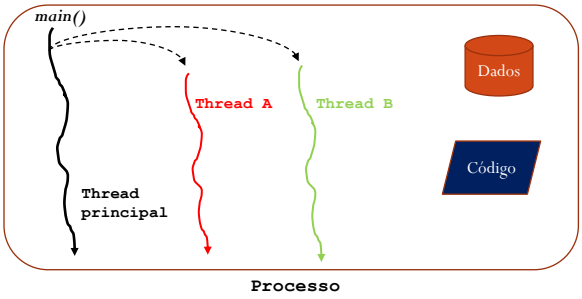
Aplicações com Múltiplas Threads em Java

Introdução

- Grande parte das aplicações, e em particular as de rede, requerem que sejam efectuadas vária tarefas em simultâneo (e.g., aguardar pela recepção de dados em várias ligações TCP, processar a entrada standard, atualizar componentes gráficos, etc.)
- Em Java, a solução passa pelo recurso a múltiplas *threads* (linhas de execução), também designadas por *processos leves*
- Todas as *threads* de uma aplicação pertencem ao mesmo processo (i.e., partilham o mesmo código e espaço de endereçamento)
- Processo ≠ thread

Introdução

- A gestão de acessos concorrentes aos dados é um aspecto crucial em ambientes *multi-threaded* (e.g., exclusão mútua)



Criação de *threads* adicionais

- As *threads* encontram-se encapsulada pela classe ***java.lang.Thread***
- O código que deve ser executado por uma *thread* tem como ponto de entrada o método ***run()*** da interface ***java.lang.Runnable***
- Uma *thread* apenas começa a ser executada depois de ter sido criada e invocado o seu método ***start()***
  - É possível criar várias *threads* e lançá-las mais tarde

Criação de *threads* adicionais

- Uma *thread* termina normalmente ao sair do método *run()*
- Dois tipos de *threads*: **utilizador** (*normal*) e ***daemon***

```
t.setDaemon(true); t.start();
```

- Uma aplicação em Java termina quando todas as *threads* do tipo utilizador terminaram ou quando o método *System.exit()* é invocado, mesmo que ainda existam *threads* do tipo *daemon* activas
- **Método 1 de criação de *threads***
  - Subclasse da classe ***Thread*** + *override* do método ***run()***
  - Como o Java não suporta herança múltipla, não é possível a *thread* estender outros tipos de classes

Criação de *threads* adicionais

```
public class ExtendThreadDemo extends java.lang.Thread
{
    int threadNumber;

    public ExtendThreadDemo(int num){threadNumber = num;}

    // Run method is executed when thread first started
    public void run()
    {
        System.out.println ("I am thread number " + threadNumber);

        try{
            // Sleep for five thousand milliseconds (5 secs),
            // to simulate work being done
            Thread.sleep(5000);
        }catch (InterruptedException e) {}

        System.out.println (threadNumber + " is finished!");
    }
```

Um método estático que apenas afecta a thread que se encontra actualmente escalonada.

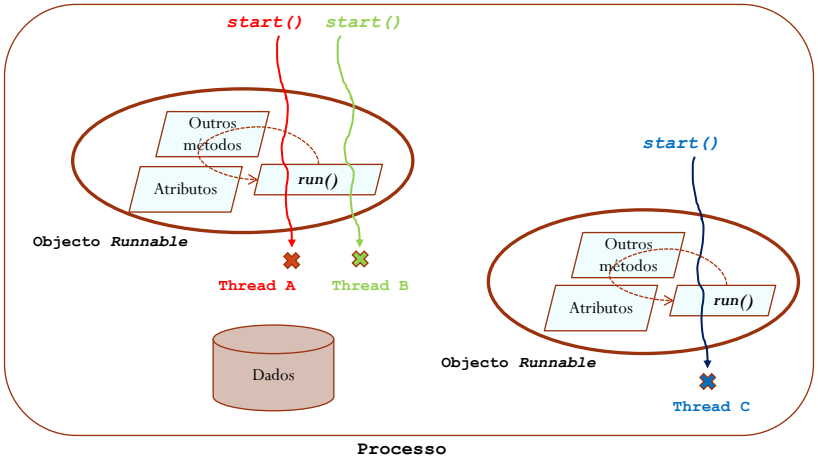
Criação de *threads* adicionais

```
    // Main method to create and start threads
    public static void main(String args[])
    {
        // Create first thread instance
        Thread t1 = new ExtendThreadDemo(1);

        // Create second thread instance
        Thread t2 = new ExtendThreadDemo(2);

        // Make them daemon threads (they end before displaying the second msg)
        t1.setDaemon(true); t2.setDaemon(true);

        // Start both threads
        t1.start(); t2.start();

        try{
            // Sleep for 1s to allow threads to display first message
            Thread.sleep(1000);
        }catch (InterruptedException e) {}
    }
}
```


