

Clúster de computadoras de alto rendimiento usando raspberry Pi 3, para mejorar prácticas educativas

SALAZAR, Pedro*†, SOTO, Saúl y HERNÁNDEZ, Talhia

Recibido Julio 13, 2017; Aceptado Septiembre 13, 2017

Resumen

Un clúster de alto rendimiento permite que las aplicaciones trabajen de forma paralela, mejorando el rendimiento de las mismas. Se propone la utilización de un prototipo de clúster, siguiendo la metodología ligera para la implementación de clúster de alta disponibilidad. El clúster implementa un sistema de contenedores virtuales (Docker Swarm), para gestionar el ordenamiento de procesos y la asignación de recursos por contenedor, el clúster está formado por 5 tarjetas Raspberry Pi 3 para concentrar 20 núcleos de 1.2 Ghz con arquitectura ARM Cortex-A53 y 5 Gb de memoria RAM LPDDR2, para conectar las tarjetas se utiliza un Switch CISCO modelo 2900 y un Router CISCO modelo 1800. El clúster tiene como objetivo solucionar el problema de disponibilidad de la plataforma Moodle del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo; el clúster administra y distribuye el servicio para la carrera de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, usando esta herramienta se mejora el desempeño docente e implementación de estrategias de evaluación en línea, así como la apropiación de las competencias del estudiante durante la realización de prácticas de laboratorio.

Clúster, raspberry, docker, swarm, moodle

Abstract

A high performance cluster allows applications to work in parallel, improving performance. It is proposed the use of a cluster prototype, following the light methodology for high availability cluster implementation. The cluster implements a system of virtual containers (Docker Swarm), to manage the ordering of processes and the allocation of resources by container, the cluster consists of 5 Raspberry Pi 3 cards to concentrate 20 cores of 1.2 Ghz with architecture ARM Cortex-A53 And 5 Gb of RAM LPDDR2, to connect the cards a CISCO Switch model 2900 and a router CISCO model 1800 are used. The cluster aims to solve the availability problem of the Moodle platform of the Higher Technological Institute of the West of the State of Hidalgo; The cluster manages and distributes the service for the Engineering of Information Technology and Communications, using this tool improves the teaching performance and implementation of online assessment strategies, as well as the appropriation of the student's competences during the realization of Lab practices.

Clúster, raspberry, docker, swarm, moodle

Citación: SALAZAR, Pedro, SOTO, Saúl y HERNÁNDEZ, Talhia. Clúster de computadoras de alto rendimiento usando raspberry Pi 3, para mejorar prácticas educativas. Revista de Tecnología Informática 2017, 1-2: 25-31

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: psalazar@itsoeh.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Un clúster está formado por dos o más computadoras conectadas por una red, estas computadoras generalmente distribuyen el trabajo (procesos) de manera equitativa, de tal manera que se comportan como si fuese una única computadora, un clúster de cómputo sería muy conveniente para instalar la plataforma Moodle que se necesita en el Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo para la impartición de cátedra y el seguimiento en línea de actividades escolares encomendadas a los alumnos.

La desventaja de utilizar un clúster principalmente es que los equipos para la implementación del mismo son muy costosos y la renta de servidores en la nube también tiene un costo elevado además de que restringen ciertas características de configuración.

Con la propuesta del clúster de alto rendimiento utilizando Docker Swarm se reducen costos, el procesamiento de datos utilizando contenedores es más ágil ya que solo utiliza un sistema operativo huésped para todos los contenedores y Docker de manera nativa administra la disponibilidad de los nodos.

En el presente trabajo se describe la propuesta de solución del clúster utilizando hardware y software open source, la metodología utilizada para la construcción física del clúster y la configuración del sistema, en los resultados actuales se describe el avance del proyecto que se tiene hasta el momento y por último se muestran los trabajos futuros para el clúster y la escalabilidad que se pretende.

Estado del arte

Durante años la virtualización de servicios se ha utilizado como la solución más eficiente, según la empresa IBM (IBM, 2017) agiliza la transferencia de información de manera segura, disminuye los costos de procesamiento al utilizar un solo equipo y reduce los riesgos en los proyectos, en la figura 1 se muestra el diagrama de la máquina virtual.

