

Slovenská Technická Univerzita v Bratislave
FAKULTA INFORMATIKY A INFORMAČNÝCH



TECHNOLÓGIÍ

študijný odbor:

SOFTVÉROVÉ INŽNIERSTVO



Tímový projekt

ROBOCUP – NOVÉ STRATÉGIE

Dokumentácia k projektu



Tím č. 1 – Squirrel Squadron
2004 / 2005

Bc. Martin Pozor
Bc. Filip Pucher
Bc. Michal Štípek
Bc. Marián Tínes
Bc. Peter Tóth
Bc. Dalibor Zahorák

Vedúci: Ing. Ivan Kapustík

OBSAH

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Úvod..... | 4 |
| 1.1 | Simulačná liga RoboCup..... | 4 |
| 1.2 | Zadanie projektu | 5 |
| 2 | Analýza..... | 6 |
| 2.1 | RoboCup Soccerserver | 6 |
| 2.1.1 | Senzory | 6 |
| 2.1.2 | Pohyb | 7 |
| 2.1.3 | Akcie..... | 8 |
| 2.1.4 | Heterogénni hráči | 8 |
| 2.1.5 | Rozhodca..... | 9 |
| 2.1.6 | Kouč | 9 |
| 2.1.7 | Prehľad dôležitých zmien v posledných verziách Soccerservera | 10 |
| 2.2 | Analýza predchádzajúcich tímov na FIIT STU..... | 11 |
| 2.2.1 | Tím L.A.S.T. United..... | 11 |
| 2.2.2 | Tím Stjupit Dox | 15 |
| 2.2.3 | Tím Deravá kopačka | 19 |
| 2.2.4 | Tím Sklo | 24 |
| 2.3 | Analýza svetových tímov | 29 |
| 2.3.1 | Tím Brainstormers | 29 |
| 2.3.2 | Tím TsinghuAeolus | 33 |
| 2.3.3 | Tím FC Portugal | 36 |
| 2.3.4 | Tím UvA Trileam | 42 |
| 2.4 | Zhodnotenie analýzy | 44 |
| 2.4.1 | Výhody a nevýhody tímu L.A.S.T. United | 44 |
| 2.4.2 | Výhody a nevýhody tímu Sklo | 45 |
| 2.4.3 | Záver | 45 |
| 3 | Špecifikácia | 46 |
| 3.1 | Zvuková komunikácia hráčov..... | 46 |
| 3.2 | Vizuálna informácia | 47 |
| 3.3 | Brankár | 47 |
| 3.4 | Kouč | 47 |
| 3.5 | Ofsajdová pasca | 48 |
| 3.6 | Strategické plánovanie | 49 |
| 3.6.1 | Dynamická zmena formácie | 49 |
| 3.6.2 | Striedanie..... | 50 |
| 3.7 | Rozdelenie ihriska na zóny | 51 |
| 3.7.1 | Tím Sklo | 51 |
| 3.7.2 | Upravené rozdelenie ihriska | 51 |
| 3.8 | Správanie hráča..... | 52 |
| 3.8.1 | Správanie sa hráča s loptou | 52 |
| 3.8.2 | Správanie sa hráča bez lopty | 53 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4 | Hrubý návrh | 54 |
| 4.1 | Architektúra hráča | 54 |
| 4.2 | Zvuková komunikácia hráčov | 55 |
| 4.2.1 | Správa „Za tebou“ | 55 |
| 4.2.2 | Správa „Prihraj“ | 55 |
| 4.2.3 | Správa „Chytaj“ | 55 |
| 4.2.4 | Správa „Mám“ | 56 |
| 4.2.5 | Prednostné počúvanie – AttentionTo | 56 |
| 4.2.6 | Správy „Ofsajdová pasca“, „Odvolanie ofsajdovej pasce“ | 56 |
| 4.2.7 | Správa „Pokry“ | 57 |
| 4.2.8 | Správa „Pusti“ | 57 |
| 4.2.9 | Správa „Bež“ | 58 |
| 4.2.10 | Komunikácia s koučom | 58 |
| 4.3 | Získavanie vizuálnej informácie | 59 |
| 4.4 | Brankár | 60 |
| 4.4.1 | Riešenie krížnych prihrávk | 60 |
| 4.4.2 | Koordinácia obrany | 60 |
| 4.5 | Kouč | 61 |
| 4.5.1 | Práca s formáciami | 61 |
| 4.5.2 | Hľadanie „cestičiek“ | 61 |
| 4.5.3 | Získavanie štatistík | 62 |
| 4.6 | Ofsajdová pasca | 63 |
| 4.7 | Zmena formácii | 65 |
| 4.8 | Striedanie | 67 |
| 4.9 | Rozdelenie ihriska na zóny | 68 |
| 4.9.1 | Popis zón | 68 |
| 4.9.2 | Správanie sa hráčov v jednotlivých zónach | 69 |
| 4.10 | Určovanie pozície hráča na ihrisku | 70 |
| 4.11 | Taktika prihrávk | 71 |
| 4.11.1 | Zjemnenie výberu smeru prihrávky | 71 |
| 4.11.2 | Hra na jeden dotyk | 71 |
| 4.12 | Manažment energie hráča | 72 |
| 4.12.1 | Všeobecné princípy manažmentu energie | 72 |
| 4.12.2 | Manažment energie v druhom polčase | 72 |
| 4.13 | Návrh prototypu | 73 |
| 5 | Prototyp systému | 74 |
| 5.1 | Rozdelenie ihriska na zóny | 74 |
| 5.2 | Brankár | 76 |
| 5.3 | Komunikácia | 77 |
| 5.4 | Formácie | 78 |
| 6 | Opis riešenia | 79 |
| 6.1 | Rozhodovací strom hráča | 79 |
| 6.1.1 | Vizualizácia rozhodovacieho stromu | 79 |
| 6.1.2 | Chyby odhalené vďaka vizualizácii rozhodovacieho stromu | 80 |
| 6.1.3 | Implementované vylepšenia | 81 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6.1.4 | Oprava chyby v rozdelení ihriska na zóny | 82 |
| 6.2 | Kouč | 83 |
| 6.2.1 | Zbieranie štatistík o polohách objektov | 83 |
| 6.2.2 | Bitové zjednodušenie štatistík o polohách | 84 |
| 6.3 | Formácie | 88 |
| 6.3.1 | Reprezentácia formácií | 88 |
| 6.3.2 | Zmena formácií počas zápasu | 90 |
| 6.3.3 | Správy na zmenu formácií | 93 |
| 6.4 | Zvuková komunikácia | 95 |
| 6.4.1 | Správa „Pokry“ | 95 |
| 6.4.2 | Správa „Pusti“ | 96 |
| 7 | Zhodnotenie..... | 100 |
| 7.1 | Možné vylepšenia | 101 |
| 8 | Prílohy | 102 |
| 9 | Použité zdroje..... | 103 |

Zoznam obrázkov a tabuliek

| | | |
|-----|---|----|
| 2-1 | Oblasť zrakového vnímania hráča | 7 |
| 2-2 | L.A.S.T. United – architektúra hráča [LASTUtd]..... | 11 |
| 2-3 | L.A.S.T. United – manažment energie hráča | 13 |
| 2-4 | Stjupit Dox – chytanie strely brankárom..... | 17 |
| 2-5 | Stjupit Dox – postavenie brankára | 17 |
| 2-6 | Brainstormers – pôvodná vrstvová architektúra hráča [Bs2003]..... | 29 |
| 2-7 | Brainstormers – architektúra hráča založená na modeloch správania [Bs2003]..... | 30 |
| 2-8 | TsinghuAeolus - kopanie do lopty (prevzaté z [Horvat2003])..... | 33 |
| 2-9 | TsinghuAeolus - architektúra stratégie hráča (prevzaté z [Sklo2004])..... | 34 |
| 3-1 | Rozdelenie ihriska na zóny u tímu Sklo [Sklo2004] | 51 |
| 4-1 | Architektúra hráča | 54 |
| 4-2 | Obrana proti krížnej príhrávke pomocou príkazu „Pokry“ | 57 |
| 4-3 | Aplikácia ofsajdovej pasce..... | 63 |
| 4-4 | Aplikácia ofsajdovej pasce..... | 64 |
| 4-5 | Návrh rozdelenia ihriska na zóny | 68 |
| 4-6 | Výmena správ Chytaj a Bež pri príhrávke na jeden dotyk | 71 |
| 6-1 | Chyba v rozhodovacom strome útočníka | 80 |
| 6-2 | Získaná štatistika o polohách súperových hráčov na ihrisku..... | 83 |
| 6-3 | Záplavový algoritmus s percentom zaplavenia 90%..... | 85 |
| 6-4 | Výškový algoritmus s percentom hraničnej hodnoty 10% | 86 |
| 6-5 | Algoritmus lokálnych maxím | 87 |
| 6-6 | Predefinované formácie | 88 |
| 6-7 | Výpočet x-ovej súradnice polohy domovskej pozície..... | 89 |
| 6-8 | Výpočet y-ovej súradnice polohy domovskej pozície..... | 90 |

1 ÚVOD

Tento dokument je dokumentáciou k riešeniu projektu, na ktorom pracuje tím študentov v rámci predmetu Tímový projekt.

Po stručnom uvedení do problematiky v úvode nasleduje druhá kapitola, ktorá sa venuje hlavne analýze riešení predchádzajúcich tímov na FEI (FIIT) STU a svetových tímov. Ďalšia časť je venovaná špecifikácii požiadaviek na systém. Nasleduje hrubý návrh systému a dokumentácia k prototypu systému. Opis riešenia popisuje všetky zmeny na systéme vykonané tímom. Dokument uzatvára zhodnotenie a návrhy na možné vylepšenia.

1.1 Simulačná liga RoboCup

ROBOCUP FEDERATION (Robot World Cup Soccer Games And Conferences), je organizácia sídliaca v Ženeve, ktorá sa snaží podporovať a propagovať robotiku a umelú inteligenciu. Pre tento účel sa každoročne organizuje medzinárodný turnaj RoboCup.

Základnou myšlienkou je umelo vytvoriť hráča futbalu, ktorý by sa svojimi mentálnymi, popřípade fyzickými (netýka sa simulačnej ligy) schopnosťami čo najviac vyrovnal ľudským hráčom. Hráč futbalu je samostatne rozhodujúci sa agent, ktorý vie uvažovať a je inteligentný (v zmysle hrania futbalu).

Cieľom RoboCupu je zostrojenie tímu humanoidných robotov, ktoré vyhrajú nad najlepším svetovým tímom podľa oficiálnych pravidiel tradičného futbalu. Termín splnenia tohto cieľa je stanovený na polovicu 21. storočia.

Simulačná liga RoboCup sa zameriava na softvérových agentov, hrajúcich futbal podľa upravených pravidiel v (zatiaľ) dvojrozmernom priestore. Do súťaže sa môže zapojiť každý. Keďže sa simulačná liga nezaobera hardvérom, pozornosť je venovaná čisto len inteligencii agentov. Pravidlá sú stanovené tak, aby čo najvernejšie zodpovedali reálnemu futbalu (obmedzené fyzické možnosti a zmyslové vnímanie agentov). Pravidlá sú natoľko komplexné, že nie je triviálne určiť postupy, podľa ktorých sa má hráč správať, aby hral optimálne. Často sa využívajú poznatky známe z umelej inteligencie (algoritmy učenia sa, evolučné algoritmy, neurónové siete).

Na FIIT (FEI) STU sa vývoju (a vylepšovaniu) hráča na súťaž RoboCup každoročne venuje od roku 1999 niekoľko tímov a jednotlivcov, či už v rámci predmetu Umelá inteligencia alebo Tímový projekt. Na fakulte sa pravidelne koná turnaj vo futbale, ktorý je zavŕšením ich celoročnej práce. Každý rok sa vylepšujú už existujúci hráči, a tak má hra na turnaji čoraz vyššiu úroveň.

1.2 Zadanie projektu

RoboCup – nové stratégie

Téme RoboCup, presnejšie lige simulovaného robotického futbalu sa naši študenti venujú už päť rokov. Tímy študentov, či už v rámci umelej inteligencie alebo tímového projektu, sa snažia vytvárať a vylepšovať programy, ktoré simulujú správanie sa futbalového hráča. Každý tím sa v rámci obmedzení, určených pravidlami hry futbal a špecifikami simulačného prostredia, snaží vytvoriť čo najlepšieho hráča. Mužstvo, vytvorené z takýchto hráčov, by malo vyhrať nad mužstvom súpera. O súťaži a doterajšej činnosti je dosť popísané aj na stránke STU turnaj v simulovanom robotickom futbale.

V rámci fakulty sme realizovali viacero súťaží a posledná z nich už bola oficiálnym turnajom iniciatívy RoboCup. Množstvo pozitívnych ohlasov nás priviedlo k vyhláseniu ďalšieho regionálneho turnaja RoboCup v simulovanej lige, opäť na záver akademického roka. Práve množstvo nových prístupov a riešení, ktoré predviedli nielen študenti tímového projektu, ale hlavne študenti umelej inteligencie, nám ukázalo, že možnosti na vylepšovanie hráča nie sú zďaleka vyčerpané a dokonca sa stále rodia prekvapujúce úspešné riešenia. V tomto roku sme preto ako podnázov vybrali – nové stratégie. Znamená to všeobecne hľadanie nových prístupov a stratégií nielen pre hráča, ale aj vo svojej práci, v úpravách zdrojového kódu, podporných aplikáciách, základných aj vyšších schopnostiach hráča, spôsobe učenia a ladenia počas simulácií. Nové stratégie sú komplexnou výzvou do nového kola víťazstiev!

Na upresnenie je vhodné povedať, že v tomto tímovom projekte budeme rozširovať možnosti a vylepšovať správanie sa hráčov, vytvorených vo vlnajších tímových projektoch. Využije sa existujúci zdrojový kód, dokumentácia a aj vytvorené podporné aplikácie. Musí sa tiež zachovať (a podľa možností aj zlepšiť) modularita a tým aj rozširovateľnosť hráča. Zimný semester je vyhradený na oboznámenie sa s celým prostredím, najmä existujúcimi hráčmi a návrhu a prototypovej realizácii jeho vylepšení. Očakáva sa najmä návrh nových prístupov a stratégií vo všetkých už spomenutých oblastiach. Vybrané prístupy sa overia vytvorením jedného alebo viacerých prototypových rozšírení existujúceho kódu. Dôležitou súčasťou bude vytvorenie plánu implementácie a overovania nových stratégií v nasledovnom semestri. V letnom semestri nás čaká realizácia navrhnutých prístupov a stratégií a ich overovanie. Produkt by mal byť dohotovený v deviatom až desiatom týždni semestra, potom je potrebné venovať sa ladeniu a optimalizácii hráča na súťaž, ktorej výsledky idú do celkového hodnotenia tohto projektu.

2 ANALÝZA

2.1 RoboCup Soccerserver

Soccerserver je systém, umožňujúci dvom tímom autonómnych agentov, vytvorených v rozličných programovacích jazykoch, hrať navzájom softvérovo simulovaný futbal.

Architektúra hry je typu *klient / server*. Soccerserver poskytuje virtuálny priestor, simuluje pohyb lopty a hráčov a kontroluje pravidlá hry. Každý klientský program ovláda pohyb jedného hráča. Komunikácia je riešená protokolom *TCP / UDP*.

Doplňkovým programom je *SoccerMontior*, ktorý graficky vizualizuje virtuálny priestor s hráčmi a loptou.

Server poskytuje hráčom senzorické informácie (vizuálne, zvukové,...), hráči naopak posielajú serveru požiadavky na akcie (kopni loptu, bež, otoč sa,...). Soccerserver je systém pracujúci v reálnom čase (svet sa mení v diskretných intervaloch), správna hra tak často závisí na výkone jednotlivých hráčov. [RCSServ]

2.1.1 Senzory

Hráč má tri rozličné senzory:

- **Sluchový senzor (*aural sensor*):** pomocou neho hráč „počuje“ správy od rozhodcu, trénerov a hráčov.

Odosielanie týchto správ je realizované príkazom *Send*. Správu možno odoslať zvoleným smerom alebo len sebe, rozhodcovi, prípadne koučovi. Dĺžka správy je obmedzená (10 bajtov). Citlivosť na vnímanie sluchových vnemov, maximálna vzdialenosť počutia vnemu a iné súvisiace parametre sú nastaviteľné na serveri.

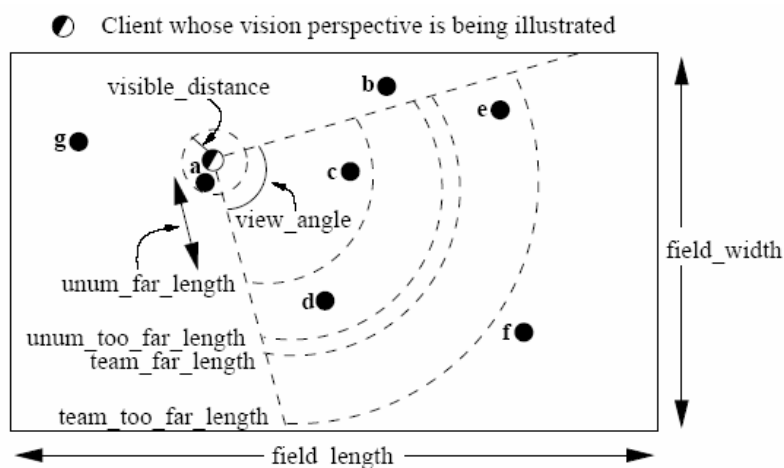
Ak je hráč v jednom okamihu v dosahu viacerých sluchových vnemov (v rámci svojho tímu), vnem ktorý bude počuť je nedefinovaný (nie je možné počuť v jednom okamihu viac vnemov). Toto sa netýka signálov od rozhodcu.

- **Zrakový senzor (*visual sensor*):** hráč pomocou neho vníma vizuálnu informáciu o hracom poli (vzdialenostiach), vidí ostatné objekty (ak sú blízko tak aj vzadu). Informácia je automaticky posielaná hráčovi periodicky po pevne danom čase kroku.

V zrakovom vneme hráč dostáva informáciu o identite objektu, vzdialenosti k danému objektu, jeho smere, rýchlosti a smere natočenia jeho tela a hlavy. [RCSServ]

Okrem pohybujúcich sa objektov hráč vníma aj virtuálne značky na hracom poli (bránka, rohy, stred ihriska a ďalšie).

Viditeľný priestor hráča je ovplyvnený parametrami servera (viditeľný uhol, vzdialenosť,...). Hráč čiastočne vidí aj objekty, ktoré nie sú v jeho zornom uhle (a sú blízko) – v tomto prípade vníma len typ objektu, ale nie jeho exaktné meno. [RCSServ]



2-1 Oblasť zrkového vnímania hráča

Vizuálna informácia nie je presná ale je umelo zašumená, v závislosti od vzdialenosti objektu.

- **Telový senzor (*body sensor*):** umožňuje hráčovi zistiť svoj fyzický stav – energiu, rýchlosť, natočenie tela, hlavy, fyzické parametre hráča apod. Informácia je automaticky posielaná hráčovi periodicky po pevne danom čase kroku.

2.1.2 Pohyb

Pohyb hráča z jedného miesta na druhé je vypočítaný v každom simulačnom kroku. Ani pohyb hráčov nie je striktno deterministický, ale snažiac sa priblížiť reálnym podmienkam, je umelo zašumený.

Uhol otočenia hráča je limitovaný jeho rýchlosťou. Hráč môže navyše otočiť hlavu vzhľadom na telo. Otočenie hlavy môže byť vykonané v tom istom cykle ako otočenie tela, kopnutie alebo počas príkazu pohybu hráča. [RCSServ]

Ak sa na konci simulačného cyklu 2 objekty prekrývajú, sú automaticky premiestnené späť, až kým prekrytie nezmizne.

2.1.3 Akcie

Brankár je jediný hráč, ktorý môže chytiť loptu. Ak je brankár v povolenej oblasti a lopta je v jeho dosahu, môže loptu chytiť (s určitou pravdepodobnosťou). Ak chytenie nebolo úspešné, určitý čas nie je možné akciu chytenia lopty znovu opakovať.

Hráč môže zrýchľovať beh v smere svojho tela stanovenou silou. Zrýchľovanie spotrebúva energiu (*stamina*) – najnáročnejšie v tomto zmysle je zrýchľovanie smerom dozadu. Energia sa znovudopĺňa postupne v ďalších cykloch. Efektivita využívania energie závisí aj od individuálnych parametrov hráča.

Ak sa lopta nachádza dostatočne blízko hráča, hráč môže kopnúť loptu zvolenou silou a pod zvoleným uhlom. Pred kopnutím server skontroluje, či hráč nekope do ofsajdu. Sila kopnutia je závislá od uhla kopnutia a vzdialenosti hráča od lopty. Zrýchlenie lopty je taktiež zašumené. Ak počas jedného cyklu kopne do lopty viac hráčov, výsledná akcelerácia (veľkosť, smer) sa vypočíta ako súčet týchto kopov. [RCSServ]

2.1.4 Heterogénni hráči

Počnúc verziou 7, Soccerserver umožňuje hrať s tzv. heterogénnymi hráčmi. Znamená to, že na začiatku hry server vygeneruje okrem základného typu hráča ($id=0$) ďalších 6 náhodných typov, ktorých rozličné parametre ovplyvňujú výkonnosť hráča a jeho schopnosti počas hry. Tieto sa počas hry nemenia a sú platné pre oba tímy. Kouč môže pred vykopnutím ľubovoľný počet krát a počas zápasu obmedzený počet (3) krát zmeniť heterotyp hráča (čo zodpovedá striedaniu v reálnej hre). Vždy keď je hráč „vystriedaný“ iným heterotypom, jeho energia (okrem iného) sa nastaví na maximálnu hodnotu.

Jednotlivé heterotypy majú niektoré parametre v porovnaní so základným typom hráča lepšie a niektoré horšie. Pri vhodnej kombinácii parametrov môžeme získať hráča, ktorý bude vynikať v určitých herných situáciách. Naopak, niektoré vlastnosti hráča sa zhoršia (napr. hráč vyniká v rýchlosti, ale zhorší sa mu parameter zmeny smeru).

Vo všeobecnosti heterogénny hráč dokáže nadobudnúť vyššiu rýchlosť. Nevýhodou heterogénnych hráčov je, že majú väčšiu hodnotu momentu zotrvačnosti, resp. zmenšený uhol zmeny smeru pri vyšších rýchlostiach.

Aby sa mohli výhody heterogénnych hráčov prejavovať, je potrebné upraviť rozhodovanie hráčov tak, aby tieto schopnosti vedeli využiť. [RCSServ]

2.1.5 Rozhodca

Automatický rozhodca posiela hráčom správy (vnímané sluchovým senzorom), podľa ktorých môžu viesť aktuálny režim hry, prípadne ďalšie správy (informácie o góloch, fauloch). Správy od rozhodcu hráč počuje vždy, aj keď práve počúva správy od iných hráčov.

Existuje niekoľko režimov hry, podľa ktorých hráč vie, že hra začala, hra prebieha, hra skončila, že sa bude vykopávať (a na ktorej strane hracieho poľa), vhadzovať aut a iné.

2.1.6 Kouč

Kouč je privilegovaný klient, ktorý má úlohu asistovať hráčom. Poznáme 2 druhy koučov, online kouča (ďalej len kouč) a trénera.

Tréner môže byť použitý len mimo oficiálnej hry (iba v tréningových zápasoch), naproti tomu kouč sa zúčastňuje riadneho zápasu. Tréner sa týka len vývojovej fázy hráča (učenia).

Hlavná úloha kouča je sledovať hru a poskytovať hráčom svojho tímu doplňujúce informácie (pre zvolenie vhodnej stratégie). Kouč má ako jediný agent nezašumenú informáciu o pohybujúcich sa objektoch. Komunikácia je však obmedzená maximálnym počtom správ za zápas.

Soccerserver podporuje aj jazyk *CLang*, čo je špeciálny jazyk vyvinutý pre komunikáciu medzi hráčmi a koučom. Kouča kompatibilného s *CLang* je možné využiť v akomkoľvek tíme, ktorého hráči tomuto jazyku rozumejú. Existuje aj špeciálna súťaž koučov podporujúcich tento jazyk. [RCSServ]

2.1.7 Prehľad dôležitých zmien v posledných verziách Soccerservera

Verzia 7.x

- V siedmej verzii boli pridaní heterogénni hráči, ktorých je možné špecializovať na určitú úlohu (útočník, obranca,..) podľa svojich vlastností, daných pridelenými parametrami.
- Bola pridaná podpora jazyka pre komunikáciu medzi koučom a hráčmi – *CLang*.
- Informácia pre telový senzor je posielaná pred vizuálnou informáciou.
- Hráč nemôže rozohrať loptu sám sebe.
- Pri výkope musí lopta opustiť pokutové územie.
- Hráč nemôže nahráť vlastnému brankárovi.

Verzia 8.x

- Sprísnené pravidlá hry. Pridané príkazy hráča *Tackle* („vypichnutie“ lopty), *Clang*, *AttentionTo* (prednostné prijímanie správ od zvoleného hráča), *PointTo* (ukázanie hráča na konkrétne miesto na hracom poli), *Ear* (filtrovanie sluchových správ).
- Obmedzený počet počuteľných správ za cyklus (jedna správa za cyklus od každého tímu). Obmedzená dĺžka správy na 10 bajtov.
- Informácia pre sluchový senzor je posielaná až v ďalšom cykle po informácii pre telový senzor.
- Zmenený formát niektorých príkazov.

Verzia 9.x

- Pre uznanie gólu musí byť lopta úplne za čiarou.
- Brankár môže chytiť loptu hocikde na ihrisku. Ak však tak urobí mimo 16tky, považuje sa to za ruku a nasleduje výkop protihráča na danom mieste. Ak sa brankár s chytenou loptou dostane do bránky, považuje sa to za gól, ak sa dostane mimo ihriska, považuje sa to za aut (resp. roh).
- Bránkové žrde majú inú kolíznu dynamiku ako iné objekty.
- Zmenené generovanie heterogénnych hráčov.

2.2 Analýza predchádzajúcich tímov na FIIT STU

2.2.1 Tím L.A.S.T. United

Tím L.A.S.T. United [LASTUtd] je výsledkom práce študentov Petra Drahoša, Petra Kapca, Martina Kiselkova, Štefana Sudolského a Mariána Vevurku. Pri návrhu vychádzali z hráča tímu Stjupit Dox. Na programovanie vyšších vrstiev logiky hráča sa rozhodli použiť jazyk Lua podľa vzoru tímu X-Rated. Zamerali sa hlavne na vylepšenie hráča o nové príkazy používané serverom verzie 9 a to konkrétne o príkazy *PointTo* a *AttentionTo*.

Architektúra hráča

Počas návrhu sa členovia tímu rozhodli zmeniť pôvodnú architektúru hráča, nakoľko chceli aj základnú vrstvu implementovať v jazyku Lua. Chceli tým zjednodušiť rozhranie medzi vrstvami napísanými v Lue a vrstvami v C++. Toto rozhranie bolo realizované pomocou wrappera.

| | | |
|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Vrstva plánovania | Plán | |
| Vrstva rozhodovania | Komunikácia hráčov | Reaktívna logika |
| Základná vrstva | Schopnosti hráča (Skills) | |
| | Vnútorný svet | |
| | Komunikácia (fyzická) | |

2-2 L.A.S.T. United – architektúra hráča [LASTUtd]

Jediná vrstva, ktorá zostala implementovaná v C++ je vrstva fyzickej komunikácie, ktorá sa k projektu pripájala ako dynamická knižnica. Vrstva vnútorný svet je už implementovaná v jazyku Lua. Predstavuje vlastné „vedenie“ hráča o prostredí v ktorom sa nachádza. Táto vrstva obsahuje aj syntaktický analyzátor správ prichádzajúcich od ostatných hráčov. Základné schopnosti hráča ako beh s loptou, prihrávka či kop lopty na cieľ sú zapuzdrené vo vrstve skills. Táto vrstva je oslobodená od vyššej logiky. Vyššia logika iba volá metódy tejto vrstvy. Najvyššie vrstvy – vrstva plánovania a vrstva rozhodovania obsahujú niekoľko zaujímavých nápadov, ktoré budú popísane v nasledujúcej kapitole.

Komunikácia hráčov

Pomocou nového príkazu servera verzie 9 *AttentionTo* sa tímu podarilo zaujímavo vyriešiť komunikáciu medzi jednotlivými hráčmi. Vytvorili nový typ hráča v tíme, ktorého pomenovali **spojár**. Každý hráč na ihrisku počúval pomocou príkazu *AttentionTo* iba spojára. Ak sa nejaký hráč dostal k lopte a chcel založiť akciu, stal sa veliteľom. **Veliteľ** zakričal spojárovi požiadavku na založenie akcie a spojár túto požiadavku v nasledujúcom takte zopakoval. Keďže všetci hráči na ihrisku počúvali iba jeho, ku všetkým sa dostala požiadavka na vytvorenie akcie iba s oneskorením jeden takt. Akcie sa vyhlasovali podľa toho, či sa hra odohrávala v útočnej alebo obrannej polovici ihriska. Ak išlo o polovicu súpera, akciu vyhlasoval hráč s loptou (stal sa veliteľom). Ak bola naopak hra v obrannom pásme tímu, akciu vyhlasoval hráč najbližšie k lopte.

Akcia pozostávala zo:

- situácie na ihrisku (reprezentovaná kvadrantovými stromami)
- rolí jednotlivých hráčov (pridelované podľa pozície)
- činnosti hráčov (definované pre každú rolu)

Situácia sa porovnávala s už známymi situáciami a podľa toho sa zvolil typ akcie, roly aj činnosti hráčov.

Pokiaľ sa akcia nepodarila (nebolo možné ďalej postupovať podľa vopred dohodnutého plánu), veliteľ akciu odvolal a hráči sa buď vrátili do svojich strategických pozícií, alebo bojovali o loptu ak bola k nim dostatočne blízko.

Túto taktiku by bolo možné využiť pri vytváraní nacvičených signálov, ale počas hry je dosť obmedzujúca, pretože príkaz *AttentionTo* by sa dal použiť na efektívnu obrannú hru. Napríklad ľavý obranca bude počúvať stopéra, prípadne ľavého záložníka. Pravý útočník môže zase počúvať svojho stredového útočníka, ktorý si od neho môže vypýtať prihrávku v tom správnom momente. V prípade štandardných situácií, ako napríklad rohový kop alebo odkop od vlastnej brány by sa táto stratégia komunikácie dala výhodne použiť.

Pri použití spojára nastal problém – všetci hráči kričali svoj vnútorný svet (to, ako vidia situáciu oni) v každom takte. Spojár ale svoj vnútorný svet kričať nemohol, pretože mal slúžiť na komunikáciu medzi hráčmi. Toto bolo vyriešené tým, že spojár ako jediný nekričí svoj vnútorný svet.

Ďalším vylepšením komunikácie hráčov bolo zapracovanie iného nového príkazu – príkazu *PointTo*. Pomocou tohto príkazu je možné zjednodušiť prihrávky do behu a zmenší sa nebezpečenstvo spadnutia do ofsajdovej pasce. Hráč s loptou mohol nabiehajúcemu útočníkovi ukázať, ktorým smerom prihrá. Útočník si potom vyrátal kolmicu na úsečku, ktorú mu spoluhráč ukázal a snažil sa dostať na túto úsečku. Tam mohol potom

očakávať prihrávku. Rovnako mohol útočník ukázať spoluhráčovi, ktorým smerom bude nabiehať a nahrávajúci hráč si z jeho rýchlosti a smeru vypočítal, kam má prihrať.

Problém predstavuje hlavne zistenie aktuálnej situácie na ihrisku tak, aby ju videli všetci hráči. Hráč má totiž obmedzenú vzdialenosť, do ktorej ešte rozoznáva číslo svojho hráča. Ďalšou kritickou vzdialenosťou je vzdialenosť, keď už hráč nerozozná vlastného a súperovho hráča.

Pre zisťovanie aktuálnej situácie na ihrisku členovia tímu vyvinuli nasledujúci algoritmus:

- 1) (*SET*) Obnov pole s hráčmi, o ktorých máš všetky informácie (vie tím i číslo) a nastav *seen*.
- 2) (*DEDUCTION*) Obnov zvyšných hráčov ktorý patria do tvojho tímu a to tak, že ich *id* bude *id* najbližšieho ešte neobnoveného hráča k ich pozícii a nastav *seen*.
- 3) (*MAGIC*) Hráčov najmenej vzdialených od ešte neobnovených hráčov prehlásiš za vlastných a doplníš ako v 2. **NENASTAV** *seen* pretože ide o nespoľahlivú informáciu.

