

# Ciber-FEUP – Um Agente para Utilizar o Simulador Ciber-Rato no Ensino da Inteligência Artificial e Robótica Inteligente

Luís Paulo Reis<sup>1,2,3</sup>

[lpreis@fe.up.pt](mailto:lpreis@fe.up.pt)

<sup>1</sup>Laboratório de Inteligência Artificial e Ciência de Computadores da Universidade do Porto

<sup>2</sup>Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

<sup>3</sup>Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Fernando Pessoa - Porto

*Resumo* - O agente Ciber-FEUP foi construído com o objectivo de utilizar o simulador Ciber-Rato no ensino da Inteligência Artificial e da Robótica Inteligente. Foi desenvolvido na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto como sucessor do agente Micro-Pessoa (vencedor da primeira edição do Ciber-Rato) desenvolvido anteriormente na Universidade Fernando Pessoa. Na competição Ciber-Rato 2002, o Ciber-FEUP obteve o segundo lugar na classificação final, sendo no entanto o agente mais regular nas eliminatórias onde obteve o primeiro lugar da classificação geral. Este artigo descreve a arquitectura do agente Ciber-FEUP e as suas principais potencialidades. Descreve também alguns benefícios e perigos da utilização do simulador Ciber-Rato no ensino universitário e na realização de competições científicas e aponta direcções de investigação futuras no contexto do Ciber-Rato.

*Abstract* – Ciber-Feup autonomous agent was built with the main objective of using Ciber-Rato simulator for teaching Artificial Intelligence and Intelligent Robotics. The agent was built in the University of Porto as a successor of Micro-Pessoa agent, developed previously in University Fernando Pessoa. In Ciber-Rato 2002 competition, this agent attained second place in the finals and first place in the eliminatory rounds. This paper describes Ciber-FEUP architecture and main features. It also analyses some benefits and dangers of robotic competitions and points out future research area using the Ciber-Rato simulator as the main test bench

## I. INTRODUÇÃO

O agente Ciber-FEUP foi inicialmente construído em Março de 2001 na Universidade Fernando Pessoa, sendo no entanto o seu desenvolvimento, prosseguido no ano lectivo de 2001/2002 na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Foi inicialmente desenvolvido com o objectivo de servir como base para a explicação do conceito de agente autónomo no decurso das disciplinas de Inteligência Artificial leccionada pelo autor no ano lectivo de 2000/2001 na Universidade Fernando Pessoa. Desta forma o agente Ciber-FEUP possui uma arquitectura modular, uma interface gráfica bastante amigável e apresenta um conjunto de potencialidades que não têm qualquer interesse competitivo mas foram incluídas no

agente com fins meramente didácticos. O agente foi também construído com o objectivo de continuar uma já longa colaboração científica com a Universidade de Aveiro [1,2], e criar uma base que permita a criação de agentes baseados em abordagens distintas que possam participar no concurso Ciber-Rato desta mesma Universidade [3, 4]. Foi desenvolvido em linguagem Pascal (Delphi 5.0) utilizando o sistema operativo Windows, o que permite a sua fácil compreensão e extensão por estudantes de todos os níveis de ensino.

Este artigo descreve a arquitectura do agente Ciber-FEUP e as suas principais potencialidades. Descreve também a sensibilidade do autor relativamente aos benefícios e perigos da utilização do simulador Ciber-Rato: como base na realização de competições científicas; numa perspectiva do fomento da investigação científica em geral; e no ensino da inteligência artificial, programação e robótica em universidades e escolas portuguesas.

A estrutura do artigo é a seguinte. Na segunda secção é descrita a arquitectura do agente Ciber-Feup e analisados resumidamente os seus três modos de funcionamento. Na secção seguinte, são analisados os comportamentos utilizados pelo agente. As secções seguintes analisam os módulos relacionados com o raciocínio do agente e interface gráfica do mesmo. Na secção VI são analisados os perigos e benefícios da realização de competições como o Ciber-Rato a apontados alguns caminhos para incrementar os benefícios e reduzir os riscos desses perigos. A secção seguinte inclui uma breve análise dos resultados obtidos em competições oficiais pelo agente Ciber-FEUP. Finalmente, são apresentadas as conclusões finais da realização deste trabalho.

