

کنترل و موقعیت یابی تیم رباتیک فوتبالیست ISePorto

J. M. Almeida, A. Martins, E. P. Silva

ترجمه: یاسر خسروشاه

E Mail: yaser_khosroshah_b@yahoo.com

1- چکیده

کرده تا تحقیقات در محدوده ای از سیستم های خودکار با مشخصات یکسان توسعه یابد و اثبات شود.

این مطالب به طور عمده آمیزش حسگر هدایت رباتیکی سیار، کنترل بازخورد ترکیبی غیر خطی و هماهنگی را بیان می کند. اضافه بر پژوهش علایق، آزمایشگاه اهداف آموزشی بزرگتری نیز دارد، وجود یک تیم رباتیک پشتیبان خوبی برای برنامه ریزی تحصیلی و کارهای فوق برنامه در حیطه هایی از مکاترونیک، الکترونیک و سیستم های شامل آن است.

ادامه مقاله نگاهی به طراحی ربات، موضوعات کنترل و هدایت، هماهنگی و استراتژی و به پایان رساندن راهبرد ها با وضعیت جاری تیم دارد.

این مقاله نحوه کنترل و طراحی سیستم موقعیت یابی و پیاده سازی رباتهای فوتبالیست تیم ISePorto را برای شرکت در مسابقات روبوکاپ سائز متوسط تشریح می کند. (فوریه 2000) راهنمایی علمی پروژه و کاربرد و پژوهش در مورد کنترل ترکیبی و سیستم های هماهنگی را توضیح می دهد، همچنین نقش یک مقاله کمک آموزشی را نیز دارد. توجه ویژه ای به ساخت یک طرح مرسوم می شود که اجرای مجموعه مانورها و رفتارهای هماهنگ شده تیمی به وسیله آن صورت می گیرد. در صورت داشتن تاکتیک، هماهنگی و برنامه ریزی های استراتژیک، ربات قابلیت انجام پاس، شوت و مانورهای متفاوتی را دارد.

2- مقدمه

3- طراحی ربات

ربات تیم از روی چرکنویس هایی طراحی و پیاده سازی شده که در یک محل آزمایش

آزمایشگاه سیستم های خودکار ISEP. تیم فوتبال رباتیک LSA ابزاری عالی را فراهم

مناسب برای پیشرفته شدن کنترل هماهنگ ربات گردآوری شده. طراحی مکانیکی در گزارشی نیازها را برای اجرای مانورهای پیچیده می دهد و از این رو در حالت محدود تند و خشن در کنترل، هدایت و پیشرفت های هماهنگ قرار نمی گیرد.

ربات از سه قسمت تشکیل شده : یک پایه متحرک دایره ای، یک ضربه زن که به یک ساختار قابل چرخش متصل شده و به دور یک محور عمودی مرکزی می چرخد، یک واحد محاسباتی که روی سر نصب شده، یک واحد الکترونیکی که روی بدنه مستقر شده با دوربینی که به عنوان مجسمه قرار گرفته. سیستم از نظر مکانیکی مطابق با اندازه ها می باشد که می تواند در پیکر بندی های متفاوت طراحی شود، مثلا طراحی ضربه زن های متفاوت با مبنای یکسان.

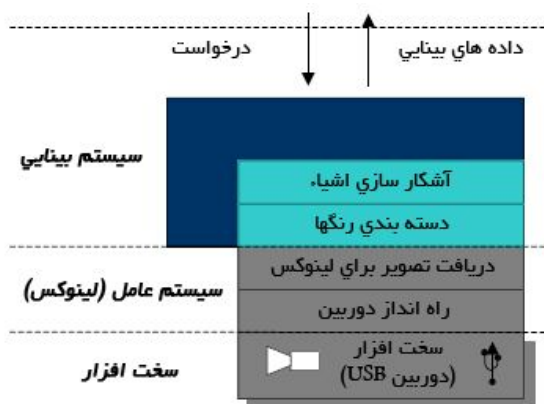
پایه شامل دو دیفرانسیل کشش با موتورهای 24 ولت DC به همراه رمز گذارهای فوری برای کنترل موتور و مسافت پیمایی وسیله، دو باتری اسیدی سربی 12 ولت، موتور چرخش ضربه زن و موتور رانش اصلی می باشد. ضربه زن از یک موتور DC و یک فنر خمیده مکانیکی استفاده می کند، طراحی آن به صورتی است که نیروی لازم برای ضربه های مختلف را تامین می کند، از پاسهای کوچک گرفته تا شوت گل. این ضربه زن با قابلیت چرخش خود به ربات اجازه انجام مانورهای پیچیده ای را می دهد.

