

并行程序设计与算法

Assignment 4

2025-04-13

1: 简答题

Problem 1.1:

请简述 OpenMP 的 Fork-Join 并行执行模型，主线程（Master Thread）和工作线程（Worker Threads）在其中扮演什么角色？

Problem 1.2:

OpenMP 为归约变量创建私有变量，并且这些私有变量被初始化为归约操作符的恒等值。例如，如果操作符是加法，私有变量被初始化为 0；而如果操作符是乘法，私有变量被初始化为 1。那么操作符 `&&`、`||`、`&`、`|`、`^` 的恒等值是什么？

2: 分析题

Problem 2.1: 调度分析

假设有一个 `omp for` 循环，循环体内部的计算量依赖于索引 `i`，如下所示。对于每一次迭代 `process_item(i)`，其计算时间大致与 `i` 成正比。该循环使用 4 个线程并行执行，总共有 16 次迭代 (`i` 从 0 到 15)。

```
1 // 假设 process_item(i) 的耗时与 i 成正比
2 extern void process_item(int i);
3
4 #pragma omp parallel for num_threads(4) schedule(static, 2)
5 for (int i = 0; i < 16; ++i) {
6     process_item(i);
7 }
```

Problem 2.1.a: 在当前迭代策略下, 请大致描述迭代是如何分配给 4 个线程的?

Problem 2.1.b: 这种分配方式可能导致什么性能问题? 为什么? 请提供一种可能的优化方案并给出优化依据。

Problem 2.2: 竞争条件分析与修复

分析下面的 OpenMP 代码片段。是否存在竞争条件? 如果存在, 请指出具体发生在哪一行以及原因, 并提供至少两种使用 OpenMP 指令修复该问题的方法。

```
1 #include <omp.h>
2 #include <vector>
3 int main() {
4     int total_sum = 0;
5     std::vector<int> data = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10};
6     int n = data.size();
7     #pragma omp parallel for
8     for (int i = 0; i < n; ++i) {
9         total_sum += data[i];
10    }
11    // ... 输出 total_sum ...
12    return 0;
13 }
```