

Facultad de Ingeniera

Universidad de la Republica

Proyecto Fenton - Cluster de Computadores de Alto
Desempeo con Acceso Remoto (CCADAR)

Manual de instalacin

Julio 2008

Estudiantes:

Santiago Iturriaga, Paulo Maya, Damin Pintos

Supervisor:

Mg. Ing. Sergio Nesmachnow

Índice

1. Sistema operativo	3
2. Pre-instalación	3
3. Requerimientos de software	3
3.1. PostgreSQL 8.2.5 o superior [requerido]	3
3.2. Apache 2.0 o superior [requerido]	4
3.3. PHP 5.2.5 o superior [requerido]	4
3.4. Ganglia 3.0.5 o superior [requerido]	4
3.4.1. gmond	5
3.4.2. gmetad	5
3.4.3. Interfaz web	5
3.5. TORQUE 2.3.0 o superior [requerido]	6
3.5.1. Nodo maestro: qserverd	6
3.5.2. Nodo de cómputo: qnoded	6
3.6. Maui 3.2.6p19 o superior [requerido]	7
3.7. MPI [opcional]	8
3.7.1. MPICH 1.2.7p1 o superior	8
3.7.2. Mpiexec 0.83 o superior	8
3.7.3. OpenMPI 1.2.6 o superior [recomendado]	9
4. Instalación de Fenton	9
4.1. Repositorio del sistema	9
4.2. Acceso SSH con autenticación RSA	10
4.3. Base de datos	10
4.4. Aplicación web	11
4.5. Configuración de TORQUE	11
4.6. Configuración final del sistema	11

1. Sistema operativo

Es recomendado instalar el sistema Fenton sobre alguna distribución Linux 2.6 (o superior), con una arquitectura de 32-bits (x86) o 64-bits (x64). Si bien el sistema Fenton fue probado en SUSE, Ubuntu y Fedora, esto no quita que pueda realizarse una instalación en otras distribuciones (e.g., Debian, Slackware, etc.) o hasta otro sistema operativo de la familia POSIX (e.g., FreeBSD, Solaris, etc.).

Durante el resto del documento se asumirá que el sistema Fenton se instalará en una distribución Linux.

2. Pre-instalación

Usuario y grupo del sistema. Se necesita crear un usuario y un grupo del sistema para ejecutar el sistema Fenton. Este usuario del sistema debe ser configurado como administrador en TORQUE y Maui. Por defecto este usuario y este grupo se llamarán fenton.

Para crear el usuario y grupo del sistema se deben ejecutar los siguientes comandos:

```
root:# addgroup fenton
root:# adduser fenton
root:# adduser fenton fenton
```

3. Requerimientos de software

A continuación se detallará el software base requerido por el sistema Fenton. Por simplicidad se recomienda realizar la instalación del software utilizando los paquetes de la distribución de Linux sobre la que se esté trabajando.

Se vera un breve instructivo de como realizar la instalación compilando e instalando manualmente el software utilizando el código fuente.

3.1. PostgreSQL 8.2.5 o superior [requerido]

PostgreSQL[1] es un servidor de base de datos relacional liberado bajo la licencia BSD. El sistema Fenton utiliza PostgreSQL para persistir la información sobre usuarios, trabajos del cluster, etc.

Para la compilación e instalación de PostgreSQL en `/usr/local/postgresql-8.2.5` se deben seguir los siguientes pasos:

```
$ ./configure --prefix=/usr/local/postgresql-8.2.5
$ make
root:# make install
```

Luego se debe crear el usuario de PostgreSQL y asignar espacio físico para los datos y logs.

```
root:# adduser postgres
root:# mkdir /usr/local/postgresql-8.2.5/data
root:# chown postgres /usr/local/postgresql-8.2.5/data
```

```
postgres:$ cd /usr/local/postgresql-8.2.5/bin
postgres:$ ./initdb -D /usr/local/postgresql-8.2.5/data
```

Finalmente se inicia el servicio:

```
postgres:$ cd /usr/local/postgresql-8.2.5/bin
postgres:$ ./pg_ctl -D /usr/local/postgresql-8.2.5/data
```

El sistema Fenton requiere que la base de datos sea accesible desde todos los nodos del cluster (tanto el nodo maestro como los nodos de computo). Para habilitar el acceso externo a la base de datos se deben editar los siguientes archivos de configuración:

```
/net/local/postgresql-8.2.5/data/pg_hba.conf
/net/local/postgresql-8.2.5/data/postgresql.conf
```

3.2. Apache 2.0 o superior [requerido]

El servidor Apache[2] es un servidor HTTP de código abierto y es utilizado para la publicación de la interfaz web de acceso remoto al sistema Fenton.

