

Systemverhalten während der Initialisierungsphase

Modellierung des Kontrollkanals

Dieser Artikel zeigt auf, dass es möglich ist, das Verhalten des MOST-Kontrollkanals zu modellieren, um die Auswirkung von Schlüssel-Parametern im Hinblick auf ihre Optimierung zu untersuchen. So ist es möglich – unter Einsatz von Diagnose – in vielen MOST-Modulen von Jaguar und Land Rover einige Parameter lokal zu konfigurieren. Darauf aufbauend soll Anfang des Jahres 2010 eine Testplattform erstellt werden.

Von Ross McMurrin und John Leslie

Für die Robustheit von auf MOST basierenden Infotainment-Systemen ist die Initialisierung eine Schlüsselpunktphase, die vom Zustand der individuellen MOST-Knoten und deren Wechselwirkungen auf dem Kontrollkanal beeinflusst wird. Dieser Beitrag präsentiert die Untersuchungsergebnisse des Modellierungsverhaltens des MOST-Systems während der Initialisierungsphase und insbesondere des Kontrollkanals.

Die Initialisierung ist die arbeitsintensivste Phase der MOST-Kontrollkanal-Kommunikation – es wird zunehmend schwieriger, sie zu optimieren, da die Zahl an Kundenfunktionen und somit die Zahl an MOST-Funktionsblöcken zunimmt. Es sind entscheidende Kundenanforderungen zu befriedigen, nicht nur, das System stabil zu starten, sondern auch, dass bestimmte Infotainment- und Komfort-Einrichtungen verfügbar sind, sobald das Fahrzeug startet.

Probleme, die vorkommen können und im System-Design entschärft werden müssen, schließen ein: die übermäßige Verzögerung, bevor Audioquellen verfügbar sind; fehlende Kundenfunktionen sowie verzögerter Sys-

temanlauf. Traditionell werden diese Typen von Fehlerfällen während der System-Praxistests und der Freigabe beseitigt. Das kann sogar mit den jüngsten Verbesserungen beim automatisierten Testen ein langer, Ressourcen bindender Prozess sein; er wird noch komplexer, wenn die Anzahl der Funktionen weiter anwächst.

Die Analyse von MOST-Initialisierungen hat eine Anzahl interessanter Verhaltensmuster gezeigt. Bei hoher Busauslastung während der Initialisierung wurden Fälle beobachtet, in denen viele Slave-Module gleichzeitig Kontrollnachrichten zum Master-Modul senden, was zu einer hohen Zahl an nicht erfolgten Rückmeldungen führt. Während dieser Periode intensiver Wiederholversuche war es für ein Slave-Modul möglich, das Master-Modul zu monopolisieren, wodurch nur seine jeweiligen Nachrichten erhalten und anerkannt wurden. Daraus resultieren Fragen, warum die Network Service Cycle Time und das Low-Level Retry Timing auf denselben Wert gesetzt wurden und warum das Low-Level Retry Timing in allen Slave-Modulen identisch war. Während der Initialisierung der Notifizie-

rungen versuchen alle Module, die Notifikationen gleichzeitig zu setzen. Das verursacht hohe MOST-Kontrollkanal-Buslasten und daher eine hohe Zahl an nicht quittierten Meldungen und Verzögerungen.

Die Maßeinheiten der Netzwerk-Effizienz während der Startphase umfassen:

- ▶ Zeit von Licht an bis zum voll initialisierten System – alle Notifikationen gesetzt und Audioquellen eingerichtet.
- ▶ Zeit von Licht an, bis eine besondere Kundenfunktion verfügbar ist.
- ▶ Zahl der genutzten MOST-Nachricht-Low-Level-Wiederholungen.

Anzupassende Parameter, die die Leistungsfähigkeit der Initialisierung beeinflussen, umfassen:

- ▶ Network-Services-Zykluszeit (die Rate, mit der die Network-Services-Software-Task durch das Betriebssystem des Moduls aufgerufen wird).
- ▶ Anzahl an Low-Level Retries.
- ▶ Timing/Abstand der Low-Level-Wiederholungen.
- ▶ Nutzen von Netzwerkdienst Mid-Level Retries und zugehörige Timing-Parameter.
- ▶ Nutzen von Applikations-High-Level-Wiederholungen und zugehörige Timing-Parameter.
- ▶ Empfangs- und Sendenachrichten-Puffer-Strategie.
- ▶ MOST-Ringordnung.
- ▶ Terminierung der Notifikations-Einrichtung und deshalb Reihenfolge der Funktionsverfügbarkeit.

