

KIA4SM - Kooperative Integrationsarchitektur für zukünftige Smart Mobility Lösungen

Sebastian Eckl
Fakultät für Informatik
Technische Universität München
Email: sebastian.eckl@tum.de

Daniel Krefft
Fakultät für Informatik
Technische Universität München
Email: daniel.krefft@tum.de

Uwe Baumgarten
Fakultät für Informatik
Technische Universität München
Email: baumgaru@tum.de

Die stetig fortschreitende (intermodale) Mobilität führt bestehende Transport- und Verkehrssysteme auf absehbare Zeit an die Grenzen ihrer Belastbarkeit. Die Einführung und Etablierung 'Intelligenter Verkehrssysteme' (IVS) soll daher dazu beitragen, den Straßenverkehr sicherer, effizienter und umweltfreundlicher zu gestalten. Hinsichtlich der Vorgehensweise wird zwischen zwei traditionell unabhängigen Anwendungsdomänen unterschieden: intelligenten Fahrzeugsystemen (lokale Intelligenz, z.B. autonomes Fahren) auf der einen und intelligenten Straßensystemen (globale Intelligenz, z.B. Verkehrsinfrastruktur) auf der anderen Seite. Zusätzlich dazu haben sich Mobile Endgeräte als allgegenwärtige, kostengünstige und solide IKT-Plattform für Sensorik, Kommunikation und Entertainment etabliert. Aus konzeptueller Sicht besteht jedoch eine klare Trennung zwischen diesen Systemen, was Austausch und Zusammenarbeit untereinander stark erschwert. Ad-hoc Fähigkeit zur Kooperation stellt jedoch eine Grundvoraussetzung für effektive, lokale und dezentrale Echtzeit-Kommunikation dar, wie sie in hochdynamischen Umgebungen, so auch der Verkehrslandschaft, dringend benötigt wird. 'Smart Mobility' versucht im Rahmen des aktuellen Trends der vernetzten Funktionen die bisher historisch unabhängig entstandenen Dienste unter dem erweiterten Begriff der 'Kooperativen Intelligenzen Transport Systeme' (C-ITS) zu vereinen. Aufgrund der unterschiedlichen Entstehungshistorien/Anwendungsdomänen der beteiligten, traditionell geschlossenen und heterogenen Komponenten existiert eine natürliche system-inhärente Inkompatibilität, welche eine einfache und nahtlose 'out-of-the-box' Integration verhindert. Um die Vision effektiven, kooperativen Verhaltens realisieren zu können, ist somit eine vollständige Neuorientierung bei systemübergreifenden Kollaborationsmechanismen unumgänglich. Angestrebt wird die Entwicklung einer flexiblen Integrationsarchitektur zur prinzipiell geräteunabhängigen Erbringung von Funktionalität, welche mithilfe einer gemeinsamen/einheitlichen Laufzeitumgebung die Integration aller beteiligten Komponenten ermöglicht. Hardware-/Software-basierte Plug & Play Systematik erlaubt zudem dynamische Anpassungen zur Laufzeit. Dieses kooperative und verteilte Gesamtsystem stützt sich auf universell einsetzbare Steuerungskomponenten (ECUs), die durch Kooperation, Interaktion und Ausgleich die Funktionen und Dienste der beteiligten Komponenten bedarfsgerecht, sicher und zuverlässig erbringen. Unter Berücksichtigung der fortschreitenden Elektromobilität wird bei der Restrukturierung im Fahrzeug auch auf die gegenwärtigen automotiven Trends zur Hardware-Konsolidierung/Software-Virtualisierung

zurückgegriffen. Die Neuartigkeit der Idee findet sich im gesamtheitlichen Architekturansatz, welcher bereits von Beginn an die Ausführbarkeit/Lauffähigkeit von Software-basierter Funktionalität auf verschiedenen, heterogenen Systemen und somit die Skalierbarkeit und Qualitätssicherung über (bestehende) Systemgrenzen hinweg berücksichtigt. Im Gegensatz zu traditionell Middleware-orientierten Lösungen fußt die Laufzeitumgebung auf einer Typ-1 Hypervisor-basierten Paravirtualisierung, bei der ein L4-basierter Mikrokern anhand separierter Tasks eine sichere Partitionierung von Funktionen erlaubt. Das angestrebte kontextsensitive Reaktionsverhalten entspricht der (De-)Aktivierung, dem Update/Upgrade oder der Migration von Software-basierter Funktionalität. Im Automobil ermöglicht dies einen Wechsel von etablierter Hardware-gestützter (Failover-Prinzip) zu Software-basierter Redundanz. Letztere ermöglicht einen flexiblen und dynamischen Rückgriff auf bestehende Restkapazitäten des Gesamtsystems und schafft somit die Grundlage für die Umsetzung neuartiger Resilience (Ausfallsicherheits-), Load-Balancing oder Energy-Saving Szenarien. Den hierbei geforderten Self-X-Eigenschaften wird dabei sowohl hardware- als auch softwareseitig Rechnung getragen. Selbst-Organisation auf Hardwareebene bedeutet fahrzeugintern eine Umrüstung bestehender Bordnetzkonzepte auf ein vermaschtes, Ethernet-basiertes Netzwerk. Die Vernetzung der einzelnen Systeme untereinander basiert hingegen auf dem Konzept kabelloser Ad-hoc-Netzwerke (VANET). Selbst-Adaptives Verhalten auf Softwareebene entspricht einem dynamischen Task-Management (Intra- und Inter-ECU), welches zur Laufzeit realisiert wird. In abgeschlossenen/laufenden Vorhaben wurden/werden hierfür bereits relevante Anpassungen am L4-Mikrokern erarbeitet - vorwiegend die Bereiche dynamische Task-Erstellung sowie (verteilt) Task-Scheduling/Dispatching betreffend. Um die prinzipielle Realisierbarkeit der Architektur nachweisen zu können, wird eine hybride Simulationsumgebung schrittweise weiterentwickelt. Die zu untersuchenden Konzepte werden dabei sowohl anhand eines realen Versuchsträgers (E-Modellauto), bestehend aus miteinander vernetzten physischen ECUs, als auch Server-basiert in emulierter Form mithilfe mehrerer virtueller Versuchsträger, bestehend aus miteinander vernetzten QEMU-Instanzen, implementiert und evaluiert. Auf virtueller Ebene ermöglichen bestehende Netzwerksimulatoren die Mesh-Vernetzung innerhalb und außerhalb eines Fahrzeugs. Zum Testen der Funktionalität der konzipierten Gesamtarchitektur dient die XiL-basierte Simulation eines realen Feldversuchs, bei der sowohl der reale Versuchsträger als auch seine virtuellen Pendanten mit einer Software-basierten

Renn-Simulation (TORCS) verbunden werden. Die hybride Simulationsumgebung dient damit der flexiblen Untersuchung von Alternativen. Das erwartete Ergebnis soll zeigen, dass die aktuell bestehenden Systemgrenzen der einzelnen Beteiligten (Fahrzeug, Mobiles Endgerät, Verkehrsinfrastruktur) mithilfe der neuartigen Architektur aufgebrochen und durch einen kooperativen, gesamtheitlichen sowie skalierbaren System-Ansatz ersetzt wurden. Die kooperative Zusammenarbeit basiert dabei auf der grundsätzlichen Fähigkeit, Funktionalität bei Bedarf zwischen den beteiligten Einheiten auszutauschen.