

WHITE PAPER

バージョン 2.0
2010年2月

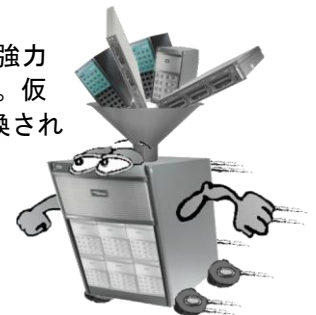
パフォーマンスレポート Hyper-V

ページ数 29

概要

サーバ仮想化は、現在、IT 環境の話題の中心にあります。最近のハードウェアは非常に強力なものが多く、単一のソフトウェアアプリケーションではその能力を活かしきれません。仮想化は、古いソフトウェアソリューションに理想的であり、特に古いハードウェアが交換された場合に適しています。

この文書では、実践的な使い方の推奨事項と、パフォーマンスデータの予測をテーマに据えて、Windows Server 2008 R2 における Hyper-V の仮想化ソリューションとしての使用について説明しています。



目次

はじめに	2	測定環境	10
仮想サーバとは	2	パフォーマンス分析	13
代表的な仮想化アーキテクチャー	3	CPU とメモリ	13
Hyper-V の概要	5	ディスク I/O	14
仮想化の種類	5	データスループット	15
I/O 構造	6	データベースサーバのアプリケーションシナリオ	17
Windows Server 2008 R2 Enterprise (フルインストール) ベースの Hyper-V	7	ネットワーク	18
Windows Server 2008 R2 の新機能	7	データスループット	18
測定方法	8	Web サーバのアプリケーションシナリオ	20
ベンチマーク	8	Web サーバ VM のスケーリング	22
Iometer	8	アプリケーションミックス	23
Netperf	8	省電力機能	25
vServCon	8	まとめ	27
SPECjbb2005	8	関連資料	28
SysBench	9	お問い合わせ先	29
WebBench	9		

はじめに

サーバ統合は、IT 環境のコスト削減において主要なトピックの一つです。効果的なサーバワークロード処理の向上とともに、サーバ台数の削減が求められています。最近では、各アプリケーションを専用サーバに割り当てて、相互干渉を防止しています。したがって、アプリケーションの数が増えると、データセンターのサーバの数も増えます。この割り当ての結果、各アプリケーションによってサーバがフルに活用されないため、利用可能なコンピューティングパフォーマンスが頻繁にアイドル状態になります。

仮想化を使用すると、複数の仮想サーバを 1 台の物理サーバに統合できます。仮想マシンを使用すれば、複数の異なる OS (さまざまな Linux 派生ディストリビューションや Windows バージョン、さらに同一 OS の 32 ビットバージョンと 64 ビットバージョンなど) を同一の物理サーバで並列実行することも可能です。さらに、仮想サーバのメリットとして、レガシー OS や既存のアプリケーションを独自の環境とともに仮想マシンに存在させることができます。

現在、x86 および x64 ベースのサーバ向けにさまざまな仮想化製品が幅広く販売されています。この文書では、主に、Windows Server 2008 R2 Enterprise で使用する Hyper-V に焦点を合わせています。

はじめに仮想化テクノロジーの全般的な概要と現在のアーキテクチャーについて説明し、それを踏まえたうえで Hyper-V アーキテクチャーの概要について説明します。主要部分は、単独の仮想マシン上でのさまざまなアプリケーションシナリオのパフォーマンス分析、複数の仮想マシンを実行する場合のスケーリング測定、およびアプリケーションミックスの考察から構成されています。

仮想サーバとは

仮想化とは、複数の OS を 1 台の物理サーバで同時に実行できるようにするテクノロジーです。仮想化の実現には、ハードウェアまたはソフトウェアを利用します。ソフトウェアベースの仮想化では、仮想化プログラムを使用して、仮想化層と呼ばれる追加の層を、実際のシステムリソースと仮想サーバ (仮想マシン) の間の物理サーバに挿入します。物理サーバのハードウェアは、仮想サーバから仮想化層のインターフェースを介して適切な形で使用できます。このように、仮想マシンは他の仮想マシンから完全に分離独立しています。

各仮想マシンには、ハードウェアリソース (この文書では 4 つのコアコンポーネントである CPU、メモリ、ネットワーク、およびディスクのリソースを常に指す) が割り当てられています。

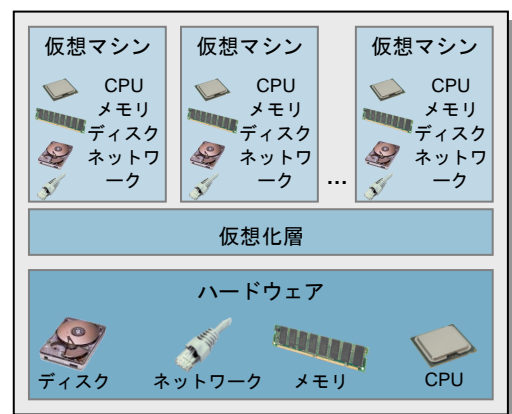
仮想マシンとホストサーバの物理ハードウェアとの各相互アクセスは、仮想化層を通過します。

サーバを区別するため、物理サーバを「ホスト」と呼び、仮想サーバ (VM (Virtual Machine : 仮想マシン) と呼ばれる) がゲスト OS とともに実行されている仮想化層を「ハイパーバイザー」 (または VMM (Virtual Machine Monitor : 仮想マシンモニタ)) と呼ぶことがあります。仮想化層では、仮想マシンはホストハードウェアおよびそのハードウェア/ドライバ関係から完全に独立しています。このような構成では、例えば、PRIMERGY RX300 S4 または PRIMERGY RX600 S4 に作成された仮想サーバを実行できます。

仮想マシンのハードウェアリソースの容量は、仮想化プログラムを使用して手動で頻繁に変更できます。この方法で、稼動中に CPU リソースを変更することが可能です。仮想マシンの要件に応じて、仮想マシンに割り当てる CPU 時間を増減できます。

各仮想マシンは、個別のサーバとして認識される必要があります。つまり、ホストで他の仮想マシンから完全に独立して実行されるということです。仮想マシンは相互に分離されているので、ビジネスに不可欠な機密データでさえもデータセキュリティが確保されます。

最もシンプルな仮想マシン (VM) は、構成ファイル、ディスクファイル、およびログファイルのみでの構成が可能で、管理者は比較的簡単にバックアップできます。



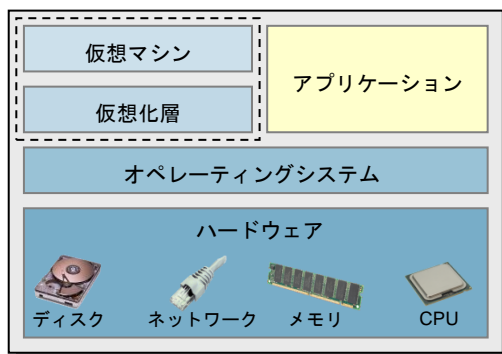
代表的な仮想化アーキテクチャー

原則として、仮想化の手法は 4 つのタイプがあり、1 台または複数の仮想サーバを 1 つの共有物理ハードウェアプラットフォームで実行できるようにします。

タイプ 1 :

タイプ 1 では、仮想化プログラムが存在している物理サーバに OS がインストールされます。その結果、仮想化層が OS に追加され、最上位に仮想マシンが存在します。CPU、ディスク、メモリ、またはネットワークへの各アクセスはこの層を通過します。右の図は、基本的な構造を示しています。

このタイプの仮想化のメリットは、左の図のように、仮想サーバに加えてその他のアプリケーションをホスト OS で実行できることです。このように、物理サーバでのアプリケーションと



仮想サーバの並列実行が可能です。

この仮想化ソリューションのデメリットは、ホスト OS で実際にオーバーヘッドが発生することです。ホストサーバが実行するシステムサービスには、アプリケーションを稼働させるためのリソースのみで十分で、仮想マシンを稼働させるためのリソースは不要です。その結果、仮想マシンのパフォーマンスが低下します。

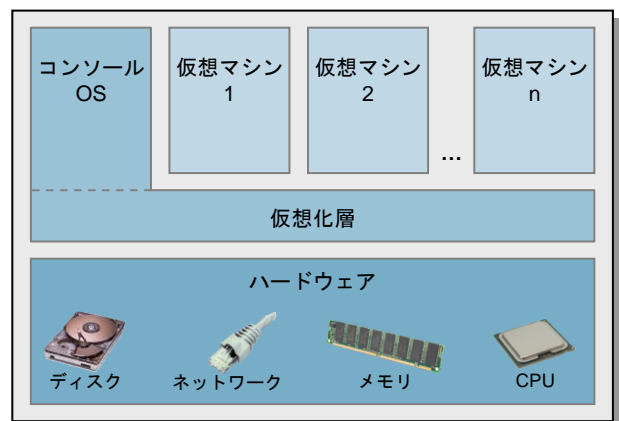
仮想マシンとのすべてのハードウェアアクセスは、仮想化層とホスト OS を通過する必要があります。



タイプ 2 :

仮想化タイプ 1 とは異なり、タイプ 2 では、ホスト OS を実際には使用しません。仮想化に直接必要な機能はすべて仮想化層に実装されています。これには I/O デバイスの制御も含まれるため、仮想化層には、必須ドライバも実装するか、少なくとも、サードパーティー製ドライバの統合に使用できる汎用インターフェースを提供する必要があります。

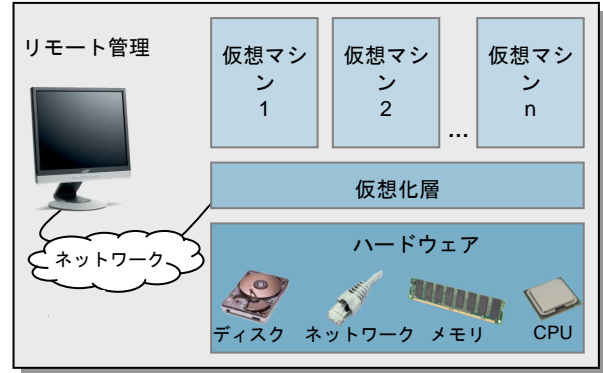
特別な補助 OS (「コンソール OS」) は、実際に必要な機能のみに絞られており、システムの管理に使用されます。補助オペレーティングシステム自体は、すでに VM として認識され、特別なステータスになっているので、I/O デバイスへの直接アクセスなどが可能です。



この仮想化ソリューションのメリットは、ホスト OS のオーバーヘッドがかからないことと、仮想マシンとのハードウェアアクセスが通過する必要がある層は仮想化層のみであることです。例えば、この概念に基づく VMware vSphere 4 では、仮想化層と補助 OS の両方のベースとして特別に適合させた Linux バージョンを使用します。

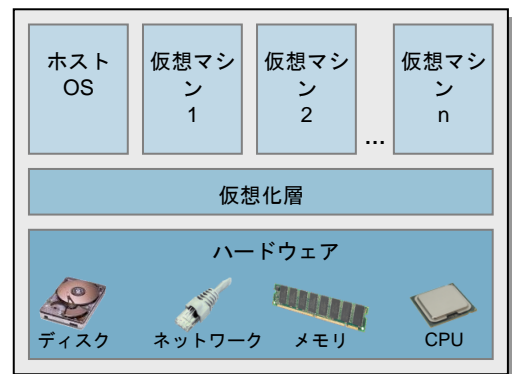
タイプ3 :

タイプ3は、最も単純な実装です。原則的にタイプ2によく似ており、I/O 制御も含めて仮想化に直接必要な機能はすべて自ら提供します。タイプ2と異なる点は、システムに直接提供される管理インターフェースはほとんどなく、管理機能またはプログラムはまったくないことです。そのため、リソースを消費するコンソール OS は使用されません。管理機能は、このタイプにも必須であり、外部システムから提供する必要があります。この原則に基づく仮想化ソリューションは、コンパクトにすることができ、実際にシステムのファームウェアとしての提供も行われています。このソリューションの例として1つ挙げるとすると、VMware ESXi があります。



