

Erfahrungsaufbau im Umgang mit neuen Diensten und Funktionen für Elektrofahrzeuge mittels einer neuen Architektur auf Basis von ADTF und UnIC

Christoph Regler, Johannes Reim, Christian Allmann

Audi Electronics Venture GmbH
I/AEV-1
Sachsstraße 18
85080 Gaimersheim
christoph.regler@audi.de
johannes.reim@mb.stud.uni-erlangen.de
christian.allmann@audi.de

Abstract: Die Entwicklung elektrifizierter Fahrzeuge bietet neue Freiheitsgrade in der Realisierung neuer Bedien- und Anzeigeelemente für ubiquitäre Dienste und deren Integration mit neuen Fahrzeugfunktionen (u.a. personalisiertes Energiemanagement). Die hierzu im Rahmen des Forschungsprojekts e performance konzipierten und untersuchten modularen Systemarchitekturen für Elektrofahrzeuge erlauben die einfache Realisierung und Evaluierung dieser vernetzten Dienste und Funktionen im Fahrzeug. Die vorliegende Arbeit führt hierzu in Kapitel 1 die Ziele und Konzepte des Forschungsprojektes aus. In Kapitel 2 werden weiterführend die im Projektkontext untersuchten neuen Funktionen und Dienste erläutert. Die gewählte Systemarchitektur für die Human-Machine-Interface (HMI) Anwendung mittels einer Middleware-Kopplung von Consumer-Elektronik und klassischer Fahrzeugvernetzung wird hierzu an ausgewählten Fallbeispielen in den Kapiteln 3 und 4 ausgeführt. Abschließend werden bisherige Erfahrungen und Folgearbeiten dargestellt. Die vorliegende Arbeit liefert erste Erfahrungen im Aufbau von Cyber-Physical-Systeme (CPS) bei einer cross-domain Architektur (csA).

1 Einleitung

Aktuelle Studien [GB12, Ru12] zeigen, dass die Grenzen bestehender Elektronik und Softwarearchitekturen in den nächsten Jahren erreicht werden. Die in diesen Arbeiten angesprochene mangelnde Flexibilität und Anpassung der Architektur an neue Funktionen und Dienste im Fahrzeug führen zu erhöhten Entwicklungsaufwendungen und einer zeitlich und räumlich beschränkten Integration neuer Innovationen.

Gerade diese neuen Innovationen im Bereich der elektrisch angetriebenen Fahrzeuge führen zu neuen Funktionsdomänen (u.a. Hochvolt (HV)) und zum Verschmelzen bestehender Domänen (u.a. Antrieb und Fahrwerk) [GAS12]. Die Domänen und die bis dato zugewiesenen Funktionen treten in eine stärkere Abhängigkeit zueinander bezüglich eines globalen Energie- und Informationsmanagements. Durch

die stärkere logische und physikalische Vernetzung der Funktionen, u.a. für hochintegrierte Steuergeräte [Gu12], müssen hinsichtlich des Entwicklungsprozesses verstärkt Gesichtspunkte der Funktionalen Sicherheit [Is12] berücksichtigt werden. Zusätzlich ist die Interaktion klassischer On-Board Funktion mit Diensten außerhalb des Fahrzeugs beziehungsweise mit offenen, nachladbaren Applikationen für das Fahrzeug einzubeziehen. Dies führt zu vielfältigen Fragestellungen der Entwicklung, angefangen bei Sicherheitsgesichtspunkten bis hin zu Aspekten der Integration in das Bedien- und Anzeigekonzept.

Im Rahmen des Forschungsprojekts e performance, gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), wurde hierzu ein Teil der genannten Aspekte aufgegriffen und in einem ganzheitlichen Systemansatz - bezogen auf die Fahrzeugeigenschaften elektrischer Fahrzeuge [FRL12] - untersucht. Der modulare Systemansatz beruht auf der Forderung, einen skalierbaren Antriebsstrang (Antriebseinheit, Energiespeicher, Leistungssteller, Energie- und Informationsnetz) für verschiedene Elektrofahrzeugklassen aufzubauen. Dieser modulare und skalierbare Ansatz [AS11] wurde für drei Fahrzeugklassen - eCity, eFamily und eSport – entwickelt. Im Demonstratorfahrzeug eSport werden die neuen Technologien und Konzepte exemplarisch umgesetzt und erprobt.

