

サーバレスなセンサ型アプリケーションの構築基盤におけるユーザマッチング手法の提案

生出 拓馬^{†1,†2} 阿部 亨^{†1,†3} 菅沼 拓夫^{†1,†3}

^{†1} 東北大学大学院情報科学研究科 ^{†2} 日本学術振興会特別研究員 DC

^{†3} 東北大学サイバーサイエンスセンター

1 はじめに

様々な内蔵センサを有するスマートフォンやIoTの普及によって、サービス利用者の端末からセンサデータを収集して活用するクラウドセンシングに関する研究開発が進められている。クラウドセンシングに基づくアプリケーションの実現モデルとしては、要求タスク情報と収集センサデータをサーバ上に構築した共有プラットフォーム上で流通させるものが一般的であり、利用者とタスクを紐付けるユーザのマッチング手法や利用者にタスクの実行を促す為の報酬機構、パーソナルデータ提供に伴うプライバシー保護機構等の実現が求められている。

本研究ではそれらの課題に対して、利用者同士の契約概念に基いたサーバレスなセンサ型アプリケーションの構築基盤を提案している [1]。しかし、本構築基盤においては、従来環境におけるサーバのような仲介者が存在しないため、既存の報酬機構の導入が困難となっている。そこで本稿では、市場価格の概念を導入した追加情報の不要なユーザマッチング手法を提案する。また、シミュレーション実験を通して本提案の実現可能性と有効性を示す。

2 関連研究と要件

ユーザ同士のマッチング手法の関連研究として、タスクの要求を満たしつつ提示対価の総和を最小限とするためにゲーム理論を応用した報酬機構が多く提案されている [2, 3] が、これらの多くはパラメータ設定や計算の複雑さから実アプリケーションへの適用は困難であるという指摘がある [4]。また、[2] では各利用者の貢献確率、[3] では提供品質を推定するためにプラットフォーム内の大量の流通データ情報を必要とするため、本研究におけるサーバレスのような環境には直接適用することができない。

そこで本研究では、1回のセンシングを単位とする市場価格の概念を導入し、各ユーザが過去の交渉結果から市場価格や効用値を学習していくモデルを提案する。本提案モデルはスマートフォン内蔵のセンサデータ流通シナリオを想定して各パラメータ項目を設計し、交渉結果に伴う双方の効用の増分が負とならないことと事前知識無しで各パラメータを適

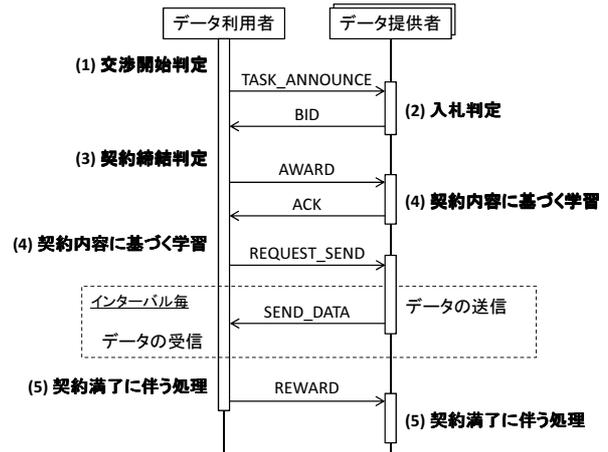


図1 交渉フロー

切に算出できることを必要な要件として定義する。

3 提案

図1に本提案モデルにおける交渉フローを示す。契約交渉は、特定の目的で一定期間センサデータを利用するタスク単位で、1人のデータ利用者と複数のデータ提供者の間で行われる。

3.1 交渉開始判定

交渉フローは、ユーザからセンシング対象エリア POI とセンシング依頼期間 $T = (t_s, t_w)$ 、現在の所持ポイント R 、センサデータの要求品質として最小受信頻度 f_{min} を入力されることで開始される。この時システムは過去の学習結果として得られている1センシングあたりの市場価格 c_0 と、依頼期間に応じた割増率 β_1, β_2 を用いてタスクの履行に必要な経費コスト r_{max} を概算し、それが所持ポイントを上回らない場合に周囲のユーザに対して $TASK_ANNOUNCE$ メッセージを広告する。

3.2 入札判定

$TASK_ANNOUNCE$ メッセージを受信したユーザ i は、現在契約中のタスク情報と依頼期間を比較して小区間 k に分割し、残資源に対する割当率 α や期間に応じた最大提供頻度 $f^{i,k}$ と最低報酬単価 $c^{i,k}$ を決定して入札情報 $b_k^i = (t_s^{i,k}, t_e^{i,k}, f^{i,k}, c^{i,k})$ を作成し、提供可能な区間の入札集合 B_i を BID メッセージとしてデータ利用者へ返送する。依頼期間を小区間に分割することで、限られた端末の資源を

User Matching Mechanism for Server-less Sensor Application Platform Takuma OIDE^{†1,†2}, Toru ABE^{†1,†3}, and Takuo SUGANUMA^{†1,†3}
^{†1} Graduate School of Information Sciences, Tohoku University
^{†2} Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science
^{†3} Cyberscience Center, Tohoku University

