Dekompoziční techniky

26. března 2018

B4B36PDV – Paralelní a distribuované výpočty

Osnova

- Opakování z minulého cvičení

- Datová dekompozice se zařezáváním
- Explorativní dekompozice
- Rekurzivní dekompozice

Opakování z minulého cvičení

http://goo.gl/a6BEMb

Jakým způsobem bude následující kód proveden?

```
int a = getCurrentValue();
int b = compute(); // casove narocna funkce
int c = getCurrentValue();
if (a < b){
        a.compare_exchange_strong(c, b);
}
```

- Kód nelze zkompilovat
- Do A se vždy uloží B
- Do A se uloží C, pokud B není rovno C
- Do C se uloží A, pokud A není rovno B
- Do A se uloží B, pokud A není rovno C
- Kód vrací chybu, pokud A není rovno C

V čem může být rozdíl po ukončení výpočtu následujících dvou funkcí?

```
void compute_1(){
        node * null_ptr = nullptr;
        node * a = getMainNode();
        if(a == null_ptr){
                if(getMainNode().compare_exchange_strong
                        (null_ptr, getNewNode())){
                                return;
                }}
        std::cout << a->value << std::endl;}

void compute_2(){
        node * null_ptr = nullptr;
        node * a = getMainNode();
        if(a == null_ptr){
                if(getMainNode().compare_exchange_strong
                        (a, getNewNode())){
                                return;
                }}
        std::cout << a->value << std::endl;}
```

Cvičení: Problém $3n+1$

Problém $3n + 1$ (Collatzův problém)

Collatzova posloupnost je definovaná následovně (pro $n \in \mathbb{N}$):

$$f(n) = \begin{cases} n/2 & \text{pro } n \text{ sudé} \\ 3n + 1 & \text{pro } n \text{ liché} \end{cases}$$

Příklad pro počáteční $n = 5$:

$$5 \quad 16 \quad 8 \quad 4 \quad 2 \quad 1 \quad 4 \quad 2 \quad 1 \quad 4 \quad 2 \quad 1 \ldots$$

Problém $3n+1$ (Collatzův problém)

Collatzova posloupnost je definovaná následovně (pro $n \in \mathbb{N}$):

$$f(n) = \begin{cases} n/2 & \text{pro } n \text{ sudé} \\ 3n+1 & \text{pro } n \text{ liché} \end{cases}$$

Příklad pro počáteční $n = 5$:

$$5 \quad 16 \quad 8 \quad 4 \quad 2 \quad 1 \quad 4 \quad 2 \quad 1 \quad 4 \quad 2 \quad 1 \ldots$$

Má se za to, že tato sekvence vždy dosáhne **1** (*Collatz conjecture*).
Po kolika krocích se tak ale stane?

Collatzova funkce $C(n)$

např. $C(5) = 5$, $C(16) = 4$

Problém $3n + 1$ (Collatzův problém)

Úkol 1: Máme zadanou konečnou podmnožinu přirozených čísel $X \subset \mathbb{N}$. Jaké je minimum funkce $C(n)$ na množině X?

$$\min_{n \in X} C(n)$$

Problém $3n + 1$ (Collatzův problém)

Úkol 1: Máme zadanou konečnou podmnožinu přirozených čísel $X \subset \mathbb{N}$. Jaké je minimum funkce $C(n)$ na množině X?

$$\min_{n \in X} C(n)$$

Jak výpočet optima paralelizovat?

Problém $3n + 1$ (Collatzův problém)

Úkol 1: Máme zadanou konečnou podmnožinu přirozených čísel $X \subset \mathbb{N}$. Jaké je minimum funkce $C(n)$ na množině X?

$$\min_{n \in X} C(n)$$

Jak výpočet optima paralelizovat?

Jak paralelní výpočet zrychlit? Musíme vždy generovat celé sekvence?

Problém $3n + 1$ (Collatzův problém)

Úkol 1: Máme zadanou konečnou podmnožinu přirozených čísel $X \subset \mathbb{N}$. Jaké je minimum funkce $C(n)$ na množině X?

$$\min_{n \in X} C(n)$$

Jak výpočet optima paralelizovat?

Jak paralelní výpočet zrychlit? Musíme vždy generovat celé sekvence?

