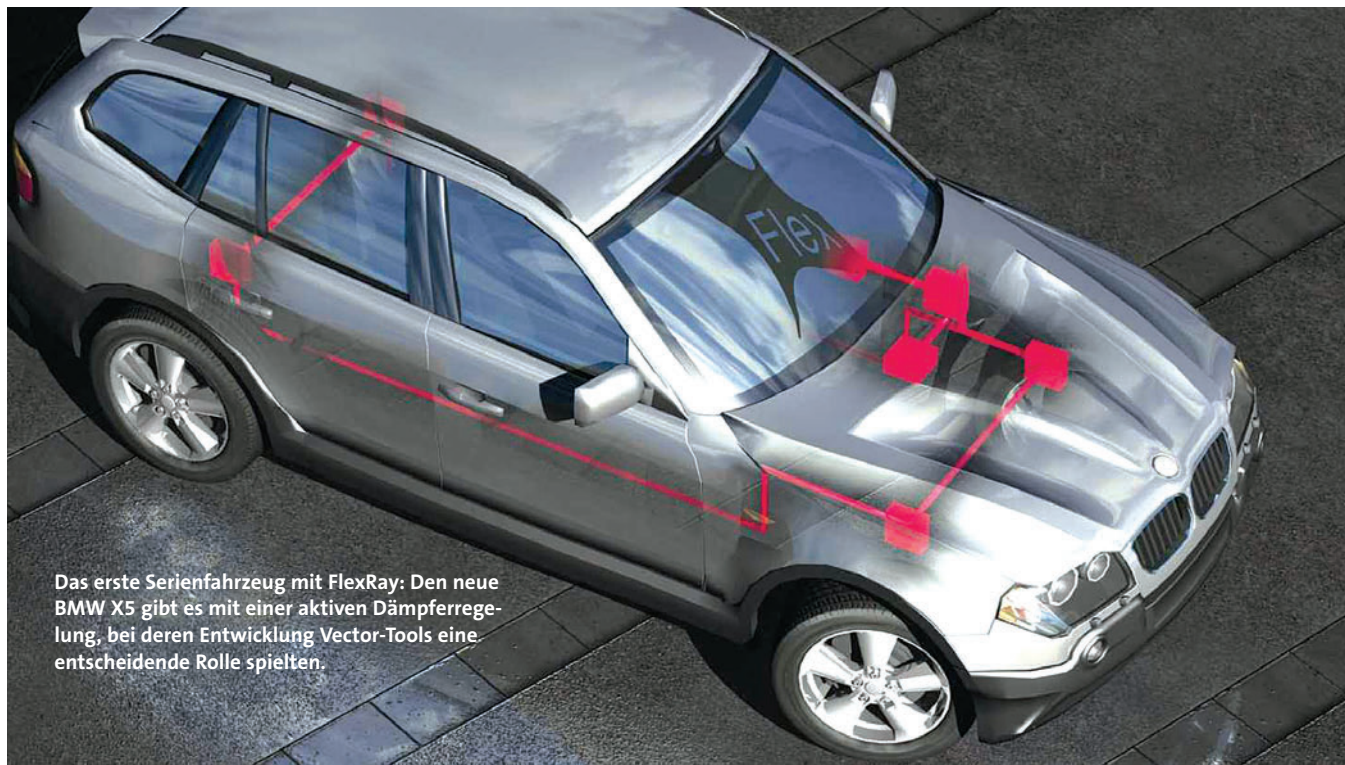


# Durchgängige Entwicklung von FlexRay-Systemen

Die Entwicklung eines FlexRay-Systems benötigt eine applikationsspezifische Anpassung, die einen **ERWEITERTEN ENTWICKLUNGSANSATZ** erfordert. Vector bietet für alle Entwicklungsphasen eine umfangreiche Werkzeugunterstützung. Zusätzlich ermöglichen bewährte Softwarekomponenten eine zügige Applikationsentwicklung und -anpassung.



Das erste Serienfahrzeug mit FlexRay: Den neue BMW X5 gibt es mit einer aktiven Dämpferregelung, bei deren Entwicklung Vector-Tools eine entscheidende Rolle spielten.

