BahiaMR 2008: Descrição do Time

Marco A. C. Simões*, José Grimaldo da S. Filho*, Adailton de J. Cerqueira Jr.*, Juliana F. Reichow*,
Fagner Pimentel* e Elen M. R. de J. Casaes†
*Núcleo de Arquitetura de Computadores e Sistemas Operacionais(ACSO)
Universidade do Estado da Bahia(UNEB)
Salvador-BA-Brasil
msimoes@uneb.br, {jose.jgrimaldo, adailton.junior, jufajardini, fagnerpimentel}@gmail.com
†Centro Universitário da Bahia(FIB)
Salvador-BA-Brasil
elenmargareth@gmail.com

***Resumo*—**
Este arquivo descreve o trabalho técnico-científico da equipe BahiaMR no período 2007/2008. O BahiaMR é o atual campeão brasileiro na modalidade Realidade Mista da RoboCup e obteve respectivamente o quarto e terceiro lugares nos torneios de futebol das competições Mundiais RoboCup em 2007 e 2008 nesta modalidade. Neste período a equipe trabalhou na construção do novo software servidor do jogo de futebol que será usado pela primeira vez numa competição oficial durante o Latin American Open 2008. Neste artigo todo esforço e os resultados deste desenvolvimento serão descritos, além do simulador que está em fase final de desenvolvimento e da estrutura do time com suas respectivas melhorias em relação à versão 2007.

I. Introdução

Em 2007, a liga de simulação de futebol de robôs (*Soccer Simulation*) da RoboCup iniciou a subliga Realidade Mista (*Mixed Reality*) - originalmente denominada Visualização Física (*Physical Visualization*) - apresentando a mistura de robôs reais com ambientes simulados, segundo o conceito de Realidade Aumentada [2], [3].

Desde o primeiro ano, a equipe BahiaMR obteve qualificação para disputar a liga MR, participando juntamente com outras dez equipes que se fizeram presentes em Atlanta (RoboCup 2007). A liga MR mistura as competições de futebol de robôs em si com uma liga de desenvolvimento. As equipes são pontuadas pelos resultados dos jogos de futebol de robôs, mas também pela qualidade e quantidade das contribuições científicas e educacionais feitas em ternos de melhorias para infra-estrutura básica da liga e novas aplicações científicas e educacionais propostas.

Em 2007, a equipe BahiaMR obteve o quarto lugar na competição de futebol de robôs. Neste ano, apenas propostas foram apresentadas nas competições de desenvolvimento. No mesmo ano, a equipe sagrou-se **campeã brasileira** durante o Brazilian RoboCup Open 2007 em Florianópolis. Nesta oportunidade, foi disputada apenas a competição de futebol de robôs. Também foi apresentando o andamento das contribuições técnico-científicas através da publicação do artigo de descrição do time (TDP) [5].

Este trabalho é parcialmente financiado pelos programas IC/FAPESB, PICIN/UNEB e PIBIC/FIB.

Na RoboCup 2008, o BahiaMR qualificou-se novamente e, desta vez, apresentou já contribuições concretas especialmente no desenvolvimento da infra-estrutura da liga através do novo Servidor de Futebol (*SoccerServer*) e do *MR-Simulator*. Estas contribuições estão descritas, refletindo seu estágio atual de desenvolvimento, nas seções II, III e IV.Com este desenvolvimento o BahiaMR conquistou o terceiro lugar na competição de futebol de robôs na RoboCup 2008 e o quarto lugar na competição de desenvolvimento técnico.

Para a competição Latino Americana (*Latin American RoboCup Open*), o BahiaMR evoluiu tanto em termos de desenvolvimento técnico quanto em relação ao time de futebol que está descrito na seção V. Por fim, a seção VI resume as principais contribuições da equipe e discute alguns trabalhos em andamento e futuros.

