



AValiação E Adaptação DE UM SUBSISTEMA DE MEMÓRIA EPISÓDICA PARA UMA ARQUITETURA COGNITIVA

Palavras-Chave: SISTEMAS COGNITIVOS, MEMÓRIA EPISÓDICA, COGNIÇÃO ARTIFICIAL

Autores/as:

KAREN CRISTINA BALIERO LIMA – IC, UNICAMP

Prof. Dr. RICARDO RIBEIRO GUDWIN (orientador) – FEEC, UNICAMP

INTRODUÇÃO:

Arquiteturas cognitivas são arquiteturas computacionais inspiradas em modelos cognitivos, tipicamente originados da psicologia cognitiva, que visam reproduzir em agentes inteligentes diferentes capacidades cognitivas humanas (KOTSERUBA; TSOTSOS, 2018). Dentre as capacidades cognitivas humanas, uma que se destaca é a assim chamada memória episódica (TULVING, 2002). A memória episódica é uma memória humana em que são armazenados episódios vivenciados pelo agente ao longo do tempo, envolvendo os objetos percebidos e sua trajetória no espaço de propriedades dos mesmos. Dentre diversos modelos de memória episódica, nos interessa particularmente o modelo desenvolvido por (MARTIN et al., 2022), uma arquitetura bio-inspirada, baseada em modelos de diversas partes do cérebro, desenvolvido pelo CINVESTAV, no México. Esse projeto, que é descrito em detalhes em dois artigos (MARTIN et al., 2020; MARTIN et al., 2022) e duas teses de doutorado (OLIVER, 2016; CASTILLO, 2020), baseia-se na hipótese de que entidades virtuais, dotadas de uma arquitetura cognitiva dotada de memória episódica, planejarão e tomarão decisões de maneira semelhante à humana, utilizando as recordações armazenadas em sua memória episódica. Uma visão sumarizada da arquitetura é mostrada na figura 1. Para testar o funcionamento dessa arquitetura, seus proponentes desenvolveram basicamente dois experimentos: O primeiro experimento validou as funções da memória de forma independente, e no segundo, a criatura usou a memória episódica para resolver um problema de planejamento (MARTIN et al., 2022).

O primeiro experimento foi baseado nas tarefas WWWhen (What, Where, When) e em uma Memória de Questões/Fontes Inesperadas. Ele considera um agente virtual equipado com a memória episódica desenvolvida, situado em um ambiente virtual 3D na Unity. Um conjunto de imagens que o agente extrai de seu ambiente representa a entrada para o sistema. Essas imagens constituem a experiência episódica do agente. A memória do agente é avaliada por meio de perguntas de

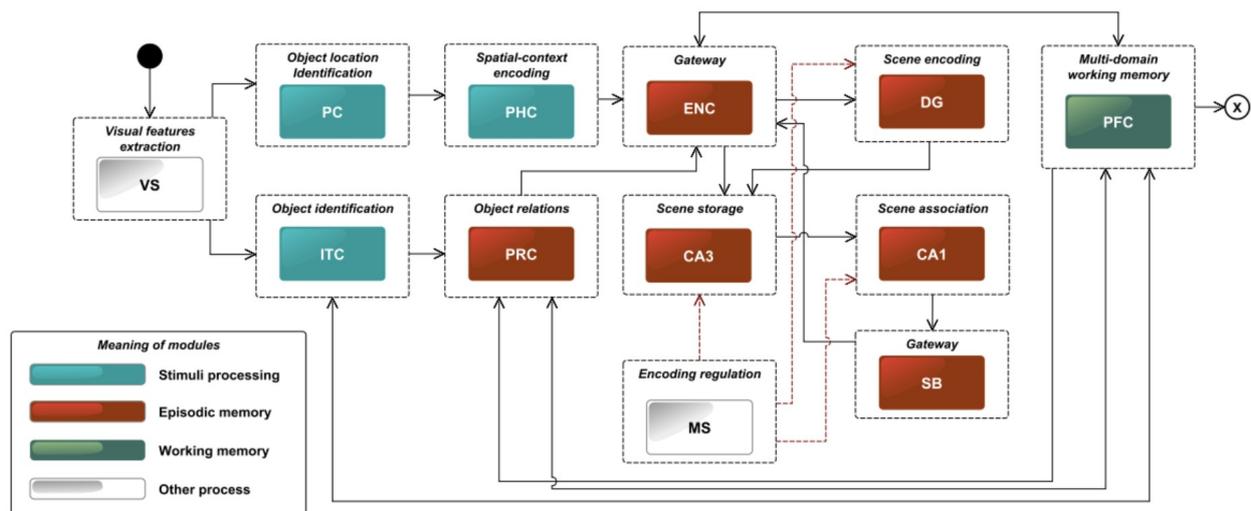


Figura 1: Estruturas cerebrais implicaram em processos de memória episódica (MARTIN et al., 2022) pág. 31

apresentação sobre o conhecimento adquirido. Isso significa que o sistema tem duas entradas, a primeira vinda de um ambiente virtual e a segunda de outro sistema que coloca as perguntas como consultas pictóricas (MARTIN et al., 2022).

