

Robot CRS stavbařem

Michal Dvořák, Milan Kratochvíl

4. ledna 2006

1 Zadání

Robot CRS má za úkol postavit z dodaných kostiček co nejvyšší věž. Počítá se počet vrstev kostiček.

2 Analýza problému

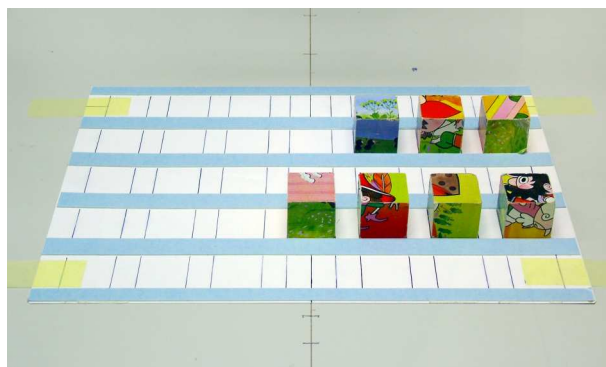
Při řešení této úlohy je třeba uvažovat několik zásadních problémů:

- fyzické možnosti robota,
- stabilitu věže,
- náhodné faktory.

Fyzickými možnostmi robota rozumíme schopnost robota dopravit kostku o daných rozměrech na požadovanou pozici. Je zřejmé, že maximální dosah je omezen přinejmenším součtem délek ramen. Navíc, vzhledem k tomu, že úkolem je postavit věž z kostek (tedy krychliček), musíme při vršení jednotlivých vrstev uvažovat i natočení jednotlivých kostek tak, abychom mohli kostky na sebe skládat „naplocho“. Toto omezení výrazně zmenší pracovní prostor, nicméně, vzhledem k tomu, že není určeno místo, kde má být věž postavena, není tento faktor rozhodující, pouze do jisté míry znesnadní nalezení vhodné startovní pozice.

Stabilita věže je zřejmě nejvíce omezujícím faktorem. Největším nedostatkem je použitý materiál, tedy klasické dětské kostky. Už samotné pojmenování naznačuje, že se nejedná o ideální stavební materiál. V dodaných kostkách se vyskytují kostky s *různými rozměry*. Jedná se sice o malou odchylku (zhruba 1 mm), přesto při navršení několika desítek kostek se již odchylky mohou projevit. Dalším velmi nepříjemným omezením je opotřebenost kostek. Bohužel, při častém používání se z těchto kostek začíná postupně odlepovat potisk, což při stavění věže významně snižuje stabilitu. Pro zachování stability věže, je třeba omezit jakékoli otřesy, proto musí být *rychlost* pohybu robota omezena na bezpečnou úroveň.

Náhodné faktory lze bohužel jen obtížně ovlivnit. Náhodnými procesy zde můžeme rozumět především otřesy způsobené provozem v učebně, kde je umístěn robot. Ačkoli se nejedná o příliš významný vliv, ve chvíli kdy je navrženo tolik kostek, že se věž začíná blížit k mezi stability, mohou i tyto faktory způsobit zhroucení věže.



Obrázek 1: Rastr

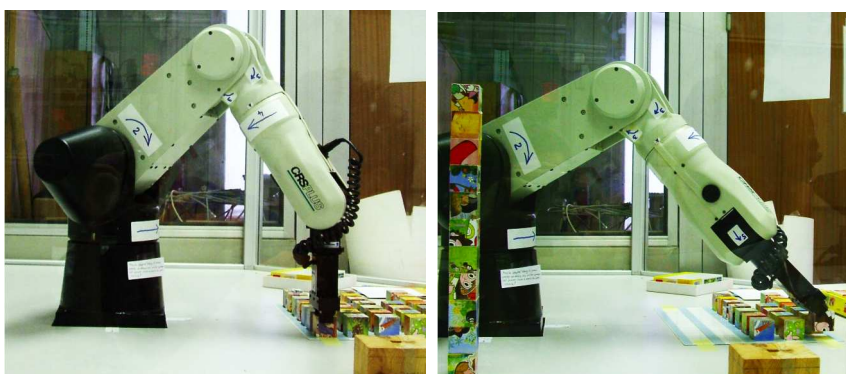
3 Řešení problému

Zadaný problém je ryze praktický a nebylo třeba řešit po matematické stránce žádné složité problémy, které by zde bylo třeba zmínit. Proto se zde omezíme pouze na stručný popis zvoleného algoritmu stavění věže.

