

Agente robótico para interação humano-robô de longa duração

Bolsista Isaque Elcio de Souza (CTI) iesouza@cti.gov.br

Resumo

A interação humano-robô de longa duração traz uma nova perspectiva para a atuação de robôs de serviço em parceria com humanos. Essa nova perspectiva produziu um aumento de pesquisas em Human-Robot Interaction (HRI) em particular na área de robótica social. Em uma interação de longo prazo, o robô social deve memorizar as preferências dos usuários, adaptar-se ao comportamento desses de acordo com as alterações do ambiente, alcançando uma interação natural e gerando engajamento com a continuidade da interação em relações futuras. Muitas das pesquisas envolvendo robótica social utilizam simuladores para desenvolver, aprimorar e avaliar o comportamento do robô e suas interações, evitando dessa forma danos ao ambiente e ao robô durante o desenvolvimento. Neste artigo apresentamos: uma pesquisa bibliográfica sobre interação humano-robô de longa duração e o aprimoramento do simulador Robot House Simulator (RHS) com a ampliação do ambiente residencial, com a adição de novos avatares e acesso distribuído para usuários. Além disso, também é apresentado o projeto de um sistema cognitivo com recursos de memória episódica para o agente robótico atuando em um ambiente doméstico, que seleciona e armazena as interações com os usuários aprendendo preferências individuais. O sistema memoriza os episódios mais importantes a partir de seleção realizada por um módulo cognitivo.

Palavras-chave: Interação humano-robô, sistema cognitivo, simulador robótico, interação de longa duração.

1. Introdução

A *Human-Robot Interaction* (HRI) representa uma área de estudos da robótica com o objetivo de compreender, projetar e avaliar sistemas robóticos que realizam a interação entre seres humanos e robôs (Goodrich and Schultz, 2007). A robótica social, em HRI, estuda as interações sociais entre humanos e robôs com o objetivo de aprimorar e enriquecer a cooperação dos robôs com humanos (Hegel *et al.*, 2009).

Nos últimos anos, graças ao avanço no campo de robótica social, os robôs estão se aproximando das vidas humanas e das suas atividades cotidianas, tornando-se parte do ambiente doméstico como assistentes, cuidadores e acompanhantes (Fasola and Mataric, 2012; Short *et al.*, 2014; Mondada *et al.*, 2017). Um robô social deve fornecer serviços adaptáveis e personalizados ao usuário, buscando manter uma interação natural (Ahmad, Mubin and Orlando, 2017a).

Portanto, para manter o engajamento, durante a interação presente e futura, os robôs precisam aprender e recordar as preferências e as características de cada usuário. A implementação de memória de longa duração no sistema robótico desempenha um papel

importante na adequação do comportamento do robô com os usuários. Com o recurso de memória de longa duração, o sistema robótico pode recuperar interações passadas e assim possibilitar a tomada de decisões apropriadas em interações futuras. Para aprimorar as interações e o comportamento do sistema robótico, testando, treinando e avaliando o desempenho na realização de determinadas tarefas, emprega-se a utilização de simuladores (Silva, Correia and Christensen, 2017).

Pesquisas envolvendo robótica social de longa duração ainda estão em uma fase inicial e apresentam algumas limitações (Hawes *et al.*, 2017; Ahmad, Mubin and Orlando, 2017; Edirisinghe and Jayasekara, 2018; Wang and Christensen, 2018). Como exemplos de limitações, essas pesquisas exploram poucas informações das interações dos usuários e do ambiente para a adaptação do comportamento. Além disso, não selecionam as informações importantes para registro ou as interações irrelevantes que devem ser esquecidas ao longo de operação do sistema robótico.

Este artigo apresenta uma pesquisa bibliográfica sobre HRI de longa duração nos últimos 4 anos, estudo de sistema cognitivo com memória episódica e ampliação do *Robot House Simulator* (RHS) (Belo, Romero and Azevedo, 2017), que disponibiliza um ambiente doméstico onde um robô e os humanos interagem socialmente.

