Control de la Concurrencia en Java (API Estándar)

Tema 4 - Programación Concurrente y de Tiempo Real

Antonio J. Tomeu[1] Manuel Francisco[2]

[1]Departamento de Ingeniería Informática
Universidad de Cádiz

[2]Departamento de CC. de la Computación e I.A.
Universidad de Granada

PCTR, 2019

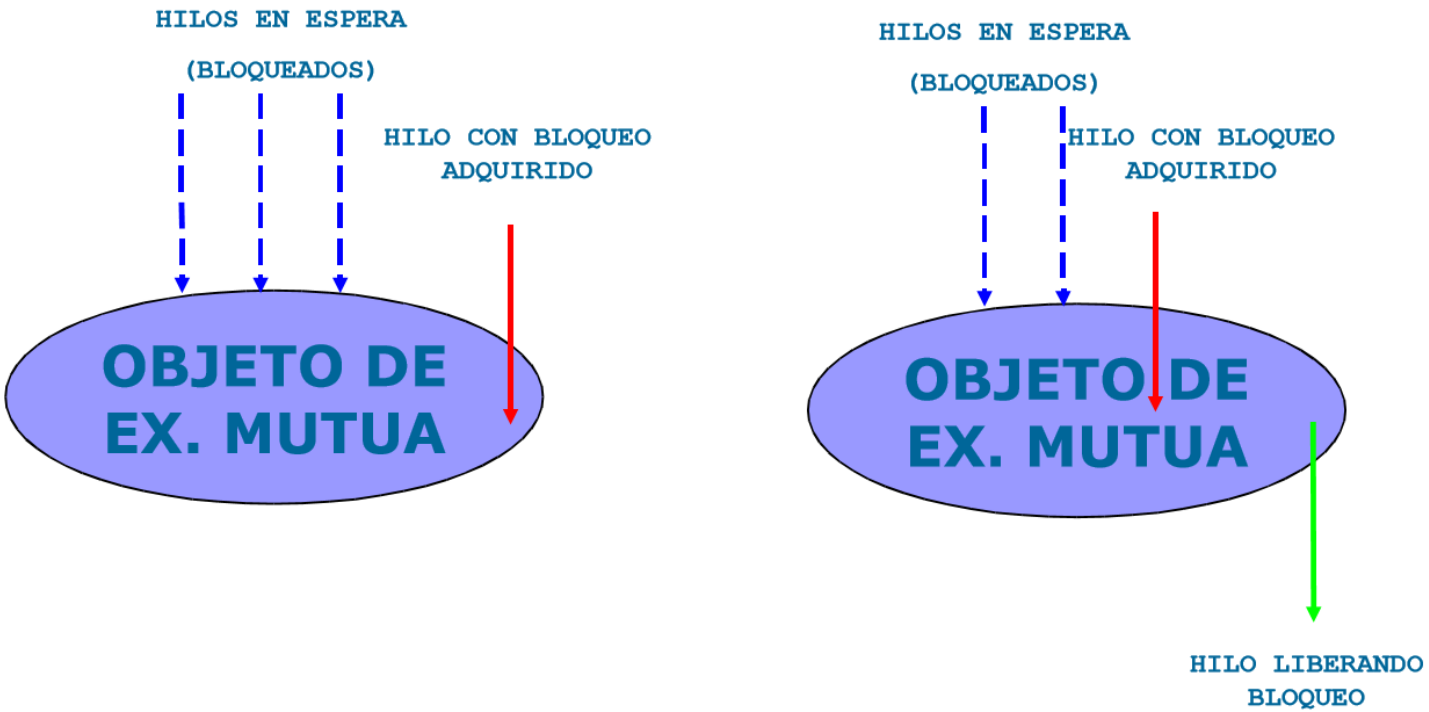
Contenido

1. Exclusión Mutua con código `synchronized`.
2. Exclusión Mutua con métodos `synchronized`.
3. Protocolos de Control de la Exclusión Mutua.
4. Interbloqueos.
5. Sincronización: `wait()`, `notify()` y `notifyAll()`.
6. Condiciones de Guarda.
7. Protocolos de Sincronización.
8. Diseño de monitores en Java.

Exclusión Mutua entre Hilos I

- En Java, la Exclusión Mutua se logra a nivel de objetos. Todo objeto tiene asociado un cerrojo (lock).
- Técnicas de Control de la Exclusión Mutua en Java:
  - **Bloques sincronizados**. El segmento de código que debe ejecutarse en exclusión mutua se etiqueta como **synchronized**. Es el equivalente a una región crítica en Java.
  - Métodos sincronizados. Aquellas instancias de recursos que deben manejarse bajo exclusión mutua se encapsulan en una clase y todos sus métodos (excepto el constructor) son etiquetados con la palabra reservada **synchronized**.
- Por tanto, dos o más hebras están en exclusión mutua cuando llaman a métodos synchronized de un objeto o ejecutan métodos que tienen bloques de código sincronizados.

Exclusión Mutua entre Hilos II



- Cuestiones a determinar:
  - ¿Cómo establecer el bloqueo a nivel sintáctico?
  - ¿Cuál es la semántica del bloqueo?
  - ¿Qué política de acceso se da a los hilos en espera?

