

イベント送信型遠隔操作システムの提案

近森 秀俊

法政大学大学院工学研究科機械工学専攻

田中 豊

法政大学工学部機械工学科

遠隔操作における問題点は通信時間遅れとそれによる操作者の作業負担である。本研究では遠隔操作の一手法としてイベントという概念を導入したイベント送信型遠隔操作システムを提案し、実システムに適用して、操作者の作業負担の軽減と作業効率向上の効果について検討を行った。その結果、再利用可能な作業をデータ化することにより、操作者の作業負担が軽減できることが明らかとなった。

1. はじめに

遠隔操作は宇宙空間や建設現場など人間にとって危険、または劣悪な環境で作業を行う方法として期待されており、数多くの研究がなされている。遠隔操作を行うにあたり、課題となるのは通信時間の遅れとそれによる操作者への作業負担である。この問題を解決するために、コンピュータ上に実作業環境を模擬した仮想作業環境を構築して作業を行い、その作業結果をもとに実作業環境で実際に作業を行わせる方法がある^{[1][2]}。しかし、この方法は作業対象が変化したり、障害物が発生したりする、などの環境の変化に対応できないことや、実作業環境に応じて仮想作業環境を作成しなければならないなどの問題がある。また、環境の変化に対応する方法として作業ロボットを自律化する方法や作業経路を生成して障害物を回避する方法がある^{[3][4]}。しかし、これらの方法は環境に対応した知識の取得、経路生成に高性能なコンピュータが必要であることや計算に時間がかかるなどの問題がある。

本研究では、遠隔操作の一手法としてイベントという概念を導入した、イベント送信型遠隔操作システムを提案し、実システムに適用し、作業負担の軽減と作業効率向上の効果を検討する。

2. イベントの概念

イベントとは、出来事や結果を表す言葉であり、本研究ではこれを遠隔操作の開始、再開の合図や遠隔操作の手段ととらえる。イベントはリアルタイム、パケット、パーツの3つに分類される。リアルタイムは入力デバイスの情報を実時間で遠隔地に送信する方法、パケットは作業開始から終了までの一連の作業データを一つのデータのまとまりとして遠隔地に送信する方法、パーツは一部の作業のみをデータとして遠隔地に送信し、残りは入力デバイスを用いて遠隔操作を行う方法である。ここで、パーツに用いる作業データ(以後、パーツデータと呼ぶ)は、過去に行った作業やシミュレータで行った作業のうち、再利用可能な作業を取り出し、あらかじめ編集したものである。

ロボットハンドによるピンの運搬と挿入作業を例に、

イベントを用いた遠隔操作を考える。この作業は ロボットをピン近くまで移動させ、 ハンドをピンに近づけ、ピンを取り、ロボットをピン挿入口近くまで移動し、ハンドをピン挿入口近づけ、ピンを挿入する、という5つの行程からなる。このうち、 は繰り返し作業を行う場合、過去に行った作業データをパーツデータとして再利用可能である。また、 , はピンやピン挿入口の位置が作業によって異なるため、パーツデータとして再利用できない。このように、作業負担を軽減したり、繰り返し用いたりする作業のみをデータ化したものがパーツデータである。

本研究では操作者が環境の変化などに応じて上記のパケット、リアルタイム、パーツの3種類のイベントを使い分けることのできる遠隔操作システムを開発し、作業負担の軽減と作業効率向上の効果を検討する。

3. システム構成

遠隔操作システムの構成を Fig.1 に示す。遠隔操作システムは主にロボットを操作するためのジョイスティックと実作業環境の映像を映すコンピュータから成るオペ

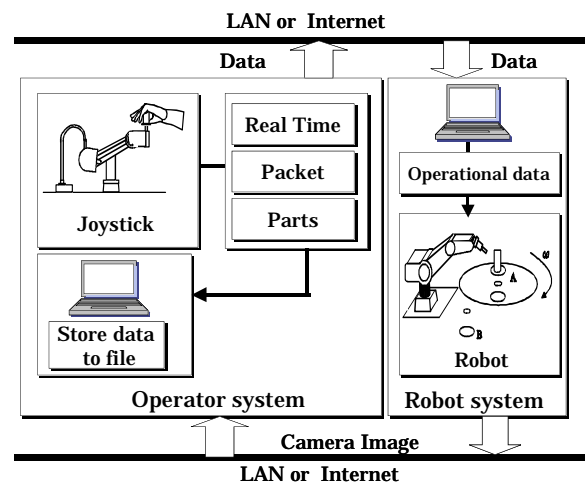


Fig.1 Tele-Operated Manipulation System

レータシステムと作業ロボット、作業対象、実作業環境の映像を操作者に提示する CCD カメラと実作業環境から成るロボットシステムに大別される。2つのシステム間は LAN やインターネットで接続される。

オペレータはまず、作業内容や実作業環境の状態を把握し、バケット、リアルタイム、パーツ、どの方法が有効かを判断し、イベントを選択する。次に、実作業環境の映像を見ながらロボットを操作もしくは動作状況を確認する。そして、環境の変化が生じた場合はに戻り再び作業を行う。ロボットシステムではオペレータシステムから送信されたデータをもとにロボットが動作する。また、実作業環境の情報は CCD カメラを用いて操作者に提示される。

