

IoT システムにおいて

リクエストの到着過程がサーバの処理性能に与える影響に関する検討

The Effect of Arrival Process on Server Performance in IoT Systems

日野 泰子[†]
Taiko Hino鶴 薫[†]
Kaoru Tsuru

1. はじめに

IoT (Internet of Things) システムが普及し、センサから定期的に吹き上げられるデータをサーバに集約して処理する情報システムが増加している。今後は 1 つのサーバでより大量のデータを処理する要望が高まり、上記サーバの性能予測の需要が拡大することが考えられる。情報システムの性能予測に活用される手法として、待ち行列理論が挙げられる。同理論を用いる場合、解析の容易性からリクエストの到着過程をポアソン到着と仮定することが多い。しかし、センサから定期的に吹き上げられるデータを入力とするサーバでは、実態と仮定との乖離が広がる。

本報告は、この乖離を評価し、同サーバの性能の近似方法を提案するものである。

2. 先行研究

IoT システムにおけるサーバの性能予測方法の先行例として、以下に 2 つを説明する。

参考文献[1]で提案している性能モデルは、評価対象サーバの CPU、I/O、アプリをそれぞれ M/M 型の待ち行列モデルとし、それらを直列に接続することでサーバ全体の性能モデルを構築している。ここで M/M 型とは、リクエストの到着過程をポアソン到着、処理時間の分布を指数分布と仮定し、窓口数が有限個の待ち行列モデルである。

参考文献[2]で提案している性能モデルは、評価対象のサーバに到着するリクエストの周期性を考慮している。しかし、製造ラインの製造実行層サーバ向けの手法であり、広範な IoT システムを対象としたものではない。

本報告では、センサで定期的に収集したデータを集約するサーバを対象とし、リクエスト発生の周期性を考慮したサーバの性能予測方法を検討する。

3. 対象システム

本稿で対象とするシステムを、図 1 に示す。

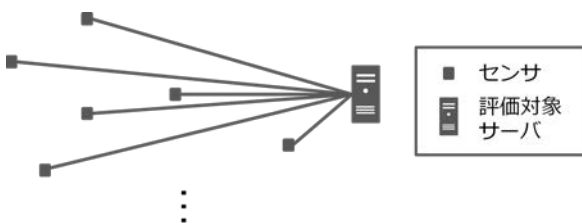


図 1 対象とするシステム概念図

ある範囲に点在した複数個のセンサが、一定周期でデータをサーバへ送信する。サーバは、センサから受信したデータをリクエストとし、処理を実行する。センサからサーバへの伝送時間は、ばらつきがあるものとする。また、サーバへリクエストが同時に届くことを避けるため、各センサは取得から送信まで一定時間間隔を置くものとする。ただし、許容される遅延が制限されているものとし、センサがデータを取得してから送信するまでの最大時間差を設定し、その時間内で一様に時間間隔をばらつかせる。

上記対象システムの条件を表すために、以下では表 1 に示すパラメータを使用する。

表 1 使用するパラメータの説明

一台のサーバに接続されるセンサ数	N 個
センサのデータ収集周期	τ_{base} ミリ秒
センサがデータを取得してから送信するまでの最大時間差	τ ミリ秒
センサからサーバへの伝送時間	ガンマ分布
形状母数	k
尺度母数	θ

4. 課題

3 章で示したシステムでは、リクエストの到着過程に一定の周期性があり、解析解が求めやすいポアソン到着を仮定した条件とは異なる。無理にポアソン到着を仮定すると、過剰にランダム性を入れることとなり、評価対象のサーバの性能を過小に見積もることとなる。

サーバの性能をより正確に予測するためには、3 章で示したシステムにおいて、サーバが受け取るリクエストの到着過程とポアソン到着とのずれを評価する必要がある。

5. 解決策

本報告では、以下の手順で各パラメータがリクエストの到着過程に与える影響を評価し、サーバの性能に与える影響を整理するために、リクエストの平均待ち時間を求める。

まず、対象システムのリクエスト到着過程をシミュレートし、リクエストの到着時間間隔の分布を算出する。次に、同じ到着頻度である指数分布と比較し差を確認すると共に、変動係数を算出する。さらに、上記の手順を、パラメータを変更して実行し、各パラメータがリクエストの到着時間間隔に与える影響を確認する。最後に、評価対象のサーバを G/G/1 とみなして、キングマンの近似式によりリクエストの平均待ち時間の近似式を求める。

なお、シミュレーションは 1,000 回繰り返し実行し、その平均を結果として採用した。

[†] 三菱電機株式会社、Mitsubishi Electric Corporation

6. 評価

6.1 対象システムにおけるリクエスト到着過程のずれ

リクエストの到着時間間隔の分布をシミュレーションによって算出した。使用したパラメータの値は、表 2 のとおりである。

表 2 パラメータの設定値

パラメータ		設定値
センサ数	N	1,000
データ収集周期	τ_{base}	60,000
最大時間差	τ	5,000
形状母数	k	5
尺度母数	θ	1, 2, 4, 8

このとき、センサからサーバへの伝送時間は、図 3 に示す分布を持つ。それぞれの平均値は $k \times \theta = 5, 10, 20, 40$ ミリ秒となり、分散は $k \times \theta^2 = 5, 20, 80, 320$ となる。

