



**Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil**

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte
Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

Evaluation von Backbonesystemen im Automobil – Related Work

Fabian Kempf

HAW Hamburg

21. Juni 2012

Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte
Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

Einführung

- Time-Triggered Ethernet
- Rückblick AW1
- Fragestellung in AW 2

Verwandte Arbeiten

- Ethernetbasierte Simulation
- Worst-Case Analyse
- Kommunikationsbenchmark

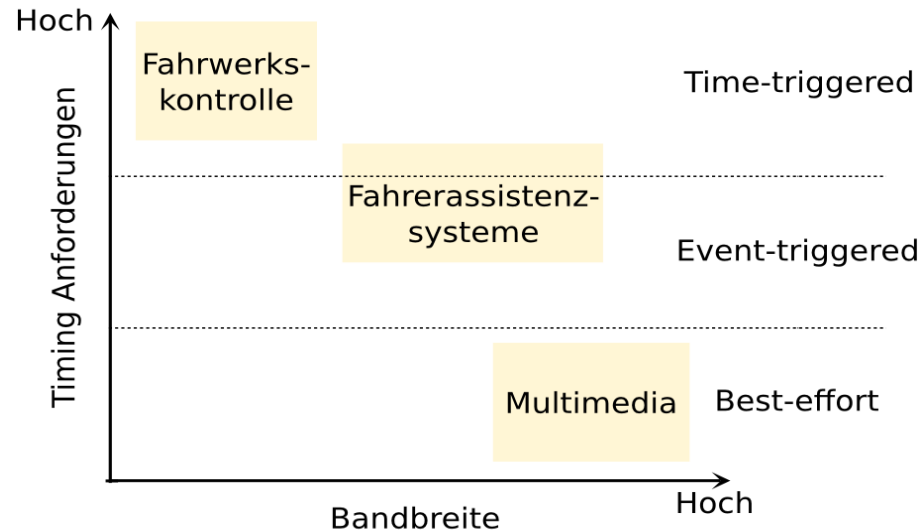
Abgrenzung

Literatur

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

Motivation

TTEthernet als neues Kommunikationssystem

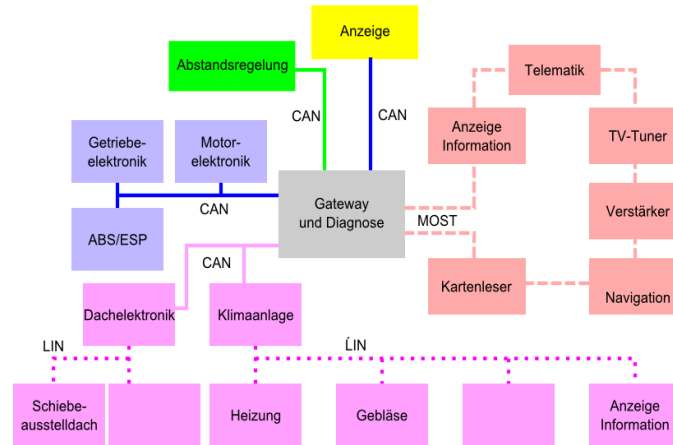


- Drei Nachrichtenklassen
 - **Time-triggered:** Höchste Priorität, Synchronisierung (PCF), offline Konfigurierung
 - **Rate-constrained:** Bandbreitenbasiert, Event-gesteuert, AFDX
 - **Best-effort:** Standard Ethernet, Restbandbreite