Doimplementujte metodu `findmin_parallel`

Doimplementujte tělo metody `findmin_parallel` v souboru `decompose.cpp` pro paralelní nalezení optima $C(n)$ na množině X (reprezentované vektorem `data`). Udržujte si dosud nalezené optimum pro zařezávání nepotřebných výpočtů $C(n)$ (tj., ve chvíli, kdy daný výpočet prokazatelně vede k suboptimálnímu řešení).

Úkol 2: Nalezněte číslo $n \in \mathbb{N}$ takové, že $C(n) \geq k$.

Úkol 2: Nalezněte číslo $n \in \mathbb{N}$ takové, že $C(n) \geq k$.

Sekvenčně je to jednoduché:

```
unsigned long i = 1;
while(collatz(i) < k) i++;
```

Jak tento výpočet zparalelizujeme?

Úkol 2: Nalezněte číslo $n \in \mathbb{N}$ takové, že $C(n) \geq k$.

Sekvenčně je to jednoduché:

```
unsigned long i = 1;
while(collatz(i) < k) i++;
```

Jak tento výpočet zparalelizujeme?

Doimplementujte metodu `findn_parallel`

Doimplementujte tělo metody `findn_parallel` pro paralelní nalezení čísla n, pro které platí $C(n) \geq k$.

Explorativní dekompozice

⚠ Pokud *explorujeme* prostor možných řešení a testujeme, zda existuje prvek, který splňuje nějakou podmínku, chceme výpočet ukončit okamžitě po nalezení prvního vhodného prvku.

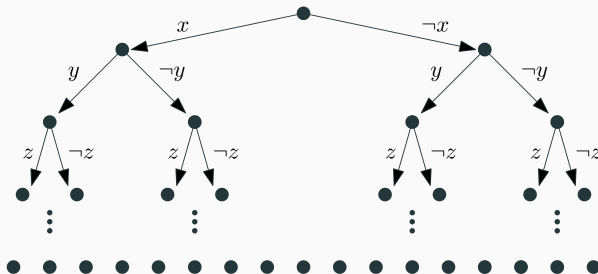
Explorativní dekompozice

⚠ Pokud *explorujeme* prostor možných řešení a testujeme, zda existuje prvek, který splňuje nějakou podmínku, chceme výpočet ukončit okamžitě po nalezení prvního vhodného prvku.

V případě paralelizace výpočtu chceme ukončit <u>všechna</u> vlákna!

Explorativní dekompozice: Řešení problému SAT

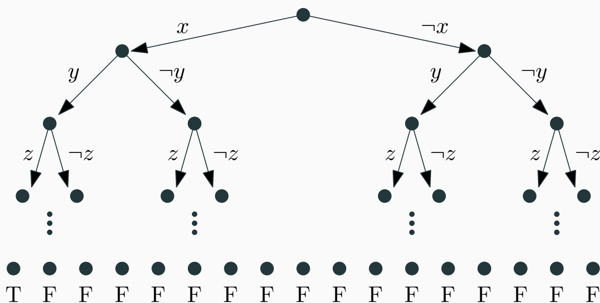
Chceme splnit booleovskou funkci ϕ nad booleovskými proměnnými x, y, z, ...



Máme 4 vlákna – jak byste úlohu paralelizovali?

Explorativní dekompozice: Řešení problému SAT

Chceme splnit booleovskou funkci ϕ nad booleovskými proměnnými x, y, z, ...



Jak na to?

```
#pragma omp parallel
#pragma omp for
for (...){
    #pragma omp cancellation point for
    if (condition){
            #pragma omp cancel for
    }
}
```

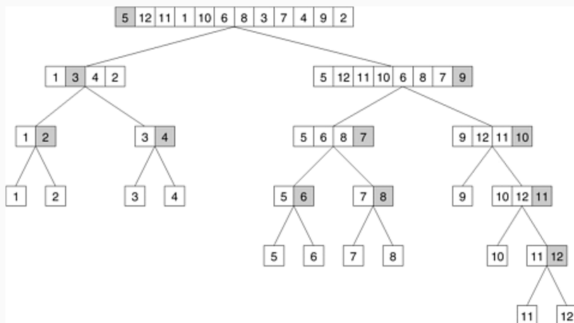
Jak na to?

```
#pragma omp parallel
{
  while(true){
   #pragma omp cancellation point parallel
    if (condition){
    #pragma omp cancel parallel
    }
  }
}
```

Rekurzivní dekompozice

Z algoritmizace víte, že pro některé úlohy je vhodná rekurze.

