括して導入する方法を提案し、実際に導入実験を行い、性能評価を行ったので報告する。

An proposal and Performance Evaluation of UNIX OS Initial Introduction System

Naomi Fujimura, Masataka Takiyama¹
Kyushu University, Kyushu Institute of Design

Almost computer centers are now providing services for users with Windows and UNIX operating systems such as Linux. In Windows system, several convenient support tools are available for initial installation and daily management. However similar tools are not available in UNIX systems. It is important for us to have a method to decrease the time and cost to introduce OS such as Linux in many personal computers at once. We proposed a new mechanism for initial installation in UNIX systems. This is the report of the new mechanism and the performance evaluation of our new attempt.

1 はじめに

大学における多くの共同利用センターでは、授業や学生の自学自習のために情報処理教育用の環境を提供している。その場合に Windows 系 OS と UNIX 系 OS の両方を提供するセンターも多い。こうしたマルチブート環境でサービスを提供する場合には対象になるパソコンの台数が多いことから一般的には次のような課題がある。

- 新規導入時における Windows 系 OS の環境 (Windows 環境と呼ぶ) と Linux のような UNIX 系 OS の環境 (Linux 環境) の導入自体に手間がかかる。
- システム導入後の運用時における日々のファイルの更新、追加、現状復帰などが容易でない。

Windows 環境では、システムの導入や日々の管理・運営を行うために、例えば富士通の「瞬快」[1]を始めとして、Symantec の Symantec Ghost [2]などを利用することで、OS の導入、ソフトウェアの導入、システムファイルの復旧などの作業を自動的に行うことができる。

一方、Linux 環境では、同様の作業を自動的に行うソフトウェアがないために、OS の導入、ソフトウェアの導入・更新、各種の設定変更などを、職員が手作業で一台ごとに行う必要がある。これは如何にも能率が悪い、Linux 環境において、日々のファイルの更新や追加、障害の対応、ソフトウェアの導入などがなおざりになりがちである。そこでこれらの作業を運用支援システムとして可能な限り自動化する仕組みを実現し、運用することで問題を解決した [3]。

次に、Linux 環境の導入を自動的に行う仕組みであるが、最新の「瞬快」ではシステムリカバリ機能を利用すると、Windows 環境だけでなく、Linux

¹九州芸術工科大学大学院芸術工学専攻修士課程修了、平成17年4月から株式会社 NTT データウェア

環境も含めてハードディスクの内容をそのまま対象となるパソコンに配布することができる。しかしながらこの場合の Linux 環境は、全システムが同じ構成で、DHCP ベースで使うことを前提とせざるを得ない。現実には Linux 環境の多様性を考えると、これで十分とは言難い。そもそも Windows 環境を導入しない場合には「瞬快」では対応できない。

そこで Linux 環境だけを導入する、あるいは Linux 環境も必要に応じて個別に設定を変えて多様なシステムを導入できることを目標にして、Linux 環境の初期導入支援として一括導入を行う仕組みを提案する。この仕組みを使って、Linux 環境の一括導入を行い、実際に性能評価を行ったので概要を報告する [4]。

2 Linux 環境の導入

2.1 仕組みの概要

今回、提案する仕組みは次のような既存の仕組みを上手に組み合わせて、実行することで実現している。

1. Wake on Lan 機能 (以後は WoL と略す) を用いて遠隔操作で電源を投入する。
2. PXE を利用してネットワークブートを行う。
3. DHCP でアドレスを配布する。
4. 必要な設定ファイル、インストールイメージファイルを使って、Linux 環境を導入する。

ネットワークブートを行うことで、既存のハードディスク内の OS の状態に影響されずに、OS を導入することができる。

2.2 個別処理の概要

2.2.1 Wake on LAN

ネットワークブートを実現するためには、クライアントマシンに WoL に対応した NIC を搭載しておく必要がある。本実験では Intel PRO/1000 MT Desktop Adapter を使用した。さらに、あらかじめ BIOS で WoL 機能を利用できる設定を行い、PXE ブート機能も利用できる状態にしておく。

