JAVA

Vlákna

Přehled

- (thread)
- podpora pro vícevláknové aplikace přímo v jazyce
- "hlavní" vlákno aplikace – metoda main()
- v JVM je vždy několik vláken
  - záleží na implementaci
- JVM skončí až skončí všechna vlákna (která nejsou nastavena jako daemon)
- vlákna a skupiny vláken (thread groups)
- podpora pro synchronizaci
  - **synchronized**

Vytvoření vlákna

- implementace vlákna
  1. dědění od třídy `java.lang.Thread`
  2. implementování interface `java.lang.Runnable`

- potomek třídy **`Thread`**
  - předefinování metody `void run()`
  - vlákno se spustí zavoláním metody `start()`

- interface **`Runnable`**
  - jediná metoda `void run()`
  - objekt ji implementuje
  - vytvoření vlákna – `new Thread(Runnable).start()`

Příklad

```
public class SimpleThread extends Thread {
  public SimpleThread() {
    start();
  }
  public void run() {
    for (int i=0; i<5; i++)
      System.out.println(getName() + " : " + i);
  }
  public static void main(String[] args) {
    for (int i=0; i<5; i++) {
      new SimpleThread();
    }
  }
}
```

yield

- metoda třídy Thread
  - dočasné pozastavení vlákna, aby mohlo běžet jiné vlákno
  - je to jen doporučení
- static metoda
- úprava předchozího příkladu

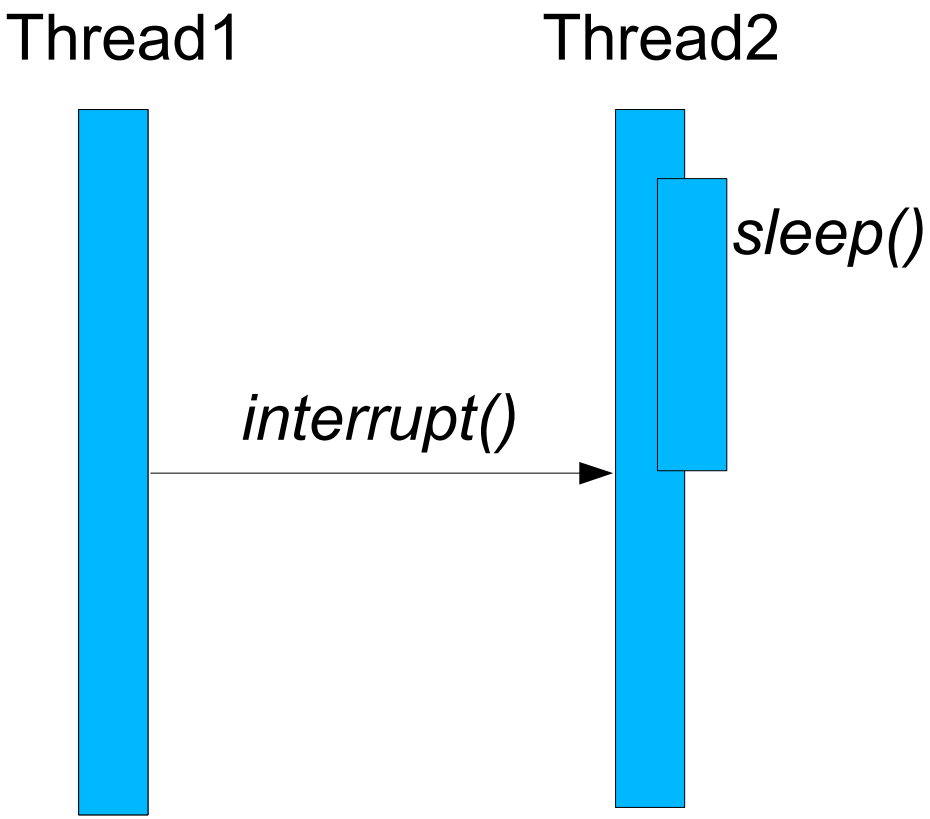
```
public void run() {
   for (int i=0; i<5; i++) {
      System.out.println(getName() + " : "+i);
      yield();
   }
}
```

sleep

- dvě metody třídy Thread
  - `sleep(int milis)`
  - `sleep(int milis, int nanos)`
    - nanos v rozsahu 0-999999
- static metoda
- uspí vlákno na požadovanou dobu
- může být přerušeno (metodou `interrupt()`)
  - vyhodí výjimku `InterruptedException`

