

Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Wintersemester 2018/19

Übung 7

Rebecca Felsheim
Benedict Herzog

Lehrstuhl für Informatik 4
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



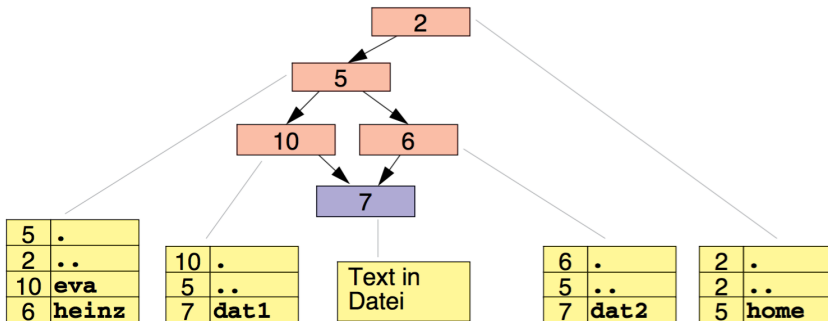
Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG

TECHNISCHE FAKULTÄT

POSIX Verzeichnisschnittstelle



inode enthält Dateiattribute & Verweise auf Datenblöcke

Verzeichnis spezielle Datei mit Paaren aus Namen & inode-Nummer



- `DIR *opendir(const char *name);`
 - öffnet ein Verzeichnis
 - liefert einen Zeiger auf den Verzeichniskanal
- `struct dirent *readdir(DIR *dirp);`
 - liest einen Eintrag aus dem Verzeichniskanal und gibt einen Zeiger auf die Datenstruktur `struct dirent` zurück
 - gibt NULL zurück, wenn EOF erreicht wurde **oder** im Fehlerfall
 - ~ bei EOF bleibt `errno` unverändert (auch wenn `errno != 0`), im Fehlerfall wird `errno` entsprechend gesetzt
- `int closedir(DIR *dirp);`
 - schließt den Verzeichniskanal



```
01 struct dirent {
02     ino_t      d_ino;          // inode number
03     off_t      d_off;         // not an offset; see NOTES
04     unsigned short d_reclen;   // length of this record
05     unsigned char d_type;      // type of file; not supported
06                               // by all filesystem types
07     char        d_name[256];   // filename
08 };
```

- entnommen aus Manpage `readdir(3)`
- nur `d_name` und `d_ino` Teil des POSIX-Standards
- relevant für uns: Dateiname (`d_name`)



- Funktionsweise:

1. Auswertung des ersten Ausdrucks (Verwerfen dieses Ergebnisses)
2. Auswertung des zweiten Ausdrucks (Rückgabe dieses Ergebnisses)

```
01 int c = (add(3,2), sub(3,2));
```

- Geeignet für Initialisierungen vor Überprüfung der Schleifenbedingung

⇒ cli/sei

```
01 while(cli(), event != 0){  
02     sleep_enable();  
03     sei();  
04     sleep_cpu();  
05     ...  
06 }
```

- Elegant, aber keine Notwendigkeit!

■ Fehlerprüfung durch Setzen und Prüfen von errno:

```
01 #include <errno.h>
02 ...
03     struct dirent *ent;
04     while(1) {
05         errno = 0;
06         ent = readdir(...);
07         if(ent == NULL) break;
08         ... /* keine weiteren break-Statements in der Schleife */
09     }
10     /* EOF oder Fehler? */
11     if(errno != 0) {
12         /* Fehler */
13         ...
14     }
```

- `errno=0` unmittelbar vor Aufruf der problematischen Funktion
 - ⇒ `errno` wird nur im Fehlerfall gesetzt und bleibt sonst unverändert
- Abfrage der `errno` unmittelbar nach Rückgabe des pot. Fehlerwerts
 - ⇒ `errno` könnte sonst durch andere Funktion verändert werden

■ Fehlerprüfung durch Setzen und Prüfen von errno:

```
01 #include <errno.h>
02 ...
03     struct dirent *ent;
04     while(errno=0, (ent=readdir()) != NULL) {
05         ... /* keine weiteren break-Statements in der Schleife */
06     }
07     /* EOF oder Fehler? */
08     if(errno != 0) {
09         /* Fehler */
10         ...
11     }
```

- `errno=0` unmittelbar vor Aufruf der problematischen Funktion
 - ⇒ `errno` wird nur im Fehlerfall gesetzt und bleibt sonst unverändert
- Abfrage der `errno` unmittelbar nach Rückgabe des pot. Fehlerwerts
 - ⇒ `errno` könnte sonst durch andere Funktion verändert werden
- Zuweisungsausdruck hat nach Zuweisung Wert des **li. Operanden**
- Keine Hilfsfunktion hier (`ferror()` bei `getchar()`)



- `readdir(3)` liefert **nur Name und inode-Nummer** eines Verzeichniseintrags
- Weitere Attribute stehen im **inode**
- `stat(2)` Funktions-Prototyp:

```
01 #include <sys/types.h>
02 #include <sys/stat.h>
03 int stat(const char *path, struct stat *buf);
```

- Argumente:
 - `path`: Dateiname
 - `buf`: Zeiger auf Puffer, in den inode-Informationen eingetragen werden
- Rückgabewert: 0 wenn OK, -1 wenn Fehler
- Beispiel:

```
01 struct stat buf;
02 stat("/etc/passwd", &buf); /* Fehlerabfrage ... */
03 printf("inode-Nummer: %ld\n", buf.st_ino);
```