## II. ARQUITECTURA DO AGENTE

Na figura 1, encontra-se representada a arquitectura do agente Ciber-FEUP. O agente possui um fluxo de controlo central típico dos agentes deliberativos, i.e., percepção, interpretação da percepção, criação de um estado do mundo, decisão baseada nos objectivos (de alto-nível) do agente e no conteúdo do estado do mundo, selecção da acção e execução desta mesma acção.

Uma das inovações principais do agente Ciber-FEUP é a disponibilização de três modos de controlo distintos:

**Decisão Human-Control (Joystick).** Neste modo de decisão um humano deve guiar o agente utilizando para tal o rato ou o teclado. Através da interface gráfica disponibilizada pelo agente, o humano pode analisar, a alto-nível, a percepção do agente e o seu estado do mundo actual e tomar em cada instante a melhor decisão quanto à próxima acção a executar.

**Decisão Autónoma Best-Path (Cálculo da melhor trajectória).** O agente determina em cada instante qual a melhor trajectória desde o ponto em que se encontra até à posição estimada do farol. No entanto, a melhor trajectória só é utilizada no caso de ser superior, em termos de utilidade, de um determinado valor relativamente à trajectória em utilização actualmente. Isto permite ao agente não mudar de forma demasiado frequente de plano para atingir o objectivo final.

**Decisão Autónoma Reactive-Cycles (Decisão essencialmente reactiva evitando a entrada em ciclos).** Neste modo de decisão, o agente utiliza um comportamento essencialmente reactivo que utiliza unicamente alguns parâmetro básicos do estado do mundo de forma a não cair em armadilhas evidentes do labirinto como sejam a entrada em ciclos.

Na competição Ciber-Rato, devido à previsível simplicidade dos labirintos foi utilizada a decisão reactiva evitando a entrada em ciclos. Este algoritmo, para labirintos simples é bastante mais rápido do que o algoritmo baseado em cálculo de trajectórias. No entanto em labirintos mais complexos não é totalmente eficaz.

III. COMPORTAMENTOS DO ROBÔ VIRTUAL

Os comportamentos utilizados nos modos de decisão autónoma do robô virtual são os seguintes:

**Iniciar Competição (Initialize).** É utilizado durante o início da competição. O seu objectivo é avançar rapidamente adiantando-se aos restantes agentes. Desta forma, os objectivos de alcançar o farol e evitar colisões com os adversário são relaxados nesta fase em favor do objectivo de obter uma maior rapidez de movimentos.

**Seguir Parede.** Permite seguir uma parede, contornando todos os seus cantos e saliências. Pode ser utilizado para seguir paredes pela direita ou esquerda. A direcção de seguimento pode ser livre ou ser um dos parâmetros do comportamento.

**Seguir Luz (Follow Light).** Desloca-se ajustando a sua direcção de forma a alinhá-la com a direcção relativa do farol.

**Procurar Luz (Search Light).** Embora com os sensores disponíveis no agente (nomeadamente com a disponibilização de um sensor preciso da direcção do farol) este comportamento seja trivial, foi incluído pois em robôs com outro tipo de

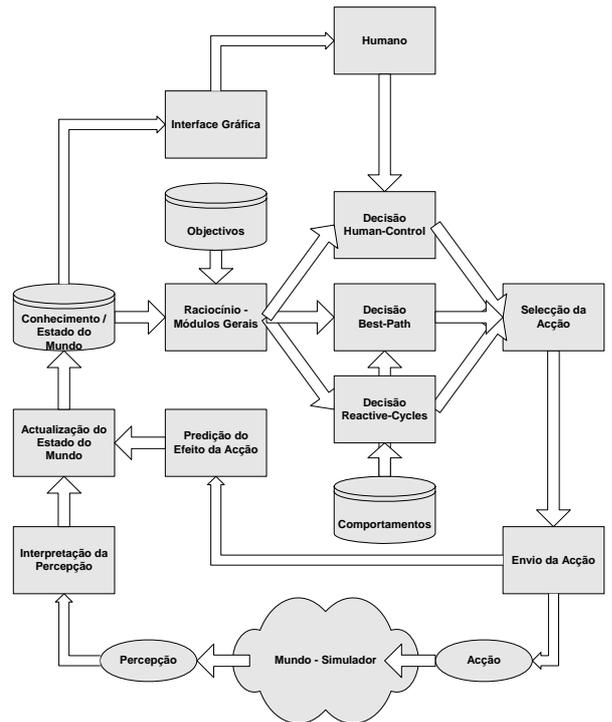


Fig. 1 - Arquitectura do Agente Ciber-FEUP

sensores (tais como um sensor de farol fixo), pode ser útil.

