U2 2. Übung

- Besprechung der 1. Aufgabe: snail
- Sockets: Server
- UNIX-Signale: Funktionsweise und Behandlung
- UNIX-API zur Signalbehandlung
- Aufgabe 2: sister

1 Verbindungsannahme durch den Server

- Ausgangssituation: Socket wurde bereits erstellt und an einen Namen gebunden
  - ***listen(2)*** stellt ein, wie viele ankommende Verbindungswünsche gepuffert werden können (d. h. auf ein *accept* wartend)
    - Maximal möglich: **`SOMAXCONN`**
  - ***accept(2)*** nimmt Verbindung an:
    - *accept* blockiert solange, bis ein Verbindungswunsch ankommt
    - es wird ein neuer Socket erzeugt und an remote Adresse + Port (Parameter **`from`**) gebunden
      lokale Adresse + Port bleiben unverändert
    - dieser Socket wird für die Kommunikation benutzt
    - der ursprüngliche Socket kann für die Annahme weiterer Verbindungen genutzt werden

1 Verbindungsannahme durch den Server - Beispiel

- Beispiel: Server, der alle Eingaben wieder zurückschickt (ohne Fehlerbehandlungen)

```
int fd;
fd = socket(PF_INET6, SOCK_STREAM, 0);

struct sockaddr_in6 name;
memset(&name, 0, sizeof(name));
name.sin6_family = AF_INET6;
name.sin6_port = htons(1112);
name.sin6_addr = in6addr_any;

bind(fd, (struct sockaddr *) &name, sizeof(name));

listen(fd, SOMAXCONN);

int in_fd;
while ( (in_fd = accept(fd, NULL, NULL)) != -1 ) {
   char buf[1024];
   int n;
   while ( (n = read(in_fd, buf, sizeof(buf))) > 0 ) {
      write(in_fd, buf, n);
   }
   close(in_fd);
}

close(fd);
```

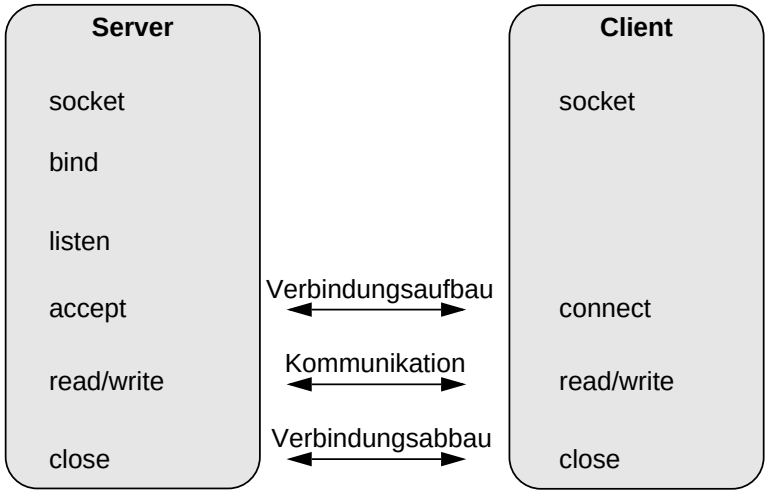

2 Abarbeiten von Anfragen

- Auszug aus dem Echo-Server

```
while ( (in_fd = accept(fd, NULL, NULL)) != -1 ) {
   char buf[1024];
   int n;
   while ( (n = read(in_fd, buf, sizeof(buf))) > 0 ) {
      write(in_fd, buf, n);
   }
   close(in_fd);
}
```

  - Neue eingehende Verbindung kann erst nach vollständiger Abarbeitung der vorherigen Anfrage angenommen werden.
  - Monopolisierung des Dienstes möglich (*Denial of Service*)!
- Lösung: Abarbeitung der Anfrage in eigenen Aktivitätsträger auslagern
  - Ansatz 1: Mehrere Prozesse
    - Anfrage wird durch Kindprozess bearbeitet
  - Ansatz 2: Mehrere Threads
    - Anfrage wird durch einen Thread im gleichen Prozess bearbeitet

