



CONCURRENCIA *Creación de Procesos en Java*

Guillermo Román Díez

`groman@fi.upm.es`

Universidad Politécnica de Madrid

Curso 2017-2018



ORGANIZACIÓN DE LA ASIGNATURA

- ▶ 2 horas presenciales semanales
- ▶ Teoría
 - ▶ 2 Exámenes
- ▶ Prácticas:
 - ▶ 10 Ejercicios cortos individuales
 - ▶ 2 Prácticas por parejas
- ▶ Las partes “sueltas” se guardan hasta la convocatoria de Julio
 - ▶ NO se guardan las partes de un curso para otro
- ▶ Web de la asignatura:
`http://babel.ls.fi.upm.es/teaching/concurrencia/`
- ▶ Comunicaciones: Web y Foro de la asignatura
 - ▶ `foro-cc@babel.upm.es`

▶ Teoría:

- ▶ Test 1: 50% de la nota de teoría
- ▶ Test 2: 50% de la nota de teoría
- ▶ La nota mínima en cada examen es 4/10
- ▶ La nota de teoría es: $NT = (NT1 + NT2)/2$
- ▶ Se aprueba la teoría con $NT > 5$

▶ Prácticas:

- ▶ 10 ejercicios cortos (mínimo número de entregas obligatorio) (20% de de la nota de prácticas)
- ▶ 2 prácticas por parejas (40+40% de la nota de prácticas)
- ▶ La nota mínima para hacer media es 3/10 en cada parte
- ▶ La nota de prácticas: $NP = (NE + NP1 * 2 + NP2 * 2)/5$
- ▶ Se aprueban las prácticas con $NP > 5$

▶ Nota Final: $NF = (NT + NP)/2$

- ▶ Cualquiera de las partes (NT1, NT2, NE, NP1, NP2) se guarda para la convocatoria de Julio del curso actual



1. Introducción: Concurrencia e interacción
 - ▶ Conceptos fundamentales de concurrencia
 - ▶ Manejo básico de procesos en Java
 - ▶ Sincronización de bajo nivel
2. Metodología: Recursos compartidos
 - ▶ Notación formal para especificar recursos compartidos
 - ▶ Semántica de trazas de un sistema basado en recursos compartidos
3. Implementación de recursos compartidos en Java
 - ▶ Memoria compartida con métodos `synchronized`
 - ▶ Memoria compartida con cerrojos y variables `condition`
 - ▶ Paso de mensajes con la librería JCSP



Pregunta

¿qué es la concurrencia?



CONCURRENCIA

Pregunta

¿qué es la concurrencia?

Concurrencia (RAE)

“Acción de concurrir distintas personas, sucesos o cosas en un mismo lugar o tiempo”



CONCURRENCIA

Pregunta

¿qué es la concurrencia?

Concurrencia (RAE)

“Acción de concurrir distintas personas, sucesos o cosas en un mismo lugar o tiempo”

Pregunta

¿y la concurrencia en el software?

Pregunta

¿qué es la concurrencia?

Concurrencia (RAE)

“Acción de concurrir distintas personas, sucesos o cosas en un mismo lugar o tiempo”

Pregunta

¿y la concurrencia en el software? ¿qué es un proceso?



CONCURRENCIA

Pregunta

¿qué es la concurrencia?

Concurrencia (RAE)

“Acción de concurrir distintas personas, sucesos o cosas en un mismo lugar o tiempo”

Pregunta

¿y la concurrencia en el software? ¿qué es un proceso? ¿es lo mismo un proceso que un programa?

- ▶ **Programa Secuencial:** Define la ejecución **secuencial** de una lista de instrucciones
 - ▶ Llamamos **proceso** a la ejecución de un programa secuencial
- ▶ **Programa Concurrente:** Define dos o más programas secuenciales que pueden ejecutar concurrentemente en forma de **procesos paralelos**

- ▶ **Programa Secuencial:** Define la ejecución **secuencial** de una lista de instrucciones
 - ▶ Llamamos **proceso** a la ejecución de un programa secuencial
- ▶ **Programa Concurrente:** Define dos o más programas secuenciales que pueden ejecutar concurrentemente en forma de **procesos paralelos**

Pregunta

¿es lo mismo concurrencia que paralelismo?