2 Neue Dienste und Funktionen bei Elektrofahrzeugen

Durch die zunehmende interne und externe Fahrzeugvernetzung steigt der Funktionsumfang (u.a. durch neue Infotainment-, Fahrerassistenzsystem-, Sicherheitsfunktionen und der Integration von Social Media Inhalten) und die Komplexität des HMI stark an [BZ06]. Aufgrund der besonderen Eigenschaften im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren entstehen insbesondere für Elektrofahrzeuge neue Dienste und Funktionen. Anhand der Umsetzung im Forschungsprojekt e performance werden beispielhafte neu entwickelte Dienste und Funktionen dargestellt.

Im eSport mit Allradantrieb ist der aktivierte Fahrmodus (Vorderachsantrieb, Hinterachsantrieb, Allradantrieb) auswählbar sowie eine 3D visualisierte Energieflussanzeige umgesetzt. Die Rekuperationsanzeige ist abhängig von der Stufeneinstellung entsprechend der Stärke der Bremsenergieerückgewinnung ausgeführt. Neben dem State of Charge (SOC) der Batterie werden Informationen zum Ladevorgang (Ladestatus, Ladezeitpunkt, Ladedauer, Ladestecker- und Ladeklappenstatus) angezeigt. Automatisiertes Laden, steuerbar außerhalb des Fahrzeugs, und Vorkonditionierung (u.a. des Innenraums und des Batteriesystems) bieten erhöhte Komfort, stellen aber auch erhöhte Anforderungen. Das Routenmanagement bezieht verteilte Rechenknoten mittels GPS mit ein und lässt durch eine dynamische, visuelle Reichweitenanzeige die wesentlichen Treiber erkennen. Im Vergleich zu Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren ist bei Elektrofahrzeugen der Einfluss der Nebenverbraucher, insbesondere des Thermomanagements, deutlich höher [He12]. Für wesentliche Elemente (u.a. Klimakompressor, Sitzheizung) wird der Leistungsbedarf prädiktiv dargestellt und ermittelt. Der Fall eines notwendigen De-Ratings (u.a. aufgrund thermischer, mechanischer, energetischer Leistungsgrenzen) wird durch Fahreranzeigen ebenso berücksichtigt. Außerdem werden speziell für die HV-

Komponenten (u.a. Batterie, Leistungselektronik, Elektromotor) und sonstige funktionale Sicherheitsaspekte entsprechende Anzeigemeldungen erstellt.

Die neuen Dienste und Funktionen können entsprechend der Zielsetzung kurzer Entwicklungszeiten zur Visualisierung frühzeitig getestet und zu einem späten Zeitpunkt kurzfristig noch integriert werden. Des Weiteren muss die gegensätzliche Anforderung zwischen hoher Standardisierbarkeit und hoher Individualisierbarkeit sowie der kollaborative Entwicklungsprozess bei der Architekturgestaltung berücksichtigt werden. Im Forschungsprojekt entsteht eine globale Softwarearchitektur, bei der durch den Einsatz klassischer Consumer Elektronik eine völlig neue Schnittstelle zwischen Fahrer und Fahrzeug entsteht, die neuartige Aspekte (u.a. sozial, funktional) berücksichtigt. Dabei wird ein Rapid Prototyping Ansatz verfolgt, der - im Gegensatz zu einer Serienlösung mit AUTOSAR – den Fokus auf die Entwicklung von Prototypen richtet und die Entwicklung neuer Dienste schnell sichtbar und erlebbar macht.

