

# Industry 4.0 a moderné AGV systémy

## Industry 4.0 and modern AGV systems

Ján Bačík<sup>1</sup>

<sup>1</sup>[jan.bacik.2@tuke.sk](mailto:jan.bacik.2@tuke.sk)

<sup>1</sup>Katedra elektrotechniky a mechatroniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, Košice, Slovenská Republika

**Abstrakt**—Článok predstavuje systém návrhu trajektórii pre moderné AGV systémy nepoužívajúce magnetické pásky alebo indukčné vedenia ale modernú navigáciu založenú na laserovej technológii. Návrh trajektórie je jeden z najdôležitejších subsystémov AGV určených pre Industry 4.0, nakoľko je tento podsystém určený priamo pre integrátora technológie v danom prostredí.

**KLúčové slová**—mobilný robot, AGV, riadiaci systém

**Abstract**— The article describes trajectory designer for modern AGV systems, which use modern navigation based on laser technology instead of old navigation method as magnetic tape and inductive line navigation. Trajectory designer is one of the most important subsystems of Industry 4.0 ready AGVs, because is intended for user, who integrates this technology in the given environment.

**Keywords**—mobile robot, AGV, control system

### I. ÚVOD

S mobilnými robotickými systémami sa v súčasnosti človek v bežnom živote stretáva čoraz častejšie. Tieto robotické systémy si našli svoje uplatnenie nie len v priemysle ale aj v bežných domácnostiach v podobe automatizovaných vysávačov a kosačiek [1]. Taktiež sa tieto domáce roboty stali obľúbenou platformou rôznych výskumných inštitúcií zaoberajúcich sa vývojom mobilných robotických systémov [2]. Výhodou týchto platforiem je ich univerzálnosť a možnosť doplnenia systému o ďalšie senzory a výpočtové jednotky. V oblasti priemyslu si mobilné robotické systémy našli uplatnenie ako logistické ťahače vo veľkých výrobných halách, kde je ich úlohou autonómny transport materiálu z miesta na miesto [3].

Spoločným znakom mobilnej robotiky je navigačný a mapovací senzorický systém. Tento systém poskytuje informáciu o aktuálnej polohe a orientácii robota v priestore. Vo všeobecnosti sú princípy navigácie rôzne a líšia sa konštrukciou senzorického systému, použitými senzormi a spracovaním dát. Voľba senzorického systému závisí od prostredia, v ktorom robot operuje a aké úlohy v tomto prostredí vykonáva. Spravidla najväčší rozdiel v použitých senzorech vzniká pri indoorovej a outdoorovej navigácii a tento rozdiel vychádza z absencie GPS signálu v interiéroch budov.

Najčastejší a najjednoduchší spôsob navigovania mobilného robota je použitie externých navigačných pomôcok v priestore. Typickou externou navigačnou pomôckou, využívanou pri určení trajektórie logistických ťahačov, je magnetická páska umiestnená na podlahe. Táto páska slúži na presné determinis-

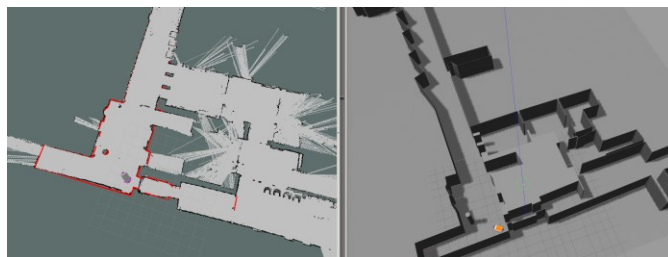
tické určenie trajektórie, ktorú má robot nasledovať. Robot je vybavený senzormi magnetického poľa, ktoré detekujú magnetické pole pásky a na základe ich informácií riadiaci systém robota reguluje akčné členy tak, aby sa tieto snímače nachádzali vždy v strede magnetickej pásky [4]. Nevýhodou takejto navigácie je v priemyselnej praxi opotrebovávanie pásky, ktorá sa ničí pôsobením rôznych mechanických záťaží vyplývajúcich z prevádzky fabriky. Pri zmene trasovania logistických vozíkov dochádza k nutnosti mechanickej prestavby, čo môže byť finančne a časovo náročné.