- ▶ **Programa Secuencial:** Define la ejecución **secuencial** de una lista de instrucciones
 - ▶ Llamamos **proceso** a la ejecución de un programa secuencial
- ▶ **Programa Concurrente:** Define dos o más programas secuenciales que pueden ejecutar concurrentemente en forma de **procesos paralelos**

Pregunta

¿es lo mismo concurrencia que paralelismo?

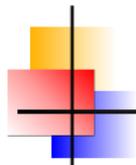
- ▶ Si únicamente disponemos de un procesador, sólo puede haber concurrencia pero no paralelismo
- ▶ Se intercalará la ejecución de los diferentes procesos compartiendo el procesador por “slots” de tiempo



Concurrencia

Ejecución Simultánea

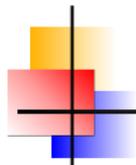
- ▶ **Ejecución Simultánea:** la existencia de varios procesos interactuando a la vez multiplica las posibles ejecuciones del programa



Concurrencia

Ejecución Simultánea + Indeterminismo

- ▶ **Ejecución Simultánea**: la existencia de varios procesos interactuando a la vez multiplica las posibles ejecuciones del programa
- ▶ **Indeterminismo**: dependiendo de cada posible ejecución se podrán obtener resultados diferentes



Concurrencia

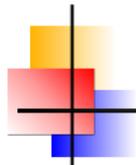
Ejecución Simultánea + Indeterminismo + Interacción

- ▶ **Ejecución Simultánea:** la existencia de varios procesos interactuando a la vez multiplica las posibles ejecuciones del programa
- ▶ **Indeterminismo:** dependiendo de cada posible ejecución se podrán obtener resultados diferentes
- ▶ **Interacción:** los procesos pueden interactuar entre sí pasándose información entre ellos

Interacción

Comunicación + Sincronización

- ▶ **Comunicación:** Permite a la ejecución de un proceso influenciar en la ejecución del otro
 - ▶ Variables Compartidas
 - ▶ Paso de mensajes
- ▶ **Sincronización:** Permite establecer cierto **orden** de ejecución de diferentes partes del programa
 - ▶ Exclusión mutua
 - ▶ Sincronización por condición



DIFICULTADES DE LA CONCURRENCIA

- ▶ La velocidad ejecución de un programa depende de muchos factores
 - ▶ No se puede garantizar que programas concurrentes idénticos y ejecutados en el mismo procesador ejecuten exactamente igual
 - ▶ Lo único que podemos asumir es que el programa **progresa**
 - ▶ No podemos asumir nada sobre los posibles **ritmos** de ejecución

- ▶ La velocidad ejecución de un programa depende de muchos factores
 - ▶ No se puede garantizar que programas concurrentes idénticos y ejecutados en el mismo procesador ejecuten exactamente igual
 - ▶ Lo único que podemos asumir es que el programa **progresa**
 - ▶ No podemos asumir nada sobre los posibles **ritmos** de ejecución
- ▶ Incluso los programas más sencillos se componen de instrucciones más pequeñas

Programa Java:

```
y = x + 1;  
x = y;
```

Instrucciones Bytecode:

```
0: load x  
1: const 1  
2: add  
3: store y  
4: load y  
5: store x
```

- ▶ ¿Cuál será el valor final de x si ejecutamos el programa en dos procesadores con un valor inicial $x = 0$?

Proceso 1: ($x = x + 1$)

```
i0: load x
i1: const 1
i2: add
i3: store x
```

Proceso 2: ($x = x + 2$)

```
i'0: load x
i'1: const 2
i'2: add
i'3: store x
```

- ▶ ¿Cuál será el valor final de x si ejecutamos el programa en dos procesadores con un valor inicial $x = 0$?

