



Marcus Hellwig
Volker Sypli

Leit- und Sicherungstechnik mit drahtloser Datenübertragung

Sicherheit im drahtlosen Bahnbetrieb ·
Qualität in der Informationsverarbeitung ·
Methoden der Qualitätssicherung



Springer Vieweg

Leit- und Sicherungstechnik mit drahtloser Datenübertragung

Marcus Hellwig • Volker Sypli

Leit- und Sicherungstechnik mit drahtloser Datenübertragung

Sicherheit im drahtlosen
Bahnbetrieb · Qualität in der
Informationsverarbeitung · Methoden
der Qualitätssicherung



Springer Vieweg

Marcus Hellwig
Lautertal
Deutschland

Volker Sypli
Mainz
Deutschland

ISBN 978-3-658-05435-9
DOI 10.1007/978-3-658-05436-6

ISBN 978-3-658-05436-6 (eBook)

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 2014
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 Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Geleitwort der DB International GmbH

Die Entwicklung des Eisenbahnverkehrs in Europa und weiten Teilen der Welt hat im vergangenen Jahrzehnt einen rasanten Aufschwung erfahren. Als echte Alternative zum Flugzeug und Auto wird er auf lange Sicht einen erheblichen Anteil des Gesamtverkehrs- volumens ausmachen.

Das ist auch der Tatsache zu verdanken, dass die Politik darauf bedacht ist, mit den abnehmenden Energiereserven sorgsam umzugehen. Ebenfalls ist dafür Sorge zu tragen, dass der Eisenbahnverkehr nicht an europäischen Grenzen Halt macht, sondern darüber hinaus weitergeführt wird. Damit verbunden sind viele Herausforderungen, denen sich auch die Deutsche Bahn stellt. Zahlreiche Projekte in aller Welt werden aus deutscher Hand und mit deutschem Know-how umgesetzt.

Dazu gehört auch der Einsatz zeitgemäßer Ausrüstungstechnik wie die Leit- und Sicherungstechnik, die derzeit unter einem gemeinsamen europäischen Konzept ERTMS (European Rail Traffic Management System) Gestalt annimmt. Darunter fällt auch das abgestufte ETCS (European Train Controll System), dessen Kommunikationsbasis das GSM-R (Global System for Mobile Communications – Railway) ist.

Sollte weiterhin das Ziel verfolgt werden, bestehende europäische Leit- und Sicherungstechnik (LST) in Länder zu exportieren, die über keine oder eher wenig Eisenbahnfahrung verfügen, mag dieses Buch eine Richtschnur für die Entwicklung drahtloser LST bieten, die insbesondere für weite Stellentfernungen, also auch für die durch Vandalismus gefährdeten Strecken, zum Einsatz kommen kann.

Dafür notwendig ist ein sicher kommunizierendes Datennetz wie z. B. Internet, Wireless Metropolitan Area Network (WMAN), Richtfunk oder artverwandte Systeme.

Der Herausforderung, hierfür nach Methoden einer sicheren Bahntelematik zu forschen, stellen sich die Autoren mit ihrem Beitrag. Der Schwerpunkt dieser Arbeit behandelt die Themen LST, Telekommunikation und Qualitätsmanagement in Verbindung mit dem Wahrscheinlichkeitskalkül übergreifend.

Besonderen Dank gilt DB International GmbH, Fr. Dr. Hüske für das Geleitwort Fa. ISB, Hr. Peter Schließmann, Leit- und Sicherungstechnik, Deutsche Gesellschaft für Qualität, Herrn Christoph Lunau und Herrn Elmar Hillel, QoS Quality of Service sowie TU-Darmstadt, Frau Dr. Tina Felber, Wahrscheinlichkeitsberechnungen und Statistik.

Vorwort

Bahnsicherungstechnik spielt die tragende Rolle bei der Sicherheit im Bahnbetrieb. Eine komplexe technische und personelle Organisation sorgt für die sichere Leitung der Züge von Ort zu Ort unter sich ändernden Bedingungen und Anforderungen an die Kapazitäten der Bahn. Daher werden Stellwerke den daraus resultierenden Herausforderungen gewachsen sein müssen.

Mit dieser Arbeit stellt der Verfasser Technik und Methodik zur Sicherung der Prozessfähigkeit der Komponenten der Bahnkommunikation als Bindeglied zwischen zentraler Steuerung und isolierten, weit von einer Zentrale entfernten Feldelementen vor. Methoden und Technik unterscheiden sich nicht von gültigen Standards, sie werden aber abweichend davon in ein präventiv wirkendes System eingebunden.

Unter Anwendung der Methoden der nunmehr präventiv agierenden Qualitätssicherung konnten in der Arbeit grundlegende, technische und methodische Anforderungen an die technologischen Bedingungen einer QoS für eine redundante Bahnkommunikationstechnik in Verbindung mit der Sicherungstechnik vorgestellt werden, die bis dato nicht in dem Umfang angewendet wurden. Wesentliche Unterschiede zum derzeitigen Standard finden sich insbesondere in folgenden Bereichen und sind in der Arbeit anhand konkreter Funktionen belegt:

- Umfang und Ausprägung präventiv wirkender, qualitätssichernder Methoden,
- Tendenz zu redundanten, datenbankgestützten Systemen,
- Prozesssicherheit für ein risikooptimiertes Betreiben von Übertragungssystemen durch Überwachung der QoS mittels SPC.
- Die methodischen und technischen Lösungen unterscheiden sich vom Standard sehr stark, da Letztere auf eingetroffene Fehler/Ausfälle/Störungen aktuell reagieren, nicht präventiv agieren, um mögliche Ausfälle überhaupt zu vermeiden.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Vorstellung eines kabellos fernwirkenden Datenbanksystems zur Steuerung entfernter Feldelemente	3
3 Randbedingungen	7
3.1 Grundlegendes Gedankenexperiment zur Erhebung von QoS-relevanter Information	9
3.2 „Ein Beitrag zur ganzheitlichen Sicherheitsbetrachtung des Bahnsystems“	10
3.3 Vandalismus	11
3.4 Identifikation von Fragen zur QoS	12
3.5 Gegenüberstellung Kabelsteuerung – kabellose Fernsteuerung	13
3.6 Kabellose, datenbankgestützte Fernsteuerung	16
3.7 Bedingungen zur frühzeitigen Entdeckung von F/A/S	17
3.8 Randbedingungen für eine Gütevereinbarung	19
3.9 Umsetzung einer Gütevereinbarung durch synchronisierende Datenbanken	21
3.10 Beherrschte Prozesse als Sicherung von Gütevereinbarungen	23
3.11 Darstellung von Risiken verursacht durch F/A/S	25
3.12 Darstellung eines Systems zur Prädiagnostik für ferngesteuerte Systeme	28
3.13 Darstellung der verwendeten Hardware/Software	28
3.14 Darstellung der benötigten Daten zur Erhebung einer statistischen Stichprobe	28
3.15 Anwendung der Methoden zur Wertung der QoS	29
3.16 Grundsätze, Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie	33
4 Vorstellung statistischer Methoden zur präventiven Erkennung von Fehlverhalten der Übertragungssysteme	35
4.1 Induktive und deduktive Ansätze, „Schwarze Schwäne“	36
4.2 Induktiver Ansatz zur Bestimmung der Stichprobengröße	37

4.3	Induktiver Ansatz zur Erkennung von F/A/S in einer Stichprobe	39
4.4	Intervallschätzung zum Stichprobenergebnis über Binomialverteilung	39
4.5	Paketverluste in einer Stichprobe bei bestimmter Wahrscheinlichkeit	40
4.6	Induktiver Ansatz zur Erkennung von F/A/S in einer Stichprobe über die Standardnormalverteilung	42
4.7	Induktiver Ansatz zur Erkennung von F/A/S über die Lebensdauer	47
4.8	Verknüpfung der Ansätze	48
4.9	Induktiver Ansatz für besondere Fälle, Schiefe der Verteilung und Zweigipfligkeit	49
4.10	Induktiver Ansatz zur Überprüfung von Normalverteilungen mittels Hypothesentest	53
4.11	Induktiver Ansatz zur Prüfung kleiner Stichprobenumfänge über das Vertrauensintervall	56
4.12	Deduktiver Ansatz zur Auffindung F/A/S-anfälliger Systeme	57
4.13	Ausreißer, „Schwarze Schwäne“	59
5	Qualitätsüberwachung	63
5.1	Aktionsphasen der Qualitätsüberwachung	64
5.2	Ansatz zur Einhaltung der Übertragungszeit für Störmeldungen	64
5.3	Zusammenfassung und Wertung der Ansätze in einer Handlungsempfehlung	65
5.4	SPC (Statistical Process Control)	66
5.5	Shewhartregelkarte, (x-quer/S) Qualitätsregelkarte	67
6	Betrachtung multipler Kommunikationswege in einem Netz	69
6.1	Übereinstimmung zwischen beherrschtem Prozess und Zuverlässigkeit (A_D , Availability _{Duration})	69
6.2	Darstellung des Risikos in einem 2 aus 3-System	71
6.3	Risikotabelle für zwei exemplarische Fälle	77
7	Zusammenfassung und Ausblick	79
8	Anhänge	83
8.1	Erhebung Grundgesamtheit UMTS (ping cvut.cz) n=20.000	83
8.2	Systemlebensdauern	83
8.3	OSI-Referenzmodell	86
8.4	Definitionen nach Bundesnetzagentur, Mitteilung Nr. 294/2005	87
Literatur		89
Sachverzeichnis		91

Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

GSM-R	Global System for Mobile Communications-Rail(way)
SPC	Statistical Process Control
IP	Internetprotokoll
LWL	Lichtwellenleiter
Ril	Richtlinie
SM	Stellwerkslogik (in einem Stellwerk)
EN	Europäische Norm
<i>H</i>	Hazard, Gefährdung
<i>Hr</i>	Hazard Range, Gefährdungsrate
<i>Da</i>	Damage, Schaden
<i>Ri</i>	Risk, Risiko
<i>R</i>	Reliability, Zuverlässigkeit
<i>A</i>	Availability, Verfügbarkeit
<i>M</i>	Maintainability, Instandhaltbarkeit
\bar{x}	Arithmetischer Mittelwert der Werte aus einer Stichprobe
<i>h</i>	Harmonischer Mittelwert
μ	Erwartungswert der Normalverteilung bzw. Reparaturrate
λ	Ausfallrate
<i>P</i>	Wahrscheinlichkeit
<i>QoS</i>	Quality of Service, Dienstgüte
<i>SLA</i>	Service Level Agreement
<i>GPRS (General Packet Radio Service) bis zu 53,4 kbit/s</i>	GPRS (deutsch: „Allgemeiner paketorientierter Funkdienst“) basiert auf dem GSM Standard (2G) und wird im Unterschied zum herkömmlichen GSM (9600 Bytes) paketweise abgerechnet. Dabei kann GPRS bereits vorhandene GSM Zeitschlüsse bis zu achtfach bündeln. In der Praxis liegt die Geschwindigkeit auf Grund der begrenzten Basisstationen bei maximal 53,4 kbit/s. Das entspricht der Geschwindigkeit eines 56 K V90 Modems.

EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) bis zu 220 kbit/s

EDGE ist eine Weiterentwicklung von GPRS und basiert somit ebenfalls auf dem GSM Standard 2G. Durch ein zusätzliches Modulationsverfahren (8-PSK) können Geschwindigkeiten von bis zu 220 kbit/s im Download und bis zu 110 kbit/s im Upload erreicht werden. Das entspricht einer 4-fachen ISDN Leitung. EDGE wird bereits in vielen Ländern eingesetzt und wird in Deutschland derzeit von T-Mobile, Vodafone und O2 gerade in ländlichen Gebieten weiter ausgebaut. Um EDGE nutzen zu können, benötigt man ein GPRS/UMTS Modem mit EDGE-Unterstützung.

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) bis zu 384 kbit/s

UMTS steht für einen Mobilfunkstandard der dritten Generation (3G). Dabei gibt es zwei Übertragungsarten: Bei FDD (Frequency Division Duplex) senden Basisstation und Mobilgerät auf zwei unterschiedlichen Frequenzen zur gleichen Zeit. Somit ist das Übertragungssignal nicht gepulst. Im TDD Betrieb (Time Division Duplex) senden Basisstation sowie Mobilgerät zu unterschiedlichen Zeiten auf einem selben Frequenzband. Dabei wird es in 15 Timeslots unterteilt, die mit jeweils einer Dauer von 10 ms senden (gepulste Strahlung wie bei GSM, GPRS). Um UMTS nutzen zu können, benötigt man ein UMTS Modem.