

FUTEBOL DE ROBÔS:

mais que um projeto, uma paixão tecnológica

FLAVIO TONIDANDEL — Professor doutor (Poli/USP) do Departamento de Ciência da Computação do Centro Universitário da FEI; membro da rede de pesquisa em automação da manufatura (MANET — Manufacturing Network).

REINALDO A. C. BIANCHI — Professor doutor (Poli/USP) do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Universitário da FEI.

RICARDO DE C. DESTRO — Professor do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Universitário da FEI; mestre (Poli/USP).

Os apreciadores de futebol defendem essa modalidade esportiva como apaixonante, estratégica e até artística, onde a habilidade técnica e física dos jogadores, somada à estratégia tática, normalmente determinam o resultado de uma partida. Guardada as devidas proporções, o futebol de robôs, também apaixonante e estratégico, é uma possibilidade de aplicação, depuração e desenvolvimento de técnicas de visão computacional, Inteligência Artificial (IA), Robótica e de outras áreas, onde a habilidade de acertar e conduzir a bola, a velocidade de deslocamento, a tomada de decisão, a capacidade de cooperação e a estratégia tática do time determinam o resultado.

O projeto de um time de futebol de robôs representa uma aplicação prática do uso de agentes autônomos (os nossos robôs) com comportamento inteligente, que cooperam entre si com o intuito de atingir um objetivo comum. O grau de interação entre esses agentes envolve tarefas que são computacionalmente

complexas, ao contrário do que pode parecer à primeira vista, e constitui o principal desafio deste projeto. Como decidir quem “vai na bola”, para quem fazer o passe, se vale a pena chutar a bola ou mesmo decidir como impedir o avanço e o gol do adversário, são apenas exemplos do extenso e complexo caminho que podemos percorrer para tomar uma decisão de estratégia.

Entretanto, tais desafios complexos não desanimam a comunidade científica, muito pelo contrário, essas dificuldades vêm acrescentar ainda mais ânimo e dedicação, como pode ser visto na empolgação dos alunos de graduação do Centro Universitário da FEI que participam do projeto. Atualmente, muitas instituições nacionais e internacionais desenvolvem trabalhos nesse campo, apresentando resultados significativos tanto para a compreensão do funcionamento dos sistemas robóticos quanto para a implementação de técnicas de Inteligência Artificial para modelar o comportamento dos robôs.

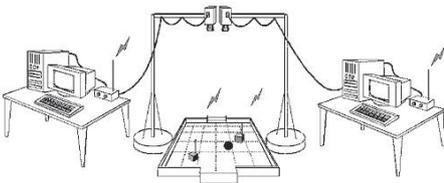
O que é o futebol de robôs

O futebol de robôs foi proposto por diversos pesquisadores (KITANO, 1997, KIM, 1998, SANDERSON, 1997) para criar um novo desafio a longo prazo aos pesquisadores de IA. O desenvolvimento de times de robôs envolve muito mais que integração de técnicas de IA.

Partidas de futebol entre robôs constituem uma tarefa que possibilita a realização de experimentos reais para o desenvolvimento e testes de robôs dotados de comportamento inteligente, cooperando entre si para a execução de uma tarefa. Além disso, são extremamente motivantes para possibilitar o surgimento de um espírito de ciência e tecnologia nas novas gerações. Já existem algumas competições anuais, aliadas a importantes eventos das áreas de Inteligência Artificial e Robótica, onde são observados os desenvolvimentos neste tipo de aplicação.

A organização chamada *Federation of International Robot-soccer Association*

(FIRA) é uma das responsáveis pelo estabelecimento e controle de diversas copas emergentes de futebol de robôs. Existem diversas categorias de jogos entre robôs, com variações desde o número e o tamanho dos robôs até a capacidade computacional de cada robô, incluindo até robôs humanóides. Entre estas categorias, o Centro Universitário da FEI optou por participar da MIROSOT - *Micro Robot World Cup Soccer Tournament* por ser considerada a de mais fácil implementação (com robôs menores e de menor custo). A figura abaixo apresenta o esquema básico de uma partida de futebol de robôs da categoria MIROSOT. A bola utilizada é padronizada: uma bola de golfe laranja.



O esquema básico de um jogo apresentado em FIRA, 2004.

O funcionamento dos times segue uma única fórmula básica: cada time realiza a aquisição da imagem através da sua câmera, processa a imagem usando técnicas de Visão Computacional para descobrir a posição de todos os robôs e da bola. Com esta imagem, um sistema de decisão define a melhor tática a aplicar e os movimentos instantâneos de cada robô. Todo este processamento é realizado em um único computador. Com a decisão de movimentação tomada, um sistema comunicação por rádio envia para os robôs uma mensagem com o movimento a ser realizado.

Este processo é repetido com a decisão tomada mudando conforme a configuração encontrada na imagem, em ciclos de 30 a 60 vezes por segundo.

