

Memorial Descritivo

Thamiris Lima Costa

Joinville
2025

Sumário

1	Introdução	2
2	Resumo	2
3	Formação	2
3.1	Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná	2
3.2	Mestrado em Engenharia de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina	3
3.3	Doutorado em Engenharia de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina	3
4	Experiência Profissional	4
4.1	Ensino	4
4.2	Pesquisa	8
5	Publicações	9
5.1	Principais Publicações	10
5.1.1	Artigos completos publicados em anais de eventos	10
5.1.2	Artigos completos publicados em periódicos	16
5.1.3	Capítulo de livro	17
6	Conclusão	26

1 Introdução

Este memorial descritivo apresenta as atividades acadêmicas e profissionais que desenvolvi e continuo desenvolvendo durante meu período de formação em engenharia de controle e automação no níveis de graduação, mestrado e doutorado.

O memorial está dividido como segue. Na seção 2, apresento um resumo da minha trajetória acadêmica e profissional. Na seção 3, descrevo a minha formação acadêmica. Na seção 4, descrevo as minhas experiências profissionais. Na seção ??, listo minhas publicações. Na seção 6, apresento uma conclusão à respeito deste memorial.

2 Resumo

Sou graduada em Engenharia de Controle e Automação e Doutora em Engenharia de Automação e Sistemas. Atualmente, sou pesquisadora no Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura. Nos últimos 5 anos, me dediquei à pesquisa na área de concentração: controle, automação e sistemas. Atualmente, minha produção científica inclui artigos publicados em congressos e periódicos nacionais e internacionais. Ainda neste período, adquiri experiência na docência atuando tanto como professora voluntária quanto como professora substituta. Em 2021, atuei como professora substituta da disciplina de Robótica Industrial na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP) por dois semestres letivos. Em 2022, atuei como professora substituta da disciplina de Sistemas de Controle na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) por dois semestres letivos. Em 2023-2024, atuei como bolsista pesquisadora no Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura. Após esse período, fui contratada como Pesquisadora em regime CLT.

3 Formação

3.1 Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná

- 2012-2017

Ingressei na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus de Cornélio Procopio, como aluna do curso de engenharia de controle e automação em março de 2012. No ano de 2015 passei a atuar como voluntária em iniciação científica (IC) sob orientação do Professor Doutor Fabian Andres Lara Molina do Departamento de Engenharia Mecânica da UTFPR. O projeto de IC tinha como objetivo modelar matematicamente um manipulador robótico de dois graus de liberdade, identificar seus parâmetros de massa e inércia e projetar um sistema de controle robusto para o rastreamento de trajetória. Utilizou-se duas técnicas de identificação de sistemas: Método dos Mínimos Quadrados e Algoritmo Genético. Ainda em 2015, atuei como voluntária no projeto de extensão: “Cursinho Comunitário Prisma”, realizado pela UTFPR - Câmpus Cornélio Procopio, como professora de química orgânica. Em 2016, o trabalho de IC foi expandido, acrescentando-se o projeto de mais um sistema de controle robusto, para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso. Mesmo após a finalização do curso, tive a oportunidade de participar do “6th International Symposium on Multibody Systems and Mechatronics” realizado em Florianópolis - SC, na apresentação de um artigo onde atuei como terceira autora em parceria com os professores doutores Fabian Andres

Lara Molina e Edson Hideki Koroishi do Departamento de Engenharia Mecânica da UTFPR - Câmpus Cornélio Procopio.

3.2 Mestrado em Engenharia de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina

- 2017-2019

Logo após concluir a graduação, ingressei em março de 2017 no Mestrado em Engenharia de Automação e Sistemas na UFSC. Cursei o mestrado sendo bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Em 2018, tive a oportunidade de participar e atuar na organização do 9th *IFAC Symposium on Robust Control Design and 2nd IFAC Workshop on Linear Parameter Systems (ROCOND'18 & LPVS'18)* realizado em Florianópolis - SC. Ainda em 2018, tive a oportunidade de apresentar o trabalho intitulado: *Modeling and Control of an Unmanned Aerial Vehicle* no *Fourth Workshop on Mechanism and Robot Design* realizado em Blumenau - SC.

Concluí o mestrado em março de 2019 com a defesa da dissertação intitulada: “Modelagem e controle de um veículo aéreo não tripulado com rotores inclináveis e câmera orientável”. Neste trabalho foi desenvolvido um sistema de controle robusto, baseado nas abordagens de controle H_∞ e controle por modos deslizantes.

O resultado do trabalho foi publicado no “19th *International Conference on Advanced Robotics*” em 2019. Em 2021, este último trabalho foi expandido e publicado no “32nd *Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences*”, onde participei de forma remota.

3.3 Doutorado em Engenharia de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina

- 2019-2024

Após concluir o mestrado, ingressei em abril de 2019 no Doutorado em Engenharia de Automação e Sistemas na UFSC. Cursei o doutorado sendo bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Em 2023, publiquei dois artigos com resultados parciais da proposta da tese de doutorado. O primeiro trabalho, intitulado “*Formation Tracking Control of Multiple UAVs in the Presence of Communication Faults*”, foi publicado no livro da série da confrência *Climbing and Walking Robots Conference*. O segundo trabalho foi publicado nos anais do evento internacional 27th *International Congress of Mechanical Engineering* e é intitulado como “*Robust UAV formation control*”.

Concluí o doutorado em dezembro de 2024, com a defesa da tese intitulada “*Robust UAV Trajectory Tracking Formation Control*”. Nessa pesquisa, foram desenvolvidos quatro sistemas de controle de formação, considerando a presença de perturbações no sistema. Três desses sistemas foram projetados levando em conta falhas de comunicação modeladas como incertezas paramétricas — dois deles contínuos, com diferentes abordagens na análise de estabilidade, e um discreto. O quarto sistema de controle foi projetado para lidar com perturbações externas, isto é, incertezas não estruturadas. Os resultados foram analisados utilizando o software de simulação *Robot Operating System* (ROS) e Gazebo.

4 Experiência Profissional

4.1 Ensino

As atividades de ensino iniciaram-se no Instituto de Ciência e Tecnologia - Câmpus de Sorocaba - Unesp, no ano de 2021 como professora substituta. Neste período, ministrei as aulas da disciplina de Robótica Industrial remotamente. Ministrei aulas teórica e de laboratório de forma computacional para uma turma por dois semestres. Segue a comprovação da contratação:



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba

Fls.
Proc.
Rub.

EXTRATO DE CONTRATO DE TRABALHO

EMPREGADOR : UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO" – Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba, representada pelo Diretor do Câmpus.

EMPREGADO : **THAMIRIS LIMA COSTA.**
RG 36.602.402-4 SSP/SP.

PROCESSO : Nº 83/2021 – ICT/SOR.

AUTORIZAÇÃO : Despacho nº 236/2020 – RUNESP de 27/11/2020 publicado no D.O.E. de 28/11/2020.

LOTÇÃO : Departamento de Engenharia de Controle e Automação.

FUNDAMENTO LEGAL : Consolidação das Leis do Trabalho e Legislação Complementar.

PRAZO : Período relativo ao ano letivo de 2021, e pelo prazo máximo de 10 meses, a partir de 08/03/2021.

SALÁRIO : Mensal, correspondente a referência MS-2.

JORNADA DE TRABALHO : 12 (doze) horas semanais de trabalho.

As despesas correrão pelas verbas próprias do orçamento da Unesp.

