

# Windows Server

## 2012 R2

サーバー仮想化

技術概要

### 著作権情報

© 2013 Microsoft Corporation. All rights reserved. このドキュメントは、「現状のまま」提供されます。このドキュメントに記載されている情報および見解は、URL やその他の Web サイト参照を含め、将来予告なしに変更されることがあります。お客様ご自身の責任においてご使用ください。このドキュメントは、マイクロソフト製品の知的財産に関する法的権限を付与するものではありません。内部での参照を目的として、このドキュメントをコピーして使用することができます。内部での参照を目的として、このドキュメントを変更することができます。

# 目次

目次 .....	2
仮想化を超えて .....	6
Windows Server 2012 R2 以前 .....	6
Windows Server 2008 R2 Hyper-V の拡張 .....	7
Windows Server 2008 R2 Hyper-V の利点 .....	7
Windows Server 2012 Hyper-V および Windows Server 2012 R2 .....	7
スケーラビリティ、パフォーマンス、および密度 .....	8
仮想マシン NUMA .....	10
拡張された記憶域機能 .....	11
Hyper-V での Advanced Format ドライブ (4 KB セクター ディスク) のサポート .....	11
新しい仮想ディスク形式 (VHDX) .....	13
オンラインの仮想ハード ディスクのサイズ変更 .....	16
オンラインでのチェックポイントの結合 .....	17
Hyper-V での仮想ファイバー チャネル .....	17
オフロード データ転送 .....	20
拡張されたネットワーク パフォーマンス .....	22
仮想 RSS (Receive Side Scaling) .....	22
動的な仮想マシン キュー .....	24
シングルルート I/O 仮想化 .....	27
拡張されたリソース管理 .....	28
動的メモリ .....	29

ネットワークのサービス品質 (QoS).....	34
記憶域のサービス品質 (QoS) .....	39
仮想化されたワークロードのパフォーマンス .....	41
<b>セキュリティおよびマルチテナント.....</b>	<b>46</b>
Hyper-V 拡張可能スイッチ .....	47
PVLAN .....	48
ARP ポイズニング/ND スプーフィングからの保護 .....	49
DHCP ガードによる保護 .....	49
Hyper-V 仮想スイッチ拡張ポート ACL .....	49
仮想マシンへのトランク モード.....	50
監視.....	50
Windows PowerShell および WMI.....	50
拡張可能スイッチの拡張.....	51
拡張性 .....	52
管理性 .....	54
パートナーによる拡張.....	54
物理的なセキュリティ.....	56
BitLocker .....	56
<b>柔軟なインフラストラクチャ.....</b>	<b>59</b>
Hyper-V での Linux のサポート.....	59
64 の vCPU のサポートおよび緊密な統合サービスのサポート .....	60
統合フレーム バッファードライバー .....	60
動的メモリのサポート .....	60
実行中の仮想マシンのバックアップのサポート .....	61
実行中の固定サイズ VHDX の動的な拡張.....	61
Linux kdump/kexec のサポート .....	61
NMI のサポート .....	61
メモリ マップ IO (MMIO) ギャップの指定 .....	61

仮想マシンのライブ クローニング .....	62
仮想マシンのモビリティ .....	64
ライブ マイグレーション .....	64
SMB ベースのライブ マイグレーション .....	66
高速なライブ マイグレーション .....	66
圧縮付きのライブ マイグレーション .....	66
SMB 経由のライブ マイグレーション .....	67
記憶域のライブ マイグレーション .....	68
無共有型ライブ マイグレーション .....	69
クロスバージョン ライブ マイグレーション .....	72
信頼性の高い方法での仮想マシンのインポート .....	73
Hyper-V の自動化サポート .....	76
Hyper-V ネットワーク仮想化 .....	78
実用的な用途 .....	79
ネットワーク仮想化 – 主な利点 .....	81
ネットワーク仮想化の概念 .....	82
パケットのカプセル化 .....	84
アドレス仮想化によるネットワーク仮想化 .....	85
ネットワーク仮想化のアーキテクチャ .....	87
ネットワーク仮想化のルーティング   仮想サブネット間 .....	88
ネットワーク仮想化のルーティング   仮想サブネット外 .....	88

## 高可用性および回復性 ..... 92

NIC チーミング .....	92
アーキテクチャ .....	92
NIC チーミングの構成 .....	93
トラフィック分散アルゴリズム .....	94
仮想マシンでの NIC チーミング .....	95
フェールオーバー クラスタリング .....	96



クラスター共有ボリューム.....	97
Active Directory デタッチ クラスター .....	98
クラスター クォーラムおよび動的監視.....	99
シャットダウン時の VM のドレイン .....	103
VM ネットワークの正常性検出.....	103
拡張されたクラスター ダッシュボード.....	104
VM の監視.....	104
フェールオーバーの優先順位、アフィニティ、アンチアフィニティ .....	106
クラスター対応更新.....	108
ゲスト クラスタリング .....	110
共有 VHDX .....	112
増分バックアップ .....	113
Windows Azure Backup との統合 .....	114
Hyper-V レプリカ.....	116
拡張されたレプリケーション .....	119
Windows Azure Hyper-V Recovery Manager .....	120
<b>仮想化のイノベーション.....</b>	<b>123</b>
第 2 世代の VM.....	123
拡張されたセッション モード.....	124
仮想マシンの自動ライセンス認証 .....	126
<b>結論 .....</b>	<b>128</b>

# 仮想化を超えて

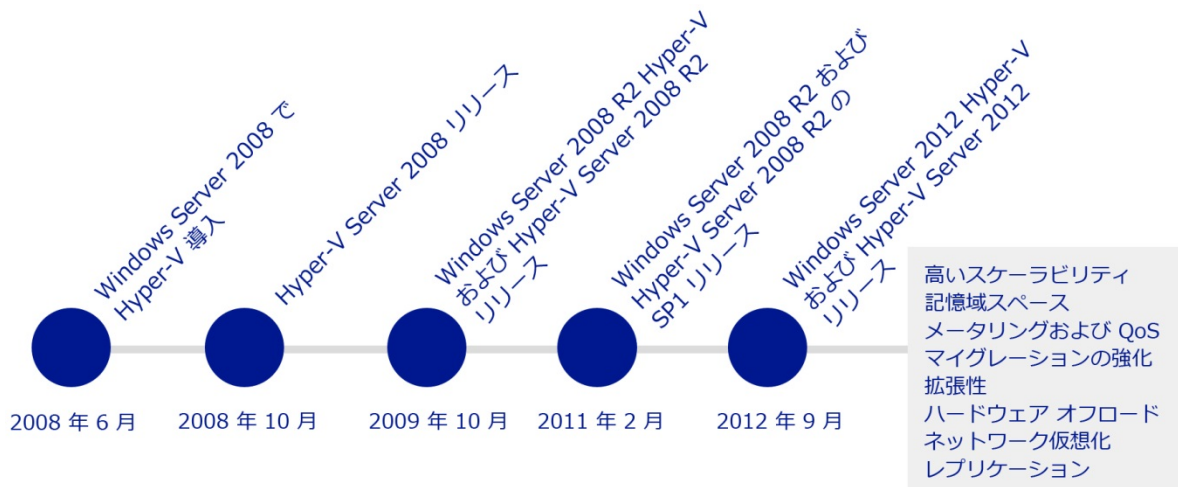
サーバー仮想化は、この数年で新しいテクノロジーから成熟した IT 機能へと進化しました。その過程で、あらゆる形態および規模の企業が、変化するビジネス ニーズに対応するためにその機能を活用し始めました。ワークロードを仮想化することにより、組織は、コストを制御および削減する一方で、IT システムのスケーラビリティ、柔軟性、および範囲を向上させることができます。

しかし、このような進化に伴い、組織でのビジネス タスクの実行における重要性が増しているクラウド サービスの構築や活用には、仮想化以上の機能が必要であることが認識されるようになりました。

マイクロソフトは、Hyper-V によって仮想化テクノロジーの進化をリードしてきました。Hyper-V は、Windows Server 2008 の機能として最初に導入され、Windows Server 2008 R2 で大幅に拡張および強化されました。Windows Server 2012 の Hyper-V は、複数のサーバー役割を単一の物理ホスト マシンで実行されている個別の仮想マシンとして統合することにより、サーバー ハードウェア投資を最適化するためのツールを組織に提供します。また、Hyper-V を使用して、Windows だけでなく Linux などの Windows 以外の複数のオペレーティング システムを 1 台のサーバー上で効率的に実行し、64 ビット コンピューティングの能力を活用することもできます。

このホワイトペーパーでは、Windows Server 2012 R2 で行われた仮想化機能に関する大幅な機能向上、およびその機能向上を Windows Server 2012 Hyper-V の既存の強力な機能と組み合わせて最新のデータセンターの要件に対処するための包括的なプラットフォームを実現する方法について説明します。

## Windows Server 2012 R2 以前



最初に、以前のバージョンの Windows Server での Hyper-V の機能向上について説明します。2008 年 6 月にリリースされた Windows Server 2008 以降、Hyper-V テクノロジーによるサーバー仮想化は、オペレーティング システムに不可欠な要素となっています。Hyper-V の新しいバージョンが Windows Server 2008 R2 の一部として組み込まれ、Service Pack 1 (SP1) でさらに拡張されました。

Hyper-V テクノロジには、2 つの特徴があります。

- **Hyper-V** は **Windows Server** の仮想化の役割です。
- **Microsoft Hyper-V Server** は、ワークロードを単一の物理サーバーに統合できるハイパーバイザー ベースのサーバー仮想化製品です。この製品は無償ダウンロードとして提供されています。

## Windows Server 2008 R2 Hyper-V の拡張

2009 年 10 月にリリースされた Windows Server 2008 R2 Hyper-V には、組織がコストを削減する一方で、俊敏性と柔軟性を向上させることが可能になる魅力的な機能が多く搭載されました。

- **ライブ マイグレーション** – 中断やダウンタイムなしで仮想マシン (VM) を移動できます。
- **クラスター共有ボリューム** – 拡張性および柔軟性の高い方法で共有ストレージ (SAN) を VM に使用できます。
- **プロセッサの互換性** – CPU アーキテクチャが異なるホスト間でのライブ マイグレーションの柔軟性を向上させます。
- **ホット アド記憶域** – VM に対して記憶域を柔軟に追加または削除します。
- **向上した仮想ネットワーク パフォーマンス** – Jumbo Frame および仮想マシン キュー (VMq) のサポート。

2011 年 10 月にリリースされた Hyper-V 用の Service Pack 1 (SP1) では、組織がプラットフォームをさらに活用できるようにする新しい重要な 2 つの機能が導入されました。

- **動的メモリ** – 一貫性のあるワークロードのパフォーマンスおよびスケーラビリティを維持しながら、メモリを効率的に使用します。
- **RemoteFX** – 仮想デスクトップ インフラストラクチャ (VDI) の展開向けに最もリッチな仮想 Windows 7 エクスペリエンスを提供します。

## Windows Server 2008 R2 Hyper-V の利点

Hyper-V は Windows Server の不可欠な要素で、クラウドへ移行するための基盤となる仮想化プラットフォームを提供します。Windows Server 2008 R2 を使用すると、運用サーバーの統合、動的なデータセンター、ビジネス継続性、仮想デスクトップ インフラストラクチャ (VDI)、およびテストと開発といった仮想化シナリオのための強力なソリューションを実現できます。Hyper-V は、高い柔軟性に加えて、記憶域の柔軟性を高めるライブ マイグレーションやクラスター共有ボリュームなどの機能を提供します。Windows Server 2008 R2 の Hyper-V では、最大 64 の論理プロセッサをサポートする高いスケーラビリティ、動的メモリのサポートによって向上したパフォーマンス、そして強化されたネットワーク機能も提供されました。

## Windows Server 2012 Hyper-V および Windows Server 2012 R2

2012 年 9 月には Windows Server 2012 がリリースされ、Hyper-V に多くの新機能および強化機能が搭載されました。このホワイトペーパーでは、スケーラビリティ関連の機能強化から、新しい記憶域およびネットワーク機能、ライブ マイグレーションに対する大幅な拡張、ハードウェアとのより緊密な統合、VM レプリケーション機能まで、Windows Server 2012 Hyper-V の豊富な機能について説明します。これらの機能向上、新機能、および機能強化は、4 つの主な領域

に分類されます。このホワイトペーパーでは、Windows Server 2012 と R2 の両方を参照しながら、全体を通じてこれらの 4 つの領域について重点的に説明します。

- **スケーラビリティ、パフォーマンス、および密度** – ビジネスでは、これまで以上にサイズが大きく強力な仮想マシンを実行して、最大のワークロードの要求を処理することが求められています。さらに、ハードウェア スケールの増大に応じて、最大の物理システムを活用して最高レベルの密度を実現し、全体的なコストを削減することも必要とされています。
- **セキュリティおよびマルチテナント** – 今日、仮想化されたデータセンターは、一般的で現実的なものとなっています。IT 組織およびホスティング プロバイダーは、サービスとしてのインフラストラクチャ (IaaS) の提供を開始しました。IaaS は、より柔軟で仮想化されたインフラストラクチャ ("オンデマンドのサーバー インスタンス") を提供します。IT 組織およびホスティング プロバイダーは、拡張されたセキュリティおよびテナント間の分離、そして場合によってはコンプライアンス要求を満たすための暗号化を提供する必要があります。
- **柔軟なインフラストラクチャ** – 最新のデータセンターは、俊敏性を実現して、変化するビジネス要求により迅速かつ効率的に対応する必要があります。インフラストラクチャでワークロードを柔軟に移動できることは、非常に重要です。さらに、その具体的なニーズに基づいて、ワークロードを展開する最適な場所を選択できる必要もあります。
- **高可用性および回復性** – に対する信頼性が高くなり、多くのミッションクリティカルなワークロードが仮想化されるにつれ、これらのワークロードの可用性を継続的に維持する重要性が大幅に高まっています。ワークロードの高可用性を維持するだけでなく、障害発生時に別の地理的場所へ迅速に復元できる機能をプラットフォームに組み込むことは、現在の最新のデータセンター向けのプラットフォームを選択する際に非常に重要です。

これらの 4 つの領域全体において、想定される課題を確認した上で、コスト効果が高く強力な Windows Server 2012 R2 の機能を活用してこれらの課題に対処する方法について説明します。

## スケーラビリティ、パフォーマンス、および密度

Windows Server 2008 R2 の Hyper-V は、最大 4 つの仮想プロセッサと最大 64 GB のメモリが設定された仮想マシンの構成をサポートしました。しかし、IT 組織は、ミッション クリティカルな第 1 層のビジネス アプリケーションを展開するときに仮想化を使用することを求めています。オンライン トランザクション処理 (OLTP) データベースやオンライン トランザクション分析 (OLTA) ソリューションなどの大規模で要求が厳しいワークロードは、通常、16 基以上のプロセッサが搭載されたシステムで実行され、大量のメモリが必要です。このクラスのワークロードの場合、仮想プロセッサおよび仮想マシン メモリ容量に関する要件はさらに高くなります。

しかし、スケーラビリティは、単なるワークロードの実行にとどまりません。ワークロードの要求は、スケーラブルな記憶域およびネットワーク インフラストラクチャによって効果的に処理される必要があります。そのためには、最新のハードウェア イノベーションを活用する必要があります。

Windows Server 2012 および 2012 R2 では、これらの課題に対処するための設計目標が多数設定されました。マイクロソフトは、お客様が最高のパフォーマンスとスケールを維持しながら最も要求の厳しいアプリケーションを実行することを可能にするだけでなく、インフラストラクチャ全体で最適なリソース使用および可用性を提供できるようにしたいと考えます。



徹底したスケーラビリティの観点から、Windows Server 2012 R2 の Hyper-V では、Windows Server 2008 R2 の Hyper-V に比べてホスト プロセッサとメモリのサポートが大幅に拡張されています。新機能には、Hyper-V ゲストに対する最大 64 の仮想プロセッサと 1TB メモリのサポート、最大 64 TB という大容量の新しい VHDX 仮想ハードディスク形式、回復性および配置のさらなる最適化などが含まれます。詳細については、後で説明します。これらの機能は、仮想化インフラストラクチャにおいて大幅なスケール アップが必要とされるワークロードをサポートする高パフォーマンスの仮想マシンの構成を実現するために役立ちます。

しかし、以下の表に示すように、Windows Server 2012 Hyper-V での機能向上はこれだけではありません。

リソース		Windows Server 2008 R2 Hyper-V	Windows Server 2012 R2 Hyper-V	比較
ホスト	論理プロセッサ	64	<b>320</b>	<b>5 倍</b>
	物理メモリ	1 TB	<b>4TB</b>	<b>4 倍</b>
	ホストあたりの仮想 CPU の数	512	<b>2,048</b>	<b>4 倍</b>
VM	VM あたりの仮想 CPU の数	4	<b>64</b>	<b>16 倍</b>
	VM あたりのメモリ	64 GB	<b>1 TB</b>	<b>16 倍</b>
	ホストあたりのアクティブな VM の数	384	<b>1,024</b>	<b>2.7 倍</b>
	ゲスト NUMA	なし	<b>あり</b>	<b>-</b>
クラスター	最大ノード数	16	<b>64</b>	<b>4 倍</b>
	VM の最大数	1,000	<b>8,000</b>	<b>8 倍</b>

表 1 – Windows Server 2008 R2 Hyper-V と Windows Server 2012 R2 Hyper-V のスケーラビリティの比較

ホストの観点からは、この表から、Hyper-V はホストあたり最大 4 TB の物理メモリおよび最大 2,048 の仮想 CPU (vCPU) をサポートできることがわかります。これは、Windows Server 2008 R2 Hyper-V に比べて 4 倍の増加です。これは、2 つの vCPU を設定した 1,024 個の仮想マシンを実行し、それぞれに約 4 GB のメモリを搭載できることを意味します。それでもサポートされる構成の範囲内に収まります。このスケーラビリティは膨大で、ハードウェア投資から最大限の価値を引き出すことができます。

仮想マシン (VM) の観点からは、全体的に大きな向上が実現していて、最新の Hyper-V は、最大 64 個の vCPU および 1 TB メモリの VM をサポートします。これは巨大なスケールであり、このような種類のリソース容量を活用できるハイエンドでミッション クリティカルなインメモリ トランザクションまたは分析ワークロードの実行を可能にします。

仮想化された重要なワークロードのために高いレベルの可用性と回復性が必要とされていることは既に説明しました。そのような高レベルの可用性を Windows Server および Hyper-V で提供するための基盤は、フェールオーバー クラスターです。Windows Server 2012 R2 では、クラスター サイズは Windows Server 2008 R2 の最大 16 ノードから

64 ノードへと増加しました。その結果、クラスターあたりのアクティブ仮想マシンの数が 1,000 から 8,000 へと大幅に増加しました。

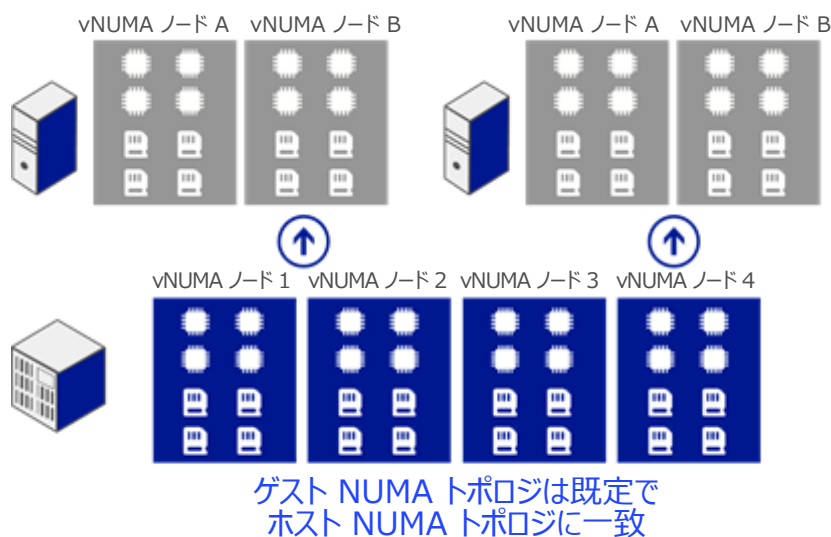
上の表では、もう 1 つのイノベーションが強調されています。このイノベーションは、仮想化されたワークロードで高レベルのパフォーマンスを実現でき、多数の仮想プロセッサおよび高レベルのメモリで仮想化されたワークロードを実行するときに特に重要になります。このイノベーションこそが仮想マシン NUMA です。

## 仮想マシン NUMA

Windows Server 2012 R2 Hyper-V は、仮想マシンの内部で NUMA (Non-Uniform Memory Access) をサポートするようになりました。NUMA は、マルチプロセッサ システム内のコンピューター アーキテクチャを表し、その中では、プロセッサがメモリにアクセスするために必要な時間は、プロセッサに相対的なメモリ位置によって決まります。

NUMA により、プロセッサは、リモート メモリ (システム内の別のプロセッサにとってローカルなメモリ) にアクセスするよりも速くローカル メモリ (プロセッサに直接アタッチされているメモリ) にアクセスできます。最新のオペレーティング システムおよび高パフォーマンス アプリケーション (SQL Server など) は、システムの NUMA トポロジを認識し、スレッドをスケジュールする場合やパフォーマンス向上のためにメモリを割り当てる場合に NUMA を考慮するために最適化されています。

1 つの仮想 NUMA トポロジを 1 つの仮想マシンに割り当てることにより、大規模な仮想マシン構成で最適なパフォーマンスおよびワークロード スケーラビリティを実現できます。これは、ゲスト オペレーティング システムおよび SQL Server、Windows Web Server、IIS などのアプリケーションが内在する NUMA パフォーマンス最適化を活用できるようにすることによって行われます。Hyper-V 仮想マシンに投影されている既定の仮想 NUMA トポロジは、次の図に示すように、ホストの NUMA トポロジに一致するように最適化されています。



## 重要な理由

ゲスト NUMA は、NUMA 対応機能を備えた主要ワークロードが可能な限り最高のレベルで実行し、ハードウェア自体の基盤となるパフォーマンス特性および機能を利用できるようにして、ハードウェア、ソフトウェアとアプリケーションの両方への投資を最大限に活用します。SQL および IIS を実行している場合、ゲスト NUMA の利点を活用できます。

Microsoft SQL Server 2012 や Windows Server 2012 のインターネット インフォメーション サービス (IIS) 8 などの高パフォーマンス アプリケーションは NUMA に対応しているので、NUMA に対応していないプラットフォームおよび VM 上のアプリケーションの仮想化されたインスタンスに比べてパフォーマンスを大幅に向上させることができます。ゲスト NUMA は、Windows Server 2012 フェールオーバー クラスタリングを使用する高可用性ソリューションに対しても動作します。フェールオーバー クラスタは VM を移動する前にノードの NUMA 構成を評価するので、ターゲット ノードが VM のワークロードをサポートできることが確認されます。

## 拡張された記憶域機能

最も集中的でミッション クリティカルなワークロードをサポートするために、Windows Server 2012 には、仮想化されたインフラストラクチャで重要な役割を担うことができる新しい強力な記憶域機能が多数導入されました。Windows Server 2012 R2 では、パフォーマンスと柔軟性を高め、継続的な可用性を確実にするための拡張がさらに行われました。

### Hyper-V での Advanced Format ドライブ (4 KB セクター ディスク) のサポート

記憶域の密度および信頼性の向上は、データ ストレージ業界がハード ディスク ドライブの物理形式を 512 バイト セクターから 4,096 バイト セクター (4 KB セクター) へと切り替えることになった要因の 1 つです。しかしソフトウェア業界の大部分は、512 バイト長のディスク セクターに依存しています。セクター サイズの変更は、多くのアプリケーションにおいて大きな互換性の問題をもたらします。エコシステムへの影響を最小限に抑えるために、ハード ドライブ ベンダーは、暫定的な "512 バイト エミュレーション ドライブ" ("512e") を導入しています。これらのドライブでは、ディスク インターフェイスで 4 KB セクター サイズを公開する場合よりも互換性の問題は少なくなり、形式の効率性の向上、エラー訂正コード (ECC) のスキームの向上など、4 KB ネイティブ ドライブのいくつかの利点が提供されます。Windows Server 2012 および Windows Server 2012 R2 の Hyper-V は、"512e" および 4 KB ディスク セクターをサポートします。

主要ワークロードに対して最高のパフォーマンスおよび最適化を提供するには、この新しいディスク形式を活用する必要があります。

仮想ディスクでの 4,096 バイト セクター (4 KB ディスク セクター) のサポートは、Windows Server 2012 Hyper-V で最初に導入されました (今後数年間にわたって、増加する記憶域要件をサポートするために業界はこの標準へと移行する予定です)。Windows Server 2012 の Hyper-V および後続の Windows Server 2012 R2 Hyper-V では、暫定標準である 512 バイト エミュレーション ドライブ (512e) のパフォーマンスも強化されています。4 KB ディスク セクターおよび 512e のサポートにより、仮想化インフラストラクチャは記憶域における業界のイノベーションに対応できます。

## Hyper-V および 512e ディスク

512e ディスクで実行できる書き込み操作は、物理セクター単位に限られます。つまり、発行された 512 バイト セクターの書き込みを直接書き込むことはできません。この書き込みを可能にするためのディスク内の内部プロセスは、以下の手順で構成されています。

1. ディスクは 4 KB の物理セクターを内部キャッシュに読み取ります。このキャッシュには、書き込みで参照されている 512 バイトの論理セクターが含まれています。
2. 4 KB のバッファのデータは、更新された 512 バイト セクターを含むように変更されます。
3. 更新された 4 KB のバッファが、ディスクの物理セクターに書き戻されます。

このプロセスは RMW (Read-Modify-Write) と呼ばれます。この RMW プロセスは、以下の理由で、仮想ハード ディスク (VHD) のパフォーマンスを低下させます。

- 容量可変 VHD および差分 VHD には、データ ペイロードの前に 512 バイトのセクター ビットマップがあります。また、フッター/ヘッダー/親ロケータのすべてが 512 バイト セクターに配置されます。そのため、一般的に、VHD ドライバーはこれらの構造を更新するために 512 バイトの書き込みを発行し、上記の RMW 動作が行われることとなります。
- アプリケーションでは、一般的に、読み取りと書き込みが 4 KB (NTFS の既定のクラスター サイズ) の倍数のサイズで発行されます。容量可変 VHD および差分 VHD のデータ ペイロード ブロックの前には 512 バイトのセクター ビットマップがあるので、4 KB ブロックは物理 4 KB 境界に配置されません。

次の図では、仮想ハード ディスクの 4 KB ブロックは物理セクターの 4 KB 境界からずれています。



図 2 - 物理的な 4 KB 境界からずれている仮想ハード ディスク 4 KB ブロック (青の部分)

ペイロード データを更新するために現在のパーサーによって発行される 4 KB の書き込みごとに、ディスクの 2 つのブロックの読み取りが行われ、それらが更新されてから、2 つのディスク ブロックに書き戻されることとなります。ワークロードに対する全体的なパフォーマンスの影響は、30% ~ 80% に達し、それ以上になることもありました。

ワークロードに対する RMW 処理の全体的なパフォーマンスへの影響は、通常、30 ~ 80% で、時にはさらに高くなることもありました。

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V Hyper-V では、前述の構造が VHD 形式での 4 KB 境界に配置されるようにパディングすることによって、VHD スタックに対する 512e ディスクのパフォーマンスの影響を緩和しています。VHD メタデータ構造の更新だけでなく、VHD ファイル内のデータへのアクセスに対する RMW の影響も緩和されます。



## ネイティブ 4KB セクターのサポート

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V は、仮想ハード ディスク層でソフトウェア RMW アルゴリズムを実装することによって、4 KB ディスクに仮想ハード ディスクを格納することを可能にします。このアルゴリズムによって 512 バイトのアクセスおよび更新要求が対応する 4 KB アクセスおよび更新に変換されます。

### 要件

4 KB ディスク セクターに対する Hyper-V サポートを活用するには、以下のコンポーネントが必要です。

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2
- 512e またはネイティブ 4 形式を使用する物理ディスク ドライブ

### 重要な理由

Windows Server 2012 R2 での大容量 VHDX ファイル (1 つの VHDX ディスクが最大 64 TB の記憶域をサポートします) および ReFS (Resilient File System) ボリュームの導入に伴い、4K セクターのサポートは、増加を続ける記憶域のニーズにパフォーマンスを犠牲にすることなく対応するために必要な容量およびスケールを提供する上で不可欠でした。

## 新しい仮想ディスク形式 (VHDX)

記憶域システムの進化および仮想化されたエンタープライズ ワークロードの増加に伴い、Windows Server の VHD 形式も進化する必要がありました。新しい形式は、エンタープライズ クラスのワークロードの実行に関する現在および将来の要件に対して従来の形式よりも適切に対応します。

- VHD のサイズが 2 TB よりも大きい場合。
- 電源障害が発生したときに動的および差分ディスクの問題を信頼性の高い方法で防止する必要がある場合。
- 新しいセクターが大きい物理ディスクでのパフォーマンス低下の問題を防止する必要がある場合。

Windows Server 2012 Hyper-V では、VHD 形式が大幅に更新されました。この形式は VHDX と呼ばれ、容量がはるかに大きく、回復性が強化されています。VHDX は、最大 64 TB の記憶域をサポートします。また、更新を VHDX メタデータ構造に記録することによって電源障害による破損防止を強化し、構造配置を最適化することによってセクターの大きい物理ディスクでのパフォーマンスの低下を防止します。

新しい VHDX 形式では、次のような新しい機能が提供されます。

- **容量** – 仮想ディスクあたり最大 64 TB がサポートされます。各 Hyper-V 仮想マシンは、記憶域の合計サイズが PB レベルの場合、最大 256 の仮想ディスクをサポートできます。
- **破損防止** – 更新を VHDX メタデータ構造に記録することによって、電源障害発生時の破損を防止します。形式には、最終場所へと書き込まれる前に仮想ハード ディスク ファイルのメタデータへの更新をキャプチャするために

使用される内部ログが含まれます。電源障害が発生したときに最終ポイントへの書き込みが破損している場合は、仮想ハード ディスク ファイルの一貫性を促進するために、書き込みはログから再生されます。

- **最適な構造配置** - セクターの大きいディスクに適合するための位置整合。位置がずれた I/O がディスクに発行された場合、そのような I/O に対応するために必要な RMW サイクルによって関連するパフォーマンス ペナルティが発生します。形式内の構造は、位置がずれた I/O が存在しないように配置されます。

その他にも多数の機能が VHDX 形式の使用によって可能になります。

- **従来よりも大きい動的および差分ディスクのブロック サイズ** - これらのディスクをワークロードのニーズに適合させることができます。
- 4 KB セクター向けに設計されたアプリケーションやワークロードでの**パフォーマンスを向上**させる 4 KB の論理セクター仮想ディスク
- オペレーティング システムのバージョンや修正プログラムの適用など、記録が必要になる場合があるファイルに関する**カスタム メタデータ**を格納する機能
- データ表現における効率性 (**トリミング**と呼ばれます) - ファイル サイズが小さくなり、基盤となる物理記憶域デバイスで未使用の領域を再利用できます。トリミングには、パススルーまたは SCSI ディスクおよびトリミング互換のハードウェアが必要です。

下の図に VHDX ハード ディスク形式を示します。

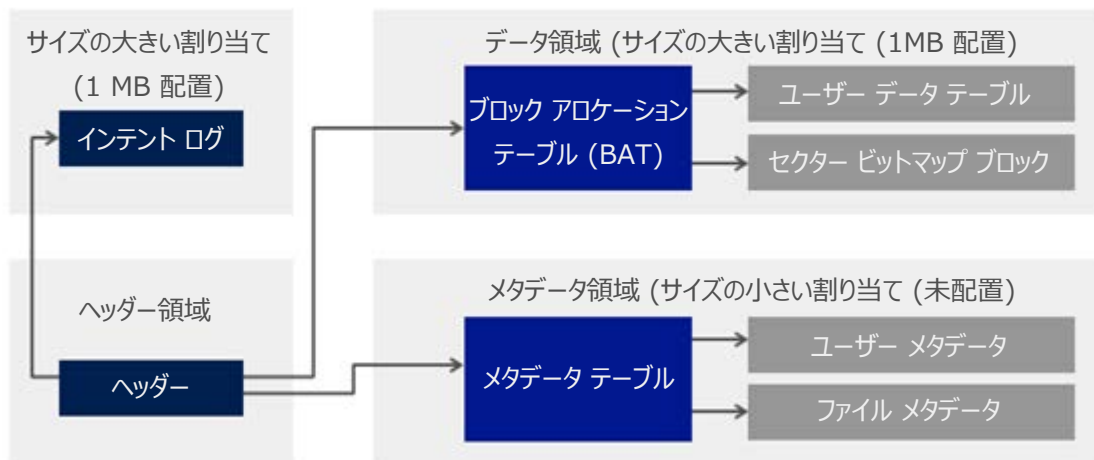


図 3 - VHDX ハード ディスク形式

上の図に示すように、構造の大半は大きな割り当てで、MB で配置されているので、仮想ハード ディスクに関連する配置の問題が軽減されます。VHDX 形式のさまざまな領域は次のとおりです。

- **ヘッダー領域**: ヘッダー領域はファイルの最初の領域で、ログ、ブロック アロケーション テーブル (BAT)、メタデータ領域などの他の構造の位置を識別します。ヘッダー領域には 2 つのヘッダーが含まれます。破損に対する回復性を高めるために、一度にアクティブになるのはそのうちの 1 つだけです。
- **intent ログ**: intent ログは循環リング バッファです。VHDX メタ構造に対する変更は、最終場所へ書き込まれる前にこのログに書き込まれます。更新が実際の場所へ書き込まれているときに電源障害による破損が

発生した場合、その後にファイルを開くと、変更はログから再び適用され、VHDX ファイルは一貫した状態に戻されます。ログはペイロード ブロックに対する変更を追跡しないため、それらに含まれているデータは保護されません。

- **データ領域:** BAT には、VHDX ファイル内のユーザー データ ブロックとセクター ビットマップ ブロック位置の両方を指すエントリが含まれています。これが VHD 形式との重要な違いです。セクター ビットマップは、各ペイロード ブロックの前に付加されずに独自のブロックへと集約されます。
- **メタデータ領域:** メタデータ領域には、ユーザー定義のメタデータと仮想ディスク ファイル メタデータ (ブロック サイズ、物理セクター サイズ、論理 セクター サイズなどの両方を指すテーブルが含まれています。

## VHDX: 効率性および回復性の向上

Windows Server 2012 および後続の Windows Server 2012 R2 の Hyper-V では、VHDX ファイルがその中のデータをより効率的に表すことができるようにするためのサポートも導入されています。

VHDX ファイルは、サポートしているワークロードに応じて大きくなる可能性があるので、使用する領域は急速に拡大することがあります。現在、アプリケーションが仮想ハード ディスク内のコンテンツを削除する際、ゲスト オペレーティング システムと Hyper-V ホストの両方の Windows 記憶域スタックには、この情報が仮想ハード ディスクおよび物理記憶域デバイスに送信されるのを防ぐ制限があります。

そのため、Hyper-V 記憶域スタックは使用済み領域を最適化できず、基盤となる記憶域デバイスは削除済みデータによって占有されていた領域を再利用できません。

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V は**マップ解除通知**をサポートするので、VHDX ファイルはその中のデータをより効率的に表すことができます。この結果、ファイル サイズが小さくなり、基盤となる物理記憶域デバイスは未使用領域を再利用できます。

## 要件

新しい VHDX 形式を利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2

トリミング機能を利用するには、以下が必要です。

- 仮想 SCSI デバイスまたは直接接続された物理ディスク (パススルー ディスクと呼ばれることもあります) として接続されている VHDX ベースの仮想ディスク。この最適化は、ネイティブ接続された VHDX ベースの仮想ディスクでもサポートされます。
- トリミング対応ハードウェア

## 重要な理由

VHDX のパフォーマンス向上機能により、大きなワークロードの処理の簡素化および電源停止中のデータ保護の向上に加えて、動的および差分ディスクの構造配置の最適化によってセクターが大きい新しい物理ディスクでのパフォーマンス低下の防止が実現します。

## オンラインの仮想ハード ディスクのサイズ変更

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V では、VM の実行中に必要に応じて仮想ハード ディスク ファイルをサイズ変更することができる大きな改善が行われています。容量に関する新しい要求に対応する仮想ディスクの拡張がいつ必要になるかは必ずしも予測できませんが、同様に重要なのは不要になった領域を再利用する機能です。Windows Server 2012 R2 以前では、仮想ハード ディスク ファイルを拡張または縮小するには、VM をシャットダウンする必要があります。Windows Server 2012 R2 では、この操作はオンライン状態で行うことができるので、ワークロード自体のダウンタイムは発生しません。この機能による明らかな利点は、可用性と SLA 準拠の向上です。

### 仮想ディスクの拡張

実行中の仮想マシンにアタッチされている **VHD** または **VHDX** ファイルを柔軟に拡張できます。管理者は、最初に Hyper-V 管理ツール、または PowerShell を使用して仮想ディスクを拡張し、その後、ゲスト OS 内でディスク マネージャーを使用して OS 内のボリュームを拡張できます。PowerShell を使用してサイズ変更するコマンドの例を以下に示します。

```
PS C:\> Resize-VirtualDisk -FriendlyName "Sqlldata5" -Size (25GB)
```

このコマンドは、仮想ディスクを縮小するためにも使用できます。

### 仮想ディスクの縮小

実行中の仮想マシンにアタッチされている **VHDX** ファイルを柔軟に縮小できます。管理者は最初にゲスト OS 内のボリュームを縮小し、その後、Hyper-V ツール内から、または PowerShell を使用して、仮想ディスクを縮小します。縮小サイズは、VM ボリューム内部の解放されている領域に一致します。縮小できるのは VHDX だけです。

### 要件

仮想ハード ディスク サイズをオンライン状態で調整するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2
- 仮想 SCSI コントローラーにアタッチされている VHDX ファイル

### 重要な理由

仮想マシンの実行中に仮想ディスクを拡張および縮小する機能は、柔軟性における大きな利点を提供し、容量が原因でそのワークロードのダウンタイムが発生する理由を削減します。この機能によって仮想マシンを柔軟に拡張できるだけでなく、VM 内部のデータ消費が増加するにしたがって、割り当て済みでも使用されていない VM 内の無駄な領域を再利用できます。これは、100 GB の VM に対して課金されていても 30 GB しか使用していない顧客が、ディスク サイズを 50 GB に減らしてコスト削減を希望するようなサービス プロバイダーまたはホスティング シナリオで特に重要になります。この操作はオンラインで実行できるため、ワークロードのダウンタイムは発生しません。



## オンラインでのチェックポイントの結合

チェックポイント（以前の名称はスナップショット）は、必要に応じて以前の状態または時刻に戻るための手段として、既存の仮想マシン環境に対する変更をテストするために主に使用されてきました。仮想マシンを容易に元の状態に戻す機能は、問題のトラブルシューティングを行うために特定の状態または状況を再現する必要がある場合に非常に役に立ちます。

特定の状況においては、運用環境でチェックポイントを使用する必要があります。たとえば、チェックポイントを使用して、運用環境でのリスクを伴う可能性がある操作（仮想マシンで実行中のソフトウェアへの更新の適用など）を元に戻す方法を提供できます。新しい変更または更新のテストが完了した後、（記憶域領域を削減し、仮想マシン ディスクのパフォーマンスを向上させるために）チェックポイントを元の親ディスクへと結合します。しかし、この操作を実行すると実行中の仮想マシンが一時停止するので、結合処理中は仮想マシンは利用できなくなります。

Windows Server 2012 R2 では、Hyper-V のライブ マージ機能を使用して、仮想マシンの実行中に現在のチェックポイントを元の親に結合することができます。

Hyper-V の仮想マシン チェックポイント機能では、仮想マシンを以前の状態に迅速かつ容易に戻すことができます。チェックポイント データ ファイル（読み取り専用の親である差分ディスクへと分岐されている仮想ハード ディスクの現在のリーフ ノード）は、.avhd ファイルとして格納されます。チェックポイントを削除する場合、仮想マシンが実行している間、関連付けられた .avhd ディスクは削除できません。Windows Server 2012 R2 は、仮想マシンの実行中に、関連付けられた .avhd ディスクを親に結合する機能を提供します。

処理中、小さな範囲への I/O が一時停止され、その間にその範囲内のデータが結合元から読み取られて結合先へと書き込まれます。リーフが結合されているとき、既に結合されている領域への書き込みは結合先へとリダイレクトされます。処理の完了時、実行中のチェーンが修正されてマージ済みのディスクのリンクが解除され、それらのファイルが閉じられます。

### 要件

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2

### 重要な理由

仮想マシン チェックポイントは、実行中の仮想マシンの状態、データ、およびハードウェア構成をキャプチャします。チェックポイントは、更新および修正プログラムをテストするために現在の環境で使用します。しかし、チェックポイントを親の仮想マシンに結合する場合はダウンタイムが発生し、仮想マシンが使用できなくなります。Windows Server 2012 R2 Hyper-V のライブ マージ機能を使用すると、サーバーの実行中に仮想マシンの親へチェックポイントを結合できます。ユーザーへの影響はほとんどありません。チェックポイントのライブ マージにより、仮想マシンをすばやく容易に以前の状態に戻すことができます。

## Hyper-V での仮想ファイバー チャネル

多くの企業が既にファイバー チャネル SAN に投資し、データセンター内に展開して拡大する記憶域要件に対応しています。このような企業は、多くの場合、記憶域を Hyper-V ホストのみがアクセスして使用するのではなく、仮想マシン内から

この記憶域を利用できることを必要としています。さらに、VM から SAN への真の SAN 回線速度を実現する方法も求められています。

### 直接的な SAN アクセス

Hyper-V 用の仮想ファイバー チャンネルは、仮想マシンと関連付けられている標準ワールド ワイド名 (WWN) を使用して、SAN への直接アクセスをゲスト オペレーティング システムに提供します。Hyper-V では、ファイバー チャンネル SAN を使用して、SAN 論理ユニット番号 (LUN) への直接アクセスを必要とするワークロードを仮想化できます。共有ファイバー チャンネル記憶域に接続されている仮想マシンのゲスト オペレーティング システム内部での Windows フェールオーバー クラスタリング機能の実行など、ファイバー チャンネル SAN によって新しいシナリオでの運用が可能になります。

### Windows ソフトウェア仮想ハード ディスク スタックへのハードウェア ベースの I/O パス

ミッドレンジおよびハイエンドの記憶域アレイには、特定の管理タスクを SAN へのホストからオフロードできる高度な記憶域機能が含まれています。仮想ファイバー チャンネルは、Windows ソフトウェア仮想ハード ディスク スタックへの代替のハードウェア ベースの I/O パスを提供します。このパスにより、Hyper-V 仮想マシン内から SAN の高度な機能を直接使用できます。たとえば、Hyper-V ユーザーは、ハードウェア ボリューム シャドウ コピー サービス (VSS) プロバイダーを Hyper-V 仮想マシン内から使用するだけで、記憶域機能 (LUN のスナップショット作成など) を SAN ハードウェアにオフロードできます。

### ライブ マイグレーションのサポート

ファイバー チャンネル接続を維持しながら Hyper-V ホスト間での仮想マシンのライブ マイグレーションをサポートするために、2 つの WWN (Set A と Set B) が各仮想ファイバー チャンネル アダプターに対して構成されています。Hyper-V は、ライブ マイグレーション中、Set A と Set B の WWN アドレスを自動的に交互に利用します。そのため、マイグレーション前にマイグレーション先のホストですべての LUN が利用可能になり、マイグレーション中のダウンタイムは発生しません。ファイバー チャンネル接続を維持するライブ マイグレーション処理を次の図に示します。

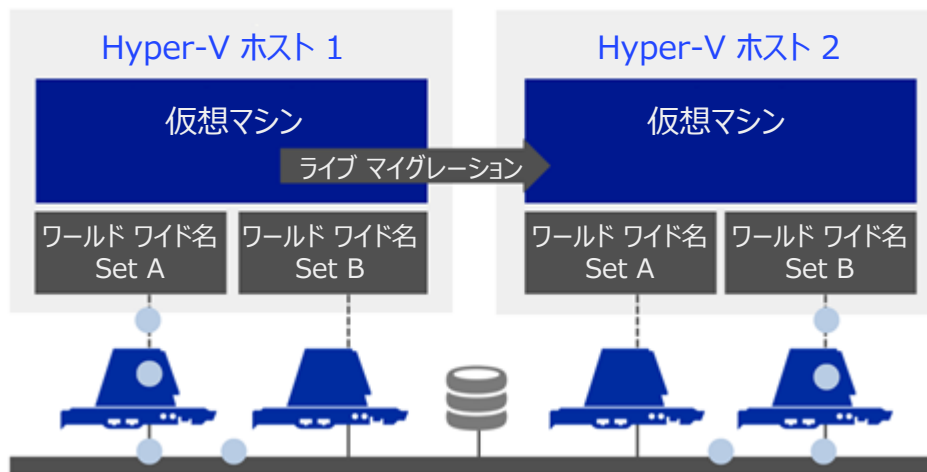


図 4 - ライブ マイグレーション中の WWN アドレスの交互利用

### N\_Port ID Virtualization (NPIV)

NPIV は、複数の N\_Port ID が単一の物理 N\_Port を共有できるようにするファイバー チャンネル機能です。この機能によって、複数のファイバー チャンネル イニシエーターが単一の物理ポートを占有できるので、仮想 SAN が要求される場合

などに SAN 設計におけるハードウェア要件が緩和されます。Hyper-V ゲスト用の仮想ファイバー チャンネルは、NPIV (T11 標準) を使用して、ホストの物理ファイバー チャンネル ポートの上に複数の NPIV ポートを作成します。新しい NPIV ポートは、仮想 HBA が仮想マシン内部で作成されるたびにホスト上で作成されます。仮想マシンがホスト上で実行を停止すると、NPIV ポートは削除されます。

### ホストから SAN への柔軟な接続

Hyper-V では、複数のファイバー チャンネル ポート経由で単一の Hyper-V ホストがさまざまな SAN に接続されるシナリオに対応するために、ホスト上で複数の仮想 SAN を定義できます。仮想 SAN は、同じ物理 SAN に接続される物理ファイバー チャンネル ポートの名前付きグループを定義します。たとえば、Hyper-V ホストが運用 SAN とテスト用 SAN の 2 つの SAN に接続されているとします。ホストは、2 つの物理ファイバー チャンネル ポートを介して各 SAN に接続されています。この例では、2 つの仮想 SAN を構成します。1 つは “Production SAN” という名前で、運用 SAN に接続されている 2 つの物理ファイバー チャンネル ポートを含みます。もう 1 つは “Test SAN” という名前で、テスト用 SAN に接続されている 2 つの物理ファイバー チャンネル ポートを含みます。同じテクニックを使用して、単一の記憶域ターゲットへの 2 つの別々のパスを命名できます。

### VM あたり 4 つの vFC アダプター

1 つの仮想マシンで最大 4 つの仮想ファイバー チャンネル アダプターを構成し、各アダプターを仮想 SAN と関連付けることができます。各仮想ファイバー チャンネル アダプターは、1 つの WWN アドレスに関連付けられます。ライブ マイグレーションをサポートする場合は 2 つの WWN アドレスに関連付けられます。各 WWN アドレスは、自動または手動で設定できます。

