

## Resumo

Embora o mercado para sistemas baseados em veículos operados remotamente seja muito mais significativo na indústria petrolífera do que para qualquer outra, tem-se constatado, um pouco por todo o mundo, uma crescente importância das actividades de inspecção de infra-estruturas subaquáticas e de outros serviços, sendo de realçar a arqueologia, o salvamento, a instalação e manutenção de cabos de telecomunicações e de energia, inspecção de condutas, a desminagem, a investigação oceanográfica, o apoio a obras subaquáticas, a inspecção de cais, pilares de pontes e paredes de barragens, monitorização de tanques de água potável e a inspecção de cascos de navios.

Esta dissertação pretende apoiar o projecto de controladores para veículos subaquáticos para facilitar as tarefas de inspecção referidas. Como tal, neste trabalho são abordadas as questões que se prendem com a modelização de veículos subaquáticos, nomeadamente a modelização de um veículo operado remotamente (ROV) do Laboratório de Sistemas e Tecnologias Subaquáticas (LSTS). O trabalho de modelização é dividido em três grandes componentes: movimento do corpo rígido, propulsores e perturbações. É ainda implementada uma simulação agregando estes componentes, constituindo assim uma base de trabalho para a síntese de controladores.

Um ponto fulcral no cumprimento da tarefa de inspecção por parte de um veículo subaquático é o seu posicionamento e o seguimento de trajectórias. Sendo o modelo do veículo não linear, é feita neste trabalho uma revisão dos principais controladores não lineares consagrados na literatura. Também são efectuadas algumas simulações com dois controladores não lineares e um linear, sendo, à luz das aplicações endereçadas, apresentada uma análise comparativa dos controladores de linearização por realimentação de estado, "sliding modes" e PID's.

Para obter um melhor desempenho das actividades de inspecção é ainda projectado um controlador para o sistema integrado envolvendo o ROV e um "Pan&Tilt" suportando uma câmara de vídeo. Uma vez que a resposta deste sistema é bastante mais rápida do que a da plataforma de inspecção, poder-se-á usar com vantagem o seu controlo para cancelar o efeito das perturbações que o sistema de controlo da plataforma eventualmente não tenha conseguido compensar.

O trabalho realizado nesta dissertação enquadrou-se nas actividades de Investigação e Desenvolvimento do Grupo de Engenharia de Decisão e Controlo (GEDC) da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, nomeadamente no projecto IES, financiado pelo programa PRAXIS XXI da Fundação para a Ciência e para a Tecnologia (FCT).

## Abstract

Although the market for inspection systems based on remotely operated vehicles is much more significant in the oil and gas industry than in any other, there has been a growing interest in the use of

such systems for other applications involving the inspection of underwater structures as well as other services. Examples of those include archeology, human and object salvage, power and communications cables deployment and maintenance, pipeline inspection, de-mining, oceanographic research, underwater civil works follow up, inspection of quays, bridges and dam walls, monitoring water tank and ship hull inspections.

The main goal of this dissertation concerns the design of control systems for underwater vehicles as part of inspection systems to address most of the mentioned applications. Therefore, in this work, we address issues concerning the modeling of underwater vehicles and, more specifically, a remotely operated vehicle (ROV) of the Systems and Underwater Technologies Laboratory (LSTS). The modeling effort is organized into three main components: underwater rigid body motion, thrusters, and disturbances. All these components were integrated in a MATLAB simulation based environment which was instrumental as a framework to support control systems design.

The underwater vehicle motion, and, in particular, its positioning and trajectory tracking, pose a number of issues which are critical in the fulfillment of the requirements set out for the inspection activities. Since the model of the vehicle is highly nonlinear, a survey of the main results of the nonlinear control literature is presented. A linear controller (PID) and, by using distinct approaches, more precisely state feedback linearization and sliding modes, two nonlinear controllers are designed having in mind the considered application requirements. The corresponding simulation results are presented and used in order to support a comparative analysis.

In order to improve the performance of inspection activities, a controller for the Pan&Tilt unit supporting a video camera is also designed. Since the response of this system is much faster than that of the ROV platform, its control can compensate with advantage the effect of disturbances that were not eliminated by the platform control system.

The work presented on this dissertation is part of the R&D activities of the Decision and Control Engineering Group (GEDC) of the Engineering Faculty of the Porto University, more precisely within the IES project, funded by the PRAXIS XXI program of the Portuguese Science and Technology Foundation (FCT).