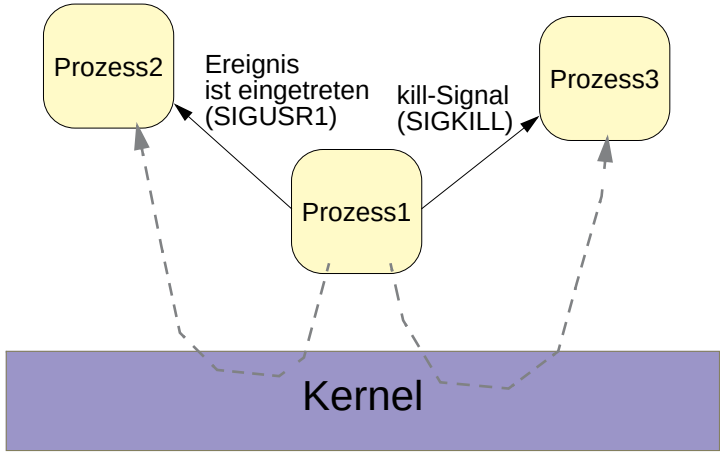
3 TCP-Sockets: Zusammenfassung



- Statt der Systemaufrufe `read(2)`/`write(2)` können auch Bibliotheksfunktionen wie zum Beispiel `fgets(3)`, `fputs(3)` oder `fprintf(3)` verwendet werden.

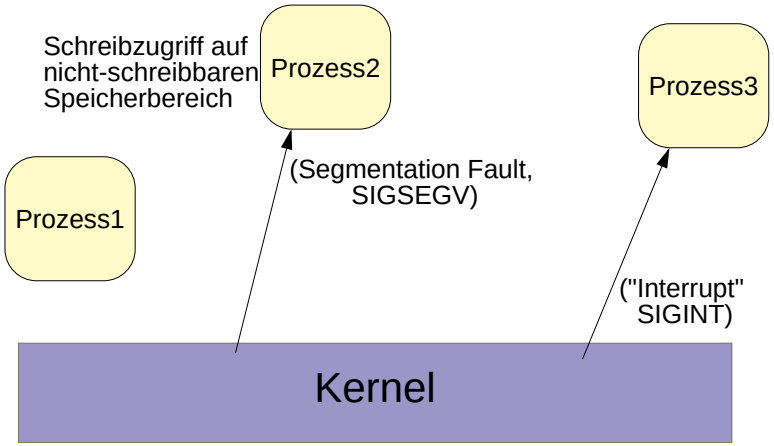
U2-1 Signale

1 "Kommunikation" zwischen Prozessen



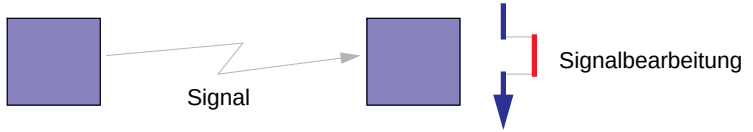
2 Signalisierung des Systemkerns

- synchrone Signale: unmittelbar durch Aktivität des Prozesses ausgelöst
- asynchrone Signale: "von außen" ausgelöst



3 Reaktion auf Signale

- abort
  - erzeugt Core-Dump (Segmente + Registerkontext) und beendet Prozess
- exit (Standardreaktion für die meisten Signale)
  - beendet Prozess, ohne einen Core-Dump zu erzeugen
- ignore
  - ignoriert Signal
- Signal-Behandlungsfunktion
  - Aufruf der Signalbehandlungsfunktion, danach Fortsetzung des Prozesses



4 UNIX-Signale

- SIGABRT (abort): Abort-Signal; entsteht z.B. durch Aufruf von **`abort()`**
- SIGFPE (abort): Floating-Point Exception (Division durch 0, Überlauf, ...)
- SIGINT: "Interrupt"; (Shell: CTRL-C)
- SIGKILL: beendet den Prozess (nicht abfangbar)
- SIGPIPE: Schreiben auf Pipe oder Socket nachdem die Gegenseite geschlossen wurde
- SIGSEGV (abort): Segmentation Violation; illegaler Speicherzugriff
- SIGCHLD (ignore): Status eines Kindprozesses hat sich geändert
- SIGTERM (exit): Standardsignal von `kill(1)`

U2-2 UNIX-API zur Signalbehandlung

- ANSI-C definiert die **signal(2)**-Funktion zum Einrichten von Signalbehandlungen
  - Problem: ungenaue Spezifikation
  - **signal sollte in neuen Programmen nicht mehr benutzt werden**
- Wir verwenden folgende Funktionen der Systemschnittstelle
  - **`sigaction`**
  - **`kill`**
  - und weitere (siehe nächste Übung)

