

INDUÇÃO DE MOVIMENTO PERMANENTE EM UM SISTEMA SUB-ATUADO DE DOIS GRAUS DE LIBERDADE

Aluno: Luis Pedro Ramalho Junior

Orientador: Hans Ingo Weber

Introdução

Em robótica, entende-se por sistema sub-atuado aquele que possui um número maior de graus de liberdade do que atuadores. Uma importante característica desses sistemas é a maior eficiência, uma vez que este tipo de sistema utiliza menos motores que o habitual.

Uma aplicação desses sistemas, ainda não muito estudada, é a da indução do movimento permanente, isto é, impor um movimento contínuo no elemento sub-atuado a partir do movimento de um componente atuador. Em nosso estudo procura-se induzir um movimento de rotação com velocidade angular constante no elemento sub-atuado a partir de um movimento prescrito no componente atuador. Uma possível aplicação deste estudo encontra-se na geração de energia elétrica a partir das ondas do mar. Neste caso, seria possível induzir um regime de rotação contínua a partir do movimento oscilatório das ondas marítimas.

Objetivos

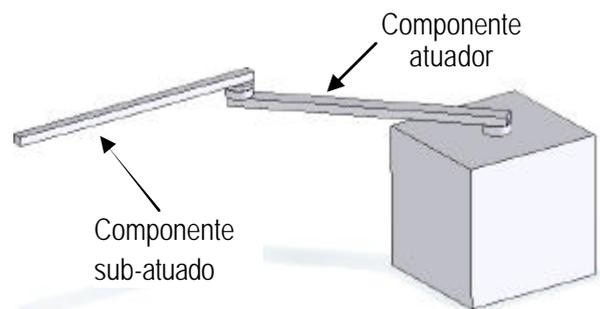
Estudar o comportamento de um sistema sub-atuado. O sistema sub-atuado em questão é composto de um manipulador planar com o intuito de induzir movimento permanente. Este estudo inicia-se com a modelagem e a determinação da dinâmica do sistema, e em seguida propõe-se um possível sistema de controle para o mesmo. A seguir, determina-se sua dinâmica inversa, de forma a alimentar o sistema de controle. Com isto é possível gerar uma simulação do sistema, bem como comparar seus resultados com a análise experimental, e assim validar o modelo numérico.

Metodologia

De forma a gerar um regime de rotação contínua no componente sub-atuado, escolhemos como objeto de estudo um manipulador planar. A determinação da dinâmica é feita tanto a partir das equações de Euler quanto pelas equações de Lagrange, uma vez que o sistema em estudo é equivalente a um pêndulo duplo na posição horizontal.

A determinação da dinâmica a partir das duas abordagens distintas foi realizada de forma a verificar qual modelagem seria de mais fácil implementação computacional.

Uma vez escolhidas as equações de movimento de mais fácil implementação, foi possível realizar simulações numéricas, utilizando a plataforma MatLab. Estas simulações não englobam a malha de controle, com o objetivo apenas de melhor entender o fenômeno físico. Simultaneamente, uma bancada experimental foi concebida e construída, de forma a validar o modelo numérico. Uma vez que a dinâmica estudada não leva em consideração efeitos de atrito, a bancada foi concebida de forma a minimizar tais efeitos (por exemplo, uso de materiais leves e rolamentos de excelente qualidade).



Com os parâmetros da bancada devidamente identificados, uma segunda simulação foi realizada, desta vez em Visual Nastran. Seus resultados foram comparados com os obtidos via MatLab e mostraram-se bastante satisfatórios.

Numa segunda fase do projeto, faz-se necessário determinar a dinâmica inversa do sistema, de forma a obter o comportamento do elemento atuador, e assim induzir o componente sub-atuado ao movimento contínuo. Uma vez finalizada a dinâmica inversa, simula-se numericamente o sistema (plataforma MatLab). A partir desta simulação foi possível determinar o movimento prescrito do atuador de forma a induzir o movimento de rotação contínua no componente sub-atuado.

Com a bancada experimental finalizada, foi acoplado ao componente atuador um motor PWM (*pulse width modulation* ou modulação por largura de pulso) com um módulo de controle por tensão. Sabendo-se, pelas simulações numéricas, que para induzir o movimento contínuo do componente sub-atuado, o movimento do componente atuador deve ser periódico, foram realizados testes preliminares na bancada experimental. Estes testes consistem na aplicação, através de um gerador de sinais, de ondas quadradas ao módulo de controle do motor, de forma a que o componente atuador descrevesse um movimento periódico, e assim observar o comportamento do componente sub-atuado. A observação do movimento do componente sub-atuado foi utilizada para validar o modelo numérico.

Uma observação importante a ser relatada diz respeito ao início da indução do movimento. Durante os testes na bancada verificou-se que somente a aplicação do movimento prescrito no componente atuador não era suficiente para iniciar o movimento contínuo do componente sub-atuado. Para tanto era necessário ou aplicar ao sistema uma condição inicial não nula ou variando bruscamente o sinal de excitação do motor.

A indução do movimento contínuo no componente sub-atuado a partir de um movimento prescrito no componente atuador revelou-se satisfatória numa certa faixa de velocidade angular, não se aplicando para grandes velocidades.

De forma a eliminar o problema da aplicação de condições iniciais não nulas ao sistema, faz-se necessário projetar o sistema de controle em duas fases: uma para gerar estas condições iniciais e outra para prescrever o movimento periódico do atuador, de forma a manter o componente sub-atuado com movimento permanente.

Conclusões

A validação do modelo numérico com os testes experimentais permitiu uma melhor compreensão do comportamento dinâmico do manipulador. Esta melhor compreensão permitirá experimentar outras modelagens do sistema, tal como linearizar as equações de movimento na condição de regime permanente. Um outro possível estudo compreende na inclusão da ação da gravidade no sistema (alterando a inclinação da bancada).

Mesmo com a utilização de um gerador de sinais sem qualquer tipo de realimentação foi possível obter resultados bastante estáveis, porém dentro de certas limitações de parâmetros, como tensão, forma de onda utilizada e frequência.

Referências

- 1 - I. FANTONI, R. LOZANO. **Non linear control for underactuated mechanical systems**, Springer-Verlag London, Communications and Control Engineering Series, 2002, Book review in *Automatica* 38, 2002, pp 2030-2031.
- 2 - N. SHIROMA, H. ARAI AND K. TANIE. **Nonlinear Control of a Planar Free Link Under a Nonholonomic Constraint**, Proc. 8th International Conference on Advanced Robotics (ICAR'97), pp.103-109, 1997.