

氏名	山岡 久俊		
学位の種類	博士(工学)		
学位記番号	博甲第 10251 号		
学位授与年月日	令和 4 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	空間の広域可視化を可能とする大規模分散システムの開発		
主査	筑波大学 教授	博士(工学)	天笠 俊之
副査	筑波大学 教授	博士(理学)	高橋 大介
副査	筑波大学 教授	博士(工学)	三谷 純
副査	筑波大学 教授	工学博士	坪内 孝司
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	新城 靖
副査	筑波大学 准教授	Ph. D, 工学博士	蔡 東生

論文の要旨

リモートを主体とした新しいコミュニケーションのあり方が世界中で模索される中、多くの利用者が仮想空間上で、仮想構造物、あるいは他の利用者と直感的なインタラクションを行いながらコミュニケーションをとるツールやゲームの需要が高まっている。また、IoT (Internet of Things) によって、現実世界から取得できるセンサデータの種類や量が増えており、これらを仮想空間上で重畳表示することで、現実世界の状況を適切に把握する需要も高まっている。本論文は、これらの課題に対応し3つの取組みを行っている。

第一の取組は、大規模な空間データを保持・更新しつつ、クライアントからの要求に応じ、表示の縮尺を柔軟に変えながら空間を可視化できる基盤の提案を行っている。ネットワークを介して仮想的に格子状に接続する複数のノード間で継続的に空間データの交換を行い、効率的なデータ分布を生み出す方法を提唱し、可視化評価実験を行っている。

第二の取組は、仮想空間上で利用者が操作する特定の地点を中心とした近傍領域を生成し、その領域内に非言語情報が伝達する範囲を限定する等の制御を行う近傍領域モデルとその高速な計算方法を提案している。この取組では、空間上の近傍領域をポテンシャル関数によってモデル化し、経路距離ではなく周囲の空間構造を反映する新しい「近傍概念」を提唱している。

第三の取組は、大量のセンサデータ処理を行う並列分散ストリーム処理基盤について、オブジェクトとプラグインという機構から成る処理フロー開発の枠組みを提案している。この枠組において、コネクテッドカーを想定したサービスを試作した上で秒間最大 10 万件のデータアップロードを想定したワークロードによる実験を行い、その基本性能を確認するとともに提案方式の有効性を検証している。

審査の要旨

【批評】

本研究は、変化する大規模な空間データを多様な縮尺で可視化することを目的とし、データの集約と配信を並列化することで負荷集中とボトルネックを排除する並列分散アーキテクチャを提案している。大規模な空間データ保持のために、多数のノードによって空間データを分散して保持する必要がある。広い領域を俯瞰的に可視化するには、複数のノードに分散して存在するデータを集約した上で、縮尺を段階的に小さくしたデータを生成する必要がある。このため、データを転送するためのネットワーク帯域や、縮尺を下げたデータを生成する処理にかかる負荷が一箇所に集中するボトルネックにより空間データの大規模化が困難であった。本研究では、利用者が空間を可視化する際の、負荷分散のための理想的なデータ分布を考察し、分散ノード自身がネットワークを介して自律的にデータを交換することで、その分布を生成する方式を提案している。また、最大 100 ノードを用いた実験を行うことで提案方式の基本性能を示すとともに、従来方式と比較して優位になる条件を理論・実証から導き出している。

また、空間上での直感的なインタラクションを目的とし、空間上の特定の地点を中心として、その地点から物理的な事象が伝達される近傍領域を、代用電荷法を用い近似している。この方式は、従来の物理シミュレーションを用いた方式と比べ、メモリ消費や計算時間を大幅に減少させることができ、常時変化する空間を軽量かつ高速に追従することが可能となる。

さらに、実世界から IoT デバイスによって得られるデータを空間上に反映することを想定し、大量かつ高頻度にアップロードされる多様なセンサデータを統一した形式に処理するための並列分散ストリームデータ処理の方式について提案している。この方式はストリームデータ処理フローネットワークの上位に、複数の抽象化された処理記述オブジェクトレイヤを組み込むことにより「開発の容易性」と「実現できる処理の柔軟性・自由度」を両立させる。

これらの取組みは、多数の利用者に大規模な空間データと実世界から高頻度にアップロードされる大容量データをインタラクティブに可視化させるシステム開発研究に貴重な知見を与える。

【最終試験の結果】

令和 4 年 2 月 7 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。