

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE**

**Fakulta informatiky a informačných technológií**

Ilkovičova 2, 842 16 Bratislava 4

**Tímový projekt**  
**RoboCup**  
**Analýza zahraničných tímov**

**Bc. Filip Blanárik**

**Bc. Michal Blanárik**

**Bc. Štefan Horváth**

**Bc. Štefan Linner**

**Bc. Martin Markech**

**Bc. Roman Moravčík**

**Bc. Tomáš Nemeček**

Tím č. 9:	Gitmen
Vedúci projektu:	Ing. Ivan Kapustík
Predmet:	Tímový projekt I
Ročník:	1

Akademický rok: 2013/2014, zimný semester  
Mailový kontakt: [gitmen09@gmail.com](mailto:gitmen09@gmail.com)

## **Obsah**

- [1. Úvod](#)
- [2. Analýza tímu UT Austin Villa](#)

# 1. Úvod

Na úvod je vhodné čitateľovi vysvetliť význam tohto dokumentu. Cieľom tohto dokumentu je analýza existujúcich riešení vyvíjaných tímami, ktoré sa zúčastnili na tohtoročnom svetovom turnaji v oblasti Robocup3D simulačného futbalu.

Následne má každý člen nášho tímu za úlohu analyzovať možný prínos týchto prác v nami vyvíjanom projekte.

## 2. Analýza tímu UT Austin Villa

Autor: Bc. Tomáš Nemeček

### 2.1. Úvod

Tím UT Austin Villa pochádza z Texaskej univerzity v Austine. Patrí medzi najlepšie tímy zo svetovej špičky robotického simulačného futbalu. Posledné dva šampionáty v rokoch 2011 a 2012 sa umiestnili na prvom mieste. Vďaka týmto úspechom je vhodné preštudovať ich prístupy a techniky a zanalyzovať ich možný prínos pri vylepšovaní nášho riešenia.

### 2.2. Implementované vylepšenia

V tejto kapitole sa zaoberáme prístupmi a technikami, ktoré autori uvádzajú ako podstatné zmeny v implementácii, ktoré viedli k víťazstvu v šampionátoch v rokoch 2011 a 2012.

#### Detekcia pádu a optimalizácia High skillu vstávania zo zeme

Pri tejto oblasti sa autori rozhodli detegovať zmenu stavu pri páde robota, kedy akcelometre indikujú, že gravitačná sila „ŕhá“ robota kolmo na vektor určujúci smer jeho trupu. Ak robot zaznamená stav, kedy padá, tak v tomto prípade robot rozpaží ruky do priameho uhla. Touto akciou autori docielili, že robot pri páde pristane buď na chrbát alebo trup. Následne sa robot rozhodne, na ktorú stranu dopadol a podľa pozície na ktorej leží vyberá medzi dvoma vyššími činnosťami (High Skilly) stávania zo zeme.

Následne parametre potrebné na zefektívnenie stávania zo zeme autori optimalizovali použitím algoritmu Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy. Výber tohto algoritmu autori podmienili jeho úspešnosťou pri optimalizácii viacerých druhov vyšších činností, napríklad parametrického kopu.

V nasledujúcej časti autori popísali, akým spôsobom vybraný optimalizačný algoritmus uplatnili pri tréningu akcie vstávania zo zeme.

Výsledné hodnoty optimalizácie pre vstávanie z polohy v ľahu na chrbte alebo trupe získali z celkového počtu 200 generácií o populácii vo veľkosti 150 jedincov. Po vykonaní optimalizácie zredukovali výsledný čas vstávania na  $\frac{1}{3}$  pôvodnej hodnoty a to na hodnotu 0,96 sekundy pre vstávanie z trupu a 0,84 sekundy pre vstávanie z chrbta.

#### Kopanie

V nasledujúcej časti článku autori popisovali 4 druhy kopov, ktoré rozdelili do dvoch skupín podľa pozície pri kope.

Prvú skupinu nazvali **Fixed Pose Keyframe Kicks**, kedy agent pred kopom položí podpornú (stabilnú) nohu blízko lopty a následne preniesť svoju váhu na túto nohu. Následne zdvihne nohu ktorou chce kopnúť a posunie ju dozadu v rovine za loptu. Nakoniec robot švihne nohou dopredu smerom k lopte. Do tejto skupiny autori priradili 3 kopy a to kop do diaľky, kop na strednú vzdialenosť a kop na blízko. Nevýhodou týchto kopov je potreba veľmi presnej pozície pri lopte pre najefektívnejší výsledok.

