2º curso / 2º cuatr.

Grados en
Ing. Informática

Arquitectura de Computadores

Seminario 0. Entorno de programación: atcgrid y gestor de carga de trabajo

Material elaborado por
Mancia Anguita López y Julio Ortega Lopera
Última modificación: 02/2022

UNIVERSIDAD DE GRANADA

ETSIIT
Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación

ATC
Departamento de Arquitectura y Tecnología de Computadores
UNIVERSIDAD DE GRANADA

Contenidos

- Cluster de prácticas (atcgrid)
- Gestor de carga de trabajo (*workload manager*)
- Ejemplo de script

Contenidos

- Cluster de prácticas (atcgrid)
  - Componentes
  - Placa madre
  - *Chips* de procesamiento (procesadores)
  - Acceso
- Gestor de carga de trabajo
- Ejemplo de script

Cluster de prácticas (atcgrid): componentes

Nodos de cómputo (atcgrid[1-4]):

➔ Tres servidores rack SuperMicro SuperServer 6016T-T (atcgrid[1-3])
http://www.supermicro.com/products/system/1U/6016/SYS-6016T-T.cfm

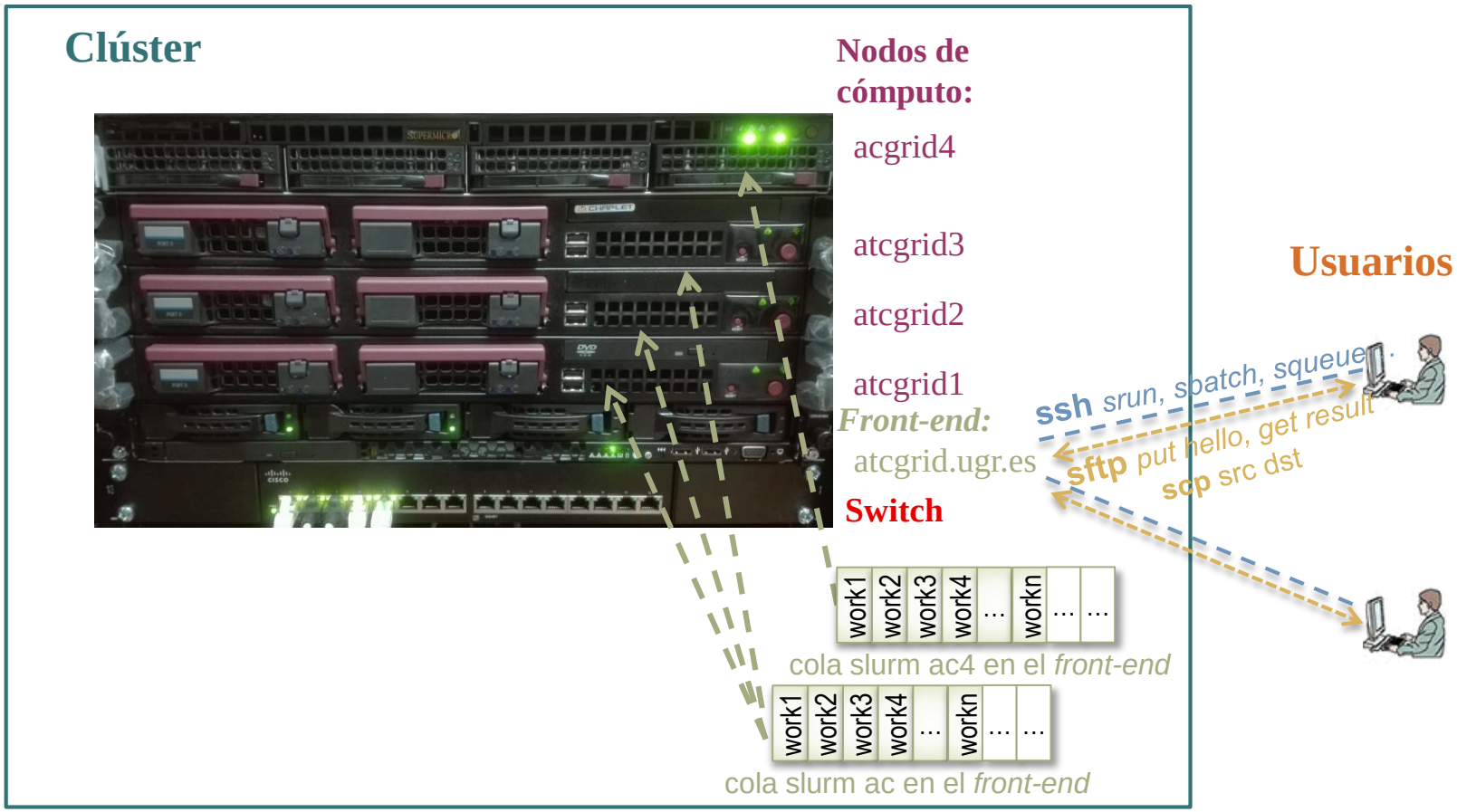
➔ Un servidor rack SuperMicro SYS-6019U-TR4 1U (atcgrid4)
https://www.supermicro.com/products/system/1u/6019/SYS-6019U-TR4.cfm

