C UNIX-Überblick

- Historische Entwicklung
- Grundkonzepte
  - ◆ Dateien und Dateisystem
  - ◆ Prozesse, Prozeßkommunikation
  - ◆ Betriebsmodi
  - ◆ Interrupts, Traps, Exceptions
- Systemkomponenten
  - ◆ Dateisystem
  - ◆ Prozeßverwaltung
  - ◆ Treiber

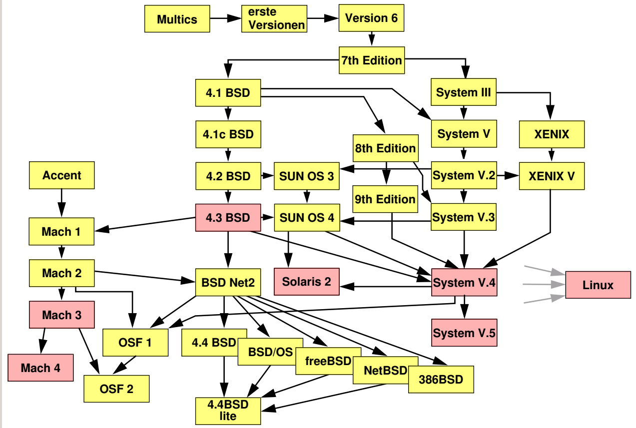
C.1 Historische Entwicklung

1969	erste Implementierung auf einer PDP7 *(Ken Thompson)*
1971	Reimplementierung in der Sprache B
1973	Erste Version in C
1976	UNIX Version 6
1978	UNIX Version 7 - erste portable Systemversion
ab 1980	Entstehung der Berkeley-Linie

1981	4.1BSD	1992	BSD Net2
1983	4.2 BSD	1994	4.4 BSD
1986	4.3 BSD		

1982	erste kommerziell vertriebene UNIX-Version von AT&T (System III)
1984	UNIX SystemV / Release 2
1986	UNIX SystemV / Release 3
1992	UNIX SystemV / Release 4

C.1 Historische Entwicklung (2)



C.2 Grundkonzepte

1 Dateien und Dateisystem

Verwaltung persistenter Daten — Abstraktion vom Plattenspeicher

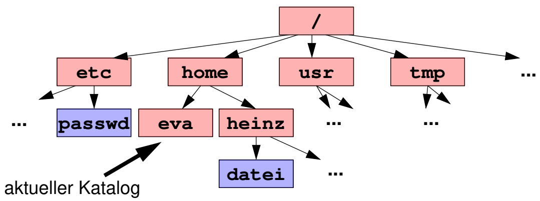
- Datei
  - ◆ einfacher, unstrukturierter Bytestrom
  - ◆ kann beliebige Text- oder Binärinformation enthalten
  - ◆ kann dynamisch erweitert werden
- Dateiattribute
  - ◆ Name
  - ◆ Typ
  - ◆ Ortsinformation
  - ◆ Größe
  - ◆ Zeitstempel
  - ◆ Rechte
  - ◆ Eigentümer, Gruppe

1 Dateien und Dateisystem (2)

- Dateisystem
  - ◆ hierarchisch, baumförmig strukturiert
  - ◆ Knoten sind **Dateikataloge *(Directories)***, "Blätter" sind Verweise ***(Links)*** auf Dateien ***(Files)***
  - ◆ der oberste Dateikatalog ist die **Wurzel *(Root)*** des Dateibaums
  - ◆ jedem Benutzer ist zu jeder Zeit eine **aktuelle Wurzel *(current root)*** und ein **aktueller Dateikatalog *(current working directory)*** zugeordnet
  - ◆ Peripheriegeräte (Terminals, Magnetbänder, ...) ***(special files)*** werden analog zu normalen Dateien ***(regular files)*** behandelt
  - ◆ Dateien und Kataloge sind mit Zugriffsrechten versehen

1 Dateien und Dateisystem (3)

- Baumstruktur & Pfade im Dateibaum



  - ◆ z.B. „**`/home/heinz/datei`**“, „**`/tmp`**“, „**`../heinz/datei`**“
  - ◆ „**/**“ ist Trennsymbol *(Slash)*; beginnender „**/**“ bezeichnet Wurzelkatalog; sonst Beginn implizit mit dem aktuellem Katalog
  - ◆ jeder Katalog enthält Verweise auf sich selbst **(.)** und auf den darüberliegenden Katalog **(..)** — in Pfadnamen verwendbar!
  - ◆ mehrere Dateisysteme können zu einem homogenen Baum zusammenmontiert werden

