

Superkick: uma vantagem competitiva para times de robôs bípedes jogadores de futebol

Sergio Souza Jr. , Camila Laranjeira , Cláudia Elizabete Reis , Marco A C Simões , Diego Frias , Josemar Rodrigues de Souza

¹Núcleo de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais (ACSO)
Universidade do Estado da Bahia (UNEB), CEP 41.150-000
Salvador, Bahia, Brasil.

teambahiarart@gmail.com

Abstract. *This article describes the development of a long-range kick, the superkick, for soccer player of the RoboCup 3D Simulation League. This strategy was adopted in order to achieve competitive advantage over other teams, focusing mainly on kickoff situations for the allied team, taking advantage of a guaranteed possession of the ball to score. This work had very positive results and is expected to put BahiaRT among the best teams in the world in the next edition of RoboCup.*

Resumo. *Este artigo descreve o desenvolvimento de um chute de longo alcance, o superkick, para jogadores de futebol na liga de simulação 3D da RoboCup. Essa estratégia foi adotada para conseguir vantagem competitiva sobre os outros times, focando principalmente nos lances de saída de bola para o time aliado, tirando proveito da garantia de posse de bola para marcar gols. Este trabalho trouxe resultados muito positivos e espera-se colocar o BahiaRT entre os melhores do mundo na próxima edição da RoboCup.*

1. Introdução

A Robocup é uma iniciativa internacional para o desenvolvimento da pesquisa científica em robótica e inteligência artificial (IA). Desde 1997, é realizada anualmente uma reunião científica formada por um Simpósio e uma competição de robôs composta por diversos desafios. O objetivo final da Robocup é: “No ano de 2050, uma equipe de robôs autônomos humanóides, ser capaz de vencer a equipe campeã do mundo de futebol, num encontro disputado de acordo com as regras da FIFA” [Kitano et al. 1995].

Neste caminho, ela se desenvolveu em várias áreas e, para cada um dos subdomínios de estudo, foi criada uma liga de competição científica. No desafio de futebol de robôs há ligas como humanoide, simulação 2D, simulação 3D, robôs de pequeno porte entre outras. Cada liga tem seu próprio foco mas sem desviar do objetivo global.

Na liga de simulação 3D, a física do mundo real é aplicada a uma simulação mais próxima o possível da realidade, em busca de criar um ambiente controlado para que quaisquer avanços sejam melhor analisados e com menos risco, visto que, robôs físicos possuem alto custo e difícil manutenção. Dentre os objetivos da liga destacam-se o desenvolvimento da inteligência artificial dos agentes em ambiente cooperativo, bem como a movimentação de robôs assemelhando-se aos movimentos humanos, podendo esta ser

dinâmica (poses geradas em tempo de execução atendendo ao contexto específico), ou estática (sequências ordenadas de poses fixas). Nesta liga é possível experimentar algoritmos e soluções que os robôs reais do presente ainda não conseguem executar, mas que se mostrem promissores para futuras soluções robóticas.

O futebol de robôs é um desafio que reúne as principais características dos problemas reais eminentemente distribuídos. Por este motivo é um excelente desafio padrão para ser perseguido por cientistas das áreas de robótica e IA. Na simulação 3D, um dos diferenciais das principais equipes é conseguir executar um chute forte - com alcance em torno de 15 metros de distância - e alto para tentar passar por cima dos adversários e acertar o gol. Utilizado comumente em jogos de futebol de areia e futsal, esta habilidade pode ser usada por exemplo na saída de bola (*Kickoff*) para tentar iniciar a partida com uma vantagem competitiva.

