

5. Tafelübung

- Lösung der ldir-Aufgabe
- Erläuterung der jsh-Aufgabe
- POSIX-Signale

SP I

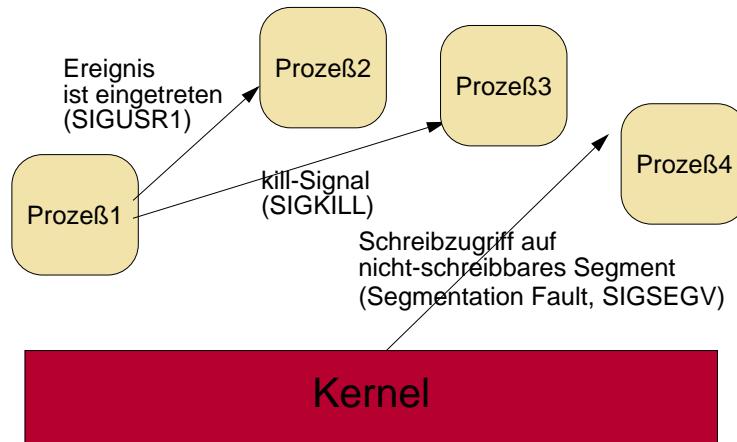
Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

46

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

IPC mit Signalen - Beispiele



SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

47

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Reaktion auf Signale: Default-Aktionen

- abort
 - ◆ erzeugt einen Core-Dump (Segmente + Registercontext) und beendet Prozeß
- exit
 - ◆ beendet Prozeß, ohne einen Core-Dump zu erzeugen
- ignore
 - ◆ ignoriert Signal
- stop
 - ◆ stoppt Prozeß
- continue
 - ◆ setzt gestoppten Prozeß fort

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

48

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Posix Signalbehandlung

- sigaction
- sigprocmask
- sigsuspend
- sigpending

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

49

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Signalhandler installieren (sigaction)

■ Prototyp

```
#include <signal.h>

int sigaction(int sig, /* Signal */
              const struct sigaction *act, /* Handler */
              struct sigaction *oact /* Alter Handler */ );
```

- Handler bleibt solange installiert, bis neuer Handler mit **sigaction** installiert wird

■ sigaction Struktur

```
struct sigaction {
    void (*sa_handler)(int);
    sigset_t sa_mask;
    int sa_flags;
}
```

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

50

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

sigaction Handler (sa_handler)

- ist ein Funktionspointer oder einer der vordefinierten Werte
 - ◆ **SIG_DFL**: Default Signalbehandlung
 - ◆ **SIG_IGN**: Signal ignorieren

sigaction Maske (sa_mask)

■ verzögerte Signale

- ◆ während der Ausführung der Signalhandler-Prozedur wird das auslösende Signal blockiert
- ◆ bei Verlassen der Signalbehandlungsroutine wird das Signal deblockiert
- ◆ es wird maximal ein Signal zwischengespeichert

- mit **sa_mask** in der **struct sigaction** kann man zusätzliche Signale blockieren

- Auslesen und Modifikation der Signal-Maske vom Typ **sigset_t** mit:
 - ◆ **sigaddset()**: Signal zur Maske hinzufügen
 - ◆ **sigdelset()**: Signal aus Maske entfernen
 - ◆ **sigemptyset()**: Alle Signale aus Maske entfernen
 - ◆ **sigfillset()**: Alle Signale in Maske aufnehmen
 - ◆ **sigismember()**: Abfrage, ob Signal in Maske enthalten ist

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

52

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

sigaction Flags (sa_flags)

- Durch Flags lässt sich das Verhalten beim Signalempfang beeinflussen.
- Kann für jedes Signal gesondert gesetzt werden.
- **SA_NOCLDSTOP**: SIGCHLD wird nur erzeugt, wenn Kind terminiert, nicht wenn es gestoppt wird (POSIX, SVID, BSD)
- **SA_RESTART**: durch das Signal unterbrochene Systemaufrufe werden automatisch neu aufgesetzt (kein errno=EINTR) (nur SVID und BSD)
- **SA_SIGINFO**: Signalhandler bekommt zusätzliche Informationen übergeben (nur SVID)
`void func(int signo, siginfo_t *info, void *context);`
- **SA_NODEFER**: Signal wird während der Signalbehandlung nicht blockiert (nur SVID)

