TDP تیم Celestia

نام و نام خانوادگی کیانا کهریزی [1]،ساغر صفری‌کیا[2]، روبیتا رحیمی[3]
تهران، آزاد
Kianakahrizi8@gmail.com

چکیده

این سند طراحی فنی به بررسی جامع ساختار و عملکرد نرم‌افزار ربات‌های تیم Celestia در مسابقات ربوکاپ آزاد ایران می‌پردازد. هدف اصلی این پروژه، توسعه سیستمی هوشمند و هماهنگ برای ربات‌های تیم است که بتواند با بهره‌گیری از الگوریتم‌های پیشرفته و مدیریت بهینه ارتباطات، عملکرد بهینه‌ای در میدان بازی ارائه دهد. تمرکز این پروژه بر کنترل حرکت دقیق، شناسایی موقعیت توپ، تخصیص نقش‌های هوشمندانه به ربات‌ها، و هماهنگی مؤثر بین اعضای تیم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: مسابقات ایران اپن، TDP، توضیحات فنی ربات، RCJSIM

1. مقدمه

مسابقات ربوکاپ آزاد ایران یکی از معتبرترین رقابت‌های بین‌المللی در حوزه رباتیک و هوش مصنوعی است که در آن تیم‌ها از سراسر کشور به منظور نمایش توانمندی‌های خود در زمینه‌های مختلف شرکت می‌کنند. تیم Celestia با هدف ایجاد نوآوری در زمینه ربات‌های فوتبال، ربات های پیشرفته خود را به میدان می‌فرستد که هر یک با وظایف و الگوریتم‌های خاص خود، در جهت کسب پیروزی برای تیم تلاش می‌کنند. این TDP به معرفی و توضیح جامع ساختار و عملکرد نرم‌افزار ربات‌های تیم Celesiaمی‌پردازد و نحوه پیاده‌سازی الگوریتم‌های کلیدی را تشریح می‌کند.

1- پایه یازدهم/بخش نرم افزار ربات فوتبالیست
2- پایه یازدهم/بخش نرم افزار ربات فوتبالیست
3- پایه یازدهم/بخش نرم افزار ربات فوتبالیست

2. اهداف طراحی:

هدف اصلی این پروژه، ایجاد یک سیستم کنترل رباتیک هوشمند و هماهنگ است که بتواند در مسابقات ربوکاپ آزاد ایران عملکردی برتر ارائه دهد. برای دستیابی به این هدف، این پروژه به دنبال اطمینان از همکاری مؤثر بین ربات‌ها برای اجرای استراتژی‌های تیم، استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته برای کنترل حرکت دقیق ربات‌ها و دستیابی به موقعیت‌های مطلوب در میدان، پیاده‌سازی سیستم‌های شناسایی دقیق موقعیت توپ و پیش‌بینی حرکات آینده آن، تعیین نقش‌های هوشمندانه برای هر ربات بر اساس شرایط بازی و موقعیت‌های جاری، و ایجاد سیستمی کارآمد برای ارسال و دریافت داده‌ها بین ربات‌ها و ناظر مسابقه می‌باشد. این اهداف با هم ترکیب شده‌اند تا یک سیستم یکپارچه و کارآمد فراهم آورند که توانایی هماهنگی، واکنش سریع و تصمیم‌گیری هوشمندانه را در میدان بازی به ربات‌ها اعطا کند.

3. معماری سیستم:

سیستم نرم‌افزاری تیم Celestia به صورت ماژولار طراحی شده است که هر ماژول مسئولیت خاصی را بر عهده دارد و با دیگر ماژول‌ها به صورت هماهنگ کار می‌کند. این معماری انعطاف‌پذیر امکان افزودن و بهبود الگوریتم‌ها را بدون نیاز به تغییرات گسترده در سیستم فراهم می‌کند. اجزای اصلی سیستم شامل مدیریت ارتباطات بین ربات‌ها، شناسایی و پیگیری توپ، و کنترل حرکت دقیق ربات‌ها می‌باشد.