4. 遠隔操作実験 4.1 実験方法

開発したシステムを用いて遠隔操作実験を行った。本研究では、任意の位置にあるピンを円周上の任意のピン挿入口へ運搬、挿入する作業を想定し、実験用の実作業環境を作成した。Fig.2 に 4 台の CCD カメラによる実験用環境の映像を示す。この実験用環境を用いて被験者を募り、以下に示す 2 つの実験方法で作業を行ってもらい、それぞれの作業時間を測定した。

- ・実験 A - リアルタイムでの遠隔操作 -
ジョイスティックを用いてロボットを通常の遠隔操作で操作し、ピンの運搬、挿入作業を行う。
- ・実験 B - パーツデータを併用した遠隔操作 -
ジョイスティックとパーツデータを用いて、ピンの運搬、挿入作業を行う。本実験で準備したパーツデータはロボットのハンドをピンに近づける作業とロボットのハンドをピン挿入口に近づける作業の 2 つである。被験者にはパーツデータの動作内容や、パーツデータを用いるとき、データに基づいてロボットが自動的に動作するため、ジョイスティックを操作する必要がないことなどを実験前に教示し、適宜、このパーツデータを遠隔操作実験の際に使用してもらった。



Fig.2 Experimental Environment

4.2 評価

Fig.3 に 3 人の被験者による作業時間の結果と作業時間の平均を示す。実験 A と実験 B 両者の作業時間に大きな変化は見られなかった。実験 B の方が若干時間が長くなっているのは、イベントの切替えに操作者が手間取ったためと考えられる。よって、イベントを切替えるためのユーザインタフェースを工夫することが必要である。

また、Fig.4 にこれらの作業時間のうち、操作者がジョイスティックを用いてロボットを操作した時間を示す。実験 A に比べ、実験 B はロボットの操作時間が大幅に減少していることがわかる。従って、再利用可能な作業をパーツデータとして部分的にデータ化して遠隔操作を行うことにより、操作者の作業負担を軽減できるといえる。

また、本実験における操作時間には、リアルタイムからパーツのように、イベントを切替える時間が含まれている。従って、操作者がイベントを円滑に切替えることのできるシステムにすることにより、操作者の作業負担をさらに軽減することができる。

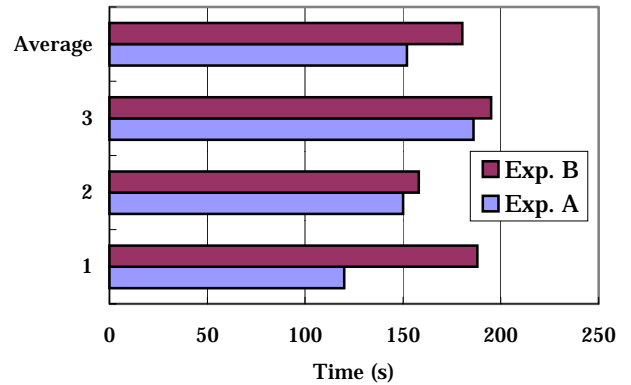


Fig.3 Experimental Results for Total Operating Time

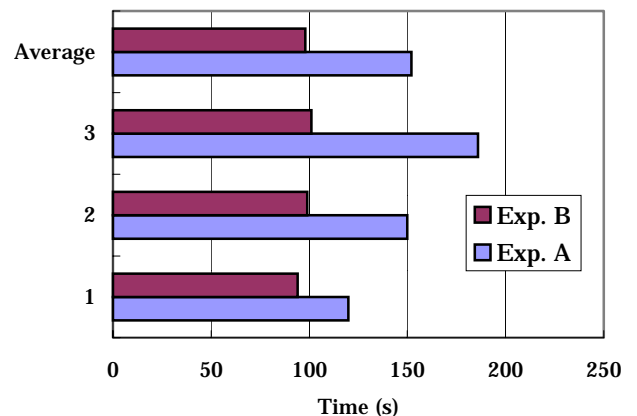


Fig.4 Experimental Results for Operating Time with Joystick

5. 作業戦略を用いた遠隔操作

5.1 作業戦略

先の実験ではパーツデータを使用する毎にパーツデータを選択する方法をとった。このため、パーツデータを選択したり、イベントを切替えたりするのに時間がかかる。その結果、作業負担が減った割には、作業時間が短縮されていなかった。そこで、更なる操作者の作業負担の軽減と作業効率の向上を目指し、使用するパーツデータや実行する順番などをあらかじめ決めて、作業戦略として保存する。そして、実際に遠隔操作を行う場合は保存したデータに基づいて作業を行う方法をとる。以降、作業戦略として保存するデータを作業戦略データと呼ぶ。

Fig.5 に作業戦略を作成、または実行する際のユーザーインターフェースを示す。作業戦略を用いて遠隔操作を行う場合は、このインターフェースを操作することであらかじめ選択されたパーツデータが自動的に実行される。

