

OpenFlow の枠組みを利用した分散コンピューティング環境におけるアプリケーションの最適配置手法

辻 聡^{†1} 狩野 秀一^{†1}
元木 顕弘^{†1} 林 偉夫^{†1}

近年、データセンタに代表される分散コンピューティング環境の利用が広まっている。こういった環境を利用するサービスは、多数の計算リソースにアプリケーションを配置し、それらを連携させて構築されるのが一般的である。しかしながら、データセンタのような環境では、計算リソースであるサーバを L2 スイッチで接続しており、ネットワークが自律制御であることから、サーバ間のネットワークリソースを最適に利用できないという問題点がある。本稿では、この問題を OpenFlow を利用して、計算リソースとネットワークリソースを統合管理することで解決する手法を提案する。

Application Deployment Optimization for Distributed Computing Environment with OpenFlow

AKIRA TSUJI,^{†1} SHUICHI KARINO,^{†1} AKIHIRO MOTOKI^{†1}
and TAKEO HAYASHI^{†1}

Recently, distributed computing environments like datacenter are widely spread. Generally, on such computing environments, a service is provided by combining several applications which are mapped to many computing resources. These computing resources are connected with network resources. The key components of them are Layer-2 switches. Because they operate autonomously, the network resources cannot be configured appropriately. In this paper, we propose a unified computing and networking resource management method leveraging OpenFlow to address the above issue.

^{†1} NEC システム IP コア研究所
System IP Core Research Laboratories, NEC Corporation

1. はじめに

近年、1つのサービスを複数のアプリケーションで構成し、各アプリケーションをデータセンタなどの分散コンピューティング環境を構成する計算リソース(サーバやサーバ上で稼動する仮想マシン)上に配置する例が見られている¹⁾。

このような環境下でサービスの品質を高めるためには、計算リソースとネットワークリソース(帯域や遅延など)の双方を考慮してアプリケーションの配置を行うことが重要である。例えば、リソース使用量の低い計算リソースを選択しても、計算リソース間のネットワークリソースが枯渇していたりすると、サービスの品質が劣化することが予想される。

データセンタのような環境では、アプリケーションを計算リソースに配置する際に、計算リソースの選択の幅が狭く、計算リソースの利用効率が低下するという問題があると考えられる。データセンタにおいては、計算リソースであるサーバ群が L2 スイッチで接続されているのが一般的である²⁾。しかし、L2 スイッチは自律制御で動作するため、サーバ間の通信経路をデータセンタを利用する側から制御することが難しい。そのため、アプリケーションを適切に配置しようとする、ネットワークの挙動に合わせて計算リソースを選択する必要がある。しかし、あるネットワークスイッチに複数のサーバが接続された状態で、そのサーバ群の中のある特定のサーバで稼動するアプリケーションのネットワークリソースの消費量が大きい場合、そのスイッチに接続された他のサーバを選択するとサービスの品質が低下する恐れがあるため、選択できない可能性がある。

上記の課題を解決する手段として、本稿ではネットワークに OpenFlow³⁾ を利用し、計算リソースとネットワークリソースを連携制御する手法を提案する。ネットワークに OpenFlow を利用すると、ネットワークスイッチの動作をプログラマブルなコントローラから制御できるようになるため、計算リソースと同様にネットワークリソースの制御が可能となる。

2. OpenFlow

OpenFlow とは、パケットスイッチングを行うデータプレーンとデータプレーンの制御を行う制御プレーンが分離したアーキテクチャを持ち、これらの間の仕様を公開することによりパケットスイッチングをユーザが自由に制御可能とするための手段の1つである。OpenFlow は OpenFlow Switch Consortium³⁾ にて仕様の策定や公開が行われている。

図 1 に OpenFlow の概観を示す。OpenFlow はパケットスイッチングを行う OpenFlow Switch(OFS) と、OFS を制御する OpenFlow Controller(OFC) から構成される。OFS と OFC はセキュアなチャネルで接続されている。