Cables

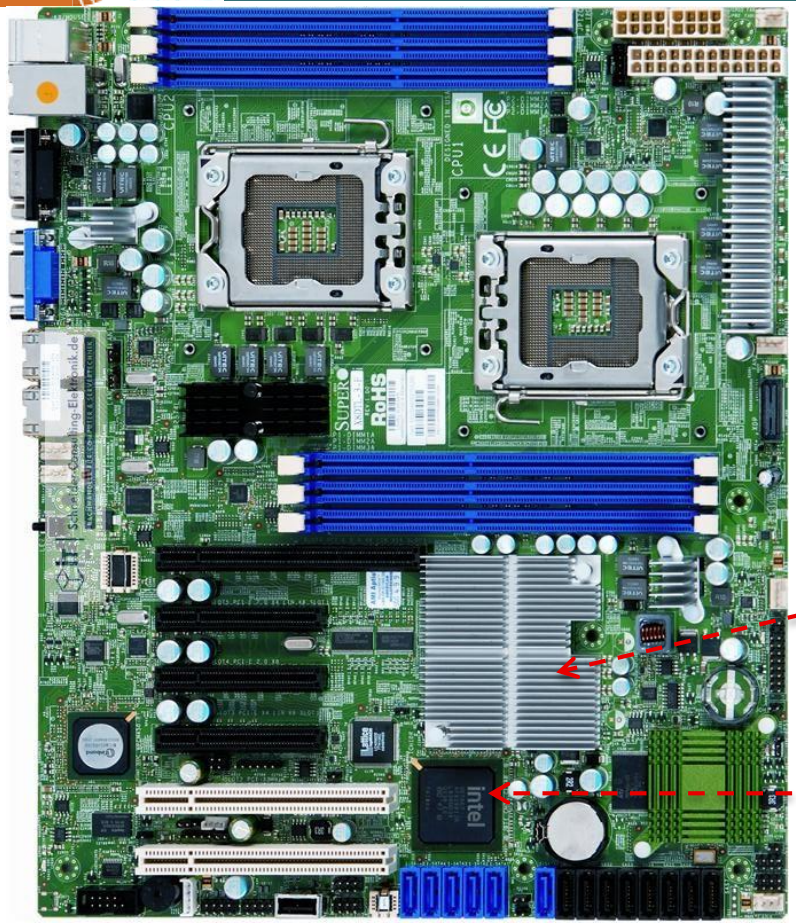
Switch

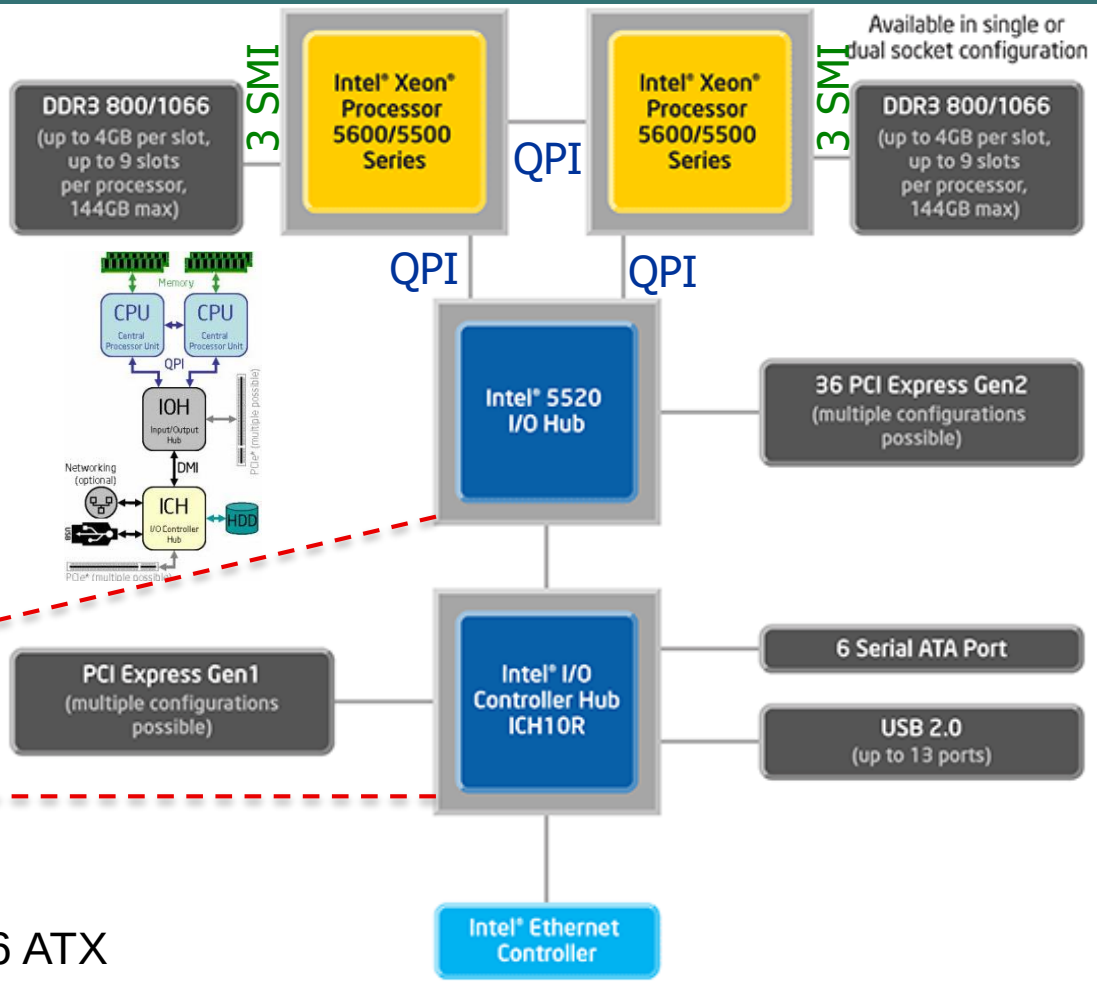
Nodo *front-end* (*host*, *master*):
Asus RS300-E9-PS4

Cluster de prácticas (atcgrid): componentes



Cluster de prácticas>nodos atcgrid[1-3]: placa madre

