

Ethernet als Bus für Echtzeitanwendungen im Automobil: Konzepte aus der Automatisierungsbranche

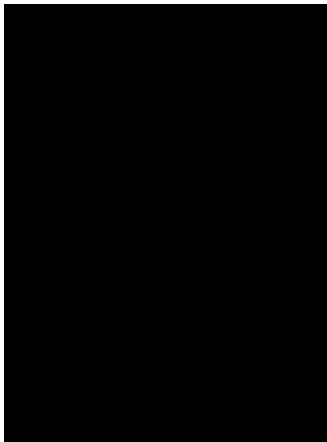
Till Steinbach

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Anwendungen 1 WS 08/09 – 16. Dezember 2008

Wie alles begann

Schaltplan um 1910



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

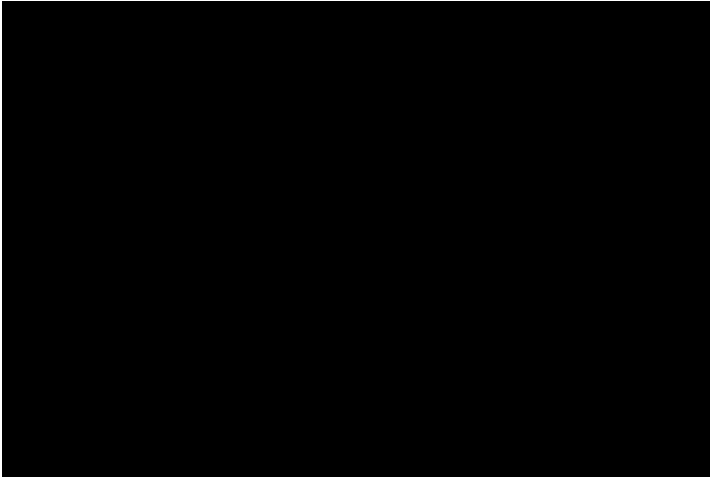
Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Wie alles begann

Schaltplan Porsche 912 1960



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Ethernet als Bus für Echtzeitanwendungen im Automobil: Konzepte aus der Automatisierungsbranche

Till Steinbach

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Anwendungen 1 WS 08/09 – 16. Dezember 2008

Vortragsübersicht

Ethernet als Bus für Echtzeitanwendungen im Automobil

- 1 Motivation
 - Ethernet als Bussystem
 - Problemstellung und Zielsetzung
- 2 Zielplattform
 - Merkmale
 - Anforderungen
- 3 Technologieübersicht
 - Time-triggered Systeme
 - Token-basierte Systeme
 - Bandbreitenbasierte Systeme
- 4 Fazit und Ausblick
 - Ausblick auf weiters Vorgehen
 - Risikoabschätzung
- 5 Fragen

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Motivation

Warum ein neues Bussystem für das Automobil?

- starke Zunahme von Elektronik im Automobil (heute: bis zu 70 Steuergeräte, mehrere hundert Sensoren)
 - Fahrerassistenzsysteme (ASR, ESP, ...)
 - X-by-Wire-Anwendungen (Elektronisches Gaspedal)
 - Informationselektronik (Navigation, Internet, ...)
 - Unterhaltungselektronik (Musik, Fernsehen, ...)

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem
Problemstellung und
Zielsetzung

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Motivation

Warum ein neues Bussystem für das Automobil?

- starke Zunahme von Elektronik im Automobil (heute: bis zu 70 Steuergeräte, mehrere hundert Sensoren)
 - Fahrerassistenzsysteme (ASR, ESP, ...)
 - X-by-Wire-Anwendungen (Elektronisches Gaspedal)
 - Informationselektronik (Navigation, Internet, ...)
 - Unterhaltungselektronik (Musik, Fernsehen, ...)
- heterogenes Bussystem (CAN, LIN, MOST, Flexray)
 - auf Anwendung optimierte Bussysteme
 - Busübergreifende Kommunikation über Gateways

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem
Problemstellung und
Zielsetzung

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Bussysteme im Automobil

Busübergreifende Kommunikation über Gateways

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem
Problemstellung und
Zielsetzung

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

NC	CAN B	D2B
10 kBd	83,333 kBd	5,65 MBd
10	24	61

Ethernet als Echtzeitbus

Warum Ethernet als Bussystem im Automobil?