### マルチパス I/O (MPIO)

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V は、マルチパス I/O (MPIO) 機能を使用して、仮想マシン内からファイバー チャンネル記憶域への最適な接続を確保します。ファイバー チャンネルでの MPIO 機能は以下の方法で使用できます。

- MPIO を使用するワークロードを仮想化します。1 つの仮想マシンに複数のファイバー チャンネル ポートをインストールし、MPIO を使用してホストがアクセスできる LUN への高可用性接続を提供します。
- 1 つの仮想マシン内部で複数の仮想ファイバー チャンネル アダプターを構成し、仮想マシンのゲスト オペレーティング システム内で MPIO の個別のコピーを使用して、仮想マシンがアクセスできる LUN に接続します。この構成は、ホスト MPIO セットアップと共存できます。
- ホストまたは各仮想マシンに対して異なるデバイス固有モジュール (DSM) を使用します。このアプローチでは、DSM の構成、ホスト間の接続、既存のサーバー構成および DSM との互換性を始めとする仮想マシン構成のマイグレーションが可能になります。

### 要件

Hyper-V で仮想ファイバー チャンネルをサポートするには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2
- 1 つ以上のファイバー チャンネル HBA が搭載され、各 HBA に仮想ファイバー チャンネルをサポートする最新の HBA ドライバーが適用されているコンピューター。HBA が仮想ファイバー チャンネルをサポートするかどうかについては、HBA ベンダーに問い合わせてください。

- 仮想ファイバー チャンネル アダプターを使用するように構成されている仮想マシン (ゲスト オペレーティング システムとして Windows Server 2008、Windows Server 2008 R2、Windows Server 2012、または Windows Server 2012 R2 を使用する必要があります)。
- データ LUN のみへの接続。LUN に接続されている仮想ファイバー チャンネル経由でアクセスされる記憶域は、再起動メディアとして使用できません。

## 重要な理由

仮想ファイバー チャンネルを使用すると、Hyper-V ホストのみが記憶域にアクセスして使用するのではなく、仮想マシン内からファイバー チャンネル SAN データにアクセスして使用することができます。Hyper-V ゲストでのファイバー チャンネルのサポートには、NPIV、仮想 SAN、ライブ マイグレーション、MPIO などの多くの関連機能のサポートも含まれています。この機能は、ファイバー チャンネルへの投資を保護し、ファイバー チャンネル記憶域への直接アクセスを使用するワークロードの仮想化を可能にすることに加えて、ファイバー チャンネル経由でのゲスト オペレーティング システムのクラスタリングを可能にし、仮想化インフラストラクチャでホストされるサーバーに対して重要な新しい記憶域オプションを提供します。

## オフロード データ転送

オフロード データ転送 (ODX) は、SAN ドライブ間でファイルをコピーおよび移動する際に SAN ハードウェアへの CPU およびネットワーク オフロードを提供します。これは、クラウド領域で仮想マシン テンプレート ライブラリから新しい仮想マシンをプロビジョニングする必要がある場合、または仮想ハード ディスク操作がトリガーされ、仮想ハード ディスクのマージ、記憶域マイグレーション、ライブ マイグレーションのように大きなデータ ブロックをコピーする必要がある場合に特に重要になります。次に、このコピー操作は、オフロードを実行できる記憶域デバイス (オフロード対応 iSCSI、ファイバー チャンネル SAN、Windows Server 2012 R2 ベースのファイル サーバーなど) によって処理されます。その結果、Hyper-V ホスト プロセッサが解放されて多くの仮想マシン ワークロードが処理されます。

ODX を使用しない場合、ネットワーク接続の帯域幅を最大に使用し、高度な CPU およびメモリを活用して、サイズの大きいファイルのコピーや VM 記憶域マイグレーションなどの特定のデータ関連タスクを実行できます。また、これらのタスクは、高速の 100GbE ネットワークでも多大な時間がかかる可能性があります。つまり、タスクが完了するまで、一定の期間、パフォーマンスの低下が発生する場合があります。

Windows Server 2012 R2 のオフロード データ転送 (ODX) は、大きなファイルや仮想マシンを記憶域アレイ間で直接、迅速に移動できるようにして、ホスト CPU およびネットワーク リソースの消費を削減することで、既存の外部記憶域アレイを使用してより高いパフォーマンスを実現します。オフロード対応の SAN 記憶域ハードウェアと共に ODX を使用した場合、Hyper-V ホストのメイン プロセッサが 1 つの記憶域のコンテンツを読み取って別の記憶域に書き込む処理を実際に行うことなく、記憶域デバイスでファイル コピー操作を実行できます。

ODX は、インテリジェントな記憶域アレイ内または記憶域アレイ間のデータの読み取りおよび書き込みに対してトークンベースのメカニズムを使用します。ホストを経由してデータをルーティングする代わりに、読み取り元と書き込み先の間で小さなトークンがコピーされます。トークンは、データの特定時点の表現として機能します。



たとえば、記憶域間（記憶域アレイ内または記憶域アレイ間）でファイルをコピーする場合や仮想マシンを移行する場合、仮想マシンを表すトークンがコピーされるので、基盤となるデータをサーバー経由でコピーする必要がなくなります。トークンベースのコピー操作のステップを以下に示します（次の図を参照してください）。

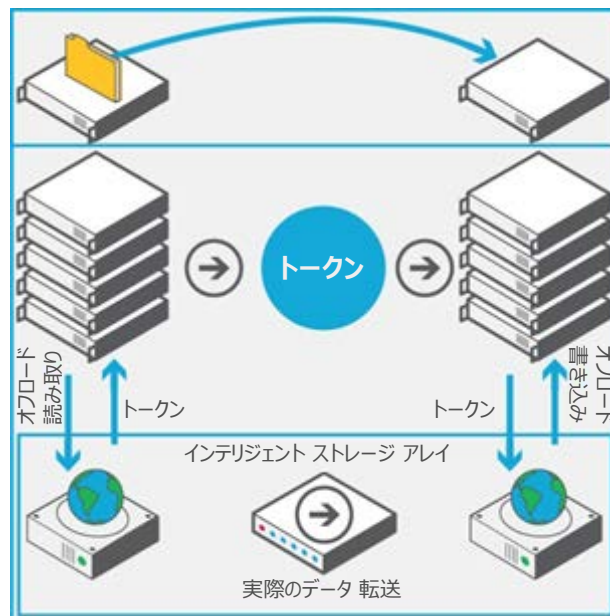


図 5 - トークン ベースのコピー操作

あるボリュームから、ODX をサポートする SAN 上にある別のボリュームにファイルをコピーすると、以下の処理が自動的に行われます（エクスプローラーを使用してコピーおよび貼り付けを行う場合も同様です）。

1. ユーザーが Windows エクスプローラーまたはコマンド ライン インターフェイスを使用して、あるいは仮想マシン マイグレーションの一部としてファイルをコピーまたは移動します。
2. Windows Server 2012 は、（記憶域アレイによってサポートされている場合）この転送要求を自動的に ODX に変換し、データを表すトークンを受信します。
3. 転送元のサーバーと転送先のサーバーの間でトークンがコピーされます。
4. 記憶域アレイにトークンが配信されます。
5. 記憶域アレイはコピーまたは移動を内部で実行し、ステータス情報をユーザーに提供します。

## 要件

Hyper-V で ODX をサポートするには、以下が必要です。

- Windows Server 2012、Windows Server 2012 R2、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2
- 仮想 SCSI デバイスとして仮想マシンに接続されている仮想ハード ディスク、または直接接続されている（パススルー ディスクと呼ばれることもあります）仮想ハード ディスク ファイルをホストするための ODX 対応のハードウェアが必要です。
- この最適化は、ネイティブ接続された VHDX ベースの仮想ディスクでもサポートされます。

- 統合開発環境 (IDE) デバイスが ODX をサポートしていないので、仮想 IDE に接続されている VHD または VHDX ベースの仮想ディスクは、この最適化をサポートしません。

### 重要な理由

ODX は、仮想マシン ワークロードを処理するためにメイン プロセッサを解放して、仮想マシンが記憶域から読み取り、記憶域に書き込むときにネイティブのようなパフォーマンスを実現します。ファイルをコピーするときにタスクを実行するためにかかる時間が大幅に削減されるだけでなく、これらのコピー操作は貴重なホスト リソースを消費しないため、仮想化されたワークロードは非仮想化環境と同様に効率的に機能します。仮想ディスクの観点からは、ODX 機能は、プロセッサ時間を使用せずに大量のデータのコピーを行う仮想ハード ドライブの重要な保守タスク (結合、移動、圧縮など) のパフォーマンスを高速化します。

## 拡張されたネットワーク パフォーマンス

Windows Server 2012 では、ホスト レベルと VM レベルの両方でのネットワーク パフォーマンスの拡張を目的として、主要なネットワーク機能が多数提供されました。その多くは、パフォーマンスの向上を促進するために、パートナーのハードウェア イノベーションと緊密に統合されています。Windows Server 2012 R2 では、これがさらに拡張され、Hyper-V はネットワークを集中的に使用するワークロードを仮想化する際の最適な選択肢となっています。

### 仮想 RSS (Receive Side Scaling)

10 Gb ネットワークが登場する前は、VM のネットワーク ワークロードを処理するには、1 基の最新プロセッサで十分過ぎるほどでした。10 Gb/秒 NIC の導入により、VM との間で送受信されるデータの量が単一のプロセッサが効率的に処理できる範囲を超えたため、状況はより複雑になりました。パフォーマンスに関する調査では、すべてのネットワーク トラフィックが単一の VP で処理されているので、単一の VM は (平均) 5 Gbps に制限されていることがわかりました。これは、システムにインストールされているハードウェアの最大限の可能性を大幅に下回ります。次の図は、VM 内からのタスク マネージャーのスクリーンショットです。下の図では、VP3 は明らかにフルに使用されていて、8 つの VP が割り当てられているにもかかわらず、追加のトラフィック処理をサポートできないことがわかります。

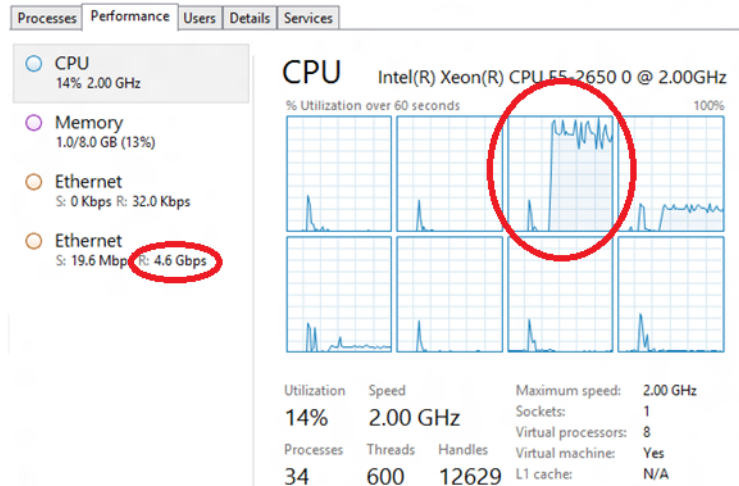


図 6 – ネットワーク トラフィックを処理するためにフルに使用されている単一の vCPU

この問題は特に新しいものではありませんでした。このリリース以前、物理ワークロードに対するマルチコア マシンの導入で同様の状況が存在しました。その経験を基に RSS (Receive Side Scaling) が作成されました。RSS は、TCP フローに基づいて、ネットワーク インターフェイス カード (NIC) から複数のプロセッサへとトラフィックを分散して、TCP フローの同時処理を実現します。RSS の詳細については、「[Receive Side Scaling \(RSS\)](#)」を参照してください。RSS によって、物理ワークロードは利用可能な帯域幅およびコアを最適に利用できるようになりました。

RSS がネットワーク トラフィックを物理マシン内の複数のコアに分散する方法と同様に、vRSS は VM 内部で RSS を有効にして、各 VM でネットワーク トラフィックを複数の VP に分散します。vRSS が有効になっている場合、VM は複数の VP 上でトラフィックを同時に処理し、処理できるスループットの量を高めることができます。

vRSS は、物理マシンで RSS が管理されるのと同じ方法で VM で管理されます。VM で、管理権限を使用して PowerShell インスタンスを開きます。次のコマンドレットを入力し、-Name フィールドを自身のネットワーク接続に置き換えるか、「\*」を使用してすべてのアダプターで有効にします。

```
PS C:\> Enable-NetAdapterRss -Name "Ethernet"
```

上述のテストを再度実行すると、はるかに改善された結果が得られます。次の図に VM からのタスク マネージャーを再度示します。処理はすべての VP に分散されていて、VM は 9.8 Gbps のネットワーク トラフィックを処理しています。これは、以前のスループットの倍で、実質的に 10G NIC での回線速度です。この新機能の最も優れた点は、ハードウェアの取り付けや交換の必要がないことです。これはすべて、サーバー内の既存のリソースの使用を最大化することによって行われます。

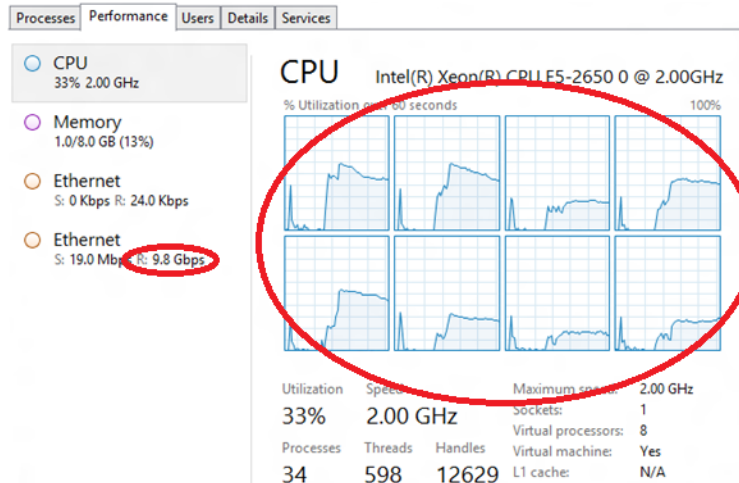


図 7 – ネットワークトラフィックを処理するために使用されているすべての vCPU

注意しなければならない点は、既定では、vRSS は VM で有効化されていないことです。ホストでの CPU 使用率を向上させるための分散を実現するには、追加の計算を実行する必要があります。つまり、ネットワークトラフィックが最小限または平均的である小規模の VM では、この機能を有効にすることは推奨されません。これは、ファイルサーバーやゲートウェイのような大量のネットワークトラフィックを処理する VM 向けの機能です。

## 要件

仮想マシンの内部で vRSS を利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2
- Hyper-V スイッチ用の VMQ 対応 NIC
- ゲスト OS NIC プロパティ内での RSS の有効化

## 重要な理由

以前は、単一の CPU コアでの処理負荷が原因で VM で 10 Gbps レベルのネットワークスループットを実現することが困難な場合があります。vRSS は、処理をホスト上の複数のコアおよび VM 上の複数のコアに分散することで、この問題を軽減します。その結果、VM は、より大きなネットワークトラフィック負荷を支えることができるので、ネットワークを集中的に使用するワークロードを仮想化できます。

## 動的な仮想マシンキュー

仮想マシンキュー (VMQ) は、仮想化されたホスト OS へのネットワークトラフィックの効率的な転送を実現するためのハードウェア仮想化テクノロジーです。VMQ 対応の NIC は、ルーティングされる受信フレームを、受信キューを VM の仮想 NIC と関連付けるフィルターに基づいて受信キューへと分類します。各仮想マシンデバイスバッファは、VMQ に割り当てられます。これにより、仮想スイッチでの不要なパケットコピーおよびルート参照が回避されます。



基本的に、VMQ は、ホストの単一のネットワーク アダプターが複数の仮想マシンへの複数のネットワーク アダプターとして表示されるようにして、各仮想マシンに専用のネットワーク アダプターを許可します。その結果、ホストのバッファ内のデータが少なくなり、I/O 操作の全体的なパフォーマンスが向上します。

これらのハードウェア キューとさまざまな CPU とのアフィニティを設定できるため、VM の NIC レベルでの受け取り側でのスケールアップが可能になります。Windows Server 2008 R2 では、VMQ に対する割り込みを処理するために利用できるプロセッサの数を静的に構成することができました。

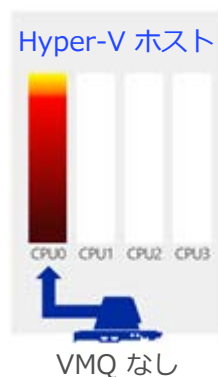


図 8 – VMQ の有効化なしに CPU0 上でネットワーク トラフィックを処理する Hyper-V ホスト

**VMQ なし:** Hyper-V 仮想スイッチが、VM への受信パケットのルーティングと並べ替えを処理します。これは、非常に負荷の高い Hyper-V ホストの場合、仮想スイッチに大量の CPU 処理が必要になることがあります。VMQ テクノロジーおよび RSS を使用しない場合、ネットワーク処理の大半は CPU0 に負荷がかかり、最終的にソリューションの規模が制限されます。

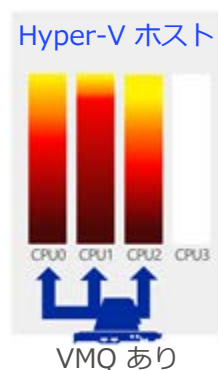


図 9 – 有効化された VMQ を使用して複数のコアでネットワーク トラフィックを処理する Hyper-V ホスト

**VMQ あり:** VMQ が有効な場合、キューを要求した仮想ネットワーク アダプターごとに物理ネットワーク アダプター上で専用キューが確立されます。仮想ネットワーク アダプターに到達したパケットは、物理ネットワーク アダプターによってネットワーク アダプターのキューに配置されます。上り方向のパケットの場合、キュー内のすべてのパケット データは仮想ネットワーク アダプターへと配信されます。専用キューを持たない仮想ネットワーク アダプターに対して到着したパケット、およびすべてのマルチキャスト パケットとブロードキャスト パケットは、仮想ネットワークの既定のキュー内に配信されます。仮想ネットワークは、これらのパケットの適切な仮想ネットワーク アダプターへのルーティングを通常どおりに処理します。その結果、負荷が複数の

コアに分散されるので、ネットワーク トラフィックと関連付けられているホストでの CPU オーバーヘッドの量が大幅に削減されます。

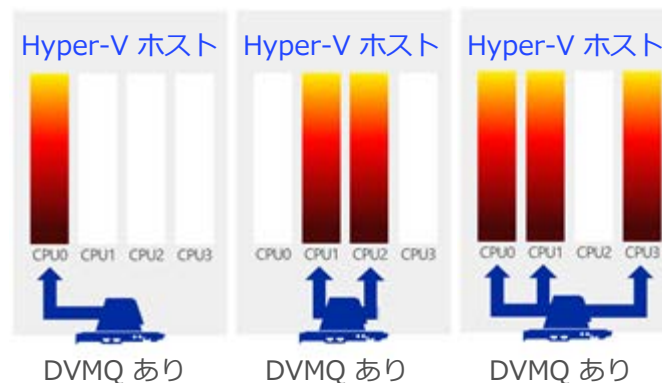


図 10 – 動的 VMQ (DVMQ) を使用して複数のコアでネットワーク トラフィックを動的に処理する Hyper-V ホスト

**動的 VMQ あり:** Windows Server 2012 で最初に導入された動的 VMQ (DVMQ) は、(プロセッサの使用状況とネットワーク負荷に基づいて) 受信ネットワーク トラフィック処理を複数のホスト プロセッサに動的に分散します。ネットワーク負荷が大きい場合、動的 VMQ は自動的に多くのプロセッサを採用します。ネットワーク負荷が小さい場合、動的 VMQ はこれらの同じプロセッサを解放します。VMQ は、ネットワーク トラフィックに対する割り込みを利用可能なプロセッサ間で分散します。Windows Server 2012 および Windows Server 2012 R2 では、動的 VMQ 機能によって、キューを削除/再作成する必要なく、適合アルゴリズムでキューの CPU アフィニティを変更できます。その結果、ネットワーク負荷とプロセッサ使用がより適切に対応付けられ、ネットワークのパフォーマンスが向上します。

## 要件

動的 VMQ を利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2
- Hyper-V スイッチ用の VMQ 対応 NIC

## 重要な理由

仮想化されたワークロードのパフォーマンスを最高レベルに引き上げるには、基盤となるホスト OS は、複数の多くの負荷を抱えた仮想マシンからの負荷を受けている場合、可能な限り効率的に動作する必要があります。動的 VMQ を使用すると、VMQ 対応のネットワーク カードを活用し、ホスト システム内のさまざまなコアを利用してネットワーク トラフィックをより効率的に処理することができます。この処理は Windows Server 2012 R2 では動的なので、ホストでのリソースの使用が最適化され、仮想マシンは可能な限り効率的に動作します。

## シングルルート I/O 仮想化

シングル ルート I/O 仮想化 (SR-IOV) は、PCI 仕様を所有および管理する 特殊利益団体である PCI-SIG によって提唱されたオープンな標準です。SR-IOV は、割り込みおよびダイレクト メモリ アクセスの再割り当てを提供する仮想化テクノロジー向けのシステム チップセット サポートと連動し、SR-IOV 対応デバイスを仮想マシンに直接割り当てることができます。

既に説明したように、多くの組織ではネットワークを集中的に使用するワークロードのほとんどを仮想化することが検討されていますが、v RSS や 動的 VMQ のような機能がなければ、物理的な世界で実現するのと同等のパフォーマンスを VM 内部で達成することは非常に困難な場合があります。通常、この原因は、NIC 割り込みおよび DMA 要求を処理する CPU オーバーヘッドや、同じく高いレベルの CPU 使用率に寄与する高負荷の Hyper-V スイッチ アクティビティにあります。

Windows Server 2012 の Hyper-V では、SR-IOV 対応のネットワーク デバイスのサポートが導入されていて、物理ネットワーク アダプターの SR-IOV 仮想機能を仮想マシンに直接割り当てることができます。その結果、ネットワーク スループットが増加してネットワークの待機時間が減少する一方で、ネットワーク トラフィックの処理に必要なホスト CPU のオーバーヘッドも削減されます。次の図は、Hyper-V での SR-IOV サポートのアーキテクチャを示しています。

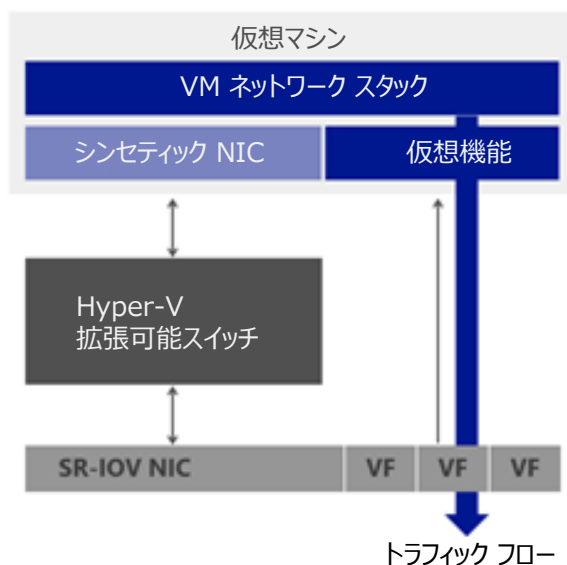


図 11 - SR-IOV の概要アーキテクチャ: VM 内で有効化された仮想機能

基本的に、SR-IOV は、Hyper-V 拡張可能スイッチを再マップ (バイパス) し、物理 NIC の仮想ネットワーク機能を VM に直接マップして、実質的に Hyper-V スイッチをバイパスすることで動作します。

### SR-IOV およびライブ マイグレーション

このシナリオでは、あるホストから別のホストへの VM のライブ マイグレーション中に SR-IOV 構成がどのように処理されるかを説明します。Hyper-V ゲストが起動した後、ネットワーク トラフィックは統合データ パスを介してフローします。物理ネットワーク アダプターがシングルルート I/O 仮想化 (SR-IOV) インターフェイスをサポートする場合、1 つ以上の PCI Express (PCIe) 仮想機能 (VF) を有効にすることができます。各 VF は Hyper-V 子パーティションにアタッチできます。その場合、ネットワーク トラフィックはハードウェア向けに最適化された SR-IOV VF データ パスを介してフローします。

ライブ マイグレーションが開始されると、SR-IOV VF からネイティブの統合データ パスへの VF フェールオーバーが発生し、トラフィックは統合データ パスを介して、Hyper-V スイッチ経由でフローします。

VF データ パスと統合データ パスの切り替えは最小限のパケット損失で行われ、TCP 接続の損失が防止されます。

その後、VM のライブ マイグレーションが行われ、その間、VM はネットワーク上でアクセス可能なままですが、アクセスは常に統合データ パス経由で行われます。新しいマイグレーション先ホストに到着すると、新しいホストで SR-IOV 機能が有効になっている場合は、マイグレーション元ホストと同様に VM は SR-IOV NIC から VF を自動的に割り当てられ、トラフィックはフェールオーバーして、統合データ パスではなく、VM 内部の VF を通過します。しかし、新しいホストに SR-IOV 対応ハードウェアがない場合、VM は引き続き統合データ パスを使用し続けます。

## 要件

仮想マシン内で SR-IOV を利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2
- SR-IOV をサポートする物理ホスト システム (Intel VT-d2 など)。これには、割り込みに対するチップセット サポート、DMA 再マッピング、およびプラットフォームの SR-IOV 機能を有効にしてオペレーティング システムへと記述するための適切なファームウェア サポートが含まれます。BIOS で SR-IOV を有効にする必要がある場合があります。
- 管理オペレーティング システム (Hyper-V 役割を実行) と仮想機能が割り当てられている各仮想マシンの両方における SR-IOV 対応ネットワーク アダプターおよびドライバー。

## 重要な理由

SR-IOV は、ハードウェア イノベーションとの緊密な統合の一例です。ハードウェア投資との統合によって、投資を保護しながら、パフォーマンスのレベルをさらに高めることができます。この場合はネットワーク パフォーマンスで、結果として VM への帯域幅およびスループットが高まり、待機時間と CPU の使用率が削減されます。

Hyper-V によって、俊敏性を犠牲にすることなく最高レベルのパフォーマンスが提供されることは顧客にとっても重要です。そのため、最新の Hyper-V は、SR-IOV がライブ マイグレーションとシームレスに動作するようにして、ネットワークを集中的に使用するワークロードでも TCP 接続を失わずにマイグレートできるよう設計されました。

## 拡張されたリソース管理

Windows Server 2012 では、リソースを迅速かつ効率的に管理および割り当てるための多数の新しい強力な機能が提供されました。ホスト密度を増加させるための仮想マシン メモリの制御から、きめ細かな帯域幅管理制御による SLA への適合まで、IT 監理者は、これらの強力な機能を使用してインフラストラクチャを最適化することができました。

Windows Server 2012 R2 では、これらの機能が改良され、IT 管理者に対してさらに高いレベルの機能を提供するように拡張されました。

## 動的メモリ

Windows Server 2008 R2 SP1 で導入された動的メモリを使用すると、物理メモリをより効率的に管理できます。動的メモリを有効にすると、Hyper-V では、メモリは実行中の仮想マシン間で自動的に再割り当てすることのできる共有リソースとして扱われます。動的メモリは、メモリ要求の変化および IT 管理者が指定する値に基づいて仮想マシンが利用できるメモリの容量を調整します。

Windows Server 2008 R2 Hyper-V の動的メモリには、2 つの主な設定が含まれていました。最初の設定は "起動メモリ" で、仮想マシンに割り当てることができる最小メモリ容量と定義されています。しかし、一般的に、Windows は、通常の状態よりも起動時に多くのメモリを必要とします。2 番目の設定は "最大メモリ" で、その名前が示すように、ある時点で VM が受け取る最大メモリ容量です。これらは両方とも、VM がオフの間に設定でき、VM が起動するとその設定が保持されるという意味で静的な値でした。

このような設定のロックは、メモリをアップグレードする場合、仮想マシンをシャットダウンする必要があることを意味しました。これは、要求の増加に応じて仮想マシンの最大メモリ容量を頻繁にアップグレードする必要がある管理者に共通の課題です。たとえば、最大 8 GB の RAM で構成され、SQL Server を実行する仮想マシンを考えてみましょう。データベースのサイズが増大し、トランザクションが増加した場合、仮想マシンにより多くのメモリが必要になります。Windows Server 2008 R2 SP1 では、アップグレードを実行するために仮想マシンをシャットダウンする必要がありました。そのため、ダウンタイムの計画が必要になり、ビジネスの生産性が低下します。

組織が急成長し、ワークロードが急速に拡大した場合、多くの仮想マシンをホストに頻繁に追加する必要があります。このような組織では、ホスト サーバーに配置できる仮想マシンの数を最適化して、必要となる高価なホスト サーバーの数を最小限に抑える必要があります。Windows Server 2012 R2 での Hyper-V 動的メモリの改善により、IT 管理者は、仮想メモリを効率的に割り当てて、仮想マシンの統合率を大幅に高めることができます。

Windows Server 2012 R2 では、新しい構成オプションである "最小メモリ" が動的メモリに追加されました。最小メモリでは、"起動メモリ" よりも小さい値を指定でき、Hyper-V は起動時に仮想マシンの未使用メモリを再利用できます。その結果、VDI 環境で仮想マシンの統合数を増やすことができます。

さらに、これらの設定はロックされなくなりました。つまり、管理者は、VM の実行中に VM の最小メモリと最大メモリと両方を調整できます。つまり、前に説明した例では、要求が増加しているデータベースで、IT 管理者はその特定の VM の最大メモリを増やして、増加した要求に対応できるようにすることができます。すべての処理はダウンタイムなしで行えます。

## スマート ページング

Windows Server 2012 では、仮想マシンを確実に再起動するために Hyper-V スマート ページングも導入されています。最小メモリによって仮想マシンの統合数は増えますが、課題も発生します。起動メモリよりも仮想マシンのメモリ容量が小さい場合、再起動時に Hyper-V はマシンの再起動のために追加メモリを必要とします。ホスト メモリの不足や仮想マシンの状態が原因で、Hyper-V に必ずしも利用可能な追加メモリがない場合があります。その結果、顧客環境で仮想マシンの再起動エラーが発生することがあります。Windows Server 2012 R2 では、最小メモリと起動メモリのメモリギャップを埋め、仮想マシンが信頼性の高い方法で起動できるよう Hyper-V スマート ページングが使用されます。



Hyper-V スマート ページングは、仮想マシンを再起動するために多くのメモリが必要になる場合に、ディスク リソースを追加の一時メモリとして使用するメモリ管理技法です。このアプローチには、利点と欠点の両方があります。スマート ページングを使用すると、利用可能な物理メモリがない場合に、信頼性の高い方法で仮想マシンの実行を維持できます。しかし、ディスク アクセス速度はメモリ アクセス速度よりもはるかに遅いため、仮想マシンのパフォーマンスが低下することがあります。

スマート ページングによるパフォーマンスへの影響を最小限に抑えるために、Hyper-V では、以下のすべての条件が満たされる場合にのみスマート ページングが使用されます。

- 仮想マシンの再起動操作が行われている。
- 利用可能な物理メモリがない。
- ホストで実行中の他の仮想マシンのメモリを再利用できない。

以下の場合、Hyper-V スマート ページングは使用されません。

- (再起動ではなく) シャットダウン状態からの仮想マシンの起動処理が行われている。
- 結果として、実行中の仮想マシンのメモリの超過使用が発生する。
- Hyper-V クラスタで仮想マシンがフェールオーバー中である。

ホスト メモリの超過使用が発生している場合、Hyper-V は内部のゲスト ページングに依存し続けます。この理由は、Hyper-V スマート ページングよりも効果的だからです。内部のゲスト ページングでは、仮想マシン内部でのページング操作は Windows Memory Manager によって実行されます。Windows Memory Manager は、ゲスト OS 内のメモリ使用に関して Hyper-V ホストよりも多くの情報を持っているので、ページングされるメモリを選択するときに使用できる適切な情報を Hyper-V に提供できます。そのため、内部のゲスト ページングでは、Hyper-V スマート ページングよりもシステムへのオーバーヘッドが少なくなります。

次の図は、Hyper-V スマート ページングを使用して再起動している仮想マシンのメモリのマッピングを示しています。

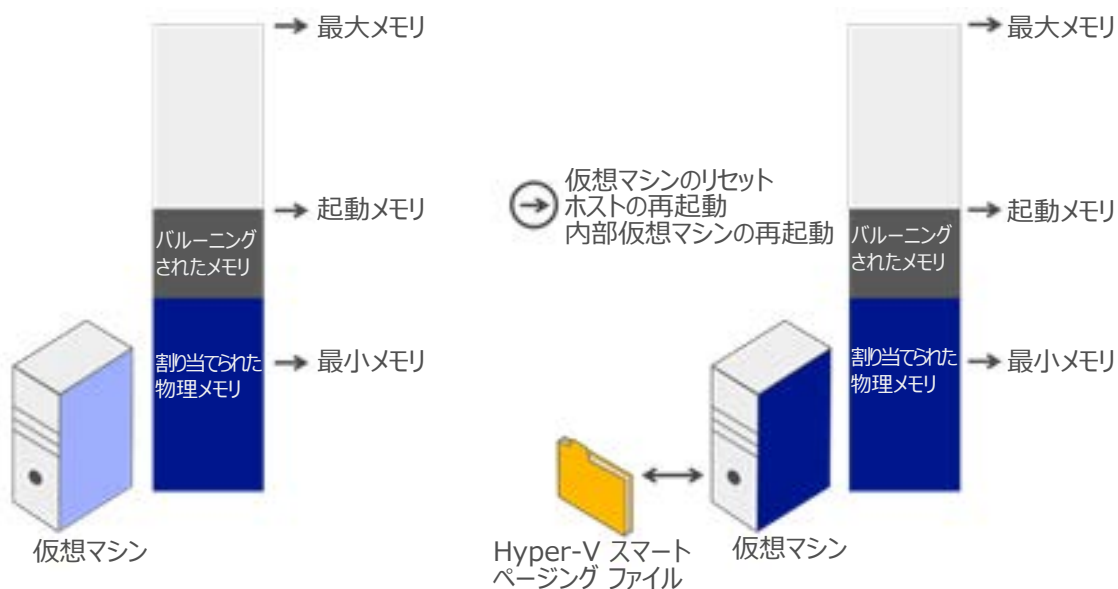


図 12 – Hyper-V スマート ページング

Hyper-V スマート ページングの影響をさらに軽減するために、仮想マシンの起動処理が完了した後、Hyper-V は仮想マシンからメモリを削除して、ゲスト内部の動的メモリ コンポーネントと調整 ("バルーニング") して、仮想マシンでの Hyper-V スマート ページングの使用を停止します。この技法では、Hyper-V スマート ページングの使用は一時的であり、10 分以下に抑えられます。

次の図は、起動処理を完了した後で仮想マシンからメモリを削除する Hyper-V を示しています。

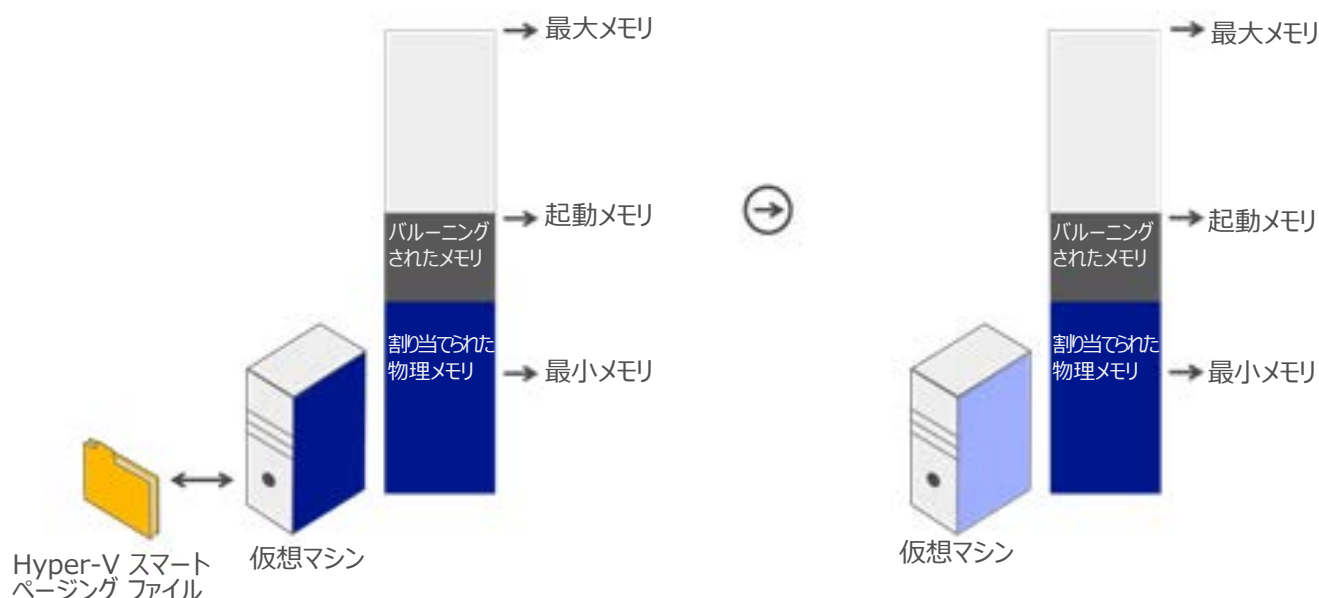


図 13 - 仮想マシンの再起動後に削除されるページングされたメモリ

Hyper-V スマート ページングを使用する際は、以下の点にも注意してください。

- Hyper-V スマート ページング ファイルは、仮想マシンで必要な場合のみ作成されます。
- 追加のメモリ容量が削除された後、Hyper-V スマート ページング ファイルは削除されます。
- Hyper-V スマート ページングは、別の再起動が発生し、物理メモリが不足するまで、この仮想マシンでは再び使用されません。

## 要件

動的メモリを使用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2

## 重要な理由

Windows Server 2012 R2 Hyper-V の動的メモリは、統合数の増加および Hyper-V 操作の信頼性向上に役立ちます。仮想マシンをシャットダウンせずに仮想マシンのメモリ構成変更を行うことができます。プールされた VDI 環境と同様に、仮想マシンがアイドル状態または低負荷の場合、Hyper-V での動的メモリ追加により、統合を増やし、再起動操作の信頼性を高めることができるので、顧客のコストを削減すること

が可能です。実行時の動的メモリの構成変更が可能なので、ウンタイムの短縮および要件変更に対応する俊敏性の向上によって全体的な IT の生産性が向上します。このような新機能により、要件変更にも俊敏に対応できるようになります。

## Hyper-V のリソース メータリング

コンピューティング リソースは限られています。仮想化されている場合であっても、さまざまなワークロードがこれらのリソースをどのように利用するかを理解しておく必要があります。Windows Server 2012 R2 Hyper-V のリソース メータリングは、仮想マシンの使用に関する履歴データを追跡し、特定のサーバーのリソース使用に関する情報を取得するのに役立ちます。このデータを使用して、容量計画の実施、部門または顧客別の利用状況の監視、またはワークロード実行のコストの再配分を目的としたデータのキャプチャを行うことができます。この機能によって提供される情報を使用して課金ソリューションを構築し、ホスティング サービスのリソース使用に応じて顧客に適切な課金を行うこともできます。

### 測定基準

Windows Server 2012 R2 では、Windows PowerShell の Hyper-V コマンドレットおよび仮想化 WMI プロバイダーの新しい API という 2 つの方法で顧客の仮想マシン リソース使用に関する履歴データを取得できます。

Hyper-V は、リソース使用に関して、次の表に示す測定基準を公開します。

測定基準	単位	Description
Average CPU Use	MHz	一定期間中に仮想マシンによって使用される CPU の平均量
Average Memory Use	MB	一定期間中に仮想マシンによって使用される物理メモリの平均容量
Minimum Memory Use	MB	一定期間内に仮想マシンに割り当てられた物理メモリの最小容量
Maximum Memory Use	MB	一定期間内に仮想マシンに割り当てられた物理メモリの最大容量
Maximum Disk Allocation	MB	一定期間内に仮想マシンに割り当てられたディスク容量の最大容量
Incoming Network Traffic	MB	一定期間内に仮想ネットワーク アダプターが受信したネットワーク トラフィックの総量
Outgoing Network Traffic	MB	一定期間内に仮想ネットワーク アダプターが送信したネットワーク トラフィックの総量
Total Average Normalized IOPS	IOPS	一定期間内における 1 秒あたりの正規化された I/O 操作の平均スループット
Total Average Latency	MS (ミリ秒)	一定期間内に記録された仮想マシンの記憶域の平均待機時間
Total Data Written	MB	一定期間内に仮想マシンのディスクに書き込まれたデータの合計量
Total Data Read	MB	一定期間内に記録された仮想マシンのディスクから読み込まれたデータの合計量

表 2 – Hyper-V リソース メータリング測定基準

## ネットワーク メータリング ポート ACL の使用

企業は、データセンターで送受信されるインターネット トラフィックに対して課金されますが、データセンター内のネットワーク トラフィックに対する課金は行われません。そのため、一般的に、プロバイダーは、課金目的ではインターネット トラフィックとイントラネット トラフィックを別々に考えます。インターネット トラフィックとイントラネット トラフィックを区別するために、プロバイダーは、ネットワーク メータリング ポート ACL を使用して、IP アドレス範囲の受信および送信ネットワーク トラフィックを測定できます。

## マルチテナント環境での VM 使用のメータリング

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V を使用すると、次の図に示すように、プロバイダーは、これまで以上に分離され、セキュリティで保護された方法で仮想マシンを複数のクライアントに提供できるマルチテナント環境を構築することができます。単一のクライアントには複数の仮想マシンが設定されることがあるので、リソースの使用データの集計は困難なことがあります。しかし、Windows Server 2012 R2 は、Hyper-V で利用可能なリソース プール機能を使用して、このタスクを簡素化します。リソース プールは、1 つのクライアントに属する仮想マシンのリソースを収集する論理コンテナで、クライアントの全体的なリソース使用を単一の場所で照会できます。

次の図は、Windows Server 2012 R2 の Hyper-V を使って構築されている 2 テナントの環境でのリソース メータリングの例を示します。

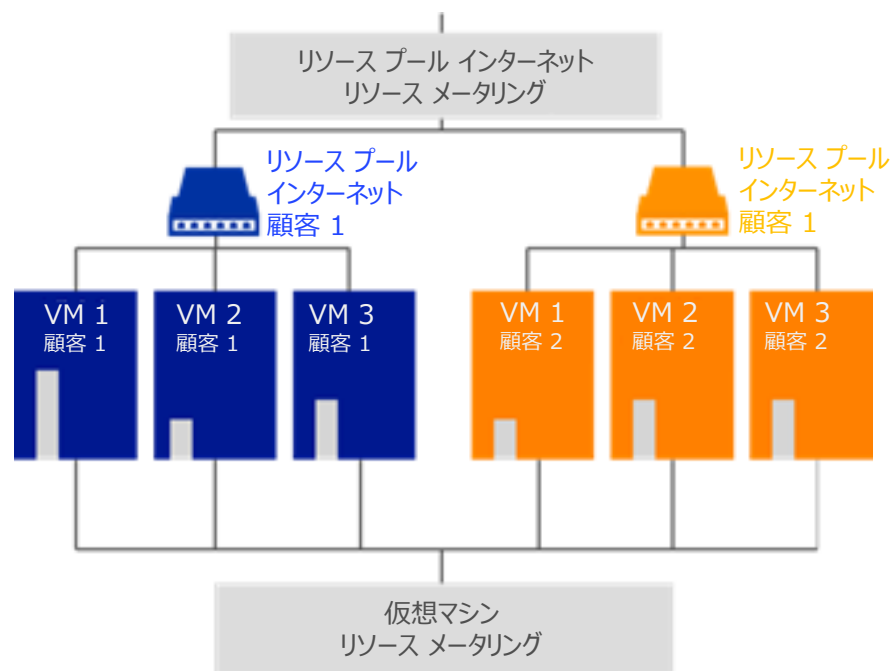


図 14 - Windows Server 2012 R2 の Hyper-V を使って構築された 2 テナントの環境

次の図にリソース メータリングの基本モデルを示します。

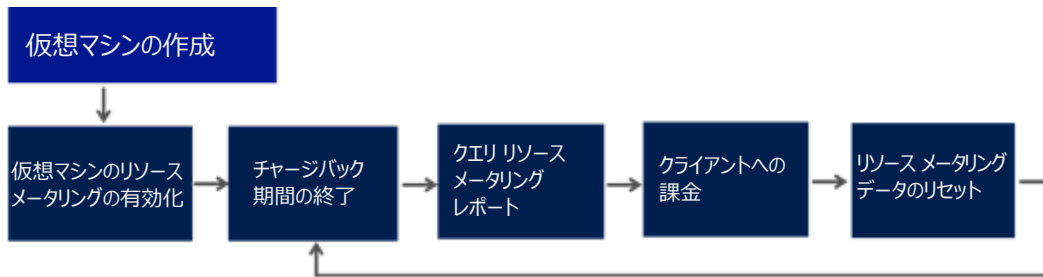


図 13 - リソース メータリング モデル

このモデルでは、ホスティング プロバイダーは以下の処理を行います。

1. 顧客の仮想マシンを作成し、仮想マシンに対してリソース メータリングを一度有効にします。
2. マルチテナント環境では、個々のリソース プールに対してメータリングを有効にします。Hyper-V は、各仮想マシンのリソース使用を追跡します。この追跡は、対象の仮想マシンが削除されるまで行われます。
3. 各チャージバック期間の最後にリソース使用に関するデータを照会し、このデータを使用して顧客に課金します。
4. 各チャージバック期間の最後にデータをリセットして、Hyper-V が新しいチャージバック期間のリソース使用の追跡を開始できるようにします。

リソース メータリングはすべての Hyper-V 操作と連動します。Hyper-V ホスト間の仮想マシンの移動（ライブ、オフライン、または記憶域マイグレーションによる移動など）は、収集されたデータに影響を及ぼしません。

## 重要な理由

Windows Server 2012 R2 Hyper-V のリソース メータリング機能を使用すると、各顧客による仮想マシンの使用に関する履歴データを追跡できます。このトポロジの一部であるリソース プールを通じて、Hyper-V は、プロバイダーがマルチテナント環境（各顧客または部門が複数の仮想マシンを保有する環境）で使用データを集計できるようにします。この機能を使用して、容量計画を実施することや、部門または顧客ごとにリソース使用を監視することができます。サードパーティの独立系ソフトウェア ベンダー（ISV）は、この機能によって提供されるデータを使用して、これまでよりも信頼性が高く、コスト効果に優れた従量制の課金ソリューションを構築できます。

## ネットワークのサービス品質 (QoS)

パブリック クラウド ホスティング プロバイダーおよび大規模なエンタープライズでは、Hyper-V を実行しているサーバーで複数のアプリケーション サーバーを実行する必要があることがあります。Hyper-V を実行しているサーバーで顧客をホストするホスティング プロバイダーは、サービス レベル契約（SLA）に基づくパフォーマンスを提供する必要があります。エンタープライズは、各アプリケーション サーバーが予測どおりのパフォーマンスを確実に実現できるよう、Hyper-V を実行しているサーバーで複数のアプリケーション サーバーを実行することを望んでいます。