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

51

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

53

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Beispiel

- Beispiel:

```
#include <signal.h>
void my_handler(int sig) { ... }

...
struct sigaction action;
sigemptyset(&action.sa_mask);
action.sa_flags = 0;
action.sa_handler = my_handler;
sigaction(SIGUSR1, &action, NULL); /* return abfragen ! */
```

- Signal schicken mit `kill -USR1 <pid>` oder mit

```
int kill(pid_t pid, int signo);
```

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

54

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Ändern der prozessweiten Signal-Maske

```
int sigprocmask(int how, /* Verknüpfung der Masken */
                const sigset_t *set, /* neue Maske */
                sigset_t *oset /* Speicher für alte Maske */ );
```

- how:
 - ◆ **SIG_BLOCK**: Vereinigungsmenge zwischen übergebener und alter Maske
 - ◆ **SIG_SETMASK**: Setzen der Maske ohne Beachtung der alten Maske
 - ◆ **SIG_UNBLOCK**: Schnittmenge zwischen inverser übergebener Maske und alter Maske
- Beispiel

```
sigset_t set;
sigemptyset(&set);
sigaddset(&set, SIGUSR1);
sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, NULL);
```

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

55

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Warten auf Signale

- `sigsuspend(mask)` wartet auf Signale, die in `mask` enthalten sind
- `mask` wird damit zur aktuellen Signal-Maske
- kehrt nach Bearbeitung des Signalhandlers zurück

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

56

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Abfrage blockierter Signale

- `sigpending(set)` speichert alle Signale, die blockiert sind, aber empfangen wurden, in `set` ab

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

57

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

POSIX Signale

Das Defaultverhalten bei den meisten Signalen ist die Terminierung des Prozesses, bei einigen Signalen mit Anlegen eines Coredumps.

- SIGABRT (core): Abort Signal; entsteht z.B. durch Aufruf von `abort()`
- SIGALRM: Timer abgelaufen (`alarm()`, `setitimer()`)
- SIGFPE (core): Floating Point Exception; z.B. Division durch 0 oder Overflow
- SIGHUP: Terminalverbindung wird beendet (Hangup)
- SIGILL (core): Illegal Instruction; z.B. privilegierte Operation, privilegiertes Register
- SIGINT: Interrupt; (Shell: CTRL-C)
- SIGKILL (nicht abfangbar): beendet den Prozeß

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

58

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

POSIX Signale (2)

- SIGPIPE: Schreiben auf Pipe oder Socket nachdem der lesende terminiert ist
- SIGQUIT (core): Quit; (Shell: CTRL-\)
- SIGSEGV (core): Segmentation violation; inkorrekt Zugriff auf Segment, z.B. Schreiben auf Textsegment
- SIGTERM: Termination; Default-Signal für `kill(1)`
- SIGUSR1, SIGUSR2: Benutzerdefinierte Signale

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

59

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Jobcontrol-Signale

Diese Signale existieren in einem POSIX-konformen System nur, wenn das System Jobkontrolle unterstützt (`_POSIX_JOB_CONTROL` ist definiert).

- SIGCHLD (Defaultaktion ist Ignorieren): Status eines Kindprozesses hat sich geändert
- SIGCONT: setzt den gestoppten Prozeß fort
- SIGSTOP (nicht abfangbar): stoppt den Prozeß
- SIGTSTP: stoppt den Prozeß (Shell: CTRL-Z)
- SIGTTIN, SIGTTOU: Hintergrundprozeß wollte vom Terminal lesen bzw. darauf schreiben

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

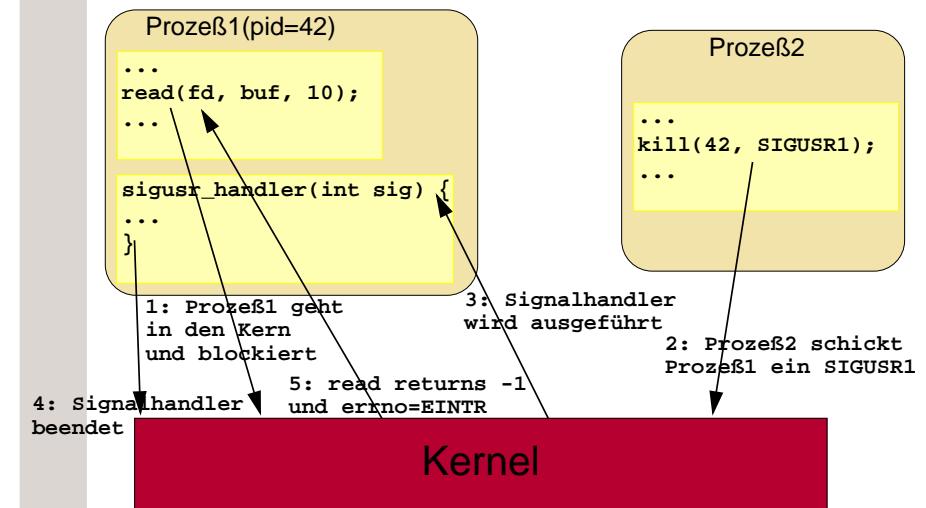
1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

