Echtzeitsysteme

Übungen zur Vorlesung

Betriebsmittelprotokolle

Simon Schuster **Peter Wägemann**

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

18. Januar 2018

Evaluation

☞ Evaluation der Veranstaltung
- Eure Meinung (Lob/Kritik) ist uns wichtig!
- Eure Rückmeldung hat Konsequenzen

→ Bitte evaluiert Vorlesung und Übungen

⚠ Typische Rückläuferquote $\mapsto 2-10\%$
- Zu wenig für eine sinnvolle Einschätzung
- Aber: typische Rückläuferquote in EZS $\mapsto 60-80\%$

Motivationsanreiz zur Evaluation

- **Traditionell**: Kaffee und Kekse in der letzten Vorlesung
- **Feste Bedingung**: $\geq 60\%$ der ausgegebenen TANs werden evaluiert!

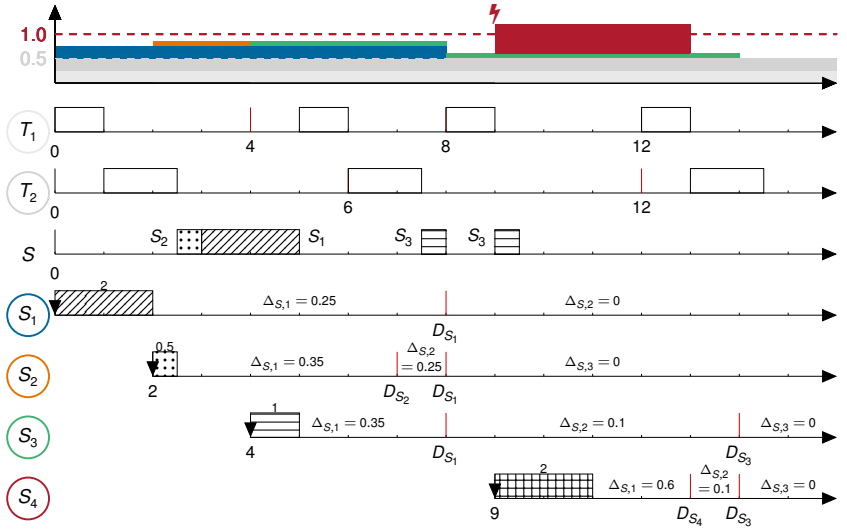
Übersicht

Übernahmeprüfung

Wiederholung:
Übernahmeprüfung bei terminbasierter Einplanung

Beispiel: Dichte-basierter Akzeptanztest [1, S. 252]

$T_1 = (4, 1)$, $T_2 = (6, 1.5) \rightsquigarrow \Delta = 0.5$, EDF-Ablaufplanung



Übersicht

Zugriffskontrolle

Konkurrenz und Koordination

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

Synchronisation

$\rightsquigarrow$ Nichtfunktionale Eigenschaft

- Prioritätsumkehr $\rightsquigarrow$ kontrolliert vs. unkontrolliert
- Verklemmung (Deadlock)

Synchronisationsprotokolle

- Verdrängungssteuerung
- Prioritätsvererbung & Prioritätsobergrenzen
- Blockadezeit $\rightsquigarrow$ direkt vs. durch Vererbung

Zugriffskontrolle

Verdrängungssteuerung (NPCS)

- Unterbindet Verdrängung im kritischen Abschnitt
- Blockadezeit $\rightsquigarrow$ $max(cs)$
- \+ Deadlock Prevention $\rightsquigarrow$ 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 höherprioren Fäden erben)
- Blockadezeit $\rightsquigarrow$ $min(n, k) \cdot max(cs)$
- \+ Verbessert Verzögerung von Jobs ohne Konflikt
- – Transitive Blockierung möglich; Deadlocks möglich

Zugriffskontrolle

Prioritätsobergrenzen (Priority Ceiling Protocol)

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

Stackbasierte Prioritätsobergrenzen

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

Übersicht

Gegenseitiger Ausschluss – eCos-NPCS[1]

Nicht-preemptiver kritischer Abschnitt durch Sperren des Schedulers

Kerneldatenstrukturen durch Sperren des Schedulers geschützt
$\rightsquigarrow$ **Big Kernel Lock** (BKL)

- Sperre: `void cyg_scheduler_lock(void);`
  - Sofortiges Anhalten des Schedulings
  - 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`

Gegenseitiger Ausschluss – eCos-Mutex[2]

Initialisierung

- 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 höherprior als Thread: in eCos -1*

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

Gegenseitiger Ausschluss – eCos-Mutex

Verwendung

- 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);
```

Gegenseitiger Ausschluss – eCos-Mutex

Beispiel

```
1  static cyg_mutex_t s_mutex;
2
3  void cyg_user_start(void) {
4    // Mutex initialisieren
5    cyg_mutex_init(&s_mutex);
6
7    // Protokoll auswaehlen
8    cyg_mutex_set_protocol(&s_mutex, CYG_MUTEX_CEILING);
9
10   // Prioritaetsobergrenze festlegen
11   cyg_mutex_set_ceiling(&s_mutex, 3);
12
13   // Tasks, Alarme etc.
14 }
15
16 void task_entry(cyg_addrword_t data) {
17   cyg_mutex_lock(&s_mutex); // auf Freigabe warten
18   // kritischer Abschnitt
19   cyg_mutex_unlock(&s_mutex); // Mutex freigeben
20 }
```

Übersicht

Aufgabe 7

Zugriffskontrolle

Aufgabensysteme

1. 3 Aufgaben, 1 Betriebsmittel
2. 4 Aufgaben, 3 Betriebsmittel
3. 3 Aufgaben, 2 Betriebsmittel

Problematische Konstellationen für einzelne Vergabeprotokolle

- Deadlocks
- Pathfinder-Beispiel
- Transitive Blockierung

Implementierung von 1–3, Basisaufgabe:

- `aufgabe_1.c` ⇝ Verdrängungssteuerung
- `aufgabe_2.c` ⇝ Prioritätsvererbung
- `aufgabe_3.c` ⇝ Prioritätsobergrenzen

References

Jane W. S. Liu.
Real-Time Systems.
Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs, NJ, USA, 2000.