

MANIPULAÇÃO ROBÓTICA EM AMBIENTES DOMÉSTICOS: UM ESTUDO COMPARATIVO DAS MELHORES EQUIPES DA ROBOCUP@HOME 2024

Gabriela Bassegio¹, Plínio Thomaz Aquino Junior²

¹ Curso de Engenharia de Robôs, Centro Universitário FEI

² Departamento de Ciência da Computação, Centro Universitário FEI
uniegbassegio@fei.edu.br e plinio.aquino@fei.edu.br

Resumo: Neste artigo, são explorados os sistemas de manipulação dos robôs de serviço que competiram na RoboCup@Home 2024, com uma análise comparativa das tecnologias utilizadas pelas dez melhores equipes. A pesquisa foca nas diferenças de design dos manipuladores, software de controle, e estratégias de navegação e interação. O estudo também examina as implicações de utilizar manipuladores comprados versus fabricados pelas próprias equipes, fornecendo uma avaliação abrangente das soluções de manipulação em robótica de serviço.

1. Introdução

A robótica de serviço tem ganhado crescente relevância nas últimas décadas, impulsionada pela necessidade de automação em ambientes domésticos e assistenciais. Esses robôs, projetados para interagir diretamente com os seres humanos e realizar tarefas que anteriormente eram exclusivas das pessoas, representam um avanço significativo na busca por melhorar a qualidade de vida, especialmente para populações com necessidades especiais, como idosos e pessoas com deficiência. Entre as capacidades fundamentais desses robôs, a manipulação é um dos aspectos mais críticos, pois permite que eles interajam fisicamente com o ambiente, movendo, organizando e manipulando objetos de forma eficiente e segura. A competição RoboCup@Home, que reúne as principais equipes de robótica de serviço do mundo, oferece um cenário ideal para testar e avaliar as tecnologias de manipulação em situações reais, simulando ambientes domésticos complexos. Durante a competição, os robôs são desafiados a realizar tarefas que exigem uma combinação de navegação precisa, reconhecimento de objetos, e manipulação eficaz, tudo em um contexto em que a segurança e a interação harmoniosa com humanos são essenciais. As soluções de manipulação empregadas pelas equipes são, portanto, um reflexo do estado da arte em robótica de serviço, incorporando inovações em design de hardware, algoritmos de controle, e integração de sensores. Este artigo tem como objetivo realizar uma análise comparativa das soluções de manipulação utilizadas pelos robôs das melhores equipes da RoboCup@Home 2024. A pesquisa se concentrará em destacar as inovações em design de manipuladores, os softwares utilizados para planejamento e execução de tarefas, e a integração de sistemas que permitiram a esses robôs alcançarem um desempenho de destaque na competição. Ao identificar as tendências e avanços mais promissores, espera-se contribuir para o

desenvolvimento de robôs de serviço cada vez mais eficazes e adaptáveis às demandas de ambientes domésticos e assistenciais.

2. RoboCup@Home e Manipulação

A RoboCup@Home é uma competição internacional que visa promover o avanço das tecnologias robóticas aplicadas a ambientes domésticos e assistenciais. Focada em robôs de serviço autônomos, a competição desafia os participantes a desenvolverem sistemas capazes de operar em cenários realistas, onde a interação eficiente com objetos e humanos é essencial. Um dos aspectos cruciais avaliados na RoboCup@Home é a capacidade de manipulação dos robôs, que envolve pegar, mover e organizar objetos em ambientes dinâmicos e não padronizados. As tarefas de manipulação presentes na competição exigem dos robôs uma combinação de precisão, controle motor refinado e adaptabilidade. Exemplos dessas tarefas incluem organizar mantimentos, limpar mesas, servir refeições e seguir regras estritas durante a manipulação de objetos [2]. A habilidade de um robô em realizar essas atividades de forma autônoma e eficaz reflete diretamente seu potencial de aplicação em lares e espaços assistenciais, tornando a manipulação um fator determinante no sucesso das equipes na competição. Essas tarefas não apenas testam as capacidades técnicas dos robôs, mas também impulsionam o desenvolvimento de soluções inovadoras que podem ser aplicadas em contextos do mundo real, contribuindo para o avanço da robótica de serviço.

3. Metodologia

A análise comparativa das soluções de manipulação dos robôs na RoboCup@Home 2024 foi realizada por meio de entrevistas com as equipes participantes, inspeção técnica dos robôs e análise dos artigos técnicos (TDPs) submetidos para a competição. As entrevistas foram conduzidas durante o evento na Holanda e forneceram informações detalhadas sobre as escolhas de design, software e estratégias de manipulação adotadas. Paralelamente, foram feitas inspeções técnicas dos robôs, observando-se suas capacidades práticas de manipulação, como grau de liberdade dos manipuladores e a integração de sensores. Além disso, os artigos técnicos das equipes foram analisados para validar as informações obtidas nas entrevistas e inspeções. A partir desses dados, foram elaboradas tabelas comparativas, destacando o grau de liberdade, o software utilizado, os sensores e se os manipuladores eram fabricados ou comprados. Essa abordagem permitiu uma comparação objetiva das

soluções de manipulação, identificando tendências e inovações em robótica de serviço.