Criação de *threads* adicionais

- **Método 2 de criação de *threads***
  - Recurso à interface ***java.lang.Runnable***
  - Define um único método: *public void* ***run()***
  - Um objecto que implementa a interface *Runnable* é passado como argumento no construtor de uma instância de *Thread*
  - Ao invocar o método *start()* do objecto do tipo *Thread*, este irá chamar o método *run()* do objecto *Runnable*
  - É possível passar o mesmo objecto *Runnable* a várias *threads* que, desta forma, passam a partilhar o mesmo código e acuam sobre os mesmos dados

Criação de *threads* adicionais



Criação de *threads* adicionais

```
public class RunnableThreadDemo implements java.lang.Runnable
{
    // RUN METHOD IS EXECUTED WHEN THREAD FIRST STARTED
    public void run()
    {
        System.out.println ("I am an instance of the java.lang.Runnable
                                                              interface");
    }

    // MAIN METHOD TO CREATE AND START THREADS
    public static void main(String args[])
    {
        System.out.println ("Creating runnable object");

        // CREATE RUNNABLE OBJECT
        Runnable run = new RunnableThreadDemo();

        // CREATE A THREAD, AND PASS THE RUNNABLE OBJECT
        System.out.println ("Creating first thread");
        Thread t1 = new Thread (run , "Thread 1");
```

Criação de *threads* adicionais

```
        // CREATE A SECOND THREAD, AND PASS THE RUNNABLE OBJECT
        System.out.println ("Creating second thread");
        Thread t2 = new Thread (run , "Thread 2");

        // START BOTH THREADS
        System.out.println ("Starting both threads");
        t1.start(); t2.start();
    }
}
```

```
new Thread (new RunnableThreadDemo()).start();
```


Interromper *Threads*

```
public class SleepyHead extends Thread
{
    // RUN METHOD IS EXECUTED WHEN THREAD FIRST STARTED
    public void run()
    {
        System.out.println ("I feel sleepy. Wake me in eight hours");

        try{
            // SLEEP FOR EIGHT HOURS
            Thread.sleep( 1000 * 60 * 60 * 8 );
            System.out.println ("That was a nice nap");
        }catch (InterruptedException e){
            System.err.println ("Just five minutes more....");
        }
    }
```

Interromper *Threads*

```
    // Main method to create and start threads
    public static void main(String args[]) throws java.io.IOException
    {
        // Create a 'sleepy' thread
        Thread sleepy = new SleepyHead();

        // Start thread sleeping
        sleepy.start();

        // Prompt user and wait for input
        System.out.println ("Press enter to interrupt the thread");
        System.in.read();

        // Interrupt the thread (deprecated: to safely terminate a thread let it die
        // or make it exit its method run())
        sleepy.interrupt(); //resume() -> method to resume the thread
    }
}
```


Parar *Threads*

```
public class StopMe extends Thread
{
    // Run method is executed when thread first started
    public void run()
    {
        int count = 1;

        System.out.println ("I can count. Watch me go!");

        while(true) {
            // Print count and increment it
            System.out.print (count++ + " ");

            // Sleep for half a second
            try { Thread.sleep(500); } catch (InterruptedException e) {}
        }
    }
```

Parar *Threads*

```
    // MAIN METHOD TO CREATE AND START THREADS
    public static void main(String args[]) throws java.io.IOException
    {
        // CREATE AND START COUNTING THREAD
        Thread counter = new StopMe();
        counter.start();

        // PROMPT USER AND WAIT FOR INPUT
        System.out.println ("Press any enter to stop the thread
                                                    counting");
        System.in.read();

        // FORCES THE THREAD TO STOP EXECUTING (DEPRECATED: TO SAFELY TERMINATE A
        //THREAD LET IT DIE OR MAKE IT EXIT ITS METHOD RUN())
        counter.stop();
    }
}
```


Parar *Threads*

```
public class StopMe extends Thread
{
    private boolean stopRunning = false;

    public setStop(boolean stopRunning){this.stopRunning = stopRunning};

    public void run()
    {
        int count = 1;

        System.out.println ("I can count. Watch me go!");

        while(true){

            if(stopRunning) return;

            System.out.print (count++ + " ");
            try { Thread.sleep(500); } catch (InterruptedException e) {}
        }
    }
```