Já o segundo experimento teve como objetivo mostrar o uso da memória em uma tarefa específica. O agente virtual foi posicionado aleatoriamente em uma das nove salas possíveis no ambiente virtual e então, ele começa a perambular por eles por um tempo específico para adquirir conhecimento sobre o mapa. Assim que ele termina, o agente muda de localização novamente, e recebe indicações para ir para uma sala específica. Assim, com as novas memórias episódicas, ele deve ser capaz de construir um plano de movimento para atingir seu objetivo. (MARTIN et al., 2022)

Em ambas os experimentos, foi possível atingir os objetivos definidos demonstrando o funcionamento da memória episódica.

No presente projeto de pesquisa, pretende-se, a partir dos códigos-fonte dos experimentos conduzidos pela equipe do CINESTAV, em primeiro lugar reproduzir os experimentos relatados na literatura e, estudando o código-fonte, os artigos e as teses que o descrevem, compreender os detalhes de funcionamento da memória episódica construída por eles. Em um segundo momento, a arquitetura dessa memória será adaptada para ser reproduzida utilizando-se o CST (Cognitive Systems Toolkit) (PARAENSE et al., 2016), um toolkit destinado à construção de arquiteturas cognitivas, sendo desenvolvido no DCA-FEEC-UNICAMP, com o intuito de equipá-la com um mecanismo de memória episódica semelhante ao da equipe do CINESTAV. Dentre as adaptações que serão desenvolvidas, há vários desafios que não são tão óbvios. Em primeiro lugar, o código original da equipe do CINESTAV é um código desenvolvido em duas linguagens diferentes, parte dela em Python e parte em Java. Em segundo, o modelo arquitetural do CST presume uma separação entre elementos processuais, chamados de *Codelets*, e elementos de armazenagem de dados, chamados de *Memory Objects*. Assim, será necessário compreender os passos metodológicos que levam ao funcionamento

adequado da arquitetura do CINESTAV, e sua tradução/releitura, em termos de *Codelets* e *Memory Objects* do CST.

METODOLOGIA:

Como metodologia para o desenvolvimento deste projeto, foi feito o estudo detalhado do funcionamento da arquitetura do CINESTAV, a partir tanto dos artigos e teses, como do código fonte da arquitetura, buscando reproduzir os experimentos relatados por (MARTIN et al., 2022). Na sequência, a compreensão desse estudo levou ao desenvolvimento de um código próprio, baseado em Codelets e Memory Objects, implementando a arquitetura nas estruturas do CST.

- Estudo do Modelo de Memória Episódica do CINESTAV

A figura 2 representa a fluxo das etapas de processamento sumarizadas na figura 1.

