

Restbussimulation von Time-Triggered Ethernet

Anwendungen 2 : Related Work

Florian Bartols
florian.bartols@informatik.haw-hamburg.de

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

04. Mai 2011



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

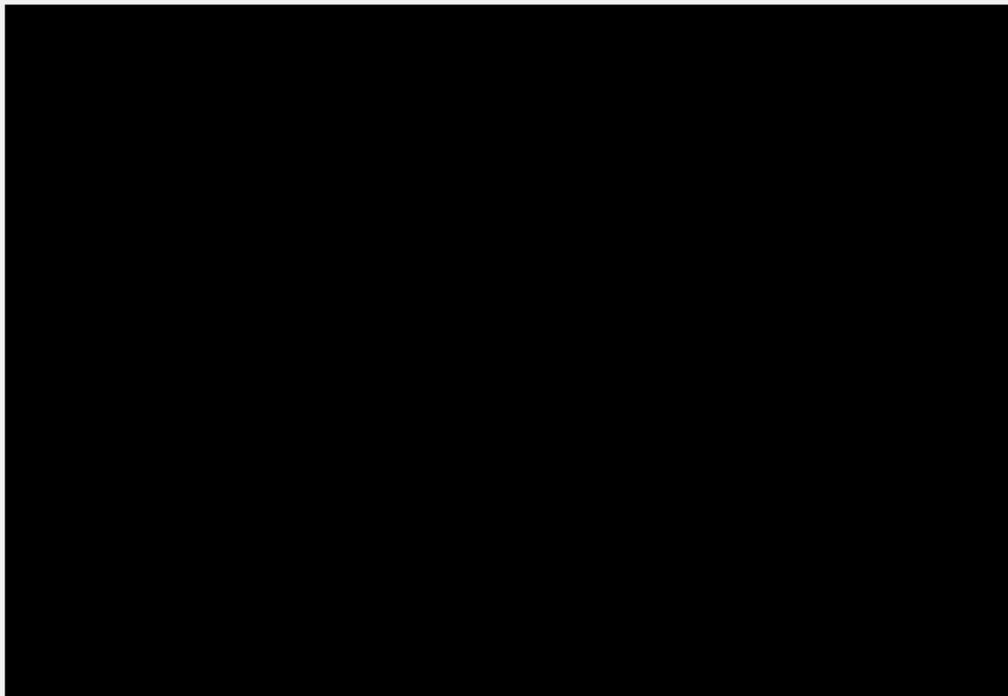
Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur



- Steigender Bedarf im Automobil
 - Elektronischen Komponenten
 - Bandbreite im Bordnetzwerk
- Dezentrale Entwicklung im Automotivbereich
- Frühzeitiges Testen ist daher unumgänglich
- Aufbau des Gesamtsystems nicht immer möglich

1 Motivation

2 Rückblick

- Restbussimulation
- TTEthernet

3 Verwandte Arbeiten

- Kommerzielle Produkte
- Forschung

4 WCET-Analyse

- Einführung
- Methoden

5 Zusammenfassung & Ausblick

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Restbussimulation

- Hybride Simulation eines oder mehrerer Knoten im verteilten System
- Ermöglicht frühzeitiges Testen der elektronischen Komponenten
- Verbindung zum DuT über das reale Kommunikationsmedium
- Vereinfachung durch Simulation der relevanten Knoten

Motivation

Rückblick

Restbussimulation
TTEthernet

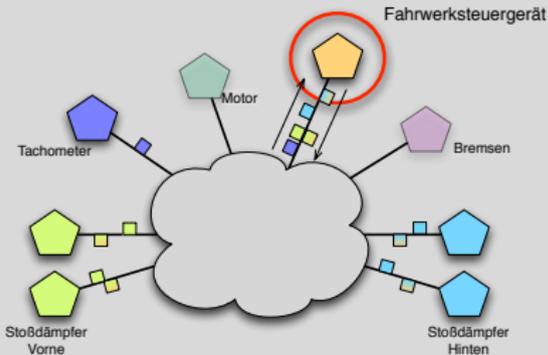
Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Beispiel



