

論文内容の要旨

【博士論文題目】 大規模な仮想共有空間を介した
多人数ユーザ間インタラクションの普及環境における実現法

【氏名】 山本 眞也

【論文内容の要旨】

近年、多数の仮想的なオブジェクトを配置した仮想空間を様々な用途に活用するための研究が盛んに行われている。これらの研究は、共有仮想環境 (Virtual Environment, VE) のような多数のユーザで仮想空間を共有する研究と、拡張現実感 (Augmented Reality, AR) や複合現実感 (Mixed Reality, MR) のような現実のユーザやオブジェクトの動きをモーションキャプチャなどの技術によって取り込み、仮想空間に反映する研究の2つに分けられる。

一般に、VE は多人数のユーザを対象とするため、高性能なサーバとそれに見合う大きな通信帯域幅を必要とし、AR や MR では、現実のユーザの動きを取り込んで仮想空間に合成するために、モーションキャプチャスーツや全方位ディスプレイ、カメラアレイなど、特殊な装置を使うことが多い。これらの技術を一般ユーザの様々な用途に応用するためには、低コストで実現できることが重要である。また、VE 技術と AR 技術や MR 技術を融合させ、多人数で共有する空間に現実世界のオブジェクトの情報を取り込めるシステムが望まれている。本論文では、VE と AR を一般的な普及環境において実現するためのフレームワーク、および、その実現方法に関する次の2つのトピックについて記述する。

第一に、コストのかかるサーバを排した P2P 環境で一般的なネットワーク仮想環境 (Networked Virtual Environment, NVE) を実現するために、多人数参加型オンラインロールプレイングゲーム (以下、MMORPG) を対象に、P2P オーバレイネットワークアーキテクチャの提案を行う。実験の結果、提案手法が現実のネットワークゲームを実現する上で、各ノードの計算負荷・通信負荷がゲームシステムのスケーラビリティやゲームプレイに影響しないこと、一般的なネットワークにおいて、ある部分領域のプレイヤー密度が高くなった場合でも、通信遅延を十分に使用可能な範囲に抑えることができることを確認した。

第二に、実空間と仮想空間の間のインタラクションを実現するためのフレームワークと、ユーザ毎に、ユーザにとってより重要なオブジェクトがより高い頻度で更新されるよう AR 情報 (各オブジェクトの位置、向きなどの更新情報) の配送頻度を自動調整する QoS 適応機構についての提案を行う。実験の結果、通常のインターネット環境および無線 LAN 環境において提案機構が実用上十分な性能で動作することを確認した。また、仮想ユーザに対しては、実用上十分なデータの更新頻度と短い遅延を達成することを確認した。

氏名	山本 眞也
----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、VE 技術と AR 技術の両方に基づいた大規模共有仮想空間を一般的な普及環境において実現するためのフレームワークを提案するものである。本論文の主な研究成果は以下の二点に要約される。

1) ネットワークゲームにおける局所的な負荷の集中およびサーバによるコストの問題に対し、エンドエンド遅延を考慮した分散仮想環境を提案している。提案手法は、P2Pネットワークにおいて大規模な仮想環境を実現するための機構を実現し、P2Pネットワークにおいて問題となるネットワーク遅延についても言及しており、対策を講じている。シミュレーション実験によって提案しているネットワーク遅延対策手法が、通信経路の延長による遅延の増大を大きく削減できること、また、研究用大規模WAN環境での実機による実験により、提案する分散仮想環境が実現可能であることが示されている。

2) 大規模な実空間と仮想空間の間のインタラクションを実現において、現実の動きを追従するために必要な高い更新頻度に比例した膨大な通信量の問題に対し、多人数参加型実・仮想空間混合対話型アプリケーション用フレームワークを提案している。提案するフレームワークは、P2Pネットワークによる通信機構と安価な機材を用いて構成されており、大規模な情報共有空間を一般的な社会活動に適應できるように設計されているため、汎用性が高い。また、AOIを利用することにより、制限された通信帯域でもユーザに違和感を与えないような視界を提供するQoS適応機構を考案しており、実験から、本フレームワークを用いることで限られたネットワーク資源においても、実用的なネットワーク遅延で、ユーザの満足度を高く保ったまま情報共有ができることが示されている。

これら本論文で提案されているフレームワークとQoS適応機構は、大規模な情報共有空間、そして、実空間と仮想空間の間のインタラクションを実現するために解決すべき重要な問題に対処しており、新規性が高く、かつ実用的であり、仮想環境におけるインタラクションに関する研究の発展において高い貢献があると評価する。

よって、本論文は、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。