Kapitel 5

Monitore und Synchronisationsbedingungen

Prof. Dr. Rolf Hennicker

22.06.2017

5.1 Synchronisationsbedingungen

Bisherige Verwendung von Monitoren:
Verkapselung von Daten, Zugriffoperationen unter wechselseitigem Ausschluss.

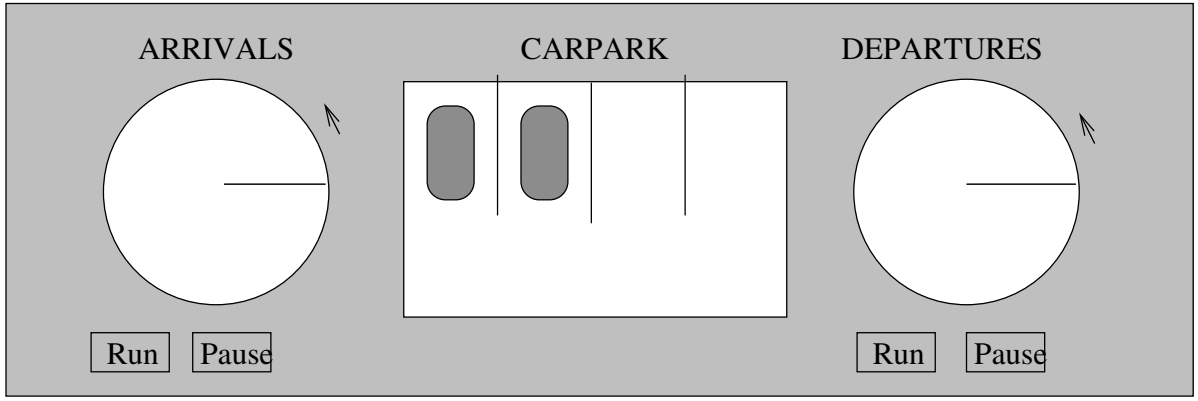
Jetzt zusätzlich:
Synchronisationsbedingungen zur Prozesskooperation.

Idee:
Bestimmte Monitoroperationen dürfen erst dann ausgeführt werden, wenn eine bestimmte Bedingung (abhängig vom Monitorzustand) erfüllt ist.

Z.B.
Puffer nicht voll: erst dann Ablegen eines Elements möglich,
Puffer nicht leer: erst dann Holen eines Elements möglich.

Beispiel (Carpark):

Simulation eines Parkhauses mit beschränkter Kapazität



Keine Ankunft, wenn Parkhaus voll ist.
Keine Abfahrt, wenn Parkhaus leer ist.

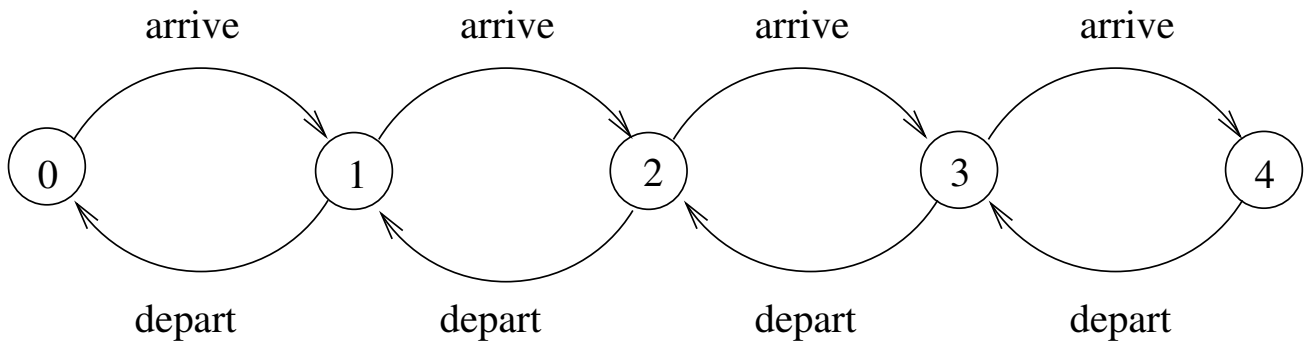
5.2 Modellierung von Synchronisationsbedingungen

