

Echtzeitsysteme

Übungen zur Vorlesung

Betriebsmittelprotokolle

Florian Schmaus Peter Wägemann

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
Lehrstuhl für Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
<https://www4.cs.fau.de>

18. Januar 2018

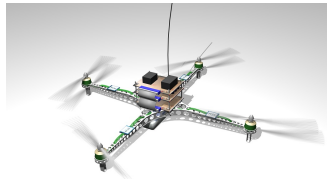


Wiederholung: Übernahmeprüfung bei terminbasierter Einplanung



- 1 Übernahmeprüfung
- 2 Exkurs: Zustandsautomaten**
- 3 Zugriffskontrolle
- 4 Zugriffskontrolle in eCos
- 5 Hinweise zu Aufgabe 7

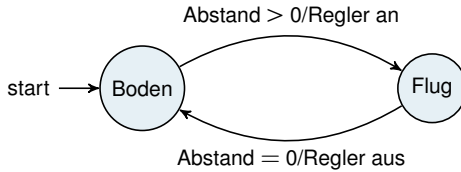




- I4Copter grundsätzlich instabil
- ↪ Fluglageregelung zwingend erforderlich
- Im Flug: Regelkreis geschlossen
- **Aber:** Am Boden Regelkreis offen
- ↪ Regler darf am Boden nicht laufen
 - Andernfalls **Verfälschung des Reglerzustands**

⇒ Zustandsmaschine mit zwei Zuständen





```
1  enum FlightState {  
2      Landed,  
3      InFlight  
4  };  
  
5  enum Event {  
6      GroundDistanceGreaterThanZero,  
7      GroundDistanceZero  
8  };  
  
9  static FlightState g_flightState;
```



```
1 static void state_init(void) {  
2     calibrateSensors();  
3     initializeController();  
  
4     g_flightState = Landed;  
5 }
```

```
1 static void event_loop(void) {  
2     state_init();  
3     while (true) {  
4         Event event = waitForEvent();  
5         state_transition(event);  
6     }  
7 }
```

- In Zustand z.B. zyklischer Ablaufplan
- Analyse einzelner Zustände



Zustandsübergang

```
1  static void state_transition(Event event) {
2      switch (g_flightState) {
3          case Landed:
4              state_transition_landed(event);
5              break;
6          case InFlight:
7              state_transition_inFlight(event);
8              break;
9      }
10 }
11 static void state_transition_landed(Event event) {
12     if (event == GroundDistanceGreaterThanZero) {
13         action_controllerOn();
14         g_flightState = InFlight;
15     }
16 }
17 static void state_transition_inFlight(Event event) {
18     if (event == GroundDistanceZero) {
19         action_controllerOff();
20         g_flightState = Landed;
21     }
22 }
```



- 1 Übernahmeprüfung
- 2 Exkurs: Zustandsautomaten
- 3 Zugriffskontrolle**
- 4 Zugriffskontrolle in eCos
- 5 Hinweise zu Aufgabe 7



Konkurrenz und Koordination

- Betriebsmittelarten $\leadsto$ einseitige/mehrseitige Synchronisation
- Konkurrenz $\leadsto$ Vergabe/Freigabe (P/V)
- Konflikt $\leadsto$ Streit um begrenzte bzw. unteilbare BM



Konkurrenz und Koordination

- Betriebsmittelarten $\leadsto$ einseitige/mehrseitige Synchronisation
- Konkurrenz $\leadsto$ Vergabe/Freigabe (P/V)
- Konflikt $\leadsto$ Streit um begrenzte bzw. unteilbare BM

Synchronisation

- $\leadsto$ Nichtfunktionale Eigenschaft
- Prioritätsumkehr $\leadsto$ kontrolliert vs. unkontrolliert
- Verklemmung (Deadlock)



Konkurrenz und Koordination

- Betriebsmittelarten $\leadsto$ einseitige/mehrseitige Synchronisation
- Konkurrenz $\leadsto$ Vergabe/Freigabe (P/V)
- Konflikt $\leadsto$ Streit um begrenzte bzw. unteilbare BM

