Algorithmen und Programmierung IV: Nichtsequentielle Programmierung

Robert Tolksdorf
Basiert auf ALP IV, SS 2003
Klaus-Peter Löhr
Freie Universität Berlin

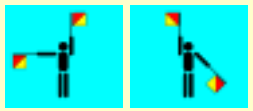
Überblick

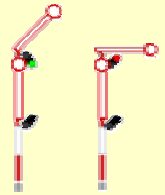
Überblick

- Semaphore
  - Operationen
  - Sperren
  - Puffer
- Nebenläufigkeit und Objektorientierung
  - Vererbungsanomalien
  - Abhilfen
  - Aktive Objekte

3.3 Semaphore (Dijkstra 1968)

- sind einfache Synchronisationsobjekte, ähnlich wie Ereignisse, aber unabhängig von Monitoren:
  - (das) Semaphor: altes Flügelsignal – wie bei der Bahn
  - (engl. semaphore: auch Flaggensignal bei der Marine)





- Operationen:
  - P() steht für (holl.) passeren
  - V() steht für (holl.) verhogen oder vrijgeven
- Synonyme für P/V:
  - up/down ,
  - wait/signal

3.3.1 Abstrakte Definition

- Die Anzahl der abgeschlossenen P/V-Operationen auf einem bestimmten, mit n initialisierten Semaphor sei p bzw. v.
- Dann gilt die Invariante:

  $P \leq v+n$
- Mit anderen Worten:
  - V kann stets ausgeführt werden,
  - P aber nur dann, wenn p < v+n

Definition/2

- des Typs Semaphor mit Hilfe eines verzögerten Monitors:

```
MONITOR Semaphore {
private int signals;
public  Semaphore(int init)
        PRE  init >= 0 {signals = init;}
                                  „Vorschuss von Signalen"
public  void P()
        WHEN signals > 0 {signals--;}
                          „verbraucht Signal"
public  void V()        {signals++;}
}                         „erzeugt Signal"
```

- Fairness: FCFS

Semaphore

- Beachte: P/V entsprechen einfachen Operationen request/release auf einem Ressourcen-Pool
- Achtung!
  Semaphore nicht mit Ereignissen verwechseln!
- Weitere Terminologie – entsprechend dem aktuellen Verhalten:
  - Boolesches Semaphor:
    - hat Invariante signals <= 1 ,
    - verhält sich wie Sperrvariable (3.1.5←)
  - privates Semaphor:
    - nur ein Prozess führt P-Operationen darauf aus
  - (Konsequenz: Frage nach Fairness ist irrelevant)

Verallgemeinerte Semaphore

- Verallgemeinerte Semaphor-Operationen:

  void P(int n)
  void V(int n)
- (vgl. request/release)

  static void P(s1,s2,..)
  static void V(s1,s2,..)
- (vgl. Mehrobjekt-Sperren (3.1.6←)

3.3.2 Sperren mit Semaphoren

- Ein Semaphor kann als Sperrvariable verwendet werden:
- der Effekt von
  x.lock(); ..... ; x.unlock();
- wird erzielt durch
  mutex.P(); ..... ; mutex.V();
- mit Semaphore mutex = new Semaphore(1);
- (= Boolesches Semaphor)

Sperren mit Semaphoren

- Ist der zu schützende Abschnitt nur „halbkritisch", kann das Semaphor entsprechend initialisiert werden.
- Beispiel:
  - interaktives nichtsequentielles Programm schützt Benutzer vor Informationsüberflutung durch Begrenzung der Anzahl der zu einem Zeitpunkt auf dem Bildschirm erscheinenden Dialogfenster:
  - Semaphore sema = new Semaphore(3);

```
sema.P();
   open dialogue;
   display output;
   accept input;
   close dialogue;
sema.V();
```


Ressourcen-Verwaltung (3.2.2.3←)

```
class Resources<Resource> {
private final Stack<Resource> pool;
private final Semaphore available;
public Resources(Stack<Resource> pool){
    this.pool = pool;
    available = new Semaphore(pool.length());
}

public Resource request() {
    available.P();
    synchronized(pool){return pool.pop();}
}
public void release(Resource r) {
    synchronized(pool){pool.push(r);}
    available.V();
}
}
```


