

BASIC QUADROTOR CONCEPT

Václav Uhlíř

Master Degree Programme (2), FIT BUT

E-mail: xuhlir04@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Josef Hájek

E-mail: ihajek@fit.vutbr.cz

Abstract: This student paper discusses basic concept of quadrotor for purpose of academic platform for testing and development. In the following text is described general concept of construction and initial prototype of the quadrotor. Furthermore in this paper is described flight control of quadrotor based on Fuzzy logic.

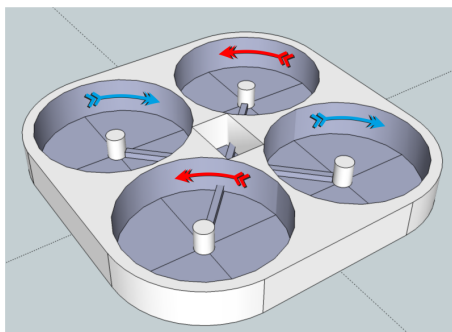
Keywords: Robotics, UAV, quadrotor

1 ÚVOD

V dnešní době dochází k stále větší automatizaci a mnoho úkonů je tedy prováděno roboty. Dnes většinou roboti využívají pozemního pohybu nebo často nejsou pohybliví vůbec. Pro řadu činností jsou však vhodní roboti, kteří umí létat - obecně označovaní jako UAV. Příkladem quadrotoru, který je dnes vyvíjen pro reálnou aplikaci například může být minihelikoptéra Siemens „Fly & Inspect“, kterou Siemens vyvíjí ve spolupráci s MIT a má sloužit k inspekci budov a prostorů [1]. Quadrotory mají oproti jiným UAV výhodu vysoké manévrovatelnosti a schopnosti vznášet se nad stabilním bodem. Nevýhodou quadrotoru je náročnější řízení a vyšší spotřeba energie než UAV, které využívají vztřelku generovaného rychlostí a tvarem modelu.

2 NÁVRH QUADROTORU

Pro účely aplikace testování a dalšího vývoje se jako nejvhodnější jeví quadrotor se standardním čtvercovým půdorysem - tedy křížovým uchycením motorů, kde dva motory jsou pravotočivé a dva levotočivé, přičemž motory stejného směru jsou vždy umístěny v opačných rozích viz. obrázek 1.



Obrázek 1: Návrh quadrotoru

Základní návrh počítá s připojením inerciální jednotky pro sledování a řízení náklonů a poskytování možnosti pro připojení dalších senzorů užitečných pro kontrolu letu.

3 PROTOTYP QUADROTORU

Prototyp quadrotoru byl vytvořen za účelem ověření správnosti návrhu možnosti testování stabilizačních algoritmů. Kostra prototypu je tvořena stavebnicí Merkur s polyurethanovým bezpečnostním rámem. Prototyp je vybaven čtyřmi bezkartáčovými motory MIG RC 400/10, které dohromady poskytují efektivní tah až 2,2kg. Prototyp je dále vybaven vývojovým kitem STM32VLDISCOVERY, který zajišťuje řízení, informačním lcd panelem pro zobrazování stavových informací a inerciální jednotkou CHR-6D. Jednotka CHR-6D obsahuje tří-osý akcelerometr, tří-osý gyroskop a je vybavena vlastním ARM CortexTM procesorem, který umožňuje filtrování naměřených dat a i jejich zpracování pomocí rozšířeného Kalmanova filtru konkrétně Hybridního Kalmanova filtru implementovaného dle [2].

Prototyp nemá vlastní napájení a je napájen přes přívodní kabely ze dvou počítačových ATX zdrojů. Kromě napájecích kabelů je prototyp připojen USB kabelem pro nahrávání a debugování řídicího programu a má tedy značně omezenou letuschopnost.



Obrázek 2: Prototyp quadrotoru

Dle návrhu prototyp umí komunikovat se senzory na I²C, UART a SPI rozhraních, případně přímo zpracovávat analogické data. V rámci řídicí jednotky jsou implementovány algoritmy pro vyčítání údajů ze senzorů určujících vzdálenost pomocí infra-červeného světla (testováno se senzory SHARP GP2Y0A02 a GP2D120) a senzorů na detekci překážek pomocí ultrazvuku (testováno se senzorem SRF10). IMU jednotka na prototypu také umožňuje připojení k počítači a sledování dat paralelně za letu pro snazší diagnostiku zpracování dat o poloze a simulaci ovládacích algoritmů.