- bewährte Technologie (Computernetze, Internet)
- hohe Verbreitung, sinkende Preise
- Microcontroller bieten oft bereits Ethernetunterstützung
- Entkoppelung vom Übertragungsmedium
 - Kupferkabel (robust, günstig, einfach zu verarbeiten)
 - Lichtwellenleiter (hohe Bandbreite, keine elektromagnetische Einstrahlung)
- Freie Wahl der Topologie
- Große Zahl an anwendungsspezifischen Protokollen
- Große Zahl an Entwicklern und Entwicklungswerkzeugen

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem

Problemstellung und Zielsetzung

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Sensorik im Automobil

Vorteile der freien Topologiewahl

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem

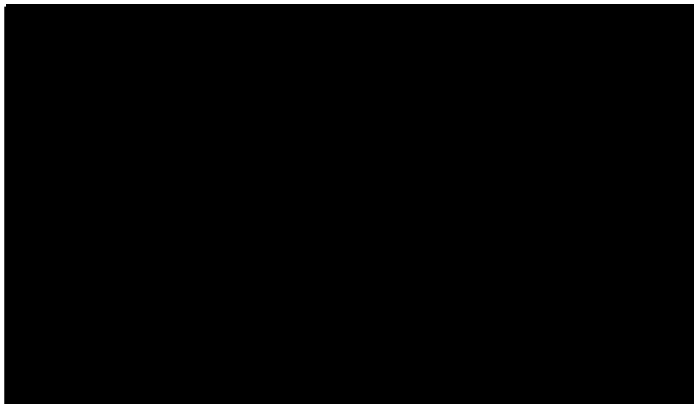
Problemstellung und
Zielsetzung

Zielplattform

Technologieübersicht

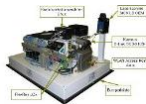
Fazit und Ausblick

Fragen



Problemstellung und Zielsetzung

- Konzept für Echtzeit-Ethernet-Bussystem
- Vision: Ein Bus für alle Anwendungen
- Proof-of-Concept im FAUST-Umfeld
 - Umsetzung für den HAWKS Rennwagen



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem

Problemstellung und Zielsetzung

Zielplattform

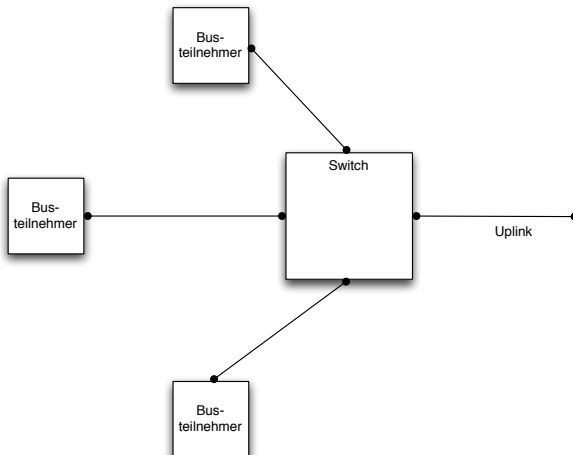
Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Ethernet - Kollisionen im Switch