Bilder: Vector Informatik

Im Jahr 2000 gründeten die Automobilhersteller BMW und DaimlerChrysler sowie die Halbleiterkonzerne Motorola und Philips als Partner das FlexRay-Konsortium. Als Anforderungen an das zu entwickelnde Kommunikationssystem wurden damals festgelegt: ein zuverlässiges Datenübertragungssystem mit hoher Bandbreite, fehlertolerante und echtzeitfähige Datenübertragung sowie eine anpassungsfähige Auslegung der Topologie. Das Ziel war es, verteilte Anwendungen möglichst flexibel

netzwerken zu können. Das Protokoll- und Bussystem FlexRay bietet gegenüber dem bisher eingesetzten Datenbus CAN eine deutlich höhere Übertragungsrates von 10 Mbit/s. Mit bis zu 254 Byte ist auch die mögliche Größe einer einzelnen Nachricht gewachsen und Redundanz gewährleistet eine sichere Kommunikation zwischen den Steuergeräten. Die Busarchitektur sieht eine zweikanalige Übertragung vor, die etwa bei nicht sicherheitskritischen Anwendungen auch für eine Verdopplung des Datendurchsatzes genutzt wird. Der größte Vorteil des neuen Systems jedoch ist seine Echtzeitfähigkeit: Die Deterministik garantiert eine genau definierte, kalkulierbare Reaktionszeit.

Auslegung eines FlexRay-Systems eine applikationsspezifische Anpassung. Deshalb ist ein erweiterter Entwicklungsansatz notwendig, den Vector mit ausgereiften Werkzeugen und passenden Embedded-Softwarekomponenten in allen Phasen unterstützt.

**Vorausschauendes Arbeiten gefragt**  
Da FlexRay im Fahrzeug zur Vernetzung verteilter Regelsysteme entworfen wurde, bedient sich das Protokoll für den Informationsaustausch zwischen den Komponenten einer zyklischen, zeitsynchronen Übertragung. Dies sichert ein deterministisches Verhalten. Jeder Übertragungszyklus ist in ein statisches und ein dynamisches Segment aufgeteilt, dessen Länge konfigurierbar ist.

Aufgrund seiner Flexibilität und seines Reservierungsansatzes erfordert die

## Summary

FlexRay ist als Bussystem für die Fahrzeuge der Zukunft gereift. Noch in diesem Jahr wird die erste Anwendung, eine aktive Dämpferregelung, in einem Serienfahrzeug auf den Markt kommen. Vector Informatik unterstützt die Entwicklung von FlexRay-basierten Systemen in allen Phasen.

In den statischen Segmenten erhält jeder der bis zu 64 Netzknoten bestimmte Zeitfenster zugeteilt, so genannte Slots. Die Zuteilung von Nachrichten auf einzelne Sendeslots beeinflusst maßgeblich die Performance des Systems und seine Erweiterungsfähigkeit. Deshalb muss ihr schon zu Beginn der Entwicklung besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Die Auslegung des FlexRay-Systems erfordert einen bereits vorab definierten Kommunikationszeitplan, den Schedule.

**Übersichtliches Zeitschema**

Das Vector-Tool DaVinci Network Designer für FlexRay unterstützt Entwickler bei allen Entwurfsaufgaben. Der Network Designer verfügt über umfangreiche Scheduling-Funktionen, um das Design eines FlexRay-Systems zu vereinfachen. Damit werden die Zeitparameter eines Zyklus festgelegt, die Aufteilung des dynamischen und des statischen Bereichs vorgenommen oder die Anzahl der Slots definiert.