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

Beispielhaftes Design

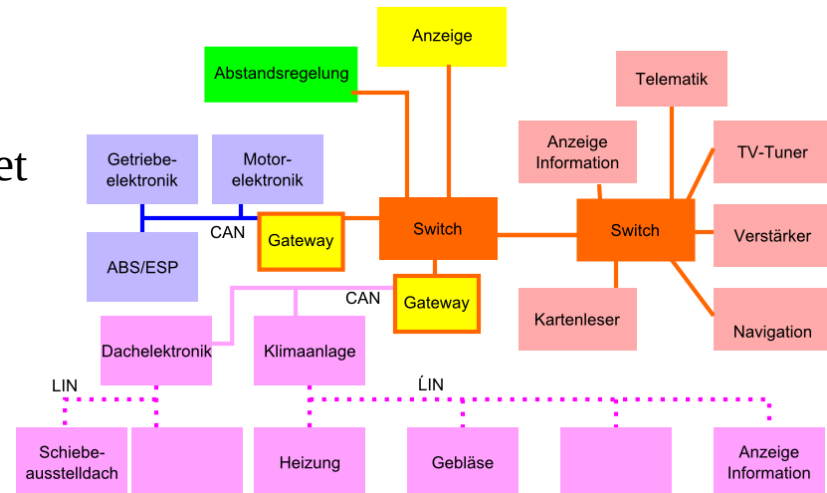
- Zentrales Gateway



Designalternativen

Alternative mit TTEthernet

- Lokale Gateways





Ausblick AW 2

Problemstellung

Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

- Was gibt es in dem Bereich der Evaluierung
- Was für Netzwerke wurden im Fahrzeug evaluiert
- Wie können mögliche Topologien aussehen
- Welche Möglichkeiten gibt es zur Evaluierung
 - Simulation
 - Analyse
- Wie kann ein Standard zur Evaluation aussehen



Verwandte Arbeiten

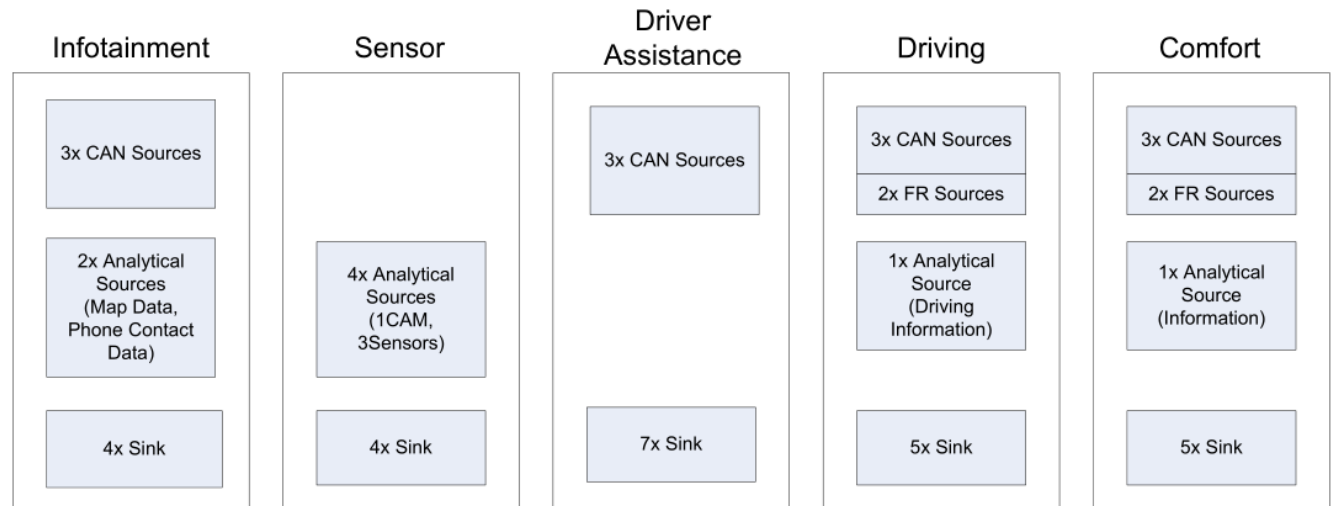
Performance Evaluation in a Switched Ethernet Based In-Car Network

Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

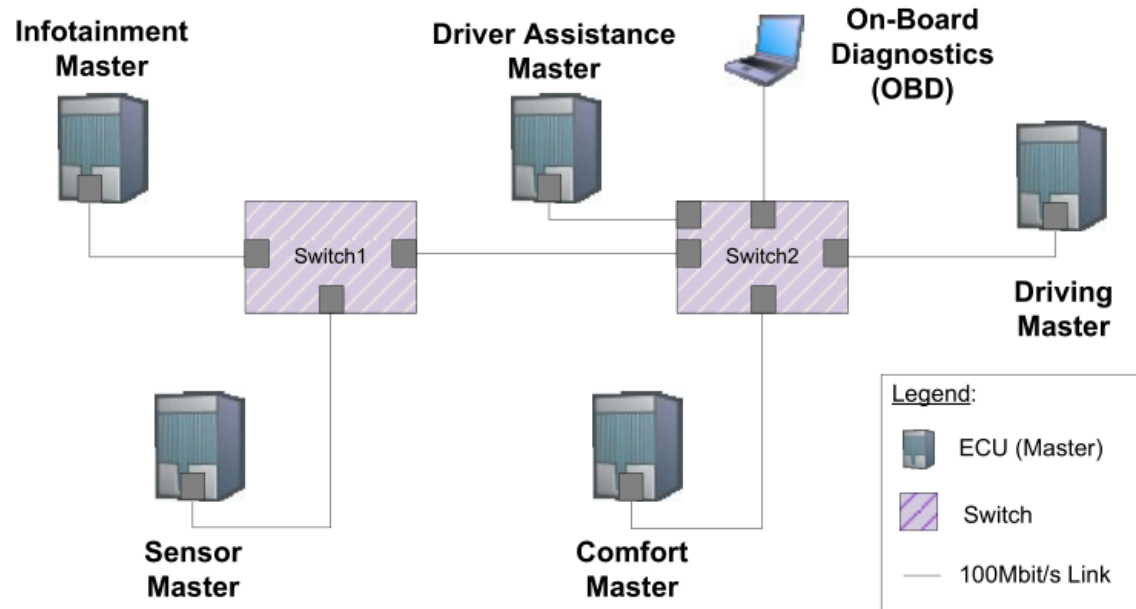
- 2011, BMW Group, Universität München
- Evaluation eines Ethernetbackbones
- 5 Master ECUs
- OMNeT++ Simulationsumgebung
- Analyse 3 verschiedener Architekturen
 - Kosten, Performance, Daisy-chain
- Ziele: Performanteste Lösung, Einfluss von Prioritäten



Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

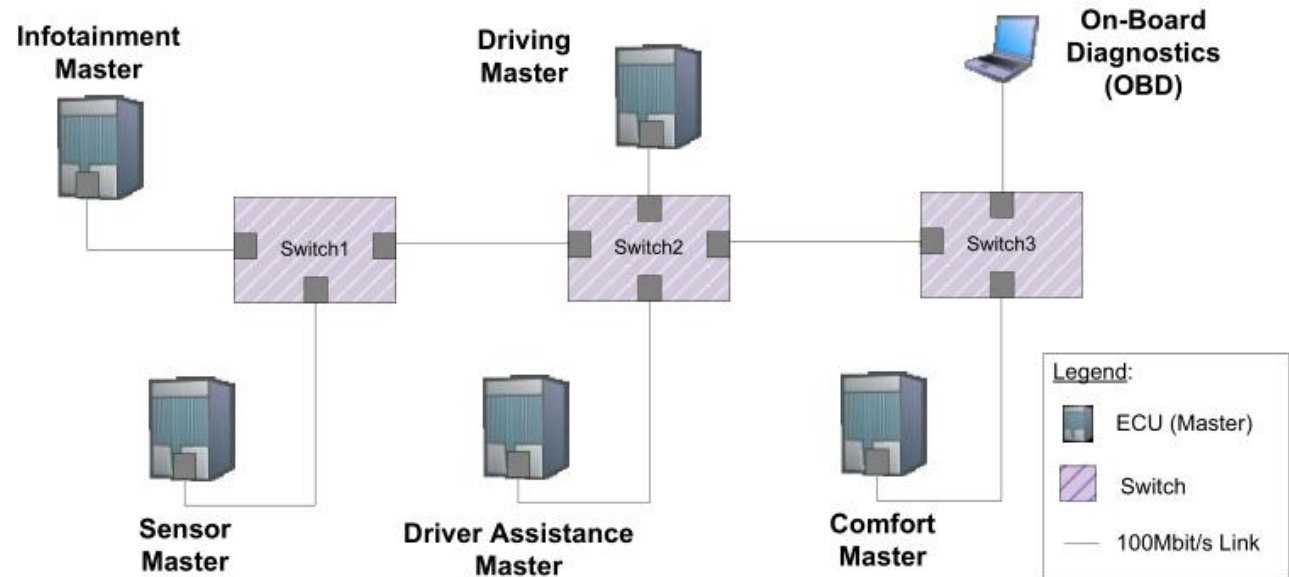


- Kostenminimierung durch wenig Knotenpunkte
- Switch 1: Hohe Bandbreite
- Switch 2: Niedrige Bandbreite, Echtzeit Kontrolldaten

Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

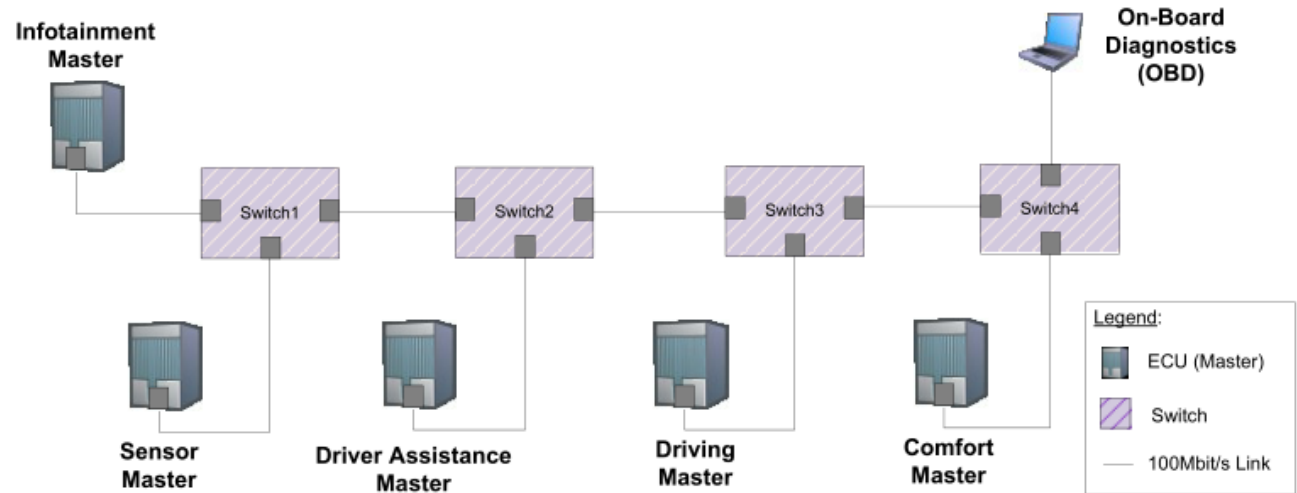
Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur



- Zusätzlicher Switch verbessert Performance
- Höchste Priorität zwischen Driving Master und Driver Assistance Master

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur



- 3 Port-Switche



Metriken und Ergebnisse

Performance Evaluation in a Switched Ethernet Based In-Car Network

Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

- End-to-End delay < 10 ms
 - 1 Hop: 99 % $< 100\mu\text{s}$
 - 2 Hops: 97 % $< 100\mu\text{s}$
 - Doppel Stern Topologie geringstes Delay(50% Linkauslastung)
- Packet Loss Rate
 - Keine Packet Loss bei Priorisierung
- Throughput (Link Load zwischen Switches)
 - 10 ms End-to-End Delay garantiert bei 80 % Link Auslastung



Verwandte Arbeiten

Network Calculus for the Validation of Automotive
Ethernet in-Vehicle Network Configurations