V dnešnej dobe, kedy sa vo výrobe do popredia dostáva pojem Industry 4.0 vzniká tlak upúšťať od zastaraných výrobných postupov a nahradzovať ich systémami vyznačujúcimi sa vyššou mierou inteligencie, modulárnosti a prepojenia s okolitým svetom. Tento trend sa nevyhol ani oblasti AGV systémov (automated guided vehicles), ktoré predstavujú formu mobilnej robotiky. Ako už bolo spomínané, klasické metódy navádzania AGV systémov pomocou magnetických pásek, či indukčného vedenia sú neefektívne, hlavne pri dynamicky sa rozvíjajúcom prostredí moderných výrobných podnikov. Vďaka novým metódam lokalizácie AGV systémov na báze laserových snímačov sa otvárajú dvere pre nové možnosti plánovania trajektórie nie len pre samostatne pracujúci AGV systém ale rovnako pre celú flotilu operujúcu v danom výrobnom prostredí.

V ďalších častiach článok predstaví jednotlivú funkcionálnu moderného systému plánovača trajektórii, ktorý v spolupráci s novými metódami navigácie umožnil vzniku AGV systémov pripravených čeliť výzve, ktorú prináša Industry 4.0.

### II. VIRTUÁLNA MAPA

Podmienkou pre návrh virtuálnych trás AGV systému je vytvoriť mapové podklady prostredia, v ktorom sa bude AGV pohybovať. Tieto virtuálne mapy slúžia jednak pre samotnú navigáciu robota a zároveň aj ako podkladový obrázok, do ktorého sa následne jednotlivé trajektórie zakresľujú. Pri získaní mapy môže byť využité aj simulačné prostredie (Obr. 1).



Obr. 1. Virtuálna mapa získaná zo simulácie

Po získaní mapy prichádza na rad samotné plánovanie trajektórie pomocou jednoduchého programu s grafickým rozhraním (Obr. 2).

### III. PLÁNOVAČ TRAJEKTÓRIE

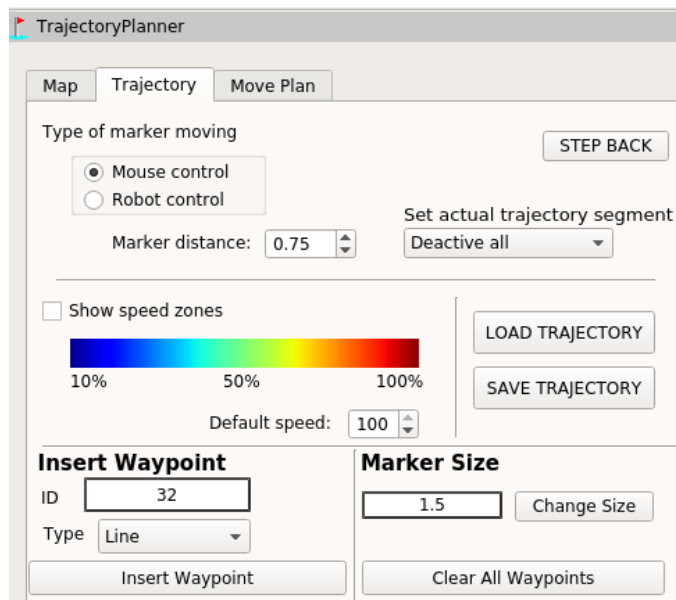
Základnou funkcionalitou každého plánovača je možnosť pridávania základných prvkov trajektórie akými sú rovné úseky a oblúky. Táto funkcionalita je integrovaná pomocou interaktívnych markerov (Obr. 3), ktoré môže užívateľ do mapy pridať, alebo naopak ich aj ubrať. Pojem interaktívny marker znamená, že každú z týchto značiek je možné, po jej umiestnení v mape, ľubovoľne presúvať pomocou šípok na jej kraji alebo vyvolať interaktívne menu po kliknutí na ňu. Obsah menu sa líši vždy od konkrétnej značky a jej umiestnenia. Užívateľ má možnosť cez menu pridať marker medzi už existujúce markre alebo ho vymazať. Menu umožňuje prepínať typ daného markera medzi typom čiara, oblúk alebo križovatka.

