

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	79
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	102
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 ext2/3/4	117
6.3 File Systems with a File Allocation Table	120
6.3.1 FAT12	124
6.3.2 FAT16	124
6.3.3 FAT32	126

6.3.4 VFAT	126
6.3.5 exFAT	127
6.4 Journaling File Systems	130
6.5 Extent-based Addressing	131
6.5.1 ext4	133
6.5.2 NTFS	135
6.6 Copy-on-Write	138
6.6.1 ZFS	138
6.6.2 Btrfs	140
6.6.3 ReFS	140
6.7 Accelerating Data Access with a Cache	141
6.8 Defragmentation	142
7 System Calls	145
7.1 User Mode and Kernel Mode	145
7.2 System Calls and Libraries	146
7.3 System Call Processing	150
8 Process Management	153
8.1 Process Context	153
8.2 Process States	155
8.3 Structure of a Process in Memory	162
8.4 Process Creation via fork	165
8.5 Replacing Processes via exec	171
8.6 Process Switching and Process Scheduling	175
8.6.1 Priority-driven Scheduling	177
8.6.2 First Come First Served	178
8.6.3 Round Robin	179
8.6.4 Shortest Job First / Shortest Process Next	180
8.6.5 Shortest Remaining Time First	181
8.6.6 Longest Job First	182
8.6.7 Longest Remaining Time First	182
8.6.8 Highest Response Ratio Next	183
8.6.9 Earliest Deadline First	183
8.6.10 Fair-Share Scheduling	184
8.6.11 Multilevel Scheduling	185
8.6.12 Scheduling of Linux Operating Systems	187
9 Interprocess Communication	195
9.1 Critical Sections and Race Conditions	195
9.2 Synchronization of Processes	198
9.2.1 Specification of the Execution Order of Processes	199
9.2.2 Protecting Critical Sections by Blocking	201
9.2.3 Starvation and Deadlock	203
9.3 Communication of Processes	208
9.3.1 Shared Memory (System V)	208
9.3.2 Shared Memory (POSIX)	214
9.3.3 Message Queues (System V)	218
9.3.4 Message Queues (POSIX)	225
9.3.5 Pipes	230
9.3.6 Sockets	237
9.4 Cooperation of Processes	252

9.4.1 Semaphore according to Dijkstra	252
9.4.2 Semaphores (System V)	256
9.4.3 Semaphores (POSIX)	264
9.4.4 Mutex	271
9.4.5 Monitor	273
10 Virtualization	275
10.1 Partitioning	275
10.2 Hardware Emulation	276
10.3 Application Virtualization	278
10.4 Full Virtualization	279
10.5 Paravirtualization	282
10.6 Hardware Virtualization	283
10.7 Operating System-level Virtualization	284
Glossary	287
References	301
Index	307

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	79
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 Kernspace und Userspace	102
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 ext2/3/4	117
6.3 Dateisysteme mit Dateizuordnungstabellen	120
6.3.1 FAT12	124
6.3.2 FAT16	124
6.3.3 FAT32	126

6.3.4 VFAT	126
6.3.5 exFAT	127
6.4 Journaling-Dateisysteme	130
6.5 Extent-basierte Adressierung	131
6.5.1 ext4	133
6.5.2 NTFS	135
6.6 Copy-on-Write	138
6.6.1 ZFS	138
6.6.2 Btrfs	140
6.6.3 ReFS	140
6.7 Datenzugriffe mit einem Cache beschleunigen	141
6.8 Defragmentierung	142
7 Systemaufrufe	145
7.1 Benutzermodus und Kernelmodus	145
7.2 Systemaufrufe und Bibliotheken	146
7.3 Ablauf eines Systemaufrufs	150
8 Prozessverwaltung	153
8.1 Prozesskontext	153
8.2 Prozesszustände	155
8.3 Struktur eines Prozesses im Speicher	162
8.4 Prozesse erzeugen mit fork	165
8.5 Prozesse ersetzen mit exec	171
8.6 Prozesswechsel und Scheduling von Prozessen	175
8.6.1 Prioritätengesteuertes Scheduling	177
8.6.2 First Come First Served	178
8.6.3 Round Robin	179
8.6.4 Shortest Job First / Shortest Process Next	180
8.6.5 Shortest Remaining Time First	181
8.6.6 Longest Job First	182
8.6.7 Longest Remaining Time First	182
8.6.8 Highest Response Ratio Next	183
8.6.9 Earliest Deadline First	183
8.6.10 Fair-Share-Scheduling	184
8.6.11 Multilevel-Scheduling	185
8.6.12 Scheduling von Linux-Betriebssystemen	187
9 Interprozesskommunikation	195
9.1 Kritische Abschnitte und Wettlaufsituationen	195
9.2 Synchronisation von Prozessen	198
9.2.1 Definition der Ausführungsreihenfolge durch Signalisierung	199
9.2.2 Schutz kritischer Abschnitte durch Sperren	201
9.2.3 Verhungern und Deadlock	203
9.3 Kommunikation von Prozessen	208
9.3.1 Gemeinsamer Speicher (System V)	208
9.3.2 POSIX-Speichersegmente	214
9.3.3 Nachrichtenwarteschlangen (System V)	218
9.3.4 POSIX-Nachrichtenwarteschlangen	225
9.3.5 Kommunikationskanäle	230
9.3.6 Sockets	237
9.4 Kooperation von Prozessen	252

9.4.1 Semaphor nach Dijkstra	252
9.4.2 Semaphoren (System V)	256
9.4.3 POSIX-Semaphoren	264
9.4.4 Mutex	271
9.4.5 Monitor	273
10 Virtualisierung	275
10.1 Partitionierung	275
10.2 Hardware-Emulation	276
10.3 Anwendungsvirtualisierung	278
10.4 Vollständige Virtualisierung	279
10.5 Paravirtualisierung	282
10.6 Hardware-Virtualisierung	283
10.7 Betriebssystem-Virtualisierung	284
Glossar	287
Literatur	301
Index / Stichwortverzeichnis	307