

**FACULTAD DE TELEMÁTICA**

**INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN CLUSTER PARA EJECUCIÓN DE APLICACIONES PARALELAS**

**PRESENTA**

CARLOS MIGUEL CEBALLOS QUIROZ

**ASESOR**

-----------------------------------------------------------------------

D. EN C. RAMÍREZ ALCARAZ JUAN MANUEL

Colima Col. Septiembre de 2013

**Índice general**

**1. Introducción**

* 1. Planteamiento del problema................................................................2
  2. Objetivos..............................................................................................2
  3. Justificación.........................................................................................2
  4. Metodología.........................................................................................3

**2. Antecedentes**

2.1. Marco Conceptual...............................................................................4

2.2. Trabajos relacionados.........................................................................4

2.3. Opciones de Implementación de Clusters...........................................6

**3. Desarrollo**

3.1. Infraestructura......................................................................................7

3.2. Elección del software...........................................................................7

3.3. Instalación de SO................................................................................7

3.4. Configuración del cluster.....................................................................7

**4. Pruebas y resultados**

4.1. Ejecución de programas......................................................................

4.2. Medición de rendimiento.....................................................................

4.3. Desarrollo de aplicaciones paralela....................................................

4.4. Análisis de resultados.........................................................................

4.5. Conclusiones.......................................................................................

**CAPITULO 1**

**INTRODUCCIÓN**

Definición de Cluster (kioskea.net, 2013)

El Cluster consiste en la unión de varios computadores de gama media normalmente, para formar un solo ordenador más potente y de mayor capacidad de procesamiento.

La idea general del Clustering es satisfacer las demandas actuales de tecnología, en los sistemas actuales la demandan son de mayor capacidad y si se adquieren un solo equipo con características similares a la de un Cluster resulta ser muy costoso. Es por ello que se implementa el Clustering, físicamente se unen un grupo de computadoras para que lógicamente formen una sola para proveer alta disponibilidad.

Estos sistemas son montados normalmente en sistemas donde se necesita:

Alto rendimiento (Gómez, 2013).

Un Cluster de alto rendimiento esta conformado por varios ordenadores el cual esta diseñado para dar altas prestaciones en cuanto a capacidad de cálculo. Los motivos en los cuales se implementa un Cluster de alto rendimiento son:

* Cálculos matemáticos.
* Renderizaciones de gráficos.
* Compilación de programas.
* Compresión de datos.
* Descifrado de código.

Alta disponibilidad. (cluster, 2011)

Un Cluster de alta disponibilidad se caracteriza por mantener un conjunto de servicio compartidos y por estar constantemente monitorizando entre si. El sistema es tolerante a fallos, si se produce un fallo en el hardware en alguna de las maquinas, el software es capas de arrancar automáticamente los servicios en otra maquina y cuando la maquina que a fallado se recupere, los servicios son nuevamente migrados a la maquina original. Esta capacidad de recuperación automática nos garantiza la disponibilidad de los servicios ofrecidos por el Cluster, minimizando la percepción de fallos por parte del usuario.

Balanceo de carga. (cluster, 2011)

Es la técnica usada para compartir el trabajo a realizar entre varias maquinas, procesos o recursos. Esta basado en sistemas de multiprocesamiento, haciendo uso de mas de una unidad para realizar un proceso.

Escalabilidad.

Es la capacidad que tiene un sistema para adaptarse a las circunstancias ya sea en hardware o en software, el incremento de infraestructura o la modificación de configuración deben adaptarse sin perder calidad y dar respuesta con el mismo rendimiento.

Cabe mencionar que las computadoras (monografias, 2013) unidas que conforman el Clustering pueden ser:

* De igual hardware y software, reciben el nombre de Cluster Homogéneos.
* De diferente hardware pero mismo software, recibe el nombre de Semihomogéneo.
* De diferente hardware y diferente software, recibe el nombre de Cluster Heterogéneos.