Tento algoritmus by bolo možné využiť a vylepšiť o príjem správ o obsahu vnútorného sveta od ostatných hráčov.

Manažment energie hráča

Hráč má definované parametre obnovovania energie pomocou dvoch kľúčových hodnôt. Do hodnoty 2400 sa energia obnovuje veľmi rýchlo. Pod touto hodnotou sa spomalí a pod hodnotou 1200 sa už obnovuje veľmi pomaly (hráč je príliš vyčerpaný). Tento problém tím L.A.S.T. United vyriešil jednoduchým algoritmom manažmentu energie hráča.

| | Situácia | Chovanie |
|---|---------------------------------|-----------------------|
| 1 | lopta je za hranicou šestnástky | bež za loptou na 75% |
| 2 | lopta je blízko hráča | bež za loptou na 100% |
| 3 | ostatné situácie | nebež za loptou |

2-3 L.A.S.T. United – manažment energie hráča

Pokiaľ by mala pri behu energia klesnúť pod hranicu 1200, tak sa v prvom prípade rozhodne bežať za loptou so 75% rýchlosťou (a teda spotrebou energie). Pokiaľ je lopta blízko hráča (bližšie ako k súperovi), tak za ňou určite pobeží naplno, pretože je šanca že ju získa. Potom ju môže odkopnúť a oddychovať. V ostatných situáciách hráč nepobeží za loptou aby nemíňal energiu.

Zhodnotenie

Tím L.A.S.T. United mal pri vytváraní svojho hráča niekoľko dobrých myšlienok, ale príliš veľa času im zabralo portovanie hráča do jazyka Lua a zmena návrhu architektúry hráča počas jeho vytvárania. Z tohto dôvodu tím nestihol podstatnejšie vylepšiť brankára ani kouča. Výsledky tímu v súťaži sú horšie, pretože robili úpravy na svojom hráčovi do poslednej chvíle. Úpravy sa odrazili na hre negatívne. Celkovo však niektoré myšlienky je možné použiť pri tvorbe ďalšej generácie hráčov.

2.2.2 Tím Stjupit Dox

Tím Stjupit Dox [Horvat2003] bol tvorený študentmi Matúšom Horvátom, Marošom Ivančom, Petrom Lackom, Gabrielom Papom a Petrom Trebatickým. Pri tvorbe svojho hráča vychádzali z výsledkov práce tímu Roztoče. Rozhodli sa prejsť na novú verziu Soccerservera (9.xx). Vo svojom hráčovi sa snažili vylepšiť niektoré jeho základné schopnosti. Špeciálnu pozornosť venovali brankárovi. Taktiež vytvorili kouča a vo svojom hráčovi využívali možnosti posielania si zvukových správ medzi hráčmi.

Vzhľadom na to, že nie je možné vytvoriť optimálny rozhodovací algoritmus pre hráča napevno, chceli používať na trénovanie hráča trénera. Hráč by bol trénovaný pomocou dopredných dvojvrstvových neurónových sietí, učením s odmenou. V dôsledku nedostatku času nedokázali integrovať do hráča rozhodovanie pomocou neurónovej siete.

Na základe diplomovej práce Jána Pidycha doplnili do svojho hráča hru vo formáciách. Formáciu rozdelili na tri jednotky: obrana, stred a útok. Na základe takéhoto členenia sa potom zaoberali viacerými typmi formácií od vyslovene obranných (6-2-2) až po útočné (3-3-4). Hráča rozdelili na štyri roly podľa toho, na ktorom mieste na ihrisku hral. Rozoznávali brankára, obrancu, stredopoliara a útočníka.

Schopnosti hráča

Hoci bolo cieľom projektu rozvíjať hlavne pokročilé schopnosti hráča, ako taktiku a stratégiu, nevyhli sa pri svojej práci ani rozvíjaniu a úprave jeho základných schopností.

Driblovanie

Algoritmus driblovania funguje tak, že hráč preferuje rýchlejšie ovládanie lopty na úkor jej ovládania. Ak sa súper pokúša hráča obrať, tak si hráč loptu predkopne v smere svojho natočenia a beží za loptou. V prípade, že je hráč dostatočne blízko brány, tak namiesto toho, aby si loptu predkopol a bežal za ňou, vystrelí ju na súperovu bránu algoritmom na kopanie na bránu.

Kopanie na bránu

Pri návrhu algoritmu kopania na bránu sa vychádza z algoritmu brankára chytania striel na bránu. Ak hráč pozná polohu brankára, tak na základe algoritmu chytania strely na bránu zistí, či môže brankár z daného miesta chytiť strelu na bránu. Ak nie tak hráč vystrelí. V prípade, že hráč nevidí pred sebou brankára, nie je možné tento algoritmus použiť a hráč strieľa do stredu súperovej brány.

Ak sa hráč rozhodne vystreliť na bránu, strieľa vždy čo najbližšie k jednej z tyčiek bránky. Treba však brať do úvahy šum, aby hráč nestrieľal vedľa brány.

Chytanie prihrávok

Algoritmus na chytanie prihrávok využili mierne upravený od predchádzajúceho hráča. Taktiež sa snažili vytvoriť vlastný algoritmus, ktorý odstraňoval nedostatky algoritmu Roztočov, avšak pri hre s lepšími súpermi dosahoval horšie výsledky.

Obidva algoritmy tímu sú založené na simulácii pohybu lopty a hráčov. Algoritmy sa snažili čo najlepšie predvídať situáciu na ihrisku v budúcnosti na základe údajov z vnútorného modelu sveta. Po odsimulovaní prichádza na rad analýza údajov, pri ktorej sa pomocou rôznych algoritmov (zdokumentovaných v zdrojových textoch) hráč snaží zistiť či má bežať za loptou a ak áno, na akom mieste by mal loptu chytiť. Rozdiel medzi oboma algoritmami je najmä v spôsobe, akým sa táto analýza vykonáva.

Brankár

Tím Stjupit Dox venoval špeciálnu pozornosť brankárovi. Je to totiž posledný hráč tímu, ktorý môže ešte zabrániť hroziacemu gólu. Brankára, ktorého prevzali z predchádzajúceho tímu Roztoče, považovali za nedostatočného, preto ho od základov prerobili.

Pre brankára je dôležité, aby mal neustále prehľad o hre okolo bránky, pretože potrebuje okamžite reagovať na strelu. Preto do brankára doplnili možnosť pohybu dozadu. Kvôli nutnosti zabrániť streleniu gólu, za každých okolností sa správa brankár pri šetrení so svojou energiou inak ako ostatní hráči. Ak hrozí, že dostane brankár gól, tak sa nepozerá na stav svojej energie a nespomalí, pretože by to znamenalo takmer istotu, že gól dostane.

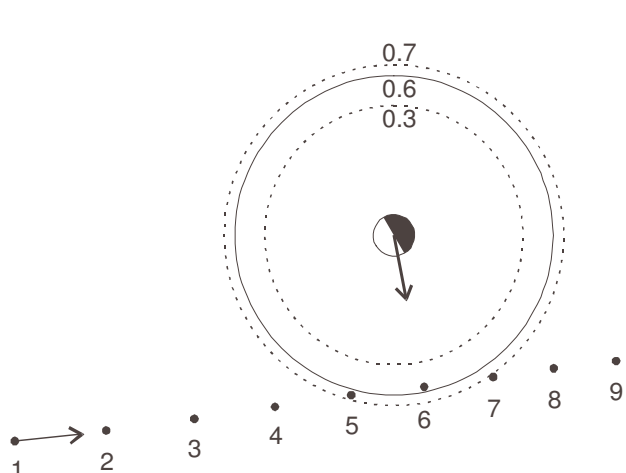
Pri zabráňovaní streleniu gólu brankárom sú dôležité dve činnosti. Prvou je chytanie strely, ktorá letí na bránku a druhou je výber vhodnej polohy na ihrisku, na ktorú sa postaví brankár, aby mal čo najlepšiu šancu súperovu strelu chytiť.

Chytanie strely na bránu

To, že hráč vystrelí loptu smerom na bránku, môže zistiť brankár až v ďalšom cykle. Ďalší cyklus je potrebný na natočenie sa brankára do požadovanej polohy, aby mohol ísť smerom k dráhe strely lopty. Samotný pohyb k lopte sa začne až v treťom cykle (v druhom, ak bol natočený brankár v danom smere).

Ak brankár zistí, že sa lopta pohybuje v smere na bránu, alebo k jej blízkosti (do 3 m od brány), odsimuluje zo známeho vektora rýchlosti polohu lopty v každom simulačnom cykle. Pokúša sa nájsť v dráhe strely lopty miesto, v ktorom ju môže chytiť. Pravdepodobnosť, že strelu z daného miesta chytiť sa znižuje so zväčšujúcou sa vzdialenosťou od lopty. Za najväčšiu vzdialenosť, v ktorej môže ešte loptu chytiť považuje vzdialenosť $1,1 \times 2 \text{ m} = 2,2 \text{ m}$ (vplyv šumu na loptu x maximálna chytateľná vzdialenosť). Pre vzdialenosti chytania lopty do $0,7 \times 2 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$ sa snaží nájsť miesto chytania lopty pre pohyb dopredu (aby ušetril jeden cyklus na otočenie sa). Ak sa mu nepodarí nájsť

miesto v dráhe strely, kde ju môže chytiť, beží aspoň na miesto, v ktorom strela pretne bránkovú čiaru.

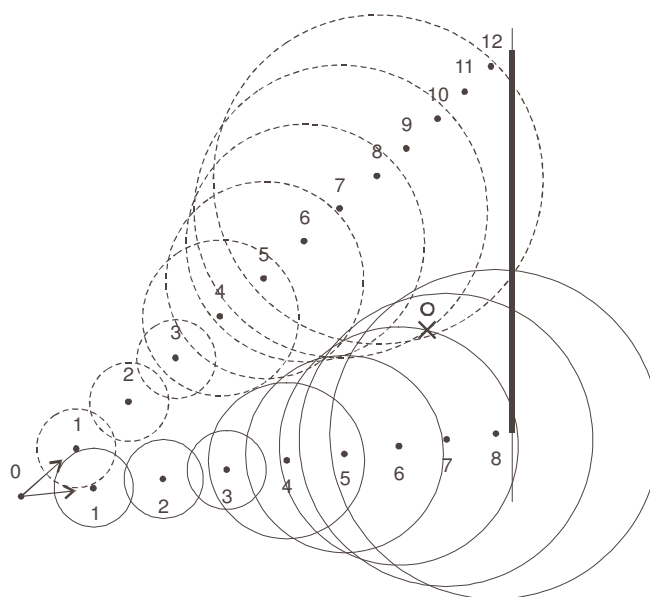


2-4 Stjupit Dox – chytanie strely brankárom

Výber polohy brankára

Tento algoritmus určuje výber polohy brankára, na ktoré miesto sa má postaviť, aby kryl prípadnú strelu na bránku. Pre aktuálnu polohu lopty hľadá také miesto pred bránkou, z ktorého môže chytiť strelu rýchlosťou 95% maximálnej možnej rýchlosti strely smerom k ľavej aj k pravej tyčke bránky.

Pri tomto algoritme si pre každý simulačný cyklus možnej strely zadefinuje chytateľné okolie lopty (vzdialenosť 1 m, okrem prvých dvoch simulačných cyklov kedy sa ako chytateľná vzdialenosť berie 1,6 m). Z daného miesta lopty potom hľadá prienik chytateľných vzdialeností od lopty prípadnej strely smerujúcej k ľavej a k pravej tyčke. Do tohto prieniku kruhov sa potom ide brankár postaviť.



2-5 Stjupit Dox – postavenie brankára

Tento algoritmus sa používa na výber polohy brankára až kým sa nenachádza lopta vo vzdialenosti 5,5 m od brány. Ak sa nachádza v bližšej vzdialenosti, beží brankár proti lopte (pretože v takejto malej vzdialenosti od brány predstavuje jediné možné chytateľné okolie lopty priesečník kruhov v prvom simulačnom cykle strely).

Riešenie krížnych prihrávok

Ak brankár spozoruje krížnu prihrávku, vypočíta si, či môže túto prihrávku chytiť. Ak áno, ide po lopte. Ak nie a vidí súpera, ktorému je prihrávka smerovaná, beží na miesto, kde bude kryť strelu na bránu z miesta v cykle, v ktorom súper prihrávku pravdepodobne prijme. Ak súpera nevidí, rozbehne sa na miesto, kde bude kryť potenciálnu strelu z miesta kde bude lopta za 4 simulačné cykly. Svoje rozhodnutie brankár kontroluje v každom cykle, a ak protihráča zbadá, tak sa rozbehne na miesto, odkiaľ môže chytiť strelu na bránu. Pritom si však dáva pozor na častú zmenu pohybu, ktorá by spôsobila výrazné spomalenie hráča.

Správanie sa brankára s loptou

Keď sa brankárovi podarí chytiť loptu „do rúk“, hľadá spoluhráča, ktorému by prihral (algoritmom tímu Roztoče), z viacerých miest na šírku bránky a dva metre od hranice pokutového územia. Vybranému spoluhráčovi prihrá celou silou, aby sa lopta dostala čo najďalej od bránky a znížilo sa riziko obratia nášho obrancu súperom.

Ak sa podľa algoritmu hráča na dobiehanie prihrávok brankár „rozhodne“ utekať po lopte, pretože sa k nej môže dostať najskôr a už k nej dobehol, tiež prihrá plnou silou spoluhráčovi, alebo ak nemá komu prihrať, kopne loptu radšej do autu.

Záver

Pri vytváraní svojho hráča splnili členovia tímu Stjupit Dox väčšinu vecí, ktoré si špecifikovali, až na implementáciu rozhodovania sa pomocou neurónových sietí. Hlavnou prednosťou tohto tímu sa na turnaji ukázal byť ich brankár. Tím Stjupit Dox vytvoril solídny a fungujúci základ pre ďalší vývoj futbalového hráča.

2.2.3 Tím Deravá kopačka

Tím Deravá kopačka [DerKop] pôsobil na Fakulte elektrotechniky a informatiky Slovenskej technickej univerzity v roku 2002/2003. Vo svojej práci sa zamerl na rozvinutie hráča tímu Roztoče (FEI STU Bratislava, 2001/2002).

Špecifikácia požiadaviek tímu Deravá kopačka

Hráč tímu Roztoče (, z ktorého tím Deravá kopačka vychádza) je dvojvrstvový. Spodná vrstva riadi komunikáciu a synchronizáciu so serverom. Horná vrstva riadi správanie sa hráča. Medzičasom (medzi akad. rokmi 2001/2002 a 2002/2003) nastala zmena v pravidlách Robocupu. Z tohto dôvodu je spodná časť hráča nepoužiteľná v simulačnej lige a musí byť prepracovaná na nové pravidlá. Horná vrstva hráča - modeluje správanie hráča - musí byť prepracovaná tak, aby sa hráč správal podľa nových pravidiel. Je potrebné implementovať:

- nové komunikačné príkazy *PointTo* a *AttentionTo*
- príkaz *Tackle* (kvôli účinnému oberaniu súpera o loptu)

Ďalšie rozšírenie hráča: k dvom vrstvám je potrebné pridať tretiu vrstvu, ktorá bude mať na starosti tzv. vyššiu logiku hráča. Do pôsobnosti tejto logiky patrí:

- plánovanie (predvídanie)
- rozpoznávanie kolektívnej hernej situácie
- vykonávanie dohodnutej činnosti (spoločný postup)

Program tréner bol prevzatý z tímu Roztoče bez zmeny. Program kouč bol prevzatý a boli navrhnuté nasledovné doplnenia:

- implementovať protokol v. 8
- implementovať jeden z jazykov vyššej úrovne (Clang, UNILang)
- väčšia parametrizácia agenta z hľadiska konštánt definovaných serverom
- výber typov hráčov
- striedanie hráčov a zmenu ich typu
- vedenie štatistiky zápasov, súperových tímov
- plánovanie stratégie tímu

Hrubý návrh tímu Deravá kopačka

Architektúra navrhovaného hráča nadväzuje na hráča tímu Roztoče. Existujúca architektúra nebude významne prepracovaná. Dôraz bude kladený na inteligenciu hráča.

- Dolná vrstva bude plniť úlohy synchronizácie, komunikácie a spracovania správ, vytvára základný pohľad na svet.
- Stredná vrstva bude plniť taktické úlohy, krátkodobé plánovanie a reaktívne správanie sa hráča. Jej veľká časť je už implementovaná, treba vylepšiť krátkodobé plánovanie a spoluprácu s novou – hornou vrstvou.
- Horná vrstva bude strategicky uvažovať, vytvárať dlhodobé plány a aktuálne časti plánov prezentovať strednej vrstve formou odporúčaní.

Predchádzajúci hráč nemá implementovanú strategickú vrstvu (má iba zjednodušenú tvorbu formácií a tvorbu ofsajdovej pasce). Táto vrstva nevyžaduje pre svoju činnosť aktuálne informácie, dokáže správne fungovať aj s informáciami 2/3 cykly starými. Bude pracovať v autonómnych cykloch nezávisle od ostatných vrstiev.

V prvotnom návrhu bude hráč rozdelený tak, aby každá vrstva bola samostatné vlákno. Najnižšia vrstva má najvyššiu prioritu, najvyššia najnižšiu. Strategická vrstva odovzdá odporúčanie do frontu, kde ju prevezme taktická vrstva, ktorá na základe odporúčaní a aktuálneho stavu sveta vytvorí akciu. Stredná a spodná vrstva sú časovo úplne závislé. Stredná sa správa ako volanie funkcie zo spodnej vrstvy. Strednú a spodnú vrstvu je možné zlúčiť do samostatného vlákna.

Prevzatý hráč má implementovanú časť strednej vrstvy. Má schopnosti ako práca s loptou, driblovanie a beh. Hráč udržiava svoju energiu jednoduchým algoritmom.

Z analýzy hráča vyplynulo, že je nevyhnutné vylepšiť strednú vrstvu. Bude potrebné zaviesť lepšie krátkodobé plánovanie a lepšiu kooperáciu hráčov. Bola vybratá implicitná, prediktívna a dohodnutá spolupráca. Dohodnutá spolupráca bola identifikovaná ako najdôležitejšia forma kooperácie. Prevažná časť spolupráce hráčov v tíme bude zabezpečená hornou vrstvou – vyšším plánom.

Návrh nového hráča bol sústredený hlavne na taktickú a strategickú vrstvu. Tím Deravá kopačka sa rozhodol pre objektovo orientovaný jazyk C++, vývojové prostredie MS VS 6.0 / Win32.

Do najnižšej vrstvy bolo potrebné zaviesť nový mechanizmus časovania. Toto časovanie zaručuje, že rozhodovanie hráča sa vykoná presne raz za kolo, pričom hráč čaká na vizuálnu informáciu až do 20ms pred skončením kola. V prípade, ak vizuálna informácia nepríde, rozhodovanie hráča sa vykoná so starou vizuálnou informáciou. Ak je však vizuálna informácia prítomná, použije sa na spresnenie predvídaných údajov. Poskytuje

predovšetkým informácie o polohe hráča a jeho natočení, polohe ostatných viditeľných objektov.

Hráč automaticky sleduje loptu a svoje okolie. Podľa požiadaviek vie sledovať ostatné objekty. Objekty za svojím chrbtom vie hráč sledovať, ak je možné použiť široké zorné pole. Tento je však nevýhodný, pretože zníži frekvenciu vizuálnej informácie. Je využívaný vtedy ak je lopta veľmi ďaleko.

Jednou z prebratých činností je beh. Hráč si určí smer a rýchlosť behu. Prípadne je možné určiť ako smer behu loptu. Ak hráč nemá určený smer alebo cieľ behu, otáča sa na mieste a sleduje hru.

Najdôležitejšie zmeny v návrhu hráča sa týkajú taktickej vrstvy. Bola pridaná podpora strategickej vrstvy a správanie sa v špeciálnych stavoch hry. Rozhodovací algoritmus Mini-max pre výber činností nebol pre nedostatok času implementovaný. Výber akcií je riešený sekvenčným systémom, najdôležitejšie akcie sú vybrané prednostne. Ak je akcia uskutočniteľná a má potrebnú mieru užitočnosti, vykoná sa.

Správanie hráča bolo vylepšené. Hráč lepšie strieľa na bránu, prihráva, zneškodňuje prieniky do obranného pásma, prepracovaná bola ofsajdová hra. Pri strelbe na bránu zvažuje polohu brankára a obrancov, ich reakčné časy. Pri prihrávaní sleduje, kam bude prihrávať a vyhýba sa prihrávkam na slepo. Lepšie zvažuje reakcie protihráčov na prihrávky. Útočníci vedľa lepšie sledovať pohyb ofsajdovej čiary.

Obrana bola prepracovaná od základov. Jej základom je osobné bránenie útočníkov. Ak nie je obrancov dostatok, prichádzajú na pomoc stredopoliari. Obranca sa nesústredí iba na loptu, sleduje postup protihráča.

Driblovanie bolo upravené. Rieši problémy driblovania tak, aby bolo efektívne. Hráč kopne loptu pred seba a nasleduje ju. Ak si loptu necháva blízko seba, má ju pod väčšou kontrolou, no nedokáže rýchlo napredovať a naopak. Je dôležité aby vedel určiť miesto, vzdialenosť kam loptu kopnúť tak, aby ju nestratil a pritom postupoval dostatočne rýchlo vpred. Taktiež je potrebné zabrániť príliš častému kopaniu do lopty, aby hráč dokázal efektívne utekať a manévrovať. Hráč musí zvažovať polohu a pohyb protivníkov a držať loptu mimo ich dosahu. Implementácia tímu Deravá kopačka rieši popísané problémy, pričom mení pôvodný prístup. Problém rozdelili na 2 časti. Prvá sa zaoberá rozhodovaním, či do lopty kopnúť, druhá zvažuje, kam ju kopnúť. Takto vznikol väčší priestor pre manévrovanie hráča.

Strategická vrstva bola tiež prepracovaná. V pôvodnom návrhu bola akcia chápaná ako krok plánu. Význam akcie bol zmenený. Akcia je chápaná ako postupnosť krokov plánu. Každý krok predstavuje činnosť, ktorú hráč vykonáva.

Pre každú rolu je možné určiť zoznam hráčov, ktorí túto rolu vykonávajú. Táto rola je označená ako povinná. Takáto rola musí byť obsadená. Ďalšou skupinou rolí je rola dohodnutá a implicitná. Dohodnutá je

taká rola, ktorej obsadenie musí hráč potvrdiť pred tým, než sa začne vykonávať plán, do ktorého rola patrí. Obsadenie implicitnej role prebieha bez komunikácie s ostatnými hráčmi. Boli pridané ďalšie skupiny rolí, a to má_loptu, nemá_loptu, nemusí_mat_loptu. Tieto napomáhajú lepšiemu a rýchlejšiemu obsadzovaniu rolí. Je to rýchlejšie a prehľadnejšie riešenie ako prostredníctvom predpokladky plánu.

Tím Deravá kopačka zistil, že je oveľa výhodnejšie riešenie, ak všetci hráči majú rovnakú sadu plánov a líšia sa svojimi rolami v nich, ako keby mal každý hráč individuálnu sadu plánov. Zachová sa konzistencia plánov, hráči nemusia hľadať kompatibilné plány. Stačí, ak vytvoria vhodnú kombináciu svojich rolí v rámci jediného plánu.

Hráč sa pred vykonaním plánu snaží vybrať najvhodnejší z množiny zadaných plánov. Vypočíta ohodnotenie plánov a na ich základe vyberie pseudonáhodne jeden plán. Tie s väčším ohodnotením majú štatisticky vyššiu šancu výberu.

Ak má vybraný plán role typu dohodnuté, musí prebehnúť komunikácia medzi hráčmi za účelom potvrdenia obsadenia týchto rolí. Túto úlohu sprostredkuje veliteľ plánu. Stáva sa ním hráč, ktorý obsadzuje prvú povinnú dohodnutú rolu (roly sú v pláne usporiadané). Veliteľ má rozhodovacie právomoci a určuje, či sa začne plán vykonávať a aké bude obsadenie rolí.

Dohodnutie plánu sa skladá z 3 krokov:

- 1) navrhnutie plánu (hráč môže navrhnúť plán, pričom môže ale nemusí byť jeho veliteľom; pošle veliteľovi správu, navrhne rozdelenie rolí; veliteľ plán schváli alebo zamietne, môže rozdeliť ostatné role),
- 2) vyjednávanie (veliteľ žiada o súhlas ostatných hráčov, ktorí sú obsadení do dohodnutých rolí; hráč môže obsadiť neobsadené role, súhlasiť alebo zamietnuť svoju účasť na pláne,
- 3) príkaz na začatie vykonávania plánu.

Vykonanie plánu znamená pre hráča vykonanie úlohy jemu prislúchajúcej roly príslušného plánu. Rola je orientovaný graf, ktorého uzly sú stavy a hrany akcie. Každý stav má definovanú množinu akcií, ktoré sa môžu vykonať. Akcia má definovanú predpokladku, ktorej testovanie vráti ohodnotenie akcie. Na základe ohodnotenia sa vyberie ďalšia akcia, ktorá sa vykoná.

Plán sa môže ukončiť prirodzene, ukončením v konečnom stave aktuálnej roly, alebo na základe ukončovacej podmienky plánu. Okrem toho sa plán môže skončiť ukončením činnosti strategickej vrstvy.

Strategická vrstva pracuje asynchrónne s ostatnými vrstvami hráča. Synchronizuje sa s taktickou vrstvou prijímaním správ od taktickej vrstvy. Strategická vrstva kontroluje prijímanie správ a reaguje na tieto správy.

Záver

Tím Deravá kopačka si dal za cieľ vyvinúť hráča, ktorý by dokázal plánovať svoje akcie namiesto neplánovaného reaktívneho správania sa. Táto úloha bola splnená pridaním strategickej (plánovacej) vrstvy do hráča tímu Roztoče. Hráči dokážu vykonávať zložité plány, kooperovať, tímovo spolupracovať. Ďalej bolo vylepšené reaktívne správanie sa hráča. Hráč bol prispôbený na najnovšiu verziu simulačného servera.

Medzi úlohy, ktoré neboli dokončené patrí dohodnutá spolupráca hráčov. Implementácia dohodnutej spolupráce nie je dokončená. Hráči spolupracujú iba na základe rozpoznania kolektívnej situácie bez možnosti dohody. Druhá nesplnená úloha je vytvorenia kouča – rozhodovacieho prvku, ktorý by analyzoval situáciu usmerňoval hráčov pri vývoji hry.

2.2.4 Tím Sklo

Robocup tím Sklo [Sklo2004] je výsledkom práce štyroch študentov z predmetu Tímový Projekt inžinierskeho štúdia na FEI STU z akademického roku 2003/2004. Študenti tímu Sklo vychádzali pri svojej práci z tímu Stjupit Dox, ktorý vznikol ako tímový projekt na FEI STU v školskom roku 2002/2003. Študenti z tímu Sklo vylepšili inteligenciu hráča tímu Stjupit Dox a pridali nové vlastnosti. Medzi vlastnosti, ktorými vylepšili hráča tímu Stjupit Dox patrí najmä:

- upravenie vnútorného sveta hráčov
- vylepšenie komunikácie hráčov
- pridanie špeciálnych taktických funkcií do logiky hráča
- vytvorenie plánovaného výkopu hráča
- diferenciacia taktiky hráčov
- naučenie kouča rozlišovať niektoré heterotypy súpera

Vnútorný svet hráča

Študenti tímu Sklo prepracovali vo vnútornom svete hráča spôsob uchovávaní informácií o spoluhráčoch a súperoch. Vytvorili novú triedu PlayerArray, ktorá uchováva informácie o všetkých hráčoch na ihrisku, a tým odstránili duplicitu tried a funkcií, ktoré sa do tej doby používali zvlášť pre spoluhráčov a zvlášť pre súperov. Táto trieda poskytuje najmä funkcie slúžiace na nájdenie hráčov podľa rôznych kritérií (ako napríklad podľa pozície, čísla, v určitej vzdialenosti na priamke, atď.).

V súvislosti s prepracovaním zvukového systému bol obohatený vnútorný svet hráčov o uchovávanie informácií o potencionálnych hráčoch, ktorým môže hráč prihrať. Túto informáciu však kvôli aktuálnosti uchovávajú len počas niekoľkých simulačných cyklov. Okrem toho pridali k triedam pre uchovávanie vnútorného sveta dve polia pre heterotypy, jedno pole pre spoluhráčov a druhé pre protihráčov. Informácie o heterotypoch súpera hráč získava od kouča, ktorý sa počas hry snaží odhadnúť heterotypy súpera.

Okrem toho v hierarchii tried nahradili triedu Player triedou SimPlayer, do ktorej pridali nové funkcie, ako napríklad predikciu počtu simulačných cyklov, za ktoré dokáže hráč dobehnúť k určitému bodu a počet cyklov, za ktoré dokáže hráč dobehnúť pohybujúcu sa loptu. Kvôli zníženiu výpočtového výkonu sa najskôr dopredu na niekoľko simulačných cyklov predikuje pozícia lopty a potom sa určí za koľko krokov a na akom mieste hráč dobehne k lopte. Do úvahy sa berie aj energia hráča.

Kvôli vývoju sofistikovanejších algoritmov vytvorili študenti tímu Sklo niekoľko nových tried:

- Abscisse – úsečka. V tejto triede sú implementované funkcie pre zisťovanie príslušnosti bodu k úsečke a pre vytváranie rovnobežných úsečiek prechádzajúcich určitým bodom
- Circle – kružnica. Pomocou tejto triedy dokážu hráči zisťovať či daný bod leží vo vnútri kružnice a v ktorom kvadrante (s ohľadom na smer útoku) sa nachádza.
- Line – priamka. V tejto triede sú implementované funkcie pre zisťovanie priesečníku dvoch priamok, priesečníku priamky a kružnice, pre výpočet najkratších vzdialeností medzi bodom a priamkou a pre vytváranie rovnobežných a kolmých priamok.
- Ray – polpriamka. Pomocou tejto triedy dokážu hráči určiť priesečník polpriamky s kružnicou.
- Log – trieda pre logovanie informácií o hráčov počas zápasu do súborov.

Plánovanie výkopu hráča

Hráč Skla má mierne upravený plán výkopu. Najskôr sa hráč otočí okolo vlastnej osi, aby zistil rozostavenie spoluhráčov, ale aj súperov. Postaví sa k lopte a vyčká niekoľko simulačných cyklov tak, aby mali spoluhráči dostatok času rozostaviť sa. Hráč potom vyberie spoluhráča, pre ktorého sa rozhodol, zakričí mu správu „Chytaj“ a prihrá loptu.

Taktiky hráčov

Hráči tímu Sklo sú delení podľa klasického modelu na útočníkov, stredopoliarov, obrancov a brankára. Navyše je správanie diferencované podľa toho či hráč má, alebo nemá loptu.

Útočník s loptou najskôr zruší predchádzajúcu akciu a zakričí spoluhráčom správu „Mám“, aby ich upozornil, že má loptu. Ak sa nachádza útočník na dostrel od brány alebo existuje určitá šanca na vsietenie gólu, kopne hráč loptu do vypočítanej pozície v súperovej bránke. V opačnom prípade sa hráč rozhoduje podľa aktuálnej situácie na ihrisku. To znamená, podľa toho či môže bezpečne prihrať loptu, alebo či môže rýchlo alebo pomaly driblovať.

Správanie sa útočníka bez lopty bolo modifikované tak, aby hráč šetril čo najviac energiou. Šetrenie energiou sa aktivuje vtedy, keď nemá zmysel bežať naplno, to znamená v prípadoch, ak je hráč ďaleko od lopty a lopta smeruje od hráča preč. Ak je útočník bez lopty vo výhodnej pozícii, zakričí hráčovi s loptou, aby mu prihral. Ak nemá loptu súper, overí si hráč či nemá nastavený nejaký cieľ. Pokiaľ má, tak beží k danému cieľu, pričom sa snaží pozerieť na loptu. Pokiaľ má loptu spoluhráč, uteká hráč na takú pozíciu, aby mu mohol spoluhráč výhodne nahrať. V prípade ak má loptu protivník snaží sa v prípade, ak je to možné útočník postaviť do takej pozície, aby mohol loptu

zachytiť. Útočník sa nevracia k vlastnej bráne, ale snaží sa pohybovať v blízkosti svojej domovskej pozície vo formácii. Útočník sa snaží mať loptu neustále na očiach.

