

# サーバ負荷分散における OpenFlow を用いた省電力法

## Power Management of Distributed Servers with OpenFlow Switches

石井 翔<sup>†</sup>      下田 晃弘<sup>‡</sup>      後藤 滋樹<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 早稲田大学 基幹理工学研究科 情報理工学専攻

<sup>‡</sup> 早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科

### 概要

サーバ資源の消費電力の削減が課題となっている。サーバ負荷分散法において、サービスの要求に比べて余剰なサーバを待機させることで省電力を行う手法がある [1]。ただし、DNS (Domain Name System) を用いた負荷分散法では DNS キャッシュがあるので、サーバの待機を迅速に行うことが困難である。そのため簡単に省電力を実現することができない。本研究は DNS を用いた負荷分散法を改善し、省電力を実現する。具体的には、待機対象のサーバへの要求を OpenFlow の機能を用いて別のサーバへ転送して早期の待機と省電力を実現する。OpenFlow を用いた要求の転送はスイッチを集中的に管理し、柔軟に経路変更を行える点で優れている。本論文では提案手法を説明した後に、実トラフィックデータを用いてその有効性を検証した結果を報告する。

### 1 提案手法

DNS を用いたサーバ負荷分散法を改善して省電力をはかる。具体的には OpenFlow スイッチを用いてサーバ資源を集約する。サービスの要求に比べてサーバ資源が余剰なときには、余剰なサーバを待機状態にして消費電力を削減する。ここで、待機するサーバの DNS レコードを削除しても、レコードのキャッシュが残ることに留意する。キャッシュを参照する利用者は待機中のサーバへの接続要求を発生する。その要求を OpenFlow の機能で別のサーバに転送するのが本論文の特徴である。このようにして可用性を維持しつつ短時間でサーバを待機状態にすることができる。待機にはコンピュータの電力制御の規格の一つである ACPI (Advanced Configuration and Power Interface) を用いる。以下にサーバ待機時の OpenFlow の動作を詳細に説明する。

サーバ待機時の OpenFlow の動作 OpenFlow スイッチを各サーバへの経路上にそれぞれ配置する。サーバ待

機決定前に、各 OpenFlow スイッチは静的にフローテーブルを定義し、すべての通信を透過的に転送する。サーバ待機決定時には、すなわち DNS ネームサーバにおいて待機対象のサーバのレコードが削除されたときには、OpenFlow コントローラは待機対象のサーバに対応する OpenFlow スイッチのフローテーブルを削除する。すると、一時的に OpenFlow スイッチは OpenFlow コントローラに対してすべての通信の宛先を問い合わせる状態になる。ここで、OpenFlow コントローラは通信途中のフローは待機対象のサーバへ、それ以外のフローは別のサーバへ転送するように OpenFlow スイッチのフローテーブルを定義する。通信途中であることはパケットのヘッダを見て判断する。この間、OpenFlow コントローラは待機対象のサーバに対応する OpenFlow スイッチの流量を監視する。通信が無くなったとき、待機の実行が可能となる。本論文ではサーバ待機からの復帰は検討の対象としない。そのため、可用性を保つ観点から DNS キャッシュ時間分の余裕を持って復帰を行うこととする。

### 2 性能評価

実トラフィックに提案手法を適用したときの削減可能な電力量を算出する。

#### 2.1 実トラフィックの測定とサーバ稼働数設定

2011 年 12 月 14 日から 12 月 15 日にかけての 1 日間、ある大学のゲートウェイにおいてトラフィックを測定し、HTTP (Hypertext Transfer Protocol) の TCP (Transmission Control Protocol) コネクション数を測定する。測定は 5 分ごとに集計する。ここで、サーバの QoS (Quality of Service) が保てる性能指標を 5 分間で 40,000 コネクションと設定する。可用性を保ちつつ省電力を実現するとき、トラフィックに対して必要最低限のサーバ稼働数であることが理想的である。測定結果に対して理想的なサーバ稼働数を図 1 に示す。

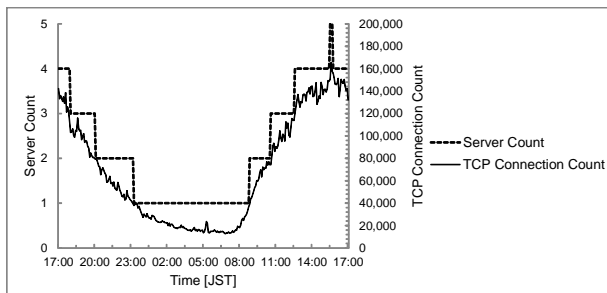


図1 実トラフィックに対するサーバ稼働数設定.

