Metode avansate de programare

Informatică Româna, 2019-2020, Curs 13

Referinte pe care se bazeaza acest curs

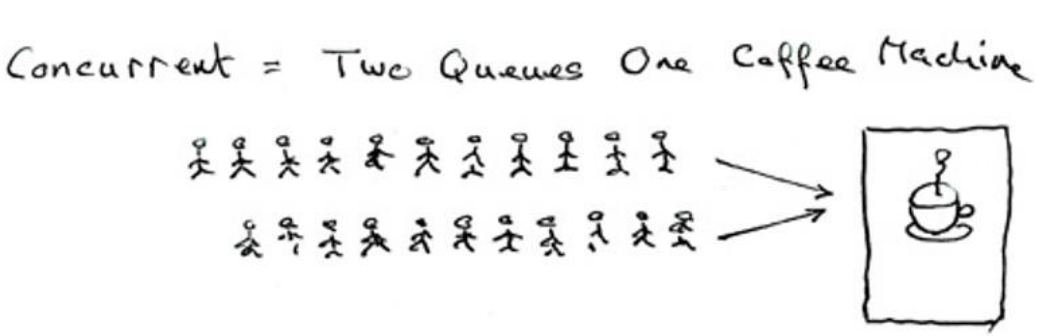
- Oracle tutorials
- **http://winterbe.com/posts/2015/04/07/java8-concurrency-tutorial-thread-executor-examples/**
- **http://www.javacodegeeks.com/2015/09/java-concurrency-essentials.html**
- http://tutorials.jenkov.com/java-util-concurrent/executorservice.html
- http://stacktips.com/tutorials/java/countdownlatch-and-java-concurrency-example
- http://blogs.msmvps.com/peterritchie/2007/04/26/thread-sleep-is-a-sign-of-a-poorly-designed-program/

Programarea concurentă și paralelă

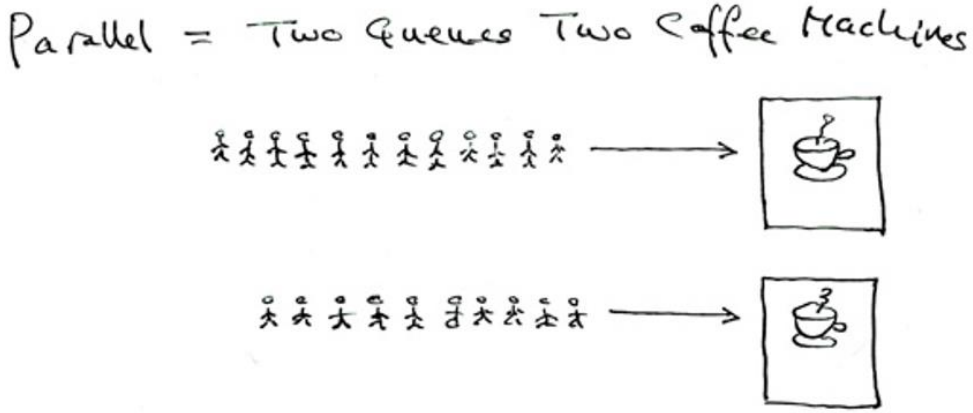
- Concurent =
- Paralel =

Programarea concurentă și paralelă

- Concurent = 2 cozi si un apparat de cafea



- Paralel = 2 cozi si doua aparate de cafea



- Concurenta este posibila si la sistemele simple, care nu au multiprocessor sau mai multe nuclee de executie

Utilitatea concurenței

- Simplificarea programării şi o mai bună structurare a codului
- O aplicație poate să execute mai multe taskuri (unitati logice) *deodată*
- Eficienţă în utilizarea resurselor sistemului (modelul de comunicare multithread înlocuieşte soluţiile clasice de comunicare între procese)
- Eficiență în execuția operaţiilor consumatoare de timp - pentru a nu bloca procesul principal.
- Îmbunătăţirea interacţiunii la nivel de aplicaţie prin proiectarea de interfeţe performante, responsive (*Interfata cu utilizatorul sa nu "înghețe" la execuția unor taskuri care durează mult (citirea datelor, descărcarea unui fisier) –responsive GUI.)*