3.3.3 Puffer-Varianten

- Delegation an LinearQueue aus 3.2.3:

```
class Buffer {
private final Queue<Object> queue;
private final Semaphore frame;
private final Semaphore messg;

public Buffer(int size) {
      queue = new LinearQueue(size);
      frame = new Semaphore(size);
      messg = new Semaphore(0);
}
```

Buffer/2

```
public void send(Object m) {
  frame.P();   // außerhalb des kritischen Abschnitts !
  synchronized(queue){queue.append(m);}
  messg.V();
}
public Object recv() {
  Object m;
  messg.P();
  synchronized(queue){m = queue.remove();}
      frame.V();
      return m;
}
public int length() {
      synchronized(queue){return queue.length();}
}
```


Spezialfall: Puffer mit einem Platz:

```
class Box {
protected double box;
private final Semaphore empty = new Semaphore(1);
private final Semaphore full =  new Semaphore(0);

public void send(double m) {
      empty.P();
      box = m;              // kein Ausschluß erforderlich !
      full.V();
}
public double recv() {
      full.P();
      double m = box;
      empty.V();
      return m;
}
}
```


3.3.4 Äquivalenz von Semaphoren und Monitoren

- Semaphore können mit Monitoren implementiert werden (3.3.1←)
- Die Umkehrung gilt ebenfalls – siehe unten !
- Somit sind Semaphore und Monitore hinsichtlich ihrer Synchronisationsfähigkeiten gleich mächtig.

Beispiel – Monitor mit signal-and-return

```
class Monitor { // "Sema" means "Semaphore"
protected final Sema mutex = new Sema(1);
protected class Event {
        private int waiting = 0;
        private Sema ready = new Sema(0);
        public void wait() {
              waiting++;
              mutex.V();
              ready.P();
              waiting--; }
        public void signal() {
              if(waiting != 0) ready.V();
              else             mutex.V();
              break Monitor; }//almost Java!
        }
}
```

- Für andere Monitor-Varianten ähnlich

Beispiel/2

- Damit z.B.

```
class X extends Monitor {
private final Event e = new Event();
...
...
public void op1() {// if result, modify ...
      mutex.P();
      ... e.wait(); ...
      mutex.V();
}
public void op2() {// no result possible
      mutex.P();
      ... e.signal();
      mutex.V();  // disposable
}
}
```


3.4 Nebenläufigkeit und Objektorientierung

- Hinterfragen: wie verhalten sich die Konzepte Prozesse und Synchronisation zu den Konzepten Klassen und Vererbung ?

- Übersichtsartikel *Briot/Guerraoui/Löhr 1998* (ACM Computing Surveys, Sept. 1998)
- Als Technischer Bericht: *Briot/Guerraoui/Löhr 1997*
- *ftp://ftp.inf.fu-berlin.de/pub/reports/tr-b-97-07.ps.gz*

3.4.1 Vererbungsanomalien

- *(inheritance anomalies)*
- Eine Vererbungsanomalie liegt vor, wenn
  - in einer Unterklasse einer synchronisierten Klasse *allein aus Synchronisationsgründen* das Umdefinieren *(overriding)* einer ererbten Operation erforderlich wird.

Beispiel 1

```
class Resources<R> {
      .....
protected int available = ...;
public synchronized R request() {
      while(available == 0) wait();
      available--;
      .....       // get resource
}
public synchronized void release(R r) {
      .....       // put resource
      available++;
      notify();     // NOT notifyAll !
}
}
```

Beispiel 1

```
class Resources2 extends Resources {

public synchronized Pair<R> request2() {
      while(available < 2) wait();
      available -= 2;
      .....          // get 2 resources
}
public synchronized void release(R r) {
      super.release(r);
      notifyAll();
}
}
```

- Mögliches Szenario *ohne* umdefiniertes release:
  1. Prozesse warten bei request und bei request2
  2. release weckt Prozess in request2 .....

