Asignación de Prácticas Número 7

Programación Concurrente y de Tiempo Real

Antonio J. Tomeu[1]

[1]Departamento de Ingeniería Informática
Universidad de Cádiz

PCTR, 2020

Contenido I

Objetivos de la Práctica

- Comprender que los monitores escrito en Java con el API estándar se parecen a un monitor teórico...
- ... pero no son iguales. La aproximación de Java con el API estándar es más «grosera».
- Aprender a implementar monitores en Java con el API estándar y el protocolo de diseño de monitores.
- Implementar algunos monitores sencillos con el API estándar de Java.

Modelo Teórico de Monitor I

- Teóricamente, un monitor es un modelo de control de la concurrencia de alto nivel que ofrece acceso en exclusión mutua mediante procedimientos asociados a un cerrojo a las estructuras de datos que encapsula, y proporciona sincronización a los procesos concurrentes externos que lo utilizan. Para ello:
  - Tiene asociado un cerrojo junto con una cola de espera que proporciona el acceso en exclusión mutua al monitor. El hecho de que un proceso externo (hebra) invoque un procedimiento (método) del monitor implica bloquear el acceso a cualquier otro procesos que quiera acceder al mismo a través del mismo procedimiento o de otro.

Modelo Teórico de Monitor II

- Además, dispone de un sistema de colas de espera de los procesos mediante variables de condición que proporciona a los procesos la sincronización que necesitan, donde estos esperan a que las condiciones por las cuales se van a sincronizar se cumplan.
- Una tarea (hebra o proceso) adquiere el monitor y toma el cerrojo cuando llama a un procedimiento (método) del mismo. A partir de aquí, la ejecucion del procedimiento es bajo exclusion mutua, libérándose la misma (y el cerrojo) cuando el procedimiento termina.
- Una variable de condición `C` se gestiona mediante una interfaz de dos operaciones:

Modelo Teórico de Monitor III

- `wait(C)` o `C.wait()` (no confundir con el `wait` de un semáforo), que envía al proceso (hebra) que está ejecutando al procedimiento (método) del monitor cuyo código incluye a `wait(C)` a la cola de espera asociada a la variable de condición `C`, liberando además la exclusión mutua (y el cerrojo) del monitor. Todo lo anterior se hace **atómicamente**. Ese proceso quedará en ese cola hasta que la condición por que la está esperando se cumpla, y así se le indique mediante una señal a la cola.
- `send(C)` o `C.send()`, que envía una señal a la cola de espera asociada a la variable de condición `C`, y despierta a algún proceso que está en la cola (si lo hay). Habitualmente, las definiciones no especifican qué proceso de la cola es despertado, pero es razonable asumir un FIFO.
- Pregunta: qué hacemos con el proceso que es despertado por la señal cuando sale de la cola?

