

VM 総負荷に基づくシンクライアント VM の配置制御方式

竹村 俊徳[†] 藤若 雅也[†][†]日本電気株式会社 サービスプラットフォーム研究所

1 はじめに

情報セキュリティの確保やモビリティの観点から仮想マシン (VM) によるシンクライアントの利用が広がっている。一方、データセンタでは、VM のライブマイグレーション技術の普及によって、負荷平準化や省電力の要件に基づく VM 配置の制御技術が実用化されている [1]。

シンクライアント用途の VM は、常時稼動が前提のサーバ用途の VM と異なり、端末との接続/切断の状態が存在し、そのサービスレベル (応答性能の要件など) が時間的に変化する。本研究では、この接続状態の違いを制約とする VM 配置先の選択方式を提案する。

2 課題

VM マイグレーションを使った VM 配置制御の目的は、VM の性能確保を前提とした物理マシン (PM) 台数の最小化 (省エネ) である [2]。シンクライアント用途の VM には、端末との接続中は応答性が求められるが、切断後は VM 起動中でも応答性の要件が下がるという特徴がある。このことから、サービスレベルを確保するために、マイグレーション対象の VM を切断状態のものに限定して実行する必要がある。

3 提案方式

本研究の提案方式では、上述のシンクライアント VM の特徴を考慮し、以下の 2 点に着目して VM の配置先を選択する。

- VM 総負荷
全 VM の合計負荷
- VM の接続状態
シンクライアント VM と端末の接続状態 (接続されている状態の VM をアクティブ VM と定義)

VM 負荷の上昇時にサービスレベルを確保するためには、VM 負荷が PM のキャパシティの上限に到達する前に、非アクティブの状態に VM を再配置する。

3.1 VM 総負荷

VM 総負荷は、全 PM 上で稼動する VM の負荷の合計値で、以下の式で表される。

$$L_{\text{total}} = \sum_{\text{VM}} L_{\text{VM}}$$

図 1 に示すように、あるシンクライアント環境における VM 総負荷は、ユーザの利用開始に伴って上昇し、日中に比較的フラットな高負荷状態があり、夜間は低負荷に戻るという傾向がある。また、平日の負荷パターンは、ほぼ同様の周期性を持つことが多い。このことから VM 総負荷の傾きから VM 総負荷

A Method for Optimal Allocation of Thin Client Virtual Machines based on the Total Load of VMs

[†]NEC Corporation

フェーズを判定し、アルゴリズムの切り替えを行う。

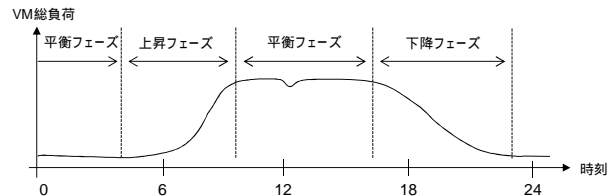


図 1 VM 総負荷とフェーズ

3.2 アクティブ化確率

VM のアクティブ化確率は、切断状態だった VM が接続状態になる確率で、以下の式で表される。

$$P_{\text{activated}}(t) = \frac{N_{\text{activated}}(t)}{N_{\text{inactive}}(t-1)}$$

ここで、 $N_{\text{activated}}(t)$ は、 $N_{\text{inactive}}(t-1)$ のうち、時刻 t にアクティブになった VM 数である。

同様に、VM が非アクティブになる確率は、

$$P_{\text{inactivated}}(t) = \frac{N_{\text{inactivated}}(t)}{N_{\text{active}}(t-1)}$$

となる。この時、時刻 $t+1$ における PM の負荷の増加量の推定値は、以下のようになる。

$$L_{\text{increase}}(t+1) = L_{\text{average}}(t) * \{N_{\text{inactive}}^{\text{PM}}(t) * P_{\text{activated}}(t) - N_{\text{active}}^{\text{PM}}(t) * P_{\text{inactivated}}(t)\}$$

PM 1 台当たりの VM 集約率が高いため、個々の VM 負荷の組み合わせではなく、確率的に負荷の変化を推定する。

3.3 VM 配置アルゴリズム

VM の総負荷とアクティブ化確率に基づいて、VM の配置先の PM を選択するアルゴリズムは、以下のようになる。本方式では、図 1 に示す VM 総負荷フェーズに基づいて、VM の配置先選択のアルゴリズムを切り替える。

【上昇フェーズ～平衡フェーズ (前半)】

1. VM 総負荷からアクティブ VM の平均負荷を算出

$$L_{\text{average}} = L_{\text{total_active}} / N_{\text{active}}$$

ただし、 $L_{\text{total_active}} = \sum_{\text{VM_active}} L_{\text{VM_active}}$

2. VM の平均負荷とアクティブ化確率から PM の負荷の増加量 L_{increase} を算出 (3.2 節)

3. PM の空きリソース量 $L_{\text{available}}$ と PM の負荷の増加量 L_{increase} の大小関係から PM 間で非アクティブ VM を移動

3-1. $L_{\text{available}} < L_{\text{increase}}$ の PM は、 N_{out} 個の非アクティブ VM を他の PM にマイグレーション

$$N_{\text{out}} = \frac{L_{\text{increase}} - L_{\text{available}}}{L_{\text{average}} * P_{\text{activated}}}$$

