

MANNA BOT-EYE: A COORDENAÇÃO DE MÚLTIPLOS ROBÔS MÓVEIS COM CÂMERA SUPERIOR

Vitor Azevedo Padovani (Manna Academy/FA/UEM), Rodrigo Calvo, Linnyer Beatrys Ruiz Aylon (Orientadora), e-mail: ra128169@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área e subárea do conhecimento: Ciência da Computação / Sistemas de Computação

Palavras-chave: coordenação de robôs; visão global; processamento de imagem.

RESUMO

Esta pesquisa, desenvolvida no contexto do @manna_team (uma teia de pesquisa, desenvolvimento, inovação e difusão científica), lida com os desafios de coordenação centralizada de múltiplos robôs com visão global, que embora ofereçam eficácia na sincronização, pode aumentar o tempo de resposta. Tendo em vista tais desafios, este trabalho tem como objetivo examinar a coordenação centralizada de múltiplos robôs, destacando o uso de câmeras superiores e comunicação sem fio. Como contribuição, é proposto o Manna Bot-Eye, uma metodologia para coordenação de múltiplos robôs que utiliza uma câmera em *bird's eye view*, com comunicação via Bluetooth. Com os resultados obtidos, foi possível identificar os robôs e determinar suas posições e orientações no ambiente. Os pontos de destino são definidos no sistema desenvolvido, e com as informações coletadas via câmera superior, são realizados cálculos para ajustar a orientação dos robôs e enviar comandos como: girar à direita, girar à esquerda, seguir em frente e parar.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de controle de posição de robôs móveis são vitais em diversos cenários, desde ambientes industriais até domésticos, abrangendo tarefas desafiadoras e perigosas (LOGANATHAN e AHMAD, 2023). A coordenação eficaz de múltiplos robôs autônomos é uma área em constante evolução na robótica, representando um grande desafio de pesquisa (DEMETRIOU, 2009). Nesse sentido, a coordenação centralizada, facilitada por uma câmera superior e comunicação sem fio via Bluetooth, pode desempenhar um papel crucial em termos de eficácia de sincronização e tempo de resposta.

Tendo em vista tais desafios, este trabalho tem como objetivo examinar a coordenação centralizada de múltiplos robôs, destacando o uso de câmeras superiores e comunicação sem fio, analisando estudos relevantes sobre algoritmos de coordenação, processamento de imagem e estratégias de navegação. Para tal, é proposto o Manna Bot-Eye, uma metodologia para coordenação de múltiplos robôs que utiliza uma câmera em *bird's eye view*, com comunicação via Bluetooth.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento desta pesquisa teve foco na coordenação eficaz de robôs, com base na obtenção das informações mínimas necessárias: posição e orientação. Como materiais da pesquisa, foram utilizados uma câmera superior para a captura de imagens, a biblioteca OpenCV para processar e interpretar a imagem, além de ESP32s para a construção dos robôs com comunicação Bluetooth.

Para alcançar o objetivo da pesquisa, foi elaborada uma sequência de etapas, iniciando pelo processamento de cor. Nessa fase, a imagem capturada pela câmera superior é submetida a uma série de processamentos, incluindo a aplicação de desfoque gaussiano e a conversão para o espaço de cores HSV, a fim de filtrar apenas a cor desejada, que representa os robôs. Um destaque dessa pesquisa foi o desenvolvimento do MannaPainter, um software que permitiu testar e aprimorar o sistema de identificação de cor de forma interativa e precisa.

A segunda etapa abordou o processamento das formas identificadas na imagem. Isso incluiu a detecção de bordas, a identificação de contornos e a seleção dos dois maiores contornos, presumindo que correspondem aos robôs em questão. A interpretação dos dados gerados nesse processo envolveu o cálculo da posição e orientação dos robôs, bem como o ângulo de destino, que indica a direção para a qual o robô deve se mover. Esses cálculos foram realizados com base nos contornos identificados na etapa anterior. A primeira etapa da sequência pode ser visualizada na Figura 1 e a segunda etapa na Figura 2.



Figura 1.a - Imagem original da câmera.

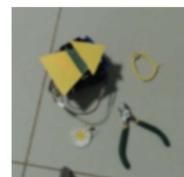


Figura 1.b - Imagem desfocada



Figura 2.a - Filtragem apenas dos tons amarelos



Figura 2.b – Seleção dos dois maiores contornos

A fase final da sequência consistiu na tomada de decisão, em que os comandos a serem enviados para os robôs foram determinados com base nas informações interpretadas anteriormente. Essa etapa é essencial para garantir que os robôs agissem de maneira segura e eficiente, considerando fatores como a distância até o ponto de destino e o ângulo relativo entre a orientação atual do robô e a direção do ponto de destino

