

Omni-směrové bezpilotní letadlo

Tomáš Myslivec¹

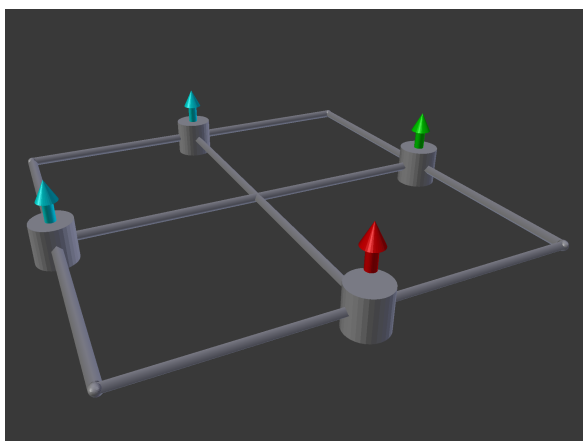
1 Úvod

Omnisměrové bezpilotní letadlo je inspirováno konstrukčním provedením klasických dronů, proto lze použít výraz „omnikoptéra“. Omnikoptéra je tedy druh vrtulového letounu, který v tomto případě disponuje osmi rotory. Rotory nejsou natočeny pouze jedním směrem, aby bylo docíleno možného pohybu ve všech osách. V tomto ohledu se liší od klasických kvadrokoptér, které mají všechny rotory umístěny pouze jedním směrem a nemají možnost přímého pohybu do všech stran.

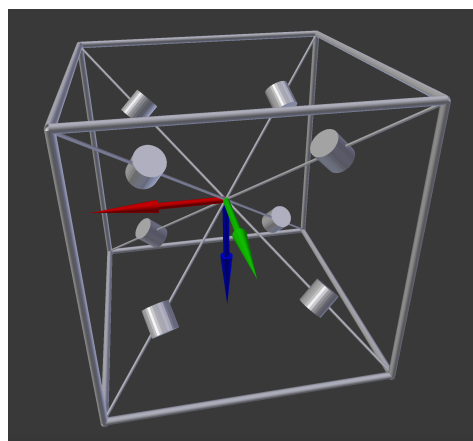
Hlavním cílem této práce je vytvoření matematického modelu a řídicího algoritmu, který bude schopen omnikoptéru stabilizovat, případně splnit požadavky na polohovou regulaci. Matematický model je ještě doplněn o 3D virtuální simulaci, která je schopna pracovat v reálném čase. Pro bližší prozkoumání dané problematiky je současně vytvořen model omnikoptéry i klasické kvadrokoptéry a pro oba případy jsou navrženy příslušné řídicí algoritmy, které jsou pak otestovány na virtuálních modelech.

2 3D virtuální model

Model byl pro kvadrokoptéru i omnikoptéru vytvořen v programu *Blender*. Takto vytvořený model byl následně exportován do formátu *.x3d, který je podporován programem *Matlab/Simulink*. Pro 3D animaci během simulace pak *Simulink* využívá blok jménem *VR Sink*. Do tohoto bloku jsou následně zapojeny výstupy matematického modelu, tedy informace o poloze a úhlech natočení.



(a) Kvadrokoptéra



(b) Omnikoptéra

Obrázek 1: 3D model - *Blender*

¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika a řídicí technika, specializace Automatické řízení, e-mail: tmyslive@ntis.zcu.cz

3 Matematický model

Matematický model je vytvořen pomocí Newton-Eulerovy metody, kde je dron uvažován jako tuhé těleso, na které působí síly a momenty generované jednotlivými rotory. Jsou zavedeny dvě soustavy souřadnic - inerciální a pohyblivá soustava pevně spojená s tělesem. Kvůli singularitám, které se vyskytují při využití Eulerových úhlů, je celý model odvozen za pomoci kvaternionů. Pohybové rovnice, které popisují translační a rotační pohyb, jsou ve tvaru

$$\dot{\vec{v}}_0 = \mathbf{R}_q \dot{\vec{v}}_1, \quad \dot{\vec{v}}_1 = \vec{\omega}_1 \times \vec{v}_1 + \frac{1}{m} \vec{F}_r + g \mathbf{R}_q^T \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad (1)$$

$$\ddot{\vec{q}} = \frac{1}{2} \dot{\mathbf{W}}(\vec{q}) \vec{\omega}_1 + \frac{1}{2} \mathbf{W}(\vec{q}) \dot{\vec{\omega}}_1, \quad \dot{\vec{\omega}}_1 = \frac{1}{J_1} (\vec{\tau}_r - (\vec{\omega}_1 \times J_1 \vec{\omega}_1)), \quad (2)$$

kde \vec{v}_0 je rychlost vyjádřena v inerciální soustavě souřadnic, \vec{v}_1 je rychlost vyjádřena v pohyblivé soustavě souřadnic, $\vec{\omega}_1$ je úhlová rychlost vyjádřena v pohyblivé soustavě, \vec{q} je označení kvaternionu, \vec{F}_r je síla, která je generována rotory, $\vec{\tau}_r$ je točivý moment rotorů a J_1 je matice setrvačnosti vyjádřena v pohyblivé soustavě souřadnic. Pro převod mezi pohyblivou a inerciální soustavou je definována matice rotace \mathbf{R}_q a vztah mezi úhlovou rychlostí v pohyblivé soustavě a derivací kvaternionu je definován maticí $\mathbf{W}(\vec{q})$.

4 Řídící systém

Řídící systém je navržen pomocí stavového zpětného regulátoru metodou LQR. Metoda LQR je doplněna o podmínky symetrického řízení, kde regulátor zachovává symetrii otevřené smyčky v uzavřené smyčce systému. Po stabilizaci je přistoupeno k polohové regulaci, kde je původní stabilizační algoritmus doplněn o integrační složky. Pro aplikaci v reálném prostředí je navržen regulátor, který nepředpokládá znalost celého stavu systému. Tyto regulátory jsou vytvořeny jak pro kvadrokoptéru tak i omnioptéru a následně ověřeny na nelineárním modelu.

Posledním krokem je připojení gamepadu k *Simulinku*, pomocí kterého lze dron řídit. Řízení je provedeno pomocí stabilizačního regulátoru, který nepředpokládá znalost celého stavu systému. Dronem je následně možné pohybovat pomocí působení skokových poruch na řídicí signál.

Literatura

Oscarson, O. (2015) *Desing, Modeling and Control of an Octocopter*. Dostupné na:

<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:857660/FULLTEXT01.pdf> [Citováno 23. 10. 2017]

Königsmarková, J. (2017) *Symetrické systémy*. Práce ke státní doktorské zkoušce. Plzeň, Západočeská univerzita v Plzni.

Brescianini, D., D'Andrea, R. (2016) *Design, Modeling and Control of an Omni-Directional Aerial Vehicle*. In: IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Stockholm.