Além da FIRA, outra entidade, a *Robocup*, também realiza eventos de futebol de robôs ao redor do mundo. Entre suas modalidades incluem: *RoboCup Small League*: muito similar a Mirobot, tem times de 5 robôs de até

180 cm² e os jogos são realizados em um campo de 5,5 x 4,0 metros; *RoboCup Middle Size*: nesta modalidade não é permitido o uso de um sistema de visão único nem de um computador central. Cada robô deve ter sua própria câmera (chamada visão local) e computador e as mensagens são trocadas via rádio.

Hoje em dia, tanto a FIRA quanto a *Robocup* estão estimulando o desenvolvimento de equipes de robôs humanóides, com o propósito de, em 2050, os robôs vencerem humanos em uma partida de futebol. Algo ambicioso, talvez, mas que motiva ainda mais as pesquisas na área.

Equipe de futebol de robôs da FEI

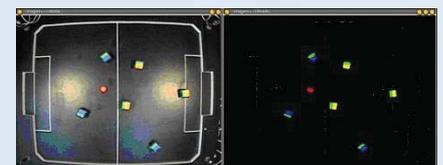
O Centro Universitário da FEI, através dos Departamentos de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação, desenvolve projetos aplicados ao futebol de robôs desde 1999, com o intuito de envolver alunos de graduação com o ambiente de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em Inteligência Artificial e Robótica. Os alunos se deparam com desafios complexos que os ajudam a desenvolver capacidade criativa e científica para enfrentar os problemas do dia-a-dia. Além de os robôs serem controlados exclusivamente por um programa de computador, sem a interferência humana durante a partida, ainda é necessário trabalhar em várias frentes, a fim de aumentar a eficiência dos robôs (velocidade, controle etc.) e melhorar as diversas estratégias de jogo. E, para complicar ainda mais, existem restrições de tempo real, pois, em um jogo de futebol, não podemos nos dar ao luxo de esperar mais do que 30 milissegundos para tomar uma decisão de como o time deve trabalhar aquela jogada.

Para tudo isso, os robôs devem ter uma constituição física que envolve diversos aspectos importantes, como o estudo de dispositivos mecatrônicos, de hardware especializado para o controle de sensores e atuadores e teoria de controle.

O time de robôs do Centro Universitário da FEI, cuja construção e desenvolvimento se iniciaram em 2003, possui três robôs que usam pequenos motores de 5V. Um estágio único de redução é utilizado para cada montagem motor/roda, com uma redução de 5:1. Em cada roda existe um sistema de odometria que realimenta a unidade de controle, permitindo a regulagem da velocidade. Os robôs desenvolvem uma velocidade máxima de aproximadamente 1 m/s. O microcontrolador (Atmel® 89C2051) controla a tensão nos motores por meio de duas pontes H's completas, permitindo o controle de velocidade e direção por PWM (*Pulse Width Modulation*).

Uma das principais características de um sistema para o futebol de robôs não é sua habilidade para se locomover, mas sua habilidade para escolher ações de maneira rápida e efetiva, sendo capaz de atuar em um ambiente incerto e variável onde problemas surgem em tempo real. Para tanto, um sistema de visão computacional e de estratégia deve trabalhar de forma efetiva e harmônica, de modo a permitir atingir o máximo de eficiência e reatividade possível.

A equipe do Centro Universitário da FEI utiliza um sistema de visão computacional que filtra as cores da imagem com base no padrão de cores HSI (*Hue, Saturation and Illumination*). Esse padrão de cores foi escolhido por permitir uma separação de cores melhor do que outros padrões como o RGB (*Red, Green and Blue*), por exemplo. Cada cor é calibrada por um software específico que permite filtrar a imagem, conforme figura abaixo, para posteriormente detectar a posição, direção e velocidade da bola e de cada um dos robôs.



Sistema de filtragem de cores da equipe de futebol de robôs da FEI - Imagem captada pela câmera (direita) e imagem "vista" pelo computador (esquerda).

A estratégia atualmente utilizada envolve decisões em diversas camadas. A camada superior decide se a equipe deve atacar ou defender. Camadas inferiores decidem qual o rumo que cada robô deve tomar conforme a decisão da camada superior, tomando cuidado, por exemplo, do robô não voltar e chutar a bola contra o próprio gol. Há ainda uma estratégia especialmente desenvolvida para o goleiro que, baseada em um sistema de previsão da trajetória que a bola vai seguir, permite que o goleiro antecipe a jogada e se posicione no lugar correto para evitar o gol. Todas essas decisões são traduzidas em direção e velocidade de cada roda de cada robô por um sistema de controle. Após isso, tais informações são transmitidas via rádio aos robôs. O sistema de comunicação que transmite os comandos do computador aos robôs utiliza codificação FSK Manchester, a 9600 bps.