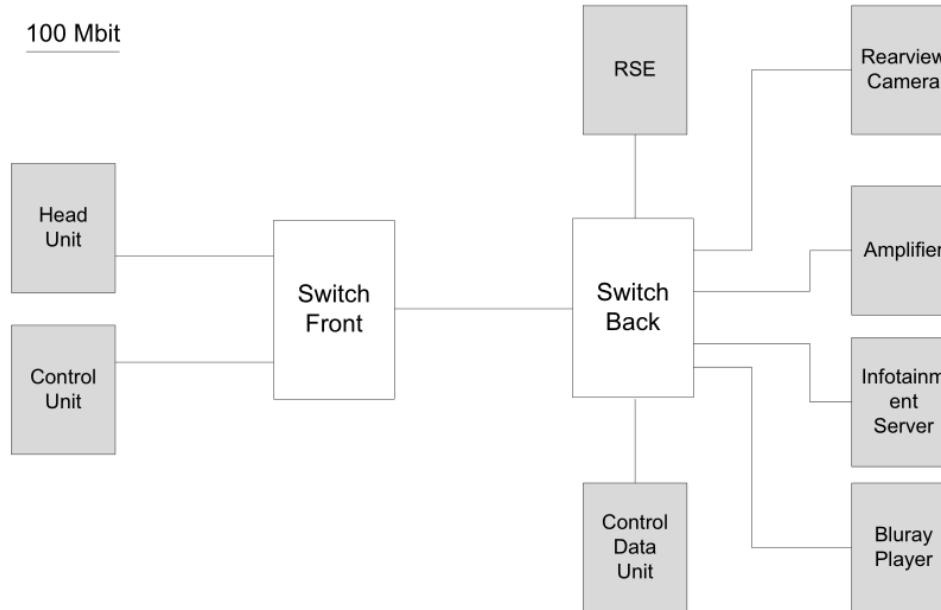
Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

- 2011, Fraunhofer
- Worst-Case Analyse (Alle senden 1. Nachricht gleichzeitig)
 - Vorteile:
 - moderate Berechnungskosten
 - einfache Worst-Case Delay Bestimmung
 - Nachteile:
 - Pessimistische Berechnung
 - Abstrahiert von der realen Hard- und Software
- Priorisierung nötig für Kommunikation im Automobil
 - Strikte Priorisierung (Fokus)
 - Gewichtetes Round Robin

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur



Function Name	Source ECU	Target ECU	Average Rate [Mbits]	Burst Size [octet]	Max. Packet Size [octet]	Requirement End-to-End Delay [ms]	Max.
ControlData	CDU	CU	0.0512	6400	64	≤ 10	
RearviewHU	RVC	HU	24.8390	103496	1522	≤ 45	
BluRayHU	BP	HU	41.6419	173508	1522	≤ 150	
BluRayRSE	BP	RSE	41.6419	173508	1522	≤ 150	
ISHU	IS	HU	15.7070	65446	1522	≤ 150	
ISRSE	IS	RSE	15.7070	65446	1522	≤ 150	
ISamp	IS	Amplifier	1.5136	946	946	≤ 150	
BluRayAmp	BP	Amplifier	3.8336	2396	946	≤ 150	
NaviHU	IS	HU	1.7046	21308	1522	≤ 100	

