

ドローンで取得した画像データ処理を高信頼化する技術を開発

ドローンなどの無人航空機（UAV）で撮影した画像データについて、UAV上で実行するAI処理の一部をネットワークを介して地上の別の計算機で実行させることで、より高性能かつ高信頼なリアルタイム処理を可能にする新たな分散処理技術「PA-Offload」を開発しました。

ドローンなどの無人航空機（uncrewed aerial vehicle、UAV）がさまざまな分野で活用され始めています。例えば、UAVで撮影した映像をAI処理によりリアルタイムに解析することで、災害救助や環境モニタリングに生かすことができます。しかし、UAV自体には限られた計算機資源しか搭載できず、高性能かつ高信頼なAI処理を行うことは大きな課題の一つでした。本研究では、UAV上で実行するAI処理の一部を、地上の別の計算機で実行する新たな分散処理技術「PA-Offload」を開発しました。

PA-Offloadの特長は、処理性能と信頼性のトレードオフを考慮した「性能可用性」という指標に基づいて計算処理のオフロード（ネットワークを介した分散）実施を決定することです。より高い性能可用性を達成するようにオフロードのタイミングを制御し、高性能かつ高信頼なAI処理を実現します。性能可用性を推定するためには、UAVやオフロード先の計算機の振る舞いの詳細な理解が必要になります。そこで、確率報酬ネットと呼ばれる確率モデルを用いて、UAVシステムの性能可用性を評価しました。これにより、複数のUAVのオフロードや異なる無線通信チャンネル、オフロード先の計算機の拡張性なども考慮することができます。

PA-Offloadは、人間では判断が難しい処理性能と信頼性のトレードオフの問題を解決する技術です。性能可用性の指標化と解析、またそれを活用したUAVシステムの高信頼化は今後ますます重要な課題となることから、今後さらに、災害救助や森林伐採監視などの具体的な応用シナリオに基づいて、UAVシステムの高信頼化に取り組みます。

研究代表者

筑波大学システム情報系

町田 文雄 准教授

研究の背景

近年、ドローンなどの無人航空機（uncrewed aerial vehicle、UAV）で取得した画像データなどを、AI 処理によってリアルタイムに解析するシステムの応用が期待されています。しかし、UAV に搭載できる計算機資源は限られているため、処理負荷の高い AI 処理によって、システムの性能が劣化したり UAV 上で動作するプロセスが故障したりする問題が起こり得ます。そこで、AI 処理の一部を、ネットワークを介して他の計算ノードに分散させるオフロード技術が注目されます。AI 処理を分散して UAV の処理負荷を削減することで、システムの高信頼化が期待できます。しかし一方で、ネットワークの通信品質や、オフロード先の計算機資源の状態によっては、むしろ、処理性能が低下してしまうケースが生じます。このように、オフロード処理においては、信頼性と処理性能のトレードオフがありますが、処理性能はさまざまな環境要因に依存するため、これを正確に捉えることは困難でした。

研究内容と成果

本研究では、処理性能と信頼性の両方を捉える指標として「性能可用性」を導入し、システムの状態観測に基づいて性能可用性を定量的に評価し、オフロードを実行すべきかどうかを判定する新たな技術「PA-Offload」を開発しました（図1）。性能可用性は、システム稼働状態における AI 処理のスループット（単位時間あたりのデータ処理量）の期待値で表されるため、処理性能と信頼性が共に高まることが期待される場合に高い値を取ります。性能可用性を定量的に評価するには、システムの状態遷移を正確に捉える必要があり、そのために、この技術では確率報酬ネットと呼ばれる数理モデルを使って、UAV 上の計算機の処理状態、オフロードで利用する計算機の処理状態、通信チャネルの状態などの因果関係を確率的に分析し、システム全体の振る舞いを包括的にモデル化します。これにより、オフロードを実行した場合と実行しない場合の性能可用性値を推定し、より高い性能可用性を達成するように処理形態を選択します。

PA-Offload の利点は、UAV の移動や動作環境に応じて変化する計算機の負荷や通信品質に対して、適応的（臨機応変）に処理形態を選択できることです。この技術の有効性を評価するために、負荷状態や通信品質などのさまざまなパラメータを変化させて性能可用性の違いを数値解析しました。その結果、PA-Offload は、オフロードを適応的に実行しない場合や、負荷状態のみに基づいて適応的にオフロードする場合などと比較して、他のパラメータに依存せず、常に最も高い性能可用性を達成できることが確認できました（図2）。さらに、オフロードを要求する UAV が少ない場合やオフロード先の計算機資源が不十分である場合に、とりわけ、PA-Offload が有用となることが明らかになりました。