3.1. اجزای اصلی نرم‌افزار:

مدیریت ارتباطات نقش کلیدی در سیستم دارد و مسئول ارسال و دریافت داده‌ها بین ربات‌ها و ناظر مسابقه است. این بخش با استفاده از پروتکل‌های ارتباطی بهینه، اطمینان می‌دهد که تمامی ربات‌ها از وضعیت فعلی بازی مطلع هستند و می‌توانند به صورت هماهنگ استراتژی‌های تیم را اجرا کنند. شناسایی موقعیت توپ با بهره‌گیری از سنسورها و تکنولوژی‌های پیشرفته، موقعیت دقیق توپ را در میدان تعیین می‌کند و به ربات‌ها امکان می‌دهد تا حرکات توپ را به صورت دقیق پیگیری کنند. کنترل حرکت ربات‌ها با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته سرعت و جهت حرکت را تنظیم می‌کند تا ربات‌ها بتوانند به موقعیت‌های مطلوب در میدان دست یابند. تخصیص نقش‌ها به هر ربات بر اساس شرایط بازی و موقعیت‌های جاری، نقش‌های مناسب مانند مهاجم و دروازه‌بان را به ربات‌ها اختصاص می‌دهد تا بهترین عملکرد تیم تضمین شود.

3.2. ارتباطات بین ربات‌ها:

ارتباطات بین ربات‌ها از طریق ارسال و دریافت داده‌های سریالی انجام می‌شود. هر ربات قادر است اطلاعات موقعیت خود و توپ را به سایر ربات‌ها ارسال کرده و اطلاعات دریافتی را پردازش کند تا هماهنگی لازم برای اجرای استراتژی‌های تیم فراهم شود. این تبادل اطلاعات به صورت لحظه‌ای و بدون تاخیر انجام می‌شود تا تمامی ربات‌ها بتوانند به سرعت واکنش نشان دهند و در صورت نیاز، نقش‌های خود را بر اساس تغییرات در شرایط بازی تنظیم کنند.

4. جزئیات پیاده‌سازی:

4.1. مدیریت ارتباطات:

مدیریت ارتباطات یکی از بخش‌های کلیدی در سیستم نرم‌افزاری تیم Celestia است. این بخش از طریق تبادل داده‌های موقعیت ربات‌ها و توپ، اطمینان حاصل می‌کند که تمامی ربات‌ها از وضعیت فعلی بازی مطلع هستند و می‌توانند بر اساس آن استراتژی‌های مناسب را اجرا کنند. ارتباطات بین ربات‌ها از طریق ارسال و دریافت داده‌های سریالی انجام می‌شود. هر ربات قادر است اطلاعات موقعیت خود و توپ را به سایر ربات‌ها ارسال کرده و اطلاعات دریافتی را پردازش کند تا هماهنگی لازم برای اجرای استراتژی‌های تیم فراهم شود. این فرآیند به صورت لحظه‌ای انجام می‌شود تا تمامی ربات‌ها بتوانند به سرعت واکنش نشان دهند و در صورت نیاز، نقش‌های خود را بر اساس تغییرات در شرایط بازی تنظیم کنند. برای بهبود کیفیت ارتباطات و کاهش تأخیرها، از پروتکل‌های ارتباطی بهینه و مقاوم در برابر خطا استفاده شده است که تضمین می‌کند داده‌ها به صورت دقیق و بدون از دست رفتن منتقل شوند.

