

CALIBRADOR CINEMÁTICO DE TRAJETÓRIAS ROBÓTICAS

Anezio Alves de Oliveira Júnior (1), João Carlos Mendes Carvalho (1)

(1) Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Av João Naves de Ávila 2160 Bloco 1M 38400-902 Uberlândia – MG

Palavras Chave: Calibrador Cinemático, Plataforma de Stewart, Estruturas Paralelas.

RESUMO

Nas últimas décadas as estruturas robóticas paralelas vem sendo motivo de muita atenção em pesquisas científicas, tanto do ponto de vista teórico como experimental. Algumas estruturas foram criadas e construídas paralelamente a pesquisas tanto na cinemática como na dinâmica.

Estruturas paralelas são mecanismos articulados que possuem uma ou mais cadeias fechadas, sendo compostas basicamente por uma base fixa e uma plataforma móvel, conectadas por mecanismos articulados denominados de “pernas”, que dão mobilidade à plataforma móvel. Em muitos tipos de estruturas paralelas os atuadores podem ser instalados na base, o que torna o mecanismo mais leve.

O interesse por esse tipo de arquitetura deve-se principalmente às suas características tais como alta rigidez e capacidade de carga além de serem mais precisas, uma vez que os erros nas juntas não são cumulativos como nas estruturas seriais. Muitas arquiteturas paralelas foram propostas e estudadas como as apresentadas por Stewart (1965), Clavel (1988), Merlet e Gosselin (1991), entre outros. Devido suas característica, várias são as aplicações como: manipulação, empacotamento, processos de montagem e desmontagem, simulações de movimentos, brinquedos e sensores. Ainda com referência às suas características nós propusemos um sistema eletromecânico para verificar a trajetória espacial de um robô, tanto a nível de posição como de orientação de seu órgão terminal. Tal sistema é denominado Calibrador Cinemático de Trajetórias Robóticas (CCTR), que se baseia na plataforma de Stewart tipo 3-3. Essa plataforma, também chamada de Plataforma de Stewart-Gough, é uma arquitetura paralela não redundante com seis graus de liberdade (gdl) e que apresenta as mesmas características das outras estruturas paralelas. Atualmente esta é a estrutura paralela mais estudada, sendo usados em simuladores de vôo, manipuladores, células de carga, brinquedos, etc...

A figura 1 mostra uma Plataforma de Stewart tipo 3-3. Pode-se observar a plataforma móvel e a base compostas por triângulos equiláteros e os seis atuadores prismáticos. Cada duas pernas são conectadas a um vértice dos triângulos. O CCTR consiste na substituição das pernas por micro-cabos de aço conectados a transdutores lineares, figura 2. A análise do modelo cinemático, especificamente o modelo geométrico, permite encontrar a posição e orientação da plataforma móvel, relacionado com o referencial fixado na base quando os comprimentos das pernas são dados. O modelo cinemático aqui utilizado foi descrito por Griffis e Duffy (1989) e Sousa (1997). Neste método um mecanismo esférico articulado é associado a cada vértice da base. Usando métodos analíticos pode-se obter todas as configurações da estrutura. Resolvendo o sistema de equações tem-se 16 soluções para localização da plataforma móvel (posição e orientação) para um conjunto de comprimentos de pernas. Estas soluções podem ser reais, complexas, repetidas ou fora do espaço de trabalho da estrutura. Para prevenir esses resultados e encontrar uma única solução propusemos uma aproximação sistemática: a plataforma móvel inicia seu movimento de uma posição inicial na qual todas as pernas possuem o mesmo comprimento. I.e. $X=0$, $Y=0$, $Z=H$, $\theta_X=0$, $\theta_Y=0$ e $\theta_Z=0$; a posição do centro da plataforma deve estar acima da base (Z positivo); os resultados complexos são eliminados (não tem significado físico); a seqüência M_1 , M_2 , M_3 , M_1 da

plataforma móvel, quando projetados no plano da base, devem permanecer na mesma ordem após o movimento (se eles mudarem quer dizer que a plataforma móvel passou por uma posição singular). Como cada nova posição é muito próxima do ponto inicial, o modelo cinemático considera como solução a posição que é mais próxima da posição inicial. A cada iteração a nova posição calculada é armazenada como posição inicial.