Procese și fire de execuție

- In programarea concurentă exista două *unități de execuție* de bază:

  procese (processes) si fire de executie (threads)

  - Ambele concepte implică execuţia în “parallel” a unor secvenţe de cod
  - Procesele sunt entităţi independente ce se execută independent şi sunt gestionate de către nucleul sistemului de operare.
  - Firele de execuţie sunt secvenţe ale unui program (proces) ce se execută *aparent* în paralel în cadrul unui singur proces.

Fire de execuție – Threads

- Un fir de execuție este o succesiune secventiala de instructiuni care se executa *aparent* în paralel în cadrul unui process (un mecanism care poate executa task-urile asincron).
- Sunt denumite “procese usoare” (lightweight processes)
- Crearea unui fir de executie necesita mai putine resurse decat crearea unui process
- Un fir de execuție există în cadrul unui process - fiecare process are cel puțin un fir de execuție
- Firele de executie partajeaza resursele procesului, incluzând datele, câstigând eficiență în felul acesta, dar cumunicarea între acestea devine problematică

Fire de execuție – Threads

- Toate firele de execuție văd acelasi heap. Java alocă toate obiectele în heap, deci toate firele au acces la toate obiectele.
- Fiecare fir are propria sa stivă. Variabilele locale si parametrii unei metode se alocă în stivă, deci fiecare fir are propriile valori pentru variabilele locale si pentru parametrii metodelor pe care le execută.
- O funcționare corectă a unui program concurent ("thread safe") nu are voie să se bazeze pe presupuneri de genu:

"stiu eu că obiectul acesta nu e accesat niciodată simultan de două fire de execuție diferite".

"stiu eu că firul ăsta e mai rapid ca celălalt"

Costul programării multithreading

- Programul devine supraincarcat (overheaded) crascând foarte mult complexitatea acestuia.
- Costul:
  - creării si distrugerii firelor de executie.
  - planificarii firelor de executie, a încarcarii acestora, stocarea statusurilor dupa fiecare cuanta de timp.
- Costul Daca toate threadurile sunt în acelasi process, acest aspect adauga o complexitate sporită codului pentru a ne asigura că accesul la zona de date nu ruinează aplicatia.
- Depanarea unui program ce ruleaza pe mai multe fire de executie este foarte grea; *reproducerea acelorasi rezultate planificate este dificila…*

Clasele programării multithread in Java. Clasa Object.

- Metodele clasei Object, *wait(), notify() şi notifyAll(),* sunt utilizate în programarea multithread, având următoarea semnificaţie:
  - *wait()* - pune obiectul în aşteptare până la apariţia unui eveniment (notificare) cu sau fără indicarea duratei maxime de aşteptare
  - *notify()* - permite anunţarea altor obiecte de apariţia unui eveniment
  - *notifyAll()* - implementează notificarea mai multor obiecte la apariţia unor evenimente

Clasele programării java multithread. Clasa Thread.

```
public class Thread extends Object implements Runnable {}
```

Principalele câmpuri şi metode ale clasei Thread sunt:

- *void start()* - lansează în execuţie noul thread, moment în care execuţia programului este controlată de cel puţin două threaduri: threadul curent ce execută metoda start şi noul thread ale cărui instrucţiuni sunt definite în metoda run()
- *void run()* – defineşte corpul threadului nou creat, întreaga activitate a threadului va fi descrisă prin suprascrierea acestei metode
- *static void sleep()* – pune în aşteptare threadul curent pentru un anumit interval de timp (msecs)
- *void join ()* - se aşteaptă ca obiectul thread ce apelează această metodă să se termine
- *suspend()* - suspendare temporară a threadului (*resume()* este metoda dual ce relansează un thread suspendat (implementările JDK ulterioare versiunii 1.2 au renunţat la utilizarea lor)