4.2. شناسایی و پیگیری توپ:

شناسایی دقیق موقعیت توپ و پیگیری حرکات آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این بخش از سیستم با استفاده از سنسورهای GPSو کمپاس، موقعیت توپ را به صورت لحظه‌ای شناسایی می‌کند و حرکات آینده آن را پیش‌بینی می‌نماید. در ابتدا، داده‌های جمع‌آوری شده از سنسورهای GPS و کمپاس توپ به وسیله الگوریتم‌های مثلثات و فیزیک حرکت پردازش می‌شوند تا موقعیت دقیق توپ در میدان تعیین گردد. سپس با تحلیل تاریخچه موقعیت‌ها و سرعت حرکت توپ، الگوریتم‌های پیش‌بینی حرکات آینده توپ فعال می‌شوند که به ربات‌ها امکان می‌دهند تا واکنش‌های بهینه‌تری نسبت به تغییرات مسیر توپ نشان دهند. این پیش‌بینی‌ها به ربات‌ها کمک می‌کند تا به موقعیت‌های مطلوب در میدان بازی حرکت کرده و بهترین تصمیمات را برای کنترل توپ اتخاذ کنند. علاوه بر این، سیستم پیگیری توپ به صورت مداوم وضعیت توپ را نظارت می‌کند و هرگونه تغییر در مسیر حرکت آن را به سرعت شناسایی و به ربات‌ها اطلاع می‌دهد

4.3. کنترل حرکت ربات‌ها:

کنترل حرکت ربات‌ها با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته انجام می‌شود تا ربات‌ها بتوانند به طور دقیق و بهینه به موقعیت‌های مطلوب در میدان بازی دست یابند. این الگوریتم‌ها شامل محاسبه زاویه حرکت، تنظیم سرعت موتورها و تعیین مسیر بهینه برای حرکت به سمت توپ یا دروازه حریف هستند. ابتدا، الگوریتم‌های محاسبه زاویه حرکت بر اساس موقعیت فعلی ربات و هدف مورد نظر اجرا می‌شوند تا زاویه مطلوب حرکت تعیین گردد. سپس، با استفاده از الگوریتم‌های PID ، سرعت موتورها بر اساس زاویه حرکت و فاصله از هدف تنظیم می‌شود تا حرکت ربات‌ها به صورت روان و بدون نوسان انجام گیرد. علاوه بر این، الگوریتم‌های مسیریابی به ربات‌ها کمک می‌کنند تا مسیر بهینه برای حرکت به سمت توپ یا دروازه حریف را انتخاب کنند، با توجه به شرایط فعلی بازی و موانع موجود در میدان. هماهنگی بین ربات‌ها از طریق مدیریت نقش‌ها و تبادل اطلاعات بین آن‌ها صورت می‌گیرد تا تیم بتواند به صورت هماهنگ و کارآمد در مسابقات شرکت کند. این هماهنگی تضمین می‌کند که ربات‌ها به صورت همزمان و هماهنگ به اهداف تعیین شده حرکت کنند و از برخوردهای ناخواسته جلوگیری شود.

5. الگوریتم‌های کلیدی:

5.1. الگوریتم تخصیص نقش‌های هوشمندانه:

این الگوریتم مسئول تعیین نقش مناسب برای هر ربات بر اساس موقعیت فعلی، وضعیت انرژی، و قابلیت‌های فنی هر ربات است. هدف از این الگوریتم اطمینان از بهترین بهره‌وری از توانایی‌های هر ربات و هماهنگی مؤثر بین اعضای تیم می‌باشد. ابتدا اطلاعات مربوط به موقعیت ربات‌ها، وضعیت انرژی و قابلیت‌های فنی هر ربات جمع‌آوری می‌شود. سپس بر اساس این اطلاعات، هر ربات به یک نقش مناسب تخصیص داده می‌شود. نقش‌های مختلف مانند مهاجم، دروازه‌بان، و کاپیتان به ربات‌ها اختصاص می‌یابد. در نهایت، در صورت تغییر شرایط بازی، الگوریتم نقش‌ها را بازنگری و اصلاح می‌کند تا تیم بتواند به صورت دینامیک به شرایط جدید واکنش نشان دهد.

