

## MIDDLEWARES DISTRIBUIDOS

### TRABAJO PRÁCTICO

#### CloudSim Plus white paper

<https://github.com/cloudsimplus/cloudsimplus-whitepaper>

El objetivo de esta práctica consiste en lograr conocer los conceptos clave que definen el paradigma de Cloud Computing mediante el uso guiado del simulador CloudSim Plus. De esta manera, se complementa su aprendizaje con la puesta en práctica de los conceptos estudiados en las clases de teoría y la interacción con un entorno Cloud. El simulador facilita esta tarea, ya que nos permite disponer de un entorno único y controlado para la realización de un proyecto basado en Cloud, y por otro lado supone un ahorro de costes muy significativo para la universidad, que puede ofrecer una enseñanza de calidad sobre una tecnología actual.

Objetivo: familiarizarse con los diferentes elementos de un sistema Cloud (tales como centros de datos, hosts, máquinas virtuales, facturación por el uso que se haga de los recursos, etc) y realizar la simulación de un sistema Cloud sencillo.

En el siguiente fragmento de código se muestra un ejemplo en el que se inicializan los objetos básicos para construir un escenario de simulación Cloud:

- Un centro de datos con una máquina física (Host)
- Un broker que permite el envío de máquinas virtuales (VM) y tareas (Cloudlets) para ser ejecutadas, en nombre de un usuario determinado, en la infraestructura Cloud
- Una VM del usuario
- y dos cloudlets del usuario

```
public class CloudSimPlusBasicExample{
    public static void main( String[] args )
    {
        //Enables just some level of logging.
        //Make sure to import org.cloudsimplus.util.Log;
        //Log.setLevel(ch.qos.logback.classic.Level.WARN);

        //Creates a CloudSim object to initialize the simulation.
        var simulation = new CloudSim();

        //Creates a Broker that will act on behalf of a cloud user (customer).
        var broker0 = new DatacenterBrokerSimple(simulation);

        //Host configuration
        long ram = 10000; //in Megabytes
        long storage = 100000; //in Megabytes
        long bw = 100000; //in Megabits/s

        //Creates one host with a specific list of CPU cores (PEs).
        //Uses a PeProvisionerSimple by default to provision PEs for VMs
        //Uses ResourceProvisionerSimple by default for RAM and BW provisioning
    }
}
```



```
//Uses VmSchedulerSpaceShared by default for VM scheduling
var host0 = new HostSimple(ram, bw, storage, List.of(new PeSimple(20000)));

//Creates a Datacenter with a List of Hosts.
//Uses a VmAllocationPolicySimple by default to allocate VMs
var dc0 = new DatacenterSimple(simulation, List.of(host0));

//Creates one VM to run applications.
//Uses a CloudletSchedulerTimeShared by default to schedule Cloudlets
var vm0 = new VmSimple(1000, 1);
vm0.setRam(1000).setBw(1000).setSize(1000);
vm0.setCloudletScheduler(new CloudletSchedulerSpaceShared());

//Creates Cloudlets that represent applications to be run inside a VM
//By default UtilizationModelFull for CPU utilization and UtilizationModelNull for
//RAM and BW
var cloudlet0 = new CloudletSimple(10000, 1);
var cloudlet1 = new CloudletSimple(20000, 1);
var cloudletList = List.of(cloudlet0, cloudlet1);

broker0.submitVmList(List.of(vm0));
broker0.submitCloudletList(cloudletList);

/*Starts the simulation and waits all cloudlets to be executed, automatically
stopping when there is no more events to process.*/
simulation.start();

/*Prints the results when the simulation is over
(you can use your own code here to print what you want from this cloudlet List).*/
new CloudletsTableBuilder(broker0.getCloudletFinishedList()).build();
}
}
```

Durante el proceso de simulación, por la salida estándar de la consola se imprimen mensajes que proporcionan información sobre el estado de la simulación. Para el ejemplo anterior se imprime la siguiente salida:



===== Starting CloudSim Plus 7.3.0 =====

```
INFO DatacenterBrokerSimple1 is starting...
INFO 0,00: DatacenterSimple2 is starting...
INFO Entities started.
INFO 0,00: DatacenterBrokerSimple1: List of 1 datacenters(s) received.
INFO 0,00: DatacenterBrokerSimple1: Trying to create Vm 0 in DatacenterSimple2
INFO 0,00: VmAllocationPolicySimple: Vm 0 has been allocated to Host 0/DC 2
INFO 0,10: DatacenterBrokerSimple1: Sending Cloudlet 0 to Vm 0 in Host 0/DC 2.
INFO 0,10: DatacenterBrokerSimple1: Sending Cloudlet 1 to Vm 0 in Host 0/DC 2.
INFO 0,10: DatacenterBrokerSimple1: All 2 waiting Cloudlets submitted to some VM.
INFO 10,10: DatacenterBrokerSimple1: Cloudlet 0 finished in Vm 0 and returned to broker.
INFO 30,21: DatacenterBrokerSimple1: Cloudlet 1 finished in Vm 0 and returned to broker.
INFO 30,32: Processing last events before simulation shutdown.
INFO 30,32: DatacenterBrokerSimple1 is shutting down...
INFO 30,32: DatacenterBrokerSimple1: Requesting Vm 0 destruction.
INFO 30,32: DatacenterSimple: Vm 0 destroyed on Host 0/DC 2.
INFO Simulation: No more future events
```

```
INFO CloudInformationService0: Notify all CloudSim Plus entities to shutdown.
```

```
INFO
```

===== Simulation finished at time 30,32 =====

#### SIMULATION RESULTS

Cloudlet	Status	DC	Host	Host PEs	VM	VM PEs	CloudletLen	FinishedLen	CloudletPEs	StartTime	FinishTime	ExecTime
ID		ID	ID	CPU cores	ID	CPU cores	MI	MI	CPU cores	Seconds	Seconds	Seconds
0	SUCCESS	2	0	1	0	1	10000	10000	1	0	10	10
1	SUCCESS	2	0	1	0	1	20000	20000	1	10	30	20

### **Ejercicio 1:**

Con todo lo visto hasta el momento ya se tienen los conceptos básicos para configurar un centro de datos más completo en CloudSim Plus. A continuación, se propone un pequeño ejercicio para familiarizarse con el simulador. El ejercicio consiste en crear un centro de datos con las siguientes características:

Se ofrece un servicio basado en una arquitectura x86 con sistema operativo Linux. Se utiliza Xen como Virtual Machine Monitor. La tarificación por uso de cualquier recurso del centro de datos es de 0,02 dólares (costo por memoria, costo por almacenamiento, costo por ancho de banda, y costo por segundo de uso de CPU). El centro de datos contará con un total de tres hosts, cada uno de ellos con las siguientes especificaciones:

- Dos procesadores con capacidad de 20000 MIPS cada uno.
- 2048 MB de memoria RAM
- Una capacidad de almacenamiento de 40 GB
- Una capacidad de ancho de banda de 1 Gbps.
- Los hosts utilizan las políticas implementadas por defecto para proveer cpu, ram y Bw.
- Las máquinas virtuales que se ejecuten sobre dichos hosts se repartirán los recursos con una política de espacio compartido (política configurada por defecto).

Hasta ahora se ha visto la parte que tiene que ver más con el proveedor de servicios Cloud. De aquí en adelante se va a configurar los componentes que tienen que ver más con el usuario final (VM y cloudlets) y su

relación con el proveedor Cloud. Las características que el usuario solicita son las siguientes: Se quieren ejecutar tres tareas. Cada una de ellas hará uso de un único procesador y contarán con diferentes características, las cuales se detallan a continuación:

- La primera tarea consta de 20.000 millones de instrucciones a ejecutar, cuyo tamaño a transmitir al centro de datos es de 1 MB y el resultado de la ejecución ocupará un tamaño de 2 MB.
- La segunda tarea consta de 35.000 millones de instrucciones a ejecutar, cuyo tamaño a transmitir al centro de datos es de 2 MB y el resultado de la ejecución ocupará un tamaño de 2 MB.
- La tercera tarea consta de 70.000 millones de instrucciones a ejecutar, cuyo tamaño a transmitir al centro de datos es de 3 MB y el resultado de la ejecución ocupará un tamaño de 4 MB. Para ejecutar estas tres tareas, se plantea el uso de una máquina virtual para cada una de ellas. Se decide utilizar tres máquinas virtuales de idénticas características, que son las siguientes:
  - Un único procesador con capacidad de 2000 MIPS.
  - 1024 MB de memoria RAM.
  - 8 GB de capacidad de almacenamiento.
  - 100 Mbps de ancho de banda de red.

El broker se encarga de distribuir las diferentes tareas entre las máquinas virtuales que hemos solicitado. El resto de parámetros que se puedan configurar tales como la planificación para compartir los recursos entre los cloudlets (espacio compartido, tiempo compartido) y el modelo de utilización de los recursos (Bw, cpu y ram) que hacen los cloudlets de las máquinas virtuales se dejan a elección del alumno (o se pueden utilizar los configurados por defecto).