Das Zeitschema (Schedule) wird in einer Tabelle mit verschiedenen Auflösungsebenen übersichtlich dargestellt. Der Anwender verteilt die Nachrichten einfach per Drag-and-Drop auf die einzelnen Slots. Die ständig präsente Plausibilitätsprüfung verhindert Eingabefehler, indem sie aus den vorhergehenden Parametern den möglichen Wertebereich des nächsten Eingabepunktes ermittelt. Als derzeit einziges Werkzeug speichert der DaVinci Network Designer alle Systeminformationen in einer FIBEX-Datei ab. Dieses ASAM-konforme Datenbankformat enthält alle Signal-, Nachrichten- und Schedule-Parameter

sowie die Strukturbeschreibung des FlexRay-Netzwerks.

Von der Simulation und Stimulation eines Netzwerkes über Integrationstests und Restbussimulation bis hin zur Analyse des fertigen FlexRay-Netzwerks deckt DENoe.FlexRay mehrere Phasen im Entwicklungsprozess ab. In der Version 5.2 profitieren Entwickler von einer verbesserten Darstellung, Analyse und Generierung von FlexRay-Nachrichten.

Wichtigster Aspekt bei der Entwicklung der Applikationskommunikation ist deren Anpassung an die zeitgesteuerte Kommunikation des Gesamtsystems. Die Synchronisierung mit dem FlexRay-Schedule wird durch die in DENoe.FlexRay integrierte Programmiersprache CAPL (Communication Access Programming Language) ermöglicht, die dafür geeignete Notification-Funktionen besitzt.

Innerhalb einer Anwendung sind kurze, deterministische Reaktionszeiten erforderlich. Dies muss auch bei der Hardware, auf der die Applikation entwickelt wird, berücksichtigt werden. Selbst mit modernen PCs können die hohen Anforderungen an das Zeitverhalten nicht immer zufriedenstellend erfüllt werden. Vector hat aus diesem Grund die Benutzeroberfläche und den Real-Time-Server voneinander abgekoppelt.

Ein Server, der dann ohne Tastatur und Bildschirm auskommt, gewährleistet die Verarbeitung der FlexRay-Nachrichten in Echtzeit. Der Server bietet die bestmögliche Softwarearchitektur und sichert das deterministische Verhalten mit kurzen Antwortzeiten und geringen Latenzen bei Unterbrechungen. Die Bedienoberfläche kann auf einem ge-

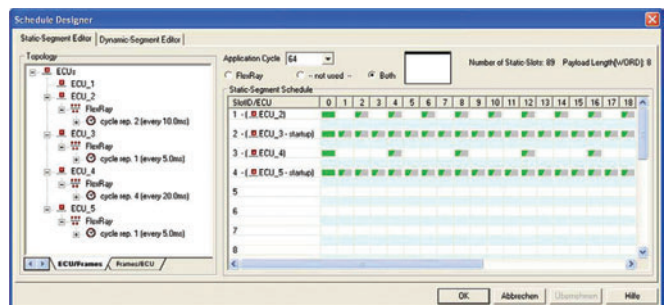
wöhnlichen Notebook laufen, an das keine besonderen Anforderungen gestellt werden müssen.

Schließlich ist auch die gezielte Fehlersuche während der Entwicklung eines Gesamtsystems wichtig. Mit FlexRayStress werden Datenströme gezielt bitweise verändert oder definiert verzögert. So können Fehler simuliert und problematische Verhaltensweisen aufgedeckt werden. Darüber hinaus steht die Interface-Hardware FlexCard in der dritten Generation zur Verfügung. Diese unterstützt mit dem Bosch-IP E-Ray die aktuelle FlexRay-Protokollvariante V2.1 und bietet noch leistungsfähigere Analysemöglichkeiten.

**Embedded Software für FlexRay**

Neben Software entwickelt Vector auch Stacks für Steuergeräte. Mit diesen Softwarekomponenten lassen sich Applikationen unkompliziert an verschiedene Bus- oder Betriebssysteme anbinden. Dabei erfolgt die steuergätespezifische Konfiguration mit dem Konfigurationstool GENy (im Fall von FlexRay auf Basis einer eingelesenen FIBEX-Datei).