Taktika stredopoliara tímu Sklo je len mierne upravená oproti taktike stredopoliarov v tíme Stjupit Dox.

Obranca bez lopty sa snaží za každú cenu zabrániť súperovi v strele na bránu. V prípade ak je lopta mimo dosahu hráča, snaží sa postaviť pred protihráča smerom k lopte. Hráč obsadzuje toho hráča, ktorý je najbližšie k jeho domovskej pozícii vo formácii. V prípade ak tam nie je žiadny protihráč, snaží sa obranca blokovať najbližšieho súpera. Do úvahy sa berie aj vzdialenosť spoluhráčov tak, aby obranca neblokoval hráča, ktorého blokuje už iný spoluhráč. Vzdialenosť obrancu od blokovaného protihráča závisí najmä od vzdialenosti od brány a od lopty. V prípade ak je obranca schopný zachytiť loptu, snaží sa to vykonať. Táto činnosť má prednosť pred blokovaním súperových hráčov.

Ak má obranca loptu, snaží sa driblovať alebo nahrat' spoluhráčovi. Ak obranca môže kopat' na súperovu bránu, snaží sa strelit' gól. Inak sa snaží prihrať spoluhráčovi, ktorý je viac vpredu alebo sa snaží s loptou driblovať.

Zmeny brankára sa týkajú len upravenia výkopov. Brankár najskôr určitý počet cyklov zbiera informácie o situácii na ihrisku, potom sa presunie na miesto, odkiaľ je výhodné vykonať výkop, určitý počet cyklov monitoruje situáciu na ihrisku z nového miesta, natočí sa, zakričí „Chytaj“ a vykopne loptu.

Kouč – heterotypy súpera

Tím Sklo sa snažil naučiť kouča rozoznávať dané typy heterotypov. To umožňuje hráčom upravovať aktuálnu stratégiu a rozhodovanie na základe toho, aký typ hráča sa pred nimi nachádza a tím môžu zlepšiť svoje šance na jeho prekonanie. Najvhodnejším agentom pre rozoznávanie heterotypov spoluhráča je kouč, nakoľko má prehľad o celom ihrisku.

Pri rozoznávaní heterotypov vychádzali študenti tímu Sklo z reálneho predpokladu, kedy v niektorých okamihoch zaberú niektorí hráči naplno – pôjdu až na hranicu svojich možností. Kouč sa snaží tieto okamihy vysledovať a rozoznať jednotlivé heterotypy.

Kouč sleduje súperových hráčov a zaznamenáva maximá niektorých charakteristík. Za rozpoznanie heterotypu sa dá považovať moment, v ktorom hráč výrazne prekročí hraničnú hodnotu niektorej charakteristiky. Kouč tímu Sklo sleduje nasledujúce charakteristiky:

- rýchlosť pohybu hráčov – keďže rýchlosť na konci cyklu je znížená o hodnotu `player_decay` treba rýchlosť vypočítať ako rozdiel aktuálnej polohy a polohy hráča v predchádzajúcom cykle
- zrýchlenie
- rýchlosť otáčania hráčov – vypočíta sa ako rozdiel aktuálneho uhla natočenia od uhla natočenia v predchádzajúcom cykle
- moment zotrvačnosti – dá sa vysledovať pomocou súčinu rýchlosti a rýchlosti otáčania
- vzdialenosť, v ktorej hráč dokopne do lopty

Pri rozpoznávaní heterotypov bol veľkým problémom šum, ktorý do simulácie vnáša samotný server. To znamená, že sa nedá príliš spoľahnúť na prekročenie hraničnej hodnoty sledovanej charakteristiky, pokiaľ nie je toto prekročenie príliš výrazné.

Pomocou vyššie sledovaných charakteristík sa tímu Sklo podarilo kouča naučiť rozpoznať len rýchle heterotypy. Aj napriek tomu, že ich kouč sleduje vyššie spomenuté charakteristiky hráčov, nepodarilo sa im implementovať rozoznávanie ostatných heterotypov.

Zhodnotenie

Tímu Sklo sa podarilo zlepšiť rozohrávku od brány, následkom čoho dostáva menej gólov. Ďalej vylepšili obranu, vďaka čomu inkasujú od svetových tímov podstatne menej gólov ako tím Stjupit Dox. Úspech obrannej hry však spočíva v prehustení obranného pásma piatimi obrancami. Tým sa síce posilnila obrana, ale na druhej strane tím trpí hra v strede pola a na hrotoch, následkom čoho sa väčšia časť zápasu odohráva vo vlastnom obrannom pásme.

Vďaka zlepšenej komunikácii sa zlepšila rozohrávka hráčov a občas sa podarí prienik do súperovej obrany. Na druhej strane sa dosť často krát stáva, že hráč nahráva loptu spoluhráčovi aj vtedy, ak sa medzi ním a spoluhráčom nachádza súper. Takto hráči zbytočne prichádzajú o loptu a tím aj o možnosť rozvinúť útočnú hru.

Tím Sklo používa statickú formáciu, ktorá je nemenná počas celého zápasu. Každý hráč je identifikovaný svojim číslom a na základe tohto čísla ma pevne pridelenú pozíciu a post na ihrisku.

Vďaka silnému zameraniu na obrannú hru dáva tím Sklo relatívne málo gólov. Veľká časť týchto gólov navyše padá po chybe súperovho brankára. Brankár tímu Stjupit Dox, z ktorého vychádza väčšina tímov, obsahuje chybu, kedy sa brankár snaží prepočítať či k nakopnutej lopte dobehne skôr ako súperov útočník. Brankár však nepočíta s heterotypmi. Tím Sklo však ako útočníkov používa rýchle heterotypy, tým pádom sa často krát stane, že útočník dobehne loptu skôr ako brankár a z takejto situácie potom strelí gól.

I keď tím Sklo vsietil počas zápasu relatívne málo gólov, väčšinu zápasov vyhral. Hráči totiž vďaka kvalitnej obrane inkasovali minimum gólov. Vďaka tomuto spôsobu hry skončil tím Sklo v minuloročnej súťaži na druhom mieste, počas turnaja inkasoval najmenej gólov zo všetkých tímov a dokázal poraziť aj víťazov celého turnaja – tím Dream Team.

I napriek niekoľkým nedostatkom sa jedná o kvalitný tím, ktorý dokáže poraziť väčšinu súperov. Myslíme si, že ak by sa tím Sklo nezamerával príliš na obranu a trochu viac rozvinul útočné schopnosti mohol skončiť aj lepšie.

2.3 Analýza svetových tímov

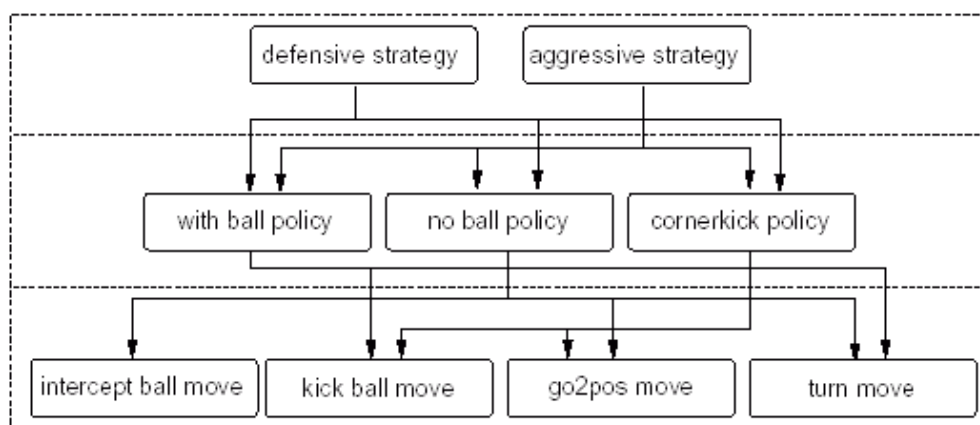
2.3.1 Tím Brainstormers

Úvod

Nemecký tím Brainstormers [Bs2003] sa umiestnil na šampionáte v simulovanom robotickom futbale v roku 2003 na treťom mieste. Podarilo sa im výrazne vylepšiť určovanie pozície na ihrisku a zlepšili aj modularitu architektúry hráča. Posilnili aj strategické správanie sa tímu hráčov. Keďže základné schopnosti hráča už implementovali aj študenti našej fakulty, zameriame sa hlavne na vyššie spomínané vylepšenia.

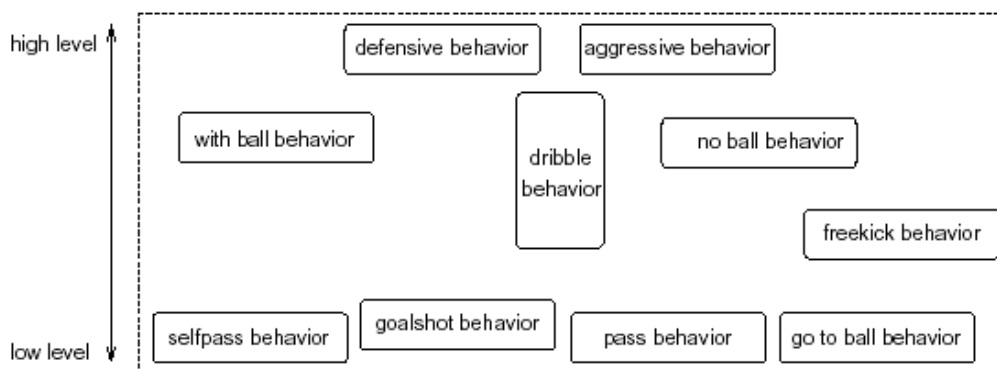
Architektúra

V pôvodnej verzii hráča tímu Brainstormers bola architektúra pevne rozdelená do troch vrstiev ako vidíme na obrázku.



2-6 Brainstormers – pôvodná vrstvomá architektúra hráča [Bs2003]

Takáto striktno hierarchická architektúra mala ale veľa nevýhod. Hlavnou nevýhodou bol fakt, že riadenie prebiehalo výlučne zhora nadol. Druhá vrstva (policy) nemohla priamo ovplyvniť najvyššiu vrstvu (strategy), aj keď v niektorých situáciách sa to javí ako žiaduce. Pri pridávaní nových čít bolo treba každú črtu jednoznačne zaradiť do jednej z vrstiev. Príkladom môže byť napríklad dribling s loptou. Tento sa hierarchickému konceptu architektúry vymyká a nie je možné ho jednoznačne zaradiť do niektorej z vrstiev. Členovia tímu sa preto rozhodli prebudovať hráča s využitím architektúry založenej na modeloch správania (behavior-based architecture). Novú architektúru môžeme vidieť na nasledujúcom obrázku.



2-7 Brainstormers – architektúra hráča založená na modeloch správania [Bs2003]

Hierarchická štruktúra je stále určitým spôsobom zachovaná, ale už sa nevyskytnú problémy so zaradením nových čŕt do vrstiev. Rovnako odpadá aj problém striktného modelu riadenia zhora nadol.

Určovanie pozície na ihrisku

Hráči dostávajú vizuálne informácie zo servera v každom cykle. Medzi týmito vizuálnymi informáciami sú aj vzdialenosti od pevných referenčných bodov (landmarks), ktoré sú umiestnené po okrajoch ihriska. Svoju pozíciu na ihrisku môže hráč určiť niekoľkými spôsobmi. Prvým spôsobom je zistiť priesečníky kružníc, ktoré majú stred v referenčnom bode a polomer rovnajúci sa videnej vzdialenosti od tohto bodu. Vzhľadom na nepresnosť v odhade vzdialenosti od referenčného bodu nie je možné priesečník nájsť exaktne. Vypočítajú sa preto všetky priesečníky dvojíc kružníc, ktoré sú k dispozícii. Z týchto priesečníkov sa potom vypočíta stredná hodnota, ktorá bude odhadovanou pozíciou hráča na ihrisku.

Problémom je, že takto odhadnutá pozícia veľmi fluktuuje. Chyba odhadu je niekedy značná. Tím Brainstormers sa pokúsil túto chybu eliminovať pomocou pravdepodobnostného modelu umiestnenia hráča. $P(l)$ je pravdepodobnosť, že hráč je na mieste l . Každé miesto l má priradenú svoju váhu w . Váhy jednotlivých pozícií predstavujú vlastne diskretnú aproximáciu distribučnej funkcie pravdepodobnosti. Hráč sa teda nenachádza na jednej pevne danej pozícii (ktorú beztak nevie presne určiť a dopúšťal by sa chyby) ale na množine pozícií ohodnotených váhami. Po presune na pozíciu l' sa skontrolujú váhy pozícií pomocou senzorov a aktualizujú sa. Touto zmenou sa tímu Brainstormers podarilo zmenšiť chybu pri určovaní pozície hráča v niektorých prípadoch až o 60%. Pri štandardných situáciách, ako sú napríklad rohové kopy, autové vhadzovania alebo rozohrávanie zo stredu ihriska, sa ukazuje metóda s použitím kružníc ako efektívnejšia. Hráči sa totiž pri štandardných situáciách potrebujú premiestňovať rýchlo a často meniť smer, aby unikli obrancom súpera.

Strategické správanie sa tímu

To, ktorú zo schopností hráč použije, chápu členovia tímu Brainstormers ako jednoagentový Markovský rozhodovací proces. Stratégia celého tímu hráčov je však už multiagentový Markovský rozhodovací proces. Závisí od jednotlivých agentov, čiže hráčov. Strategické ohodnotenie aktuálnej pozície na ihrisku predurčuje stratégiu a teda aj správanie sa jednotlivých hráčov. Každá pozícia je ohodnotená funkciou $V(s)$, ktorá nadobúda hodnoty z intervalu $\langle -1, 1 \rangle$. Hodnota funkcie závisí od pozície a rýchlosti hráča a lopty, od počtu útočiacich spoluhráčov a od počtu brániacich súperov. Hodnota blízko 1 znamená, že situácia je blízko k úspechu (strelenie gólu), hodnota okolo -1 znamená, že hrozí strata lopty. Keďže hráč tímu Brainstormers využíval aj neurónovú sieť, bola hodnota funkcie $V(s)$ využívaná v procese učenia a hľadania slabín súpera. Hráči sa vždy snažili dosiahnuť hodnotu funkcie 1 pomocou prihrávok po rôznych trajektoriách. V prípade že akcia po určitej trajektorii nevyšla, bola hodnota funkcie -1 a hráči sa pokúšali zahrať nejakú inú akciu. Ak našli úspešnú akciu, pokúsili sa ju zopakovať. Každý jednotlivec na ihrisku sa snaží prihrať loptu tak, aby pozícia, do ktorej sa podľa prepočtov dostane, mala čo najvyššiu hodnotu funkcie $V(s)$.

Hráč s loptou si vyberá z nasledujúcich možných akcií:

- Prihrávka priamo na spoluhráča
- Prihrávka do priestoru, kde spoluhráč zachytí loptu ako prvý
- Dribling s loptou

Hráč bez lopty volí z týchto možností:

- Presun niektorým z ôsmich možných smerov z aktuálnej pozície
- Presun na jednu z ôsmich pozícií okolo domovskej pozície hráča
- Presun do domovskej pozície

Problémom je vhodná reprezentácia modelu prostredia. Reprezentácia tímu Brainstormers počíta so statickými oponentmi, pretože ak by sa snažili predvídať pohyb súperov, obmedzilo by sa učenie akcie iba na súperov s určeným správaním.

Záver

Tím Brainstormers implementoval niekoľko zaujímavých vylepšení a podarilo sa mu sprehl'adniť architektúru hráča. Zmenou architektúry na architektúru založenú na modeli správania sa zvýšila modularita hráča a uľahčilo sa pridávanie nových čít. Vďaka pravdepodobnostnému modelu určovania pozície sa znížili nepresnosti v odhade pozície hráča. Zavedenie funkcie hodnotiacej pozície sa uľahčilo tréovanie stratégií a bolo umožnené aj učenie sa počas zápasu a prispôsobenie hry súperovi.

Výsledky tímu na medzinárodných súťažiach svedčia o užitočnosti implementovaných vylepšení. Bolo by vhodné zvážiť využitie niektorých nápadov u nášho hráča.

2.3.2 Tím TsinghuAeolus

Robocup tím TsinghuAeolus z Číny patrí dlhodobo medzi svetovú špičku. Pravidelne sa zúčastňuje medzinárodných turnajov, kde sa umiestňuje na prvých priečkach. Preto je aj na škodu, že im už dlhšiu dobu nefungujú webové stránky. Z toho dôvodu sme museli vychádzať iba z analýz vypracovaných minuloročnými tímami Sklo, Deravá kopačka a Stjupit Dox, ktoré sú na druhej strane pre naše účely postačujúce.

Autori použili na získanie základných vlastností hráča metódy samoučenia sa. Analytický prístup zvolili zase pri strategickom rozhodovaní, ktorý sa javí omnoho efektívnejší ako mnohé učiace sa metódy.

Základné vlastnosti

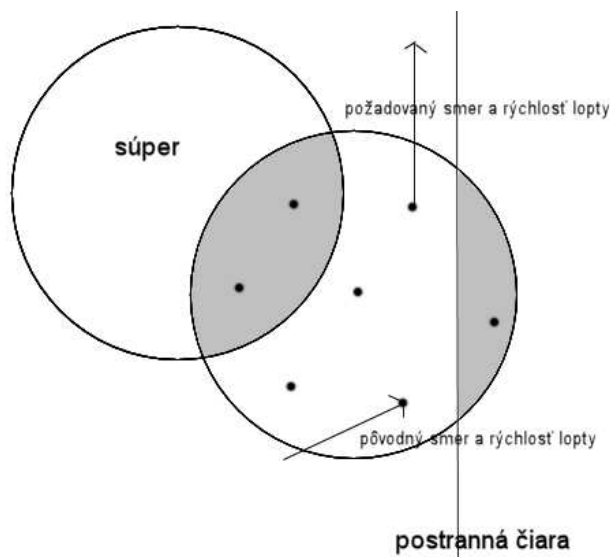
V tejto kapitole si v krátkosti popíšeme základné schopnosti hráča, ktoré sú dôležité pre dobré ovládnutie lopty na ihrisku [Sklo2004].

Driblovanie

Driblovanie je vlastne beh s loptou. Pri tejto činnosti hráč dodržiava dve pravidlá. Prvé je, že loptu musí mať vždy vo svojom dosahu a druhé je, že lopta musí byť vždy mimo dosahu súpera.

Kopanie do lopty

Každý hráč chce kopnúť loptu čo najlepšie. Z toho dôvodu je väčšinou nutné si najprv loptu spracovať a až potom strieľať. Hráč by mal s loptou manipulovať na druhej strane ako je súper prípadne postranná čiara.



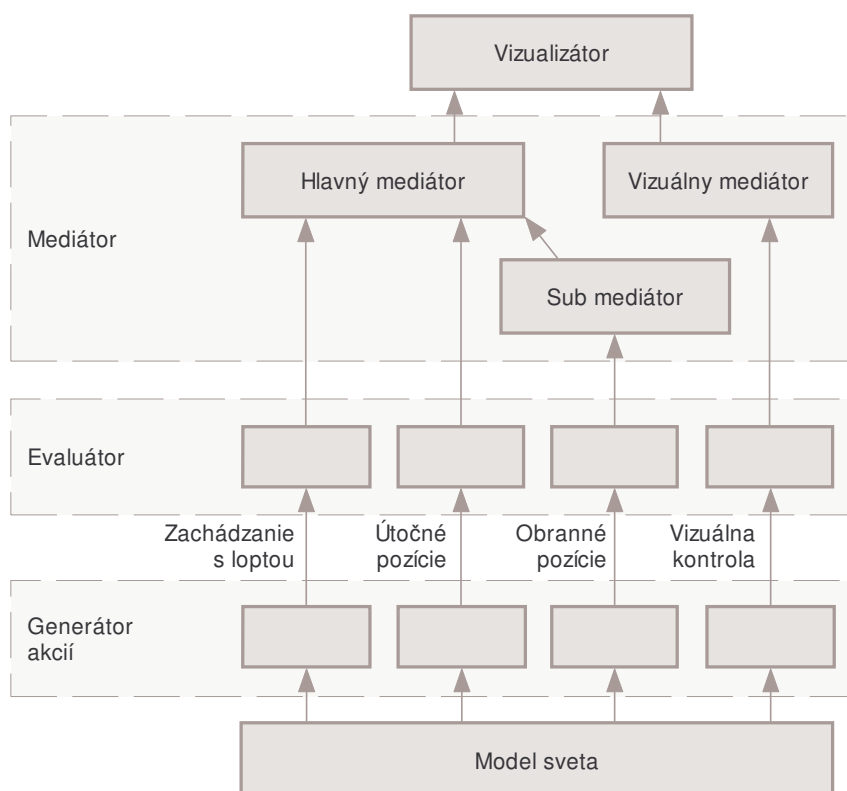
2-8 TsinghuAeolus - kopanie do lopty (prevzaté z [Horvat2003])

Hráč si svoje okolie rozdelí na určitý počet bodov a jednoducho vyhodnotí ako dostať loptu z jednej pozície na druhú. Tento učiaci proces sa vykonáva mimo zápasu. Počas samotného zápasu sa použije výsledná

heuristická vedomosť. Týmto postupom dokáže hráč uskutočniť požadovaný kop po dvoch maximálne troch spracovaní.

Architektúra hráča

Úlohy, ktoré ma hráč vykonávať, rozdelili autori do niekoľkých modulov. Architektúra stratégie je zobrazená na nasledujúcom obrázku je rozdelená do hlavných štyroch častí: generátor akcií, evaluátor, mediátor a vizualizátor. Nasleduje stručné opísanie prvých troch z nich.



2-9 TsinghuAeolus - architektúra stratégie hráča (prevzaté z [Sklo2004])

Generátor akcií (Action Generator)

Generátor akcií, ako jeho meno naznačuje, vygeneruje akcie, ktoré hráč môže vykonať. Samozrejme, že vygeneruje len zmysluplné akcie, čím uľahčí výber tej najlepšej akcie ďalšími modulmi.

Vyhodnotenie akcií (Evaluator)

Každá vstupná akcia je ohodnotená a je jej priradená určitá priorita. Čím má akcia väčšiu prioritu, tým je jej vykonanie dôležitejšie. Na ohodnotenie akcií prioritami použil tento tím neurónovú sieť.

Sprostredkovateľ (Mediator)

Sprostredkovateľ dostáva množstvo akcií z nižšej vrstvy a každej z nich je priradená určitá priorita. Vstupné akcie sa môžu navzájom vylučovať,

sú konfliktné, alebo akcie sú navzájom kompatibilné, na seba nadväzujú. Úlohou mediátora je nájsť optimálnu kombináciu akcií.

Synchronizácia hráčov

Kľúčom k dosiahnutiu spolupráce je nastoliť zhodu všetkých hráčov. Tento stav možno dosiahnuť spoločnou komunikáciou. Metoda PGP (Partial Global Planning) sa ukázala ako užitočná pri distribuovanom plánovaní. Jednou cestou koordinácie hráčov bez explicitnej komunikácie je dovoliť agentom odhadovať plány iných agentov na základe pozorovania. Toto je spôsob, ktorý je takisto využívaný tímom TsinghuAeolus.

Metóda „Global Planning from Local Perspective“

Aby hráč získal globálne poznatky z individuálnych poznatkov musí syntetizovať a vyhodnotiť správanie ostatných hráčov. Pre tento účel sú zavedené operátory na zlučovanie správania, ktoré vyjadria užitočnosť akcií [DerKop].

Po zadefinovaní individuálnej a globálnej užitočnosti môžeme plánovanie opísať nasledujúcimi piatimi krokmi:

- **Dekompozícia úlohy:** vygenerujú sa podúlohy, ktoré môžu byť vykonané jedným agentom.
- **Generovanie dvojíc podúloha + vykonávateľ:** všetky podúlohy sú pridelené všetkým agentom, ktorí sú schopní ju vykonať. Takúto dvojicu nazývame dohoda.
- **Ohodnotenie dohody:** použijú sa dané ohodnocovacie funkcie na určenie efektívnosti danej podúlohy. Táto hodnota predstavuje individuálnu užitočnosť danej dohody.
- **Generovanie schémy:** Vyberú sa dohody, ktoré budú mať najvyššiu globálnu užitočnosť zo všetkých uskutočniteľných plánov.
- **Pridelenie a vykonanie úlohy:** agenti si vezmú ich vlastné zdieľané podúlohy z vykonávacej množiny a vykonajú ich.

Zhodnotenie

Použitá architektúra hráča čínskeho tímu je navrhnutá tak, že na nižších úrovniach sú použité metódy učenia a na najvyšších úrovniach sú použité analytické metódy. Celkovo má čínsky hráč výbornú schopnosť viesť loptu, ale aj prepracovanú obranu. Zvolený prístup rozhodovania sa každého hráča len na základe vlastného stavu sveta a pozorovaní čiže bez explicitnej komunikácie medzi agentmi sa ukázal ako veľmi výhodné. Dokumentuje to aj fakt, že tím TsinghuAeolus sa v rokoch 2001 a 2002 stal majstrom sveta v súťaži RoboCup. Bohužiaľ kvôli nedostupnosti ich domovskej stránky sme nemohli zhodnotiť nové prístupy, ktoré čínsky tím používal na posledných majstrovstvách sveta.

2.3.3 Tím FC Portugal

Hráčsky tím FC Portugal [FCPort2002] je vyvíjaný spoločným úsilím na Univerzite v Aveiro a Univerzite v Porto (Portugalsko). Projekt sa začal v roku 2000 a tím FC Porto dosiahol významný medzinárodný úspech (Majster Európy 2000, Majster sveta 2000 a ďalšie). V ďalších rokoch sa umiestnil na popredných priečkach.

Výnimočné vlastnosti tímu

Tím používa dôsledne prepracovanú hernú stratégiu. Taktika, používanie dynamických formácií (menia sa v závislosti od priebehu hry), dômyselné rozmiestnenie hráčov na ihrisku v závislosti od herných situácií, premenlivé typové správanie sa hráčov sú základy, na ktorých tím stavia.

Tímová stratégia je založená na rôznych taktikách, ktoré sa skladajú z rôznych formácií použitých v rôznych herných situáciách. Formácia definuje pozíciu každého hráča a jeho správanie sa (rolu). Rola hráča je definovaná na 3 úrovniach:

- strategická úroveň – určuje pozíciu hráča na ihrisku mimo činnej hernej situácie
- správanie sa s loptou – určuje rozhodnutia, ktoré urobí hráč, majúci loptu na kopačkách (strela, prihrávka, dlhá dopredná prihrávka, držanie, driblovanie)
- získavanie lopty – určuje, ako a kedy sa pokúsi hráč získať loptu od súpera.

Jedna z hlavných príčin úspechu tímu je používanie strategickej pozície hráča. Tento mechanizmus je založený na rozlišovaní medzi strategickými a činnými hernými situáciami. Mechanizmus určuje polohu hráča iba na strategickej úrovni. Agent analyzuje hernú situáciu, taktiku a formáciu, ktorá sa používa. Na základe týchto informácií vypočítava svoju strategickú polohu v danej formácii. Táto je ďalej upravovaná na základe polohy lopty, jej rýchlosti, situácie, a role hráča. Hráč sa podľa výpočtu presúva tak, aby mal čo najvýhodnejšiu polohu v danej strategickej situácii.

Analýza kouča tímu FC Portugal

Tím FC Portugal využíva pri svojich zápasoch tzv. kouča, pod čím rozumieme samostatného agenta, analyzujúceho hru svojho aj protivníkovho tímu. Na základe tejto analýzy vytvára strategické odporúčania pre tím ako celok a snaží sa riadiť hru. Kouč používa tzv. COACH UNILANG [FCPort2002], štandardizovaný jazyk kouča, ktorým je možné riadiť RoboCup simulačné tímy.

Architektúra kouča

Jazyk kouča umožňuje riadenie na viacerých úrovniach. Pojem kouč je rozdelený na tzv. kouč asistenta (asistenta) a hlavného kouča (kouča). Asistent má schopnosti analyzovať hru a porozumieť hre protivníka na viacerých úrovniach. Asistent pomáha koučovi – odovzdáva mu získané vysokoúrovňové informácie. Tento agent (asistent) môže pôsobiť samostatne (prvý arch. model kouča) alebo môže byť zahrnutý do kouča (arch. model kouča č. 2). Kouč môže byť zahrnutý do hráčov v prípade, ak od asistenta požaduje iba modelovanie hry súpera a štatistické informácie (arch. model kouča č. 3). V poslednej architektúre (č. 4), (komplexný) kouč nie je samostatný agent, ale je plne zahrnutý do hráča (kouč aj asistent).

Jazyk COACH UNILANG umožňuje riadenie/trénovanie tímu na viacerých úrovniach:

- 1) Inštrukčná – príkazová. Používa sa na prípravu (trénovanie) tímov za pomoci inteligentných hráčov, ktorí hrajú spoločne. Umožňuje vysokoúrovňové tréningy, no nie je veľmi flexibilný, pretože používa pevné futbalové schémy.
- 2) Štatistická + Modelovanie Oponentov. Táto úroveň je určená na pomoc koučovi za účelom tréningu tímu hráčov. Na tejto úrovni pracuje asistent, ktorý počíta štatistické ukazovatele hry (dĺžka držania lopty podľa oblastí, výsledky akcií a iné) a snaží sa modelovať informáciu o protivníkovi.
- 3) Definície + Inštrukcie. Toto je veľmi pružná koučovacia úroveň. Umožňuje koučovi meniť štandardné koncepty hry na nižšej úrovni. Umožňuje vysokoúrovňové aj nízkoúrovňové tréningy.

Jazyk COACH UNILANG je založený na niektorých konceptoch futbalu:

- Oblasti – súvisia s plochami na ihrisku, väčšinou ide o obdĺžniky ale aj body a iné útvary.
- Časové intervaly – súvisia s časovými obdobiami hry (dĺžka trvania intervalov).
- Taktika – umožňuje vysokoúrovňovú konfiguráciu správania sa tímu definovaním útočnej alebo obrannej charakteristiky hry, jej dynamiky, tlaku na protivníka, formácií pre rôzne situácie.
- Formácie – priestorové rozdelenie hráčov na ihrisku.
- Situácie – vysokoúrovňová analýza stavu hry. Typické situácie (obranne, útočne, prechod do útoku, rohový kop, iné).
- Typy hráčov – definuje správanie sa hráčov s loptou a bez lopty.

Požiadavky na jazyk kouča

Návrh tvorcov FC Portugal je kompromisom medzi všeobecnosťou a jednoduchosťou. Je dostatočne všeobecný pre reprezentovanie väčšiny bežných typov koučovacích stratégií, no má jednoduchú syntax a umožňuje koučovanie na viacerých abstraktných úrovniach. Hlavné požiadavky na jazyk sú:

- nezávislý od implementačných detailov a koučovacích stratégií
- jednoduchý, ľahko rozšíriteľný aj o nové koncepty a definície
- súčasné jazyky a stratégie koučovania ľahko vyjadriteľné
- pochopiteľný pre agentov aj ľudských používateľov
- veci nesúvisiace s koučovaním nezahrnuté
- formát všeobecný ale dovoľujúci vyjadrenie koučovacích stratégií na rôznych úrovniach
- sémantika úplne zrozumiteľná, všetky koncepty zrozumiteľné ľuďom so základnými vedomosťami o futbale aj robofutbale
- schopný reprezentácie oblastí, časových intervalov, taktiky, formácií, typov hráčov a situácií
- bežné futbalové oblasti, taktika, formácie, typy hráčov a situácie musia byť zahrnuté v základoch jazyka, nové musia byť ľahko definovateľné
- odolný, s jednoduchou kontrolou správnosti údajov a zotaviteľný zo zvyčajných chýb

Typy správ

Jazyk COACH UNILANG pozostáva zo 4 hlavných typov správ:

- Definícia – umožňuje koučovi definovať koncept (oblasť, časový interval, taktiku, formáciu, situáciu alebo typ hráča)
- Štatistika - umožňuje koučovi oznamovať štatistické info o hre
- Modelovanie protivníka – Tieto správy umožňujú informovať hráčov o charakteristike vlastného alebo cudzieho tímu.
- Inštrukcia - umožňuje koučovi meniť rôzne časti tímovej taktiky (formácie, tlak na protivníka, dynamiku hry, spôsob hry, správanie hráčov)

Každá správa sa skladá z času, identifikátora a jednej alebo niekoľkých nasledujúcich častí. Jazyk používa niekoľko dátových typov, medzi ktoré patrí: celé číslo, množina, kvalitatívna škála (veľmi veľa, veľa, stredne, nízko, veľmi nízko).

