

## 【論文】

## 仮想マシンモニターXen を応用した情報システム

山田丈博<sup>†</sup> 松本勝哉<sup>††</sup>

## Xen Virtual Machine Monitor Applied to Information System

Takehiro YAMADA<sup>†</sup> Katsuya MATSUMOTO<sup>††</sup>

**Abstract :** Recently a lot of virtual network and servers are adopted in the system design. Because the recoveries of system failure and the maintenances are flexibly available to carry out by use of virtualization in addition to simplify management. The Web server operated in our laboratories are virtualized by Xen virtual machine monitor to realize the simple management. As a result, the use of live migration has made possible various management and fault measures. This paper presents on a flexible management method of information system throughout of the virtualization for the Web server by Xen virtual machine monitor.

**Keyword:** Xen, Virtualization

## 1 はじめに

今日、システム構築において仮想ネットワークやサーバの仮想化などといった方法が多く採用されている。なぜならば、仮想化を行うことで障害対策やメンテナンスなどが柔軟に行えて管理の簡易化が可能となるからである。

そこで、我々の研究室で運用している Web サーバを、仮想マシンモニター Xen を用いて仮想化し、管理の簡易化を試み、情報システムを仮想化する利便性を検証した。

本論文では、Web サーバの仮想化の概要と、それによって可能となった情報システムの柔軟な管理方法を報告する。

## 2 仮想マシンとサーバの仮想化

サーバの仮想化とは、外部のマシンにサービスを提供しているサーバを、実マシン上ではなく仮想マシン上で動作させることをいう。ここでは、仮想マシンについてとサーバを仮想化することによる利点を述べる。

## 2.1 仮想化技術と仮想マシン

仮想化技術とは、物理ハードウェアやソフトウェアなどのシステムリソースを抽象化し、それらを分割あるいは統合を行い上位レイヤに対して論理的にリソースの割当を行う技術の総称である。システムリソースをソフトウェア上で論理的にエミュレート

させることで、リソースの物理的な制限を回避することが可能となる。

この技術を利用して、図 1 のようにコンピュータの構成要素である CPU やメモリ等のハードウェアリソースを論理的に分割し、それらを組み合わせるソフトウェア上でひとつのマシンのようにエミュレートさせて動作するものが仮想マシンである。

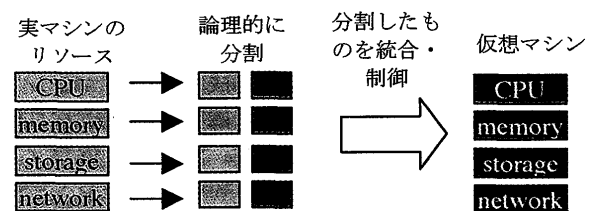


図 1 仮想マシンの構築

仮想マシンは、実マシン上で複数構築・動作させることが可能である。実マシン上で動作する仮想マシンのイメージを図 2 に示す。

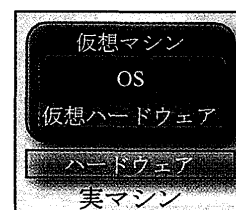


図 2 実マシン上で動作する仮想マシン

<sup>†</sup> 工学研究科電気工学専攻 2 年

<sup>††</sup> 電気情報工学科

## 2.2 仮想マシンの特徴

仮想マシンには次に示す2つの特徴がある。この順序に沿って仮想マシンの特徴について述べる。

- ・ 複数 OS の同時実行
- ・ ハードウェア依存性の回避

### 2.2.1 複数OSの自動実行

仮想マシン環境の大きな特徴として、複数の OS を同時実行が可能になる点が上げられる。

通常のマシンの場合、OSはハードウェアリソースを占有するため、他のOSとハードウェアを共有することができない。しかし、仮想マシンを導入すればこの問題点を回避できる。仮想マシンは、前述の通り、実マシンのハードウェアリソースを論理的に分割・制御して構築されたものである。故に、仮想マシン上でOSを動作させた場合、OSが占有するのは仮想ハードウェアリソースのみとなる。よって、実マシン上で複数の仮想マシンを構築することで、複数のOSを動作させることが可能となる。この様子を図3に示す。

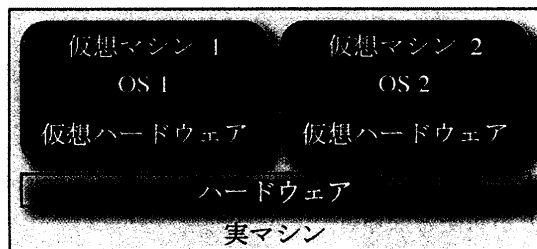


図3 仮想マシン環境による複数OSの同時実行

### 2.2.2 ハードウェア依存性の回避

仮想マシンは、仮想マシンを構築するための論理的な仕組みによって定義・制御され、実マシンのハードウェアとは独立したハードウェアを備えている。故に、実ハードウェアの構成が異なるマシンであっても、その上層レイヤに位置する論理的な仕組みにより構成の差異を吸収する。つまり、仮想マシンを構築するための論理的な仕組みが共通していれば、図4のように実マシンのハードウェア構成が異なっても同じ仮想マシンが動作する。

