

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：22604
研究種目：若手研究
研究期間：2020～2023
課題番号：20K19786
研究課題名（和文）ヘテロジニアス遅延耐性ネットワークを用いた災害復旧クラウドソーシングに関する研究

研究課題名（英文）Heterogeneous Delay Tolerant Network-based Mobile Crowdsourcing for Disaster Recovery

研究代表者
酒井 和哉（Sakai, Kazuya）
東京都立大学・システムデザイン研究科・准教授

研究者番号：80730746
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、モバイル端末やドローンなどの異種端末で構成されるヘテロジニアス遅延耐性ネットワークのモビリティ特性を明らかにし、災害データや求められるタスクデータをリアルタイムに情報転送可能なタスク割当アルゴリズムを開発した。性能評価は、シミュレーションによって提案手法の有効性を示した。モビリティトレースとしては、ダートマス大学が中心となって運営しているCRAWDADプロジェクトで公開されているモバイル端末の実レースを用いた。研究成果は国内研究会で発表するとともに、IEEEトランザクションなどの国際論文誌に投稿した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した分散アルゴリズムは、ドローンを含むヘテロジニアス遅延耐性ネットワークにおけるモバイル端末のモビリティ特性をモデル化しているため、提案手法の要素技術はモバイルアプリケーションに応用できるため、波及効果が極めて大きい。
災害大国である我が国において、情報通信技術を災害復旧に適応し、効率的なモバイルクラウドソーシング技術によって、人的・経済的被害を抑えることは極めて重要な課題であり、社会的な意義が大きい。

研究成果の概要（英文）：In this project, we develop real-time task assignment algorithms and the basis of mobile crowdsourcing platform by illuminating the characteristic of heterogeneous delay tolerant networks which consists of mobile devices and drones. For performance evaluation, well-known mobility traces called CRAWDDAD maintained by Dartmouth University is applied. The research outcomes were submitted to the domestic workshop, international conferences, and international journals including IEEE Transactions.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：分散アルゴリズム 遅延耐性ネットワーク モバイルクラウドソーシング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

我が国は、多くの地震や津波、台風が頻繁に発生する災害大国である。最近では、大阪府北部地震の発生や台風 19 号の本州直撃により、大きな人的・経済的被害が報告されている。災害による被害を最小限に抑えるには、迅速な被災情報の収集と効率的な復旧作業が極めて重要である。このような背景のもと、近年では、ドローンの商用化によって、耐災害 ICT を取り巻く環境が激的に変化している。これらの最新技術を応用した新たな減災・災害復旧対策[1]が議論されつつある。例えば、モビリティ性能の高いドローンを、危険地域での情報収集や通信環境の展開などに活用する例が報告されている。しかしながら、異なるモビリティ特性をもつ異種端末を単一のモデルで扱うことが困難であるため、ドローンやスマートフォンを含む多種多様な IoT 端末で構成されるヘテロジニアス遅延耐性ネットワークを介した、災害データのルーティングは未だに議論されていない。また、救援活動や復旧作業などの物理的なタスクの処理をクラウドソース化するための研究が報告されているが、ヘテロジニアス遅延耐性ネットワークを介して、マルチホップでタスクを割り当てるためのタスクルーティング手法は未だに検討されていない。そこで本研究では、ヘテロジニアス遅延耐性ネットワークのモビリティ特性を明らかにし、被災現場での即時情報分散・共有やクラウドソーシングによる迅速な災害復旧に取り組んだ。

2. 研究の目的

本研究は、ドローンを含むヘテロジニアス遅延耐性ネットワークのモビリティ特性を明らかにし、迅速な災害情報の取得と災害復旧を可能にするクラウドソーシング基盤を開発することを目的とする。1) 多種多様な IoT 端末で構成されるヘテロジニアス遅延耐性ネットワークを介した災害情報のデータルーティング手法、2) 災害復旧タスクをリアルタイムにワークに割り当てるタスクルーティング手法の開発、3) ドローンと Android 端末によるプロトタイプ開発と実験実証、を行う。本研究によって、これまでにない迅速な被災情報の収集と効率的な復旧作業への展開が可能になる。

3. 研究の方法

1) ドローンを用いたデータルーティング

モバイル端末やドローン端末で構成されるヘテロジニアスな遅延耐性ネットワークにおいて、モビリティ特性のモデル化とデータルーティングの開発を行った。モビリティモデルとして被災地を地域に分割し、各コミュニティをエリアとして定義し、各端末がエリア間を移動するといったランドマーク型のモデルを検討した。遷移確率をマルコフ過程によってモバイル端末とドローンのモビリティ特性を定式化した。本研究では、モバイル端末はランダムにランドマーク間を移動し、ドローン端末はあらかじめ定められた経路を移動することを想定している。統計的な特徴を基にして最適なリレー端末を選択しつつ、ソース端末から目的端末までデータをルーティングする手法を開発した。提案手法では、モバイル端末が直接目的地となるランドマークに移動する確率が高い端末にデータを渡す又はドローンにデータを転送するかといった問題に帰着させてルーティングプロトコルを開発した。