**Passagem Estreita (Narrow\_Passage).** Permite atravessar com segurança e com elevada velocidade passagens estreitas do labirinto. Com o conhecimento que se encontra a atravessar uma passagem estreita, o robô procura-se colocar no centro dessa passagem estreita mas ao mesmo tempo avançar rapidamente.

**Vaguear (Wander).** Embora este comportamento não seja utilizado na competição, foi incluído com fins didácticos. Permite ao robô vaguear livremente pelo labirinto sem qualquer objectivo.

**Ir para um ponto (Goto\_Point).** Permite ao agente deslocar-se desde o ponto actual até um ponto que se situa numa posição que dista (X,Y) metros relativamente a essa posição actual. O comportamento inclui ainda uma forma de contornar os obstáculos que aparecerem no decurso da sua execução

**Finalizar competição (End).** Com os sensores e actuadores disponíveis, este comportamento é trivial no Ciber-Rato. Basta desligar os motores e acender a luz quando o sensor de chão estiver activado. No entanto em casos mais realistas, pode ser necessário garantir que o robô se encontra totalmente dentro da área de chegada antes de acender o led de fim.

IV. RACIOCÍNIO E MÓDULOS GERAIS

O agente Ciber-FEUP inclui no módulo de raciocínio e nos módulos associados de actualização do estado do

mundo e predição dos efeitos das acções, um conjunto de rotinas para efectuar tarefas diversas. Entre estas destacam-se:

**Actualização do Estado do Mundo.** Permite actualizar o estado do mundo com base na percepção recebida. São aplicados diversos filtros de forma a manter o estado do mundo pouco susceptível a variações provocadas pelo ruído dos sensores. O módulo é também responsável por calcular a posição actual do robô e actualizar o seu mapa de navegação.

**Predição das Acções.** O robô virtual inclui um módulo que permite efectuar a predição dos efeitos das acções que vão ser executadas pelo agente. Esta informação é utilizada na actualização do estado do mundo. A utilização desta informação permite, por exemplo, obter uma orientação do robô muito mais precisa do que utilizando unicamente a bússola digital do robô.

**Planeamento de trajectórias.** Permite calcular a trajectória mais curta desde o ponto em que o robô se encontra até ao ponto estimado de localização do farol, sem atravessar nenhuma parede (já identificada).

**Detecção de Ciclos.** Permite detectar que o robô se encontra (num instante de tempo distinto) a atravessar o mesmo ponto do labirinto. Esta informação é utilizada pelo módulo de decisão de alto-nível que procura não repetir novamente o mesmo comportamento nesse ponto de forma a abandonar o ciclo em que o robô entrou.

**Estimativa da Posição do Farol.** Permite estimar a posição do farol no labirinto. Esta posição é calculada como sendo a posição do labirinto que minimiza a soma dos módulos dos erros entre o valor do sensor da direcção do farol e a direcção dessa posição relativamente ao robô em cada instante. Uma escala discreta com malha de 0.5 unidades é utilizada neste cálculo.

**Cálculo da Posição Inicial.** Tendo em conta que a posição inicial do robô não é conhecida, torna-se necessário estimá-la após o início da competição. Para efectuar este cálculo são considerados os limites máximos segundo ambos os eixos atingidos pela trajectória do robô. É também considerada a posição relativa estimada do farol (que tem de se encontrar no interior do labirinto).

V. ROTINAS DE INTERACÇÃO HOMEM-MÁQUINA

O agente inclui um vasto conjunto de potencialidades gráficas de forma a permitir demonstrar adequadamente o conceito de agente. Na figura 2, é apresentada uma representação da interface gráfica do Ciber-FEUP. As potencialidades gráficas incluídas são:

**Representação da Percepção, Acção e Estado do Mundo.** Representações através de caixas de texto dos valores obtidos pelos módulos de interpretação

da percepção do agente, execução das acções e do estado do mundo actual. Esta representação permite perceber os conceitos de percepção e acção e a diferença entre o estado do mundo e a percepção. São ainda utilizados memorandos (memos) de forma a criar um historial com todas as percepções e acções efectuadas pelo agente.

