

Projekt do předmětu ROB – Robotika

Omezení rychlosti pohybu robota podle dat z akcelerometru

19. ledna 2014

Řešitelé: Ondřej Novotný (xnovot96@stud.fit.vutbr.cz)
Fakulta Informačních Technologí
Vysoké Učení Technické v Brně

1 Zadání

Úkolem tohoto projektu je v reálném čase analyzovat kvalitu povrchu po kterém se pohybuje robot a na jeho základě určit rychlost pohybu. Data budou analyzována z tří-osého akcelerometru umístěného na čtyřkolovém robotu vyvinutého na Fakultě informačních technologií pro soutěž Robotour. Sledované parametry budou kvalita povrchu a jeho náklon.

2 Robot

Cílovým robotem pro vytvořené algoritmy je robot vyvinutý na Fakultě informačních technologií pro soutěž Robotour. Robot je řízen notebookem s ROS. Je vybaven několika senzory a kamerami. Pro účel projektu je pracováno pouze s tří-osým akcelerometrem. Výpočet kvality povrchu by bylo zřejmě možno určit i ze stability nahrávaného obrazu, bylo by to ovšem jistě podstatně náročnější a méně přesné oproti využití dat z akcelerometru.

Výsledkem projektu je uzel v topologii ROS, jenž načítá data z akcelerometru. Ten si ukládá krátkodobý vývoj přijímaného signálu a na jeho základě vypočítává náklon a určuje rychlost pohybu.

3 Výpočet náklonu povrchu

Akcelerometr není sám určen k detekci náklonu, k tomuto účelu by se spíše hodil gyroskop. Výsledky by byly stabilnější a přesnější. Přesto však můžeme náklon v jednotlivých osách odhadnout díky působení tíhového zrychlení. To se rozkládá do hodnot naměřených v jednotlivých osách v poměru jakým je akcelerometr proti tomuto působení natočen.

Je možné využít dvou způsobů výpočtu úhlu náklonu ([acc10]). První možností je využít základní trigonometrii viz. 1.

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{A_x}{g}\right) \quad (1)$$

$$\beta = \arcsin\left(\frac{A_y}{g}\right) \quad (2)$$

$$\gamma = \arccos\left(\frac{A_z}{g}\right) \quad (3)$$

$$(4)$$

Tato technika je snadná ovšem více náchylná k šumu. Dodejme, že v použitém akcelerometru jsou načítané hodnoty v násobcích tíhového zrychlení g , v tomto případě se tedy uvedené vzorce ještě zjednoduší.

Druhou možností je komplikovanější vztah 5. Tento vztah by měl poskytovat vyšší přesnost v plném rozsahu 360° . Obdobný výpočet je použit i při výpočtu náklonu v ostatních osách.

$$\alpha = \arctan\left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}}\right) \quad (5)$$

Zde je ovšem nutné si uvědomit, že uvedené vztahy pracují s okamžitými hodnotami z akcelerometru. Je tedy nutné aby pro přesné měření byl akcelerometr absolutně v klidu. To se ovšem neshoduje s dalšími nároky na tento projekt ani s činností robota. Je tedy nutné snažit se získat co

nejstabilnější hodnotu. Zde byly testovány dvě možné varianty. První bylo využít filtrace pro získání stejnosměrné složky. Tato metoda byla ovšem zavržena, protože výsledná stejnosměrná složka nebyla dostatečně stabilní. Druhou možností použitou ve finálním řešení je uchovávat načtené hodnoty po určitou dobu a z nich vypočítat střední (tedy odhadovanou stejnosměrnou) hodnotu. Velikostí okna pro uchovávání vstupního signálu rozhodujeme o stabilitě stejnosměrné složky a o rychlosti reakce na změnu. V případě příliš dlouhého okna bude výpočet stabilní, ovšem v případě podstatně kratšího výkyvu stejnosměrné složky (tedy náklonu) se nemusí tento náklon skoro vůbec projevit. Velikost okna je tedy nutné volit s ohledem na přesnost požadovaného odhadu, ale i s ohledem na jeho aktuálnost. Dlouhé okno bude dávat dobré výsledky při dlouhodobě stabilnějších průbězích, kdežto kratší okno bude vykazovat větší chybu, ale bude vykazovat rychlejší reakci při změnách náklonu.