5.2. الگوریتم مدیریت فاصله:

این الگوریتم بر اساس فاصله ربات‌ها از توپ تصمیم می‌گیرد که آیا ربات باید به طور مستقیم به سمت توپ حرکت کند یا به پشت آن برود تا توپ را به سمت دروازه حریف هدایت کند. ابتدا فاصله فعلی ربات از توپ محاسبه می‌شود. سپس بر اساس این فاصله، اگر فاصله زیاد باشد، ربات به سمت توپ حرکت می‌کند؛ در غیر این صورت، به پشت توپ حرکت کرده و توپ را هدایت می‌کند. بر اساس تصمیم‌گیری انجام شده، حرکت مناسب به ربات اعمال می‌شود و وضعیت ربات و توپ به صورت مداوم پایش شده و تنظیمات لازم انجام می‌شود.

5.3. الگوریتم نشانه‌گیری دقیق توپ:

این الگوریتم به ربات مهاجم کمک می‌کند تا توپ را به طور مستقیم به داخل دروازه هدایت کند. ابتدا مسیر فعلی توپ تحلیل و پیش‌بینی می‌شود. سپس با استفاده از الگوریتم‌هایPID ، زاویه حرکت ربات تنظیم می‌شود تا توپ به طور مستقیم به داخل دروازه هدایت شود. ربات با حرکت دقیق و کنترل شده، توپ را به سمت دروازه هدایت می‌کند و مسیر توپ و زاویه حرکت به صورت مداوم بازنگری و تنظیم می‌شوند.

5.4. الگوریتم حمله دوگانه:

این الگوریتم در صورتی که حمله مهاجم توسط دروازه‌بان تیم حریف متوقف شود، فعال می‌شود. ابتدا تشخیص داده می‌شود که حمله توسط دفاع حریف متوقف شده است. سپس ربات مهاجم درخواست کمک از ربات دیگر می‌کند تا از پشت فشار بیاورد. هماهنگی بین ربات‌ها برای افزایش فشار روی دفاع حریف صورت می‌گیرد و حمله مشترک به دفاع حریف و هدایت توپ به سمت دروازه اجرا می‌شود.

5.5. الگوریتم مخفی‌کاری توپ:

این الگوریتم به ربات‌ها امکان می‌دهد تا توپ را به دیوار چسبانند و با حرکتی آرام به سمت دروازه حرکت کنند تا تیم حریف مکان دقیق توپ را تشخیص ندهد. ابتدا شرایط مناسب برای مخفی‌کاری توپ بررسی می‌شود. سپس ربات‌ها توپ را به دیوار چسبانده و وضعیت دفاعی خود را تقویت می‌کنند. پس از آن، حرکت آرام و هماهنگ ربات‌ها به سمت دروازه حریف بدون جلب توجه تیم حریف انجام می‌گیرد و توپ به سمت دروازه هدایت می‌شود تا امتیاز کسب شود.

5.6. الگوریتم فریب دروازه‌بان:

این الگوریتم در صورتی که توپ از دست ربات‌های مهاجم حریف خارج شود، فعال می‌شود. ابتدا تشخیص داده می‌شود که توپ از دست ربات‌های مهاجم حریف خارج شده است. سپس یکی از ربات‌های مهاجم به سمت دروازه حریف حرکت کرده و منتظر پاس توپ می‌ماند. ربات مهاجم دیگر توپ را به سمت ربات منتظر شده پاس می‌دهد و توپ به سمت دروازه حریف هدایت می‌شود تا با ایجاد اشتباه در دفاع تیم حریف، امتیاز کسب شود.

5.7. الگوریتم دروازه‌بان:

این الگوریتم به ربات دروازه‌بان کمک می‌کند تا به طور موثری از گلزدن تیم حریف جلوگیری کند. در ابتدا، دفاع چندگانه با همکاری بین ربات‌های دروازه‌بان و مهاجم برای افزایش نیروی دفاعی و انحراف حملات حریف اجرا می‌شود. اگر تیم حریف از استراتژی‌های مخفی‌کاری توپ استفاده کند، یکی از ربات‌ها نقش دروازه‌بان را بر عهده گرفته و از دیواره‌های دروازه دفاع می‌کند. همچنین، با استفاده از الگوریتم‌های پیش‌بینی مسیر توپ، دروازه‌بان مسیر توپ را تحلیل کرده و واکنش مناسب جهت مهار توپ را تنظیم می‌کند.