Clasele programării multithread in Java. Clasa Thread.

```
public class Thread extends Object implements Runnable {}
```

Continuare - Principalele câmpuri şi metode ale clasei Thread sunt:

- *yield()* - realizează cedarea controlului de la obiectul thread, planificatorului JVM pentru a permite unui alt thread să ruleze
- *void interrupt()* – trimite o întrerupere obiectului thread ce o invocă (setează un flag de întrerupere a threadului activ).
- *static boolean interrupted()* - testează dacă threadul curent a fost întrerupt, resetează starea interrupted a threadului current
- *boolean isInterrupted ()* - testează dacă un thread a fost întrerupt fără a modifica starea threadului
- *boolean isAlive()* - permite identificarea stării obiectului thread
- *void setDaemon(boolean on)* - apelată imediat înainte de start permite definirea threadului ca daemon. Un thread este numit daemon, dacă metoda lui run conţine un ciclu infinit, astfel încat acesta nu se va termina la terminarea threadului părinte.
- *getPriority()* - returnează prioritatea threadului curent
- *setPriority(newPriority)* -permite atribuirea pentru threadul curent a unei priorităţi dintr-un interval.

Metodele stop(), suspend() şi resume(), definite în versiuni anterioare au fost eliminate deoarece în cazul unei proiectări defectuoase a codului pot provoca blocarea acestuia .

Crearea firelor de execuție (thread) in Java

- In orice program Java, aflat in executie, JVM creează automat un obiect fir de executie, avand rolul de a apela metoda *main*.
- Firele de executie pot fi create și explicit de către programator:
  - Implement the Runnable Interface (preferred)
  - Extend the Thread class

Metoda 1. java.lang.Thread

```
class Ball extends Thread {
    // constructor; draw(); move(); etc.
    public void run() {
    // code to animate the ball
    }
}
public class TestBall{
    public static void main(String[] args) {
        Ball b=new Ball();
        b.start();
    }
}
```

Mod gresit de folosire a mostenirii: a ball “is a” thread???

Ball b = new Ball(…);

- To launch a runnable thread, call start()
- NEVER call run() directly
  - start() creates the thread, sets up the context, & calls run()

Metoda 2. Interfata functională Runnable

```
class Ball implements Runnable {
    private Pane box;

    public Ball(Pane b) {
        box = b;
    }

    public void run() {
        // code to animate the ball
    }
}
```

```
Pane p=new Pane();
Ball b=new Ball(p);
Thread t=new Thread(b);
t.start();
```

Metoda 2. Interfata functională Runnable – Reinforce learning ☺

```
class Ball {
    private Pane box;

    public Ball(Pane b) {
        box = b;
    }
}
```

