

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE POUSO BASEADO EM VISÃO COMPUTACIONAL PARA APLICAÇÃO EM VOO AUTÔNOMO DE DRONES

Palavras-Chave: VISÃO COMPUTACIONAL, POUSO AUTÔNOMO, DRONES

Autores:

JOÃO VÍTHOR DA SILVA BARBOSA, FT – UNICAMP

Profa. Dra. TALÍA SIMÕES DOS SANTOS XIMENES (orientadora), FT – UNICAMP

Dr. RODRIGO LUIZ XIMENES (co-orientador), FT - UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), popularmente conhecidos como drones, tem conquistado cada vez mais autonomia nas últimas décadas. O que antes era restrito a aplicações militares, hoje privilegia também áreas como agricultura, logística, vigilância, engenharia e entretenimento [1] [2]. Em diversos cenários operacionais, a capacidade de pousar com precisão é uma exigência fundamental para a segurança, eficiência e reusabilidade do sistema.

Neste contexto, o presente projeto tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema de pouso baseado em visão computacional, com implementação embarcada em um microcontrolador ESP32-CAM acoplado a um drone com controladora de voo APM. A proposta visa complementar o pouso por GPS com uma etapa final visual, corrigindo em tempo real a posição do drone até a centralização mais exata possível sobre um marcador definido como alvo no solo [3].

METODOLOGIA:

A metodologia adotada consiste na integração de três camadas: hardware – inclusive o embarcado, software de visão computacional e sistema de controle do voo. O hardware é composto por um drone tipo quadricóptero, com controladora de voo APM 2.8 embarcada, motores brushless, ESCs, rádio transmissor, receptor, módulo de telemetria e GPS. Na parte inferior do chassi foi acoplada uma placa ESP32-CAM com câmera OV2640, como mostra a Figura 1, responsável pela aquisição de imagens em tempo real [4].



Figura 1 - Protótipo do drone com a ESP32-CAM – fonte: do próprio autor

Embora a ESP32-CAM tenha capacidade de processamento embarcado, optou-se por realizar a análise computacional em um computador externo durante esta etapa do projeto, o que permitiu maior controle dos testes e monitoramento visual em tempo real, já que se supera a limitação de processamento do microcontrolador. A ESP32-CAM atua como uma unidade de captura de vídeo e transmissão MJPEG via Wi-Fi, como a Figura 2 inicia mostrando. O processamento de imagem é realizado externamente, em uma estação base próxima ao drone, utilizando Python com a biblioteca OpenCV. Essa abordagem permite maior flexibilidade computacional durante o desenvolvimento e facilita ajustes finos na lógica de detecção.

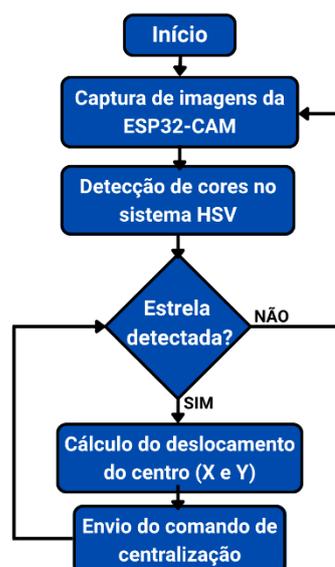


Figura 2 - Fluxograma do algoritmo de controle – fonte: do próprio autor

A imagem é analisada em tempo real para identificar a estrela vermelha no solo por meio de segmentação HSV, aplicação de máscara binária e identificação de contornos com vértices — correspondentes à forma do símbolo-alvo.

Uma vez detectada a estrela, o sistema calcula o centro geométrico da forma e estima o deslocamento horizontal (X e Y) em relação ao ponto central. Com base nesse desvio, o algoritmo toma decisões de movimentação, imprimindo comandos como "frente", "atrás", "direita" e "esquerda", ou combinações simultâneas como "frente-direita". Os comandos são atualizados em períodos pequenos, o que garante um comportamento responsivo, porém estável. O código foi ajustado para diferenciar pequenas variações, chamadas de zona morta, de deslocamentos reais [5].