6. نوآوری‌ها و دستاوردها:

6.1. تغییر نقش دینامیک ربات‌ها:

یکی از نوآوری‌های اصلی این پروژه، قابلیت تغییر نقش دینامیک ربات‌ها در حین بازی است. این ویژگی به تیم امکان می‌دهد تا با توجه به شرایط بازی و استراتژی‌های حریف، به سرعت نقش ربات‌ها را تغییر دهد و از نقاط ضعف حریف بهره‌برداری کند. به عنوان مثال، اگر نیاز به دفاع بیشتر باشد، یکی از ربات‌ها می‌تواند نقش مهاجم را به دروازه‌بان تغییر دهد. این قابلیت باعث انعطاف‌پذیری بیشتر تیم در مواجهه با شرایط متغیر بازی می‌شود و امکان تطبیق سریع با استراتژی‌های حریف را فراهم می‌آورد.

6.2. پیش‌بینی حرکت توپ با استفاده از لاگ داده‌ها:

با استفاده از لاگ‌های داده‌ای و نگهداری تاریخچه موقعیت توپ، نرم‌افزار قادر به پیش‌بینی حرکت‌های آینده توپ و اتخاذ تصمیمات سریع‌تر و دقیق‌تر برای کنترل بازی است. این قابلیت به ربات‌ها اجازه می‌دهد تا رفتارهای واکنشی بهتری نسبت به توپ داشته باشند و به صورت پیش‌بینی‌محور عمل کنند. با تحلیل الگوهای حرکتی توپ، ربات‌ها می‌توانند مسیر حرکت آینده توپ را پیش‌بینی کرده و واکنش‌های مناسب را برای هدایت توپ به سمت دروازه حریف اتخاذ کنند.

6.3. الگوریتم‌های همکاری چندعاملی:

استفاده از الگوریتم‌های همکاری چندعاملی برای هماهنگی بین ربات‌ها یکی دیگر از دستاوردهای مهم این پروژه است. این الگوریتم‌ها به ربات‌ها امکان می‌دهند تا به صورت همزمان و هماهنگ به اهداف مشترک تیم دست یابند و عملکرد کلی تیم را بهبود بخشند. به عنوان مثال، ربات‌ها می‌توانند در حملات مشترک یا دفاعی همکاری کنند تا اثربخشی بیشتری داشته باشند. این همکاری می‌تواند شامل تبادل اطلاعات موقعیت، هماهنگی حرکت‌ها و اجرای استراتژی‌های تیمی باشد که به افزایش کارایی و انعطاف‌پذیری تیم کمک می‌کند.

7. نتیجه‌گیری:

سیستم نرم‌افزاری تیم Celestia با استفاده از معماری مدرن و الگوریتم‌های پیشرفته، توانسته است هماهنگی و کارایی ربات‌ها را در مسابقات ربوکاپ آزاد ایران بهبود بخشد. قابلیت تغییر نقش دینامیک ربات‌ها و مدیریت مؤثر ارتباطات بین آنها از جمله دستاوردهای مهم این پروژه هستند که به تیم امکان می‌دهند در شرایط مختلف بازی بهترین عملکرد را ارائه دهند. این پروژه نه تنها به بهبود عملکرد تیم در مسابقات کمک کرده بلکه تجربه عملی ارزشمندی برای اعضای تیم فراهم آورده است.

8. مراجع:

مستندات رسمی پایتون
مستندات NumPy
شبیه‌ساز ربات Webots
قوانین مسابقات RCJ Soccer