Publicado no DOE de 19/03/2021, página 38 Seção II

Seção Técnica de Desenvolvimento e Administração de Recursos Humanos
Av. 3 de março, 511 cep 18087-180 Sorocaba SP
Tel: (15) 3238-3495 rh.icts@unesp.br
www.sorocaba.unesp.br

Após o término do contrato com a UNESP, em 2022, fui aprovada em um processo seletivo para professora substituta no Departamento de Automação e Sistemas na UFSC. Neste período, ministrei as aulas da disciplina de Sistemas de Controle. Ministrei aulas teórica e de laboratório. Segue a comprovação da contratação:



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PRÓ-REITORIA DE DESENVOLVIMENTO E GESTÃO DE PESSOAS
DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE PESSOAS

Campus Prof. João David Ferreira Lima – CEP 88040-900
Trindade – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil
(48) 3721-9497 / E-mail: dct.ddp@contato.ufsc.br

CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS NR. 040/UFSC/2022

Pelo presente instrumento particular de Contrato, a Universidade Federal de Santa Catarina, pessoa jurídica de direito público, CNPJ nº 83899526/0001-82, com sede no Campus Universitário – Trindade - Florianópolis, Estado de Santa Catarina, doravante denominada **CONTRATANTE**, neste ato representada pela Diretora do Departamento de Desenvolvimento de Pessoas **ELIETE WARQUEN BAHIA COSTA**, brasileira, casada, residente e domiciliada no município de Florianópolis, à Rua Paisagista Burle Marx, nº 390, Bairro João Paulo, CI 737935, CPF: 417.258.839-53, e **THAMIRIS LIMA COSTA**, brasileira, solteira, residente e domiciliado(a) à Avenida Deputado Antônio Edu Vieira, nº 1760, Apto 111, Bairro: Pantanal – Florianópolis - SC, portador (a) da Carteira de Identidade nº 366024024/SSP-SP, CPF nº 417.279.058-57, doravante denominado(a) **CONTRATADO(A)**, têm justa e contratada a presente prestação de serviços para atendimento de necessidade temporária de excepcional interesse público, com fulcro no inciso IV do art. 2º e demais disposições da Lei nº 8.745, de 09 de dezembro de 1993 e suas alterações, aplicando-se subsidiariamente, no que couber, as disposições da Lei nº 8.112/90, da Lei nº 8.647, de 13 de abril de 1993 e da Portaria Normativa nº 154/2019/GR, que se regerá pelas cláusulas e condições seguintes:

CLÁUSULA PRIMEIRA: O presente contrato tem por objeto a admissão do(a) **CONTRATADO(A)** para exercer as funções de **Professor Substituto**, junto ao **Departamento de Automação e Sistemas** da **CONTRATANTE**, conforme processo **23080.010366/2022-63**.

SUBCLÁUSULA ÚNICA: A contratação de que trata esta Cláusula não gerará vínculo estatutário ou trabalhista de qualquer espécie, ficando o **CONTRATANTE** vinculado ao Regime Geral da Previdência Social.

CLÁUSULA SEGUNDA: O(A) **CONTRATADO(A)** desempenhará as funções relacionadas às atividades de ensino superior, com zelo, dedicação, presteza, eficiência, probidade, pontualidade e assiduidade.

SUBCLÁUSULA ÚNICA: O(A) **CONTRATADO(A)** responderá administrativa, civil e penalmente pelo exercício irregular de suas atribuições.

CLÁUSULA TERCEIRA: O(A) **CONTRATADO(A)** submeter-se-á ao regime de trabalho de **20 horas semanais**, e cumprirá o horário que lhe for determinado pela **CONTRATANTE**.

CLÁUSULA QUARTA: Pela prestação dos serviços descritos na Cláusula Segunda, a **CONTRATANTE** obriga-se a pagar ao(à) **CONTRATADO(A)**, a remuneração mensal fixada para os servidores de carreira integrantes do Grupo do **Magistério Superior Federal, Classe Auxiliar A, Nível 1**, acrescida do incentivo de titulação correspondente ao título de **Mestrado**, em regime de **20 horas semanais**, excluídas as vantagens de natureza individual, no valor de **R\$ 2.795,40, (dois mil setecentos e noventa e cinco reais e quarenta centavos)**.

SUBCLÁUSULA PRIMEIRA: A CONTRATANTE efetuará o desconto decorrente da vinculação ao Regime Geral da Previdência Social, bem como o recolhimento do Imposto de Renda na fonte sobre o valor da remuneração, se devido.

SUBCLÁUSULA SEGUNDA: O pagamento da remuneração mensal correrá por conta da dotação **UGR 153170, Programa de Trabalho 12.364.2109.20TP.0042, PTRES 061491, Elemento de Despesa – 319004**, e Fonte nº 0112000000 e dar-se-á mediante depósito em agência bancária indicada pelo(a) **CONTRATADO(A)**.

SUBCLÁUSULA TERCEIRA: O pagamento a que se refere esta Cláusula será efetuado até o quinto dia útil do mês subsequente ao vencimento, não importando eventual antecipação, ainda que se torne habitual, a modificação do prazo aqui estabelecido.

CLÁUSULA QUINTA: O(A) CONTRATADO(A) não poderá:

- I. Receber atribuições, funções ou encargos não previstos no presente contrato;
- II. Exercer atividades de pesquisa e extensão;
- III. Ser nomeado ou designado, ainda que a título precário ou em substituição, para o exercício de cargo em comissão ou função de confiança;
- IV. Ocupar cargo público federal integrante das carreiras do magistério das Instituições Federais de Ensino;
- V. Exercer outros cargos cujos horários sejam incompatíveis com o exercício das funções previstas neste Contrato.
- VI. Ser novamente contratado, com fundamento na Lei 8745, de 09 de dezembro de 1993, antes de decorridos 24 (vinte e quatro) meses do encerramento de seu contrato anterior.

SUBCLÁUSULA ÚNICA: A inobservância do disposto nesta Cláusula importará na rescisão do Contrato nos casos dos incisos I a V ou na declaração da sua insubsistência, no caso do inciso VI sem prejuízo da responsabilidade administrativa das autoridades envolvidas na transgressão.

CLÁUSULA SEXTA: O(A) CONTRATADO(A) terá direito a:

- I. Diárias;
- II. Férias de 30 (trinta) dias por exercício;
- III. Adicional de insalubridade;
- IV. Gratificação natalina;
- V. Auxílio transporte;
- VI. Auxílio alimentação;
- VII. Auxílio pré-escola;
- VIII. Ausências para: doação de sangue (1 dia), casamento (8 dias) e luto (8 dias);
- IX. Licença Maternidade;
- X. Licença Paternidade.

SUBCLÁUSULA ÚNICA: AO (A) CONTRATADO(A) assiste, também, o direito de petição, de pedido de reconsideração e recurso.

CLÁUSULA SÉTIMA: O presente contrato extinguir-se-á, sem direito à indenização:

- I. Pelo término do prazo contratual;
- II. Por iniciativa do(a) **CONTRATADO(A)**;
- III. Por iniciativa da **CONTRATANTE**, nos casos de infração cometida pelo(a) **CONTRATADO(A)**, apurada por meio de sindicância sumária e punida com a pena de demissão;
- IV. Por iniciativa da **CONTRATANTE**, a qualquer tempo, em decorrência de conveniência administrativa, independentemente de comunicação prévia.

SUBCLÁUSULA PRIMEIRA: A extinção do Contrato de que trata esta Cláusula dar-se-á sem direito a indenizações, exceto no caso previsto no inciso IV, que importará no pagamento ao(a) **CONTRATADO(A)** de indenização correspondente à metade do que lhe caberia referente ao restante do contrato.

SUBCLÁUSULA SEGUNDA: A extinção do presente contrato, no caso previsto no inciso II, será comunicada à **CONTRATANTE**, por escrito, com antecedência mínima de 30 (trinta) dias.

CLÁUSULA OITAVA: O presente contrato vigorará no período de **18/04/2022** a **05/08/2022**, e poderá sofrer prorrogações de acordo com a legislação vigente.

CLÁUSULA NONA: Fica eleito o foro da Justiça Federal – Circunscrição de Florianópolis – Seção Judiciária de Santa Catarina, para dirimir qualquer litígio decorrente deste Contrato.

E, por estarem justas e acordadas, as partes firmam o presente instrumento.

Florianópolis, 18 de abril de 2022.

