



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Pré-listagem de Trabalhos Sobre Software de Internet das Coisas Robóticas (IoRT) por Revisão Sistemática da Literatura

Pre-listing of Work on Internet of Robotic Things (IoRT) Software by Systematic Literature Review

Bruno Cardoso (orientado) *, Michel Albonico (orientador)[†],
Adair José Rohling (pesquisador)[‡]

RESUMO

Atualmente, é comum vermos sistemas que integrem robótica e internet das coisas (IoT), os quais são chamados de sistemas de Internet das Coisas Robóticas (IoRT, do inglês *Internet of Robotic Things*). Esses sistemas são complexos devido a sua heterogeneidade e natureza fracamente acoplada. Portanto, é importante que desenvolvedores e pesquisadores tenham acesso a uma documentação sólida, o que os mantém informados de tal complexidade e suas implicações. Por consequência, eles conseguirão projetar seus sistemas de uma maneira mais precisa, aumentando as chances de que os requisitos sejam alcançados. Neste trabalho, listamos os trabalhos na literatura que discutem aspectos de software para IoRT, com o intuito de os utilizarmos para uma futura análise qualitativa.

Palavras-chave: Robótica. IoT. Software. RSL.

ABSTRACT

Nowadays, it is common to see systems that integrate robotics and the Internet of Things (IoT), which are called the Internet of Robotic Things (IoRT) systems. Such systems bring high complexity due to their heterogeneity and loosely coupled nature. Therefore, it is important that practitioners and researchers have solid documentation. Indeed, making them aware of such complexity and its implications, may result in a better design, and as a consequence, increase the chances for the requirements to be met. In this work, we list the work in the literature that discuss aspects of IoRT software, so we can perform a qualitative analysis in the future.

Keywords: Robotics. IoT. Software. SLR.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido comum sistemas que integrem robótica e internet das coisas, normalmente chamados de sistemas de Internet das Coisas Robóticas (IoRT, do inglês *Internet of Robotic Things*) (AFANASYEV et al., 2019). Ambos domínios tendem a ter um software bastante heterogêneo, distribuídos em múltiplas camadas de comunicação, cuja integração pode ser desafiadora e impactar diversos requisitos não funcionais, como segurança e performance (RAY, 2016).

Para que esses sistemas possam ser projetados de uma maneira correta, é importante que sejam documentados, tanto quanto ao estado da arte, como da prática (UNPHON; DITTRICH, 2010). Ainda, um catálogo pode

* Curso de Licenciatura em Informática; brunocardoso2020@hotmail.com.

† Departamento de Informática - Francisco Beltrão; michelalbonico@utfpr.edu.br; <https://orcid.org/0000-0003-3606-3444>.

‡ Departamento de Informática - Francisco Beltrão; adairrohling@utfpr.edu.br.

ser um ponto de partida para ambos, desenvolvedores e pesquisadores, aproximando esses dois grupos que nem sempre trabalham em sintonia (GLASS et al., 2006). Em um trabalho paralelo, identificamos algumas especificidades do estado da prática (ALBONICO et al., 2021); portanto, neste trabalho, focamos no estudo da literatura. Há uma quantidade considerável de trabalhos na literatura que investigam arquiteturas desses sistemas, mas são distribuídos ao longo dos anos, muitas vezes sem serem comparados. Para que possamos aproveitar esses trabalhos, é importante que eles estejam compilados em um catálogo.

Neste trabalho, é feita uma pesquisa bibliográfica sistemática (SLR, do inglês *Systematic Literature Review*) (KITCHENHAM; BRERETON, 2013) por artigos que tratam da arquitetura ou características de software para IoRT. Essa pesquisa se divide em 4 fases principais: i) coleta de artigos no Google Scholar¹, buscando pelos termos “IoT” e “Robot” e suas derivações no título dos documentos; ii) seleção de artigos pelo seu título; iii) seleção de artigos com base no seus resumos e conteúdos; iv) remoção de artigos que não são revisados por pares.

