



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung Masterseminar -
WiSe 09/10
Till Steinbach

`till.steinbach@informatik.haw-hamburg.de`

Realtime-Ethernet für automotive Anwendungen:
Metriken und deren simulationsbasierte
Evaluierung am Beispiel von TTEthernet

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	4
1.1 Motivation	4
1.2 Ziele	5
2 Vorarbeiten	6
2.1 Literaturstudie	6
2.2 Projektarbeiten	7
3 Architektur und Komponenten	9
4 Vorgehen	10
4.1 Ablaufplanung	12
4.2 Risiken	13
5 Zusammenfassung	13
Literatur	15

Kurzzusammenfassung

Da die Anforderungen an die Kommunikation von Fahrzeugsystemen stetig steigen, werden neue Ansätze für Kommunikationsnetzwerke auf Basis von Echtzeit-Ethernet entwickelt, welche strikten Real-time-Anforderungen genügen und gleichzeitig flexible Unterstützung für Datenverkehr mit schwächeren Anforderungen bieten. Dieser Bericht fasst die Vorarbeiten zur kommenden Masterarbeit im Bereich der simulationsbasierten Evaluierung von Netzwerk-Metriken zusammen und beschreibt das kommende Vorgehen.

1 Einführung

1.1 Motivation

Durch die Zunahme von elektronischen Systemen im Automobil sind die Anforderungen an breitbandige Kommunikations-Verbindungen zwischen den einzelnen Steuergeräten rapide angestiegen. Dieser Trend wird sich auch in den kommenden Jahren unvermindert fortsetzen (vgl. [Navet u. a., 2005](#)). Hier sind neue Entwürfe gefragt, welche den zunehmenden Anforderungen gerecht werden (vgl. [Belschner u. a., 2000](#)). Neue Architekturentwürfe im Automotive-Bereich basieren auf einem Backbone-Netzwerk, welches die verteilten Steuergeräte des Fahrzeugs — z.B. sternförmig — verbindet. Ein solches zentrales Backbone-Netzwerk muss starker Last gewachsen sein und dabei stets einer vorhersagbaren Übertragungsverzögerung unterliegen (vgl. [Steinbach, 2008](#)).

Die neue AUTOSAR-Architektur (vgl. [AUTOSAR Development Cooperation](#)), welche eine Entwicklung in atomaren Software-Komponenten vorschreibt, die frei in der Entwicklungsphase zwischen den verschiedenen Steuergeräten verschiebbar sind, erfordert ein neues Übertragungsmedium, welches flexibel und vorhersagbar Daten mit verschiedenen Anforderungen an Übertragungszeit und Zuverlässigkeit überträgt.

Die Nutzung von Ethernet für Fahrzeug-Netzwerke ist ein solcher neuer Ansatz (vgl. [Hammer-schmidt, 2007](#)). Ethernet hat bereits bewiesen, ein flexibles, hoch skalierbares Netzwerkprotokoll zu sein. Standardmäßig kann Ethernet jedoch nicht die erforderliche Vorhersagbarkeit und Zuverlässigkeit in der Paketweiterleitung und dem Medienzugriff garantieren, welche für eine Echtzeit-Kommunikation erforderlich sind.

Time-Triggered-Ethernet (vgl. [Steiner, 2008](#)) ist eine Echtzeit-Ethernet-Erweiterung. Über ein ausfallgesichertes Protokoll werden alle sendenden Teilnehmer synchronisiert. Anschließend operieren alle Teilnehmer nach einem vordefinierten gemeinsamen Zeitplan, welcher das simultane Senden zweier Echtzeit-Nachrichten ausschließt. Damit kann Ethernet auch für Echtzeit-kritische Kommunikation verwendet werden.

Der Einsatz von Echtzeit-Ethernet als intelligente Vermittlungsinfrastruktur im Fahrzeug ist ein Novum. Obwohl das Interesse der Firmen im letzten Jahr deutlich gestiegen ist und diverse Forschungsprojekte in diesem Bereich gestartet wurden, gibt es bisher nahezu keine veröffentlichten Arbeiten in diesem Bereich

1.2 Ziele

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die angestrebten Ziele der Abschlussarbeit. In Abschnitt 1.2.1 werden zunächst allgemeine Ziele dargestellt. Abschnitt 1.2.2 leitet anschließend aus diesen konkrete technische Ziele ab.