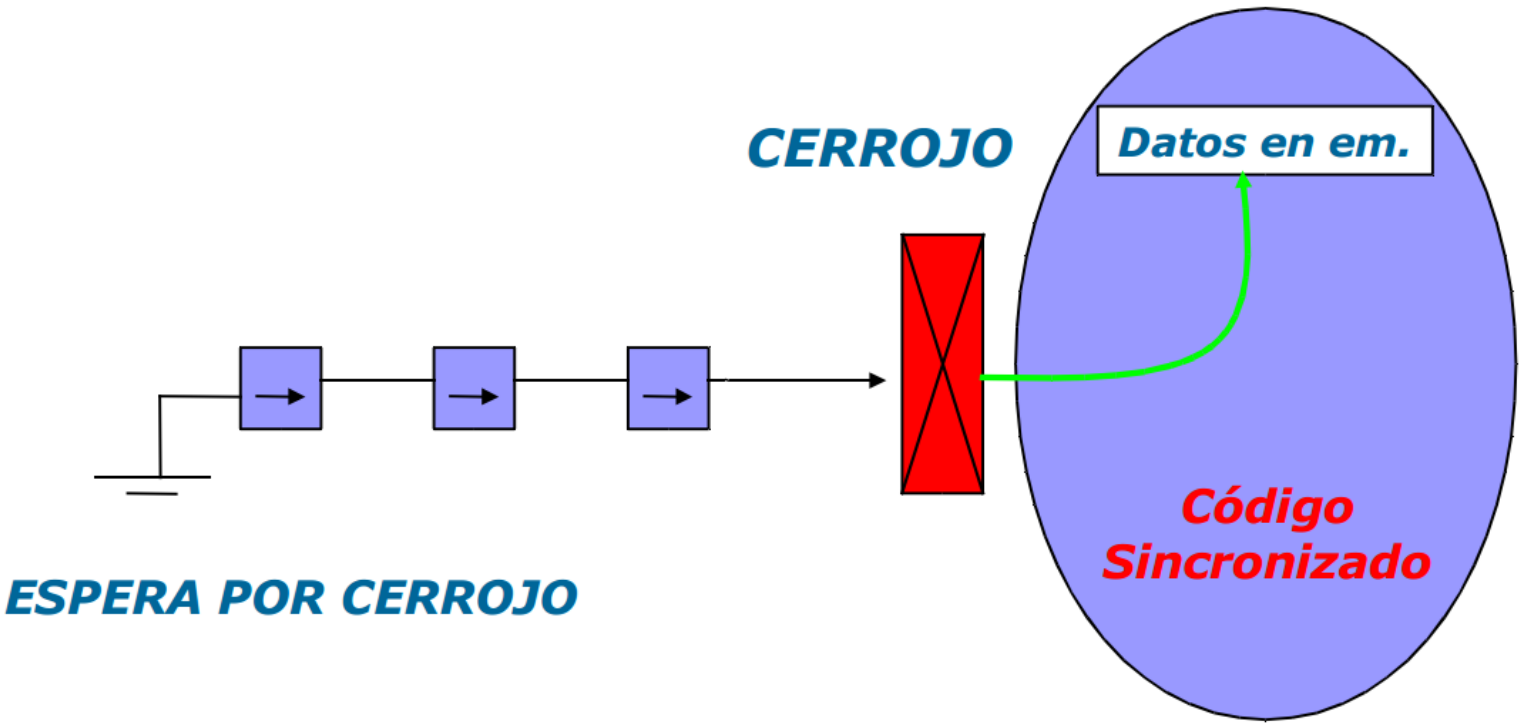
Sintaxis para Bloques de Código Sincronizado

```
1  public metodo_x (parametros)
2  {
3      //Resto de codigo del metodo. No se ejecuta en EM.
4
5      /* comienzo de la seccion critica */
6      synchronized (object)
7      {
8          //Bloque de sentencias criticas
9          //Todo el codigo situado entre llaves se ejecuta bajo EM
10     }
11     /* fin de la seccion critica */
12 } //metodo_x
```

Semántica de Bloques de Código Sincronizado

- Son una implementación del concepto de región crítica.
- Un bloque de código está sincronizado respecto de un objeto (puede ser el mismo objeto, `this`).
- El bloque sólo se ejecuta si se obtiene el cerrojo sobre el objeto.
- Útil para adecuar código secuencial a un entorno concurrente.

Política de Acceso de los Hilos en Espera



Acotando la Sección Crítica...

Código 1: codigos_t4/codBloqueo.java

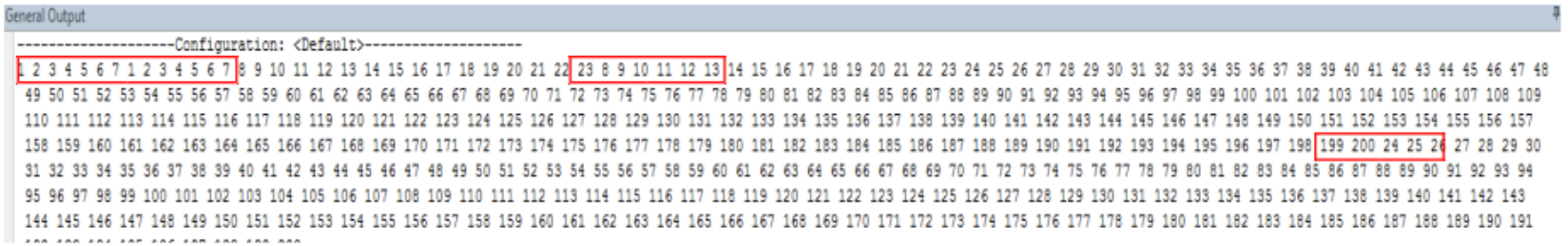
```
1  public class codBloqueo //usa el cerrojo del propio objeto
2  {
3    private int numVueltas;
4
5    public codBloqueo(int vueltas)
6    {
7      numVueltas = vueltas;
8    }
9
10   public void metodo()
11   {
12     synchronized(this) //bloqueo para acceso a seccion critica
13     {
14       for(int i=1; i<=numVueltas; i++)
15         System.out.print(i+" ");
16     }
17   }
18 }
```