Synchronisation

- $\leadsto$ Nichtfunktionale Eigenschaft
- Prioritätsumkehr $\leadsto$ kontrolliert vs. unkontrolliert
- Verklemmung (Deadlock)

Synchronisationsprotokolle

- Verdrängungssteuerung
- Prioritätsvererbung & Prioritätsobergrenzen
- Blockierungszeit $\leadsto$ direkt vs. durch Vererbung



Verdrängungssteuerung (NPCS)

- Unterbindet Verdrängung im kritischen Abschnitt
- Blockierungszeit $\leadsto \max(cs)$
- + **Deadlock Prevention** $\leadsto$ Kein „hold and wait“
- + Kein à priori Wissen nötig
- + Einfach; gut für wenige BM
- Verzögerung höher priorer Jobs ohne Konflikt



Verdrängungssteuerung (NPCS)

- Unterbindet Verdrängung im kritischen Abschnitt
- Blockierungszeit $\leadsto \max(cs)$
- + **Deadlock Prevention** $\leadsto$ Kein „hold and wait“
- + Kein à priori Wissen nötig
- + Einfach; gut für wenige BM
- Verzögerung höher priorer Jobs ohne Konflikt

Prioritätsvererbung (Priority Inheritance)

- Priorität zeitweise erhöhen (von höherprioreren Fäden erben)
- Blockierungszeit $\leadsto \min(n, k) \cdot \max(cs)$
- + Verbessert Verzögerung von Jobs ohne Konflikt
- Transitive Blockierung möglich; Deadlocks möglich



Prioritätsbergrenzen (Priority Ceiling Protocol)

- Variante der PV mit Prioritätsbergrenzen
- BM-Obergrenze $\leadsto \max(p_i)$ aller Jobs die das BM nutzen
- Systemobergrenze $\leadsto$ höchstpriorres, belegtes BM (zur *Laufzeit*)
- Betriebsmittelvergabe $\leadsto$ BM-Graph (lineare Ordnung)
- Blockierungszeit $\leadsto \max(cs)$ (wie NPCCS)
- + **Deadlock Avoidance** $\leadsto$ Kein „cyclic wait“
- + Vermeidet transitive Blockierung
- à priori Wissen nötig; aufwendig; avoidance blocking



Prioritätsbergrenzen (Priority Ceiling Protocol)

- Variante der PV mit Prioritätsbergrenzen
- BM-Obergrenze $\leadsto \max(p_i)$ aller Jobs die das BM nutzen
- Systemobergrenze $\leadsto$ höchstpriorres, belegtes BM (zur *Laufzeit*)
- Betriebsmittelvergabe $\leadsto$ BM-Graph (lineare Ordnung)
- Blockierungszeit $\leadsto \max(cs)$ (wie NPCS)
- + **Deadlock Avoidance** $\leadsto$ Kein „cyclic wait“
- + Vermeidet transitive Blockierung
- à priori Wissen nötig; aufwendig; avoidance blocking

Stackbasierte Prioritätsbergrenzen

- Vereinfachung des klassischen PCP $\leadsto$ Stack-based PCP
- Implementiert z. B. in OSEK; Keine Selbstsuspendierung erlaubt!



- 1 Übernahmeprüfung
- 2 Exkurs: Zustandsautomaten
- 3 Zugriffskontrolle
- 4 Zugriffskontrolle in eCos**
- 5 Hinweise zu Aufgabe 7



Kerneldatenstrukturen durch Sperren des Schedulers geschützt

→ **Big Kernel Lock** (BKL)

- **Sperre:** `void cyg_scheduler_lock (void);`
 - Sofortiges Anhalten des Scheduling
 - Verzögerung der DSR-Ausführungen
 - **ISRs werden weiterhin zugestellt!**
- **Freigabe:** `void cyg_scheduler_unlock (void);`
 - Sofortige Abarbeitung angelaufener DSRs
- Alle **Systemaufrufe** werden per NPCS synchronisiert
- Anwendungen sollten Mutexe, Semaphore, etc. nutzen
 - **Ausnahme:** Synchronisation zwischen DSR und Thread

