

Ansätze zur Reduzierung der strukturellen Komplexität von Vermittlungsinfrastrukturen im Automobil

Einführung

Durch die Zunahme von elektronischen Systemen, insbesondere im Fahrerassistenz- und Komfortbereich, stoßen die etablierten Automobil-Kommunikationstechnologien an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit. Die historisch gewachsene heterogene Struktur des Fahrzeugnetzwerks ist unlängst äußerst komplex und damit schwer beherrschbar geworden. Neue ganzheitliche Ansätze betrachten das Fahrzeugnetzwerk als einen sogenannten homogenen Backbone. Eine technische Realisation für die Kommunikation innerhalb eines solchen Backbones im Automobil ist der Einsatz von Ethernet.

Motivation & Problemstellung

- Derzeit ist das Fahrzeugnetzwerk aus diversen Technologien heterogen aufgebaut und unnötig komplex
- Neue Anwendungen, wie kamerabasierte Fahrerassistenzsysteme, benötigen hohe Bandbreiten die heutige Feldbusse nicht anbieten
- Ethernet hat in Computernetzen seine Eignung für umfangreiche Topologien und große Datenmengen bereits bewiesen, es eignet sich jedoch nicht für die Übertragung von Daten mit harten Echtzeitanforderungen
- Echtzeit-Ethernet erweitert Ethernet um deterministische Kommunikation in definierten zeitlichen Grenzen

Hintergrund & Simulation

- Strategien zur Evaluierung der Konzepte: Analytische Verfahren [1], Simulation [2], Prototyp
- Simulation in früher Entwicklungsphase besonders aussichtsreich. Diskrete eventbasierte Simulation besonders geeignet für Netzwerksimulationen
- Verwendung der OMNeT++ OpenSource Toolchain für ein objektorientiertes Simulationsmodell, welches durch eine intensiv genutzte Vererbungshierarchie die Erweiterung von Standard-Ethernet widerspiegelt
- Simulationsmodell wurde OpenSource veröffentlicht: <http://tte4inet.realmv6.org>

