

PaaS型WebサーバにおけるWebアクセス集約とアクセスパターンに基づいた効率化

技術研究所では、次世代クラウド研究開発の一環として「クラウド基盤におけるPaaS型Webサーバの研究」を行っています。このレポートでは、PaaS型Webサーバにおいて、高スケーラビリティと高リソース利用効率を同時に実現するための鍵となる、Webアクセスの集約とアクセスパターンに基づいたWebサーバの効率化について報告します。

3.1 Webサーバのリソース設計

一般的なWebサーバの構築では、Webサイトのリクエスト数やトラフィック量を予測し、必要とされるコンテンツの処理量を見積もった後に、それに基づいてシステムリソース量の見積もりや、サーバ構成の設計が行われています。この予測は、Webアクセスの変動を考慮して行われます。

Webアクセスの変動には、大きく2つの変動パターンがあります。1つ目は、1日単位や1週間単位等の周期的に繰り返される変動パターンです。2つ目は、アクセス集中による変動パターンです。アクセス集中の要因にはさまざまなものが考えられます。例えば、ニュースリリース、ゲームやソフトウェアのリリース、大手ニュースサイトのトップページからのリンク揭示、テレビでのURLテロップ等が挙げられます。

アクセス集中が発生すると、急激にWebアクセスが増加することがあるため、Webサーバのリソース設計ではアクセス集中によるWebアクセスの変動を考慮して、予備リソースを持たせた見積りを行っています(オーバープロビジョニング)。オーバープロビジョニングによるリソース設計においては、図-1に示すように、アクセス集中に備えて予備リソースを多く見積もれば見積もるほど、Webサーバのリソース利用率は低くなってしまいます。

データセンターサービスやクラウドサービスにおいて、Webサービスは大きな割合を占めるので、Webサーバのリソース利用率を向上させることは、データセンターやクラウド全体におけるリソース利用率の向上にもつながります。

3.2 Webアクセスの集約によるリソース利用率の向上

今回の東日本大震災のような極めて社会的な影響の大きな要因では、それによって多くのWebサイトでアクセス集中が起きました。しかし、一般的なアクセス集中は、各Webサイトで異なったタイミングで発生していると考えられます。これは、アクセス集中の発生要因が限定され、その影響範囲も限られるためです。個々のWebサイトにおけるアクセス集中の発生確率が何らかの確率分布に従ってランダムに発生するとした場合、複数のWebサイトへのアクセスを集約することで、集約したWebアクセスにおけるアクセス集中の発生確率は、サー

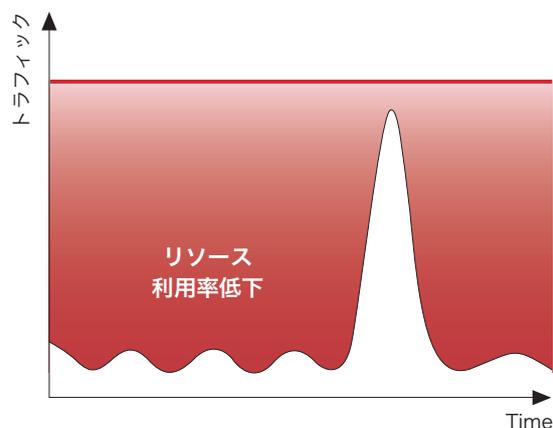


図-1 オーバープロビジョニングによるリソース利用率低下

ビスの集約数に比例して増加すると考えられます。そこで、Webアクセスの集約によってアクセス集中の発生確率が高くなることを利用すれば、Webアクセスの全体量の変動を小さくできると考えました。つまり、常にアクセス集中が起きているようなWebアクセスを故意に作り出すことで、アクセス集中によるWebアクセスの変動を隠ぺいしてしまうのです。

この考えを検証するために、アクセス集中がランダムに発生するようなWebアクセスをシミュレーションによって生成して集約し、これにより個々のアクセス集中が及ぼす影響と、アクセス全体量の変動を確認しました。その結果を図-2に示します。縦に4つ並んでいるグラフのうち、一番下のものがWebサービスの集約を行わなかったときのWebアクセス量の変動です。それに続く2～4番目のグラフは、それぞれ10個、100個、1,000個のWebサイトを集約したときのWebアクセス量の変動を表しています。