Parar *Threads*

```
    public static void main(String args[]) throws java.io.IOException
    {
        Thread counter = new StopMe();

        counter.start();

        System.out.println ("Press any enter to stop the thread
                                                    counting");
        System.in.read();

        counter.setStop(true);
    }
}
```


Operações diversas sobre *threads*

- Uma *thread* activa pode explicitamente libertar o tempo de processador que ainda lhe resta

```
Thread.yield();
```

- Em determinadas situações, é útil poder testar se uma *thread* já terminou (i.e., se saiu do método *run()*)
  - Método ***isAlive()***

```
if(t1.isAlive()){    // Devolve um valor do tipo booleano
    //...            // Apenas permite esperas activas!
}
```

Operações diversas sobre *threads*

- Método ***join()***

```
void join()          → espera até que a thread termine

void join(long m)    → espera, no máximo, m milissegundos até que a
                       thread termine

void join(long m, int n) → espera, no máximo, m milissegundos e n
                           nanossegundos até que a thread termine
```


Operações diversas sobre *threads*

```
public static void main(String args[]) throws
                                    java.lang.InterruptedException
{
    Thread dying = new WaitForDeath();
    dying.start();

    System.out.println ("Waiting for thread death");

    // WAIT TILL DEATH
    dying.join();

    System.out.println ("Thread has died");
}
```

Sincronização de *Threads*

- Quando múltiplas *threads* manipulam os mesmos dados sem qualquer mecanismo de sincronização, podem surgir problemas de integridade/consistência
- A sincronização deve ser efectuada sempre que não exista garantia de acesso atómico aos dados
- Em Java, a sincronização pode ser feita em dois níveis distintos de granularidade
  - Método
  - Bloco de código

Sincronização de *Threads*

- Sincronização ao nível do método
  - Previne a possibilidade de várias *threads* executarem em momentos coincidentes qualquer método "sincronizado" num determinado objecto (serialização dos acessos ao objecto)
  - É usada a palavra chave *synchronized*
  - Internamente, são usados *locks* no acesso ao objecto
  - O acesso a métodos "não sincronizados" continua a ser feito de forma concorrente e sem qualquer restrição

```
public class SomeClass // which aims at being thread-safe
{
   pubic synchronized void changeData( ... ) { ......... }
   public synchronized Object getData( ... ) { ............ }
   public Object x( ... ) { ............ }
}
```

Sincronização de *Threads*

```
public class Counter
{
    private int countValue;

    public Counter(){ countValue = 0; }
    public Counter(int start){ countValue = start; }

    public synchronized void increaseCount()
    {
        int count = countValue;
        // SIMULATE SLOW DATA PROCESSING AND MODIFICATION.
        // REMOVE THE SYNCHRONIZED KEYWORD AND SEE WHAT HAPPENS...
        try{
            Thread.sleep(5);
        }catch (InterruptedException ie) {}

        count = count + 1; countValue = count;
    }

    public synchronized int getCount() { return countValue; }
}
```


Sincronização de *Threads*

```
public class CountingThread implements Runnable
{
    Counter myCounter;
    int     countAmount;

    // CONSTRUCT A COUNTING THREAD TO USE THE SPECIFIED COUNTER
    public CountingThread (Counter counter, int amount)
    {
        myCounter = counter;
        countAmount = amount;
    }

    public void run()
    {
        // INCREASE THE COUNTER THE SPECIFIED NUMBER OF TIMES
        for (int i = 1; i <= countAmount; i++)
        {
            // INCREASE THE COUNTER
            myCounter.increaseCount(); //SYNCHRONIZED METHOD
        }
    }
```

Sincronização de *Threads*

```
   public static void main(String args[]) throws Exception
   {
      // CREATE A NEW, THREAD-SAFE COUNTER
      Counter c = new Counter();

      // OUR RUNNABLE INSTANCE WILL INCREASE THE COUNTER
      // TEN TIMES, FOR EACH THREAD THAT RUNS IT
      Runnable runner = new CountingThread( c, 10 );

      System.out.println ("Starting counting threads");
      Thread t1 = new Thread(runner);
      Thread t2 = new Thread(runner);
      Thread t3 = new Thread(runner);
      t1.start(); t2.start(); t3.start();

      // WAIT FOR ALL THREE THREADS TO FINISH
      t1.join(); t2.join(); t3.join();

      System.out.println ("Counter value is " + c.getCount() );
   }
}
```


Sincronização de *Threads*

- Sincronização ao nível do bloco de código
  - A palavra chave *synchronized* continua a ser usada, mas com a finalidade de colocar *locks* em torno de blocos de código
  - A sincronização é referente a um objecto

```
synchronized (Object o)
{
   //...
}
```

