



Projekt automatického řízení vozidla

# ROBOAUTO

(ROBOCAR)

Model Karlík  
**Robotour 2008**

Členové týmu: Tomáš Ondráček, Jan Najvárek, Pavel Brzobohatý, Pavel Černocký

Občanské sdružení Roboauto: [tym@roboauto.cz](mailto:tym@roboauto.cz)

## Abstrakt

Tento článek popisuje architekturu modelu robotnického vozidla Karlík vytvořeného v rámci projektu Roboauto a použitého na soutěži Robotour 2008. Základem modelu je přepracované dětské vozítko PegPerego, které je osazeno těmito snímači: LIDAR, odometr, GPS, IMU (inerciální jednotka), elektronický kompas. Pro soutěž byla použita pouze odometrie a kompas, pro vyhýbání překážkám pak optický radar LIDAR.

## Úvod

V rámci projektu Roboauto je v 1.fázi bylo vytvořeno modelové vozítko, které dostatečně simuluje chování reálného vozidla a je schopno nést snímače a zařízení posléze použitelné i na reálném vozidle. Toto modelové vozidlo je pracovně pojmenováno Karlík.

S vozidlem se tým účastnil soutěže Robotour 2008.

## Technické provedení vozítka

Jako základ pro vytvoření pohyblivého vozidla (modelu) je použito dětské vozítko PegPerego, které má dva elektrické motory, hřebenové řízení, základní nosnost 50 kg. Provedení je víceméně z tvrzeného plastu, některé mechanické části jsou kovové.

## Konstrukční úpravy

- Pro bezpečné uchycení snímačů na vozidle byl do vozidla přidán **kovový rám** (konstrukce z ohýbaného plechu 2 mm). Na něm jdou přípravky s navrtanými otvory umožňující přichycení i těžkých snímačů pomocí metrických šroubů. Kovový rám je pevně spojen s autem (způsobem kov-plast-kov).
- Kvůli přesunutí **těžiště** se přemístily baterie z přední části auta do části zadní, kde původně byla sedátka. (vpředu je těžký snímač Lidar, takže by byla nerovnoměrně rozložena hmotnost)
- Byl úplně odstraněn volant a hřebenové řízení servomechanismus přímo ovládá táhla od kol.
- Kvůli příliš vysokému tření bylo třeba nahradit původní plastové čepy kol za kovové, jinak servomotor nedokázal po plném zatížení vozidla koly otočit
- Kvůli konstrukci předních kol nebyl nalezen vhodný způsob jak na ně umístit odometr, proto bylo třeba přidat speciální vlečené 5. kolo odometru
- Pro ovládání sepnutí motorů a případného zpětného chodu byla použita relé 12 V 80 A spínaná pomocí přípravku s nevýkonovými relé připojeného k PS přes RS232. Pro regulaci otáček motorů je využito PWM regulátoru 12-40V / 80A. K řízení PWM regulátoru bylo pak použito přípravku složeného z DA převodníku spolu s operačními zesilovači řízeného opět z PC – přes I2C.
- Řízení je ovládáno pomocí servomotoru připojeného přímo na táhla vedoucí z kol auta. Jako servomotor je využito 24V servo pro ovládání plynu kamiónu. Servomotor obsahuje zpětnou vazbu (zabudovaný potenciometr), která je využita v přípravku pro regulaci polohy servomotoru. Přípravek se skládá z DA převodníku a dvou operačních zesilovačů s hysterezí a H můstku - k PC připojeno přes I2C.

## Řídící systém

Pro řízení jsou využity (1-2) notebooky s příslušnými rozhraními USB-RS232, USB-RS422, USB-I2C. Notebooky fungují pouze na svoje baterie, nebo lze použít napájení z autobaterie 12V. Počítače jsou spojeny v lokální ethernet síti přes malý LAN a Wifi router. V současné době výkonnostně postačuje pro kompletní řízení vozidla jediný notebook, druhý se používá pouze pro vzdálené monitorování. S přidáním kamery pravděpodobně budou zapotřebí notebooky dva.