Jazyk kouča

Definičné správy

Definičné správy umožňuje koučovi definovať koncepty počas hry. Medzi koncepty patrí oblasť, časový interval, taktika, formácie, situácie alebo typ hráča). Koncepty sú rozlíšiteľné svojím menom, na základe ktorého sú referencovateľné.

Oblasti

Oblasti sú jeden zo základných konceptov. Jazyk CU poskytuje preddefinované oblasti futbalového ihriska a jednoduchý mechanizmus na definovanie nových. Oblasť môže byť definovaná ako jednoduchá oblasť alebo ako zoznam jednoduchých oblastí (zjednotenie). Jednoduché oblasti sú buď preddefinované v jazyku alebo nové, používateľom definované alebo priamo definované. Oblasti je možné definovať použitím bodov, obdĺžnikov, štvoruholníkov, kruhov alebo kruhových výsekov.

Časové intervaly

Čas je veľmi dôležitý koncept, kouč sa analýzou času zaoberá neustále. Jazyk CU [FCPort2002] poskytuje jednoduchý mechanizmus na definíciu časových intervalov. Tieto môžu byť preddefinované (ako všeobecné koncepty futbalu), definované koučom počas hry, alebo definované priamo pri použití. Preddefinované intervaly sú: celá hra, prvý polčas, druhý polčas, nastavený čas, posledných 1000 cyklov a iné. Kouč môže definovať interval začiatčným a koncovým časom alebo dĺžkou trvania.

Taktika

Taktika je najzložitejší koncept futbalu. Pre danú taktiku existujú ďalšie zložité koncepty: formácie, dynamika hry, tímový tlak, spôsob hry, štýl hrania, ofsajdová pasca a iné. V každom okamihu hry používa tím nejakú taktiku. Kouč na základe vyhodnocovania hry a správania sa protivníka môže taktiku meniť. Jazyk CU definuje nasledovné taktiky:

- Mentalita tímu (veľmi útočná, útočná, vyvážená, obranná, veľmi obranná).
- Dynamika hry – zaoberá sa rýchlosťou útočnej a obrannej hry tímu. Veľmi dynamické tímy sa rýchlo pohybujú v každej situácii. Slabo dynamické tímy sa pohybujú pomalšie, viacej rozmýšľajú, kam kopnú loptu, rýchlo utekajú iba keď sa zvýši pravdepodobnosť úspešného zakončenia akcie, inak si šetria energiu.
- Tlak tímu – definuje tlak, ktorý robí tím na loptu a protivníka vo chvíli, keď tím nemá loptu na svojich kopačkách. Vysoký tlak značí, že viacero hráčov doráža na protivníka s loptou, iní uzatvárajú možné smery prihrávania.
- Obsadzovanie oblastí – zaoberá sa využitím oblastí ihriska pri ofenzívnych presunoch.

- Štýl hrania – zaoberá sa spôsobom a možnosťami útočnej a obrannej hry. Štýl definujú akcie, vykonávané hráčmi počas danej hry. Príklady útoku: narážacky – krátke časté prihrávky, alebo dlhé prihrávky dopredu, príklady obrany: zónová, osobná.
- Riziko – riziko, ktorému sa vystavujú hráči pri útočných alebo obranných pohyboch. Pri vyššom riziku sa hráči vystavujú vyššej pravdepodobnosti straty lopty a naopak.
- Ofsajdová taktika – zaoberá sa využívaním ofsajdovej pasce.
- Výmena pozícií – zaoberá sa mierou výmeny vzájomných pozícií spoluhráčmi.
- Formácie – zaoberá sa využívaním rôznych formácií v rôznych situáciách.

Formácie

Formácie opisujú priestorové rozmiestnenie hráčov v rôznych situáciách. Jazyk CU preddefinuje bežné futbalové formácie (4-3-3, 4-4-2, 3-4-3, 2-3-5). Okrem toho definuje vysoko-úrovňové formácie na základe rozdelenia ihriska mriežkou obdĺžnikov o rozmeroch 7x5.

Definícia formácie obsahuje definíciu typu hráča pre každého hráča zúčastňujúceho sa danej formácie. Príklady typov: útočník, stredný obranca, ľavé krídlo atď. Jazyk CU rozdeľuje typy na základe držania lopty: s loptou a bez lopty.

Situácie

Situácie súvisia s vysoko-úrovňovou analýzou hry. Základné situácie sú: útok, obrana, prechod z útoku do obrany, strely na bránu, výkop od brány, gólové strely, výkopy, rohové kopy, voľné kopy.

Typy hráčov a akcie

Typy hráča určujú správanie hráčov s a bez lopty na základe toho, čo sa deje na ihrisku. Aktívny hráč je s loptou, oddychujúci bez lopty.

Jazyk definuje sedem akcií s loptou: strela, prihrávka, dopredná prihrávka, driblovanie, beh s loptou, držanie lopty, kop mimo ihriska.

Jazyk tiež definuje sedem akcií bez lopty: zachytenie lopty, zobrazenie lopty protihráčovi, obsadiť prihrávaciu líniu, obsadiť protihráča, premiestnenie sa k lopte, strategický presun na ihrisku (dodržanie formácie).

Jazyk definuje šesť rôznych výsledkov akcie s loptou: úspech, zachytenie brankárom protivníka, zachytenie vlastným brankárom, lopta mimo ihriska, zachytenie protivníkom, zobrazenie lopty protivníkom.

Výsledky akcie bez lopty: okrem už spomenutých pridáva jazyk dva ďalšie výsledky a to iný náš hráč zobrať loptu (protivníkovi), iný náš hráč zachytil loptu.

Aby kouč definoval hráča, musí mu stanoviť správanie s loptou a bez lopty. Kvalitatívne parametre akcie sú: vzdialenosť, výkonnosť a bezpečnosť akcie.

Jazyk koučovho asistenta

Koučov asistent sa zaoberá zbieraním štatistických údajov a modelovaním oponenta. Informácie odovzdáva koučovi a/alebo hráčom. Modelovanie oponenta pozostáva z viacúrovňovej informácie: sociálna úroveň (informácia o tíme), schopnosti osobného rozhodovania (hráči a brankár), nízko-úrovňové schopnosti, fyzické vlastnosti (rýchlosť, zotaviteľnosť, únava, zotrvačnosť, zrýchlenie, veľkosť, vzdialenosť kopu, presnosť kopu).

Štatistické informácie sa zaoberajú vývojom hry. Zahŕňajú držanie lopty, kopy, výsledky akcií (podľa oblasti, hráčov, intervalu hry), pozície hráčov v hre, gólové strely, asistencie, straty, získania lopty.

Zhmutie jazyka kouča

Jazyk CU umožňuje koučovanie na vysokej úrovni. Na zmenu tímovej stratégie použije kouč inštrukcie – príkazy. Kouč môže zmeniť taktiku úplne od základov, alebo iba jej časti. Môže meniť tímovú mentalitu, dynamiku hry, tlak, využívanie oblastí, štýl hrania, ofsajdovú taktiku, taktiku výmeny pozícií. Môže meniť formácie pre určité situácie. Kouč môže takisto meniť pozíciu individuálneho hráča vo formácii a jeho typové vlastnosti.

Jazyk CU umožňuje vysoko-úrovňové koučovanie robofutbalových tímov. Jazyk CLang, ktorý sa používal na súťaži v roku 2001 a CU boli vyvíjané paralelne a majú spoločné črty. CLang obsahuje niektoré koncepty odvodené z CU a naopak (CLang neobsahuje taktiku). Kouč môže definovať taktiku, formácie a správanie sa hráčov na základe podmienok (oblasti, držanie lopty).

Záver

Hlavnou výhodou tímu FC Portugal bol prepracovaný kouč a využívanie dynamickej zmeny herného štýlu. V kombinácii s prepracovaným správaním hráča to tímu prinieslo medzinárodné úspechy a uznanie. V analýze sme sa preto zamerali hlavne na kouča a jeho prepracovaný spôsob komunikácie s hráčmi pomocou špeciálneho jazyka.

2.3.4 Tím UvA Trilearn

Tím UvA Trilearn vznikol v roku 2001 ako záverečný projekt dvoch študentov na Univerzite v Amsterdame [Kok2001]. Svojho hráča začali vyvíjať úplne od začiatku, bez použitia zdrojových kódov iného hráča. Hráč sa potom postupne vyvíjal a pridávali sa do neho nové vylepšenia. V roku 2002 pridali viaceré zlepšenia, ako zlepšené určovanie polohy objektov na ihrisku a prioritno-dôveryhodný výber akcií [Kok2002]. V roku 2003 potom ešte do hráča pribudli vylepšené algoritmy na zachytávanie prihrávkov, využívanie prihrávkov a koordináciu akcií hráčov [Kok2003].

Architektúra hráča

V návrhu architektúry sa rozhodli rozdeliť hráča na tri thready (vnímanie, rozhodovanie, konanie). Týmto chceli dosiahnuť, aby ich hráč strávil čo najmenej času len čakaním na informácie od servera. Architektúru hráča rozdelili na tri vrstvy. V spodnej vrstve sa nachádzajú thready, ktoré majú na starosti vnímanie a konanie. Nad touto vrstvou sa nachádza *Skills Layer*, ktorá implementuje rôzne schopnosti hráča. Najvyššia vrstva, *Contol Layer* potom vyberá najlepšiu možnú akciu z tých, ktoré mu ponúka predchádzajúca vrstva.

Model sveta

Model sveta každého hráča je založený na pravdepodobnostných odhadoch, ktoré vychádzajú zo známych informácií (pozícia a rýchlosť) o objektoch na ihrisku. Model sveta hráča sa upraví v okamihu, keď hráč získa nové informácie. Dôveryhodnosť získaných informácií o objekte postupne klesá v každom cykle podľa toho, ako dlho nedostal nové vizuálne informácie.

Hráči medzi sebou komunikujú, aby si vymieňali informácie o stave svojho vnútorného sveta. Na základe takejto výmeny informácií si potom uchovávajú aktuálne informácie aj o stave hráčov, ktorých ani vôbec nevidia. Hráč, ktorý má dobrý rozhľad o dianí na ihrisku, pošle zvukovú informáciu ku svojim spoluhráčom, ktorý si na základe získanej informácie upraví svoj vnútorný model.

Synchronizácia

Aby mohla byť akcia, ktorá bola odoslaná na server vykonaná ešte v tom istom simulačnom cykle, je potrebné aby bola odoslaná na server do určitého okamihu simulačného cyklu. Optimálny čas, kedy sa má akcia odoslať na server závisí od času získania rôznych informácií počas simulačného cyklu a preto sa mení každý cyklus.

Taktiež používajú ochranu pred tým, že sa budú na serveri nachádzať dve akcie na vykonanie, z ktorých sa potom vyberie len jedna náhodne. Ak totiž odošlú na server požiadavku na vykonanie akcie, tak hráč kontroluje, či server vykonal akciu. Ak nie tak v ďalšom cykle už požiadavku na akciu neodošle, aby nedošlo ku konfliktu viacerých požadovaných akcií na serveri.

Strely na bránu

Algoritmus striel na bránu, ktorý využíva hráč sa skladá z dvoch častí. Najskôr sa určí pravdepodobnosť, že strela skončí v bránke pri vystrelení z konkrétneho miesta na konkrétne miesto v bránke. Druhou časťou algoritmu je potom určiť pravdepodobnosť, že brankár zachytí strelu z daného miesta na bránku.

Tímová stratégia

Základnou stratégiou je používanie rýchlych prihrávok, pričom preferujú prihrávky, ktoré dostávajú loptu bližšie k súperovej bránke. Ďalšou možnosťou, ktorú hráč využíva, je posielanie prihrávok na krídla útoku, odkiaľ môžu potom útočníci viacej ohrozovať bránu a môžu ľahšie zmiast obranu.

Počiatočná formácia, s ktorou nastupujú na zápas je 4-3-3. V tejto formácii si vyberá hráč svoju aktuálnu pozíciu na základe svojej domovskej polohy a miesta, kde sa momentálne lopta nachádza.

Prioritno-dôveryhodný výber akcií

V tomto modeli výberu akcií sú jednotlivé akcie, ktoré môže hráč vykonať, porovnané pomocou miery dôveryhodnosti. Táto sa skladá z hodnoty významu (priority) akcie v kombinácii so splnením a priority daných podmienok akcie (dôveryhodnosť akcie). Vyberie sa tá akcia, ktorá má najväčšiu mieru dôveryhodnosti. Výhodou tohto modelu je hlavne to, že sa v každom okamihu rozhodovania berú vždy do úvahy všetky možné akcie, nie len tie, ktoré boli určené pre danú situáciu. Toto umožňuje flexibilnejšie správanie sa hráča.

Zachytávanie prihrávok

Zachytávanie prihrávok je jednou z najčastejšie používaných schopností všetkých typov hráčov. Na určenie miesta, v ktorom sa má hráč pokúsiť zachytiť loptu využíval ich hráč efektívny numerický algoritmus. Tento algoritmus sa snaží obmedziť vplyv šumu na výpočet miesta, v ktorom môže hráč dobehnúť loptu. Algoritmus, ktorý využívajú sa taktiež snaží zahrnúť do výpočtov aj možnosti, že súperov hráč dobehne loptu skôr.

Využívanie prihrávok

Pri zisťovaní trajektórie na prihrávky používajú rovnaký algoritmus ako pri zachytávaní lôpt. Uvažujú miesta v dráhe lopty, kde môže zachytiť loptu spoluhráč a miesta, kde by mohol zachytiť loptu súper. Z možných trajektórií lopty potom vyberú tú, ktorú zachytí spoluhráč bez toho aby sa musel otáčať smerom k prihrávke a takú, ktorá maximalizuje počet cyklov medzi zachytením lopty spoluhráčom a napadnutím hráča najrýchlejším súperom.

2.4 Zhodnotenie analýzy

Cieľom analýzy bolo oboznámiť sa s problematikou implementácie umelej inteligencie agentov robotického futbalu a rozhodnúť sa, v práci ktorého minuloročného tímu budeme pokračovať.

Pri analýze svetových tímov sme sa oboznámili s niektorými pokrokovými myšlienkami a postupmi, ktoré používajú tieto tímy vo svojich hráčoch. Hráči týchto tímov nám môžu poslúžiť ako zaujímavá inšpirácia pri tvorbe vlastného tímu.

Cieľom analýzy domácich tímov bolo oboznámiť sa s vlastnosťami domácich hráčov a s postupmi, ktoré boli použité pri ich tvorbe. Na základe tejto analýzy bolo potrebné vybrať si tím, v ktorého práci budeme pokračovať. V nasledujúcej časti sú zhrnuté výhody a nevýhody oboch kandidátov.

2.4.1 Výhody a nevýhody tímu L.A.S.T. United

Výhody:

- zisťovanie situácie na ihrisku s odhadovaním pozícií hráčov, ktorých hráč nemôže vidieť
- komunikácia hráčov pomocou spojára
- využitie nových príkazov *PointTo* a *AttentionTo*
- dobre navrhnutá architektúra umožňujúca jednoduché pridávanie plánov a nacvičených signálov

Nevýhody:

- nutnosť štúdia jazyka Lua
- slabo implementovaný brankár a kouč
- nedotiahnutie niektorých navrhnutých myšlienok z dôvodu nedostatku času
- málo prehľadný zdrojový kód

2.4.2 Výhody a nevýhody tímu Sklo

Výhody:

- silná obrana
- taktiky hráčov
- rozoznávajúce vlastností vhodných na odhadovanie heterotypov súpera
- vylepšená komunikácia

Nevýhody:

- slabý útok
- statická formácia
- neprehľadný zdrojový kód

2.4.3 Záver

Na základe porovnania oboch minuloročných tímov sme sa rozhodli pokračovať v práci tímu Sklo.

Pri rozhodovaní sme brali do úvahy niekoľko aspektov. U tímu Sklo zavážila najmä dokonale prepracovaná obrana, ktorá bola jednou z hlavných príčin relatívneho úspechu tímu Sklo na minuloročnom turnaji. Naopak, tím L.A.S.T. United bol novým riešením a množstvo vecí nebolo doriešených do prijateľnej podoby. K rozhodnutiu nepokračovať v tíme L.A.S.T. United prispel istou mierou aj zvolený jazyk Lua.

U hráča tímu Sklo vidíme obrovský potenciál v aplikovaní dynamickej zmeny formácii a v posilnení útočnej hry ako aj celkového chovania hráčov. Myslíme si, že implementáciou nami navrhnutých vylepšení dokážeme z hráčov tímu Sklo vytvoriť dokonalejší a konkurencieschopnejší tím.

3 ŠPECIFIKÁCIA

3.1 Zvuková komunikácia hráčov

Úlohou zvukovej komunikácie medzi hráčmi je vzájomná koordinácia akcií a stratégií. Existuje možnosť vôbec nevyužívať zvukovú komunikáciu (ako napr. tím TsinghuAeolus), pre kvalitu hry väčšiny tímov však bolo jej využívanie vo všeobecnosti vždy prínosom.

Snažiac sa priblížiť reálnemu futbalu, aj zvuková komunikácia je viac menej analógiou k pokrikom medzi živými futbalistami. Dĺžka správy je stanovená na 10 bajtov a preto sú pokriky obmedzené len na krátke správy. Navyše je stanovených niekoľko obmedzení pre ich počúvanie.

Základ zvukovej komunikácie nášho tímu bude prebratý z tímu Sklo, ktorého futbalový tím sme sa rozhodli rozširovať. Tím Sklo rozlišoval tzv. bežné a urgentné správy. Kým v kričaní bežných správ sa hráči striedali a oznamovali nimi ostatným svoj vnútorný svet (svoju polohu a rýchlosť), urgentnými správami oznamovali hráči ostatným dôležité skutočnosti.

Nakoľko si myslíme, že komunikáciu pomocou spomínaných urgentných správ mal tím Sklo navrhnutú aj implementovanú logicky a na použiteľnej úrovni, našou snahou nebude od základov prepracovávať komunikačnú časť. Naopak, na existujúcom riešení budeme stavať – okrem implementovaných správ *Za tebou*, *Prihraj*, *Chytaj*, *Mám* chceme komunikáciu rozšíriť o ďalšie správy. A to správy na koordináciu obrancov pri ofsajdovej pasci, správu *Pokry* hlavne na zamedzenie krížnych prihrávok súpera, prípadne ďalšie. Tím Sklo implementoval aj správy *Pusti* a *Bež*, tieto však neboli v ich hráčovi používané. Chceme ich prepracovať (najmä použitie správy *Pusti*) a využiť v našom hráčovi.

Chceli by sme využiť aj prednostné počúvanie konkrétneho hráča (*AttentionTo*). Využívanie *AttentionTo* bolo zaujímavé riešenie v tíme L.A.S.T. United takzvaným „spojárom“. Chceme prebrať niekoľko myšlienok tohto prístupu.

3.2 Vizuálna informácia

Vizuálna informácia je pre hráča jednou z najdôležitejších informácií, ktoré mu pomáhajú viesť hru a rozhodovať sa v hre. Základom získavania vizuálnej informácie je tzv. pohľad. Hráč vníma svet cez pohľad s definovanou vzdialenosťou a šírkou (uhlom) vnímania informácie. Medzi vzdialenosťou a uhlom vnímania je vnútorná závislosť. Čím bližšie sa hráč pozerá, tým užší pohľad sveta získava a naopak. Ďalšou vlastnosťou pohľadu je frekvencia získavania vizuálnej informácie. Keď sa hráč pozerá širokým uhlom pohľadu, frekvencia obnovovania vizuálnej informácie je nízka. Pri úzkom pohľade dostáva hráč informáciu o svete častejšie. Okrem tohto môže hráč ovplyvňovať vizuálnu informáciu otáčaním hlavy.

3.3 Brankár

Brankár tímu Sklo pochádza z pôvodného brankára tímu Stjupit Dox, ktorý bol ich najväčšou zbraňou. Vďaka nemu patrili tieto tímy k tým, čo dostávali na rôznych turnajoch najmenší počet gólov.

Pre brankára je dôležité, aby mal neustále v dohľade loptu. Preto má v sebe brankár implementovanú schopnosť pohybu dozadu. Taktiež je dôležité aby mal brankár prehľad o celom dianí v okolí bránky a nie len o jednom hráčovi, ktorý má práve loptu, preto je potrebné aby brankár využíval čo najviac široký uhol pohľadu.

3.4 Kouč

Kouč je jediný člen tímu počas zápasu, ktorý má vždy prehľad o celom dianí na ihrisku. Na rozdiel od hráča vidí v každom okamihu informácie o všetkých objektoch, o ich polohe a smere natočenia na ihrisku a taktiež počuje celú komunikáciu odohrávajúcu sa na ihrisku na akúkoľvek vzdialenosť.

Hlavnou úlohou kouča, je podobne ako v reálnom futbalovom tíme, pomáhať hráčom z „lavičky“. Vzhľadom na to, že má informácie o celom dianí na ihrisku, je vhodné ho použiť na rôzne strategické rozhodnutia v hre svojho tímu (ako napríklad, či je vhodné použiť ofsajdovú pascu).

Kouč už od začiatku stretnutia bude sledovať rôzne charakteristiky tímu. Bude si zaznamenávať štatistické údaje o držaní lopty, o tom, kde sa odohráva väčšia časť zápasu. Bude sa snažiť odhaliť rôzne typické stratégie, ktoré používa súper pri svojej hre.

Kouč bude taktiež rozhodovať o tom aká formácia sa použije na začiatku stretnutia, na základe poskytnutých heterotypov. Taktiež bude

vyberať jednotlivé heterotypy na pozície vo formácii. Na základe analýzy poskytnutých heterotypov postaví rýchlejších hráčov do útoku. Hráčov, ktorí majú veľký dosah na loptu zasa umiestni do obrany.

Počas hry bude vykonávať rôzne drobné, prípadne aj väčšie úpravy vo formácii, tak aby sa dosiahol optimálny výkon tímu voči súperovi. Na základe informácií o energetických zásobách hráčov a ich efektívnosti bude tiež striedať jednotlivé heterotypy.

3.5 Ofsajdová pasca

Pod pojmom ofsajd rozumieme vo futbale situáciu, kedy je hráč bližšie k bránkovej čiare súpera ako lopta a predposledný protivník. Za ofsajd sa nepovažuje situácia, pokiaľ sa hráč nachádza na vlastnej polovici ihriska, pokiaľ sa nachádza na rovnakej úrovni ako predposledný protivník alebo ak sa nachádza na rovnakej úrovni ako poslední dvaja protivníci. Ofsajd je odpískaný len v prípade, ak sa k takto umiestnenému hráčovi dostane lopta, pričom v čase prihrávky sa nachádzal už v ofsajdovej pozícii. Špeciálnymi prípadmi, v ktorých nie je odpískaný ofsajd, aj napriek tomu, že sa hráč nachádza v ofsajdovej pozícii, sú situácie, kedy hráč získa loptu priamo po výkope brankára, po vhadzovaní alebo po rohovom kope. Akonáhle sa však dotkne lopty, začína platiť normálne ofsajdové pravidlo. Pri priamych kopoch platí ofsajdové pravidlo bezo zmien.

Chceme naučiť našich obrancov, aby vedome začali používať ofsajdovú pascu a tým znepríjemnili súperovým útočníkom prechod do našej šestnástky. Pomocou ofsajdovej pasce dokážeme vylepšiť obrannú hru a eliminovať najmä vysunutých útočníkov, ktorí čakajú na brejkovú prihrávku hlboko v našom obrannom pásme. Aby však bola ofsajdová pasca dostatočne účinná, musíme zabezpečiť, aby obrancovia spolu komunikovali a aby sa presúvali do takých pozícií, v ktorých bude odpískaný ofsajd. Keďže sme sa rozhodli, že ako spojára, ktorý bude riadiť obranu použijeme brankára, bude brankár práve tou osobou, ktorá bude riadiť a synchronizovať používanie ofsajdovej pasce. Hráči a brankár si budú informácie týkajúce sa ofsajdovej pasce kričať.

Pri používaní ofsajdovej pasce si treba dávať pozor, aby sa pasca používala správnym spôsobom a len v takých prípadoch, kedy máme dostatočnú istotu, že bude fungovať. Väčšina útočníkov sú totiž rýchle heterotypy, a tak by mohla nastať situácia, kedy sa súperov útočník pri zistení, že je v ofsajde, vráti dozadu, počká na prihrávku, rozbehne sa smerom k našej bránke a vďaka svojej rýchlosti predbehne našich obrancov. Takéto prípady končia väčšinou tým, že útočník ide sám na brankára a je dosť veľká pravdepodobnosť, že strelí gól. Preto je dôležité používať ofsajdovú pascu len od určitej vzdialenosti od našej brány. Vďaka tomu stále existuje šanca napraviť chybu, ktorá vznikla nesprávnym použitím pasce.

Ako už bolo vyššie spomenuté, pre správne používanie ofsajdovej pasce je potrebné zabezpečiť vzájomnú synchronizáciu všetkých obrancov. V opačnom prípade sa môže obranná hra ešte viac zhoršiť, následkom čoho by sme súperovým útočníkom uľahčili prieniky do našej šestnástky. Preto je dôležité umožniť regulovať používanie ofsajdovej pasce aj z globálneho hľadiska pomocou kouča. Kouč tak môže na základe vývoja hry a na základe poznatkov z úspešnosti používania ofsajdovej pasce počas zápasu určiť, či sa má pasca naďalej používať. Druhou úrovňou ochrany správnosti používania ofsajdovej pasce je viacstupňové vyhodnocovanie situácie na ihrisku. Do tohto procesu sa zapájajú jednotliví obrancovia a brankár. Brankár má totiž prehľad o väčšej ploche ihriska ako obrancovia. Tým pádom disponuje väčším množstvom informácií, na základe ktorých dokáže rozhodnúť o správnosti použitia ofsajdovej pasce.

Ofsajdová pasca je dvojsečná zbraň, ktorá môže niekedy narobiť viac škody ako úžitku. Pokiaľ však s jej pomocou zabránime aspoň jednému úniku súpera, mala zmysel. Otázne však zostáva, koľko gólov vďaka nej na oplátku dostaneme.

3.6 Strategické plánovanie

Našou snahou je vytvoriť kompaktné mužstvo, ktorého cieľom je tak, ako v reálnom športe poraziť súpera. Okrem individuálnych schopností jednotlivých hráčov je potrebné rozvíjať aj strategické plánovanie a všeobecnú taktiku mužstva ako celku. Pretože tak, ako v reálnom športe, zápasy vyhráva tím a nie jednotlivci.

Základná taktika mužstva sa odvíja predovšetkým od formácie, v ktorej hrá mužstvo. Pomocou formácie a v nej konkrétneho rozostavenia hráčov vieme nadefinovať a modifikovať spôsob hry celého mužstva. Môžeme tak napríklad meniť celkové správanie mužstva na obranné alebo útočné.

Ďalším prvkom strategického plánovania je striedanie hráčov. Vďaka tomu môžeme mierne upraviť manažment energie hráčov v druhom polčase, čím zlepšime ich celkovú výkonnosť. Tým dokážeme využiť potenciál hráčov na maximum a tak hrať naplno počas celého zápasu.

3.6.1 Dynamická zmena formácie

Veľmi vhodnou vlastnosťou tímu je dynamická zmena formácií počas zápasu. Mužstvo tak môže meniť spôsob hry v závislosti od aktuálnej situácie na ihrisku.

Kouč počas zápasu sleduje niekoľko parametrov a štatistík a na ich základe potom rozhodne, či zmení formáciu. Kouč tak môže s ohľadom na vývoj zápasu posilniť obranu alebo útok. Vďaka tomu sa môže tímu podať zvrátiť nepriaznivý stav zápasu.

Rozhodovanie o tom, ako zmeniť formáciu však nemusí byť až také jednoznačné. Ako príklad môžeme uviesť situáciu, kedy inkasujeme veľa gólov a hra sa odohráva väčšinou v našom obrannom a strednom pásme. V takomto prípade je logickým krokom posilnenie útoku. Toto rozhodnutie však môže viesť k situácii, kedy vďaka preriedenej obrane inkasujeme ešte viac gólov. Kouč preto musí sledovať parametre pre každú použitú formáciu zvlášť, pričom musí odhadnúť či je nová formácia lepšia ako predchádzajúca.

3.6.2 Striedanie

Keďže hráči majú obmedzené množstvo energie, je rozumné vytvoriť stratégiu striedania. To znamená, že hráčom upravíme manažment energie tak, aby s ňou menej šetрили, pričom ak takýto hráč minie energiu, vystriedame ho. Táto taktika umožní hráčom, aby využívali podstatne viac svojich schopností a hrali počas doby, ktorú strávia na ihrisku na plný výkon. Tým je možné posilniť útočnú silu aj v neskorších fázach zápasu, kedy sú útočníci unavení natoľko, že nemôžu hrať tak, ako by potrebovali.

So striedaním hráčov však súvisí jeden problém. Server na začiatku vygeneruje 6 rôznych heterotypov, pričom z každého heterotypu môžeme použiť maximálne troch hráčov. Tu vyvstáva otázka, či nie je lepšie niektoré heterotypy použiť hneď od začiatku zápasu alebo si niektorý z nich ponechať v zálohe tak, aby mohol neskôr počas zápasu vystriedať unaveného hráča. Na druhej strane, aj horší, ale čerstvý hráč je lepší ako unavený hráč s maximálnymi hodnotami rýchlosti a zrýchlenia. Ako prijateľnejšie riešenie sa javí použitie rýchlych heterotypov hneď od začiatku zápasu a ich prípadné vystriedanie v polovici druhého polčasu.

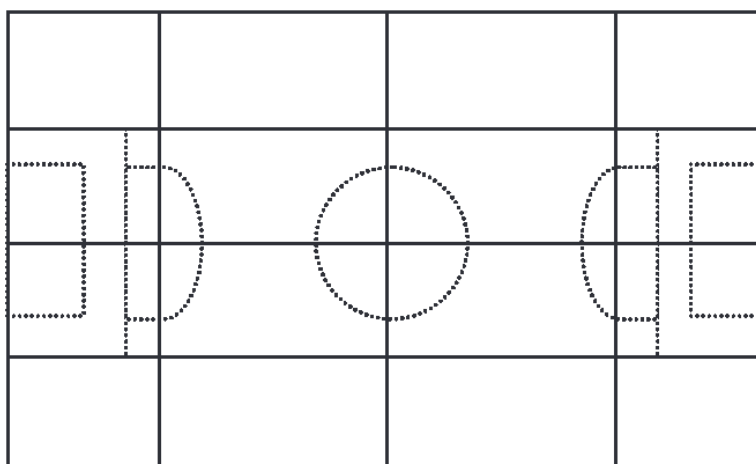
Keďže na začiatku zápasu a po prvom polčase majú hráči obnovenú energiu, najvhodnejší čas pre striedanie je v druhej polovici polčasu. Na druhej strane, aby bolo striedanie dostatočne účinné a prinieslo do hry želaný efekt, nemá význam striedať hráčov tesne pred koncom polčasu, ale zhruba v polovici. Ďalej treba brať do úvahy fakt, že ak v prvom polčase vystriedame rýchleho útočníka, prichádzame tým o možnosť využiť jeho prednosti v druhom polčase, kedy by mal na začiatku doplnenú energiu. Z toho dôvodu je rozumné vytvoriť pre hráča dve verzie manažmentu energie. Prvá verzia by sa používala v prvom polčase a druhá v druhom. Dva spôsoby manažmentu energie by mohli využívať najmä útočníci, nakoľko ostatní hráči nemiňajú až toľko energie a nie sú až tak kľúčoví pre výhru v zápase.

V prvom polčase nebudeme striedať žiadneho hráča. Krajným prípadom je len situácia, ak sa energia niektorého hráča dostane pod hraničnú hodnotu a do konca polčasu zostáva veľa času. V druhom polčase začnú vybrať hráči používať druhú verziu manažmentu energie. To znamená, že s ňou začnú menej šetriť a hrať viac na plný výkon. Používanie energie treba naplánovať tak, aby sa minula približne v polovici polčasu. Takýchto hráčov potom vystriedame za nových. Striedať sa bude počas prerušení v zápase.

3.7 Rozdelenie ihriska na zóny

3.7.1 Tím Sklo

Tím sklo do logiky ovládajúcej hráča zakomponoval rozdelenie ihriska na jednotlivé zóny. Rozdelenie však bolo spravené dosť umelo a symetricky a nezohľadňovalo reálne rozdelenie futbalového ihriska. Rozdelenie ihriska tak ako ho realizoval tím Sklo môžeme vidieť na nasledovnom obrázku.