Neste artigo, está descrita a abordagem para o desenvolvimento deste chute na equipe BahiaRT que denominamos *superkick* e o seu uso nas saídas de bola. Para o nosso desenvolvimento, utilizamos como base o script de chute de longa distância disponível no código binário público da equipe FC Portugal [Lau et al. 2013] realizando as adaptações necessárias e adicionando uma etapa de preparação do chute. Na seção 2 descrevemos a anatomia do robô NAO e seu funcionamento dentro do ambiente de simulação 3D. A seção 3 apresenta nossa estratégia para a construção do *superkick*. Nosso procedimento experimental e os resultados dos testes são apresentados nas seções 4 e 5. Finalizamos com nossas conclusões e trabalhos futuros na seção 6.

2. O Ambiente de Simulação 3D

A simulação é realizada pelo *Simspark* [Boedecker et al. 2008], através de trocas de mensagens a cada ciclo de 20 milissegundos. O servidor simula toda a física do mundo real, enviando informações sensoriais para cada agente, além de informações acerca da situação atual do jogo. A partir da mensagem recebida, o agente analisa seu contexto atual e, após concluído o processo de tomada de decisão, envia para o servidor mensagens contendo as ações que deseja executar.

Os robôs simulados (agentes) nessa liga são compostos basicamente de perceptores e atuadores [Domańska and Burkhard 2014]. Os perceptores são os sentidos do agente, a forma como ele percebe o mundo (e.g. audição, visão, acelerômetro, posições das articulações, etc.). Na liga simulada, uma parte dos dados sensoriais é pré-processada pelo servidor antes de ser enviada ao agente, por exemplo, os dados relativos à visão carregam um identificador do objeto visto, diferindo a bola dos outros agentes ou de objetos não dinâmicos (e.g. posição da trave). Já os efetadores permitem que o agente atue sobre o mundo. Por se tratar de um agente simulado, existem atuadores para inicializar a instância do agente, e também o *beam*, que permite que os jogadores se posicionem sobre o campo antes do início de cada tempo, como uma espécie de "teleporte". Os principais atuadores no entanto são a fala (comunicação verbal), essencial em um ambiente cooperativo, e as articulações dos agentes.

A liga 3D utiliza robôs bípedes que simulam o robô NAO da Aldebaran Robotics¹ como ilustrado na figura 1. Estes robôs possuem 22 graus de liberdade e a construção

¹<https://www.aldebaran.com/en>

de qualquer movimento nos mesmos requer um controle sincronizado de todas as suas articulações.

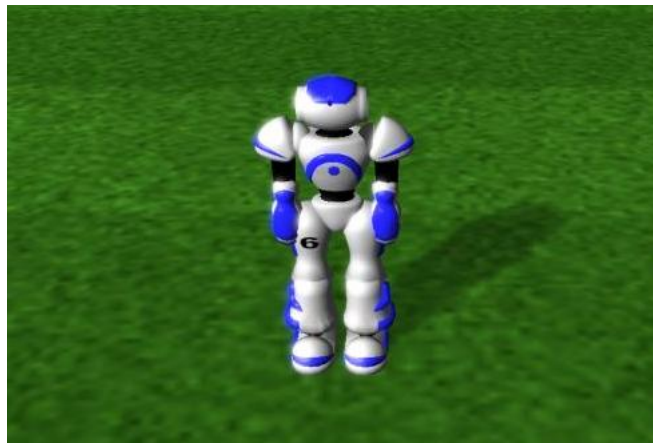


Figura 1. O robô NAO utilizado na Simulação 3D

A figura 2 permite visualizar todas as articulações do NAO simulado. O agente pode mover suas articulações individualmente por mensagens do efetuator das articulações, no formato (*< nome > < velocidade >*) sendo *< nome >* o identificador do atuador da articulação, e a *< velocidade >* em radianos por segundo, e.g. (*he2 1*) para mover a articulação *hj2* do pescoço com velocidade de 1 radiano por segundo. Qualquer velocidade enviada para uma articulação será mantida até que o servidor receba um novo valor, portanto caso se deseje parar o movimento, deve ser enviado um novo comando para o mesmo efetuator com velocidade 0.

