

Title	共有仮想現実環境内での力覚を伴う協調作業による物体操作システム
Author(s)	藤井, 大悟
Citation	
Issue Date	2004-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1771
Rights	
Description	Supervisor:堀口 進, 情報科学研究科, 修士

共有仮想現実環境内での力覚を伴う協調作業による物体操作システム

藤井 大悟 (210079)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2004 年 2 月 13 日

キーワード: 力覚, バーチャルリアリティ, 共有仮想現実, ネットワーク.

1 はじめに

近年、注目されているバーチャルリアリティ (VR) とは、コンピュータにより創り出された仮想環境を、現実環境と同じように体感・行動できる技術のことである。VR 技術は、コンピュータ性能の向上やネットワークの高速化により、急速に進歩してきた。中でも遠隔地間で共有仮想現実環境を構築し協調作業を行う研究が盛んに行われており、医療分野や教育分野など多様な分野での応用が期待されている。近年では、ネットワークを介して接続される共有仮想現実環境で力覚を表現する研究が行われている。触覚デバイスを用いることにより、互いに離れた場所においても力触覚を介したより現実感のあるインタラクションが可能となる。例えば、映像や音声に触覚を加えることによってそれぞれ異なる場所にいる複数の医師達が、一人の患者に対して外科手術を行うシミュレーションが可能になる。このような共有仮想現実環境では、それぞれのユーザが違和感なく力触覚を用いてオブジェクトを操作できる必要がある。

しかしながらこのような力覚情報のネットワークを介した利用には解決すべき問題がある。力覚デバイスのフォースフィードバック機構の制御更新周期は 1kHz 程度と高速であり、そのフィードバックの計算にはその制御周期に収まる高速な計算処理が必要である。しかし、IP ネットワーク等の通信環境では 100 ミリ秒から数秒の通信遅延が存在し、そのため、力触覚のフィードバック処理をネットワーク上においた場合、安定した力覚の伝送は困難である。

そこで本研究では、複数のユーザによって共有された一つの仮想環境上で力触覚デバイスを用いて物体の操作を行うシステムを構築することを目的とする。本研究で通信遅延の問題を解決するために、力覚のフィードバックをネットワークから切り離し、ユーザに近い場所で計算する手法を採用することで安定した力覚の提示を行う。またその場合に、

仮想物体の運動を現実に近い物理システムで高速に計算することによって、違和感の少ない、力覚の伴う協調作業システムを実現する。

2 ネットワークを介した力覚の伝送

本研究では、ユーザに力覚を提示するデバイスとして PHANToM を使用する。まず、力覚をネットワークで利用した場合にどのような影響あるかを調べた。システムのネットワーク構成は、サーバ-クライアントで構成し、仮想環境の状態をサーバで一元的に管理することにした。ユーザに提示するフォースフィードバックの物理モデルは Spring-Damper モデルを使用し、高速な力覚の計算を目指した。プロトタイプシステムとして力覚の伝送と仮想環境の管理をすべてサーバで行った場合には、クライアントの性能によって異なるが通信の周期が高速になってもユーザの操作性が良くなるとは限らず、逆に操作が不安定になることを検証した。また通信遅延がある場合、力覚の更新周期を高速にしても、それが操作の安定に繋がらないことが確かめられた。

3 高速な物理計算モデル

力覚デバイスの更新周期は 1kHz であり、視覚が 60Hz 程度であるのに比べると非常に高速である。そのため、フォースフィードバックに間にあわせるには高速な計算が必要である。ユーザが操作した場合のフォースフィードバックは Spring-Damper モデルで計算を行うが、仮想現実環境を管理するのはまた別のモデルになる。仮想現実環境の物理現象をシミュレーションするにはさまざまな計算方法があるが、その中でペナルティ法を採用することで、物理現象を再現する。ペナルティ法は仮想物体 (以下オブジェクトと示す) の拘束をバネに置き換えて計算し、オブジェクトがめり込んだ量と速度に基づいて計算し、オブジェクトがめり込んだ方向と逆方向の力を加えることで解決する手法である。これによって物理現象を高速に計算することが可能となる。

4 協調作業による物体操作システム

本研究で構築する、力覚を伴う協調作業による物体操作システムの構築に向けて、通信遅延に対処するためのシステム制御法を提案する。提案する手法では、今までサーバで一元的に処理していた力覚のフィードバックの計算をクライアント側で計算する事とし、これによって力覚デバイスの更新周期がネットワークの更新周期に合わせられた状態から、力覚の更新周期を切り離し、反力の提示に高い更新周期を維持することにする。またその際に、サーバ-クライアント間で転送する情報は、複数のクライアントで共有される協調作業のための仮想環境の情報と、各クライアントの PHANToM による位置入力-力出力点を示すカーソルポジションとする。この情報は、仮想環境がどのような状態かを知るた

めの情報であるため、その情報の更新周期はシステムを利用するユーザのグラフィックスの更新周期 (15Hz～60Hz 程度) で良い。提案する制御法を用いて力覚を伴う物体操作システムを構築した。この手法を採用することによってユーザの操作に対する力覚のフィードバックはサーバで計算するよりも安定した操作を得ることを検証した。

5 結論

本論文では、従来のシステムに比べて、操作の安定した力覚を伴う共有仮想現実環境での物体操作システムを提案した。そこで、まず従来どおりサーバで力覚を計算した場合のネットワークを介しての利用について調べ、クライアントに必要な力覚の更新周期、サーバ-クライアント間の更新周期についてそれぞれ検証した。次に仮想環境を更新する高速な物理シミュレーションについて検討を行い、ペナルティ法を用いて仮想現実環境を更新する手法を採用した。またネットワーク遅延に対処するために、仮想環境の制御法を提案した。提案手法を用いてサーバ-クライアント各1台からなる物体操作システムを構築した。以上の事より、本システムでは従来のシステムとは異なり、システムの管理法を変えて、評価実験よりユーザの操作に対して安定したフォースフィードバックの生成に成功し、違和感の少ない力覚を伴う協調作業が可能であることが分かった。