HPLHPCG

浮点计算性能测试程序 HPL

HPL 测试通常求解一个稠密线性方程组 $Ax = b$ 所花费的时间来评价计算机的浮点计算性能。为了保证测评结果的公平性，HPL 不允许修改基本算法（采用 LU 分解的高斯消元法），即必须保证总浮点计算次数不变。对 $N \times N$ 的矩阵 A，求解 $Ax = b$ 的总浮点计算次数为（ $2/3 \times N^3 - 2 \times N^2$ ）。因此，只要给出问题规模 N，测的系统计算时间 T，则 HPL 将测试该系统的浮点性能值为：（ $2/3 \times N^3 - 2 \times N^2$ ）/ T ，单位是 flops。

目前，HPL（Linpack）有 CPU 版、GPU 版和 MIC 版本，对应的测试 CPU 集群、GPU 集群和 MIC 集群的实际运行性能。Linpack 简单、直观、能反应系统的整个计算能力，能够较为简单的、有效的评价一个高性能计算机系统的整体计算能力。所以 Linpack 仍然是高性能计算系统评价的最为广泛的使用指标。但是高性能计算系统的计算类型丰富多样，仅仅通过衡量一个系统的求解稠密线性方程组的能力来衡量一个高性能系统的能力，显然是不客观的。

HPL 允许用户选择任意 N 规模，并且在不改变总浮点计算次数和计算精度的前提下对算法或程序进行修改。这在一定程度上促使用户为了取得更优的 HPL 值而八仙过海。

常用的 **HPL 优化策略**如下：

1.**选择尽可能大的 N，在系统内存耗尽之前， N 越大，HPL 性能越高。**

2.**HPL 的核心计算是 矩阵乘（耗时通常在 90%以上），矩阵乘法采用分块算法实现，其中分块的大小对计算性能影响巨大，需综合系统 CPU 缓存大小等因素，通过小规模问题的实测，选择最佳的分块矩阵值。**

3.**HPL 采用 MPI 进行并行计算，其中计算的进程以二维网格方式分布，需要设定处理器阵列排列方式和网格尺寸，这同样需要小规模数据测定获得最佳方案。**

4.**LU 分解参数、MPI、BLAS数学库、编译选项、操作系统等众多其他因素同样对最终测试结果有影响，具体情况需要参考相关文献。**

安装 OpenBLAS

1. 官方下载 OpenBLAS-0.3.10.tar.gz
2. 解压后，在解压目录中执行 `make` ，

```
OpenBLAS build complete. (BLAS CBLAS LAPACK LAPACKE)

OS               ... Linux
Architecture     ... x86_64
```

```
BINARY           ... 64bit
C compiler       ... GCC  (cmd & version : cc (Ubuntu 4.8.4-2ubuntu1~14.04.4) 4.8.4)
Fortran compiler ... GFORTRAN  (cmd & version : GNU Fortran (Ubuntu 4.8.4-2ubuntu1~14.04.4) 4.8.4)
Library Name     ... libopenblas_haswellp-r0.3.10.a (Multi-threading; Max num-threads is 32)

To install the library, you can run "make PREFIX=/path/to/your/installation install".
```

3. 执行 `make PREFIX=/home/***/HPL/openblas install`

安装 openMPI

1. 官方下载 openmpi-4.0.5.tar.gz
2. 解压后，在解压目录中执行 `./configure --prefix=/home/***/HPL/openmpi`

```
Resource Managers
-----------------------
Cray Alps: no
Grid Engine: no
LSF: no
Moab: no
Slurm: yes
ssh/rsh: yes
Torque: no

OMPIO File Systems
-----------------------
Generic Unix FS: yes
Lustre: no
PVFS2/OrangeFS: no
```

3. `make` , `make install`
4. 修改 `~/.bashrc` ，在后面加上

```
export PATH=/home/****/HPL/openmpi/bin:$PATH
export INCLUDE=/home/****/HPL/openmpi/include:$INCLUDE
```

```
3 export LD_LIBRARY_PATH=/home/*****/HPL/openmpi/lib:$LD_LIBRARY_PATH
```

保存后 `source ~/.bashrc`

HPL 安装与编译

1. 官方下载网站下载：hpl.tar.gz
2. 进入安装文件夹下的 setup，找到 `Make.Linux_PII_CBLAS` ，将其放置到上层目录并且命名为 `Make.Linux`
3. 修改 `Make.Linux`

```
1 ARCH         = Linux
2 TOPdir       = $(HOME)/HPL/hpl-2.3 /*改为hpl解压后产生文件夹*/
3 MPdir        = $(HOME)/HPL/openmpi /*改为openmpi安装文件夹*/
4 MPinc        = -I$(MPdir)/include
5 MPlib        = -L$(MPdir)/lib
6 LAdir        = $(HOME)/HPL/openblas
7 LAinc        = -I$(LAdir)/include
8 LAlib        = $(LAdir)/lib/libopenblas_haswellp-r0.3.10.a
9 HPL_OPTS     = -DHPL_CALL_CBLAS
10 CC          = $(MPdir)/bin/mpicc
11 CCFLAGS     = $(HPL_DEFS) -fomit-frame-pointer -fopenmp -O3 -funroll-loops
12 LINKER      = $(MPdir)/bin/mpif77
13 LINKFLAGS = $(CCFLAGS)
```

执行 `make arch=Linux`

4. 此时查看安装文件夹下 bin，会看到有 `Linux` 文件夹，里面有 `HPL.dat` ， `xhpl` ，安装完成。
5. 执行 `mpirun -np 4 ./xhpl` ，得到正确结果

