

GEN BRASIL 70': O DESENVOLVIMENTO DE ROBÔS DE FUTEBOL COMO MODELO PADRÃO PARA TRABALHOS COOPERATIVOS BASEADO NA ROBOCUP JUNIOR

FERREIRA, Fábio^{1, 2, 3}; LOBO FILHO, Verivaldo Teles^{1, 3}; PIMENTEL, Luís F.^{1, 3}; RÊGO, Danilo A. P.^{2, 3}; SANTOS JR., José M. P. dos^{2, 3}.

Abstract. *This document talks about the objective of the soccer team project's of Brazil CIC GEN II (challenge of competition RoboCup Junior), and the methodology applied in their development. The project is about two robots that have autonomy to play soccer in agree with the rules of category GEN II of RoboCup Junior International. In this challenge, the robots of two different teams play, two against two, in a field of approximately two meters length. The field is colored, and the ball emits infrared light so it can be found by the robot.*

Resumo. *Neste documento estará explícito o objetivo do projeto do time de futebol de robôs da equipes CIC Brazil GEN II (modalidade da competição RoboCup Junior), e a metodologia aplicada em seu desenvolvimento. O projeto se trata de dois robôs que possuem autonomia para jogar futebol de acordo com as regras da categoria GEN II da RoboCup Junior Internacional. Nesta categoria, os robôs de duas equipes diferentes jogam, dois contra dois, numa campo de aproximadamente dois metros de comprimento. O campo é colorido, e a bola utilizada emite raios infravermelhos para que possa ser localizada pelo robô.*

I. INTRODUÇÃO

O futebol é escolhido como modelo padrão para o desenvolvimento de robôs autônomos por conta do seu caráter cooperativo. Nesse jogo, o robô deve tomar decisões condizentes às necessidades da partida disputada. O desafio de criar robôs ágeis e fortes e as idéias para tornar possível a interatividade (colaboração) entre os robôs em uma partida de futebol estará detalhadamente descrito no corpo do documento.

O sistema de cooperação entre os robôs é de fundamental importância no avanço dos estudos de como essas máquinas podem ajudar no

cotidiano dos seres humanos. Assim, fica evidente que o objetivo principal desse projeto é contribuir para essa linha de pesquisa aplicada.

II. A LÓGICA

Os robôs possuem controladores lógico programáveis (CLP's), da *MindStorms NXT* da LEGO, conhecidos como o cérebro do robô. Nesses, é processada a lógica, que fora criada em programas específicos em micro-computador. O NXT ao receber informação dos sensores (*inputs*) processa-a de acordo com a programação, o que possibilita a tomada de decisão.

A lógica trabalhada no NXT é a mesma lógica formal da matemática, com termos usados como: se, se não, enquanto, até, então etc. Essa lógica pode ser escrita em linguagens diferentes. O desenvolvimento da programação é realizado no ambiente gráfico RoboLab 2.9¹, da LEGO.

O robô deve estar apto a tomar decisões nos diversos desafios de se jogar uma partida de futebol - procurar a bola, chutar ao gol, defender sua baliza, se comunicar com o companheiro em um sistema mútuo de cooperação (um grande desafio). E para isso o kit *MindStorms NXT* dispõem dos sensores e de toda estrutura lógica e mecânica para sua construção.

III. SENSORES

A. Sensor de Luz

Do kit educacional *MindStorm NXT*², este sensor envia uma luz e capta a luz refletida pelo objeto, obtendo assim um número condizente com o índice de reflexão do objeto. Como o campo de

¹ Ambiente de programação Gráfica baseado no LabView da NASA.

² Kit desenvolvido pela LEGO Education, uma evolução do kit *MindStorms For School* da LEGO, que tinha como controlador lógico programável o RCX (MINDSTORMS, 2008).