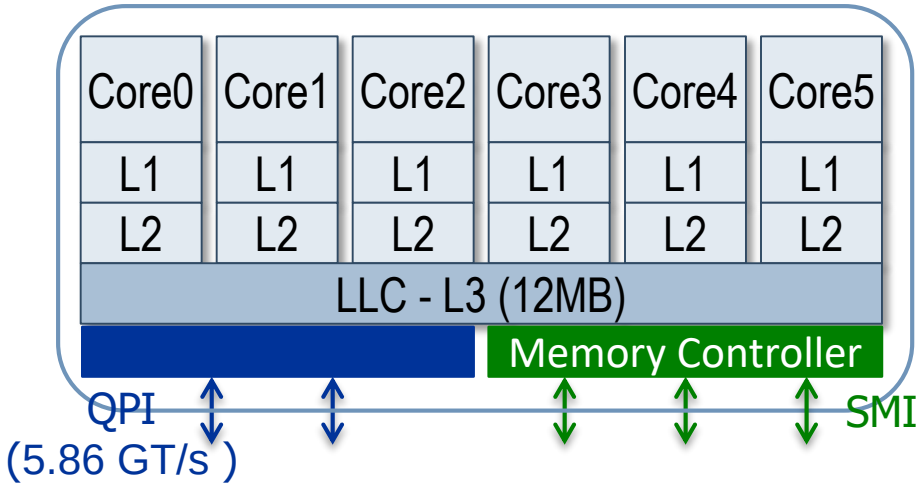




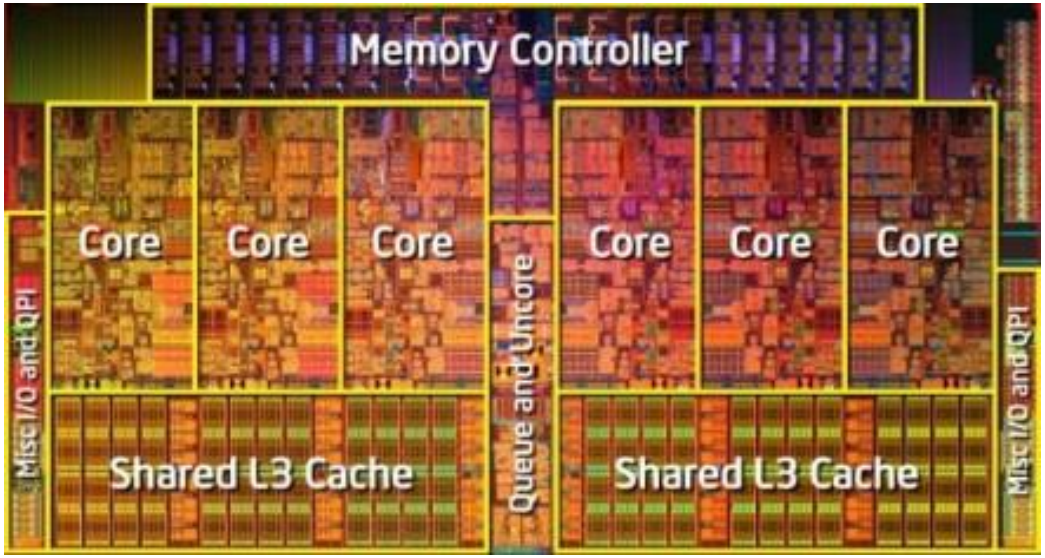
Supermicro X8DTL-i Dual Socket 1366 ATX Server Mainboard Intel 5520 chipset
http://www.supermicro.com/products/motherboard/QPI/5500/X8DTL-i.cfm