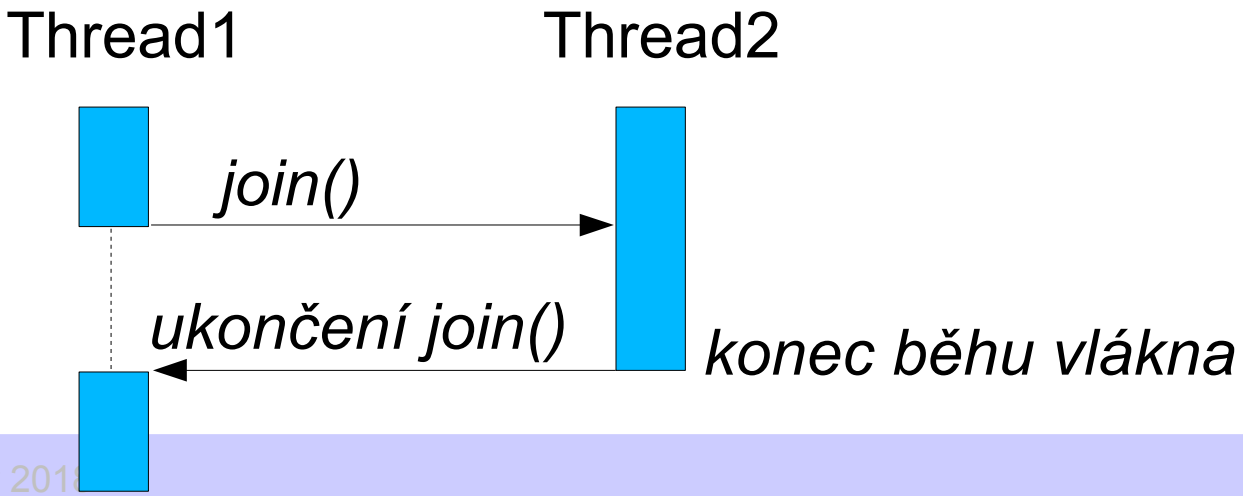
interrupt

- přeruší „čekání“ vlákna



join

- tři metody na třídě Thread
  - join()
    - čeká, dokud dané vlákno neskončí
  - join(int milis)
  - join(int milis, int nanos)
    - čekají dokud dané vlákno neskončí, maximálně však zadanou dobu (0...jako join() bez parametrů)
- opět můžou být přerušeny
  - výjimka InterruptedException



Priorita

- každé vlákno má prioritu
- void setPriority(int newPriority)
- int getPriority()
- 10 úrovní priority
- konstanty
  - MAX_PRIORITY = 10
  - MIN_PRIORITY = 1
  - NORM_PRIORITY = 5
- skupina vláken (ThreadGroup)
  - getMaxPriority()
  - setPriority vláknu nastaví maximálně prioritu povolenou pro skupinu vláken, do které vlákno náleží

Daemon vlákna

- "servisní" vlákna
- běží "na pozadí"
- nepatří přímo do aplikace
  - např. vlákno pro garbage collector
- JVM skončí pokud skončila všechna ne-daemon vlákna
- metody
  - void setDaemon(boolean daemon)
    - lze volat jen na ještě nenastartovaném vláknu
  - boolean isDaemon()

Synchronizace

- s každou instancí objektu je asociován jeden zámek
- s každou třídou je asociován jeden zámek