Motivation

Rückblick

Restbussimulation
TTEthernet

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

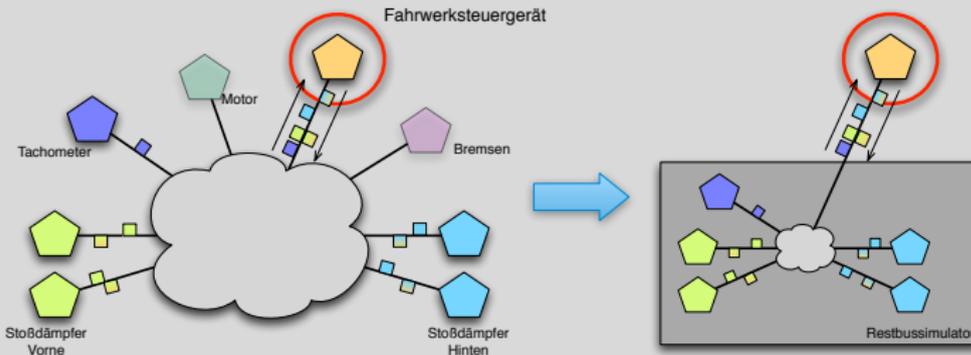
Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Beispiel



Motivation

Rückblick

Restbussimulation
TTEthernet

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

TTEthernet

- Echtzeiterweiterung zum Ethernet Protokoll^a
- Ermöglicht das gleichzeitige Übertragen von zeitkritischem und normalen Verkehr
- Nachrichtenklassen
 - 1 TT-Nachrichten
 - 2 RC-Nachrichten
 - 3 BE-Nachrichten
- Transparentes Synchronisationsprotokoll für koordiniertes TDMA auf allen Knoten

^a Wilfried Steiner: *TTEthernet Specification*. Nov. 2008.

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Restbussimulation

TTEthernet

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Problemstellungen

- Abbildung der Knoten im Schedule des Restbussimulators
 - Ausführungszeit der Knoten
 - Zu welchem Zeitpunkt muss der Knoten Senden
- Modellierung des Verhaltens der simulierten Knoten

- CANoe - Vector Informatik¹
- FlexXCon - Eberspächer²
- CanEasy - Schleißheimer³
- FlexRay CCM - IXXAT⁴

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

Kommerzielle Produkte
Forschung

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- ¹ Vector Informatik: *CANoe - Restbussimulation*.
- ² Eberspächer: *FlexXCon - Restbussimulation*.
- ³ Schleißheimer GmbH: *CanEasy*.
- ⁴ Robert v. Häfen: *Restbussimulation für FlexRay-Netzwerke*.

- CANoe - Vector Informatik¹
- FlexXCon - Eberspächer²
- CanEasy - Schleißheimer³
- FlexRay CCM - IXXAT⁴

Probleme

- Produktbeschreibung und
Verwendungsbeschreibungen
- Keine Informationen zu Interna der Produkte

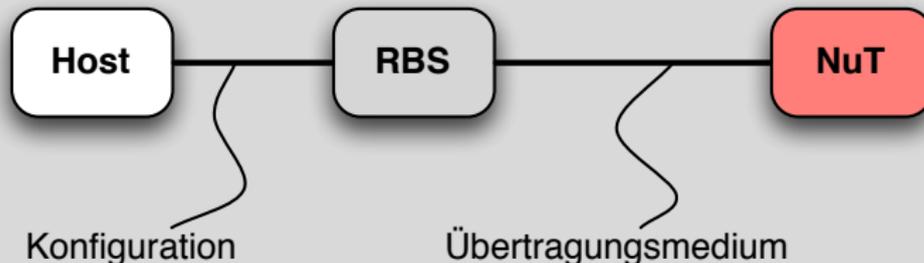
¹ Vector Informatik: *CANoe - Restbussimulation*.