  - Não é necessário o objecto ter métodos *synchronized*
  - Uma das vantagens é permitir o acesso *thread-safe* (serializado) sem necessidade de ter acesso ou alterar o código fonte

Sincronização de *Threads*

- Exemplo: variação do exemplo anterior
  - O contador é um simples atributo do tipo *int*
  - Cada *thread* incrementa o contador uma vez e acrescenta o valor numa *StringBuffer*
  - A contagem deve aparecer no *buffer* na ordem correcta

```
public class SynchBlock implements Runnable
{
    StringBuffer buffer;  // A STRING WHICH CAN BE MODIFIED.
                          // ACCESS TO BUFFER AIMS AT BEING SYNCHRONIZED
                          // WITHOUT MODIFYING STRINGBUFFER.
    int counter;

    public SynchBlock()
    {
        buffer = new StringBuffer();
        counter= 1;
    }
```


Sincronização de *Threads*

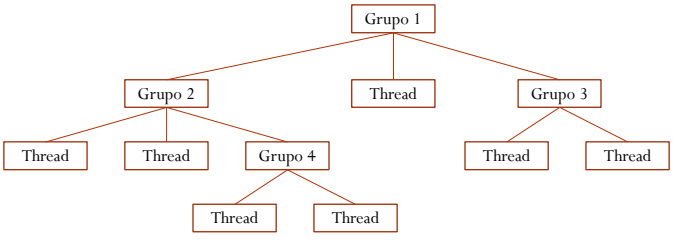
```
    public void run()
    {
        synchronized (buffer){
            System.out.print ("Starting synchronized block ");
            int tempVariable = counter++;

            // CREATE MESSAGE TO ADD TO BUFFER, INCLUDING LINE FEED
            String message = "Count value is : " + tempVariable +
                             System.lineSeparator();

            try{
                Thread.sleep(100); // SIMULATE TIME NEEDED FOR SOME TASK
            }catch (InterruptedException ie) {}

            buffer.append (message);
            System.out.println ("... ending synchronized block");
        }
    }
```

Sincronização de *Threads*

```
    public static void main(String args[]) throws Exception
    {
        // CREATE A NEW RUNNABLE INSTANCE
        SynchBlock block = new SynchBlock();

        Thread t1 = new Thread (block);
        Thread t2 = new Thread (block);
        Thread t3 = new Thread (block);
        Thread t4 = new Thread (block);
        t1.start(); t2.start(); t3.start(); t4.start();

        // WAIT FOR ALL THREE THREADS TO FINISH
        t1.join(); t2.join(); t3.join(); t4.join();

        // COUNT SHOULD APPEAR IN THE CORRECT ORDER
        System.out.println (block.buffer);
    }
}
```


Grupos de *Threads*

- É possível criar grupos de *threads*
- Permite que uma operação seja aplicada a várias *threads*
- Classe: ***ThreadGroup***
- Não é possível eliminar *threads* de um grupo, apenas adicionar
- Grupos de *threads* podem incluir subgrupos de *threads*



Grupos de *Threads*

- Criar um grupo em que o grupo de base é aquele a que pertence a *thread* activa actual

```
public ThreadGroup(String name) throws java.lang.SecurityException
```

- Criar um grupo fornecendo o grupo de base a que deve pertence

```
public ThreadGroup(ThreadGroup parentGroup, String name) throws
java.lang.SecurityException
```

```
ThreadGroup parent = new ThreadGroup("parent");
ThreadGroup subgroup = new ThreadGroup(parent, "subgroup");
```


Grupos de *Threads*

- Uma *thread* apenas pode ser adicionada a um grupo no momento da sua criação

```
• Thread (ThreadGroup group, Runnable runnable)
• Thread (ThreadGroup group, String name)
• Thread (ThreadGroup group, Runnable runnable, String name)
```

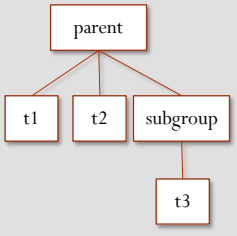
Método	Objectivo
int **activeCount**()	Devolve o número de *threads* activas no grupo e subgrupos.
int **activeGroupCount**()	Devolve o número de subgrupos com *threads* activas.
void **destroy**()	Destrói o grupo e subgrupos desde que não haja qualquer *thread* activa. Caso contrário, gera *java.lang.IllegalThreadStateException*.
boolean **isDestroyed**()	Devolve verdadeiro se o grupo foi destruído.
void **list**()	Escreve informação sobre o grupo em System.out
int **enumerate**(Thread[] threadList)	Copia para o *array* as referências das *threads* activas do grupo (i.e., até ao tamanho limite). Devolve o número de referências copiadas.