- příkaz/modifikátor **synchronized**

- příkaz
  - `synchronized (Výraz) Blok`

  - výraz se musí vyhodnotit na referenci na objekt
  - než se začne `Blok` vykonávat, vlákno musí získat pro sebe zámek na objektu určeném pomocí `Výrazu`
  - po skončení `Bloku` se zámek uvolní

Synchronizace

- modifikátor metody
  - synchronized v hlavičce metody
  - chová se stejně jako příkaz synchronized
  - vlákno než začne vykonávat metodu musí získat zámek na objektu
  - po skončení metodu se zámek uvolní
  - static synchronized metody – získává se zámek asociovaný se třídou
- vzájemně vyloučeny jsou jen synchronized metody a bloky
- nějaké vlákno má zámek na objektu – ostatní vlákna mohou používat atributy objektu i volat ne-synchronized metody

wait & notify

- s každým objektem je asociována fronta čekajících vláken
  - při vytvoření objektu je prázdná
- používají ji metody `wait`, `notify` a `notifyAll`
  - definovány na `java.lang.Object`
- `void wait()`
  - lze volat jen pokud volající vlákno drží zámek na daném objektu (tj. v synchronized sekci)
    - jinak výjimka IllegalMonitorStateException
  - vloží vlákno do fronty čekajících vláken
  - uvolní zámek na objektu
    - jiná vlákna mohou získat zámek, tj. začít provádět synchronized blok

wait & notify

- po wait je vlákno ve frontě čekajících vláken dokud někdo nezavolá `notify` nebo `notifyAll`
- `void notify()`
  - "probudí" jedno (nějaké) vlákno z fronty čekajících (pokud není prázdná)
  - lze volat jen ze synchronized sekcí
    - jinak výjimka IllegalMonitorStateException
  - probuzené vlákno pokračuje ve výpočtu až získá zámek (tj. vlákno, co drželo zámek (a zavolalo notify) opustí synchonized sekci)
- `void notifyAll()`
  - probudí všechna vlákna ve frontě
  - vlákna budou pokračovat, až získají zámek

wait & notify

- tři varianty wait
  - void wait()
  - void wait(int milis)
  - void wait(int milis, int nanos)
    - čekají ve frontě, dokud někdo neprobudí, maximálně však zadanou dobu
- čekání ve wait lze přerušit (metoda interrupt())
  - vyhodí InterruptedException
- wait, notify i notifyAll jsou final

- metoda sleep() neuvolňuje zámek

Příklad – Jednoduchý zámek

```
public class SimpleLock {

  private boolean locked;

  public SimpleLock() {
    locked = false;
  }

  synchronized public boolean lock() {
    try {
      while (locked)
        wait();
      locked = true;
    } catch (InterruptedException e) {
      return false;
    }
    return true;
  }

  synchronized public void unlock() {
    locked = false;
    notify();
  }
}
```

Zastavení vlákna

- destroy()
- stop()
- stop(Throwable t)
- suspend()
- resume()
  - všechny **deprecated** (většina od Java 1.2)
  - nebezpečné
  - mohly způsobovat nekonzistentní stav aplikace nebo způsobovat deadlock

- destroy() a stop(Throwable)
  - od Java 11 odstraněny

Skupiny vláken

- vlákna patří do skupiny vláken
- třída ThreadGroup
- skupina vláken může obsahovat jak vlákna tak další skupiny vláken
  - stromová hierarchie
- lze zjistit
  - všechny vlákna ve skupině
  - nadřazenou skupinu v hierarchii
  - aktivní vlákna ve skupině

- lze je ignorovat

Jméno vlákna

- vlákno má jméno
  - lze ho určit při vytváření vlákna
  - konstruktory
    - Thread(String name)
    - Thread(Runnable obj, String name)
  - za běhu
    - setName(String name)
  - zjištění jména
    - String getName()
- pokud se jméno nezadá, vytvoří se automaticky
  - "Thread-"+n
    - n je pořadové číslo