II. A Nova Arquitetura Modular de Software para a Liga Realidade Mista

Após a RoboCup 2007, as equipes participantes trabalharam conjuntamente para definir uma nova arquitetura modular para o software de suporte à simulação em Realidade Mista. Esta arquitetura prevê um baixo acoplamento entre os módulos permitindo inclusive que os mesmos sejam desenvolvidos e aperfeiçoados de forma independente. A figura 1 ilustra esta nova arquitetura. Nesta seção descreveremos sucintamente os módulos de cada arquitetura e o protocolo de comunicação desenvolvido usando XML para a comunicação entre os módulos.

A. Os módulos da nova arquitetura

A atual arquitetura apresenta um módulo central, a aplicação (desafio) que está sendo executada. Esta pode representar um servidor de futebol (desafio padrão), um jogo de hóquei ou qualquer outra coisa que se beneficie do ambiente de realidade mista e dos micro-robôs. Conforme pode ser visto na figura 1, há um módulo independente responsável por enviar os comandos aos robôs, genericamente chamado de *Robot Control*. O RC recebe os comandos endereçados aos robôs em mensagens com uma linguagem de alto nível - o XML -, e os traduz em comandos básicos de baixo nível, compreendidos pelos robôs. Este módulo também trata

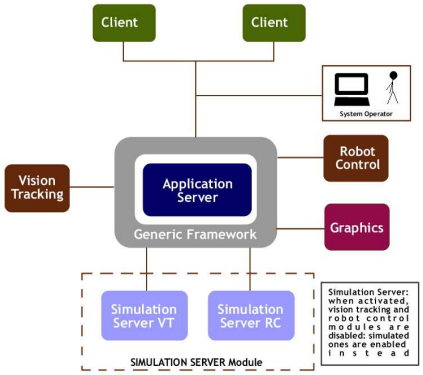

Fig. 1. Nova Arquitetura Modular do Software para a Liga Realidade Mista

dos detalhes técnicos do infravermelho, através do qual é feita a comunicação com os micro-robôs. O tratamento de imagens é feito pelo *Vision Tracking*. A partir das capturas de imagens sem tratamento feitas pela câmera, este módulo reconhece a localização dos objetos que estejam no campo, especialmente os robôs, e envia os dados sobre a captura interpretada para aplicação, utilizando XML. O *Graphics* pode exibir as imagens da simulação; normalmente está conectado ao monitor sobre o qual estão os agentes. Estão também previstos no protocolo os módulos dos clientes - *Clients*, que tanto podem ser baseados em um cliente básico provido por alguma equipe quanto serem desenvolvidos independentemente, seguindo o protocolo de comunicação e conexão da aplicação.

Outras funcionalidades, menos básicas, estão previstas na arquitetura. É possível haver um operador - *Operator* - conectado à aplicação, para receber possíveis mensagens de erro ou autorizar alguma ação no decorrer dos jogos. No contexto do jogo de futebol, o operador poderia ser o juiz humano que, apoiado pelas informações e controles providos pelo servidor de futebol, dá a palavra final sobre os eventos mais importantes da partida - como um gol. Tal modularização permite uma grande independência ao desenvolvimento de novos módulos e aplicações, contudo o ideal perseguido é que encontremos módulos básicos estáveis, que possam estar em constante melhoria, e que o foco da liga se concentre no desenvolvimento de novas aplicações e pesquisas na área de robótica inteligente e IA. Além disso, é importante ressaltar que, apesar de independentes, os módulos possuem muita interação, de modo que uma discussão detalhada do protocolo de comunicação e conexão foi necessária, e será sempre, na medida em que a liga está em constante evolução. Na seção II-B apresentaremos o protocolo definido para a liga na sua versão mais recente.

