Aufgabe 3: Multi-Level-Queue-Scheduler

Echtzeitsysteme - Übungen zur Vorlesung

Peter Ulbrich, Martin Hoffmann

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

29. November 2010

Grundlegende Problematik zeitgesteuerter Systeme

- vollständiges a-priori Wissen notwendig
  - Lastparamter aller Ereignisse
    - Periode, Phase, Jitter, WCET, Termine, ...
  - ⇝ ist nicht immer verfügbar **:-(**

☞ teilweise hat das mit *Faulheit* zu tun ...
- unzureichende Analyse der physikalischen Umgebung
- zeitliches Verhalten physikalischer Objekte ⇝ hohe Komplexität

☞ teilweise hat man aber einfach keine Chance ...
- physikalisches Objekt ist nicht exakt quantifizierbar
- Abhängigkeit von Benutzereingaben
  - beeinflusst Auslösezeitpunkte, WCETs, ...
- sich ändernde oder unbekannte Anforderungen
  - z.B. in lang andauernden Projekten: Space Shuttle [1]

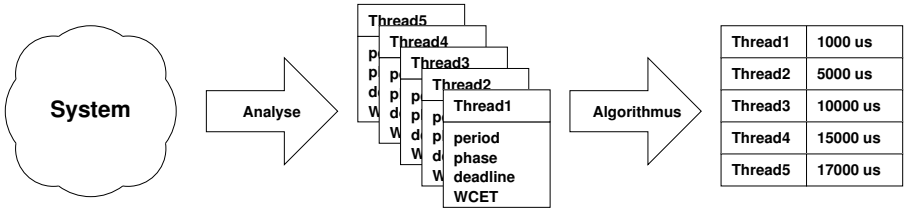
Folgerung

⇝ zeitgesteuerte Systeme und unsicheres Wissen ...
- ... vertragen sich nicht!
- ... gehen teilweise gar nicht oder ...
- ... führen zu teilweise ineffizienten Implementierungen
  - siehe Abfragebetrieb und Abtasttheorem nach Nyquist-Shannon

☞ ereignisgesteuerte Systeme
- können auch unsicheres Wissen verwerten
  - ⇝ zur Laufzeit wird daraus oftmals sicheres Wissen
  - ⇝ Einplanung, Koordinierung finden zur Laufzeit statt

☞ u.U. wird aus unsicherem Wissen sicheres Wissen ...
- schon während der Entwicklung
- ⇝ Rückkehr zu einem zeitgesteuerten System? **;-)**
- ⇝ Geht das überhaupt???
- ⇝ Welche Probleme handelt man sich ein???

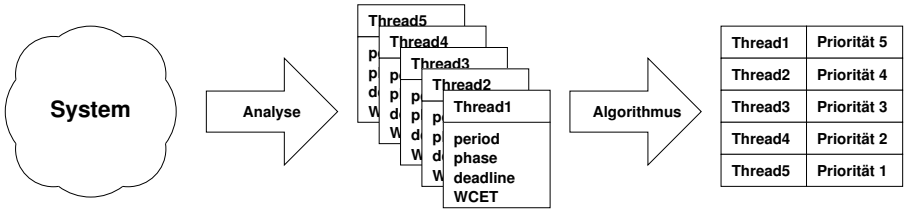
Zeitsteuerung



Analyse: offline **Ablaufplanung: offline**

- Abbildungen während der Entwicklung
  - Ereignisse ↦ Aufgaben
  - Aufgaben ↦ Startzeitpunkte
  - aufgeschrieben in einer Ablauftabelle

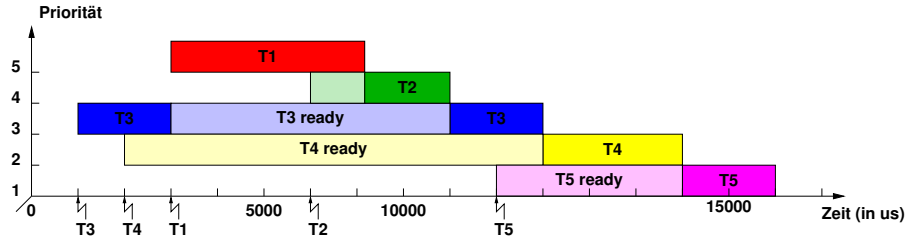
Ereignissteuerung
Abbildungen während der Entwicklungszeit