سیستم اصلی محاسبات از یک پردازنده "SBC 5.25 (ICP Nova 7896 FW) با یک پردازنده (Celeron 900 Mhz) و یک حافظه فلش دیسک با ظرفیت 24MB تشکیل شده است. هر ربات بوسیله یک شبکه اترنت با مودم بیسیم (OTC AirEsy 2405,) 2.4 Ghz) به تیم خودش مرتبط شده است و بازیکن های حریف را تجسم می کند. کنترل موتور در یک سبک طراحی برد کنترل چند محور ساخته شده است، شامل یک (Flex 10 K10) FPGA و میکرو کنترلر اختصاصی T89RD2. سیستم کنترل موتور با یک رابط (ISA Bus) PC104 با CPU اصلی ارتباط دارد. اتصال PC104 یک عامل کاهش دهنده حجم و یک سیستم اتصال قابل اطمینان است.

اجزاء برد کنترل شامل 4 محور کنترل PID است که اطلاعات انگدر را با فرکانس 2 Khz دریافت می کند (اطلاعات موتورهای کشش، ضربه زن، چرخش و شوت) و یک سیگنال به اندازه سیگنال کنترل PWM جهت راه اندازی موتورها تولید می کند. به علاوه این برد رابطی میان یک قطب نمای مغناطیسی (Vector 2x) و یک کلید نوری می باشد که قطر داخلی زاویه چرخشی ضربه زن با پایه ربات را اندازه گیری می کند. همچنین ربات دارای میدان توسعه داده شده ای از محدوده IR سنسورهای اندازه گیری برای کشف موانع در مسافت های کوتاه می باشد. (کمتر از 0.8 m).

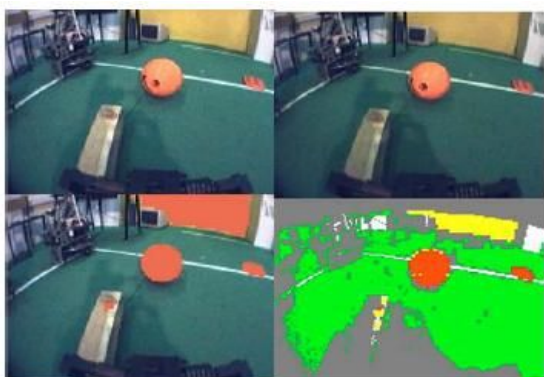
ثابت شده که برای کنترل بهتر توپ استفاده می شود.

4- سیستم گسترش



شکل 1- معماری سیستم بینایی

الگوریتم دسته بندی رنگها از یک مجموعه از پیش تعیین شده مناطق داخلی زمین مسابقه برای یافتن رنگهای مربوط به بازی استفاده می کند. این پردازش هنوز هم برای شرایط سایه روشن مشکل است. در زیر تصویری با دسته بندی تک رنگ با تصویر دیگری با دسته بندی چند رنگ که مورد نیاز سیستم است مقایسه شده.



شکل 2- دسته بندی تک رنگ و دسته بندی چند رنگ (دوربین محل ضربه زن)

کامپیوتر روی بورد یک دستورالعمل لینوکس را از روی فلش دیسک خوانده و با یک معماری نرم افزار سلسله مراتبی و پیمانه ای آن را اجرا می کند. یک توزیع مخصوص برای ربات و استاندارد هسته لینوکس در ردیف اصلاح شده معرفی شده تا بعضی از توابع مفید پاسخی سریعتر داشته و به علاوه توسعه پشتیبانی ابزارها را فراهم کند.

این اصلاحات موارد زیر را در بر می گیرد:

زمان سنج های دقت بالا

هسته انحصاری

پشتیبانی لینوکس از Toolkit

که در افزودن یک کنترلر متغیر راه دور و ابزار واقعه نگاری گسترش داده شده.

5- سیستم بینایی

سیستم بینایی از دو دوربین USB (Philips) PVC 740k با یک لنز جدید زاویه دید وسیع، ساخت (Marshal Electronic Optic) استفاده می کند. یکی از دوربین ها روی سر ربات نصب شده که بصورت اصلی استفاده می شود و از آن برای دید محدود و وسیع و موقعیت یابی استفاده می شود. دوربین دیگر به سمت ضربه زن

پیشروی گام به گام ردیابی های نادرست را برطرف می کند.