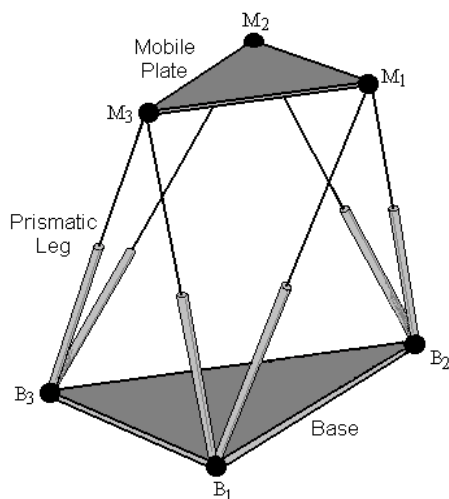


Fig 1. Esquema da Plataforma de Stewart tipo 3-3

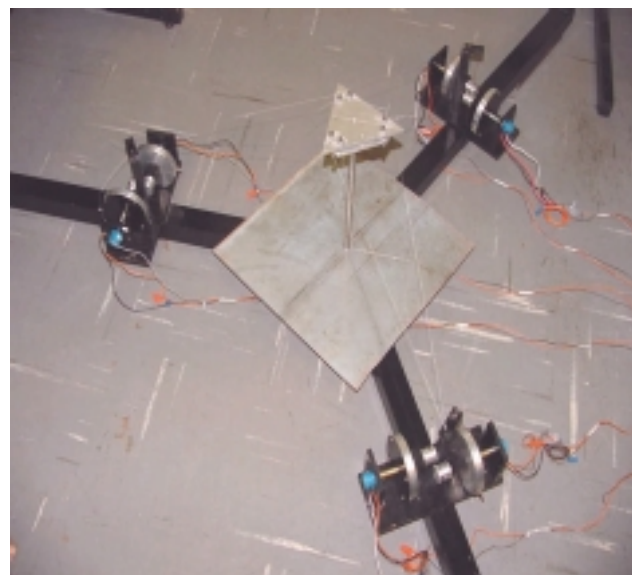


Fig 2. Calibrador Cinemático de Trajetórias Robóticas

Impondo um movimento para o robô, o comprimento dos micro-cabos varia. Essa variação de comprimento é medida através do transdutor linear. A ddp V_i ($i=1$ a 6) obtida em cada transdutor, é convertida em comprimento equivalente da perna r_i ($i=1$ a 6) e utilizada como entrada do modelo cinemático da Plataforma de Stewart para obter a posição e orientação da plataforma móvel do CCTR. Então, referindo-se ao mesmo referencial inercial, ele pode comparar ambas trajetórias: a trajetória comandada do robô e a obtida pelo CCTR, de forma que as trajetórias podem então ser plotadas e analisadas.

Um sistema experimental foi projetado e construído no Laboratório de Automação e Robótica da Faculdade de Engenharia Mecânica / Universidade Federal de Uberlândia. A utilização de instrumentos virtuais com o software LabVIEW - **L**aborat**o**ry **V**irtual **I**nstrument **E**ngineering **W**orkbench (national Instruments. 1998) e um micro computador, permite o uso

de uma interface gráfica que facilita as tarefas de programação, aquisição, modulação, armazenamento e manipulação de dados.

A estrutura do CCTR é composta por um triângulo equilátero na base; um outro triângulo equilátero compondo a plataforma móvel; e seis pernas compostas por micro-cabos de aço associados a seis transdutores lineares fixados dois a dois em cada vértice da base. Um tambor compõe o transdutor linear, onde os micro-cabos podem enrolar ou desenrolar, mantidos tencionados por uma mola interna e acoplados a potenciômetros de alta resolução.

Para verificar a coerência do sistema proposto, os testes iniciais foram feitos com a plataforma móvel descrevendo um deslocamento linear vertical. O deslocamento foi medido usando transdutor linear fixado no centro da plataforma móvel. Alguns testes foram feitos e um exemplo de resultado é apresentado na figura 3. Essa figura exhibe o comportamento histórico no tempo de ambos deslocamentos: medido e numérico.

