

Uma análise da distância como fator na exploração baseada em fronteiras

Tiago de R. Alves¹

¹Departamento de Ciência da Computação
Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) – Belo Horizonte, MG – Brasil

tiago.alves@dcc.ufmg.br

***Resumo.** Este trabalho se situa no contexto da exploração de ambientes seguindo a estratégia de exploração baseada em fronteiras, tendo como função expor um estudo acerca da relação entre a distância do robô para com a fronteira escolhida para ser explorada e a eficiência da exploração, traduzida como o tempo gasto e a distância percorrida durante tal tarefa.*

1. Introdução

A habilidade de exploração e mapeamento de ambientes desconhecidos é uma tarefa importante para os robôs autônomos. Em tal cenário, o robô não possui nenhum conhecimento prévio do ambiente, sendo tarefa do mesmo obtê-lo. Baseado nisso, o trabalho a ser desenvolvido propõe uma análise das implementações do método de exploração de fronteiras, atentando-se para as métricas, parâmetros e testes usados nas avaliações. A relevância de tal proposta está relacionada ao fato da tarefa de exploração e mapeamento ser, em alguns cenários, inviável de ser realizada por seres humanos, seja por custo, segurança ou praticidade, como em missões de resgate em catástrofes, exploração interplanetária ou navegação de carros autônomos.

A exploração cuja estratégia se baseia na visitação de regiões que são limites entre as áreas conhecidas e aquelas ainda não exploradas é o que caracteriza uma exploração por fronteiras. Inicialmente tais abordagens utilizavam apenas de estratégias gulosas para a escolha da fronteira candidata, mudando seu paradigma nos últimos anos ao levar em consideração outros fatores, como a quantidade de informação contida em tal fronteira, o que melhorou a performance da exploração.

Desse modo, o objetivo desse trabalho é o de investigar a relevância que a distância possui como fator na escolha da fronteira a ser explorada, buscando explicar o motivo pelo qual a escolha gulosa da fronteira pode não ser a melhor opção, como os trabalhos recentes indiretamente tem mostrado.

2. Referencial Teórico

O problema a ser tratado nesse trabalho diz respeito a exploração integrada [Makarenko et al. 2002], que procura manter um equilíbrio entre o qualidade do mapa gerado e a eficiência da exploração. Além disso, o uso de multiagentes é comum pela habilidade que possuem de realizarem a exploração mais rápida se comparado a um único robô, pelo fato da exploração ser uma tarefa passível de ser paralelizada. Ao se considerar tal cenário, vários podem ser os aspectos a serem trabalhados. Sobre a coordenação destes agentes, há abordagens descentralizadas que usam modelos probabilísticos, considerando que os robôs tomam decisões baseadas em informações locais e

com comunicação limitada entre eles [Mohamed et al. 2018]. Com o intuito de se reduzir o tempo de exploração e complexidade computacional, o processo de atribuir novos destinos a cada robô do grupo pode ser repensado [Khawaldah and Nüchter 2015]. Uma possibilidade para a atribuição de novos destinos é o uso de uma função de utilidade.

Colares, em seu primeiro trabalho [Colares and Chaimowicz 2015], utiliza da distância para as fronteiras inexploradas do mapa e da distância para outros robôs como variáveis na função de utilidade. Na expansão do seu trabalho [Colares and Chaimowicz 2016], é introduzido o ganho de informação, fator considerado também em outros trabalhos [Nieto-Granda and Rogers 2016]. Nos dois trabalhos de Colares citados anteriormente, foi usado uma clássica abordagem de exploração por fronteiras [Yamauchi 1997]. Tal técnica, por ser bem explorada, tem algumas das suas implementações analisadas [Jain et al. 2017], onde é proposto uma taxonomia de acordo com o número de robôs usados e do foco da implementação.

3. Contribuições

Anterior a realização de experimentos que responderiam as dúvidas relacionadas a distância como fator na exploração, foi necessário ajustar alguns detalhes no código, devido a diferença entre a plataforma robótica pois originalmente utilizada, um Pioneer 3-AT¹, e aquela disponível para testes, um Turtlebot 2². Nesse quesito, o uso do *framework* chamado ROS, do inglês, *Robot Operating System* poupou tempo nessa etapa.

