

ANDRÉ GARNIER COUTINHO

Aplicação de novas metodologias à modelagem e controle de mecanismos de arquitetura paralela

Plano de pesquisa para ingresso no curso
de mestrado do Programa de Pós Gra-
duação em Engenharia Mecânica (PP-
GEM) da Escola Politécnica da Univer-
sidade de São Paulo (EPUSP)

Área de concentração:
Engenharia Mecânica

Orientador:
Prof. Dr. Tarcísio A. Hess Coelho

São Paulo
3 de Fevereiro de 2014

Nome: André Garnier Coutinho

NUSP: 6846085

Curso: Mestrado

Área de concentração: Engenharia Controle e Automação Mecânica (3152)

Orientador: Professor Doutor Tarcísio Antônio Hess Coelho

Ano de ingresso no PPGEM: 2014

1 Introdução

Há uma série de vantagens em utilizar mecanismos de cadeia cinemática paralela no lugar dos tradicionais mecanismos seriais. Dentre elas podemos citar sua grande capacidade de carga, alta precisão de posicionamento do efetuador, alta rigidez estrutural, resposta dinâmica rápida, e uma redução significativa na inércia [10, 11, 6]. Outra característica marcante desse tipo de arquitetura são as altas velocidades e acelerações atingidas, as quais superam muito os valores máximos atingidos utilizando arquitetura serial. Grande parte dessas vantagens se devem à possibilidade de ter todos os motores localizados na base. Como desvantagens podemos citar o menor espaço de trabalho e modelo dinâmico muito mais complexo e difícil de se obter [6, 1].

Devido à grande dificuldade de se obter o modelo dinâmico completo de mecanismos paralelos, muitos pesquisadores preferem utilizar mecanismos seriais para realizar tarefas que exigem um grande domínio sobre a dinâmica dos sistema, como plataformas robóticas voltadas a reabilitação, pois é necessário um conhecimento detalhado do comportamento dinâmico do mecanismo utilizado para poder controlar as forças de interação entre o mecanismo e o paciente [2].

Atualmente novas metodologias para modelagem de dinâmica multicorpos que se mostram muito mais adequadas para aplicações em qualquer tipo de mecanismo estão sendo desenvolvidas, das quais se destaca o trabalho realizado por Renato Orsino, doutorando também orientado pelo professor Dr. Tarcísio Coelho [7, 3].

Outro assunto relevante ainda pouco estudado por pesquisadores é o controle voltado a mecanismos paralelos [6]. Como já foi dito anteriormente, devido a grande dificuldade de modelagem de sistemas complexos utilizando os métodos tradicionais, ainda são poucos os estudos de implementação de técnicas de controle em mecanismos de cadeia fechada. Sendo assim, é possível aliar as novas metodologias de modelagem desenvolvidas à implementação, adaptação e aprimoramentos de algoritmos de controle não-linear voltados a mecanismos paralelos [4]. Além disso é possível aproveitar os novos métodos desenvolvidos para explorar outro assunto ainda pouco estudado, a implementação de leis de controle utilizando variáveis redundantes [1, 5, 8, 9].

2 Objetivos

A proposta atual é a utilização de novos métodos de modelagem dinâmica multicorpos para implementar, adaptar e aprimorar algoritmos de controle não-linear para mecanismos paralelos. Possui diferenciação em relação a outros trabalhos desenvolvidos, pois utiliza novas metodologias para modelagem, as quais ainda são pouco difundidas, tem foco em mecanismos de cadeia fechada, os quais ainda não são tão explorados, e estuda técnicas de controle não-linear, inclusive a possibilidade da utilização de variáveis redundantes em sistemas de controle, fato não muito comum na literatura.

3 Metodologia do projeto

Serão realizados os seguintes passos para a realização da proposta:

- (1) Cumprimentos dos créditos de pós-graduação.
- (2) Pesquisa e revisão bibliográfica da literatura para o desenvolvimento teórico.
- (3) Estudo dos aprimoramentos dos métodos de Lagrange, Kane e PTV, desenvolvidos no grupo de pesquisa do professor Dr. Tarcísio Coelho.
- (4) Aplicação dos métodos em diferentes mecanismos paralelos.
- (5) Discussão e comparação entre os resultados obtidos utilizando cada um dos métodos aplicados.
- (6) Simulação da dinâmica inversa para os mecanismos escolhidos.
- (7) Estudo de técnicas de controle não-linear.
- (8) Simulação da dinâmica direta utilizando as técnicas de controle estudadas.
- (9) Inclusão de variáveis redundantes nas leis de controle estudadas.
- (10) Simulação da dinâmica direita utilizando as técnicas de controle com variáveis redundantes.
- (11) Comparação e análise dos resultados obtidos utilizando as leis de controles implementadas em simulação.
- (12) Avaliação geral dos resultados.
- (13) Preparo da dissertação.