タイプ4 :

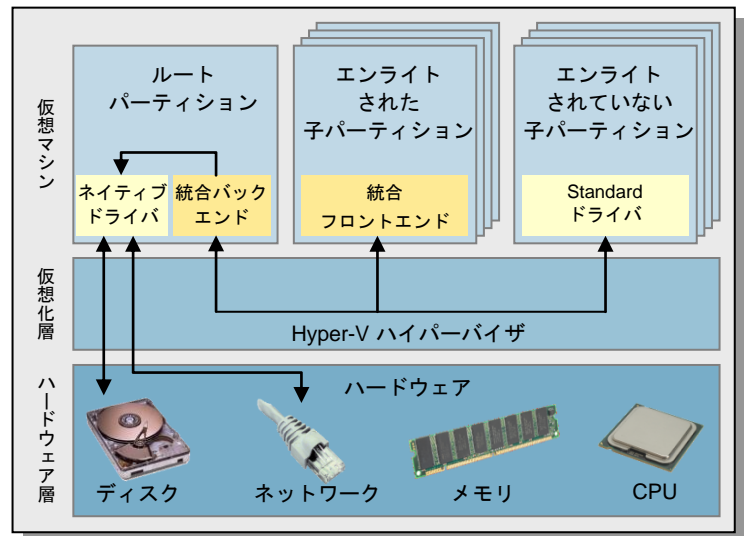
タイプ4は、タイプ1とタイプ2の両方に似ています。タイプ1と同様に、完全なホスト OS をすべてのハードウェアアクセスに使用します。このホスト OS は、ハイパーバイザーの監視のもとに実行されていますが（タイプ2を参照）、従来の VM とは異なり、ハードウェアに直接アクセスできる権限を持っています。従来の VM の I/O 操作は、ハイパーバイザーではなく、このホスト OS によって実行されます。このアプローチのメリットは、ハイパーバイザーをコンパクトに実装できること、そして、タイプ2と同様にホストシステムを完全に制御でき、この方法で少なくとも CPU リソースとメモリリソースに関しては通常のホスト OS によるオーバーヘッドを回避できることです。ただし、I/O アクティビティに関してはオーバーヘッドが発生し続け、ホスト OS のアーキテクチャーによってはオーバーヘッドがタイプ1よりも高くなります。このオーバーヘッドを回避するために、XEN のようなハイパーバイザーでは各ハードウェアコントローラー（PCI カードなど）を各 VM に専用に割り当てることができます。これにより、VM からの超高速アクセスが可能になりますが、一度に1つの VM しかこのハードウェアにアクセスできないというデメリットもあります。さらに、ハードウェアの独立性が失われるので、このような VM を別のハードウェアプラットフォームに簡単に移動することはできなくなります。



タイプ1と同様にホスト OS に完全な OS を使用できるので、この原則では実際の仮想化機能に加えてサーバサービスを追加提供することも可能です。XEN と Hyper-V がこのタイプの例として挙げられます。

Hyper-V の概要

Hyper-V は、ほとんどの Windows Server 2008 x64 エディションでコンポーネントとして利用可能な仮想化ソフトウェアであり、追加の「役割」として提供されます。Microsoft では特別なサーババージョンも提供しており、このバージョンは単に Hyper-V サーバとして使用するよう設計されています。ここでは、縮小バージョンの Server Core バージョンを取り上げます。つまり、Hyper-V サーバの実行に絶対必要なサービスのみが対象です。GUI など、他に利用可能なサービスは含まれません。このようなサーバは基本的にタイプ 1 の仮想化ソリューションによく似ており、例えば、VMware Server があります。ただし、Hyper-V はタイプ 4 の仮想化ソリューションであるため、XEN との比較の方が適切です。タイプ 1 の仮想化ソリューションとの決定的な違いは、Hyper-V ではホスト OS をすでに仮想化しているという点です。通常の VM と比較すると、ホスト OS の VM では、権限ステータスによってハードウェアへの直接アクセスなどが可能です。これが必要な理由は、権限を持つ VM が、特に I/O 操作のためのある種の「プロキシ」として従来の VM によって使用されるためです。非常に簡略化された図では、VM のデバイスドライバは VM のタイプに応じて「統合フロントエンド」や「標準ドライバ」と表されます。I/O 要求は、デバイスドライバから、権限を持つルートパーティション内の「統合バックエンド」のコンポーネントに送信され、独自のネイティブドライバに渡されます。



Hyper-V では、すべての VM は「パーティション」と表されます。ホスト OS の VM の権限ステータスは、その VM の命名規則で表されることもあります。この場合は、「ルートパーティション」がホスト OS の VM の名称として定義され、それ以外のすべての VM は「子パーティション」という総称で表されます。実際には各仮想化ソリューションで独自の用語を定義しているため、この文書では、子パーティションの代わりに、より一般的な略語である「VM」を使用します。一方、ルートパーティションという名称はこの後も使用します。この文書で取り上げている他の仮想化ソリューションでこれに相当する名称を使用していないためです。

他の仮想化ソリューションと比較して、実際の Hyper-V ハイパーバイザーの機能範囲は、CPU リソースとメモリリソースの制御および非同期イベント（割り込みなど）の処理に限定されています。また、VM 内のスケジュールに影響しないように VM のスケジュールを制御する機能もあります。より正確なアーキテクチャ図など、Hyper-V の詳細については、『[Hyper-V Guide](#)』[関連資料 14] を参照してください。

他の仮想化ソリューションと比較して、実際の Hyper-V ハイパーバイザーの機能範囲は、CPU リソースとメモリリソースの制御および非同期イベント（割り込みなど）の処理に限定されています。また、VM 内のスケジュールに影響しないように VM のスケジュールを制御する機能もあります。より正確なアーキテクチャ図など、Hyper-V の詳細については、『[Hyper-V Guide](#)』[関連資料 14] を参照してください。

仮想化の種類

仮想化以前の時代における開発の歴史によって、従来の x86 および x64 プロセッサはさまざまな特性（特に CPU 命令権限とメモリ管理での特性）を持っており、仮想化を一層難しくしています。今日の仮想化ソリューションでは、こうした弱点を、ソフトウェアを使用して複雑な方法で克服しなければなりません。次に説明する 2 つの仮想化概念は、一般に Hyper-V の枠組みの中で使用されています。

準仮想化という種類の仮想化では、VM の OS が、仮想化されていることを認識しています。仮想化は、問題なく仮想化できる方法で CPU が使用される場合のみサポートされます。この仮想化では、OS カーネルとデバイスドライバでの修正が必要です。プロセッサによる仮想化サポート ([Intel-VT](#) [関連資料 4] や [AMD-V](#) [関連資料 5]) は、この種類の仮想化ではメリットがないので不要です。準仮想化は、現在、ネイティブ OS よりもオーバーヘッドがはるかに低くパフォーマンスの低下も極めて少ない仮想化の種類です。Hyper-V のルートパーティションは、この種類の仮想化を適宜ベースにしています。これは、すべての I/O 操作を子パーティションの代理として実行する必要があるためです。Hyper-V は、Windows Server 2008、Windows Vista、および SUSE Enterprise Linux 10 用のいわゆる「統合サービス」を提供します。これにより、VM でこれらの OS を準仮想化の方法で実行できます。

完全仮想化という種類の仮想化では、VM の OS を変更する必要はありません。前述の問題は、機能強化された ([Intel-VT](#) [関連資料 4] や [AMD-V](#) [関連資料 5]) 新しい x86 および x64 プロセッサによって解決されます。これらは、ハイパーバイザーで使用可能です。この種類の仮想化では OS の修正が不要なので、適合していない OS も仮想化されます。完全仮想化の主なデメリットは、準仮想化よりもパフォーマンスが大幅に低下することと、革新的なプロセッサによるサポートにもかかわらず実装が非常に複雑であることです。これは主に、従来の完全仮想化では、一般的なコンピュータの最重要ハードウェアコンポーネントを、手間をかけてソフトウェアにエミュレートする必要があるためです。一般に、パフォーマンスの低下は避けられませんが、追加の統合サービスによって最低限に抑えることはできます。このアドオンによって、原則として特別に、準仮想化されたディスクおよび LAN ドライバを完全仮想化 VM でも使用できるようになり、少なくとも、準仮想化 VM と同様のパフォーマンスを低レベルアクティビティで達成することが可能になります。このような統合サービスは、Hyper-V の一部機能として、Windows Server 2003 などの OS に向けて提供されます。

Microsoft の Hyper-V のマニュアルでは、これらの 2 種類の仮想化は区別されていません。代わりに、「**エンライトされた子パーティション**」と「**エンライトされていない子パーティション**」の違いのみが言及されています。エンライトされていない子パーティションは Microsoft から統合サービスが提供されておらず、インストールされてもいない VM のことです。統合サービスがないため、このような VM は常に完全仮想化されています。統合サービスがインストールされていた場合でも、VM を従来の意味で準仮想化する必要はありません。Windows Server 2003 VM の場合は、統合サービスには準仮想化されたデバイスドライバのみが含まれ、オリジナルの Windows OS カーネルに対する拡張機能は含まれていません。このような VM では、すべての I/O 操作は最適な速度で適宜実行されますが、メモリ処理などの機能は引き続きハイパーバイザーでエミュレートする必要があります。これに関して、「ドライバのエンライト」という用語もインターネットで使用されています。Windows Server 2008、Windows Vista、または SUSE Enterprise Linux をベースにした VM では、統合サービスにはデバイスドライバに加えてカーネル拡張も含まれており、これによって OS カーネルがハイパーバイザーと直接通信するように配置されて、各機能の複雑なエミュレーションを回避できます。原則として、これは従来の準仮想化に相当しますが、重要な違いは、Hyper-V では、ハイパーバイザーでエミュレートされた各機能が準仮想化 VM に残っているということです。例えば、「レガシネットワークアダプター」として構成された仮想ネットワークカードは、引き続きハードウェアエミュレーションをベースにします。

I/O 構造

Hyper-V で I/O 操作が実行される方法を詳しく説明することはこの文書の趣旨から外れますので、ここでは基本的なプロセスのみについて簡単に説明します。

Hyper-V の基本 I/O 概念は、I/O 操作を開始した従来の VM の代理として I/O 操作を実行しているルートパーティションをベースにしています。最新の文献では、この手順を制御するソフトウェアコンポーネントを「VSC (Virtual Service Client : 仮想サービスクライアント)」（開始 VM) および「VSP (Virtual Service Provider : 仮想サービスプロバイダー)」（ルートパーティション) と表しています。通信が実際に処理される速度に関係なく、この概念では、ここでの 2 つの独立インスタンスが実際に並列処理されるのはマルチプロセッサシステムの場合でさえも最適な状況のみという問題が常にあります。そのため、実際の通信コストに加えて、2 つのインスタンスのスケジューリングが原因の遅延時間が発生します。この点において、I/O 要求のパスに余分な中間インスタンスのない仮想化ソリューション (タイプ 1 または 2) では、間違いなくもっと簡単な方法で処理できます。I/O 要求を受信後直ちに実行することが常に可能だからです。これには、使用しているホスト OS から非同期動作の I/O API が提供されることが前提条件になります。

完全仮想化 VM に統合サービスがない場合は、デバイスエミュレーションが必要になるため I/O 処理が非常に複雑になります。Hyper-V で公式にサポートされるほとんどすべてのゲスト OS には適切な統合サービスが用意されているので、ここではその構成については詳しく説明しません。詳細については、『[Hyper-V: Guest OS Support](#)』 [関連資料 15] を参照してください。

Windows Server 2008 R2 Enterprise (フルインストール) ベースの Hyper-V

原則的に、Hyper-V サーバのインストール方法は以下の 3 種類があります。

- Microsoft Windows Server 2008 R2 の通常バージョンの「フルインストール」をベースにする
- 「サーバコアインストール」をベースにする
- 「Microsoft Hyper-V Server 2008 R2」の特別バージョンをベースにする