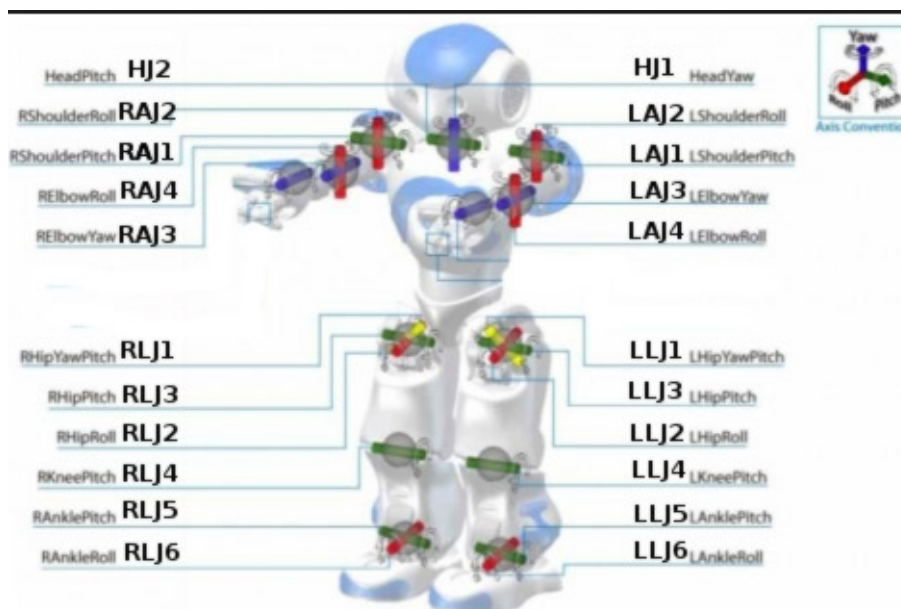


Figura 2. Articulações do robô NAO

Para realizar um movimento, a cada ciclo de servidor o agente envia uma pose, ou seja, um conjunto de comandos para as suas articulações. Um movimento completo é

caracterizado pela execução de um bloco de poses, os quais, para movimentos estáticos, são criados em arquivos de script.

3. Construção do *Superkick*

O *kickoff* é o modo de jogo de saída de bola. Acontece em duas situações: início de jogo ou de segundo tempo e quando ocorre um gol. Na liga de simulação 3D esse cenário possui uma restrição, é considerado um lance indireto, ou seja, no mínimo dois agentes precisam tocar a bola antes que um gol seja marcado.

Originalmente o BahiaRT usava apenas um chute com alcance de sete metros e as saídas de bola eram feitas usando o mesmo. O problema é: tal chute, embora possua um alcance razoável, é rasteiro e pode acabar colidindo com os adversários, além de não garantir muita vantagem já que a bola não se distancia o suficiente para garantir um avanço ofensivo.

Assim, para tentar executar um chute forte direto ao gol no *kickoff*, a estratégia proposta por este estudo é posicionar dois jogadores próximos à bola, como ilustrado pela figura 3, sendo o primeiro toque um passe de curto alcance na direção do segundo jogador, o qual deve executar o *superkick*. Ainda que esta jogada não resulte em um gol, por se tratar de um chute de longo alcance, a bola estaria em uma posição adiantada de ataque, permitindo um rápido avanço no início da partida e aumentando as possibilidades de marcar um gol.



Figura 3. Passe curto para a execução do *superkick*

A construção do *superkick* foi dividida em duas etapas: preparação e execução. A etapa de preparação abrange desde o passe entre jogadores até a aproximação do agente que executará o chute de longo alcance. Esta etapa é essencial pois movimentos estáticos exigem precisão de posicionamento. Já a etapa de execução é fundamentalmente a construção do bloco de poses (script) que irá compor o movimento de chutar.

