Echtzeitsysteme

Ausblick

Lehrstuhl Informatik 4

02. Februar 2011

Gliederung

„Real-Time Aspects in Automation Systems“

Vortragender	Dr. René Graf Siemens AG, Sektor Industry, Vorfeldentwicklung
Arbeitsgebiet	eingebettete Systeme, Systemsoftware und Echtzeitbetriebssysteme in der industriellen Automatisierung
Zeit	Donnerstag, 09.02.2012, 14:00 c.t.
Raum	Hörsaal H4, RRZE

Abstract

Teil 1: Eine kleine Reise durch die (Echt-)Zeit in Automatisierungssystemen. Welche Aufgaben haben welche Anforderungen und Lösungen?

Teil 2: Multi-Core – Single Bus: Der Prozessor ist nicht alles, wenn die Latenz eines Systems bestimmt werden muss.

Teil 3: Transparente Echtzeit unter Linux: Wie kann eine Applikation ohne Änderungen am Code dennoch unter Linux harte Echtzeit im Mikrosekundenbereich erfüllen?

Vorlesung: Verlässliche Echtzeitsysteme

Nicht mehr die Rechtzeitigkeit, sondern die korrekte Funktion steht im Vordergrund

Echtzeitsysteme sind in der Regel sicherheitskritische Systeme

☞ das Wohlergehen von Leib und Leben hat oberste Priorität

⇝ Fehlfunktionen sind zu vermeiden

Standards & Normen Was schreibt der Gesetzgeber vor?

- Wie muss die Softwareentwicklung aufgebaut sein?
- Was und wie wird begutachtet begutachtet?

⇝ einen „groben Überblick“ vermitteln

Softwarentwicklung ohne „Fehler einzubauen“

- Wie zeigt man die korrekte Funktionsweise von Software?

⇝ statische Analyse, Model Checking, dynamisches Testen, . . .

Fehlertoleranz zur Laufzeit

- Wie geht man mit „Bit-Kippern“ um?

⇝ Fehlertoleranztechniken

Vorlesung: Verlässliche Echtzeitsysteme (Forts.)

Organisatorisches

Vorlesung

Dozent	Fabian Scheler
Wochenstunden	2 Semesterwochenstunden
Raum	01.255-128
Uhrzeit	Dienstag, 16:15 - 17:45, Start: 17.04.2012

