

Powerline Communication in Fahrzeugen mit Drive-by-Wire. Redundantes Datennetz durch DC-BUS Bausteine.

Yair Maryanka | Geschäftsführer YAMAR Electronics Ltd. / Tel Aviv

Dr. Günther C. Bauer | Geschäftsführer iQ Power Deutschland GmbH
Leiter Forschung und Entwicklung

E-Mail guenther.bauer@iqpower.com
Fon 089 – 61 44 83 - 13
Fax 089 – 61 44 84 - 40

Erlenhofpark 2-4
D – 82008 Unterhaching

www.iqpower.com | www.yamar.com

I – Anforderungen an Fahrzeuge mit »Fully-Drive-by-Wire«

Automobile nach dem Prinzip »Fully-Drive-by-Wire« sind anders als heutige Fahrzeuge: Bei Fully-drive-by-wire werden sämtliche Steuerfunktionen des Fahrers ausschließlich elektrisch und über digitale Signale an die ebenfalls elektrisch angetriebenen Aktoren übertragen. Dies betrifft neben der Motor- und Getriebesteuerung insbesondere auch die Lenkbewegungen und die Bremse. Die Vorteile liegen auf der Hand: Der Wegfall der mechanischen Lenkung und die aufwendige Verlegung der hydraulischen Bremse ermöglichen bisher ungekannte Freiheiten bei der Bauraumgestaltung, eine einfache Montage, sowie neue Möglichkeiten bei der aktiven Fahrzeugsicherheit.

Die hier gemachten Ausführungen beruhen auf den Erfahrungen und Lösungen, wie sie im aktuellen Projekt SPARC (www.sparc-eu.net) von DaimlerChrysler gesammelt wurden.

Lenken und Bremsen sind jedoch sicherheitsrelevante Funktionen eines Fahrzeugs. Die Lenkung und die Bremsen elektrisch anzutreiben und die Steuerbefehle hierfür elektrisch zu

übertragen setzt daher unbedingte Redundanz voraus: Redundanz bei der Versorgung der Aktoren mit ausreichend elektrischer Energie sowie Redundanz bei der Übertragung der Informationen für die Ansteuerung. Dass hierbei in jedem Fahrzustand immer ausreichend elektrische Energie zur Verfügung stehen muss ist selbsterklärend und setzt daher zuverlässig diagnostizierbare elektrische Energiespeicher (smarte Batterien) voraus.

Auf Seiten der Energieversorgung ist die geforderte Redundanz mit vergleichsweise geringem Aufwand zu erzielen: Unter Verwendung geeigneter smarter Batterien in doppelter Ausführung sowie durch zwei Leistungsdioden, welche die Stromversorgung in zwei unabhängige Energie-Bordnetze aufteilt, ist die Voraussetzung bereits geschaffen. | **Abb.1)**

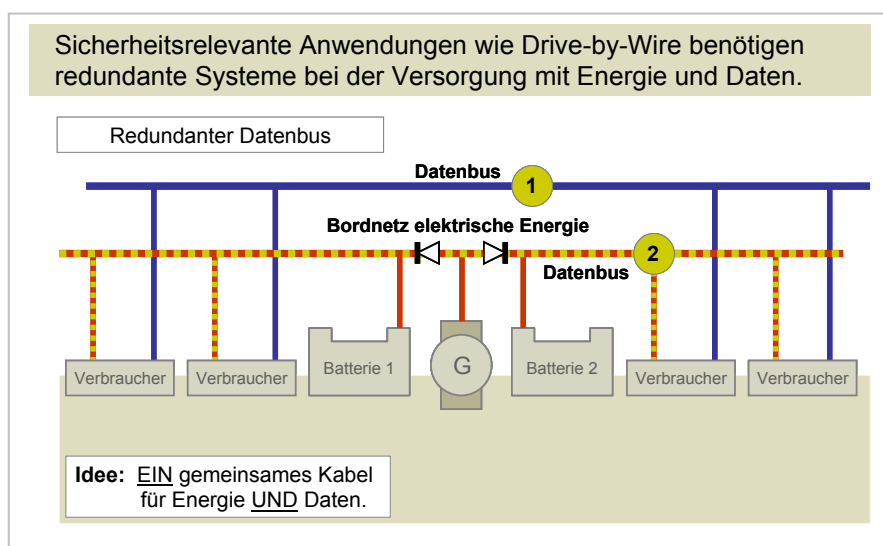


Abb. 1)

Die Lenkung ist hierbei mit zwei getrennten Elektromotoren verbunden. Sie werden von jeweils einem der beiden getrennten Energienetze gespeist. Zwar läuft beim Lenkvorgang nur einer der beiden Motoren, während der zweite passiv geschaltet bleibt. Der zweite Motor übernimmt jedoch sofort, sollte es zu einem Ausfall des ersten Motors kommen.

Eine redundante Datenkommunikation ist hingegen nicht so einfach zu bewerkstelligen. Der Bauraum heutiger Fahrzeuge ist begrenzt und der Kabelbaum des Bordnetzes ohnehin schon komplex und teuer genug, als dass noch weitere Datenleitungen eine sinnvolle und wünschenswerte Lösung darstellen.

Für die geforderte Redundanz bietet sich daher die Powerline an. Die Leitungen der vorhandenen Stromversorgung kann hierbei als Datenhighway verwendet werden. | **Abb.1)**

II – Grundzüge der Powerline Communication PLC

Die Strom führenden Leitungen sowohl für die Übertragung von Energie wie auch von Daten zu verwenden ist keineswegs neu. Erste Ansätze einer solchen Powerline Communication gab es bereits vor 25 Jahren. Sie scheiterten jedoch an grundsätzlichen Problemen. Erst mit moderner Mikroelektronik sowie neuen Algorithmen sind jetzt fehlertolerante und in hohem Maße zuverlässige wie auch preiswerte Lösungen möglich. Sie erlauben Multimedia über die Powerline und treten konkurrenzfähig gegen die Kosten von zusätzlichen Datenleitungen an.

Eine in hohem Maße zuverlässige und fehlertolerante Powerline Communication (PLC) im Automobil ist keineswegs trivial. Denn die Powerline im automobilen Bordnetz ist hochgradig mit Störsignalen verseucht. Jedes Ein- und Ausschalten eines Verbrauchers erzeugt ein Störspektrum, das aus vielen Frequenzen besteht und die Impedanz der Powerline beeinflusst. Versuche, das Nutzsignal amplitudenmoduliert zu übertragen, scheitern bereits an der Tatsache, dass Störsignale weitaus größere Amplituden aufweisen können. Wann diese geschieht ist rein zufällig. Muster lassen sich keine ausmachen. Deshalb ist eine Übertragung von Daten auf der Powerline grundsätzlich immer fehlerbehaftet. Und auch die übertragenen Informationen enthalten stets viele Fehler. | **Abb.2)**

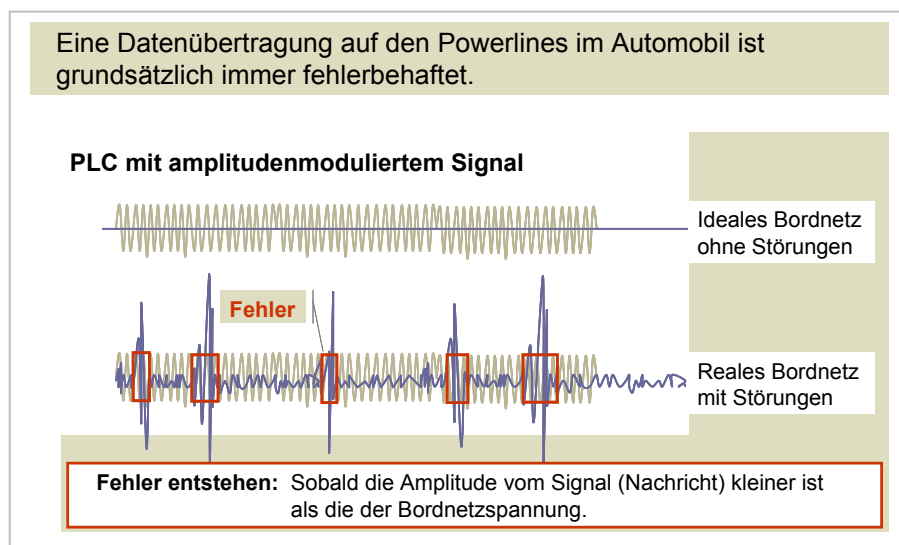


Abb.2)

Unter derart widrigen Bedingungen ist Powerline Communication im Automobil eigentlich nicht möglich. Dennoch bleiben die hohen Anforderungen an eine derartige Technologie:

- Hohe Datenraten für ein breites Spektrum von Anwendungen
- Sicher und rechtzeitig
- Zuverlässig Fehler erkennen und Fehler zuverlässig korrigieren
- Konkurrenzfähige, kostengünstige Lösung

III – Aufbau und Leistung der PLC-Technologie mit DC-BUS

Die von YAMAR entwickelte Powerline Communication (DC-BUS) arbeitet daher mit Phasenmodulation. Die Informationen stecken dabei in der Phasenbeziehung, also in einer gewissen Folge von Frequenzsprüngen. Die Phase ist somit die eigentliche Information. Hierdurch wird die Übertragung von Informationen nicht nur unabhängig von der Bordnetzspannung – egal ob 12 Volt, 24 Volt oder 42 Volt – auch Amplitudenstörungen bleiben ohne Einfluss. Träger der Information ist ein Sinussignal konstanter Amplitude. Das Signal wird über einen Kondensator auf die Powerline eingekoppelt. Da die Amplitude nur 1 Volt (peak to peak) beträgt, ist aufgrund der geringen Energie auch die Abstrahlung gering (gute EMC-Verträglichkeit). | **Abb.3)**

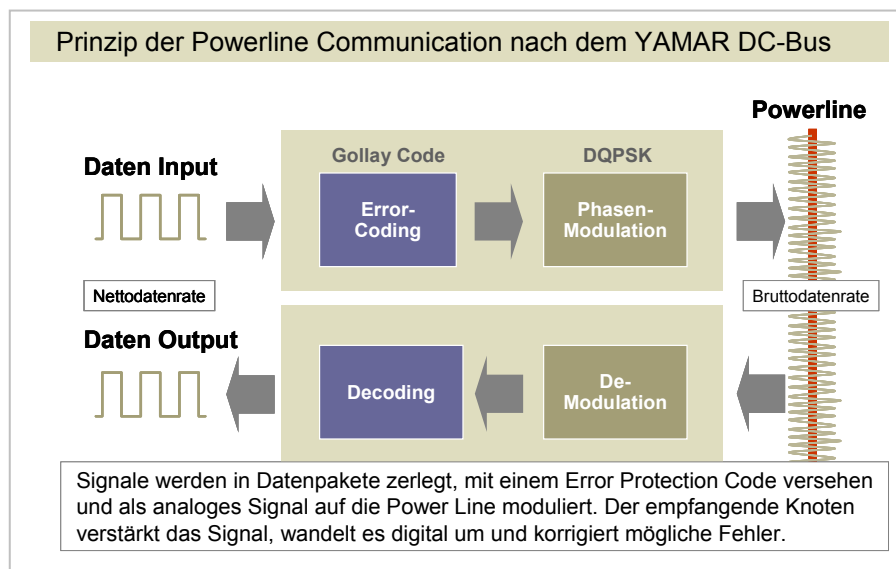


Abb. 3)

Der verwendete Korrekturalgorithmus ist derart effektiv, dass er selbst dann noch Fehler erkennt und korrigieren kann, wenn die Störimpulse 300 Volt betragen. Selbst Restamplituden von 10 mV (peak to peak) kann der Algorithmus noch erkennen und verarbeiten. Um Fehler als Fehler besser erkennen zu können, wird die zu übertragende Datenmenge verdoppelt: Die 8-Bit-Informationen werden auf 16 Bit aufgepumpt. Die Bruttoübertragungsrate ist also doppelt so groß wie die Nettdatenrate. Der Vorteil daraus: Selbst Informationen, bei denen 6 Bit hintereinander falsch sind, werden entsprechend erkannt und korrekt korrigiert. Über Frequenzumschalter lassen sich zudem unterschiedliche Kanäle einstellen.

Die ersten verfügbaren PLC-Chips von YAMAR sind IC-Bausteine mit vergleichsweise niedriger Netto-Datenübertragungsrate zwischen 10 und 60 Kilobit/Sekunde (SIG40 und

Jeder Master-Baustein kann bis zu 16 Slaves auf einer Frequenz gezielt adressieren. Über Frequenzumschaltung sind insgesamt 32 Slaves adressierbar. Jeder Slave-Baustein verfügt seinerseits über 8 Inputs sowie 4 Outputs. Auf diese Weise lassen sich allein mit einem einzigen Master über die Powerline sehr große Funktionsumfänge ohne Datenkabel schalten oder kontrollieren. Im Falle eines LKW lassen sich damit unter anderem sämtliche Funktionen aller Fahrzeugrücklichter einschließlich Blinker, Seitenlichter und Rückfahrlicht schalten. | **Abb.5)**

III – Anwendungen: Die DC-BUS-Technologie in der Praxis

Im Projekt SPARC von DaimlerChrysler übertragen PLC-Chips vom Typ SIG40 und ISL40 unter anderem die Batteriezustandsdaten SOC und SOH aus den insgesamt 6 intelligenten Batterien. Sie gehören zu einem dreikreisigen Bordnetz eines Truck/Trailer-Gespans (Actros) nach dem Prinzip „Fully Drive-by-Wire“. Die Daten gelangen hierbei über die Polanschlüsse der Batterien und über die Powerline zu den jeweiligen drei Steuereinheiten SEM1 bis SEM3 (Smart Energy Manager). | **Abb.6)**

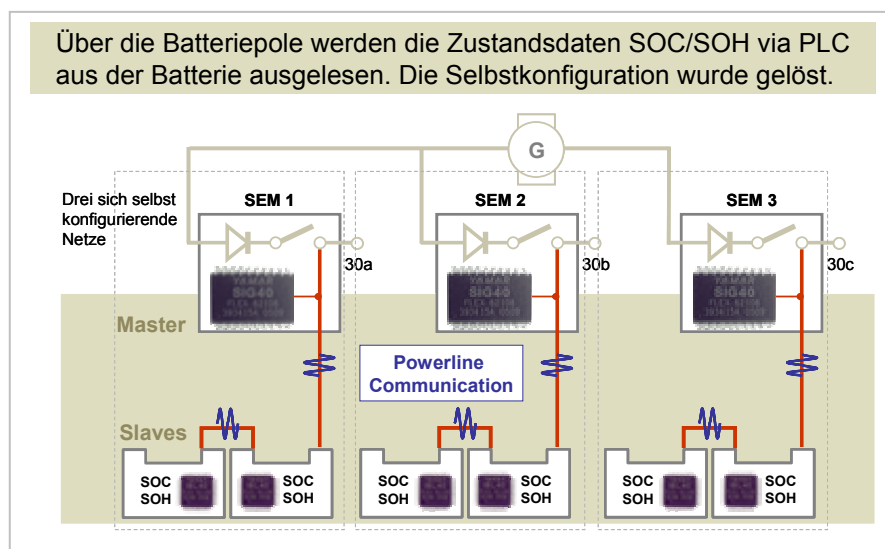


Abb. 6)

Obgleich alle Master-Chips und alle Slave-Chips identisch sind und ebenso alle Batterien, gelang die Herausforderung, dass jeder der insgesamt drei Smart Energy Manager seine zugehörigen beiden Batterien automatisch selbst erkannte. Denn die Leistungsdioden lassen die Kommunikation auf der Powerline ungehindert durch, so dass alle Batterien (Slaves) von jedem Master (SEM) empfangen werden kann. Die Herausforderung eines sich selbst konfigurierenden Netzwerkes aus identischen Bauteilen wurde jedoch von YAMAR und iQ POWER erfolgreich gelöst.

Als Energievektoren gelangen die Daten in den Powertrain Controller (PTC), wo sie zu einem einzigen Vektor konsolidiert werden, der an das übergeordnete Decision Control System (DCS) weitergereicht wird. | **Abb.7)**

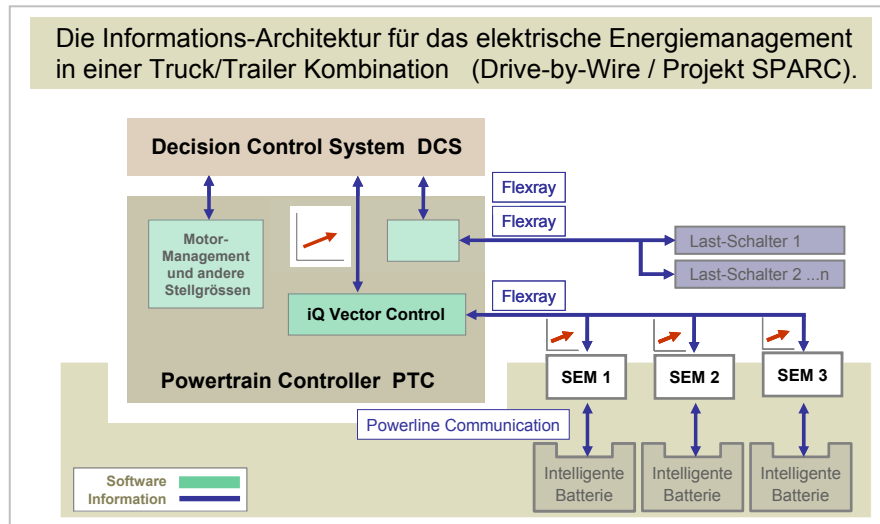


Abb. 7)

Die Anwendungsbreite der Powerline Communication mit der DC-BUS Technologie ist groß: Von der Übertragung einfacher Signaldaten bis hin zu Multimedia, von der unkomplizierten und raschen Montage von elektrischen/elektronischen Nachrüstkomponenten wie beispielsweise Video-Überwachungskameras oder der Übertragung von Batterie-Zustandsdaten ins Cockpit bis hin zum Aufbau redundanter Datennetze in Fahrzeugen mit Drive-by-Wire.

Die wichtigsten Vorteile zusammengefasst:

- Komplexe und teure Verkabelung wird durch preiswerte IC-Bausteine ersetzt
- Datenübertragung über unbegrenzte Chassislänge / Kabellänge
- Einfache auch nachträgliche Montage
- Funktioniert unabhängig von der Bordnetzspannung (12V, 24V, 42V)
- Netto-Datenrate bis 500 Kbps pro Kanal
- Realisierung von mehreren unabhängigen Netzwerken auf der Powerline
- Bis zu 4 unabhängige Kanäle je Chipset (Master/Slave)
- Unterstützung aller gängigen Datenprotokolle (CAN, LIN, UART, SPI)
- CSMA Collision Resolving
- Integrierte Fehlerkorrektur
- Extrem hohe Fehlertoleranz
- Ermöglicht neue gestalterische Freiheiten