2) リアルタイム性をもつタスク割り当てアルゴリズム

被災地の救助活動や復旧作業を行うワーカーの専門性やタスクの難易度を考慮しつつ、タスクを処理するワーカーを決定し、遅延耐性ネットワーク上をマルチホップでタスクをワーカーにルーティングする手法を開発した。このときにタスクが生成されるタイミングを確率分布として定義し、課題1でモデル化した端末間の接触時間なども考慮し、タスク割り当て問題を組み合わせ問題に帰着させた。組み合わせ問題はNP 困難な問題であるため、タスクの期限から遅延とタスク処理時間を差し引いた差分時間をベースにして、グリーディ法に基づいたタスク割り当てアルゴリズムを開発した。提案手法では、タスクが発生すると、差分時間が最も大きいワーカーにタスクを随時割り当てる。

4. 研究成果

提案した手法は、ダートマス大学が管理している CRAWDAD と呼ばれるオープンな実モビリティトレースを用いて、シミュレーションを行った。既存法として、スプレッドウェイト手法(SW)やランドマーク型ルーティングアルゴリズム(LADTR)[2]を適応した。性能指標としてデータ到達率などを用いた。図1に示す通り、既存法に比べて、期限内にデータが目的端末に到着する確率が高くなることを示した。

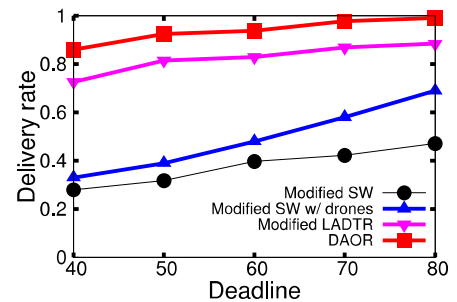


図1. データ到達率 (DAOR が提案手法) .

またタスク割り当てアルゴリズムについては、タスク完了率を性能指標とした。バッチ型タスク割り当て手法(Batch)を既存法[3]として、提案手法(RTA)の性能を評価した。図2に示す通り、複数のパラメータにおいて、提案手法は既存法よりもタスク完了率が高くなることを実証した。

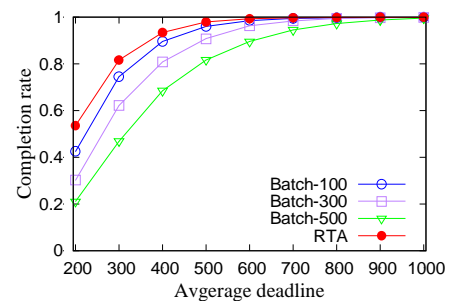


図2. タスク完了率 (RTA が提案手法) .

