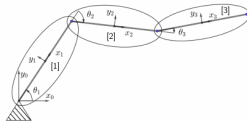


# Projekt HPC

Marta Krauze

27 czerwca 2023

# Krótki opis zadania



<http://www.freepik.com>  
Designed by macrovector / Freepik

Manipulator przemysłowy można modelować jako układ wielocząłonowy. W tym przykładzie optymalizuję trajektorię końcówki trójczłonowego układu z parami kinematycznymi obrotowymi z punktu A do punktu B w określonym czasie, tak aby momenty sił potrzebne do wykonania takiego ruchu były jak najmniejsze. Pomijana jest grawitacja i tarcie w złączach.

# Optymalizacja SQP

$$\begin{aligned} & \min_{\mathbf{x}} J(\mathbf{x}) \\ & \text{pod warunkiem, że} \\ & g(\mathbf{x}) = 0 \end{aligned} \tag{1}$$

$J(\mathbf{x})$  to funkcja celu - suma kwadratów momentów sił w złączach.

$g(\mathbf{x})$  to funkcja ograniczeń - równania ruchu określające dynamikę układu.

Funkcja Lagrange'a:

$$L(\mathbf{x}, \lambda) = J(\mathbf{x}) + \lambda^T * g(\mathbf{x}) \tag{2}$$

Metoda SQP w każdej iteracji rozwiązuje układ równań:

$$\begin{bmatrix} \nabla_{\mathbf{xx}} L(\mathbf{x}_k, \lambda_k) & -\nabla g(\mathbf{x}_k) \\ \nabla g(\mathbf{x}_k)^T & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{d}_k \\ \mathbf{u}_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\nabla J(\mathbf{x}_k) \\ -g(\mathbf{x}_k) \end{bmatrix} \tag{3}$$

W następnej iteracji:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{k+1} &= \mathbf{x}_k + \mathbf{d}_k \\ \lambda_{k+1} &= \mathbf{u}_k \end{aligned} \tag{4}$$

# Użyte biblioteki

- Do obliczeń na macierzach użyłam biblioteki *eigen*.
- Do liczenia  $\nabla$  zastosowałam bibliotekę do różniczkowania automatycznego - *autodiff*. Co ciekawe współgra ona z paralelizacją.
- Do paralelizacji użyłam biblioteki *TBB*.

# Paralelizacja

funkcja celu —  $\rightarrow$  parallel reduce

suma wartości dla kolejnych kroków czasowych

funkcja ograniczeń —  $\rightarrow$  parallel for

dla każdego kroku czasowego rozwiązanie równania ruchu

# Benchmark 1

Benchmark dla 16 kroków czasowych, 20 iteracji algorytmu SQP

2023-06-26T23:35:48+02:00

Running ./traj\_opt

Run on (8 X 4200 MHz CPU s)

CPU Caches:

L1 Data 32 KiB (x4)

L1 Instruction 32 KiB (x4)

L2 Unified 256 KiB (x4)

L3 Unified 6144 KiB (x1)

Load Average: 0.22, 0.24, 0.16

\*\*\*WARNING\*\*\* CPU scaling is enabled, the benchmark real time measurements may be noisy and will incur extra overhead.

| Benchmark     | Time   | CPU    | Iterations |
|---------------|--------|--------|------------|
| BM_Function/1 | 110 s  | 110 s  | 1          |
| BM_Function/2 | 85.3 s | 85.2 s | 1          |
| BM_Function/4 | 72.3 s | 72.2 s | 1          |

## Benchmark 2

# Porównanie wyników z programem w Octave

Cpp f.celu= 0.617376