2º curso / 2º cuatr.

Grado en

Ing. Informática

## Arquitectura de Computadores

# Seminario 0. Entorno de programación: atcgrid y gestor de colas

Material elaborado por los profesores responsables de la asignatura:

Mancia Anguita – Julio Ortega









- Cluster de prácticas (atcgrid)
- Sistema de colas PBS Pro
- Ejemplo hello OpenOMP en atcgrid usando PBS Pro. Ejemplo de script

- Cluster de prácticas (atcgrid)
  - Componentes
  - > Placa madre
  - > Chip de procesamiento (procesador)
  - > Acceso
- Sistema de colas PBS Pro
- > Ejemplo hello OpenOMP en atcgrid usando PBS Pro

## Cluster de prácticas (atcgrid): componentes







Switch: SMC8508T

http://www.smc.com/index.cfm?event=vi ewProduct&localeCode=EN\_USA&cid= 6&scid=24&pid=1147



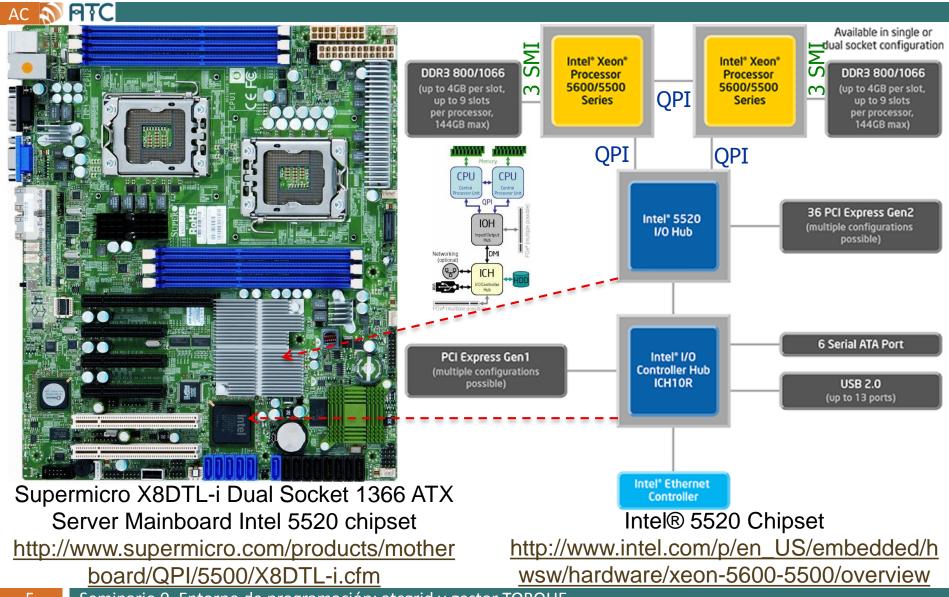
Nodos de cómputo (tres): Servidores rack SuperMicro SuperServer 6016T-T <a href="http://www.supermicro.com/products/system/">http://www.supermicro.com/products/system/</a> 1U/6016/SYS-6016T-T.cfm



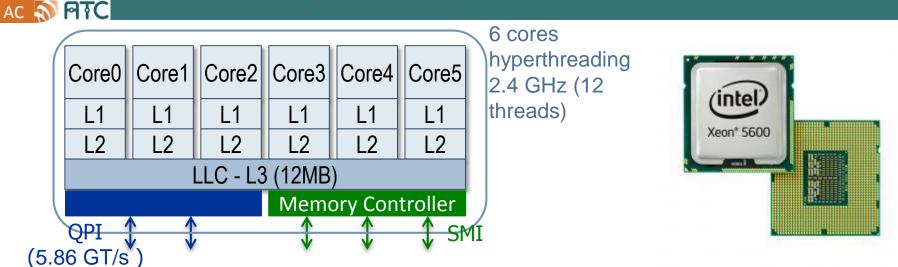


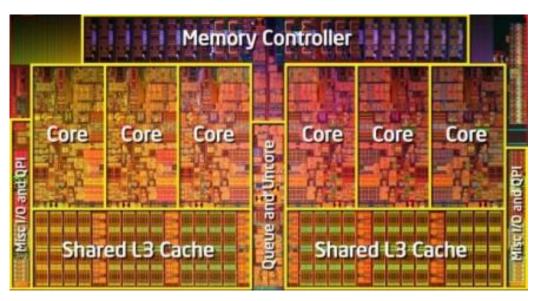
Nodo front-end (host, master)