1.2.1 Allgemeine Ziele

Um den Einsatz von Ethernet-basierten Vermittlungsinfrastrukturen im KFZ bewerten zu können, bilden Metriken eine entscheidende Grundlage. Auf ihrer Basis können Abschätzungen zum Erfolg im technologischen wie wirtschaftlichen Bereich durchgeführt werden. Zudem bilden sie eine objektive Sichtweise auf die Technologie und können als Maßzahl für Verbesserungen sowohl im Protokoll selbst als auch in der eingesetzten Struktur hinzugezogen werden.

Zur Bewertung von Vermittlungsinfrastrukturen als Backbone im Automobil sind diese Metriken besonders für industrielle Anwender von entscheidender Bedeutung. Die Zusammenstellung, Bewertung und Kategorisierung von Metriken ist daher ein zentrales Ziel der geplanten Abschlussarbeit.

Neue Konzepte für Vermittlungsinfrastrukturen lassen sich insbesondere mit simulationsbasierten Evaluationsstrategien zuverlässig validieren. Der simulationsbasierte Ansatz hat dabei mehrere Vorteile. Wegen der kürzeren Einrichtungszeit der Simulationsumgebung gegenüber Tests auf echter Hardware lassen sich Effekte, die durch unterschiedliche Parametrisierung entstehen, nicht nur schneller, sondern auch umfassender dokumentieren. Darüber hinaus ist die Simulation großer Infrastrukturen deutlich wirtschaftlicher durchzuführen, da die zu testende Hardware nicht vorliegen muss. Daraus folgt als weiteres Ziel der Abschlussarbeit die Erarbeitung von simulationsbasierten Evaluationsstrategien für zukünftige Vermittlungsinfrastrukturen im KFZ.

1.2.2 Konkrete technische Ziele

Aus den in Abschnitt 1.2.1 genannten allgemeinen Zielen lassen sich die folgenden konkreten technischen Ziele ableiten.

Für einen zuverlässigen Evaluationsprozess spielt die Abbildung von Fahrzeugmodellen und den darin verwendeten Datenquellen und Nachrichten eine zentrale Rolle. Nur durch einen reproduzierbaren, nach festen Regeln durchgeführten Abbildungsprozess lassen sich zuverlässige Aussagen über die Verwendbarkeit von neuen Vermittlungsinfrastrukturen ableiten. In der

geplanten Masterarbeit soll das Vorgehen für den Evaluierungsprozess erarbeitet und exemplarisch umgesetzt werden. Dabei wird der zu entwickelnde Prozess auf verschiedene typische Modelle angewendet und ausgewertet.

Der Evaluierungsprozess lässt sich grob in drei Phasen unterteilen. In der Einrichtungsphase wird aus dem zu untersuchenden Fahrzeugmodell ein Modell der Vermittlungsinfrastruktur, der Datenquellen und -senken, sowie der Nachrichten erstellt. Aus den Anforderungen der zu Grunde liegenden Anwendungen können Obergrenzen für die verschiedenen zu untersuchenden Metriken der Vermittlungsinfrastruktur gewonnen werden. In der Simulationsphase wird das abgeleitete Modell in einer Simulationsumgebung vermessen und dokumentiert. In der Auswertungsphase werden dann die Ergebnisse mit den zuvor erstellten Anforderungen verglichen und bewertet. Als Ergebnis des Prozesses erhält der Anwender einen Analysebericht über die vermessenen Metriken. Das Vorgehen ist in Kapitel 4 im Detail erklärt.

Die technischen Ziele umfassen somit sowohl die Entwicklung des Evaluierungsprozesses, als auch die darin verwendeten Werkzeuge.

2 Vorarbeiten

In diesem Kapitel werden die Vorarbeiten zur Abschlussarbeit vorgestellt und bewertet.

2.1 Literaturstudie

Die Literaturstudie im Bereich Analyse von Time-Triggered-Ethernet (vgl. [Steinbach, 2009](#)) ergab, dass schon einige Arbeiten zu Analysemethoden und der Simulation von Echtzeitnetzwerken, sowie Arbeiten, die eher auf die Technologie von Echtzeit- oder Time-Triggered Ethernet eingehen, genutzt werden können. Wie in Abschnitt 1.2 dargelegt, sind beide Zweige für meine Abschlussarbeit von Bedeutung. Insbesondere die Ergebnisse aus den Arbeiten der Analysemethodik werden bei den Betrachtungen der Abschlussarbeit Verwendung finden. Analysen von Time-Triggered-Ethernet speziell im Einsatz in Fahrzeugnetzwerken gibt es bisher nicht oder sind nicht veröffentlicht. Dies hängt damit zusammen, dass die TTEthernet-Technologie noch äußerst jung ist. Die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg ist eine der ersten Institutionen, welche TTEthernet-Evaluations-Hardware einsetzt.