Como se explica, implementar este tipo de sistemas da la flexibilidad de tener un sistema potente con las suficientes características para ejecutar aplicaciones de alto desempeño y a un bajo costo.

Hoy en día tienen una función importante en la en la solución de aplicaciones en ciencias aplicadas, ingenierías, base de datos de alto rendimiento, aplicaciones de súper-computo, software de misión critica, servidores web de alta disponibilidad, comercio electrónico (Group, 2013).

**1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente la implementación de soluciones para aplicaciones de alto procesamiento e disponibilidad a llegado a ser muy costosa, con la implementación de Cluster entorno a informática de alto rendimiento con el fin de optimizar y administrar la infraestructura escalable necesaria para cubrir la necesidad de procesamiento y disponibilidad.

**1.2 OBJETIVOS**

OBJETIVO GENERAL:

Implementar un Cluster tipo Beowulf con una serie de nodos que sea capaz de soportar aplicaciones paralelas y poder brindar servicios de calidad dando resultados en tiempo y forma.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

* Instalar la plataforma de hardware del Cluster.
* Instalar la plataforma de software para el Cluster.
* Desarrollo de aplicaciones paralelas básicas.
* Configurar las características necesarias en el Cluster para que pueda conectarse con otros Cluster.

**1.3 JUSTIFICACIÓN**

Hoy en día la gran demanda de aplicaciones robustas en la red, y el obtener una respuesta a una serie de solicitudes de un usuario para cierta aplicación que se ejecuta en la Web, puede ser tardado dependiendo de la cantidad de usuarios. Una técnica para proporcionar un buen servicio a un usuario es el clúster ya que en base a varios nodos es capaz de procesar grandes cantidades de información y dar un servicio rápido y eficaz para el usuario.

**UNIVERSO DE LA INVESTIGACIÓN**

La implementación de un Cluster de 8 computadoras Homogéneas trabajando con un sistema operativo CentOs 6.4 corriendo una aplicación en paralelo.

Preguntas de investigación:¿Qué es un Cluster?  
¿Cómo funcionan los Cluster?  
¿Qué sistema operativo utilizan?  
¿Cuánta información puede procesar?  
¿Cuántas aplicaciones pueden correr y la carga de trabajo que pude realizar? ¿Qué sistemas operativos se utiliza comúnmente en los Cluster? ¿Qué lenguaje/librería se utilizan para crear aplicaciones que corran en el Cluster?

Factibilidad de la investigación:

La investigación es viable puesto que el maestro asesor nos proporcionará en su laboratorio las computadoras a interconectar que formarán parte del Cluster, además del Switch que interconectará las 8 computadoras para formar una red LAN aislada.

También es factible por el lado de la demanda de la tecnología actual, sería una opción más económica que soluciona los problemas de alta demanda de recursos o servicios de cómputo.

Consecuencias de la investigación:

Con la siguiente investigación se pretende solucionar problemas de demanda de hardware de una forma más económica que comprando equipo de altas características.

Solucionando así la problemática a la hora de correr aplicaciones que necesitan de muchos cálculos y los que una computadora ordinaria no podría o le tomaría hacerlo mucho tiempo.

**1.4 METODOLOGÍA**

**2.0 ANTECEDENTES**

El principio de los Clusters se remonta a los años 50 y 60 donde la revolución tecnológica estaba en pleno auge. La idea de los Clusters se inicio por la necesidad de equipo con mayor procesamiento y menor coste, la ley de amandahl describe cuanto se puede esperar de hacer en paralelo una serie de tareas en una arquitectura que lo permita, reduciendo por mitad el tiempo. El multiprocesamiento se refiere a máquinas con varios procesadores o varias máquinas conectadas en un entorno de red llamados Cluster.

El primer Cluster comercial fue creado por Datapoint en el año de 1977 y recibió el nombre de “ARCnet” aunque no tuvo mucho éxito comercial.

En el año de 1984 VAXcluster lanzó un sistema operativo llamado VAX/VMS enfocado más al procesamiento en paralelo y a su vez siendo un sistema robusto. VMScluster está todavía disponible en los sistemas de HP OpenVMS corriendo en sistemas Itanium y Alpha.