Warum Ethernet ursprünglich für Echtzeitanforderungen ungeeignet ist



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem

Problemstellung und Zielsetzung

Zielplattform

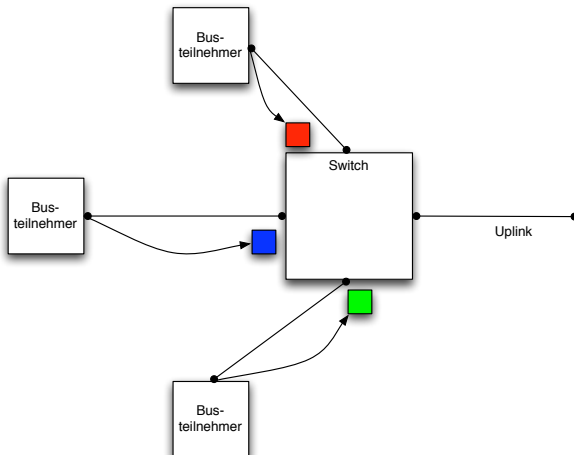
Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Ethernet - Kollisionen im Switch

Warum Ethernet ursprünglich für Echtzeitanforderungen ungeeignet ist



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem

Problemstellung und Zielsetzung

Zielplattform

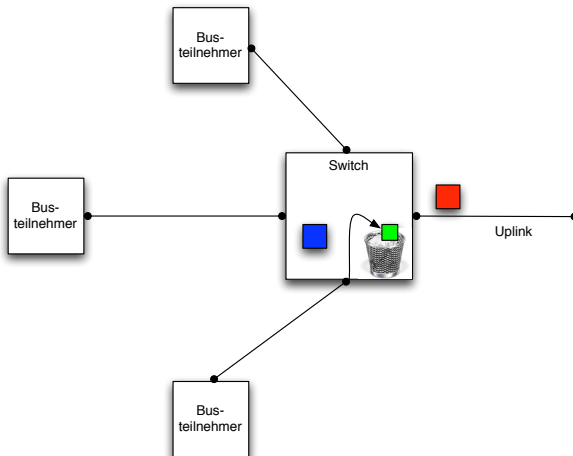
Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Ethernet - Kollisionen im Switch

Warum Ethernet ursprünglich für Echtzeitanforderungen ungeeignet ist



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem

Problemstellung und Zielsetzung

Zielplattform

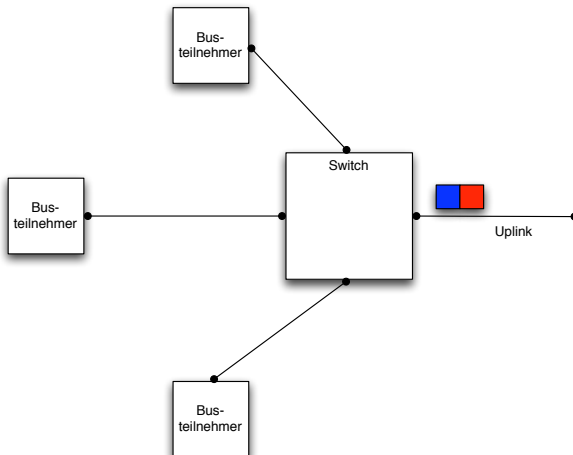
Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Ethernet - Kollisionen im Switch

Warum Ethernet ursprünglich für Echtzeitanforderungen ungeeignet ist



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Ethernet als Bussystem

Problemstellung und Zielsetzung

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Merkmale

Typische Merkmale eines verteilten Echtzeit Systems im Automobil

- Hohe Anforderungen an das Zeitverhalten
 - Geringe Latenz
 - Geringer Jitter
- (Nahezu) vollständig geschlossenes System
- Feste Anzahl an Busteilnehmern
- Statische Topologie

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Merkmale

Anforderungen

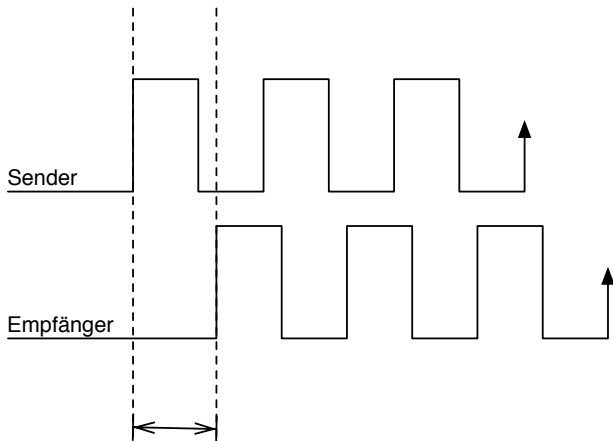
Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Latenz