A organização do artigo ocorre da seguinte forma: na seção 2, é apresentada a pesquisa bibliográfica; na seção 3, é apresentada uma visão geral da ampliação do simulador RHS; na seção 4 explora o projeto do sistema cognitivo com memória; na seção 5, os resultados preliminares e a conclusão; e por fim, na seção 6 a continuidade do trabalho é apresentada.

2. Pesquisa bibliográfica

Para a pesquisa bibliográfica foram realizadas buscas nas seguintes bases de dados: *ACM Digital Library*, *SCOPUS Database*, *IEEE Xplore Digital Library* e *Web of Science*. As buscas nas bases consideraram trabalhos produzidos entre os anos de 2016 e 2020 sendo utilizada a seguinte *string* de busca:

*robotic**, AND *long-term* AND *Human-Robot Interaction*.

Após as buscas nos repositórios, a primeira etapa de seleção dos trabalhos foi a leitura do título e do resumo e, na segunda etapa, foi feita a leitura completa do artigo. Para critério de inclusão, foram considerados trabalhos que implementaram o sistema robótico de HRI em longa duração, adapta o comportamento do robô de acordo com as informações dos usuários ou possui mecanismo de memória para armazenar informações das interações e dos usuários.

Essa pesquisa bibliográfica gerou um relatório técnico de interações de longa duração em HRI. Na sequência são apresentados os principais trabalhos selecionados em HRI de interação de longa duração.

2.1. Trabalhos relacionados

Há um interesse crescente no desenvolvimento de sistemas robóticos, que possam aprimorar e enriquecer a interação entre humanos e robôs. Contudo, alguns estudos de interação de longo prazo indicam que o efeito de novidade acaba rapidamente e os usuários perdem o interesse pelo robô com o passar do tempo (Leite, Martinho and Paiva, 2013).

O projeto *TritonBot* (Wang and Christensen, 2018; Wang *et al.*, 2019) desenvolveu um robô de serviço, autônomo de interação de longo prazo, atuando como recepcionista e guia turístico. O cenário de operação é um prédio de escritórios com pessoas transitando

regularmente, ocasionalmente, ocorrem reuniões e eventos nesse ambiente. O robô é posicionado no corredor de frente para a entrada, cumprimenta as pessoas e as convida para um passeio, apresenta um laboratório de prototipagem com impressora 3D, uma sala de exposições de robôs e uma sala de demonstração de uma casa inteligente. O robô inicia o diálogo e, caso o usuário seja cadastrado, ele o trata pelo nome; caso não seja cadastrado na base de dados, realiza perguntas para coletar informações do usuário, e características faciais são armazenadas para reconhecimento em futuras interações.

O trabalho de Edirisinghe (Edirisinghe and Jayasekara, 2018) apresenta um sistema inteligente, baseado em memória autobiográfica de um robô social atuando em ambiente doméstico, com recursos de memória para interação de longo prazo e com a capacidade de aprender as preferências dos usuários e adaptar o comportamento de acordo com seu perfil. A representação do conhecimento e o relacionamento entre as informações são armazenados em uma rede semântica. Essa abordagem cria uma estrutura para a representação do conhecimento, que permite o registro de informações dos usuários e a realização de interações adaptáveis, além de viabilizar a capacidade de aprender com as declarações dos usuários, determinando as preferências ao longo do tempo.

O projeto *STRANDS* (Hawes *et al.*, 2017) é uma arquitetura de software robótico projetada para a aplicação de robôs de serviço autônomo em interação de longo prazo com aplicação em diferentes cenários. No contexto do cenário de segurança o objetivo foi monitorar o ambiente interno de escritórios e gerar alertas no momento em que se observasse eventos incomuns. No contexto de cenário de atendimento, o robô apoiou uma equipe de cuidadores e pacientes em um lar de idosos, no qual um robô móvel orientava os visitantes, fornecia informações aos residentes e auxiliava nas terapias de caminhada. Em cada cenário, o robô apresenta um comportamento diferente, pois estava interagindo com um público diferente. Assim, a robustez do sistema a longo prazo é crucial, bem como a adaptação da rotina de atividades do contexto no qual foi inserido. Entre os desafios da robótica social de interação de longo prazo, um deles é manter o envolvimento do usuário durante um longo período. Uma das soluções apontadas para manter esse interesse é desenvolver uma relação social e apresentar vários comportamentos autônomos e personalizados (Leite *et al.*, 2014; Ahmad, Mubin and Orlando, 2017).