² Eberspächer: *FlexXCon - Restbussimulation*.

³ Schleißheimer GmbH: *CanEasy*.

⁴ Robert v. Häfen: *Restbussimulation für FlexRay-Netzwerke*.

Genereller Aufbau



- Wissenschaftliches Papier: Universität/C-Lab Paderborn⁵
- Linux-PC-basierter Restbussimulator für FlexRay-Netzwerke
- Implementierung mit SystemC (nicht echtzeitfähig)
- Fokus bei dieser Arbeit liegt auf der Synchronisierung des RBS mit dem FlexRay-Bus
- Erreicht durch Synchronisationsbuffer

Unterschied zum Projekt:

Synchronisierung fällt weg, da RBS echtzeitfähig

⁵ Gilles Bertrand Defo, Wolfgang Mueller und Heinrich Rommel: „Synchronisierung eines SystemC

Restbus-Simulators mit einem Hardware-In-the-Loop FlexRay Netzwerk“. Feb. 2011.

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten
Kommerzielle Produkte
Forschung

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- Dissertation und Paper: TU-Wien 1999⁶
- Entwicklung eines Restbussimulator für TTP/C-Bussysteme
- Auf Basis eines Microcontroller für Host
- Und TTP/C-Controller für den Bus
- Eingesetzt zur Entwicklung eines Steer-by-Wire-Prototypen

Unterschied zum Projekt:

PC-Basierter Ansatz, Medienanbindung durch Netzwerkkarte

⁶ Thomas M. Galla: „Cluster Simulation in Time-Triggered Real-Time Systems“. Dez. 1999

Thomas M. Galla und Roman Pallierer: „Cluster simulation-support for distributed development of hard real-time systems using TDMA-based communication“. Juni 1999.

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten
Kommerzielle Produkte
Forschung