Laufzeit von Datenpaketen



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Merkmale

Anforderungen

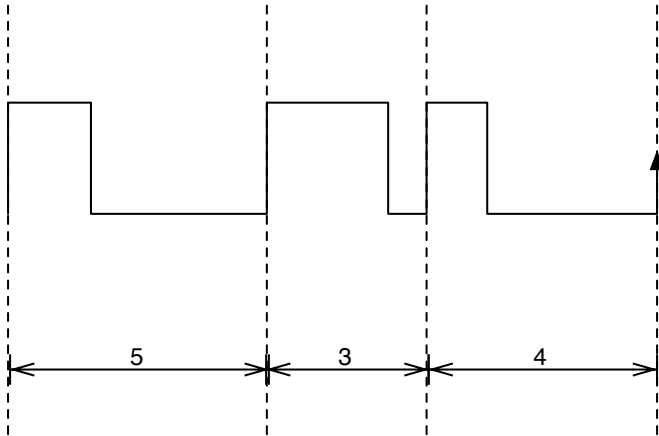
Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Jitter

Varianz der Laufzeit von Datenpaketen



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Merkmale

Anforderungen

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Anforderungen

Anforderungen für Echtzeitbussysteme im Automobil

- parallele Übertragung von Daten mit harten, weichen und ohne Echtzeitanforderungen
- Synchrone und asynchrone Übertragung
- Geringer Nachrichtenjitter
- Redundanzkonzept
- Hohe Übertragungsbandbreite
- Einfacher Austausch des Physical-Layers
- Einfache Anwendung
- Nutzung von Standardkomponenten

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Merkmale

Anforderungen

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Anforderungen

Anforderungen für ein Echtzeitbussysteme im FAUST-Umfeld

- Kommunikation zwischen Systemen mit (Echtzeit) Betriebssystem und betriebssystemlosen Komponenten
- Einsatz von Standard-Ethernet Komponenten
- Geringes Gewicht und geringer Platzbedarf, geringer Strombedarf der Komponenten

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Merkmale

Anforderungen

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen

Unterteilung in die 3 Hauptfelder:

- Time-triggered Systeme
- Token-basierte Systeme
- Bandbreitenbasierte Systeme

Unterteilung in die 3 Hauptfelder:

- Time-triggered Systeme
- Token-basierte Systeme
- ~~Bandbreitenbasierte Systeme~~

Time-triggered Systeme

Verfahren und Marktübersicht

- Am meisten verbreiteter Ansatz
- Synchronisation über globale Zeit
- Zyklische Kommunikation
- Slots pro Teilnehmer

Marktübersicht: Profinet, TTEthernet, SynqNet, RTnet, POWERLINK

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

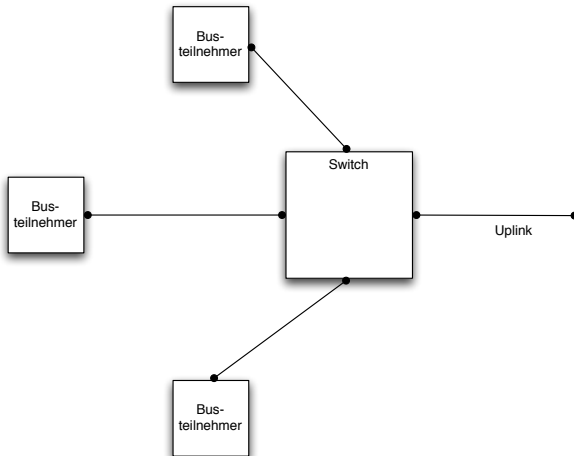
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