Analyse: offline **Prioritätenzuteilung: offline/online**

- Abbildungen während der Entwicklung
  - Ereignisse $\mapsto$ Aufgaben
  - Ereignisse $\mapsto$ Prioritäten
    - statische Prioritäten $\leadsto$ RMA, DMA

Ereignissteuerung
Abbildungen zur Laufzeit



Einplanung/Einlastung: online

- Abbildungen während der Laufzeit
  - Ereignisse $\mapsto$ Prioritäten
    - dynamische Prioritäten für Aufgaben $\leadsto$ EDF, LRT
    - Wichtig: Prioritätsgefüge ändert sich nicht
    - dynamische Prioritäten für Arbeitsaufträge $\leadsto$ LST
    - Wichtig: Prioritätsgefüge kann sich ändern
  - Aufgaben $\mapsto$ Startzeitpunkt

Eigenschaften ereignisgesteuerter Systeme

- Unterstützung für periodische und nicht-periodische Ereignisse
- Verdrängbarkeit:
  - voll-präemptiv
  - präemptiv
  - nicht-präemptiv
  - gemischt-präemptiv
- Synchronisation explizit notwendig
- Ablaufplan wird zur Laufzeit berechnet

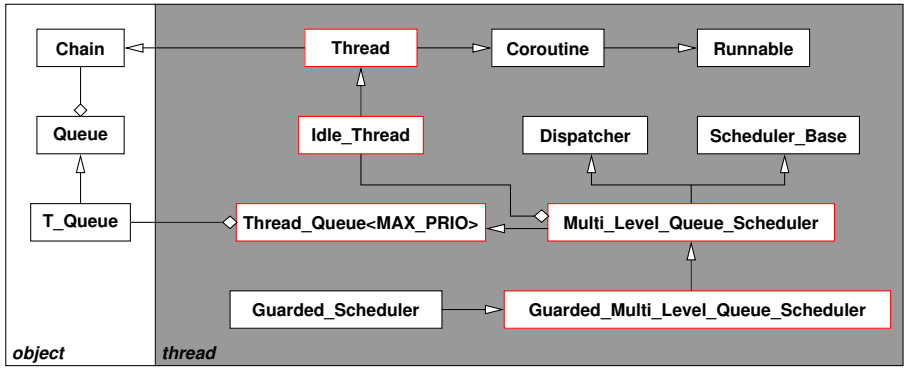
Vorteile
- (nicht-)periodische Aufgaben
- weniger a-priori Wissen
- kein Polling
- Flexibilität

Nachteile
- Laufzeitsystem
- Synchronisation
- Flusskontrolle

Aufgabenstellung

- ereignisgesteuerter Online-Scheduler
- basierend auf statischen Prioritäten
  - 0 - niedrigste Priorität, n - höchste Priorität
- Fäden ...
  - sind ein- oder mehrfach aktivierbar
    - Aktivierungsreihenfolge irrelevant
    - Faden beendet $\leadsto$ erneute Aktivierung
  - sind durch Unterbrechungsbehandlungen aktivierbar
  - können andere Fäden aktivieren und beenden
  - können ...
    - sich selbst beenden
    - die Kontrolle über den Prozessor abgeben
- Ruhephasen: Ausführung eines `Idle_Thread`

Klassenhierarchie



- rot eingerahmte Klassen ⇝ Implementierung bzw. Ergänzung

Klassen `Thread` und `Idle_Thread`

- Klasse `Thread`
  - ist eine Koroutine ⇝ erbt von der Klasse `Coroutine`
  - ist ein Kettenglied ⇝ erbt von der Klasse `Chain`
  - hat eine statische Priorität
  - weiß die Anzahl der Aktivierungen ⇝ Zähler
- Klasse `Idle_Thread`
  - ist ein `Thread`
  - gibt immer die Kontrolle ab
  - kann immer verdrängt werden

