Programação Concorrente (IC/CCMN/UFRJ)

Multithreading em Java

Profa. Silvana Rossetto

Threads em Java

Em Java uma **thread** é usualmente uma subclasse de `java.lang.Thread`

- provê métodos para: criar, disparar, suspender e esperar pelo término de uma thread

Exemplo "Hello World"

```
//--PASSO 1: criar uma classe que implementa
//           a interface Runnable
class Hello implements Runnable {
   private String msg;
   //construtor
   public Hello(String m) {
      this.msg = m;
   }
   //metodo executado pela thread
   public void run() {
      System.out.println(msg);
   }
}
```

Exemplo "Hello World"

```
class HelloThread {
   static final int N = 1000;
   public static void main (String[] args) {
      //criar um vetor de threads
      Thread[] threads = new Thread[N];

      //--PASSO 2: transformar o objeto
      //           Runnable em Thread
      for (int i=0; i<threads.length; i++) {
         final String m = "Hello World " + i;
         threads[i] = new Thread(new Hello(m));
      }
      ...
```

Exemplo "Hello World"

```
        ...
        //--PASSO 3: iniciar a thread
        for (int i=0; i<threads.length; i++) {
           threads[i].start();
        }

        //--PASSO 4: esperar pelo termino das
        //           threads
        for (int i=0; i<threads.length; i++) {
              try { threads[i].join(); }
              catch (InterruptedException e)
           return;
        }

        System.out.println("Terminou");
    }
}
```

Monitores em Java

Java provê diferentes formas de **sincronização** das threads

- uma dessas formas é o modelo de **monitor**

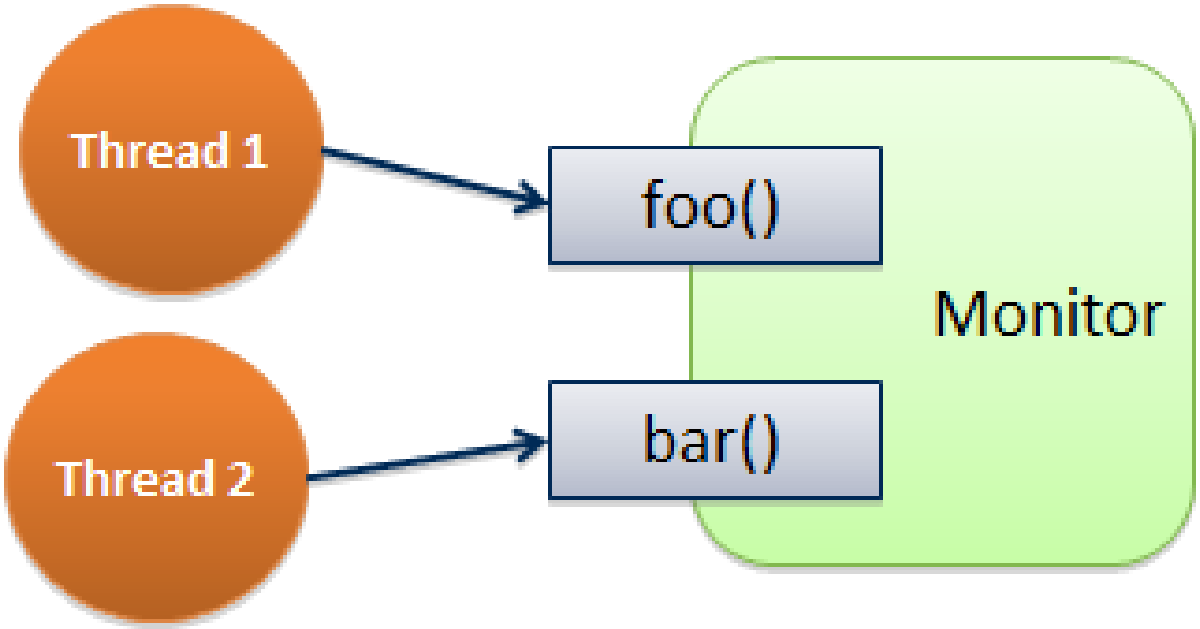
Definição de monitor

Módulo de software que consiste de:

1. **um ou mais procedimentos**
2. uma **sequência de inicialização**
3. **variáveis de condição**
4. **estado interno**

- Um **monitor** é uma construção de Linguagem de Programação
- Proposto por Hoare, em 1974

Visão geral de monitor



[1]

[1] *Fonte: http://lycog.com*

Propriedades de monitores

1. **Apenas uma operação interna pode estar ativa a cada instante de tempo**: se uma thread chama uma operação do monitor e ele está ocupado, a thread é bloqueada
   - permite implementar a sincronização por exclusão mútua
2. **Qualquer operação pode suspender a si mesma em uma variável de condição**
   - permite implementar a sincronização por condição

As variáveis definidas dentro do monitor são acessíveis apenas pelos procedimentos oferecidos pelo monitor

Vantagens de monitores

Todas as funções de sincronização são confinadas no monitor:

- mais fácil verificar a corretude da implementação
- uma vez que o monitor foi corretamente programado, o acesso protegido ao recurso compartilhado está garantido para todas as threads