2 Programme und Prozesse

- Programm
  - ◆ ein Programm ist eine Reihe von Maschinenbefehlen, die in einer Datei abgespeichert sind
- Prozeß
  - ◆ ein Prozeß ist die Ausführung eines Programms in der durch die Prozeßdatenstrukturen definierten Umgebung — u. a.
    - Speicherbereiche
    - Zugriffsrechte
    - Prioritäten

2 Programme und Prozesse (2)

- … Prozesse
  - ◆ in UNIX können mehrere Prozesse (quasi-)gleichzeitig ablaufen ***(Multitasking)***
  - ◆ mehrere Prozesse können das gleiche Programm ausführen, ohne sich gegenseitig zu beeinflussen
  - ◆ Prozesse können neue Prozesse (identische Abbilder ihrer selbst) erzeugen ***(fork)***
  - ◆ Prozesse können das ablaufende Programm durch ein anderes ersetzen ***(exec)***

3 Prozeßkommunikation

- Prozesse können mit anderen Prozessen Daten austauschen
- UNIX stellt dazu folgende Kommunikationsmechanismen zur Verfügung:
- ursprüngliche Mechanismen (UNIX V7)
  - ➥ **Signale**
    - Auslösung einer Unterbrechung bei einem anderen Prozeß
    - Empfänger kann auf die einzelnen Signale gezielt reagieren
  - ➥ **Pipes**
    - gerichtete FIFO-Puffer zur Übertragung beliebiger Daten
    - nur zwischen dem Erzeuger-Prozeß der Pipe und von ihm erzeugten Prozessen, bzw. zwischen seinen Sohn-Prozessen
  - ➥ exit-Status
    - ein Byte, das durch den Vater-Prozeß abgefragt werden kann
  - ➥ Dateien

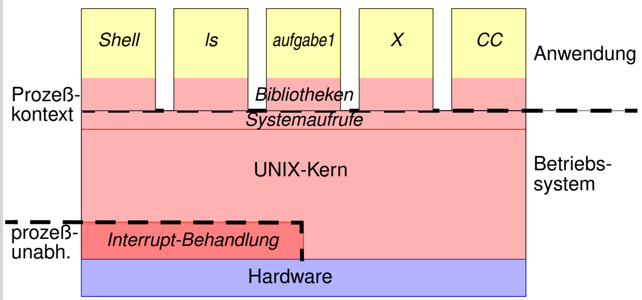
3 Prozeßkommunikation (2)

- System V - Erweiterungen
  - ➥ **named Pipes**
    - Pipes mit Namens-Einträgen im Dateisystem
    - zwischen beliebigen Prozessen verwendbar
  - ➥ **Messages**
    - kleine Datenpakete (meist 128 Byte) zwischen Prozessen
    - eigene Warteschlangenverwaltung, Empfang nach Prioritäten möglich
  - ➥ **shared Memory**
    - gemeinsamer Speicherbereich für mehrere Prozesse
    - Zugriffe nicht koordiniert
  - ➥ **Semaphore**
    - zur Koordinierung von Zugriffen auf gemeinsame Systemressourcen - z. B. shared memory

3 Prozeßkommunikation (3)

- Berkeley-Erweiterungen
  - ➥ **Sockets**
    - Endpunkte von FIFO-Speicher-Paaren — im Gegensatz zu Pipes bidirektionale Kommunikation möglich

C.3 UNIX Systemstruktur



1 Benutzermodus

- Programmcode wird von einem Prozeß im Benutzermodus *(user mode)* ausgeführt (nicht privilegiert!)

2 Systemkern

- Alle Funktionen des Betriebssystems sind in einem **monolithischen Kern** zusammengefaßt
- Der Systemkern wird im **privilegierten Modus** (supervisor) ausgeführt
- in der Kern-Umgebung gibt es für jeden Prozeß einen eigenen Stack (lokale Daten), jedoch nur ein Datensegment (globale Daten) für alle Prozesse gemeinsam

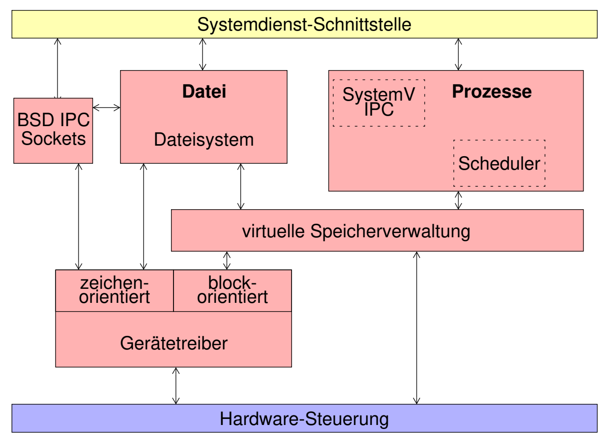
2 Systemkern (2)