3.1. Etapa de Preparação

Por se tratarem de poses pré-fixadas, movimentos estáticos têm uma desvantagem: é necessário que o robô atenda uma série de requisitos de posicionamento para que a

realização do movimento seja bem sucedida, pois uma vez o movimento iniciado, ele irá executar exatamente a mesma sequência de poses, independente do seu contexto. No caso do chute, há requisitos de distância e ângulo relativos à bola para garantir o sucesso do movimento, além de ser necessário posicionar precisamente o pé de suporte (aquele que não irá chutar), oferecendo equilíbrio ao agente e intensificando a força do movimento. Para isso é necessário criar uma etapa de preparação que precede o chute em si, a qual se inicia a partir do momento que o agente está próximo o suficiente da bola e tem a intenção de realizar o chute. No caso específico aqui tratado (o *kickoff*) o agente que irá executar o chute aguarda o recebimento do passe para então dar início à aproximação.

O jogador de suporte (aquele que dará o primeiro toque na bola) tem como papel realizar um passe de curto alcance para o agente que vai executar o *superkick*. Para tal foi desenvolvido um script de chute estático, a partir dos outros movimentos de chutar já existentes no time, reduzindo drasticamente a sua força, de modo a dar um leve toque na bola na direção do segundo jogador.

O agente que vai realizar o chute de longo alcance exige uma preparação mais precisa, pois esta será crucial na boa execução do movimento. Em situações que exigem acurácia no movimento de andar e quando também deve-se evitar a colisão com outros objetos, é recomendável o uso da técnica de planejamento de passos (*Footstep Planning*) [Hornung et al. 2013], onde através de uma busca heurística é selecionada a melhor sequência de passos capaz de alcançar os objetivos definidos. O time BahiaRT possui um módulo que implementa a abordagem de *Footstep Planning*, o qual é utilizado em situações pré-chute, pois permite definir com precisão a posição do pé de suporte sem que haja risco de colisão com a bola. A aproximação termina quando o agente levanta o pé que irá executar o chute, sendo capaz de manter o equilíbrio do seu corpo apenas sobre o pé de suporte como ilustrado na figura 3.

3.2. Etapa de Execução

Para a execução do movimento, é necessário um conjunto de instruções para as respectivas articulações a serem movimentadas. Esse conjunto de instruções são os chamados *scripts* e funcionam como um "roteiro" a ser seguido pelo agente, trazendo informações que são processadas e transformadas em um grupo de ações a serem entendidas e executadas pelos atuadores do agente.

Esses *scripts* [Rei et al. 2010] são organizados em conjuntos de *Slots*, que são como poses fixas e seguem uma sequência ordenada. Cada *Slot* define um conjunto de movimentos a serem realizados pelo agente em um tempo determinado. Para efetuar esses movimentos, para cada articulação a ser movida é atribuída um ângulo final com o seu ângulo inicial. Considerando o ângulo atual como posição inicial da articulação, é utilizada uma interpolação senoidal para gerar um conjunto de poses intermediárias entre esses ângulos. Além do ângulo final das articulações, o único outro parâmetro especificado é o delta, a duração da transição entre o ângulo inicial e o ângulo final do movimento, interferindo na velocidade com a qual o mesmo é executado. A figura 4 mostra um exemplo de 1 *slot* de *script* para levantar de uma queda frontal, usando uma força aplicada sobre as duas pernas.

Para executar o chute, utilizamos uma adaptação do *script* de chute à longa distância do FC Portugal, mas que possuía alguns defeitos. O agente chutava o chão