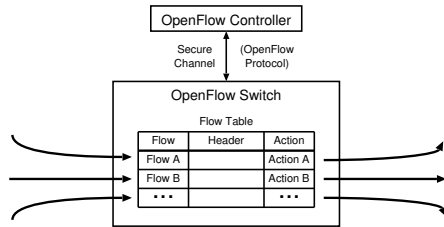


図1 OpenFlow

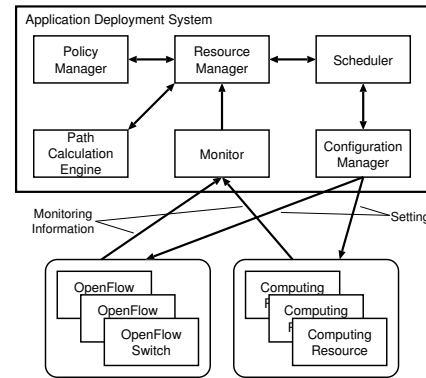


図2 アプリケーション配置システム

OFS は内部にフローテーブルと呼ばれるテーブルを持ち、パケットの L2~L4 ヘッダの情報をキーとしてテーブルを検索し、キーに対応する処理を実行する。OpenFlow では、この L2~L4 ヘッダを任意に組み合わせた情報により識別される一連のパケット群をフローとして定義している。フローテーブルにエントリが存在しないフローに属するパケットが到着した場合、OFS は OFC に問い合わせる。

OFC は OFS のフローテーブルに対して、どのようなフローの場合にどのような処理を実行するかを設定する。設定を行うための API は公開されており、ユーザが自由にプログラムすることができる。これにより、従来のネットワークレイヤにとらわれることのないパケットスイッチングが可能となる。結果として、ネットワークリソースに対して制約のない計算リソースの選択が可能となると考えられる。

3. 提案手法

本稿で提案するアプリケーション配置システムの概観を図2に示す。本システムはリソース*1を管理するリソースマネージャと、サービスの要求性能やユーザ情報といったリソースを割り当てる基準であるポリシーを管理するポリシーマネージャと、計算リソース間の経路計算を行うパス計算エンジンと、リソースを割り当てる期間を設定するスケジューラと、リソースに対して設定を行う構成マネージャと、リソースのモニタリングを行うモニタから構成される。このアプリケーション配置システムにOFSと計算リソースが接続される。

アプリケーションをリソースに割り当てる場合、リソースマネージャはポリシーマネージャが管理す

るポリシーを参照しつつ、どの計算リソースを割り当てるかを決定する。この際に、複数の候補を選択する。次に、リソースマネージャはパス計算エンジンを用いて、選択した計算リソース候補間の経路計算を行う。経路計算の結果、ネットワークソースと計算リソースの双方でポリシーを満たすリソースを選択する。リソースの選択後、そのリソースをいつまで使用するかをスケジューラが設定し、構成マネージャが設定を行う。リソースを利用できる期間が終了すると、構成マネージャはリソースを解放する指示を出す。各リソースはモニタリング情報をアプリケーション配置システムに送信する。モニタリング情報に応じて、アプリケーション配置システムはアプリケーションの再配置処理を実行する。

本提案方式では、経路計算時に最短経路以外の経路の探索を行うことで経路の選択の幅を広げることができる。従来の方式では最短経路以外の経路を求めても、ネットワークにそのような動作をさせることが難しく、選択できなかったが、本提案方式では、そのような経路も選択可能となるため、ネットワークリソースと計算リソースを選択の幅が広がり、計算リソースの利用効率を上げることができると期待できる。

また、OpenFlowは将来的には従来のネットワークプロトコルに従った情報以外の情報を自由にヘッダに書き込み、その情報でルーティング可能になると見られる⁴⁾。そのため、あるサービスではサービスを利用するユーザ名でルーティングを、また別のサービスではユーザごとのサービスの利用状況に応じたルーティングを、といった設定を行うことが可能となる。そのような場合においても、本アプリケーション配置システムにて、適切なリソース割り当てを行える必要があると考えている。

4. まとめと今後の課題

本稿では OpenFlow の枠組みを利用した、分散コンピューティング環境へのアプリケーション配置手法について提案を行った。今後の検討課題として、配置システムに必要な機能の具体化、リソースを選択する際のアルゴリズム、経路計算アルゴリズムの検討、提案手法の検証などが挙げられる。

謝辞 本研究の一部は、総務省の委託研究「セキュアクラウドネットワーク技術の研究開発」プロジェクトの成果である。

参考文献

- 丸山 不二夫, 首藤 一幸 (編) : クラウドの技術雲の世界の向こうをつかむ, ASCII (2009).
- D. A. Joseph, A. Tavakoli and I. Stocia: A Policy-aware Switching Layer for Data Centers, *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Vol.38, No.4, pp.51-62 (2008).
- OpenFlow Switch Consortium: <http://www.openflowswitch.org/>.
- Nick McKeown: Virtualization and OpenFlow (2009). Available from <http://tiny-tera.stanford.edu/~nickm/talks/Sigcomm%20Visa%20Barcelona%202009%20v1.ppt>.

*1 本提案システムにおける「リソース」とは計算リソースとネットワークリソースの双方を指す。