Nasledujúcu skupinu nazvali **Inverse Kinematics Based Kicks**. Do tejto skupiny zaradili

jeden kop , pri ktorom robot využíva silu spätnej kinetiky. Hlavnou výhodou tohto druhu kopu je jeho adaptívnosť voči pozícii lopty a teda nie je nutný zdĺhavý proces presného umiestňovania hráča k lopte. Pri využívaní tohto druhu kopu sa vyskyli problémy pri pohybe hráča, kedy agent nevedel správne určiť bod, kedy má kopnúť do lopty.

## Formácie

Následne autori opisovali pridanie nových rolí do používaných formácií. Po pridaní hráčov do simulátora na finálny počet 11 hráčov autori museli vytvoriť nové úlohy pre agentov. V kapitole **Dynamic Positioning** opisovali parametre a pravidlá pre stopera a centra.

## Záver

Analyzovali sme prácu z posledného turnaja v robotickom futbale, kedy autori v článku opisovali zlepšenie kopov, zdvíhania hráča zo zeme a pribudnutie nových rolí do strategickej formácie.

Prvým a najdôležitejším poučením je nutnosť optimalizácie každého novovytvoreného pohybu.

Ďalším bodom je pridanie nového pohybu pre vstávanie z polohy na chrbte, ktorá v projekte neni implementovaná.

Následne je vhodné vytvoriť ďalší druh kopu, ktorý by teoreticky mohol slúžiť na dribling pohybu na základe **Inverse Kinematics Based Kick**.

Všetky navrhované zlepšenia je nutné prediskutovať v tíme a následne podrobne rozanalyzovať ich vplyv na súčasnú implementáciu riešenia.

### 1.1. Zdroje

UT Austin Villa: RoboCup 2012 3D Simulation League Champion.

Patrick MacAlpine, Nick Collins, Adrian Lopez-Mobilia, and Peter Stone.

In *RoboCup-2012: Robot Soccer World Cup XVI*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer Verlag, Berlin, 2013.

Design and Optimization of an Omnidirectional Humanoid Walk: A Winning Approach at the RoboCup 2011 3D Simulation Competition.

Patrick MacAlpine, Samuel Barrett, Daniel Urieli, Victor Vu, Peter Stone

In the *Proceedings of the Twenty-Sixth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-12)* in Toronto, Ontario, Canada, July 2012.

Positioning to Win: A Dynamic Role Assignment and Formation Positioning System.

Patrick MacAlpine, Francisco Barrera, and Peter Stone.

In *Proceedings of the RoboCup International Symposium (RoboCup 2012)* in Mexico City, Mexico, June 2012

## 3. Analýza tímu Bahia3D

## 3.1 Úvod

Bahia3D je tím z Brazílie, ktorý začal pracovať na projekte v roku 2008 a zúčastňuje sa na medzinárodných súťažiach v simulačnej lige RoboCup3D od roku 2009. Tím sa umiestnil na 2. mieste v rámci LARC 2010 (American Robotics Competition), kedy podľahol tímu Nexus\_3D z Iránu a po komplexnej zmene návrhu architektúry agenta, ktorá prebehla v roku 2011 zvíťazil na LARC 2012. Súčasťou súťaže bola aj CBR 2012 (Brazilian Robotics Competition), ktorú tím vyhral v kategórii 3D robotického futbalu aj v nasledujúcom roku.

