

仮想化技術のまとめ

南畑淳史, 山下尊也

Atsushi MINAMIHATA, Takaya YAMASHITA

1 はじめに

近年, IT システムの高度化, 複雑化にともない, サーバ数が増加している. このためサーバの維持, 管理コストの割合が増加している. また, システムの安定性, 信頼性の問題から, システムがピーク時の負荷に対応するために, サーバは余剰リソースを搭載している. そのためサーバの稼働率はピーク時以外は 10%~20% であると言われている. このような現状からリソースの有効活用やコスト削減や運用負荷の軽減に対するニーズが高まっている. そしてこのようなニーズに対する有効な手段として, 管理やリソースを柔軟に扱う事が出来る仮想化技術が注目されている.

2 仮想化技術

仮想化技術とは, コンピュータリソースの抽象化 (必要な機能だけ選び出し, 他の機能はエンドユーザなどからは関与出来ないようにする事) を行う事で物理的な性質, 技術的な詳細を隠蔽する技術である. これによりエンドユーザやアプリケーションは, コンピュータリソースの物理的な性質や技術的な詳細を知ることなく利用することが可能である.

2.1 仮想化技術の種類

仮想化技術は Fig.1 で示すように様々な分野に応用されている. また仮想化技術は

1. 単一のリソースを複数のリソースがあるように見せる
2. 複数のリソースを単一のリソースであるように見せる
3. リソースを異なるリソースに見せる

の 3 つから成り立っている. これらを組み合わせることで, 複雑な物理リソースをエンドユーザが柔軟に利用可能となる.

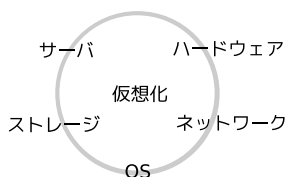


Fig.1 仮想化の種類 (出典：自作)

3 サーバ仮想化方式

サーバの仮想化方式は

1. ハードウェアを仮想化してサーバを仮想化する
2. OS を仮想化してサーバを仮想化する

の 2 つが挙げられる. またハードウェアの仮想化は一般的に VMM(Virtual Machine Monitor) と呼ばれている.

3.1 ハードウェア仮想化 (VMM)

VMM とはハードウェアをソフトウェアでエミュレートし, そのソフトウェア上で一つ以上の OS を動作する技術である. VMM の実装形態はホスト型方式と, ハイパーバイザ型方式に分けられる.

3.1.1 ホスト OS 型方式

ホスト OS 型方式は, 仮想化されていない通常 OS (以後ホスト OS) 上で, アプリケーションの形でインストールし, デバイスドライバはホスト OS 上の既存のものを利用して, VMM 上で動作している OS (以後ゲスト OS) に仮想ドライバ (一般的にはレガシーデバイスを仮想デバイスとしている) を提供する方式である (Fig.2 参照). そのため仮想デバイスとのインターフェイスが VMM で確立出来れば, 新しいデバイスも対応しやすく, ホスト OS の既存のリソース管理機構を再利用してゲスト環境の管理をすることが可能である. しかし仮想デバイスから物理デバイスまでに様々な階層を通るため, オーバヘッドが発生するデメリットがある.

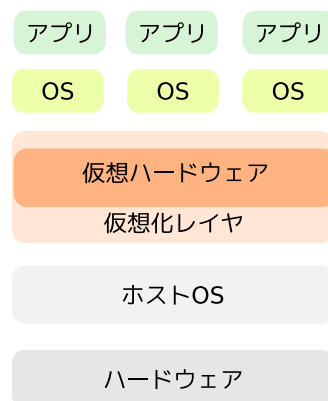


Fig.2 ホスト OS (参考文献¹⁾ より引用)

3.1.2 ハイパーバイザ型方式

ハイパーバイザ型方式はハイパーバイザと呼ばれる制御プログラムが、ゲスト OS のリソース管理や、エミュレーションを行う。そのためホスト OS を必要とせず、ハイパーバイザ自体が仮想 OS を制御するための機能しか持たないため、ホスト OS 型に比べ容量が少ない VMM を実現出来る。しかしホスト OS 型に比べてデバイスドライバをハイパーバイザが提供しないといけないために、新しいデバイスに対してはハイパーバイザが提供しているデバイスドライバを変更、追加する必要がある。またハイパーバイザ型には

