



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEF SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025

Desenvolvimento de um Sistema Navegação Autônoma para o Robô Quadrúpede SH3 Baseado no ROS 2

Yasmin Cordeiro de Souza Meira¹; Anfranserai Morais Dias²

1. Yasmin Cordeiro de Souza Meira, PIBIC/FAPESB, ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO, e-mail: ymeira@ecomp.uefs.br

2. Anfranserai Morais Dias, DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA, e-mail: amdias@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: sensores; microcontrolador; robô quadrúpede.

INTRODUÇÃO

Para que um robô execute tarefas de forma autônoma, ele precisa ser capaz de navegar, o que fundamentalmente envolve a capacidade de ir de uma posição inicial a uma final, evitando colisões [1]. O desenvolvimento de um sistema de navegação para um robô quadrúpede, portanto, depende da implementação de uma série de funcionalidades e componentes, como um padrão de caminhada (marcha) que garanta estabilidade [2], e a integração de sensores para percepção com um sistema de odometria para estimar o deslocamento do robô [1]. A odometria, em particular, é um pré-requisito para arquiteturas de navegação, como o *Navigation Stack 2* (Nav2) do ROS 2 (*Robot Operating System*).

Este trabalho resume o desenvolvimento do controle de locomoção para o robô quadrúpede SH3, utilizando o ROS 2. O objetivo inicial contemplava a implementação de um sistema de navegação autônoma baseado no Nav2, mas a execução deste objetivo foi inviabilizada por defeito no sensor óptico que mede o deslocamento. Porém, ainda assim, os objetivos específicos do projeto foram alcançados, resultando em um robô funcional controlado por teleoperação, cuja arquitetura de software é modular e preparada para a futura integração com o Nav2, assim que a odometria estiver disponível.

Dessa forma, o presente relatório detalha as quatro fases do projeto: (i) a seleção e configuração do ambiente de desenvolvimento com ROS 2 e micro-ROS; (ii) a integração dos sensores IMU, sonar e infravermelho; (iii) o desenvolvimento e ajuste de uma marcha descontínua de duas fases (*two-phase discontinuous gait*) para a locomoção; e (iv) a integração do sensoramento com o controle de movimento por meio de uma máquina de estados, culminando em um sistema de teleoperação estável e responsivo.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)

A metodologia deste trabalho foi executada em quatro fases principais. A primeira fase consistiu na seleção e configuração do ambiente de desenvolvimento. Inicialmente, realizou-se um estudo sobre as funcionalidades e a compatibilidade do ROS 2 e do micro-ROS com o hardware disponível em laboratório. Para o computador de bordo, optou-se pela distribuição ROS 2 Humble, executada no sistema operacional Ubuntu 22.04 LTS, devido à sua classificação de integração "*Tier 1*", que garante máxima compatibilidade e estabilidade, além de contar com ampla documentação de suporte [3]. Para o microcontrolador, Raspberry Pi Pico, foi configurado o micro-ROS a partir do repositório oficial do distribuidor, o que abstraiu as complexidades de instalação e assegurou um ambiente confiável para desenvolvimento.

A segunda fase do projeto concentrou-se na integração dos sensores ao microcontrolador. Foram incorporados uma Unidade de Medição Inercial (IMU) MPU6050, um sonar HC-SR04 e um sensor infravermelho Sharp IR. Esses sensores foram integrados ao micro-ROS por meio do desenvolvimento de um nó publicador, que disponibiliza as informações de medição para uso do sistema.

Na terceira fase, desenvolveu-se o padrão de locomoção. Após a análise de diferentes abordagens, foi escolhida a marcha descontínua de duas fases, selecionada por apresentar um balanço favorável entre estabilidade e velocidade. A implementação partiu de coordenadas de referência teóricas, que foram ajustadas experimentalmente em laboratório para adequar-se às limitações angulares das juntas e à distribuição de massa do robô.

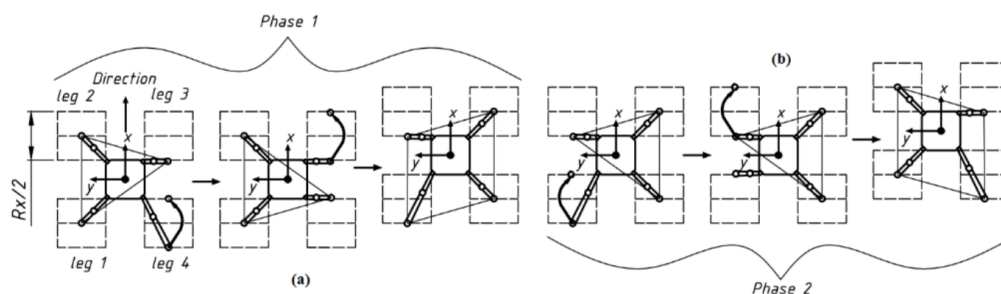


Figura 1: Diagrama da marcha descontínua de duas fases [4].

A quarta e última fase concentrou-se na integração do sensoriamento com o sistema de locomoção. Foi desenvolvida uma máquina de estados finitos para gerenciar a execução dos passos, condicionando cada movimento à prévia leitura e publicação dos dados dos sensores. Essa arquitetura sequencial, embora introduza uma pequena latência na resposta de navegação, garantiu que o robô operasse com base em informações do ambiente atualizadas, resultando em uma locomoção estável e responsiva aos comandos de teleoperação e ao sensoriamento.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)

O presente trabalho implementou um sistema de controle e locomoção para o robô quadrúpede SH3, usando teleoperação. A arquitetura de controle foi projetada de forma

modular: os comandos de velocidade linear e angular são publicados em um tópico padrão do ROS 2 (*geometry_msgs/Twist*). Essa padronização assegura que a substituição futura do nó de teleoperação pelo *stack* Nav2, uma vez que a odometria esteja disponível, possa ser realizada com modificações mínimas.

