Systemprogrammierung

Einleitung

Wolfgang Schröder-Preikschat

Lehrstuhl Informatik 4

7. Mai 2014

Gliederung

1. Vorwort
2. Fallstudie
   - Speicherverwaltung
   - Analyse
   - Zwischenzusammenfassung
3. Begriffsdeutung
   - Literaturauszüge
4. Zusammenfassung

Systemprogrammierung ⇝ Betriebssysteme

Infrastruktursoftware für Rechensysteme

- was Betriebssysteme sind, kann „Glaubenskriege“ hervorrufen
  - das Spektrum reicht von „Winzlingen“ bis hin zu „Riesen“
  - simple Prozeduren ⇔ komplexe Programmsysteme
- entscheidend ist, dass Betriebssysteme nie dem Selbstzweck dienen

Sein oder Nichtsein. . .

Shakespeare zur Unabänderlichkeit oder Beeinflussbarkeit des Schicksals

Betriebssysteme sind unerlässliches **Handwerkszeug** der Informatik

- mit dem umzugehen ist zur Benutzung eines Rechensystems
- das gelegentlich zu beherrschen, anzupassen und auch anzufertigen ist

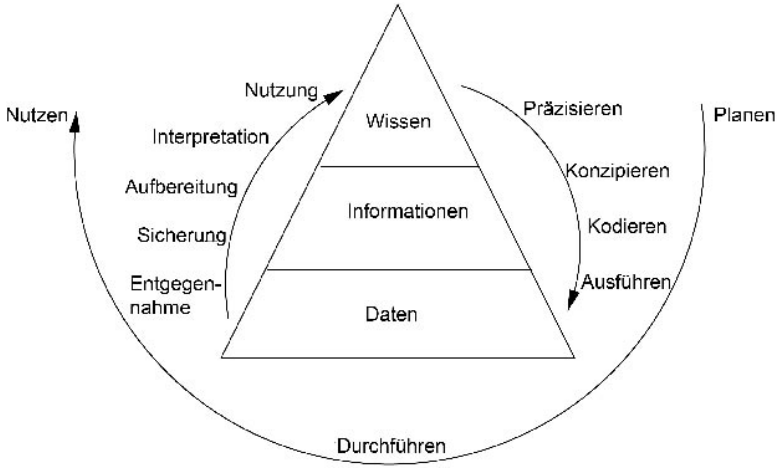
- IBM: z/VM (vormals VM/CMS), z/OS

- DEC: VAX/VMS

- DOS (16-/32-Bit)-, NT- und CE-Linie

Teil der Wissenspyramide „Informatik“

Phantasie ist wichtiger als Wissen, denn Wissen ist begrenzt (Einstein)



Die Funktionsweise eines Betriebssystems zu verstehen hilft, Phänomene eines Rechensystems zu begreifen und besser einzuschätzen.

- Eigenschaften (*features*) von Fehlern (*bugs*) unterscheiden
  - um Fehler kann ggf. „herum programmiert“ werden
  - um zum Anwendungsfall unpassende Eigenschaften oft jedoch nicht

- Systemverhalten kann sich positiv/negativ „nach oben“ auswirken

Gliederung

1 Vorwort

2 Fallstudie
- Speicherverwaltung
- Analyse
- Zwischenzusammenfassung

3 Begriffsdeutung
- Literaturauszüge

4 Zusammenfassung

Vorbelegung einer Matrix

Fall A: j wächst schneller als i

```
void by_row (int *mx, unsigned int n, int v) {
    unsigned int i, j;
    for (i = 0; i < n; i++)
        for (j = 0; j < n; j++)
            mx[i * n + j] = v;
}
```

Fall B: i wächst schneller als j

```
void by_column (int *mx, unsigned int n, int v) {
    unsigned int i, j;
    for (j = 0; j < n; j++)
        for (i = 0; i < n; i++)
            mx[i * n + j] = v;
}
```

`mx` Zeiger auf ein Feld `m[n][n]` von `n`×`n` Elementen (`n` Reihen, `n` Spalten)

`mx[i * n + j]` Selektion des `j`-ten Spaltenelements der `i`-ten Reihe; entspricht `m[i][j]` — sollte C eine solche Operation erlauben

Wirkt sich der Unterschied auf das Laufzeitverhalten aus?

