

令和 2 年 4 月 3 日現在

機関番号：22604

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12675

研究課題名(和文) 災害復旧クラウドソーシングにおける分散型タスクルーティングに関する研究

研究課題名(英文) Distributed Task Routing for Crowdsourcing in Disaster Recovery

研究代表者

酒井 和哉 (Sakai, Kazuya)

首都大学東京・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) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、マルチホップ遅延耐性ネットワークにおいて、クラウドソース化された救援・復旧タスクを効率的にモバイルユーザに割り当てる分散型タスクルーティングを設計し、災害復旧クラウドソーシングの基盤技術を開発した。具体的には、ユーザのモビリティを考慮した分散タスク割当アルゴリズム並びにユーザとの接触ごとにタスク割当を行う動的タスク割当アルゴリズムを提案し、Android端末への実装を試みた。研究成果はINFOCOMやIEEEトランザクションなどの国際会議や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タスクルーティングは、さまざまな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、情報通信技術を防災や災害復旧に適応し、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 research, we develop the foundation of the mobile crowdsourcing technology for disaster recovery using multi-hop delay tolerant networks, where crowdsourced tasks, such as rescue and recovery tasks, are effectively and efficiently assigned to mobile users. To be specific, we design distributed tasks assignment algorithms that incorporate user mobility as well as dynamic tasks assignment algorithms that dynamically allocates the tasks to users at contacts. In addition, we implemented the proof-of-concept prototype to Android devices. The research outcomes are published to several conferences and international journals, such as IEEE INFOCOM and IEEE Transactions.

研究分野：情報ネットワーク

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

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本列島付近は、複数のプレートの衝突領域であるため、我が国は、多くの地震や津波が発生する災害大国となっている。最近では、熊本地震が発生し、大きな人的被害が報告されている。一般的に、災害発生後 7 2 時間以内に被災者を救助し安全な場所へ避難誘導できるかどうか、生死を分ける場合がある。したがって、被災者の即時避難と身動きが取れない要救助者の早期発見が極めて重要である。このような背景のもと、減災・災害復旧を目的とし、タブレットやスマートフォンなどのモバイル端末で自律分散的に構成される遅延耐性ネットワークを応用した、災害時の即時情報共有システム[a1]や被災者の避難支援システム[a2]の研究が国内外でなされている。

しかしながら、被災地域の情報収集や瓦礫の下敷きになった人を救助するといった物理的なタスクは人間が行う必要がある。被災地の救助活動や復旧作業を行うボランティア参加者への、モバイル端末を利用した災害復旧タスクのクラウドソース化についての議論はなされていない。通信インフラが破壊された被災地で、モバイル端末が自律分散的に遅延耐性ネットワークを構成し、効率的な救援・復旧タスクの割当が可能になれば、災害による損失と復旧にかかる時間を激的に縮小できる可能性がある。これまでに申請者は、遅延耐性ネットワークにおける分散型ルーティングプロトコルの研究に取り組んだ経緯から、分散型タスクルーティングの概念を災害復旧クラウドソーシングに適用することに着想した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、被災地における救助活動・復旧作業をクラウドソース化し、各モバイル端末が自律分散的に構成する遅延耐性ネットワークを応用した災害復旧クラウドソーシングの技術基盤を開発することである。具体的には、1)被災地におけるタスク設計と災害復旧クラウドソーシングのモデル化、2)マルチホップ遅延ネットワークを介して効率的なタスク割当を実現する日和見主義的タスクルーティング手法を設計、3)予期せぬ事態により一部のユーザがタスクを遂行できない状況に対応するための高信頼タスクルーティング手法の設計、4)Android 端末を用いたプロトタイプ実装とテストベッド環境の開発、を行う。

3. 研究の方法

1) 災害復旧タスクのクラウドソース化とタスクルーティング

被災地で起こり得るタスクの難易度やタスク遂行に必要なユーザ数、タスクの期限などをパラメータ化し、災害復旧におけるタスク設計をモデル化する。災害復旧において、遅延耐性ネットワークを用いたクラウドソーシングのモデル化を行う。タスクルーティングの評価尺度として、平均タスク完了時間や期限内に完了したタスク数など複数の評価尺度を定式化する。

モバイルユーザ同士の接触頻度を確率モデルとして扱い、平均タスク完了時間を最小化するための分散タスクルーティング法を開発する。またタスクが発生した時点でタスク割当を行う静的タスクルーティングとモバイル端末同士が接触するたびにタスクを随時割り当てる動的タスクルーティングを設計した。