En la actualidad todas las distribuciones de Linux disponen de un paquete de Apache 2.0 o superior y se recomienda utilizar esta versión de Apache en la publicación de la interfaz web.

3.3. PHP 5.2.5 o superior [requerido]

PHP[3] es un lenguaje de programación interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas. Fenton se encuentra casi completamente implementando en PHP y requiere que este lenguaje sea instalado en todos los nodos del cluster. En el nodo maestro PHP es utilizado para la ejecución de la interfaz web y la lógica del sistema. En los nodos de cómputo PHP es utilizado para ejecutar scripts de pre-ejecución y post-ejecución de trabajos en el cluster.

Compilación e instalación de PHP en el directorio `/usr/local/php-5.2.5`:

```
$ ./configure --prefix=/usr/local/php-5.2.5 \
> --with-pgsql=/usr/local/postgresql-8.2.5 --with-gd
$ make
root:# make install
```

Es necesario incluir soporte para PostgreSQL y para la biblioteca gráfica GD utilizada por Ganglia. Por último es necesario configurar el servidor HTTP Apache para poder ejecutar archivos PHP.

3.4. Ganglia 3.0.5 o superior [requerido]

Ganglia es utilizado para monitorear el estado del cluster y nos brinda reportes de carga de memoria de los nodos, tráfico de red, utilización de CPU, entre otros.

Ganglia cuenta con tres componentes que deben ser instalados:

3.4.1. gmond

Gmond es un demonio encargado de recolectar y enviar información del estado del nodo sobre el que esta ejecutando. Por esta razón se debe ejecutar en cada una de los nodos del cluster que se desea monitorear.

Compilación e instalación de gmond se debe ejecutar:

```
$ ./configure --prefix=/usr/local/ganglia-3.0.7
$ make
root:# make install
```

En el directorio `ganglia-3.0.7-src/gmond` se pueden encontrar algunos scripts de ejemplo para ejecutar gmond al inicio del sistema como un servicio.

Por último es necesario configurar gmond. Para esto se debe crear el archivo de configuración `/etc/gmond.conf` con valores por defecto ejecutando:

```
root:# cd /usr/local/ganglia-3.0.7/sbin
root:# ./gmond --default_config > /etc/gmond.conf
```

3.4.2. gmetad

Gmetad es un demonio al igual que gmond, pero en lugar de enviar datos oficia de servidor recolectando la información enviada por gmond desde los nodos del cluster. Solamente una instancia de este demonio debe estar en ejecución.

Compilación e instalación de gmetad y gmond:

```
$ ./configure --prefix=/usr/local/ganglia-3.0.7 --with-gmetad
$ make
root:# make install
```

Dentro del directorio `ganglia-3.0.7-src/gmetad` se encuentran algunos scripts de ejemplo para iniciar gmetad como servicio al inicio del sistema. A diferencia de gmond, gmetad contiene además con un archivo de configuración por defecto que se encuentra en `ganglia-3.0.7-src/gmetad/gmetad.conf` y que se debe copiar a `/etc/gmetad.conf` y luego editar.

Finalmente se debe asignar espacio en disco en donde gmetad guardará la información que recopile. La ubicación por defecto es `/var/lib/ganglia/rrds` y su owner debe ser el usuario que fue configurado en `gmetad.conf` como usuario de ejecución.

3.4.3. Interfaz web

Ganglia cuenta con una interfaz Web implementada en PHP donde se presenta visualmente la información del cluster. La interfaz Web de Ganglia debe estar alojada en el mismo nodo que ejecuta el demonio gmetad.

Para realizar la instalación de la interfaz Web es necesario copiar el directorio `ganglia-3.0.7-src/web` al directorio `DocumentRoot` de instalación del servidor Apache, e.g.: `/var/www/ganglia`.