1. フル・パーチャライゼーション方式
2. パラ・パーチャライゼーション方式

の 2 種類の方式が挙げられる。

3.1.3 フル・パーチャライゼーション方式

フル・パーチャライゼーション方式は OS を改変せず、VMM 上に実在するハードウェアをエミュレーションして、一つ以上の OS を VMM 上で動かす方式である (Fig.3 参照)。そのため仮想化している実在するハードウェアのドライバをそのまま用いる事が出来る。しかし常に特権命令 (プロセッサのステータスを変更するような命令や入出力命令) や一部のセンシティブ命令 (システムリソースの状態や動作モードなどに依存する命令) を監視しなければいけないので実行速度が低下するが、OS を変更することなく VMM 上で動かせるので使用出来る OS に幅がある。

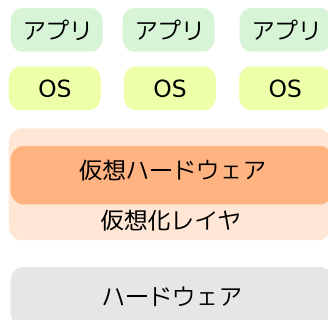


Fig.3 フル・パーチャライゼーション (参考文献¹⁾ より引用)

3.1.4 パラ・パーチャライゼーション方式

パラ・パーチャライゼーション方式は、OS が特権命令を発行する部分を VMM を呼び出すように変更した OS を使用し、VMM 上に実在するハードウェアをエミュレーションして、複数の OS を VMM 上で動かす方式である (Fig.4 参照)。OS の一部を変更するために使用出来る OS は制限されるが、フル・パーチャライゼーションする場合に比べて、特権命令や一部のセンシティブ命令を監視する必要がないので、VMM に直接要求出来るので処理が単純にする事が可能である。

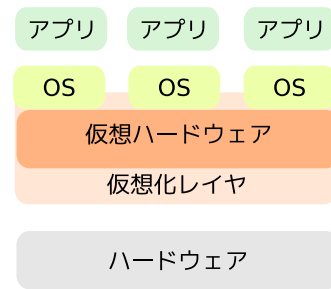


Fig.4 パラ・パーチャライゼーション (参考文献¹⁾ より引用)

3.2 OS の仮想化

OS の仮想化とは複数の独立したユーザ空間のインスタンス (オブジェクトの実体を指す言葉、本レポートでは OS を指している) を作成する事で、ホスト OS が自らハードウェアリソースを分割し、ホスト OS を複数の OS にみせかける事で、仮想環境を作りだし、OS を仮想化する技術である (Fig.5 参照)。

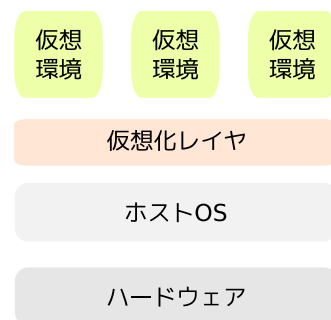


Fig.5 OS の仮想化 (出典：自作)

4 サーバの仮想化ソフトウェア

4.1 VMware Server

VMware Server は VMware 社が無償で提供しているホスト OS 型の仮想化ソフトである。主な使用用途はテストや開発に使われている。仮想ハードウェア環境は Table1 といった構成が取れる。VMware Server の特徴は、Web ベースのインターフェースを採用している点である。そのためネットワーク上のどのマシンからでも、VMware Server にブラウザを使ってアクセスが可能で仮想マシンの作成、管理、実行が行える。また仮想マシンに対して URL ショートカットを作成出来るために、ワンクリックで特定の仮想マシンにログイン出来る。また仮想マシンにおいて最大 2 コアのマルチプロセッサの構成を取ることが出来る。

Table1 VMware Server の仮想ハードウェア環境 (参考文献³⁾ より引用)

ハードウェア	仮想ハードウェア
チップセット	Intel 440BX NS338 SIO 82093AA IOAPIC
BIOS	PhoenixBIOS 4.0 Release 6 with VESA BIOS
グラフィック	VGA SVGA
メモリ	最大 8GB
HDD	最大 950GB

4.2 VMware ESXi

VMware ESXi は、2008 年 7 月より VMware 社が無償化したハイパーバイザ型のフル・バーチャライゼーション方式の仮想化ソフトウェアである。VMware ESXi は VMware ESX を軽量化したものであり、機能は VMware ESX と同等である。また 2009 年 4 月 22 日に VMware ESXi 4.0 を発表した。VMware ESXi 4.0 の基本性能は Table2 で示されるように、VMware ESXi 3.5 と比較して大幅に向上している。

Table2 VMware ESXi 3.5 と 4.0 の基本性能 (参考文献⁵⁾ より引用)

