

複数 VM の動作を考慮した 階層構成モデルによる仮想化環境の性能予測

沼田 絵梨子[†] 木村 大地[†] 矢野尾 一男[†]

NEC 情報・ナレッジ研究所[†]

1. はじめに

近年、仮想化技術は大規模かつ重要度の高いシステムへの応用が進み[1]、仮想化されたシステムで期待通りの性能が出るかどうか、構築前に予測する重要性が高まってきている。

構築前のシステムの性能予測手法として、性能モデル（例えば、待ち行列や統計分析など）を用いたものがある。仮想化環境（仮想化されたシステム）に適用した先行研究（[2], [3]）から複数 VM が動作する仮想化環境の性能モデルの構築には、以下 2 点の課題が考えられる。第 1 の課題は、VMM(Virtual Machine Monitor)のエミュレーションや物理リソースでのリソース競合などにより、ハードウェアリソースのメカニズムが複雑となるため、これらをモデルに記述するには多くの工数が掛ることである。そして、メカニズムの複雑さが増すほど、性能予測の精度を担保したモデルの精緻化は困難になる。第 2 の課題は、仮想化環境での VM の構成変更(VM の台数や配置の変更)が容易という特徴から、これらの変更への柔軟な対応が必要ということである。

そこで本稿では、1 台の物理マシン上に複数 VM が動作する仮想化環境の性能モデルとして、性能予測の精度を担保しつつ、VM の構成変更に対応できる階層構成モデルを提案する。

2. 仮想化環境における性能予測手法の課題

性能モデルを用いた性能予測手法として、ホワイトボックス的アプローチ (WB アプローチ) とブラックボックス的アプローチ (BB アプローチ) の 2 種類が挙げられる。

WB アプローチ：システムのメカニズム(設計情報等)を模倣した性能モデルにより性能予測を行う手法である。例えば、待ち行列やペトリネットが代表的である。長所は、システムのメカニズムを明示的に記述するモデルであるため、システムが変更された場合は、変更部分のモデル

の置き換えが柔軟に行えることである。短所は、メカニズムの記述に詳しい知識が求められることである。また、システムのメカニズムは明確なものばかりではない。そのような状況で、正確に模倣できていない場合は、モデルに誤りを含む可能性がある。

BB アプローチ：システムの実測値から構築した性能モデルにより、性能予測を行う手法である。例えば、機械学習や統計分析が代表的である。長所は、システムの実測値を用いるため、メカニズムの詳細を必要としない。そのため複雑なシステムを予測する場合は、WB アプローチと比べて性能予測の精度を担保しやすい。短所は、実測した値の範囲でしか性能モデルを用いることができないことである。

以上より、仮想化環境の性能モデルを構築するには、一方の性能モデルを用いるだけでは、本稿で挙げた課題を解決することは難しい。

3. 提案手法

以上の課題を解決するため、階層構成モデルを提案する。

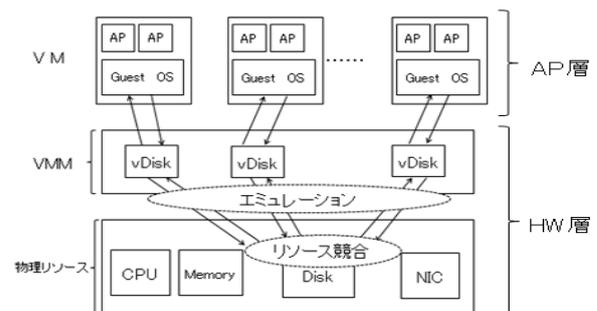


図 1. 1 台の物理マシン上で稼働する複数 VM

3-1. 階層構成モデルの定義

図 1 は仮想化環境の模式図を示している。本稿で提案する階層構成モデルとは、仮想化環境を二階層に切り分け、各層で生成した性能モデルを階層的に組み合わせたものである。本モデルでは、VM が稼働している層をアプリケーション層(AP 層)、VM と物理リソースを併せた層をハードウェア層(HW 層)として切り分ける。前者は設計情報からシステムの詳細が明確な層であり、

Layered Performance Model for Concurrent Execution of Virtual Machines

[†]Eriko Numara, Daichi Kimura, Kazuo Yanoo

[†]Knowledge Discovery Research Laboratories, NEC Corporation

後者はシステムを理解するには詳しい知識を必要とする層である。これにより、各層の課題を考慮した性能モデルの構築ができる。

具体的には、AP 層では VM 毎に WB アプローチを用いて、アプリケーション性能モデル(AP 性能モデル)を用意しておく。これにより、VM の構成変更があった場合に柔軟に対応ができる。