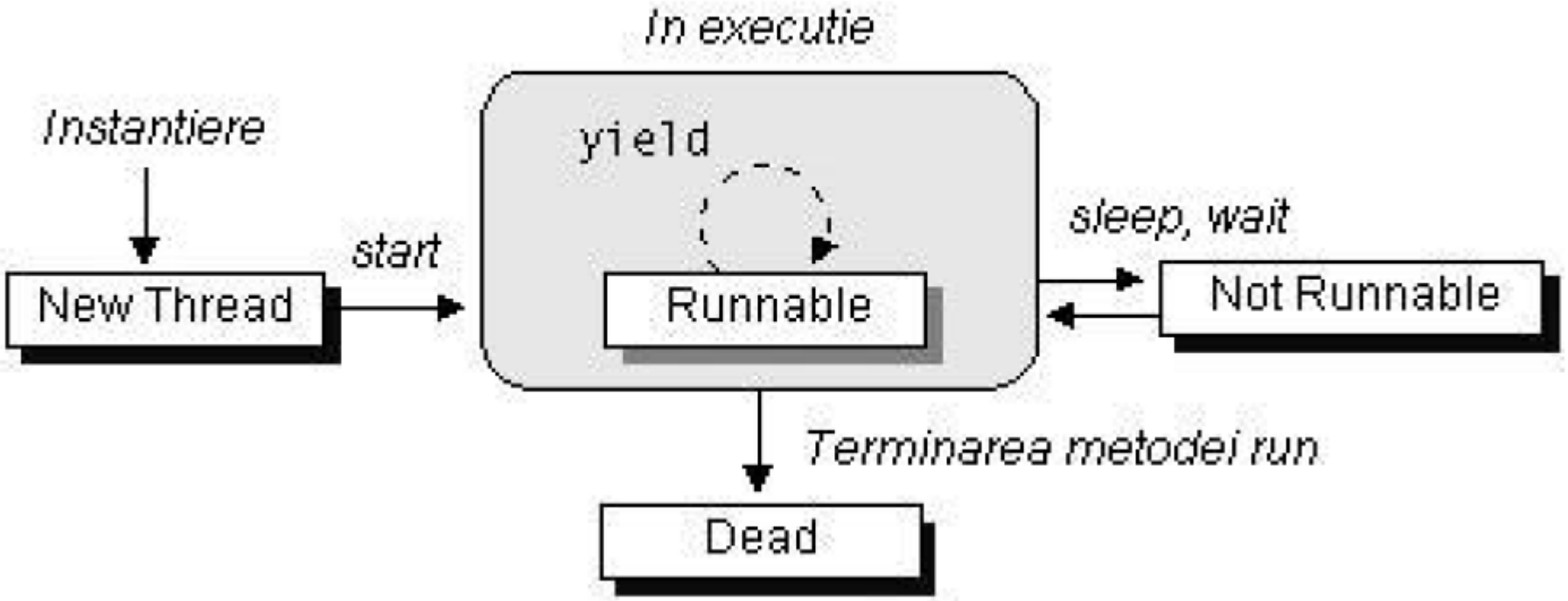
```
Ball b=new Ball(p);
Thread t=new Thread(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        // ...
    }
});
t.start();
```

```
Thread t2=new Thread(()->{ //...run method as lambda })
t2.start();
```

Stările unui fir de execuție

- **New Thread** – Obiectul fir de execuţie a fost creat: `Thread counterThread = new Thread ( ...);`
- **Runnable** – După apelul metodei start, `counterThread.start();` Metoda start realizează următoarele operaţiuni necesare rulării firului de execuţie:
  - *aloca resursele sistem necesare*
  - *planifica firul de execuţie la CPU pentru a fi lansat*
  - *apelează metoda run a obiectului reprezentat de firul de execuţie*
- **Dead** – Calea normala prin care un fir se termina este prin ieşirea din metoda run(). Se poate forţa terminarea firului apelând metoda stop() dar nu se recomanda folosirea sa, fiind o metoda “deprecated” in Java2.
- **Not Runnable - Blocked/Wait** – Un fir de execuţie ajunge în această stare în una din următoarele situaţii:
  - este "adormit" prin apelul metodei **sleep**.
  - a apelat metoda **wait**, aşteptând ca o anumita condiţie să fie satisfăcută
  - este blocat într-o operaţie de intrare/ieşire

Ciclul de viață a unui thread



- public class Thread { .. // enum in 1.5 is a special class for finite type.
- public static enum State { //use Thread.State for referring to this nested class

Cooperarea firelor de executie (synchronization)

- O caracteristică importantă a firelor de executie este că ele vad același heap.
- Acest lucru poate duce la multe probleme în cazul in care un obiect oarecare (care e o resursa comuna pentru toate firele) este accesat din doua fire de executie diferite.
- **Metode de cooperare:**
  - Mecanismul de excludere mutual (mutex – semafor)
  - Comunicare prin conditii

Imaginați-vă la un ghiseu mai multe persone care vor să obtină informații de la o singură persoană sau doi indieni care trag cu același arc!!!!

