HPL

测试环境

- 架高笔记本，增强散热。
- 网络连接、电源连接。
- 后台基本无其它应用。

参考

HPL测试_GUANYX~的博客-CSDN博客

linpack实验：MPI性能参数调优*linpack测试参数*HowsenFisher的博客-CSDN博客

以及一些其他的。

理论

- 本机cpu：12th Gen Intel(R) Core(TM) i5-12500H　2.50 GHz
  - 官网上看`Instruction Set Extensions :Intel® SSE4.1, Intel® SSE4.2, Intel® AVX2`
  - 每时钟周期浮点运算次数=16
- 虚拟机主频3.1GHz

```
yang@yang-virtual-machine:~/hpl-2.3/bin/test$ cat /proc/cpuinfo | grep
"processor" | wc -l
8
yang@yang-virtual-machine:~/hpl-2.3/bin/test$ cat /proc/cpuinfo | grep "cpu
cores" | uniq
cpu cores   : 4
```

- 理论峰值：`Gfloat=8*3.1*16=396.8`

初始

- 初始HPL.dat

```
#第一、二行：说明文字
HPLinpack benchmark input file
Innovative Computing Laboratory, University of Tennessee
#第三行：
HPL.out      output file name (if any)
#第四行："device out"为"6"时，测试结果输出至标准输出（stdout）,"device out"为"7"时，测试结果输出至标准错误输出（stderr）,"device out"为其它值时，测试结果输出至第三行所指定的文件中.
6            device out (6=stdout,7=stderr,file)
#第五行：矩阵的数量，如1即一个矩阵
4            # of problems sizes (N)
#第六行：问题规模大小N值,要考虑内存容量的制约关系，有一个达到最佳性能的上限值。384倍数
29 30 34 35  Ns
#第七行：测试块的个数
4            # of NBs
#第八行：系数矩阵被分成NBxNB的循环块被分配到各个进程当中去处理，NB不可能太大或太小，一般在256以下，NBx8一定是Cache line的倍数等。一般选择128。
1 2 3 4      NBs
#第九行：选择处理器阵列是按列的排列方式还是按行的排列方式。（按列的排列方式适用于节点数较多、每个节点内CPU数较少的系统；而按行的排列方式适用于节点数较少、每个节点内CPU数较多的大规模系统）
0            PMAP process mapping (0=Row-,1=Column-major)
#第10~12行：说明二维处理器网格（P × Q），要求：P × Q = 系统CPU数 = 进程数。P最好选择2的幂，P的值尽量取得小一点
3            # of process grids (P x Q)
2 1 4        Ps
2 4 1        Qs
#第13行：说明测试的精度。若误差在这个值以内就是正确，否则错误。
16.0         threshold
#第14~21行：指明L分解的方式，L、R、C，分别代表Left、Right和Crout。测试经验，NDIVs选择2比较理想，NBMINs 4或8都不错。（后续2、4好像优于4、8但是最好的结果是4、8）
3            # of panel fact
0 1 2        PFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2            # of recursive stopping criterium
2 4          NBMINs (>= 1)
1            # of panels in recursion
2            NDIVs
3            # of recursive panel fact.
0 1 2        RFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
#第22~23行：L的横向广播方式，HPL中提供了6种广播方式。一般来说，在小规模系统中，选择0或1；对于大规模系统，选择3。（选择3比较好）
1            # of broadcast
0            BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)
#第24~25行：说明横向通信的通信深度。
1            # of lookahead depth
0            DEPTHs (>=0)
#第26~27行：U的广播算法，SWAP="0"，采用二元交换法；SWAP="1"，采用Long法；SWAP="2"，采用混合法。
2            SWAP (0=bin-exch,1=long,2=mix)
64           swapping threshold
#第28~29行：说明L和U的数据存放格式。"transposed"，按列存放，否则按行存放。
0            L1 in (0=transposed,1=no-transposed) form
0            U  in (0=transposed,1=no-transposed) form
```

```
#第30行：主要在回代中使用，一般使用其默认值
1            Equilibration (0=no,1=yes)
#第31行：值主要为内存地址对齐而设置，用于在内存分配中对齐地址。出于安全考虑，可以选择 8 。
8            memory alignment in double (> 0)
```

