

Navegação e Controle de um Veículo Aéreo Não Tripulado com Aplicações em Vigilância Urbana

Proposta de Dissertação de Mestrado

Orientador: Edson Roberto De Pieri

`edson.pieri@ufsc.br`

Coorientador Ebrahim Samer El youssef

`ebrahim.el.youssef@ufsc.br`

Universidade Federal de Santa Catarina

Programa de Pós-graduação em Automação e Sistemas

1 Informações

- **Área de concentração:** controle de sistemas mecatrônicos
- **Início:** julho/2014
- **Previsão de término:** março/2017

2 Problemática e Motivação

O tema de segurança pública urbana faz parte de discussões atuais no cenário nacional e internacional, isto se deve em grande parte a índices altos de violência e crimes, como ser visto, pelos dados divulgados pelas secretarias de segurança dos estados, no caso do Brasil. Dentro deste contexto são vários os problemas, dentre os quais, pode-se visualizar grande preocupação com a segurança das pessoas e patrimônios em instituições públicas e privadas. Normalmente, nestes casos, busca-se oferecer segurança por meio de sistemas de segurança com câmeras, sensores e alarmes e contratação de empresas de segurança e monitoramento.

Um exemplo é a própria Universidade Federal de Santa Catarina que possui sistemas de câmeras e mantém contratos com empresas de segurança para atender a seus cinco Campi. A situação de insegurança é mais crítica na sede em Florianópolis, em parte pelo contexto social dos arredores da instituição e em parte pelas suas dimensões, furtos e roubos são corriqueiros. Até mesmo na mais novo Campus da UFSC, Campus Blumenau, em seu primeiro ano de funcionamento já foi registrado um caso de furto. A situação não é diferente para instituições privadas que também são alvo dos criminosos.

As empresas de segurança contratadas se servem de sistemas de câmeras e de profissionais treinados e em muitos casos armados, para fazer a vigilância dos ambientes. Os sistemas de câmeras auxilia na vigilância entretanto nem sempre cobre todo o perímetro, assim os vigilantes fazem algumas rondas para tentar garantir segurança. Apesar disso, o fato é que o aumento da violência e impunidade influencia na diminuição da eficiência deste tipo serviço. Não bastasse isto, é comum que os próprios vigilantes sejam alvo dos bandidos, que têm interesse em roubar suas armas.

Uma forma idealizada de melhorar a eficiência de um sistema de segurança daquele tipo e garantir melhor segurança aos vigilantes é a inclusão de robôs dotados de câmeras dentre outros sensores e conectados em rede. Por exemplo, uma das principais justificativas do estudo de robôs aéreos, como quadricópteros e tilt rotores, é a vigilância [1], [2]. Um novo conceito pode ser concebido, um sistema de segurança composto por câmeras fixas, vigilantes e robôs aéreos conectados por uma rede, que pode ser entendida como uma rede de sensores móveis. Para uma proposta deste tipo é possível enumerar as seguintes situações e motivações:

- os robôs aéreos podem assumir a tarefa de fazer as rondas e assim os vigilantes podem ficar em lugar seguro assumindo papel de supervisor;
- o número de rondas pode ser aumentado sem envolver grandes riscos para os vigilantes e sem aumento substancial de custos;
- os robôs vão auxiliar a cobrir um perímetro maior do que aquele coberto apenas pelas câmeras fixas;
- as imagens geradas pelas câmeras dos robôs podem contribuir para facilitar a identificação de criminosos e diminuir a impunidade;
- o fato de haver conexão via rede permite que se tenha uma maior velocidade para acionar órgãos públicos competentes e realimentá-los com informações importantes.

Do ponto de vista técnico e científico existem vários problemas importantes para se tratar no contexto da solução apresentada, dentre os quais são destacados:

- dimensionamento e construção de um robô aéreo dotado de câmera montada sobre um mecanismo de suporte e orientação. Tendo como parâmetros para construção aspectos eletromecânicos, como exemplo, as relações de potência dos motores, carga e autonomia de voo;
- desenvolvimento de um sistema de localização e mapeamento;
- desenvolvimento de um sistema de navegação e controle;
- desenvolvimento de um sistema comunicação;
- desenvolvimento de um rede de sensores sem fio;
- desenvolvimento de um sistema de tratamento de imagem para detecção de alvos em situações suspeitas;

O foco deste trabalho é o estudo e desenvolvimento de um sistema de navegação e controle de um VANT de decolagem e aterrissagem vertical VTOL (do inglês: vertical take-off and landing) em uma missão de ronda em que eventualmente o robô deva focar ou seguir um alvo.

