Hilos

en Java

Verónica E. Arriola-Rios

Facultad de Ciencias, UNAM

21 de abril de 2021

Temas

Concurrencia

Temas

El rol del sistema operativo

- Las computadoras modernas realizan varias tareas del tal forma que el usuario las percibe como simultáneas.
- Esta simultaneidad puede ser real o simulada.
- El sistema operativo es responsable de:
  - La creación y borrado de procesos.
  - Asignar tiempo de ejecución a los procesos.
  - Proveer mecanismos para:
    1. Sincronizar,
    2. comunicar y
    3. resolver bloqueos mutuos:
       Abrazos mortales entre procesos (*deadlock*)
       Bloqueos en vida o bloqueos activos (*livelock*)

Java

- La Máquina Virtual de Java abstrae las peculiaridades de cada computadora y su sistema operativo, por lo que asume responsabilidades semejantes.
- La máquina virtual es ejecutada como un proceso por el sistema operativo.
- Cada máquina virtual en ejecución puede crear *hilos* (*threads*), que son procesos ligeros que emulan la realización de actividades de forma simultánea, dentro de un mismo programa.

Procesos e hilos

Procesos

- Programa en ejecución o tarea a cargo del SO.
- Recursos propios:
  - Memoria
  - Tiempo de UCP
  - Archivos
  - Dispositivos de E/S
- Sistema = Colección de procesos
- Hay dos tipos de procesos:
  1. Del sistema operativo
  2. Del usuario
- En `Java` pueden ser iniciados con un `ProcessBuilder`.

Hilos

- Un proceso está compuesto de hilos.
- Comparten recursos:
  - Memoria
  - Archivos
- Una aplicación tiene:
  - Un *hilo principal*.
  - Hilos del sistema:
    - Administran memoria (y recolección de basura).
    - Manejan señales.
  - Hilos iniciados por el programa.
- Se utilizan con la clase `Thread`

Ambiente de ejecución de Java

- La máquina virtual de Java es un proceso.
- Cada hilo tiene su propia pila de ejecución, pero todas comparten el montículo y tienen acceso al área de métodos.

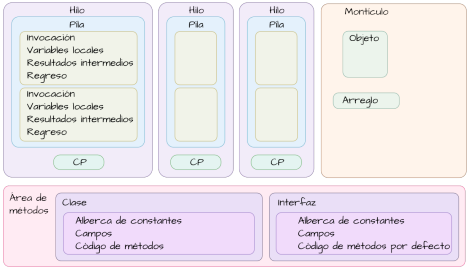


Figura: Adaptado de: http://www.programcreek.com/2013/04/jvm-run-time-data-areas/. La versión completa se encuenta en: Chapter2. The Structure of the Java Virtual Machine, en http://docs.oracle.com/javase/specs/jvms/se7/html/jvms-2.html#jvms-2.5

Hilos

Temas

2. Hilos
   - Thread y Runnable
   - Interrupciones

Thread

- La clase `Thread` se encarga del manejo y ejecución de hilos.
- La ejecución del hilo inicia con su método `start()`.
- Métodos interrumplibles (lanzan `InterruptedException`):
  - La ejecución de un hilo se puede pausar por un tiempo aproximado con `sleep(long)` o `sleep(long, int)`.
  - Un hilo puede esperar a que otro termine con el método del objetivo `join()`.
- Es posible crear nuevos hilos:
  1. Extendiendo esta clase y sobreescribiendo el método `void run()`, pero ya no será posible heredar de otra clase.
  2. Implementando la interfaz `Runnable` y pasando el objeto como argumento al constructor de `Thread`.