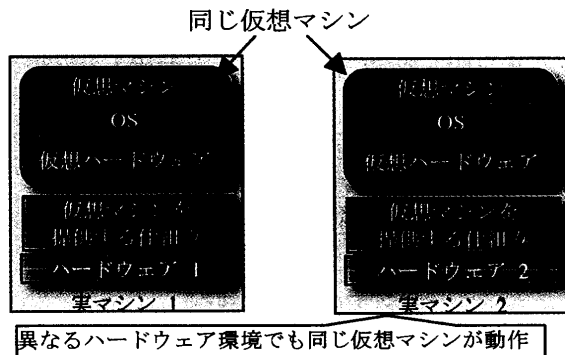


図4 異なる実マシン上で動作する仮想マシン

## 2.3 サーバの仮想化の利点

仮想マシンの2つの特徴を鑑み、サーバを仮想化することで次のような利点が得られる。以下、これらの利点について述べていく。

- ・ 資金的なコストの削減
- ・ セキュリティの確保
- ・ 同一環境の保持
- ・ リソースの有効活用

### 2.3.1 資金的なコストの削減

仮想マシン環境の「複数のOSを1台で同時に動作させることが可能」という特徴を活かして、サーバの運用において資金的なコストの削減を図ることが可能となる。

例えば、Webサーバやファイルサーバ、管理用サーバ等複数のサーバを運用している場合、仮想マシン上でこれらのサーバを運用すれば、複数のサーバを1台で運用することができ、実マシンの購入費や維持費のコスト削減が可能となる。

### 2.3.2 セキュリティの確保

仮想マシンを用いれば1台の実マシンでセキュリティを確保した状態で複数のサーバを動かすことが可能である。

図5のように仮想マシンはネットワーク上では通常のマシンと区別が付かない。よって、1台の実マシン上に複数の仮想マシンを動かし、仮想マシン1につき1つのサーバ機能を動かす運用方法であれば、各サーバ機能の独立性が保たれた状態で運用できる。仮にサーバに不正侵入を許したとしても、他の仮想マシン上で動作しているサーバには被害は及ばないので、被害は最小限で済む。

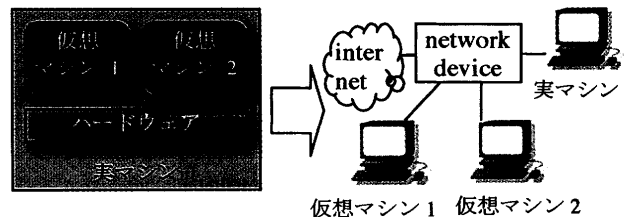


図5 ネットワークから見た仮想マシン

### 2.3.3 同一環境の保持

情報システムを長期運用する場合、サーバのハードウェア構成の変更を余儀なくされたり、サーバマシン自体を他のマシンに換えなければいけないという事態も想定される。

だが、仮想マシン上でサーバを運用している場合は、ソフトウェアレベルでの変更が一切必要ない。仮想マシンは、実マシンとは異なるアーキテクチャで構成されている。それ故に、仮想マシンが動作する実マシンの環境が変更されても、仮想マシン自体

の構成が変わるわけではないのでサーバ OS は同一の環境を保持したままの運用が可能となる。

### 2.3.4 リソースの有効利用

通常、外部のマシンに何らかのサービスを提供しているサーバは 24 時間常時安定して動作することが望まれる。それ故に、サーバ用のマシンはネットワークや CPU などに負荷がかかりメモリの使用量が増えてもシステムダウンしない高いマシンスペックを要求される。

しかし、ハードウェアスペックが向上したからといってリソースが有効に活用されているとは言い難い。例えばWebサーバの場合、24 時間中アクセスが殺到するわけではない。つまり、アクセスが集中して負荷が掛かった場合に備えハードウェアスペックは高い方が望ましいが、その高いスペックを常時使いこなせているわけではないということである。

この問題点に関しても、サーバを仮想化することで解決できる。仮想マシンは、「実マシンの持つリソースの何割を仮想マシンに割り当てるか」といった設定が可能である。つまり、図 6 のようにリソースの割り当てが柔軟にできる。