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<behavior name="GetupFront" type="SlotBehavior">
  <slot delta=".200">
    <move id="&lleg1;" angle="-40" />
    <move id="&rleg1;" angle="-40" />
    <move id="&lleg2;" angle="35" />
    <move id="&rleg2;" angle="-35" />
    <move id="&lleg6;" angle="-40" />
    <move id="&rleg6;" angle="40" />
    <move id="&lleg4;" angle="-100" />
    <move id="&rleg4;" angle="-100" />
    <move id="&lleg5;" angle="60" />
    <move id="&rleg5;" angle="60" />
  </slot>

```

Figura 4. Script de movimento

junto com a bola, desequilibrando-se e caindo. Ao se aproximar da bola também ocorriam situações em que o agente se desequilibrava e caía antes de executar o chute.

Para resolver esses problemas, foi incluído um *slot* de equilíbrio que levanta a perna que irá chutar enquanto mantém o agente equilibrado, seguido de outro *slot* para manter o agente parado a espera da bola. Para a execução do chute, a junta do quadril foi levantada evitando que o pé tocasse no chão no momento do chute. Também foi acrescentado movimento aos braços para dar força ao chute. Ao final, foi obtido um chute preciso e equilibrado mas que só acertava a extremidade direita do gol adversário. Apesar da vantagem ofensiva, o objetivo de acertar o gol ficava ainda comprometido pela previsibilidade do movimento.

Para lidar com esta situação, foi realizado o espelhamento do movimento, de forma que o robô que executa o chute consiga usar a perna direita como suporte e chutar também com a perna esquerda. Assim os adversários não poderão prever em que lado do gol a bola será chutada, aumentando as possibilidades de marcar um gol na saída de bola.

4. Procedimento Experimental

Para validar a eficácia do *superkick* na saída de bola, foram executados 200 testes com 5 diferentes times dentre os melhores da edição de 2014 da RoboCup, conforme o resultado oficial da competição [RoboCup 2014], sendo 100 testes chutando com o pé direito e 100 com o esquerdo, garantindo assim a simetria entre ambos os lados. Para avaliar o desempenho da nova estratégia de forma isolada, foram realizados também 200 testes sem nenhum adversário em campo. Os testes foram realizados atendendo às regras oficiais de ambiente estipuladas pela liga de simulação 3D, a qual requer quatro máquinas dedicadas, sendo uma para o servidor de simulação, uma para o software de visualização Roboviz [Stoecker and Visser 2012] (cujo papel durante partidas oficiais é apenas exibir as informações do jogo), e duas alocadas para os times que irão disputar.

O parâmetro escolhido para validação foi o número de gols marcados na saída de

bola do início da partida. O teste se iniciava após a entrada em campo de ambos os times, e era finalizado após o chute quando pelo menos uma das condições fossem atendidas:

- Um gol foi marcado
- A bola sai de campo
- A velocidade da bola volta a girar em torno de zero, significando que ela atingiu seu alcance máximo

Os testes foram automatizados utilizando a ferramenta não patenteada Trainer 3D, desenvolvida pela equipe BahiaRT, para que não houvesse intervenção humana entre os testes podendo comprometer os resultados. Os dados da partida (nome dos times e placar) foram então salvos em arquivo para ao final serem compilados em uma tabela.

5. Resultados

Os resultados foram compilados na tabela 1 onde foi colocado o pé que realizou o chute, o nome da equipe adversária e o percentual de gols realizados ao final de todos os testes. Os testes nomeados "Individual" se referem às partidas sem oponente.

Adversário	Gols Diretos (%)	
	Direito	Esquerdo
Individual	91	99
UT Austinvilla	33	33
Robocanes	75	76
MagmaOffenburg	71	48
Odens	79	61
SeuJolly	57	58

Tabela 1. Resultados do *superkick*

Os resultados demonstram um alto índice de acerto. Quando não há adversários, o chute atinge o gol em quase todas as tentativas. Contra o atual campeão do mundo - UT Austin Villa - a taxa de acerto de 33% deve-se ao bom posicionamento do goleiro adversário. Contra o RoboCanes, atual vice-campeão mundial, o desempenho atingiu 75% representando um aproveitamento muito bom contra uma das equipes mais fortes da competição. Os demais resultados comprovam o bom aproveitamento da estratégia utilizada.