Infotainment - Driver Assistance



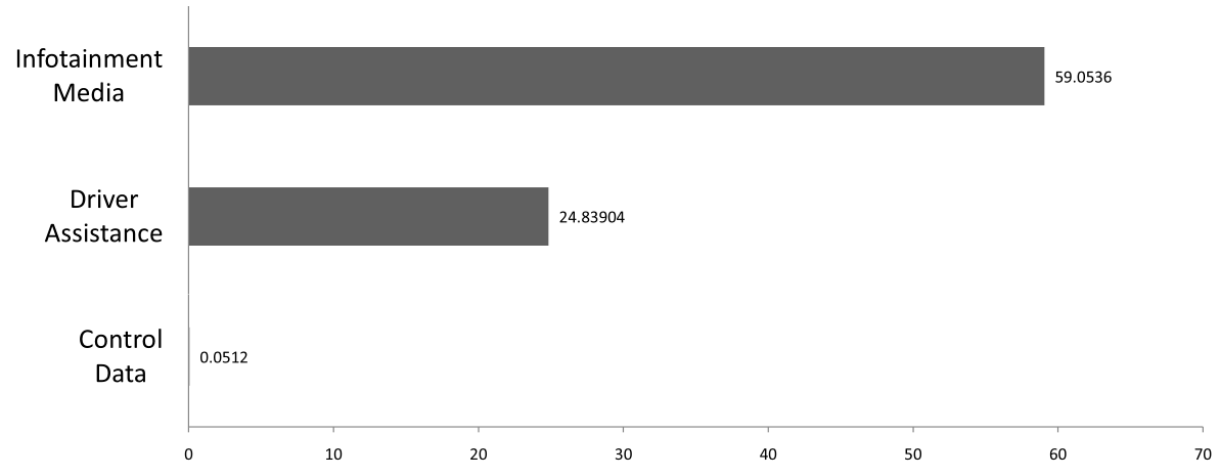
Auswertung der Analyse

Network Calculus for the Validation of Automotive Ethernet in-Vehicle Network Configurations

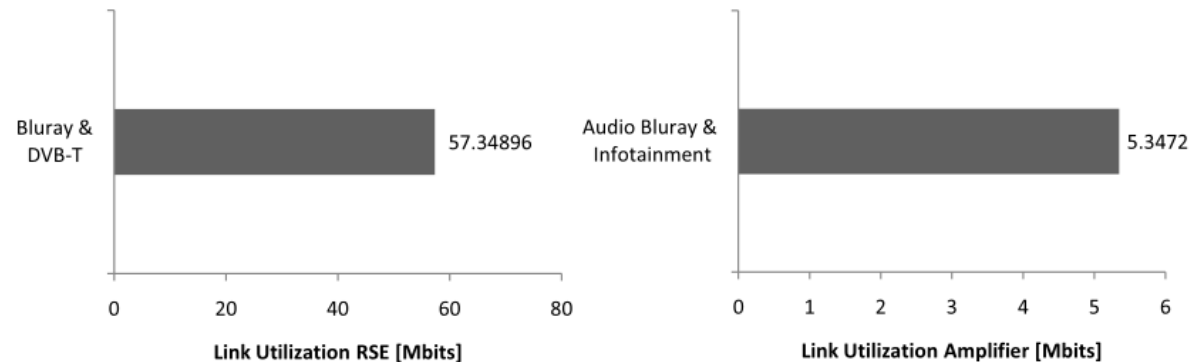
Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur



- Linkauslastung zwischen Switchen: 84 %





Auswertung des End-to-End Delays

Network Calculus for the Validation of Automotive
Ethernet in-Vehicle Network Configurations

Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

Function Name	Assigned Queue [0..3]	Worst Case Delay [ms]
ControlData	3	0.137
RearviewHU	2	9.167
BluRayHU	1	60.569
BluRayRSE	1	30.111
ISHU	1	52.995
ISRSE	1	22.616
ISamp	1	0.364
BluRayAmp	1	0.480
NaviHU	1	46.109

- End-to-End Delay Anforderungen erreicht
- RearviewHU ist 80 % unter der Anforderung
- Switchverarbeitungszeit und Bufferanforderungen nicht beachtet → Zukünftige Arbeiten



Verwandte Arbeiten

Development of an Automotive Communication Benchmark

Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

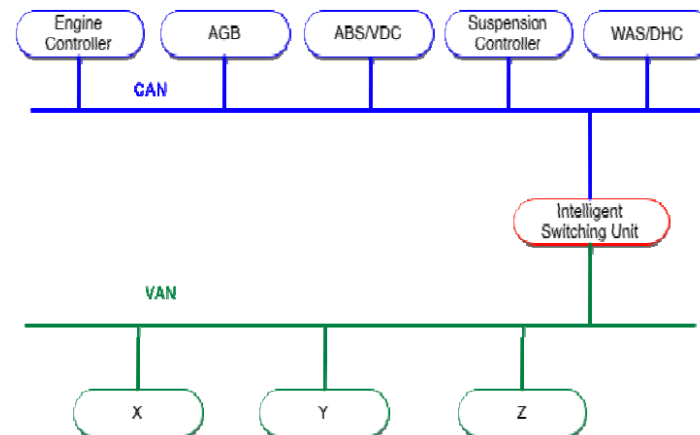
- 2010, University of Detroit, USA
- Neuer Benchmark für Klasse C Kommunikationsprotokolle
- Review von SAE und PSA automotive Benchmarks
- Erweitert mit heutigen Standardkomponenten
- Evaluiert mit einem CAN Netzwerk

Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

- PSA Benchmark (1997 Citroen):
 - 12 Nachrichten auf dem CAN-Bus -> High Speed
 - 7 Nachrichten auf dem VAN-Bus -> Low Speed



- 18.88 Kbps benötigte Bandbreite
- Fehlende Komplexität aus heutiger Sicht
- SAE benötigt höhere Bandbreite und hat detailliertere Signale



PSA - SAE

Development of an Automotive Communication Benchmark

Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

- SAE Benchmark (1993):
 - 3 Klassen von Kommunikationsprotokollen
 - A: Low Speed 10 Kbps, Message Rate ~100 ms
 - B: 10 -125 Kbps , Message Rate ~20ms
 - C: 125 - 1000Kbps Message Rate < 5 ms
 - 6 Module in einem Klasse C Netzwerk
 - 53 Signale
 - Latencyanforderung 20 msec
 - 23.48 Kbps benötigte Bandbreite
- Neuer Benchmark aus SAE und PSA



Benchmark aus heutiger Sicht

Development of an Automotive Communication Benchmark

Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

- SAE und PAE Signale
- + 8 Nachrichten für ein Aktives Federsystem
- + 5 Nachrichten für die Servolenkung
- + 6 Nachrichten für Antiblockiersystem
- + 3 Nachrichten für eine Antriebsschlupfregelung
- + 6 Nachrichten für das ESP
- + 3 Nachrichten für ein Abstandsregeltempomat
- = 84 Nachrichten
- Validation in CAN Umgebung
- Deadlineberechnung auf 250 , 500 und 1000 Kbps Bussen
- Niedriger priorisierte Nachrichten erfüllen die Anforderung auf 250Kbps Bus nicht.

Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- **Abgrenzung**
- Literatur

- Evaluation eines TTEthernetbackbones
 - Topologie, Nachrichten, Benchmark
 - Simulation in OMNeT++
 - Analytische Lösung
- Anforderungen an ein heutiges Netzwerk
- Flaches Netzwerk (Nur TTEthernet)
- Erweiterung mit anderen Bussystemen (CAN, FlexRay)



**Evaluation von intelligenten
Backbonesystemen im
Automobil**

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte
Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Literaturverzeichnis

Evaluation von intelligenten Backbonesystemen im Automobil

Fabian Kempf

- Einführung
- Verwandte Arbeiten
- Abgrenzung
- Literatur

[Doh02] **Dohmke, Thomas**. Bussysteme im Automobil: CAN, FlexRay und MOST, 2001, URL:
<http://de.yu-yongxin.com/klausur/bussysteme.pdf>

[Chr07] **Marscholik, C.; Subke, P.**: Datenkommunikation im Automobil: Grundlagen, Bussysteme, Protokolle und Anwendungen

[Moh10] **Mohammad, U., Al-holou, N., & D, P. (2010)**. Development of An Automotive Communication Benchmark. *Canadian Journal on Electrical and Electronics Engineering*, 1(5), 99-115.

[Ste10] **Steinbach, T.; Korf, F.; Schmidt, T.C.**; , "Comparing time-triggered Ethernet with FlexRay: An evaluation of competing approaches to real-time for in-vehicle networks," Factory Communication Systems (WFCS), 2010 8th IEEE International Workshop on , vol., no., pp.199-202, 18-21 May 2010
doi: 10.1109/WFCS.2010.5548606
URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5548606&isnumber=5548598>

[Man11] **Manderscheid, M.; Langer, F.**; , "Network Calculus for the Validation of Automotive Ethernet In-vehicle Network Configurations," Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), 2011 International Conference on , vol., no., pp.206-211, 10-12 Oct. 2011

[Lim11] **Hyung-Taek Lim; Krebs, B.; Volker, L.; Zahrer, P.**; , "Performance evaluation of the inter-domain communication in a switched Ethernet based in-car network," Local Computer Networks (LCN), 2011 IEEE 36th Conference on , vol., no., pp.101-108, 4-7 Oct. 2011