

Relatório Final

Projeto SeaAI - Sistema de Enrolamento Filamentar Assistido por Braço Robótico e Visão com Inteligência Artificial – Ref. FA_02_2017_011

Daniela Rato

Agosto 2020

1 Introdução

Este relatório diz respeito a todo o trabalho desenvolvido pela bolsista de investigação Daniela Rato durante os meses de Outubro e Julho.

Inicialmente o projecto baseava-se num sistema de enrolamento de filamentos assistido por braço robótico, problema proposto pela empresa Composite Solutions, parceira da Universidade de Aveiro neste projecto. No início de Outubro, a empresa decidiu que o processo de enrolamento do filamento já não era relevante para o seu trabalho, e o projecto mudou o seu curso para um novo problema sugerido pela Composite Solutions: a produção de cascos de barco através da infusão de fibra de vidro em moldes. Este novo problema tinha como objectivo a monitorização do processo de infusão, tanto em termos de tempo e direcção da infusão, como também da temperatura da fibra de vidro infundida. O tempo e a direcção da infusão é considerado importante para evitar a acumulação do material em alguns pontos em particular, como vértices, e detectar problemas com o sistema de vácuo. A temperatura da fibra de vidro é importante porque, uma vez que o processo é exotérmico, liberta energia e pode sobreaquecer e formar "hotspots", criando pontos duros que correspondentes a pontos de ruptura, enfraquecendo o material.

Depois de estudar o problema, considerou-se a melhor solução seria implementar um sistema de duas câmaras, uma visual e uma térmica, numa posição pré-determinada para poder ver todo o molde, e desenvolver uma aplicação de monitorização para visualizar os gradientes de tempo de infusão e temperatura do molde que cria alarmes quando as condições ideais não estão a ser cumpridas.

2 Objectivos iniciais

Os objectivos iniciais definidos no início da Bolsa foram divididos em 4 grandes tarefas detalhadas abaixo. Note-se que estes objectivos foram definidos com um carimbo de 6 meses.

Tarefa 1 - Estudos Preliminares

Compreender e formalizar o problema, e identificar as variáveis a monitorizar e como as medir, incluindo a definição dos sensores a utilizar, tais como uma câmara de luz visível e uma câmara térmica.

Tarefa 2 - Sistema de Visão

Instalação e calibração de sistemas de visão, incluindo a concepção de sistemas de suporte de câmara e as ligações entre os vários componentes do sistema. A solução a ser desenvolvida deve permitir a aquisição sincronizada das câmaras com disparo por software, ou hardware, na medida do possível ou necessário. Instalação da infra-estrutura informática para registar e processar os dados produzidos pelo processo, em particular o sistema operativo (Ubuntu) e o software necessário (ROS, OpenCV, ...) e estabelecer a comunicação entre o computador e as câmaras.

Tarefa 3 - Implementação da monitorização e gravação

Desenvolvimento de uma aplicação de monitorização e gravação de alarmes para posterior análise e rastreabilidade do processo de fabrico. A aplicação deve também permitir a configuração interactiva, ou acção remota, dos limites dos parâmetros para a definição de eventos.

Tarefa 4 - Testes e escrita de documentação

Testes ambientais reais com aquisição, gravação e monitorização de imagens e eventos. Escrita de relatórios e manual do utilizador do sistema desenvolvido.

Tarefa 5 - Integração da imagem térmica com amostras dispersas de temperatura

Encontrar uma relação entre a temperatura dada pelos sensores (temperatura real) e o valor de cada pixel da imagem térmica e realizar a calibração térmica do sistema.

Tarefa 6 - Representação de mapas térmicos integrados

Integração das imagens visuais e térmicas de forma a fazer o matching de features no campo de visão e obter uma imagem calibrada RGB-IR.

Tarefa 7 - Recolha de dados na Composite Solutions e integração da solução no processo de infusão de fibra de vidro

Recolha de dados de processo de infusão de fibra de vidro em moldes para ambas as câmaras (térmica e visual) e integração da solução no layout da empresa.

