

Echtzeit-Ethernet Restbussimulation: Frühzeitiges Modellbasiertes Testen in Fahrzeugnetzwerken der nächsten Generation

Masterkolloquium

Florian Bartols

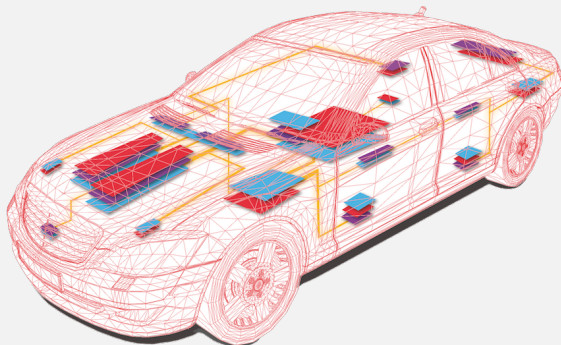
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

17. April 2014



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences



RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

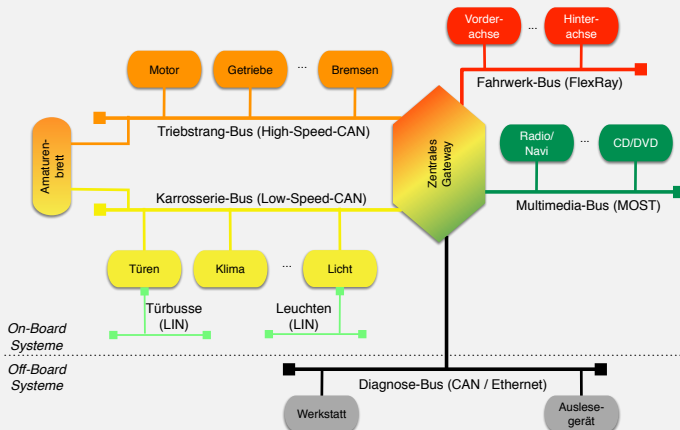
Zusammenfassung &
Ausblick

- > 70 Steuergeräte im Oberklassefahrzeug
- Einsatz für Sicherheit, Komfort und Unterhaltung
- \approx 2000 Nachrichten
- \approx 4000 Informationen

- Stetige Zunahme von Elektronik hat einen großen Einfluss auf die Kosten
- 1985 ca. 3% Heute über 25%
- Funktionen werden heute in Software realisiert
- Frühzeitiges Testen wichtig für die Kontrolle der Entwicklungskosten
- Dezentrale Entwicklung erschwert das Frühzeitige Testen
- Restbussimulation ermöglicht frühzeitiges Testen

Motivation & Einleitung

Kollaps im Bordnetzwerk



RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

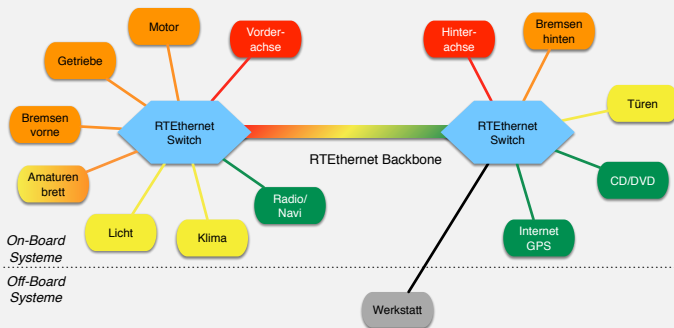
Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- Die Gesamtkomplexität des Bordnetzwerks ist schwer beherrschbar



- RT-Ethernet Bordnetzwerk kann Probleme heutiger Netzwerke lösen

1 Motivation & Einleitung

2 Hintergrund RT-Ethernet & Restbussimulation

3 Echtzeit Ethernet Restbussimulation

4 Anwendung & Ergebnisse

5 Zusammenfassung & Ausblick

1 Motivation & Einleitung

Motivation &
Einleitung

2 Hintergrund RT-Ethernet & Restbussimulation

Hintergrund
Modellbasierte
Entwicklung im
Automobil
Restbussimulation als
Testmethodik
Echtzeit Ethernet im
Automobil