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Verwandte Arbeiten

Forschung: Restbussimulation von TTP/C



TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

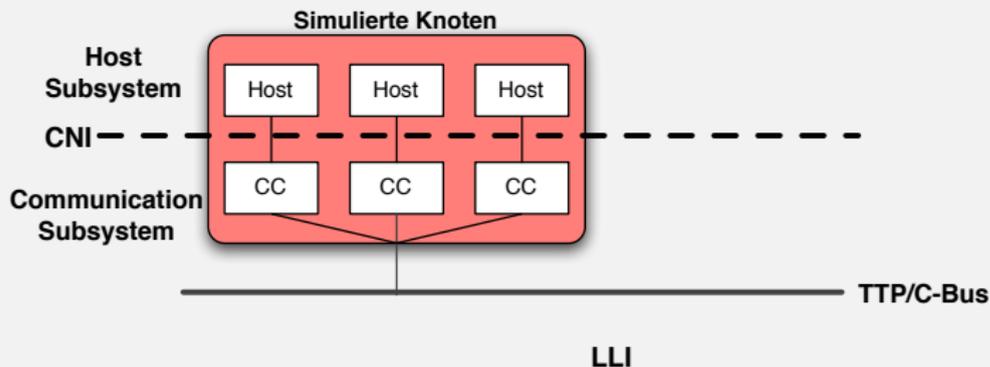
Rückblick

Verwandte Arbeiten
Kommerzielle Produkte
Forschung

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur



Verwandte Arbeiten

Forschung: Restbussimulation von TTP/C

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

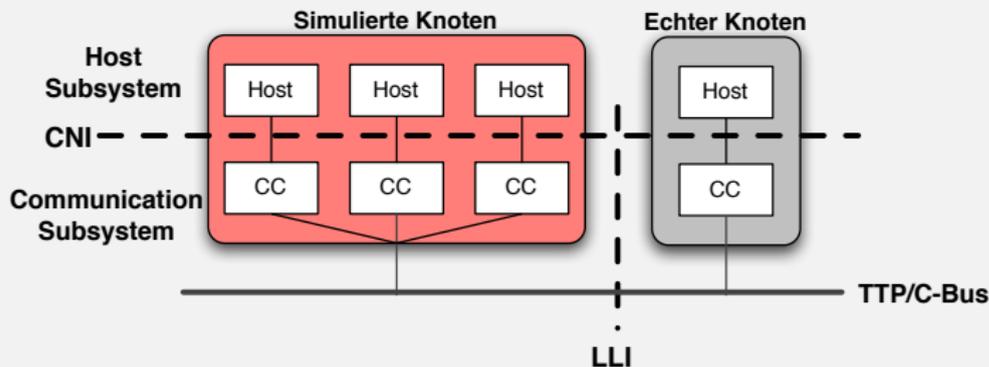
Rückblick

Verwandte Arbeiten
Kommerzielle Produkte
Forschung

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur



Problemstellung

- Exakte Funktionsbeschreibung noch nicht vorhanden
- Geringe Rechenkapazität
- Scheduling der Simulierten Knoten

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten
Kommerzielle Produkte
Forschung

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Problemstellung

- Exakte Funktionsbeschreibung noch nicht vorhanden
- Geringe Rechenkapazität
- Scheduling der Simulierten Knoten

Lösung

- Vereinfachung des Simulation
- Berechnung der WCET des simulierten Knotens
- $\tau_{csim}^{WCET} < t_i^{Uebertragungszeitpunkt} - t_i^{Aufrufezeitpunkt}$

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten
Kommerzielle Produkte
Forschung

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- Echtzeit-RBS muss die Ausführung der simulierten Knoten in bestimmten Grenzen garantieren
- WCET-Analyse Methode zu Bestimmung der worst case Ausführungszeit von Programmen
- Verwendung bei der Verifizierung von Echtzeit Programmen⁷
- Und Automotive-Anwendungen⁸

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Einführung
Methoden

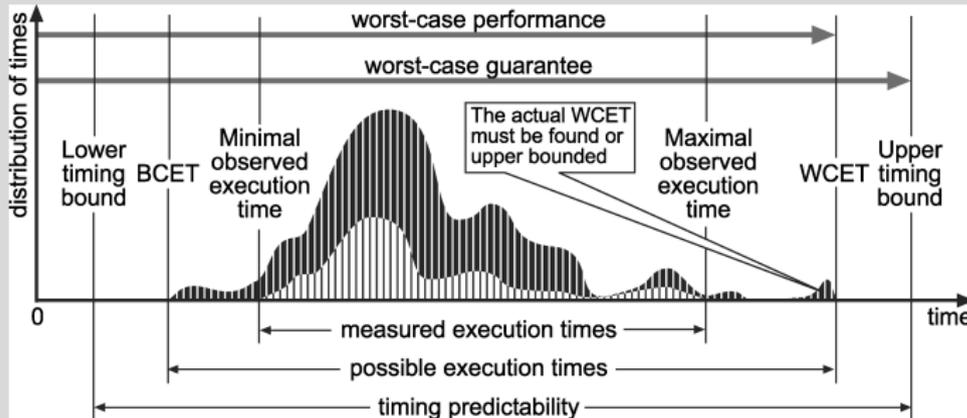
Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

⁷ Reinhard Wilhelm u. a.: „The worst-case execution-time problem - An Overview of Methods and Survey of Tools“. Mai 2008.

⁸ E. Frank u. a.: „Methods, tools and standards for the analysis, evaluation and design of modern automotive architectures“. 2008.

Beispiel



Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Einführung
Methoden

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Komplexität

- Ausführungszeit hängt unmittelbar von den Eingabedaten ab
 - Nicht alle Eingabedaten sind von Vornherein bekannt
 - Mehrere Ausführungswege für eine Aufgabe
- Die Bestimmung ist n, p -Komplex
⇒ Exponentielles Wachstum
- Moderne Prozessoren haben sehr hohe Komplexität
- Aktueller Zustand des Caches nicht immer vorhersagbar
 - Cache-miss, -hit führen zu unterschiedlichen Zeiten