Architektur & Konzept

Switchbasiertes Echtzeit-Ethernet

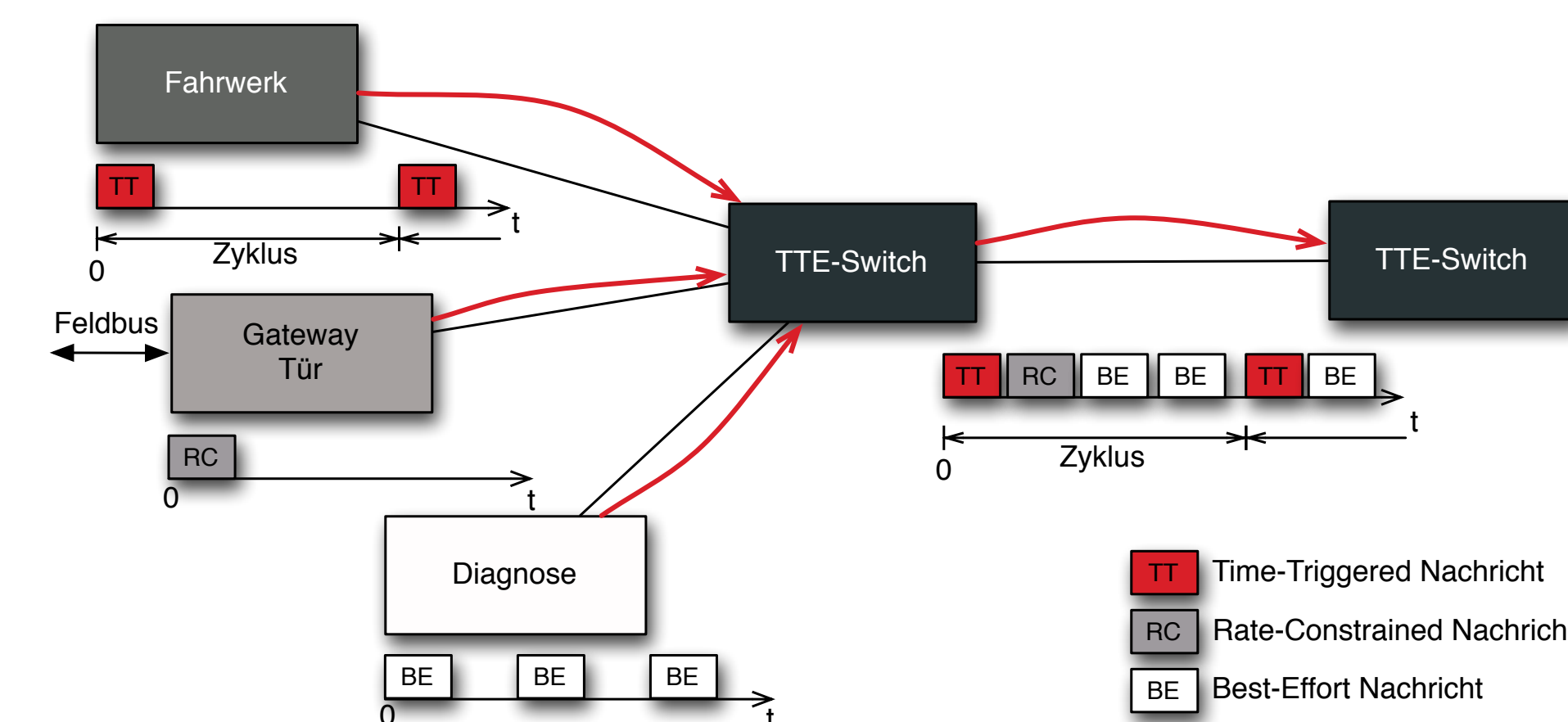


Abb. 1: Echtzeit-Ethernet basiertes Netzwerk

- Time-triggered Nachrichten: Vollständig deterministische, zyklische Übertragung, vordefinierte Zeitslots. Benötigt globale Zeitsynchronisierung
- Rate-Constrained Nachrichten: Asynchrone Übertragung. Minimaler Abstand zwischen zwei Nachrichten ist begrenzt (damit auch implizit Bandbreite).
- Best-Effort Nachrichten: Standard Ethernet Frames