Modelo Teórico de Monitor IV

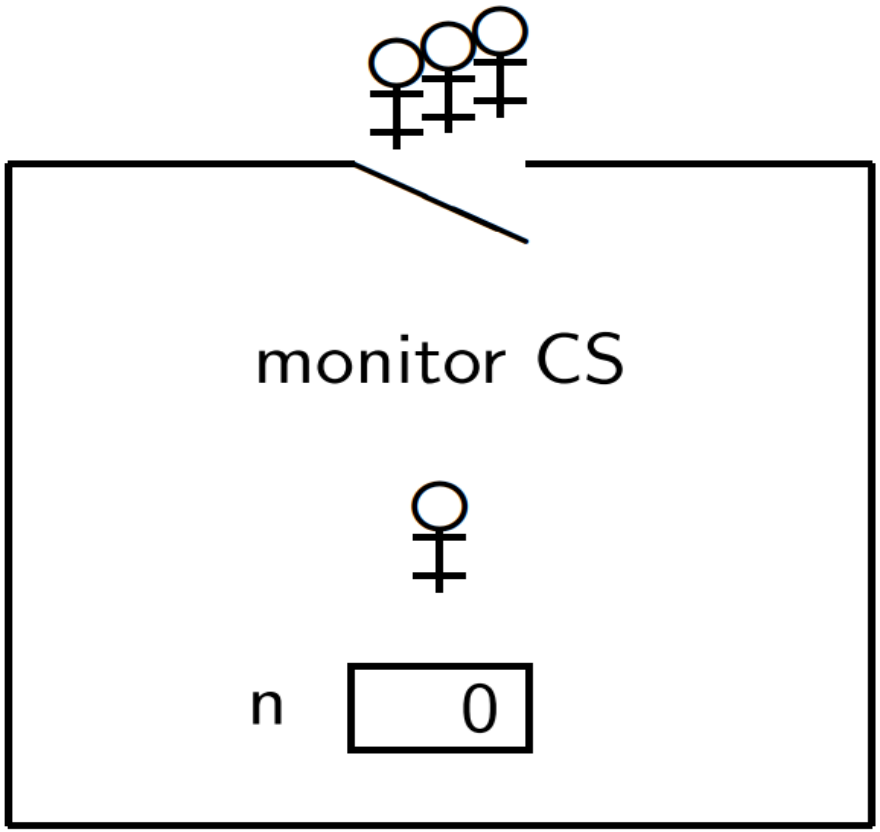
- Respuesta: depende de la política de señalización del monitor teórico (hay varias posibles). Nosotros en general asumiremos SC, de manera que el proceso (hebra) que pidió el método cuyo código incluye `send(C)` continúa en el monitor, con lo cuál la tarea que hemos despertado desde la cola de condición no puede entrar al monitor directamente (o nos cargaríamos la exclusión mutua), y se la manda nuevamente a la cola de acceso al monitor a competir por la exclusión mutua. Cuando la logra, continúa ejecutando el método del monitor donde lo había dejado al ser enviada a la cola.

- Cada lenguaje de programación implementa el concepto teórico como sus diseñadores deciden. En el caso de Java, se tienen dos opciones para implementar un monitor:

Modelo Teórico de Monitor V

- Mediante el API estándar, que proporciona una aproximación «grosera» al concepto teórico, ya que el sistema de colas mediante variables de condición, está soportado aquí mediante una única cola llamada «wait-set» que no permite dormir (ni despertar) a las hebras por condiciones de sicronización concretas. Ello exige el uso de condiciones de guarda para lograr semánticas homologables al modelo teórico.
- Mediante el API de alto nivel, que proporciona sistemas de colas complejos mediante las variable de condición que se necesiten, lo cuál permite sincronizar a las hebras por condiciones de concretas, y es una implementación más «fina» dell concepto teórico. Las condiciones de guarda siguen siendo necesarias. Será objeto de análisis en prácticas posteriores.

Modelo Teórico de Monitor: Exclusión Mutua I



Modelo Teórico de Monitor Para un Semáforo: Exclusión Mutua y Sincronización I

- Escribimos un monitor teórico llamado `Sem` para implementar el concepto de semáforo.
- Este monitor deberá encapsular un contador (valor del semáforo)...
- ... y ofrecer un API de operaciones `waitS` y `signalS`, con la misma semántica proporcionada por un semáforo real.
- Pregunta: Cuántas variables de condición necesitará este monitor?
- Respuesta: una, para enviar a esperar a los procesos (hebras) que encuentren el valor del semáforo a cero.
- Pregunta: Cuántas colas tendrá el monitor `Sem` en total?
- Respuesta: dos; la cola de entrada de tareas al monitor bajo exclusión mutua, y la de de la variable de condición.

