

# 分散フォグノードを活用した移動端末向けオフローディング手法

根市豊† 戴瑩†

岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科†

## 1 はじめに

IoT アプリケーションのリアルタイム処理を実現する技術としてフォグコンピューティングが注目されている。センサネットワークに属する多様なデバイスやモノから生成される膨大なデータをフォグノードがフィルタリングし、有益なデータだけをクラウドへ蓄積・分析させることでスマートなサービス運用を行える。フォグノードとは、従来のネットワーク機能に加えて計算機能を有する機器のことを指しており、基地局や Wi-Fi アクセスポイントといったネットワークエッジがしばしば想定される[1]。

一方 IoT とは別に、クライアント・サーバ型のモバイルアプリケーションについて、サーバプログラムをフォグノード上に移して実行することで通信遅延を削減したという研究[2]がある。これはクラウド上にサーバプログラムを設けておき、その一部のタスクをフォグノードへ手動でオフロードすることによる手法であり、限られた環境下でしか利用することができない。モバイルアプリケーションのオフロードという観点から、フォグの恩恵を十分に得るためにはスマートフォンやタブレットなどといった移動端末が移動先にかかわらずどこでもフォグを利用できることが望ましい。

本稿では端末の移動を考慮に入れ、地理的に分散されたフォグノードを活用してオフロードを行う手法を提案する。

## 2 オフロードの概要

本稿で扱うオフロードを説明するために、先に一般的なオフロードの手順について述べ、その手順のうちどの部分を主な対象としているかを明らかにする。

手順①コード解析

手順②分割の最適化

手順③分割コード生成

手順④コードの転送・実行

手順①～③はプログラマが手動または半自動で行っていても、あるいは[3]のようなシステムにより自動で行っていてもよく、手順④のコード転送

は既に完了しているものとする。つまり、本稿では手順④のコード実行のみを主に扱うこととする。

フォグノードが普及し地理的に分散されている状況を想定しているため、あらかじめすべてのフォグノードにタスクを割り当てておくということは冗長となる恐れがあるが、同時に移動するたびにタスクを割り当てていくのにも冗長となる恐れがある。実験結果によるところが大きいので、ひとまず事前に割り当て済みとした。

## 3 提案手法

### 3.1. サービス利用モデル

まず、ステークホルダとして Application Provider (AP), Fog Provider (FP), Cloud Provider (CP), Mobile User (MU) の 4 つを定める。

- AP : モバイルアプリケーションの開発・運用を行う個人または企業を想定する。
- FP : フォグノードの管理・提供を行う営利組織を想定する。
- CP : 従来のクラウドサービスプロバイダを想定する。
- MU : AP が提供するモバイルアプリケーションの利用者を想定する。

AP は、従来のパブリッククラウドの利用と同様に FP と契約を結ぶことによりフォグノードを利用する。提案手法では、AP が利用可能なすべてのフォグノードに静的にサーバタスクを設置しておき、MU からアクセスされたときにその MU に対して最適なフォグノードを選択し、使用させることによってオフロードを行う。通信遅延が許容されるようなタスクについては、CP との契約により利用可能なクラウドに設置しておき使用させるということも考えられる。初期アクセス時点で最適なフォグノードが決定し利用していても MU が移動するとノードとのネットワーク距離が伸びてしまいフォグの長所を活かせない。そこで、現在位置から有効に利用可能なフォグノード群を 1 つのクラスとし、これを超えるとその時点で再びそのクラスにおいてフォグノードの選択計算を行うという形で移動を考慮する。

