

## 待ち行列ネットワークモデルを使用した Web3 階層システムの性能予測

原田 雅史 河村 美嗣

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

### 1. はじめに

近年、情報システムは、Java 言語の進展、アプリケーションサーバなどの各種ミドルウェア製品の普及などにより、オープンな技術や製品を自由に組み合わせて構築するようになった。そのためレガシーシステムに比べ、代表的な非機能要件である性能に関してシステム要件を満足するようにコストミナムで設計するための技術が確立できていない。

本稿では、現在の情報システムの標準的なアーキテクチャである Web3 階層システムの性能指標である応答時間やスループット値を見積るために、数理モデルとして待ち行列ネットワークの適用を検討すると共に実際にベンチマークプログラムを動作させ測定値と比較することで、モデルの有効性について報告する。

### 2. 背景と課題

システム構築の現場では、提案段階や上流設計段階で RFI や RFP に記載している性能要件を満足するための計算機リソースの概略値を導出することが求められている。これまで、次のような方法で概略値を算出している。

- ・経験と勘に基づいて決定する
- ・当該システムに類似したシステムの値を参考に決定する
- ・標準ベンチマークプログラムを作成して代表的な計算機上で性能値を実測・蓄積しておき、そのデータから算出する[3]
- ・当該システムのプロトタイプ開発を行い、性能値を実測する

しかし、上記の方法には次のような課題がある。

- ・属人性が非常に高く、根拠の説明が困難
- ・類似システムが存在しない場合、算出が困難
- ・新しい計算機が出る度にデータの採取が必要
- ・精度は高いが、プロトタイプ開発には時間と費用が発生

### 3. システム性能の推定方法

これらの課題を解決するために Web3 階層システムを対象として性能モデルを作成し、パラメータを入力することで応答時間、スループットを推定する。

#### 3. 1 Web3 階層システムの性能モデル

一般的に計算機システムの性能モデルは、待ち行列やペトリネットを使用して記述される。Web サーバ、App サーバ、DB サーバ各 1 台から構成される小規模の Web3 階層システムに対して閉鎖型待ち行列ネットワークモデルを適用したものを図 1-1 に示す。

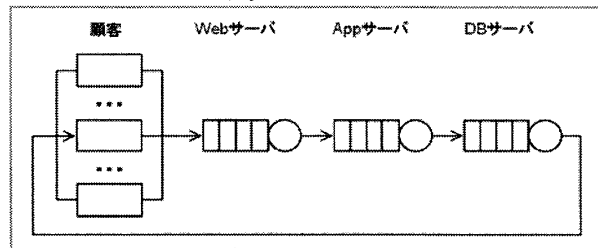


図 1-1. 性能モデル (基本型)

また、Web3 階層システムの実際の動作に近づけた閉鎖型待ち行列ネットワークモデルも幾つか提案されており、一例を図 1-2 に示す。

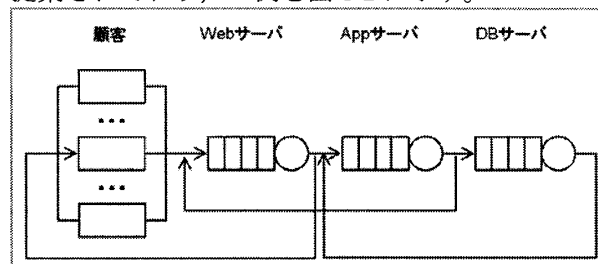


図 1-2. 性能モデル (改良型)

#### 3. 2 応答時間とスループット値の推定

閉鎖型待ち行列ネットワークモデルは、平均値解析法 (MVA) を使用することで解析的に計算可能であることが知られている。MVA のアルゴリズムを次に示す。ここで、 $N$  : 顧客数、 $K$  : 層の数、 $Z$  : 思考時間、 $X$  : スループット、 $Q_k$  : キュー長、 $R_k$  : 滞在時間、 $D_k$  : 利用率とする。

```

入力 : N, K, Z, Dk (k=1, ..., K)
出力 : X, R
// 初期化
for k=1 to K
    Qk = 0;
// 1 から全顧客数まで、一つずつ繰り返す
for n=1 to N {
    for k=1 to K
        Rk = Dk * (1 + Qk); // 滞在時間

        X =  $\frac{n}{Z + \sum_{k=1}^K R_k}$ ; // スループット
    }
    for k=1 to K
        Qk = X * Rk; // キュー長の更新
}
R =  $\sum_{k=1}^K R_k$ ; // システムの応答時間
    
```