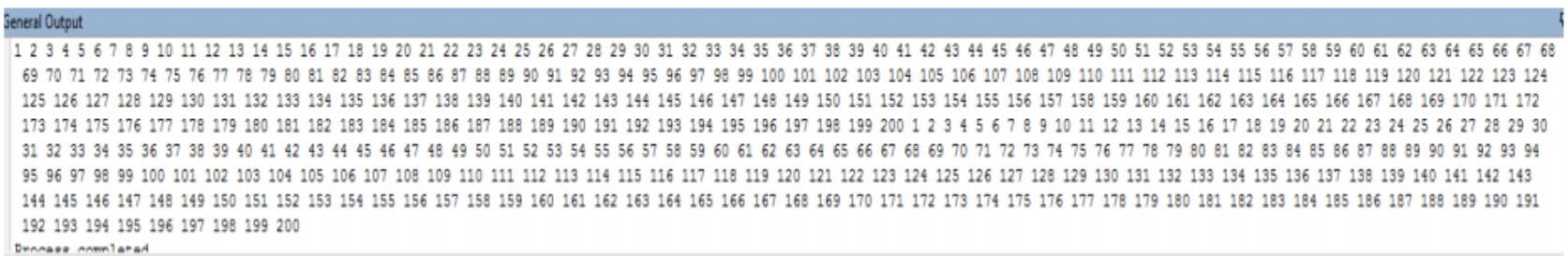
... y Usándola desde Hilos en Modo Seguro I

Código 2: codigos_t4/UsacodBloqueo.java

```
1  public class UsacodBloqueo extends Thread {
2    codBloqueo cerrojo; //referencia a objeto compartido
3
4    public UsacodBloqueo(codBloqueo l) {
5      cerrojo = l;
6    }
7
8    public void run() {
9      cerrojo.metodo(); //metodo que tiene codigo sincronizado
10   }
11
12   public static void main(String[] args) {
13     codBloqueo aux = new codBloqueo(200);
14     UsacodBloqueo h1 = new UsacodBloqueo(aux);
15     UsacodBloqueo h2 = new UsacodBloqueo(aux);
16     h2.start();
17     h1.start();
18   }
19 }
```

Output con/sin synchronized





Pasando el Cerrojo como Parámetro I

Código 3: codigos_t4/MuestraBloqueo.java

```
1  public class MuestraBloqueo implements Runnable {
2   private Object o;
3
4   public MuestraBloqueo(Object p) {
5    o = p;
6   }
7
8   public void run() {
9    synchronized(o) {
10    for (int i = 1; i < 100; i++) {
11     System.out.println("Iteracion " + i + " del hilo " +
           this.toString());
12     for (int j = 1; j < 100; j++);
13    }
14   }
15  }
16
17
18
```

Pasando el Cerrojo como Parámetro II

```
19    public static void main(String[] args) {
20     Object lock = new Object();
21     Thread h1 = new Thread(new MuestraBloqueo(lock), "hilo 1");
22     Thread h2 = new Thread(new MuestraBloqueo(lock), "hilo 2");
23     h1.setPriority(Thread.MIN_PRIORITY);
24     h2.setPriority(Thread.MAX_PRIORITY);
25     h1.start();
26     h2.start();
27    }
28   }
```

Ejercicios

- Descargue otra vez nuestra vieja clase `Cuenta_Banca.java`
- Decida que código debe ser sincronizado, y sincronícelo. La nueva clase será `Cuenta_Banca_Sync.java`
- Escriba un programa multihebrado que use objetos de la clase anterior. Llámelo `UsaCuenta_Banca_Sync.java`

Sintaxis para Métodos Sincronizados

```
1  public synchronized metodo_x (parametros)
2  {
3   //Bloque de sentencias del metodo
4   //Todo el codigo del metodo se ejecuta en em.
5  }//metodo_x
```

Semántica para Métodos Sincronizados

- Un método synchronized fuera la exclusión mutua entre todos los hilos que lo invocan
- También fuerza la exclusión mutua con otros métodos synchronized del objeto
- Cualquier hilo que trate de ejecutar un método sincronizado deberá esperar si otro método sincronizado ya está en ejecución.
- Los métodos no sincronizados pueden seguir ejecutándose concurrentemente.

Además...

