

# KNOPPIX の ASP 適用

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

須崎有康, 飯島賢吾

k.suzaki@aist.go.jp, k-ijima@aist.go.jp

産業技術総合研究所

**概要** CD ブータブルな Linux ディストリビューションの一つである KNOPPIX の ASP 適用方式を検討する。ここでは「ブラウザによる遠隔利用」、「仮想計算機によるマイグレーション」、「実計算機によるマイグレーション」の3つの方式を提案する。それぞれの実装方法について現在利用可能な Thin Client、仮想計算機、WAN 対応ファイルシステム、ファイルシステム管理ツールなどの組み合わせを検討する。

## ASP for KNOPPIX

Kuniyasu Suzaki, Kengo Iijima

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

**Abstract** We study ASP method for KNOPPIX which is a kind of CD bootable Linux distribution. We propose three ASP methods, “remote control by browser”, “migration by virtual machine”, and “migration by real machine”. To implement these ASP methods, we discuss the combination of current available tools, thin client, virtual machine, file systems for WAN, management tools for file system.

### 1. はじめに

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、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。これでは更新の激しいフリーソフトを簡単に利用することが出来ない。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、環境整備がまだまだ欠けている。

この問題を解決するために今までの CD 版 KNOPPIX に加えて、ホスティング環境を整備・作成し、ユーザがネットワーク越しに OS やアプリケーションを簡単に利用できる環境を構築する。

### 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のマシンでも簡単に 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などをまとめ、1枚のCDのみでどのパソコンでも簡単に 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 Debain 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い、容易である。

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

と独自の圧縮ルーブバックデバイス cloop を用いて 700MCD-ROM に 2G 程度のコンテンツを収録して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 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 の設定まで行い、即座に WWW のブラウズが可能となる。AutoConfig の自動認識をキャンセルしたい場合や特定の指定にしたい場合は、KNOPPIX の起動時にオプション指定が可能である。

## 2.2 cloop

cloop が用いるルーブバックデバイスとは、ファイルをしてファイルシステムとしてマウントできる機能である。cloop では zlib を使った読み出し専用圧縮機能が付加されている。あらかじめ cloop 作成ツールにより、KNOPPIX で必要となるファイルシステムを作成しておき、CD に格納する。KNOPPIX は起動にこの cloop ファイルシステムをマウントして利用する。

/etc, /var ディレクトリ以下にある計算機独自の環境設定ファイルや一時ファイルなど、読み書きが必要なファイルに対しては RAM-Disk によるファイルシステムを用意している。RAM-Disk には利用するファイルサイズに応じて動的にファイルシステムのサイズを変更できる tmpfs を利用している。これにより効率的にメモリを利用できる。

また、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 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、次回のブートの際にセーブした環境設定を利用できる。また、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 ASP 適用することを提案する。

## 3. KNOPPIX の ASP 適用

ASP (Application Service Provider) はアプリケーションソフトウェアをネットワーク経由で使うアウトソーシングサービスである。アプリケーションがインストールされていないマシンでも ASP により利用が可能になる。またアプリケーションの更新・セキュリティ管理がサーバに集約される利点がある。

本論文では KNOPPIX が CD ブート以外に簡単に試用でき、CD と相補的な関係の ASP 適用を考える。ここでは、通常のアプリケーションのホスティングではなく、OS 環境まるごとのホスティングを目指す。また、通常 ASP では、商用ソフトウェアのライセンス管理の面からも ASP が適用されるが、KNOPPIX の ASP 適用ではフリーソフトウェアの利点であるコピーフリーの特長を生かした拡張をする。上記を考慮した KNOPPIX の ASP として下記の 3 つのモデルを提案する。

- A. ブラウザによる遠隔利用
- B. 仮想計算機によるマイグレーション
- C. 実計算機によるマイグレーション

### 3.1 ブラウザによる遠隔利用

KNOPPIX の一つ目の ASP モデルとしてディスプレイイメージのみを転送する Thin Client の遠隔利用を提案する。このモデルは Windows のリモートデスクトップや VNC<sup>[5]</sup>をはじめ多くの対応ソフトがある。専用ブラウザを使わなくても、Netscape など通常の Web ブラウザでもアクセス可能である。

