

Informatik

UNIX - Das Betriebssystem und die Shells

von K. Kannemann

Grundlagen der Informatik für das Nebenfachstudium

von R. Schaback

Aufbau und Arbeitsweise von Rechenanlagen

von W. Coy

Rechneraufbau am konkreten Beispiel

von T. Knieriemien

Mathematische Grundlagen der Computergraphik

von W. Luther und M. Ohsmann

Methoden der digitalen Bildsignalverarbeitung

von P. Zamperoni

Logische Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

von M. R. Genesereth und N. J. Nilsson

Formalisieren und Beweisen

von D. Siefkes

Berechenbarkeit, Komplexität, Logik

von E. Börger

Automated Theorem Proving

von W. Bibel

Modulare Regelprogrammierung

von S. Bocionek

Einführung in die Methode des Jackson Structured Programming (JSP)

von K. Kilberth

Prolog - Eine methodische Einführung

von R. Cordes, R. Kruse, H. Langendörfer, H. Rust

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Brecht, Werner

Verteilte Systeme unter UNIX: eine praxisorientierte
Einführung / Werner Brecht. – Braunschweig; Wiesbaden:
Vieweg, 1992

ISBN-13:978-3-528-05194-5

Das in diesem Buch enthaltene Programm-Material ist mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Der Autor und der Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieses Programm-Materials oder Teilen davon entsteht.

Alle Rechte vorbehalten

© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig / Wiesbaden, 1992

Der Verlag Vieweg ist ein Unternehmen der Verlagsgruppe Bertelsmann International.



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN-13:978-3-528-05194-5 e-ISBN-13:978-3-322-83046-3

DOI: 10.1007/978-3-322-83046-3

Werner Brecht

Verteilte Systeme unter UNIX

Eine praxisorientierte Einführung



Informatik

UNIX - Das Betriebssystem und die Shells

von K. Kannemann

Grundlagen der Informatik für das Nebenfachstudium

von R. Schaback

Aufbau und Arbeitsweise von Rechenanlagen

von W. Coy

Rechneraufbau am konkreten Beispiel

von T. Knieriemen

Mathematische Grundlagen der Computergraphik

von W. Luther und M. Ohsmann

Methoden der digitalen Bildsignalverarbeitung

von P. Zamperoni

Logische Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

von M. R. Genesereth und N. J. Nilsson

Formalisieren und Beweisen

von D. Siefkes

Berechenbarkeit, Komplexität, Logik

von E. Börger

Automated Theorem Proving

von W. Bibel

Modulare Regelprogrammierung

von S. Bocionek

Einführung in die Methode des Jackson Structured Programming (JSP)

von K. Kilberth

Prolog - Eine methodische Einführung

von R. Cordes, R. Kruse, H. Langendörfer, H. Rust

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	VII
1 Parallelität und Kommunikation	1
1.1 Netze als abstrakte Computer	1
1.2 Prozessor-Architektur	8
2 Multiprozessorsysteme	19
2.1 Enge und lose Kopplung	19
2.2 Netzwerk-Charakteristika	23
2.3 Weite und lokale Netze	29
3 Netzprotokolle	33
3.1 Normung	33
3.2 Das ISO-OSI-Referenzmodell	35
3.3 XNS, SNA, NetBIOS und UUCP	43
3.4 Ethernet	47
3.5 Die TCP/IP-Protokolle	52
3.6 Netzverbindungen (Internetworking)	69
4 C und UNIX	74
4.1 Die Programmiersprache C	74
4.2 Das Betriebssystem UNIX	101
5 Anwendungsdienste	119
5.1 Dämonen	119
5.2 TELNET und FTP	121
5.3 R-Kommandos	130
5.4 INFORMIX-NET, NFS und X-Window	136

6	Parallele Prozesse	153
	6.1 Präzedenz	153
	6.2 Fork-Join-Konstruktion und Parallel-Statement	158
	6.3 Konkurrierende Prozesse und gegenseitiger Ausschluß	164
	6.4 Semaphore (Dijkstra)	175
	6.5 Monitore	180
7	Interprozeßkommunikation	189
	7.1 Synchronisation und Semaphore (UNIX)	189
	7.2 Shared-Memory	210
	7.3 Pipes und Messages	216
	7.4 Sockets	229
	Lösungen zu den Übungsaufgaben	252
	Literaturangaben	264
	Register	268

Vorwort

Eine Beschäftigung mit *verteilten Systemen* ist eine Beschäftigung mit Teilgebieten der Technischen, der Praktischen und der Theoretischen Informatik. Verteilte Systeme sind vernetzte Systeme; die beteiligten Rechner tauschen untereinander Daten aus. Die Prozessoren haben häufig unterschiedliche Architekturen, und es gibt ein breites Spektrum von Übertragungstechniken und -medien. Bei der Betrachtungsweise der Technischen Informatik stehen physikalische und elektrotechnische Bezüge im Vordergrund.