1 Signalbehandlung installieren

- Prototyp

```
#include <signal.h>

int sigaction(int sig,               // Signalnummer
       const struct sigaction *act, // neue Behandlung
       struct sigaction *oact      // vorherige Behandlung
);
```

- Behandlung bleibt solange aktiv, bis eine neue mit **`sigaction`** installiert wird
- **`sigaction`**-Struktur

```
struct sigaction {
   void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion
   sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale
   int sa_flags;            // Optionen
};
```


1 Signalbehandlung installieren: `sa_handler`

- **`sigaction`**-Struktur

```
struct sigaction {
   void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion
   sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale
   int sa_flags;            // Optionen
};
```

- Die Signalbehandlung kann über **`sa_handler`** eingestellt werden:
  - ➤ **`SIG_IGN`** Signal ignorieren
  - ➤ **`SIG_DFL`** Default-Signalbehandlung einstellen
  - ➤ *Funktionsadresse* Funktion wird in der Signalbehandlung aufgerufen

1 Signalbehandlung installieren: `sa_mask`

- **`sigaction`-Struktur**

```
struct sigaction {
    void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion
    sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale
    int sa_flags;            // Optionen
};
```

- Während einer Signalbehandlung ist das auslösende Signal automatisch blockiert
  - es wird pro Signalnummer maximal ein Ereignis zwischengespeichert
  - mit **`sa_mask`** kann man *weitere* Signale blockieren
- Anmerkung: Blockieren von Signalen nicht gleich Ignorieren von Signalen!
  - ignorierte Signale werden *verworfen*, blockierte nur *verzögert*

1 Signalbehandlung installieren: `sa_mask`

- **`sigaction`-Struktur**

```
struct sigaction {
    void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion
    sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale
    int sa_flags;            // Optionen
};
```

- Auslesen und Modifikation einer 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

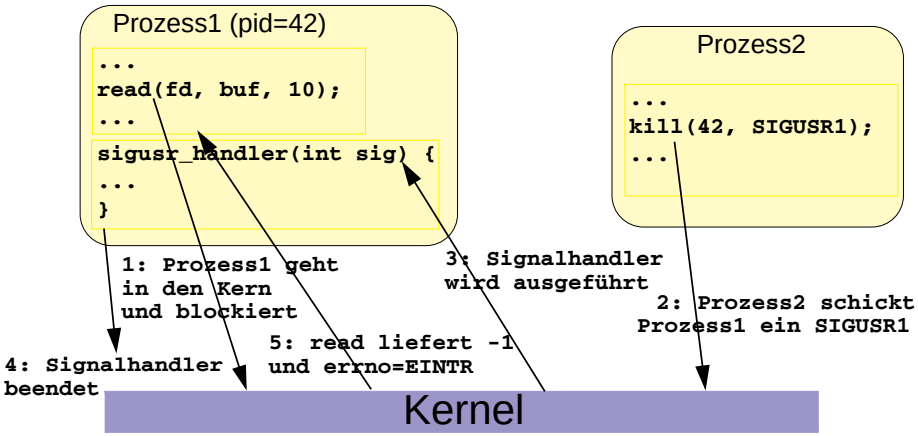
1 Signalbehandlung installieren: `sa_flags`

- **`sigaction`-Struktur**

```
struct sigaction {
    void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion
    sigset_t sa_mask;        // blockierte Signale
    int sa_flags;            // Optionen
};
```

- Beeinflussung des Verhaltens bei Signalempfang durch **`sa_flags`**
  - **`SA_NOCLDSTOP`**
    - SIGCHLD wird nur zugestellt, wenn ein Kindprozess terminiert, nicht wenn er gestoppt wird
  - **`SA_RESTART`**
    - durch das Signal unterbrochene Systemaufrufe werden automatisch neu aufgesetzt (siehe Folie 16)
- weitere Flags siehe **sigaction(2)**

2 Unterbrechung blockierender Systemaufrufe



- Signale können blockierende Systemaufrufe (z. B. **`accept`**) unterbrechen
  - Systemaufrufe setzen **`errno`** auf **`EINTR`** und kehren mit Fehler zurück
  - Dieses Verhalten kann mit **`SA_RESTART`** verhindert werden

3 Signalhandler installieren: Beispiel

```
#include <signal.h>

void handler(int sig) { ... }

int main() {
    struct sigaction action;
    sigemptyset(&action.sa_mask);
    action.sa_flags = SA_RESTART;
    action.sa_handler = handler;
    sigaction(SIGPIPE, &action, NULL);
```