Diese Parameter werden in der MOST-Spezifikation nicht festgelegt und müssen deshalb vom Fahrzeughersteller oder den Modullieferanten spezifiziert werden. Einige dieser Pa-

parameter wie Anzahl und Timing von Low-Level-Wiederholungen sind seit den ersten MOST-System-Designs unveränderlich geblieben und bei nachfolgenden Systemen wieder verwendet worden. Für andere Parameter wie die Netzwerkdienst-Zykluszeit können den Modullieferanten nur einfache Richtlinien gegeben werden, wie etwa, dass der Master-Knoten schneller sein sollte als die Slave-Knoten.

Motivation für die MOST-Kontrollkanal-Modellierung

Die Optimierung dieser Parameter könnte durch praktisches Experimentieren erreicht werden. Allerdings könnte das ein langer und teurer Prozess werden, weil dies die Unterstützung von diversen Modullieferanten verlangt. Mit CAN-Netzen haben Jaguar und Land Rover das Netzwerkverhalten zur Leistungsoptimierung viele Jahre lang modelliert. Ähnliche

Techniken könnten für den MOST-Kontrollkanal zum Einsatz kommen. Das würde ein besseres Verständnis des Einflusses dieser Parameter und der Verbindungen zwischen ihnen ermöglichen.

Die Anwendung des Modells soll die Netzwerk-Initialisierungs-Strategie untersuchen und die Effekte von sich ändernden Parametern über einen großen Bereich an Initialisierungs-Szenarien voraussagen, beispielsweise Retry-Wartezeiten. Obwohl durch den MOST-Standard verboten, könnte beispielsweise das Variieren der Low-Level-Wiederholabstände über das Netzwerk die Leistung in einem System verbessern, in dem nur der Master-Knoten Broadcasts senden kann und Groupcasts nicht verwendet werden.

Die Ziele innerhalb von Jaguar Land Rover sind, Anforderungen an das MOST-System zu bestimmen und zu spezifizieren, um ein voraussagbares Initialisierungs-Verhalten zu gewähr-

leisten und die Effekte der steigenden Kundenfunktionen auf dem MOST-System während Modelljahr-Aktualisierungen bereits vor dem Bau von Prototypen zu verstehen.

Modellierungsansatz

Die Voraussetzung für das Modell war es, repräsentative Grenzwerte des MOST-Kontrollkanal-Verkehrs in Bezug auf Quelle, Ziel und relatives Timing von Nachrichten während der Initialisierungsphase und repräsentatives Verhalten des Kanals in Bezug auf Faktoren wie Timing, Bandbreite und Arbitrierung zu haben. Hierfür wird das MOST-System als eine Reihe von verketteten Zustandmaschinen modelliert. Das Modell wurde unter Hinzunahme von Matlab/Simulink und Stateflow erstellt – eine Top-Level-Ansicht hiervon zeigt Bild 1.

