Aufgabe 2: Aperiodic Task Support

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

14. November 2010

Erweiterung des Quadrokopter-Kontrollsystems

- Steuerung mit einer Fernsteuerung
  - Entgegennehmen von Steuerbefehlen
  - Umsetzen der Steuerbefehle
- Aufnahme von Bildern und deren Versand
  - benutzergesteuert
  - Pufferung notwendig

Unterschied der Funktionen: zeitlichen Anforderungen

- Steuerkommandos
  - Umsetzung innerhalb einer bestimmten Zeit unerlässlich
    - andernfalls ist keine Kontrolle des Quadrokopters möglich

  ☞ harte Termine
- Aufnahme und Versand von Bildern
  - Übertragungszeit i.d.R. relativ egal
  - lediglich der QoS (*Quality of Service*) wird beeinflusst

  ☞ weiche Termine

Zeitliche Eigenschaften dieser Funktionen

- Wie häufig werden diese Funktionen aktiviert?
  - hängt vom Verhalten des Benutzers ab
  - zahlreiche Versuche Benutzerverhalten in Modellen abzubilden

  ☞ Wie hilfreich sind diese Modelle?
    - ☞ Notfalls: Beschränkung des Nutzers!
- Wie schnell muss man auf diese Aktivierungen reagieren?
  - Aufnahme von Bilder ⇝ egal
  - Steuerkommandos ⇝ Quadrokopter muss kontrollierbar sein
    - Rückmeldung auf Eingaben in Echtzeit ⇝ Benutzer
    - Geschwindigkeit des Quadrokopters ⇝ Dynamik

    ☞ Notfalls: Beschränkung der Dynamik!
- Welche Möglichkeiten haben wir bisher damit umzugehen?
  - Abfragebetrieb (engl. *Polling*) :-(

Lösungsmöglichkeiten

- Abfragebetrieb (engl. *Polling*)
- Hintergrundbetrieb (engl. *Background Execution*)
- Slack-Stealing

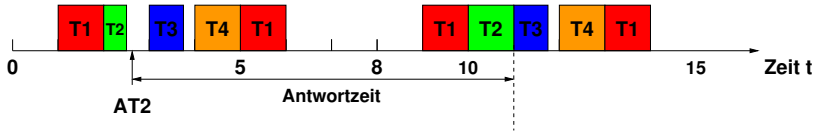
Darstellung an folgendem Beispiel:

Aufgabe	p/a	Periode	Phase	Zw'ankunftszeit	WCET
T1	p	8 ms	1 ms	NA	1 ms
T2	a	NA	NA	x ms	1 ms
T3	p	8 ms	3 ms	NA	0,75 ms
T4	p	8 ms	4 ms	NA	1 ms
T1	p	8 ms	5 ms	NA	1 ms

- T2 bearbeitet das aperiodische Ereignis AT2

Abfragebetrieb

- Periodisches Abfragen: Muss T2 bearbeitet werden?
  - schlimmstenfalls muss eine Periode gewartet werden
- resultierender Ablauf:

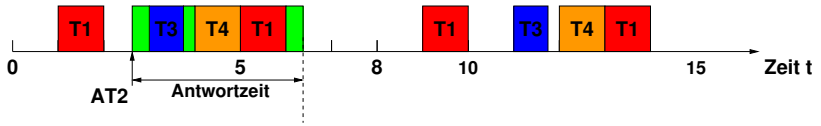


Vorteile
- periodische Aufgaben
  - keine Beeinflussung

Nachteile
- lange Antwortzeit
- Overhead
  - periodisches Abfragen
  - Abtasttheorem (Nyquist-Shannon)

Hintergrundbetrieb

- direkte Reaktion auf nicht-periodische Aufgaben ist möglich
- Behandlung in der Ruhezeit der Ablauftabelle
- resultierender Ablauf:

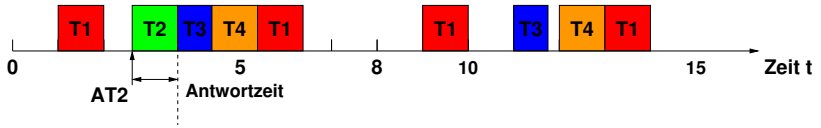


Vorteile
- bessere Antwortzeiten
- kein Abfragen notwendig
  - ⇝ kein Overhead

Nachteile
- komplexe Implementierung
- Betriebsmittel
  - nebenläufiger Zugriff
  - problematisch

