

Sistemas de Defesa: Uma abordagem para desvios de obstáculos no auxílio do controle de um quadricóptero em tempo real

Bruno da Silva Giovanini

Paulo F.F. Rosa
(Orientador)

Instituto Militar de Engenharia - IME
Laboratório de Robótica e Inteligência Computacional
Programa de Pós-graduação em Engenharia de Defesa

24 de fevereiro de 2015

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Objetivo

- Evitar colisões de um quadricóptero utilizando estimativas de sua trajetória futura e distâncias para obstáculos, criando desvios, se necessário, e proporcionando uma maior segurança de voo em ambientes restritos e sensíveis

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução**
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Motivação I

- Crescente utilização para missões civis e militares
- Voos em ambientes fechados e restritos
- Risco de colisão com equipamentos críticos e sensíveis
- Difícil controle e manuseio

Motivação II

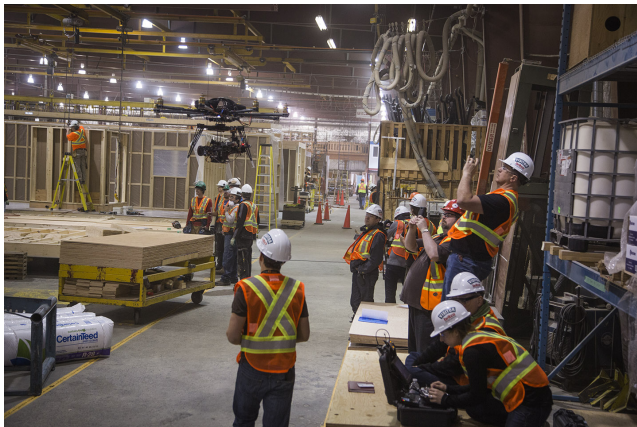


Figura: Filmagem *indoor*

Motivação III



Figura: Inspeção de equipamentos sensíveis

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero**
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

O Problema: Segurança em voo para quadricóptero I

- Auxiliar o controle da plataforma com base na dinâmica e estado atual do veículo, sua operação corrente e a distância para obstáculos
- Dinâmica do robô ($\mathbf{f} \in \mathcal{X} \times \mathcal{U} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^n$):

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{f}(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t), t) \quad (1)$$

Dado $\mathbf{x}(t)$ o estado do robô no tempo t e $\mathbf{u}(t)$ o *input* de operação no tempo t .

- Estado do robô ($\mathbf{g} \in \mathcal{X} \times \mathcal{U} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathcal{X}$ é a solução da equação diferencial 1):

$$\mathbf{x} = \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{u}, t) \quad (2)$$

Dado $\mathbf{x}_0 = \mathbf{x}(0)$ e \mathbf{u} a constante de *input* de operação

O Problema: Segurança em voo para quadricóptero II

- O Problema: Definir a menor variação de controle $\Delta \mathbf{u} \in \mathcal{U}$ necessária para evitar colisão em $t \in [0, \tau]$, onde τ é um horizonte de tempo já definido:

$$\begin{aligned} \min: & \Delta \mathbf{u} \\ \text{Sujeito a: } & \forall t \in [0, \tau], \mathcal{R}(\mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{u} + \Delta \mathbf{u}, t)) \cap \mathcal{O} = \emptyset \end{aligned} \quad (3)$$

Dado $\mathcal{O} \subset \mathbb{R}^3$, a subárea do espaço \mathbb{R}^n ocupadas por obstáculos escondidas quando vistas pelo robô e $\mathcal{R}(x)$, a subárea ocupada pelo robô no estado $x \in \mathcal{X}$

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas**
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Áreas de estudo envolvidas

- Dinâmica do quadricóptero para estimação da trajetória futura
- Trabalho dos dados de navegação fornecidos pelo *Attitude Heading Refence System* (AHRS) embarcado na plataforma
- Tratamento da imprecisão das medidas de distância dos sensores ultrassônicos
- Controle PID para correção da estimativa de posicionamento
- Algoritmo para detecção de colisão

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia**
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Metodologia I

- Divisão em etapas

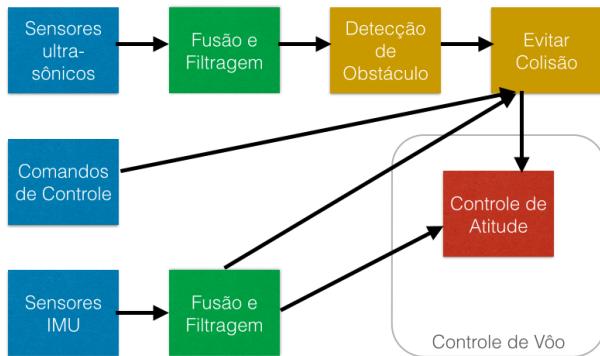


Figura: Etapas do método

Metodologia II

- Componentes necessários
 - Plataforma de voo (quadricóptero) com interface de comunicação e SDK código aberto
 - Sensores ultrassônicos
 - *Computer-on-module* para embarque na plataforma: Raspberry PI
- Software necessário
 - Matlab com pacote Simulink
 - Kit de desenvolvimento para quadricópteros do Matlab Simulink
 - Raspberry Pi Support from MATLAB