4 Disciplinas de pós-graduação

Como durante a graduação já foram cursadas 5 matérias de pós-graduação, espera-se que seja possível fazer o aproveitamento de créditos. As matérias de pós-graduação já cursadas anteriormente são as seguintes:

- PMR-5010 — Elementos Finitos em Sistemas Multifísicos: Fundamentos
- PMR-5215 — Otimização Aplicada ao Projeto de Sistemas Mecânicos
- PMR-5234 — Técnicas de Ultra-Som e suas aplicações na Indústria e na Medicina
- PMR-5238 — Análise e Síntese de Mecanismo Planos e Tridimensionais
- PMR-5211 — Mecânica dos Sólidos Experimental

Além disso, pretende-se cursar a seguinte disciplina no primeiro quadrimestre de 2014:

- PME-5004 — Complementos de Matemática I

5 Cronograma de Atividades do Projeto

Aqui segue um cronograma estimado para realização das atividades propostas no tópicos de Metodologias:

Tabela 1: Cronograma – Planejamento de Atividades por quadrimestre

Ativ./Quad.	1º/14	2º/14	3º/14	1º/15	2º/15	3º/15
(1)	■					
(2)	■					
(3)	■	■				
(4)		■				
(5)		■	■			
(6)			■			
(7)			■	■		
(8)				■	■	
(9)				■		
(10)				■	■	
(11)					■	
(12)						■
(13)					■	■

Referências

- [1] R. Z. H. de Almeida. Modelagem dinâmica e controle e robô manipulador de arquitetura paralela assimétrica de três graus de liberdade. *Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos*, 2013.
- [2] G. M. Dobrianjkyj and A. G. Coutinho. Plataforma robótica para reabilitação do membro superior humano. *Tese (Trabalho de Conclusão de Curso) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos*, 2013.
- [3] R. M. M. Orsino and T. A. H. Coelho. Metodologia para Análise e Síntese de Mecanismos. *Material de apoio para as disciplinas PMR2430 e PMR2331 - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo*, 2013.
- [4] J. J. Craig. *Introduction to robotics: mechanics and control*. Addison-Wesley series in electrical and computer engineering: control engineering. Pearson/Prentice Hall, 2005.
- [5] E. Jarzebowska. Quasi-coordinates based dynamics modeling and control design for nonholonomic systems. *Nonlinear Analysis: Theory, Methods and Applications*, 71(12):e118 – e131, 2009.
- [6] J-P. Merlet. Still a long way to go on the road for parallel mechanisms. In *ASME DETC Conference, Montreal, 2002*, 2002.
- [7] R. M. M. Orsino and T. A. H. Coelho. A contribution for developing more efficient dynamic modelling algorithms of parallel robots. *International Journal of Mechanisms and Robotic Systems*, 1(1):15 – 34, 2013.
- [8] A. Zubizarreta, I. Cabanes, M. Marcos, C. Pinto, E. Portillo. Extended CTC control for parallel robots. *Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2010 IEEE Conference on*, 2010.
- [9] A.M. Bloch, M. Reyhanoglu, N.H. McClamroch. Control and stabilization of nonholonomic dynamic systems. *Automatic Control, IEEE Transactions on*, 1992.
- [10] W. Khalil and Dombre E. *Modeling, Identification and Control of Robots*. Taylor & Francis, 2002.
- [11] L. W. Tsai. *Robot Analysis: The Mechanics of Serial and Parallel Manipulators*. John Wiley & Sons, 1999.

- [12] V. D. Kumazawa, T. A. Hess Coelho, D. Rinaudi, G. Carbone, M. Ceccarelli. Kinematic analysis and operation feasibility of a 3-dof asymmetric parallel mechanism. In *20th COBEM, Gramado, Brazil*, 2009.
- [13] J-J. E. Slotine and W. Li. *Applied nonlinear control*. Prentice Hall, 1991.
- [14] G. M. Dobrianskyj, A. G. Coutinho, T. A. H. Coelho. Development of a controller for a 3-DOF robotic platform for user interaction in rehabilitation therapies. *Biomedical Robotics and Biomechatronics 2014 5th IEEE RAS EMBS International Conference on*, 819 – 825, 2014.
- [15] O. Altuzarra, P. M. Eggers, F. J. Campa, C. Roldan-Paraponiaris, C. Pinto, Dynamic Modelling of Lower-Mobility Parallel Manipulators Using the Boltzmann-Hamel Equations *Mechanisms, Transmissions and Applications*, 31: 157–165, 2015.
- [16] R. M. M. Orsino, T. A. H. Coelho, C. P. Pesce, Analytical mechanics approaches in the dynamic modelling of Delta mechanism *Robotica*, 33(4): 953–973, 2015.
- [17] R. M. M. Orsino, A. G. Coutinho, T. A. H. Coelho, Dynamic modelling and control of balanced parallel mechanisms. Book chapter of *Dynamic Balancing of Mechanisms and Synthesizing of Parallel Robots*, Springer, 2016 (in press).
- [18] R. M. M. Orsino, T. A. H. Coelho (2015). A contribution on the modular modelling of multibody systems. Manuscript submitted for publication