

デジタルツイン環境のための同期制御の試作

Prototype Synchronous Control for Digital Twin Environments

上原 剛† 笠松 大佑†

Tsuyoshi UEHARA† Daisuke KASAMATSU†

† 創価大学理工学部情報システム工学科

† Faculty of Science and Engineering, Soka University

1. はじめに

本研究の目的は、デジタルツインを支えるシステムの技術的な要となるストリーム処理に着目し、ボトルネックとなってレイテンシーが増大した際に、送信データ間隔を調整することによって、その抑制に取り組むことである。

2. 課題

先行研究[1, 2]では、ストリーム処理を用いて実データをリアルタイムに処理することができるが、事故などのイレギュラーなイベントの実データは多くないため、それを分析処理することが難しい。そのため、シミュレーションデータを用いる必要がある。しかしながら、シミュレーション環境からストリーム処理へのレイテンシーが大きくなる場合はすぐに分析ができない。例えば、事故が発生しても近隣車両にそのことが即座に伝わらない可能性がある。また、データ到着率が低いと正しく分析することができないため、信号などの制御に悪影響が出ることが考えられる。本研究の課題は、シミュレーション環境とリアルタイム処理の同期を確保することである。

3. 提案手法

図1にシステム構成を示す。本システムは Simulation of Urban MObility (SUMO), Apache Kafka, Apache Spark を使用している。シミュレーションデータを SUMO で生成する。シミュレーションデータは、車の ID, 速度, 地理情報, 時間である。Kafka に投入したデータを Spark を通じて Kafka の別 Topic に投入する。それを Controller が読み出してレイテンシーを計算する。

レイテンシー抑制のために、図1に示す Producer はデータの送信間隔を広げ、送信間隔を広げた分のデータの送信をスキップする。レイテンシーと車の台数は比例すると仮定すると、レイテンシーの値とデータの送信間隔の和が最小になるようにする。本論文では、レイテンシーの値の平方根を取ってデータの送信間隔を広げることで、データの損失を抑制しつつレイテンシーも抑制する。式 1 は計算の簡略化のため、レイテンシーの平方根を int 型にする。式 2 は式 1 が int 型を取ったため、データの送信間隔が最大で 1 秒近く変わるので設定する。Producer は取得したレイテンシーを式 1 または式 2 に代入し、算出された値だけデータの送信間隔を広げる。

$$x = \lfloor \sqrt{[latency]} \rfloor \quad (latency \geq 2) \quad (1)$$

$$x = \lfloor \sqrt{[latency]} \rfloor + 1 \quad (latency \geq 2) \quad (2)$$

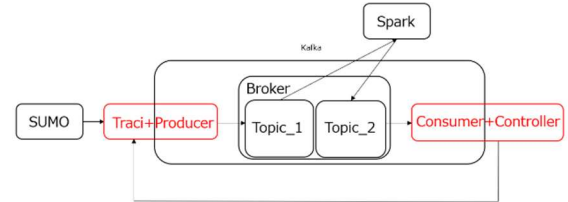


図1 システム構成図

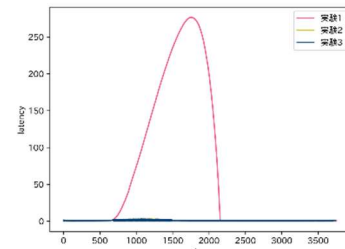


図2 実験結果

4. 実験

実験 1 として、レイテンシーの抑制を行わない実験を行う。実験 2 として、式1を適用した実験、実験 3 として、式 2 を適用した実験を行う。実験結果を図 2 に示す。実験 1 のレイテンシーは最大約 276 秒まで増大したが、実験 2, 3 ではレイテンシーは最大約 3 秒まで抑制できた。また、実験 1 では step が約 1800 でレイテンシーが最大となったが、実験 2, 3 では step が約 1200 でレイテンシーが最大となった。実験 1 と実験 2, 3 でレイテンシーが最大となる step が違ったのは、実験 1 はレイテンシーが大きく、走行している車の台数は減ってもデータの処理待ち時間が掛かるため、実験 2, 3 よりもレイテンシーのピークが遅くなったと考えられる。

5 おわりに

本研究では、可視化システムの処理部分、つまりストリーム処理を行う部分がボトルネックとなってレイテンシーが増大した際、送信データ間隔の調整によってレイテンシーの抑制を行った。

参考文献

- [1] Kazuma Tomatsu, Haruka Tanaka, and Daisuke Kasamatsu "An Adaptive Partitioning Method for Distributed Stream Processing Systems," GCCE, pp.282-283, 2022.
- [2] 大濱開, 上原剛, 笠松大佑, "ストリーム処理における動的パーティションの順序保証の試作," 電子情報通信学会ソサイエティ大会, p.8, 2023.