B. O protocolo de comunicação XML

O protocolo XML resulta de um trabalho conjunto entre o BahiaMR - responsável por desenvolver o Servidor de Futebol - e os times responsáveis por desenvolver RC, VT e *Graphics*. Sua discussão e construção se impôs como uma premissa para que o sistema, composto por módulos independentes, desenvolvidos por equipes geograficamente distintas, funcionasse de um modo coeso, pois a definição de um protocolo de comunicação permite uma interface padronizada entre os módulos. A linguagem escolhida foi a XML (*Extensible Markup Language*), pois isso o torna mais adaptável às possíveis demandas que surjam com novos softwares agregados à liga. Esta característica é especialmente importante para a MR, que realmente incentiva o desenvolvimento de novas aplicações. A atual versão, 1.3, contempla aspectos genéricos, como o formato das mensagens enviadas ao módulo gráfico oficial, mas apresenta também conteúdos mais voltados à aplicação de futebol, como pode ser conferido na figura 2. O servidor de futebol desenvolvido pelo Bahia MR é descrito na seção III e é totalmente compatível com tais especificações.

```
<worldData>
    <time>305</time>
    <agent_id>03</agent_id>
    <status>found</status>
    <max_agent>10</max_agent>
    <playMode>PLAY_ON</playMode>
    <command>
       <wheel_velocities>
              <right>1.0</right>
              <left>1.0</left>
      </wheel_velocities>
   </command>
   <score>
      <yellow>0</yellow>
      <blue>2</blue>
   </score>
   <ball>
          <dist>400</dist>
          <angle>30</angle>
  </ball>
</worldData>
```

Fig. 2. Exemplo de mensagem enviada para um cliente do MR Soccer Server

III. O MR-SoccerServer 2008

Depois de ter sido feita a definição da nova arquitetura (seção II) em 2007, os módulos foram divididos entre as diversas equipes participantes da liga. Ficou sob a responsabilidade da equipe BahiaMR a construção do novo servidor de futebol, o MR-SoccerServer.

O MR-SoccerServer é um módulo desenvolvido na linguagem C++ e possui como dependências as bibliotecas ODE *(Open Dynamics Engine)*, SDL_Net (*Simple DirectMedia Layer Net*) e DeluxeML. Isso dá mais autonomia ao sistema por ter um mínimo de dependências com bibliotecas externas e um menor acoplamento com os demais módulos.

Ele é compatível com a versão 1.3 do protocolo de comunicação XML, utilizado para comunicação entre os módulos. Este protocolo foi descrito na seção II-B deste artigo.

Dentre as vantagens deste novo servidor de futebol em relação ao servidor de 2007 podemos destacar: detecção automática de gol, saída de bola diferenciando escanteios e tiros de meta, término de jogo com a implementação de um juiz para tais averiguações, redução de interferência humana no decorrer do jogo e software modularizado, o que possibilita uma melhor compreensão e manutenção do código tendo em vista que é um projeto de código-aberto.

Foi também implementado um operador que solicita o início da partida, pausa do jogo, timeout , término da partida , verifica o status da partida e desconecta os times, sendo estas as únicas interferências humana. O SoccerServer foi construído para operar com os novos módulos do Vision Tracking, Robot Control e Graphics. Além de se encontrar apto a operar com os antigos módulos de captura de imagens e controle dos robôs.

Outra diferença entre os servidores de 2007 e 2008 são as quantidades de flags. No servidor de 2007 haviam oito flags posicionadas nos corners e traves, enquanto no SoccerServer 2008 existem dezenove flags espalhadas pelo campo. Essas flags são usadas pelos clientes, para o seu mapeamento em campo. Com o aumento da quantidade destas flags, os clientes possuem uma gama maior de possibilidades estratégicas.

