

Projecto em Informática - 2018/2019

Título: Reconstrução 3D de cenários subaquáticos com base em visão e laser.

Nº de elementos da equipa: 4 a 5

Área e palavras-chave: Structure from motion, reconstrução 3D, laser, robótica subaquática, ROV, posicionamento 3D

Mentores: Francisco Curado, fcurado@ua.pt (DETI/IEETA); Nuno Lau (DETI/IEETA); Paulo Lopes (FISUA/IEETA)

Objectivos:

Pretende-se desenvolver um sistema de reconstrução 3D (3DR) de cenários submersos com base em vídeo e/ou fotografia subaquática obtidos com a câmara de vídeo de um veículo submarino operado remotamente (Remotely Operated Vehicle - ROV). Para implementar a solução de 3DR propõe-se usar a abordagem Structure from Motion (SfM) para a qual já existem ferramentas de software disponibilizados em plataformas como OpenCV e Matlab. Além da aquisição de imagens do ambiente subaquático será usado um projector de feixes laser de baixo custo para estabelecer a escala das cenas observadas pela câmara do ROV. O sistema 3DR poderá também explorar dados dos sensores de orientação do veículo para auxiliar o processo de estimação da pose da câmara (veículo). Com base nas técnicas implementadas, será analisado o potencial de aplicação do sistema 3DR ao posicionamento 3D do ROV em tempo real, explorando imagens de vídeo e laser.

Motivação:

A reconstrução tri-dimensional de cenários subaquáticos é um requisito frequente em ciências do Mar e na exploração de recursos em fundos marinhos. A título de exemplo:

- em biologia marinha, na modelação 3D de habitats complexos (grutas, recifes de coral, etc.);
- na geologia marinha para mapeamento 3D e monitorização de formações geológicas activas a elevadas profundidades (chaminés vulcânicas, vulcões de lama com elevado conteúdo de gás metano, etc.);
- em arqueologia sub-aquática, onde a reconstrução 3D de achados submersos é um requisito fundamental e de difícil execução por operadores humanos (mergulhadores).

Os veículos robóticos submarinos permitem realizar tarefas de difícil execução no ambiente sub-aquático, em cenários de operação que implicam riscos acrescidos ou que são inacessíveis a mergulhadores humanos. Dentre os diversos tipos de robots submarinos existentes, os veículos operados remotamente (designados em inglês Remotely Operated Vehicles – ROV) são sistemas robóticos comandados à distância por um operador humano, através de um cabo umbilical, que permitem executar tarefas de considerável

complexidade. A sua operação é baseada essencialmente em imagens de vídeo captadas pelo veículo e transmitidas (pelo cabo umbilical) para uma consola na superfície onde um ou mais operadores controlam o ROV com base nas imagens recebidas e alguns dados sensoriais adicionais. Um dos principais problemas na operação de ROVs é o da sua localização e do controlo da sua posição no ambiente submarino. Este problema está intimamente relacionado com o problema da referência espacial das imagens adquiridas de forma a que estas possam ser localizadas num referencial comum para darem origem a uma montagem de imagem consistente (estrutura 3D ou mosaico no caso de reconstrução 2D). Entre as diferentes abordagens possíveis para a resolução destes problemas, as técnicas de posicionamento baseadas em visão estão entre as mais atractivas por poderem ser implementadas com recurso a uma simples câmara de vídeo. Com efeito, a câmara de vídeo é um equipamento 'standard' em todos os ROVs, que permite implementar soluções de localização de baixo-custo, sem recurso a instrumentação externa ao veículo e sem incorrer nos problemas de crescimento linear do erro ao longo do tempo que é inerente aos sistemas de navegação inerciais.

Introdução ao problema:

Os métodos de Structure from Motion aplicam técnicas de visão (fotogrametria) que permitem estimar estruturas tri-dimensionais a partir de sequências de imagens bi-dimensionais que podem ser complementadas com dados sensoriais de movimento do sistema de observação (câmaras). Dado que as técnicas de SfM implicam a determinação das transformações de perspectiva necessárias à reconstrução 3D do cenário com base nas imagens 2D adquiridas pela câmara, é possível utilizar os resultados desse cálculo para resolver o problema inverso da localização do observador (câmara) relativamente ao cenário observado. Como tal, a SfM tem sido utilizada também como um método de posicionamento e de navegação 3D baseados em visão.