3.5. TORQUE 2.3.0 o superior [requerido]

TORQUE[5] es un manejador de recursos distribuidos (DRM) y es utilizado para administrar los recursos disponibles en el cluster: procesadores, memoria, tiempo de cómputo, etc. La arquitectura de un cluster TORQUE cuenta con un nodo maestro y muchos nodos de cómputo. El nodo maestro debe ejecutar el demonio `qserverd` y los nodos de cómputo deben ejecutar el demonio `qnode`. A continuación se describirá como instalar estos demonios.

3.5.1. Nodo maestro: qserverd

Instalación de el servidor de TORQUE en `/usr/local/torque-2.3.0`:

```
$ ./configure --prefix=/usr/local/torque-2.3.0
$ make
root:# make install
```

Una vez terminada la instalación del servidor, es necesario configurar el demonio `qserverd`:

```
root:# export PATH=$PATH:/usr/local/torque-2.3.0/bin
root:# export PATH=$PATH:/usr/local/torque-2.3.0/sbin
root:# torque.setup fenton
```

Donde `fenton` es el usuario que se desempeñará como administrador de TORQUE. Este script se encarga de crear un entorno básico de trabajo con una configuración por defecto para poder iniciar el servidor. Finalmente se deben configurar los nodos de cómputo editando `/var/spool/torque/server_priv/nodes`, e.g.:

```
nodo001.fing.edu.uy
nodo002.fing.edu.uy
nodo003.fing.edu.uy
```

O mediante la interfaz de consola de TORQUE:

```
$ qmgr
qmgr: create node nodo001.fing.edu.uy
```

3.5.2. Nodo de cómputo: qnode

Una vez compilado torque es posible crear paquetes de instalación distribuíbles para instalar en los nodos de cómputo. Esto simplifica la instalación de los nodos de cómputo si se trata de un cluster homogéneo, en cambio si los nodos del cluster cuentan con sistemas operativos diferentes o arquitecturas diferentes será necesario compilar TORQUE para cada nodo. Se asumirá que se trata de un cluster homogéneo. Para crear los paquetes de instalación distribuíbles se debe ejecutar:

```
$ make packages
```

Luego en cada nodo de cómputo:

```
root:# ./torque-package-clients-linux-i686.sh --install
root:# ./torque-package-mom-linux-i686.sh --install
```

El servidor MOM para cada nodo de cómputo debe ser configurado para confiar en el servidor maestro de TORQUE editando el archivo:

```
/var/spool/torque/mom_priv/config
```

Ejecución de los demonios. Es necesario que el servidor de TORQUE (qserverd) y los demonios qnoded se encuentren en ejecución permanente en el cluster. Para esto es recomendable que sean agregados como demonios en el sistema creando scripts de ejecución en /etc/init.d. Para esto existen dos scripts que pueden tomarse de ejemplo:

```
scripts/qserverd.example.sh
scripts/qnoded.example.sh
```

3.6. Maui 3.2.6p19 o superior [requerido]

Maui[6] es un despachador (scheduler) de trabajos para clusters de código abierto que soporta varias políticas de despacho, prioridades dinámicas, reservas de recursos, etc.

Compilación, instalación y configuración. Existe un bug en el script de configuración e instalación de Maui por lo que se recomienda realizar la instalación en /usr/local/maui (su ubicación por defecto). Además es necesario estar logueado con el usuario de Linux que se desempeñará como administrador del scheduler al momento de la compilación. Este usuario debe ser también administrador de TORQUE, por lo que recomendamos utilizar el mismo usuario que se asignó durante el paso anterior como administrador de TORQUE (fenton en este ejemplo). Una vez logeado con el usuario fenton, se deben ejecutar los siguientes comandos:

```
fenton:$ ./configure --prefix=/usr/local/maui \
> --with-pbs=/usr/local/torque-2.3.0
fenton:$ make
root:# mkdir -p /usr/local/maui
root:# chown fenton.fenton /usr/local/maui
fenton:$ make install
```

Es posible que ocurra un error durante la creación de directorios en la instalación. Si sucede esto es necesario crear manualmente los directorios: 'log', 'traces', 'stats', 'spool' y 'tools' en el directorio de instalación y luego volver a ejecutar `make install`.