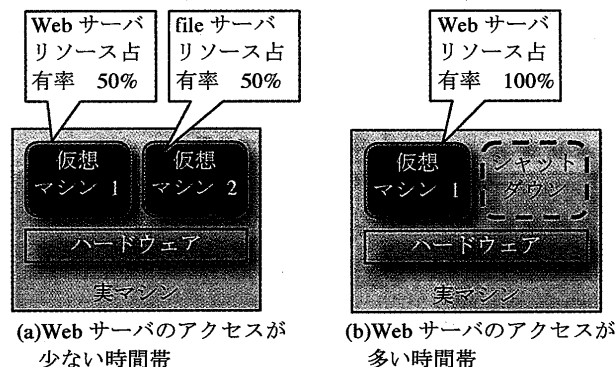


図 6 仮想化によるリソースの有効活用

このように、仮想マシン上でサーバを運用することで、多くの利点が得られる。

## 3 仮想マシンモニターXen

仮想マシンを構築する際に用いた仮想マシンモニターXen(以下、Xen)について述べる。

Xen とは、仮想マシン環境を実現するソフトウェアのひとつである。Xen は英国ケンブリッジ大学コンピュータ研究所で開発されたヴァーチャルマシンモニターである。オープンソースソフトウェアであり開発はユーザコミュニティベースで行われている。ソフトウェアのライセンスは GPL(General Public License)であり、このライセンスに従う限りであれば無償で使用することが許されている。また、オープンソースなのでソフトウェアの改変等も可能である。

### 3.1 Xen の動作方式

仮想マシン環境を提供するソフトウェアは Xen

以外にも商用ソフトウェアの VMware Workstation や Parallels Desktop など様々なものが存在する。Xen とそれらのソフトウェアの大きな違いは、前述のオープンソースソフトウェアである点以外に、そのソフトウェア自体の動作方法が異なる点が挙げられる。VMware Workstation や Parallels Desktop は「ホスト OS 型」、Xen は「仮想マシンモニター型」で動作する。ここではこの 2 つの動作方式の違いについて述べる。

#### 3.1.1 ホスト OS 型

ここではホスト OS 型について述べる。Vmware Workstation や Parallels Desktop といった一般ユーザに普及している仮想化ソフトウェアは主にこの動作方式である。この方式は、まず実マシンにインストールされた OS (以降、ホスト OS と呼ぶ) に対して仮想マシンを構築するためのソフトウェアをインストールする。その後構築された仮想マシン上で別の OS (以降、ゲスト OS と呼ぶ) を動かす方式である。ホスト OS 型の動作方式については図 7 で示す。

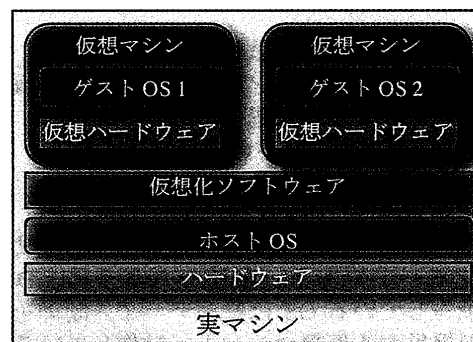


図 7 ホスト OS 型

#### 3.1.2 仮想マシンモニター型

仮想マシンモニター型は、先ずハードウェア上に、仮想マシンモニターと呼ばれる仮想マシンを実現するための専用ソフトウェアを動作させる。そして、仮想マシンモニターが仮想的なハードウェアを構築し、その上で OS が動作するといった方式である。仮想マシンモニター型の Xen はホスト OS もゲスト OS も並行に動作させることができる。仮想マシンモニター型の動作を図 8 で示す。

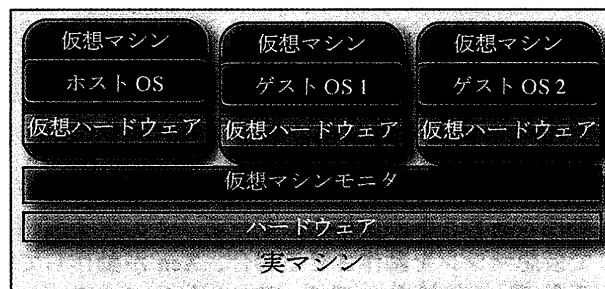


図 8 仮想マシンモニター型

### 3.2 Xen の仮想マシン

ここでは、Xen 上で構築される仮想マシンの特徴について述べる。

#### 3.2.1 Domain0 と DomainU

Xen が管理する仮想マシンのことをドメインと呼ぶ。このドメインは、管理機能の有無により Domain0 と DomainU の 2 つに区別される。この 2 つのドメインの違いを述べる。

##### (1) Domain0

Domain0 とは、Xen が起動した後に必ず起動する仮想マシンのことを示す。Domain0 は Xen 本体と通信することができ、Xen に命令を送ることで他の仮想マシン (DomainU) の管理などを行うことができる。また、物理的なハードウェアとのやりとりも担っている。

##### (2) DomainU (Domain Unprivileged)

前述の Domain0 以外のドメインを DomainU と呼ぶ。DomainU は、Xen 本体や物理的なハードウェアへ通信する権限を持ち合わせていない。

### 3.3 仮想マシンの仮想化方式

Xen には、仮想マシンを構築する際、準仮想化と完全仮想化の 2 つの仮想化方式が存在する。ここでは、2 つの仮想化モードの違いを述べる。

#### 3.3.1 準仮想化 (Para Virtualization)

準仮想化とは、Xen が従来から持ち合わせていた仮想化モードである。前述したように、DomainU 上で動作している OS は物理デバイス制御を行わず、Xen が提供する仮想マシン上で動作している。つまり、DomainU 上で動作する OS は、Xen 上の仮想マシンに対応する必要がある。また、Domain0 の OS も Xen の機能が利用できるようなしなくてはならない。これらを実現するために、OS カーネルを直接書き換え、仮想マシン上で OS を動作させる手法のことを準仮想化という。カーネルを書き換える必要があるといったデメリットもあるが、その手法を踏むことでエミュレーションのオーバーヘッドを減らすことが出来るといったメリットも得られる。