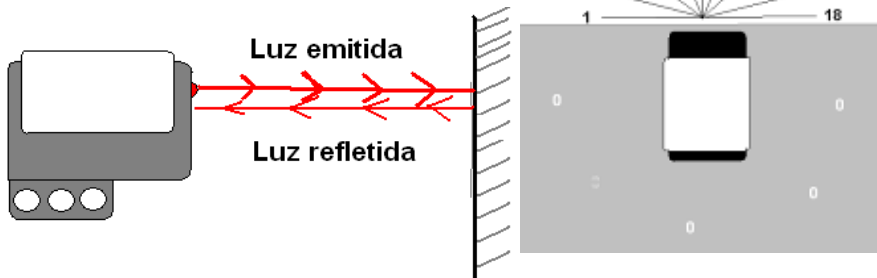
¹Colégio Cândido Portinari
Rua Adelaide Fernandes da Costa, 487- Costa Azul
CEP.: 41760-040 - Salvador - Bahia - Brazil

²Colégio Anchieta
Praça Padre Anchieta, 126 - Pituba
CEP.: 41.810-830 - Salvador - Bahia - Brazil

³CIC Robotics - Clube de Investigação Científica
Salvador - Bahia - Brazil
{cic.robotics@gmail.com, verivaldo@yahoo.com,
pingua__@hotmail.com, daniloapr@gmail.com,
jrsantos18@gmail.com}

futebol do GEN II possui cores diferentes, esse sensor se torna útil na localização do robô no campo como: o que é defesa, meio do campo, lateral, etc.

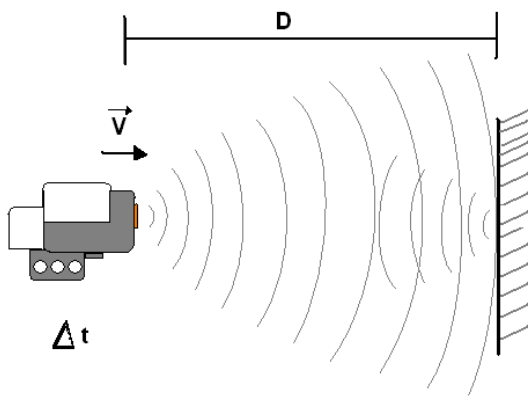
Figura 1: Funcionamento do sensor de luz



B. Sensor Ultrassônico

O sensor ultrassônico envia uma onda mecânica, o som, com um comprimento de onda não perceptível aos ouvidos humanos. E ao enviar a onda com uma certa velocidade ele calcula a distância de um objeto em relação ao sensor, já que distância (d) é igual ao produto da velocidade (v) pelos tempo (t): $D = v \cdot t$

Figura 2: Funcionamento do sensor ultrassônico

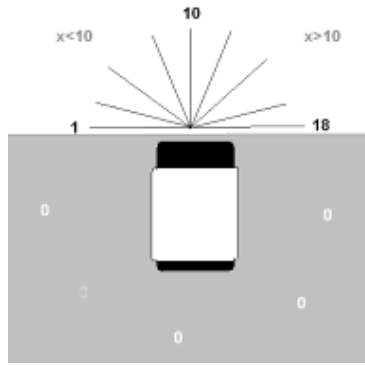


Assim podemos evitar que o goleiro fique a uma distância não desejada do gol, nem tão longe, nem tão perto ao alvo de participar de um antijogo.

C. Infra-Red Seeker

Produto da Hitechnic³, que como o nome já diz procura a posição da fonte de luz infra-vermelha (frequência de onda abaixo do vermelho, portanto também invisível aos olhos humanos). Esse sensor atribui diferentes números para a posição de onde a onda infra-vermelha é emitida (ver figura 3). Como a bola do GEN II emite uma onda infra-vermelha, esse sensor é o equipamento ideal para localizá-la.

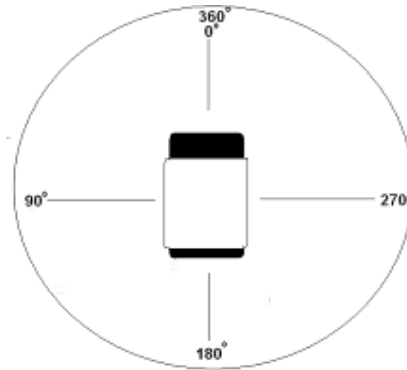
Figura 3: Funcionamento do sensor *infra-red seeker*



D. Compass

Também é um produto Hitechnic que define graus às posições onde ele se encontra em relação ao Sul Magnético da Terra, ou seja, o Norte Geográfico, útil para localizar a posição exata do gol adversário.

