Vícevláknové aplikace – modely a příklady

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 6

A0B36PR2 – Programování 2

Část 1 – Příklad – GUI aplikace Simulátor/Plátno

GUI s plátnem
- Struktura aplikace
- Struktura simulátoru
- Struktura grafického rozhraní
- Praktické ukázky

Část 2 – Spuštění externího programu v Javě

Spuštění jiného programu z procesu

Část 3 – Sokety v Javě

Základní informace
- Stručný úvod do síťování

Síťová API
- Soket
- Třídy UDP a TCP soketů
- Ošetření výjimečných stavů

Příklad - Klient / Server
- Popis činnosti
- Komunikační protokol
- Implementace

Část 4 – Modely vícevláknových aplikací

Modely více-vláknových aplikací

Prostředky ladění

Část I

Část 1 – Příklad – GUI aplikace Simulator/Plátno

Zadání

- Naším cílem je vytvořit simulátor „herního" světa
  - Ve světě mohou být různé objekty, které se mohou nezávisle pohybovat
  - Simulátor je „nezávislý" na vizualizaci
  - Simulátor běží v diskrétních krocích
- Vizualizaci herního světa se pokusíme oddělit od vlastního simulátoru
  - Každému objektu simulátoru přiřadíme grafický tvar, který se bude umět zobrazit na plátno
- Simulátor chceme ovládat tlačítky „Start/Stop"
- Svět simulátoru vizualizujeme na plátně
- Vizualizace plátna bude probíhat „nezávisle" na běhu simulátoru

Interaktivní hra vs Simulace

Základní struktura aplikace

- **Simulátor** – obsahuje svět a objekty
  - V zásadě se chová jako kolekce simulačních objektů

    `Iterable`
  - Simulace běží v samostatném vlákně s periodou `PERIOD`
  - Simulace probíhá v diskrétních časových okamžicích voláním metody `doStep` simulačních objektů
  - Má metodu pro zastavení vlákna `shutdown`
- Grafické rozhraní a vizualizace – obsahuje
  - Základní kontrolní tlačítka pro ovládání simulace (start/stop)
  - Plátno pro vykreslení dílčích objektů
  - Standardní vykreslovací Swing vlákno
  - Samostatné vlákno pro překreslování stavu simulátoru

    `SwingWorker s přeposíláním zpráv hlavnímu Swing vláknu`
  - Grafickou reprezentaci vykreslovaných objektů

    Vlastní vykreslení grafickými primitivy.

`Simulator` – `World` – `SimObject`

- `Simulator` – kolekce simulačních objektů
- `World` – definuje rozměry světa

  Pro jednoduchost identické jako rozměry okna/plátna
- `SimObject` – jednotné rozhraní simulačního objektu
  - Aktuální pozice objektu – `public Coords getPosition();`
  - Provedení jednoho simulačního kroku – objekt má definované chování `public void doStep();`
- Simulace probíhá ve smyčce:

```
while(!quit) {
   for(SimObject obj : objects) {
      obj.doStep();
   }
   Thread.sleep(PERIOD);
}
```

Struktura grafického rozhraní

- Hlavní okno aplikace obsahuje kontrolní tlačítka
  - Tlačítko `start` spouští simulaci
  - Tlačítko `stop` zastavuje běžící simulaci
- Vizualizace simulace probíhá ve vlastním plátně `MyCanvas`
- Simulační objekty mají svůj grafický tvar `Shape`
- Překreslení plátna probíhá periodicky

`SwingWorker()`

```
while(sim.isRunning()) {
   if (sim.isChanged()) {
      MyCanvas canvas = getSimCanvas();
      canvas.redraw();
      Thread.sleep(CANVAS_REFRESH_PERIOD);
   }
}
```

Základní koncept překreslení – neodpovídá kódu

Struktura plátna MyCanvas a vizualizace

- `MyCanvas` – reprezentuje kolekci vykreslitelných objektů – instance `Drawable`
- Každý objekt se umí vykreslit do grafického kontextu

```
public void redraw() {
   Graphics2D gd = getGraphics();
   for (Drawable obj : objects) {
      obj.draw(gd);
   }
}
```

- Vlastní tvar objektu je definován ve třídě `Shape`

```
abstract public class Shape implements Drawable {
   protected SimObject object;
   public Shape(SimObject object) {
      this.object = object;
   }
}
```