Otros proyectos importantes en la historia del Cluster fueron “Tandem Himalaya” producido en 1994 como Cluster de alta disponibilidad y el IBM S/390 Parallel

Sysplex (también alrededor de 1994, principalmente para el uso de la empresa).

Otro punto importante en la historia de los Cluster fue el desarrollo del Paralell Virtual Machine (PVM) el cual permitió la creación de un superordenador virtual de tipo HPC.

**2.1 MARCO CONCEPTUAL**

Los principios o las primeras ideas sobre el Cluster iniciaron a principios de los años 60 aproximadamente, pero el primero en implementar un sistema de este tipo fue el ingeniero de IBM Gene Amdahl, la ley que el mismo dijo explica el aceleramiento que se puede esperar paralelizando cualquier otra serie de tareas realizadas en una arquitectura paralela.

También los principios de estos sistemas se remontan a los principios de las redes, puesto que la idea es entrelazar recursos de computación. Las redes de conmutación de paquetes fueron inventados por los años de 1962 por la corporación RAND.

El proyecto ARPANET creado en 1969 es considerado un tipo de Cluster pero no es un Comodity Cluster. Cuando ARPANET creció se convirtió en la madre de todos los claustres.

El primero Cluster comercial producido en 1977 fue el ARCnet creada por la empresa Datapoint pero no tuvo mucho éxito hasta que se inventó en 1984 el sistema operativo VAX/MVS que funcionaban no solo con computación paralela, también disponían de compartición de archivos y periféricos.

Otros principales desarrolladores de Cluster fueron el tándem Himalaya el cual tenía alta disponibilidad y el IBM S/390 parallel sysplex.

Otra idea fundamental en el desarrollo y transcurso de los clúster es el PVM o máquina virtual paralela en español.

Este software permitió crear una supercomputadora virtual que recibió el nombre de HCP realizada desde cualquiera de los sistemas conectados TCP/IP.

Los Cluster Heterogéneos encabezan la cima de este modelo poniendo la mayor disponibilidad incluso de las más caras supercomputadoras.

**2.2. TRABAJOS RELACIONADOS**

Al parecer toda esta sección se copió y pegó. Eso no es válido, se debe redactar con palabras propias.

Tenemos que buscar también implementación de Clusters tipo Beowulf en el ámbito educativo. De preferencia que sean de artículos.

Cluster Beowulf (alt1040, 2011)

La implementación de los Clusters fue creado en la nasa en 1994 con hardware de tercera clase llamado Cluster Beowulf con características humildes pero legendarias pues era adecuado para crear una útil supercomputadora. Con su llegada cambio la historia de la computación científica.

El nombre de Beowulf esta inspirado en una antigua literatura anglosajona, donde los creadores Thomas Sterling y Donald Becker inician el proyecto Beowulf con el objetivo de crear una maquina que con la fuerza computacional de muchas.

El éxito de proyecto Beowulf fue inmediato, se agruparon 16 procesadores Intel DX4 de unos 100MHZ, fueron interconectados con tecnología Ethernet a 10Mbps, sobre equipos viejo con Linux, con el propósito de ejecutar tareas científicas en paralelo a un precio incomparablemente bajo para su tiempo.

Berkeley Now (slideshare.net, 2009)

El sistema NOW de Berkeley estuvo conformado por 105 estaciones de trabajo Sun Ultra 170, conectadas a través de una red Myrinet. Cada estación de trabajo contenía un microprocesador Ultra1 de 167 MHz, caché de nivel 2 de 512 KB, 128 MB de memoria, dos discos de 2,3 GB tarjetas de red Ethernet y Myrinet. En abril de 1997, NOW logró un rendimiento de 10 Gflops.

Google (clusterfie, 2013)

Durante el año 2003, el Cluster Google llegó a estar conformado por más de 1,5 millones de computadores personales. Una consulta en Google lee en promedio cientos de mega bytes y consume algunos billones de ciclos de CPU.

