



Caderno de Resumos
Seminários do Grupo de Pesquisa
Modelagem e Controle de Sistemas Mecatrônicos
14 e 15 de junho de 2024

Sexta-feira, 14/06/2024 – 15h30 às 17h30.

Chaveamento de Controladores em Sistemas PWA com Representação Implícita: Aplicação em Atuadores Saturantes Assimétricos

Heros C. Soares, Henrique A. Almeida, Pedro L. D. Peres, Valter J. S. Leite.

Este trabalho lida com a estabilização exponencial de sistemas discretos no tempo e afins por partes, usando uma representação implícita. Em especial, é tratado o caso de atuadores saturantes com limites assimétricos de saturação. A contribuição desta proposta tem dois aspectos: o primeiro, uma metodologia que envolve a alternância de etapas de otimização não-linear e convexa para a síntese do controlador de realimentação de estados assegurando a estabilidade exponencial local com um certo valor de taxa de convergência exponencial e respectiva estimativa de região de atração para a origem. Em seguida, é proposta uma estratégia de chaveamento de controladores que incrementa a taxa de convergência na medida em que a trajetória alcança regiões específicas. Neste caso, a estimativa da região de atração é aumentada, sendo dada pela união de regiões associadas a cada controlador. Exemplos numéricos ilustram a utilização da técnica.

Multibody Model Based on $SE(3)$ of a QuadCP-VTOL UAV Using Newton-Euler Formulation

Aclécio J. Santos, Jean C. Pereira, Guilherme V. Raffo.

In this study, we derive the multibody modeling of a QuadTilt-Rotor UAV using the Newton-Euler formulation. The model considers the aircraft as five rigid bodies, defined by the main body and four groups of thrusters. Additionally, the attitude parametrization of each rigid-body is based on $SO(3)$, which is unique and independent of any local coordinates. Consequently, the dynamic model of Quadtilt-Rotor UAV is represented in $TSE(3) \times (R \times SO(3))^4$ space. Finally, we compare the resulting dynamic model with its version developed using the Euler-Lagrange formulation, showing the equivalence between the two versions of the models.



Sistema Embarcado para Aplicações em Disciplinas Experimentais

Gabriel M. Duarte, Kleber R. S. Júnior, Lucas S. Oliveira, Valter J. S. Leite.

A complexidade dos problemas e demandas da indústria impõem grande dificuldade para oferta atrativa de conceitos e teorias em disciplinas experimentais/práticas em cursos que contemplam as áreas de ciências, tecnologia, engenharias e matemáticas. A fim de apresentar uma solução que auxilie a realização dessas atividades de ensino, é proposto neste trabalho o desenvolvimento de um hardware e software, com características e funções para uma ampla aplicação em experimentos didáticos. O sistema proposto abrange aquisição de sinais analógicos, digitais, sensores que possuam protocolo de comunicação I2C, e sistema de acionamento de carga de corrente contínua. A programação embarcada, implementada em linguagem C, oferece ao usuário um conjunto de funções prontas para exploração do recurso diante sua necessidade. A solução proposta é avaliada em dois experimentos, o primeiro em malha aberta (aquisição de sinais e acionamento de carga) enquanto o segundo consiste de uma aplicação de controle em malha fechada. Os resultados obtidos, indicam que o dispositivo pode ser aplicado para uma extensa variedade de experimentos, mostrando-se promissor como ferramenta auxiliar para diversas disciplinas de natureza prática/experimental.

Monitoramento de ETAs e Dosagem de Químicos: Uma Abordagem via Arquitetura IoT

Lucas C. Gonçalves, Luiz O. M. Lima, Gustavo C. Menezes e Lucas S. Oliveira.

