

Events und Mailboxen

Florian Franzmann, Martin Hoffmann, Isabella Stilkerich

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
www4.informatik.uni-erlangen.de

07. Januar 2012

Zum Start im neuen Jahr ...

Ein Ausflug in die Welt der Wissenschaft ...

oder

... was erwartet euch in eurer Bachelor-/Masterarbeit?

1 Organisatorisches

Zum Start ins neue Jahr ...

Errata: eCos Alarme

2 Prioritätsverletzung

3 Rekapitulation der Vorlesung

4 Ereignisse in eCos

Events

Mailbox



Errata: eCos Alarme

Achtung:

- Semantische Ungenauigkeit in
`cyg_alarm_initialize(..., cyg_tick_count_t trigger, ...)`
- trigger - Wert ist **absolut** anzugeben
- Lösung: Aktuellen Zeitpunkt bestimmen, Offset addieren

→ `cyg_tick_count_t cyg_current_time(void);`

Fehlgeleitete Auslösung

Prioritätsverletzung (engl. priority violation)

Beispiel: Vergabe wiederverwendbarer/konsumierbarer Betriebsmittel

- 1 jede Betriebsmittelklasse K_i verwaltet eine Warteliste für suspendierte Jobs entsprechend FIFO (bzw. FCFS)
 - z.B. durch einen Semaphor
- 2 ein anfordernder Job J_i wird suspendiert, wenn zum Zeitpunkt der Anforderung kein Betriebsmittel in K_i verfügbar ist
 - J_i hat eine niedrige Priorität, nimmt Platz i in der Warteliste ein

Fehlgeleitete Auslösung II

Prioritätsverletzung (engl. priority violation)

Beispiel: Vergabe wiederverwendbarer/konsumierbarer Betriebsmittel

- 3 ereignisbedingt wird ein Job J_h ausgelöst und eingelastet, der ebenfalls wegen Betriebsmittelmangel in K_i bei Anforderung suspendiert wird
 - J_h hat eine hohe Priorität, nimmt Platz $j > i$ in der Warteliste ein
- 4 bei Freigabe eines Betriebsmittels in K_i wird der nächste auf dieses Ereignis wartende Job ausgelöst
 - J_i wird vor J_h ausgewählt, die Priorität von J_h wird verletzt!

Wichtig

Jobwarteschlangen konform zum Einplanungsverfahren bedienen

Prioritätsverletzung in kritischen Abschnitten

Blockierung, Hemmung (engl. blocking)

Beispiel: ein (zeit-) kritischer Abschnitt (engl. critical section)

- 1 eine Folge von Anweisungen, unter gegenseitigem Ausschluss
 → mehrseitige Synchronisation
- 2 manche Betriebssysteme unterbinden während der Ausführung von Systemaufrufen die Verdrängung des laufenden Prozesses
- 3 Job J_i läuft auf solch einer Plattform und tätigt Systemaufruf
 - J_i hat eine niedrige Priorität, durchläuft unverdrängbar den Kern
- 4 während des Systemaufrufs wird Job J_h ereignisbedingt ausgelöst
 - J_h hat eine hohe Priorität, wird eingeplant aber nicht eingelastet
- 5 J_i blockiert bzw. hemmt J_h , die Priorität von J_h wird verletzt

Wichtig

Synchronisation ist nicht-funktionale Eigenschaft eines Systemaufrufs

Rekapitulation der Vorlesung

Kapitel 5-1: Grundlegende Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme

Nicht-periodische Aufgaben

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

Nicht-periodische Arbeitsaufträge

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

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Kapitel 5-1: Grundlegende Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme

Basistechniken zur Umsetzung

- Unterbrecherbetrieb $\leadsto$ Bevorzugt nicht-periodische Aufgaben
- Hintergrundbetrieb $\leadsto$ Stellt nicht-period. Aufgaben hinten an
- Zusteller $\leadsto$ Konvertieren nicht-period. Aufgaben in Periodische
 - Spezielle periodische Aufgabe $T_s = (p_s, e_s)$
 - Ausführungsbudget, Auffüllperiode und -regeln
 - Zustände $\leadsto$ idle, backlogged, eligible, consumes, exhausted
 - Abbildung auf Prioritätswarteschlange (z.B. AJQ)

Periodische Zusteller

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

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Kapitel 5-1: Grundlegende Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme

Beispiel: Abfragender Zusteller (Polling Server)

- Periodische Aufgabe $T_P = (p_s, e_s)$
- Budget e_s verfällt
- Im Falle sporadischer Aufgaben schwierig:
 - $p_P \leq D_s/2$, wobei $D_s \leq i_s$ (quasi Abtasttheorem)
 - $\leadsto$ hohe Abtastfrequenz, Überlastgefahr

Slack Stealing

- Termin ist maßgeblich $\leadsto$ Verschieben periodischer Aufgaben möglich
- Problem: Schlupfzeit bestimmen
- Taktsteuerung (mit Rahmen): Einfach $\leadsto f - x_k$
- Vorrangsteuerung: Schwierig $\leadsto$ dynamischen Berechnung

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Kapitel 5-2: Zustellerkonzepte und Übernahmeprüfung

