



Návrh časové optimalizace redundantního manipulátoru

Tomáš Krotký¹

1 Úvod

Úloha časové optimalizace je založena na dekompozici celého redundantního zařízení na dva subsystemy. Prvním subsystemem je neredundantní planární manipulátor se šesti stupni volnosti. Druhým subsystemem je pojezd, na kterém stojí. Pro takto rozdělený systém platí, že redundantní parametr polohy pojezdu parametrizuje optimalizaci neredundantního manipulátoru.

Návrh časově optimální trajektorie koncového efektoru byl rozdělen na návrh matematického modelu umožňujícího přepočtení nastavení motorů na polohu a natočení koncového efektoru a naopak, návrh generátoru trajektorie koncových poloh efektoru generujícího časově optimální řízení pro pohyb mezi definovanými pozicemi a návrh optimální trajektorie pojezdu.

2 Návrh matematického modelu

Pro popis kinematiky manipulátoru IRB140 (viz obrázek 1) s pojezdem bylo využito Denavit-Hartenbergovy úmluvy a pro popis polohy a orientace bodu v prostoru bylo využito transformačních matic (matice rotace s vektorem polohy).

Postupně byly vypracovány: Přímá geometrická úloha (DGM), Inverzní geometrická úloha (IGM), Přímá okamžitá kinematická úloha (POKÚ) a Inverzní okamžitá kinematická úloha (IOKÚ). Díky těmto úlohám je možné vypočítat polohu, rychlost a zrychlení pozice i natočení koncového efektoru (zobecněné souřadnice X) na základě natočení, rychlostí a zrychlení jednotlivých motorů (kloubové souřadnice Q) a naopak. Obecné vztahy pro tyto úlohy jsou uvedeny níže (viz rovnice 1 - 6).

Pro zjednodušení výpočtů okamžitých kinematických úloh byl jakobián získaný na základě natočení a pozice efektoru nahrazen jakobiánem získaným z pozice a úhlových rychlostí efektoru.



Obrázek 1: IRB 140 [1]

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

$$\text{DGM:} \quad X = F(Q) \quad (1)$$

$$\text{IGM:} \quad Q = F^{-1}(X) \quad (2)$$

$$\text{POKÚ:} \quad \dot{X} = J_A(Q_0) \cdot \dot{Q} \quad (3)$$

$$\ddot{X} = \dot{J}_A(Q_0, \dot{Q}_0) \cdot \dot{Q}_0 + J_A(Q_0) \cdot \ddot{Q} \quad (4)$$

$$\text{IOKÚ:} \quad \dot{Q} = J_A^{-1}(X_0) \cdot \dot{X} \quad (5)$$

$$\ddot{Q} = J_A^{-1}(Q) \cdot \left(\ddot{X} - \dot{J}_A(Q, \dot{Q}) \cdot \dot{Q} \right) \quad (6)$$

,kde J_A je analytický jakobián.

3 Návrh generátoru trajektorie efektoru

Generátor trajektorie byl odvozen jako časově optimální řízení systému dvou integrátorů, jenž reprezentují vztah polohy, rychlosti a zrychlení. Odvozený generátor umožňuje vypočítat optimální trajektorii mezi dvěma polohami v jedné ose s respektováním omezení na maximální rychlost a zrychlení a to obecně z neklidové polohy do jiné neklidové polohy. Pro generování pohybu ve více osách bylo využito řídicího systému *REX*, jenž navíc umožňuje respektovat globální omezení na výsledný pohyb efektoru.

4 Optimalizace pojezdu manipulátoru

Optimální trajektorie pojezdu byla navržena na základě několika aspektů. Základním požadavkem byla časová minimalizace trajektorie při respektování maximální rychlosti a zrychlení pojezdu. Dalším byl požadavek na polohu pojezdu v rámci přípustného intervalu, který se mění v čase podle požadované polohy efektoru. Třetí omezení vyplynulo z nutnosti zastavení pojezdu na místech, kde manipulátor čeká na vykonání externích úkonů a posledním uvažovaným omezením byla redukce přípustných poloh pojezdu na základě přiblížení se singulárním polohám manipulátoru, k čemuž v krajních polohách pojezdu většinou docházelo.

5 Závěr

Kombinací výše zmíněných částí bylo možné získat parametrizovanou množinu trajektorií na základě volených parametrů pojezdu manipulátoru. Pokud by se manipulátor příliš přibližoval ke svým singulárním polohám, bylo by možné využít redundance pojezdu k eliminaci tohoto problému. Návrh obecného algoritmu za tímto účelem je však velmi komplexním problémem obzvlášť v kombinaci s dalšími požadavky na optimalitu trajektorie.

Poděkování

Zvláštní poděkování náleží panu Ing. Arnoldu Jágrovi za vedení mé diplomové práce, na základě jejichž částí vznikl tento článek.

Literatura

- [1] Autor neuveden. *MACH FTD [online]*. Copyright 2007 MACH FTD Romania [cit. 16.5.2014]. Dostupný na <http://www.mach.ro/images/Roboti/475.jpg>.
- [2] Khalil, W., and Dombre, E., 2002. *Modeling, Identification & Control of Robots*. Kogan Page Science, London.