شکل 3- خطوط اسکن افقی در تصویر اصلی (دوربین روی سر)

در اقتضای شرایط زاویه ای از لنز استفاده شده است (برای میدان دید مناسب مورد نیاز است)، تصویر دریافت شده دارای انحراف معنی داری است که این انحراف در هر دو دوربین قابل مشاهده است ولی دوربین ضربه زن مناسب تر است. این انحراف را می توان در خطوط اسکن محاسبه نمود؛ برای مثال یک خط افقی (خط آبی را در شکل قبل ببینید) در یک فضای تحریف شده محاسبه شده و نتیجه در اسکن

بطوریکه می تواند ببیند آنجا ناحیه هم پوشانی در فضای رنگی است. در مورد دوم برخی نقاط که قبلا خوب دسته بندی شده اند اشتباهها دسته بندی شده اند. وجود یک مبادله بین زمان محاسبات بالا و دقت در دسته بندی رنگها باعث اعمال محدودیت های شدید بر روی قابلیت های سیستم بینایی می شود.

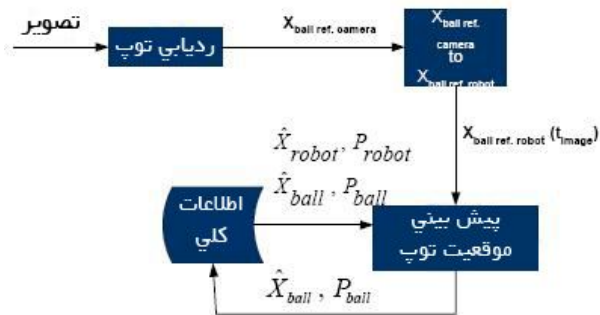
مشخصه اصلی سیستم بینایی ما انجام یک تحلیل کلی و سریع از تمام عکس های مورد نیاز برای تصمیم گیری و هدایت یک شیء پر جزئیات به یک نقطه دلخواه است. یک پیشرفت دیگر از یکپارچه سازی نقاط مهم پیش بینی شده در تصویر ویا اینکه دوربین کجا باید عکس بگیرد بدست آمده است. پیدا کردن شیء بر روی یک تصویر رنگ بندی شده انجام می گیرد.

این اشیاء عبارتند از:

- توپ
- پرچم های گوشه
- دروازه
- رنگ تیم حریف
- موانع

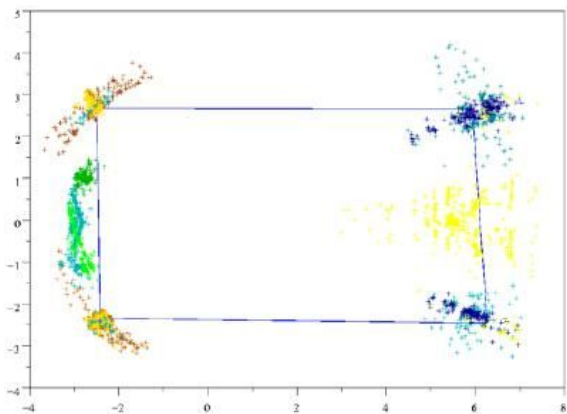
توپ با استفاده از یک الگوریتم حبابی نمایان می شود. این الگوریتم اطلاعات راجع به مرکز توپ و محدود کردن چهار چوب برای تمام قالب های ممکن را فراهم می کند. اشیاء دیگر بوسیله خطوط اسکن تعریف شده ای نمایان می شوند. یک

یک موقعیت تخمینی به هنگام شده توپ در بخش داخلی ربات نگهداری می شود.



شکل 5- فرآیند موقعیت یابی توپ

موقعیت یابی اساساً به وسیله سنجش تصاویر مناطق مهم اطراف (دروازه، گوشه ها و نشانه های کنار زمین)، حسگرهای درونی (قطب نمای مغناطیسی و Odometric)، سنجش بینایی خارجی و استفاده از روشهای فیلتر کردن Kalman.

