

# Konzepte zur Entwicklung, Integration und Vernetzung von Car-to-X Funktionen

Torsten Ronneberger, Daniela Thum, Claudia Kratzsch

I/AEV-2, I/EB-11, I/EK-543

AUDI AG

85045 Ingolstadt

{Torsten.Ronneberger, extern.Daniela.Thum, Claudia.Kratzsch}@audi.de

**Abstract:** Innerhalb des Forschungsprojekts sim<sup>TD</sup> werden domänenübergreifend Car-to-X Funktionen entwickelt, die miteinander vernetzt in einem Gesamtsystem integriert und letztendlich evaluiert werden. In diesem Beitrag soll anhand des Architekturkonzeptes einer sim<sup>TD</sup> Hauptfunktion auf die domänenübergreifenden Herausforderungen und die projektspezifischen Lösungen bei der Entwicklung von kooperativen hoch vernetzten Car-to-X Funktionen eingegangen werden. Diese Arbeit wurde im Rahmen des Projektes sim<sup>TD</sup> durch die Bundesministerien für Wirtschaft und Technologie (BMWi) sowie Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) unterstützt.

## 1 Einführung in die Car-to-X Kommunikation

Innovative Fahrzeugkonzepte sind darin motiviert, dass sie die Sicherheit erhöhen, den Fahrkomfort verbessern oder die Effizienz im ökologischen und ökonomischen Sinne steigern sollen. Um diese Ziele zu erreichen, muss ein Fahrzeug nicht mehr nur als autarke Einheit gesehen werden, sondern es muss in Interaktion mit seiner Umwelt stehen. Interaktion bedeutet dabei, dass ein Fahrzeug mit der Umwelt kommuniziert.

Die Car-to-X Kommunikation [LA08] definiert die Kommunikation des Fahrzeuges über einen drahtlosen Kommunikationsstandard [JD08] mit seinem Umfeld. Das Umfeld kann dabei innerhalb einer Domäne durch Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikation bzw. domänenübergreifend z.B. durch Fahrzeug-zu-Infrastruktur Kommunikation beschrieben werden. Weiterhin gibt es eine Vielfalt von weiteren Kommunikationspartnern wie z.B. Werkstätten, Tankstellen, Parkhäusern oder auch dem privaten Wohnbereich mit dem das Fahrzeug relevante Informationen austauscht und diese entweder direkt oder in einer verarbeiteten Form als Hinweise oder Warnungen dem Fahrer zur Verfügung stellt. Es lässt sich somit ableiten, dass es für Funktionen der Car-to-X Kommunikation zwingend notwendig ist, domänenübergreifend Konzepte zur Vernetzung der einzelnen Komponenten zu entwickeln.

## 2 Vorstellung des Entwicklungskontextes

Das Projekt sim<sup>TD</sup> [Sim10] verfolgt die Ziele, die Praxistauglichkeit und Wirksamkeit von Car-to-X Kommunikation innerhalb eines Großversuchs unter realen Bedingungen mit Blick auf Verkehrssicherheit, Verkehrseffizienz und Fahrkomfort nachzuweisen.

Dieser Nachweis stellt eine hoch komplexe Entwicklungs- und Integrationsaufgabe dar. Dazu ist eine starke Vernetzung der Projektabläufe sowie der beteiligten Partner erforderlich. Um dies zu erreichen, haben sich Unternehmen der Automobil-, Zuliefer-, sowie Telekommunikationsbranche, der kommunalen Infrastrukturbetreiber ebenso wie Bildungs- und Forschungseinrichtungen in einem Konsortium zusammengeschlossen (siehe Abbildung 2.1).



Abbildung 2.1: Partner und Förderer im nationalen Forschungsprojekt sim<sup>TD</sup>

In Anbetracht der Interessen der Partner und deren Erfahrungen aus vorangegangenen Forschungsprojekten wurden insgesamt 21 Funktionen unterschiedlicher Art zur Umsetzung im Projekt und zur Evaluierung im realen Feld identifiziert. Diese Menge an Funktionen wurde in Funktionsbereiche (sog. Hauptfunktionen) eingegliedert, um eine inhaltliche Abgrenzung und somit logische Clusterung zu erreichen. Die Cluster Verkehrsinformation, Verkehrssteuerung, lokale Gefahrenwarnung, Fahrerassistenz sowie Informationsdienste adressieren die unterschiedlichen Domänen im verkehrlichen Umfeld. Ein weiterer Vorteil dieser logischen Clusterung liegt in der Auflösung von möglichen Inkonsistenzen sowie Überlappungen und der Entkopplung unterschiedlicher Funktionsbereiche im Gesamtsystem, wodurch eine unabhängige Umsetzung dieser in der Entwicklung gewährleistet ist. In diesem Rahmen gilt es die 21 Funktionen innerhalb einer vierjährigen Projektdauer zu entwickeln, zu integrieren, zu testen und zu bewerten.

