



Automaticky riadené dopravné prostriedky navádzané prostredníctvom laserového navigačného systému

Nároky na flexibilitu prepravy a optimálnosť navigácie automaticky riadených dopravných prostriedkov (Automated Guided Vehicle – AGV) neustále narastajú. Bežne používané systémy navádzania, napríklad indukčný systém (s vodiacim vodičom zaliatym v podlahe) či systém s vedením po magnetickej alebo optickej stope, pracujú iba v rámci nemennej schémy trás.

Prípadné zmeny dopravných trás sa nezaobídu bez viac či menej nákladných stavebných úprav.

Potreba aplikácie flexibilných systémov navigácie vozidiel je teda zrejmá.

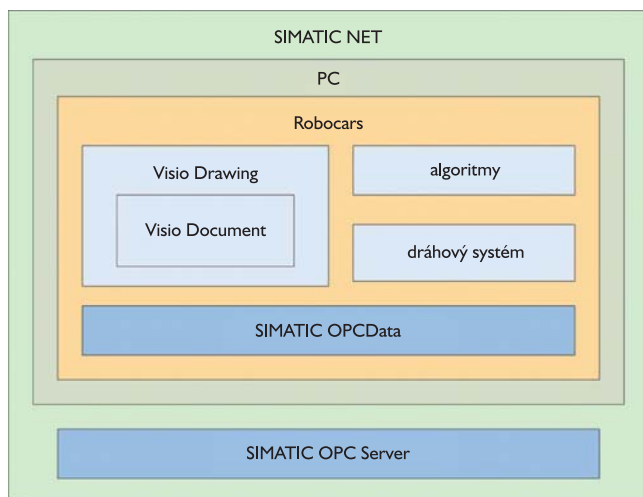
Spoločnosť ZTS VVÚ Košice a. s. vyvinula pre takýto flexibilný systém softvér na riadenie AGV, ako aj softvér pre dispečerské pracovisko na PC. Úlohou dispečerského pracoviska, založeného na báze grafického programu na tvorbu diagramov Microsoft Visio, je efektívne zabezpečiť nadradené riadenie a monitorovanie celej sústavy vozidiel. Režim projekcie umožňuje v grafickom editore projektovanie priestoru (prekážky, polohy reflexných fólií pre jednotlivé vrstvy) a dopravných trás v rámci definovaného priestoru. Prevádzkový režim umožňuje následné generovanie dopravných úloh, ich automatické optimalizovanie a rozdeľovanie pre jednotlivé vozidlá tak, aby nedochádzalo k vzájomným kolíziám. Súčasťou prevádzkového režimu je aj režim monitorovania, v ktorom sa zobrazujú okamžité polohy jednotlivých vozidiel, priebehy vykonávania dopravných úloh, stavové a ďalšie hlásenia vozidiel. Softvér na riadenie vozidla zabezpečuje komunikáciu s modulom laserového navigačného systému, samotné generovanie trajektórie podľa dráhy definovanej z dispečerského počítača a následné riadenie pohonov pásov tak, aby vozidlo sledovalo vygenerovanú trajektóriu.

Technické riešenie

1. Dispečerský počítač

Dispečerský počítač je štandardný osobný počítač, na ktorom sú nainštalované softvérové komponenty:

- Microsoft .NET framework,
- Microsoft Office Visio 2003,
- SIMATIC NET od spoločnosti SIEMENS s komponentmi:
 - OPC server,
 - vývojové komponenty pre Visual Studio .NET,
- Operačný systém podporujúci všetky vyššie spomenuté prostriedky (Windows 2000/XP).



Obr.1 Štruktúra softvéru

Hardvérové požiadavky celého systému sú obmedzené najmä požiadavkami softvérových balíkov potrebných na činnosť systému.

Architektúra programu bola zvolená na základe týchto požiadaviek:

- grafické možnosti tvorby používateľského rozhrania,
- komunikačné možnosti s AGV,
- ukladanie projektu v štandardnom formáte.

Z analýzy podmienok vzišiel model, ktorý je uvedený na obr. 1.

Aplikácia pri svojej činnosti využíva komponent axVisioDrawing ako grafický vstup a výstup programu (práca s dráhovým systémom pri editovaní, grafické zobrazenie stavov, podpora riadenia a vizualizácia pri dispečingu). Komponent OPCData sa využíva na komunikáciu s vozidlami v systéme. Ostatné aplikáciou použité komponenty sú štandardné prvky OS Windows alebo Microsoft .NET framework.