Modelo Teórico de Monitor Para un Semáforo: Pseudocódigo I

```
Monitor Sem is

begin

integer s;          //simula el contador del semáforo
Condition notZero; //simula la cola de espera del semáforo

procedure waitS is  //se ejecuta en e.m. por definición
begin
//tareas esperan a que el semáforo aumente
while (s==0) wait(notZero);
s:=s-1;
end;
```

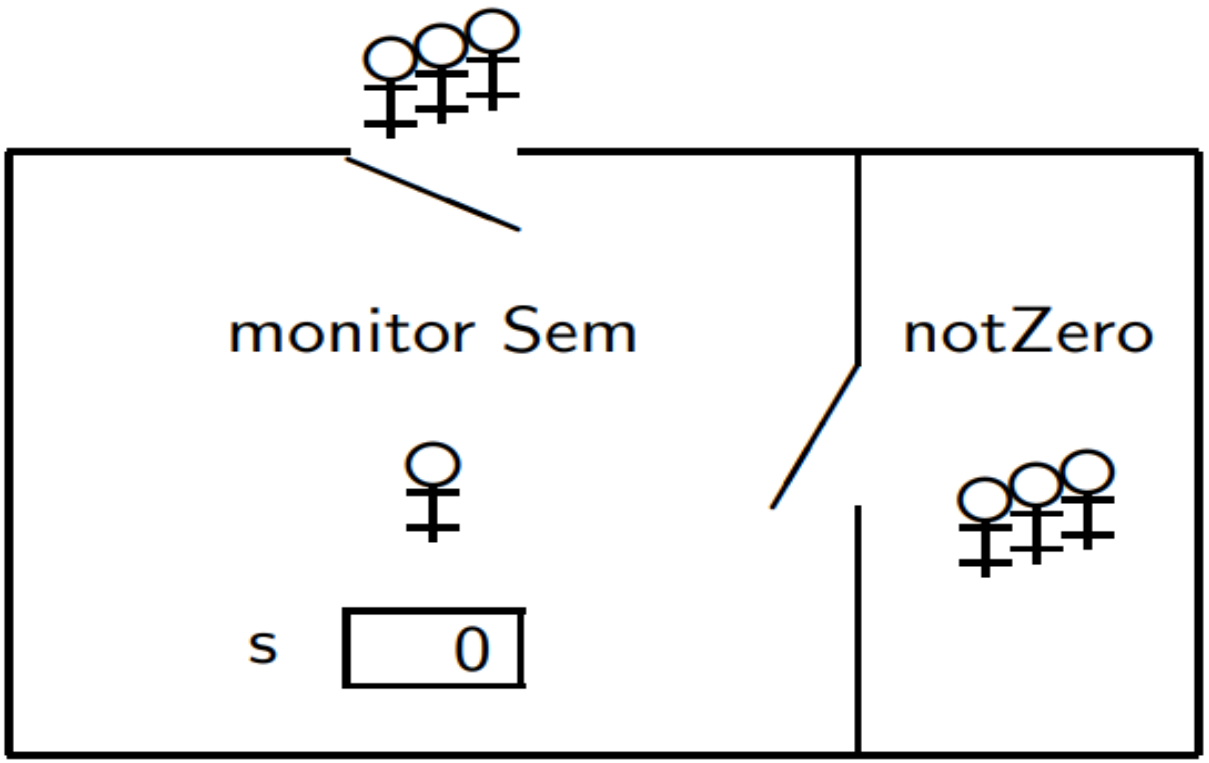
Modelo Teórico de Monitor Para un Semáforo: Pseudocódigo II

```
procedure signalS is  //se ejecuta en e.m. por definición
begin
s:=s+1;
send(notZero); //despertamos a tareas en la cola
end;

begin   //código de inicialización del monitor
  s:=k; //semáforo a valor inicial
end;

end.
```

Modelo Teórico de Monitor Para un Semáforo: Gráficamente I



Cómo Transformar Un Monitor Teórico A Un Equivalente Funcional En Java? I

- Fácilmente, aplicando el protolocolo específicamente descrito para ello; ahora, pare el vídeo y repase ese protocolo.
- Las variables y estrucuturas de datos del monitor teórico son atributos en Java.
- Los métodos del monitor teórico se corresponden con sus homólogos en Java... pero etiquetados con `synchronized`.
- Las mútiples variables de condición del monitor teórico se simulan con un único *wait-set* en Java.
- El código de inicialización del monitor se sitúa en el contructor de clase en Java.

