

# UserModeLinux を使った KNOPPIX マイグレーション

<http://unit.aist.go.jp/it/knoppix>

須崎有康<sup>1)</sup>, 飯島賢吾<sup>1)</sup>, 丹英之<sup>2)</sup>

[k.suzaki@aist.go.jp](mailto:k.suzaki@aist.go.jp), [k-ijima@aist.go.jp](mailto:k-ijima@aist.go.jp), [tanh@alpha.co.jp](mailto:tanh@alpha.co.jp)

産業技術総合研究所<sup>1)</sup>, (株)アルファシステムズ<sup>2)</sup>

**概要** CD ブータブルな Debian ディストリビューションの一つである KNOPPIX に UserModeLinux 適用してマイグレーションを可能にした。この環境により CD 作成することなく、ネットワーク経由で最新の KNOPPIX が利用できる。現在の実装では LAN 環境のネットワークファイルシステム(NFS)を条件とするが、通常の LAN 環境のみではなく BFlets や ADSL 経由の VPN 上 NFS でも性能測定を行い、WAN 環境でも適応可能なことを検証した。

## KNOPPIX Migration using UserModeLinux

Kuniyasu Suzaki<sup>1)</sup>, Kengo Iijima<sup>1)</sup>, Hideyuki Tan<sup>2)</sup>

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology<sup>1)</sup>, Alpha Systems Inc.<sup>2)</sup>

**Abstract** We develop KNOPPIX migration using UserModeLinux. This method enables us to boot KNOPPIX via network and we can test the newest KNOPPIX without CD burning. The current implementation assumes NFS as network file system on LAN. We test and evaluate the performance on LAN as well as VPN of BFlets and ADSL. The result indicates this migration method is applicable for WAN.

### 1. はじめに

我々は CD ブータブル Linux である “KNOPPIX”<sup>[1]</sup>の日本語版をフリーソフトとして配布してきた。KNOPPIX は Windows プレインインストールでも手軽に試せるため、既存の Linux ユーザばかりでなく、Linux に躊躇していたユーザにも利用されるようになった。この状況は Linux ユーザの裾野を広げることに貢献できてうれしい反面、幾つかの問題が明らかになった。

現状では 700M 近い CD イメージを FTP でダウンロードするのは、まだまだ限られたユーザであり、雑誌の付録が配布の主力である。また、iso ファイルの CD 焼付けや CD ブートするための BIOS 設定が出来ないユーザも多い。真にノービスのユーザがフリーソフトを体感するには、環境整備が欠けている。

この問題を解決するために今までの CD 版 KNOPPIX に加えて、ネットワーク越しにマイグレーション(ネットワークブート)可能な環境を

作成する。ここでは UserModeLinux<sup>[2]</sup>を使ってネットワーク経由で KNOPPIX のファイルシステム cloop からブートを可能にする。この環境によりユーザは最新の KNOPPIX を CD に焼くことなく利用できる。

### 2. KNOPPIX とは

KNOPPIX とはドイツの Klaus Knopper 氏が開発を進めている CD ブータブル Linux である。ハードディスクにインストールが不要のため、Windows がプレインストールされたパソコンでも簡単に Linux 環境を試すことができる。KNOPPIX では統合デスクトップ環境 KDE、オフィスソフトウェア OpenOffice.org、Web ブラウザ Mozilla、メイラソフト sylpheed などをもとめ、1枚の CD のみで大抵の DOS/V パソコンで Linux 環境を実行できる。また、これらのソフトウェアはすべてフリーソフトウェアであり、規定されたライセンス条件を守れば、コピー、改変、

再配布も自由に行える。改変に際しても Debian ディストリビューションベースにしているのでパッケージ管理が使える、容易に更新可能である。

今までも CD ブータブル Linux は何種類か提案されてきたが、KNOPPIX は AutoConfig 機能によるデバイスの自動認識/設定が優れている点と独自の圧縮ループバックデバイス `cloop` を用いて 700MCD-ROM に 1.8G 程度のコンテンツを収録し、且つ、使いやすいデスクトップ環境にまとめた点が評価を得ている。