3-1 Rozdelenie ihriska na zóny u tímu Sklo [Sklo2004]

Toto rozdelenie by možno mohol využiť kouč na štatistické vyhodnocovanie, ale nie je vhodné pre definovanie správania sa hráčov v jednotlivých zónach. Rovnako je obtiažne definovať, kedy sa začína útočná a kedy obranná fáza hry. Stredové sektory sú príliš rozťahnuté a definícia správania sa hráča potom musí vychádzať iba z jeho postu (útočník, obranca, záložník).

3.7.2 Upravené rozdelenie ihriska

Rozdelenie ihriska je potrebné zásadným spôsobom modifikovať pri súčasnom zohľadnení potreby definovania správania sa hráčov v jednotlivých zónach. Treba rozšíriť nebezpečný priestor pred brámkou do strán aby boli pokryté aj pozície, z ktorých sa ľahko centruje. Ak sa lopta nachádza vo vnútri nebezpečnej zóny a hrozí jej strate, obranca musí loptu odkopnúť von zo šestnástky aj za cenu toho, že loptu zachytí súper. Pokiaľ bude mať obranca v nebezpečnej zóne možnosť rozohrať loptu na spoluhráča, musí tak urobiť dostatočne rýchlo, aby sa minimalizovala možnosť straty lopty. Z dôvodu zamedzenia krížnych prihrávk je nutné stredovú zónu rozčleniť na zónu predsunutej obrany a na zálohu. Predsunutá obrana sa bude starať o nabiehajúcich hráčov súpera, ktorým by mohla byť adresovaná krížna prihrávka.

Delenie zóny kontrolovanej záložníkmi stredovou čiarou na ihrisku treba prehodnotiť, pretože fakt, že sa hra odohráva kúsok za stredovou čiarou,

či už v útočnom alebo obrannom pásme, ešte nemusí znamenať zmenu správania hráča. Zóny pri rohových zástavkách je tiež nutné zmeniť, pretože by sa v nich výhodne dalo použiť vytlačenie protihráča s loptou mimo pozície výhodnej na prihrávku. Takto zatlačený hráč je nútený konať v časovom strese a môže sa ľahko dopustiť chyby.

Z dôvodu vylepšenia nedostatočne účinného útoku je potrebné rozvinúť hru po krídlach. Rozdelenie ihriska v útočnej polovici nemusí nevyhnutne kopírovať rozdelenie v obrannej polovici. Výhodné by bolo asymetrické riešenie rozdelenia, ktoré by maximalizovalo rozťahnutie súperovho obranného valu po celej šírke ihriska.

3.8 Správanie hráča

Správanie hráča musí zohľadňovať to, v ktorej zóne sa hráč práve nachádza a zároveň musí spĺňať úlohy svojho postu. Obranca musí brániť, keď sa lopta nachádza v blízkosti jeho bránky a zabezpečovať súperových útočníkov. V prípade, že sa hra odohráva v útočnej zóne, môže sa obranca vysúvať viac dopredu a ak to situácia dovolí, môže sa pokúsiť aj o únik po krídle. Stále však musí pamätať na svoje obranné úlohy. Podobne je to so záložníkom a útočníkom. Ich správanie sa tiež musí meniť podľa toho, v ktorej zóne sa nachádza lopta a samotný hráč. Správanie sa hráča bez lopty a s loptou sa musí tiež líšiť.

3.8.1 Správanie sa hráča s loptou

V útočnej fáze hry sa hráč s loptou v prvom rade musí snažiť o strelenie gólu. Ak to situácia na ihrisku neumožňuje, snaží sa loptu čo najlepšie prihrať spoluhráčovi. Spoluhráča si musí vybrať podľa toho, na akej výhodnej pozícii stojí a prihrávať tomu spoluhráčovi, ktorý má najlepšiu pozíciu na strelbu.

Ak sa hra odohráva v strednom pásme, hráč s loptou sa musí pokúšať dostať loptu bližšie ku súperovej bráne. Môže tak urobiť prihrávkou alebo vedením lopty (driblovaním). V strednom pásme je ale hlavnou úlohou hráča loptu nestratiť a preto si vyberá na prihrávku takého spoluhráča, u ktorého je riziko straty lopty po prihrávke čo najmenšie. Ak je priestor v okolí hráča s loptou prehustený, môže voliť prihrávku do priestoru, kde predpokladá, že loptu zachytí spoluhráč.

Ak má hráč loptu a hra sa odohráva v obrannom pásme, je potrebné loptu dostať do bezpečia. Strata lopty v šestnástke by znamenala veľké nebezpečenstvo inkasovania gólu. Preto ak niečo také hrozí a hráč nemá komu prihrať, môže zvoliť oslobodzujúci odkop do autu alebo loptu kopnúť čo najsilnejšie dopredu tak, aby ju nezachytil žiadny súper v jeho okolí.

3.8.2 Správanie sa hráča bez lopty

Pokiaľ hráč nemá loptu a hra sa neodohráva v jeho bezprostrednej blízkosti, šetrí si energiu a snaží sa postaviť do takej pozície, aby mu spoluhráč mohol prihrať.

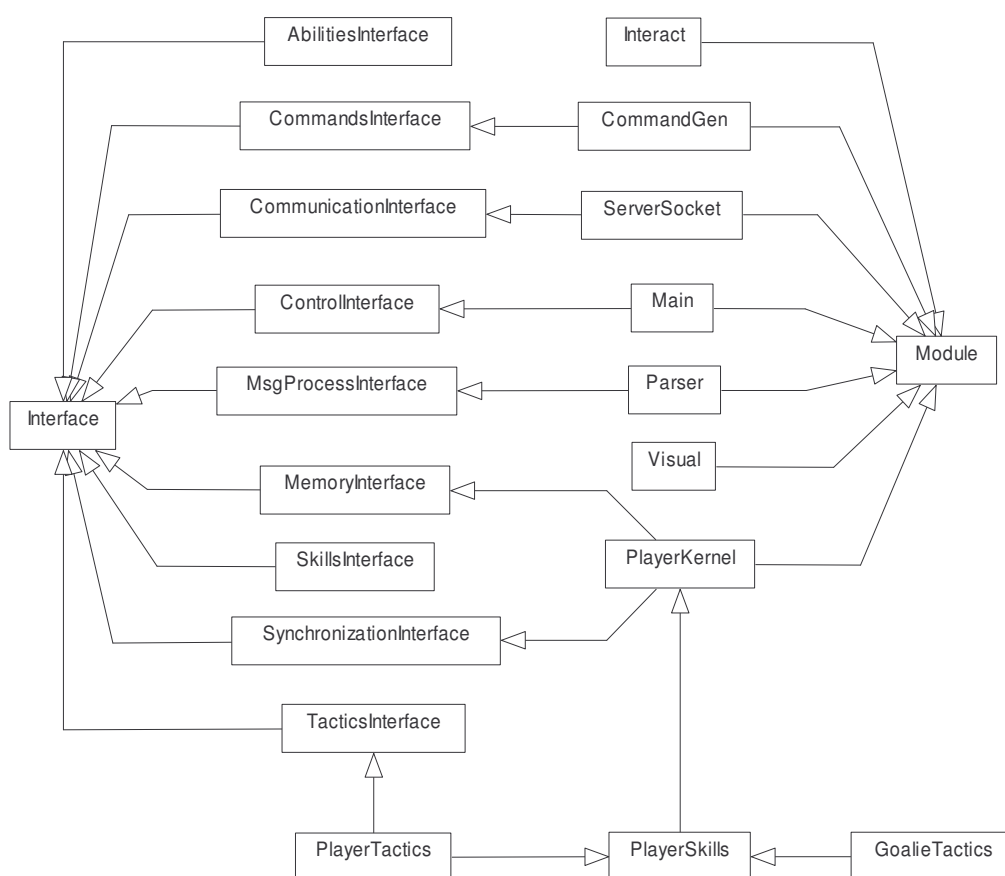
Pri prechode do útoku sa musí presúvať aj hráč bez lopty a podľa zóny, v ktorej sa nachádza zmeniť svoje správanie. Ak sa obranca nachádza už na polovici súpera a lopta je v súperovej šestnástke, pohybuje sa vo vyhradenej zóne a stráži súperových útočníkov, ktorí by mohli dostať rýchlu prihrávku. Záloha sa v útočnej fáze musí snažiť rozťahnúť hru čo najviac do šírky a stavať sa tak, aby útočník mohol prihrať dozadu, ak by hrozila strata lopty. Útočníci by mohli využívať úniky po krídlach a krížne prihrávky na stredového útočníka. Často sa podarí zmiast' obranu súpera dobrým rozostavením útočiacich hráčov bez lopty.

Pri prechode do obrany sa musia sťahovať aj záložníci a útočníci. Úlohou zálohy v obrannej fáze je snažiť sa zachytiť rozohrávku súpera a zabrániť súperovým záložníkom v nabiehaní pred šestnástku. Útočníci sa môžu pohybovať na hranici ofsajdu a čakať na rýchle vysunutie prihrávkou z hĺbky obranného poľa. Obrancovia sa starajú o čistenie priestoru pred bránou a svojim rozostavením bránia súperovi preniknúť do šestnástky.

4 HRUBÝ NÁVRH

4.1 Architektúra hráča

Keďže ako základ pre našu prácu sme si zobrali výsledok práce tímu Sklo, prebrali sme od nich aj architektúru ich hráča. Táto architektúra sa osvedčila už viac rokov po sebe, pretože ju predtým ešte využíval aj tím StjupitDox (a ešte pred tým aj tím Roztoče). Preto sme sa rozhodli nerobiť v už čase overenej architektúre hráča žiadne radikálne zmeny.



4-1 Architektúra hráča

4.2 Zvuková komunikácia hráčov

Základom zvukovej komunikácie je riešenie tímu Sklo s niekoľkými úpravami. Riešenie kódovania správy (pozícií a vektorov) chceme ponechať nezmenené. Aj rozdelenie správ na bežné a urgentné mienime pravdepodobne ponechať. Väčší dôraz budeme klásť však na urgentné správy, ktoré chceme doplniť a modifikovať.

Navrhujeme používať nasledovné urgentné správy s uvedenými zmenami:

4.2.1 Správa „Za tebou“

Táto správa je už implementovaná predchádzajúcim tímom na dostatočnej úrovni. Správa slúži na upozornenie hráča s loptou, že ho napáda súper zozadu, kde ho nevidí. Súčasťou správy je absolútna pozícia súpera na ihrisku, jeho rýchlosť a číslo.

Aktuálne riešenie je, že hráč kričí túto správu vtedy, ak je menej ako 10 metrov od lopty a pri cieľovom hráčovi je v okolí do 5 metrov súper. Zvážime prípadnú zmenu týchto parametrov. Návrh konkrétnej zmeny však nie je možné určiť skôr ako vo fáze implementácie (a následného testovania alternatív), keď budeme vedieť zhodnotiť praktický dosah týchto zmien na kvalitu hráča.

4.2.2 Správa „Prihraj“

Pomocou tejto správy si hráč pýta prihrávku, pokiaľ je vo výhodnej pozícii. V správe je zakódovaná poloha, kde chce hráč loptu spracovať.

Túto správu hráč vysiela vtedy ak je v tzv. výhodnej pozícii na prihrávku, za ktorú sa aktuálne považuje stav, keď je hráč v blízkosti lopty do 10 metrov a súper sa nenachádza bližšie ako 7 metrov. Toto by sme však chceli zmeniť. Vzhľadom na to, že budeme mať hracie pole rozdelené na zóny, bude hráč svoju potrebu prihrávky prispôbovať aj aktuálnej zóne, v ktorej sa nachádza. Napríklad, hráč bude mať iné kritérium na to, že chce prijať prihrávku, keď je pred brámkou a iné keď je v pozícii, ktorá nie je prioritná pre postup dopredu.

4.2.3 Správa „Chytaj“

Správou hráč upozorní spoluhráča na prihrávku (súčasťou správy je pozícia, kde má spoluhráč prihrávku očakávať).

V tejto správe neplánujeme vykonať výrazné zmeny.

4.2.4 Správa „Mám“

Hráč správou oznamuje ostatným, že má loptu (periodicky v každom cykle). V správe je aktuálna pozícia a rýchlosť lopty.

Táto správa sa stane dôležitejšou z dôvodu, že na základe nej útočníci nastavujú prednostné počúvanie na hráča s loptou (popísané nižšie).

4.2.5 Prednostné počúvanie – AttentionTo

Tím L.A.S.T. United mal špeciálneho hráča, tzv. „spojára“, ktorý sprostredkúval správy medzi hráčmi. Hráči mali naňho nastavené prednostné počúvanie (AttentionTo), ktoré je počuteľné až do 50 metrov. Informácia príde hráčom oneskorená o jeden takt.

My chceme využiť trochu odlišný, ale podobný prístup. Vychádzame pri tom z úvahy, že pre útočníkov je kľúčovým hráčom, ktorý má najlepšie predpoklady pre určenie optimálnej hry, práve hráč s loptou. Naopak, pri obrannej hre, má najlepšie informácie brankár, pretože má väčšinou nastavený širší zorný uhol. Preto budú mať útočníci nastavené prednostné počúvanie na hráča s loptou a obrancovia budú prednostne počúvať brankára.

4.2.6 Správy „Ofsajdová pasca“, „Odvolanie ofsajdovej pasce“

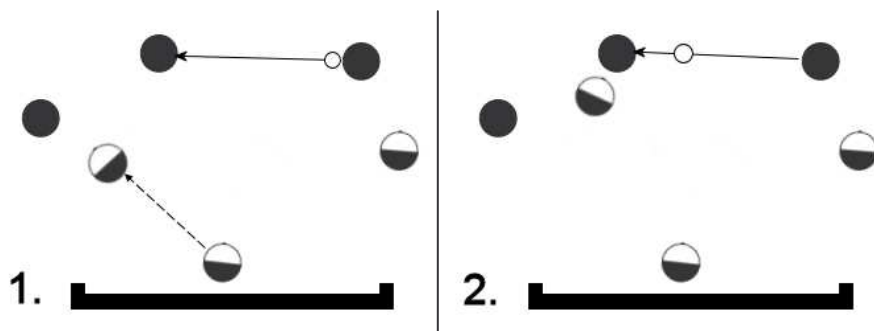
V súvislosti so zavedením stratégie ofsajdovej pasce je dôležité zosynchronizovať správanie sa obrancov. Nie je vhodné, aby o výhodnosti ofsajdovej pasce rozhodovali hráči úplne autonómne, pretože väčšinou nemajú dostatočný prehľad o celkovej situácii.

Preto je potrebné zaviesť správu *Ofsajdová pasca*, ktorú vyhlási obranca vtedy, ak po vyhodnotení situácie rozhodne, že je vhodné využiť túto stratégiu. Táto správa smeruje brankárovi, ktorý je „spojárom“ pre obrancov. Ten teda správu prepošle ostatným obrancom (ktorí ho prednostne počúvajú).

Obranca však môže rozhodnúť o ofsajdovej pasci na základe nepresných informácií aj vtedy, ak jej vykonanie nie je možné. Jej vhodnosť následne zväžia ostatní obrancovia, ktorí dostali správu. Pokiaľ niektorý z nich zistí, že ofsajdová pasca nie je dosiahnuteľná, vyšle brankárovi správu *Odvolanie ofsajdovej pasce*, ktorý ju rozošle ostatným a akcia sa zruší.

4.2.7 Správa „Pokry“

Novou správou *Pokry* chceme hlavne zamedziť krížnym prihrávkam súperovým útočníkom. Správu využijeme pri situácii popísanej na nasledovnom obrázku.



4-2 Obrana proti krížnej prihrávke pomocou príkazu „Pokry“

Na prvom obrázku má súperov protihráč loptu a nahráva voľnému útočníkovi. Náš brankár to však vidí a oznámi to správou „Pokry“ obrancovi, ktorý je najbližšie protihráčovi, ktorému prihrávka smeruje (v správe bude okrem čísla protihráča, aj jeho predpokladaná poloha v čase prijatia prihrávky). Na druhom obrázku vidieť, že obranca si vďaka tejto informácii pokryl súperovho hráča, ešte predtým, než získal loptu, čo bolo naším cieľom.

Brankár bude informovať obrancu až vtedy, ak súper loptu kopne na krížnu prihrávku. Druhou (avšak náročnejšou) možnosťou je, že brankár ešte pred samotnou súperovou prihrávkou vyhodnotí, že krížna prihrávka bude pravdepodobne nasledovať. V takomto prípade oznámi obrancovi správu „Pokry“ ešte pred tým, než je prihrávka uskutočnená. Obranca tým získa viac času na pokrytie súpera. Problémom tohto variantu môže byť, že keď si obranca pokryje protihráča príliš skoro, nahrávajúci útočník sa rozhodne mu neprihrať.

4.2.8 Správa „Pusti“

Správa „Pusti“ je v riešení tímu Sklo chápaná odlišne (posiela sa na zamedzenie spracovania lopty spoluhráčom, ak je nahrávka určená pre iného spoluhráča). Plánujeme zmeniť jej význam a spôsob použitia. Správa bude primárne slúžiť na efektívne chytenie lopty – má zamedziť tomu, aby sa napr. viacerí hráči rozbehli za loptou, keď je evidentné, že stačí, keď za ňou pobeží len jeden hráč.

Ak hráč bez lopty vyhodnotí, že je k lopte najbližšie zo svojich spoluhráčov, zakričí správu „Pusti“ a upozorní tím ostatných spoluhráčov, že ju spracuje on. Problémom však je, že kvôli nepresnosti informácií, si môže myslieť, že je najbližšie aj viac spoluhráčov – správu tak môžu zakričať viacerí. V takomto spornom prípade rozhoduje domovská pozícia hráča. Keďže každý hráč má vedomosti o predvolenej domovskej pozícii (zóne)

každého spoluhráča, vie si z týchto informácií vypočítať, ktorý zo spoluhráčov uchádzajúcich sa o rozbehnutie sa za loptou by sa pri tejto akcii vzdialil zo svojej predvolenej pozície najmenej. A práve ten hráč sa nakoniec za loptou rozbehne a ostatní tento svoj plán zrušia.

4.2.9 Správa „Bež“

Správa „Bež“ je na dostatočnej úrovni navrhnutá (nie však využívaná) tímom Sklo. Touto správou hráč upozorní spoluhráča, aby sa rozbehol na želanú pozíciu, pretože mu na ňu bude chcieť nahrat’.

Namiesto vektora a rýchlosti, ktoré do správy kóduje tím Sklo, by sme chceli do správy zahrnúť len vektor, ktorým má spoluhráč bežať, prípadne pozíciu, na ktorú chceme aby sa spoluhráč dostal.

4.2.10 Komunikácia s koučom

Hráč bude pomocou špeciálnej správy informovať kouča, že by chcel byť vystriedaný.

4.3 Získavanie vizuálnej informácie

Hráč bude pri sledovaní sveta prostredníctvom vizuálnej informácie využívať techniku prepínania medzi rôznymi uhlami a vzdialenosťami pohľadu. Pri sledovaní lopty na veľkú vzdialenosť a širokom uhle pohľadu získava informáciu o stave sveta menej často. Aby sme zabezpečili dostatočné informovanie hráča, navrhujeme meniť šírku pohľadu pri pozeraní do diaľky v závislosti od aktuálnej dynamiky – rýchlosti hry.

V prípade, ak sa hra (a lopta) presúva vo veľkej vzdialenosti od hráča veľmi dynamickým spôsobom (rýchly pohyb hráčov, intenzívne prihrávky) a častá vizuálna informácia je pre hráča relevantná (hráč je alebo bude zainteresovaný na danej situácii / formácii na ihrisku), hráč zúži svoj ďaleký pohľad, aby získaval vizuálnu informáciu častejšie a dokázal sledovať hru. V takejto situácii môže hráč využívať techniku otáčania hlavy, ktorou nasmeruje zúžený pohľad na požadované miesto, kde práve prebieha akcia.

V opačnom prípade, ak hráč nie je priamo zainteresovaný na aktuálnej situácii / formácii (hra prebieha v útoku, smerom k súperovej bráne, hráč je zadný obranca), tak potom stačí, ak hráč iba kontroluje hru, sleduje loptu širokým uhlom pohľadu a periférnym videním kontroluje útočníkov protivníka, čo mu pomáha napr. pri vytváraní ofsajdovej pasce. Podobne (ale opačne) sleduje hru útočník, ak hra prebieha v obrane a on je pripravený na priamu dlhú prihrávku.

Hráč má pri blízkom videní automaticky zúžený pohľad, no informáciu o stave sveta získava častejšie. Pri takomto zapojení sa do hry je potrebné, aby častejšie pohyboval hlavou a menil smer zúženého pohľadu.

Navrhujeme experimentovať s technikou zužovania a rozširovania uhla ďalekého pohľadu hráča na svet v závislosti od dynamiky hry. Ďalším miestom experimentovania je schopnosť hráča natáčať hlavou, táto technika je dôležitá pre sledovanie hry zúženým pohľadom. Experimentovanie sa týka parametrov správania sa hráča – frekvencia a uhol zužovania a rozširovania pohľadu, frekvencia a uhol natáčania hlavy v závislosti od hry, jej dynamiky, rýchlosti, herných situácií, formácií a iných parametrov hry.

4.4 Brankár

4.4.1 Riešenie krížnych prihrávk

Najnebezpečnejšou situáciou pre brankára je, ak pred ním vykoná súper krížnu prihrávku na nebráneného hráča. Z takejto situácie padne takmer iste gól, preto by mal brankár čo najúčinnejšie prechádzať takýmito situáciám.

Existujúci brankár využíva algoritmus na riešenie krížnych prihrávk od tímu Stjupit Dox. V tomto algoritme brankár sleduje pohyb lopty a krížnu prihrávku spozoruje až v okamihu, keď ju súper vykoná. Po tom čo ju spozoruje, tak sa snaží ísť po lopte, prípadne sa pokúša presunúť do optimálneho postavenia na chytenie strely na základe algoritmu na určovanie pozície brankára ([Horvat2003] s. 77).

Brankár však už podľa situácie v okolí brány môže určiť, či hrozí možnosť krížnej prihrávky a podľa toho môže upraviť svoju taktiku na zabránenie gólu. Sú dve možnosti ako sa brankár zachová:

- Brankár vidí, že na jeho bránu idú dvaja súperovi hráči a nie je nablízku žiadny obranca, ktorý by mohol pokryť aspoň jedného z nich. V takom prípade sa brankár nepostaví presne do stredu optimálneho intervalu na chytenie strely na bránku. Namiesto toho sa trochu vysunie k druhému protihráčovi tak, aby získal čo i len malý časový náskok na reakciu na prípadnú krížnu prihrávku. Pritom si však nemôže dovoliť odchyliť sa od optimálnej pozície príliš, pretože by potom inkasoval gól od hráča, ktorý práve vedie loptu.
- Ak na bránku pôjdu dvaja súper a jedného z nich môže pokryť spoluhráč, bude sa správať brankár podľa pravidla, ktoré sa používa pri hokeji a to, že brankár si vždy berie hráča s loptou aby pokryl prvú strelu na bránu a hráča bez lopty si berie obranca. Prípadné prihrávky a dorážky by už mala riešiť obrana, ktorá sa medziasom stihla vrátiť.

4.4.2 Koordinácia obrany

Brankár bude mať po väčšinu času zápasu nastavený široký pohľad, pretože potrebuje mať čo najlepší prehľad o dianí okolo seba. Vzhľadom na to, že brankár, ktorého sme prebrali z tímu Sklo dokáže aj cívať, bude mať loptu aj so širokým okolím neustále v dohľade. Hráči v obrane sa skôr budú snažiť čo najskôr obráť súpera o loptu a ich pohľad bude preto fixovaný na tú časť ihriska, kde sa práve nachádza lopta. Z toho potom vyplýva, že sa bude často stávať, že nebudú mať prehľad o situácii za sebou a nemusia si všimnúť prenikajúceho hráča.

V prípade, že brankár zbadá, že sa poza obrancu bude pokúšať preniknúť súperov hráč, zakričí na neho správu *Pokry*. Túto správu taktiež použije v prípade, že bude očakávať krížnu prihrávku od súpera.

Brankár bude tiež fungovať ako tzv. „spojka“. Ostatní hráči v obrane budú mať na neho nastavené „Attention To“. Ak niektorý z hráčov v obrane zakričí správu, brankár ju zopakuje. Keďže budú mať na neho ostatní hráči nastavené „Attention To“, bude zabezpečené, že sa správa dostane ku všetkým hráčom v obrane. Funkcia brankára ako spojky sa bude využívať hlavne pri hre s ofsajdovou pascou, pretože hlavne vtedy je potrebné aby bola obrana dokonale synchronizovaná.

4.5 Kouč

4.5.1 Práca s formáciami

Na väčšinu rozhodnutí, ktoré bude kouč vykonávať, je potrebné aby mal prehľad o formácii, s ktorou proti nám súper nastúpil. Napr. ak kouč zistí, že súper hrá s vyšším počtom útočníkov, ale má slabší stred, tak sa naši hráči budú snažiť riešiť situácie v obrane čo najjednoduchšie pomocou odkopávania a pasov, do stredného pásma.

Každého hráča vo formácii, či už svojej alebo súperovej, môže rozoznávať kouč pomocou jeho čísla. O každom hráčovi vo formácii si takto môže viesť individuálne záznamy, ktoré mu potom pomôžu pri stanovení lepšej stratégie voči súperovi.

Zistenie formácie súpera je pomerne jednoduché. Hráči sa totiž zväčša vracajú do svojej určenej pozície vo formácii po každom prerušení hry. Je však možné, aby sa formácia hráčov zmenila aj počas prebiehajúcej hry. Hlavne v zápase, v ktorom bude len veľmi málo prerušení môže nastať aj táto situácia. V takomto prípade bude kouč predpokladať, že sa hráči budú snažiť približne kopírovať svoju základnú pozíciu vo formácii podľa polohy lopty. Takto bude môcť kouč okamžite zistiť, že nastala zmena vo formácii a tiež bude schopný zistiť jej základné rozostavenie. Jej presné rozostavenie si potom doplní počas prerušenia hry.

4.5.2 Hľadanie „cestičiek“

Fyzické schopnosti hráčov sú navrhnuté tak, aby hráč nemohol len jednoducho prebehnúť celým ihriskom a streliť gól. Preto je potrebné aby sa hráči dostali na dostrel súperovej brány po viacerých kombináciách prihrávk.

Kouč bude na základe známej súperovej formácie, na základe doterajších získaných informácií o hráčoch a na základe informácií o pohybe hráčov vyhľadávať v súperovej formácii diery. Štatisticky bude vyhodnocovať oblasti na ihrisku kde sa súperovi hráči zdržujú a miesta, v ktorých sa súper nezvykne pohybovať. Na základe týchto slabých miest potom vytvorí rôzne možné cestičky, ako sa možno čo najľahšie dostať cez súperových hráčov. Zistené poznatky potom oznámi hráčom pomocou správy *Freeform*. Hráči sa potom budú snažiť stavať pri čakaní na prihrávku do takých pozícií, aby

nájdené cestičky v obrane mohli využiť na rýchlejší prienik do súperovej šestnástky.

Ak napr. kouč zistí, že súperovi hráči majú tendenciu sa zhlukovať v strednej časti ihriska, navrhne hráčom útoky po krídlach. Ak naopak zistí, že súper hrá príliš otvorene po krídlach, môžu sa snažiť hráči dostať cez súpera pomocou prihrávok strednou časťou poľa.

4.5.3 Získavanie štatistík

Pre navrhnuté rozdelenie ihriska sa budú sledovať samostatne štatistiky o každej oblasti. Taktiež bude kouč sledovať štatistiky správania sa jednotlivých hráčov, či už globálne alebo v každej z oblastí. Na základe našich úvah sme navrhli štatistiky, ktoré by mal kouč sledovať:

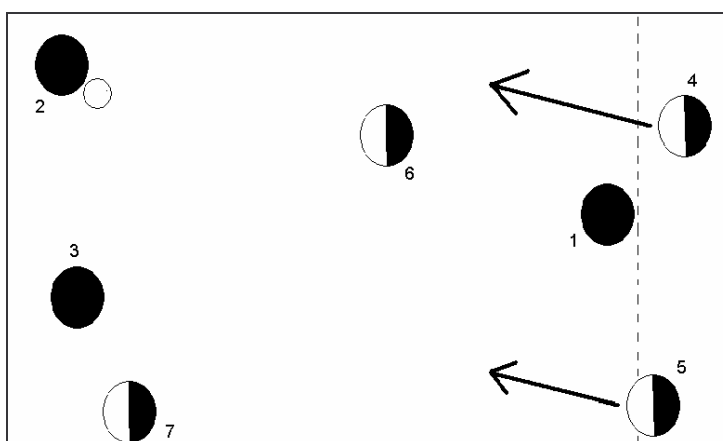
- čas hry v oblastiach - koľko času strávi lopta v jednotlivých oblastiach
- koľko času trávia jednotliví hráči v každej z oblastí
- úspešnosť prihrávok našich a súperových hráčov
- priemerný počet prihrávok za jednotku času
- priemerná vzdialenosť, na ktorú si súperovi hráči prihrávajú
- percentuálne koľko bude mať hráč loptu
- počet strelených a inkasovaných gólov
- počet neúspešných a úspešných prienikov vlastných a súperových hráčov obranou a cez jednotlivé oblasti
- počet neúspešných ofsajdových pascí

Každú zo štatistík bude kouč sledovať niekoľkonásobne. Pre celý zápas, a pre každú použitú formáciu v zápase zvlášť. Vďaka tomu dokáže kouč posúdiť, či napr. zmena formácie zlepšila hru a v prípade potreby sa dokáže rozhodnúť či použije novú formáciu, alebo sa vráti k niektorej z už použitých formácií.

4.6 Ofsajdová pasca

Pre efektívne používanie ofsajdovej pasce je potrebné naučiť hráčov rozoznávať situácie, v ktorých sa dá použiť ofsajdová pasca. Význam použiť ofsajdovú pascu má najmä v nasledujúcich situáciách:

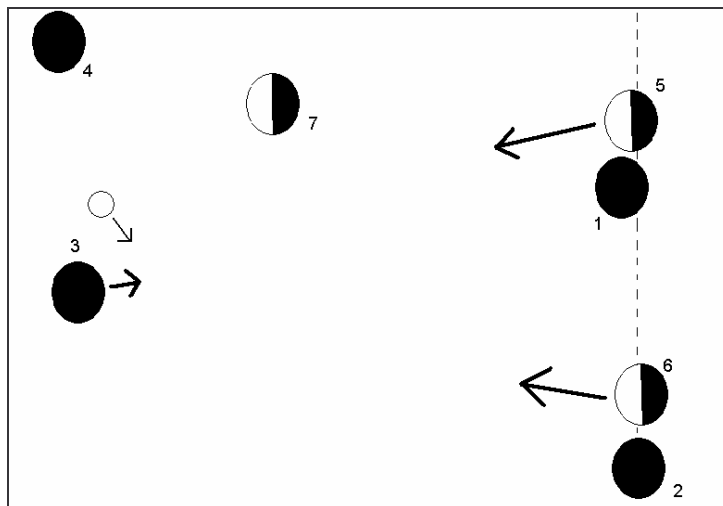
- v obrannom pásme sa nachádza osamotený súperov útočník a čaká na prihrávku od spoluhráča. Túto situáciu môžeme vidieť na prvom obrázku. Túto taktiku je možné použiť aj v prípadoch, ak sú takýmto spôsobom vysunutí dvaja súperovi hráči, pričom rozdiel ich vzdialeností kolmých na bránkovú čiaru je minimálny.
- počas priameho kopu – v takýchto situáciách je výhodné vysunúť našich obrancov čo najďalej od brankára, avšak pri dodržaní minimálnej vzdialenosti od lopty, ktorú povoľujú pravidlá. Týmto nepriamym aplikovaním ofsajdovej pasce donútime súperových útočníkov, aby sa siahli ďalej od nášho brankára



4-3 Aplikácia ofsajdovej pasce

Na obrázku vidíme situáciu, kedy je výhodné použiť ofsajdovú pascu. Súperov útočník č. 1 sa nachádza zhruba na našej obrannej línii. Existuje veľmi malá pravdepodobnosť že súperov hráč č. 2 prihrá loptu hráčovi č. 1, nakoľko prihrávku by zachytil náš hráč č. 6. Pokiaľ by sa hráč č. 6 nachádzal v inej pozícii a neblokoval prihrávku medzi hráčmi č. 2 a č. 1, aplikácia ofsajdovej pasce by bola nepoužiteľná, pretože je veľmi pravdepodobné, že prihrávka od hráča č. 2 bude smerovať na hráča č. 1 a naši obrancovia by sa dostatočne rýchlo nepremiestnili do takých pozícií, aby vystavili hráča č. 1 ofsajdu. Tým by mu len uľahčili prechod cez naše obranné pásmo. Hráč sa totiž musí nachádzať v ofsajde už v čase prihrávky. Existuje teda predpoklad, že hráč č. 2 sa pokúsi s loptou driblovať do voľného priestoru alebo ju nahrá hráčovi č. 3. V oboch prípadoch majú naši obrancovia dosť času na to, aby vystavili hráča č. 1 ofsajdu. Ak sa mu spoluhráči pokúsia prihrať loptu, bude hráč v ofsajde. Hráč sa teda bude musieť vrátiť späť čím trochu spomalíme

útok protivníka. Na druhej strane stále existuje riziko, že hráč č. 1 sa stihne vrátiť späť dostatočne rýchlo, preberie loptu a pokúsi sa o únik.