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

- Keine Ausführung von des Programms
- Analyse erfolgt auf Basis des Quellcodes
- Zeigt garantierte Grenzen im Zeitverhalten auf

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Einführung
Methoden

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- Keine Ausführung von des Programms
- Analyse erfolgt auf Basis des Quellcodes
- Zeigt garantierte Grenzen im Zeitverhalten auf
- Verwendung des Kontroll-Fluss-Graphen der Software
- Erstellung wird durch Tool erzeugt
- KFG wird einer Analyse durchgeführt
- Zeiten werden so bestimmt

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

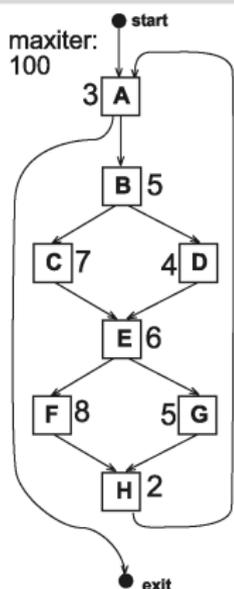
WCET-Analyse

Einführung
Methoden

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Beispiel



(a) Control-flow graph with timing

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

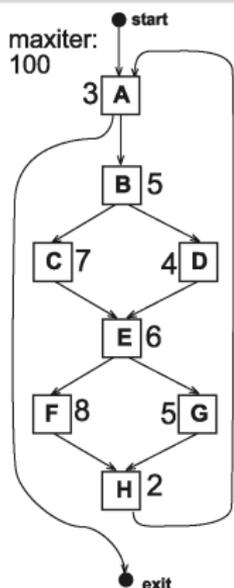
WCET-Analyse

Einführung
Methoden

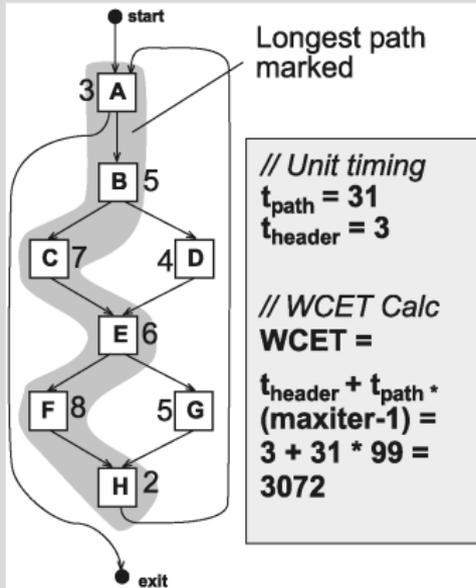
Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Beispiel



(a) Control-flow graph with timing



// Unit timing

$$t_{\text{path}} = 31$$

$$t_{\text{header}} = 3$$

// WCET Calc

WCET =

$$t_{\text{header}} + t_{\text{path}} *$$

$$(\text{maxiter}-1) =$$

$$3 + 31 * 99 =$$

$$3072$$

(b) Path-based calculation

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Einführung

Methoden

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- Ausführung des Codes auf der Hardware oder einem Simulator
- Mit einer gewissen Menge an Dateneingaben
- Kein Aufzeigen von garantierten Grenzen, sondern Abschätzung
- u.A. zu kleine Abschätzung möglich
- Kann auch verwendet werden, wenn Quellcode nicht vorhanden ist⁹

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Einführung

Methoden

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

⁹ Amine Marref und Adam Betts: „Accurate Measurement-Based WCET Analysis in the Absence of Source and Binary Code“. 2011.

