

TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH  
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A INFORMATIKY

# Návrh a realizácia stratégie mobilného robotického futbalu kategórie MiroSot v rámci systému ROS



Diplomová práca



Vedúci práce: doc. Ing. Ján Jadlovský, Csc.

Bc. Jakub Štefanišin  
5. ročník Ing. Štúdia, Inteligentné Systémy

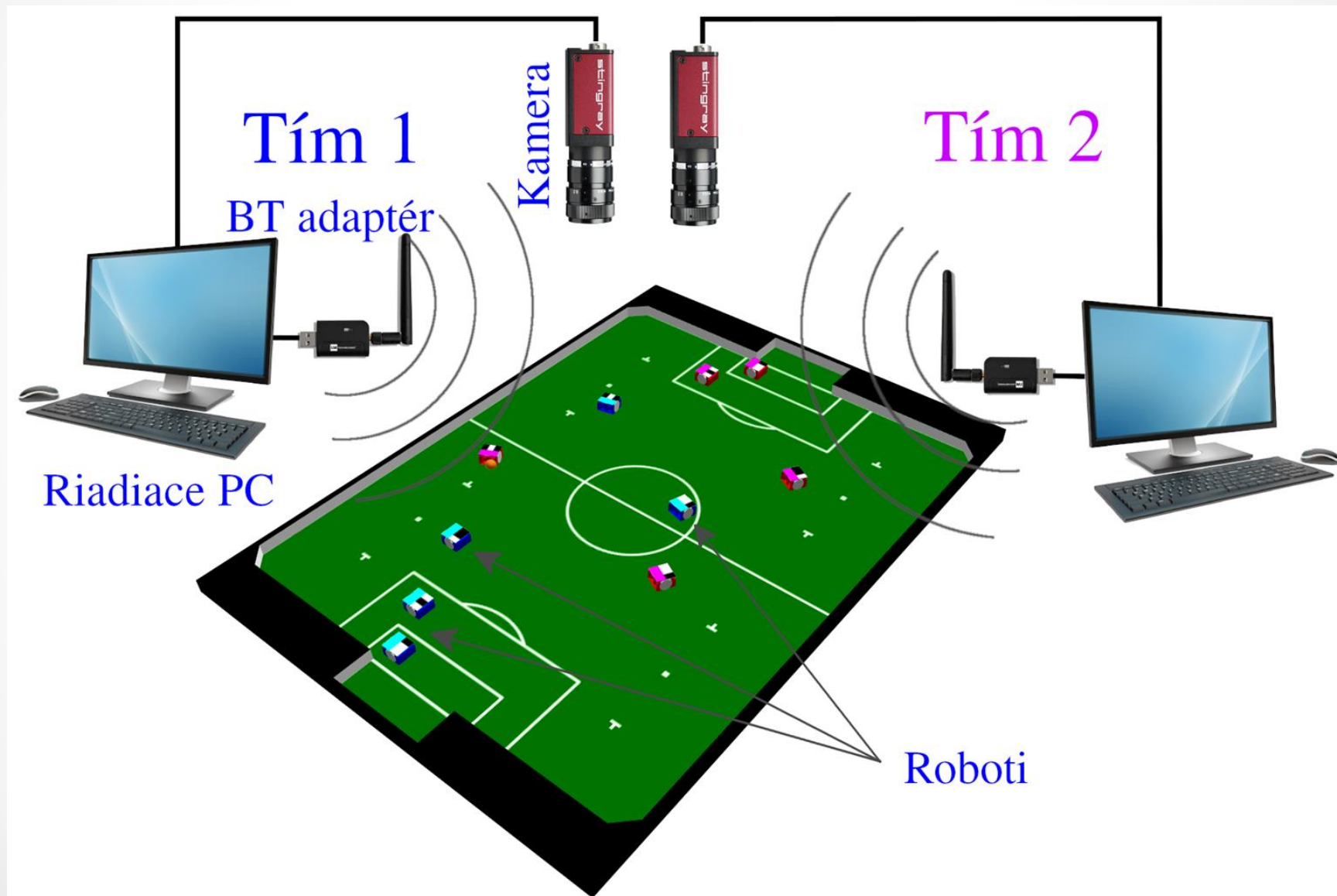
# Zadanie práce

1. Analyzovať súčasný stav v problematike riadenia multiagentových systémov, vytvoriť prehľad aktuálnych metód riadenia.
2. Vytvoriť funkčné 3D modely pre potreby simulácie a vizualizácie robotického futbalu v simulačnom prostredí Gazebo.
3. Navrhnuť a implementovať modul pre plánovanie pohybu robota v prostredí so statickými a dynamickými prekážkami v systéme ROS.
4. Realizovať súbor algoritmov správania sa hráčov robotického futbalu pre jednotlivé úlohy na báze multiagentových systémov.
5. Overiť navrhnuté a vytvorené algoritmy v rámci modelovej aplikácie robotického futbalu v laboratóriu.

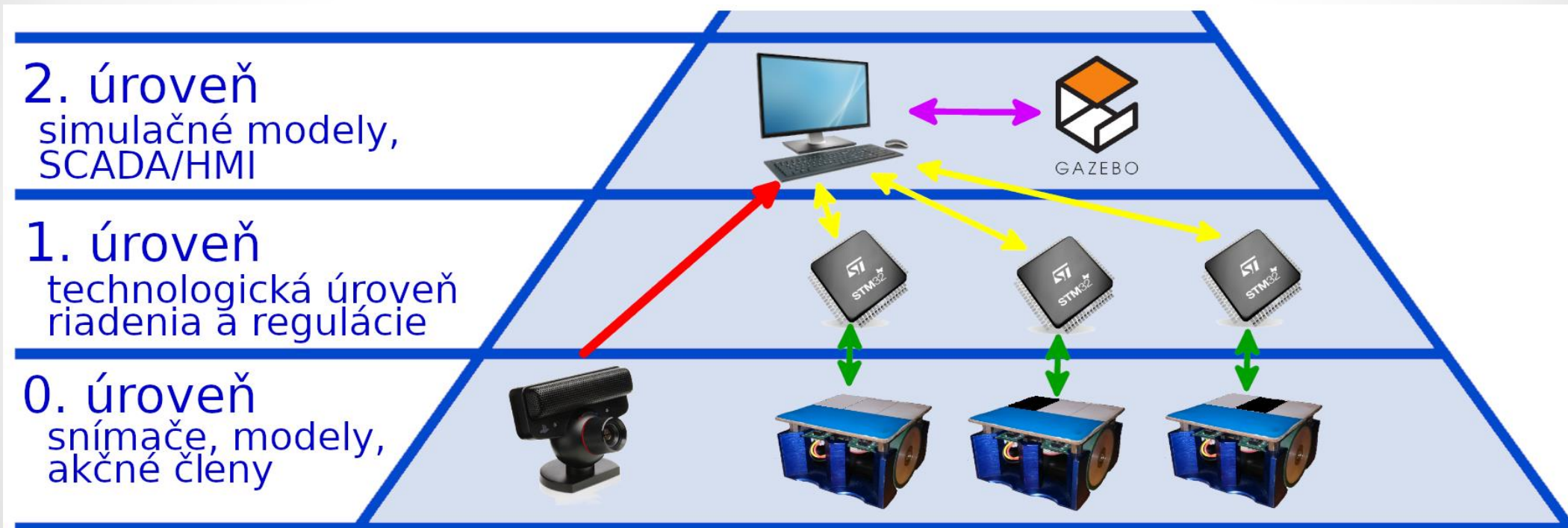
# Obsah

1. Popis robotického futbalu
2. Štruktúra robotického futbalu
3. Simulácia robotického futbalu v simulačnom prostredí Gazebo
4. Rozšírenie modulu riadenia mobilných robotov
5. Implementácia modulu rozhodovania a plánovania
6. Implementácia grafického rozhrania
7. Aplikácia

