

Contents

1 Introduction	1
2 Fundamentals of Computer Science	3
2.1 Bit	3
2.2 Representation of Numbers	4
2.2.1 Decimal System	5
2.2.2 Binary System	5
2.2.3 Octal System	6
2.2.4 Hexadecimal System	7
2.3 File and Storage Dimensions	8
2.4 Information Representation	9
2.4.1 ASCII Encoding	10
2.5 Unicode	12
2.6 Representation of Strings	13
3 Fundamentals of Operating Systems	15
3.1 Operating Systems in Computer Science	15
3.2 Positioning and Core Functionalities of Operating Systems	16
3.3 Evolution of Operating Systems	19
3.3.1 Second Generation of Computers	20
3.3.2 Third Generation of Computers	21
3.3.3 Fourth Generation of Computers	22
3.4 Operating Modes	23
3.4.1 Batch Processing and Time-sharing	23
3.4.2 Singletasking and Multitasking	25
3.4.3 Single-user and Multi-user	26
3.5 8/16/32/64-Bit Operating Systems	27
3.6 Real-Time Operating Systems	28
3.6.1 Hard and Soft Real-Time Operating Systems	28
3.6.2 Architectures of Real-Time Operating Systems	29
3.7 Distributed Operating Systems	30
3.8 Kernel Architectures	32
3.8.1 Monolithic Kernels	34
3.8.2 Microkernels	34
3.8.3 Hybrid Kernels	36
3.9 Structure (Layers) of Operating Systems	37
4 Fundamentals of Computer Architecture	39
4.1 Von Neumann Architecture	39
4.1.1 Central Processing Unit	40
4.1.2 Fetch-Decode-Execute Cycle	41

4.1.3 Bus Lines	42
4.2 Input/Output Devices	45
4.3 Digital Data Storage	48
4.4 Memory Hierarchy	49
4.4.1 Register	52
4.4.2 Cache	52
4.4.3 Cache Write Policies	53
4.4.4 Main Memory	54
4.4.5 Hard Disk Drives	55
4.4.6 Addressing Data on Hard Disk Drives	56
4.4.7 Access Time of HDDs	58
4.4.8 Solid-State Drives	58
4.4.9 Reading Data from Flash Memory Cells	60
4.5 RAID	64
4.5.1 RAID 0	67
4.5.2 RAID 1	68
4.5.3 RAID 2	69
4.5.4 RAID 3	70
4.5.5 RAID 4	71
4.5.6 RAID 5	72
4.5.7 RAID 6	73
4.5.8 RAID Combinations	73
5 Memory Management	75
5.1 Memory Management Concepts	75
5.1.1 Static Partitioning	76
5.1.2 Dynamic Partitioning	77
5.1.3 Buddy Memory Allocation	80
5.2 Memory Addressing in Practice	83
5.2.1 Real Mode	84
5.2.2 Protected Mode and Virtual Memory	88
5.2.3 Page-based Memory Management (Paging)	90
5.2.4 Segment-based Memory Management (Segmentation)	99
5.2.5 State of the Art of Virtual Memory	100
5.2.6 Kernel space and User space	100
5.3 Page Replacement Strategies	103
5.3.1 Optimal Strategy	104
5.3.2 Least Recently Used	105
5.3.3 Least Frequently Used	106
5.3.4 First In First Out	107
5.3.5 Clock / Second Chance	108
5.3.6 Random	109
6 File Systems	111
6.1 Technical Principles of File Systems	111
6.2 Block Addressing in Linux File Systems	112
6.2.1 Minix	115
6.2.2 ext2/3	116
6.3 File Systems with a File Allocation Table	119
6.3.1 FAT12	123
6.3.2 FAT16	123
6.3.3 FAT32	125

