

クラウド環境における電力価格を考慮したリクエスト分散手法

坂本 卓巳^{†1} 堀江 光^{†1}
山田 浩史^{†1} 河野 健二^{†1}

1. はじめに

近年、クラウド型サービス提供基盤として、サーバ資源を提供する IaaS (Infrastructure as a Service) の普及が進んでおり、サービスの需要予測が立てにくい Web サービスの提供に広く使われている。

一方で、IaaS の運用には膨大な数のサーバが必要なため、運用時の電力コスト増加が問題になっている。Qureshi ら¹⁾ は、主要な IT 企業が年間数千万ドルを電力コストとして計上していると推測している。このコストは最終的にはクラウド利用者の料金に反映されるため、IaaS 事業者にとっても利用者にとっても不利益を生む原因になりえる。また、原子力発電からの脱却などにより、電力コストは今後も増加することが予想される。

そこで本研究では、図 1 のように時刻・地域ごとに電力価格が異なることを活かし、電力価格の安い地域で稼働するデータセンタを優先的に利用することで、電力コストを削減する手法を提案する。本手法は、事業者側が一方的に電力価格の安いデータセンタを優先して利用するのではなく、各利用者が指定したサービス品質保証ポリシーも考慮することで、利用者のニーズに合わせてパフォーマンス重視やコスト重視での運用を切り替えることが可能である。

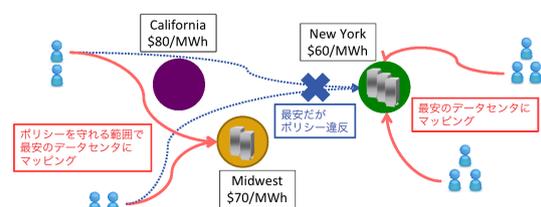


図 1 電力価格を考慮したリクエスト分散手法

2. 提案手法

提案手法のアーキテクチャを図 2 に示す。提案手法はマッピングノードとデータセンタによって構成され

る。マッピングノードは、利用者が設定したポリシーと各データセンタの電力価格を考慮してリクエストの処理に適したデータセンタを選択する。また、データセンタは、商用 IaaS である Amazon Web Service²⁾ と同様にロードバランサとサーバから構成される。リクエストは初めにロードバランサに届けられ、ロードバランサが配下で稼働するサーバにリクエストを分散する。既存の IaaS 環境にはオートスケーリング機能が備わっており、ロードバランサ配下の負荷に応じてサーバの起動・停止が自動で行われる。また、ストレージは大規模分散ストレージを利用する。このように、データセンタ内では既存の IaaS と同じ手法でリクエストを処理するため、本手法は既存環境への導入も容易に行える。

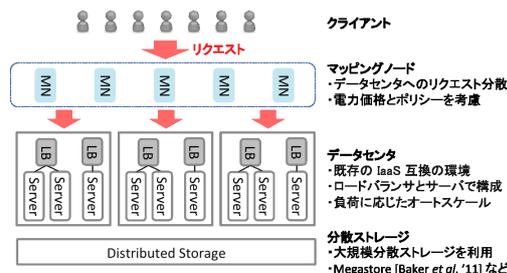


図 2 提案手法のアーキテクチャ

マッピングノードはエッジサーバとして世界中に分散配置され、クライアントからの要求に対して、そのクライアントへのサービス提供に適したデータセンタを選択して、リクエスト送信先の IP アドレスを通知する。膨大な数のサービス、リクエストに耐えうるスケーラビリティと耐障害性を備えるため、マッピングノードは分散ハッシュ表 (DHT) によって構成する。DHT は、Peer-to-Peer 上でデータを効率よく分散管理する技術で、DHT を使うことでスケーラビリティと耐障害性に優れたシステムを構築することができる。

マッピングノードによって IP アドレスを取得する様子を図 3 に示す。マッピングノードは、サービス毎の情報 (エン트리) を分担して持っている。リクエストは、ホスト名をキーとして該当ホストのエントリを

^{†1} 慶應義塾大学

持つノードまでルーティングされる, エントリを持つノードは, ポリシーと電力価格を考慮した上で, データセンタを選択し, 該当サービスのロードバランサの IP アドレスをクライアントに返す. クライアントはこのアドレスを元にリクエストを送信することでサービス提供を受けることができる.