Ostatní metody

- static Thread currentThread()
  - vratí referenci na právě prováděné vlákno
- boolean isAlive()
  - test zda je vlákno prováděno
    - false pokud vlákno není nastartováno, nebo pokud už skončilo
- boolean isInterrupted()
  - test, zda má vlákno nastavený příznak interrupted
- boolean interrupted()
  - jako isInterrupted(), ale zároveň zruší příznak interrupted
- String toString()
  - řetězcová reprezentace je složena z
    - jméno
    - priorita
    - skupina

java.util.concurrent

- java.util.concurrent
- java.util.concurrent.atomic
- java.util.concurrent.locks

  - balíky od JDK 5.0
  - obsahují třídy pro paralelní přístup k datům, zámky, semafory,...

java.util.concurrent

- Executor
  - interface
  - různé implementace
    - ThreadPoolExecutor, ForkJoinPool,...
  - void execute(Runnable command)
    - spustí „příkaz“ v budoucnu
- ExecutorService
  - interface, potomek od Executor
  - přidává další metody
    - Future<T> submit(Callable<T> task)
    - List<Future<T>> invokeAll(Collection<? extends Callable<T>> tasks)
    - ...

java.util.concurrent

- Callable<T>
  - interface
  - T call() throws Exception
  - obdoba Runnable, ale vrací hodnotu a může vyhodit výjimku

- Future<T>
  - interface
  - výsledek asynchronní operace
  - T get()
    - vrátí výsledek
    - čeká pokud výsledek ještě není k dispozici

ForkJoinPool

- od Java 7
- implementuje ExecutorService
- pro „rozděl a panuj“
- podporuje „work-stealing“

- ForkJoinTask<V>
  - úloha pro ForkJoinPool, abstraktní třída
  - potomci
    - RecursiveAction
      - abstract void compute()
    - RecursiveTask<V>
      - abstract V compute()

ForkJoinPool

- metody pro spouštění úloh
  - execute()
    - asynchronní spuštění
  - submit(), submitAll()
    - asynchronní spuštění + vrací Future
  - invoke(), invokeAll()
    - spuštění a čekání až skončí
- obdobné metody jsou i na ForkJoinTask
  - spouštění „podúloh“
- získání poolu
  - konstruktory, nebo
  - ForkJoinPool.commonPool()

ForkJoinPool

```
class CustomRecursiveAction extends RecursiveAction {

  @Override
  protected void compute() {
    if (...) {
      ForkJoinTask.invokeAll(createSubtasks());
    }
  }

  public static void main() {
    CustomRecursiveAction cra =
                                new CustomRecursiveAction()
    ForkJoinPool.commonPool().invoke(cra);
  }
}
```

Executors

- třída
- pouze statické „pomocné“ metody
  - konverze Runnable na Callable
  - získání různých thread-poolů
    - newFixedThreadPool()
    - newSingleThreadPool()
    - …
  - ...

JAVA

java.lang.System

java.lang.System

- obsahuje jen statické elementy
- nelze od ní vytvářet instance

- atributy
  - `java.io.InputStream in`
    - standardní vstup
  - `java.io.PrintStream out`
    - standardní výstup
  - `java.io.PrintStream err`
    - standardní chybový výstup

Metody

- `void arraycopy(Object src, int srcPos, Object dest, int destPos, int length)`
  - kopíruje pole
  - funguje i pokud src==dest
- `long currentTimeMillis()`
  - aktuální čas v milisekundách od 1.1.1970
  - přesnost záleží na OS
- `long nanoTime()`
  - hodnota systémového timeru v nanosekundách
  - počet nanosekund od *nějakého* pevného času
    - i v budoucnosti, tj. hodnota může být záporná
  - pro počítaní nějaké doby
  - od Java 5

Metody

- `void exit(int status)`
  - ukončí JVM
- `void gc()`
  - „doporučení“ pro JVM, ať pustí garbage collector
- `void setIn(InputStream s)`
  `void setOut(PrintStream s)`
  `void setErr(PrintStream s)`
  - znovu nastaví daný vstup nebo výstup
- `int identityHashCode(Object x)`
  - vrátí implicitní hash kód objektu