Práve typ križovatka pridáva do plánovača trajektórie ďalšiu dôležitú funkcionalitu, ktorou je vetviť trajektórie na jednotlivé vetvy a okruhy (Obr. 4). V prípade okruhov sa jedná o vetvy, ktoré sú ukončené na inom mieste trajektórie v mieste križovatky a oba konce tejto vetvy sú uzavreté v slučke. Plánovač okrem uzavretých slučkových trajektórií umožňuje vytvárať aj otvorené vetvy, ktoré sú ukončené bodom návratu. Tento bod návratu môže byť bod, na ktorom sa AGV otočí o 180° a následne pokračuje v ceste alebo sa zamení (v prípade súmerných AGV systémov) predná strana za zadnú a AGV systém pokračuje v trase bez nutnosti otáčania. Tento typ ukončenia vetvy je výhodný hlavne do miest s obmedzenou šírkou, kde nie je dostatok miesta pre otáčanie AGV systému okolo vlastnej osi.

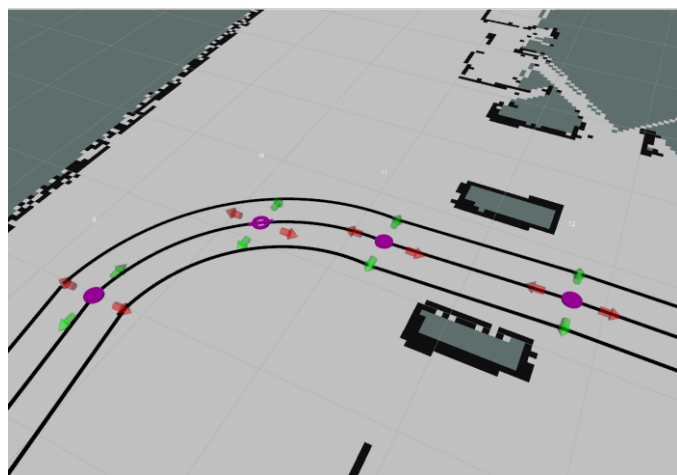
Okrem zastavovania na koncových bodoch otvorených vetiev trajektórie je žiadaná možnosť vytvorenia zastávok aj priamo na samotnej trajektórii (Obr. 5). K tomu slúži menu zastávok, kde sa dá daný marker zmeniť na zastávku a kde je následne možné naprogramovať správanie robota sa na zastávke (notifikácie, hlasitosť hudby, odložený štart). Samotné zastávky sa delia na dva typy. Obojsmerné a jednosmerné. Obojsmerná zastávka znamená, že AGV systém na danom mieste zastane o oboch prípadoch smeru jazdy. Naopak, jednosmerná zastávka určí zastavenie iba v jednom smere jazdy AGV systému po danej trajektórii.

Veľmi žiadanou funkcionalitou, v rámci bezpečnosti aj efektívnosti, je nastavenie takzvaných rýchlostných zón v jednotlivých úsekoch trajektórie. Nie je totiž v každom mieste dráhy vhodné využiť maximálnu rýchlosť robota. Často sa vo výrobných závodoch vyskytujú miesta, kde je zvýšený pohyb personálu alebo naopak sa tieto miesta vyznačujú zvýšeným počtom náhodných prekážok na trase. V tomto prípade je žiaduce mať možnosť určiť na týchto úsekoch maximálnu rýchlosť AGV systému.