Grupos de *Threads*

Método	Objectivo
int **enumerate**(Thread[] threadList, boolean subgroupFlag)	Semelhante ao anterior quando a *flag* é verdadeira.
int **enumerate**(ThreadGroup[] groupList)	Copia para o *array* as referências dos grupos e subgrupos activos. Devolve o número de referências copiadas.
int **enumerate**(ThreadGroup[] groupList, boolean subgroupFlag)	Semelhante ao anterior quando a *flag* é verdadeira.
String **getName**()	Devolve o nome associado ao grupo.
ThreadGroup **getParent**()	Devolve o grupo de base.
void **interrupt**()	Invoca o método ***Thread.interrupt()*** de todas as *threads* do grupo e subgrupos.
boolean **parentOf**(ThreadGroup otherGroup)	Verifica se o grupo indicado é um subgrupo (*filho*).
int **getMaxPriority**()	Devolve o nível máximo de prioridade permitido para a *threads* do grupo.
void **setMaxPriority**(int priority)	Define o nível máximo de prioridade para o grupo.

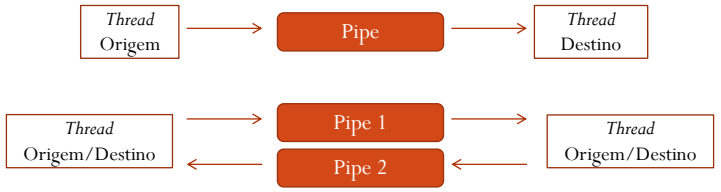
Grupos de *Threads*

```
public class GroupDemo implements Runnable
{
    public static void main(String args[]) throws Exception
    {
        ThreadGroup parent = new ThreadGroup("parent");
        ThreadGroup subgroup = new ThreadGroup(parent, "subgroup");

        Thread t1 = new Thread ( parent, new GroupDemo() );
        Thread t2 = new Thread ( parent, new GroupDemo() );
        Thread t3 = new Thread ( subgroup, new GroupDemo() );
        t1.start(); t2.start(); t3.start();
        parent.list();

        // WAIT FOR USER, THEN TERMINATE
        System.out.println ("Press enter to continue");
        System.in.read(); System.exit(0);
    }

    public void run()
    {
        for(;;){ Thread.yield(); }    // DO NOTHING
    }
}
```



Comunicação entre *Threads*

- Através de membros públicos e métodos em objetos partilhados
- Através de *pipes* de comunicação
  - Troca direta de dados entre *threads*
  - Comunicação unidirecional
  - Semelhante à utilização de *streams* de entrada e saída



Comunicação entre *Threads*

```
public class PipeDemo extends Thread
{
    PipedOutputStream output;

    public PipeDemo(PipedOutputStream out) { output = out; }

    public void run()
    {
        try {
            // CREATE A PRINTSTREAM FOR CONVENIENT WRITING
            PrintStream p = new PrintStream( output );

            p.println ("Hello from another thread, via pipes!");
            p.close();
        }catch (Exception e){}
    }
```

Comunicação entre *Threads*

```
   public static void main (String args[])
   {
      try{
         // CREATE A PIPE FOR WRITING
         PipedOutputStream pout = new PipedOutputStream();
         // CREATE A PIPE FOR READING, AND CONNECT IT TO OUTPUT PIPE
         PipedInputStream pin = new PipedInputStream(pout);

         // CREATE A NEW PIPE DEMO THREAD, TO WRITE TO OUR PIPE
         PipeDemo pipedemo = new PipeDemo(pout);
         pipedemo.start();

         // READ THREAD DATA A BYTE AT A TIME UNTIL THE INPUT PIPE IS CLOSED
         int input = pin.read();
         while (input != -1){ //EOF
            System.out.print ( (char) input);
            input = pin.read();
         }
      }catch(Exception e){ System.err.println ("Pipe error " + e); }
   }
}
```


Comunicação entre *Threads*

- Notificações
  - Existem situações em que uma *thread* deve esperar, antes de poder prosseguir, que outra conclua uma determinada tarefa
  - Os métodos ***join()*** permitem esperar pela conclusão de uma *thread*, ou seja, que uma determinada *thread* deixe de estar ativa
  - Outra solução passa pelo recurso a **notificações**
    - Métodos: *Object.wait()*, *Object.notify()* e *Object.notifyAll()* (nota: em Java, todos os objetos descendem da super-classe *Object*)
    - Antes de se poder invocar os métodos, é necessário adquirir o monitor do respetivo objecto (i.e., através de blocos *synchronized*)