Auf jedem der Netzrechner laufen Programme, die die Verteilung realisieren und für den Datenaustausch verantwortlich sind. Die Verwaltung dieser Programme ist Aufgabe eines Betriebssystems, das meist prozeßorientiert arbeitet. Derartige Programmsysteme, ihre Erstellung und ihr Betrieb, werden in der Praktischen Informatik studiert. Die Prozesse sind für den Datenaustausch verantwortlich. Sie sind die Kommunikationspartner in den verteilten Systemen. Bei diesem Standpunkt ist eine Betrachtung verteilter Systeme gleichbedeutend mit einer Betrachtung von Interprozeßkommunikationsmethoden.

Da die Netzrechner und mit ihnen die Prozesse unabhängig voneinander und gleichzeitig arbeiten, entsteht ein Koordinierungsproblem. Bei bestimmten Handlungen müssen Prozesse eine bestimmte Reihenfolge einhalten. Manchmal muß verhindert werden, daß zwei oder mehr Prozesse einander stören. In anderen Situationen sollen Prozesse zusammenarbeiten, um die vorhandene Parallelität zu ihren Gunsten auszunutzen. Die Beschäftigung mit grundsätzlichen Konzepten paralleler Prozesse gehört zur Theoretischen Informatik und ist Voraussetzung für das Verständnis der Abläufe in einem verteilten System.

Mit dem vorliegenden Buch wird der Versuch unternommen, eine Brücke über die drei genannten Gebiete der Informatik zu schlagen. Der Autor ist Professor für Systemprogrammierung an der Technischen Fachhochschule Berlin (TFHB) und dort seit vielen Jahren Leiter des Rechenzentrums. Die TFHB hat derzeit (1991) etwa 7500 Studierende, denen ca. 300 auf unterschiedliche Weise vernetzte EDV-Arbeits- und Übungsplätze zur Verfügung stehen.

Das TFHB-Campus-Netz (als *Backbone*) ist ein Ethernet und wird hauptsächlich mit den TCP/IP-Protokollen betrieben. Neben TCP/IP werden auf dem gleichen physikalischen Netz XNS-Protokolle der Firma XEROX eingesetzt, allerdings mit einer deutlich geringeren Anwendungsbreite. In den Laboratorien der TFHB sind neben dem Campus-Netz vielfältig strukturierte und organisierte lokale Netzwerke entstanden, so daß eine ausgesprochen heterogene Netzwerk-Landschaft vorhanden ist.

Im Rechenzentrum der TFHB wird seit Mitte der achtziger Jahre mit verteilten Systemen experimentiert. Campusweit steht derzeit mit NFS ein verteiltes Dateisystem zur Verfügung. Die praktische Berufstätigkeit des Autors, insbesondere beim Aufbau und Betrieb des Netzes und seiner Software, schlägt sich in Lehrveranstaltungen über verteilte Systeme nieder. Die ausgesprochen positive Aufnahme des Themas durch die Informatikstudentinnen und -studenten der TFHB hat mit zum Entstehen dieses Buches beigetragen. Eine ganz wesentliche Motivation ist durch Seminare entstanden, die der Autor im Schulungszentrum des zum Daimler-Benz-Konzern gehörenden *debis*-Systemhauses in Frankfurt hält. Gerade die überaus konstruktiven Diskussionen mit den Praktikern aus den Betrieben des Daimler-Benz-Konzerns haben einen großen Teil der Ausführungen geprägt.