Instanzenbildung und Initialisierung der Matrix

```
#include <stdlib.h>

extern void by_row (int*, unsigned int, int);
extern void by_column (int*, unsigned int, int);

main (int argc, char *argv[]) {
    if (argc == 3) {
        unsigned int n;
        if ((n = atol(argv[2])) {
            int *mx;
            if ((mx = (int*)calloc(n*n, sizeof(int)))) {
                if (*argv[1] == 'R') by_row(mx, n, 42);
                else by_column(mx, n, 42);
                free(mx);
            }
        }
    }
}
```

In Abhängigkeit von der Initialisierungsvariante (`argv[1]`) wird das dynamisch angelegte zweidimensionale Feld (`mx`) in verschiedener Weise mit demselben Wert (`42`) vorbelegt. Die Ausdehnung des Felds ist ein weiterer Programmparameter (`argv[2]`).

Laufzeitverhalten

$N \times N$ Matrix, mit $N = 11\,174 \approx 500$ MB Speicherplatzbedarf

Betriebssystem	Zentraleinheit	Speicher	by_row()	by_column()	
Solaris	2 × 1 GHz UltraSPARC IIIi	8 GB	3.64r 2.09u 1.11s	27.07r 24.68u 1.10s	(a)
Windows XP (Cygwin)	2 × 3 GHz Pentium 4 XEON	4 GB	0.87r 0.65u 0.21s	11.94r 11.62u 0.21s	(b)
Linux 2.6.20	2 × 3 GHz Pentium 4 XEON	4 GB	0.89r 0.48u 0.40s	14.73r 14.34u 0.39s	(c)
	2 × 2.8 GHz Pentium 4	512 MB	51.23r 0.47u 2.17s	39.84r 14.34u 2.09s	(d)
Mac OS X 10.4	1.25 GHz PowerPC G4	512 MB	10.24r 0.69u 2.12s	106.72r 23.15u 17.08s	(e)
	1.5 GHz PowerPC G4	512 MB	10.11r 0.46u 2.08s	93.68r 23.71u 6.85s	(f)
		1.25 GB	2.17r 0.43u 1.50s	27.95r 22.35u 4.22s	(g)

Wo uns der Schuh drückt. . .

(a)–(g) Linearisierung
- zweidimensionales Feld ↦ eindimensionaler Arbeitsspeicher

(a)–(g) Zwischenspeicher (engl. *cache*)
- Zugriffsfehler (engl. *cache miss*), Referenzfolgen

(d) Kompilierer
- semantische Analyse, Erkennung gleicher Zugriffsmuster

(d)–(f) virtueller Speicher
- Seitenfehler (engl. *page fault*), Referenzfolgen

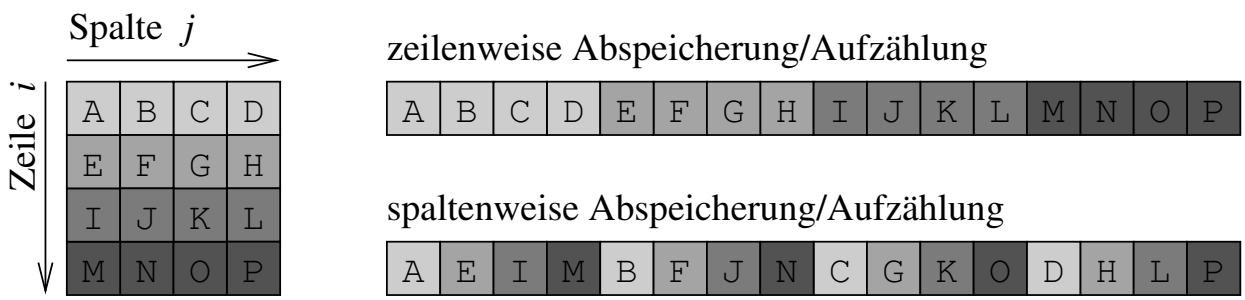
(e)–(g) Betriebssystemarchitektur
- Verortung der Funktion zur Seitenfehlerbehandlung

Sir Isaac Newton

Was wir wissen, ist ein Tropfen, was wir nicht wissen, ist ein Ozean.

Linearisierung

Abspeicherung mehrdimensionaler Felder und Aufzählung der Feldelemente



- im Abstrakten könnte uns diese **Abbildung** egal sein
- im Konkreten jedoch nicht

Abspeicherung	Aufzählung	
	zeilenweise	spaltenweise
zeilenweise	☺	☹
spaltenweise	☹	☺

Fälle (a)–(g)

- Abspeicherung zeilenweise (C bzw. `main()`)
- Aufzählung zeilen- (`by_row()`) und spaltenweise (`by_column()`)

Linearisierung (Forts.)

