

Wissenschaftliche Reihe
Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart

RESEARCH

Frank Brosi

Methode zur Erzeugung eines erweiterten Konformitätstests für Kommunikations- protokolle am Beispiel der ISO 15118



Wissenschaftliche Reihe Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart

Reihe herausgegeben von

Michael Bargende, Stuttgart, Deutschland

Hans-Christian Reuss, Stuttgart, Deutschland

Jochen Wiedemann, Stuttgart, Deutschland

Das Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen (IVK) an der Universität Stuttgart erforscht, entwickelt, appliziert und erprobt, in enger Zusammenarbeit mit der Industrie, Elemente bzw. Technologien aus dem Bereich moderner Fahrzeugkonzepte. Das Institut gliedert sich in die drei Bereiche Kraftfahrwesen, Fahrzeugantriebe und Kraftfahrzeug-Mechatronik. Aufgabe dieser Bereiche ist die Ausarbeitung des Themengebietes im Prüfstandsbetrieb, in Theorie und Simulation. Schwerpunkte des Kraftfahrwesens sind hierbei die Aerodynamik, Akustik (NVH), Fahrdynamik und Fahrermodellierung, Leichtbau, Sicherheit, Kraftübertragung sowie Energie und Thermomanagement – auch in Verbindung mit hybriden und batterieelektrischen Fahrzeugkonzepten. Der Bereich Fahrzeugantriebe widmet sich den Themen Brennverfahrensentwicklung einschließlich Regelungs- und Steuerungskonzeptionen bei zugleich minimierten Emissionen, komplexe Abgasnachbehandlung, Aufladesysteme und -strategien, Hybridsysteme und Betriebsstrategien sowie mechanisch-akustischen Fragestellungen. Themen der Kraftfahrzeug-Mechatronik sind die Antriebsstrangregelung/Hybride, Elektromobilität, Bordnetz und Energiemanagement, Funktions- und Softwareentwicklung sowie Test und Diagnose. Die Erfüllung dieser Aufgaben wird prüfstandsseitig neben vielem anderen unterstützt durch 19 Motorenprüfstände, zwei Rollenprüfstände, einen 1:1-Fahrsimulator, einen Antriebsstrangprüfstand, einen Thermo- windkanal sowie einen 1:1-Aeroakustikwindkanal. Die wissenschaftliche Reihe „Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart“ präsentiert über die am Institut entstandenen Promotionen die hervorragenden Arbeitsergebnisse der Forschungstätigkeiten am IVK.

Reihe herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende
Lehrstuhl Fahrzeugantriebe
Institut für Verbrennungsmotoren und
Kraftfahrwesen, Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Hans-Christian Reuss
Lehrstuhl Kraftfahrzeugmechatronik
Institut für Verbrennungsmotoren und
Kraftfahrwesen, Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Jochen Wiedemann
Lehrstuhl Kraftfahrwesen
Institut für Verbrennungsmotoren und
Kraftfahrwesen, Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

Weitere Bände in der Reihe <http://www.springer.com/series/13535>

Frank Brosi

Methode zur Erzeugung eines erweiterten Konformitätstests für Kommunikations- protokolle am Beispiel der ISO 15118

Frank Brosi
IVK, Fakultät 7, Lehrstuhl für
Kraftfahrzeugmechatronik
Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

Zugl.: Dissertation Universität Stuttgart, 2019

D93

ISSN 2567-0042 ISSN 2567-0352 (electronic)
Wissenschaftliche Reihe Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart
ISBN 978-3-658-27532-7 ISBN 978-3-658-27533-4 (eBook)
<http://doi.org/10.1007/978-3-658-27533-4>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2019

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungsinstitut für Kraftfahrwesen und Fahrzeugmotoren Stuttgart (FKFS). Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Hans-Christian Reuss für die Förderung und Betreuung meiner Arbeit, er ist Leiter des Lehrstuhls Kraftfahrzeugmechatronik des Instituts für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen (IVK) der Universität Stuttgart. Ebenso gilt mein Dank Herrn Prof. Dr.-Ing. Bernard Bäker Leiter des Lehrstuhls Fahrzeugmechatronik des Instituts für Automobiltechnik Dresden (IAD) der Technischen Universität Dresden für die freundliche Übernahme des Mitberichts.

Wesentliche Grundlagen dieser Arbeit entstanden im Rahmen einer Kooperation zwischen der Vector Informatik GmbH und dem FKFS. Mein Dank gilt an dieser Stelle Herrn Litschel und Herrn Dr.-Ing. Schelling für die Möglichkeit der Zusammenarbeit. Stellvertretend für die Kollegen bei Vector, die mich fachlich, durch konstruktive und hilfreiche Diskussionen, unterstützt haben, möchte ich die Herren Fabian Eisele, Patrick Sommer, Johannes Unser, Jan Großmann und Dirk Großmann erwähnen. Einige vertiefende Untersuchungen konnte ich im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Projekts DELTA (Datensicherheit und –integrität in der Elektromobilität beim Laden und eichrecht-konformen Abrechnen) tätigen. Als Ergebnis dieser Untersuchungen entstanden einige der zentralen Konzepte der Testdaten-Datenbank.

Meinen Kolleginnen und Kollegen am IVK und am FKFS möchte ich für die zahlreichen Diskussionen, die gegenseitige Unterstützung sowie die großartige Arbeitatmosphäre danken. Dies hat wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Bei Herrn Max Beer möchte ich mich für den Aufbau der Hardware des Testsystems, insbesondere für das mühevoll Verlegen der Kabel bedanken. An dieser Stelle danke ich auch Dr.-Ing. Dominique Kiefner für die Unterstützung bei der Anpassungen von TeSAM und die fachliche Beratung. Ein herzlicher Dank geht an Dr.-Ing. Daniel Kuncz und Dr.-Ing. Ulrike Weinrich für die Durchsicht der Arbeit und die hilfreichen Anregungen. Zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie für die Unterstützung und den großen emotionalen Rückhalt bedanken.

Frank Brosi

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XI
Abkürzungen	XIII
Kurzfassung	XV
Abstract	XVII
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	5
2.1 Kommunikation technischer Geräte	5
2.2 Tests für Kommunikationsprotokolle	6
2.3 IEC 61851	10
2.4 ISO 15118	12
2.4.1 Aufbau der Norm	14
2.4.2 ISO/OSI Schichten der ISO 15118	15
2.5 Konformitätstest nach ISO 15118-4 und -5	23
2.6 COMPL _e T _e	23
2.7 Konformitätstests innerhalb von CharIn e.V.	24
2.8 TeSAM: Testgenerierung aus Zustandsautomaten	24
3 Analyse der Fehlerpotenziale	27
3.1 Abstraktion der Applikationsschicht	27
3.2 Der Fehlerraum der Kommunikation technischer Geräte	31
3.2.1 Fehlerkategorien	31
3.2.2 Der Fehlerraum der Applikationsschicht	33
3.3 Stimuli-Ermittlung und Auswahl für erweiterte Konformitätstests .	36
3.4 Stimuli für den erweiterten ISO 15118 Konformitätstest	39
4 Methode zur Erzeugung eines erweiterten Konformitätstest	49
4.1 Modelle zur Generierung von Testszenarioszenarien	54
4.1.1 Modell der ISO 15118	56
4.1.2 Symboldatenbank	60
4.1.3 Testdaten Datenbank	62

4.2	Automatisierte Fehlermodellierung	65
4.2.1	Verzögern des Sendens	66
4.2.2	Senden von Nachrichten des Vorgänger-Zustandes	68
4.2.3	Senden von Nachrichten des Nachfolger-Zustandes	69
4.2.4	Stimuli mit Datenfehler	69
4.2.5	Teilautomatisierte Modellierung	73
4.2.6	Auffinden doppelter oder identischer Fehlerinjektionen	74
4.2.7	Anpassung der Algorithmen	75
4.3	Generierung der Testszenarien	76
5	Implementierung und Funktionsnachweis	79
5.1	Toolkette des Testsystems	80
5.2	Softwarestruktur	82
5.3	Testdaten Datenbank	84
5.4	Hardwareaufbau	84
5.5	Testergebnisse	88
6	Zusammenfassung und Ausblick	93
	Literaturverzeichnis	97
A	Anhang	107
A.1	Informationen zur ISO 15118 und DIN SPEC 70121	107
A.2	Basismodell für Ladesäulentests	114

Abbildungsverzeichnis

2.1 Remote-Testaufbau	9
2.2 Ersatzschaltbild der IEC61851	11
2.3 Kommunikation über IEC 61851	12
2.4 Die ISO 15118 im Kontext der OSI-Schichten	14
2.5 ISO/OSI Schichten der ISO 15118	16
3.1 Protokoll Abstraktion	28
3.2 Analyse der Fehlerpotenziale	31
4.1 Übersicht der Methode	50
4.2 Teilmodell für Fahrzeugtests ohne Fehlerzustände	59
4.3 Ausschnitt der Modellierung eines Fahrzeugtests	60
4.4 Schematik der Testdaten-Datenbank	63
4.5 Algorithmus zum Verzögern des Sendens	67
4.6 Senden von Nachrichten des Vorgänger-Zustandes	68
4.7 Senden von Nachrichten des Nachfolger-Zustandes	70
4.8 Ablaufdiagramm einer generierten Testsequenz mit Datenfehler	71
4.9 Teilautomatisierte Modellierung	74
5.1 Softwarestruktur	82
5.2 Hardwarestruktur des Testsystems	85
5.3 Skizze der PLC-Modul-Verschaltung	85
5.4 Schützverschaltung	87
A.1 Performancezeiten und Timeouts	108
A.2 Teilmodell für Ladepunkttests ohne Fehlerstimuli	114

Tabellenverzeichnis

2.1	Konformitätstests für Kommunikationsprotokolle	8
3.1	Fehlerraum der Applikationsschicht	33
3.2	Fehler der Ablaufebene	34
3.3	Fehler der Datenstruktur	35
3.4	Fehler der Datenebene	36
3.5	Fehlerstimuli der Ablaufebene	38
3.6	Fehlerstimuli der Datenstruktur	39
3.7	Fehlerstimuli der Datenebene	40
3.8	Fehlerstimuli der ISO 15118 Datenebene	42
3.9	Fehlerstimuli der ISO 15118 Datenstruktur	45
3.10	Fehlerstimuli der ISO 15118 Ablaufebene	47
5.1	Auffälligkeiten bei der Testdurchführung	92
A.1	V2G handshake messages Response-Codes	109
A.2	ISO 15118 Response-Codes	109
A.3	DIN SPEC 70121 Response Codes	112

Abkürzungen

AC	A lternating C urrent
AVLN	AV Logical N etwork
BEV	B attery E lectric V ehicle
CAN	C ontroller A rea N etwork
CCS	C ombined C harging S ystem
COMPL _e T _e	COM munication P rotocol va lIdation T oolchain
CP	C ontrol P ilot
DC	D irect C urrent
DHCP	D ynamic H ost C onfiguration P rotocol
DIN	D eutsches I nstitut für N ormung
ECU	E lectronic C ontrol U nit
EIM	E xternal I dentification M eans
EM	E nergiemesser
ETSI	E uropean T elecommunication S tandards I nstitute
EV	E lectric V ehicle
EVCC	E lectric V ehicle C ommunication C ontroller
EVSE	E lectric V ehicle S upply E quipment
EXI	E fficient eX tensible I nterchange
FMEA	F ehler m öglichkeiten- und e influss a nalyse
IEC	I nternational E lectrotechnical C ommission
IEEE	I nstitute of E lectrical and E lectronics E ngineers
IETF	I nternet E ngineering T ask F orce
IMD	I nsulation M onitoring D evice, Isolationsüberwachungsgerät
IP / IPv6	I nternet P rotocol / I nternet P rotocol V ersion 6
IPsec	I nternet P rotocol S ecurity
ISO	I nternational O rganization for S tandardization
IUT	I mplementation U nder T est
JSON	J ava S cript O bject N otation
LM	L istungsmesser
MAC	M edia A ccess C ontrol

MC/DC	M odified C ondition / D ecision C overage
NID	N etwork I dentify
OCPD	O pen C harge P oint P rotocol
OSI	O pen S ystems I nterconnection
PCO	P oint of C ontrol and O bservation
PE	P rotective E arth
PICS	P rotocol I mplementation C onformance S tatement
PLC	P ower L ine C ommunication
PnC	P lug and C harge
PP	P roximity P in
PWM	P ulsweiten m odulation
RFC	R equests for C omments
RFID	R adio- F requency I dentification
SA	S econdary A ctor
SAE	S ociety of A utomotive E ngineers
SDP	S ECC D iscovery P rotocol
SECC	S upply E quipment C ommunication C ontroller
SLAAC	S tateless A uto A ddress C onfiguration
SLAC	S ignal- L evel- A ttenuation- C haracterization
SOC	S tate of C harge
SuT	S ystem u nder T est
SW	S oftware
TCP	T ransmission C ontrol P rotocol
TLS	T ransport L ayer S ecurity
TTCN-3	T esting and T est C ontrol N otation V ersion 3
UDP	U ser D atagram P rotocol
UML	U nified M odeling L anguage
V2G	V ehicle t o G rid (communication)
V2G CI	V2G C ommunication I nterface
V2GTP	V2G T ransfer P rotocol
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informations- technik e.V.
WPT	W ireless P ower T ransfer
XML	e Xtensible M arkup L anguage
XSD	X ML S chema D efinition

Kurzfassung

Die Einführung der ISO 15118 als Kommunikationsprotokoll zwischen Elektrofahrzeugen und Ladepunkten wirft die Frage der Konformitäts- und Interoperabilitätsprüfung für dieses Protokoll auf. Die folgende Arbeit stellt eine neuartige Methode zur Ermittlung eines erweiterten Konformitätstests vor. Diese Methode ist geeignet die Konformitätsprüfung um Aspekte der Robustheit und der Interoperabilität zu erweitern. Das Protokoll wird dazu in Abstraktionsebenen unterteilt und auf jeder Ebene bezüglich potenzieller Fehler analysiert. Das Ergebnis dieser Analyse wird anschließend zur Ableitung und Auswahl geeigneter Stimuli für den erweiterten Konformitätstest genutzt. Zur Erzeugung von Testsequenzen wird ein modellbasierter Ansatz verwendet. Dieser unterscheidet sich von bisherigen Ansätzen darin, dass nicht das Modell zur Bestimmung der Negativtests herangezogen wird, sondern die Negativtests mit neu entwickelten Algorithmen automatisiert in das Modell integriert werden. Das sich ergebende Gesamtmodell ermöglicht eine Überprüfung der Ergebnisse der Algorithmen sowie des Testumfangs. Als Basis für die automatische Modellierung nutzen die Algorithmen ein Gut-Fall-Modell des Protokolls, in welches die Stimuli eingefügt werden. Das entstandene Modell wird im Anschluss in Testsequenzen für eine Testablaufsteuerung übersetzt. Diese generierten Testsequenzen kommen auf einem ebenfalls in dieser Arbeit vorgestellten Testsystem zur Ausführung. Die abschließend aufgezeigten Testergebnisse dieses Testsystems weisen die praktische Anwendbarkeit des Vorgehens nach.