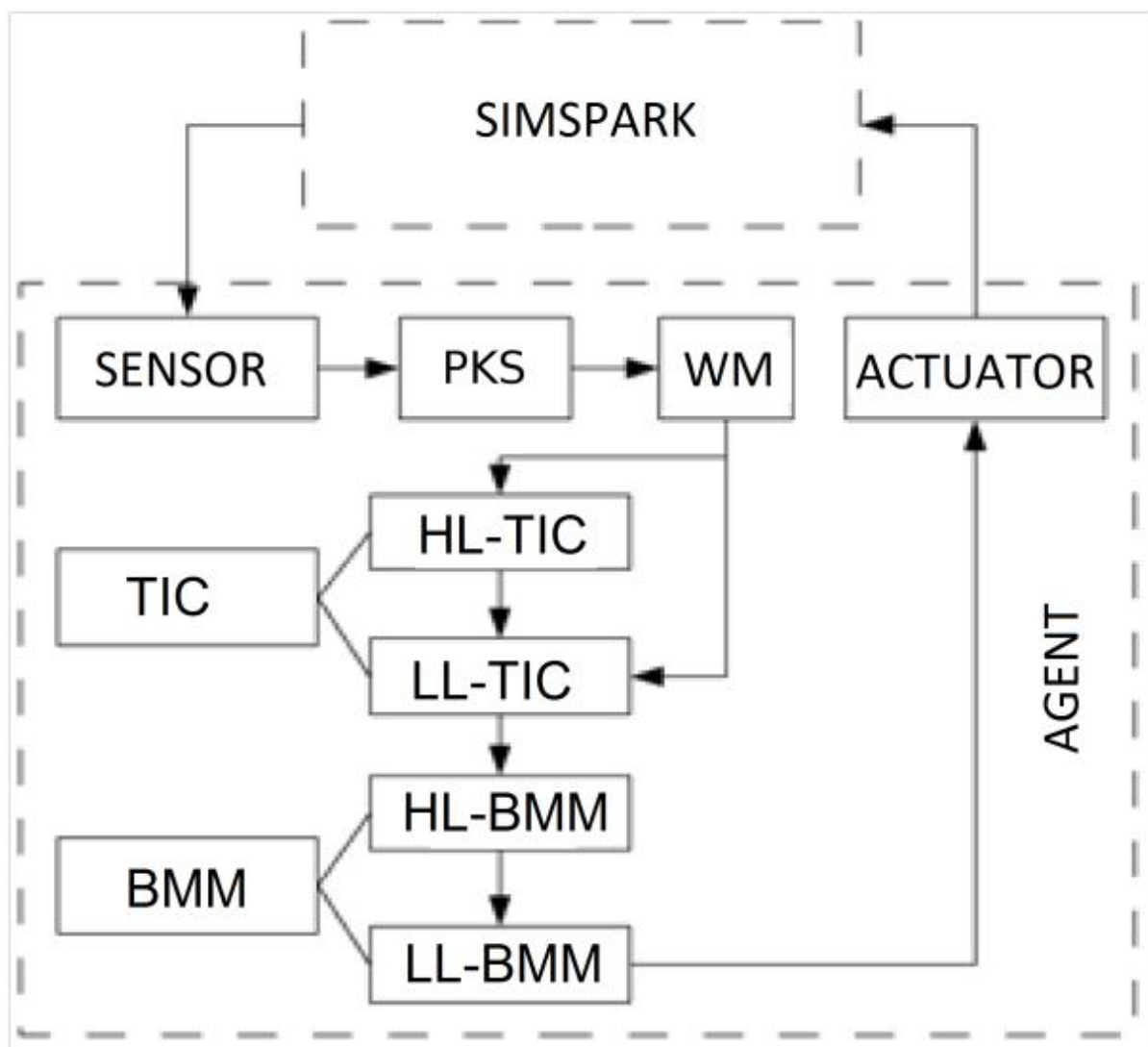
## 3.2 Architektúra

Táto časť sa venuje implementovanej architektúre agenta.

Na obrázku 1 je zobrazená architektúra agenta.