Dentro deste contexto os principais problemas de controle que deverão ser resolvidos são: i) o problema de pairar (em inglês Hovering), em que o robô deve ser controlado para manter sua altitude; ii) controle de rastreamento de trajetória, em que as coordenadas de configuração do robô devem ser controladas de tal forma que ele rastreie uma trajetória conhecida; iii) controle servo-visual, em que as coordenadas do VANT deveram ser controladas de tal forma que o robô foque em um alvo e o segua caso necessário. Além disso, um sistema de navegação para supervisor os controladores será necessário, extrapolando o objetivo inicial pode-se assumir que este sistema deverá planejar trajetórias.

Para atender as demandas do estudo será considerado que o VANT é dotado de uma câmera acoplada por meio de um mecanismo que permite o controle de sua orientação no espaço, este tipo de mecanismo é conhecido em língua inglesa como gimbal [3], em outras línguas como a portuguesa, francesa e italiana é conhecido como eixo cardan.

Um VANT-VTOL, normalmente, além de ser um sistema não-linear possui restrições de movimentos derivadas da limitação do sistema gerar forças ou torques em algumas direções ou sentidos, este tipo de limitação é consequência dos aspectos de construção física dos robôs [4]. Na literatura é possível verificar o emprego de diversas técnicas de controle aos VANTS, por exemplo em Hua, Hamel, Morin et al. [4] é apresentada uma revisão bibliográfica sobre este tema, em que são discutidas vários aspectos e algoritmos de controle linear e não-linear. Além disso, é pontuado algumas vantagens das técnicas de controle não linear como o fato estarem fundamentadas na física de voo, respeitarem a geometria de movimento no espaço e permitirem um domínio maior de operação.

O estudo da adição de câmera assim como outros sensores aos VANTS é de grande importância, além da aplicação em termos de vigilância, viabiliza a melhor interação com o meio, como por exemplo, a manipulação de objetos [5], [6]. Além disso, é sabido que há grande evolução de pequenos veículos aéreos não-tripulados devido a viabilidade de construção de soluções de baixo custo, todavia há ainda alguns entres relacionados a concessão de acesso ao espaço aéreo. Esta demanda passa pelo desenvolvimento de tecnologias chave que possam garantir conformidade com padrões restritivos de segurança, assim o estudo da integração de tecnologias como câmeras e outros sensores tem grande importância, além daquelas relacionadas a vigilância [7].

O controle servo visual é bastante explorado na literatura [8], entretanto o uso deste tipo de técnica ao problema de controle de VANTS é problema relativamente atual e que tem explorado aplicações com maior ênfase em vigilância territorial e é bastante direcionada para VANTS com asas [9], [10]. Isto deixa espaço para desenvolvimento de trabalhos voltados a tratar especificidades de aplicações como a vigilância urbana. Dentro do tópico de controle servo visual com VANT-VTOL existem alguns trabalhos interessantes na literatura, como exemplo, o controle de estabilização de um quadricoptero base em imagem [11] ou trabalho de Bourquardez, Mahony, Guenard et al. [12] que apresenta o estudo de conjunto de técnicas de

controle cinemático baseado em imagem para o controle de posição de um VANT. Trabalhos como estes servirão como base para desenvolvimento desta proposta de dissertação.

3 Objetivo

O objetivo desta dissertação é desenvolver um sistema de navegação e controle para um VANT-VTOL com câmera orientável que permita realizar as tarefas de pairar, rastrear trajetórias e focar e seguir um alvo.