- El cerrojo está asociado a cada instancia de una clase (objeto)
- Los métodos de clase (`static`) también pueden ser `synchronized`
- En clases heredadas, los métodos sobreescritos pueden ser sincronizados o no, sin afectar a cómo era (y es) el método de la superclase

Control con Métodos Sincronizados I

Código 4: codigos_t4/MuestraBloqueoObjeto.java

```
1  public class MuestraBloqueoObjeto {
2
3   public synchronized void metodoA() {
4    for (int i = 1; i < 100; i++) {
5     System.out.println("Iteracion " + i + " del metodo A ");
6     for (int j = 1; j < 100; j++);
7    }
8    System.out.println("metodo A liberando cerrojo...");
9   }
10
11  public synchronized void metodoB() {
12   for (int i = 1; i < 100; i++) {
13    System.out.println("Iteracion " + i + " del metodo B ");
14    for (int j = 1; j < 100; j++);
15   }
16   System.out.println("metodo B liberando cerrojo...");
17  }
18
19 }
```

Control con Métodos Sincronizados II

Código 5: codigos_t4/UsaMuestraBloqueoObjeto.java

```
1  public class UsaMuestraBloqueoObjeto implements Runnable {
2   private MuestraBloqueoObjeto p;
3   private int caso;
4   public UsaMuestraBloqueoObjeto(MuestraBloqueoObjeto o, int
        val) {
5    p = o;
6    caso = val;
7   }
8
9   public void run() {
10   switch (caso) {
11    case 0:
12     p.metodoA();
13     break;
14    case 1:
15     p.metodoB();
16     break;
17   }
18  }
19
```

Control con Métodos Sincronizados III

```
20    public static void main(String[] args) {
21     MuestraBloqueoObjeto monitor = new MuestraBloqueoObjeto();
22     Thread h1 = new Thread(new UsaMuestraBloqueoObjeto(monitor,
           0));
23     Thread h2 = new Thread(new UsaMuestraBloqueoObjeto(monitor,
           1));
24     h1.start();
25     h2.start();
26    }
27   }
```

Código 6: codigos_t4/ExMutua.java

```
1  class ObCritico {
2   private int Dato; //Contiene el objeto critico
3
4   public ObCritico(int VInicial) //el constructor
5    {
6     Dato = VInicial;
7    }
8
9   public synchronized void Incremento() //a ejecutar bajo e.m.
10   {
11    Dato++;
12   }
13
14  public synchronized int Valor() //a ejecutar en e.m.
15   {
16    return (Dato);
17   }
18 }
19
20 public class ExMutua extends Thread {
21  private ObCritico SC;
22
23  public ExMutua(ObCritico SecCritica) {
```

```
24      SC = SecCritica;
25    }
26
27    public void run() {
28     for (int i=0; i<1000; i++)
29      SC.Incremento();
30    }
31
32    public static void main(String[] args) throws Exception {
33     if (args.length != 2) {
34      System.err.println("Sintaxis: java ExMutua n m");
35      System.exit(1);
36     }
37
38     int NumHilos = Integer.valueOf(args[0]).intValue(); //fija
           numero de hebras
39     ObCritico ContadorCritico = new
           ObCritico(Integer.valueOf(args[1]).intValue()); //fija
           valor inicial de Dato en el objeto ContadorCritico
40     ExMutua[] Hilos = new ExMutua[NumHilos];
41     for (int i = 0; i <= NumHilos - 1; i++)
42      Hilos[i] = new ExMutua(ContadorCritico);
43     for (int i = 0; i <= NumHilos - 1; i++) Hilos[i].start();
44     for (int i = 0; i <= NumHilos - 1; i++) Hilos[i].join();
45     System.out.println(ContadorCritico.Valor());
```

```
46      }
47  }
```

Ejercicios

- Descargue otra vez nuestra vieja clase `Cuenta_Banca.java`
- Decida qué métodos deben ser sincronizados, y sincronícelos. La nueva clase será `Cuenta_Banca_Sync_Met.java`
- Escriba un programa multihebrado que use objetos de la clase anterior. Llámelo `Usa_Cuenta_Banca_Sync_Met.java`

Primer Protocolo de Control de E.M. en Java

- Acceder al recurso compartido donde sea necesario
- Definir un objeto para control de la exclusión mutua (o usar el propio objeto, `this`).
- Sincronizar el código crítico utilizando el cerrojo del objeto de control dentro de un bloque `synchronized` de instrucciones.

Segundo Protocolo de Control de E.M. en Java

- Encapsular el recurso crítico en una clase
- Definir todos los métodos de la clase como `synchronized`
- Crear hilos que compartan una instancia de la clase creada
- ¡OJO! Esto no provee sincronización (por ejemplo, para un productor-consumidor)

Ejercicios

- Modele con una clase alguna situación donde haya presencia de concurrencia y condiciones de concurso. Guárdela en `Recurso.java`
- Modifique la clase anterior protegiendo al recurso mediante el Segundo Protocolo de Control de la E.M. Llame a la clase `Recurso_em.java`
- Escriba ahora un programa llamado `Prueba_Recurso_em.java` que haga uso de la clase anterior. Debe crear varios hilos concurrentes mediante implementación de la interfaz `Runnable`.

La Posesión del Bloqueo es por Hilo...

- Un método sincronizado puede invocar a otro método sincronizado sobre el mismo objeto (REENTRANCIA)
- Permite llamadas recursivas a métodos sincronizados
- Permite invocar métodos heredados sincronizados
- Descargue `obj\_protected.java` y `usa\_obj\_protected.java`. Pruébelos. ¿A qué conclusión llega?
- Incorpore ahora un método `m3()` recursivo dentro de `obj\_protected.java`. ¿Se mantiene su conclusión?