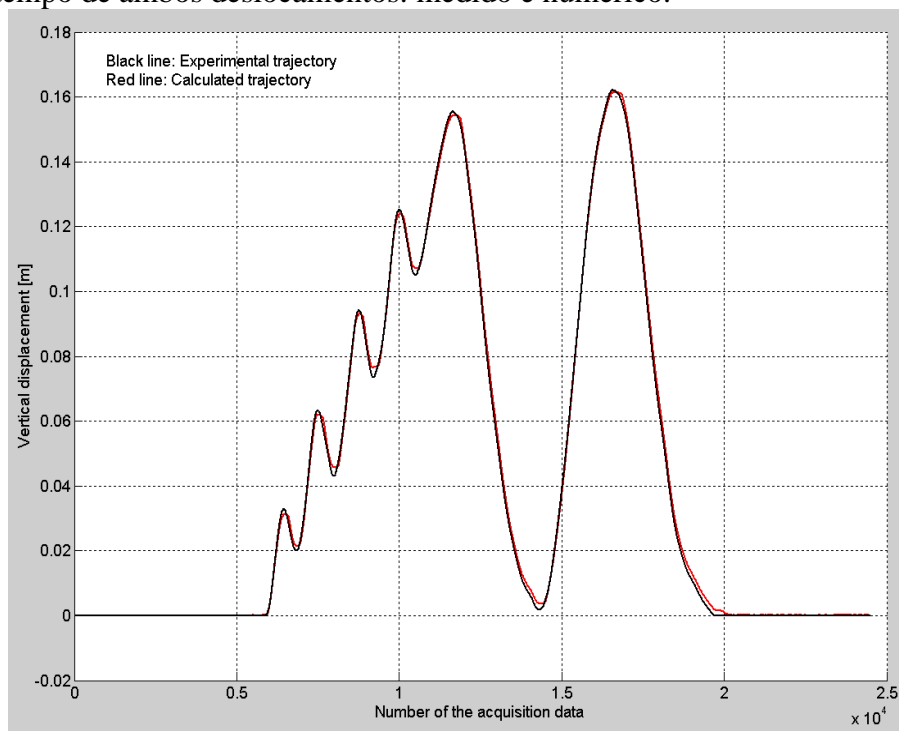


Fig 3. Validação experimental do Calibrador Cinemático de Trajetórias Robóticas usando o protótipo durante um movimento vertical da plataforma móvel.

Estes testes iniciais com um transdutor linear vertical permitiram comprovar a viabilidade experimental do CCTR, uma vez que a figura nos mostra que pode-se mover facilmente a plataforma móvel com uma precisão razoável, verificando a trajetória robótica. Atividades experimentais ainda estão sendo realizadas no Laboratório de Automação e Robótica em Uberlândia para obter resultados em aplicações práticas com um robô industrial e para verificar a origem dos erros nos picos e vales da trajetória que podem ser vistos na figura. Uma das razões para as ligeiras diferenças que podem ser notadas na figura 2 pode ser devido a flexibilidade do aparato experimental usado para realizar o movimento vertical.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Clavel, R., 1988, "DELTA: A Fast Robot with Parallel Geometry", in Proceedings of 18th Int. Symp. on Industrial Robots, Lausanne, pp.91-100.
- Griffis, M. , Duffy, J., 1989, "A Forward Displacement Analysis of a Class Stewart Platform", J. of Robotics Systems, John Wiley, Vol.5, No.6, pp.703-720.

- Innocenti, C., Parenti-Castelli, V., 1990, "Direct Position Analysis of the Stewart Platform Mechanism", *Mech. Mach. Theory*, Vol.25, No.6, pp.611-622.
- Merlet, J.P., Gosselin, C., 1991, "Nouvelle Architecture Pour Manipulateur Parallèle a Six Degrés de Liberté", *Mechanism and Machine Theory*, Vol.26, No.1, pp.77-90.
- National Instruments, 1998, "LabView 5.1 User Manual".
- Pierrot, F., Dauchez, P., Fournier, A., 1991, "Hexa: A Fast Six-Dof Fully Parallel Robot", in *Proceedings of Int. Conference on Advanced Robotics*, Pisa, pp.1159-1163.
- Sousa, C.H.J., 1997, "Análise da Posição e Orientação da Plataforma de Stewart Tipo 3-3 em Função dos Erros nos Atuadores", Tese de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, Brasil.
- Stewart, D., 1965, "A Platform With Six Degrees of Freedom", *Proc. of Institution of Mechanical Engineers*, Vol.180, No.15, part I, pp.371-386.