

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 SimulatorObjectMonster(world, 1, 1);
    sim.addObject(monster);
    canvas.addObject(new ShapeMonster(monster));

    SimObject npc = new SimulatorObjectNPC(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
9                 InputStreamReader(child.getInputStream()));
10            hash = Integer.parseInt(out.readLine());
11            ret = true;
12        } else {
13            System.out.println("Error in dijsktra");
14        }
15    } catch (Exception e) {
16        System.out.println("Error: Exception : " + e.getMessage());
17    }
18    return ret;
19 }

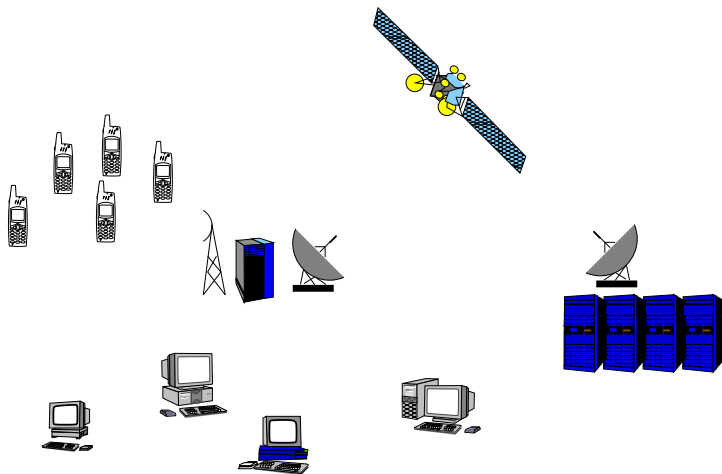
```

Co se stane při nedostatečné vyrovnávací paměti pro stdout.

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

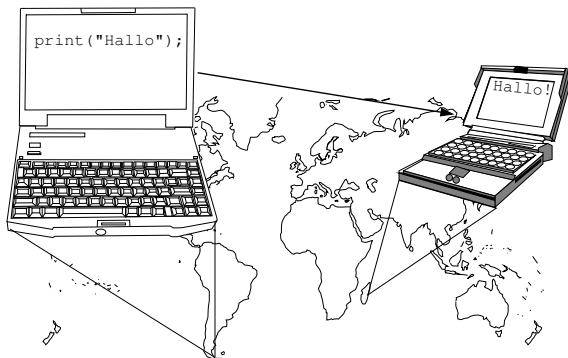
- Komunikace slouží k přenosu informace.
- Přenos informace se děje výměnou zpráv.
- Mechanismus výměny zpráv musí mít definovaná pravidla.
- Typicky lze definovat:
 - zahájení komunikace,
 - předání zprávy,
 - reakce na zprávu,
 - ukončení komunikace.

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

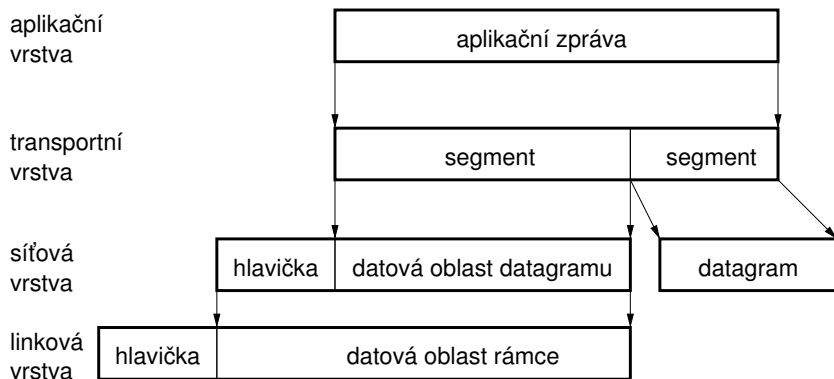
Z uživatelského hlediska jde o přenos obsahu sdělení.



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,
 - s garantovanou kvalitou,
 - nespolehlivý,
 - 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.
Příjemací 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.

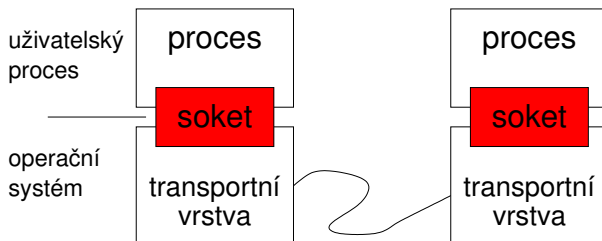
Soket

Soket je objekt, který propojuje aplikaci s nějakým „sítovým“ 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

Sítové 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()`

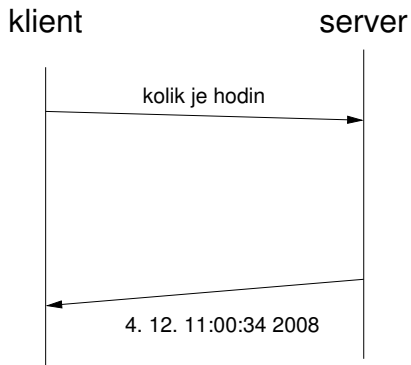
Ošetření výjimečných stavů

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\n'`.
 - 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.
- `ClientHandler` - realizuje obsluhu klientského spojení v samostatném vlákně.
- `Client` - testovací klient, který se připojí k serveru na zadané 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 < BUFSIZE)
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
10     is:", "\n"));
11     write("bye\n");
12     sock.shutdownOutput();
13     sock.close();
14     System.out.println("Communication END");
15 } catch (Exception e) {
16     System.out.println("Exception:" + e.getMessage());
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 soubory 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.

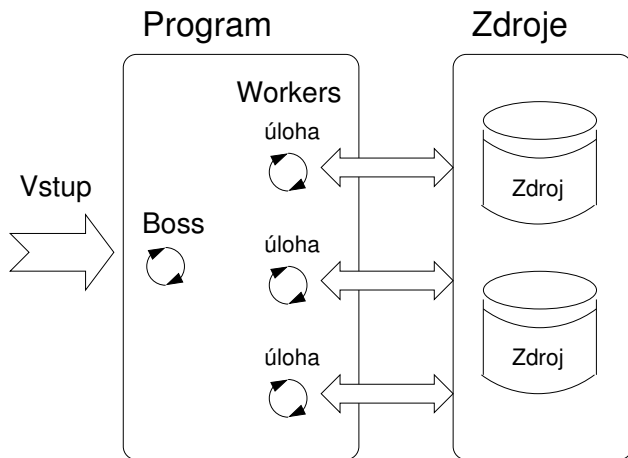
Modely vícevláknových aplikací

Modely řeší způsob vytváření a rozdělování práce mezi vlákna.

- **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

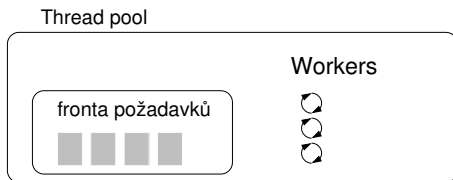
```
1 //Boss
2 main() {
3     while(1) {
4         switch(getRequest()) {
5             case taskX :
6                 create_thread(taskX);
7             case taskY :
8                 create_thread(taskY);
9             :
10        }
11    }
```