Problema producatorului - consumatorului

```
class BankAccount {
    private double balance; //sold
    public BankAccount(double bal) { balance = bal; }
    public BankAccount() { this(0); }
    public double getBalance() { return balance; }
    public void deposit(double amt) { ... }
    public void withdraw(double amt) { ... }
}
```

```
BankAccount account =new BankAccount(0);

Thread t1=new Thread(()->account.deposit(50));
Thread t2=new Thread(()->account.deposit(50));

t1.start();
t2.start();
```

BankAccount1 - *test_deposit*();

Problema producatorului - consumatorului

```
public void deposit(double amt) {
    double temp = getBalance();
    temp = temp + amt;
    try {
        Thread.sleep(300);
    } catch (InterruptedException ie) {
        System.err.println(ie.getMessage());
    }
    balance = temp;
}
```

```
public void deposit(double amt) {
    double temp = getBalance();
    temp = temp + amt;
    try {
        Thread.sleep(300);
    } catch (InterruptedException ie) {
        System.err.println(ie.getMessage());
    }
    balance = temp;
}
```

```
BankAccount account =new BankAccount(0);
Thread t1=new Thread(()->account.deposit(50));
Thread t2=new Thread(()->account.deposit(50));
t1.start();
t2.start();

t1.join();
t2.join();
System.out.println("after deposit balance = $"+account.getBalance());
```

Output:
after deposit balance = $50.0

Process finished with exit code 0

In cazul exemplului de mai sus se spune ca programatorul a introdus in sistem o conditie de cursa. Astfel de conditii nu au voie sa apara in sistemele concurente.

Mecanismul de excludere mutuală

- Solutie – mutex - monitor:
  - la un moment dat un obiect poate fi manipulat de un singur fir de executie si numai de unul.
  - Daca un fir de execuție apelează o metodă sincronizată pentru un obiect se verifică dacă obiectul respectiv se află în starea “liber”.
  - Dacă da, obiectul e trecut în starea “ocupat” și firul începe să execute metoda, iar când firul termină execuția metodei obiectul revine în starea “liber”.
  - Dacă nu e “liber” când s-a efectuat apelul, înseamnă că există un alt fir ce execută o metodă sincronizată pentru acelasi obiect (mai exact, un alt fir a trecut obiectul în starea “ocupat” apelând o metodă sincronizată sau utilizand un bloc de sincronizare). Într-o astfel de situație firul va astepta pană cand obiectul trece în starea “liber”.

Excludere mutuală

- Cum specificam acest lucru in Java? Una dintre posibilitati are putea fi:
  - metode **synchronized**: in timpul in care un fir executa instructiunile unei metode synchronized pentru un obiect, nici un alt fir nu poate executa o metoda declarata synchronized pentru ACELASI obiect.
  - utilizarea blocurilor de sincronizare

Synchronized account Exemplu

- http://www.cs.sjsu.edu/~pearce/modules/lectures/j2se/multithreading/synch1.htm

```
public synchronized void deposit(double amt) {
    double temp = balance;
    temp = temp + amt;
    try {
        Thread.sleep(300); // simulate production time
    } catch (InterruptedException ie) {
        System.err.println(ie.getMessage());
    }
    balance = temp;
}
```

```
BankAccount account =new BankAccount(0);
Thread t1=new Thread(()->account.deposit(50));
Thread t2=new Thread(()->account.deposit(50));
t1.start();
t2.start();
```

Impas (deadlock)

- Excluderea mutuala este necesara pentru rezolvarea unuei probleme de concurrenta, dar nu si suficienta:
- Un fir executa o metoda sincronizata (deci obiectul apelat e “ocupat”) dar nu poate sa termine executia pana cand nu s-a indeplinit o anumita conditie.
- Daca acea conditie poate fi indeplinita doar cand un alt fir ar apela o metoda sincronizata a aceluiasi obiect, situatia ar fi fara iesire:
    - Obiectul e tinut ocupat, iar firul care vrea sa apeleze metoda sincronizata a aceluaiasi obiect pentru indeplinirea conditiei (deposit method), nu poate acest lucru (obiectul fiind “ocupat” iar metoda sincronizata.