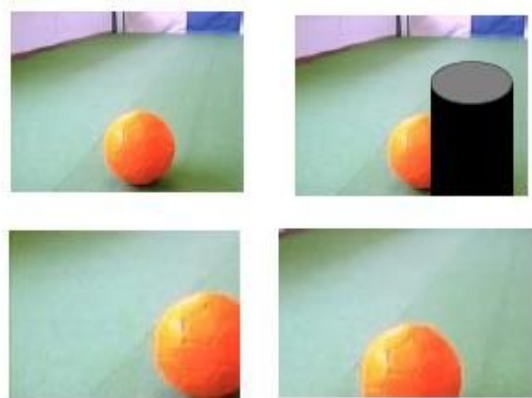


شکل 6- داده های سیستم بینایی مربوط به گوشه ها و دروازه

استفاده شده است. اطلاعات بدست آمده از فضای تحریف شده سپس به مختصات صحیح تصویر تبدیل شده است.

6- موقعیت یابی

در مسابقات روبوکاپ برای دست یابی به قابلیت های تیمی خوب به یک موقعیت یابی خوب و کنترل خوب نیاز است. گذشته از موقعیت یابی خود ربات، برای یک اجرای خوب موقعیت یابی توپ (و در صورت امکان دیگر بازیکن ها) لازم است. موقعیت توپ با استفاده از یک فیلتر Kalman برآورد می شود که این فیلتر متناسب با نوع ربات و اطلاعاتی که از سیستم بینایی دریافت شده بکار گرفته می شود. الگوریتم های پیدا کردن توپ مورد استفاده، برای موارد مختلفی از موقعیت توپ و حرکت پنهانی آن در تصویر قابل تطبیق هستند.



شکل 4- موقعیت های مختلف توپ و دید ناقص در کادر تصویر

در شکل قبلی ما می توانیم تصویری دو بعدی از سنجش ناقص داده های زوایا و فاصله 4 پرچم گوشه و دو دروازه را ببینیم.

در تصویر گرفته شده می توانیم نتیجه استفاده از شتاب زاویه ای و بردار تاخیر را برای پرچم های گوشه ببینیم. در تصحیح زاویه ای سنجش گوشه در رنگ زرد و آبی پیش بینی می شود. در جدول زیر برخی آمارها برای تمام گوشه ها نشان داده شده است.

Angular statistics	$E(\theta_{cor})$	$STD(\theta_{cor})$	$E(\theta_{w0})$	$STD(\theta_{w0})$	$E(\theta)$	$STD(\theta)$
BYB1	23.83	0.77	24.11	0.37	23.80	2.39
BYB2	-21.06	0.84	-21.35	0.61	-21.22	2.30
YBY1	132.92	1.31	132.84	0.32	132.24	7.62
YBY2	224.48	1.33	224.16	0.28	225.42	7.48

Distance	$E(d)$	$STD(d)$	$E(d_{w0})$	$STD(d_{w0})$
BYB1	6.54	0.29	6.50	0.20
BYB2	6.54	0.50	6.74	0.48
YBY1	3.71	0.13	3.65	0.04
YBY2	3.39	0.10	3.36	0.08

جدول 1- آمار سنجش گوشه ها

آمار جدول قبلی می تواند برای سه حالت رعایت شده باشد. هر خط شبیه خط دیگر در گوشه های مختلف است. موقعیت های تحلیل شده برای شرایط یکسان می باشد، آمار سنجش های ناقص $(E(\theta), STD(\theta))$ ، زیر مجموعه ای از $(E(\theta-w0), STD(\theta-w0))$ و تمام برآورد های تصحیح شده در محاسبه سرعت زاویه ای دوربین و تاخیر در گرفتن تصاویر.

ما برای تست الگوریتم آمیزش طرحی بر مبنای کواریانس چهار سو پیاده کردیم [6].

