

仮想サーバリソース制御方式の提案

A proposal of resource allocation method in a virtual server environment

西川 佳宏[†]

Yoshihiro Nishikawa

太田 崇博[†]

Takahiro Ota

[†]西日本電信電話株式会社 研究開発センタ

Research and Development Center, NTT West Corporation

1. はじめに

近年、データセンタなどのサーバ設備において、サーバ仮想化技術の導入が進んでいる。サーバ仮想化が普及してきた背景としては、サーバ数の増加またそれに伴う維持管理コストの増加が挙げられる。サーバ仮想化技術の導入により、サーバの集約が可能となり、その結果維持管理コストの削減が図られる。サーバの集約を実施する際に、1 台のサーバに複数の仮想サーバを起動させるだけでは最適な配置とはいえない。理由として、時間毎にサーバの負荷変動があるためである。負荷が低い時間帯では 1 台のサーバで複数台の仮想サーバを集約させることが可能である。一方負荷が高い時間帯では、複数台のサーバに仮想サーバを分散配置させることが必要となる。このため最適なサーバ配置を実施するためには仮想サーバを負荷変動に応じて集約/分散配置させる技術 (以下、リソース制御技術) が必要である。リソース制御技術は既に VMware DRS/DPM[1] に代表される機能によって実現されている。しかしリソース割り当てロジックの見直しによりサーバリソースの更なる有効活用が図られると考え、我々は新たなリソース制御方式を提案し、その有効性を検証する。なおリソース制御を実施する上で今回は CPU 負荷を制御対象とする。

2. 負荷モデル

本研究では対象負荷モデルとしてシンククライアントシステムを参考に考える。シンククライアントシステムとはユーザが使うコンピュータ (クライアント) に最低限の機能しか持たせず、サーバ側でアプリケーションソフトやファイルなどを実行、管理するシステムである。このシンククライアントシステムにおいて、サーバ仮想化技術はユーザ個別の環境を実現するための手段として、近年多く用いられている。被験者 5 名を対象に 20 日間シンククライアントシステムを使用した際の負荷動向を調査した。図 1 に調査結果一例として平日一日の負荷変動を示す。なお測定対象として、仮想サーバリソース使用率 (CPU 使用率) とした。以降本稿ではリソースに関して、特に明記しない限り CPU を指すものとする。同図より負荷の特性として、以下 2 点が挙げられる。

- ①負荷はベース負荷とインパルス負荷の 2 つから構成される
- ②ベース負荷は時間帯によって変動する

なおベース負荷とは、各シンククライアントシステムユーザ (各仮想サーバ) が定常状態 (仮想サーバ毎にリソース使用率

が安定する状態) となる負荷のことである。またインパルス負荷とは、突発的に仮想サーバのリソース使用率を上昇させる負荷のことである。

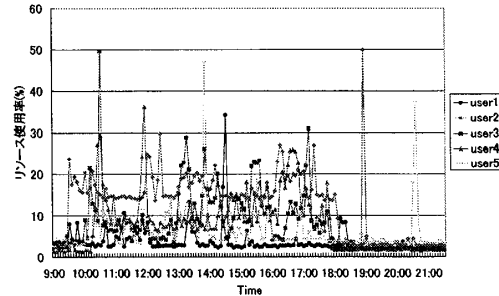


図 1 負荷モデル

3. 従来技術

3.1 従来技術の概要

複数の仮想サーバ間でリソース割り当てを自動最適化する既存の技術として、VMware DRS/DPM が挙げられる。VMware DRS/DPM でのリソース制御プロセスを以下に示す[2]。

・リソース制御プロセス

先ず必要となるリソース要求量を一定期間 (n 期間) でのリソース使用量の平均と偏差を基に予測算出する。 t 期から k 期先でのリソース予測要求量値 \hat{y}_{t+k} を以下式にて求める。

$$\hat{y}_{t+k} = \bar{y}_t + \alpha \sigma_t \quad (1)$$

なお、 n 期間での平均リソース使用量は $\bar{y}_t = \sum_{t-n}^t \frac{y_t}{n}$ 、 α は分散パラメタ ($\alpha = 2$)、 l は $[t-n, t]$ までの区間、 σ_t は $[t-n, t]$ までの y_t の分散である。次に式(1)で求められたリソース要求量を基に仮想サーバの再配置を実施し、負荷の平準化を図る。

3.2 従来技術の課題

従来技術における課題 2 点を以下に述べる。

・仮想サーバ負荷追従性

現状、仮想サーバリソース要求量の予測は、前述通り平均値と偏差を用いて実施している。この手法は計測期間の全データを予測の材料として「等しい重み」で評価している。そのためインパルス負荷に対しては負荷への追従が困難である。図 2 に仮想サーバにインパルス負荷を与えた際のリソース要求を示す。なお本図縦軸リソース使用率は、全仮想サーバ合計の CPU 使用率を表す。本図より負荷に対して、リソース要求が追従できていないことがわかる。

・固定パラメタ設定 (柔軟性のないパラメタ)

式(1)のパラメタ α はサービスや利用用途に応じて評価しているわけではなく、一意に同じ値を使用している。筆者らはこれまでに、サービス、利用用途毎に仮想化した際のリソース要求量が異なることを発見している。そのため式(1)の固定的な評価方式では、適正リソースの要求が不十分となると考えた。