Comunicação entre *Threads*

```
public class WaitNotify extends Thread
{
   public static void main(String args[]) throws Exception
   {
        // START THE ADDITIONAL NEW THREAD THE MAIN THREAD WILL BE AINTING FOR.
      Thread notificationThread = new WaitNotify();
      notificationThread.start();

      // WAIT FOR THE NOTIFICATION THREAD TO TRIGGER EVENT
      synchronized (notificationThread){
         notificationThread.wait();
      }

      // NOTIFY USER THAT THE WAIT() METHOD HAS RETURNED
      System.out.println ("The wait is over");
   }
```


Comunicação entre *Threads*

```
   public void run()
   {
      //THIS IS THE ADDITONAL THREAD WHICH WAS CREATED+STARTED BY THE MAIN THREAD
      System.out.println ("Hit enter to stop waiting thread");
      try{
         System.in.read();
      }catch (java.io.IOException e){}

      // NOTIFY ANY THREADS WAITING ON THIS THREAD
      synchronized (this){
         this.notifyAll();
      }
   }
}
```

Prioridades de *Threads*

- Em ambientes que não sejam multi-processador, existe um escalonamento alternado das *threads* que cria a ilusão de concorrência (e.g., abordagem *Round-robin*)
- A ordem de execução das *threads* não é previsível
- No entanto, é possível atribuir níveis distintos de prioridade (i.e., *Round-robin* com múltiplas filas de prioridade)
- As prioridades variam de 1 (a mais baixa) a 10 (a mais alta)

```
Thread.MAX_PRIORITY     (10)
Thread.NORM_PRIORITY     (5)
Thread.MIN_PRIORITY      (1)
```


Prioridades de *Threads*

```
Thread t = new Thread (runnable);
t.setPriority ( Thread.MIN_PRIORITY );
t.start();
```

```
Thread t = Thread.currentThread();
System.out.println ("Priority : " + t.getPriority());
```

```
ThreadGroup group = new ThreadGroup ( "mygroup" );
group.setMaximumPriority(8);
```

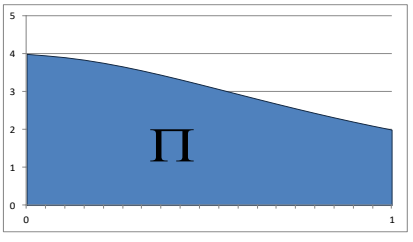
Servidores TCP concorrentes

```
...
while(true){

    toClientSocket = socket.accept();

    t = new Thread(new ServerChild(toClientSocket, ++threadNum));

    t.start();

    System.out.println( "Lancada thread n.° " + threadNum +
                        " para atender o cliente " +
                        toClientSocket.getInetAddress().getHostAddress()
                        + ":" + toClientSocket.getPort() );

}
...
```


Computação Paralela Baseada em Múltiplas Threads

- Em arquitecturas multiprocessador, em que *threads* do mesmo processo possam ser escalonadas em processadores distintos, o recurso a múltiplas threads permite a realização de computação paralela
- Exemplo: o cálculo do valor do Π por integração numérica

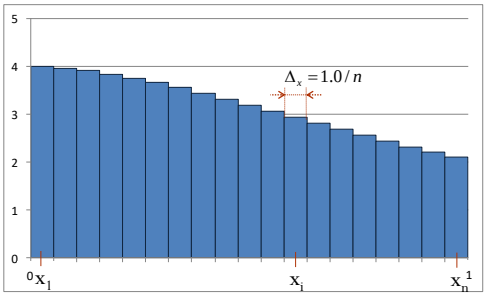
$$\Pi = \int_0^1 \frac{4}{1+x^2}\,dx$$



Computação Paralela Baseada em Múltiplas Threads

- O valor aproximado de um integral pode ser obtido através do somatório das áreas de *n* intervalos em que se encontra dividida a área total
- Quanto maior é o número de intervalos *n*, maior é a precisão do resultado obtido

$$\Pi = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{4}{1+x_i^2} \Delta_x \right) = \Delta_x \sum_{i=1}^{n} \frac{4}{1+x_i^2}$$



Computação Paralela Baseada em Múltiplas Threads

```
public class ParallelPi extends Thread
{
    private int myId, nThreads, nIntervals, myIntervals;
    private double dX;
    private double myResult;

    public ParallelPi(int myId, int nThreads, int nIntervals)
    {
         this.myId = myId;
         this.nThreads = nThreads;
         this.nIntervals = nIntervals;
         dX = 1.0/(double)nIntervals;
         myResult = 0;
         myIntervals = 0;
    }

    public double getMyResult() { return myResult; }

    public int getMyIntervals() { return myIntervals; }
```