Slack-Stealing

- manche periodische Aufgaben haben *Luft nach Hinten*
  - Fertigstellung deutlich vor der Deadline macht keinen Sinn
- ☞ schiebe die periodische Aufgabe nach hinten
  - man stiehlt also ihre Schlupfzeit (engl. *Slack-Time*)
- resultierender Ablauf:



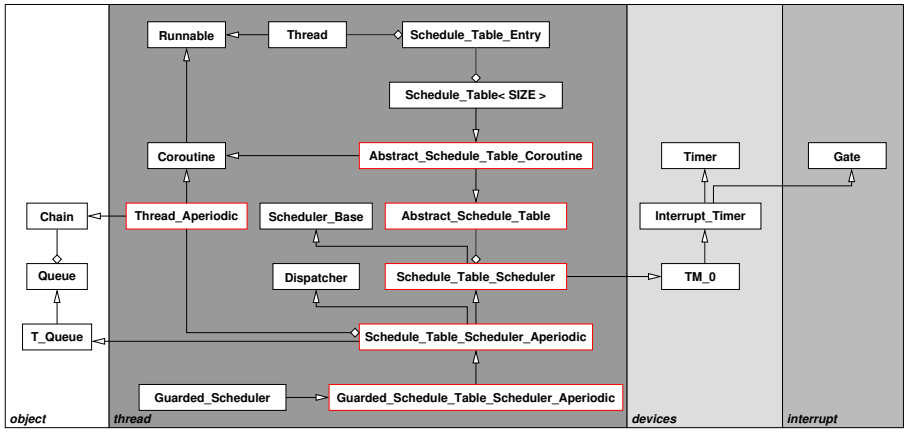
Vorteile
- sehr gute Antwortzeiten
- periodische Aufgaben
  - tolerierbare Beeinflussung

Nachteile
- komplexe Implementierung

Aufgabenstellung

- Unterstützung für aperiodische Aufgaben
  - keine sporadischen Aufgaben
- Hintergrundbetrieb
  - kein Slack-Stealing
  - kein Polling
- aperiodische Aufgaben
  - werden in FIFO-Reihenfolge abgearbeitet
  - sind ein- oder mehrfach aktivierbar
    - Aktivierungsreihenfolge irrelevant
    - aperiodische Aufgabe beendet ⇝ erneute Aktivierung
  - lassen periodischen Aufgaben den Vortritt

Klassenhierarchie



- rot eingerahmte Klassen ⇝ Implementierung bzw. Ergänzung

Überblick

- Grundproblem: aperiodische Aufgaben müssen verdrängbar sein
  - Zustandssicherung wird notwendig

⇝ Grundidee: verwende Koroutinen
  - für aperiodische Aufgaben ⇝ offensichtlich
  - aber auch auf für periodische Aufgaben ⇝ ???
    - Ablauftabelle führt periodische Aufgaben aus ⇝ `action()`
    - Start einer periodischen Aufgabe ⇝ Einlastung der Ablauftabelle

- `Schedule_Table` erbt von `Abstract_..._Coroutine`

☞ Vorgaben kopieren
  - System lässt sich nicht mehr übersetzen
  - Vererbungshierarchie anpassen

Klasse `Thread_Aperiodic`

- ist eine `Coroutine`
  - ☞ kann von periodischen Aufgaben verdrängt werden

- ist ein Kettenglied (`Chain`)
  - ☞ Abarbeitungsreihenfolge: FIFO

- Vorsicht bei der Typumwandlung
  - Mehrfachvererbung
  - ☞ Verwendung einer Template-Klasse `T_Queue`
    - verwendet `static_cast< typename T >()`

Klasse `Abstract_Schedule_Table_Coroutine`

- ist eine `Coroutine`
  - ☞ Wechsel zwischen aperiodischen Aufgaben und Ablauftabelle

- Ausführung einer periodischen Aufgabe
  - ⇝ Ablauftabelle initialisieren (`Coroutine::init()`)
  - ⇝ Ablauftabelle einlasten

- Methode `action()`
  - nächste periodische Aufgabe holen ⇝ `next_thread()`
  - Aufgaben ausführen ⇝ Methode `action()` aufrufen
    - periodische Aufgabe ruft zum Schluss `scheduler.exit()` auf!