Intel® 5520 Chipset
http://www.intel.com/p/en_US/embedded/hwsw/hardware/xeon-5600-5500/overview

Cluster de prácticas>nodos atcgrid[1-3]: chip de procesamiento

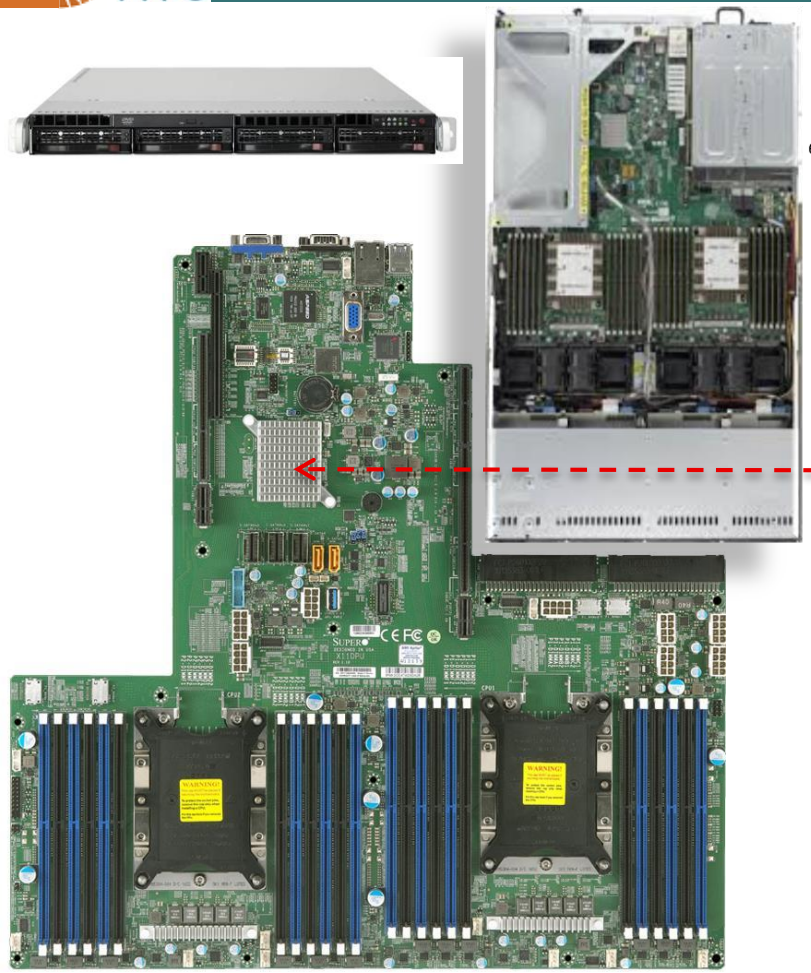


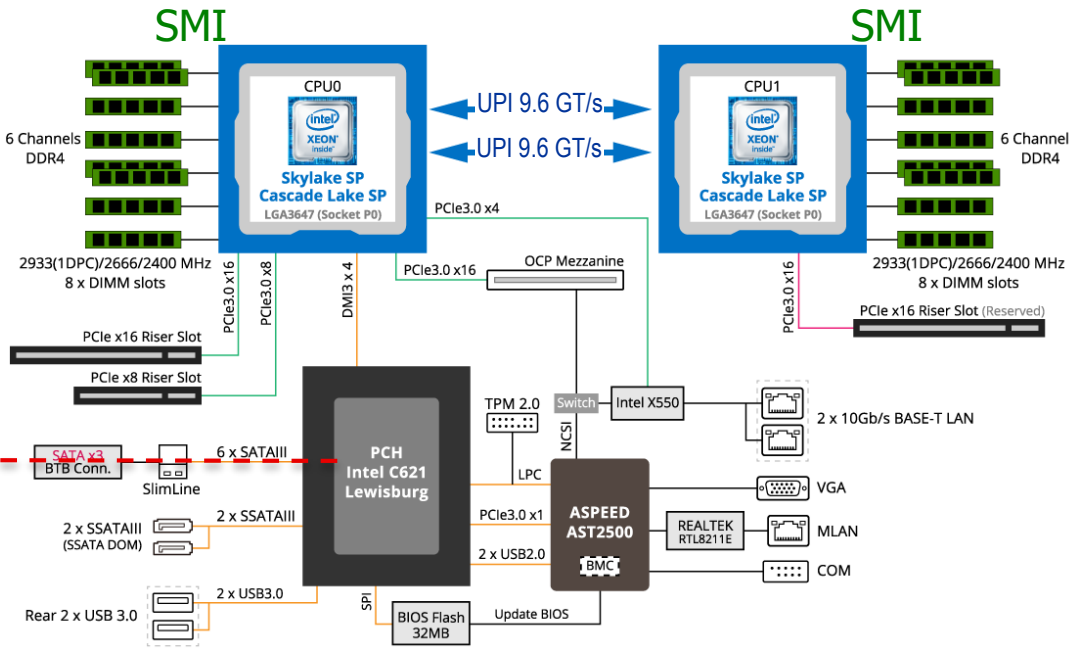
6 cores hyperthreading 2.4 GHz (12 threads)

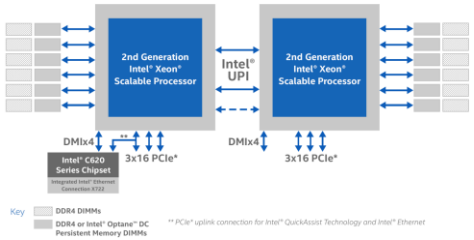


Intel Xeon E5645 (6 cores/12 threads, 12M L3 Cache compartida, 2.40 GHz cada core, 5.86 GT/s Intel® QPI) http://ark.intel.com/products/48768?wapkw=(E5645)