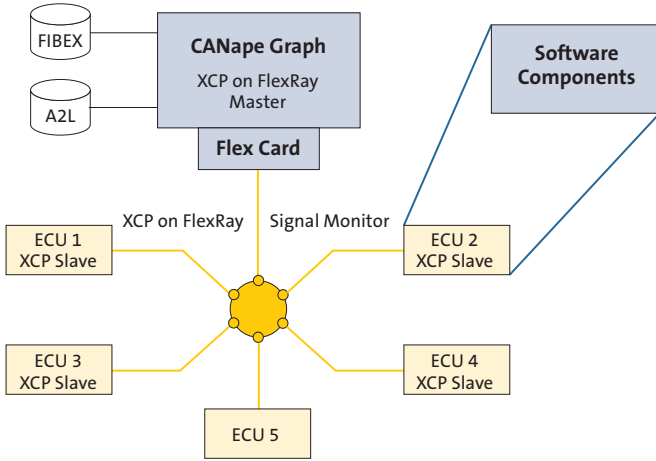
Der Vector FlexRay-Stack ist modular aufgebaut und beinhaltet bereits wichtige, in AUTOSAR definierte Schnittstellen. Ein herkömmliches OSEK-Betriebssystem wie osCAN von Vector, kann dadurch genauso unterstützt werden wie eine zeitgesteuerte FlexRay-Architektur. Der AUTOSAR-Ansatz ermöglicht die Wiederverwendung von bereits beim Kunden vorhandenen Komponenten wie dem Diagnostic Layer oder einem XCP Protocol Layer (XCP: Universal Measurement and Calibration Protocol).



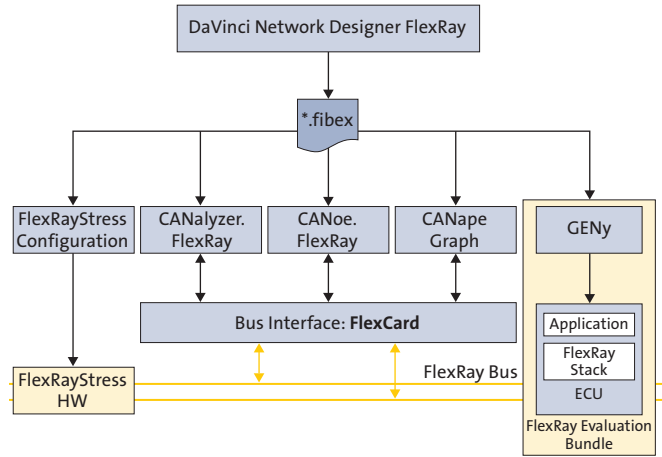
Beim Design von FlexRay-Netzwerken mit dem DaVinci Network Designer (oben) wird das Zeitschema in einer Tabelle mit verschiedenen Auflösungsebenen übersichtlich dargestellt. Der Anwender verteilt die Nachrichten einfach per Drag-and-Drop auf die einzelnen Slots.

Simulation eines FlexRay Clusters mit DENoe.FlexRay, das von der Simulation und Stimulation eines Netzwerkes über Integrationstests und Restbussimulation bis hin zur Analyse des fertigen FlexRay-Netzwerks mehrere Phasen im Entwicklungsprozess abdeckt.

Applikation und Datenaustausch



Applikation des Dämpferkontrollsystems im nächsten BMW X5 mit CANape als XCP on FlexRay Master.



Der einfache Datenaustausch über das FIBEX-Format innerhalb der Vector FlexRay-Toolchain erleichtert das Steuergeräte-Software-Design.

Bisher konnten Steuergeräte-Entwickler nur die Auswirkungen der Kenngrößenverstellung in einem FlexRay-Knoten zeitsynchron zu allen anderen Messdaten (CAN, LIN, FlexRay und externer Messtechnik) nachvollziehen. Dies geschah beispielsweise über CANape Graph, dem MCD-Tool (Measurement Calibration Diagnostics) von Vector. Beim Verstellen über CCP/XCP on CAN erfasst CANape Graph dazu FlexRay-Signale und stellt diese dar. Dabei werden Systembeschreibungen im aktuellen FIBEX-Format unterstützt.

