

ARC - Úloha 2: Paralelní implementace výpočtu vzájemného silového působení N částic na systému se sdílenou pamětí s využitím OpenMP

Uvažujme silové (gravitační) působení mezi N tělesy s různou hmotností v prostoru tak, že:

- každé těleso má jistou hmotnost, polohu v prostoru a rychlost (specifikovanou vektorem),
- gravitační síly působící na dané těleso (od ostatních N-1 těles) mají různé směry a jejich výslednice (daná vektorovým součtem) způsobuje změnu rychlosti tohoto tělesa a platí:
- $\text{nová_rychlost} = \text{původní_rychlost} + \text{změna_rychlosti}$,
- $\text{změna_polohy} = \text{nová_rychlost} * \text{časový_krok}$ a
- $\text{nová_poloha} = \text{stará_poloha} + \text{změna_polohy}$.

Následující pseudokód uvádí typickou výpočetní smyčku soustavy těles modelovaných hmotnými body, dt představuje časový krok.

```
for (i=0; i<N; i++)
{
    for (j=0; j<N; j++)
        particle[i].force+=getForce(particle[i], particle[j]);
        // viz též str. 2 (popis fyzikálního modelu)
    particle[i].velocity+=particle[i].force*dt;
    particle[i].position+=particle[i].velocity*dt;
}
```

Paralelizaci je možné provést dvěma základními přístupy:

1. paralelizací vnější smyčky
2. paralelizací vnitřní smyčky

Zadání: Vytvořte paralelní implementaci výpočtu uvedeného algoritmu oběma způsoby v prostředí OpenMP. Na vhodném počítači ověřte, že program skutečně dosahuje zrychlení při použití více vláken (tj. na multi-core CPU, SMP nebo alespoň CPU s HT). Pro řešení lze využít server merlin vybavený quad-core CPU.

Vhodně zvolte konstantu N, délku časového kroku dt a jejich počet tak, aby výpočet trval desítky sekund (~40-60 s). Tyto hodnoty je možné nastavit v souboru Makefile (N jako definice symbolické konstanty a ostatní v sekci run jako argumenty programu). Jejich uplatnění ve výpočtu je možné zadáním příkazu make run.

Řešením projektu budou doplněná těla funkcí v souboru proj02.c, který se jako jediný odevzdává do IS. Další pokyny jsou uvedeny přímo v proj02.c. Ostatní zdrojové soubory nemodifikujte.

Funkčnost programu ověřte na linuxu serveru merlin, kde musí překlad proběhnout bez jakýchkoliv chyb nebo varování (tento server bude využit i při hodnocení).

Případné dotazy směřujte na bidlom@fit.vutbr.cz (M. Bidlo, L330).

Zjednodušený fyzikální model, Newtonovy zákony

Každá dvě tělesa modelovaná hmotnými body o hmotnostech m_1 , m_2 na sebe působí gravitační silou, která je přímo úměrná hmotnostem těles a nepřímo úměrná druhé mocnině vzdálenosti jejich středů r (gravitační zákon). Velikost této síly je určena vztahem:

$$F_g = \frac{G m_1 m_2}{r^2}$$

kde G je gravitační konstanta ($G = 6,672 \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$).

Známe-li polohu dvou bodů A a B v prostoru, lze směr působící gravitační síly vypočítat jako rozdíl jejich polohových vektorů:

$$\mathbf{R} = \mathbf{A} - \mathbf{B}$$

tj.

$$R_x = dx = x_A - x_B$$

$$R_y = dy = y_A - y_B$$

$$R_z = dz = z_A - z_B$$

Vzdálenost obou hmotných bodů zjistíme pomocí Pythagorovy věty:

$$r = \sqrt{dx^2 + dy^2 + dz^2}$$

Jelikož potřebujeme znát gravitační sílu včetně určení směru (tj. jako vektorovou veličinu), vypočteme velikosti jejích jednotlivých složek v prostoru násobením jednotkovým směrovým vektorem:

$$\mathbf{F} = F_g \frac{\mathbf{R}}{r}$$

$$\text{po složkách tedy } F_x = F_g \frac{R_x}{r}, F_y = F_g \frac{R_y}{r}, F_z = F_g \frac{R_z}{r}$$

Z Newtonova pohybového zákona ($F t = m v$) pak vypočteme změnu rychlosti hmotného bodu za časový krok dt jako:

$$\mathbf{v}' = \mathbf{v} + dt \frac{\mathbf{F}}{m}$$

a novou polohu po čase dt :

$$\mathbf{p}' = \mathbf{p} + \mathbf{v}' dt$$

Opět se jedná o vektory, počítáme tedy se složkami x , y , z .