HPL.dat 参数解释 https://www.netlib.org/benchmark/hpl/tuning.html

其中矩阵阶数 Ns ，块大小 NB ，以及进程数 P×Q 。

浮点计算性能测试程序 HPCG

HPCG 高度共轭梯度基准测试，是现在主要测试超算性能测试程序之一，也是 TOP500 的一项重要指标。一般来讲 HPCG 的测试结果会比 HPL 低很多，常常只有百分几。

HPCG采用共轭梯度法求解大型系数矩阵方程组 $Ax = b$ 。实际上，这类方程源自非定常数非线性偏微分方程组，迭代求解过程中需要频繁地存取不规则数据，因此 HPCG 对计算机系统要求高带宽、低延时、高 CPU （核）主频。而具备这些特点的计算机通常腌制时间长、研制难度大且价格昂贵，即使在美国，也只有极少量的“领导级计算机”属于此类系统。

整体而言，HPCG 所代表的问题涉及面较窄，基于此的性能及准程序想要如同 HPL 那样去的广泛的应用和认可，仍有较长的路要走。

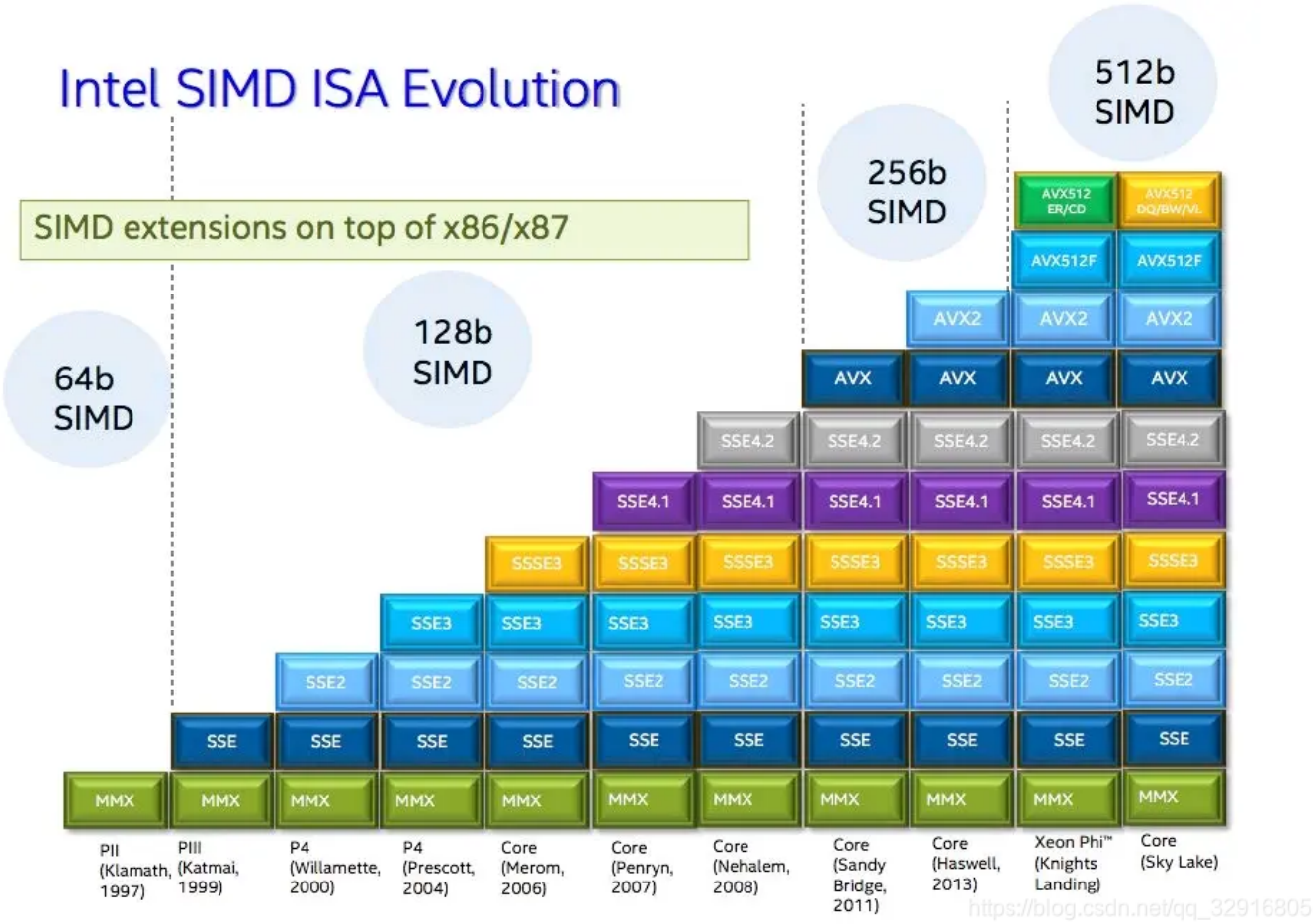
HPCG.dat 参数解释 https://github.com/hpcg-benchmark/hpcg/blob/master/TUNING

CPU算力

算力最基本的计量单位是 FLOPS，英文 Floating-point Operations Per Second，即每秒执行的浮点运算次数。

单个 CPU 核心的峰值浮点运算能力 = 单核主频 * 单核单周期浮点计算能力

CPU 算力 = 整个 CPU 的峰值浮点运算能力 = CPU 核数 * 单核主频 * 单核单周期浮点计算能力



https://blog.csdn.net/qq_32916805

avx2.0->256bit，avx512->512bit

单核单周期浮点计算能力 = 该矢量扩展指令集支持一个周期内同时操作的位数 * 该矢量扩展指令集拥有的 FMA 单元数 * 2（加法乘法并行） / 该精度浮点位数