Ejemplo

Código 1: HolaThread.java

```
1  public class HolaThread extends Thread {
2    @Override
3    public void run() {
4      System.out.format("¡Hola␣desde␣el␣hilo␣%s!%n",
5                  Thread.currentThread().getName());
6    }
7    public static void main(String args[]) {
8      System.out.format("Iniciando␣en␣el␣hilo␣%s%n",
9                        Thread.currentThread().getName());
10     new HolaThread().start();
11   }
12 }
```

Este ejemplo produce la salida:

```
$ java HolaThread
Iniciando en el hilo main
¡Hola desde el hilo Thread-1!
```

Runnable

- Para usos más generales, se implementa la interfaz `Runnable`, con su único método `void run()`.
- El hilo nuevo sea crea utilizando el runnable como argumento:

```
1  public class HolaRunnable implements Runnable {
2    public void run() {
3      System.out.format("¡Hola␣desde␣el␣hilo␣%s!%n",
4                  Thread.currentThread().getName());
5    }
6    public static void main(String args[]) {
7      System.out.format("Iniciando␣en␣el␣hilo␣%s%n",
8                  Thread.currentThread().getName());
9      new Thread(new HolaRunnable()).start();
10   }
11 }
```

- La salida es idéntica al caso anterior.

Temas

Interrupciones

- Las *interrupciones* son un método de comunicación entre hilos.
- Frecuentemente se les utiliza para avisar a un hilo que debe terminar su ejecución.
- Para interrumpir a un hilo se utiliza la *bandera de estado de interrupción*:
  - El hilo que desea interrumpir a otro hilo le avisa invocando el método `interrupt()` sobre el objeto que representa a su objetivo.
  - Un hilo que puede ser interrumpido debe preguntar periódicamente por el estado de `Thread.interrupted()`.
  - El hilo interrumpido puede optar por lanzar una `InterruptedException`.

```java
import java.io.IOException;

public class Television extends Thread {
  public static final int Q1 = 113;
  private static final int[] canales = {2,4,5,7,9,11,13,28,34,40};
  private int canal = 2;
  private boolean encendida = true;

  public void cambiaCanal() {
      canal = canales[(int)(Math.random() * canales.length)];
      System.out.format("Viendo ahora el canal %d%n", canal);
  }

  public void apaga() { encendida = false; }

  @Override
  public void run() {
    cambiaCanal();
    while(encendida) {
      if (Thread.interrupted()) { cambiaCanal(); }
      try {
        Thread.sleep(200);
      } catch (InterruptedException ie) {
        System.out.println("No dejan dormir...");
        cambiaCanal();
      }
    }
  }
}
```

```
1  public static void main(String[] args){
2    int input;
3    Television tele = new Television();
4    tele.start();
5    try {
6      while((input = System.in.read()) != Q1) {
7        tele.interrupt();
8      }
9      tele.apaga();
10   } catch(IOException ioe) { }
11 }
```

- Cuando se ejecuta resulta en:

```
Viendo ahora el canal 40

No dejan dormir...
Viendo ahora el canal 9
cambia
No dejan dormir...
Viendo ahora el canal 9
Viendo ahora el canal 28
q
```

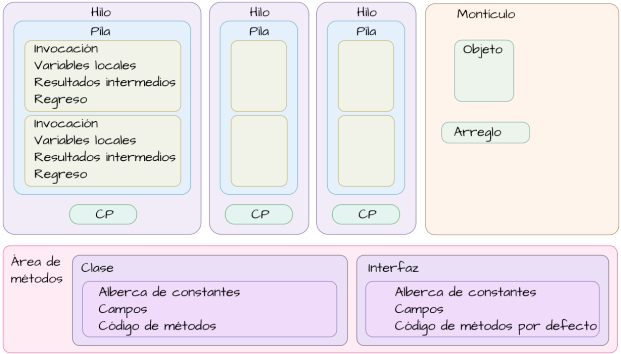
Sincronización

Temas

3. Sincronización
   - Comunicación entre hilos
   - Vitalidad

Comunicación entre hilos

- Los hilos se comunican a través de:
  - los atributos de objetos en el montículo (fields),
  - los objetos a los cuales refieren dichos atributos,
  - campos en el área de métodos.