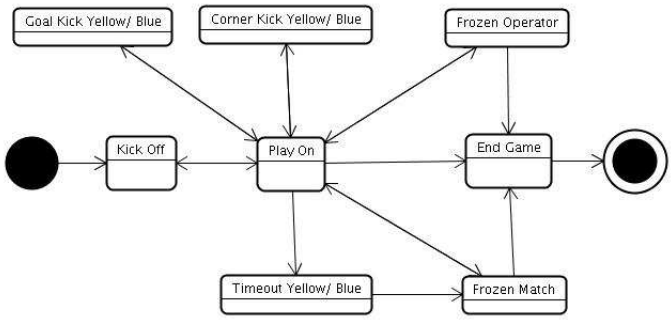

Fig. 3. Diagrama de Estados do MR-SoccerServer

O MR-SoccerServer foi baseado em uma máquina de estado [4] ilustrada na figura 3. O servidor é iniciado no Estado Kick Off; então, passa ao Estado Play On quando o jogo é iniciado. A partir deste Estado podemos seguir para sete Estados possíveis:

- Timeout Yellow/ Blue: o servidor passa para este estado quando os times solicitam um tempo de parada da partida;
- Goal Kick Yellow/ Blue: o servidor passa para este estado quando é detectado um gol;
- Corner Kick Yellow/ Blue: o servidor passa para este estado quando é detectado escanteio;
- Frozen Operator: o servidor passa para este estado quando o operador solicita uma pausa do jogo;
- Frozen Match: o servidor passa para este estado quando ocorre algum evento em que o servidor terar que pausar a partida de forma autonôma;
- End Game: é o estado de término de jogo.

A partir de qualquer um desses estados é possível retornar para o estado de Play On, com exceção do End Game que é um estado terminal. O Estado terminal do servidor pode ser alcançado através dos estados de Play On, Frozen Operator e Frozen Match. Fazendo a ressalva que o Estado Frozen Match ainda não foi implementado no SoccerServer.

A biblioteca ODE foi utilizada para melhor simular os aspectos físicos inerentes ao jogo. Com esta biblioteca conseguimos representar as colisões entre o robô e a bola e entre a trave e a bola. A ODE também é utilizada para manter a bola dentro da área referente ao campo, para que esta não saia pelas laterais. Além de simular todo o comportamento físico da bola e sua interação com o mundo.

A biblioteca SDL_Net foi utilizada para efetuar as conexões e comunicações entre o MR-SoccerServer e os demais módulos. Esta conexão é feita utilizando o protocolo de comunicação UDP.

A DeluxeML é utilizada para a construção das mensagens no padrão do protocolo XML. Esta biblioteca foi desenvolvida por Rafael Spring (Universidade de Koblenz), um dos membros da liga.

O SoccerServer foi dividido em cinco classes chaves. Uma classe chamada BasicObject, referente a todos os objetos físicos como o robô, a bola e as traves. Uma classe chamada World, que guarda todos os BasicObject, além do campo. Uma classe Referee, que administra todas as regras de jogo como escanteio, tiro de meta e marcação de gol, além de verificar toda parte ligada ao tempo. A classe Match que armazena todas as informações sobre a partida desde os jogadores até o placar do jogo.E a classe ServerApp que é a essência do SoccerServer. Nesta classe temos a simulação da partida ocorrendo tanto a simulação física como a simulação do jogo de futebol. É também feita as trocas de mensagens entre o servidor e os demais módulos e clientes. A figura 4 ilustra um diagrama de classes simplificado do SoccerServer.

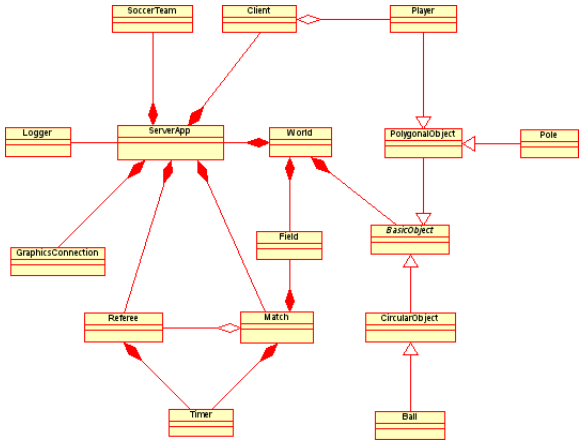

Fig. 4. Diagrama de Classes Simplificado do MR-SoccerServer

IV. O MR-Simulator

Para facilitar o uso e testes do Servidor de Futebol, dos times e de todas as aplicações desenvolvidas para a liga MR de modo independente de componentes de hardware um simulador MR foi desenvolvido. A partir dele se tornou possível simular os módulos RC e VT, permitindo então

que testes fossem realizados sem a utilização de todos os componentes físicos, muitos dos quais são relativamente caros, e outros que exigem mão de obra especializada para montagem. A figura 1 ilustra a forma como o MR-Simulator interage dentro do ambiente de software descrito.