Im Idealfall sollen die einzelnen Entwicklungsphasen inkrementell ablaufen. Da die Projekteigenschaften die Projektabläufe stark beeinflussen, ist es erforderlich eine Optimierung der Entwicklungsdauer durch Parallelisierung und damit verbunden einer höheren Vernetzung der Entwicklungsphasen zu erreichen.

### 3 Konzepte einer domänenübergreifenden Funktionsentwicklung

Ausgehend von den Projektzielen, der Projektstruktur, dem Projektumfang und dem Durchführungszeitraum ist es notwendig, in den einzelnen Entwicklungsphasen einen adaptiven Entwicklungsansatz und pragmatische Entwicklungslösungen zu finden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass schon eine Vielzahl von funktionalen und hardwaretechnischen Teillösungen vorliegt, die nicht neu entwickelt werden muss. Das Ziel der sim<sup>TD</sup>-Entwicklung ist es, ein einheitliches Gesamtsystem bereit zu stellen.

#### 3.1 Wirkkettenorientierte Funktionsspezifikation

Die Projekteigenschaften bestimmen den Entwicklungsprozess maßgeblich. Somit ist in sim<sup>TD</sup> ein Spezifikationsprozess aufgestellt worden, der folgende wesentliche Eigenschaften berücksichtigt:

- die Wiederverwendung des vorhandenen Wissens
- der enge Spezifikationszeitraum im Verhältnis zum Entwicklungsumfang
- das Ziel der Überprüfung der Funktionswirkung im realen Umfeld
- die Heterogenität und die örtliche Entfernung der einzelnen Entwicklungsteams

Um diese wesentlichen Eigenschaften im projektspezifischen Spezifikationsprozess unterzubringen, wurde ein deduktiver Top-down-Beschreibungsansatz erarbeitet, der es ermöglicht, Car-to-X Funktionen einheitlich und parallel zu beschreiben. Dabei ist eine Funktionsbeschreibung so aufgebaut, dass sie in Form eines Leitfadens die notwendigen Spezifikationsinhalte Top-down strukturiert. Der Ausgangspunkt des Leitfadens und somit auch der Funktionsspezifikation sind die Projektziele. Davon abgeleitet werden entsprechende funktionsspezifische Ziele aufgestellt, welche für den Funktionskontext gelten. Im Funktionskontext ist die Ist-Situation mit den darin enthaltenen Defiziten beschrieben, auf die die Funktionsidee wirken soll. Durch die Beschreibung des zu erzielenden Soll-Zustandes lässt sich eine Wirkhypothese ableiten, die es durch die Test- und Versuchsauswertung und mit Hilfe der Mess- und Kenngrößen zu bestätigen gilt [BD06]. Nach der Beschreibung der Wirkung wird die Funktionsidee, die Ausgangspunkt der Funktionsbeschreibung ist, systematisch weiter konkretisiert bzw. spezifiziert. Dabei erhalten die einzelnen Spezifikationselemente im gesamten Leitfaden einen eindeutigen Bezeichner, der in einer verfeinerten Beschreibungsstufe weiter referenziert wird.

Durch die Top-down Herleitung und die Referenzierung der Spezifikationselemente ist es den verteilt agierenden Entwicklern eines Entwicklungsteams möglich, die parallele Arbeit an einem Leitfaden nachzuvollziehen. Weiterhin ermöglicht die Inhaltsstruktur des Leitfadens, Spezifikationsmeilensteine zu definieren, anhand dieser die parallel entwickelten Spezifikationsinhalte innerhalb einer Hauptfunktion synchronisiert und über Hauptfunktionen hinweg harmonisiert werden. Neben der funktionalen Beschreibung der Car-to-X Funktionen, konnte die Wirkung beschrieben werden, auf dessen Grundlage die letztendliche Evaluation durchgeführt werden kann.

### 3.2 Architekturkonzept eines kooperativen Car-to-X Systems

Abbildung 3.1 zeigt die Architektur des Gesamtsystems im sim<sup>TD</sup> Projekt. Grundsätzlich lässt sich das Gesamtsystem in zwei Subsysteme unterteilen:

- Fahrzeugseitiges Subsystem (ITS Vehicle Station (IVS) mit Hardware- und Softwarekomponenten im Fahrzeug)
- Infrastrukturseitiges Subsystem (ITS Roadside Station (IRS) und Versuchszentrale ITS Central Station (ICS) mit Anbindung zu den Verkehrszentralen der Stadt Frankfurt und des Landes Hessen)

Die sim<sup>TD</sup> Gesamtarchitektur sieht für die Kommunikation zwischen und innerhalb der verschiedenen Domänen drei Kanäle vor:

- Direkte Kommunikation zwischen Fahrzeugen und zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur über ITS-G5A (IEEE 802.11p)
- Direkte Kommunikation weiterhin über Consumer WLAN (IEEE 802.11b/g)
- IP-basierte Kommunikation über GPRS, EDGE, UMTS oder HSPA

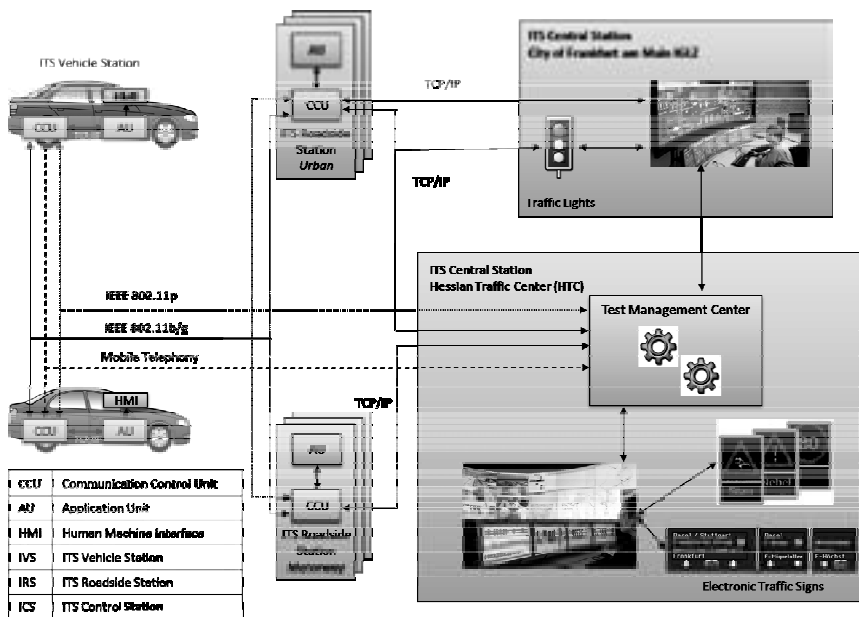


Abbildung 3.1: Gesamtarchitektur in sim<sup>TD</sup>

Sowohl IVS als auch IRS sind in zwei wesentliche Teilsysteme aufgeteilt:

- Communication Control Unit (CCU) übernimmt die Aufgaben der Kommunikation (ITS-G5A, WLAN, UMTS, CAN).
- Application Unit (AU) beinhaltet Software der Applikationen (Hauptfunktion und Funktionen), Systemkomponenten und OSGi Komponenten.

Abbildung 3.2 zeigt die Aufteilung in Systemkomponenten, die den Teilsystemen CCU und AU auf der IVS zugeordnet sind. Es ist zu erkennen, dass die einzelnen Funktionen, die ein zentrales Element auf der AU darstellen, ebenfalls als eine Systemkomponente beschrieben sind. Die Funktionen sind in Hauptfunktionen geclustert und im sim<sup>TD</sup> Architekturkonzept voneinander unabhängig. Sie können nicht direkt aufeinander zugreifen. Funktionalitäten, auf die alle Hauptfunktionen zugreifen, sind als separate Systemkomponenten extrahiert (z.B. Umfeld-Tabelle oder Communication Client).