- **Prozeßwechsel** im Systemkern sind nur an fest definierten Stellen möglich, an denen die globalen Datenstrukturen in konsistentem Zustand sind
  - ➥ Probleme bei Multiprozessorsystemen!!!
- Hardware-Interrupts bewirken den Aufruf einer *Interrupt Service Routine*, die die Daten von der Hardware annimmt und ggf. Prozesse aufweckt
- Interrupt Service Routinen laufen in der Kern-Umgebung ab, haben aber keinen Prozeßkontext
  - ◆ Interrupt Service Routinen können auf die Datenstrukturen des Kerns zugreifen
    - ➥ während Manipulationen an Kern-Datenstrukturen, die nicht unterbrochen werden dürfen, müssen Interrupts verhindert werden

3 Wechsel zwischen Benutzermodus und Systemkern

- Betriebssystemdienste führt ein Prozeß durch
  - ◆ Wechsel in den **System-Modus *(kernel mode)*** (privilegiert!)
  - ◆ und Aufruf von Funktionen des UNIX-Kerns aus
    - ➥ ein Prozeß fordert nicht einen Betriebssystemdienst von einem Kern-Prozeß an, sondern sein Aktivitätsträger wechselt in den Systemkern und führt dort den Systemdienst selbst aus!
- der Wechsel zwischen Benutzer- und Kernelmodus geschieht durch ***Traps* (system calls,** *SVCs)*
- ***Exceptions*** (z. B. Division durch 0) bewirken ebenfalls einen Wechsel in den Systemkern, wo die Fehlerbehandlung veranlaßt wird

C.4 Struktur des Systemkerns

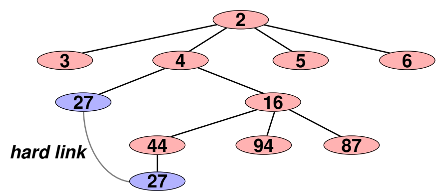


C.5 Dateisystem

- jede Datei (*Directory*, *special file*, *named pipe*, ...) wird durch einen **Inode** vollständig beschrieben
- die **Directories** enthalten nur die Zuordnungen
  Dateiname ⇒ ***Inode (Link)***
- es können mehrere Dateinamen auf den gleichen Inode verweisen (nur innerhalb eines Dateisystems!): ***Hard-Links***
- die Zuordnung ***Pfadname*** ⇒ ***Inode*** erfolgt durch Absuchen des Pfads:
  - *Directory einlesen*
  - *Pfadkomponente suchen und Inodenummer feststellen, ...*
  - Kernel-Funktion ***lookup***

C.5 Dateisystem (2)

- Directory-Baum als Namensverzeichnis für das (eigentlich flache) Dateisystem



Inode 2

2	.
2	..
3	bin
4	dir1
5	etc
6	lib

Inode 3

3	.
2	..
0	
0	

Inode 4

4	.
2	..
16	dir2
27	xxx
0	

. . .

Inode 16

16	.
4	..
44	dir3
94	xxx
87	yyy

. . .

Inode 27

```
dies ist
eine
Testdatei
```

. . .

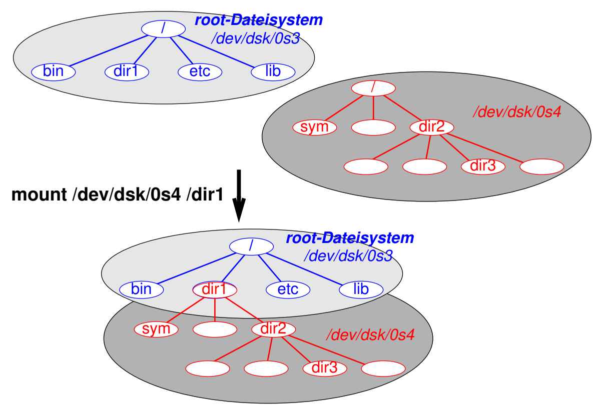
Inode 44

44	.
16	..
27	dat1
0	

C.5 Dateisystem (3)

- der UNIX-Dateibaum kann aus mehreren Dateisystemen - auch auf verschiedenen physikalischen Platten - bestehen
- jedes Dateisystem besteht aus einem Dateibaum mit einer ***Root***
- durch ***Mounten*** kann die Root eines Dateibaums an einen beliebigen Knoten eines anderen (bereits gemounteten) Dateibaums angebunden werden
- ***Network File System (NFS)*** erlaubt auch das Mounten von beliebigen Directories anderer Rechner

C.5 Dateisystem (4)



C.6 Prozeßverwaltung

1 Prozeß

- Ausführung eines Programms in der durch die Prozeßdatenstrukturen definierten Umgebung