Tarefa 8 - Desenvolvimentos de uma aplicação para controlo e monitorização da infusão de fibra de vidro

Desenvolvimento de uma aplicação user-friendly para monitorização e controlo do processo de infusão de fibra de vidro em moldes, com alerta de hotspots e velocidades de infusão variáveis.

Tarefa 9 - Testes e escrita de documentação

Realização de testes em ambiente real com aquisição, registo e monitorização de imagens e eventos. Escrita de relatórios e manual de utilização do sistema desenvolvido.

3 Descrição do Trabalho Desenvolvido

Inicialmente procedeu-se à familiarização com a câmara térmica. O IEETA (Instituto de Engenharia Electrónica e Informática de Aveiro) cedeu uma Xenics Gobi 384 ao projecto. Esta câmara não incluía drivers ROS, pelo que foi desenvolvido um driver ROS para comunicar com a câmara e poder configurar e visualizar a imagem térmica num ambiente Linux. Nesta fase, concluiu-se que a câmara não tinha uma calibração térmica, o que significava que não era possível conhecer a temperatura de cada pixel.

Sabendo isto, foi encomendado um pequeno circuito com um arduino e 3 sensores de temperatura MCP9808, mostrado na Figura 1, para fazer experiências sobre calibração de temperatura nesta câmara térmica. Foi também desenvolvido um driver ROS para comunicar com o arduino e, por sua vez, com os sensores térmicos. Os dois drivers foram agrupados num novo nó ROS de calibração térmica.

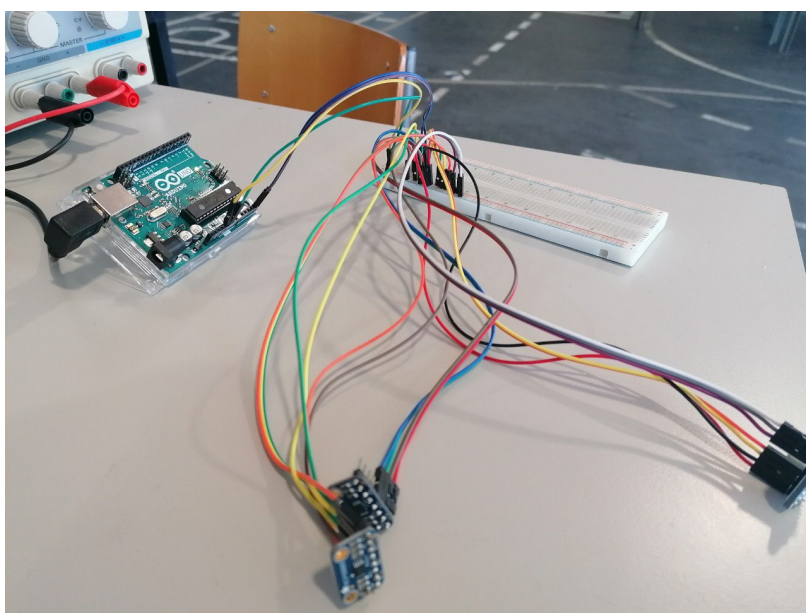


Figure 1: Setup desenvolvido para a calibração térmica de uma câmara térmica.

Ao estudar o problema, chegou-se à conclusão que a melhor opção para calibrar uma câmara térmica é incluir um corpo preto no campo de imagem da câmara, e sabendo que a sua emissividade é 1 e conhecendo o valor dos seus pixels, encontrar uma relação entre o resto dos pixels nas imagens e a sua temperatura. Esta opção de calibração pode não ser muito eficiente, o que pode ser melhorado mantendo o corpo negro no campo de visão da câmara a todo o momento e realizando a calibração periodicamente. É de notar que esta calibração térmica ainda não foi totalmente desenvolvida e a temperatura dos pixels ainda não foi obtida.

A par disto, neste período de tempo foi também desenvolvido um método de calibração extrínseca. Esta calibração consiste em encontrar a relação espacial entre a câmara visual e a câmara térmica, essencial para mais tarde corresponder ao molde de infusão em ambas as imagens. A figura 2 mostra frames de cada câmara para o mesmo momento de aquisição.

