

クラウドブローカーシステムにおける Web 三層システムの最適化数理モデルの検討

齋藤 篤志^{†1} 三浦 克宜^{†2} 棟朝 雅晴^{†3}

概要: 今日クラウドコンピューティングは広く利用され世界中のベンダーからきわめて多くのクラウドサービスが提供されている。その反面、ユーザーは自身の要求要件に適したクラウドサービスを見つけることが困難になっている。この問題を解決するため、ユーザーの要求要件に対してユーザーの代わりに適切なサービスを提示するクラウドブローカーシステムが必要である。本論文ではクラウドブローカーシステムが Web 三層システムの最適化を行うために必要な目的関数と数理モデルを検討する。

キーワード: クラウドコンピューティング, Web 三層モデル, クラウドブローカー, 最適化, 数理モデル

1. はじめに

現在クラウドコンピューティングは広く浸透し、無数のクラウドサービスが提供されている。一方でユーザーは無数のクラウドサービスから自身の要求要件に見合うクラウドサービスを見つけ出すのが難しい状況にある。そこでクラウドブローカーサービスが求められている。クラウドブローカーサービスとは最適なクラウドリソースの選択や、複数のクラウドサービスの統合管理・運用をサポートするサービスのことである。本論文ではクラウドブローカーサービスにおいて最適な Web 三層システムを提示する際の数理モデルについて検討する。

クラウドブローカーサービスに関する研究では、まず pawluk ら[1]の研究がある。しかし、クラウドブローカーサービスのアーキテクチャや構築方法に重きが置かれて書かれており、ユーザーが実際にクラウドサービスを選択する基準の定式化は十分に議論されていない。また川勝ら[2]の研究では、世界的な計算機資源に焦点を当て、Web 三層システムの最適化をしている。主眼は、データセンター内の計算機資源を最適化することであり、クラウドブローカーサービスにおいて主眼となるユーザー目線での目的関数ではない。本論文ではユーザー目線でクラウドサービスを選ぶ目的関数を明確に議論している点で優位性がある。

2. 数理モデル

クラウドブローカーシステムが解くべき問題は制約条件つき多目的最適化問題として定義できる。なぜならば第一に、ユーザーからの要求要件によって複数の制約がつくことが普通である。例えばユーザーはクラウドを設置する地域に関して、国外に置くことに抵抗があることもあるだろう。このような場合、仮に最適解が国外に設置することであっても、ユーザーに国外に設置するプランを提示すべきで

はない。第二に、クラウドサービスを選択する場合、選択する基準がコストやバーチャルマシン(VM)のパフォーマンス、稼働率など複数存在し、ユーザーはどの基準でも最適なものを選択したいと考える。よって多目的最適化問題である。以上より、クラウドブローカーシステムの数理モデルは制約条件つき多目的最適化問題である。

数式で表すならば、変数空間の次元を n 、目的関数の個数を m とし、制約充足付き多目的最適化問題の解を $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in R^n$ 、目的関数を $\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_m)^T$ 、可能領域を $S \subset R^n$ とすると、次のように記述される。

$$\text{minimize } f_i(\mathbf{x}) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad \text{ただし } \mathbf{x} \in S$$

また可能領域 S は一般に L 個の制約条件を満たす領域として以下のように記述される。

$$g_j(\mathbf{x}) \leq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, L)$$

つまり、目的関数 $f_i(\mathbf{x})$ の解 \mathbf{x} は可能領域 S の内部で選択される。 $g_j(\mathbf{x}) > 0$ の場合、解 \mathbf{x} は可能領域 S の外部に属するため、最適化アルゴリズムで利用されることはあるが、選択はされない。

3. 目的関数

本論文では最適化に用いる 4 つの目的関数を検討する。

3.1 オペレーションコスト

目的関数 f_{op_cost} では、遺伝子が示すシステム構成 c_i の場合、一ヶ月あたりにかかるコスト(金額)を求める。Web サーバー、アプリケーションサーバー、データベースサーバー、ロードバランサーの料金の各合計をそれぞれ P_{Web} , P_{App} , P_{DB} , P_{LB} 、VM の監視料金の合計を P_{watch} とすると以下のよう

$$f_{op_cost}(c_i) = P_{Web} + P_{App} + P_{DB} + P_{LB} + P_{watch}$$

以上に、一ヶ月あたりのコストの総和で表される。

3.2 構成変更コスト

目的関数 f_{reconf_cost} では、現状のシステム構成 c_i から、遺伝子が示す構成 c_j に構成を変更した場合にかかるコスト(金額)を求める。Web サーバー、アプリケーションサーバー、

^{†1} 北海道大学 情報科学研究科
Graduate School of Informaiton Science and Technology, Hokkaido University
^{†2} 北見工業大学 情報処理センター
Information Processing Center, Kitami Institute of Technology
^{†3} 北海道大学 情報基盤センター
Information Initiative Center, Hokkaido University