Metodologia III

- Validação da simulação *hardware-in-the-loop*
- Validação embarcada na plataforma

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma**
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Cronograma

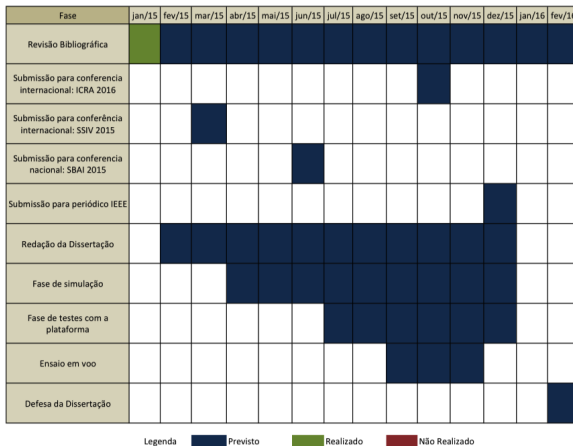


Figura: Cronograma físico.

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta**
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Viabilidade da proposta

- Quatro quadricópteros com 45cm de diâmetro
- Dois Raspberry PI modelo B com processador de 700MHz, 512MB de memória
- Sensores ultrassônicos
- Matlab R2013a com Simulink

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados**
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Resultados esperados

- Foram elaboradas três missões

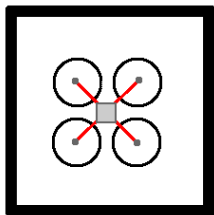


Figura: Missão 1.
Veículo cercado e estabilizado

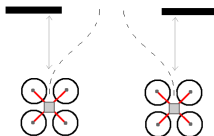


Figura: Missão 2:
Veículo em movimento com obstáculo a frente.
Desvio pelos lados

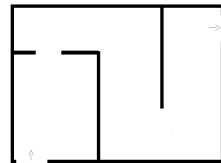


Figura: Missão 3:
Trajeto completo num ambiente com obstáculos

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão**
- 10 Próximos Passos

Conclusão

- Um tema importante e recorrente para estudo do domínio de controle em *Cyber-Physical Systems*(CPS)
- Inúmeras aplicações na área de defesa
- Construção do módulo de desvio de obstáculos da plataforma VANT-IME

Sumário

- 1 Objetivo
- 2 Introdução
- 3 O Problema: Segurança em voo para quadricóptero
- 4 Áreas de estudo envolvidas
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos**

Próximos Passos

- Pesquisa bibliográfica sobre a dinâmica do quadricóptero e desvio de obstáculos
- Estruturação e primeiros testes do ambiente para simulação
- Validação dos componentes em laboratório

Referências I



Basit, A., Qureshi, W. S., Dailey, M. N., and Krajník, T. (2014).

Joint localization of pursuit quadcopters and target using monocular cues.

Journal of Intelligent & Robotic Systems, pages 1–18.



Copter, R. . (2013).

Ro 4 copter starters guide.



Domingues, J. M. B. (2009).

Quadrotor prototype.

https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395139421058/Tese_de_Mestrado.pdf.

Acessado em 19/02/2015.



Junior, J. (2009).

Simulação e implementação em tempo real de sistemas de navegação inercial integrados INS/GPS.

http://pged.ime.eb.br/teses/mestrado/tese_msc_2009_adalberto.pdf.

Referências II



Kingdom, R. (2013).

PID controller tutorial for robots.

<http://robot-kingdom.com/pid-controller-tutorial-for-robots/>.

Acessado em 12/01/2015.



Liang, O. (2014).

Quadcopter PID explained and tuning.

<http://blog.oscarliang.net/quadcopter-pid-explained-tuning/>.

Acessado em 12/01/2015.



Mian, A. A. and Daobo, W. (2008).

Modeling and backstepping-based nonlinear control strategy for a 6 DOF quadrotor helicopter.

Chinese Journal of Aeronautics, 21(3):261–268.

Referências III



Salih, A. L., Moghavvemi, M., Mohamed, H. A., and Gaeid, K. S. (2010).
Flight PID controller design for a UAV quadrotor.
Scientific Research and Essays, 5(23):3660–3667.



Saranrittichai, P., Niparnan, N., and Sudsang, A. (2013).
Robust local obstacle avoidance for mobile robot based on dynamic window
approach.
In *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and
Information Technology (ECTI-CON), 2013 10th International Conference on*,
pages 1–4. IEEE.



Stephane, Nicolas Brulez, F. D. (2014).
Ar.drone developer guide.
http://ardrone2.parrot.com/media/uploads/support_ardrone_1/ar.drone_user-guide_uk.pdf.
Acessado em 25/01/2015.

Obrigado

bsgiovanini@gmail.com