Ein Schlüsselproblem bei jeder Art von Modellierung ist der Abstrak-

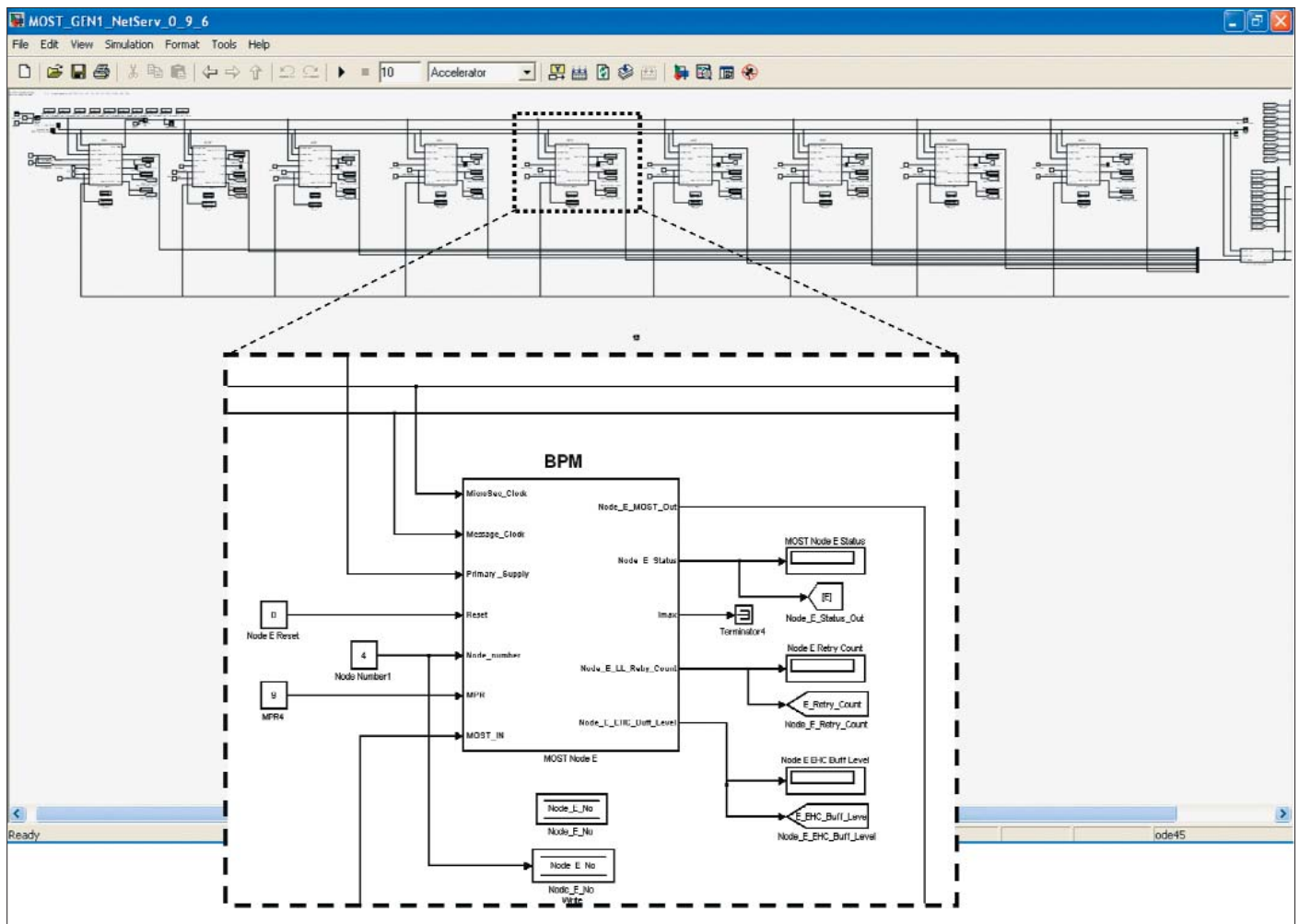


Bild 1. Gesamtansicht des Modells mit vergrößerter Ansicht von drei Knoten.

