

TECSUB – LOC

Desenvolvimento de Tecnologia de Inspeção Subaquática

Gabriel Leivas Oliveira; Silvia Botelho; Mônica Figueiredo; Celina Haffele

Introdução

A utilização de tecnologias para exploração de ambientes não estruturados desconhecidos de difícil acesso para exploração humana, como o ambiente subaquático, faz com que robôs móveis remotamente controlados sejam cada vez mais usados. O ambiente subaquático, em particular, é uma promissora área de exploração tecnológica que oferece possibilidades para pesquisas que vão desde inspeção de estruturas submersas ao mapeamento do próprio ambiente em questão [GAR01]. Assim sendo, o desenvolvimento de sistemas de inspeção visuais aplicados a veículos não tripulados apresenta-se como uma interessante área de pesquisa, com aplicação direta à Fundação Universidade Federal do Rio Grande no que diz respeito às atividades relacionadas ao ecossistema costeiro.

O uso de Unmanned Underwater Vehicles (UUVs - veículos não tripulados para navegação subaquática) para a criação de mapas visuais do ambiente constitui-se em uma importante ferramenta para a exploração subaquática [FLE00, GON98]. Estes se dividem em: (i) Veículos Operados Remotamente (Remote Operated Vehicles- ROVs), os quais requerem um piloto humano para conduzir a sua navegação; e (ii) Veículos Autônomos Subaquáticos (Autonomous Underwater Vehicles - AUVs), os quais têm a capacidade de realização de missões de alto nível sem intervenção humana explícita. Porém, tendo em vista o alto custo e a limitada autonomia de navegação e energia de um UUV complexo, em determinadas missões, o uso de um conjunto de robôs torna-se uma estratégia mais atrativa, por precisarem de menos tempo para percorrer uma mesma área comparada com um único robô realizando tal tarefa. [BOT04, BOT05].

Em suma, este projeto apresenta a proposta de desenvolvimento de um sistema baseado em mapas auto-organizáveis, auxiliando na localização e navegação autônomas de robôs móveis de forma online, onde as informações podem ser visualizadas e utilizadas no momento em que estiverem disponíveis. Sendo construídos de forma contínua por informações coletadas do ambiente explorado, sendo aproveitados como mapas de referência no processo de navegação/localização do próprio veículo [FLE00], ou seja, o AUV pode fazer uso do mapa

topológico que está sendo construído para guiar a sua própria navegação em tempo real de inspeção.

Neste contexto, o projeto tem proposto uma técnica de SLAM (do inglês Simultaneous Localization and Mapping) baseada no uso do algoritmo SIFT, para extrair as informações necessárias da imagem, em conjunto com o uso de mapas auto-organizáveis construídos a partir de Redes de Kohonen e Estruturas Celulares Crescentes para localização e navegação do AUV.

Metodologia

Os vetores extraídos pelo SIFT são utilizados para compor o mapa topológico obtido pelo uso de mapas auto-organizáveis baseados em Kohonen Neural Networks [KOH01] e Estruturas Celulares Crescentes [FRI93].

Mapa de Kohonen é um tipo de rede neural artificial treinada através de aprendizado não supervisionado. Um mapa de pequena dimensão, normalmente de duas, discretiza o espaço de entrada das amostras de treinamento, tentando preservar as propriedades topológicas do mesmo. A estrutura de uma rede de Kohonen consiste de componentes chamados nodos ou neurônios. Associado a cada nodo há um vetor de pesos da mesma dimensão dos vetores dos dados de entrada e uma posição no espaço. Os nodos são conectados por linhas, resultando em um grid 2D.

A atual proposta do projeto opera no espaço de características invariantes à escala ao invés do espaço da imagem. Durante o processo de navegação, vetores de características são apresentadas aos mapas auto-organizáveis. O algoritmo de aprendizagem é baseado no conceito de aprendizado de vizinho mais próximo (nearest-neighbor). Quando uma nova entrada é obtida, o mapa topológico determina o vetor de características do nodo de referencia que melhor corresponde ao vetor de entrada. Como o sistema usa diversos vetores de características associados a cada imagem, o algoritmo de nearest-neighbor é aplicado a cada vetor separadamente. Os resultados deste algoritmo são então combinados com um esquema simples de votação unânime. Nodos podem ser criados ou deletados durante o processo de aprendizado.

O mapa topológico final permite duas possibilidades de navegação: através de posições alvo ou através de metas visuais. Da posição corrente, algoritmos de busca em grafo, como o Dijkstra [DIJ59] ou o A* [DEC85] podem ser usados para achar o caminho ideal até o ponto desejado.

Testes e Resultados

Diferentes características subaquáticas foram aplicadas às imagens de teste, como turbidez, neve marinha, iluminação não uniforme, entre outras, simulando diferentes condições.

De maneira geral, o sistema visual foi testado em 5 diferentes ambientes subaquáticos, correspondendo cada condição de distorção a uma coluna da Tabela 1, que apresenta as características de cada tipo de situação introduzida nos testes.

Distorção	1	2	3	4	5
Distância à fonte de iluminação (m)	0,2	0,22	0,25	0,25	0,3
Atenuação (%)	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05
Ruído Gaussiano (sigma)	2	2	2	4	4
Nível mínimo de cinza	20	30	20	20	20
Numero de flocos de neve marinha	30	30	30	30	30

Tabela 1

Conclusões

Para finalizar, validando o sistema de mapeamento proposto foram realizados testes sobre os mapas topológicos. O último dos resultados do sistema pode ser visto na Figura 1.