## 2.1 AutoConfig

KNOPPIX のデバイス自動認識・設定機能である `AutoConfig(/etc/init.d/knoppix-autoconfig` スクリプト)は、ハードディスク、ビデオデバイス、ネットワークデバイス、サウンドカード、USB デバイス、PCMCIA カード等を自動認識し、適切なドライバを組み込む。ハードディスク上にファイルシステムがあれば、その種別を認識して読み書き可能にする。また、ネットワークデバイスがあれば自動的に DHCP の設定まで行ない、即座に WWW のブラウズが可能となる。この `knoppix-autoconfig` スクリプトの中身は RedHat 系のデバイス自動認識ソフト `kudzu` からヒントを得て作成された `hwsetup` や、`mkxf86config` などの組み合わせで実現されている。また、AutoConfig の自動認識をキャンセルしたい場合や特定の指定を行ないたい場合は、KNOPPIX の起動時にオプション指定が可能である。

## 2.2 cloop

`cloop` は圧縮機能が付いたループバックデバイスである。ループバックデバイスを用いることでファイルをファイルシステムとしてマウントできる。また、`zlib` を使って各ファイルの読み出し時に解凍を行なっている。解凍後はメモリにキャッシュされるので 2 度目以降のアクセスは高速である。

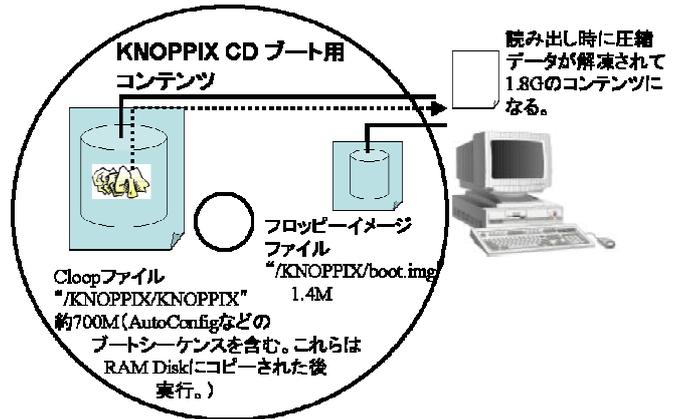


図 1 CD 版 KNOPPIX のブート用ファイル

KNOPPIX ではあらかじめ必要となるファイルシステムを作成しておき、それを `cloop` 作成ツールにより `cloop` ファイルとする。KNOPPIX は起動時にこの `cloop` ファイルシステムをマウントして利用する。`cloop` を使えば HD と比べて読み出しの遅い CD ドライブを使っても、読み出しデータは約半分で済み、圧縮データの解凍は CPU に任せられるため、読み出し速度低下が緩和される。

## 2.3 CD 版 KNOPPIX のブート

CD のブートに必要なコンテンツは図 1 のようになる。ブートに関して必要なファイルはフロッピーイメージファイル”`boot.img`”と `cloop` ファイルの”`KNOPPIX`”である。まず、”`boot.img`”を用いてブートシーケンス”`linuxrc`”が始まる。ここでは RAM Disk をルート(/)としてブートし、`cloop` ファイル”`KNOPPIX`”をループバックで/`KNOPPIX` にマウントする。その後 /`KNOPPIX` より必要なディレクトリ(`usr`, `lib`)は、ルート(/)に対してシンボリックリンクが張られる。`/etc` 以下の書換えが必要な設定ファイルは/`KNOPPIX/etc` より RAM Disk の/`etc` にコピーを行なう。`/home`、`/var` など本質的に書換えが必要なディレクトリのためには `tmpfs` ファイルシステムをメモリ上に作成する。

上記の”`linuxrc`”によるブートシーケンスが終了後、制御を `init` に移し、`/etc/init.d` にある `knoppix-autoconfig` 等のブートシーケンスを走らせ、デバイス認識やドライバの組込みを行なう。