ほとんどのホスティング プロバイダーおよび企業は、記憶域またはライブ マイグレーションなどの特定の種類のワークロードに専用のネットワーク アダプターおよび専用ネットワークを使用して、Hyper-V を実行しているサーバーでネットワーク パ



パフォーマンスの分離を実現します。この戦略は、1 Gigabit Ethernet (GbE) の場合は有効ですが、10 GigE ネットワーク アダプターを使用している (または計画している) 場合は現実的ではありません。

ほとんどの展開では、1 つまたは 2 つの 10 GigE ネットワーク アダプターが、Hyper-V を実行しているサーバー上のすべてのワークロードに対して十分な帯域幅を提供します。しかし、10 GbE ネットワーク アダプターおよびスイッチは、1 GbE 製品よりもかなり高額です。10 GigE ハードウェアを最適化するには、Hyper-V を実行しているサーバーで帯域幅を管理するための新機能が必要です。

Windows Server 2012 R2 は、仮想マシンまたはサービスに最小限の帯域幅を割り当てる機能を提供して、QoS を向上させます。この機能は、顧客に最小限のネットワーク帯域幅を約束する SLA の条項を遵守する必要があるホスティング企業にとって重要です。この機能は、共有ハードウェアで仮想化されたサーバー ワークロードを実行するときに予測可能なネットワーク パフォーマンスを必要とする企業にとっても同様に重要です。

Windows Server 2008 R2 では、QoS は最大帯域幅の適用をサポートします。これはレート制限と呼ばれます。Hyper-V を実行する典型的な物理サーバーを例に説明します。このサーバーでは、以下の 4 つの種類のネットワーク トラフィックが単一の 10 GigE ネットワーク アダプターを共有しています。

1. 仮想マシンと他のサーバー上のリソース間のトラフィック
2. 記憶域のトラフィック
3. Hyper-V を実行しているサーバー間での仮想マシンのライブ マイグレーションのトラフィック
4. CSV のトラフィック (クラスター内のノード間の通信)

仮想マシン データが 3 Gbps にレート制限されている場合、仮想マシンのデータ スループットの合計は 3 Gbps を超えることはありません。これは、他のネットワーク トラフィックの種類が残りの 7 Gbps の帯域幅を使用していない場合であっても同様です。しかし、これは、最大帯域幅の定義方法によっては、その他の種類のトラフィックが仮想マシンのデータに利用できる実際の帯域幅の量を容認できないレベルに減少させる可能性があることも意味します。

### 最小帯域幅

Windows Server 2012 R2 では、最小帯域幅を設定できます。帯域幅の上限である最大帯域幅とは対照的に、最小帯域幅は帯域幅の下限で、一定の帯域幅を特定の種類のトラフィックに割り当てます。次の図は、T1、T2、および T3 の 3 つの異なる期間に 4 つの種類のネットワーク トラフィック フローそれぞれに対して最小帯域幅がどのように機能するかを示しています。

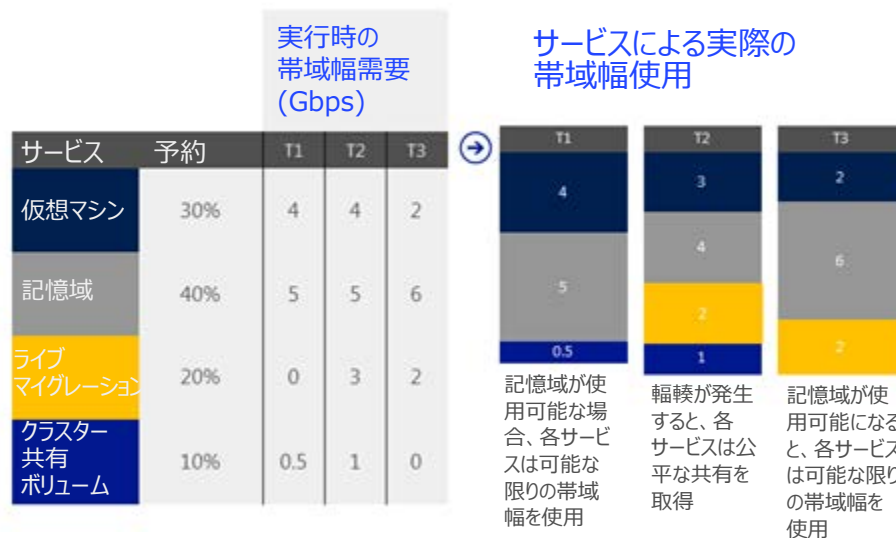


図 15 - サービスへの最小帯域幅の割り当て

この図では、左側の表は、特定の種類のネットワーク トラフィック フローに必要な最小の帯域幅の構成を示しています。たとえば、記憶域は、少なくとも 40% の帯域幅 (10 GigE ネットワーク アダプターの中の 4 Gbps) を持つように構成されます。右側の表は、各種類のネットワーク トラフィックが T1、T2、および T3 で保有する実際の帯域幅を示しています。この例では、記憶域は、3 つの期間でそれぞれ 5 Gbps、4 Gbps、および 6 Gbps で実際に送信されます。

最小帯域幅の特長を次にまとめます。

- 輻輳が発生した場合、目的のネットワーク帯域幅が利用可能な帯域幅を超えると、最小帯域幅は、各種類のネットワーク トラフィックが割り当てられた帯域幅までを受け取るようにします。このため、最小帯域幅は公平な共有とも呼ばれます。この特長は、単一のネットワーク アダプターで複数の種類のネットワーク トラフィックを集約する場合に必要不可欠です。
- 輻輳が発生しない場合、つまりすべてのネットワーク トラフィック トラフィックに対応するために十分な帯域幅が利用可能な場合 (T1 および T3 期間など)、各種類のネットワーク トラフィックはそのクォータを超えて、利用可能な帯域幅をできる限り多く使用できます。このような特長を持つ最小帯域幅は、利用可能な帯域幅の使用において最大帯域幅よりも優れています。

### 相対的な最小帯域幅

仮想マシンでのワークロードの重要性が相対的な場合、相対的な最小帯域幅を使用できます。この場合、各仮想マシンに重みを割り当て、重要性の高い仮想マシンに高い重みを与えます。仮想マシンに割り当てる帯域幅の割合は、Hyper-V 拡張可能スイッチに接続されている仮想マシンのすべての重みの合計で仮想マシンの重みを除算することで判断します。次の図は、相対的な最小帯域幅を示しています。

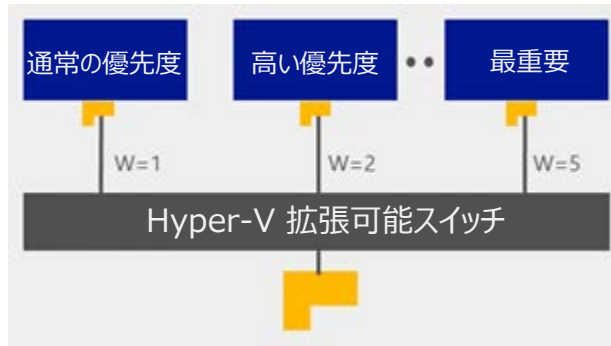


図 16 - 相対的な最小帯域幅

### 厳密な最小帯域幅

正確な帯域幅を提供する場合は、厳密な最小帯域幅を使用する必要があります。この場合、Hyper-V 拡張可能スイッチに接続されている各仮想マシンに精密な帯域幅クォータを割り当てます。

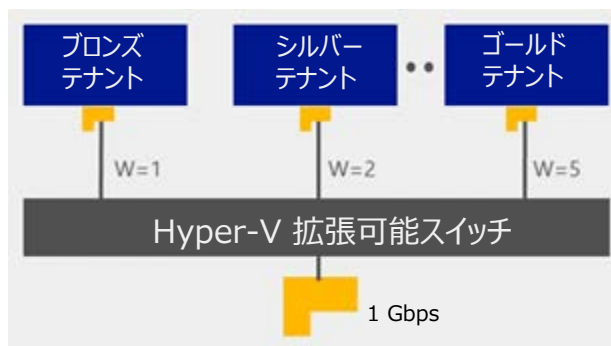


図 17 - 厳密な最小帯域幅

### 最小帯域幅のメカニズム

Windows Server 2012 R2 は、最小帯域幅を適用するために 2 つの異なるメカニズムを提供します。1 つのメカニズムはソフトウェア内で（Windows の新しく拡張されたパケット スケジューラーを通じて）提供され、もう 1 つは Datacenter Bridging (DCB) をサポートするネットワーク アダプターを通じて提供されます。どちらの場合でも、ネットワーク トラフィックを最初に分類する必要があります。パケットの分類は、Windows または Windows から指示を受けたネットワーク アダプターによって行われます。分類の結果は Windows でのトラフィック フローの数となり、特定のパケットはその 1 つのみに属することができます。

たとえば、ライブ マイグレーション接続、サーバーとクライアント間のファイル転送、またはリモート デスクトップ接続などのトラフィック フローがあります。帯域幅ポリシーの構成方法に基づき、Windows のパケット スケジューラーまたはネットワーク アダプターは、トラフィック フローに対して構成された最小帯域幅と等しい速度か、それ以上の速度でパケットをディスパッチします。

2 つのメカニズムにはそれぞれ利点と欠点があります。

- Windows Server 2012 R2 の新しいパケット スケジューラーに組み込まれているソフトウェア ソリューションは、きめ細かな分類を提供します。多くのトラフィック フローが最小帯域幅の適用を必要とする場合は、唯一の実行

可能な選択肢です。標準的な例は、多くの仮想マシンをホストする Hyper-V サーバーです。この場合、各仮想マシンがトラフィック フローとして分類されます。

- ネットワーク アダプターでの DCB サポートに依存するハードウェア ソリューションでサポートされるトラフィック フローの数ははるかに少なくなります。しかし、ハードウェア ソリューションでは、ネットワーキング スタックから発信されていないネットワーク トラフィックを分類できます。標準的なシナリオには、iSCSI オフロードをサポートする CNA があります。iSCSI トラフィックは、ネットワーキング スタックをバイパスし、CNA によって直接フレーム化され送信されます。ネットワーキング スタック内のパケット スケジューラーは、このオフロードされたトラフィックを処理しないので、最小帯域幅を適用するには DCB が唯一の実行可能な選択肢です。

これらのメカニズムの両方を同じサーバーで使用できます。たとえば、Hyper-V を実行しているサーバーに 2 つの物理ネットワーク アダプターが搭載されているとします。1 つは、仮想スイッチにバインドされ、仮想マシン データを処理します。もう 1 つは、ホスト サーバーの残りのトラフィックを処理します。Hyper-V でソフトウェア ベースの最小帯域幅を有効にして仮想マシン間での帯域幅の公平な共有を保証し、2 つ目のネットワーク アダプターでハードウェア ベースの最小帯域幅を有効にしてホスト サーバーからのさまざまな種類のネットワーク トラフィック間での帯域幅の公平な共有を保証することができます。

しかし、特定の種類のネットワーク トラフィックに対して両方のメカニズムを同時に有効にすることは推奨されません。たとえば、Hyper-V を実行しているサーバーで 2 つ目のネットワーク アダプターを使用するように構成されているライブ マイグレーションおよび記憶域トラフィックを考えてみます。DCB を使用してライブ マイグレーションおよび記憶域トラフィックに対して帯域幅を割り当てるようネットワーク アダプターが既に構成されている場合は、同じ処理を行うように Windows のパケット スケジューラーを構成しないように注意します。逆の場合も同様です。

## QoS の構成および管理

Windows Server 2012 R2 では、Windows PowerShell を使用して QoS ポリシーおよび設定を動的に管理します。新しい QoS コマンドレットは、Windows Server 2008 R2 で利用可能な QoS 機能（最大帯域幅や優先順位のタグ付けなど）および Windows Server 2012 と Windows Server 2012 R2 で利用可能な最小帯域幅などの新機能の両方をサポートします。

## 要件

最小 QoS は、以下の 2 つの方法で適用できます。

- 最初の方法では、Windows Server 2012 に組み込まれているソフトウェアを使用します。その他の要件はありません。
- ハードウェア ベースの 2 つ目の方法では、DCB をサポートするネットワーク アダプターが必要です。
- どちらのオプションでも Windows Server 2012、Windows Server 2012 R2、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2 が必要です。

ハードウェアによる最小帯域幅の場合、DCB をサポートするネットワーク アダプターを使用する必要があります。ネットワーク アダプターのミニポート ドライバーは NDIS QoS API を実装する必要があります。ネットワーク アダプターは、Enhanced Transmission Selection (ETS) および Priority-Based Flow Control (PFC) をサポートし、Windows Server 2012 用に作成された NDIS QoS ロゴに準拠するものである必要があります。このロゴには、Explicit Congestion Notification (ECN) は必要ありません。IEEE の ETS 仕様には、ネットワーク アダプターとス

イチが DCB 構成を交換できるようにする Data Center Bridging Exchange (DCBX) と呼ばれるソフトウェア プロトコルが含まれています。ロゴには DCBX も必要ありません。

仮想マシンとして実行している Windows Server 2012 R2 で QoS を有効にすることは推奨されません。パケット スケジューラーによって適用される最小帯域幅は、1 GbE または 10 GigE ネットワーク アダプターで最適に動作します。

### 重要な理由

Windows Server 2012 R2 は、仮想化された環境でのパフォーマンス向上を目的として、仮想マシンまたはサービスに最小帯域幅を割り当てることができる強力な QoS 帯域幅管理機能を提供します。ホスティング プロバイダーおよび企業は、この機能を使用して、Hyper-V サーバーで仮想マシンの数を最適化し、予期した通りのパフォーマンスを確実に実現できます。コンピューティング、記憶域、およびネットワーク リソースを含む共有インフラストラクチャ上のその他の顧客様によって特定の顧客に悪影響が生じることも防止できます。ホスティング サービス プロバイダーおよび企業は、アプリケーションをサンドボックス化し、帯域幅の保証に応じた異なる SLA/価格を提供することもできます。

### 記憶域のサービス品質 (QoS)

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V には、仮想マシンの記憶域に対して特定のサービス品質 (QoS) パラメーターを設定する機能が搭載されています。記憶域 QoS は、マルチテナント環境での記憶域のパフォーマンス分離に加えて、記憶域 I/O パフォーマンスが仮想マシン ワークロードを効率的に実行するための定義済みしきい値を満たさない場合に通知するメカニズムを提供します。

記憶域 QoS では、個々の仮想ハード ディスクに対して最大 IOPS (1 秒あたりの入出力操作数) を指定できます。ネットワーク QoS を使用してネットワーク トラフィックが多く使用率の高い VM を制限できるのと同様に、管理者は、記憶域 I/O を調整して、テナントが別のテナントに影響を及ぼす可能性がある過度な記憶域リソースを消費することを防ぐことができます。記憶域 QoS は、固定、動的、および差分仮想ハード ディスクをサポートします。

別の仮想ハード ディスクに格納されている集中的なデータベース ワークロードを実行する仮想マシンのシナリオを考えてみます。

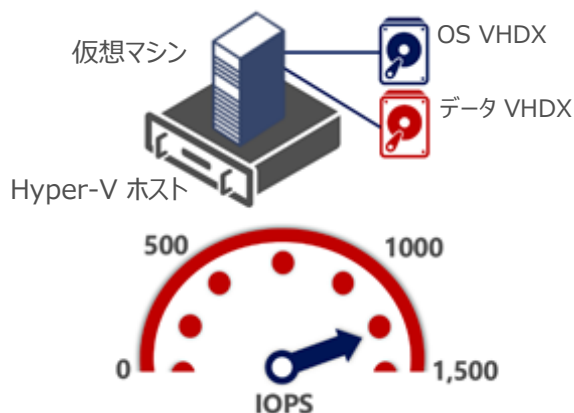


図 18 – データ VHDX で大きな IOPS を使用する集中的なワークロードを含む VM



記憶域 QoS を有効にすると、管理者は、その仮想ディスクの受信および送信 IOPS 上限を設定して SAN への負荷を軽減し、そのホスト上の他の仮想マシンが使用できるリソースを解放できます。



図 19 – IOPS の上限が記憶域 QoS によって 500 に設定されている集中的なワークロードを含む VM

管理者は、最小 IOPS 値を設定することもできます。指定した仮想ハード ディスクへの IOPS が最適なパフォーマンスを実現するために必要なしきい値を下回ると通知が行われます。

仮想マシンの測定基準インフラストラクチャも、管理者がパフォーマンスおよびチャージバック関連のパラメーターを監視することができる記憶域関連のパラメーターによって更新されています。最大および最小値は正規化された IOPS という観点で指定され、データは 8K ごとに I/O としてカウントされます。

これらの主要な機能により、記憶域テクノロジーへの投資から許容可能なパフォーマンスを容易に計画して実現することができます。

## 要件

記憶域 QoS には、以下が必要です。

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2

## 重要な理由

ネットワーク QoS と同様、仮想化された環境での全体的なパフォーマンスを向上させるために、Windows Server 2012 R2 Hyper-V は、記憶域 QoS によって、VM 記憶域要求と記憶域のパフォーマンス能力のバランスを制御します。IOPS に関して SAN のリソースは無制限ではないので、管理者は、記憶域 QoS を使用して仮想ディスク単位で帯域幅の割り当てを管理できます。これは、記憶域リソースの公平な共有を超えて消費する VM を防止し、インフラストラクチャ内での競合を防止するのに役立ちます。

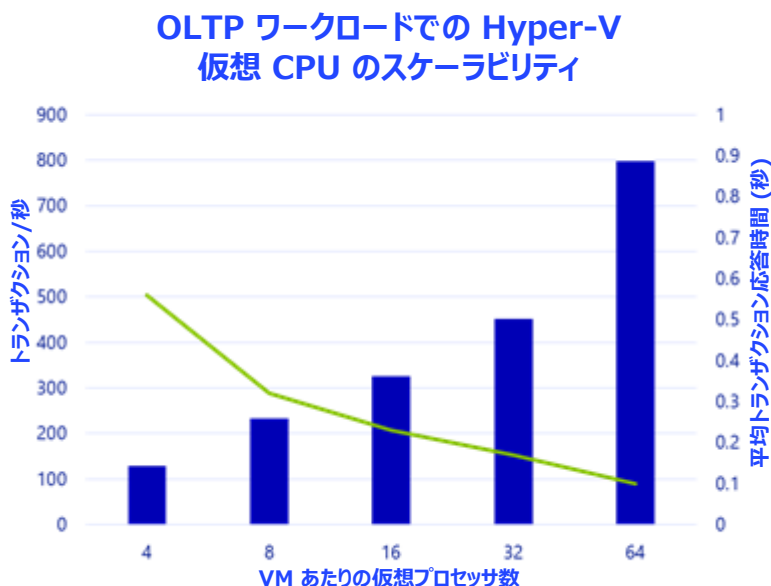
## 仮想化されたワークロードのパフォーマンス

Windows Server 2012 R2 Hyper-V は、最も集中的なワークロードの要求を満たすように拡張できます。ここまで、NUMA などのアーキテクチャ機能、強力なオフロードのためのハードウェア機能との緊密な統合、動的メモリやスマート ページングなどの機能、そしてネットワークおよび記憶域 QoS など、最高レベルのパフォーマンスを可能にする Hyper-V コア機能を紹介してきました。これらの機能はすべて、主要なワークロードを仮想化するときに、Hyper-V で最高の状態で確実に動作させるために役立ちます。

過去 12 か月、マイクロソフトは Enterprise Strategy Group (ESG) と緊密に協力し、Windows Server 2012 で仮想化されて実行されているマイクロソフトの多くの主要ワークロードのラボ テストと分析を実施しました。これらのワークロードには、SQL Server 2012、Exchange 2013、および SharePoint 2013 が含まれていました。

### SQL Server 2012

まず、ESG は、以前は vCPU が制限されていた既存の SQL Server 2012 OLTP ワークロードでのテストを行いました。以前、このテストは、Windows Server 2008 R2 Hyper-V で実行されました。そのテストでは、スケールの点で VM あたり 4 vCPU の上限で制限されていました。Windows Server 2012 および後続の R2 では、下の図に示すように、この上限が VM あたり 64 vCPU に引き上げられました。



Windows Server 2012、SQL Server 2012、単一の VM、64 GB の RAM

図 20 – OLTP ワークロードを使用する場合の Hyper-V 仮想 CPU スケーラビリティのグラフ

Hyper-V で VM あたり 64 vCPU がサポートされたことにより、テストでは、Hyper-V の以前のバージョンと比較してパフォーマンスが 6 倍向上し、トランザクション応答時間が 5 倍向上しました。さらに、ESG は、Hyper-V VM が処理できる 1 秒あたりの SQL Server バッチ要求の数を記録しました。結果は次のグラフに示されています。

## Hyper-V 対応の SQL バッチ要求のスケラビリティ

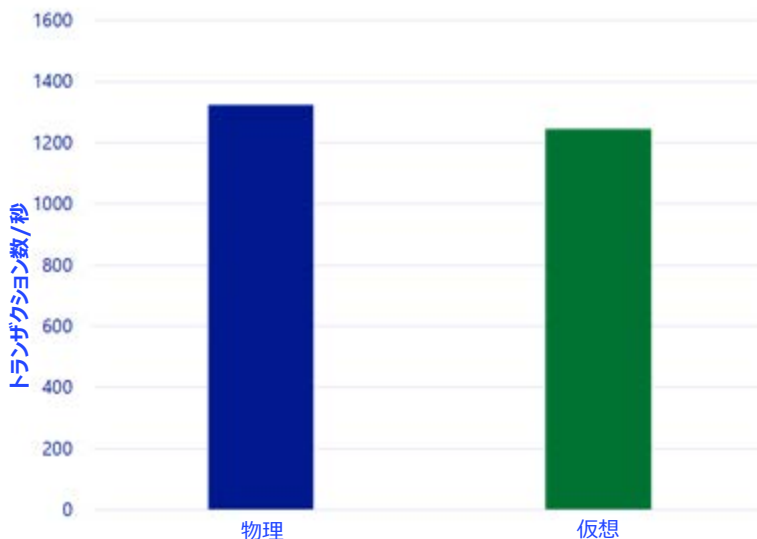


Windows Server 2012、SQL Server 2012、単一の VM、64 GB の RAM

図 21 – Hyper-V 対応の SQL バッチ要求スケラビリティのグラフ

64 vCPU のテストでは、1 秒あたり 2,870 の SQL Server バッチ要求が記録されました。この状況は、マイクロソフトのドキュメントで "1 秒あたり 1,000 を超えるバッチ要求は非常にビジーな SQL Server を示す" と記載されています。最後に、ESG では、次のグラフに示すように、物理 SQL Server と同様に構成された仮想 SQL Server のパフォーマンステストが行われました。

## Hyper-V OLTP ワークロード分析



Windows Server 2012、SQL Server 2012、64 GB の RAM、64 基の CPU

図 22 – Hyper-V の OLTP ワークロード分析のグラフ

このテストの目的は、Hyper-V 仮想マシンとネイティブの物理サーバーで実行されている証券アプリケーションのパフォーマンスにおける小さな違いを数量化することでした。Hyper-V 仮想マシンに展開された 75,000 の証券会社の顧客データ

ベースで実行されている OLTP ワークロードが処理したトランザクションは、同様に構成された物理サーバーで実行されている同じワークロードと比較して 1 秒あたり 6% 強低いだけでした。

## Exchange 2013

Windows Server 2012 Hyper-V で、ESG Lab は、仮想化された階層 1 Exchange 2013 アプリケーションワークロードの実践形式テストを実施しました。使用されたワークロードは、通常の作業（電子メールの送受信、予定表エントリの作成、連絡先の更新、To Do リストの管理など）を実行する数千の Exchange ユーザーをシミュレートするように設計されました。このテストの結果を次のグラフに示します。

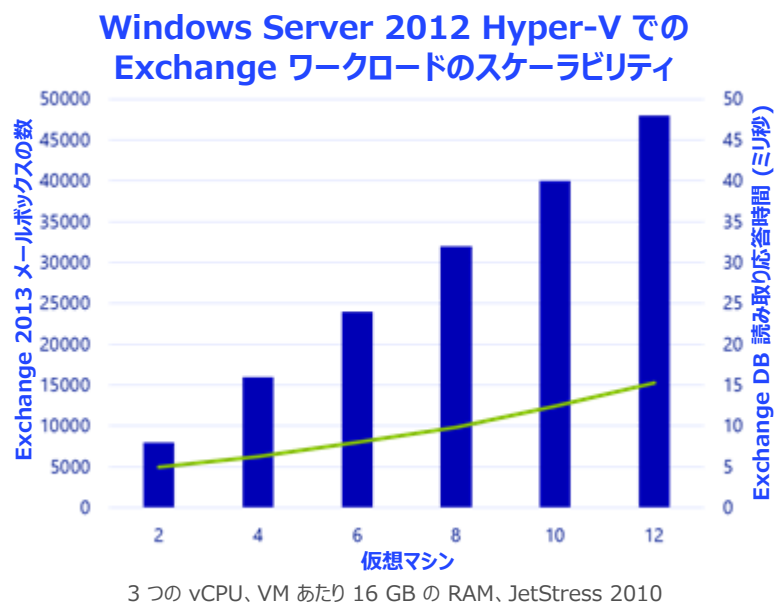


図 23 - 仮想化された Exchange 2013 スケーラビリティのグラフ

結果からわかるように、単一の物理サーバー上で実行する 12 の Hyper-V VM に展開された 1 つの Exchange 2013 のインフラストラクチャは、最大 48,000 の同時接続ユーザーの I/O 要件をサポートし、データベース読み取り応答の平均時間は 5.02 ~ 15.31 ミリ秒で、マイクロソフトが推奨する 20 ミリ秒を大きく下回りました。

## SharePoint 2013

ESG Labs は、Windows Server 2012 Hyper-V で SharePoint Server 2013 の仮想化された構成をテストしました。その結果、Hyper-V のパフォーマンス、拡張性、および低オーバーヘッドによってコストを削減し、統合された SharePoint Server ワークロードの管理性、柔軟性、および可用性が向上することが実証されました。このテストの結果を次のグラフに示します。

## Windows Server 2012 Hyper-V での SharePoint ワークロードのスケールビリティ

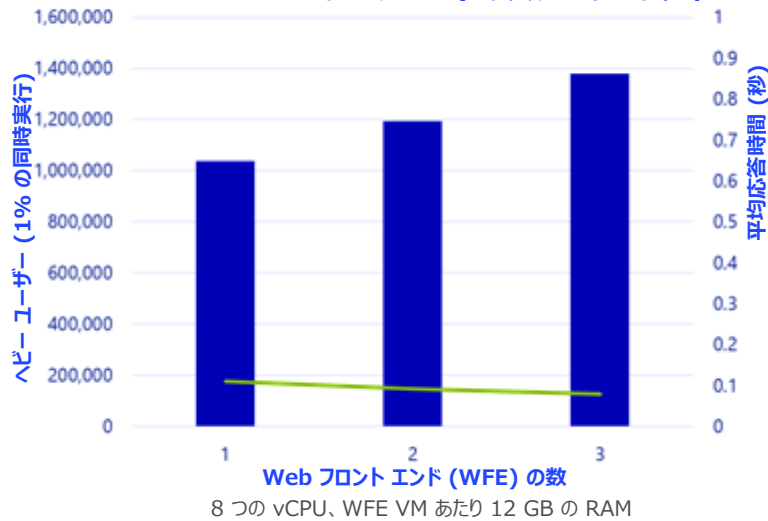


図 24 - 仮想化された SharePoint 2013 スケーラビリティのグラフ

単一の物理サーバーで実行する 5 つの Hyper-V VM (3 つの WFE、1 つのアプリケーション、1 つの SQL) 内に展開され、SSD ベースのミラーリングされた記憶域領域で構成されている SharePoint 2013 インフラストラクチャは、軽量の非ブロッキング ワークロードを実行する 130 万以上のヘビー ユーザー (1 時間あたり 60 要求) の要求をサポートしました。同時実行は 1 % で、応答時間スループットは非常に低いものでした。

同じ構成で CPU 使用率をさらに高くして、より高い数値が得られるかどうかテストされました。結果は下記のとおりです。

## Windows Server 2012 Hyper-V での SharePoint ワークロードのスケールビリティ

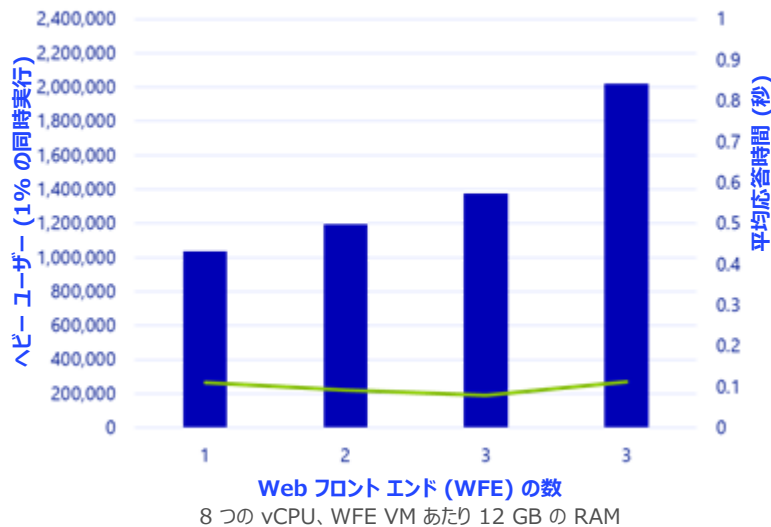


図 25 - 要求を増加させた状態での仮想化された SharePoint 2013 スケーラビリティのグラフ



テストでは、3 つの WFE が 1% の同時実行で 200 万強のヘビー ユーザーを低い応答時間でサポートできることがわかりました。WFE の平均 CPU 使用率は 84% でした。

### 重要な理由

顧客が重要度の低いシステムの仮想化から強力な要求が厳しいミッションクリティカルなシステムへと移行する際、物理的な環境で提供されていた機能が仮想化で提供できるという確信が最も重要になります。パフォーマンスは、これらの種類のワークロードを仮想化する際の主な考慮事項の 1 つです。Windows Server 2012 R2 Hyper-V での主要な拡張およびパフォーマンス機能に加えて、ESG でのパフォーマンスのテストは、コスト効果の高い仮想化プラットフォームでこれらのワークロードを仮想化できることは明らかです。犠牲にすべきものは何もありません。

# セキュリティおよびマルチテナント

仮想化されたデータセンターは、日々ますます一般的で現実的になっています。IT 組織およびホスティング プロバイダーは、サービスとしてのインフラストラクチャ (IaaS) の提供を開始しています。IaaS は、より柔軟で仮想化されたインフラストラクチャ ("オンデマンドのサーバー インスタンス") を提供します。この傾向から、IT 組織およびホスティング プロバイダーは、顧客に拡張されたセキュリティおよび相互に分離された環境を提供する必要があります。

サービス プロバイダーのインフラストラクチャが 2 つの会社をホストしている場合、各会社にはそれぞれ独自のプライバシーとセキュリティを適用する必要があります。Windows Server 2012 および後続の Windows Server 2012 R2 以前では、サーバー仮想化は仮想マシン間の分離を提供していましたが、データ センターのネットワーク層はまだ完全に分離されておらず、同じインフラストラクチャ上で実行されるさまざまなワークロード間の第 2 層の接続を暗示していました。

ホスティング プロバイダーにとって、顧客のクラウド導入の障害を排除して期待に応えるには、仮想化された環境での分離は物理データ センターでの分離と同一である必要があります。

分離はエンタープライズ環境でも同様に重要です。すべての内部部門は同じ組織に属しますが、特定のワークロードおよび環境 (財務や人事システムなど) は相互に分離されている必要があります。プライベート クラウドを提供し、IaaS 運用モードへと移行する IT 部門は、この要件を考慮し、このような機密性の高いワークロードを分離するための方法を提供する必要があります。

Windows Server 2012 R2 には、Hyper-V 拡張可能スイッチの一部として提供される強力な包括的なセキュリティおよび分離機能が含まれています。

## Hyper-V 拡張可能スイッチ

Hyper-V 拡張可能スイッチは、第 2 層の仮想ネットワーク スイッチで、プログラマ的に管理され、セキュリティと分離に関するポリシーを適用して仮想マシンを物理ネットワークに接続する拡張可能な機能を提供します。次の図は Hyper-V 拡張可能スイッチを使用するネットワークを示します。

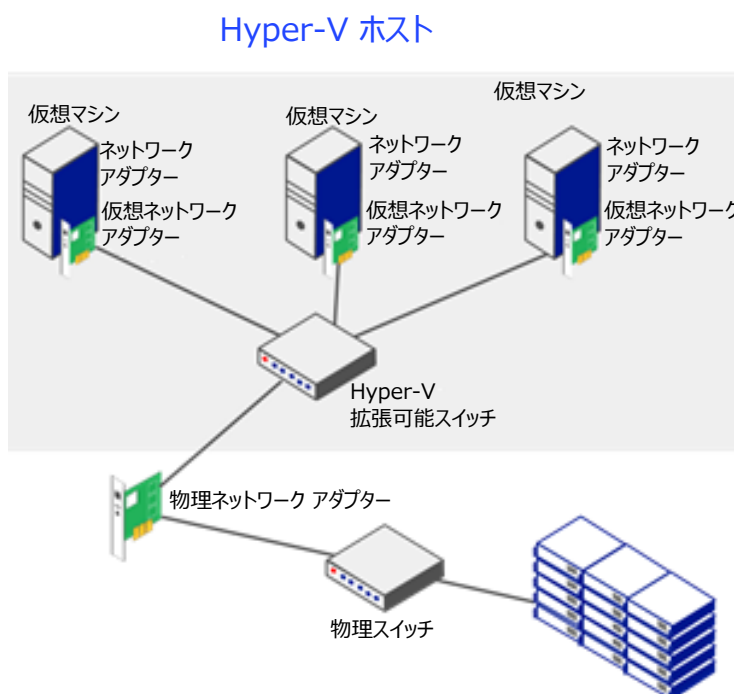


図 26 – Hyper-V 拡張可能スイッチを含むネットワーク

Windows Server 2012 R2 では、任意の分離グループのセット間のネットワーク分離を適用するように Hyper-V サーバーを構成できます。通常、分離グループは、個々の顧客またはワークロード セットに対して定義されます。Windows Server 2012 R2 は、マルチテナント用の分離およびセキュリティ機能を実現する以下の機能を提供します。

- **プライベート VLAN (PVLAN):** 同じ VLAN 上の 2 つの仮想マシン間の分離を提供します。
- **ARP/ND ポイズニング/スプーフィング:** 他の仮想マシンから IP アドレスを盗む悪意のある仮想マシンに対する保護。
- **DHCP スヌーピング/DHCP ガード:** トラフィックの再ルーティングを引き起こす IP アドレスを提供しようとする不正な DHCP サーバーに対する保護。
- **仮想ポート ACL:** 仮想ポートの分離および仮想ポートのネットワーク トラフィックの測定。
- **仮想マシンへのトランク モード:** 複数の VLAN からのトラフィックを仮想マシン内の単一ネットワーク アダプター ヘリダイレクトできるようになりました。
- **監視およびポート ミラーリング:** スイッチ上の特定の仮想マシンを通じてフローする特定のポートからのトラフィックを監視し、それ以上の処理のために別の仮想ポートへと配信することできるトラフィックをミラーリングします。

- **Windows PowerShell/Windows Management Instrumentation (WMI):** Hyper-V 拡張可能スイッチ用の Windows PowerShell コマンドレットを提供します。お客様およびパートナーは、セットアップ、構成、監視、およびトラブルシューティング用のコマンドライン ツールまたは自動化されたスクリプトを構築できます。

## PVLAN

VLAN テクノロジは、ネットワークを分割し、共通の物理インフラストラクチャを共有する個々のグループの分離を提供するために使用されています。Windows Server 2012 R2 は、PVLAN をサポートします。これは、VLAN と共に使用される機能で、同じ VLAN 上の 2 つの仮想マシン間での分離を提供するために使用できます。

ある仮想マシンが他の仮想マシンと通信する必要がない場合は、PVLAN を使用してデータセンター内の他の仮想マシンから分離することができます。PVLAN 内の各仮想マシンに 1 つのプライマリ VLAN ID と 1 つ以上のセカンダリ VLAN ID を割り当てることにより、セカンダリ PVLAN を 3 つのモード (次の表を参照) のいずれかにすることができます。これらの PVLAN モードは、仮想マシンが通信できる PVLAN 上の他の仮想マシンがどれかを決定します。仮想マシンを分離するには、分離モードにします。

PVLAN モード	説明
分離	分離されたポートは、第 2 層で相互にパケットを交換できません。
無作為検出	無作為検出ポートは、同じプライマリ VLAN ID 上の他のポートとパケットを交換できます。
コミュニティ	同じ VLAN ID 上のコミュニティ ポートは、第 2 層で相互にパケットを交換できます。

表 3 - 仮想マシン分離のための PVLAN モード

次の図は、3 つの PVLAN モードを使用してプライマリ VLAN ID を共有する仮想マシンを分離する方法を示しています。

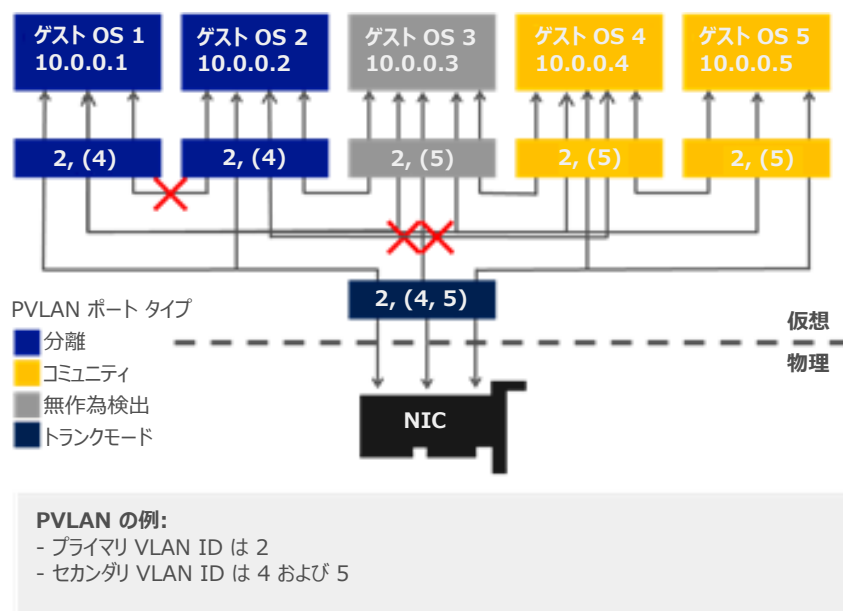


図 27 - プライマリ VLAN ID 2 での PVLAN の例

## ARP ポイズニング/ND スプーフィングからの保護

Hyper-V 拡張可能スイッチは、ARP スプーフィング (IPv4 では ARP ポイズニングとも呼ばれます) を通じて他の仮想マシンから IP アドレスを盗む悪意のある仮想マシンに対する保護を提供します。この種類の man-in-the-middle 攻撃では、悪意のある仮想マシンは偽の ARP メッセージを送信します。この仮想マシンは、所有していない IP アドレスに自身の MAC アドレスを関連付けます。無防備な仮想マシンは、意図した宛先ではなく、その IP アドレス (悪意のある仮想マシンの MAC アドレス) 宛てにネットワーク トラフィックを送信します。IPv6 に対しては、Windows Server 2012 は ND スプーフィングに対する同等の保護を提供します。

## DHCP ガードによる保護

DHCP 環境では、不正な DHCP サーバーがクライアント DHCP 要求をインターセプトし、不正なアドレス情報を提供する可能性があります。不正な DHCP サーバーにより、トラフィックが正当な宛先へと転送される前にすべてのトラフィックをスニフする悪意のある媒介へとルーティングされる可能性があります。この特定の man-in-the-middle 攻撃から保護するために、Hyper-V 管理者は、DHCP サーバーを接続することができる Hyper-V 拡張可能スイッチ ポートを指定できます。他の Hyper-V 拡張可能スイッチ ポートからの DHCP サーバー トラフィックは自動的に切断されます。Hyper-V 拡張可能スイッチは、トラフィックの再ルーティングを引き起こす IP アドレスを提供しようとする不正な DHCP サーバーに対する保護も提供します。

## Hyper-V 仮想スイッチ拡張ポート ACL

エンタープライズおよびクラウド サービス プロバイダー (CSP) は、Hyper-V 仮想スイッチ拡張ポート アクセス制御リスト (ACL) を構成してファイアウォール保護を提供し、データセンター内のテナント VM にセキュリティ ポリシーを適用することができます。ポート ACL は VM 内ではなく Hyper-V 仮想 スイッチ上で構成されるので、マルチテナント環境内のすべてのテナントのセキュリティ ポリシーを管理できます。

ポート ACL を使用することで、仮想マシンと通信できる (または通信できない) IP アドレスまたは MAC アドレスを計測できます。たとえば、ポート ACL を使用して、インターネットとのみ通信できるようにしたり、アドレスの定義済みセットとのみ通信できるようにしたりして、仮想マシンを分離することができます。メタリング機能を使用することで、特定の IP アドレスまたは MAC アドレスのネットワーク トラフィックを計測できるので、インターネットまたはネットワーク記憶域アレイから送受信されるトラフィックを報告できます。

仮想ポートに対して複数のポート ACL を構成することもできます。各ポート ACL は、送信元または宛先のネットワーク アドレス、および許可または計測アクションの許可で構成されます。メタリング機能は、制限された ("拒否") アドレスからの仮想マシンとの間でトラフィックが試みられた回数に関する情報も提供します。

ポート ACL は、Windows Server 2012 Hyper-V で初めて導入されましたが、Windows Server 2012 R2 Hyper-V の一部として多くの重要な改善が行われています。

- ACL には、ソケット ポート番号が含まれるようになりました。Windows Server 2012 では、IPv4 と IPv6 に対して送信元と宛先の両方の MAC および IP アドレスを指定できました。Windows Server 2012 R2 では、ルールを作成するときにポート番号を指定することもできます。
- 一方向のステートフル ルールを構成し、タイムアウト パラメーターを提供できます。ステートフルなファイアウォールルールでは、トラフィックが許可され、2 つのトラフィック フローが動的に作成されます。2 つのトラフィック フローは、



送信パケット内の 5 つの属性を一致させる 1 つの送信ルール、および同じ 5 つの属性を一致させる 1 つの受信ルールです。ステートフル ルールが一度正常に利用された後、2 つのトラフィック フローは、タイムアウト属性で指定された一定の期間内はルールに対する再検査なしに許可されます。ファイアウォール ルールがタイムアウト属性を超えると、トラフィック フローは再びルールに対して調べられます。

さらに、拡張ポート ACL には以下の利点があります。

- マルチテナント環境では、データセンター リソースを保護し、テナントにセキュリティ ポリシーを適用できます。
- Hyper-V ネットワーク仮想化との互換性。
- Windows PowerShell を使用してファイアウォール ルールを容易に構成できる管理インターフェイス。
- ファイアウォールの運用を確認し、ポート ACL の構成ミスの可能性を検出できるログおよび診断機能。
- パケットの 5 つの属性に基づいてパケットをフィルターしてステートレス ファイアウォールとして構成できます。ステートレス ファイアウォール構成では、受信または送信ネットワーク トラフィックに任意のファイアウォール ルールを提供できます。ルールでは、トラフィックを許可または拒否できます。

## 仮想マシンへのトランク モード

VLAN は、実際の物理的な場所に関係なく、ホスト マシンまたは仮想マシンのセットが同じローカル LAN 上に存在するかのように表示します。Hyper-V 拡張可能スイッチのトランク モードでは、複数の VLAN からのトラフィックを（以前は 1 つの VLAN からしかトラフィックを受信できなかった）仮想マシン内の単一のネットワーク アダプターにリダイレクトすることができます。その結果、さまざまな VLAN からのトラフィックが統合され、仮想マシンは複数の VLAN 上でリスンすることができます。この機能は、ネットワーク トラフィックを形成し、データセンターでマルチテナント セキュリティを適用するために役立ちます。

## 監視

多くの物理スイッチは、スイッチ上の特定の仮想マシンを通じてフローする特定のポートからのトラフィックを監視できます。このポート監視は Hyper-V 拡張可能スイッチでも提供されているので、どの仮想ポートを監視するか、および監視対象のトラフィックを将来の処理のためにどの仮想ポートに配信するかを指定できます。たとえば、セキュリティ監視を行う仮想マシンでは、スイッチ上の他の特定の仮想マシンを通じてフローするトラフィックで異常なパラメーターを検索できます。さらに、特定の仮想スイッチ ポート宛てのトラフィックを監視して、ネットワーク接続の問題を診断できます。

## Windows PowerShell および WMI

Windows Server 2012 R2 は、Hyper-V 拡張可能スイッチ用の Windows PowerShell コマンドレットを提供します。このコマンドレットを使用して、セットアップ、構成、監視、およびトラブルシューティング用のコマンドライン ツールまたは自動化されたスクリプトを構築できます。これらのコマンドレットはリモートで実行できます。また、Windows PowerShell を使用して、サードパーティは Hyper-V 拡張可能スイッチを管理するための独自のツールを構築できます。

## 要件

Hyper-V 拡張可能スイッチおよび上記のすべての主要機能を利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2

## 重要な理由

Windows Server 2012 R2 マルチテナント分離は、同じ物理サーバー上に格納されている場合でも顧客の仮想マシンを分離します。Windows Server 2012 R2 は、以下の機能を提供する新しい Hyper-V 拡張可能スイッチを通じて、共有 IaaS クラウド上の顧客に優れたマルチテナント セキュリティを提供します。

- セキュリティおよび分離。PVLAN サポート、ARP ポイズニングおよびスプーフィングに対する保護、DHCP スヌーピングに対する保護、仮想ポート ACL、および VLAN トランク モード サポートを装備した Hyper-V 拡張可能スイッチは、IaaS マルチテナントに優れたセキュリティおよび分離を提供します。
- 監視。ポートのミラーリングにより、仮想マシン ネットワーク トラフィックを監視できる仮想マシンでセキュリティおよび診断アプリケーションを実行できます。ポートのミラーリングは、拡張構成のライブ マイグレーションもサポートします。
- 管理性。Windows PowerShell および WMI でのコマンドライン サポート、自動化されたスクリプティング サポート、および完全なイベント ログを使用できるようになりました。

Windows Server 2012 R2 でのマルチテナント分離は、これまで組織がデータセンター内に Hyper-V を展開する際の懸念となっていた問題を解決します。このような懸念には次の 2 つがあります。

- 顧客の仮想インフラストラクチャ間の分離を保証するために Ethernet スイッチング インフラストラクチャで VLAN を実装することによる追加的な管理負担。
- マルチテナントの仮想環境のセキュリティ リスク。

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V では、ポート ACL を使用して顧客のネットワークを相互に分離することができるので、VLAN をセットアップして保守する必要はありません。また、セキュリティ ニーズは、ARP スプーフィングおよび DHCP スヌーピングに対する保護によって満たされます。

