

IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA ROBÓTICO ORIENTADO A SERVIÇOS COM BASE EM UMA ARQUITETURA DE REFERÊNCIA

Eduardo Sigrist Ciciliato, Lucas Bueno R. de Oliveira e Elisa Yumi Nakagawa
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação (ICMC), USP/São Carlos
Departamento de Sistemas de Computação, Laboratório de Engenharia de Software (LabES)
{edusig, buenolro, elisa}@icmc.usp.br

RESUMO

Robôs têm sido crescentemente utilizados em diversas e importantes áreas da sociedade. Em paralelo, os sistemas robóticos que controlam tais robôs têm se tornado cada vez maiores e difíceis de desenvolver. O processo ArchSORS e a arquitetura de referência RefSORS foram propostos com a finalidade de facilitar o desenvolvimento e aprimorar a qualidade de sistemas robóticos desenvolvidos segundo a arquitetura orientada a serviço. Embora estudos empíricos e avaliações de especialistas indiquem um impacto positivo do uso do ArchSORS e da RefSORS no projeto de sistemas robóticos, estudos adicionais seriam úteis para aumentar a confiabilidade de tais avaliações. Este artigo descreve, portanto, um estudo de caso da utilização do ArchSORS e da RefSORS no projeto e desenvolvimento de um sistema robótico orientado a serviços.

1. INTRODUÇÃO

A robótica tem despontado como uma área de pesquisa bastante importante nos últimos anos, sendo considerada por muitos especialistas como uma das mais proeminentes áreas do Século 21 [1]. Atualmente, robôs têm sido amplamente utilizados tanto em tarefas simples, tais como em atividades domésticas [2], quanto em operações complexas, por exemplo, em missões espaciais [3]. Entretanto, a maioria dos sistemas robóticos ainda é desenvolvida sem uma adequada preocupação quanto aos atributos de qualidade, tais como

manutenibilidade, escalabilidade e reuso. Além disso, a inerente necessidade de se integrar componentes heterogêneos de software e hardware, muitas vezes, dificulta o desenvolvimento de sistemas robóticos [4]. Para atenuar tais problemas, pesquisadores têm investigado a aplicabilidade da Arquitetura Orientada a Serviço [5] (do inglês, *Service-Oriented Architecture - SOA*) para o desenvolvimento de sistemas robóticos [6]. A SOA é considerada um dos estilos arquiteturais mais promissores para o desenvolvimento de sistemas de software [5]. Sistemas projetados a partir desse estilo arquitetural podem ser construídos por meio de funcionalidades simples disponibilizadas por outros serviços, compondo aplicações mais completas de forma produtiva [5].

Em robótica, a SOA tem sido adotada como uma solução para o desenvolvimento de sistemas robóticos mais flexíveis, reconfiguráveis e escaláveis, projetados como um conjunto de módulos de software distribuídos e independentes entre si [4]. A utilização da SOA pode facilitar também a integração de dispositivos de hardware e de módulos de software heterogêneos [7]. Nessa perspectiva, diversos grupos de pesquisa têm investigado a aplicabilidade da SOA no desenvolvimento de sistemas robóticos [8]. A maior parte desses sistemas é implementada com o apoio de ambientes de desenvolvimento como o ROS (*Robot Operating System*) [9] e o MRDS (*Microsoft Robotics Developer Studio*) [6], que fornecem mecanismos para a

construção, composição e execução de serviços.

Para apoiar o desenvolvimento de sistemas robóticos baseados na SOA, contribuições por parte da Engenharia de Software também podem ser encontradas. Dentre elas, é possível destacar o processo ArchSORS (*Architectural Design of Service-Oriented Robotic System*) [10], que sistematiza o desenvolvimento das arquiteturas de software de sistemas robóticos baseados na SOA e a RefSORS (*Reference Architecture for Service-Oriented Robotic System*) [11], uma arquitetura de referência que fornece um arcabouço de conhecimento sobre como estruturar tais sistemas. Embora o ArchSORS e a RefSORS já tenham sido avaliados em estudos anteriores, a condução de estudos de caso pode contribuir para aumentar a confiabilidade da adoção tanto do processo quanto da arquitetura de referência. Destaca-se que o ArchSORS e a RefSORS foram desenvolvidos pelo grupo de pesquisa ao qual faz parte o projeto de iniciação científica.

2. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é o projeto e implementação de um sistema robótico orientado a serviços, tendo como base a arquitetura de referência RefSORS e também o processo ArchSORS. Além disso, objetiva-se identificar na prática os passos, vantagens, limitações e dificuldades em se utilizar esse processo e arquitetura de referência, contribuindo assim para o estado da prática na área de arquitetura de referência.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de sistema robótico desenvolvido durante o trabalho consiste em controlar dois robôs autônomos para o transporte de produtos entre áreas de produção e de estoque em uma

fábrica. Tal projeto foi proposto em um estudo anterior [10] e é baseado em problemas abordados anualmente na competição nacional de robótica francesa intitulada RobAFIS¹. Com a escolha deste projeto, buscou-se comparar o impacto da arquitetura de referência RefSORS no desenvolvimento de sistemas robóticos, uma vez que, no estudo anterior, tais sistemas foram desenvolvidos apenas utilizando o processo ArchSORS.

No início do projeto, foi feita uma análise dos requisitos do sistema robótico e também das restrições do problema sendo abordado. Além disso, foi investigada e selecionada uma linguagem adequada à modelagem do sistema robótico. Para essa finalidade, foi escolhida a SoaML (*Service Oriented Architecture Modeling Language*)², uma extensão da UML que permite expressar conceitos relacionados à SOA, tais como capacidades, serviços, contratos e participantes.

Em seguida, a arquitetura de software do sistema robótico foi projetada por meio da instanciação da arquitetura de referência RefSORS. Para isso, foram criados diagramas BPMN (*Business Process Model and Notation*) descrevendo o fluxo da aplicação robótica, tendo como base o conjunto de requisitos funcionais disponível na documentação do projeto. Foi realizado também um mapeamento entre os requisitos funcionais do sistema e os requisitos arquiteturais da RefSORS para que, junto com os diagramas BPMN, fosse possível identificar as capacidades do sistema robótico.

Após a identificação das capacidades, foram projetados diferentes diagramas, tendo como base as atividades propostas no ArchSORS e também as visões arquiteturais da RefSORS. As capacidades identificadas para o sistema robótico foram modeladas em um Diagrama de Capacidades. Cada capacidade implementada como serviço foi descrita por meio de interfaces, contratos e

¹ <http://www.robafis.fr/>, acessado em 09/06/2015

² <http://www.omg.org/spec/SoaML/>, acessado em 09/06/2015

protocolos representados em SoaML. A interação entre serviços, por sua vez, foi descrita em um diagrama de Arquitetura de Serviço. Na Figura 1 é apresentada uma visão geral do sistema implementado, sendo detalhadas a comunicação entre os serviços e as interações por meio de contratos.

O sistema projetado foi implementado no ambiente de desenvolvimento ROS. O ROS é uma ferramenta livre, gratuita, amplamente apoiada pela comunidade científica e que permite o desenvolvimento de sistemas robóticos baseados na SOA. O sistema foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação C++ e diferentes algoritmos

clássicos da robótica para o mapeamento, o planejamento de trajetórias e a navegação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ainda durante a fase de projeto, foi realizada uma comparação da arquitetura de software desenvolvida segundo a RefSORS e outras 11 arquiteturas projetadas apenas com o apoio do ArchSORS, reportadas em [10]. Na Figura 2 são apresentados os resultados dessa comparação para métricas de modularidade (MF), acoplamento (CpF), dependência do serviço de controle (Max CpC) e coesão (CF).

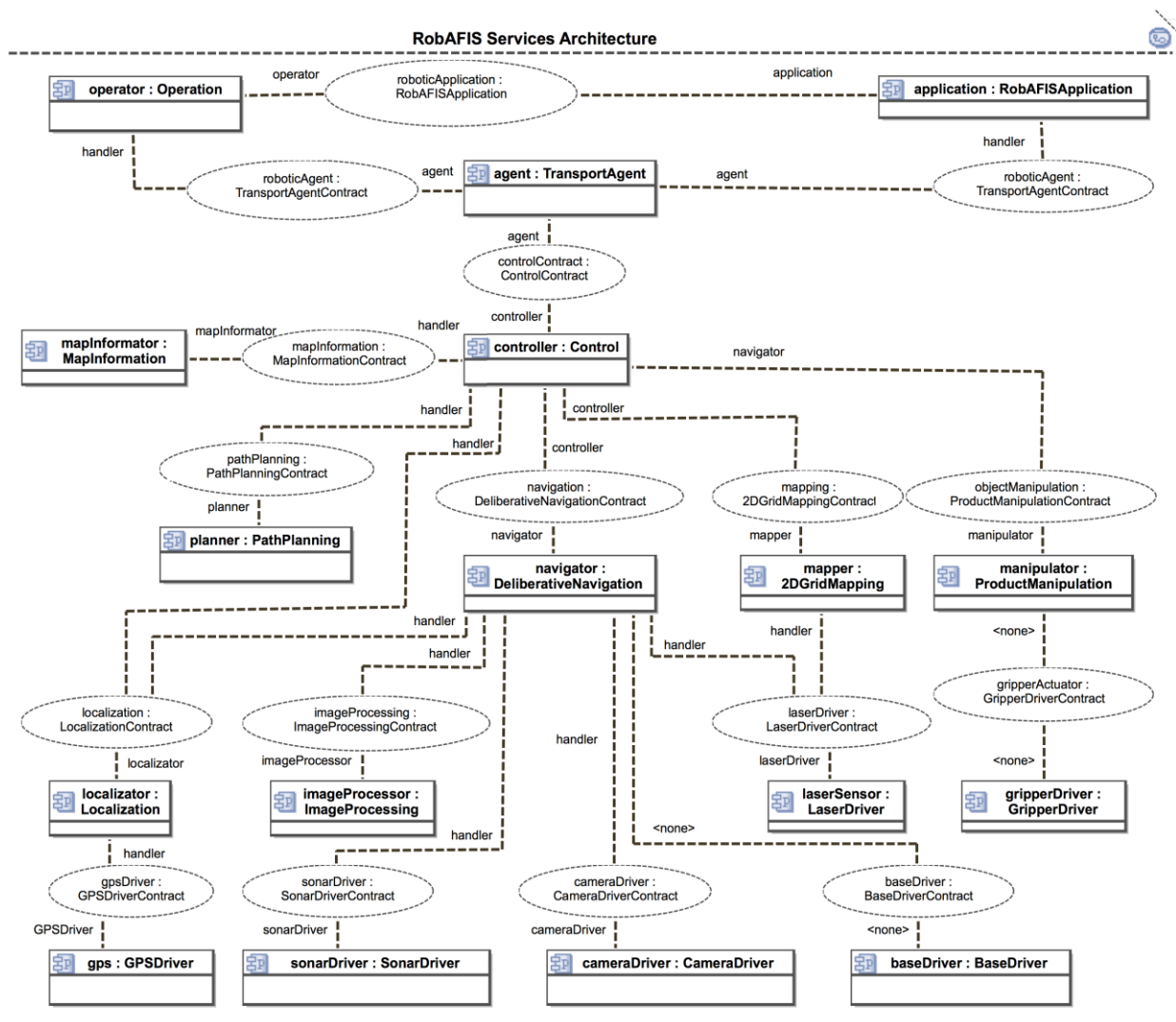


Figura 1 - Diagrama de arquitetura de serviços do sistema robótico

Com base nos resultados obtidos, é possível notar que a arquitetura de software desenvolvida com o apoio da RefSORS é mais modular e coesa do que a média das arquiteturas projetadas durante o experimento conduzido anteriormente (ou seja, possui valores maiores para MF e CF). Também é possível notar que a arquitetura desenvolvida possui menor acoplamento do que a média das arquiteturas projetadas apenas com o apoio do processo ArchSORS (ou seja, possui menor valor de CpF). Embora a métrica relacionada à dependência entre os serviços do sistema robótico e o serviço de controle apresente um valor um pouco maior do que a média das arquiteturas desenvolvidas anteriormente, a arquitetura projetada ainda possui um valor melhor do que as arquiteturas projetadas de

maneira *ad hoc*, ou seja, sem o apoio do processo ArchSORS [10].

Para avaliar o funcionamento do sistema robótico foi utilizado o ambiente de simulação Gazebo³, conforme ilustrado na Figura 3. Todas as funcionalidades propostas no projeto do sistema foram implementadas e verificadas por meio de tal ambiente de simulação.

5. CONCLUSÃO

A SOA é um estilo arquitetural que apresenta grandes perspectivas de contribuir para o desenvolvimento de sistemas robóticos mais reusáveis, escaláveis e modulares. Nesse contexto, o processo ArchSORS e a arquitetura de referência RefSORS podem facilitar o desenvolvimento de sistemas robóticos

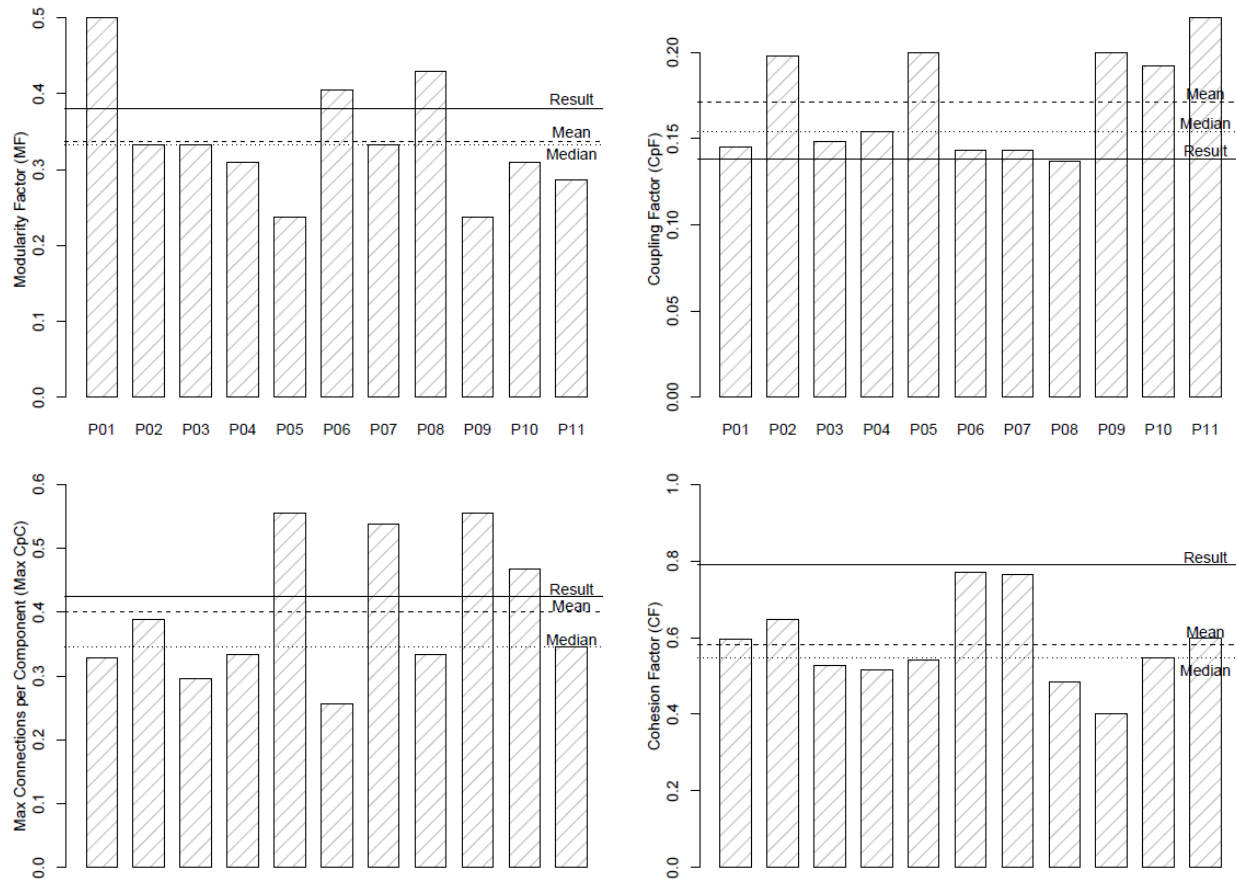


Figura 2 - Resultados obtidos para as métricas

³ <http://gazebo.org/>, acessado em 09/06/2015

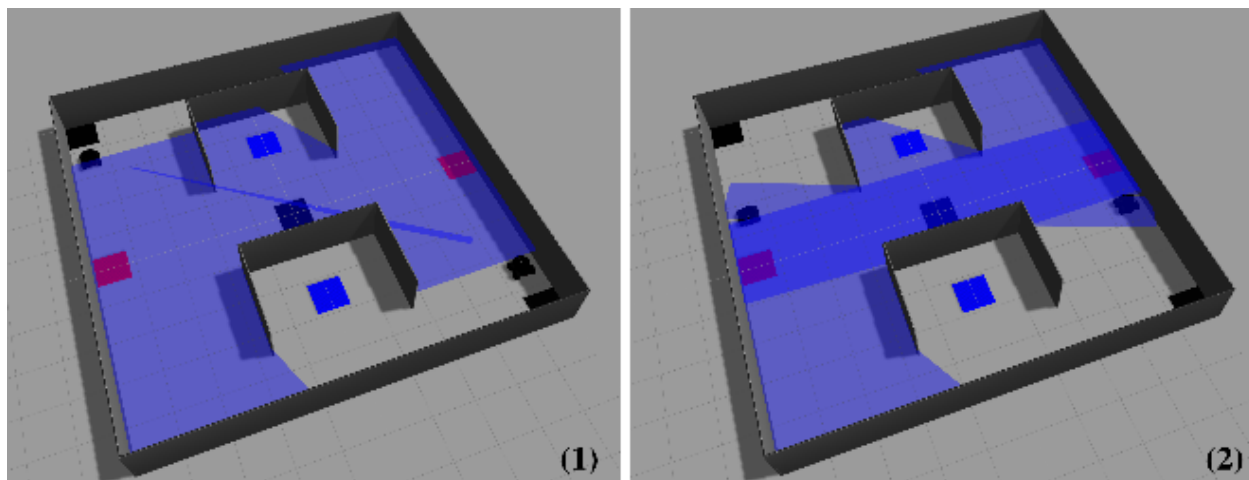


Figura 3 - Robôs simulados no ambiente virtual Gazebo

baseados na SOA, bem como aprimorar a qualidade de tais sistemas. Este trabalho abordou um estudo de caso aplicado na avaliação da arquitetura de referência RefSORS e também do processo ArchSORS. Foi observado durante o trabalho que a utilização da RefSORS não só resulta na produção de sistemas funcionais, mas também mais modulares, coesos e fracamente acoplados. Como trabalho futuro, pretende-se desenvolver outros sistemas robóticos, de forma a fortalecer as evidências obtidas até o presente momento.

REFERÊNCIAS

- [1] N. Tomatis, "BlueBotics: Navigation for the Clever Robot", IEEE Robotics Automation Magazine, vol. 18, no. 2, pp. 14–16, 2011.
- [2] Windoro, "Windoro WCR-I001 Window Cleaning Robot", Online, 2015, <http://www.robotshop.com> - Acessado em 7 de Junho de 2015.
- [3] NASA, "Exoskeleton" Online, 2015, http://www.nasa.gov/offices/oct/home/feature_exoskeleton.html - Acessado em 7 de junho de 2015.
