

仮想計算機による多数の低負荷サーバの集約に関する一考察

越智 俊介† 山口 実靖†

†工学院大学大学院 工学研究科電気・電子工学専攻

1. はじめに

常時稼働型の Web アプリケーションが普及し、サーバ計算機の消費電力や設置スペースが問題となっている。1つのサーバ OS 上に複数の Web アプリケーションを実行させることも可能であるが、複数の Web アプリケーションで一つの OS を共有する場合は使用資源（ポート番号など）の衝突などの問題が発生するため、各 Web アプリケーションごとに固有の OS を有することが好ましい。

これを実現する方法として、仮想化技術によるサーバ統合がある。本研究では多数の VM を一台の物理計算機に集約することを目標とし、60以上の低負荷サーバを1台の物理計算機に集約する高集約サーバ統合環境を想定し、仮想計算機の性能の調査と、性能向上手法についての考察を行う。

2. 性能調査

起動する仮想計算機の数と、仮想計算機上で動作するサーバの性能の関係を調査した。1台の物理計算機上に1～64台の VM を稼働させ、各 VM 上で Web アプリケーションを動作させた。Web アプリケーションは Ruby on Rails2.3.8 の scaffold を用いて構築し、RDBMS からデータを読み込みその内容を返すものである。RDBMS には MySQL5.0.77 を用いた。仮想化技術には KVM を用いた。本環境にて、ホスト計算機上から VM 上の Web アプリケーションに対して繰り返し HTTP 要求を送信し Web アプリケーションのターンアラウンドタイムを測定した。リクエスト対象の仮想計算機は一様分布ランダムに選択している。VM プロセスのホスト OS におけるプロセス優先度(nice 値)は初期値 0 である。ゲスト OS のカーネルタイマーの周波数は

初期値 250Hz である。

測定結果稼働仮想計算機の数とターンアラウンドタイムの関係を図 1, 2 の "nice0-250Hz" に示す。図 1, 2 より、VM の数が増えるに従い Web アプリケーションのターンアラウンドタイムが大幅に増加していることが分かる(特に VM 数 8 以上において大きな増加)。このことから、同時に 1 台の VM にしか負荷を与えなくても、VM の数が増加するにつれて物理計算機にかかる負荷が増大し、ターンアラウンドタイムが悪化していくことが分かる。

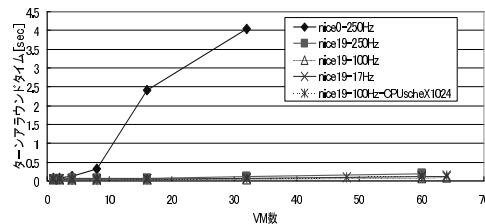


図 1: ターンアラウンドタイム

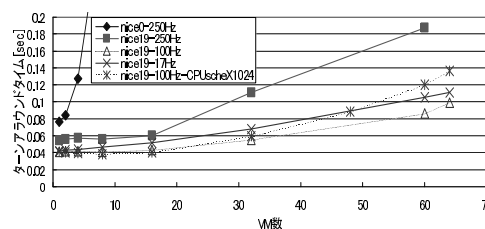


図 2: ターンアラウンドタイム(拡大図)

3. 性能改善手法

VM による負荷を軽減するために、VM プロセスのホスト OS におけるプロセス優先度(nice 値)を初期値 0 から 19 に変更し、ゲスト OS のカーネルタイマーの周波数を初期値 250Hz から 100Hz と 17Hz に変更して同様の測定を行った。測定結果を図 1, 2 の "nice19-250Hz",

"nice19-100Hz", "nice19-17Hz"に示す。

図より、ホスト OS における VM プロセスの優先度を下げることによりターンアラウンドタイムを大幅に縮小できることが分かった。また、ゲスト OS のカーネルタイマー周波数を減少させることによりターンアラウンドタイムのさらなる減少が可能であることが分かった。