## 2.4 その他

KNOPPIX はユーザ独自の設定環境をフロッピーや USB メモリ、ハードディスクにセーブでき、次のブートの際にセーブした環境設定を利用できる。CD の内容が気に入れば、KNOPPIX 自体をハードディスクにインストールすること (knx-hdinstall.ja) も可能である。また、KNOPPIX が立ち上がっていれば、他のパソコンから TFTP ブートで CD なしで立ち上げること (knoppix terminal server) も可能である。

このように KNOPPIX は 1 枚の CD にまとめられていて便利な反面、必ず CD 1 枚単位のデータ (700M 程度) をダウンロードしなければならない、また更新するためには CD を焼きなおさなければならない、など融通が利かない点がある。この欠点を克服するため KNOPPIX のマイグレーションを提案する。

## 3. UserModeLinux による KNOPPIX マイグレーション

本論文では KNOPPIX を anonymous なユーザがネットワーク経由で利用できる方法について提案する。すでに KNOPPIX では TFTP ブートを使った knoppix terminal server 機能があるが、これを利用するためにはサーバ側で terminal となるマシンのための IP アドレスなどの環境整備を行なう必要がある。本提案では anonymous なユーザをターゲットとするため TFTP をベースとする方式の拡張を諦めた。

代替方式として、仮想計算機を介してネットワーク越しに KNOPPIX の cloop を利用する方法を提案する。仮想計算機を利用することでブートシーケンスに必要なファイルシステムと、アプリケーション利用のため必要となるファイルシステム (KNOPPIX の cloop ファイル) を分離できる。

仮想計算機には既に商用の VMware や VirtualPC が広く利用されているが、ここでは Linux のフリーソフトウェアとして今後普及が見

込まれる UserModeLinux を利用する。

## 3.1 UserModeLinux とは

UserModeLinux (以下 UML と略記) とは、Jeff Dike 氏によって開発がはじまった Linux エミュレータである。UML は "Linux Full Featuring" な 1 ユーザプロセスとして動作する Linux カーネルである。UML 上で動作している Linux をゲスト OS と呼び、UML 自体をユーザプロセスとして動かしている Linux をホスト OS と呼ぶ。VMware や VirtualPC などの仮想計算機と同様に扱えるが、ゲスト OS が Linux 専用の仮想計算機である。

ストレージデバイスとしては UBD (Universal Block Device) を仮想ディスクとして利用できる。UBD 自体はループバックデバイスのため、ホスト OS からはファイルとして扱うことができる。ネットワーク環境としては Universal TUN/TAP が利用可能である。ディスプレイは存在しないので、グラフィカルインターフェースを利用するには X サーバを外部に立ち上げる必要がある。

## 3.2 KNOPPIX マイグレーション

UML を使った KNOPPIX マイグレーションでは CD 版 KNOPPIX の cloop ファイル "KNOPPIX" を利用する。このため、UML のカーネルは cloop を使えるドライバを組み込む必要がある。ブートに必要なファイルシステムは UML の UDB ファ