4 ŘÍZENÍ A STABILIZACE

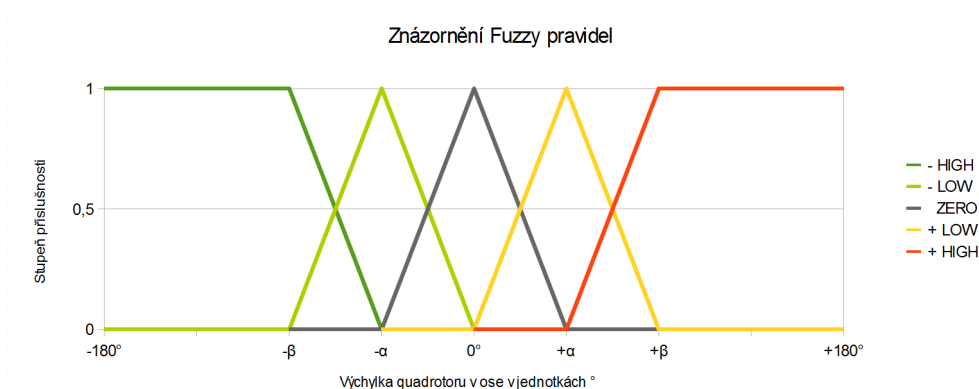
Řízení quadrotoru je prováděno změnou výkonu jednotlivých motorů viz [3], kde například při náklonu v jedné z os dojde ke snížení výkonu motoru ve směru, ve kterém chceme model naklonit a zároveň souměrnému zvýšení výkonu motoru ležícímu opačným směrem. Pro zachování výšky letu je ještě potřeba při naklánění kompenzovat ztrátu vztlaku zvýšením celkového výkonu o T' , přičemž potřebný rozdíl můžeme vypočítat jako:

$$T' = T * (\sec(\theta) - 1), \quad (1)$$

kde T značí původní celkový vztlak a θ značí úhel vychýlení od horizontální osy.

4.1 STABILIZACE

Stabilizace za letu je prováděna algoritmem využívajícím fuzzy logiku - konkrétně sadou pěti pravidel pro každou z horizontálních os, kde každé pravidlo stanovuje potřebný rozdíl v tazích motorů v dané ose pro stabilizaci určitého náklonu. Vstupem algoritmu je aktuální náklon označovaný jako „Pitch“ a „Roll“ a výstupem je hodnota, dle které se nastaví rozdíl v tazích motorů.



Obrázek 3: Znázornění příslušnosti pravidel

Stabilizace pomocí fuzzy algoritmu přináší výhody snazší správy a možnosti upravovat jednoduše algoritmus na základě měnících se podmínek a případně umožňuje snadné přidání například upřesňujících pravidel na základě dalších dat z přidaných senzorů.

5 ZÁVĚR

Sestrojený prototyp umožňuje testování různých stabilizačních algoritmů na základě dat z inerciální jednotky, případně na základě dat z dalších připojených senzorů. Řídící jednotka STM32VLDISCOVERY poskytuje dostatečný výkon pro základní řídicí a stabilizační algoritmy, avšak pro implementace rozšířených algoritmu, jako například rozpoznání obrazu a detekce konkrétních objektů, by bylo vhodné připojení dedikovaného zařízení pro daný účel nebo převod veškerého řízení na výkonnější jednotku.

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla částečně za podpory výzkumného záměru MSM0021630528.

REFERENCE

- [1] Breuer, H.: Flying Inspector. In Pictures of the Future, Siemens, 2011, s. 64-66, [Online; navštíveno 23.12.2011].
URL<http://www.siemens.com/innovation/pool/en/publikationen/publications_pof/pof_fall_2011/pof-2-2011-e-doppel.pdf>
- [2] Thrun, S.; Burgard, W.; Fox, D.: Probabilistic Robotics. MIT Press, 2005
- [3] Raza, S. A.; Gueaieb, W.: Intelligent Flight Control of an Autonomous Quadrotor. 2010, [Online; navštíveno 30.12.2011].
URL<http://www.intechopen.com/source/pdfs/6587/InTech-Intelligent_flight_control_of_an_autonomous_quadrotor.pdf>