Thin client 対応のソフトウェアは、以前使っていた計算機環境をリモートで継続して利用する目的で開発されたため、サーバ・クライアントが 1 対 1 の関係である。しかし ASP の場合にサーバ側で受けられるクライアント数が 1 ではサーバ資源が有効に利用されない。このため、仮想計算機ソフトウェアを用いてディスプレイイメージを提供する複数の仮想計算機を 1 台の高性能サーバに集約させる(図 1)。

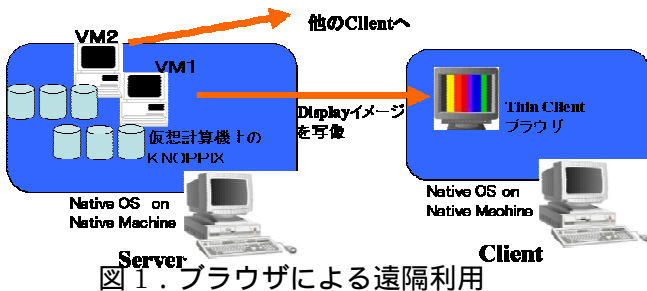


図 1. ブラウザによる遠隔利用

このモデルでは OS が同時に 2 つ実行する二重構造になる。実計算機上の OS は「ホスト OS」と呼ばれ、仮想計算機上の OS は「ゲスト OS」と呼ばれる。ゲスト OS は仮想計算機ソフトが提供する仮想デバイスにインストールされる。ASP では KNOPPIX がゲスト OS となり、ディスプレイイメージを Thin Client に提供する。この方式ではゲスト OS とホスト OS が独立のため、Thin Client でユーザにゲスト OS の root 権限を与えてもホスト OS 側はセキュリティ的に守られている。

リモートデスクトップを可能にするには、仮想計算機にグローバル IP を割り振る必要がある。WAN 環境でこの ASP モデルを anonymous なユーザが使うにはセキュリティ上難しいと思われ

る。セキュリティは Thin Client の通信をセキュアにしたり、ユーザ権限の制限等で抑えられるが、最終的にはパスワード管理などユーザの管理体制に依存する。ユーザが限られて信頼できる場合の LAN 環境での利用のほうが適している。

また、別の欠点として計算資源はサーバのものをを使うためサーバの負荷が大きくなってしまふ。この ASP モデルをユーザに提供するには負荷分散を考慮しなければならない。

仮想計算機を使うのはサーバの効率利用やホスト OS のセキュリティのためだけではなく、3.2 章以降で説明するマイグレーションの伏線になっている。

### 3.2 仮想計算機によるマイグレーション

KNOPPIX の二つ目の ASP モデルでは、3.1 章の方式を拡張して、クライアント側でもサーバと同じ仮想計算機を用いることでマイグレーションを可能とする(図 2)。このモデルは我々が提案している「ネットワークを渡り歩けるコンピュータ」<sup>[2]</sup>と基本的には同じである。「ネットワークを渡り歩けるコンピュータ」では仮想計算機が利用する仮想ディスクを転送するものであった。

ここでも仮想ディスクを転送することは同じであるが、ダウンロードする仮想ディスクは小さくなるようにファイルシステムのレイアウトを考慮する。起動に必要なファイルシステムを含む仮想ディスクをダウンロードすれば、残りファイルシステムはネットワーク経由で利用可能にする。このような構成にすることによって、ユーザはダウンロードするデータ容量を小さく、簡単に

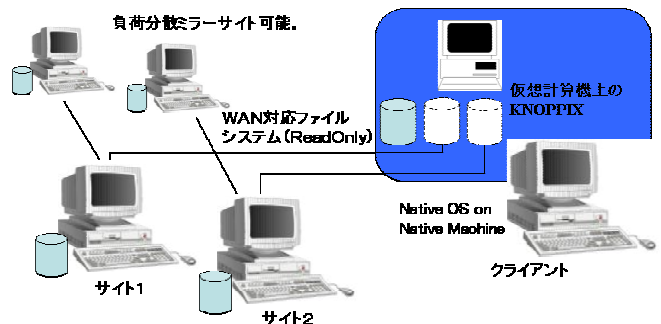


図 2. 仮想計算機によるマイグレーション

KNOPPIX 環境を利用できるようにする。ユーザが気に入れば、追加の仮想ディスクを手元のクライアントにダウンロードし、高速アクセスで利用することもできる。また、ダウンロードした仮想ディスクの読み書き可能で利用することもできる。