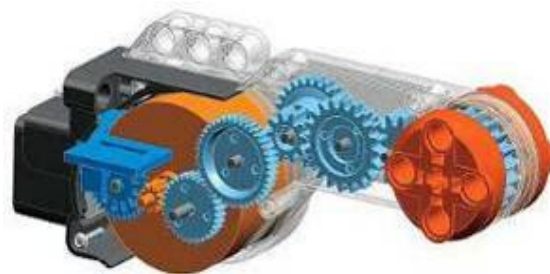
Figura 4: Navegação do sensor



E. Rotação

Esse sensor é acoplado diretamente aos motores do NXT e conta a quantidade de rotações (passos). Assim, o *Rotation* se torna útil principalmente para o mecanismo de chute empregado no robô atacante, assunto que veremos mais a frente.

Figura 5: Sensor de Rotação



Fonte: (PHILOHOME, 2008)

³ Empresa de manufatura de sensores de robótica desenvolvidos para a LEGO MindStorms NXT (HITECHNIC, 2008).

F. Rodas Omnidirecionais

A melhor opção para o futebol são as rodas omnidirecionais, que possibilitam uma grande variedade de movimentos ao robô e agilidade, o que é imprescindível para o robô dessa categoria.

Figura 6: Movimentação do Goleiro

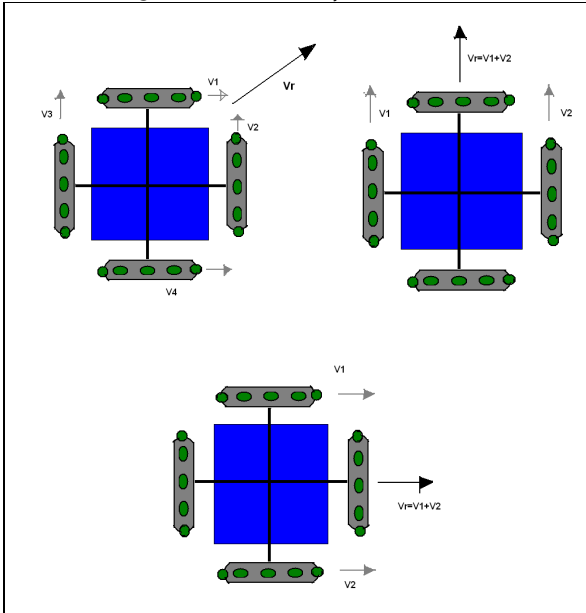
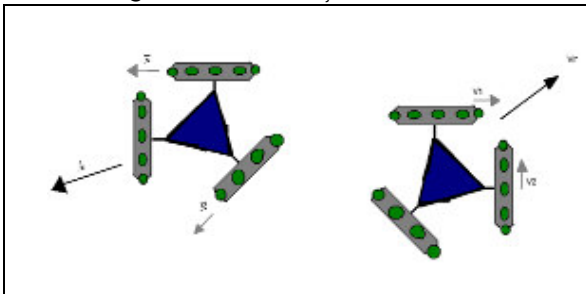


Figura 7: Movimentação do atacante



IV. ESTRUTURA

Os robôs são feitos em bases de acrílico, moldadas de acordo com as necessidades. As rodas utilizadas são omnidirecionais (“não têm atrito lateral”, permitindo movimentos para qualquer direção) do kit VEX⁴. A maioria dos motores, sensores, controladores lógicos programáveis e as demais peças são do kit Mindstorms NXT da Lego. Por ter funções diferentes durante o jogo, os robôs goleiro e atacante possuem estruturas diferentes para atender melhor aos seus objetivos.

⁴ Sistema VEX Robotics Design System, criada pela empresa Innovation First, Inc - IFI dos USA (INDEX, 2008).