## Cluster de prácticas (atcgrid): placa madre



# Cluster de prácticas (atcgrid): chip de procesamiento

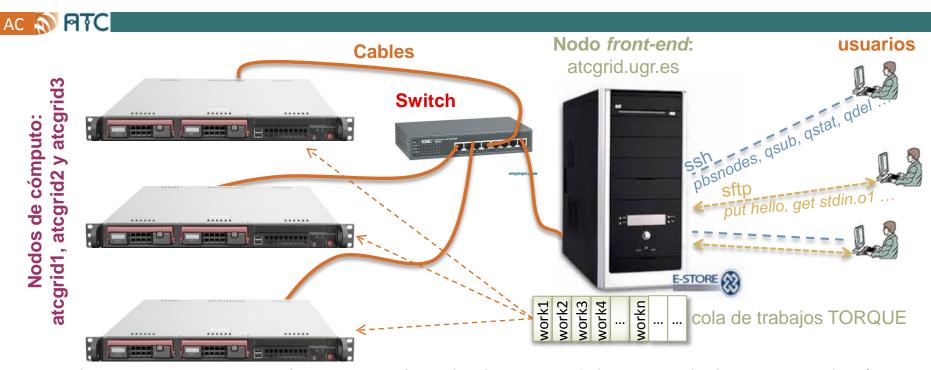




Intel Xeon E5645 (6 cores/12 threads, 12M L3 Cache compartida, 2.40 GHz cada core, 5.86 GT/s Intel® QPI)

<a href="http://ark.intel.com/products/48768">http://ark.intel.com/products/48768</a>
8?wapkw=(E5645)

## Cluster de prácticas (atcgrid): acceso



- Cada usuario tiene un home en el nodo front-end de atcgrid al que accederá:
  - Para ejecutar comandos (pbsnodes, qsub, qstat, qdel ...), con un cliente ssh (secure shell):
    - Linux: ssh <u>username@atcgrid.ugr.es</u> (pide *password* del usuario "username")
  - Para cargar y descargar ficheros (put hello, get stdin.o1, ...), con un cliente sftp (secure file transfer protocol)
    - Linux: sftp <u>username@atcgrid.ugr.es</u> (pide password del usuario "username")

#### AC MATC

- Cluster de prácticas (atcgrid)
- > Sistema de colas PBS Pro
  - > ¿Qué es PBS Pro?
  - > Ejemplo con comandos PBS Pro
- Ejemplo hello OpenOMP en atcgrid usando PBS Pro

## ¿Qué es PBS Pro?

- Es un gestor de colas y de recursos distribuidos basado en PBS (Portable Batch System)
- PBS Pro: Portable Batch System professional
- Comandos PBS Pro que se usarán en prácticas
  - pbsnodes: información de nodos PBS
  - > qsub: enviar un trabajo a ejecutar. Devuelve dos ficheros:
    - Salida del programa (stdout): en un fichero con extensión que comienza por ".o"
    - Errores (stderr): en un fichero con extensión que comienza por ".e"
  - > qstat: chequear el estado de los trabajos
  - > qdel: eliminar un trabajo

## Ejemplos con comandos PBS Pro

### AC N PTC

### > Se ejecutarán en el front-end con conexión ssh

Ejemplo	Explicación
echo 'hello'   <b>qsub</b> -q ac echo './hello'   <b>qsub</b> -q ac	Envía a ejecutar el trabajo, formado por el ejecutable "hello" (situado en el home del usuario), por la cola "ac".
<b>qsub</b> script.sh -q ac	Envía a ejecutar el trabajo, formado por el script "script.sh", por la cola "ac"
echo 'lscpu'   <b>qsub</b> -q ac	Envía a ejecutar el comando "Iscpu" a través de la cola "ac". Devuelve en el fichero de salida la información de la CPU del nodo al que se ha enviado el trabajo.
qstat	Muestra todos los trabajos que se están ejecutando y los que están encolados en todas las colas
<b>qstat</b> -n -u username	Muestra todos los trabajos del usuario "username" y los nodos asignados a cada trabajo (-n)
<b>qdel</b> jobid	Elimina el trabajo con identificador "jobid"
pbsnodes [-a]	Lista los atributos de todos los nodos