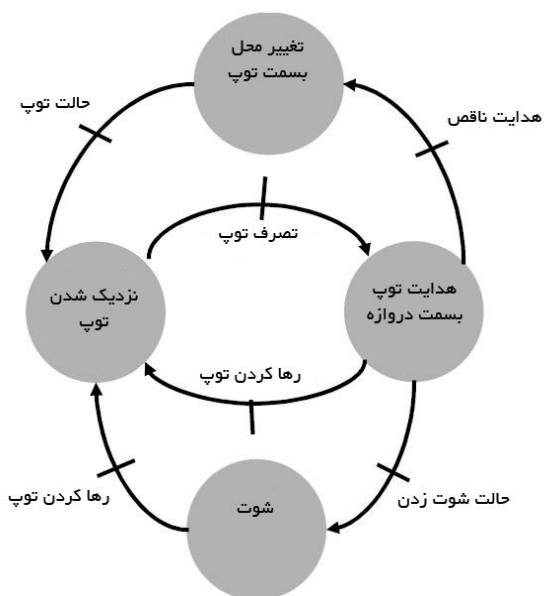
بعلاوه هر ربات یک حالت اصلی دارد که با بعضی دانسته ها از موقعیت، گرایش و مشتقات آن با بعضی اندازه گیری های نا معلوم برای تمام اشیاء متحرک بازی به کار می رود. این امر با آمیزش حسگر توزیع شده در هر کجا که حسگر های بینایی نقش کلیدی در حس کردن دارند امکان پذیر شده است. همچنین تخصیص یک دوربین پویای توزیع شده و مدیریت آن تحت بررسی می باشد.

بدلیل مشکلات ارتباطی، اطلاعات خواسته شده باید بطور جداگانه بوسیله هر بازیکن دریافت شود. در مورد قبلی یک دلیل آشکار تنزل مدل جهانی اینست که بعضی هماهنگی های تیمی باید بوسیله اطلاعات دریافت شده از ربات های ما انجام شود.

7- کنترل

معماری کنترل حرکت [1]، [7] بر مبنای کنترلر بازخورد ترکیبی پارامتری شده بنا شده، همچنین دانستن مواردی مانند مانورها. این کنترلرها هر دو ترکیب شده و اتفاق رویداد بازخورد را ایجاد می نماید. این نزدیک شدن، پیوند کنترلر های ترکیبی پارامتری شده را گرفتار می کند.

به عنوان مثال در شکل بعدی یک نمودار هندسی برای یک مانور حمله ساده ارائه شده است.



شکل 7- یک مانور حمله ساده

در این نمودار مانور حمله چهار حالت مجزا دارد. هر یک مربوط به یک سبک کنترل مداوم می باشند. یک حمله به چهار مرحله قابل اجرا تقسیم شده است :

- نزدیک شدن به توپ
- تغییر موقعیت به سمت توپ
- بردن توپ بسمت دروازه و شوت

این ماشین خودکار ترکیبی (برای یک رفتار رسمی روی سیستم ترکیبی [8]، [9] و [10] را ببینید) از بازی ویژه وقایع مربوط به ربات، توپ و هدف گیری دروازه از قبیل رها

یک مجموعه از مانورها دسته ویژه ای از مشکلات حرکت تعیین شده و انجام شده را حل می کند که مطابق با الگوهای محدودیت های پیوسته و هدفمند رده بندی شده اند. مانورها وسیله ای برای بالا بردن سطح هماهنگی هستند. مجموعه ای از مانور های ترکیب شده عبارتند از :

حرکت بدون توپ :

- حرکت بسمت محلی دور از موانع
- بستن مسیر دروازه
- نزدیک شدن به توپ با حالت تعریف شده
- حرکت به سمت محلی با بیشترین حوزه دید
- بستن مسیر دروازه توسط دروازه بان

حرکت هماهنگ ربات و ضربه زن :

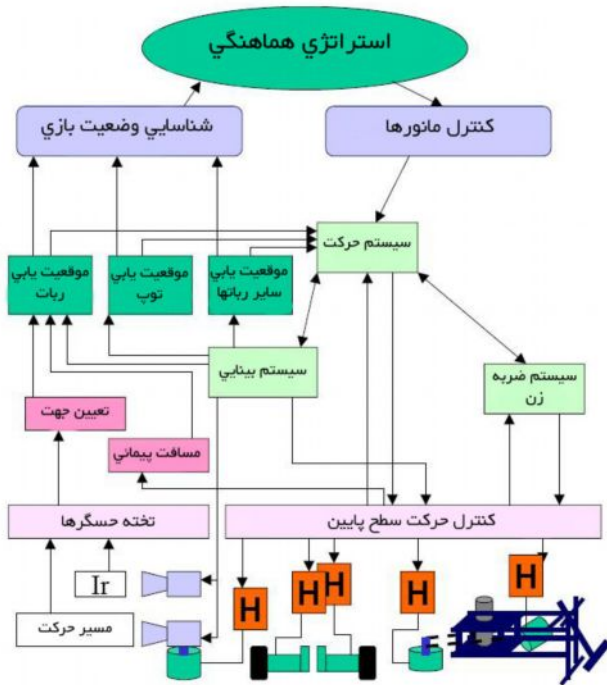
- برخورد توپ با قسمت صاف ضربه زن

هدایت توپ :

- با چرخش ربات به دور مرکز توپ
- خط مستقیم
- خط منحنی
- با شوت حساب شده و نیروی تعیین شده
- دفاع و ضربه زدن
- پاس عرضی با چرخش ضربه زن

شکل 8- عکسی از ربات

در شکل زیر معماری سیستم کنترل سراسری ارائه شده است.