ネットワーク経由で利用するファイルシステムは WAN 対応とし、読み出し専用とする。利用可能なファイルシステムについては 4.3 章で議論する。また、ファイルシステムのレイアウトの再構成については 4.2 章で議論する。

実計算機と仮想計算機の 2 重構造にすることでブートやデバイスの扱いが簡単になる。仮想計算機を用いるため、ハードウェア構成が均一になり KNOPPIX の AutoConfig に頼らずにデバイスドライバをあらかじめ設定できる。また、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 は関知しなくてもよい。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可能である。

この方式では計算機資源がクライアントのものを使い、サーバ側の負荷を軽減できる。IP アドレスもクライアントで用意するため、サーバ側のセキュリティ管理が容易になる。

欠点として仮想計算機を介さなければならないため、クライアントでは仮想計算機環境を用意しなければならない。また、仮想計算機を介するため実際の CPU 性能が生かせず、ハードディスク容量も制限される。仮想計算機ソフトとブートに必要な仮想ディスクは KNOPPIX の CD の一部として配布する予定である。

### 3.3 実計算機によるマイグレーション

KNOPPIX の三つ目の ASP モデルとして、3.2 章の拡張を行い、仮想計算機を用いない方式を提案する。ここでは CD 版の KNOPPIX の特長である AutoConfig によるデバイスの自動認識・設定を利用する(図 3)。

実計算機による直接の実行のため、CPU 性能が

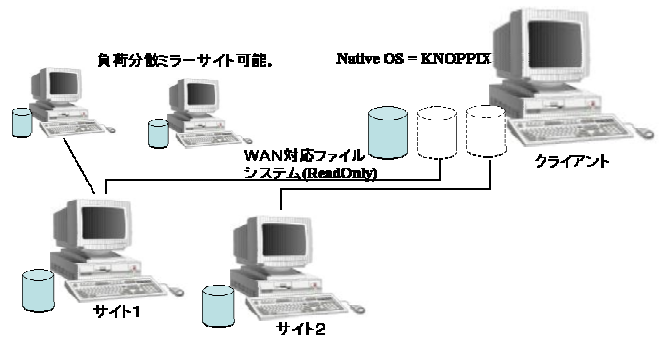


図 3 . 実計算機によるマイグレーション

生かされる。しかし、実計算機ではブートの問題がある。実計算機のマイグレーションの場合、ASP を起動するために、既存の OS のブートローダを変えなければならない。当面は仮想計算機のように、ブートに必要なディスクイメージを KNOPPIX の CD の一部として配布し、通常の CD コンテンツからの起動か、ASP 起動が選択できるようにする。また、USB、PCMCIA 等で他のリムーバブルメディアでブートできる機種が見つければ、それらを利用することも検討する。

その他の欠点として、実計算機によるマイグレーションでは OS が二重構造になっていないため、ストレージデバイスはリモートにあるか、ローカルにあるかを独自で判断しなければならない。

このモデルでは仮想計算機を介さないため、実計算機の本来の性能が引き出せる。このため、GIRD コンピューティングのような計算資源の提供に利用できると考えている。

## 4. 実装方法

KNOPPIX の ASP モデルで必要となる要素技術で、現在利用可能なものを列挙する。

### 4.1 仮想計算機

現在、通常のパソコンソフトウェアとして仮想計算機やエミュレータが各種利用可能である。いわゆる DOS/V パソコンの仮想計算機として商用ソフトの VMware<sup>[6]</sup>、VirtualPC<sup>[7]</sup>やフリーソフトの bochs<sup>[8]</sup>がある。これらは仮想の Pentium CPU、ハードディスク、ネットワークカードなどの仮想デバイスを提供し、その上に通常の OS をインストール

することが出来る。また、正確には仮想計算機ではないが、既存のデバイスを論理的に分割して複数のOSで共有することができるナノカーネル<sup>[9]</sup>やLinux環境のみをエミュレートするUML<sup>[10]</sup>(User Mode Linux)などもある。いずれの仮想計算機ソフトでもKNOPPIXのASP環境に対応可能であるが、フリーソフトで簡単に入手・改良できること、効率的に実行できることの観点からUMLを利用した。