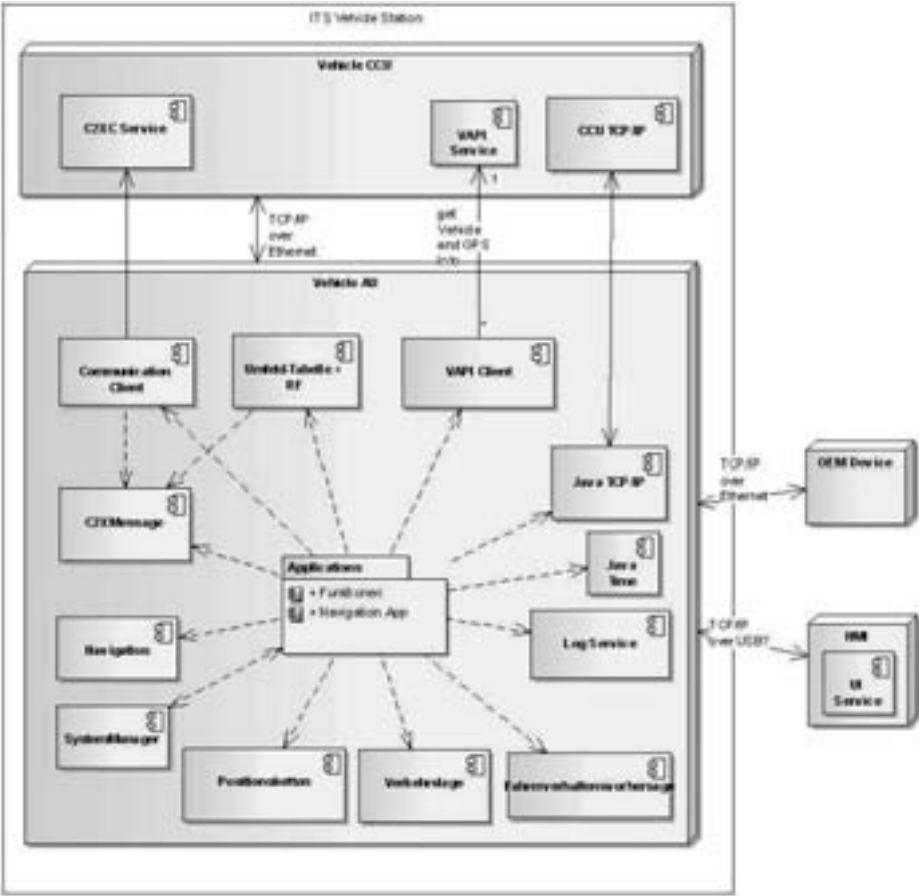


Abbildung 3.2: sim<sup>TD</sup> Teilsystem IVS

Abbildung 3.3 stellt die Hauptfunktion 2.2 (HF2.2) Fahrerassistenz in einer detaillierten Funktionsebene dar. In der Abbildung sind beispielhaft einzelne Funktionen und die Zugriffe auf Systemkomponenten ausgehend von der HF2.2 ersichtlich. Weiterhin sind gemeinsame Funktionalitäten innerhalb der HF2.2 identifiziert und als Basisdienste (z.B. HMI-Koordinator) ausgegliedert. Die Funktionen innerhalb einer Hauptfunktion sind somit voneinander unabhängig. Zugriffe innerhalb einer Hauptfunktion erfolgen ausschließlich über Basisdienste oder über externe Systemkomponenten.

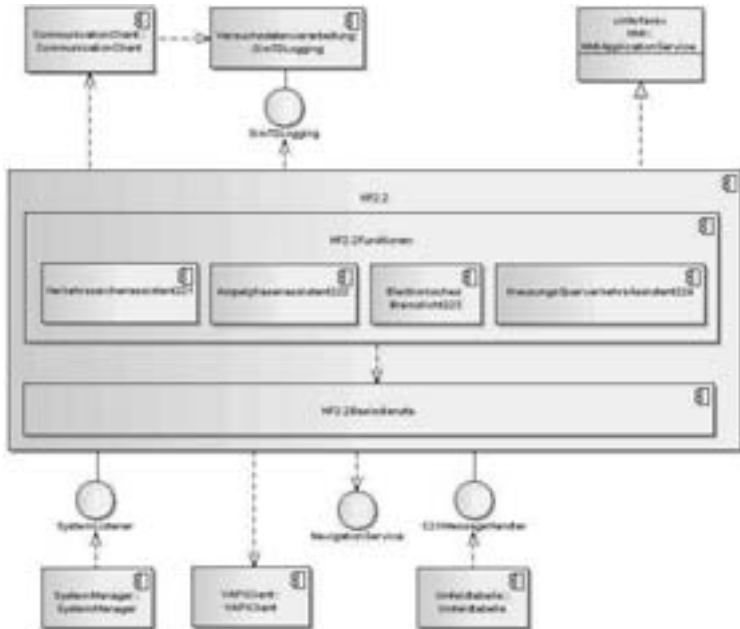


Abbildung 3.3: sim<sup>TD</sup> Systemkomponente Hauptfunktion 2.2

## 4 Fazit und Ausblick

Im Kontext der Fahrzeugfunktionsentwicklung ist Car-to-X ein prägnantes Beispiel für eine zunehmend domänenübergreifende Vernetzung. Deutlich wird diese Vernetzung u.a. im Forschungsprojekt sim<sup>TD</sup>, in dem viele unterschiedliche Wirtschaftsbereiche gemeinsam an der Entwicklung eines hoch vernetzten Car-to-X Systems arbeiten. Dabei ist neben der inhaltlichen Vernetzung der zu entwickelten Funktionen, die organisatorische Vernetzung der heterogenen Entwicklungsteams eine Herausforderung. Ziel muss es sein, über die Identifizierung von inhaltlichen und organisatorischen Gemeinsamkeiten eine geringe Kopplung und hohe Kohäsion zu erreichen.

## Literaturverzeichnis

- [Sim10] <http://www.simtd.de>
- [LA08] Lübke, Andreas: Der aktuelle Stand der Car-to-X Kommunikation, VDE Kongress, München, 2008
- [BD06] Bortz, J.; Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer, 2004.
- [JD08] Jiang, D. DeGrossi, L.: IEEE 802.11p: Towards an International Standard for Wireless Access in Vehicular Environments, Vehicular Technology Conference, 2008