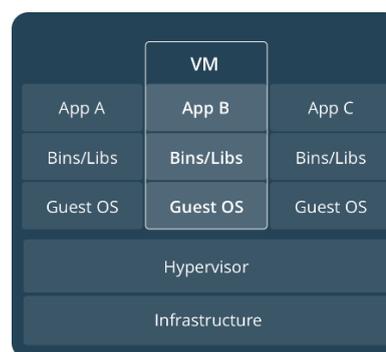


Figura 1 Diagrama de la máquina virtual. Obtenido de <https://docs.docker.com/get-started/#virtual-machine-diagram>

Las empresas están implementando tecnologías emergentes como Docker Swarm, es una tecnología lanzada en junio de 2016, en su versión 1.12, el portal de documentación oficial de Docker (Docker, 2017) describe que esta versión incorpora las siguientes capacidades: seguridad, actualizaciones, facilidad de uso, el clustering preparado para la producción basado en potentes tecnologías de contenedores y soporte oficial para la arquitectura ARM.

Según la documentación oficial de Docker (Docker Inc, 2017), la tecnología de contenedores ejecuta aplicaciones de forma nativa en el núcleo de la máquina host. Tienen mejores características de rendimiento que las máquinas virtuales que sólo obtienen acceso virtual a los recursos del host a través de un hipervisor. Los contenedores pueden obtener acceso nativo, cada uno ejecutándose en un proceso discreto, no teniendo más memoria que cualquier otro ejecutable, en la figura 2 se muestra el diagrama de los contenedores.

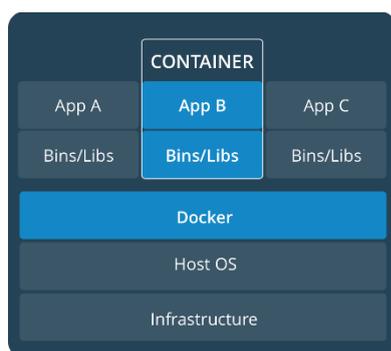


Figura 2 Diagrama de contenedores. Obtenido de <https://docs.docker.com/get-started/#virtual-machine-diagram>.

La optimización en el uso de recursos es la principal razón por la cual esta tecnología está teniendo gran impacto, un artículo publicado por Großmann titulado “Hypriot Cluster Lab: An ARM-Powered Cloud Solution Utilizing Docker” (Großmann, 2015), propone un clúster con arquitectura ARM y un sistema operativo derivado de Debian llamado Hypriot como solución para la virtualización de servicios en la nube, en este artículo se muestra la implementación de Docker para la creación de un laboratorio de virtualización de servicios de red, ejemplifica la secuencia de configuración de un clúster de alto desempeño utilizando arquitectura ARM. McDaniel (McDaniel, 2015) en su artículo titulado “A Two-Tiered Approach to I/O Quality of Service in Docker Containers” asegura que los contenedores Linux permiten que las aplicaciones se ejecuten en completo aislamiento entre sí sin la sobrecarga adicional de ejecutar sistemas operativos totalmente independientes”, por último Ismail (Ismail, 2015), en su artículo titulado “Evaluation of Docker as Edge computing platform” hace una evaluación a Docker como plataforma de cómputo, determina que basado en la evaluación y experimentación. Docker proporciona un despliegue rápido, una pequeña huella y un buen rendimiento que lo convierten en una plataforma viable de Edge Computing.

Descripción del problema

En el ámbito educativo y sobre todo a nivel universitario el uso de las tecnologías de la información toma un papel muy importante para la impartición de cátedra, la plataforma Moodle es un apoyo a la docencia presencial, Moodle es una plataforma de aprendizaje diseñada para proporcionar a educadores, administradores y estudiantes un sistema integrado único, robusto y seguro para crear ambientes de aprendizaje personalizados (Moodle, 2017).

Para operar la plataforma Moodle se recomienda contar con el siguiente hardware: 5 Gb de espacio en disco duro, un procesador de 2 Ghz y una memoria RAM de 1 Gb. El software que necesita tener instalado el servidor es el siguiente: PHP 5.4.4, MySQL 5.5.31 y Mozilla Firefox 25 (Moodle, 2016). Además del hardware y software necesario para la implementación de la plataforma Moodle, es necesario tener alta disponibilidad del servidor, alto rendimiento para el procesamiento de datos y una buena administración de la red.