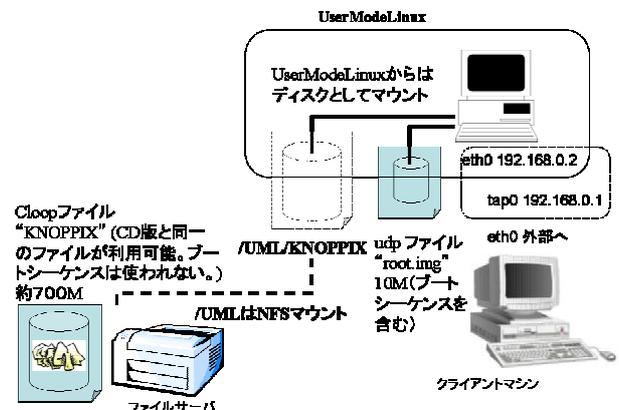


図 2 KNOPPIX on UserModeLinux のブート環境

イル”root.img”を用意する。ここには cloop のドライバを組み込んだ UML 用カーネルを含む。この関係を図 2 に示す。

cloop ファイル”KNOPPIX”は/UML 以下に固定とする。/UML は NFS によるリモートマウントを想定しているが、”KNOPPIX”ファイル自体をローカルの /UML にコピーしても構わない。この管理の容易さは、ゲスト OS とホスト OS の 2 重構造に起因する。ファイルシステムがリモートにあるか、ローカルにあるかをホスト OS が管理し、ゲスト OS は関知しないくてもよい。KNOPPIX の違うバージョンを試したい場合、ホスト OS でマウントポイントを変更するだけであり、ゲスト OS 側の変更はない。ゲスト OS からみれば常に同じファイルシステムとしてアクセスしている。

### ブートシーケンス

図 2 に示すように X 起動までのブートシーケンスは “root.img” にある。この理由は、UML 用カーネルが UML 専用であることと共に、ネットワーク(TUN/TAP)や X の設定(Xnest)が UML 独自の AutoConfig が利用できないためである。

“root.img”に含まれるブートシーケンスは /etc/init.d/rcS にまとめられている。ここでは KNOPPIX 同様に cloop ファイル”KNOPPIX”を ループバックでマウント (/dev/loop on /KNOPPIX)し、CD 版の KNOPPIX と同様に必要な設定ファイルを /KNOPPIX/etc より /etc にコピーしている。このため、cloop ファイル内で設定が変更されてもファイル名が変わらなければ CD 版 KNOPPIX と同様の利用ができる。

### ネットワーク

ネットワークは TUN/TAP を利用し、仮想的にプライベートなネットワークを用意する。このプライベートなネットワークでホスト OS の tap0 を IP アドレス 192.168.0.1 に、ゲスト OS の eth0 を 192.168.0.2 に固定している。この環境ではホスト

OS 側がルータになる。IP マスカレードによりゲスト OS は外部のネットワーク(ホスト OS の eth0)と接続可能になっている。

### X 環境

UML では仮想ビデオカードを提供しないため、グラフィカルインターフェースがそのままでは利用できない。幸いにもネットワークが使える環境を設定するので、Xnest を利用してゲスト OS の GUI をホスト OS の X に写像する。Xnest は X client でありながら一方で X server として働くプログラムで、一つのウィンドウの中に X を立ち上げるような Window システムの入れ子ができる。現在の実装ではゲスト OS(192.168.0.2)からホスト OS(192.168.0.1)上に Xnest による X Window System を TUN/TAP 経由で立ち上げている。ウィンドウマネージャは比較的軽い XFce/xfwm を採用した。マウス、キーボードの操作はホスト OS の X 環境を通して Xnest 上でも利用可能である。

図 3 は UML による Window システムが動作している現状のスナップショットである。ここではホスト OS の Window システムには KDE、ゲスト OS の Window システムには XFce/xfwm が動作している。ゲスト OS 上はアプリケーションとして squeak を動かしている。squeak 自体はホス

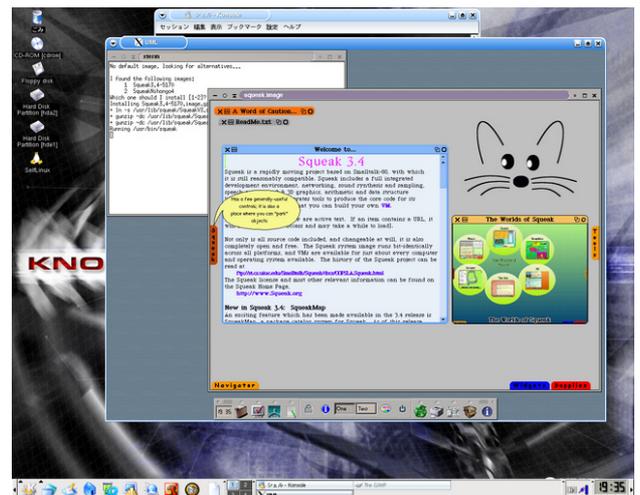


図 3 KNOPPIX on UserModeLinux の実行画面。UML で Xnest 上に XFce/xfwm を立ち上げ、アプリケーション squeak が動いている。