Příklad definice tvaru – ShapeMonster, ShapeNPC

- `ShapeMonster`

```
public class ShapeMonster extends Shape {
    public ShapeMonster(SimObject object) {
        super(object);
    }
    @Override
    public void draw(Graphics2D g2d) {
        Coords pt = object.getPosition();
        g2d.setColor(Color.RED);
        g2d.fillOval(pt.getX(), pt.getY(), 15, 15);
}   }
```

- `ShapeNPC`

```
public class ShapeNPC extends Shape {
   public ShapeNPC(SimObject object) {
      super(object);
   }
   @Override
   public void draw(Graphics2D g2d) {
      Coords pt = object.getPosition();
      g2d.setColor(Color.GREEN);
      g2d.fillRect(pt.getX(), pt.getY(), 15, 15);
} }
```


Vytvoření simulačních objektů a jejich tvarů

```
private Simulator sim;
private MyCanvas canvas;

public SimulatorGUI(Simulator sim, MyCanvas canvas) {
   this.sim = sim;
   this.canvas = canvas;
   createObjects();
}

public void createObjects() {
   World world = sim.getWorld();

   SimObject monster = new SimObjectMonster(world, 1, 1);
   sim.addObject(monster);
   canvas.addObject(new ShapeMonster(monster));

   SimObject npc = new SimObjectNPC(world, 400, 200);
   sim.addObject(npc);
   canvas.addObject(new ShapeNPC(npc));
}
```


Příklad – **CanvasDemo**

- Překreslování prostřednictvím `SwingWorker` vs přímé překreslování ve vlastním vlákně
- **DoubleBuffer** – přepínání vykresleného obrazu
- Časování a zajištění periody
- Plynulé překreslování bez pohybu myši
  `Toolkit.getDefaultToolkit().sync();`

`lec06/CanvasDemo`

Simulace vs grafická hra

- V simulaci se zpravidla snažíme důsledně oddělit simulované objekty od vizualizace
  1. Na úrovni simulačních objektů a jejich vizuální reprezentace
  2. Na úrovni simulačního času a rychlosti překreslování

  Přesnost simulace má přednost před rychlou a včasnou vizualizací (v reálném čase)
- Hry jsou zpravidla silně svázány s grafickou vizualizací
  - Krok herního světa zpravidla znamená překreslení
  - Kreslící vlákno tak udává také simulační krok
  - Klíčovým aspektem je zachování plynulosti vizualizace a interakce

    V případě pomalejšího překreslování je rychlost herního světa adekvátně zpomalena.
- Interaktivní hry zpravidla využívají individuálního kreslení objektů do plátna (případně 3D kontextu)

  Používají vlastní sadu komponent (widgets), zpravidla vizuálně efektní, princip je však stejný jako například ve Swing.

Chceme-li maximalizovat využití zdrojů a zajistit vysokou interaktivitu zpravidla musíme mít plně pod kontrolou běh aplikace.

Část II

Část 2 – Spuštění externího programu v Javě

Příklad - spuštění jiného programu z procesu

Příklad - spuštění programu `tdijkstra` z Javy

```
1  private boolean callDijkstra() {
2    boolean ret = false;
3    try {
4      String cmd = "./tdijkstra -h -n " + size + " -s " + seed;
5      Process child = Runtime.getRuntime().exec(cmd);
6      child.waitFor();
7      if (child.exitValue() == 0) {
8        BufferedReader out = new BufferedReader(new
         InputStreamReader(child.getInputStream()));
9        hash = Integer.parseInt(out.readLine());
10       ret = true;
11     } else {
12       System.out.println("Error in dijsktra");
13     }
14   } catch (Exception e) {
15     System.out.println("Error: Exception : " + e.getMessage());
16   }
17   return ret;
18 }
```

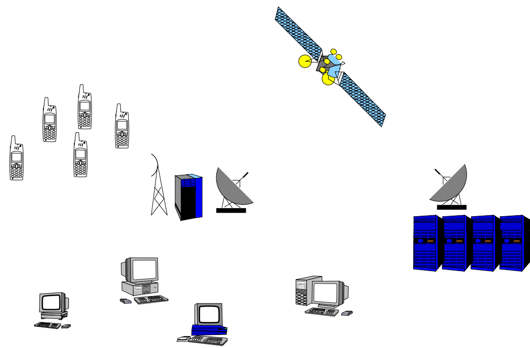
Co se stane při nedostatečné vyrovnávací paměti pro stdout.