Sincronização de threads em Java

Todos os objetos em Java possuem um **lock implícito**

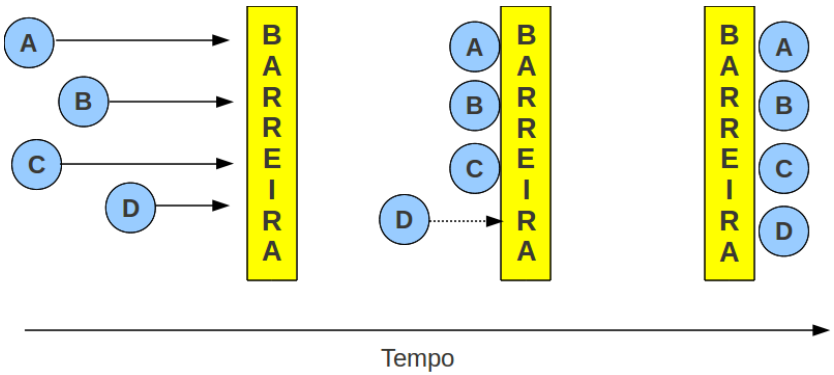
- se uma thread A **adquire o lock do objeto**, então nenhuma outra thread pode adquiri-lo até que ele seja **liberado** pela thread A
- se uma classe declara um método como **synchronized**, então esse método implicitamente adquire o lock do objeto **this** quando ele é chamado, e o libera quando termina

"Simulando" monitores em Java

- O acesso aos métodos de uma classe em Java pode ser com **exclusão mútua**: usar a palavra reservada **synchronized**
- Objetos Java também dispõem das operações de bloqueio/desbloqueio: **wait**, **notify** e **notifyAll**

O uso combinado dessas funcionalidades com o **modelo de classes** da linguagem permite construir objetos Java com características de **monitores**

Exemplo: barreira usando monitor

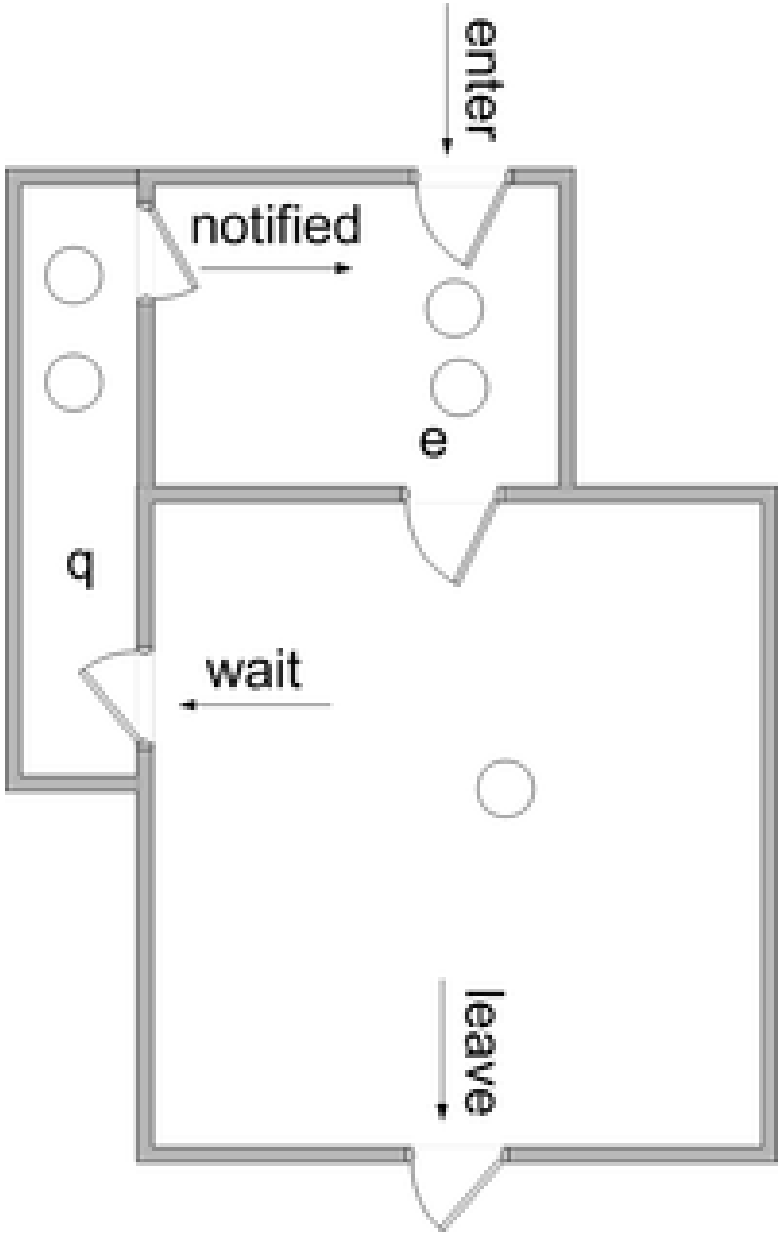



```
class Barreira {
  private int numThreads;
  private int cont;

  //...construtor
  Barreira(int n) {
    this.cont = 0;
    this.numThreads = n;
  }

  public synchronized void chegada() {
     this.cont++;
     if (this.cont < this.numThreads)
            this.wait();
     else {
       this.cont = 0;
       this.notifyAll();
     }
  }
}
```