3-2. $L_{\text{available}} > L_{\text{increase}}$ の PM は、 N_{in} 個の非アクテ

IP VM を他の PM から受け入れ

$$N_{in} = \frac{L_{available} - L_{increase}}{L_{average} * P_{activated}}$$

【平衡フェーズ(後半)～下降フェーズ】

4. VM 総負荷の夜間の低負荷状態の平均負荷 $L_{total_{low}}$ と PM のキャパシティ C_{PM} から、夜間の VM 集約に必要な PM 数 $N_{PM_{consolidate}}$ を算出し、集約 PM グループと解放 PM グループに分離

$$N_{PM_{consolidate}} = L_{total_{low}} / C_{PM}$$

夜間は CPU が低負荷のため、メモリのキャパシティ ($C_{PM} = C_{PM}^{Memory}$) で PM の台数が決定される。

5. 負荷低下によって集約 PM に生じる空きリソース $L_{available}$ に格納可能な N_{in} 個の非アクティブ VM を解放 PM から受け入れ

6. 解放 PM グループ内でも同様に VM 集約を実行

【夜間の平衡フェーズ】

7. 低負荷状態のため、継続して下降フェーズのアルゴリズムを適用

3.4 本方式のメリット

サーバ用途の VM を配置する従来の VM 配置方式では、個々の VM 負荷の大小に基づいて PM 上での組み合わせを最適化するが、本方式では、PM 当たりの VM 集約率が高い点に着目し、アクティブ VM の割合に基づいた配置先の選択を行うことにより、数万台規模の VM に対しても効率的に配置先の PM を選択できる。また、従来の VM 配置方式は、サーバ用途の VM が対象のため、VM の接続/切断状態に応じた移動対象 VM の選択ができなかったが、本方式では、切断状態の VM だけをマイグレーション対象とすることができ、マイグレーションによるシンクライアントの操作性の劣化を回避することができる。

4 評価

本方式の有効性を確認するため、VM 集約によるサーバ停止の可能性のシミュレーション評価を行った。

4.1 評価環境

評価では、以下の環境を想定する。

VM 台数	1,000 台
PM 台数	10 台
PM 1 台当たりの平均 VM 数	100VM/1PM

PM と VM の性能は、以下のものを想定する。

	PM	VM
CPU キャパシティ	2.5 GHz x 20	1 GHz
メモリサイズ	204 GB	1 GB

図 2 に、入力負荷となる VM 総負荷のグラフを示す。VM 総負荷のピークは、PM の総キャパシティの 80% になっている。

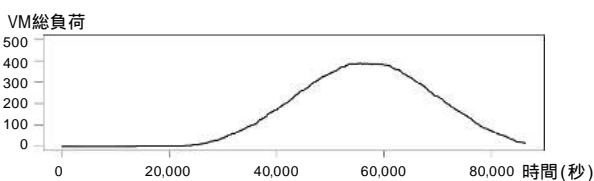


図 2 VM 総負荷(24 時間)

4.2 評価項目

本方式の効果は、VM の効率的な配置により PM の利用効率を改善できることである。この観点から、以下の 2 つの指標を用いて評価を行う。

サーバ削減率	PM 上の VM 数=0 となる延べ時間の割合
高負荷発生率	PM の CPU 使用率 90%となる延べ時間の割合

シミュレーション時間は、VM 総負荷の 1 周期に相当する 24 時間とする。

4.3 評価結果

本方式による VM 配置の効率化の効果は、以下のようになった。

サーバ削減率	30.4%
高負荷発生率	1.98%

サーバ削減率は、24 時間の平均で 30.4%となり、本方式により、サーバの電源 OFF による省電力効果が得られることを確認できた。サーバ削減率とトレードオフの関係にある高負荷発生率は 1.98%で低い値に抑えることができた。また、各 PM 上の VM 数の変化は、図 3 のようになった。

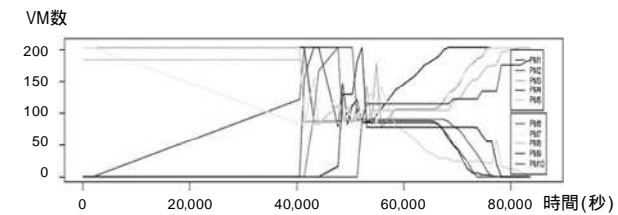


図 3 PM 上の VM 数

VM 総負荷の上昇とともに、VM マイグレーションが行われている。日中の平衡フェーズでは、全ての PM 上に VM が移動し、負荷が分散されている。逆に夜間の平衡フェーズでは、集約 PM と解放 PM に分かれていることが確認できる。

5 考察

シンクライアントの応答性確保のため、非アクティブの VM だけをマイグレーションするという制約の下でも、VM 配置先を適切に選択することによって、3.4 節のメリットが実現できることがわかった。

6 おわりに

本研究では、シンクライアント環境を想定した数万台規模の VM に対して、VM 総負荷と VM の接続状態の変化に基づく VM 配置先の選択方式を提案した。その効率的な VM 配置により、30.4%の PM を停止可能な状態にできるという効果を確認した。

今後は、VM のマイグレーション回数の抑制に取り組んでいく予定である。

参考文献

- [1]VMware Inc., VMware vSphere vMotion
- [2]Shingo Takeda, Toshinori Takemura: A Rank-based VM Consolidation Method for Power Saving in Datacenters, IPSJ Transactions on Advanced Computing Systems Vol.3, No.2, pp.138-146, 2010