Při tvorbě této práce byla původně zanedbána, vlivem chyby v dokumentaci, možnost využít již vypočtený náklon (ve studované verzi nebyla tato možnost zadokumentována). Ve finální verzi je ovšem již tato možnost zapracována. Pro porovnání byly provedeny testy a zjištěna chyba výpočtů pomocí okna (v této práci) oproti dostupnému výpočtu (Kalmanův filtr). Z testů vyšla průměrná chyba okenní metody na 35%. Tato chyba bude nejspíše způsobena setrvačností okna ve výpočtech.

4 Měření kvality povrchu

Zatím co v předchozí kapitole o výpočtu náklonu se využíval vektor tří hodnot, v případě měření kvality povrchu si vystačíme s absolutní hodnotou tohoto vektoru. K tomuto kroku jsme dospěli z důvodu, že není nutné rozlišovat jakým směrem dochází k vibracím na robotovi, a že tedy jakékoli vibrace jsou nežádoucí (dále zmiňovány jako nárazy). Získané hodnoty budou vždy kladné, je však nutné si uvědomit, že hodnoty jsou vychýleny vlivem působení gravitačního zrychlení. Je tedy poté nutné provést korekci a toto zrychlení z výsledku odečítat.

Na obrázku 1 je vidět zpracování zmíněné absolutní hodnoty. Průběh si nyní trochu přiblížíme. Nejprve dochází k elementární filtraci hodnot na základě prahu (hodnoty pod prahem se dále posílají jako nulové). Tento krok je určen k rozlišení nárazu o různých intenzitách do dvou skupin, ty které nám již vadí a ty které můžeme ignorovat.

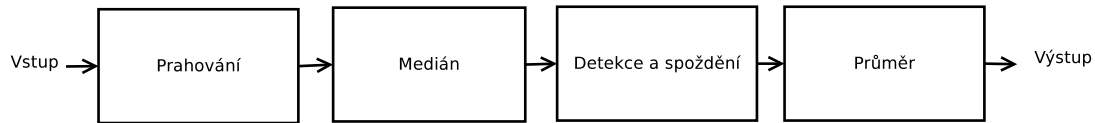
Následující krok využívá mediánovou filtraci o šířce tří prvků. V případě nekvalitního povrchu se většinou výkyvy dat vyskytují za sebou a medián je příliš nezmění, dojde v však k filtraci samotných impulzů nárazu, kdy dojde k jednostrannému výkyvu, například drcnutí na jinak rovném povrchu, a zpomalení by bylo zbytečné.

Nyní v řetězu zpracování máme již výrazné výkyvy (narazí). U každého takového nárazu předpokládáme že jde o začátek nekvalitního povrchu a je nutné zpomalit. Není ovšem žádoucí aby docházelo poté ihned ke zrychlení, je nutné nějak uchovat informaci o tom kdy došlo k drcnutí. V tomto kroku je k tomu využito filtru s lineárně klesající odezvou. V základu se nenulová hodnota na výstupu bere jako nekvalitní povrch, zmíněný filtr tedy po nárazu chvíli udržuje informaci, že k něčemu došlo a čeká tak zda se situace nebude opakovat.

Posledním krokem je průměrování. Tento krok je opět realizován filtrem, teď ovšem s obdélníkovou odezvou. Tento krok by bylo možné vynechat, je zde ovšem umístěn pro zjemnění výsledné hodnoty. Nemělo by tedy tolik docházek k situacím, kdy dojde ke zrychlení a okamžitému spojení.

