

Análise Comparativa de Arquiteturas Cognitivas

Marco Antonio Fernandes Junior

FEEC - Universidade Estadual de Campinas

marcoafj@gmail.com

Resumo: *O estudo de arquiteturas cognitivas é muito importante dentro da cognição artificial na tentativa de se estabelecer um framework para a modelagem de sistemas cognitivos. Existem hoje, diversas arquiteturas cognitivas, porém não existe nenhum estudo comparativo entre elas e a aplicação de cada uma delas. Este artigo procura estabelecer algumas comparações, focando em características principais e não em implementações específicas dos módulos, e, propôr algumas discussões sobre isto.*

Palavras-chave: *act-r, arquitetura cognitiva, clarion, cognição artificial, epic, sistema cognitivo, soar*

1. Introdução

De acordo com Sun (2003) [5], uma arquitetura cognitiva pode ser definida como estruturas e processos essenciais de um modelo cognitivo computacional de domínio genérico, utilizado em uma análise ampla, em múltiplos níveis e múltiplos domínios, dos fenômenos da cognição e do comportamento.

Entre as principais vantagens no uso de arquiteturas cognitivas está o fato de uma arquitetura ser um framework concreto para uma modelagem mais detalhada do fenômeno cognitivo. Em outras palavras, trata-se de um modelo genérico e modular definido estruturalmente e que pode ser usado para o detalhamento do processo cognitivo.

Na literatura atual, é possível encontrar a documentação de diversas arquiteturas, explicando em detalhes o funcionamento destas arquiteturas e como elas buscam atingir o objetivo de ser um modelo cognitivo. Entretanto, é complicado encontrar uma documentação comparativa entre as diversas arquiteturas, explorando semelhanças e diferenças entre essa infinidade de arquiteturas e também tentando detalhar qual arquitetura deve ser usada em determinada situação.

O objetivo deste artigo é traçar um breve comparativo entre as principais arquiteturas. Na seção 2, serão brevemente descritas 4 arquiteturas cognitivas

muito utilizadas hoje em dia. São elas: ACT-R, SOAR, CLARION e EPIC. Na seção 3, essas arquiteturas serão comparadas duas a duas. Esta comparação será focada nas principais características das arquiteturas e não em detalhes de cada módulo. Para se realizar essa comparação, utilizou-se como diretrizes, os pontos levantados por Sloman & Scheutz (2007) [4]. Finalmente, na seção 4 é possível encontrar as principais conclusões e possíveis discussões sobre esta e futuras análises comparativas envolvendo arquiteturas cognitivas.

2. Arquitetura

Na literatura, é possível encontrar documentação sobre diversas arquiteturas. Entre as principais estão as 4 que foram consideradas neste artigo. São elas: ACT-R, SOAR, CLARION e EPIC. Nesta seção, será dada uma breve descrição de cada uma delas.

2.1 ACT-R

A arquitetura ACT-R (Adaptive Control of Thought-Rational) foi definida por Anderson & Lebiere (2004) [1] na Carnegie Mellon University. Seu software é baseado na linguagem de programação LISP, portanto, é de difícil

desenvolvimento. Esta arquitetura poder ser vista na *Figura 1*.

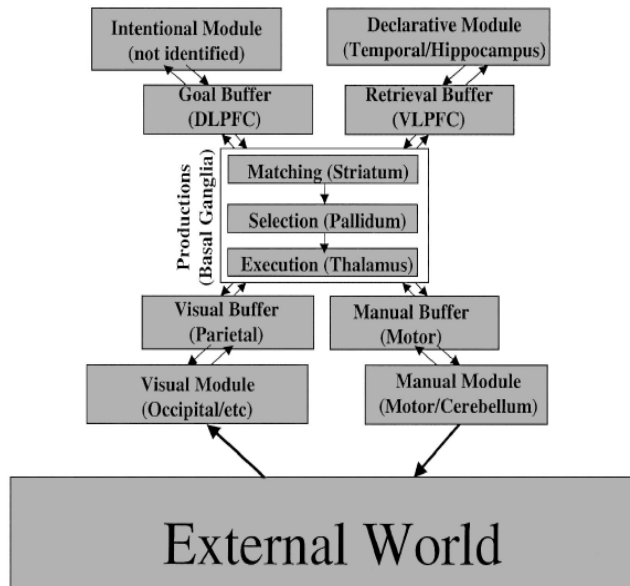


Figura 1: Arquitetura ACT-R

Esta arquitetura é uma arquitetura híbrida, ou seja, é simbólica e sub-simbólica. Possui conhecimento declarativo, que é o conhecimento consciente, representado por chunks e conhecimento procedural, representado por regras de produção.

