

湖南大学

HUNAN UNIVERSITY

计算机设计

学生姓名 李博文

学生学号 201708010602

专业班级 智能 1702

指导老师 吴 强

论文题目 Linpack标准测试程序及其分析

一、linpack介绍

近些年随着计算机软硬件技术的提高，尤其是网络部件性能的提高，集群技术得到不断的发展。传统的 PVP（Parallel Vector Processor）超级计算机以及 MPP（Massively Parallel Processing）的成本很容易达到几千万美元，与此相比，具有相同峰值性能的机群价格则要低 1到2个数量级。机群大量采用商品化部件，它们的性能和价格遵循 Moore定律，从而使机群的性能 / 成本比的增长速率远快于PVP和MPP。

在实际应用中，人们越来越发现峰值性能不能用作衡量计算机系统的指标，从而开始开发各种测试程序来确定系统的实际性能。计算峰值或者浮点计算峰值是指计算机每秒钟能完成的浮点计算最大次数，包括理论浮点峰值和实测浮点峰值。理论浮点峰值是该计算机理论上能达到的每秒钟能完成浮点计算最大次数，它主要是由CPU的主频决定的。计算公式为：理论浮点峰值 = CPU 主频 × CPU 每个时钟周期执行浮点运算的次数 × 系统中 CPU 数。实测浮点峰值是指 Linpack 值，是在这台机器上运行 Linpack 测试程序，通过各种调优方法得到的最优的测试结果。在实际程序运行中，几乎不可能达到实测浮点峰值，更不用说理论浮点峰值了。这两个值只是作为衡量机器性能的一个指标。

Linpack 已经成为国际上最流行的用于测试高性能计算机系统浮点性能的 benchmark。通过利用高性能计算机，用高斯消元法求解一元 N次稠密线性代数方程组的测试，评价高性能计算机的浮点性

能。当前，用于科学与工程计算的集群系统在国内外得到愈来愈广泛的应用。对集群系统进行 Linpack 性能测试一方面有助于考察系统的实际计算能力，另一方面可以通过测试找出系统的性能瓶颈从而对系统进行有针对性的改进。

二、Linpack 测试程序简介

LINPACK是线性系统软件包 (Linear system package) 的缩写，主要开始于 1974 年 4 月, 美国 Argonne 国家实验室应用数学所主任 Jim Pool，在一系列非正式的讨论会中评估，建立一套专门解线性系统问题之数学软件的可能性。后来便提出了 LINPACK 计划案送到国家科学基金会 (National Science Foundation) 审核，经国家科学基金会同意并提供经费。

Linpack 是一个用 Fortran 语言编写的线性代数软件包，主要用于求解线性方程和线性最小平方问题。该软件包提供了各种线性系统中的求解方法，比如各种各样的矩阵运算。Linpack 的初衷并不是制订一个测试计算机性能的统一标准，而只是提供一些常用的计算方法的实现，但是由于该软件包的广泛使用，这样就为通过 Linpack 例程来比较不同计算机的性能提供了可能。

Linpack 测试包括三类，Linpack100、Linpack1000 和 HPL。Linpack100 求解规模为 100 阶的稠密线性代数方程组，它只允许采用编译优化选项进行优化，不得更改代码，甚至代码中的注释也不得修改。Linpack1000 要求求解规模为 1000 阶的线性代数方程组，达

到指定的精度要求，可以在改变计算量的前提下做算法和代码上做优化。HPL即 High Performance Linpack，也叫高度并行计算基准测试，它对数组大小 N 没有限制，求解问题的规模可以改变，除基本算法（计算量）不可改变外，可以采用其它任何优化方法。前两种测试运行规模较小，已不是很适合现代计算机的发展，因此现在使用较多的测试标准为 HPL，而且阶次 N 也是 linpack 测试必须指明的参数。

HPL是针对现代并行计算机提出的测试方式。用户在不修改任意测试程序的基础上，可以调节问题规模大小 N (矩阵大小)、使用到的 CPU 数目、使用各种优化方法来执行该测试程序，以获取最佳的性能。HPL采用高斯消元法求解线性方程组。当求解问题规模为 N 时，浮点运算次数为 $(2/3 * N^3 - 2*N^2)$ 。因此，只要给出问题规模 N ，测得系统计算时间 T ，峰值 = 计算量 $(2/3 * N^3 - 2*N^2) /$ 计算时间 T ，测试结果以浮点运算每秒（Flops）给出。