## Senzory

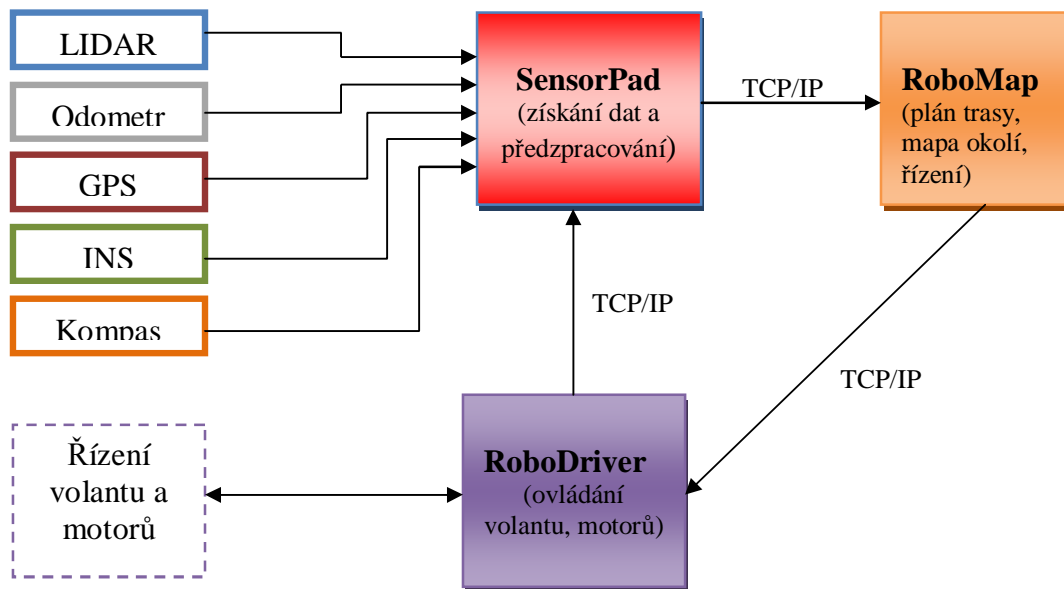
Na vozidle jsou instalovány následující senzory:

- Optický radar **Lidar** LMS 221, připojen do notebooku přes RS422

- **GPS** pro hrubé určení polohy
- **IMU**(inerciální jednotka) obsahující 3D akcelerometry a 3D gyro připojené k notebooku přes CAN bus a RS232. V současnosti použita pro měření náklonů a jako gyrokompas.
- **Odometer** na redundantním-pátém měřícím kole připojen do notebooku přes RS232
- Magnetický **kompas** – připojen do notebooku přes I2C
- Plánuje se dále připojit **kamera** – pro lokální orientaci a určení pozice
- Plánuje se připojení krátko-dosahových UZ snímačů pro vykrytí „slepého“ úhlu LIDARu a dále pro bezpečné couvání

## Softwarové řešení

Samotné softwarové řešení je koncipováno formou nezávislých aplikací, které spolu spolupracují přes protokol TCP/IP.



Architektura aplikací

Základními software elementy jsou:

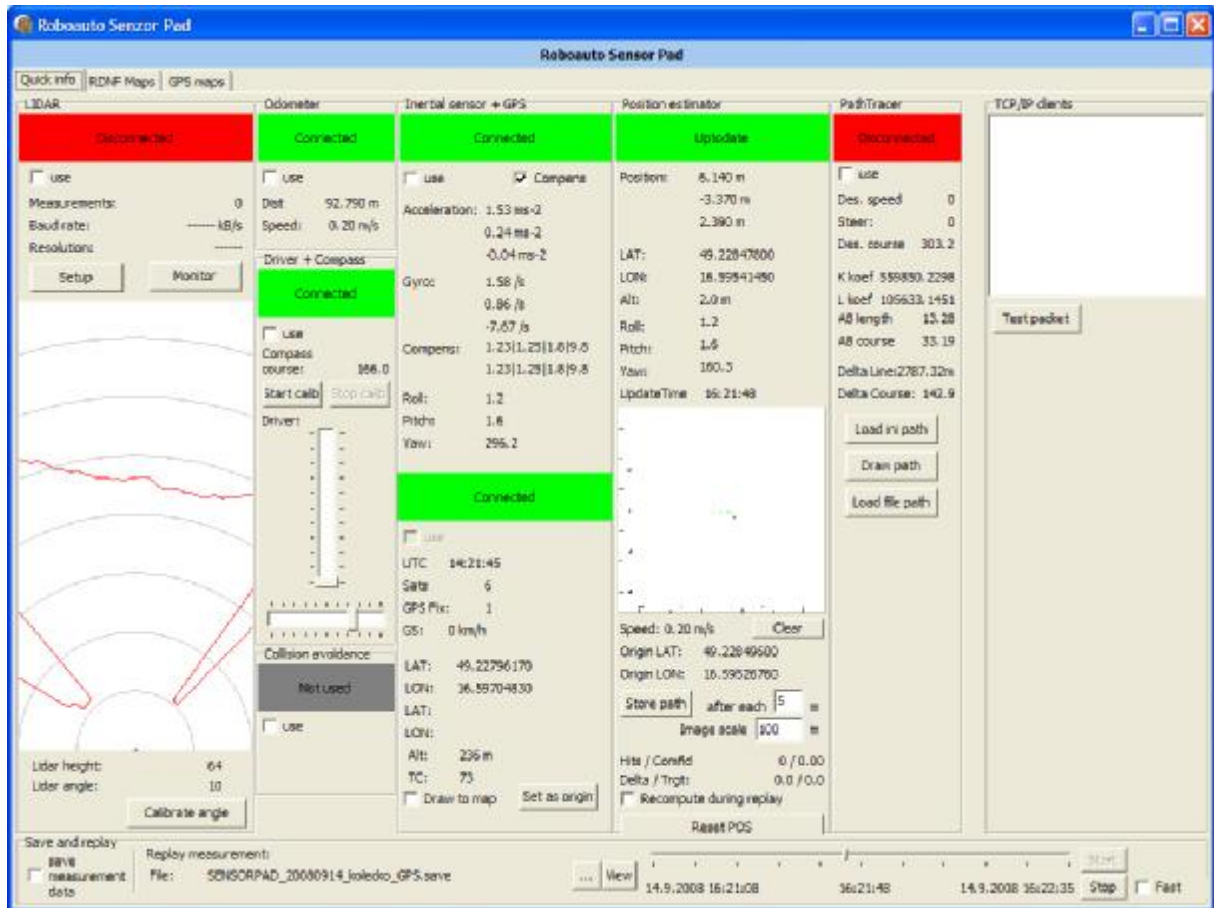
**SensorPad** – zajišťuje připojení a získání dat ze všech snímačů. Tyto data pak poskytuje pomocí TCP/IP streamu dalším aplikacím. Každá aplikace si může vybrat, která data chce ze SensorPadu získávat. Aplikace vytvořena v Delphi.

**RoboDriver** – zajišťuje spojení s výkonovou elektronikou vozidla, přijímá požadavky na řízení a ty aplikuje. Dokáže přijímat více zdrojů řízení a podle priority je aplikovat (např. Collision Avoidance modul zabraňující srážce má vyšší prioritu než samotné inteligentní řízení). Aplikace vytvořena v Delphi.

**RoboMap** – zajišťuje zpracování vstupních dat, díky nimž modeluje mapu okolí vozidla, a plánuje budoucí trasu. Pomocí propojení na RoboDriver řídí samotné vozidlo. Aplikace vytvořena v jazyce Java.