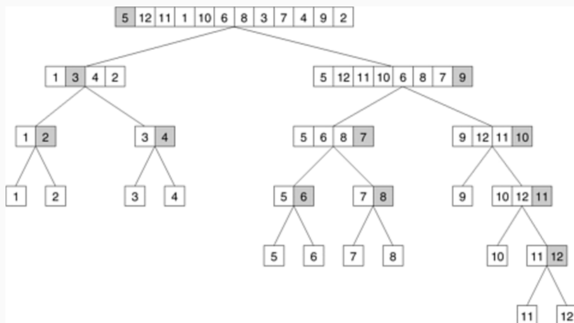
Vzpomeňte si na řazení! (např. quick-sort z přednášky)



Rekurzivní dekompozice

Z algoritmizace víte, že pro některé úlohy je vhodná rekurze.

Vzpomeňte si na řazení! (např. quick-sort z přednášky)



Jak takovýto rekurzivní výpočet zparalelizovat?

U rekurzivních úloh často ani nevíme, jaké podúkoly budeme muset řešit...

Rekurzivní dekompozice

Řešení: Budeme paralelní úlohy spouštět dynamicky!

Ve chvíli, kdy potřebujeme zavolat jinou rekurzivní metodu spustíme nový `#pragma omp task`. Ten se zpracuje ve chvíli, kdy nějaké vlákno nemá, co dělat. Vzpomeňte si na thread-pool!

Řešení: Budeme paralelní úlohy spouštět dynamicky!

Ve chvíli, kdy potřebujeme zavolat jinou rekurzivní metodu spustíme nový `#pragma omp task`. Ten se zpracuje ve chvíli, kdy nějaké vlákno nemá, co dělat. Vzpomeňte si na thread-pool!

Otázka: Jak se tento přístup liší od `#pragma omp parallel for schedule(dynamic)`?

Příklad #pragma omp task: Paralelní suma

```c
float sum(const float *a, size_t n){
    float r;
    #pragma omp parallel
    #pragma omp single
    r = parallel_sum(a, n);
    return r;
}

static float parallel_sum(const float *a, size_t n){
    if (n <= CUTOFF) { return serial_sum(a, n);}
    float x, y;        size_t half = n / 2;
    #pragma omp task shared(x)
    x = parallel_sum(a, half);
    #pragma omp task shared(y)
    y = parallel_sum(a + half, n - half);
    #pragma omp taskwait
    x += y;
    return x;
}
```

Fibonacciho posloupnost

$$1,\quad 1,\quad 2,\quad 3,\quad 5,\quad 8,\quad 13,\quad 21,\quad 34,\quad 55,\quad 89,\quad 144,\quad 233,\quad 377,\quad 610, \ldots$$

Fibonacciho posloupnost (pro $n \in \mathbb{N}$) je definovaná:

$$F(n) = \begin{cases} 1 & \text{pokud } n = 1 \text{ nebo } n = 2 \\ F(n-1) + F(n-2), & \text{jinak} \end{cases}$$

Fibonacciho posloupnost

$$1,\quad 1,\quad 2,\quad 3,\quad 5,\quad 8,\quad 13,\quad 21,\quad 34,\quad 55,\quad 89,\quad 144,\quad 233,\quad 377,\quad 610,\ldots$$

Fibonacciho posloupnost (pro $n \in \mathbb{N}$) je definovaná:

$$F(n) = \begin{cases} 1 & \text{pokud } n = 1 \text{ nebo } n = 2 \\ F(n-1) + F(n-2), & \text{jinak} \end{cases}$$

Doimplementujte metodu `fibonacci_parallel_worker`

Doimplementujte tělo metody `fibonacci_parallel_worker` v souboru `decompose.cpp`. Rekurzivní volání spouštějte pomocí direktivy `#pragma omp task`.

⚠ Proměnné v `task` jsou privátní (`lastprivate`) pro daný task, pokud neřeknete jinak (pomocí parametru OpenMP `shared(x)`).

Díky za pozornost!

Budeme rádi za Vaši zpětnou vazbu! $\rightarrow$

https://goo.gl/forms/z95lT943SqjAvQ1r2