#### 3.3.2 完全仮想化 (Full Virtualization)

完全仮想化は、Xen3.0 から導入された仮想化モードである。完全にエミュレートされた仮想マシンを実現できるモードである。このモードであれば動作させる OS のカーネルに手を加えることなく DomainU 上で動作させることが出来るというメリットがある。つまり、Windows などの OS なども動作させることが出来る。ただし、この完全仮想化で仮想マシンを動作させる場合、Xen が動作している物理ハードウェアの CPU が Intel VT (Intel Virtualization Technology) 機能に対応していること

が必須条件となる。この Intel VT 機能を持った CPU は Pentium4 662 以降や CoreDuo シリーズ以降のものなど、最新の CPU である。つまり、完全仮想化モードにて DomainU を動作させようとする、ハードウェア面でコストが掛かってしまうというデメリットもある。

#### 3.4 DomainU のライブマイグレーション

Xen には、ある実マシン上で動作している DomainU の仮想マシンを、同じく Xen が動作している他の実マシンに移動させる機能を持っている。この仮想マシンイメージの移動をライブマイグレーションという。イメージの移動といっても、実際にイメージファイルを別のマシンにコピーするというわけではない。実際には、移動対象である DomainU のメモリイメージやレジスタの内容といった内部状態をネットワーク経由で転送することでマイグレーションを実現する。ただ、ファイルシステム自体は転送されないため、マイグレーション先にも、マイグレーション元と同じ root ファイルシステムが必要となってくる。これに関しては、NFS(Network File System)などによってストレージを共有し、双方同じファイルシステムを利用するようにしておけばよい。Xen によるライブマイグレーションの概要を図 9 に示す。

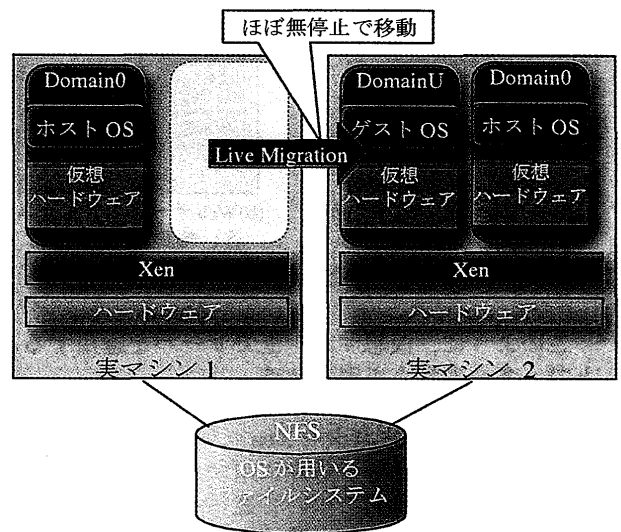


図 9 Xen のライブマイグレーション機能

Xen にはオープンソースソフトウェアという特徴だけでなく、動作形態や機能面でも多くの特徴と利点を持っている。これらの特徴と利点を鑑み、Xen を研究室サーバ環境に活かす研究を行うことにした。

## 4 Xen を用いた仮想サーバの構成

ここでは、実際に Xen を用いて構築した仮想 Web サーバの概要を示す。また、そのシステム構成と動作についても述べる。

4.1 システム構成概要

まず、Xen による仮想マシン動作環境と、Xen を用いて構築した仮想サーバの概要を述べる。

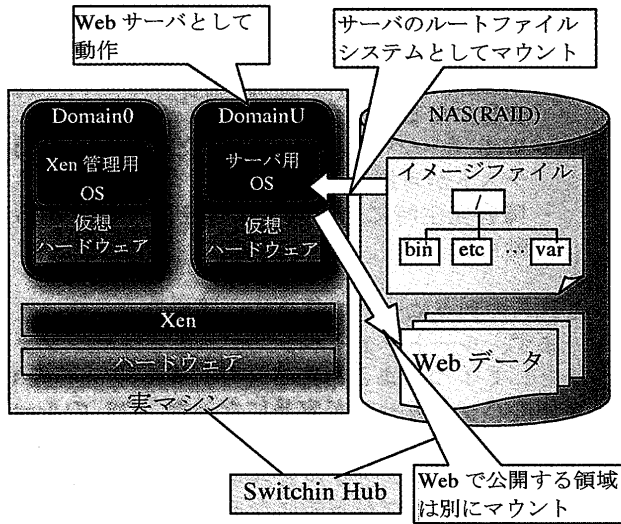


図 10 Xen を用いた仮想 Web サーバ

図 10 は今回構築した仮想 Web サーバの構成である。実マシンに Xen を導入し、Xen 上で構築された仮想マシンが Web サーバとして動作する。サーバ OS が使用するルートファイルシステムは実マシン内のハードディスクではなく、同一ネットワーク内にある NAS(Network Attached Storage)の中のイメージファイルに置かれている。また、実際に Web で公開する html 等のデータや cgi なども NAS に置いている。