A. O goleiro

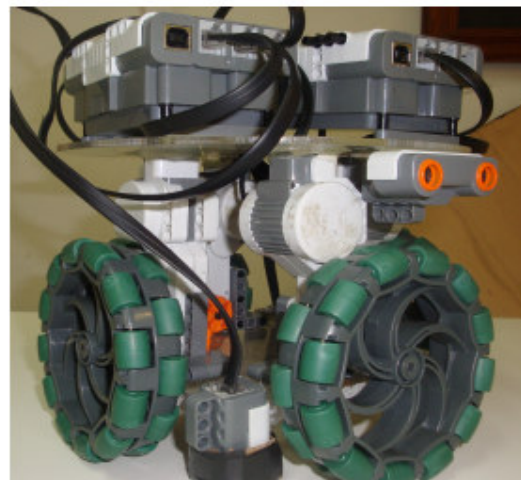
O goleiro é o mais simples dos dois. Possui quatro rodas omnidirecionais, dispostas como se cada uma fosse o lado de um quadrado, o que dá mais estabilidade e firmeza aos movimentos, tanto laterais quanto frontais. Essa estratégia permite ao robô proteger o gol de forma mais ágil e robusta.

Pela necessidade do robô caber num cilindro de 22 cm de diâmetro, não houve espaço para sistemas de chute e domínio da bola. Portanto, seu objetivo principal é não permitir a passagem da bola, e proporcionar o contra-ataque quando tiver sob sua posse.

Para se localizar frente ao gol são utilizados dois sensores de luz voltados para o chão, um *Compass Sensor*, que funciona como uma bússola e um sensor ultrassônico que mede a distância entre o robô e a parede do gol.

Há também um *Infrared Seeker Sensor*, que detecta as luzes infravermelho emitidas pela bola e informa qual sua direção, permitindo ao robô localizar a bola mais rapidamente durante o jogo.

Figura 7: O robô goleiro



B. O atacante

O atacante é bem mais complexo do que o goleiro. Por precisar de mais espaço interno para os sistemas de chute e domínio da bola (mais conhecido como *dribbler*), o robô possui apenas três rodas omnidirecionais, dispostas como se fossem lados de um triângulo.

Para se localizar no campo, este robô possui três sensores de luz, posicionados como se fossem vértices de um triângulo voltados para o chão e um *Compass Sensor* (bússola). Possui ainda dois sensores *Infra-red Seeker* (um na frente e um atrás) para encontrar a bola e saber sua direção rapidamente, e um sensor de luz na frente (em cima do *dribbler*) para descobrir quando o robô está com a posse da bola.

Sua construção foi feita em três níveis:

1. Onde estão localizados a base do chute e os motores que movimentam as rodas.
2. Onde estão localizados o *dribbler* e o motor do chute.
3. Onde estão localizados os controladores (NXT).

C. Chute

O grande desafio do chute é fazer um movimento, ao mesmo tempo, rápido e forte que consiga projetar a bola com a maior velocidade possível. Para isso, é utilizada a força elástica de uma borracha, que é aplicada a uma viga que empurra a bola, funcionando como um “arco e flecha”. Seu funcionamento é basicamente o seguinte:

1. Um motor faz girar um carretel até certo ponto, que enrola um barbante de nylon preso à viga que chutará a bola. Neste momento a viga estará completamente dentro do robô e o elástico estará fazendo força para que ele saia.
2. No momento adequado da programação, esse mesmo motor gira um pouco mais no mesmo sentido, como se fosse puxar a viga mais para dentro do robô. Porém, em uma das engrenagens que faz girar o carretel foram retirados quatro “dentes”. Isso faz com que, quando o motor girar mais um pouco, essa parte quebrada perca o contato com o motor, deixando a viga sujeita apenas a força do elástico, que irá empurrá-la para fora do robô, chutando a bola.
3. Repete-se novamente todo o processo.

D. Dribbler

O *dribbler* é o sistema responsável por manter a bola em posse do robô atacante, de forma que não fuja às regras da RoboCup Junior.

Este mecanismo consiste em duas rodas de borracha, que girando rapidamente em um certo sentido faz com que a bola gire na direção do próprio robô. Isso permite ao robô fazer diversos movimentos sem que a bola saia do seu domínio, como, por exemplo, virar para o gol adversário.

Pelo fato de ser utilizado um motor de alto consumo de energia, que se mantém ligado durante quase todo o jogo, é necessário que haja um gerador de energia independente do restante do robô, neste caso, quatro pilhas AA, de 1,5v cada.

Como o *dribbler* segura a bola contra si, torna-se inviável para o robô chutar a bola enquanto ele está ligado. Por isso, há um motor conectado ao controlador NXT que manipula um interruptor, desligando o *dribbler* no momento do chute.