- Cluster de prácticas (atcgrid)
- Sistema de colas PBS Pro
- Ejemplo hello OpenOMP en atcgrid usando PBS Pro
  - > Ejemplo hello OpenMP
  - > Protagonistas de la ejecución
  - > Ejecución de hello en atcgrid sin script
  - > Ejecución de hello en atcgrid con script

## Ejemplo hello OpenMP

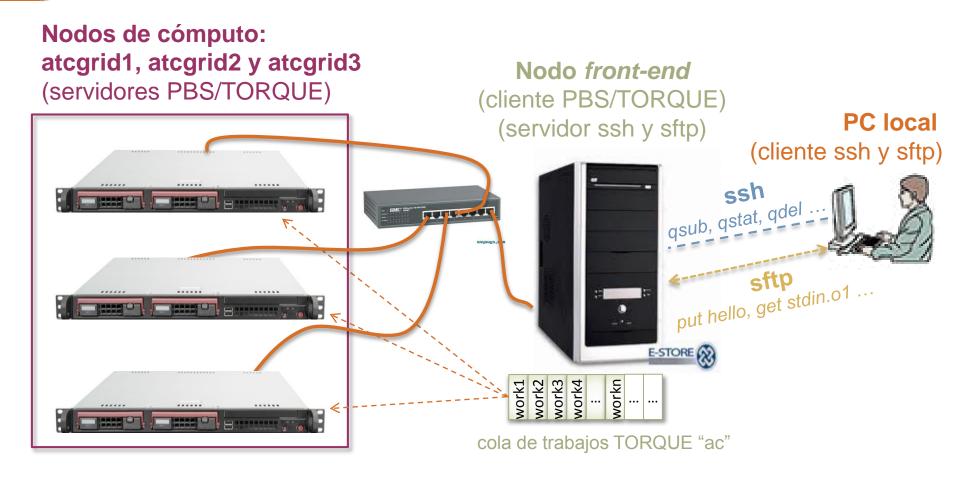
### AC A PTC

- Cada thread imprime su identificador
  - > El identificador se obtiene
    con la función OpenMP
    omp get thread num()

### HelloOMP.c

## Protagonistas de la ejecución





- Cluster de prácticas (atcgrid)
- Sistema de colas PBS Pro
- Ejemplo hello OpenOMP en atcgrid
  - Ejemplo hello OpenMP
  - > Protagonistas de la ejecución
- Ejecución de hello en atcgrid sin script
  - Paso 1: Conectar con ssh y sftp al front-end desde PC local
  - Paso 2: Generar el ejecutable en PC local y trasferirlo al *front-end*
  - Paso 3: Encolar el ejecutable en la cola "ac" para su ejecución en los servidores
  - Paso 4: Copiar el fichero con resultados desde el front-end al PC local
  - Paso 5: Visualizar el fichero de salida en PC local
  - Paso 6: Eliminar el fichero de salida y el de error en front-end
  - > Ejecución de hello en atcgrid con *script*

## Paso 1: Conectar con ssh y sftp al frontend desde PC local



### Ventana ssh

```
Archivo Editar Ver Terminal Ayuda (1)
$ ssh mancia@atcgrid.ugr.es
mancia@atcgrid.ugr.es's password:
Last login: Wed Feb 22 13:49:49 2012 from €
[mancia@atcgrid ~]$ mkdir hello
[mancia@atcgrid ~]$ cd hello
[mancia@atcgrid hello]$ ■
```

### 1 (conexión ssh):

- Ejecuta en un terminal ssh (introduce password)
- Crea directorio 'hello'
  con mkdir
- Pasa al directorio 'hello' con cd

### Ventana sftp

Archivo Editar Ver Terminal Ayuda \$\frac{1}{2}\$ sftp mancia@atcgrid.ugr.es
Connecting to atcgrid.ugr.es...
mancia@atcgrid.ugr.es's password:
sftp> cd hello
sftp>

