

Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Sede de Cartago.

Escuela de Ingeniería en Computación.

Proyecto 2 - Cluster Kabré + Open MP.

Mary Paz Aguilar Herrera, 2017097669

Jossy Mejia Vargas 2017109693

I Semestre, 2018.

Fecha de Entrega: 11/06/2018.

Profesor: Esteban Arias.

Abstract

In this document we will show the process to make the parallel computing with the Kabre cluster located in the Cenat, we will also describe the specs of our computers and show the screenshots about a program who show the floops of our computers.

En este trabajo se puso en práctica la programación paralela con Open MP y MPI donde se trabaja con algunos nodos del cluster Kabré con un código que a través de un for que empieza en 0 y termina en 9999999 realiza algunas operaciones de una ecuación para después imprimir el resultado, este código fue adaptado a las librerías Open MP y MPI para ejecutarlo en cluster de manera paralela.

Como documentación de apéndice del artículo en este documento se quiere probar la realización del trabajo por este motivo se demuestra con fotos los procesos realizados en el cluster para poder lograr las conclusiones del artículo científico.

Mini marco teórico

Cluster: El término clúster (del inglés cluster, que significa grupo o racimo) se aplica a los conjuntos o conglomerados de ordenadores unidos entre sí normalmente por una red de alta velocidad y que se comportan como si fuesen una única computadora.

Computación paralela: La computación paralela es una forma de cómputo en la que muchas instrucciones se ejecutan simultáneamente,¹ operando sobre el principio de que problemas grandes, a menudo se pueden dividir en unos más pequeños, que luego son resueltos simultáneamente (en paralelo).

Cenat: El Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT-CONARE) ha construido una plataforma sólida basada en laboratorios especializados en geomática, nanotecnología, computación avanzada y biotecnología que le han permitido impulsar diversos proyectos de investigación, beneficiando al sector empresarial, gubernamental y académico.

OpenMP: OpenMP es una interfaz de programación de aplicaciones (API) para la programación multiproceso de memoria compartida en múltiples plataformas.

Permite añadir concurrencia a los programas escritos en C, C++ y Fortran sobre la base del modelo de ejecución fork-join.

Flops: operaciones de coma flotante por segundo son una medida del rendimiento de una computadora, especialmente en cálculos científicos que requieren un gran uso de operaciones de coma flotante.

Especificaciones técnicas de las computadoras usadas:

Computadora #1:

Marca: ACER

Procesadores: Intel® Core™ i5-5200u cpu @2.20GHz(4 CPUs), ~2.20 GHz

Tipo: Notebook

RAM tipo: DDR3L SDRAM

RAM cantidad: 6.00 GB

RAM velocidad: 1600 MHz

Tipo de disco duro: HDD

Cantidad de disco duro: 1 TB

TiPos de memoria caché: 3 MB

Flops de la computadora #1:

```
C:\Users\ACER\Desktop\w_mklb_p_2018.2.010\benchmarks_2018\windows\mkl\... - [X]
Input data or print help ? Type [data/help] :
DATA
Number of equations to solve (problem size): 5000
Leading dimension of array: 5000
Number of trials to run: 200
Data alignment value (in Kbytes): 1000000
Warning: incorrect parameter Data alignment value (in Kbytes) (1000000),
must be not bigger than (64),
set to default value (64).
Current date/time: Mon Jun 11 19:23:58 2018

CPU frequency: 2.476 GHz
Number of CPUs: 1
Number of cores: 2
Number of threads: 2

Parameters are set to:

Number of tests: 1
Number of equations to solve (problem size) : 5000
Leading dimension of array : 5000
Number of trials to run : 200
Data alignment value (in Kbytes) : 64

Maximum memory requested that can be used=200165536, at the size=5000

5000 5000 64 1.843 45.2358 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.759 47.4016 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.934 43.1225 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.839 45.3439 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.923 43.3610 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 2.208 37.7682 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.911 43.6426 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.869 44.6199 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.904 43.8026 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.834 45.4594 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.896 43.9708 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 2.136 39.0292 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.965 42.4446 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.890 44.1202 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.958 42.5928 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.862 44.7898 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.918 43.4739 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.895 44.0096 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.866 44.6784 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.843 45.2522 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.937 43.0442 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.888 44.1583 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.887 44.1836 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
5000 5000 64 1.954 42.6695 2.262585e-11 3.154992e-02 pass
```

Computadora #2:

Marca: HP

Procesadores: Intel® Core™ i5-6200U con gráficos Intel® HD 520 (2,3 GHz, hasta 2,8 GHz, 2 núcleos)

