

Überblick über die elektronischen Systeme von Fahrzeugen

Peter Burger Malte Hoffmann Andreas Lay
Benjamin Pottkamp Tobias Schlauch Tobias Wiest

14. Februar 2020

Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Contents

1	Abstrakt	4
2	Vorwort	5
3	Vernetzung im Fahrzeug	6
4	Bussysteme	7
4.1	CAN	7
4.1.1	Anwendung	7
4.1.2	Topologie	7
4.1.3	Realisierung	7
4.1.4	Vor- und Nachteile	7
4.2	LIN	7
4.2.1	Anwendung	7
4.2.2	Topologie	7
4.2.3	Realisierung	7
4.2.4	Vor- und Nachteile	7
4.3	FlexRay	7
4.3.1	Anwendung	7
4.3.2	Topologie	7
4.3.3	Realisierung	7
4.3.4	Vor- und Nachteile	7
4.4	Automotive Ethernet	7
4.4.1	Anwendung	7
4.4.2	Topologie	7
4.4.3	Realisierung	8
4.4.4	Vor- und Nachteile	8
4.5	MOST	8
4.5.1	Anwendung	8
4.5.2	Topologie	8
4.5.3	Realisierung	8
4.5.4	Vor- und Nachteile	8
4.6	Bluetooth	8
4.6.1	Anwendung	8
4.6.2	Topologie	9
4.6.3	Realisierung	9
4.6.4	Vor- und Nachteile	9
5	Sensorsysteme	10
6	ECU / Steuergeräte	11
6.1	Einführung	11
6.2	Typen	11
6.2.1	Brake Control Module (BCM)	11

6.2.2	Engine Control Unit (ECU)	11
6.2.3	Powertrain Control Module (PCM)	12
6.2.4	Door Control Unit (DCU)	12
6.2.5	Electric Power Steering Control Unit (PSCU)	12
6.2.6	Human-machine Interface (HMI)	12
6.2.7	Seat Control Unit	12
6.2.8	Speed Control Unit (SCU)	12
6.2.9	Telematic Control Unit (TCU)	13
6.2.10	Transmission Control Unit (TCU)	13
6.2.11	Battery Management System (BMS)	13
6.2.12	Suspension Control Module	13
6.2.13	Body Control Module	14
7	Assistenzsysteme	15
8	Ausblick	16
8.1	Vehicle to Everything	16
8.1.1	Vehicle to Vehicle	16
8.1.2	Vehicle to Network	16
8.1.3	Vehicle to Infrastructure	17
8.1.4	Vehicle to Pedestrian	17
8.1.5	Vehicle to Device	17
8.1.6	Vehicle to Grid	17
8.2	Technologien für V2X	17

1 Abstrakt

Mittlerweile machen elektronische Systeme etwa ein Drittel der Gesamtkosten bei der Produktion von Personenkraftwagen aus [1]. Von Motorsteuerung, über aktive und passive Sicherheitssysteme, Wartung und Diagnose bis hin zur Unterhaltungselektronik sind Personenkraftwagen inzwischen hochgradig vernetzte Systeme.

Mit den aktuellen Entwicklungen in Richtung teil- und vollautonomer Systeme wird diese Vernetzung noch weiter zunehmen und die elektronischen Systeme werden der Hauptwertträger eines Fahrzeugs werden.

Ziel dieser Ausarbeitung ist es dem interessierten Leser einen Überblick über die wichtigsten elektronischen Systeme in modernen Fahrzeugen und deren Interaktion untereinander zu geben. Ein gewisses technisches Grundverständnis vorausgesetzt soll er in der Lage sein, neue Entwicklungen in den Kontext des aktuellen Stand der Technik zu setzen.

Da es sich um ein komplexes Thema handelt, dass auf beschränktem Platz dargeboten werden soll, müssen gewisse Teilbereiche naturgemäß kürzer ausfallen oder gänzlich ignoriert werden.

2 Vorwort

Example of a citation [?]

3 Vernetzung im Fahrzeug

Lorem ipsum dolor sit amyxcyt, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.asdasdasdasd

4 Bussysteme

4.1 CAN

4.1.1 Anwendung

CAN (Controller Area Network)

4.1.2 Topologie

4.1.3 Realisierung

4.1.4 Vor- und Nachteile

4.2 LIN

4.2.1 Anwendung

4.2.2 Topologie

4.2.3 Realisierung

4.2.4 Vor- und Nachteile

4.3 FlexRay

4.3.1 Anwendung

4.3.2 Topologie

4.3.3 Realisierung

4.3.4 Vor- und Nachteile

4.4 Automotive Ethernet

4.4.1 Anwendung

Für Ethernet im Automotive Bereich wird der Standard IEEE802.3 verwendet. Trotz seiner hohen Beliebtheit und Verbreitung war Ethernet im Automotive Bereich lange Zeit undenkbar, vor allem da es keine Echtzeit erfüllen kann und für kleine Anwendungen zu teuer ist. Moderne Anwendungen (z.B. komplexere Assistenzsysteme, Diagnose- oder Multimedia-Anwendungen) fordern jedoch immer höhere Datenraten, so dass Ethernet immer mehr Beachtung bekommt. Es gibt mittlerweile auch Protokolle (TimeTriggeredEthernet/SAE AS6802) um Ethernet echtzeitfähig zu machen und so einen kompletten Umstieg auf Ethernet zu ermöglichen.

4.4.2 Topologie

Ethernet wird im Automotive Bereich oft in der Stern- (siehe Abbildung "NR FEHLT") oder Baum-Topologie (siehe Abbildung "NR FEHLT") verwendet.

Dies ist ein neuer Ansatz, da die meisten bisherigen Bussysteme nahezu nur auf die Sterntopologie setzen.

4.4.3 Realisierung

4.4.4 Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
- hohe Datenrate	- hohe Kosten
- neue Technologien z.B. Service discovery, DNS oder Streams für Multimedia	- keine Echtzeitfähigkeit, nicht deterministisch
- leichte Anbindung für IOT und Internet	- Umdenken/Umdesignen für neue Topologie und neuen Ansatz
- viele Standardimplementationen und Wiederverwertbarkeit der Software	
- einfacher Austausch von Komponenten	

4.5 MOST

4.5.1 Anwendung

Der MOST-Bus (Media Oriented Systems Transport) wird von der MOST Co-operation standardisiert und wird im Automotive Bereich nahezu ausschließlich für Multi-Media-Anwendungen eingesetzt. Durch seine hohe Datenrate kann es schnell viele Daten zwischen den Komponenten verschicken.

4.5.2 Topologie

Ein MOST-Netzwerk ist immer als synchronisierter Ring aufgebaut. Es gibt immer einen Master, der die Synchronisation steuert.

4.5.3 Realisierung

4.5.4 Vor- und Nachteile

Vorteile	Nachteile
- hohe Datenrate	- hohe Kosten
- einfacher Austausch von Komponenten	- proprietäre Hardware
- einheitliche Schnittstellen von Komponenten	

4.6 Bluetooth

4.6.1 Anwendung

Bluetooth wird durch die "Bluetooth Special Interest Group", ein Verband aus derzeit über 2000 Unternehmen, standardisiert. Momentan ist Bluetooth 5 die aktuellste Version. Es wird im Automotive Bereich verwendet, um kostengünstige und kabellose Verbindungen aufzubauen. Der größte Bereich sind hierbei Multi-Media-Anwendungen, um beispielsweise Smartphones oder Kopfhörer anzubinden.

4.6.2 Topologie

Bluetooth Netzwerke haben immer einen Master, der die Kommunikation steuert. Dieser ist jedoch nicht fest, sondern wird beim Verbindungsaufbau ausgemacht. Bluetooth-Netzwerke können entweder als Pico- oder Scatternet aufgebaut sein.

Name	Beschreibung
Piconet	<ul style="list-style-type: none">- ein Master mit mehreren Slaves- aktive Slaves können über Adressen angesprochen werden
Scatternet	<ul style="list-style-type: none">- besteht aus mehreren Piconets- jedes Piconet hat seinen eigenen Master- zwischen zwei Piconets gibt es immer einen Knoten, der in beiden Netzen ist und sie somit verbindet

4.6.3 Realisierung

4.6.4 Vor- und Nachteile

5 Sensorsysteme

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

6 ECU / Steuergeräte

6.1 Einführung

Durch die immer neuen Fortschritte in der Technologie, werden die früher mechanisch realisierten Funktionen heutzutage elektronisch umgesetzt. Hierzu werden die "electronic control units" geschaffen. Mit "electronic control unit (ECU)" wird jedes Embedded System in einem Automobil gemeint. Dieses System kontrolliert jegliche elektrische Systeme oder Subsysteme im ganzen Fahrzeug, es ist sozusagen das Herzstück. Das ECU gibt Instruktionen und Anweisungen für viele Variaten von elektrischen System. Es übermittelt diesen Systemen Instruktionen, wie die einzelnen Systeme zu operieren beziehungsweise zu funktionieren haben. Neue Fahrzeug könne bis zu 80 ECUs besitzen, dies erhöht die Komplexität und dazugehörige Programmierarbeit für das Zusammenspiel aller ECUs. Ein Paar wichtige Steuergeräte sind hier zum Beispiel das BCM, PCM, GEM und die ECU. Um die ECUs vor ungewollter Korruption zu bewahren, werden diese geschützt.

6.2 Typen

6.2.1 Brake Control Module (BCM)

Zu dem Brake Control Module gehören Systeme wie ABS, TCS und ESC/ESP. Diese waren früher nur bei Luxus Fahrzeugen zu finden und sind heute fast überall Standardequipment in jedem Automobil.

Diese Systeme kontrollieren wie der Name erkennen lässt, die Steuerung der Bremse.

- ABS (Antiblockiersystem) verhindert das bei einer Vollbremsung die Räder blockiert werden und somit der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verliert.
- TCS steht für Traction control System, dieses System ist für die Regelung der Räder verantwortlich. Es ist für die Steuerung der Räder zuständig, wenn die Oberfläche des Fahrbelags rutschig oder klatt ist. Es soll das durchdrehen der Räder bei solchen Belägen verhindern.
- ESC (electronic stability control)/ESP (elektronisches Stabilitätsprogramm) ist ein System für das Spur halten des Automobil. Es soll als Unterstützung bei Ausweichmanövern oder beim Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug dienen. Es wird das Motormomentum reduziert und sollte das nicht ausreichen, wird zusätzlich gebremst.

6.2.2 Engine Control Unit (ECU)

Dieses Unit ist das zentrale Element des Motormanagement System bzw. des Motorsteuergerät. Das Steuergerät erledigt Aufgaben wie die Kontrolle des Brennstoff-, Luftzuflusses und die Zündung. Es managet alle benötigten Komponenten, die für den Motor von Bedeutung sind.

6.2.3 Powertrain Control Module (PCM)

Das Powertrain Control Module ist vergleichbar mit dem Gehirn des Menschen. Das Gehirn bei einem Menschen koordiniert die einzelnen Funktionen der verschiedenen Körperteile, sodass alle im Einklang und ohne Störungen miteinander laufen. Das selbe macht das Powertrain Control Module, es koordiniert die einzelnen Subsysteme des Automobil für eine reibungslose Zusammenarbeit. Diese reibungslose Arbeit kann das Powertrain Control Module durch die zahlreichen im Auto verbauten Sensoren bewerkstelligen.

6.2.4 Door Control Unit (DCU)

Diese Einheit befindet sich in der Innenseite der Fahrer- und Beifahrertüre. Sie ist verantwortlich für das managen der Komponenten in der Türe. Funktionen die von dieser Einheit bedient werden sind zum Beispiel die Zentralverriegelung, Fensterheber und Seitenspiegelanpassung. Generell kann die Aussage getroffen werden, dass alle türbezogenen Funktionen durch dieses Control Unit gesteuert werden.

6.2.5 Electric Power Steering Control Unit (PSCU)

Die PSCU sammelt Daten von den einzelnen EPS ("electronic power steering") Komponenten. Diese sind der EPS Motor, das Getriebe und ein Torque Sensor. Durch die Informationen dieser Komponenten kann das PSCU das Lenken für den Fahrer unterstützen. Diese Einheit ist unabhängig von dem Motor und kann somit separat funktionieren, auch wenn der Motor ausgeschaltet ist.

6.2.6 Human-machine Interface (HMI)

Dieses Unit behandelt die Bedienung und die Interaktion zwischen Personen und Maschinen. Es besteht aus einer Hardware- und Softwarekomponente, die Eingaben von dem Benutzer in Signale umwandelt. Wenn es in Signale umgewandelt ist, können die Daten nun von weiteren Einheiten verarbeitet werden.

6.2.7 Seat Control Unit

Durch neue Technologie und Fortschritt haben neue oder luxus Autos ein Steuergerät für die Funktionen der Sitzeinstellungen. Durch dieses Gerät kann eine Vielzahl von Positionen eingestellt und kleine Anpassungen vorgenommen werden. Der Gedanke hinter dieser Einheit, ist zum einen der Komfort der eine große Rolle spielt und zum anderen die Sicherheit, die durch die richtigen Einstellungen gewährleistet wird. Beispiele für die Einstellungen sind die Winkel der Sitzlehne, Sitzhöhe oder Sitzweite.

6.2.8 Speed Control Unit (SCU)

Die Speed Control Unit oder auch Speed Control System besteht aus mehreren Komponenten, die in der Zusammenarbeit verschiedene Aktionen ausführen

können. Aktionen die durch Daten von bzw. für das Speed Control System ausgeführt werden können sind das halten der Geschwindigkeit bei jedem Gelände oder das überschreiten einer zuvor festgelegten Geschwindigkeit. Bei beiden Aktionen werden Daten an das System gesendet und von diesem verarbeitet.

6.2.9 Telematic Control Unit (TCU)

Dies ist ein Steuergerät, das die Position des Fahrzeugs bestimmen kann. Es kombiniert das Überwachungssystem, tracking System und WLAN Kommunikation. Die Telematic Control Unit hat eine Entwicklung von der Bearbeitung, von Telekommunikation und Informationen hin zum Verbinden der GPS-Daten und WLAN Kommunikationen für die Unterstützung. Diese Einheit kann unter anderem benutzt werden, um Informationen über das Radio oder das GSM module zu erhalten. Dieses Steuergerät bietet auch weitere wichtige Funktionen in den neuen Autosmobilen, hier gibt es die Verbindung des Autos zu der Cloud, Fahrer und Mitfahrer sicher zu halten und den Verkehrsfluss zu optimieren.

6.2.10 Transmission Control Unit (TCU)

Diese Einheit hat Kontrolle über das Ändern der Gänge in einem Getriebe. Eine Software kontrolliert das Schalten zwischen den einzelnen Gängen und nimmt im gleichen Zug Anpassungen an dem Schaltverhalten vor. Diese Funktion kann nur bei einem Automaticgetriebe gefunden werden. Durch das Steuern weiterer Komponenten kann dieses Steuergerät das Fahrverhalten eines Fahrzeugs verbessern. Auch kann das Steuergerät das Schaltverhalten anpassen, da ein Fahrer heutzutage zwischen einem sportlichen und normalem Fahrstil wählen kann.

6.2.11 Battery Management System (BMS)

Kurz genommen managt das BMS wiederaufladbare Batterien, sodass diese nicht beschädigt werden und außerhalb ihrer Sicherheitszone arbeiten. Im Zusammenhang mit der Automobilbranche muss das BMS mit verschiedenen Komponenten zusammenarbeiten. Auch eine Herausforderung ist das Funktionieren des BMS in Echtzeit. Hier sind immer schnelle Ladungen und Entladungen durch das Bremsen und Beschleunigen vorhanden. Das BMS ist hier, wie erwähnt für die Gewährleistung der Sicherheit der Batterien.

6.2.12 Suspension Control Module

Dieses Modul ist für die richtige Einstellung der Stoßdämpfer in einem Fahrzeug. Es werden Daten und Informationen gesammelt und so die Einstellungen vorgenommen. Unter anderem soll dieses Modul das Fahrverhalten verbessern oder die aktuelle Karosserie höhe beibehalten.

6.2.13 Body Control Module

Das Body Control Module ist zuständig für den elektrischen Zugriff, komfort- und sicherheit Features. Es wird in den Nutzfahrzeugen für Beleuchtung, akustische Signale oder Scheibenwischer verwendet.

7 Assistenzsysteme

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

8 Ausblick

Neue Entwicklungsziele im Bereich des teil- und vollautonomen Fahrens stellen die elektronischen Fahrzeugsysteme vor neue Herausforderungen.

Die selbstständige Durchführung der Fahraufgabe durch ein elektronisches System oder die aktive Unterstützung eines menschlichen Fahrzeugführers bedingt eine umfangreiche Erfassung von Fahrzeug- und Umgebungsdaten.

Zu diesem Zweck müssen die bisherigen Sensorsysteme um weitere Systeme erweitert werden, die optische Umweltdaten über Kameras liefern, Umgebungsskannen mittels Radar, Lidar oder Ultraschall durchführen und die erfassten Daten verarbeitet werden. [2]

Langfristig ist eines der Hauptziele der Industrie und der Rechtsgeber eine umfassende Vernetzung sämtlicher Entitäten, die am Verkehrsgeschehen aktiv oder passiv partizipieren zu einem intelligenten Transport System (ITS).

Ein solches ITS soll den Teilnehmern innovative Dienste anbieten, mit dem Ziel das Verkehrsgeschehen effizient zu verwalten und zu koordinieren sowie zusätzliche Sicherheit für alle Beteiligten zu bieten. [3]

Vorraussetzung, um ein solches ITS aufzubauen ist eine Standardisierung der verwendeten Protokolle und Technologien. Zu diesem Zweck gibt es auf nationaler und internationaler Ebene verschiedene Organisationen und Konsortien, die dieses Ziel seit mehreren Jahren aktiv vorantreiben.

8.1 Vehicle to Everything

Grundlage eines ITS ist die Vehicle to Everything Kommunikation, die das Fahrzeug als zentralen Punkt in den Kontext der unterschiedlichen Umgebungssysteme und Entitäten setzt. Dabei wird genauer unterschieden in die Teilbereiche:

8.1.1 Vehicle to Vehicle

V2V beschreibt die Vernetzung der Fahrzeuge untereinander mit dem Ziel relevante Fahrzeugdaten z.Bsp. über Richtung und Geschwindigkeit auszutauschen. Desweiteren kann über V2V Kommunikation weitere sicherheitsrelevante Nachrichten aus anderen Teilbereichen weitergeleitet werden.

8.1.2 Vehicle to Network

V2N beschreibt die Vernetzung des Fahrzeugs mit dem Telekommunikationsnetz und der Cloud. Dadurch können über den rein lokalen Kontext hinaus Ressourcen genutzt und Daten geteilt werden. Ein Beispiel für eine solche V2N Anwendung, die bereits im Einsatz ist, ist die Integration von cloudbasierten Navigationslösungen wie Google Maps in das Fahrzeug.

8.1.3 Vehicle to Infrastructure

V2I beschreibt die Vernetzung des Fahrzeugs mit der umgebenden Verkehrsinfrastruktur. Zum Beispiel könnten smarte Verkehrsampeln einen Fahrzeuge über die verbleibende Wartezeit informieren oder die Ampelzyklen in Abhängigkeit der Anzahl der jeweils wartenden Fahrzeuge anpassen, um den Verkehrsfluss zu optimieren.

8.1.4 Vehicle to Pedestrian

V2P beschreibt die Vernetzung des Fahrzeugs mit nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern. Ziel ist explizit der Schutz dieser Verkehrsteilnehmer, die bei Unfällen einen inherenten Nachteil haben. V2P ist dabei jedoch allgemeiner zu verstehen und umfasst neben der aktiven Kommunikation der Entitäten auch die Erfassung von Fußgängern über rein fahrzeugseitige Sensorsysteme.

8.1.5 Vehicle to Device

V2D beschreibt die Kommunikation des Fahrzeugs mit elektronischen Geräten. Aktuelle Einsatzgebiete für diese Form der Kommunikation sind mobile Applikationen für Smartphones, mit denen Fahrzeugfunktionen von außerhalb gesteuert werden können. Aktuelle Beispiele sind die App von Tesla, mit der Fahrzeuge ausgeparkt werden können oder eine neue Entwicklung von Volvo mit der physische Schlüsseltechnologie durch eine mobile Smartphoneapp zuerst ergänzt und später dann ersetzt werden soll. [4]

8.1.6 Vehicle to Grid

V2G beschreibt die Vernetzung eines elektrischen Fahrzeuges mit dem Stromnetz mit dem Ziel die Batterien elektrischer Fahrzeuge als Speichermedien bidirektional in das Stromnetz zu integrieren.

8.2 Technologien für V2X

References

- [1] I. Wagner, “Car costs - automotive electronics costs worldwide 2030 — statista,” 23/10/2019.
- [2] J. Steinbaeck, C. Steger, G. Holweg, and N. Druml, “Next generation radar sensors in automotive sensor fusion systems,” in *2017 Symposium on Sensor Data Fusion: Trends, Solutions, Applications (SDF)*, (Piscataway, NJ), pp. 1–6, IEEE, 2017.
- [3] E. Parliament *et al.*, “Directive 2010/40/eu of the european parliament and of the council of 7 july 2010 on the framework for the deployment of intelligent transport systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport text with eea relevance,” *Off. J. Eur. Union*, pp. 1–13, 2010.
- [4] “Die keyless-technologie von volvo: Komfort ohne schlüssel.”