TDMA

Wechselseitiger Ausschluss mit globaler Zeit



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

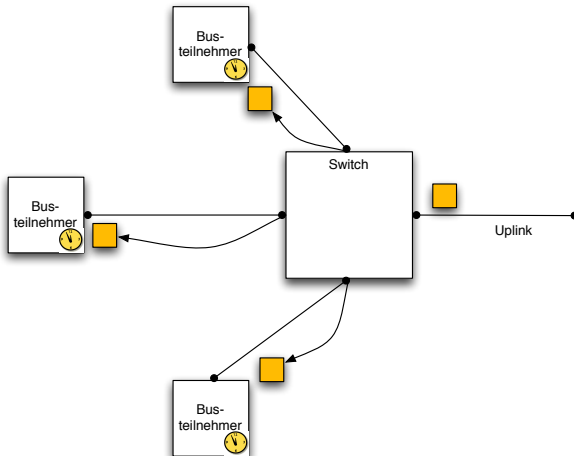
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

TDMA

Wechselseitiger Ausschluss mit globaler Zeit



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

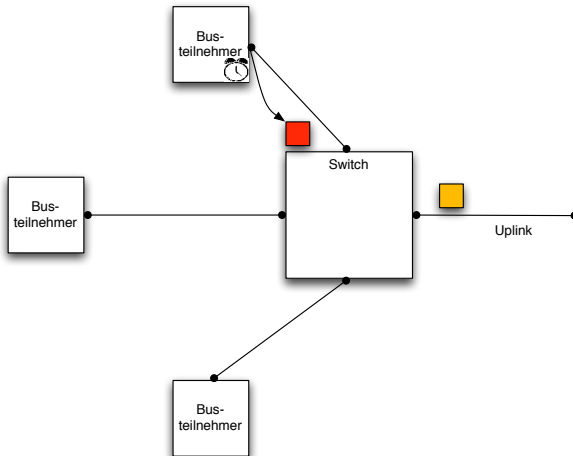
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

TDMA

Wechselseitiger Ausschluss mit globaler Zeit



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

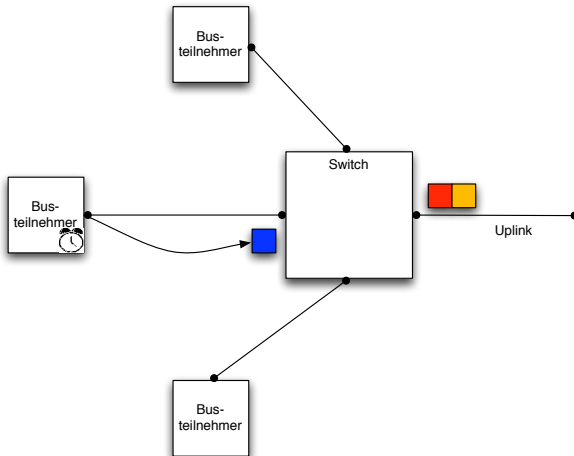
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

TDMA

Wechselseitiger Ausschluss mit globaler Zeit



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

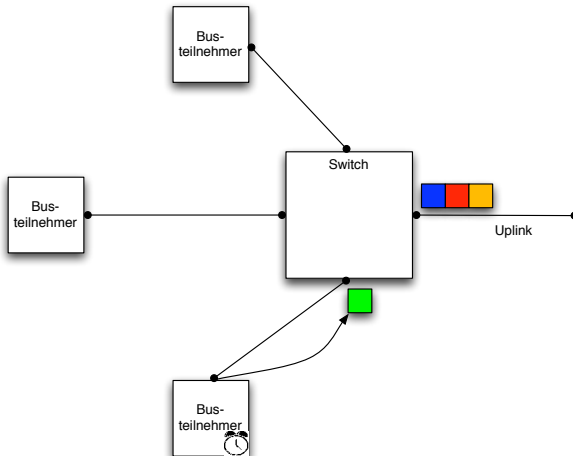
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