Abbildung 1 zeigt, wie die vorgestellten Arbeiten thematisch positioniert sind, sowie die thematische Einordnung der geplanten Abschlussarbeit. Dabei beschreibt die X-Achse, wie stark eine betrachtete Arbeit oder Forschungsgruppe auf den Bereich der Evaluation, die Analyse von Metriken und die Simulation eingeht. Die Y-Achse beschreibt, wie nah die Arbeit an der Time-Triggered-Ethernet Technologie positioniert ist. Hier stehen besonders die Arbeiten an

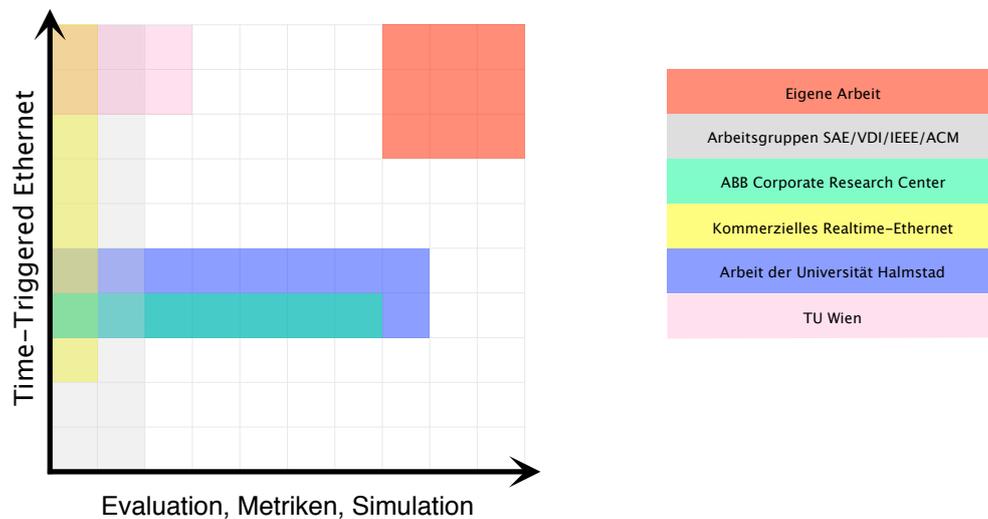


Abbildung 1: Positionierung der Arbeiten, Projekte und Gruppen aus der Literaturstudie (Vgl. [Steinbach, 2009](#))

der Universität Halmstad (Schweden) heraus, welche die Erfahrungen mit der Simulation von Echtzeit-Ethernet-Netzwerken beschreibt (vgl. [Pensawat, 2006](#)). Eine umfangreiche Beschreibung der vergleichbaren Arbeiten kann der Literaturstudie (vgl. [Steinbach, 2009](#)) entnommen werden.

Die Recherche hat gezeigt, dass es vergleichbare Arbeiten aus anderen technischen Bereichen gibt. Eine Übertragung auf Fahrzeugnetzwerke ist mit diesen Arbeiten jedoch nicht direkt möglich. Damit grenzt sich meine Arbeit von den bisherigen Veröffentlichungen ab (siehe Abbildung 1).

2.2 Projektarbeiten

Die erste Projektarbeit im Bereich Echtzeit-Ethernet-basierter Vermittlungsinfrastrukturen beschäftigte sich mit dem Vergleich von FlexRay (vgl. [FlexRay Consortium, 2005](#)) und TTEthernet (vgl. [Steiner, 2008](#)) auf Grundlage verschiedener, teilweise echtzeitrelevanter Metriken, darunter die Eigenschaften von Komponenten, mögliche Topologien, Latenz, Jitter und Bandbreite. Als Grundlage des Vergleiches dienten mathematische Modelle des Verhaltens der beiden Technologien FlexRay und TTEthernet (Vgl. [Steinbach u. a., 2009](#)).

Abbildung 2 zeigt einige Ergebnisse der Vergleichsstudie. Es wurde gezeigt, dass sich die Nachrichten einer vollständig ausgelasteten FlexRay Konfiguration vollständig in eine TTEther-