HPL测试程序为用户提供了一些可以设置的算法参数，以下是一些主要参数的介绍：

- 1、问题规模大小（ N ）指所求解的线性方程组的阶数；
- 2、分解数据块大小（ NB ）指分解过程中形成的小数据方块的维数；
- 3、处理器网格尺寸由两个参数决定。一个是 P ，代表水平方向处理器个数，另一个是 Q 代表垂直方向处理器个数，它们一起组成一个二维的处理器网格；
- 4、一步分解产生的子分块个数（ $NDIV$ ）；

- 5、 分解的方法（ RFACT）：用来选择产生 NDIV个子数据块的递归分解方式；
- 6、 分解的中止点（NBMIN），分解算法采用递归的块分解方法，当分解到的方块的列数等于 NBMIN时，分解算法不再进行块分解了，而是直接进行向量矩阵运算；
- 7、 PFACT:在向量矩阵运算过程中采用的块分解方式；
- 8、 分解算法数据块的传送方式（BCAST），指在一个节点上的数据分块如何传送给其他的结点，比如广播或者依次传递等；
- 9、 搜索深度（DEPTH），提供给算法设置如何对当前块的后续快的更新方式Linpack 为机群测试提供了标准，众多的参数使 Linpack 测试成为一个复杂耗时的过程。Linpack 参数配置规律以及各参数对测试结果影响程度，为利用 Linpack 快速测试机群性能提供了理论基础。

三、LINPACK安装步骤

1 . Linpack安装

在安装之前，我们需要做一些软件准备，相关的软件及下载地址如下。

（1）Linux平台，最新稳定内核的Linux发行版最佳，可以选择Red hat, Centos等。

（ 2 ） MPICH2 ， 这 是 个 并 行 计 算 的 软 件 ， 可 以 到 <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2/downloads/tarballs>

/1.4.1p1/mpich2-1.4.1p1.tar.gz下载最新的源码包。

(3) Gotoblas, BLAS库 (Basic Linear Algebra Subprograms) 是执行向量和矩阵运算的子程序集合, 这里我们选择公认性能最好的Gotoblas, 最新版可到 [http://www.tacc.utexas.edu/docum ...](http://www.tacc.utexas.edu/docum...)
2-b5f1-5a5843b4d47b

(4) HPL, linpack测试的软件, 可在下面网站下载最新版本,
<http://www.netlib.org/benchmark/hpl/>。

2、安装方法和步骤如下

(1) 安装MPICH2, 并配置好环境变量, 后期增加—

(2) 进入Linux系统, 建议使用root用户, 在/opt/app下建立linpack文件夹, 解压下载的Gotoblas和HPL文件到linpack文件夹下, 改名为Gotoblas和hpl。

```
#tar xvf GotoBLAS-*.tar.gz
```

```
#mv GotoBLAS-* /opt/app/linpack/Gotoblas
```

```
#tar xvf hpl-*.tar.gz
```

```
#mv hpl-* /opt/app/linpack/hpl
```

(3) 安装Gotoblas。

进入Gotoblas文件夹, 在终端下执行./ quickbuild.64bit (如果你是32位系统, 则执行./ quickbuild.31bit) 进行快速安装, 当然, 你也可以依据README里的介绍自定义安装。如果安装正常, 在本目录下就会生成 libgoto2.a和libgoto2.so两个文件。

(4) 安装HPL。

进入hpl文件夹从setup文件夹下提取与自己平台相近的Make.<arch>文件，复制到hpl文件夹内，比如我们的平台为Intel xeon，所以就选择了Make.Linux_PII_FBLAS, 它代表Linux操作系统、PII平台、采用FBLAS库。

```
cp    Make.Linux_PII_FBLAS    Make.Linux_xeon
```

编辑刚刚复制的文件，根据说明修改各个选项，使之符合自己的系统，比如我们系统的详细情况为， Intel xeon平台， mpich2安装目录为 /opt/app/mpi/mpich2， hpl和gotoblas安装目录为/opt/app/linpack，

四、结论

LINPACK率先开创了力学 (Mechanics) 分析软件的制作，建立了将来数学软件比较的标准，提供软件链接库，允许使用者加以修正以便处理特殊问题，兼顾了对各计算机的通用性，并提供高效率的运算。至目前为止， LINPACK 还是广泛地应用于解各种数学和工程问题。也由于它高效率的运算，使得其它几种数学软件例如 IMSL、MATLAB 纷纷加以引用来处理矩阵问题， 足见其在科学计算上有举足轻重的地位。