Para que a simulação do ambiente da aplicação fosse possível, o motor físico de código-aberto ODE (*Open Dynamics Engine*) foi utilizado. Ao integrar esta biblioteca ao simulador foi possível representar de maneira mais realista a interação dos robôs com o meio, incluindo às colisões e o atrito.

Para atender às diferentes demandas de uso foram criados dois principais modos de execução, o modo manual e o modo padrão. O primeiro visa facilitar testes ao nível do desenvolvedor da aplicação, possibilitando movimento livre dos rôbos simulados, e sua correspondente representação gráfica, seu avatar no ambiente através do uso de um teclado para controlar seus movimentos, tornando possível a validação de escanteios, colisões e outros eventos comuns em partidas de futebol de robôs ou qualquer outra aplicação que seja desenvolvida para a Liga MR. O segundo modo foi desenvolvido para viabilizar os testes nos times de futebol e aplicações clientes em geral, para isso foram implementados internamente um emulador do controlador de robô, a representação do movimento das rodas, com uma simulação parcial do movimento assímetrico destas, pois cada roda pode apresentar velocidades independentes. Em ambos os modos, o tratamento das mensagens recebidas, a emulação da captação da imagem e o posterior envio das informações para a aplicação servidora são feitos de maneira transparente, sem que sejam necessárias mudanças em nível de implementação no Servidor. Durante a RoboCup realizada em 2008 o simulador MR foi utilizado e testado por diversas equipes, possuindo todos os pré-requisitos necessários para a simulação de uma partida de futebol de robôs. Foi utilizado, inclusive, para apoiar a produção de um cliente básico para o servidor, e para testes preliminares dos times, dentre outras aplicações. As dificuldades que ainda estão pendentes são: alinhar perfeitamente a representação do movimento assimétrico das rodas, determinar a medida correta do coeficiente de atrito gerado pelo movimento no solo e adicionar ruído na interação do robô com o meio, de modo a aumentar o realismo e a usabilidade.

V. O Time de Futebol BahiaMR 2008

Em 2007, os jogos da liga MR eram compostos por dois micro-robôs em cada time. A estratégia do BahiaMR consistia em manter um robô na área defensiva como goleiro e o outro indo de encontro a bola. Quando este último consegue dominar a bola, chuta em direção ao gol adversário. Com a nova arquitetura descrita na seção II será possível que cada time desta subcategoria tenha até cinco jogadores (micro-robôs). Pela primeira vez será disputada uma partida oficial utilizando essa arquitetura. Com isso foram desenvolvidas novas estratégias para o time sendo atribuído a cada robô um papel, tais como goleiro, atacante e zagueiro. O princípio geral da estratégia é que um robô sempre se posicione em frente ao gol do próprio time tentando evitar gols do seu oponente, um ou dois robôs partirão para o ataque e o que estiver mais próximo da bola tentará obter uma posição para o chute a gol, caso isto não seja possível ele terá duas opções: tocar a bola para seu companheiro de equipe ou buscar uma nova posição. Enquanto isto, o defensor se posiciona no campo de defesa para evitar um contra-ataque. Cada jogador receberá um *nickname*, a depender do nome que o jogador receba ele se comporta e se posiciona de um determinado modo estratégico. Esta é a lógica que será aplicada no BahiaMR 2008. Está sendo realizado um novo planejamento para o time visando desenvolver uma arquitetura de agentes autônomos concorrentes para o time BahiaMR. Esta arquitetura vai modularizar o agente em 3 níveis decisórios: cognitivo, instintivo e reativo [1], cada um deles será implementado como um processo e representará um nível decisório distinto que complementará os demais para a construção de um agente cognitivo. Este projeto dará suporte ao time BahiaMR durante o ano de 2009, mas os resultados intermediários deverão ser validados já durante a *Latin American RoboCup Open* 2008.

