

P2P型分散仮想環境における

共有オブジェクトの管理手法に関する研究

04NM705H 河野 義広
指導教官：米倉 達広 教授

論文要旨

近年、インターネットの急速なブロードバンド化に伴い、多人数参加型オンラインゲームをはじめとする実時間対話型アプリケーションが急増してきた。しかしながら特に、アクションゲームやスポーツゲームなどのリアルタイム性の高いアプリケーションでは、通信遅延の問題が顕著であることが指摘されている。

通常、分散仮想環境(以下 DVE と略記)では、サーバ・クライアント型トポロジが用いられることが一般的である。この型の DVE では、仮想空間の整合性(consistency)の面で有利ではあるが、サーバへの負荷集中や、サーバを経由したデータ配信によるフィードバック遅れなどの問題が知られており、応答性(throughput)が犠牲となる。そこで最近ではネットワーク通信の高速化や、通信データの高圧縮化など個別の対策がとられているが、これらは通信遅延自体の本質的な軽減に寄与するものではない。一方で peer-to-peer (以下 P2P と略記)型の DVE が注目されている。P2P 型 DVE では、個々の peer が自分以外の peer と直接通信を行うため、フィードバックの遅れが少なく済む。しかしながら、各 peer の状態を同期させるのが難しく仮想空間に不整合が生じる。これは consistency-throughput のトレードオフ問題として知られており、整合性を優先するには応答性が犠牲となる。つまり、P2P 型 DVE では Local な情報は即座に提示できる一方、Remote の情報は提示内容(時刻)に差が生じるというように、情報提示の不整合の問題が大きく、共有オブジェクトの扱いが困難であることが知られる。

そこで本論文では、応答性の良さをある程度維持したまま、P2P 型 DVE において、仮想空間の整合性及び一貫性のある共有オブジェクトの管理手法の開発を目的とする。本研究では、DVE として仮想の物理空間を想定し、アバタ(DVE 上の仮想プレイヤー)や共有オブジェクトの属性が位置や速度などの物理情報を示すような DVE(フィールド型 DVE とよぶ)を対象とする。P2P のフィールド型 DVE を構成するには共有オブジェクトの管理権、並びに各 peer での物理属性(共有オブジェクトと全アバタの属性)の一貫性が最も重要な課題となる。

そこで、P2P 型 DVE における共有オブジェクトの管理手法に関して、各アバタに共有オブジェクトを優先的に制御できる領域を割り当てることで対処する。本研究ではこれを AtoZ (Allocated Topographical Zone; 地形的な割り当て領域の意)とよぶ。本論文では、AtoZ をマルチプレイヤー対応に拡張し、更に Critical Case (peer 間で共有オブジェクトに対する干渉順序の逆転が生じるケース)の発生を回避する方式を提案する。その応用例として、ネットワーク対戦型ダブルスエアホッケーに本方式を導入し、マレット自動化アルゴリズムを用いたシミュレーション実験により本方式の有効性を検証した。

その結果、Critical Case の発生を回避でき、本論文の課題である、一貫性のある共有オブジェクトの管理が可能となった。これは、実際のネットワークゲームへの導入の可能性を示唆するものである。今後の課題としては、複数アバタによる共有オブジェクトの同時制御、AtoZ の適用範囲のモデル化、及びインターネット上での実運用に向けた課題の検討などが挙げられる。

Thesis for Master's degree 2005

Study on the Ownership of the Shared Object in P2P Type Distributed Virtual Environment

Author: Yoshihiro Kawano (04NM705H)

Supervisor: Prof. Tatsuhiko Yonekura

Graduate School of Science and Engineering,
Major of Computer and Information Sciences, Ibaraki University

Abstract

Recently, the market for real-time interactive application via the Internet such as online multi-player game expands widely; this is the result of a rapid increase of users due to the rapid growth of the Internet. Accordingly, the problem of network latency has been remarkable in applications with a requirement of high interactivity such as the action game and real-time sports game. In general, a client-server type of architecture may be employed in the Distributed Virtual Environment (DVE).

Although this type of DVE that offers the advantage of consistent states of objects in a virtual space, its drawbacks are well known; e.g., server overload and reduction of system throughputs. On the other hand, various peer-to-peer (P2P) architectures are available for designing DVEs. Using P2P-type DVE can decentralize computing load of a server and decrease latency of turnarounds since each peer communicates directly with all of the other nodes in the network except itself. However, synchronization between nodes is not easily available because such a network has no server for synchronization management, as does a client-server network. This issue is the so-called consistency-throughput trade-offs. That is, while the information about a local avatar (virtual player in the DVE) can be quickly available at a local host in a P2P network, a remote avatar's information cannot be simultaneously displayed because of latency. Consequently, shared objects cannot be controlled jointly by all the users because of the temporal difference between the local and the remote avatars in terms of their status in reference to each other.

This thesis studies the way to improve consistency of states in a ball-game typed DVE with lag, in P2P architecture. The author is also studying how to control shared objects in real-time in a server-less network architecture. Specifically, a priority field called Allocated Topographical Zone (AtoZ) is used in for P2P typed DVE. In a critical case (inconsistent phenomena), a stricter ownership determination algorithm, called dead zone is introduced. In this thesis, AtoZ is extended for multi-player. Moreover, the author proposes the method to avoid absolutely critical cases for P2P multi-player virtual ball game. By using proposed method, a robust and effective scheme is achieved for a virtual ball game. As an example of the application, a real-time networked doubles air-hockey is implemented for evaluation of validity of proposed method.

As a result, avoidance of the critical cases has been confirmed. Therefore, consistency of the ownership of the shared objects as our priority issue was achieved. Our future works include the simultaneous control of the shared objects by several avatars, study on the applicable situation of AtoZ, survey of the problem for the practical use of the model on the Internet.