

Cluster Pine64: construction and performance comparison with other clusters of the university

César Martín Cruz Salazar, Bachiller¹, Luis David Pastor Ferrer, Estudiante²

¹Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Perú, ce.cruz@gmail.com

²Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Perú, luis.pastor@uni.pe

Abstract— *This paper describes the specifications and construction of the PINEA64 minicomputer cluster called "PINE64" and compares the energy consumption and calculated times in the execution of programs in different clusters. It refers to two programs in particular that are: calculation of the PI value and calculation of the number of primes and greater prime than there is in a range of 0 to 1000 million numbers.*

Keywords- *computer cluster, pineA64, architecture arm master node, slave node, parallel programming*

Digital Object Identifier (DOI):<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.468>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

Clúster Pine64: construcción y comparación del rendimiento con otros clústeres de la universidad

César Martín Cruz Salazar, Bachiller¹, Luis David Pastor Ferrer, Estudiante²

¹Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Perú, ce.cruz@gmail.com

²Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Perú, luis.pastor@uni.pe

Resumen— Este trabajo describe las especificaciones y la construcción del clúster de minicomputadores PINEA64 llamado “PINE64” por el nombre de la empresa que fabrica estas placas. Evalúa y compara el consumo energético y tiempos calculados en la ejecución de programas entre diferentes clústeres. Los programas que se considera son: El cálculo del valor de PI y el cálculo de la cantidad de primos y primo mayor que hay en un intervalo de 0 a 1000 millones de números.

Palabras clave—clúster de computadores, pineA64, arquitectura arm, nodo maestro, nodo esclavo, programación paralela

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se realizó porque quieren responder las siguientes interrogantes: ¿Es necesario pagar mucho dinero para poder procesar programas complejos y ejecutarlos muy rápidamente?, ¿Cuánta diferencia hay entre computadores con arquitectura x86 y computadores con arquitectura ARM?, ¿Es necesaria la interconexión de muchos computadores para conseguir un alto rendimiento?

Se buscó muchas placas y se decidió por [1]. Eran placas nuevas y baratas en el mercado el año 2017. Entonces se construyó el clúster usando placas pineA64 (figura 1). Este clúster (figura 2) se comparó con otros clústeres construidos en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima Perú. Es así, que se construyó un clúster con 32 nodos (cada nodo es una placa pineA64) equivalente a 128 núcleos en total. De las cuales un nodo (4 núcleos) es el maestro y los demás nodos (31 en total) son los esclavos.

II. ESPECIFICACIONES DEL CLÚSTER PINE64

A. Hardware

El clúster se construyó de acuerdo a la configuración maestro/esclavo. Cada nodo consta de placas PineA64 que cuenta con 2 Gigabytes de RAM, un sistema sobre un chip(SoC, System on chip) Allwinner, que integra un procesador quadcore ARM Cortex A53 de 1.2Ghz de una arquitectura de 64 bits, un GPU Dual core Mali 400 MP2 con salida HDMI. La placa contiene, un adaptador para puerto Ethernet de 1000 Mb/s y un adaptador de 2 puertos USB 2.0. En la tabla 1, se muestra un resumen de las especificaciones del PINEA64. Se consideró necesario instalar para la refrigeración varios ventiladores idénticos a lo mostrado en la figura 3, así como colocar disipadores metálicos sobre los

chips de la placa. El Sistema operativo y archivos de datos se grabaron en una tarjeta de memoria microSD de 16 Gigabytes clase 10 que luego se colocó en una ranura acondicionada en la placa.