データベースサーバー、ロードバランサーの構成の変更にかかるコストをそれぞれ C_{Web} , C_{App} , C_{DB} , C_{LB} とすると以下のように記述される。

$$f_{reconf_cost}(c_i, c_j) = C_{Web} + C_{App} + C_{DB} + C_{LB}$$

以上のように、変更部分のコストの総和として表される。

3.3 パフォーマンス

目的関数 f_{perf} では、遺伝子が示すシステム構成 c_i の各層が1秒あたり何リクエストを処理できるか(平均サービス率、スループット)を求める。

今回、AWSとMicrosoft AzureのVMのデータを用いたが、各々のVMの性能は、AWSのm3.largeにおけるApachBenchの平均サービス率の結果を基点として、平均サービス率を計算した。

実用上の観点から、各層中でのVMタイプは同一のものとする。さらに、簡略化したモデルにするため、各層にある複数台のVMは合算したパフォーマンスを持つ1台のVMと見なす。この場合、閉鎖型待ち行列ネットワークモデルを用いて、遺伝子が示す平均サービス率を解析的に計算可能である。今回は閉鎖型待ち行列ネットワークモデルを平均値解析法(MVA) [3]で計算する。

3.4 動作率

動作率とは、システムの動作が期待される時間のうち、実際にシステムが動作した時間の割合である。目的関数 f_{avail_ratio} では遺伝子が示すシステム構成 c_i の動作率を求める。今回はベイジアンネットワークを用いて、システムが停止する確率事象を分析し、動作率を計算する。システムが停止する確率を $P(X)$ とすると、システムの動作率は、以下のように記述される。

$$f_{avail_ratio}(c_i) = 1 - P(X)$$

Web三層システムは、Web層、App層、DB層のどの層がダウンしても、システム全体がダウンする。Web層、App層、DB層がダウンする確率をそれぞれ $P(W)$, $P(A)$, $P(D)$ とすると、以下のように記述される。

$$P(X) = (1 - P(W))(1 - P(A))(1 - P(D))$$

次に、システム構成要素停止の事象群内では、App層がダウンする場合、Web層で正しい情報が提示されない。またDB層がダウンする場合、App層で正しい計算処理が行われない。つまり、Web層はApp層に依存し、App層はDB層に依存する。よって、Web層、App層が独立してダウンする確率を $P(w)$, $P(a)$ とすると、以下のように記述される。

$$P(W) = P(w) + P(W|A)P(A)$$

$$P(A) = P(a) + P(A|D)P(D)$$

次に、各層は、各層中のVMが全て停止した場合にダウンする。よって、例えば、Web層が w_1 , w_2 のVMで構成されているならば、それぞれがダウンする確率を $P(w_1)$, $P(w_2)$ とし、以下のように記述される。

$$P(w) = P(w_1)P(w_2)$$

次に、アベイラビリティゾーン停止の事象群では各VMが属しているアベイラビリティゾーン(同一地域に位置するデータセンター群を指す(例えば、シアトル))が停止した場合にシステム構成要素に与える影響を示している。例えば、シアトルがダウンする確率を $P(Se)$ とすると、以下のように記述される。

$$P(w_1) = P(w_1|Se)P(Se)$$

次に、リージョン停止の事象群では、アベイラビリティゾーンよりも広い地域(例えば、米国西部)における広域障害の影響を示している。仮にデータセンターを保有しているベンダーが違ったとしても、データセンターが置かれている地域から、同一地域では広域停電や地震などの影響を受けるだろう。例えば、U.S westリージョンがダウンする確率を $P(U)$ とすると、以下のように記述される。

$$P(Se) = P(Se|U)P(U)$$

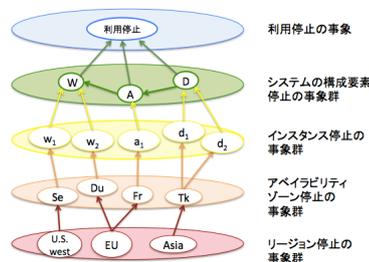


図1: ベイジアンネットワークによるシステムがダウンする事象の分析

4. おわりに

クラウドブローカーサービスに適した目的関数と数理モデルを提案した。今後ディスカッションを重ね、より実用的なクラウドブローカーサービスを実装する予定である。

謝辞

本稿作成にあたりましては、SCSK株式会社様との共同研究で多くの助言を頂きました。ここに感謝をいたします。

参考文献

- 1) P. Pawluk, B. Simmons, M. Smit, M. Litoiu, and S. Mankovski. "Introducing stratos: A cloud broker service". IEEE CLOUD '12, pages 891–898, 2012.
- 2) 川勝崇史, 棟朝雅晴. "分散クラウド環境におけるSLAを考慮したWEBシステムの多目的資源割当最適化". 情報処理学会研究報告, Vol. 2013-MPS-96, No. 9, pages 1-6, 2013.
- 3) 原田雅史, 河村美嗣. "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". 情報処理学会全国大会講演論文集 289-290, 2010.