3 Architektur

Durch die vorherig dargestellten neuen Rahmenbedingungen sowie erhöhten Kundenwartungen durch mobile Endgeräte verändern sich die Anforderungen an die Systemarchitektur (kurze Entwicklungszyklen, Skalierbarkeit, Modularität und Testmöglichkeit) in der Automobilbranche. Bisher ist Software-Architektur meist nicht durch eine Kapselung von Systembestandteilen, sondern durch technische und funktionale Aspekte begründet [HR12]. Für die zukünftige HMI-Entwicklung wird ein neues, dreistufiges Schichtprinzip, bestehend aus klassischer Systemarchitektur auf Busebene, Middleware und Applikationsebene sowie einem Backendsystem zur Auslagerung rechenintensiver Operationen entwickelt und nachfolgend näher beschrieben.

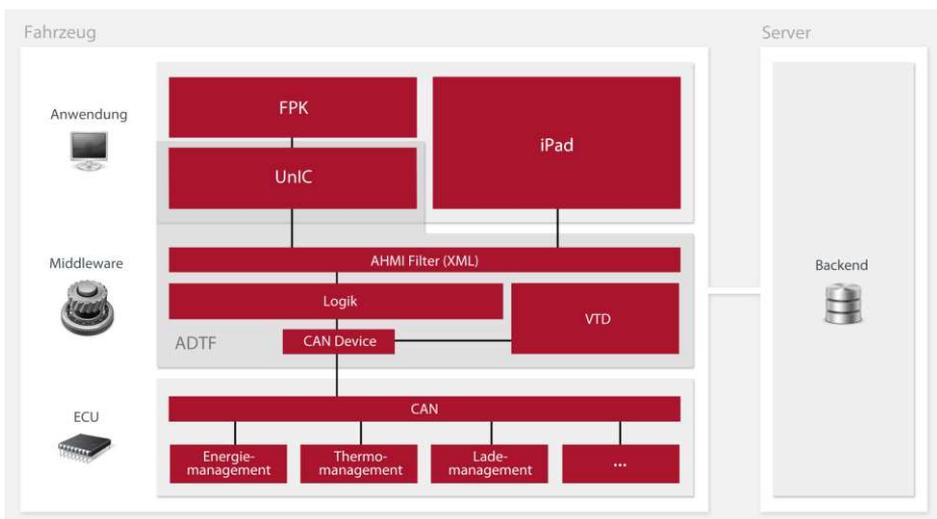


Abbildung 1: Schichtarchitektur und Backend

3.1 ECU-Ebene

Die tiefste Ebene bildet das Steuergeräte- und Busnetz, das die jeweiligen Funktionen der einzelnen Fahrzeugdomänen realisiert. Diese kommunizieren anhand der CAN-Matrix mittels des fest definierten CAN-Protokolls über den Fahrzeugbus sowohl untereinander, als auch mit der darüber liegenden Abstraktionsschicht.

3.2 Middleware-Ebene

Die mittlere Schicht bildet die Entwicklungs- und Testumgebung Automotive Data and Time-Triggered Framework (ADTF) [LU10], welche die über die jeweiligen Schnittstellen angebotenen Signale der einzelnen Domänen fusioniert, interpretiert und aufbereitet. Die einzelnen Funktionen werden in ADTF in so genannten Filter gekapselt. Auf diese Weise sind Erweiterungen schnell und flexibel einsetzbar. Darüber hinaus enthält ADTF das Simulationswerkzeug Virtual Test Drive (VTD) [EGZ09] und bietet somit die Möglichkeit, die auf Applikationsebene umgesetzten Dienste frühzeitig - unabhängig von der Zielhardware - zu testen. Durch Verkettung von Fahrer-, Fahrzeug- und Umfeldmodellen kann die darunter liegende Busebene emuliert werden.

ADTF läuft als eingebettetes System auf einem Evaluation Board und dient als Middleware zwischen Bus und Applikationsebene. Als Schnittstelle nach oben fungiert hierbei der ADTF-HMI-Filter (AHMI), welcher alle nötigen Größen in dem implementationsunabhängigen Datenformat Extensible Markup Language (XML) für die darüber liegende Schicht zur Verfügung stellt. Zur Kommunikation mit der Applikationsschicht werden innerhalb des Evaluation Boards Signale und zu externen Anwendungen Ethernet verwendet.

