

## 实验 5：多进程与多线程的混合编程实验

### 一、实验要求

1. 编写并行程序，使用并行 LU 分解算法（或相关改进算法）求解线性方程组  $Ax = b$ ，请详细分析算法复杂度；
2. 该并行程序需要混合 MPI 以及 OpenMP（或者 pthread）编写；
3. 编程时使用 **double** 类型计算，并且编写矩阵向量乘程序计算残差的无穷范数（残差： $r = b - Ax$ 。要求残差的无穷范数不大于  $10^{-10}$ ）。报告附录中需要展示计算残差的精度；
4. 请使用新集群的八个节点运行程序，并且计算该程序实际计算资源利用率（实际计算峰值与集群理论峰值的比值，参考实验 2）。

### 二、实验数据

#### 1. 实验矩阵

(a) 系数矩阵 A 宽度为  $3 \times 2^{14}$ 。  $A = H + I$ ，其中  $H$  为希尔伯特矩阵， $I$  为单位矩阵；

(b) 系数矩阵 A 宽度为  $3 \times 2^{14}$ ，

$$a_{ij} = \frac{1}{|n - i - j + 1| + 1}, \quad i, j = 1, \dots, n.$$

#### 2. 向量 $b$

$$b = (1 \dots 1)^T$$

### 三、其他要求

每位组员完成以上实验以及实验报告，并且将程序以及报告在 **2013 年 1 月 30 日**前打包发送到邮箱。打包名称为“5-学号”，例如“5-13212837”。另外，在实验报告中请写上姓名学号，无姓名学号者 0 分。本次实验关系到本学期实验课成绩，请同学们认真对待。

## 附：并行算法复杂度分析过程

1. 首先用文字简要说明所要解决的问题、所用的并行算法的主要思想、算法拟在什么硬件架构及计算、通信环境下执行；
2. 用伪代码描述并行算法；
3. 在伪代码基础上，标明每一步的计算和通信复杂度（可以在伪代码上直接标注，也可以在伪代码后面用文字说明，但要一一对应）；
4. 将这些步骤的复杂度加起来。要注意循环和递归部分的复杂度汇总，这些地方容易算错；
5. 用复杂度分析来解释实验所测的性能结果，找出并行算法的计算热点和通信热点，以明确算法的性能瓶颈所在；
6. 在程序运行时，应在复杂度分析的帮助下，探索并行算法程序在什么参数配置下能达到最优或较优性能，这里的参数配置包括：并行度参数（节点数、单节点运行进程数、单进程运行线程数）、节点和进程的任务分组参数、任务和数据的分划参数、分析运行参数等等。