有効に活用することや、まとまった期間の提供を保証する代わりに報酬単価を割増すといった表現が可能となる。

3.3 契約締結判定

複数のユーザから BID メッセージを受け取ったデータ利用者は、貪欲法を用いて依頼期間内の全ての区間において要求品質を満たし報酬額を低く抑えられる入札集合 W を得る。この時、要求品質を満たさない区間が存在した場合や総報酬額が経費コストを上回る場合は交渉が決裂し、利用者は市場価格 c_0 を入札集合に近付けて学習し契約フローを終える。契約の締結が可能な場合は、勝者 W 内には再計算した依頼提供頻度 $\hat{f}^{i,l} (\leq f^{i,k})$ と依頼報酬単価 $\hat{c}^{i,k} (\geq c^{i,k})$ を含んだタスク情報 τ_k^i を、敗者 $L = B \setminus W$ には勝者内の最低報酬単価の最大値 c_{max} を、それぞれ AWARD メッセージとして通知する。これにより、データ利用者は支払額が想定額を上回らず、また、データ提供者は報酬額が想定額を下回らないユーザ同士のマッチングを実現する。

3.4 契約内容に基づく学習

契約締結後、データ利用者は市場価格 c_0 を最終的な支払単価に近付けて学習する。また、勝者は c_0 を依頼単価 $\hat{c}^{i,k}$ に、敗者は勝者の基準単価 c_{max} に近付けてそれぞれ学習する。この学習により、各自が推定している市場価格が状況に応じた値に向かって徐々に収束していき、効率的なユーザ間の交渉を推進する。学習による市場価格の収束値については4章のシミュレーション評価を通じて考察する。

3.5 契約満了に伴う学習

契約満了後、REWARD メッセージを介してユーザ間でポイントの授受を行う。その後、データ提供者は現在の資源使用率を算出し、閾値以下であれば入札時の資源割当率 α を微増させる。

4 評価

以下のユーザの行動を仮定して、提案モデルに基づくシミュレーション評価を行った。

1. 目的地を決定する
2. 目的地周辺を POI として環境情報を一定時間収集する
3. 移動を開始する
4. 到着後、次の目的地を決定する (以下繰り返す)

市場価格 c_0 の推定初期値は 0.5 を平均値とする乱数で与え、入力パラメータはユーザ数 n を変化させた。

実験結果を図 2, 図 3 に示す。図 2 より、未学習の場合は推定初期値のまま収束し、提案手法ではユーザ数に応じて市場価格が変化して収束した。これは、データを提供可能なユーザが少ない方が市場価格が増加して安定し、逆に提供可能なユーザが多い方が市場価格が減少して安定したことを意味する。また、図 3 より、未学習の場合よりも提案手法の方が交渉成功率が増加したことを確認した。

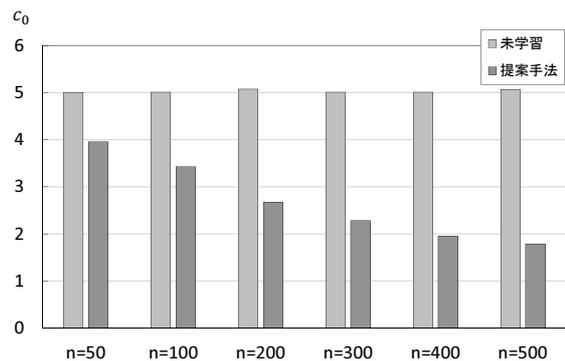


図 2 ユーザ数 n に伴う市場価格 c_0 の平均収束値

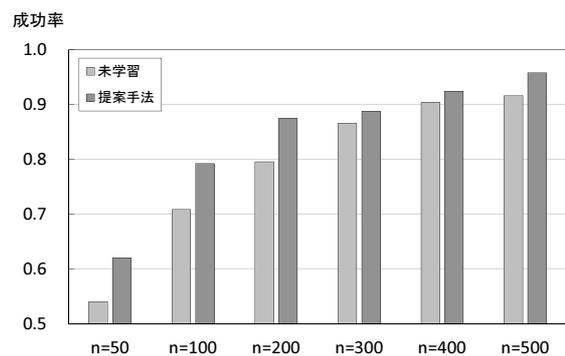


図 3 ユーザ数 n に伴う交渉成功率の平均収束値

5 おわりに

本稿では、サーバレスなセンサ型アプリケーション構築基盤に適用可能な、事前知識が不要なユーザマッチング手法を提案した。また、シミュレーション評価を通して、本提案の実現可能性を確認した。今後の課題として、 β_1, β_2 等のパラメータの調整、効率的な周辺ユーザの発見、REWARD 時の安全なポイントの授受等がある。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 15J09912 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 生出拓馬ほか：契約概念に基づくストリーム型データ共有基盤の検討，マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2015 論文集，Vol. 2015, No. 5, pp. 92-99 (2015).
- [2] Peng, D., et al.: Pay As How Well You Do: A Quality Based Incentive Mechanism for Crowdsensing, *Proc. of MobiHoc '15*, pp. 177-186 (2015).
- [3] Jin, H., et al.: Quality of Information Aware Incentive Mechanisms for Mobile Crowd Sensing Systems, *Proc. of MobiHoc '15*, pp. 167-176 (2015).
- [4] Guo, B., et al.: Mobile Crowd Sensing and Computing: The Review of an Emerging Human-Powered Sensing Paradigm, *ACM Computing Surveys*, pp. 7:1-7:31 (2015).