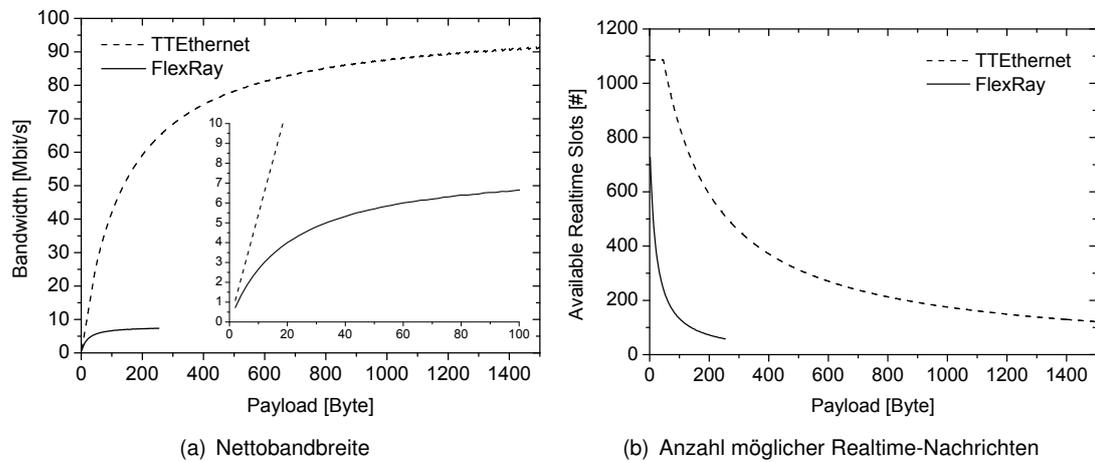


Abbildung 2: Ergebnisse Technologievergleich FlexRay und TTEthernet

net basierte Vermittlungsinfrastruktur einbetten lassen. Diagramm 2(a) zeigt die maximal erreichbare Bandbreite für FlexRay und TTEthernet in der untersuchten Beispielkonfiguration. Diagramm 2(b) zeigt dabei die maximale Anzahl an Echtzeit-Slots. Es konnte gezeigt werden, dass die Bandbreite von TTEthernet insbesondere bei Verwendung von großen Nachrichten deutlich über der von FlexRay liegt. Durch den Metriken-basierten Vergleich konnte in der Projektarbeit bereits die grundsätzliche Eignung von TTEthernet im Einsatz in einer neuartigen Vermittlungsinfrastruktur im Auto gezeigt werden. Weiterhin wurde in der Arbeit der Leistungszuwachs durch Gruppenkommunikation und parallelisiertem Versand von Nachrichten beschrieben.

Darüber hinaus wurde, als Vorbereitung auf die Implementierung der TTEthernet-Simulationsumgebung, die Simulationsplattform OMNeT++ (vgl. [OMNeT++ Community](#), b) als Grundlage der simulationsbasierten Evaluierung untersucht. Als Ergebnis dieser Untersuchung zeigte sich, dass die diskrete eventbasierte Simulation besonders geeignet ist, um Echtzeit-Ethernet basierte Vermittlungsinfrastrukturen zu untersuchen. Mit dem auf OMNeT++ aufsetzenden INET-Framework (vgl. [OMNeT++ Community](#), a) steht bereits eine etablierte Toolchain für die Simulation von Netzwerken zur Verfügung, die lediglich um die TTEthernet-Technologien erweitert werden muss.

In der zweiten Projektarbeit wurde aufsetzend auf den Ergebnissen des ersten Projektes und der Literaturrecherche TTEthernet für die Simulation in OMNeT++ implementiert. Derzeit werden erste Messungen auf Basis dieser Implementierung durchgeführt.

Durch die zweite Projektarbeit konnte die Realisierbarkeit einer simulationsbasierten Evaluierung von TTEthernet gezeigt werden. Da ein wesentlicher Bestandteil der TTEthernet-

Technologie die Synchronisation von Geräten mit unterschiedlichem Takt ist, musste zunächst ein Weg gefunden werden, wie ein individueller Takt jedes Simulationsobjektes in der diskreten eventbasierten Simulation umgesetzt werden kann, ohne die Performanz und Skalierbarkeit der Simulation stark zu beeinträchtigen. Diese Anforderung wurde in der Projektarbeit umgesetzt und auf Netzwerken verschiedener Größe überprüft.

Die Vorarbeiten zur Masterarbeit zeigen, dass sich echtzeitrelevante Metriken sowohl durch mathematische Berechnung als auch simulationsbasiert analysieren lassen. Damit konnte die grundsätzliche Realisierbarkeit und damit ein Großteil der Risiken der Abschlussarbeit bereits im Vorfeld weitgehend abgesichert werden.

3 Architektur und Komponenten

In diesem Abschnitt werden die Komponenten und eine erste grobe Architektur für die Abschlussarbeit vorgestellt.

