

Modelo de VANT Autônomo Baseado em uma Arquitetura BDI

Fernando Rodrigues Santos¹, Jomi Fred Hübner¹, Leandro Buss Becker¹

¹Departamento de Automação e Sistemas
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Caixa Postal 476 – 88040-900 – Florianópolis – SC – Brazil

fernando.rod.santos@gmail.com, jomi.hubner@ufsc.br, lbecker@das.ufsc.br

Abstract. *In recent decades several applications for Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have emerged. There are advances in order to provide the UAV more autonomy, but the models currently used for these applications have a programming style which the application code and autonomous coding are mixed. The objective of this work is to develop a model of autonomous behavior for UAVs via a BDI architecture, exploring the potential of this architecture in solving the problem. We also plan to analyse the differences between the existing implementation techniques and the proposed model.*

Resumo. *Nas últimas décadas surgiram várias aplicações para Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs). Existem avanços no sentido de dotar o VANT de mais autonomia, mas os modelos utilizados atualmente para essas aplicações possuem um estilo de programação onde o código da aplicação e da autonomia são misturados. O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de comportamento autônomo para VANTs através de uma arquitetura BDI, explorando as potencialidades desta arquitetura na resolução do problema. Também pretendemos analisar as diferenças em relação às técnicas de implementação existentes.*

1. Introdução

As possibilidades de aplicações utilizando Veículo Aéreo Não-Tripulado (VANT) são inúmeras, indo desde monitoramento de regiões por times de VANTs até filmagens de shows e entrega de pizzas, como abordado em [Fahlstrom and Gleason 2012]. Na maioria das aplicações um operador humano é responsável pela operação remota destes equipamentos. Em alguns casos, porém, é necessário, ou desejável, que o veículo possua autonomia para realizar algumas tarefas. E o controle do VANT por rádio frequência limita o alcance das missões. Um veículo com maior autonomia poderia tanto dispensar o operador de atividades cansativas e sujeitas a erro, quanto possuir mecanismos automáticos mais precisos e otimizados. Neste contexto, considera-se autônomo um veículo que não precise da operação constante de um humano e para o qual possa ser atribuídos objetivos. Assim, o veículo tem autonomia para escolher um plano de ações para atingir um objetivo, dado por um operador humano, porém deve se comprometer com tal objetivo, ou seja, ele não tem autonomia para ignorá-lo. O operador humano, no lugar de controlar diretamente os motores e flaps, ele passaria a controlar o VANT por meio da delegação de objetivos, tais como passar por determinados lugares (waypoints) ou encontrar uma pessoa perdida em uma floresta.

O tema autonomia é estudado há vários anos na área de Sistemas Multi-Agentes (SMA), sendo produzidas teorias, arquiteturas de software e mesmo linguagens de programação especificamente voltadas para o desenvolvimento deste tipo de software, chamado de agente autônomo, segundo [Wooldridge 2002]. Uma das vantagens deste tipo de linguagem é seu alto nível de abstração, com primitivas como objetivos, planos e ações que permitem ao desenvolvedor definir o comportamento e a autonomia do agente. Destacam-se na área as linguagens baseadas na arquitetura BDI (Belief, Desire, Intention) que facilitam o desenvolvimento de agentes que apresentam capacidade de reagir rapidamente a mudanças em seu ambiente e possuir objetivos de longo prazo, conforme [Rao and Georgeff 1995] e [Bratman 1987].

Evidentemente, linguagens de programação convencionais podem ser usadas para desenvolver agentes e veículos autônomos, porém o código final é muitas vezes mais complexo, misturando programação da aplicação com a programação do comportamento e autonomia. Por outro lado, linguagens BDI são ainda novas, pouco testadas em aplicações reais e seus interpretadores são pouco otimizados.

Neste artigo apresentamos um projeto para o desenvolvimento de um modelo de comportamento autônomo para tomada de decisão de um VANT, através de uma abordagem com arquitetura de agentes BDI, além de sua integração com o sistema embarcado do VANT. Como se trata de um trabalho em andamento, ainda não temos resultados.