Properties

- dvojice
  - klíč – hodnota
  - String (klíč i hodnota)
- systémové i vlastní
- `Properties getProperties()`
  - vrátí všechny nastavené properties
  - java.util.Properties – potomek java.util.Hashtable
- `String getProperty(String key)`
  - vrátí hodnotu
  - pokud klíč není nastaven, vrací `null`
- `String getProperty(String key, String def)`
  - vrátí hodnotu
  - pokud klíč není nastaven, vrací `def`

Properties

- `void setProperties(Properties props)`
  - nastaví properties v props
- `String setProperty(String key, String val)`
  - nastaví danou property
  - vrací původní hodnotu nebo null
- `String clearProperty(String key)`
  - zruší danou property

- nastavení properties při startu JVM
  - parametr `-Dkey=value`
  - př. `java -DdefaultDir=/usr Program`
- typicky se jako klíče používají hierarchická jména oddělená tečkami

Vždy nastavené properties

- java.version
- java.home
  - adresář, ve kterém je instalace JAVy
- java.class.path
- java.io.tmpdir
  - kde se budou vytvářet dočasné soubory
- os.name, os.architecture, os.version
  - identifikace operačního systému
- file.separator
  - oddělovač souborů v cestě (unix "/", win "\")
- path.separator
  - oddělaoč cest (unix ":", win ";")
- line.separator
  - oddělovač řádků (unix "LF", win "CR LF")

Vždy nastavené properties

- user.name
  - název učtu aktuálního uživatele
- user.home
  - domovský adresář
- user.dir
  - aktuální adresář
- dále několik properties identifikujících VM

Proměnné prostředí

- **`Map<String, String> getenv()`**
  - všechny proměnné prostředí
  - nemodifikovatelná kolekce
- **`String getenv(String name)`**
  - proměnná s daným jménem nebo null

JAVA

java.lang.Runtime

Runtime

- vždy existuje jedna instance
  - nelze vytvářet další instance
- `Runtime getRuntime()`
  - statická metoda
  - vrátí instanci Runtime
- `int availableProcessors()`
  - závisí na implementaci
  - vrácená hodnota se může za běhu programu měnit
- `long freeMemory()`
  - volná paměť dostupná pro JVM
- `long maxMemory()`
  - maximální dostupná paměť pro JVM
- `void halt(int status)`
  - ukončení JVM, na nic nečeká

Runtime

- `void addShutdownHook(Thread hook)`
  - nastaví vlákno, které se má provést při ukončování JVM
  - hook – vytvořené, ale nenastartované vlákno
  - může být nastaveno více vláken
    - začnou se provádět v "nějakém" pořadí
  - daemon vlákna běží i během ukončování JVM
  - nastavená vlákna se nevykonají, pokud JVM byla ukončena pomocí halt()
- `boolean removeShutdownHook(Thread hook)`
  - odstraní dříve nastavené vlákno
  - vrací false, pokud dané vlákno nebylo nastaveno

Runtime

- `Process exec(String command)`
  - spustí externí proces
  - několik variant funkce (různé parametry)
  - nemusí vždy spolehlivě fungovat
- třída `Process`
  - reprezentuje externí proces
  - metody
    - `void destroy()`
      - zabije proces
    - `int exitValue()`
      - návratová hodnota
    - `int waitFor()`
      - čeká, dokud proces neskončí
      - vrací návratovou hodnotu procesu
      - může být přerušen

java.lang.Math

java.lang.Math

- statické atributy a metody pro základní matematické konstanty a operace
- atributy
  - PI, E
- metody
  - abs, ceil, floor, round, min, max,...
  - pow, sqrt,...
  - sin, cos, tan, asin, acos, atan,...
  - toDegrees, toRadians,...
  - ...