

BPC-PRP – Autonomní jízda koridorem

1st Tomáš Hobza

xhobza03

*Fakulta informačních technologií
Vysokého učení technického v Brně*

2nd Daniel Jacobs

xjacob00

*Fakulta informačních technologií
Vysokého učení technického v Brně*

Abstract—Práce stručně popisuje klíčové mechanismy autonomního robota pro navigaci v koridorových prostředích. Využívá dálkoměrné senzory a PID regulaci pro udržování pozice v koridoru, s důrazem na algoritmické dopočítávání chybějících stěn. Detekce změn prostředí, jako jsou zatáčky či křižovatky, je realizována porovnáním estimovaných a reálných sensorických dat nebo detekcí blízké překážky. Manévry zatáčení jsou rozděleny do fází (příprava, otáčení, dokončení) a směr je určen víceúrovňovou logikou zahrnující vizuální značky a typ křižovatky, s využitím adaptivní PID regulace. Hlavní řídicí logika je implementována stavovým automatem, který orchestruje přechody mezi klíčovými stavy robota od klidového režimu přes sledování koridoru až po jednotlivé fáze zatáčení.

Index Terms—Robotics, project, BPC-PRP, state-of-the-art

I. ÚVOD

Tento dokument stručně popisuje klíčové funkční mechanismy autonomního robota, zaměřené na jeho schopnost navigovat v koridorových prostředích. Představuje základní principy detekce zatáček, udržování směru, rozhodování v křižovatkách a logiku řízení přechodů mezi jednotlivými operačními stavy.

II. KLÍČOVÉ FUNKČNÍ MECHANISMY

A. Navigace v Koridoru a Detekce Změn Prostředí

Robot využívá dálkoměrné senzory pro vnímání okolí, přičemž pro plynulou jízdu měří vzdálenosti ke stěnám mírně šikmo dopředu.

- **Udržování pozice v koridoru:** Robot měří šikmé vzdálenosti k bočním stěnám. Jejich rozdíl určuje odchylku od ideální středové trajektorie. Klíčové je dopočítávání chybějící stěny, pokud ji senzor nedetekuje (např. v zatáčce). Pozice chybějící stěny se estimuje z pozice druhé stěny a poslední známé šířky koridoru. To umožňuje PID regulátoru udržet směr i při ztrátě jedné stěny, než se aktivuje logika pro průjezd křižovatkou. Pokud nejsou detekovány žádné boční stěny, interní reprezentace vzdáleností k oběma stěnám mohou být nastaveny na stejnou, předdefinovanou hodnotu, což vede k nulové odchylce pro PID a robot pokračuje přímo. Tato odchylka je vstupem pro PID regulátor, který koriguje směr při snaze o konstantní dopřednou rychlost.
- **Iniciace rozhodovací fáze pro zatáčení:** Přechod do rozhodovacího režimu pro zatáčení nastává dvěma způsoby:

- 1) **Detekce otevřeného prostoru (zatáčky), viz obr. 1:** Porovnáním estimovaných vzdáleností ke stěnám s

přímými měřeními. Výrazná odchylka estimované vzdálenosti (předpokládající pokračování koridoru) od aktuálního měření (ukazujícího volný prostor) indikuje konec stěny a přítomnost zatáčky/křižovatky.

- 2) **Blízká překážka vpředu:** Pokud přední senzor detekuje vzdálenost pod bezpečnostním prahem, systém přechází do rozhodovací fáze (např. pro otočení ve slepé uličce).

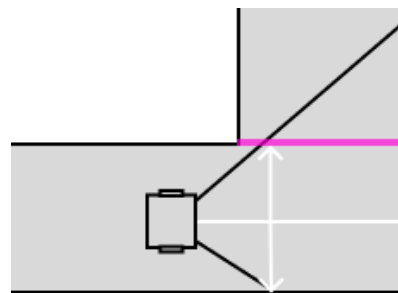


Fig. 1. Dopočítávání stěny a detekce otevřeného prostoru

B. Proces Provádění Zatáček

Manévr zatáčení je rozdělen do logických fází, využívající data z IMU (natočení) a enkodérů (ujetá vzdálenost).

- 1) **Přípravná fáze (Alignment):** Po iniciaci rozhodovací fáze se robot posune o krátkou, předem definovanou vzdálenost vpřed. Jelikož pro plynulou jízdu měří vzdálenosti šikmo dopředu, tato fáze slouží k dosažení bodu pro bezpečné a přesné zahájení otáčení (např. geometrický střed křižovatky). Během tohoto pohybu robot stále využívá PID regulaci; díky dopočítávání chybějící stěny udržuje relativně přímý směr i při vjezdu do otevřeného prostoru křižovatky a kontrolovaně upravuje rychlost.
- 2) **Fáze otáčení (Turn):**
 - **Víceúrovňové stanovení cílového směru:** Rozhodnutí o směru a velikosti otáčky probíhá ve více krocích:
 - a) **Prioritní vizuální značky:** Systém nejprve kontroluje přítomnost specifických vizuálních značek určených pro navigaci k cíli ("pokladové" značky s ID 10, 11, 12). Pokud je taková značka detekována, robot se řídí jejím pokynem (jet rovně, vlevo, vpravo).

- b) **Standardní vizuální značky:** Pokud nejsou přítomny prioritní značky, systém hledá standardní navigační značky ("exit" značky s ID 0, 1, 2) a řídí se jimi.
- c) **Výchozí logika podle typu křižovatky:** Pokud nejsou detekovány žádné relevantní vizuální značky, směr otáčení se určí na základě předchozí klasifikace typu křižovatky (získané např. z analýzy dat dálkoměrných senzorů – jednoduchá zatáčka, křižovatka T, plná křižovatka, nutnost otočení o 180 stupňů).