Tipo: Notebook

RAM tipo: DDR3L SDRAM

RAM cantidad: 6 GB

RAM velocidad: 1600 MHz

Tipo de disco duro: Serial ATA-300

Cantidad de disco duro: 1TB

TiPos de memoria caché: 3MB

Flops de la computadora #2:

```
C:\Users\Jossy Mejia\Desktop\w_mklb_p_2018.3.011\benchmarks_2018\windows\mkl\benchmarks\linpack\linpack_xeon64.exe
Input data or print help ? Type [data]/help :
DATA
Number of equations to solve (problem size): 4000
Leading dimension of array: 4000
Number of trials to run: 200
Data alignment value (in Kbytes): 64
Current date/time: Mon Jun 11 06:56:48 2018

CPU frequency: 2.541 GHz
Number of CPUs: 1
Number of cores: 2
Number of threads: 2

Parameters are set to:

Number of tests: 1
Number of equations to solve (problem size) : 4000
Leading dimension of array : 4000
Number of trials to run : 200
Data alignment value (in Kbytes) : 64

Maximum memory requested that can be used=128145536, at the size=4000

===== Timing linear equation system solver =====

Size LDA Align. Time(s) GFlops Residual Residual(norm) Check
4000 4000 64 1.084 39.3787 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.244 34.3142 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.234 34.5964 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.044 40.9047 1.841294e-11 4.013274e-02 pass

C:\Users\Jossy Mejia\Desktop\w_mklb_p_2018.3.011\benchmarks_2018\windows\mkl\benchmarks\linpack\linpack_xeon64.exe
Number of tests: 1
Number of equations to solve (problem size) : 4000
Leading dimension of array : 4000
Number of trials to run : 200
Data alignment value (in Kbytes) : 64

Maximum memory requested that can be used=128145536, at the size=4000

===== Timing linear equation system solver =====

Size LDA Align. Time(s) GFlops Residual Residual(norm) Check
4000 4000 64 1.084 39.3787 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.244 34.3142 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.234 34.5964 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.044 40.9047 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.311 32.5685 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.931 45.8587 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.909 46.9871 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.858 49.7435 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.933 45.7828 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.618 26.3964 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.443 29.5839 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.257 33.9790 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.547 27.5998 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.009 42.3112 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.835 51.1069 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.186 36.0086 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.966 44.1883 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.969 44.0428 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
```

```

C:\Users\Jossy Mejia\Desktop\w_mklb_p_2018.3.011\benchmarks_2018\windows\mkl\benchmarks\linpack\linpack_xeon64.exe
4000 4000 64 0.908 47.0308 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.894 47.7568 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.934 45.7119 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.853 50.0495 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.936 45.6122 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.876 48.7467 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.898 47.5223 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.971 43.9902 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.922 46.3038 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.900 47.4182 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.899 47.5102 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.857 49.8152 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.824 51.8350 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.848 50.3416 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.885 48.2267 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.895 47.6823 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.902 47.3590 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.901 47.4140 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.118 38.1830 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.989 43.1585 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.922 46.2936 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.034 41.3089 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.885 48.2658 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.998 42.7984 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.101 38.7704 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.042 40.9895 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 1.172 36.4386 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.934 45.6922 1.841294e-11 4.013274e-02 pass
4000 4000 64 0.889 48.0288 1.841294e-11 4.013274e-02 pass

```

Los programas usados para calcular los flops de cada computadora están en los siguientes links:

<https://software.intel.com/en-us/articles/intel-mkl-benchmarks-suite>

<https://www.dll-files.com/download/b942a89d465bba13d6a33c146d93b264/libiomp5md.dll.html?c=RVIXcGJuQ0hGazJvTFB1amJTb0FOUOT09>

Se accedió al cluster como se muestra en la siguiente imagen:

```

curso-097@login-2:~
Execution Time: 118.791
mary@mary-VirtualBox:~/Downloads$ ssh curso-097@cluster.cenat.ac.cr
curso-097@cluster.cenat.ac.cr's password:
Permission denied, please try again.
curso-097@cluster.cenat.ac.cr's password:
/opt/create_scratch.sh failed: exit code 1
Last failed login: Tue Jun  5 09:30:35 CST 2018 from meta.cnca on ssh:notty
There was 1 failed login attempt since the last successful login.
Last login: Tue Jun  5 09:09:40 2018 from meta.cnca

.-.
./oyhhh-
/oooooooooooo-
/oooooooooooo-
-oooooooooooo-
`oooooooooooo. `./yh-
`oooooooooooo/oooohy`
/ooooho- `shoooohy`
: y/ ` `yooooho
-os ` `yohy-
`/yohhy- `s/ -oyohhs-.yys` .ys `./yhyhy+` `yyy`
.oooooooooooo: -s` sMm. oMMyMMMd` -Mm-NMo `mMN` yMdMs
/oooooooooooo+ `ohhy` :MM: `..:MN/Md` -MmdMm ... /My`NM:
.soooooooooooo/oooohy` oMM- -MN /Md` -MNMmh `NN` +MN`
/oooooooooooo.yoooohs /MM/ -MN :Mm:MmdMm hMssyMMh