図 2. MVA アルゴリズム

入力パラメータに次の値を使用して、応答時間とスループットを算出した。

- N : 25, 50, 75, 100, 125
- K : 3
- Z : 7.5[秒]
- D<sub>k</sub> : 各サーバの平均 CPU 使用率  
または、平均サービス時間×到着率

表 1. 推定値一覧

顧客数	25	50	75	100	125
応答時間[ms]	160	279	760	2627	5150
スループット[tps]	3.3	6.4	9.1	9.9	9.9
応答時間[ms]	133	196	371	1092	2951
スループット[tps]	3.3	6.5	9.5	11.6	12.0

#### 4. 評価

本方式によるシステム性能指標の推定精度の有効性を検証するために、実際に Web3 階層システムを構築し、その上でベンチマークプログラムを動作させ性能指標値を測定し、推定値と比較した。実測したシステムの概略構成を図 3. に示す。測定値と推定値を図 4. に示す。ベンチマークプログラムは、TPC-W<sup>1</sup>の仕様に基づいた Web3 階層アプリケーションとして実装した。

表 1. および図 4. から次のことが言える。

- 利用率 D<sub>k</sub> にサーバの CPU 使用率を使用したものは、応答時間の差異が大きい
- スループットは精度よく推定できている

<sup>1</sup> Web ベースの書籍販売システムをモデル化したベンチマークプログラムの仕様である。現在は廃版。

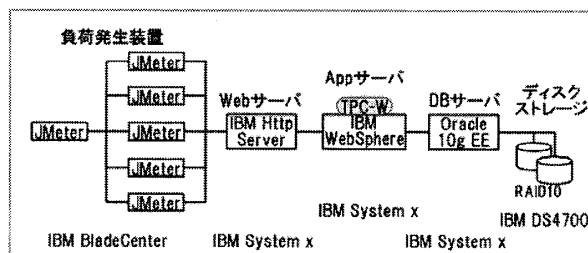


図 3. 性能測定のためのシステム構成概略図

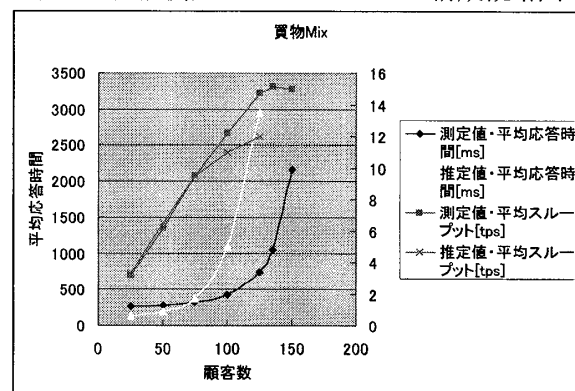


図 4. 測定値と推定値の比較

#### 5. おわりに

本稿では、Web3 階層システムの性能モデルとして待ち行列ネットワークモデルを採用し、平均値解析法を使用して応答時間やスループットを推定したが、十分な精度で推定することができなかった。原因として、以下が想定される。

- マルチコア/マルチ CPU の影響が大きい
- TPC-W は、トランザクションミックスのため平均値を使用するのではなく、トランザクション単位で推定する必要がある

今後は、アプリケーションの特性を包含した性能モデルを採用すると共に性能モデルとして物理計算機の構成要素である CPU, メモリ, ディスク装置, ネットワークまでモデル化することで推定精度の向上と汎用化を目指す所存である。

#### 参考文献

[1] Edward D. Lazowska, et al. : Quantitative System Performance, Computer System Analysis Using Queuing Network Models, Prentice-Hall (1984)

[2] 紀 一誠 : 待ち行列ネットワーク, 朝倉書店 (2002)

[3] 花崎芳彦, ほか : 性能基礎データを用いたシステム性能の推定, 電子情報通信学会, 2008 年ソサイエティ大会, B-7-8 (2008)