- 初始结果：

```
WR00R2R4          35     4     1     4              0.00             2.7444e-01
```

- 初始比值：2.7444e-01/396.8=0.06916%

参数考虑（主要）

问题规模大小N

问题规模大小N值,要考虑内存容量的制约关系，有一个达到最佳性能的上限值。我们可以用物理内存的容量（单位：byte）乘以80%~85%来进行HPL的运算，剩余内存用于保证系统中的其他程序正常运行。由于一个双精度数占8个字节，所以再处以8，将结果开平方，得到的值比较接近最佳N值。根据经验似乎为384倍数更佳。

每组的规模的最大取值根据公式 `N*N*8=内存容量*80%` 计算得出。

```
yang@yang-virtual-machine:~/hpl-2.3/bin/test$ free -h
               total        used        free      shared  buff/cache   available
Mem:           7.7Gi       1.7Gi       4.3Gi        69Mi       1.7Gi       5.7Gi
Swap:          3.8Gi          0B       3.8Gi
yang@yang-virtual-machine:~/hpl-2.3/bin/test$ free -b
               total        used        free      shared  buff/cache   available
Mem:      8299274240  1879293952  4646662144    72769536  1773318144  6080458752
Swap:     4087345152           0  4087345152
```

由 `N*N*8=4646662144*80%` 得N=21556，考虑384的倍数，应该为21504。

但是之后发现剩余内存量发生了改变。

P*Q

P × Q = 系统CPU数 = 进程数 = 8

一般P<Q,且P为的幂

后续 `1*8，2*4，4*2，8*1`

矩阵分块NB

系数矩阵被分成NBxNB的循环块被分配到各个进程当中去处理，NB不可能太大或太小，一般在256以下，NBx8一定是Cache line的倍数等。

取32，64，128，192，256等

测试

改变P*Q

修改推荐配置前：

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值
1	5760	128	1	8	1.15	1.1072e+02	27.90%
2	5760	128	2	4	1.11	1.1471e+02	28.90%
3	5760	128	4	2	1.13	1.1247e+02	28.34%
4	5760	128	8	1	1.32	9.6597e+01	24.34%
5	5760	128	1	4	1.78	7.1473e+01	
6	5760	128	2	2	1.77	7.1817e+01	
7	5760	128	4	1	1.84	6.9139e+01	
8	9600	128	1	8	4.60	1.2826e+02	32.32%
9	9600	128	2	4	4.61	1.2791e+02	32.24%
10	9600	128	4	2	4.62	1.2765e+02	32.17%
11	13440	128	1	8	11.99	1.3503e+02	34.03%
12	13440	128	2	4	11.71	1.3819e+02	34.83%
13	13440	128	4	2	12.49	1.2962e+02	32.67%
14	19200	128	1	8	33.46	1.4103e+02	35.54%
15	19200	128	2	4	32.49	1.4527e+02	36.61%

> - P*Q=4时，命令从mpirun -np 8 ./xhpl改为mpirun -np 4 ./xhpl（-np 8Gflops值反而更小）
> - P*Q为`8*1`及`4*2`的数据，以及`P*Q=4`的数据是为了验证参考博客的内容。

修改推荐配置后：

```
HPLinpack benchmark input file
Innovative Computing Laboratory, University of Tennessee
HPL.out      output file name (if any)
6            device out (6=stdout,7=stderr,file)
1            # of problems sizes (N)
19200  Ns
1            # of NBs
128          NBs
1            PMAP process mapping (0=Row-,1=Column-major)
1            # of process grids (P x Q)
2            Ps
4            Qs
16.0         threshold
1            # of panel fact
1            PFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2            # of recursive stopping criterium
```

```
4 8          NBMINs (>= 1)
1            # of panels in recursion
2            NDIVs
1            # of recursive panel fact.
2            RFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2            # of broadcast
3            BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)
2            # of lookahead depth
0 1          DEPTHs (>=0)
2            SWAP (0=bin-exch,1=long,2=mix)
64           swapping threshold
0            L1 in (0=transposed,1=no-transposed) form
0            U  in (0=transposed,1=no-transposed) form
1            Equilibration (0=no,1=yes)
8            memory alignment in double (> 0)
```