3. Ampliação simulador RHS

O RHS (Belo, Romero and Azevedo, 2017) é um simulador de ambiente residencial que conta com sala, cozinha e móveis como: geladeira, mesa, fogão, pia com torneira, sofá, televisão, prateleira entre outros. Parte dos objetos são interativos, como a torneira, a geladeira e a porta que permitem ações de abrir e fechar. Além do ambiente, o simulador conta com um robô humanoide que percorre e interage com o ambiente da residência e interage com um avatar humano. Esse avatar humano é controlado pelo usuário através da interface do simulador, por outro lado, o robô é controlado por um sistema cognitivo de forma autônoma. Os objetos no ambiente são rotulados e, quando visualizados pela câmera de visão do robô, são identificados, dispensando reconhecimento por sistema de visão computacional.

Para a ampliação do ambiente simulado, foram adicionados: um quarto com os móveis e dois novos avatares com perfis diferentes. Uma criança denominada José e um idoso denominado Antônio além da Mariana, personagem adulta já presente na versão original do simulador. Na Figura 1 são apresentados os avatares e o robô.



Figura 1 - Avatares humanos e agente robótico

Cada avatar é controlado por um humano que pode interagir com o robô e os objetos do ambiente residencial. Dessa forma, para facilitar o acesso, o simulador adotou a arquitetura distribuída tornando multiagente, representado na Figura 2.

Para a implementação do acesso distribuído, foi utilizado o *framework Photon*¹ integrado ao Unity².

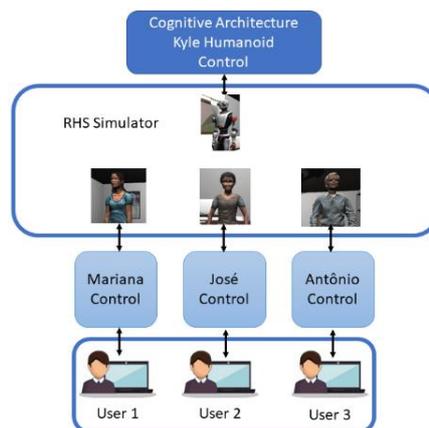


Figura 2 - Arquitetura do sistema multiagente

4. Sistema cognitivo com memória episódica

Em robótica social, a utilização de arquiteturas cognitivas tem sido proposta para modelar agentes robóticos com mais precisão e recursos necessários para aproximar-se do comportamento cognitivo humano. Para tal, são implementadas funcionalidades de raciocínio, percepção, memória e aprendizado (Franklin *et al.*, 2014; Johal *et al.*, 2015; Chella, Lanza and Seidita, 2018).

Foram realizados experimentos com a arquitetura cognitiva *Learning Intelligent Distribution Agent* (LIDA) (Snaider, McCall and Franklin, 2011), modelando um agente robótico para atuar em um ambiente doméstico, atendendo diferentes perfis de usuários, servindo lanches e bebidas. Ele considera informações complementares como clima, episódios anteriores de interação e estado de saúde relatado pelo usuário. O agente robótico possui memória episódica, na qual o sistema cognitivo tem acesso a lembranças de interações com cada usuário.

¹ <https://www.photonengine.com/pun>

² <https://unity.com/pt>

A arquitetura cognitiva LIDA recebe informações de percepção do ambiente, realiza o ciclo cognitivo e retorna às ações para serem realizadas sempre considerando episódios anteriores vivenciados pelo agente robótico. Na Figura 3, são apresentados os módulos do sistema cognitivo que implementam o ciclo cognitivo. A seguir, são detalhadas as etapas desse ciclo:

- Na primeira etapa, identificada na Figura 3 pelo número 1, uma coleção de detectores de características recebe os dados do módulo ambiente e infere categorias de lanches, bebidas, clima e estado de saúde. Essas categorias são transformadas em representações correspondentes no *Perceptual Associative Memory*. As representações com ativação são propagadas para o espaço de trabalho como percepções.
- Na segunda etapa, número 2 na Figura 3, as percepções da etapa anterior são movidas para *Workspace*, onde são indicadas a *Transient Episodic Memory* e a *Declarative Memory*, produzindo associações locais. Dessa maneira, o conteúdo do *Workspace* é utilizado como uma pista para localizar informações nas memórias. As associações locais são combinadas com a percepção para gerar uma compreensão sobre o que está acontecendo no momento. Os *Attention Codelets* determinam os conjuntos de recursos importantes no *workspace* a serem enviados ao *Global Workspace*.
- Já na terceira etapa, número 3 na Figura 3, o *Global Workspace* recebe informações da etapa anterior e realiza uma seleção de relevância considerando o mais importante e o mais urgente, cujas informações tornam-se o conteúdo da consciência. Esses conteúdos conscientes são então transmitidos globalmente para os outros módulos. Assim, eventos de transmissão de consciência são codificados em novas memórias da *Transient Episodic Memory*. O *Procedural Memory* recebe a transmissão da consciência e possíveis esquemas de ação a serem ativados de acordo com a relevância no momento. O conjunto de ações selecionadas é instanciado no módulo de *Action Selection*. No módulo *Action Selection*, um comportamento é selecionado para esse ciclo cognitivo. Finalmente, o comportamento selecionado é enviado ao módulo *Sensory Motor Memory*, que executa o algoritmo adequado para o comportamento, alterando o status do ambiente.

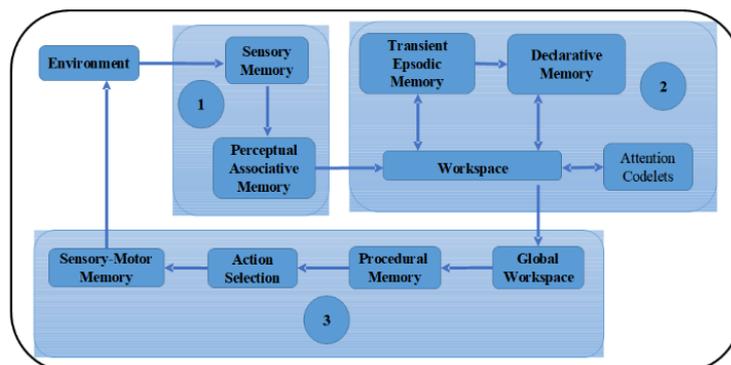


Figura 3 - Ciclo cognitivo do agente robótico

Vale ressaltar que todos os módulos da arquitetura cognitiva LIDA continuam a operar de forma assíncrona conforme o ciclo cognitivo avança, além de vários processos executados em paralelo. Os módulos e recursos da arquitetura cognitiva são implementados como uma biblioteca na linguagem Java.

5. Resultados preliminares e conclusão

O sistema cognitivo com memória episódica tem o objetivo de facilitar as interações adaptativas com lembrança de episódios anteriores e interações personalizadas para cada avatar humano presente no ambiente. Nesse contexto, o sistema cognitivo é responsável por selecionar episódios considerados importantes e armazená-los, assim como, descartar episódios já não mais considerados relevantes para o agente robótico.

O sistema inteligente, modelado na arquitetura cognitiva LIDA apresentada na sessão 4, é capaz de fornecer sugestões personalizadas de lanches e bebidas para os usuários, aprendendo preferências a cada interação realizada. Para a seleção de bebidas e lanches são considerados o histórico de interações, as condições climáticas, o estado de saúde do usuário e o período do dia. Quando ofertadas apenas algumas informações do usuário, o sistema cognitivo é capaz de inferir a bebida e o lanche adequados para ele considerando as condições atuais.

Com essas opções de dados definidos, são criados perfis de preferências de cada usuário. Como exemplo, Mariana, quando está saudável, gosta de chá com bolo, no período da manhã em dias com clima ameno, mas prefere suco em dias de calor. Antônio prefere pão com café, no entanto, em dias em que está resfriado ou com gripe, prefere chá. Já José gosta de suco e sanduíche e apenas em dias frios, chá.

Os testes no sistema cognitivo foram realizados utilizando o recurso de ambiente fornecido pela instalação do framework LIDA que disponibiliza uma interface gráfica para a simulação de entrada de dados ou visualização do estado do agente robótico no ambiente. Nesse ambiente, são informados parâmetros do pedido que serão considerados pelo LIDA na seleção da ação.

Neste trabalho, apresentamos a ampliação do simulador RHS e o projeto de sistema cognitivo com memória episódica para sistemas robóticos de interação de longo prazo. Os resultados experimentais mostram o potencial do sistema em fornecer serviços adaptativos enquanto aprende as preferências do usuário por meio de interações.

Também são relevantes os resultados associados a divulgação e registro do trabalho. Essa divulgação ocorreu através de três artigos publicados em congressos nacionais com qualis B2 e B3 (Azevedo, H.; Souza, Isaque E., 2019) (Souza, Isaque E.; Azevedo, H., 2020) (Azevedo, H.; Belo, José P. R.; Souza, Isaque E.; Romero, Roseli A. F., 2020), e um relatório técnico disponibilizado no repositório da instituição (Souza, Isaque E., 2020).

6. Trabalhos futuros

A ampliação do simulador RHS e os testes com sistema cognitivo com memória episódica possibilitou a realização de testes e avaliações do agente robótico no ambiente doméstico em diferentes cenários. Entre as próximas atividades a serem realizadas temos:

- Integração do sistema cognitivo e RHS utilizando a arquitetura CMDE (Azevedo, Belo and Romero, 2020).
- Ampliação do cenário de atuação do agente robótico no ambiente doméstico.
- Adaptação do simulador RHS ao novo cenário de utilização.

Referências

Ahmad, M. , Mubin, O. and Orlando, J. (2017) *Adaptive social robot for sustaining social engagement during long-term children--robot interaction*, International Journal of Human--Computer Interaction. Taylor & Francis, 33(12), pp. 943–962.