Interbloqueo (Deadlock) Entre Hilos I

- Se producen cuando hay condiciones de espera de liberación de bloqueos cruzados entre dos hilos
- Sólo pueden evitarse mediante un análisis cuidadoso y riguroso del uso de código sincronizado

Interbloqueo (Deadlock) Entre Hilos II

Código 7: codigos_t4/Deadlock.java

```
1  public class Deadlock {
2   public static void main(String[] args) {
3
4    final Object region_A = new Object();
5    final Object region_B = new Object();
6
7    Thread Hilo_A = new Thread(new Runnable() {
8     public void run() {
9      synchronized(region_A) {
10      synchronized(region_B) {
11       System.out.println("hilo A");
12      }
13     }
14    }
15   });
16
17   Thread Hilo_B = new Thread(new Runnable() {
18    public void run() {
19     synchronized(region_B) {
20      synchronized(region_A) {
```

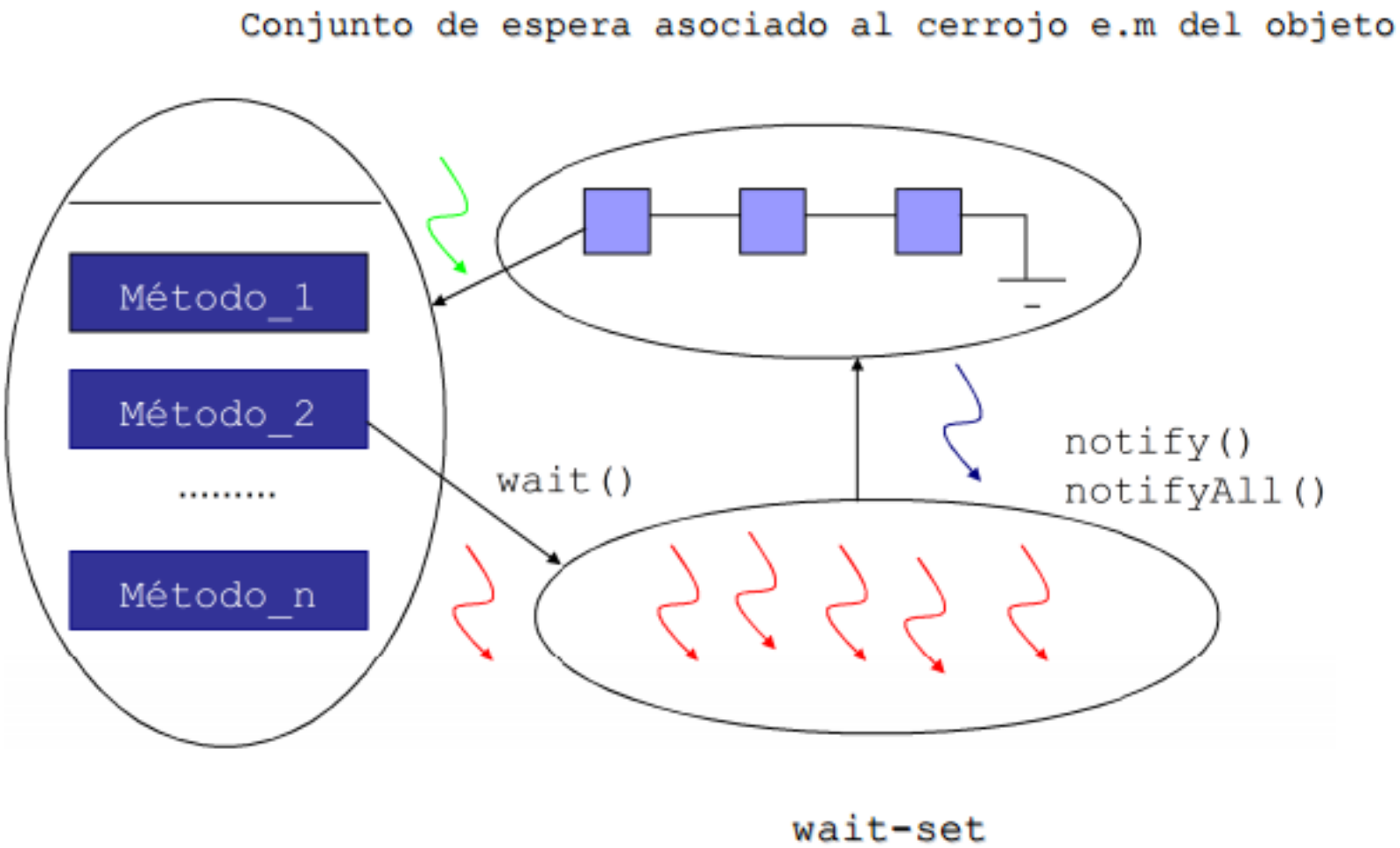
Interbloqueo (Deadlock) Entre Hilos III

```
21          System.out.println("hilo B");
22        }
23       }
24      }
25     });
26
27
28     Hilo_B.start();
29     Hilo_A.start();
30    }
31   }
```

Sincronización Entre Hilos

- En Java la sincronización entre hilos se logra con los métodos `wait`, `notify` y `notifyAll` (clase `Object`).
- Deben ser utilizados únicamente dentro de métodos o código de tipo `synchronized`
- Cuando un hilo llama a un método que hace `wait` las siguientes acciones son ejecutadas atómicamente:
  1. Hilo llamante suspendido y bloqueado
  2. Exclusión mutua sobre el objeto liberada
  3. Hilo colocado en una cola única (el wait-set) de espera asociada al objeto
- Cuando un hilo llama a un método que hace `notify`, uno de los hilos bloqueados en la cola pasa a listo. Java no especifica cuál. Depende de la implementación (JVM). Si se llama al método `notifyAll`, todos los hilos de dicha cola son desbloqueados y pasan a listo. Accederá al objeto aquél que sea planificado.
- Si el wait-set está vacío, `notify` y `notifyAll` no tienen efecto.