このグラフでスパイクのように尖っている部分がアクセス集中が発生している部分です。ここでは、アクセス集中によるアクセス量の変動とその影響を見やすくするために、周期的なWebアクセスの変動パターンは含めていません。

シミュレーションの結果から、個々のWebサイトにおいて散発的に発生しているアクセス集中時のWebアクセスを集約することで、全体として個々のアクセス集中によるアクセス変動の影響が相対的に小さくなるこ

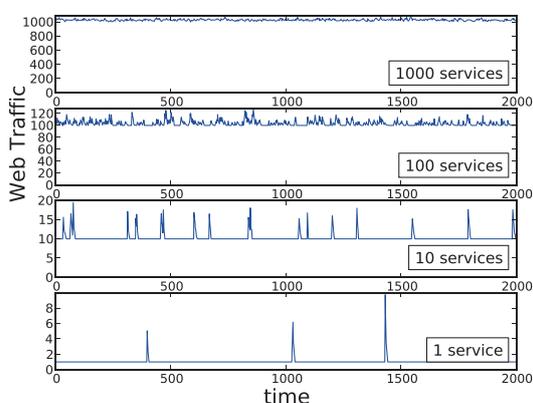


図-2 Webサイトの集約によるWebアクセス変動量の違い

とが示されました。このことから、Webアクセス集約によってWebアクセス変動の平滑化が可能になると考えられます。

では、Webアクセスを集約することには、リソース設計上どのようなメリットがあるのでしょうか。集約することでアクセス集中によるアクセス変動が隠ぺいされ平滑化されるので、集約したWebサイト全体でのリソース設計は、より変動の小さなWebアクセスに対して行うことが可能になります。これにより、図-3に示すように、それまで個々のWebサイトで保持してきた予備リソースを解放できることに加えて、全体として見積もるべき予備リソース量が少なくなると考えられます。このことから、Webサイトを集約し、それに対してリソース設計を行うことで、Webサイト全体のリソース利用率を向上させることが可能になると考えられます。

3.3 人気コンテンツのアクセス変動

集約したWebアクセスにおけるリクエストの処理効率を向上させることで、Webサーバのさらなる高効率化が可能になると考えています。その方法として、Webのアクセスパターンに適応したリクエスト処理を行うことを検討しています。

Webのアクセス集中は何らかの限定された要因によって発生するため、アクセスが集中するコンテンツは限定されます。このことから、集約したWebアクセスでは、

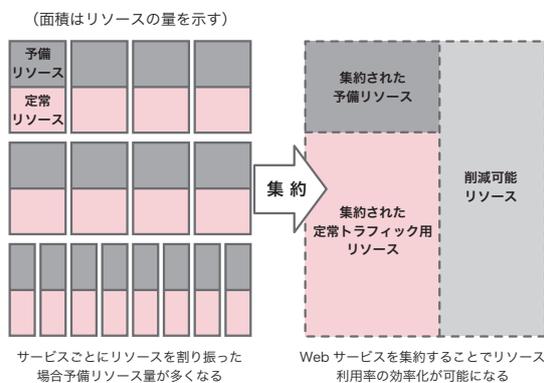


図-3 Webサイトの集約による予備リソースの減少

特定のコンテンツに対して一定の割合でアクセスが集中していることとなります。このアクセス集中が発生しているコンテンツのリクエストを効率的に処理することで、Webサーバの高効率化が可能になると考えられます。

アクセス集中が発生しているコンテンツは、常に同一のものではなく、入れ替わりが起きています。このリクエストを効率的に処理するためには、そのコンテンツのアクセス集中の度合いと、その変化を考慮する必要があります。そこで、実際のWebサーバへのトラフィックログを元に、アクセス集中が発生しているコンテンツに関する解析を行いました。ここでは、北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) のWebサーバへのトラフィックログを用いました。JAISTは、フリーソフトウェアの配布を行う国内最大規模のWebサービスを運用し、非常に多数の利用者集合を持っています。また、Firefoxの国内最大級の配布サイトでもあるため、ソフトウェアのリリースに伴ってアクセス集中が発生していることが予測できます。