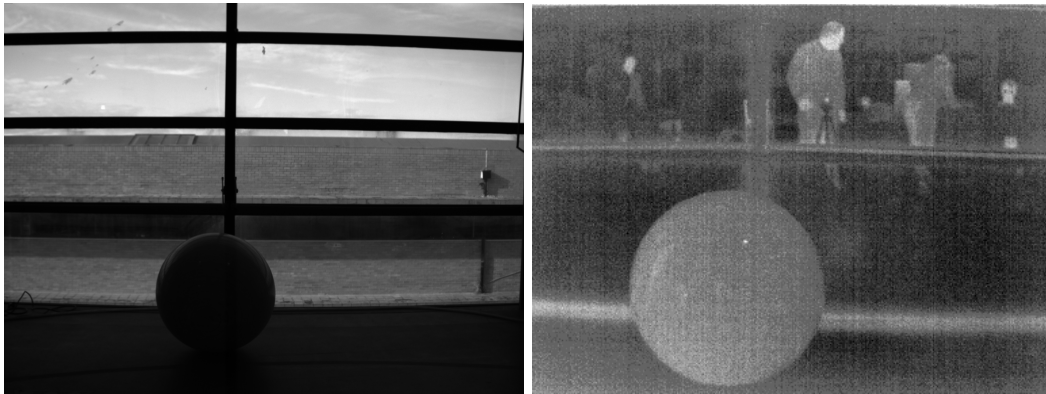


Figure 2: Imagens térmicas e visuais no mesmo instante.

Resumidamente, este processo de calibração extrínseca consiste em mover uma bola de ginástica no campo de visão de ambas as câmaras e com *deep learning* detectar a bola nas duas imagens ao mesmo tempo, calcular o seu centro em cada imagem e conseqüentemente no referencial global com o sistema de coordenadas em cada câmara, e combinar as nuvens de pontos obtidas por esses centros, obtendo uma matriz de rotação e translação da transformação de uma câmara para outra.

Foi também construída uma configuração física para colocar e fixar as câmaras para garantir que as câmaras não se moveriam umas em relação às outras e para assegurar também uma maior precisão na análise dos resultados da calibração. Esta configuração é mostrada na Figura 3.

Posteriormente, foram feitas novas experiências de calibração, incluindo câmeras 3D, com a informação tridimensional transformada em imagens depth convertidas para imagens `uint8`. Os resultados obtidos comprovaram mais uma vez a eficácia e abrangência do método.

Nas visitas a Composite Solutions, a configuração das câmaras foi testada e foram feitas duas aquisições distintas à infusão de fibra de vidro no molde de um casco. Uma das infusões foi feita nas antigas instalações da empresa, e outra nas novas instalações, mas uma vez que não foi possível chegar a um acordo de qual seria o melhor sítio para fixar as câmaras devido à diferença de tamanhos dos moldes, as câmaras foram colocadas num suporte móvel, como mostra a Figura 4.

Além disso, desenvolvemos um estudo das câmaras térmicas disponíveis no mercado para definir a melhor opção para a empresa adquirir como solução final a ser implementada na empresa. Mas devido a atrasos por parte da empresa, esta câmara nunca foi adquirida.

4 Resultados Obtidos

Como resultados concretos deste projeto foram escritos dois artigos: "Automatic Registration of IR and RGB Cameras using a Target detected with Deep Learning" apresentado na conferência ICARSC 2020 - 20th IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions em Abril, que descreve a metodologia desenvolvida para fazer a calibração multimodal entre câmaras visuais e térmicas; "Multimodal Calibration of 3D, InfraRed and Visual Cameras using Deep Learning to detect a Spherical Target" submetido para a revista SN Applied Science, descrevendo uma extensão do procedimento anterior aplicado também para outros tipos de câmaras, nomeadamente câmaras 3D ou depth.

