

Transporte Cooperativo de Objetos utilizando Robôs Heterogêneos

Ramon Soares de Melo

¹ Instituto de Ciências Exatas (ICEx) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

A aplicação de sistemas autônomos pode ser observada em diversos cenários, como atividades de vigilância, busca e resgate, rastreamento, mapeamento, dentre estes, o transporte e manipulação de objetos é uma das quais tem sido mais exploradas, principalmente por acrescentarem a atividade características como precisão, pontualidade, agilidade, controle, além de poder garantir uma melhor eficiência e eficácia.

Apesar de robôs em alguns casos ainda não demonstrarem a mesma destreza dos humanos, sua utilização é mais indicada para ambiente hostís, como locais com fogo e/ou fumaça, grandes profundidades no oceano e áreas com contaminação nuclear, por exemplo. Além destes casos, também é possível observar seu uso em um ambiente residencial, onde podem tratar de tarefas domésticas, como controlar medicamentos ou a limpeza, além da assistência a idosos ou paciente com dificuldade de locomoção.

Este trabalho tem por objetivo demonstrar uma técnica que apresente soluções para questões decorrentes do uso de uma equipe de agentes robóticos, tendo como missão o transporte de objetos utilizando de suas capacidades físicas e computacionais. Formalmente, dado um ambiente definido em um espaço euclidiano \mathbb{R}^3 , denominado $\mathcal{W} \subset \mathbb{R}^3$, como área de trabalho, temos neste, os conjuntos (i) \mathcal{O} descrevendo todos os objetos que devem ser transportados, (ii) \mathcal{B} com os obstáculos presentes no ambiente, e (iii) \mathcal{R} o conjunto de agentes responsáveis por realizar a tarefa de transporte.

O processo de transporte de objetos envolve diversas etapas que são estudadas e tratadas neste trabalho, são elas: (i) modelagem do ambiente de trabalho, (ii) planejamento (iii) alocação de tarefas e (iv) coordenação e execução. Diferente de outros trabalhos que descrevem uma solução para a manipulação de objetos, focados principalmente na trajetória executada pelos agentes, neste, o plano de movimentação do objeto é utilizado como guia para as demais fases. Além disto, uma função de utilidade (Θ) que engloba dimensões como tempo de deslocamento, energia gasta e distância até o destino, é utilizada para mensurar a qualidade dos planos criados, e assim assegurar que a melhor estratégia seja executada.

Neste sentido, baseado nas capacidades de transporte dos agentes (empurrar, elevar, etc) do conjunto \mathcal{R} , planos de transporte são criados para os objetos do conjunto \mathcal{O} , considerando a função de utilidade Θ e o ambiente \mathcal{W} . Munido destes planos de movimentação, são criados planos similares, porém para os agentes, podendo classificados em dois tipos: (i) preparação - no qual o agente se aproxima do objeto a ser transportado, (ii) transporte - onde o objeto é transportado.

Os planos gerados para os agentes podem possuir valores de utilidade diferentes, provenientes das diferentes capacidades dos mesmos, como o tipo de transporte realizado, ou a distância que o mesmo se encontra do objeto, por exemplo. A fim de selecionar os melhores planos para realizar o transporte e alocar dentre os agentes os trajetos a serem realizados, estes são organizados em forma de um grafo direcionado, criando uma interligação dentre todos os planos. Neste grafo é aplicado o algoritmo de *Kruskal*, de modo a gerar um grafo com somente as arestas (planos) de melhor utilidade, tendo por consequência, a alocação de tarefas entre os agentes mais aptos para executar o transporte.

A coordenação dos agentes para realizações de seus respectivos planos acontece mediante a troca de *tokens* entre os mesmos. Um *token* representa uma sinalização que um determinado tipo (preparação, transporte) de plano pode ser executado. Deste modo, é determinado que podem existir vários *tokens* para o tipo preparação, porém, somente um (1) do tipo transporte, assegurando que agentes disponíveis cumpram as fases de preparação, e o agente responsável pelo transporte o execute sem que outros interfiram no mesmo. Este processo é repetido até que todos os objetos sejam transportados.

Mediante estes passos, é possível realizar o transporte de objetos, considerando as capacidades de um conjunto heterogêneo de agentes visando maximizar a utilidade do sistema ponderando dimensões que tem direta influência na qualidade da tarefa desempenhada.

Referências

- Ahmadabadi, M. and Nakano, E. (2001). A “constrain and move” approach to distributed object manipulation. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 17(2):157–172.
- Carvalho, F. F., Cavalcante, R. C., Vieira, M. A., Chaimowicz, L., and Campos, M. F. (2013). A multi-robot exploration approach based on distributed graph coloring. In *Robotics Symposium and Competition (LARS/LARC), 2013 Latin American*, pages 142–147. IEEE.
- da Costa, E. D. S. (2007). Exploração e transporte cooperativo de objetos em ambientes desconhecidos. Mestrado, ICEx - Instituto de Ciências Exatas, UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais.
- Fink, J., Ani Hsieh, M., and Kumar, V. (2008). Multi-robot manipulation via caging in environments with obstacles. pages 1471–1476.
- Gerkey, B. and Mataric, M. (2002). Pusher-watcher: An approach to fault-tolerant tightly-coupled robot coordination. volume 1, pages 464–469.
- Gerkey, B. P. and Mataric, M. J. (2001). Principled communication for dynamic multi-robot task allocation. In *Experimental Robotics VII*, pages 353–362. Springer.
- Kim, M.-H., Baik, H., and Lee, S. (2013). Response threshold model based uav search planning and task allocation. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, pages 1–16.
- Michael, N., Fink, J., and Kumar, V. (2011). Cooperative manipulation and transportation with aerial robots. *Autonomous Robots*, 30(1):73–86.
- Miyata, N., Ota, J., Arai, T., and Asama, H. (2002). Cooperative transport by multiple mobile robots in unknown static environments associated with real-time task assignment. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 18(5):769–780.
- Öztürk, S. and Kuzucuoğlu, A. E. (2014). Optimal bid valuation using path finding for multi-robot task allocation. *Journal of Intelligent Manufacturing*, pages 1–14.
- Shiroma, P. and Campos, M. (2009). Comutar: A framework for multi-robot coordination and task allocation. pages 4817–4824.
- Song, P. and Kumar, V. (2002). A potential field based approach to multi-robot manipulation. In *Robotics and Automation, 2002. Proceedings. ICRA'02. IEEE International Conference on*, volume 2, pages 1217–1222. IEEE.
- Sugar, T. and Kumar, V. (2002). Control of cooperating mobile manipulators. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 18(1):94–103.
- Sujit, P. and Saripalli, S. (2013). An empirical evaluation of co-ordination strategies for an auv and uav. *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications*, 70(1-4):373–384.
- Tanner, H., Loizou, S., and Kyriakopoulos, K. (2003). Nonholonomic navigation and control of cooperating mobile manipulators. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 19(1):53–64.
- Tiganas, V., Kloetzer, M., and Burlacu, A. (2013). Multi-robot based implementation for a sample gathering problem. In *Proc. of International Conference System Theory, Control and Computing (ICSTCC)*.
- Wawerla, J. and Vaughan, R. T. (2010). A fast and frugal method for team-task allocation in a multi-robot transportation system. In *Proc. of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*.
- Yamashita, A., Arai, T., Ota, J., and Asama, H. (2003). Motion planning of multiple mobile robots for cooperative manipulation and transportation. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 19(2):223–237.
- Zacharias, F., Borst, C., and Hirzinger, G. (2007). Capturing robot workspace structure: Representing robot capabilities. pages 3229–3236.