2. Projeto ProVant

O presente trabalho faz parte do projeto ProVant¹, que propõe o desenvolvimento de um VANT de baixo custo, de caráter geral, voltado para aplicações civis. O desenvolvimento prevê a modelagem, o controle, a concepção e a construção. Esta é uma proposta diferenciada em termos de desenho e de custo reduzido em relação ao que existe no mercado. Ao invés de se trabalhar com veículos aéreos em escala reduzida, como aeronaves de asas fixas ou aeronaves de asas rotativas com quatro rotores, o VANT deste projeto possui apenas dois rotores, cada um associado a um servomotor para realizar a rotação longitudinal dos rotores, constituindo assim uma aeronave na configuração Tiltrotor, conforme ilustrado na Figura 1.

3. Hardware-In-the-Loop (HIL)

A simulação Hardware-in-the-loop (HIL) é descrita como a técnica aplicada ao desenvolvimento, teste e validação de sistemas de tempo real embarcados complexos. Esta técnica tem por objetivo a união entre o ambiente simulado e o hardware real, de forma a abstrair os riscos físicos da modelagem, assim como, a aplicação dos sistemas diretamente na estrutura final da aplicação, conforme [Louall et al. 2011].

Uma simulação HIL inclui a representação dos sensores e atuadores e os sinais gerados estabelecem uma interface entre a planta simulada e o sistema embarcado. Os dados da simulação são encaminhados como leitura para o sistema embarcado. A partir desta troca de informações os subsistemas são alimentados e, de acordo com os testes propostos, o comportamento tanto do sistema embarcado quanto do modelo computacional pode ser verificado.

¹Site: <http://provant.das.ufsc.br>



Figura 1. Protótipo do VANT

4. Trabalhos Relacionados

O trabalho de [Hama 2012] aborda a aplicação do paradigma da programação orientada a agentes para controle inteligente de comportamento de VANTs, com a concepção de um framework, que visa prover uma abstração para a programação de comportamentos inteligentes em VANTs. Neste trabalho é proposto um modelo UAVAS, que é um framework de programação de comportamentos para VANTs, executado dentro do sistema operacional do hardware embarcado do VANT. A arquitetura do modelo baseia-se em um esquema de fluxo e conversão de dados, onde o agente possui dois tipos de interação com o ambiente: ação ou percepção.

No trabalho de [Chaves 2013] é proposto um modelo de VANTs cooperativos que combina mecanismos de coordenação multi-agente, algoritmos de navegação e padrões de busca e salvamento. A arquitetura geral do VANT possui dois mecanismos, um reativo e outro deliberativo. O controle reativo é responsável por manter a estabilidade da aeronave e a rota, além de responder a situações de emergência. Já o controle deliberativo tem as funções de planejamento de trajetória e de coordenação com outros VANTs, também busca evitar colisões por meio do planejamento da rota.

E o trabalho de [Selecký and Meiser 2012] apresenta algumas soluções para os problemas no processo de integração de VANTs de hardware em um sistema de simulação multi-agente com VANTs virtuais adicionais, compondo em um sistema de realidade mista, onde VANTs de hardware e VANTs virtuais podem coexistir, coordenar o seu voo e cooperar em tarefas comuns. Esses VANTs de hardware são capazes de realizar planejamento on-board e raciocínio, podem cooperar e coordenar seus movimentos uns com os outros, e também com os VANTs virtuais. Os VANTs de hardware foram integrados ao sistema AgentFly e o sistema foi modificado para permitir que tanto VANTs de hardware e VANTs virtuais pudessem agir e interferir em um ambiente comum de realidade mista.

Nota-se que alguns trabalhos modelam um VANT como um SMA, outros trazem apenas resultados em ambiente simulado, enquanto outro realizou testes com um VANT real acoplado a um simulador. Esses trabalhos exploram as potencialidades do SMA para tomada de decisão em grupo de VANTs e outras técnicas computacionais ou específicas da

área do problema. Porém, esses trabalhos não exploram as potencialidades da arquitetura BDI, como capacidade de raciocínio rápido e de ter objetivos de longo prazo, para dotar o VANT de autonomia em suas aplicações.