Klasse `Thread_Queue< int MAX_PRIO >`

Implementierungen verschiedener Mächtigkeit

Template ⇝ statisch konfigurierbare Anzahl von Prioritätsebenen

Variante 1: ein Faden/Priorität, Faden ist einfach aktivierbar

☞ Array bzw. Bitmap

Variante 2: mehrere Fäden/Priorität, Faden ist einfach aktivierbar

☞ Array aus FIFO-Listen

Problematik: Termin > min. Zw'nankunftszeit ⇝ Mehrfachaktivierungen

Variante 3: mehrere Faden/Priorität, Faden ist mehrfach aktivierbar

☞ Variante 2 + Aktivierungszähler

Problematik: Aktivierungsreihenfolge (notwendig für AUTOSAR OS)

Variante 4: mehrere Fäden/Priorität, Faden ist mehrfach aktivierbar, Reihenfolge

☞ mehrfachverkettete Liste, mehrdimensionales Array ...

Klasse `Thread_Queue< int MAX_PRIO >`

Schnittstelle

- Faden am Anfang der Liste: `...::peek()`
  - welcher Faden steht am Anfang der Liste
  - dieser Faden wird i.d.R. auch gerade ausgeführt
- Faden am Anfang der Liste entfernen: `...::dequeue()`
  - evtl. macht es Sinn den Faden auch zurückzugeben
- beliebigen Faden aus der Liste entfernen: `...::remove()`
- Faden in die Liste einfügen: `...::enqueue()`

Klasse `Multi_Level_Queue_Scheduler`

Benutzerschnittstelle

Aufgabe: den höchst-prioren Faden auswählen und ausführen

- liefert den aktuell ausgeführter Faden: I `...::current()`
- einen Faden aktivieren: IS `...::add()`
  - Faden in die Bereitliste einfügen, mehrfache Aktivierung beachten
  - Scheduler aktivieren? ⇝ `set_need_reschedule()`
- die Kontrolle über den Prozessor abgeben: IS `...::yield()`
  - laufenden Faden ans Ende der Bereitliste stellen
  - Scheduler aktivieren? ⇝ `set_need_reschedule()`
  - Achtung: kein dispatch auf sich selbst!
- den laufenden Faden beenden: IS `...::exit()`
  - aus der Bereitliste entfernen, mehrfache Aktivierung beachten
  - Scheduler aktivieren! ⇝ `set_need_reschedule()`
- anderen Faden beenden: IS `...::kill()`
  - aus der Bereitliste entfernen, mehrfache Aktivierung beachten
  - laufenden Faden beenden ⇝ `...::exit()`
  - Scheduler aktivieren? ⇝ `set_need_reschedule()`

Klasse `Multi_Level_Queue_Scheduler`

Systemschnittstelle

- Scheduler starten: I `...::start()`
  - höchst-prioren, laufbereiten Faden auswählen
  - diesen Faden ausführen
- Neueinplanung durchführen: I `...::reschedule()`
  - siehe `...::start()`
- `Idle_Thread` setzen: I `...::set_idle_thread()`
  - den `Idle_Thread` setzen
  - Achtung: muss vor `...::start()` aufgerufen werden!

Hinweise

- Prioritätenzahl
  - anwendungsspezifisch ⇝ muss vom Benutzer bestimmt werden
    - Benutzer legt Scheduler-Objekt selbst an
    - Konfigurationswerkzeug
    - Hier: hart kodiert - 8 Prioritätsebenen
- Wo initialisiert man die Koroutine
  - beim Einfügen in die Bereitliste

  ⇝ alle Fäden in der Bereitliste sind initialisiert

Weiter gedacht

Laufzeitkomplexität

- Wo hat der Scheduler konstantes Laufzeitverhalten, wo nicht?
- konstant
  - `enqueue()` und damit `add()`
  - `dequeue()` und damit `yield()`
  - Zugriff auf das Array der FIFO-Listen, d.h. `peek()`
- linear
  - Bestimmung der maximalen Priorität und damit `exit()`
  - `remove()` und damit `kill()`
- Fazit:
  - Verdrängung, Aktivierung etc. ist konstant
    - maximale Priorität muss nicht extra bestimmt werden
  - Beenden ist linear
    - maximale Priorität muss gesondert bestimmt werden

Literatur


Gene D. Carlow.
Architecture of the space shuttle primary avionics software system.
Communications of the ACM, 27(9):926–936, 1984.