2 Alternativen zur Abhilfe

1. Bessere Programmiersprache:

```
MONITOR Resources<R> {
      .....
public R request()
      WHEN available > 0 {.....}

public void release(R r)  {.....}
}

MONITOR Resources2 extends Resources {
public Pair<R> request()
      WHEN available > 1 {.....}
}
```


2 Alternativen zur Abhilfe

1. Sorgfältige Planung bei der Konstruktion der Oberklasse – hier:

```
class Resources<R> {
.....
public synchronized void release(R r) {
      .....          // put resource
      available++;
      notifyAll();
}
```

- Weniger effizient, vermeidet aber die beschriebene Anomalie

Beispiel 2

- *Tabelle* mit Materialkonstanten, Atomgewichten o.ä.

```
class KeysToDoubles {
protected final int max = ...; // fixed capacity
protected final Vector   keys = new Vector(max);
protected final double[] nums = new double[max];

public synchronized
      void enter(Object key, double num) {
       nums[keys.size()] = num;
       keys.addElement(key);
}
public double lookup(Object key) { // NOT sync. !
      return nums[keys.indexOf(key)];
}
}
```

- (Der Einfachheit halber werden hier alle möglichen Ausnahmen ignoriert.)

Beispiel 2

```
class UpdatableDoubles extends KeysToDoubles {

public synchronized
      void update(Object key, double num) {
      nums[keys.indexOf(key)] = num;
}
public synchronized double lookup(Object key) {
      return  super.lookup(key);
}
}
```

- Mögliches Szenario *ohne* umdefiniertes lookup :
  Überlappende Ausführung von lookup und update bewirkt, daß ein nums-Element (das nicht unteilbar ist!) überlappend gelesen und überschrieben werden kann.

Abhilfe?

1. Bessere Programmiersprache:
   statt synchronized deklarative Angaben zur wechselseitigen Verträglichkeit *(compatibility)* von Operationen, z.B.

```
void enter(Object key, double num) {
      ...}

double lookup(Object key) COMP lookup, enter {
      ...}

void update(Object key, double num) {
      ...}
```

2. Sorgfältige Planung ??

Beispiel 3

- Beispiel 3: Schlange → Puffer → erweiterter Puffer

```
class LinearQueue { // 3.1.2 ←, 3.2.3 ←
protected int size, front, rear;
...
public void append(Object x) throws ... {...}
public Object remove()       throws ... {...}
}
```

- Bei dieser Repräsentation der Schlange (3.1.2) verursacht eine Überlappung von append mit remove keine Probleme!
- Daher:

Beispiel 3

```
class Buffer extends LinearQueue { // sync.
protected final Sema frame = new Sema(size);
protected final Sema messg = new Sema(0);
protected final Object sending   = new Object();
protected final Object receiving = new Object();
public void append(Object x) {
      frame.P();
      synchronized(sending) {super.append(x);}
      messg.V(); }
public Object remove() {Object x;
      messg.P();
      synchronized(receiving) {x = super.remove();}
      frame.V();
      return x;  }
}
```

Beispiel 3

```
class ClearableBuffer extends Buffer {
public void clear() {
    ???
    front = 0;
    rear  = 0;
    ???
}
}
```

Nicht implementierbar ohne völliges Umschreiben von append/remove !

- Abhilfe ?
  1. Mit **WHEN** und **COMP** !
  2. Sorgfältige Planung ??

3.4.2 Aktive Objekte (active objects)

- Zur Erinnerung:
  - 2.1.4: Prozess ≈ Objekt/Klasse
  - Prozessaktivität = ausgezeichneter Block
  - 2.2.1: Java:
    - Prozess („Thread") = Unterklasse von Thread
    - Prozessaktivität = Rumpf von run

3.4.2.1 Autonome Operationen

- Wünschenswert:
  Klasse kann **autonome Operationen** enthalten
- Syntax: (nicht Java!)
  - AutonomousMethodDecl = **AUTO** Identifier Block
- Eine solche Operation wird nach abgeschlossener Initialisierung *ohne expliziten Aufruf* automatisch gestartet und nach Beendigung automatisch *erneut* gestartet.
- Es gibt hier *weder* Modifizierer *noch* Argumente *noch* Ergebnis!

