

基幹系システム向け仮想化技術「Virtage」の開発 その 5

森木俊臣^(†) 對馬雄次^(†) 服部直也^(†) 大岩栄一郎^(‡)

(†)(株)日立製作所 中央研究所 (‡)(株)日立製作所 エンタープライズサーバ事業部

1. はじめに

ITシステムへの性能や信頼性向上要求の高まりで多数のサーバが利用され、運用管理コスト増加が問題となっている。本問題に対し、仮想化技術を用いたサーバ統合でのサーバ台数削減が注目を集めている。

日立では、独自の仮想化技術として Virtage を開発した。Virtage では Intel 社の IPF/Xeon に対応している。

しかし、Virtage のような仮想化技術を用いると、仮想サーバ制御処理のオーバーヘッドが必要となる。そこで、本研究では Virtage の Xeon 版に関する性能改善を実施した。本報告では、特に Xeon 版 Virtage で実施した性能改善方式について述べる。

2. 仮想化処理の概要と性能問題

2.1. 仮想化処理の概要

本節では、Xeon 版 Virtage の概要について示す。Xeon 版 Virtage では Intel 社の仮想化支援機構 VT_x を利用している。VT_x では仮想サーバに割り当てる仮想 CPU を生成する機能を有している。Virtage では、VT_x を利用して仮想サーバを実現するため、以下の処理を実施している。

(1) メモリ制御

CPU によるメモリアクセス先を適正化するために、Virtage による設定のシャドウページテーブル(SPT)を用いる様に設定。ゲストによるページテーブル(PT)変更を検出しメンテナンスする(図 1 参照)。

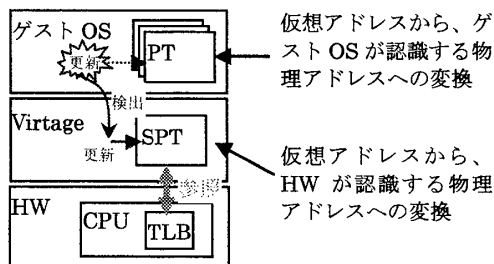


図 1: Virtage のメモリ制御概要

(2) 外部割り込み制御

外部割り込みを全て受け付けて、適切な仮想サーバに割り当てる処理や、仮想サーバ間でのスケジューリング処理を実施している。

2.2. 仮想化処理による性能問題

2.1 節で示した Virtage での処理のため、仮想サーバ上の OS/AP(以下、ゲスト)の処理が滞る時間が生じる。この時間は仮想化時のオーバーヘッドとして現在化する。

このオーバーヘッドについては、ゲストの動作特性に依存する。つまり、大量のメモリを用いる場合には(1)メモリ制御、IO ネットワークな用途であれば(2)外部割り込み制御がネックとなる。サーバ用途では一般に、大量のメモリを用いた処理や多数のプロセスを用いた処理を行うことから(1)メモリ制御の方がオーバーヘッドとして顕在化する。

そこで、以下では Virtage における(1)メモリ制御に関するオーバーヘッドへの対策方式について述べる。

3. メモリ性能対策に関する関連研究

本節では、仮想化技術におけるメモリ制御についての関連研究を示す。Intel 社は VT_x2 として拡張ページテーブル(EPT)をサポートする。これは AMD 社の Nested Page Table に類似する。

このようにメモリ制御に関する性能対策は重要であり CPU でのハードウェアによるメモリ制御支援機構も整いつつある。

本研究の対策方式では、ハードウェア支援機構がない現段階でも適用可能であることを前提として検討を進めた。

4. Virtage における性能対策・評価

4.1. メモリ仮想化高速化機構の概要

ページテーブル(PT)は通常は OS が有しており、仮想アドレスとゲスト物理アドレスの対応付けを行う構造体である。仮想化時は仮想アドレスとホスト物理アドレスを対応付ける構造体として SPT を用意する。

Xeon CPU が有する PT へのポインタ

(CR3 レジスタ)を SPT とすることでメモリ仮想化を実現している。しかし、PT は仮想アドレス毎、つまり、プロセス毎に個別に存在する。このため、プロセス切替が生じると用いる SPT も再生成する必要がある。本再生成はプロセス切替時間を長期化させるため性能問題となる。

本問題は SPT がゲストの PT に対して 1 対 1 対応していることに起因している。そこで、複数のゲスト PT に対して、一旦生成した複数の SPT を保持する方式とした。本方式では、プロセス切替等で一度生成した SPT を再利用可能とし、SPT 再生成時間の短縮を行う。

また、本方式では SPT を多面化に伴い SPT 用メモリが大きくなる。本メモリを SPT 毎に同一サイズとすると、プロセスのメモリ利用状況により SPT 用メモリに無駄が生じる。そこで、各 SPT はゲスト PT のサイズに応じて SPT 用メモリを確保する。これにより、メモリを大量消費するプロセスでは SPT を多く利用できるため SPT 生成回数の削減に有効となる。

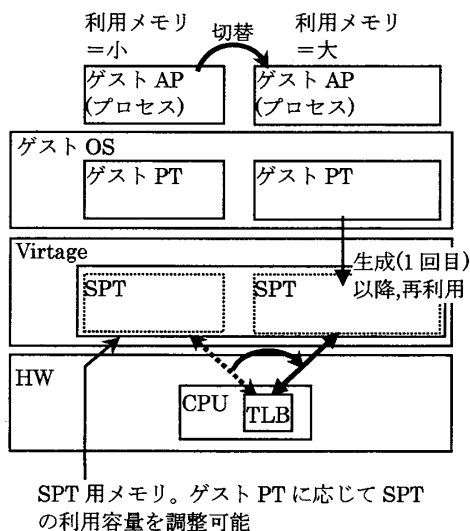


図 2 : SPT 多面化方式の概要

4.2. 多面化に向けた必要容量見積り

SPT 多面化で重要となるのが、SPT メモリの容量である。容量決定のため、Virtage ではメモリ消費量が多い SAP S/D ベンチマークを対象に見積りを行った。Windows

Server 2003 および SQL Server 2005 を稼働させた環境で実業務を模した高負荷を掛けた場合に、SAP 関連の主要なプロセスが 16 動作し合計 10GB の物理メモリを使用した。これらのプロセスが使用する PT を全てカバーするためには合計 320MB* の物理メモリが必要と試算された。本容量は、ゲストが使用した物理メモリ容量に対して高々 3% 程度と小さく、十分に実現可能と考えられる。

4.3. 多面化時の性能評価

本節では 4.2 節で示した SPT 多面化の容量での性能見積りを以下に示す。性能は物理サーバでの性能を基準とした相対値である。また参考までに SPT 多面化を実施しない場合の相対値も併せて示す。物理サーバに対するオーバヘッドを 10% 程度に抑えられ、実用に耐えうると考えられる。

表 1 : SPT 多面化時の効果

物理サーバ	SPT 多面化時	SPT 1 面(参考値)
1(基準)	0.90	0.23

5. おわりに

IT システムの運用管理コスト削減を実現するサーバ統合に向けた Xeon 版 Virtage に関する高速化方法として、メモリ制御に関する SPT 多面化方式を実装・評価した。

SAP S/D ベンチマークを対象とした評価では、物理サーバと比較して 10% 程度のオーバヘッドに抑制できる見込みを得た。

参考文献

- [1] Intel Technology Journal, Aug. 10, 2006
- [2] AMD64 Architecture Programmer's Manual, Vol 2: System Programming

* 一般的な 4KB ページを使用した場合。
 (∴ 10*16GB/(4KB*8) = 320MB)