Klasse `Schedule_Table_Scheduler_Aperiodic`

- Ausführung periodischer und aperiodischer Aufgaben
- Ausführung periodischer Aufgaben
  - immer in `Abstract_Schedule_..._Coroutine::action()`
  - Koroutine wird immer neu gestartet
  - Ablauftabelle ⇝ Aufgabe 1
- Ausführung aperiodischer Aufgaben
  - können verdrängt werden
    - ⇝ Zustandssicherung und Wechsel zur Ablauftabelle
    - ⇝ anschließend: Fortsetzung der aperiodischen Aufgabe

Benutzerschnittstelle

- Aufgabe beenden: IS `...::exit()`
  - periodische Aufgabe beenden
    - gibt es eine ausführungsbereite aperiodische Aufgabe?
    - ☞ aperiodische Aufgabe ausführen
    - ☞ Achtung: wird dieselbe aperiodische Aufgabe erneut ausgeführt
    - sonst: kritischen Abschnitt verlassen und warten
  - aperiodischen Aufgabe beenden
    - Aufgabe aus dem FIFO entfernen
    - ☞ ggf. Aufgabe neu in den FIFO aufnehmen
    - ☞ Koroutine erneut initialisieren
    - ⇝ weiter wie beim Beenden einer periodischen Aufgabe

Benutzerschnittstelle

- aperiodische Aufgabe aktivieren: IS `...::ready()`
  - Faden in den FIFO eintragen
  - ☞ Koroutine initialisieren
  - ggf. Aktivierung des Schedulers
    - Wie? ⇝ Aufruf von `set_need_reschedule()`
    - Wann? ⇝ in Ruhephasen
- Ablauftabelle setzen bzw. wechseln
  - siehe Aufgabe 1
  - Achtung: IS `...::switch_schedule_table()`
  - ☞ Synchronisation notwendig

Systemschnittstelle

- Scheduler starten: I `...::start()`
  - Ablauftabelle initialisieren (wie in Aufgabe 1)
  - Timer soll Unterbrechungen erzeugen
  - warten
- Aufgabe *wechseln*: I `...::reschedule()`
  - nächste periodischen oder aperiodische Aufgabe starten
    - ☞ Sicherung des Zustands einer aperiodischen Aufgabe
    - ⇝ Klasse `Dispatcher`
    - ⇝ Wie werden periodische Aufgaben gestartet?
  - folgende Übergänge sind denkbar
    - periodisch ⇝ aperiodisch
    - aperiodisch ⇝ aperiodisch
    - aperiodisch ⇝ periodisch
    - (periodisch ⇝ periodisch)
  - ☞ Scheduler muss den Übergang kennen

Synchronisation

- Implementierung durch Hüllfunktionen (engl. *Wrapper*)
  - in der Klasse `Guarded_Schedule_..._Aperiodic`
  - Achtung: `protected`-Vererbung
    - ⇝ Aufrufe müssen explizit durchgereicht werden

```
void exit() {
  Secure secure;
  Schedule_Table_Scheduler_Aperiodic::exit();
}
```

- Balance von `guard.enter()` und `guard.leave()`

☞ `main()` betritt vor `user_main()` einen kritischen Abschnitt
  - ⇝ Aufruf von `guard.enter()`

☞ jede Koroutine startet in der Funktion `kickoff()`
  - `kickoff()` verlässt einen kritischen Abschnitt
  - ⇝ Aufruf von `guard.leave()`

Vorgabe

- Unterbrechungen erzeugen ⇝ Klasse `Test_Interrupt_0`
  - Header: `debug/test_interrupt_0.h`
  - von dieser Klasse ableiten
  - `isr()` und `dsr()` implementieren
  - Objekt erzeugen und die Methode `trigger()` aufrufen
  - ⇝ erzeugt eine Unterbrechung, Behandlung im `isr()` und `dsr()`
- Koroutinenimplementierung ⇝ Klasse `Coroutine`
  - Header: `thread/coroutine.h`
  - vor der Ausführung initialisieren ⇝ `init()`
- Dispatcher ⇝ Klasse `Dispatcher`
  - Header: `thread/dispatch.h`
  - Koroutine starten: `Dispatcher::go()`
    - Laden des Zustands, keine Zustandssicherung
  - Koroutine wechseln: `Dispatcher::dispatch()`
    - Zustand der laufenden Koroutine sichern, der übergebenen laden
    - Achtung: übergebene Koroutine $\neq$ laufende Koroutine!

Weiter gedacht

- Was bräuchte man noch für Slack-Stealing?
  - ☞ Wissen über Ausführungszeiten und Deadlines zur Laufzeit
- Was bräuchte man noch für sporadische Ereignisse?
  - ☞ Übernahmeprüfung, Ausführungszeiten, Deadlines
- entstandene Problematik: Unterbrechungen
- schwierig: gemeinsame Betriebsmittel
  - geteilt von periodische **und** aperiodische Aufgaben
  - ⇝ Warum?