```
1 //Worker
2 taskX() {
3     řešení úlohy,
4     synchronizace v
5     případě sdílených
6     zdrojů;
7     done;
8 }
9 taskY() {
10    řešení úlohy,
11    synchronizace v
12    případě sdílených
13    zdrojů;
14    done;
15 }
```

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.

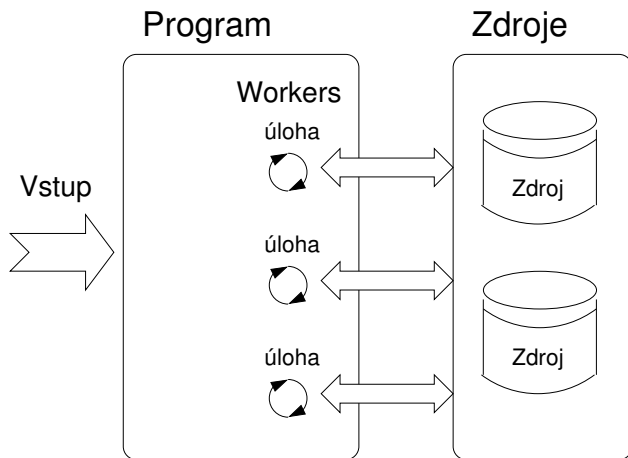


Thread Pool - vlastnosti

- 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.

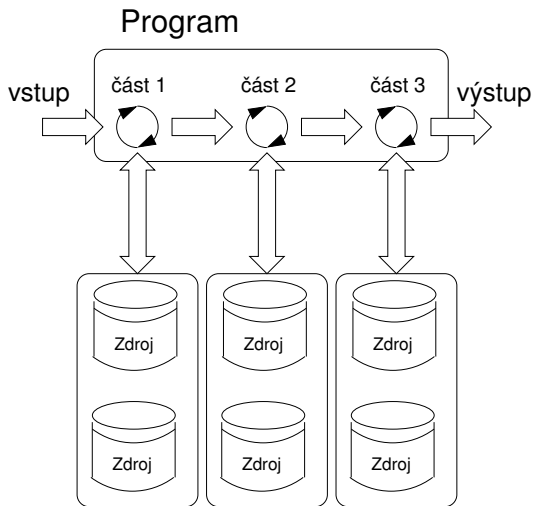
Peer model - příklad

Příklad Peer model