最後の方法は、機能の点ではサーバコアインストールとほぼ同じです。すべてのインストール方法で、実際の Hyper-V 機能は役割としてインストールされます。サーバコアインストールの重要なメリットは、対象が最小限に絞られているのでセキュリティ問題の発生が少ないことです。ただし、Hyper-V サーバの管理に追加のシステムが必要になるというデメリットもあります。パフォーマンスの点では、Hyper-V の役割以外にインストールされる役割や機能がない場合は、フルインストールと比較して、サーバコアインストールに特にメリットはありません。この文書に記載されているすべての測定は、最小限に絞ったフルインストールをベースにしています。インストールタイプに関連する違いはグラフィカルユーザーインターフェースの有無のみで、測定値に現れるパフォーマンスの違いはないと思われます。

Windows Server 2008 R2 の新機能

Windows Server 2008 R2 には、Hyper-V に関連する以下のような革新的な機能が含まれています。

- メモリ処理の高速化
これは、Hyper-V が最新の x86 プロセッサの「拡張ページテーブル」機能 (Intel の EPT、AMD の NPT) を利用するようになった結果です。この機能は、ハイパーバイザーが VM に提供する仮想メモリと物理メモリの間のマッピングをサポートします。
- 以下の機能による VM のネットワークパフォーマンスの改善
 - VMQ (Virtual Machine Queue : 仮想マシンキュー) のサポート。
ハイパーバイザーは新しい LAN コントローラー機能 VMQ を使用します。VMQ は、外部ネットワークからのパケットを事前にフィルタリングして VM 専用のキューに入れ、VM に直接送信できるようにします。これにより、ハイパーバイザーは VM にパケットをルーティングするタスクから解放されました。
 - ジャンボフレーム
- ホスト上の論理プロセッサを最大 64 個までサポート
- 「バランスの取れた」省電力プランの再設計によるエネルギー効率の改善
- VM への SUSE Linux Enterprise Server (SLES) のインストールが簡単に (以前は XEN 対応カーネルが必要でしたが、標準カーネルに対応しました)
- VM への Red Hat Enterprise Linux (RHEL) のインストールが可能に

測定方法

ここでは、パフォーマンス分析の測定方法、使用した測定ツール、および測定環境について説明します。使用したサーバおよびストレージハードウェアの各構成と、ネイティブおよび仮想 OS の構成は、測定方法に関連して説明します。

ベンチマーク

仮想サーバのような複雑な要素を分析するための汎用ツールがないため、目的に合わせてさまざまなベンチマークツールを使用しています。

Iometer

[Iometer](#) [関連資料 7] は、オープンソースの測定ツールです。比較的低いシステムレベルでのディスクおよびネットワーク負荷の生成に最適です。バージョンは 2006.07.27 を使用しています。Windows 環境ではオリジナルのダウンロードコンパイル版を使用していますが、Linux 環境では修正版を使用しています。これは、特にマルチプロセッサ構成の場合に、プログラム実行でエラーが発生しているかどうかを確認するクエリでのエラーによって、正しいエンドでの測定実行が頻繁に停止されるためです。修正は `IOCompletionQ.cpp` ファイルに適用し、308 行目を以下のように変更します。

```
if ((cqjd->element_list[i].error == 32) || (cqjd->element_list[i].error == 104) || (DWORD) * bytes_transferred < (DWORD) 0) {
```

これは単に応急処置的な解決方法ですが、通常の測定操作には十分であることが立証されています。

Netperf

[Netperf](#) [関連資料 6] は、オープンソースの測定ツールです。比較的低いシステムレベルでのネットワーク負荷の発生に最適です。バージョン 2.4.2 を使用しています。

vServCon

仮想環境でのサーバ統合を測定するために、富士通テクノロジー・ソリューションズではベンチマーク「vServCon」[関連資料 9] を定義しました。これは、Intel の「[vConsolidate](#)」[関連資料 8] をベースにしています。vServCon は、複数の標準的なベンチマークで構成されています。標準的なベンチマークのそれぞれが専用仮想マシン (VM) に割り当てられます。これらの VM と補助的なアイドル VM を合わせて「タイル」を形成します。基本となるサーバハードウェアのパフォーマンス能力によっては、測定の一環として、最大負荷に到達するために複数の同一タイルを並列して開始する必要があります。この環境の詳細については、『[ベンチマークの概要 vServCon](#)」[関連資料 9] を参照してください。Hyper-V には専用の vServCon 負荷プロファイルを使用しました。このため、vServCon スコアはこの文書の一連の測定間でしか比較できません。

SPECjbb2005

[SPECjbb2005](#) ベンチマーク [関連資料 10] は、JAVA ベースのベンチマークです。3 層クライアント/サーバシステムのエミュレーションで中間層に焦点を合わせて、サーバサイド Java のパフォーマンスを測定します。このベンチマークの詳細については、『[ベンチマークの概要 SPECjbb2005](#)」[関連資料 11] を参照してください。ベンチマークフレームワーク vServCon の一部としての使用では、このベンチマークは vServCon 仕様に従って修正されています。これには周期的なスリープ休止が含まれます。含まれないと、このベンチマークで I/O アクセスが絶対的に不足するので、VM はハイパーバイザーによって割り当てられた CPU 時間を使い切ってしまう、VM のサーバアプリケーションのあまり一般的でない負荷プロファイルが表示されます。そのため、互換性のある結果は生成されず、トランザクションの実行回数に関する情報を示す単一のインジケータのみが生成されます。

このベンチマークはシステム上で直接実行されます。外部負荷ジェネレーターは不要です。

SysBench

[Sysbench](#) [関連資料 12] は、データベース用の「オープンソース」ベンチマークです。多数の異なるプラットフォームを対象にできます。

SysBench は、vServCon フレームワークの一部として使用します。Sysbench バージョン 0.3.3 をベースにした、Intel の修正版もここでは使用していません。

このベンチマークはシステム上で直接実行されます。負荷ジェネレーターは不要です。

WebBench

[WebBench 5.0](#) ベンチマーク [関連資料 13] は、クライアント/サーバ環境で Web サーバのパフォーマンスを確認するのに使用します。ここでは、クライアント PC で Web ブラウザをシミュレートして、Web サーバに要求を送信し、データの受信後にパフォーマンス関連のアクセス情報をログに記録します。

測定環境

使用するベンチマークに応じて、適切な VM を定義する必要があります。以下の記述に出てくる「コア」は、VM との関連で常に vCPU (virtual CPU : 仮想 CPU) を指します。

アプリケーションシナリオの VM を定義する際は、できるだけ vServCon 標準 (『[ベンチマークの概要 vServCon](#)』 [関連資料 9] の FTS プロファイル V1.0) から乖離しないようにしました。OS とコア数に関しては、Hyper-V の前提条件を考慮に入れました。Windows Server 2008 R2 の新しい統合サービスを VM にインストールしました。

Iometer

CPU の数	1 コア
利用可能な RAM	1536 MB
ディスクサブシステム	FibreCAT CX500 36 GB ハードディスク (15,000 rpm) 5 台構成の RAID 0
OS	Microsoft Windows Server 2003 R2 Enterprise x64 Edition (SP2) Microsoft Windows Server 2008 Enterprise x64 Edition

Netperf

CPU の数	1 コア
利用可能な RAM	1536 MB
ディスクサブシステム	FibreCAT CX500 36 GB ハードディスク (15,000 rpm) 5 台構成の RAID 0
OS	Microsoft Windows Server 2003 R2 Enterprise x64 Edition (SP2) Microsoft Windows Server 2008 Enterprise x64 Edition

SPECjbb

CPU の数	2 コア
利用可能な RAM	2 GB
ディスクサブシステム	FibreCAT CX500 36 GB ハードディスク (15,000 rpm) 5 台構成の RAID 0
OS	Microsoft Windows Server 2008 Enterprise x64 Edition
アプリケーション	BEA JRockit R27.2.0

SysBench

CPU の数	2 コア
利用可能な RAM	1536 MB
ディスクサブシステム	FibreCAT CX500 36 GB ハードディスク (15,000 rpm) 5 台構成の RAID 0
OS	Microsoft Windows Server 2003 R2 Enterprise x64 Edition (SP2)
アプリケーション	Microsoft SQL Server 2005

WebBench

CPU の数	1 コア
利用可能な RAM	1536 MB
ディスクサブシステム	FibreCAT CX500 36 GB ハードディスク (15,000 rpm) 5 台構成の RAID 0
OS	SLES10 SP2 64 ビット
アプリケーション	Apache 2 (SLES10)

アイドル状態

CPUの数	1 コア
利用可能な RAM	400 MB
ディスクサブシステム	FibreCAT CX500 36 GB ハードディスク (15,000 rpm) 5 台構成の RAID 0
OS	Microsoft Windows Server 2003 R2 EE SP2 32 ビット

以下の最新世代および前世代のサーバのシステムをベースに測定を行いました。

SUT ハードウェア : Xeon 5500 シリーズ搭載サーバ	
モデル	PRIMERGY RX300 S5
プロセッサ	2 x Xeon E5540 (2.53 GHz、8 MB L3 キャッシュ)
メモリ	48 GB (PC3-8500R、8 GB を DIMM-1A~DIMM-1F に搭載)
ネットワークインターフェース	2 xデュアルポート 1 ギガビット LAN オンボードコントローラー (Intel 82575EB) : 1 つは負荷用、1 つは制御用 VMQ を実行するために後からインストールしたソフトウェアコンポーネント : 1) Intel 82575EB (Zoar) 用 LAN ドライバ、バージョン 11.0.103 (W2Kx x64) 2) Intel LAN 管理アプリケーション PROset、SW-Kit 14.3 以上よりインストール (W2K8 R2 x64) 以下の設定のみデフォルトから変更しています。 [Network Connection Properties] > [Advanced Adapter Settings] : Virtual Machine Queues = Enabled Receive Side Scaling Queues = 4 Queues
ディスクサブシステム	FibreCAT CX500 : ブート LUN、さらに、6 台の Seagate ST373454 ディスク (15 krpm、3.5 インチ) から成る RAID 0 アレイとして構成された専用の 50 GB LUN (各 VM または各タイル用)
ストレージの接続	FC コントローラー QLogic QLE2460 (スロット 1)
SUT ソフトウェア : Xeon 5500 シリーズ搭載サーバ	
オペレーティングシステム	Windows Server 2008 R2 Enterprise x64 (WS08 R2) Windows Server 2008 Enterprise x64 (WS08) WS08 R2 ではデフォルトから以下の設定を変更しています。 特に明記されていない限り、 [コントロールパネル] > [電源オプション] > [お気に入りのプラン] を [高パフォーマンス] に設定しています。
OS アップデート	WS08 R2 : なし WS08 : SP2
BIOS	6.00 R1.09.2619 デフォルト設定

SUT ハードウェア : Xeon 5400 シリーズ搭載サーバ	
モデル	PRIMERGY RX300 S4
プロセッサ	Xeon E5420 (2.50 GHz、6M L2 × 2、1333 MHz) × 2
メモリ	32 GB (8 GB PC2-5300F × 4)
ネットワークインターフェース	2 × 1 ギガビット LAN Broadcom (オンボード) : 1 つは負荷用、1 つは制御用
ディスクサブシステム	FibreCAT CX500 : ブート LUN、さらに、6 台の Seagate ST373454 ディスク (15 krpm、3.5 インチ) から成る RAID 0 アレイとして構成された専用の 50 GB LUN (各 VM または各タイル用)
ストレージの接続	FC コントローラー QLogic QLE2460 (スロット 2)
SUT ソフトウェア : Xeon 5400 シリーズ搭載サーバ	
オペレーティングシステム	Windows Server 2008 R2 Enterprise x64
OS アップデート	-
BIOS	PhoenixBIOS Version 4.06 Rev. 1.04.2519 デフォルトからの変更 : スピードステップ : 無効