■ Ausgewählte Elemente

- `dev_t st_dev` Gerätenummer (des Dateisystems) = Partitions-Id
- `ino_t st_ino` inode-Nummer (Tupel `st_dev`, `st_ino` eindeutig im System)
- `mode_t st_mode` Dateimodus (u.a. Zugriffsrechte) und Dateityp
- `nlink_t st_nlink` Anzahl der (Hard-)Links auf den Inode
- `uid_t st_uid` UID des Besitzers
- `gid_t st_gid` GID der Dateigruppe
- `dev_t st_rdev` DeviceID, nur für Character oder Blockdevices
- `off_t st_size` Dateigröße in Bytes
- `time_t st_atime` Zeit des letzten Zugriffs (in Sekunden seit 1.1.1970)
- `time_t st_mtime` Zeit der letzten Veränderung (in Sekunden ...)
- `time_t st_ctime` Zeit der letzten Änderung der Inode-Information (...)
- `unsigned long st_blksize` Blockgröße des Dateisystems
- `unsigned long st_blocks` Anzahl der von der Datei belegten Blöcke



- st_mode enthält Informationen über den Typ des Eintrags:
 - S_IFMT 01700000 bitmask for the file type bitfields
 - S_IFSOCK 01400000 socket
 - S_IFLNK 01200000 symbolic link
 - S_IFREG 01000000 regular file
 - S_IFBLK 00600000 block device
 - S_IFDIR 00400000 directory
 - S_IFCHR 00200000 character device
 - S_IFIFO 00100000 FIFO

```
01 mode_t m = stat_buf.st_mode;  
02 if( (m & S_IFMT) == S_IFREG) ...
```

- Zur einfacheren Auswertung werden Makros zur Verfügung gestellt:
 - S_ISREG(m) - is it a regular file?
 - S_ISDIR(m) - directory?
 - S_ISCHR(m) - character device?
 - S_ISLNK(m) - symbolic link?

Aufgabe: printdir

- Iteration über alle via Parameter übergebene Verzeichnisse
- Ausgabe aller darin enthaltenen Einträge mit Größe und Name
- Anzeige der Anzahl von regulären Dateien und deren Gesamtgröße (pro Verzeichnis)
- Relevante Funktionen:
 - `opendir(3)` bekommt einen Pfad
 - `readdir(3)` liefert nur einen Dateinamen
 - `stat(2)` weiß nicht auf welchen Pfad sich dieser Dateiname bezieht
 - ⇒ `stat(2)` braucht einen vollständigen Pfad mit Datei
 - ⇒ `strncpy(3)`, `strncat(3)`, `snprintf(3)`
 - ⇒ Beim Kopieren von Zeichenketten muss man aufpassen, dass immer genug Speicher zur Verfügung steht.
- Fehlerbehandlung:
 - Jede falsche Benutzereingabe abfangen
 - ⇒ den DAU annehmen ☺
 - Aussagekräftige Fehlermeldungen

Debuggen



- Übersetzen mit Debug-Symbolen (-g) & ohne Optimierungen (-O0)

```
01 gcc -g -pedantic -Wall -Werror -O0 -std=c11 -D_XOPEN_SOURCE=700
```

- **Wichtig:** Vor der Abgabe wieder mit Optimierungen testen!
- SPiC IDE hat eine graphische Variante des GDB integriert
- Alternativ: Starten des Debuggers per Kommandozeile

```
01 gdb ./concat  
02 # alternativ ...  
03 cgdb --args ./concat arg0 arg1 ...
```

- Kommandos
 - b(reak): Breakpoint setzen
 - r(un): Programm bei main() starten
 - n(ext): nächste Anweisung (nicht in Unterprogramme springen)
 - s(step): nächste Anweisung (in Unterprogramme springen)
 - p(rint) <var>: Wert der Variablen var ausgeben

⇒ **Debuggen ist (fast immer) effizienter als Trial-and-Error!**

- Informationen über:
 - Speicherlecks (malloc/free)
 - Zugriffe auf nicht gültigen Speicher
- Ideal zum Lokalisieren von Segmentation Faults (SIGSEGV)
- Aufrufe:
 - `valgrind ./concat`
 - `valgrind --leak-check=full --show-reachable=yes`
↳ `--track-origins=yes ./concat`

Hands-on: simple grep



```
01 # Usage: ./sgrep <text> <files...>
02 $ ./sgrep "SPiC" klausur.tex aufgabe.tex
03 Klausur im Fach SPiC
04 SPiC Aufgabe
05 SPiC ist cool
```

- Einfache Variante des Kommandozeilentools grep(1)
- Durchsucht den Inhalt mehrerer Dateien nach einer Zeichenkette
und gibt alle Zeilen aus, die diese Zeichenkette enthalten
- Ablauf
 - Dateien zeilenweise einlesen
 - Zeile nach Zeichenkette durchsuchen
 - Zeile ggf. auf stdout ausgeben
- Sinnvolle Fehlerbehandlung beachten
 - Fehlende Dateien melden und überspringen
 - Fehlermeldungen auf stderr ausgeben

■ Hilfreiche Funktionen:

- `fopen(3)` ⇒ Öffnen einer Datei
- `fgets(3)` ⇒ Einlesen einer Zeile
- `fputs(3)` ⇒ Ausgeben einer Zeile
- `fclose(3)` ⇒ Schließen einer Datei
- `strstr(3)` ⇒ Suche eines Teilstrings

```
01 char *strstr(const char *haystack, const char *needle);
```

```
01 # Usage: ./sgrep [-i] <text> <files...>
02 $ ./sgrep -i "spic" klausur.tex aufgabe.tex
03 klausur.tex:13: Klausur im Fach SPiC
04 aufgabe.tex:32: SPiC Aufgabe
05 aufgabe.tex:56: SPiC ist cool
```

■ Erweiterung

- `strstr(3)` selbst implementieren
- Ausgabe von Dateinamen/Zeilennummer vor jeder Zeile
- Ignorieren der Groß-/Kleinschreibung mit Option `-i`