ト OS にはインストールされていない。

#### 4. 性能評価

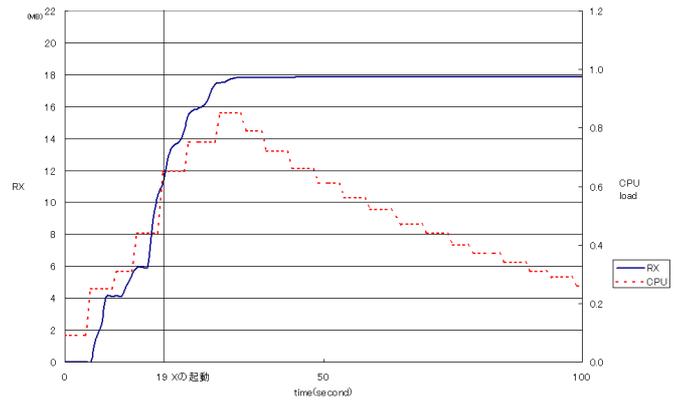
UML 上でブートする KNOPPIX の性能評価をホスト OS 側から行なった。クライアントマシンとして IBM ThinkPAD T23 (PeintiumIII 1Ghz, メモリ 1GB, Ether 100Mbps)とファイルサーバマシン Sony StorStation FSV-E1(Ether 100Mbps)を用いた。ネットワーク環境としては LAN 環境と VPN 環境(BFlets、ADSL)で試した。VPN は産総研によって提供される Cisco VPN3200 の IPSec によるサービスを利用した。ネットワーク環境のそれぞれの仕様を表 1 に示す。

表 1 ネットワークの仕様

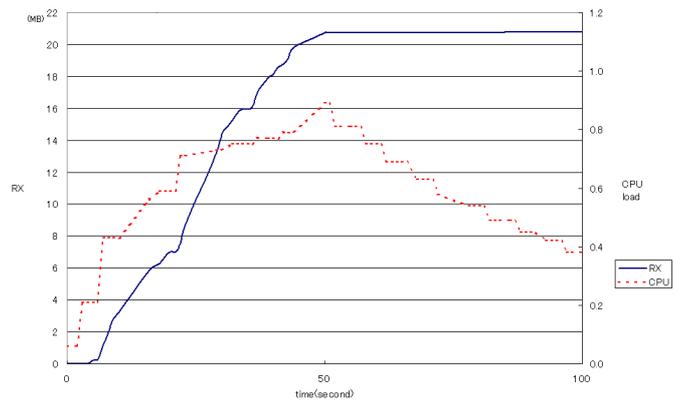
	バンド幅 (仕様)	ネットワーク設定	バンド幅 ファイルサーバからの 100M ファイルを cp による測定。( )内 値は eth0 での読み 込みデータとの比。
LAN	100M switching HUB のみ	NFS	8748k Byte/s (1.04)
BFlets (plala)	100M	PPPTP + VPN(IPSec) + NFS	1507k Byte/s (1.18)
ADSL (yahooBB)	12M	VPN(IPSec) + NFS	613k Byte/s (1.14)

表 1 のバンド幅は 100MB のファイルを NFS から cp によってローカルにコピーすることで計測した。表内の ( ) 内の値は eth0 で読み込みに要したデータ量を 100M で割った比である。これはそれぞれのネットワークでのプロトコルの wrapping の割合を表すが、計測の都合上、他の通信プロトコルまで含めているので参考値として扱う。WAN 環境では wrapping により 1 割から 2 割のオーバーヘッドが掛かるのを目安とする。