## 拡張可能スイッチの拡張

多くのエンタープライズは、独自のプラグインで仮想スイッチ機能を拡張して仮想環境に適合させる機能を必要としています。仮想スイッチをインストールする際、IT プロフェッショナルは、ファイアウォールの追加、侵入検出システム、ネットワーク トラフィック監視ツールなど、物理ネットワークで実現できるのと同じ種類の機能を求めます。しかし、仮想化されたアプライアンス、拡張、およびその他の機能を仮想スイッチに容易に追加する方法が問題となっていました。ほとんどの仮想スイッチ テクノロジは、閉じたシステムを中心に構築されているので、エンタープライズの開発者およびサードパーティのベンダーがソリューションを構築して、新機能を仮想スイッチに迅速かつ簡単に組み込むことは困難です。

Hyper-V 拡張可能スイッチは、そのような状況を大きく変えます。IT プロフェッショナルは、Hyper-V 拡張可能スイッチを使用して、仮想マシンおよびネットワークに機能を容易に追加できます。同時に、エンタープライズの社内開発者やサード

パーティ プロバイダーには、スイッチの基本機能を拡張するソリューションを作成するためのオープンなプラットフォームが提供されます。会社の IT 購入に関する決定権がある場合、互換機能、デバイス、またはテクノロジーの制限のない仮想化プラットフォームを検討することをお勧めします。Windows Server 2012 R2 の Hyper-V 拡張機能スイッチは主要な拡張機能を提供します。

Hyper-V 拡張可能スイッチは、複数のベンダーが標準の Windows API フレームワークに書き込まれる拡張を提供できるようにするオープン プラットフォームです。拡張の信頼性は、Windows 標準フレームワークおよびサードパーティが機能のために必要とするコードの削減を通じて強化され、Windows Hardware Quality Labs (WHQL) 認定プログラムによってサポートされます。IT 管理者は、Windows PowerShell、WMI によるプログラミング、Hyper-V Manager ユーザー インターフェイス、または System Center Virtual Machine Manager 2012 R2 を使用して Hyper-V 拡張可能スイッチおよびその拡張機能を管理できます。

## 拡張性

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V 拡張可能スイッチは、サードパーティが監視、転送、フィルタリングなどの新機能を仮想スイッチに追加できるようにするオープン フレームワークです。拡張は、Network Device Interface Specification (NDIS) フィルター ドライバーおよび Windows フィルタリング プラットフォーム (WFP) コールアウト ドライバーを使用して実装されます。Windows ネットワーキング機能を拡張するためのこれらの 2 つのパブリック Windows プラットフォームは、次のように使用されます。

- **NDIS フィルター ドライバー**は、Windows でネットワーク パケットを監視または変更するために使用されます。NDIS フィルターは、[NDIS 6.0 仕様](#) (英語) で導入されました。
- Windows Vista および Windows Server 2008 で導入された **WFP コールアウト ドライバー**を使用すると、独立系ソフトウェア ベンダー (ISV) は、TCP/IP パケットのフィルターおよび変更、接続の監視または承認、IP セキュリティ (IPsec) で保護されたトラフィックのフィルター、リモート プロシージャ コール (RPC) のフィルターを行うことができます。TCP/IP パケットのフィルタリングおよび変更は、TCP/IP パケット処理パスへの新しい形のアクセスを提供します。このパスでは、追加の処理が発生する前に送信および受信パケットを調査または変更できます。さまざまな層で TCP/IP 処理パスにアクセスすることにより、ファイアウォール、ウイルス対策ソフトウェア、診断ソフトウェア、およびその他の種類のアプリケーションやサービスを簡単に作成できます。詳細については、「[Windows フィルタリング プラットフォーム](#)」を参照してください。

拡張では、プロセス切り替えの 3 つの側面を拡張することや置き換えることができます。

- 入力フィルタリング。
- 宛先検索および転送。
- 出力フィルタリング。

さらに、拡張を監視することにより、スイッチのさまざまな層でトラフィックを監視して統計データを収集できます。複数の監視およびフィルタリング拡張を Hyper-V 拡張可能スイッチの入力および出力部分でサポートできます。転送拡張のインスタンスはスイッチ インスタンスごとに 1 つだけ使用できます。その場合、Hyper-V 拡張可能スイッチの既定のスイッチングは無効になります。

次の表は、Hyper-V 拡張可能スイッチのさまざまな種類の拡張を示しています。

拡張	目的	例	拡張 コンポーネント
ネットワーク パケット 検査	ネットワーク パケットの検査 (変更なし)	sFlow およびネットワーク監視	NDIS フィル ター ドライバー
ネットワーク パケット フィルタリング	ネットワーク パケットの挿入、変更、および削除。	セキュリティ	NDIS フィル ター ドライバー
ネットワーク転送	既定の転送をバイパスするサードパーティの転送	OpenFlow、Virtual Ethernet Port Aggregator (VEPA)、および専用ネットワーク ファブリック	NDIS フィル ター ドライバー
ファイアウォール/ 侵入検出	TCP/IP パケットのフィルタリングおよび変更、接続 の監視または承認、IPsec で保護されたトラフィッ クのフィルタリング、および RPC のフィルタリング。	仮想ファイアウォールおよび接続 監視	WFP コールアウ ト ドライバー

表 4 – Hyper-V 拡張可能スイッチの拡張の種類

Hyper-V 拡張可能スイッチは、拡張されたスイッチおよび管理製品が Hyper-V と連動できるようにするオープン スイッチ API を提供します。

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V 拡張可能スイッチは、サードパーティが新機能を仮想スイッチに追加できるようにするオープン フレームワークです。次の図は、Hyper-V 拡張可能スイッチのアーキテクチャおよび拡張モデルを示します。

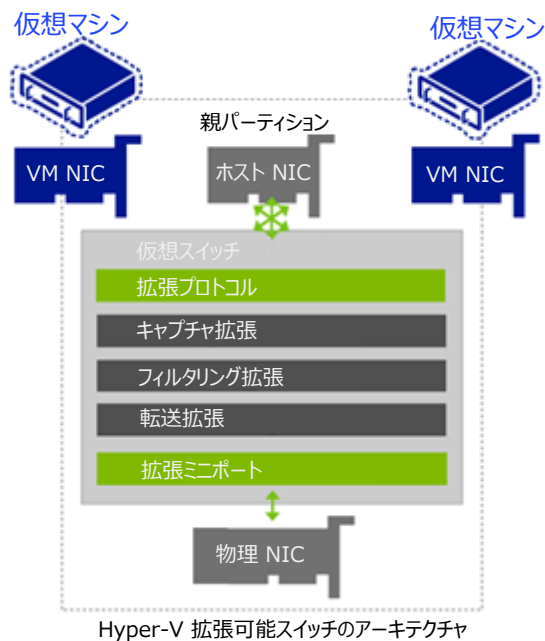


図 28 – Hyper-V 拡張可能スイッチのアーキテクチャ

Hyper-V 拡張可能スイッチの拡張のその他の機能を以下に示します。

- **拡張監視。**拡張を監視することによって、Hyper-V 拡張可能スイッチのさまざまな層でトラフィックを監視して統計データを収集できます。複数の監視およびフィルタリング拡張を Hyper-V 拡張可能スイッチの入力および出力部分でサポートできます。
- **拡張の一意性。**拡張の状態/構成は、マシン上の拡張可能スイッチのインスタンスごとに一意です。
- **仮想マシン ライフサイクルから学習する拡張。**仮想マシンのアクティビティ サイクルは、物理サーバーのサイクルと同様であり、コア ワークロードに基づいて日中または夜間のさまざまな時間帯にピーク時間が発生します。拡張は、仮想マシンのワークロード サイクルに基づいてネットワーク トラフィックのフローを学習し、仮想ネットワークを最適化してパフォーマンスを高めることができます。
- **状態変更を禁止できる拡張。**拡張は、監視、セキュリティ、およびその他の機能を実装して、Hyper-V 拡張可能スイッチのパフォーマンス、管理、および診断強化をさらに改善することができます。拡張で有害な状態変更の実装を識別およびブロックすることで、システムのセキュリティおよび信頼性を確保することができます。
- **同じスイッチ上の複数の拡張。**複数の拡張が同じ Hyper-V 拡張可能スイッチ上で共存できます。

## 管理性

Hyper-V 拡張可能スイッチに組み込まれている次の管理機能を使用することにより、Hyper-V 拡張機能スイッチ ネットワークでの問題のトラブルシューティングを実行し、解決することができます。

- **Windows PowerShell およびスクリプティング サポート。**Windows Server 2012 R2 は、Hyper-V 拡張可能スイッチ用の Windows PowerShell コマンドレットを提供します。このコマンドレットを使用して、セットアップ、構成、監視、およびトラブルシューティング用のコマンドライン ツールまたは自動化されたスクリプトを構築できます。また、サードパーティは Windows PowerShell を使用して、Hyper-V 拡張可能スイッチを管理するための独自の Windows PowerShell ベースのツールを構築することもできます。
- **統合されたトレースおよび強化された診断。**Hyper-V 拡張可能スイッチには統合されたトレースが含まれていて、2 つのレベルのトラブルシューティングを提供します。最初のレベルでは、Hyper-V 拡張可能スイッチの Windows イベント トレーシング (ETW) プロバイダーが Hyper-V 拡張可能スイッチおよび拡張を通じてパケットのトレース イベントを許可して、問題が発生した場所の特定を容易にします。2 つ目のレベルは、イベントおよびトラフィック パケットの完全なトレースのためにパケットのキャプチャを許可します。

## パートナーによる拡張

既に説明したように、多くのエンタープライズは、仮想スイッチ機能を独自のプラグインで拡張して仮想環境に適合させ、物理環境で備えていた内容を模倣または置き換える機能を必要としています。Hyper-V 拡張可能スイッチおよび急速に拡大するパートナー エコシステムにより、顧客は、特定の機能を統合することや、場合によってはコア vSwitch 上特定の機能を構築することによって、ニーズに固有の新しいシナリオを実現することができます。

複数のパートナーが既に Hyper-V 拡張可能スイッチ向けの拡張を発表およびリリースしています。

- **Cisco – Nexus 1000V シリーズ スイッチおよび UCS Virtual Machine Fabric Extender (VM-FEX)。**Cisco Nexux 1000V スイッチは、物理環境と仮想環境にわたって一貫した運用モデルを提供します。この分散型仮想スイッチング プラットフォームは高度な機能を提供し、Hyper-V エコシステムと緊密に統合されています。Cisco Virtual Machine Fabric Extender (VM-FEX) は、仮想および物理ネット



ワーキングを単一のインフラストラクチャに統合します。データセンター管理者は、統合されたインフラストラクチャ内で仮想マシン ネットワーク トラフィックおよびベア メタル ネットワーク トラフィックをプロビジョニング、構成、管理、監視、および診断できます。

- **NEC – PF1000。ProgrammableFlow PF1000 仮想スイッチ**は、複雑なネットワークを簡略化し、サーバーおよびネットワーク仮想化を単一の制御ペイン内に統合して Hyper-V での OpenFlow のサポートを実現します。
- **5nine – Security Manager**。仮想化された環境向けの包括的なリアルタイム トラフィック フィルタリングを提供する強力なカーネル モードの仮想ファイアウォールと共にエージェントレスのウイルス対策およびマルウェア対策を提供します。
- **InMon – sFlow。sFlow** 標準は、パフォーマンスの統合エンドツーエンド ビューを提供し、統合されたネットワーク、サーバー、およびアプリケーション パフォーマンス監視のための一貫した測定基準フレームワークを定義します。

## 要件

Hyper-V 拡張可能スイッチおよび上記のすべての主要機能をパートナーによる拡張で追加するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2

## 重要な理由

Hyper-V 拡張可能スイッチはオープン プラットフォームなので、サードパーティ ベンダーは、トラフィック監視、ファイアウォール フィルター、スイッチ転送などの追加機能を提供するプラグインを提供できます。プラグイン管理は、Windows PowerShell コマンドレットおよび WMI スクリプティングを通じて統合されます。

Hyper-V 拡張可能スイッチは、以下の要素を提供して、仮想化されたデータセンターの容易な実装および管理を可能にします。

- プラグインを促進するためのオープン プラットフォーム。Hyper-V 拡張可能スイッチは、仮想マシンと仮想マシンの間のトラフィックを始めとするすべてのトラフィック間の仮想スイッチにプラグインを配置できるようにするオープン プラットフォームです。拡張機能では、トラフィック監視、ファイアウォール フィルター、およびスイッチ転送を提供できます。エコシステム活性化の一貫として、Hyper-V 拡張スイッチのリリース時に複数のパートナーが拡張を発表する予定です。Hyper-V 向けの“唯一のスイッチ”ソリューションは提供されません。
- 無償で提供されるコア サービス。拡張用のコア サービスが提供されます。たとえば、すべての拡張は既定で移行をサポートします。サービス用の特別なコードは不要です。
- Windows の信頼性および品質。拡張は、拡張品質に対して高い基準が設定されている Windows プラットフォームおよび Windows ロゴ認定プログラムに裏打ちされた高いレベルの信頼性および品質を提供します。
- 統合管理。拡張の管理は、Windows PowerShell コマンドレットおよび WMI スクリプティングを通



じて Windows 管理に統合されます。

- 容易なサポート。統合されたトレースは、あらゆる問題を迅速かつ簡単に診断するために役立ちます。このことは、ダウンタイムが短縮され、サービスの可用性が向上することを意味します。
- ライブ マイグレーションのサポート。Hyper-V 拡張可能スイッチは、拡張が Hyper-V ライブ マイグレーションに参加できるようにする機能を提供します。

Hyper-V 拡張可能スイッチでは、サードパーティ ベンダーは、Windows Server 2012 R2 仮想ネットワーク内のネットワーク トラフィックを処理するためのカスタム ソリューションを自由に開発できます。たとえば、これらのソリューションを使用して、ベンダーの物理スイッチとそのポリシーをエミュレートすることや、トラフィックを監視および分析することができます。

## 物理的なセキュリティ

仮想化テクノロジーの多くはセキュリティで保護されたデータセンター環境内に展開されていますが、そうでない場合はどうでしょうか。サテライト オフィス、リモート オフィス、ホーム オフィス、および小売店はすべて、エンタープライズ データセンターと同じレベルの物理セキュリティを備えている訳ではありませんが、物理サーバーがあり、仮想テクノロジーが存在する可能性がある環境の例です。物理ホストが侵害された場合、ビジネスに非常に深刻な影響が及ぶ可能性があります。暗号化された環境を備えるというコンプライアンス要件がある場合はどうでしょうか。

### BitLocker

Windows Server 2012 R2 Hyper-V には、まさにこの問題を解決するための BitLocker ドライブ暗号化が含まれています。Windows Server 2012 R2 オペレーティング システム ボリューム、構成されているすべてのデータ ボリューム、およびフェールオーバー クラスター ディスク (クラスター共有ボリュームを含む) に格納されているすべてのデータを暗号化することで、物理的にあまり安全でない場所で実装されている大規模および小規模の環境で、主要ワークロードに対する最高レベルのデータ保護を追加コストなしで実装することができます。

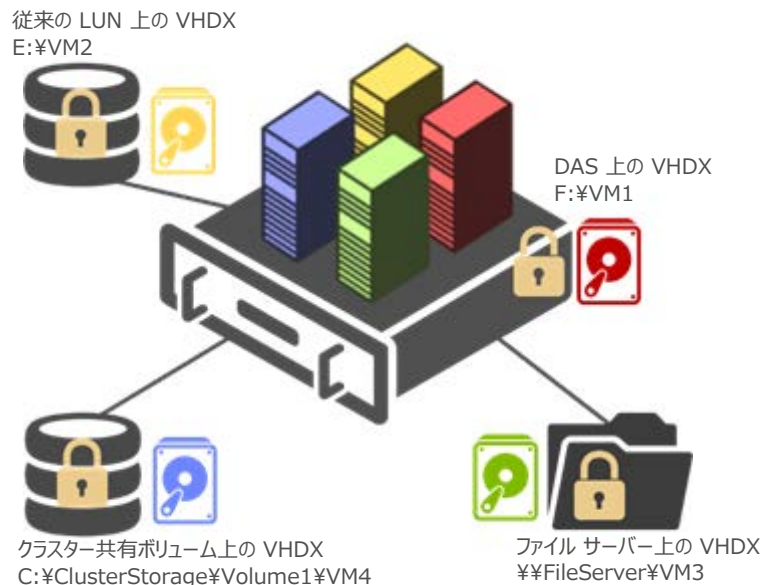


図 29 – BitLocker ドライブ暗号化でサポートされる場所

上の図に見られるように、Windows Server 2012 R2 Hyper-V は、仮想マシン ディスクを格納するために使用される以下のリポジトリの暗号化をサポートします。

- ローカル ディスク (DAS)
- ファイル サーバー共有 (BitLocker はファイル サーバーで有効化されます)
- 適切にフォーマットされ、Hyper-V ホストから利用可能な従来の LUN
- クラスター共有ボリューム

Windows Server 2012 R2 の BitLocker には、サーバー環境固有の便利な機能が多数あります。

- **使用済みのディスク領域のみの暗号化:** BitLocker は、使用済みのディスク領域のみの暗号化とフル ボリューム暗号化の 2 つの暗号化を提供するようになりました。使用済みのディスク領域のみの暗号化では、対象ボリュームの使用済みブロックのみが暗号化されるため、暗号化がはるかに迅速に行われます。
- **ネットワーク ロック解除:** ワイヤード (有線) ネットワーク上の BitLocker システムは、(この機能に対応する Windows Server 2012 ネットワーク上での) 起動/再起動中にシステム ボリュームのロックを自動的に解除できるので、紛失した PIN に関するヘルプ デスクへの問い合わせが削減されます。これは、完全自動のデータセンターで非常に重要です。

## 要件

BitLocker および Hyper-V 仮想マシンを利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 Hyper-V、Windows Server 2012 R2 Hyper-V、Hyper-V Server 2012、または Hyper-V Server 2012 R2

## 重要な理由

すべてのデータを暗号化する必要がある場合、または物理的にあまり安全でない場所に物理サーバーが配置されている場合、BitLocker に組み込まれている機能を使用してコンプライアンスのニーズを満たすことができます。簡単に有効にして管理することができる BitLocker は、多数のさまざまなストレージ オプションにわたってデータの安全性を維持するのに役立つ強力な暗号化テクノロジーです。有効にすると、BitLocker は継続的な運用、VM 管理、および展開において透過的になり、管理目的で AD と統合されます。サーバー盗難などの物理的な侵害が発生した場合でも、ホスト上および VM 内部のデータの安全性が保証されます。

## 柔軟なインフラストラクチャ

ここまで、Windows Server 2012 R2 の主要な機能が高いスケーラビリティ、パフォーマンス、および密度の実現、最もミッション クリティカルなワークロードの実行、そしてそのようなワークロードが BitLocker などの機能によって提供されるセキュリティ機能および Hyper-V 拡張可能スイッチに組み込まれている機能によってセキュリティで保護され、悪意のある攻撃から分離される仕組みについて説明しました。しかし、仮想化プラットフォームを評価する際に検討する必要のある重要な考慮事項は、これだけではありません。ワークロードは、統合だけでなく、新しいレベルの柔軟性と俊敏性を実現するために仮想化する必要があります。これは、既存のハードウェア容量を最大限利用するかハードウェアの保守を軽減するために、ワークロードをインフラストラクチャ上で移動する柔軟性を高めるという形を取る場合があります。新しいワークロードを展開し、その配置を分離された仮想化されたネットワーク内で管理するという柔軟性である場合もあります。また、Linux 上で実行するワークロードなど、Windows ベースではないワークロードを実行する柔軟性である場合もあります。Windows Server 2012 R2 の Hyper-V は、これらの各領域に対するソリューションを提供します。

## Hyper-V での Linux のサポート

Hyper-V および Windows Azure で Linux をプロビジョニングする機能は、優れたオープン ソース ソフトウェア サポートを可能にするためのマイクロソフトの中核的な取り組みの 1 つです。このイニシアチブの一環として、Microsoft Linux Integration Services (LIS) チームは、Linux アップストリーム カーネルへ直接チェックインされ、CentOS、Debian、Red Hat、SUSE、Ubuntu などのメジャー ディストリビューションの今後のリリースへの直接統合を可能にする Linux 対応ドライバーの継続的な開発を進めています。

Integration Services は、当初、マイクロソフトのサイトからのダウンロードとしてリリースされました。Linux ユーザーは、これらのドライバーをダウンロードしてインストールし、必要なサポートについてマイクロソフトに問い合わせることができました。成熟するにつれ、ドライバーは Linux ディストリビューションを通じて直接提供されるようになりました。このアプローチによってマイクロソフトのサイトからドライバーをダウンロードする余分な手順が回避されるだけでなく、ユーザーは Linux ベンダーとの既存のサポート契約を活用できるようになります。

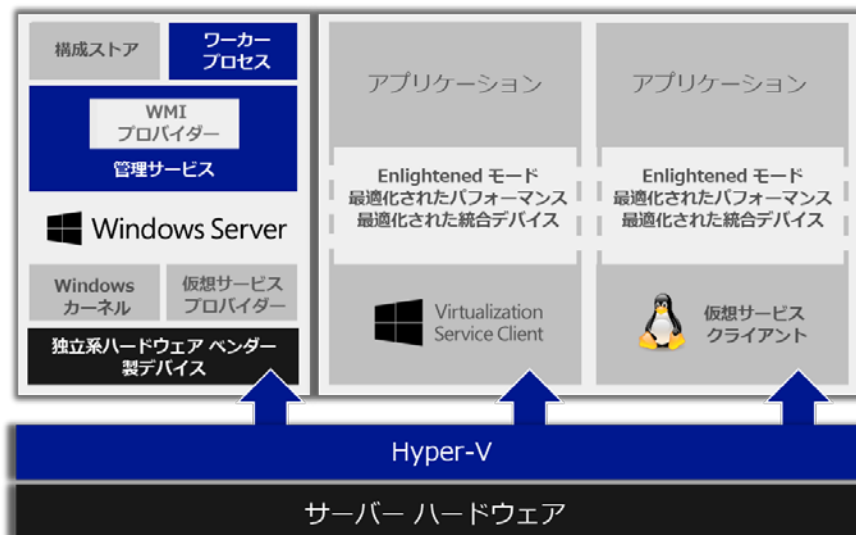


図 30 - Hyper-V に対応して実行している Linux のアーキテクチャ図

たとえば、Red Hat は、Red Hat Enterprise Linux (RHEL) 5.9 で Hyper-V 用の対応ドライバーを認定しました。RHEL 6.4 の認定は 2013 年夏までに完了し、Hyper-V で RHEL 5.9/6.4 を実行する際に発生する問題について Red Hat サポートを直接受けることができるようになる予定です。

マイクロソフト インフラストラクチャ上で実行している Linux に対して優れた機能およびパフォーマンスを提供するという目的を促進するために、Windows Server 2012 R2 では、現在 Linux ゲスト オペレーティング システムで利用できる多くの新機能が用意されています。

## 64 の vCPU のサポートおよび緊密な統合サービスのサポート

Windows Server 2012 および後続の Windows Server 2012 R2 の Hyper-V は、Linux を実行する仮想マシンのサポートを提供します。最大 64 の仮想プロセッサがサポートされ、CPU を集中的に使用するワークロードのスケールビリティとパフォーマンスが大幅に向上します。さらに、Linux Integration Services が大幅に改善され、ネットワークおよび記憶域コントローラー、高速バス起動サポート、時間管理、統合シャットダウンなどのパフォーマンスが向上しました。

## 統合フレーム バッファードライバー

新しい統合 2D フレーム バッファードライバーは、Hyper-V 上で実行する Linux 仮想マシンのグラフィックス パフォーマンスの堅実な向上を提供します。さらに、このドライバーは、Hyper-V でデスクトップ モードでホストされている Linux ゲストに対してフル HD モード解像度 (1920 x 1080) を提供します。

統合フレーム バッファードライバーのもう 1 つの顕著な効果は、ダブル カーソル問題の解消です。古い Linux ディストリビューションでデスクトップ モードを使用しているときに、画面上で互いを追いかけているように見える 2 つのマウス ポインターが表示される問題が報告されていました。この問題は、統合 2D フレーム バッファードライバーを通じて解決され、Linux デスクトップ ユーザーの視覚的なエクスペリエンスが向上しました。

## 動的メモリのサポート

Linux ゲストが動的メモリを使用できるようになると、ホストあたりの仮想マシン密度が向上します。これは、Hyper-V を使用してサーバー ワークロードを統合することを検討している Linux 管理者にとって大きな価値をもたらします。社内テストでは、Linux マシンで動的メモリを構成して実行する場合、サーバー容量が 30 ～ 40% 増加することが示されました。

Linux の動的メモリ ドライバーは、Linux 仮想マシン内のメモリ使用を監視し、定期的に Hyper-V に報告します。使用レポートに基づき、Hyper-V は、ホストされているさまざまな仮想マシン間でメモリ割り当ておよび割り当て解除を動的に調整します。動的メモリを構成するためのユーザー インターフェイスは、Linux 仮想マシンと Windows 仮想マシンの両方で同じです。

Linux 仮想マシン用の動的メモリ ドライバーは、ホットアドとバルーニングの両方のサポートを提供します。また、Hyper-V マネージャーで Start、Minimum RAM、および Maximum RAM パラメーターを使用して構成できます。

システム起動時、Linux 仮想マシンは Start パラメーターで指定したメモリ容量を使用して起動されます。仮想マシンが多くのメモリを必要とする場合、Hyper-V はホット アド メカニズムを使用して仮想マシンが利用可能なメモリ容量を動的に増やします。

一方、仮想マシンが必要とするメモリが割り当て容量よりも少ない場合、Hyper-V はバルーニング メカニズムを使用して、仮想マシンが利用可能なメモリを適切な容量に減らします。

## 実行中の仮想マシンのバックアップのサポート

Hyper-V 上で Linux を実行しているお客様から要望の多かった機能は、実行中の Linux 仮想マシンのシームレス バックアップを作成する機能です。これまで、バックアップを作成するには Linux 仮想マシンを一時停止またはシャットダウンする必要がありました。この処理は自動化が困難だけでなく、クリティカルなワークロードの場合はダウンタイムの増加にもつながります。

この欠点に対処するために、Hyper-V 上で実行している Linux ゲスト用のファイル システム スナップショット ドライバーが利用可能になりました。Hyper-V で利用可能な標準バックアップ API を使用して、Linux 仮想マシンに接続されている VHD のファイル システムと整合性があるスナップショットを作成するようドライバーをトリガーすることができます。仮想マシン内で実行中の操作は一切中断されません。

Linux 仮想マシンと Windows 仮想マシンのバックアップの唯一の重要な違いは、Linux バックアップはファイル システムとのみ整合性があり、Windows バックアップはファイル システムおよびアプリケーションと整合性があるという点です。この違いが生じるのは、Linux に標準化されたボリューム シャドウ コピー サービス (VSS) インフラストラクチャがないからです。

## 実行中の固定サイズ VHDX の動的な拡張

動的に VHDX のサイズを変更する機能により、VHD 形式のパフォーマンス上の利点を維持しながら VHD により多くの記憶域を割り当てることができます。この機能は、Hyper-V 上で実行する Linux 仮想マシンで利用できるようになりました。Linux ファイル システムは、基盤となるディスク ドライブのサイズの動的変更に対して非常に適応性があることは注目に値します。

## Linux kdump/kexec のサポート

Windows Server 2012 および Windows Server 2008 R2 環境で Linux を実行するホスティング プロバイダーの問題点の 1 つは、Linux 仮想マシン用のカーネル ダンプを作成するためにレガシ ドライバー (KB 2858695 を参照) を使用する必要があることです。

Windows Server 2012 R2 では、Hyper-V インフラストラクチャは、Linux 対応のストレージおよびネットワーク ドライバーを使用してクラッシュ ダンプのシームレスな作成を可能にするように変更されました。したがって、特別な構成は不要になりました。Linux ユーザーは、ネットワークまたは接続された記憶域デバイスを介して自由にコアをダンプできます。

## NMI のサポート

Hyper-V での実行中に Linux システムがまったく応答しなくなった場合、マスク不可能な割り込み (NMI) を使用してシステムをパニック状態にするオプションが用意されています。これは、カーネルまたはユーザー モード コンポーネントが原因でデッドロックが発生したシステムを診断する場合に特に便利です。

## メモリ マップ IO (MMIO) ギャップの指定

Linux ベースのアプライアンス製造元は、MMIO ギャップ (PCI ホールとも呼ばれます) を使用して、アプライアンスを起動する Just Enough Operating System (JeOS) とアプライアンスを駆動する実際のソフトウェア インフラストラクチャ間で利用可能な物理メモリを分割しています。MMIO ギャップを構成できない場合、JeOS は利用可能なメモリをすべて消費してしまい、アプライアンスのカスタム ソフトウェア インフラストラクチャには何も残されなくなります。この欠点は Hyper-V ベースの仮想アプライアンスの開発の障害になります。



Windows Server 2012 R2 Hyper-V インフラストラクチャでは、MMIO ギャップの位置を構成することが可能です。この機能によって、ホストされた環境での Hyper-V ベースの仮想アプライアンスのプロビジョニングが促進されます。

## 要件

上記の機能を Linux ディストリビューションで利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2
- LIS ドライバーが組み込まれていない Linux ディストリビューションについては、Microsoft.com ダウンロード サイトから最新の LIS ドライバーをダウンロードする必要があります。

## 重要な理由

この 1 年で、LIS チームは、Hyper-V 上で実行する Linux 仮想マシンに対する優れたサポートを可能にするための多くの機能を追加しました。これらの機能は、Hyper-V で Linux をホストする処理を簡素化するだけでなく、Linux ワークロードの優れた統合とパフォーマンスの向上も提供します。その結果、マイクロソフトのワークロードだけでなく Linux をベースとするワークロードも確実に展開することが可能になりました。さらに、Linux コミュニティと Linux 商業ベンダーの両方との関係により、プラットフォームおよび統合が拡大しています。将来のリリースでは将来的には仮想化された Windows ワークロードとほぼ同等の性能を期待できると考えられます。

## 仮想マシンのライブ クローニング

内部でアプリケーションが実行している仮想マシンを保有していて、そのアプリケーションで問題が発生する場合、困難な選択を迫られます。アプリケーションを稼働させたまま、問題を正確に再現するために、このワークロードに合致するワークロードをゼロから作成して展開することを IT に依頼するべきでしょうか。さらなる問題が発生するリスクを軽減するためにワークロードをシャットダウンして、エンド ユーザーが使用しているアプリケーションがない状態で IT がアプリケーションを修正できるようにすべきでしょうか。Windows Server 2012 Hyper-V では、仮想マシンをシャットダウンしてからクローニングを行う必要があります。つまり、アプリケーションのダウンタイムが発生します。しかし、Windows Server 2012 R2 では、この状況は大きく変わりました。

Windows Server 2012 R2 では、ライブ クローニングという機能がサポートされます。

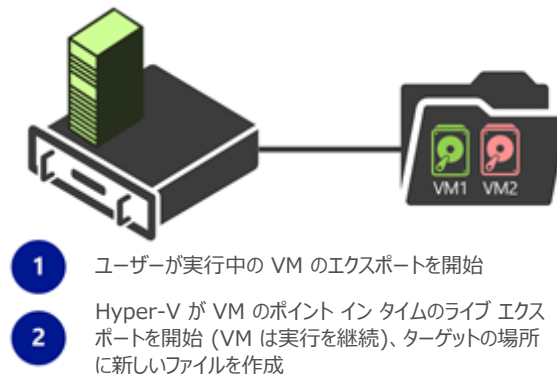


図 31 – 仮想マシンのライブ クローニングの開始および主要ファイルのクローニング

IT 管理者は、VM の実行中に、ライブ クローニング（技術的にはライブ エクスポート）を開始します。Hyper-V は、該当するファイルを新しいエクスポート先にエクスポートします。すべての処理は、エクスポート元の VM が実行し続けている状態で行われます。



図 32 – 新しい VM が Hyper-V マネージャーにインポートされる

実行中の VM をクローニングできることに加え、チェックポイント（スナップショット）が作成されている VM もダウンタイムなしでエクスポートしてクローニングできます。IT 管理者は、特定のチェックポイントからまったく新しい VM を作成することもできます。これは、ソフトウェアの構成変更やテストが完了していない修正プログラムの適用などの結果として発生した問題のトラブルシューティングの際に非常に役に立ちます。

## 要件

ライブ クローニング機能を利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2

## 重要な理由

問題は発生するものです。アプリケーション内の構成エラー、テストが完了していない修正プログラムの展開、または以前にテストされていないシナリオの実行などの結果で問題が発生した場合、できる限り迅速にテストおよびレプリケーションを行うために、IT 管理者は、新しいライブ クローニング機能を Hyper-V 内で使用できます。この機能を使用すると、既存の VM を停止させずに VM をクローニングし、オリジナルと同一のシステムで問題をトラブルシューティングするために開発またはアプリケーション チームにその VM を提供することができます。このような対処が可能になるので解決までの時間が短縮され、保守が簡素化されます。

## 仮想マシンのモビリティ

物理リソースの最適な使用を維持し、新しい仮想マシンを容易に追加できるようにするためには、ビジネスを中断することなく、必要に応じて仮想マシンを移動することも必要になります。Hyper-V ホスト間で仮想マシンを移動する機能は、ライブ マイグレーションという機能として Windows Server 2008 R2 で導入されました。しかし、これは共有記憶域にあり、クラスターの一部である VM に限られていたことに加えて、複数の VM を同時に移動することもできませんでした。Windows Server 2012 および後続の Windows Server 2012 R2 の Hyper-V には、データセンターでワークロードを移行することを希望する顧客に完全な柔軟性を提供する強力な新しい移行機能が多数用意されています。

### ライブ マイグレーション

Hyper-V ライブ マイグレーションは、ユーザーから見た仮想マシンの可用性に影響を及ぼすことなく、ある物理サーバーから別の物理サーバーへ実行中の仮想マシンを移動します。移行対象の仮想マシンのメモリを移行先のサーバーにあらかじめコピーすることにより、ライブ マイグレーションでは仮想マシンの転送時間が最小限に抑えられます。ライブ マイグレーションは決定論的です。つまり、どのコンピューターがライブ マイグレーション用の移行先として使用されるかを決定するのは、ライブ マイグレーションを開始する管理者（またはスクリプト）です。移行対象の仮想マシンのゲスト オペレーティング システムはマイグレーションが発生していることを認識しないので、ゲスト オペレーティング システムの特別な構成は不要です。

ライブ マイグレーションが開始すると、以下の処理が発生します。

1. **ライブ マイグレーションのセットアップが発生します。**ライブ マイグレーションのセットアップ段階で、移行元のサーバーは移行先のサーバーとの接続を作成します。この接続は、仮想マシンの構成データを移行先のサーバーへ転送します。移行先のサーバーでスケルトンの仮想マシンがセットアップされ、移行先の仮想マシンにメモリが割り当てられます。
2. **メモリ ページが移行元のノードから移行先のノードに転送されます。**ライブ マイグレーションの第 2 段階では、移行対象の仮想マシンに割り当てられているメモリが移行先のサーバーにネットワークを介してコピーされます。このメモリは、移行対象の仮想マシンの "ワーキング セット" と呼ばれます。メモリ ページは 4 KB です。

たとえば、1024 MB の RAM で構成されている "テスト仮想マシン" という名前の仮想マシンを別の Hyper-V サーバーに移行する場合、この仮想マシンに割り当てられている 1024 MB の RAM 全体が "テスト仮想マシン" のワーキング セットです。"テスト仮想マシン" ワーキング セット内の使用済みページが移行先のサーバーにコピーされます。

"テスト仮想マシン" のワーキング セットの移行先のサーバーへのコピーに加えて、Hyper-V は、移行元のサーバーで "テスト仮想マシン" のワーキング セット内のページを監視します。"テスト仮想マシン" によってメモリ ページが変更され

た場合、変更されたメモリ ページが追跡され、変更済みとしてマークされます。変更済みページの一覧は、ワーキング セットのコピーが開始された後で "テスト仮想マシン" が変更したメモリ ページの一覧です。

このマイグレーション フェーズ中、移行対象の仮想マシンは実行し続けます。Hyper-V は、メモリ コピー処理を複数回繰り返します。個々の繰り返して、少数の変更済みページのコピーが必要になります。ワーキング セットが移行先のサーバーにコピーされた後、ライブ マイグレーションの次の段階が開始されます。

3. **変更されたページが転送されます。**ライブ マイグレーションの第 3 段階は、"テスト仮想マシン" の残りの変更済みメモリ ページを移行先のサーバーに複製するメモリ コピー処理です。移行元のサーバーは、仮想マシンの CPU およびデバイス状態を移行先のサーバーに転送します。

この段階では、移行元のサーバーと移行先のサーバーとの間で利用可能なネットワーク帯域幅がライブ マイグレーションの速度にとって重要になります。1 Gigabit Ethernet 以上を使用することが重要です。移行元のサーバーが移行対象の仮想マシン ワーキング セットから変更済みページを転送する速度が速くなるほど、ライブ マイグレーションは迅速に完了します。

この段階で転送されるページの数、仮想マシンがアクティブにメモリ ページにアクセスして変更する頻度によって決定されます。変更済みのページが多くなるほど、すべてのページを移行先のサーバーに転送するのにかかる時間は長くなります。

変更済みのメモリ ページが移行先のサーバーに完全にコピーされた後、移行先のサーバーは "テスト仮想マシン" の最新のワーキング セットを保有します。"テスト仮想マシン" のワーキング セットは、"テスト仮想マシン" がマイグレーション処理を開始したときの正確な状態で移行先のサーバーに存在します。

4. **記憶域ハンドルが移行元のサーバーから移行先のサーバーに移動されます。**ライブ マイグレーションの第 4 段階では、仮想ファイバー チャネル アダプターを介して接続されている仮想ハード ディスク ファイルまたは物理ストレージなど、"テスト仮想マシン" と関連付けられている記憶域の制御が移行先のサーバーに転送されます。
5. **仮想マシンが移行先のサーバーでオンラインになります。**ライブ マイグレーションの第 5 段階では、移行先のサーバーが "テスト仮想マシン" の最新のワーキング セット、および "テスト仮想マシン" によって使用されるすべての記憶域へのアクセスを保有します。この時点で "テスト仮想マシン" が再開されます。
6. **ネットワーク クリーンアップが発生します。**ライブ マイグレーションの最終段階では、移行された仮想マシンが移行先のサーバーで実行されます。この時点でネットワーク スイッチにメッセージが送信されます。このメッセージを基に、ネットワーク スイッチは、移行された仮想マシンの新しい MAC アドレスを取得して、"テスト仮想マシン" のネットワーク トラフィックが正しいスイッチ ポートを使用できるようにします。

ライブ マイグレーション処理は、移行対象の仮想マシンの TCP タイムアウト間隔よりも短い時間で完了します。TCP タイムアウト間隔は、ネットワーク トポロジやその他の要因に応じて異なります。ライブ マイグレーションの速度は以下の要素による影響を受けます。

- 移行される仮想マシン上の変更済みのページの数。変更済みのページの数が多くなるほど、仮想マシンが移行状態のままになる時間が長くなります。
- 移行元のサーバーと移行先のサーバーとの間の利用可能なネットワーク帯域幅。
- 移行元のサーバーと移行先のサーバーのハードウェア構成。
- 移行元サーバーと移行先サーバー上の負荷。

- Hyper-V を実行しているサーバーと共有記憶域との間の利用可能な帯域幅（ネットワークまたはファイバー チャンネル）。

## SMB ベースのライブ マイグレーション

Windows Server 2012 R2 Hyper-V では、SMB ファイル共有に格納されるように仮想マシンを構成できます。この場合、仮想マシンの記憶域を中央の SMB 共有上に残したまま、Hyper-V を実行している非クラスター化サーバー間でこの実行中の仮想マシンに対するライブ マイグレーションを実行できます。環境において可用性の保証を必要としない場合、クラスタリング インフラストラクチャに投資する必要なく、仮想マシンのモビリティの利点を活用できます（高可用性が必要な場合は、SMB 記憶域を使用する Hyper-V をフェールオーバー クラスタリングで構成することもできます）。

## 高速なライブ マイグレーション

クラスター化された環境でライブ マイグレーションを使用する場合、高いネットワーク帯域幅（最大 10 GbE）を使用してマイグレーションを高速に完了できます。また、複数のライブ マイグレーションを同時に実行して、クラスター内で多くの仮想マシンを迅速に移動することもできます。これは、非常に負荷の高いホストを保守モードにして、その VM を移動する場合に特に便利です。Windows Server 2012 R2 Hyper-V では、これらの VM は移行元のホストをリリースし、残りのホスト間で同時に分散します。利用可能なネットワーク帯域幅がフルに活用され、ワークロードに対するダウンタイムは発生しません。

## 圧縮付きのライブ マイグレーション

Windows Server 2012 R2 では、ライブ マイグレーションの処理を高速にし、より効率化されたものにするためのパフォーマンス強化が多数行われています。プライベート クラウド展開やクラウド ホスティング プロバイダーなどの大規模の展開では、これらのパフォーマンスの強化により、ネットワークおよび CPU 使用のオーバーヘッドを減らし、ライブ マイグレーションの時間を短縮することができます。Hyper-V 管理者は、環境および要件に基づく適切なライブ マイグレーション パフォーマンス オプションを構成できます。ライブ マイグレーションのパフォーマンス オプションは、Hyper-V マネージャーのホスト設定で、または Set-VMHost Windows PowerShell コマンドレットを介して構成され、ホストから開始されるすべてのライブ マイグレーションに適用されます。

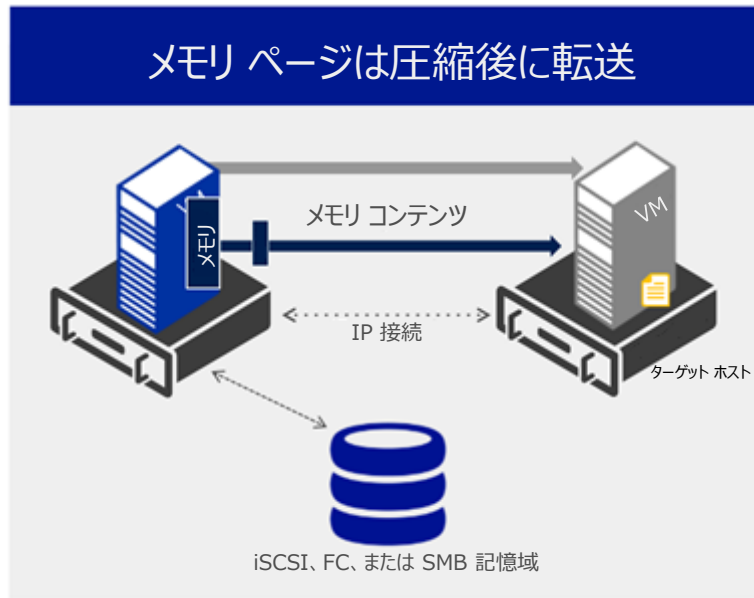


図 33 - 圧縮付きのライブ マイグレーション

第 2 のパフォーマンス強化であるライブ マイグレーション圧縮は既定で有効になっていて、移行元のホストのスペア CPU サイクルを使用して、前のプロセスで説明したように移行先のホストへ転送する必要があるメモリを圧縮します。圧縮処理は、その処理に使用できるスペア CPU リソースがある場合にのみ発生します。Hyper-V ホストに大きな負荷がかかっている、利用可能な CPU が限られる場合、圧縮は使用されません。しかし、Hyper-V ホストが CPU リソースを利用してメモリを圧縮する場合、ホスト間で実行中の仮想マシンのライブ マイグレーションに必要な時間は最大で 50% 短縮されます。

### SMB 経由のライブ マイグレーション

第 2 のパフォーマンス強化である SMB 経由でのライブ マイグレーションは、仮想ディスクが SMB 3.0 ファイル共有に格納されているときに VM を移動できる機能に似ていますが、SMB プロトコルのテクノロジーを利用して、圧縮を使用する場合よりも大幅にライブ マイグレーションを高速化します。

SMB 経由のライブ マイグレーションでは、仮想マシンのメモリ内容が SMB 3.0 をトランスポートとして使用してネットワーク経由でコピーされます。これは、主な SMB 機能を利用して処理を高速化することを意味します。まず、ホストに NIC を追加するとき、ホストは SMB のマルチチャンネル機能を使用して、パフォーマンスを高めると共に、NIC およびバス障害に対する復元性および冗長性を高めます。次に、iWARP (10 Gbps)、ROCE (10/40 Gbps)、Infiniband (56 Gbps) など、RDMA (Remote Device Memory Access) 対応の NIC ハードウェアを使用すると、SMB ダイレクトは、リンク上で最高レベルのマイグレーション パフォーマンスを促進できます。各リンクの速度は最大 56Gbps です。フル スピードで機能できる RDMA 搭載のネットワーク アダプターの待機時間は短く、CPU をほとんど使用しません。



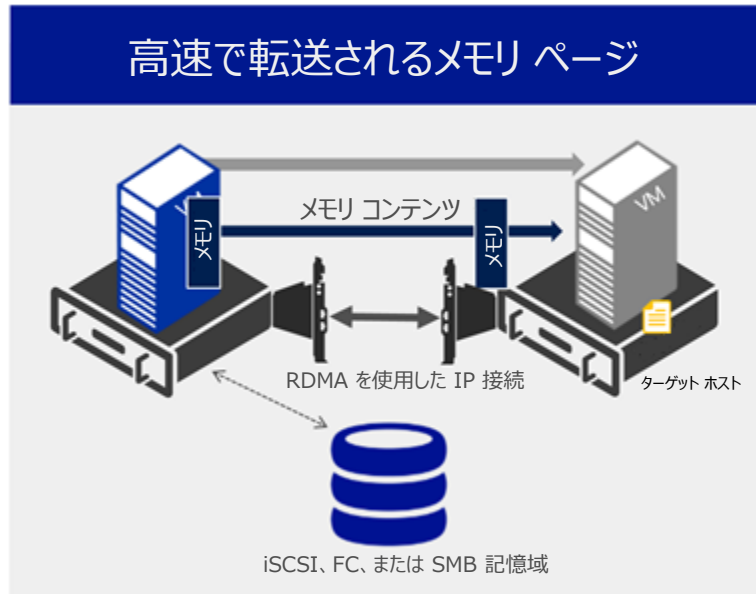


図 34 – RDMA 対応の NIC を使用した、SMB によるライブ マイグレーション

SMB マルチチャンネルにより、SMB は、ネットワーク アダプターに RDMA 機能があるかどうかを検出し、その単一のセッション向けに複数の RDMA 接続を作成します (インターフェイスごとに 2 つ)。SMB は、RDMA 対応のネットワーク アダプターによって提供される高いスループット、低い待機時間、および低い CPU 利用率を使用できます。複数の RDMA インターフェイスを使用している場合は、フォールト トレランスも提供されます。

RDMA 対応の NIC がホスト内に十分な数存在し、すべてをライブ マイグレーションに使用する場合、マイクロソフトの社内テストでは、CPU、ディスク、およびネットワークがボトルネックではなくなることがわかりました。実際、このような高速ライブ マイグレーション速度でのボトルネックはメモリです。