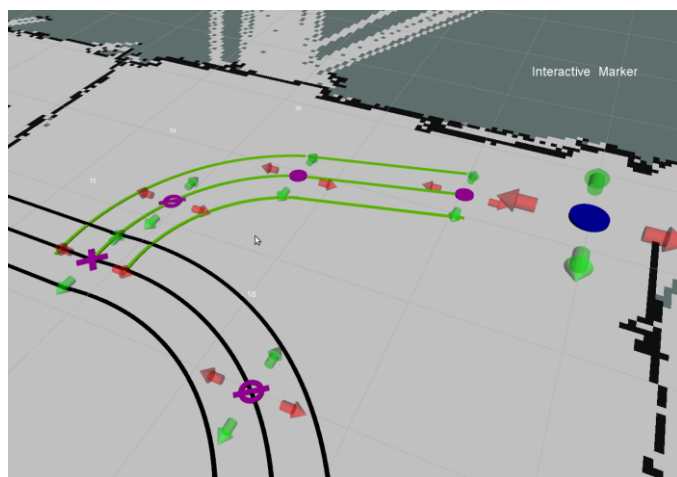
Túto funkcionalitu plánovač trajektórie umožňuje a veľmi jednoduchým prepínaním medzi klasickým grafickým zobrazením trajektórie a zobrazením spolu s rýchlostnými zónami poskytuje užívateľovi vizuálnu informáciu o rýchlostiach na jednotlivých úsekoch trajektórie. Samotné rýchlostné zóny sú farebne škálované a umožňujú rýchlu vizuálnu kontrolu o jednotlivých rýchlostiach AGV systému na celkovej dráhe (Obr. 6).



Obr. 2. Grafické rozhranie plánovača trajektórie



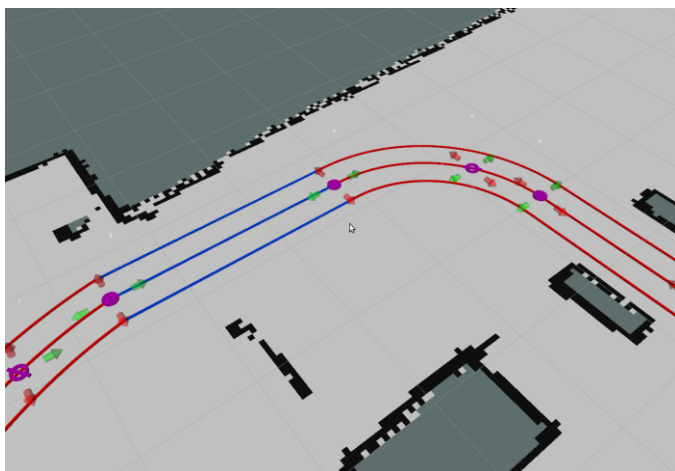
Obr. 3. Základné čiary a oblúky



Obr. 4. Križovatky trati



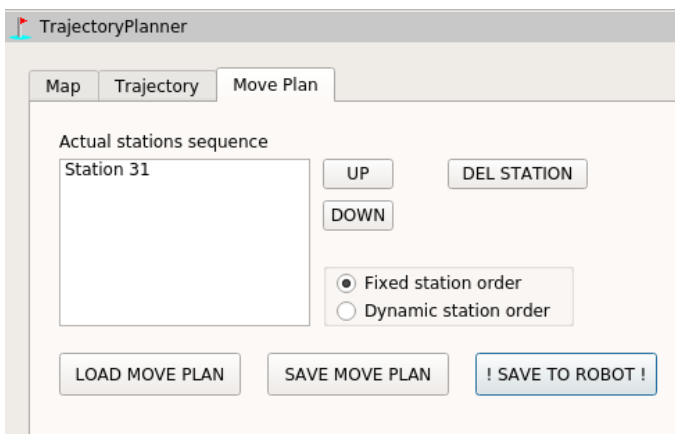
Obr. 5. Programovanie zastávok



Obr. 6. Rýchlostné zóny

#### IV. OPERÁCIA VIACERÝCH AGV

Filozofia plánovača trajektórie vychádza z klasickej páskovej navigácie. Plánovač umožňuje vytvoriť virtuálnu dráhu po celom priestore výrobného priestoru, no využívať iba niektoré časti z celkovej trajektórie. K zadefinovaniu používaných úsekov slúži takzvaný plánovač pohybu (Obr. 7). Tento plánovač slúži na zadávanie poradia zastávok, na ktoré má AGV systém prísť.