Proceso 1: ($x = x + 1$)

```
i0: load x
i1: const 1
i2: add
i3: store x
```

Proceso 2: ($x = x + 2$)

```
i'0: load x
i'1: const 2
i'2: add
i'3: store x
```

$i_0 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3$

- ¿Cuál será el valor final de x si ejecutamos el programa en dos procesadores con un valor inicial $x = 0$?

Proceso 1: ($x = x + 1$)

```
i0: load x
i1: const 1
i2: add
i3: store x
```

Proceso 2: ($x = x + 2$)

```
i'0: load x
i'1: const 2
i'2: add
i'3: store x
```

$i_0 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \rightarrow x = 3$

- ¿Cuál será el valor final de x si ejecutamos el programa en dos procesadores con un valor inicial $x = 0$?

Proceso 1: ($x = x + 1$)

```
i0: load x
i1: const 1
i2: add
i3: store x
```

Proceso 2: ($x = x + 2$)

```
i'0: load x
i'1: const 2
i'2: add
i'3: store x
```

$i_0 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \rightarrow x = 3$

$i_0 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3$

- ¿Cuál será el valor final de x si ejecutamos el programa en dos procesadores con un valor inicial $x = 0$?

Proceso 1: ($x = x + 1$)

```
i0: load x
i1: const 1
i2: add
i3: store x
```

Proceso 2: ($x = x + 2$)

```
i'0: load x
i'1: const 2
i'2: add
i'3: store x
```

$i_0 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \rightarrow x = 3$

$i_0 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \rightarrow x = 1$

- ▶ ¿Cuál será el valor final de x si ejecutamos el programa en dos procesadores con un valor inicial $x = 0$?

Proceso 1: ($x = x + 1$)

```
i0: load x
i1: const 1
i2: add
i3: store x
```

Proceso 2: ($x = x + 2$)

```
i'0: load x
i'1: const 2
i'2: add
i'3: store x
```

$i_0 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \rightarrow x = 3$

$i_0 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \rightarrow x = 1$

$i_0 \triangleright i'_0 \triangleright i_1 \triangleright i'_1 \triangleright i_2 \triangleright i'_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_3$

- ▶ ¿Cuál será el valor final de x si ejecutamos el programa en dos procesadores con un valor inicial $x = 0$?

Proceso 1: ($x = x + 1$)

```
i0: load x
i1: const 1
i2: add
i3: store x
```

Proceso 2: ($x = x + 2$)

```
i'0: load x
i'1: const 2
i'2: add
i'3: store x
```

$i_0 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \rightarrow x = 3$

$i_0 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \rightarrow x = 1$

$i_0 \triangleright i'_0 \triangleright i_1 \triangleright i'_1 \triangleright i_2 \triangleright i'_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_3 \rightarrow x = 2$

- ▶ ¿Cuál será el valor final de x si ejecutamos el programa en dos procesadores con un valor inicial $x = 0$?

Proceso 1: ($x = x + 1$)

```
i0: load x
i1: const 1
i2: add
i3: store x
```

Proceso 2: ($x = x + 2$)

```
i'0: load x
i'1: const 2
i'2: add
i'3: store x
```

$i_0 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \rightarrow x = 3$

$i_0 \triangleright i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \rightarrow x = 1$

$i_0 \triangleright i'_0 \triangleright i_1 \triangleright i'_1 \triangleright i_2 \triangleright i'_2 \triangleright i_3 \triangleright i'_3 \rightarrow x = 2$

$i'_0 \triangleright i'_1 \triangleright i'_2 \triangleright i'_3 \triangleright i_0 \triangleright i_1 \triangleright i_2 \triangleright i_3 \rightarrow x = 3$

⋮

Operaciones Atómicas

“Son operaciones indivisibles, es decir, deben realizarse de manera completa (o poder deshacerse de manera completa en caso de fallar o ser interrumpidas)”

- ▶ Puede estar formada por una o varias instrucciones
- ▶ Ningún proceso puede acceder a la información modificada hasta que no se haya completado la operación atómica