`lec06/ExecuteProcess`

Část III

Část 3 – Sokety v Javě

Co je síťování?



Zdroje

- Jiří Peterka, http://www.earchiv.cz/i_prednasky.php3
- RFC - Request for Comments, série poznámek o Internetu.
- Martin Majer, http://www.root.cz/clanky/sitovani-v-jave-uvod/
- W. Richard Stevens, *UNIX Network Programming*. Prentice Hall.
- W. Richard Stevens and Stephen A. Rago, *Advanced Programming in the UNIX Environment*. Addison Wesley.

Komunikace

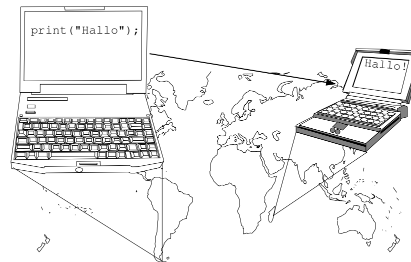
- Komunikace slouží k přenosu informace.
- Přenos informace se děje výměnou zpráv.
- Mechanismus výměny zpráv musí mít definovaná pravidla.
- Typicky lze definovat:
  - zahájení komunikace,
  - předání zprávy,
  - reakce na zprávu,
  - ukončení komunikace.

Protokol

- Způsob komunikace definuje komunikační protokol.
- Protokol definuje:
  - formát zpráv,
  - pořadí výměny zpráv,
  - syntaxi zpráv,
  - sémantiku zpráv,
  - chování při příjmu a vyslání zprávy.

Přenos bitů/bytů

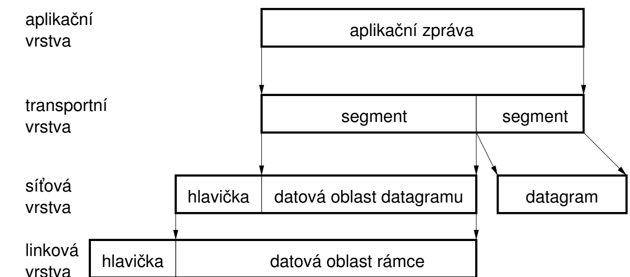
Z uživatelského hlediska jde o přenos obsahu sdělení.



Přenos však vyžaduje další informace související s přenosovou cestou. „Výsledná velikost přenášených dat je vyšší."

Příklad telnet připojení k webovému serveru.

Zapouzdřování datových jednotek



Modely komunikace

Typická síťová aplikace se skládá ze dvou částí:

- Server - reprezentuje služby.
- Klient - reprezentuje poptávku po službě.

Modely komunikace jsou:

- klient/server - klient žádá o službu server. *Webový server, poštovní server, Instant Messaging (IM), vzdálená sezení.*
- peer-to-peer (P2P) - každý účastník vystupuje jako klient i jako server. *Služby sdílení souborů, bittorrent, ...*

Způsoby komunikace

Kritéria dělení komunikace.

- Podle způsobu navazování spojení:
  - spojovaná komunikace,
  - nespojovaná komunikace.
- Podle způsobu přenosu data:
  - proudový přenos,
  - blokový přenos.
- Podle kvality přenosu a garance kvality přenosu:
  - spolehlivý,
  - nespolehlivý,
  - s garantovanou kvalitou,
  - bez řízení kvality.

Spojovaná komunikace

Spojovaná komunikace (Connection oriented).
Skládá se ze tří kroků:

1. Obě strany nejdříve navazují spojení.
   Obě strany potvrdí zájem o komunikaci případně upřesní parametry vzájemné komunikace.
2. Vlastní výměna sdělení.
3. Ukončení spojení.

Vlastnosti spojované komunikace

- Součástí komunikace je přechod stavů účastníků.
- Přechody mezi stavy musí být koordinované.
  „Obě strany musí být v kompatibilním stavu, aby se domluvily."
- Musí být ošetřovány nestandardní situace.
  Například rozpad spojení.
- Při přenosu zpráv je zachováno pořadí vysílaných zpráv.
  Přijímací strana obdrží zprávy ve stejném pořadí v jakém je poslala vysílací strana.