TDMA

Wechselseitiger Ausschluss mit globaler Zeit



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

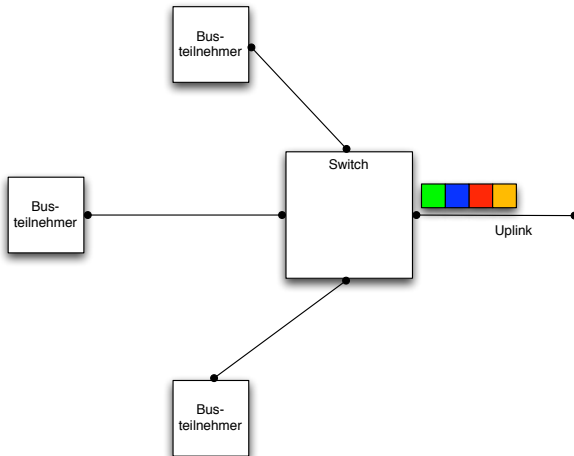
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

TDMA

Wechselseitiger Ausschluss mit globaler Zeit



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Time-triggered Systeme

Eigenschaften

- Leistung abhängig von Topologie und eingesetzter Hardware
- Synchronisation meist über Precision Time Protocol (IEEE1588)
- Verschiedene Verfahren zur Übertragung von RT und NRT-Traffic

Marktübersicht: Profinet, TTEthernet, SynqNet, RTnet, POWERLINK

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token-basierte Systeme

Verfahren und Marktübersicht

- Wechselseitiger Ausschluss über exklusive Ressource
- physikalische oder logische Ringstruktur

In der Automatisierung: Ethercat

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

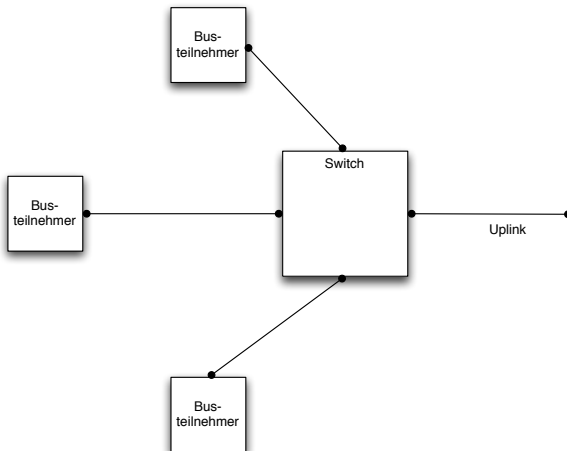
Bandbreitenbasierte
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token

Wechselseitiger Ausschluss mit exklusiver Ressource



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

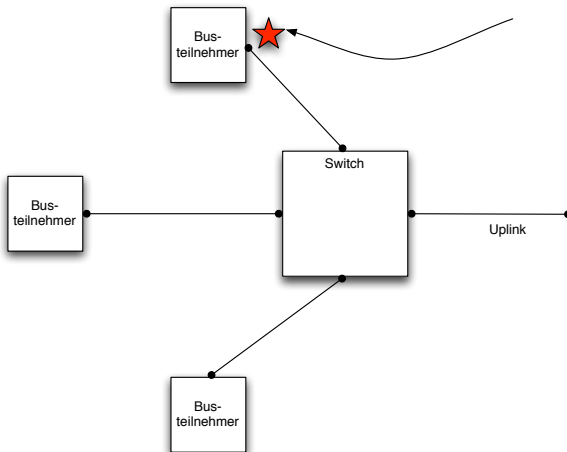
Bandbreitenbasierte Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token