A aplicação da abordagem SfM à reconstrução 3D de cenários submarinos enfrenta desafios acrescidos que normalmente não se colocam em ambientes fora de água.

- Devido à existência de partículas em suspensão, peixes e outros animais em movimento, não é possível assumir que a cena observada é estática (ou rígida), o que viola uma das premissas normalmente usadas em técnicas de SfM e Optical Flow. Assim, a abordagem de SfM terá que ser adaptada às condições particulares da visão subaquática. Em particular, deverão ser usadas técnicas de processamento de imagem destinadas a mitigar a detecção de features espúrias correspondentes a materiais em suspensão na coluna de água.
- A forte absorção da luz dentro de água resulta numa forte redução da visibilidade e do contraste com a distância de observação. Prevê-se que seja necessária a aplicação de técnicas e de aumento do contraste adaptadas à aquisição de imagem subaquática.
- A aquisição de imagem com recurso a iluminação artificial é dificultada pela presença de uma elevada densidade de pequenas partículas em suspensão na água que provocam a reflexão e a dispersão da luz em múltiplas direcções, sendo o efeito mais grave o da reflexão difusa na direcção da câmara (retro-reflexão ou *backscattering*) que perturba gravemente o registo de imagens podendo dar origem a artefactos como o efeito orb.

- A absorção da luz dentro de água varia de forma significativa com o comprimento de onda, provocando uma distorção das cores tipicamente caracterizada pelo efeito de imagem azulada (*hazing*). Por esta razão, a reconstrução realista de uma cena a cores, ainda que limitada a distâncias de poucos metros, pode requerer a aplicação de técnicas de compensação da distorção cromática (por exemplo, *dehazing*).

Trabalho a desenvolver:

1. **Estado da arte em SfM e 3DR:** estudo sumário do estado da arte em Reconstrução 3D e domínio das técnicas de SfM e das ferramentas de software a utilizar (por ex: OpenCV).
2. **Data-set de imagens de vídeo:** preparação de uma base de dados de imagem vídeo subaquática, adquirida previamente e preferencialmente com um ROV, e representativa dos problemas reais a resolver em ambiente marinho (alguns destes dados poderão ser fornecidos aos alunos).
3. **Calibração de câmara de vídeo:** adaptação dos métodos já implementados para calibração da imagem adquirida com a câmara de vídeo do ROV para os novos algoritmos a desenvolver.
4. **Deteção e eliminação de features espúrias:** aplicação de técnicas de processamento de imagem destinadas a mitigar a deteção de features espúrias correspondentes a materiais em suspensão na coluna de água.
5. **Técnicas de *image enhancement*:** aplicação de técnicas de compensação da distorção cromática e de aumento do contraste da imagem adaptadas à aquisição de imagem subaquática.
6. **Implementação de 3DR baseado em SfM+Laser:** implementação de métodos de SfM e 3DR baseados numa câmara de vídeo monocular integrada com o método de triangulação baseado em laser.
7. **Integração de sensoriamento de movimento com SfM:** aquisição e processamento de medições de orientação e movimento do ROV para integração no sistema de SfM/3DR.
8. **Auto-posicionamento baseado em 3DR:** avaliação do potencial e possível aplicação do sistema 3DR ao posicionamento 3D do ROV em tempo real.
9. **Testes em ambiente sub-aquático:** eventual execução de testes com o ROV na água.
10. **Deliverables:** apresentações e escrita de relatórios (conforme previsto no programa da disciplina).

NOTAS:

1. O trabalho proposto pode ser desenvolvido em ambiente laboratorial; no entanto, e dependendo da disponibilidade da equipa, poderão ser adquiridas imagens e realizados testes reais do sistema com o ROV dentro de água, num tanque ou numa piscina (localizada nas instalações do centro de investigação ECOMARE).
 2. Este trabalho irá ser realizado de forma conjugada com outros já em curso, nomeadamente o do desenvolvimento de dispositivos a Laser.
-

Equipamento disponível e características:

ROV VideoRay Pro4 University Kit (igual ao mostrado nas figuras) equipado com câmara de vídeo a cores, unidade de atitude (acelerómetros + magnetómetro tri-axial) e projector de feixes laser.

Links:

VideoRay Pro 4: <http://www.videoray.com/rovs/videoray-pro-4.html>

OpenCV: <https://opencv.org/>

ECOMARE: <http://www.cesam.ua.pt/index.php?menu=3429&tabela=post>