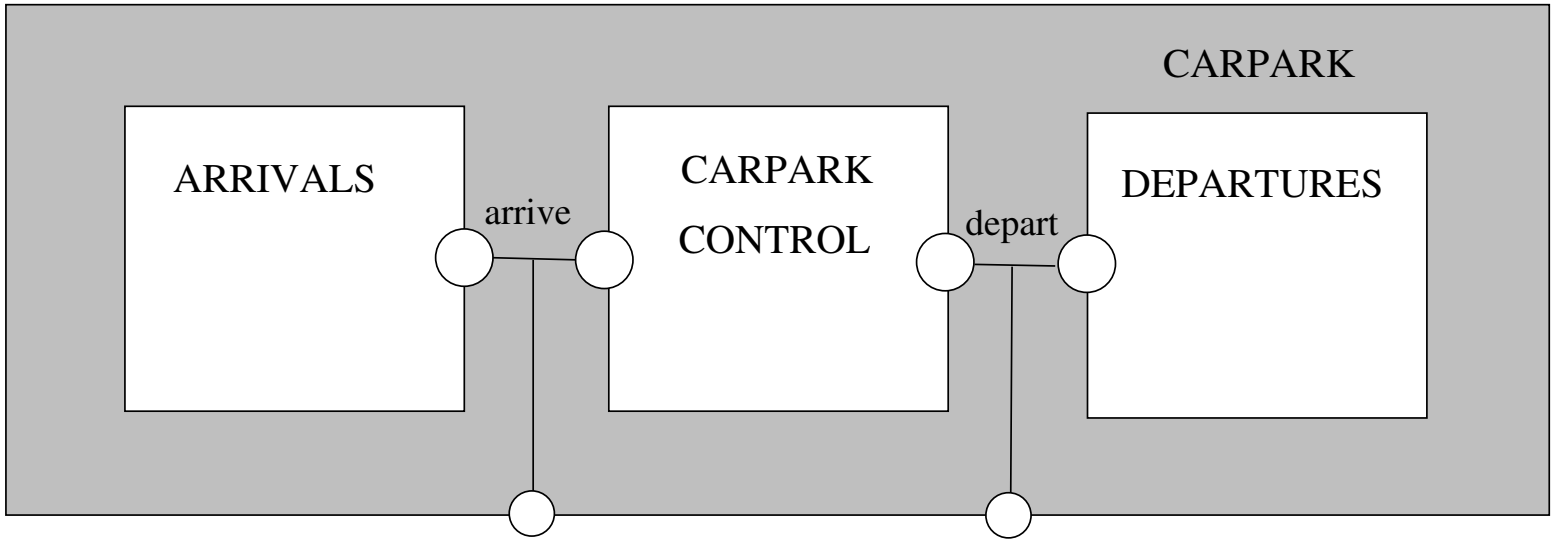
Beispiel (Modellierung des Carpark):

ARRIVALS = (arrive → ARRIVALS).
DEPARTURES = (depart → DEPARTURES).

CARPARKCONTROL(N=4) = SPACES[N],
SPACES[free:0..N] = (when(free>0) arrive → SPACES[free-1]
| when(free<N) depart → SPACES[free+1]).

||CARPARK = (ARRIVALS || CARPARKCONTROL(4) || DEPARTURES).





Strukturdiagramm des Carpark–Modells

Schema zur Modellierung von Synchronisationsbedingungen

$P1 = (op1 \rightarrow P1).$
$P2 = (op2 \rightarrow P2).$

MONITOR(N=...) = MON[init],
MON[state:Data] =
    (when (cond1) op1 $\rightarrow$ MON[nextState1]
    | when (cond2) op2 $\rightarrow$ MON[nextState2]).

$\|SYS = (P1 \| P2 \| MONITOR).$

Bemerkung:

- Die Synchronisationsbedingungen werden durch Wächter für Aktionen ausgedrückt.
- Die Bedingungen hängen vom Monitorzustand ab.
- Die Monitorzustände werden durch Prozessindizes (in lokalen Prozessen) modelliert.