5. Proposta de Trabalho

O presente projeto pretende desenvolver um modelo do comportamento do VANT baseado no trabalho de [Hama 2012], porém não será utilizado um SMA em um VANT e sim um agente BDI para um VANT, e assim, explorar as potencialidades da arquitetura BDI. A arquitetura do projeto será baseada no trabalho de [Chaves 2013], com uma camada de baixo nível com os controles de estabilidade e de trajetória, e uma camada de alto nível de tomada de decisão. Os testes serão inspirados no trabalho de [Selecký and Meiser 2012] e seu modelo de integração, mas em vez de integração com o VANT de hardware, pretende-se realizar uma integração da plataforma embarcada e a simulação de um VANT, com o uso da técnica HIL.

Além disso, uma abordagem com sistemas híbridos com agentes e outras técnicas computacionais para solução de problemas com VANTs, como nos trabalhos de [Han et al. 2013] e [Chen et al. 2013], pode ser uma estratégia utilizada ao longo do desenvolvimento da solução para este projeto.

5.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo de comportamento para tomada de decisão de um VANT autônomo, utilizando uma abordagem com arquitetura de agentes BDI, e sua integração no sistema embarcado do VANT.

5.2. Cenário de Aplicação

O cenário inicialmente escolhido para avaliar a proposta é o de coleta de dados em uma rede de sensores sem fio, através do seguimento de trajetória que passa pelos pontos onde se encontram os sensores.

A missão do VANT será realizar a coleta de informações dos sensores de uma “região x”, sendo essa região conhecida pelo sistema e tendo a referência da posição de cada um dos sensores da rede. O VANT parte de uma estação-base e percorre a região pelos nodos sensores que estão mais próximos. Ele deve se aproximar de cada nodo até que o sinal com a informação do sensor seja coletado ou seguir até o ponto exato do sensor, visto que, sensores sem fio utilizam bateria e esta pode descarregar e o sensor parar de funcionar. Caso o VANT consiga captar o sinal do sensor antes de chegar até ao ponto coordenado em que o nodo se situa, o VANT pode passar para o próximo sensor em sua trajetória. Caso o VANT se desloque até o ponto exato onde se encontra o sensor e não capte o sinal, o VANT deve considerar que aquele sensor está sem bateria e passa para o próximo ponto da trajetória.

O VANT deve considerar o *ponto de não retorno*². Durante o voo, o VANT deve monitorar a carga disponível em sua batedeira, a distância até a estação base e o seu consumo médio (carga/metro). Assim, caso identifique que não conseguirá percorrer todos

²Trecho da rota de um voo em que o combustível restante na aeronave não é suficiente para que o avião retorne ao aeroporto de partida em caso de emergência.

os pontos da rede de sensores devido a sua carga de bateria, o VANT deve retornar para estação-base para recarregar a bateria, informar a estação-base que não concluirá a missão de coleta de dados da região e dessa forma solicitar a sua substituição por outro VANT.

6. Metodologia

A metodologia utilizada para este projeto consiste no desenvolvimento do modelo proposto, a realização de testes de simulação, a comparação com outros modelos e a integração deste no sistema embarcado do VANT.

Inicialmente, será realizada a investigação sobre o uso do software Jason³, que é uma linguagem de programação de agentes baseado na arquitetura BDI, em uma plataforma embarcada, a qual será integrada ao sistema embarcado do VANT do ProVant.

Em seguida, iniciará o desenvolvimento de um modelo do comportamento de VANTs autônomos com a arquitetura de agentes BDI. Este modelo deve ser capaz de dotar o VANT das capacidades necessárias para realização da missão, de modo a garantir a autonomia desejada.

Para se integrar o modelo gerado em Jason no VANT do ProVant, será necessário o desenvolvimento de uma interface entre o Jason e o sistema embarcado do VANT, de modo a executar as ações do sistema de tomada de decisão no VANT.

Após isso, serão realizados testes de simulação, utilizando a técnica HIL, para avaliação do modelo gerado em Jason com a simulação do VANT do ProVant. A simulação que representa o VANT real já foi desenvolvida no ProVant e será utilizada nesta parte do trabalho.

Por fim, pretende-se comparar o modelo proposto e os modelos utilizados para projeto de VANTs autônomos existentes. Para isso, será realizada a análise dos resultados por meio de simulação ou em sistema real. Além de observar a qualidade do código gerado por ambas abordagens, quanto ao tamanho do código final e facilidade de se alterar ou inserir novas funcionalidades ao modelo final.