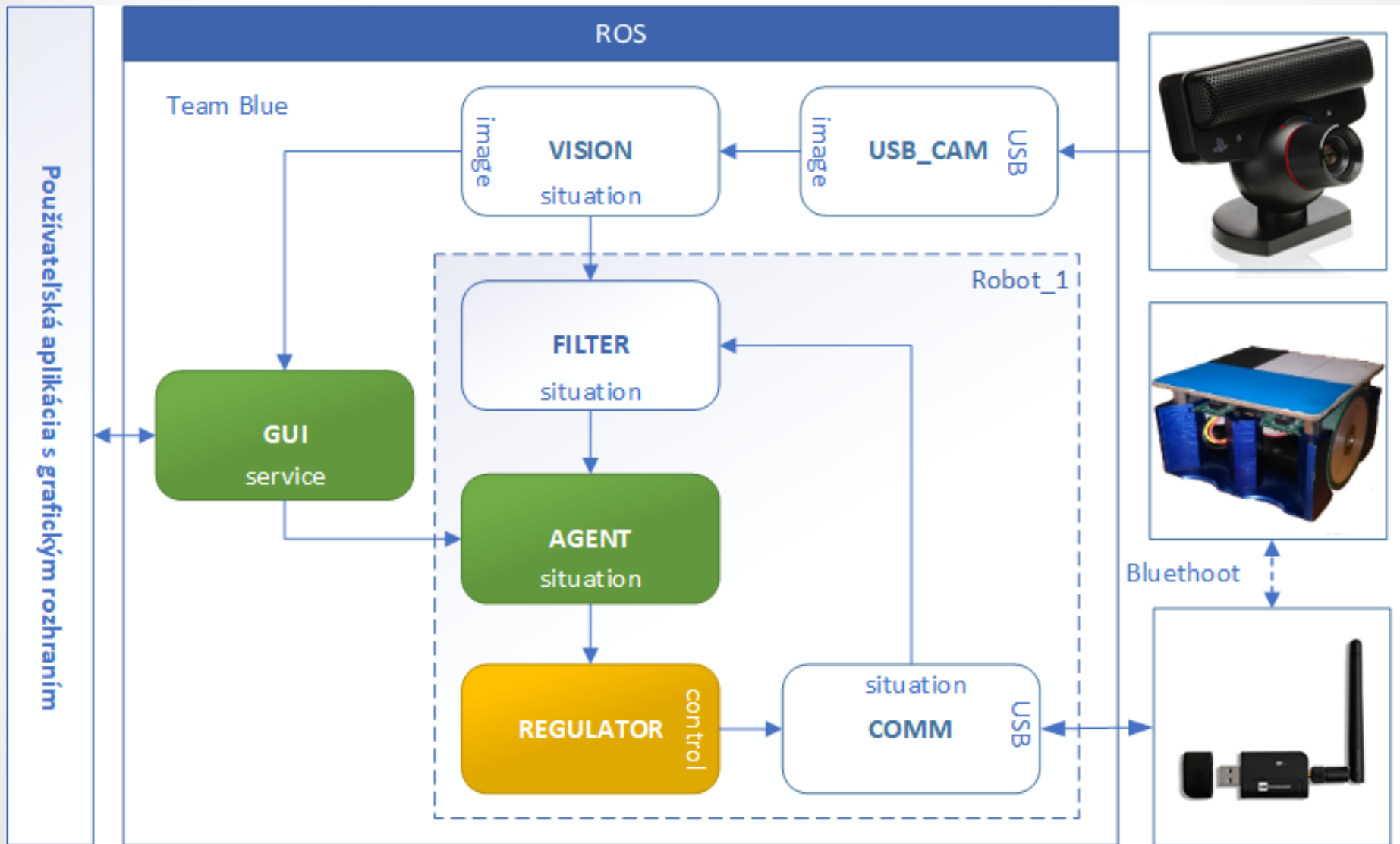
# 1. Popis robotického futbalu



# Popis robotického futbalu v rámci pyramídy DSR



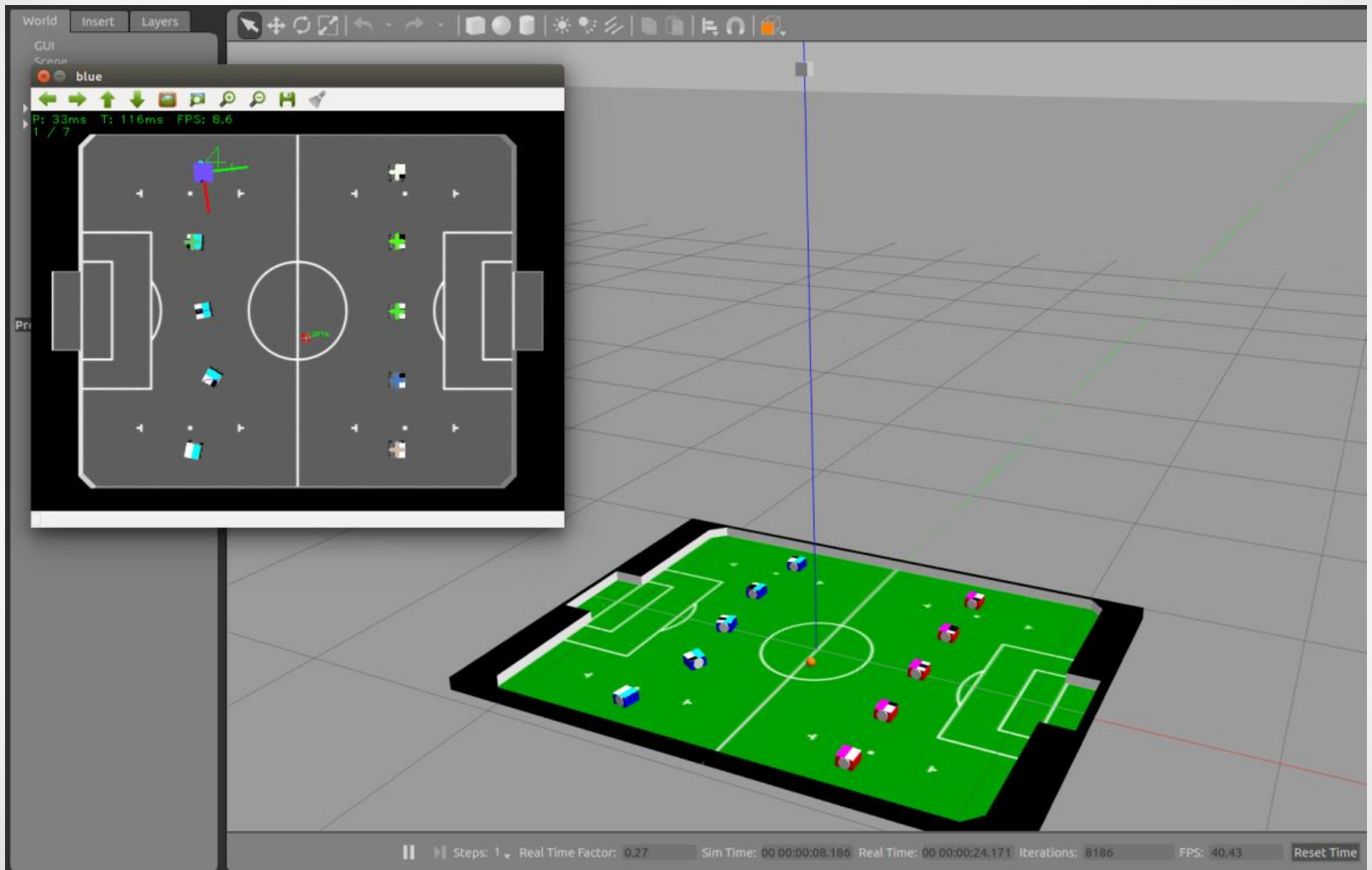
# 2. Štruktúra robotického futbalu



# Východiská práce

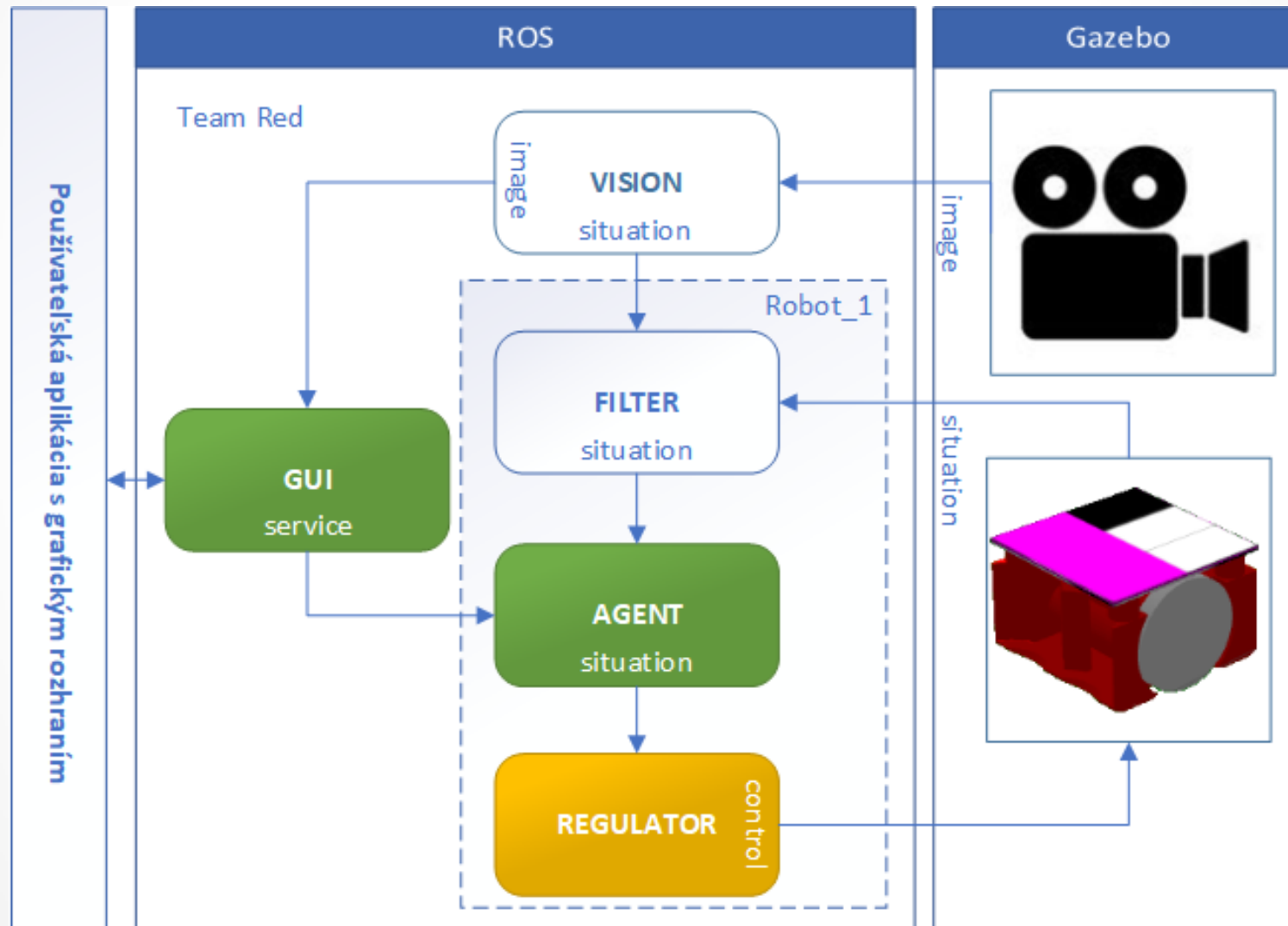
- Mobilný robot s diferenciálnym podvozkom  
(Ing. Michal Kopčík, PhD)
- Kamerový systém a rozpoznávanie obrazu  
(Ing. Michal Varga)
- Komunikačný modul  
(Bc. Milan Tkáčik)
- Návrh a implementácia štruktúry robotického futbalu v systéme ROS  
(Bc. Adam Březina)
- Riadene pohybu mobilných robotov pre robotický futbal  
(Bc. Jakub Štefanišin)

# 3. Simulácia v prostredí Gazebo

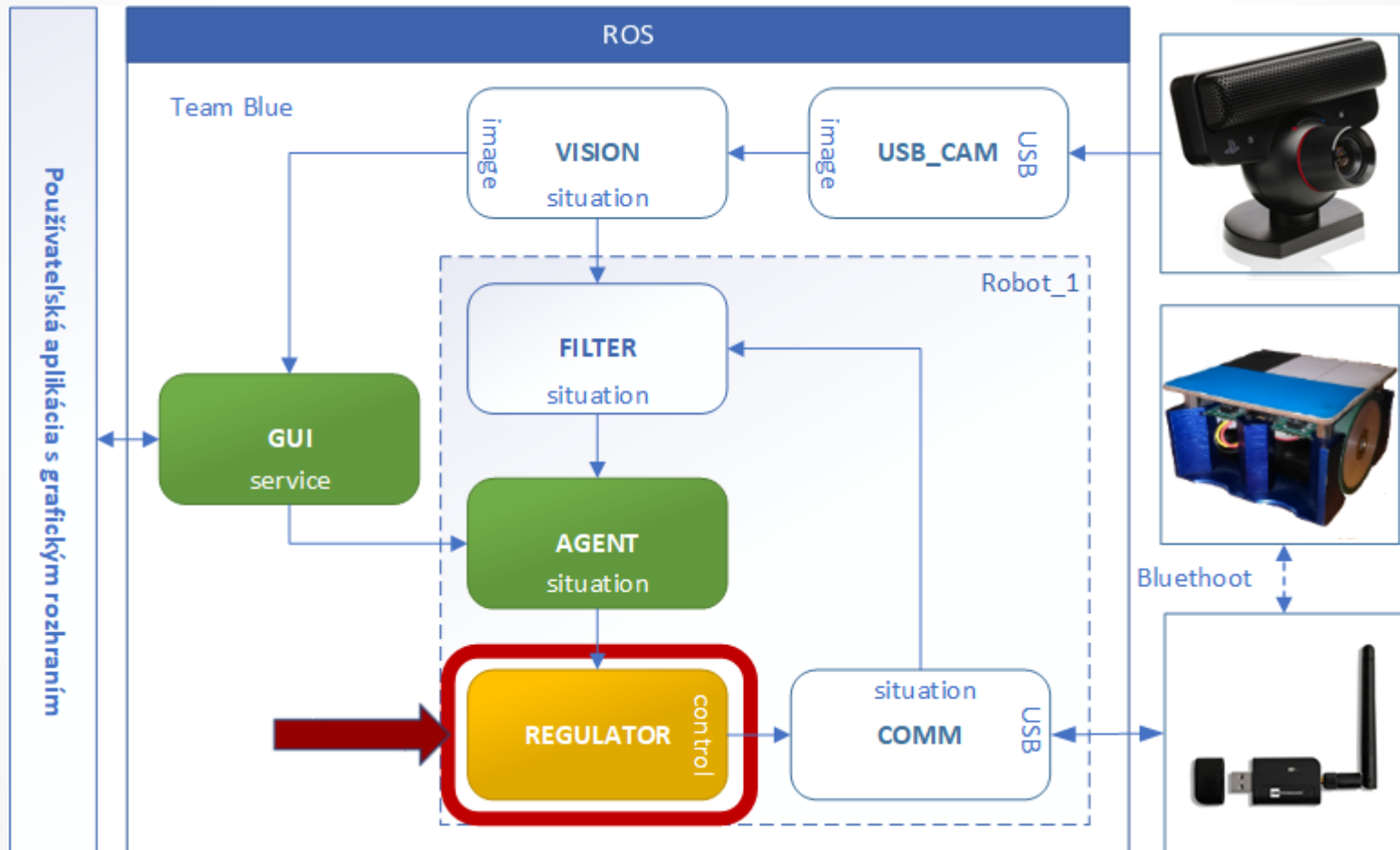




# Štruktúra simulácie robotického futbalu

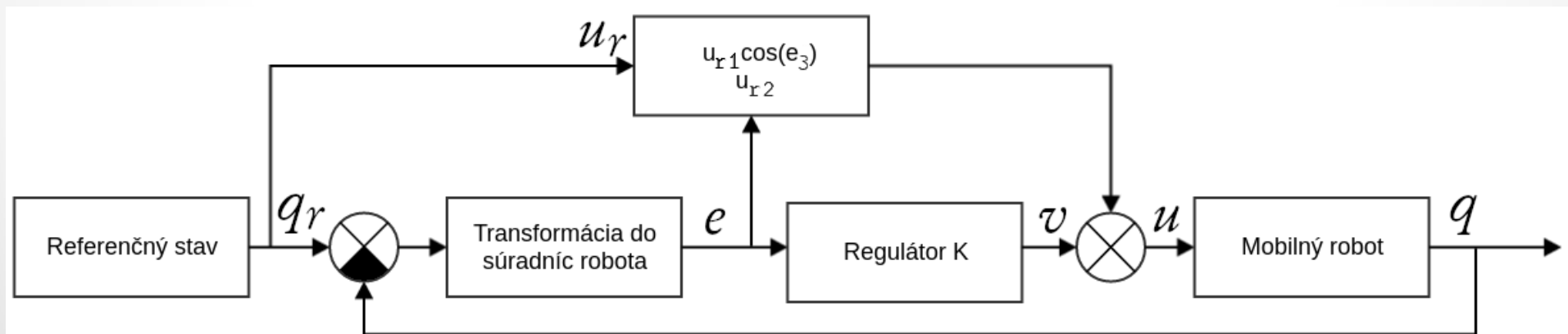


# 3. Rozšírenie modulu riadenia



# Dopredný regulátor so spätnou väzbou

- Výpočet akčných zásahov pre riadenie mobilného robota
- Vstup:
  - referenčný stav mobilného robota - `/color/robot_x/traj/situation`
  - filtrovaný stav mobilného robota - `/color/robot_x/filt/situation`
- Výstup:
  - rýchlosti reálneho robota - `/color/robot_x/comm/wheel_speed`
  - rýchlosti simulovaného robota - `/color/robot_x/cmd_vel`



# Výpočet výstupu regulátora

Výpočet chyby:

$$\begin{bmatrix} e_x \\ e_y \\ e_\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r - x \\ y_r - y \\ \theta_r - \theta \end{bmatrix},$$