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值
1	5760	128	1	8	1.04	1.2261e+02	30.90%
2	5760	128	2	4	1.01	1.2628e+02	31.82%
3	9600	128	1	8	4.35	1.3554e+02	34.16%
4	9600	128	2	4	4.24	1.3912e+02	35.06%
5	13440	128	1	8	11.45	1.4132e+02	35.61%
6	13440	128	2	4	11.57	1.3997e+02	35.27%
7	19200	128	1	8	33.75	1.3983e+02	35.24%
8	19200	128	2	4	37.04	1.4268e+02	35.96%

发现：

- 修改推荐配置后Ns为5760、9600、13440的Gflops有所提高，但Ns为19200的Gflops却降低了。
- 大部分情况下，P*Q为`2*4`是优于`1*8`的。后续将只测试前者。
- 后续可能需要用修改推荐配置前（即默认配置）的进行测试。
- 目前最优的是`WR00L2L2  19200  128  2  4  32.49  1.4527e+02`(默认配置下)，比值36.61%

改变NBs

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops
1	19200	32	2	4	40.46	1.1664e+02
2	19200	64	2	4	35.66	1.3235e+02
3	19200	96	2	4	33.44	1.4114e+02
4	19200	128	2	4	32.81	1.4382e+02
5	19200	160	2	4	33.74	1.3985e+02

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops
6	19200	192	2	4	34.31	1.3756e+02
7	19200	224	2	4	34.83	1.3548e+02
8	19200	256	2	4	34.46	1.3694e+02

Ns=19200，P=2，Q=4：

序号	NBs	time	Gflops
1	80	32.86	1.4361e+02
2	96	32.95	1.4321e+02
3	112	32.20	1.4654e+02
4	128	33.36	1.4148e+02
5	144	31.89	1.4796e+02
6	160	32.96	1.4318e+02
7	176	32.40	1.4566e+02
8	192	33.21	1.4210e+02
9	208	32.72	1.4424e+02
10	224	33.12	1.4247e+02
11	240	33.64	1.4247e+02
12	256	34.95	1.3501e+02

整合（**Ns=19200，P=2，Q=4**）：

序号	NBs	time	Gflops	比值
1	32	40.46	1.1664e+02	29.40%
2	64	35.66	1.3235e+02	33.35%
3	80	32.86	1.4361e+02	36.19%
4	96	32.95	1.4321e+02	36.09%
5	112	32.20	**1.4654e+02**	36.93%
6	128	32.81	1.4382e+02	36.24%
7	144	31.89	**1.4796e+02**	37.29%
8	160	32.96	1.4318e+02	36.08%
9	176	32.40	**1.4566e+02**	36.71%

序号	NBs	time	Gflops	比值
10	192	33.21	1.4210e+02	35.81%
11	208	32.72	1.4424e+02	36.35%
12	224	33.12	1.4247e+02	35.90%
13	240	33.64	1.4028e+02	35.35%
14	256	34.46	1.3694e+02	34.51%

- 目前最优的是`WC10R2C8 19200 144 2 4 31.89 1.4796e+02`，比值37.29%。
- 问题：不同时间测试的数据差距明显。
- 可能需要改变Ns的值，再进行测试，测试NBs值为80、96、112、128、144、160、176、192、208、（224）

