

センサデータストリーム処理の AoI を短縮する エッジマイクロサービス処理プラットフォームの検討

宮越一稀¹ 寺西 裕一^{2,1} 川上 朋也^{3,1} 義久 智樹¹ 下條 真司¹
大阪大学¹ 情報通信研究機構² 福井大学³

1. はじめに

インターネットを介してデータを取得できる Internet of Things (IoT) のデバイス数の増大にともない、センサ等のデバイスからデータを収集・分析し、物理的な機器や設備等を制御する Cyber Physical System (CPS) の研究開発が活発化している。CPS の多くは、連続的かつリアルタイムにデータ処理を行うストリームデータ処理を行っている。CPS の一例として、センサやカメラで観測した人に応じた部屋の入退室の制御、人の動きと室内の温度・湿度に応じた空調制御があげられる。こうした CPS アプリケーションでは、実世界の物理的な状況変動に応じた制御が必要であり、アプリケーションによって観測情報の鮮度、すなわち、得られた観測情報の実際の観測時刻からの経過時間には許容範囲がある。情報の「鮮度」は Age of Information (AoI) と呼ばれる指標によって表現される[1]。本稿ではアプリケーションが取得するセンサデータ処理結果に含まれる観測情報の AoI に対する要求を、そのアプリケーションの Requested AoI (要求 AoI : RA) と呼ぶ。特に、CPS アプリケーションでは、実世界に物理的な影響が及ぶため、RA を満たすことが求められる。

著者らは、これまでに、エッジコンピューティング環境においてセンサデータの処理を行うマイクロサービスのデータ処理プロセスと処理結果の提供プロセスを分離し、複数のアプリケーション間で処理プロセスを再利用することでリソース使用量を抑えるアーキテクチャ WoT-based Logical Sensor Architecture (WLSA) を提案してきた[2]。しかし、WLSA および既存のセンサデータストリーム処理システムでは、エッジコンピューティング環境上の異なる性能を保つ複数の計算リソース上に処理プロセスが存在するとき、エッジ・クラウドのどの位置で、どのように処理を実行すれば RA を満たしつつ多数のアプリケーションを収容できるかについて、

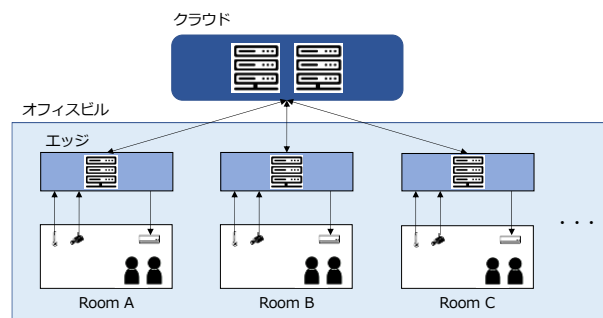


図 1 想定環境

これまで十分に検討されていなかった。

本研究では、WLSA を基本とし、プロセス上の処理の頻度を、処理性能や混雑度に応じて適応的に間引くことで、処理に用いる観測情報の AoI を短縮する Back Pressure (BP) 型のセンサデータ処理方法を提案する。また、BP 型のセンサデータ処理を前提に、アプリケーションの収容数が多く、エッジ・クラウドの計算機資源が十分に確保できない場合も RA を満たす処理の数を増加させることを可能とするマイクロサービスの計算資源割り当て方式 Best-Fit for Estimated AoI (BFEA) を提案する。

2. 前提

図 1 に本研究の想定環境を示す。本研究では、クラウドと複数のエッジデバイスからなるエッジコンピューティング環境を想定する。各アプリケーションは、センサデータストリーム処理として、一定の周期でセンサデータ処理を行う要求を、エッジデバイス配下に接続したユーザが任意のタイミングで発出する。要求を受けたエッジデバイスは、対応する処理を継続して実行する。それぞれのアプリケーションは、RA をセンサデータ処理の実行要求とともに指定するものとする。また、オフィスビルのような大規模環境において、多数のアプリケーションから実行要求が発出される状況を想定する。実行要求の数が増加した場合、あるセンサデータ処理を実行中に次の周期のセンサデータが到着すると飽和状態となり、処理結果が累積して AoI が増大する問題が想定される。

A Study on an Edge Microservice Processing Platform
to Reduce AoI of Sensor Data Stream Processing