MULTIPROCESSING VS. MULTIPROGRAMMING

Multiprocessing

“varios procesos comparten uno o más procesadores”

Multiprogramming

“cada uno de los procesos tiene su propio procesador y se comunican mediante memoria compartida”

Distributed processing

“cada uno de los procesos tiene su propio procesador, pero se comunican mediante una red de comunicaciones”

- ▶ ¿Cómo indicamos la ejecución concurrente?
- ▶ ¿Qué tipo de comunicación entre procesos utilizar?
- ▶ ¿Qué mecanismo de sincronización utilizamos?

Objetivos de la asignatura

Los objetivos de la asignatura tratan de dar respuesta a estas preguntas

Diseño y especificación de Programas Concurrentes

- ▶ Definir las interacciones entre los procesos que componen el sistema
- ▶ Usar técnicas formales para especificar un programa concurrente
- ▶ Detectar las partes del programa que necesitan control de acceso

Estudiar modelos de programación concurrente

- ▶ Programas con concurrencia explícita (comunicación y sincronización)
- ▶ Programación a través de paso de mensajes



Procesos en Java

NOTA!!

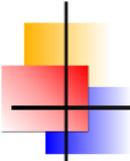
Lectura Interesante sobre Procesos en Java:

<https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/>



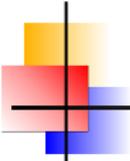
PROCESOS VS. THREADS

- ▶ Proceso
 - ▶ Dispone de su propio entorno de ejecución con sus propios recursos y espacio de memoria
 - ▶ Se suelen identificar con programas o aplicaciones
 - ▶ El cambio entre procesos es lento
 - ▶ El SSOO es el encargado de su gestión
 - ▶ Se conocen como procesos *pesados* (heavy)
- ▶ Thread (hilo o hebra)
 - ▶ También conocidos como procesos *ligeros* (lightweight)
 - ▶ Los threads creados en el mismo proceso comparten el entorno de ejecución (en particular, la memoria)
 - ▶ Los threads existen dentro de un proceso. Podemos decir que los procesos contienen al menos un thread
 - ▶ El cambio de contexto entre threads, es decir, el cambio de thread en ejecución por otro, es más rápido que entre procesos



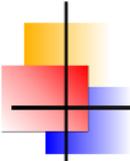
¿CÓMO IMPLEMENTAR THREADS EN JAVA?

- ▶ Para crear un thread en Java es necesario implementar una clase donde se implemente *el código que ejecutará* el thread
- ▶ Esto se puede hacer de dos formas:



¿CÓMO IMPLEMENTAR THREADS EN JAVA?

- ▶ Para crear un thread en Java es necesario implementar una clase donde se implemente *el código que ejecutará* el thread
- ▶ Esto se puede hacer de dos formas:

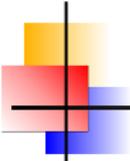


¿CÓMO IMPLEMENTAR THREADS EN JAVA?

- ▶ Para crear un thread en Java es necesario implementar una clase donde se implemente *el código que ejecutará* el thread
- ▶ Esto se puede hacer de dos formas:

(1) Extender la clase Thread y sobrescribir el método run

```
public class MiPrimerThread extends Thread {  
    public void run() { /*CODIGO AQUI */ }  
}
```



¿CÓMO IMPLEMENTAR THREADS EN JAVA?

- ▶ Para crear un thread en Java es necesario implementar una clase donde se implemente *el código que ejecutará* el thread
- ▶ Esto se puede hacer de dos formas:

(1) Extender la clase Thread y sobrescribir el método run

```
public class MiPrimerThread extends Thread {  
    public void run() { /*CODIGO AQUI */ }  
}
```

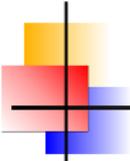
(2) Implementar el interfaz Runnable, que requiere implementar el método run

```
public class MiPrimerRunnable implements Runnable {  
    public void run() { /*CODIGO AQUI */ }  
}
```



¿CÓMO LANZAR THREADS EN JAVA?