2 Datenstrukturen zur Ausführung eines Programms

- Programmkode und Programmdaten werden in **Segmenten *(Regions)*** organisiert
- abhängig vom gerade auszuführenden Programm, können diese während der Lebenszeit eines Prozesses gewechselt werden

2 Datenstrukturen zur Ausführung eines Programms (2)

- **Text-Segment**
  Maschineninstruktionen des Programms
  (in der Regel schreibgeschützt, wird von mehreren Prozessen gemeinsam benutzt)
- **Daten-Segment**
  Daten des Programms (global und *static*), dynamisch erweiterbar (*malloc(3), sbrk(2)*)
- **Stack-Segment**
  lokale Daten und Aufrufparameter von Funktionen
  sowie Sicherungsbereiche für Registerinhalte und Rücksprungadressen
  — wächst bei Bedarf
- **shared Daten-Segment (optional)**
  gemeinsamer Datenbereich für mehrere Prozesse

3 Datenstrukturen zur Abwicklung eines Prozesses

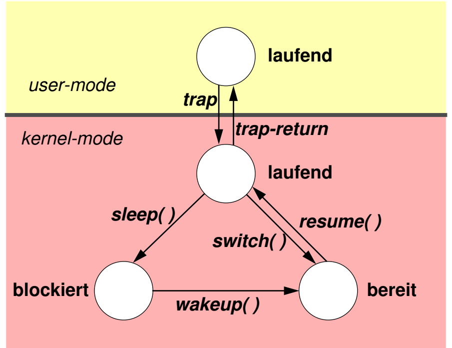
weitgehend unabhängig vom gerade abzuwickelnden Programm

- ***proc*-Struktur**
  Prozeßdaten, die während der Lebenszeit eines Prozesses ständig im Hauptspeicher benötigt werden
  z. B.
  – Hauptspeicher/Disk-Adressen der Segmente
  – Prioritäten
  – Signale
- ***user*-area**
  Daten, die zur Ausführung eines Prozesses benötigt werden
  z. B.
  – Segment-/Seiten-Kachel -Tabellen
  – *signal-handler*
  – Zugriffsrechte
  – Laufzeiten
  außerdem Stack für Abwicklung von Funktionen des Systemkerns (*kernel-stack)*

4 Multiprogramming, Scheduling

- UNIX erlaubt die (quasi-)gleichzeitige Abwicklung mehrerer Programme (Prozesse)
- Umschaltung zwischen Prozessen durch **Prozeßwechsel *(context switching)***
- Prozeßwechsel erfolgen
  - wenn Prozesse warten müssen (z. B. auf E/A), oder
  - nach einer bestimmten Laufzeit — **Zeitscheibe *(time slice)***
- die Entscheidung, welcher Prozeß als nächstes den Prozessor zugeteilt bekommt ***(Scheduling)*** erfolgt auf der Basis **dynamischer Prioritäten *(multi-level feedback)***

5 Prozeßzustände



C.7 Treiber

- Treiber erzeugen die Verbindung zwischen dem Systemkern und Peripheriegeräten (Terminals, Drucker, Platten, Magnetbänder, ...)
- generell wird zwischen zwei Arten von Treiber unterschieden

1 *raw-* oder *character-device driver*

- E/A erfolgt zeichenweise oder in beliebigen Blöcken
- Kommunikation mit der Peripherie erfolgt in der gleichen Reihenfolge, in der die Daten angefordert/geliefert werden
- Schnittstelle zum Treiber sind die Funktionen ***open( ), close( ), read( ), write( )*** und ***ioctl( )***

2 block-device driver

- E/A erfolgt in Blöcken (512 Byte, 1K, 4K oder 8K).
- die Blöcke werden im System gepuffert und in möglichst günstiger Reihenfolge von/zur Peripherie übertragen
- häufige Transfers werden durch die Pufferung vermieden
- vor allem für Platten-Treiber
- Schnittstelle zum Treiber sind die Funktionen ***open( ), close( )*** und ***strategy( )***
- die *strategy*-Routine sorgt für Austausch der Puffer-Blöcke mit der Peripherie
- Funktionen *read* und *write* operieren nur auf den Puffern

C.8 Netzwerk

- alle UNIX-Systeme enthalten eine Implementierung der **TCP/IP-Protokolle** im Systemkern
  - ◆ ursprünglich in Berkeley-UNIX entstanden
- Zugriff auf die Netzwerk-Protokolle erfolgt in der Regel über eine **Socket-Schnittstelle**
- als Übertragungsmedium wird in den meisten Fällen **Ethernet** verwendet, die Kommunikation kann aber z. B. auch über serielle Leitungen erfolgen