6.3.4 VFAT	126
6.4 Journaling File Systems	127
6.5 Extent-based Addressing	129
6.5.1 ext4	131
6.5.2 NTFS	132
6.6 Copy-on-Write	133
6.7 Accelerating Data Access with a Cache	134
6.8 Defragmentation	135
7 System Calls	137
7.1 User Mode and Kernel Mode	137
7.2 System Calls and Libraries	138
7.3 System Call Processing	142
8 Process Management	145
8.1 Process Context	145
8.2 Process States	147
8.3 Structure of a Process in Memory	154
8.4 Process Creation via fork	157
8.5 Replacing Processes via exec	161
8.6 Process Switching and Process Scheduling	165
8.6.1 Priority-driven Scheduling	168
8.6.2 First Come First Served	169
8.6.3 Round Robin	170
8.6.4 Shortest Job First / Shortest Process Next	171
8.6.5 Shortest Remaining Time First	172
8.6.6 Longest Job First	172
8.6.7 Longest Remaining Time First	173
8.6.8 Highest Response Ratio Next	173
8.6.9 Earliest Deadline First	174
8.6.10 Fair-Share Scheduling	174
8.6.11 Multilevel Scheduling	175
9 Interprocess Communication	179
9.1 Critical Sections and Race Conditions	179
9.2 Synchronization of Processes	182
9.2.1 Specification of the Execution Order of Processes	183
9.2.2 Protecting Critical Sections by Blocking	185
9.2.3 Starvation and Deadlock	187
9.3 Communication of Processes	192
9.3.1 Shared Memory	192
9.3.2 Message Queues	198
9.3.3 Pipes	205
9.3.4 Sockets	212
9.4 Cooperation of Processes	221
9.4.1 Semaphore	222
9.4.2 Mutex	227
9.4.3 Monitor	228
10 Virtualization	229
10.1 Partitioning	229
10.2 Hardware Emulation	230

10.3 Application Virtualization	232
10.4 Full Virtualization	233
10.5 Paravirtualization	236
10.6 Hardware Virtualization	237
10.7 Operating System-level Virtualization	238
Glossary	241
References	255
Index	259

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Grundlagen der Informationstechnik	3
2.1 Bit	3
2.2 Repräsentation von Zahlen	4
2.2.1 Dezimalsystem	5
2.2.2 Dualsystem	5
2.2.3 Oktalsystem	6
2.2.4 Hexadezimalsystem	7
2.3 Datei- und Speichergrößen	8
2.4 Informationsdarstellung	9
2.4.1 ASCII-Kodierung	10
2.5 Unicode	12
2.6 Darstellung von Zeichenketten	13
3 Grundlagen der Betriebssysteme	15
3.1 Einordnung der Betriebssysteme in die Informatik	15
3.2 Positionierung und Kernfunktionalitäten von Betriebssystemen	16
3.3 Entwicklung der Betriebssysteme	19
3.3.1 Zweite Generation von Computern	20
3.3.2 Dritte Generation von Computern	21
3.3.3 Vierte Generation von Computern	22
3.4 Betriebsarten	23
3.4.1 Stapelbetrieb und Dialogbetrieb	23
3.4.2 Einzelprogrammbetrieb und Mehrprogrammbetrieb	25
3.4.3 Einzelbenutzerbetrieb und Mehrbenutzerbetrieb	26
3.5 8/16/32/64 Bit-Betriebssysteme	27
3.6 Echtzeitbetriebssysteme	28
3.6.1 Harte und weiche Echtzeitbetriebssysteme	28
3.6.2 Architekturen von Echtzeitbetriebssystemen	29
3.7 Verteilte Betriebssysteme	30
3.8 Architektur des Betriebssystemkerns	32
3.8.1 Monolithische Kerne	34
3.8.2 Minimale Kerne	34
3.8.3 Hybride Kerne	36
3.9 Schichtenmodell	37
4 Grundlagen der Rechnerarchitektur	39
4.1 Von-Neumann-Architektur	39
4.1.1 Hauptprozessor	40
4.1.2 Von-Neumann-Zyklus	41

