Echtzeitsysteme

Übungen zur Vorlesung

Zustellerkonzepte: Extended Scope (Teil 2)

Simon Schuster **Peter Wägemann**

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

14. Dezember 2018

Rekapitulation der Vorlesung

Nicht-periodische Aufgaben

- Definiert durch $T_i = (i_i, e_i, D_i)$
- *Aperiodische* vs. *sporadische* Aufgabe
- *Mischbetrieb*: periodisch ⟷ sporadisch/aperiodisch
  - *Dynamische* Einplanung
  - Beeinflussung periodischer Aufgaben?
  - Übernahmeprüfung ⟷ Antwortzeitminimierung

Nicht-periodische Arbeitsaufträge

- Kaum a-priori Wissen (Zeitpunkt, . . .)
- Herausforderung Mischbetrieb: Erhaltung statischer Garantien
- Abweisung (spor. Aufg.): schwerwiegende Ausnahmesituation

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Basistechniken zur Umsetzung

- Unterbrecherbetrieb ⇝ Bevorzugt nicht-periodische Aufgaben
- Hintergrundbetrieb ⇝ Stellt nicht-periodische Aufgaben hinten an
- Slack Stealing
  - Idee: Termin ist maßgeblich
    ⇝ *Verschieben* periodischer Aufgaben möglich
  - *Erfordert Unterbrecherbetrieb*
  - Problem: Schlupfzeit bestimmen
    - Zeitsteuerung (mit Rahmen): einfach ⇝ $f - x_k$
    - Ereignissteuerung: schwierig ⇝ dynamischen Berechnung
- Zusteller ⇝ Konvertieren nicht-period. in periodische Aufgaben
  - Spezielle periodische Aufgabe $T_s = (p_s, e_s)$
  - Ausführungsbudget, Auffüllperiode und -regeln
  - Abbildung auf Prioritätswarteschlange (z. B. AJQ)

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Periodische Zusteller

- Verschiedene Ausführungen
  z. B.: Polling, Deferrable, Sporadic Server
- Unterscheiden sich im Regelwerk
- i. d. R. für mehrere Aufgaben zuständig

Beispiel: Abfragender Zusteller (Polling Server)

- Periodische Aufgabe $T_P = (p_s, e_s)$
- Budget e_s verfällt
- Im Falle sporadischer Aufgaben schwierig:
  - $p_P \leq \frac{D_s}{2}$, wobei $D_s \leq i_s$ ⇝ Abtasttheorem

→ hohe Abtastfrequenz, Überlastgefahr

Bandweite-bewahrende Zusteller

- Budget bleibt erhalten
  ⇝ Verbesserung des Abfragebetriebs
- Regelwerk wird erweitert
  ⇝ Auffüll- und Konsumregeln
- Betriebssystem (Scheduler) wacht über Budget

Auslegung

- Größe Budget
  ⇝ Berücksichtigung aller periodischer Aufgaben
- Verbesserung Antwortzeit
  ⇝ Kombination mit Hintergrundbetrieb

Beispiel: Aufschiebbarer Zusteller (Deferrable Server)

- Verbrauchsregel: verbraucht $\frac{1}{\textit{Zeiteinheit}}$ Budget bei Tätigkeit
- Auffüllregel: periodisches Auffüllen von e_s mit p_s
- Keine Akkumulation

Achtung: aufschiebbarer Zusteller $\neq$ periodische Aufgabe

- **Double hit**
  ⇝ Kritischer Zeitpunkt und Auffüllzeitpunkt fallen zusammen
- ⇝ Störung ist bis zu e_s größer als bei periodischer Aufgabe

Lösungsansatz: Sporadischer Zusteller (Sporadic Server)

- Verschiedene Ausprägungen
- Beansprucht niemals mehr Zeit als periodische Aufgabe

Beispiel: SpSL Sporadic Server (Sprunt, Sha & Lehoczky)

- Verbraucht $\frac{1}{\textit{Zeiteinheit}}$ Budget bei Tätigkeit
- Aufgefüllt wird entsprechend dem Verbrauchsmuster
  - Nächster Auffüllzeitpunkt wird zu Beginn der Tätigkeit bestimmt
  - Aufzufüllendes Budget zum Ende der Tätigkeit
  - ⇝ Auffüllregeln R1 – R3
- SpSL Sporadic Server
  ⇝ *Menge von Aufgaben* T_i mit $p_i = p_s$ und $\sum e_i = e_s$