Beispiel

- (kommt ohne Synchronisation aus!):

```
class  Moving { // in plane; Vector is 2-dim.
public Moving(Vector start, double timeUnit) {
       pos = start.clone();   // position
       vel = new Vector(0,0); // velocity
       time = timeUnit; }     // time granule
protected Vector pos;
protected volatile Vector vel;
protected final double time;

AUTO step {
    pos = new Vector(pos.x + vel.x * time,  pos.y + vel.y * time); }

public void setVelocity(Vector v) {
       vel = v.clone();
}
}
```

Beispiel/2

- Erweiterung z.B. so:

```
class  MovingAndBeeping extends Moving {
public MovingAndBeeping(Vector s, double t,
                        Speaker sound) {
      super(s,t);
      this.sound = sound; }
protected volatile boolean beepOn;
protected final Speaker sound;

AUTO beep WHEN beepon { sound.beep(); }

public void on(boolean b) { beepOn = b; }
}
```

- (wiederum keine Synchronisation erforderlich)

Beispiel/3

```
class  Moving { // ... in Java – aber „Frühstart"-Gefahr (2.2.1)
public Moving(Vector start, double timeUnit) {
      pos = start.clone();   // position
      vel = new Vector(0,0); // velocity
      time = timeUnit;       // time granule
      new Thread(new Runnable() {
         public void run() { while(true) step();}}).start();}
protected Vector pos;
protected volatile Vector vel;
protected final double time;

private void step() {
    pos = new Vector(pos.x + vel.x * time,  pos.y + vel.y * time);
}

public void setVelocity(Vector v) {
      vel = v.clone(); }
}
```


3.4.2.2 Asynchrone Operationen

- Zur Erinnerung (2.1.2):
- Wenn eine ergebnislose Operation nach Aufruf und erfolgter Parameter-Übergabe **asynchron** ausgeführt werden soll (d.h. nebenläufig zum Aufrufer), kann das mit der Gabelungsanweisung

```
FORK Operation(Parameters)
```

erreicht werden.

- **FORK** gibt *dem Aufrufer* die Möglichkeit, *zwischen Synchronie und Asynchronie zu wählen.*

Asynchrone Operation

- Alternative:
  Asynchrone Operation **(nicht Java!),** d.h.
  Asynchronie ist Eigenschaft der Operation (und Gabelungsanweisung entfällt)
- Syntax:
  - AsynchronousMethodDecl = **ASYNC** MethodDecl
- ASYNC ist ein Modifizierer *(modifier).*
- Vorteile:
  - Semantik!
    Es ist i.a. *nicht gleichgültig*, ob eine Operation synchron oder asynchron abläuft.
  - Effizienz:
    Übersetzer kann Threading optimieren.

Beispiel

- Beispiel:

```
class Printer {
      ...
public ASYNC void print(File f) {
      ..... // do print f
}
public Status check() {
      .....
}
}
```

- Benutzung:

```
... s = printer.check();   printer.print(f); ...
```


Beispiel/2

- In Java:

```
class Printer {
      ...
public void print(final File f) { // async.
      new Thread(new Runnable(){
          public void run(){
                .../* do print f */...}})
      .start();
}
public Status check() {
      .....
}
}
```


3.4.2.3 Verzögerte Synchronisation

- Asynchrone Operationen *mit Ergebnis* **(nicht Java!):**

```
class Printer {
      ...
public ASYNC Result print(File f) {
      ..... // do print f
}
}
```

Verweistyp, nicht primitiver Typ!

- Aufruf in

```
Result result = printer.print(File f);
```

liefert einen Ergebnisvertreter *(„future")* result

Verzögerte Synchronisation

- Implizite Synchronisation mit der Operations-Beendigung bei erstem Zugriff auf den Ergebnisvertreter –
  verzögerte Synchronisation
  (lazy synchronization, wait-by-necessity)

```
Result result = printer.print(f);
...
... // do other business
...
Status s = result.getStatus();
   // await termination of print,
   //       then access print result
```

Verzögerte Synchronisation in Java?

- Nachbau in Java ?
  - ➔ Übung
- Verhalten von

```
ASYNC R op(A a)
    PRE  ...
    WHEN ...
    {.......}
```

➔ ehrgeizigere Übung

Zusammenfassung

Zusammenfassung

- Semaphore
  - P() / V()
  - Sperren mit Semaphoren
  - Puffer
  - Semaphore und Monitore gleich mächtig
- Nebenläufigkeit und Objektorientierung
  - Vererbungsanomalien
  - Abhilfen
  - Aktive Objekte
    - Autonome Operationen
    - Asynchrone Operationen
    - Verzögerte Synchronisation