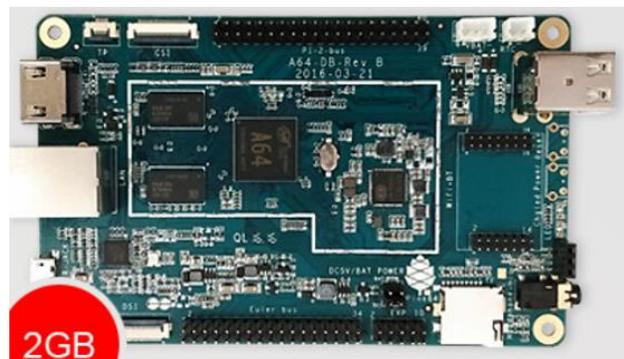


Fig. 1 Placa PineA64

TABLA I
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA PLACA PINEA64

SoC	ALLWINER
CPU	1.2GHz quad-core ARM Cortex-A53
GPU	Dual Core Mali 400 MP2
RAM	2GB DDR3 SDRAM
Ethernet	Un jack 10/100/1000 RJ45
USB	Dos conectores USB 2.0
Memoria	Micro SD card slot



Digital Object Identifier (DOI): <http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2018.1.1.468>

ISBN: 978-0-9993443-1-6

ISSN: 2414-6390

Fig. 2 Clúster PINE64 de 128 núcleos.



Fig. 3 Ventilador usado en el clúster PINE64.

B. Software

Se instaló en una tarjeta microSD de 16Gb, el sistema operativo Debian base (pine64-image-debianbase-310102bsp-2) descargada del sitio oficial pine64.org. Se trata de una versión optimizada de la distribución Debian GNU/Linux para la PINEA64. Para la construcción y configuración del clúster que se detalla a continuación se consideró las referencias [2], [3], [4], [5] y [6].

III. CONFIGURACIÓN DEL CLÚSTER PINE64

A. Se creó una carpeta y se descargó el MPICH

```
mkdir mpich3
```

```
cd mpich3
```

```
mkdir build install
```

```
wget http://www.mpich.org/static/downloads/3.2/mpich-3.2.tar.gz
```

B. Se extrajo el archivo en el directorio mpich3

```
tar xvfz mpich-3.2.tar.gz
```

```
cd build
```

```
/home/debian/mpich3/mpich-3.2/configure  
prefix=/home/debian/mpich3/install
```

C. Instalación de Fortran

```
sudo apt-get install gfortran
```

```
sudo make
```

```
sudo make install
```

```
cd
```

```
nano .profile
```

D. Se añadió una ruta para MPI dentro del archivo anterior

```
Export PATH="$PATH:/home/debian/mpich3/install/bin"  
sudo reboot  
mpiexec -n 1 hostname
```

E. Nodo esclavo.

Para crear el microSD del nodo esclavo se clonó el microSD del nodo maestro.

Se removió la microSD de la placa y se insertó en un ordenador con sistema operativo. Luego, se utilizó el programa Win32DiskImager para copiar una imagen ISO del sistema operativo del nodo maestro. Posteriormente esta imagen se copia al microSD del nodo esclavo para luego ser montada en la ranura de microSD del nodo esclavo uno.

Una vez que se insertó el sistema clonado en el nodo esclavo uno, se ejecutó el siguiente comando para modificar su IP, ya que la que tenía era del nodo maestro.

```
debian@Mpine64:~$ sudo nano /etc/network/interfaces
```

Luego, se ejecutó el siguiente comando, para cambiar el hostname del S.O. clonado.

```
debian@Mpine64:~$ set hostname S1pine64
```

Lo que dejaría la terminal del nodo esclavo de la siguiente forma:

```
debian@S1pine64:~$
```

F. Instalación del servidor NFS

Como se necesitaba una carpeta compartida a la que todos los nodos puedan acceder para copiar, editar o borrar información, se realizó la siguiente configuración en el nodo maestro.

```
debian@Mpine64:~$ sudo apt-get install nfs-kernel-server
```

```
debian@Mpine64:~$ sudo mkdir /mnt/progsCPine64
```

```
debian@Mpine64:~$ nano /etc/exports
```

Se editó el siguiente archivo añadiéndole la siguiente línea.

```
/mnt/progsCPine64 *(rw, sync, no_root_squash,  
no_subtree_check)
```

Se modificó el acceso a la carpeta compartida

```
debian@Mpine64:~$ sudo chmod-R 777 /mnt/progsCPine64/
```