El problema radica en la dificultad para adquirir un equipo de cómputo especializado con las características necesarias para instalar la plataforma de Moodle que esté siempre disponible y con el rendimiento necesario para atender a los casi 2500 alumnos del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo (ITSOEH), según el portal de DELL México, un equipo con las características necesarias tendría un valor de \$149,600.00 pesos MxN (Dell México, 2017), recurso con el que no cuenta el tecnológico y la solicitud podría llevar varios años.

Una opción más viable es la renta de hosting en la nube, consultando el hosting de cPanel el costo anual del servicio es de \$220 dólares anuales por un servidor privado y de \$425 dólares anuales por un servidor dedicado (cPanel & WHM, 2017), la desventaja que tiene este tipo de servicios, son las limitaciones con respecto a la administración del servidor y de la plataforma, el hosting restringe ciertas configuraciones de personalización que podrían ser necesarias y el espacio de almacenamiento generalmente no es suficiente al paso de los años.

Propuesta de solución

Un clúster de alto rendimiento puede solucionar la problemática, para la implementación se utilizó una arquitectura ARM ya que utiliza 5 tarjetas Raspberry Pi 3, este clúster cuenta con 20 núcleos de 1.2 Ghz con arquitectura ARM Cortex-A53 y 5 Gb de memoria RAM LPDDR2, con este hardware podremos instalar un sistema operativo Hypriot y el gestor de contenedores Docker en modo Swarm que permitirá gestionar el clúster y hacer el balanceo de carga. La red contará con un router CISCO 1800 como puerta de salida a la red y como DHCP con asignaciones infinitas a los nodos del clúster, la conmutación de la red se dará por un switch CISCO 2900 con una única VLAN en el segmento de red para la conexión de los nodos del clúster.

Una vez que se ha levantado el clúster se podrá implementar la plataforma de Moodle en un contenedor de servicio web gestionado por Docker Swarm, con esto estará en condiciones de dar servicio a los alumnos del ITSOEH.

Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto fue una metodología propia denominada “Metodología ligera para la implementación de un clúster de alta disponibilidad”, la cual se describe en la figura 3:

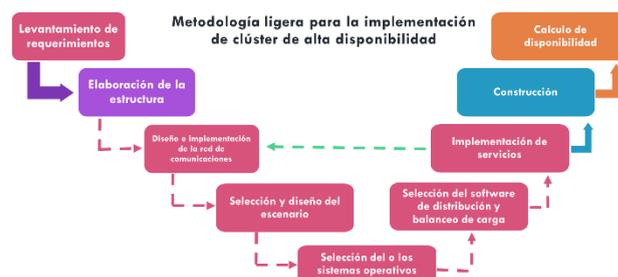


Figura 3 Diagrama de Metodología ligera para la implementación de un clúster de alta disponibilidad. Fuente propia

En la fase de levantamiento de requerimientos se tomó en cuenta la información obtenida de la documentación oficial de la plataforma Moodle y de Docker.

Para la elaboración de la estructura se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Diseño y elaboración de la red de comunicaciones:** en esta fase se configuró un Router CISCO 1800, en la figura 3 se muestra la configuración del DHCP en R1; dentro del segmento 192.168.0.0/24, con asignación infinita a los clientes, excluyendo la dirección 192.168.0.69 empleada por la interface de R1 para la conexión del SSH.

```

no ip dhcp use vrf connected
ip dhcp excluded-address 192.168.0.69 192.168.0.72
!
ip dhcp pool cluster
network 192.168.0.0 255.255.255.0
default-router 192.168.0.69
lease infinite
  
```

Figura 3 Configuración del DHCP en el router

En la figura 4 se muestra la Configuración del NAT en Router para la comunicación del clúster con Internet.

```

no ip http secure-server
ip nat inside source list 1 interface FastEthernet0/1 overload
!
access-list 1 permit 192.168.0.0 0.0.0.255
  