Nejprve je třeba kostky umístit na pracovní plochu tak, aby je robot mohl přesouvat. Vzhledem k tomu, že rozměr kostky se velmi blíží rozměru rozevřených čelistí robotu, musí být kostky rozmístěny co nejpřesněji, aby nedošlo k poškození robotu. Pro rozmístění jsme použili vlastní rastr (obr. 1). Před vlastním započítím stavění věže z bezpečnostních důvodů ověřujeme, jsou-li kostky v rastru umístěny přesně.

Vzhledem k fyzickým možnostem robota jsou kostky v předních řadách uchopovány kolmo k podložce. Do zadních řad už ovšem robot takovýmto způsobem nedosáhne a navíc by se tím podstatně omezovala maximální dosažitelná výška, proto jsou kostky uchopovány pod úhlem 45° (viz obr. 2).

Při stavění věže robot nejprve vyšší rychlostí přesune kostku do blízkosti věže, kde zpomalí, a na již postavené kostky pomalu položí novou kostku, aby se minimalizovala možnost nechtěného svržení věže příliš „drastickou“ manipulací nebo nepřesným uložením.



Obrázek 2: Uchopení kostek kolmo a pod úhlem 45°



Obrázek 3: Dokončení věže

Tímto způsobem postupně postavíme přesně 23 kostek. Vzhledem k fyzickým možnostem je zvyšování věže metodou přesouvání jednotlivých kostek od určité výšky nerealizovatelné. Namísto přesouvání kostek po samostatných kusech postavíme menší věž o 5 kostkách (nejvýše) a celou věžičku přesuneme na velkou věž. Pro stavění malé věže je použit dřevěný podstavec, aby mohl robot snadno uchopit spodní kostku, resp. dvě spodní kostky pro zvýšení stability. Vzhledem k tomu, že tato část je nejnáročnější, probíhá přesun jen velmi pomalu. Přesun malé věže a postavená velká věž o celkem 28 kostkách je na obr. 3.

4 Implementace

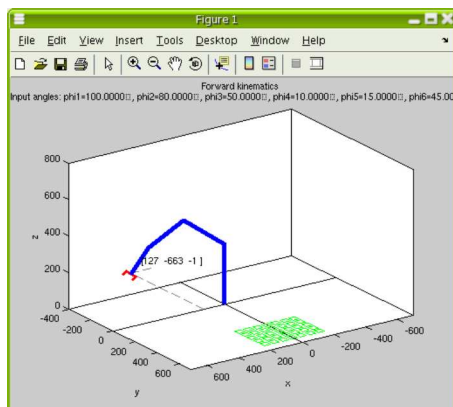
K řešení problému byly použity výsledky a programy vytvořené k předchozí úloze Inverzní kinematická úloha. Jako programové a ovládací prostředí byl použit program Matlab. Opět ani zde jsme nepoužili žádná nestandardní řešení, která by bylo třeba zvlášť popisovat. Jako pomůcku a kontrolní nástroj pro zjištění výsledné pozice robota po zadání souřadnic jsme použili 3D-graf (obr. 4).

V programu jsou zadány hodnoty a konstanty, které popisují buď samotného robota (hodnoty z manuálu), nebo jsou získány měřením (rozměry kostky) a dále pak empirickým pozorováním a nastavováním při opakovaných testech.

Zdrojový kód (ve formátu M-filů pro Matlab) je k dispozici.

5 Zhodnocení

Při stavění věže z dětských kostek jsme nenarazili v zásadě na žádný neřešitelný problém. Jako nedostatek, který komplikoval práci, se ukázalo použití kostek, které nejsou pro podobné stavitelské účely rozhodně ideální. Opotřebením kostek způsobuje částečné odlepení potisku kostky, což výrazným způsobem ovlivňuje stabilitu celé věže. Mnohem lépe by se věž stavěla z přesně vyro-



Obrázek 4: Zobrazení polohy robotu v Matlabu

bených dřevěných kostek bez potisku a jiných povrchových úprav nebo dostatečně těžkých kovových kostek. Navíc se ukázalo, že různé kostky mají nepatrně odlišné rozměry, což samozřejmě také způsobuje chyby.

Za podmínek, ve kterých jsme pracovali nebylo možné vždy postavit věž o výšce 28 kostek. Jak již bylo uvedeno v Analýze problému, je stabilita věže ovlivňována jak kvalitou kostek, tak i vnějšími faktory. Podstatně celou výšku ovlivní i rozmístění kostek v rastru, které je prováděno ručně a i zde samozřejmě vznikají nemalé chyby, které se při postupném skládání věže sčítají.

6 Použité zdroje

[1] Firemní dokumentace k robotu CRS (dostupné ve formátu PDF na stránkách předmětu 33ROB)