この構成で Web サーバを構築した場合、次の流れで動作することになる。

- ① 実マシンの電源が入ると Xen が立ち上がり、自動的に Domain0 が起動する。
- ② Domain0 が NAS 内のサーバ OS 用のイメージファイルを格納されている領域を自動マウントする。
- ③ Domain0 から管理用コマンドを発行し、Xen に DomainU を起動させるように指示する。
- ④ DomainU が起動し、サーバ OS は Domain0 のマウント領域にあるイメージファイルをルートファイルシステムとして自動マウントする。
- ⑤ サーバ OS 起動後、NAS 内の Web データが格納されている領域をマウントする。
- ⑥ Web サーバが立ち上がり、外部のマシンにサービスを提供する。

上記の流れで起動する。Xen 上で動いている DomainU 側はカーネルのみ存在し一切ファイルを持たない。OS に必要なファイルシステムや Web

データは全て外部にある NAS に格納する構成とした。この構成を取ることで、仮にサーバ OS が稼働している実マシンが故障しても、同一ネットワーク内にある Xen 導入済みのマシンから全く同じサーバ OS を起動出来る。NAS は RAID5 で動作しているので冗長性を持っている。実マシンのハードディスクにファイルシステムを設けるより安全な運用が可能となる。

また、ルートファイルシステムの格納先に NAS を選んだもうひとつの理由は、Web サーバのライブマイグレーションを可能にするためである。仮想マシンのライブマイグレーションが行えるように、同一ネットワーク内にもう 1 台 Xen 導入済みのマシンを用意した。仮想サーバが動作しているマシンの Domain0 は/xen というディレクトリに NAS のイメージファイル格納領域をマウントしている。ライブマイグレーション先であるもう 1 台のマシンの Domain0 にも/xen ディレクトリを作成し NAS のイメージファイル格納領域をマウントすれば、2 台ともイメージファイルにアクセスするためのパスが同じになる。こうすることで、ライブマイグレーション先にもサーバ OS のファイルシステムが同様のパスで存在することになり、ライブマイグレーションを行う為の最低条件が満たされることとなる。図 11 に今回構築したライブマイグレーション環境を示す。

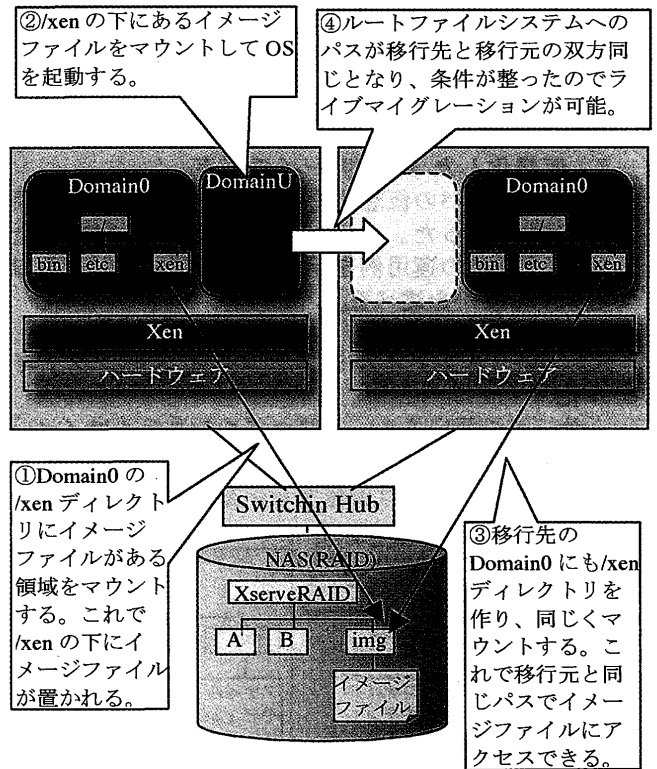


図 11 仮想サーバのライブマイグレーション環境

4.2 ハードウェア構成

本システムを構築するにあたり使用したハードウェアの構成を示す。Xen を導入したマシンは表 1 に、NAS は表 2 に、NAS の管理を行うファイルサーバは表 3 にハードウェア構成を示す。

表 1 Xen を導入したマシンのハードウェア構成

ハードウェア	Mac mini
OS	Ubuntu 7.04
CPU	Intel Core Duo 1.66GHz
メモリ	1GB 667 MHz DDR2 SDRAM
ハードディスク	60GB
ファイルシステムのフォーマット	ext3
ネットワーク	100Mbps (最高1Gbps)