Bandbreite-bewahrende Zusteller

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

Auslegung

- Größe Budget $\leadsto$ Berücksichtigung aller periodischer Aufgaben
- Verbesserung Antwortzeit $\leadsto$ Kombination mit Hintergrundbetrieb

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Kapitel 5-2: Zustellerkonzepte und Übernahmeprüfung

Beispiel: Aufschiebbarer Zusteller (Deferrable Server)

- Verbrauchsregel: Verbraucht $\frac{1}{\text{Zeiteinheit}}$ Budget bei Tätigkeit
- Auffüllregel: periodisches Auffüllen von e_s mit p_s
- keine Akkumulation

Achtung

- aufschiebbarer Zusteller $\neq$ periodische Aufgabe
- *Double hit* $\leadsto$ Kritischer Zeitpunkt und Auffüllzeitpunkt fallen zusammen
- $\leadsto$ Störung ist bis zu e_s größer als bei periodischer Aufgabe

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Kapitel 5-2: Zustellerkonzepte und Übernahmeprüfung

Lösungsansatz: Sporadischer Zusteller (Sporadic Server)

- Verschiedene Ausprägungen
- Beansprucht niemals mehr Zeit als periodische Aufgabe

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

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

Rekapitulation der Vorlesung (Forts.)

Kapitel 5-2: Zustellerkonzepte und Übernahmeprüfung

Forts.: SpSL Sporadic Server, Auffüllregeln

- R1: **Initiales Budget** ist e_s
- R2: **Zeitpunkt** $rt_s = t_b + p_s$, wobei:
 - T_s besitzt Budget, dann $t_b = P_s$ wird tätig
 - T_s hat kein Budget, dann $t_b = P_s$ ist/wird 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 $\leadsto$ höherer Priorität

Signalisierung von Ereignissen - eCos Event Flags¹

Grundlagen

- Signale unterstützen Produzent-Konsument Muster
- Ein Thread/DSR kann ein Ereignis (z.B. Tastendruck) signalisieren auf das ein konsumierender Thread wartet
- Umsetzung: 32-bit Integer $\rightarrow$ 32 Einzelsignale pro Flag
 - Ein Flag erlaubt somit $2^{32} - 1$ Signalkombinationen
 - Threads können ein Signalmuster blockierend warten, bzw. pollen
- Achtung: Flags zählen keine Ereignisse! (vgl. HW-Interrupts)

¹ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-flags.html

Signalisierung von Ereignissen - eCos Event Flags²

API

- Produzenten/Konsumenten teilen sich eine Flagobjekt
- Dieses wird von der Anwendung bereitgestellt (vgl. Alarmobjekt)
- Flagobjekt muss initialisiert werden:

```
cyg_flag_init(cyg_flag_t* flag)
```

- Signal(e) im Flag setzen:

```
cyg_flag_setbits(cyg_flag_t* flag, cyg_flag_value_t value)
```

- Bzw. zurücksetzen:

```
cyg_flag_maskbits(cyg_flag_t* flag, cyg_flag_value_t value)
```

- Auf Signal warten/pollen:

```
cyg_flag_value_t cyg_flag_wait/poll(cyg_flag_t* flag,
cyg_flag_value_t pattern, cyg_flag_mode_t mode);
```

²ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-flags.html

Signalisierung von Ereignissen - eCos Event Flags³

API - Konsumieren von Signalen

- `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 dem 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.

³ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-flags.html

Signalisierung von Ereignissen - eCos Event Flags⁴

Beispiel

```
cyg_flag_t flag0;

void my_dsr(cyg_vector_t v, cyg_ucount32 c, cyg_addrword_t d){
    cyg_flag_setbits(&flag0, 0x02);
}

void user_thread(cyg_addr_t data){
    while(1){
        cyg_flag_wait(&flag0, 0x22,
            CYG_FLAG_WAITMODE_OR | CYG_FLAG_WAITMODE_CLR);
        printf("Event!\n");
    }
}

void cyg_user_start(){
    ...
    cyg_flag_init(&flag0);
    ...
}
```

⁴ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-flags.html

Versenden von Nachrichten - eCos Mail Boxes⁵

Grundlagen

- Zwischen Threads können Nachrichten versendet werden
- Ein Konsument erzeugt einen Briefkasten (mailbox) einer gewissen Größe (Default: 10)
- Produzenten können Nachrichten dort ablegen
 - Inhalt: Zeiger auf beliebige Datenstruktur
 - Konsument kann auf Nachrichtenempfang blockieren
 - Produzent blockiert, falls Briefkasten voll
 - Aber auch nicht-blockierende Aufrufvarianten
- API → Selbststudium!

⁵ecos.sourceware.org/docs-latest/ref/kernel-mail-boxes.html

Versenden von Nachrichten - Beispiel

- Initialisierung

```
static cyg_handle_t mailbox_handle;  
static cyg_mbox      mailbox;  
  
void cyg_user_start(void) {  
    cyg_mbox_create(&mailbox_handle, &mailbox);  
    ... }  
}
```

- Produzent (Sender)

```
void producer_entry(cyg_addrword_t data) {  
    ...  
    cyg_mbox_put(mailbox_handle, &my_message);  
    ... }  
}
```

- Konsument (Empfänger)

```
void consumer_entry(cyg_addrword_t data) {  
    ...  
    void *message = cyg_mbox_get(mailbox_handle);  
    ... }  
}
```