Klassifizierung von Prozessen

- Im Carpark-Beispiel sind ARRIVALS und DEPARTURES *aktive* Komponenten. Sie initiieren die Aktionen “arrive“ und “depart“ (Output-Aktionen).
- CARPARKCONTROL ist eine *passive* Komponente, die auf Aktionen reagiert (Input-Aktionen).
- Aktive Komponenten werden durch Threads implementiert.
  Passive Komponenten, die zur Überwachung von Synchronisations-bedingungen dienen, werden durch Monitore implementiert.

5.3 Implementierung von Synchronisationsbedingungen in Java

Zur Realisierung von Synchronisationsbedingungen verwenden wir die Methoden

```
public final void wait() throws InterruptedException
public final void notify() bzw. notifyAll()
```

der allgemeinsten Klasse `Object`.

Wirkungsweise:

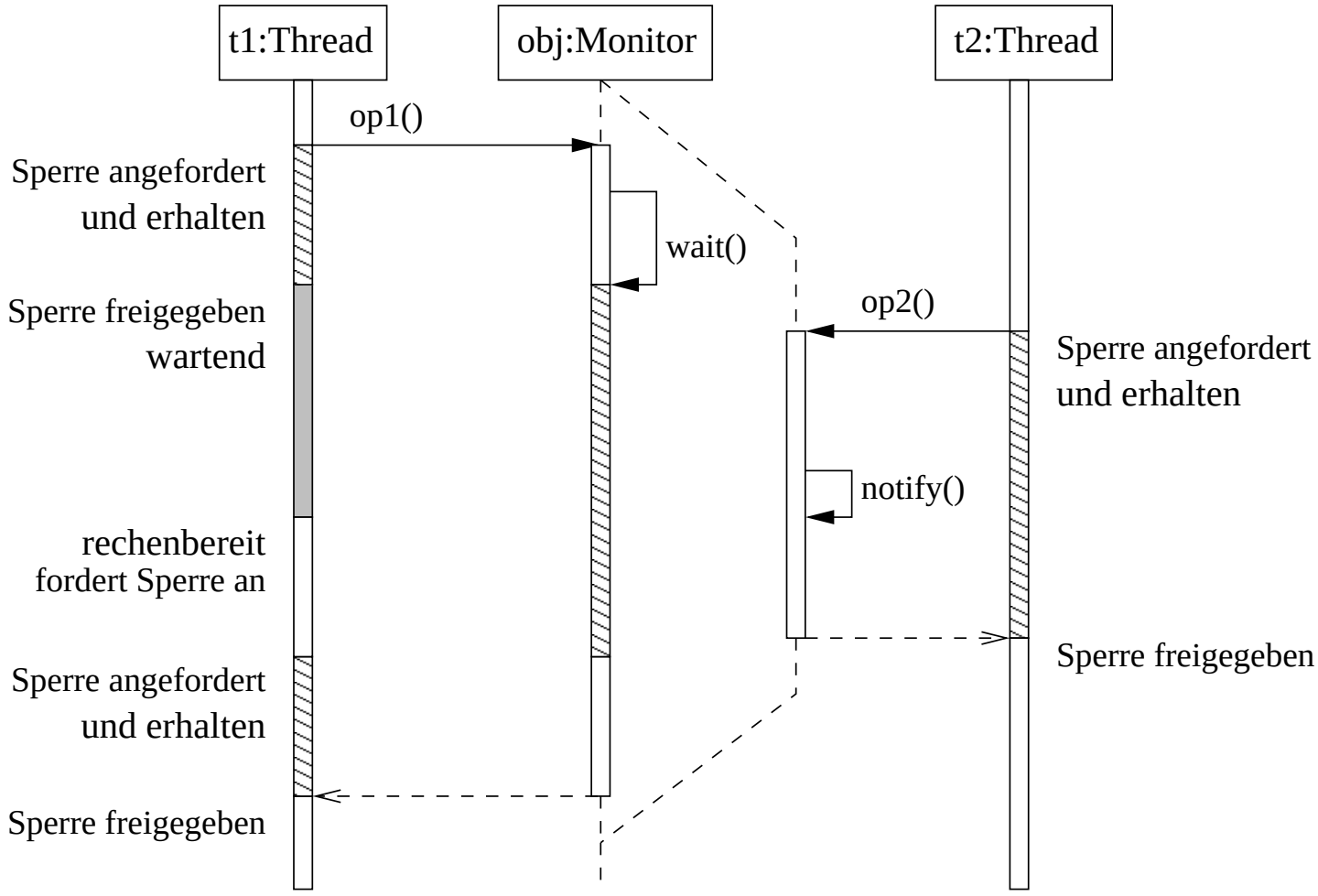
Jedes Objekt obj besitzt neben seiner Sperre eine Menge w von wartenden Threads. Die folgenden Operationen werden in einer unteilbaren Aktion ausgeführt:

- obj.wait():
  - Der gerade ausgeführte Thread t gibt die Sperre von obj frei.
  - t wird in die Wartemenge w von obj eingereiht.
- obj.notify():
  - Ein beliebiger Thread wird aus w freigelassen ("geweckt") und ist wieder rechenbereit.
- obj.notifyAll():
  - Alle Threads werden aus der Wartemenge w von obj freigelassen.

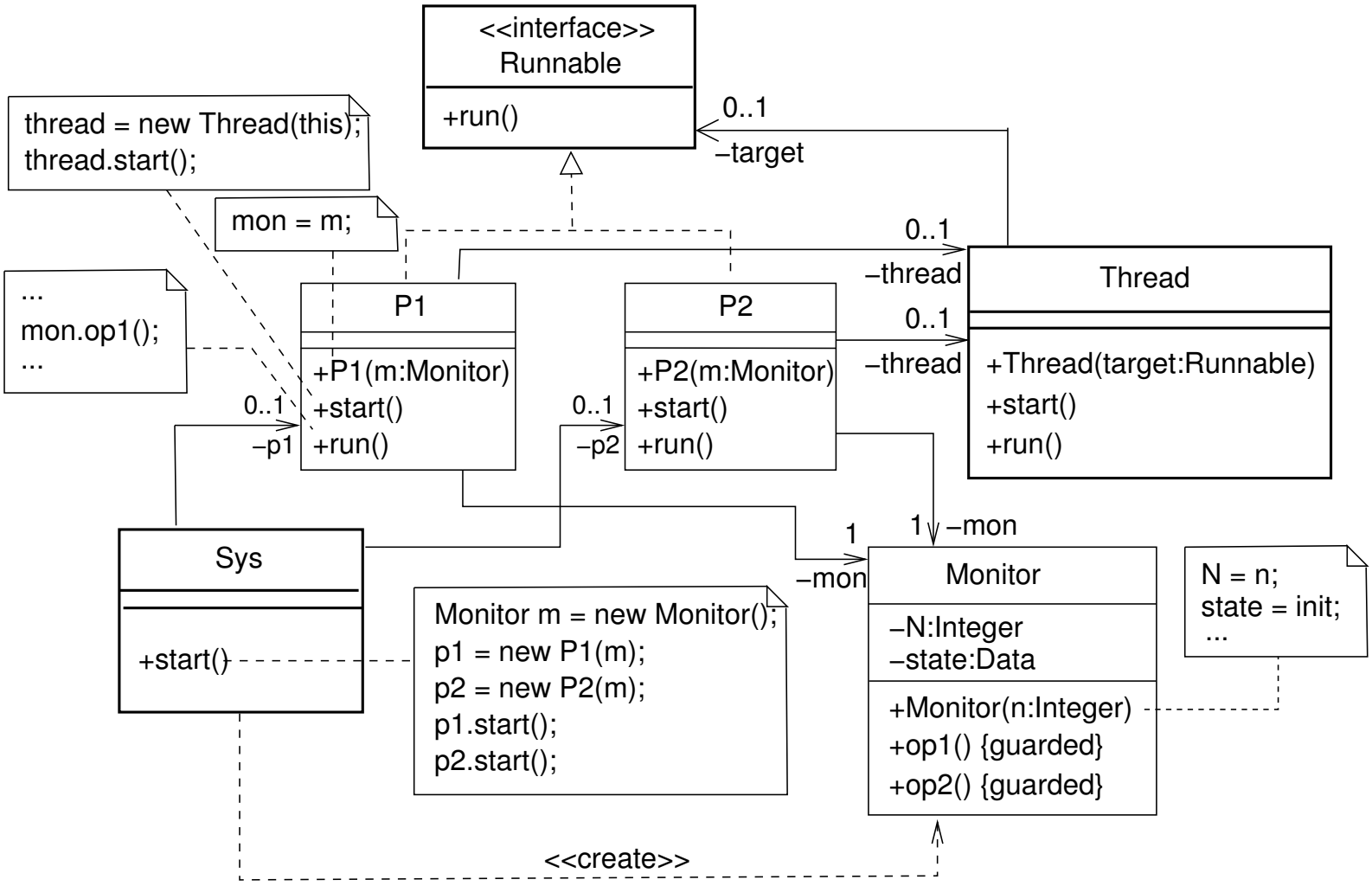
Beachte:

1. `wait` und `notify` (bzw. `notifyAll`) dürfen nur innerhalb von synchronisierten Blöcken aufgerufen werden.
2. Wird ein Thread `t` geweckt, dann muss er sich wieder um die Sperrre von obj bewerben. Die Sperre bleibt solange bei demjenigen Thread, innerhalb dessen "notify" aufgerufen wurde, bis dieser sie freigibt.
   ("Signal and Continue"-Prinzip)
3. Sobald ein geweckter Thread `t` die Sperre von obj wieder erhält, fährt er dort fort, wo er aufgehört hat.

Sequenzdiagramm mit “wait“ und “notify“



Schema zur Implementierung von Synchronisationsbedingungen



```
public class Monitor {
   private int N;
   private Data state;

   public Monitor(int n) {
     N = n;
     state = init;

   public synchronized void op1() throws InterruptedException {
      while (!cond1) wait();

      // modify monitor state

      notify();  // or notifyAll();
   }
   public synchronized void op2() throws InterruptedException {
      while (!cond2) wait();

      // modify monitor state

      notify();  // or notifyAll();
   }
}
```

Regel zur Implementierung von Synchronisationsbedingungen mit Monitoren

FSP: when (cond) op $\rightarrow$ MONITOR[nextState]

Java:
```
public synchronized void op() throws InterruptedException {
    while (!cond) wait();
    ... // monitor state = nextState
    notifyAll();
}
```