### 記憶域のライブ マイグレーション

Windows Server 2008 R2 Hyper-V では、仮想マシンの記憶域は、仮想マシンがシャットダウンされている間のみ移動することができました。多くの組織では、仮想マシン ワークロードの可用性に影響を与えずに記憶域を柔軟に管理できることは重要な機能です。この柔軟性は、IT 管理者が、記憶域サブシステムでの保守の実行、記憶域アプライアンスのファームウェアおよびソフトウェアのアップグレード、および容量の使用に応じた負荷分散を行うために必要です。Windows Server 2008 R2 では、ライブ マイグレーションを使用して、実行中の仮想マシンのインスタンスを移動できますが、仮想マシンが実行しているときに仮想マシンの記憶域を移動することはできませんでした。

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V は、ライブ記憶域マイグレーションと呼ばれる機能を提供するので、実行中の仮想マシンに接続されている仮想ハード ディスクを移動できます。この機能を通じて、記憶域のアップグレードや移行、およびバックエンド記憶域の保守に加えて、記憶域の負荷を再分散する場合にダウンタイムなしで仮想ハード ディスクを新しい場所に転送することができます。この操作は、Hyper-V マネージャーの新しいウィザード、または Windows PowerShell 用の新しい Hyper-V コマンドレットを使用して実行できます。ライブ記憶域マイグレーションは、記憶域ネットワーク (SAN) ベースとファイル ベースの両方の記憶域で利用できます。

実行中の仮想マシンの仮想ハード ディスクを移動するとき、Hyper-V は以下の手順を実行して記憶域を移動します。

1. 移動操作の大半において、ディスクの読み取りおよび書き込みは移動元の仮想ハード ディスクに対して行われます。
2. 移動元の仮想ハード ディスクで読み取りおよび書き込みが発生している間に、ディスクの内容は新しい移動先の仮想ハード ディスクにコピーされます。
3. 初期のディスク コピーが完了した後、ディスク書き込みは移動元と移動先の両方の仮想ハード ディスクにミラーリングされ、未処理のディスク変更はレプリケートされます。
4. 移動元と移動先に仮想ハード ディスクが同期された後、仮想マシンが切り替わり、移動先の仮想ハード ディスクが使用されます。
5. 移動元の仮想ハード ディスクが削除されます。

データセンターで仮想マシンを動的に移動する必要があるのと同じように、記憶域の負荷分散、記憶域デバイスサービス、またはその他の理由のために、実行中の仮想ハード ディスクの割り当て済み記憶域を移動しなければならない場合があります。

Hyper-V で使用する物理記憶域の更新は、仮想マシンの記憶域を移動する必要がある最も一般的な理由です。このバージョンの Hyper-V でサポートされている新しい低コスト記憶域 (SMB ベースの記憶域など) を利用するため、または記憶域スループットのボトルネックが原因で発生するパフォーマンスの低下に対応するために、実行時に物理記憶域デバイス間で仮想マシン記憶域を移動する必要がある場合もあります。Windows Server 2012 R2 は、Windows Server 2012 R2 SMB 3.0 ネットワーク共有フォルダーが両方の Hyper-V ホストから認識されている限り、共有記憶域サブシステムと非共有記憶域の両方で仮想ハード ディスクを移動できる柔軟性を提供します。

スタンドアロン システムまたは Hyper-V クラスタに物理記憶域を追加し、仮想マシンが実行している間に、仮想マシンの仮想ハード ディスクを新しい物理記憶域に移動することができます。

記憶域マイグレーションをライブ マイグレーションと組み合わせることで、同じ記憶域を使用していない異なるサーバー上のホスト間で仮想マシンを移動することもできます。たとえば、2 つの Hyper-V サーバーがそれぞれ異なる記憶域デバイスを使用するように構成されていて、仮想マシンをこれらのサーバー間で移行する必要がある場合、両方のサーバーからアクセス可能なファイル サーバー上の共有フォルダーへの記憶域マイグレーションを行ってから、サーバー間で仮想マシンを移行することができます (この理由は、どちらもその共有にアクセスできるからです)。ライブ マイグレーションに続いて、別の記憶域マイグレーションを使用して仮想ハード ディスクを移行先のサーバーに割り当てられている記憶域へ移動するか、"無共有型"ライブ マイグレーションを使用することができます。

## 無共有型ライブ マイグレーション

前のセクションでは、ライブ マイグレーションについて説明しました。さらに、Windows Server 2012 R2 の Hyper-V が、ライブ マイグレーションの圧縮や SMB 経由でのライブ マイグレーションなどの高度なテクノロジーを使用してその処理を高速化する方法についても説明しました。SMB 共有への仮想ディスクの格納がもたらす柔軟性、記憶域のライブ マイグレーションを使用して、VM を停止せずに実行中の仮想マシンの仮想ディスクを移動することも説明しました。しかし、ライブ マイグレーションにはもう 1 つ別の種類があります。この種類のライブ マイグレーションは、前述の主要機能をすべて活用し、マイグレーションの柔軟性を最大限に高める方法でそれらを組み合わせます。それが無共有型ライブ マイグレーションです。無共有型ライブ マイグレーションでは、実行中の仮想マシンおよびその仮想ディスクを 1 つの場所から別の場所へダウンタイムなしで同時に移動できます。この機能によって、以下のような VM マイグレーション シナリオが可能になります。

- ローカル記憶域があるスタンドアロン ホストからローカル記憶域があるスタンドアロン ホストへのマイグレーション

- ローカル記憶域があるスタンドアロン ホストから SAN 記憶域があるクラスター化されたホストへのマイグレーション
- SAN 記憶域があるクラスター化されたホストから代替 SAN 記憶域がある異なるクラスターへのマイグレーション

これらの例は、無共有型ライブ マイグレーションの利用を通じて実行できる柔軟なマイグレーション オプションのほんの一部です。

無共有型ライブ マイグレーション処理には多くのステップがあります。まず、インフラストラクチャを共有しない 2 台のコンピューター間で仮想マシンのライブ マイグレーションを実行するとき、移行元のサーバーは移行先のサーバーとの接続を作成します。この接続は、仮想マシンの構成データを移行先のサーバーへ転送します。移行先のサーバーでスケルトンの仮想マシンがセットアップされ、移行先の仮想マシンにメモリが割り当てられます。

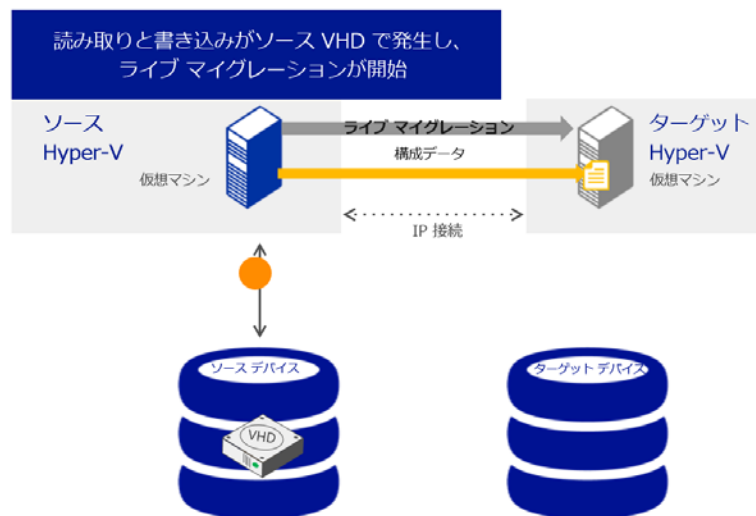


図 36 - 無共有型ライブ マイグレーションの初期化

構成データが正しく送信されると、ディスクの内容が送信されます。

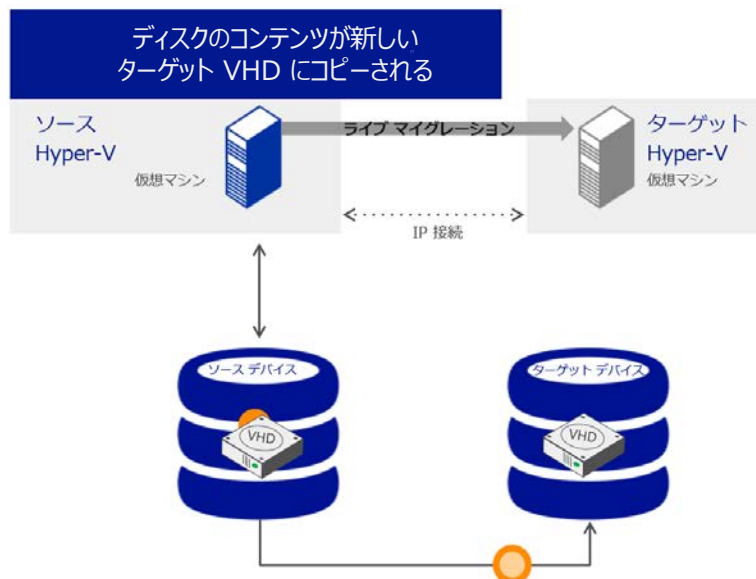


図 37 - 無共有型ライブ マイグレーション - ディスクの内容の送信

この処理中は、読み取りおよび書き込みは移行元の仮想ハード ディスクに対して行われます。初期のディスク コピーが完了した後、ディスク書き込みは移動元と移動先の両方の仮想ハード ディスクにミラーリングされ、未処理のディスク変更はレプリケートされます。

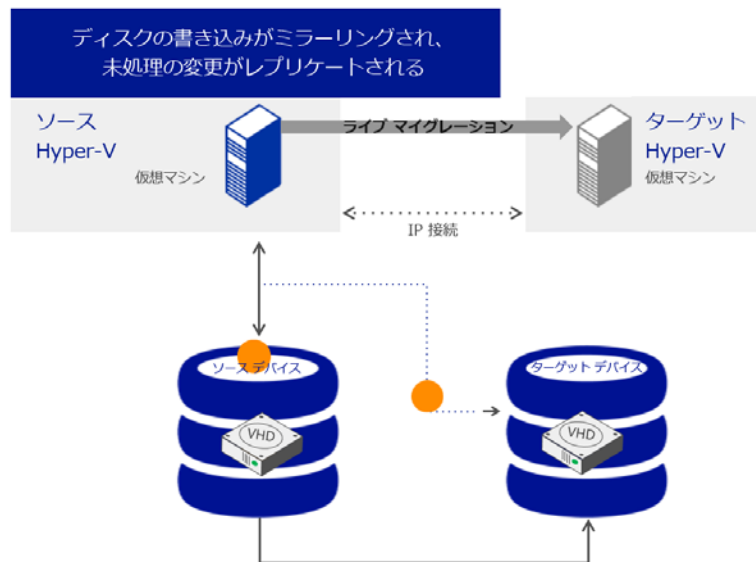


図 38 - 無共有型ライブ マイグレーション - 書き込みのミラーリング

移行元と移行先の仮想ハード ディスクが完全に同期された後、共有記憶域によるライブ マイグレーションで使用されるのと同じ処理に従って、仮想マシンのライブ マイグレーションが開始されます。

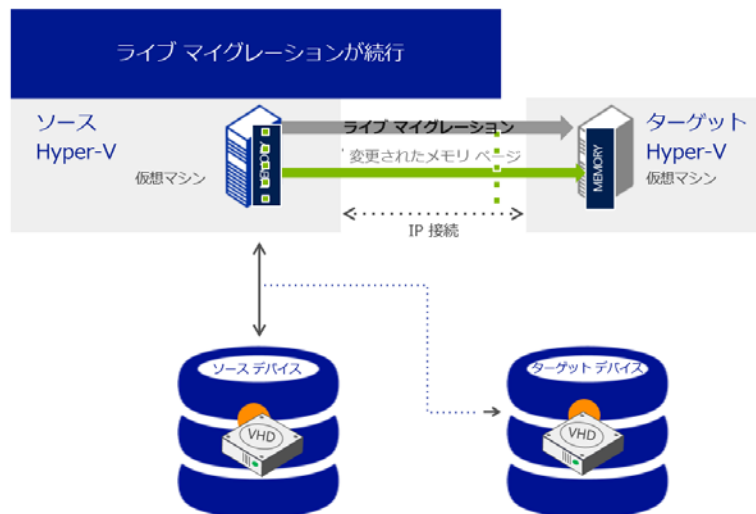


図 39 - 無共有型ライブ マイグレーション - 書き込みのミラーリング

ライブ マイグレーションが完了し、仮想マシンが移行先のサーバーで正しく実行されると、移行元のサーバーのファイルは削除されます。

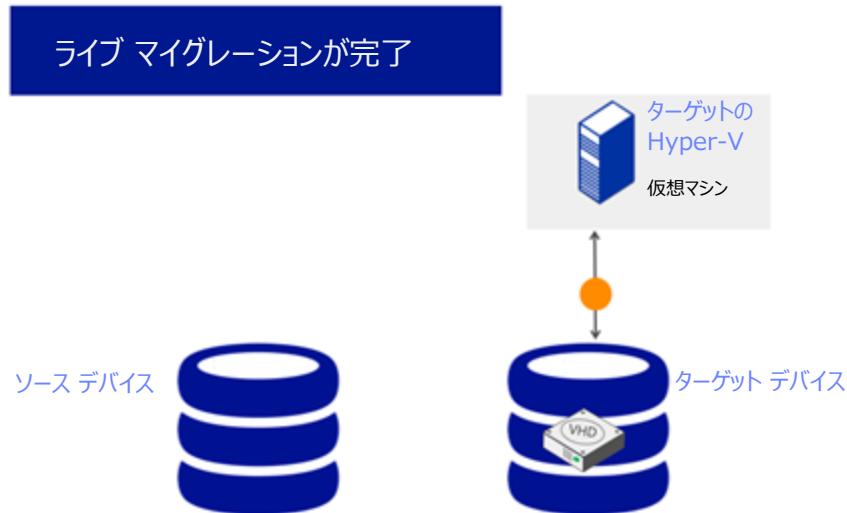


図 40 - 無共有型ライブ マイグレーション - 書き込みのミラーリング

## クロスバージョン ライブ マイグレーション

以前のリリースの Windows Server では、次期バージョンのプラットフォームに移動する場合、仮想マシンが古いプラットフォームからエクスポートされ、新しいプラットフォームにインポートされるときに、主要ワークロードのダウンタイムが発生しました。Windows Server 2012 R2 Hyper-V では、Windows Server 2012 Hyper-V から仮想マシンのダウンタイムなしでアップグレードでき、主要ワークロードのシームレスで効率的なマイグレーションが可能になります。下位レベルへのマイグレーションはサポートされていないことに注意してください。

クロスバージョン ライブ マイグレーションにより、スタンドアロン ホストとクラスター化されたホストの両方の間でのマイグレーションが可能です。また、PowerShell を使用して、処理を完全に自動化することができます。

### 要件

上記のライブ マイグレーション機能を利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2
- ハードウェア仮想化をサポートし、製造元が同じプロセッサ（すべての AMD、すべて Intel など）を使用する 2 つ以上の Hyper-V ホスト
- 同じ Active Directory ドメインの一部である Hyper-V ホスト
- 仮想ハード ディスクまたは仮想ファイバー チャネル ディスクを使用するように構成されている仮想マシン
- ライブ マイグレーション ネットワーク トラフィック用のプライベート ネットワーク
- SMB ダイレクトによる SMB 経由でのライブ マイグレーションには、特定の RDMA 対応ハードウェアが必要です。

クラスターでのライブ マイグレーションには、以下が必要です。

- Windows フェールオーバー クラスタリング機能が有効化および構成されていること
- クラスターで CSV 記憶域が有効にされていること

SMB 共有記憶域を使用するライブ マイグレーションには、以下が必要です。

- 仮想マシンの上のすべてのファイル（仮想ハード ディスク、スナップショット、構成など）が SMB 3.0 共有に格納されていること
- すべての Hyper-V ホストのコンピューター アカウントへのアクセスを許可するように構成されている SMB 共有上のアクセス許可

インフラストラクチャ無共有型のライブ マイグレーションには、追加の要件はありません。

## 重要な理由

Windows Server 2008 R2 で初めて導入されたライブ マイグレーションは、クラウド管理に対する重要な改善で、シャットダウンせずに仮想マシンを移動する機能を組織に提供しました。しかし、組織の顧客ベースの拡大に伴い、クラウド環境の管理はますます困難になっています。効果的にリソースを使用するには、管理者がクラスター内およびクラスター間で仮想マシンをより頻繁に移動する必要があるためです。

Windows Server 2012 R2 Hyper-V でのマイグレーションの改善により、ライブ マイグレーションを実行できるだけでなく、多くの仮想マシンとその記憶域をクラスター間、さらに記憶域を共有しないサーバー間でダウンタイムなしで迅速に移動することができるようになりました。これらの改善により、データセンター全体での仮想マシンの真の動的モビリティが実現され、仮想マシンの配置の柔軟性が大幅に向上します。また、これらの改善によって管理者の効率性が向上し、以前はクラスターの境界を越えるマイグレーションで発生していたユーザーのダウンタイムがなくなります。マイグレーション速度が速くなったことで時間が節約されるだけでなく、複数のライブ マイグレーションを同時に実行できることによっても時間が節約されます。

さらに、ワークロードを最新の機能豊富なプラットフォームへ移動する場合にライブ マイグレーション機能を活用することにより、主要ワークロードおよびアプリケーションのダウンタイムを発生させずに新機能を導入することができます。

## 信頼性の高い方法での仮想マシンのインポート

ある物理ホストから別の物理ホストへの仮想マシンのインポートを行う場合、ファイルの非互換性やその他の予測できない複雑さが判明することがあります。管理者によっては、仮想マシンは、運用ニーズに対応するために移動できる単一のスタンダードなエンティティとして考えられています。実際には、仮想マシンは複数の部分から構成されます。

- 仮想ハード ディスク: 物理記憶域にファイルとして格納されています。
- 仮想マシン チェックポイント: 仮想ハード ディスク ファイルという特別な種類として格納されています。
- さまざまなホスト固有デバイスの保存状態。
- 仮想マシンのメモリ ファイル、またはチェックポイント
- 仮想マシン構成ファイル: 上記のコンポーネントを編成し、動作する仮想マシンに適用します。



各仮想マシンおよび関連付けられた各チェックポイントは、一意の識別子を使用します。さらに、仮想マシンは、仮想ハードディスク ファイルの場所を識別するパスなど、ホスト固有の情報を格納して使用します。Hyper-V が仮想マシンを起動するとき、起動前に一連の検証チェックが行われます。仮想マシンを別のホストにインポートするときのハードウェアの違いなどの問題により、これらの検証チェックが失敗することがあります。その結果、仮想マシンの起動が妨げられます。

Windows Server 2012 R2 には、あるサーバーから別のサーバーに仮想マシンを高速かつ信頼性の高い方法でインポートすることができるインポート ウィザードが含まれています。インポート ウィザードは、40 以上のさまざまな種類の非互換を検出して修正します。メモリ、仮想スイッチ、仮想プロセッサなど、物理ハードウェアと関連付けられている構成について事前に心配する必要はありません。インポート ウィザードは、仮想マシンを新しいホストにインポートするときに非互換を解決する手順を案内します。

さらに、仮想マシンをエクスポートしてインポートできるようにする必要はなくなりました。必要な操作は、仮想マシンとその関連ファイルを新しいホストにコピーし、インポート ウィザードを使用してファイルの場所を指定することだけです。これで Hyper-V で仮想マシンが "登録" され、使用できるようになります。仮想マシンを格納するデータ ドライブが影響を受けていない限り、システム ドライブで障害が発生した場合に仮想マシンを回復することもできます。仮想マシンをインポートするためのコマンドレットを含む Windows PowerShell 用の Hyper-V モジュールによる自動化サポートも利用可能です。

仮想マシンをインポートするとき、ウィザードでは以下の処理が行われます。

1. **仮想マシン構成ファイルのコピーが作成されます。**これは、停電によるものなど、ホストで予期しない再起動が発生した場合に備えた予防対策として作成されます。
2. **ハードウェアが検証されます。**仮想マシン構成ファイル内の情報が新しいホスト上のハードウェアと比較されます。
3. **エラーの一覧がコンパイルされます。**この一覧は、再構成する必要がある内容を識別し、ウィザードで次に表示されるページを決定するために使用されます。
4. **関連するページが 1 カテゴリずつ表示されます。**非互換が識別されます。これは、新しいホストと互換性のある仮想マシンを再構成するのに役立ちます。
5. **構成ファイルのコピーが削除されます。**この処理の後、仮想マシンは起動できる状態になります。

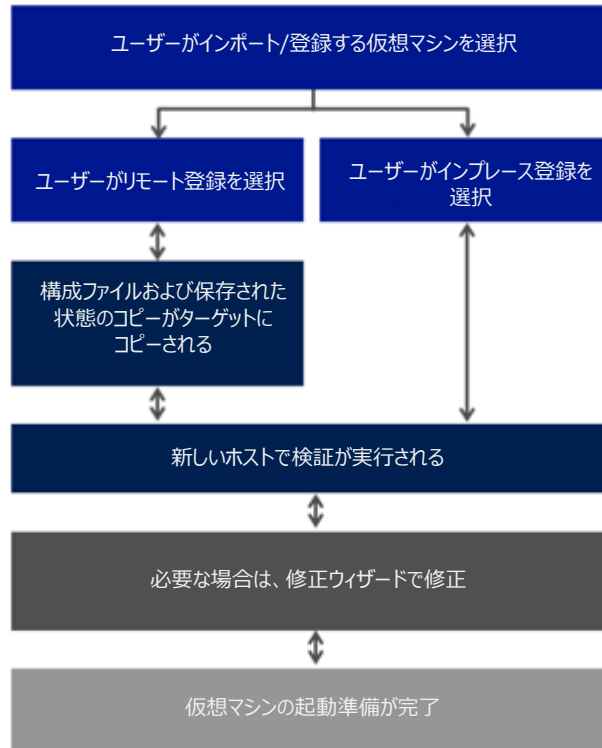


図 41 – VM のインポート処理

## 要件

インポート ウィザードを使用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2 の 2 つのインスタンス
- ハードウェア仮想化をサポートするプロセッサが搭載されているコンピューター
- 仮想マシン
- ローカル Hyper-V 管理者グループに属するユーザー アカウント

## 重要な理由

新しいインポート ウィザードは、仮想マシンをインポートまたはコピーするための簡単で適切な方法を提供します。ウィザードは、仮想マシンを別のホストにインポートするときのハードウェアまたはファイルの違いなど、潜在的な問題を検出して修正します。追加的な安全対策として、ウィザードは、停電によるものなど、ホストで予期しない再起動が発生した場合に備えて、仮想マシン構成ファイルの一時コピーを作成します。仮想マシンをインポートするための Windows PowerShell コマンドレットを使用すると、処理を自動化できます。これらのすべての機能が、ある環境から別の環境へ仮想マシンをオフライン転送する必要がある場合に、処理がシームレスかつ効率的に動作することを保証します。

## Hyper-V の自動化サポート

PowerShell は、Windows Server でタスクを自動化するためのスクリプティング ソリューションです。しかし、Windows Server の以前のバージョンでは、提供されているツールで Hyper-V 用のスクリプトを記述するには、開発者向けに設計された非常に柔軟なインターフェイス セットを提供する WMI を習得する必要がありました。仮想化を行う IT プロフェッショナルは、開発者スキルを習得する必要なく、多数の管理タスクを容易に自動化するための方法を必要としています。

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V は、PowerShell 用の Hyper-V コマンドレットを 140 以上提供して、Hyper-V が関与する主要タスクおよびプロセスを自動化できるようにします。

新しい Windows PowerShell 用の Hyper-V コマンドレットは、IT プロフェッショナルを意図して設計されていて、Hyper-V マネージャーのグラフィック ユーザー インターフェイス (GUI) で利用可能なタスクおよび Windows PowerShell のコマンドレット専用の複数のタスクを実行できます。この設計は、複数の方法で反映されています。

### タスク指向のインターフェイス

Hyper-V コマンドレットにより、IT プロフェッショナルはタスクについて考えることからタスクの実際の実行へと容易に移行できます。次の表は、タスクと関連するコマンドレット構文を示しています。

タスク	PowerShell コマンド
"test" という名前の新しい仮想マシンを作成する。	New-VM -Name Test
すべての仮想マシンの一覧を取得する。	Get-VM
d:\%VHDs%test.vhd で新しい仮想ハード ディスクを作成する。	New-VHD -Path D:\%VHDs%test.vhd
名前が "web" で始まる仮想マシンをすべて起動する。	Start-VM -Name web*
test" 仮想マシン上の仮想ネットワーク アダプターを "QA" スイッチに接続する。	Connect-VMNetworkAdapter -VMName test -SwitchName QA

表 5 - タスクおよびコマンドレット構文

Hyper-V 管理者は、Hyper-V 以外も管理する必要があることがあります。Hyper-V コマンドレットは他の Windows コマンドレットと同じ動詞を使用するので、管理者は、既存の Windows PowerShell の知識を容易に拡張できます。たとえば、Windows PowerShell を使用してサービスを管理することに慣れている場合、次の表に示すように、同じ動詞を使用して仮想マシンで対応するタスクを実行できます。

タスク	サービスコマンドレット	Hyper-V コマンドレット
取得	Get-Service	Get-VM
構成	Set-Service	Set-VM
作成	New-Service	New-VM

タスク	サービスコマンドレット	Hyper-V コマンドレット
起動	Start-Service	Start-VM
停止	Stop-Service	Stop-VM
再起動	Restart-Service	Restart-VM
一時停止	Suspend-Service	Suspend-VM
再開	Resume-Service	Resume-VM

表 6 – Hyper-V コマンドレット

次の表に示すように、他のコア Windows PowerShell コマンドレットにも同様の例があります。

コア PowerShell コマンドレット	Hyper-V コマンドレット
Import-Csv	Import-VM
Export-Csv	Export-VM
Enable-PSRemoting	Enable-VMMigration
Checkpoint-Computer	Checkpoint-VM
Measure-Command	Measure-VM

表 7 – Windows PowerShell コマンドレット

## 一貫したコマンドレット名詞による見つけやすさ

学習する必要のあるコマンドレットは多く存在します (140 以上)。Hyper-V コマンドレットの名詞から、必要なコマンドレットを必要ときに簡単に見つけることができます。Hyper-V モジュールのすべてのコマンドレットは、次の表に示す 3 つの名詞プレフィックスのいずれかを使用します。

プレフィックス	目的
VM	仮想マシンを管理するためのコマンドレット
VHD	仮想ハード ディスク ファイルを管理するためのコマンドレット
VFD	仮想フロッピー ディスク ファイルを管理するためのコマンドレット

表 8 - コマンドレットの名詞プレフィックス

## 要件

Windows Server 2012 R2 で新しい Hyper-V コマンドレットを使用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2

- 管理者または Hyper-V 管理者ユーザー アカウント

必要に応じて、Hyper-V コマンドレットをリモートで使用する場合は、Windows 8.1 を実行しているコンピューターに Hyper-V Windows PowerShell コマンドレット機能をインストールし、サーバーで管理者または Hyper-V 管理者としてコマンドレットを実行できます。

#### 重要な理由

Windows Server 2012 および後続の Windows Server 2012 R2 以前では、Hyper-V 管理タスクを自動化するには、多くのデータセンター管理者は不慣れなスキルである WMI を使用してスクリプトを記述する必要があったので自動化は困難でした。Windows Server 2012 R2 は、強力で包括的ながら習得が容易な Windows PowerShell コマンドレットの豊富なセットを提供します。データセンター管理者は、コマンドレットを使用して、ほとんどの Hyper-V タスク（新しい仮想マシンの作成、仮想マシンのインポートとエクスポート、仮想ネットワーク アダプターの仮想マシンへの接続など）を自動化できます。これらの新しいコマンドレットを使用して基本的および複雑なデータセンター タスクを容易に自動化し、クラウド コンピューティング環境での管理負担を少なくすることができます。

## Hyper-V ネットワーク仮想化

Hyper-V ネットワーク仮想化は、サーバー仮想化（ハイパーバイザー）がオペレーティング システムに "仮想マシン" を提供する方法と同じように、仮想マシンに "仮想ネットワーク"（VM ネットワーク）を提供します。ネットワーク仮想化は、仮想ネットワークを物理ネットワーク インフラストラクチャから切り離し、仮想マシン プロビジョニングから VLAN および階層型 IP アドレスの割り当ての制約を取り除きます。この柔軟性は IaaS クラウドへの容易な移行を可能にするので、ホスティング サービス プロバイダーは、必要なマルチテナント分離およびセキュリティ要件を維持し、重複する仮想マシン IP アドレスをサポートしながら効率的にインフラストラクチャを管理できます。

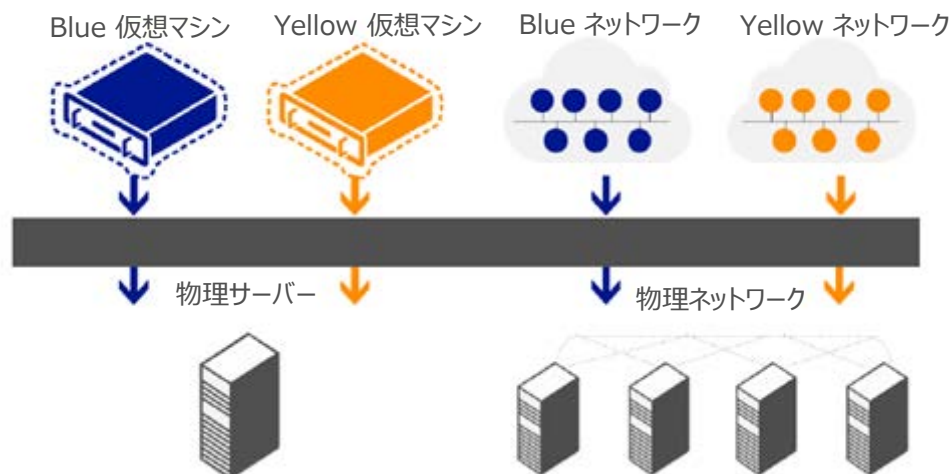


図 42 - サーバー仮想化とネットワーク仮想化の比較

今日、クラウドへのデータセンターのシームレスな拡張が求められています。現在、このようなシームレスなハイブリッド クラウド アーキテクチャの作成には技術的な課題が存在します。最大の課題は、クラウドでの既存のネットワーク トポロジ (サブ ネット、IP アドレス、ネットワーク サービスなど) の再利用と自社運用リソースおよびクラウド リソースの統合です。Hyper-V ネットワーク仮想化は、基盤となる物理ネットワークから独立した VM ネットワークという概念を提供します。1 つ以上の仮想ネットで構成される VM ネットワークという概念では、仮想ネットワークに接続されている仮想マシンの物理ネットワーク内の正確な場所が仮想ネットワーク トポロジから切り離されます。その結果、既存の IP アドレスおよびトポロジをクラウドで維持して、既存のサービスがサブネットの物理的な場所を認識せずに動作し続けるようにしながら、仮想サブネットを容易にクラウドに移動できます。Hyper-V ネットワーク仮想化は、シームレスなハイブリッド クラウドを可能にします。

ハイブリッド クラウドに加え、多くの組織は、データセンターの統合およびプライベート クラウドの作成を行って、クラウド アーキテクチャの効率性およびスケーラビリティという利点を内部で活用しています。Hyper-V ネットワーク仮想化は、実際の物理ネットワーク トポロジから部門のネットワーク トポロジを (仮想化することによって) 切り離して、プライベート クラウドの柔軟性および効率性を高めます。このようにして、各部門は、相互に分離された状態で内部プライベート クラウドを容易に共有し、既存のネットワーク トポロジを維持し続けることができます。データセンター運用チームは、サーバーの中断を発生させずにデータセンターの任意の場所で柔軟にワークロードを展開し、動的に移動することができるので運用効率が向上し、データセンターの有効性が全体的に高まります。

ワークロード所有者にとって主な利点は、IP アドレスを変更することやアプリケーションを書き換えることなく、ワークロード "トポロジ" をクラウドに移動できるようになったことです。たとえば、標準的な 3 層の LOB アプリケーションは、フロントエンド層、ビジネス ロジック層、およびデータベース層で構成されています。ポリシーを通じて、Hyper-V ネットワーク仮想化は、ルーティング トポロジやサービスの IP アドレス (仮想マシン IP アドレス) を維持しながら、3 つの層の全部または一部をクラウドホスティングすることを可能にします。アプリケーションを変更する必要はありません。

インフラストラクチャの所有者の場合、仮想マシン配置の柔軟性の向上により、仮想マシンを変更したりネットワークを再構成したりすることなく、データセンターの任意の場所でワークロードを移動することができます。たとえば、Hyper-V ネットワーク仮想化は、クロス サブネット ライブ マイグレーションを可能にして、サービス中断なしにデータセンターの任意の場所で仮想マシンをライブ マイグレーションできるようにします。以前は、ライブ マイグレーションは同じサブネットに限られていて、仮想マシンを配置できる場所が制限されていました。クロス サブネット ライブ マイグレーションでは、管理者は、動的なリソース要件、エネルギー効率に基づいてワークロードを統合できるので、顧客のワークロードの稼働時間を中断することなく、インフラストラクチャ メンテナンスに対応することもできます。

## 実用的な用途

データセンターを仮想化することが可能になった結果、IT 組織およびホスティング プロバイダー (コロケーションまたは物理サーバー レンタルを提供するプロバイダー) は、顧客へのオンデマンド サーバー インスタンスの提供を容易にする柔軟性の高い仮想化されたインフラストラクチャの提供を開始しています。この新しいクラスのサービスは、IaaS (Infrastructure as a Service) と呼ばれます。Windows Server 2012 R2 は、すべての必要なプラットフォーム機能を提供して、企業顧客がプライベート クラウドを構築し、IaaS サービス運用モデルへ移行することを可能にします。また、Windows Server 2012 R2 は、ホスティング サービス プロバイダーがパブリック クラウドを構築し、IaaS ソリューションを顧客に提供できるようにします。System Center Virtual Machine Manager と組み合わせて Hyper-V ネットワーク仮想化ポリシーを管理する場合、マイクロソフトは強力なクラウド ソリューションを提供します。



Windows Server 2012 R2 Hyper-V ネットワーク仮想化は、専用 IaaS クラウドを拡張するときに企業が直面する管理負担を少なくするポリシー ベースのソフトウェア制御型のネットワーク仮想化を提供します。また、クラウド ホスティング サービス プロバイダーに対しては、仮想マシンを管理する際の柔軟性とスケーラビリティを高めて、より高いリソース使用率を実現できるようにします。

異なる組織部門（専用クラウド）または異なる顧客（ホスト クラウド）からの仮想マシンを含む IaaS シナリオでは、セキュリティで保護された分離が必要です。現在のソリューションである仮想ローカル エリア ネットワーク（VLAN）は、このシナリオにおいて非常に不利な場合があります。

**VLAN:** 現在、VLAN は、アドレス空間の再利用とテナント分離をサポートするためにほとんどの組織が使用しているメカニズムです。VLAN は、明示的なタグ付け（VLAN ID）を Ethernet フレーム ヘッダーで使用し、Ethernet スイッチを使用して分離を適用します。そして、トラフィックを同じ VLAN ID を持つネットワーク ノードに制限します。VLAN の主な欠点は次のとおりです。

- 動的なデータセンターで仮想マシンまたは分離境界が移動するたびに運用スイッチの面倒な再構成が発生することによる偶発的な停止のリスクの増加。
- 最大 4094 の VLAN があるが、標準的なスイッチがサポートするのはわずか 1000 の VLAN ID という理由に基づくスケーラビリティの制限。
- 単一の VLAN 内のノード数の制限、および物理的な場所に基づく仮想マシンの配置の制限の原因となる単一の IP サブネット内での制約。複数のサイトにまたがって VLAN を拡張できますが、VLAN 全体が同じサブネット上に存在する必要があります。

**IP アドレス割り当て:** VLAN の欠点に加えて、仮想マシン IP アドレス割り当てにも次のような問題があります。

- データセンター ネットワーク インフラストラクチャ内の物理的な場所が仮想マシン IP アドレスを決定します。その結果、クラウドへの移行では、通常、サービス ワークロードの IP アドレスの変更が必要です。
- ファイアウォール ルール、リソース検出、ディレクトリ サービスなどのポリシーは IP アドレスに結び付けられます。IP アドレスを変更するには、関連付けられたポリシーをすべて更新する必要があります。
- 仮想マシンの展開およびトラフィック分離はトポロジに依存しています。

データセンターの物理レイアウトを計画するとき、データセンター ネットワーク管理者は、サブネットが物理的に配置およびルーティングされる場所に関する決定を下す必要があります。これらの決定は、IP および Ethernet テクノロジーに基づいて行われ、データセンター内の特定のラックに接続されている特定のサーバーまたはブレードで実行している仮想マシンに対して許可される潜在的な IP アドレスに影響を及ぼします。仮想マシンをプロビジョニングしてデータセンターに配置する際は、IP アドレスに関するこれらの選択肢および制限に従う必要があります。そのため、データセンター管理者は、仮想マシンに新しい IP アドレスを割り当てることになります。

この要件における問題は、アドレスに加えて、IP アドレスと関連付けられたセマンティック情報があることです。たとえば、あるサブネットが特定のサービスを含んでいる場合や離れた物理的場所にある場合があります。ファイアウォール ルール、アクセス制御ポリシー、および IPsec セキュリティ アソシエーションは一般に IP アドレスと関連付けられます。IP アドレスを変更すると、仮想マシン所有者は、元の IP アドレスに基づいているすべてのポリシーを調整せざるを得なくなります。この番号の

再割り当ての負担は非常に高いので、多くの企業は新しいサービスだけをクラウドに展開し、レガシ アプリケーションはそのままにすることを選択します。

Hyper-V ネットワーク仮想化は、顧客の仮想マシン用の仮想ネットワークを物理ネットワーク インフラストラクチャから切り離します。その結果、顧客の仮想マシンは元の IP アドレスを維持できるので、データセンター管理者は物理 IP アドレスや VLAN ID を再構成することなく、お客様の仮想マシンをデータセンター内の任意の場所でプロビジョニングできます。

## ネットワーク仮想化 – 主な利点

- **柔軟なワークロード配置が可能:** (VLAN なしでのネットワーク分離および IP アドレスの再利用): Hyper-V ネットワーク仮想化は、顧客の仮想ネットワークをホスティング サービス プロバイダーの物理ネットワーク インフラストラクチャから切り離して、データセンター内部でワークロードを自由に配置することができます。仮想マシン ワークロードの配置はソフトウェアで定義するマルチテナント仮想化ポリシーに基づいて Hyper-V ホスト内で実施されるので、物理ネットワークの IP アドレス割り当てまたは VLAN 分離要件による制限を受けなくなりました。
- 面倒な VLAN 再構成は必要なく、IP アドレス階層を侵害せずに、IP アドレスが重複する複数の顧客の仮想マシンを同じホスト サーバーに展開できます。その結果、共有 IaaS プロバイダーへの顧客ワークロードの移行が効率化され、顧客はワークロードを変更なしで移動できます (仮想マシン IP アドレスを変更する必要はありません)。ホスティング プロバイダーにとって、既存のネットワーク アドレス空間を共有 IaaS データセンターへと拡張することを希望する多数の顧客をサポートすることは、重複する可能性があるアドレス空間の共存を確保するために顧客ごとに分離された VLAN を構成および保守するという複雑な課題です。重複するアドレスのサポートは Hyper-V ネットワーク仮想化によって容易になり、ホスティング プロバイダーが行う必要のあるネットワーク再構成が少なくなります。

さらに、顧客ワークロードのダウンタイムを発生させずに物理的なインフラストラクチャの保守およびアップグレードを行うことができます。Hyper-V ネットワーク仮想化では、物理 IP アドレス変更や大規模な再構成を必要とせずに特定のホスト、ラック、サブネット、VLAN、またはクラスター全体の仮想マシンを移行することができます。

- **ワークロードの共有 IaaS クラウドへの容易な移動が可能:** Hyper-V ネットワーク仮想化では、IP アドレスおよび仮想マシン構成は変更されません。そのため、IT 組織は、ワークロードまたはインフラストラクチャ ツールおよびポリシーの再構成を最小限に抑えて、ワークロードをデータセンターから共有 IaaS ホスティング プロバイダーへと容易に移動できます。2 つのデータセンター間の接続が存在する場合、IT 管理者は引き続き再構成なしでツールを使用できます。
- **サブネット間のライブ マイグレーションが可能:** サブネットを越えるには、仮想マシンのゲスト オペレーティング システムが IP アドレスを変更する必要があったので、仮想マシン ワークロードのライブ マイグレーションは、これまで同じ IP サブネットまたは VLAN に限られていました。このアドレス変更は、既存の通信を切断し、仮想マシンで実行しているサービスを中断します。Hyper-V ネットワーク仮想化では、ワークロード IP アドレスを変更せずに、1 つのサブネット内の Windows Server 2012 を実行するサーバーから異なるサブネット内の Windows Server 2012 を実行するサーバーにワークロードをライブ マイグレーションできます。Hyper-V ネットワーク仮想化では、移行された仮想マシンと継続的に通信するホスト間でライブ マイグレーションによる仮想マシンの位置変更が更新され、同期されることが保証されます。

- サーバーとネットワークの管理が切り離されることによる管理の簡素化:** ワークロードの移行および配置は基盤となる物理的なネットワーク構成とは無関係なので、サーバー ワークロードの配置が簡素化されます。サーバー管理者はサービスおよびサーバーの管理に専念し、ネットワーク管理者は全体的なネットワーク インフラストラクチャおよびトラフィック管理に専念できます。データセンター サーバー管理者は、仮想マシンの IP アドレスを変更せずに、仮想マシンを展開および移行できます。Hyper-V ネットワーク仮想化では、仮想マシンの配置をネットワークトポロジとは無関係に行うことができ、分離の境界を変える可能性がある配置にネットワーク管理者を関与させる必要性が少なくなるのでオーバーヘッドが削減されます。
- ネットワークの簡素化およびサーバー/ネットワーク リソース使用率の向上:** VLAN の柔軟性の欠如、および仮想マシン配置の物理ネットワーク インフラストラクチャへの依存は、過剰なプロビジョニングおよび使用率の低さにつながります。依存をなくすことによる仮想マシン ワークロードの配置の柔軟性の向上によってネットワーク管理を簡素化し、サーバーおよびネットワーク リソース使用率を高めることができます。Hyper-V ネットワーク仮想化は物理データセンターのコンテキスト内で VLAN をサポートします。たとえば、データセンターですべての Hyper-V ネットワーク仮想化トラフィックを特定の VLAN に含める場合があります。
- 既存のインフラストラクチャおよび新しい技術との互換性:** Hyper-V ネットワーク仮想化は現在のデータセンターで展開できますが、新しいデータセンター "フラット ネットワーク" テクノロジとも互換性があります。
- 相互運用性およびエコシステム対応:** クロス プレミス接続、ストレージ エリア ネットワーク (SAN)、非仮想化リソース アクセスなど、Hyper-V ネットワーク仮想化は、既存のリソースとの通信に対して複数の構成をサポートします。マイクロソフトは、パフォーマンス、スケーラビリティ、および管理性の観点で Hyper-V ネットワーク仮想化のエクスペリエンスをサポートおよび拡張するために、エコシステム パートナーと共に取り組んでいます。
- Windows PowerShell および WMI の使用:** Hyper-V ネットワーク仮想化は、ネットワーク仮想化および分離ポリシーの構成に関して Windows PowerShell および Windows Management Instrumentation (WMI) をサポートします。Hyper-V ネットワーク仮想化用の Windows PowerShell コマンドレットにより、管理者は、ネットワーク分離ポリシーの構成、管理、トラブルシューティングを行うためのコマンドライン ツールまたは自動化スクリプトを構築できます。

## ネットワーク仮想化の概念

Hyper-V ネットワーク仮想化 (HNV) では、顧客は、データセンターに展開される仮想マシンのグループの "所有者" として定義されます。顧客は、マルチテナント パブリック データセンター内の企業や、プライベート データセンター内の部門または部署です。各顧客はデータセンター内に 1 つ以上の VM ネットワークを持つことができ、各 VM ネットワークは 1 つ以上の仮想サブネットで構成されます。

### VM ネットワーク

- 各 VM ネットワークは、1 つ以上の仮想サブネットで構成されます。VM ネットワークは、VM ネットワーク内の仮想マシンが互いに通信できる分離境界を形成します。そのため、同じ VM ネットワーク内の仮想サブネットは、重複する IP アドレス プレフィックスを使用することはできません。
- 各 VM ネットワークには、VM ネットワークを識別するルーティング ドメインがあります。ルーティング ドメイン ID (RDID) は VM ネットワークを識別するもので、データセンター管理者または System Center 2012 R2

Virtual Machine Manager (VMM) などのデータセンター管理ソフトウェアによって割り当てられます。RDID は Windows GUID です (例: "{11111111-2222-3333-4444-000000000000}")。

## 仮想サブネット

- 仮想サブネットは、同じ仮想サブネット内の仮想マシンの第 3 層の IP サブネット セマンティクスを実装します。仮想サブネットは、ブロードキャスト ドメインです (VLAN と同様)。同じ仮想サブネット内の仮想マシンは同じ IP ブレフィックスを使用する必要があります。
- 各仮想サブネットは単一の VM ネットワーク (RDID) に属し、一意の仮想サブネット ID (VSID) を割り当てられます。VSID は、データセンター内で一意でなければならず、範囲は 4096 ~  $2^{24}-2$  です。

VM ネットワークおよびルーティング ドメインの主な利点は、顧客が独自のネットワーク トポロジをクラウドに持ち込むことができる点です。次の図は、R&D Net と Sales Net の 2 つの個別のネットワークがある Contoso Corp の例を示します。これらのネットワークのルーティング ドメイン ID は異なるので、相互に対話することはできません。つまり、どちらも Contoso Corp によって所有されているにもかかわらず、Contoso R&D Net は、Contoso Sales Net から分離されます。Contoso R&D Net には 3 つの仮想サブネットが含まれます。RDID と VSID はどちらもデータセンター内で一意であることに注意してください。

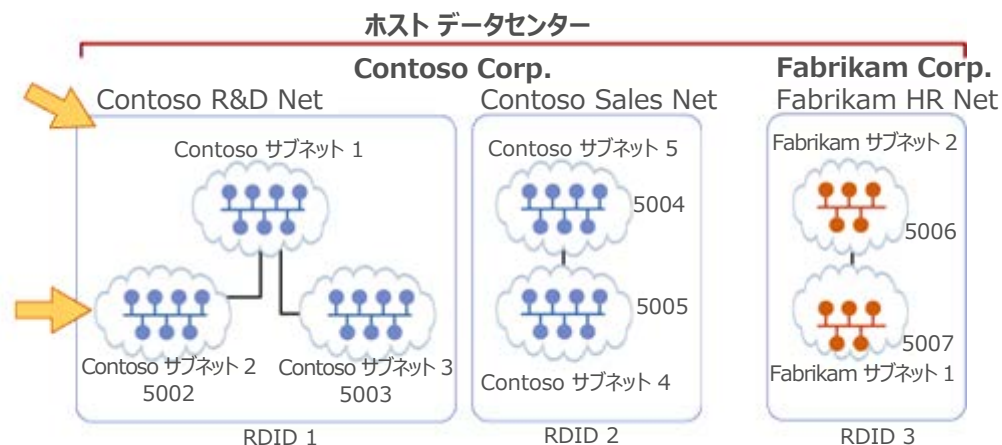


図 43 – 顧客のネットワークおよび仮想サブネット

上の図で、VSID 5001 の仮想マシンは、HNV によって VSID 5002 または VSID 5003 の仮想マシンにパケットをルーティングまたは転送できます。パケットを Hyper-V スイッチに配信する前に、NHV は受信パケットの VSID を宛先の仮想マシンの VSID に更新します。これは、両方の VSID が同じ RDID 内にある場合にのみ発生します。パケットに割り当てられている VSID が宛先の仮想マシンの VSID に一致しない場合、パケットは削除されます。したがって、RDID1 の仮想ネットワーク アダプターは RDID2 の仮想ネットワーク アダプターにパケットを送信できません。