Por ultimo, se aplicaron los siguientes cambios

```
debian@Mpine64:~$ sudo update-rc.d rpcbind enable
```

```
debian@Mpine64:~$ sudo service rpcbind restart
```

```
debian@Mpine64:~$ sudo exportfs -a
```

```
debian@Mpine64:~$ sudo service nfs-kernel-server restart
```

G. Configuración del servidor nfs para el nodo esclavo

Para poder compartir la carpeta con el nodo esclavo se desarrolló el siguiente script.

```
debian@S1pine64:~$ nano config.sh
```

```
#!/bin/bash
```

```
sudo apt-get update
```

```
sudo apt-get install nfs-common
```

```
sudo service rpcbind restart
```

```
sudo /usr/local/sbin/resize_rootfs.sh
```

```
cd /mnt
```

```
sudo mkdir progsCPine64
```

```
df -h
```

Luego, se ejecutaron los siguientes comandos:

```
debian@S1pine64:~$ chmod +x config.sh
```

```
debian@S1pine64:~$ sh ./config.sh
```

```
debian@S1pine64:~$ sudo reboot
```

```
debian@S1pine64:~$ sudo nano /boot/uEnc.txt
```

Se cambió, las siguientes direcciones de red y de placa en el archivo ya que son la del nodo master:

```
ethaddr=00:06:dc:8b:b0:96
```

```
mac_addr=00:06:dc:8b:b0:96
```

Para montar el nodo esclavo cada vez que se reinicia

Ingresar:

```
$ sudo nano /etc/rc.local
```

Se añadieron las siguientes lineas de comandos.

```
#!/bin/bash
```

```
sudo mount Mpine64:/mnt/progsCPine64 /mnt/progsCPine64
```

```
echo "mcs4663"
```

```
exit 0
```

Luego, con la finalidad de crear una llave pública y privada para la interconexión de los nodos, se escribió los siguientes comandos:

```
ssh-keygen
```

En el nodo maestro:

```
cat ~/.ssh/id_rsa.pub | ssh S1pine64 "cat  
>> .ssh/authorized_keys"
```

En el nodo esclavo

```
$ sudo mount Mpine64:/mnt/progsCPine64  
/mnt/progsCPine64/
```

```
$ df -h
```

IV. RESULTADO DE EJECUCIÓN DE PROGRAMAS EN EL CLÚSTER PINE64

Se ejecutaron los siguientes programas:

cpic3.c, calcula el valor de π para 800 millones de intervalos, de acuerdo al código fuente dado en [7].

Mpiprime1000m.c, calcula la cantidad de primos y el número primo más grande encontrados en el intervalo de 0 a 1000 millones, de acuerdo al código fuente dado en [7]. Ver figuras 4 y 5.

```

debian@mpine64:~$ mpiexec -f machinefile -n 128 /mnt/progsCPine64/cpi3
Process 0 of 128 is on Mpine64
Process 9 of 128 is on S9pine64
Process 39 of 128 is on S7pine64

.....

Process 44 of 128 is on S12pine64
Process 76 of 128 is on S12pine64
Process 30 of 128 is on S31pine64
Process 108 of 128 is on S12pine64
Process 62 of 128 is on S31pine64
Process 94 of 128 is on S31pine64
Process 126 of 128 is on S31pine64
Process 48 of 128 is on S17pine64
Process 80 of 128 is on S17pine64
Process 112 of 128 is on S17pine64
Process 16 of 128 is on S17pine64
Process 54 of 128 is on S23pine64
Process 86 of 128 is on S23pine64
Process 118 of 128 is on S23pine64
Process 22 of 128 is on S23pine64
Process 59 of 128 is on S28pine64
Process 91 of 128 is on S28pine64
Process 123 of 128 is on S28pine64
Process 27 of 128 is on S28pine64
pi is approximately 3.1415926535898060, Error is 0.00000000000129
wall clock time = 0.471497
debian@mpine64:~$

```

Fig. 4 Se muestra la ejecución del programa (cpi3.c) de cálculo de π en el clúster PINE64.

```

debian@mpine64:~$ mpiexec -f machinefile -n 128 /mnt/progsCPine64/p1000m
Using 128 tasks to scan 1000000000 numbers
Done. Largest prime is 999999937 Total primes 50847534
wallclock time elapsed: 101.32 seconds

```

Fig. 5 Se muestra la ejecución del programa (mpiprime1000m.c) de cálculo de números primos que se encuentran en el intervalo de 0 a 1000 millones en el clúster PINE64.



