Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Percy Wilianson Lovon Ramos

Modeling and Control Design of a Tracked Mobile Robot for Surveillance Tasks

Dissertação de Mestrado

Dissertation presented to the Programa de Pós–graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio in partial fulfillment of the requirements for the degree of Mestre em Engenharia Elétrica
.

Advisor: Prof. Antonio Candea Leite

Rio de Janeiro
June 2019

Pontifícia Universidade Católica
do Rio de Janeiro

Percy Wilianson Lovon Ramos

Modeling and Control Design of a Tracked Mobile Robot for Surveillance Tasks

Dissertation presented to the Programa de Pós–graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio in partial fulfillment of the requirements for the degree of Mestre em Engenharia Elétrica . Approved by the Examination Committee.

Prof. Antonio Candea Leite
Advisor
Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

Prof. Paulo César Pellanda
Instituto Militar de Engenharia – IME

Prof. Ramon Romankevicius Costa
Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Prof. José Paulo Vilela Soares da Cunha
Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ

Rio de Janeiro, June 25th, 2019

Percy Wilianson Lovon Ramos

Systems Engineering by National San Agustin University (Arequipa, Perú)

Bibliographic data

Lovon Ramos, Percy Wilianson

Modeling and Control Design of a Tracked Mobile Robot for Surveillance Tasks / Percy Wilianson Lovon Ramos; advisor: Antonio Candea Leite, – 2019.

v., 118 f: il. color. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, 2019.

Inclui bibliografia

1. Engenharia Elétrica – Teses. 2. Robôs Móveis com Esteiras;. 3. Controle Robusto;. 4. Sistemas Incertos;. 5. Interface de Usuário Móvel;. 6. Robôs de Vigilância;. I. Leite, Antonio Candea. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

To my parents, for their support
and encouragement.

Acknowledgments

I would like to first thank my parents for all the support during the development of this thesis. I dedicate all my gratitude, to my sister and my brother for being there to remind me the correct path, and my beloved nephews.

I would like to thank my friends that I met during the process of development this thesis and my colleagues from the Intelligent Control Laboratory (LCI), for all the experiences during this time, I always will be grateful with you guys.

I would like to thank my advisor, Professor Antonio C. Leite, for all the technical teaching, advices and personal lessons learned during this time, for always be there when I have a doubt or problem.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

Abstract

Lovon Ramos, Percy Wilianson; Leite, Antonio Candea (Advisor). **Modeling and Control Design of a Tracked Mobile Robot for Surveillance Tasks**. Rio de Janeiro, 2019. 118p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

In recent years, the latest advances in robotics and its applications have been used to reduce the workload and manpower requirements, improving the environment, health and safety (EHS) conditions, particularly in agricultural production and farming systems. Autonomous robots are part of such technological innovation and Tracked Mobile Robots (TMRs), in particular, have being widely used on agricultural fields around the world, since their tracks provide a large contact area on the wet soils and irregular terrains avoiding the robot to get stuck. In this work, we address the modeling and control design of tracked mobile robots (TMRs) able to perform surveillance tasks in agricultural fields. The proposed methodology considers that the kinematic models of the TMRs are both uncertain due to the inherent slippage between the tracks and the terrain. To deal with the modeling uncertainties and external disturbances, we use the sliding mode control (SMC) approach. A Mobile User Interface (MUI) based on Android operating system. is developed to control the TMR manually or autonomously. By using the MUI the human operator can visualize the information captured from external and internal sensors. Numerical simulations in MATLAB are carried out to verify the performance of the controller as well as validate the robot kinematic model under different configurations.

Keywords

Tracked Mobile Robots; Robust Control; Uncertain Systems Mobile User Interface; Surveillance Robots;

Resumo

Lovon Ramos, Percy Wilianson; Leite, Antonio Candea. **Modelagem e Controle de um Robô Móvel com Esteiras para Tarefas de Vigilância**. Rio de Janeiro, 2019. 118p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Nos últimos anos, os avanços mais recentes em robótica e suas aplicações têm sido usados para reduzir a carga de trabalho e os requisitos de mão-de-obra, melhorando o ambiente, a saúde e a segurança, particularmente nos sistemas de produção agrícola. Robôs autônomos fazem parte de tal inovação tecnológica e os robôs móveis com esteiras, em particular, têm sido amplamente utilizados em campos agrícolas em todo o mundo, já que suas esteiras proporcionam uma grande área de contato em solos úmidos e terrenos irregulares, evitando que o robô fique preso e melhorando a sua mobilidade. Neste trabalho, aborda-se a modelagem e o controle de robôs móveis com esteiras (*Tracked Mobiler Robots, TMRs*) para executar tarefas de vigilância em campos agrícolas. A metodologia proposta considera que o modelo cinemático do TMR são incertos devido ao escorregamento inerente entre as esteiras e o terreno. Para lidar com as incertezas de modelagem e perturbações externas, utiliza-se uma estratégia de controle robusto baseada na abordagem de modos deslizantes. Uma interface de usuário móvel (*Mobile User Interface, MUI*) baseada no sistema operacional Android é desenvolvida para controlar o robô movél com esteiras de forma manual ou autônoma. A partir da MUI, o operador humano pode visualizar as informações capturadas de sensores externos e internos. Simulações numéricas em MATLAB são realizadas para verificar o desempenho do controladores, bem como validar o modelo cinemático do robô, em diferentes configurações iniciais.

Palavras-chave

Robôs Móveis com Esteiras; Controle Robusto; Sistemas Incertos; Interface de Usuário Móvel; Robôs de Vigilância;

Table of contents

List of figures

List of tables

List of Abreviations

CCTV – Closed Circuit Television
DTFM – Dual Tone Multifrequency
GPS – Global Position System
HRI – Human Robot Interaction
ICR – Instantaneous Center of Rotation
ID – Identification
IMU – Inertial Measurement Unit
IoT – Internet of Things
IP – Internet Protocol
LIDAR – Laser Imaging Detection and Ranging
MUI – Mobile User Interface
OS – Operating System
PIR – Passive Infrared sensor
RGB-D – Red Green Blue-Depth
RHIB –Rigid Hull Inflatable Boat
ROS – Robot Operating System
SAR – Synthetic Aperture Radar
SBSS – Space Based Space Surveillance
SMC – Sliding Mode Control
STA – Super Twisting Algorithm
TMR – Tracked Mobile Robot
UUV – Unmanned Underwater Vehicles
WMR – Wheeled Mobile Robot

Science without religion is lame, religion without science is blind.

Albert Einstein, *Science and religion, 1954.*