No que tange à arquitetura de software, o plano original de desenvolver um nó para cada sensor foi modificado. Optou-se pela implementação de um único nó publicador que gerencia todos os sensores e distribui suas leituras em tópicos distintos. Esta solução de caráter monolítico alinhou-se de forma mais eficaz à arquitetura de controle sequencial (máquina de estados) adotada no projeto.

A seguir, a **Figura 3** detalha as informações de medição provenientes do sensor ultrassônico e do sensor infravermelho. Enquanto isso, a **Figura 4** contém as medições da Unidade de Medição Inercial (IMU). É importante notar que a qualidade visual desta última imagem é inferior à das demais, pois o sensor MPU6050 apresentou falhas de medição durante a fase final do projeto. Por essa razão, foi necessário recorrer a um registro de um teste de funcionalidade anterior para representar os dados da IMU.

The image shows three terminal windows. The first window, titled '1: Terminal', displays the command 'ros2 topic list' and its output, which includes topics like '/cmd_vel', '/lr_sensor', '/mpu6050', '/parameter_events', '/rosout', and '/ultrasson'. The second window, titled '2: Terminal', shows data being published to the '/ultrasson' topic, with lines like 'data: 66.2676010131836'. The third window, also titled '2: Terminal', shows data being published to the '/lr_sensor' topic, with lines like 'data: 13.937029838562012'.

Figura 3: Imagem do terminal com a lista dos tópicos e as informações publicadas através dos tópicos do sonar e do sensor infravermelho.

The image shows a terminal window with a dark background. It displays a list of sensor data values, including acceleration (x, y, z), angular velocity (roll, pitch, yaw), and temperature. The data is presented in a structured format with labels like 'x', 'y', 'z', 'roll', 'pitch', 'yaw', and 'temp'.

Figura 4: Ilustra a ordem de publicação das informações do sensor no tópico. Inicialmente, são apresentados os dados de medição do sonar, seguidos pelos dados do infravermelho. Posteriormente, o tópico publica a temperatura medida pela IMU, e os dados do acelerômetro e do giroscópio.

Portanto, os resultados concretos alcançados foram: **(1)** o desenvolvimento e implementação de um padrão de caminhada estável; **(2)** a integração de múltiplos sensores com leitura e publicação de dados em tempo real; e **(3)** a navegação funcional

do robô por meio de teleoperação, com uma arquitetura de software preparada para futuras expansões.

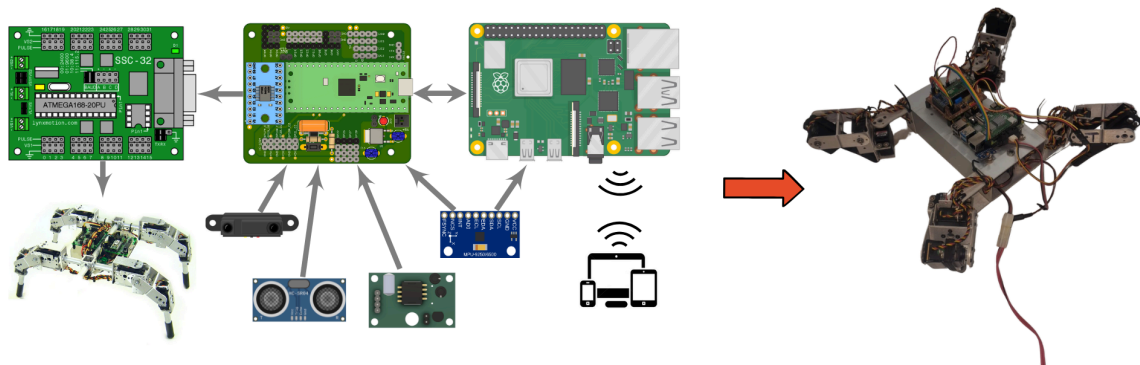


Figura 5: Visualização em diagrama da arquitetura do sistema seguido do resultado final do projeto após a interconexão das placas e dos sensores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)

Este projeto desenvolveu um sistema de controle e locomoção por teleoperação para o robô quadrúpede SH3, estabelecendo uma base sólida para futuros trabalhos em autonomia. A meta original de navegação autônoma via Nav2 foi redefinida, contudo, foram alcançados os objetivos específicos, incluindo a implementação de um padrão de caminhada estável e a integração de um sistema de multissensor (IMU, sonar, IR) com ROS 2 e micro-ROS.

REFERÊNCIAS

- [1] OLIVEIRA, Franklin Lázaro Santos de; DIAS, Anfranserai Moraes. Desenvolvimento de um Navegador com Inteligência Artificial Aplicada para a Suavização e Realização de Caminhos em Ambiente Bidimensional Dinâmico.
- [2] RAHEEM, Firas A.; FLAYYIH, Murtadha Khudhair. Creeping Gait Analysis and Simulation of a Quadruped Robot. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 2018.
- [3] OPEN SOURCE ROBOTICS FOUNDATION. ROS 2 Documentation: Humble Installation. ROS 2 Documentation, [S.l.], 2024. Disponível em: <https://docs.ros.org/en/humble/Installation.html>.
- [4] DAT, Than Trong Khanh; PHUC, Tran Thien. A Study on Locomotions of Quadruped Robot. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2014.