Semântica dos monitores em Java



2

[2] *Fonte: Wikipedia*

Suporte parcial do conceito geral de monitores

1. Em Java não existe suporte de compilação para checar e previnir **condições de corrida** no programa (se algum método de acesso a variáveis compartilhadas não é precedido de `synchronized`, pode ocorrer condições de corrida)
2. Em Java não há variáveis de condição explícitas (quando uma thread executa uma operação **wait**, ela fica bloqueada na fila de uma **variável de condição implícita**, associada com o objeto do bloco synchronized)

Sincronização por exclusão mútua em Java

Uso da sentença **synchronized**:

- todas as execuções de sentenças *synchronized* que se referem ao mesmo **objeto compartilhado** excluem a execução simultânea de outras execuções
- funciona como um lock

```
void foo(){
   synchronized(this) {
      x++;
      y = x;
   }
}
```

```
synchonized void bar(){
      y++;
      x += 3;
}
```

Sincronização condicional em Java

Variáveis de condição em Java:

- Dentro de um *bloco* (ou *método*) **synchronized**, uma thread pode suspender ela mesma chamando o método **wait()** sem argumentos
- Para retomar a execução de uma thread suspensa em um dado objeto, outra thread deve executar o método **notify()** de dentro de um bloco *synchronized* que se refere ao mesmo objeto

Sincronização condicional em Java

- **Desbloqueio de uma thread**: o método **notify** (*não recebe argumentos) desbloqueia uma thread suspensa no* **objeto de sincronização**
- **Desbloqueio para todas as threads**: *o método* **notifyAll()** (não recebe argumentos) desbloqueia todas as threads suspensas no **objeto de sincronização**

Locks e variáveis de condição em Java

- Todo objeto Java pode agir como um **lock** e como uma **variável de condição**
- Os métodos **wait**, **notify** e **notifyAll** (da classe Object) são a API para acesso às **filas de condição implícitas** de cada objeto

A operação Object.wait

- **wait()** atomicamente libera o *lock* e pede ao Sistema Operacional para suspender a thread corrente permitindo que outras threads adquiram o *lock* e modifiquem o estado do objeto protegido
- Depois de ser desbloqueada, a thread **readquire o lock antes de retomar a sua execução** a partir do ponto em que foi bloqueada

Exemplo

Produtor/Consumidor em Java

```
class BufferLimitado {
  static final int N = 10;   //tamanho do buffer
  private int[] buffer = new int[N];
  private int count=0, in=0, out=0;

  // Construtor
  BufferLimitado() {
    for (int i=0; i<N; i++)
        ... //inicia o buffer
  }
 ...
```

Produtor/Consumidor em Java

Insere

```
public synchronized void Insere (int elemento) {
  try {
    while (count==N) {
         wait(); } //bloqueio condição lógica
    buffer[in] = elemento;
    in=(in+1)%N; count++;
    notifyAll();
  } catch (InterruptedException e) { }
}
```

notifyAll() poderia ser substituído por notify()?

Produtor/Consumidor em Java

Retira

```
public synchronized int Remove () {
  int elemento;
  try {
    while (count==0) {
         wait(); } //bloqueio condição lógica
    elemento = buffer[out%N];
    out=(out+1)%N;  count--;
    notifyAll();
    return elemento;
  } catch(InterruptedException e) {return -1;}
}
```

notifyAll() poderia ser substituído por notify()?

notify X notifyAll

- Como há apenas **uma variável de condição implícita associada a um objeto de locação**, pode ocorrer de **duas ou mais threads estarem esperando na mesma variável**, mas por condições lógicas distintas
- Por isso, o uso das operações `notify` e `notifyAll` deve ser feito com cuidado

Impacto de desempenho com notifyAll

- Uma chamada `notifyAll` acorda (desbloqueia/sinaliza) **todas as threads** esperando naquele objeto, mesmo que estejam em subgrupos de espera distintos
- Esse tipo de *semi-espera-ocupada* pode causar impactos no desempenho da aplicação
- Por outro lado, se **notify** for usado ao invés de **notifyAll**, a única thread acordada pode ser membro de um subgrupo errado (que não tem a condição lógica para prosseguir naquele momento)

Quando usar notify() ao invés de notifyAll()

O uso de **notify** (ao invés de **notifyAll**) pode ser feito quando os seguintes requisitos são atendidos:

1. todas as threads esperam pela mesma condição lógica;
2. cada notificação deve permitir que apenas uma thread volte a executar.

Referências bibliográficas

1. *The Art of Multiprocessor Programming*, Herlihy e Shavit, Morgan-Kaufmann, 2008
2. *Programming Language Pragmatics*, Scott, Morgan-Kaufmann, ed. 2, 2006
3. *Java Concurrency in Practice*, Goetz et. al., Addison Wesley, 2006