4-4 Aplikácia ofsajdovej pasce

Ďalší prípad, kedy môžeme uvažovať o ofsajdovej pasce je zobrazený na druhom obrázku. Táto situácia si líši od predchádzajúcej v tom, že medzi súperom, ktorý má loptu a súpermi, ktorých chceme vystaviť ofsajdovej pasce sa nenachádza žiadny hráč, ktorý by mohol blokovat' prihrávku. Naši obrancovia sú však na rovnakej úrovni ako súperovi útočníci. Ak existuje dosť vysoká pravdepodobnosť, že obaja naši obrancovia dokážu vystaviť súperových hráčov ofsajdu ešte predtým, než im hráč č. 3 dokáže prihrať loptu, pokúsia sa naši hráči vystaviť súperu ofsajdovej pasce. Typickým príkladom kedy majú obrancovia dosť času je počas prihrávky, kedy lopta smeruje od hráča č. 4 k hráčovi č. 3, u ktorého je predpoklad, že bude nahrávať vysunutému útočníkovi. Aj v tomto prípade stále existuje možnosť, že sa nepodarí dosiahnuť ofsajd a hráči sa dostanú do úniku.

Nepriamym použitím ofsajdovej pasce je situácia pri priamom kope. Pri priamom kope funguje ofsajdové pravidlo rovnako ako počas hry, to znamená, že vysunutím obrancov dokážeme podržať súperových útočníkov ďaleko od brány.

Z predchádzajúcich príkladov vyplýva, že hranica medzi úspešnosťou a neúspešnosťou ofsajdovej pasce je veľmi tenká. Ofsajdovú pascu je preto vhodné používať len v určitej vzdialenosti od našej brány, konkrétne v zóne III (viď časť Rozdelenie ihriska na zóny) Okrem toho je potrebné zabezpečiť ovládanie ofsajdovej pasce aj z globálneho hľadiska. Na tento účel sa hodí kouč, ktorý bude počas zápasu rozhodovať o tom, či sa bude alebo nebude používať ofsajdová pasca. Pokiaľ zaznamená 3 neúspešné pokusy o aplikáciu ofsajdového pravidla, ktoré viedli k úniku súperu, alebo čo i len jeden pokus, z ktorého takto padol gól, zruší používanie ofsajdovej pasce.

Do procesu používania ofsajdovej pasce bude okrem obrancov zapojený aj brankár, ktorý slúži ako spojár. Každý obranca monitoruje situáciu na ihrisku. Pokiaľ vyhodnotí situáciu okolo neho ako vhodnú na aplikovanie ofsajdového pravidla, zakričí brankárovi žiadosť o použitie ofsajdového pravidla. Brankár v nasledujúcom cykle vyhodnotí situáciu a v prípade vhodnosti použitia pasce zakričí ostatným obrancom, aby postupovali dopredu. Brankár má totiž väčší prehľad o ihrisku a preto dokáže objektívnejšie posúdiť použitie pasce. Brankár môže hráčom zakričať, aby pokračovali v ofsajdovej pasci, alebo ju zrušil. Každý obranca po prijatí rozkazu o vykonanie ofsajdovej pasce prehodnotí situáciu a až potom sa rozhodne či bude ofsajd aplikovať. Ak sa hráč rozhodne, že ofsajd nebude aplikovať, zakričí brankárovi žiadosť o zrušenie ofsajdu a ten to následne zakričí ostatným obrancom. Počas vykonávania ofsajdovej pasce hráči a brankár v určitých intervaloch kontrolujú situáciu pred nimi a rozhodujú sa, či má význam pokračovať v ofsajdovej pasci a či nehrozí nebezpečenstvo úniku súpera.

Brankár vyhodnocuje situáciu o ofsajde počas celého zápasu a nie len vtedy, ak dostal žiadosť od obrancov. Tým pádom môže vyhlásiť ofsajdovú pascu nezávisle od obrancov. Ak brankár vyhodnotil situáciu na ihrisku ako vhodnú pre použitie ofsajdovej pasce, zakričí obrancom, aby ju začali aplikovať. Každý obranca vyhodnotí situáciu a buď sa začne presúvať smerom dopredu, alebo zakričí brankárovi žiadosť o zrušenie ofsajdovej pasce. Túto žiadosť potom brankár zakričí ostatným obrancom.

Použitie ofsajdovej pasce môže byť prínosom, ale aj zhoršením pre obrannú hru. Preto je potrebné túto taktiku dôkladne otestovať a odladiť.

4.7 Zmena formácií

Na začiatku zápasu zvolí kouč určitú predvolenú formáciu. Každý hráč dostane pridelené číslo, ktorým bude jednoznačne identifikovaný počas celého zápasu. Toto číslo dostanú aj hráči, ktorí nebudú hrať. Každému hráčovi potom kouč prideli domovskú pozíciu a jeho post v zápase. To znamená, či je to obranca, stredopoliar alebo útočník. Hráčove správanie je potom ovplyvnené tým, na akom poste hrá, kde sa nachádza, v akej je hernej situácii a či má loptu.

Na základe vývoja zápasu môže kouč zmeniť formáciu. V tomto prípade oznámi kouč každému hráčovi jeho novú domovskú pozíciu a nový post. Týmto spôsobom dokáže kouč zmeniť nielen hernú formáciu, ale aj vymeniť hráčov v rámci rovnakej formácie.

Keďže na začiatku zápasu priraďuje kouč hráčom posty na základe heterotypov, bude pri zmene formácii meniť posty hráčov len o jeden stupeň. To znamená, že ak bude chcieť posilniť útok na úkor obrany, presunie hráča zo stredopolia do útoku a do stredopolia hráča z obrany. Eventuálne môže kouč stiahnuť priamo hráča v útoku a vystriedať ho hráčom z lavičky.

Kouč mení formáciu na základe stavu a vývoja hry. Stav a kvalitu hry kouč monitoruje pomocou viacerých štatistík. Najdôležitejším prvkom pre meranie úspešnosti formácie je najmä pomer strelených a inkasovaných gólov, čas hry v pásmach a držanie lopty. Ostatné štatistiky nie sú až tak významné pre určovanie kvality formácie, ale skôr kvality hráčov. Vďaka nim však môžeme monitorovať slabiny hráčov a neskôr ich postupne eliminovať.

Niektoré kombinácie hodnôt štatistík, pri ktorých je vhodné zmeniť formáciu:

- väčšina zápasu sa odohráva v našom obrannom pásme, pričom sme inkasovali minimum gólov – v tomto prípade treba jednoznačne posilniť hru v strede pola
- väčšina zápasu sa odohráva v našom obrannom a strednom pásme, pričom sme inkasovali minimum gólov – treba posilniť útok na úkor toho pásma, v ktorom väčšinu času kontrolujeme loptu
- vyhrávame určitým gólovým rozdielom – v tomto prípade môžeme posilniť stred pola alebo obranu a tým už len kontrolovať vývoj zápasu
- vyhrávame o jeden alebo dva góly a sme v druhej polovici druhého polčasu – treba posilniť obranu a snažiť sa ubrániť výsledok
- strieľame málo gólov – logickou zmenou vo formácii bude posilnenie útoku. Hráča do útoku presunieme z tej časti ihriska, v ktorej naši hráči viac kontrolujú loptu.
- inkasujeme a strieľame veľa gólov – posilníme obranu na úkor útoku
- v niektorom pásme málo kontrolujeme loptu – je potrebné posilniť dané pásmo hráčom z pásma, v ktorom máme najvyššiu kontrolu lopty

Existuje ešte veľa rôznych kombinácií hodnôt štatistík, pri ktorých je potrebné zmeniť formáciu. Tieto hodnoty experimentálne odhadneme a nastavíme na základe testovania a ladenia hráča.

Ak chce kouč zmeniť formáciu, pošle hráčom správu s informáciou o ich nových domovských pozíciách a novom poste. Hráči sa potom vďaka implementovanému chovaniu presunú do novej pozície a začnú sa chovať s ohľadom na nový post. Keďže kouč môže hráčom posilať správy len v určitých intervaloch, nemá význam uvažovať o tom, že by menil formáciu len vo vhodných okamihoch hry. Samotní hráči však majú implementovanú dostatočnú inteligenciu na to, aby sa do novej pozície presunuli vo vhodnom čase. Nehrozí tak situácia, že obranca sa uprostred obranného zákroku začne presúvať na novú pozíciu, pričom pustí súpera pred brankára.

4.8 Striedanie

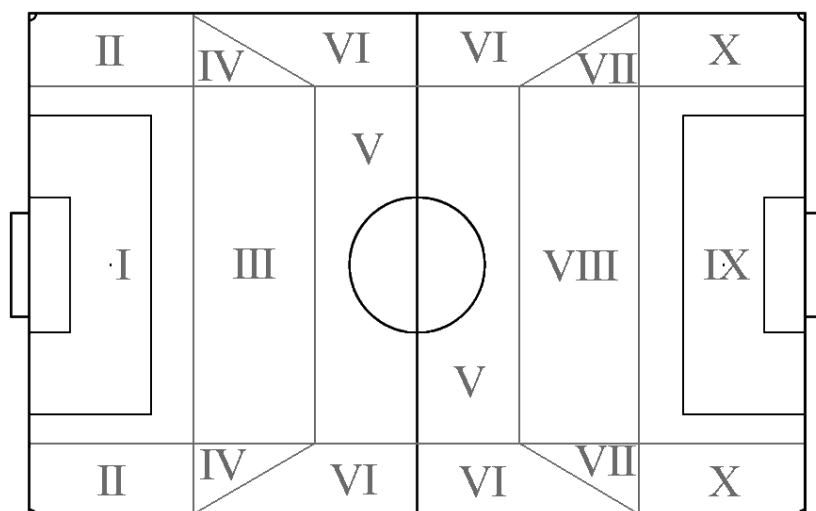
Každý hráč bude mať implementované dve verzie manažmentu energie. Pri používaní prvej verzie manažmentu energie bude hráč hrať, tak aby mu energia vystačila po celý polčas. Pri používaní druhej verzie, bude hrať hráč tak, aby minul energiu zhruba v polovici polčasu. Aj napriek tomu však bude energiu používať len vtedy keď to bude vyžadovať herná situácia a nebude s ňou plytvať. Na druhej strane už nebude toľko obmedzovaný hraničnými hodnotami a môže zo seba vydať maximum aj v situáciách, v ktorých by pri používaní prvej verzie nešiel na plný výkon.

Striedať budeme až v druhom polčase. Počas prestávky medzi polčasmi určí kouč hráčov, ktorí budú používať druhú verziu manažmentu energie. Vybratí hráči budú pri hre menej šetriť energiou a hrať viac na plný výkon. Štandardne kouč vyberie troch hráčov, ktorí budú používať druhú verziu manažmentu energie. Pokiaľ by došlo k striedaniu už v prvom polčase, napríklad následkom toho, že energia niektorého hráča klesla pod hraničnú hodnotu, vyberie kouč len toľkých hráčov, koľkí zostávajú k maximálnemu počtu striedaní.

Hráč, ktorý chce vystriedať zakričí koučovi, že chce striedať. Kouč potom hráča pri najbližšom prerušení hry vystrieda. Keďže má kouč prehľad o kvalitách všetkých hráčov, ktorí sú na ihrisku a na lavičke, na uvoľnené miesto presunie hráča, ktorý má predpoklady pre hru na danom poste. Tohto hráča môže vybrať aj z lavičky, ale aj použiť hráča z ihriska. Čerstvého hráča potom zaradí na najvhodnejšie miesto vo formácii. Okrem samotného striedania, tak môže kouč pri striedaní zmeniť aj postavenie hráčov vo formácii.

4.9 Rozdelenie ihriska na zóny

Vzhľadom na nevýhody pôvodného návrhu rozdelenia spomínané v špecifikácii sme sa rozhodli zmeniť delenie hracej plochy na jednotlivé zóny. Pri delení sme zohľadnili potrebu definovať správanie sa hráča podľa zóny, v ktorej sa nachádza. Návrh rozdelenia môžeme vidieť na nasledovnom obrázku.



4-5 Návrh rozdelenia ihriska na zóny

Jednotlivé zóny sú na obrázku označené rímskymi číslicami. Smer útočenia je zľava doprava. Hráč bude mať definované správanie v každej z týchto zón. Do úvahy sa bude brať aj post hráča, na ktorom hrá. To znamená, že obrancovia budú mať v rovnakej zóne iné správanie ako záložníci a záložníci budú mať iné správanie ako útočníci.

4.9.1 Popis zón

- **Zóna I** – Predstavuje zónu, z ktorej je možné bezprostredne ohroziť bránu. Je nutné dostať loptu čo najrýchlejšie preč z tejto zóny.
- **Zóna II** – Dve zóny v blízkosti rohových zástaviek. Súper s loptou bude odtiaľ pravdepodobne centrovať na svojho hrotového útočníka. Treba zabrániť prihrávke.
- **Zóna III** – Predstavuje predsunutú obranu. V tejto zóne budú naši obrancovia očakávať súpera pri jeho postupnom útoku a budú sa mu snažiť zobrať loptu.
- **Zóna IV** – Má ju na starosti pravý, resp. ľavý obranca. Ak súper preniká po krídle, obranca sa ho bude snažiť zatlačiť k postrannej čiare.
- **Zóna V** – Je to stredová zóna, v ktorej operujú záložníci. Stredová čiara síce oblasť opticky delí na dve polovice, ale ide o jednu ucelenú zónu.

- **Zóna VI** – Záložníci si strážia aj krídla. V prípade pokusu súpera o únik po krídle ho môže zovrieť záložník s obrancom.
- **Zóna VII** – Je to krídelná zóna pri prechode do útoku. Operujú tu záložníci aj útočníci.
- **Zóna VIII** -- Do tejto oblasti sa presunie záloha v prípade, že lopta je v súperovej šestnástke. Operuje tu aj stredový útočník.
- **Zóna IX** -- V tejto zóne je už veľká šanca na strelenie gólu. Ak hráč vyhodnotí situáciu ako priaznivú, strieľa na bránu.
- **Zóna X** -- Krídelní útočníci sa pohybujú na rozhraní zón IX a X. Ak sú zatlačený príliš hlboko do zóny X, volia prihrávku dozadu po čiare alebo center na stredového útočníka.

4.9.2 Správanie sa hráčov v jednotlivých zónach

Obranná fáza hry

Ak sa náš tím bráni, obrancovia sa nachádzajú v zónach I a II. V prípade, že sa obrancovi podarí získať loptu v zóne I, snaží sa ju okamžite prihrať spoluhráčovi mimo tejto zóny. Ak takého spoluhráča nenájde, volí oslobodzujúci odkop do priestoru, kde nie je veľa hráčov súpera. Vtedy kopne do lopty celou silou aby sa dostala čo najďalej od brány. Pokiaľ hráč zachytí loptu v sektore II, volí dlhý pas popri postrannej čiare.

V obrannej fáze hry sa záloha stiahne do zón III a IV. Tu sa stará o stráženie nabiehajúcich hráčov súpera. Pravidlo je, že medzi loptou a súperovým hráčom bez lopty vždy musí byť jeden náš hráč. Týmto sa eliminujú rýchle prihrávky pred šestnástkou.

Útočníci sa v obrannej fáze hry nachádzajú v zónach V a VI, pričom si dávajú pozor, aby nestáli v ofsajde. Jeden hrotový útočník sa môže neustále pohybovať na hranici ofsajdu, čím vytiahne súperových obrancov ďalej do poľa, takže nebudú môcť podporovať útočnú aktivitu súpera. Ak náš tím zachytí loptu a chce ju odkopnúť, útočníci si pýtajú prihrávku a snažia sa prešprintovať súperových obrancov.

Hra v strednom pásme

Keď sa lopta nachádza v strednom pásme, obrancovia čakajú na postupný útok súpera v zóne III. Ak dostanú prihrávku, snažia sa ju rozohrať dopredu na najlepšie postaveného spoluhráča.

Záložníci v pásme V a VI. Pomocou rýchlych prihrávok sa snažia posunúť loptu na niektorého z útočníkov.

Útočníci očakávajú prihrávku v pásme VIII a na vnútornej hranici pásma VII. Ak ju dostanú nastáva prechod k útočnej fáze hry.

Útočná fáza hry

Obrancovia sa presunú do zóny V, čím vystavia súperových útočníkov do ofsajdu. Dávajú pozor, aby niektorý útočník nedostal prihrávku.

Záloha sa presunie do zón VIII a VII. Snaží sa zachytávať oslobodzujúce odkopy súpera a posielat' ich naspäť do šestnástky, najlepšie niektorému z útočníkov.

Útočníci sa snažia rozvinúť hru po krídlach (vnútorná hranica zóny X), čím rozťahnu súperovu obranu do strán. Potom sa snažia buď spraviť na súpera kľučku, alebo prihrať lepšie postavenému spoluhráčovi pred bránu (v zóne IX). Ak stratia loptu, vracajú sa do stredného pásma a snažia sa posilniť zálohu a získať loptu späť.

4.10 Určovanie pozície hráča na ihrisku

Hráč potrebuje mať prehľad o celkovej situácii na ihrisku. K prehľadu o situácii nevyhnutne patrí aj čo najpresnejšie určenie vlastnej polohy na ihrisku. Svoju polohu hráč určuje pomocou flagov, ktoré sú umiestnené popri okrajoch ihriska. Od servera hráč dostane iba vzdialenosť od flagu, ale ani na túto vzdialenosť sa nemôže úplne spoliehať. Informácie prichádzajú totiž zašumené a vzdialenosť, ktorú hráč obdrží od servera je preto iba približná. Ak má hráč k dispozícii viacero týchto vzdialeností, teda vidí viac flagov, môže svoju polohu odhadnúť metódou kružníc.

Hráč opíše pomyslenú kružnicu so stredom vo flagu a polomerom rovnajúcim sa vzdialenosti od tohto flagu. Takto postupuje pre každý flag ktorý vidí. Kružnice sa ale kvôli chybe v odhade vzdialenosti nikdy nepretnú v jednom bode. Hráč musí preto svoju polohu aproximovať. To sa dá urobiť dvoma spôsobmi.

Prvým je jednoduché vypočítanie všetkých priesečníkov dvojíc kružníc (zoberú sa vždy dve a dve kružnice) a následné vypočítanie priemeru zo všetkých výsledkov. Výhodou tohto spôsobu výpočtu je jeho relatívne vysoká rýchlosť a nenáročnosť. Nevýhodou je niekedy pomerne veľká odchýlka od skutočnej polohy hráča.

Druhým spôsobom je metóda pravdepodobnostných intervalových odhadov. Pri tejto metóde sa berie do úvahy, že čím je flag ďalej, tým je možnosť chyby väčšia. Prednostne sa preto berú flagy ktoré sú bližšie (majú väčšiu váhu). Okolo vzdialenosti, ktorú jednotlivé flagy „ukážu“, sa zoberie interval určitej veľkosti, čiže okolie bodu. Veľkosť tohto intervalu závisí od vzdialenosti flagu – čím ďalej flag je, tým väčší interval treba uvažovať. V každom bode intervalu sa hráč nachádza s určitou pravdepodobnosťou, danou normálnym rozdelením pravdepodobnosti na tomto intervale. Pomocou prieniku viacerých intervalov je možné nájsť bod, v ktorom sa hráč nachádza

s najväčšou pravdepodobnosťou. Výhodou tejto metódy je jej vyššia presnosť, nevýhodou zase jej časová a výpočtová náročnosť.

Navrhujeme preto využívať obidve metódy. Prvú hráč použije, keď bude v časovej tiesni, druhú keď mu zostane dosť času na výpočet.

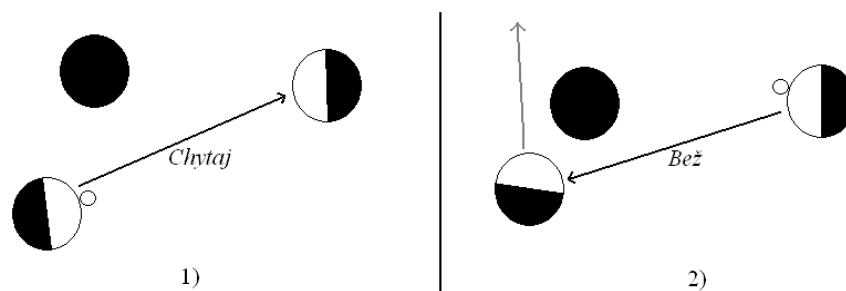
4.11 Taktika prihrávok

4.11.1 Zjemnenie výberu smeru prihrávky

Prihrávky v obrannom a strednom pásme boli u tímu Sklo uspokojujúco presné napriek tomu, že používali prihrávku iba v jednom z ôsmich smerov. Medzi jednotlivými smermi bol uhol 45 stupňov a ak chcel hráč vystreliť loptu určitým smerom, vystrelil ju v tom z ôsmich možných smerov, ktorý bol najbližšie želanému smeru. Chyba pri takomto prihrávaní bola ale dosť veľká, čo sa prejavilo hlavne v útoku. Preto chceme zjemniť toto delenie aspoň dvojnásobne. Jednotlivé smery by spolu zvierali uhol 22,5 stupňa. Odchýlka od požadovaného smeru sa tak zmenší pri malom zvýšení výpočtovej náročnosti.

4.11.2 Hra na jeden dotyk

Aby sa posilnila koordinácia hráčov v útoku, je potrebné prepracovať taktiku prihrávok na jeden dotyk, takzvaných narážáčiek. Využijeme k tomu posielanie správ *Chytaj* a *Bež*. Ako by takáto komunikácia medzi hráčmi mohla vyzerat' vidíme na nasledovnom obrázku.



4-6 Výmena správ *Chytaj* a *Bež* pri prihrávke na jeden dotyk

Pri správe *Bež* hráč pošle aj miesto, kam chce loptu prihrať. Hráč, ktorý dostal správu *Bež* sa potom ponáhľa na toto miesto a očakáva prihrávku. V prípade, že situácia sa počas presunu hráča zmení a spoluhráč mu nemôže loptu vrátiť, rozhodne sa prihrať inému spoluhráčovi alebo postupuje s loptou sám. Štruktúra príkazov *Chytaj* a *Bež* je popísaná v kapitole Zvuková komunikácia.

4.12 Manažment energie hráča

4.12.1 Všeobecné princípy manažmentu energie

Pri manažmente energie treba zohľadniť nové rozdelenie ihriska na zóny. Bude závisieť hlavne od toho, či je hra v útočnej, stredovej alebo obrannej fáze.

Ak je hra v obrane, energiu si šetria hlavne útočníci a tí stredopoliari, ktorí sú ďaleko od lopty. Naplno hrajú obrancovia.

V strednom pásme naopak obrancovia skôr držia svoje pozície a naplno hrá záloha, ktorá sa snaží získať, resp. udržať loptu. Útok sa presúva na pozície, kde by mohol dostať prihrávku, ale zatiaľ nehrá na 100%.

Pokiaľ sa lopta nachádza v útočnej zóne, energiu šetria obrancovia. Sledujú súperových útočníkov a stavajú sa tak, aby v prípade potreby pokryli útočníka. Stredopoliari sa presúvajú pred šestnástku a čakajú na zablúdenú loptu alebo na prihrávky od krídelného útočníka. Útočníci hrajú naplno a snažia sa kľúčkami a narážačkami dostať do pozície vhodnej pre strelbu.

Pri obnovovaní hráčovej energie existujú dve medzné hodnoty. Prvou hodnotou je 2400. Keď klesne hodnota energie pod túto úroveň, spomalí sa obnovovanie hráčovej energie. V niektorých prípadoch je výhodné túto hranicu prekročiť. Druhou medznou hodnotou je hodnota 1200. Pod touto hodnotou sa hráčova energia obnovuje už veľmi pomaly. Táto hranica by sa mala prekračovať iba v úplne nevyhnutných prípadoch, napríklad keď obranca musí zabrániť gólu. Ak hodnota hráčovej energie klesne pod 1200 a v týchto oblastiach sa pohybuje dlhší čas, je potrebné zvážiť vystriedanie hráča.

4.12.2 Manažment energie v druhom polčase

Počas prvého polčasu musia hráči hrať podľa scenára popísaného vyššie. Energia ktorú majú im musí vystačiť na celý polčas. Do druhého polčasu nastupujú hráči s hodnotou energie nastavenou na maximálnu hodnotu. Keďže kouč môže vystriedať až troch hráčov, nie je nevyhnutne potrebné, aby boli hráči takí opatrní pri šetrení energie. V druhom polčase môžu hrať viac naplno aj za cenu toho, že sa niektorí z nich skôr unavia. Týchto unavených hráčov bude možné vystriedať za čerstvých hráčov.

Vďaka striedaniu sa môže dosť významne zvýšiť dynamika hry napríklad v útoku s tým, že ak sa traja útočníci unavia, budú vystriedaní. Rovnako sa môže zmenená stratégia manažmentu energie použiť v obrane, keď bude potrebné ubrániť výsledok alebo v zálohe, keď bude treba udržať loptu a nechať ju súperovi. O tom, ktorú fázu hry treba posilniť zmeneným prístupom k manažmentu energie, rozhodne kouč. Pri rozhodovaní sa bude brať do úvahy hlavne stav skóre a štatistické vyhodnotenie držania lopty, ktoré si vytvára kouč.

Keďže kouč nemá informácie o stave energie jednotlivých hráčov, unavení hráči zakričia na trénera, že chcú striedať. Po využití všetkých troch striedaní kouč oznámi hráčom, že je potrebné vrátiť sa k pôvodnému šetrnejšiemu konceptu manažmentu energie, aby boli hráči schopní dohrať polčas.

4.13 Návrh prototypu

Prototyp by mal slúžiť hlavne na overenie si funkčnosti navrhnutých konceptov. Je preto potrebné implementovať hlavne zmeny, ktoré zásadným spôsobom zmenia správanie sa mužstva ako celku.

V prototypy systému sme sa rozhodli implementovať tieto navrhnuté vylepšenia:

- Komunikáciu medzi hráčmi pomocou rozšírenej sady správ, tak ako bola táto sada popísaná v návrhu.
- Upravené rozdelenie ihriska na zóny.
- Dynamickú zmenu formácie počas hry – v prototypy sa zatiaľ nebude uvažovať o tom, ako tréner prišiel na potrebu zmeniť formáciu.

Vzhľadom na nedostatok času budú na otestovanie použiteľnosti navrhnutých konceptov postačovať tieto tri spomínané vylepšenia. Ladenie presných detailov kouča a samotných hráčov bude nasledovať neskôr v etape implementácie systému.

5 PROTOTYP SYSTÉMU

Jedným z hlavných cieľov prototypu je dôkladné oboznámenie sa členov tímu so zdrojovým kódom tímu Sklo. Implementovanie vybraných zmien tento cieľ splní, pretože si vyžaduje podrobné nastudovanie častí zdrojového kódu. Implementované vylepšenia bude možné otestovať priamo v hre proti tímu Sklo. Tam budeme môcť sledovať účinok zmien najjednoduchšie. Zmeny tak ako sú implementované nemusia byť finálne a môžu sa ďalej doladovať, výraznejšiu zmenu konceptu ale nepredpokladáme. Niektoré z implementovaných vylepšení sa nedajú v štádiu prototypu priamo otestovať a ich vplyv na hru tímu nie je viditeľný. Poskytnú ale dôležitý základ pre vyššiu funkčnosť a neskoršie rozvíjanie schopností hráča.

5.1 Rozdelenie ihriska na zóny

Tím Sklo používal rozdelenie ihriska na zóny iba v koučovi na zbieranie štatistických dát o pohybe hráčov a lopty. Delenie bolo príliš hrubé a vôbec sa nezohľadňovalo vertikálne delenie pomocou y-ovej súradnice. Využívala sa iba x-ová súradnica. Keďže sme chceli rozdelenie ihriska využiť na definovanie zmien správania sa hráča, bolo potrebné rozšíriť delenie aj vo vertikálnom smere.

Vzhľadom na to, že delenie ihriska súvisí s vnútornou reprezentáciou sveta, bolo umiestnené do triedy `World`. Neskôr môže byť zmenená aj štruktúra, ktorá pomáha koučovi zbierať štatistické údaje, zatiaľ ale táto zmena nebola potrebná, pretože by kouča neovplyvňovala.

Samotné delenie zabezpečuje statická štruktúra `const struct ZONE`, ktorá obsahuje štyri položky typu `float`. Týmito položkami sú hodnoty `from`, `to`, `fromy`, `toy`. Ako už z názvov vyplýva, predstavujú ľavú a pravú a hornú a dolnú hranicu zóny. Zóny boli kvôli ľahšej implementácii zatiaľ ponechané v obdĺžnikovom tvare. Neskôršie zavedenie trojuholníkových zón môže, ale tiež nemusí mať vplyv na kvalitu hry. Otázku, či je zavedenie trojuholníkových zón naozaj potrebné, budeme vedieť zodpovedať po odohratí niekoľkých zápasov.

Samotné vnímanie sveta hráčom sa uskutočňuje v triede `Myself`. Táto trieda bola rozšírená o členskú premennú `lastSector`, ktorá uchováva informáciu o zóne, v ktorej sa hráč nachádzal v poslednom cykle. Táto informácia je dôležitá pri neskoršom zisťovaní aktuálnej zóny. Samotné zisťovanie prebieha podľa nasledovného algoritmu:

- 1) Skontroluj, či sa nachádzaš v rovnakej zóne ako predtým s tým, že hranice tejto zóny rozšír o 3 jednotky.
- 2) Ak sa nenachádzaš v rovnakej zóne, prejdí x-ové súradnice zón.
- 3) U tých zón, kde x-ové súradnice vyhovujú aktuálnej polohe, otestuj y-ové súradnice.
- 4) Ak vyhovujú y-ové súradnice, prepíš premennú lastSector novým číslom zóny.

Krok číslo 1 sa musí vykonať ako prvý, pretože je veľmi pravdepodobné, že zóna sa od posledného cyklu nezmenila. Rozšírenie hraníc zóny o tri jednotky zamedzí tomu, aby hráč menil svoje správanie príliš často pri pohybe na hranici zón. Vďaka tomuto rozšíreniu sa hráčovi zóna (a tým aj správanie) zmení až vtedy, keď bude dostatočne hlboko v ďalšej zóne. Po zmene zóny bude hráč od zóny, z ktorej prišiel vzdialený 6 jednotiek.

Zistenie zóny sa uskutočňuje volaním metódy triedy `Myself::GetSectorNo`, ktorej je ako vstupná premenná odovzdaná novo vypočítaná pozícia. Táto metóda realizuje vyššie popísaný algoritmus a zavolá sa vždy, keď hráč prepočítava svoju novú polohu pomocou metódy `Recalculate`.

Zmena správania sa hráča si bude vyžadovať rozsiahlejšie zásahy do zdrojového kódu, ale to čo bude túto zmenu iniciovať, teda prechod do inej zóny, sme schopní rýchlo a efektívne rozoznať.

5.2 Brankár

Tím Sklo pokračoval v práci tímu Stjupit Dox. Už v tomto hráčovi sa nachádzala chyba v implementácii brankára. Keď brankár nemá loptu, tak sleduje hru okolo seba. V prípade, že zistí, že nastala prihrávka do okolia bránky, tak počíta, či môže túto loptu zachytiť skôr ako najbližší súperov hráč. Ak mohol dobehnúť loptu skorej, tak za ňou vybehol a chytil ju, prípadne ju aspoň odkopol preč.