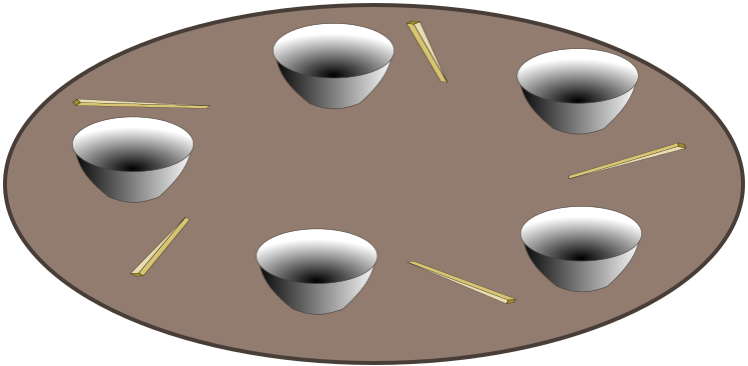


Errores

Imaginemos a un grupo de niños compitiendo por utilizar los mismos juguetes. Dicho escenario permitirá preveer los problemas que pueden surgir al ejecutar hilos:

- Errores por acceso concurrente a la memoria:
  - Interferencia entre hilos
  - Errores en la consistencia de la memoria.
- Errores por coordinación de acceso entre los hilos:
  - Contención entre hilos (ejecución lenta o suspensión)
    - Abrazo mortal (*deadlock*).
    - Muerte de hambre (*starvation*).
    - Bloqueo en vida (*livelock*).

Problema de los filósofos



Candados

- Cuando algún recurso sólo debe ser utilizado por un hilo a la vez se le asocia un *candado*.
- El hilo que *adquiera* el candado es el único que puede acceder al recurso.
- Al finalizar su tarea debe *liberar* el candado.
- Todo objeto en `Java` tiene asociado un candado intrínseco.
- En `Java`, si un hilo poseé un candado requerido para acceder otra región de código, puede seguir usando el candado que ya tiene.

Enunciados sincronizados

```
1  public
2    void addName (String name) {
3      synchronized(this) {
4        lastName = name;
5        nameCount++;
6      }
7      // llamada a otro método
8      nameList.add(name);
9  }
```

```
1  public class MsLunch {
2      private long c1 = 0;
3      private long c2 = 0;
4      private Object lock1 = new Object();
5      private Object lock2 = new Object();
6
7      public void inc1() {
8          synchronized(lock1) {
9              c1++;
10         }
11     }
12
13     public void inc2() {
14         synchronized(lock2) {
15             c2++;
16         }
17     }
18 }
```

Métodos sincronizados

- Garantizan que todas las instrucciones dentro del método serán ejecutadas, antes de que otros hilos puedan invocar otros métodos sincronizados en el mismo objeto.

Código 2: SynchronizedCounter.java

```
1  public class SynchronizedCounter {
2    private int c = 0;
3    // Compila a: leer, incrementar, guardar
4    public synchronized void increment() {
5      c++;
6    }
7    public synchronized void decrement() {
8      c--;
9    }
10   public synchronized int value() {
11     return c;
12   }
13 }
```

Acciones atómicas

- Se realizan en su totalidad, no pueden ser entrelazadas con la ejecución de otra acción.
- Leer y escribir de variables referencia.
- Leer y escribir en variables de tipo primitivo, excepto `long` y `double`.
- Leer y escribir para *todas* las variables declaradas como `volatile` (incluyendo `long` y `double`).
- Cuando una variable es declarada como `volatile`, cualquier acción de escritura deberá completarse antes de otras lecturas, lo cual reduce el riesgo de *inconsistencias en la memoria*.

Temas

3. Sincronización
   - Comunicación entre hilos
   - Vitalidad

Vitalidad (*liveness*)

Definición (Vitalidad)

Lo relativo al ciclo de vida de un hilo y su capacidad para ser ejecutado.