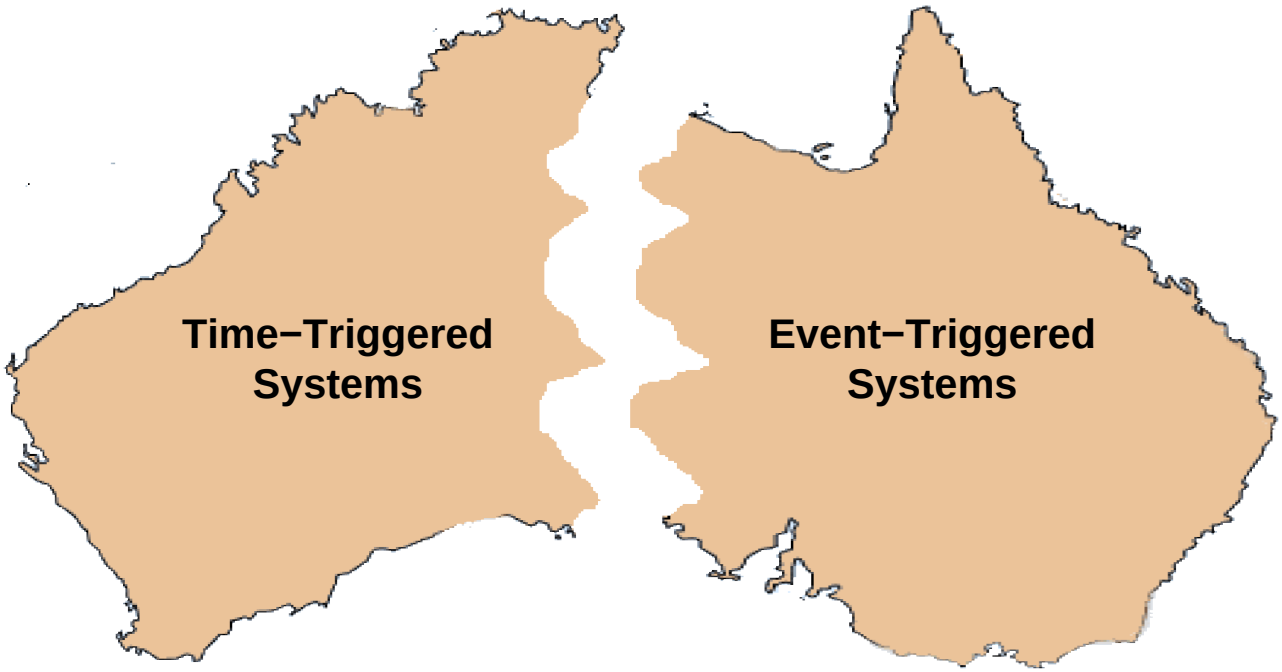
Übung

Dozenten	Martin Hoffmann, Florian Franzmann, Isabella Stilkerich
Wochenstunden	2 + 2 Semesterwochenstunden
Raum und Zeit	siehe UnivIS, nach Vereinbarung

Gliederung

Aspektorientierte Echtzeitsystemarchitekturen

Zeit- und ereignisgesteuerte Echtzeitsysteme sind grundverschieden



. . . wenn es um die Implementierung von Abhängigkeiten geht

- implizit sichergestellt
  - statische Ablaufplanung
- explizit sichergestellt
  - Schlossvariablen, Semaphore
  - Nachrichten
  - . . .

Aspektorientierte Echtzeitsystemarchitekturen (Forts.)

☞ Das hat auch Auswirkungen auf die Implementierung von Echtzeitanwendungen!

Fadenabstraktion

- taktgesteuerte Systemen: einfach Ereignisbehandlungen
- vorranggesteuerte Systemen: komplexe Ereignisbehandlungen

Portabilität

- Fadenabstraktionen sind mit der Anwendung verwoben
- Fäden ...
  - sperren Schlossvariablen
  - versenden Nachrichten
  - warten auf Signale anderer Fäden
- oder laufen einfach nur durch (engl. *run-to-completion*)

☞ Portierung zwischen Takt-/Vorrangsteuerung ist sehr schwierig!