1. Primero se crea el objeto de tipo Thread
 - ▶ Ojo!! Esto no arranca el nuevo thread, simplemente instancia el objeto



¿CÓMO LANZAR THREADS EN JAVA?

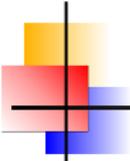
1. Primero se crea el objeto de tipo Thread
 - ▶ Ojo!! Esto no arranca el nuevo thread, simplemente instancia el objeto
2. Ejecutar el método `start()`
 - ▶ `start` lanza el nuevo thread y ejecuta el método `run`



¿CÓMO LANZAR THREADS EN JAVA?

1. Primero se crea el objeto de tipo Thread
 - ▶ Ojo!! Esto no arranca el nuevo thread, simplemente instancia el objeto
 2. Ejecutar el método `start()`
 - ▶ `start` lanza el nuevo thread y ejecuta el método `run`
- ▶ Extendiendo de Thread

```
MiPrimerThread t = new MiPrimerThread();  
t.start();
```



¿CÓMO LANZAR THREADS EN JAVA?

1. Primero se crea el objeto de tipo Thread
 - ▶ Ojo!! Esto no arranca el nuevo thread, simplemente instancia el objeto
2. Ejecutar el método start()
 - ▶ start lanza el nuevo thread y ejecuta el método run

▶ Extendiendo de Thread

```
MiPrimerThread t = new MiPrimerThread();  
t.start();
```

▶ Implementando Runnable

```
Runnable runnable = new MiPrimerRunnable();  
Thread t = new Thread(runnable);  
t.start();
```



¿CÓMO LANZAR THREADS EN JAVA?

1. Primero se crea el objeto de tipo Thread
 - ▶ Ojo!! Esto no arranca el nuevo thread, simplemente instancia el objeto
2. Ejecutar el método start()
 - ▶ start lanza el nuevo thread y ejecuta el método run

▶ Extendiendo de Thread

```
MiPrimerThread t = new MiPrimerThread();  
t.start();
```

▶ Implementando Runnable

```
Runnable runnable = new MiPrimerRunnable();  
Thread t = new Thread(runnable);  
t.start();
```

NOTA!!

No es lo mismo llamar a start() que a run()!!!!

- ▶ El método estático `Thread.sleep(tiempo)` **suspende** la ejecución del thread que está ejecutando un tiempo determinado
 - ▶ El tiempo se expresa en ms
 - ▶ El método `sleep` puede lanzar `InterruptedException`

```
class ThreadDormido extends Thread {  
    public void run() {  
        try {  
            Thread.sleep(5000); // A dormir 5 segundos  
        } catch (InterruptedException e) {  
            System.out.println("Me han interrumpido!");  
        }  
    }  
}
```



INTERRUPCIONES

- ▶ Las **interrupciones** son una indicación de que un hilo debe detener lo que está haciendo para hacer otra cosa
- ▶ Llamando al método `t.interrupt()` se puede *intentar* interrumpir lo que está haciendo thread `t`
- ▶ Las interrupciones sólo *interrumpen* el thread cuando se está ejecutando un método que lanza la excepción `InterruptedException`
 - ▶ El programador del thread interrumpido es quien decide qué hacer para tratar las interrupciones capturando `InterruptedException`
- ▶ Si estamos ejecutando, siempre podemos comprobar si nos han **interrumpido** a través de `isInterrupted()`

JOIN: ESPERAR LA TERMINACIÓN DE UN THREAD

- ▶ El método `t.join()` hace que el thread en ejecución espere a que el thread `t` termine su ejecución
 - ▶ También se puede especificar un tiempo máximo de espera
 - ▶ El método puede lanzar la excepción `InterruptedException`

```
Thread t1 = new Thread();
Thread t2 = new Thread();
t1.start();
t2.start();
try{
    t2.join();
    t1.join();
}
catch (InterruptedException e){
    ...
}
```

