

アプリケーションの特徴を用いた仮想マシン再配置手法の研究

高性能コンピューティング学講座 本多研究室

1353026 藤井 淳

主任指導教員：本多弘樹

1 はじめに

近年クラウドの普及に伴い、データセンタでは物理サーバの増加による消費電力の増加や設置スペースの不足が問題になっており、仮想化技術によるサーバ統合が行われている。サーバ統合においての問題の 1 つに仮想マシンの再配置が挙げられる。

本研究では、様々な性能の物理サーバが混在するヘテロジニアスな環境のデータセンタを想定し、仮想マシン上で動作させるアプリケーションの処理の特徴を機械学習を用いて抽出してモデルを作成することで、仮想マシンの配置先を決定する手法を検討する。その際に仮想マシンの処理速度の向上しつつ消費電力減少が見込めればマイグレーションを行い、見込めなければ何もしないことでスループット向上を目指す。

2 研究の背景

2.1 想定するデータセンタ

データセンタではハードウェアの交換や見直しが数年ごとに行われるため、様々な性能の物理サーバが混在するヘテロジニアスな環境になっていることが多い [1]。そのため本研究ではヘテロジニアスな環境のデータセンタを対象とする。

2.2 サーバ統合

1 台の物理サーバでの処理を 1 台の仮想マシンに移し、そのような複数台の仮想マシンを 1 台の物理サーバに統合する。これにより必要な物理サーバの台数を減らすことができ、消費電力・設置スペースなどのコスト削減ができる。

2.3 仮想マシン再配置の問題

サーバ統合の際の大きな問題の 1 つとして、仮想マシンをどの物理サーバに配置すれば、各物理サーバへの処理負荷を最適化できるかということが挙げられる。単純にサーバ統合を行ってしまうと、仮想マシンを 1 台のサーバに配置しすぎてしまったり、計算機資源と処理の相性などから処理速度の低下が起こる可能性がある。

2.4 関連研究

本研究ではアプリケーションの処理の特徴に着目して仮想マシンを物理サーバに配置する手法を提案するが、アプリケーションの処理の特徴に着目してアプリケーションの処理を行う物理サーバを判断する研究は存在する [2]。仮想マシンの配置とアプリケーションの配置での違いとして、仮想マシンはマイグレーションが可能であるため一度配置を決めたあとで再配置が可能である点、複数の仮想マシンを配置した場合に共有している計算機資源の取り合いが起き、競合が発生する可能性がある点で異なる。

3 提案手法

本研究ではアプリケーションの処理の特徴に着目して仮想マシンを物理サーバに配置する手法を提案する。本稿でのアプリケーションの処理の特徴とは、例えば CPU バウンドであったり、メモリアクセス、ストレージへのアクセス、ネットワーク I/O が頻繁であるといったことを示す。

実際のデータセンタでは様々な計算機資源を持つ環境が混在しているヘテロジニアスな環境である。そのため、CPU バウンドなプログラムを動作させる際には、高い FLOPS 値を示す CPU を搭載している物理サーバに配置すれば高速に処理が行えたり、I/O バウンドなプログラムを動作させる際には、どの CPU を搭載している物理サーバに配置しても処理時間が変わらない可能性がある。このようにハードウェアに構成の違いによるアプリケーション処理の特徴を、機械学習によって抽出し、それを用いて仮想マシン配置を決定する。

提案手法の流れを説明する。まず運用前に図 1 のように、各物理サーバ上で複数のベンチマークを実行し、性能やパフォーマンスカウンタやシステムコール頻度などの情報を取得し、これらのデータから機械学習を用いてアプリケーションの処理の特徴を抽出する。

運用時には図 2 のように、各物理サーバで動作している全ての仮想マシンのパフォーマンスカウンタの値を取得する。取得したパフォーマンスカウンタの値を、運用前に作ったモデルに入力することで、どの物理サーバで仮想マシンを動作すればよいかを判断する。