負荷ジェネレーターのハードウェア	
モデル	タイルごとに 2 台のサーバブレード BX620 S4 (PRIMERGY BX600 S3 シャーシに搭載)
プロセッサ	Xeon 5130 × 2、2000 MHz
メモリ	1~2 GB
ネットワークインターフェース	1 ギガビット LAN × 2
オペレーティングシステム	W2K3 EE

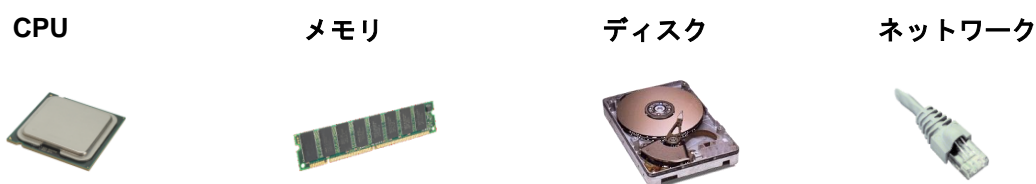
パフォーマンス分析

仮想マシンとの各アクセスは、仮想化層を通過する必要があります。この層のタスクは、I/O 操作を解釈して変換することです。プロセッサ、メモリ、ディスク、およびネットワークへのすべてのアクセスは、ホスト側から仮想マシンに対して変換されます。また、逆に仮想マシンからホストへのすべてのアクセスも変換する必要があります。

この変換には、コンピューティングパフォーマンスとコンピューティング時間が費やされます。ここで説明するパフォーマンス分析は、Hyper-V でのこの仮想化によって仮想マシンのパフォーマンスに及ぼされる影響の程度に関する情報の提供を目的にしています。

分析の主な焦点は 2 つあり、1 つは Xeon 5500 プロセッサ世代搭載の PRIMERGY サーバにおける Windows Server 2008 R2 Hyper-V と Windows Server 2008 Hyper-V の比較、そしてもう 1 つは Windows Server 2008 R2 Hyper-V のハードウェアプラットフォームとしての Xeon 5500 (PRIMERGY RX300 S5 などに搭載) と Xeon 5400 (PRIMERGY RX300 S4 などに搭載) プロセッサ世代の比較です。

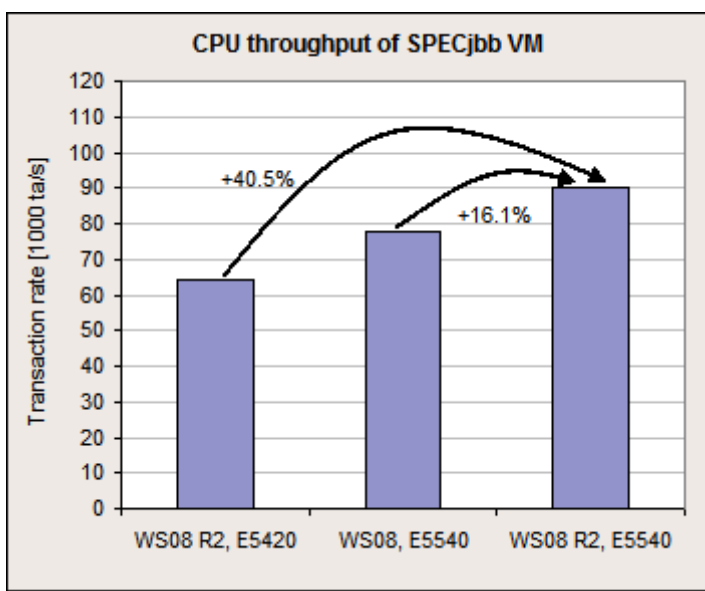
パフォーマンス関連のコンポーネントは以下の 4 つがあります。



次にこれらについて個別に見ていきます。ただし、CPU と メモリは互いに関連性が高いため同時に取り上げます。

CPU とメモリ

右のグラフは、さまざまな仮想化プラットフォームにおける SPECjbb VM のパフォーマンスを示しています。Xeon 5500 プロセッサシリーズを搭載したサーバで、Windows Server 2008 R2 (WS08 R2, E5540) 環境と Windows Server 2008 (WS08, E5540) 環境における Hyper-V バージョンを比較しています。さらにもう 1 つのデータは、Xeon 5400 プロセッサシリーズ搭載のサーバで新しい Hyper-V バージョンを実行した場合です (WS08 R2, E5420)。「WS08, E5540」から「WS08 R2, E5540」への 16.1% のパフォーマンスの上昇からわかるように、新しいハイパーバイザーバージョンによるパフォーマンスの改善は明らかです。メモリ処理の改善 (ハイパーバイザーによるプロセッサ機能 EPT の使用) の影響も見とれます。しかし、新しい Hyper-V バージョンを前世代のシステムと最新のシステムとで比較した場合のパフォーマンスの差はさらに大きくなります。このハードウェアのみの変更により (「WS08 R2, E5420」から「WS08 R2, E5540」)、パフォーマンスは 40.5% 上昇しています。この比較ではプロセッサアーキテクチャーの改善の効果が明らかになっています。また、新しいアーキテクチャーでは、ハイパーバイザーの改善に関係なく仮想化サポートが改善されていることがわかります。



比較条件を明確にするため、vServCon 負荷プロファイルに従って SPECjbb VM に組み込まれている周期的なスリープは、休止が機能しないように、この測定では無効にしました。

ディスク I/O

Hyper-V では、VM から見える仮想ハードディスク (HD) の形式として、「IDE-HD」と「SCSI-HD」の 2 種類があります。Hyper-V 側では、仮想 IDE コントローラー経由で接続された HD のみを VM のブート HD として使用できます。ただし、IDE コントローラーには、接続できるデバイスが最大 4 台という大きなデメリットがあります。この制限は、デスクトップ VM では許容できても、複数のサーバ VM では許容できません。そのため、Hyper-V では準仮想化された SCSI コントローラーも提供して、最大 64 台の仮想 SCSI-HD に対応できるようにしています。VM 1 台につき最大 4 つの SCSI コントローラーを構成できるので、単一の VM に最大 256 台の仮想 SCSI-HD を構成できます。高い信頼性やハイパフォーマンスなどの特質からは、通常は SCSI-HD が連想されます。IDE-HD は一般に、信頼性が劣り、速度がかなり遅いとみなされています。このような先入観は、仮想 IDE-HD には当てはまりません。仮想 SCSI-HD と比較すると、パフォーマンスはまったく変わりません。ただし、パフォーマンスが変わらない前提条件として、準仮想化された IDE デバイスドライバを含む統合サービスが VM にインストールされていることがあります。

ハイパーバイザーレベルでは、ファイル (ファイル VHD) を仮想 HD として使用することも、ネイティブ HD または SAN-LUN を仮想 HD として使用することもできます (Hyper-V の用語では「パススルーディスク」、他のソースでは「RAW デバイス」または「RAW ディスク」とも呼ばれます)。ファイルの場合は、必要なスペースを一括で確保するか、要求に応じて動的に確保することができます。後者には、このような VHD を非常に短時間で作成できるというメリットがあります。ただし、VHD ファイルが後に必ず断片化してパフォーマンスの大幅な低下が予想されるというデメリットもあります。このため、VHD の動的な拡張はハイパフォーマンス実稼動環境では推奨されません。

測定環境

ディスク I/O に関するテストはすべて、VM と、以下の構成のネイティブシステムをベースにしています。

CPU の数	1 コア
利用可能な RAM	1536 MB
OS	Microsoft Windows Server 2008 Enterprise x64 Edition (VM) Windows Server 2008 R2 Enterprise x64 Edition (ネイティブ)

OS として Windows を使用する理由は、Windows OS も、Windows 上の測定ツール Iometer も、非同期のディスク I/O をサポートすることがわかっているからです。非同期である仮想化層またはホストの問題は、この方法で証明できます。VM 測定では、仮想 IDE-HD と仮想 SCSI-HD の両方の場合を対象にしています。パフォーマンスに関連する違いはないため、ここでは、IDE 測定の結果のみを詳細に見ていきます。すべての数値は、仮想 SCSI-HD にもそれぞれ当てはまります。ファイル VHD の場合は、VHD ファイルがファイルシステム内で断片化されていないことをパフォーマンスの理由の前提にしています。

データスループットを確認するために、以下のアクセスパターン (Iometer では「Access specification」) を考慮します。

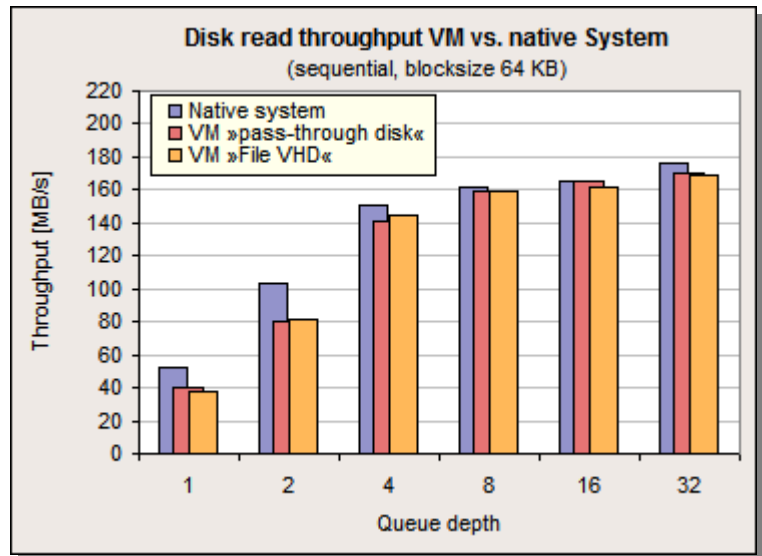
アクセスパターン	ブロックサイズ	リード/ライト率	ランダム共有	キューの長さ
シーケンシャルリード/ライト	64 KB	100 %ライト、その後 100 %リード	0 %	1、2、4、8、16、32
データベース	8 KB	67 %リード、33 %ライト	100 %	1、2、4、8、16、32
ファイルサーバ	64 KB	67 %リード、33 %ライト	100 %	1、2、4、8、16、32

データスループット

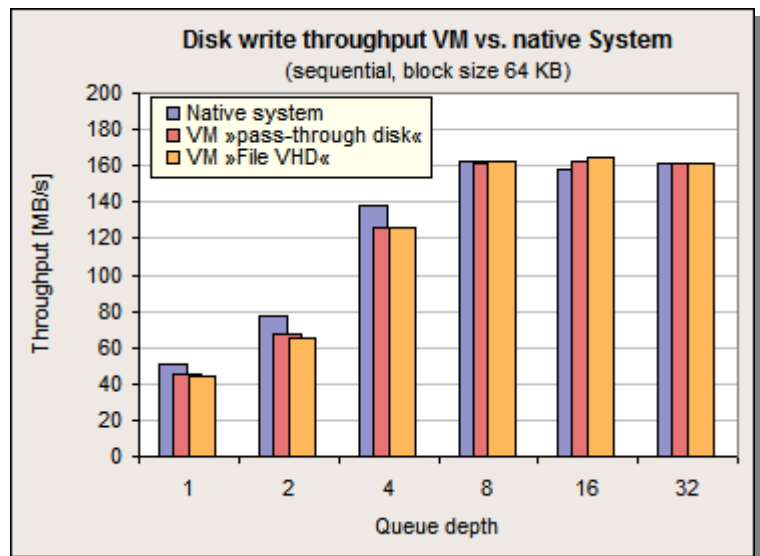
Windows Server 2008 Hyper-V (WS08) については、ネイティブベースでも仮想ベースでも Windows Server 2008 と Windows Server 2003 のディスク I/O スループットに大きな差異はないことが明らかになっています。さらに、当時のバージョンでは、VM からのアクセスに IDE-HD を使用しても SCSI-HD を使用しても VHD 接続に明確な差異はないことも判明しています。そのため、ディスク I/O のパフォーマンスについて、以下では Windows Server 2008 OS をベースにした例で説明します。VM の測定では、仮想 IDE-HD をベースにしています。