本測定におけるホスト OS における CPU 使用率、Load Average、I/O 使用率、コンテキストスイッチ数を図 3～図 6 示す。図 3 よりホスト OS の CPU 使用率は少数の VM を起動した時点ではほぼ 100%に到達しており、CPU 資源が枯渇している状態にあることが分かる。また図 4 より、VM 数 60 で Load Average は 60 以上と非常に高い値に至っていることと、VM 数を 1 増やすごとに CPU 待ちのプロセスの数が 1 個増加し Load Average がほぼ 1.0 上昇していることが分かる。図 5 より I/O 使用率は 100%には至っておらず、I/O 装置にはアイドル時間が多く存在していることがわかる。図 6 より、プロセスのコンテキストスイッチ数は VM プロセスの増加に伴い増加しており、VM 数が 60 以上では毎秒 2 万回以上のコンテキストスイッチが発生していることが分かる。これはホスト OS にかかる大きな負荷の 1 個になっていると考えられる。また、カーネルタイマー周波数 100Hz と比較して、カーネルタイマー周波数 17Hz の方がやや少ないコンテキストスイッチ数に抑えられていることが分かる。カーネルタイマー周波数が 16Hz 以下ではカーネルを構築できなかった。参考のために、CPU スケジューラにおいて CPU 資源飢餓状態と判定する閾値を 1024 倍にして測定を行った。測定結果を図 1～図 6 の "nice19-100Hz-CPUscheX1024"に示す。同値を変更してもコンテキストスイッチ数やターンアラウンドタイムに大きな変化は見られなかった。

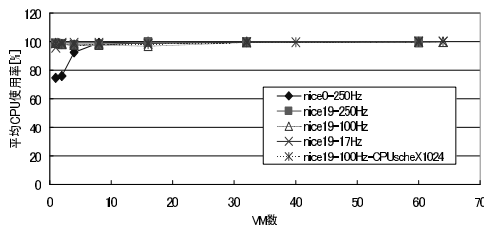


図 3 : 平均 CPU 使用率

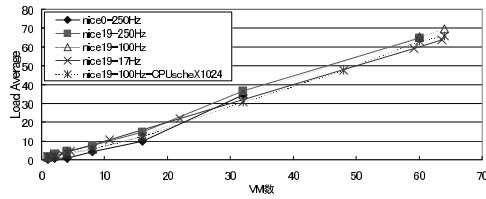


図 4 : Load Average

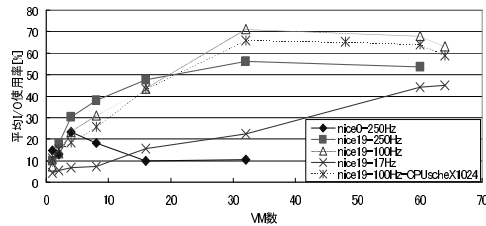


図 5 : 平均 I/O 使用率

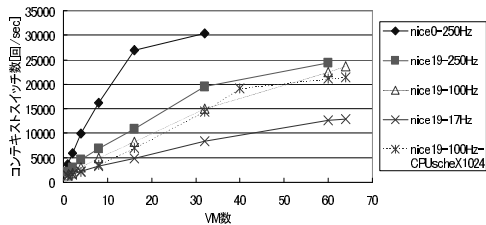


図 6 : コンテキストスイッチ数

4. おわりに

本稿では OS 仮想化技術を用いて非常に多くのサーバを 1 台の物理計算機へ集約する環境を想定し、その性能調査を行った。調査の結果多くの VM を起動することにより性能が大きく劣化してしまうが、VM プロセスのホスト OS におけるプロセス優先度(nice 値)を変更し、各 VM のカーネルタイマー周波数を下げて実行することにより性能劣化を抑制させることが可能であることが確認された。

今後は、多 VM 環境におけるアプリケーションの動作解析とボトルネック箇所の調査を行う予定である。

謝辞

本研究は科研費(22700039)の助成を受けたものである