- Simsprark reprezentuje simulačný server
- Sensor poskytuje informácie o stave agenta zo serveru.
- Actuator posiela informácie o požadovaných zmenách stavu agenta na server.
- PKS (Perception Kinematic State) uchováva informácie o pohybovom stave agenta, lopty a zvyšných agentoch nachádzajúcich sa v hre. Obsahuje dve podmnožiny údajov. Zrakové vnemy a senzorickú inteligenciu, ktorá uchováva zvyšné typy vnemov a doplnkové informácie o samotnom agentovi.
- WM (World model) obsahuje nespracované dáta tak ako boli prijaté zo serveru a ich spracovanú a očistenú reprezentáciu, ktorá poskytuje vrstve rozhodovania širšiu významovú informáciu
- TIC (Tactical Intelligence Center) rozhoduje akú akciu má agent vykonať vzhľadom na jeho rolu v tíme a informácií o stave hry dostupných z WM. Implementované roly sú brankár, útočník a obranca. Pre každú rolu je implementované špecifické uvažovanie, ale obsahuje aj uvažovanie, ktoré je rovnaké pre každého agenta. Každý agent najprv určí svoju pozíciu a stav hry a následne vykoná otočenie hlavou, ktoré je nezávislé od vykonávania ostatných pohybov tak, aby mal loptu vždy v zornom poli.
  - HL-TIC (High Level TIC) na základe dostupných informácií analyzuje, čo urobiť.
  - LL-TIC (Low Level TIC) určuje akú sekvenciu pohybov treba vykonať, aby sa dosiahol požadovaný stav. Parametrami, na základe ktorých je vykonané rozhodovanie, sú presnosť a čas.
- BMM (Body Movement Manager) je zodpovedný za vykonávanie pohybov požadovaných vrstvou TIC.
  - HL-BMM (High Level BMM) predstavuje proces vykonávajúci kombináciu niekoľkých LL-BMM za cieľom dosiahnuť stav definovaný vrstvou LL-TIC. V rámci procesu je možné vykonávaný pohyb zastaviť, či už z dôvodu pádu agenta alebo ak bola zmenená situácia na ihrisku.
  - LL-BMM (Low Level BMM) predstavuje nízkoúrovňové pohyby podobné low skillom v súčasnej verzii projektu robotického futbalu na fakulte.

Architektúra je navrhnutá s dôrazom na modulárnosť a umožňuje prídanie strategického modulu nad taktickú vrstvu rozhodovania, s ktorou sa v budúcnosti počíta.



Obr. 1 Bahia3D architektúra agenta

Vzhľadom na náš projekt sú zaujímavé vrstvy TIC a BMM prípadne prídanie ďalšej vrstvy strategického rozhodovania nad TIC. Toto riešenie môže slúžiť ako inšpirácia na zmenu architektúry rozhodovania agenta s prídáním taktickej a strategickej vrstvy do nášho projektu.

### 3.3 Implementované vylepšenia

#### Komunikácia medzi agentmi

Tím Bahia3D navrhol komunikáciu medzi spoluhráčmi tak, že brankár, ktorý má takmer po celý čas prehľad o kompletom dianí na ihrisku ohlasuje zvyšným spoluhráčom aktuálnu pozíciu lopty. Toto riešenie bolo zvolené na základe predošlého neúspechu, kedy sa každý hráč pokúšal o komunikáciu no ostatní zachytili len prvú prijatú správu od jedného hráča a ostatné správy sa stratili. Ponúkané riešenie by bolo nutné adaptovať v prípade zmeny rozmerov ihriska natoľko, že brankár už nebude schopný vizuálne pokryť celú situáciu.



## **Detekcia pádu spoluhráča**

Pokiaľ chce hráč s loptou prihrať svojmu spoluhráčovi, je vhodné, aby tento spoluhráč vedel prihrávku aj spracovať. Toto ale nie je možné v prípade, že spoluhráč padol a pokúša sa vstať. Riešenie tímu Bahia3D je vizuálne určenie stavu spoluhráča na základe výšky jeho hlavy podľa osy z. Tu je potrebné nastaviť parameter, podľa ktorého je možné rozhodnúť že agent stojí alebo je padnutý na zemi.

## **Zdroje**

SANTOS, Alan, et al. Bahia3D-A Team of 3D Simulation for Robocup; v Eindhoven, Holandsko; [http://staff.science.uva.nl/~arnoud/activities/robocup/RoboCup2013/Symposium/TeamDescriptionPapers/SoccerSimulation/Soccer3D/Bahia3D\\_TDP.pdf](http://staff.science.uva.nl/~arnoud/activities/robocup/RoboCup2013/Symposium/TeamDescriptionPapers/SoccerSimulation/Soccer3D/Bahia3D_TDP.pdf)

## 4. Apollo3D Team

### 4.1 Úvod

Tím Apollo3D pochádza z Nanjing University of Posts and Telecommunications. Tím bol založený v roku 2006. V júli 2013 vyhral tento tím RoboCup robot soccer World Cup v Holandsku v meste Eindhoven. V nasledujúcej časti sa venujeme opisu častí riešení tímu Apollo3D, ktoré sú relevantné pre náš projekt.

