

DETECTION OF COLLISION OF ROBOTIC GRIPPER FINGERS WITH OBSTACLE

Radim Luža

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xluzar00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: František Zbořil

E-mail: zboril@fit.vutbr.cz

Abstract: This article describes collision detection of robotic gripper fingers with obstacle. Article is divided into two parts. First part describes how detector works. It contains block diagram with extensive information about each block. Second part of this article describes real experiments and measured parameters of detector.

Keywords: robotic gripper, collision detection, Schunkl, Melfa

1. ÚVOD

Tento článek popisuje řešení detekce kolize prstů dvouprstého robotického chapadla Schunk PG-70 s překážkou. Detekcí kolize je zde myšleno rozpoznání skutečnosti, že při svírání prstů chapadla narazí prsty na překážku. Takovouto detekci lze přirovnat k lidskému hmatu, kdy je člověk schopen rozpoznat bez pomoci zraku, že se svými prsty dotýká nějakého objektu. Oproti lidskému hmatu má ale řešení popsané v článku mnohá omezení. Především na rozdíl od lidských prstů nemají prsty chapadla žádné tlakové senzory na svých konečcích. Jediným vstupem tak zůstává proud odebíraný pohonem chapadla při pohybu prstů. Právě detekcí kolize prstů s překážkou na základě odebíraného proudu se článek zabývá.

2. POPIS ŘEŠENÍ

Robotické chapadlo Schunk PG-70 [1] je umístěno na rameni MELFA RV-6SL-S12. Řízení chapadla je na rameni nezávislé. S řídicím systémem komunikuje rozhraním RS232 s bitovou rychlostí 9600bps včetně režie komunikačních protokolů. Informaci o okamžitém odběru proudu poskytuje řídicí jednotka chapadla [2]. Vzorkovací perioda okamžitého proudu je 40ms.

Chapadlo při pohybu udržuje konstantní rychlost pohybu prstů. Rychlost prstů reguluje proudem do motoru, a tak je průběh odběru proudu i bez zátěže prstů silně zašuměný (viz Graf 1). Pro dostatečně citlivou detekci tedy nestačí pouze sledovat změnu okamžitého odběru proudu. Signál je třeba předupravit extrakcí pouze stejnosměrné složky (v článku nazvané jako *Extrakce SS*). Návrh celého detektoru je schematicky znázorněn na obrázku č.1.

Detektor se skládá ze tří základních bloků: *Extrakce SS*, *Prediktor* a *Komparátor*. Ze signálu přicházejícího z chapadla je nejdříve blokem *Extrakce SS* izolována pouze stejnosměrná složka a tím odstraněn šum. Blok *Extrakce SS* pracuje tak, že na několika vzorcích signálu provede Fourierovu transformaci, ze získaného spektra extrahuje koeficient odpovídající nejnižší frekvenci a určí jeho modul (absolutní velikost komplexního čísla). Účinky extrakce je možno vidět v grafu č.1. Spodní průběh zobrazuje původní signál a v horním grafu je tlustou čarou zobrazen průběh extrahované stejnosměrné složky bez šumu.

Z takto předzpracovaného signálu se potom blok *Prediktor* snaží odhadnout průběh signálu tak, jak by vypadal v případě pohybu prstů bez kolize. Prediktor se skládá ze dvou bloků – derivačního filtru a bloku přidávajícího signálu offset. Derivační filtr nejdříve odstraní stejnosměrnou složku vstu-

pujícího signálu. Pracuje s výrazně větším počtem vzorků než *Extrakce SS* a odstraňuje jen velmi pomalu se měnící složku signálu. Zachovává přitom tvar signálu. Stejnosečná složka je pak blokem offset do signálu opět dodána, ale už jako ryze konstantní složka. Přidávaný offset je prvním z kalibračních parametrů detektoru. V případě, že se reálný signál vlivem kolize pomalu mění, vznikne mezi reálným a predikovaným signálem rozdíl.

Blok *Komparátor* vyhodnocuje rozdíl mezi průběhem skutečného signálu a signálu předpovězeného prediktorem. Odchylku průběhů hodnotí *Komparátor* interním skóre. Pokud skóre překročí stanovenou mez, vyhlásí *Komparátor* kolizi. Do skóre je započítána jak okamžitá odchylka signálů, tak historie odchylky. Kolize se projevuje zvýšením odběru proudu. Proto je kolize detekována jen na neklesajícím průběhu – tedy jen pokud je rozdíl aktuální a minulé hodnoty, hodnota *LastValDelta*, kladná. Vyhodnocení probíhá podle vzorce (1).