UMLは”Linux Full Featuring”な1プロセスとして動作するLinuxである。つまりゲストOSがLinux専用の仮想計算機である。ホストOSも当初はLinux限定で作成されていたが、win32対応にしたUMLwin32も開発されている。UML上で動作するLinux環境ではUML専用のカーネル用意しなければならない。デバイスとしては仮想仮想ディスクやネットワーク環境(Universal TUN/TAPドライバ経由)は利用可能であるが、ディスプレイは存在しないので、Xサーバを外部に立ち上げる必要がある。

UMLはLinuxカーネル2.6から正式に対応することが決っており、今後の利用が増えると予想される。

#### 4.2 ファイルシステムのレイアウト

いままでのファイルシステムのレイアウトは1つのディスクにパーティションを切り、ルート(/)やホーム(/home)のファイルシステムを分けてディスク障害の危険性を分散させたり、ファイルシステムの容量を制限してバックアップを容易にしたりするために利用されていた。

ASP適応するKNOPPIXでは、仮想ディスクの配置をリモートとローカルに分けるようにファイルシステムのレイアウト構成を変えたい。レイアウトの細分化することユーザがまず起動に必要なファイルシステムのみをダウンロードし、他のファイルシステムはWAN環境を頼ることで、より簡便な使い方ができると期待している。

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範囲を広げることは簡単にはできない。

ファイルシステムのレイアウト再構成をKNOPPIX環境すべてに適応するのは容易ではないので、まず特定のアプリケーションのバージョン管理に適用しその有用性を確かめていく。例えば現在、OpenOffice.orgは安定版が1.01であるが、日本語禁則処理が出来ない問題がある。テスト版の1.1ではこの問題を修正中であるが、マニュアル整備等十分ではない。OpenOffice.orgは通常/opt以下にインストールされているが、/opt以下を一つにファイルシステムとして、マウントポイントを変えるのみで異なるバージョンのアプリケーションを使えるようになる(図4)。

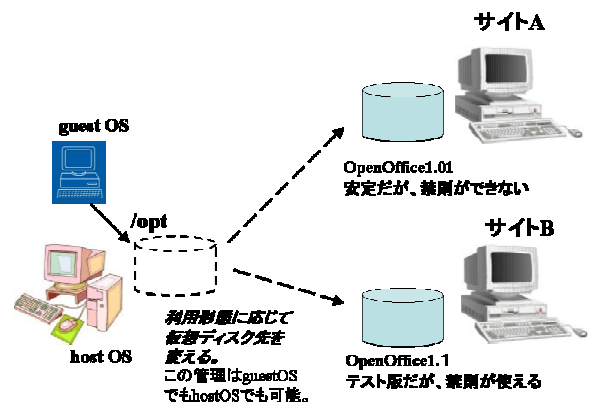


図4. ファイルシステムレイアウトの細分化とWAN対応ファイルシステム

ユーザが自分の利用形態に応じてマウントポイントを変えるのみでよい。図4にあるようにマウントポイントはホストOSで変えることもゲストOSで変えることも可能である。



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。また 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。

### 4.3 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多く提案されている。Coda<sup>[11]</sup>, InterMezzo<sup>[12]</sup>, NFS4 など提案されている。また、既存のプロトコルで簡単にファイルシステムのように利用できるものとして下記の表のシステムがある。

システム名	プロトコル	摘要
WebDAV <sup>[13]</sup>	http	Authoring tool
ftps <sup>[14]</sup>	ftp	
SHFS <sup>[15]</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>[16]</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>[17]</sup> (Self-Certifying File System)	ssh2	ページ単位のランダムアクセス可能。

KNOPPIX の ASP 環境では、cloop 対応のファイルが WAN 環境で下記の条件を満たして公開する必要がある。

- ・ ページ単位でランダムアクセス可能なこと
- ・ 読み出し専用で利用できること
- ・ 高速アクセスが可能なこと
- ・ キャッシュができる(Statefull である)こと
- ・ anonymous なアクセスを想定していること

現在、上記のシステムの長所短所を比べて、その利用形態を模索している。

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)が供給される。

Linux での独自のリモートブロックデバイスとして、NBD<sup>[18]</sup>(Network Block Device) や ENBD<sup>[19]</sup>(Enhanced NBD)なども利用可能である。cloop ファイルをこれらの方法で共有する方法もあるが、ファイルシステム自体が圧縮機能をもつ e2compr などを利用する方法も検討している。

