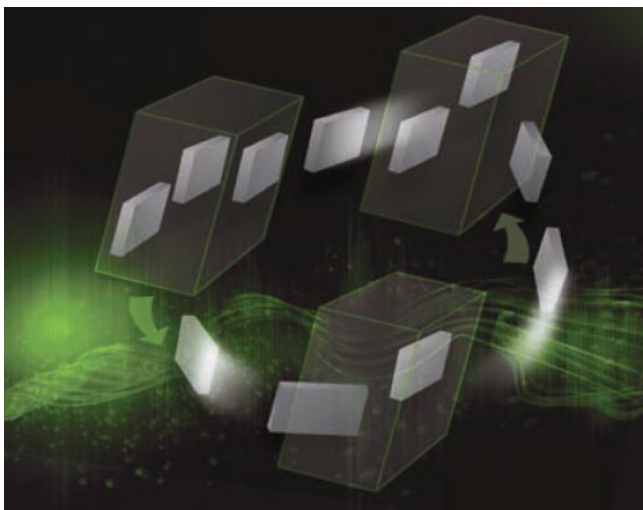


Virtual Machine Queues: Microsoft Windows Server 2008 R2 Hyper-Vの スループットを向上

Microsoft® Windows Server® 2008 R2 Hyper-V™のプラットフォームに導入された仮想マシンキュー機能は、仮想ネットワーク処理を物理アダプタハードウェアにオフロードするよう設計されている。インテル®のアダプタに対応したDell™ PowerEdge™サーバ上でこの機能を有効にさせることで、全体的なスループットが大幅に向上し、その上、ホストサーバにかかるネットワーク処理の負荷が軽減される。



アプリケーションのワークロードを仮想マシン (VM) に統合することで、サーバの使用率が大幅に向上するが、同時に利用可能なネットワーク帯域や他のリソースの取り合いなど、統合に起因する固有の問題も発生する。

そこで、Microsoft Windows Server 2008 R2のオペレーティングシステム (OS) では、そうした課題への対処に考案されたHyper-Vにいくつかの強化機能を導入した。

その1つがVMキュー (VMQ) 機能である。VMQ機能には、ベースとなるネットワークアダプタハードウェアによる対応が必要となるが、デルが行った試験の結果、この機能を有効にすることで、ネットワークI/O集約型ワークロードの全体的なスループットが大幅に向上し、さらに、ホストサーバにかかるネットワーク処理の負荷が軽減されることがわかった。

●Dell Power Solutions 2010年第1号より抜粋

●原文: Ravikanth Chaganti
Barun Chaudhary

Ravikanth Chaganti:デルのインドR&Dセンター (バンガロール) WindowsサーバOSチームの主任エンジニア。デル在籍6年、多数のMicrosoft Windows® OSのリリースに携わる。現在、Windows Serverの仮想化やOS性能などに関する業務に従事。

Barun Chaudhary:デルのインドR&Dセンター (バンガロール) WindowsサーバOSチームのソフトウェアエンジニア。現在、Windows Serverの仮想化やネットワークテクノロジーなどに関する業務に従事。アラババードにあるMotilal Nehru National Institute of Technologyで電気工学の科学技術学士を取得。

VMQのアーキテクチャおよび機能

旧バージョンのHyper-Vでは、仮想ネットワークスイッチを実装することによって、VMと物理ネットワークインターフェースカード（NIC）間のネットワークトラフィックを処理していた。このネットワークトラフィック処理には、媒体アクセス制御（MAC）アドレスや仮想LAN（VLAN）の識別子に基づくパケットの分類やフィルタリング、およびこれらのパケットの適切なVMアダプタへのルーティングが含まれていた。この処理方法では、VMの密度が高まれば、一般的にホストサーバからルーティングされるパケット数も増加するため、ホストプロセッサの使用率も高くなる。

Windows Server 2008 R2 Hyper-Vに導入されているVMQ機能は、こうした課題を克服し、ハードウェアリソースを最大限に活用できるよう考案されている。VMQ機能はシリコンレベルで実装されるが、それはハードウェア対応と

