



Robotika: Uzavřené kinematické řetězce

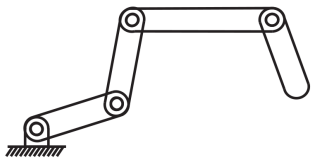
Vladimír Petřík

vladimir.petrik@cvut.cz

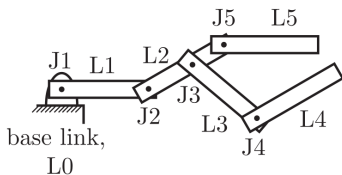
09.12.2024

Otevřený/uzavřený kinematický řetězec

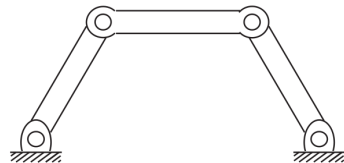
- ▶ Otevřené kinematické řetězce: žádné smyčky ve struktuře
- ▶ Uzavřené kinematické řetězce obsahují smyčky
- ▶ Mnoho uzavřených kinematických řetězců lze vyjádřit pomocí otevřených kinematických řetězců



Otevřený - sekvenční
struktura



Otevřený - stromová
struktura



Uzavřený

Příklady uzavřených kinematických řetězců



Uzavřené kinematické řetězce

- ▶ Uzavřené kinematické řetězce
 - ▶ Obsahují smyčky
 - ▶ Jsou obtížnější na řízení
 - ▶ Typicky malý pracovní prostor
 - ▶ Jsou obtížnější na analýzu
- ▶ Výhody
 - ▶ Může být redundantně poháněn
 - ▶ Mechanická výhoda: rychlejší, silnější nebo tužší
- ▶ Grüblerův vzorec lze použít k určení počtu stupňů volnosti



Grüblerův vzorec

$$\text{▶ } n_{\text{DoF}} = m(L - 1) - \sum_{i=1}^N c_i = m(L - 1 - N) + \sum_{i=1}^N f_i$$

▶ L je počet ramen včetně země

▶ N je počet kloubů

▶ m je DoF tuhého tělesa (3 pro rovinné, 6 pro prostorové)

▶ c_i počet omezení poskytovaných kloubem i

▶ f_i DoF kloubu i

▶ $f_i + c_i = m$

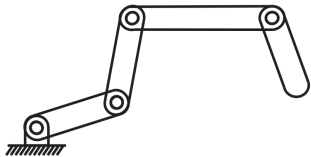
▶ Funguje pro *obecné* případy, selhává ale v určitých konfiguracích - když omezení kloubů nejsou nezávislá



Aplikace Grüblerova vzorce

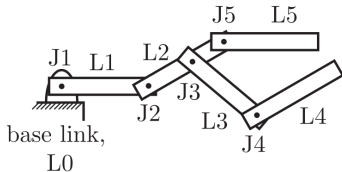
$$n_{\text{DoF}} = m(L - 1 - N) + \sum_{i=1}^N f_i$$

m - DoF tělesa, L - počet ramen, N - počet kloubů, f_i - DoF kloubu

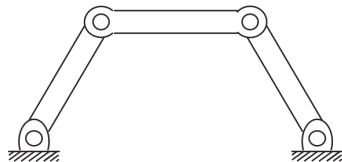


$$3(5 - 1 - 4) + (1 + 1 + 1 + 1) = 4 \text{ DoF}$$

$3(6 - 1 - 5) + (1 + 1 + 1 + 1 + 0) = 4 \text{ DoF}$ pokud přidáme pevný spoj



$$3(6 - 1 - 5) + (1 + 1 + 1 + 1 + 1) = 5 \text{ DoF}$$



$$3(4 - 1 - 4) + (1 + 1 + 1 + 1) = 1 \text{ DoF}$$

$3(5 - 1 - 5) + (1 + 1 + 1 + 1 + 0) = 1 \text{ DoF}$ (jsou-li dvě země spojeny pevným kloubem)



Příklady kinematických řetězců

- ▶ Otevřené kinematické řetězce
 - ▶ Struktura RR, Prostor úkolu \mathbb{R}^2
 - ▶ Struktura RRR, Prostor úkolu $SE(2)$
- ▶ Uzavřené kinematické řetězce
 - ▶ Struktura RRRR, Prostor úkolu \mathbb{R}^1
 - ▶ Struktura RRRRRR, Prostor úkolu $SE(2)$
 - ▶ Struktura RRRP, Prostor úkolu \mathbb{R}^1



Prostorová inverzní kinematika pro Mitsubishi RV6S