Nespojovaná komunikace

- Komunikující strany nenavazují spojení.
  Nedochází k ověřování existence druhé strany.
- Komunikace probíhá zasíláním samostatných zpráv (datagramů).
  Adresování zprávy
- Není nutné komunikaci ukončovat.

Vlastnosti:

- Komunikace je bezstavová.
- Zprávy jsou přenášeny v samostatném bloku dat (datagramu), které jsou samostatně přenášeny.
- Není zaručené pořadí zpráv.

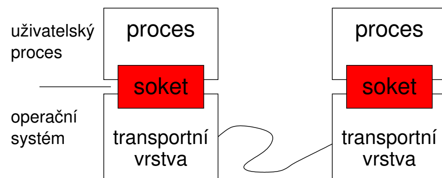
Soket

Soket je objekt, který propojuje aplikaci s nějakým „síťovým" protokolem.

- 1981 BSD4.1 Unix.
- Soket je softwarová komponenta.
- Soket je obecný objekt komunikace mezi dvěma procesy.
  Není omezen pouze na TCP/IP.
- Soket API konvertuje obecnou aplikační vrstvu na specifický protokol transportní vrstvy.
- Soket API definuje operace nad soketem (primitiva).
- Soket reprezentuje koncový bod komunikace.

Soket - aplikace a OS

Síťové rozhraní patří mezi sdílené prostředky, proto přístup k němu řídí OS.



Sokety v Javě

Lesson: All About Sockets
http://docs.oracle.com/javase/tutorial/networking/sockets/index.html

- UDP soket `java.net.DatagramSocket`
- TCP sokety:
  - `java.net.ServerSocket`
  - `java.net.Socket`
- Adresa
  - `String host, int port,`
  - `java.net.InetAddress.`
  - `java.net.SocketAddress.`

UDP soket

- Datová jednotka `java.net.DatagramPacket`.
  - `DatagramPacket(byte[] buf, int length)`
  - `DatagramPacket(byte[] buf, int length, InetAddress address, int port)`
  - `byte[] getData()`
- Primitiva
  - `connect(InetAddress address, int port)`
  - `bind(SocketAddress addr)`
  - `disconnect()`
  - `close()`
  - `receive(DatagramPacket p)`
  - `send(DatagramPacket p)`
    Cílová adresa je součástí datagramu.

TCP soket

- Server soket primitiva
  - `bind(SocketAddress endpoint)`
  - `Socket accept()`
  - `close()`
- Soket (klientský) primitiva
  - `connect(SocketAddress endpoint)`
  - `connect(SocketAddress endpoint, int timeout)`
  - `bind(SocketAddress bindpoint)`
    Jaké rozhraní a jaký port chceme použít pro spojení (`null`).
  - `close()`
  - Zápis a čtení je realizováno proudy.
    - `OutputStream getOutputStream()`
    - `InputStream getInputStream()`

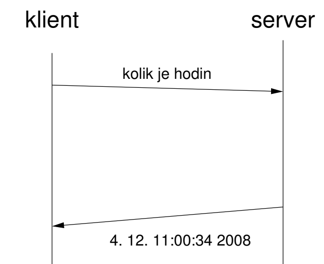
Ošetření výjimečných stavů

Mechanismem výjimek `java.net.SocketException`, resp. `java.io.IOException`.

- `BindException`
- `ConnectException`
- `NoRouteToHostException`
- `ProtocolException`
- `SocketException`
- `SocketTimeoutException`
- `UnknownHostException`

Aplikace Klient / Server

Časový server



Popis činnosti

- Jednoduchý *telnet* server s dvěma příkazy.
  - `time` pošle aktuální čas serveru.
  - `bye` ukončení sezení.
- Textově orientované spojení.
- Po navázání spojení (TCP) musí klient poslat uživatelské jméno a heslo.

Definice protokolu

1. Po navázání spojení server posílá výzvu '`Username:`'.
2. Klient odpovídá posláním uživatelského jména zakončeného znakem '`\n`'.
3. Server posílá výzvu '`Password:`'.
4. Klient odpovídá posláním hesla zakončeného znakem '`\n`'.
5. Server odpovídá zprávou '`Welcome\n`'.
6. Klient může posílat serveru příkazy v libovolném pořadí.