شکل 9- معماری سیستم

کردن برای حالت پرش های گسسته استفاده می کند (بطور دقیق تر کشف شرایط نگهداری این وقایع و بازنشانی روابط).

ربات بطور ساده به توپ نزدیک می شود و وقتی روی آن کنترل پیدا کرد آنرا به سمت دروازه حریف هدایت می کند. اولین کنترل قانونی، حرکت نزدیک شدن و دومین تعریف شتاب زاویه ای و جهت یابی را برای ضربه زن فراهم می کند که در دستور حفظ کنترل توپ و هدایت آن بسمت هدف می باشد. در رویداد از دست دادن توپ ربات کنترل متفاوتی را اجرا می کند تا دوباره توپ را بدست آورد و آن از یک مسیر سازگار با هدف توپ این کار را انجام می دهد. اگر ربات کنترل توپ و شرایط بعضی ضربات را داشته باشد (کمترین فاصله با دروازه و احتمال بالایی از موفقیت) به توپ ضربه می زند.

8- استراتژی هماهنگی

سیر تکاملی بازی تیمی در روش ساختاری [2]، [5] بوسیله تعریف توابع تاکتیکی (دروازه بان، دفاع، میانه میدان و حمله) برای هر ربات هماهنگ شده است. ربات در زمینه درک همراهی در میدان سیاستی متناظر با تاکتیک اتخاذ می کند.

در استراتژی سراسری هر بازیکن یک محل اصلی دارد (موقعیت تاکتیکی) اما این



در شکل قبل ماشین های خودکار سطح بالا برای هماهنگی هر ماشین حامی بیان شده است.

این ماشین های خودکار حالت بازی مجزایی را نشان می دهد. هر ربات می تواند از بازی بیرون باشد و یا در چندین بازی و تمرینات قبل بازی حضور داشته باشد. محدوده هایی از مرحله تثبیت موقعیت در آماده شروع قبل بازی، منتظر شروع (از قبل در میدان قرار گرفته) و یک بازی سطح معمولی. همچنین می تواند موقتا متوقف شده باشد و مجددا به بازی برگردد (برای مثال در یک تعویض یا هنگام تعمیر).

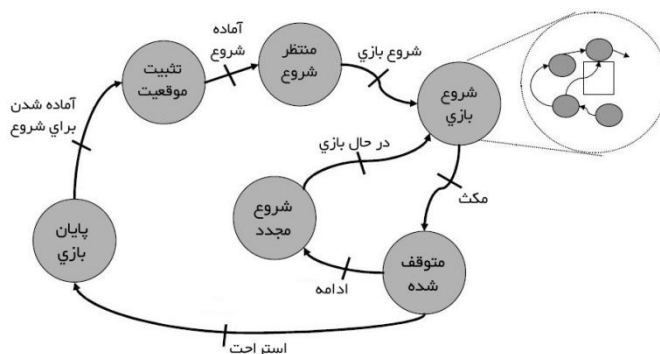
هر مرحله از بازی می تواند خود یک سیستم ترکیبی پیچیده با حالات متفاوت باشد. ساختار سلسله مراتبی معماری کنترل اجازه پیمانانه ای بودن و پیشرفت نهایی سیستم را می دهد. بعلاوه اجرای رفتارهای پیچیده و اعمال تغییرات در استراتژی هماهنگی سراسری تدارک دیده شده.



شکل 11- عکسی از تیم

موقعیت تاکتیکی می تواند بطور دینامیکی مجددا پیکر بندی شود. در این سیستم فقط یک ربات می تواند عنوان دروازه بان را داشته باشد. نتایج استراتژی سراسری ترکیبی از تصمیمات گرفته شده در شیوه ای توزیع شده است که بوسیله ربات های موثر در میدان پیاده سازی می شود. تحلیل خط سیرهای بازی : مرحله بازی، تصرف توپ و توپولوژی آرایش رایج در اتصال با نقش ربات فعلی در بازی و موقعیت توپولوژیکی تعیین شده و سطح هماهنگی برای هر ربات. با در نظر گرفتن فرضیه حداکثر موفقیت یک ارزیابی از عمل بعدی انجام می گیرد.