Possui 4 módulos principais: módulo visual, módulo motor, módulo intencional e módulo declarativo. A comunicação entre os módulos e as produção é feita através de buffers.

Esta arquitetura também possui um esquema de resolução de conflitos pois somente uma produção pode ser disparada a cada instante.

A ACT-R é uma arquitetura que está em constante evolução e atualização e também possui bastante documentação disponível online (<http://act-r.psy.cmu.edu/>).

2.2 SOAR

A arquitetura SOAR (State Operator and Result) foi definida por Laird, Newell & Roseblum (2006) [3] na

University of Michigan. Também possui um software, entretanto, possui bindings para C++ e Java. Esta arquitetura pode ser vista na *Figura 2*.

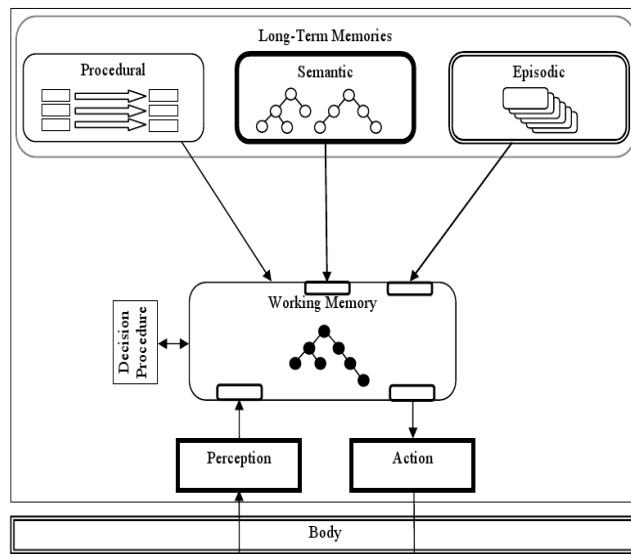


Figura 2: Arquitetura SOAR

Assim como a ACT-R, a SOAR também é uma arquitetura híbrida. A SOAR consiste em uma busca num espaço de problemas e possui como estrutura básica estados em grafos e operadores.

Esta arquitetura também possui aprendizagem contínua e memória dividida em memória de trabalho e memória de longo prazo (procedural, semântica e episódica). Também possui um módulo de percepção e um módulo de ação.

Possui um mecanismo de impasse que, além de resolver conflitos, também indica uma oportunidade para o aprendizado.

Esta arquitetura também está em constante evolução e uma grande quantidade de material sobre ela pode ser encontrada online (<http://sitemaker.umich.edu/soar/home>).

2.3 CLARION

A arquitetura CLARION (Connectionist Learning with Adaptive Rule Induction ON-line) foi definida por

Ron Sun (2004) [6] no Rensselaer Polytechnic Institute. Também possui grande diversidade de documentação online (<http://www.cogsci.rpi.edu/~rsun/clarion.html>). Esta arquitetura pode ser vista na *Figura 3*.

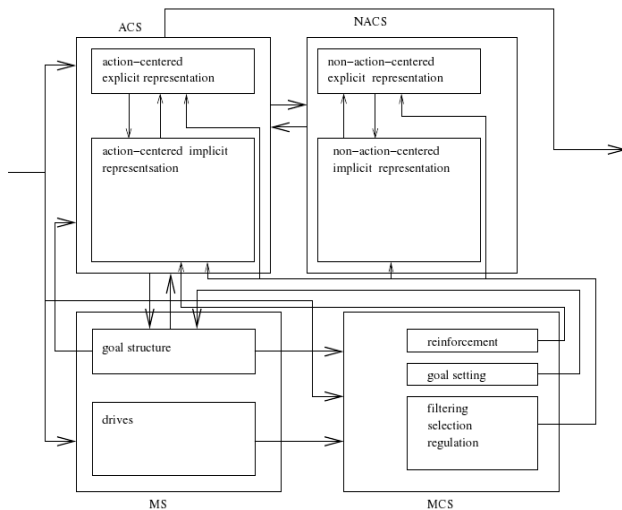


Figura 3: Arquitetura CLARION

Esta arquitetura é baseada na representação dual dos subsistemas (representação implícita e representação explícita).