アクセスパターン : シーケンシャルリード/ライト

シーケンシャルリードでは、VHD の提供方法がパススルーディスクでもファイル VHD でも、VM はネイティブシステムと同じくストレージシステムの最大データスループットに達することができます。ただし、これには、少なくともキューの長さが 4 前後、つまり 4 つの非同期リード要求で動作していることが前提条件になります。キューの長さが短い場合でも、VM のスループットは非常に優れており、パススルーディスクではネイティブシステムの 77 % 以上、ファイル VHD では 72 % 以上を達成します。Windows Server 2008 Hyper-V では、パススルーディスクとファイル VHD との間に比較的大きな差異が見てとれます。

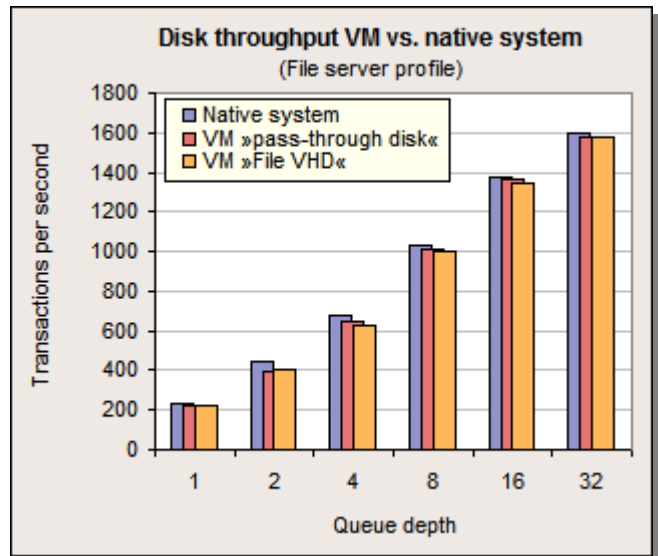
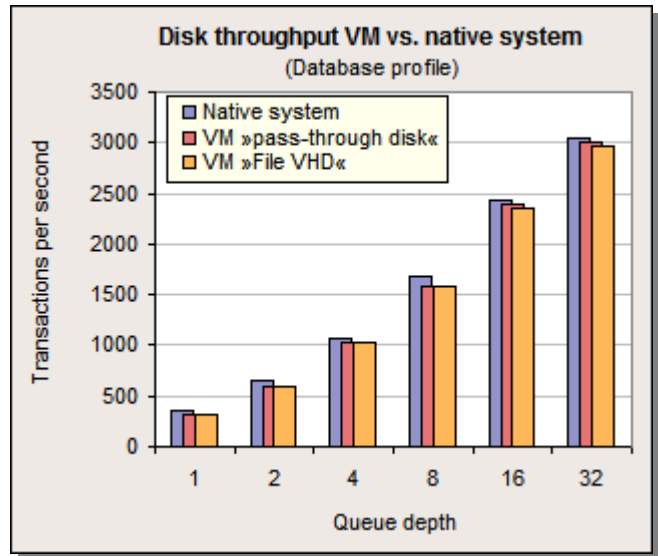


原則的に、シーケンシャルライトでもリードの場合と同じようなグラフになります。VM とネイティブシステムの両方とも、最大データスループットに達しています。これには、VM は 8 以上のキューの長さを必要とします。キューの長さが短い場合は、パススルーディスクを使用する VM はネイティブシステムの 86 % 以上のスループットを達成し、ファイル VHD を使用する VM でも 84 % を達成します。



アクセスパターン : ファイルサーバ/データベースサーバ

VM は、「ファイルサーバ」と「データベースサーバ」のアクセスパターンで最適なパフォーマンスを示します。これは、ランダムアクセスの結果としてディスクサブシステムの応答時間が当然長くなるので、VM 自体のオーバーヘッドが問題になっていないためです。ここに示す VM のパフォーマンスでは、ネイティブシステムと比較してももはや大きな差異が見られません。これらの負荷プロファイルでは、パススルーディスクとファイル VHD の差異も前述のシーケンシャルプロファイルに比べて小さくなっています。



データベースサーバのアプリケーションシナリオ

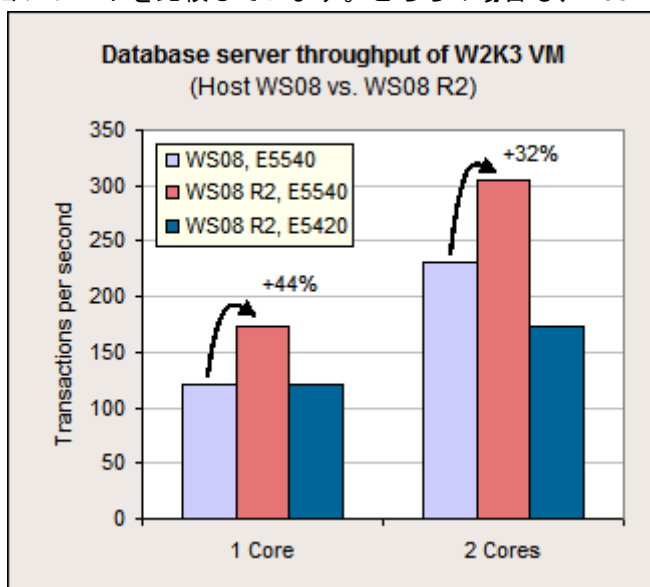
データベースアプリケーションは、ディスクのハイパフォーマンスが通常は不可欠なアプリケーションシナリオです。Iometer 測定では、VM は非常に優れたパフォーマンスを示し、最適なのは特にデータベースプロファイルを使用する場合です。ただし、Iometer の特性は、極めて最適化された方法でのみ測定ツールとして機能するため、最小限の CPU オーバーヘッドのみが発生するという事です。また、データベースは複雑な機能を持ったソフトウェアでもあります。これが、同じ強度のディスクアクセスの場合に一般に Iometer よりも優れた CPU パフォーマンスを必要とする理由です。また、データベースサーバが通常はマルチプロセッサシステムとして設計される理由でもあります。

そのため、SysBench ベンチマークによって表されるような一般的なデータベースアプリケーションについて見ていきます。この目的のため、VM は以下のように設定しました。

CPU の数	1~2 コア
利用可能な RAM	1536 MB
VHD モード	パススルーディスク
OS	Microsoft Windows Server 2003 R2 Enterprise x64 Edition (SP2)
データベース	Microsoft SQL Server 2005
ベンチマーク	SysBench 0.3.3 ([関連資料 12])

vServCon 標準プロファイルにおけるこの VM の定義では、焦点が「サーバ統合」という応用分野に当てられていることを指摘しておく必要があります。オペレーティングシステムとデータベースソフトウェアに古い製品が使われているのは、このためです。

右のグラフでは、Windows Server 2008 R2 Hyper-V (WS08 R2) と Windows Server 2008 Hyper-V (WS08) でこの VM を実行した場合のトランザクションレートを比較しています。どちらの場合も、Xeon 5500 シリーズ搭載のサーバを使用しました。また、Xeon 5400 シリーズ搭載のサーバで新しいバージョンの Hyper-V を使用した場合のパフォーマンスも記載されています。新旧の Hyper-V バージョン間で大幅なパフォーマンスの向上が見られます。この上昇率 (1 コアで 44 %、2 コアで 32 %) は、WS08 R2 で VM に使用できるようになった Xeon 5500 プロセッサ世代の仮想化サポートによる改善を非常に明らかに示しています。これにより、Windows Server 2003 など「カーネルエンライトメント」のない VM OS でも非常に高いパフォーマンスレベルを達成できるようになっています。これは、WS08 R2 と Xeon 5500 世代プロセッサ搭載のサーバを仮想化プラットフォームとして使用する仮想化ユーザーが、アプリケーションのカーネルモード共有や VM の論理プロセッサ数などについて心配する必要がなくなることを意味します。過去においては、このような点に注意することが推奨されていました。



グラフに示されているように、VM のコア数に応じたアプリケーションパフォーマンスの優れたスケーリングは、明らかにハイパーバイザーではなくプロセッサの特性によるものです。つまり、Xeon 5500 プロセッサシリーズ搭載サーバのスケーリングは両 Hyper-V バージョンで優秀な結果を出しているということです。WS08 のパフォーマンス上昇率は実質 92 % に達し、WS08 R2 でも 75 % と優れた成績を出しています。一方、Xeon 5400 プロセッサシリーズ搭載サーバでは、上昇率はわずか 44 % に留まります。

2 コアのデータベース VM の場合、新しいプロセッサによるパフォーマンスの向上は、新しいハイパーバイザーによる向上よりかなり大きいことがわかります。

- Xeon E5420 プロセッサ搭載システムの代わりに Xeon E5540 プロセッサ搭載システムを使用した場合 (ハイパーバイザーは同一)、パフォーマンス上昇率は 76 % に達します。
- 同じ Xeon E5540 プロセッサ搭載システムで Windows Server 2008 Hyper-V を Windows Server 2008 R2 Hyper-V に変更した場合のパフォーマンス上昇率は 32 % です。

ネットワーク

ディスク I/O の次に、もう一つの重要な I/O コンポーネントであるネットワークについて説明します。まず最大可能データスループットについて検討し、さらなる分析において結果を実際のアプリケーションシナリオで確認します。

すべてのテストには、以下の構成の VM とネイティブシステムを使用しています。

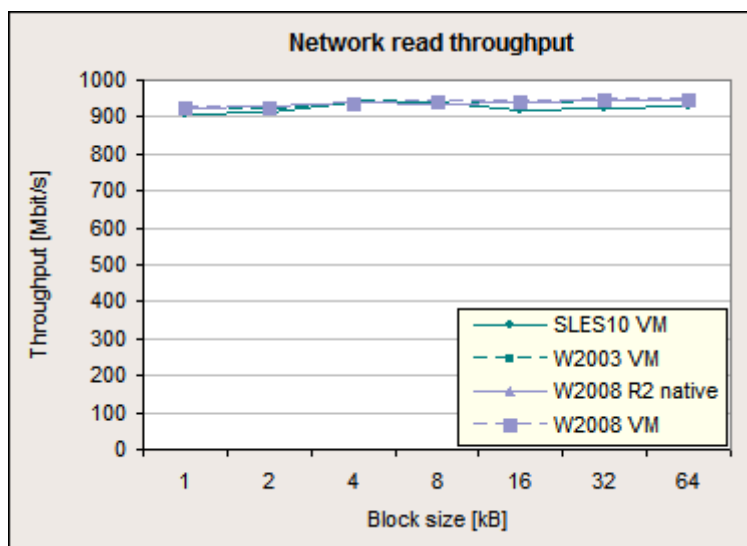
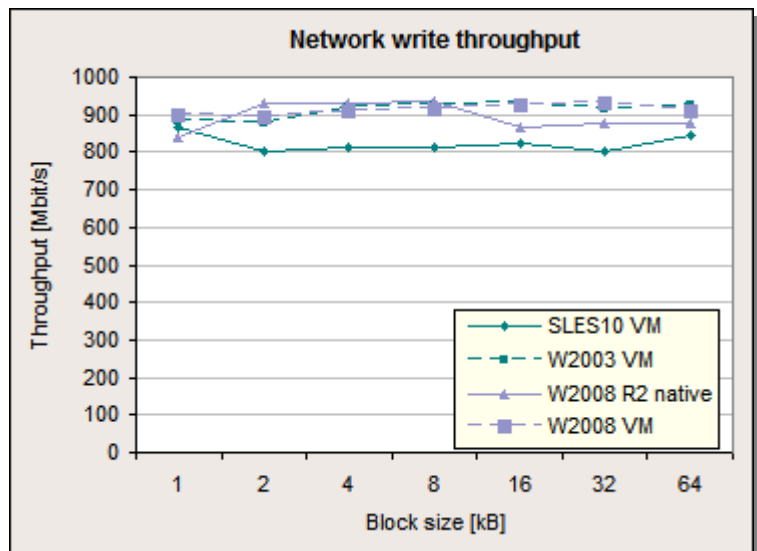
CPU の数	1 コア
利用可能な RAM	1536 MB
OS	Microsoft Windows Server 2003 R2 Enterprise x64 Edition (SP2) Microsoft Windows Server 2008 Enterprise x64 Edition (または R2) SLES10 SP2 64 ビット