4 Metodologia

O desenvolvimento do projeto compreende a execução do seguinte conjunto de atividades:

- revisar literatura referente à modelagem de VANTS, considerando a teoria de multi corpos;
- realizar revisão bibliográfica sobre o controle de rastreamento de trajetória, hovering e controle servo visual para VANTS;
- delimitar e especificar o cenário e problemas de controle e navegação que deverão ser tratados;
- desenvolver um modelo do VANT considerando o mecanismo gimbal;
- testar algoritmos de controle de rastreamento de trajetória e hovering da literatura e propor adequações e melhorias para atender características específicas do problema;
- propor um sistema de navegação e controle servo-visual que permita controlar a configuração do robô de tal forma que esta mantenha o foco da câmera em um alvo e também que possa segui-lo;
- propor cenários e executar testes e análises do desempenho dos sistemas de controle estudados;
- redigir artigos científicos com os resultados alcançados;
- escrever a dissertação;
- defender a dissertação em banca.

Referências

- [1] D. Kingston, R. Beard e R. Holt, “Decentralized perimeter surveillance using a team of uavs”, *Robotics, IEEE Transactions on*, vol. 24, n° 6, pp. 1394–1404, 2008, ISSN: 1552-3098. DOI: 10.1109/TR0.2008.2007935.
- [2] E. Semsch, M. Jakob, D. Pavlíček e M. Pěchouček, “Autonomous uav surveillance in complex urban environments”, em *Web Intelligence and Intelligent Agent Technologies, 2009. WI-IAT’09. IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on*, IET, vol. 2, 2009, pp. 82–85.
- [3] Z. Hurak e M. Rezac, “Image-based pointing and tracking for inertially stabilized airborne camera platform”, *Control Systems Technology, IEEE Transactions on*, vol. 20, n° 5, pp. 1146–1159, 2012, ISSN: 1063-6536. DOI: 10.1109/TCST.2011.2164541.
- [4] M.-D. Hua, T. Hamel, P. Morin e C. Samson, “Introduction to feedback control of underactuated vtolvehicles: a review of basic control design ideas and principles”, *Control Systems, IEEE*, vol. 33, n° 1, pp. 61–75, 2013, ISSN: 1066-033X. DOI: 10.1109/MCS.2012.2225931.
- [5] T. Danko e P. Oh, “Toward coordinated manipulator-host visual servoing for mobile manipulating uavs”, em *Technologies for Practical Robot Applications (TePRA), 2014 IEEE International Conference on*, 2014, pp. 1–6. DOI: 10.1109/TePRA.2014.6869149.
- [6] ———, “Evaluation of visual servoing control of aerial manipulators using test gantry emulation”, em *Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2014 International Conference on*, 2014, pp. 821–829. DOI: 10.1109/ICUAS.2014.6842328.
- [7] A. Mcfadyen, P. Corke e L. Mejias, “Visual predictive control of spiral motion”, *Robotics, IEEE Transactions on*, vol. 30, n° 6, pp. 1441–1454, 2014, ISSN: 1552-3098. DOI: 10.1109/TR0.2014.2361425.
- [8] W. C. Lombardy, “Desenvolvimento de controladores robustos para sistemas de visão acoplados em robôs móveis”, diss. de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.
- [9] C. Torno, C. Hintz e L. Carrillo, “Design and development of a semi-autonomous fixed-wing aircraft with real-time video feed”, em *Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2014 International Conference on*, 2014, pp. 1021–1028. DOI: 10.1109/ICUAS.2014.6842353.
- [10] P. Serra, R. Cunha, T. Hamel, C. Silvestre e F. Le Bras, “Nonlinear image-based visual servo controller for the flare maneuver of fixed-wing aircraft using optical flow”, *Control Systems Technology, IEEE Transactions on*, vol. 23, n° 2, pp. 570–583, 2015, ISSN: 1063-6536. DOI: 10.1109/TCST.2014.2330996.
- [11] N. Guenard, T. Hamel e R. Mahony, “A practical visual servo control for an unmanned aerial vehicle”, *Robotics, IEEE Transactions on*, vol. 24, n° 2, pp. 331–340, 2008, ISSN: 1552-3098. DOI: 10.1109/TR0.2008.916666.
- [12] O. Bourquardez, R. Mahony, N. Guenard, F. Chaumette, T. Hamel e L. Eck, “Image-based visual servo control of the translation kinematics of a quadrotor aerial vehicle”, *Robotics, IEEE Transactions on*, vol. 25, n° 3, pp. 743–749, 2009, ISSN: 1552-3098. DOI: 10.1109/TR0.2008.2011419.