Fig. 6 Clúster CHESS

III. TABLAS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COMPARATIVAS DE LOS TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS ANTES DESCRITO ENTRE EL CLÚSTER PINE64 Y OTRAS MÁQUINAS

TABLA II
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS USADAS

Máquina	Núcleos	Procesador	RAM
Clúster DELL	8	XEON 2.4Ghz	16GB
Clúster CHESS*	64	i7-4790 3.4GHz	64GB
Clúster PINE64	128	ARM 1.2GHz	64GB

*Figura 6.

TABLA III
TIEMPOS DE EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS ANTES DESCRITO EN CADA MÁQUINA

Máquina	Programa	Tiempo (en segundos)
Clúster CHESS	cpi3	0,245
Clúster CHESS	mpiprime1000m	44,64
Clúster DELL	cpi3	0,675
Clúster DELL	mpiprime1000m	284,41
Clúster PINE64	cpi3	0,471
Clúster PINE6	mpiprime1000m	101,38

TABLA IV
POTENCIA CONSUMIDA EN ESTADO STANDBY POR LAS MÁQUINAS USADAS

Máquina	Potencia sin procesos en ejecución en Watts
Clúster DELL	124,4
Clúster CHESS	250
Clúster PINE64	71,7

TABLA V
POTENCIA CONSUMIDA EN ESTADO DE PROCESAMIENTO POR LAS MÁQUINAS USADAS

Máquina	Potencia con procesos ejecutándose en Watts
Clúster DELL	199,4
Clúster CHESS	680

Clúster PINE64	124,2
----------------	-------

Con el fin de visualizar mejor los resultados mostrados en las tablas se hicieron las siguientes gráficas.

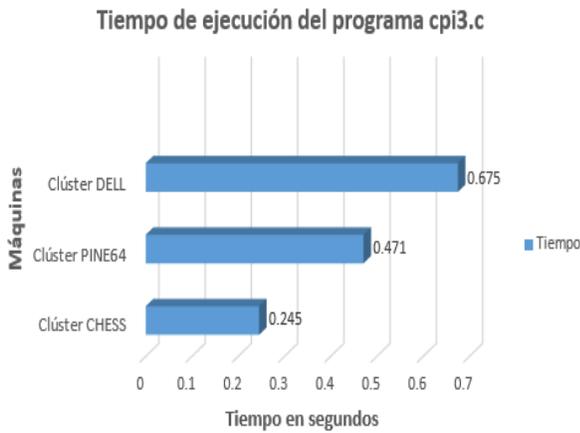


Fig. 7 Gráfica de tiempos de ejecución del programa cpi3.c (menor tiempo es mejor rendimiento)

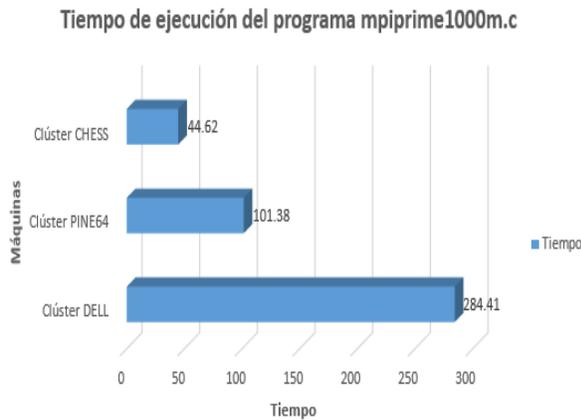


Fig. 8 Gráfica de tiempos de ejecución del programa mpiprime1000m.c (menor tiempo es mejor rendimiento)

Máquinas vs Potencia(sin procesos en ejecución)

