

ホワイトボックスモデルとブラックボックスモデルの組み合わせによる情報処理システムの性能評価

IT System Performance Evaluation with Combination of White-box Model and Black-box Model

木村 大地† 榎 啓† 矢野尾 一男†
Daichi Kimura Hiroshi Sakaki Kazuo Yanoo

1. はじめに

情報処理システムが基幹的なインフラとしての役割を担う場面が増えてきている。それに伴い、情報処理システムが期待通りの性能を出せるかどうかを評価することの重要性はますます高まってきている。

情報処理システムの性能を評価するモデルは、ホワイトボックス的なアプローチとブラックボックス的なアプローチの2種類がある。前者は、待ち行列に代表されるようなシステムの動作を模倣したモデルを作成することによって挙動を予測する。後者は、システムの実測値から機械学習や統計処理によってモデルを構築することで挙動を予測する。これら2つのアプローチは排他的なものではなく、組み合わせることによってより高精度な性能予測が可能になるものと期待される[1]。本稿では、これら2つのアプローチを組み合わせ、情報処理システムの性能評価の手法を提案する。

2. ホワイトボックスモデルとブラックボックスモデル

上記のように、性能評価のモデルは2種類ある。

ホワイトボックスモデル(WB)の長所は、システム動作のメカニズムが明示的にモデル化されているため、パラメータ(システムのスペック等)の変更に対するモデルの感受性(性能の変化)が明らかであることである。短所は、システムのメカニズムのモデル化には、システムに対する知識が求められることである。精度を上げるためには、システムの細部までモデル化する必要があるが、システムの細部についての情報が必ずしも明らかであるとは限らない。さらに、モデルがシステムの動作を正しく模倣していない、すなわち、ある種の間違いを含む可能性がある。

ブラックボックスモデル(BB)の長所は、実測値、すなわち、実際のシステムの入出力だけを用いてモデルを作成するため、システムの細部についての知識を必要としない。また、実際のシステムの入出力がモデルに反映されているので、WBのように間違いを原理的には含み得ない。短所は、そのモデルの作成に用いられた実測値の変化範囲内でしかモデル化できない(実際に計測していないシチュエーションは予測できない)。すなわち、用いた実測値で変化していないパラメータ(システムのスペック等)については、その変更に対する性能への感受性が分からないことを意味する。

本稿では、これら2つのアプローチを組み合わせ、性能

評価手法を提案する。具体的には、システムの各部分について、動作のメカニズムの理解が容易な部分はWB、動作が予測不能な部分はBBとして評価する。利点は、実際に運用しないと分からない部分はBBにすることで、予測の精度を担保し、そうでない部分についてはWBとすることで、その部分を他のスペックのものに置き換えた場合の影響を評価できるようにすることである。

以下では、各部分の出力(リソースの使用率等)が計測できる場合について、WEB3層システムへの適用例を述べる。図1に概略を示す。WEB、APサーバの性能(リソースの使用率)については、WBとして評価する。例えば、リクエストの到着率と1リクエストあたりのリソース使用率を用いて、待ち行列モデルなどで全体のリソース使用率を予測する。DBサーバの性能(リソースの使用率)については、BBとして評価する。例えば、リクエストの到着率などを入力変数、リソース使用率を出力変数としたスプライン関数を実測値から求め、予測に用いる。このように評価することによって、DBサーバが比較的複雑な振る舞いを示しても性能予測の精度は担保される一方で、WEB、APサーバをスペックの異なるマシンへ置き換えた場合(パラメータを変更した場合)の性能評価を可能とする。

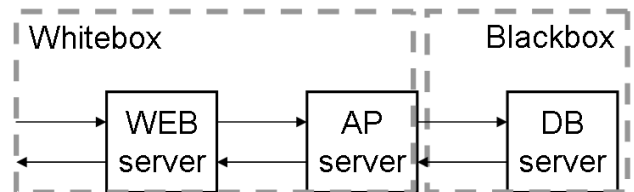


図1 WB部分とBB部分

尚、各部分の出力が計測できず、全体の出力のみが計測できる場合は、強化学習の枠組みで定義できるが、その検証は今後行う予定である。

3. 実験

実際にWEB3層システムを構築し、提案手法による性能評価の検証を行った。WB・BBで評価する部分は図1のとおりである。APサーバを異なるスペックのマシンに置き換え、性能が予測できるかを確かめた。本稿では、APサーバのCPU使用率をWBとして予測し、DBサーバのディスク使用率をBBとして予測した結果を示す。

構築したシステムでは、クライアントからリクエストを受け取ると、APサーバに実装したアプリケーションは、リクエストによって指定された回数だけ乱数を用いた計算を行った後、DBサーバから指定されたファイルをダウンロードする。指定された回数が多いほど、APサーバの

†日本電気株式会社 サービスプラットフォーム研究所
Service Platforms Research Laboratories, NEC Corporation