### 2 (conexión sftp):

- Ejecuta en otro
   terminal sftp
   (introduce password)
- Pasa al directorio 'hello' con cd

# Paso 2: Generar el ejecutable en PC local y trasfererirlo al *front-end*

#### AC NATC

- 3 (genera ejecutable en PC local):
- Lista contenido directorio con ls
- Genera ejecutable con gcc y lo ejecuta

#### Ventana ssh

```
Archivo Editar Ver Terminal Ayud [mancia@atcgrid hello]$ ls
HelloOMP
```

#### Ventana sftp

```
Archivo
        Editar
               Ver Terminal
                              Ayuda
sftp> lls
helloomp
         рi
sftp> lcd helloomp
sftp> lls
HelloOMP
          HelloOMP.c
sftp> put HelloOMP
Uploading HelloOMP to /home/mancia/hello/HelloOMP
HelloOMP
                  100% 8696
                                           00:00
                                 8.5KB/s
sftp> ls
HelloOMP
```

### Ventana comandos PC local

- 4 (trasferencia de PC local a front-end):
- Lista con lls el
   directorio actual en PC
   local y cambia de
   directorio con lcd en PC
   local
- Trasfiere con put el ejecutable generado en 3 de PC local a front-end
- Lista con ls el directorio actual en front-end

## Paso 3: Encolar el ejecutable en la cola ac para su ejecución en los servidores

```
AC N PTC
   Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
  [mancia@atcgrid hello]$ ls
  HelloOMP
  [mancia@atcgrid hello]$ echo 'hello/HelloOMP' | qsub -q ac
  195.atcgrid
  [mancia@atcgrid hello]$ qstat
  Job id
                                                           Time Use S Queue
                                            User
                           Name
  195.atcgrid
                            STDIN
                                             mancia
                                                         00:00:00 C ac
  [mancia@atcgrid hello]$ ls -lag
  total 32
  drwxrwxr-x
              2 mancia 4096 feb 22 18:21
  drwx-----. 6 mancia 12288 feb 22 13:53
                                                     ficheros con la respuesta
  -rwxr-xr-x 1 mancia 8696 feb 22 13:56 HelloOMP
                          0 feb 22 18:20 STDIN.e195 I de qsub: ".o" (output) y
              1 mancia
              1 mancia 518 feb 22 18:20 STDIN.o195
                                                            ".e" (errors)
```

- 6 (ejecución del ejecutable HelloOMP en los servidores ):
  - > Usa qsub para enviar a ejecutar "HelloOMP" a los servidores a través de la cola "ac"
  - Usa qstat para ver el estado del trabajo enviado a ejecución (id.: 195.atcgrid)
  - > Lista con ls el contenido del directorio actual antes y después de la ejecución

# Paso 4: Copiar el fichero con resultados desde el *front-end* al PC local

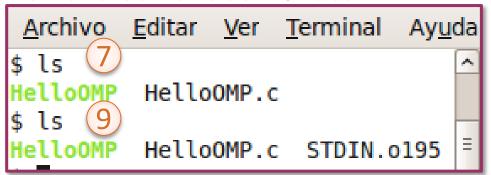
```
Ventana sftp

Archivo Editar Ver Terminal Ayuda

sftp> ls
HelloOMP STDIN.e195 STDIN.o195
sftp> get STDIN.o195
Fetching /home/mancia/hello/STDIN.o195 to STDIN.o195
/home/mancia/hell 100% 518 0.5KB/s 00:00
sftp>
```

- 8 (trasferencia de resultados de front-end a PC local):
  - Trasfiere con get el fichero con la salida de la ejecución (STDIN.o195) de front-end a PC local

### Ventana comandos PC local



- 7: lista el directorio actual en PC local <u>antes</u> de ejecutar get en la ventana de sftp
- 9: lista el directorio actual en PC local después de ejecutar get en la ventana de sftp