A CLARION é formada por 4 subsistemas: action-centered subsystem (ACS), non-action-centered subsystem (NACS), motivational subsystem (MS) e o meta-cognitive subsystem (MCS). Esses subsistemas estão em constante interação entre eles.

Uma das principais características da CLARION é sua capacidade de aprendizado. Devido a presença da dicotomia da cognição implícita e explícita, essa arquitetura é capaz de aprender mesmo sem ter nenhum conhecimento *a priori*.

Outra curiosidade desta arquitetura é a ausência de módulos de percepção e ação.

2.4 EPIC

A arquitetura EPIC (Executive-Process/Interactive Control) foi definida por Kieras & Meyer (1997) [2] na University of Michigan. Também possui o software

baseado em LISP. Não é tão conhecida como as anteriores, mas também pode ser encontrada online (<http://www.eecs.umich.edu/~kieras/epic.html>). Esta arquitetura pode ser vista na *Figura 4*.

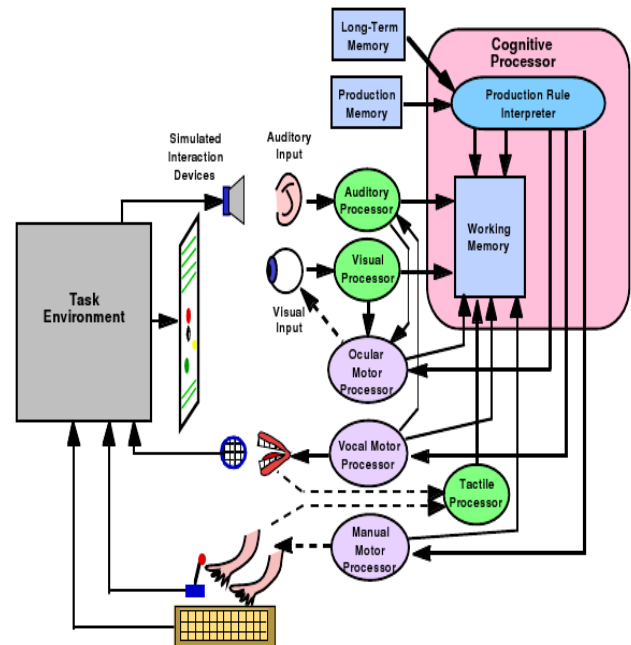


Figura 4: Arquitetura EPIC

Esta arquitetura possui uma idéia diferente das outras apresentadas até aqui. Ela possui ênfase na representação detalhada da percepção humana, operações motoras e restrições cognitivas. Assim, é extensamente usada para construir modelos computacionais precisos de situações de interação homem-computador.

A EPIC não possui nenhuma forma de aprendizado, portanto, também o conhecimento do sistema, é cadastrado *a priori*.

Um dos diferenciais desta arquitetura é o fato dos processos cognitivos ocorrerem em paralelo. Além disso, também é baseado em sistemas de produção. Esta arquitetura já serviu de inspiração para diversas atualizações para outras arquiteturas.

3. Comparativos

Apresentadas os principais aspectos das arquiteturas usadas no comparativo, trata-se um paralelo duas a duas entre essas arquiteturas.

3.1 ACT-R x SOAR

Atualmente, as arquiteturas ACT-R e SOAR são extremamente parecidas. Isso aconteceu, pois, conforme as duas arquiteturas foram evoluindo, uma começou a copiar idéias da outra, e, assim, criando novos módulos parecidos ou então atualizando módulos existentes que foram ficando, mais parecidos.

Estas duas são as arquiteturas mais utilizadas nos dias de hoje e, assim, são as que possuem maior atenção e maior documentação. O grande debate entre as diferenças entre essas duas arquiteturas se diz respeito à forma de representação. Enquanto a ACT-R utiliza chunks em buffers como forma de representação, a SOAR utiliza estados em um grafo.

Outros pontos que as duas arquiteturas divergem, são os tipos de memória, que é mais segmentada na SOAR, e nos tipos de aprendizado também. Além disso, a SOAR utiliza o mecanismo de impasse como uma forma de aprendizado também. Tipo de aprendizado que é inexistente na ACT-R.