- Messungsbasierte Methoden können beim Projekt vernachlässigt werden
- Bei Generierung des Codes kann gezielt auf kurze Wege geachtet werden
- Zur Validierung zusätzlich einzusetzende statische Methoden

Kommerzielle Produkte

- Verwendung von Spezialhardware zur Ausführung der RBS
- Konfiguration der RBS und Auswertung per Monitor-PC
- Keine RBS von Echtzeit Ethernet

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Kommerzielle Produkte

- Verwendung von spezial Hardware zur Ausführung der RBS
- Konfiguration der RBS und Auswertung per Monitor-PC
- Keine RBS von Echtzeit Ethernet

Forschung

- RBS auf PC-Basis oder identischer Hardware ist möglich
- Scheduling der simulierten Knoten hängt von der Ausführungszeit ab
- WCET der Simulation der Knoten muss bestimmt werden

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- Verfahren zur Bestimmung der worst-case Ausführungszeit
- Probleme: sehr Komplex, hängt von Eingabedaten ab, Fachwissen erforderlich
- Statische Methoden: keine Ausführung von Code zeigen garantierte Grenzen auf
- Messungen führen Code aus und schätzen die worst-case Zeit ab

Projekt:

- Berücksichtigung der Prinzipien aus den statischen Methoden
- Umsetzung der üblichen Konfig./Auswertung-Architektur

Theorie:

- Weitere Literaturrecherche

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

Vielen Dank...
... für eure Aufmerksamkeit

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

**Zusammenfassung &
Ausblick**

Literatur



- [1] Gilles Bertrand Defo, Wolfgang Mueller und Heinrich Rommel. „Synchronisierung eines SystemC Restbus-Simulators mit einem Hardware-In-the-Loop FlexRay Netzwerk“. In: *14. Workshop: Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen*. to appear. Feb. 2011.
- [2] Eberspächer. *FlexXCon - Restbussimulation*. Eberspächer. URL: http://www.eberspaecher.com/servlet/PB/menu/1064600_11/index.html (besucht am 28. 12. 2010).

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- [3] E. Frank u. a. „Methods, tools and standards for the analysis, evaluation and design of modern automotive architectures“. In: *Proceedings of the conference on Design, automation and test in Europe*. DATE '08. Munich, Germany: ACM, 2008, S. 659–663. ISBN: 978-3-9810801-3-1. DOI: <http://doi.acm.org/10.1145/1403375.1403536>.
URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1403375.1403536>.
- [4] Thomas M. Galla. „Cluster Simulation in Time-Triggered Real-Time Systems“. Diss. Wien: TU Wien, Dez. 1999.

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- [5] Thomas M. Galla und Roman Pallierer. „Cluster simulation-support for distributed development of hard real-time systems using TDMA-based communication“. In: *Proceedings of the 11th Euromicro Conference on Real-Time Systems, 1999*. Juni 1999, S. 150–157. DOI: 10.1109/EMRTS.1999.777461.
- [6] Robert v. Häfen. *Restbussimulation für FlexRay-Netzwerke*. Ixxat. URL: http://www.ixxat.de/article_flexray_restbus_apr08_de.html (besucht am 30.04.2011).

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- [7] Amine Marref und Adam Betts. „Accurate Measurement-Based WCET Analysis in the Absence of Source and Binary Code“. In: *14th IEEE International Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing (ISORC)*. 2011, S. 127–135. DOI: 10.1109/ISORC.2011.25.
- [8] Schleißheimer GmbH. *CanEasy*. Schleißheimer GmbH. URL: <http://www.schleissheimer.de/produkte/caneasy/> (besucht am 28.12.2010).
- [9] Wilfried Steiner. *TTEthernet Specification*. TTTech Computertechnik AG. Nov. 2008. URL: <http://www.tttech.com>.

TTEthernet RBS:
Related Work

Florian Bartols

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur

- [10] Vector Informatik. *CANoe - Restbussimulation*. Vektor Informatik. URL: http://www.vector.com/vi_canoe_de.html (besucht am 28. 12. 2010).
- [11] Reinhard Wilhelm u. a. „The worst-case execution-time problem - An Overview of Methods and Survey of Tools“. In: *ACM Trans. Embed. Comput. Syst.* 7 (3 Mai 2008), 36:1–36:53. ISSN: 1539-9087.

Motivation

Rückblick

Verwandte Arbeiten

WCET-Analyse

Zusammenfassung &
Ausblick

Literatur