

論文内容の要旨

博士論文題目 Design and Implementation of Decentralized Smart City Services on
the Edge

(エッジデバイスの分散処理に基づいたスマートシティサービスの設計と実装)

氏 名 Jose Paolo Talusan

Urban cities faced with overpopulation are embracing data-intensive applications in order to maximize constrained resources. They utilize Internet-of-Things (IoT) devices deployed throughout the city, gathering data to be processed and analyzed in the cloud. However, the need for real-time services require a shift from the cloud towards edge and fog computing paradigms. In addition, growing concerns for privacy, trust and autonomy require moving away from centralized approaches to a more decentralized one. This edge-centric computing delegates processing to edge-devices. A new framework for gathering, distributing, processing and aggregating tasks and results over heterogeneous devices must be created. In this dissertation, we focus on three challenges to realize such a framework: 1) how to implement it over distributed devices, 2) how to ensure service resiliency, and 3) how to deploy smart city services on this framework. For the first challenge, we describe our middleware based on the framework. We show how it is deployed over distributed nodes by implementing a workspace recognition service. We introduce workflows for data distribution and aggregation, task allocation and decentralized execution. We show that in-situ resource provisioning on distributed nodes decreases execution time by 20% for every node added. For the second challenge, we improve on the middleware and create a testbed that verifies the effects of anomaly detection and node configuration on service response times. We show that data falsification attacks can be prevented without additional burden on the system. We also show that varying distributed node configuration affects overall execution time. For the third challenge, we realize a complete smart city service on the middleware. We develop a distributed route planning service with task allocation algorithm that utilizes city road side units as distributed nodes. We explore the feasibility of the service through simulation and show that neighbor grids have a positive effect on processing time. We emulate this with real-world data, and show that our routing system with task allocation algorithm is able to decrease processing time by 50% with only a 7% decrease in travel time accuracy.

(論文審査結果の要旨)

ほとんどのスマートシティサービスは、都市全体に配置された IoT (Internet-of-Things) デバイスが収集したデータをクラウドに収集し処理・分析している。しかし、リアルタイムサービスの必要性から、クラウドからエッジコンピューティングやフォグコンピューティングのパラダイムへのシフトが必要とされている。さらに、プライバシー、信頼性、自律性に対する懸念の高まりから、中央集権的なアプローチからより分散的なアプローチへの移行が必要とされており、異種デバイス上のタスクや結果を収集、分散、処理、集約するための新しいフレームワークが求められている。本研究は、このようなエッジ型情報処理フレームワークを対象に、1)分散 IoT デバイス上での実装法、2)サービスの弾力性確保、3)具体的なスマートシティサービスの実現法の3つの課題に取り組んだ。本研究の学術的貢献は以下のとおりである。

- (1) ミドルウェアを実装し、オフィスルーム利用状況照会の例を通じて、デバイスの追加により、サービス実行時間が削減可能なことを示した。
- (2) 多数仮想マシン上で動作するテストベッドを構築し、異常検知や、デバイス接続状況に応じたサービス応答時間の評価ができることを示した。
- (3) 複数路側機 (RSU) からなる分散ネットワーク上に、本ミドルウェアを用いて経路探索サービスを設計・実装し、実交通データを使った評価を行い、サービスの実現可能性を示した。また、RSU間の負荷分散機構を考案し、50%の実行時間短縮が達成可能なことを示した。

エッジコンピューティングに関する研究は多くなされているが、IoT デバイスのみで動作し、デバイス間でスケラブルに負荷分散を行うエッジコンピューティングミドルウェアは例がなく、本研究は、スマートシティサービスを既に街に存在するデバイスのみを使って実現可能にするという点で、大きな貢献があると評価する。

以上より、本論文は、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。