Cluster de prácticas> nodo atcgrid4: placa madre







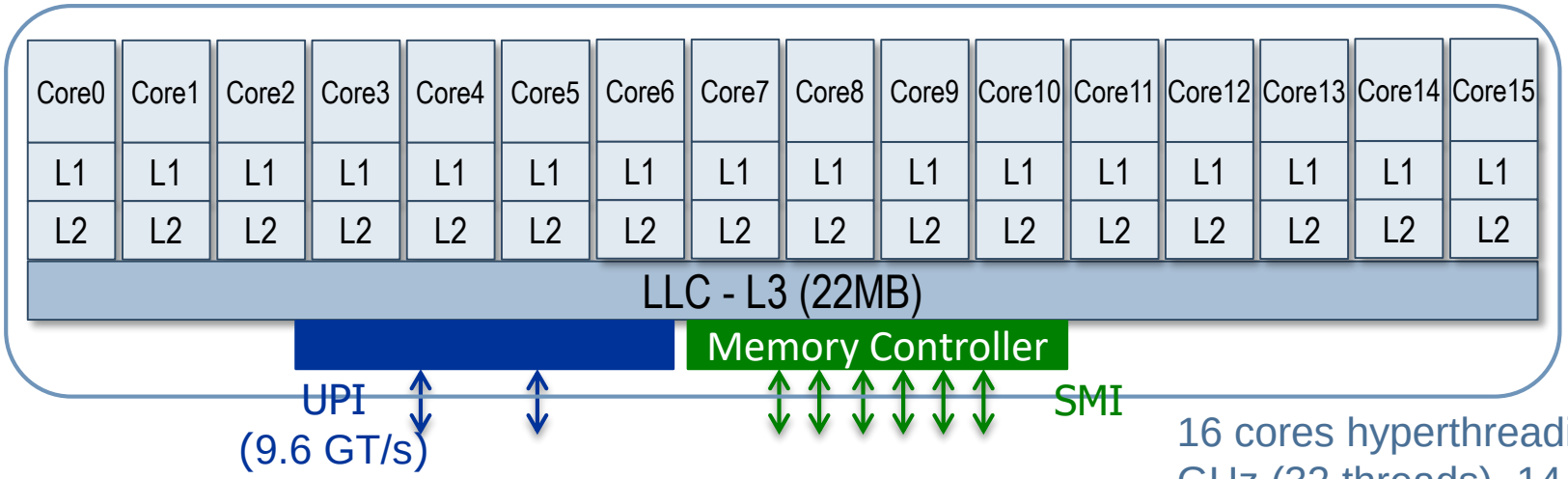
Supermicro SYS-6019U-TR4 1U

https://www.supermicro.com/en/products/motherboard/X11DPU

Intel® C621 Chipset

Intel® C621 Chipset Product Specifications