Pri editovaní mapy s dráhovým systémom sa vytvára dokument Visio vo formáte vsd, odrazky možno do projektu dodať pomocou funkcie mapovania odraziek cez niektoré z vozidiel. Dispečerský režim pracuje s existujúcou mapou, ktorá sa najskôr spracuje do objektivej podoby grafickej reprezentácie a uloží pod názvom „dráhový systém“. Tento model používajú algoritmy pri generovaní a spúšťaní dopravných úloh. Výstupom je samostatný spustiteľný program.



Obr.2 Vozidlo



2. AGV

Na vytvorenie funkčného vzoru AGV vozidla sa použil podvozok a pohony existujúceho zariadenia vyvinutého v ZTS VVÚ Košice a. s. na iný účel – Scorpio 1. Podvozok sa doplnil riadiacim systémom SIMATIC S7-300, komunikačným modulom WiFi, napájacími olovenými akumulátormi a laserovým polohovacím zariadením určeným na navigáciu od firmy SICK – NAV 200, ktoré tvorí mobilnú časť AGV.

Súčasťou laserového polohovacieho systému je sústava odraziek (reflexných fólií umiestnených na stenách priestoru, v rámci ktorého sa bude vozidlo pohybovať), ktorá tvorí stacionárnu časť AGV.

Polohovací systém NAV 200 pozostáva z laserového snímača s integrovaným vyhodnocovaním. Laserový snímač je merací systém, ktorý vyhodnocuje svoje okolie v dvojrozmernom priestore v rozsahu 360°. Systém deteguje fixne definované reflexné značky, resp. odrazky a nepretržite vysiela polohu týchto značiek do interného vyhodnocovacieho zariadenia, ktoré následne určuje okamžitú polohu a orientáciu v priestore. Na určenie jeho pozície postačuje vyhledanie troch odraziek. Polohovací systém NAV 200 sa inštaluje na AGV a je nepretržite v spojení s počítačom vozidla.

Riadiaci systém je obmedzený na riadenie maximálne 99 dopravných vozidiel, dĺžka jednej dopravnej úlohy je obmedzená vymedzenou pamäťou v rámci jedného bloku pamäti automatu PLC na 100 úsekov.

Obmedzením týkajúcim sa polohovacieho systému SICK je maximum 32 odraziek v každej vrstve, najvyšší možný počet vrstiev je 40.

Dráhový systém

Základné pojmy:

- dráhový systém – objektový model systému dráh, ktorý je vygenerovaný na základe dokumentu MS Visio,
- miesto – každé miesto v dráhovom systéme, na ktorom môže vozidlo zastaviť,
- odrazka – miesto, na ktorom je umiestnená reflexná fólia,
- bod – ľubovoľný bod spojenia dvoch prvkov dráhového systému, vrátane miesta spojenia komponentov dráhového systému,
- úsek – spojenie medzi dvomi bodmi dráhového systému,
- odrazka – miesto odrazovej fólie.

Dráhový systém je sústava miest a úsekov, po ktorých je povolený pohyb automatických vozidiel. Tvoria ho tieto základné prvky: miesto, odrazka, hrana priama, hrana oblúčková a začiatok súradnicového systému. Začiatok súradnicového systému definuje východiskový bod a orientácie súradnicových osí pre celý systém. Vychádza z použitých hardvérových prostriedkov, a to hlavne polohovacieho systému NAV 200, ktorý pre svoju korektnú činnosť potrebuje definovanie začiatku súradnicového systému.

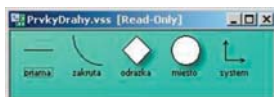
Miesta sú pozície v priestore, v ktorých je vozidlu povolené zastaviť pohyb. Existujú rôzne typy miest, a to: servisné, v ktorých sa vykonávajú servisné zásahy, parkovacie, v ktorých možno vozidlá parkovať, a pracovné, v ktorých prebieha nakládka, resp. vykládka materiálov a pod. Miesta definuje používateľ na základe svojich špecifických požiadaviek.

Hrany sú spojnice miest a prechádzajú voľnými priestormi, ktoré sú určené na prepravu. Predpokladá sa, že tieto priestory nebudú obsahovať pohyblivé prekážky a budú obchádzať prekážky pevné. Hrana môže byť buď priama, alebo mať tvar kružnicového oblúka, možno ich tiež spájať do rôznych tvarov dráhy.

