

Übungen zu Systemprogrammierung 2 (SP1+2)

Ü5 – Prozesse

Christoph Erhardt, Jens Schedel, Jürgen Kleinöder

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

WS 2013/14 – 04. bis 08. November 2013

http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS13/V_SP1+2



- 5.1 Adressraumstruktur
- 5.2 Prozesse
- 5.3 System-Schnittstelle
- 5.4 String-Manipulation mit `strtok(3)`
- 5.5 Aufgabe 4: clash
- 5.6 Gelerntes anwenden



5.1 Adressraumstruktur

5.2 Prozesse

5.3 System-Schnittstelle

5.4 String-Manipulation mit strtok(3)

5.5 Aufgabe 4: clash

5.6 Gelerntes anwenden



Aufteilung des Adressraums

■ Aufteilung des Hauptspeichers eines Prozesses in Segmente

■ Vgl. Vorlesung A/V, Seite 7f.

```
static int a = 3; static int b;  
static int c = 0; const int f = 42;  
const char *s = "Hello World\n";
```

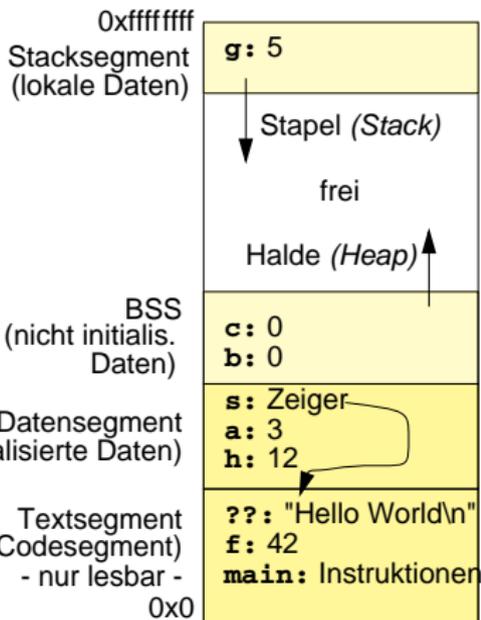
```
int main(void) {  
    int g = 5;  
    static int h = 12;  
}
```

■ Compiler-Fehler

```
s[1] = 'a';  
f = 2;
```

■ Segmentation Fault

```
((char *) s)[1] = 'a';  
*((int *) &f) = 2;
```



5.1 Adressraumstruktur

5.2 Prozesse

5.3 System-Schnittstelle

5.4 String-Manipulation mit `strtok(3)`

5.5 Aufgabe 4: clash

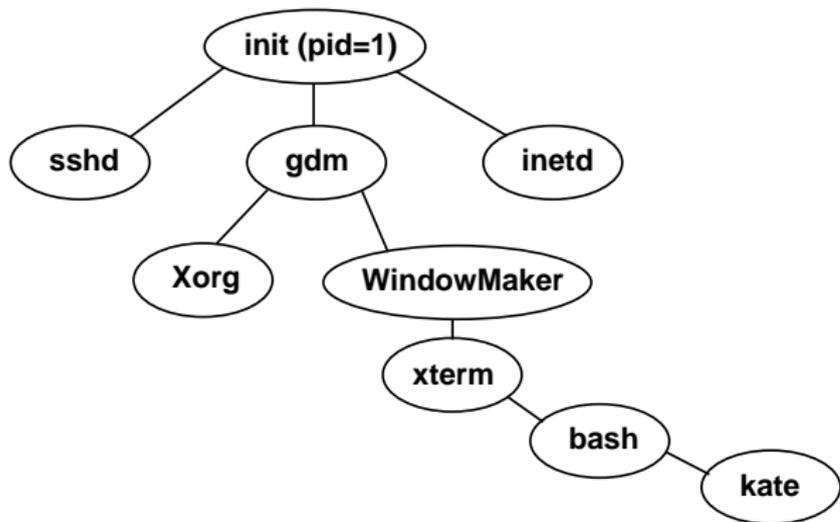
5.6 Gelerntes anwenden



- Prozesse sind eine Ausführungsumgebung für Programme (vgl. Vorlesung A | III-3)
 - haben eine Prozess-ID (PID, ganzzahlig positiv)
 - führen ein Programm aus
- Mit einem Prozess sind Ressourcen verknüpft, z. B.
 - Speicher
 - Adressraum
 - offene Dateien



- Zwischen Prozessen bestehen Vater-Kind-Beziehungen
 - der erste Prozess wird direkt vom Systemkern gestartet (z. B. *init*)
 - es entsteht ein Baum von Prozessen bzw. eine Prozesshierarchie



- Beispiel: **kate** ist ein Kind von **bash**, **bash** wiederum ein Kind von **xterm**

5.1 Adressraumstruktur

5.2 Prozesse

5.3 System-Schnittstelle

5.4 String-Manipulation mit `strtok(3)`

5.5 Aufgabe 4: clash

5.6 Gelerntes anwenden



Kindprozess erzeugen – fork(2)