### 4.4 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。このためブートからシャットダウンの間のみでもファイルの更新を可能にしたい。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、3.3 章のような実計算機のマイグレーションでは利用できない。幸い、同様の機能をファイルシステムの付加するボリュームマネージメントソフトウェアが存在するのでその利用を考えている。現在、LVM<sup>[20]</sup>(Logical Volume Management) や EVMS<sup>[21]</sup>(Enterprise Volume Management System)をネットワークブロックデバイスと併用を試しているところである。

#### 4.4 ホスティングサーバの負荷分散

KNOPPIXのASPモデルで提供するWAN対応のファイルシステムは読み出しであるため、ミラーリングして負荷分散することを検討している。図5に示すように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。仮想計算機の実装の場合、この処理はホストOSで行われゲストOSは関知しない。ホストOSでもバランサーによってどこに接続するか関知せず、2重に隠蔽されていることになる。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>[28]</sup>の利用を検討している。

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。

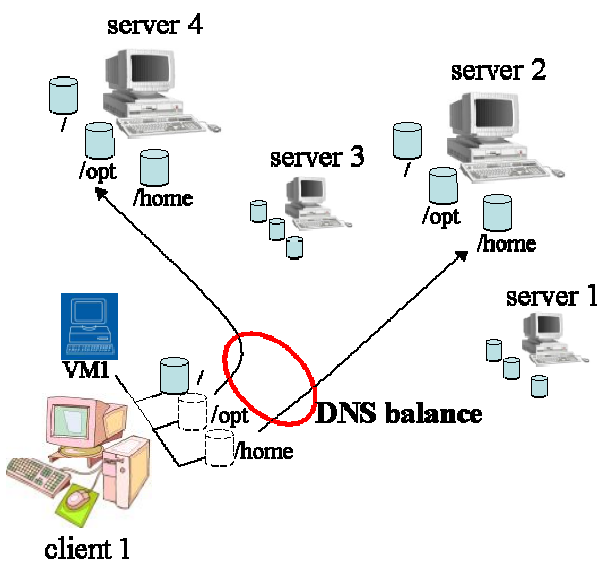


図5 . サーバの負荷分散

#### 5. 現在の実装

現在、UML対応Linuxカーネルが、通常のKNOPPIXがCDで提供するcloopファイルを利用して立ち上がることまでは確認した。今後はLAN環境でのファイルシステムでリモートのcloopファイルを使つてのブートやその性能を評価し、WAN環境の適応に持っていきたい。

リモートとローカルのファイルシステムの移動については「ネットワークを渡り歩けるコンピュータ」を元にした評価<sup>[3]</sup>を広島市立大学と行っており、この成果を踏まえてファイルシステムのレイアウト再構築を行う。

### 6. 関連研究

#### 6.1 MobileIP

提案したKNOPPIXのASPでは、IPアドレスの管理が大きな問題であった。この解決策としてIPv6のモバイルIPが利用できることを期待している。モバイルIPのステートフル自動設定機能を用いれば現在のIPv4のDHCP機能がWAN環境でも適用可能となり、ユーザが利用しているDHCPサーバを他のネットワーク環境でも利用可能になる。この機能によって、KNOPPIXのASPサーバは単にCPUパワーのみを提供し、IPに絡むセキュリティは他の機関に委譲できるものと期待している。

#### 6.2 仮想化技術の流れ

サーバマシンの保守を軽減するため、自律コンピューティングシステムの研究が盛んである。この環境ではソフトウェアが自律的に新しいハードウェアや障害を見つけ、その整合性をとる。ここでは今までメインフレームで培われた仮想化技術や論理分割の技術が活かされている。

海外のプロジェクトとしてはIBMのAutonomic Computing<sup>[22]</sup>、HPのAdaptive Infrastructure<sup>[23]</sup>、SUN MicrosystemsのN1<sup>[24]</sup>などがある。国内のプロジェクトとしては日立のHarmonious Computing<sup>[25]</sup>、富士通のTRIOLE<sup>[26]</sup>、NECのVALUMO<sup>[27]</sup>などがある。この分野は直接KNOPPIXのASP環境と関連するわけではないが、要素技術である仮想化や論理分割はオーバーラップするので今後の動向を注目したい。