Tieto odrazky majú v opise dráhového systému tiež svoje miesto, musia byť zadané pred uvedením systému do činnosti.

Charakteristika ovládacieho programu PC

Špeciálna knižnica PrvkyDrahy.vss, ktorá obsahuje prvky na zostavenie dráhového systému, obsahuje tieto prvky: priamu cestu, zákrutu, miesto,



Obr.3 Obsah knižnice PrvkyDrahy.vss

odrazku a začiatok súradnicového systému. Obsah knižnice PrvkyDrahy.vss je na obr. 3.

Priamy a oblúčkový úsek majú 2 špeciálne parametre, a to číslo vrstvy, podľa ktorej sa bude vozidlo na danom úseku riadiť, a šírku koridoru, ktorá je zohľadnená pri plánovaní dráhy vozidla s ohľadom na jeho šírku, prípadne náklad. Objekt odrazka má len jeden parameter; a to číslo vrstvy, ku ktorej odrazka patrí. Miesto možno definovať názvom, typom a číslom. Názov a typ sú úplne používateľsky definovateľné. Začiatok súradnicového systému nemá žiadne špeciálne parametre, z neho sa len odvádza poloha a orientácia súradnicového systému pre potreby riadenia a vzťah k zobrazovaciemu súradnicovému systému.

Algoritmy a riešenie kolízií

Opis dráhového systému je v podstate opisom grafu, preto možno pri vykonávaní programu aplikovať algoritmy z teórie grafov. Pri generovaní dráhového systému sa používajú postupy testovania súvislosti grafu, pomocou algoritmu najkratšej cesty sa hľadá vozidlo najbližšie k začiatku dopravnej úlohy, ako aj trasa najkratšej cesty dopravnej úlohy.

Vznik kolízie medzi viacerými vozidlami je eliminovaný úpravou vstupných údajov do algoritmu na hľadanie minimálnej cesty. Pôvodné podmienky sa zmenia tým, že z pôvodnej množiny sa vyradia hrany, po ktorých prechádza vozidlo s už spustenou úlohou. Je to najjednoduchšia možná úprava, redukovaná množina hrán v podstate neopisuje celý systém, ale len systém pozostávajúci z úsekov neobsadených dopravnou úlohou.

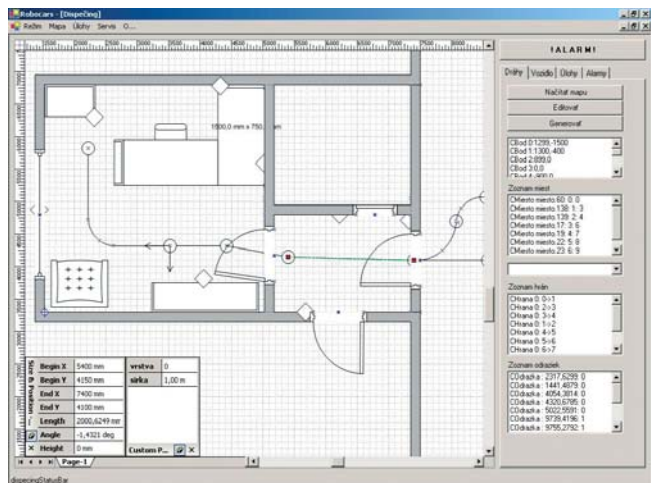
Samozrejme, tento postup možno vylepšovať, ak sa z pôvodného grafu vyradia hrany spustenej dopravnej úlohy na základe prísnejších kritérií.