P=2，Q=4：

Ns	NBs	time	Gflops
13440	80	11.90	1.3601e+02
13440	96	11.80	1.3714e+02
13440	112	11.86	1.3651e+02
13440	128	11.84	1.3674e+02
13440	**144**	11.65	**1.3893e+02**
13440	160	11.90	1.3600e+02
13440	**176**	11.63	**1.3924e+02**
13440	192	12.20	1.3263e+02
13440	**208**	11.48	**1.4100e+02**
13440	224	12.07	1.3408e+02
9600	**96**	4.40	**1.3399e+02**
9600	112	4.48	1.3169e+02
9600	128	4.57	1.2898e+02
9600	144	4.48	1.3161e+02
9600	**160**	4.29	**1.3764e+02**
9600	**176**	4.48	**1.3179e+02**
9600	192	4.55	1.2968e+02
9600	208	4.63	1.2755e+02

Ns	NBs	time	Gflops
5760	96	1.06	1.1991e+02
5760	112	1.07	1.1924e+02
5760	128	1.06	1.2039e+02
5760	**144**	1.04	**1.2223e+02**
5760	**160**	1.06	**1.2057e+02**
5760	**176**	1.04	**1.2224e+02**
5760	192	1.12	1.1428e+02
5760	208	1.08	1.1827e+02

- 13440最好的是NBs值是144、176、208
- 9600：96、160、176
- 5760：144、160、208
- 19200：112、144、176

改变Ns

P=2，Q=4

Gflops	NBs=96	NBs=112	NBs=128	NBs=144	NBs=160	NBs=176	Ns=208
Ns=9600	1.3572e+02	1.3466e+02	1.3144e+02	1.3140e+02	1.3377e+02	1.3346e+02	1.2844e+02
Ns=10240	1.3226e+02	1.3196e+02	1.3078e+02	1.3213e+02	1.3047e+02	1.3226e+02	1.3148e+02
Ns=11520	1.3498e+02	1.3381e+02	1.3237e+02	1.3526e+02	1.3519e+02	1.3559e+02	1.3299e+02
Ns=13440	1.3499e+02	1.4110e+02	1.4013e+02	1.4283e+02	1.3909e+02	1.4047e+02	1.3519e+02
Ns=15360	1.4118e+02	1.4189e+02	1.3854e+02	1.4053e+02	1.4462e+02	1.4399e+02	1.3862e+02
Ns=17280	1.4049e+02	1.4109e+02	1.3978e+02	1.4205e+02	1.4345e+02	1.4181e+02	1.3738e+02
Ns=19200	1.4415e+02	1.4227e+02	1.4060e+02	1.4284e+02	**1.4663e+02**	1.4419e+02	1.4243e+02
Ns=21120	1.4085e+02	1.4245e+02	1.4250e+02	1.4346e+02	1.4434e+02	1.4469e+02	1.4235e+02
Ns=23040				1.1883e+02	1.1841e+02	1.1942e+02	

