

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituto Alberto Luiz Coimbra de
Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia



Programa de Engenharia de Sistemas e
Computação

*Projeto de Pesquisa: Implementação de um
método baseado em aprendizado por reforço
para otimizar a comunicação peer-to-peer entre
uma embarcação autônoma da Marinha do
Brasil (VSNT-LAB) e um navio-mãe.*

Aluno: Luiz Henrique Souza Caldas

Orientadora: Profa. Dra. Rosa M. Leão (PESC/COPPE/UFRJ)

16 de janeiro de 2025

Conteúdo

1	Introdução	3
2	Objetivos	5
2.1	Objetivo Geral	5
2.2	Objetivos Específicos	5
3	Metodologia	6
3.1	Descrição do Sistema	6
3.2	Coleta de Dados	6
3.3	Modelagem com HMM	6
3.4	Implementação de RL	6
3.5	Validação	6
3.6	Ferramentas e Tecnologias	6

1 Introdução

A navegação marítima autônoma representa avanços significativos na segurança e eficiência das atividades marítimas. Embora o conceito de navios autônomos não seja recente sua aplicação atual é ampla, com benefícios como a redução de erros humanos e a otimização de recursos. No campo militar, a navegação não tripulada tem ganhado destaque, ampliando capacidades operacionais e mitigando riscos humanos. Nesse contexto, a Marinha do Brasil, com um papel estratégico na defesa da Amazônia Azul, busca desenvolver capacidades de navegação autônoma, especialmente para missões de reconhecimento, por meio do Veículo de Superfície Não Tripulado Laboratorial (VSNT-Lab), exibido na figura 1. Essa iniciativa reflete a estratégia da Marinha em explorar o potencial da navegação autônoma para operações táticas avançadas[1].

Figura 1: Veículo de Superfície Não Tripulado Laboratorial (VSNT-Lab)



Fonte: Lima et al. [1].

A comunicação híbrida do VSNT-Lab com o navio-mãe combina uma rede mesh baseada em rádio NetNode com uma conexão VPN sobre 4G, oferecendo redundância e resiliência em cenários operacionais desafiadores. Embora os autores de [1] relatem na conclusão de seu artigo que a comunicação durante o exercício MINEX-23 da Marinha do Brasil foi eficiente, as tecnologias empregadas apresentam limitações inerentes, conforme destacado em [2]. A rede mesh baseada em rádio sofre com interferências ambientais, como chuva e reflexões na superfície da água, além de seu alcance limitado, que pode comprometer a eficácia em cenários de maior extensão. Por sua vez, a conexão VPN sobre 4G depende de infraestrutura terrestre, restringindo sua aplicabilidade a áreas costeiras e tornando operações em alto-mar mais desafiadoras. Essas limitações enfatizam a necessidade de soluções híbridas mais robustas para superar os desafios de comunicação em ambientes marítimos remotos.

Os desafios de comunicação em VSNTs incluem latência, que pode impactar o controle em tempo real e a coordenação entre veículos, além de ruídos e falhas de transmissão que comprometem a confiabilidade dos dados. A largura de banda limitada é outro obstáculo, dificultando a troca simultânea de grandes volumes de informações, especialmente em comunicação de longo alcance. Esses fatores afetam diretamente a eficiência das missões, destacando a necessidade de tecnologias mais robustas e adequadas para cenários cooperativos e de alta demanda de dados[3].

A pesquisa em tecnologias de comunicação para o VSNT-Lab não apenas contribui para a eficiência das operações autônomas, mas também reforça a robustez e a segurança em missões militares e civis, essenciais para os interesses estratégicos da Marinha do Brasil na defesa da Amazônia Azul. Ao enfrentar desafios como latência, perda de pacotes e falhas de comunicação, os avanços no desenvolvimento de soluções híbridas e sistemas de comunicação resilientes garantem maior confiabilidade e capacidade de resposta em cenários críticos. Além disso, essas inovações fortalecem a capacidade de monitoramento e proteção da extensa Zona Econômica Exclusiva brasileira, promovendo uma integração eficiente entre tecnologias autônomas e estratégias táticas avançadas para a soberania e a sustentabilidade no domínio marítimo.

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver e implementar um método baseado em aprendizado por reforço para otimizar a comunicação peer-to-peer entre o navio-mãe e o VSNT-Lab, utilizando múltiplos canais de comunicação (rede mesh baseada em rádio NetNode e conexão VPN sobre 4G).

2.2 Objetivos Específicos

1. Caracterizar os desafios de comunicação específicos do VSNT-Lab.
2. Coletar dados de desempenho dos canais mesh e VPN durante missões simuladas e reais.
3. Modelar as condições de rede com HMM, considerando diferentes cenários operacionais.
4. Implementar um algoritmo de RL para gerenciar e otimizar a troca entre canais.
5. Validar o método em operações no ambiente marítimo, incluindo exercícios supervisionados pela Marinha.

3 Metodologia

3.1 Descrição do Sistema

3.2 Coleta de Dados

3.3 Modelagem com HMM

3.4 Implementação de RL

3.5 Validação

3.6 Ferramentas e Tecnologias

Referências

- [1] LIMA, D. S. de et al. Towards autonomous control system in brazilian navy's usv-lab using moos-ivp framework. *IFAC PapersOnLine*, Elsevier, v. 58, n. 20, p. 35–40, 2024. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896324010029>>.
- [2] ALQURASHI, F. S. et al. Maritime communications: A survey on enabling technologies, opportunities, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, IEEE, v. 10, n. 4, p. 3525–3547, 2023.
- [3] GE, J.; LI, T.; GENG, T. The wireless communications for unmanned surface vehicle: An overview. In: CHEN, Z. et al. (Ed.). *Intelligent Robotics and Applications*. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 113–119. ISBN 978-3-319-97586-3.