<引用文献>

- [1] 根 学, 小花貞夫, "DTN を用いた 災害時初期の情報伝達方式に関する一考察," 第76回情報処理学会全国大会, 4W-3, 2014.
- [2] M.Y.Arafat and S. Moh, "Location-aided delay tolerant routing protocol in uav networks for post-disaster operation," IEEE Access, vol. 6, pp.59 891-59 906, 2018.
- [3] M.Xiao, J.Wu, L.Huang, Y.Wang, and C.Liu, "Multi-task Assignment for Crowdsensing in Mobile Social Networks," in INFOCOM, 2015, pp. 2227-2235.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 9件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Jumonji Seiya, Sakai Kazuya, Sun Min-Te, Ku Wei-Shinn	4. 巻 0
2. 論文標題 Privacy-Preserving Collaborative Filtering Using Fully Homomorphic Encryption	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TKDE.2021.3115776	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Zhang Jie, Tsai Min-Yen, Kitchat Kotcharat, Sun Min-Te, Sakai Kazuya, Ku Wei-Shinn, Surasak Thattapon, Thaipisutikul Tipajin	4. 巻 125
2. 論文標題 A secure annuli CAPTCHA system	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Computers & Security	6. 最初と最後の頁 103025 ~ 103025
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cose.2022.103025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Song Jian, Harn Po-Wei, Sakai Kazuya, Sun Min-Te, Ku Wei-Shinn	4. 巻 9
2. 論文標題 An RFID Zero-Knowledge Authentication Protocol Based on Quadratic Residues	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Internet of Things Journal	6. 最初と最後の頁 12813 ~ 12824
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/JIOT.2021.3138557	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Sakai Kazuya, Sun Min-Te, Ku Wei-Shinn, Wu Jie	4. 巻 9
2. 論文標題 Towards Wireless Power Transfer in Mobile Social Networks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Network Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 1091 ~ 1103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TNSE.2021.3131191	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Jumonji Seiya, Sakai Kazuya, Sun Min-Te, Ku Wei-Shinn	4. 巻 0
2. 論文標題 Privacy-Preserving Collaborative Filtering Using Fully Homomorphic Encryption	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TKDE.2021.3115776	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sakai Kazuya, Sun Min-Te, Ku Wei-Shinn, Wu Jie	4. 巻 0
2. 論文標題 Towards Wireless Power Transfer in Mobile Social Networks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Network Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNSE.2021.3131191	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Song Jian, Harn Po-Wei, Sakai Kazuya, Sun Min-Te, Ku Wei-Shinn	4. 巻 0
2. 論文標題 An RFID Zero-knowledge Authentication Protocol based on Quadratic Residues	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Internet of Things Journal	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JIOT.2021.3138557	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chia-Yu Lo, Min-Te Sun, Ling-Jyh Chen, Kazuya Sakai, and Wei-Shinn Ku	4. 巻 0
2. 論文標題 Recurrent Learning on PM2.5 Prediction Based on Clustered Airbox Dataset	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TKDE.2020.3047634	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Pei-Ya Ting, Tomotaka Wada, Min-Te Sun, Kazuya Sakai, Wei-Shinn Ku, Andy An-Kai Jeng, and Jing-Shyang Hwu	4. 巻 64
2. 論文標題 Freeway Travel Time Prediction using Deep Hybrid Model - Taking Sun Yat-sen Freeway as an Example	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Vehicular Technology	6. 最初と最後の頁 8257-8266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVT.2020.2999358	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Donghui Chen and Kazuya Sakai
2. 発表標題 A User-Based Bike Return Algorithm for Docked Bike Sharing Systems
3. 学会等名 Workshop Proceedings of the International Conference Parallel Processing (ICPP Workshop) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiya Jumonji, Kazuya Sakai, Min-Te Sun, and Wei-Shinn Ku
2. 発表標題 Privacy-Preserving Collaborative Filtering Using Fully Homomorphic Encryption (Extended Abstract)
3. 学会等名 IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE) - TKDE Poster Track (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chia-Yu Lo, Min-Te Sun, Ling-Jyh Chen, Kazuya Sakai, and Wei-Shinn Ku
2. 発表標題 Recurrent Learning on PM2.5 Prediction Based on Clustered Airbox Dataset (Extended Abstract)
3. 学会等名 IEEE International Conference on Data Engineering (ICDE) - TKDE Poster Track (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土田理人, 酒井和哉
2. 発表標題 "モバイルセンサーネットワークにおけるモビリティ予測を用いた無線チャージに関する研究
3. 学会等名 NS研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今村春海, 酒井和哉
2. 発表標題 モバイルクラウドソーシングにおけるユーティリティ型タスク割り当て手法に関する一考察
3. 学会等名 NS研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 今村春海, 酒井和哉
2. 発表標題 リアルタイム型モバイルクラウドソーシングにおけるタスク割り当て法に関する一考察
3. 学会等名 NS研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福島由佑大, 酒井和哉
2. 発表標題 出版-購読型のIoTシステムにおける匿名プロトコルに関する一考察
3. 学会等名 NS研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹中克幸, 酒井和哉
2. 発表標題 モバイルクラウドソーシングにおける優先度付きタスク割り当て手法に関する一考察
3. 学会等名 NS研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北村威, 酒井和哉
2. 発表標題 動的モバイルソーシャルネットワークにおけるキャッシングアルゴリズムに関する一考察
3. 学会等名 NS研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Chia-Yu Lo, Min-Te Sun, Ling-Jyh Chen, Kazuya Sakai, and Wei-Shinn Ku
2. 発表標題 Recurrent Learning on PM2.5 Prediction Based on Clustered Airbox Dataset (Extended Abstract)
3. 学会等名 ICDE (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Seiya Jumonji, Kazuya Sakai, Min-Te Sun, and Wei-Shinn Ku
2. 発表標題 Privacy-Preserving Collaborative Filtering Using Fully Homomorphic Encryption (Extended Abstract)
3. 学会等名 ICDE (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kai Wang and Kazuya Sakai
2. 発表標題 Randomized Authentication using IBE for Opportunistic Networks
3. 学会等名 ICPP Workshop (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Donghui Chen and Kazuya Sakai
2. 発表標題 A Study of Dynamic Pricing Mechanisms for Self-Balanced Docked Bike Sharing Systems
3. 学会等名 NS研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jiang Song and Kazuya Sakai
2. 発表標題 Quadratic Residues-Based Private Authentication for RFID Systems
3. 学会等名 ISEC研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuya Sakai
2. 発表標題 Toward Academic Excellence
3. 学会等名 IEEE Sapporo Section YP and IEEE Muroran Institute of Technology Student Branch (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 酒井 和哉	4. 発行年 2020年
2. 出版社 オーム社	5. 総ページ数 288
3. 書名 Pythonによるアルゴリズム入門	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------