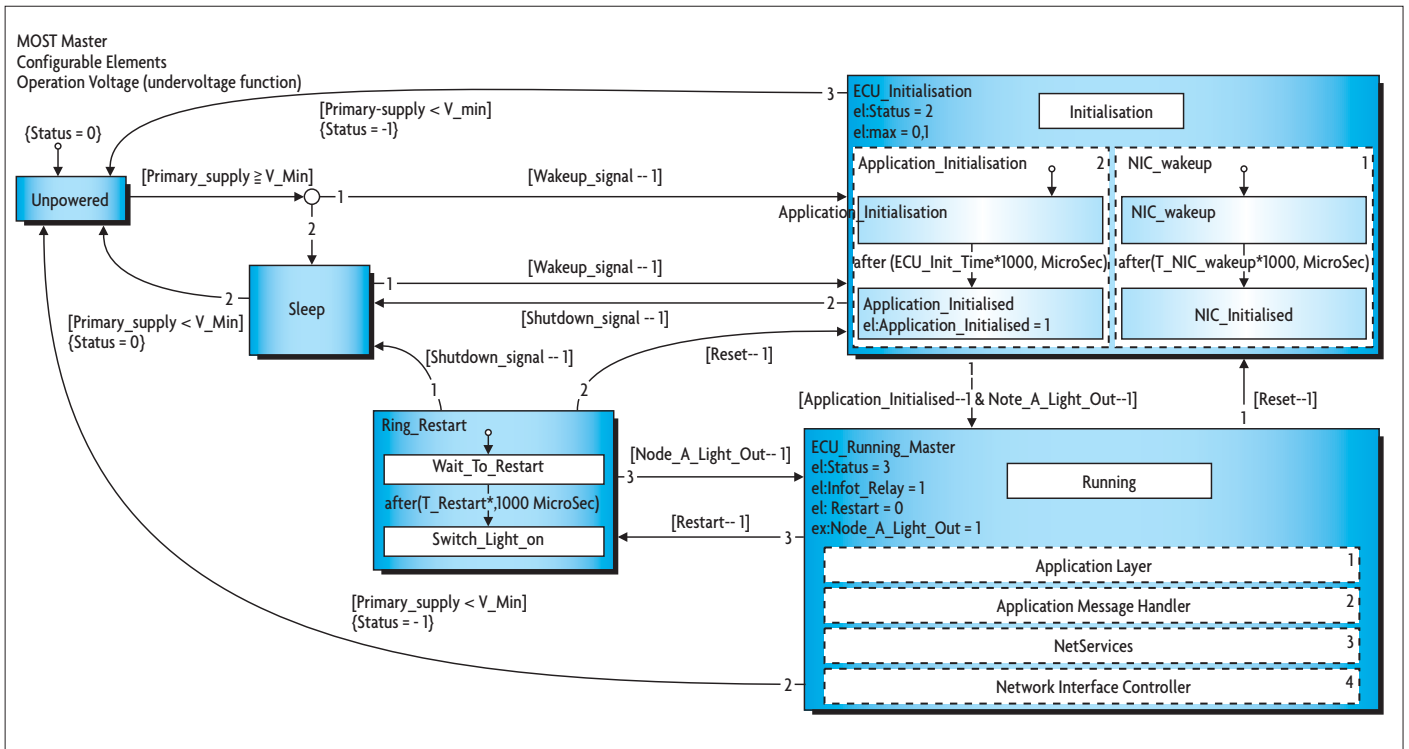


Bild 2. Gesamtstruktur eines Knotens im Modell.

tionslevel, das heißt, welche Aspekte des Systems müssen beibehalten werden, um ein repräsentatives Verhalten in den betrachteten Bereichen zu gewährleisten, und welche können ausgelassen werden, um Aufbau und Operation des Modells steuerbar zu machen. Ein Ansatz, nur an besonderen Schichten im OSI-Bezugsmodell zu modellieren, war nicht möglich, weil das Verhalten ein Faktor aller Schichten ist. So schloss das Modell alle Schichten mit passenden Abstraktionen eines jeden ein: Wie z.B. model-

liert die physikalische Schicht als Boolescher Wert den Zustand Licht an. Andere Bereichsabstraktionen waren die Modellierung des Arbitrierungsprozesses als eine getrennte Zentralfunktion und die Vereinfachung der Schnittstelle auf Anwendungsebene durch generische Typen, wobei die gesamte Nachricht besonderes Antwortverhalten durch den Empfänger vorschrieb.

Ein Modell eines Neun-Knotensystems wurde erstellt, indem ein vorhandenes System als Referenz für die

Kommunikationsmuster genutzt wurde. An diesem Punkt werden keine zusätzlichen Verzögerungen auf Anwendungsebene einbezogen, zum Beispiel um Nachrichten oder Ansprech-Verarbeitungsverzögerung auszuschließen, um die Intensität des Kommunikationsaufkommens zu vergrößern. Die gesamte Struktur eines Knotens (Bild 2) enthält Zustände für abgeschaltet (Sleep), Initialisierung und angeschaltet. Das Top-Niveau des laufenden Zustandes zeigt die zu Grunde liegenden Schichten: Network Interface Controller (NIC), NetServices, Application Message Handler, z.B. das Puffer im externen Host-Controller (EHC) und in der Anwendungsebene. Die individuellen Knoten können durch Parameter für Faktoren wie Ringordnung, MOST-Transceiver und Initialisierungszeit der Anwendung, Low-Level Retry Timing und Anzahl, NetServices-Zykluszeit und Niveau der Pufferung im EHC konfiguriert werden. In Bild 3 ist dargestellt, wie die Produktion des Initialisierungsstatus des Modells aussieht.