## Paso 5: Visualizar el fichero de salida en PC local

AC MATC

Ventana comandos PC local

```
Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
$ ls
HelloOMP HelloOMP.c STDIN.o195
ls cat STDIN.o195
(20:!!!Hello World!!!)(2:!!!Hello World!!!)(18:!!!Hello Worl
d!!!)(17:!!!Hello World!!!)(7:!!!Hello World!!!)(11:!!!Hello
World!!!)(9:!!!Hello World!!!)(19:!!!Hello World!!!)(21:!!!
Hello World!!!)(4:!!!Hello World!!!)(10:!!!Hello World!!!)(6
:!!!Hello World!!!)(16:!!!Hello World!!!)(22:!!!Hello World!
!!)(15:!!!Hello World!!!)(13:!!!Hello World!!!)(0:!!!Hello W
orld!!!)(12:!!!Hello World!!!)(1:!!!Hello World!!!)(8:!!!Hel
lo World!!!)(23:!!!Hello World!!!)(3:!!!Hello World!!!)(5:!!
!Hello World!!!)(14:!!!Hello World!!!)$
$ ./HelloOMP
(0:!!!Hello World!!!)(1:!!!Hello World!!!)$
```

- > 10 (visualización en PC local del contenido del fichero de salida):
  - Visualiza en PC local con cat el fichero con la salida de la ejecución (STDIN.o195) que se trasfirió previamente desde front-end a PC local
  - > Ejecuta en PC local "HelloOMP" para comparar la salida de PC local y atcgrid

# Paso 6: Eliminar el fichero de salida y el de error en *front-end*

AC NATC

```
Ventana ssh
```

```
Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
[mancia@atcgrid hello]$ ls -lag
total 32
drwxrwxr-x 2 mancia 4096 feb 22 18:21 .
drwx-----. 6 mancia 12288 feb 22 13:53 ...
-rwxr-xr-x 1 mancia 8696 feb 22 13:56 HelloOMP
-rw----- 1 mancia
                        0 feb 22 18:20 STDIN.e195
-rw----- 1 mancia 518 feb 22 18:20 STDIN.o195
[mancia@atcgrid hello]$ rm STDIN.*
[mancia@atcgrid hello]$ ls
HelloOMP
[mancia@atcgrid hello]$
```

- 11 (borrado de ficheros devueltos por qsub en front-end):
  - > Elimina en front-end con rm los dos ficheros generados por el comando qsub (el fichero de salida STDIN.o195 y el fichero de error STDIN.e195)

- Cluster de prácticas (atcgrid)
- Sistema de colas PBS Pro
- Ejemplo hello OpenOMP en atcgrid
  - > Ejemplo hello OpenMP
  - Protagonistas de la ejecución
  - > Ejecución de hello en atcgrid sin script
- Ejecución de hello en atcgrid con script
  - Script para la ejecución del ejemplo HelloOMP en atcgrid
  - Paso 1: Trasferencia del *script* desde PC local al *front-end* usando sftp
  - Paso 2: Ejecución del *script* en los servidores del cluster con PBS Pro
  - Paso 3: Trasferencia del fichero de salida desde front-end a PC local usando sftp
  - Paso 4: Visualización en PC local del contenido del fichero de salida

# Script para la ejecución del ejemplo HelloOMP en atcgrid



script\_helloomp.sh #!/bin/bash Órdenes oara PBS #Se asigna al trabajo el nombre helloomp **#PBS -N helloomp** #Se asigna al trabajo la cola ac #PBS -q ac #Se imprime información del trabajo usando variables de entorno de PBS variables de entorno PBS echo "Id. usuario del trabajo: \$PBS\_O\_LOGNAME" echo "Id. del trabajo: \$PBS\_JOBID" echo "Nombre del trabajo especificado por usuario: \$PBS\_JOBNAME" echo "Nodo que ejecuta qsub: \$PBS\_O\_HOST" echo "Cola: \$PBS QUEUE" echo "Nodos asignados al trabajo:" cat SPBS NODEFILE #Se fija a 12 el nº de threads máximo (tantos como cores en un nodo) Instrucciones de export OMP THREAD LIMIT=12 echo "Nº de threads inicial: \$OMP THREAD LIMIT" #Se ejecuta HelloOMP, que está en el directorio en el que se ha ejecutado gsub for ((P=OMP THREAD LIMIT;P>0;P=P/2)) do export OMP NUM THREADS=\$P echo -e "\nPara \$OMP NUM THREADS threads:" \$PBS O WORKDIR/HelloOMP done