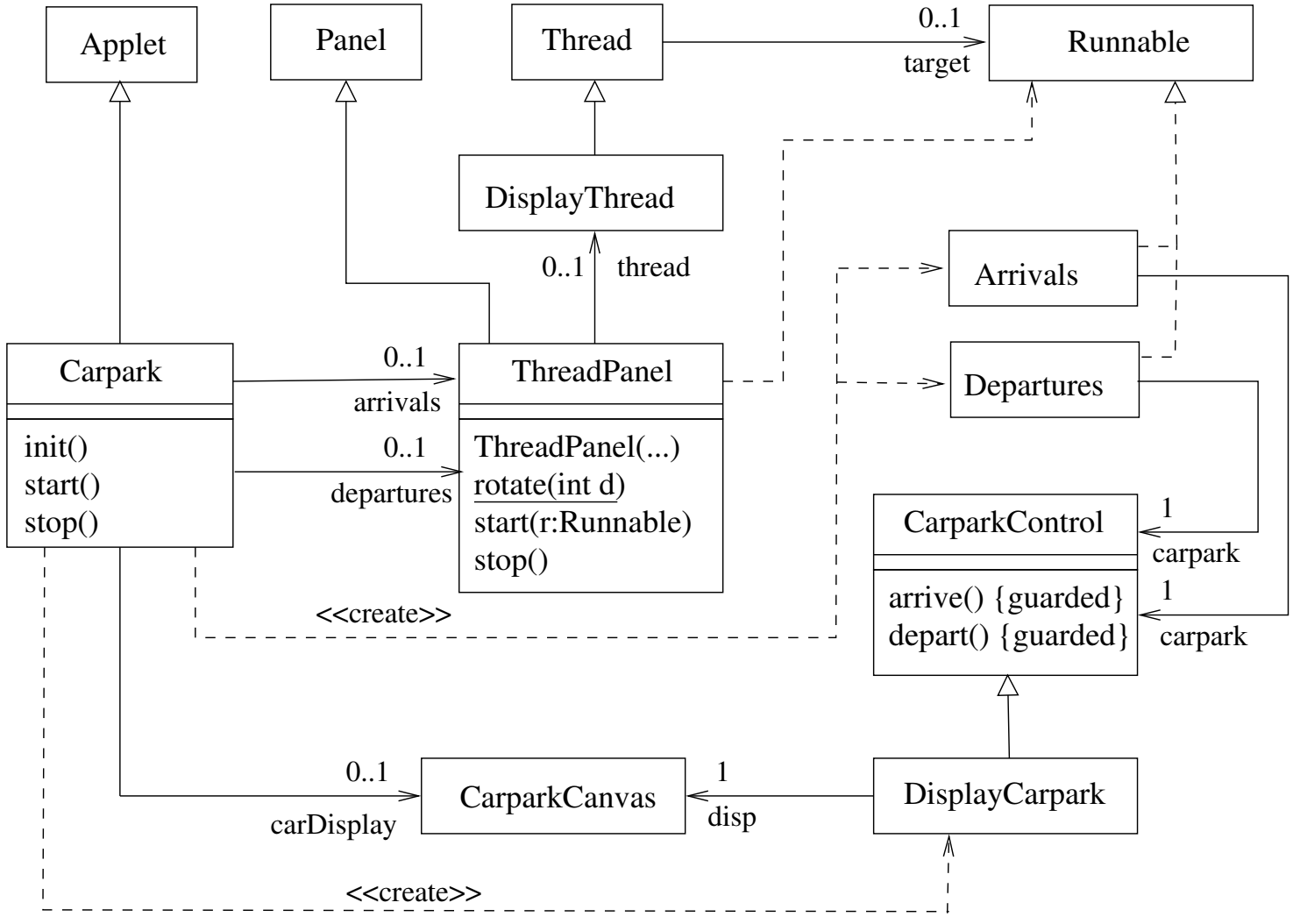
Beachte:

Die `while`-Schleife ist notwendig, weil nach Verlassen des Waiting-Zustands nicht garantiert ist, dass die Bedingung "cond" gilt. Insbesondere ist dies nicht garantiert, wenn der Thread wieder im Zustand Running ist.

Gründe können sein:

- Die Bedingung wurde zwischenzeitlich gar nicht verändert.
- Die Wartebedingung "!cond' war zwar zwischenzeitlich nicht mehr erfüllt, wurde aber bis der geweckte Thread wieder an die Reihe kommt von einem anderen Thread wieder auf "wahr" gesetzt.

Beispiel (Implementierung des Carpark):



Realisierung des FSP-Monitors CARPARKCONTROL
durch die Klasse CarparkControl:

```
class CarparkControl {
   protected int capacity; // capacity = N in FSP
   protected int free; //freie Plaetze

   CarparkControl(int n) {
      capacity = n; free = n;
   }
   synchronized void arrive() throws InterruptedException {
      while (free<=0) wait();
      free--;
      notify(); // hier kann nur ein anderer Prozess wartend sein
   }
   synchronized void depart() throws InterruptedException {
      while (free>=capacity) wait();
      free++;
      notify(); // hier kann nur ein anderer Prozess wartend sein
   }
}
```