Uma alteração que diz respeito ao cálculo da distância entre o robô e a fronteira desejada foi a mudança do algoritmo utilizado. No trabalho original isso era feito por meio do algoritmo de *wavefront*, sendo modificado para considerar a distância retornada por meio do algoritmo A estrela [Mobarhani et al. 2011]. Tal modificação foi realizada para tornar o cálculo da distância mais próximo do que o robô irá percorrer, uma vez que o algoritmo usado na fase de planejamento de caminhos também é o A estrela.

Houve também o acréscimo um algoritmo de evasão de colisão reativo, baseado unicamente nas informações do sensor. O algoritmo utilizado foi o de campos potenciais, e isso foi feito devido ao intervalo de tempo existente entre a detecção de um obstáculo pelos sensores e o seu registro no mapa usado para o planejamento, o que resultava em eventuais colisões. Tal algoritmo não altera de forma significativa o caminho realizado pelo robô, sendo responsável apenas por desviar o mesmo de um obstáculo que existe mas ainda não está presente no mapa.

4. Experimentos e Resultados

Para investigar o efeito da distância na escolha da fronteira promissora a ser explorada, o fator de distância presente no trabalho [Colares and Chaimowicz 2016] foi investigado, o qual é expresso pela seguinte equação:

$$Dist(f) = normPath(f)^{\alpha-1} \times normPath(f)^{\beta-1}$$

Onde $normPath(f)$ é a distância normalizada entre o robô e a fronteira e α e β são parâmetros que permitem variar o comportamento da função, de modo a favorecer

¹<https://robots.ros.org/pioneer-3-at/>

²<https://www.turtlebot.com/turtlebot2/>

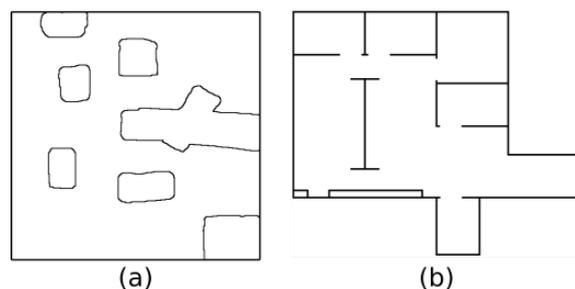


Figura 1. Mapas utilizados durante as simulações. (a) Ambiente *outdoor* não estruturado. (b) Ambiente *indoor* estruturado.

em diferentes níveis as fronteiras desejadas. Desse modo, foram realizadas simulações que buscavam investigar o efeito de tais parâmetros sobre a performance da simulação, expressa pelo tempo gasto durante a exploração e a distância percorrida pelo robô.

4.1. Simulações

As simulações realizadas focaram no fator de distância e nos parâmetros que modificam sua resposta. Tais parâmetros, α e β , foram variados no intervalo compreendido entre 0 e 10 em passos de uma unidade em um ambiente aberto não estruturado. Após os primeiros testes, alguns dos valores obtidos foram escolhidos para serem testados em outro cenário, um ambiente *indoor* estruturado. Os mapas utilizados podem ser vistos na Figura 1.

4.2. Resultados encontrados

A partir das simulações realizadas sobre o mapa *indoor* estruturado, foram obtidos valores mostrados no mapa de calor da Figura 2. Baseado nesse gráfico é possível notar algumas áreas, como a superior onde há uma concentração de valores bons e a região inferior mais a esquerda onde há um maior número de valores ruins. Conforme dito, alguns desses valores foram escolhidos para serem testados em um ambiente *indoor*, e seus resultados são mostrados a seguir na ordem decrescente de performance.

- $\alpha = 7, \beta = 1$: Valor retirado de uma região ruim.
- $\alpha = 3, \beta = 3$: Anteriormente o pior valor.
- $\alpha = 2, \beta = 9$: Valor retirado de uma região boa.
- $\alpha = 8, \beta = 5$: Anteriormente o melhor valor.

Fundado em tais resultados, nota-se que os valores de α e β dependem da estrutura do ambiente que o robô está, não existindo portando um único valor ótimo universal. Tal fato pode elucidar o equívoco cometido ao adotar unicamente estratégias gulosas para a escolha das fronteiras a serem exploradas e o respectivo ganho obtido ao se considerar outros fatores como o ganho de informação.