連動して機能し、（特定のアダプタに対応している場合に）複数のキューの作成や物理NIC内でのパケットのソーティングを行うためのインテリジェンスを含んでいる。この方式では、ホストプロセッサからパケットのソーティングとルーティングをオフロードする。それにより、プロセッササイクルを抑え、他のアプリケーションに割り当てることが可能となる。インテル®のギガビットイーサネット（GbE）VTクアダポートサーバアダプタ、さらには10ギガビットイーサネット（10GbE）XF SR、ATおよびDACサーバアダプタを搭載したDell PowerEdge対応プラットフォームを使用することにより、企業はこのテクノロジーを導入することができる。間もなく発売される他のインテル®の10GbEアダプタについても、同機能に対応予定である。

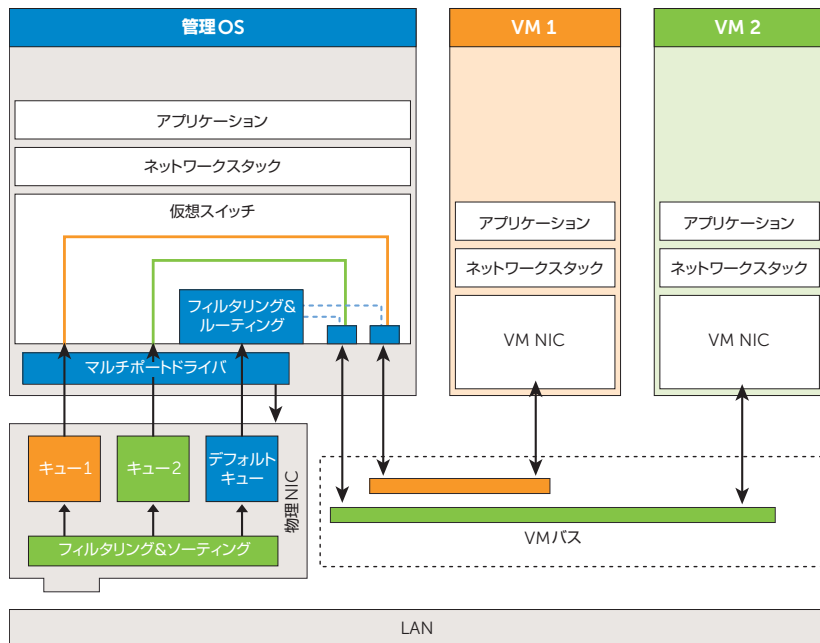


図1. Microsoft Windows Server 2008 R2 Hyper-V: VMQのアーキテクチャ

VMQの構成

デルのサーバ向けのインテル®ネットワークアダプタドライバは、デフォルトでVMQ機能を無効にしている。VMQ機能を有効にするには、IT管理者が物理ネットワークアダプタおよび仮想スイッチ上でVMQ対応を有効にする必要がある。この機能を有効にするために、ゲストOS内で設定を行う必要はない。

仮想スイッチのVMQ対応を有効にするには、まずレジストリの変更が必要となる。

- GbEアダプタについては、HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Services\VMSMP\Parametersで“BelowTenGigVmqEnabled”と追加入力し、値を1に設定することで、レジストリの変更を行える。
- 10GbEアダプタの場合は、上記と同じ箇所に“TenGigVmqEnabled”と追加入力し、値を1に設定すればよい。

次に、物理ネットワークアダプタ上でVMQ機能を有効にする手順である。Device Manager（デバイス マネージャー）ツールを立ち上げ、「Network adapters」のセクションを拡大し、VMQ機能に対応しているアダプタを右クリックして「Properties」を選択する。そのプロパティウィンドウ上で、Propertyセクションにある「Virtual Machine Queues」を選択し、Valueセクションを「Enabled」に設定する（図2参照）。次に、OKボタンをクリックし、Device Managerを閉じればよい。

