

CONTROL OF A WHEELCHAIR

Ondřej Vožda

Master Degree Programme (5), FEEC BUT

E-mail: xvozda01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: František Šolc

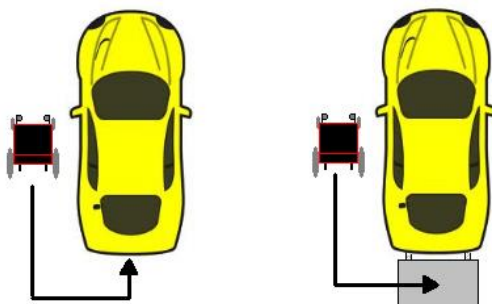
E-mail: solc@feec.vutbr.cz

Abstract: This paper describes development of a control algorithm for a wheelchair. Wheelchair should be capable of automatic parking on a lifting platform of a car. First part of the drive is realized using SRF08 ultrasonic range finders to track the body of the car. Final phase of the parking sequence utilizes onboard camera and colored marks tracking to increase precision of built-in odometry module.

Keywords: Robotics, Mobile robot, Differential wheeled robot, SRF08, Ultrasonic range finders, Wall-following, Mark detection

1. ÚVOD

Cílem této práce je návrh systému ovládání elektrického invalidního vozíku, který by zvýšil komfort a usnadnil jeho uživateli proceduru nástupu do vozidla. Práce navazuje na předcházející projekt, kdy se podařilo úspěšně implementovat teleprezenční řízení vozíku. Vlastní naložení vozíku do zavazadlového prostoru vozidla probíhá buď pomocí nakládací plošiny, či pomocí nájezdových ramp. Situaci znázorňuje následující schematický obrázek:



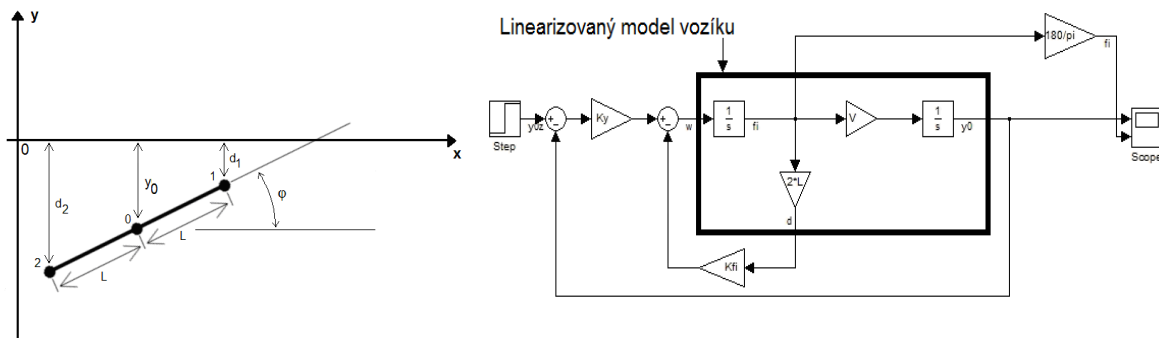
Obrázek 1: Schéma zajištění vozíku do zavazadlového prostoru.

V této navazující fázi je hlavním úkolem parkování vozíku co nejvíce zautomatizovat. Zajištění by mělo probíhat ve dvou etapách: Nejprve se sledováním okraje karoserie pomocí ultrazvukových senzorů přesunout od místa řidiče za zadní část vozu a poté zajet na nakládací plošinu za použití optické detekce barevných značek umístěných v jejích rozích.

2. FÁZE SLEDOVÁNÍ ZDI

2.1. MATEMATICKÝ MODEL

Vyjdeme z rovnic popisujících kinematiku diferenciálního podvozku[1]. Pokud vozík pro zjednodušení aproximujeme úsečkou, představující průmět části roviny procházející středem vozíku na rovinu podlahy, bude nás zajímat poloha y_0 , představující vzdálenost středu vozíku ode zdi. Situace je vyobrazena na následujícím schématu:



Obrázek 2: Model vozíku a jeho schéma včetně regulátoru v jazyce Simulink.

Vzdálenost ode zdi d_1 a d_2 je měřena ultrazvukovými senzory, přičemž pro dostatečně malé hodnoty úhlu φ je naměřena kolmá vzdálenost ke zdi. Použitím rovnic z [1] a jejich linearizací pro $\varphi \approx 0$ pak dostaneme model, reprezentovaný schématem v jazyce Simulink na obrázku 2.

Regulátor úhlové rychlosti vozíku lze tedy zapsat rovnicí:

$$\omega = -K_{fi} \cdot 2 \cdot L \cdot \varphi + K_y (y_{0z\ddot{a}dan\acute{a}} - y_0) \quad (1)$$

Dosazením této rovnice regulátoru do vztahu vyjadřujícího druhou derivaci změny polohy y_0 a porovnáním výsledné rovnice s rovnicí obecného systému druhého řádu získáme hodnoty příslušných zesílení regulátoru [4]:

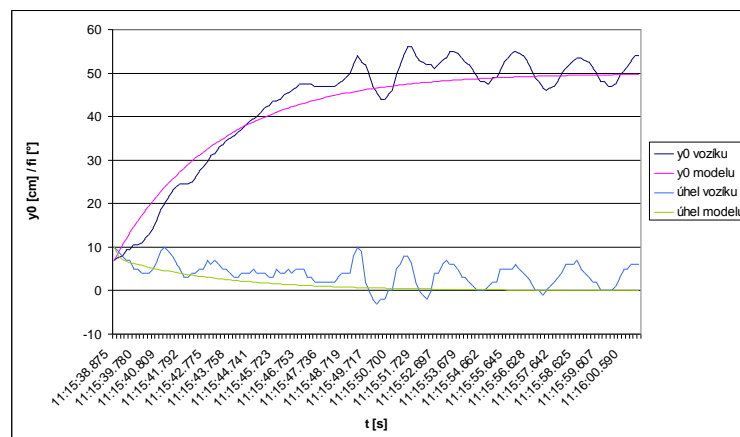
$$K_y = \frac{\omega_0^2}{v} \quad (2)$$

$$K_{fi} = \frac{\xi \omega_0}{L} \quad (3)$$

2.2. SROVNÁNÍ MODELU A SKUTEČNÉHO SYSTÉMU

Následující experiment byl proveden s parametry $\omega_0 = 1,5 \text{ rad/s}$ a $\xi = 3$ (tedy $K_y = 4,5$ a $K_{fi} = 15$). Počáteční vzdálenost ode zdi je zhruba 8 cm a požadovaná vzdálenost je 50 cm.

Je patrná dobrá shoda modelu se skutečností, co se týče velikosti dominantních časových konstant. Kmitavé chování reálného systému je způsobeno nestejnou kolmou vzdáleností senzorů od střední roviny vozíku a nízkým rozlišením enkodérů motorů, pro tuto aplikaci je však zanedbatelné.



Obrázek 3: Porovnání průběhu simulace a reálného experimentu.

3. ZPRACOVÁNÍ OBRAZU Z WEBKAMERY

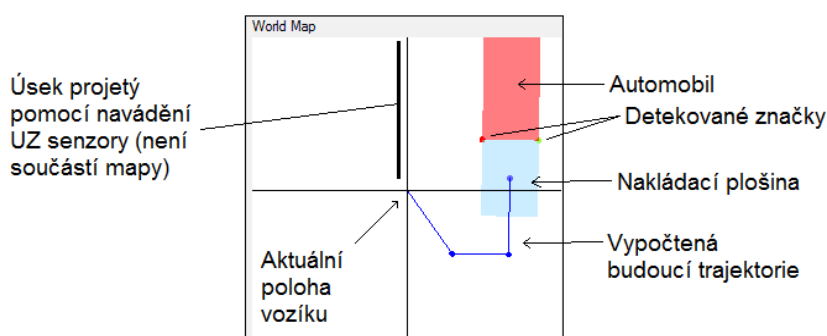
Pro zvýšení přesnosti ve finální etapě najíždění na zvedací plošinu se jeví jako ideální detekce značek v obraze z webkamery, kterou je vozík již nyní vybaven kvůli teleprezenčnímu řízení. Jako značky slouží dva barevné terčíky nalepené v rozích nákladové plošiny u vozidla.

Nejprve je uživatelem zvolena barva levého a pravého terčíku, což zvyšuje univerzálnost řešení. Obraz je pak prahován v barevném prostoru HSV (pro zajištění invariantnosti vůči intenzitě osvětlení). Morfologickými operacemi je v prahovaném obraze odstraněn náhodný šum a následně je pomocí geometrických momentů vypočteno těžiště takto vyprahovaných oblastí[2], čímž zjistíme pozici značek.

Obraz z kamery je dále nutno kalibrovat a vypočítat matici projekční transformace z roviny obrazu kamery do roviny podkladu [3], po němž se vozík pohybuje. K tomu slouží kalibrační obrazec předem známých rozměrů, který je nesnímám kamerou, načež jsou uživatelem vybrány příslušné kalibrační body. Z těchto korespondujících bodů je vypočítána transformační matice homografie, jež slouží pro vzájemný přepočítání souřadnic světa a obrazu (zpětná transformace se děje pomocí inverzní matice). Významné body sejmuté kamerou jsou touto transformací zanašeny do mapy okolí.

Zjednodušené schéma je této mapy okolí je online prezentováno uživateli. Je zobrazena nákladová plošina (zelená), automobil (červená), obě detekované značky a vypočtená trajektorie k cíli (modrá).

Vzhledem k obtížím způsobeným zpracováním obrazu v průběhu pohybu (ostření, vibrace) je pro jízdu mezi konkrétními body použit vestavěný modul odometrie vozíku, data z kamery pak slouží pro korekci odhadu polohy vozíku stojícího v definovaném bodě trasy.



Obrázek 4: Ukázková mapa okolí s vypočtenou trajektorií.

4. ZÁVĚR

Byl navržen systém pro autonomní řízení vozíku podél zdi či jiné přibližně vertikální plochy (např. boční část karoserie auta). Tento byl prakticky testován a vykázal dobrou funkčnost, blízkou očekávanému chování. Dále je popsán algoritmus umožňující vozíku přesné najetí na nakládací plošinu. Systém je stále vyvíjen, k diskusi dalšího postupu však v tomto článku není bohužel prostor.

REFERENCE

- [1] ŠOLC, F. *Modely kolových robotů*. Brno : FEKT VUT v Brně, 2007. 39 s.
- [2] HORÁK, K. *Popis objektů – přednáška předmětu MPOV*. Brno: VUT. 2011. 41s.
- [3] SVOBODA, T. *Homography from point Pairs*. Praha: ČVUT, 2006. 23s. Dostupné z URL <http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/XE33PVR/WS20072008/Lectures/Geometry/homography.pdf>.
- [4] VOŽDA, O. *Řízení invalidního vozíku – Semestrální projekt 2*. Brno: VUT, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 51 s.