Se debera asegurar que el usuario administrador de Maui tenga permisos totales sobre el directorio de instalación. Una posibilidad para asegurar esto es asignarlo como owner ejecutando:

```
root:# chown -R fenton /usr/local/maui
```

Luego de esto se da por finalizada la instalación. A continuación es necesario configurar el scheduler editando /usr/local/maui/maui.cfg:

```
RMCFG[SERVIDOR.FING.EDU.UY] TYPE=PBS
```

Para clusters pequeños quizás sea recomendable disminuir el tiempo de polling para tener una respuesta más rápida por parte del scheduler modificando el parámetro `RMPOLLINTERVAL`, e.g.:

```
RMPOLLINTERVAL 00:00:05
```

Ejecución del demonio. Al igual que TORQUE, también es necesario que Maui se encuentre en ejecución constante en el cluster. Y de la misma forma que antes, también existe un script que puede tomarse de ejemplo para esto en `scripts/maui.example.sh`.

3.7. MPI [opcional]

Para ejecutar programas paralelos utilizando MPI es necesario contar con una implementación del estándar MPI. A continuación veremos las implementaciones que fueron probadas en el sistema.

Cualquiera sea la implementación elegida, es necesario que sea instalada (o se encuentra accesible) en todos los nodos del cluster.

3.7.1. MPICH 1.2.7p1 o superior

MPICH1[7] es una implementación del estándar MPI versión 1. Para compilar e instalar MPICH1 en `/usr/local/mpich-1.2.7p1` se debe ejecutar:

```
$ ./configure --with-device=ch_p4 \  
> --prefix=/usr/local/mpich-1.2.7p1 \  
> --with-common-prefix=/usr/local/mpich-1.2.7p1  
$ make  
root:# make install
```

3.7.2. Mpiexec 0.83 o superior

Mpiexec[8] es un programa que reemplaza al script `mpirun` del paquete MPICH y es utilizado para inicializar un trabajo paralelo desde TORQUE. Si bien no es obligatorio utilizar Mpiexec, este facilita la integración de MPICH con TORQUE y es muy recomendable utilizarlo.

```
$ ./configure --prefix=/usr/local/mpiexec-0.83 \  
> --with-default-comm=mpich-p4 \  
> --with-pbs=/usr/local/torque-2.3.0 \  
> --with-mpicc=/usr/local/mpich-1.2.7p1/bin/mpicc  
$ make  
root:# make install
```

NOTA: Mpiexec no es necesario si se utiliza OpenMPI.

3.7.3. OpenMPI 1.2.6 o superior [recomendado]

OpenMPI[9] es una implementación del estándar MPI versión 2. Para compilar e instalar OpenMPI se debe ejecutar:

```
$ ./configure --prefix=/usr/local/openmpi-1.2.6 \  
> --with-tm=/usr/local/torque-2.3.0 \  
> --disable-shared --enable-static \  
$ make \  
root:# make install
```

Compilar OpenMPI de forma estática evita problemas de bibliotecas en los diferentes nodos. Aunque tiene dos desventajas: los ejecutables tienen un tamaño mayor y si las bibliotecas de OpenMPI son actualizadas es necesario re-compilar los proyectos y generar nuevos ejecutables para utilizar la nueva versión.

4. Instalación de Fenton

4.1. Repositorio del sistema

Es necesario crear el repositorio raíz donde el sistema almacenará la estructura de clientes y trabajos para que los usuarios realicen ejecuciones y almacenen sus resultados. Por ejemplo, se creará el repositorio en `/home/fenton/repositorio` y luego le asignaran los permisos adecuados.

```
fenton:$ mkdir -p /home/fenton/repositorio \  
fenton:$ chmod g+w+r /home/fenton/repositorio
```

El grupo del directorio debe ser `fenton`. En caso de que sea otro es posible cambiarlo con el comando:

```
root:# chgrp fenton /home/fenton/repositorio
```

Finalmente se debe crear un espacio para el repositorio interno del sistema. Aquí el sistema almacenará logs de ejecuciones y otros datos que no se encuentran directamente disponibles a los usuarios. La ubicación recomendada para este directorio es `/home/fenton/repositorio/sistema`. Para crearlo:

```
fenton:$ mkdir -p /home/fenton/repositorio/sistema \  
fenton:$ chmod g+w+r /home/fenton/repositorio/sistema
```

Al igual que en el directorio anterior, se debe asegurar que el grupo del directorio sea `fenton`.