Cluster PS2 (google sites, 2013)

En el año 2004, en la Universidad de Illinois (Estados Unidos), se exploró el uso de consolas Play Station 2(PS2) en cómputo científico y visualización de alta resolución. Se construyó un Cluster conformado por 70 PS2; utilizando Sony Linux Kit (basado en Linux Kondora y Linux Red Hat) y MPI.

Cluster X (Cómputo Académico UNAM, 2004)

Fue desarrollado en el 2003 por el Tecnológico de Virginia, su instalación fue realizada por estudiantes de ese instituto. Es catalogado por “TOP 500” en noviembre del 2004 considerado el séptimo sistema más rápido del mundo, sin embargo, en julio del 2005 se desplaza a la posición catorce. Esta constituido por 2200 procesadores Apple G5 de 2.3 GHz. Utiliza dos redes: Infiniban 4x para las comunicaciones entre procesos y Gigabit Ethernet en la administración. Cluster X posee 4 TB de memoria RAM y 176 TB de disco duro, su rendimiento es de 12,25TFlops. Se lo conoce también como Terascale.

Red Española de Supercomputación (CeSVIMa, 2013)

En el año 2007 se creó la Red Española de Supercomputación, compuesta por 7 Clusters distribuidos en distintas instituciones españolas. La actualización de Magerit en 2011 mantiene la arquitectura Cluster por su versatilidad y reemplazando los elementos de cómputo por nodos IBM PS702 con Esto demuestra la sencillez y flexibilidad de la arquitectura: actualizando de 72TFlops lo que le convierte en el más poderoso de España. Procesadores POWER a 3,0 GHz y logrando un rendimiento más algunos elementos se obtienen sistemas más potentes sin grandes complicaciones.

Thunder (cluster::Definicion, 2013)

Thunder fue construido por el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore de la Universidad de California. Está conformado por 4096 procesadores Intel Itanium2 Tiger4 de 1,4 GHz. Utiliza una red basada en tecnología Quadrics. Su rendimiento es de 19,94 TFlops. Se ubicó en la segunda posición del «TOP 500» durante junio de 2004, luego en la quinta posición en noviembre de 2004 y en la lista de julio de 2005 se ubicó en la séptima posición.

ASCI Q (cluster::Definicion, 2013)

Fue construido en el año 2002 por el Laboratorio Nacional Los Álamos, Estados Unidos. Está constituido por 8192 procesadores AlphaServer SC45 de 1,25 GHz. Su rendimiento es de 13,88 TFlops. Se ubicó en la segunda posición del «TOP 500» durante junio y noviembre de 2003, luego en la tercera posición en junio de 2004, en la sexta posición en noviembre de 2004 y en la duodécima posición en julio de 2005.

**2.3. OPCIONES DE IMPLEMENTACIÓN DE UN CLUSTER**

**Implementación administrada**

La instalación administrada de un Cluster conlleva a una larga un serie de pasos que van desde el estudio de las condiciones de infraestructura y Side, como son, las condiciones del edificio y el sistema eléctrico hasta el montaje físico de los servidores, y los datos

**Implementación no administrada**

La implementación no administrar fue desarrollado para simplificar el manejo de un Cluster y a la vez proporcionar un sistema integral para su manejo, con ventajas de mayor flexibilidad, portable y fácil mantenimiento, así como configuración y la modificación de Cluster, para ello ahí distribuciones de Linux para Cluster con implementación no administrada.

ROCKS (rocksclusters, 2013) que es una solución para clústeres Linux red x86 y x86\_64. Pelican

Pelican distribución creada a partir de Debian Live para Cluster de alto rendimiento, le permite configurar un Cluster HPC en minutos. Usa como gestor de ventanas Xfce.

Scientific Linux (scientificlinux, 2013) en una distribución de Linux con nivel binario de la distribución de Red Hat Enterprise Linux, co-desarrolado por Fermi National Accelerator Laboratory y la European Organizaition for Nuclear Research.