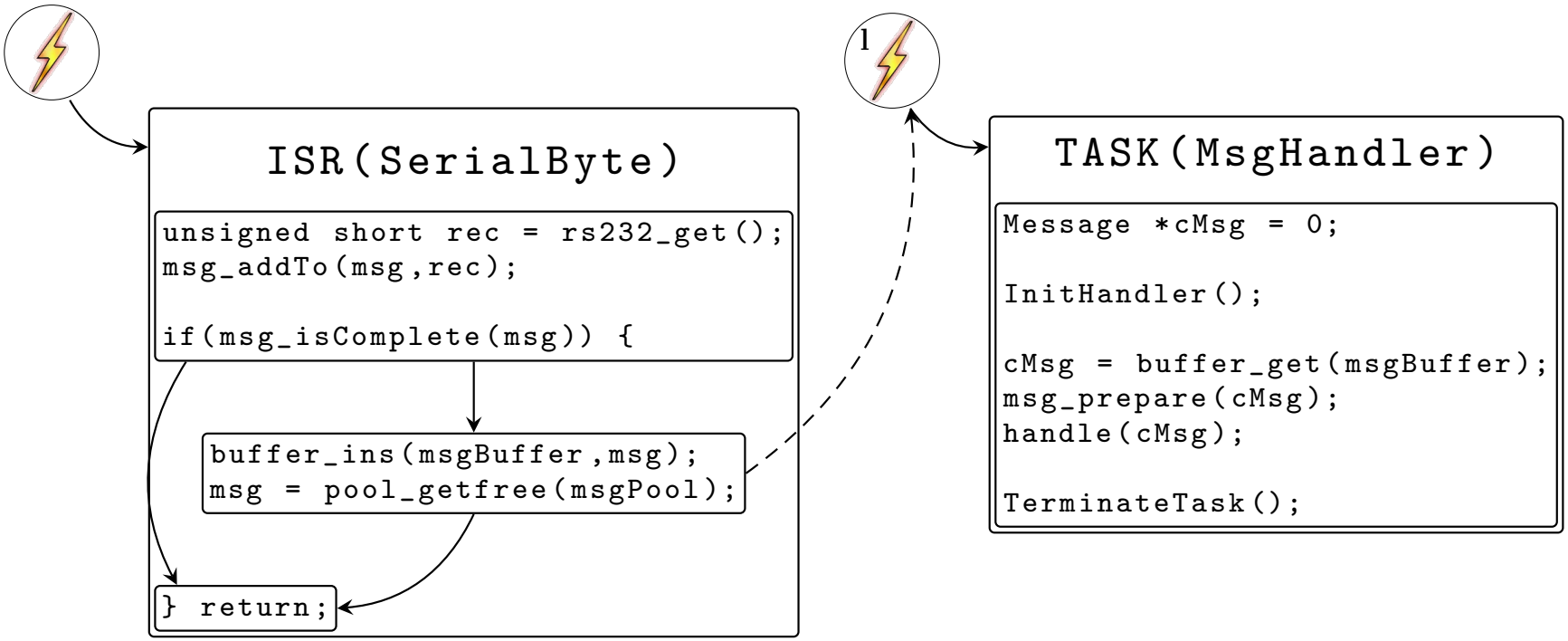
Atomic Basic Blocks (ABBs)

☞ Lösungsidee: Abstrahiere von den Eigenheiten dieser Echtzeitsystemarchitekturen

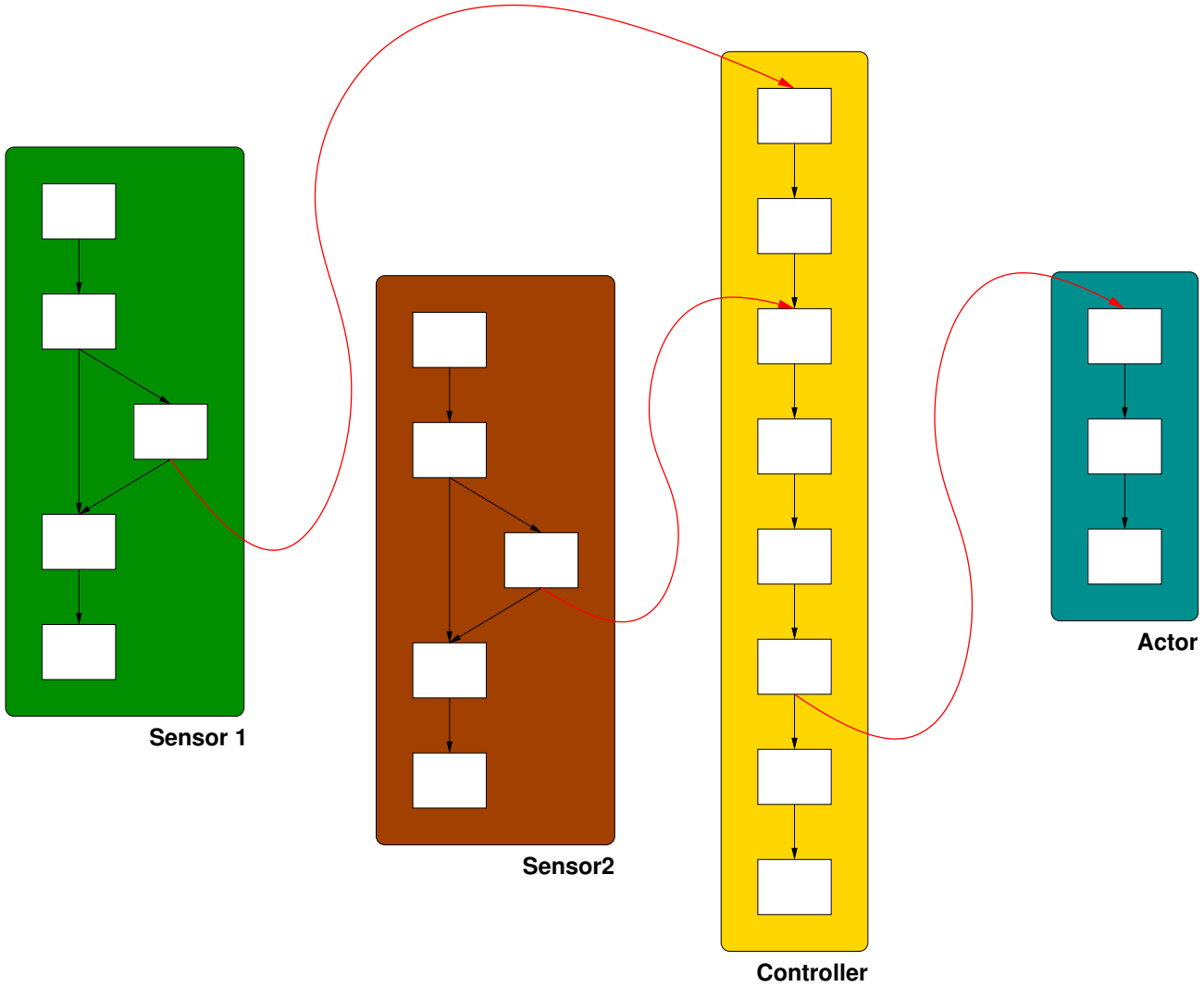
- stelle Abhängigkeiten unabhängig von der Fadenabstraktion dar
- Abbildung auf
  - taktgesteuerte Systeme oder
  - vorranggesteuerte Systeme
- Grundlage: Basisblöcke eines CFGs $\rightsquigarrow$ Atomic Basic Blocks
  - mehrere Grundblöcke werden zu einem ABB zusammengefasst
    - „Basic Blocks“ der erste Namensteil
  - Abghängigkeiten verbinden ABBs $\rightsquigarrow$ ABB-Graphen
    - Datenabhängigkeiten, gerichtete und ungerichtete Abhängigkeiten
    - prinzipiell mithilfe der Echtzeitsystemarchitektur implementiert
  - ABB-Graphen überspannen mehrere Kontrollflüsse
  - im ABB: keine Abhängigkeiten zu anderen Kontrollflüssen
    - das macht sie aus Sicht anderer Kontrollflüsse „atomar“