表 2 NAS のハードウェア構成

ハードウェア	Xserve RAID
メモリ	512MB
ハードディスク	1TB(250GB 4個)
RAIDレベル	5
ファイルシステムのフォーマット	HFS+
ネットワーク	100Mbps (最高1Gbps)

表 3 ファイルサーバのハードウェア構成

ハードウェア	Xserve
OS	Mac OS X Server
CPU	PowerPC G5
メモリ	512MB
ハードディスク	60GB
ファイルシステムのフォーマット	HFS+
ネットワーク	100Mbps (最高1Gbps)

5 仮想化した Web サーバの利点

Web サーバの仮想化を行うことで、柔軟な運用が可能になった。ここでは、実際に仮想化した Web サーバの運用例を示すことで利便性がどれほど向上したかを述べる。

5.1 ルートファイルシステムのイメージファイル化

サーバの用いるルートファイルシステムはイメージファイルとして1つにまとめている。また、このイメージファイルは仮想マシンを動作させる実マシン

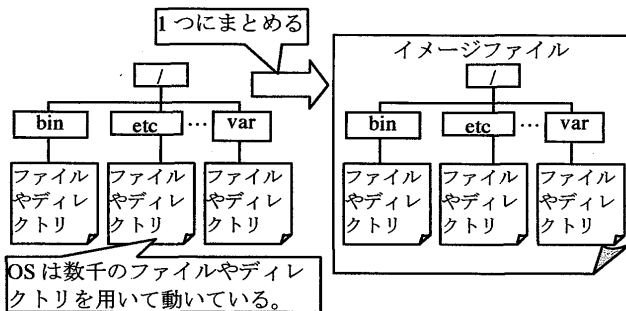


図 12 通常ファイルシステムとイメージファイル

ンと同一ネットワーク上にある NAS に置いている。通常のファイルシステムとイメージファイルについて図 12 に示す。

ファイル内にファイルシステムを構成することで、次のような利点が得られる。

- 仮想化した Web サーバ全体のバックアップが容易になる
- Web サーバクローンを用いたシステムの動作テストが可能になる
- 障害発生時に全く同じ環境を別マシンから起動可能

これらの利点について具体的に述べる。

まず、ルートファイルシステムをイメージファイルとして1つにまとめたことで、Web サーバの OS 全体のバックアップが容易になった。OS のルートファイルシステムを1つのイメージファイルにまとめたので、このファイルをコピーするだけで OS 全体のバックアップが可能になる。このコピーは通常のコピーと同じ方法でコピーできるため非常に簡単に OS 全体のバックアップが可能となった。

次の利点として、Web サーバのクローンを用いてシステムの動作テストが可能になったことが挙げられる。Web サーバのクローンとは、イメージファイルのバックアップを用いて起動した DomainU のことを示す。この DomainU はコピー前の Web サーバと全く同じ構成である。故にこの Web サーバクローンを用いて、新システムの導入テストや動作テストが可能になる。例えば、動作している Web サーバに直接新システムを導入して失敗した場合、最悪 Web サーバが起動しなくなる可能性もある。故に、まずは Web サーバと全く同じ構成のクローンを構築し、そのクローンを用いて導入や動作テストを行った後本物の Web サーバに導入するといったことが可能になる。クローンの用いるファイルシステムは、Web サーバのイメージファイルのコピーなので、クローンも同じく容易に構築が可能である。クローンを用いた事前テストについて図 13 に示す。

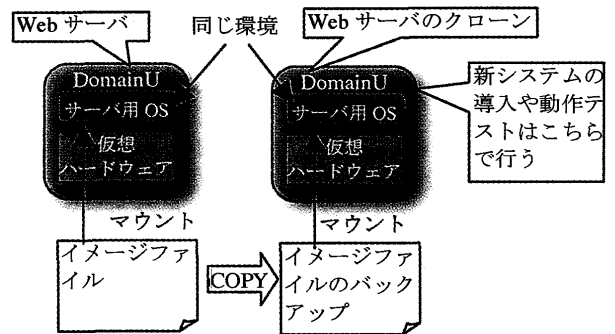


図 13 仮想サーバクローンの活用

最後に、仮想 Web サーバが稼働している実マシンに何らかのトラブルが発生した場合でも、同一ネットワーク内に Xen が導入されたマシンがあれば、そのマシンから全く同じ環境の仮想 Web サーバが起動可能である点を挙げる。Web サーバのルートファイルシステムであるイメージファイルは NAS 上に置いている。同一ネットワーク上で NAS にアクセス許可されているマシンであればイメージファイルにアクセスできる。故に NAS にアクセス可能なマシンに Xen が導入されていれば、そのマシンから仮想 Web サーバと全く同じ環境の DomainU を起動出来る。故に、仮想 Web サーバが稼働している実マシンがハードウェアトラブルで起動不能になった場合は、同一ネットワーク上にある Xen 導入マシンから仮想 Web サーバを起動させることで対処可能である。この別マシンからの対処について図 14 に示す。