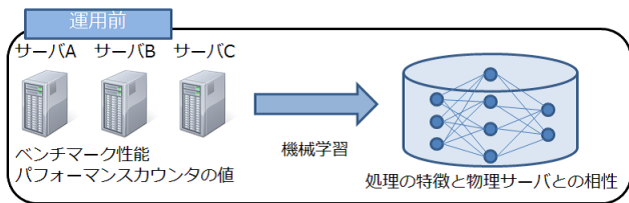


図 1: 相性モデルの作成

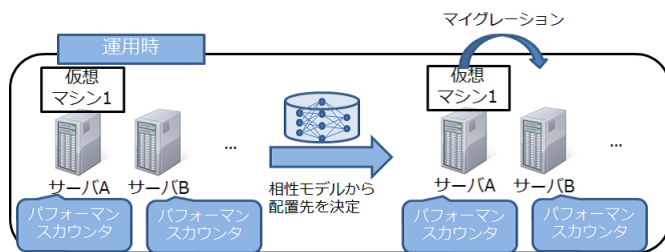


図 2: モデルを作成した再配置

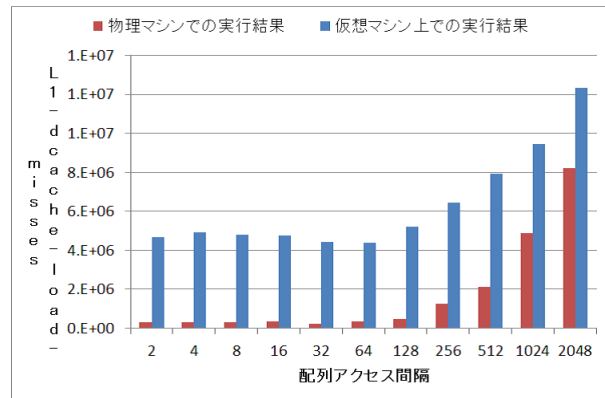


図 3: 配列アクセス間隔を変化させた際の L1 データキャッシュ回数

ある程度のデータが得られたら機械学習を用いて各物理マシンでの処理の特徴を抽出する。機械学習はオープンソースの統計解析言語である R 言語でニューラルネットワークを用いる予定である。

データが取得できるようになったあとは、配置を決めるためにパフォーマンスカウンタの値を取得する間隔を考える必要がある。短時間のデータを取得しても一時的に高い値を示したり、ノイズが入る可能性があるため、アプリケーションの特徴を示す時間以上の間隔ごとにデータを取る必要がある。

また頻繁にアプリケーションの特徴が変わる場合、マイグレーション回数が多くなり、性能が低下してしまうことも予想される。

他にも、同時に実行する仮想マシンの数と、仮想マシン上で実行するアプリケーションの組み合わせによっても計算機資源の競合によって性能が低下することも予想される。

4 進捗状況

仮想マシン上でパフォーマンスカウンタの値を正しく取得することができるかの検証を行った。配列にストライドアクセスを行い、キャッシュミス頻発させるプログラムを作成し、物理サーバ上で実行した場合と仮想マシン上で実行した場合の L1 データキャッシュミス回数を計測した。仮想マシンの設定を表 1 に示す。キャッシュミス回数はキャッシュにデータが格納しきれなくなった場合に起こるものなので、ある場合まではほぼ一定だが、突然増加してことが予想される。

結果を図 3 に示す。予想通り、アクセス間隔が 64 まではほぼ一定の値であり、それ以降は急激に増加していることから正しく値が取得出来ていると考えられる。

仮想マシンはホスト OS を通してハードウェアにアクセスするため、仮想マシン上で計測した結果のほうがキャッシュミス回数が多くなっていると思われ、アクセス間隔が 64 までの仮想マシン上で実行したキャッシュミス回数は仮想マシンを動作させる際に必要なキャッシュミス回数だと考えられる。

表 1: 仮想マシン設定

OS	コア数	メモリ容量	仮想化ソフト
Ubuntu Server 12.04 64bit	1	1GB	VMware player

5 今後の課題

まだ環境構築ができていないので、ヘテロジニアスな環境の構築を行い、パフォーマンスカウンタなどのデータを取得できる環境を整える。

6 まとめ

本研究ではヘテロジニアスな環境のデータセンタにおいて、アプリケーションの処理の特徴を抽出し、仮想マシンの配置を決める手法を検討する。これまでの取り組みとして、仮想環境においてパフォーマンスカウンタの値を正しく取得可能であるかの検証を行った。

参考文献

- [1] 首藤裕一, 波戸邦夫. パブリッククラウドの時間的性能変動および性能分布. 信学技報, vol. 113, no. 206, IN2013-60, pp. 13-18, 2013 年 9 月.
- [2] 穂園智哉, 近藤正章, 平澤将一, 本多弘樹. 機械学習により抽出されたアプリケーションの特徴を利用したタスク配置の検討. 情報処理学会研究報告. 計算機アーキテクチャ研究会報告, No. 12, pp. 1-8, mar 2011.