Como resultado, neste trabalho compilamos um catálogo contendo todos os artigos encontrados, sendo esse o primeiro passo para uma busca mais avançada, como o processo de bola de neve (WOHLIN, 2014), e uma análise qualitativa dos trabalhos selecionados. Portanto, esse trabalho serve como um ponto de partida ou sumário para ambos, pesquisadores e desenvolvedores.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foca na pesquisa bibliográfica, por meio de uma revisão sistemática da literatura. O intuito é catalogar os trabalhos existentes sobre sistemas de Internet das Coisas Robóticas (IoRT). A pesquisa segue os passos ilustrados na Figura 2, baseando-se em metodologias bastante difundidas (KITCHENHAM; BRERETON, 2013).

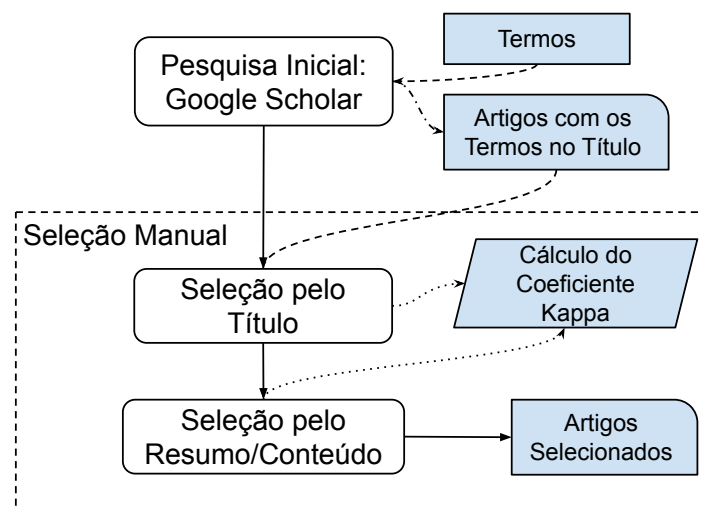


Figura 1 – Etapas da Revisão Sistemática
Fonte: O Autor (2021)

A metodologia adotada neste trabalho é dividida em três etapas principais:

1. Inicialmente, buscamos no Google Scholar² os artigos que possuam em seu título os termos pré-definidos

¹ <https://scholar.google.com.br/>

² <https://scholar.google.com.br/>



com a seguinte lógica: [(*iot* OU *things*) E *robot*]. Então, os artigos são inseridos em uma base de dados local (Zotero³), com todas as informações pertinentes e link para o artigo.

- a. São excluídos os artigos que não são revisados por pares, uma vez que buscamos trabalhos que tenham passado por uma revisão quanto à sua abordagem científica.
2. Dois pesquisadores fazem, em paralelo, uma seleção manual dos artigos verificando se seu título pode apontar para uma pesquisa na área de software para IoRT.
3. Os artigos selecionados são reexaminados com base em seus resumos, buscando por trechos que evidenciem a pesquisa em software para IoRT, o que também é feito em paralelo por dois pesquisadores.
 - a. O resultado dessa última etapa é uma lista com os artigos selecionados.

O Google Scholar foi escolhido por ser um indexador de artigos de todas as áreas do conhecimento que vem sendo adotado como padrão por editores renomados como IEEE, ACM e Springer. Por exemplo, os editores citados, ao listar as referências de um artigo, disponibilizam um hiperlink do Google Scholar para cada referência. O Google Scholar também indexa as publicações em um menor intervalo de tempo que outros indexadores como o Scopus ou DBLP (comum na área de Ciência da Computação).