60

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Unterbrechen von Systemcalls

- Signale können die Ausführung von Systemaufrufen unterbrechen



SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

61

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Unterbrechen von Systemcalls

- dies betrifft nur "langsame Systemcalls" (welche sich über einen längeren Zeitraum blockieren können, z.B. `wait()`, `waitpid()` oder `read()` von einem Socket oder einer Pipe)
- der Systemcall setzt dann `errno` auf `EINTR`
- in einigen UNIXen (z.B. 4.2BSD) werden unterbrochene Systemcalls automatisch neu aufgesetzt
- bei einigen UNIXen (SVR4, 4.3BSD), kann man für jedes Signal einstellen (`SA_RESTART`), ob ein Systemcall automatisch neu aufgesetzt werden soll
- POSIX.1 lässt dies unspezifiziert

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

62

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Signale und Race Conditions

- Lösung: Signal während Ausführung des kritischen Abschnitts blockieren!
- weiteres Problem:
 - ◆ Aufruf von Bibliotheksfunktionen, z.B. `getpwuid()`, wird durch Signal unterbrochen und nach Ausführung des Signalhandlers fortgesetzt
 - ◆ Signalhandler ruft auch `getpwuid()` auf -> Race Condition!
- Lösung:
 - ◆ in Signalhandlern nur Funktionen aufrufen, die in POSIX.1 als reentrant gekennzeichnet sind (`getpwuid` und `malloc/free` sind z.B. nicht reentrant, `wait` und `waitpid` sind reentrant)
 - ◆ wenn in einem Signalhandler Funktionen verwendet werden, die `errno` verändern, muß der Wert von `errno` vorher gesichert und vor Beendigung des Signalhandlers wieder zurückgesetzt werden

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

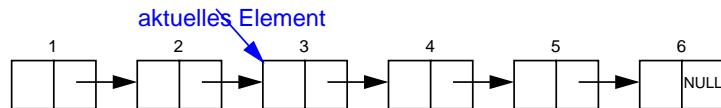
64

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

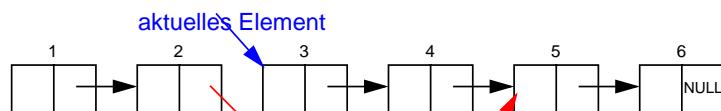
Signale und Race Conditions

- Signale erzeugen Nebenläufigkeit innerhalb des Prozesses
- diese Nebenläufigkeit kann zu Race-Conditions führen
- Beispiel:

- ◆ main-Funktion läuft durch eine verkettete Liste



- ◆ Prozeß erhält Signal; Signalhandler entfernt Elemente 3 und 4 aus der Liste und gibt den Speicher dieser Elemente frei



SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

63

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

signal()-Funktion

- ANSI-C definiert die `signal()`-Funktion zum Installieren von Signalhandlern
 - ◆ Problem: sehr ungenaue Spezifikation, da Prozeßkonzept in ANSI-C nicht definiert
- BSD- und SystemV-Unixe enthalten die `signal`-Funktion
 - ◆ Problem: Prozeßkonzept jetzt definiert, aber `signal`-Semantik ist von Unix Version 7 abgeleitet und unzuverlässig (*unreliable signals*) (Signalhandler bleibt nicht installiert, Signale können nicht blockiert werden)
- `signal()` ist deshalb in POSIX.1 nicht enthalten und sollte auch nicht mehr benutzt werden

SP I

Übung zu Systemprogrammierung I
© Michael Gohl, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD 4, 1999/2000

1999-12-06 11.33 / Tafelübung 5

65

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.