

CONTROLE SERVO-BILATERAL DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO TELEOPERADO

Aluno: Bruno Favoreto Fernandes Soares

Orientadores: Ricardo Tanscheit e Marco Antonio Meggiolaro

Introdução

A robótica vem se desenvolvendo em um ritmo acelerado, mostrando-se cada vez mais presente na vida moderna, atuando em diversos setores como por exemplo nas linhas de montagem automobilísticas e na fabricação de *wafers* na indústria de semicondutores. É possível observar um desenvolvimento particularmente acentuado da telerobótica, área que abrange o controle remoto de sistemas robóticos. Suas principais aplicações incluem a manipulação de materiais tóxicos, telecirurgia, construção civil, operações de vigilância e policiais, e nas indústrias aeroespacial e submarina. Estes sistemas são baseados em uma arquitetura mestre-escravo, na qual o operador interage diretamente com o manipulador mestre cujos sensores definem os valores de referência a serem aplicados no manipulador escravo.

Visando um aumento da eficiência de um sistema remoto, é desejável que o operador seja submetido a sensações tácteis referentes ao ambiente no qual o escravo está inserido. Desta forma o operador tem a real sensação de manipulação dos objetos tocados pelo escravo, melhorando sua sensação de realidade e, portanto, a qualidade da tarefa executada. Esta meta pode ser alcançada através da alimentação cinestésica de força em um manipulador mestre ativo, possibilitando a realização de esforços proporcionais àqueles observados pelo sistema escravo. Com isso, viabiliza-se a realização de tarefas delicadas como microcirurgias e neutralização de material explosivo.

Uma das técnicas para implementação da alimentação cinestésica de força é denominada controle servo-bilateral. Nesta técnica em particular utiliza-se os erros de posicionamento do escravo como variáveis na aplicação de torques e forças no sistema mestre. Esta implementação específica dispensa o uso de sensores de força acoplados ao escravo, contribuindo drasticamente para a redução dos custos finais do sistema, além de sempre apresentar estabilidade.

A motivação deste trabalho embasa-se no fato de grande parte dos sistemas robóticos teleoperados em uso no país serem desenvolvidos no exterior, em especial no campo de intervenções submarinas referentes à exploração de petróleo. Tais sistemas apresentam arquiteturas fechadas, impossibilitando sua adaptação a determinadas tarefas, o que inspira o desenvolvimento de tecnologias nacionais.

Objetivos

Este trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema de controle servo-bilateral com arquitetura mestre-escravo. O sistema em questão será utilizado na teleoperação de um manipulador robótico de dois graus de liberdade cujo controle será feito via computador, fornecendo sensações tácteis ao operador.

Metodologia

Inicialmente foram estudados os conceitos básicos associados a manipuladores robóticos e à teleoperação, incluindo as principais técnicas de controle associadas. Em

seguida, foram projetados em CAD dois manipuladores robóticos de dois graus de liberdade, a serem desenvolvidos posteriormente nos laboratórios da PUC formando a base do sistema teleoperado. Ambos os manipuladores eram formados por dois motores de corrente contínua com seus respectivos sensores de posição (*encoders*), sendo diferenciados basicamente por sua escala e potência. Em seguida foi gerado um software de controle, baseado no programa *LabView*, responsável pelo processamento dos sinais referentes aos manipuladores e pela interface usuário-computador. Para a integração do *software* gerado com os sensores e atuadores de ambos os manipuladores utilizou-se uma placa conversora analógico-digital e digital-analógico. Esta placa foi responsável pela aquisição dos sinais dos quatro *encoders*, e pela alimentação dos respectivos motores após análise destes sinais pelo *software* citado. Em virtude da elevada potência do manipulador escravo, utilizou-se um amplificador PWM de alta corrente para converter o sinal de saída da placa de aquisição, e melhor suprir a necessidade de seus motores. O sistema descrito viabilizou a execução de tarefas bidimensionais por teleoperação com controle servo-bilateral. Isso permitiu que o operador do manipulador mestre tivesse sensação tátil do ambiente no qual o manipulador escravo estava inserido, aumentando a eficiência e confiabilidade do sistema.

Em função da natureza das tarefas em questão optou-se pela utilização do controle PID oferecendo como vantagens sua facilidade de implementação e seus bons resultados observados em baixas velocidades. Finalmente foram estudadas também a precisão do posicionamento e as estimativas das forças sofridas pelo manipulador escravo.

Após a realização das tarefas acima descritas procedeu-se com a execução de uma série de testes visando avaliar o desempenho do sistema desenvolvido e suas eventuais variações em função dos ganhos inerentes ao controle PID. Após a calibração das constantes de ambos os manipuladores atingiu-se uma configuração do sistema capaz de interpretar os sinais dos *encoders* e gerar valores de tensão correspondentes de modo a implementar um controle PID de boa qualidade. Isso possibilitou a realização de tarefas como por exemplo a movimentação de objetos e execução de trajetórias, apresentando potencial para a realização de tarefas de maior complexidade mediante a adição de graus de liberdade adicionais como um atuador vertical ou ainda uma garra para manipulação de objetos complexos.

Vale ressaltar também que a variação dos ganhos do controle PID influi fortemente no desempenho do sistema, sendo o ganho proporcional associado à sensibilidade do sistema aos erros comparativos entre mestre e escravo; o derivativo responsável pela redução da oscilação em torno da posição desejada; e o integral referente à eliminação de erros residuais fruto principalmente de atritos e perdas. Deve-se dispensar, pois, especial atenção à calibração do sistema sob pena de comprometer sua acurácia e sub-utilizar o potencial do sistema.

Conclusões

Foi desenvolvido um sistema robótico mestre-escravo para tele-operação com realimentação de força para melhorar o desempenho na execução de diversas tarefas. O sistema possui inúmeras aplicações em potencial, em particular no desenvolvimento de sistemas de tele-cirurgia. Vislumbra-se também a possibilidade da utilização do sistema de controle desenvolvido para fins didáticos, servindo de exemplo para implementação de variadas técnicas de controle, além do estudo experimental de técnicas de calibração e seus desdobramentos no comportamento do sistema robótico.