Vale salientar, que mesmo nas oportunidades em que um gol direto não é marcado, a vantagem ofensiva obtida pode ser mantida durante todo o tempo de jogo em que a saída de bola foi efetuada ou até resultar num gol em seguida, uma vez que o sistema de marcação sob pressão adotado pela equipe BahiaRT é eficaz na manutenção da bola no campo de ataque. Isto proporciona um diferencial positivo que irá gerar um desempenho global superior nas próximas competições disputadas.

6. Conclusão e Trabalhos Futuros

Este artigo apresentou uma importante otimização realizada no movimento de chute de um robô bípedes. Uma das grandes dificuldades dos movimentos em robôs bípedes, é manter o equilíbrio durante a execução do movimento. O chute de longo alcance é particularmente desafiador neste sentido, uma vez que para atingir o maior alcance possível o

robô precisa imprimir a maior força que for capaz sobre a bola. A inércia resultante deste movimento é um fator natural de desequilíbrio.

Neste artigo foi demonstrado a eficácia do movimento obtido com altas taxas de acerto no gol adversário contra os principais times do mundo. Além disto a estabilidade do movimento foi garantida já que não há registros de falhas decorrentes de queda do robô. A alternância de lados, demonstra a robustez da solução apresentada que pode facilmente ser adaptada a outros cenários.

Durante os testes foi observado que a bola descreve uma parábola após o chute com uma inclinação inicial de 35 graus em relação ao solo. Como trabalho futuro, iremos realizar novas otimizações no movimento para levar este ângulo a ficar o mais próximo possível dos 45 graus que irá maximizar ainda mais o alcance do chute, permitindo vencer mesmo adversários que tenham goleiros eficazes.

Também como trabalho futuro está a adaptação do movimento para outras situações de jogo, como cobranças de lateral, tiro de meta e faltas. Também será avaliado o uso em modo normal de jogo para tirar uma bola da defesa ou ainda tentar um chute a gol de longa distância em situação de jogo. Também será integrado o uso deste chute com a estratégia de passe já usada no time, permitindo passes mais longos.

Por fim os resultados deste trabalho servirão também para outro trabalho em andamento no grupo de pesquisa em que será gerado um chute dinâmico. Neste caso as poses que compõem o movimento serão calculadas em tempo real ao invés de estarem definidas previamente em scripts.

Agradecimentos

Agradecemos aos programas e instituições que financiam parcialmente este projeto: CNPq/PIBIC, FAPESB/IC, UNEB. Agradecemos também a equipe FC Portugal pela cooperação em parceria com as Universidades de Aveiro, Minho e Porto em Portugal.

Referências

- Boedecker, J., Dorer, K., Rollmann, M., Xu, Y., Xue, F., Buchta, M., and Vatankhah, H. (2008). Simspark user's manual. *Version*, 1:17–18.
- Domańska, M. and Burkhard, H.-D. (2014). Robonewbie: A framework for experiments with simulated humanoid robots. In *E-Learning Paradigms and Applications*, pages 1–38. Springer.
- Hornung, A., Maier, D., and Bennewitz, M. (2013). Search-based footstep planning. In *ICRA Workshop on Progress and Open Problems in Motion Planning and Navigation for Humanoids, Karlsruhe, Germany*.
- Kitano, H., Asada, M., Kuniyoshi, Y., Noda, I., and Osawa, E. (1995). Robocup: The robot world cup initiative. In *Proc. of IJCAI-95 Workshop on Entertainment and AI/Alife*, Montreal.
- Lau, N., Reis, L. P., Shafii, N., Ferreira, R., and Abdolmaleki, A. (2013). Fc portugal 3d simulation team: Team description paper. *RoboCup 2013*.
- Rei, L. et al. (2010). *Optimizing simulated humanoid robot skills*. PhD thesis, Master's thesis, University of Porto.

RoboCup (2014). Wiki robocup. Retrieved February 2, 2015, from http://wiki.robocup.org/wiki/Soccer_Simulation_League/RoboCup2014#3D.

Stoecker, J. and Visser, U. (2012). Roboviz: Programmable visualization for simulated soccer. In *RoboCup 2011: Robot Soccer World Cup XV*, pages 282–293. Springer.