Computação Paralela Baseada em Múltiplas Threads

```
@Override
public void run()
{
    double i, xi;

    myResult = 0;

    if(nIntervals < 1 || nThreads < 1 || myId <1 || myId > nThreads){
        return;
    }

    for (i = myId-1 ; i < nIntervals; i += nThreads) {
        xi = dX*(i + 0.5);
        myResult += (4.0/(1.0 + xi*xi));
        myIntervals++;
    }

    myResult *= dX;
}
```


Computação Paralela Baseada em Múltiplas Threads

```
public static void main(String[] args) throws InterruptedException
{
        ParallelPi [] threads; //Working threads
        int i, nThreads;
        long nIntervals;
        double pi = 0.0;

        if(args.length != 2){
            System.out.println("Sintaxe: java ParallelPi <número de" +
                  " intervalos> <número de threads>");
            return;
        }

        nIntervals = Integer.parseInt(args[0]);
        nThreads = Integer.parseInt(args[1]);

        threads = new ParallelPi[nThreads];

        for(i=0; i<nThreads; i++){
           threads[i] = new ParallelPi(i+1, nThreads, nIntervals);
           threads[i].start();
        }
```

Computação Paralela Baseada em Múltiplas Threads

```
        pi = 0;
        for(ParallelPi t:threads){
            t.join();
            pi += t.getMyResult();
        }

        System.out.println("Valor aproximado de pi: " + pi);

    } //main

} //class ParallelPi
```


Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

- O protocolo HTTP/1.0 (RFC 1945) está na origem da Web
- Criado com o objectivo de permitir a partilha de documentos através da Internet
- Inclui comandos (formato *ascii*) destinados a obter recursos da rede e a submeter dados aos servidores
- Foi melhorado através de versões sucessivas
- Foi identificada a necessidade/vantagem de existência de hiperligações
- O exemplo apresentado apenas suporta o método GET
- Cada pedido novo é atendido por uma *thread* dedicada

Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
import java.io.*;
import java.net.*;
import java.util.*;

public class WebServerDemo
{

   protected String docRoot; // DIRECTORY OF HTML PAGES AND OTHER FILES
   protected int port; // PORT NUMBER OF WEB SERVER
   protected ServerSocket ss; // SOCKET FOR THE WEB SERVER

   // HANDLER FOR A HTTP REQUEST (INNER CLASS)
   class Handler extends Thread
   {
      protected Socket socket;
      protected PrintWriter pw;
      protected BufferedOutputStream bos;
      protected BufferedReader br;
      protected File docRoot;
```


Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
      public Handler(Socket _socket, String _docRoot) throws Exception
      {
         socket=_socket;
         // GET THE ABSOLUTE DIRECTORY OF THE FILEPATH
         docRoot=new File(_docRoot).getCanonicalFile();
      }

      public void run()
      {
         try {
            br = new BufferedReader(
                  new InputStreamReader(socket.getInputStream()));
            bos = new BufferedOutputStream(socket.getOutputStream());
            pw = new PrintWriter(socket.getOutputStream(), true);

            // READ HTTP REQUEST FROM USER (HOPEFULLY GET /FILE..... )
            String line = br.readLine();

            // SHUTDOWN ANY FURTHER INPUT - ONLY ONE REQUEST PER TCP CONNECTION
            socket.shutdownInput();
```

Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
if(line == null){ //EOF
    socket.close();
    return;
}

// If not a GET request, the server will not support it
if(!line.toUpperCase().startsWith("GET")){
    pw.println("HTTP/1.0 501 Not Implemented");
    pw.println();
    socket.close();
    return;
}

// Eliminate any trailing ? data, such as for a CGI GET request
StringTokenizer tokens = new StringTokenizer(line," ?");
tokens.nextToken(); //Skips first token (GET)
String req = tokens.nextToken();
```


Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
// Constructs the path to the requested resource
String name;
if(req.startsWith("/") || req.startsWith("\\")){
    name = this.docRoot+req;
}else{
    name = this.docRoot+File.separator+req;
}

// Get absolute file path
File file = new File(name).getCanonicalFile();

// Check to see if request doesn't start with our document root
if(!file.getAbsolutePath().startsWith(
                    this.docRoot.getAbsolutePath())){
    pw.println("HTTP/1.0 403 Forbidden");
    pw.println();
// ... or check to see if it's missing
} else if(!file.exists()){
    pw.println("HTTP/1.0 404 File Not Found");
    pw.println();
// ... or check to see if it can't be read for security reasons
```

Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
            // ... OR CHECK TO SEE IF IT CAN'T BE READ FOR SECURITY REASONS
            } else if(!file.canRead()){
                pw.println("HTTP/1.0 403 Forbidden");
                pw.println();
            // ... OR CHECK TO SEE IF ITS ACTUALLY A DIRECTORY, AND NOT A FILE
            } else if(file.isDirectory()){
                sendDir(pw,file,req);
            // ... OR CHECK TO SEE IF IT'S REALLY A FILE
            }else{
                sendFile(bos, pw, file.getAbsolutePath());
            }

        }catch(Exception e){ e.printStackTrace(); }

        try {
         socket.close();
        } catch(Exception e) { e.printStackTrace(); }

    } //RUN()
```


Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
    protected void sendFile(BufferedOutputStream bos,
                            PrintWriter pw, String filename)
    {
        try {
            BufferedInputStream bis = new java.io.BufferedInputStream(
                        new FileInputStream(filename));
            byte[] data = new byte[10*1024];
            int read;

            pw.println("HTTP/1.0 200 Okay");
            pw.println();

            read = bis.read(data);
            while(read != -1){
                bos.write(data,0,read); read = bis.read(data);
            }
            bos.flush(); bis.close();
        }catch(Exception e){
            pw.flush(); bos.flush();
        }
    }
```

Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
protected void sendDir(PrintWriter pw, File dir, String req)
{
    try {
       pw.println("HTTP/1.0 200 Okay");
       pw.println(); pw.flush();

       pw.print("<html><head><title>Dir
```

Directory of XPTO/

file1
Dir ->subdir1
file2

```
HTTP/1.0 200 Okay

<html><head><title>Directory of XPTO </title></head><body><h1>Directory of
XPTO/</h1><table border="0">
<tr><td><a href="XPTO/file1">file1</a></td></tr>
<tr><td><a href="XPTO/subdir1/">Dir ->subdir1 </a></td></tr>
<tr><td><a href="XPTO/file2">file2 </a></td></tr>
</table></body></html>
```

```
            if(contents[i].isDirectory()){
               pw.print("/");
```

```
The <tr> tag defines a row in an HTML table
The <td> tag defines a standard cell in an HTML table.
```


Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
protected void sendDir(PrintWriter pw, File dir, String req)
{
    try {
       pw.println("HTTP/1.0 200 Okay");
       pw.println(); pw.flush();

       pw.print("<html><head><title>Directory of " + req);
       pw.print("</title></head><body><h1>Directory of " + req);
       pw.println("</h1><table border=\"0\">");

       File[] contents=dir.listFiles();

       for(int i=0;i<contents.length;i++){
          pw.print("<tr><td><a href=\"");
          pw.print(req);
          pw.print(contents[i].getName());
          if(contents[i].isDirectory()){
             pw.print("/");
          }
```

Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
                pw.print("\">");

                if(contents[i].isDirectory()){
                    pw.print("Dir -> ");
                }

                pw.print(contents[i].getName());
                pw.print("</a></td></tr>");
            } // FOR

            pw.println("</table></body></html>");

        }catch(Exception e){
            pw.flush();
        }
    }
} // INNER CLASS HANDLES (THREAD)
```


Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
// CHECK THAT A FILEPATH HAS BEEN SPECIFIED AND A PORT NUMBER
protected void parseParams(String[] args) throws Exception
{
    if(args.length != 2){
        System.err.println ("Syntax: java "+this.getClass().getName()+
                                " docRoot port");
        System.exit(0);
    }

    this.docRoot = args[0];
    this.port = Integer.parseInt(args[1]);
}

public void ProcessRequests(String[] args) throws Exception  {
    System.out.println ("Checking for parameters");
    parseParams(args);

    System.out.print ("Starting web server..... ");
```

Exemplo de um Servidor HTTP/1.0 Concorrente Elementar

```
        this.ss = new ServerSocket(this.port);

        System.out.println ("OK");

        for (;;){
            Socket accept = ss.accept();

            // START A NEW HANDLER INSTANCE TO PROCESS THE REQUEST
            new Handler(accept, docRoot).start();
        }
    } // WEBSERVERDEMO

    public static void main(String[] args) throws Exception
    {
        WebServerDemo webServerDemo = new WebServerDemo();
        webServerDemo.ProcessRequests(args);
    }
}
```


Bibliografia

- REILLY, David; REILLY, Michael - *Java Network Programming & Distributed Computing* - Addison-Wesley
- http://download.oracle.com/javase/tutorial/essential/