	ESXi 3.5	ESXi 4.0
仮想プロセッサ	4 個	8 個
仮想メモリ	64GB	255GB
ホストサーバの物理コア数	32 個	64 個
ホストサーバの物理メモリ	256GB	1TB
同時稼働可能な仮想マシン数	128 個	256 個

ESXi は ESX のように Linux を利用して Service Console という管理用の OS 環境を構築せず、必要最低限の機能だけを実装しているために、32MB という非常に少ない容量で実装されている。そのため USB メモリに ESXi を入れることで、HDD を搭載しないディスクレスの構成にも出来る。ESXi は Service Console のような管理用の OS 環境は持っていないために、Remote CLI(Command Line Interface)を通して外部からサーバにすべて標準化されたプロトコルを利用して、リモートコントロールする事で仮想マシンを管理する。また ESXi 4 では VMkernel が 64bit 化されたために、オーバーヘッドの軽減、メモリアクセスの軽減し、スケーラビリティが向上した。さらに SAS や IDE といったデバイスが利用可能になった。そして intel の EPT(Extended Page Tables, 仮想メモリを物理メモリに高速にマッピングする仮想化支援機能)をサポートした事でハードウェア仮想化支援機能のすべてに対応した。

4.3 Xen

Citrix XenServer が 2007 年に買収した XenSource のオープンソース仮想化技術である Xen をベースとしたハイパーバイザ型のパラ・バーチャライゼーション方式の仮想ソフトウェアである。Xen はハードウェアを仮想化することで複数 OS を実行制御するソフトウェアであり、ケンブリッジ大学の研究プロジェクトとして発足されたものである。Xen の大きな特徴はオープンソースであるとともに、パラ・バーチャライゼーション方式を基盤としているために、オーバーヘッドが少なく高速である。また仮想マシンを停止させることなく、仮想マシンを他の物理マシンに移動させるライブ・マイグレーション機能を持ち合わせている。これによりメンテナンスでハードウェアを停止させる場合に、仮想マシンを別のサーバに移動させる事が可能になり、保守性の向上が見込める。また負荷の低い時間帯や CPU やメモリを大量に使用したい仮想マシンのために、仮想マシンを移動させる事でパフォーマンスの最適化が可能となる。しかし Xen のライブ・マイグレーションは、移動先のハードウェア構成が Xen が差異を吸収出来る程度に似ている事、各サーバからアクセス可能である共有ストレージシステムが作られている事が必要となる。また Xen3.0 からは CPU の仮想化支援設計 (Intel VT, AMD-V) を利用してフル・バーチャライゼーションを扱えるようになった。そのため Windows のような OS を修正する事が出来ない OS も仮想化する事が出来るようになった。そして XenServer は 2009 年 2 月に無償化が発表された。Citrix 社とマイクロソフト社は協業しており、XenServer と、Windows Server 2008 に搭載のハイパーバイザ型の仮想化機能である Hyper-V は相互に互換性を持つこととなった。XenServer の機能としては XenMotion と呼ばれるライブ・マイグレーション機能、CPU やストレージのリソースプール機能、統合的な環境管理ツールである XenCenter がある。

4.4 Hyper-V

Hyper-V Server 2008 は、Microsoft Windows Hypervisor と仮想化コンポーネントのみで構成されている、ハイパーバイザ型のフル・バーチャライゼーション方式のスタンドアロン製品である。Hyper-V Server は 2008 年 10 月に無償化が発表された。Hyper-V Server では、Windows Server 2008 と同じ仮想マシンモデルを使用するので、Windows Server 2008 に変える場合でも管理インフラストラクチャを変える必要はないのが特徴である。また、仮想マシンを Hyper-V Server を Windows Server 2008 に移す、またはその逆を行う場合は、VHD(Virtual Hard Disk)形式の仮想ハードディスクフォーマットを取っているため、管理ツールで仮想マシンをエクスポートし、移したい側にインポートすれば移動する事が可能である。また、BitLocker というドライブの暗号化を用いるので HDD が盗難にあった場合でも、データを守ることが出来る。さらに Hyper-V Server は、Windows Server のドライバモデルを利用し、幅広い種類のハードウェア

アと周辺機器用のドライバをサポート出来る。Hyper-V Server の取れる構成は Table3 の通りである。2009 年 4 月 20 日に公開された Hyper-V Server 2008 R2 のβ版からはライブマイグレーション機能、ホストサーバをクラスタ化する機能、メモリの論理アドレスと物理アドレスを自動変換する機能、仮想マシンが利用出来る論理プロセッサ数を 32 個へ増やすなどが追加された。

Table3 Hyper-V Server 2008 の構成 (参考文献⁷⁾ より引用)