Der nachfolgende XML-Ausschnitt zeigt einen Beispieldatenpool mit Eingangs- und Ausgangssignalen zur einheitlichen Kommunikation zwischen Middleware und Anwendungsebene.

```
01 <?xmlversion="1.0" encoding="iso-8859-1" standalone="no"?>
02
03 <DataPool>
04 <!--Input Signals -->
05 <Entry Name="IN_Mode" Type="INT"SourceID="Mode"Value="1" />
06 <Entry Name="IN_SOC" Type="DOUBLE" SourceID="SOC"Value="50.0" />
07 <Entry Name="IN>LoadingFlap" Type="INT" SourceID="LoadingFlap"
08 Value="0" />
09
10 <!--Output Signals -->
11 <Entry Name="OUT_ScrollUp" Type="INT"SourceID="ScrollUp"
12 Value="0" />
13 <Entry Name="OUT ScrollDown" Type="INT" SourceID="ScrollDown"
14 Value="0" />
15 </DataPool>
```

Abbildung 2: Beispieldatei XML-Datenpool (UnIC/ADTF)

3.3 Anwendungsebene

Auf Applikationsebene befinden sich die HMI-Anwendungen, die als Schnittstelle zwischen Fahrer und Fahrzeug dienen. Die Ausgabe der fahrrelevanten Daten erfolgt über das frei programmierbare Kombidisplay (FPK), das aufgrund der erhöhten Darstellungsmöglichkeiten anstelle der herkömmlichen Instrumententafel eingesetzt wird. Hier dient das OpenGL Framework UnIC zur Ansteuerung und Ausgabe von Grafiken und 3D-Elementen. Diese Objekte werden zustandsbasiert angesteuert, animiert und per DVI-Schnittstelle (Digital Visual Interface) zur Anzeige gebracht. UnIC läuft innerhalb der ADTF-Umgebung als eigenständiger Filter. Die Kommunikation zwischen UnIC und ADTF erfolgt über interne Signale. Als zentrales Ein- und Ausgabegerät (u.a. für Lade-, Klima- und Infotainmentinhalte) dient ein iPad in der Mittelkonsole. Hier sind neuartig alle Funktionalitäten auf einem Gerät untergebracht. Die Kommunikation verläuft über Wireless Local Area Network (WLAN). Darüber hinaus werden Hardwaretasten, die die Default-Einstellungen anwählen lassen, als Rückfallebene implementiert.

3.4 Backend

Außerhalb des Fahrzeugs befindet sich ein zentrales Backend, welches über eine UMTS Verbindung mit der Middleware kommuniziert. Aufwändige Rechenoperationen wie beispielsweise die dynamische Reichweitenberechnung können auf diese Weise ausgelagert, zentral berechnet und periodisch zurück ans Fahrzeug übertragen werden. Dies schont zum einen Systemressourcen und bietet darüber hinaus als zentraler Server die Möglichkeit, mehrere mobile Endgeräte mit den einmal berechneten Daten zu versorgen.

4 Fallbeispiele

In diesem Kapitel werden anhand von im eSport umgesetzten Fallbeispielen beispielhaft bisherige Ergebnisse und Erfahrungen dargestellt. Die wesentlichen Elemente des HMI sind neben dem FPK insbesondere das iPad als Consumer Tablet. Auf dem FPK, ausgeführt als LCD-Bildschirm mit einem Graphical User Interface (GUI), sind beispielsweise die Funktionen Rekuperationseinstellung, Energieflussanzeige und Leistungsbedarf der Nebenverbraucher umgesetzt. Das iPad als Consumer Device entspricht den ubiquitären Anforderungen.