4.1.3 Busleitungen	42
4.2 Ein-/Ausgabegeräte	45
4.3 Digitale Datenspeicher	48
4.4 Speicherhierarchie	49
4.4.1 Register	52
4.4.2 Cache	52
4.4.3 Cache-Schreibstrategien	53
4.4.4 Hauptspeicher	54
4.4.5 Festplatten	55
4.4.6 Adressierung der Daten auf Festplatten	56
4.4.7 Zugriffszeit bei Festplatten	58
4.4.8 Solid-State Drives	58
4.4.9 Daten aus Flash-Speicherzellen auslesen	60
4.5 RAID	64
4.5.1 RAID 0	67
4.5.2 RAID 1	68
4.5.3 RAID 2	69
4.5.4 RAID 3	70
4.5.5 RAID 4	71
4.5.6 RAID 5	72
4.5.7 RAID 6	73
4.5.8 RAID-Kombinationen	73
5 Speicherverwaltung	75
5.1 Konzepte zur Speicherverwaltung	75
5.1.1 Statische Partitionierung	76
5.1.2 Dynamische Partitionierung	77
5.1.3 Buddy-Speicherverwaltung	80
5.2 Speicheradressierung in der Praxis	83
5.2.1 Real Mode	84
5.2.2 Protected Mode und virtueller Speicher	88
5.2.3 Seitenorientierter Speicher (Paging)	90
5.2.4 Segmentorientierter Speicher (Segmentierung)	99
5.2.5 Stand der Technik beim virtuellen Speicher	100
5.2.6 Kernelspace und Userspace	100
5.3 Seitenersetzungsstrategien	103
5.3.1 Optimale Strategie	104
5.3.2 Least Recently Used	105
5.3.3 Least Frequently Used	106
5.3.4 First In First Out	107
5.3.5 Clock / Second Chance	108
5.3.6 Random	109
6 Dateisysteme	111
6.1 Technische Grundlagen der Dateisysteme	111
6.2 Blockadressierung bei Linux-Dateisystemen	112
6.2.1 Minix	115
6.2.2 ext2/3	116
6.3 Dateisysteme mit Dateizuordnungstabellen	119
6.3.1 FAT12	123
6.3.2 FAT16	123
6.3.3 FAT32	125

6.3.4 VFAT	126
6.4 Journaling-Dateisysteme	127
6.5 Extent-basierte Adressierung	129
6.5.1 ext4	131
6.5.2 NTFS	132
6.6 Copy-on-Write	133
6.7 Datenzugriffe mit einem Cache beschleunigen	134
6.8 Defragmentierung	135
7 Systemaufrufe	137
7.1 Benutzermodus und Kernelmodus	137
7.2 Systemaufrufe und Bibliotheken	138
7.3 Ablauf eines Systemaufrufs	142
8 Prozessverwaltung	145
8.1 Prozesskontext	145
8.2 Prozesszustände	147
8.3 Struktur eines Prozesses im Speicher	154
8.4 Prozesse erzeugen mit fork	157
8.5 Prozesse ersetzen mit exec	161
8.6 Prozesswechsel und Scheduling von Prozessen	165
8.6.1 Prioritätengesteuertes Scheduling	168
8.6.2 First Come First Served	169
8.6.3 Round Robin	170
8.6.4 Shortest Job First / Shortest Process Next	171
8.6.5 Shortest Remaining Time First	172
8.6.6 Longest Job First	172
8.6.7 Longest Remaining Time First	173
8.6.8 Highest Response Ratio Next	173
8.6.9 Earliest Deadline First	174
8.6.10 Fair-Share-Scheduling	174
8.6.11 Multilevel-Scheduling	175
9 Interprozesskommunikation	179
9.1 Kritische Abschnitte und Wettlaufsituationen	179
9.2 Synchronisation von Prozessen	182
9.2.1 Definition der Ausführungsreihenfolge durch Signalisierung	183
9.2.2 Schutz kritischer Abschnitte durch Sperren	185
9.2.3 Verhungern und Deadlock	187
9.3 Kommunikation von Prozessen	192
9.3.1 Gemeinsamer Speicher	192
9.3.2 Nachrichtenwarteschlangen	198
9.3.3 Kommunikationskanäle	205
9.3.4 Sockets	212
9.4 Kooperation von Prozessen	221
9.4.1 Semaphor	222
9.4.2 Mutex	227
9.4.3 Monitor	228
10 Virtualisierung	229
10.1 Partitionierung	229
10.2 Hardware-Emulation	230

10.3 Anwendungsvirtualisierung	232
10.4 Vollständige Virtualisierung	233
10.5 Paravirtualisierung	236
10.6 Hardware-Virtualisierung	237
10.7 Betriebssystem-Virtualisierung	238
Glossar	241
Literatur	255
Index / Stichwortverzeichnis	259