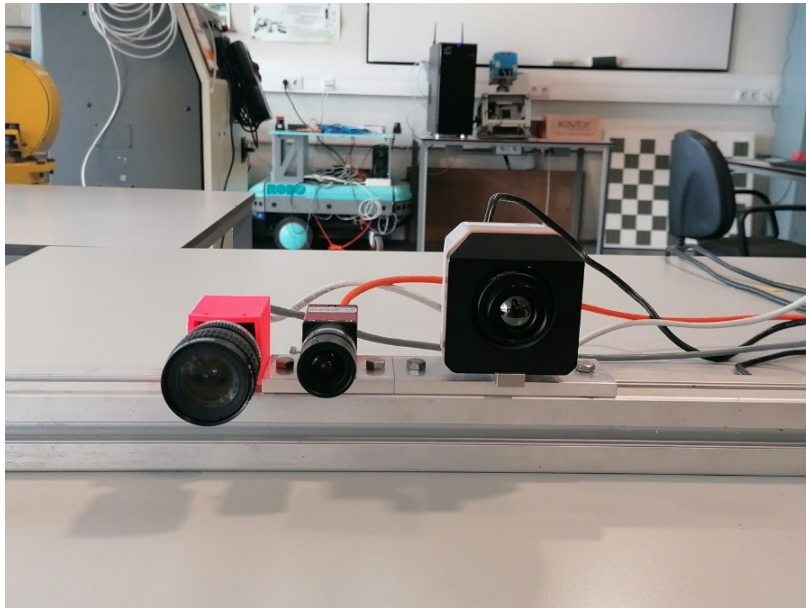


Figure 3: Setup construído para fixar as câmeras.

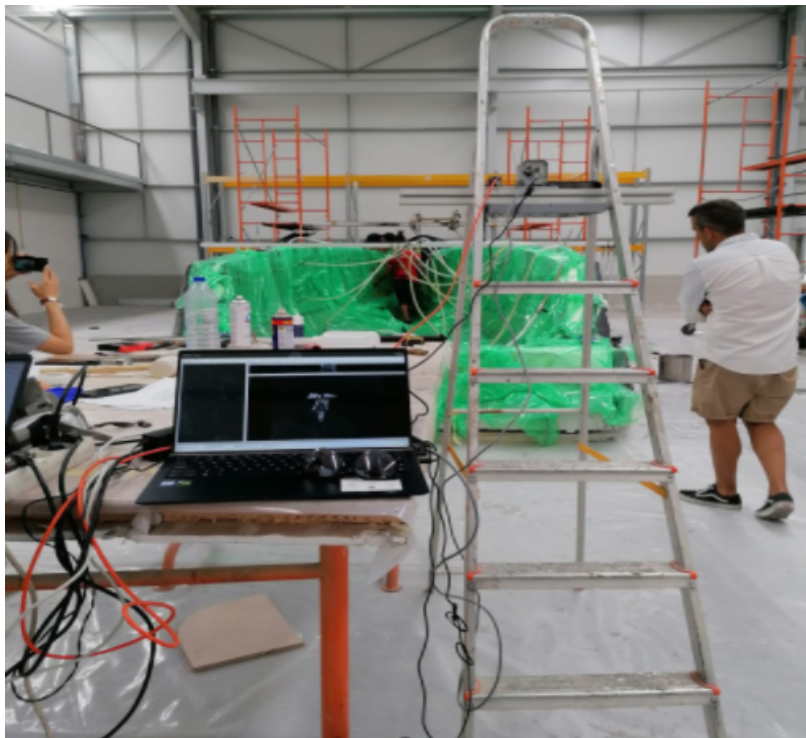


Figure 4: Setup usado para a aquisição de dados na empresa.

5 Conclusão

Resumindo os 10 meses de trabalho no projeto SeaAI, os objetivos iniciais não foram totalmente concluídos, no entanto por motivos alheios ao trabalho desenvolvido pelos bolsеiros, nomeadamente atrasos na compra da câmara térmica para implementação na empresa, atrasos na aquisição de dados e também devido ao período de confinamento obrigatório, que impediu as deslocações à empresa e atrasou os fornecimentos de material de um modo geral.

Para concluir, o trabalho desenvolvido durante o curso do projeto revelou-se satisfatório e resultou em dois artigos submetidos, output importante para partilhar o trabalho com a comunidade científica e provar a sua validade.