## SensorPad

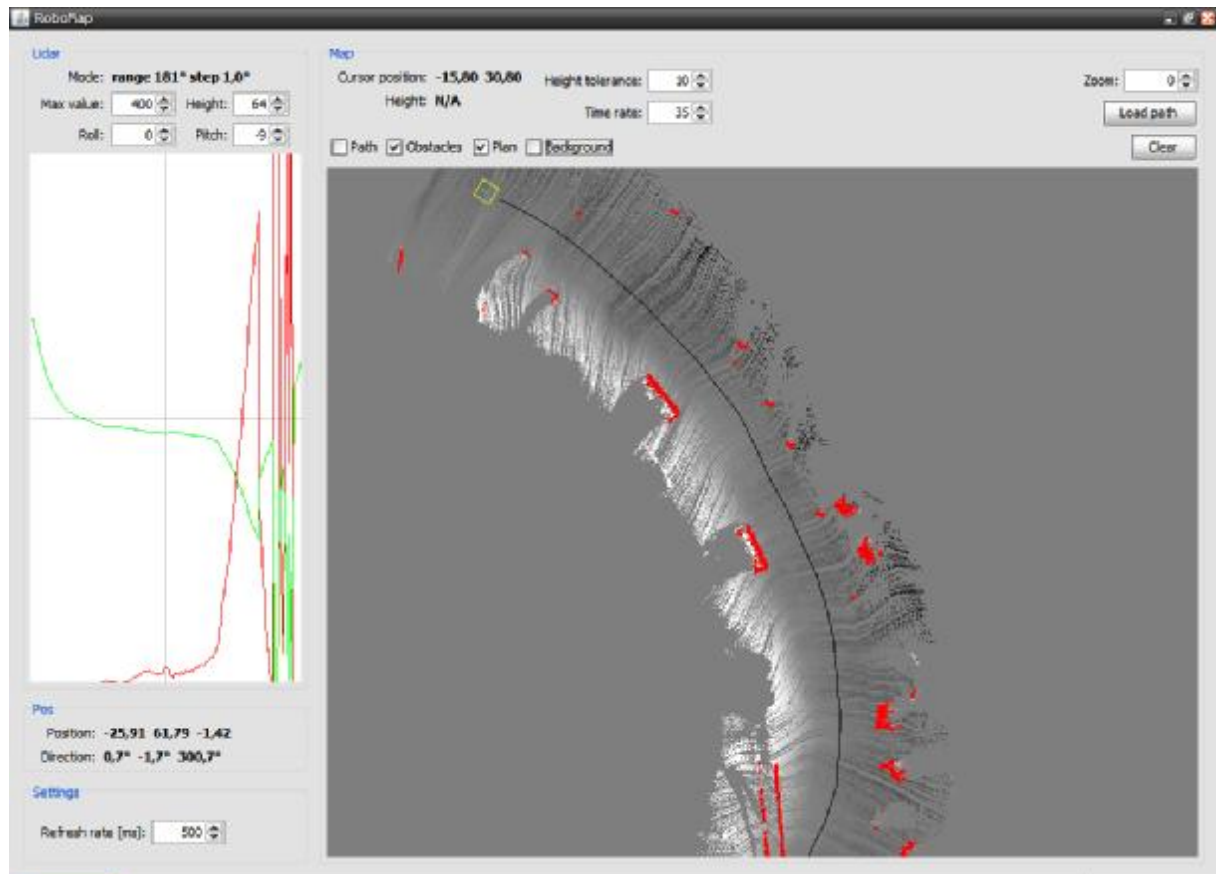
Aplikace zajišťuje připojení a získání dat ze všech snímačů. Přehledně zobrazuje stav spojení se snímači a také slouží k vizualizaci základních měřených veličin (např. Lidar). Umožňuje i ukládání všech dat a jejich přehrání později (vhodné pro diagnostiku a simulování testovacích případů).



Hlavní obrazovka SensorPadu

## RoboMap

Aplikace zajišťuje zpracování vstupních dat, díky nimž modeluje mapu okolí vozidla, a plánuje budoucí trasu. Jedná se o mapu s jízdností, která kvalifikuje každý bod okolního terénu do jedné ze tří kategorií – s jízdná cesta, překážka a neznámý. Pro modelování mapy okolí jsou primárně použity data z LIDARu a odometrie. Použitá metoda je obdobná jako byla použita týmem Stanley v druhém ročníku soutěže Darpa Challenge [1].



Příklad mapy okolí segmentu A na soutěži Robotour 2008.  
Červeně jsou zobrazeny překážky (např. lavičky na levé straně cesty)

## Průběh soutěže

Během testovacích jízd dva dny před soutěží došlo k závadě výkonové elektroniky (v daném časovém termínu neopravitelné), která způsobila nefunkčnost levého motoru. Vozidlo tedy bylo hned z počátku znevýhodněno změněnou dynamikou, mírným zatáčením doleva a neschopností vyjet prudší stoupání.

Nicméně během přípravy byla tato porucha částečně kompenzována nastavením řízení a zatížením zadní části vozidla.