Problemas

- Los problemas característicos que afectan a la vitalidad de un hilo son:

  Abrazo mortal (*deadlock*). Dos hilos quedan bloqueados permanentemente esperándose el uno al otro.

  Muerte de hambre (*starvation*). Otros hilos frecuentemente usan recursos con candados, usándolos durante mucho tiempo, por lo que este hilo puede avanzar poco con sus labores.

  Bloqueo en vida (*livelock*). Varios hilos responden las acciones de otros interrumpiendo sus tareas, por lo que ninguno progresa. Ejemplo: la danza de dos personas en el corredor cediéndose el paso.

Bloques vigilados

- Cuando es necesario esperar a que se cumpla una condición para que el hilo realice su trabajo, se puede utilizar `wait()`.

Ejemplo: Productor consumidor

Tomado del tutorial de Java sobre concurrencia (Oracle s.f.).

Código 3: ProducerConsumerExample.java

```
1  public class ProducerConsumerExample {
2
3      public static void main(String[] args) {
4          // Memoria compartida
5          Drop drop = new Drop();
6          // Escribe mensajes
7          new Thread(new Producer(drop)).start();
8          // Lee/borra mensajes
9          new Thread(new Consumer(drop)).start();
10     }
11
12 }
```

Código 4: Drop.java

```
1  public class Drop {                                  // Depósito de mensajes
2    private String message;
3    private boolean empty = true;
4    public synchronized String take() {
5      while (empty) {                                  // No hay mensaje qué entregar
6        try{ wait(); } catch (InterruptedException e) {}  // Espera notificación
7      }
8      empty = true;
9      notifyAll();                                     // Avisa que queda vacío
10     return message;                                  // Entrega el mensaje
11   }
12   public synchronized void put(String message) {
13     while (!empty) {                                 // El depósito está lleno
14       try{ wait(); } catch (InterruptedException e) {}  // Espera notificación
15     }
16     empty = false;
17     this.message = message;                          // Guarda un mensaje
18     notifyAll();                                     // Avisa que tiene un mensaje
19   }
20 }
```

Código 5: Producer.java

```
1  import java.util.Random;
2  public class Producer implements Runnable {
3    private Drop drop;                          // Referencia al depósito
4    public Producer(Drop drop) { this.drop = drop; }
5    public void run() {
6      String importantInfo[] = {
7       "Mares␣eat␣oats",        "Does␣eat␣oats",
8       "Little␣lambs␣eat␣ivy",  "A␣kid␣will␣eat␣ivy␣too"
9      };
10     Random random = new Random();
11     for (int i = 0; i < importantInfo.length; i++) {
12       drop.put(importantInfo[i]);           // Transmite mensajes uno por uno
13       try {
14         Thread.sleep(random.nextInt(5000));
15       } catch (InterruptedException e) {}
16     }
17     drop.put("DONE");
18   }
19 }
```

Código 6: Consumer.java

```
1  import java.util.Random;
2  public class Consumer implements Runnable {
3    private Drop drop;                          // Referencia al depósito
4    public Consumer(Drop drop) {
5        this.drop = drop;
6    }
7
8    public void run() {
9      Random random = new Random();
10     for (String message = drop.take();
11          !message.equals("DONE");
12          message = drop.take()) {
13       System.out.format("MESSAGE␣RECEIVED:␣%s%n",
14                         message);
15       try {
16         Thread.sleep(random.nextInt(5000));
17       } catch (InterruptedException e) {}
18     }
19   }
20 }
```

Referencias


Abraham Silberschatz Peter Baer Galvin, Greg Gagne (s.f.). *Operating System Concepts*. 9th. Wiley. 920 págs.


Oracle (s.f.). *The Java Tutorials. Lesson: Concurrency.* URL: `https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/concurrency/index.html`.

Licencia

Creative Commons
Atribución-No Comercial-Compartir Igual