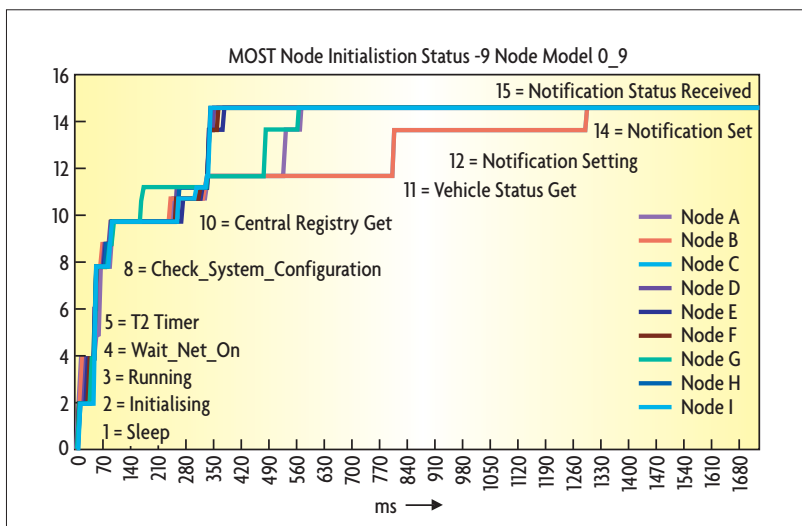


Bild 3. Ausgabe des Knoten-Initialisierungsstatus vom Modell.

Erste Ergebnisse

Für die anfänglichen Tests der Schlüsselparameter des Modells wurden Net-

Services (Test 1), Low-Level Retry Timing (Test 2), Anzahl Low-Level-Wiederholungen (Test 3), Ringordnung (Test 4) und schließlich eine Mischung der Tests 1 und 2 modifiziert. Die Ergebnisse sind in Bild 4 dargestellt. Hier ist zu beachten, dass die Anzahl der High-Level-Wiederholungen in Folge fehlender Verzögerungen im Modell auf Anwendungsebene die absichtlich größere Intensität des Kommunikationsaufkommens widerspiegelt.

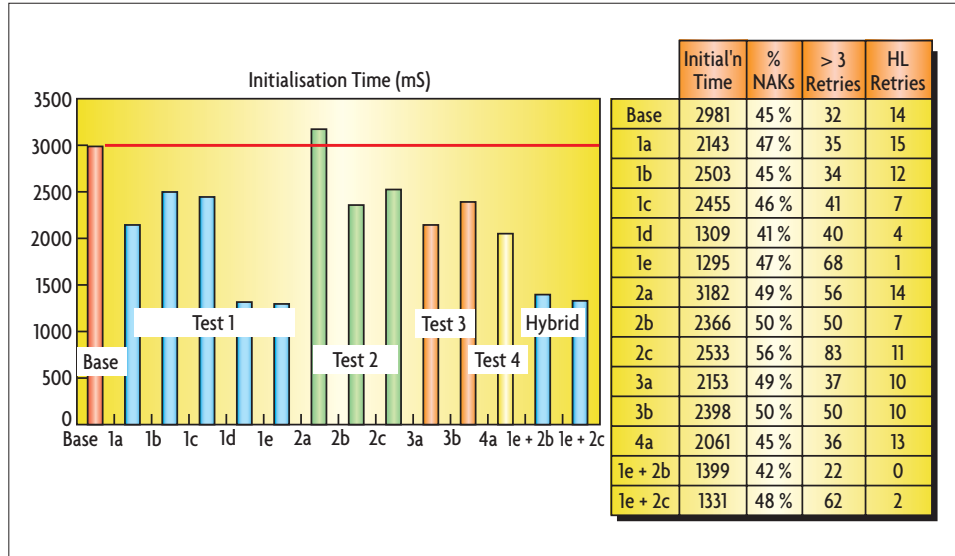


Bild 4. Anfängliche Testergebnisse eines MOST-Systems mit neun Knoten.