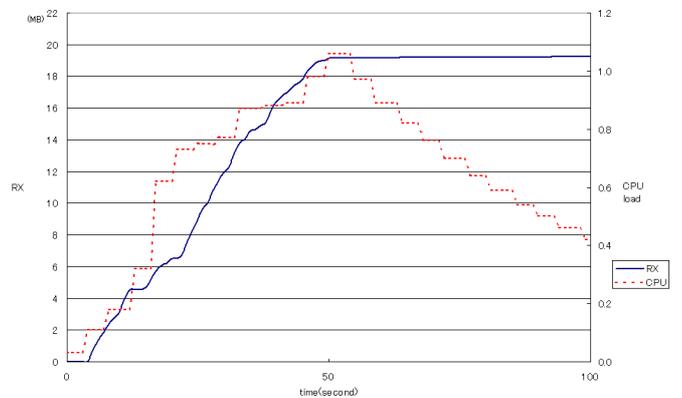
実験では UML を起動させて、ゲスト OS の KNOPPIX の X でウィンドマネージャ XFce/xfwm(ウィンドサイズ 1024x768)が立ち上がるまでのネットワークの読み出しデータ量(総和)とホスト OS の CPU 負荷を測定した。ネット



(a) LAN (NFS)



(b) BFlets (PPPTP + VPN IPSec + NFS)



(c) ADSL (VPN IPSec + NFS)

図 4 KNOPPIX on UserModeLinux の起動  
X 軸が経過時間、左 Y 軸が読み込みデータ量  
総和(青実線)、右 Y 軸が CPU 負荷(赤点線)

ワークからの読み出しデータ量はクライアントマシン ThinkPAD の NIC(eth0)で、ifconfig を用いて 1 秒間隔で測定した。それぞれのネットワーク環境において測定した読み出しデータ量とホスト

OSのCPU負荷を経過時間ごとのグラフにしたものを図4に示す。それぞれの測定において packet drop, collision は共に0であった。

ウィンドマネージャはマルチプロセスとして起動するため厳密な測定が難しいが、データの読み出しが落ち着く時間をもって終了と判定した。ウィンドマネージャの起動までLAN環境で35秒、WAN環境のBFletsとADSLでそれぞれ50秒であった。BFletsとADSLでは計測バンド幅が1.5M Byte/sと0.6M Byte/sで倍以上異なるため、その影響がでると予想したがウィンドマネージャの起動時間はほぼ同じであった。プロトコルのwrapperなどの影響があるため簡単に比較できないが、ADSLでもBFletsと同等の性能がでることが判ったので、利用者の拡大の可能性が見えてきた。

読み出しデータ量はLANで18M、BFletsで21M、ADSLで19Mとなった。この違いはWAN環境によるプロトコルのwrapperの影響と予想するが厳密な解析を今後行なう。また、cloopからの圧縮データ読み出しのために実際にウィンドマネージャの起動までに必要な読み出しデータは異なる。この解析も今後の課題である。

ホストOSのCPU負荷は、他に負荷を与えるプロセスを走らせていないため、ほぼUMLに使われると想定している。それぞれのグラフにおいて、CPUの負荷状況もウィンドマネージャの起動まではネットワークからの読み出しデータ量と比例して高くなるが、その後はいずれも負荷が下がる。この結果もXの起動終了と連動している。

図1(a)のLAN環境においてのみ、ntpサーバから時刻取得が可能だったため、ゲストOS内でブート中にXの起動前(/etc/init.d/rcSの終わりに)にホストOSとの時刻合わせを行なった。これよりXの起動前は19秒要していることが判った。これは高速な起動であり、WAN環境のオーバーヘッドがあっても実用に耐えうる。

今回の性能評価では測定が簡単な1台の起動の

みを確かめたが、今後は複数台起動した場合でのサーバの負荷やアプリケーションの負荷など測定も行なう予定である。

## 5. WAN 対応に対する今後の課題

現在、NFS上のcloopファイルを利用してUMLがKNOPPIXをマイグレートできることを確認した。しかし、KNOPPIXのマイグレーションはCD配布に置き換えられる手段であり、LAN環境を想定した実装では不十分である。本提案は、広く一般のWAN環境においてanonymousなユーザに提供することを目的とするものであり、そのために想定される課題を列挙する。