2) 性能評価

提案したアルゴリズムの性能評価として、実際のモビリティトレースを用いたシミュレーションを行う。実モビリティトレースとして、オープンコミュニティの CRAWDAD が提供しているモバイルユーザの接触トレースを用いる。

また Android 端末への実装をして、市販のスマートフォン等で提案したアルゴリズムが動作

するか検証する。

4. 研究成果

1) 分散型タスクルーティング

災害復旧現場でのモバイルクラウドソーシングを定式化し、瓦礫除去や被災者救済など複数のワークで処理しなければならない協調タスクという概念を導入した。ワークへのタスク割当は、タスクを発行するリクエストとワークとの平均接触間隔を用いて、最適化問題へ帰着させた。また、予めタスクをワークに割り当てる静的タスク割当アルゴリズムと、ワークとの接触ごとにタスクをリアルタイムに割り当てる動的アルゴリズムを設計した。性能評価は実トレースを用いてシミュレーションを行った。図1に示すように、提案手法は従来法に比べてメイクスパンを短くできることを明らかにした。また Android 端末でも提案アルゴリズムが実行できることを確認した。

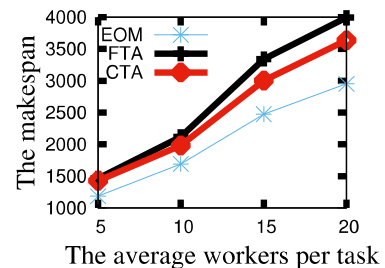


図 1. メイクスパン.

2) 高信頼性タスクルーティング

災害復旧タスクは、その種類により専門性や重要度が異なる。専門性の違いによりタスク処理の品質が異なる。そのため本研究では、タスク品質とワークの専門性というパラメータを導入し、タスク完了の期限までできるだけタスク完了の品質を大きくするというタスクルーティング問題を定式化した。同様にシミュレーションを行い、図2に示すとおり、従来法に比べてタスク品質を向上させることに成功した。

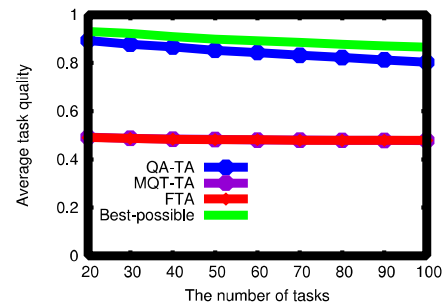


図 2. タスク品質.

また、被災地ではいち早く処理すべき重要なタスクとそうでないタスクが混在する。そこで本研究では優先度付きタスクルーティング問題を定式化した。提案手法では、重要なタスクを処理するワークを選び、グリーディ方式で重要タスクをワークに割り当てる手法を開発した。シミュレーションによって、図3に示すとおり提案手法は重要なタスクの完了率を向上させることが可能になった。また Android 端末でも提案アルゴリズムが実行できることを確認した。

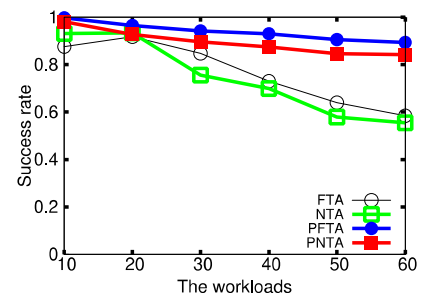


図 3. 重要タスク完了率.

<引用文献>

- [a1] 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.
- [a2] Z. Lu, G. Cao and T. La Porta, "Networking Smartphones for Disaster Recovery," In IEEE PerCom, pp.1-9, 2016.
- [a3] W. Wang, K. Yamakawa, K. Hiroi, K. Kaji, N. Kawaguchi, "Velobug: a mobile system for 3D indoor mapping," In UbiComp/ISWC, pp.337-340, 2015.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kazuya Sakai, Min-Te Sun, Wei-Shinn Ku, Hua Lu, and Ten H. Lai	4. 巻 1
2. 論文標題 Data Verification in Integrated RFID Systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Systems Journal	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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 -

1. 著者名 Sakai Kazuya, Sun Min-Te, Ku Wei-Shinn, Wu Jie, Alanazi Faisal S.	4. 巻 16
2. 論文標題 Performance and Security Analyses of Onion-Based Anonymous Routing for Delay Tolerant Networks	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Mobile Computing	6. 最初と最後の頁 3473 ~ 3487
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TMC.2017.2690634	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 Komori Yudai, Sakai Kazuya, Fukumoto Satoshi	4. 巻 116
2. 論文標題 Fast and secure tag authentication in large-scale RFID systems using skip graphs	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computer Communications	6. 最初と最後の頁 77 ~ 89
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.comcom.2017.11.008	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 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 0件/うち国際学会 10件）

