2009-16-03

遠隔操作支援を目的とした視覚装飾器の構成方法の検討

Implementation Method of Visual Decorator for Teleoperation

80816956　濱﨑真一 (Shinichi Hamasaki)　Supervisor : 矢向高弘 (Takahiro Yakoh)

1．序論

CPU の処理性能の向上，ネットワークの広帯域化，バイラテラル(制御システムの登場など，さまざまな技術の発展により，遠隔地の映像や力覚をリアルタイムに再現できる遠隔操作システムの構築が可能となった．しかし，遠隔地からの情報を円滑に再現するためのネットワークへの要求はそれぞれ異なっているため，再現時の品質を優先してそれぞれ別経路で通信したとすると，各情報の同期が達成されず，システムの操作性が低下する．この問題に対して，操作者に遅延環境に即した操作を促す，視覚装飾器による操作支援を行う手法が存在する．本研究では，再生情報の同期が達成されない環境下での遠隔操作支援を目的とした視覚装飾器の構成方法を提案し，遠隔操作システム上での実装および評価試験を行う．

2．実験システムとタスク

本研究に用いる遠隔操作システムでは，映像および力覚の再現を違和感なく円滑に行うために，視覚情報通信に広帯域の経路，触覚情報通信には低遅延な経路を設定し，独立して通信を行う．このため，触覚情報に比べ視覚情報の通信遅延が大きい．図 1 に遠隔操作システムの通信構成を示す．

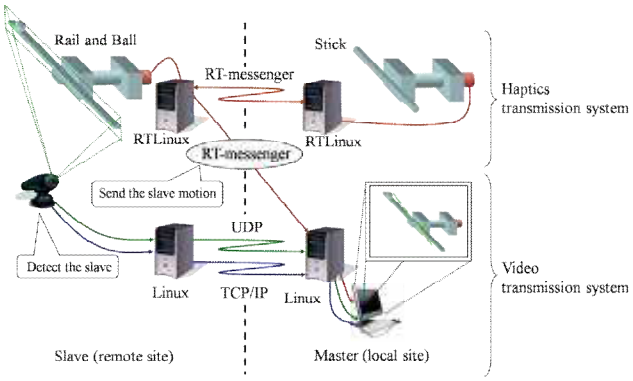

図 1: 遠隔操作システムの通信構成

本研究では，レール上を自由に転がる金属球をレールの中央付近に静止させるタスクを代表的遠隔操作と設定し，タスク達成時間が短いときほど操作性が高い状態であるとした．棒状のハンドルをマスタ，レールをスレーブとし，3ch バイラテラル制御触覚通信システムを構築した．ハンドルおよびレールはそれぞれ中心に回転軸を持っている．操作者はハンドルを介してレールを操作し，また視覚通信システムにより得られる遠隔地からの映像を見ながらタスクを実行する．遅延環境を再現するために，触覚通信システム，視覚通信システムともに段階的な遅延値の設定を可能とした．

3．視覚装飾器の構成方法の検討

第 2 章で記した遠隔操作タスクおよび実験システムに即し，視覚装飾器の設計，構成方法の検討を行う．従来研究において評価した装飾器は，低遅延で通信されて映像情報よりも早く再生される触覚情報を利用してレールの位置とトルクを視覚的に表した．位置およびトルク情報取得のため，図 1 に示すように触覚通信の遠隔地側と視覚通信の操作者側を結ぶ経路を設定した．位置を表す位置装飾器は，レールの現在位置を取得し，簡単な CG イメージを用いて描画した．これを遠隔地からの映像に重ねて表示させることでレールの現在位置を提示するとともに，CG イメージと映像内のレールの位置の比較を容易にした．トルクを表す力装飾器は，レールのトルク情報を取得し，その値をリアルタイムに変動する棒グラフで表すことで，レール上の金属球の移動を間接的に提示した．この従来研究から，目に見えないトルク情報を視覚化した力装飾器よりも，より直感的にレールの位置および映像遅延を認識できる位置装飾器の方が映像遅延環境下にある遠隔操作システムの操作性向上を促すことができるという結果が得られた．これを踏まえ，本研究ではレールの位置情報を与える装飾器を研究対象とし，より遠隔操作支援に適した手法を探るためにその構成方法を検討する．従来の位置装飾器は触覚通信遅延による制御の不安定状態を考慮したものではなかった．そこで本研究では新たに，OpenCV の機能を利用したレールおよび金属球の動体検出による位置情報を取得し，従来手法と組み合わせた装飾器の評価を行った．座標値のみで位置装飾器の描画可能であり，映像に比べて処理遅延分だけ再生が早く行うことが可能である．これにより，触覚通信遅延，視覚通信遅延の両方を考慮し，視点変化に対しても動態検出のみの場合に比べてより適切な対応が可能となった．図 2 に視覚装飾器の実装画面を示す．

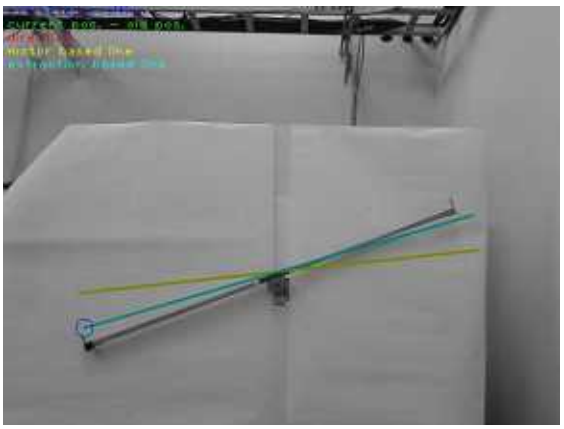

図 2: 視覚装飾器の実装図

4．視覚装飾器の評価

視覚装飾器を，遅延環境下にある遠隔操作システムで実装し，その評価を行う．触覚遅延を 1，2，5，10ms，視覚遅延を 140，280，420，560ms に設定し，これらを組み合わせた計 16 通りの遅延環境下で第 2 章に述べたタスクを行い，達成までの平均時間を評価指標とする．

参考文献

[1] Gutwin et al. ”Revealing Delay in Collaborative Environments” Proc. ACM Computer Human Interaction, pp.503-510, 2004