Referenzfolgen auf den Arbeitsspeicher

Entwicklung der Adresswerte A beim Zugriff auf die Elemente einer zeilenweise abgespeicherten Matrix mit Anfangsadresse γ:

$i \setminus j$	0	1	2	$\cdots$	$N-1$
0	0	1	2	$\cdots$	$N-1$
1	$N+0$	$N+1$	$N+2$	$\cdots$	$N+N-1$
2	$2N+0$	$2N+1$	$2N+2$	$\cdots$	$2N+N-1$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$
$N-1$	$(N-1)N+0$	$(N-1)N+1$	$(N-1)N+2$	$\cdots$	$(N-1)N+N-1$

- $A = \gamma + (i * N + j) * \texttt{sizeof(int)}$, für $i, j = 0, 1, 2, \ldots, N-1$

Fälle (a)–(g)

- linear im homogenen Fall (`by_row()`) $\rightsquigarrow$ starke Lokalität
  - Abspeicherung und Aufzählung sind gleichförmig
- sprunghaft, sonst (`by_column()`) $\rightsquigarrow$ schwache Lokalität

Zwischenspeicher

Abpufferung langsamerer Arbeitsspeicherzugriffe: Latenzverbergung

Normalfall Datum befindet sich im Zwischenspeicher

- Zugriffszeit $\approx$ Zykluszeit der CPU, Wartezeit $= 0$

Ausnahmefall Datum befindet sich *nicht* im Zwischenspeicher

- Zugriffsfehler $\rightsquigarrow$ Einlagerung (Zwischenspeicherzeile, *cache line*)
- Zugriffszeit $\geq$ Zykluszeit des RAM, Wartezeit > 0

GAU Zwischenspeicher voll im Ausnahmefall

- Zugriffsfehler $\rightsquigarrow$ Ein- und ggf. Auslagerung (Zwischenspeicherzeile)
- Zugriffszeit $\geq 2\times$Zykluszeit des RAM, Wartezeit $\gg 0$

Problem: Lokalität bzw. Linearität der Zugriffe

- starke Lokalität erhöht die Trefferwahrscheinlichkeit erheblich!!!

Fälle (a)–(g): Beide Varianten verursachen bei Ausführung den GAU

- `by_column()` $\rightsquigarrow$ schwache Lokalität: schlechte Trefferquote

Kompilierer

Semantische Analyse

funktionale Eigenschaft $\mapsto$ „was“ etwas tut

- beide Varianten tun das gleiche — nur in verschiedener Weise

nicht-funktionale Eigenschaft $\mapsto$ „wie“ sich etwas ausprägt

- `by_row()` zählt Feldelemente entsprechend Feldabspeicherung auf
- `by_row()` zeigt für gegebene Hardware günstigere Zugriffsmuster

⋮

- `by_row()` wird schneller als `by_column()` ablaufen können

Fall (d): Beispiel eines wahren Mysteriums...

- `gcc -O6 -m32 -S` zeigt identischen Assembliersprachenkode
  - `by_column()` ist Kopie von `by_row()`
  - statische Analyse sagt gleiches Verhalten beider Varianten voraus
- Experiment brachte Messreihen mit extremen Ausschlägen hervor
  - „dynamische Umgebung“ verhält sich zugunsten von `by_column()`

Virtueller Speicher

Überbelegung des Hauptspeichers

wenn z.B. gilt: `sizeof(Arbeitsspeicher)` > `sizeof(Hauptspeicher)`

- Hauptspeicher ist Zwischenspeicher ↦ Vordergrundspeicher
  - von Teilen eines oder mehrerer voranschreitender Programme
- ungenutzte Bestände im Massenspeicher ↦ Hintergrundspeicher
  - z.B. Plattenspeicher, SSD oder gar Hauptspeicher anderer Rechner

Problem: vgl. Zwischenspeicher, S. 13

- Ein-/Auslagerung löst zeitaufwändige Ein-/Ausgabevorgänge aus
- Zugriffszeit verlangsamt sich um einige Größenordnungen: ns ⇝ ms

Fälle (a)–(g): Zwickmühle wegen Hauptspeicherkapazität...

(d)–(f) beide Varianten verursachen bei Ausführung den GAU (S. 13)

- kontraproduktiver Seitenvorabruf (engl. *pre-paging*)

sonst fallen „nur“ Einlagerungsvorgänge an: Münchhausen gleich...