3 Echtzeit Ethernet Restbussimulation

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

4 Anwendung & Ergebnisse

Anwendung &
Ergebnisse

5 Zusammenfassung & Ausblick

Zusammenfassung &
Ausblick

- Unterstützt die Entwicklung von komplexen Systemen
- Systeme werden schrittweise im Top-Down Verfahren entwickelt
- Frühzeitiges Analysieren von Systemen um Fehler zu erkennen
- Modelle als Spezifikation in der Systementwicklung
- Ermöglicht eine gemeinsame Sprache im verteilten Entwicklungsprozess

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

**Modellbasierte
Entwicklung im
Automobil**

Restbussimulation als
Testmethodik
Echtzeit Ethernet im
Automobil

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- Einsatz hauptsächlich als Blackbox-Verfahren
- Modelle als Spezifikation des System-under-Test (SUT)
- Systematische Ableitung der Testfälle anhand von Modellen
- Wiederverwendung der Testfälle innerhalb verschiedener Reifegrade des Systems
- Ausführung der Testfälle auf verschiedenen Test-Plattformen
 - MiL,SiL,PiL,HiL, Restbussimulation

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

**Modellbasierte
Entwicklung im
Automobil**

Restbussimulation als
Testmethodik
Echtzeit Ethernet im
Automobil

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- Aus der Sicht des SUT wird der „Rest des Busses (Netzwerks)“ simuliert
- Verbindung von SUT und Simulator direkt über die Kommunikationsschnittstelle
- Eine Restbussimulation muss transparent für das SUT erscheinen
 - Verhalten und Übertragung der Nachrichten müssen dem realen Netzwerk entsprechen
 - Netzwerkspezifische Attribute müssen ausgeführt werden
- Analyse des Tests findet auf Datenebene statt
- Offline nachdem ein Testfall ausgeführt wurde

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Modellbasierte
Entwicklung im
Automobil

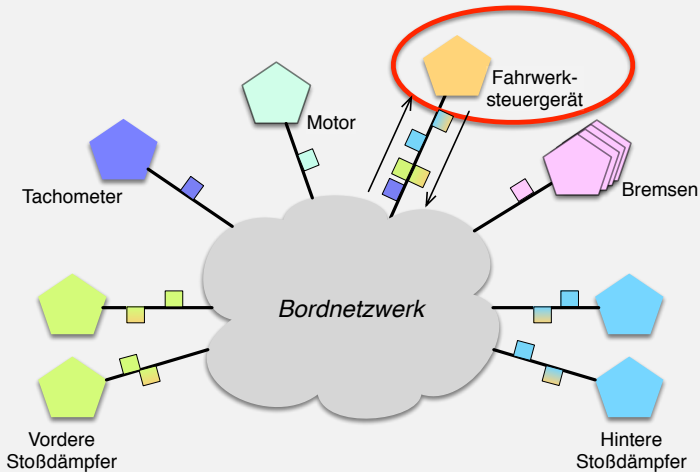
**Restbussimulation als
Testmethodik**

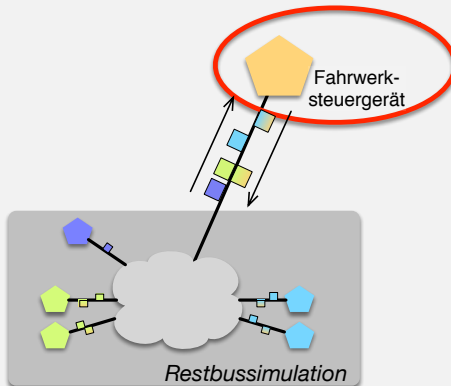
Echtzeit Ethernet im
Automobil

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

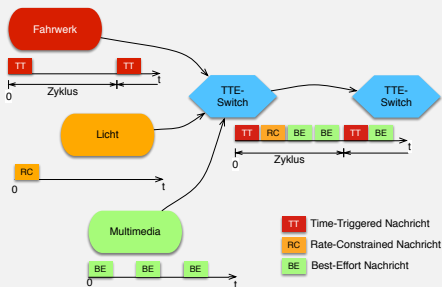
Zusammenfassung &
Ausblick





Eigenschaften von Time-Triggered Ethernet

- 3 Nachrichtenklassen mit unterschiedlichen Attributen
- Statisches Routing für deterministisches Verhalten
- Zeitsynchronisierung für globale Zeit



RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Modellbasierte
Entwicklung im
Automobil