Simulationsbasierte Evaluierung

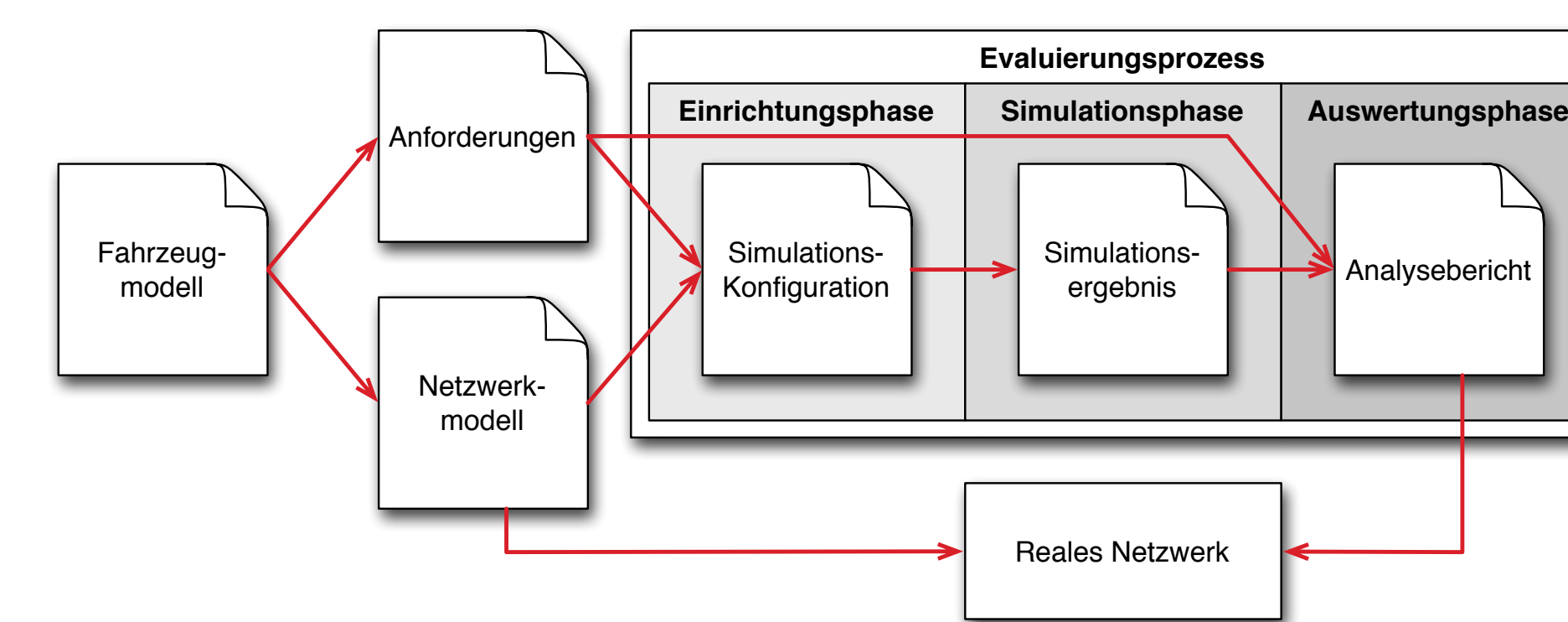


Abb. 2: Simulationsbasierter Evaluierungsprozess

- Aus dem Fahrzeugmodell werden Anforderungen extrahiert und das Netzwerkmodell gebildet
- Daraus wird automatisch eine Simulationskonfiguration generiert und die Simulation durchgeführt
- Die Ergebnisse werden auf Einhaltung der Anforderungen überprüft und gehen in den Analysebericht ein, welcher die zu erwartenden Metriken beschreibt.