Obr. 7. Plánovač pohybu

Samotné plánovanie pohybu môže fungovať v dvoch samostatných režimoch. Fixný mód je určený pre cyklicky opakované zastavovanie na jednotlivých staniach. Pomocou jednoduchého pridávania markerov do zoznamu bodov, ktorými má AGV systém prejsť sa vytvorí pevne daná, cyklická trajektória. V prípade dynamického režimu sa zastávky generujú dynamicky a AGV systém si vždy vypočíta najkratšiu cestu k požadovanej stanici.

Virtuálne trasovanie a vždy aktuálna informácia o polohe AGV systému umožňuje exportovanie mapy a základnej trajektórie do viacerých AGV systémov, bez nutnosti vytvárania trajektórie a mapy pre každý jeden systém samostatne. Spolu s informáciou o polohe každého robota a možnosti vytvárať nezávislé fixné alebo dynamické pohybové plány samostatne, umožňuje tento systém operáciu viacerých robotov v jednom prostredí bez toho, aby dochádzalo ku kolíziám alebo kolónam a prestojom v miestach kríženia vetiev trajektórie.

#### V. ZÁVER

V článku sme predstavili moderný plánovač trajektórie určený pre AGV systémy pripravené čeliť výzvam Industry 4.0. Plánovač umožňuje okrem základnej funkcionality vytvárania rovných línií, oblúkov a krížovatiek, vytvárať uzavreté slučky a otvorené vetvy s bodom otočenia.

Logika riadenia pohybu AGV systému po trajektórii je určená pomocou definovaných zastávok a plánovača pohybu, ktorý umožňuje fixnú cyklickú obsluhu jednotlivých stanovišť alebo dynamickú obsluhu s výpočtom najkratšej trajektórie k požadovanej stanici.

Jednoduché exportovanie mapy a celkovej trajektórie spolu s individuálnymi pohybovými plánmi umožňuje operáciu viacerých AGV systémov na spoločnej trajektórii v rovnakom prostredí a zabezpečuje predchádzaniu kolízií a prestojom v miestach kríženia.

#### POUŽITÁ LITERATÚRA

- [1] J. Forlizzi, C. DiSalvo, Service robots in the domestic environment: a study of the roomba vacuum in the home, proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction, New York, 2006.
- [2] M. Dekan, L. Chovanec, A. Babinec, A. Vitko, New modules for the iRobot Create platform, Procedia Engineering, 2012.
- [3] Ceit Logistic Trucks: available on web: <http://www.ceitechinnovation.eu/index.php/sk/agv-system>
- [4] G. Cook, Mobile Robots: Navigation, Control and Remote Sensing, Wiley & Sons Ltd, New Jersey, 2011.



**J. Bačík** inžinierske štúdium absolvoval na Katedre elektrotechniky a mechatroniky Technickej univerzity v Košiciach. V roku 2012 ukončil štúdium s vyznamenaním. Následne pokračoval v dennom doktorandskom štúdiu v odbore Mechatronika a v roku 2016 úspešne obhájil dizertačnú prácu. V súčasnosti autor pôsobí ako odborný asistent na Technickej univerzite v Košiciach, kde sa intenzívne venuje oblasti vývoja mobilných robotických systémov. Medzi jeho hlavné zamerania patrí oblasť navigácie, mapovania a riadenia mobilných podvozkov a dronov.