5. Conclusão

O trabalho aqui exposto teve como função a de contribuir para o entendimento dos métodos de exploração baseado em fronteiras, em especial da influência da distância na escolha da fronteira a ser explorada. Foram realizadas simulações que apontaram para a inexistência de uma distância ideal para a escolha das fronteiras, sendo essa uma escolha dependente de outros fatores como a estrutura do cenário a ser explorado.

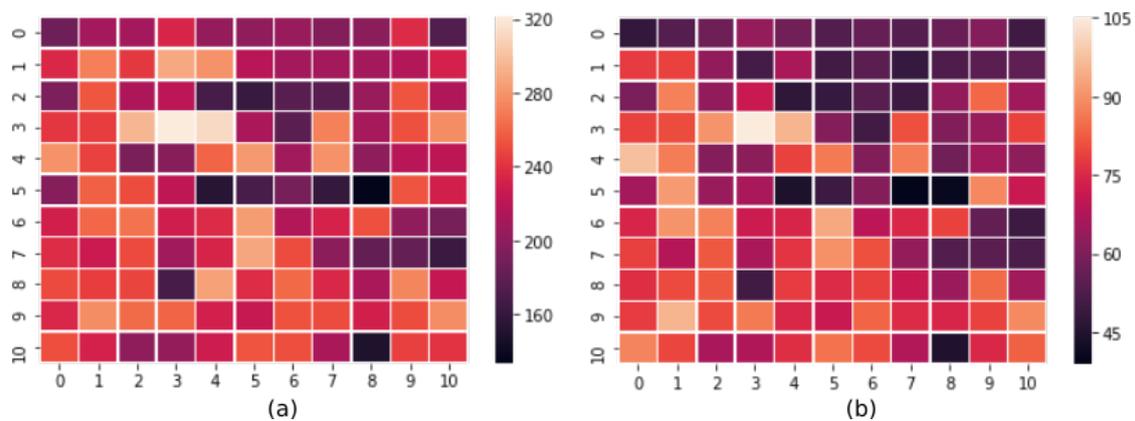


Figura 2. Mapas de calor mostrando o resultado das simulações em ambiente aberto. O eixo x corresponde ao α e o y ao β . (a) Tempo de execução. (b) Distância percorrida.

Em trabalhos futuros é possível a expansão dos experimentos realizados para mais casos, diferentes tipos de cenários e múltiplos agentes. Outra possibilidade é a de alterar os parâmetros do fator de distância, α e β , de forma que eles se modifiquem durante a execução, a fim de estudar o efeito de tal variação na performance da exploração.

Referências

- Colares, R. G. and Chaimowicz, L. (2015). A novel distance cost approach for multi-robot integrated exploration. In *2015 12th Latin American Robotics Symposium and 2015 3rd Brazilian Symposium on Robotics (LARS-SBR)*, pages 192–197.
- Colares, R. G. and Chaimowicz, L. (2016). The next frontier: Combining information gain and distance cost for decentralized multi-robot exploration. In *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing, SAC '16*, pages 268–274, New York, NY, USA. ACM.
- Jain, U., Tiwari, R., and Godfrey, W. W. (2017). Comparative study of frontier based exploration methods. In *2017 Conference on Information and Communication Technology (CICT)*, pages 1–5.
- Khawaldah, M. A. and Nüchter, A. (2015). Enhanced frontier-based exploration for indoor environment with multiple robots. *Advanced Robotics*, 29(10):657–669.
- Makarenko, A. A., Williams, S. B., Bourgault, F., and Durrant-Whyte, H. F. (2002). An experiment in integrated exploration. In *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, volume 1, pages 534–539 vol.1.
- Mobarhani, A., Nazari, S., Tamjidi, A. H., and Taghirad, H. D. (2011). Histogram based frontier exploration. In *2011 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pages 1128–1133.
- Mohamed, K., Elshenawy Elsefy, A., and Harb, H. (2018). A hybrid decentralized coordinated approach for multi-robot exploration task. *The Computer Journal*.
- Nieto-Granda, C. and Rogers, J. G. (2016). Autonomous exploration using an information gain metric.

Yamauchi, B. (1997). A frontier-based approach for autonomous exploration. In *Proceedings 1997 IEEE International Symposium on Computational Intelligence in Robotics and Automation CIRA'97. 'Towards New Computational Principles for Robotics and Automation'*, pages 146–151.