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para estudo de caso do Manna Bot-Eye, foi desenvolvido um sistema em que robôs são guiados até pontos de destinos definidos pelo usuário. A partir de uma câmera posicionada a 1,5m do solo, foi possível identificar os robôs e determinar suas posições e orientações no ambiente. Assim, pontos de destinos são definidos para que os robôs os alcance alterando suas orientações. Os pontos de destino são definidos no sistema e, de acordo com as informações coletadas via câmera superior, são realizados cálculos para ajustar a orientação dos robôs e enviados comandos como: girar para direita, girar para esquerda, seguir em frente e parar. Na seguinte imagem, por exemplo, a imagem da câmera (canto superior direito) passa por alguns processamentos (canto inferior direito) em que são filtradas as tonalidades amarelas (canto inferior esquerdo) para então selecionar apenas o robô (canto superior esquerdo), que, após ter calculado sua posição e orientação, poderá ser controlado pelo usuário. Ao longo do desenvolvimento do pipeline de processamento de informações visuais, foram identificados pontos importante, tais como:

1. *Eficiência da Coordenação Centralizada:* Essa abordagem oferece uma maneira sólida de garantir a sincronização e a colaboração, permitindo o reconhecimento do ambiente e a definição de estratégias. Porém, em certos casos, pode apresentar desafios em termos de tempo de resposta quando se exige ação em tempo real.

2. *Importância da Visão Global:* O uso de câmeras superiores desempenha um papel crucial na obtenção de uma visão abrangente do ambiente e dos robôs, conforme apresenta a Figura 3. A visão computacional é essencial para identificar e localizar os robôs na cena, permitindo o controle preciso e a mitigação de erros acumulativos.

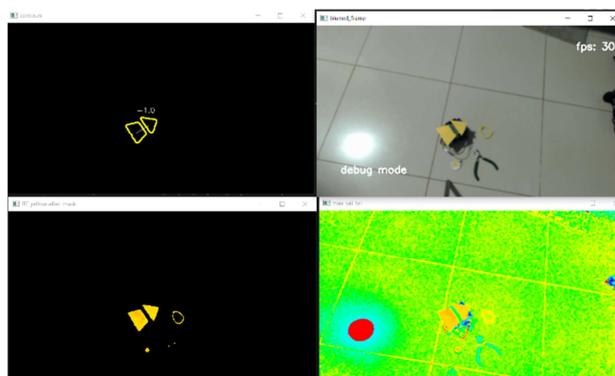


Figura 3 – Estudo de caso da metodologia Manna Bot-Eye, com destaque para a visão superior (Fonte: Autor, 2024).

3. *Necessidade de Comunicação Efetiva:* A comunicação via plataforma Bluetooth é fundamental para transmitir decisões de estratégias de movimentação e receber informações atualizadas sobre o estado dos robôs. Isso garante a sincronização e a coordenação efetiva entre os robôs, permitindo que eles atuem de forma colaborativa.

4. *Desafios e Lacunas Identificados:* Apesar dos avanços nesta área, foram identificadas lacunas de conhecimento e desafios, incluindo a melhoria da

capacidade de resposta em tempo real da coordenação centralizada, o aprimoramento da robustez da visão computacional em ambientes complexos e dinâmicos, e a otimização da comunicação Bluetooth para garantir uma coordenação eficaz em ambientes desafiadores.

CONCLUSÕES

Este trabalho investigou a coordenação centralizada de múltiplos robôs, destacando o uso de câmeras superiores e comunicação sem fio. Lidando com tais desafios, foi proposto o Manna Bot-Eye, uma metodologia para coordenação de múltiplos robôs que utiliza uma câmera em *bird's eye view*, com comunicação via Bluetooth.

Em suma, este trabalho proporcionou uma compreensão aprofundada dos conceitos-chave, tendências atuais e desafios na coordenação centralizada de múltiplos robôs com visão global. Os resultados destacam a importância contínua da pesquisa e desenvolvimento nesta área promissora, fornecendo uma base sólida para orientar futuras investigações e avanços tecnológicos.

Como trabalhos futuros, espera-se a inclusão de mais robôs, desenvolver um mecanismo de tratamento de colisões, uma aplicação para simular o comportamento de grande quantidade de robôs, e utilizar o sistema de coordenação para a aplicação do futebol de robôs na categoria IEEE Very Small Size (TJAHYADI et al., 2016).

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao @manna_team, a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil, pelo apoio.

REFERÊNCIAS

DEMETRIOU, M. Centralized and decentralized policies for the containment of moving source in 2D diffusion processes using sensor/actuator network. **American Control Conference** - 2009

LOGANATHAN, A; AHMAD, N. A systematic review on recent advances in autonomous mobile robot navigation. **Engineering Science and Technology**, an International Journal - 2023

TJAHYADI, H. et al. Image Processing Based Robot Soccer: Obtaining Multiple Robots Position and Orientation Using High-Angle Shot of Camera. **Journal of Image and Graphics** - 2016