7. Considerações Finais

A arquitetura do sistema embarcado do VANT do ProVant será composta por uma camada de baixo nível, na qual se encontram os controles de estabilidade e de seguimento de trajetória da aeronave, e por uma camada de alto nível, onde se encontra o modelo de comportamento em agentes BDI para tomada de decisões do VANT. O trabalho se concentra no desenvolvimento desse modelo e do mecanismo de interface para integração entre essas duas camadas do sistema, como pode ser observado na Figura 2

O modelo proposto será testado no cenário de aplicação apresentado na proposta do trabalho, porém, outros cenários de aplicação podem ser estabelecidos ao longo do desenvolvimento do projeto, visando explorar as potencialidades do modelo frente a outras abordagens utilizadas em VANTs autônomos.

Ao final do projeto, pretende-se saber quais as vantagens e desvantagens que um modelo baseado em agentes BDI pode trazer ao desenvolvimento de aplicações com VANTs.

³[Bordini et al. 2007] e Site: <http://jason.sourceforge.net/wp/>

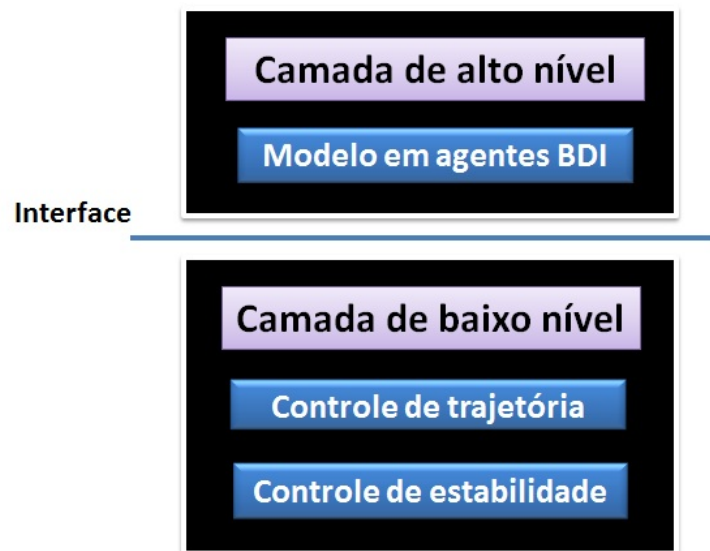


Figura 2. Arquitetura do VANT

Como resultado do projeto, teremos um modelo de comportamento para VANTs com alto nível de abstração, que seja mais intuitivo alterar e inserir novas funcionalidades ao código final.

Referências

- Bordini, R. H., Hübner, J. F., and Wooldridge, M. (2007). *Programming Multi-Agent Systems in AgentSpeak using Jason (Wiley Series in Agent Technology)*. Wiley-Interscience.
- Bratman, M. E. (1987). *Intention, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press.
- Chaves, q. N. (2013). Proposta de modelo de veículos aéreos não tripulados (vants) cooperativos aplicados a operações de busca. Master's thesis, USP - Universidade de São Paulo.
- Chen, X., He, W., and Wu, Z. (2013). Research of uav's multiple routes planning based on multi-agent particle swarm optimization. *Fourth International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)*.
- Fahlstrom, P. G. and Gleason, T. J. (2012). *Introduction to UAV Systems*. Wiley.
- Hama, M. T. (2012). Uma plataforma orientada a agentes para o desenvolvimento de software em veículos aéreos não-tripulados. Master's thesis, UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Han, J., Wang, C.-h., and Yi, G.-x. (2013). Cooperative control of uav based on multi-agent system. *IEEE*.
- Louall, R., Belloula, A., Djouadi, M., and Bouaziz, S. (2011). Real-time characterization of microsoft flight simulator 2004 for integration into hardware in the loop architecture. *Control Automation (MED) - 19th Mediterranean Conference*.
- Rao, A. S. and Georgeff, M. P. (1995). Bdi agents: from theory to practice. *Proceedings of the First International Conference on MultiAgent Systems*.
- Selecty, M. and Meiser, T. (2012). Integration of autonomous uavs into multi-agent simulation. *Acta Polytechnica*, 52(5).
- Wooldridge, M. (2002). *An Introduction to MultiAgent Systems*. Chichester: John Wiley and Sons Ltd.