Používateľské prostredie

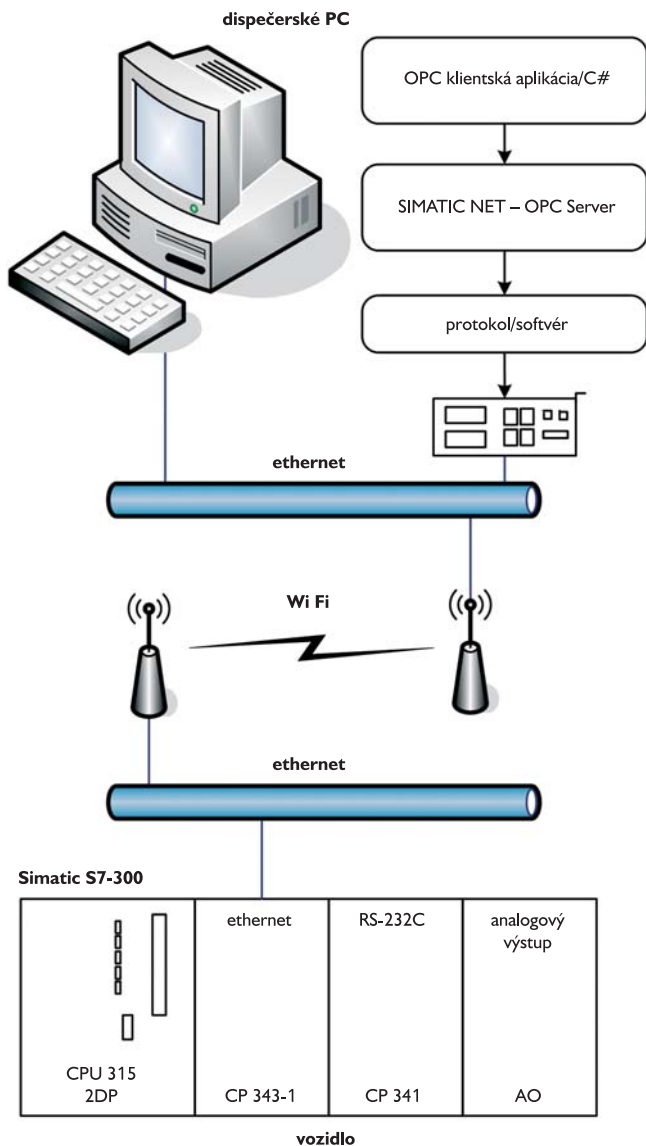
Program s používateľom komunikuje cez obrazovku v dvoch nezávislých režimoch: v režime editačnom a v režime dispečerskom. Každý režim má v ľavej časti obrazovky umiestnený komponent axVisioDrawing, v ktorom sa zobrazuje dokument s mapou prostredia a dráhového systému, v pravej časti sú umiestnené ovládacie prvky a prvky na zobrazenie údajov o systéme. Editáčny režim poskytuje nástroje na prácu s dráhovým systémom, t. j. na jeho vytvorenie, editovanie, uloženie, doplnenie a podobne. Dispečerský režim umožňuje dispečingu dopravného systému sledovať aktuálny stav, alarmy a ostatné parametre systému vozidiel, zadávať dopravné úlohy priamo do systému a spravovať jednotlivé vozidlá.

Komunikácia PC – AGV

Komunikácia medzi dispečerským PC a vozidlom prebieha po sieti ethernet/WiFi protokolom TCP/IP a komunikačnou službou S7. Táto komunikačná služba je optimalizovaná v spojení SIMATIC S7 pre PLC S7 a PC/PG prostredníctvom rôznych sietí, ako aj ethernetu.



Obr.4 Príklad dráhového systému



Obr.5 Štruktúra systému s jedným vozikom

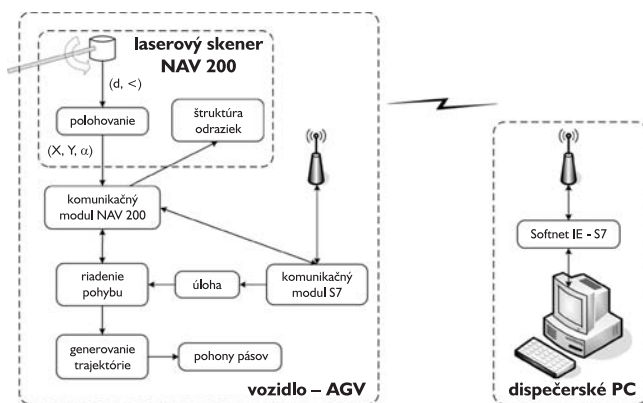
Na strane PC je inštalovaný softvér SIMATIC NET pre priemyselný ethernet/WiFi a ovládací program. SIMATIC NET je komunikačný softvér, ktorý na jednej strane umožňuje pripojiť PC k riadiacemu systému SIMATIC S7-300 cez priemyselný ethernet/WiFi, na druhej strane poskytuje rozhranie OPC server – klient. Ovládací program dispečerského pracoviska na nadradené riadenie a monitorovanie celej sústavy vozidiel je klient OPC a pripája sa na server OPC prostredníctvom komponentu pre prostredie Microsoft Visual Studio OPCData, ktorý je tiež súčasťou SIMATIC NET-u.