### 4.2 Systém komunikácie

V 3D simulácií robotického futbalu má každý z tímov k dispozícii 11 agentov, ktorý sú simulovaní prostredníctvom 11 paralelných procesov. Tieto procesy nemôžu medzi sebou priamo komunikovať. Iba jeden z agentov môže poslať správu raz za dva cykly pričom ostatní agenti ju prijímu nasledujúci cyklus. Veľkosť správy je limitovaná na 20 bajtov. Každý bajt môže kódovať jeden znak z ASCII pričom nie všetky znaky z ASCII môžu byť použité.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

- 1 a 2 bajt reprezentujú identifikáciu tímu
- 3 bajt reprezentuje číslo hráča ktorý správu vytvoril
- 4 a 5 bajt informujú o stave hráča ktorý správu zasielal (hráč padol / hráč vidí loptu ...)
- 6 až 9 bajt informuje o pozícií lopty z pohľadu hráča tvoriaceho správu
- 10 až 13 bajt informuje o pozícií hráča z jeho vlastného pohľadu
- 14 až 18 bajt popisuje úlohy zvyšných členov tímu z pohľadu odosielajúceho hráča
- 19 a 20 bajt tvorí rezervu

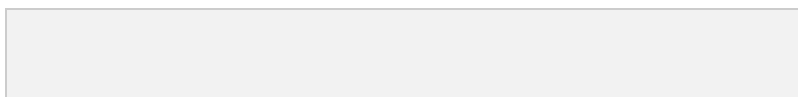
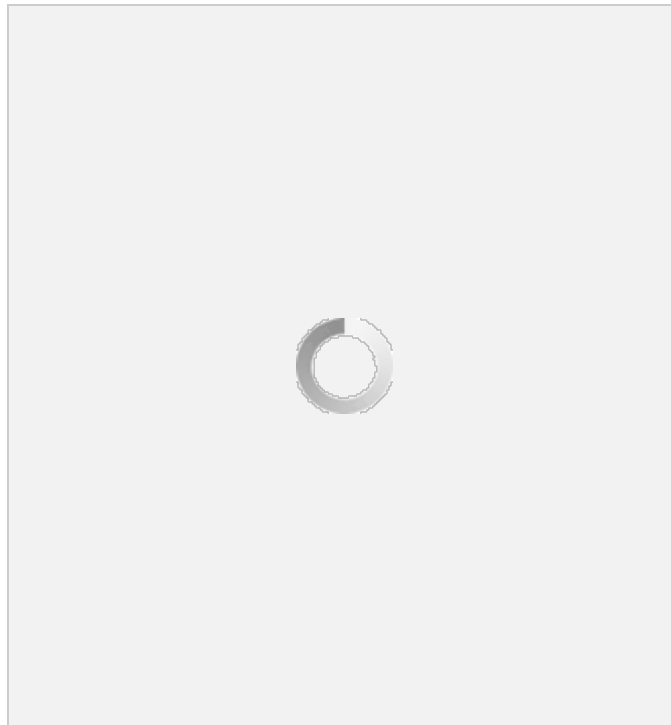
Aby bolo možné polohy lopty a hráča zaznamenať do obmedzeného priestoru je celé hracie pole rozdelené na mriežku s rozmermi 5000 x 5000. Na kódovanie sa používajú všetky ASCII znaky ktoré sú pravidlami hry RoboCup povolené. Povolených znakov je 83.

- Navrhnutý systém komunikácie sa zdá byť navrhovaný pre starú verziu hry, kde bolo len 6 hráčov v tíme. Pre súčasné pravidlá s 11 hráčmi v jednom tíme je veľkosť poľa popisujúceho úlohy ostatných hráčov nedostačujúca.

## **Taktika**

Zvýšení počtu hráčov zo 6 v roku 2010 na 9 v roku 2011 a následne na 11 v roku 2012 zvýšilo nároky na taktiku a lepšiu kooperáciu medzi jednotlivými agentmi.

Základom taktiky je hráč ktorý má loptu pod kontrolou pretože v súčasnosti je prihrávanie medzi hráčmi neefektívne pre väčšinu tímov. Pre hráča s držaním lopty je kľúčové, aby efektívne kontroloval túto loptu pri pohybe ihriskom.



Tím Apolo3D má vrstvovú architektúru pridelenia úloh. Na úplnom vrchole, ako je možné vidieť na *obrázku 1*, je výber formácie. Výber formácie prebieha na základe pozície lopty v priestore. V ďalšom kroku sa vyberie hráč, ktorý sa pokúsi získať nad loptou kontrolu.

