室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

迅速な災害管理のための即時的,持続可能，かつ拡張的なエッジコンピューティングの研究

メタデータ	言語: English 出版者: 公開日: 2020-06-08 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 徐, 建文 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.15118/00010191

氏　　名	徐　建文(ｼﾞｮ　ｹﾝﾌﾞﾝ)
学位論文題目	Establishing Swift, Sustainable and Scalable Edge Computing for Agile Disaster Management (迅速な災害管理のための即時的,持続可能, かつ拡張的なエッジコンピューティングの研究)
論文審査委員　主査	教授　董　冕雄
	教授　岸上順一
	教授　鈴木幸司
	神奈川大学理学部情報科学科　教授　張　善俊

論文内容の要旨

本学位論文は、迅速な災害管理におけるいくつかの問題に取り組んだ。既存のネットワークインフラが災害による直接的なダメージや停電によって使えないことを想定し、本論文では、最新のICTを用いた次世代災害支援システムの構築を目指す。以下のとおり本論文は三部で構成される。

第一部は、災害発生後の緊急ネットワーキングである。本論文では、情報指向フォグコンピューティング（Information-Centric Fog Computing）というアーキテクチャを提案し、既存のインフラがダウンした場合に臨時的なネットワーク接続を提供する。本論文では、六次の隔たり理論から着想を得て、緊急時向け名前ベースルーティング（Name-Based Routing）を考慮した。まず、二層の情報指向フォグコンピューティングネットワークモデルを提案した。次に、ソーシャルネットワークを元に、情報指向フォグノード間の関係をモデリングし、名前ベースルーティングプロトコルをデザインする。シミュレーション実験では、既存のソリューションと比較し、提案手法はより高い性能を示し、有用性が証明された。

第二部は、ネットワークの通信効率の最適化である。本論文は、第一部で構築されたネットワークの通信効率を最適化し、ネットワークの持続時間を延ばすために、ネットワークのエッジで行われるキャッシングストラテジーを提案した。本論文では、まず、第一部で提案した二層ネットワークモデルをベースにサーバ

一層も加えて、異種ネットワークストラクチャーを構成した。次に、緊急時向けのエッジキャッシングに必要なTime to Live （TTL）とキャッシュ置換ポリシーを設計する。シミュレーション実験では、エネルギー消費とバックホールレートを性能指標とし、メモリ内キャッシュとディスクキャッシュの性能を比較した。結果では、メモリ内ストレージと処理がエッジキャッシングのエネルギーを節約し、かなりのワークロードを共有できることが示された。

第三部は、ネットワークカバレッジの拡大である。本論文は、ドローンの関連技術とリアルタイム視覚認識技術を利用し、被災地のユーザ捜索とドローンの空中ナビゲーションを行う。災害管理におけるドローン制御に関する研究を調査し、現在のドローン技術と無人捜索救助に対する実際のニーズを考慮すると、軽量なソリューションが緊急時に必要であることが判明した。そのため本論文では、転移学習を利用し、ドローンに搭載されたオンボードコンピュータで実行可能な空中ビジョンに基づいたナビゲーションアプローチを開発した。シミュレーション実験では、1/150ミニチュアモデルを用いて、空中ナビゲーションの実行可能性をテストした。結果では、本論文で提案するドローンの軽量ナビゲーションはフィードバックに基づいてリアルタイムに飛行の微調整を実現でき、既存手法と比較して性能において大きな進歩を示した。

ABSTRACT

This dissertation mainly focuses on solving the problems in agile disaster management. To face the situation when the original network infrastructure no longer works because of disaster damage or power outage, I come up with the idea of introducing different emerging technologies in building a next-generation disaster response system. There are three parts of my research.

In the first part of emergency networking, I design an information-centric fog computing architecture to fast build a temporary emergency network while the original ones can not be used. I focus on solving name-based routing for disaster relief by applying the idea from six degrees of separation theory. I first put forward a 2-tier information-centric fog network architecture under the scenario of post-disaster. Then I model the relationships among ICN nodes based on delivered files and propose a name-based routing strategy to enable fast networking and emergency communication. I compare with DNRP under the same experimental settings and prove that my strategy can achieve higher work performance.

