

# 《迷你计算集群搭建及 HPL 性能测试》项目报告

报告人：苏易文 (学号: 3240103466)

日期：2025年6月

## 🚩 项目简介

本项目在一台独立宿主机上，通过 **VMware** 虚拟机 从零搭建了一个含 4 个计算节点的迷你高性能计算集群。核心工作包括：

- 从源码编译与配置 **OpenMPI**、**BLAS**、**CBLAS**、**HPL** 等并行计算组件
- 运行 **HPL (High-Performance Linpack)** 基准测试并进行系统性性能调优
- 涉及 集群搭建、网络配置、并行程序编译、性能分析与参数优化 的完整实践流程

## ⚙️ 技术栈

- 虚拟化环境：VMware Workstation Pro
- 操作系统：Debian 12.2.0
- 并行计算框架：OpenMPI 5.0.3
- 核心数学库：BLAS 3.12.0, CBLAS
- 基准测试：HPL 2.3
- 编译工具：GCC 12.2.0, GFortran, Make
- 网络服务：SSH, NFS (Bonus), LDAP (Bonus)

## 最终成果

- 峰值性能: 3.1339 Gflops
- 最优配置:  $N=2000$ ,  $NB=224$ ,  $P \times Q=2 \times 5$

 完整项目及自动化脚本请见 [GitHub](#) / [个人网站](#)

- GitHub 仓库: [链接待补充]
  - 项目主页: [链接待补充]  
(建议插入二维码以便快速访问)
- 

## 集群架构与配置

- 共 4 个节点, 每节点 2 核 CPU + 2 GB 内存
  - VMware NAT 模式组网, `/etc/hosts` 静态解析
  - SSH 免密登录, 确保 MPI 作业无障碍执行
- 

## HPL 性能调优

### 1. 问题规模 $N$ 的影响 (固定 $NB=128$ , $P=2$ , $Q=5$ )

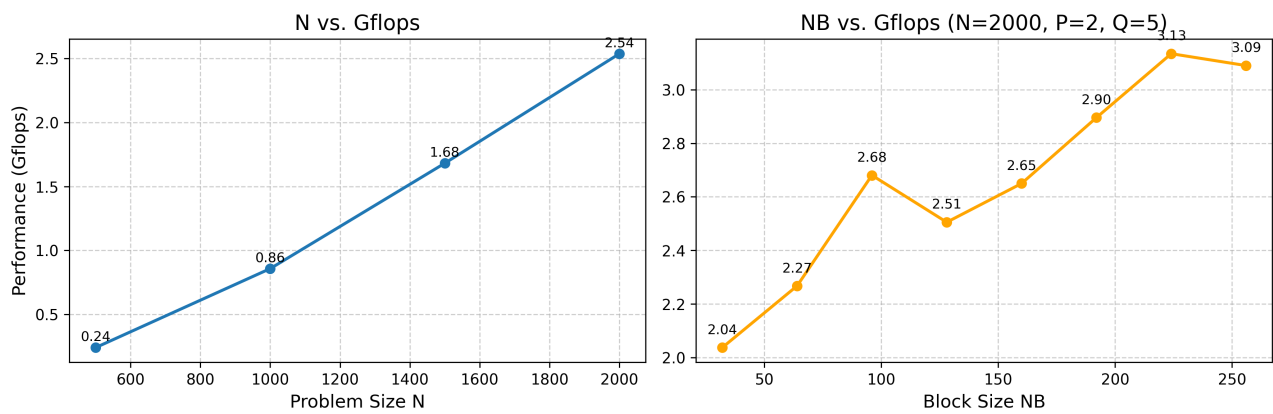
- 随着  $N$  增大, 通信开销被更好摊销
- 在  `$N=2000$`  时取得最优性能

结果如左图。

### 2. 分块大小 $NB$ 的影响 (固定 $N=2000$ , $P=2$ , $Q=5$ )

- Gflops 随  $NB$  增大 先上升后略降
- 最优点在  `$NB=224$` , 达到 **3.1339 Gflops**

结果如右图。



## 🏆 最优性能参数

参数	最优值	性能 (GFLOPS)
问题规模 N	2000	3.1339
分块大小 NB	224	
进程网格 P×Q	2×5	
运行时间	1.70s	

## ⚠️ 关键挑战与解决方案

挑战一：HPL 编译链接失败 (undefined reference to \_gfortran\_...)

- 原因：mpicc 链接 BLAS 时缺失 Fortran 运行库
- 解决：在 Make.Linux\_PII\_FBLAS 中追加 -lgfortran，成功生成 xhpl

挑战二：CBLAS 测试程序编译报错

- 原因：testing/ 代码与 gfortran/BLAS 版本不兼容
- 解决：跳过测试程序，仅使用成功生成的 cb1as\_LINUX.a 库

### 挑战三：NFS 客户端 `Permission denied`

- 原因：直接导出 `/home`，权限不匹配
  - 解决：新建 `/home/shared` 并赋予正确权限，仅导出该目录
-