Durante o desenvolvimento, foram realizadas simulações do comportamento do drone com correções bidimensionais simultâneas (X e Y), permitindo o pouso suave e alinhado com o centro do alvo. O sistema pode ainda ser adaptado a diferentes formas, como a letra "D" ou "H", no futuro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

O sistema se encontra em estágio avançado de desenvolvimento, com os módulos de detecção de imagem e cálculo de desvio horizontal (X e Y) plenamente funcionais em ambiente controlado.

Durante os testes com imagens transmitidas pela ESP32-CAM e processadas externamente via Python + OpenCV, como pode ser observado na Figura 3, o sistema demonstrou estabilidade e consistência na detecção da estrela vermelha, mesmo com pequenas variações de iluminação, presença de sombras e diferentes fundos. A segmentação HSV se mostrou mais eficaz que tentativas anteriores em RGB565, com menor incidência de falsos positivos, quase nula.



Figura 3 - Visualização ao vivo da detecção e marcação do centro do alvo – fonte: do próprio autor

A lógica de controle considera simultaneamente os eixos X e Y, podendo emitir comandos compostos, se necessário, como "frente-direita" ou "atrás-esquerda" bem como mostrado na Figura 4, o que garante uma trajetória mais precisa até o alvo. Um atraso periódico entre cada decisão foi introduzido

para evitar oscilações abruptas, e a zona morta central permite maior suavidade na fase final da centralização.



Figura 4 - Imagem ilustrando diferentes posições e devidos ajustes – fonte: do próprio autor

Com base em medições feitas no ambiente de testes, foi possível atingir uma margem de erro inferior a 10 cm do centro do alvo. Considerando a resolução da imagem e o FOV da lente OV2640, o sistema é capaz de estimar deslocamentos com uma precisão admirável em altura relativamente baixa.

CONCLUSÕES:

O desenvolvimento de um sistema de pouso baseado em visão computacional mostra-se promissor para aplicações autônomas com drones. A solução proposta integra hardware acessível e software de código aberto, com arquitetura leve e replicável.

Embora os testes em voo real ainda estejam em fase final de validação, os resultados em ambiente controlado indicam alta precisão e estabilidade na detecção e correção da posição. O sistema tende a ampliar as aplicações de drones em locais restritos, pousos em alvos móveis ou missões com necessidade de alta confiabilidade.

BIBLIOGRAFIA

- [1] História dos drones: como surgiram? Para que servem?. Itarc, 2024. Disponível em: <https://itarc.org/historia-dos-drones/>. Acesso em: 07 de maio de 2024.
- [2] ABID, M. Ehtisham. et al. Drones, UAVs, and RPAs : An Analysis of a Modern Technology. Faculty of WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE. Disponível em: https://www.ugpti.org/smartse/research/citations/downloads/Abid-Drones_UAVs_and_RPAs-2014.pdf. Acesso em: 7 de maio de 2024.
- [3] N. Xuan-Mung, S. K. Hong, N. P. Nguyen, L. N. N. T. Ha and T. -L. Le, "Autonomous

Quadcopter Precision Landing Onto a Heaving Platform: New Method and Experiment," in IEEE Access, vol. 8, 2020. Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9189835>. Acesso em: 7 de maio de 2024.

[4] Mehendale, Ninad, Object Detection using ESP 32 CAM (July 2, 2022). Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4152378> ou <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4152378>. Acesso em: 9 de maio de 2024.

[5] M. Demirhan and C. Premachandra, "Development of an Automated Camera-Based Drone Landing System," in IEEE Access, vol. 8, 2020. Disponível em:

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9245521>. Acesso em: 8 de maio de 2024.