```

Figura 4 Configuración del NAT para la comunicación a internet

- **Selección y diseño del escenario:** En esta etapa se determinó que el clúster estaría conformado por un maestro y 4 nodos, aprovechando las características de Docker Swarm el clúster es de alto desempeño, con las características nativas de un clúster de alta disponibilidad.
- **Selección del sistema operativo:** El sistema operativo utilizado para el clúster es Hypriot que como característica especial podemos destacar que tiene instalado por defecto Docker Swarm.
- **Seleccionar el software de distribución y balanceo de carga:** Como se ha mencionado anteriormente, se trabaja con Docker Swarm que permite gestionar, escalar, balancea la carga y hace una detección automática de los servicios en el clúster.
- **Implementación de servicios:** Hasta el momento se tienen implementados los servicios de Portainer y un servicio web para administrar el clúster y hacer algunas pruebas de escalamiento y distribución de la carga de trabajo.

Construcción: Se conectaron las tarjetas Raspberry Pi 3, Router y Switch, en la figura 5 se muestra el clúster ensamblado y conectado.



Figura 5 Conexión del clúster con el Router CISCO 1800 y Switch CISCO 2600

Una vez ensamblado el clúster se instala el sistema operativo Hypriot en las tarjetas SD, se procede a la configuración de Docker Swarm y se agregan los nodos del clúster como se muestra en la figura 6.

```
Hypriot05/armv7: pirate@master in ~
$ docker swarm join-token worker
To add a worker to this swarm, run the following command:

docker swarm join \
  --token SWMTKN-1-34uvc8f10wkvb241gd89n40rujqkida28mgulkdgy1vlyb9-1407y1w2
  2z4h5mlzhjvxo6q \
  192.168.0.4:2377
```

Figura 6 Comando para mostrar el token del nodo Maestro; permite agregar nodos

Una vez instalados los nodos se despliegan para saber que están todos agregados al mismo clúster, si todo está bien el clúster está listo para desplegar contenedores de servicios como se muestra en la figura 7.

```
Hypriot05/armv7: pirate@master in ~
$ docker node ls
ID                HOSTNAME        STATUS  AVAILABILITY  MANAGER STATUS
5offme25k9qhi5mvuy0umwpek  black-pearl    Down    Active
8uspblm6aq0ijcc4s7wur84e7 *  master        Ready   Active         Leader
m5m51do8todlvmqwmnxw9823  esclavo3      Down    Active
syjbdpgfmp25gz5u28x3njd9c  esclavo2      Down    Active
v5dngaq4ypdt7fulp4g2kv401  esclavo4      Down    Active
```

Figura 7 Despliegue de los nodos agregados al clúster; “Leader” indica quien funge como coordinador del clúster

Cálculo de la disponibilidad: Según el portal de Microsoft (Microsoft, 2005), el cálculo de la disponibilidad está determinado por la siguiente formula:

$$\% \text{ de disp} = (TTO - STI) / TTO \quad (1)$$

En donde TTO es el Tiempo Total de Operación y STI es la Suma de Tiempo Inactivo, para calcular la disponibilidad del clúster propuesto se tomará una base denominada 24x7x365 ya que el clúster debe estar disponible las 24 horas del día, los 7 días de la semana y los 365 días del año. El porcentaje de disponibilidad medido hasta el momento es de 100% a un mes de prueba.

Resultados actuales

Actualmente se tiene un clúster de alto desempeño con un sistema operativo Hypriot que distribuye la carga entre 20 núcleos de 5 tarjetas Raspberry Pi 3 y 5 Gb en RAM con Docker como administrador de contenedores, balanceador de carga y gestor de disponibilidad, como se muestra en las figuras 8, 9 y 10.

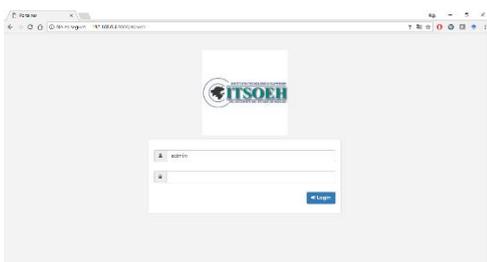


Figura 8 Pantalla de inicio del administrador gráfico Portainer

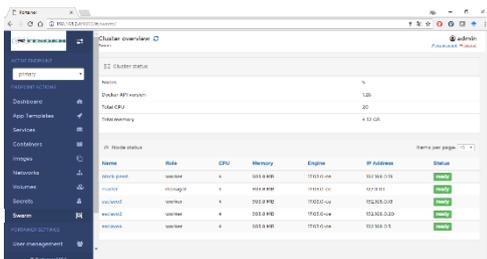


Figura 9 Administrador de nodos (Swarm)