El usuario y el grupo `fenton` deben existir en todos los nodos del cluster al igual que ambos directorios de repositorios deben ser accesibles desde cualquier nodo del cluster.

Debido a que el repositorio del sistema y la web (como se verá más adelante) se encuentran en el directorio `home` del usuario `fenton`, se debe verificar que cualquier usuario tenga acceso de lectura al directorio `/home/fenton`.

```
fenton:$ chmod a+r+x fenton
```

4.2. Acceso SSH con autenticación RSA

En el nodo de ejecución de la aplicación web debe ser posible realizar un acceso SSH sin password con el usuario que ejecuta la aplicación web (el usuario configurado en el servidor Apache) al usuario del sistema (por defecto `fenton`) en el nodo maestro.

El primer paso para configurar este acceso es averiguar el usuario de ejecución de los scripts en Apache. Este usuario varía de distribución en distribución. En la instalación actual este usuario es `www-data`.

Luego se asignara a este usuario un directorio home. Para esto es necesario editar `/etc/passwd`:

```
www-data:x:33:33:www-data:/home/www-data:/bin/sh
```

De esta manera se asigna el directorio `/home/www-data` como home del usuario. Seguramente este directorio no exista, por lo que se debe crear y asignarle `www-data` como owner.

A continuación se crea la clave pública y la privada necesarias para la autenticación:

```
root:# su - www-data
www-data:$ ssh-keygen -t dsa
```

Finalmente se agregará a las claves publicas del usuario `fenton` la recién creada clave de `www-data`.

```
fenton:$ mkdir -p /home/fenton/.ssh
root:# cd /home/fenton/.ssh
root:# cat /home/www-data/.ssh/id_dsa.pub > authorized_keys2
root:# chown fenton.fenton /home/fenton/.ssh/authorized_keys2
```

Es necesario probar al menos una vez el acceso SSH al nodo maestro para agregar el nodo maestro a los hosts conocidos de SSH. Suponiendo que el servidor apache se encuentra en el nodo maestro se debe ejecutar:

```
www-data:$ ssh fenton@localhost
```

4.3. Base de datos

Se debe crear un usuario para el sistema en la base de datos, asignarle una contraseña y crear las tablas de datos. A continuación se detallará como realizar esto desde la línea de comando. Como primer paso se creará el usuario de la base de datos:

```
root:# su - postgres
postgres:$ createuser fentondb
```

Luego se deben crear el esquema de datos y las tablas:

```
$ createdb fentondb
$ psql fentondb
psql=# \i postgres/database.sql
```

Finalmente se asigna una contraseña al nuevo usuario:

```
psql=# alter user fentondb password 'fentondb';
```

4.4. Aplicación web

Para instalar la aplicación web se debe copiar el directorio `web/` a la ubicación deseada. Por ejemplo `/home/fenton/web`, y luego crear un alias para la aplicación. En la mayoría de los casos basta con copiar el archivo `apache/fenton.conf` a `/etc/apache2/conf.d`.

La aplicación web debe ser accesible desde cualquier nodo del cluster. Esto es necesario debido a que los scripts de prologo y epilogo (ver siguiente paso) requieren ejecutar scripts PHP de la aplicación.

El sistema debe contar con un interprete de línea de comando de PHP y este se debe encontrar en el directorio `/usr/bin/php`. Existen varios scripts PHP que se encuentran en `/home/fenton/web/bin` y que esperan encontrar el interprete en la ubicación mencionada. En caso de que el interprete de PHP no se encuentre en esa ubicación o tenga otro nombre (e.g., `/usr/bin/php5`) puede solucionarse fácilmente creando un link al nombre deseado de la siguiente forma:

```
ln -s /usr/bin/php5 /usr/bin/php
```

Por último se configurara el script de control de cuota para que ejecute periódicamente en el nodo maestro. Para esto se puede utilizar el comando `cron` de Linux.

El script de control se encuentra en `/home/fenton/web/lib/Vigilante.php` y para ejecutarlo periódicamente es necesario editar la configuración de la aplicación `cron` ejecutando:

```
root:# crontab -e
```

Este comando abrirá para edición el archivo de configuración del `cron` del usuario. Supongase que se quiere ejecutar el script de control una vez cada hora, para esto se edita la configuración agregando la siguiente línea:

```
01 * * * * php /home/fenton/web/lib/Vigilante.php
```

4.5. Configuración de TORQUE

Es necesario que TORQUE notifique al sistema cuando un trabajo es quitado de la cola de espera para iniciar su ejecución, y cuando un trabajo termina de ejecutar (ya sea de forma exitosa o no). Para esto se debe editar y copiar el script de pre-ejecución (prologo) y el script de post-ejecución (epilogo). Estos scripts deben estar disponibles en todos los nodos del cluster (tanto el maestro como los nodos de cómputo).

