

分散型人流・交通流シミュレータの大規模環境における 動作実証

平野 流, 米澤 拓郎, 河口 信夫(名古屋大学)

Performance Verification of Distributed Person and Traffic Flow Simulator in Large Scale Environment

Rui Hirano, Takuro Yonezawa, Nobuo Kawaguchi (Nagoya University)

1. 背景

人流・交通流のシミュレーションは、商業施設の混雑緩和や交通計画の策定など様々な目的で活用される。既存の人流・交通流シミュレータには、災害時の避難シミュレータである ESCAPES[1]やオープンソースの交通流シミュレータである SUMO[2]など多く存在する。

また近年、IoT センサやスマート社会基盤の普及により多種多様な実世界データを取得できるようになった。このような背景から、実世界の情報をシミュレーション世界に反映したリアルタイム実行可能な人流・交通流シミュレーションへの需要が高まってきている。

2. 先行研究と課題

先行研究では、異種シミュレータ連携を目的としたアーキテクチャに関する研究[3]や、大規模化を目的とした複数計算資源上での並列計算に関する研究[4]などがなされており、大規模かつ異種シミュレータ間連携可能なシミュレータが研究および実用化されている。また近年、実世界のセンサから得られた情報を、シミュレーション可能な情報に補完するデータ補完手法[5]や、実世界データによってシミュレータアルゴリズムのパラメータを調整するデータ同化手法[6]に関する研究も行われている。

実世界データをシミュレーションにリアルタイムに反映するには、データ補完・データ同化手法の適用や実世界の状況に応じた動的な構成変化、リアルタイム同期機能などを組み込む必要がある。しかしながら、既存のシミュレータの多くはあらかじめ設定された内容に基づいて計算を行う静的なシミュレータであり、実世界との相互作用を考慮していない。そのため、動的な構成変化やリアルタイムな実世界データの反映といった要件を既存のシミュレータに組み込むのは困難である。

3. 本シミュレータのコンセプト

本研究では、大規模性能や異種シミュレータ連携機能に加え、実世界データとのリアルタイムな相互作用を考慮した人流・交通流シミュレータの設計・開発を目的とする。

本システムの全体像(図 1)は、マスターレイヤとワーカーレ

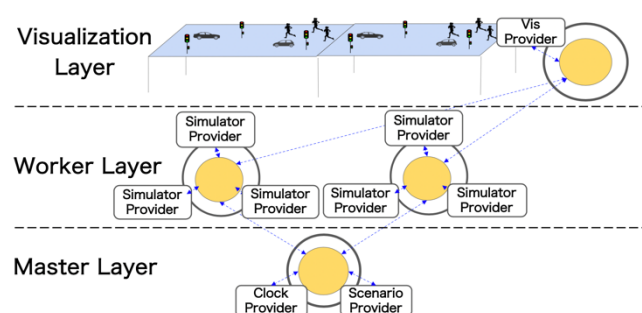


Fig1. Overview of Simulator

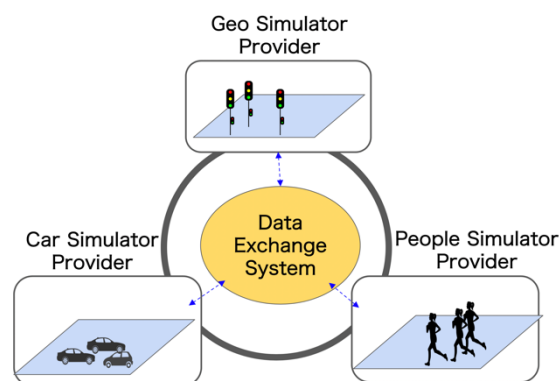


Fig2. Overview of Sub Simulator

イヤ、可視化レイヤの三層で構成されている。マスターレイヤはシミュレーション全体の時刻同期やシナリオ設定を行う役割を持ち、ワーカーレイヤはエリア毎にシミュレーション計算を行う役割を持つ。また、可視化レイヤはエージェントを可視化する役割をもつ。ワーカーレイヤではエリア毎にサブシミュレータ(図 2)を分散させることで、動的なエリアの拡張や計算処理の分散が柔軟にできるような仕組みとした。

サブシミュレータは、複数の異種シミュレータを搭載したプロバイダ同士で情報交換し連携する。通常、プロバイダ間で通信を行うと、全体の通信はメッシュ通信になり複雑化してしまう。この問題を防ぐために、本シミュレータではデータ交換基盤を介して通信を行う。ここで、データ交換基盤には、我々が開発している Synerex[7]というシステムを採用し

Tab1. Performance of the Server

Name	Detail
Machine Type	GKE n1-standard-1
CPU	vCPU 2.2-3.0GHz 1core
Memory	3.75GB

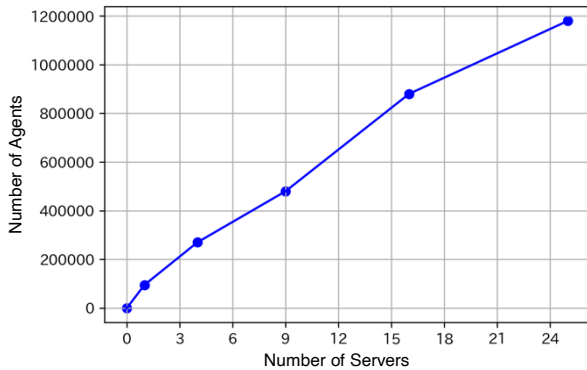


Fig3. Changes in the Number of Servers and Agents

ている。Synerex はデータ交換基盤自体の分散性能や柔軟性を携えており、Gateway プロバイダを用いることで複数に分散されたデータ交換基盤同士の連携が可能である。さらに、Synerex は、主に Go 言語で実装され、gRPC を用いてモジュール間通信を行っており、記述性を保ちつつ、高い分散処理能力を有しているという利点がある。

本システムは複数資源への分散を前提としており、Docker/Kubernetes を使用している。Kubernetes により、サーバ群上への適切なシミュレータの自動配置が可能である。また、Google Kubernetes Engine(GKE)など主要なベンダーにサポートされたプラットフォームもあり、使用するサーバのオートスケーリングも可能であるため、利用者や開発者がサーバ構成や処理分散を意識する必要がなくなる。

4. 大規模分散化における実証と課題

我々は2019年から本シミュレータを開発しており、上述した主なコンセプトを実装済みである[8]。また、複数のサーバ上で簡易的な人流シミュレーションを実行可能で、エリアやエージェントなどの構成も動的に変更可能である。

本研究では、分散環境での動作実証と大規模性能の検証のため、複数計算資源上での分散シミュレーションをおこなった。今回の実験では、HPCやGPUといった高性能計算資源を使わず、複数の計算資源を使用することで大規模化をはかる。そのため、表1の性能をもつ仮想サーバを複数台使用し、実行可能なエージェント数の最大値を測定した。ここで、エージェント数の最大値はサーバのCPU使用率が100%となった時とした。さらに、シミュレーションアルゴリズムとして、Optimal Reciprocal Collision Avoidance[9]と呼ばれる人の回避行動を模したアルゴリズムが実装された人流シミュレータを用いた。図3の実験結果から、サーバ台数の増加に伴い、計算可能なエージェント数がほぼ線形的に増加することがわかった。また、仮想サーバ25台の使用により100万規模のエージェントのシミュレーションを実現できた。

本実験は、各サーバに一つのサブシミュレータを設置し、サブシミュレータ毎にエージェント数が一定になるように行った。しかしながら、実際のシミュレーションではエージェントの密度が動的に変わるため、特定のサーバに負荷が集中する可能性がある。この課題を対処するため、ある特定のサーバに負荷が集中した際に自動でエリアの縮小や分割を行い、負荷の少ないサーバに分散する機能を今後実装する必要がある。また、リアルタイムな実行を想定する場合、シミュレーション周期に時間的な制約ができる。そのため、時間制約を考慮した適切な分散設計をする必要がある。

5. まとめ

本研究では、大規模性能や異種シミュレータ連携機能に加え、実世界データとのリアルタイムな相互作用を考慮した人流・交通流シミュレータの設計と大規模性能の検証をおこなった。エリア毎のサブシミュレータの分散と Synerex を介した情報交換により、動的な拡張性や処理分散などの柔軟性をもたせる工夫をした。さらに、複数資源への分散機能を実装して大規模性能検証を行い、100万エージェントの計算が可能であることを示した。

今後の計画として、異種シミュレータ間連携における交換するデータの標準化や実世界データを用いたデータ同化手法の検証と実装を行っていく。また、共同研究中の動植物園や空港で得られる実世界センサデータを利用し、本シミュレータの有用性を実証していく。

謝辞 本研究は、JST CREST JPMJCR1882, NICT 委託研究、総務省 SCOPE, JST OPERA(JPMJOP1612), NEDO SIP2 期の支援を受けたものです

文 献

- [1] Jason Tsai, Natalie Fridman, Emma Bowring, et al. ES-CAPES - Evacuation Simulation with Children, Authorities, Parents, Emotions, and Social comparison. Vol. 1, pp. 457-464, 01 2011.
- [2] Pablo Alvarez Lopez, Michael Behrisch, et al. Microscopic traffic simulation using sumo. In The 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems. IEEE, 2018.
- [3] RICHARD M. FUJIMOTO. Research Challenges in Parallel and Distributed Simulation. ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, Vol. 26, No. 4, 2016.
- [4] Muhammad Usman Awais, et al. The high level architecture RTI as a master to the functional mock-up interface components. 2013 International Conference on Computing, Networking and Communications, 2013.
- [5] 尾崎 敦夫, 古市昌一, 西 乃武夫, 黒田 悦司. 並列分散型高精度交通シミュレーションシステムの実現と評価, 情報処理学会論文誌, 2000.
- [6] 重中 秀介, 大西 正輝, 山下 倫央, 野田五十樹. データ同化を用いた大規模人流推定手法. 電子情報通信学会論文誌, 2018.
- [7] 河口信夫, 米澤拓郎, 廣井慧. Synerex: 超スマート社会を支える需給交換プラットフォームの設計コンセプトと機能, 情報処理学会研究報告 ユビキタスコンピューティングシステム(UBI), 2020-UBI-65(49), pp.1-6(2020)
- [8] 平野 流, 廣井慧, 米澤拓郎, 河口信夫. 大規模分散環境における人流・交通流シミュレータの設計と課題, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル DICOMO2020 シンポジウム, pp.772-777, 2020
- [9] Jur van den Berg, Stephen J. Guy, Ming Lin, and Dinesh Manocha. Reciprocal n-body Collision Avoidance. 14th International Symposium on Robotics Research, 2009.