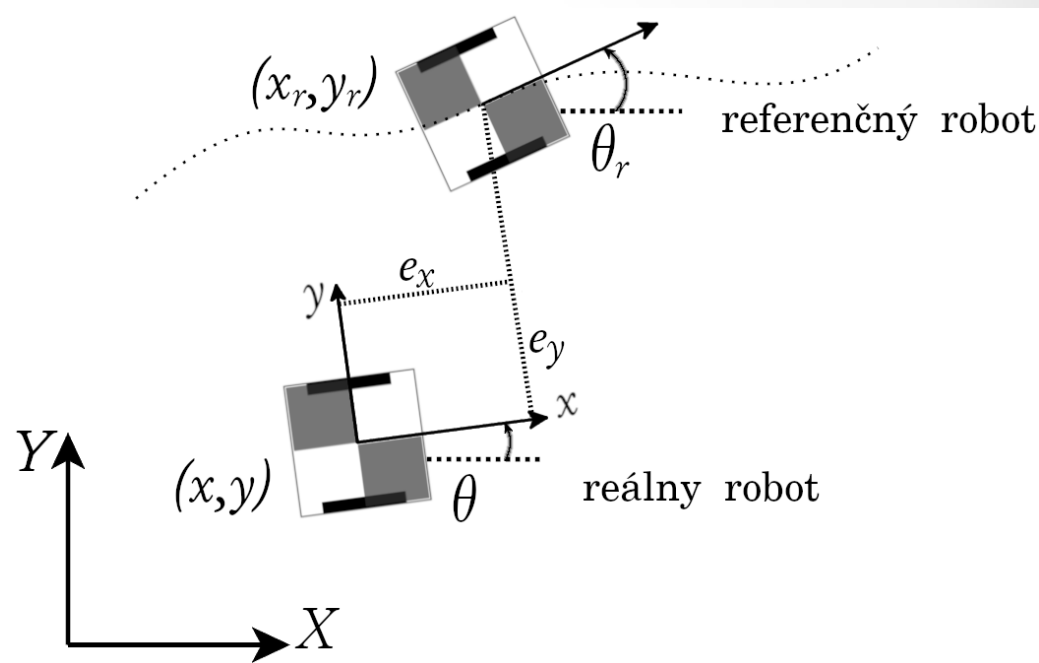
Výpočet výstupu:

$$u_1 = u_{r1} \cos e_\theta + k_1 e_x$$

$$u_2 = u_{r2} + k_2 \text{sign}(u_{r1}) e_y + k_3 e_\theta$$

$$\xi \in (0,1), \omega_n \geq u_{r2MAX}$$

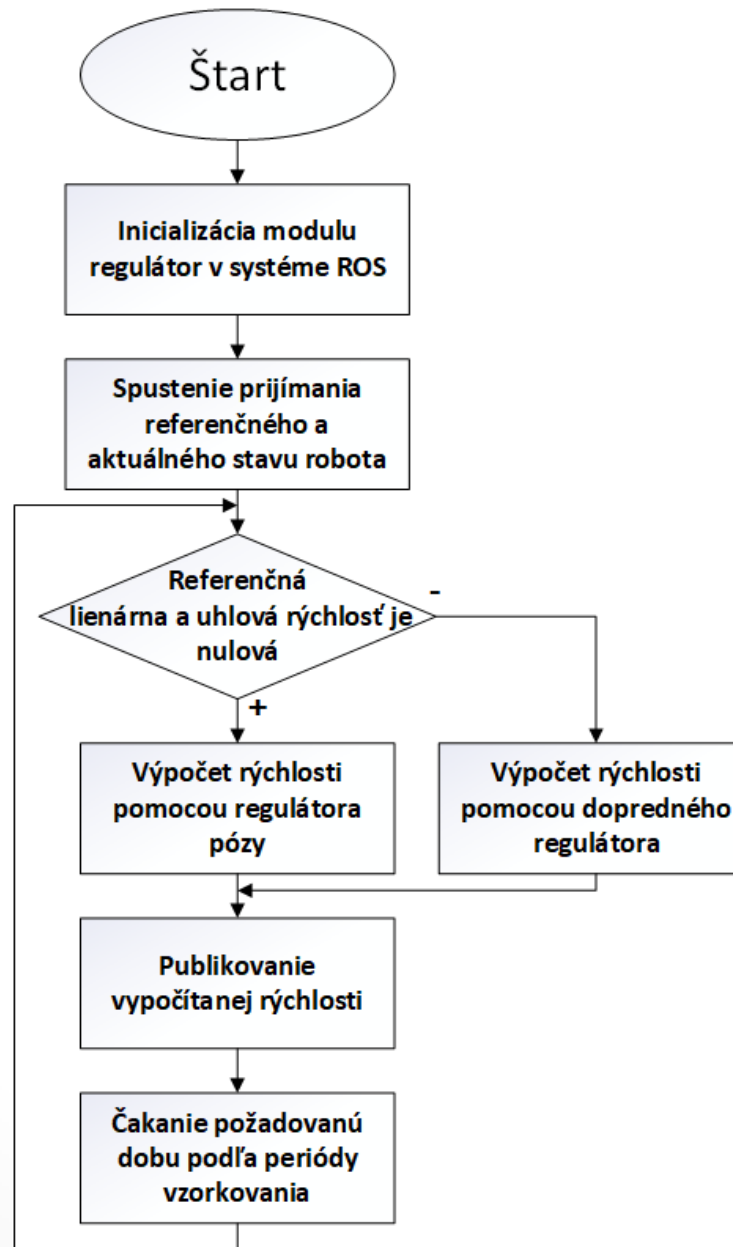
$$k_1 = k_3 = 2\xi\omega_n, \quad k_2 = \frac{\omega_n^2 - u_{r2}^2}{|u_{r1}|}$$



gain scheduling -  $u_{r1} \rightarrow 0$

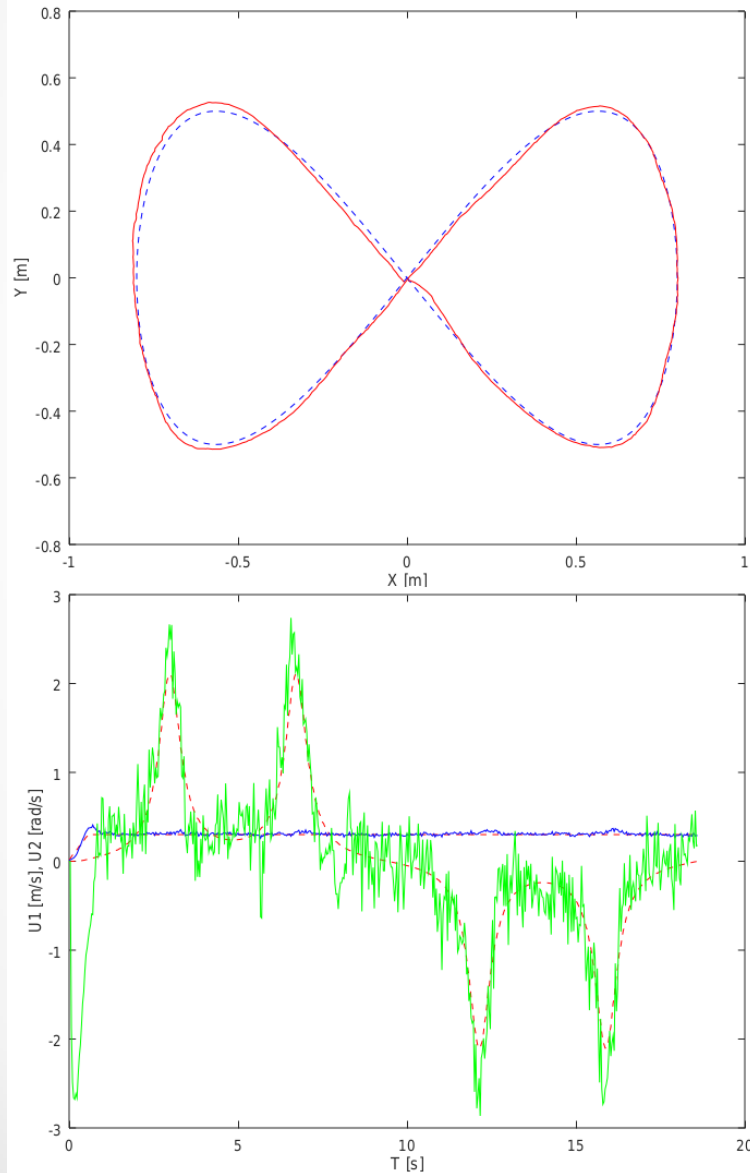
$$k_1 = k_3 = 2\xi\sqrt{u_{r2}^2 + g u_{r1}^2}, \quad k_2 = g|u_{r1}|$$