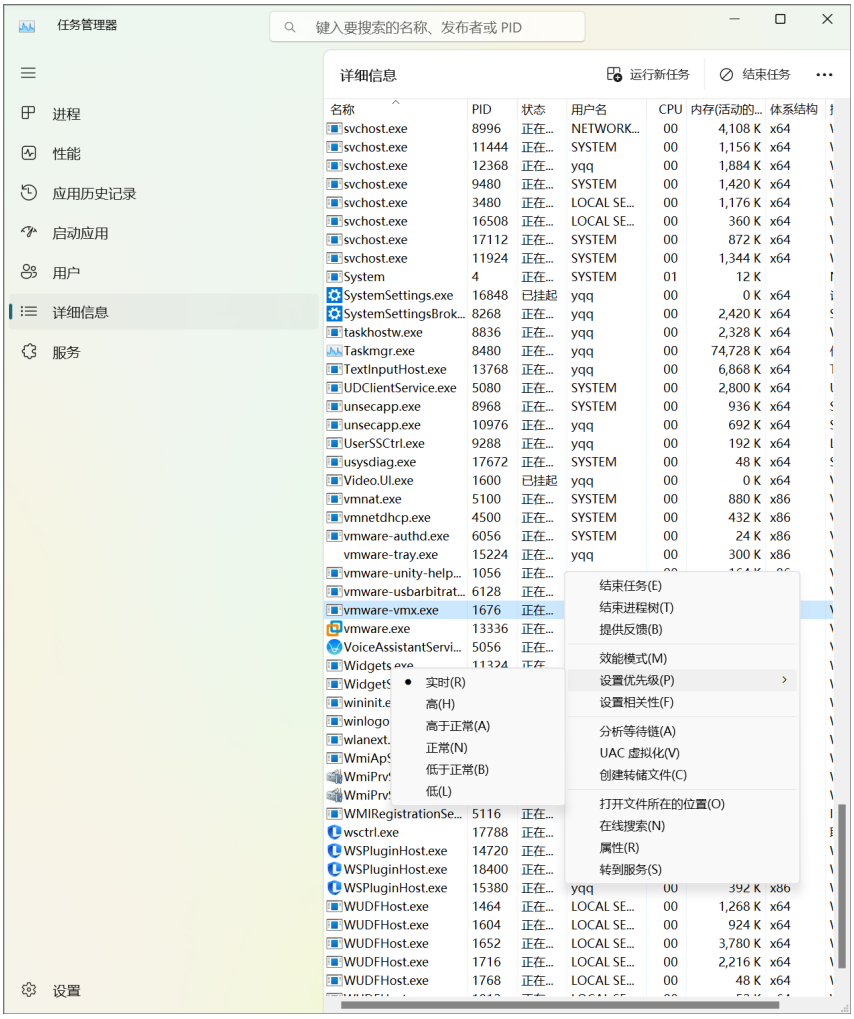
```
yang@yang-virtual-machine:~/hpl-2.3/bin/test$ free -b
               total        used        free      shared  buff/cache   available
内存：  8299270144  1793114112  5403443200    51945472  1102712832  6197198848
交换：  4087345152           0  4087345152
```

由`N*N*8=5403443200*80%`考虑384的倍数，应该为23040。

> 测试完21120之后，再次进行测试时，发现电脑cpu使用率只有在刚运行时能达到于之前测试时差不多的数值，然后就不断下降，维持在一个不高的值。然后发现了电脑中的野兽模式，
> N=23040，NB为96、112、128、208的就没有继续测试。

打开电脑的野兽模式

并将任务管理器中`VMware Workstation VMX`调到实时



测试1：

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值
1	19200	144	2	4	26.49	1.7818e+02	44.90%
2	19200	160	2	4	24.48	1.9278e+02	48.58%
3	19200	176	2	4	24.17	1.9523e+02	**49.20%**
4	21120	144	2	4	33.03	1.9018e+02	47.93%
5	21120	160	2	4	37.92	1.6566e+02	41.75%
6	21120	176	2	4	32.83	1.9133e+02	48.22%

- 比值终于达到了4开头，将近5，虽然离理想（6~7）还是差很多。

测试2：

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值
1	21504	112	2	4	40.79	1.6253e+02	40.96%

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值
2	21504	144	2	4	37.55	1.7655e+02	44.49%
3	21504	160	2	4	39.67	1.6715e+02	42.12%
4	21504	176	2	4	38.25	1.7331e+02	43.68%

测试3（两次）：

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值
1	23040	112	2	4	41.80	1.9509e+02	49.17%
2	23040	144	2	4	40.61	2.0082e+02	50.61%
3	23040	160	2	4	39.21	2.0799e+02	**52.42%**
4	23040	176	2	4	40.21	2.0281e+02	51.11%
5	23040	96	2	4	46.71	1.7457e+02	43.99%
6	23040	128	2	4	44.02	1.8523e+02	46.68%
7	23040	144	2	4	39.65	2.0564e+02	51.82%

- 比值达到5开头。

测试4：

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值\%
1	23424	144	2	4	41.52	2.0639e+02	52.01
2	23424	160	2	4	46.13	1.8576e+02	46.81
3	23424	168	2	4	44.23	1.9372e+02	48.82
4	23424	176	2	4	42.39	2.0217e+02	50.95
5	23424	208	2	4	48.30	1.7741e+02	44.71
6	23424	256	2	4	49.54	1.7297e+02	43.59
7	23424	96	2	4	45.80	1.8711e+02	47.15
8	23424	128	2	4	43.47	1.9713e+02	49.68