	親パーティション	仮想マシン
プロセッサ数	4 つまでのプロセッサ	4 つの仮想プロセッサ
メモリ	最大で 32GB	最大で 31GB
稼働数	1	最大 128

4.5 Virtuozzo

Virtuozzo は SWsoft が開発した OS 仮想化技術を使ったサーバ仮想化ソフトである。Virtuozzo の仮想環境は VZFS という独自のファイルシステムの上に構築される。実際はホスト OS のファイルシステム内にファイル/ディレクトリという形で存在している。仮想環境はテンプレートと呼ばれる OS からカーネルやドライバなどを除いたライブラリやパッケージ群と仮想環境内の仮想 OS やアプリケーションが利用するプライベート領域ファイルで構成されている。テンプレートを仮想環境に展開することで OS のインストールと初期設定が済んだ状態となり、簡単に高速にセットアップを行う事が出来る。また仮想マシンに比べてホスト OS のカーネルやドライバを共有しているために、1/2~1/10 のリソースの消費量で済む。またハードウェアを仮想化しているわけではないので、仮想化しているハードウェアの仕様に縛られる事なく柔軟なリソース配分が可能となり、共有ストレージ無しでライブ・マイグレーション機能を使用する事が可能である。さらに仮想マシンはログインしなければシステムメンテナンス行えないが、Virtuozzo ではログインせず、複数の仮想環境に対して OS のアップデートやアプリケーションの追加が出来る。

5 今後の展開

近年、サーバ仮想化技術の発展や製品の成熟度があがってきた。そのためパフォーマンスや安定性と言った従来の問題点は改善されてきている。しかしまだまだ高負荷時に動的な資源の割り当てを行う時などは、安定性が疑問視されている。そのため、これからは高負荷時の安定度や更なる安定性に力が注がれると思われる。また、VMware 社の VMware ESXi や Citrix 社の XenServer などの無償化の流れをうけ、Microsoft 社の Hyper-V が無償化したように、これからユーザの獲得のためにさらに豊富な機能を持った仮想化ソフトウェアが無償化していくと思われる。そしてソフトウェアの無償化の流れ

にともない、ビジネスがソフトウェアからサービスに向かっている。そのため管理ツールの技術の向上に力が注がれていくのではないと思われる。また現在 VMware 社が仮想化ソフトウェアの市場シェアがトップであるが、Citrix 社が Microsoft 社の Hyper-V 向けの管理ツールを発表したように、VMware 社と Citrix 社、Microsoft 社という構図が明確になっていくだろう。さらにサーバの仮想化技術であるハイパーバイザは組み込みシステムに使用されていくと思われる。これは組み込みシステムで利用できるメモリ量が増加していることと、ハイパーバイザ自体が非常に軽量に実装出来るために組み込みシステムに使用出来る可能性が高いためである。また、身近で使用される組み込みシステムは社会的な要求として信頼性の問題がある。その一つの答えとしてハイパーバイザを使用することで、堅牢な組み込みシステムを構築出来ることから組み込みシステムで使用されていくと思われる。

参考文献

- 1) 仮想化 第 3 回 - Web セミナー【サーバ ES7000】:, <http://solution.unisys.co.jp/webseminar/29/>
- 2) Virtuozzo ユーザーズガイド, https://jpy.swsoft.com/manuals/VZ/Linux/3.0/VzLinuxUG_Japanese.pdf
- 3) VMware Server User's Guide, <http://www.vmware.com/pdf/vmserver2.pdf>
- 4) ニュースリリース | エルミック・ウェスコム, <http://www.elwsc.co.jp/japanese/newsrelease/news/news060313.html>
- 5) What 's New in VMware vSphere 4: Performance Enhancements (PDF), http://www.vmware.com/files/pdf/VMW_09Q1_WP_vSpherePerformance_P13_R1.pdf
- 6) 仮想マシンモニタ Xen 3.0 解説室:
第 1 回 Xen のモデルと構造:, <https://www.ibm.com/developerworks/jp/linux/library/itm-xen1/>
- 7) 概要 — Microsoft Hyper-V Server:, <http://www.microsoft.com/japan/servers/hyper-v-server/overview.mspx>
- 8) 高橋 洋介. 仮想化技術 Expert, 技術評論社, 2007
- 9) 平 初. 宮原 徹. 伊藤 宏通. 野津 新. 鎌滝 雅久. 中村 正澄. 宮本 久仁男. 小野 雄太郎. 大島 孝子. 仮想化技術 完全攻略ガイド, インプレスジャパン, 2007