- Ahmad, M., Mubin, O. and Orlando, J.** (2017a) *A systematic review of adaptivity in human-robot interaction*, Multimodal Technologies and Interaction. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 1(3), p. 14.
- Aly, A., Griffiths, S. and Stramandinoli, F.** (2017) *Metrics and benchmarks in human-robot interaction: Recent advances in cognitive robotics*, Cognitive Systems Research, 43, pp. 313–323. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2016.06.002>.
- Asprino, L. et al.** (2017) *An Ontology Design Pattern for supporting behaviour arbitration in cognitive agents*, Advances in Ontology Design and Patterns. IOS Press, 32, p. 85. Available at: http://ontologydesignpatterns.org/wiki/images/0/03/WOP2016_paper_13.pdf.
- Azevedo, H.; Souza, Isaque E.** (2019) *A Simulated Environment for Long-term Interactions*. In: 16th Latin American Robotics Symposium - LARS'2019; Rio Grande - Brazil, October 22 to 25, 2019; pp 311-316
- Azevedo, H., Belo, J. P. R. and Romero, R. A. F.** (2020) *Using Ontology as a Strategy for Modeling the Interface Between the Cognitive and Robotic Systems*, Journal of Intelligent & Robotic Systems. Springer, 99(3), pp. 431–449.
- Azevedo, H.; Belo, José P. R.; Souza, Isaque E.; Romero, Roseli A. F.** (2020) *Use of Ontology to Model the Perception of the Environment by a Humanoid Robot*; In: Proceedings of the ONTOBRAS 2020 - 13º Seminário de Pesquisa em Ontologias do Brasil; Vitória - Brasil, 2020
- Belo, J. P. R., Romero, R. A. F. and Azevedo, H.** (2017) *RHS simulator for robotic cognitive systems*, in 2017 Latin American Robotics Symposium (LARS) and 2017 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), pp. 1–6.
- Chella, A., Lanza, F. and Seidita, V.** (2018) *A cognitive architecture for human-robot teaming interaction*, in Proceedings of the 6th International Workshop on Artificial Intelligence and Cognition. Palermo (July 2-4 2018).
- Edirisinghe, M. M. S. N. and Jayasekara, A. G. B. P.** (2018) *Use of Autobiographical Memory for Enhancing Adaptive HRI in Multi-User Domestic Environment*, in 2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 1118–1123.
- Fasola, J. and Mataric, M. J.** (2012) *Using Socially Assistive Human–Robot Interaction to Motivate Physical Exercise for Older Adults*, Proceedings of the IEEE, 100(8), pp. 2512–2526.
- Franklin, S. et al.** (2014) *LIDA: A Systems-level Architecture for Cognition, Emotion, and Learning*, IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, 6(1), pp. 19–41. doi: 10.1109/TAMD.2013.2277589.
- Goodrich, M. A. and Schultz, A. C.** (2007) *Human-Robot Interaction: A Survey*, Found. Trends Hum.-Comput. Interact. Hanover, MA, USA: Now Publishers Inc., 1(3), pp. 203–275. doi: 10.1561/11000000005.
- Hawes, N. et al.** (2017) *The STRANDS Project: Long-Term Autonomy in Everyday Environments*, IEEE Robotics Automation Magazine, 24(3), pp. 146–156.
- Hegel, F. et al.** (2009) *Understanding social robots*, in 2009 Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions, pp. 169–174.
- Johal, W. et al.** (2015) *A cognitive and affective architecture for social human-robot interaction*, in Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts, pp. 71–72.
- Leite, I. et al.** (2014) *Empathic robots for long-term interaction*, International Journal of Social Robotics. Springer, 6(3), pp. 329–341.
- Leite, I., Martinho, C. and Paiva, A.** (2013) *Social robots for long-term interaction: a survey*, International Journal of Social Robotics. Springer, 5(2), pp. 291–308.
- Mondada, F. et al.** (2017) *Bringing Robotics to Formal Education: The Thymio Open-Source Hardware Robot*, IEEE Robotics Automation Magazine, 24(1), pp. 77–85.
- Short, E. et al.** (2014) *How to train your DragonBot: Socially assistive robots for teaching children about nutrition through play*, in The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp. 924–929.

Silva, F., Correia, L. and Christensen, A. L. (2017) *Evolutionary online behaviour learning and adaptation in real robots*, Royal Society open science. The Royal Society Publishing, 4(7), p. 160938.

Snider, J., McCall, R. and Franklin, S. (2011) *The LIDA framework as a general tool for AGI*, in International Conference on Artificial General Intelligence, pp. 133–142.

Souza, Isaque E. (2020); Relatório Técnico: Interação humano-robô de Longo Prazo; Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI Renato Archer), Código: TRT0025-2020; 2020

Souza, Isaque E.; Azevedo, Helio (2020) A simulated environment for long-term interactions with episodic memory. In: 17th Latin American Robotics Symposium - LARS'2020; virtual - Brazil, November 10 to 13, 2020;

Wang, S. et al. (2019) *Robotic Reliability Engineering: Experience from Long-term TritonBot Development*.

Wang, S. and Christensen, H. I. (2018) *TritonBot: First Lessons Learned from Deployment of a Long-Term Autonomy Tour Guide Robot*, in 2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), pp. 158–165.