Abbildung 3 zeigt einen Überblick über die relevanten Komponenten der Arbeit. Als Eingaben in den Evaluierungsprozess dienen das Fahrzeugmodell und eine Auswahl von relevanten Metriken auf die der Evaluierungsprozess angewendet wird. Das Fahrzeugmodell bildet die Eingabe für die Simulation. Aus ihm wird das Simulationsmodell erzeugt, welches anschließend in der Simulation ausgeführt wird.

Die Simulation selbst setzt sich aus drei übereinander gelagerten Schichten zusammen. Die Basis bildet die OMNeT++ (vgl. [OMNeT++ Community, b](#)) Simulationsumgebung. OMNeT++ ist ein Simulationsframework für Simulationen auf Basis von diskreten Events und eine Standard-Toolchain für die Event-basierte Simulation von Netzwerken. Die Paketweiterleitung lässt sich sehr gut in ein Event-basiertes System überführen. Betrachtet man beispielsweise den Paketfluss zwischen zwei Teilnehmern, sind nur einige wenige Zeitpunkte wie das Eintreffen in den Instanzen zwischen den Teilnehmern von Interesse. Alle weiteren Zeitpunkte, die dazwischen liegen, werden in der diskreten Event-basierten Simulation des Netzwerkes vernachlässigt. Im Gegensatz zu physikalischen Modellen, in denen ein bedeutender Rückfluss des Zustandes in das System stattfindet und eine grobe zeitliche Auflösung zu Ungenauigkeiten führt, hat das System in der Event-basierten Simulation bedeutend weniger Zustände und lässt sich damit einfacher und zeitsparender simulieren.

Basierend auf OMNeT++ wird das INET-Framework (vgl. [OMNeT++ Community, a](#)) eingesetzt. Das INET-Framework ist ein API, welches die Entwicklung von Simulationen im Bereich der Netzwerkprotokolle vereinfacht. Es fügt eine Reihe von Modulen zu OMNeT++ hinzu, welche die Funktionalität von verschiedenen Elementen vom physikalischen Layer bis zur Applikationsschicht zur Verfügung stellen. Das INET-Framework ist besonders gut für die Verwendung in einer Simulation von Echtzeit-Ethernet geeignet, da es modular aufgebaut ist und intensiv

Vererbung verwendet. Da TTEthernet auf Standard-Ethernet basiert, können somit große Teile übernommen und um die TTEthernet-Logik erweitert werden.

Auf Basis des INET-Frameworks wird die TTEthernet-Simulationsschicht implementiert. Sie erweitert das Modell um die Echtzeiteigenschaften des TTEthernet-Protokolls. Dabei muss besonders auf eine akkurate Abbildung des Zeitverhaltens geachtet werden. Nur so lassen sich die Ergebnisse der Simulation zuverlässig auf ein echtes Szenario übertragen.

Neben der Simulationsumgebung fließt das Fahrzeugmodell ebenfalls zusammen mit den ausgewählten Metriken in die Anforderungen ein. Hier werden Grenzwerte für die zu untersuchenden Metriken festgelegt, nach denen festgestellt werden kann, ob das Szenario den Anforderungen aus dem Modell genügt.

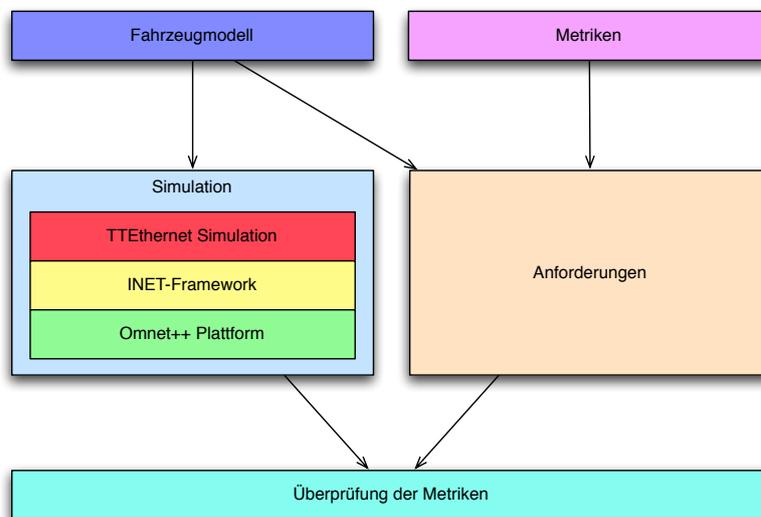


Abbildung 3: Komponenten und Architektur

4 Vorgehen

Dieses Kapitel beschreibt das Vorgehen und die Aufgaben während der Abschlussarbeit.