**注記:** 上記のパケット フローの説明で、"仮想マシン" は、実際には仮想マシン上の "仮想ネットワーク アダプター" を意味しています。一般的に、1 つの仮想マシンの仮想ネットワーク アダプターは 1 つだけです。この場合、仮想マシンと仮想ネットワーク アダプターは、概念的に同じものを意味します。仮想マシンは複数の仮想ネットワーク アダプターを持つことができ、これらの仮想ネットワーク アダプターは異なる仮想サブネット ID (VSID) またはルーティング ドメイン ID (RDID) を持つことができるため、HNV では、仮想ネットワーク アダプター間で送受信されるパケットを特に重視します。



各仮想サブネットは、VLAN と同様に第 3 層の IP サブネットおよび第 2 層 (L2) のブロードキャスト ドメイン境界を定義します。仮想マシンがパケットをブロードキャストするとき、このブロードキャストは、同じ VSID を持つスイッチ ポートに接続されている仮想マシンに限定されます。各 VSID を PA でマルチキャスト アドレスと関連付けることができます。VSID のすべてのブロードキャストトラフィックは、このマルチキャスト アドレスで送信されます。

**注記:** HNV は、ブロードキャストまたはマルチキャストに依存しません。VM ネットワーク内のブロードキャストまたはマルチキャスト パケットについては、構成されている場合は PA マルチキャスト IP アドレスが使用されます。しかし、多くのデータセンター オペレーターは、環境内でマルチキャストを有効にしません。その結果、PA マルチキャスト アドレスが利用できないときは、インテリジェント PA ユニキャスト レプリケーションが使用されます。つまり、パケットは、そのパケットが含まれている特定の仮想サブネットに対して構成されている PA アドレスにのみユニキャストされます。さらに、ホスト上に関連する仮想マシンがいくつあろうと、ホストあたり 1 つのユニキャスト パケットのみが送信されます。

ブロードキャスト ドメインであることに加え、VSID は分離を提供します。HNV での仮想ネットワーク アダプターは、VSID ACL を持つ Hyper-V スイッチ ポートに接続されます。異なる VSID を持つパケットが、この HyperV スイッチ ポートに到着した場合、パケットは削除されます。パケットは、パケットの VSID がスイッチ ポートの VSID に一致する場合のみ、Hyper-V スイッチ ポート上で配信されます。そのため、上の例では、VSID 5001 から 5003 へとフローするパケットは、宛先の仮想マシンに配信される前にパケット内の VSID が変更されている必要があります。

Hyper-V スイッチ ポートに VSID ACL がいない場合、そのスイッチ ポートに接続されている仮想ネットワーク アダプターは HNV 仮想サブネットの一部ではありません。VSID ACL を持たない仮想ネットワーク アダプターから送信されたパケットは、変更されずに Hyper-V スイッチを通過します。

仮想マシンがパケットを送信するとき、Hyper-V スイッチ ポートの VSID は、このパケットと関連付けられます。受信側で、HNV は、カプセル化解除されたパケットと共に OOB 内の VSID を Hyper-V スイッチに配信します。受信側で、HNV は、ポリシー参照を実行し、パケットが Hyper-V スイッチに渡される前に OOB データに VSID を追加します。

**注記:** Hyper-V スイッチ拡張は、プロバイダー アドレス (PA) 空間および顧客アドレス (CA) 空間の両方で動作できます。つまり、VSID をスイッチ拡張で利用できます。そのため、スイッチ拡張がマルチテナント対応になります。たとえば、ファイアウォール スイッチ拡張は、VSID 5001 を含む OOB を持つ CA IP アドレス 10.1.1.5 を VSID 6001 の同じ CA IP アドレスと区別できます。

## パケットのカプセル化

HNV での各仮想ネットワーク アダプターは、2 つの IP アドレスと関連付けられます。

- **顧客アドレス (CA):** イントラネット インフラストラクチャに基づいて顧客によって割り当てられる IP アドレス。このアドレスにより、顧客は、ネットワークトラフィックがパブリックまたはプライベートクラウドに移動されていない場合と同様にネットワークトラフィックを仮想マシンと交換できます。CA は、仮想マシンに認識され、顧客から到達可能です。
- **プロバイダー アドレス (PA):** 物理ネットワーク インフラストラクチャに基づき、ホスティング サービス プロバイダーまたはデータセンター管理者によって割り当てられる IP アドレス。PA は、仮想マシンをホストしている Hyper-V を実行するサーバーとの間で交換されるパケットに表示されます。PA は、物理ネットワーク上で認識可能ですが、仮想マシンには認識されません。

CA は、顧客のネットワーク トポロジを維持します。ネットワーク トポロジは、PA が実装するとおりに、仮想化され、基盤となる物理ネットワーク トポロジおよびアドレスから切り離されます。次の図は、ネットワーク仮想化の結果としての仮想マシン CA とネットワーク インフラストラクチャ PA との間の概念的な関係を示しています。

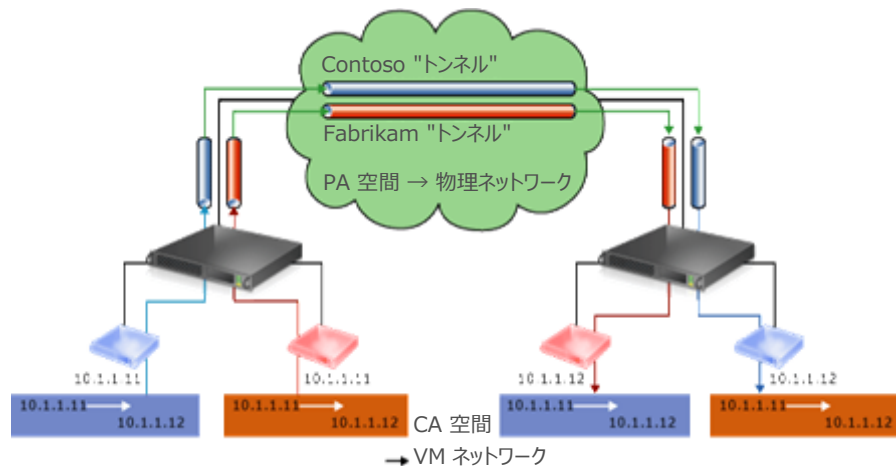


図 44 - 物理インフラストラクチャ上でのネットワーク仮想化の概念図

この図では、顧客仮想マシンは、CA 空間でデータ パケットを送信しています。パケットは、独自の仮想ネットワーク（トンネル）を介して物理ネットワーク インフラストラクチャを横断します。上の例で、トンネルは、左側の送信元ホストから右側の宛先ホストへ配信され、緑の発想ラベル（PA アドレス）を持つ Contoso および Fabrikam データ パケットを含む "エンベロープ" と考えることができます。鍵となるのは、ホストが Contoso および Fabrikam CA に対応する "発送アドレス"（PA）を決定する方法、パケットの周りに "エンベロープ" が配置される方法、および送信先のホストがパケットを開き、Contoso および Fabrikam の送信先仮想マシンに正しく配信する方法です。

このシンプルな例示から、ネットワーク仮想化の主な側面が明らかになります。

- 各仮想マシン CA は物理ホスト PA にマップされます。同じ PA に複数の CA が関連付けられることがあります。
- 仮想マシンは CA 空間でデータ パケットを送信します。パケットは、マッピングに基づく PA の送信元と送信先のペアを持つ "エンベロープ" に配置されます。
- CA-PA マッピングは、ホストが異なる顧客仮想マシンのパケットを区別することを可能にする必要があります。

結果として、ネットワークを仮想化するためのメカニズムは、仮想マシンによって使用されるネットワーク アドレスを仮想化することです。

## アドレス仮想化によるネットワーク仮想化

HNV は、IP アドレスを仮想化するためのメカニズムとして Network Virtualization for Generic Routing Encapsulation (NVGRE) をサポートします。

**Generic Routing Encapsulation:** このネットワーク仮想化メカニズムは、トンネル ヘッダーの一部として Generic Routing Encapsulation (NVGRE) を使用します。NVGRE では、仮想マシンのパケットは別のパケット内部にカプセル化されます。次の図に示すように、この新しいパケットのヘッダーには、GRE ヘッダーの Key フィールドに格納される仮想サブネット ID に加えて、適切な送信元および送信先 PA IP アドレスが含まれます。



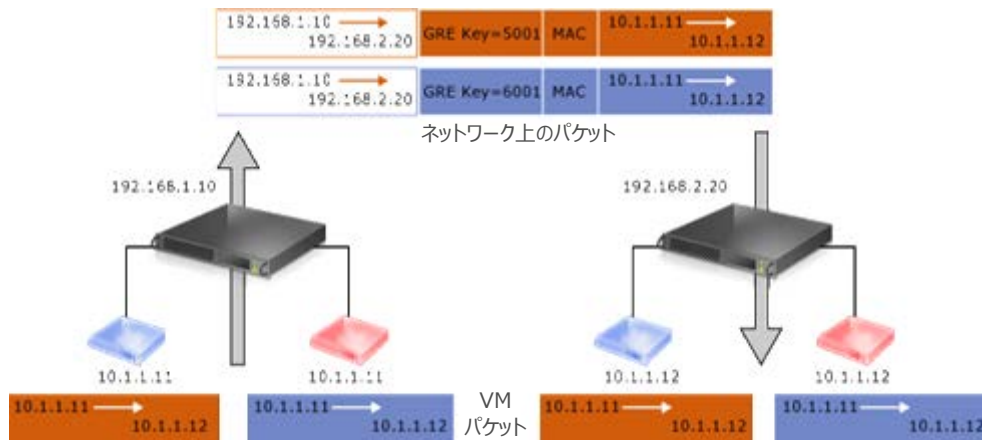


図 45 - ネットワーク仮想化 – NVGRE カプセル化

パケットの PA および CA が重複する可能性があります。仮想サブネット ID により、ホストは特定のパケットの顧客仮想マシンを識別できます。そのため、上の図に示すように、同じホスト上のすべての仮想マシンが単一の PA を共有できます。

PA の共有は、ネットワーク スケーラビリティに大きな影響を及ぼします。ネットワーク インフラストラクチャが学習する必要がある IP および MAC アドレスの数を大幅に削減できます。たとえば、すべてのエンド ホストに平均 30 の仮想マシンがある場合、ネットワーキング インフラストラクチャが学習する必要がある IP および MAC アドレスの数は、30 倍少なくなります。また、パケットに埋め込まれた仮想サブネット ID は、パケットと実際のお客様との容易な相関関係を可能にします。

Windows Server 2012 および Windows Server 2012 R2 では、HNV は、標準で NVGRE を完全にサポートします。NIC (ネットワーク アダプター)、スイッチ、ルーターなどの新しいネットワーク ハードウェアをアップグレードまたは購入する必要はありません。これは、有線上の NVGRE パケットが PA 空間では現在のネットワーク インフラストラクチャと互換性のある通常の IP パケットだからです。

Windows Server 2012 では、標準との連携が最優先されました。マイクロソフトは、主要な業界パートナー (Arista、Broadcom、Dell、Emulex、Hewlett Packard、および Intel) と共に、既存の IETF 標準である Generic Routing Encapsulation (GRE) のネットワーク仮想化用のカプセル化プロトコルとしての使用について記述するドラフト版 RFC を発行しました。詳細については、「[Network Virtualization using Generic Routing Encapsulation](#)」(ドラフト版、英語) を参照してください。NVGRE 対応が商業ベースで利用可能になるにつれ、NVGRE の利点はますます大きくなります。

### NVGRE Encapsulated Task Offload

高速ネットワーク アダプターは、ネットワーク アダプターのスループットの完全利用を可能にする Large Send Offload (LSO)、Receive Side Scaling (RSS)、仮想マシン キュー (VMQ) などの多数のオフロードを実装します。たとえば、10 Gbps スループットの能力を持つネットワーク アダプターが搭載されたコンピューターは、特定のオフロードが有効になっていない場合、4 または 5 Gbps のスループットでのみ実行できる可能性があります。さらに、フル スループットの能力がある場合でも、最大スループットで実行するための CPU 使用率は、オフロードが有効になっている場合よりもはるかに高くなります。

非仮想化トラフィックの場合、オフロードは動作します。一方、NVGRE はカプセル化プロトコルです。つまり、ネットワーク アダプターはオフロードを実行するために CA パケットにアクセスする必要があります。Windows Server 2012 R2

Hyper-V では、NVGRE は、トラフィックを仮想化するための唯一の方法なので、NVGRE タスク オフロードはより重要になります (Windows Server 2012 では IP の書き換えもサポートされましたが、推奨されませんでした。IP の書き換えは Windows Server 2012 R2 から削除されました)。

マイクロソフトは、これらのパフォーマンスの課題に対するソリューション (NVGRE Encapsulated Task Offload) について、ネットワーク アダプター パートナーと緊密に協力しました。ネットワーク アダプターが NVGRE Encapsulated Task Offload をサポートする場合、すべての関連オフロードが HNV で動作することが保証されます。

TechEd 2013 で、パートナー 2 社が次世代のネットワーク アダプターが NVGRE Encapsulated Task Offload をサポートする予定であることを発表しました。詳細については、[Mellanox](#) (英語) および [Emulex](#) (英語) を参照してください。

## ネットワーク仮想化のアーキテクチャ

下の図は、Windows Server 2012 と Windows Server 2012 R2 の HNV のアーキテクチャの違いを示しています。基本的な変化は、HNV フィルターが NDIS ライトウェイト フィルター (LWF) であることから Hyper-V 仮想スイッチの一部であるように移動したことです。

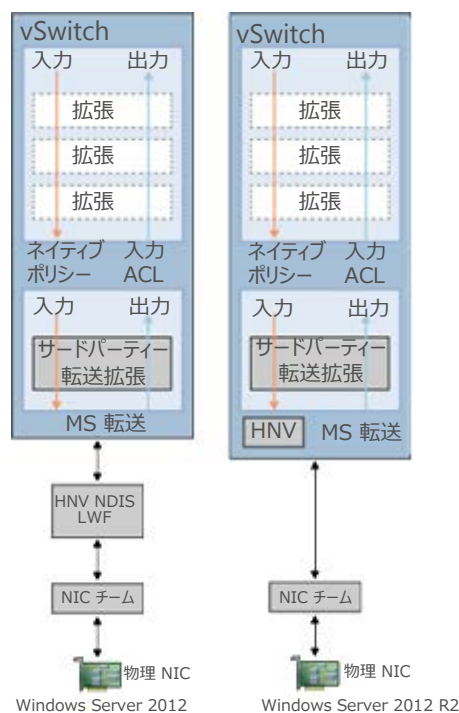


図 46 - ネットワーク仮想化 - NVGRE カプセル化

Windows Server 2012 で、HNV が NDIS LWF であることは、Hyper-V スイッチが顧客のアドレス空間でのみ動作することを意味しました。キャプチャおよびフィルター拡張では、これは HNV パケットに使用されている基盤の物理ネットワークワーキングを認識していないことを意味しました。転送スイッチの拡張では、HNV が NDIS LWF であることは HNV と共存できないことを意味し、顧客は HNV を使用するものか特定の転送拡張を選択する必要があります。R2 では、管理者は、元の顧客アドレス パケットとカプセル化されたプロバイダー アドレス パケットの両方でスイッチ拡張を使用できるように

なりました。さらに、転送スイッチ拡張は、HNV と共存できるため、複数のネットワーク仮想化ソリューション (HNV によって提供されるソリューションと転送スイッチ拡張によって提供されるソリューション) が同じ Hyper-V ホストで共存できます。

変更の主な理由はスイッチ拡張による相互運用性の向上でしたが、有益な副作用は HNV NDIS LWF をネットワークアダプターにバインドする必要がなくなったことです。ネットワーク アダプターを仮想スイッチに接続すると、仮想サブネット ID を特定の仮想ネットワーク アダプターに割り当てただけで HNV を有効にできます。VM ネットワークを管理するために SCVMM を使用する場合、これは透過的ですが、PowerShell を使用する場合、見逃されることの多い手順が確実に実行されます。

各仮想マシン ネットワーク アダプターは、IPv4 や IPv6 アドレスで構成されます。これは相互に通信する仮想マシンによって使用される CA で、仮想マシンから IP パケットで運ばれます。HNV は、ネットワーク仮想化ポリシーに基づいて、PA に対して CA を仮想化します。

仮想マシンは、送信元アドレス CA1 を含むパケットを送信します。パケットは、Hyper-V スイッチでの HNV ポリシーに基づいて仮想化されます。VSID に基づく特別なネットワーク仮想化アクセス制御リストは、仮想マシンを同じ仮想サブネットの一部または同じルーティング ドメインの一部ではない他の仮想マシンから分離します。

## ネットワーク仮想化のルーティング | 仮想サブネット間

物理ネットワークと同様、ルーティングは HNV の重要な要素です。ここでは、パケットが仮想サブネット間でルーティングされる方法およびパケットが仮想ネットワーク外部でルーティングされる方法という 2 つの重要な点を理解しておく必要があります。

物理ネットワークでは、サブネットは第 2 層 (L2) ドメインで、コンピューター (仮想および物理) はルーティングの必要なく相互に直接通信できます。Windows では、ネットワーク アダプターを静的に構成する場合、特定のサブネットから出て行くすべてのトラフィックを送信するための IP アドレスである "既定のゲートウェイ" を設定して、適切なルーティングを可能にすることができます。これは、通常、物理ネットワーク用のルーターです。HNV は、すべてのホストの一部である組み込みのルーターを使用して、仮想ネットワーク用の分散ルーターを形成します。これは、すべてのホスト (特に Hyper-V 仮想スイッチ) は、同じ VM ネットワークの一部である仮想サブネット間を流れるすべてのトラフィック用の既定のゲートウェイとして機能することを意味します。Windows Server 2012 および Windows Server 2012 R2 では、既定のゲートウェイとして使用されるアドレスは、サブネットの最下位エントリです (たとえば、/24 サブネット プレフィックスの場合は ".1" アドレスです)。このアドレスは、既定のゲートウェイ用として各仮想サブネットに予約されており、仮想サブネット内の仮想マシンが使用することはできません。

分散ルーターとして機能する HNV では、各ホストが媒介を必要とせずにトラフィックを適切なホストに直接ルーティングできるので、VM ネットワーク内部のすべてのトラフィックが適切にルーティングされるための非常に効率的な方法が可能になります。これは、同じ VM ネットワーク内に存在し、異なる仮想サブネット内にある 2 つの仮想マシンが同じ物理ホスト上にある場合に特に該当します。このセクションの広範で説明しますが、パケットは物理ホストを離れる必要がありません。

## ネットワーク仮想化のルーティング | 仮想サブネット外

ほとんどの顧客の展開において、HNV 環境から HNV 環境の一部ではないリソースへの通信が必要になります。2 つの環境間の通信を可能にするには、ネットワーク仮想化ゲートウェイが必要です。HNV ゲートウェイを必要とするシナリオには、

プライベート クラウドおよびハイブリッド クラウドがあります。基本的に、VPN およびルーティングには HNV ゲートウェイが必要です。

ゲートウェイには、さまざまな物理フォーム ファクターがあります。Windows Server 2012 R2 上に構築し、トップ オブラック (TOR) スイッチ、ロード バランサーに組み込み、他の既存のネットワーク アプライアンスに配置できます。または、新しいスタンドアロン ネットワーク アプライアンスにすることができます。

Windows Server 2012 R2 をベースとする Windows Server Gateway (WSG) は、仮想マシン ベースのソフトウェア ルーターであり、クラウド サービス プロバイダー (CSP) およびエンタープライズは、仮想ネットワークと物理ネットワーク間でのデータセンターおよびクラウド ネットワーク トラフィック ルーティングを可能にすることができます。これには、インターネットが含まれます。

Windows Server 2012 R2 の WSG は、リソースの場所に関係なく物理ネットワーク リソースと VM ネットワーク リソース間のトラフィックをルーティングします。WSG を使用して、同じ物理的場所または異なる複数の物理的場所にある物理ネットワークと仮想ネットワーク間のネットワーク トラフィックをルーティングできます。たとえば、同じ物理的場所に物理ネットワークと仮想ネットワークの両方がある場合は、仮想ネットワークと物理ネットワーク間でトラフィックをルーティングするように WSG VM で構成されている Hyper-V コンピューターを展開できます。別の例では、仮想ネットワークがクラウド内に存在する場合、CSP は WSG を展開して VPN サーバーと CSP の WSG 間の仮想プライベート ネットワーク (VPN) 接続を作成できるようにすることができます。このリンクが確立されると、VPN 接続を介してクラウド内の仮想リソースに接続できます。

## Windows Server Gateway とネットワーク仮想化の統合

WSG は、Hyper-V ネットワーク仮想化と統合されていて、同じデータセンター内に分離された仮想ネットワークを持つ多くの異なる顧客 (テナント) が存在する状況でもトラフィックを効果的にルーティングできます。

マルチテナントは、複数のテナントの仮想マシン ワークロードをサポートし、それらを相互に分離する一方で、すべてのワークロードが同じインフラストラクチャ上で動作するようにするためのクラウド インフラストラクチャ機能です。各テナントの複数のワークロードは相互に接続してリモート管理できますが、これらのシステムは他のテナントのワークロードとは相互接続せず、他のテナントがそれらをリモート管理することもできません。

たとえば、エンタープライズに複数の異なる仮想サブネットがあり、それぞれが特定の部門にサービスを排他的に提供する場合があります (研究開発や経理など)。また、CSP が、同じ物理データセンター内に分離された仮想サブネットが存在する多数のテナントを抱えている場合があります。いずれの場合も、WSG は、各テナントの指定された分離を維持しながら、各テナントとの間のトラフィックをルーティングできます。この機能により、WSG はマルチテナント対応となります。

## HA のための Windows Server Gateway のクラスタリング

WSG は、Hyper-V を実行している専用コンピューターに展開され、1 つの VM で構成されます。その VM が WSG として構成されます。

ネットワーク リソースの高可用性を実現するには、Hyper-V を実行する 2 台の物理ホスト サーバー (それぞれがゲートウェイとして構成されている仮想マシンも実行しています) を使用して、フェールオーバー付きの WSG を展開できます。ゲートウェイ VM は、ネットワーク停止およびハードウェア障害に対するフェールオーバー保護を提供するためのクラスターとして構成されます。

WSG を展開するとき、Hyper-V を実行するホスト サーバーおよびゲートウェイとして構成する VM は、Windows Server 2012 R2 を実行している必要があります。

以下のセクションで示されている図で別途明記されている場合を除き、次のアイコンは 2 つの Hyper-V ホストを表します。この Hyper-V ホストは、それぞれが WSG として構成されている VM を実行しています。さらに、Hyper-V を実行しているサーバーと各サーバー上の VM の両方が Windows Server 2012 R2 を実行していて、ゲートウェイ VM がクラスター化されています。



### プライベート クラウド環境

プライベート クラウドは、組織専用のインフラストラクチャを使用するコンピューティング モデルです。プライベート クラウドは、標準化された方法で提供されるリソース プール、セルフサービス、弾力性、計測されるサービス、および専用リソースから利用可能な追加的な制御とカスタマイズを始めとするパブリック クラウド コンピューティングの多くの特性を共有します。

プライベート クラウドとパブリック クラウドの唯一の基本的な違いは、パブリック クラウドがクラウド リソースを複数の組織に提供するのに対し、プライベート クラウドは単一の組織のリソースをホストする点です。しかし、単一の組織が複数の部署や部門を持っていて、本質的にはマルチテナントとして機能している場合があります。これらの状況では、プライベート クラウドは、パブリック クラウドのセキュリティおよび分離要件の多くを共有します。

自社運用のプライベート クラウドを展開する企業の場合、WSG は仮想ネットワークと物理ネットワーク間でトラフィックをルーティングできます。たとえば、研究開発や経理などの複数の部署用の仮想ネットワークがあり、多くの主要リソース (Active Directory ドメイン サービス、SharePoint、DNS など) が物理ネットワーク上にある場合、WSG は仮想ネットワークと物理ネットワーク間でトラフィックをルーティングして、仮想ネットワーク上で作業する従業員に必要なすべてのサービスを提供します。

次の図では、物理ネットワークと仮想ネットワークは同じ物理的場所にあります。WSG は、物理ネットワークと仮想ネットワークの間でトラフィックをルーティングするために使用されます。

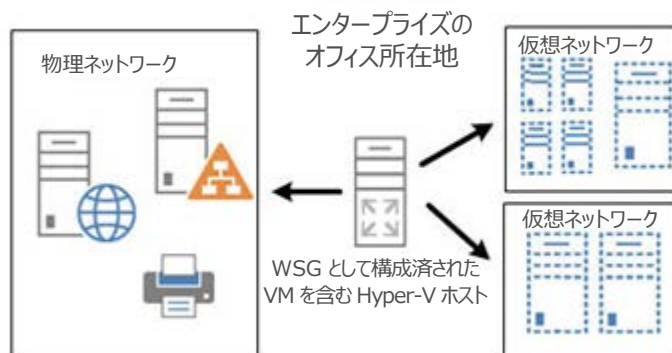


図 47 - 単一の場所での WSG の使用: VM と物理インフラストラクチャの接続



## ハイブリッド クラウド環境

データセンターで多くのテナントをホストする CSP の場合、WSG は、テナントがリモート サイトからリソースにアクセスして管理できるようにし、データセンター内の仮想リソースと物理ネットワーク間のネットワーク トラフィック フローを可能にするマルチテナント ゲートウェイ ソリューションを提供します。

次の図では、CSP は複数のテナントにデータセンター ネットワーク アクセスを提供します。テナントのいくつかは、インターネット上に複数のサイトを持っています。この例で、テナントは、企業サイトでサードパーティの VPN サーバーを使用します。一方、CSP はサイト間 VPN 接続に WSG を使用します。

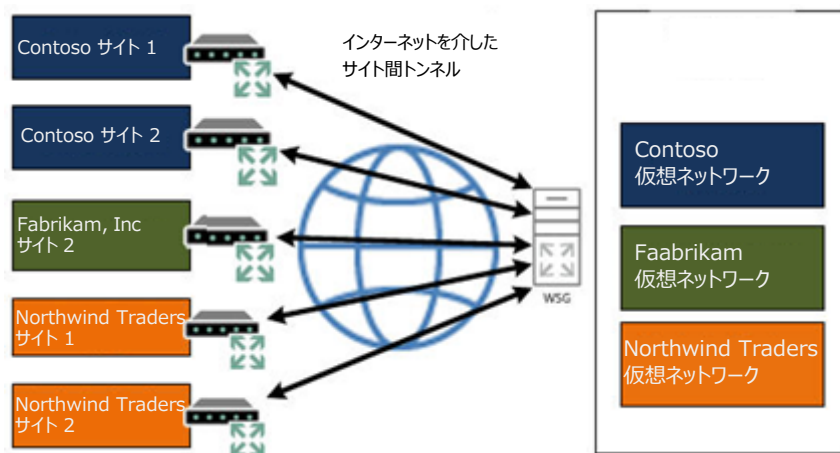


図 48 - 複数の顧客をホストされる VM ネットワークに接続するために WSG を使用する CSP

これらは、外部の世界を Hyper-V ネットワーク仮想化を使用して作成されたネットワーク内部で実行している VM に接続するために WSG を使用することができる方法の 2 つの例に過ぎません。

### 要件

Hyper-V ネットワーク仮想化を十分に活用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2
- System Center 2012 R2 Virtual Machine Manager
- ゲートウェイまたはゲートウェイ機能を提供するパートナー ソリューションとして使用するための Windows Server 2012 R2 Hyper-V ホストおよび Windows Server 2012 R2 VM

### 重要な理由

クラウド ベースのデータセンターは、スケーラビリティの向上やリソース使用率の上昇など、多くの利点を提供できます。これらの利点を実現するには、動的環境でマルチテナント スケーラビリティの課題に基本的に対処するテクノロジーが必要です。HNV は、これらの課題に対処し、仮想ネットワーク トポロジを物理ネットワーク トポロジと切り離すことでデータセンターの運用効率を高めるように設計されました。既存の標準の上に構築された HNV は現在のデータセンターで動作し、NVGRE 対応のハードウェアが利用可能になるにつれ、利点



は拡大し続けます。HNV を使用することにより、データセンターをプライベート クラウドに統合することや、ハイブリッド クラウドによってデータセンターをホスティング サービス プロバイダーへシームレスに拡張することが可能になりました。

Windows Server Gateway を含めることによって、NVGRE パケットをルーティングする機能を失うことなく、ホスティング サービス プロバイダーによって提供されるものを始めとする内部のアドレス空間を外部ネットワークとシームレスに統合できるようになりました。ホスティング サービス プロバイダーは、顧客ごとに個別の VPN アプライアンスおよび NAT 環境を実行する必要なく、マルチテナント NVGRE 環境をサポートできます。これは、マルチテナント環境で非常に役に立ちます。ソリューションは、ゲスト クラスタリングを使用する高可用性を備えています。このネットワーク仮想化ゲートウェイは、特別なサードパーティ ハードウェアまたはソフトウェアを必要とすることなく有効にすることができます。ベンダー パートナー ソリューションを通じて、任意のハードウェア ベースのソリューションまたはアプライアンスを購入することも可能です。

## 高可用性および回復性

ここまで、非常に大きなスケーラビリティとパフォーマンス、セキュリティを提供するプラットフォームの主要機能の一部、および VM マイグレーションの観点だけでなくネットワーキングの観点からの完全な柔軟性を実現する機能について詳細に説明しました。しかし、説明責任が求められる点は、万が一の事態が発生したときにどう対処できるかです。NIC などのハードウェアで障害が発生すると何が起ころうでしょうか。ホスト、またはデータセンター全体で障害が発生した場合はどうでしょうか。Windows Server 2012 R2 には、さまざまなレベルで回復性を提供する主要機能が多数用意されているので、ミッション クリティカルで高パフォーマンスのワークロードを仮想化し、高レベルの継続的なサービスを確実にビジネスに提供できます。

### NIC チーミング

個々の Hyper-V ポートまたは仮想ネットワーク アダプターの障害が原因で仮想マシンの接続が失われることがあります。ネットワーク インターフェイス カード (NIC) チーミング ソリューションで複数の仮想ネットワーク アダプターを使用することにより、接続の損失を防ぐことができ、複数のアダプターが接続されている場合は、スループットを拡大することができます。

仮想化された環境での信頼性およびパフォーマンスを向上させるために、Windows Server 2012 R2 には、NIC チーミング対応のネットワーク アダプター ハードウェアに対するサポートが組み込まれています。Windows Server 2012 R2 の NIC チーミングは Hyper-V 機能ではありませんが、仮想マシンの信頼性およびパフォーマンスを向上させることができるので、ビジネスクリティカルな Hyper-V 環境にとって重要です。NIC チーミングは、"ネットワーク アダプター チーミング テクノロジ" および "負荷分散フェールオーバー" (LBFO) とも呼ばれます。

### アーキテクチャ

現在、市場にあるすべての NIC チーミング ソリューションは、次の図に示すような、同様のアーキテクチャを備えています。

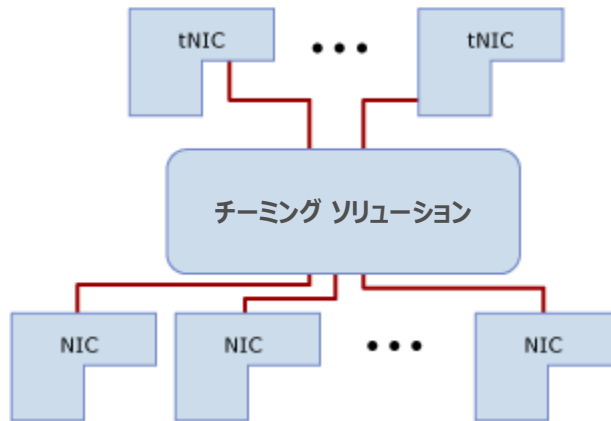


図 49 - チーミング ソリューション アーキテクチャ

2 つ以上の物理ネットワーク アダプターが NIC チーミング ソリューションの多重化ユニットに接続され、そこから 1 つ以上の仮想アダプター（チーム ネットワーク アダプター）がオペレーティング システムに提示されます。複数の物理ネットワーク アダプターの間で受信および送信トラフィックを分散する複数のアルゴリズムがあります。現在のマイクロソフト以外の NIC チーミング ソリューションでは、チーム ネットワーク アダプターは、トラフィックを仮想 LAN（VLAN）ごとに分割するので、アプリケーションは同時に複数の異なる VLAN に接続できます。技術的には、このトラフィックの分離は NIC チーミングの一部ではありません。しかし、NIC チーミングの他の商用実装がこの機能を備えているので、Windows Server 2012 R2 実装にも含まれています。

## NIC チーミングの構成

NIC チーミングに使用される基本的なアルゴリズム セットは 2 つあります。

- スイッチがチーミングに参加することを要求するアルゴリズム。これはスイッチ依存モードとも呼ばれます。これらのアルゴリズムでは、通常、チームのすべてのネットワーク アダプターが同じスイッチに接続されている必要があります。
- スイッチがチーミングに参加することを要求しないアルゴリズム。これはスイッチ非依存モードとも呼ばれます。スイッチはネットワーク アダプターがチームの一部であることを認識しないため、チーム ネットワーク アダプターを異なるスイッチに接続できます。スイッチ非依存モードは、チーム メンバーが異なるスイッチに接続することを要求するわけではありません。異なるスイッチへの接続が可能というだけです。

NIC チーミングのスイッチ依存モードには一般的な 2 つの選択肢があります。

- **汎用または静的チーミング (IEEE 802.3ad ドラフト v1)。**このモードは、どのリンクがチームを形成するかを識別するためのスイッチおよびコンピューターでの構成を必要とします。これは静的に構成されるソリューションなので、スイッチおよびコンピューターに誤って差し込まれたケーブルやチームの失敗の原因となるその他のエラーを識別するために追加のプロトコルは必要ありません。このモードは、通常、サーバー クラス スイッチによってサポートされます。
- **動的チーミング (IEEE 802.1ax、LACP)。**IEEE 802.1ax は、Link Aggregation Control Protocol (LACP) を使用して、コンピューターと特定のスイッチ間のリンクを動的に識別します。そのため、ピアネットワーク アダプターからの LACP の送信または受信によって、チームの自動作成、そして理論的にはチームの拡張および削減が可能になります。標準的なサーバー クラス スイッチは、IEEE802.1ax をサポートしますが、ほとんどのスイッチでは、ポートで LACP を有効にするための手動による管理が必要です。

どちらのモードでも、チーム内のリンクのプールが単一のパイプラインとして機能するため、受信および送信トラフィックが集約された帯域幅の実際的な限界に近付きます。

## トラフィック分散アルゴリズム

送信トラフィックは、さまざまな方法で利用可能なリンク間で分散できます。単一のフロー（TCP ストリーム）に関連付けられているすべてのパケットを単一のネットワーク アダプターで保持するよう試みてください。これは、順序どおりでないパケット到着シナリオを最小限に抑えるために必要です。

Windows Server 2012 R2 の NIC チーミングは、以下のトラフィック分散方法をサポートします。

- **Hyper-V スイッチ ポート。**仮想マシンに独立したメディア アクセス制御（MAC）アドレスがある場合、仮想マシンの MAC アドレスはトラフィック分散の基盤を提供できます。仮想化におけるこのスキームの使用には利点があります。隣接するスイッチが特定の送信元 MAC アドレスが唯一接続されているネットワーク アダプター上にあることを判断できるため、スイッチは、仮想マシンの送信先 MAC アドレスに基づき、送信負荷（スイッチからコンピューターへのトラフィック）を複数のリンクで分散します。これは、仮想マシン キューと共に使用する場合に特に役に立ちます。しかし、このモードは、適切にバランスがとれた分散を実現するには十分ではない場合があります。このモードでは、単一の仮想マシンは単一のネットワーク アダプター上で利用可能な帯域幅に制限されます。

**注記：**仮想マシンがスイッチ ポートで複数の MAC アドレスを使用している場合があるので、Windows Server 2012 R2 では、Hyper-V スイッチ ポートは送信元 MAC アドレスではなく識別子として使用されます。

- **ハッシュ。**このアルゴリズムはパケットのコンポーネントに基づいてハッシュを作成し、そのハッシュ値を持つパケットを利用可能なネットワーク アダプターのいずれかに割り当てます。これで同じ TCP ストリームからのすべてのパケットが同じネットワーク アダプターで保持されます。通常、ハッシュ処理だけで利用可能なネットワーク アダプター間の分散が実現されます。販売されている一部の NIC チーミング ソリューションでは、トラフィックの分散を監視し、特定のハッシュ値を異なるネットワーク アダプターに再割り当てることによってトラフィックの適切な分散が試みられます。動的な再分散は、スマートな負荷分散または適応型の負荷分散と呼ばれます。

ハッシュ関数への入力として使用できるコンポーネントには、次のものがあります。

- 送信元および送信先 MAC アドレス。
- 送信元および送信先 IP アドレス。MAC アドレスは関係ありません（2 個の要素から成るハッシュ）。
- 送信元および送信先 TCP ポート。通常は IP アドレスと共に使用されます（4 つの要素から成るハッシュ）。

4 つの要素から成るハッシュは、トラフィック ストリームをより適切に分散し、その結果、ネットワーク アダプター間で単独で移動する可能性があるストリームが小さくなります。しかし、TCP または UDP トラフィックではないトラフィック、またはインターネット プロトコル セキュリティ（IPsec）によって保護されているトラフィックなど、TCP および UDP ポートがスタックから隠されている場合のトラフィックには使用できません。これらの場合、ハッシュは 2 要素から成るハッシュにフォールバックします。トラフィックが IP トラフィックでない場合、ハッシュ ジェネレーターは送信元および送信先 MAC アドレスを使用します。

- **動的 NIC チーミング。**Windows Server 2012 R2 は、フローレットの概念を使用して動的な LBFO を実現します。フローレットは、ほとんどのネットワーク トラフィック フロー内に存在する TCP/IP パケットのグループで、TCP トラフィックの内在的な "バースト性" に起因します。負荷分散の目的でフローレットを使用する利点は、フ

ローよりもサイズが小さく、到着頻度が向上するので、正確性の向上およびチームメンバー間のネットワークトラフィックの迅速な再分散が可能になることです。

Windows Server 2012 では、フローレットは検出されないので再分散は実行されません。フローレットは、常に、そのフローからの以前のフローレットと同じパスに従います。Windows Server 2012 R2 では、各フローレットは、チーム内で最も使用率の低い NIC へ独立してルーティングされます。フローレット内の各パケットは、同じチームメンバーを使用します。MAC アドレスの書き換えにより、隣接するスイッチはフローが移動していることを認識しません。

## 仮想マシンでの NIC チーミング

Windows Server 2012 R2 での NIC チーミングは、仮想マシン内でも動作します。そのため、仮想マシンは、仮想ネットワークアダプターを複数の Hyper-V スイッチに接続することができ、そのスイッチの下ネットワークアダプターが切断された場合でも接続を維持できます。これは、シングル ルート I/O 仮想化 (SR-IOV) トラフィックは Hyper-V スイッチを通過しないので、SR-IOV のような機能と連携する場合に特に重要です。したがって、Hyper-V スイッチの下にあるチームで保護することはできません。管理者は、仮想マシン チーミング オプションを使用して、2 つの Hyper-V スイッチを設定し、それぞれを独自の SR-IOV 対応ネットワークアダプターに接続できます。

- 各仮想マシンは、一方または両方の SR-IOV ネットワークアダプターから仮想機能をインストールできます。ネットワークアダプターの切断が発生した場合、仮想マシンは、プライマリ仮想機能からバックアップ仮想機能へとフェールオーバーできます。
- 別の方法として、仮想マシンに 1 つのネットワークアダプターの仮想機能を設定し、もう 1 つのスイッチへの非仮想機能ネットワークアダプターを設定することもできます。仮想機能に関連付けられているネットワークアダプターが切断された場合、トラフィックは接続を失うことなくもう一方のスイッチへとフェールオーバーできます。

## 要件

新しい動的な LBFO を始めとする NIC チーミングを十分に活用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2
- チームを作成するための複数のネットワークアダプター

## 重要な理由

NIC チーミングは、ネットワーク接続の回復性を確実に確立するために非常に重要です。ホストとゲストの両方の観点から、仮想化された環境を通過するネットワークトラフィックは、ビジネスで重要視されています。マイクロソフトが提供する NIC チーミングソリューションは、GUI と PowerShell の両方から管理することができ、さまざまな環境に適合するためにさまざまなモードで運用できるので大きな利点です。

## フェールオーバー クラスタリング

フェールオーバー クラスタ (以前は「クラスター化されたアプリケーションおよびサービス」と呼ばれていました) は、クラスター化された役割の可用性およびスケーラビリティを高めるために連動する個々のコンピューターのグループです。クラスター化されたサーバー (ノード) は、物理ケーブルおよびソフトウェアによって接続されます。1 つまたは複数のクラスタ ノードで障害が発生した場合、他のノードがサービスの提供を開始します (このプロセスはフェールオーバーと呼ばれます)。さらに、クラスター化された役割は、適切に動作していることを確認するために予防措置的に監視されます。動作していないノードは再起動されるか、別のノードに処理が移動されます。フェールオーバー クラスタもクラスタ共有ボリューム (CSV) 機能を提供し、クラスター化された役割がすべてのノードから共有記憶域にアクセスするために使用できる一貫した分散名前空間を提供します。フェールオーバー クラスタリング機能により、ユーザーが経験するサービス中断は最小限に抑えられます。

フェールオーバー クラスタは、フェールオーバー クラスタ マネージャー スナップインおよびフェールオーバー クラスタリング Windows PowerShell コマンドレットを使用して管理できます。ファイル サービスおよびストレージ サービスのツールを使用して、ファイル サーバー クラスタ上のファイル共有を管理することもできます。

フェールオーバー クラスタリングには、多くの実際的な応用例があります。

- Microsoft SQL Server や Hyper-V 仮想マシンなどのアプリケーション用の高可用性または継続的な可用性を備えたファイル共有記憶域。
- 物理サーバー上、または Hyper-V を実行しているサーバーにインストールされている仮想マシン上で実行され、高可用性を備えたクラスター化された役割。

Windows Server 2012 R2 は、最大 64 の物理ノードによるフェールオーバー クラスタの構築をサポートし、仮想化の観点からは、クラスタ上で最大 8,000 の同時実行仮想マシンをサポートします。しかし、Windows Server 2012 R2 の Hyper-V はホストあたり 1,024 の VM をサポートするので、クラスタあたり 8,000 の VM を実現するために 64 ノードすべてを使用する必要はありません。

仮想化の観点から、フェールオーバー クラスタは、VM に高可用性を提供します。物理ホストで障害が発生すると、そのホストで実行している仮想マシンも停止します。これは強制的なシャットダウンとなり、VM のダウンタイムが発生します。しかし、その物理ノードはクラスタの一部なので、残りのクラスタ ノードは停止した VM の復元を調整して、クラスタ内の他の利用可能なノードで迅速に VM を再起動します。これは自動的に行われ、IT 管理者の介入は必要ありません。その結果、クラスタで実行されているワークロードは、スタンドアロンの物理サーバーで実行されているワークロードよりも高いレベルの可用性を備えることになります。

Windows Server 2008 R2 以前では、クラスタで実行中の仮想マシンは、VM が共有記憶域に配置されている必要がありました。そのシナリオでの共有記憶域は iSCSI または FC いずれかの SAN を意味しました。Windows Server 2012 および後続の Windows Server 2012 R2 では、フェールオーバー クラスタリングはファイル共有上に配置され、ネットワークを介して SMB 3.0 プロトコルを使用してアクセス可能な VM をサポートするようになりました。管理者は、インフラストラクチャの展開をはるかに柔軟に行えるようになり、展開と管理のエクスペリエンスも簡素化されました。

それでも、SAN ストレージを共有記憶域ソリューションとして選択して使用する場合は、SAN からクラスタ内の各ノードに LUN を提示し、それらの LUN をクラスタ共有ボリュームとして有効にすることを強くお勧めします。



## クラスター共有ボリューム

Windows Server 2012 R2 フェールオーバー クラスター内のクラスター共有ボリューム (CSV) は、クラスター内の複数のノードが NTFS ボリュームとしてプロビジョニングされている同じ LUN (ディスク) に同時に読み取り/書き込みアクセスできるようにします。CSV では、クラスター化された役割は、ドライブの所有権の変更あるいはボリュームのマウント解除や再マウントを行うことなく、あるノードから別のノードに迅速にフェールオーバーできます。CSV では、フェールオーバー クラスターでの多数の LUN の管理も簡素化されます。クラスター内の各クラスター ノードに対して、CSV は一貫したファイル名前空間として表示されます (C:¥ClusterStorage¥Volume1 など)。

CSV は、NTFS 上に階層化される汎用のクラスター化されたファイル システムを提供します。特定のクラスター化されたワークロードに制限されることはありません (Windows Server 2008 R2 では、CSV は Hyper-V ワークロードのみをサポートしました)。CSV の応用には次のようなものがあります。

- クラスター化された Hyper-V 仮想マシン用のクラスター化された仮想ハード ディスク (VHD) ファイル
- スケールアウト ファイル サーバーの役割用のアプリケーション データを格納するためのスケールアウト ファイル共有  
この役割のアプリケーション データの例には、Hyper-V 仮想マシン ファイルおよび Microsoft SQL Server データがあります。

Windows Server 2012 R2 のリリースでは、CSV に対して多数の改善が行われました。

### 最適化された CSV 配置ポリシー

CSV 所有権は、フェールオーバー クラスター ノード間で自動的に分散され、再分配されるようになりました。

フェールオーバー クラスターでは、1 つのノードが CSV の所有者または "コーディネーター ノード" と見なされます。コーディネーター ノードは、論理ユニット (LUN) と関連付けられている物理ディスク リソースを所有します。ファイル システムに固有のすべての I/O 操作は、コーディネーター ノードを経由します。分散された CSV 所有権によってディスク I/O が負荷分散されるので、ディスク パフォーマンスが向上します。

CSV 所有権はクラスター ノード間で分散されるので、1 つのノードが所有する CSV が不適切になることはありません。したがって、ノードで障害が発生した場合、CSV 所有権の別のノードへの移行がより効率的になる可能性があります。

記憶域領域の所有権が確実に分配されるので、この機能は、記憶域領域を使用するスケールアウト ファイル サーバーの場合に便利です。

Windows Server 2012 には、コーディネーター ノード割り当ての自動再分配はありません。たとえば、同じノードがすべての LUN を所有する可能性があります。Windows Server 2012 R2 では、CSV 所有権がフェールオーバー クラスター ノード間で、各ノードが所有する CSV の数に基づいて均等に分散されます。