A crescente demanda por eficiência no monitoramento de parâmetros em ambientes industriais desafiadores, como o saneamento básico, impulsionou a busca por soluções integradas e intuitivas que atendam aos desafios específicos desse cenário. Este trabalho propõe o desenvolvimento de uma solução que visa atender as demandas de monitoramento em estações de tratamento de água. Nesse sentido é proposto o desenvolvimento de hardware e software para aquisição de dados do processo de tratamento de água via sensores e transmissão dessas informações mensuradas para uma estrutura de servidor, banco de dados e interface de comunicação com o usuário hospedados em nuvem. O dispositivo proposto encontra-se em avaliação em seis unidades de tratamento de água, localizadas nos estados de Alagoas, Mato Grosso, Paraná, Rio de Janeiro e São Paulo. Os resultados parciais, indicam que a solução proposta é capaz de realizar o monitoramento das variáveis envolvidas na etapa de floculação da água, bem como gerar um conjunto de informações ao longo do tempo sobre o processo.

Estratégia para o Seguimento de Referência Baseado em Visão para Aplicações de Robótica Móvel

Rafael G. Gontijo, Adriano N. D. Lopes.

Este artigo apresenta uma proposta de um robô que, por meio de técnicas de visão computacional, realiza um trajeto demarcado por uma linha. Para realizar o estudo, foram comparados dois métodos: um que utiliza a imagem com efeito de perspectiva e

controle apenas proporcional, e o proposto, que emprega um método que altera a perspectiva da imagem, além de utilizar um controlador PID. O controlador PID é sintonizado pelo método heurístico de ganho limite desenvolvido de Ziegler-Nichols. Os resultados mostraram que o robô proposto apresenta menor tendência a oscilações, garantindo um trajeto mais estável. Com estes resultados, é possível observar que os termos integral e derivativo proporcionam sobressinal e tempo de acomodação menores.

Linearização por Realimentação Granular Evolutiva Limitada para Sistemas MIMO com Estabilidade Garantida

Marcela O. Coelho, Lucas S. Oliveira, Valter J. S. Leite.

A Linearização por Realimentação Granular Evolutiva é uma topologia de controle dotada de capacidade de adaptação e aprendizado, projetada para lidar com sistemas não lineares, multivariáveis e incertos, visando alcançar o desempenho de controle desejado. Este artigo oferece uma visão geral dos aspectos fundamentais dessa técnica e propõe uma modificação em sua topologia, visando garantir estabilidade mesmo em condições adversas de aprendizado. A estratégia para assegurar a estabilidade da malha consiste na imposição de uma limitação na ação de compensação, ativada quando o aprendizado não corresponde ao sistema real. Para esta nova proposta, são derivadas condições de estabilidade utilizando a teoria de Lyapunov. A eficácia da topologia proposta é avaliada por meio de um estudo de caso que compreende a dinâmica de um helicóptero. Os resultados enfatizam a capacidade da topologia proposta em manter a estabilidade dos sistemas, mesmo em cenários de aprendizado desafiadores.

Stabilization of polytopic discrete-time varying systems with rate and magnitude saturating actuators and bounded disturbances

Lucas A. L. Oliveira, Valter J. S. Leite, Luís F. P. Silva, Kevin Guelton.

This study tackles the critical challenge of designing parameter-dependent controllers for the wide class of discrete-time polytopic systems under rate and magnitude saturating actuators. Such a class finds widespread use in diverse applications spanning from medicine to industrial engineering. Our central contribution lies in developing novel convex parameter-dependent state feedback controller synthesis conditions that ensure regional and input-to-state stability, effectively mitigating the adverse effects of rate and magnitude-saturating actuators. Our approach considers the gain between disturbance input and controlled output, offering performance specifications and retaining validity for specific initial conditions and amplitude-limited input disturbances. Moreover, our methodology is highly adaptable and suitable for a broad spectrum of systems, including LPV/quasi-LPV and T-S fuzzy systems. We leverage the position-type feedback model with speed limitation (PMSL) and the generalized sector condition to derive our controller synthesis method, resulting in a parallel-distributed-compensation strategy under standard assumptions, ensuring practicality and applicability to diverse system requirements. To highlight the effectiveness of our approach, we present numerical examples for comparative evaluation concerning the existing literature.

Furthermore, we validate our methodology through real-time experiments conducted on a nonlinear coupled tank system, providing concrete evidence of its efficacy and feasibility for real-world implementation.