Für die Vorarbeiten wurden bereits verschiedene Echtzeitrelevante Metriken ausgewählt. Diese Auswahl wird noch einmal mit Blick auf die Anforderungen für automotiv Anwendungen überarbeitet. Grundsätzlich soll dem Nutzer bei der Konfiguration freie Hand über die Auswahl der zu überprüfenden Metriken gegeben werden.

Die Vorarbeiten im Bereich Vergleich von TTEthernet und FlexRay haben bereits gezeigt, dass die Metriken einer auf Echtzeit-Ethernet basierenden Vermittlungsinfrastruktur stets im Kontext zur jeweiligen Struktur und Konfiguration gesehen werden müssen. Allgemeingültige Aussagen lassen sich nur in einigen wenigen Bereichen treffen. Daher spielt das zugrunde liegende Modell der Vermittlungsinfrastruktur bei allen Aussagen eine zentrale Rolle. Bisher gibt es noch keine Regeln um ein auf heutigen Bussystemen basierendes Fahrzeugmodell in ein Echtzeit-Ethernet-Vermittlungsinfrastrukturen verwendende Modell zu überführen. Diese Abbildung ist Bestandteil zukünftiger Forschungsaktivitäten und wird in der Abschlussarbeit nur am Rand behandelt. Daher kann vorerst nur auf ein abstraktes Fahrzeugmodell zurückgegriffen werden, welches aus Datenquellen und Datensenken sowie den zwischen ihnen definierten Nachrichten besteht. Für die Untersuchung der Metriken ist weiteres Wissen über die Nachrichtenstrukturen vorerst nicht relevant. Teil der Arbeit ist daher auch die Erarbeitung der Darstellung dieses abstrakten Fahrzeugmodells.

Ein weiterer Parameter des Fahrzeugmodells ist die Topologie zwischen den Komponenten. Da sie entscheidend Einfluss auf die Metriken der Vermittlungsinfrastruktur hat, sollte es einfach möglich sein, die Simulation mit verschiedenen Topologien zu parametrisieren.

Aus dem Fahrzeugmodell wird im ersten Schritt die Struktur des später zu simulierenden Fahrzeugbackbones gewonnen. Damit der Evaluierungsprozess möglichst optimal in die Werkzeugkette von TTEthernet integriert werden kann, wird angestrebt, das Netzwerk in einer sogenannten Network Configuration zu beschreiben. Die Network Configuration ist ein XML-Format zur Beschreibung von TTEthernet-Konfigurationen. Derzeit ist das XML-Schema der Network Configuration noch in der Entwicklung und unveröffentlicht. Nach Absprache mit der Firma TTTech (vgl. [TTTech Computertechnik AG](#)), welche TTEthernet entwickelt, wird der HAW für die Abschlussarbeit eine vorläufige Version des Schemas zur Verfügung gestellt.

Die Simulation in OMNeT++ selbst wird in sogenannten Network Description Files beschrieben. Network Description files enthalten die Struktur der Simulation. Es ist beabsichtigt in einem automatisierten Prozess aus der Network Configuration die Network Description Datei für die Simulation zu erzeugen. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die Simulation der gewünschten Hardwarekonfiguration entspricht. Darüber hinaus kann die Simulation in OMNeT++ optimal durch die Werkzeuge für TTEthernet konfiguriert werden.

Das Fahrzeugmodell fließt neben der Simulation auch in die Anforderungen ein. Teil der Arbeit wird es sein, eine geeignete Darstellung für die Anforderungen zu finden. Da sich die Anforderungen auf konkrete Metriken beziehen, braucht die Darstellung der Anforderungen eine weniger starke Flexibilität. Dies erleichtert die spätere automatisierte Auswertung. Es soll versucht werden, für die Darstellung Elemente aus dem Requirements Engineering heranzuziehen.

Simulationsergebnisse und Anforderungen fließen abschließend in die Überprüfung ein. Hier wird untersucht, ob die aufgestellten Anforderungen durch das in der Simulation ausgemessene Modell der Vermittlungsinfrastruktur implementiert sind. In einer übersichtlichen Darstel-

lung soll dem Nutzer gezeigt werden, an welcher Stelle das Modell nicht den Anforderungen genügt. Diese Information soll dem Nutzer helfen, in einem iterativen Vorgehen die Konfiguration anzupassen, bis sie alle Vorgaben erfüllt. Als Ergebnis erhält der Nutzer eine Netzwerkkonfiguration, welche direkt in vorhandene Hardware eingespielt werden kann, zusammen mit einer Übersicht über alle für den Nutzer relevanten Metriken. Dies wird durch die enge Integration in die Toolchain der Firma TTTech (vgl. [TTTech Computertechnik AG](#)) erreicht. Abbildung 4 zeigt die Integration in die vorhandenen Werkzeuge.

