

Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Verbindungen  
www.hanser-automotive.de  
© 2006 Carl Hanser Verlag, München

Mit Hilfe von Sensoren erfasst und berechnet AdaptiveDrive im neuen BMW X5 permanent Daten über Geschwindigkeit, Lenkwinkel, Längs- und Querbeschleunigung, Aufbau- und Radbeschleunigung sowie die Höhenstände. Anhand dieser Informationen werden sowohl die Schwenkmotoren der Stabilisatoren als auch die elektromagnetischen Ventile der Stoßdämpfer gesteuert. So können Seitenneigung und Dämpfung jederzeit situationsgerecht reguliert werden. Der neue BMW X5 ist somit das weltweit erste Fahrzeug, bei dem die FlexRay-Technologie zum Einsatz kommt.

## XCP on FlexRay bei BMW

Im Oktober geht die erste FlexRay-Serienanwendung auf die Straße. Der Münchner Autobauer BMW wird im neuen X5 erstmals das innovative Bussystem einsetzen. Von Dezember 2004 bis Januar 2006 arbeitete der Tool-Anbieter Vector Informatik zusammen mit BMW an der FlexRay-Lösung. Die FlexRay-Experten Martin Peteratzinger und Florian Steiner von BMW sowie Roel Schuermans vom Entwicklungspartner und Software-Anbieter Vector Informatik haben HANSER automotive von ihren Erfahrungen berichtet.

### Herr Peteratzinger, warum FlexRay und warum jetzt?

*Peteratzinger:* Das ist eine strategische Entscheidung. Mit CAN haben wir bereits das Ende der vertretbaren Buslast erreicht und müssen nicht nur bei High-End-Produkten mehrere CAN-Busse einbauen. Wir haben einmal hochgerechnet: für den nächsten 7er wären bis zu acht CAN-Busse alleine für Antrieb und Fahrwerk nötig. Wir wollen aber nicht noch mehr Subbusse einsetzen, dies ist irgendwann nicht mehr beherrschbar. Daher hat BMW bereits vor Jahren beschlossen, Entwicklungserfahrungen mit FlexRay zu sammeln. Wir haben nun die Basis für zukünftige Bordnetze und werden diese in den nächsten Modellen auf weitere Systeme ausweiten. Wenn wir jetzt nicht starten, müsste man sich aufgrund der Modellzyklen noch viele Jahre mit einer hohen Zahl an CAN-Systemen und Subbussen behelfen.

*Steiner:* Ein weiteres Kriterium ist natürlich die Übertragungsgeschwindigkeit. In der aktuellen Anwendung werden Sensorsignale sowohl vom zentralen Steuergerät als auch von den Satelliten erfasst und verarbeitet. Zum einen führt dieser dezentrale Ansatz zu einem Anstieg des Kommunikationsbedarfs, zum anderen sind für diese und zukünftige Architekturen mit einer Trennung von Sensor, Regler und Aktuator kürzere Zykluszeiten erforderlich. Außerdem stellen viele der neuen Funktionen und Architekturen erhöhte Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit und Verfügbarkeit der Kommunikation. Dies gelingt nur mit einem Bussystem wie FlexRay.

### Warum hat sich BMW für eine Pilotanwendung in Form einer Dämpferregelung entschieden?

*Peteratzinger:* FlexRay ist eine absolute Neuentwicklung und es lagen keinerlei Erfahrungen aus Serienprojekten vor. Da sammelt man erst einmal Erfahrung. Es war für BMW daher wichtig, dass man die gewonnenen Erkenntnisse und erforderlichen Änderungen während der Entwicklung schnell umsetzen kann. Bei einem System, wie zum Beispiel einer Motorsteuerung, wäre der Abstimmungsaufwand aufgrund der Vielzahl an Schnittstellen beträchtlich. Bei diesem neuen Dämpfersystem handelt es sich um eine abgegrenzte Funktion. Im kleinen Team konnten wir zusammen mit unseren Steuergeräteelieferanten und Entwicklungspartnern, wie beispielsweise Vector, auf kürzestem Weg Entscheidungen treffen und Modifikationen vornehmen. Außerdem kann man in dieser Anwendung viele neue Features von FlexRay sinnvoll einsetzen.