# Vývojový diagram modulu regulátora

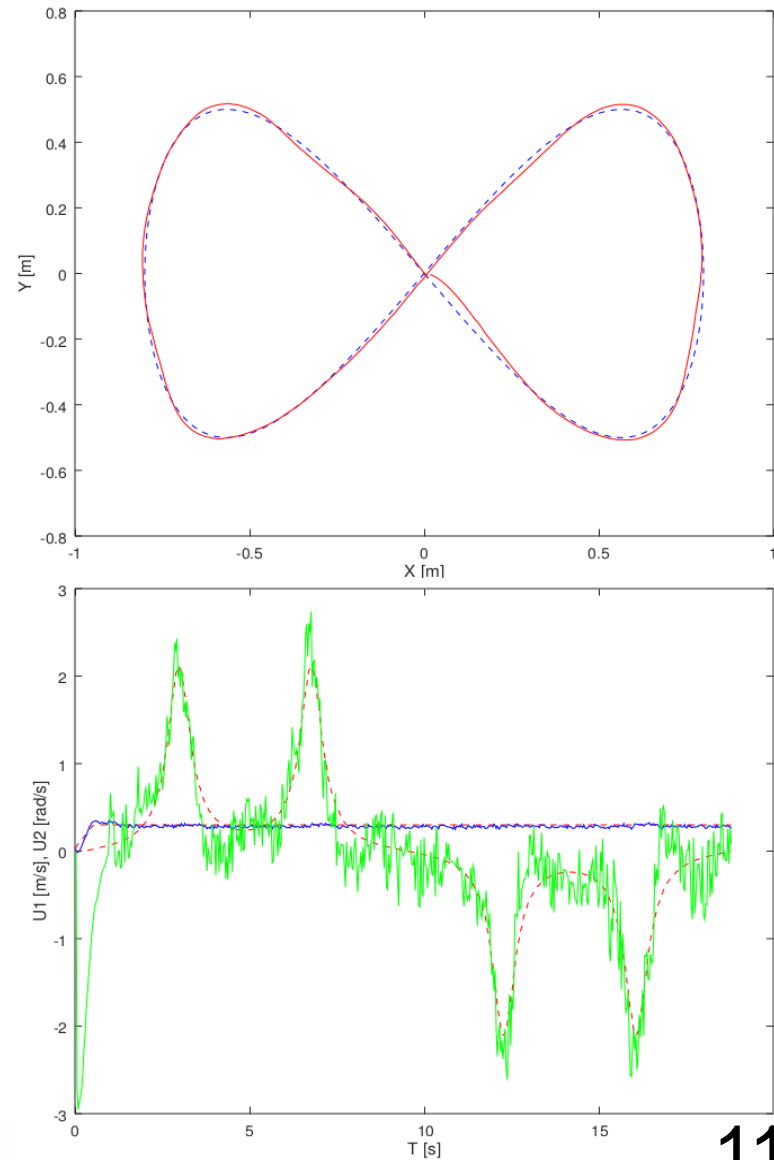


# Overenie návrhu regulátora

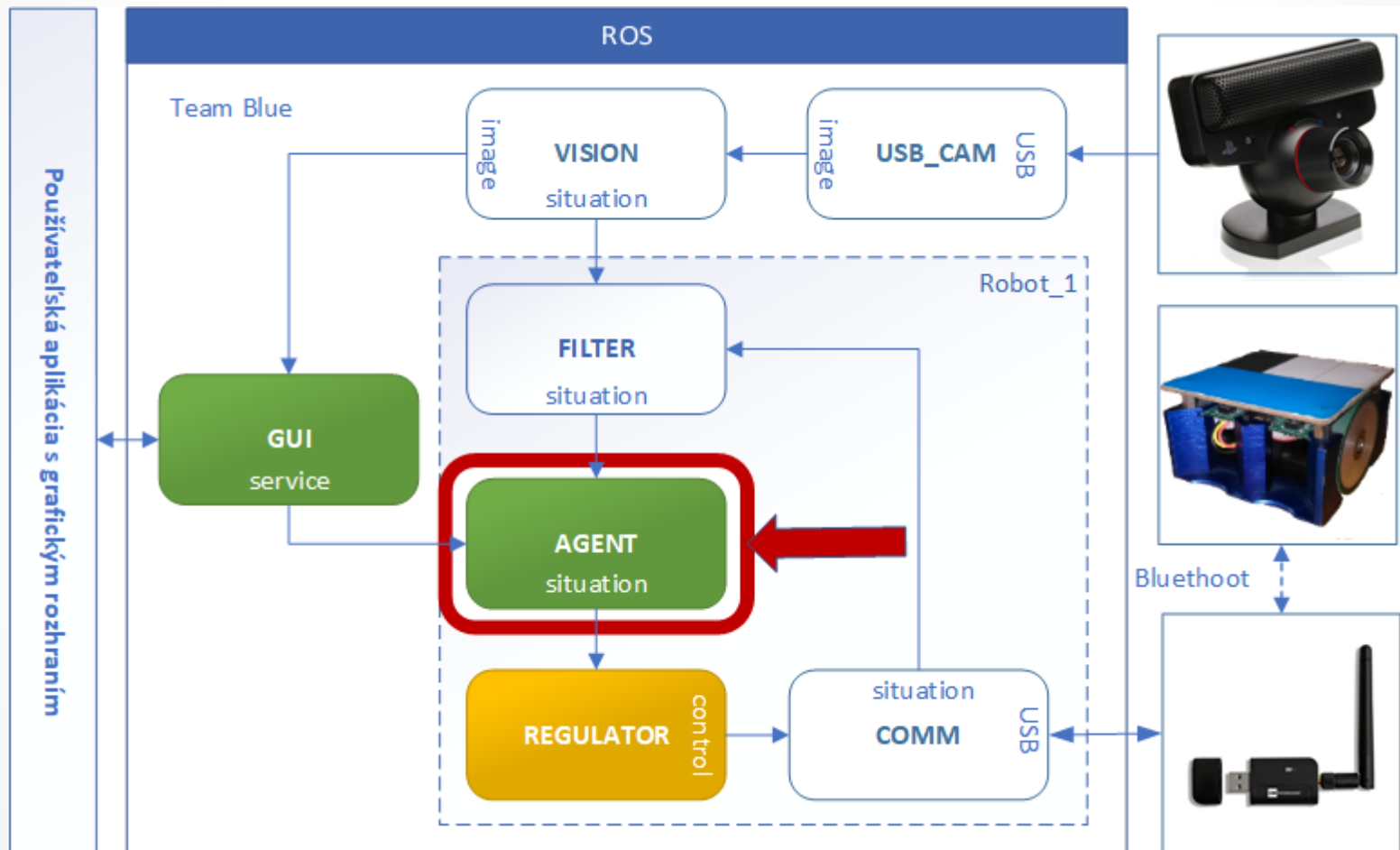
Reálny robot



Simulovaný robot

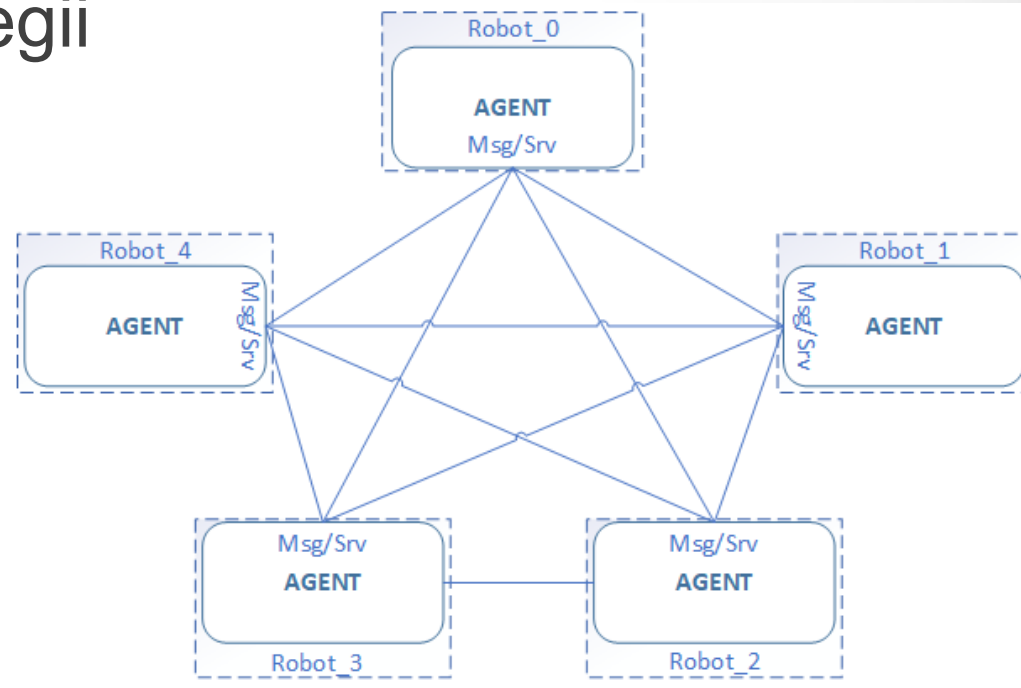


# 4. Rozhodovanie a plánovanie



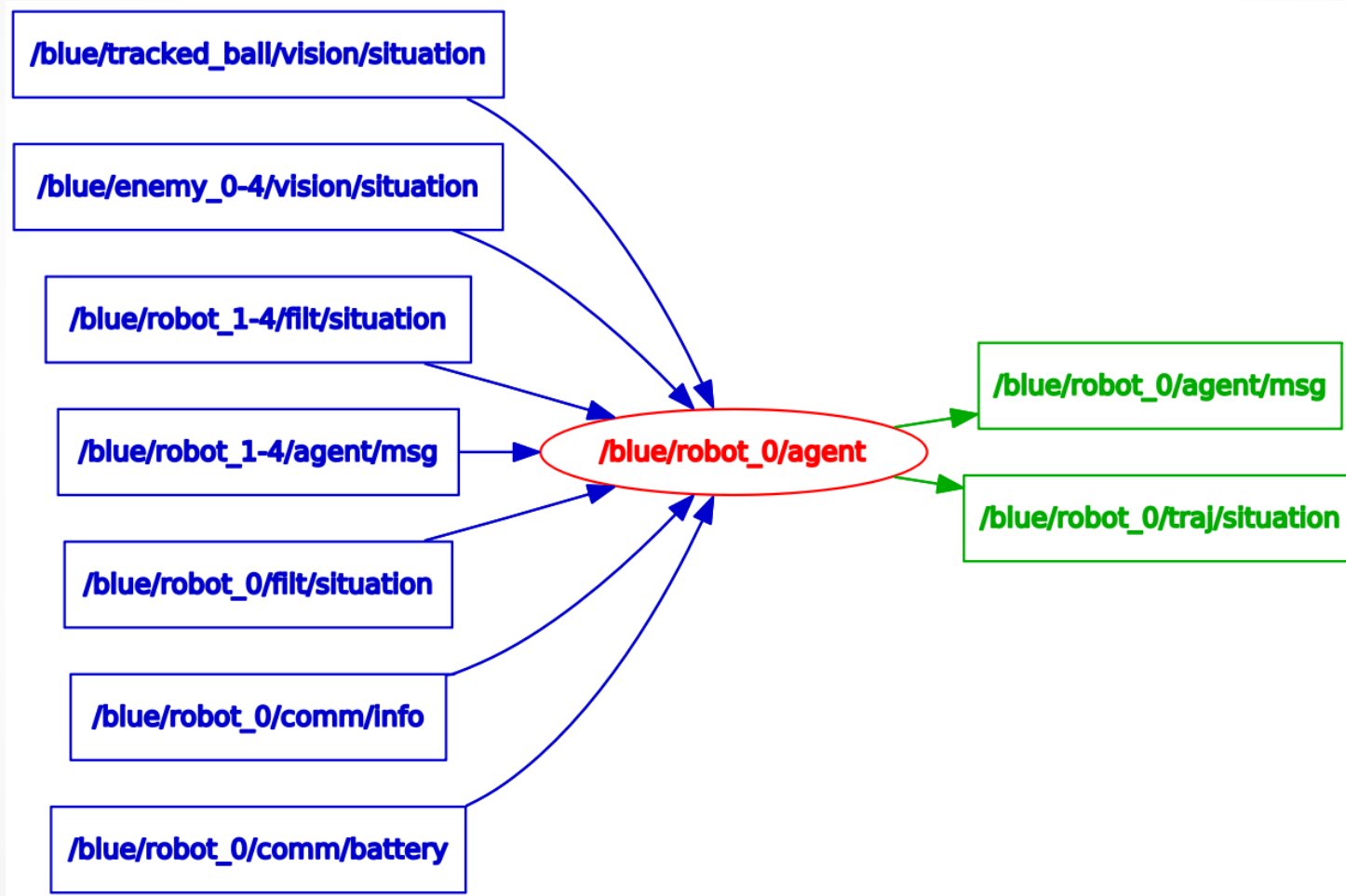
# Implementácia modulu agent

- Zber informácií o aktuálnej situácii
- Výber roly v tímovej stratégii
- Výber vhodnej akcie
  - Zmena pozície
  - Zastavenie lopty
  - Pokrytie brány
  - Kop lopty
- Plánovanie pohybu
- Vyhýbanie sa prekážkam
- Zasielanie referenčných hodnôt modulu regulátor