2.2.2 DHCP

起動したクライアントでは、まず NIC に搭載された ROM から PXE クライアントが起動する。PXE クライアントはネットワークブートを開始するために、サーバに対して IP アドレスを要求する。そのためにあらかじめサーバに DHCPd を導入し、dhcpd.conf の設定をしておく。

2.2.3 PXE および TFTP

PXE クライアントに起動時の処理を指示するために PXE サーバが必要なので導入し、/etc/pxe.conf を準備する。また、PXE クライアントはサーバとのやりとりに TFTP を使用するので TFTPd を導入しておく。図 1 に示すように、ネットワークブートに必要なファイルイメージを用意する。さらに、サーバの /etc/services に PXE と TFTP 設定を追加しておく。

```
/tftpboot/X86PC/UNDI/linux-install/linux.0  
/tftpboot/X86PC/UNDI/linux-install/linux.1  
/tftpboot/X86PC/UNDI/linux-install/linux.2  
/tftpboot/X86PC/UNDI/linux-install/  
pxelinux.cfg/COA80114
```

図 1: 起動用ファイル群

図 1 において、linux.0 は TFTPd 導入時にディレクトリと共に作成される。linux.1 は Linux kernel イメージ、linux.2 は initrd イメージで、それぞれ CD-ROM1 に添付されているのでコピーする。COA80114 は図 2 に示すようなインストーラの起動設定ファイルになっており、自分で用意する必要がある。ファイル名はクライアントの IP アドレスを 16 進変換したものである。このファイルを個別に用意することで、クライアントごとに導入構成を変えることが可能である。ここでは、導入にキックスタートを利用し、そのファイルを HTTP でダウンロードするように設定している。

2.2.4 キックスタートファイル

具体的な導入構成の設定にキックスタートを利用するので、各クライアントが ks.cfg を HTTP でダウンロードできる状態にしておく。図 3 は導入

```

default linux ks=http://192.168.1.11/ks.cfg
prompt 0
label linux
kernel linux.1
append 192.168.1.20:192.168.1.11::
        255.255.255.0:::initrd=linux.2

```

図 2: 個別の設定ファイル

イメージを NFS マウントし、最小構成で導入を行うための ks.cfg の見本である。

```

# Kickstart file automatically generated by anaconda.

install
nfs --server=192.168.1.11 --dir=/nfs/fedora_3/
lang ja_JP.UTF-8
langsupport --default ja_JP.UTF-8
keyboard jpi06
xconfig --card "Intel 815" --videoram 16384
        --hsync 24.0-70.0 --vsync 50.0-120.0
        --resolution 800x600 --depth 24 --defaultdesktop gnome
network --device eth0 --bootproto dhcp
rootpw --
firewall --disabled
selinux --disabled
authconfig --enableshadow --enablemd5
timezone Asia/Tokyo
bootloader --location=mbr --append rhgb quiet
clearpart --linux --initlabel --drives=hda
part /boot --fstype ext3 --size=100 --ondisk=hda
part / --fstype ext3 --size=1024 --grow --ondisk=hda
part swap --size=512 --grow --maxsize=1024 --ondisk=hda

%packages --resolvedeps
@ japanese-support
grub
kernel
e2fsprogs

%\post

```

図 3: ks.cfg

2.2.5 NFS

所定のディレクトリ(ここでは/nfs/fedora_3)をクライアントがマウントできるように、サーバの/etc/exports を設定しておく。さらに、CD のイメージを dd コマンドで CD-ROM から吸出し、サーバの所定の場所に置く。

2.3 実験結果

本システムでは本来は複数のサーバ機能と多数のクライアントが連携するが、当初はサーバ 1 台

とクライアント 1 台をハブを介して 100BASE-TX の LAN で接続した環境において実験を行った。この仕組で、サーバ 1 台に対してクライアント 1 台という環境ではあるが、Linux 環境の新規導入作業を自動的に実行できることを確認できた。

