

Projeto de Controladores Baseados em Dados para Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs)

William Cechin Guarienti¹, Diego Eckhard²

¹Estudante de Engenharia de Controle e Automação, UFRGS, Porto Alegre, RS williamguarienti@gmail.com

²Professor do Departamento de Matemática Pura e Aplicada, UFRGS, Porto Alegre, RS diegoeck@ufrgs.br

Introdução

Quadrópteros compõem uma classe típica de veículos aéreos não tripulados (VANTs), com usabilidade em uma grande gama de aplicações, como operações de captura aérea de imagem e vídeo, de vigilância e de inspeções de estruturas. Considerando a relevância adquirida por tais veículos no mercado de VANTs, urge desenvolver técnicas adequadas de projeto de controladores e, nesse contexto, está inserido este projeto.

Objetivos

Um quadróptero é uma aeronave cuja dinâmica é governada através do controle independente das velocidades dos seus quatro rotores. Tipicamente, são empregados dois pares de hélices iguais, dispensando sistemas de estabilização de cauda (*anti-torque systems*).

No caso deste trabalho, deseja-se que a resposta dinâmica do quadróptero (caracterizada pelos ângulos de *pitch*, *roll* e *yaw*, bem como as respectivas velocidades angulares) aproxime-se daquela estipulada por um modelo de referência. Essa terminologia é ilustrada na Figura 1.

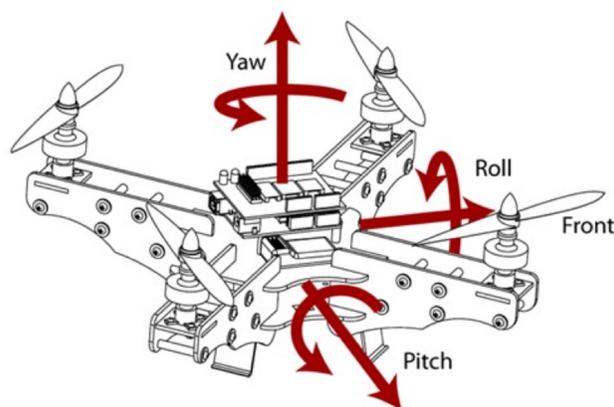


Figura 1: Ilustração dos movimentos de *pitch*, *roll* e *yaw*

Este problema pode ser resolvido utilizando técnicas de controle baseadas em dados. A partir de um modelo de referência para um sistema em malha fechada de tempo discreto $T_d(z)$, a resposta desejada, quando da aplicação de um sinal de referência $r(t)$, é expressa por $y_d(z) = T_d(z)r(t)$. Desse modo, é definido o seguinte critério de performance (*reference tracking performance criterion*), que expressa o objetivo de minimizar a diferença entre a resposta verdadeira obtida $y(t, \rho)$ e aquela estipulada $y_d(z)$:

$$J_y(\rho) = \overline{E}[(T(z, \rho) - T_d(z))r(t)]^2 \quad (1)$$

onde: ρ é um vetor de parâmetros do controlador.

Foram propostos o estudo e a implementação de diversos algoritmos para a etapa de projeto de controladores baseado em dados. Os resultados mais satisfatórios até o presente momento foram obtidos com o Virtual Reference Feedback Tuning (VRFT).

Estrutura dos controladores

Normalmente, são empregados três controladores distintos para a atuação sobre os ângulos de *pitch*, *roll* e *yaw*. De acordo com (JHA, 2016), é difícil controlar a atitude de um veículo usando apenas um controlador PID, de modo que é comum a utilização de controladores em cascata, conforme apresentado na Figura 2.

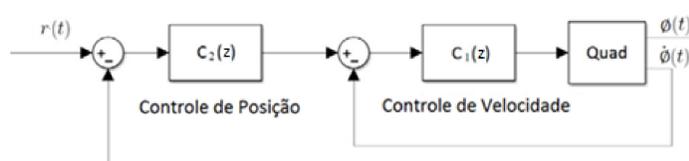


Figura 2: Estrutura de controle em cascata empregada usualmente em quadrópteros

Resultados

O Virtual Reference Feedback Tuning (VRFT) foi utilizado para a sintonização dos controladores com o uso conjunto do Gazebo. O *firmware* utilizado é o executado na controladora PX4, e as referências foram estabelecidas através do QGroundControl. Fundamentando-se no modelo simplificado do quadróptero apresentado em (BRESCIANI, 2008), foram propostos diversos modelos de referência e classes de controladores (P, PI, PD e PID).

Para a sintonização dos controladores, geralmente inici-se a determinação dos parâmetros de $C_1(z)$. Uma vez que esse controlador foi determinado, é possível ajustar o controlador $C_2(z)$, uma vez que seus parâmetros dependem daqueles de $C_1(z)$.

A Figura 3 ilustra os resultados obtidos em simulação para a malha de velocidade angular após a sintonização do controlador através do VRFT. No caso ilustrado, a estrutura de $C_2(z)$ é aquela de um PI. É evidente, através de inspeção visual, a melhora significativa de performance sob o critério de seguimento de referência, quando se compara com a obtida usando o controlador *default*.

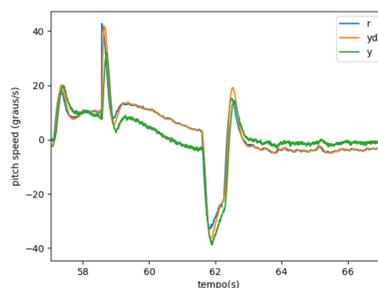


Figura 3: Velocidade angular de pitch, utilizando o controlador *default*

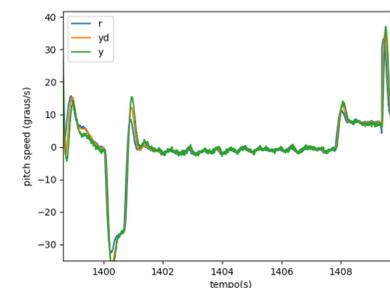


Figura 4: Velocidade angular de pitch, utilizando o controlador obtido através do VRFT

A técnica baseada no VRFT foi também validada no quadróptero disponível no Laboratório de Sistemas de Controle, Automação e Robótica (LASCAR), que é exibido na Figura 5. Nesse caso, foi utilizada uma controladora baseada no ATmega 328p com *firmware* proprietário, e as referências foram estabelecidas através de uma aplicação desenvolvida no MATLAB.



Figura 5: Quadróptero disponível no Laboratório de Sistemas de Controle, Automação e Robótica (LASCAR) com a estrutura associada para testes

Conclusões

O VRFT mostrou-se, até então, o método baseado em dados mais adequado ao projeto de controladores para VANTs, uma vez que com ele foram obtidos os melhores resultados à luz do critério de seguimento de referência estabelecido.

Referências

- BRESCIANI, T. *Modelling, identification and control of a quadrotor helicopter*. 2008.
 JHA, A. *Theory, Design, and Applications of Unmanned Aerial Vehicles*. CRC Press, 2016.