### 3.2. システムアーキテクチャ

上記のサービス利用モデルに従い、AP がオフロードを行うためのシステムを図 1 に示す。このシステムはオリジナルサーバ側で動作する。システ

Offloading Method to Distributed Fog Nodes for Mobile Devices

Neichi Yutaka, Dai Ying

Iwate Prefectural University

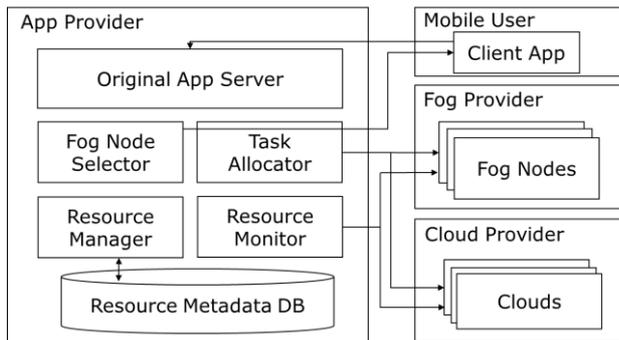


図1 システムアーキテクチャ

ム内の各モジュールの概要は以下の通りである。

- Task Allocator : FP との契約により利用可能となったフォグノードへタスクを割り当てる。
- Resource Manager : FP との契約時、または CP との契約時に利用可能となった計算資源に関する性能情報を管理する。
- Resource Monitor : 現在利用可能なすべてのフォグノードの負荷状況を監視する。
- Fog Node Selector : フォグノード選択アルゴリズムにより MU に最適なフォグノードを選択する。
- Resource Metadata DB : Resource Manager により収集されたメタデータを蓄積する。

メタデータの要素としてフォグノードの IP アドレス、位置情報、ネットワーク帯域幅、メモリ容量、CPU 性能、ストレージ容量を用いる。これらにより利用可能なフォグノード群のクラスを生成する。そして、クラスは MU のアクセス時点での位置情報をもとに選定され、同一クラス内のフォグノードをデータベースから検索するのに用いられる。最適なノードが選択された後に、そのノードの IP アドレスを MU に知らせることで、オフロード先を変更する。

Resource Monitor により一定時間ごとに送られる各フォグノードの負荷状況を表すデータをここでは状態データと呼ぶこととする。状態データはネットワーク帯域の消費率、メモリ消費率、CPU 稼働率、ストレージ利用率の 4 項目で構成される。

### 3.3. フォグノード選択アルゴリズム

アルゴリズムのフローチャートを図2に示す。オフロード要求時点での端末の位置情報を GPS から取得する。取得された位置情報から、あらかじめ生成されたクラスを特定し、そのクラス内に存在する有効なフォグノードを限定する。それらについて状態データの項目 4 つとネットワーク距離に基づいて線形計画問題を計算する。ネットワーク距離は MU からクラス内の全フォグノードへパケットをマルチキャストすることで計測されるホップ数を用いる。計算により得られた最適解と、実行可能領域中で取り得る複数の解について候補とし

て適切な順にソートを行い、先頭の最適解を候補ノードとして選択する。選択されたフォグノードが急激なオフロード要求の集中により高負荷となったり、電源落ちや故障などによって使用不能となったりする場合には次の候補ノードを選択する。

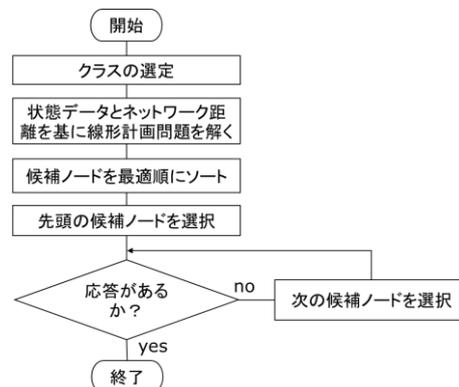


図2 フォグノード選択アルゴリズム

## 4 実験および評価方法

iFogSim[4]というシミュレーションツールを使用して評価実験を行う。クラス内のフォグノードはそれぞれ異なるスペックを有し、時系列毎に異なる負荷がかかるようにする。AP のオフロードをクラウド上で実行する場合と、選択されたフォグノード上で実行する場合とで比較する。移動によるハンドオーバーを評価するため、移動しないシナリオとも比較する。

## 5 おわりに

本稿では端末の移動を考慮したフォグノードへのオフロード方法を提案した。

今後の予定として、前述の通りにシミュレーションを行うつもりである。

## 参考文献

- [1] Cisco ホームページ: [https://www.cisco.com/c/m/ja\\_jp/solutions/internet-of-things/iot-system-fog-computing.html](https://www.cisco.com/c/m/ja_jp/solutions/internet-of-things/iot-system-fog-computing.html)
- [2] Blesson Varghese, et al. Feasibility of Fog Computing. arXiv: 1701.05451v1[cs.DC], Jan. 2017.
- [3] Byung-Gon Chun, et al. CloneCloud: Elastic Execution between Mobile Device and Cloud. ACM EuroSys'11, Apr. 2011.
- [4] Harshit Gupta, et al. iFogSim: A Toolkit for Modeling and Simulation of Resource Management Techniques in Internet of Things, Edge and Fog Computing Environments. arXiv:1606.02007v1 [cs.DC], Jun. 2016.