In the second part of efficiency optimization, I introduce the idea of edge

caching in prolong the lifetime of the rebuilt network. I focus on how to improve the energy efficiency of edge caching using in-memory storage and processing. Here I build a 3-tier heterogeneous network structure and propose two edge caching methods using different TTL designs & cache replacement policies. I use total energy consumption and backhaul rate as the two metrics to test the performance of the in-memory caching method and compare it with the conventional method based on disk storage. The simulation results show that in-memory storage and processing can help save more energy in edge caching and share a considerable workload in percentage.

In the third part of coverage expansion, I apply UAV technology and real-time image recognition in user search and autonomous navigation. I focus on the problem of designing a navigation strategy based on the airborne vision for UAV disaster relief. After the survey of related works on UAV fly control in disaster management, I find that in consideration of the current UAV manufacturing technology and actual demand on unmanned search & rescue, a lightweight solution is in urgent need. As a result, I design a lightweight navigation strategy based on visual recognition using transfer learning. In the simulation, I evaluate my solutions using 1/150 miniature models and test the feasibility of the navigation strategy. The results show that my design on visual recognition has the potential for a breakthrough in performance and the idea of UAV lightweight navigation can realize real-time flight adjustment based on feedback.

論文審査結果の要旨

本論文では、災害管理および緊急対応におけるいくつかの課題に取り組んだ。既存のネットワークインフラが災害よって障害が発生し、または停電の影響により使えなくなる場面に対して、本論文では、最新のICTを用いた次世代災害支援システムを構築するための基盤技術について研究した。本論文は、以下の通り大きく分けて３つの柱からなっている。

第一部では、災害発生直後の緊急通信ネットワークの即時構築について取り組んだ。本論文では、情報指向フォグコンピューティング（Information-Centric Fog Computing）というアーキテクチャを提案し、既存インフラがダウンした場合に臨時

的な通信ネットワーク接続を提供する。それを実現するために、本論文では、六次の隔たり理論に着想を得て、緊急時向けの名前ベースルーティング（Name-Based Routing）を考慮し、2層の情報指向フォグコンピューティングネットワークモデルを提案した。また、ソーシャルネットワークを考慮し、情報指向フォグノード間の関係をモデリングし、名前ベースルーティングプロトコルを設計した。シミュレーションによる評価実験では、既存手法と比べて、本論文の提案手法はより高い性能が証明された。

第二部では、緊急通信ネットワークにおける通信効率の最適化について取り組んだ。本論文では、第一部で構築したネットワークの通信効率を最適化し、ネットワークの持続時間を延ばすために、エッジにおけるキャッシングストラテジーを提案した。そのために、第一部の2層ネットワークモデルにサーバー層を追加して、異種ネットワークストラクチャーを構成した。また、緊急時向けのエッジキャッシングを行うのに必要なTime to Live（TTL）とキャッシュ置換ポリシーを設計した。シミュレーションによる評価実験では、エネルギー消費とバックホールレートをメトリックとして採用し、提案したメモリ内エッジキャッシュとディスクキャッシュの性能を比較した。結果は、メモリ内エッジキャッシュでは消費エネルギーおよびユーザ要求により発生するワークロードの削減が達成できることを証明した。

第三部では、緊急通信ネットワークのカバレッジの拡大について取り組んだ。本論文では、ドローン関連技術とリアルタイム視覚認識技術を利用し、被災地のユーザ捜索と空中ナビゲーションのための技術を研究した。災害管理におけるドローン制御に関する研究の調査後、実際のニーズを考慮すると、軽量なソリューションが緊急時に必要であることが判明した。本論文では、ドローンで撮影された画像に基づいたナビゲーション方法を開発した。ドローン搭載のオンボードコンピュータでの計算時に、転移学習を利用しすることで軽量化と正確性の実現に成功した。シミュレーションでは、1/150ミニチュアモデルを用いて実証実験を行い、空中ナビゲーションの実行可能性をテストした。結果では、本論文の提案手法がパフォーマンスのブレークスルーの可能性を秘めていることを示しており、ドローンの軽量ナビゲーションはフィードバックに基づいてリアルタイムに飛行調整が可能であることが証明された。

本研究成果は、最先端ICTを用いて、災害管理および緊急対応のための緊急通信ネットワークを構築するための３つの主要技術を研究開発した。その価値は高く評価できるものであるため、審査員の合議により本論文は学位に値するものと判断した。