Forts.: SpSL Sporadic Server, Auffüllregeln

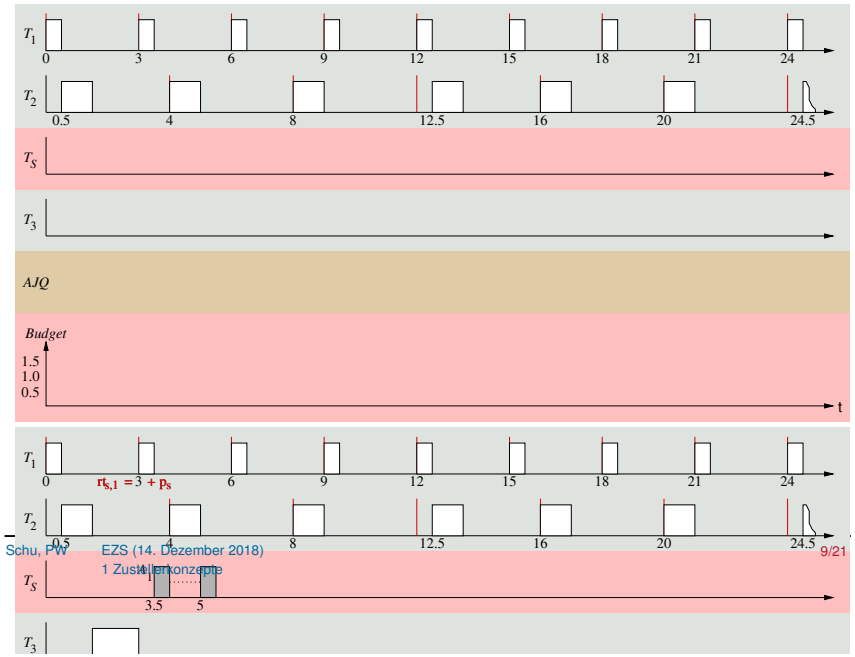
- R1: initiales Budget ist e_s
- R2: Auffüllzeitpunkt $rt_s = t_b + p_s$, wobei:
  - T_s besitzt Budget, dann $t_b = P_s$ wird tätig
  - T_s hat kein Budget, dann $t_b = P_s$ *ist* tätig und T_s *erhält Budget*
- R3: Budgetberechnung
  - Sobald P_s untätig wird oder T_s kein Budget mehr hat
  - Budget für rt_s = Verbrauch von T_s seit t_b

Achtung

- P_s bezeichnet das Tasksystem ab der Priorität s (und höher)
- Im Beispiel: kleinere Zahl ⇝ höherer Priorität

Beispiel: SpSL

$T_1 = (3, 0.5)$, $T_2 = (4, 1)$, $T_3 = (19, 4.5)$ und $T_s = (5, 1.5)$; RM-Ablaufplanung



Übersicht

Rekapitulation der Vorlesung

Kapitel 6: Rangfolgen

Kausalordnung

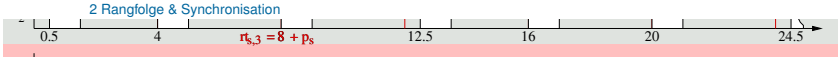
- Relation: Ursache, Wirkung
- Mehrere Ursache-Wirkungspaare überlappend: Nebenläufigkeit
- Nebenläufigkeit vs. Gleichzeitigkeit

☞ Sequentialisierung von Aufgaben

Rangfolge

- Abhängigkeit von Kontrollfluss ⇝ Reihenfolge
- Oft in Datenabhängigkeiten begründet
  - Produzent/Konsument Verhältnis
  - Konsumierbare Betriebsmittel (Nachrichten, Interrupts, . . .)
  - Begrenzte Puffer limitieren die Anzahl häufig

☞ Beachtung unterschiedlicher **zeitlicher Domänen**



Rangfolgen (Forts.)

Koordinierung

- Unnötig falls Rangfolge egal
  - Neuester Wert ist ausreichend
- Durch Einplanung ⇝ analytische Verfahren
  - Periodische Aufgaben ⇝ Passende Raten!
  - Ablauftabelle
  - Keine Kontrolle zur Laufzeit
- Durch Kooperation ⇝ konstruktive Verfahren
  - Periodische und nicht-periodische Aufgaben
  - Synchronisation ⇝ Vielzahl von Möglichkeiten
  - In zeitgesteuerten Systemen unsinnsig!