Figura 8: O robô atacante (robô atacante sem o 3º nível)



V. COMUNICAÇÃO

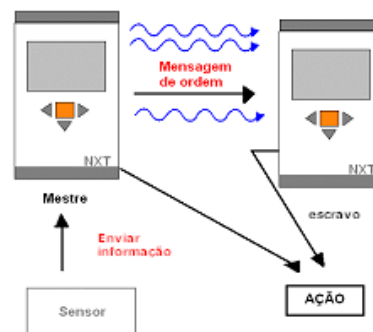
Como se comunicar com o companheiro? Como tornar esse diálogo possível para os robôs? A resposta está no *Bluetooth* que possibilita enviar mensagens de um NXT para outro com informações importantes para a lógica empregada, basta estarem na mesma frequência, o que evita interferências destrutivas entre ondas que por ventura atrapassem essa comunicação.

Bluetooth é um nome industrial para a onda eletromagnética com um comprimento invisível ao olho humano que possibilita o envio de informações, hoje muito utilizado em celulares, computadores, câmeras, etc. (INFOWESTER, 2008)

A. Realização Mestre-Escravo

Os robôs necessitam de mais portas de saída (*outputs*), por conta da limitação de 03 *outputs* (saídas para os atuadores: motores e lâmpadas) no NXT, forçando a utilização de mais um controlador por robô. Para manter a interação e sincronismo dos dois controladores, torna-se necessária à utilização do *Bluetooth*, pois cada robô, ao dispor de 2 NXT's, precisará compartilhar entre os seus controladores as informações captadas por cada um deles. Desta forma, essa idéia se torna viável devido a capacidade do NXT de trabalhar com um sistemas de mensagens via *Bluetooth* (ver esquema na figura 9)

Figura 9: Diagrama da comunicação mestre-escravo



Para facilitar a programação do robô, as informações captadas por ambos os processadores são armazenadas em apenas um deles - o NXT Mestre. O outro NXT será chamado de Escravo, pois tem apenas a função de captar as informações recebidas pelos sensores e repassá-las ao Mestre quando for requisitado.

Este sistema de transmissão de informações se dá da seguinte forma: quando o Mestre necessita do valor de algum sensor que está acoplado ao outro NXT, ele envia uma mensagem via *bluetooth* para o escravo. Toda mensagem tem um número que a identifica e é através desse número que o escravo saberá como responder. A programação do NXT Escravo resume-se a esperar mensagens do Mestre e, ao receber, analisar o número identificador. Cada número está associado a um dos sensores do NXT escravo, e assim, o Escravo enviará como resposta ao Mestre o valor que está sendo lido pelo sensor que foi requisitado. Então, o Mestre recebe a mensagem, verifica o número da mensagem recebida, que é o valor que o sensor está lendo, e pode tomar qualquer decisão baseada nessa informação que estava no outro NXT.

B. Sistema de Cooperação

Como o futebol é uma modalidade na qual o grupo (dupla de robôs) deve jogar como uma verdadeira equipe, o sistema de mensagens entre NXT's se torna de vital importância. Com mensagens lógicas como: 'estou no campo', 'tenho a posse de bola', 'não estou com a bola', de um robô para o outro, permite que o companheiro adote comportamentos diferentes para cada ocasião.

Um robô, dependendo do identificador (id) da mensagem recebida, tomará decisões diferentes, baseando-se na situação de seu parceiro. Isso se dá associando-se um id de mensagem à algum fato. Por exemplo, quando um robô pega a bola, ele envia imediatamente uma mensagem de id=2 para seu companheiro. Assim, na programação de ambos os robôs, quando se recebe uma mensagem de id=2, os robôs se dirigem para a periferia do campo, a fim de abrir espaço para o chute do outro robô.

O único empecilho dessa estratégia ocorre quando um dos robôs é tirado de campo (pelo juiz, por infringir alguma regra). Como avisar ao outro jogador que ele está sozinho em campo e precisa defender o gol?

O NXT dos robôs permanece durante todo o jogo enviando mensagens para um NXT do outro robô. Na programação do receptor, verifica-se constantemente se a mensagem está sendo recebida. Se algum dos robôs parar de receber mensagens por um intervalo de tempo considerável, ele saberá que seu parceiro está fora de campo.