今後の展開

UAV を活用したシステムはさまざまな分野で応用され始めています。PA-Offload は UAV で高度な AI 処理が求められるシステムの設計に役立つと考えられ、既に、森林伐採監視や災害救助などの具体的シナリオを想定したシステムへの応用に取り組んでいます。今後は、複数の UAV が連携して動作するシステムなども対象に、研究を進めていく予定です。

参考図

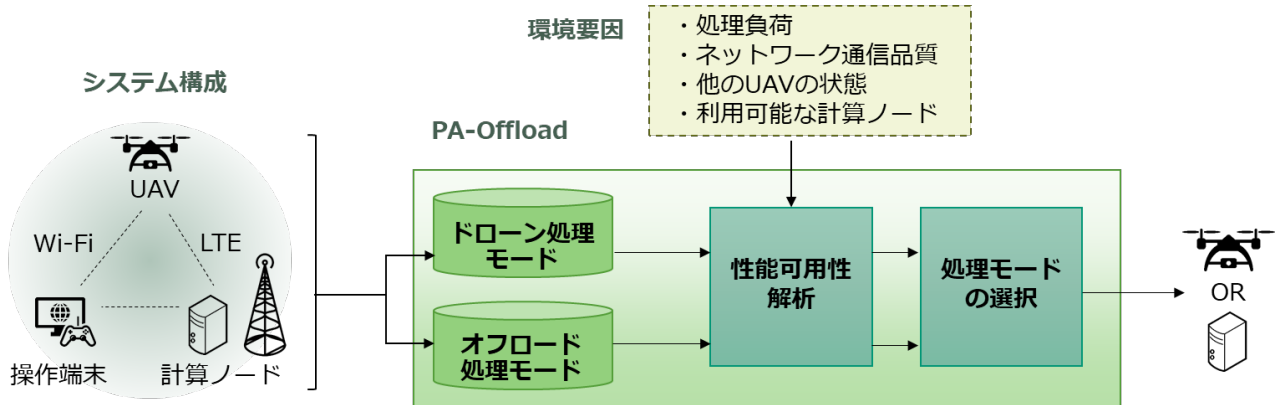


図1 本研究で提案した PA-Offload の仕組み

データ処理を UAV 上で行うドローン処理モードと、地上に分散するオフロード処理モードの、システム構成や振る舞いを確率報酬ネットでモデル化する。実行時の環境要因をパラメータとして性能可用性を解析し、より高い性能可用性を達成する処理モードを選択して実行する。

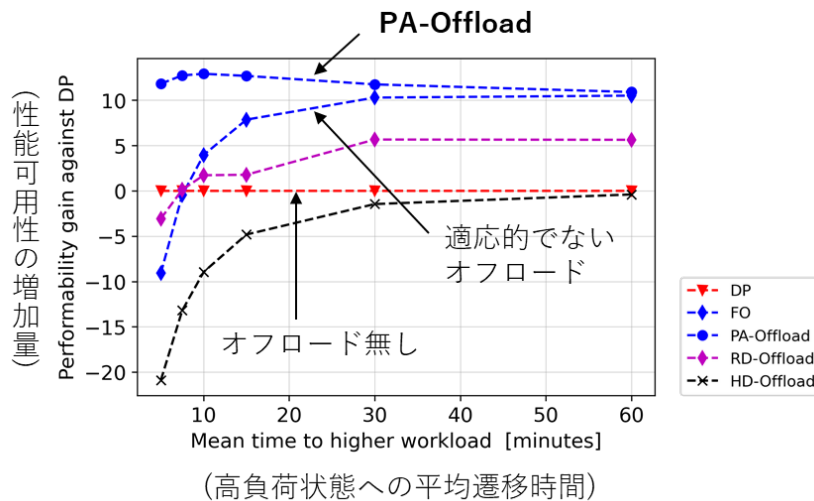


図2 性能可用性の比較

今回開発した PA-Offload 技術を用いると、パラメータに依存することなく、他のデータ処理方法よりも常に高い性能可用性が得られることが分かった。

研究資金

本研究の一部は、2019 年度筑波大学研究基盤支援プログラム (S タイプ)、日本学術振興会外国人招へい研究者 (筑波大学大学院システム情報工学研究群) によって実施されました。

掲載論文

- 【題名】 Performability analysis of adaptive drone computation offloading with fog computing.
(フォッグコンピューティングを用いた適応的ドローン処理オフローディングの性能可用性解析)
- 【著者名】 Fumio Machida, Qingyang Zhang, Ermeson Andrade
- 【掲載誌】 Future Generation Computer Systems

【掲載日】 2023年3月25日

【DOI】 <https://doi.org/10.1016/j.future.2023.03.027>

問合わせ先

【研究に関すること】

町田 文雄（まちだ ふみお）

筑波大学システム情報系 准教授

URL: <https://www.sd.cs.tsukuba.ac.jp/>

【取材・報道に関すること】

筑波大学広報局

TEL: 029-853-2040

E-mail: kohositu@un.tsukuba.ac.jp