Übersicht

eCos-Event-Flags[1]

Signalisieren von Ereignissen

- Signale unterstützen *Produzent-Konsument Muster*
- Thread/DSR *signalisiert* Ereignis (z. B. Tastendruck)
  . . . konsumierender Thread *wartet*
- Umsetzung: 32-bit Integer $\rightsquigarrow$ 32 *Einzelsignale* pro Flag
  - Ein Flag erlaubt somit $2^{32} - 1$ Signalkombinationen
  - Threads können auf ein Signalmuster blockierend warten oder pollen

Achtung:

Flags zählen keine Ereignisse! (vgl. HW-Interrupts)

[1] `http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-flags.html`

eCos-Event-Flags

- Produzenten/Konsumenten teilen sich eine Flag-Objekt
- Dieses wird von der *Anwendung* bereitgestellt (vgl. Alarmobjekt)
- Flag-Objekt muss initialisiert werden:
```
1 cyg_flag_init(cyg_flag_t* flag)
```
- Signal(e) im Flag setzen:
```
1 cyg_flag_setbits(cyg_flag_t* flag, cyg_flag_value_t value)
```
- Bzw. zurücksetzen:
```
1 cyg_flag_maskbits(cyg_flag_t* flag, cyg_flag_value_t value)
```
- Auf Signal warten/pollen:
```
1 cyg_flag_value_t cyg_flag_wait/poll(cyg_flag_t* flag,
2                                     cyg_flag_value_t pattern,
3                                     cyg_flag_mode_t mode);
```

eCos-Event-Flags

- `cyg_flag_value_t pattern` setzt gewünschte Signalkombination
- `cyg_flag_mode_t` legt Weckmuster fest
  - `CYG_FLAG_WAITMODE_AND`: alle konfigurierten Signale müssen aktiv sein; sie bleiben nach Aufwachen gesetzt
  - `CYG_FLAG_WAITMODE_OR`: mindestens eines der konfigurierten Signale muss aktiv sein; alle Signale bleiben nach dem Aufwachen gesetzt
  - `CYG_FLAG_WAITMODE_OR | CYG_FLAG_WAITMODE_CLR`: mindestens eines der konfigurierten Signale muss aktiv sein; alle gesetzten Signale werden nach dem Aufwachen gelöscht

eCos-Event-Flags

Beispiel

```
1  static cyg_flag_t flag0;
2
3  void my_dsr(cyg_vector_t v,
4              cyg_ucount32 c,
5              cyg_addrword_t d){
6    cyg_flag_setbits(&flag0, 0x02);
7  }
8
9  void user_thread(cyg_addr_t data){
10   while(true) {
11     cyg_flag_wait(&flag0, 0x22,
12                   CYG_FLAG_WAITMODE_OR | CYG_FLAG_WAITMODE_CLR);
13     ezs_printf("Event!\n");
14   }
15 }
16
17 void cyg_user_start(void){
18   ...
19   cyg_flag_init(&flag0);
20   ...
21 }
```


eCos-Mailboxes[2]

Grundlagen

- Zwischen Threads können *Nachrichten* versendet werden
- Konsument erzeugt einen Briefkasten (engl. mailbox) fester Größe
- Produzenten legt Nachrichten dort ab
  - Inhalt: Zeiger auf beliebige Datenstruktur
  - Konsument kann auf *Nachrichtenempfang* blockieren
  - Produzent blockiert, falls Briefkasten *voll*
  - Aber auch *nicht-blockierende* Aufrufvarianten

[2] http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-mail-boxes.html

Versenden von Nachrichten - eCos Mail Boxes[3]

API - Übersicht

- Mailbox anlegen:
```
1 void cyg_mbox_create(cyg_handle_t* handle, cyg_mbox* mbox);
```
- Nachricht verschicken:
```
1 cyg_bool_t cyg_mbox_put(cyg_handle_t mbox, void* item);
```
- Nachricht empfangen:
```
1 void* cyg_mbox_get(cyg_handle_t mbox);
```

- Empfang *und* Versand können blockieren
- `*try*`-Versionen: Würde ich blockieren?
- `*timed*`-Versionen: Blockieren für bestimmte Zeit

→ Selbststudium!

[3] http://ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-mail-boxes.html

Versenden von Nachrichten – Beispiel

- Initialisierung:
```
1 static cyg_handle_t mailbox_handle;
2 static cyg_mbox     mailbox;
3 void cyg_user_start(void) {
4   cyg_mbox_create(&mailbox_handle, &mailbox);
5   ...
6 }
```
- Produzent (Sender):
```
1 void producer_entry(cyg_addrword_t data) {
2   ...
3   cyg_mbox_put(mailbox_handle, &my_message);
4   ...
5 }
```
- Konsument (Empfänger):
```
1 void consumer_entry(cyg_addrword_t data) {
2   ...
3   void *message = cyg_mbox_get(mailbox_handle);
4   ...
5 }
```