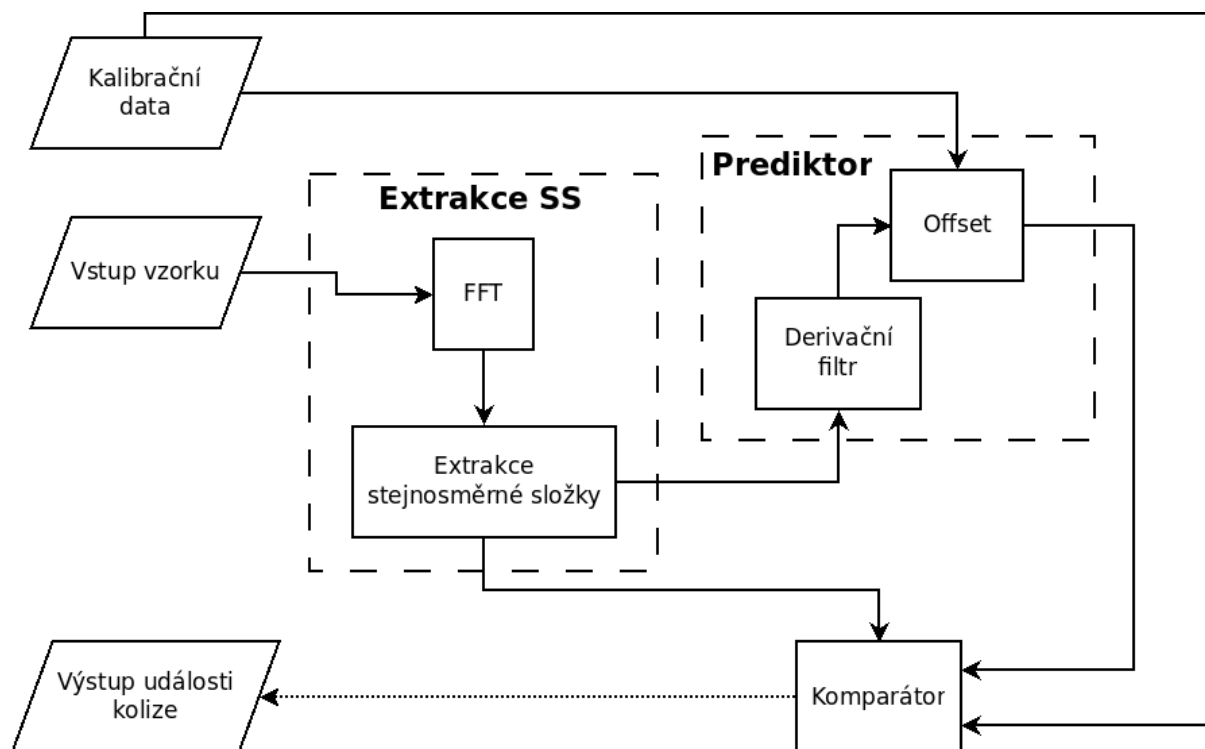
$$Score = Score + (Val - LastPrediction) \cdot (Val - LastPrediction + LastValDelta) \quad (1)$$

Kde: Score ... hodnota skóre, Val ... aktuální hodnota SS signálu

LastPrediction ... aktuální hodnota signálu prediktora

LastValDelta ... rozdíl aktuální a minulé hodnoty

Do skóre jsou zahrnuty jak rozdíl skutečného signálu od predikovaného, tak i strmost reálného signálu. Toto řešení se ale ukázalo být pomalé pro prudké nárůsty odběru – typicky při kolizi prstů s nepružným předmětem. Proto komparátor paralelně s výše popsáním skóre vyhodnocuje překročení maximální hodnoty signálu. Tato maximální hodnota je druhým z kalibračních parametrů detektoru. *Komparátor* tedy sleduje oba limity a kolizi vyhlásí při překročení kteréhokoliv z nich.



Obrázek 1: Blokový diagram detekce kolize.