El Conjunto de Espera (wait-set)



Código 8: codigos_t4/aDormir.java

```
1  public class aDormir extends Thread {
2   public aDormir() {}
3   public void run() {
4    System.out.println("El hilo " + this.getName() + " dijo: mi
         vida activa fue breve...");
5    synchronized(this) {
6     try {
7      wait();
8     } catch (InterruptedException e) {} //cada hilo dormido
          sobre su propio cerrojo
9     System.out.println(this.getName() + " dijo: pero he
          revivido...");
10   }
11  }
12
13  public void despertar() {
14   synchronized(this) {
15    notify();
16   }
17  }
18
19  public static void main(String[] args)
20  throws Exception {
```

```
21     aDormir[] h = new aDormir[10];
22     for (int i = 0; i < 10; i++) {
23      h[i] = new aDormir();
24      h[i].start();
25     }
26     try {
27      Thread.currentThread().sleep(1000);
28     } catch (InterruptedException e) {}
29     Thread.currentThread().sleep(2000); //retardo evita perdida
           de senial...
30     h[5].despertar();
31    }
32   }
```

Código 9: codigos_t4/aDormir2.java

```
1   public class aDormir2 extends Thread {
2    Object lock;
3    public aDormir2(Object l) {
4     lock = l;
5    }
6    public void run() {
7     System.out.println("El hilo " + this.getName() + " dijo: mi
          vida activa fue breve...");
8     synchronized(lock) {
```

```
9       try {
10       lock.wait();
11      } catch (InterruptedException e) {} //cada hilo dormido
            sobre su propio cerrojo
12      System.out.println(this.getName() + " dijo: pero he
            revivido...");
13     }
14    }
15
16    public void despertar() {
17     synchronized(lock) {
18      lock.notify();
19     }
20    }
21    public void despertarTodos() {
22     synchronized(lock) {
23      lock.notifyAll();
24     }
25    }
26
27    public static void main(String[] args) {
28     Object cerrojo = new Object();
29     aDormir2[] h = new aDormir2[10];
30     for (int i = 0; i < 10; i++) {
31      h[i] = new aDormir2(cerrojo);
```

```
32      h[i].start();
33     }
34     h[5].despertar();
35     h[5].despertarTodos();
36     System.out.print("Todos terminaron...");
37
38    }
39   }
```

Condiciones de Guarda

- No se puede escribir código de hilos asumiendo que un hilo concreto recibirá la notificación
- Diferentes hilos pueden estar bloqueados sobre un mismo objeto a la espera de diferentes condiciones, pero el wait-set es único
- Dado que `notifyAll()` los despierta a todos de forma incondicional, es posible que reactive hilos para los cuales no se cumple aún la condición de espera
- Solución: siempre que el hilo usuario invoca a `wait()`, lo primero al despertar es volver a comprobar su condición particular, volviendo al bloqueo si ésta aún no se cumple

Patrón de Código para Condiciones de Guarda

```
1  public synchronized void m_receptor_senal() {
2   //hilo usuario se bloqueara en el metodo a espera de
3   condicion
4   //el hilo usuario pasa al wait-set
5   while (!condicion) try {
6     wait();
7    } //condicion de guarda
8   catch ()(Exception e) {}
9   //codigo accedido en e.m.
10 }
11
12 public synchronized void m_emisor_senal() {
13  //hilo usuario enviara una senal a todos los hilos del waitset
14  //la guarda garantiza que se despiertan los adecuados
15  //codigo en e.m. que cambia las condiciones de estado
16  notiyAll();
17 }
```

Protocolo de Sincronización Inter-Hilos en Java con Espera Ocupada

```
1  // Thread A
2  public void waitForMessage() {
3    while (hasMessage == false) {
4     Thread.sleep(100);
5    }
6   }
7  // Thread B
8  public void setMessage(String message) {
9    ...
10   hasMessage = true;
```

Protocolo de Sincronización Inter-Hilos en Java con Sincronización wait-notify

```
1  // Thread A
2  public synchronized void waitForMessage() {
3    try {
4     wait();
5    } catch (InterruptedException ex) {}
6   }
7  // Thread B
8  public synchronized void setMessage(String message) {
9    ...
10   notify();
```

- OJO: No es perfecto. La señal puede perderse (y se pierde) si nadie está esperándola.
- SOLUCIÓN: Utilizar condiciones. A sólo se bloqueará si al comprobar una condición es falsa, y B se asegurará de hacer que la condición sea verdadera antes de notificar.