Erstmals im BMW X5

Die Entwicklung des ersten Serienfahrzeugs mit FlexRay erforderte eine standardisierte Lösung für das direkte Messen und Verstellen über FlexRay. Die BMW Group und Vector Informatik stellten sich dieser Herausforderung und realisierten XCP on FlexRay. Für den ASAM-Arbeitskreis zur Standardisierung von XCP on FlexRay steuerte Vector die Grundlagen bei.

Im Februar 2006 erfolgte dann die offizielle Freigabe der „XCP on FlexRay“ Transport-Layer-Spezifikation 1.0 durch das ASAM Technical Advisory Board [1].

Literaturhinweise:

- [1] www.asam.net
- [2] Berwanger, J.; Dr. Schedl, A.; Peller, M.; Peterzinger, M.: FlexRay Product Day 01.12.2005: „BMW – First Series Cars with FlexRay in 2006“.

Bereits seit Juni 2005 verfügt CANape Graph 5.6 als einziges MCD-Tool über eine XCP-on-FlexRay-Schnittstelle. Ab Mai 2006 unterstützt die neue Version CANape 6.0 die gesamte Spezifikation, inklusive einer Verwaltungsfunktion für die XCP-Bandbreite.

Über das von ASAM definierte Mess- und Kalibrierprotokoll XCP erhält der Entwickler Zugriff auf alle Steuergeräte-internen Parameter. XCP on FlexRay baut auf dem busunabhängigen XCP Protocol Layer auf, für FlexRay ist lediglich ein neuer Transport Layer erforderlich. Ähnlich wie bei der XCP-on-CAN-Spezifikation adressiert CANape als XCP-Master über exklusive FlexRay LPDU-Ids (Data Link Layer Protocol Data Unit Identifier) verschiedene XCP-Slaves. Im nächsten BMW X5 kommt optional eine aktive Dämpferregelung zum Einsatz [2]. Die Parameter der vier Satellitensteuergeräte und das zentrale Kontrollsteuergerät wurden mit CANape Graph 5.6 und Vector Embedded-Softwarekomponenten über XCP on FlexRay optimiert. Die zur Kenngrößenverstellung benötigten Einstellungen der FlexRay Communication Controller und die LPDU-Ids von XCP erhält CANape aus einer FIBEX-Datei.

Ablösung für CAN

Noch in diesem Jahr soll das erste Serienfahrzeug mit einer FlexRay-Anwendung auf die Straße kommen. Auch wenn dabei noch keine X-by-wire-Lösung realisiert wurde, so stellt dies einen Meilenstein bei der Implementierung von FlexRay-Systemen und Ent-

wicklung von Standards rund um FlexRay dar. Mittelfristig werden sich weitere, sicherheitskritische Anwendungen dem neuen Datenbus erschließen und langfristig bisherige CAN-Domänen ablösen.

Vector bietet für alle Entwicklungsphasen eine umfangreiche Werkzeugunterstützung. Zusätzlich ermöglichen bewährte Softwarekomponenten eine zügige Applikationsentwicklung und -anpassung. Erleichtert wird das Steuergeräte-Software-Design durch eine durchgängige Anbindung der Toolchain an FIBEX.

Der Anwender implementiert mit dem neuen FlexRay Evaluation Bundle schnell und flexibel ein FlexRay-Netzwerk. Die integrierte Umgebung aus Softwarekomponenten und Werkzeugen beinhaltet auch eine Beispielanwendung für ein FlexRay-System mit zwei Knoten. Durch Ersetzen der Demo-Applikation gegen eine eigene Anwendung kann einfach und schnell auf zwei wählbaren Evaluierungsboards getestet werden.

- Dipl.-Ing. Roel Schuermans, Senior Product Management Engineer „Measurement & Calibration“,
- Dr. rer. nat. Carsten Böke, Senior Software Development Engineer „Tools for Networks and Distributed Systems“,
- Dipl.-Ing. Dirk Grossmann, Teamleiter „Software and Integration Factory“

infoDIRECT [www.all-electronics.de](http://www.all-electronics.de)  
weitere Infos Code: 204AEL0306