Definice protokolu - příkazy

- Příkaz se skládá ze jména příkazu a znaku konce řádky '`\n`'.
- Server odpovídá textovou zprávou závislou na příkazu, ukončenou '`\n`'.
- Příkazy:
  - Žádost o zaslání aktuálního času.
    1. Klient: '`time\n`'.
    2. Server: posílá aktuální čas ve formátu '`time is: dow mon dd hh:mm:ss zzz yyyy\`'.
  - Ukončení spojení.
    1. Klient: '`bye\n`'.
    2. Server: posílá konec proudu a zavírá soket.

Implementace

Implementaci rozdělíme na třídy:

- `ParseMessage` - realizuje čtení a zápis textové zprávy z/do proudu.
  - Obsah textové zprávy může začínat a nebo končit zadanou sekvencí znaků.
- `Server` - otevírá serverový soket na zadaném portu, po přijetí klienta vytváří ovladač klientského spojení.
- `ClienHandler` - realizuje obsluhu klientského spojení v samostatném vlákně.
- `Client` - testovací klient, který se připojí k serveru na zadné adrese a portu.

Klient pošle uživatelské jméno, heslo a žádost o aktuální čas, který vypíše na obrazovku (pouze časový údaj) a skončí.

Vše proběhne bez interakce uživatele.

ParseMessage

```
1  class ParseMessage {
2    void write(String msg) throws IOException {
3      out.write(msg.getBytes());
4    }
5    String read(String startStr, String endStr) throws
       IOException {
6      byte[] start = startStr.getBytes();
7      byte[] end = endStr.getBytes();
8      int sI = 0; int eI = 0; byte r;int count = 0;
9      while((sI < start.length)
10         && ((r = (byte)in.read()) != -1)) {
11       sI = (r == start[sI]) ? sI+1 : 0;
12     }
13     while ((eI < end.length) && (count < BUFFSIZE)
14         && ((r = (byte)in.read()) != -1)) {
15       buffer[count++] = r;
16       eI = (r == end[eI]) ? eI+1 : 0;
17     }
18     return new String(buffer, 0,
19         count > end.length ? count-end.length : 0);
20   }
21 }
```


ClientHandler 1/3

```
1  class ClientHandler extends ParseMessage implements
     Runnable {
2    static final int UNKNOWN = -1;
3    static final int TIME = 0;
4    static final int BYE = 1;
5    static final int NUMBER = 2;
6    static final String[] STRCMD = {"time", "bye"};
7
8    static int parseCmd(String str) {
9      int ret = UNKNOWN;
10     for (int i = 0; i < NUMBER; i++) {
11       if (str.compareTo(STRCMD[i]) == 0) {
12         ret = i;
13         break;
14       }
15     }
16     return ret;
17   }
18
19   Socket sock; //klientský soket
20   int id; //číslo klientu
```


ClientHandler 2/3

```
1  ClientHandler(Socket iSocket, int iID) throws IOException
       {
2    sock = iSocket;
3    id = iID;
4    out = sock.getOutputStream();
5    in = sock.getInputStream();
6  }
7  public void start() { new Thread(this).start(); }
8  void log(String str) {System.out.println(str)};
9
10 public void run() {
11   String cID = "client["+id+"] ";
12   try {
13     log(cID + "Accepted");
14     write("Login:");
15     log(cID + "Username:" + read("", "\n"));
16     write("Password:");
17     log(cID + "Password:" + read("", "\n"));
18     write("Welcome\n");
```


ClientHandler 3/3

```
1  ... //run pokračování
2  boolean quit = false;
3  while (!quit) {
4   switch(parseCmd(read("", "\n"))) {
5    case TIME:
6      write("time is:"+ new Date().toString() + "\n");
7      break;
8    case BYE:
9      log(cID + "Client sends bye");
10     quit = true;
11     break;
12   default:
13     log(cID + "Unknown message, disconnect");
14     quit = true;
15     break;
16  } }
17 sock.shutdownOutput(); sock.close();
18 } catch (Exception e) {
19   log(cID + "Exception:" + e.getMessage());
20   e.printStackTrace();
21 } } }
```