Excluderea mutuala nu e suficienta

```
public class BankAccount {
    public synchronized void  deposit(double amt) {…}
    public synchronized void withdraw(double amt) {…}
}


class Consumer implements Runnable {
    private BankAccount account;
    private double amount;
    public Consumer(BankAccount acct, double amt) { account = acct; amount=amt;}
    public void run() {
        account.withdraw(amount);
    }
}


class Producer implements Runnable {
    private BankAccount account;
    private double amount;
    public Producer(BankAccount acct, double amt) { account = acct; amount=amt;}
    public void run() {
        account.deposit(amount);
    }
}
```

Excluderea mutuala nu e suficientă

```
BankAccount account = new BankAccount(50);
int slaveCount = 4;
Thread[] slaves = new Thread[slaveCount];
for(int i = 0; i < slaveCount; i++) {
    if (I == 2) {
        slaves[i] = new Thread(new Producer(account,50));
    } else {
        slaves[i] = new Thread(new Consumer(account,50));
    }
}
for(int i = 0; i < slaveCount; i++) {
    slaves[i].start();
}
```

```
for(int i = 0; i < slaveCount; i++) {
    try {
        slaves[i].join();
    } catch(InterruptedException ie) {
        System.err.println(ie.getMessage());
    } finally {
        System.out.println("slave "+ i + " has died");
    }
}
System.out.print("Closing balance = ");
System.out.println("$" + account.getBalance());
```

```
public void synchronized withdraw(double amt) {
    while (balance < amt) {
        System.out.println("Insufficient funds! Waiting");
        return;
    }
    double temp = balance;
    temp = temp - amt;
    try {
        Thread.sleep(200); // simulate consumption time
    } catch (InterruptedException ie) {
        System.err.println(ie.getMessage());
    }
    System.out.println("after withdrawl balance = $" + temp);
    balance = temp;
}
```

wait - notifyall

```
public synchronized void  deposit(double amt) {
    double temp = balance; temp = temp + amt;
    try {
        Thread.sleep(300); // simulate production time
    } catch (InterruptedException ie) { System.err.println(ie.getMessage()); }
    balance = temp;
    System.out.println("after deposit balance = $" + balance);
    notifyAll();
}
```

```
public synchronized void withdraw(double amt) {
    while (balance < amt) {
        System.out.println("Insufficient funds! waiting ... ");
        try {
            wait();
        } catch (InterruptedException e) { e.printStackTrace(); }
    }
    double temp = balance; temp = temp - amt;
    try {
        Thread.sleep(200); // simulate consumption time
    } catch (InterruptedException ie) {
        System.err.println(ie.getMessage());
    }
    balance = temp; System.out.println("after withdrawl balance = $" + balance);
}
```

Comunicare prin conditii

Prototip	Descriere
wait()	Când un fir de execuţie apelează această metodă pentru un obiect, firul va fi pus în aşteptare. Aceasta înseamnă că nu se revine din apel, că ceva ţine firul în interiorul metodei wait(). Acest apel este utilizat pentru "blocarea" unui fir până la îndeplinirea condiţiei de continuare. În timp ce un fir aşteaptă în metoda wait() apelată pentru un obiect, obiectul receptor va trece temporar în starea "liber".
notifyAll()	Când un fir de execuţie apelează această metodă pentru un obiect, TOATE firele de execuţie ce sunt "blocate" în acel moment în metoda wait() a ACELUIAŞI OBIECT sunt deblocate şi pot reveni din apelul respectivei metode. Acest apel este utilizat pentru a anunţa TOATE firele care aşteaptă îndeplinirea condiţiei de continuare că această condiţie a fost satisfăcută.

Metode utilizate în mecanismul de cooperare prin condiţii.