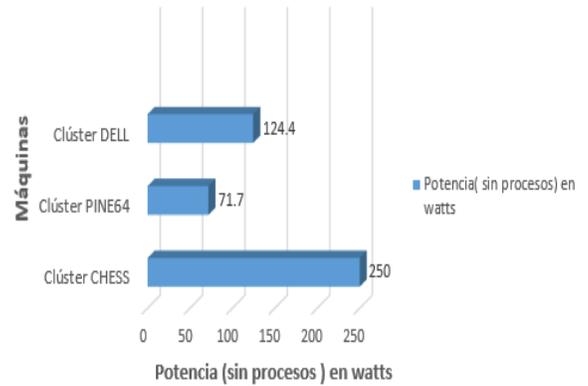


Fig. 9 Gráfica de Potencia consumida en Watts sin proceso en ejecución de los Clústeres

De los gráficos se nota que el clúster Chess es el más rápido que todos. Sin embargo, este clúster consume más energía que los otros.

Potencia consumida al ejecutar el programa mpiprime1000m.c

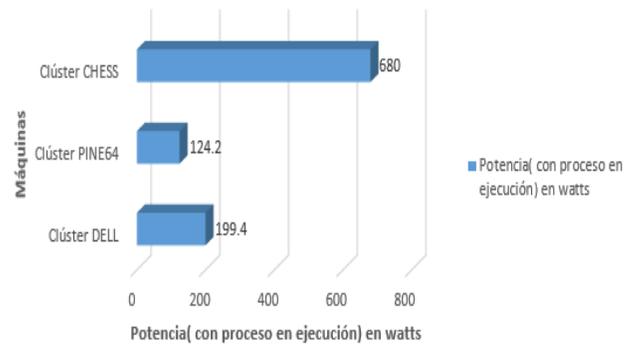


Fig. 10 Gráfica de Potencia consumida en Watts con proceso en ejecución de los Clústeres

IV. CONCLUSIONES

Al analizar los resultados de las comparaciones vemos que el clúster PINE64 tiene una potencia de cómputo que supera al Clúster Dell de máquinas clásicas. Lo que demuestra que es una opción válida a tomar en cuenta para su uso frecuente con fines educativos en la universidad.

Se verifica que el clúster PINE64 es de menor consumo de energía que los otros clústeres considerados en este comparativo. De esta manera, tiene un impacto ambiental menor. El rendimiento se considera adecuado para los fines académicos para los que fue desarrollado.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Vicerrectorado de Investigación de la UNI y a la Facultad de Ciencias de la UNI por el apoyo brindado. Este trabajo fue desarrollado en la oficina R2-313(taller de electrónica) del tercer piso de la Facultad de Ciencias de la UNI.

Se agradece igualmente el apoyo de CIENCIA ACTIVA de CONCYTEC.

REFERENCIAS

- [1] Sitio Oficial de la placa PINEA64.
https://www.pine64.org/?page_id=1194
- [2] Linux NFS mount: wrong fs type, bad superblock on fs2:/data Error and Solution, <https://www.cyberciti.biz/faq/missing-codepage-helper-program-other-error/>, Mayo, 2017.
- [3] Cluster computing with three raspberry pi 3 boards.
<https://www.raspberrypi.org/magpi/cluster-computer-raspberry-pi-3/>
Octubre, 2016.
- [4] Raspberry Pi 3 clúster supercomputer.
<http://www.rasmurtech.com/raspberry-pi-3-cluster-supercomputer/>, Agosto, 2016.
- [5] Raspberry Pi 3 Cluster Computer - MPICH2 & MPI4Py.
<https://www.youtube.com/watch?v=vfIPGqcXJkY>. August 16th 2016.
- [6] Dennis, Andrew K. Raspberry Pi Super Cluster. 2013.
- [7] César Martín Cruz Salazar y Yuri Nuñez Medrano “Super PI”: Clúster mejorado y optimizado para menor consumo de energía con Raspberry Pi3. REVCUNI,19(1):12-20,5 2016.