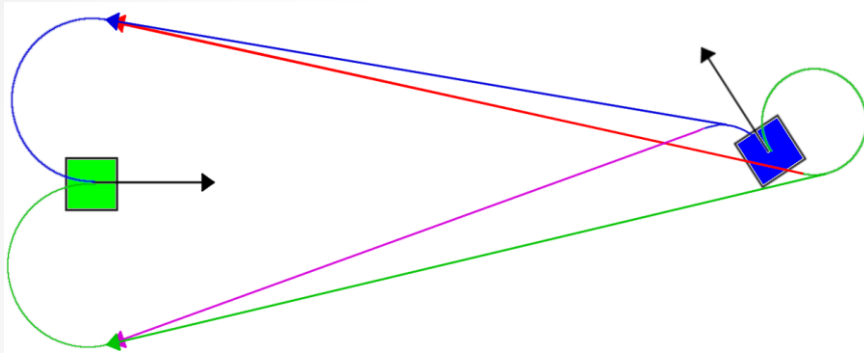


# Implementácia modulu agent

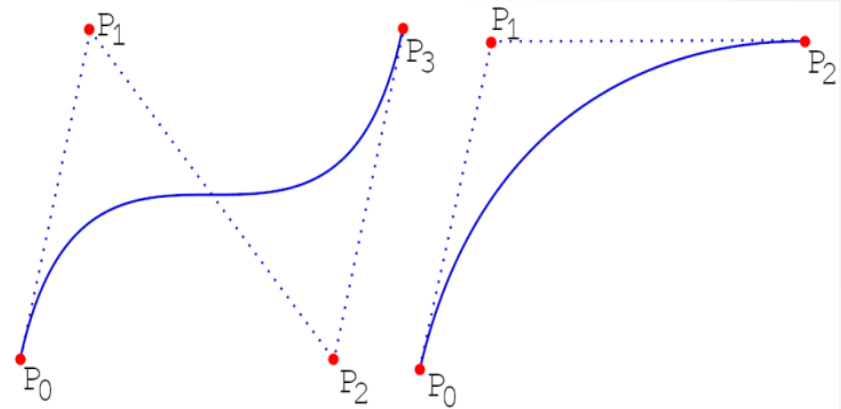


# Plánovanie trajektórií

## S-krivky

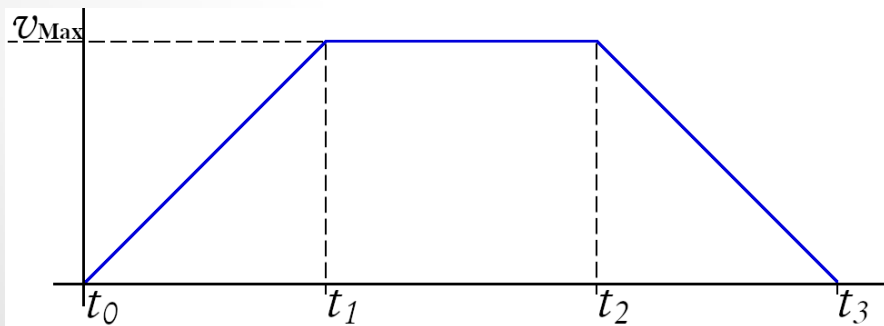


## Bézierové krivky

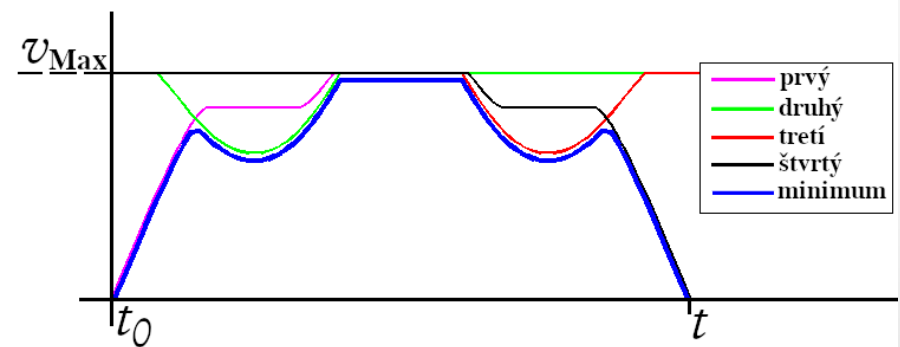


## Rýchlostný profil:

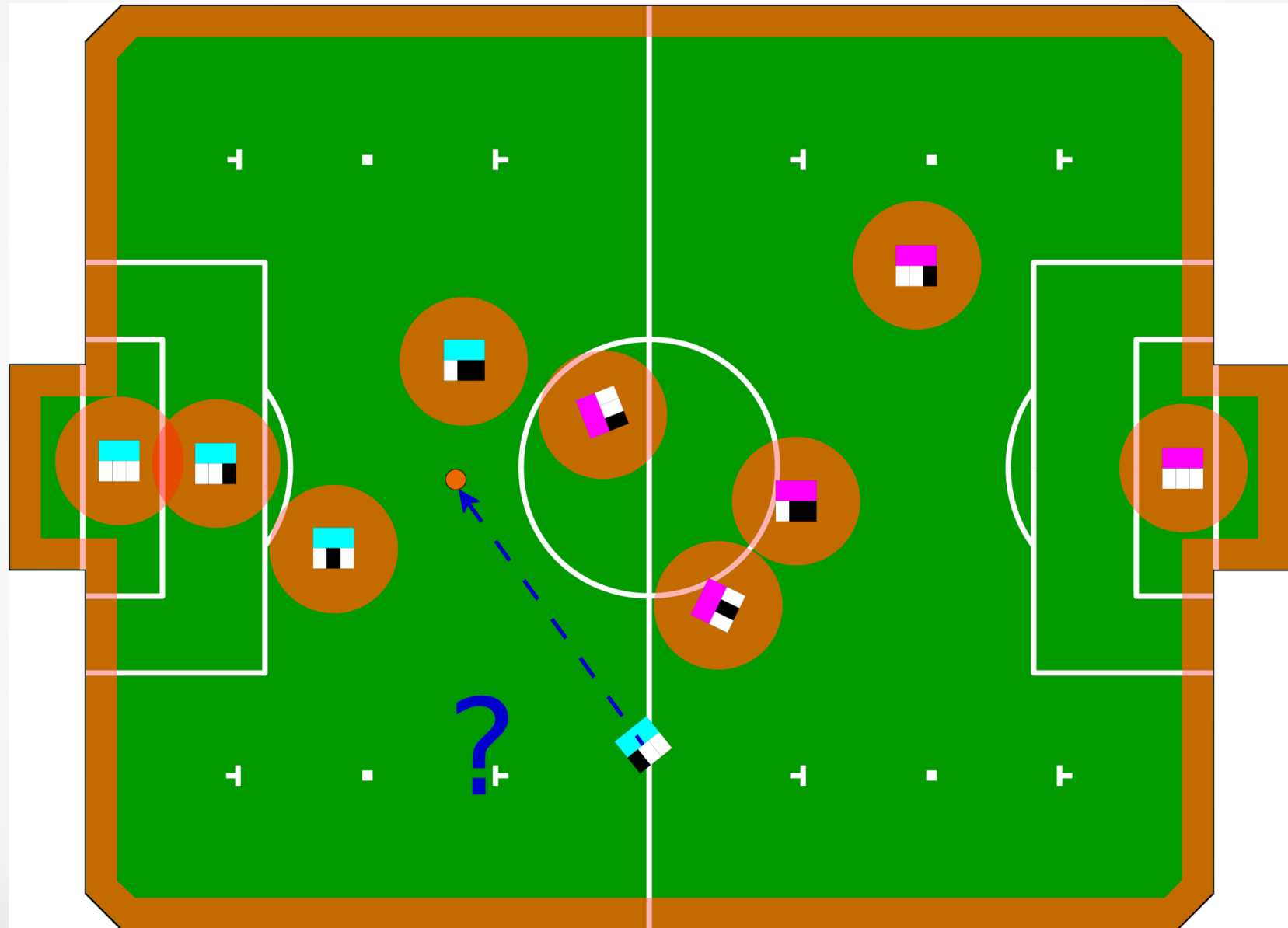
- pri konštantnom zakrivení



- pri premenlivom zakrivení

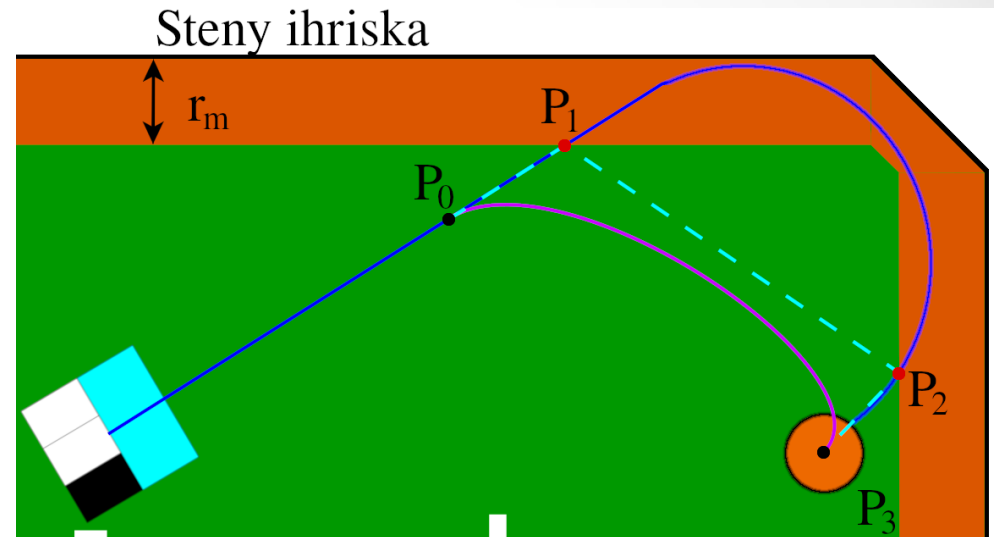


# Vyhýbanie sa prekážkam

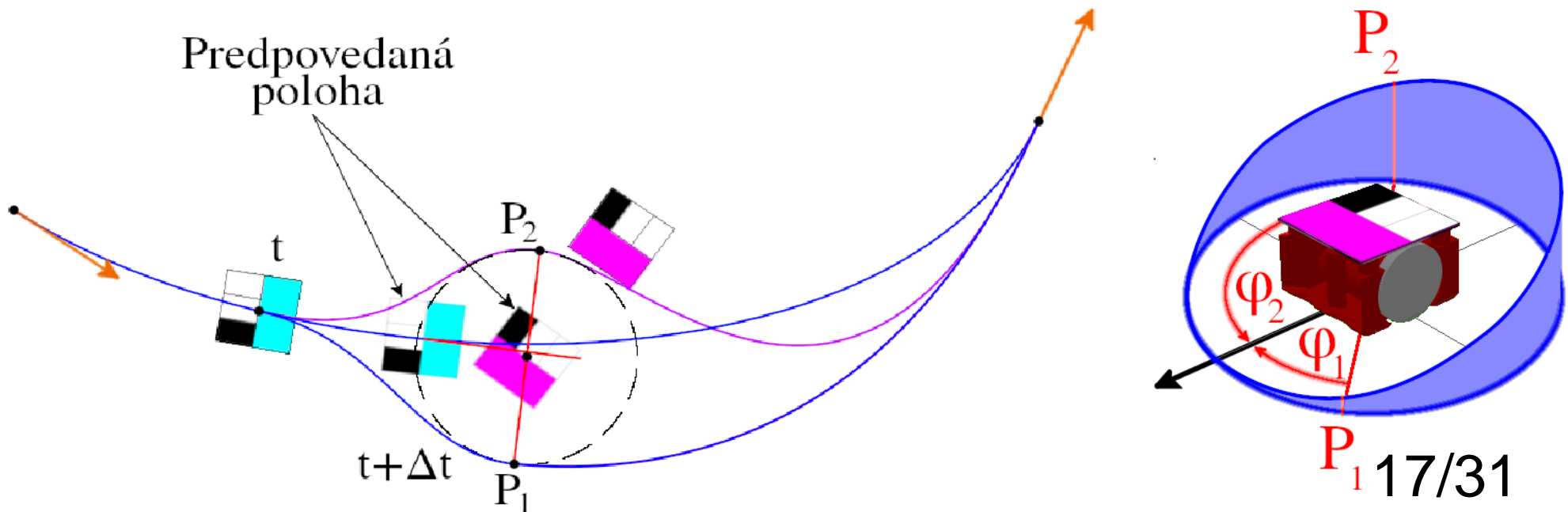


# Vyhýbanie sa prekážkam

- Plánovanie v ohraničeníach hracej plochy
- Preplánovanie v prípade zistenia možnej kolízie s inými hráčmi