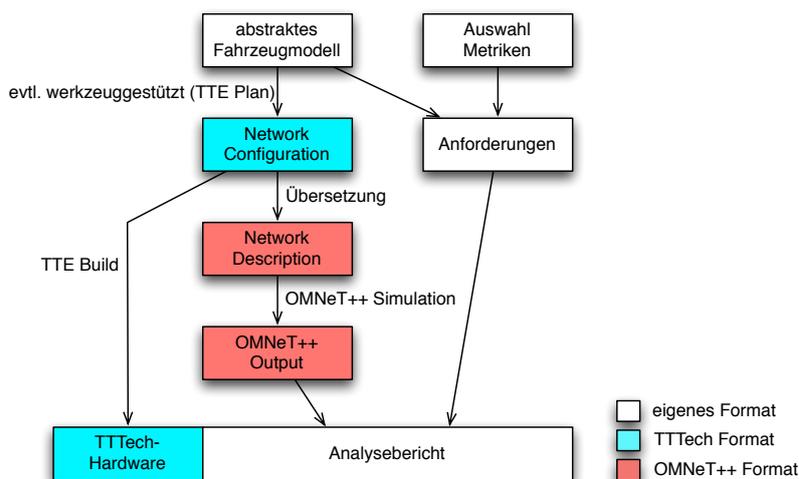


Abbildung 4: Integration in die vorhandenen Werkzeuge

Um möglichst anwendungsnahe Ergebnisse zu erzielen und damit die Verwertbarkeit der Arbeit sicherzustellen soll die Arbeit im Dialog mit einem industrienahen Partner umgesetzt werden. Erste Gespräche dazu sind für Mitte März geplant.

4.1 Ablaufplanung

Die einzelnen Module der Evaluationsumgebung (Abbildung 3) sind weitgehend voneinander unabhängig und operieren über vorgegebene Schnittstellen (Abbildung 4). Dadurch können sie voneinander unabhängig implementiert und getestet werden. Mein Zeitplan sieht vor, zunächst die Implementierung der Simulation in OMNeT++ zu finalisieren. Anschließend soll der Prozess der Modellabbildung in die Simulation umgesetzt werden. An dieser Stelle können dann bereits Aussagen über die Metriken einer Konfiguration getroffen werden. Anschließend wird die Anforderungsdokumentation umgesetzt. Um den Aufwand für die Erstellung eines Formates

zur Anforderungsdokumentation gering zu halten und auf gängige Standards zu setzen, sollen hier Elemente des Requirements Engineering herangezogen werden. Dies reduziert den Entwicklungsaufwand an dieser Stelle.

Abschließend wird das Modul für den Analysebericht umgesetzt, da es sowohl die Simulationsergebnisse als auch die Anforderungen als Eingabe erwartet. Es wird angestrebt, die Arbeit im Spätsommer 2010 abzuschließen.

4.2 Risiken

Durch die Vorarbeiten zur Abschlussarbeit konnten die größten Risiken bereits im Vorfeld abgeklärt werden. Die grundsätzliche Machbarkeit wurde in praktischen Versuchen im Rahmen des Projektes gezeigt (siehe Abschnitt 2.2).

Dennoch gibt es einige Risiken für den Erfolg der Abschlussarbeit. Diese Risiken liegen insbesondere im Bereich der Verwertung der Ergebnisse der Abschlussarbeit. Um ein gutes Analyseergebnis zu erzielen, ist es wichtig, dass die Eingaben in den Evaluierungsprozess möglichst nah an den realen Gegebenheiten liegen. Die Risiken für die Verwertung bestehen daher konkret bei der Verwendung eines Fahrzeugmodells, der Auswahl der Metriken und den darauf anzuwendenden Anforderungen. Weichen diese Eingaben stark von einem realen Fahrzeug ab, so sind die Schlüsse, die aus dem Evaluierungsprozess gezogen werden können, nicht realistisch. Daraus folgt, dass je genauer die Anforderungen und Modelle sind, desto präziser ist auch das Evaluierungsergebnis. Davon unabhängig ist die Qualität des Evaluierungsprozesses zu betrachten.

Um die angesprochenen Risiken weiter zu minimieren, wird die Kooperation mit einem Partner aus dem Automotive-Bereich angestrebt.

