

AUTONOMOUS CAR PATH OPTIMALIZATION

Vojtěch Vladyka

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xvlady00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Petr Petyovský

E-mail: petyovsky@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper deals with path search and optimisation of model car in unknown space. All data from sensors are processed in real-time onboard at ARM Cortex M4 microcontroller. Model's main sensor is line-scan camera.

Keywords: image processing, robot, The Freescale Cup, selflocalization

1 ÚVOD

V dnešní době je stále častější úloha automatického řízení mobilních robotů. Tato práce se zabývá návrhem konstrukce a softwaru včetně ladicích mechanismů pro malý autonomní model auta určený pro soutěž The Freescale Cup (dále jen TFC).

Úloha řešená v této práci vyžaduje optické snímání dráhy a následné zpracování snímaného obrazu. K tomu je použita řádková kamera. Mezi klíčové vlastnosti patří fakt, že celý návrh musí být pouze s jedním mikroprocesorem (podmínka pravidel TFC). Celá konstrukce je optimalizována pro nejrychlejší projetí dané tratě bez její předchozí znalosti.

2 PRAVIDLA SOUTĚŽE TFC

Soutěžní pravidla se pravidelně inovují s rostoucí úrovní modelů. Letošní verze pravidel [1] obsahuje zásadní změnu oproti loňskému roku. Jedná se o změnu definice dráhy z jedné čáry uprostřed na dvě čáry na krajích.

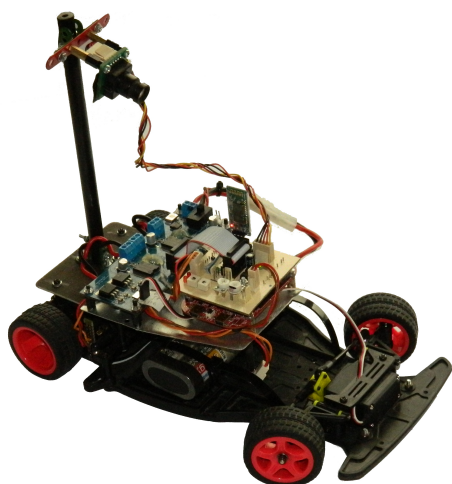
Kompletní výčet pravidel je online na stránkách společnosti Freescale [1].

3 KONSTRUKCE

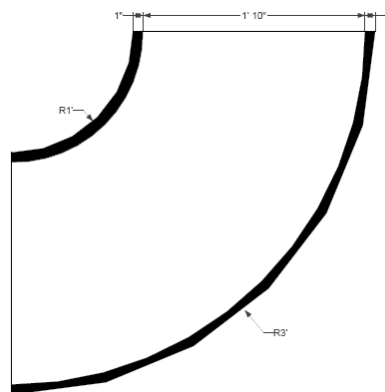
V průběhu vývoje se mechanická konstrukce modelu několikrát změnila. Poslední verze modelu (viz Obrázek 3) má kameru umístěnou v zadní části na pylonu v téměř maximální možné výšce. Důvodem je snaha o získání co nejširšího zorného pole a zároveň zachování jeho relativní blízkosti k vozidlu. Díky přemístění baterie se podařilo přesunout těžiště téměř doprostřed mezi nápravy, což má za následek zlepšení jízdních vlastností v zatáčkách (eliminace nedotáčivosti).

3.1 ELEKTRONIKA

Srdcem konstrukce je mikrokontrolér od společnosti Freescale Kinetis K20D50M, což je procesor architektury ARM Cortex M4. Procesor je osazený na vývojové desce Freedom board [2], kde je dále osazený 3-osý akcelerometr z rodiny Xtrinsic MMA8451Q. K této desce je připojena námi navržená rozšiřující deska, kde je implementována elektronika pro otáčkoměry a konektory pro snadné připojení ostatních senzorů a motorové desky.



Obrázek 1: Výsledná konstrukce



Obrázek 2: Příklad dílu dráhy - zatáčka

Pro přenos dat při ladění systému (v průběhu soutěže je jakákoliv komunikace modelu s okolím zakázána) je použitý bezdrátový modul s technologií Bluetooth 2.0.

3.2 SENZORY

Podle pravidel soutěže [1] jsou sensorické možnosti omezeny na 12 senzorů. Sensory nesmí být programovatelné nebo s vlastním předzpracováním (např. kamera s vlastním vyvažováním jasu). V konstrukci jsou použité tyto senzory:

- řádková CCD kamera s rozlišením 128x1px,
- 2 IR páry vysílač - přijímač aplikované jako otáčkoměry,
- 3-osý akcelerometr.

Všechny tyto signály jsou zpracovávány v mikrokontroléru Kinetis K20D50M.