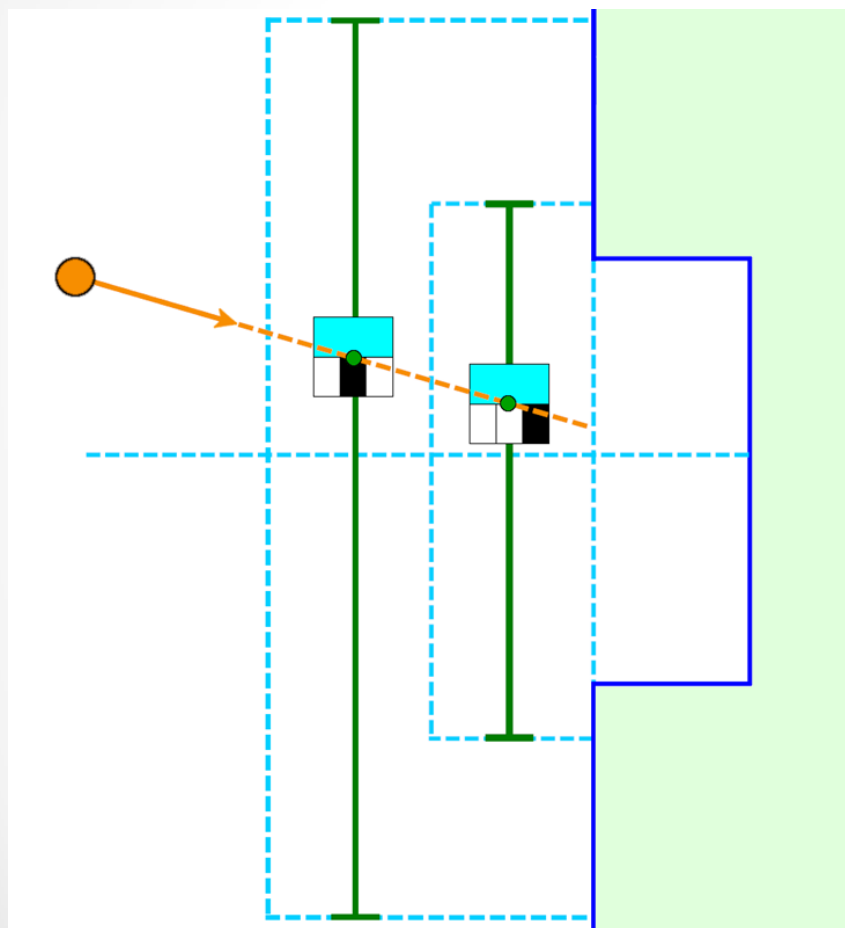


Predpovedaná poloha

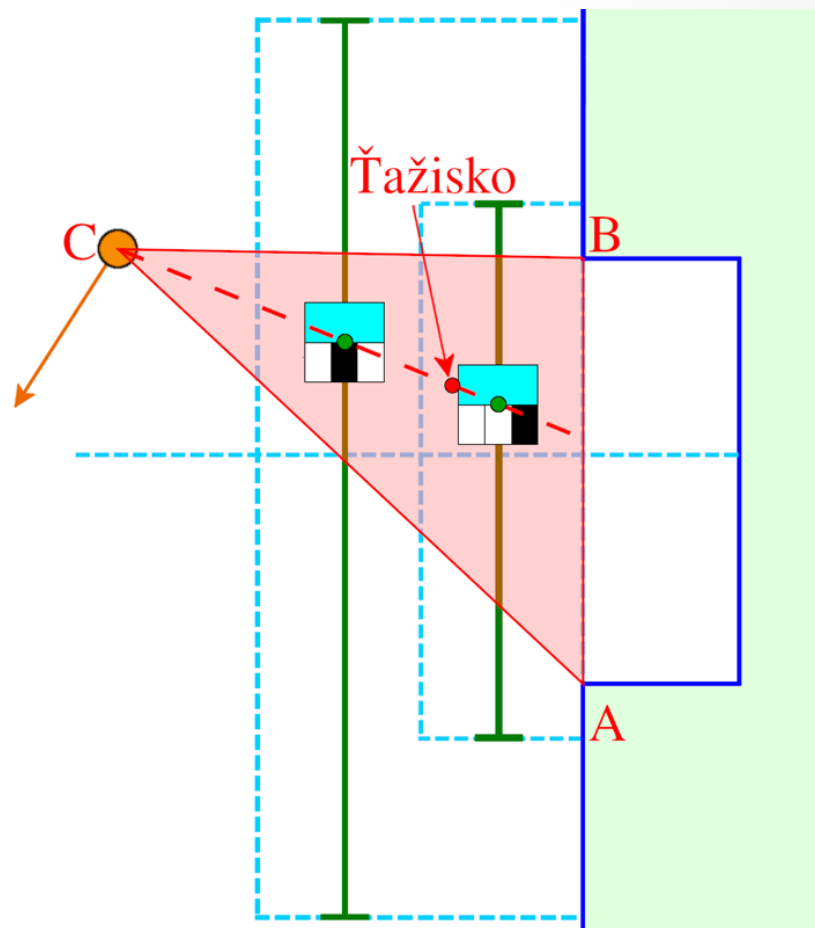


# Obranné akcie

Zastavenie lopty

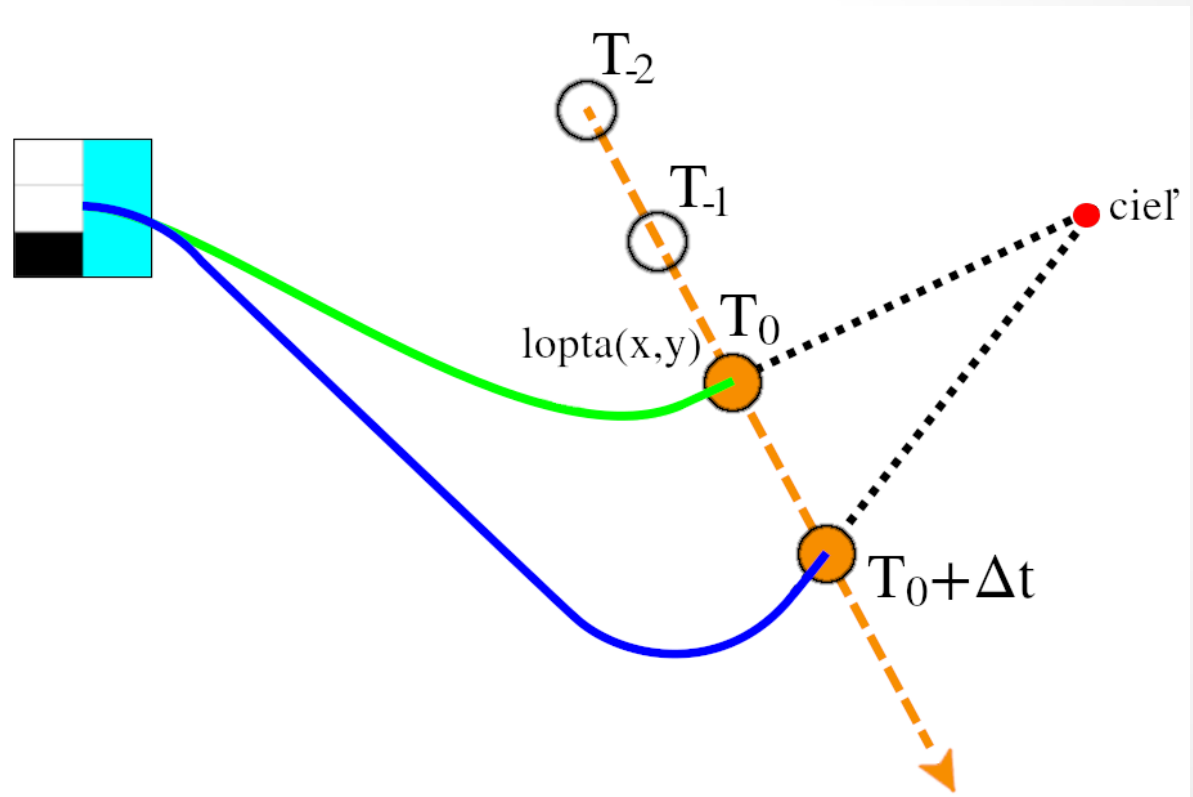


Pokrytie brány

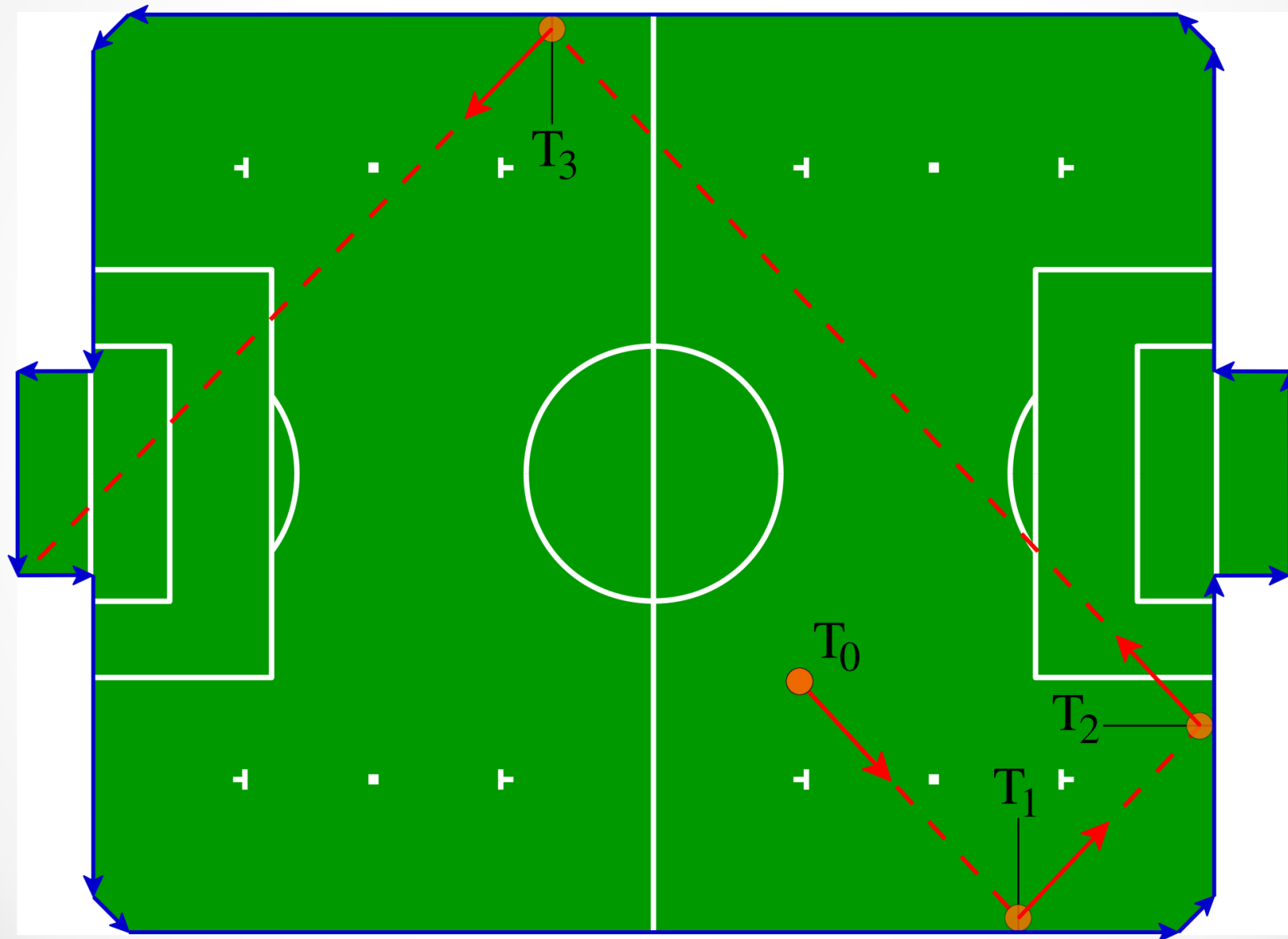


# Kop lopty

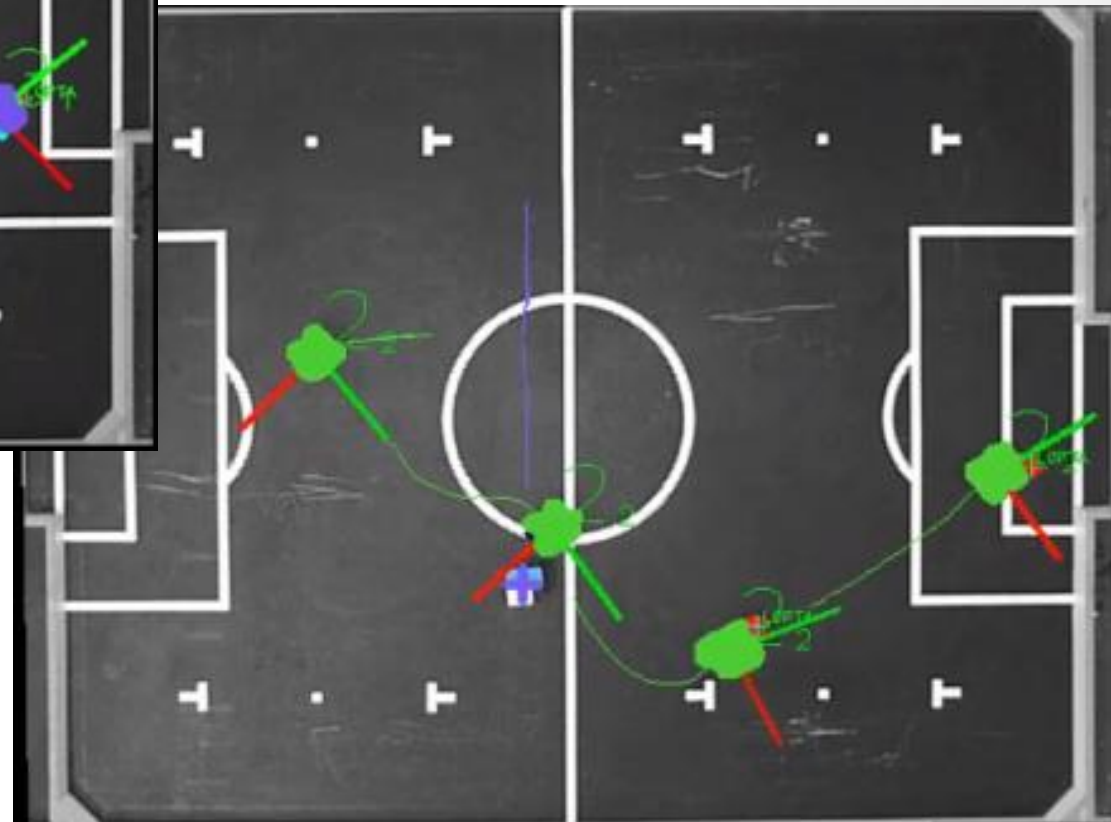
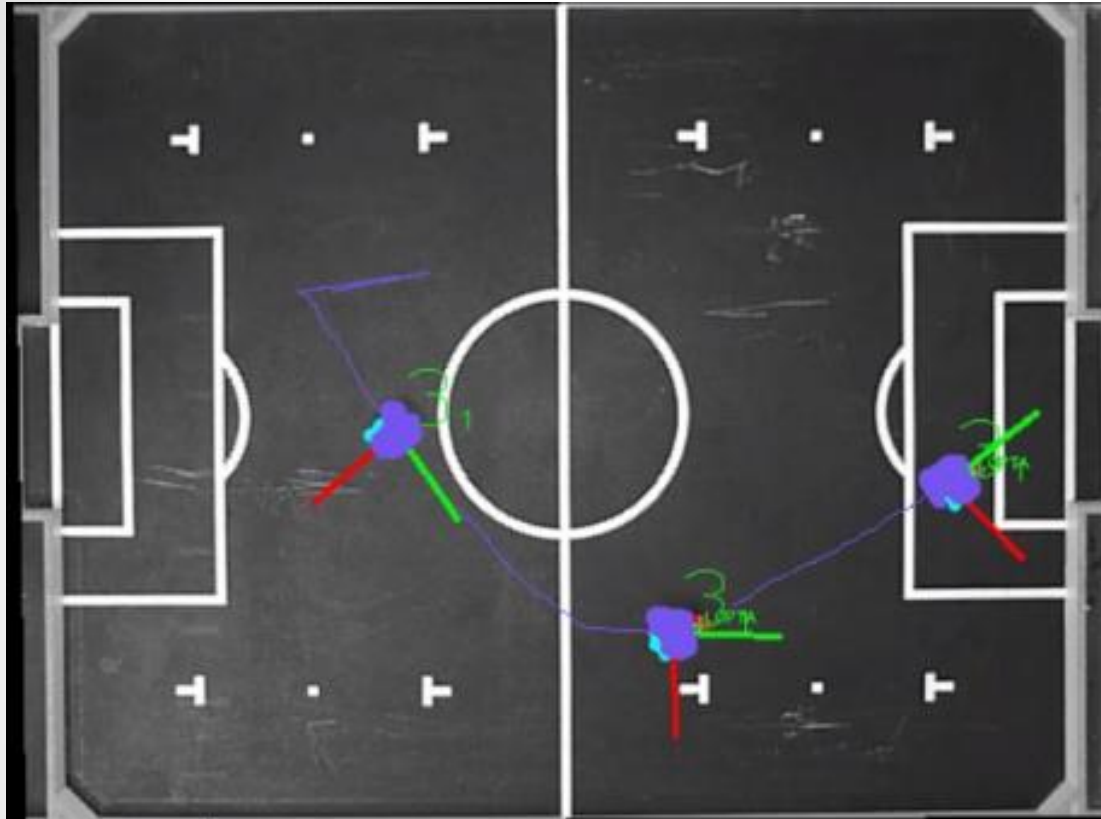
- Bisekčný algoritmus
- Zváženie pohybu a odrazov lopty