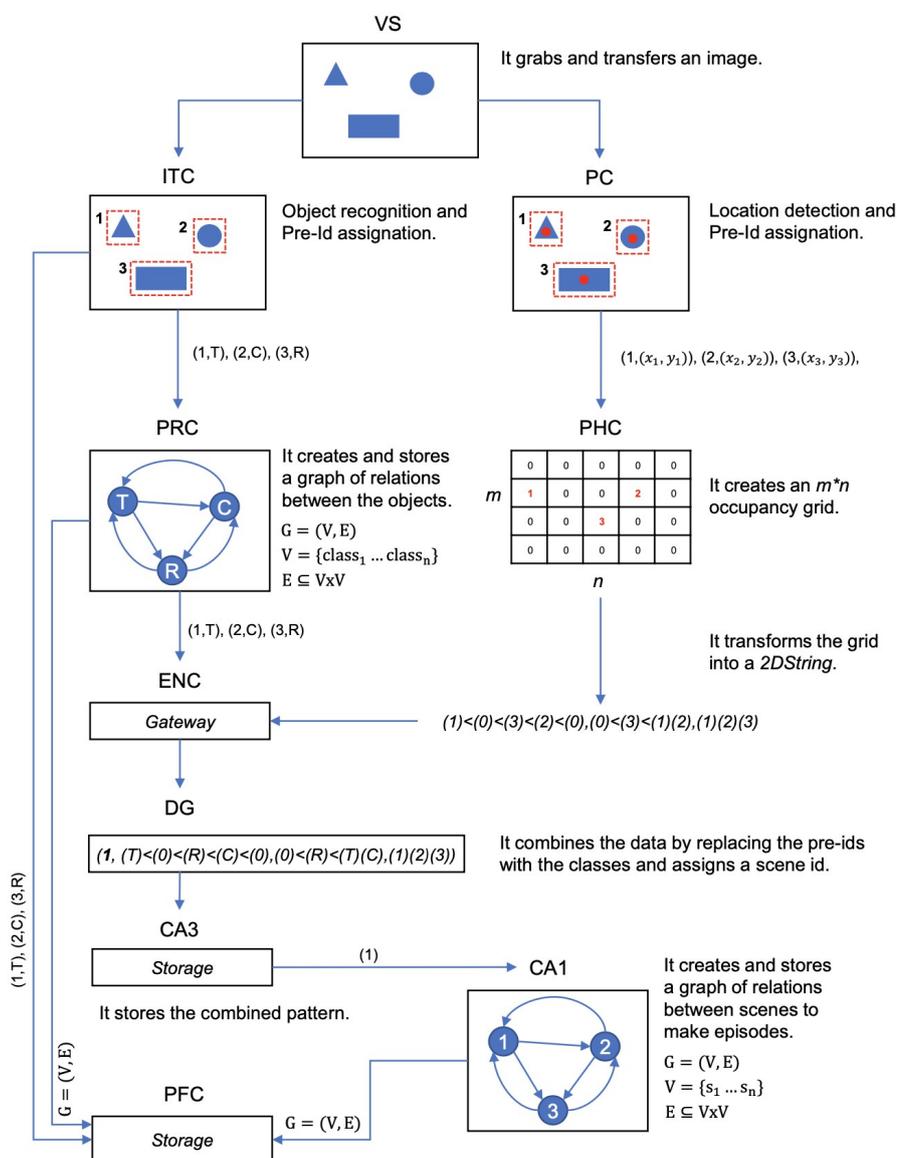


Figura 2: Fluxo do processo de encoding da memória episódica

A primeira parte simula o sistema visual do ser humano: as imagens que seriam a visão do agente são capturadas a partir do ambiente simulado (para realizar a simulação do ambiente 3D, utiliza-se do Unity com ambiente simulado de algumas salas com objetos e seres vivos conforme a figura 3) e enviadas para o PC e ITC, constituindo a primeira etapa das vias dorsal (para processamento espacial) e ventral (para processamento de

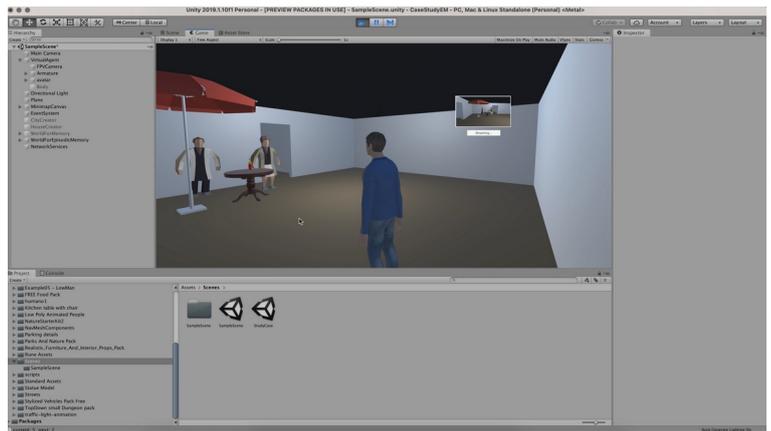


Figura 3: Ambiente simulado na Unity em uma das salas com a câmera mostrando a visualização do agente

características visuais de objetos) do cérebro. Demais processamentos são realizados com o intuito de identificar as posições relativas dos objetos na cena, criar associações entre objetos a cada vez que são encontrados juntos, criar cenas com base na associação de objetos e posições, e criar episódios com base na mudança de cenas. Essas relações são armazenadas no projeto de encoding e storage e poderão ser utilizadas no processo de retrieval. Esse último processo é usado nos experimentos para fazer os testes desejados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Adaptação do Modelo ao CST e Desenvolvimento do Código