図-4は、JAISTのある1ヵ月にリクエストされたコンテンツの中から、約2%にあたる約17,000コンテンツをランダムサンプリングし、各コンテンツのピークリクエスト数順に、コンテンツ数、トラフィック量、リクエスト数を累積分布 (CDF) で示したグラフです。トラフィック量とリクエスト数は、解析期間 (180日間) におけるコンテンツごとの合計になります。この図のコンテンツ数の累積分布 (緑破線) から、約90%のコンテンツはピークリクエスト数が 10^2 (100) リクエスト/日以下であることがわかります。しかし、図のトラフィック量 (赤線) とリクエスト数 (青線) の累積分布で見ると、ピークリクエ

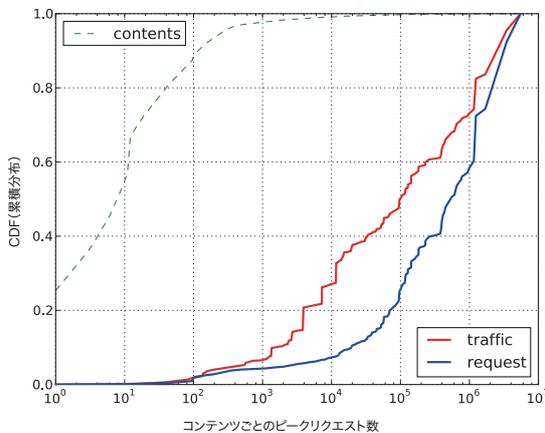


図-4 コンテンツごとのピークリクエスト数による、コンテンツ数、リクエスト数及びトラフィック量の占有率

スト数が 10^2 (100) リクエスト/日以下のコンテンツがトラフィック量及びリクエスト数に占める割合は約2%ととても小さいことがわかります。このことから、ピークリクエスト数が 10^2 (100) リクエスト/日以上コンテンツに対してアクセスが偏っているとと言えます。

この結果を踏まえて、今回は200リクエスト/日以上のリクエスト数を受けているコンテンツをアクセス集中が発生しているコンテンツとして、アクセス集中の度合いの変化を解析しました。解析期間は180日とし、期間中に各コンテンツのリクエスト数を日単位で求め、そのうちの最大値をピークリクエストの発生日としました。また、ピークリクエストから10週間後までのリクエスト数の変動を分析するために、ピークリクエストの発生日から解析期間の最終日までの期間が70日以上であるデータのみを用いることにしました。結果として、約3,000コンテンツについて条件を満たすデータが得られました。

この解析結果として、ピークリクエストと、ピークリクエストから1日経過後、7日経過後の各コンテンツにおけるリクエスト数の変化を、図-5と図-6にそれぞれ示します。これらの図では、横軸はピークリクエスト発生日でのコンテンツのリクエスト数です。緑色の線に近いほどピークリクエストからのリクエスト数の変化が小さいこととなります。また、1日経過後と7日経過後のそれぞれで、リクエスト数が0となったコンテンツは 10^1 としました。

これらの図の赤い点の広がりや、ピークリクエストからのリクエスト数の減少を示しています。1日経過後

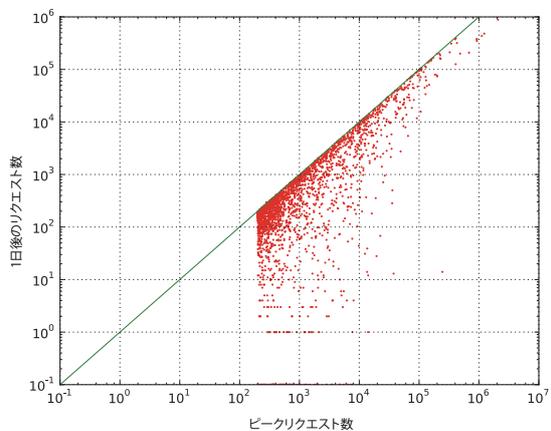


図-5 コンテンツごとのリクエスト数の変化(1日後)