VI. Considerações Finais

A equipe BahiaMR participou da liga MR em todas as edições que esta liga foi realizada até o momento nas competições mundiais RoboCup, além de competições regionais (*German Open 2008*, *Brazilian Open 2007*). Em todos estes eventos, a equipe destacou-se com bons resultados e contribuições importantes para os propósitos científicos e educacionais desta liga.

O novo Servidor de Futebol - *MR-SoccerServer* - traz como benefícios o maior realismo do jogo (com regras mais próximas de uma partida real de futebol) que a versão anterior; integração perfeita com a nova arquitetura modular, mantendo compatibilidade com o protocolo XML versão 1.3; código bem estruturado e organizado segundo as boas práticas de engenharia de software, garantindo a viabilidade de sua evolução.

A participação da equipe BahiaMR foi decisiva na definição do protocolo XML que permitiu a integração de todos os módulos, uma vez que o módulo da aplicação (no caso o SoccerServer) é central e interage com os demais, utilizando totalmente o protocolo definido.

O *MR-Simulator* é uma contribuição adicional que permite a popularização do ambiente e uso em grandes classes ou instituições com poucos recursos para investir em câmeras e monitores caros. Mesmo sem o ambiente físico, é possível desenvolver clientes MR usando o simulador e depois executar estes clientes de forma transparente no ambiente MR completo. Além de ser uma excelente ferramenta de popularização, também facilita bastante o processo de depuração, especialmente quando usado no modo manual.

Por fim, o time de futebol baseia-se na mesma estrutura que o grupo de pesquisa já vem usando na modalidade 2D, através de agentes autônomos concorrentes. Apesar deste trabalho não estar concluído, um nível reativo básico já será

testado durante estas competições visando validar o estágio inicial desta arquitetura.

Como perspectivas de trabalhos futuros, temos o lançamento da versão 2.0 do *MR-SoccerServer* incluindo melhorias já planejadas e outras sugeridas pela comunidade. Também será concluída a parte de simulação do movimento assíncrono das rodas dos robôs no *MR-Simulator* e a estrutura do time de futebol de rôbos. Em parceria com outras equipes brasileiras serão definidas e implementadas novas aplicações educacionais ou científicas para serem apresentadas durante a RoboCup 2009.

REFERENCES

[1] A. L. da Costa and G. Bittencourt, "From a concurrent architecture to a concurrent autonomous agents architecture," *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, pp. 85–90, 1999, iJCAI'99, Third International Workshop in RoboCup.

[2] R. da Silva Guerra, J. Boedecker, N. Mayer, S. Yanagimachi, Y. Hirosawa, K. Yoshikawa, M. Namekawa, and M. Asada, *RoboCup 2007: Robot Soccer World Cup XI*, ser. Lecture Notes on Computer Science. Springer, 2008, vol. 5001, ch. Introducing Physical Visualization Sub-League, pp. 496–503.

[3] R. da Silva Guerra, J. Boedecker, S. Yanagimachi, and M. Asada, "Introducing a new minirobotics platform for research and edutainment," in *Symposium on Autonomous Minirobots for Research and Edutainment (AMIRE'07)*, Buenos Aires, 2007.

[4] A. Gill, *Introduction to the Theory of Finite-state Machines*. McGraw-Hill, 1962.

[5] H. SILVA, F. FERREIRA, M. A. C. SIMÕES, J. MEYER, H. ARAGÃO, and R. LIMA, "Bahia-pv: The robotics soccer team in augmented reality environment," in *Brazilian Symposium on Intelligent Automation*. Florianópolis, Brazil: Brazilian Society on Automation (SBA), October 2007.