**Interface de Controlo do Robô para Humanos.** A interface gráfica disponibiliza uma interface de controlo do robô para um humano. Esta interface quando seleccionada permite ao humano utilizar o teclado ou o rato para controlar o robô.

**Desenho do Agente.** O agente e as suas percepções e acções são representados graficamente num diagrama apropriado.

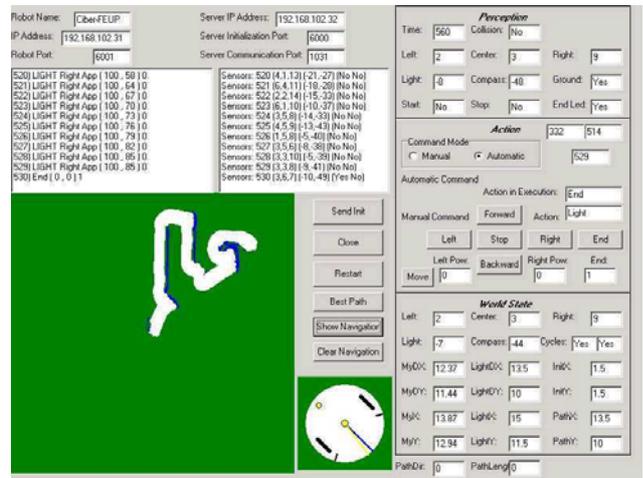


Fig. 2 - Interface Gráfica do Agente Ciber-FEUP

**Desenho do Estado do Mundo.** O conhecimento do agente sobre o estado do mundo é representado numa imagem. Nesta imagem é visível o espaço explorado pelo agente no labirinto, a posição estimada do farol, as paredes detectadas, etc.

VI. COMPETIÇÕES ROBÓTICAS: PERIGOS E BENEFÍCIOS

As competições científicas como o Micro-Rato e o Ciber-Rato têm em geral um grande potencial para acelerar o progresso científico num dado domínio específico. No entanto, a realização deste tipo de competições tem também diversos perigos para o avanço da ciência. Os principais perigos [5] estão centrados na obsessão por vencer dos participantes, no desenvolvimento de soluções dependentes do domínio e na generalização errada dos resultados da competição.

Especialmente quando taças ou prémios monetários estão envolvidos, existe nos participantes uma certa obsessão de vitória que cria um certo incentivo a manter secretas as técnicas “vencedoras” de ano para ano sem que o seu desenvolvimento permita avançar a ciência em geral. Uma forma de evitar isto consiste na obrigatoriedade de os agentes vencedores disponibilizarem o seu binário e

mesmo o seu código fonte após a realização da competição.

Um outro perigo deste tipo de competições consiste numa avaliação incorrecta dos resultados. Evidentemente que uma única prova disputada por três agentes (em que ainda por cima as posições de partida são distintas e, algumas são, por vezes, muito vantajosas) não é uma experiência que permita retirar conclusões científicas válidas. Não se pode concluir que se o agente X venceu o agente Y e o agente Z, então todas as metodologias utilizadas pelo agente X serão mais bem sucedidas do que as utilizadas pelos agentes Y e Z.

Para além disso, o resultado da prova (tempo final e penalizações) é apenas um dos muitos factores a ser considerado numa perspectiva científica de análise. Desta forma, experiências controladas no laboratório têm de ser efectuadas para validar os resultados de investigação e as contribuições de investigação de cada agente.

Embora existam diversos perigos na realização destas competições científicas, os benefícios de as realizar superam largamente os problemas. Estes benefícios situam-se ao nível da existência de uma plataforma comum (o simulador) que permite comparar soluções, trocar ideias, aferir do progresso realizado e realizar competições com a natural motivação dada pela vontade de vencer. Por outro lado, a competição em si própria constitui uma forte inspiração para a investigação. A vontade de vencer, criando para tal, um agente competitivo e como tal criando soluções inovadoras para os diversos problemas que é necessário resolver para criar esse agente podem ser um dos motores para o progresso científico no âmbito do Ciber-Rato.