5.2 実験

作業戦略の実行部を付加したシステムを用いて遠隔操作実験を行い、先の実験で得られた作業時間と比較する。実験用の作業環境は先の実験と同様の作業環境を用いた。

実験はジョイスティックとパーツデータを用いたピンの運搬、挿入作業である。使用したパーツデータは先の実験 B と同様にロボットのハンドをピンに近づける作業とロボットのハンドをピン挿入口に近づける作業の 2 つである。以上の実験条件で被験者を募り、作業を行ってもらい、作業時間を測定した。なお、被験者には作業戦略データによって、あらかじめ使用するパーツデータやその順序が決まっていること、作業戦略のインターフェースを用いてパーツデータが実行できることを教示した。

5.3 評価

Fig.6 に 3 人の被験者による作業時間の結果と作業時間の平均を示す。作業戦略を用いた場合、作業時間が若干短縮されていることがわかる。これは、操作者が作業戦略を用いることにより、イベントの切替えに手間取ることなく、作業を行うことができたためと考えられる。また、あらかじめ使用するパーツデータが決まっているため、パーツデータの選択に手間取ることなく作業を行うことができるためとも考えられる。

以上のことからあらかじめ作業戦略として使用するパーツデータやその順序を決定しておくことで、操作者の作業負担の軽減と作業効率が向上することが確認された。

6. おわりに

本研究では遠隔操作の一手法としてイベントという概念を導入した、イベント送信型遠隔操作システムを提案し、操作者の作業負担の軽減と作業効率向上の効果について検討を行った。その結果、再利用可能な作業をデータ化することにより、操作者の作業負担が軽減できることを示した。また、あらかじめ使用するデータやその順序を決めておく、すなわち作業戦略を立てることにより、



Fig.5 User Interface for Operating Plan

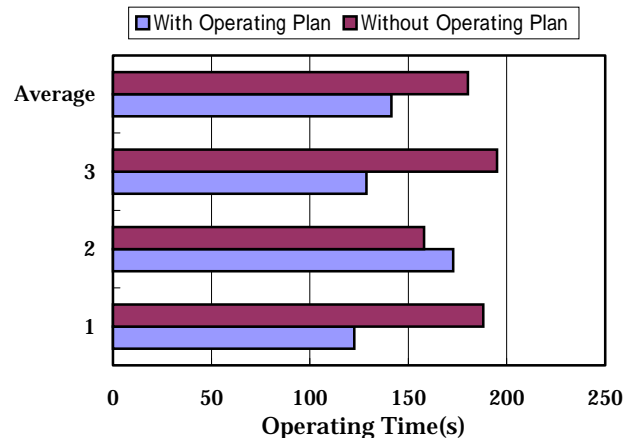


Fig.6 Experimental Results for Total Operating Time Using Operating Plan

作業効率が向上するとともに、操作者の作業負担がさらに軽減できることを示した。

今後の研究として、ねじの取付けや取外しなど、他の想定される作業に対して、実験用作業環境を作成し、同様の実験を行う。また、建設機械など他の実システムに提案したシステムを適用していく。これに加えて、作業戦略を立てるためのシミュレータの開発を行う必要がある。

参考文献

- [1] 田中, 斎藤, 仮想環境インターフェースによるロボットアームの遠隔操作, 日本機会学会・山梨講演会講演論文集, 1998-10, pp.87-88.
- [2] 田中, 須田, 斎藤, 仮想空間を用いたロボットの遠隔作業, - 移動物体に対する作業戦略 -, 日本機会学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集(CD-ROM), 1999-6.
- [3] 根本, 田中, 局所的な経路生成による作業用ロボットの遠隔操作, 日本機会学会・山梨講演会講演論文集, 1999-10.
- [4] 近藤, 複数探索戦略を用いた自由空間算出による障害物回避行動計画, 日本ロボット学会誌, 1989-8, pp. 88-98.

キーワード.

遠隔操作, イベント送信型, リアルタイム, パケット, パーツ, ロボットハンド

.....

Summary.

Proposal of New Concept for Event Sending in Tele-Operated Manipulation System

Hidetoshi Chikamori

Graduate School of Engineering, Hosei University

Yutaka Tanaka

Department of Mechanical Engineering, Hosei University

In tele-operated manipulations, it is an important problem for operators to have overload of operations by communication with time delay. In this paper, we have proposed and developed a new concept of the tele-operated manipulation with a new concept of operations; an event sending type. The word "event" means the factor of a thing's occurring. In our research, this word is dealt with start or restart signals of operation and the process. It is classified the events into a real time, a packet and parts data sending process, respectively. In the real time data sending process, the operation data are directly sent to the remote location. In the packet data process, the operation data for the start for end points are packed together and transmitted to the remote location. In the parts data process, a part of the operating data is directly sent and remaining data are reconstructed automatically at the remote location. It is experimentally verified to reduce the overload of works and improve the efficiency of operations by using the proposed event sending method.

Keywords.

Tele-Operated Manipulation, Event Sending, Real Time, Packet, Parts, Robot Hand