1. 発表者名 Kazuya Sakai, Min-Te Sun, Wei-Shinn Ku, and Ten H. Lai
2. 発表標題 On The Performance Bound of Structured Key-Based RFID Authentication
3. 学会等名 PerCom（国際学会）
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Shohei Karaguchi, Kazuya Sakai, and Satoshi Fukumoto
2 . 発表標題 Quality-Aware Task Assignment in Opportunistic Network-based Crowdsourcing
3 . 学会等名 IPCCC (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Yuki Takeuchi, Kazuya Sakai, and Satoshi Fukumoto
2 . 発表標題 Detecting Ransomware using Support Vector Machines
3 . 学会等名 ICPP Workshop (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Ryouta Mizuhara, Kazuya Sakai, and Satoshi Fukumoto
2 . 発表標題 A Collaborative-Task Assignment Algorithm for Mobile Crowdsourcing in Opportunistic Networks
3 . 学会等名 ICC (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kazuya Sakai, Min-Te Sun, and Wei-Shinn Ku
2 . 発表標題 Data-Intensive Routing in Delay-Tolerant Networks
3 . 学会等名 INFOCOM (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内裕紀, 酒井和哉, 福本 聡
2. 発表標題 サポートベクトルマシンを用いたランサムウェア検知に関する一考察
3. 学会等名 DC研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水原涼太, 酒井和哉, 福本聡
2. 発表標題 オンラインでの協調タスク割当てアルゴリズムの設計と性能評価
3. 学会等名 第79回FTC研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福地祐哉, 酒井和哉, 福本聡
2. 発表標題 マルチクラウド環境におけるプライバシー保護k近傍法に関する考察
3. 学会等名 DC研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉浦佑介, 酒井和哉, 福本聡
2. 発表標題 ネットワークコーディングを用いたマルチパス回避ルーティングに関する一考察
3. 学会等名 FIT
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 唐口翔平, 酒井和哉, 福本聡
2. 発表標題 品質を考慮したタスク割り当てアルゴリズムの設計と性能評価
3. 学会等名 DC研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuya Sakai
2. 発表標題 A Suit of Anonymous Communication Protocols in Delay Tolerant Networks
3. 学会等名 NS研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水原涼太, 酒井和哉, 福本聡
2. 発表標題 連続時間マルコフ連鎖による遅延耐性ネットワークの一評価手法
3. 学会等名 DC研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福地祐哉, 酒井和哉, 福本聡
2. 発表標題 暗号文上の整数比較演算に適した形式への変換に関する一考察
3. 学会等名 IEICE全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内裕紀, 酒井和哉, 福本聡
2. 発表標題 拡張現実処理のオフローディングにおけるサーバの割り当てに関する考察
3. 学会等名 DC研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryouta Mizuhara, Kazuya Sakai, and Satoshi Fukumoto
2. 発表標題 A Collaborative-Task Assignment Algorithm for Mobile Crowdsourcing in Opportunistic Networks
3. 学会等名 IEEE International Conference on Communications (ICC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuya Sakai, Min-Te Sun, Wei-Shinn Ku, and Jie Wu
2. 発表標題 A Framework for Anonymous Routing in Delay Tolerant Networks
3. 学会等名 IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yudai Komori, Kazuya Sakai, and Satoshi Fukumoto
2. 発表標題 RFID Grouping Protocols Made Private
3. 学会等名 IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks (DSN) - Fast Abstract (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuya Sakai, Min-Te Sun, Wei-Shinn Ku, and Jie Wu
2. 発表標題 Anonymous Routing to Maximize Delivery Rate in DTNs
3. 学会等名 IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS) - Poster Track (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoya Osuki, Kazuya Sakai, and Satoshi Fukumoto
2. 発表標題 Contact Avoidance Routing in Delay Tolerant Networks
3. 学会等名 IEEE International Conference on Computer Communications (INFOCOM) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shohei Karaguchi, Kazuya Sakai, and Satoshi Fukumoto
2. 発表標題 A Top-k Recommendation Algorithm for Social Networks
3. 学会等名 第77回 FTC 研究会, 2017年7月
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 唐口翔平, 酒井和哉, 福本聡
2. 発表標題 遅延耐性ネットワークとクラウドソーシングを用いたトップ-k リストの作成
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 249, DC2017-32, pp. 73-76, 2017年10月
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水原涼太, 酒井和哉, 福本聡,
2. 発表標題 災害復旧における協調タスク割当アルゴリズム
3. 学会等名 信学技報, vol. 117, no. 359, DC2017-72, pp. 19-24, 2017年12月
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔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