Kiskstart (redhat, 2013) es un método de instalación automatizado para la instalación de Red Hat Enterprice Linux, el cual permite una instalación desatendida y la configuración consistente de los nuevos sistemas operativos de forma automática.

Preboot eXecution Environment (PXE) (ezzlinux, 2013) servicio que le permite arrancar e instalar el sistema operativo en ordenadores a través de una red.

**Gestión de recursos distribuidos: sistemas gestores de colas**

Los sistemas de gestión de colas, gestionan una cola de ejecución, planifican la ejecución de las tareas y gestionan los recursos, para minimizar costes y maximizar rendimiento de las aplicaciones.

**Cluster en aplicaciones científicas.**

Se caracterizar por ser aplicaciones computacionalmente intensivas, Sus necesidades de recursos son muy importantes para almacenar y especialmente memoria.

Requieren nodos y sistemas dedicados, en entornos HPC y HTC. Suelen estar controlados los recursos por planificadores tipo Maui y gestores de recursos tipo PBS.

Son en muchas ocasiones códigos legacy, difíciles de mantener, ya que los dominios de aplicación suelen ser difícilmente paralelizables.

Ejemplos: Simulaciones (Earth Simulator), genómica computacional, predicción meteorológica (MM5), simulación de corrientes y vertidos en el mar, aplicaciones en química computacional.

**Cluster en aplicaciones empresariales**

Suelen ser aplicaciones no especialmente intensivas computacionalmente, pero que demandan alta disponibilidad y respuesta inmediata, con lo que los servicios se están ejecutando continuamente y no controlados por un sistema de colas,

Es usual que un sistema provea varios servicios. Una primera aproximación para realizar una distribución del trabajo es separar los servicios:

Un servidor web con la BD en un nodo, el contenedor EJB en otro y el servidor de páginas web en otro constituye un claro ejemplo de distribución en el ámbito empresarial.

Otra aproximación es instalar una aplicación web en un clúster squid como proxy-caché, apache/tomcat como servidor: web/de aplicaciones web, memcached como caché de consultas a la base de datos y mysql como base de datos. Estos: servicios pueden estar replicados en varios nodos del clúster.

Ejemplos: Flickr, Wikipedia y Google.

**3.0 DESARROLLADO**

**3.1 INFRAESCTRUCTURA**

La infraestructura de Cluster proporciona las funciones básicas para que un grupo de computadores trabajen juntos para formar un Cluster. el Cluster estará formado por ocho nodos el cual uno de ellos es principal(master) es el que se encarga de administrar y distribuir las tareas a los 7 nodos esclavos que están interconectado en una red local sobre un switch ENTERASYS A2H124-24 el cual son los encargados de realizas las tareas administradas por el nodo principal.

**3.2 ELECCIÓN DEL SOFTWARE**

Para la implementación del Cluster (CentOS, 2010) se utilizara una distribución de Linux llamada CentOS, por su robustez, estabilidad y por que las características que ofrece se adaptan a los requerimientos que demanda un sistema Cluster.

CentOS es un sistema operativo, es una plataforma de computación de clase empresarial libre. CentOs se construye a partir de SRPMS de código abierto disponible por un destacado proveedor de Linux.

Una distribución de Linux (Sergio Gonzáles, 2010) mas especializada o enfocada a los servicios de web. Si se habla de servidores web, CentOS encabeza los sistemas mas instalados de tipo servidor web (Q-Success), a demás de servicios de Hosting, almacenamiento en la nube (Cloud), servidores de correos y otras aplicaciones como la instalación de un Cluster.

En nuestro caso implementaremos un Cluster, y CentOS tiene la facilidad de configuración y la robustez necesaria para llevarlo a cabo.

**3.2 INSTALACIÓN DE UN SISTEMA OPERATIVO**

Para la instalación del sistema operativo se tiene que tener los requerimientos mínimos (Linectux, 2011):

Hardware recomendado para operar:

• Memoria RAM: 64 MB (mínimo).