- [4] J. V. Berná-Martínez, F. Maciá-Pérez, H. Ramos-Morillo, e V. Gilart-Iglesias, "Distributed robotic architecture based on smart services," In: INDIN'06, 2006, pp. 480–485.
- [5] M. P. Papazoglou e W.-J. Heuvel, "Service oriented architectures: approaches, technologies and research issues," The VLDB Journal, vol. 16, no. 3, pp. 389–415, 2007.
- [6] J. Jackson, "Microsoft Robotics Studio: A technical introduction," IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 14, no. 4, pp. 82–87, 2007.
- [7] Y. Chen, S. Abhyankar, L. Xu, W. T. Tsai, e M. García-Acosta, "Developing a security robot in service-oriented architecture," In: FTDCS'08, 2008, pp. 106–111.
- [8] L. B. R. Oliveira, F. S. Osório, E. Y. Nakagawa. An investigation into the development of service-oriented robotic systems. In: ACM/SAC'13, Lisbon, Portugal, 2013, p. 223-226.
- [9] T. Straszheim, B. Gerkey, e S. Cousins, "The ROS build system," IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 18, no. 2, pp. 18–19, 2011.
- [10] L. B. R. Oliveira, E. Leroux, Felizardo, K. R., Oquendo, F., Nakagawa, E. Y.: Towards a process to design architectures of service-oriented robotic systems. In: ECSA'14, 2014, Vienna, Austria, Springer, p. 218-225.
- [11] L. B. R. Oliveira, "Uma Contribuição ao Projeto Arquitetural de Sistemas Robóticos Baseados na Arquitetura Orientada a Serviço". Plano de projeto de doutorado, ICMC/USP, São Carlos, SP, 2011.
- [12] L. B. R. Oliveira, F. S. Osório, F. Oquendo, E. Y. Nakagawa: Towards a taxonomy of services for developing service-oriented robotic systems. In: SEKE'14, Vancouver, Canada (2014) 1–6.