PRIMERGY BX620 S4 サーバブレード (Xeon 5130 プロセッサ 2 基搭載、OS は Microsoft Windows Server 2003 Enterprise Edition) を測定の比較対照として使用しています。

データスループット

データスループットの確認には Netperf を使用します。ここでは、測定対象のシステム (SUT (System under Test : テスト対象システム)) にある Netperf インスタンスが、リモートシステムにある別の Netperf インスタンスと、異なるブロックサイズのデータを交換します。最初の一連の測定では、外部の比較対照へのネットワーク負荷生成を使用して、VM が達成できるスループットを調べます。これにより、この目的でデータが物理ネットワーク経由で転送されます。

ディスクでは、ネットワークスループットは操作のタイプ (データの送信か受信か) にも大きく依存しています。ライトのケース (SUT からの送信) では、すべてのシステムで 800~940 Mbps と優れたスループットを出しました。どのブロックサイズを見ても、物理的な限界に近い 1 GbE という値を出しています。SLES10 VM の場合に送信のスループットが比較的低いのは、Linux と Windows のそれぞれの TCP/IP スタックが原因と考えられます (後者は受信側の OS)。この転送方向では、前バージョンの Hyper-V と比較して平均では同等の優れたデータスループットを保っています。



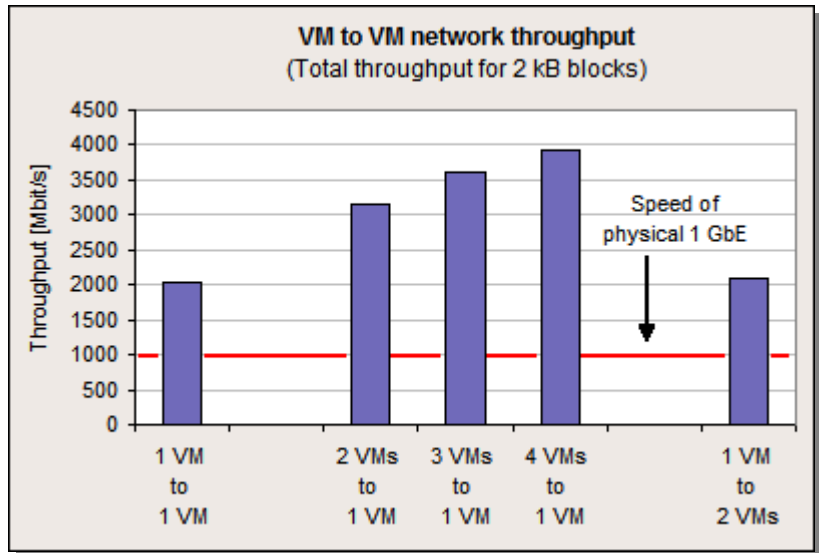
リードのケース (SUT での受信) では、すべてのシステムでブロックサイズ 1 kB からよく似た特性を示しています。仮想化システムとネイティブシステムのスループットはほとんど同じ値で、どちらも 900 Mbps を上回っています。ここでは前バージョンの Hyper-V と比べてわずかに改善が見られました。

全体としては、スループットの最小値と平均値の両方がすべてのブロックサイズおよび両方向で前バージョンの Hyper-V と比べて明らかな改善が見られます。

第 2 回の一連の測定では、VM とネイティブシステムの間よりも、同じホスト上の 2 つの VM の間のほうが、高いスループットを達成できるかどうかを調べます。VM でのネットワーク接続の構成には、2 つのオプションがあります。

内部専用 LAN の場合は、これは VM 間の共有ネットワークであり、物理ネットワークには接続しないため、スループットは物理ネットワークの速度に制限されません。ここでは CPU パフォーマンス、メモリアクセス速度、ハイパーバイザーアーキテクチャーなどの性能のみが問題になります。

ただし、2 回目の場合に、外部ネットワークへの接続が存在する場合でも、ほぼ上記の事項のみによってスループットが決定されます。これは、外部 LAN に転送する必要があるのは、VM がブロードキャストとして送信するネットワークパケットだけだからです。VM 間ではネットワークパケットは直接送信されます。右のグラフに示されているように、VM は、物理ネットワーク経由の転送と比べて VM 間トラフィックで大幅に高いスループットを実際に達成しています。



全体としては、同一ホスト上の 2 つの VM 間の最大スループットは、前

バージョンの Hyper-V と比べてさらに高くなっています。測定結果に示されているように、Windows Server 2008 R2 Hyper-V では、最大スループットは 2037 Mbps に達しました (2 kB ブロック時)。この値は他のブロックサイズでもほとんど変わりません。

1 つの VM が受信するスループット合計が、複数の異なる VM から同一の VM に送信することで大幅に高くなるのも興味深い点です。4 つの VM から同一の VM に送信した場合、受信スループット合計は 3937 Mbps に達しました。1 つの VM から複数の他の VM に送信した場合、スループットの向上は起きませんでした。

アプリケーションの観点から、調査した Hyper-V バージョンを使用し、同一ホスト上で VM を仮想化して、強力な相互ネットワーク関係を築いてみると、さらに興味深い結果が得られました。

Web サーバのアプリケーションシナリオ

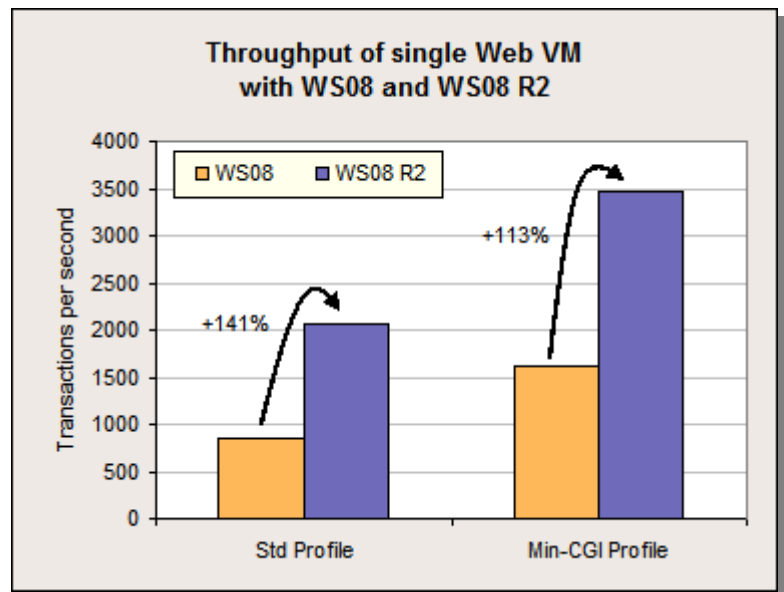
ネットワーク I/O のデータスループット分析では、VM がネイティブシステムとほぼ同等のスループットを達成できることが示されました。実際のアプリケーションへの影響を評価するために、以下では、一般的な Web サーバ環境について、[WebBench ベンチマーク](#) ([関連資料 13]) を利用して調査します。さらに、ここでは新しい VMQ サポートの効果についても調べます。

vServCon 標準の規定に従って、VM には、OS として SLES10 (32 ビット) を搭載した VM を使用しました。

テストでは、以下の 2 つの負荷プロファイルについて検討します。

Web サーバの負荷プロファイル	
STD-CGI	この負荷プロファイルは、Web サーバ上のすべての HTTP 要求の 16 %およびすべての HTTP-SSL 要求の 2 %が CGI プログラムを起動することを定義します。これにより仮想化ソリューションの必要性が高まります。
MIN-CGI	STD-CGI プロファイルから 16 %の CGI-HTTP 要求を除いたものです。Web サーバの負荷は、この CGI プロセスの分だけ減少しますが、仮想化ソリューション内のコストはさらに大きく減少します。両方の効果の組み合わせにより、追加の CPU 処理能力を利用できるようになり、VM の Web トランザクションレートが大幅に増加します。

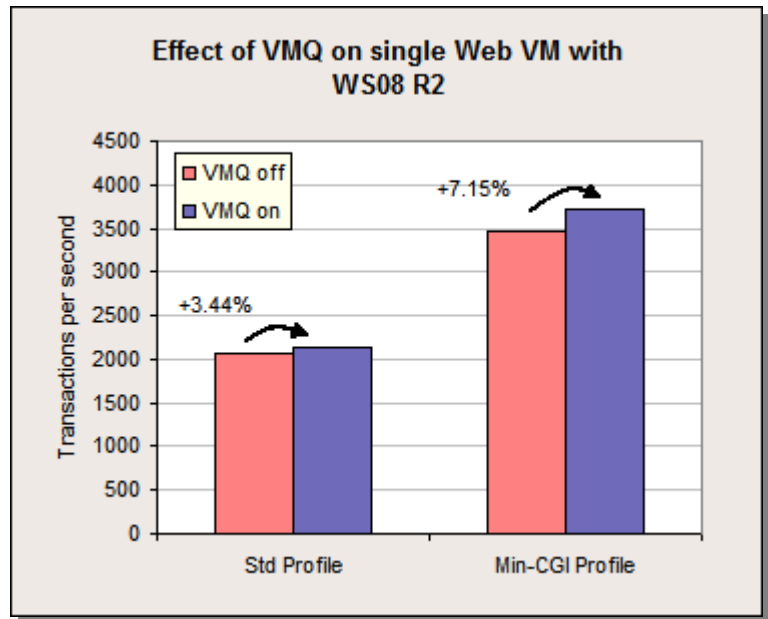
以下のグラフでは、2 つの負荷プロファイルによる VM の Web スループットを対象に、Windows Server 2008 R2 (WS08 R2) の Hyper-V と前バージョン (WS08) を比較しています。Xeon 5500 シリーズ搭載システムで、前バージョンの Hyper-V を最新の Hyper-V に切り替えた場合、2 つの負荷プロファイルの両方で Web スループットが 2 倍以上になっています。この大幅な向上には、SLES10 VM の新しいインターフェース構造 (新しい「統合サービス」、標準 SMP カーネル)、メモリ管理の改善 (EPT のサポート)、ネットワークの改善 (VMQ) など複数の要因が考えられます。



すでに述べたように、VMQ を有効化すると、ネットワークパケットのルーティングがソフトウェア（ハイパーバイザー）ではなく、ハードウェア（LAN コントローラー）によって行われるようになります。これによりネットワークトランザクションが高速化されます。これはグラフの 2 つの Web サーバプロファイルを見ると明らかです。さらに、このソフトウェアの処理がハードウェアに移った結果、CPU 負荷が低減しています。

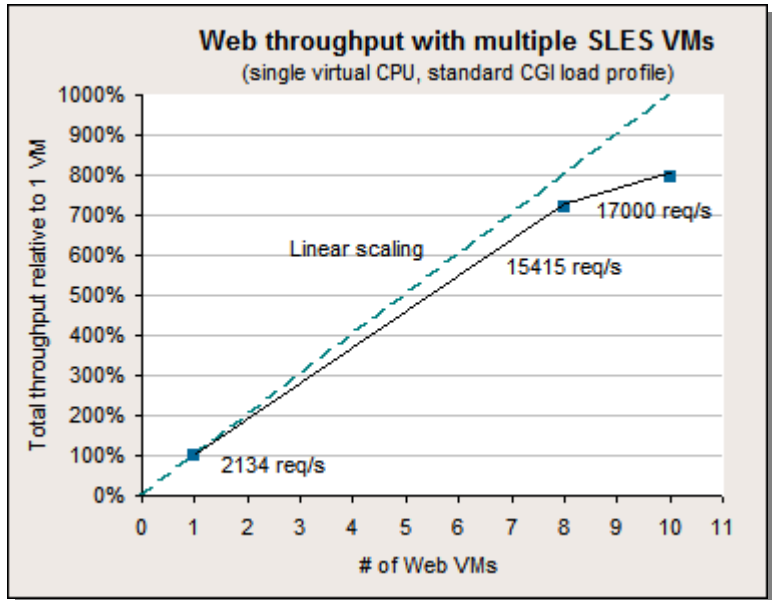
LAN コントローラー Intel 82575EB の VMQ（Virtual machine queues : 仮想マシンキュー）機能を有効にするには、最新の LAN ドライバと Intel LAN 管理アプリケーション PROset をインストールする必要があります。