4 Signal zustellen

- Systemaufruf `kill(2)`

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

- Kommando `kill(1)` aus der Shell (z. B. `kill -USR1 <pid>`)

U2-3 Zombies einsammeln mit Hilfe von Signalen

- Stirbt ein Kindprozess, so erhält der Vater das Signal SIGCHLD vom Kernel
  - ◆ damit ist sofortiges Aufsammeln von Zombieprozessen möglich
- Variante 1: Aufruf von `waitpid(2)` im Signalhandler

```
void ghostbuster(int sig) {
    int status;
    int retVal;
...
    retVal = waitpid(-1, &status, WNOHANG);
...
```

- Variante 2: Signalhandler für SIGCHLD auf `SIG_DFL` setzen und in den sa_flags den Wert `SA_NOCLDWAIT` setzen
- Variante 3: Signalhandler für SIGCHLD auf `SIG_IGN` setzen

U2-4 Aufgabe 2: sister

- Einfacher HTTP-Webserver zum Ausliefern statischer HTML-Seiten innerhalb eines Verzeichnisbaums (*WWW-Pfad*)
- Abarbeitung der Anfragen erfolgt in eigenem Prozess (`fork(2)`)
- Modularer Aufbau (vgl. SP1#WS11 A/I 7)
  - ◆ Wiederverwendung einzelner Module in der Aufgabe 5: mother

1 Exkurs: Modulare Softwareentwicklung in C

- Wiederholung: Ein Modul besteht aus ...
  - öffentlicher Schnittstelle (Header-Datei)
  - konkreter Implementierung dieser Schnittstelle (C-Datei)
- Durch diese Trennung ist es möglich die Implementierung auszutauschen, ohne die Schnittstelle zu verändern
  - ◆ Module, die die öffentliche Schnittstelle verwenden, müssen nicht angepasst werden, wenn deren konkrete Implementierung geändert wird

2 Hauptmodul (sister.c)

- Implementiert die **`main()`**-Funktion
  - Initialisierung des Verbindungs- und **`cmdline`**-Moduls
  - Vorbereiten der Interprozesskommunikation
  - Annehmen von Verbindungen
  - Angenommene Verbindungen werden an das Verbindungsmodul übergeben

3 Verbindungsmodul (connection-fork.c)

- Implementiert die Schnittstelle aus der Header-Datei **`connection.h`**
  - Initialisierung des Anfragemoduls
  - Erstellt Kind-Prozess zur Abarbeitung der Anfrage
    - Anmerkung: Entstandene Zombie-Prozesse müssen beseitigt werden!
  - Weitergabe der Verbindung an das Anfragemodul

4 Anfragemodul (request-http.c)

- Implementiert die Schnittstelle aus der Header-Datei **`request.h`**
  - Einlesen und Auswerten der Anfrage(-zeile)
  - Suchen der angeforderten Datei im *WWW-Pfad*
    - Anmerkung: Anfragen auf Dateien jenseits des *WWW-Pfades* stellen ein Sicherheitsrisiko dar. Sie müssen erkannt und abgelehnt werden!
  - Ausliefern der Datei

5 Hilfsmodule (cmdline, i4httools)

- **`cmdline`**: Schnittstelle zum Parsen der Befehlszeilenargumente
- **`i4httools`**: Hilfsfunktionen zum Implementieren eines HTTP-Servers

6 Statische Bibliotheken: Kurzübersicht

- Statische Bibliothek **`libsister.a`**:
  - Archiv, in dem mehrere kompilierte Module (**`.o`**-Dateien) zusammengefasst sind
  - Kann gemeinsam mit anderen Modulen zu einem ausführbaren Programm zusammengebunden werden
  - Der Linker wählt aus einer Bibliothek nur diejenigen Module aus, die Funktionen bzw. globale Variablen enthalten, welche von anderen Modulen referenziert werden
- Benötigte Linker-Flags:
  - **`-L.`** nimmt das Verzeichnis **`.`** in die Liste der Suchpfade auf (standardmäßig immer enthalten: **`/usr/local/lib`**, **`/usr/lib`**)
  - **`-lsister`** bindet die Bibliothek **`libsister.a`** ein, die in einem der Suchpfade liegen muss
- Mehr Details zu statischen und dynamischen Bibliotheken in der Übung zu Aufgabe 4