Cluster de prácticas (atcgrid4): chip de procesamiento de la CPU

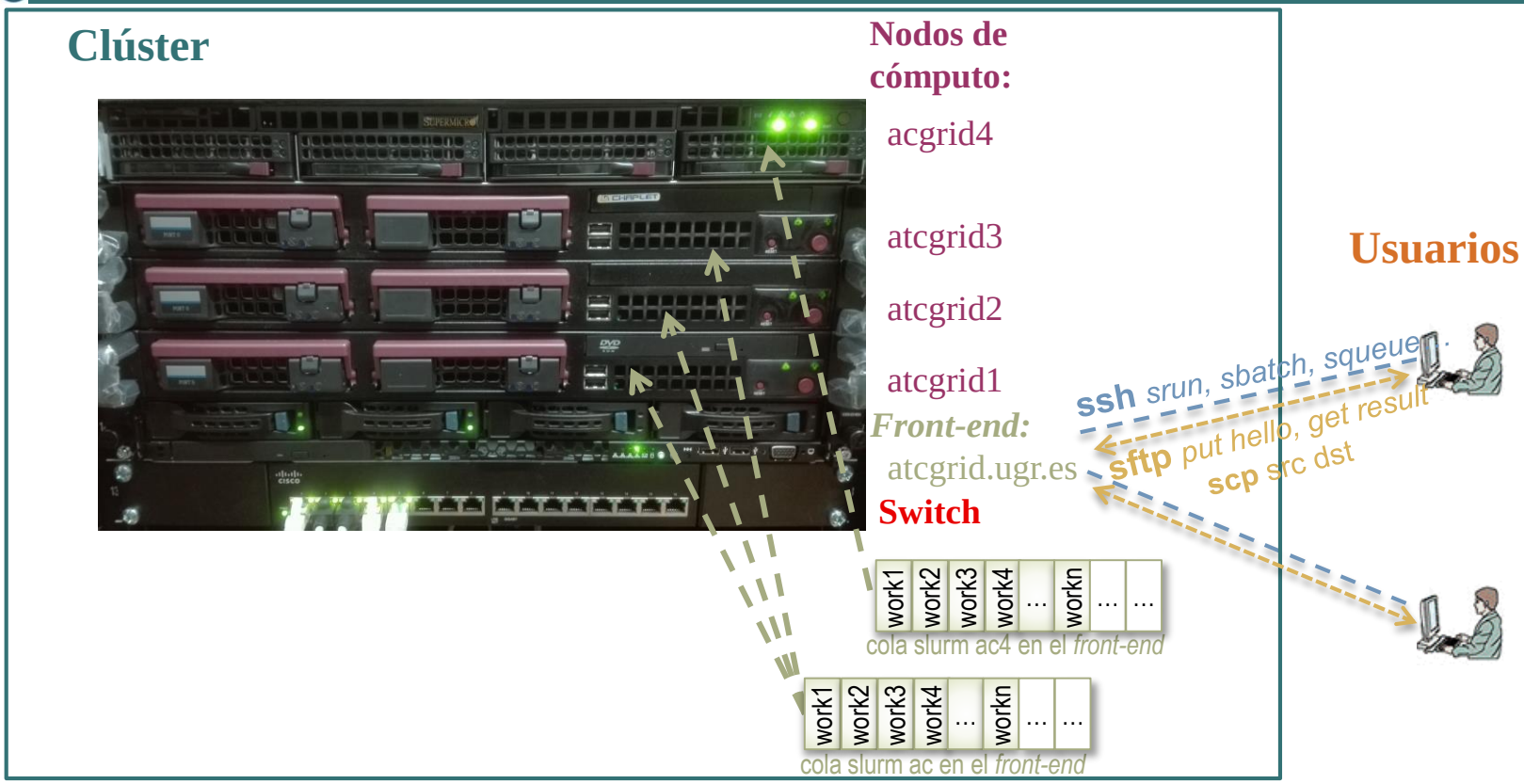


16 cores hyperthreading 2.1 GHz (32 threads), 14 nm

Intel® Xeon® Silver 4216 (16 cores/32 threads, 22MB L3 Cache compartida, 2.10 GHz máxima 3,2 GHz, cada core, 9.6 GT/s Intel® UPI)