Os investigadores e alunos que participam nestas competições têm de resolver os mesmos problemas no mesmo domínio mas utilizam para tal, metodologias, algoritmos, linguagens de programação e sistemas operativos distintos. No entanto, as diferentes soluções podem, através da competição, ser comparadas de forma directa. Sendo a competição realizada todos os anos e sendo os binários (e eventualmente o código fonte) dos melhores agentes do ano anterior disponibilizados, todas as equipas antes de participarem no Ciber-Rato procuram desenvolver metodologias que lhes permitam vencer os melhores agentes disponíveis no máximo de labirintos possível. Esta motivação de vencer os melhores irá contribuir decisivamente para o progresso da investigação na área e para o sucesso da competição Ciber-Rato nos próximos anos.

O entusiasmo que o Ciber-Rato consegue induzir aos professores e aos estudantes a todos os níveis é outro benefício evidente. É mais fácil envolver estudantes em investigação séria utilizando uma aplicação motivadora como o Ciber-Rato. Adicionalmente o Ciber-Rato é muito útil para leccionar cursos da área. A Universidade Fernando Pessoa, a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e a Escola Secundária Ancorensis utilizaram já o simulador Ciber-Rato como aplicação

prática em diversas disciplinas e realizaram mini-competições entre os estudantes.

Outro benefício da realização de competições robóticas consiste no facto de impor *deadlines* para a criação de agentes funcionais. Usualmente, o desenvolvimento de agentes totalmente funcionais é muitas vezes desprezado quando se realiza investigação científica ou quando os alunos produzem trabalhos práticos. No entanto, para competir no Micro-Rato ou Ciber-Rato não basta colocar um ou dois módulos dos agentes em funcionamento e escrever um artigo ou relatório explicando como esses módulos um dia irão funcionar. É mesmo necessário desenvolver agentes completos e que realmente funcionem.

## VII. RESULTADOS OBTIDOS NA COMPETIÇÃO CIBER-RATO

O antecessor do Ciber-Feup (Micro-Pessoa) venceu a primeira competição Ciber-Rato (em 2001), derrotando na final os robôs virtuais Mauzz e Midalp. O agente Ciber-FEUP classificou-se em segundo lugar na competição Ciber-Rato 2002. Nesta competição foi o robô virtual mais regular na fase de eliminatórias que antecedeu a realização da final, classificando-se em primeiro lugar no conjunto das três eliminatórias realizadas.

## VIII. CONCLUSÕES

As competições robóticas em geral e Ciber-Rato em particular têm um grande potencial para acelerar o progresso científico num dado domínio e motivar professores e estudantes a todos os níveis. No entanto, é necessário saber aproveitar este potencial e minimizar os diversos perigos que a sua realização acarreta.

O agente Ciber-FEUP para além da obtenção de bons resultados na competição Ciber-Rato (1º em 2001 e 2º em 2002) possui uma arquitectura modular que permite a fácil integração de novos módulos. O facto de ter sido desenvolvido em linguagem Pascal em ambiente Windows permite a sua utilização como base para o desenvolvimento de agentes por parte de alunos universitários com conhecimentos básicos de programação e inclusive por parte de alunos do ensino secundário. De facto o código deste agente foi utilizado como base por cinco participantes da edição Ciber-Rato 2002 (Ciber-Feup, Ciber-Pessoa1, Ciber-Pessoa2, 11°C Ancorensis e 12°C Ancorensis). Foi ainda utilizado, em conjunto com o simulador Ciber-Rato, como base para a leccionação de diversas disciplinas em várias universidades e numa escola secundária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Luís Paulo Reis e Nuno Lau, *FC Portugal Team Description: RoboCup 2000 Simulation League Champion*, in P.Stone et al editors, *RoboCup-2000: Robot Soccer World Cup IV*, Springer Verlag LNAI, Vol. 2019, pp.29-40, Berlin, 2001
- [2] Luís Seabra Lopes, Nuno Lau e Luís Paulo Reis, *D. Dinis: um Robô com Sentido de Orientação*, *Electrónica e Telecomunicações*, 2 (6), Univ. Aveiro, pp. 811-813, 1999.

- [3] Nuno Lau, *Manual do Simulador Ciber-Rato*, Univ. Aveiro, 2001
- [4] José Luís Azevedo et al, Concurso Micro-Rato, Universidade de Aveiro, 2002, online, disponível em <http://microrato.ua.pt>
- [5] Peter Stone, *Multiagent Competitions and Research: Lessons from RoboCup and TAC*, RoboCup-2002: Robot Soccer World Cup VI, Springer Verlag LNAI, Berlin, 2003 (to appear)