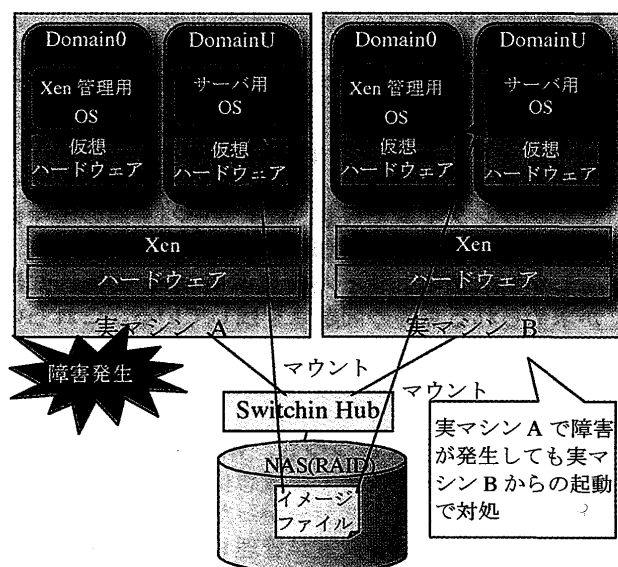


図 14 別マシンからの同一環境の起動

Xen によるサーバの仮想化を行い、サーバのファイルシステムをイメージファイル化しネットワーク上に置いたことで以上のような利点が得られた。これにより、サーバの運用面において柔軟に対処出来る環境を構築出来た。

## 5.2 仮想サーバのライブマイグレーション

Xen には仮想マシンのライブマイグレーション機能があることは第 4 章の 4.5 で述べた。今回構築した仮想 Web サーバもライブマイグレーションが可能な構成となっている。ここでは仮想 Web サーバのライブマイグレーションの詳細について述べる。

### 5.2.1 ライブマイグレーションの仕組み

ライブマイグレーションは、稼働中の仮想マシンをネットワーク越しに別の実マシン上に移動させることを示す。ライブマイグレーションで移動される

仮想マシンはほぼ無停止で別マシンに移動できる。ライブマイグレーション中に生じる仮想マシンの停止時間のことをダウンタイムという。先ほど「ほぼ無停止」と述べたが、回線速度が 100Mbps のネットワークでは、そのダウンタイムは数百 ms や数 s という短時間で収まる。サーバを利用するユーザ側からはサーバの停止を観測できるかできないかの感覚であるがために「ほぼ無停止」と述べた。

今回仮想 Web サーバのメモリは通常時 256MB に設定している。ライブマイグレーション時において、メモリの状態のみを異動先のメモリに転送する場合、100Mbps という回線速度を帯域制限など一切考慮せず完全に使い切ったとしても単純計算では 20s 以上は掛かってしまう。それがなぜ数百 ms から数 s というほぼ無停止といえる間隔で収まるかを述べる。

実マシン A から実マシン B へ DomainU を移動させる場合のライブマイグレーションの処理の流れを図 15 に示す。

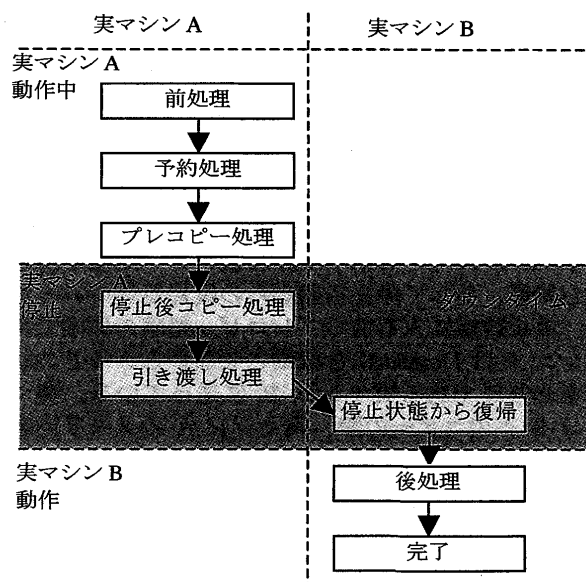


図 15 DomainU のライブマイグレーションの処理

図 15 におけるライブマイグレーション中に行われる各処理の解説を以下に示す。

**前処理**：移動先である実マシン B に、移動する DomainU を受け入れるだけのメモリやストレージなどのリソースがあるかを確認する。

**予約処理**：前処理でリソースがあるかの確認が済んだ後、実際に移動先の実マシン B のリソースを確保する処理を行う。

**プレコピー処理**：移動する DomainU を一時停止する前に、移動元である実マシン A のメモリ内容を移動先である実マシン B のメモリにコピーする。実マシンのメモリ内容は高速で書き変わるの、実マシン B へコピーが完了しても既に実マシン A の DomainU のメモリ内容と実マシン B にコピーした