Patrón "Sincronizador" I

Código 10: codigos_t4/Sincronizacion.java

```
1  class Sincro
2
3  {
4   int Turno;
5
6   public Sincro(int t) {
7    Turno = t;
8   }
9
10  public synchronized void metodo1() {
11   while (Turno != 1)
12    try {
13     wait();
14    } catch (Exception e) {}
15   System.out.println(" Turno al hilo1...");
16   Turno = 2;
17   notifyAll();
18  }
19
```

Patrón "Sincronizador" II

```
20    public synchronized void metodo2() {
21     while (Turno != 2)
22      try {
23       wait();
24      } catch (Exception e) {}
25     System.out.println("Turno al hilo 2...");
26     Turno = 3;
27     notifyAll();
28    }
29
30
31    public synchronized void metodo3() {
32     while (Turno != 3)
33      try {
34       wait();
35      } catch (Exception e) {}
36     System.out.println("Turno al hilo 3...");
37     Turno = 1;
38     notifyAll();
39    }
40
41   } //Sincro
```

Patrón "Sincronizador" III

```
42
43  class Hilo1 extends Thread {
44   Sincro ref;
45   public Hilo1(Sincro obj) {
46    ref = obj;
47   }
48   public void run() {
49    for (;;) {
50     ref.metodo1();
51    }
52   }
53  } //Hilo1
54
55
56  class Hilo2 extends Thread {
57   Sincro ref;
58   public Hilo2(Sincro obj) {
59    ref = obj;
60   }
61   public void run() {
62    for (;;) {
63     ref.metodo2();
```

Patrón "Sincronizador" IV

```
64      }
65     }
66    } //Hilo2
67
68    class Hilo3 extends Thread {
69     Sincro ref;
70     public Hilo3(Sincro obj) {
71      ref = obj;
72     }
73     public void run() {
74      for (;;) {
75       ref.metodo3();
76      }
77     }
78    } //Hilo3
79
80
81
82
83    public class Sincronizacion {
84     public static void main(String[] args) {
85       Sincro m = new Sincro(2);
```

Patrón "Sincronizador" V

```
86      new Hilo1(m).start();
87      new Hilo2(m).start();
88      new Hilo3(m).start();
89      System.out.println("hilos lanzados...");
90
91    } //main
92  } //Sincronizacion
```

Ejercicio

- Utilizando condiciones de guarda, modele un protocolo de sincronización simple Hilo B $\rightarrow$ Hilo A que sea completamente correcto.
- Guarde su código en ficheros `S1.java`, `S2.java`...

Monitores en Java

- Un monitor es un objeto que implementa acceso bajo exclusión mutua a todos sus métodos, y provee sincronización
- En Java, son objetos de una clase cuyos métodos son todos `synchronized`
- Un objeto con métodos `synchronized` proporciona un cerrojo único que permite implantar monitores con comodidad y exclusión mutua bajo control
- Los métodos `wait()`, `notify()` y `notifyAll()` permiten sincronizar los accesos al monitor, de acuerdo a la semántica de los mismos ya conocida.

Estructura Sintáctica de un Monitor en Java

```
1  class Monitor {
2   //definir aqui datos protegidos por el monitor
3   public Monitor() {...} //constructor
4   public synchronized tipo1 metodo1()
5   throws InterruptedException {
6    ...
7    notifyAll();
8    ...
9    while (!condicion1) wait();
10  }
11  public synchronized tipo2 metodo2()
12  throws InterruptedException {
13   ...
14   notifyAll();
15   ...
16   while (!condicion1) wait();
17  }
18 }
```

Semántica de un Monitor en Java I

- Cuando un método synchronized del monitor llama a `wait()`, libera la exclusión mutua sobre el monitor y encola al hilo que llamó al método en el wait-set.
- Cuando otro método del monitor hace `notify()`, un hilo del wait-set (Java no especifica cuál) pasará a la cola de hilos que esperan el cerrojo y se reanudará cuando sea planificado.
- Cuando otro método del monitor hace `notifyAll()`, todos los hilos del wait-set pasarán a la cola de hilos que esperan el cerrojo y se reanudarán cuando sean planificados.
- El monitor Java no tiene variables de condición, sólo una cola de bloqueo de espera implícita
- La política de señalización es señalar y seguir (SC)
  - El método (hilo) señalador sigue su ejecución
  - El hilo(s) señalado(s) pasan del wait-set a la cola de procesos que esperan el cerrojo

Semántica de un Monitor en Java II

- Para dormir a un hilo a la espera de una condición usamos el método `wait()` (dentro de un método synchronized
- Es menos fino que una variable de condición
- El conjunto de espera para `wait` es único (wait-set)

Monitores en Java: Peculiaridades

- No es posible programar a los hilos suponiendo que recibirán la señalización cuándo la necesiten.
- Al no existir variables de condición, sino una única variable implícita, es conveniente usar `notifyAll()` para que todos los procesos comprueben la condición que los bloqueó.
- No es posible señalar a un hilo en especial, por tanto:
  - Es aconsejable bloquear a los hilos en el wait-set con una condición de guarda en conjunción con `notifyAll()`.
  - `while (!condicion) try {wait();}`
    `catch (InterruptedException e) {return;}`
  - Todos serán despertados, comprobarán la condición y volverán a bloquearse, excepto los que la encuentren verdadera (que pasan a espera del cerrojo sobre el monitor).
- No es debe comprobar la condición de guarda con if
- Los campos protegidos por el monitor suelen declararse `private`

Técnica de Diseño de Monitores en Java

1. Decidir qué datos encapsular en el monitor
2. Construir un monitor teórico, utilizando tantas variables de condición como sean necesarias
3. Usar la señalización SC en el monitor teórico
4. Implementar en Java
   - 4.1 Escribir un método `synchronized` por cada procedimiento
   - 4.2 Hacer los datos encapsulados `private`
   - 4.3 Sustituir cada `wait(variableCondicion)` por una condición de guarda.
   - 4.4 Sustituir cada `send(variableCondicion)` por una llamada a `notifyAll()`
   - 4.5 Escribir el código de inicialización del monitor en el constructor del mismo