Server

```
1  public class Server {
2    public Server(int port) throws IOException {
3      int i = 0;
4      ServerSocket servsock = new ServerSocket(port);
5      while (true) {
6        try {
7          new ClientHandler(servsock.accept(), i++);
8        } catch (IOException e) {
9          System.out.println("IO error in new client");
10       } }
11   } // Server()
12
13   public static void main(String[] args) {
14     try {
15       new Server(args.length > 0 ?
16           Integer.parseInt(args[0]) : 9000);
17     } catch (Exception e) {
18       e.printStackTrace();
19     }
20   }
21 }
```

Client 1/2

```
1  public class Client extends ParseMessage {
2    Socket sock;
3    public static void main(String[] args) {
4      Client c = new Client(
5          args.length > 0 ? args[0] : "localhost",
6          args.length > 1 ? Integer.parseInt(args[1]) : 9000
7          );
8    }
9
10   Client(String host, int port) {
11     try {
12       sock = new Socket();
13       sock.connect(new InetSocketAddress(host, port));
14       out = sock.getOutputStream();
15       in = sock.getInputStream();
```


Client 2/2

```
1        //Client konstruktor pokračování
2        write("user\n");
3        read("", "Password:");
4        System.out.println("Password prompt readed");
5        write("heslo\n");
6        read("", "Welcome\n");
7        write("time\n");
8        out.flush();
9        System.out.println("Time on server is " + read("time
       is:", "\n"));
10       write("bye\n");
11       sock.shutdownOutput();
12       sock.close();
13       System.out.println("Communication END");
14     } catch (Exception e) {
15       System.out.println("Exception:" + e.getMessage());
16     }
17 }}
```


Ukázka činnosti

Příklad – Telnet

```
1 oredre$ java Telnet
2 Login:telnet
3 Password:tel
4 Welcome
5 time
6 time is:Tue Nov 28 09:56:49
    CET 2006
7 time
8 time is:Tue Nov 28 09:56:50
    CET 2006
9 bye
```

Příklad – Server

```
1 oredre$ java Server
2 client[0] Accepted
3 client[0] Username:telnet
4 client[1] Accepted
5 client[1] Username:user
6 client[1] Password:heslo
7 client[1] Client sends bye
8 client[0] Password:tel
9 client[0] Client sends bye
```

Příklad – Klient

```
1 oredre$ java Client
2 Password prompt readed
3 Time on server is Tue Nov 28 09:56:40 CET 2006
4 Communication END
```

lec06/socket

Demonstrační příklad se zdrojovými soubry z roku 2006, kterému odpovídá kódovací styl

Část IV

Část 4 – Modely vícevláknových aplikací

Kdy použít vlákna?

Vlákna je výhodné použít, pokud aplikace splňuje některé následující kritérium:

- Je složena z nezávislých úloh.
- Může být blokována po dlouho dobu.
- Obsahuje výpočetně náročnou část.
- Musí reagovat na asynchronní události.
- Obsahuje úlohy s nižší nebo vyšší prioritou než zbytek aplikace.

Typické aplikace

- **Servery** - obsluhují více klientů najednou. Obsluha typicky znamená přístup k několika sdíleným zdrojům a hodně vstupně výstupních operací (I/O).
- **Výpočetní aplikace** - na víceprocesorovém systému lze výpočet urychlit rozdělením úlohy na více procesorů.
- **Aplikace reálného času** - lze využít specifických rozvrhovačů. Vícevláknová aplikace je výkonnější než složité asynchronní programování, neboť vlákno čeká na příslušnou událost namísto explicitního přerušování vykonávání kódu a přepínání kontextu.

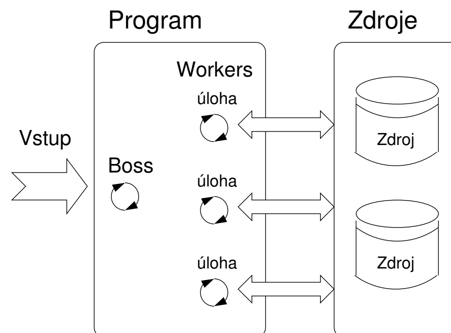
Modely vícevláknových aplikací

Modely řeší způsob vytváření a rozdělování práce mezi vlákny.

- **Boss/Worker** - hlavní vlákno řídí rozdělení úlohy jiným vláknům.
- **Peer** - vlákna běží paralelně bez specifického vedoucího.
- **Pipeline** - zpracování dat sekvencí operací.

Předpokládá dlouhý vstupních proud dat.

