

FlexRay – Der Feldbus für die automobile Zukunft

Die Entwicklung elektronischer Systeme im Automobil schreitet mit Riesenschritten voran, und nach ABS, ESP, ACC & Co. werfen bereits weit aus komplexere Anwendungen ihre Schatten voraus. So könnten bereits in wenigen Jahren die sogenannten *By-Wire*-Systeme mechanische und hydraulische Komponenten bei Lenkung, Bremse und Antriebsstrang durch rein elektronische Lösungen ersetzen und so ganz neue Fahrzeugkonzepte ermöglichen. Diese Anwendungen müssen besonders strenge Sicherheitsanforderungen erfüllen; eine Fehlfunktion von elektronischer Bremse oder Lenkung hätte fatale Folgen. Der FlexRay-Bus als neuer Kommunikationsstandard erfüllt diese Anforderungen, denn er wurde genau für diese hochsicherheitskritischen Anwendungen entwickelt. Darüber hinaus hat er gute Chancen, eines Tages den CAN-Bus zu ersetzen. Grund genug, einen Blick auf FlexRay zu werfen.

Das FlexRay-Konsortium wurde im Jahr 2000 gegründet. Heute zählen neben den Core-Mitgliedern (BMW, Bosch, DaimlerChrysler, General Motors, Freescale, Philips und Volkswagen) mehr als 100 weitere Unternehmen der Branche zum Konsortium.

Die Spezifikation liegt mittlerweile in der Version 2.1 vor. Neben dem eigentlichen Protokoll werden der *Physical Layer*, der *Bus Guardian* und die Programmierschnittstellen spezifiziert.

Eigenschaften

Die Haupteigenschaften von FlexRay sind:

- Hohe Performance mit einer Brutto-Datenrate von 10 MBit/s (5 MBit/s netto) je Kanal, wobei auch zwei Kanäle gebündelt werden können, einem Nachrichtenjitter von $<2 \mu\text{s}$ und einer maximal zulässigen Auslastung von 100%.
- Determinismus: FlexRay ist ein deterministisches Protokoll. Das ermöglicht verteilte Anwendungen, die harte Echtzeitanforderungen erfüllen.
- Synchronisation: Aus den lokalen Takten der Netzwerkknoten wird mittels Uhrensynchronisation ein globaler Takt abgeleitet, nach dem sämtliche Aktivitäten der Knoten synchronisiert ablaufen.
- Hohe Fehlertoleranz: Durch eine redundante Datenübertragung auf zwei Kanälen wird eine hohe Übertragungssicherheit gewährleistet.
- Einsatz von *Bus Guardians* zur Verhinderung unberechtigter Buszugriffe: Defekte Knoten haben somit keine Chance, das gesamte System zu blockieren.

- Unterstützung verschiedener Netzwerktopologien und damit ein großes Maß an Flexibilität.
- Skalierbarkeit und deshalb einfache Erweiterbarkeit und Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Rahmenbedingungen.

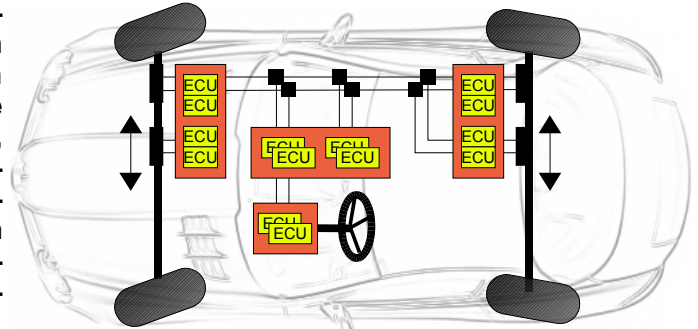


Abb. 1: Steer-by-Wire-System

Viele Feldbussysteme, so auch CAN, sind ereignisgesteuert und deshalb nicht deterministisch. D.h., es kann nicht vorhergesagt werden, wann ein bestimmtes Ereignis eintritt. So kann etwa die Ankunft eines bestimmten Datenpakets bei seinem Empfänger zeitlich nicht vorhergesagt werden. Das Arbitrierungsverfahren von CAN gewährt immer dem Datenpaket mit der höchsten Priorität den Vorrang. Andere Datenpakete müssen solange warten. Darüber hinaus besteht bei CAN das sog. *Babbling Idiot*-Problem: Fehlerhafte Knoten können durch permanentes Senden das gesamte Netzwerk lahmlegen. Beides ist mit den Anforderungen sicherheitskritischer Anwendungen nicht vereinbar.

FlexRay gewährleistet bei einer Bandbreite von 10 MBit/s je Kanal eine deterministische, fehlertolerante Datenübertragung und übertrifft damit alle bisherigen Feldbussysteme im Automobil. Außerdem können Datenpakete redundant, gleichzeitig über zwei Kanäle, verschickt werden; was die Sicherheit zusätzlich erhöht.

Kommunikationszyklen

FlexRay bietet sowohl synchrone als auch asynchrone Datenübertragung. Jeder Kommunikationszyklus besteht jeweils aus einem statischen und einem dynamischen Teil. Im statischen Teil werden zeitkritische Daten übertragen. Der Buszugriff erfolgt nach dem TDMA-Verfahren (*Time Division Multiple Access*), bei dem jedem Busteilnehmer exklusiv der Zugriff auf ein bestimmtes Zeitfenster gewährt wird.