さらに、Windows Server 2012 R2 では、CSV フェールオーバー、ノードがクラスターに参加する、新しいノードをクラスターに追加する、クラスター ノードを再起動する、シャットダウンされた後でフェールオーバー クラスターを起動する、などの状況が発生したときに、所有権が自動的に再分配されます。

### CSV の回復性の向上

Windows Server 2012 R2 では、CSV の回復性を向上させるために以下の改善が行われています。



- フェールオーバー クラスター ノードあたりでの複数のサーバー サービス インスタンス。通常のファイル共有にアクセスするサーバー メッセージ ブロック (SMB) クライアントからの受信トラフィックを処理する既定のインスタンス、およびノード間の CSV トラフィックのみを処理する 2 番目の CSV インスタンスがあります。このノード間トラフィックは、メタデータ アクセスおよびリダイレクトされた I/O トラフィックで構成されます。
- サーバー サービスの CSV 正常性監視

CSV は、クラスター内のノード間の I/O 転送用、およびメタデータ更新の調整用のトランスポートとして SMB を使用します。サーバー サービスが正常でなくなった場合、これは I/O パフォーマンスおよび記憶域にアクセスする能力に影響を及ぼす可能性があります。クラスター ノードには複数のサーバー サービス インスタンスが含まれるようになったので、既定のインスタンスで問題が発生した場合の CSV の回復性が向上します。さらに、この変更により、CSV ノード間のノード間 SMB トラフィックのスケラビリティが向上します。

サーバー サービスが正常でなくなった場合、CSV コーディネーター ノードが他のノードから I/O 要求を受け付けてメタデータ更新の調整を実行する能力に影響を及ぼす可能性があります。Windows Server 2012 R2 では、サーバー サービスがノードで正常でなくなった場合、CSV 所有権は自動的に別のノードへ移行するので、優れた回復性が保証されます。

Windows Server 2012 では、ノードあたりのサーバー サービスのインスタンスは 1 つだけでした。また、サーバー サービスの監視もありませんでした。

## CSV キャッシュ割り当て

Windows Server 2012 では、CSV キャッシュと呼ばれる新しい機能が導入されました。CSV キャッシュは、システムメモリ (RAM) をライトスルー キャッシュとして割り当てることにより、読み取り専用のバッファーなしの I/O 操作のブロックレベルでのキャッシュを提供します (Windows Server 2012 のキャッシュ マネージャーは、バッファーなしの I/O 操作をキャッシュしません)。この機能によって、VHD にアクセスするときにバッファーなしの I/O 操作を実行する Hyper-V などのアプリケーションのパフォーマンスが向上します。CSV キャッシュは、書き込み要求をキャッシュせずに、読み取り要求のパフォーマンスを向上させることができます。既定では、CSV キャッシュは無効になっていました。

Windows Server 2012 R2 では、以前よりも高い割合の合計物理メモリを CSV キャッシュに割り当てることができます。Windows Server 2012 では、CSV キャッシュに割り当てることができるのは合計物理 RAM の 20% だけでした。現在は、最大 80% を割り当てることができます。

CSV キャッシュの上限の増加は、スケールアウト ファイル サーバー シナリオで特に役に立ちます。一般的に、スケールアウト ファイル サーバーではメモリは制約されないで、CSV キャッシュ用の追加メモリを使用して、大規模なパフォーマンス向上を実現できます。また、Windows Server 2012 R2 では、CSV キャッシュが既定で有効になっています。

## Active Directory デタッチ クラスター

Windows Server 2012 R2 では、ネットワーク名について Active Directory ドメイン サービス (AD DS) に依存せずにフェールオーバー クラスターを展開できます。これは、Active Directory デタッチ クラスターと呼ばれます。この方法を使用してクラスターを展開すると、クラスター ネットワーク名 (管理アクセス ポイントとも呼ばれます) およびクライアント アクセス ポイントを持つクラスター化された役割のネットワーク名は、ドメイン ネーム システム (DNS) で登録されます。しかし、AD DS ではクラスターのコンピューター オブジェクトは作成されません。これには、クラスター自体のコンピューター オブジェクト (クラスター名オブジェクト (CNO) と呼ばれます) および通常は AD DS 内にクライアント アクセス ポイントを持つクラ

スタター化された役割のコンピューター オブジェクト (仮想コンピューター オブジェクト (VCO) と呼ばれます) の両方が含まれます。

**注記:** クラスター ノードは Active Directory ドメインに参加する必要があります。

この展開方法では、従来は AD DS でコンピューター オブジェクトを作成するために必要だったアクセス許可なしで、または Active Directory 管理者が AD DS でコンピューター オブジェクトをプレステージすることを要求する必要なく、フェールオーバー クラスターを作成できます。また、クラスターのクラスター コンピューター オブジェクトを管理および保守する必要はありません。たとえば、クラスター ワークロードの可用性に対して悪影響を与える原因となる Active Directory 管理者がクラスター コンピューター オブジェクトを誤って削除するような問題を回避できます。

Active Directory デタッチ クラスターを作成するためのオプションは、Windows Server 2012 では利用できませんでした。Windows Server 2012 で展開できるのは、クラスターのネットワーク名が DNS と AD DS の両方にあるフェールオーバー クラスターだけです。

Active Directory デタッチ クラスターは、クラスター内通信に Kerberos 認証を使用します。クラスター ネットワーク名に対する認証が必要な場合、クラスターは NTLM 認証を使用します。

Windows Server 2012 および Windows Server 2012 R2 クラスターにも AD DS に依存せずに起動する機能があるので、クラスターで実行している仮想化されたドメイン コントローラーを含むデータセンターの柔軟性が向上します。

## クラスター クォーラムおよび動的監視

クラスターのクォーラムは、そのクラスターが適切に起動するため、または実行を継続するためにアクティブ クラスター メンバーシップの一部である必要がある投票要素の数によって決定されます。従来、クラスター内のすべてのノードが 1 つのクォーラム投票を持っていました。さらに、クォーラム監視 (構成されている場合) は、追加の 1 つのクォーラム投票を持ちます。Windows Server 2012 では、各クラスターに 1 つのクォーラム監視を構成できました。指定されたディスク リソースまたはファイル共有リソースをクォーラム監視にすることができました。各要素は、1 つの "投票" を行って、クラスターが実行できるかどうかを判断します。クラスターが適切に機能するためのクォーラムを持っているかどうかは、アクティブ クラスター メンバーシップ内の投票要素のマジョリティによって決定されます。

クラスター、およびそのクラスターでホストされる役割の高可用性を高めるためには、クラスター クォーラム構成を適切に設定することが重要です。

クラスター クォーラム構成は、以下の理由からクラスターの高可用性に直接的な影響を及ぼします。

- クラスター クォーラム構成は、アクティブ クラスター メンバーシップが変更したときに、フェールオーバー クラスターが適切に起動または実行を継続できることを保証します。メンバーシップの変更は、計画内または計画外のノード シャットダウンの目的、またはノード間あるいはクラスター ストレージとの接続が中断した場合に発生することがあります。
- ノードのサブセットがノードの別のサブセット (分割クラスター) と通信できない場合、クラスター クォーラム構成は、サブセットのうち 1 つだけがクラスターとして実行を継続できることを保証します。十分なクォーラムを持たないサブセットは、クラスターとしての実行を停止します。クォーラム投票のマジョリティを持つサブセットは、クラスター化された役割を引き続きホストできます。クラスターのパーティション分割が回避されるので、同じアプリケーションが複数のパーティションにホストされることはありません。

- 監視投票を構成することにより、クラスターは特定の構成において、さらに 1 つのノードの停止に耐えることができます。

クラスターの完全な機能は、以下の要因に加えてクォーラムに依存することに注意してください。

- クラスター ノード間のネットワーク接続
- 特定のノードに配置されるクラスター化された役割をホストするために必要なノード容量
- クラスター化された役割に対して構成されている優先順位設定

たとえば、5 つのノードを持つクラスターは、2 つのノードで障害が発生した後、クォーラムを持つことができます。残りの各ノードは、それに対してフェールオーバーしたクラスター化されたノードをサポートするための十分な容量がある場合、および役割設定で最も重要なワークロードが優先されている場合のみ、クライアントにサービスを提供します。

### 監視構成

一般に、クォーラムを構成するとき、クラスター内の投票要素の数は奇数である必要があります。したがって、クラスターに投票ノードが偶数含まれている場合は、ディスク監視またはファイル共有監視を構成する必要があります。クラスターは、もう 1 つのノードの停止に耐えることができます。さらに、監視投票の追加により、クラスター ノードの半数が同時に停止した場合や切断された場合でも、クラスターは実行を継続できます。

通常、ディスク監視は、すべてのノードがディスクを参照できる場合に推奨されます。ファイル共有監視は、レプリケートされた記憶域によって複数サイトの障害復旧を検討する必要がある場合に推奨されます。レプリケートされた記憶域によるディスク監視の構成は、記憶域ベンダーがすべてのサイトからレプリケートされた記憶域への読み取り/書き込みアクセスをサポートする場合のみ可能です。

### ノード投票割り当て

Windows Server 2012 では、高度なクォーラム構成オプションとして、ノード単位でクォーラム投票を割り当てるか削除することができます。既定では、すべてのノードに投票が割り当てられます。投票割り当てにかかわらず、すべてのノードはクラスターで機能し続け、クラスター データベース更新の受信やアプリケーションのホスティングが継続されます。

特定の障害復旧構成では、ノードから投票を削除することもできます。たとえば、マルチサイト クラスターでは、バックアップサイト内のノードから投票を削除して、これらのノードがクォーラム計算に影響を及ぼさないようにすることができます。この構成は、サイト間の手動のフェールオーバーに対してのみ推奨されます。

ノードで構成された投票は、Get-ClusterNode Windows PowerShell コマンドレットを使用してクラスター ノードの NodeWeight 共通プロパティを参照することで確認できます。値 0 は、ノードでクォーラム投票が構成されていないことを示します。値 1 は、ノードのクォーラム投票が割り当てられ、クラスターによって管理されていることを示します。

すべてのクラスター ノードの投票割り当ては、Validate Cluster Quorum 検証テストを使用して確認できます。

その他の考慮事項:

- 奇数の投票ノードを適用する場合、ノード投票割り当ては推奨されません。代わりに、ディスク監視またはファイル共有監視を構成することをお勧めします。詳細については、このトピックの「監視構成」を参照してください。
- 動的クォーラム管理が有効になっている場合、投票の動的な割り当ておよび削除を行うことができるのは、ノード投票が割り当てられるように構成されているノードに対してだけです。

## 動的クォーラム管理

Windows Server 2012 では、高度なクォーラム構成オプションとして、クラスターによる動的クォーラム管理を有効にするよう選択できます。このオプションが有効になっている場合、クラスターは、各ノードの状態に基づいて、ノードへの投票割り当てを動的に管理します。投票は、アクティブ クラスター メンバーシップを離れるノードから自動的に削除され、ノードがクラスターに再度参加したときに自動的に割り当てられます。既定で、動的クォーラム管理は有効になっています。

**注記：** 動的クォーラム管理では、クラスター クォーラムのマジョリティは、任意の時点でのクラスターのアクティブ メンバーであるノードのセットによって決定されます。これは、Windows Server 2008 R2 のクラスター クォーラムとの重要な違いです。Windows Server 2008 R2 では、クォーラム マジョリティは初期のクラスター構成に基づいて固定されています。

動的クォーラム管理により、クラスターは最後に残っているクラスター ノードで実行することも可能です。クォーラム マジョリティ要件を動的に調整することにより、クラスターは、単一ノードまでのノードの順次シャットダウンに耐えることができます。

クラスターによって割り当てられるノードの動的投票は、Get-ClusterNode Windows PowerShell コマンドレットを使用してクラスター ノードの DynamicWeight 共通プロパティで確認できます。値 0 は、ノードにクォーラム投票がないことを示します。値 1 は、ノードにクォーラム投票があることを示します。

すべてのクラスター ノードの投票割り当ては、Validate Cluster Quorum 検証テストを使用して確認できます。

その他の考慮事項：

- 動的クォーラム管理では、クラスターは、投票メンバーのマジョリティの同時発生障害に耐えることができません。実行を継続するには、クラスターは、ノード シャットダウンまたは障害発生時に常にクォーラム マジョリティを持っている必要があります。
- ノードの投票を明示的に削除した場合、クラスターは動的にその投票を追加または削除できません。

## 動的監視

Windows Server 2012 R2 では、クラスターが動的クォーラムを使用するように構成されている場合（既定）、現在のクラスター メンバーシップ内の投票ノード数に基づいて監視投票も動的に調整されます。投票の数が奇数の場合、クォーラム監視は投票を持ちません。投票の数が偶数の場合、クォーラム監視は投票を持ちます。

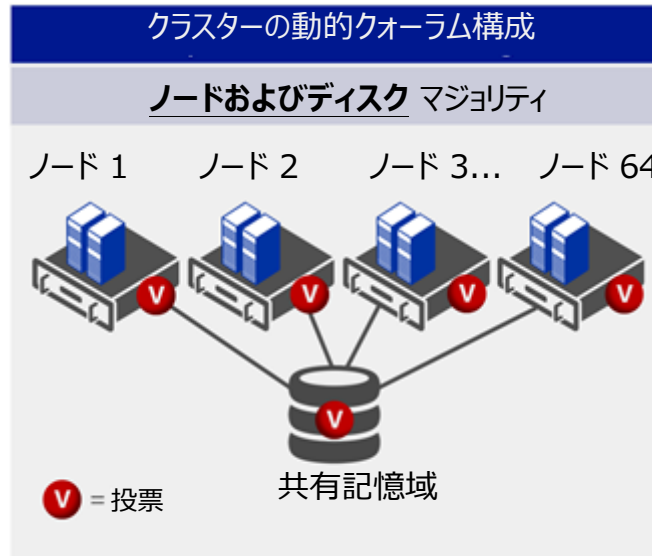


図 50 – 64 ノード クラスター: すべてのノードおよび監視ディスクに投票があります

上の図からわかるように、すべてが適切であり、64 ノード クラスターの場合は、推奨される既定値として自動的に選択されている 'ノードおよびディスク マジョリティ' クォーラム構成を使用するので、投票の数は偶数の 64 になります。個の数は奇数にする必要があるため、監視ディスクを 65 個目の投票として使用します。ノードが失われた場合は、実行中のノードの数は 63 個に減少します。

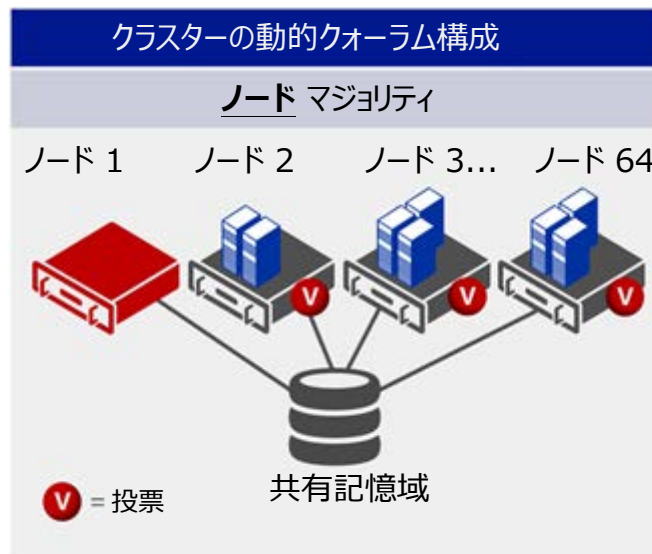


図 51 – 64 ノード クラスター: 63 個のノードに投票があります

この場合、ワークロードは代替ノードにフェールオーバーし、停止したノードからは投票が削除されます。その結果、各ノードに投票がある 63 のアクティブ ノード、および以前から投票を持っていた監視ディスクが残ります。これで合計 64 個の投票になります。これは偶数です。既に説明したように、奇数の投票を確保する必要があるので、Windows Server 2012 R2 では、監視ディスクの投票が自動的に 0 に調整されます。この場合、クラスター クォーラムもノード マジョリティに自動的に調整されます。



クォーラム監視投票も、監視リソースの状態に基づいて動的に調整されます。監視リソースがオフラインである場合、または障害が発生した場合、クラスターは監視投票を "0" に設定します。

動的監視は、監視障害が原因でクラスターが停止するリスクを大幅に軽減します。クラスターは、クラスター内で利用可能な投票ノードの数に基づいて、監視投票を使用するかどうかを決定します。

この変更により、クォーラム監視構成も大幅に簡素化されます。Windows Server 2012 R2 での推奨事項は常にクォーラム監視を構成することなので、クォーラム監視を構成するかどうかを判断する必要がなくなります。使用する時期はクラスターによって自動的に判断されます。

**注記:** Windows Server 2012 R2 では、常にクォーラム監視を構成することをお勧めします。

Windows Server 2012 R2 プレビューにも、クォーラム監視投票を表示するために使用できる新しい WitnessDynamicWeight クラスター共通プロパティが含まれています。

## シャットダウン時の VM のドレイン

Windows Server 2012 では、最初にクラスター ノードをドレインせずにノードをシャットダウンした場合、仮想マシンは保存状態になってから他のノードに移動され、再開されます。つまり、仮想マシンの可用性に対する中断が発生します。仮想マシンを保存状態にするために時間がかかりすぎる場合は、仮想マシンがシャットダウンして別のノードで再起動される可能性があります。Windows Server 2012 R2 では、クラスターは、シャットダウン前にすべての実行中の仮想マシンを自動的にライブ マイグレーションします。

この変更は、重大なシャットダウン（またはクラスター サービスをシャットダウンする任意の操作）によって実行中の仮想マシンに対する計画外のダウンタイムが発生しないようにするための安全策を提供します。結果として、ゲスト オペレーティングシステム内で実行されるアプリケーションの可用性が向上します。

それでも、クラスター ノードをシャットする前にノードをメンテナンス モードにするか、すべての仮想マシンを他のノードに移動することをお勧めします。これは、実行中のクラスター化された役割をドレインするために最も安全な方法です。

この機能を有効または無効にするには、DrainOnShutdown クラスター共通プロパティを構成します。既定では、このプロパティは有効になっています（値 "1" に設定されています）。

## VM ネットワークの正常性検出

Windows Server 2012 では、仮想マシン レベルでのネットワーク切断が発生した場合、仮想マシンをユーザーが利用できなくなる可能性があるにもかかわらず、仮想マシンはそのコンピューターで実行し続けます。

Windows Server 2012 R2 では、仮想マシン設定に、保護されているネットワークに関するチェック ボックスがあります。ネットワーク切断が保護されている仮想ネットワーク上で発生した場合、クラスターは、影響を受けた仮想マシンを外部仮想ネットワークが利用可能なホストへライブ マイグレーションします。この処理には、クラスター ノード間に複数のネットワーク パスが必要です。

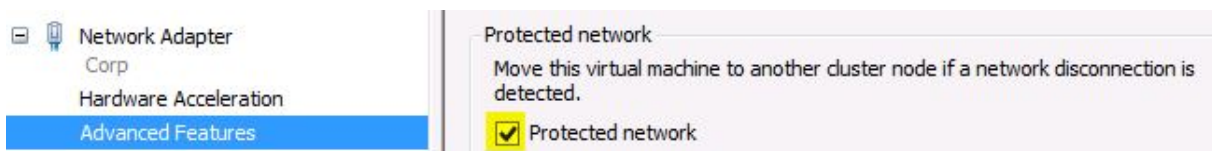


図 52 - 仮想マシンの保護されているネットワーク



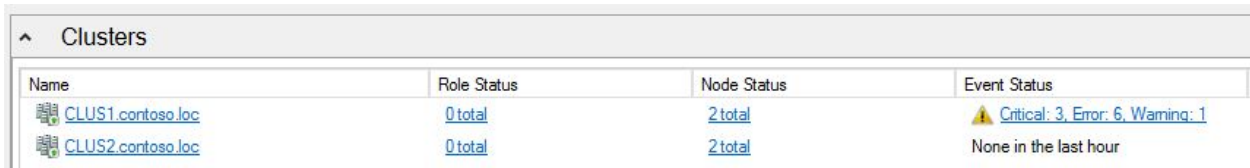
この設定は、ネットワーク アダプターの高度な機能で利用可能です。既定では、設定は有効になっています。この設定は、仮想マシンごとにネットワーク単位で構成できます。したがって、テストまたはバックアップ用に使用されるネットワークなど、優先順位の低いネットワークが存在する場合は、これらのネットワークでネットワーク切断が発生した場合に仮想マシンをライブ マイグレーションしないよう設定できます。

**注記:** クラスターの他のノードに接続された利用可能なネットワークがない場合、クラスターはクラスター メンバーシップからノードを削除し、仮想マシン ファイルの所有権を転送して、別のノードで仮想マシンを再起動します。

この変更により、ネットワークの問題が発生した場合の仮想マシンの可用性が向上します。ライブ マイグレーションが発生する場合、ライブ マイグレーションによって仮想マシンのセッション状態が維持されるのでダウンタイムは発生しません。

## 拡張されたクラスター ダッシュボード

Windows Server 2012 では、ステータス情報を表示するには、個々のフェールオーバー クラスター名をクリックする必要があります。Windows Server 2012 R2 では、フェールオーバー クラスター マネージャーに、すべての管理対象フェールオーバー クラスターの正常性ステータスをすばやく表示できるクラスター ダッシュボードが含まれています。クラスターが実行中かどうかを示すアイコン、クラスター化された役割の数とステータス、ノード ステータス、およびイベント ステータスと共にフェールオーバー クラスターの名前が表示されます。






Name	Role Status	Node Status	Event Status
 CLUS1.cortoso.loc	0 total	2 total	 Critical: 3, Error: 6, Warning: 1
 CLUS2.cortoso.loc	0 total	2 total	None in the last hour

図 53 – クラスター ダッシュボードの例

複数のフェールオーバー クラスターを管理する場合、このダッシュボードは、フェールオーバー クラスターの正常性をすばやくチェックするための方法として便利です。

## VM の監視

Windows Server 2012 および Windows Server 2012 R2 を実行しているクラスターで、管理者は、Windows Server 2012 または Windows Server 2012 R2 を実行しているクラスター化された仮想マシン上のサービスを監視できます。仮想マシン内の Windows サービス (SQL や IIS など) および仮想マシン内で発生する ETW イベントを監視できます。監視している状況がトリガーされると、クラスター サービスはホスト上のエラー チャネルにイベントを記録して回復操作を実行します。これらの操作は、サービスの再起動、またはクラスター化された仮想マシンの再起動または別のノードへの移動 (サービス再起動設定およびクラスター フェールオーバー設定に応じて) である可能性があります。

**注記:** 一覧表示されるのは、独自のプロセスで実行されるサービス (SQL や Exchange など) だけです。このルールは、IIS および印刷スプーラー サービスには適用されません。Windows PowerShell で Add-ClusterVMMonitoredItem コマンドレットを使用して NT サービスの監視を設定することができます。制限はありません。

```
Add-ClusterVMMonitoredItem -VirtualMachine TestVM -Service spooler
```

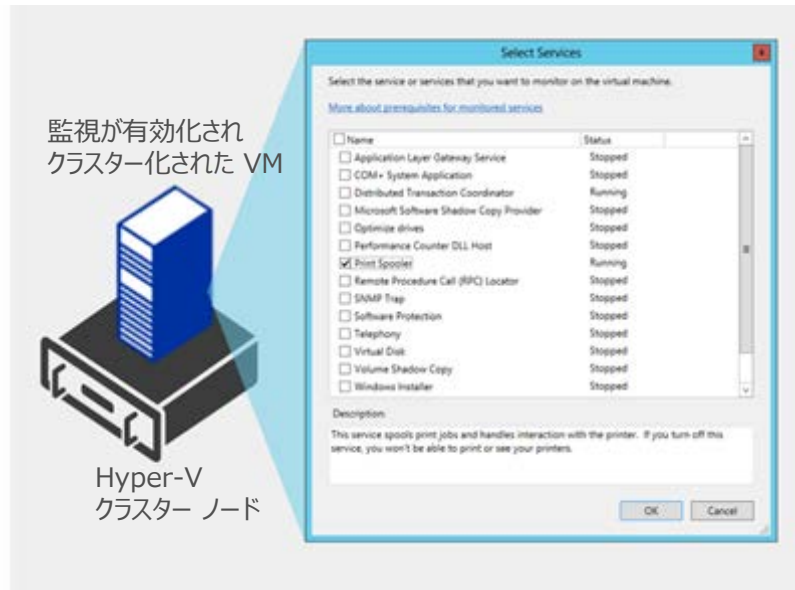


図 54 – サービス/アプリケーションレベルでの VM の監視

監視対象サービスで予期しない障害が発生した場合、回復操作のシーケンスは、サービスの障害発生時に回復操作によって決定されます。これらの回復操作は、ゲスト内部のサービス コントローラー マネージャーを使用して表示および構成できます。下の例では、サービス マネージャーは、1 回目および 2 回目のサービス障害発生時にサービスを再起動します。3 回目の障害発生時、サービス コントローラー マネージャーは操作を実行せず、回復操作をホスト内で実行しているクラスター サービスに任せます。

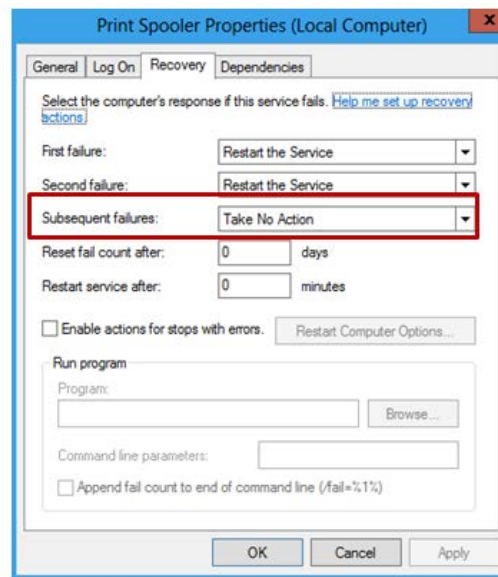


図 55 – 印刷スプーラーに対するゲスト OS 内部での回復操作

クラスター サービスは、定期的な正常性チェックを通じてクラスター化された仮想マシンのステータスを監視します。仮想マシンが "重大な状態" にある（仮想マシン内部のアプリケーションまたはサービスが正常でない状態にある）と判断された場合、クラスター サービスは以下の回復操作を実行します。

- イベント ID 1250 がホストでログ記録されます。これは、System Center Operations Manager などの集中的な監視ソリューションによって監視できます。
- フェールオーバー クラスター マネージャー内の仮想マシン ステータスは、仮想マシンで "アプリケーションが重大" な状態が発生していることを示します。
- 回復操作は、"アプリケーションが重大な状態" にある仮想マシンで実行されます。最初に VM が同じノードで再起動されます。**注記:** 仮想マシンの再起動は強制的ですが正常に行われます。2 回目の障害発生時、仮想マシンは再起動し、クラスター内の別のノードにフェールオーバーします。**注記:** 同じノードでフェールオーバーするか再起動するかは、仮想マシンのフェールオーバー プロパティで構成できます。

## フェールオーバーの優先順位、アフィニティ、アンチアフィニティ

### 優先順位

Windows Server 2012 および後続の Windows Server 2012 R2 のフェールオーバー クラスターではクラスター上で実行している仮想マシンの起動順序を定義できるので、障害発生時に迅速に再起動する必要のある仮想マシンの数において、選択した設定に応じて一部がその他よりも優先されるように設定できます。

この新機能により、管理者は、フェールオーバー時にリソースが制約される場合、最も重要な VM が最初に起動して、必要なリソースを取得してから重要度の低い他の VM を起動するように構成できます。

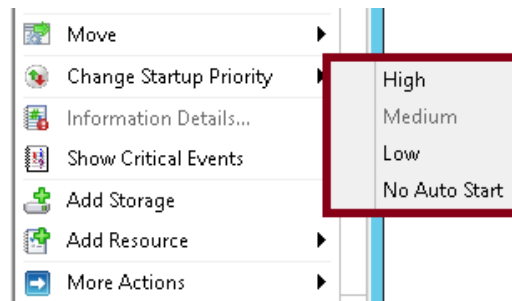


図 56 - クラスター化された VM の VM 優先順位の設定

さらに、クラスター サービスは、優先順位の高い仮想マシンがノード障害発生後に起動するための必要なメモリおよびその他のリソースを持っていない場合、優先順位の低い仮想マシンをオフラインにします。解放されたリソースは優先順位の高い仮想マシンに割り当てることができます。必要な場合、リソースの解放は優先順位の最も低い仮想マシンから開始され、優先順位の高い仮想マシンへと続行されます。リソースが解放された仮想マシンは、後で優先順位に従って再起動されます。

### アフィニティ

Windows Server 2012 および Windows Server 2012 R2 フェールオーバー クラスターでは、管理者は**優先所有者**および**実行可能な所有者**を定義できます。

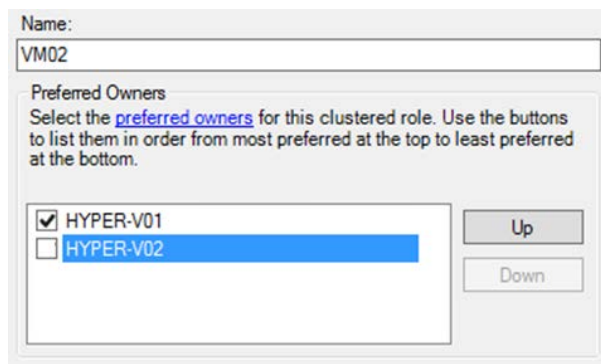


図 57 - クラスター化された VM の優先所有権の設定

特定の VM (技術的には任意のクラスター グループ) に対し、フェールオーバー時のノード順序設定を構成できます。この VM が通常はノード A で実行され、常に次にノード C (利用可能な場合) に移動するようにする場合、優先所有者を使用すると、最初に特定のノードに移動し、次に別の特定のノードに移動し、さらに次にまた別の特定のノードに移動するという設定を定義できます。これは優先順位リストです。クラスタリングは、VM の配置場所に関してそのリストを参照します。この機能を使用して、VM の移動先を明示的に制御できます。優先所有者と実行可能な所有者の詳細については、<http://support.microsoft.com/kb/299631> を参照してください。

一方、実行可能な所有者は、特定の VM (技術的には任意のクラスター リソース) に対し、VM がフェールオーバーする可能性があるノードを構成できます。既定では、すべてのノードが対象になりますが、VM のフェールオーバー先にしない特定のノードがある場合は、実行可能な所有者から削除して、そのノードへの移動を防止することができます。

## アンチアフィニティ

実行可能な所有者は、関連する VM が別々のノードにとどまり、各 VM が他とは異なる実行可能な所有者のセットを持つようにするための 1 つの方法ですが、別の方法もあります。

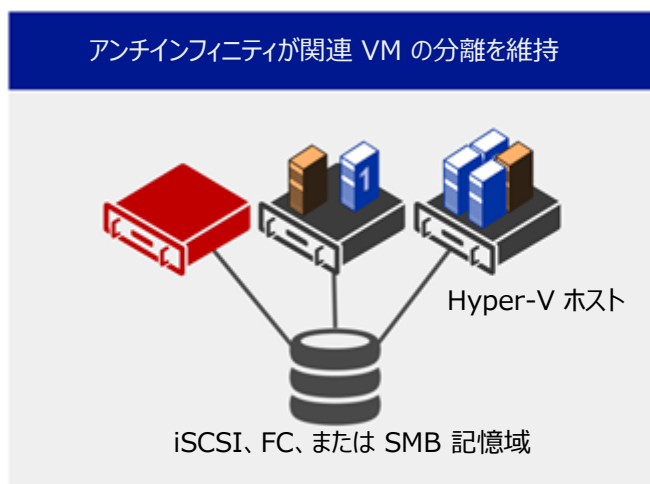


図 58 - アンチアフィニティにより、クラスター化された VM (オレンジ色 の VM) をクラスター上で別々に維持できます。

AntiAffinityClassNames は、Windows フェールオーバー クラスタリングのクラスター グループ プロパティで、同じノード上でホストされないクラスター グループを識別するために使用されます。クラスター化された Hyper-V 環境で作業する場

合、クラスター グループと仮想マシンの間には 1:1 の関係があるので、AntiAffinityClassNames プロパティを使用して仮想マシンのアンチアフィニティを構成できます。

構成した後は、フェールオーバー クラスタリングは、同じグループの一部である VM をクラスター内の異なるノードで可能な限り維持しようとしています。この機能をフェールオーバーの優先順位、優先所有者、および実行可能な所有者と組み合わせると、きめ細かな構成オプションで主要な仮想化されたワークロードの正確な制御と配置を行うことができます。

## クラスター対応更新

Windows Server の以前のリリースでは、サーバー更新ツール (WSUS など) は、サーバーのグループが高可用性クラスターのメンバーである可能性があるという事実が考慮されていませんでした。フェールオーバー クラスタの目的はクラスターにホストされているサービスの高可用性なので、すべてのクラスター ノードに対して修正プログラムを同時に適用することはありません。したがって、フェールオーバー クラスタの修正プログラム適用は、通常、かなりの数の手動手順およびスクリプティング/ツールを意味し、管理者は細心の注意を払って、毎月の短いメンテナンス期間中にすべてのクラスターを正常に更新する必要がありました。

Windows Server 2012 R2 に組み込まれたクラスター対応更新 (CAU) は、このギャップに正確に対処する主要機能です。CAU により、更新処理中に可用性をほとんど (またはまったく) 失うことなく、クラスター化されたサーバーを更新できます。更新実行中、CAU はクラスター内の各ノードを透過的にノード メンテナンス モードにして、"クラスター化された役割" を一時的に他のノードへフェールオーバーします。更新および依存するすべての更新を最初のノードにインストールした後、(必要な場合は再起動してから) ノードをメンテナンス モードから戻し、元のクラスター化された役割をノードに戻して、次のノードの更新処理を開始します。CAU は、クラスター ワークロードには依存せず、Hyper-V および多数のファイルサーバー ワークロードと適切に連動します。

Hyper-V の視点で見ると、CAU はフェールオーバー クラスタと連動して実行中の仮想マシンを異なる物理ノードへライブ マイグレーションし、ホスト ファブリックに修正プログラムを適用して最新状態を維持しながら、VM 内部で実行している主要アプリケーションおよびワークロードのダウンタイム発生を防止します。

管理者が CAU スキャンをトリガーすると、CAU はノード自体と連動して、独自の更新元 (Microsoft Update、Windows Update、WSUS など) に対する更新チェックの実行をトリガーします。

CAU は、企業全体で一貫した IT プロセスの導入を促進します。さまざまなクラスのフェールオーバー クラスタ用の更新実行プロファイルを作成し、ファイル共有上で一元的に管理することで、クラスターが異なる基幹業務または管理者によって管理されている場合でも、IT 組織の至るところでの CAU 展開において更新が一貫して適用されるようにすることができます。

更新実行を、毎日、毎週、または毎月の定期的な間隔でスケジュールすると、他の IT 管理プロセスとのクラスター更新を調整することができます。また、CAU は、クラスターに対応した形でクラスター ソフトウェア インベントリを更新するための拡張可能なアーキテクチャを提供します。発行元はこれを使用して、Windows Update または Microsoft Update に公開されないソフトウェア更新、またはマイクロソフト以外のデバイス ドライバーなど、サードパーティが提供するソフトウェア更新のインストールを調整できます。

CAU の自己更新モードを使用すると、"Cluster in a Box" アプライアンス (一般的に 1 つのシャーシにパッケージ化され、Windows Server 2012 および Windows Server 2012 R2 を実行するクラスター化された物理マシンのセッ



ト) の自己更新を行うことができます。通常、このようなアプライアンスは、クラスターを管理するためのローカル IT サポートが最小限であるブランチ オフィスに展開されます。自己更新モードは、これらの展開シナリオで大きな価値をもたらします。

CAU には、自己更新モード (次の最初の図) およびリモート更新モード (2 番目の図) という 2 つのモードがあります。

**自己更新モード**では、CAU 役割はノードのいずれかで実行し、更新コーディネーターとして機能します。更新コーディネーターは、更新処理がクラスター全体に確実に適用されるようにするノードです。CAU 役割は、クラスター対応でもあります。つまり、複数のノードが CAU 更新コーディネーターになることができます。ただし、更新コーディネーターとして機能できるのは一度に 1 つのノードだけです。

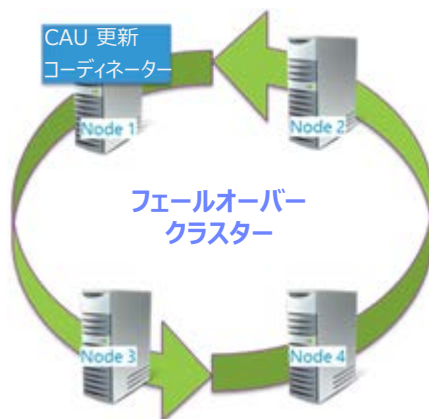


図 59 - クラスタ上で自己更新モードで動作する CAU 更新コーディネーター

一方、**リモート更新モード**では、Windows Server 2012、Windows Server 2012 R2、Windows 8、または Windows 8.1 を実行しているリモート マシンが CAU 更新コーディネーターとして機能できます。この方法は、更新のリアルタイムの進行状況を確認する場合、および修正プログラム適用を必要とする Windows Server 2012/R2 Server コア OS で CAU を使用する場合に適しています。

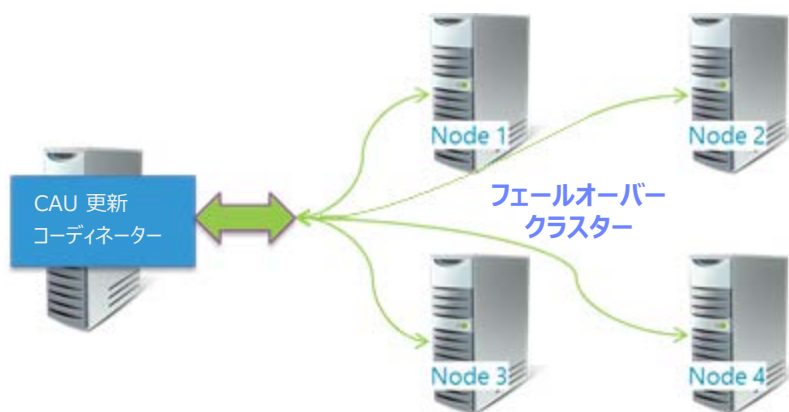


図 60 - 自己更新モードでクラスター上で動作する CAU 更新コーディネーター

CAU は GUI を使用してトリガーできます。含まれている PowerShell コマンドレットを利用することもできます。

## 要件

フェールオーバー クラスタリングを展開し、他のフェールオーバー クラスタリング機能を利用するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2



- クラスタ共有ボリュームには共有記憶域 (iSCSI またはファイバー チャネル) が必要です。
- VM 監視を行う場合、適切なファイアウォール例外および正しいドメイン構成を作成する必要があります。
- クラスタ対応更新については、Microsoft/Windows Update にアクセスするためのインターネットへの WSUS インフラストラクチャ (クラスタ ノードからの接続) が必要です。

### 重要な理由

クラスタ対応更新は、Windows Server クラスタのメンテナンスを効率化および自動化することを目指している組織にとって大きな利点をもたらします。特に大規模の Hyper-V クラスタで重要です。CAU は、企業全体で一貫した IT プロセスの導入を促進します。さまざまなクラスフェールオーバー クラスタ用の更新実行プロファイルを作成し、ファイル共有上で一元的に管理することで、クラスタが異なる基幹業務または管理者によって管理されている場合でも、IT 組織の至るところでの CAU 展開において更新が一貫して適用されるようにすることができます。内部ポリシーに従って修正プログラムを適用してホストを最新の状態に維持することは重要ですが、仮想化されたワークロードへのダウンタイムを発生させずにこれを実現することは一層重要です。この組み込みの機能により、すべての形態および規模の組織で Windows Server 2012 および 2012 R2 クラスタの一元化された修正プログラム適用を自動化および調整できます。

## ゲスト クラスタリング

Windows Server 2012 Hyper-V は、VM 自身がゲスト OS レベルでクラスタの一部を形成する VM の仮想化を完全にサポートしました。この例には、クラスタ化された SQL AlwaysOn 構成があります。その場合、すべてが仮想マシンである複数のノードに加えて、共有記憶域へのアクセスが必要になります。この構成は、次の図に非常に似たものとなります。

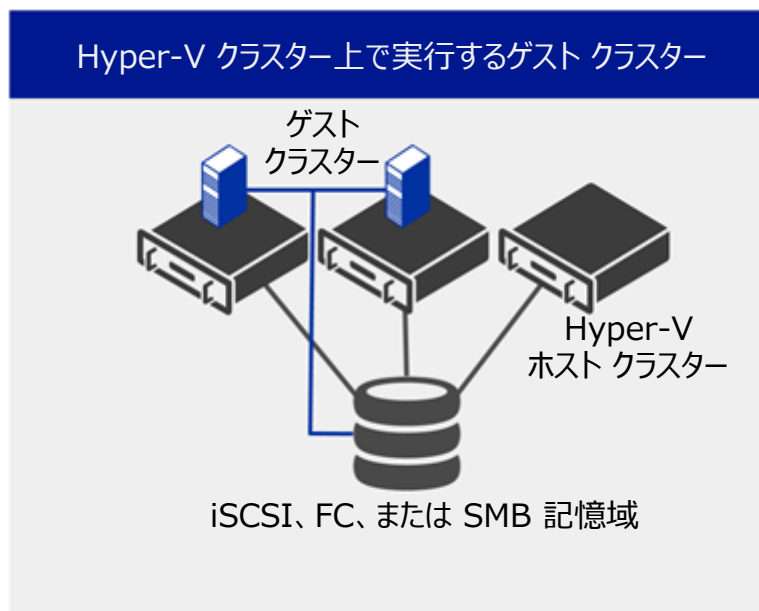


図 61 – Hyper-V クラスタで実行しているゲスト クラスタ

上記の例では、シンプルな 3 ノードの Hyper-V 物理クラスターがあり、2 つの仮想マシンから構築された 2 ノード ゲスト クラスターがあり、両方が何らかの形の共有記憶域に直接アクセスします。共有記憶域を必要とするゲスト クラスターは、マイクロソフト プラットフォーム上で複数の記憶域の選択肢を利用できます。たとえば、メイン Hyper-V クラスター リポジトリとして SMB 記憶域を使用している場合、その同じ SMB 記憶域をネットワークを介してプロビジョニングし、VM 自身へと公開できます。同じように、VM は、仮想ネットワーク アダプターを通じて iSCSI 記憶域にアクセスできます。しかし、これらのシナリオはいずれも共有記憶域に対して VHD または VHDX ファイルを使用するのではなく、仮想ネットワーク アダプターを通じて、基盤となる記憶域ファブリックへ直接 VM を公開する必要があります。

Windows Server 2012 では、仮想ファイバー チャンネルも導入されました。既に説明したように、これは FC 記憶域を VM に直接提示して、共有記憶域へのアクセスを備えたゲスト クラスターの構築を可能にします。

これらのゲスト クラスター構成は、既に説明したようにマイクロソフトによって完全にサポートされます。さらに、ライブ マイグレーションや動的メモリなどの機能と組み合わせることができるので、密度および俊敏性のための主要機能を犠牲にすることなく、クラスター化されたワークロードを仮想化できます。また、ゲスト クラスターは、既に説明したフェールオーバーの優先順位、アフィニティ、およびアンチアフィニティの利点を活用でき、ゲスト クラスター ノードは、相互に、および基盤となる物理ホストに関して最適に配置されます。

ゲスト クラスターの利点は、第 2 レベルの回復性です。物理ホストで障害が発生した場合、ゲスト クラスター ノードのサブセットのみが失敗し、ゲスト クラスターによって提供されるアプリケーション レベルの回復性によってワークロードが迅速に引き継がれます。

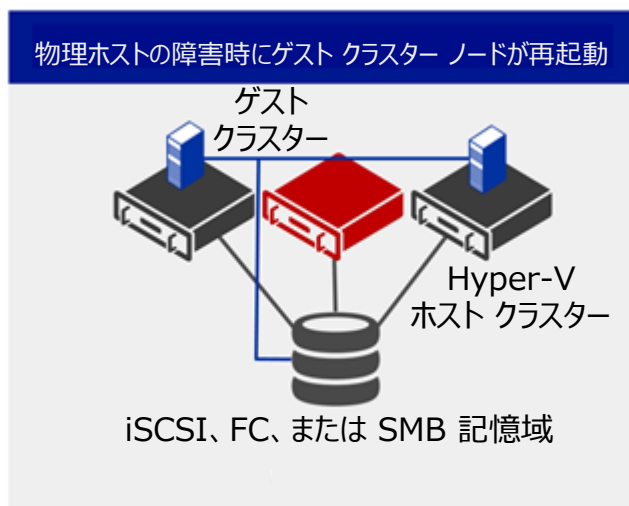


図 62 - 単一ノードで障害が発生した Hyper-V クラスターで実行中のゲスト クラスター

この例では、物理ノードで障害が発生した場合、そのノードで実行していた VM も停止しましたが、物理 Hyper-V クラスターにより、その VM は異なるノード上の 1 つの残っているゲスト クラスター VM へと迅速に再起動されます。アプリケーション レベルの回復性により、全体として、アプリケーションまたはワークロードの停止は非常に短い期間のみとなります。

しかし、課題は、これらの構成では、基盤となる記憶域 (FC、iSCSI、SMB) が仮想マシンのユーザーに公開されていることです。プライベートまたはパブリック クラウド展開では、基盤となるファブリックの詳細をユーザーまたはテナント管理者から隠さなければならないことが多くあります。

## 共有 VHDX

Windows Server 2012 R2 では、複数の仮想マシン間で仮想ハード ディスク ファイルを (.vhdx ファイル形式で) 共有できるようになりました。これらの .vhdx ファイルは、仮想マシン フェールオーバー クラスタまたはゲスト クラスタの共有記憶域として使用できます。たとえば、データ ディスクおよびディスク監視用の共有 .vhdx ファイルを作成できます (オペレーティング システム仮想ハード ディスクには共有 .vhdx ファイルを使用しません)。

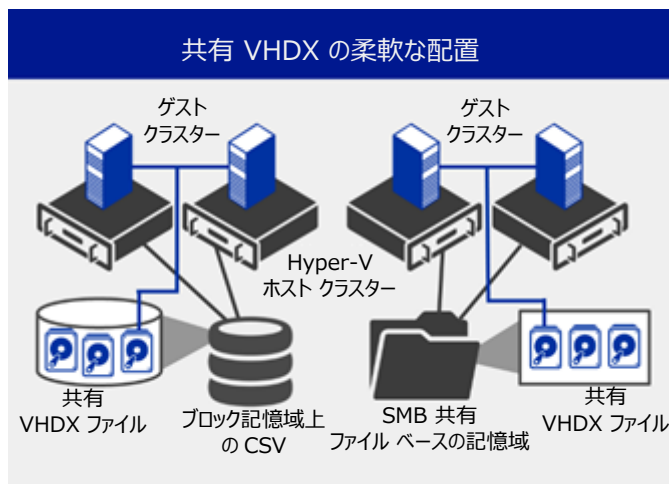


図 63 - CSV/SMB 記憶域で共有 VHDX を使用しているゲスト クラスタ

この変更により、ゲスト クラスタ構成の展開が容易になります。共有 .vhdx ファイル構成は、仮想ファイバー チャンネルや iSCSI のようなソリューションよりも展開が容易です。共有 .vhdx ファイルを使用するように仮想マシンを構成するとき、ゾーニングや LUN マスキングなどの記憶域構成変更を行う必要はありません。また、基盤となる記憶域インフラストラクチャは仮想マシンのユーザーに公開されません。