Das Buch beginnt mit grundsätzlichen Bemerkungen über die Begriffe Parallelität und Kommunikation, problematisiert Mehrprozessorsysteme und gelangt so zu den Daten- und Rechnernetzen. Im dritten Kapitel werden, vom ISO-OSI-Referenzmodell ausgehend, Netzprotokolle vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt auf TCP/IP. Ethernet wird als typische und sehr weit verbreitete Basis für TCP/IP relativ ausführlich behandelt. Diese Schwerpunktbildung liegt zum einen an der praktischen Tätigkeit des Autors, die TCP/IP-geprägt ist, zum andern an der nur zögerlich vorankommenden Verbreitung OSI-konformer Software, mit der eine Stärkung der Marktposition von TCP/IP durch innovative Produkte wie NFS und X-Window einhergeht. Bevor auf konkrete Anwendungen eingegangen werden kann, ist ein kurzer Einschub über die Programmiersprache C und das Betriebssystem UNIX unerlässlich. Dort sollen im wesentlichen die später in den Anwendungen und den Beispielen benutzten Begriffe im Kontext der Sprache bzw. des Betriebssystems vorgestellt werden.

Als Anwendungsdienste werden TELNET (eine virtuelle Terminalverbindung) und FTP (für Dateiübertragungen) vorgestellt und durch verteilte Systeme, wie NFS und X-Window, ergänzt.

Mit den mehr theoretischen Voraussetzungen, allerdings mit vielen praktischen Bezügen, für die Konzeption und Implementierung verteilter Systeme befaßt sich das sechste Kapitel, während das siebte die Programmierung unter dem Gesichtspunkt der Interprozeßkommunikation behandelt. Dort wird insbesondere die Socket-Schnittstelle zu den TCP/IP-Protokollen aufgearbeitet.

Zu jedem Kapitel werden als kleine Erfolgskontrolle Übungsaufgaben gestellt, deren Lösungen sich an das siebte Kapitel anschließen. Ihnen folgen Literaturangaben für vertiefende Studien. Das Buch schließt mit einem Register.

Der Einfluß der englischsprachigen Literatur beeinflusst die Schreibweise von Fachausdrücken in erheblichem Ausmaß. Im Englischen können beispielsweise mehrere einen Begriff bildende Hauptwörter nebeneinander stehen, wie in *Print Server*. Im Deutschen ist dies nicht möglich, zumindest nicht ohne Sinnentstellung. Wo solche englischen Begriffe unübersetzt im Text vorkommen, werden sie mit Bindestrich geschrieben, wie in *Print-Server*. Es ist versucht worden, dort, wo Eindeutungen sinnvoll erschienen, die deutschen Begriffe zu benutzen, also *Dateisystem* statt *File-System* oder *Systemaufruf* statt *System-Call* zu schreiben. Allerdings hat der große Einfluß des Englischen eine konsequente Haltung verhindert. Dazu kommt, daß manche Begriffe sehr schwierig oder nur umständlich ins Deutsche zu übertragen sind. Andere, wie zum Beispiel der Ausdruck *Compiler*, sind bereits Teil einer (deutschen) Fachsprache geworden.

In einigen Abschnitten werden Einheiten mit Bits und Bytes benutzt. Unter anderem sind folgende Abkürzungen im Text zu finden:

b	Bits
Kb	Kilobits (1K = 1000)
Mb	Megabits (1M = 1000K)
Gb	Gigabits (1G = 1000M)
B	Bytes
KB	Kilobytes
MB	Megabytes
GB	Gigabytes
b/s	Bits pro Sekunde
Kb/s	Kilobits pro Sekunde
Mb/s	Megabits pro Sekunde
Gb/s	Gigabits pro Sekunde

B/s	Bytes pro Sekunde
KB/s	Kilobytes pro Sekunde
MB/s	Megabytes pro Sekunde
GB/s	Gigabytes pro Sekunde

Einige Worte des Dankes sind angebracht. Das gilt insbesondere meiner Familie, die mich zur entscheidenden Zeit in Ruhe hat arbeiten lassen. Die Kollegen Prof. Dr. Buchholz, Prof. Christaller und Prof. Ratsch haben das Manuskript gelesen. Ihnen verdanke ich viele Anregungen und manche interessante Diskussion. Das Rechenzentrum der TFHB hat mir bei programmier- und gerätetechnischen Fragen zur Seite gestanden. Schließlich gebührt dem Verlag Dank für die unbürokratische Zusammenarbeit und die Betreuung. Die Druckvorlage für das Buch ist mit WORD 5.0 unter Zuhilfenahme von Druckformatvorlagen des Hauses Vieweg erstellt und auf einem LaserJet Series II ausgedruckt worden.