Documento assinado digitalmente
THAMIRIS LIMA COSTA
Data: 18/04/2022 13:04:50-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

CONTRATANTE

CONTRATADO(A)

ELIETE WARQUEN BAHIA COSTA
Diretora do Departamento de
Desenvolvimento de Pessoas
DDP/PRODEGESP/UFSC
Portaria nº 1908/2017/GR



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PRÓ-REITORIA DE DESENVOLVIMENTO E GESTÃO DE PESSOAS
DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO DE PESSOAS
Campus Prof. João David Ferreira Lima – CEP 88040-900
Trindade – Florianópolis – Santa Catarina – Brasil
(48) 3721-9497 / E-mail: ddt.ddp@contato.ufsc.br

**TERMO ADITIVO AO CONTRATO DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇO
040/UFSC/2022 - CTC/DAS**

Pelo presente Termo Aditivo ao Contrato acima referenciado, a Universidade Federal de Santa Catarina, pessoa jurídica de direito público, CNPJ nº 83899526/0001-82, com sede no Campus Universitário - Trindade Florianópolis, Estado de Santa Catarina, doravante denominada **CONTRATANTE**, neste ato representada pela Diretora do Departamento de Desenvolvimento de Pessoas **CARLA CERDOTE DA SILVA**, e **THAMIRIS LIMA COSTA** doravante denominado (a) **CONTRATADO (A)**, têm justo e acordado o presente aditamento ao Contrato de Prestação de Serviços para Atendimento de Necessidade Temporária de Excepcional Interesse Público, firmado em **18/04/2022** que se regerá pelas cláusulas e condições seguintes:

CLÁUSULA PRIMEIRA: Fica prorrogado o Período de Vigência do Contrato de Prestação de Serviços acima referenciado, que passa a ter a seguinte redação:

CLÁUSULA SEGUNDA: O presente Contrato vigorará no período de **06/08/2022 a 31/12/2022**.

CLÁUSULA TERCEIRA: Ficam expressamente ratificadas as demais Cláusulas previstas no Contrato original.

E, por estarem justas e acordadas, as partes firmam o presente Termo Aditivo, em três vias de igual teor e forma.

Florianópolis, 05 de agosto de 2022



Documento assinado digitalmente
Carla Cerdote da Silva
Data: 01/08/2022 20:47:18-0300
CPF: 912.086.020-04
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

CONTRATANTE

CARLA CERDOTE DA SILVA
Diretora do Departamento de
Desenvolvimento de Pessoas
DDP/PRODEGESP/UFSC
Portaria nº 1151/2022/GR



Documento assinado digitalmente
THAMIRIS LIMA COSTA
Data: 02/08/2022 10:14:35-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

CONTRATADO(A)

4.2 Pesquisa

Em 2023, iniciei minha atuação no Instituto SENAI de Inovação em Sistemas de Manufatura, em Joinville, integrando a equipe de Automação e Software. Iniciei como bolsista pesquisadora e, após um ano, fui contratada como Pesquisadora em regime CLT. Minhas atividades envolvem diversas frentes de pesquisa e desenvolvimento na área de robótica, abrangendo desde o estudo e modelagem de sistemas até a implementação prática de soluções. Entre essas atividades, destaco a utilização de ferramentas como ROS e Gazebo para simulação e controle de robôs, bem como o desenvolvimento de aplicações envolvendo hardware real. A seguir, apresento a

comprovação desta experiência:

4/30/25, 7:17 AM

Perfil

Perfil



Informações pessoais

Data de nascimento:	06/02/1993
Estado civil:	Solteiro
Função:	Pesquisador II
Depto / Unidade:	ISM COORDENADORIA DE INOVACAO EM SISTEMAS DE MANUFATURA/SENAI/SC - ISI em Sistemas de Manufatura e Laser

Pagamentos

Próximo pagamento:	07/05/2025	↗ (pagamentos.aspx?p=1)
Último pagamento:	04/04/2025	

Documentos

Carteira profissional

Número:	77680
Série:	376
Emissor:	Ministério do Trabalho e Emprego SP
Estado emissor:	São Paulo

https://wsrecursoshumanos.fiesc.com.br/RECURSOS_HUMANOS/rh/e/Colaborador/Home/perfil.aspx?i=PERFIL&m=QUI_HOME

1/1

5 Publicações

A atuação em pesquisa teve início durante a iniciação científica durante o curso de graduação, na área de controle e robótica. É dessa época a minha primeira publicação com o

artigo: “Identificação de Parâmetros de um manipulador robótico utilizando o método dos mínimos quadrados” no “IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica”. Com a realização do mestrado, o tema da pesquisa passou a ser modelagem e controle robusto e não linear com veículos aéreos não tripulados com rotores inclináveis. Já no doutorado, o tema da pesquisa manteve-se relacionado a veículos aéreos não tripulados, mas com o enfoque em controle de formação de enxames de VANTs. Na próxima seção, apresento as publicações realizadas durante o período de formação.

5.1 Principais Publicações

A seguir, elenco minhas principais produções acadêmicas.

5.1.1 Artigos completos publicados em anais de eventos

- Costa, Thamiris Lima, et al. "Identificação de parâmetros de um manipulador robótico utilizando o método dos mínimos quadrados." IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, CONEM. 2016.



IDENTIFICAÇÃO DE PARÂMETROS DE UM MANIPULADOR ROBÓTICO UTILIZANDO O MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS

Thamiris Lima Costa, thamiriscosta@hotmail.com¹
 Fabian Andres Lara-Molina, fabianmolina@utfpr.edu.br¹
 Victor Bolzon, victor_bolzon@hotmail.com¹
 Edson Hideki Koroishi, edsonh@utfpr.edu.br¹
 Daniel Almeida Colombo, danielcolombo@alunos.utfpr.edu.br¹

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Cornélio Procopio, Av. Alberto Carazzi, 1640, Cornélio Procopio, PR, 86300-000, Brasil.

Resumo: O objetivo deste trabalho é identificar parâmetros de um manipulador robótico com dois graus de liberdade utilizando o Método dos Mínimos Quadrados. Os parâmetros a serem identificados são as massas, os atritos viscosos e os atritos de Coulomb de cada junta. Primeiramente, o manipulador robótico é modelado utilizando a formulação de Lagrange e, então, é gerada uma trajetória pseudo-aleatória para o modelo dinâmico do manipulador, a fim de obter valores experimentais. A partir destes valores, o Método dos Mínimos Quadrados é utilizado para a identificação dos parâmetros. Por fim, analisando os resultados obtidos, verifica-se a efetividade da utilização deste método para a identificação de parâmetros dinâmicos.

Palavras-chave: Manipulador robótico, Identificação de Parâmetros, Método dos Mínimos Quadrados.

1. INTRODUÇÃO

Manipuladores robóticos possuem várias aplicações em diversas áreas, tais como processos de manufatura, exploração espacial, entre outras. Como em suas aplicações o manipulador realiza movimentos específicos, é importante formular leis de controle que permitam o desenvolvimento adequado de suas respectivas funções (Andres Lara-Molina, 2014). Porém, para que estas leis de controle atuem de forma satisfatória, é importante que o modelo dinâmico do manipulador seja confiável e preciso. No entanto, situações como imprecisão dos equipamentos de medições ou existência de parâmetros não mensuráveis podem afetar a confiabilidade do modelo dinâmico. Desta forma, propõe-se a utilização de métodos de identificação de parâmetros, com a finalidade de obter parâmetros precisos que tornem o modelo dinâmico confiável.

Existem diversos trabalhos desenvolvidos na área de identificação de parâmetros, tais como (Albán, 2004), (Avila, 2008), (Romano, 2010) e (Souza, 2010).

O escopo deste trabalho é aplicar métodos numéricos para a identificação de parâmetros de um manipulador robótico com dois graus de liberdade baseado no método dos mínimos quadrados. Primeiramente, realiza-se a modelagem dinâmica do manipulador e em seguida foi realizada a identificação dos parâmetros de massa, atrito viscoso e atrito de Coulomb de cada junta do manipulador. Por fim, verifica-se que o método utilizado para a identificação de parâmetros mostrou resultados satisfatórios, confirmando sua viabilidade.

Este trabalho está organizado em cinco seções, sendo que a seção 2 discorre sobre o manipulador robótico estudado e sobre seu modelo dinâmico. A seção 3 apresenta o Método dos Mínimos Quadrados para a identificação dos parâmetros. A seção 4 apresenta os resultados obtidos e apresenta uma análise destes. Por fim, a seção 5 discorre sobre a conclusão do trabalho.