测试5：

（由于刚开机，先跑了别的数据，再测试）

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值|%
1	23040	144	2	4	45.61	1.7880e+02	45.06
2	23040	160	2	4	40.58	2.0097e+02	50.65

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops	比值|%
3	23040	176	2	4	42.09	1.9375e+02	48.83
4	23424	144	2	4	44.45	1.9277e+02	48.58
5	23424	160	2	4	44.97	1.9054e+02	48.02
6	23424	176	2	4	39.60	**2.1636e+02**	54.53
7	23808	144	2	4	50.48	1.7825e+02	44.92
8	23808	160	2	4	44.32	2.0303e+02	51.17
9	23808	176	2	4	46.73	1.9252e+02	48.52

- 其中6号数据最优，也是目前最好的结果，达到54.53%。

修改其他配置

全部改为初始配置

PMAP process mapping为0.

```
3            # of panel fact
0 1 2        PFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2            # of recursive stopping criterium
2 4          NBMINs (>= 1)
1            # of panels in recursion
2            NDIVs
3            # of recursive panel fact.
0 1 2        RFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
1            # of broadcast
0            BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)
1            # of lookahead depth
0            DEPTHs (>=0)
2            SWAP (0=bin-exch,1=long,2=mix)
64           swapping threshold
0            L1 in (0=transposed,1=no-transposed) form
0            U  in (0=transposed,1=no-transposed) form
1            Equilibration (0=no,1=yes)
8            memory alignment in double (> 0)
```

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops
1	23040	144	2	4	42.80	1.9051e+02
2	23040	160	2	4	45.55	1.7902e+02
3	23040	176	2	4	42.38	1.9240e+02
4	23424	144	2	4	45.74	1.8735e+02
5	23424	160	2	4	46.27	1.8518e+02
6	23424	176	2	4	43.25	1.9811e+02

序号	Ns	NBs	P	Q	time	Gflops
7	23808	144	2	4	48.04	1.8728e+02
8	23808	160	2	4	47.81	1.8820e+02
9	23808	176	2	4	46.56	1.9325e+02

- 全部修改并没有出现跟P*Q测试中，默认配置>推荐配置的情况。
- 总体来说，比测试5差。

修改1（NBMINs、PMAP process mapping）

```
HPLinpack benchmark input file
Innovative Computing Laboratory, University of Tennessee
HPL.out      output file name (if any)
6            device out (6=stdout,7=stderr,file)
1            # of problems sizes (N)
23424        Ns
3            # of NBs
144 160 176  NBs
1            PMAP process mapping (0=Row-,1=Column-major)
1            # of process grids (P x Q)
2            Ps
4            Qs
16.0         threshold
3            # of panel fact
0 1 2        PFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2            # of recursive stopping criterium
4 8          NBMINs (>= 1)
1            # of panels in recursion
2            NDIVs
3            # of recursive panel fact.
0 1 2        RFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
1            # of broadcast
0            BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)
1            # of lookahead depth
0            DEPTHs (>=0)
2            SWAP (0=bin-exch,1=long,2=mix)
64           swapping threshold
0            L1 in (0=transposed,1=no-transposed) form
0            U  in (0=transposed,1=no-transposed) form
1            Equilibration (0=no,1=yes)
8            memory alignment in double (> 0)
```

序号	Ns	NBs	PMAP process mapping	NBMINs	P	Q	time	Gflops
1	23424	144	1	4、8	2	4	46.31	1.8505e+02
2	23424	160	1	4、8	2	4	46.40	1.8467e+02
3	23424	176	1	4、8	2	4	44.76	1.9144e+02

序号	Ns	NBs	PMAP process mapping	NBMINs	P	Q	time	Gflops
4	23424	144	0	4、8	2	4	48.51	1.7664e+02
5	23424	160	0	4、8	2	4	46.92	1.8262e+02
6	23424	176	0	4、8	2	4	45.22	1.8949e+02
7	23424	144	0	2、4	2	4	46.88	1.8280e+02
8	23424	160	0	2、4	2	4	45.48	1.8842e+02
9	23424	176	0	2、4	2	4	43.97	1.9487e+02
10	23424	144	1	2、4	2	4	44.29	1.9349e+02
11	23424	160	1	2、4	2	4	43.28	1.9800e+02
12	23424	176	1	2、4	2	4	42.22	2.0298e+02

