

Real-time Ethernet for In-Vehicle Networks

Consolidation of Real-time Ethernet

Jan Depke

jan.depke@informatik.haw-hamburg.de

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

07. Januar 2011



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hamburg University of Applied Sciences

- 1** Realtime Ethernet
- 2** Automotive / Avionic Bussysteme
- 3** Masterthesis
- 4** Relevante Technologien
- 5** Eigene Ansätze



- unabhängig von der PHY
- Switch + NIC mit modifiziertem Treiber
- Determinismus der Übertragung
- definierte Latenzen
- definierter Jitter
- Bandbreite

Consolidation of
Real-time Ethernet

Jan Depke

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur

■ best effort (BE)

Ethernet, keine Garantie der Zustellung

■ rate constraint (RC)

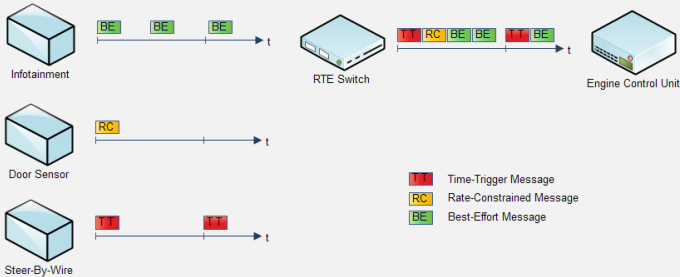
Determinismus hinsichtlich Bandbreite, definiert durch Datenrate und Paketlänge

■ real time (RT)

Determinismus hinsichtlich Zeit und Bandbreite, definiert durch Periode, Paketlänge und

Versatz zur globalen Zeitbasis¹

¹ Wilfried Steiner: *Time-Triggered Ethernet: TTEthernet*. 2010.



Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur

Bild aus Urheberrechtsgründen nachträglich entfernt.

- ~~wozu~~ Bussysteme in Automotive/Avionic?
- X-by-wire, messen, steuern, regeln
- FlexRay, CAN, LIN, AFDX
- klassische Einsatzgebiete der Bussysteme

[4] [7]

Consolidation of
Real-time Ethernet

Jan Depke

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur

- Bandbreite (X-by-wire und Multimedia)
- Echtzeitverhalten (Regeln, Steuern)
- Kompatibilität (preiswerte Controller ohne RTE)
- Erweiterbarkeit, Layer 1 Upgrade

- keine Lösungen als Produkt verfügbar

RTE-Gruppe:

Florian Bartols, Restbussimulation

Hernand Dieumo Kenfack

Jan Kamieth, Lenkvorrichtung (RTE/CAN)

Inspiration:

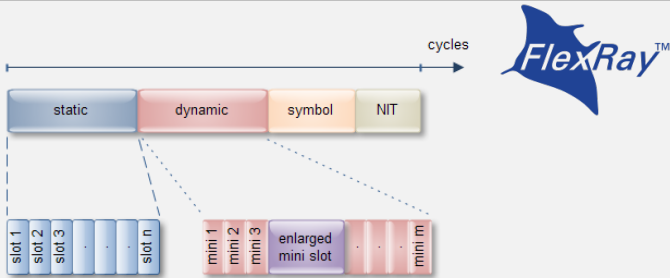
Özcelik, Ertürk, Ekiz, Selcuk, CAN/ATM LAN Bridge [8]

Robert Leibl, USB über Ethernet [3]

Lerjen, Zbinden, Bluetooth Ethernet Bridge [5]

Relevante Technologien

Flexray



- time triggered messaging
- line/star Topologie, Rekombinationen
- redundanter Bus möglich
- statische slots + dynamische slots mit Priorität
- globale clock

Consolidation of
Real-time Ethernet

Jan Depke

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

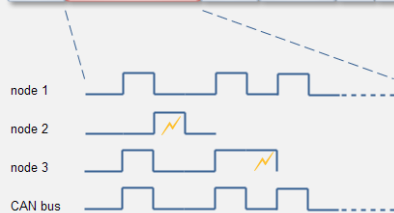
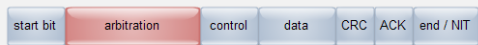
Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur



CAN data frame



CAN

Consolidation of
Real-time Ethernet

Jan Depke

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur

[2]

- event triggered messaging
- Prioritäten über Identifier
- prioritätsgesteuerte Arbitrierung
- empfangerselektives Lesen
- bit stuffing
- remote, error, overload frame
- TTCAN als Erweiterung

The AFDX logo consists of the text "AFDX" in a white, bold, sans-serif font, enclosed within a dark blue rectangular box with rounded corners.