Restbussimulation als
Testmethodik

**Echtzeit Ethernet im
Automobil**

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

1 Motivation & Einleitung

2 Hintergrund RT-Ethernet & Restbussimulation

3 Echtzeit Ethernet Restbussimulation

4 Anwendung & Ergebnisse

5 Zusammenfassung & Ausblick

RBS bisher

- Verwendung in busbasierten Systemen
- Verifikation funktionaler Anforderungen in diesen Systemen

RBS für RT-Ethernet

- Überprüfung von Zeitanforderungen der Nachrichtenübertragung
- Senderate, Reaktionsgeschwindigkeit und dessen Varianzen müssen getestet werden
- Implementierungsfehler führen zu Fehlfunktionen des Netzwerks

RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

**Anwendung einer RBS
in RT-Ethernet**

Modellierung von
Systemspezifikationen
Modellierung abstrakter
Testfälle

Verwendung von
Testfällen zur
Verhaltensmodellierung

Umsetzung einer
Echtzeit Ethernet Rest-
bussimulationsumgebung

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- Anforderungen müssen definiert werden um Systeme zu testen
- Mehrere Möglichkeiten Anforderungen zu Beschreiben
 - Natürliche Sprache
 - Modellierung in Modellen
- Modelle enthalten die wesentlichen Attribute des Systems
- Zwei Arten lassen sich modellieren
 - Funktionalen Anforderungen
 - Nicht-funktionale Anforderungen

RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung einer RBS
in RT-Ethernet

**Modellierung von
Systemspezifikationen**

Modellierung abstrakter
Testfälle

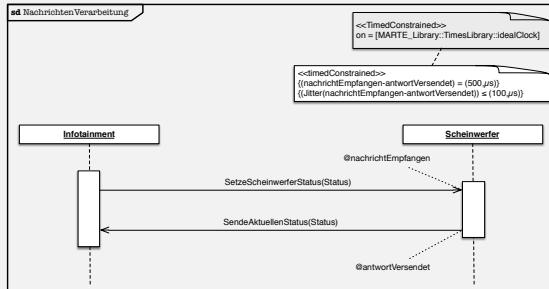
Verwendung von
Testfällen zur
Verhaltensmodellierung

Umsetzung einer
Echtzeit Ethernet Rest-
bussimulationsumgebung

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- *Modeling and Analysis of Real-time Embedded Systems (MARTE)*
- UML nicht geeignet für eingebettete echtzeit Systeme



RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung einer RBS
in RT-Ethernet

**Modellierung von
Systemspezifikationen**

Modellierung abstrakter
Testfälle

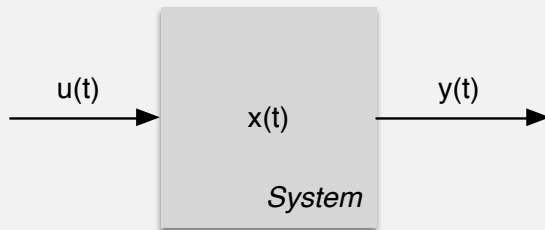
Verwendung von
Testfällen zur
Verhaltensmodellierung

Umsetzung einer
Echtzeit Ethernet Rest-
bussimulationsumgebung

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

Logische Darstellung eines System-under-Test



- Testfälle müssen unabhängig der späteren Testplattform sein (Abstrakt)
- Abstraktes Testfallmodell basiert auf Zustandsraummodell
- Modellierung mehrerer Eingänge (U) und Ausgängen (Y) des SUT

RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung einer RBS
in RT-Ethernet
Modellierung von
Systemspezifikationen

**Modellierung abstrakter
Testfälle**

Verwendung von
Testfällen zur
Verhaltensmodellierung
Umsetzung einer
Echtzeit Ethernet Rest-
bussimulationsumgebung

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

Grundlagemodell für funktionale Anforderungen:

- $AS_{FA} = (T, U, Y_{soll})$
- Modellierung konkreter Werte der Ein-, Ausgänge und Zuständen zu bestimmten Zeitpunkten

Testfallmodell für zeitliche Anforderungen einer RBS

- Senderate & Reaktionszeit muss modellierbar sein
- Erweiterung des Modells um diese Eigenschaften
- $AS_{LA} = (T, U, Y_{soll}, L_{soll}, R_{soll}, J_{Lsoll}, J_{Rsoll})$