Modelo Real de Monitor Para un Semáforo con API Estándar de Java I

- Aplicamos el protocolo de diseño de monitores en Java con el API estándar.
- Escribimos un monitor en pseudocódigo (ya lo hemos hecho) para el problema.
- Lo codificamos en Java mediante una clase que:
  - encapsule a los datos como atributos `private`.
  - tenga a todos sus métodos (excepto el constructor) etiquetados como `synchronized`.
  - no hay variables de condición, únicamente el *wait-set*.
  - cada `wait(C)` del pseudocódigo se implementa en Java con una guarda que controle la condición que nos interesa: `while !(condicion) wait();`
  - cada `send(C)` del pseudocódigo se implementa en Java con `nofityAll();`
  - situamos en el constructor el código de inicialización.

Modelo Real de Monitor Para un Semáforo con API Estándar de Java II

- esto logra una semántica homologable al monitor teórico...
- ... pero no es gratis.

Modelo Real de Monitor Para un Semáforo con API Estándar de Java I

Escribimos el monitor en Java para simular a un semáforo...

```
1  public class Sem{
2    private int s;
3    public Sem(int s){
4      this.s = s;
5    }
6    public synchronized void waitS(){
7      while(s==0)try{wait();}catch(InterruptedException e){}
8      s=s-1;
9    }
10   public synchronized void signalS(){
11     s=s+1;
12     notifyAll();
13   }
14 }
```

y lo usamos para controlar una condición de concurso:

Modelo Real de Monitor Para un Semáforo con API Estándar de Java II

```
1  public class usaSem
2    extends Thread{
3
4    public static int n = 0;
5    public Sem semaforo;
6
7    public usaSem(Sem semaforo){this.semaforo=semaforo;}
8
9    public void run(){
10     for(int i=0; i<1000000; i++){
11       semaforo.waitS();
12       n++;
13       semaforo.signalS();
14     }
15   }
16
17   public static void main(String[] args) throws Exception{
18     Sem mon_semaforo = new Sem(1);
19     usaSem A         = new usaSem(mon_semaforo);
20     usaSem B         = new usaSem(mon_semaforo);
```

Modelo Real de Monitor Para un Semáforo con API Estándar de Java III

```
21        A.start(); B.start();
22        A.join(); B.join();
23        System.out.println(n);
24      }
25    }
```

Qué hago ahora? I

- Estudie la solución al monitor del productor-consumidor ofrecida en el Tema 3 del curso teórico, y vea cómo se ha aplicado este mismo protocolo a un caso ligeramenta más complejo, donde el monitor teórico trabaja con dos variables de condición, que en Java se «simulan» con un único *wait-set* y el uso adecuado de guardas+`notifyAll()`. A partir de él, realice las siguiente modificaciones y estudie el comportamiento del código resultante:
  - reduzca el tamaño del buffer a uno y vea qué ocurre.
  - lance un productor y varios consumidores y vea qué ocurre.
  - lance varios productor y un consumidor y vea qué ocurre.
- Resolvemos el ejercicio del *drakkar vikingo*; para ello, debe:
  - determinar cuántos tipos de tareas tendrá; en este caso, habrá de dos tipos: vikingos y cocinero.

Qué hago ahora? II

- determinar con más detalle la sincronización descrita en el enunciado: el cocinero espera (en una variable de condición) mientras la marmita está llen, y los vikingos esperan mientras la marmita está vacía (en otra variable de condición).
- escribir un monitor teórico en pseudocódigo, que modele el problema adecuadamente.
- escribir un monitor en Java con el API estándar, aplicando el protocolo de diseño de monitores.

- Resolvemos el problema de los lectores escritores:
  - es un problema que ya ha sido presentado en clase de problemas; repase esa presentación y, si es necesario, estudie la naturaleza del problema en cualquier texto estándar de concurrencia.
  - en el documento de asignación se le proporciona el pseudocódigo del monitor teórico que soluciona el problema.
  - escriba un monitor en Java con el API estándar, aplicando el protocolo de diseño de monitores.