Sábado, 15/06/2024 – 09h30 às 11h30.

Estudo Comparativo sobre a Influência do Período de Amostragem no Controle de Sistemas Fuzzy Takagi-Sugeno Discretos e Sampled-Data

Gabriel A. Nogueira, Adriano N. D. Lopes.

A escolha do período de amostragem para a discretização de sistemas contínuos é uma etapa crucial no contexto do controle automático baseado em dispositivos microprocessados, pois exerce influência direta no desempenho e na eficiência do sistema de controle. Devido à inexistência de um método único e exclusivo para determinar esse parâmetro, diversas abordagens podem ser adotadas, cada uma apresentando suas próprias vantagens e limitações. Este trabalho analisa e compara os métodos mais utilizados para determinar o período de amostragem, bem como o método Sampled-Data, no contexto de sistemas fuzzy Takagi-Sugeno. Para a comparação entre cada uma das técnicas, é utilizado um sistema de um pêndulo invertido de um grau de liberdade. Os resultados demonstram as vantagens do método Sampled-Data em relação à discretização clássica, não apenas por sua versatilidade em relação à variação do intervalo entre as amostras, mas também por possibilitar uma menor frequência de amostragem.

Gerador de Eventos para Minimização de Transmissões em Sistemas LPV Saturantes

Miguel L. Rodrigues, Luís F. P. Silva, Valter J. S. Leite.

Neste trabalho é proposta uma estratégia para a síntese de mecanismos geradores de evento visando a minimização de transmissões de sinais via rede de dados. A aplicação considera sistemas discretos no tempo, com atuadores saturantes e parâmetros lineares variantes no tempo (LPV). O sistema saturante LPV é controlado por realimentação de estado com ganho dependente de parâmetros e comunicação via rede. Um critério de erro entre os parâmetros do controlador e do sistema é usado para novas transmissões. O diferencial da abordagem está na otimização direta do critério de transmissão, que em métodos (convexos) tradicionais é feito de maneira indireta. Para isso, são apresentados algoritmos com etapas de certificação convexa, capazes de produzir melhores geradores de eventos. Na etapa não-linear utiliza-se o método de otimização diferencial evolutivo. Experimentos computacionais foram realizados para avaliar o desempenho da abordagem proposta utilizando um sistema LPV sujeito a saturação de entrada, ilustrando a eficácia da proposta.

Síntese de Gerador de Eventos para a Redução de Transmissão de Dados em Sistemas Lineares por Partes com Representação Implícita

Henrique A. Almeida, Heros C. Soares, Leonardo Cabral, João M. Gomes da Silva Jr., Valter J. S. Leite.

Neste trabalho é proposto um método convexo para a síntese de um gerador de eventos para sistemas lineares discretos no tempo, afins por partes e representados na forma implícita e controlados via rede. Admite-se a existência de um controlador por realimentação de estados afim por partes, com ganhos conhecidos, de forma que a estabilidade regional, uniforme e exponencial da origem seja garantida. No procedimento proposto, objetiva-se reduzir o número de transmissões aumentando a disponibilidade da rede para outros processos. Um exemplo numérico ilustra a aplicação da metodologia, apresentando o gerador de eventos projetado e a estimativa de região de atração da origem.

Estabilização robusta via realimentação de estados amostrados em sistemas LPV: condições polinomiais quadráticas

Lucas A. L. Oliveira, Kevin Guelton, Koffi M. D. Motchon, Valter J. S. Leite.

Este trabalho trata a estabilização robusta de sistemas lineares com parâmetros variantes no tempo (LPV) com realimentação de estados amostrados, utilizando desigualdades matriciais lineares (LMIs) para a síntese de controladores. Utilizando a abordagem de sistemas com atraso variante no tempo, propõe-se um funcional *looped* de Lyapunov-Krasovskii (L-K), cuja derivada temporal resulta em um polinômio quadrático que precisa ter a negatividade assegurada. Assim, a negatividade de funções quadráticas é explorada utilizando o Teorema de Pólya, resultando em novas condições convexas de síntese de controladores. Por fim, três exemplos numéricos ilustram os resultados alcançados com nova técnica, comparando-os com a literatura.