Los scripts se encuentran en `torque/prologue` y `torque/epilogue`, y se deben copiar a `/var/spool/torque/mom_priv`. Luego de copiados es necesario editar estos scripts configurando la variable `PATH_PHP` según la instalación, e.g.: `/home/fenton/web/bin`.

4.6. Configuración final del sistema

Como último paso, se realizaran los ajustes finales y configurará la aplicación web con la ubicación de los diferentes componentes del sistema. Para esto se editará el archivo de configuración `/home/fenton/web/lib/Constantes.php`.

Si la instalación en su totalidad fue realizada utilizando las ubicaciones sugeridas las modificaciones al archivo de configuración deberían ser mínimas. A continuación se verán algunos de los parámetros de configuración:

- Ubicación del repositorio y de los archivos temporales.

```
define("RAIZ", "/home/fenton/repositorio\char");
define("RAIZ_SISTEMA", "/home/fenton/repositorio/sistema");
define("TMP", "/tmp");
```

- Conexión a la base de datos.

```
define("CONEXION_HOST", "localhost");
define("CONEXION_PORT", "5432");
define("CONEXION_USUARIO", "fentondb");
define("CONEXION_PASSWORD", "fentondb");
define("CONEXION_BASE", "fentondb");
```

- Configuración del launcher MPI.

```
define("MPIEXEC", "/usr/local/openmpi-1.2.6/bin/mpiccc");
```

- URL de la instalación de Ganglia.

```
define("GANGLIA_URL", "http://localhost/ganglia");
```

- Configuración del usuario y el host utilizado por el sistema para ejecutar tareas administrativas.

```
define("SSH", "/usr/bin/ssh");
define("USERNAME", "fenton");
define("HOST", "localhost");
```

- Opciones generales del sistema.

```
define("GRUPOFENTON", "fenton");
```

Grupo al que pertenecen todos los usuarios del sistema.

```
define("REDIRECCION_SALIDA",
"/home/fenton/web/bin/redireccion_salida.php");
define("OUTPUT", "salida\_extra");
define("EJECUTABLE", "plantillas/archivos/qsub.script");
define("LOG_EJECUCIONES", "../log/ejecuciones.log");
define("TIEMPO_REFRESH_RESULTADOS", "5");

define("COMANDOS_EJECUCION",
"make=make&mpicc=/usr/local/openmpi-1.2.6/bin/mpiccc");
```

Lista de comandos disponibles para la ejecución por parte del usuario del sistema. Deben estar separados entre ellos por un '&', y cada uno está compuesto de dos partes separadas por un '=': la primer parte es la descripción y la segunda parte es ubicación del comando.

- Configuración de TORQUE y Maui.

```
define("PATH_TORQUE", "/usr/local/torque-2.3.0");  
define("PATH_MAUI", "/usr/local/maui");  
define("QSUB", PATH_TORQUE."/bin/qsub");  
etc...
```

Algunas de las opciones que seguramente siempre se deben configurar son:

```
define("CONEXION_HOST", "servidor.fing.edu.uy");
```

Ubicación del host ejecutando la base de datos.

```
define("GANGLIA_URL", "http://servidor.fing.edu.uy/ganglia");
```

URL base de la instalación de Ganglia.

Referencias

- [1] PostgreSQL
<http://www.postgresql.org/>
- [2] Apache
<http://httpd.apache.org/>
- [3] PHP
<http://www.php.net/>
- [4] Ganglia
<http://ganglia.info/>
- [5] TORQUE
<http://www.clusterresources.com/pages/products/torque-resource-manager.php>
- [6] Maui
<http://www.clusterresources.com/pages/products/maui-cluster-scheduler.php>
- [7] MPICH1
<http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi/mpich1/>
- [8] Mpiexec
<http://www.osc.edu/~pw/mpiexec/index.php>
- [9] OpenMPI
<http://www.open-mpi.org/>