Uma vez que o modelo da arquitetura do CINVESTAV foi compreendido em detalhes, foi realizada a reconstrução da arquitetura utilizando-se o [CST](#). O código está disponibilizado em [repositório público no github do H.IAAC](#). Dentre as vantagens do uso do CST está a possibilidade de visualizar, através do MindViewer, interface de inspeção e visualização das estruturas

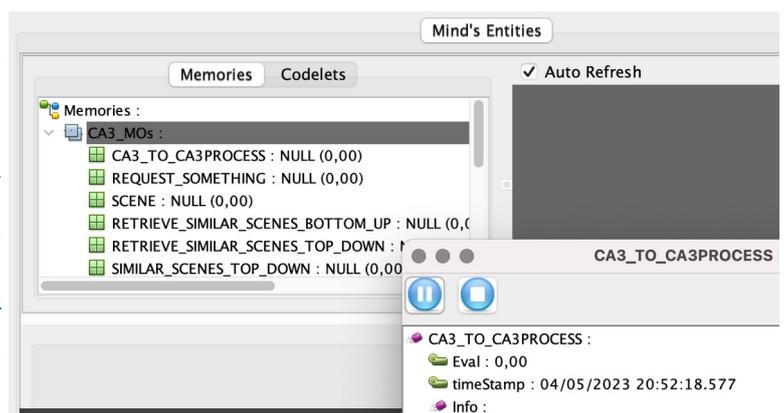


Figura 4: Interface do MindViewer com foco nos memory objects do CA3

internas de uma arquitetura cognitiva, o estado atual dos codelets e memory objects, conforme exemplo na figura 4. Além disso, realizou-se a adaptação dos Memory Objects para o conceito

computacional de *Idea*, entendida como um bloco abstrato e genérico para representar diversos pedaços de conhecimento diferentes, conforme desenvolvido pelo grupo de pesquisa no H.IAAC (CAMARGO; SAKABE; GUDWIN, 2022). A implementação incluiu a criação da “Root Idea”, destinada a armazenar todas as informações relevantes sendo processadas. Além disso, foi concluída a implementação dos processamentos dos *codelets* responsáveis pelo Encoding dos frames recebidos pelo Visual System.

CONCLUSÕES:

Com a execução deste projeto foi possível explorar o subsistema de memória episódica desenvolvido por (MARTIN et al., 2022) e adaptá-lo para o uso do CST. Assim foi possível estudo e aprofundamento do conhecimento acerca de memória episódica em arquiteturas cognitivas e também o uso e teste do CST como Toolkit adaptável para o desenvolvimento de arquiteturas cognitivas; também foi possível aprendido com o conceito de Ideas desenvolvido pelo grupo de pesquisa.

BIBLIOGRAFIA

- MARTIN, L. et al. **Declarative working memory: A bio-inspired cognitive architecture proposal. Cognitive Systems Research**, v. 66, 11 2020.
- MARTIN, L. et al. **Bio-inspired cognitive architecture of episodic memory. Cognitive Systems Research**, v. 76, p. 26–45, 2022.
- PARAENSE, A. L. et al. **The cognitive systems toolkit and the cst reference cognitive architecture. Biologically Inspired Cognitive Architectures, Elsevier**, v. 17, p. 32–48, 2016.
- KOTSERUBA, I.; TSOTSOS, J. K. **A Review of 40 Years of Cognitive Architecture Research: Core Cognitive Abilities and Practical Applications**. arXiv:1610.08602 [cs], jan. 2018.
- TULVING, E. **Episodic memory: From mind to brain. Annual Review of Psychology**, v. 53, n. 1, p. 1–25, 2002.
- CASTILLO, L. de J. M. **Design of a bio-inspired cognitive architecture of declarative working memory for computing entities. Tese (Doutorado) — CINVESTAV, Guadalajara, Mexico**, 12 2020.
- CASTRO, E. C.; GUDWIN, R. R. **A scene-based episodic memory system for a simulated autonomous creature. Int. J. Synth. Emot.**, v. 4, p. 32–64, 2013.
- TULVING, E. **Episodic memory: From mind to brain. Annual Review of Psychology**, v. 53, n. 1, p. 1–25, 2002.
- OLIVER, A. K. J. **Declarative Memory Model based on Neuroscience for Virtual Creatures. Tese (Doutorado)—CINVESTAV, Guadalajara, Mexico**, 02 2016.
- CAMARGO, E.; SAKABE, E. Y.; GUDWIN, R. **Existence, hypotheses and categories in knowledge representation. Procedia Computer Science**, v. 213, p. 496–503, 2022