CPU にかかる負荷は大きくなる。図 2 に、AP サーバの CPU 負荷の違いによる DB サーバのディスク使用率を示す。

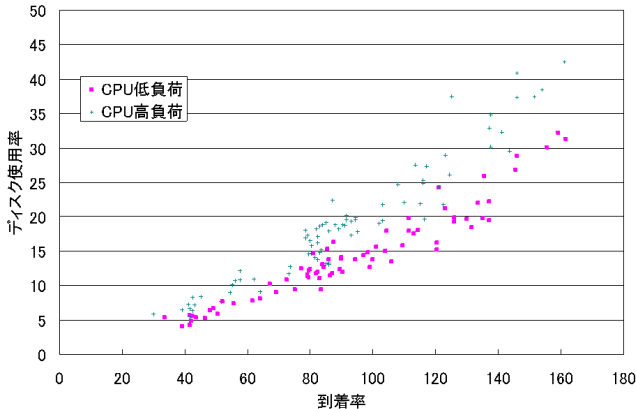


図2 APサーバのCPU負荷の違いによるDBサーバのディスク使用率

横軸はリクエストの到着率、縦軸はDBサーバのディスク使用率を表す。図2に示されるように、このシステムでは、APサーバのCPU負荷の大きさが、DBサーバのディスク使用率と相関があると考えられる。ここでは、リクエストの到着率とAPサーバのCPU使用率を入力変数、DBサーバのディスク使用率を出力変数として、(APサーバを置き換える前に)計測したデータからBBとして評価式を導いた。具体的には、上記の入出力変数についての回帰式を薄板平滑化スプライン[2]によって導いた。

APサーバを置き換えた場合のCPU使用率をWBとして予測し、実測値と比較した結果を図3に示す。具体的な予測の計算は、1リクエストあたりのCPU使用率を求め、到着率の比例式として求めた。APサーバのCPU使用率はWBとしてよく予測できていることが分かる。前記の予測したAPサーバのCPU使用率とリクエストの到着率から、上記で導いた評価式を用いてDBサーバのディスク使用率を予測した値と、実測値を比較した結果を図4に示す。到着率が120以下ではおおよそ予測できている。到着率が120以上で予測が外れてしまうのは、到着率とAPサーバのCPU使用率以外の要因がこの領域では影響を持つためと考えられる。

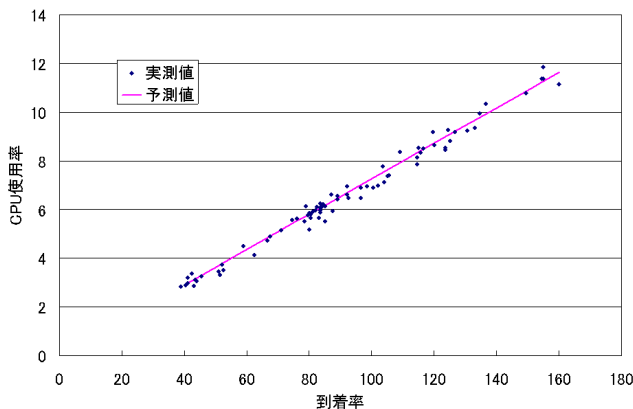


図3 APサーバのCPU使用率

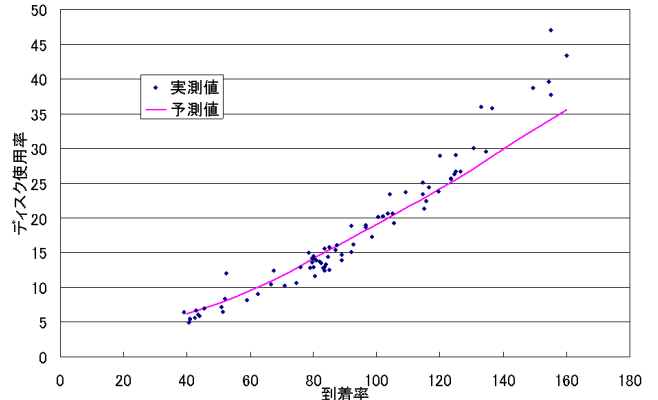


図4 DBサーバのディスク使用率

4. まとめ

本稿では、WBとBBを組み合わせた情報処理システムの性能評価方法を提案した。3節では、APサーバをスペックの異なるマシンに置き換えた場合の性能予測を行った。APサーバのCPU使用率をWBとして予測することで、マシンを置き換えても性能評価が可能となった。他方で、DBサーバのディスク使用率をBBとして予測するために、APサーバのCPU使用率を入力変数として用いた。これがDBサーバのディスク使用率に影響する真の原因かどうかは本実験では明らかにしていない。しかし、明示的にメカニズムがわからなくても、相関関係を用いて性能評価できることがBBの利点である。尚、ディスク使用率に影響する真の原因は明らかであるが、定量的な影響の度合い、すなわち、評価式が分からないという場合も有りうる。その場合の概念図を図5に示す。図1では、DBサーバとDBサーバに対する入力BBとして図示されているが、図5では、DBサーバのみがBBとして評価される。このように、何が明らかかによって、WBとBBの境界は変わる。今後は、より複雑なシステムに対して提案手法を適用し、妥当性を確認する予定である。

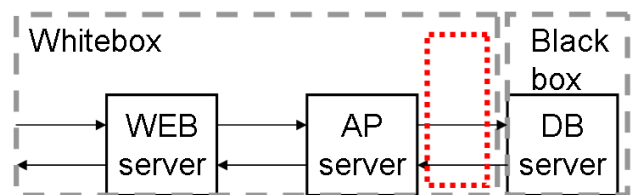


図5 WB部分とBB部分 赤い点線は図1との違いを表す

参考文献

- [1] Murray Woodside, Tao Zheng, Marin Litoiu, "Service System Resource Management Based on a Tracked Layered Performance Model," Proc. IEEE International Conference on Autonomic Computing, pp. 175-184, June 2006.
- [2] 竹澤邦夫, みんなのためのノンパラメトリック回帰, 吉岡書店, 2003.