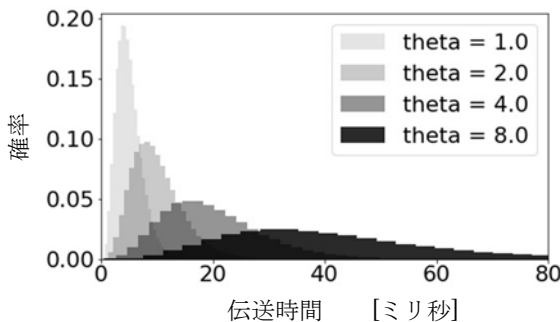


図 3 伝送時間の確率分布

シミュレーションの結果を図 4 に示す。ここで、塗りつぶした領域がリクエストの到着時間間隔の正規化したヒストグラムであり、破線が同じ平均値を持つ指数分布を表す。 θ が小さいほどずれが大きいことが確認できる。

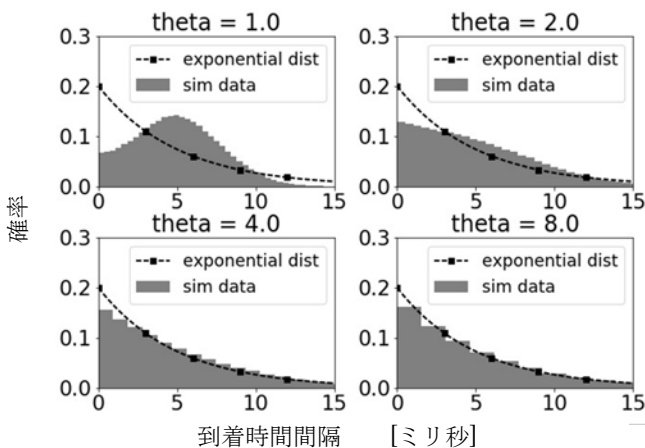


図 4 リクエストの到着時間間隔の分布

図 4 では θ の影響を示したが、N および τ もリクエストの到着時間間隔に影響する。シミュレーションの結果、 θ を 1/2 にすることが、N を 1/2、 τ を 2 倍にすることに対応していることが確認された。また、新たな指標 $N\theta/\tau$ を用意し、求めたリクエストの到着時間間隔の変動係数 c_a と比較

した結果、以下の経験式で変動係数 c_a が算出できることが確かめられた。

$$c_a \sim 1 - 4.9^{-N\theta/\tau} \quad \dots (1)$$

c_a の、シミュレーション結果と近似値を、図 5 に示す。

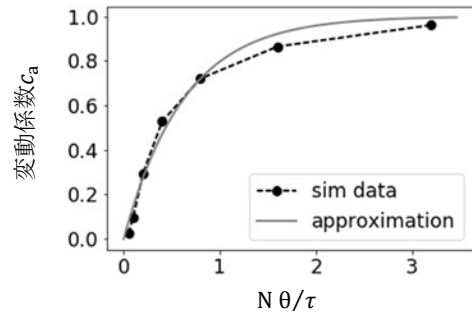


図 5 変動係数 c_a

6.2 リクエストの平均待ち時間

待ち行列モデルが G/G/1 の場合、平均待ち時間は以下の式で近似できる (キングマンの近似式)。

$$\frac{\rho}{1-\rho} \times \frac{c_a^2 + c_s^2}{2} \mu \quad \dots (2)$$

ここで、 ρ はサーバの使用率、 c_a はリクエストの到着時間間隔の分布の変動係数、 c_s はサービス時間の分布の変動係数、 μ は平均サービス時間である。式(1)および(2)より、対象の平均待ち時間の近似式は、式(3)となる。

$$\frac{\rho}{1-\rho} \times \frac{(1 - 4.9^{-N\theta/\tau})^2 + c_s^2}{2} \mu \quad \dots (3)$$

式(3)により、サービス時間分布が定まれば、利用率ごとに平均待ち時間の近似値が算出できるようになる。

さらに、ポアソン到着を仮定した場合とのずれを確認する。指数分布は $c_a = 1$ となるので、ポアソン到着を仮定した場合を基準とした平均待ち時間の比は、式(4)で表される。

$$\frac{c_a^2 + c_s^2}{1 + c_s^2} = \frac{(1 - 4.9^{-N\theta/\tau})^2 + c_s^2}{1 + c_s^2} \quad \dots (4)$$

式(4)により、ポアソン到着を仮定した場合との誤差が、 $-N\theta/\tau$ によって拡大することが確かめられた。よって、 τ が $N\theta$ に対して比較的大きい場合に、本手法が有用である。

7. おわりに

IoT システムにおける、センサから定期的に吹き上げられるデータを集約するサーバの性能を検討した。まず、リクエストの到着時間間隔の分布を求め、変動係数の経験式を求めた。次に、キングマンの近似式を用いて、対象のシステムの平均待ち時間の近似式として式(3)を求めた。今後は、実データとの比較により、式(3)の精度を検証する。

参考文献

- [1] 小杉 優等, “大規模 IoT システムにおける計算機リソースサイジングの研究”, FIT2015 (第 14 回情報科学技術フォーラム), (2015).
- [2] 高木 正博等, “周期処理システムの性能予測近似法を活用した IoT システム性能シミュレーション方式に関する研究”, 経営情報学会全国研究発表大会要旨集, 2016 年秋季全国研究発表大会 (2016).