と7日経過後を比較すると、7日経過後のほうが点が分散し、ピークリクエストからの経過日数が長いほど多くのコンテンツでよりリクエスト数が減少していることが分かります。同様の方法で、1週間おきに10週間分にわたるリクエスト数の変化を見比べてみました。そこでは、徐々に点の拡散は止まり、4週間以降は10週間を経っても継続してリクエストを受けているコンテンツが一定量存在することが分かりました。

また、同様のデータを用いて、各コンテンツに関するピークリクエストの発生日から10週間後までのリクエスト数の減少率を求めてみました。このリクエスト数の減少率の平均値(青線)と中央値(赤破線)を、図-7に示します。この図から、ピークリクエストの発生日から1週間程度でピーク時の約40%に減少し、その後もゆっくりと減少が続くことが分かります。平均値に比べて中央値のほうが減少率の傾きが大きく、早く0に近づいています。つまり、多くのコンテンツで平均値よりも早くリクエスト数が減少しているのは、リクエスト数の減少が緩やかなコンテンツがあり、それが平均値を押し上げていると考えられます。

今回得られた数値的な結果は、一般的なWebサービスに適用できるような共通の値ではなく、JAISTのWebサーバ特有の値である可能性が高いです。ただし、アクセスが集中しているコンテンツでのリクエスト変動

の1つのパターンと考えることはできません。アクセス集中が常時発生するようなWebアクセスの集約においては、このようにアクセス集中が発生しているコンテンツの挙動を分析することが、Webサーバにおけるリクエスト処理の効率化を考える上で重要であると考えています。

3.4 まとめ

ここまで述べてきたWebアクセスの集約と、コンテンツのアクセスパターンに適応したリクエスト処理の効率化は、現状では研究レベルの段階であり、その設計思想に基づくサービスはまだ提供できていません。しかし、今後もWeb型サービスが情報インフラで重要なポジションを占めることは変わりません。また、この規模を大きくしていくためには、クラウドコンピューティングのような大規模なリソース資源を用いて、Web型サービスの規模を拡大していくための研究や技術開発が重要になっていくと考えられます。このような研究の一環として、本研究も継続していきたいと思えます。

末筆になりますが、この度の震災でお亡くなりになられた方々のご冥福を心よりお祈り申し上げます。そして被災された方々の一日も早い復興を祈念しております。

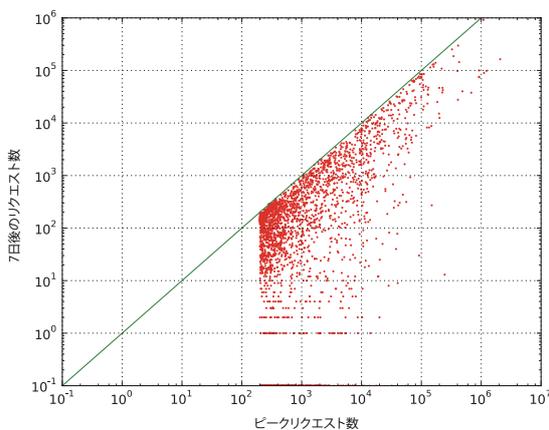


図-6 コンテンツごとのリクエスト数の変化(7日後)

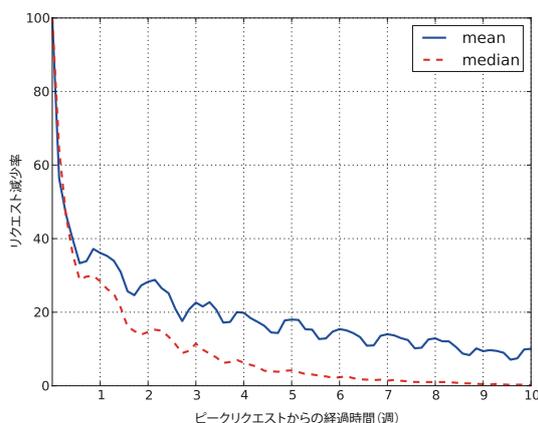


図-7 コンテンツごとのアクセス数の減少率変化

執筆者:

二宮 恵(にのみや めぐみ)

株式会社IIJインノベーションイニシアティブ研究所技術研究所研究員。クラウド型インフラにおける高性能・高リソース利用率の実現を目指したPaaS型Webサーバの研究を行っている。