Ergebnisse der Simulation für beispielhafte Netzwerke

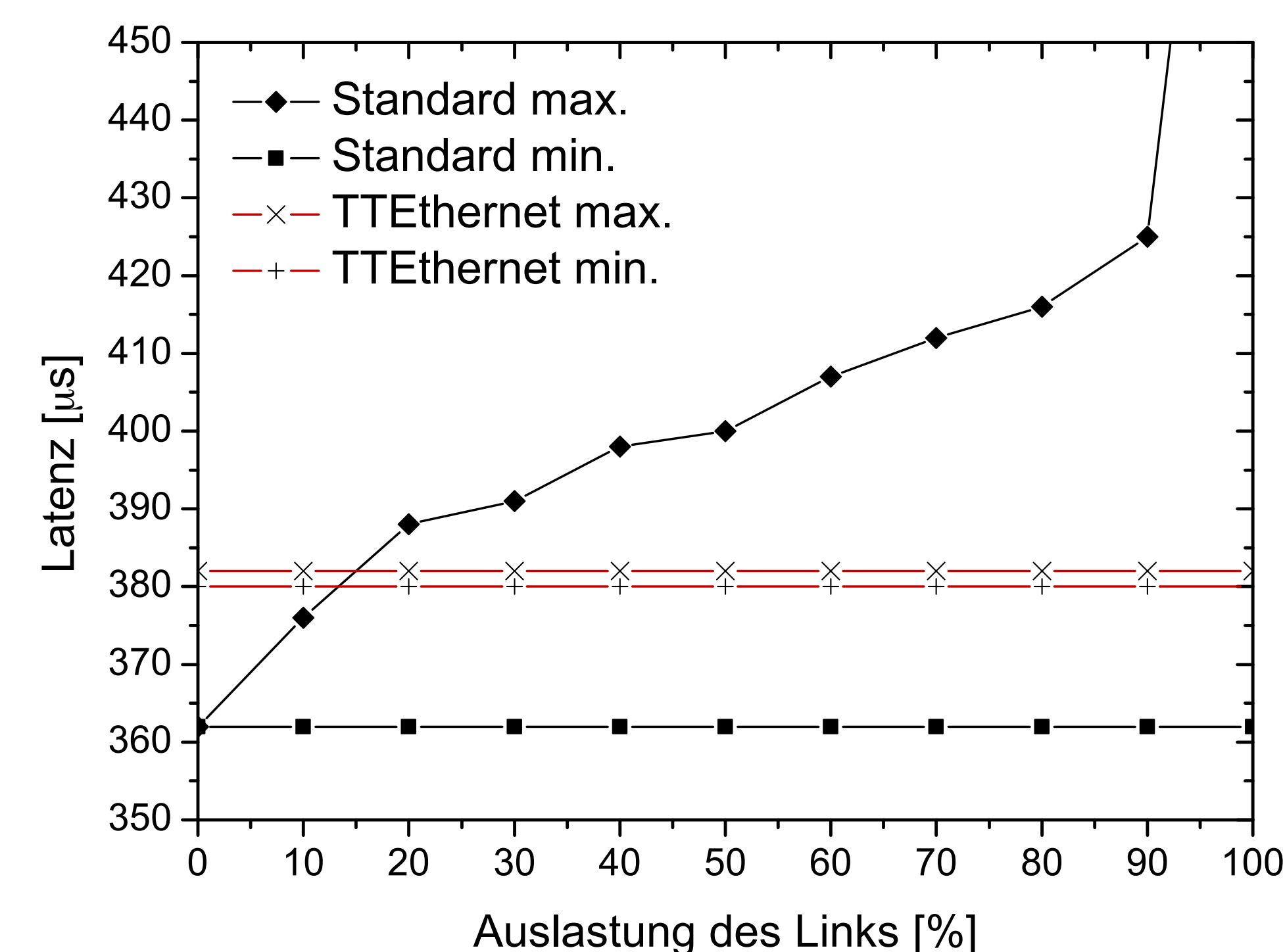


Abb. 3: Latenzverhalten Echtzeit-Ethernet und Standard-Ethernet: Vollständig deterministische Übertragung auch bei hoher Auslastung der Links