```
1 //Boss
2 main() {
3     create_thread(task1);
4     create_thread(task2);
5     :
6     :
7     start all threads;
8     wait for all threads;
9 }
```

```
1 //Worker
2 task1() {
3     čekáná na spuštění;
4     řešení úlohy,
5     synchronizace v
6     případě sdílených
7     zdrojů;
8     done;
9 }
10 task2() {
11     čekáná na spuštění;
12     řešení úlohy,
13     synchronizace v
14     případě sdílených
15     zdrojů;
16     done;
17 }
```

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

```
1 main() {
2     create_thread(stage1);
3     create_thread(stage2);
4     :
5     :
6     wait for all pipeline;
7 }
8 stage1() {
9     while(input) {
10        get next program
11        input;
12        process input;
13        pass result to next
14        stage;
15    }
16 }
```

```
1 stage2() {
2     while(input) {
3         get next input from
4         thread;
5         process input;
6         pass result to next
7         stage;
8     }
9 }
10 stageN() {
11     while(input) {
12         get next input from
13         thread;
14         process input;
15         pass result to output;
16     }
17 }
```

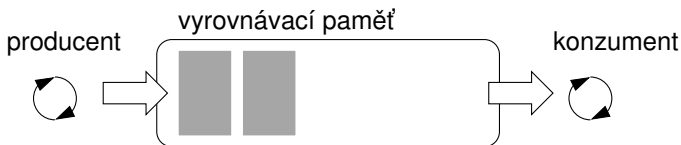
C style

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:

- **Uvážnutí – 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 dosáhnout 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 zámekům 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 jednoprocessorovém 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 nespolehejte na to, že vlákno po vytvoření počká, může být spuštěno velmi brzy.

- Pokud nspecifikujete 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 problémem je tzv. *mutex deadlock* způsobený pořadím získávání mutexů (zámků/monitorů).
- Mutex deadlock nemůže nastat, pokud má každé vlákno uzamčený pouze jeden mutex (*chce uzamknout*).
- Není dobré volat funkce s uzamčeným mutexem, obzvláště zamyká-li volaná funkce jiný mutex.
- Je dobré zamykat mutex na co možná nejkratší dobu.

V Javě odpovídá zámeček 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 programu v rámci Java programu
- Sokety v Javě
- Příklady vícevláknových aplikací
 - GUI plátno – simulátor a kreslení do canvasu

- **Příště: Test - 7.4.2016!**