3.2 SOAR x CLARION

A principal diferença entre as arquiteturas SOAR e CLARION vem do fato da CLARION possuir distinção entre cognição implícita e explícita, ao contrário da SOAR. Essa distinção beneficia bastante o aprendizado da arquitetura CLARION. A CLARION pode aprender sem nenhum conhecimento inicial, enquanto que a SOAR necessita deste conhecimento *a priori*.

Outra diferença fundamental entre elas é o fato da SOAR não possuir um módulo motivacional. Assim, os objetivos precisam ser setados externamente na SOAR, mas poder ser dinamicamente definidos na CLARION.

À favor da SOAR, tem o fato de possuir módulos de percepção e ação bem definidos, enquanto que a

CLARION ignora a presença dos mesmos.

3.3 ACT-R x EPIC

Essas duas arquiteturas possuem uma abordagem um pouco diferente. A EPIC, como dito anteriormente, enfatiza a percepção e a ação da arquitetura. Já a ACT-R, apesar de possuir módulos detalhados de ação e percepção, procura estabelecer a prioridade nos processos cognitivos.

Esta diferença, torna as duas arquiteturas muito diferentes. A arquitetura EPIC não prevê qualquer estrutura de aprendizado, enquanto que a ACT-R já prevê diferentes mecanismos para esta função.

Apesar disso, as duas arquiteturas também possuem algumas semelhanças, como a presença de memória de longo prazo e memória de trabalho.

Ao longo dos anos, diversas idéias da arquitetura EPIC têm sido incorporada por outras arquiteturas como a ACT-R, por exemplo.

3.4 CLARION x EPIC

Provavelmente, estas duas arquiteturas são as mais diferentes entre si das apresentadas neste artigo. Isso ocorre pois as duas possuem foco totalmente diferente. Enquanto a arquitetura CLARION procura focar nos processos cognitivos e na dicotomias implícito versus explícitos, a arquitetura EPIC procura focar tanto na representação da percepção humana como nas operações motoras.

Essa diferença de proposta entre as duas arquiteturas, causa uma série de diferenças. A CLARION possui uma grande política de aprendizado, sendo capaz até de aprender sem nenhum conhecimento inicial. Já a EPIC sequer possui aprendizado.

A EPIC possui um sistema complexo de sensores e motores. Já a CLARION não prevê nem um módulo motor, nem um módulo sensor.

A EPIC também não possui modelagem de processos motivacionais enquanto que a CLARION possui um subsistema específico para estes processos.

4. Conclusão

Existem hoje na literatura diversas arquiteturas cognitivas. Este número não é justificado. Essa afirmação é baseado no fato de existirem arquiteturas extremamente parecidas e, muitas vezes, a dificuldade em apontar diferenças entre elas é muito grande.

Além disso, existem muitas arquiteturas que nascem diferentes, mas com o passar dos tempos vão evoluindo e vão se tornando mais parecidas devido a aproveitamento de idéias.

Com uma breve pesquisa na internet, é possível perceber que existe bastante material sobre as principais arquiteturas existente hoje em dia. Entretanto, é muito difícil encontrar uma material comparativo entre as diversas arquiteturas existentes.

Isso torna o trabalho de escolha de uma arquitetura para um sistema muito complexo, uma vez que esse material não existe. Além disso, este material não pode ser facilmente escrito já que além de existirem diversas arquiteturas, também existem diversos detalhes do funcionamento de cada módulo.

Por esta razão, este artigo focou em características principais das arquiteturas e deixou para segundo plano os detalhes da cada módulo.

5. Bibliografia

[1] Anderson, J. R., Bothell, D., Byrne, M. D., Douglass, S., Lebiere, C., & Qin, Y. (2004). *An integrated theory of the mind*. Psychological Review, 111 (4), 1036-1060.

[2] Kieras, D. & Meyer, D.E. (1997). *An overview of the EPIC architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction*. Human-Computer Interaction., 12, 391-438.

[3] Lehman, J.F., Laird, J., Rosenbloom, P. (2006). *A gentle introduction to soar: An architecture for human cognition. 2006 Update*

[4] Sloman, A., and Scheutz, M. 2002. *A framework for comparing agent architectures*. In UK Workshop on Computational Intelligence. Forthcoming.

[5] R. Sun, *Desiderata for cognitive architectures*. Philosophical Psychology, Vol.17, No.3, pp.341-373. 2004.

[6] R. Sun, *The CLARION cognitive architecture: Extending cognitive modeling to social simulation* In: Ron Sun (ed.), Cognition and Multi-Agent Interaction. Cambridge University Press, New York. 2006.