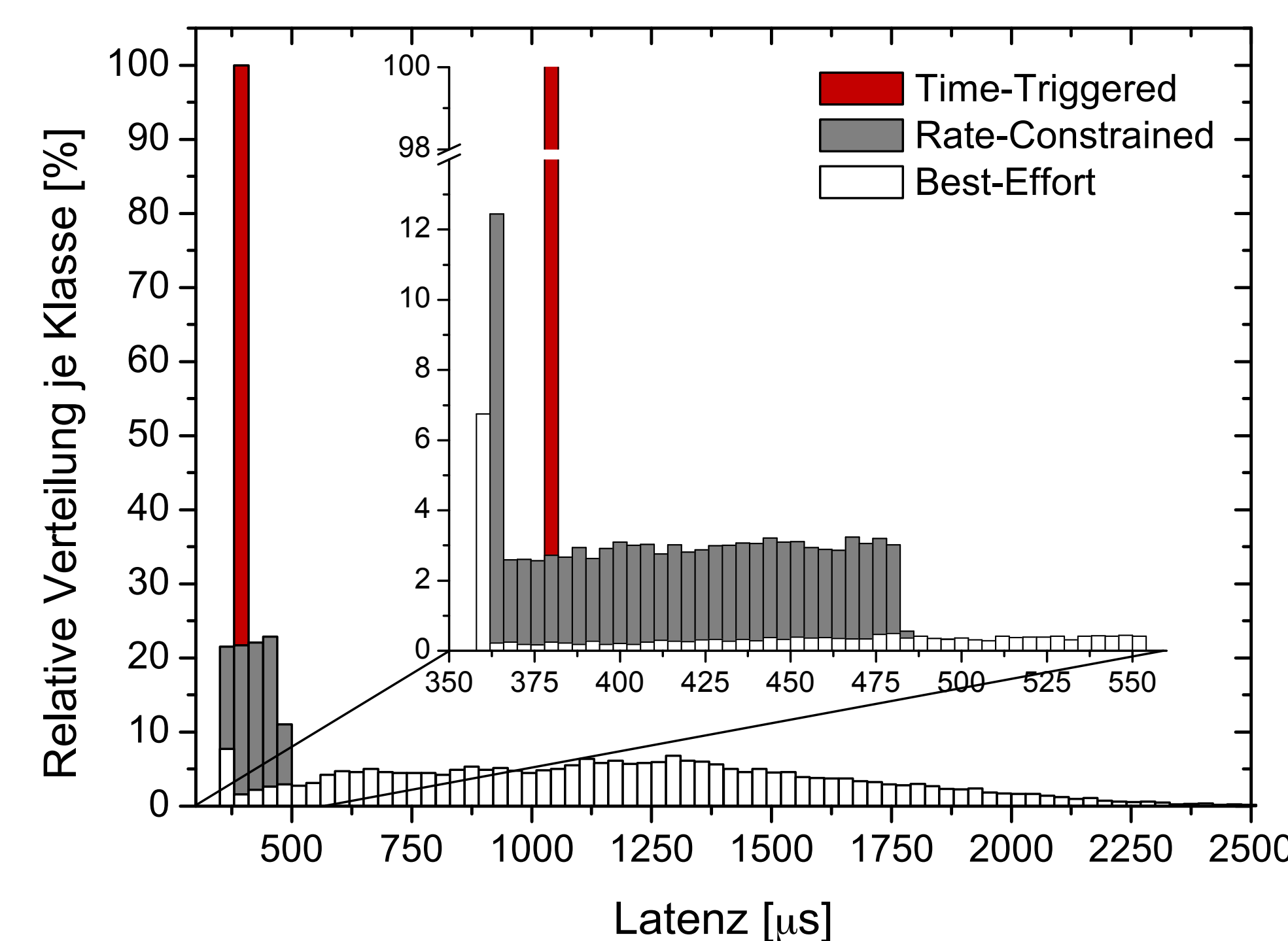


Abb. 4: Latenzverteilung in Beispielnetzwerk: Nahezu kein Jitter für Time-triggered Nachrichten, begrenzter Jitter für Rate-Constrained Nachrichten

Diskussion

- Erste Simulationsergebnisse [3, 4] zeigen die hohe Performance der Echtzeit-Ethernet-Lösung im Vergleich mit Standard-Ethernet (siehe Abb. 3)
- Durch die offline geplante deterministische Nachrichtenübertragung ist die Varianz der Nachrichtenlaufzeit (Jitter) bei Echtzeit-Ethernet sehr gering
- Die unterschiedlichen Eigenschaften der verschiedenen Verkehrsklassen lassen sich für eine gegebene Konfiguration ermitteln (siehe Abb. 4). Damit kann die Konformität mit Anforderungen zur Designzeit nachgewiesen werden

Fazit & Ausblick

- Die Reduzierung der strukturellen Komplexität der Kommunikationsinfrastruktur ist ein entscheidender Faktor für zukünftige Innovation im Automobil. Die Echtzeit-Ethernet Technologie ist ein aussichtsreicher Kandidat um die heutigen Probleme zu lösen
- Zukünftige Herausforderungen: Automotivetaugliches Physical-Layer, Einführung switchbasierter Vermittlungsstrukturen, neue Aspekte im Bereich Sicherheit, Notwendigkeit von Migrationsstrategien, neue Architekturentscheidungen: zentrale oder dezentrale Recheneinheiten

Referenzen

- [1] T. Steinbach, F. Korf, and T. C. Schmidt, "Comparing Time-Triggered Ethernet with FlexRay: An Evaluation of Competing Approaches to Real-time for In-Vehicle Networks," in *8th IEEE Intern. Workshop on Factory Communication Systems*. Piscataway, New Jersey: IEEE Press, May 2010, pp. 199–202.
- [2] T. Steinbach, H. Dieumo Kenfack, F. Korf, and T. C. Schmidt, "An Extension of the OMNeT++ INET Framework for Simulating Real-time Ethernet with High Accuracy," in *Proceedings of the 4th International ICST Conference on Simulation Tools and Techniques*, ser. SIMUTools '11. ICST, Brussels, Belgium, Belgium: ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), 2011, pp. 375–382.
- [3] T. Steinbach, F. Korf, and T. C. Schmidt, "Simulation und Evaluation von Echtzeit-Ethernet in Fahrzeugnetzen," *PIK - Praxis der Informationsverarbeitung und Kommunikation*, vol. 35, no. 2, pp. 67–74, May 2012.
- [4] T. Steinbach, H.-T. Lim, F. Korf, T. C. Schmidt, D. Herrscher, and A. Wolisz, "Tomorrow's In-Car Interconnect? A Competitive Evaluation of IEEE 802.1 AVB and Time-Triggered Ethernet (AS6802)," in *2012 IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall)*, Sep. 2012, to appear.
- [5] T. Steinbach, F. Korf, and T. C. Schmidt, "Real-time Ethernet for Automotive Applications: A Solution for Future In-Car Networks," in *2011 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin)*. Piscataway, New Jersey: IEEE Press, Sep. 2011, pp. 216–220.