# Predpoved' pohybu lopty



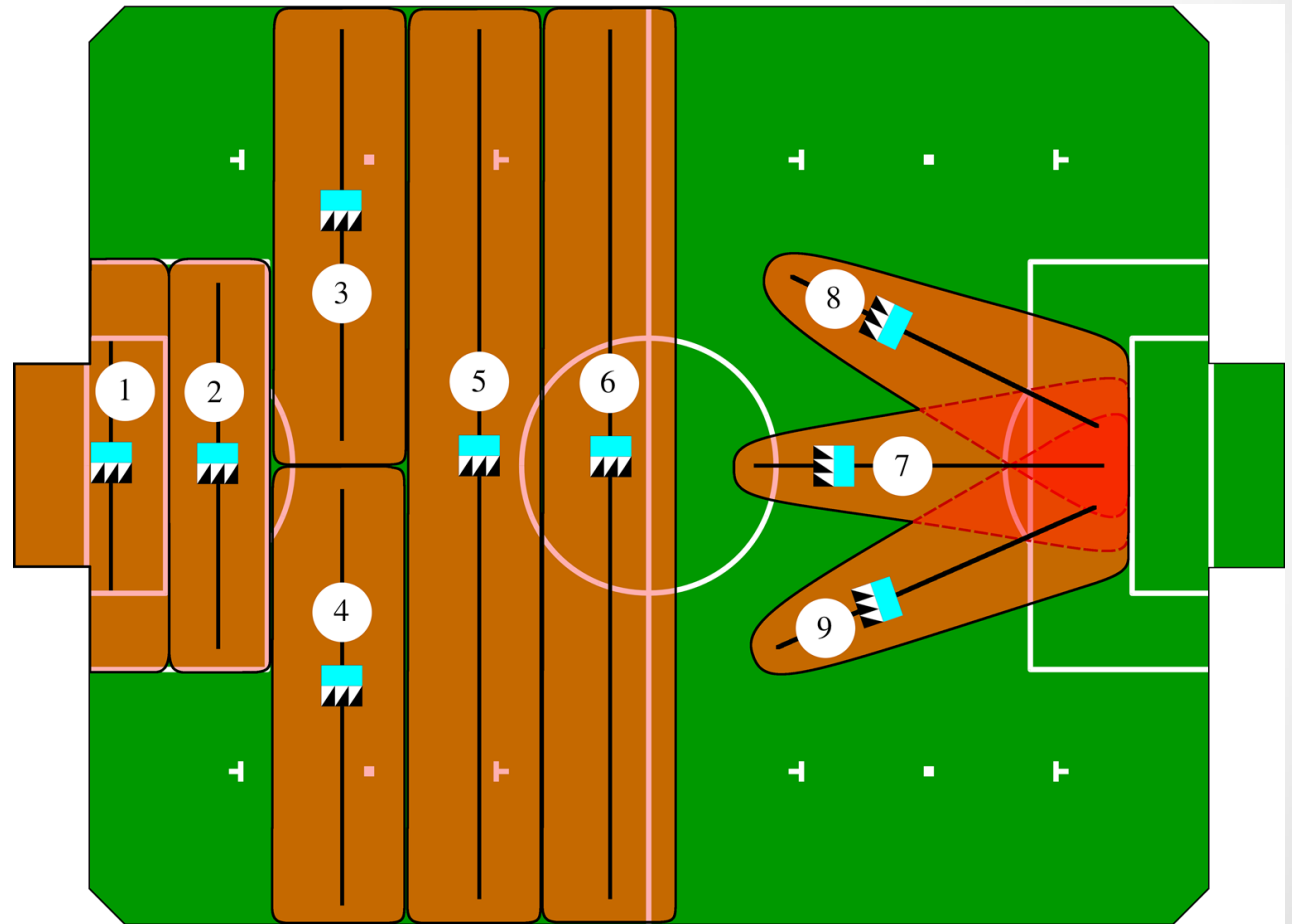
# Kop lopty v reálnych podmienkach



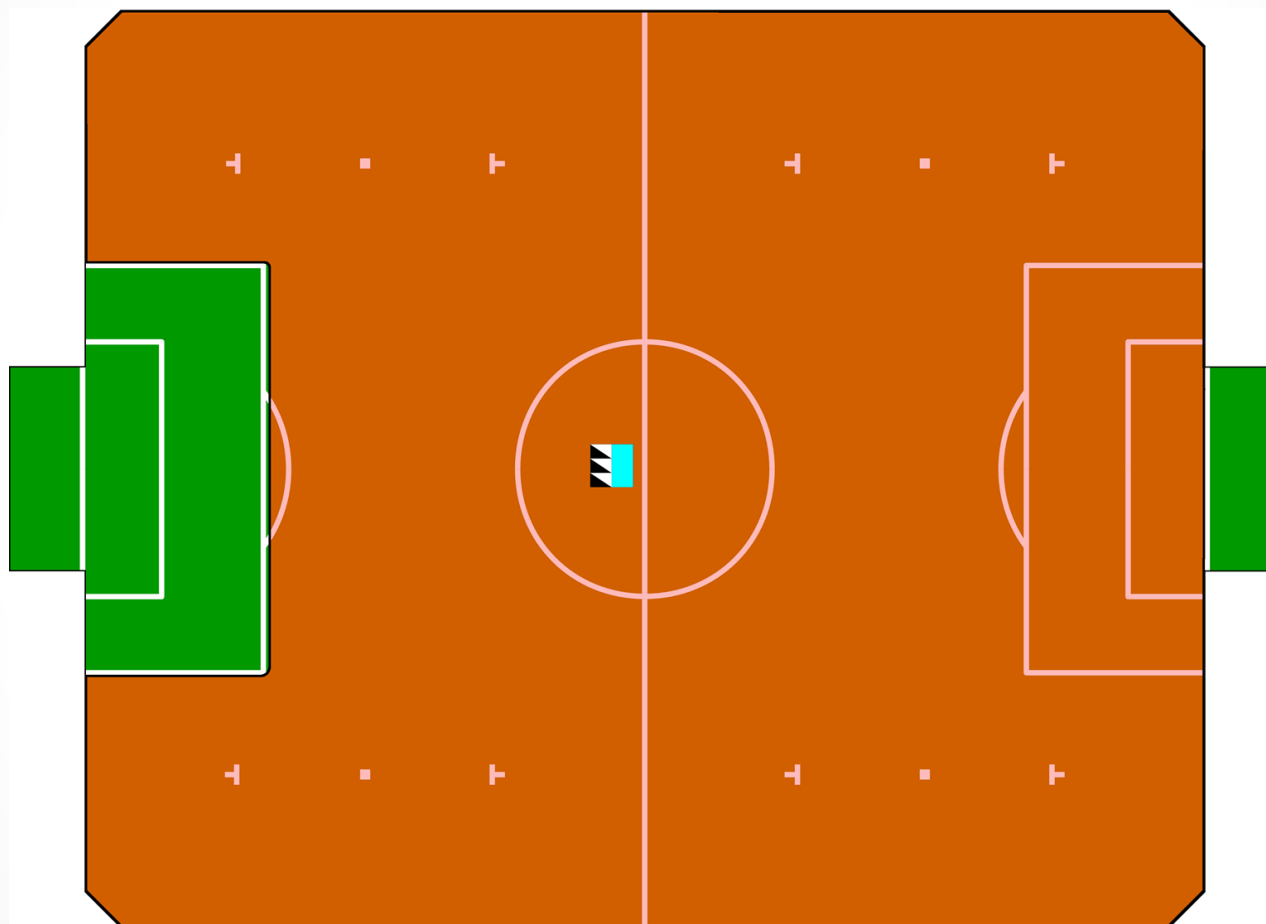


# Tímové stratégie

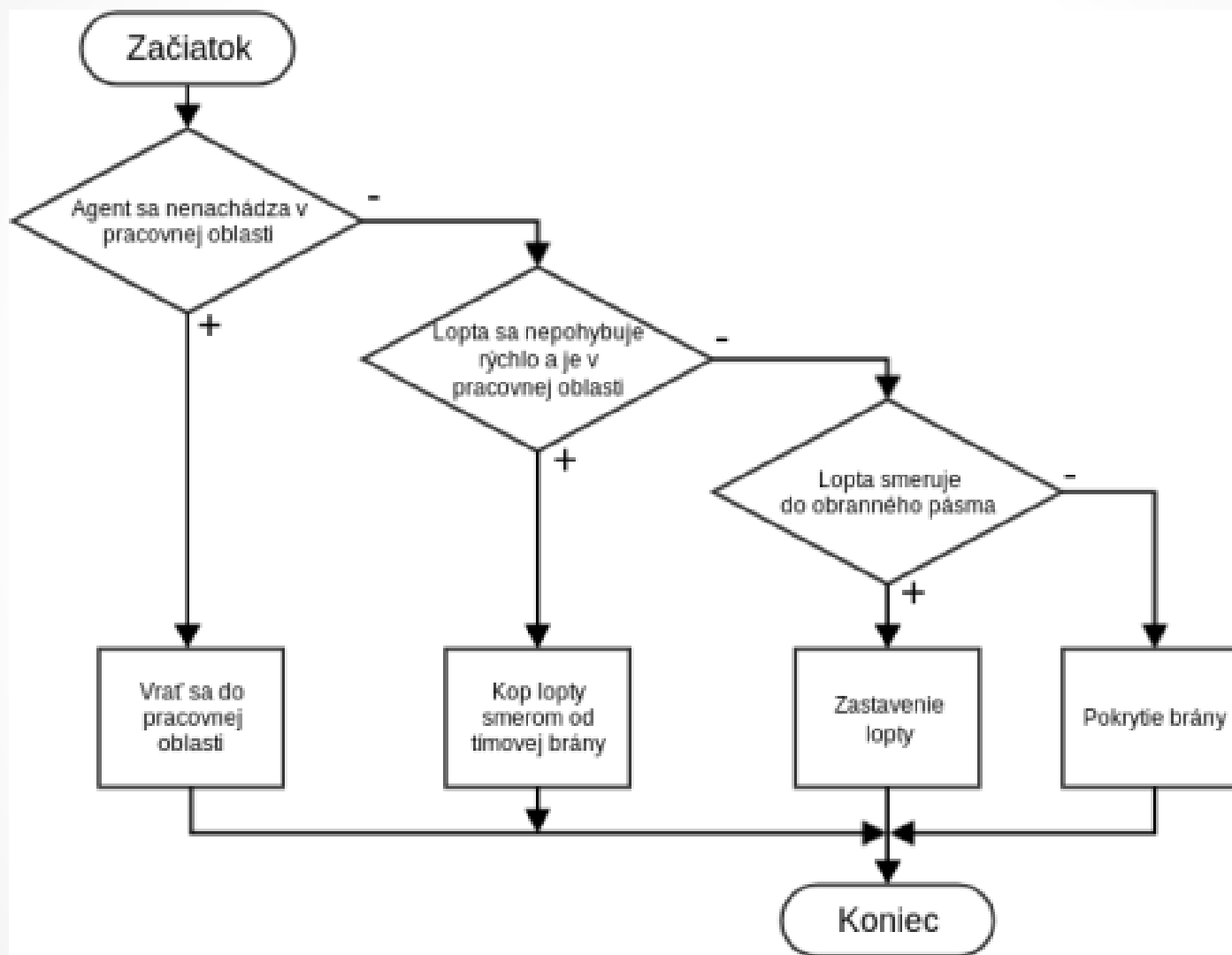
1. Brankár
2. Obranca
3. Ľavý obranca
4. Pravý obranca
5. Predná obrana
6. Stredopoliar
7. Centrány útok
8. Ľavý útok
9. Pravý útok
10. Útočník



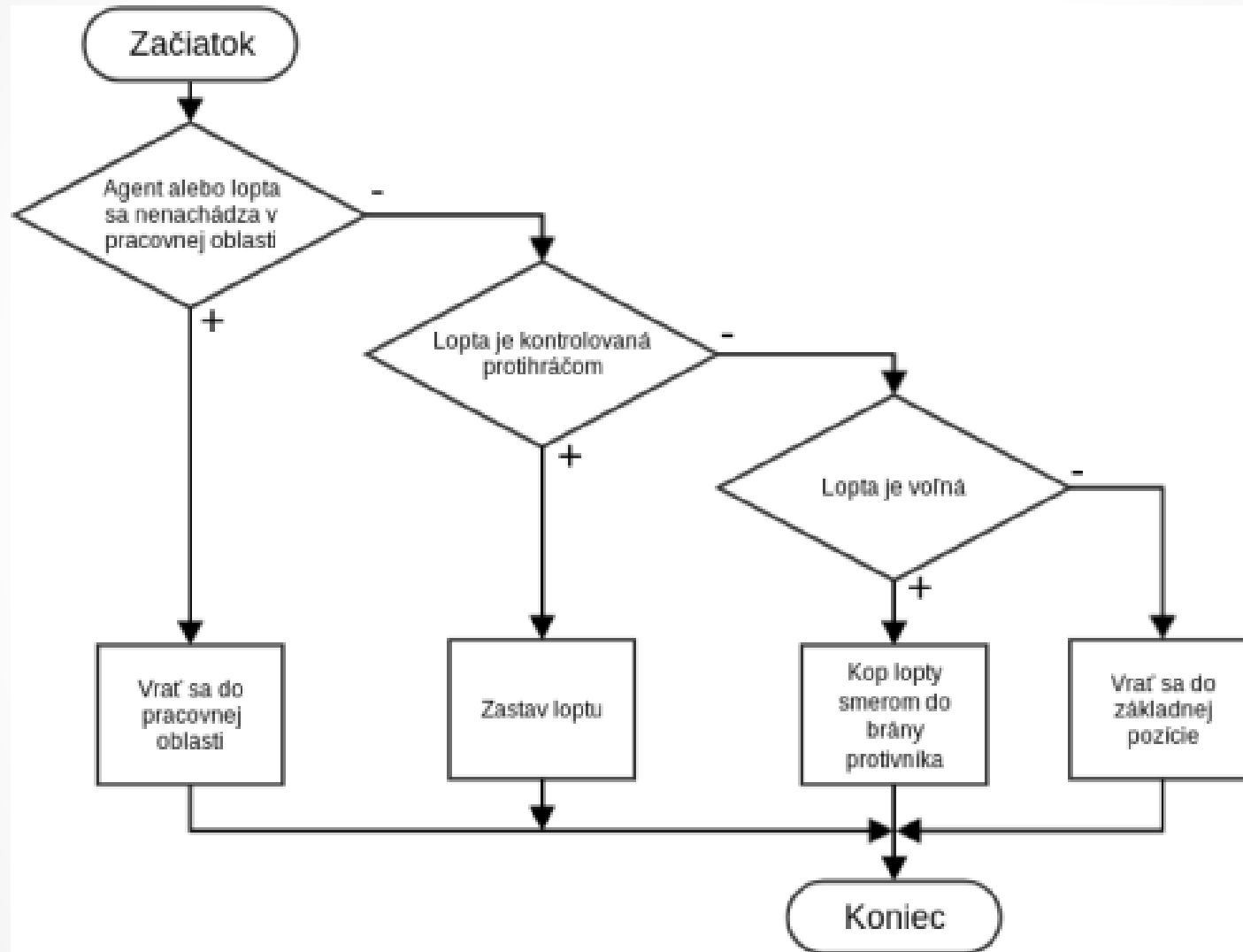
# Stratégia útočníka



# Obranné stratégie



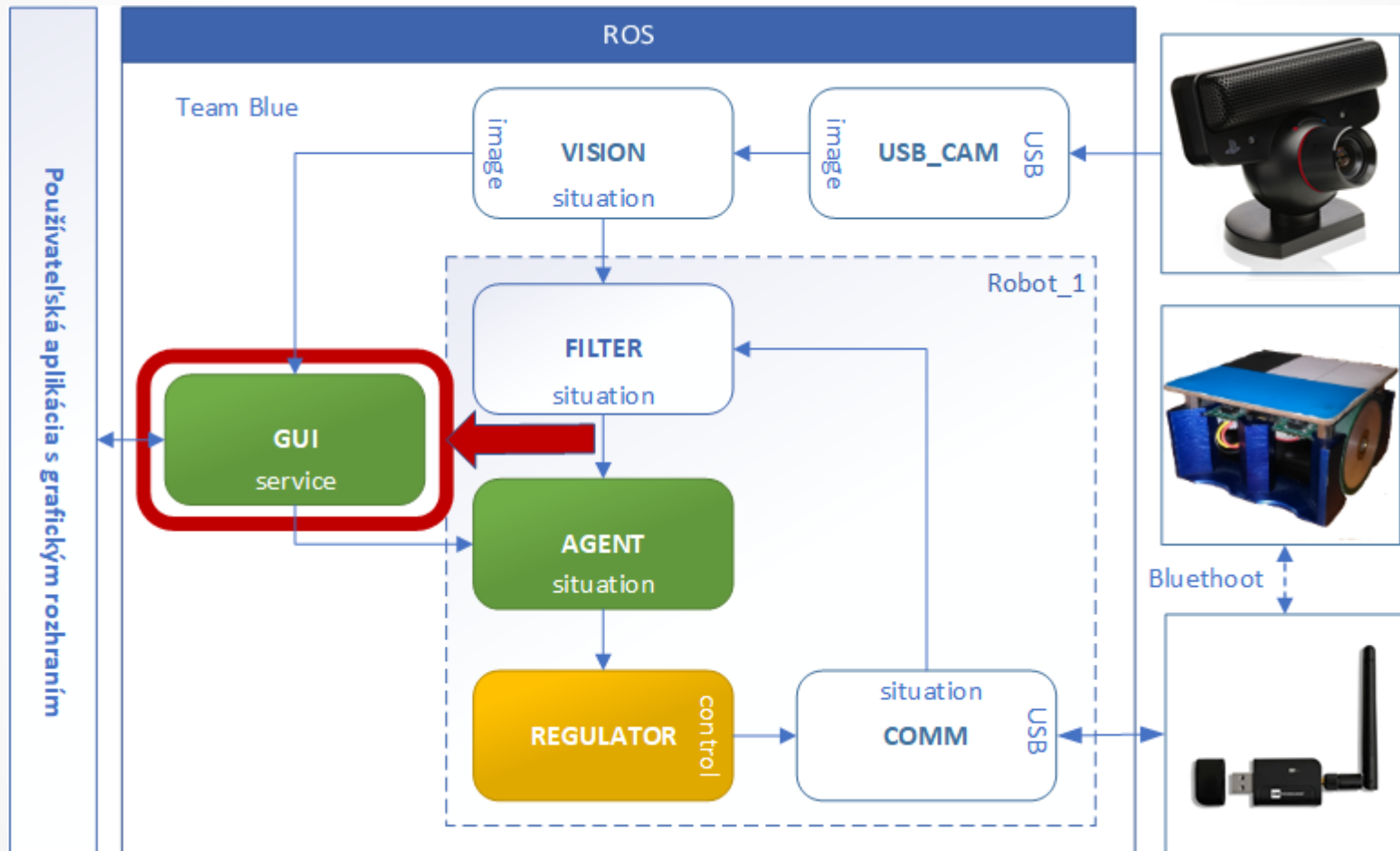
# Útočné stratégie



# Výměna hráčů



# 5. Grafické rozhranie



# Implementácia grafického rozhrania

- Konfigurácia tímu:
  - Real/Simulácia
  - Ľavá/Pravá strana
  - Modrá/Červená farba
  - Priradenie robotov
- Spustenie systému
- Spustenie akcii