- NBMINs为2、4，PMAP process mapping为1时较优。

修改2（BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)）

```
HPLinpack benchmark input file
Innovative Computing Laboratory, University of Tennessee
HPL.out      output file name (if any)
6            device out (6=stdout,7=stderr,file)
1            # of problems sizes (N)
23424        Ns
3            # of NBs
144 160 176  NBs
1            PMAP process mapping (0=Row-,1=Column-major)
1            # of process grids (P x Q)
2            Ps
4            Qs
16.0         threshold
3            # of panel fact
0 1 2        PFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2            # of recursive stopping criterium
2 4          NBMINs (>= 1)
1            # of panels in recursion
2            NDIVs
3            # of recursive panel fact.
0 1 2        RFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
1            # of broadcast
3            BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)
1            # of lookahead depth
0            DEPTHs (>=0)
2            SWAP (0=bin-exch,1=long,2=mix)
64           swapping threshold
0            L1 in (0=transposed,1=no-transposed) form
0            U  in (0=transposed,1=no-transposed) form
1            Equilibration (0=no,1=yes)
```

```
8            memory alignment in double (> 0)
```

序号	Ns	NBs	BCASTs	P	Q	time	Gflops
1	23424	144	3	2	4	44.51	1.9254e+02
2	23424	160	3	2	4	46.13	1.8577e+02
3	23424	176	3	2	4	44.52	1.9249e+02
4	23424	144	0	2	4	48.12	1.7806e+02
5	23424	160	0	2	4	47.57	1.8013e+02
6	23424	176	0	2	4	45.68	1.8759e+02
7	23424	144	1	2	4	47.49	1.8043e+02
8	23424	160	1	2	4	46.50	1.8429e+02
9	23424	176	1	2	4	45.29	1.8919e+02
10	23424	144	2	2	4	46.32	1.8501e+02
11	23424	160	2	2	4	45.67	1.8761e+02
12	23424	176	2	2	4	47.17	1.8166e+02
13	23424	144	4	2	4	51.52	1.6632e+02
14	23424	160	4	2	4	48.38	1.7712e+02
15	23424	176	4	2	4	47.93	1.7878e+02
16	23424	144	5	2	4	49.48	1.7318e+02
17	23424	160	5	2	4	47.74	1.7950e+02
18	23424	176	5	2	4	45.56	1.8809e+02

- 相对来说，推荐的3比较好。

总结

- 最优的比值（2.1636e+02）/396.8=54.53%
- 配置如下（跟修改其他配置的不一样诶）：

```
HPLinpack benchmark input file
Innovative Computing Laboratory, University of Tennessee
HPL.out      output file name (if any)
6            device out (6=stdout,7=stderr,file)
1            # of problems sizes (N)
23424  Ns
1            # of NBs
176          NBs
1            PMAP process mapping (0=Row-,1=Column-major)
```

```
1            # of process grids (P x Q)
2            Ps
4            Qs
16.0         threshold
1            # of panel fact
1            PFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2            # of recursive stopping criterium
4 8          NBMINs (>= 1)
1            # of panels in recursion
2            NDIVs
1            # of recursive panel fact.
2            RFACTs (0=left, 1=Crout, 2=Right)
2            # of broadcast
3            BCASTs (0=1rg,1=1rM,2=2rg,3=2rM,4=Lng,5=LnM)
2            # of lookahead depth
0 1          DEPTHs (>=0)
2            SWAP (0=bin-exch,1=long,2=mix)
64           swapping threshold
0            L1 in (0=transposed,1=no-transposed) form
0            U  in (0=transposed,1=no-transposed) form
1            Equilibration (0=no,1=yes)
8            memory alignment in double (> 0)
```