Hyper-V VM からのネットワークアクセスのチューニングとパフォーマンスの監視については、『[Windows Server 2008 R2: High-Speed Networking Features](#)』（関連資料 16）を参照してください。



Web サーバ VM のスケーリング

Web 環境では、複数の Web サーバに負荷を分散させるのが一般的なスケールアウトシナリオであり、多くの場合は比較的低いコストで実施できます。以下のグラフは、STD-CGI プロファイルで複数の並列 VM それぞれに CPU 1 つと Web サーバ 1 つを割り当てた場合に、全体として Web スループットを効果的に向上できることを示しています。さらにグラフでは、代表的なパターンとして Web サーバ VM の数を 1、8、10 個にした場合の値を示しています。よく知られているように、デフォルトで有効になるハイパースレッディングにより、1 個の物理プロセッサコアは 2 つの論理コアに分割されるため、ハイパーバイザーが利用できる論理コア数は 16 個です。この非常に多くの論理コアにより、多数の VM を実行できるため、結果としてシステムの仮想化パフォーマンスは全般的に向上します。これはグラフに示されているように、Web サーバ VM 10 個を同時稼働した場合の非常に高いスループットから明らかです。Web サーバ VM 数が 8 個までの範囲では、すべての VM が物理コアを独占的に使用できるため、スループット合計はほとんど線形のスケーリングを示しています。

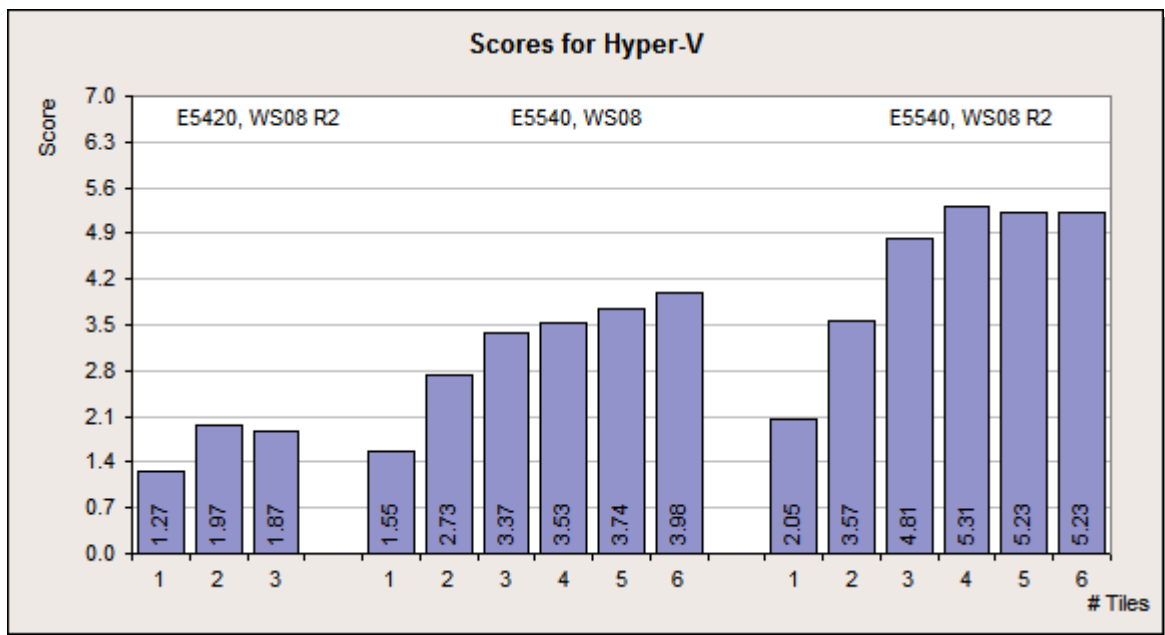


このレベルのスループットでは、サーバのパフォーマンスは決して低下しません。なぜなら未使用の論理コアがまだあるからです。このようにして達成できる全体的なパフォーマンスは、同一ハードウェアの非仮想化 Web サーバでは決して達成させることはできないでしょう。同様の傾向を MIN-CGI 負荷プロファイルでも見ることができるはずです。全体として、Hyper-V は、Web サーバ VM 使用時の非常に優れたスケーリング特性を示しました。

アプリケーションミックス

ここまではさまざまなアプリケーションシナリオを単独状態で見てきました。ここからは特定パターンのアプリケーションミックスのスケールングについて調査します。この目的で、4 種の異なる VM (Java VM、データベース VM、Web サーバ VM、およびアイドル VM) から構成される基本的な組み合わせパターン (「タイル」) を想定します。1 つのタイル、またはこのようなタイルの複数のインスタンスを同時実行してパフォーマンススコアを測定することが可能です。詳細については、『[ベンチマークの概要 vServCon](#)』[関連資料 9][関連資料 9]を参照してください。ミックスに含まれる VM (Java VM、データベース VM、および Web サーバ VM) の設定は、それぞれの個別のアプリケーションシナリオの調査パターンと同一です。詳細については、「[測定環境](#)」を参照してください。Hyper-V には専用の vServCon 負荷プロファイルを定義したため、スコアはこの文書の一連の測定間でしか比較できません。

以下のグラフは、Hyper-V の仮想化パフォーマンスが、ハードウェアの改善とハイパーバイザーの改善により、それぞれどの程度向上したかを示しています。意味のある値を出すため、比較する 2 つのシステムの構成はできるだけ同一になるようにしました。物理コア数は同一、CPU クロック速度もほとんど同一です。



少数の VM の比較 (タイル番号 1 は 4 つの VM と同等です) では、論理コア数の増加による影響がない状態での効果をまず示しています。

- Xeon 5400 シリーズ搭載システムを Xeon 5500 シリーズ搭載システムに切り替えた場合のパフォーマンスの上昇は 1.27 から 2.05 への 61 %でした (ハイパーバイザーはどちらのシステムでも Windows Server 2008 R2 Hyper-V)。
- ハイパーバイザーを Windows Server 2008 Hyper-V から Windows Server 2008 R2 Hyper-V に切り替えた場合のパフォーマンスの上昇は、1.55 から 2.05 の 32 %でした (システムはどちらの場合も Xeon 5500 シリーズ搭載)。

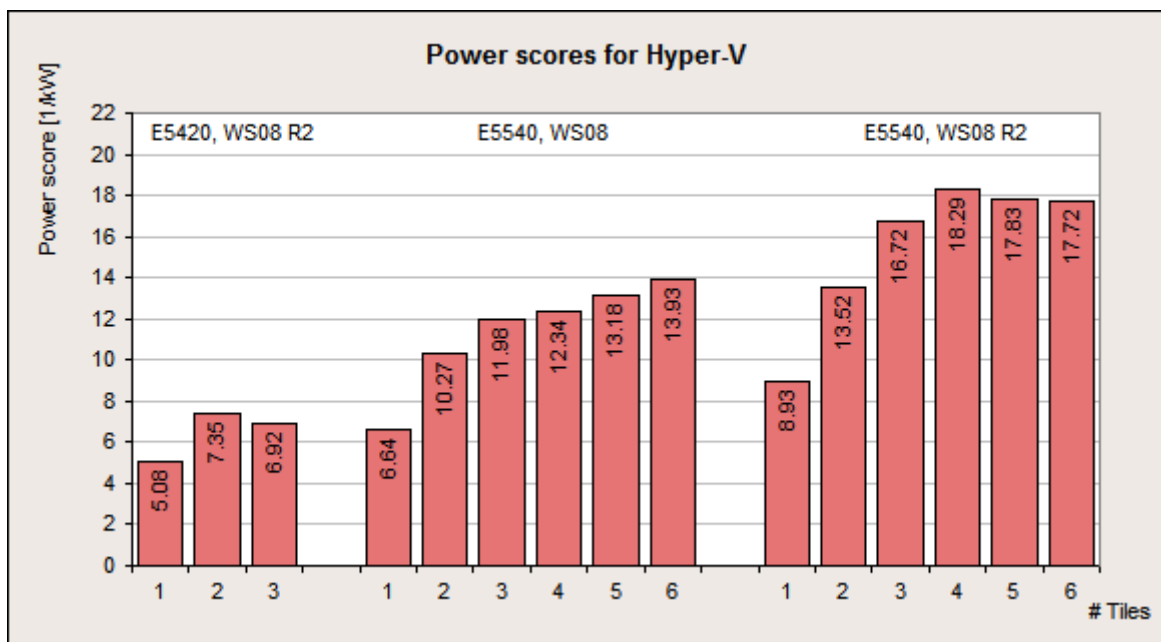
1 つ目の比較における少数 VM での 61 %のパフォーマンス上昇は、ハイパースレッディングがない状態でも、プロセッサにより (仮想化サポートの改善、ターボモード) パフォーマンスが上昇することを示しています。一方、2 つ目の比較における 32 %の上昇は、既存のハードウェア機能の利用と新しいソフトウェアアーキテクチャーの改善を示しています。したがって、新しいソフトウェアの影響は非常に明らかです。両者を比較すると、新しいハードウェアの効果が一段と高くなっています。

次にハイパースレッディングによる論理コア数の増加の影響を記録するため、最適な VM 数で完全負荷状態の適切なパフォーマンス値を比較する必要があります。

- Xeon 5400 シリーズ搭載システムを Xeon 5500 シリーズ搭載システムに切り替えた場合のパフォーマンスの上昇は 2 タイルで 1.97 から 4 タイルで 5.31 の 170 % でした (ハイパーバイザーはどちらのシステムでも Windows Server 2008 R2 Hyper-V)。
- ハイパーバイザーを Windows Server 2008 Hyper-V から Windows Server 2008 R2 Hyper-V に切り替えた場合のパフォーマンスの上昇は、6 タイルで 3.98 から 4 タイルで 5.31 の 33 % でした (システムはどちらの場合も Xeon 5500 シリーズ搭載)。

対象サーバが最適な VM で完全負荷状態にあるとき、ハイパーバイザーの変更によるパフォーマンスの上昇は、低負荷のときと同レベルの優れた成績でした。この比較では、古いハイパーバイザーでは、最大スコアが 6 タイルでようやく達したのに対し、新しいハイパーバイザーでは 4 タイルで最大スコアに達したことは注目に値します。中規模のタイル数 (3~5) では、新しいハイパーバイザーによってさらにパフォーマンスが向上することが示されています。しかし、特筆すべきは新しいハードウェアの効果です。論理コアの増加により、完全負荷のパフォーマンス上昇は 170 % です。

上記構成のエネルギー効率を調べると (サーバの消費電力あたりのスコア = 電力スコア)、以下のグラフが示すように、新しい Hyper-V バージョンの優れた成績は明らかです。



ホスト OS の設定オプションは、高パフォーマンスと省電力のどちらをどれだけ優先するかに応じて実際の設定内容が決まります。これについては次のセクションで扱います。

省電力機能

ホスト OS の Windows Server 2008 R2 では (Windows Server 2008 と比較して)、最大パフォーマンスが必要ない場合にサーバの消費電力を低減できる新しい機能が提供されています。これらの機能は、サーバを仮想ホストとして使用するかどうかにかかわらず有効です。