共有仮想ハード ディスクの使用は、以下の状況に最適です。

- SQL Server データベース ファイル
- 仮想マシン内で実行するファイル サーバー サービス
- 共有ディスク上に存在するデータベース ファイル

ゲスト フェールオーバー クラスタの共有仮想ハード ディスク機能は、.vhdx ファイル形式を排他的に使用します。共有仮想ハード ディスクはデータ ドライブに .vhdx ファイル形式を使用する必要がありますが、仮想マシンのオペレーティング システム ディスクは .vhd または .vhdx ファイル形式を使用できます。

共有仮想ハード ディスクを使用する Hyper-V ゲスト フェールオーバー クラスタには、2 つの推奨される展開モデルがあります。ゲスト フェールオーバー クラスタの共有仮想ハード ディスクは、以下に展開できます。

- ブロック記憶域 (クラスター化された記憶域領域を含む) 上のクラスター共有ボリューム (CSV)
- ファイル ベースの記憶域上の SMB 3.0 搭載のスケールアウト ファイル サーバー

Hyper-V ゲスト フェールオーバー クラスタは、Hyper-V マネージャーおよびフェールオーバー クラスタ マネージャーを使用して構成および展開できます。Windows PowerShell を使用することもできます。

## 要件

共有 VHDX を使用するゲスト クラスターを展開するには、以下が必要です。

- 2 つの Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2 クラスター ノード
- サーバーは同じ Active Directory ドメインに属する必要があります。
- 構成済みの共有記憶域リソースの可用性。これには、ブロック記憶域（クラスター化された記憶域領域など）上の CSV または SMB 3.0 搭載（ファイル ベースの記憶域用）のスケールアウト ファイル サーバー クラスター（Windows Server 2012 R2 を実行）などが含まれます。
- フェールオーバー クラスター内でゲスト フェールオーバー クラスターとして実装される複数の仮想マシンをサポートするために十分なメモリ、ディスク、およびプロセッサ容量。

### 重要な理由

主要ワークロードに対してさらに高いレベルの可用性の実現が求められるにつれ、ゲスト クラスタリングはますます重要になっています。

特定の構成でコアの一部としてクラスタリング機能を持つワークロード（SQL サーバーなど）は、そのワークロードを実行している OS に提示される共有記憶域に依存します。

通常、これは仮想化された環境では非常に制限的で、必ずしも実現可能ではありません。Windows Server 2012 R2 でのゲスト クラスターのサポートは、記憶域の提示の点、およびかつてゲストクラスターの一部であった VM が引き続き Hyper-V 機能にアクセスできるという点において柔軟です。

共有記憶域へは iSCSI、仮想ファイバー チャンネルまたは SMB 3.0 経由で接続でき、必要とされる追加レベルのアプリケーション回復性を提供できると同時に、既存の記憶域への投資を最大限活用できます。しかし、基盤となる記憶域ファブリックを仮想ゲスト自体へ公開することが望ましくない場合、共有 VHDX 機能は基盤となる記憶域を抽象化し、（引き続きその共有記憶域上に存在する）高パフォーマンスの共有仮想ハード ディスクを複数のゲストへと提示して、柔軟性および安全な抽象化を実現します。

## 増分バックアップ

Windows Server 2008 R2 以前では、データのバックアップでは完全なファイル バックアップを実行する必要があり、オフライン時に仮想マシンおよびスナップショットをフラット ファイルとしてバックアップするか、Windows Server またはサードパーティ ツールを使用して、仮想マシン自体をオペレーティング システムおよびデータの通常のバックアップと共にバックアップする必要がありました。Windows Server 2012 R2 は、仮想マシンの実行中に仮想ハード ディスクの増分バックアップをサポートします。

仮想ハード ディスクの増分バックアップでは、バックアップ操作をより迅速かつ簡単に実行して、ネットワーク帯域幅およびディスク領域を節約できます。バックアップは VSS 対応なので、ホスティング プロバイダーは Hyper-V 環境のバックアップ

を実行して、テナント仮想マシンを効率的にバックアップし、追加のサービス層をお客様に提供できます。仮想マシン内部のバックアップ エージェントは必要ありません

増分バックアップは、バックアップ ソフトウェアを通じて、各仮想マシンで独立して有効にすることができます。Windows Server 2012 R2 は、"回復スナップショット" を使用してバックアップ間の違いを追跡します。この回復スナップショットは通常の仮想マシン スナップショットと同様ですが、Hyper-V ソフトウェアによって直接管理されます。各増分バックアップでは、差分だけがバックアップされます (次の図の青で示されている部分に注意してください)。

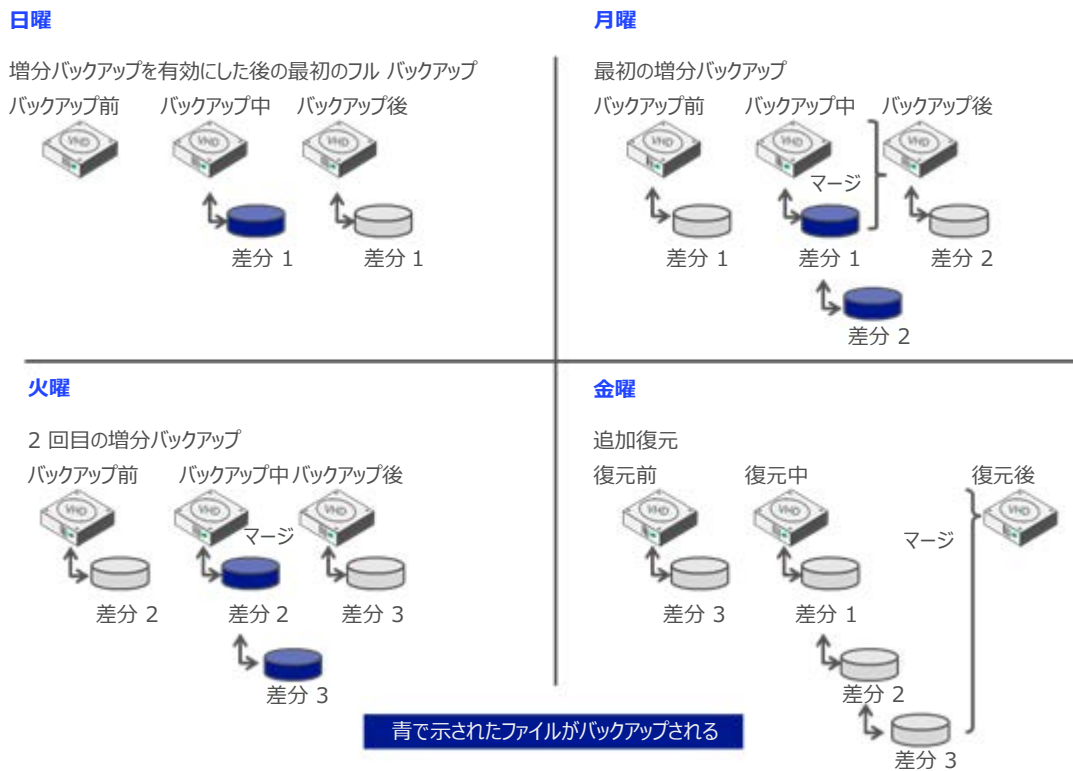


図 64 - 仮想ハード ディスクの増分バックアップの例

上の図は 1 つの仮想ハード ディスクでの仮想マシンの増分バックアップを図示したもので、3 日のバックアップ (日曜、月曜、火曜) とその後の復元 (水曜) を示しています。この例では、次の点に注意してください。

- 変更追跡を有効にするには、増分バックアップを使用するよう仮想マシンを構成する必要があります。また、増分バックアップを有効にした後で完全バックアップを実行する必要があります (上図の「日曜」を参照してください)。
- 増分バックアップ中、仮想マシンは、わずかの間、2 つのレベルの回復スナップショットから実行されます。バックアップ処理の最後に、以前の回復スナップショットがベース仮想ハード ディスクにマージされます。
- 仮想マシンの構成 XML ファイルは非常に小さく、頻繁にバックアップされます。この点は、上の図では簡素化の目的で省略されています。

## Windows Azure Backup との統合

Windows Azure Backup は、サーバー データをオフプレミスのデータセンター (クラウド) にバックアップし、クラウドのバックアップから復元してデータの損失および破損に対する保護を実現することができるクラウド ベースのバックアップ ソリューション

ンです。記憶域および帯域幅の利用を削減するために、Windows Azure Backup はブロック レベルの増分バックアップを実行します。セキュリティを高めるために、データはサーバーを離れる前に圧縮および暗号化されます。

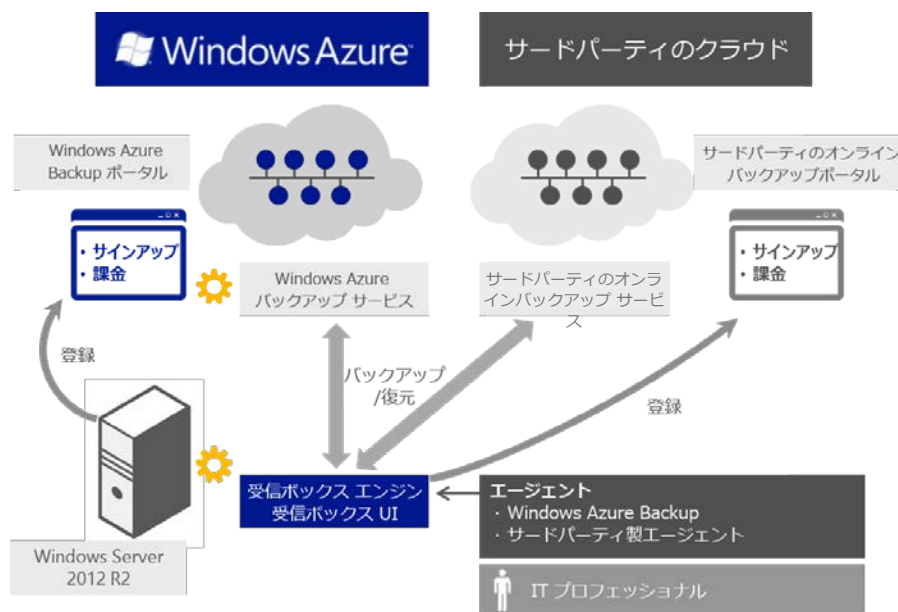


図 65 – Windows Azure Backup

適切な登録を完了すると、Windows Azure Backup エージェントがターゲット サーバーにインストールされ、管理用の MMC インターフェイスと PowerShell インターフェイスの両方が提供されます。構成が完了すると、管理者は、ターゲットサーバーを迅速かつ簡単に登録し、保護対象のファイルおよびフォルダーと共にバックアップ スケジュールを定義できます。

Windows Azure Backup は、ローカル バックアップ ポリシーに対する非常に重要な追加で、災害時（サーバーの破壊や盗難、ディスク クラッシュなど）やデータの偶発的な削除、ボリュームの削除、ウイルスなどのデータ損失シナリオにおいてデータを回復することを可能にします。また、長期的なテープ アーカイブに対する有効な低コストの代替策としても機能します。

Windows Azure Backup は、以下を始めとする多くのターゲット セグメントを対象としています。

- スモール ビジネス：単一サーバーのバックアップ用の低コストのバックアップおよび回復ソリューション。
- 部門バックアップ：中規模から大規模組織の部門での低コストのバックアップ。
- リモート オフィスのバックアップおよび回復統合：リモート オフィスのバックアップの統合。

## 要件

Windows Server バックアップを Windows Azure Backup と統合して展開するには、以下が必要です。

- Windows Server 2012 R2 (VM を保護する場合は Hyper-V) または Hyper-V Server 2012 R2
- Windows Azure Backup サブスクリプション/課金アカウント
- 適切な証明書と共にインストールおよび構成された Windows Azure Backup エージェント



## 重要な理由

使いやすく強力でインテリジェントなバックアップ機能が Windows Server 2012 R2 に組み込まれているので、重要なワークロードを効率的に保護し、障害発生時には、これらのバックアップから容易に復元して迅速に再稼働させることができます。これに加えて、Windows Server バックアップを Windows Azure Backup と統合する機能もあるので、長期的なアーカイブ用のテープまたはオフサイト バックアップから Azure へと移行し、Azure の無限の記憶域容量を活用することができます。お客様は、使用量に応じて柔軟に支払うことができます。Windows Azure Backup との統合は、小規模の組織、部門、またはリモート サイトに最適です。サイトが完全に失われた場合、効率化されたシンプルな回復を実行して、そのデータを復元してワークロードを迅速に稼働させることができます。

## Hyper-V レプリカ

ビジネスの継続性は、ダウンタイム発生後にデータ損失を最小限に抑えるか、データをまったく失うことなくビジネス機能を迅速に回復することにかかっています。ビジネスが停止する理由は、電源障害、IT ハードウェア障害、ネットワーク停止、人的エラー、IT ソフトウェア障害、自然災害を始めとして多く考えられます。停止の種類によっては、サービスを復元する高可用性ソリューションが必要です。

しかし、自然災害や長時間の電源停止など、データセンター全体に影響を及ぼす停止では、データをリモート サイトで復元し、サービスおよび接続を回復する障害復旧ソリューションが必要になります。組織は、障害からの回復を支援し、高い信頼性を備えた手頃な価格のビジネス継続性ソリューションを必要としています。

Windows Server 2008 R2 から、Hyper-V およびフェールオーバー クラスタリングを組み合わせ使用して仮想マシンの可用性を向上させ、中断を最小限に抑えることができるようになりました。停止が発生した場合、管理者は、クラスター内の異なるホストへ仮想マシンをシームレスに移行することや、仮想化されたアプリケーションに影響を及ぼさずに仮想マシンを負荷分散することができます。

これらの手段では、仮想化されたワークロードをローカル ホスト障害またはクラスター内のホストの計画的メンテナンスから保護することはできましたが、データセンター全体の停止からビジネスを保護することはできませんでした。データセンター全体にわたってフェールオーバー クラスタリングをハードウェア ベースの SAN レプリケーションと組み合わせ使用することはできますが、通常、これらの機能は高額です。Windows Server 2012 R2 の主要機能である Hyper-V レプリカは、手頃な価格の障害復旧ソリューションを提供します。

Hyper-V レプリカは、ビジネス継続性や障害回復の目的で仮想マシンの非同期レプリケーションを提供します。Windows Server 2012 R2 では、この非同期レプリケーションを構成できるようになりました。以下のオプションがあります。

- 30 秒
- 5 分
- 15 分

Hyper-V レプリカは、Hyper-V マネージャーのウィザード、PowerShell、または System Center Virtual Machine Manager を使用して非常に簡単に有効にすることができます。レプリカが特定の仮想マシンに対して有効になると、初回レプリケーションを開始することができます。

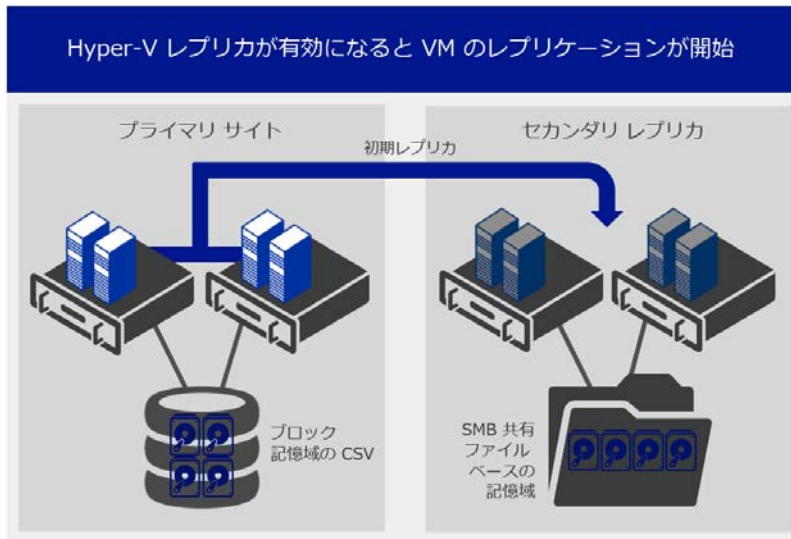


図 66 – Hyper-V レプリカ: 初回レプリケーション

レプリケーションを開始する前、初回レプリケーションを直ちにトリガーするか、後日実行するようスケジュールすることができます。レプリケート先のサイトに物理的な輸送する場合は、USB ドライブにエクスポートすることもできます。既にレプリケート先のサイトにレプリケート元の VM のバックアップがある場合は、これをレプリケーション先として使用することもできます。

上の図からわかるように、レプリカはレプリケーションに対して完全な柔軟性を提供します。ソフトウェア ベースなので、どちらのサイトにも特定のハードウェアは必要なく、完全な柔軟性と低コストが保証されます。管理者は、最新の回復ポイントの外側で追加の回復ポイントを指定することもできます。Windows Server 2012 R2 では、回復ポイントは最長 24 時間間隔で構成できます。レプリケートする内容は柔軟に選択することもできます。たとえば、VM に 4 つの仮想ディスクがあり、その 3 つにだけ重要なデータが含まれている場合、4 番目の VM をレプリケーションから除外して、帯域幅とディスク容量を節約することができます。

Hyper-V レプリカは、プライマリ仮想マシンでの書き込み操作を追跡し、これらの変更を WAN を介して効率的にレプリカサーバーへレプリケートします。

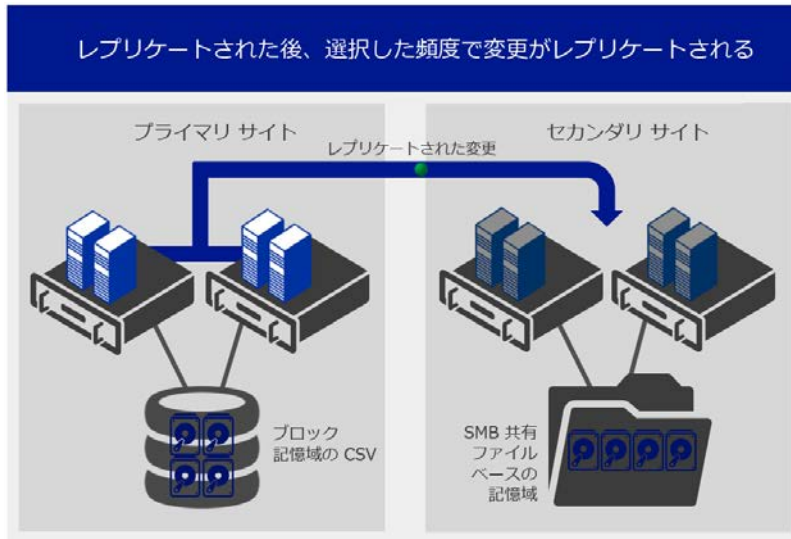


図 67 – Hyper-V レプリカ: レプリケートされた変更

2 つのサーバー間のネットワーク接続は、HTTP または HTTPS プロトコルを使用し、Windows 統合認証と証明書ベースの認証の両方をサポートします。暗号化された接続の場合は、証明書ベースの認証を選択する必要があります。Hyper-V レプリカは、Windows フェールオーバー クラスターingを密接に統合することもでき、プライマリ サーバーとレプリカサーバーでのさまざまな移行シナリオにおいて容易なレプリケーションを提供します。Hyper-V レプリカはフェールオーバークラスターingと統合されているので、ライブ マイグレーションを十分に活用して、クラスター化された環境内を移動する VM も適宜レプリケート先のサイトへレプリケートすることができます。

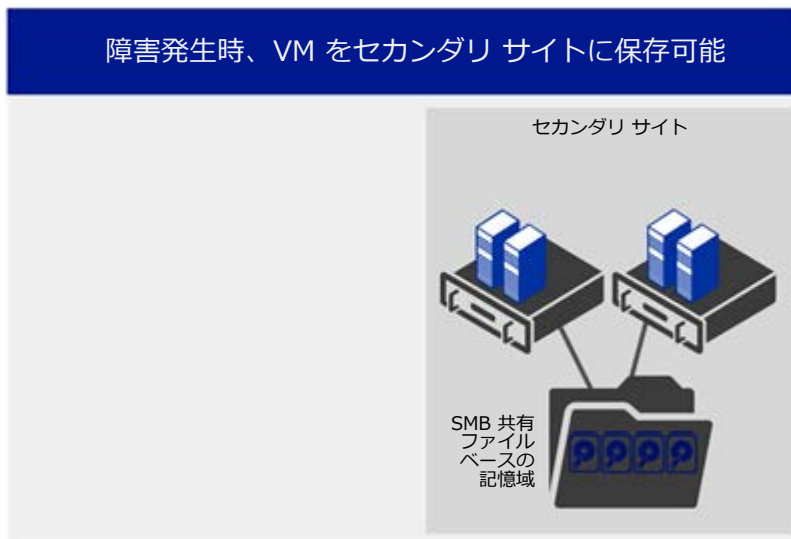


図 68 – Hyper-V レプリカ: 障害発生後に第 2 サイトで起動した VM

災害発生時、VM を第 2 サイトですばやく簡単に起動して、データの損失および主要アプリケーションとワークロードのダウンタイムを最小限に抑えることができます。

## 拡張されたレプリケーション

Windows Server 2012 では、Hyper-V レプリカは、2 つの地点の間でのみ 5 分ごとのレプリケーションが可能です。したがって、VM をサービス プロバイダーにレプリケートできますが、そこが VM をレプリケートできる最も遠い地点となります。たとえば、サービス プロバイダーは、独自の DR サイトに VM を容易にレプリケートすることができません。

Windows Server 2012 R2 Hyper-V では、レプリケーション間隔 (30 秒、5 分、または 15 分) を管理者が構成できるだけでなく、VM を第 3 の場所にレプリケーションできるようにレプリケーション機能が拡張されました。

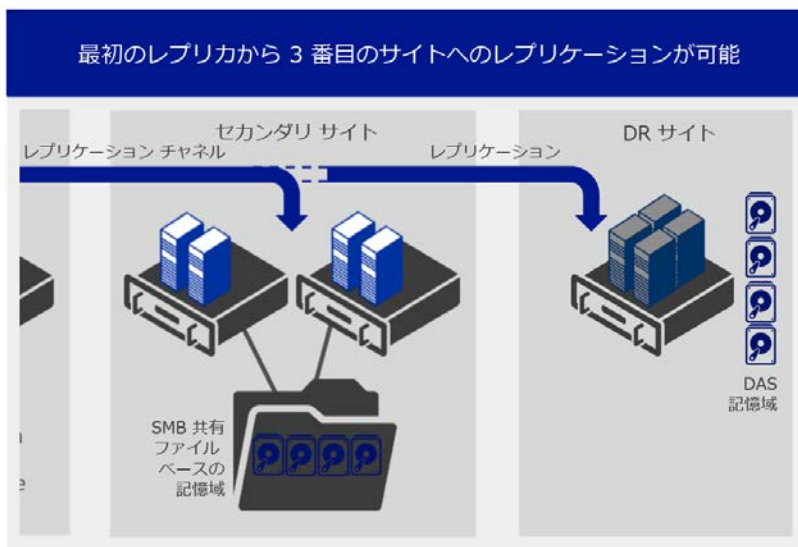


図 69 – Hyper-V レプリカ: 拡張されたレプリケーション

上の図で、以前に第 2 のサイトにレプリケートされた VM は、再び第 3 のサイトにレプリケートされ、追加レベルの回復性と安心を提供します。拡張されたレプリケーションのレプリケーション間隔は、5 分または 15 分です。プライマリからセカンダリへレプリケートされたデータは、セカンダリから第 3 のサイトへとレプリケートされるのと同じデータです。管理者は、ポート、初回レプリケーション (セカンダリから第 3)、および回復ポイントをきめ細かく制御できます。既に説明したように、これはハードウェアに依存しない完全な柔軟性を提供します。上の図では、DAS 記憶域を使用して低コストの DR へのレプリケートが行われています。

これは、Hyper-V マネージャー、PowerShell、または SCVMM を通じて構成できます。

### 要件

Hyper-V レプリカおよび拡張されたレプリケーションを利用するには、以下が必要です。

- 3 つ以上の Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2

### 重要な理由

Hyper-V レプリカは、レプリケーションのための強力なエンジンで、使いやすさ、簡単な構成、および VM レプリケーションに対するハードウェアに依存しないアプローチにより、大規模および小規模の企業に適用可能です。同期に近いレベルの 30 秒から最大の 15 分までレプリケーション時間の柔軟性が向上したことなど、

レプリカでの新たな改善によって特定の要件に柔軟に対応することが可能です。さらに、簡単な GUI または PowerShell を通じて管理できることは、自社に適した方法でレプリカを柔軟に設定、構成、および管理できることを意味します。

拡張されたレプリケーションでは独自のサイト間だけでなく、第 3 のサイトへもレプリケートすることが可能なので、2 つのデータセンターで壊滅的な障害が発生した場合でも第 3 の場所にあるデータから VM を迅速かつ効率的に復元できます。この組み込みのレプリケーション機能は、あらゆる形態および規模の組織において導入に関するコスト面の障壁を取り除きます。

## Windows Azure Hyper-V Recovery Manager

Hyper-V レプリカは、VM をサイトからサイト（そして別のサイト）へレプリケートするためのレプリケーション エンジンで、通常、Hyper-V マネージャー、PowerShell、または VMM を使用して構成されます。小規模の環境では、VM 単位でレプリカをすばやく構成でき、このレプリケーション環境のシンプルで効率的な管理を維持できます。環境が拡大し、複雑さが増すにつれ、Hyper-V レプリカの構成および管理を簡素化するには PowerShell または System Center Orchestrator などの自動化ツールが必要になります。これらのツールを使用すると、サイトからサイトへレプリケートされた VM のフェールオーバーを自動化できます。

Windows Azure Hyper-V Recovery Manager では、別の方法が提供されます。

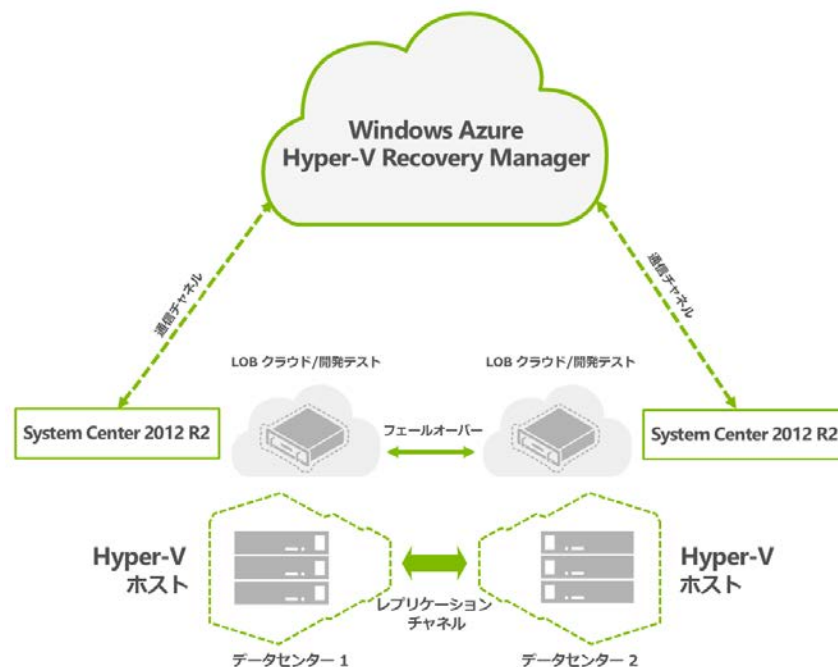


図 70 - Windows Azure Hyper-V Recovery Manager

Windows Azure Hyper-V Recovery Manager を使用すると、System Center が管理するプライベート クラウドのレプリケーションと回復を第 2 の場所で連携させて、重要なサービスを保護することができます。

System Center Virtual Machine Manager プライベート クラウドは、第 2 の場所でそれらを構成する仮想マシンのレプリケーションを自動化することで保護できます。各 VM の継続的な非同期レプリケーションは Hyper-V レプリカによって提供され、Windows Azure Hyper-V Recovery Manager によって監視および調整されます。このレプリケーションは Windows Azure へのレプリケーションではありません。レプリケーションは、レプリケート元とレプリケート先のサイト間にのみ存在します。Windows Azure Hyper-V Recovery Manager は、正しくフェールオーバーするために、VM のメタデータのみを把握します。

このサービスは、プライマリ データセンターでサイト停止が発生した場合の適切な回復を自動化するのに役立ちます。VM はオーケストレーションされた形で起動し、サービスを迅速に復元できます。特定の手動作業およびスクリプトをプロセスに組み込んで、フェールオーバー処理をきめ細かく制御することもできます。この処理は、回復のテストまたはサービスの一時的な転送に使用することもできます。

## 要件

Windows Azure Hyper-V Recovery Manager を利用するには、以下が必要です。

- Windows Azure 回復サービス機能が有効化されている Windows Azure アカウント
- Windows Azure Recovery Services プレビューを有効にします。Windows Azure プレビュー機能を参照してください。
- System Center 2012 SP1 (Windows Server 2012 Hyper-V ホストの場合) または System Center 2012 R2 を実行し、複数の異なるデータセンター内に存在する 2 つ以上の System Center Virtual Machine Manager サーバー。
- 保護するソース VMM サーバー上で構成されている 1 つ以上のクラウド、および保護と回復のために使用する宛先 VMM サーバー上の 1 つのクラウド。
- 保護するソース クラウドにある 1 つ以上の仮想マシン。
- 保護するソース VMM サーバーで VM ネットワークが構成されていること、および宛先 VMM サーバーで対応する VM ネットワークが作成されていることを確認します。ネットワークが適切なソースおよび宛先クラウドに接続されていることを確認します。
- Hyper-V Recovery Vault にアップロードする管理証明書 (.cer および .pfx ファイル)

## 重要な理由

Hyper-V レプリカは、それ自身が MMC インターフェイスで少数の VM の容易な構成を可能にするレプリケーション エンジンです。しかし、構成およびレプリケートする VM の数が多い場合、スクリプティングを使用しないと長い時間がかかる可能性があります。さらに、フェールオーバー時、特定の VM が他の VM よりも前にフェールオーバーすることや、VM のグループをフェールオーバーすることをオーケストレーションするには、スクリプトが必要です。

**Windows Azure Hyper-V Recovery Manager を使用すると、Windows Azure を始めとするク**



クラウドで定義および制御される強力なオーケストレーション機能を Hyper-V レプリカで活用できます。このことは、回復計画をすばやく簡単に定義し、System Center Virtual Machine Manager が管理するサイトを Windows Azure Hyper-V Recovery Manager に接続して、Web ベースの Azure ポータルでサイト間のフェールオーバーを制御できることを意味します。各サイトで必要な追加インフラストラクチャへの投資や追加のサイト作成は必要ありません。

したがって、両方のサイトで複雑なアプライアンスを展開する必要なしに価値をすばやく実現して、実装コストを削減し、価値実現までの時間を短縮することができます。

# 仮想化のイノベーション

ここまで、スケーラビリティ、パフォーマンス、および密度、セキュリティとマルチテナント、柔軟性、そして高可用性と回復性を中心とする 4 つの主要領域について詳細に説明しました。Windows Server 2012 R2 は、これらのすべての領域でイノベーションを提供します。Hyper-V は主要ワークロードにとっての最適なプラットフォームとして機能し、非常に魅力的な機能を最小コストで提供します。

さらに、Windows Server 2012 R2 には、単なる仮想化を超えた機能が多く搭載されています。これらの機能は、仮想化の方法に革新をもたらし、パフォーマンス、ユーザビリティ、および柔軟性の限界を押し上げます。このホワイトペーパーの最後に、これらの主要機能のうちの 3 つについて説明します。

## 第 2 世代の VM

仮想マシンの世代は、仮想マシンに提示される仮想ハードウェアおよび機能を決定します。Windows Server 2012 R2 Hyper-V では、第 1 世代と第 2 世代の 2 つの仮想マシン世代がサポートされます。第 2 世代の仮想マシンの仮想ハードウェア モデルは簡素化されていて、BOIS ベースのファームウェアではなく、Unified Extensible Firmware Interface (UEFI) ファームウェアをサポートします。さらに、レガシ デバイスの大半は、第 2 世代の仮想マシンから削除されています。

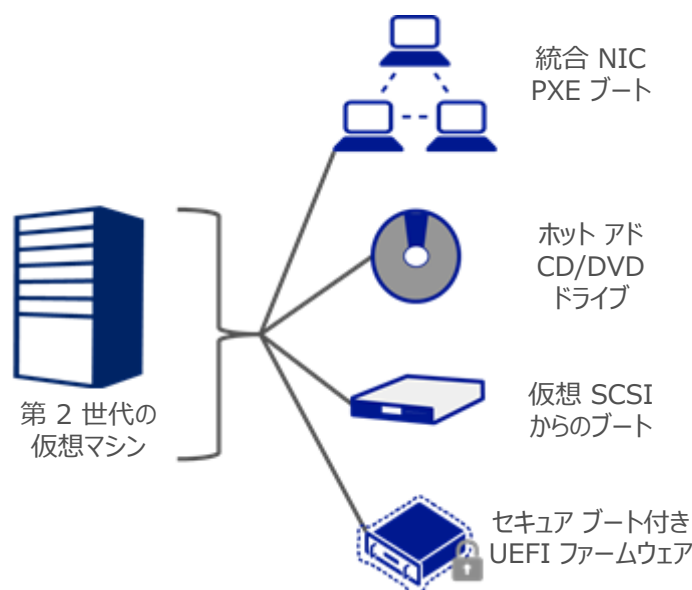


図 71 – 第 2 世代の VM での主な変更点

**第 2 世代:** 仮想マシンで以下の新機能を提供します。

- **標準ネットワーク アダプターを使用した PXE ブート:** 以前のバージョンの Hyper-V では、PXE ブートを使用してゲスト オペレーティング システムのリモート インストールを実行する場合、オペレーティング システムのインストール後に使用する標準ネットワーク アダプターに加えて、PXE ブート用のレガシ ネットワーク アダプターをインストールする必要がありました。

第 2 世代の仮想マシンは、標準ネットワーク アダプターを使用する PXE ブートをサポートするので、レガシ ネットワーク アダプターをインストールする必要はありません。レガシ ネットワーク アダプターは、第 2 世代の仮想マシンから削除されました。

- **SCSI コントローラーからのブート:** 以前のバージョンの Hyper-V では、SCSI 接続の仮想ハード ディスクまたは DVD から仮想マシンを起動することはできませんでした。第 2 世代の仮想マシンは、SCSI コントローラーに接続されている仮想ハード ディスクまたは DVD から起動できます。仮想 IDE コントローラーは、第 2 世代の仮想マシンから削除されました。
- **セキュア ブート:** セキュア ブートは、承認されていないファームウェア、オペレーティング システム、または UEFI ドライバー (オプション ROM と呼ばれます) がブート時に実行されないようにする機能です。

さらに、第 2 世代の仮想マシンの導入により、ブート時間と OS インストール時間の短縮を短縮できます。

## 要件

以下のホストおよびゲスト オペレーティング システムが第 2 世代の仮想マシンとしてサポートされます。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2
- Windows Server 2012 または Windows Server 2012 R2
- 64 ビット バージョンの Windows 8 または Windows 8.1

## 重要な理由

第 2 世代の VM は、主要ワークロード用の高度な仮想マシン ハードウェア プラットフォームを提供します。使用できるのは最新のゲスト オペレーティング システムですが、ゲスト内でエミュレートされたドライバーへの依存が取り除かれるので仮想マシンがよりセキュアになります。第 2 世代の VM を使用する場合、PXE ブート シナリオなどでパフォーマンスの柔軟性を高めることができるので、OS インストール時間およびブート時間が短縮されます。

## 拡張されたセッション モード

Hyper-V を管理するときのユーザー エクスペリエンスを高めるために、Hyper-V および仮想マシン接続ツールは、仮想マシン セッションへのローカル リソースのリダイレクトをサポートするようになりました。この機能は、リモート デスクトップ接続セッションの場合と同様の種類の仮想マシンへのデバイス リダイレクトを提供します。

以前のバージョンの Hyper-V では、仮想マシン接続ユーティリティで提供されたのは、仮想マシン画面、キーボード、およびマウスのリダイレクト、そして限られたコピー/貼り付け機能だけでした。追加的なリダイレクト機能を得るには、仮想マシンへのリモート デスクトップ接続を開始することができましたが、これは仮想マシンへのネットワーク パスを必要とします。

Windows Server 2012 R2 の Hyper-V 以降、Hyper-V は、仮想マシン接続ツールを通じて、ローカル リソースを仮想マシン セッションにリダイレクトできるようになりました。拡張されたセッション モード 接続は、仮想マシン バス (VMBus) 経由でのリモート デスクトップ接続セッションを使用するので、仮想マシンへのネットワーク接続は不要です。

仮想マシン接続ツールを使用するとき、以下のローカル ソースをリダイレクトできます。

- 表示構成
- オーディオ
- プリンター
- クリップボード
- スマート カード
- USB デバイス
- ドライブ
- サポートされているプラグ アンド プレイ デバイス

この機能は、クライアント Hyper-V では既定で有効になっていて、Windows Server で実行されている Hyper-V では既定で無効になっています。

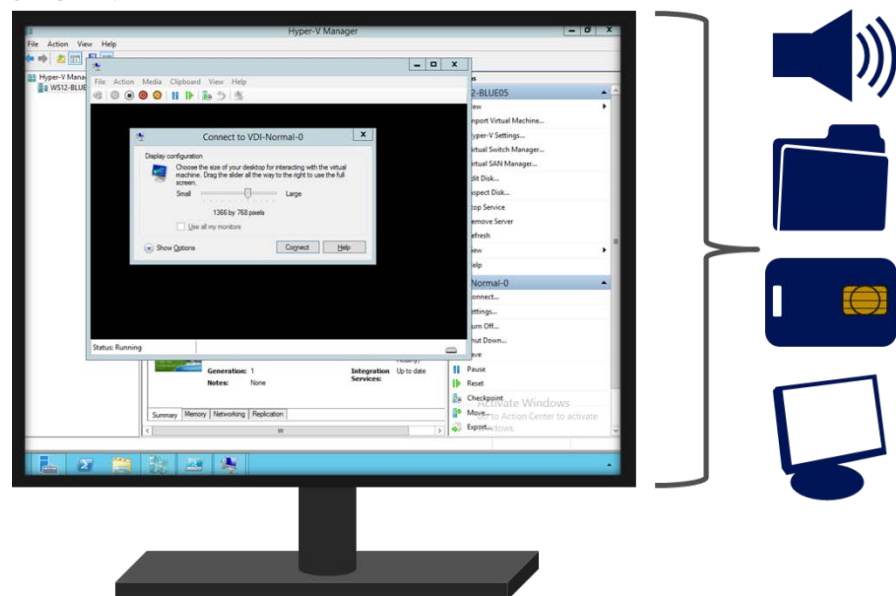


図 72 - 拡張されたセッション モード

拡張されたセッション モードは、以下のシナリオで役に立ちます。

- 仮想マシンへのネットワーク接続を必要としない仮想マシンのトラブルシューティング
- スマート カード経由での仮想マシンへのログイン
- 仮想マシンからローカル プリンターへの印刷
- 開発者は、リモート デスクトップ接続を使用せずに、仮想マシンで実行している USB およびサウンド リダイレクト

## 要件

拡張されたセッション モードでは、以下のホストおよびゲスト オペレーティング システムがサポートされます。

- Windows Server 2012 R2 Hyper-V または Hyper-V Server 2012 R2

- 64 ビット バージョンの Windows 8.1

### 重要な理由

拡張されたセッション モードは、Hyper-V を管理している IT 管理者に多彩なユーザー エクスペリエンスを提供します。コピーと貼り付けから VMBus 経由での RDP まで、これらの変更により、Hyper-V をより柔軟に、短い時間で管理できるようになります。Hyper-V をサーバー環境で実行しているか、Windows 8.1 内のデスクトップ クライアントで実行しているかは関係ありません。

## 仮想マシンの自動ライセンス認証

仮想マシンの自動ライセンス認証 (AVMA) は、購入証明メカニズムとして機能し、Windows 製品が製品使用権説明書およびマイクロソフト ソフトウェア ライセンス条項に従って使用されていることを保証するのに役立ちます。

AVMA により、接続されていない環境でも、個々の仮想マシンのプロダクト キーを管理する必要なく、適切にライセンス認証された Windows サーバーに仮想マシンをインストールできます。AVMA は、仮想マシンのライセンス認証をライセンス認証済みの仮想化サーバーに結び付け、起動時に仮想マシンをライセンス認証します。また、AVMA は、仮想マシンの使用状況に関するリアルタイム レポートおよびライセンス状態に関する履歴データを提供します。レポートおよびデータの追跡は、仮想化サーバーで利用できます。



図 73 - VM の自動ライセンス認証

AVMA は、ボリューム ライセンスまたは OEM ライセンスを使用してライセンス認証された仮想化サーバーで複数の利点を提供します。

- サーバー データセンター管理者は AVMA を使用して以下を行うことができます。
- リモート場所での仮想マシンのライセンス認証
- インターネット接続の有無に関係ない仮想マシンのライセンス認証

- 仮想化されたシステムでのアクセス権限なしでの仮想化サーバーからの仮想マシンの使用状況およびライセンスの追跡

管理する必要のあるプロダクト キーや確認が必要なサーバーの貼付ステッカーはありません。仮想マシンはライセンス認証され、仮想化サーバーの配列内で移行された場合でも引き続き動作します。

サービス プロバイダー ライセンス契約 (SPLA) パートナーおよびその他のホスティング プロバイダーは、テナントとプロダクト キーを共有する必要や、テナントの仮想マシンにアクセスしてライセンス認証する必要はありません。AVMA を使用する場合、仮想マシンのライセンス認証はテナントには透過的です。ホスティング プロバイダーは、サーバー ログを使用して、ライセンス準拠を確認し、クライアントの使用履歴を追跡できます。

仮想化サーバーのレジストリ (KVP) は、ゲスト オペレーティング システムのリアルタイム追跡データを提供します。レジストリ キーは仮想マシンと共に移動するのでライセンス情報も取得できます。既定では、KVP は、以下を始めとする仮想マシンに関する情報を返します。

- 完全修飾ドメイン名
- インストールされているオペレーティング システムおよび Service Pack
- プロセッサ アーキテクチャ
- IPv4 および IPv6 ネットワーク アドレス
- RDP アドレス

## 要件

AVMA を利用するには、以下が必要です。

- Hyper-V が搭載された Windows Server 2012 R2 Datacenter ホスト。
- ゲスト仮想マシン オペレーティング システムは、Windows Server 2012 R2 Datacenter、Windows Server 2012 R2 Standard、または Windows Server 2012 R2 Essentials である必要があります。

## 重要な理由

AVMA は、ライセンス認証の管理に苦心しているサービス プロバイダーおよび接続されていない環境に大きな利点を提供します。正当にライセンス認証されたホストに対し、ゲスト OS を安全にライセンス認証できるので、VM 自体をライセンス認証のために必ずしも企業ネットワークに公開する必要がなくなります。同時に、展開する各 VM を手動でライセンス認証する必要がなくなります。そのため、ライセンスの観点からの法的準拠が保証されるだけでなく、ライセンス管理も簡素化されます。



# 結論

このホワイトペーパーでは、Windows Server 2012 R2 Hyper-V で利用可能な多くの新機能を 5 つの主要な投資領域にわたって説明しました。

**スケーラビリティ、パフォーマンス、および密度:** Hyper-V は最大かつ最強の仮想マシンを実行して、最大のワークロードの要求を処理できることを説明しました。ハードウェアの規模が拡大するにつれ、Hyper-V を使用して、最大の物理システムで最大レベルの密度を引き出し、全体的なコストを削減することができます。さらに、企業アプリケーション向けの高レベルのパフォーマンスを促進する Hyper-V とハードウェアの間の多数の統合ポイントについても説明しました。

**セキュリティおよびマルチテナント:** 仮想化されたホストに対する物理セキュリティのレベルを実現する BitLocker などのさまざまな機能に加えて、仮想化された環境内部の主要ワークロードへのアクセスを安全かつ容易に分離して制御できる Hyper-V 拡張可能スイッチに搭載されたきめ細かなネットワーク セキュリティ機能についても説明しました。

**柔軟なインフラストラクチャ:** 変化するビジネス要求に迅速かつ効率よく対応するために最新のデータセンターで俊敏性が必要とされていること、そしてその要件はライブ マイグレーションの新しいイノベーションを通じて Hyper-V で実現できることを説明しました。インフラストラクチャでワークロードを柔軟に移動できることは、非常に重要です。さらに、その具体的なニーズに基づいて、ワークロードを展開する最適な場所を選択できる必要もあります。そして、そのためにはネットワーク仮想化が重要な役割を果たします。また、Linux ベースと Windows ベースのワークロードが混在する異種インフラストラクチャにおいては、Hyper-V は、Hyper-V での Linux パフォーマンスを改善するための継続的なエンジニアリングと開発を通じて最適なプラットフォームを提供します。

**高可用性および回復性:** 仮想化に対する信頼性が高くなり、多くのミッションクリティカルなワークロードが仮想化されるにつれ、これらのワークロードの可用性を継続的に維持する重要性が大幅に高まっています。Windows Server 2012 R2 を使用してワークロードの高可用性を維持するだけでなく、障害発生時に別の地理的場所へ迅速に復元できる機能をプラットフォームに組み込むことは、現在の最新のデータセンター向けのプラットフォームを選択する際に非常に重要です。このホワイトペーパーでは、ファブリックおよびワークロード レベルの両方での特定の機能改善について説明しました。これらの機能向上により、最もミッションクリティカルなアプリケーションおよびデータの可用性を可能な限り継続的に維持することができます。

**仮想化のイノベーション:** 最後に、Hyper-V を単なる仮想化テクノロジー以上のものにする主要機能について説明しました。VM の自動ライセンス認証などの機能は、従来、VM のライセンス認証が課題となっていたサービス プロバイダーおよび接続されていない環境に対して優れた価値を提供します。さらに、第 2 世代の VM は、Hyper-V VM の新しい方向性を示すもので、仮想マシン自体を通じて、パフォーマンス、柔軟性、およびセキュリティのための新しい機能を提供します。

これらの 5 つの主要領域にわたって、多数の改善が行われています。Windows Server 2012 の革新的で堅牢なプラットフォームを基に構築された Windows Server 2012 R2 は、ミッションクリティカルなアプリケーションおよびワークロードを仮想化するために企業が求めている主要機能と共に、企業クラスの仮想化プラットフォームを競合テクノロジーの数分の 1 のコストで提供します。