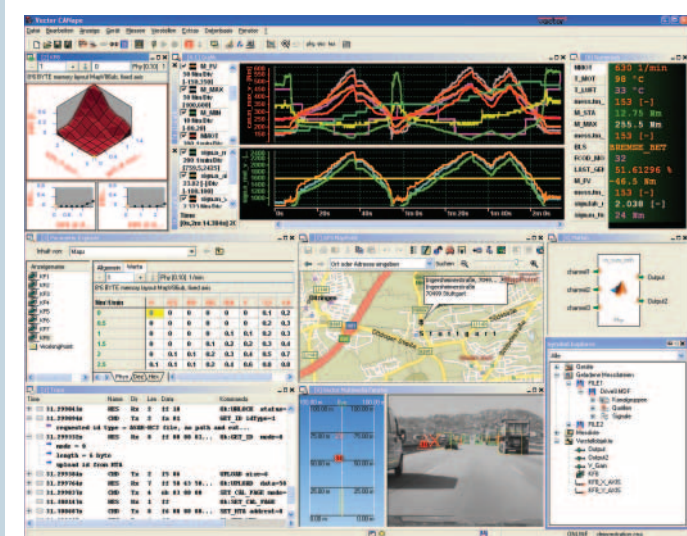
### Wann haben Sie entschieden, in diesem Projekt ganz auf CAN als Rückfalllösung zu verzichten?

*Peteratzinger:* Das war bereits in einer relativ frühen Projektphase im Sommer 2004. Nachdem wir FlexRay als Bussystem zur Vernetzung der fünf Steuergeräte stabil zum Laufen brachten und wir alle noch offenen Risiken identifiziert und bewertet hatten, wurde die Entscheidung getroffen, ab dem nächsten Hardware-



Dipl.-Ing. (FH) Martin Peteratzinger ist in der Entwicklung Elektronik für Fahrdynamik bei der BMW Group tätig und ist Funktionsverantwortlicher für die FlexRay-Anwendung.

## CANAPE VON VECTOR



Optimierung der Steuergeräte-Parameter mit CANape.

stand gänzlich auf CAN zu verzichten. Dadurch stellte sich die Frage: Wie applizieren wir die Anwendung? Anfangs wurde noch über CAN appliziert, doch diese Rückfallebene ist ja schließlich weggefallen. Deshalb haben wir zunächst ein CCP-CAN-FlexRay Gateway entwickelt, das CCP-Messages auf FlexRay und umgekehrt umsetzte. Zusätzlich haben wir in den Steuergeräten das CCP-Modul auf FlexRay „umgebogen“. Dadurch konnten wir CANape mit CCP (CAN Calibration Protocol) einfach weiter nutzen. Aber auch das war nur eine vorübergehende Lösung, denn solche Gateways müssen erst einmal bereitgestellt und auch über Jahre hinweg gepflegt werden. Daher war es wichtig, ein Produkt zu finden, das nicht nur exklusiv in einem Projekt funktioniert, sondern für den gesamten Markt verfügbar ist. Im ASAM-Gremium wurde XCP on FlexRay von Vector mit der Unterstützung von BMW vorangetrieben und im Februar 2006 zur Spezifikation gebracht.

*Schuermans:* Technisch hatten wir das Konzept zum Messen & Kalibrieren über XCP on FlexRay relativ schnell im Griff. Für Vector war aber klar, dass wir so schnell wie möglich XCP on FlexRay zum Standard machen müssen. Die Arbeit an XCP in ASAM gibt es schon recht lange. XCP selbst wurde ja bereits 2003 verabschiedet. Der Standard zielt darauf ab, lediglich das zugrunde liegende Transportprotokoll anpassen zu müssen. Durch den konkreten Lösungsbedarf bei BMW konnten wir sowohl den XCP-Stack im Steuergerät als auch toolseitig CANape als XCP-Master sehr schnell umsetzen.

### XCP on FlexRay wurde im Februar standardisiert. Wie läuft so etwas ab?

*Schuermans:* Die Arbeit in ASAM beansprucht natürlich einige Zeit: erst wird ein Projektantrag gestellt, dann ein Arbeitskreis gegründet und schließlich ein Draft entworfen. XCP ist aufgesplittet in mehrere Teildokumente. Teil 1 ist eine Übersicht über die Protokollfamilie, die XCP-Features

und grundlegende Definitionen. Dokument Teil 2 beschreibt den XCP-Befehlssatz und zwar als busunabhängiger Protokoll-Layer. Immer wenn, wie jetzt mit FlexRay, ein neuer Transport-Layer dazukommt, wird ein Teil-3-Dokument erstellt.

### Was hat es mit der dynamische Bandbreitenregelung auf sich?

*Schuermans:* Ein Teil der XCP-on-FlexRay-Spezifikation definiert die dynamische Bandbreitenregelung. Da das XCP-Protokoll im Grunde eine Master-Slave-Kommunikation ist, kann der XCP-Master XCP-Slots auf einzelne Slaves verteilen, je nachdem welche Bandbreite er braucht. Die dynamische Bandbreitenverwaltung setzt voraus, dass der Master weiß, welche Slots für ihn zur Verfügung stehen. Das muss also Teil der FIBEX-Datei sein.

### Wozu ist das gut?

*Steiner:* Gemessen an den Möglichkeiten von FlexRay ist die derzeitige Buslast noch sehr gering. Wir konnten uns daher den Luxus gönnen, jedem Steuergerät drei XCP-Slots zur Verfügung zu stellen. Einen um von CANape Richtung Steuergeräte zu kommunizieren und zwei um Messdaten vom Steuergerät Richtung CANape zu schicken. Das macht 15 Slots nur für XCP. In den nächsten Baureihen wird der Bus mit mehr Steuergeräten intensiver genutzt. Dann werden wir diese Freiheiten nicht mehr haben. Alle Steuergeräte müssen sich dann einen oder einige wenige Slots für XCP teilen. Die einzige Einschränkung besteht darin, nicht mehr alle Steuergeräte gleichzeitig applizieren zu können. Dies hat aber im Grunde keine Praxisrelevanz, weil ein Entwickler in der Regel nur "sein" Steuergerät appliziert. Mit der dynamischen Bandbreitenteilung geht das dafür aber sehr schnell.

### Das heißt, XCP bleibt im Steuergerät?

*Steiner:* Ja! Obwohl im Service kein Bedarf besteht, direkt auf dem FlexRay-Bus zu messen, bleibt das XCP-Modul auch in Serie im Steuergerät. Die FlexRay-Steuergeräte sind über OBD, die Standarddiagnoseschnittstelle im Fahrzeug, diagnostizierbar. XCP spielt jedoch eine zentrale Rolle beim Testen und Absichern der Steuergerätefunktionen und ist somit Bestandteil der Seriensoftware.

### Ist das nicht ein Risiko? Es gibt sicher Personen, die möglicherweise das Fahrwerk umprogrammieren wollen?

*Schuermans:* XCP, und damit meine ich nicht nur XCP on FlexRay, sieht einen so genannten Seed&Key-Schutz vor.



**Dipl.-Ing. (FH) Florian Steiner ist in der Entwicklung Elektronik für Fahrdynamik bei der BMW Group tätig und ist als FlexRay-Entwicklungsexperte zuständig für die Steuergeräte-Serienentwicklung.**



XCP basiert ja auf einem Master-Slave-Prinzip. Der Master muss den Slave um einen "Seed" bitten und daraus den jeweiligen Schlüssel berechnen. Erst mit diesem erlaubt der Slave den Zugriff.

*Peteratzinger:* Zusätzlich hat unser Hardware-Lieferant einen weiteren Softwareschutzmechanismus installiert. Das ist also zweifach abgesichert.

### Was hat Vector als Partner bei FlexRay ins Spiel gebracht?

*Peteratzinger:* Wichtig war: Wir müssen Steuergeräte-interne Signale messen und verstellen. Das hätten womöglich



**Dipl.-Ing. Roel Schuermans ist Senior Product Management Engineer bei Vector Informatik in der Produktlinie „Measurement & Calibration“. Als Experte für das FlexRay-Protokoll hat er XCP on FlexRay im ASAM-Gremium bis zur Standardisierung begleitet und die Implementierung in CANape umgesetzt.**

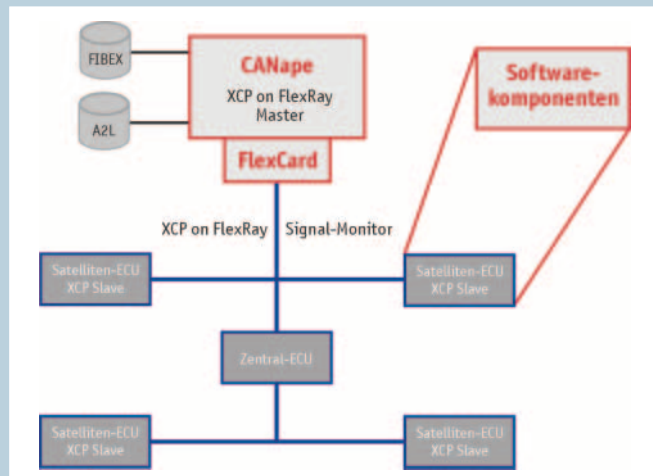
auch andere für uns lösen können. In diesem Zusammenhang gab es viele offene Fragen. Während des FlexRay Product Day von HANSER automotive im Jahr 2004

haben wir die Experten von Vector getroffen, diese Fragen diskutiert und unsere Anforderungen formuliert. Obwohl es zu diesem Zeitpunkt keinen Standard gab, hat Vector großes Interesse an einer Zusammenarbeit gezeigt und wollte eine Lösung basierend auf XCP on FlexRay für uns umsetzen und diese dann im ASAM-Arbeitskreis zum offiziellen Standard machen. Dabei kam uns entgegen, dass in der existierenden BMW-Tool-Landschaft bereits Vectors CANape im Einsatz war, und dadurch unsere Entwickler schon Erfahrungen mit diesem Tool hatten.

### Herr Peteratzinger, wie beurteilen Sie rückblickend die Zusammenarbeit?

Die Zusammenarbeit mit Vector war aus unserer Sicht sehr gut. Vector hat dabei den größten Teil der Gremienarbeit und der Umsetzung einer ersten Implementierung geleistet. Deshalb möchte ich mich ganz herzlich bei Vector Informatik bedanken, die Applikation der Steuergeräte mit CANape und dem XCP-Stack hat – bis auf minimale Anpassungen – von Anfang an tadellos funktioniert.

### Das Interview führten Klaus Oertel und Wolfgang Lachermeie



Applikation des Dämpferkontrollsystems mit CANape als XCP on FlexRay Master.

© automotive

## ERSTE FLEXRAY-ANWENDUNG BEI BMW

Die Anwendung bei BMW ist ein aktives Dämpferkontrollsystem. Jeder der vier Dämpfer beinhaltet ein Ventil und eine eigene Elektronik. Das Ventil erzeugt unterschiedliche Dämpfungseigenschaften, indem es durch seine stufenlos einstellbare Öffnung bestimmt, wie viel bzw. wie schnell Dämpferöl von der oberen in die untere Ölkammer gepresst wird. Das zentrale Steuergerät steht mit den Dämpfermodulen, den so genannten Satelliten, via FlexRay in Verbindung. Während der Fahrt wird die Dämpfungseigenschaft an allen Radaufhängungen unabhängig voneinander der jeweiligen Situation angepasst. Die Satellitenelektronik regelt die individuelle Anregung des einzelnen Rades aus, während das zentrale Steuergerät mit übergeordneten Algorithmen die Auswirkung auf das Fahrwerk insgesamt überwacht und bei Nick- oder Wankbewegungen regelnd eingreift. Für die Abstimmung des Dämpfersystems im Fahrversuch und zur Absicherung der Systemfunktionen in der Systemintegration wird ein direkter Zugriff auf steuergeräteinterne Größen benötigt. Dafür ist ein spezielles Mess- und Verstellprotokoll erforderlich: XCP on Flex-

Ray. Zur Standardisierung von XCP on FlexRay steuerte Vector die Grundlagen bei und implementierte ein Applikationskonzept in das Mess-, Kalibrier- und Diagnose-Tool CANape. Dies ermöglicht den Zugriff auf alle relevanten Parameter der Steuergeräte über den FlexRay-Bus.

Die Steuergeräte des Dämpfersystems übermitteln alle funktionalen Regeldaten im statischen Teil des FlexRay-Protokolls. Obwohl die XCP-Kommunikation per Definition sowohl im statischen als auch dynamischen Bereich erlaubt ist, nutzt BMW für XCP allerdings nur den dynamischen Bereich des FlexRay-Protokolls. Dieser wird außerdem noch für die nicht zeitkritischen Netzwerkmanagement-Nachrichten und die Transport-Layer-Abbildung von FlexRay (also Diagnose, Codierung, Flashen) verwendet. Die Zykluszeit beträgt aufgrund der harten Zeitanforderungen der Regelfunktionen 5 ms. Das Scheduling steht nicht nur für die jetzt eingesetzte Anwendung fest, sondern wird genau so auch für die nächsten geplanten Fahrzeuganläufe bei BMW genutzt.