■ $AS_{LA} = (T, U, Y_{soll}, L_{soll}, R_{soll}, J_{L_{soll}}, J_{R_{soll}})$

T	1s	5s	9s
U	$u_1 = ALLES_AUS$	$u_1 = BLINKER_EIN$	$u_1 = BLINKER_AUS$
Y_{soll}	$y_1 = ALLES_AUS$	$y_1 = BLINKER_EIN$	$y_1 = ALLES_AUS$
L_{soll}	$l_1(u_1, y_1) = 500\mu s$		
R_{soll}	$r_1(y_1) = 5000\mu s$		
$J_{L_{soll}}$	$j_{L1}(l_1) \leq 100\mu s$		
$J_{R_{soll}}$	$j_{R1}(r_1) \leq 10\mu s$		

- Darstellung von funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen im gleichen Testfall

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung einer RBS
in RT-Ethernet
Modellierung von
Systemspezifikationen
**Modellierung abstrakter
Testfälle**

Verwendung von
Testfällen zur
Verhaltensmodellierung
Umsetzung einer
Echtzeit Ethernet Rest-
bussimulationsumgebung

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- Verhalten der RBS wird durch das Senden von bestimmten Daten bestimmt
- Modell der abstrakten Testfälle ist geeignet zur Verhaltensmodellierung
- Die Eingänge des SUT können mit konkreten Werten belegt werden
- Zeitvektor gibt explizite Zeitpunkte vor an denen die Werten anliegen werden
- Das Verhalten einer Restbussimulation wird zu bestimmten Zeitpunkten bestimmt

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung einer RBS
in RT-Ethernet
Modellierung von
Systemspezifikationen
Modellierung abstrakter
Testfälle

**Verwendung von
Testfällen zur
Verhaltensmodellierung**

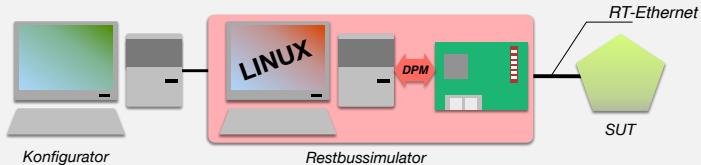
Umsetzung einer
Echtzeit Ethernet Rest-
bussimulationsumgebung

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

Anforderungen:

- Protokollkonforme Übertragung der Nachrichten
- Ausführung des abstrakten Testfallmodells
- Aufzeichnung des gesamten Datenverkehrs zu offline Auswertung des Testfalls



RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

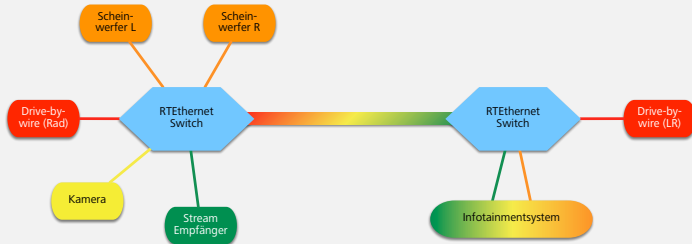
Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung einer RBS
in RT-Ethernet
Modellierung von
Systemspezifikationen
Modellierung abstrakter
Testfälle
Verwendung von
Testfällen zur
Verhaltensmodellierung
**Umsetzung einer
Echtzeit Ethernet Rest-
bussimulationsumgebung**

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- 1 Motivation & Einleitung
- 2 Hintergrund RT-Ethernet & Restbussimulation
- 3 Echtzeit Ethernet Restbussimulation
- 4 Anwendung & Ergebnisse**
- 5 Zusammenfassung & Ausblick



RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

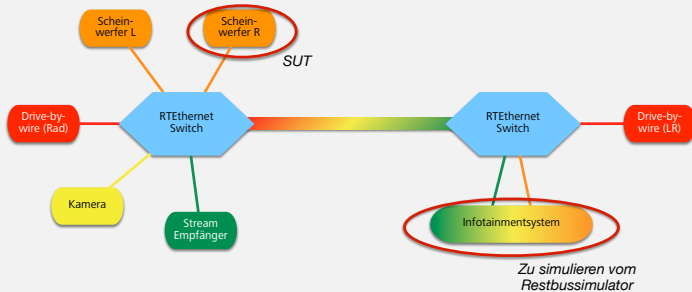
Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- Infotainmentsystem sendet Lichtzustände
- Scheinwerfer Quittieren eine Zustandsänderung
- Scheinwerfer Senden periodisch aktuellen Zustand
- Infotainmentsystem stellt den aktuellen Zustand dar



RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

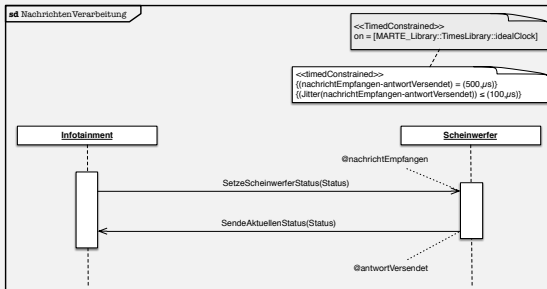
Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- Infotainmentsystem sendet Lichtzustände
- Scheinwerfer Quittieren eine Zustandsänderung
- Scheinwerfer Senden periodisch aktuellen Zustand
- Infotainmentsystem stellt den aktuellen Zustand dar

Verifikation einer Scheinwerferfunktion

Systemspezifikation mittels UML-MARTE Sequenzdiagramm



RT-Ethernet
Restbussimulation

F. Bartols

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

- Zustandsquittierung durch Sequenzdiagramm
- Zeitanforderungen durch VSL
 - Reaktionsgeschwindigkeit: 500 μ s
 - Jitter: 100 μ s

T	1s	2s	3s	...	61s	62s
U	$u_1 = SW_AUS$	$u_1 = HS_EIN$	$u_1 = HS_AUS$...	$u_1 = HS_EIN$	$u_1 = HS_AUS$
Y_{soll}	$y_1 = SW_AUS$	$y_1 = HS_EIN$	$u_1 = HS_AUS$...	$u_1 = HS_EIN$	$y_1 = SW_AUS$
Y_{ist}	$y_1 = SW_AUS$	$y_1 = HS_EIN$	$y_1 = SW_AUS$...	$y_1 = HS_EIN$	$y_1 = SW_AUS$
L_{soll}	$h_1(u_1, y_1) = 500\mu s$					
$J_{L_{soll}}$	$j_{L1}(h_1) \leq 50\mu s$					
L_{ist}	$h_1(u_1, y_1) = 517 - 519\mu s, \text{ MEDIAN}=518\mu s$					
R_{soll}	$r_1(y_1) = 5000\mu s$					
$J_{R_{soll}}$	$j_{R1}(r_1) \leq 10\mu s$					
R_{ist}	$r_1(y_1) = 4997 - 5002\mu s, \text{ MEDIAN}=5000\mu s$					

- Funktionale Anforderung erfüllt
- Erwarteten Werte liegen am Ausgang des SUT an
- Nicht-funktionale Zeitanforderungen erfüllt
- Senderate & Reaktionszeit sind im definierten Bereich

- 1 Motivation & Einleitung
- 2 Hintergrund RT-Ethernet & Restbussimulation
- 3 Echtzeit Ethernet Restbussimulation
- 4 Anwendung & Ergebnisse
- 5 Zusammenfassung & Ausblick**

- Restbussimulation ist eine Testmethodik im Entwicklungsprozess
- 3 Nachrichtenklassen & Synchronisierung müssten in RT-Ethernet durchgeführt werden
- Transparentes Verhalten für das SUT erforderlich
- RT-Ethernet Restbussimulation zur Verifikation der Nachrichtenübertragung
- Spezifikation des SUT erfolgt in Form von Modellen
- Funktionale und nicht-funktionale Anforderungen durch UML-MARTE

- Entwicklung des abstrakten Testfallmodells zur Überprüfung von nicht-funktionalen Anforderungen
- Verwendung eines Abstrakten Testfallmodells für zwei Aufgaben:
 - Verifikation von funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen
 - Verwendung als Simulationsmodell zur Verhaltensmodellierung
- RT-Ethernet Restbusssimulation zur Etablierung als Fahrzeugnetzwerk erforderlich

- Vereinfachung der Systemarchitektur auf eine gemeinsame Hardwarebasis
- Umsetzung eines Konzepts zur Modellierung von reaktiven Verhalten
- Automatische Analyse des aufgezeichneten Verkehrs

Motivation &
Einleitung

Hintergrund

Echtzeit Ethernet
Restbussimulation

Anwendung &
Ergebnisse

Zusammenfassung &
Ausblick

Vielen Dank für eure
Aufmerksamkeit