3 複数台における実験

サーバ 1 台とクライアント 1 台で、Linux 環境を導入できることを確認できたが、複数台のクライアントに対して適用可能であるかどうか、またサーバにかかる負荷がどの程度であるかを確認しないと、実用に耐えるものであるかどうかを判断できない。そこで、ここではサーバ機能を集約したサーバ 1 台と、5 台のクライアントを準備して、実験を行った。その際にサーバの負荷(CPU、メモリ、ネットワーク等の利用状況)を記録し、1 台のサーバで対応可能なクライアント数を検証する。

3.1 導入パターン

初期導入システムの性能評価のため、以下の要領で Fedora Core 3 をインストールする実験を行った。

- CD-ROM からのインストール(CD モード)
- NFS を利用したネットワークインストール(NFS モード)
- 本システムを利用した自動インストール(自動モード)

これらの 3 種類の導入モード(CD モード、NFS モード、自動モード)について、通常利用するのに十分な内容のパッケージ選択(以後「標準インストール」と略す)と、すべてのパッケージを選択したフルインストールの 2 種類の導入を行った。また自動モードでは、クライアント 1 台とクライアント 5 台への一斉インストールを行い、合計 8 種類の導入実験を行った。ここでは紙面の都合で「標準インストール」の結果を中心に報告する。

3.2 インストール手順

Fedora Core を CD からインストールする際の一般的な作業手順を以下に示す。CD モードでは

これらの作業段階に応じて必要な情報の入力、選択操作などを行う必要があるが、NFS モードでは CD-ROM 入れ替えが省かれ、自動モードでは全ての手順が図 3 の指示にしたがって自動で行われる。

- 1) 対象クライアントを CD-ROM から起動
- 2) 言語の選択
- 3) キーボード設定
- 4) モニタ設定
- 5) インストール種別の選択
- 6) ディスクパーティション設定
- 7) ブートローダ設定
- 8) ネットワーク設定
- 9) ファイアウォール設定
- 10) タイムゾーンの選択
- 11) Root パスワードの設定
- 12) パッケージグループの選択
- 13) CD-ROM の入れ替え

3.3 実験環境

今回の導入実験は表 1 に示す機材を用いて行った。

表 1: 使用機材一覧

項目	サーバ	クライアント
機種名	PC-MV1-C1E	FMV-C610
CPU	Mobile Celeron	Pentium4
	1.0GHz	2.6GHz
メモリ	256MB	1GB
HDD	40GB	40GB
名前	aidecw09	lss101 ~ 105
導入 OS	Fedora Core 3	Fedora Core 3
IP	192.168.1.1	192.168.1.101 ~ 105
台数	1 台	5 台

3.4 測定内容と測定方法

性能評価を行うための個々の試行について、開始時刻、入力終了時刻、CD-ROM の入れ替え時刻、終了時刻を記録し、導入に必要な入力時間及び待機時間と終了までの合計時間を測定する。さらにネットワークを利用する試行については、導入時のネットワーク負荷とサーバ負荷を測定する。測定方法は次のようにして行った。

1. 電波時計を用いて、あらかじめサーバ及びクライアントのハードウェア内蔵時計を合わせ

ておく。

2. CD モードと NFS モードでは、インストール時の開始時刻、入力終了時刻、CD-ROM 入れ替え時刻については機械的に記録する方法が無い場合、時刻合わせに用いた電波時計を目視にて確認する。
3. 自動モードでは、tcpdump コマンドを用いてパケットをキャプチャーし、ネットワークブート用に Magic Packet を送信した時刻を「開始時刻」とする。
4. 各モードとも、導入終了後に再起動した各クライアントで last コマンドを実行して得られる起動時刻を記録し、これを「終了時刻」とする。
5. NFS モードと自動モードにおけるネットワーク負荷はネットワーク監視ツール「nmap」をサーバに導入し、これを用いて測定する。
6. NFS モードと自動モードにおけるサーバ負荷は、vmstat コマンドの出力を記録する。