4.1 Zeitgesteuertes Laden und Vorkonditionierung

Der Ladevorgang lässt sich über den Terminkalender des iPads von außerhalb des Fahrzeugs steuern, da es per WLAN und UMTS mit dem Fahrzeug kommuniziert. Es lassen sich die Funktionen „Laden vor dem ersten Termin“, „Laden bei Terminen mit Ladestation“, „Laden nach Eingabe“ und „Sofortladen“ auswählen. Dadurch ist bereits jetzt intelligentes manuelles Laden, z.B. durch Kombination aus günstigem Nachtstromtarif und nächtlichen Terminladens, möglich. Dies ist ein weiterer Schritt in Richtung Smart Grid und Voraussetzung für eine adaptive, intelligente Schnittstelle zum Energienetz und

automatischen, intelligenten Ladevorgang. Zudem lässt sich eine Vorkonditionierung des Fahrzeugs in Abhängigkeit des Kalenders realisieren.

Das iPad interagiert mit ADTF, das wiederum die Daten vom Lademanagement abrufen. Dies bezieht Informationen des Ladegeräts (Status Ladestecker), der HV-Sicherheit (Isolationswerte vom Batteriemanagementsystem), und des Fahrzeugmanagers (Ladefreigabe) mit ein. Durch ADTF als Middleware ist es zudem möglich, mit der Verketten von Fahrer-, Fahrzeug- und Umfeldmodellen den Ladevorgang vorab zu simulieren und dadurch die Entwicklungszeit weiter zu verkürzen.

4.2 Dynamische Reichweitenanzeige

Nachfolgende Abbildung zeigt links eine vereinfachte Kommunikationsstruktur und rechts die umgesetzte Reichweitenanzeige auf dem iPad. Die umgesetzte Schichtarchitektur – iPad auf der Anwendungsschicht, ADTF als Middleware, der Energiemanager als Teil des hochintegrierten Zentralsteuergeräts - erlaubt die Steuerung von außerhalb des Fahrzeugs. Die GPS-Koordinate des iPads und der aktuelle SOC des Energiemanagers werden in der Middleware zusammengetragen und ans Backend übertragen. Hier wird anhand heuristischer Methoden die zurücklegbare Strecke ermittelt und zurück ins Fahrzeug gesendet. Dort wird die Reichweite im iPad zur Anzeige gebracht. Dem Fahrer wird es ermöglicht, einerseits die Fahrtstrecke besser zu planen und andererseits Einsparungspotential durch die Beeinflussung von Nebenverbrauchern zu betrachten.

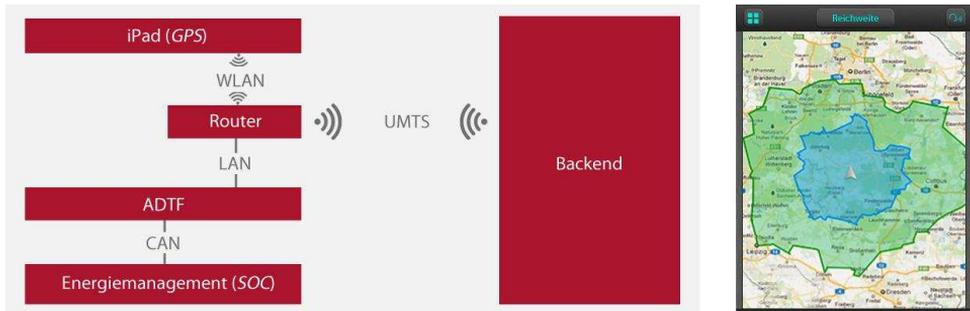


Abbildung 3: Dynamische Reichweitenanzeige (Kommunikationsstruktur und iPad-Anzeige)

5 Zusammenfassung

Im Rahmen des elektrifizierten eSport Demonstratorfahrzeugs wird die neue, in dieser Arbeit näher beschriebene HMI-Struktur implementiert und validiert sowie Erfahrungen mit neuen, vorwiegend elektrofahrzeugspezifischen Funktionen und Diensten (u.a. dynamische Reichweitenanzeige, zeitgesteuertes Laden und Vorkonditionierung, Rekuperations- und Energieflussanzeige) gesammelt.