Již během testů jsme zjistili, že použití dat z GPS je pro danou soutěž spíše nevýhoda a jelikož jsme neměli vypracovanou metodu lokální lokalizace (buď pomocí kamery, či alespoň pomocí LIDARu), zvolili jsme velmi jednoduchou metodu odometrie a kompasu pro sledování základní trasy. Pro vyhýbání překážkám byla použita výše zmíněná metoda vytváření mapy s jízdností dle Stanley týmu v soutěži DARPA Challenge [1].

Tato víceméně primitivní metoda měla díky obdobným problémům jiných týmů celkem úspěch, po třetím kole jsme byli umístěni celkem výrazně na 3. místě (první z hlediska nováčků). V posledních dvou kolech se ale projeví dva fatální problémy, díky nimž jsme nezískali ani jeden bod, a to byly:

- hrbolatý a svažité terén startu 4.kola vygeneroval díky otřesům Lidaru při příliš rychlé jízdě vozidla spoustu falešných překážek, tudíž vozidlo nebylo schopno opustit startovací segment
- díky slabým bateriím docházelo k chybám řízení, což jsme zjistili až po soutěži

Skončili jsme tedy na 3-4. místě, což pro první účast a nastalé technické problémy bereme jako fenomenální úspěch. Dlužno ale říci, že to nebylo schopností našeho narychlo vytvořeného řešení, spíše tak problémy ostatních týmů.

## Závěr

Ačkoli účast v soutěži není primárním cílem projektu, poskytl nám velmi cenný „reality check“ a motivaci dokončit fungující řešení v pevném termínu. Díky tomu byla práce na projektu týden před soutěží velmi hektická, ale na druhé straně se udělalo více práce než předcházející 2 měsíce.

Díky soutěži a srovnání se zkušenostmi ostatních soutěžících jsme dospěli k následujícím poznatkům:

- GPS je díky velikosti a charakteru její chyby v podstatě nepoužitelná pro přesnou lokalizaci vozidla (třeba v rámci cesty), může sloužit pouze pro orientační lokalizaci. Variantou je použití DGPS, ale je otázka, zda je to správná cesta vývoje. Dle našeho názoru by auto mělo být schopné dokončit trasu i s výpadky GPS.
- Metoda projetí trasy na základě odometrie je použitelná díky inkrementální chybě pouze pro kratší vzdálenosti v řádu desítek metrů, nevýhodou je také nutnost přesné mapy trasy získané např. jejím předchozím projetím. Proto je třeba doplnit metodu sebelokalizace v rámci cesty, křižovatky apod.
- Magnetický kompas je dosti nepřesný (běžně  $\pm 5^\circ$ ). Navíc jeho výstupní charakteristika (měřený úhel / skutečné natočení) není lineární – toto je možné částečně kompenzovat převodní tabulkou a doplněním hodnot z gyrokompasu. Kompas je hlavním zdrojem chyby v odometrické lokalizaci.

Na projektu chceme samozřejmě dále pracovat, nejbližší cíle jsou:

### SW část:

- zapojení kamery a zpracování obrazu
- rozdělení lokalizace na globální a lokální
  - globální lokalizace bude prováděna pomocí GPS a eventuálně odometrie a bude určovat hrubou orientaci vozidla s přesností na 10-50 m
  - lokální lokalizace bude identifikovat překážky okolí, pozici k cestě a směr správného pohybu – pomocí LIDARu a kamery

### HW část:

- možnost částečného brzdění motorem např. na svažitém terénu
- nahrazení ovládání předních kol lineárním servomotorem se šroubovicí
- vylepšení vlastností podvozku vzhledem k otřesům a adhezi na kluzkém povrchu

Závěrem bychom rádi poděkovali organizátorům za výbornou organizaci soutěže a vůbec za realizaci tohoto zajímavého setkání nadšenců v oblasti robotiky.

## Reference

- [1] *S. Thrun, M. Montemerlo, and A. Aron. Probabilistic Terrain Analysis For High-Speed Desert Driving.* Proc. Robotics Science and Systems, Philadelphia, PA, USA, August, pages 16--19, 2006
- [2] *D. Stavens, G. Hoffmann, and S. Thrun. Online Speed Adaptation using Supervised Learning for High-Speed, Off-Road Autonomous Driving.* In Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence 2007 (IJCAI07). Hyderabad, India.
- [3] *Občanské sdružení Robotika. Sborník Robotour 2007.* sborník ze soutěže ve Stromovce r. 2007