3.5 実験結果

3.5.1 CD モード

最も一般的な導入方法であり、以後の実験の基準になる。実験結果を表 2 に示す。ここで待機時間とは、最後の CD 交換時刻から入力終了時刻を引いた時間で、CD-ROM 入れ替えのために端末前で待機する必要がある時間(分:秒)を示している。実験に用いたパソコンが比較的高性能なこともあり、それほど時間はかからなかったが、CD-ROM 入れ替えのための待機時間が約 15 分となっており、多数台にインストールする場合はかなりの負担になる。

3.5.2 NFS モード

NFS モードでは、表 3 に示すように、CD-ROM 入れ替えのための待機時間が不要なために端末の前で拘束時間が約 15 分ほど短縮される。さらに、CD-ROM のデータ読み出し速度よりネットワークを経由したデータ転送速度の方が速いので合計時間も 10 分ほど短縮される。

表 2: CD モードにおける所用時間

開始時刻	入力終了時刻	CD2 に交換	CD3 に交換	終了時刻	入力時間	待機時間	合計時間
11:21:00	11:25:25	11:33:41	11:40:24	11:47:54	04:25	14:59	26:54

表 3: NFS モードにおける所用時間

開始時刻	入力終了時刻	終了時刻	入力時間	合計時間
13:47:30	13:50:27	13:04:16	02:57	16:46

この時のサーバとクライアント間の平均データ転送速度は 9.1Mbps、最大データ転送量は 18.8Mbps となった。この値がネットワークインストール時のネットワーク負荷の基準になる。

3.5.3 自動モード (1 台)

今回提案しているインストール方法であるが、合計時間は表 4 に示すように、NFS モードの場合とそれほど変わらない。サーバでコマンドを実行するだけで、全て自動的にインストールが行われるため、実質的な拘束時間が無くなる。

表 4: 自動モード (1 台) における所用時間

開始時刻	終了時刻	合計時間
15:19:44	15:34:56	15:12

ネットワーク負荷は理論上 NFS 利用の標準インストールの場合と変わらない。平均転送量、最大転送量ともに NFS モードの場合とほとんど同じ結果になった。

3.5.4 自動モード (5 台)

実験結果を表 5 に示す。クライアントごとに終了時刻に多少のバラつきがある。これは 5 台それぞれにユニキャストでデータ転送を行っているため、パケットの衝突などが起こり再送遅延時間が発生したためと思われる。そのため合計時間も自動モード (1 台) の場合に比べて 3 ~ 4 分伸びている。しかし、CD モードで 5 台のインストールを順番に行うと 2 時間以上かかる作業を、約 20 分で終了できる。

この例では、クライアントごとのファイル転送量は NFS モードや自動モードとほぼ同じだが、サーバのネットワークにおける最大転送量が 90.8Mbps となり、100BASE-TX の LAN の限界と思われる

表 5: 自動モード (5 台) における所用時間

名前	開始時刻	終了時刻	合計時間
lss101	15:44:48	16:02:37	17:49
lss102	15:44:48	16:02:48	18:00
lss103	15:44:48	16:03:49	18:09
lss104	15:44:48	16:02:57	19:01
lss105	15:44:48	16:03:52	19:04

値が計測され、これ以上クライアントを増やすと全体の効率が低下し、所用時間が長くなる可能性がある。

自動モード (5 台) では、他の実験に比べて、かなり激しいディスクアクセスと CPU 使用が見られる。これは先述のとおりユニキャストで通信を行っているため、サーバは最低 5 回同じデータを読み出す必要があるためだと思われる。また、サーバは一度読み出したデータをメモリ上でキャッシュするが、必要なファイルが全体で数 GB になるにも関わらず、サーバの主記憶容量が 256MB と少なめであるために、キャッシュとして十分に機能していない可能性がある。