以上の手順については、記載どおりに行う必要がある。

図1は、VMQのアーキテクチャを示している。VMQ機能が有効でない場合、ハイパーバイザがパケットのソーティングならびに対象となるVMへのルーティングを行う必要がある。受信されるパケットは、NICのバッファからアプリケーションのバッファへの送信中に2度コピーされることになる。VMQ機能が有効である場合、複数のキューが形成され、1つのキューが1つのVMに対応する。また、デフォルトキューもあり、マルチキャストパケット、ブロードキャストパケット、および特定のキューを持たないパケットのルーティングを行う。データパケットが物理NICに到着すると、NICはMACアドレスや対象となるVMのVLANタグに基づいてパケットをソーティングし、それらを適切な受信キューに格納する。

次に、仮想ネットワークスイッチが受信キューにあるそのパケットをVMに送信する。^{*1}

Microsoft System Center Virtual Machine Manager (SCVMM) 2008 R2を使用してHyper-VのVMを管理する際、VMのプロパティウィンドウにある「Enable Virtual Network Optimizations（仮想ネットワークの最適化を有効にする）」の選択の有無により、VMネットワークアダプタのVMQ機能が有効にも無効にもなる。このオプションは、Windows Server 2008 R2 Hyper-VのVMでSCVMM 2008 R2を使用する場合にのみ利用可能となる。

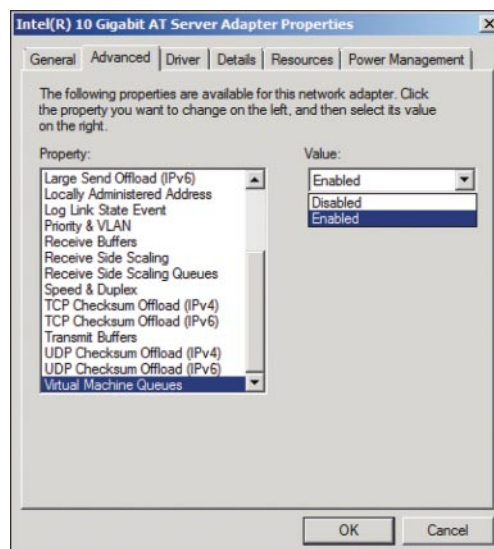


図2. Microsoft Windows Server 2008 R2のDevice Managerツールにおけるアダプタのプロパティ

仮想化ファイルサーバのネットワークスループット

Windows Server 2008 R2 Hyper-Vのホストサーバ上でVMQ機能を使用することで、ファイルサーバなどネットワークI/O集約型のワークロードに関し直接的なメリットが生じる。この強化機能を実証するため、2009年8月デルのエンジニアチームは、カスタムスクリプトを使用して、VMQ機能を有効にした場合とそうでない場合とでファイルサーバに負荷をかけるいくつかの試験を行った。それぞれの場合のネットワークスループットおよびファイルのコピー時間を測定した。

試験環境としては、ファイルサーバ1台とクライアントサーバ3台で構成した。ファイルサーバの構成は、クアッドコア インテル® Xeon® E5530 プロセッサ1基(2.4GHz、8GBのRAM)搭載のDell PowerEdge R610、インテル®の10GbE ATサーバアダプター、Broadcom®のGbE LAN on Motherboard (LOM) 4台、そしてWindows Server 2008 R2 Datacenter OSであった。3台のクライアントサーバはPowerEdge SC1435サーバで、それぞれクアッドコア AMD Opteron™ 2350 プロセッサ(2.0GHz、4GBのRAM)1基、Broadcom®のGbE LOM 2台、そして32ビット版のMicrosoft Windows Vista® Service Pack 1 (SP1)で構成されている。

カスタムスクリプトは、数キロバイトから約6GBまで様々なサイズのファイルをクライアントからVMに大量にコピーできるように設計されたものである。VMは外付けのDell PowerVault™ MD3000i Internet SCSI (iSCSI)のストレージアレイに格納され、インテル®の10GbE ATアダプタ上に構成された仮想スイッチに接続された。すなわち、クライアントはVMと同じスイッチ上でGbEポートに接続されたわけである。