• Espacio en Disco Duro: 1024 MB (mínimo) - 2 GB (recomendado).

• Procesador: Intel x86-compatible (32bit): Intel pentium I, II, III, IV, celeron y Xeon, AMD K6, K7 y K8. AMD Duron Athlon XP y MP.

AMD64 (Athlon 64, etc) y intel EM64T (64 bit).

**BIBLIOGRAFIA**

CeSViMa-Parque Tecnológico de la UPM Campus de Montegandedo 28223, Pozuelo de Alarcón. Madrid (España). Obtenido el 11 de septiembre 2013. <http://www.cesvima.upm.es/general.html>

CenOs: requisitos del sistema. Obtenido el 11 de septiembre 2013.

<http://linectux.blogspot.mx/2011/07/requisitos-del-pc-para-instalar-linux_25.html>

CentOs. The community ENTerprise Operating System. Obtenida el 11 de sept del 2013

<http://www.centos.org/modules/smartfaq/category.php?categoryid=7>

Cluster: definición. Obtenida el 11 de septiembre del 2013.

<http://clusterfie.epn.edu.ec/clusters/Definiciones/definiciones.html>

TC Group. Obtenida el 11 de septiembre del 2013

<http://www.itcgroup.us/index.php/soluciones/mision-critica/llave-en-mano/clusters-de-bases-de-datos-y-aplicaciones>

Google Site. Sistemas Distribuidos & Cluster. Obtenido el 11 de septiembre del 2013.

<https://sites.google.com/site/sdistribuidoscluster/soluciones-cluster>

Monografías: Cluster. Obtenido el 11 de septiembre del 2013.

<http://www.monografias.com/trabajos29/clusters/clusters.shtml>

Historia de la tecnología: Cluster Beowulf la supercomputadora de los pobres. Obtenida el 10 de noviembre del 2013

<http://alt1040.com/2011/11/historia-de-la-tecnologia-cluster-beowulf-la-supercomputadora-de-los-pobres>.

Pablo Guajardo. Cluster informático y organizacional. Obtenida el 10 de septiembre del 2013

<http://www.slideshare.net/guestaab6a43/clusters-2230246>

José Luis Gordillo Ruiz. Computo Académico UNAM. Obtenido el 11 de sept del 2013.

<http://www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/Marzo/clusters.htm>

Sergio Valentino Gonzáles Arredondo. Centos es la distribución más utilizable en servidores web. Obtenida el 11 de septiembre 2013

<http://www.alcancelibre.org/article.php/20100802204257924>

kioskea.net. Obtenido el 11 de septiembre del 2013 <http://es.kioskea.net/contents/surete-fonctionnement/clusters.php3>

M en A. Iliana Gómez, L.S.I. Virgilio Cervantes, Lic. Genaro Ramírez

<http://www.cgti.udg.mx/sites/default/files/Cluster%20alto%20rendimiento2.pdf>

Clusterinformatica, Cluster obtenido el 02 de octubre del 2013

<http://wwwclusterinformatica.blogspot.mx/2011/05/cluster-informatica.html>

Scientificlinux. Distribución de Linux Scientific Linux. Obtenido el 03 de octubre del 2013

<https://www.scientificlinux.org/>

Rocksclusters. Distribución de Linux ROCKS obtenido el 03 de Octubre de 2013

<http://www.rocksclusters.org/rocks-documentation/4.1/getting-started.html>

Redhat. Es un método de instalación automatizado para instalar entorno a Linux. Obtenido el 03 de Octubre de 2013

<https://access.redhat.com/site/documentation/esES/Red_Hat_Enterprise_Linux/6/html/Installation_Guide/ch-kickstart2.html>

Ezzlinux. Servicio para arrancar o instalar sistemas operativos en otros ordenadores. Obtenido el 03 de Octubre de 2013

<http://ezzlinux.wordpress.com/2011/09/05/pxepreboot-execution-environment-for-rhel6/>