É como se eles jogassem gritando o tempo todo. Assim, quando o jogo fica silencioso, o jogador

sabe que está sozinho no campo e corre para proteger o gol.

VI. ESTRATÉGIA

A. Goleiro

A estratégia do goleiro prioriza intensamente a defesa do gol, de modo que este robô não faz uma busca pela bola muito além das proximidades do gol.

Enquanto o *Infrared Seeker* não conseguir localizar a bola, o robô se posicionará em sua pequena área, mantendo-se, através do sensor ultrassônico, a uma distância adequada do gol.

Devido à impossibilidade de posicionamento preciso no centro do gol, o robô manter-se-á em incessante movimento numa mesma direção paralela ao gol, limitando-se, através dos dois sensores de luz, a pequena área preta na frente do gol. Quando cada um dos sensores verificar um valor mais claro que o da cor preto, o robô se moverá em sentido oposto ao lado do sensor.

Entre um ciclo e outro, com auxílio do *Compass Sensor*, o goleiro se posicionará frontalmente ao gol adversário. Isso é possível, pois no primeiro instante da partida, o robô avalia a angulação da "bússola" e grava tal valor. Então, quando se deseja posicionar novamente desta forma, basta girar até encontrar o valor que foi salvo anteriormente.

Quando o *Infrared Seeker* for capaz de "enxergar" a bola, o robô se moverá na direção dela, contudo, limitando-se, mais uma vez, à área preta a fim de evitar um *dribbler*. Seu objetivo é apenas ocupar o ângulo de gol do adversário. Caso a bola esteja sob sua "posse", sua ação será armar o contra-ataque, visando o gol adversário.

B. Atacante

O atacante mantém-se durante toda a partida na busca pela bola, salvo quando ela se encontra na posse do goleiro (fato observado via *bluetooth*). Para isso, ele possui dois sensores de localização da bola, com a finalidade de completar os 360° de "visão".

Uma vez encontrada a bola, o robô irá se posicionar entre uma lateral (a mais próxima) e o corredor central do campo, para, enfim, chutar. Essa localização baseia-se no *Compass Sensor*, e na diferença de leitura dos sensores de luz das laterais.

Vale ressaltar que, na programação, uma tarefa é específica para que em qualquer situação o robô não fique completamente na parte branca do campo, prevenindo assim o choque com a parede e sua saída de campo. É por isso que este robô conta com três sensores de luz apontados para o chão, ao invés de dois, como o goleiro.

VII. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O futebol de robôs é um projeto desenvolvido como modelo padrão para a robótica inteligente. O intuito é ajudar na evolução do estudo sobre robôs autônomos que cooperem em busca de uma meta, que é o grande desafio do futebol. A capacidade desses robôs de se ajudarem para trabalharem em equipe, colaborando entre si para solucionar problemas inerentes ao futebol, deverá nortear outras aplicações dessas máquinas no futuro.

Atualmente já é possível encontrar autômatos atuando em montadoras de automóveis, ajudando a resgatar vítimas, explorando ambientes hostis aos humanos e, até mesmo, sendo usados para o entretenimento. Contudo, na maioria das vezes, essas máquinas têm a nobre função de trazer bem estar social. Quando esses robôs puderem cooperar entre si, muitos outros problemas poderão ser solucionados por eles. Por esse motivo que direcionamos nossa pesquisa para essa temática, utilizando o desafio de futebol como motivador lúdico para uma pesquisa aplicada.

REFERÊNCIAS

PHILOHOME. NXT® motor internals. Disponível em: <http://www.philohome.com/nxtmotor/motor1_3.jpg>. Acesso em 16 out. 2008.

INDEX. Quem somos. Disponível em: <<http://www.vexrobotics.com.br/index.php?id=1>>. Acesso em 16 out. 2008.

INFOWESTER. Tecnologia Bluetooth. Disponível em: <<http://www.infowester.com/bluetooth.php>>. Acesso em: 10 out. 2008.

MINDSTORMS. Disponível em: <<http://mindstorms.lego.com/>>. Acesso em: 08 out. 2008.