2. MANIPULADOR ROBÓTICO

Neste trabalho foi utilizado um manipulador robótico com dois graus de liberdade, como mostra a Fig. 1.

- Costa, Thamiris Lima, et al. “Modeling and control of an unmanned aerial vehicle with tilt rotors equipped with a camera.” 2019 19th International Conference on Advanced Robotics (ICAR). IEEE, 2019.

2019 19th International Conference on Advanced Robotics (ICAR)
Belo Horizonte, Brasil, December 02-06, 2019

Modeling and Control of an Unmanned Aerial Vehicle with Tilt Rotors Equipped with a Camera*

Thamiris Lima Costa¹, Julio Cezar Vendrichoski¹, Ebrahim Samer El'Youssef² and Edson Roberto De Pieri¹

Abstract—In this work, we present a control law for an unmanned aerial vehicle (UAV) carrying a camera through a two degrees of freedom (2-DOF) gimbal mechanism. The vehicle is an H-shaped quadrotor with an additional mechanism that allows the independent projection, along the longitudinal direction, of the thrust generated by each rotor. This particular characteristic shows useful during the execution of some specific tasks, especially the ones that require high velocity. A control law is designed to deal with the underactuation and nonlinearities behavior of the vehicle, that are expressed mathematically by the Euler-Lagrange formulation. The control structure is arranged in four subsystems, designed to control the dynamics of the UAV position, attitude, rotors inclination, and camera pointing. For the position control, the inverse dynamic is used to linearize the translation subsystem, and then a robust H_∞ controller is applied. For the remaining subsystems, the Super-Twisting Sliding Mode Control is applied. We present, through simulation, the performance of the designed control structure, proving that the controlled UAV is stabilized and able to track given trajectories even in the presence of unmodeled dynamics, parametric uncertainties and external disturbances (such as wind gusts).

I. INTRODUCTION

UAVs are mobile robots that can perform tasks in dangerous and hard to access places. They have been used in several applications such as military, industrial, academic, and civilians. The most popular and studied rotary-wing UAV model is the quadrotor in an X-shape or +shape structure. However, these standard quadrotors exhibit an underactuated nature. Due to its mechanical structure, standard quadrotors cannot decouple translational and rotational movements, reducing the maneuverability and agility of the vehicle, as well as the ability to track specific trajectories [1], [2]. This characteristic becomes an issue for vision-based tasks since the movement of the UAV changes the pointing direction of onboard cameras. A well-known solution to this problem is the use of a gimbal mechanism to compensate the vehicle's rotation movement, maintaining the camera pointing to the desired spot [3].

Tasks that employ UAVs with a camera to pursuit a target and use the target position in the path planning are very sensitive. Image processing and target identification

are by itself challenging even in a situation where precise positioning and orientation of the UAV and the camera are well known [3]. Therefore, the loss of the target line of sight, even for a few seconds, due to a disturbance on the UAV position/orientation or a fast maneuver, is very detrimental.

One way to achieve a better performance than that of an standard quadrotor is to consider a vehicle with more degree of actuation. An interesting option for this case is the H-shaped tilt rotors, as can be seen in Fig. 1. Although the scientific community has paid few attention to this kind of aerial vehicle, it shows interesting properties such as being able to reach high velocity by applying propulsion forces in the longitudinal direction. Additionally, it can move forward and backward with no inclination of the main body. These properties result in better aerodynamic performance and more freedom to trajectory planning, when compared to standard quadrotors, turning such a UAV advantageous for application with a camera, as it helps to keep target tracking in situations where more maneuverability and velocity are required. These properties can also help in tasks where interaction with the environment is required. Although a vehicle with higher maneuverability alone does not guarantee that the camera line of sight will not lose the target, its additional DOFs, together with a robust control strategy, can help to decrease the system susceptibility to disturbances and model variations. Therefore, we also derive a robust control strategy for this system.

Due to the increased interest of exploring the potential of the UAVs there is an extensive scientific literature on the development of control techniques for this system. In the works of [4], [5] and [6], the authors reviewed the literature of control techniques applied to quadrotors. It was verified that, during the last years, several control techniques have been used, such as PID, LQR, robust control H_∞ , feedback linearization, backstepping and sliding mode control (SMC). A comparison of these techniques present in [4] and [6] shows notable results when employing the SMC. However, the first order SMC generates chattering, which is the effect caused due to the discontinuity present in the control signal. A possible solution to overcome this problem corresponds to use a higher-order sliding mode control (HOSMC) approach. The main idea is to apply a continuous control signal whose discontinuity is present in the temporal derivatives of this signal. Among the HOSMC techniques, we have the super-twisting control algorithm (STA) [7].

Nevertheless, as the quadrotor stated in this work is still short explored, in the control context, a limited number of works is found on this subject. In the work of [8], the authors

*This work was supported by the institutions CAPES and CNPq

¹Thamiris Lima Costa, Julio Cezar Vendrichoski and Edson Roberto De Pieri are with Automation and Systems Department, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil thamisriscosta@hotmail.com, juliocev@outlook.com, edson.pieri@ufsc.br

²Ebrahim Samer El'Youssef is with Department of Automation and Control Engineering and Computation, Federal University of Santa Catarina, Blumenau, Santa Catarina, Brazil ebrahim.el.youssef@ufsc.br

- Vendrichoski, Julio C., et al. "Mathematical modeling and control of a quadrotor aerial vehicle with tiltrotors aimed for interaction tasks." 2019 19th International Conference on Advanced Robotics (ICAR). IEEE, 2019.

2019 19th International Conference on Advanced Robotics (ICAR)
Belo Horizonte, Brazil, December 02-06, 2019

Mathematical modeling and control of a quadrotor aerial vehicle with tiltrotors aimed for interaction tasks*

Julio C. Vendrichoski¹ and Thamiris L. Costa¹ and Ebrahim S. El'Youssef² and Edson R. de Pieri¹

Abstract—With a wide spectrum of applications ranging from entertainment to military use, quadrotors, in their conventional construction with four fixed rotors, have proven to be sufficiently capable of robustly performing numerous tasks. However, the capability to generate thrust just in one direction, i.e., normal to its main plane, is very restrictive and drastically reduces the maneuverability and agility of the vehicle. In this paper, an alternative model of the quadrotor is presented. Constructively, the difference lies in the addition of a mechanism that tilts the rotors in the longitudinal direction, which in practice adds maneuverability by enabling the longitudinal translation uncoupled from the pitching movement. In addition to this new thrust component in the longitudinal direction, this configuration also yields a significant increase in the yaw torque. These are highly desired features in a UAV used to execute tasks that require physical interaction with the surrounding environment. The mathematical model of the entire system is obtained by employing the Euler-Lagrange formalism and a multi-body approach. In addition, a basic control scheme is used to verify, through simulation, the obtained model.

I. INTRODUCTION

Quadrotors have attracted recurring interest in recent years to the point of becoming one of the most popular models of unmanned aerial vehicle (UAV). Its standard construction with four fixed rotors, although limited, has proved been enough to robustly perform tasks related to image capture, small loads transportation, among others. However, standard quadrotors are underactuated, i.e., their fixed rotors provide only four actuation variables in order to drive the vehicle's six degrees of freedom. This intrinsic characteristic makes the longitudinal and lateral movements to be dependent, respectively, on the pitch and roll angles. As a consequence, standard quadrotors have limited dexterity to pass through narrow openings and cannot hover in an inclined orientation or instantaneously apply arbitrary forces and torques to interact with the surrounding environment.

These limitations of the standard quadrotors justifies the growing search for constructive configurations of UAVs with more degrees of freedom and with an increased wrench capability. One approach found in the literature consider the addition of fixed rotors, strategically arranged to generate thrust in directions of interest [1], [2]. A second approach focus on the development of mechanical designs that give to the vehicle the ability to dynamically change (during the

flight) the direction of the generated thrust (w.r.t. the main body of the vehicle) [3], [4], [5], [6], [7].

Vehicles of the first group share a common drawback. Their rotors stay underused in some cases. The *I-BoomCopter* [2] is a standard tri-rotor with an additional four-blade reversible propeller positioned horizontally to generate forward and backward forces. However, this extra mechanism is only effectively used during the interaction and do not significantly contribute to the flight. The *Omnicopter* [1] has eight rotors arranged in a way that the vehicle generates forces and torques in any direction but, depending on the movement, some rotors have limited usefulness and also the downside of generating counteracting forces, reducing the efficiency of the vehicle.

In the second group, stand out vehicles such as those proposed in [3] and [4]. In these works mechanisms are added to standard quadrotors, enabling the rotors to rotate around the axis of the arm that connects it to the vehicle's main body. Depending on the design, these modifications may result in a fully actuated vehicle, which enables an omnidirectional movement. However, not all of them contribute to the total thrust exerted in the same horizontal direction.

The quad-tiltrotor aerial vehicle presented in this work consists essentially in an adaptation of the a standard quadrotor with its four rotors laying out in a H-shape configuration. However, different from a standard quadrotor, this vehicle has servomotors that actuate tilting the rotors in the longitudinal direction, Fig. 1. In this configuration, when the rotors are tilted, the generated thrust has a component in the longitudinal direction. The modification does not result in an omnidirectional vehicle (a lateral movement still depends on the roll angle). However, such vehicle can provide a high amount of thrust in the longitudinal direction due to the contribution of all the four rotors, increasing the performance in some particular environment interaction tasks, such as push an object [7].

Works where vehicles with a similar configuration to the quad-tiltrotor presented here are shown in [8], [9]. However, in these works the vehicles also have wings and the main objective is to combine vertical take-off and landing with high speeds of longitudinal flight.

The mathematical model of the system proposed in this paper is obtained by employing the Euler-Lagrange formalism and a multibody approach. The Euler-Lagrange method provides an economical way of writing the system's motion equations since it involves a minimum set of required coordinates. The multibody approach allows us to easily incorporate additional interconnected mechanisms to the project

*This work is supported by the institutions CAPES and CNPq

¹Julio C. Vendrichoski, Thamiris L. Costa and Edson R. de Pieri are with Automation and Systems Department, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, Santa Catarina, Brazil julio cv@outlook.com, thamiris costa@hotmail.com, edson.pieri@ufsc.br

²Ebrahim S. El'Youssef is with Federal University of Santa Catarina, Blumenau, Santa Catarina, Brazil ebrahim.el.youssef@ufsc.br

- Costa, Thamiris. Lima. ; Vendrichoski, Julio C. ; El'Youssef, Ebrahim S. ; De Pieri, Edson R. . “Robust control of unmanned aerial vehicle with tilt rotors and camera.” In: 32nd Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, 2021, Shanghai.



ROBUST CONTROL OF UNMANNED AERIAL VEHICLE WITH TILT ROTORS AND CAMERA

T. L. Costa¹, J. C. Vendrichoski¹, E. S. El'Youssef² & E. R. De Pieri¹

¹Automation and System Department, Federal University of Santa Catarina, Florianopolis, Santa Catarina, Brazil

²Federal University of Santa Catarina, Blumenau, Santa Catarina, Brazil

Abstract

In this work, we present a UAV with an H-shaped structure with four tilt rotors and equipped with a camera. We develop the complete dynamic model, which is used for numerical simulations. We also design a simplified dynamic model, which is formulated to facilitate the control system design. In the following, we develop a control system to UAV tracks feasible trajectories and orientate the camera, even in the presence of external disturbances and perturbations, such as wind gusts and modeling errors. To control the UAV position, we use the robust H_∞ control technique and a dynamic inverse to compensate for the nonlinearities. To control the UAV attitude, rotors inclination, and camera pointing, we use the Generalized Super-Twisting Algorithm control technique and compensation of the nonlinearities. To analyze the system performance, we realize numerical simulations, where we verified a satisfactory performance.

Keywords: UAV, H-Shaped Quadrotor, Sliding Mode Control, Robust Control

1. Introduction

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) has been shown very advantageous. Since replacing the manned aerial vehicles, we can have a cost reduction and perform previously unfeasible tasks. The UAV we use in this work is the H-shaped quad tilt-rotor, which has the four rotors positioned, forming an H-shape (see Figure 1). With this structure, the UAV has direct actuation in two directions; which allows it to take off and land vertically and move forward/backward without inclining. This structure, which is little explored, shows advantages in tasks requiring high speeds or a coupled tool. An example of a task is surveillance. In this case, besides being composed of vigilant and fixed cameras, it also would have mobile cameras, increasing the coverage area and adding the possibility of following a target. Concerning the system structure, we can couple a camera to the UAV body through a gimbal mechanism, which offers more degrees of freedom for the camera movement. In this work, we use a gimbal with two degrees of freedom, as shown in Figure 1. Also, we can add robust controllers to the whole system, aggregating robustness in situations in which the UAV is exposed to external disturbances.

Concerning the control systems, we found few works related to the H-shaped quad tilt rotor. In [1], is developed a control system for an H-shaped quad tilt rotor equipped with a camera aimed for racing purposes using PID controller, whose gains were tuned through genetic algorithm. Besides, [1] considered the rotors to move equally.

However, for others UAVs structures, we verify in the literature that control systems is a lot explored theme. This can be seen in [2-4], where were realized reviews of control techniques applied in UAVs. In these works, the UAV most used is the quad rotor in X-shape structure. Several control techniques have been used such as PID [5], LQR [6], robust control H_∞ [7], feedback linearization [8-10], backstepping [6,7], sliding mode control (SMC) [11-15], and intelligent control system techniques [1,4]. After some analysis of the system response, robustness, and control effort, we concluded that, in general, the SMC presented the best performance [2-4].

- Costa, Thamiris; El'Youssef, Ebrahim; De Pieri, Edson “Robust UAV Formation Control.” In: 27th International Congress of Mechanical Engineering, 2023, Florianopolis.



COB-2023-1433 ROBUST UAV FORMATION CONTROL

Thamiris Costa

Federal University of Santa Catarina, Automation and Systems Department, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil
thamiriscosta@gmail.com

Ebrahim El'Youssef

Federal University of Santa Catarina, Automation and Control Engineering and Computation Department, Blumenau, Santa Catarina, Brazil
ebrahim.el.youssef@ufsc.br

Edson De Pieri

Federal University of Santa Catarina, Automation and Systems Department, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil
edson.pieri@ufsc.br

Abstract. *The formation control problem consists of formulating a control law capable of maintaining the UAVs at a safe distance from each other, controlling the UAVs in their desired positions during the entire task execution time, and ensuring that the UAVs will not collide with each other. Thus, proposing a solution for the formation control problem involves different technological challenges, implying an active research topic. Then, the work aims to develop a robust formation control based on the robust control H_∞ methodology for a multi-UAV system composed by UAVs with tilt rotors. The approaches used to develop the control system are the leader-follower and consensus. The control law is obtained considering the methodology of the robust control H_∞ . The stability analysis uses the Lyapunov theory through linear matrix inequalities (LMIs). The results were analyzed through numerical simulations considering a multi-UAV composed of two virtual leaders and six followers. In the results, it is possible to verify that the formation could keep the desired shape during the task execution time. Then, the control system proposed could lead to the work objective achievement.*

Keywords: UAVs, Formation control, Robust controller.

1. INTRODUCTION

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have been attracting the attention of researchers because of the many advantages they offer in various domains. These aerial robots enable access to locations otherwise unreachable to humans, whether because of security concerns or inaccessibility. While UAV systems already possess inherent advantages, leveraging multiple UAVs collaboratively in the same task brings further benefits, including enhanced fault tolerance, flexibility, and time efficiency.

The study of multi-UAV systems is a prominent research topic that has received extensive attention. These systems are inherently complex and encompass various technological challenges. Developing multi-UAV systems involves addressing decision-making, path planning, control, and communication subsystems. This work specifically focuses on the control aspect. Controlling multi-UAV systems entails managing formation control, which pertains to effectively shaping the UAVs to track desired positions or trajectories.

Various approaches have been employed to address the formation control problem, including virtual-structure (Liu *et al.*, 2019, 2020), leader-follower (Dong *et al.*, 2016; He *et al.*, 2018; Ai and Yu, 2019; Dong *et al.*, 2018; Yan and Ma, 2020; Kartal *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2021), behavior-based (Oh *et al.*, 2017), and consensus methods (He *et al.*, 2018; Liu *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2021).

The virtual-structure approach utilizes a guiding virtual structure to ensure all agents meet formation constraints. Similarly, the leader-follower approach designates a leader to fulfill this role. While both methods require complete information about the virtual structure or leader, respectively, they offer good control capabilities and are widely utilized. However, they need more inflexibility, posing challenges for formation members to navigate around obstacles.

In contrast, the behavior-based strategy establishes desired behaviors for formation agents, including collision avoidance, formation reconfiguration, formation maintenance, and trajectory tracking (Oh *et al.*, 2015; Yang and Hu, 2020). This approach adapts well to environmental changes due to its behavioral foundation. Additionally, the computational complexity remains the same with the addition of more robots since agents do not require global interaction. However, stability analysis becomes complex as this control strategy relies on something other than the system's kinematics or dynamics (Ahn, 2020).

5.1.2 Artigos completos publicados em periódicos

- Costa, Thamiris Lima, et al. “Robust H_∞ computed torque control for manipulators.” IEEE Latin America Transactions (2018): 398-407. (Qualis CAPES B2)

Robust Control H_∞ of Computed Torque for Manipulators

Thamiris L. Costa, Fabian A. Lara-Molina, Aldemir A. Cavalini Jr e Erik Taketa

Abstract— This paper aims at addressing the synthesis application of robust control technique in a manipulator based on LMIs (Linear Matrix Inequalities) in order to minimize the H_∞ norm by taking into account the uncertain parameters of the manipulator. The control strategy is based on the compute torque control scheme that is composed of two control loops. The inner loop aims at linearizing the nonlinear robot dynamics using feedback linearization. The outer loop tracks the desired trajectory based on a PD controller, which is robustified against uncertain parameters and neglecting dynamics. The robust control technique is applied in a two degrees of freedom planar manipulator and the numerical results show the benefits of the robustified control strategy in the dynamical performance in terms of tracking accuracy, disturbance rejection and uncertain parameters.

Keywords— Robot control, Robust control, Manipulator, Uncertainty, Computed Torque Control.

I. INTRODUÇÃO

MANIPULADORES robóticos têm sido amplamente utilizados em diversas áreas tais como sistemas de manufatura, aplicações médicas e dispositivos para busca e resgate entre outras. Estas aplicações demandam dos manipuladores a execução de movimentos específicos com alta precisão e confiabilidade. No entanto, diversos fatores tais como ruído nos sensores, comportamento dinâmico não modelados e incertezas paramétricas afetam o desempenho dos manipuladores. Uma solução para esta problemática é projetar sistemas de controle para os manipuladores que permitam aprimorar o desempenho dinâmico destes e assim aprimorar a execução de suas funções [1].

As leis de controle de um manipulador em geral baseiam-se no modelo, portanto a formulação do modelo dinâmico e a identificação de seus parâmetros são fundamentais no projeto dos controladores. No entanto, o modelo é uma representação matemática que aproxima a dinâmica do sistema real. Assim, efeitos dinâmicos existentes no sistema podem ser negligenciados no modelo dinâmico e por conseguinte deteriorar o desempenho do controlador. Adicionalmente, os métodos de identificação dos parâmetros apresentam como resultados pequenos erros associados aos parâmetros identificados. Neste contexto, duas estratégias de controle têm sido utilizadas no controle dos manipuladores: controle adaptativo e controle robusto [2]. Consequentemente, é necessário formular leis de controle robustas, a fim de lidar com comportamentos dinâmicos não modelados e incertezas paramétricas.

Neste sentido, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com o propósito de robustificar os controladores de posição dos manipuladores. Fundamentalmente, cinco abordagens principais têm sido utilizadas para o controle robusto de manipuladores [3]: i) controle linear multivariável: no qual as especificações de desempenho linear estão disponíveis e o projeto da lei de controle garante robustez; ii) controladores passivos: fáceis de implementar, no entanto, não proporcionam medidas de desempenho quantificáveis; iii) controladores de estrutura variável: utilizados em manipuladores com elos ou juntas flexíveis para fazer frente às vibrações; iv) controladores de saturação minimizar erros transientes; e v) controladores robustos adaptativos. Considerando a abordagem linear multivariável, diversos autores têm projetado controladores lineares e baseiam-se em modelos lineares com perturbações não lineares [4]-[6]. Também o controle inteligente baseado em controladores *fuzzy* e redes neurais têm sido utilizados nesta abordagem [7], [8] juntamente com técnicas de controle linear robustificadas tais como controle preditivo generalizado robustificado [9] entre outras.

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem alternativa no controle linear multivariável robusto. Neste trabalho, apresenta-se uma lei de controle de torque computado robustificada mediante LMIs (Desigualdades Matriciais Lineares) que visa minimizar o custo H_∞ [10]. A lei de controle proposta permite a inclusão das incertezas paramétricas e dinâmicas não modeladas em um modelo linear equivalente utilizado no projeto do controlador. Para isto, as incertezas paramétricas são modeladas como variáveis aleatórias, e o modelo apropriado para o projeto do controlador robusto é obtido mediante a simulação de Monte Carlo que permite determinar a representação com incertezas politópicas do sistema. Esta representação é adicionada nas LMIs e posteriormente o controlador robusto é obtido pela minimização da norma H_∞ .

O restante deste artigo está organizado em seis seções. O modelo dinâmico do manipulador é apresentado na seção II. A seção III apresenta o controle de torque computado com incertezas paramétricas e dinâmicas não modeladas. A modelagem e quantificação das incertezas paramétricas no controle de torque computado apresenta-se na seção IV. O projeto do controle robusto para o rastreamento de trajetórias apresenta-se na seção V. A avaliação do desempenho do controlador proposto mediante simulação computacional é apresentada na seção VI. Finalmente, seção VII apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

II. MODELO DINÂMICO DO MANIPULADOR

O modelo dinâmico do manipulador pode ser obtido mediante a equação de Euler-Lagrange [2] com a finalidade de

T. L. Costa, F.A. Lara-Molina e E. Taketa, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Mecânica, Brasil.

A. A. Cavalini Jr, Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Mecânica, Brasil.

Corresponding author: F. A. Lara-Molina, fabianmolina@utfpr.edu.br.

5.1.3 Capítulo de livro

- Lara-Molina, Fabian Andres, Edson Hideki Koroishi, and Thamiris Lima Costa. "Elastodynamic Performance of a Planar Parallel Mechanism Under Uncertainties." *Multibody Mechatronic Systems: Proceedings of the MUSME Conference held in Florianópolis, Brazil, October 24-28, 2017* 6. Springer International Publishing, 2018.



Editors

João Carlos Mendes Carvalho
School of Mechanical Engineering
Federal University of Uberlândia
Uberlândia, Minas Gerais
Brazil

Roberto Simoni
Mobility Engineering Center
Federal University of Santa Catarina
Joinville, Santa Catarina
Brazil

Daniel Martins
Mechanical Engineering
Federal University of Santa Catarina
Florianópolis, Santa Catarina
Brazil

Henrique Simas
Mechanical Engineering
Federal University of Santa Catarina
Florianópolis, Santa Catarina
Brazil

ISSN 2211-0984 ISSN 2211-0992 (electronic)
Mechanisms and Machine Science (electronic)
ISBN 978-3-319-67566-4 ISBN 978-3-319-67567-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-319-67567-1

Library of Congress Control Number: 2017954901

© Springer International Publishing AG 2018

This work is subject to copyright. All rights are reserved by the Publisher, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, reuse of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in any other physical way, and transmission or information storage and retrieval, electronic adaptation, computer software, or by similar or dissimilar methodology now known or hereafter developed.

The use of general descriptive names, registered names, trademarks, service marks, etc. in this publication does not imply, even in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protective laws and regulations and therefore free for general use.

The publisher, the authors and the editors are safe to assume that the advice and information in this book are believed to be true and accurate at the date of publication. Neither the publisher nor the authors or the editors give a warranty, express or implied, with respect to the material contained herein or for any errors or omissions that may have been made. The publisher remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Printed on acid-free paper

This Springer imprint is published by Springer Nature
The registered company is Springer International Publishing AG
The registered company address is: Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland

Kinematic Analysis

Kinematic Analysis for a Planar Redundant Serial Manipulator	97
Zijia Li, Mathias Brandstötter, and Michael Hofbaur	
Workspace Analysis of a Parallel Manipulator Using Multi-objective Optimization and Bio-inspired Methods	107
R.S. Gonçalves, J.C.M. Carvalho, and F.S. Lobato	
Modeling of a Four-Legged Robot with Variable Center of Mass as a Cooperative Multirobot System	116
Cristiane P. Tonetto, Antônio Bento Filho, and Altamir Dias	
Assembly Sequence Planning for Shape Heterogeneous Modular Robot Systems	128
Anelize Zomkowski Salvi, Roberto Simoni, and Henrique Simas	

Static Analysis

Kinetostatics and Optimal Design of a 2PRPU Shoenflies-Motion Generator	141
H. Simas and R. Di Gregorio	
Influence of the Working Mode on the Maximum Isotropic Force Capability Maps for a 3RRR Planar Parallel Manipulator	151
L. Mejia, D. Ponce, J.C. Herrera, H. Simas, and D. Martins	
Maximum Isotropic Force Capability Maps in Planar Cooperative Systems: A Practical Case Study	160
Juan Camilo Herrera Pineda, Leonardo Mejia Rincon, Roberto Simoni, and Henrique Simas	
Balancing Conditions of the RSS'R, Spatial Mechanism	171
Mario Acevedo	

Dynamic Analysis

Elastodynamic Performance of a Planar Parallel Mechanism Under Uncertainties	183
Fabian Andres Lara-Molina, Edson Hideki Koroishi, and Thamis Lima Costa	
Complex Modelling and Dynamical Analysis of Parallel Cable Mechanisms	193
Radek Bulin, Michal Hajžman, and Pavel Polach	
A New Methodology for the Balancing of Mechanisms Using the Davies' Method	203
Julio Cesar Frantz, Leonardo Mejia Rincon, Henrique Simas, and Daniel Martins	

Elastodynamic Performance of a Planar Parallel Mechanism Under Uncertainties

Fabian Andres Lara-Molina¹(✉), Edson Hideki Koroishi¹,
and Thamiris Lima Costa²

¹ Department of Mechanical Engineering, Federal University of Technology - Paraná,
Cornélio Procópio, PR, Brazil
`fabianmolina@utfpr.edu.br`

² Department of Automation and Systems (DAS),
Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brazil

Abstract. The analysis of the elastodynamic performance of the parallel mechanisms is necessary for their optimal design. This paper aims at evaluating the elastodynamics of a planar parallel mechanism with flexible joints subjected to uncertainties. Therefore, the elastodynamic performance is analyzed over the design space that considers all the possible combinations of the lengths of the links of the mechanism. The uncertainties in the stiffness of the active joints are modeled as random variables. The elastodynamic performance subjected to uncertainties is evaluated numerically by using the Monte Carlo Simulation.

Keywords: Parallel manipulator · Elastodynamics · Uncertainties

1 Introduction

The elastodynamic performance of the parallel mechanisms with flexible elements is an important issue mainly for their mechanical design and also for the development of new control algorithms [11].

In this direction, the parallel mechanisms with flexible links or flexible joints have been extensively studied. Thus, several works have been focused on the optimal design procedure [1], analysis of the elastodynamic performance [7] and development of motion control laws [11] among other important aspects of parallel mechanism with flexible elements. In the other hand, several contributions have studied the effect of uncertainties in parallel mechanisms [5, 6].

Specifically, this contribution presents a novel study in order to analyze the elastodynamic performance of a planar parallel mechanism with flexible active joints by considering uncertainties in the stiffness parameters. Initially, the analysis of the elastodynamics is based on the complete kinematic and dynamic model of parallel mechanism that is formulated taking into account the flexible joints. Then, the uncertainties are modeled as random variables and they are included in the stiffness of the active joints. The elastodynamic criterion is formulated based on the dynamic model. Finally, the elastodynamic performance subjected

© Springer International Publishing AG 2018
J.C.M. Carvalho et al. (eds.), *Multibody Mechatronic Systems*,
Mechanisms and Machine Science 54, DOI 10.1007/978-3-319-67567-1_17

- COSTA, Thamiris; EL'YOUSSEF, Ebrahim; DE PIERI, Edson. "Formation Tracking Control of Multiple UAVs in the Presence of Communication Faults. In: Climbing and Walking Robots Conference." Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 251-262.



Robotic Navigation

Front Matter

[Download chapter PDF](#) 

Pages 209–209

A Cooperative Approach to Teleoperation Through Gestures for Multi-robot Systems

Dieisson Martinelli, Jonathan Cerbaro, Marco Antonio Simões Teixeira, Vivian Cremer Kalempa, Vitor de Assis Monteiro, André Schneider de Oliveira
Pages 211–223

NavPi: An Adaptive Local Path-Planning Pipeline for 3D Navigation in Difficult Terrain

Marvin Grosse Besselmann, Arne Rönnau, Rüdiger Dillmann
Pages 224–235

Indoor Localisation of Mobile Robots with Ultra Wideband Using Experimental TDOA

Ousmane Abdoulaye Oumar, Mohammad Osman Tokhi, Tariq P. Sattar, Sidik Haroune Ibrahim, Shwan Dyllon
Pages 236–250

Formation Tracking Control of Multiple UAVs in the Presence of Communication Faults

Thamiris Costa, Ebrahim El'Youssef, Edson De Pieri
Pages 251–262

Human-Robot Autonomous System: An Interactive Architecture

Giovane Moreira, Anderson Leite, José Díaz-Amado, Cleia Libarino, Joao Marques
Pages 263–274

Comparative Analysis of LiDAR SLAM Techniques in Simulated Environments in ROS Gazebo

Marcelo E. C. de Carvalho, Tiago T. Ribeiro, Andre G. S. Conceicao
Pages 275–285

Formation tracking control of multiple UAVs in the presence of communication faults

Thamiris Costa¹, Ebrahim El'Youssef², and Edson De Pieri¹

¹ Federal University of Santa Catarina, Automation and Systems Department,
Florianópolis SC, Brazil,
thamiris costa@gmail.com,

² Federal University of Santa Catarina, Automation and Control Engineering and
Computation Department, Blumenau, SC, Brazil

Abstract. When working in cooperation, multiple Unmanned Aerial Vehicles (Multi-UAVs) systems bring many advantages for task achievement. Among the technology involved in these systems is the control of the system movements. Controlling multi-UAV systems is an emerging topic in robotics and control communities. In the literature, this problem is known as formation control, and it is about managing the UAVs in such a way that they maintain a specific pattern to accomplish an assigned mission. This work proposes a formation control system based on the virtual structure method. We propose a distributed control law that aims to make the UAVs track the virtual-leader trajectory and achieve a consensus with its neighbors. The agents may lose communication with the virtual structure by modeling a control law with parametric uncertainty. Stability analysis uses Linear Matrix Inequalities (LMIs) and considers communication losses with the virtual structure. To verify the system performance, we test different scenarios assuming that the agents lose communication with the virtual structure, keeping only the consensus control law. The results show that the formation control system is stable even in case of loss of communication with the virtual structure.

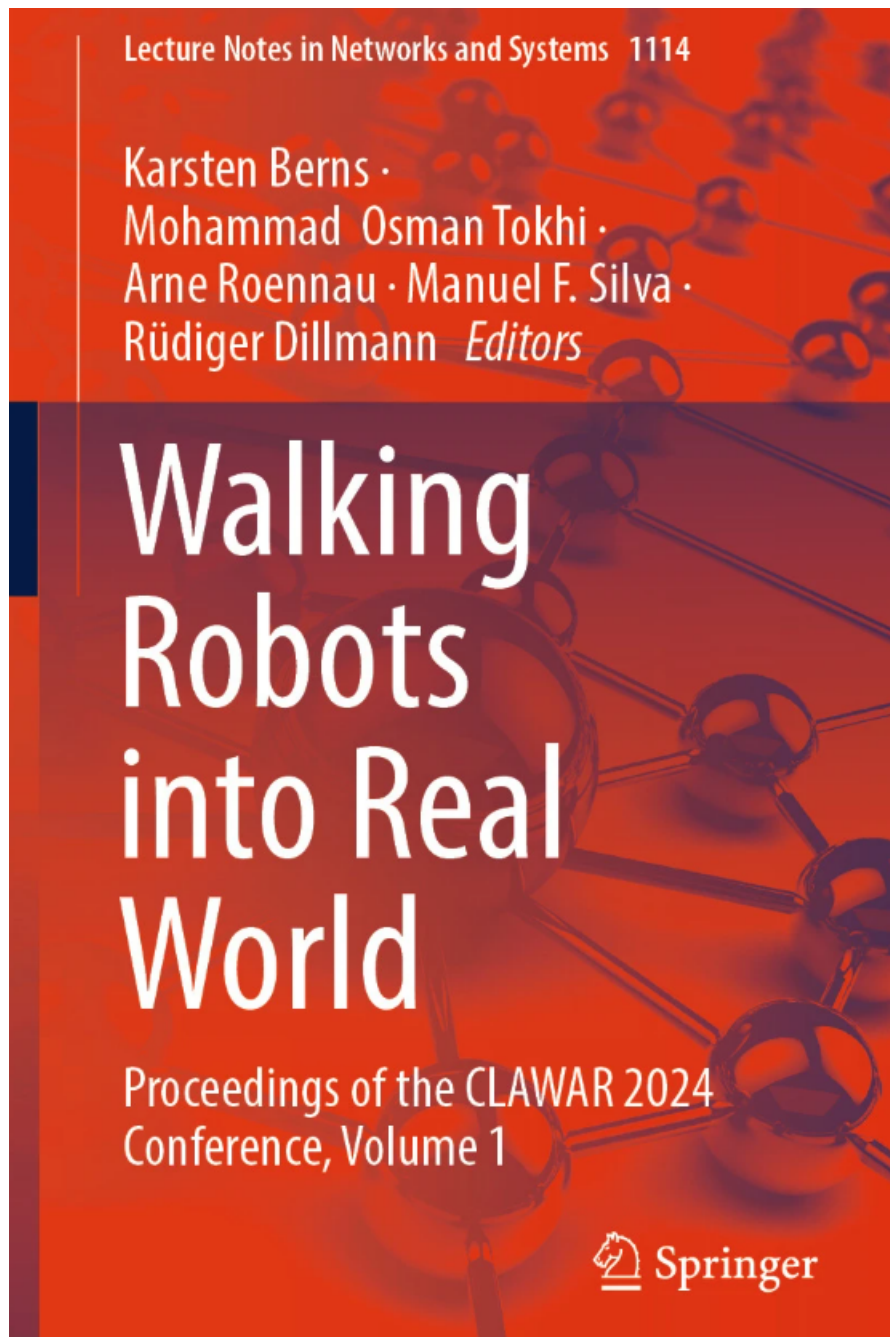
Keywords: UAV, Formation control, LMIs, Parametric uncertainties

1 Introduction

Multi-UAVs systems are composed of multiple UAVs working together to achieve a common goal. In such scenarios, UAVs exhibit collective intelligence from their interactions with neighboring agents. The technology behind swarm systems involves algorithms responsible for task allocation, flight coordination, trajectory planning, and inter-agent communication, which increase system autonomy and reduce human involvement.

Controlling a multi-UAV system involves governing the UAVs to achieve their objectives collaboratively, and its specific formulation depends on task requirements. One requirement is achieving and maintaining the multi-UAV system within a particular structure, known as formation control.

- MELOTTI, Saulo et al. Climbing Robot Inspired by Inchworms: Adaptable for Tubular and Flat Surfaces with Multi-plane Work Capability. In: Climbing and Walking Robots Conference. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 191-203.



Applications

Autonomous Landing Pad with a Closed Cover for a Medium-Sized Drone to Support Typical Research and Reconnaissance Tasks in the Local Environment

Głębocki Robert, Kopyt Antoni, Mianowski Krzysztof, Tomasz Barczak, Tomasz Krakowiak, Dawid Florczak et al.
Pages 164–175

Biologically-inspired Systems and Solutions

Front Matter

[Download chapter PDF](#) 

Pages 177–177

Concept of Pneumatic Soft Robot: Suction-Driven Locomotion

Soham Parlikar, Teresa Zielińska, Konrad Gumowski
Pages 179–190

Climbing Robot Inspired by Inchworms: Adaptable for Tubular and Flat Surfaces with Multi-plane Work Capability

Saulo Melotti, Brenno Domingues, Eduardo Kamitani, Verônica Pazda, Thamiris Costa, Amanda Fusinato et al.
Pages 191–203

High-Propulsive Trunk Flexion–Extension Mechanism Using Cheetah-Inspired S-Shaped Spine

Shoei Hattori, Akira Fukuhara, Takeshi Kano, Akio Ishiguro

Climbing Robot Inspired by Inchworms: Adaptable for Tubular and Flat Surfaces with Multi-Plane Work Capability

Saulo Melotti, Brenno Domingues, Eduardo Kamitani, Verônica Pazda, Thamiris Costa, Amanda Fusinato, Douglas Negri, Diego de Souza, Ismael Secco, and Luís Gonzaga Trabasso

SENAI Innovation Institute for Manufacturing Systems, R. Arno Waldemar Döhler, 308 - Santo Antônio, Joinville, SC 89218-153, Brazil
saulo.melotti@sc.senai.br

Abstract. In numerous industries, the execution of high-rise tasks necessitates robots equipped with climbing capabilities to reduce human risk exposure (HRE) and meet Environmental, Social, and Governance (ESG) metrics. In response to these demands and drawing inspiration from the climbing behavior observed in animals like inchworms, we have designed an innovative inchworm-like robot. Featuring a 6-degree-of-freedom (DOF) configuration and permanent magnetic adhesion feet, the robot's adhesion is enhanced by the ability to toggle the magnets on and off through magnetic pack rotation. This versatile design enables the robot not only to ascend various surfaces but also to dynamically adjust its working plane—a crucial advantage for navigating tubular environments and scaling truss structures.

Keywords: Inchworm, Bio-inspired Robot, Wall Climbing Robot, Pipe Climbing Robot, ROS

1 Introduction

Climbing robots play a crucial role in tackling tasks that pose risks to human safety in high-altitude and hard-to-reach environments. Their applications span various industries, including bridge inspection, high-rise building cleaning, fruit picking, high-altitude rescue operations, and many others [1].

Extensive research has been dedicated to climbing robots, resulting in numerous experimental models. Key considerations in their design include locomotion and adhesion methods. Adhesion is critical for climbing diverse surfaces, with methods ranging from magnetic and air pressure adsorption to claw grasping and electrostatic adsorption. Meanwhile, locomotion mechanisms are categorized as active, relying on internal power, or passive, utilizing external power sources like hoists and winches. Active locomotion types include wheeled, legged, tracked, inchworm, and hybrid varieties, each offering distinct advantages in maneuverability and versatility [1].

In the realm of construction and infrastructure maintenance, the use of truss-based structures is prevalent in various applications such as communication towers and oil

6 Conclusão

Este memorial apresentou uma trajetória acadêmica e profissional pautada pela dedicação à pesquisa e ao ensino nas áreas de controle, automação e sistemas. Desde a graduação até a conclusão do doutorado, busquei aprofundar meus conhecimentos por meio do desenvolvimento de soluções inovadoras, da publicação de resultados relevantes e da atuação em projetos de pesquisa aplicada.

As experiências acumuladas ao longo desse percurso — tanto em ambientes acadêmicos quanto em centros de inovação tecnológica — me proporcionaram uma base sólida para atuar em projetos interdisciplinares e de alto impacto. O interesse contínuo por desafios científicos e o compromisso com a produção de conhecimento qualificado motivam minha candidatura a este programa de pós-doutorado, no qual pretendo contribuir ativamente com a comunidade científica.