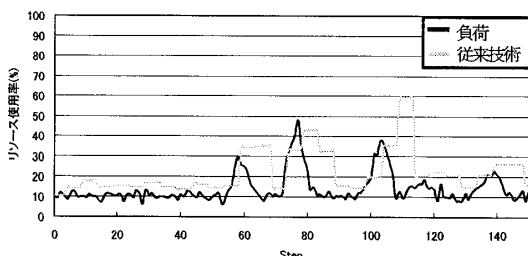


図2 負荷に対するリソース要求

4. 提案方式

4.1 課題に対する解決策

前述した課題である仮想サーバ負荷追従性を向上させるために負荷状態 (ベース負荷状態かそれ以外) に応じて、予測アルゴリズムを切り替えることが有効ではないかと考えた。ベース負荷状態においては、従来技術である式(1)にて、仮想サーバリソース要求量予測を実施することとした。一方ベース負荷以外においてはインパルス負荷にも対応できるようにするため二重指数平滑法を用いることとした。二重指数平滑法とは、昔の時点のデータを持つ情報よりも直近のデータの持つ情報を重視した予測を行うアルゴリズムである[3]。

またパラメタを一意設定するのではなく、仮想サーバの分類毎に評価パラメタを設定することとした。なお分類化の定義情報は事前にクラスタ分析やAP負荷特性によって作成する。

4.2 新たな評価式

新たな評価式として、 t 期から k 期先でのリソース予測要求量 \hat{y}_{t+k} を以下式にて求める。

$$\hat{y}_{t+k} = \begin{cases} \bar{y}_t + \alpha_i \sigma & (|a| \leq \gamma_i) \\ \hat{a}_1(t) + \hat{a}_2(t) \times k & (|a| > \gamma_i) \end{cases} \quad (2)$$

なお i は各仮想サーバ群、 a は負荷の一定期間での変動量、 γ_i は要求量予測式の切り替えパラメタとした。 $\hat{a}_1(t)$ 、 $\hat{a}_2(t)$ は以下式にて求められる。なお β は重みで $0 < \beta < 1$ とした。

$$\begin{cases} \hat{a}_1(t) = \hat{a}_1(t-1) + \hat{a}_2(t-1) + (1-\beta) \times (y_t - \hat{y}_{t-1}(1)) \\ \hat{a}_2(t) = \hat{a}_2(t-1) + (1-\beta)^2 \times (y_t - \hat{y}_{t-1}(1)) \end{cases} \quad (4)$$

なお初期値は、 $\hat{a}_1(2) = y_2$ 、 $\hat{a}_2(2) = y_2 - y_1$ とする。

5. 提案方式の評価

図3は、従来技術と提案方式を用いて、仮想サーバリソース制御をそれぞれ評価した結果である。検証は、物理サーバ4台

上に、仮想サーバ6台を動作させ、2章で定義した負荷モデルを模擬した負荷を与えた。なお予測は20秒間隔で計測したデータ15点の平均(5分毎の平均)を基に実施した。また各パラメタの設定は $\alpha = 2$ 、 $\beta = 0.8$ 、 $\gamma = 10$ 、 $k = 5$ とした。同図より、従来技術に対して提案方式では、インパルス負荷に対してもリソースの割り当てが追従できていることがわかる。従来技術では特に負荷が下降する局面で明らかに追従できていなかったが、提案方式を用いることにより下降する局面においても追従していることがわかる。しかし、負荷が上昇している局面で、リソースを過大に要求しているところがあるので、この点は今後の課題としたい。

負荷とリソース要求量の誤差より適正なリソース割り当てができていのかどうかを定量的に評価した。図4は、従来技術と提案方式を用いた際の負荷と要求量の誤差の分布を表したものである。なお横軸の要求量誤差は、 $\hat{y}_t - y_t / y_t$ より求めた[4]。要求量誤差の平均は、約48%程度向上することが判明した(平均:-1.28 → -0.62)。すなわち負荷に対してより適正なリソースの割り当てができているといえる。

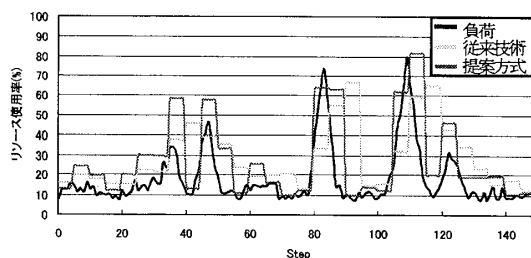


図3 負荷に対するリソース要求

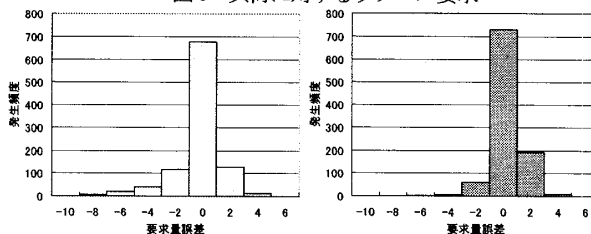


図4 要求量誤差の分布 左) 従来技術, 右) 提案方式

6. おわりに

本研究では、サーバリソースの有効活用を図るために新たな仮想サーバリソース制御方式を提案した。また、実トラヒックデータを用いて提案方式を評価し、従来技術より適正にリソースの割り当てが可能であることを示した。

今後の課題として、負荷の上昇局面におけるリソースの割り当て方式について検討していく。

参考文献

[1] ITpro:すべてわかる仮想化大全, 日経BPムック(2009)
 [2] “VMware® Distributed Power Management Concepts and Use”,
<http://www.vmware.com/files/pdf/DPMP.pdf>
 [3] 田中孝文:Rによる時系列分析入門, シーエーピー出版(2008)
 [4] S.Akioka and Y.Muraoka, “Extended Forecast of CPU and Network Load on Computational Grid”, *IEEE International Symposium(2004)*