- Programm zieht sich selbst komplett in den Hauptspeicher

Betriebssystemarchitektur

Repräsentation und Ausprägung von Systemfunktionen

Schönheit, Stabilität, Nützlichkeit — *Venustas*, *Firmitas*, *Utilitas*: Die drei Prinzipien von Architektur [8]:

- je nach Bedarf sind Systemfunktionen verschieden ausgelegt [7]
  - sie teilen sich dieselben Domänen oder eben auch nicht
  - bzgl. Adressraum, Ausführungsstrang, Prozessor oder Rechnersystem
- Funktionsauslegung und funktionale Eigenschaft sind zu trennen
  - beide rufen jedoch gewisse nicht-funktionale Eigenschaften hervor
  - z.B. verursachen domänenübergreifende Aktionen ggf. Mehraufwand

Fälle (e)–(g)

- Mac OS X = NeXTStep ∪ Mach 2.5 ⇝ mikrokernbasiertes System
  - Systemfunktionen laufen als *Tasks* in eigenen Adressräumen ab
  - Tasks bieten Betriebsmittel für ggf. mehrere Ausführungsstränge
  - Ausführungsstränge sind die Zuteilungseinheiten für Prozessoren
- Ein-/Auslagerungstask als *external pager*
  - außerhalb des klassischen Kerns ⇝ domänenübergreifende Aktionen

Ganzheitslehre erklärt das beobachtete Phänomen

(a)–(g) Linearisierung
- Algorithmen und Datenstrukturen ✓

(a)–(g) Zwischenspeicher
- Grundlagen der Technischen Informatik ✓
- Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation ✓

(d) Kompilierer
- Grundlagen des Übersetzerbaus ✂

(d)–(f) virtueller Speicher
- Systemprogrammierung ✗

(e)–(g) Betriebssystemarchitektur
- Systemprogrammierung ✗
- Betriebssysteme ✂

Gliederung

1 Vorwort

2 Fallstudie
- Speicherverwaltung
- Analyse
- Zwischenzusammenfassung

3 Begriffsdeutung
- Literaturauszüge

4 Zusammenfassung

Phänomen hin oder her...

Was macht ein Betriebssystem [aus] ?

Nachschlagewerke

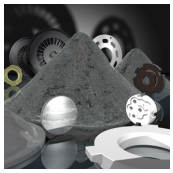
Summe derjenigen Programme, die als residenter Teil einer EDV-Anlage für den Betrieb der Anlage und für die Ausführung der Anwenderprogramme erforderlich ist. [9]

Be'triebs·sys·tem *<n.; -s, -e; EDV> Programmbündel, das die Bedienung eines Computers ermöglicht. [12]*

Lehrbücher

Der Zweck eines Betriebssystems [besteht] in der Verteilung von Betriebsmitteln auf sich bewerbende Benutzer. [4]

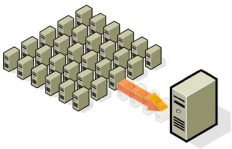
Eine Menge von Programmen, die die Ausführung von Benutzerprogrammen und die Benutzung von Betriebsmitteln steuern. [3]



Lehrbücher (Forts.)

Eine Softwareschicht, die alle Teile des Systems verwaltet und dem Benutzer eine Schnittstelle oder eine virtuelle Maschine anbietet, die einfacher zu verstehen und zu programmieren ist [als die nackte Hardware]. [11]

Ein Programm, das als Vermittler zwischen Rechnernutzer und Rechnerhardware fungiert. Der Sinn des Betriebssystems ist eine Umgebung bereitzustellen, in der Benutzer bequem und effizient Programme ausführen können. [10]



Philosophische Lektüre

The operating system is itself a programm which has the functions of shielding the bare machine from access by users (thus protecting the system), and also of insulating the programmer from the many extremely intricate and messy problems of reading the program, calling a translator, running the translated program, directing the output to the proper channels at the proper time, and passing control to the next user. [5]

Ein Betriebssystem kennt auf jeden Fall keinen Prozessor mehr, sondern ist neutral gegen ihn, und das war es vorher noch nie. Und auf diese Weise kann man eben jeden beliebigen Prozessor auf jedem beliebigen anderen emulieren, wie das schöne Wort lautet. [6]

Sachbücher und Normen

Es ist das Betriebssystem, das die Kontrolle über das Plastik und Metall (Hardware) übernimmt und anderen Softwareprogrammen (Excel, Word, ...) eine standardisierte Arbeitsplattform (Windows, Unix, OS/2) schafft. [2]

Die Programme eines digitalen Rechensystems, die zusammen mit den Eigenschaften der Rechenanlage die Grundlage der möglichen Betriebsarten des digitalen Rechensystems bilden und insbesondere die Abwicklung von Programmen steuern und überwachen. [1] ☺

Gliederung

1 Vorwort

2 Fallstudie
- Speicherverwaltung
- Analyse
- Zwischenzusammenfassung

3 Begriffsdeutung
- Literaturauszüge

4 Zusammenfassung

Resümee

Be'triebs·sys·tem <n.; -s, -e; EDV> (engl. *operating system*)

- eine Menge von Programmen, die
  - Programme, Anwendungen oder BenutzerInnen assistieren sollen
  - die Ausführung von Programmen überwachen und steuern
  - den Rechner für eine Anwendungsklasse betreiben
  - eine abstrakte Maschine implementieren
- verwaltet die Betriebsmittel eines Rechensystems
  - kontrolliert die Vergabe der (Software/Hardware) Ressourcen
  - verteilt diese ggf. gerecht an die mitbenutzenden Rechenprozesse
- definiert sich nicht über die Architektur, sondern über Funktionen

Ausblick

Wir werden...

1. einen „Hauch“ Rechnerorganisation und Softwaretechnik „einatmen“
2. Rechnerbetriebsarten kennen- und unterscheiden lernen
3. Betriebssysteme in ihrer Grobfunktion „von aussen“ betrachten
4. Funktionen von Betriebssystemen im Detail untersuchen
5. den Stoff rekapitulieren

Zusammenhänge stehen im Vordergrund!

- Leitfaden ist die ganzheitliche Betrachtung von Systemfunktionen
- skizziert wird eine logische Struktur ggf. vieler Ausprägungsformen
- klassischer Lehrbuchstoff wird ergänzt, weniger repetiert oder vertieft

Nachwort

Ausprägungen von Betriebssystemen dürfen nicht dogmatisiert werden

- etwa: ✯❊■◆❙ „ist besser als“ ✷❊■❄❑◑▲ — umgekehrt dito
- oder: ★❁✻✯✳ „schlägt beide um Längen“ ...

Betriebssysteme sind immer im **Anwendungskontext** zu sehen/beurteilen

- „Universalbetriebssysteme“ gibt es nicht wirklich, wird es nie geben
- <u>allen</u> Anwendungsfällen wird nie gleich gut Genüge getragen **!!!**

„Universalbetriebssystem“

„Spezialbetriebssystem“

Literaturverzeichnis

[1] Deutsches Institut für Normung:
Informationsverarbeitung — Begriffe.
Berlin, Köln, 1985 (DIN 44300)

[2] Ewert, B. ; Christoffer, K. ; Christoffer, U. ; Ünlü, S. :
FreeHand 10.
Galileo Design, 2001. –
ISBN 3–898–42177–5

[3] Habermann, A. N.:
Introduction to Operating System Design.
Science Research Associates, 1976. –
ISBN 0–574–21075–X

[4] Hansen, P. B.:
Betriebssysteme.
Carl Hanser Verlag, 1977. –
ISBN 3–446–12105–6

Literaturverzeichnis (Forts.)

[5] Hofstadter, D. R.:
Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid — A Metaphorical Fugue on Minds and Machines in the Spirit of Lewis Carrol.
Penguin Books, 1979. –
ISBN 0–140–05579–7

[6] Kittler, F. :
Interview.
`http://www.hydra.umn.edu/kittler/interview.html`, 1993

[7] Lauer, H. C. ; Needham, R. M.:
On the Duality of Operating System Structures.
In: *Proceedings of the Second International Symposium on Operating Systems, October 2–5, 1978, Rocquencourt, France* Institut de Recherche en Informatique et Automatique (IRIA), ACM, Apr. 1979 (SIGOPS Operating Systems Review Bd. 13 Nr. 2), S. 3–19

[8] Pollio, V. M. V.:
De Architectura Libris Decem.
Primus Verlag, 1996 (Original 27 v. Chr.)

Literaturverzeichnis (Forts.)

[9] Schneider, H.-J. :
Lexikon der Informatik und Datenverarbeitung.
München, Wien : Oldenbourg-Verlag, 1997. –
ISBN 3–486–22875–7

[10] Silberschatz, A. ; Galvin, P. B. ; Gagne, G. :
Operating System Concepts.
John Wiley & Sons, Inc., 2001. –
ISBN 0–471–41743–2

[11] Tanenbaum, A. S.:
Operating Systems: Design and Implementation.
Prentice-Hall, Inc., 1997. –
ISBN 0–136–38677–6

[12] Wahrig-Burfeind, R. :
Universalwörterbuch Rechtschreibung.
Deutscher Taschenbuch Verlag, 2002. –
ISBN 3–423–32524–0