Wechselseitiger Ausschluss mit exklusiver Ressource



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

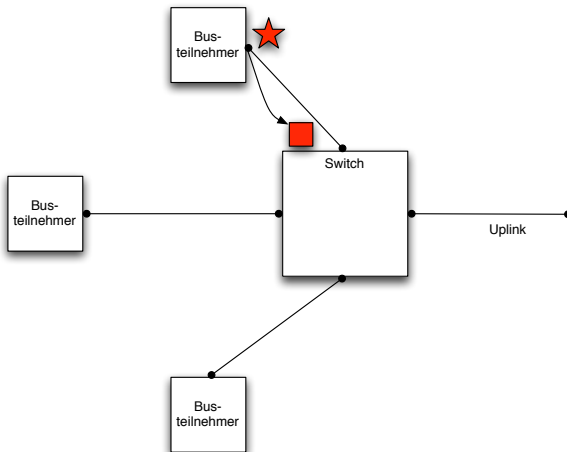
Bandbreitenbasierte Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token

Wechselseitiger Ausschluss mit exklusiver Ressource



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte Systeme

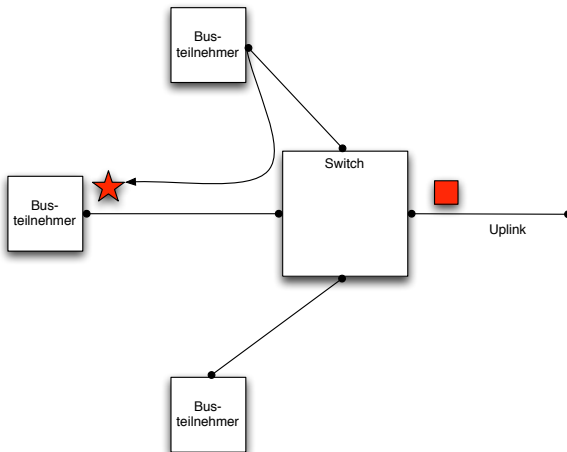
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token

Wechselseitiger Ausschluss mit exklusiver Ressource



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

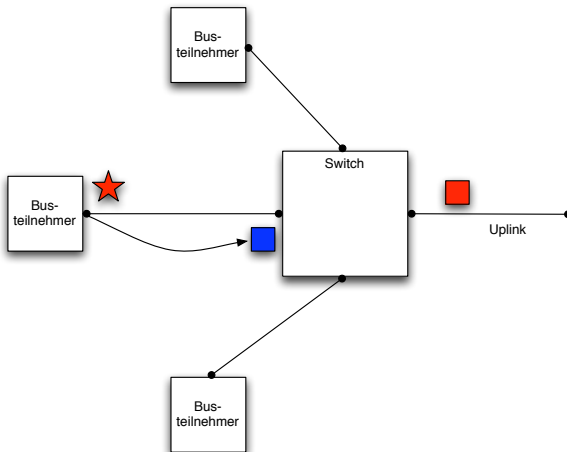
Bandbreitenbasierte Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token

Wechselseitiger Ausschluss mit exklusiver Ressource



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

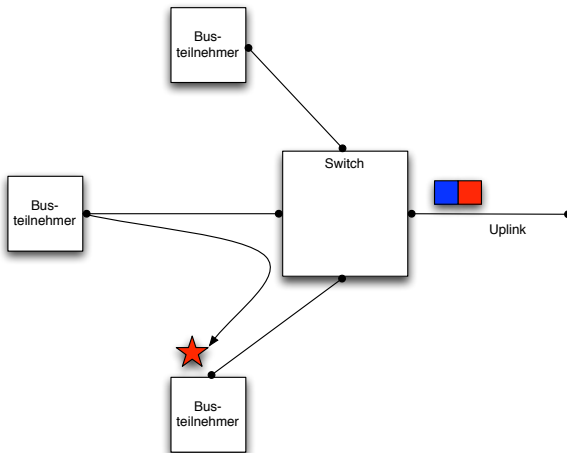
Bandbreitenbasierte Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token