### **Ejercicio 2:**

El objetivo de esta práctica es que el alumno comprenda cómo se comparten los recursos en un sistema Cloud (tanto a nivel de los hosts en los centros de datos como a nivel de las máquinas virtuales) a través de las políticas que vienen implementadas en el simulador (tiempo compartido y espacio compartido) y ver cómo afecta la carga de trabajo de los centros de datos en el tiempo que tardan en ejecutarse las tareas de los usuarios.

Cuando hablamos de Cloud Computing, una de las ideas que hay que tener en mente es que los recursos disponibles se comparten entre múltiples usuarios, teniendo presente que los usuarios tienen instancias de máquinas virtuales sobre las que trabajan, pero dichas máquinas virtuales se ejecutan sobre hosts que, a su vez, pueden estar ejecutando múltiples máquinas virtuales de diferentes usuarios. Por lo tanto, resulta necesario que los recursos de cada uno de los hosts se distribuyan adecuadamente entre las diferentes máquinas virtuales.

### **Recursos compartidos en los hosts**

Para entender mejor cómo funciona el reparto de recursos en los hosts entre las diferentes instancias de máquinas virtuales, podemos pensar que cada una de estas instancias corresponde con un proceso ejecutándose sobre el host. Como ya sabemos, el planificador del sistema operativo se encarga de poner a ejecutar a los diferentes procesos, y una vez que se ha terminado su intervalo de planificación pasa a ejecutar otro proceso, guardando el estado del anterior y cargando el estado del siguiente a ejecutar.

Esa visión es similar a la que se utiliza en los hosts de un centro de datos. Las máquinas virtuales se ejecutan sobre dichos hosts, y los usuarios finales no saben sobre qué host se está ejecutando su máquina virtual ni el tiempo que tiene asignado para ejecutarse en el host. Por lo tanto, la tarea de compartir los recursos a nivel de los hosts recae totalmente sobre el proveedor de servicios.

Como ya se vio en la práctica anterior, en CloudSim disponemos de la clase **HostSimple** para modelar un host de un centro de datos. Uno de los atributos que encontramos en la clase **HostSimple** es **vmScheduler**, correspondiente a la clase **VmSchedulerAbstract**:

La clase **VmSchedulerAbstract** permite implementar diferentes políticas de planificación en una clase simplemente heredando de esta e implementando los métodos necesarios. Supongamos que tenemos modelado el siguiente centro de datos en CloudSim Plus con un host de las siguientes características:

- dos procesadores con capacidad de 500 MIPS
- 4096 MB de RAM
- 20000 MB de almacenamiento
- 1000 Mbps de ancho de banda de red
- vm scheduler: `VmSchedulerTimeShared()`

Sobre este centro de datos un usuario quiere ejecutar cuatro máquinas virtuales, cada una de ellas con las siguientes características:

- un procesador con capacidad de 250 MIPS
- 1024 MB de memoria RAM
- 4000 MB de capacidad de almacenamiento
- 100 Mbps de ancho de banda de red.

Tal y como está modelado el centro de datos, ¿sería posible crear las cuatro máquinas virtuales que ha pedido el usuario? ¿Mejoraría cambiar la política del host a espacio compartido? ¿Por qué?

### Recursos compartidos en las máquinas virtuales

Las máquinas virtuales también tienen sus propias políticas de planificación para ejecutar las tareas de los usuarios. Sin embargo, al contrario que en las políticas utilizadas en los hosts, en este caso es el usuario quien tiene que buscar el equilibrio óptimo entre aprovechamiento de recursos y tiempo de ejecución de sus tareas.

En CloudSim Plus la clase que se utiliza para modelar una máquina virtual es **VmSimple**, tal y como se vio en la práctica anterior. Dentro de los diferentes parámetros que hay que definir para cada máquina virtual se encuentra el denominado **cloudletScheduler**, que corresponde a la clase **CloudletSchedulerAbstract**.

De nuevo, en esta práctica vamos a hacer uso de las políticas que ya vienen implementadas en CloudSim Plus, y en concreto haremos uso de la política de espacio compartido (que se encuentra implementada en la clase **CloudletSchedulerSpaceShared**) y la de tiempo compartido (que se encuentra implementada en la clase **CloudletSchedulerTimeShared**).

La política de tiempo compartido asigna a cada cloudlet el número de procesadores de la máquina virtual que requiera, y estos procesadores pueden estar ejecutando varios cloudlets al mismo tiempo. Por otro lado, la política de espacio compartido también asigna a cada cloudlet el número de procesadores que necesite para ejecutarse, pero en este caso los procesadores de la máquina virtual no se comparten entre varios cloudlets sino que se asignan de manera única a cada uno de ellos.