Tento algoritmus brankára však vznikol v čase, keď žiadny z tímov nevyužíval heterogénne typy hráčov. Neskôr, v dobe keď začali postupne tímy využívať heterogénne typy, sa zabudlo na to, že sa v tomto algoritme počíta len so základným typom.

V prípade, že tím využíval heterogénne typy hráčov, dával do útoku hráčov, ktorí boli oproti základnému typu rýchlejší, aby mali väčšiu šancu predbehnúť obrancov. Vedľajším dôsledkom takéhoto správania sa tímu bolo, že brankár potom chybné vyhodnotil cyklus, v ktorom dokáže súperov hráč zachytiť loptu a vybehol po lopte aj keď bolo jasné, že ju skôr zachytí súper. Útočník sa takto po zachytení lopty dostal do tesnej blízkosti brankára, v ktorej už nebolo možné gólu zabrániť.

V prototypy sme podrobne preštudovali zdrojový kód brankára tímu Sklo, hlavne triedu `GoalieTactics`, ktorá je základnou triedou pre brankára. Vyššie spomínaná situácia sa rieši vo funkcii `BehaveWithoutBallGoalie()`. Cez viacero volaní funkcií

```
GoalieTactics::BehaveWithoutBallGoalie() ->
```

```
GoalieTactics::SolvePassNearGoal() ->
```

```
PlayerSkills::CanInterceptBall() ->
```

```
PlayerSkills::CatchSimBallPath()
```

volá funkcia `PlayerSkills::CatchSimBallPath()`, ktorá vykonáva simuláciu pohybu objektov na ihrisku, kým loptu nezachytí niektorý z hráčov, alebo kým lopta neopustí ihrisko. Práve v tejto funkcii sa nachádza chyba s chybným odhadom rýchlosti súpera a následným chybným vyhodnotením cyklu a strany, ktorá môže loptu zachytiť.

5.3 Komunikácia

V prototypy sme implementovali všetky typy správ, ktoré boli navrhnuté v hrubom návrhu (a neboli implementované predchádzajúcim tímom). Do triedy `PlayerCommunication` boli pridané (resp. boli zmenené) nasledovné správy:

- **Správa POKRY** (pridaná)
 - *parametre:*
 - číslo hráča, ktorému je správa určená
 - číslo hráča (súpera), ktorého má spoluhráč pokryť
 - predpokladaná poloha v čase prijatia prihrávky
 - Správa v prototypy nie je využívaná. Vyžaduje rozsiahle zmeny v triede `PlayerTactics`, ktoré plánujeme vykonať až v letnom semestri.
- **Správy OFSAJDOVÁ PASCA a ODVOLANIE OFSAJDOVEJ PASCE** (pridané)
 - *parametre:* (bez parametrov)
 - Správy v prototypy nie sú využívané. Vyžadujú rozsiahle zmeny v rôznych častiach zdrojového kódu, ktoré plánujeme vykonať až v letnom semestri.
- **Správa VYSTRIEDAJ MA** (pridaná)
 - *parametre:* (bez parametrov)
 - Správa v prototypy nie je využívaná. Vyžaduje rozsiahle zmeny v rôznych častiach zdrojového kódu, ktoré plánujeme vykonať až v letnom semestri.
- **Správa PUSTI** (zmenená)
 - *parametre:* (bez parametrov, na rozdiel od pôvodnej verzie tímu Sklo)
 - Správa má zamedziť tomu, aby sa viacerí hráči rozbehli za loptou. V prototypy hráča bolo implementované používanie tejto správy (je volaná z metód triedy `PlayerTactics`) nasledovným spôsobom:

Ak je hráč bez lopty a loptu nemá pod kontrolou ani jeden tím, hráč vypočíta vzdialenosť k lopte pre každého svojho spoluhráča. Pokiaľ je táto vzdialenosť minimálna pre daného hráča (ktorý vykonal výpočet), hráč zakričí správu *Pusti* a rozbehne sa za loptou (naplánuje si pozíciu lopty ako svoj cieľ).

Ak je hráč prijme správu *Pusti* a správa nie je odoslaná od seba samého, hráč zruší svoj plán, ak práve bežal za loptou.

Použitím týchto jednoduchých rozhodovacích pravidiel sme nedospeli k pozitívnemu výsledku. Testovacie zápasy skončili buď remízou

alebo prehrou novej verzie. Výsledok je potvrdením predpokladu, že v letnom semestri bude potrebné použiť komplexnejšie algoritmy pre reakciu na prijatie tejto správy.

Popri implementácii prototypu sme si všimli chybu v zdrojových kódoch tímu Sklo, ktorá spočívala v nesprávnom kódovaní čísla hráča do správ. Chyba sa týkala správ *Pusti*, *Prihraj* a *Bež*, z ktorých len správu *Prihraj* tím Sklo využíval v taktickej vrstve. Chybu sme opravili.

V prototypy sme zmenili pôvodný spôsob využívania *AttentionTo*. V pôvodnej verzii tímu Sklo všetci hráči vždy prednostne počúvali hráča s loptou. Podľa nášho návrhu sme zmenili toto správanie pre obrancov. Obranca vždy prednostne počúva brankára. Táto zmena sa však prejaví až po modifikácii brankára.

Prototyp komunikácie medzi hráčmi splnil naše očakávania len čiastočne. Novovytvorené aj zmenené správy sú pripravené pre použitie taktickou vrstvou hráča. Vytváranie prototypu nám pomohlo čiastočne porozumieť zdrojovým kódom, v ktorých bude potrebné urobiť v letnom semestri rozsiahle zmeny.

5.4 Formácie

Informácie o formáciách sa uchovávajú v hráčovi v triede `Formation`. Formácie sú statické, dopredu preddefinované ešte pred zápasom. Každý hráč má vo formácii rolu (`PR_GoalKeeper`, `PR_Defensman`, `PR_Midfielder`, `PR_Forward`). Inicializáciu formácie vykonáva funkcia `InitRawUnits`, ktorá nastaví formáciu a jednotky (obránnú, stredovú a útočnú).

```
PlayerTactics pomocou volania funkcie
m_cFormation.InitRawUnits(SIDE_LEFT, FORMATION_334, UNIT_3_L,
UNIT_3_L, UNIT_4_L );
```

Počas zápasu zmenu formácii nastavuje kouč v metóde `OnSeeGlobal` pomocou freeform správy. Na otestovanie zmeny sme po určitom počte cyklov zmenili formáciu na „523AA“. Freeform správa sa spracuje v metóde `Parser::CLangParseChangeFormation`, ktorá zavolá funkciu `PlayerTactics::ChangeFormation(typeofaction)`. Táto funkcia nastaví novú formáciu takisto pomocou metódy `InitRawUnits`.

Prototypovaním formácii sme sa oboznámili s implementáciou formácii v tíme Sklo. Tento prototyp sme vyhodnotili ako prototyp na zahodenie, keďže sa nám implementácia formácií zdá málo pružná a chceme ich radikálne prerobiť.

6 OPIS RIEŠENIA

6.1 Rozhodovací strom hráča

6.1.1 Vizualizácia rozhodovacieho stromu

Z dôvodu ľahšej čitateľnosti a lepšieho pochopenia zdrojového kódu bol vytvorený rozhodovací strom hráča tímu Sklo. Rozhodovací strom pre svoju rozsiahlosť a mnohonásobné vetvenie nemohol mať podobu jedného dokumentu, preto bol rozdelený do viacerých častí v súlade s dátovým tokom tímu Sklo. Konečný rozhodovací strom má podobu niekoľkých súborov formátu *vdx* pre produkt Visio spoločnosti Microsoft. Pre jednoduchšie prezeranie bola vytvorená aj sada súborov rozhodovacieho stromu v grafickom formáte *png*. Obidve sady je možné nájsť na stránke nášho tímu.

Samotná logika rozhodovania hráča sa nachádza takmer výhradne v triede **PlayerTactics**. Táto trieda je odvodená od triedy `PlayerSkills`, preto má prístup ku všetkým metódam, predstavujúcim schopnosti hráča.

Prvou takouto metódou je metóda `PlayerSkills::Act()`, ktorá tvorí vlastne koreň rozhodovacieho stromu. Táto metóda sa volá vždy, keď sa od hráča očakáva nejaká reakcia – teda v každom cykle. Metóda rozlišuje, či je hra prerušená, alebo sa hrá. V závislosti od tohto faktu sa potom zavolá buď metóda `PlayerSkills::RunPlayOff()` alebo `PlayerSkills::RunPlayOn()`.

Následne sa rozlišuje rola hráča v logike brankár / hráč a rozlišuje sa aj to, či hráč drží alebo nedrží loptu. V prípade, že hráč drží loptu, volá sa metóda `PlayerTactics::BehaveWithBall()`. Ak hráč loptu nedrží, volá sa metóda `PlayerTactics::BehaveWithoutBall()`. Obidve metódy rozlišujú rolu, ktorú má hráč pridelenú, a to útočník, stredopoliar alebo obranca. V závislosti od roly hráča a od držania lopty sa zavolajú metódy pre obrancu, stredopoliaru či útočníka s loptou alebo bez lopty. Ide o metódy:

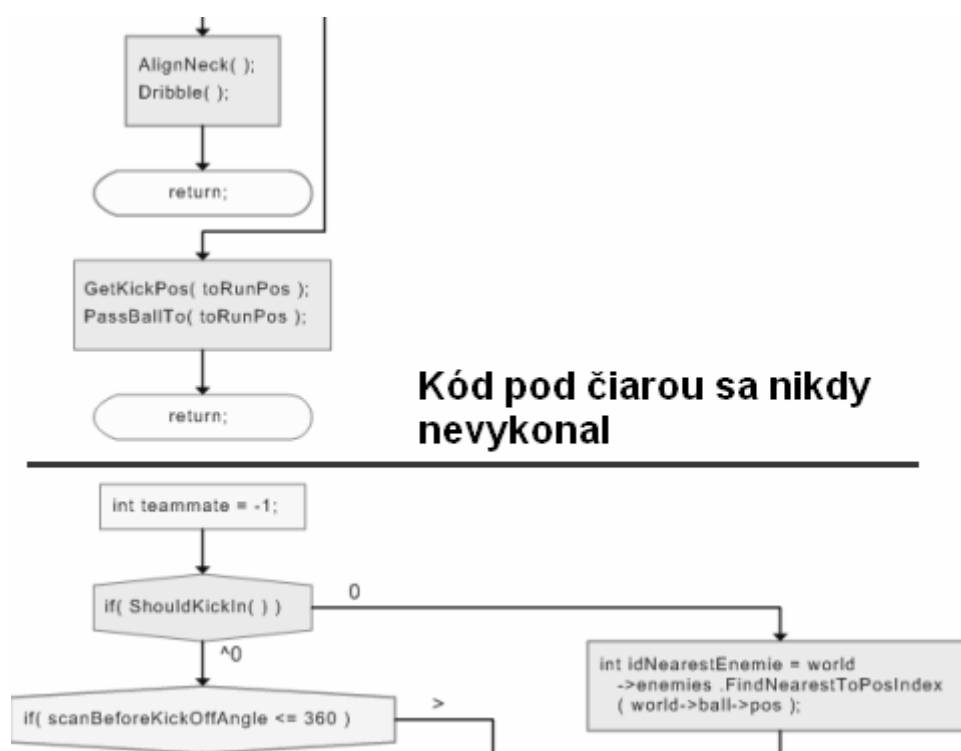
- `PlayerTactics::DefenderWithBall()` / `DefenderWithoutBall()`
- `PlayerTactics::MidfiledWithBall()` / `MidfiledWithoutBall()`
- `PlayerTactics::AttackerWithBall()` / `AttackerWithoutBall()`

Tieto metódy ďalej obsluhujú situácie, ktoré môžu počas zápasu nastať a volajú ďalšie metódy triedy `PlayerTactics` (napr. na zistenie domovskej pozície a pod.) alebo volajú priamo schopnosti hráča (napr. kopnutie do lopty určitou silou určeným smerom).

6.1.2 Chyby odhalené vďaka vizualizácii rozhodovacieho stromu

Obídenie veľkej časti kódu útočníka

Už v etape analýzy sme zistili, že útočníci tímu Sklo veľmi málo strelajú na bránu. Niekedy prihrávali mimoriadne nelogicky a niekoľkokrát sa stalo, že útočník, ktorý mal pred sebou už iba prázdnu bránu, namiesto strelby nahral na šestnástku. Príčina tohto chovania nám zostávala skrytá, kým sme neobjavili v rozhodovacom strome útočníka s loptou zarážajúci fakt. Iba niekoľko príkazov po začiatku tela metódy bol umiestnený príkaz `return`, čo znamenalo, že väčšina kódu, kde sa hráč rozhodoval, čo s loptou urobí, nikdy nepreběhla. Na nasledujúcom obrázku môžeme vidieť časť rozhodovacieho stromu útočníka tímu Sklo.



6-1 Chyba v rozhodovacom strome útočníka

Táto chyba bola do kódu vnesená pravdepodobne v dôsledku ladenia hráča pod časovým tlakom. Po opravení chyby vystúpil do popredia celý rad ďalších chýb.

Pevne nastavený bod, kam má útočník bežať

Po oprave vyššie spomínanej chyby sme zistili, že útočníci ignorujú niektoré naše zmeny v kóde hráča. Jednou zo zmien bolo posúvanie sa formácie hráčov v závislosti od polohy lopty. Ukázalo sa, že útočník má v kóde pevne nastavenú X-ovú súradnicu, na ktorú sa snaží bežať, na 44.25.

Toto pevné nastavenie malo za následok deformáciu formácie v útočnej fáze hry a z toho vyplývajúcu nižšiu úspešnosť prihrávok.

Nereálny cieľ driblovania

Ďalším nedostatkom, ktorý bol u hráčov tímu Sklo veľmi zjavný, bola neschopnosť driblingu. Aj keď hráč zjavne mohol driblovať, volil radšej prihrávku horšie postavenému spoluhráčovi. Ak nijakého spoluhráča nevidel, stál na mieste kým mu súper loptu nevzal. Dôvodom tohto správania bol opäť pevne nastavený bod v kóde hráča. Na vstup metódy `CanDribble()` bola odovzdávaná vždy tá istá súradnica. Spomínaná metóda vyhodnocovala, či je vhodné driblovať na miesto, ktoré jej bolo zadané na vstupe. Samozrejme výsledok vrátila vždy negatívny, pretože pevne nastavený bod bol jednoducho na driblovanie príliš ďaleko.

Chýbajúci kód pre dribling v rozhodovacom strome obrancu

V kóde obrancu sa možnosť „rozumného driblovania“ alebo „SmartDribble“ vôbec neuplatňovala. Tím Sklo sa pravdepodobne snažil znížiť na minimum možnosť straty lopty vo vlastnej obrane. Obrancovia síce formu driblingu využívajú, je to ale iba dribling na krátku vzdialenosť tak, aby lopta nikdy neopustila zónu, v ktorej ju hráč môže priamo kontrolovať. Niekedy je ale výhodné, aby si aj obranca loptu vedel predkopnúť a dostať sa tak mimo nebezpečnú zónu. Samozrejme to je u obrancu až posledná možnosť, keď nemôže nikomu prihrať.

6.1.3 Implementované vylepšenia

Zlepšená strel'ba na bránku

Keďže chyba v útočníkovi, ktorá spôsobovala zhoršenú strel'bu, bola odstránená, naši útočníci strieľajú na bránu oveľa odvážnejšie a nesnažia sa prihrávať z pozície, kedy je výhodná strel'ba. Celý proces rozhodovania útočníka a čiastočne aj stredopoliara a obrancu bol prepracovaný a boli zmenené priority niektorých herných úkonov. U útočníka dostala strel'ba najvyššiu prioritu a až keď útočník zistí, že nemôže úspešne strieľať na bránu, skúša iné alternatívy, ako sú prihrávka a dribling.

Vylepšený dribling

Cieľ driblovania sa namiesto pevného určenia bodu zisťuje dynamickým vypočítavaním cieľu driblovania v závislosti od aktuálnej polohy hráča. Hráč sa snaží driblovať s loptou o 3 jednotky pred seba, nepoužíva na to ale metódu `Dribble()`, ale `SmartDribbleTo()`. Táto metóda vo svojom tele testuje, či nie je vhodné mierne upraviť smer driblovania a silu kopnutia do lopty. Ak zistí, že by to bolo vhodné, dribling sa uskutoční upraveným smerom a novo vypočítanou silou.

Využívanie metódy *ShortKick()* pri driblovaní

Metóda `ShortKick()` bola síce v hráčovi tímu Sklo implementovaná, ale nebola využívaná, pretože v niektorých prípadoch má za následok stratu lopty. Ak je ale vhodne použitá, znamená zrýchlený prechod do útočnej fázy a väčšiu šancu na strelenie gólu. Táto metóda je volaná v tele útočníka a obrancu aj na driblovanie. Jej vplyv na hru je dobre viditeľný. Oproti hráčovi tímu Sklo hrajú útočníci odvážnejšie dopredu a aj keď to niekedy znamená stratu lopty, útočná hra je dynamickejšia.

Rozdielne riziko pri driblovaní u stredopoliara a útočníka

Tím Sklo mal dĺžku driblovania pre spomínané dva typy hráčov pevne nastavenú. Nebolo zohľadnené, že hráči majú rozdielne úlohy. Úlohou stredopoliara je vybojovať a podržať loptu a poslať prihrávku do útoku. Úlohou útočníka je predstihnúť súperových obrancov a skórovať. Toto je nutné zohľadniť aj pri driblingu.

Za útočníkov sa vyberajú obvykle tie najrýchlejšie heterotypy hráčov, preto má útočník väčšiu šancu, že loptu dobehne aj keď je blízko súperových obrancov. Môže preto viac riskovať a loptu si predkopávať na väčšie vzdialenosti.

Stredopoliari majú vzdialenosť, na akú si predkopávajú loptu pri driblingu, nastavenú konzervatívnejšie. Vďaka tomu im nehrozí také veľké riziko straty lopty ako u útočníkov.

6.1.4 Oprava chyby v rozdelení ihriska na zóny

Algoritmus rozdelenia ihriska na zóny bol podrobne popísaný už v časti dokumentácie, zaoberajúcej sa prototypom. Algoritmus zostal nezmenený, bola ale objavená chyba spôsobujúca padanie hráča v niektorých špecifických prípadoch.

Hráč si pri predikcii pohybu lopty vytvára novú inštanciu triedy `Myself`. V konštruktoze tejto triedy dochádzalo pri kopírovaní sektora k nezrovnalostiam, pretože v novovytvárannej inštancii triedy bol hráč už na iných, z aktuálneho pohybu vypočítaných, súradniciach. Tieto súradnice nemuseli byť vždy v rovnakej zóne, ako tomu bolo v pôvodnej inštancii triedy.

Tento problém bol odstránený tak, že v konštruktoze sa zóna neurčuje a jej určenie sa ponecháva až na prvé volanie metódy `Recalculate()`. Pri predikcii pohybu hráča a lopty totiž sektor na ihrisku, v ktorom sa hráč nachádza, nie je dôležitý. Dôležitým sa stane, až keď sa hráč naozaj dostane do predikovanej pozície.

6.2 Kouč

6.2.1 Zbieranie štatistík o polohách objektov

Do kouča bola pridaná schopnosť detailnejšieho sledovania štatistík polôh jednotlivých pohybujúcich sa objektov (vlastných a súperových hráčov a lopty) na ihrisku v priebehu času.

Celé ihrisko je rozdelené na štvorcové zóny. O každej štvorcovej zóne sa udržiava informácia o tom, koľko cyklov počas hry sa v tejto zóne nachádzal súperov hráč, náš hráč a lopta. Vždy keď kouč zachytí zrakovú informáciu, upraví svoju štatistiku o polohe pohyblivých objektov na ihrisku.

Tieto štatistiky sú potom využívané pre strategické rozhodovanie kouča, hlavne pre určenie formácie, ktorá bude počas hry použitá.



6-2 Získaná štatistika o polohách súperových hráčov na ihrisku

6.2.2 Bitové zjednodušenie štatistík o polohách

Aby bolo možné získať štatistiky jednoduchšie algoritmicke spracovávať, je potrebné vykonať zjednodušenie získaných štatistík. Ide hlavne o to, aby sa zo štatistík odfiltrovali oblasti, ktoré boli obsadené veľmi málo. Na bitové zjednodušenie získaných štatistík boli vytvorené a otestované tri rôzne algoritmy:

- Záplavový algoritmus
- Výškový algoritmus
- Algoritmus lokálnych maxím

Po vykonaní testovania algoritmov na získaných štatistikách viacerých zápasov sa ako najvhodnejší ukázal pre použitie v koučovi výškový algoritmus (vzhľadom na svoje výstupy a svoju výpočtovú náročnosť).

Záplavový algoritmus

Tento algoritmus vychádza z toho, že sa pomocou percent od 0-100% určí aké množstvo celej plochy ihriska má byť „zaplavené“. Celá štatistika získaná o pohyblivých objektoch na ihrisku sa prechádza opakovane vždy s výškou hladiny zaplavenia od 1. V každom opakovaní sa výška hladiny zvýši o jedna. V okamihu keď je z ihriska zaplavená väčšia časť ako požadované percento, algoritmus končí. Všetky miesta na ihrisku „pod vodou“ sú označené ako neobsadené a všetky miesta „nad vodou“ ako obsadené.

Tento algoritmus dosahuje dobré výsledky odfiltrovania nepodstatných častí získaných štatistík pre percento filtrovania nad 80%. Problémom tohto algoritmu je však jeho výpočtová zložitosť, pretože sa neustále dokola prechádza všetkými políčkami na ihrisku.



6-3 Záplavový algoritmus s percentom zaplavenia 90%

Výškový algoritmus

Tento algoritmus predstavuje podobný prístup ku zjednodušeniu získaných štatistík, ako záplavový algoritmus. Pomocou percenta z maximálnej výšky štatistík polôh sa určí hodnota, ktorá bude predstavovať hraničnú výšku. Hlavným zámerom tohto algoritmu je ale zjednodušenie zdĺhavého výpočtu.

Algoritmus prechádza štatistikami o polohách objektov na ihrisku 2 krát. Pri prvom prechode sa zistí maximálna výška obsadenia z políčok na ihrisku. Z tejto nájdenej maximálnej výšky sa určí spomínaná hraničná hodnota, ako zadané percento z nej. Pri druhom prechode sa porovnáva aktuálna výška (doba obsadenia) v danom políčku s hraničnou hodnotou. Ak je aktuálna výška nižšia ako hraničná hodnota, je dané políčko označené ako neobsadené. V opačnom prípade, je dané políčko označené ako obsadené.

Výsledky dosahované týmto algoritmom sú podobné ako v prípade záplavového algoritmu. Jeho výhodou je však omnoho nižšia výpočtová zložitosť. Tento algoritmus dosahuje dobré hodnoty filtrovania pre zadané vstupné percento hraničnej hodnoty výšky od 5-20%.



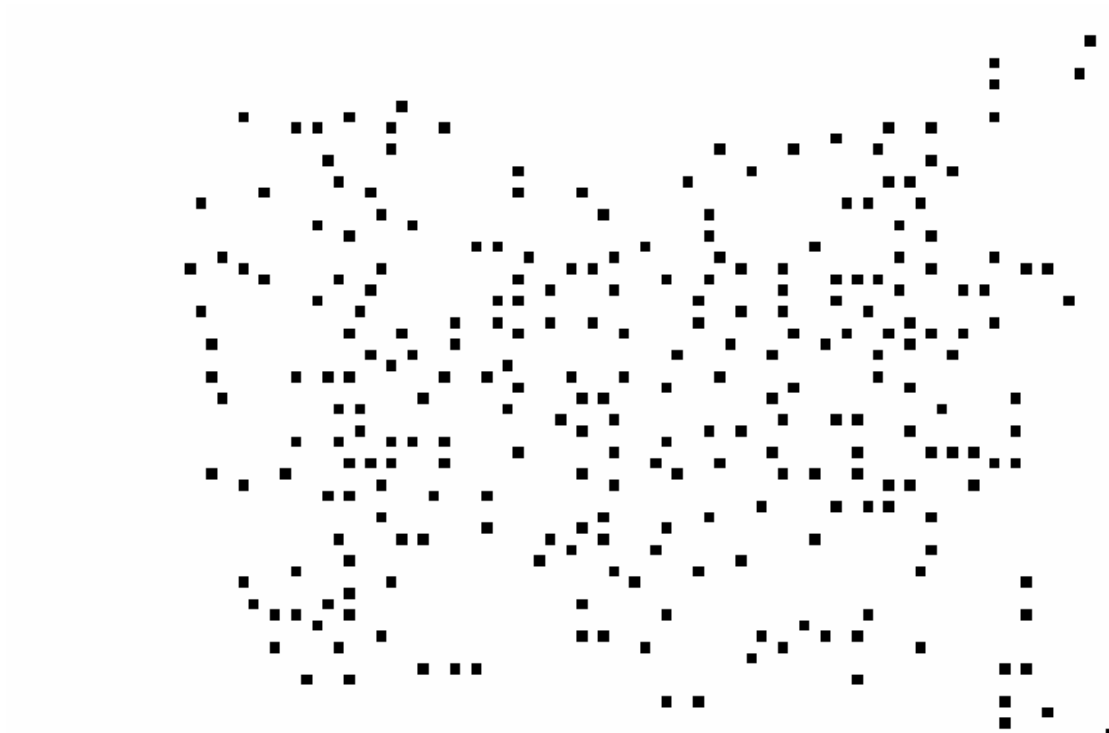
6-4 Výškový algoritmus s percentom hraničnej hodnoty 10%

Algoritmus lokálnych extrémov

Pri tomto algoritme sme sa snažili sústrediť nie na odfiltrovanie jednotlivých oblastí ihriska, ktoré sú počas hry obsadené málo. Naopak, snažili sme sa o zvýraznenie oblastí, ktoré sú obsadené počas hry najčastejšie. Výstupom algoritmu mali byť oblasti, ktoré sú najviac obsadené.

Za lokálne maximum sa považuje také políčko, v ktorého okolí sa nenachádza žiadne políčko s dobou obsadenia väčšou ako je v tomto políčku.

Výstupom tohto algoritmu nepotvrdil naše očakávania. Výsledkom totiž bola množina bodov náhodne rozmiestnených po ihrisku, ktoré nemali žiadnu výpovednú hodnotu.



6-5 Algoritmus lokálnych maxím

6.3 Formácie

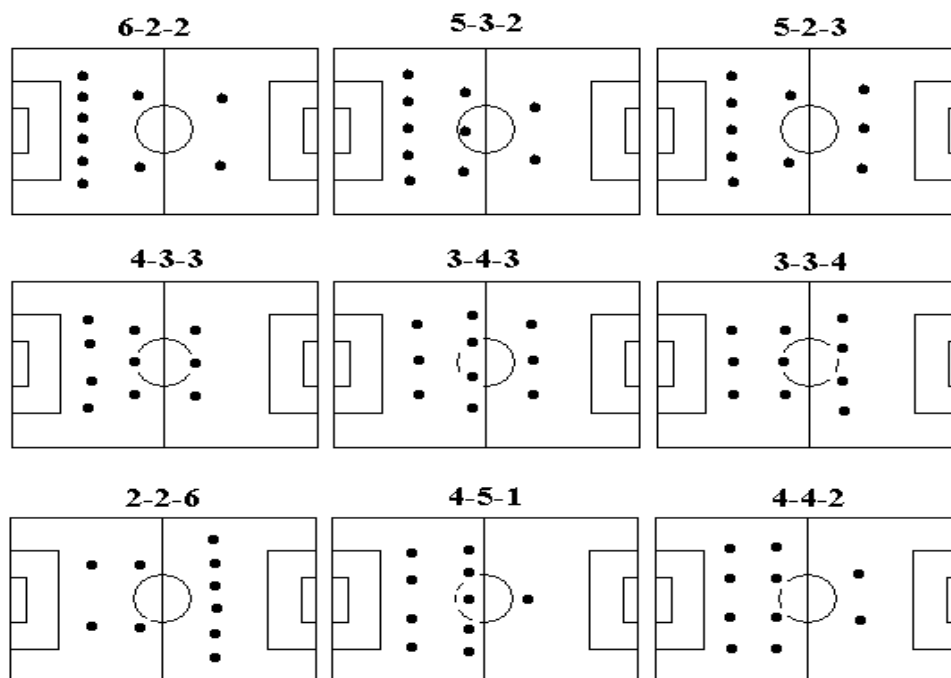
6.3.1 Reprézntácia formácií

V pôvodnom tíme Sklo existovalo veľké množstvo predvolených a parametrizovaných formácií. Neexistovala však možnosť umiestniť hráčov na konkrétnu pozíciu na ihrisku. Preto bolo potrebné redefinovať samotnú reprezentáciu formácie tak, aby umožňovala umiestnenie hráčov v podstate na akúkoľvek polohu na hracej ploche. V novej reprezentácii je hráč na ihrisku definovaný svojou:

- absolútnou polohou
- rolou

Samotné formácie sú potom realizované v triede `Formation`, v ktorej sú pozície všetkých hráčov realizované ako pole štruktúr. Súčasťou tejto triedy sú predovšetkým metódy na zisťovanie a nastavovanie formácií, zisťovanie a nastavovanie domovských pozícií a zisťovanie role hráča.

Okrem možnosti umiestniť hráča na akúkoľvek polohu bolo vytvorených aj niekoľko predvolených formácií, v ktorých sú polohy a role hráčov už dopredu definované. Predvolené formácie je možné vidieť na nasledujúcom obrázku.



6-6 Preddefinované formácie

V súvislosti s formáciami bolo potrebné znovu vytvoriť aj metódy, ktoré vracajú hráčom domovskú pozíciu. Hráč sa na domovskú pozíciu vracia v tom prípade, ak sa aj s ohľadom na svoju rolu, nachádza príliš ďaleko od

lopty alebo súperovho hráča. Domovské pozície sa využívajú aj v niektorých prípadoch, kedy dochádza k zahrávaniu lopty.

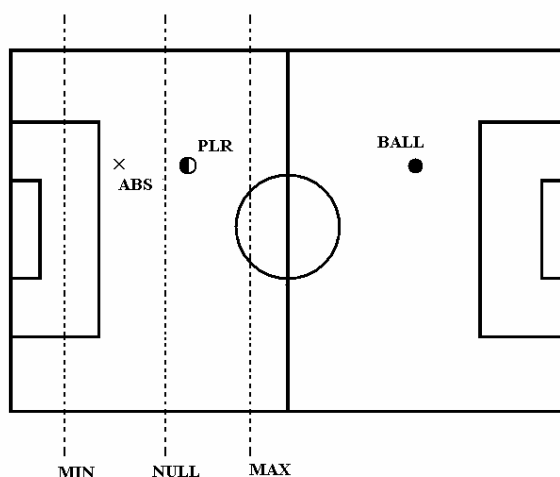
Pre výpočet x-ovej súradnice hráča bol definovaný nasledujúci vzorec:

$$PLR = \begin{cases} \left(\frac{BALL - NULL}{NULL + HALF} \cdot (ABS - MIN) \right) + ABS, & \text{pre } BALL \leq NULL \\ \left(\frac{BALL - NULL}{HALF - NULL} \cdot (MAX - ABS) \right) + ABS, & \text{pre } BALL > NULL \end{cases}$$

Bodové premenné definujú x-ové súradnice daných pozícií na ihrisku, pričom:

- PLR – domovská súradnica hráča po zohľadnení lopty
- BALL – aktuálna poloha lopty na ihrisku
- NULL – nulová pozícia, podľa vzdialenosti lopty od tejto osi sa rozlišuje, či sa, s ohľadom na svoju absolútnu polohu, bude hráč sťahovať smerom k brankárovi alebo vysúvať dopredu
- HALF – konštanta, polovičná dĺžka ihriska
- ABS – absolútna poloha hráča, v ktorej sa hráč nachádza práve vtedy ak je lopta na osi NULL
- MIN – os, po ktorú sa môže hráč maximálne stiahnuť
- MAX – os, po ktorú sa môže hráč maximálne vysunúť

Tieto premenné slúžia len pre výpočet domovskej pozície hráča a nelimitujú pôsobenie hráča na ihrisku vyplývajúce z aktuálneho stavu hry. Význam premenných je vidieť na nasledujúcom obrázku:



6-7 Výpočet x-ovej súradnice polohy domovskej pozície

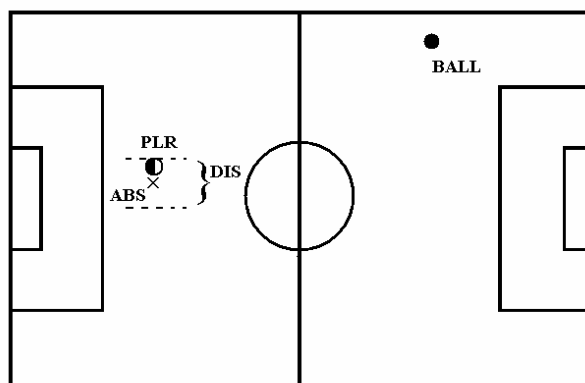
Pre výpočet y-ovej súradnice domovskej pozície sa používa nasledujúci vzorec:

$$PLR = \begin{cases} \left(\frac{BALL - ABS}{ABS + HALF} \cdot \frac{DIS}{2} \right) + ABS, & \text{pre } BALL \leq ABS \\ \left(\frac{BALL - ABS}{HALF - ABS} \cdot \frac{DIS}{2} \right) + ABS, & \text{pre } BALL > ABS \end{cases}$$

Bodové premenné definujú y-ové súradnice daných pozícií na ihrisku, pričom:

- PLR – domovská pozícia hráča po zohľadnení lopty
- BALL – aktuálna poloha lopty na ihrisku
- ABS – absolútna poloha hráča, v ktorej sa hráč nachádza práve vtedy, ak sa lopta nachádza na y-ovej osi, ktorá prechádza jeho absolútnou polohou
- HALF – konštanta, polovičná šírka ihriska
- DIS – rozptyl, v ktorom sa môže hráč nachádzať okolo svojej absolútnej pozície

Podobne ako v prípade výpočtu x-ových súradníc, tieto premenné takisto slúžia len na výpočet domovských pozícií a neovplyvňujú pôsobenie hráča vyplývajúce zo spracovávania rozhodovacích stromov. Význam premenných je možné vidieť na nasledujúcom obrázku:



6-8 Výpočet y-ovej súradnice polohy domovskej pozície

6.3.2 Zmena formácie počas zápasu

Zmenu formácie počas zápasu má na starosti kouč, ktorý musí poznať starú formáciu. Z toho dôvodu bolo nutné zabezpečiť, aby trieda `CoachKernel` obsahovala ukazovateľ na inštanciu triedy `Formation`, ktorá obsahuje aktuálnu formáciu.