### 6.3 動的に交換可能なデバイス

現在多くのデバイスが OS の動作中にも入れ替えられる活線挿抜 (Hot Plug) 可能になっている。たとえば身近なデバイスとしては PCMCIA、USB、IEEE1394 がある。PCI も Hot Plug 対応の製品が出てきている。Linux ではこれらの製品に対応した Hot Plug 機能の実装が試されている<sup>[4]</sup>。しかしまだ基本的にファイルシステムは固定であり、ダイナミックに構成を変えることを想定していない。mount ポイントを変えることは可能であるが、ルートを変えたり、/lib 以下を変えるのは容易ではない。

KNOPPIX の ASP ではファイルシステムのレイアウトを変えることを一つの特徴にしているが、既存の Linux では Shared Library を使うことを前提にしていたり、スクリプトで多くの実行ファイルを読んでいたり、簡単にレイアウトを変えることはできない。Hot Plug 対応なデバイスが多く出ることによって、ファイルシステムのレイアウト構成まで影響を与えることを期待している。

### 7.おわりに

KNOPPIX の特長である AutoConfig の機能と cloop を生かし、CD 以外にユーザが簡単に KNOPPIX 環境を使える 3 種類の ASP 環境、「ブラウザによる遠隔利用」、「仮想計算機によるマイグレーション」、「実計算機によるマイグレーション」を提案し、それぞれの特徴を述べた。

さらに現在利用可能な技術で構成した場合の検討を行った。ここで「IP アドレスの管理」、「WAN 対応ファイルシステム」、「ファイルシステムの再レイアウト」などの問題が明らかになった。

これらをすぐに解決はできないが、制約ある条件でも利用可能な ASP を提供して徐々に改良していく予定である。

### 参考文献&URL

- [1] KNOPPIX, <http://www.knopper.net/knoppix>
- [2] 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)

- [3] 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.
- [4] 菅沼,河内,青野,"Linux における CPU/Memory/IO の HotPlug のサポート",Linux Conference, Sep. 2002.

#### ThinClient 関連

- [5]VNC (Virtual Network Computing)  
<http://www.uk.research.att.com/vnc>

#### 仮想計算機関連

- [6] VMware, "<http://www.vmware.com>".
- [7] VirtualPC, "<http://www.connectix.com>".
- [8] bochs, "<http://bochs.sourceforge.net>".
- [9] ナノカーネル,  
"<http://oss.hitachi.co.jp/sdl/japanese/nanokernel.html>".
- [10] UML,"[http:// user-mode-linux.sourceforge.net/](http://user-mode-linux.sourceforge.net/)"

#### ファイルシステム関連

- [11] coda, "<http://www.coda.cs.cmu.edu/>"
- [12] Intermezzo, "<http://www.inter-mezzo.org/>"
- [13] WebDAV, "<http://www.webdav.org/>"
- [14] FTPFS, "<http://ftpfs.sourceforge.net/>"
- [15] SHFS, "<http://shfs.sourceforge.net/>"
- [16] SNFS, "<http://www.math.ualberta.ca/imaging/snfs/>"
- [17] SFS, "<http://www.fs.net/sfswww>"
- [18] NBD, "<http://nbd.sourceforge.net/>"
- [19] ENBD, "<http://www.it.uc3m.es/ptb/enbd/>"
- [20] LVM, "[http://www.sistina.com/products\\_lvm.htm](http://www.sistina.com/products_lvm.htm)"
- [21] EVMS, "<http://evms.sourceforge.net/>"

#### 仮想化技術の流れ

- [22] Autonomic Computing,  
"<http://www.research.ibm.com/autonomic/>"
- [23] Adaptive Infrastructure,  
"<http://www.compaq.co.jp/solutions/infrastructure/adaptive/>"
- [24] N1, "<http://www.sun.com/software/solutions/n1/>"
- [25] Harmonious Computing,  
"<http://www.hitachi.co.jp/Prod/it/harmonious/>"
- [26] TRIOLE, "<http://triole.fujitsu.com/jp/>"
- [27] VALUMO,  
"<http://www.sw.nec.co.jp/valumo/01/index.html>"

#### サーバの負荷分散関連

- [28] DNSbalance,  
"[http://openlab.jp/dns\\_balance/dns\\_balance.html](http://openlab.jp/dns_balance/dns_balance.html)"