3.6 結果の考察

自動モードでは、5 台のクライアントに対するインストール時間が手作業の CD モードと比較して、大幅に短縮できることがわかった。したがって通常は手間のかかる新規導入作業の省力化が可能であると言える。しかしながら、現状のシステムでは同時にインストールできるクライアント数は今回使用したサーバとハブの性能では、5 台が限界であり、数十台、数百台規模のクライアントに一斉インストールを行うことができないことも明らかになった。

4 一斉導入への提案

今回提案しているシステムを利用して効率的に 5 台以上の多数のクライアントに Linux 環境を導入する方法を提案する。

まず、各クライアントに個別のキックスタートファイルを準備する。このキックスタートの設定に、PXE、TFTP、NFS、HTTP などの導入を含め、さらにインストールに使用したイメージファイルをまるごとコピーするように記述することで、インストールされたクライアントがそれぞれサーバの機能を持つようにする。

次に、自動モードでインストールが終了してクライアントが再起動するときに別のクライアントを WoL で起動させるように設定しておく。1 回のインストール作業は、準備その他を含めて 1 時間で終了すると仮定する。

第 1 段階 実験で行ったのと同様に 5 台のクライアントに対して自動モードでインストールを行う。

第 2 段階 1 時間後、インストールが終わった各クライアントがサーバの機能を果たし、それぞれが 5 台ずつのクライアントを WoL させ、自動モードでインストールを開始する。このとき最初のサーバは新たに 5 台のクライアントに対して自動モードでインストールを行う。

第 3 段階 第 2 段階と同様にインストールが終わったクライアントが 5 台ずつのクライアントに自動モードでインストールを開始する。

このように再帰的に導入作業を N 段階繰り返すことで、最大

$$\sum_{n=1}^{N-1} \sum_{k=1}^n 5^k$$

台のクライアントへのインストールを行うことができる。そして、すべてのクライアントのインストールが終わったら、運用支援システム [3] を使ってクライアントのサーバ機能を停止し、インストールイメージを削除する。設定ファイルを準備して cron などで開始時刻を制御すれば全く人手を介することなく作業が行われるので、効率が良い。

ただしこの方法で導入を行う際には、WoL させるクライアントの選択や個別に準備する設定ファイルの管理など、事前に綿密な計画を立てる必要

がある。また、ハブのスループットなどネットワーク機器の性能にも注意する必要があると思われる。

5 おわりに

今回、我々が提案した仕組みを使えば、瞬快では困難な個別にカスタマイズした Linux 環境をインストールすることができる。また Windows 系 OS なしで Linux 系 OS だけを一括してインストールすることも、瞬快ではできないが、我々の提案した仕組みでは可能である。ただし一度に配布できる台数が今回の実験ではあまり多数の台数には対応できそうにないことが明らかになった。そこでいささか奇抜ではあるが、もっと多くのパソコンに Linux 系 OS の環境を配布できる仕組みを提案し、基本的には問題なく実用になることを実験で確認した。しかしながら実際の運用環境で試すには、身近に適当な実験環境がないこと、日常的に運用している環境で試して失敗すると影響が大きいことから未だに実験を行えていない。いつか実施可能な機会があれば試してみたいと考えている。

謝辞

本研究の実施に際しては富士通と富士通四国システムズの関係者の方々に有益なご指導を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 瞬快: <http://www1.infoeddy.ne.jp/ftk/shunkai/>
- [2] Symantec Ghost : <http://www.symantec.com/sabu/ghost/>
- [3] 瀧山 真貴, 平山 善一, 藤村 直美: “UNIX 運用支援システムについて”, 情報処理学会「分散システム/インターネット運用技術」研究会報告集, No.29, pp.7 – 12 (2003 年 4 月)
- [4] 瀧山真貴, 藤村直美: Linux 環境運営支援システムの構築、大学情報システム環境研究、Vol.8, pp.77 – 84 (2005 年 3 月)
- [5] wakelan-1.1 : <ftp://metalab.unc.edu/pub/Linux/system/network/misc/wakelan-1.1.tar.gz>