Partiendo del centro de datos anterior, supongamos que un usuario quiere ejecutar dos máquinas virtuales, cada una de ellas con la siguiente configuración:

- Disponen de dos procesadores con capacidad de 200 MIPS cada uno.
- 1024 MB de memoria RAM.
- 6 GB de capacidad de almacenamiento.

- 100 Mbps de ancho de banda de red.

Y sobre dichas máquinas virtuales el usuario quiere ejecutar doce tareas, cada una de ellas con las siguientes características:

- 10.000 millones de instrucciones a ejecutar.
- El tamaño a transmitir al centro de datos es de 2 MB.
- El resultado de la ejecución ocupará un tamaño de 3 MB.
- Requiere el uso de un procesador para ejecutarse.

Se pide modelar en CloudSim este escenario asumiendo que la política que se utiliza en las máquinas virtuales para ejecutar los cloudlets es la de espacio compartido. Una vez modelado el escenario y ejecutado, se pide contestar a las siguientes preguntas:

- ¿Cuánto tiempo ha tardado en ejecutarse cada cloudlet? ¿Han empezado a ejecutarse todos en el mismo instante de tiempo? ¿Por qué?
- Si se cambia la política de las máquinas virtuales de espacio a tiempo compartido, ¿qué cambios se producen respecto al resultado anterior? Explica las diferencias si las hay, y en caso afirmativo por qué se producen.

### Carga de trabajo en los centros de datos

Hasta ahora se han visto las políticas que se utilizan para compartir los recursos de los hosts y de las máquinas virtuales. A partir de ahora se va a ver cómo afecta la carga de trabajo de los centros de datos en la ejecución de los trabajos de los usuarios, y la influencia que tiene el uso de las diferentes políticas sobre ello.

Como ya se ha comentado, un proveedor Cloud da servicio a múltiples usuarios de manera simultánea. Por tanto, los recursos del proveedor se comparten entre todos los usuarios. Los proveedores tienen que proporcionar los recursos físicos necesarios para dar servicio a todos los usuarios, y a su vez que se garantice siempre el cumplimiento del SLA establecido con cada uno de ellos. Una de las formas de garantizar dicho cumplimiento es utilizando las políticas adecuadas para compartir los recursos, de tal forma que se consiga por un lado entregar a los usuarios siempre todo lo que hayan solicitado y esté establecido en su acuerdo, y por otro lado no sobrecargar los recursos del centro de datos.

Para poner en práctica el concepto anterior se va a realizar un ejercicio en CloudSim, haciendo uso del siguiente centro de datos:

- Cantidad de hosts: 5
  - 4 procesadores con capacidad de 1200 MIPS
  - 24576 MB de RAM (24 GB)
  - 2000000 MB de almacenamiento (2 TB)
  - 10000 Mbps de ancho de banda de red (10 Gbps)
  - vm scheduler: VmSchedulerSpaceShared()

Partiendo de dicho centro de datos se pide modelar tres escenarios, y cada uno de ellos contará con el siguiente número de usuarios:

<b>Escenario A</b>	<b>Escenario B</b>	<b>Escenario C</b>
1 usuario	4 usuarios	10 usuarios

En los tres escenarios, cada usuario solicita la creación de tres máquinas virtuales iguales, que tendrán la siguiente configuración:

- Disponen de dos procesadores con capacidad de 600 MIPS cada uno.
- 4096 MB de memoria RAM.
- 20 GB de capacidad de almacenamiento.
- 1 Gbps de ancho de banda de red.
- La política que se utiliza para repartir los recursos entre las tareas que se ejecutan sobre la máquina virtual es la de espacio compartido.

Y sobre dichas máquinas virtuales cada usuario quiere ejecutar quince tareas, cada una de ellas con las siguientes características:

- 45.000 millones de instrucciones a ejecutar.
- El tamaño a transmitir al centro de datos es de 1 MB.
- El resultado de la ejecución ocupará un tamaño de 2 MB.
- Requieren el uso de un procesador para ejecutarse.

**Nota importante:** Cada usuario contará con su propio broker, es decir, en el escenario A habrá un broker en la simulación, en el escenario B habrá cuatro brokers y en el escenario C habrá diez.

Ejecuta cada uno de los tres escenarios, y por cada uno de ellos apunta los tiempos que tardan en ejecutarse todos los cloudlets. Una vez que hayas terminado, contesta a las siguientes preguntas:

- Por cada escenario, ¿se han creado todas las máquinas virtuales pedidas? ¿Se han ejecutado todos los cloudlets? ¿Por qué?
- ¿Han tardado el mismo tiempo en ejecutarse los cloudlets de los escenarios A, B y C? ¿Por qué?