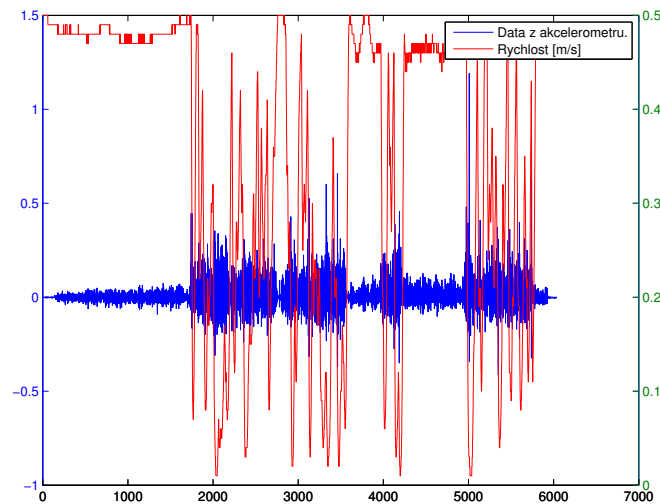
Navržený postup využívá filtrů s konečnou impulsní odezvou. Touto délkou impulsní odezvy lze regulovat míru defenzivní jízdy robota, tedy jak dlouho po detekci nárazu bude detekce čekat zda nedojde k dalšímu, než dojde ke změně rychlosti. V podstatě by šel navržený princip popsat jako ohřev a chladnutí materiálu. Nárazy způsobují ohřev, teplota časem ovšem klesá, na jejím základě se určuje rychlost.

Tento princip je odlišný oproti dostupným navrženým metodám viz. [VA12], které jsou spíše zaměřené na detekci objektů na silnici (retardér), tedy hledání určitých průběhů.



Obrázek 1: Schéma zpracování dat z akcelerometru.

Na grafu 2 lze vidět simulaci algoritmu na reálném záznamu dat z akcelerometru a korespondující nastavení rychlosti (maximální rychlost byla nastavena na $5m/s$).



Obrázek 2: Nastavení rychlosti podle kvality cesty.

Výpočet nastavení maximální rychlosti pobíhá pomocí exponenciální funkce (6), jejíž parametry lze nastavovat (m - maximální rychlost, a - nastavený koeficient, rc - koeficient kvality cesty).

$$s = m \cdot a^{rc} \quad (6)$$

Obdobné nastavení je i u výpočtu rychlosti podle náklonu. Kde aktuální úhel náklonu je normován hodnotou $\pi/2$. Z vypočtených rychlostí se poté vybírá nejmenší vypočtená a ta se nastavuje jako celková maximální možná rychlost. Nastavení probíhá pouze v případě nějaké změny.

Všechny zmíněné parametry lze nastavovat pomocí parametrického serveru v ROS.

5 Změna rychlosti

Změna rychlosti probíhá v závislosti na způsobu ovládání robota. V případě manuálního ovládání robota je rychlost ovládána pomocí distribuce zprávy na topiku `/cmd_vel`, které jsou zvláštním uzlem odchyťvány, upraveny a distribuovány zpět v upravené podobě.

V případě autonomního řízení je způsob ovládání odlišný. Změna rychlosti probíhá jako změna dynamických parametrů plánování robota. Dále u autonomního řízení dochází i k úpravě možného zrychlování podvozku (probíhá jako obdobně jako změna rychlosti popsána dříve).

V jednotlivých případech se způsob ovládání liší, neboť se vzájemně vylučují. Výběr varianty lze provést pomocí nastavení parametrů pro parametrický server ROS.

Reference

- [acc10] Tilt measurement using a low-g 3-axis accelerometer, 2010.
http://www.st.com/web/en/resource/technical/document/application_note/CD00268887.pdf [Online; accessed 23-11-2013].
- [VA12] Maria Vittoria Caruso a spol. Vittorio Astarita. A mobile application for road surface quality control: Uniquallroad, 2012.
http://www.lvmt.fr/ewgt2012/compendium_232.pdf [Online; accessed 23-11-2013].