Mapa topológico

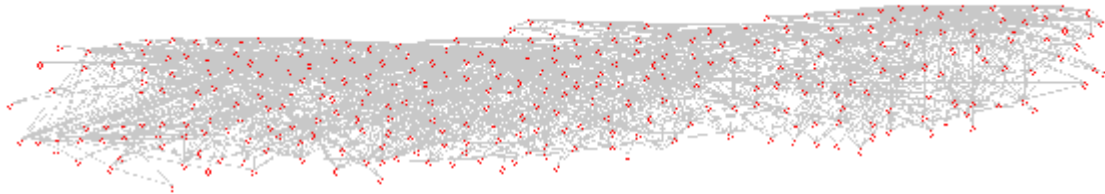


Figura 1

Referências Bibliográficas

- [BOT04] BOTELHO, S; NEVES, R.; TADDEI, L. Uma Arquitetura para Multi-AUVs Realizando Tarefas de Inspeção Visual. Revista Vetor, vol. 14, nº 1, pp. 30-42, 2004.
- [BOT05] BOTELHO, S; NEVES, R.; TADDEI, L. Localization of a Fleet of AUVs using Visual Maps. Proceedings of the OCEANS Conference, 2005.
- [DEA99] DEAVES, R. Covariance Bounds for Augmented State Kalman Filter Application. IEEE Electronics Letters, 1999.
- [DEC85] Dechter, R. and Pearl, J. (1985). Generalized best-first search strategies and the optimality of a^* , Journal of the Association for Computing Machinery 32(3): 505-536.
- [DIJ59] Dijkstra, E. W. (1959). A note on two problems in connexion with graphs, Numerische Mathematik 1: 269-271.
- [FLE00] FLEISCHER, S. D. Bounded-Error Vision-Based Navigation of Autonomous Underwater Vehicle. Phd Dissertation, Stanford University, 2000.
- [FRI93] FRITZKE, B. Growing cell structures - a self-organizing network for unsupervised and supervised learning, Technical report, University of California - Berkeley, International Computer Science Institute, 1993.
- [GAR01] GARCIA, R. A Proposal to Estimate the Motion of an Underwater Vehicle through Visual Mosaicking. Phd Dissertation, Universitat de Girona, 2001.
- [GAR02] GARCIA, R.; PUIG, J.; RIDAO, P.; CUFI, X. Augmented State Kalman Filtering for AUV Navigation. IEEE ICRA, 2002.
- [GAR05] GARCIA, R.; CHAROT, F. VLSI Architecture for an Underwater Robot Vision System. Proceedings of the OCEANS Conference, 2005.
- [GRA98] GRACIAS, N.; SANTOS-VICTOR, J. Automatic Mosaic Creation of the Ocean Floor. Proceedings of the OCEANS Conference, 1998.
- [GRA02] GRACIAS, N., VAN DER ZWAAN, S., BERANRDINO, A. and SANTOS-VICTOR, J. Results on underwater mosaic-based navigation, IEEE Oceans Conference, 2002, Vol. 3, pages. 1588-1594.
- [KAL60] KALMAN, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. Transactions of the ASME – Journal of Basic Engineering, pp. 35-45, 1960.
- [KOH01] KOHONEN, T. (2001). Self-Organizing Maps, Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA.
- [LAW80] LAWS, K. I. Textured Image Segmentation. Phd Thesis, Processing Institute, University of Southern California, 1980.

- [Lowe04] Lowe, D. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. *International Journal of Computer Vision*. V.60,n. 2, pages 91-110, 2004.
- [MAR94] MARKS, R.; ROCK, S.; LEE, M. Real-time Video Mosaicking of the Ocean Floor. *Proceedings of IEEE Symposium on Autonomous Underwater Vehicle Technology*, 1994.
- [MAR95] MARKS, R.; ROCK, S.; LEE, M. Real-time Video Mosaicking of the Ocean Floor. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 20, n° 3, pp. 229-241, 1995.
- [NEG93] NEGAHDARIPOUR, S.; YU, C. H. A Generalized Brightness Change Model for Computing Optical Flow. *Proceedings of the International Conference on Computer Vision*, 1993.
- [NEG98] NEGAHDARIPOUR, S.; XU, X.; KHAMENE A. A Vision-System for Real-time Positioning, Navigation and Video Mosaicing of Sea Floor Imagery in the Application of ROVs / AUVs. *Proceedings of the 4° IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, pp 248-249, 1998.
- [NEG99] NEGAHDARIPOUR, S.; XU, X.; JIN, L. Direct Estimation of Motion from Sea Floor Images for Automatic Station-Keeping of Submersible Platforms. *IEEE Journal of Oceanic Engineering*, vol. 24, n° 3, pp. 370-382, 1999.
- [PRE02] PRESS, W. H.; TEUKOLSKY, S. A.; VETTERLING, W. T.; FLANNERY, B. P. *Numerical Recipes in C: the Art of Scientific Computing*. Second Edition, Cambridge University Press, 2002.
- [SHI94] SHI, J.; TOMASI, C. Good Features to Track. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp 593-600, 1994.
- [SIN98] SINGH, H.; HOWLAND, J.; YOERGER, D.; WHITCOMB, L. L. Quantitative Photomosaicing of Underwater Imaging. *Proceedings of the OCEANS Conference*, vol. 1, pp. 263-266, 1998.
- [TAV03] TAVARES, A. Um Estudo sobre a Modelagem e o Controle de Veículos Subaquáticos não Tripulados. Tese de Mestrado, Engenharia Océânica, FURG, 2003.
- [XUN97] XU, X. and NEGAHDARIPOUR, S. Vision-based motion sensing for underwater navigation and mosaicing of ocean oor images, *MTS/IEEE OCEANS Conference and Exhibition*, 1997, Vol. 2, pages. 1412-1417.
- [WEL03] WELCH, G.; BISHOP, G. *An Introduction to the Kalman Filter*. University of North Carolina, 2003.