Charakteristika softvéru AGV

Softvér vozidla má zabezpečiť riadenie vozidla so zvýšenou autonómiou a výmenu riadiacich údajov s dispečerským počítačom. Vozidlo prijíma od nadradeného počítača dráhu (úlohu) a uloží ju do dátového bloku riadiaceho systému v presne definovanom tvare.

Komunikačný modul NAV 200 zabezpečuje komunikáciu vozidla so skenerom. Modul formuluje požiadavky do tvaru príkazu podľa komunikačného protokolu a následne spracováva dáta prijatej odpovede skenera. Údaje potrebné do dátového bloku príkazu komunikačného protokolu sa čerpajú priamo z NAV 200 alebo z dátového bloku PLC, ktorý obsahuje požiadavky z dispečerského počítača, podľa typu príkazu. Údaje prečítané zo skenera sa postúpia dispečerskému PC, alebo použijú pri regulácii pohybu vozidla (poloha vozidla alebo potvrdenie o zmene vrstvy odraziek).

Interpolátor generuje trajektóriu podľa príkazov modulu na riadenie pohybu, ktorý vyberá jednotlivé úseky z pamäte a transformuje ich



Obr.6 Štruktúra softvéru na riadenie AGV

podľa typu krivky do trajektórií daných bodmi a uhlmi dotyčnic v definovanej vzájomnej vzdialenosti.

Modul pre pohony pásov zabezpečuje transformáciu rýchlosti z číslorového tvaru na analógový tvar do rozsahu vhodného pre meniče.

Princíp riadenia AGV

Spolu s údajmi o dráhe dostane AGV aj povel na spustenie výpočtu trajektórie pre interpolátor generátora trajektórie a povel na spustenie chodu AGV. Interpolátor generuje trajektórie úsekov dráhy a regulátor riadi pohony tak, aby vozidlo prechádzalo bodmi trajektórie s minimálnymi odchýlkami. Dopravná úloha sa končí, ak vozidlo dosiahne posledný bod trajektórie posledného úseku a odošle dispečerskému počítaču informáciu, že je pripravený na ďalšiu dopravnú úlohu. Počas pohybu vozidla modul na riadenie pohybu neustále sleduje body trajektórie a okamžitú polohu, ako aj orientáciu AGV. Vypočítava vzdialenosť medzi okamžitou polohou a najbližším bodom trajektórie a uhol priamky medzi týmito dvoma bodmi. Rozdiel uhlov skutočnej orientácie vozidla a uhla dotyčnice k úseku dráhy predstavuje regulačnú odchýlku vstupujúcu do regulátora. Výstupom z regulátora je akčný zásah Δv – korekcia rýchlosti, ktorá ovplyvňuje žiadané rýchlosti oboch pásov tak, aby vozidlo sledovalo požadovanú trajektóriu. Žiadaná hodnota rýchlosti pre pohony pásov sa pre každý úsek dráhy načítava z interpolátora. Ak ide o úsek typu úsečka, rýchlosti pre obidva pásy sú rovnaké. V prípade, že úsek je kružnicou, rýchlosti pre pohony sa vypočítajú z polomeru s ohľadom na šírku vozidla.

O spoločnosti

Spoločnosť ZTS VVÚ KOŠICE, a. s., je akčiovou spoločnosťou s dlhoročnou tradíciou a bohatými skúsenosťami, pôsobiaca v oblasti strojárstva a elektrotechniky. Spoločnosť sa zameriava na domáci aj zahraničný trh. Zaoberá sa výrobou robotov a manipulátorov, špeciálnych zariadení pre jadrovú energetiku a medzinárodné fyzikálne laboratórium CERN, priemyselnou automatizáciou v oblasti metalurgie a papierenského a chemického priemyslu, a to v rozsahu od inžiniersko-projektnej činnosti až po komplexnú realizáciu.

Projekt bol riešený pod záštitou Agentúry na podporu výskumu a vývoja.



ZTS VVÚ KOŠICE a. s.

Ing. Peter Vícen
Ing. Lubomír Jasenovec
Ing. Ján Paulík
Južná trieda 95
041 24 Košice
Tel.: 055/683 41 11
Fax: 055/683 42 17
<http://www.ztsvvuke.sk>