Na seleção dos artigos são consideradas as pesquisas que buscam alguma fase de desenvolvimento de software, e.g., projeto/arquitetura, programação, validação, etc., que possibilite a integração de IoT e robôs. Vale destacar que não são considerados artigos que focam somente em um algoritmo ou técnica específica, como por exemplo, melhorias em um algoritmo de inteligência artificial aplicado à IoRT. Também não são considerados projetos de robôs sem menção ao seu software, como por exemplo, projetos de robôs físicos.

Ao final das etapas 2 e 3 é calculado o coeficiente de concordância de Kappa entre os pesquisadores (KRAEMER, 2014), e os conflitos são resolvidos em reuniões semanais. Por fim, vale destacar que neste trabalho não foi feita a análise de citações (*snowballing*), o que pretende-se fazer em um próximo artigo, com uma análise completa.

3 RESULTADOS

Aqui relatamos os principais quantitativos da nossa pesquisa, bem como a lista de artigos selecionados.

3.1 Artigos Selecionados por Etapa

A Tabela 1 mostra a quantidade de artigos selecionados em cada fase da revisão sistemática (ANALYSIS. . . , s.d.). Na Etapa 1, foi utilizado o seguinte *query* no campo de busca: *allintitle : iot|things + robot*, resultando em 377 trabalhos. Nas etapas 2 e 3 é importante frisar que os coeficientes de coerência foram 83% e 87%, respectivamente, o que demonstra um alinhamento quase perfeito entre os pesquisadores. Ao final dessas duas etapas, temos uma lista final com 34 artigos que tratam de software para IoRT.

³ <https://www.zotero.org/>



Etapa	Artigos Selecionados	Artigos Descartados
<i>Seleção Inicial</i>	377	—
<i>Revisão em Pares</i>	159	218
<i>Título</i>	111	48
<i>Resumo/Conteúdo</i>	34	77

Tabela 1 – Número de artigos selecionados por etapa.

3.2 Lista de Artigos Selecionados

A Tabela 2 mostra os artigos selecionados, com o local onde foram publicados e o ano de publicação. Vemos que os artigos datam de 2013 a 2020, não sendo listado nenhum artigo do corrente ano devido a esta seleção ter sido feita no início de 2021. Também vemos que os artigos são publicados em diferentes áreas do conhecimento, como ciências de computação, ciências médicas, e engenharias.

A Figura 2 ilustra a distribuição dos artigos da tabela anterior por ano de publicação. Vemos que após o ano de 2017 há um grande salto no número de publicações nessa área, com a maioria das publicações sendo feitas no último ano, sugerindo que essa tecnologia ainda está em seu momento de maior discussão.

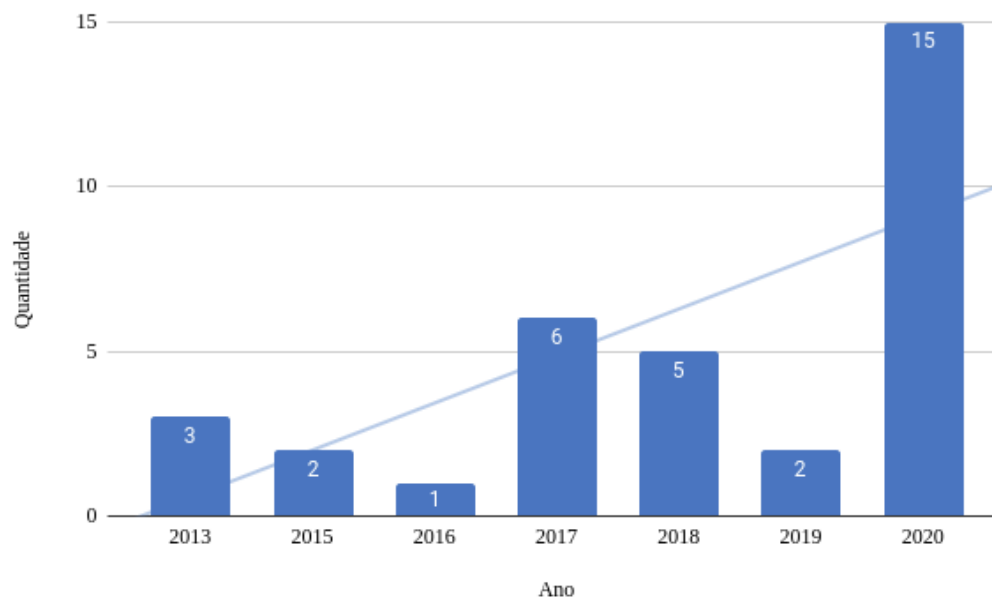


Figura 2 – Quantidade de artigos por ano de publicação.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi feita uma análise sistemática da literatura para a coleta de uma lista inicial de artigos que falem sobre aspectos de software de IoRT. Toda a seleção foi feita de maneira paralela por dois pesquisadores, tendo as escolhas sido validadas por meio de coeficientes de concordância e um terceiro pesquisador.

Como resultado, temos uma lista de 34 artigos, que datam de 2013 a 2020, onde o ápice de publicações acontece nos últimos 4 anos, sugerindo a novidade desses sistemas. Isso nos encoraja a pensar em trabalhos futuros, quando, além de incluirmos os artigos do ano de 2021, também pretendemos fazer um processo de bola de neve (WOHLIN, 2014), que potencialmente revela novos artigos. Com uma lista de artigos completa, então



Tabela 2 – Lista de artigos selecionados.

Ano	Título	Local
2013	Internet of intelligent things and robot as a service	Simulation Modelling Practice and Theory
2017	Robot Assistant in Management of Diabetes in Children Based on the Internet of Things	IEEE Internet of Things Journal
2020	Integration of the Mobile Robot and Internet of Things to Monitor Older People	IEEE Access
2020	Robot Formation Control Based on Internet of Things Technology Platform	IEEE Access
2013	Bringing the Internet of Things along the manufacturing line: A case study in controlling industrial robot and monitoring energy consumption remotely	Conference on Emerging Technologies Factory Automation (ETFA)
2020	IoT Architecture for Smart Control of an Exoskeleton Robot in Rehabilitation by Using a Natural User Interface Based on Gestures	Journal of Medical Systems
2017	Design and implementation of explorer mobile robot controlled remotely using IoT technology	2017 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)
2020	Development of Web-based Application for Mobile Robot using IOT Platform	International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)
2020	Towards IoT-Aided Human-Robot Interaction Using NEP and ROS: A Platform-Independent, Accessible and Distributed Approach	Sensors
2017	Design and Implementation of Robot Assisted Surgery Based on Internet of Things (IoT)	International Conference on Advanced Computing and Applications (ACOMP)
2017	Long range robot teleoperation system based on internet of things	International Conference on Computer and Communication Systems (ICCCS)
2020	IP Based Surveillance Robot Using IOT	International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)
2019	IOT-Based Wi-Fi Surveillance Robot with Real-Time Audio and Video Streaming	Computing, Communication and Signal Processing
2020	IoT Waiter Bot: A Low Cost IoT based Multi Functioned Robot for Restaurants	International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions) (ICRITO)
2018	Voice Activation and Control to Improve Human Robot Interactions with IoT Perspectives	World Automation Congress (WAC)
2020	Remotely Operated Vehicle (ROV) Robot For Monitoring Quality of Water Based on IoT	International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)
2016	A system architecture to control robot through the acquisition of sensory data in IoT environments	International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI)
2020	IoT and Fog Analytics for Industrial Robot Applications	International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)
2018	Implementation of an IoT Architecture based on MQTT for a Multi-Robot System	Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)
2013	An Integrated System of Robot, SmartBox and RFID as an Approach for Internet of Things	International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications
2020	Mechatronics Development of Terrestrial Mobile Robot for Exploring and Monitoring Environmental Parameters at Mine Analogue Sites using IoT Platform	International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)
2017	Architecture for incorporating Internet-of-Things sensors and actuators into robot task planning in dynamic environments	International Symposium on Robotics and Intelligent Sensors (IRIS)
2017	Personal robot: Towards developing a complete humanoid robot assistant using the Internet of Things	Internet of People and Smart City Innovation
2020	Controlling an humanoid robot using iot	IOP Conference Series: Materials Science and Engineering
2019	Development of IoT Based Mobile Robot for Automated Guided Vehicle Application	Journal of Electronic Information Systems
2020	A Framework of IoT Platform for Autonomous Mobile Robot in Hospital Logistics Applications	International Joint Symposium on Artificial Intelligence and Natural Language Processing (ISAI-NLP)
2015	Design and Implementation of an Intelligent Cooking Robot Based on Internet of Things	Chinese Intelligent Automation Conference
2018	Implementation of a Biomimetic Flapping-Wing Robot Based on Internet of Things Technology	Advanced Mechanical Science and Technology for the Industrial Revolution 4.0
2020	LPG Gas Detecting Robot Based on IOT	E3S Web of Conferences
2020	Human-robot interface for remote control via IoT communication using deep learning techniques for motion recognition	Latin American Robotics Symposium (LARS),
2020	Design and Implementation of an IoT Based Medical Assistant Robot (Aido-Bot)	International Women in Engineering (WIE) Conference on Electrical and Computer Engineering (WIECON-ECE)
2015	Monitoring and Control of Dual-Arm Industrial Robot Tasks Using IoT Application and Services	Applied Mechanics and Materials
2018	Design and Research on Human-Computer Interactive Interface of Navigation Robot in the IOT Mode	Distributed, Ambient and Pervasive Interactions: Understanding Humans
2018	Internet of Things Technology Applies to Two Wheeled Guard Robot with Visual Ability	Advanced Mechanical Science and Technology for the Industrial Revolution 4.0



pretendemos conduzir uma análise qualitativa desses artigos e compará-la a outra pesquisa que conduzimos sobre o estado da prática em IoRT.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi integralmente financiado pelo programa PIBIC/2020.

REFERÊNCIAS

- AFANASYEV, Ilya et al. Towards the internet of robotic things: Analysis, architecture, components and challenges. In: IEEE. 2019 12th International Conference on Developments in eSystems Engineering (DeSE). [S.l.: s.n.], 2019. P. 3–8.
- ALBONICO, Michel et al. Mining Evidences of Internet of Robotic Things (IoRT) Software from Open Source Projects. **15th Brazilian Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse**, 2021.
- ANALYSIS spreadsheet. [S.l.: s.n.]. <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1Fu9Hm0QTQJhXzholdVc5boqCZjZuzAseenjqyBQqYuQ/edit?usp=sharing>.
- GLASS, R.L. et al. Software testing and industry needs. **IEEE Software**, v. 23, n. 4, p. 55–57, 2006. DOI: [10.1109/MS.2006.113](https://doi.org/10.1109/MS.2006.113).
- KITCHENHAM, Barbara; BRERETON, Pearl. A systematic review of systematic review process research in software engineering. **Information and software technology**, Elsevier, v. 55, n. 12, p. 2049–2075, 2013.
- KRAEMER, Helena C. Kappa coefficient. **Wiley StatsRef: statistics reference online**, Wiley Online Library, p. 1–4, 2014.
- RAY, Partha Pratim. Internet of robotic things: concept, technologies, and challenges. **IEEE access**, IEEE, v. 4, p. 9489–9500, 2016.
- UNPHON, Hataichanok; DITTRICH, Yvonne. Software architecture awareness in long-term software product evolution. **Journal of Systems and Software**, Elsevier, v. 83, n. 11, p. 2211–2226, 2010.
- WOHLIN, Claes. Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In: PROCEEDINGS of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering. [S.l.: s.n.], 2014. P. 1–10.