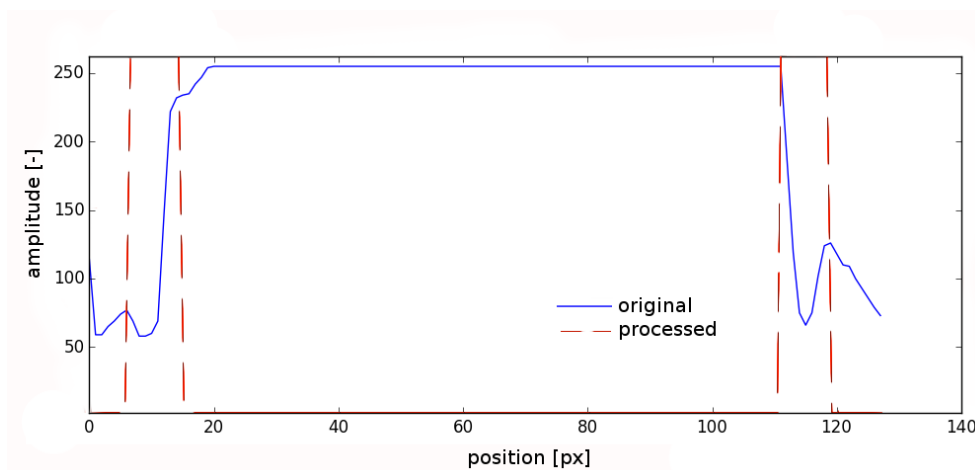
4 ZPRACOVÁNÍ OBRAZU

Ústředním problémem této úlohy je zpracování obrazu. Řešením je detekce hran pomocí výpočtu absolutní hodnoty jednorozměrného Sobelova filtru s tím, že výsledek musí být vždy kladný. Takto předzpracovaný obraz je následně filtrován odstraněním všech špiček s hodnotou nižší než je průměrná amplituda nezpracovaného obrazu (viz Obrázek 3). Na obrázku je vidět průběh signálu po sejmutí dvou černých čar reprezentovaných nízkými hodnotami signálu na světlém podkladu. Okraje obrazu jsou zastíněné vadou ostřicí optiky. Z toho jsou zdetekovány právě dvě černé čáry, které v čárkovaném obrazu tvoří dvě špičky.

Z tohoto obrazu je poté vyhodnocována pozice dráhy. To je provedeno rozdělením obrazu na tři sektory a hledání špiček v těchto sektorech. Z výsledku je poté pomocí stavového automatu určeno, který díl dráhy (viz Obrázek 3) je právě před námi.

5 ŘÍZENÍ

Zpracovaná data z kamery jsou použita pro řízení pohybu. Při jízdě po rovných dílech dráhy je řízení zatáčení proporcionální a řízení rychlosti je pomocí PI regulátoru na konstantní rychlost. Zatáčky jsou



Obrázek 3: Příklad původního a zpracovaného obrazu

rozpoznávány a ještě před vjezdem do ní je rychlost snížena. Při vjezdu do zatáčky se nastaví natočení kol a to zůstává konstantní až do konce zatáčky. Rychlost se zvyšuje ke konci zatáčky.

Problematické je rozpoznávání zatáčky za zatáčkou. V té situaci je totiž většinu času pohled kamery na hraně dráhy nebo až za dráhou a další díl se objeví v obrazu jen na krátkou chvíli. To by samo o sobě problém nebyl, ale problém je nedefinovanost okolí dráhy, takže může dojít k mylnému rozpoznání zatáčky na základě dostatečně kontrastních objektů mimo dráhu.

6 ZÁVĚR

V řešení je navrženo použití řádkové kamery jako hlavního snímače dráhy doplněné o trojosý MEMS akcelerometr s odometrií založenou na infračervených odrazových senzorech. Umístění kamery bylo zvoleno s ohledem na předchozí verze v zadní části se zorným polem přibližně 50 cm před přední nápravou. Tato vzdálenost je vzhledem k parametrům dráhy považována za optimální.

Řešení počítá s identifikací dílů dráhy v reálném čase a na tomto základě přepínat jízdní režimy doplněné o řídicí algoritmy podporující gain-scheduling pro zvýšení efektivity průjezdu. V současné době je hotová jízda po rovině, rozpoznání první zatáčky a křižovatky. K dokončení chybí řešení rozpoznání dílu za zatáčkou.

REFERENCE

- [1] The Freescale Cup EMEA Rules 2015 v1.1. FREESCALE SEMICONDUCTOR. Freescale Community [online]. 2014 [cit. 2014-12-22]. Dostupné z: <<https://community.freescale.com/docs/DOC-101287>>
- [2] FRDM-K20D50M: Freescale Freedom Development Platform for the Kinetis K20 USB MCUs. FREESCALE SEMICONDUCTOR. Freescale Semiconductor [online]. 2004-2014 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=FRDM-K20D50M>