Keďže pozorovacie schopnosti hráča sú limitované a majú chyby, môže nastať situácia, keď sa viacero agentov pokúsi získať loptu, čo by mohlo spôsobiť kolízie medzi hráčmi rovnakého tímu v dôsledku čoho by sa nemuselo podariť získať loptu, prípadne by mohol tím loptu stratiť z kontroly. Tento problém je riešený pomocou metódy selekcie najvhodnejšieho hráča. Každý agent podľa svojho videnia sveta určí najvhodnejšieho hráča a následne sa tento výber synchronizuje s využitím komunikácie. Keďže komunikačný systém má oneskorenia (obmedzenia komunikačného systému sú popísane v predošlej kapitole) a agent si nie je 100% istý jeho výberom, každý výber má k sebe priradenú pravdepodobnosť s hodnotou (0,1).

Pokiaľ je lopta v kontrole jedného z hráčov, ostatní mu asistujú v útoku. Pridelenie úloh zvyšným agentom sa určuje podľa ich aktuálnej pozície vo formácií. Tento postup sa tiež synchronizuje aby sa predišlo kolíziám.

Kritéria selekcie hráča, ktorý sa pokúsi získať loptu:

- Je hráč na zemi?
- Vidí hráč loptu?
- Aká je vzdialenosť hráča od lopty?
- Je hráč pred loptou alebo za loptou? (ak je pred loptou, potrebuje čas navyše aby sa mohol otočiť)
- Aj v predošlom cykle bol tento hráč určený na získanie lopty?
- Je hráč brankárom?

## **Zhodnotenie**

Z analýzy vyplynula potreba komunikácie medzi hráčmi ako základná podmienka úspešného postupu tímu vo formácií. Tiež bolo poukázané na limity komunikácie, ktoré sú stanovené pravidlami robotického futbalu.

## **Zdroje**

[http://staff.science.uva.nl/~arnoud/activities/robocup/RoboCup2013/Symposium/TeamDescriptionPapers/SoccerSimulation/Soccer3D/Apollo3D\\_TDP.pdf](http://staff.science.uva.nl/~arnoud/activities/robocup/RoboCup2013/Symposium/TeamDescriptionPapers/SoccerSimulation/Soccer3D/Apollo3D_TDP.pdf)

<http://www.njupt.edu.cn/s/2/t/2/b3/e8/info46056.htm>

## 5. RoboCanes

### 5.1 Úvod

Tím RoboCanes je americký tím z University of Miami. Založený bol v januári 2010, no na jeseň v roku 2010 začali takpovediac “od nuly” kompletne prerábať zdrojové kódy agenta. Vedúci tímu má však skúsenosti s RoboCup-om už od roku 2000 [1]. Jeden z členov tímu publikoval prácu s názvom "Entropy-based active vision for a humanoid soccer robot" [2], ktorá v roku 2010 vyhrala ocenenie najlepšej publikácie RoboCup-u 2010. Zručnosti toho istého člena následne viedli k vytvoreniu nového 3D monitora simulačného prostredia, ktorý si predstavíme bližšie.

### 5.1 RoboViz

Tento nástroj nahrádza a vylepšuje aktuálny monitor simulačného prostredia, dodávaný spolu so SimSpark-om. Nástroj neponúka iba zlepšenie vizuálnej stránky, ktorá je viditeľne pokrokovejšia ako v prípade pôvodného riešenia (*obr.5.1*), ale ponúka rôzne ďalšie vylepšenia. Jedným z nich je používateľsky priateľskejšia práca so základnými funkciami monitora alebo zobrazenie ďalších dostupných informácií o stave hry a hráčov, ktoré v pôvodnom monitore nie sú. V neposlednom rade poskytuje rozhranie pre vizualizáciu vnímania a stavu agenta (*obr.5.2*).



**Obr.5.1** Roboviz (v ľavo) a SimSpark Monitor (v pravo) [3]

Spomením teraz niektoré z vylepšených funkcií:

- možnosť zapnúť zobrazovanie čísel hráčov na ich hlavami,
- jednoduchšie pohybovanie kamery po ihrisku
  - možnosť približovať kameru kolečkom myši
- možnosť označiť hráčov a loptu a umiestniť ich na ľubovoľné miesto (škoda však že nie je možné zadať presné súradnice miesta, poloha je závislá iba od kliknutia myši)
- možnosť vizuálne prepínať medzi dostupnými módmi hry (v pôvodnom monitore je potrebné si pamätať klávesy jednotlivých pohybov)

Pre využitie vizualizácie vnímania a stavu agenta je potrebné rozšíriť implementáciu agenta. Návod je dostupný na stránke projektu [3].