Ejemplo con 18 núcleos

Cluster de prácticas (atcgrid): acceso



- Cada **usuario** tiene un home en el nodo ***front-end*** del **clúster atcgrid**. Se puede acceder al home:
  - Para ejecutar comandos (`srun`, `sbatch`, `squeue`…), con un cliente **`ssh`** (***secure shell***):
    - Linux: `$ ssh -X username@atcgrid.ugr.es` (pide *password* del usuario "username")
  - Para cargar y descargar ficheros (`put hello`, `get slurm-9.out`, …), con un cliente **`sftp`** (***secure file transfer protocol***)
    - Linux: `$ sftp username@atcgrid.ugr.es` (pide *password* del usuario "username")

Contenidos

- Cluster de prácticas (atcgrid)
- Gestor de carga de trabajo
- Ejemplo de script

Ejemplos con comandos slurm

- Se ejecutarán en el *front-end* con conexión **ssh**

Ejemplo	Explicación
srun -pac -Aac ./hello **srun** -p ac4 -A ac lscpu	`srun` envía a ejecutar un trabajo (en los ejemplos, el ejecutable hello, y lscpu) a través de una cola slurm. Si aparece `-p`, se envía a nodos de la cola especificada con `-p` (un trabajo solo puede usar un nodo de la cola `ac`).
sbatch -p ac script.sh **sbatch** -p ac --wrap "echo Hola" **sbatch** -p ac --wrap "./hello" **sbatch** -p ac --wrap "echo Hola ; ./hello"	`sbatch` envía a ejecutar un *script* (en este caso script.sh, "echo Hola", "./hello" y "echo Hola ; ./hello") a través de una cola slurm. La salida se devuelve en un fichero. La ejecución con `srun` es *interactiva*, con `sbatch` es en *segundo plano*. Se recomienda usar `sbatch`
squeue	Muestra todos los trabajos en ejecución y los que están encolados
scancel jobid	Elimina el trabajo con identificador "jobid"
sinfo	Lista información de las particiones (colas) y de los nodos
sinfo -p ac -o"%10D %10G %20b %f"	Lista los nodos (D), los recursos (G), y las características activas (b) y disponibles (f) en la partición especificada (-p) (%[[.]size]type[suffix])

Ejemplos con comandos slurm

- Se ejecutarán en el *front-end* con conexión **ssh**

Ejemplo	Explicación

`sbatch -pac -n1 -c12 script.sh`
 	
`srun -pac -n1 -c12 helloomp`
	Slurm está configurado para asignar recursos a los procesos (llamados tasks en slurm) a nivel de core físico. Esto significa que por defecto slurm asigna un core a un proceso, para asignar `x` se debe usar con `sbatch/srun` la opción `--cpus-per-task=x` (o su forma abreviada `-cx`).
	Para asegurar que solo se crea un proceso hay que `incluir --ntasks=1` (`-n1`) en `sbatch/srun`.

`sbatch -pac -n1 -c12 --hint=nomultithread script.sh`
 	
`srun -pac -n1 -c12 --hint=nomultithread helloomp`
	En slurm, por defecto, cpu se refiere a cores lógicos (ej. en la opción `-c`), si no se quieren usar cores lógicos hay que añadir la opción `--hint=nomultithread` a `sbatch/srun`.
	`sbatch` tendrá en cuenta `--hint=nomultithread` si se usa `srun` dentro del script delante del ejecutable.

`sbatch -pac -n1 -c12 --exclusive --hint=nomultithread script.sh`
 	
`srun -pac -n1 -c12 --exclusive --hint=nomultithread helloomp`
	Para que no se ejecute más de un proceso en un nodo de cómputo de atcgrid hay que usar `--exclusive` con `sbatch/srun` (se recomienda no utilizarlo en los srun dentro de un script).

Tabla resumen: https://slurm.schedmd.com/pdfs/summary.pdf

Páginas de manual: https://slurm.schedmd.com/man_index.html

Particiones slurm (colas) en atcgrid

AC ATC

```
$ sinfo
PARTITION AVAIL  TIMELIMIT  NODES  STATE NODELIST
ac*          up       1:00      3   idle atcgrid[1-3]
ac4          up       1:00      1   idle atcgrid4
aapt         up       2:00      3   idle atcgrid[1-3]
acap         up       1:00      3   idle atcgrid[1-3]
```

- * significa que `ac` es la cola utilizada por defecto, es decir, cuando no se usa `-p`

Contenidos

- Cluster de prácticas (atcgrid)
- Gestor de carga de trabajo
- Ejemplo de script

Ejemplo hello OpenMP

- Cada *thread* imprime su identificador
  - El identificador se obtiene con la función OpenMP `omp_get_thread_num()`