- **Řízené otáčení s adaptivními parametry:** Robot se otáčí na místě (nebo pomalu projíždí rovně, pokud je to cílem). Pohyb je řízen PID regulátorem, který se snaží dosáhnout stanoveného cílového natočení. Pro optimalizaci výkonu se používají dvě sady PID koeficientů: jedna pro standardní zatáčky (např. 90 stupňů) a druhá, odlišně naladěná sada, pro specifické manévry jako je otočení o 180 stupňů, kde se ukázala jako efektivnější pro plynulost a přesnost.

- 3) **Dokončovací fáze (Post-Alignment):** Po úspěšném dokončení otáčky se robot opět posune o krátkou vzdálenost vpřed. Tato fáze je klíčová, aby robot zcela opustil prostor křižovatky nebo zatáčky a vjel dostatečně hluboko do nového segmentu koridoru, kde se jeho senzory mohou spolehlivě "chytiť" nových stěn a obnovit standardní režim sledování koridoru. Během tohoto pohybu udržuje nově nabytý směr.

C. Hlavní Řídicí Logika (Stavový Automat)

Celkové chování robota je řízeno hlavním stavovým automatem (znázorněno na obr. 2). Klíčové přechody jsou následující:

- **Klidový režim:** Robot je neaktivní a čeká na pokyn ke startu.
 - *Přechod do FOLLOWING_CORRIDOR:* Nastává po stisku určeného startovacího tlačítka.
- **Sledování koridoru:** Aktivní jízda v koridoru s využitím PID regulace.
 - *Přechod do ALIGN_TURN:* Iniciován, pokud je detekován konec koridoru (neshoda estímané a skutečné vzdálenosti ke stěně) nebo pokud přední senzor detekuje překážku pod bezpečnostním prahem (např. slepá ulička). Při tomto přechodu se uloží aktuální police a orientace robota.
- **Příprava na zatáčku (ALIGN_TURN):** Robot se posune o krátkou, předem definovanou vzdálenost vpřed pro optimální pozici k otáčení. Během pohybu se stále snaží udržovat směr pomocí senzorů nebo IMU a může kontrolovaně zpomalovat.
 - *Přechod do TURN:* Nastane po ujetí této definované vzdálenosti. Pokud je i během této fáze detekována blízká překážka vpředu, přechod může nastat okamžitě, typicky s logikou pro otočení na místě (např. o 180 stupňů).

- **Provedení zatáčky (TURN):** Probíhá rozhodování o směru a velikosti otáčky a následné otáčení (nebo průjezd rovně).

- *Přechod do POST_ALIGN_TURN:* Nastane po úspěšném dosažení cílového natočení (nebo projetí rovného úseku na křižovatce).

- **Vyrovnaní po zatáčce (POST_ALIGN_TURN):** Robot se posune o krátkou vzdálenost vpřed pro stabilní vjezd do nového koridoru.

- *Přechod do FOLLOWING_CORRIDOR:* Nastane po ujetí této definované vzdálenosti. Tím se uzavírá manévrovací cyklus a robot obnovuje standardní jízdu. PID regulátory pro jízdu v koridoru jsou resetovány pro adaptaci na nové podmínky.

Navíc, stiskem specifického resetovacího tlačítka lze z většiny aktivních stavů přejít zpět do stavu IDLE, což způsobí zastavení robota a resetování jeho interního stavu.

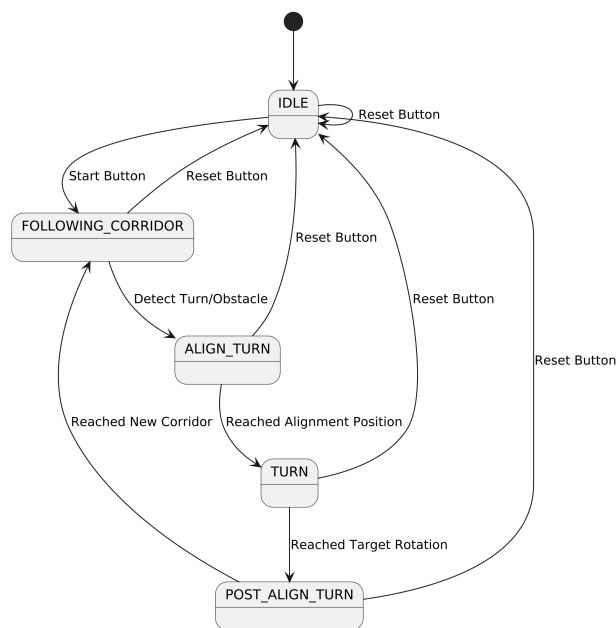


Fig. 2. Diagram stavového automatu

III. ZÁVĚR

Popsané mechanismy a řídicí logika umožňují robotovi efektivně a autonomně navigovat v koridorových prostředích. Díky kombinaci senzorických dat, algoritmického dopočítávání, víceúrovňového rozhodování a stavového automatu je schopen plynule sledovat koridory, detekovat změny prostředí a provádět komplexní manévry v zatáčkách a křižovatkách. Tento systém představuje robustní základ pro další rozvoj autonomních navigačních schopností.

PODĚKOVÁNÍ

Rádi bychom vyjádřili poděkování Ing. Adamovi Ligockému, Ph.D., Ing. Jakubu Minaříkovi a Ing. Petru Šopákovi za jejich cenné rady, podporu a konzultace při vývoji popsaných mechanismů.