内容に差異が生じている。この差異が十分小さくなるように、メモリ内容で変更が生じた部分を再度実マシン A から B へコピーする。双方の差異が十分小さくなるまでこの処理を繰り返す。

**停止後コピー処理：**実マシン A の DomainU のメモリ内容と実マシンにコピーしたメモリ内容との差異が十分小さくなったら DomainU を一時停止する。その後、最後まで差異として残ったメモリ的一部分と CPU の状態をコピーする。この処理が完了しても、その後の処理の失敗に備えて実マシン A はメモリの状態や CPU の状態を保持する。

**引き渡し処理：**移動先の実マシン B が、移動元である実マシン A のメモリやその他の状態をみて矛盾がないことを確認した後、実マシン A にコピーが成功したことを通知する。その通知を受け取った実マシン A は移動対象であった DomainU の制御を実マシン B に引き渡し、実マシン A の資源を解放する。

**停止状態からの復帰：**移動先の実マシン B で一時停止状態だった DomainU を復帰させる。

**後処理：**切り離されたデバイスと再接続した後、ARP などで IP アドレスが移動したことを周りのネットワーク機器に伝える。

ライブマイグレーションに関する処理の全てをダウンタイム中に行っているのではない。ダウンタイム中に行われている処理は停止後コピー処理と引き渡し処理、そして停止状態からの復帰処理のみとなる。停止状態に入る前のプレコピー処理の段階で実マシン A は DomainU を稼働させながらメモリの状態を送り先である実マシン B に送っている。実マシン B へのコピーの際、実マシン A のメモリ内容に変更が生じたらその変更分を再度実マシン B に送る。このコピーを反復して行っているため、停止状態後のコピー処理でコピーするメモリ容量は最後まで反復コピーに従わなかったメモリ領域のみとなるので、転送量は少なく済む。よってダウンタイムが数 ms から数 s で済むのである。

### 5.2.2 ライブマイグレーションの実験結果

Xen 上で仮想 Web サーバを構築する際、ライブマイグレーションが可能な環境を整えた。実際に構築した環境でライブマイグレーションの実験を行い、ダウンタイムがどの位の長さになるのかを測定した。実験には Wireshark というパケットキャプチャツールを用いて行った。

Xen のライブマイグレーション時の通信は主に TCP を用いて行われる。Wireshark にてライブマイグレーション中における移行元と移行先の TCP パケットをキャプチャすることでダウンタイムの計測が可能である。

今回の計測の結果、最短で 738ms のダウンタイムを計測した。ダウンタイム中の様子を Wireshark でグラフ化した。図 16 にそのグラフを

示す。

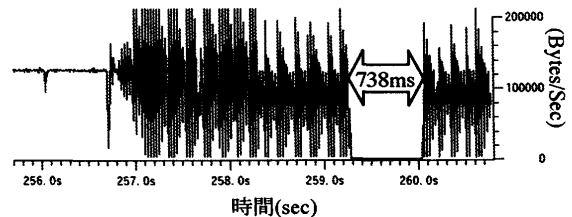


図 16 ライブマイグレーション中の状態

図 16 から、確かに約 700ms のダウンタイムが発生していることが分かる。今回構築した環境においては 1s 以下のダウンタイムで仮想 Web サーバを他の実マシンに移行できることが分かった。これにより、仮想 Web サーバが稼働している実マシンに何らかのトラブルが発生しても、速やかに仮想 Web サーバを退避させることが可能となった。

## 6 おわりに

Xen を導入し Web サーバの仮想化を行ったことで OS 環境全体のバックアップや動作テストなどが容易になった。さらに、仮想マシンのライブマイグレーション可能な環境を構築したことで、障害やハードウェアメンテナンス時においても最小のサービスダウンタイムで仮想 Web サーバを他の実マシンに移行できるようになった。

しかしながら、サーバ管理者に Xen の操作知識が求められる点等の問題点を残している。これらの問題点を解決するためには Xen の知識が無くとも仮想サーバを管理出来る GUI ツールの導入が課題となるだろう。

以上の課題を残しつつも、Web サーバの仮想化を通じて、情報システムを仮想化することで柔軟な運用が可能であることが分かった。この結果を利用して、現在我々の研究室が管理している情報システムの仮想化を目下検討中である。

## 参考文献

- [1] Christopher Clark, Keir Fraser, Steven Hand, Jacob Gorm Hansen, Eric Jul, Christian Limpach, Ian Pratt, Andrew Warfield : "Live Migration of Virtual Machine", NSDI, pp.273-286 (2005)
- [2] 山田 文博, 松本 勝哉: 「仮想マシンモニター Xen を応用した Web サーバの構築」, 総合情報基盤センター広報誌 COMMON Vol27, pp.83-88, 九州産業大学総合情報基盤センター (2007)
- [3] 山田 文博, 松本 勝哉: 「仮想マシンモニター Xen を応用した Web サーバの構築」, 平成 19 年度電気関係学会九州支部大会 (2007-9)