Consolidation of
Real-time Ethernet

Jan Depke

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur

- full duplex (Kollisionsvermeidung bei Endsystemen)
- Endsysteme über Switches verbunden
- Sensoren, Aktoren und Controller in Endsystemen
- VLinks für 'one-to-many' Kommunikation, Routen
- Bandwidth Allocation Gap & max. Nachrichtenlänge ergibt reservierte Bandbreite
- garantiert Bandbreite aber kein Zeitverhalten
- unicast zu Endsystem
- multicast zu VLink

2

2 Inc. Condor Engineering: *AFDX Protocol Tutorial*. 2005.



Consolidation of
Real-time Ethernet

Jan Depke

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

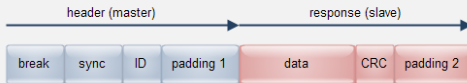
Masterthesis

Relevante
Technologien

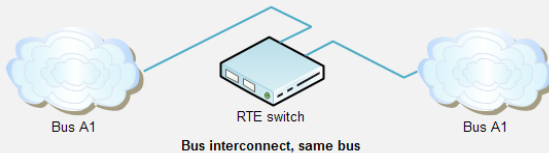
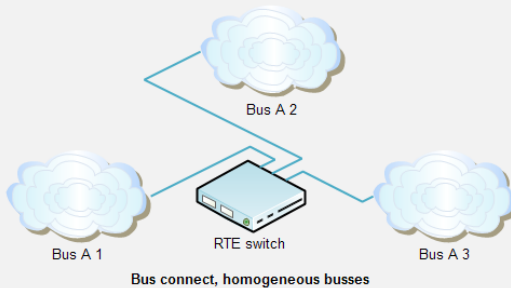
Eigene Ansätze

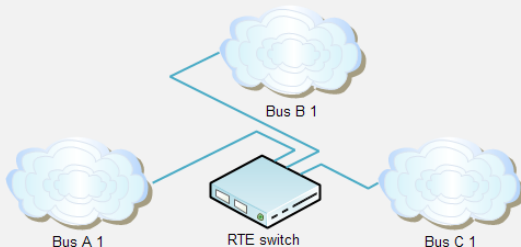
Literatur

LIN data frame



- Master organisiert den Bus → Kollisionsfreiheit
- Master initiiert jede Kommunikation
- empfängerselektives System
- senden / empfangen durch ID bestimmt
- sleep mode
- diagnostic mode





inter-Bus connect, inhomogeneous busses

- physical layer
- data layer
- event triggered vs time triggered
- Konsequenzen für Determinismus, Latenz, Jitter
- device2device, Jan Kamieth

Consolidation of
Real-time Ethernet

Jan Depke

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur

- Propagieren der Arbitrierung?
- Echtzeitverhalten: Eingliederung von event triggered messages
- Sicherheit: RTE gegen Fremdbusse schützen (babbling idiot)
- zeitliche Rahmenbedingungen der buspezifischen Kontrollkommunikation
- Hardwarerealisierung der Gateways, unbekannte Hardware
- Protokollstacks für die Busse

- Nachrichtentunnel via Gateway
- Gateway, Spezifikationsbruch
- Interoperabilitätsmatrix, Risikoabschätzung
- grundsätzlich: Layer 1 -> Tunnel/Gateway
- Layer 3 -> eventuell Tunnel/Gateway

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur

- [1] Inc. Condor Engineering. *AFDX Protocol Tutorial*. 2005.
- [2] Thomas Dohmke. *Bussysteme im Automobil: CAN, FlexRay und MOST*. Techn. Ber. Technische Universität Berlin, DaimlerChrysler AG, 2002.
- [3] Robert Leibl. „USB über Ethernet“. Diplomarbeit. Deutschland: Universität Freiburg, 2007.
- [4] Syed Masud Mahmud. „In-Vehicle Network Architecture for the Next-Generation Vehicles“. In: *Automotive Informatics and Communicative Systems: Principles in Vehicular Networks and Data Exchange*. Hrsg. von Huaqun Guo. Hershey, PA: IGI Global, 2009, S. 283–302.

- [5] Christian Zbinden Michael Lerjen. „Reconfigurable Bluetooth Ethernet Bridge“. Diplomarbeit. Schweiz: Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 2002.
- [6] Wilfried Steiner. *Time-Triggered Ethernet: TTEthernet*. TTTech Computertechnik AG. 2010. URL: <http://www.tttech.com>.
- [7] Jean-Pierre Thomesse. „Fieldbus Technology in Industrial Automation“. In: *Control Engineering Practice vol 7*. International Federation of Automatic Control, 1999, S. 81–94.
- [8] Ekiz Selcuk Özcelik Ertürk. *Design and Implementation of a CAN/ATM LAN Bridge*. 2005.

Consolidation of
Real-time Ethernet

Jan Depke

Realtime Ethernet

Automotive/Avionic
Bussysteme

Masterthesis

Relevante
Technologien

Eigene Ansätze

Literatur