

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 enfoque para estudo
- 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 enfoque para estudo
- 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 enfoque para estudo
- 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

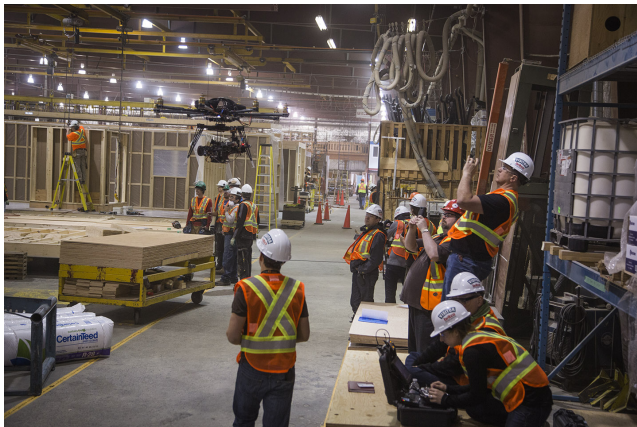


Figura: Filmagem *indoor*

Motivação III



Figura: Inspeção de equipamentos sensíveis

Sumário

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

Áreas de enfoque para estudo

- 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 enfoque para estudo
- 5 Metodologia**
- 6 Cronograma
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Metodologia I

- Divisão em etapas

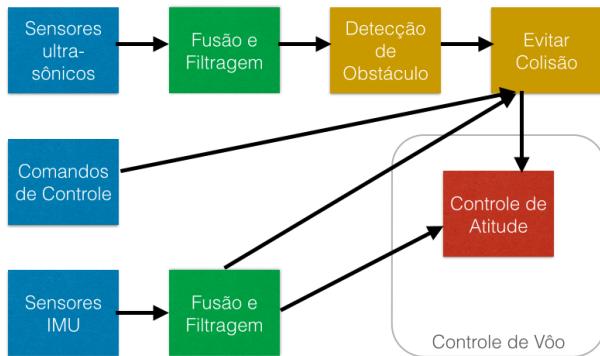


Figura: Etapas do método

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 enfoque para estudo
- 5 Metodologia
- 6 Cronograma**
- 7 Viabilidade da proposta
- 8 Resultados esperados
- 9 Conclusão
- 10 Próximos Passos

Cronograma

Fase	jan/15	fev/15	mar/15	abr/15	mai/15	jun/15	jul/15	ago/15	set/15	out/15	nov/15	dez/15	jan/16	fev/16
Revisão Bibliográfica	Realizado	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto
Submissão para conferência internacional: ICRA 2016										Previsto				
Submissão para conferência internacional: SSIV 2015			Previsto											
Submissão para conferência nacional: SBAI 2015						Previsto								
Submissão para periódico IEEE												Previsto		
Redação da Dissertação		Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto		
Fase de simulação				Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto		
Fase de testes com a plataforma							Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto	Previsto		
Ensaio em voo									Previsto	Previsto	Previsto	Previsto		
Defesa da Dissertação														Previsto

Legenda Previsto Realizado Não Realizado

Figura: Cronograma físico.

Sumário

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

Resultados esperados

- Foram elaboradas três missões

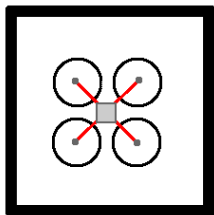


Figura: Missão 1.
Veículo cercado e estabilizado

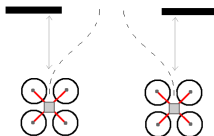


Figura: Missão 2:
Veículo em movimento com obstáculo a frente. Desvio pelos lados

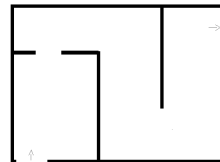


Figura: Missão 3:
Trajeto completo num ambiente com obstáculos

Sumário

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

Próximos passos

- Em andamento
 - Pesquisa bibliográfica sobre a dinâmica do quadricóptero
- Próximos passos
 - Pesquisa bibliográfica sobre desvio de obstáculo
 - 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