Código 11: codigos_t4/MonitorSimple.java

```
1  /**Ejemplo de Monitor sencillo. Encapsula una variable
       protegida por
2   *la abstraccion y posee una interfaz de dos metodos para
3   *incrementarla y decrementarla y un tercero para conocer el
       valor
4   *del recurso protegido.
5   *@author Antonio Tomeu
6   */
7  class Monitor {
8   private static int Dato; //recurso protegido
9   public Monitor(int VInic) {
10   Dato = VInic;
11  }
12  public synchronized void INC() {
13   while (!(Dato <= 0))
14    try {
15     System.out.println("Hilo Sumador bloqueado");
16     wait();
17    } catch (InterruptedException e) {}
18   Dato++;
19   notifyAll();
20  }
21
```

```
22   public synchronized void DEC() {
23    while (!(Dato > 0))
24     try {
25      System.out.println("Hilo Restador bloqueado");
26      wait();
27     } catch (InterruptedException e) {}
28    Dato--;
29    notifyAll();
30   }
31   public synchronized String toString() {
32    return (new Integer(Dato).toString());
33   }
34  }
35  class HiloSumador
36  extends Thread {
37   private Monitor Data;
38   public HiloSumador(Monitor Ref) {
39    Data = Ref;
40   }
41   public void run() {
42    for (;;) Data.INC();
43   }
44  }
45
46  class HiloRestador
```

```
47  extends Thread {
48   private Monitor Data;
49   public HiloRestador(Monitor Ref) {
50    Data = Ref;
51   }
52   public void run() {
53    for (;;) Data.DEC();
54   }
55  }
56  public class MonitorSimple {
57   public static void main(String[] args) {
58    Monitor O = new Monitor(1000);
59    new HiloSumador(O).start();
60    new HiloRestador(O).start();
61    new HiloRestador(O).start();
62    new HiloRestador(O).start();
63    for (;;) System.out.println(O.toString());
64   }
65  }
```

Monitor Productor-Consumidor I

Código 12: codigos_t4/Buffer.java

```
1   public class Buffer {
2    private int numSlots = 0;
3    private double[] buffer = null;
4    private int putIn = 0, takeOut = 0;
5    private int cont = 0;
6
7    public Buffer(int numSlots) {
8     this.numSlots = numSlots;
9     buffer = new double[numSlots];
10   }
11
12   public synchronized void insertar(double valor) {
13    while (cont == numSlots)
14     try {
15      wait();
16     } catch (InterruptedException e) {
17      System.err.println("wait interrumpido");
18     }
19    buffer[putIn] = valor;
```

Monitor Productor-Consumidor II

```
20      putIn = (putIn + 1) % numSlots;
21      cont++;
22      notifyAll();
23     }
24
25     public synchronized double extraer() {
26      double valor;
27      while (cont == 0)
28       try {
29        wait();
30       } catch (InterruptedException e) {
31        System.err.println("wait interrumpido");
32       }
33      valor = buffer[takeOut];
34      takeOut = (takeOut + 1) % numSlots;
35      cont--;
36      notifyAll();
37      return valor;
38     }
39    } //Buffer
```

Monitor Productor-Consumidor III

Código 13: codigos_t4/Prueba_Prod_Con.java

```
1   class Productor implements Runnable {
2
3    private Buffer bb = null;
4
5    public Productor(Buffer bb) {
6     this.bb = bb;
7    }
8
9    public void run() {
10    double item = 0.0;
11    while (true) {
12     bb.insertar(++item);
13     System.out.println("Produciendo " + item);
14    }
15   }
16  } //Productor
17
18  class Consumidor implements Runnable {
19
20   private Buffer bb = null;
```

Monitor Productor-Consumidor IV

```
21        public Consumidor(Buffer bb) {
22         this.bb = bb;
23        }
24
25        public void run() {
26         double item;
27         while (true) {
28          item = bb.extraer();
29          System.out.println("Consumiendo " + item);
30         }
31        }
32
33       } //Consumidor
34
35       public class Prueba_Prod_Con {
36        public static void main(String[] args) {
37          int ranuras = 10;
38          Buffer monitor = new Buffer(ranuras);
39
40          new Thread(new Productor(monitor)).start();
41          new Thread(new Consumidor(monitor)).start();
42
```

Monitor Productor-Consumidor V

```
43          } //main
44      } //Prueba_Prod_Con
```

Ejercicio

- Aumente el número de lectores y escritores, y verifique la sincronización
- Diseñe un monitor en Java que modele la abstracción semáforo, dótelo de métodos wait y signal y gúardelo en `semaforo.java`
- Escriba ahora un protocolo de exclusion mutua con una instancia de la clase anterior, y guárdelo en `Usa\_semaf.java`, que utilice la cuenta encapsulada del monitor.
- Construya un monitor que dé solución al problema de los filósofos

Bibliografía


Göetz et al.
Java Concurrency in Practice
2006


Oaks & Wong.
Java Threads
O'Reilly, 2004


Wellings, A.
Concurrent and Real Time Programming in Java.
John Wiley & Sons, 2004