4. Resultados

Os dados obtidos foram sintetizados e organizados em tabelas comparativas, as quais incluem informações sobre as capacidades de manipulação dos robôs, como o grau de liberdade dos manipuladores, software utilizado para controle e planejamento de movimentos, sensores de manipulação, origem dos robôs (se fabricados ou comprados), e nome/modelo dos manipuladores quando adquiridos de fornecedores. As Tabelas I e II permitiram uma comparação direta e objetiva entre as diferentes abordagens adotadas pelas equipes, facilitando a identificação de tendências e inovações.

Tabela I – Caracterização da Equipe e Robô.

#	Equipe	Nome do Robô	Origem do Robô	Software de Navegação
1	NimbRo@Home	TIAGo++	Comprado	SLAM Toolbox
2	Tidyboy-OPL	Lucio mk2	Fabricação Própria	Hector SLAM, AMCL
3	SocRob@Home	TIAGo	Comprado	Gmapping, AMCL
4	Chief Scientist Office	SOAR	Fabricação Própria	Move Base, EBand planner
5	LAR@Home	CHARMIE	Fabricação Própria	Nav2
6	RoboFEI	HERA	Fabricação Própria	SLAM
7	Gentlebots	TIAGo Iron	Comprado	Nav2
8	Serious Cybernetics Corp	Kurt / Kate	Fabricação P./Comprado	Move Base
9	LCASTOR	TIAGo	Comprado	Move Base, SLAM
10	LASR	TIAGo Steel	Comprado	Move Base, pal_planner

Tabela II – Caracterização da Manipulação dos Robôs.

#	G	B	Software Manip.	Capacidades Manip.	C/ F	Nome/ Modelo Manip.	Sensores Manip.
1	7	2	MoveIt! personalizado	Braços simétricos e tronco ajustável	C	PAL Robotics TIAGo++ Manipuladores	Câmera RGB-D, LiDAR 3D
2	7	1	MoveIt! personalizado	Braço com garra Robotiq	C	Kinova Gen 3	LiDAR, câmera RGB-D
3	7	1	MoveIt!, GraspNet	Manipulação com gripper, percepção de preensão e tronco ajustável	C	PAL Robotics TIAGo Manipulador	Câmera RGB-D, LiDAR, sensores profundos
4	7	1	MoveIt!, personalizado	Manipulação com feedback visual em tempo real	C	xArm 7 ² by uFactory	RealSense D435 RGB-D camera
5	6	1	ROS2, MoveIt!	Braço com garra flexível e tronco ajustável	C	xArm 6 by uFactory	Câmera Intel RealSense, LiDAR
6	6	1	MoveIt!, OctoMap	Manipulação com garra flexível		Fabricação Própria FEI	Sensores estéreo, Intel RealSense
7	7	1	MoveIt! 2	Manipulação com gripper, percepção de preensão e tronco ajustável	C	PAL Robotics TIAGo Manipulador	Câmera RGB-D, LiDAR, sensores estéreo

8	6/5	1	MoveIt!, GraspNet	Manipulação em ambientes apertados/obstáculo	FP/C	Katana 630 /PAL Robotics TIAGo	Câmera RGB-D, sensores profundidade
9	7	1	MoveIt!, GraspNet	Manipulação com gripper, percepção de preensão e tronco ajustável	C	PAL Robotics TIAGo Manipulador	Câmera RGB-D, sensores profundidade
10	7	1	MoveIt!, Contact GraspNet	Manipulação com gripper, percepção de preensão e tronco ajustável	C	PAL Robotics TIAGo Manipulador	Câmera RGB-D, sensores profundidade

5. Conclusões

A análise das soluções de manipulação adotadas pelas dez melhores equipes da RoboCup@Home 2024 revela a importância central que os sistemas de manipulação desempenham no sucesso dos robôs em tarefas complexas de serviço. A competição destacou a diversidade de abordagens adotadas, desde robôs equipados com manipuladores comprados de fornecedores especializados até aqueles desenvolvidos internamente pelas equipes, como o robô HERA da equipe RoboFEI [1]. O HERA se diferencia como o único entre os líderes que enfrenta o desafio de desenvolver seu próprio manipulador, demonstrando um compromisso com a inovação e a capacidade de adaptar soluções de manipulação às necessidades específicas da competição.

Os resultados indicam que o sucesso na RoboCup@Home está cada vez mais atrelado à eficácia dos sistemas de manipulação, que não apenas precisam ser precisos e adaptáveis, mas também integrados de forma inteligente com os sensores e software de controle. A capacidade de realizar tarefas como organizar objetos, limpar superfícies e interagir de maneira segura com pessoas e ambientes dinâmicos é crucial para a pontuação e classificação nas provas. As inovações observadas, tanto em hardware quanto em software, sugerem que futuros avanços na robótica de serviço devem focar na otimização dos sistemas de manipulação, promovendo maior precisão, eficiência e adaptabilidade. A partir das conclusões deste artigo, é possível direcionar o desenvolvimento de robôs mais capazes, que possam não apenas competir em alto nível, mas também desempenhar um papel significativo na melhoria da vida cotidiana através da automação inteligente.

6. Referências

- [1] G. Nicolau Marostica, N. A. Grotti Meireles Aguiar, F. d. A. Moura Pimentel, and P. T. Aquino-Junior, "Robofei@home: Winning team of the robocup@home open platform league 2022," in RoboCup 2022: Robot World Cup XXV, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2023, pp. 325–336.
- [2] RuleBook for RoboCup @Home 2024, <https://github.com/RoboCupAtHome/RuleBook>

¹ Aluna do Curso de Engenharia de Robôs, integrante voluntária do Projeto RoboFEI@Home do Centro Universitário FEI.