Samotná zmena formácii sa skladá z dvoch na seba nadväzujúcich krokov:

- určenie typu formácie podľa stavu hry
- výpočet absolútnych pozícií na základe mapy pokrytia

Určenie typu formácie na základe stavu hry

Vyhodnocovanie zmeny formácie vykonáva kouč za presne definovaných okolností a podmienok. V tomto kroku sa jedná len o presné určenie počtu obrancov, stredopoliarov a útočníkov na základe stavu hry a nie o ich presné rozmiestnenie na nové pozície.

Kouč prehodnocuje existujúcu formáciu pri splnení nasledujúcich podmienok:

- vždy po 1500 cykloch od posledného nulovania zónových štatistík – keďže pri zmene formácie sa berú do úvahy štatistické informácie, je potrebné definovať určitý časový interval, aby sa predišlo príliš veľkému skresleniu výsledkov
- po inkasovanom góle – inkasovaný gól svedčí o tom, že existujúca formácia nie je príliš úspešná. Z toho dôvodu je potrebné prehodnotiť rozloženie jednotlivých hráčov. Aj v tomto prípade je však potrebné brať do úvahy minimálny časový interval, pri ktorom dochádza k zberu štatistických informácií tak, aby nedošlo k ich skresleniu.

Pri samotnom vyhodnocovaní formácii sa berie do úvahy niekoľko faktorov:

- rozdiel medzi inkasovanými a vstrelenými gólmi
- percentuálny pomer výskytu lopty v obrannej, strednej a útočnej zóne

Hlavnou podmienkou pre zmenu formácie je rozdiel medzi inkasovanými a vstrelenými gólmi. Ak je tento rozdiel príliš veľký, je zrejmé, že náš tím má proti súperovi len minimálnu šancu, a preto kouč volí obrannú formáciu.

Ak je rozdiel skóre v rozpätí 2 až 6 gólov volí kouč mierne útočnú formáciu.

Na druhej strane, ak je rozdiel v skóre menší ako -1, to znamená, že vyhrávame, volí kouč obrannejšiu formáciu. To pri akých hodnotách štatistík dôjde k zmene formácie závisí od rozdielu gólov a od percentuálneho pomeru hry v našom obrannom pásme. Do obrany pridá kouč hráča zo stredu poľa alebo z útoku, podľa toho, kde je viac hráčov.

Najviac podmienok prehodnocuje kouč v prípade, ak prehrávame o jeden gól alebo keď je výsledok nerozhodný. Prvotnou podmienkou je percentuálny výskyt lopty v našom obrannom pásme a počet obrancov. Na ich základe sa potom vyhodnocujú ďalšie podmienky, na základe ktorých dôjde

k rozhodnutiu, či je potrebné posilniť útok alebo stred pola a odkiaľ tam presunúť hráčov. Výsledkom môže byť aj ponechanie aktuálnej formácie bezo zmeny.

Pri zmene formácie dochádza k vynulovaniu štatistických informácií o výskyte lopty v zónach.

Algoritmus výberu typu formácie je možné parametrizovať podľa gólových rozdielov a hodnôt štatistík. Optimálne nastavenie týchto podmienok, resp. pridanie nových je možné vykonať až po odohratí veľkého množstva zápasov a následnej analýze rozhodnutí kouča. Preto bude ich nastavenie predmetom ďalšieho ladenia.

Výpočet absolútnych pozícií na základe mapy pokrytia

Kým v predchádzajúcom kroku sa určil len počet hráčov na jednotlivých postoch, v tomto kroku dochádza k ich samotnému rozmiestneniu. Hráč sa takmer nikdy počas zápasu nenachádza presne na svojej absolútnej pozícii. Navyše, ak sa k nemu na určitú vzdialenosť priblíži hráč alebo lopta, správa sa podľa rozhodovacieho stromu. Z týchto dôvodov nie je až tak veľmi dôležité vytvárať zložité algoritmy na výpočet absolútnych polôh. Preto boli pre výpočet absolútnych polôh použité jednoduchšie, ale hlavne časovo menej náročné algoritmy.

Pri výpočte absolútnych pozícií sa využívajú štatistiky o polohách súperových hráčov. Používa sa bitové zjednodušenie pomocou výškového algoritmu. Výstupom tohto algoritmu je bitové pole.

Pri úprave absolútnych pozícií sa vychádza z predvolenej pozície hráča vzhľadom na predvolenú formáciu. Okolie tohto bodu sa potom prehľadáva, pričom sa používa bitové zjednodušenie výškovým algoritmom. Prehľadáva sa okolie bodu s určitým rozpätím. Keďže pokrytých bodov sa môže v okolí tohto bodu nachádzať viac, využíva sa jednoduchá heuristika pre výber najvhodnejšej polohy. V heuristike sa uvažuje s nasledujúcimi hodnotami:

- vzdialenosť bodu od pozície definovanej predvolenou formáciou
- počet okolitých bodov, ktoré sú pokryté

V heuristike sa používa nasledujúci vzorec:

$$HEUR = (DW * DIST) + (CW * COV), \text{ pričom}$$

- HEUR – výsledná heuristika
- DW – váha vzdialenosti
- DIST – vzdialenosť bodu od pozície definovanej predvolenou formáciou
- CW – váha pokrytia
- COV – počet susedných bodov, ktoré sú pokryté

Ak sa nenájde žiadny bod pokrytia v danom okolí, použije sa pozícia z predvolenej formácie.

Pri obrancoch a stredopoliaroch sa používa maximálna heuristika a pri útočníkoch minimálna.

6.3.3 Správy na zmenu formácií

Zmenou reprezentácie formácií bolo nutné zdefinovať niekoľko nových správ, ktoré bude posielat' kouč hráčom. Zmena sa týka niekoľkých tried. V koučovi to je `CouchKernel` a v hráčovi `PlayerTactics` a `Parser`.

Boli vytvorené 3 typy freeform správ. Prvá najjednoduchšia je určená na zmenu na inú predvolenú formáciu. Ďalšia je určená na zmenu ľubovoľného počtu hráčov a posledná na zdefinovanie úplne novej formácie.

Zmena na inú preddefinovanú formáciu

Táto freeform správa je najjednoduchšia, keďže stačí posielat' číslo predvolenej formácie. V koučovi je v triede `CouchKernel` na posielanie zadaná funkcia `void CouchKernel::ChangeForm (int formation)`. Výsledná správa môže mať napríklad takýto tvar:

```
(freeform "(formation 2)")
```

Každý hráč túto správu prijme a zanalyzuje. Správa sa spracúva v triede `Parser`. Slúži na to funkcia `int Parser::CLangParseChangeFormation (const char* msg)`, ktorá zavolá metódu `void PlayerTactics::ChangeFormation (const int formation)`. V tejto funkcii si hráč zmení aktuálnu formáciu.

Zmena po jednotlivých hráčoch

Formácia sa nemusí meniť celá. Ak je nutné zmeniť len niektorých hráčov, môže sa použiť táto správa. Správa sa skladá z čísla hráča, jeho domovskej polohy (X a Y súradnica) a môže ale nemusí obsahovať aj jeho novú rolu. Údaje o hráčoch sú rozdelené do okrúhlych zátvoriek. Príklad takejto freeform správy:

```
(freeform "(ChPl (2 -10 20 D) (6 -9 11) (9 20 20 F))")
```

Role hráčov v správe sú:

- D ako obranca (Defender)
- M ako stredopoliar (Midfielder)
- F ako útočník (Forward)

Pred poslaním sa správa musí najprv zostaviť. Kouč postupne jednotlivých hráčov pridáva do dočasného reťazca `FormationBuffer` funkciou `void CouchKernel::ChangePlayerPos (int playerNum, Point`

`newPos, char* role)`. Nakoniec sa správa pošle funkciou `void CoachKernel::SayNewPos()`. Keďže sa v správe posielajú aj čísla hráčov, poradie hráčov v správe nie je podstatné.

Hráči správu príjmu a spracujú funkciou `int Parser::CLangParseChangePlayersFormParams (const char* msg)`. Využívajú sa funkcie na zmenu domovskej pozície `void PlayerTactics::ChangePlayersFormParams (int PlayerNum, float X, float Y)` a na zmenu role hráča `void PlayerTactics::ChangePlayersRole (int PlayerNum, FormationRole role)`.

Zadefinovanie kompletne novej formácie

Zadefinovať novú formáciu sa dá aj s predchádzajúcou správou. Problém je v obmedzení freeform správy na 128 bytov. Parametre všetkých 10 hráčov (okrem brankára) presahujú 130 bytov. Ak chceme poslať informáciu o všetkých hráčoch, je zbytočné posielat' aj informáciu o ich číslach, keďže ich číslo bude udávať poradie v reťazci. Preto hráči musia byť do reťazca pridávaní postupne od čísla 2 do 12. Správa môže vyzerat' nasledovne:

```
(freeform "(NF (-30 -25 D) (-30 -15 D) (-30 -5 D) (-30 5 D) (-30 15 D) (-30 25 D) (-4 -25 M) (-4 25 M) (25 -25 F) (25 25 F))")
```

Vytvorenie správy je analogické ako s predošlou. Kouč postupne jednotlivých hráčov pridáva do dočasného reťazca `NewFormationBuffer` funkciou `void CoachKernel::NewForm (Point newPos, char* role)`. Nakoniec sa správa pošle funkciou `void CoachKernel::SayNewForm()`.

Hráč analyzuje správu v triede `Parser` funkciou `int Parser::CLangParseNewFormation(const char* msg)`. Táto funkcia pracuje obdobne ako funkcia určená pre predošlú správu s tým rozdielom, že číslo hráča získa z poradia hráča v správe.

6.4 Zvuková komunikácia

Riešenie zvukovej komunikácie nadväzuje na prototyp vytvorený v zimnom semestri. Podarilo sa realizovať len časť navrhnutých zmien. Detailnejšie sme sa zamerali na správy pusti a pokry. Ostatné správy ako za tebou či prihraj boli menené len čo sa týka doladenia podmienok ich volania (ich ladenie nebolo v čase písania dokumentácie ukončené).

Počas implementácie bolo odhalených niekoľko chýb v správe prihraj (riešenej prechádzajúcim tímom). Hlavný problém bol v tom, že sa nesprávne kódovalo číslo hráča v správe a zoznam hráčov, ktorí žiadali o prihrávku bol z tohto dôvodu vždy prázdny. Správa prihraj teda nebola vôbec funkčná. Táto chyba bola opravená a správa prihraj sa úspešne využíva. Tieto chyby však výrazne zdržali práce na implementácii komunikácie – náročná bola ich lokalizácia (hlavne zistenie, prečo hráči padajú) a ich odstránenie – hlavne z dôvodu nedostatočného dokumentovania programu predchádzajúcimi tímami (napr. pomocou komentárov v zdrojovom kóde).

6.4.1 Správa „Pokry“

Do brankára bola doplnená implementácia správy pokry. Tak ako bolo už spomínané v analýze, táto správa slúži hlavne na zabránenie krížnych prihrávok pred bránou, z čoho vyplynú často góly.

Správa pokry sa môže kričať len v prípade, že sa nachádza najbližší súperov hráč v okolí menšom ako 40m od stredu našej brány. Pre rozhodnutie, či sa vôbec zaoberať kričaním správy pokry sa berie poloha hráča a nie lopty.

Pre zakričanie správy pokry je treba rozhodnúť, ktorého súperovho hráča je treba pokryť a je treba taktiež vybrať niektorého z našich spoluhráčov, ktorý bude mať za úlohu pokryť hráča.

Brankár sleduje v okolí brány všetkých súperových hráčov. Za nepokrytého hráča považuje takého, v ktorého okolí 3m sa nenachádza žiadny iný náš spoluhráč. Ak sa v okolí brány nenachádza žiaden nepokrytý súperov hráč, správa pokry sa nekričí. V prípade, že sa nachádza v okolí brány, v jednom okamihu, viaceru nepokrytých súperových hráčov, vyberie sa z nich ten, ktorý sa nachádza najbližšie ku stredu našej brány (ten je považovaný za najnebezpečnejšieho).

Po určení súperovho hráča, ktorého je treba pokryť je treba vybrať spoluhráča, ktorý ho pôjde pokryť. Pokryť súperovho hráča môže ísť len ten náš spoluhráč, ktorý už nepokrýva žiadneho iného súperovho hráča (voľný spoluhráč). Za voľného sa považuje taký spoluhráč, v ktorého okolí 3m sa nenachádza žiaden súperov hráč. Za voľného spoluhráča sa považuje taktiež taký spoluhráč, v ktorého okolí 3m sa síce nachádza súperov hráč, avšak ten už je pokrytý iným našim hráčom.

Vzhľadom na to, aby mal náš hráč reálnu šancu pokryť súperovho hráča, musí sa nachádzať v jeho dostatočnej blízkosti. Z tohto dôvodu sa pre určovaní spoluhráčov, ktorí môžu ísť pokryť voľného súpera vynechávajú spoluhráči, ktorí sú vzdialený od voľného súperovho hráča viacej ako 15m. Z takto vytvorenej množiny voľných spoluhráčov sa potom vyberie ten, ktorý sa nachádza najbližšie k voľnému súperovmu hráčovi.

Ak sa podarilo určiť voľného súperovho hráča a podarilo sa k nemu nájsť voľného spoluhráča, brankár zakričí správu pokry. Správa pokry sa zakričí vybranému spoluhráčovi a bude v nej uvedené číslo a poloha súperovho hráča, ktorého je treba pokryť.

Hráč reaguje na správu pokry tak, že si nastaví za cieľ (`PreparedCommands::SetTarget()`) polohu hráča, ktorého má pokryť. Reakciu na správu pokry je možné v budúcnosti vylepšiť (využiť číslo pokrývaného hráča kódované do správy a „brať si“ hráča, nie len zamerať sa na jeho aktuálnu pozíciu v dobe počutia správy). Vhodné by bolo aj doplniť ďalšie vylepšenia vyplývajúce z návrhu ako predikcia predpokladanej budúcej polohy lopty alebo inteligentnejšia detekcia krížnych prihrávkov (viď návrh).

6.4.2 Správa „Pusti“

Správa pusti slúži na efektívne chytenie lopty – má zamedziť tomu, aby sa napr. viacerí hráči rozbehli za loptou, keď je evidentné, že stačí, keď za ňou pobeží len jeden hráč. Tejto správe bola venovaná výrazná pozornosť. Jej finálne riešenie nakoniec ovplyvňuje hru oveľa výraznejšie ako sme predpokladali.

Podľa návrhu má hráč správu pusti kričať vždy vtedy, keď zhodnotí, že je najbližšie k lopte, resp. bližšie ako ostatní spoluhráči. Samozrejme, musí byť splnená podmienka, že lopta je voľná (nemá ju ani žiadny spoluhráč ani súper, alebo hráč nevie určiť kto má loptu). Reakciou na správu pusti malo byť nastavenie príznaku „nebež za loptou“. Keď má hráč nastavený tento príznak, nebeží za loptou ale na svoju domovskú pozíciu (relatívnu k lopte). Tento príznak si hráč zruší až vtedy, keď zbadá, že lopta už nie je voľná.

Problém 1 – znefunkčnenie nahrávok

Na začiatku implementačných prác na správe pusti sme si však uvedomili, že jej návrh nebol domyslený do úplných podrobností. V najjednoduchšom riešení (podľa návrhu) často nastávala situácia, keď po každej nahrávke nahrávajúci hráč zistil (hneď v nasledujúcom cykle), že je k lopte najbližšie a zakričal správu pusti. Žiadna nahrávka tak nebola úspešná. Do úvahy pripadali dve alternatívy riešenia: nastaviť určitý *timeout*, počas ktorého sa po nahrávke hráč nepokúsi zakričať pusti a rozbehnúť sa za loptou alebo druhé riešenie – zakričať pusti len vtedy, ak hráč vyhodnotí, že sa lopta nepohybuje príliš rýchlo smerom od neho. Druhé riešenie eliminuje aj ďalšie nechcené rozbehnutia sa za loptou (nie len pri nahrávkach).

Po zvážení alternatív sme zvolili riešenie č. 2 a doplnili sme ho nasledovne: Podmienka behu za loptou bude oddelená od podmienky kričania správy pusti. Hráč bude kričať správu pusti vtedy, keď vyhodnotí, že je najbližšie k lopte a navyše lopta sa nesmie veľmi rýchlo pohybovať smerom od neho. Z vektorov a pozícií pohybujúcich sa objektov je možné zistiť ich relatívnu rýchlosť. Podmienku „lopta sa nesmie veľmi rýchlo pohybovať smerom od hráča“ sme zjednodušili na „lopta sa nesmie pohybovať smerom od hráča“.

Dá sa dokázať, že:

$$\cos \left[\angle(\vec{v}_h - \vec{v}_l)(\overline{HL}) \right] < 0 \Rightarrow \text{hráč a lopta sa od seba vzdávajú}$$

\vec{v}_h – vektor hráča

\vec{v}_l – vektor lopty

H – poloha hráča

L – poloha lopty

Je možné, že ladením pridáme k záveru, že toto zjednodušenie nebolo najlepším riešením, doterajšie výsledky však hovoria v prospech tohto riešenia. Súčasná implementácia umožňuje hraničnú relatívnu rýchlosť v prípade potreby jednoducho zmeniť na nenulovú hodnotu.

Problém 2 – detekcia zmeny v pohybe lopty

Ďalší problém v správe pusti sa objavil pri detekcii toho, kedy sa niektorý iný hráč dotkne lopty a hráč si môže príznak „nebež za loptou“ zrušiť. Pôvodne sme to implementovali tak, že sa príznak zruší v prípade, ak hráč zbadá, že loptu drží iný hráč. Takáto detekcia dotyku lopty sa ukázala ako nedostatočná, pretože zlyháva v momente, ak hráč stratí loptu na chvíľu z dohľadu a v tom momente do nej niekto kopne (alebo ak iný hráč loptu odkopne či zmení smer jej rýchlosti bez jej zadržania). Tento problém sme sa rozhodli vyriešiť tak, že hráč nebude sledovať, či niekto drží loptu, ale zapamätá si smer vektora pohybu lopty v okamihu nastavenia príznaku „nebež za loptou“. Ak sa následne tento smer vektora výrazne zmení, znamená to, že herná situácia sa zmenila natoľko, že príznak je vhodné zrušiť.

Ak teda loptu nikto nedrží, hráč počíta v každom kroku uhol medzi vektorom lopty v čase posledného počutia pusti a aktuálnym vektorom lopty. Ak je tento uhol väčší ako určitá medzná hodnota, príznak nebežania za loptou (nastavený pri kričaní správy pusti spoluhráčom) sa zruší. Túto medznú hodnotu sme ladením stanovili na 15°. Táto hodnota zohľadňuje nepresné zrkové vnímanie hráča -- hráč si zmenu vektora lopty všimne, keď je to potrebné a naopak nesprávne úsudky kvôli „zašumenému“ vnímaniu sú v dostatočnej miere eliminované.

Problém 3 – deadlocky hráčov

Ďalším závažným problémom sú tzv. *deadlocky* hráčov. Kvôli nepresnosti vizuálneho vnemu a nekompletnosti informácií o svete, si často myslí, že je najbližšie k lopte nie len ten hráč, ktorý k nej najbližšie naozaj je, ale aj iní hráči (často aj hráči, ktorí sú od lopty výrazne ďalej). Viacerí hráči teda zakričia pusti a správu pusti vzápätí počujú od ostatných. Nastáva tak situácia, že sa za loptou nerozbehne vôbec žiadny hráč.

Situáciu sme začali riešiť tak, že hráč v správe pusti zakričal aj svoju aktuálnu vzdialenosť k lopte (resp. vzdialenosť, ktorú vníma on). Pri prijatí správy pusti si hráč (len ak pusti kričal tiež) túto vzdialenosť porovnal so svojou vzdialenosťou k lopte a ak je prijatá vzdialenosť väčšia ako vlastná, znamená to, že môže správu pusti ignorovať, pretože spoluhráč, ktorý ju kričal sa pomýlil (nie je k lopte najbližšie).

Toto riešenie eliminovalo väčšinu *deadlockov*, ale nie všetky. Problém popísaného riešenia bol nasledovný: Hráč v správe pusti zakričal ostatným hráčom vzdialenosť, v ktorej si myslel, že je od lopty vzdialený. V prípade, že iný hráč zakričal taktiež správu pusti (a zároveň pusti prijal), tak porovnal svoju aktuálnu vzdialenosť so vzdialenosťou, ktorú počul v prijatej správe. Problém je práve v tom, že hráč porovnáva svoju aktuálnu vzdialenosť k lopte a nie tú, ktorú on pôvodne zakričal v správe pusti. Takto sa totiž mohlo stať, že hráč v ďalšom kroku zle určí väčšiu vzdialenosť k lopte a preto sa zastaví. Z tohto dôvodu si bude musieť hráč pamätať svoju vzdialenosť k lopte v okamihu zakričania správy. S touto hodnotou bude potom porovnávať svoju vzdialenosť v prípade, že zakričí správu pusti ešte niektorý iný hráč.

Toto riešenie eliminovalo cca 95% *deadlockov*. Na dôvod, prečo sa ich nepodarilo eliminovať úplne, sme zatiaľ neprišli.

Implementačné detaily

Väčšina funkcionality súvisiacej so správou pusti sa nachádza v triedach `PlayerCommunication`, `PlayerTactics` a `PreparedCommands`.

Najdôležitejšou metódou v triede `PlayerTactics` je `OnFreeBall`, kde sú riešené všetky spomínané podmienky kričania správy pusti. Reakcia na správu pusti je riešená v triede `PlayerCommunication`, konkrétne v metóde `OnHear`.

Do triedy `PreparedCommands` bola pridaná premenná (`sPustiBehaviorStatus`) typu `enum` určujúca správanie sa hráča súvisiace s bežaním za loptou. Môže nadobúdať hodnoty:

- `DEFAULT` – bežné správanie (hráč môže bežať za loptou)
- `NOTRUNTOBALL` – po prijatí správy pusti (hráč sa nesnaží bežať za loptou)
- `FORCERUNTOBALL` – po odoslaní správy pusti (hráčovou úlohou je bežať za loptou)

Okrem toho trieda `PreparedCommands` obsahuje premenné na uchovávanie vzdialenosti hráča k lopte v čase kričania pusti (`sPustiBallDistance`) a vektora lopty v tomto momente (`sPustiBallVector`). Dôležité sú aj metódy na nastavovanie a zisťovanie týchto premenných. Tieto sú volané z už spomínaných metód `OnFreeBall`, `OnHear` ale aj z ďalších miest v triedach `PlayerTactics` a `PlayerSkills`.

Zhodnotenie

Správa pusti veľmi významne zmenila hru. Jej využívaním sme dosiahli stav, keď je prerušená dokonca väčšina všetkých snáh o beh za loptou (resp. volaní `PlayerSkills::InterceptBall`). Táto zmena sa prejavuje väčšinou pozitívne a to vyššou dynamikou hry vyplývajúcou z efektívnejšieho pohybu hráčov na ihrisku. Po testovaní sme však prišli k záveru, že v niektorých herných situáciách má využívanie správy pusti negatívne dopady (hráči niekedy ignorujú loptu kvôli nepresným informáciám o svete).

7 ZHODNOTENIE

Cieľom tohto projektu bolo vylepšenie hráča tímu Sklo a navrhnutie nových stratégií, ktoré by mohol hráč sledovať. Tento cieľ sa podarilo v projekte splniť. Implementované boli nasledujúce vylepšenia:

Bola opravená a rozšírená zvuková komunikácia hráča s okolím a boli navrhnuté a implementované nové typy zvukových správ. Najvýraznejšiu zmenu v správaní hráča spôsobila správa „Pusti“, ktorá výrazne zlepšila spoluprácu medzi hráčmi pri behu za loptou.

Výrazným spôsobom boli upravené formácie. Zo statickej formácie pevne definovanej v kóde hráča sa zmenili na súbor prednastavených formácií, ale bola ponechaná aj možnosť vytvorenia úplne novej formácie poslaním súradníc každému hráčovi. Bola implementovaná a otestovaná aj zmena formácie počas hry.

Bol vylepšený aj kouč, ktorý teraz sleduje viacej štatistických informácií a tieto informácie využíva na vytvorenie mapy pokrytia ihriska. Pribudla aj možnosť vizualizácie tejto mapy. Ako pomocná aplikácia k sledovaniu štatistického správania sa hráča a odlad'ovaniu kouča bola vytvorená pomocná vizualizačná aplikácia. Táto aplikácia umožňuje vizualizovať štatistiky o polohách jednotlivých pohyblivých objektov na ihrisku, ktoré sa počas hry v pravidelných intervaloch ukladajú do výstupných textových súborov. Taktiež umožňuje vykonávať analýzu získaných štatistík pomocou nami navrhnutých a implementovaných algoritmov na bitové zjednodušenie štatistík o polohách hráčov na ihrisku.

V brankárovi boli odstránené niektoré chyby a navyše si brankár situáciu pred svojou brámkou sleduje a kričí na spoluhráčov správu „Pokry“, ak vidí voľného súperovho útočníka.

Hráč má navyše v každom cykle k dispozícii informáciu o tom, v ktorej zóne na ihrisku sa nachádza. Hranice zón sú dynamické a odstraňujú problém prechodu medzi zónami pri pohybe hráča na rozhraní zón.

Nie všetky navrhnuté zmeny a vylepšenia sa podarilo implementovať. Čiastočne to spôsobilo aj zníženie počtu členov tímu počas práce na projekte. Niektoré navrhnuté zmeny v hráčovi neboli implementované, pretože sa počas implementácie zistilo, že hráč nemá dostatočne odladené ani nižšie funkcie, ako napríklad driblovanie s loptou. V rozhodovacom strome boli nájdené a odstránené mnohé chyby, ktoré mali veľký vplyv na kvalitu hry. Kým neboli tieto základné chyby odstránené, nemalo zmysel implementovať úpravy na vyšších úrovniach, pretože by sa nemohli prejaviť.

7.1 Možné vylepšenia

Ďalší vývoj hráča by mohol smerovať k ďalšiemu vylepšovaniu a ladeniu základných herných činností, ako sú prihrávky, driblovanie a pokrývanie hráčov. Ladením týchto činností by bolo pravdepodobne možné dosiahnuť ešte lepšie výsledky.

Vylepšené by mohli byť aj formácie a spôsob ich zadávania. Bolo by vhodné formácie vytvárať v používateľsky príjemnom editore a následne z ich z informácií, ktoré zbiera kouč (mapa pokrytia), vyhodnocovať.

Vylepšiť by sa dal aj manažment energie hráča, ktorý teraz hrá tak, aby sa takmer nikdy neunavil. V práci sme načrtli možnosť využiť hráča pred koncom zápasu naplno a unavených hráčov vystriedať.

Ako vylepšenie by mohla byť do hráča implementovaná aj ofsajdová pasca, ktorú sa nám z časových dôvodov nepodarilo implementovať. Dúfame, že podrobný návrh, ktorý sme v práci poskytli, posluží ďalším tímom pri zvyšovaní úrovne robotického futbalu na FIIT STU.

Dokonalá nie je ani zvuková komunikácia. Keďže sa nepodarilo splniť všetko, čo sme navrhli, je tu ešte veľký priestor na uvedenie našich myšlienok do praxe a pre ich vylepšovanie.

8 PRÍLOHY

- Príloha A – Inštalačná a používateľská príručka

9 POUŽITÉ ZDROJE

- [LASTUtd] DRAHOŠ, P. ET AL.: RoboCup – ladenie a tréovanie hráča. Tímový Projekt (tím Last United). Slovenská Technická Univerzita, Fakulta Elektrotechniky a Informatiky. <<http://www2.dcs.elf.stuba.sk/TeamProject/2003/team05/>>, 2004. (11.11.2004)
- [Bs2003] RIEDMILLER, M. ET AL.: Brainstormers 2003 - Team Description. Universität Dortmund, Lehrstuhl Informatik. <amy.informatik.uos.de/asg/publications/riedml.bs03.pdf>, 2003. (11.11.2004)
- [DerKop] KAPUSTA, R. ET AL.: Deravá kopačka - Softvér. Tímový Projekt. Slovenská Technická Univerzita, Fakulta Elektrotechniky a Informatiky. <<http://www2.dcs.elf.stuba.sk/TeamProject/2002/team01/>>, 2003. (11.11.2003)
- [FCPort2002] LAU, N. – REIS, L. P.: COACH UNILANG – A Standard Language for Coaching a (Robo)Soccer Team. University of Aveiro, University of Porto, Portugalsko. <<http://www.ieeta.pt/robocup/documents/CoachUnilang.ps>>, 2002. (11. 11. 2004)
- [Sklo2004] GORBATCHEV, S. ET AL.: RoboCup Simulácia robotického futbalu. Tímový Projekt (tím Sklo). Slovenská Technická Univerzita, Fakulta Elektrotechniky a Informatiky. <http://www2.dcs.elf.stuba.sk/TeamProject/2003/team08/download/doc/final04/v_software_final.pdf>, 2003/2004. (11. 11. 2004)
- [RCSServ] CHEN, M. ET AL.: RoboCup Soccer Server, Users Manual for Soccer Server Version 7.07 and Later. The RoboCup Federation. <<http://prdownloads.sourceforge.net/sserver/manual-20030211.pdf?download>>, 2003. (11. 11. 2004)
- [Kok2001] KOK, J. ET AL.: UvA Trilearn 2001 Team description. Faculty WINS, University of Amsterdam. <<http://gene.wins.uva.nl/~jellekok/robocup>>, 2004. (23.10.2004)
- [Kok2002] KOK, J. ET AL.: UvA Trilearn 2002 Team description. Faculty of Science, University of Amsterdam. <<http://gene.wins.uva.nl/~jellekok/robocup>>, 2004. (23.10.2004)
- [Kok2003] KOK, J. ET AL.: UvA Trilearn 2003 Team description. Faculty of Science, University of Amsterdam. <<http://gene.wins.uva.nl/~jellekok/robocup>>, 2004. (23.10.2004)

- [Horvat2003] HORVÁT, M. ET AL.: Robo Cup – Vyššie schopnosti hráča. Tímový Projekt (tím StjupitDox). Slovenská Technická Univerzita, Fakulta Elektrotechniky a Informatiky. <<http://www2.dcs.elf.stuba.sk/TeamProject/2002/team01/download/dokumentacia/FinalnaDokumentacia.zip>>, 2003. (11.10.2004)