¹<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-schedcontrol.html>

Gegenseitiger Ausschluss – eCos-NPCS¹

Nicht-preemptiver kritischer Abschnitt durch Sperren des Schedulers

Kerneldatenstrukturen durch Sperren des Schedulers geschützt

→ **Big Kernel Lock** (BKL)

- **Sperre:** `void cyg_scheduler_lock (void);`
 - Sofortiges Anhalten des Scheduling
 - Verzögerung der DSR-Ausführungen
 - **ISRs werden weiterhin zugestellt!**
- **Freigabe:** `void cyg_scheduler_unlock (void);`
 - Sofortige Abarbeitung angelaufener DSRs
- Alle **Systemaufrufe** werden per NPCS synchronisiert
- Anwendungen sollten Mutexe, Semaphore, etc. nutzen
 - **Ausnahme:** Synchronisation zwischen DSR und Thread

Was sind die Vor- bzw. Nachteile des BKL Konzepts?

¹<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-schedcontrol.html>



■ Initialisierung

```
void cyg_mutex_init(cyg_mutex_t* mutex);
```

■ Protokoll auswählen:

```
void cyg_mutex_set_protocol(cyg_mutex_t* mutex,  
                           enum cyg_mutex_protocol protocol);
```

- CYG_MUTEX_NONE keine Prioritätsvererbung
- CYG_MUTEX_INHERIT erbe Priorität des aktuellen Inhabers
- CYG_MUTEX_CEILING erbe Prioritätsobergrenze

■ nur bei CYG_MUTEX_CEILING : Prioritätsobergrenze setzen

```
void cyg_mutex_set_ceiling(cyg_mutex_t* mutex,  
                           cyg_priority_t priority);
```

■ *Prioritätsobergrenze +1 höherprior als Thread*

²<http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-mutexes.html>

■ Mutex belegen

```
cyg_bool_t cyg_mutex_lock(cyg_mutex_t* mutex);
```

Rückgabewert

- true falls Belegen erfolgreich
- false sonst

■ Mutex freigeben:

```
void cyg_mutex_unlock(cyg_mutex_t* mutex);
```



```
1  static cyg_mutex_t s_mutex;

2  void cyg_user_start(void) {
3      // Mutex initialisieren
4      cyg_mutex_init(&s_mutex);

5      // Protokoll auswaehlen
6      cyg_mutex_set_protocol(&s_mutex, CYG_MUTEX_CEILING);

7      // Prioritaetsobergrenze festlegen
8      cyg_mutex_set_ceiling(&s_mutex, 3);

9      // Tasks, Alarme etc.
10 }

11 void task_entry(cyg_addrword_t data) {
12     cyg_mutex_lock(&s_mutex); // auf Freigabe warten
13     // kritischer Abschnitt
14     cyg_mutex_unlock(&s_mutex); // Mutex freigeben
15 }
```



- 1 Übernahmeprüfung
- 2 Exkurs: Zustandsautomaten
- 3 Zugriffskontrolle
- 4 Zugriffskontrolle in eCos
- 5 Hinweise zu Aufgabe 7**



Aufgabensysteme

- 1 3 Aufgaben, 1 Betriebsmittel $\leadsto$ Pathfinder-Beispiel
- 2 3 Aufgaben, 3 Betriebsmittel $\leadsto$ Transitive Blockierung
- 3 2 Aufgaben, 2 Betriebsmittel $\leadsto$ Deadlocks

Implementierung von 1–3

- aufgabe_1 . c $\leadsto$ Verdrängungssteuerung
- aufgabe_2 . c $\leadsto$ Prioritätsvererbung
- aufgabe_3 . c $\leadsto$ Prioritätsobergrenzen



Fragen?