**Obr.5.2** Nový 3D monitor simulačného prostredia

### 5.3 Zdroje

[1] Saminda Abeyruwan, Alexander Härtl, Piyali Nath, Andreas Seekircher, Justin Stoecker and Ubbo Visser: "RoboCans RoboCup 3D Simulation League Team Description Paper." *Department of Computer Science University of Miami*, 2013.

[2] Seekircher, Andreas, Tim Laue, and Thomas Röfer. "Entropy-based active vision for a humanoid soccer robot." *RoboCup 2010: Robot Soccer World Cup XIV*. Springer Berlin Heidelberg, 2011. 1-12.

[3] Stoecker J, Visser U: RoboViz: Programmable Visualization for Simulated Soccer. In *RoboCup 2011: Robot Soccer World Cup XV*. edited by Röfer T, Mayer NM, Savage J, Saranli U Springer Berlin / Heidelberg; 2012:282–293

## 6. B-Human

### 6.1 Úvod

B-Human je v súčasnosti jeden z najlepších tímov v RoboCup Standard Platform League. Sú 4-násobný víťazi svetového šampionátu a 5-násobný majstri RoboCup German Open. B-Human vznikol ako univerzitný projekt na Bremenskej Univerzite. Tvorila ho študenti 2-ého a vyššieho stupňa. Tím sa hlavne venuje RoboCupu s reálnymi robotmi, ale nakoľko simulovaný RoboCup obsahuje model robota Nao ktorý sa používa aj pri klasickom RoboCupe, môžu byť niektoré ich objavy a techniky prínosom pre náš tím. Tím síce neuverejňuje svoje zdrojové kódy, ale uverejňuje svoje objavy a publikácie.

### 6.2 Analýza zápasu

Podľa analýzy zápasu, roboti neustále točia hlavou a získavajú tak komplexnejšie informácie o scéne. Tieto informácie využívajú na tvorbu stratégie v reálnom čase. Počas zápasu sa viac krát stalo, že robot bežiaci k lopte spadol. Najbližší robot to videl a rozbehol sa za loptou on. Keď prvý robot vstal, skontroloval situáciu a ak bol stále bližšie k lopte, pokračoval v presune.

Roboti sa strategicky rozmiestňujú po ihrisku. Keď vidia hráča blízko lopty, vzdialia sa tak, aby mohli prijať prihrávku. Teda analyzujú priestor a zvolia najlepšie umiestnenie v danej situácii, aby zároveň priamo videli na prihrávajúceho hráča a na bránu alebo iného hráča bližšie k bráne.

Tím využíva bočný kop do lopty. Ak sú hráč a protihráč pri lopte blízko oproti sebe, hráč ponunie nohu v pred a do strany od seba a následne odhopne loptu do druhej strany.

Takmer pri každom pohybe roboti využívajú stabilizáciu rukami a telom. Napr. pri ďalekom kope ľavou nohou keď sa pripravuje robot na výkop, posúva pravú ruku vzad, ľavú ruku vpred a telom sa nahne do pravej strany. Pri výkope trhne pravou rukou vpred. Po výkope nohu vráti na miesto a čaká kým sa vráti stabilne na obe nohy. Až potom vráti na miesto aj ľavú ruku.

### 6.3 Riešenia

Tím najnovšie pracoval na parametrizovanom kope do lopty a následnom vyvážení robota pomocou inverznej kinetiky. Počítajú zero-moment-point (ZMP), ku ktorému posunuli telo robota metódami Linear Quadratic Regulator, local linearization a Cart-Table Preview Controller aby vyvážili robota počas kopu.

Trajektoriu nohy k lopte počítajú cez 6 kontrolných bodov, ktoré si vygenerujú na základe polohy a polomeru lopty, dĺžky trvania pohybu nohy a vzdialenosti. Nad týmito bodmi vygenerujú B-Spline krivku, ktorá popisuje dráhu nohy.

### 6.4 Zdroje

[1] <http://www.b-human.de/wp-content/uploads/2013/07/F.Wenk-Paper.pdf>

[2] <http://www.youtube.com/watch?v=CIQhOrDHJIo>

[3] <http://www.b-human.de/>