    $\rightsquigarrow$ das ist der zweite Teil des Namens

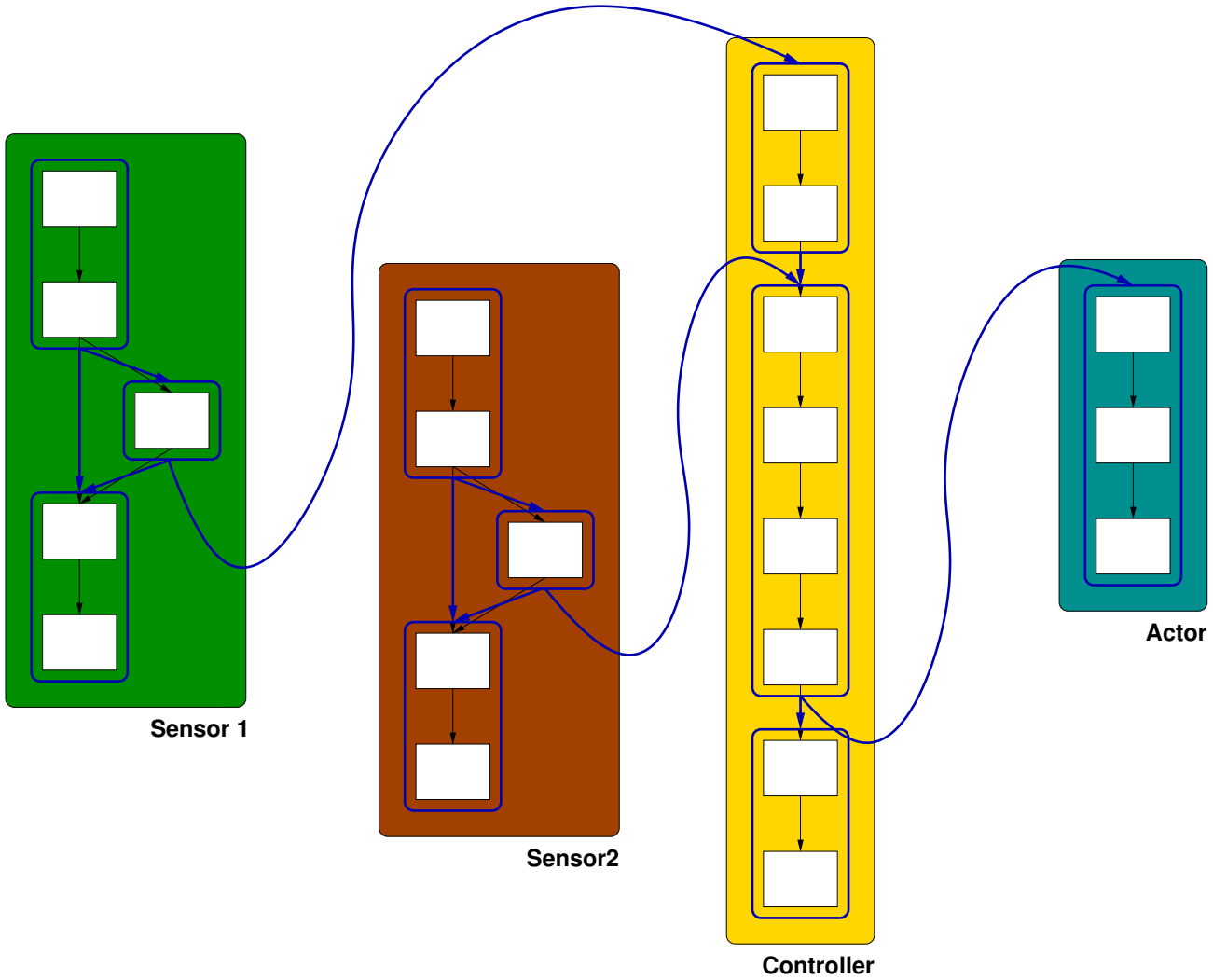
Atomic Basic Blocks (ABBs) — Beispiel



Atomic Basic Blocks (ABBs) — noch ein Beispiel



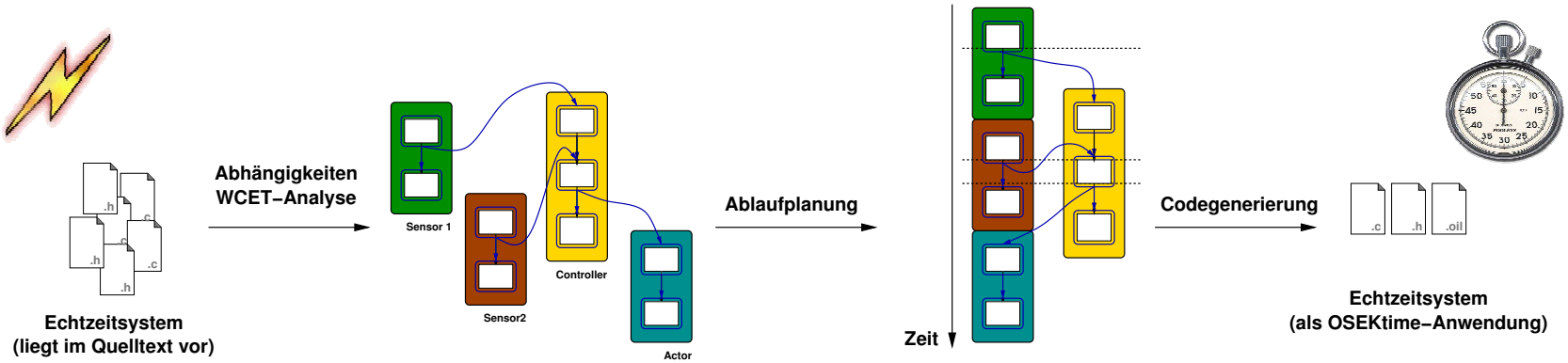
Atomic Basic Blocks (ABBs) — noch ein Beispiel