一方の HW 層では BB アプローチを用いて、ハードウェア層性能モデル(HW 層性能モデル)を用意しておく。この HW 層性能モデルは、ベンチマークテスト(CPU や Disk 等の各リソースに対して行う)で得た実測値から複数 VM が動作する場合の挙動を学習し、エミュレーションやリソース競合などの影響が含まれている。これにより、WB アプローチのような複雑なメカニズムをモデルに記述することなしに、性能予測の精度が担保できる。

3-2. 階層構成モデルによる性能予測手法

本モデルを用いた、性能予測手法を示す。

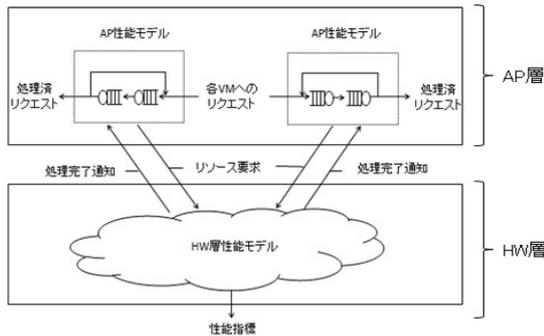


図 2. AP/HW 層性能モデルを用いた性能予測

図 2 では、本モデルによる性能予測手法の概略図を示している。図 2 の上位部分が各 VM の AP 性能モデル、下位部分が HW 層性能モデルである。本モデルは、VM と VMM・物理リソースの依存関係を、AP 性能モデルと HW 層性能モデルの依存関係として再現することにより、仮想化環境での性能を予測する。具体的な方法を以下に示す。

まず、各 AP 性能モデルは、外部から受け取ったリクエストの内容を解析し、各ソフトウェアリソースへの負荷や物理リソースの利用タイミング等をシミュレートする。これにより、各 VM での処理に必要な物理リソースへのリソース要求が計算できる。この時、各 AP 性能モデルは独立しているため、VM の台数や構成変更時には、変更部分の性能モデルのみを入れ替えればよい。

次に、HW 層性能モデルは、各 AP 性能モデルで計算したリソース要求を受け取り、これらを入力値として、性能指標 (TAT, 各リソースの使用

率) を計算する。処理が完了すると、処理完了通知を各 AP 性能モデルに返す。この時、HW 層性能モデルは複数の VM が同時に動作する状況を学習しているため、複数 VM からリソース要求が同時に入力された場合でも、リソース要求の処理を行うことができる。また、HW 層性能モデルが学習している実測値は、AP 層から受け取るリソース要求を想定した範囲でのベンチマークテストで得られた値であるため、VM の構成変更ごとに再測定する必要はない。

ここまでの流れは、各 AP 性能モデルが受け取ったリクエストの処理完了まで繰り返され、処理完了後には各 AP 性能モデルが処理済のリクエストを出力する。このように、VM と VMM・物理リソースの依存関係は、AP 性能モデルと HW 層性能モデル間での入出力値の相互的なやりとりにより再現する。最終的に、それぞれの過程で得た、各性能モデルでの入出力値や性能指標の値により、仮想化環境での性能を予測する。

これより、本モデルは、VM の構成を変更した場合、変更部分の AP 性能モデルを入れ替えるだけで、新たなシステム構成に対応できるといえる。また、複数 VM が動作する場合や VM の構成を変更した場合でも、それらに対応する複雑なメカニズムを HW 層性能モデルに記載する必要がなく、性能予測の精度が担保できる性能モデルだといえる。

4. おわりに

本稿では、1 台の物理マシン上に複数 VM が動作する仮想化環境の性能モデルとして、性能予測の精度を担保しつつ、VM の構成変更に対応できる階層構成モデルを提案した。今後、実環境において本提案手法の評価を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は、総務省の委託研究「平成 24 年度 大規模災害時に被災地の通信能力を緊急増強する技術の研究開発」として実施中である。

参考文献

[1] 富士経済グループ, ソフトウェアビジネス新市場 2012 年版, pp352-359
 [2] Febricio Benevenuto et al., "Performance Models for Virtualized Applications", ISPA 2006, vol. 4331, pp. 426-439
 [3] Lei Lu, et al., "Untangling Mixed Information to Calibrate Resource Utilization in Virtual Machines", ICAC2011, pp. 151-160