5 Zusammenfassung

Neue Echtzeit-Ethernet basierende Vermittlungsinfrastrukturen bieten der rapide zunehmenden Fahrzeugelektronik eine neue Perspektive für die breitbandige, gut skalierbare und zuverlässige Datenübertragung. Die projektierte Abschlussarbeit soll für diese neuartigen Vermittlungsinfrastrukturen eine zuverlässige und präzise Bewertungsgrundlage bilden. Dieser Bericht skizziert die zu diesem Thema durchgeführten Vorarbeiten und zeigt das geplante Vorgehen bei der Umsetzung der Ziele im Rahmen der Abschlussarbeit.

Die Arbeit soll die Grundlage für die simulationsbasierte Bewertung von neuen Vermittlungsinfrastrukturen im Automobil legen. Damit bildet sie die Vorarbeit für weitere Evaluierungs- und

Prototyp-Projekte mit neuartigen Vermittlungsinfrastrukturen an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften. Insbesondere tiefergehende Simulationsprojekte können auf dieser Arbeit aufbauen.

Als Evaluierungswerkzeug soll die angestrebte Abschlussarbeit den Entwicklungsprozess von Konsolidierungsstrategien für Bussysteme und die Integration von neuen Vermittlungsinfrastrukturen in bestehende Softwarestämme unterstützen. Dabei steht auch die Verwertbarkeit des zu entwickelnden Evaluierungsprozesses und der Evaluierungsergebnisse im Automotive-Bereich im Zentrum der Anstrengungen.

Literatur

- [AUTOSAR Development Cooperation] AUTOSAR DEVELOPMENT COOPERATION: *AUTomotive Open System ARchitecture*. – URL <http://www.autosar.org>
- [Belschner u. a. 2000] BELSCHNER, Ralf ; BERWANGER, Josef ; BRACKLO, Claas ; EBNER, Christian ; HEDENETZ, Bernd ; KUFFNER, Walter ; LOHRMANN, Peter ; MINUTH, Jürgen ; PELLER, Martin ; SCHEDL, Anton ; SEEFRIED, Volker: Anforderungen an ein zukünftiges Bussystem für fehlertolerante Anwendungen aus Sicht Kfz-Hersteller. In: *VDI-Berichte* 1547 (2000), S. 23–41. – ISBN 3-18-091547-1
- [FlexRay Consortium 2005] FLEXRAY CONSORTIUM: Protocol Specification / FlexRay Consortium. Stuttgart, Germany, Dec 2005 (2.1). – Specification
- [Hammerschmidt 2007] HAMMERSCHMIDT, Christoph: BMW brings Internet protocol under the hood. In: *EE Times Europe* (2007). – URL <http://www.eetimes.com/showArticle.jhtml?articleID=204300325>. – Zugriffsdatum: 2010-01-13
- [Navet u. a. 2005] NAVET, Nicolas ; SONG, Yeqiong ; SIMONOT-LION, Françoise ; WILWERT, Cédric: Trends in Automotive Communication Systems. In: *Proceedings of the IEEE* 93 (2005), June, Nr. 6, S. 1204–1223. – ISSN 0018-9219
- [OMNeT++ Community a] OMNET++ COMMUNITY: *INET Framework for OMNeT++ 4.0*. – URL <http://inet.omnetpp.org/>
- [OMNeT++ Community b] OMNET++ COMMUNITY: *OMNeT++ 4.0*. – URL <http://www.omnetpp.org>
- [Pensawat 2006] PENSAWAT, Taweewit: Real-Time Ethernet Networks Simulation Model / Halmstad University. Halmstad, Sweden, Dec 2006. – Masterprojekt
- [Steinbach 2008] STEINBACH, Till: *Ethernet als Bus für Echtzeitanwendungen im Automobil*. Dec 2008. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master08-09-aw1/steinbach/bericht.pdf>. – Bericht
- [Steinbach 2009] STEINBACH, Till: *Time-Triggered Ethernet in Fahrzeugnetzwerken – Related Work*. Jun 2009. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master2009-aw2/steinbach/bericht.pdf>. – Bericht
- [Steinbach u. a. 2009] STEINBACH, Till ; KORF, Franz ; SCHMIDT, Thomas: *Comparing Time-Triggered Ethernet with FlexRay: An Evaluation of Competing Approaches to Real-time for In-Vehicle Networks*. May 2009. – Unveröffentlicht

[Steiner 2008] STEINER, Wilfried: *TTEthernet Specification*. TTTech Computertechnik AG. Nov 2008. – URL <http://www.tttech.com>

[TTTech Computertechnik AG] TTTECH COMPUTERTECHNIK AG: . – URL <http://www.tttech.com>