Com todas essas técnicas e tecnologia empregadas, a equipe de futebol de robôs da FEI vem participando nesses últimos anos de diversas competições e obtendo resultados expressivos.

As competições de Futebol de Robôs

Após duas Copas Brasil de Futebol de Robôs, realizadas em São Paulo (Escola Politécnica da USP, 1998) e em Porto Alegre (PUCRS, 1999), as competições não mais tiveram regularidade e só retornaram no ano passado, com a força e apoio da Sociedade Brasileira de Automática (SBA) e a Sociedade Brasileira de Computação (SBC). Junto ao Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente, em Bauru-SP, evento o qual a FEI ajudou a organizar, foram realizadas as competições de futebol de robôs categorias *Very Small* (equivalente a MIROSOT-FIRA) e *Robocup* F180. Este evento, apoiado pela IEEE Latino-Americana, contou com a presença de diversas universidades do país e consagrou de vez o futebol de robôs no país.

Nesta competição, a equipe de futebol de robôs da FEI, após diversas

desistências de outras equipes, realizou a final com a equipe da UNESP de Bauru. Talvez pelo apoio da torcida ao time da casa, a equipe de robôs da FEI não jogou bem e, com problemas de programação, perdeu a final e ficou com o segundo lugar latino-americano da categoria. Um feito inédito e importante para uma equipe que havia começado suas pesquisas poucos meses antes.

A derrota em Bauru motivou o time da FEI a melhorar sua performance e empolgou os alunos a pesquisar novas tecnologias para serem empregadas e utilizadas na competição de Salvador-BA, neste ano de 2004, junto ao Congresso da SBC. Com uma equipe de robôs mais robusta e programas mais eficientes, a equipe do Centro Universitário da FEI se consagrou campeã brasileira da categoria *Very Small* e coroou de vez o esforço dos alunos que se dedicaram integralmente ao projeto.

Essa vitória, assim como a derrota do ano anterior, serviram para motivar ainda mais os alunos que, agora, estão desenvolvendo novos robôs e aprimorando o sistema de visão e estratégia.

A maior vitória que estamos obtendo, no entanto, é fora do campo. Nossos alunos envolvidos no projeto estão aprendendo a trabalhar em equipe, a desenvolver novas tecnologias e a enfrentar problemas reais que os auxiliarão nos desafios de sua vida profissional. As tecnologias aprendidas e desenvolvidas no laboratório de Inteligência Artificial e Robótica da FEI podem, no futuro, ditar o rumo da automação do país.

A aplicação desta tecnologia

Embora o ambiente de futebol de robôs pareça uma brincadeira de gente grande, ele faz com que novas tecnologias sejam desenvolvidas e aplicadas em sistemas industriais e robóticos no futuro. Dentre essas tecnologias, a mais importante é a cooperação entre os robôs. Fazer com que robôs joguem futebol e cooperem entre si é o mesmo que fazer com que robôs dividam tarefas

em um parque industrial, cooperando nas atividades que envolvem a manufatura de automóveis, por exemplo. Além disso, robôs multitarefas, que não só chutam a bola, mas defendem o gol adversário ou mesmo se posicionam para receber um passe, têm diversas similaridades com robôs industriais que realizam diversas e diferentes tarefas ao mesmo tempo.

Robôs que cooperam entre si de forma autônoma e racional, não servem apenas para o propósito industrial. Ambientes insalubres, como mineração, resgate de sobreviventes em acidentes, exploração espacial, entre outros, são beneficiados com as tecnologias desenvolvidas e aprimoradas em ambientes como o futebol de robôs. A imprevisibilidade e a alta reatividade de uma jogada do adversário no futebol de robôs é comparada, por exemplo, ao resgate de sobreviventes ou mesmo à exploração de áreas desconhecidas. Daqui a alguns anos não teremos mais que expor bombeiros ou outros agentes de socorro a situações perigosas. Robôs serão enviados e conseguirão salvar ainda mais vidas, sem expor outras.

Portanto, desenvolver e aprender tecnologias aplicadas ao futebol de robôs é se preparar para a Robótica e a Inteligência Artificial do futuro. E isso o Centro Universitário da FEI vem fazendo com orgulho e motivação a mais de um ano. □

Bibliografia

- FIRA 2004 - Federation of International Robot-Soccer Association. The rules of MiroSot. FIRA. (<http://www.fira.net>). Último acesso em setembro de 2004.
- KIM, J.H.; VADAKKEPAT, P.; VERNER, I.M. "FIRA Robot World Cup Initiative and Research Directions". Int. J. of Robotics and Automation Systems, 1998.
- KITANO, H. et al. "RoboCup: A challenge Problem for AI". AI Magazine, v. 18, n. 1, p. 73-85, Spring 1997.
- SANDERSON, A. "Micro-Robot World Cup Soccer Tournament (MiroSot)". IEEE Robotics and Automation Magazine, pg.15, December 1997.