Desacoplamento de Sistemas Multivariáveis via Aprendizado Participativo Evolutivo

Lincoln C. Santos, Lucas S. Oliveira, Valter J. S. Leite.

Este trabalho apresenta uma nova metodologia para desacoplamento de sistemas multivariáveis, baseado no algoritmo participativo evolutivo. O desacoplamento é feito pela adição de sinais de compensação aos sinais de controle produzidos por controladores projetados para operação em malhas de uma entrada e uma saída. Diferentemente das abordagens analíticas disponíveis na literatura, o modelo do sistema controlado é dispensável, sendo sua dinâmica aprendida durante a operação. Com isso, a abordagem pode compensar variações paramétricas ou mesmo estruturais nos sistemas controlados. Essas características não são contempladas por técnicas da literatura que se baseiam no conhecimento do modelo do processo. A metodologia proposta é aplicada a um modelo de caldeira com 4 entradas e 4 saída, obtendo resultados superiores aos das outras metodologias avaliadas, destacando-se especialmente nos cenários em que incertezas (paramétricas ou estruturais) afetam o sistema controlado.

Plataforma de Ensino Experimental: Uma Solução por Abordagem via IoT

Erick N. M. Alves, João V. T. Santos, Robson R. T. Júnior, Lucas S. Oliveira.

O complexo cenário educacional, vem se tornando cada vez mais um desafio maior no processo de ensino e aprendizagem de conceitos, teorias e técnicas diretamente relacionadas as atividades experimentais de ensino, principalmente para áreas de ensino que contemplam as engenharias e ciências. A fim de mitigar os obstáculos presentes em atividades experimentais, e possibilitar a aproximação dos conceitos teóricos com a realidade prática, é proposto neste trabalho o desenvolvimento de uma plataforma didática para uso em disciplinas de controle presente nas engenharias. A solução, consiste de hardware e software, com características e funções para aplicação em experimentos didáticos de atividades de modelagem (acionamento malha aberta) e controle em malha fechada via controlador PID. O dispositivo proposto contempla a aquisição de sinais analógicos, digitais, armazenamento de dados e sistema de acionamento de carga de corrente contínua. A programação embarcada, implementada em linguagem C, oferece ao usuário um conjunto de funções prontas para exploração do recurso diante sua necessidade. A solução proposta é avaliada em um conjunto acoplado de motores (atuador/gerador), onde verifica-se as leituras dos sensores, operação em malha aberta e fechada. Os resultados obtidos, indicam que o dispositivo pode ser aplicado como uma promissora ferramenta no auxílio de disciplinas prática/experimental relacionadas principalmente ao estudo de controladores PID.

Algoritmo Iterativo para Estabilização Robusta de Sistemas Discretos no Tempo com Atraso Variante

Marcus V. C. Barbosa, Gabriel M. Duarte, Ricardo C. L. F. Oliveira, Luís F. P. Silva, Valter J. S. Leite.

Este trabalho propõe uma nova abordagem para a síntese de controladores por realimentação de estados em sistemas discretos com incertezas politópicas e atraso variável nos estados. Ao contrário das técnicas tradicionais da literatura, o método proposto não emprega as técnicas clássicas de linearização baseadas em mudanças de variáveis, que geralmente introduzem conservadorismo. Em vez disso, o método opera diretamente no espaço dos parâmetros do controlador e da matriz de Lyapunov. Além disso, as variáveis de folga são utilizadas com um propósito diferente. As condições de síntese são resolvidas por meio de um algoritmo iterativo de convergência local, no qual LMIs são resolvidas a cada iteração. Experimentos numéricos ilustram que a formulação proposta produz resultados superiores em termos do máximo valor de atraso admissível, quando comparada às técnicas existentes na literatura, configurando uma novametodologia de projeto para lidar com sistemas com atraso variável nos estados e incertezas nas matrizes do sistema.