3. REÁLNÉ EXPERIMENTY

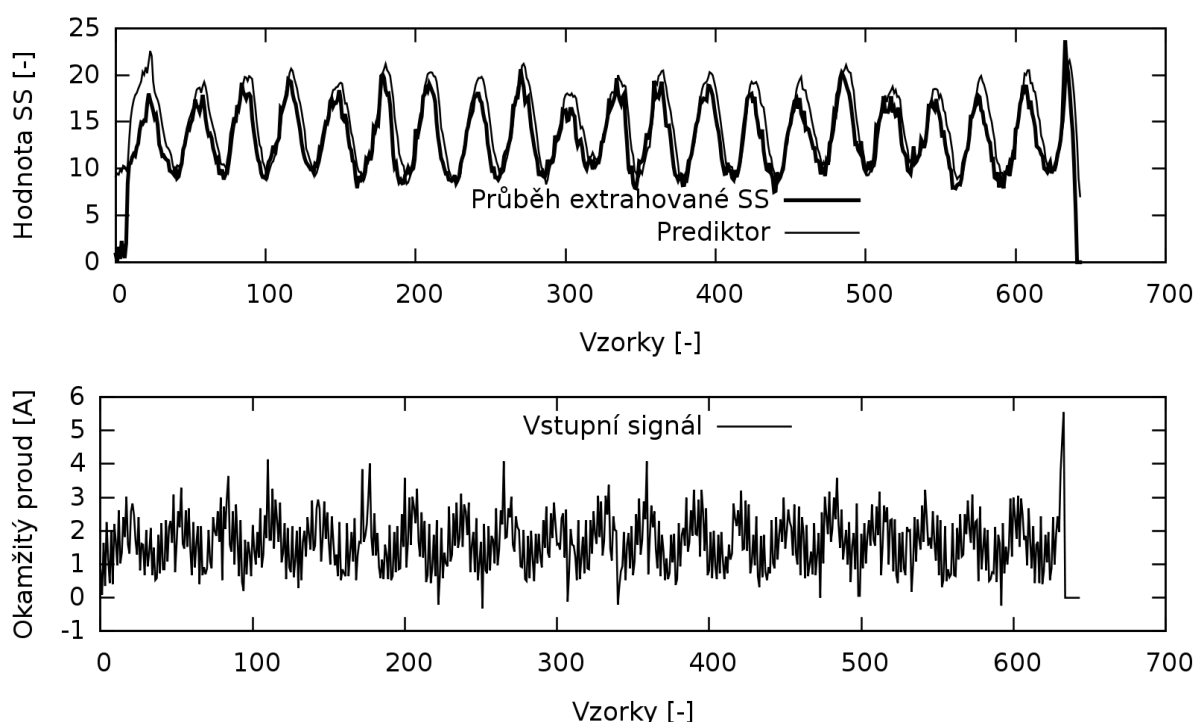
Experimenty s detektorem byly prováděny tak, že byl prsty ruky přes vrstvu materiálu svírán tenzometr siloměru. V okamžiku, kdy detektor prsty zastavil, byla na siloměru odečtena síla. U detektoru je třeba rozlišovat dva parametry: citlivost a rychlost reakce. Citlivost určuje, při jaké minimální síle je kolize rozpoznána. Rychlost reakce potom říká, jak dlouho musí daná minimální síla (stano-

vena na 1,5N) působit, aby došlo k detekci kolize. Rychlost reakce by ideálně měla být jedna vzorkovací perioda, prakticky to tak ale není a proto byla mezi tenzometr a prsty vkládána vrstva pružného materiálu.

Parametr [jednotka]	Střední hodnota/směrodatná odchylka
Citlivost detekce [N]	3,5/1,1
Rychlost reakce [ms]	388/205

Tabulka 1: Změřené vlastnosti detektoru

Činnost regulátoru ilustruje následující graf. Zobrazuje průběhy signálů uvnitř detektoru (násobené zesílením), se kterými pracuje *Komparátor* a pro srovnání i graf skutečného vstupu.



Graf 1: Průběhy signálů při detekci kolize.

4. ZÁVĚR

Navržený detektor je funkční, nicméně výsledky detekce nejsou ideální. Problém je především v pomalé reakci detektoru. Rychlé změny v odběru proudu je obtížné detekovat především proto, že se svým charakterem velmi podobají šumu. Současné řešení vyžaduje, aby byly nepružné předměty uchopovány přes vrstvu měkkého materiálu. Toto omezení je nepříjemné, ale pro účely detektoru přípustné. Detektor by měl fungovat jako součást regulátoru síly stisku prstů chapadla.

REFERENCE

- [1] Schunk GmbH & Co KG, Lauffen/Neckar: PG70 Assembly and Operating Manual, EN, 2006
- [2] Schunk GmbH & Co KG (Tschakarow R., Gaiser F.), Lauffen/Neckar: Plustronic Manual complete, EN, 2003, s. 30-45