سطح هماهنگی بوسیله یک کنترلر ترکیبی پیمانانه ای و توزیع شده تحلیل می شود. حداقل اطلاعات دریافت شده از مشاهده کننده های مجزا و یک کنترلر مجزای پارامتری شده (مطابق با تحلیل خط سیرها) بوسیله عاملیت تاکتیکی تطبیق شده و ترکیب می گردد.



شکل 10- هماهنگی ماشین های خودکار سطح

بالا

9- نتیجه گیری و پایان کار

کنندگان در مسابقات و رویدادها تشکر
نمایند.

ارجاعات

- [1] J. M. Almeida, F. L. Pereira, J. B. Sousa, "A Hybrid Feedback Control System for a Nonholonomic Carlike Vehicle," IEEE International Conference on Robotics and Automation, Albuquerque, New Mexico, 1997.
- [2] E. P. Silva, F. L. Pereira and J. B. Sousa, "On the Design of a Control Architecture for an Autonomous Mobile Robot," chap. 15, in Advances In Intelligent Autonomous Systems, ed. S.G. Tzafestas, Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [3]] E. P. Silva, J. M. Almeida, A. Martins, et al, "Multitask Real-Time environment for an autonomous mobile platform", PO-ROBOT Project Final Report, 1999.
- [4] J. M. Almeida, E. P. Silva, A. Martins, et al, "Functional Layer of the control architecture POROBOT Project Final Report, 1999.
- [5] E. P. Silva, F. L. Pereira, J. M. Almeida, "Coordination and Organisation layer", PO-ROBOT Project Final Report, 1999.
- [6] Covariance Intersection Working Group (CIWG), "A Culminating Advance in the Theory and Practice of Data Fusion, Filtering, and Decentralised Estimation".
- [7] A. Martins, J. Almeida, E. P. Silva and J. P. Baptista, "Design of the ISePorto Robocup Middle-Size League Robotic Soccer Team: Control, Localisation and Coordination," Proc. MED2002 Mediterranean Conference On Control and Automation, Lisbon, July 2002.
- [8] J. Lygeros, C. Tomlin and S. Sastry, "Controllers for reachability specifications for hybrid systems," Automatica, Vol, 35, pp 349-370, 1999.
- [9] R. K. Boel, B. De Schutter et al, "Approaches to Modelling, Analysis, and Control of Hybrid Systems," Technical Report BDS:99-04, Delft University of Technology, 1999.
- [10] Thomas Henzinger, "The Theory of Hybrid Automata", Technical Report UCB/ERL M96/28, U. C. Berkeley, 1996.

کنترل و موقعیت یابی برای طراحی تیم فوتبال رباتیک ISePorto ارائه شد. ما یک تیم کامل بعلاوه یک ربات ذخیره آماده داریم. این تیم در چندین مسابقه معروف شرکت داده شده، در مسابقات آزاد آلمانی 2002 که در پترسون ایالات متحده برگزار شد، آلمان و رباتیک 2002 که در آویرو پرتقال برگزار شد. این مجموعه ربات های سیار سرمشق و انگیزه ای برای تحقیق و پیشرفت کنترل و هدایت ربات ها می باشد. معماری هدایت و کنترل ربات ها شرح داده شده است. این معماری سلسله مراتبی استفاده از کنترل ترکیبی ماشین های خودکار برای دستیابی به رفتارهای پیچیده را دربر دارد. هماهنگی و استراتژی بازی نیز توضیح داده شده است. وضعیت تیم هنوز در یک مرحله پیشرفت ابتدائی است با شاخه های زیادی برای پیشرفته شدن. در اینجا میتوانیم بنامیم موقعیت یابی بازیکن های دیگر، گسترش مشاهده وضعیت بازی، رده بندی آرایش توپولوژیکی تیم، بعلاوه کنترل مانورها و کنترل بازی و توسعه نرم افزار API.

سپاسگذاری

در پایان نویسندگان مقاله مایلند که از تیم LSA به خاطر زحمات و دلسوزی هایشان در زمینه گسترش رباتیک و حمایت از شرکت