# 7. Aplikácia

- Roboti pre kategóriu MiroSot
- USB Kamera (PS3eye)
- PC s OS Linux Ubuntu 16.04
- Nainštalovaná platforma ROS a simulačné prostredie Gazebo
- Stiahnuté a skompilované moduly



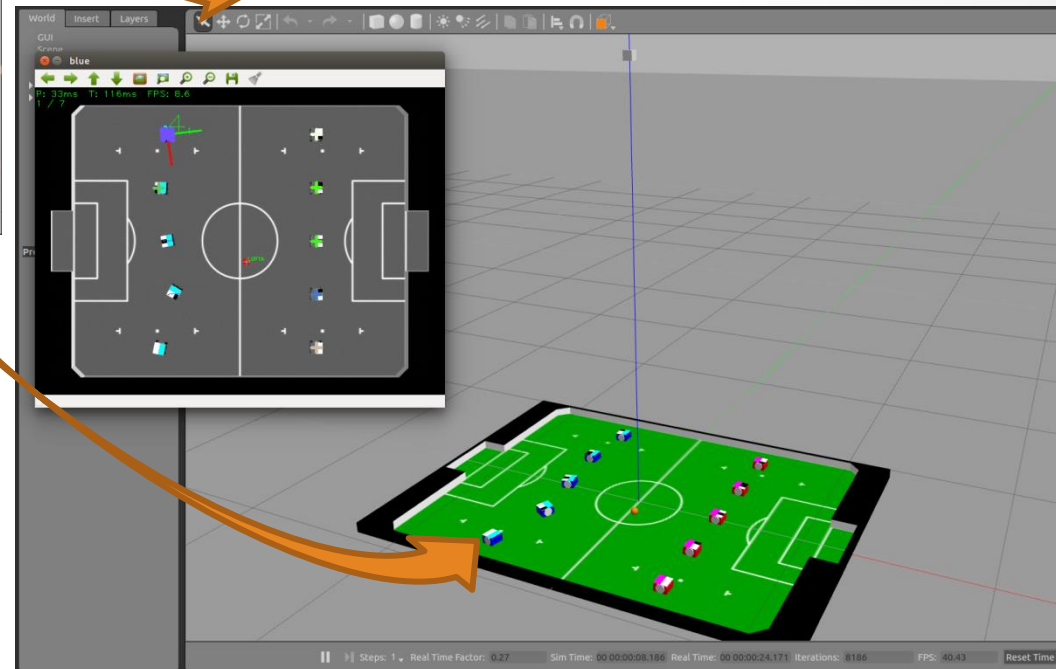
# Spustenie robotického futbalu



1. Spustenie používateľskej aplikácie
2. Konfigurácia tímu



3. Spustenie systému
4. Spustenie akcií



# Prínos práce

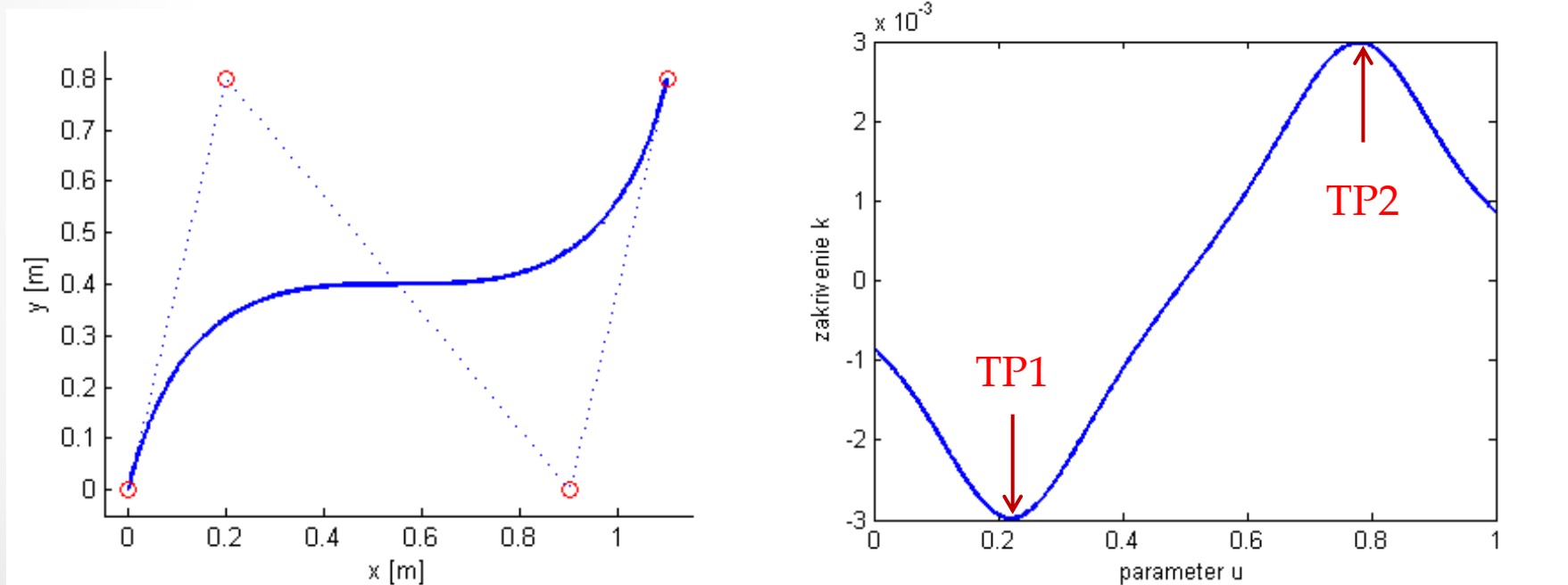
- Vytvorenie simulácie robotického futbalu pre potreby testovania a ďalší vývoj algoritmov správania
- Rozšírenie možnosti riadenia mobilných robotov
- Zlepšenie funkcionality robotického futbalu v reálnych a simulačných podmienkach
- Grafické rozhranie pre jednoduchú interakciu so systémom

# Otázky oponenta

1. Ako je počítaná poloha lopty počas jej pohybu pre potreby plánovania pohybu robotických futbalistov.
  - Pri plánovaní je použitý jednoduchý **kinematický model**. Neberieme v úvahu dynamické vlastnosti ako **trenie** a **moment zotrvačnosti**. Zároveň predpovedané odrazy lopty od stien ihriska **nevplyvajú** na rýchlosť lopty.
  - Zahrnutie týchto javov by mohlo výrazne zlepšiť efektivitu akcie kopu.

2. Bližšie vysvetlite rýchlostný profil na obrázku 4-6.  
Popíšte jeho jednotlivé fázy na príklade pohybu robota medzi dvoma polohami.

1. Definovanie cesty a jej vzorkovanie.
2. Vyhľadanie extrémov v zakrivení (Turning points)



Výpočet zakrivenia: 
$$\kappa(u) = \frac{\dot{x}(u)\ddot{y}(u) + \ddot{x}(u)\dot{y}(u)}{(\dot{x}(u)^2 + \dot{y}(u)^2)^{\frac{3}{2}}}$$

3. Výpočet rýchlosti v TP: 
$$v_{TP1,2} = \sqrt{\frac{a_{rMAX}}{|\kappa_{TP1,2}|}}$$

4. Ak  $v_{TP1,2} < v_{MAX}$  tak vytvor rýchlostný profil pre TP prehľadávaním dopredu a dozadu

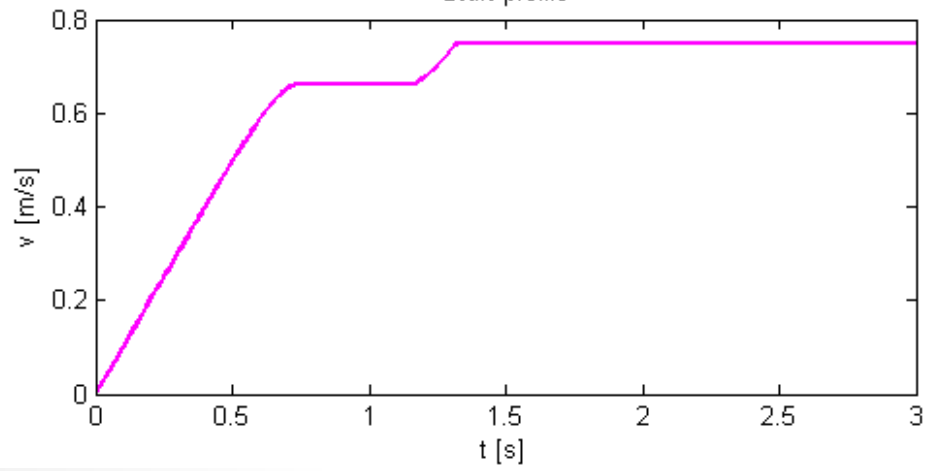
$$a_r = v_{i \mp 1}^2 * \kappa_i$$

$$v_i = \sqrt{v_{i \mp 1}^2 + 2sa_t}$$

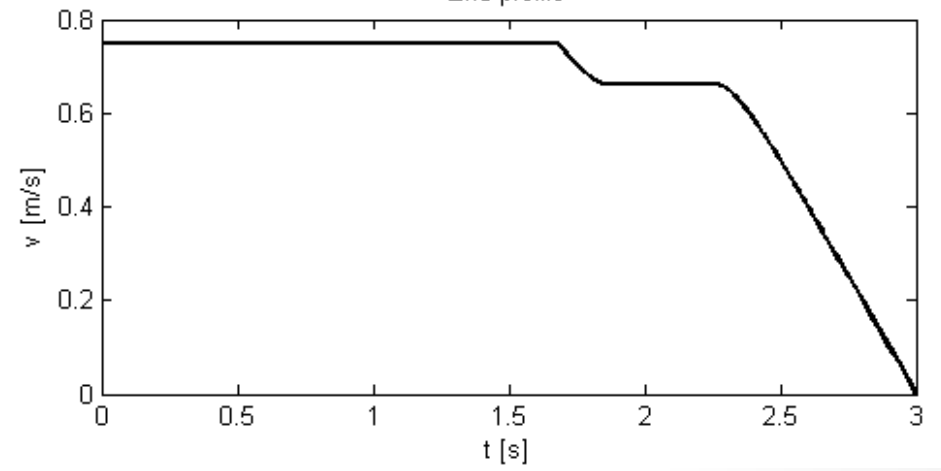
$$a_t = a_{tMAX} \sqrt{1 - \left(\frac{a_r}{a_{rMAX}}\right)^2}$$

5. Výtvorenie profilu pre počiatočnú a koncovú rýchlosť

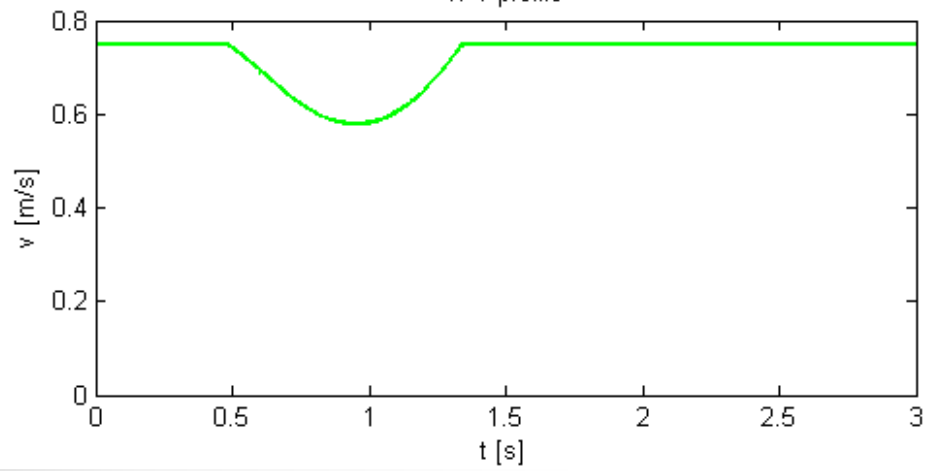
Start profile



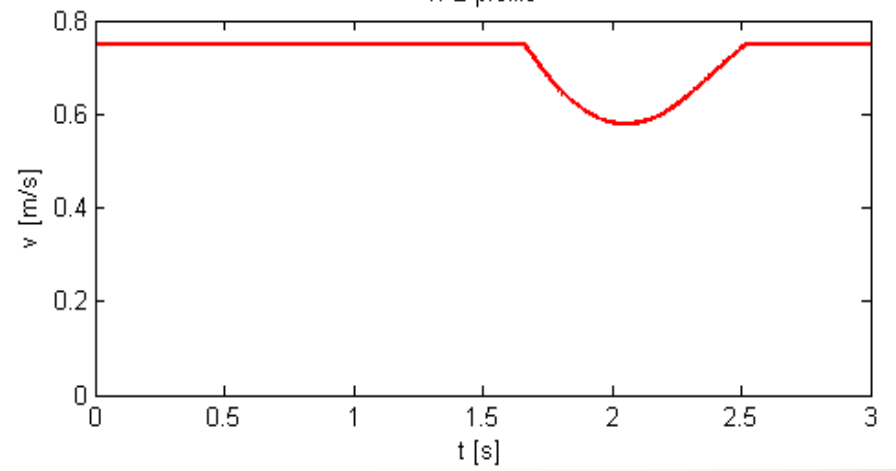
End profile



TP1 profile



TP2 profile



6. Výsledný rychlostný profil je tvorený minimálnou rýchlosťou všetkých rychlostných profilov a predstavuje maximálnu dovolenú rýchlosť