Boss/Worker model



Boss/Worker rozdělení činnosti

- Hlavní vlákno je zodpovědné za vyřizování požadavků.
- Pracuje v cyklu:
  1. příchod požadavku,
  2. vytvoření vlákna pro řešení příslušného úkolu,
  3. návrat na čekání požadavku.
- Výstup řešení úkolu je řízen:
  - Příslušným vláknem řešícím úkol.
  - Hlavním vláknem, předání využívá synchronizační mechanismy.

Boss/Worker příklad

Příklad Boss/Worker model

```
//Boss
main() {
  while(1) {
    switch(getRequest()) {
      case taskX :
      create_thread(taskX);
      case taskY :
      create_thread(taskY);
        .
        .
    }
  }
}
```

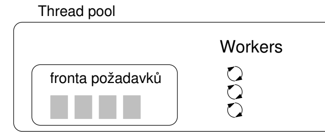
```
//Worker
taskX() {
  řešení úlohy,
    synchronizace v
    případě sdílených
    zdrojů;
  done;
}

taskY() {
  řešení úlohy,
    synchronizace v
    případě sdílených
    zdrojů;
  done;
}
```

C style

Thread Pool

- Hlavní vlákno vytváří vlákna dynamicky podle příchozích požadavků.
- Režii vytváření lze snížit, vytvořením vláken dopředu (Thread Pool).
- Vytvořená vlákna čekají na přiřazení úkolu.

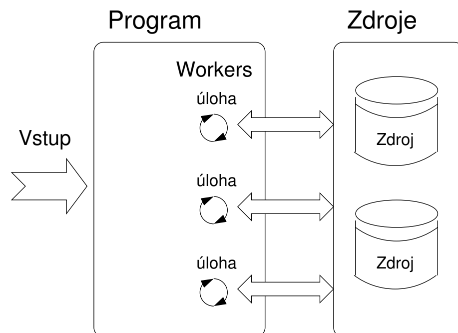


Thread Pool - vlastnosti

- Počet vytvořených vláken.
- Maximální počet požadavků ve frontě požadavků.
- Definice chování v případě plné fronty požadavků a žádného volného vlákna.

Například blokování příchozích požadavků.

Peer model



Peer model - vlastnosti

- Neobsahuje hlavní vlákno.
- První vlákno po vytvoření ostatních vláken:
  - se stává jedním z ostatních vláken (rovnocenným),
  - pozastavuje svou činnost do doby než ostatní vlákna končí.
- Každé vlákno je zodpovědné za svůj vstup a výstup.

Peer model - příklad

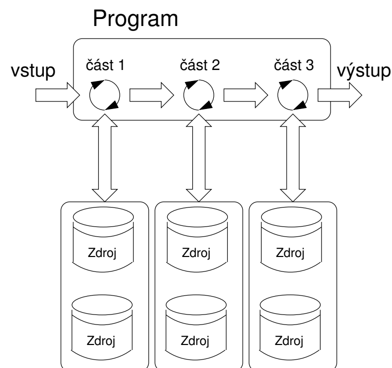
Příklad Peer model

```
//Boss
main() {
  create_thread(task1);
  create_thread(task2);
  .
  .
  start all threads;
  wait for all threads;
}
```

```
//Worker
task1() {
  čekáná na spuštení;
  řešení úlohy,
    synchronizace v
    případě sdílených
    zdrojů;
  done;
}

task2() {
  čekáná na spuštení;
  řešení úlohy,
    synchronizace v
    případě sdílených
    zdrojů;
  done;
}
```


Zpracování proudu dat - Pipeline



Pipeline

- Dlouhý vstupní proud dat.
- Sekvence operací (částí zpracování), každá vstupní jednotka musí projít všemi částmi zpracování.
- V každé části jsou v daném čase, zpracovávány různé jednotky vstupu (nezávislost jednotek).

Pipeline model - příklad

Příklad Pipeline model

```
main() {
  create_thread(stage1);
  create_thread(stage2);
  .
  .
  wait for all pipeline;
}
stage1() {
 while(input) {
   get next program
    input;
   process input;
   pass result to next
    stage;
 }
}
```

```
stage2() {
 while(input) {
   get next input from
    thread;
   process input;
   pass result to next
    stage;
 }
}
stageN() {
 while(input) {
   get next input from
    thread;
   process input;
   pass result to output;
 }
}
```

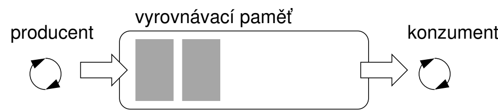
C style

Producent a konzument

Předávání dat mezi vlákny je realizováno vyrovnávací pamětí bufferem.