### 5.1 WAN 環境でのファイルシステム

WAN環境で利用可能なファイルシステムはCoda<sup>[3]</sup>、InterMezzo<sup>[4]</sup>、NFS4など多く提案されている。しかし、残念ながらこれらのファイルシステムを利用するためのポートがセキュリティの問題から閉じられていることが多い。これに対し、既存のプロトコルで利用できる擬似ファイルシステムもある。それらを表2にまとめる。

表2 WAN 対応擬似ファイルシステム

システム名	プロトコル	摘要
WebDAV <sup>[5]</sup>	http	Authoring tool
ftps <sup>[6]</sup>	ftp	
SHFS <sup>[7]</sup> (Shell File System)	ssh	ページ単位のランダムアクセス可能。但し、非常の遅い。
SNFS <sup>[8]</sup> (Secure versions of the Network File System)	ssh2	ページ単位のランダムアクセス可能。
SFS <sup>[9]</sup> (Self-Certifying File System)	ssh2	ページ単位のランダムアクセス可能。

これらの擬似ファイルシステムを使い、cloopファイルをWAN環境で読み出し可能にし、性能評価を行なう予定である。

また、ファイルシステムでは無いが、ネットワークを介してブロックデバイスとして利用できるプロトコルや製品も出てきている。最も有望なもの

には iSCSI(internet SCSI)がある。2003 年に IETF で iSCSI 標準規格仕様が正式承認され、iSCSI ストレージ製品や iSCSI HBA カードの製品 (Qlogic QLA4040、Adaptec ASA-7211C、iReady 社 IR-1101LC)が供給されている。

Linux での独自のリモートブロックデバイスとしては、NBD<sup>[10]</sup>(Network Block Device) や ENBD<sup>[11]</sup>(Enhanced NBD)なども利用可能である。上記の擬似ファイルシステムで効率的な問題があれば、これらのブロックデバイスを転送するプロトコルも採用の視野に入れる。

## 5.2 ファイルシステムのレイアウト

CD 版 KNOPPIX は1つの cloop ファイルに 1.8G のコンテンツを圧縮して 700M 容量の CD に収容している。CD 版ではこの構成で問題ないが、ネットワーク経由ではリモートとローカルに cloop を分けて配置可能に拡張したい。例えば、頻繁に使うファイルシステムはローカルに、あまり使わないファイルシステムはリモートに配置するようにしたい。

また、この際にユーザが求める利用形態に応じてファイルシステムを付加できるようにしたい。たとえば構成例は下記のようになる。

- ・シングルユーザに必須のファイルシステム
- ・マルチユーザに必要なファイルシステム
- ・X の起動に必要なファイルシステム

この切り分けは Linux の RunLevel にも対応している。残念ながら現在、RunLevel とファイルシステムは明確な関係がなく、ファイルシステムを付加する形式で利用形態を広げることは簡単にはできない。

また、レイアウトを細かにすることで cloop ファイルの配布を P2P で行えると期待する。P2P が可能になると、ユーザは独自のファイルシステムを cloop ファイルで配布可能になり、カスタマイズが促進されると期待している。

## 5.3 ファイルシステムの差分更新

cloop を使ったループバックデバイスのファイルシステムは、デバイスが読み出し専用であるためファイルの更新ができない。この制約は CD 配布を基本としているため仕方がない面があるが、パッケージの更新が一切出来ないなど利便性が悪い。読み出し専用でも差分更新を許すシステムがあるので、それらの技術を適用したい。例えば、仮想計算機の VMware の仮想ディスクは undoable というモードを持ち、ゲスト OS がブートしてからシャットダウンするまでのファイルの更新部分のみを記録し、元の仮想ディスク自体を変えずファイルの更新が可能である。更新した部分を仮想ディスクに反映するかしないかはゲスト OS がシャットダウン後にユーザが選択できる。