Wenig überraschend hat der Parameter NetServices-Timing den größten Einfluss (Test 1). Innerhalb dessen gibt es Effekte in Bezug zu der relativen Lage des NetServices-Timings zwischen den Knoten. Zum Beispiel erzeugte das Reduzieren der NetServices-Zykluszeit eines einzelnen Knotens nicht den erwarteten Vorteil, bis die Zykluszeit von wichtigen Nachrichtenpartnern ähnlich reduziert wurde. Ein Bereich für weitere Untersuchungen wäre die Fragestellung, ob es am besten ist, die Zeiten der NetServices-Zeit zu synchronisieren oder entwickelte Schwankungsniveaus zu haben.

Die Ergebnisse legten nahe, dass es Vorteile hätte, die MOST-Regeln zu verbiegen und absichtlich eine Low-Level-Wiederholungsveränderung zwischen Knoten einzuführen, obwohl das nur möglich wäre, wenn neben dem Master keine anderen Knoten Nachrichten senden dürften. Während die Reduzierung des Initialisierungstimes nicht erfolgreich war – wenn dies nur zur Reduzierung des Wiederholungs-Timings des Masters (Test 2a) angewandt wurde –, so lieferte die Einführung einer Variation über alle Knoten (entweder mit einer kleinen oder mit großer Variation) durch Verteilung und Desynchronisation der Wiederholungen (Test 2b und 2c) doch wirkliche Vorteile.

Langsame Steigerung der Anzahl der Wiederholungen in den Knoten (Test 3) hatte auch eine vorteilhafte

Wirkung, aber das darf nicht im Vergleich zu einem Basis-Szenario ohne High-Level-Wiederholungen gesehen werden. Jedoch legt es nahe, dass die Optimierung der Anzahl der Wiederholungen eine Rolle beim modellbasierten Experimentieren spielt.

Wenn alle anderen Faktoren in der Kontrollkanal-Nachrichten-Arbitrierung gleich sind, dann ist gemäß den Beobachtungen der Autoren die Ringordnung das entscheidende Kriterium. Im Test wurde ein Knoten mit einer hohen Auslastung des Kontrollkanals, besonders in Bezug auf erhaltene Nachrichten, von direkt hinter dem Master zur letzten Position in der

Ringordnung (Test 4) bewegt. Das war ausreichend, um eine High-Level-Wiederholung zu verhindern, was zur Verringerung der Initialisierungszeit führte. Während die High-Level-Wiederholungen den Einfluss der Wirkung verzerrte, zeigt es, dass die Ringordnung einen Effekt haben kann. Schließlich zeigen die Ergebnisse der zwei gemischten Szenarien, wobei das NetServices-Timing reduziert wird und das „Wiederholungs“-Timing differenziert wird, dass eine ausreichende Reduzierung der NetServices-Zeiten die Vorteile des Veränderns des Abstandes der Wiederholungen zunichte macht. *bg*



Ross McMurrin

führt eine Automobilelektronik-Forschungsgruppe an der Universität von Warwick mit den Schwerpunkten Robustheit, Validierung, Diagnose, Modellierung und Simulation von komplexen Systemen. Bevor er vor fünf Jahren zur Universität kam, war er Senior Manager für Infotainment bei Jaguar und Land Rover.



John Leslie

ist technischer Experte für Nachrichtensysteme und Manager der Fahrzeugnetzwerke- und Software-Plattform-Gruppe bei Jaguar und Land Rover. Er hat mehr als neun Jahre Erfahrung in der Entwicklung vernetzter Systeme für Automobile und ist dafür verantwortlich, alle gegenwärtigen und zukünftigen Fahrzeug-Netzwerk-Architekturen von Jaguar und Land Rover zu entwickeln.