HelloOMP.c

```
/* Compilar con:
 gcc -O2 -fopenmp -o HelloOMP HelloOMP.c
*/
#include <stdio.h>
#include <omp.h>

int main(void) {

#pragma omp parallel
  printf("(%d:!!!Hello world!!!)",
          omp_get_thread_num());

return(0);

}
```

Script para la ejecución del ejemplo HelloOMP en atcgrid

script_helloomp.sh

```
#!/bin/bash
#Órdenes para el Gestor de carga de trabajo (no intercalar instrucciones del script):
#1. Asigna al trabajo un nombre
#SBATCH --job-name=helloOMP
#2. Asignar el trabajo a una cola (partición)
#SBATCH --partition=ac
#3. Asignar el trabajo a un account
#SBATCH --account=ac
#4. Para que el trabajo no comparta recursos #SBATCH –exclusive
#5. Para que se genere un único proceso del SO que pueda usar un máximo de 12 núcleos
#SBATCH --ntasks 1 --cpus-per-task 12

#Obtener información de las variables del entorno del Gestor de carga de trabajo:
echo "Id. usuario del trabajo: $SLURM_JOB_USER"
echo "Id. del trabajo: $SLURM_JOBID"
echo "Nombre del trabajo especificado por usuario: $SLURM_JOB_NAME"
echo "Directorio de trabajo (en el que se ejecuta el script): $SLURM_SUBMIT_DIR"
echo "Cola: $SLURM_JOB_PARTITION"
echo "Nodo que ejecuta este trabajo:$SLURM_SUBMIT_HOST"
echo "Nº de nodos asignados al trabajo: $SLURM_JOB_NUM_NODES"
echo "Nodos asignados al trabajo: $SLURM_JOB_NODELIST"
echo “Nº CPUs disponibles para el trabajo en el nodo: $SLURM_JOB_CPUS_PER_NODE“

#Instrucciones del script para ejecutar código:
echo -e "\n 1. Ejecución helloOMP una vez sin cambiar nº de threads (valor por defecto):\n"
srun ./HelloOMP
echo -e "\n 2. Ejecución helloOMP varias veces con distinto nº de threads:\n"
for ((P=12;P>0;P=P/2))
do
   #export OMP_NUM_THREADS=$P
   echo -e "\n  - Para $P threads:"
   srun --cpus-per-task=$P --hint nomultithread ./HelloOMP
done
```

Órdenes para Gestor de carga de trabajo

Para imprimir variables del Gestor de carga de trabajo

Instrucciones del script

No olvidar poner **srun** delante del ejecutable

Se puede descomentar `export OMP_NUM_THREADS=$P` y quitar `--cpus-per-task=$P`

Utilidades

- Formateo de código a insertar en los cuadernos:
  - https://pinetools.com/syntax-highlighter,
  - https://highlight.hohli.com/index.php,
  - https://tohtml.com/

Tiempos WSL1 vs WSL2 (máquina virtual con poca sobrecarga) vs IDE

WSL1 (daxpy_alfabeta_omp.c)

Nº threads: 1 / Tiempo:0.020914700
Nº threads: 2 / Tiempo:0.014129800
Nº threads: 4 / Tiempo:0.012987300
Nº threads: 1 / Tiempo:0.020808200
Nº threads: 2 / Tiempo:0.014388400
Nº threads: 4 / Tiempo:0.012656300
Nº threads: 1 / Tiempo:0.020901700
Nº threads: 2 / Tiempo:0.014201200
Nº threads: 4 / Tiempo:0.013142600
Nº threads: 1 / Tiempo:0.020793800
Nº threads: 2 / Tiempo:0.013782500
Nº threads: 4 / Tiempo:0.013168300
Nº threads: 1 / Tiempo:0.021101600
Nº threads: 2 / Tiempo:0.014150400
Nº threads: 4 / Tiempo:0.013186700

WSL2 (daxpy_alfabeta_omp.c)

Nº threads: 1 / Tiempo:0.028192300
Nº threads: 2 / Tiempo:0.012024500
Nº threads: 4 / Tiempo:0.014016100
Nº threads: 1 / Tiempo:0.027466000
Nº threads: 2 / Tiempo:0.013317100
Nº threads: 4 / Tiempo:0.013590700
Nº threads: 1 / Tiempo:0.036062800
Nº threads: 2 / Tiempo:0.017655300
Nº threads: 4 / Tiempo:0.015197700

Ejecución desde un IDE:

Nº threads: 1 / Tiempo:0.053106200
Nº threads: 2 / Tiempo:0.020059500
Nº threads: 4 / Tiempo:0.029696300
Nº threads: 1 / Tiempo:0.060597600
Nº threads: 2 / Tiempo:0.025821100
Nº threads: 4 / Tiempo:0.030059800