Die in dieser Arbeit dargestellte universelle HMI-Architektur auf Basis von ADTF als Middleware und dem Framework UnIC als Applikationsebene zeigt eine Entwicklungsumgebung für Rapid Prototyping auf. Damit lässt sich zusätzlich zu kurzen Entwicklungszeiten eine hohe Flexibilität und Gestaltungsfreiheit durch eine System- und Herstellerübergreifende Kompatibilität erreichen. Die Kopplung eines FPK (z.B. LCD), eines mobilen Consumer Tablets (z.B. iPad) und die ADTF-Testumgebung VTD ermöglicht die frühzeitige Evaluierung dieser Funktionen. Die Umsetzung von Consumer Elektronik zur Steuerung des Fahrzeugs liefert wesentliche, neue Erfahrungswerte. End-User-Software (Apps) lassen sich dadurch dynamisch einbinden und aktuelle mobile Plattformen (u.a. iPhone, Android) evaluieren.

Literaturverzeichnis

- [AS11] Allmann, C.; Schüssler, M.: Forschungsprojekt e performance - Systembaukasten für zukünftige Elektrofahrzeuge, KONGRESS Forum ElektroMobilität e.V., Berlin, 2011.
- [BZ06] Bock, C.; Zuehlke, D.: Meta-modeling and meta-CASE tools – A silver bullet for model-driven HMI development? In: Proceedings of 2nd International Workshop on Meta-Modelling and Ontologies, Karlsruhe, 2006.
- [EGZ09] Entin, V.; Ganslmeier, T.; Zawicki, K.: Formale und formatunabhängige Fahrscenarienbeschreibung für automatisierte Testvorgänge im Bereich der Entwicklung von Fahrer-Assistenzsystemen. In: 39. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, Lübeck, 2009.
- [FRL12] Fuchs, J.; Riemenschneider, T.; Lienkamp, M.: Impact of Electrification on the Vehicle Concept, Conference on Future Automotive Technology, Conference on Future Automotive Technology, München, 2012.
- [GAS12] Gut, G.; Allmann, C.; Staats, H.: Energetisch-intelligente Vernetzung, Tagung Elektrik/Elektronik in Hybrid- und Elektrofahrzeugen und elektrisches Energiemanagement, HAUS DER TECHNIK, München, 2012.
- [GB12] Geisberger, E.; Broy, M. (Hrsg.): agendaCPS - Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems (acatech STUDIE), Springer Verlag, München, 2012.
- [Gu12] Gut, G. et al: Reduction of electronic control units in Electric Vehicles using Multicore technology, International Conference on Multicore Software Engineering, Performance, and Tools, i.E. 2012.
- [He12] Hesse, B.; Hiesgen, G.; Koppers, M.; Schramm, D.: Einfluss verschiedener Nebenverbraucher auf Elektrofahrzeuge. In (Proff et al. (Hrsg.)): Zukünftige Entwicklungen in der Mobilität, Gabler Verlag, Wiesbaden 2012.
- [HR12] Hopp, C.; Rendel, H.; Rumpe, B.; Wolf, F.: Einführung eines Produktlinienansatzes in die automotive Softwareentwicklung am Beispiel von Steuergerätssoftware. In: Software Engineering 2012, Fachtagung des GI-Fachbereichs Softwaretechnik, Berlin 2012.

- [Is12] ISO (Hrsg.): ISO 26262. Straßenfahrzeuge - Funktionale Sicherheit, Beuth Verlag, Berlin, 2012.
- [Lu10] Ludwig, J.: Effiziente FAS-Entwicklung, Hanser automotive, Carl Hanser Verlag, München, 2010.
- [Ru12] Rueß, H. (Hrsg.): Mehr Software (im) Wagen: Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) als Motor der Elektromobilität der Zukunft, ForTISS GmbH, München, 2012.