# Paso 1: Trasferencia del *script* desde PC local al *front-end* usando sftp



```
Archivo Editar Ver Terminal
                            Ayuda
                                                            Ventana sftp
sftp> ls
HelloOMP
sftp> lls
HelloOMP
         HelloOMP.c script helloomp.sh STDIN.o195
sftp> put script helloomp.sh
Uploading script helloomp.sh to /home/mancia/hello/script helloomp.sh
script helloomp.sh
                                     100% 825
                                                   0.8KB/s
                                                             00:00
sftp> ls
HelloOMP
                       script helloomp.sh
```

# Paso 2: Ejecución del *script* en los servidores del cluster con PBS pro

```
AC NATC
   Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
                                                             Ventana ssh
   [mancia@atcgrid hello]$ qstat
   [mancia@atcgrid hello]$ ls
  HelloOMP
   [mancia@atcgrid hello]$ ls
  HelloOMP script helloomp.sh
   [mancia@atcgrid hello]$ qsub script helloomp.sh
  200.atcgrid
   [mancia@atcgrid hello]$ qstat
                                   User Time Use S Queue
  Job id
                           Name
                            helloomp mancia 00:00:00 C ac
  200.atcgrid
   [mancia@atcgrid hello]$ ls -lag
  total 36
  drwxrwxr-x 2 mancia 4096 feb 22 19:46 .
  drwx-----. 6 mancia 12288 feb 22 13:53 ...
   -rwxr-xr-x 1 mancia 8696 feb 22 13:56 HelloOMP
   -rw------ 1 mancia 0 feb 22 19:45 helloomp.e200
   -rw----- 1 mancia 753 feb 22 19:45 helloomp.o200
   -rw-r--r-- 1 mancia 825 feb 22 19:46 script helloomp.sh
   [mancia@atcgrid hello]$
```

# Paso 3: Trasferencia del fichero de salida desde *front-end* a PC local usando sftp

AC MATC

```
Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
                                                    Ventana sftp
sftp> ls
HelloOMP
sftp> lls
HelloOMP HelloOMP.c script helloomp.sh STDIN.o195
sftp> put script helloomp.sh
Uploading script helloomp.sh to /home/mancia/hello/script helloomp.sh
script helloomp.sh
                                100% 825 0.8KB/s 00:00
sftp> ls
HelloOMP _ _ _ _ _ script helloomp.sh _ _ _ _ _ _ _ _ _
sftp> ls
HelloOMP
                   helloomp.e200 helloomp.o200
script helloomp.sh
sftp> get helloomp.o200
Fetching /home/mancia/hello/helloomp.o200 to helloomp.o200
/home/mancia/hello/helloomp.o200 100% 753 0.7KB/s 00:00
sftp>------------
```

## Paso 4: Visualización en PC local del contenido del fichero de salida

```
AC NATC
 Archivo Editar Ver Terminal Ayuda
                                             4
                                                    Ventana comandos PC local
$ ls
HelloOMP HelloOMP.c helloomp.o200 script helloomp.sh STDIN.o195
$ cat helloomp.o200
Id. usuario del trabajo: mancia
Id. del trabajo: 200.atcgrid
Nombre del trabajo especificado por usuario: helloomp
Nodo que ejecuta qsub: atcgrid
Cola: ac
Nodos asignados al trabajo:
atcgrid1
N@ de threads inicial: 12
Para 12 threads:
(6:!!!Hello World!!!)(4:!!!Hello World!!!)(8:!!!Hello World!!!)(11:!!!Hello World!!!)
(0:!!!Hello World!!!)(5:!!!Hello World!!!)(1:!!!Hello World!!!)(9:!!!Hello World!!!)(
2:!!!Hello World!!!)(3:!!!Hello World!!!)(7:!!!Hello World!!!)(10:!!!Hello World!!!)
Para 6 threads:
(1:!!!Hello World!!!)(3:!!!Hello World!!!)(5:!!!Hello World!!!)(4:!!!Hello World!!!)(
2:!!!Hello World!!!)(0:!!!Hello World!!!)
Para 3 threads:
(1:!!!Hello World!!!)(0:!!!Hello World!!!)(2:!!!Hello World!!!)
Para 1 threads:
(0:!!!Hello World!!!)$
```