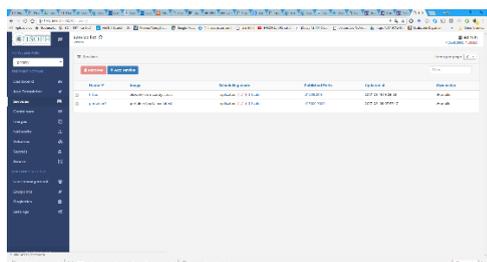


Figura 10 Servicio de servicio HTTPS Caddy corriendo en 4 de los 5 nodos

Trabajos futuros

Como trabajos futuros el clúster será escalado a 10 nodos, migración a la versión 6 de IP, contará con un traductor de IPV4 a IPV6 y se está desarrollando un contenedor de Moodle para arquitecturas ARM.

Agradecimiento

Este proyecto fue desarrollado gracias a la aportación económica del Tecnológico Nacional de México en conjunto con el Gobierno del Estado de Hidalgo, en las Instalaciones del Instituto Tecnológico Superior del Occidente del Estado de Hidalgo.

Conclusiones

En la evaluación del clúster a un mes de su implementación cumple con los requisitos de alta disponibilidad, hasta el momento no se han tenido tiempos inactivos, la disponibilidad del clúster es del 100%, la capacidad de procesamiento es buena, las gráficas indican que solo se usa el 3% de su capacidad de procesamiento y por último el balanceo de carga de trabajo es bueno, distribuye el servicio del contenedor web Caddy en 4 de los 5 nodos disponibles.

El costo del proyecto hasta el momento es de \$18,401.67 pesos en comparación con los costos del servidor y de los costos del alojamiento web podemos concluir que un clúster de alto rendimiento con sistema operativo Hypriot que hospeda el gestor de contenedores Docker en modo Swarm tiene mayor viabilidad para su implementación en el ITSOEH.

Referencias

cPanel & WHM. (1 de Julio de 2017). *cPanel*. Obtenido de Plans & Pricing: <https://cpanel.com/pricing/>

Dell México. (16 de Agosto de 2017). *DELL México*. Obtenido de DELL México: <http://www.dell.com/mx/empresas/p/powered-ge-r630/pd>

Docker. (18 de Junio de 2017). *Docker docs*. Obtenido de Docker docs: <https://docs.docker.com/engine/swarm/#feature-highlights>

Docker Inc. (22 de Junio de 2017). *Get Started, Part 1: Orientation and setup*. Obtenido de Get Started, Part 1: Orientation and setup: <https://docs.docker.com/get-started/#prerequisites>

Großmann, M. E. (2015). Hypriot cluster lab: an ARM-powered cloud solution utilizing docker. *23rd International Conference on Telecommunications*, 16-18.

IBM. (1 de Junio de 2017). *Virtualización de servicios*. Obtenido de IBM: <https://www-01.ibm.com/software/es/rational/servicevirtualization/>

Ismail, B. I. (2015). Evaluation of docker as edge computing platform. *Open Systems (ICOS)*, 130-135.

McDaniel, S. H. (2015). A two-tiered approach to I/O quality of service in Docker containers. *IEEE International Conference*, 490-491.

Microsoft. (20 de Mayo de 2005). *TechNet*. Obtenido de TechNet: [https://technet.microsoft.com/es-es/library/aa996704\(v=exchg.65\).aspx](https://technet.microsoft.com/es-es/library/aa996704(v=exchg.65).aspx)

Moodle. (3 de Diciembre de 2016). *Moodle Docs*. Obtenido de Notas de Moodle 3.0: https://docs.moodle.org/all/es/Notas_de_Moodle_3.0#Requisitos_del_servidor

Moodle. (27 de Julio de 2017). *Moodle Docs*. Obtenido de Acerca de Moodle: https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle