Beiträge aus der Informationstechnik

Jörn Plönnigs

Control Network Performance Engineering

Qualitätsorientierter Entwurf von
CSMA-Netzwerken der Automation

VOGT

Dresden 2007

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.ddb.de abrufbar.

Zugl.: Dresden, Techn. Univ., Diss., 2007

Die vorliegende Arbeit stimmt mit dem Original der Dissertation
„Control Network Performance Engineering“
von Jörn Plönnigs überein.

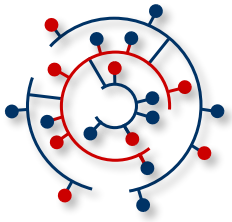
Besuchen Sie uns im Internet:
www.vogtverlag.de

© Jörg Vogt Verlag 2007
Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved.

Gesetzt vom Autor
Printed in Germany

ISBN 978-3-938860-10-6

Jörg Vogt Verlag
Voglerstr. 20 · 01277 Dresden
Telefon: +49-(0)351-31403921
Telefax: +49-(0)351-31403918
Email: info@vogtverlag.de



Control Network Performance Engineering

Qualitätsorientierter Entwurf von CSMA-Netzwerken der Automation

Dipl.-Ing. Jörn Plönnigs

Von der Fakultät Informatik
der Technischen Universität Dresden
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktoringenieur (Dr.-Ing.) genemigte

Dissertation

Gutachter:
Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Kabitzsch
Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Buchholz
Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dietmar Dietrich

Tag der Einreichung: 2. Februar 2007
Tag der Verteidigung: 23. Mai 2007

Kurzfassung

Beim Entwurf großer Netzwerke der Automation ermöglichen Methoden der Leistungsbewertung den Test und die Dimensionierung eines Netzwerkes bereits vor der Inbetriebnahme und erlauben damit einen effizienten, qualitätsorientierten Entwurf. Es ist jedoch sehr wissensintensiv und aufwendig, entsprechende Analyse- oder Simulations-Modelle aufzustellen und die Ergebnisse auszuwerten, weshalb die Methoden in der Praxis der Automation selten verwendet werden. Viel vertrauter sind dem Entwerfer hingegen die speziellen Software-Tools, mit denen in der Automation Netzwerke entworfen werden. Auf Basis der Datenbanken dieser Tools werden in dieser Arbeit verschieden Verfahren zur automatischen Systemmodellierung, Verkehrsmodellierung, Leistungsbewertung und Fehlerdiagnose zu einem *Control Network Performance Engineering* kombiniert, welches die Qualitätsbewertung und -beratung nahtlos und ohne Mehraufwand in den Netzwerkentwurf integriert.

Abstract

During the design of large automation networks, performance analysis methods can be used for testing and dimensioning the network before implementation and are essential for an efficient and reliable design process. However, setting up the necessary analytical or simulative models is time-consuming, requires in-depth knowledge, and is therefore often not applicable in practice. The network designers are much more used to the design tools used to develop automation networks. Based on these tools' databases various methods for automated system and traffic modeling, performance analysis and diagnoses are combined in the *control network performance engineering* that seamlessly integrates quality analysis and consulting into network design without requiring additional effort.

Inhaltsverzeichnis

I. Einführung 1

1. Einleitung 3

2. Problemstellung 7
   2.1. Branchen der Automation und Kommunikation 7
   2.2. Entwurf von Netzwerken der Automation 10
   2.3. Qualität des Netzwerkentwurfs 13
   2.4. Zielsetzung: Verbesserung der Qualität 15
      2.4.1. Qualität der Funktionsimplementation 15
      2.4.2. Qualität des Kommunikationssystems 17

3. Lösungskonzept 21
   3.1. Anforderungen an eine Lösung 21
   3.2. Lösungsansätze in der Literatur 23
      3.2.1. Leistungsbewertung 23
      3.2.2. Automatische Modellierung 25
      3.2.3. Automatische Qualitätsbewertung und Fehleranalyse 27
   3.3. Control Network Performance Engineering 28

4. Netzwerkprotokolle der Gebäudeautomation 31
   4.1. Modelle zur Einordnung von Netzwerkprotokollen 31
   4.2. Netzwerkprotokolle der Gebäudeautomation 33

II. Control Network Performance Engineering 37

5. Automatische Modellierung des Systemmodells 39
   5.1. Grundlegende Aspekte der automatischen Modellierung 39
      5.1.1. Informationsquellen zur automatischen Modellierung 41
      5.1.2. Beispielnetzwerk 42
   5.2. Systemmodell der Bitübertragungsschicht 43
   5.3. Systemmodell der Vermittlungsschicht 46

5.4. Systemmodell der Anwendungsschicht 48
5.5. Zusammengeführtes Systemmodell der Nachrichtenklassen 51
5.5.1. Nachrichtenklassen 51
5.5.2. Übertragungsdienste 53
5.5.3. Systemmodell der Nachrichtenklassen 54
5.5.4. Modellierungsgrenzen 57
5.6. Validierung 58
5.7. Zusammenfassung 59

6. Automatische Modellierung des Verkehrsmodells 61
6.1. Grundlagen der Verkehrsmodellierung 61
6.2. Modell der Geräteinteraktion 63
6.2.1. Allgemeiner Modellierungsansatz 63
6.2.2. Detailliertes Gerätemodell 65
6.2.3. Abstraktes Gerätemodell 67
6.3. Zeitverhalten 68
6.3.1. Bearbeitungszeit der Anwendungsschicht 68
6.3.2. Bursts 72
6.4. Quellprozesse 74
6.4.1. Methoden zur Abtastung 74
6.4.2. Zeitorientierte Nachrichtengenerierung 76
6.4.3. Ereignisorientierte Nachrichtengenerierung bei Zustandssignalen 79
6.4.4. Ereignisorientierte Nachrichtengenerierung kontinuierlicher Signale mit Send-On-Delta 81
6.4.4.1. Modellierung des Quellprozesses 81
6.4.4.2. Quellprozess im detaillierten Gerätemodell 83
6.4.4.3. Quellprozess im abstrakten Gerätemodell 84
6.4.4.4. Untersuchung charakteristischer Wetterprozesse . 86
6.4.4.5. Untersuchung von Regelungsprozessen 88
6.4.5. Ereignisorientierte Nachrichtengenerierung kontinuierlicher Signale mit Schwellwerten 90
6.4.6. Begrenzung der Zwischenankunftszeiten 92
6.4.6.1. Einfluss im detaillierten Gerätemodell 93
6.4.6.2. Einfluss im abstrakten Gerätemodell am Beispiel des Send-On-Delta-Algorithmus 95
6.5. Filterprozesse 97
6.6. Datenmodell des Gerätemodells 98
6.7. Validierung 100
6.8. Modellierungsgrenzen 105
6.9. Zusammenfassung 106

7. Leistungsbewertung 109
7.1. Allgemeine Ergebnisanforderungen . . . 109
7.2. Notwendige Leistungskenngrößen . . . 111
7.3. Zusammenhang zwischen den Modellteilen und der Ankunftsratenmodifier $u_{\mathfrak{m}}$ . . . 113
7.4. Zusammenfassung . . . 116

8. Fehleranalyse und Nutzerberatung 119
8.1. Einführung . . . 119
8.2. Fehleridentifikation . . . 121
8.2.1. Dienstqualität (Quality of Service) . . . 121
8.2.2. Zusammenhang der Dienstqualität mit den Qualitätsmerkmalen . . . 122
8.2.3. Definition der verwendeten QoS-Charakteristika, QoS-Anforderungen und QoS-Güteklassen . . . 123
8.2.4. Fehleridentifikation mittels QoS-Anforderungen . . . 124
8.2.5. Qualitätsmaß des Netzwerkentwurfs . . . 127
8.2.6. Datenmodell der QoS-Anforderungen und Anwendung . . . 129
8.3. Analyse der Fehlerzusammenhänge . . . 130
8.3.1. Priorisierung von Fehlern durch QoS-Risikoklassen und QoS-Gewichte . . . 130
8.3.2. Fehlerbäume zur Diagnose . . . 131
8.3.3. Fehlerbaum der Kanalauslastung . . . 134
8.3.4. Fehlerbaum der Verzögerungszeit . . . 134
8.3.5. Fehlerbaum der Fehlerwahrscheinlichkeit . . . 138
8.4. Nutzerberatung . . . 140
8.4.1. Einführung . . . 140
8.4.2. Verbesserung einzelner Dienstqualitäten durch Übertragungsdienste . . . 142
8.4.3. Verbesserung einzelner Dienstqualitäten durch Prioritäten . 145
8.4.4. Verbesserung der Lastsituation durch Übertragungsdienste und Prioritäten . . . 146
8.4.5. Verbesserung der Lastsituation durch Anpassung der Abtastparameter . . . 148
8.5. Zusammenfassung . . . 151

III. Zusammenfassung 155

9. Grenzen der Arbeit 157

10. Zusammenfassung und Abgleich mit der Zielstellung 159

11. Ausblick 163

Appendix 165

Danksagungsverzeichnis 167

Verzeichnis aller Ziele, Anforderungen und Prämissen 169

Abbildungsverzeichnis 173

Tabellenverzeichnis 175

Formelverzeichnis 177

Abkürzungsverzeichnis 181

Literaturverzeichnis 183

Schlagwortverzeichnis 197