- Producent - vlákno, které předává data jinému vláknu.
- Konzument - vlákno, které přijímá data od jiného vlákna.

Přístup do vyrovnávací pamětí musí být synchronizovaný (exkluzivní přístup).



Funkce a paralelismus

Při paralelním běhu programu mohou být funkce volány vícenásobně. Funkce jsou :

- **reentrantní** - V jediném okamžiku může být stejná funkce vykonávána současně

  Např. vnořená obsluha přerušení
- **thread-safe** - Funkci je možné současně volat z více vláken

Dosažení těchto vlastností:

- Reentrantní funkce nezapisují do statických dat, nepracují s globálními daty.
- Thread-safe funkce využívají synchronizačních primitiv při přístupu ke globálním datům.

Vícevláknové aplikace a ladění

Hlavní problémy vícevláknových aplikací souvisí se synchronizací:

- Uváznutí – **deadlock**.
- Souběh (race conditions) - přístup více vláken ke sdíleným proměnným a alespoň jedno vlákno nevyužívá synchronizačních mechanismů. Vlákno čte hodnotu zatímco jiné vlákno zapisuje. Zápis a čtení nejsou atomické a data mohou být neplatná.

Prostředky ladění

- Nejlepším prostředkem ladění vícevláknových aplikací je

  nepotřebovat ladit.
- Toho lze dosáhnou kázní a obezřetným přístupem ke sdíleným proměnným.
- Nicméně je vhodné využívat ladící prostředí s minimální množinou vlastností.

Podpora ladění

Debugger:

- Výpis běžících vláken.
- Výpis stavu synchronizačních primitiv.
- Přístup k proměnným vláken.
- Pozastavení běhu konkrétního vlákna.
- Záznam průběhu běhu celého programu (kompletní obsah paměti a vstupů/výstup) a procházení záznamu

Logování:

- Problém uváznutí souvisí s pořadím událostí, logováním přístupu k zámkům lze odhalit případné špatné pořadí synchronizačních operací.

Poznámky - „problémy souběhu"

Problémy souběhu jsou typicky způsobeny nedostatkem synchronizace.

- Vlákna jsou asynchronní.

  Nespoléhat na to, že na jednoprocesorovém systému je vykonávání kódu synchronní.
- Při psaní vícevláknové aplikace předpokládejte, že vlákno může být kdykoliv přerušeno nebo spuštěno.

  Části kódu, u kterých je nutné zajistit pořadí vykonávání jednotlivými vlákny vyžadují synchronizaci.
- Nikdy nespoléhejte na to, že vlákno po vytvoření počká, může být spuštěno velmi brzy.
- Pokud nespecifikujete pořadí vykonávání vláken, žádné takové neexistuje.

  „Vlákna běží v tom nejhorším možném pořadí. Bill Gallmeister"

Poznámky - „problém uváznutí"

Problémy uváznutí souvisí s mechanismy synchronizace.

- Uváznutí (deadlock) se na rozdíl o souběhu mnohem lépe ladí.
- Častým problém je tzv. *mutex deadlock* způsobený pořadím získávání mutexů (zámku/monitorů).
- Mutex deadlock nemůže nastat, pokud má každé vlákno uzamčený pouze jeden mutex (*chce uzamknout*).
- Není dobré volat funkce s uzamčeným mutexem, obzvláště zamykáli volaná funkce jiný mutex.
- Je dobré zamykat mutex na co možná nejkratší dobu.

  V Javě odpovídá zámek krické sekci monitoru `synchronized(mtx){}`

http://www.javaworld.com/article/2076774/java-concurrency/programming-java-threads-in-the-real-world--part-1.html

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Modely vícevláknových aplikací
- Paralelní programování a ladění
  - Problém uváznutí a problém souběhu
- Spuštění externího program v rámci Java programu
- Sokety v Javě
- Příklady vícevláknových aplikací
  - GUI plátno – simulátor a kreslení do canvasu
- Příště: **Test - 7.4.2016**!