Der Real-Time Systems Compiler (RTSC)

- betriebssystemgewahrer Übersetzer
- vermittelt zwischen zeit- und ereignisgesteuerten Systemen
  - und verwendet dabei ABBs als Zwischendarstellung
- basiert auf der LLVM (Low-Level Virtual Machine)
- Gliederung wie in klassischen Compilern

Front-End	Abhängigkeitsgraph erzeugen, WCET-Analyse
Middle-End	Transformationen des ABB-Graphen, Ablaufplanung
Back-End	Codegenerierung für ein bestimmtes Betriebssystem



Forschungsziele im AORTA-Projekt

Echtzeitbetriebssysteme — Wie sieht die „perfekte“ Schnittstelle aus?

- Semaphor, Mutex, Messages, Flags, Events, ... $\rightsquigarrow$ riesige Auswahl
  - jedes Betriebssystem bringt seine ganz spezielle Lösung mit
- Welche Abhängigkeiten implementiert man eigentlich damit?
  - Welche Eigenschaften haben die erzeugten Abhängigkeiten?

Ereignisgesteuerte Systeme als Zielplattform — der Weg zurück

- bisher werden nur zeitgesteuerte Zielsysteme unterstützt

Verteilte Systeme bzw. Mehrkernsysteme statt Monoprozessoren

- Verteilung/Ablaufplanung auf mehreren Rechenknoten/-kernen
- Behandlung des Kommunikationssystems

Optimierung übergeordneter Eigenschaften

- z.B. Blockadezeiten durch blockierende Synchronisation

Die „perfekte RTOS-Schnittstelle“

Ausgangspunkt Schnittstellen verschiedener Echtzeitbetriebssysteme

- POSIX (QNX, VxWorks, . . .), eCos, Windows CE, AUTOSAR, . . .

Fokus: Kontrollflussabstraktion $\rightsquigarrow$ Fäden, Unterbrechungen, . . .

- Welche Kontrollflussabstraktionen werden angeboten?
- Wie werden sie aktiviert, wie implementieren sie Abhängigkeiten?
  - gerichtete/ungerichtete, synchrone/asynchrone Aufrufsemantik
  - Welche Informationen werden übertragen — Daten, Zeit, Signale

Ergebnis ist eine Studie:

- Welche Abhängigkeiten kann man überall implementieren?
- Gibt es Abhängigkeiten, die nicht implementiert werden können?
- Sind die Schnittstellen orthogonal oder gibt es mehrere Möglichkeiten diesselbe Abhängigkeit zu implementieren?

☞ Untermauernde Experimente/Beispiele sind wünschenswert!