```


Para trasladar archivos del ordenador al cluster se realizó de la siguiente forma:

```
mary@mary-VirtualBox: ~  
Cluster.pbs: No such file or directory  
mary@mary-VirtualBox:~$ scp ~/Downloads/ArchCluster/Cluster.pbs curso-097@cluster.cenat.ac.cr:~/mary/Downloads/ArchCluster/Cluster.pbs  
curso-097@cluster.cenat.ac.cr's password:  
scp: /home/curso-097/mary/Downloads/ArchCluster/Cluster.pbs: No such file or directory  
mary@mary-VirtualBox:~$ scp ~/Downloads/ArchCluster/Cluster.pbs curso-097@cluster.cenat.ac.cr:~/mary/Downloads  
curso-097@cluster.cenat.ac.cr's password:  
scp: /home/curso-097/mary/Downloads: No such file or directory  
mary@mary-VirtualBox:~$ scp ~/Downloads/ArchCluster/Cluster.pbs curso-097@cluster.cenat.ac.cr:  
curso-097@cluster.cenat.ac.cr's password:  
Cluster.pbs 100% 106 0.1KB/s 00:00  
mary@mary-VirtualBox:~$ scp ~/Downloads/ArchCluster/Cluster.cpp curso-097@cluster.cenat.ac.cr:  
curso-097@cluster.cenat.ac.cr's password:  
Cluster.cpp 100% 2165 2.1KB/s 00:00  
mary@mary-VirtualBox:~$ scp ~/Downloads/ArchCluster/Cluster curso-097@cluster.cenat.ac.cr:  
curso-097@cluster.cenat.ac.cr's password:  
Cluster 100% 8088 7.9KB/s 00:00  
mary@mary-VirtualBox:~$ ssh curso-097@cluster.cenat.ac.cr  
curso-097@cluster.cenat.ac.cr's password: 
```

Se adjuntan diferentes archivos utilizados en el Cluster:

1. Código .pbs que corre el programa en el Cluster.

```
curso-097@login-0:~  
GNU nano 2.3.1 File: ClusterParallel.pbs  
#PBS -N nodos4  
#PBS -q phi-n5h24  
#PBS -l nodes=1  
#PBS -l walltime=0:60:00  
cd $PBS_O_WORKDIR  
module load mpich  
mpirun -n 1 ./ClusterParallel
```

2. Un archivo .o generado por el Cluster.

```
curso-097@login-0:~
GNU nano 2.3.1 File: ClusterParallel.o30616

Sum is 472121344
Execution time: 192.490000
Rank: 6, local sum: 803085312, total sum: 0
Rank: 7, local sum: 56136192, total sum: 0
Rank: 5, local sum: 832779776, total sum: 0
Rank: 4, local sum: -1194530816, total sum: 0
Rank: 1, local sum: 788979200, total sum: 0
Rank: 3, local sum: 1996749312, total sum: 0
Rank: 0, local sum: 1249148928, total sum: -1511794688
Rank: 2, local sum: -1749175296, total sum: 0

^G Get Help      ^O WriteOut      ^R Read File     Read 18 lines
^X Exit          ^J Justify       ^W Where Is      ^V Prev Page
                  ^Y Next Page     ^K Cut Text      ^U Uncut Text
                  ^C Cur Pos      ^T To Spell
```

Las pruebas de ejecución del programa en Kabré:

Terminal File Edit View Search Terminal Help

Every 5,0s: qstat -a

Wed Jun 6 20:21:38 2018

meta.cnca:

Job ID	Username	Queue	Jobname	SessID	NDS	TSK	Req'd Memory	Req'd Time	S	Elap Time
30878.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	171032	3	6	--	00:30:00	C	--
30879.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	222262	3	6	--	00:30:00	C	--
30880.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	224426	3	6	--	00:30:00	C	--
30881.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	197318	3	6	--	00:30:00	C	--
30882.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	224456	3	6	--	00:30:00	C	--
30883.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	222397	3	6	--	00:30:00	C	--
30884.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	224561	3	6	--	00:30:00	C	--
30885.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	171168	3	6	--	00:30:00	C	--
30886.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	197443	3	6	--	00:30:00	C	--
30887.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	224593	3	6	--	00:30:00	C	--
30888.meta.cnca	curso-113	phi-n6h9	calculoIntegral	222838	4	4	--	00:03:00	C	--
30889.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos3	171511	3	6	--	00:30:00	C	--
30890.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	0	4	8	--	00:30:00	R	00:00:15
30891.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	0	4	8	--	00:30:00	R	00:00:13
30892.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	0	4	8	--	00:30:00	R	00:00:12
30893.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	0	4	8	--	00:30:00	R	00:00:11
30894.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	--	4	8	--	00:30:00	Q	--
30895.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	--	4	8	--	00:30:00	Q	--
30896.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	--	4	8	--	00:30:00	Q	--
30897.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	--	4	8	--	00:30:00	Q	--
30898.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	--	4	8	--	00:30:00	Q	--
30899.meta.cnca	curso-097	phi-n5h2	nodos4	--	4	8	--	00:30:00	Q	--

```

curso-097@login-2:~
Every 5,0s: qstat -a
Thu Jun 7 00:46:30 2018

meta.cnca:
Job ID      Username  Queue   Jobname     SessID  NDS   TSK   Req'd  Req'd   S   Elap
          ID                               ID      TSK   Memory Time   S   Time
-----
31043.meta.cnca  curso-113 phi-n6h9 satisfy     --     4     4     --    00:03:00 Q   --
31046.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3    193201  3    12     --    00:30:00 R  00:02:27
31047.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3    241400  3    12     --    00:30:00 R  00:02:25
31048.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3    244128  3    12     --    00:30:00 R  00:02:24
31049.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3    214789  3    12     --    00:30:00 R  00:02:23
31050.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3    243940  3    12     --    00:30:00 R  00:02:22
31051.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3     --     3    12     --    00:30:00 Q   --
31052.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3     --     3    12     --    00:30:00 Q   --
31053.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3     --     3    12     --    00:30:00 Q   --
31054.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3     --     3    12     --    00:30:00 Q   --
31055.meta.cnca  curso-097 phi-n5h2 nodos3     --     3    12     --    00:30:00 Q   --

```

Pruebas de uso de github:

marypaz98 / Proyecto-2---Cluster-Kabr-

Watch 0 Star 0 Fork 0

Code Issues 0 Pull requests 0 Projects 0 Wiki Insights Settings

No description, website, or topics provided. Edit

Add topics

4 commits 1 branch 0 releases 2 contributors

Branch: master New pull request Create new file Upload files Find file Clone or download

marypaz98 Add files via upload Latest commit 8973a7b a minute ago

File	Action	Time
Cluster.pbs.txt	Add files via upload	a minute ago
Paralizable.c	Add files via upload	4 minutes ago
README.md	Initial commit	14 days ago
Serial.c	Add files via upload	4 minutes ago
prueba.txt	Add files via upload	8 days ago

link de acceso a github: <https://github.com/marypaz98/Proyecto-2---Cluster-Kabr->

Apéndices

Apéndice A: Versión serial del código.

```
#include <stdio.h>
#include <time.h>
int main(int argc, char *argv[]){

    int i, op, upToVal;
    upToVal = 999999999;
    op = 0;
    clock_t start =clock();

    for(i=0; i <= upToVal; i++){

        op=pow(upToVal,9999)*pow(i,99999)*pow(op,8888)+pow(upToVal,9998)*pow(o
p,99999)
    }
    double time = (((double)  clock()-
start) /CLOCKS_PER_SEC);
    printf("\nOp is %d\n", op);
    printf("Execution time: %f", time);
    return 0;
}
```

Apéndice B: Versión paralela del código (Open MP y MPI).

```
#include <stdio.h>
#include "mpi.h"
#include <omp.h>
int main(int argc, char *argv[]){

    int i, sum, sumTotal, upToVal;
    int start, end, size, myRank;
    upToVal = 999999999;
    MPI_Init(&argc, &argv);    MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &size
    MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &myRank);
    start = myRank*(upToVal/size)+1;

    if(myRank == (size-1)){
        end = upToVal;
    }else{
        end = start + (upToVal/size)-1;}
    op = 0;
    opTotal = 0;
    #pragma parallel for
    for(i=start; i <= end; i++){
        op=pow(upToVal,9999)*pow(i,99999)*pow(op,8888)+pow(upToVal,9998)*pow(op,99999)
    }
    MPI_Reduce(&op, &opTotal, 1, MPI_INT, MPI_SUM, 0, MPI_COMM_WORLD);
    printf("\nRank: %d, local sum: %d, total sum: %d\n", myRank, op, opTotal);
    MPI_Finalize();

    return 0;
}
```