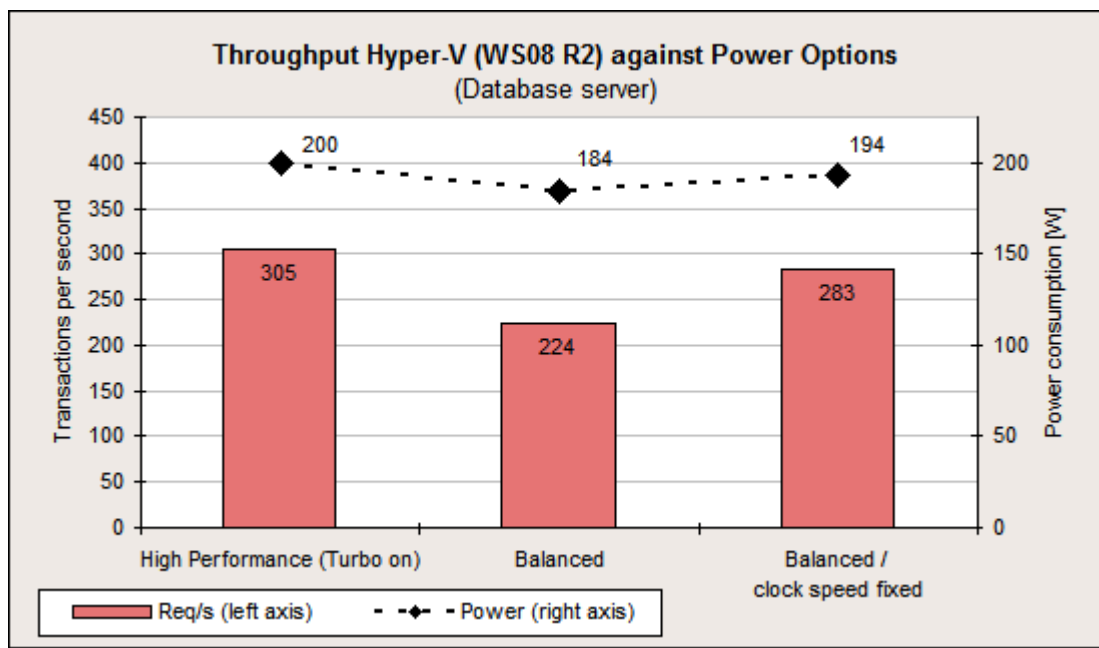
ホスト OS での設定は、通常、[コントロール パネル] > [電源オプション] > [お気に入りのプラン] で行います。標準設定は [バランス] です。このプランの目的は、エネルギー効率とパフォーマンスのバランスを取ることであるため、最大パフォーマンスが目的の場合は使用できません。最大パフォーマンスが目的である場合は、標準設定の代わりに [高パフォーマンス] 電源プランを選択する必要があります。この文書の他のセクションでは、Hyper-V が達成できる最大パフォーマンスの測定が目的であるため、すべてこの設定を採用しています。

ホスト OS である Windows Server 2008 R2 の [バランス] 電源プランでは、サーバに影響する 2 つの手段で電力を節約します。

- BIOS のデフォルトで設定される Xeon 5500 プロセッサ世代のターボモードが無効化されます。パフォーマンス要件が低いときにクロック速度を下げるため、プロセッサのすべてのパフォーマンス状態 (「P-state」、最大でも定格速度) が利用可能になります。ターボモードの詳細については、『[Series 5500: Turbo Mode](#)』 (関連資料 17) を参照してください。
- 新しい OS 機能「コアパーキング」が有効になります (詳細については、『[Windows Server 2008 R2 Power Management](#)』 [関連資料 18] を参照してください)。コアパーキングでは、直ちに実行する必要のある CPU 負荷を可能な限り最少のコアに集約し、省電力のため不要なコアを一時的に無効化します。

当然ながら、どちらの手段もサーバ負荷が低い場合に効果的です。

データベースサーバ VM を例として、2 つの電源プラン [高パフォーマンス] と [バランス] の影響を示すため、パフォーマンスと消費電力を測定し、全体的な効果のうちプロセッサ周波数が影響する割合を調査しました。



上のグラフは、[バランス] から [高パフォーマンス] に切り替えたときにデータベースパフォーマンスが 36 % 上昇したことを示しています。一方で消費電力は 16 W 高くなりました。[バランス] の設定 (クロック速度の低下が許容される) を変更し、クロック速度の低下を禁止すると、[バランス] よりパフォーマンスが 26 % だけ向上し、消費電力は 10 W だけ増加しました。パフォーマンスの向上に [高パフォーマンス] 電源プランが効果的な手段であることは明らかですが、あくまでも消費電力が目に見えて上がった代償として向上したということも示しています。

したがって推奨設定は、標準設定の [バランス] のトランザクションレートがアプリケーションの仮想化に十分な場合は、省電力目的で標準設定を維持すべきということになります。アプリケーションシナリオのパフォーマンス要件が高い場合は、クロック速度の低下を抑制するか、最終的に完全に [高パフォーマンス] に切り替えるかのどちらかになると考えられます。

注 :

[バランス] 電源プランのクロック速度の低下を抑制するには、以下の手順に従います。

- ホスト OS の GUI から設定する場合
[コントロール パネル] から [電源オプション] を開き、[プラン設定の変更] をクリックします。
[電源オプション] ダイアログボックスで [プロセッサの電源管理] > [最小のプロセッサの状態] を選択します。[バランス] のデフォルト値の 5 % を 100 % に変更します。この数値は、プロセッサの定格速度を 100 % とした場合のプロセッサクロック速度の下限を指定します。

- ホスト OS のコマンドラインから設定する場合 (「^」は行末で改行していないことを表しています)

```
Powercfg -setacvalueindex scheme_current sub_processor ^  
0cc5b647-c1df-4637-891a-dec35c318583 100  
Powercfg -setactive scheme_current
```

上記の Powercfg 引数 (Power Setting GUID) は意味不明な文字の羅列のようですが、その意味は「最小のプロセッサの状態」です。その後ろの数値が GUI で設定する場合のパーセンテージに対応しています。

まとめ

Microsoft は、改訂されたハイパーバイザー Windows Server 2008 R2 Hyper-V のほとんどすべての領域で目覚ましい改善を達成しました。最新の PRIMERGY サーバで最も大きな影響があったのは、メモリ仮想化のハードウェアサポート（プロセッサ機能の EPT または NPT）とハイパースレッディングです。主要な改善は以下のとおりです。

- 仮想マシン（VM）の純粋な I/O パフォーマンスが、ディスクについてもネットワークについても、ネイティブシステムとほとんど同等のレベルに達しました。同一ホスト上の複数の VM 間のネットワークアクセスの場合、1 Gbps の物理接続を遥かに上回る転送レートを達成しています。
- VM は仮想 CPU 数に合わせて十分スケールするようになりました。
- 特に、統合サービスを使用しないと Hyper-V に適合できなかった Windows Server 2003 などの古い OS を仮想化した場合のパフォーマンスが大幅に改善されました。
- 以前のバージョンと比べると、既存のアプリケーションの高パフォーマンス統合はさらに単純になりました。例えば、カーネルモード共有やアプリケーションに必要なコア数は、意思決定条件として以前ほど重要ではなくなりました。
- アプリケーション VM における SLES の高いパフォーマンスは、非常に印象的です。以前のハイパーバイザーバージョンと比べると、そのパフォーマンスは 141 %にまで達しています。標準の SMP カーネルを使用できることで、取り扱いが大幅に単純化されました。
- 複数の VM によるスケールアップは理想的な結果となりました。その結果、1 つの VM に多数の仮想 CPU を割り当てるのではなく、それぞれにわずかな仮想 CPU を割り当てた複数の VM を使用することで、アプリケーションの全体的なパフォーマンスを最適化することができます。この前提条件として、アプリケーションがスケールアウトシナリオに適合している必要があります。つまり、サーバファームの高パフォーマンス運用が可能になるということです。
- 以前のハイパーバイザーと比べると、すべてのアプリケーションシナリオおよび負荷範囲で少なくとも 30 %のパフォーマンス向上が見られます。
- ホスト上の論理プロセッサの最大数が増えました。

経験から推測すると、既存のサーバ（2~3 年前のもの）は、スループットの低下を一切伴わずに Hyper-V を実行する最新のシステムに統合可能であると思われます（ゲスト OS に必要な論理コア数が Hyper-V でサポートされている場合）。

Windows Server 2008 などの新しい OS を VM にインストールできるのであれば、ぜひそうすべきです。このような OS は仮想化を積極的にサポートしているため、さらに高いパフォーマンスが可能になります。

将来のバージョンの Hyper-V に望まれる改善は、サポート対象のゲスト OS をもっと増やすことと、VM に仮想 CPU を 1 つまたは 2 つしか割り当てられないという既存の制限をなくすことです。

関連資料

[関連資料 1]	富士通テクノロジー・ソリューションズの製品に関する全般的な情報 http://www.ts.fujitsu.com
[関連資料 2]	PRIMERGY 製品ファミリーに関する一般情報 http://www.primergy.com
[関連資料 3]	PRIMERGY のベンチマークに関するパフォーマンスレポートおよびサイジングガイド http://www.ts.fujitsu.com/products/standard_servers/primergy_bov.html
[関連資料 4]	Intel 仮想化テクノロジー http://www.intel.com/technology/platform-technology/virtualization/index.htm
[関連資料 5]	AMD-V http://www.amd.com/us-en/Processors/ProductInformation/0,,30_118_8796_14287,00.html
[関連資料 6]	Netperf http://www.netperf.org/netperf/
[関連資料 7]	Iometer http://www.iometer.org/
[関連資料 8]	vConsolidate http://www.intel.com/technology/itj/2006/v10i3/7-benchmarking/6-vconsolidate.htm
[関連資料 9]	ベンチマークの概要 vServCon http://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=c3d5ce5d-5610-43c6-86b4-051549940a71
[関連資料 10]	SPECjbb2005 http://www.spec.org/jbb2005
[関連資料 11]	ベンチマークの概要 SPECjbb2005 http://docs.ts.fujitsu.com/dl.aspx?id=18c15041-a25f-4d23-b0a5-5742dd5715ba
[関連資料 12]	SysBench http://sysbench.sourceforge.net/
[関連資料 13]	WebBench http://www.lionbridge.com/lionbridge/en-us/services/outsourced-testing/benchmark-software.htm
[関連資料 14]	Hyper-V Guide http://msdn.microsoft.com/en-us/library/cc768532.aspx
[関連資料 15]	Hyper-V: Support of Guest Operating Systems http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc794868(WS.10).aspx
[関連資料 16]	Windows Server 2008 R2: High-Speed Networking Features http://download.microsoft.com/download/8/E/D/8EDE21BC-0E3B-4E14-AAEA-9E2B03917A09/HSN_Deployment_Guide.doc
[関連資料 17]	Intel: Series 5500 Turbo Mode http://software.intel.com/sites/oss/pdfs/power_mgmt_intel_arch_servers.pdf
[関連資料 18]	Windows Server 2008 R2: Power Management Features http://download.microsoft.com/download/3/0/2/3027D574-C433-412A-A8B6-5E0A75D5B237/ProcPowerMgmtWin7.docx
[関連資料 19]	PC サーバ PRIMERGY (プライマジー) http://primeserver.fujitsu.com/primergy/

お問い合わせ先

PRIMERGY のパフォーマンスとベンチマーク

<mailto:primergy.benchmark@ts.fujitsu.com>

納品までの時間は在庫状況によって異なります。技術仕様は予告なく変更されることがあります。誤記脱漏は随時訂正されます。
示しているすべての販売条件は (TC) ユーロでの希望価格で VAT を除く価格です (別途記載ない限り)。ハードウェアおよびソフトウェアの名前はすべて、それぞれの所有者のブランド名または商標です。

発行部門 :

Enterprise Products
PRIMERGY Server
PRIMERGY Performance Lab
<mailto:primergy.benchmark@ts.fujitsu.com>

インターネット :

<http://ts.fujitsu.com/primergy>

エクストラネット :

<http://partners.ts.fujitsu.com/com/products/servers/primergy>