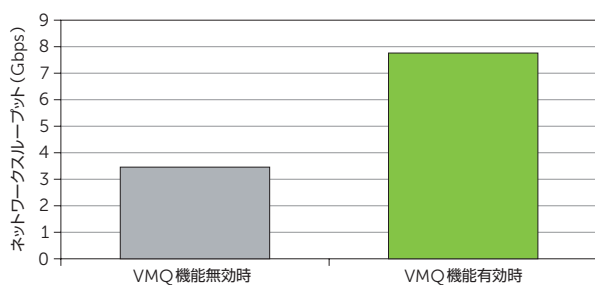


図3. VMQ機能を有効にした場合とそうでない場合のネットワークスループット

iSCSIの論理ユニット(LUN)は、Microsoft®のiSCSI Software Initiatorを使用してゲストOSに直接マッピングされる。それにより、ディスクI/Oの負荷をネットワークI/Oの負荷に変換することが可能となり、結果的に仮想ネットワーク上の負荷が増加した。

これらの試験から、VMQ機能を有効にすると、管理OSに発生するハードウェア障害の平均的回数が減少し、ホストサーバにおけるプロセッサ使用率が低下するため、全体的なネットワークスループットの向上が図れることがわかった。図3は、VMQ機能を有効にした場合とそうでない場合のネットワークスループットを示している。これによると、10GbEネットワークアダプタでVMQ機能を有効にすると、有効になっていない場合と比較し2倍以上の差が生じ、およそ7.8Gbpsにまでスループットが向上したことが見て取れる。

VMQ機能を有効にすることによって全体的なネットワークスループットが向上すると、テストクライアントとVM間におけるコピー時間も減少した。図4は、VMQ機能を有効にした場合とそうでない場合におけるテストクライアントとVM間のコピー時間を示したものである。これによると、VMQ機能を有効にすると、コピー時間が60パーセント以上減少したことがわかる。また、VMQ機能を有効にした仮想スイッチポートを使用すると、ファイルサーバのアプリケーションのスループットが向上することも実証された。

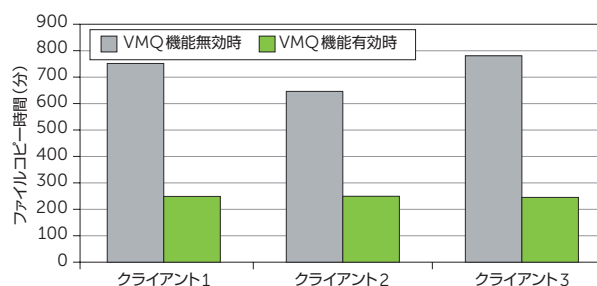


図4. VMQ機能を有効にした場合とそうでない場合のファイルのコピー時間

仮想化環境に向けた性能強化

デルのエンジニアチームは、Windows Server 2008 R2のHyper-V機能強化を実証するため、Windows Server 2008 R2の開発初期からマイクロソフトおよびインテルと提携関係にあった。このため、幅広いDell PowerEdgeサーバのモデルが、VMQ機能を有したインテル®のGbEおよび10GbEアダプタに対応している。GbEネットワークアダプタもVMQ機能に対応している。

ものの、VMQ機能のメリットを最大限に活かすため、ベストプラクティスとしては10GbEネットワークアダプタの使用を推奨している。ハードウェア対応の環境では、VMQ機能を有効にすることで、VM内で配信されるファイルサービスなどネットワークI/O集約型のワークロードのスループットを大幅に向上させることが可能であるほか、ホストサーバにおける処理の負荷を軽減させることもできる。

※1: Microsoft Hyper-VにおけるVMQ機能の詳細については、msdn.microsoft.com/en-us/library/dd568132.aspxをご覧ください。インテル®のサーバアダプタにおけるVMQ機能の詳細については、www.intel.com/network/connectivity/vtc_vmq.htmをご覧ください。



MORE
ONLINE
DELL.COM/PowerSolutions

クイックリンク

Microsoft Windows Serve 2008 RS:
DELL.COM/WindowsServer2008
www.microsoft.com/windowsserver2008

Microsoft Hyper-V:
DELL.COM/HyperV
www.microsoft.com/hyperv