UML にも同様の機能(Copy On Write)があるためこれを利用可能であるが、現在はまだ性能的に問題がある。幸い、同様の機能を既存のファイルシステムの付加するボリュームマネジメントソフトウェアが存在するのでそれらの利用を考えている。現在、LVM<sup>[12]</sup> (Logical Volume Management) や EVMS<sup>[13]</sup> (Enterprise Volume Management System)が利用可能であるが、これらはまだ単純には適応できないので改良が必要である。

## 5.4 ファイルサーバの負荷分散

KNOPPIX のマイグレーションで提供するファイルシステムは読み出し専用で構わないため、ミラーリングして負荷分散することを検討している。複数のサーバを用意し、ユーザはバランサーを通してもっと早く通信が出来るサーバに接続するようにする。バランサーとしては、RING プロジェクトで使っている DNS balance<sup>[14]</sup>の利用を検討している。

リモートとローカルの cloop ファイルの移動については「ネットワークを渡り歩けるコンピュータ」<sup>[15]</sup>を元にした評価<sup>[16]</sup>を広島市立大学と協同で

行っており、この成果を踏まえてファイルの転送ポリシーを明らかにする。

また、負荷分散の方法としては P2P による配信も考慮したい。こちらの場合、配布したコンテンツの内容が正しいものであるかの認証システムを組み入れる必要がある。

## 6.おわりに

CD 版 KNOPPIX の内容である cloop ファイルを、ネットワークファイルシステム NFS 経由で UserModeLinux からブート可能な環境を構築した。さらに性能評価を行ない、LAN(NFS)環境での X 起動に掛かる時間が 35 秒であるのに対して、WAN 環境は BFlets(PPPTP + VPN IPsec + NFS)、ADSL(VPN IPsec + NFS)ともに 50 秒と、ユーザの体感的には WAN 環境でも問題ないことが確認できた。今後は NFS から WAN 対応ファイルシステムに置き換え、本格的に anonymous なユーザに KNOPPIX on UserModeLinux を提供する予定である。

## 謝辞

本研究の一部は情報処理振興事業協会(IPA)の「未踏ソフトウェア創造事業」鶺鴒 PM の「KNOPPIX ホスティング環境」の成果である。

## 参考文献&URL

- [1] KNOPPIX, <http://www.knopper.net/knoppix>
- [2] UML, "http://user-mode-linux.sourceforge.net/"

### ファイルシステム関連

- [3] coda, "http://www.coda.cs.cmu.edu/"
- [4] Intermezzo, "http://www.inter-mezzo.org/"
- [5] WebDAV, "http://www.webdav.org/"
- [6] FTPFS, "http://ftpfs.sourceforge.net/"
- [7] SHFS, "http://shfs.sourceforge.net/"
- [8] SNFS, "http://www.math.ualberta.ca/imaging/snfs/"
- [9] SFS, "http://www.fs.net/sfswww"
- [10] NBD, "http://nbd.sourceforge.net/"
- [11] ENBD, "http://www.it.uc3m.es/ptb/enbd/"
- [12] LVM, "http://www.sistina.com/products\_lvm.htm"
- [13] EVMS, "http://evms.sourceforge.net/"

### サーバの負荷分散関連

- [14] DNSbalance, "http://openlab.jp/dns\_balance/dns\_balance.html"
- [15] 須崎, "ネットワークを渡り歩けるコンピュータの実装", 情報処理学会研究報告, 2000-OS-84, pp.149-156, (2000)
- [16] M.Hisayuki, S.Inoue, Y.Kakuda, K.Toda, K.Suzaki,

"Adaptable load balancing using transferable computer associated with mobile IP", Proc. of the 23rd International Conference on Distributed Computing Systems Workshops ( the Second International Workshop on Assurance in Distributed Systems and Networks), pp.8-13, May 2003.