Realisierung der aktiven Komponenten ARRIVALS und DEPARTURES durch die Klassen Arrivals und Departures:

```
class Arrivals implements Runnable {
   private CarparkControl carpark; //Monitor

   Arrivals(CarparkControl c) {
      carpark = c;
   }
   public void run() {
      try {
         while(true) {
            ThreadPanel.rotate(330);
            carpark.arrive(); //Monitoraufruf
            ThreadPanel.rotate(30);
         }
       } catch (InterruptedException e) {}
   }
}
```

```
class Departures implements Runnable {
   private CarparkControl carpark;  //Monitor

   Departures(CarparkControl c) {
      carpark = c;
   }
   public void run() {
      try {
         while(true) {
            ThreadPanel.rotate(180);
            carpark.depart();   //Monitoraufruf
            ThreadPanel.rotate(180);
         }
       } catch (InterruptedException e) {}
   }
}
```

Realisierung des Applets Carpark:

```
class Carpark extends Applet {
   ThreadPanel arrivals;
   ThreadPanel departures;
   ...
   public void start() {
      CarparkControl c = new DisplayCarpark(carDisplay, places);
      arrivals.start(new Arrivals(c));
      departures.start(new Departures(c));
   }
   public void stop() {
      arrivals.stop();
      departures.stop();
   }
}
```

Das Semaphor-Konzept [Dijkstra 1968]

Ein Semaphor s besteht aus

- einer Integer-Variablen v zusammen mit
- einer Warteschlange w für die bezüglich des Semaphors blockierten Prozesse.

Es gibt genau zwei Operationen, die von einem Prozess P auf ein Semaphor s angewendet werden können:

down(s): if v $>$ 0 then v = v - 1;
else w = w $\cup$ {P}

up(s): if w = $\emptyset$ then v = v + 1;
else w = w $\setminus$ {Q} für einen vorher blockierten Prozess Q

Bemerkung

- Es wird vorausgesetzt, dass ein Semaphor mit einem Wert $\geq$ 0 (für v) initialisiert ist.

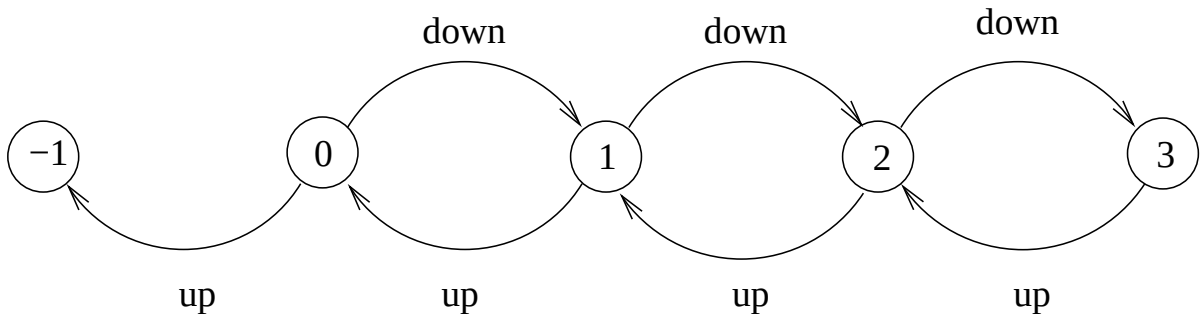
Simulation von Semaphoren in FSP

const Max = 3

range Int = 0..Max *(simuliert die Integers in FSP)*

SEMAPHORE(initial=3) = SEMA[initial],
SEMA[v:Int] = (when (v > 0) down → SEMA[v-1]
| up → SEMA[v+1]),
SEMA[Max+1] = ERROR.

Zugehöriges LTS:



initial: Gibt an, wieviele Prozesse von Beginn an in den kritischen Bereich dürfen.

Wechselseitiger Ausschluss mit Semaphoren

$A = (a.do \rightarrow a.down \rightarrow a.critical \rightarrow a.up \rightarrow A).$
$B = (b.do \rightarrow b.down \rightarrow b.critical \rightarrow b.up \rightarrow B).$

$\|SYS = (A \parallel B \parallel \{a,b\}::SEMAPHORE(1)).$

Simulation von Semaphoren in Java

```
class Semaphore {
    private int value;

    public Semaphore (int initial) {
        value = initial;
    }
    public synchronized void down() throws InterruptedException {
        while (value==0) wait();
        value--;
    }
    public synchronized void up() {
        value++;
        notifyAll();
    }
}
```