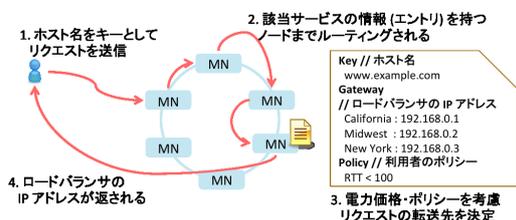


図 3 マッピングノード

マッピングノードは前述の仕組みに加え, エントリを複製することで耐障害性を高めている. また, 複製を同期するコストを少なくするため, 各エントリはロードバランサの IP アドレスとポリシーという同期コストが少ない情報だけを持っている. しかし, これらの情報だけでは, データセンタ自体が過負荷状態になったり, 電力価格の変動によってサーバの一斉起動が起こる可能性があり, 最悪の場合は IaaS サービスの停止を招きうる.

そこで, 提案手法では各データセンタの負荷情報を定期的にマッピングノードが共有するようにし, その情報と電力価格およびポリシーからリクエストを分散する割合に重み付けを行い, リクエストを分散する割合を緩やかに変動させる. 重み付けは, 電力価格が下降中のデータセンタの重みを大きくしていく, 使用率が上昇中のデータセンタの重みを小さくしていくといった具合に行うことができ, 詳細なパラメータについては事業者によって任意の設定が可能になっている.

3. 評価

提案手法による電力コストの削減効果を検証するために, マッピングノードをオーバーレイ構築ツールキットの Overlay Weaver³⁾ 上に実装し, データセンタのシミュレータを Amazon Web Services の資料²⁾ を参考に実装した. また, 評価に用いるデータとして, 米国内 4 ヶ所の 2010 年 8 月の電力価格データ⁴⁾, Heller らの論文⁵⁾ を元に作成したデータセンタのワークロードデータを利用し, 1 サービスを 1 ヶ月運用するシミュレーションを行った.

実験結果を図 4, 図 5 に示す. 提案手法では, ランダムにリクエストを転送する場合に比べ 23 % の電力

コストを削減することができた. また, 提案手法以外では 20% から 30 % 程度のリクエストが応答遅延に関するポリシー違反であったのに対し, 提案手法ではポリシー違反は起こらなかった. さらに, 重み付けによる負荷の考慮によってサーバの一斉起動が抑制できることを確認した.

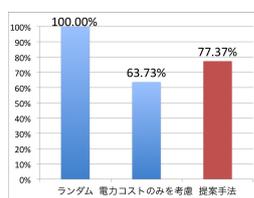


図 4 電力コストの削減効果

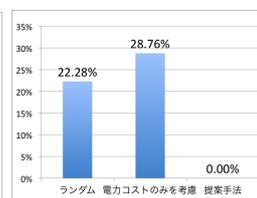


図 5 ポリシー違反の割合

4. まとめと今後の予定

電力価格の安い地域で稼働するデータセンタを優先的に利用することで電力コストを削減する手法を提案し, 電力コストが削減できることを確認した. 今後は, マッピングノードのオーバーヘッドについて評価を行うと共に, データセンタシミュレータの構築ツールキットである CloudSim⁶⁾ を使ったシミュレーションを行う予定である.

参考文献

- 1) Qureshi, A., Weber, R., Balakrishnan, H., Gutttag, J. and Maggs, B.: Cutting the electric bill for internet-scale systems, *Proc. of the ACM SIGCOMM*, pp.123–134 (2009).
- 2) Amazon Web Services LLC: Amazon Web Services, <http://aws.amazon.com>.
- 3) Shudo, K., Tanaka, Y. and Sekiguchi, S.: Overlay Weaver: An overlay construction toolkit, *Computer Communications*, Vol. 31, No.2, pp.402 – 412 (2008).
- 4) Federal Energy Regulatory Commission: FERC: Electric Power Markets, <http://ferc.gov>.
- 5) Heller, B., Seetharaman, S., Mahadevan, P., Yiakoumis, Y., Sharma, P., Banerjee, S. and McKeown, N.: ElasticTree: Saving energy in data center networks, *Proc. of the 7th USENIX conf. on Networked systems design and implementation (NSDI '10)*, pp.249–264 (2010).
- 6) Buyya, R., Ranjan, R. and Calheiros, R.: Modeling and simulation of scalable Cloud computing environments and the CloudSim toolkit: Challenges and opportunities, *Proc. of the International Conf. on High Performance Computing Simulation (HPCS '09)*, pp.1–11 (2009).