### 2.2 評価方法

まず、実機においてサーバ待機を行い、その電力と所要時間を計測する。これはサーバ待機の有効性をはかるためである。次に実機において提案手法の実証環境を構築し、サーバ待機の決定からサーバ待機の実行までの所要時間を計測する。実証環境は、5キロバイトのファイルをWebサービスとして提供する2つのサーバを配置し、これにクライアントからアクセスを行うものとする。このアクセスはDNSキャッシュサーバを利用した通信を疑似する。疑似する通信はオリジナルのDNSレコードに対して独立にDNSキャッシュを持つ10個のDNSキャッシュサーバを利用したアクセスが合計で1秒間に100回あるものとする。DNSキャッシュ時間は参考文献[4]から1~10,800秒とする。サーバ待機の決定からサーバ待機の実行までの時間が短くなるということは、早期にサーバ待機が可能となり、省電力を達成できることを意味する。最後にこれらの結果を実トラフィックに設定したサーバ稼働数に適用し、DNSラウンドロビンのみと比べて削減可能な電力量を示す。

### 2.3 評価結果

サーバ待機の電力及び所要時間の計測結果を表1に示す。これによってサーバ待機の有効性が示された。また、サーバ待機の決定からサーバ待機の実行までの所要時間を表2に示す。これをみると、提案手法を適用することで、サーバ待機の決定からサーバ待機の実行までの所要時間が小さくなっている。これは、提案手法の適用によって早期にサーバ待機が可能となることを示している。また、実トラフィックに設定したサーバ稼働数に提案手法を適用した結果を図2に示す。この結果から、1~10,800秒のDNSキャッシュ時間において提案手法による消費電力削減効果があることが示された。

表1 サーバ待機の消費電力と所要時間.

稼働時消費電力 [W]	待機時消費電力 [W]	待機による消費電力削減率	待機実行所要時間 [s]
62	1	98%	3

表2 サーバ待機の決定から待機の実行までの所要時間.

DNS キャッシュ時間 [s]	DNS ラウンドロビン みの所要時間 [s]	提案手法を適用した 所要時間 [s]
1	3	2
10	10	2
30	33	2
60	61	2
300	300	2
360	365	2
600	586	3
3,600	3,241	2
10,800	10,345	2

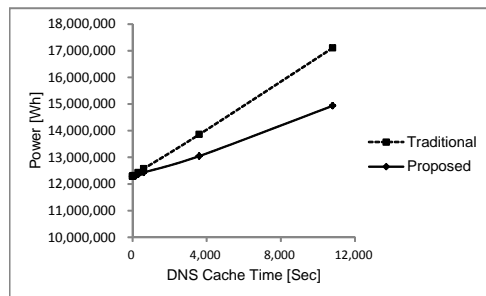


図2 実トラフィックに基づく消費電力量比較.

## 3 まとめ

本研究では、OpenFlowを用いて接続要求を転送し、早期にサーバ待機を行うことで省電力を行う手法を示した。性能評価の結果、提案手法の適用によってDNSキャッシュ時間に関わらず早期にサーバ待機が可能となり、消費電力が削減できることを示した。今後の課題はサーバ復帰時の省電力法の検討、最適なサーバ転送先選択法の検討、および別の分野への応用の検討である。

### 参考文献

- [1] Takayuki Imada, Mitsuhsa Sato, Yoshihiko Hotta, Hideaki Kimura, Power management of distributed web savers by controlling server power state and traffic prediction for QoS, IEEE International Symposium on Parallel and Distributed Processing (IPDPS), pp.1-8, April 2008.
- [2] OpenFlow - Enabling Innovation in Your Network, <http://www.openflow.org/>
- [3] The Apache HTTP Server Project, <http://httpd.apache.org/>
- [4] 民田雅人, これでいいのか TTL 短い DNS TTL のリスクを考える, JANOG 19, [http://www.janog.gr.jp/meeting/janog19/files/DNS\\_Minda.pdf](http://www.janog.gr.jp/meeting/janog19/files/DNS_Minda.pdf)