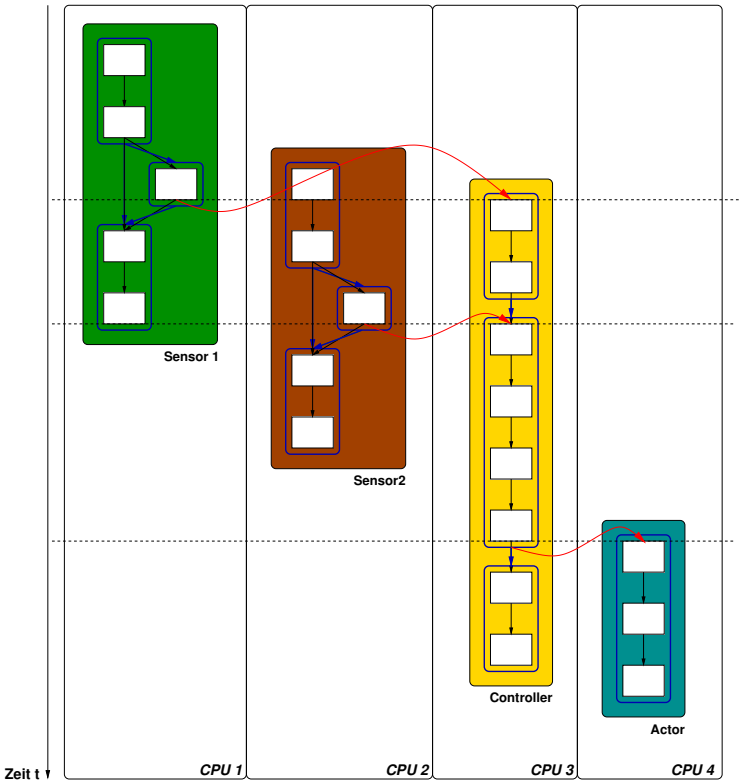
RTSC: Multicore Scheduling

- Automobilindustrie: 70 - 100 Steuergeräte je Premium-KFZ
  - $\rightsquigarrow$ Problem:

    viele Controller $\mapsto$ viele Busse $\mapsto$
    viel Kupfer $\mapsto$ viel Gewicht $\mapsto$ viel Verbrauch
  - $\rightsquigarrow$ Lösung: Konsolidierung z.B. durch Mehrkernprozessoren, aber:
    (1) Hardwareanforderungen – I/O
    (2) Programmierung von Mehrkernprozessoren ist schwierig

- Idee: zumindest bei (2) könnte der RTSC helfen :-)
  - automatisch Abbildung von ABB-Graphen auf
    - Mehrkernsysteme bzw. verteilte Systeme
  - Implementierung eines existierenden Algorithmus
    - Peng, Shin und Abdelzaher (1997)
    - statische Allokation von *Modulen* ($\approx$ ABBs) auf Rechenknoten
    - $\rightsquigarrow$ Voraussetzung ist ein Verständnis der Abhängigkeiten!

RTSC: Multicore Scheduling (Forts.)



- Abbildung auf verschiedene Knoten
  - Annahme einer globalen Zeitbasis
- Berücksichtigung von Kommunikation
  - gleicher Knoten
    - ⇝ gemeinsamen Speicher: Variablen
  - entfernter Knoten
    - ⇝ Nachrichten: TTEthernet/TTCAN
- Unterstützung von TTEthernet
  - ⇝ weiteres Thema

TTEthernet – Portierung auf TC1797/WIZnet W5300

TTEthernet zeitgesteuerte Kommunikation auf Ethernet-Basis

- Netzzugangsprotkoll: TDMA $\rightsquigarrow$ Uhrensynchronisation in Software
- Implementierung auf Ebene 2 des ISO/OSI-Schichtenmodells

$\rightsquigarrow$ Ethernet-Pakete lesen/schreiben

Entwicklungssystem mit TTEthernet-Switch und 2 Clients vorhanden

- TTEhernet-Protokoll-Implementierung verfügbar

$\rightsquigarrow$ 1. Schritt: Inbetriebnahme des TTEthernet-Systems

TriCore als Zielplattform

- mit Betriebssystem (Ciao OS/eCos) oder „bare metal“
- Entwicklung mit GCC, GDB, Lauterbach Trace32

$\rightsquigarrow$ 2. Schritt: Inbetriebnahme TriCore

3. Schritt: Portierung des Linux-Treibers

- Elementaroperationen im Linux-Treiber finden und verstehen

$\rightsquigarrow$ Transfer in die TTEthernet-Protokollschicht

Studien-/Diplom-/Bachelor-/Master- . . . Doktorarbeiten

Forschungs- und Entwicklungsprojekte: Universität, Forschungseinrichtungen, Industrie

weitere Themen im Internet/UnivIS:
`http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Theses/`