1 Osaka University, Japan

2 NICT, Japan

3 Fukui University, Japan

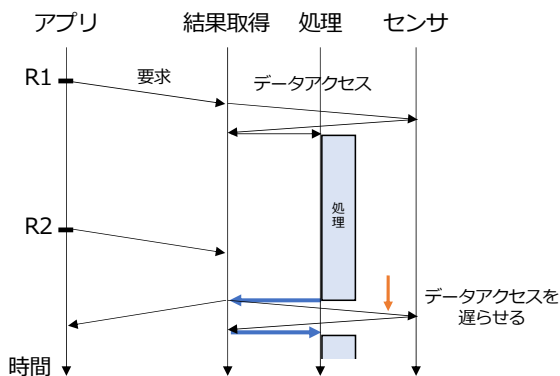


図 2 Back Pressure 型センサーデータ処理

3. 提案

本研究では、WLSA を基本とし、マイクロサービスプロセス上の処理の進行状況に合わせてセンサーデータ取得を適応的に遅らせ、データ処理の頻度を間引く Back Pressure (BP) 型のセンサーデータ処理方式を提案する。図 2 に BP を適用した場合のデータアクセスの例を示す。BP では、あるセンサーデータ処理の実行中に次の周期のセンサーデータ取得リクエストが発生した場合、実行中のセンサーデータ処理が終了するまで待機する。次のセンサーデータアクセスは前のセンサーデータ処理が終了してから実行することで、飽和状態を回避し、AoI が累積して増加することを防ぐことができる。これにより、データアクセスの回数は減るが、処理毎の AoI の増大を抑えることができる。

また、本研究では、エッジ・クラウドの計算機資源のいずれかで処理を実行するかを greedy に決定する割り当て方法の一つとして Best-Fit for Estimated AoI (BFEA) を提案する。BFEA は、事前にセンサーデータ処理の実行要求がいつ発出されるかわからず、かつ、オーバーヘッドが大きい処理のマイグレーションを行わない想定のもと RA を満たす可能性が高い計算機資源へ割り当てを行う。また、事前に各計算機資源上でデータ処理を実行した場合の処理時間が推定できることを想定する。BFEA は、ネットワークを介したセンサーデータ転送時間と、推定処理時間を合わせて RA を満たす計算機資源を候補とし、それらのうち、処理遅延の大きい計算リソースから優先して割り当てを行うことで、RA に相応の性能を有する計算機資源を優先的に割り当てる。これにより、全体的に計算リソースの CPU 及びメモリの空き容量をより大きく保ち、RA を満たすアプリケーションの収容数を増加させることができる。

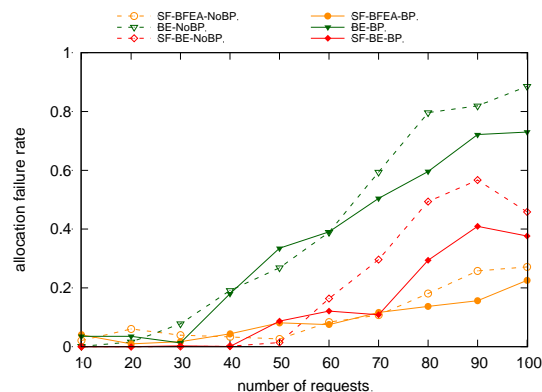


図 3 RA を超過した処理要求の割合

4. 評価

BP 及び BFEA の有効性を示すために、シミュレータを実装し評価を行った。評価環境として、映像解析に基づく空調制御や入退室制御サービスが混在する環境におけるストリーム処理要求が、アプリケーション毎に一様に生成される状況を想定した。メモリの空き容量の大きいリソースから優先して割り当てる方式である Best Effort (BE) を基準として、WLSA による処理プロセスの再利用をする Share-Flow (SF), BP, BFEA を適用する場合と比較した。図 3 に、各割り当て方式における、RA を超過した処理要求の割合を示す。BP, BFEA を適用することで RA を満たすアプリケーション収容数が増加していることが分かる。

5. おわりに

マイクロサービスプロセス上の処理の進行状況に合わせて適応的にセンサーデータの取得を遅らせる Back Pressure (BP) 型のセンサーデータ処理方法及び RA を満たすアプリケーションの収容数を増加させる処理割り当て方式 BFEA を提案した。提案により、RA を満たすアプリケーションを増加可能であることを示した。

謝辞

本研究の一部は科学研究費補助金 JP20H00584 の研究助成による成果である。

参考文献

- [1] 井上文彰, 滝根哲哉: Age of Information, 電子情報 通信学会基礎・境界サイエティ Fundamentals Review, Vol. 13, No. 3, pp.197-208, 2020.
- [2] K. Miyagoshi, Y. Teranishi, T. Kawakami, T. Yoshihisa and S. Shimojo, "Proposal of a Logical Sensor Architecture using WoT-Based Edge Microservices," Proc. of IEEE COMPSAC 2020, pp.1223-1228, 2020.