Der dynamische Teil wird für weniger zeitkritische, ereignisgesteuerte Datenübertragungen genutzt. Der Buszugriff erfolgt nach der *Flexible TDMA*-Methode, bei der Datenpakete, geordnet nach ihrer Priorität, verschickt werden. Die Länge der Datenpakete kann flexibel sein und ist nicht wie im statischen Teil durch die Länge eines Zeitfensters limitiert. Ist die Priorität niedrig, kann es vorkommen, daß ein Datenpaket erst in einem späteren Kommunikationszy-

klus verschickt wird. Die Priorität der Datenpakete leitet sich, ähnlich wie bei CAN, von dessen ID ab. Das folgende Beispiel zeigt einen Cluster mit fünf Knoten und einen möglichen Kommunikationszyklus:

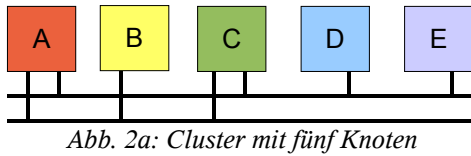


Abb. 2a: Cluster mit fünf Knoten

Kommunikationszyklus									
Statischer Teil					Dynamischer Teil				
A ₁	-	C ₁	D ₁	-	C ₂	E ₁	C ₃	E ₂	
A ₁	B ₁	C ₁	-	A ₂	B ₂	A ₃	B ₃		

Abb. 2b: Beispiel eines Kommunikationszyklus

Die zeitgesteuerte Kommunikation erfolgt auf Basis eines festgelegten Zeitplans – dem Schedule. Dieser wird für jeden Knoten durch ein entsprechendes Werkzeug *a priori* vom Entwickler festgelegt und auf die Knoten geladen. Eine globale Zeitbasis für jeden Buszugriff wird durch eine Uhrensynchronisation aller verteilten Knoten hergeleitet. Alle Knoten können somit synchron arbeiten.

FlexRay-Knoten

Ein typischer FlexRay-Knoten besteht aus Transceiver(n), Bus Guardian(s), Kommunikationscontroller, Stromversorgung und dem Host.

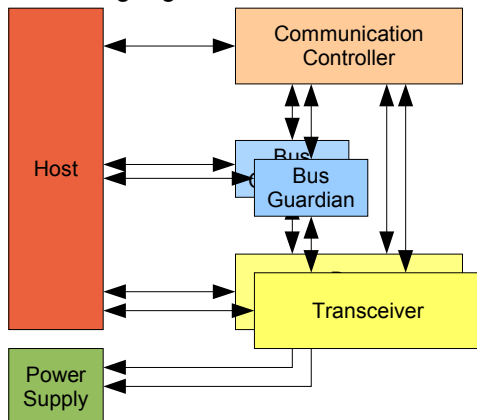


Abb. 3: Architektur eines FlexRay-Knotens

Der Host beherbergt die eigentliche Applikation, z.B. Programmcode, der für die Auswertung von Radsensoren verantwortlich ist. Die Transceiver senden und empfangen im Auftrag des Kommunikationscontrollers und unter ständiger Überwachung der *Bus Guardians* die Datenpakete über den Bus. FlexRay unterstützt sowohl elektrische als auch optische Übertragungsmedien.

Der *Bus Guardian* verwendet zur Überwachung den Schedule und weiß somit, wann welcher Knoten ei-

nen Kanal belegen darf bzw. muß. Sollte ein Knoten dennoch versuchen, außerhalb seines vorgesehenen Zeitfensters den Bus zu belegen oder wegen eines Defekts nicht senden, entzieht der *Bus Guardian* dem Knoten sofort alle weiteren Senderechte und signalisiert dem Host die Ausnahmesituation. Dadurch kann garantiert werden, daß die Kommunikation der restlichen Busteilnehmer nicht beeinflusst wird und das System stets in einem berechenbaren Zustand bleibt. Der Einsatz von *Bus Guardians* ist bei FlexRay optional.

Als Netzwerktopologie sieht FlexRay neben der Bus- die Sterntopologie vor. Ein großer Nachteil der Bustopologie besteht darin, daß etwa bei einem Kurzschluß die gesamte Kommunikation ausfällt. Bei einem aktiven Stern ist das nicht der Fall. Er verbindet quasi einzelne Busstränge sternförmig zu einem Ganzen. Bei kritischen Fehlern fallen auf diese Weise immer nur Teilnetze aus, aber nicht die gesamte Infrastruktur. Darüber hinaus bietet FlexRay die Möglichkeit, mehrere aktive Sterne in Form von Kaskaden anzuordnen und diverse Mischformen einzusetzen.

Fazit: FlexRay hat sich binnen kürzester Zeit als Standard für künftige hochsicherheitskritische Anwendungen im Automobilbau etabliert. Es wird weltweit praktisch von jedem namhaften Hersteller und Zulieferer unterstützt. Bleibt die Frage, ob der Markt Fahrzeuge mit rein elektronischer Bremse und Lenkung akzeptieren wird. Hier sind sicherlich Übergangslösungen gefragt, und der Gesetzgeber hat auch noch ein Wörtchen mitzureden. Mit der Möglichkeit, Datenpakete auch auf asynchrone Weise zu verschicken, sind die Chancen groß, daß FlexRay in ein paar Jahren auch das Erbe von CAN antreten könnte.

Sein hoher Grad an Flexibilität macht FlexRay nicht nur für sicherheitskritische Anwendungen im Automobil interessant, sondern auch in anderen Branchen, etwa im Maschinenbau oder in der Flugzeugindustrie. (bar)

Weitere Informationen

Bei weiteren Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Ingenieurbüro Barheine
 Albstraße 47
 76275 Ettlingen

Tel.: 0 72 43 / 52 37-67
 Fax.: 0 72 43 / 52 37-68

E-Mail: kontakt@barheine.de

Web: <http://www.barheine.de>