Wechselseitiger Ausschluss mit exklusiver Ressource



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

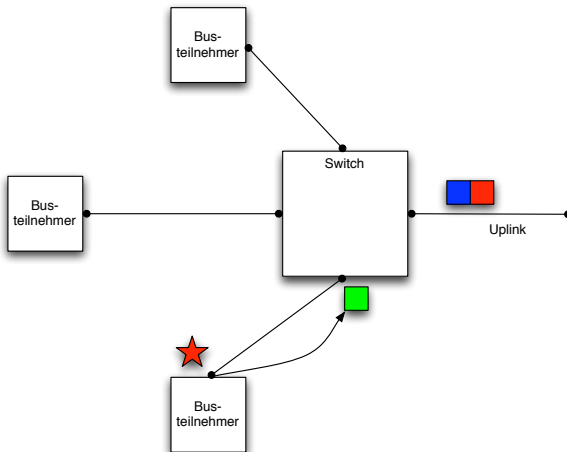
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token

Wechselseitiger Ausschluss mit exklusiver Ressource



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte

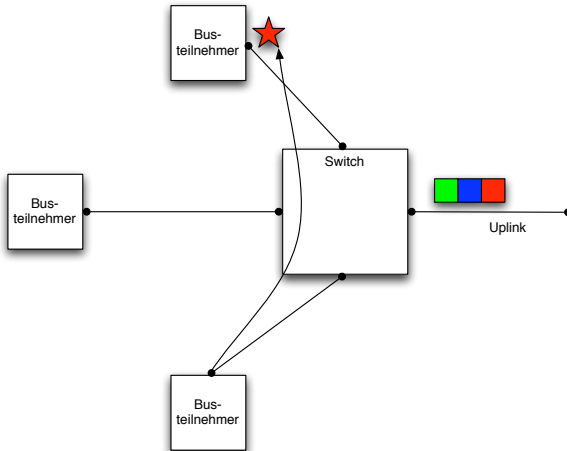
Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token

Wechselseitiger Ausschluss mit exklusiver Ressource



Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Token-basierte Systeme

Eigenschaften

- Logik kann komplett auf den Clients implementiert werden
- Keine globale Zeit erforderlich
- Komplex: Erkennen von Tokenverlust, Neuerzeugung des Tokens

In der Automatisierung: Ethercat

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

Bandbreitenbasierte Systeme

Fazit und Ausblick

Fragen

Bandbreitenbasierte Systeme

Eigenschaften und Marktübersicht

- Schlechte worst-case Werte für Jitter und Latenz

Beispiel: AFDX

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Time-triggered Systeme

Token-basierte Systeme

**Bandbreitenbasierte
Systeme**

Fazit und Ausblick

Fragen

- Anforderungen für Bussysteme im Automobil sind definiert
- Verschiedene Technologien ermöglichen Echtzeitfähiges Ethernet

- Entscheidung für eine oder mehrere Technologien oder Produkte
- Erarbeiten eines genauen Fahrzeugmodells (Schnittstelle zu den Projekten von Daniel Lorenz, Felix Kolbe und Johann-Nikolaus Andreae)
- Erarbeiten einer passenden Topologie
- Modellieren der zeitlicher Abhängigkeiten und des Datenaufkommens
- Berechnen und Simulieren der Zeiteigenschaften

Langfristiges Ziel:

- Einsatz von Realtime-Ethernet im HAWKS-Rennwagen Saison 2010

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Ausblick auf weiteres Vorgehen

Risikoabschätzung

Fragen

Risiken:

- Projekt wird durch neuen Standard obsolet
- Anforderungen können nicht erfüllt werden

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

Zeit für Fragen ...

Realtime Ethernet

Till Steinbach

Motivation

Zielplattform

Technologieübersicht

Fazit und Ausblick

Fragen



Welche Fragen darf ich nun beantworten?