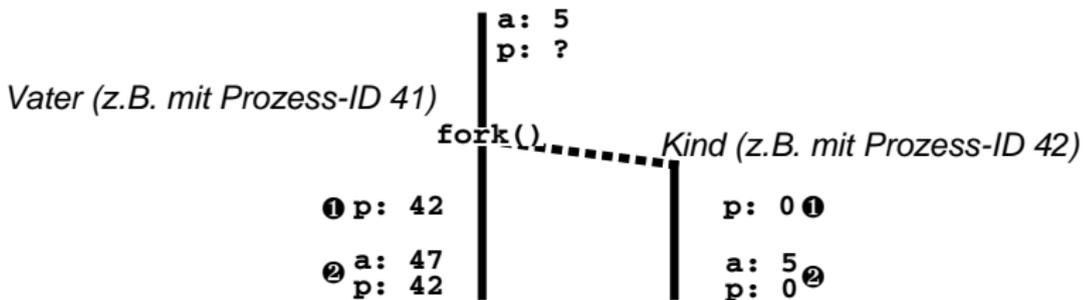
```
pid_t fork(void);
```

- Erzeugt einen neuen Kindprozess (Vorlesung A | III-5)
- Exakte Kopie des Vaters ...
 - Datensegment (neue Kopie, gleiche Daten)
 - Stacksegment (neue Kopie, gleiche Daten)
 - Textsegment (gemeinsam genutzt, da nur lesbar)
 - Dateideskriptoren (geöffnete Dateien)
 - ... mit Ausnahme der Prozess-ID
- Kind startet Ausführung hinter dem `fork()` mit dem geerbten Zustand
 - das ausgeführte Programm muss anhand der PID (Rückgabewert von `fork(2)`) entscheiden, ob es sich um den Vater- oder den Kindprozess handelt



Kindprozess erzeugen – fork(2)

```
int a = 5;
pid_t p = fork(); // (1)
a += p; // (2)
switch(p) {
  case -1: // fork-Fehler, es wurde kein Kind erzeugt
    ...
  case 0: // Hier befinden wir uns im Kind
    ...
  default: // Hier befinden wir uns im Vater
    // p ist die PID des neu erzeugten Kindprozesses
    ...
}
```



Programm ausführen – exec(3)

```
int execl(const char *path, const char *arg, ...);
int execlp(const char *file, const char *arg, ...);
int execv(const char *path, char *const argv[]);
int execvp(const char *file, char *const argv[]);
```

- Lädt Programm zur Ausführung in den aktuellen Prozess (vgl. Vorlesung A | III-5.3)
 - aktuell ausgeführtes Programm wird ersetzt (Text-, Daten- und Stacksegment)
 - erhalten bleiben: Dateideskriptoren (= geöffnete Dateien), Arbeitsverzeichnis, ...
- Aufrufparameter für `exec(3)`
 - Dateiname des neuen Programmes
 - Argumente, die der `main`-Funktion des neuen Programms übergeben werden
- `exec` kehrt nur im Fehlerfall zurück



exec(3)-Varianten

- mit Angabe des vollen Pfads der Programm-Datei in `path`

```
int execl(const char *path, const char *arg0, ...
          /*, (char *) NULL */);

int execv(const char *path, char *const argv[]);
```

- zum Suchen von `file` wird die Umgebungsvariable `PATH` verwendet

```
int execlp (const char *file, const char *arg0, ...
            /*, (char *) NULL */);

int execvp (const char *file, char *const argv[]);
```

- Anmerkung: Alle Varianten von `exec(3)` erwarten als letzten Eintrag in der Argumentenliste einen `NULL`-Zeiger.



Prozess beenden – exit(3)

```
void exit(int status);
```

- beendet aktuellen Prozess mit angegebenem Exitstatus
- gibt alle Ressourcen frei, die der Prozess belegt hat, z. B.
 - Speicher
 - Dateideskriptoren (schließt alle offenen Dateien)
 - Kerndaten, die für die Prozessverwaltung verwendet wurden
- Prozess geht in den *Zombie*-Zustand über
 - ermöglicht es dem Vater auf den Tod des Kindes zu reagieren
 - Zombie-Prozesse belegen Ressourcen und sollten zeitnah beseitigt werden (mit `wait(2)` bzw. `waitpid(2)`)!
 - ist der Vater schon vor dem Kind terminiert, so wird der Zombie an den Prozess mit PID 1 (z. B. *init*) weitergereicht, welcher diesen sofort beseitigt



Auf Kindprozess warten – wait(2)

```
pid_t wait(int *status);
```

- `wait(2)` liefert Informationen über einen terminierten Kindprozess (*Zombie*):
 - PID dieses Kindprozesses wird als Rückgabewert geliefert
 - als Parameter kann ein Zeiger auf einen `int`-Wert mitgegeben werden, in dem unter anderem der Exitstatus des Kindprozesses abgelegt wird
 - in den Status-Bits wird eingetragen, „was dem Kindprozess zugestoßen ist“, Details können über Makros abgefragt werden:
 - Prozess mit `exit(3)` terminiert: `WIFEXITED(status)`
 - Exitstatus: `WEXITSTATUS(status) = Argument`, das an `exit(3)` übergeben wurde
 - weitere siehe `wait(2)`
- Verbleibende Ressourcen des Zombies werden aufgeräumt
- Falls aktuell kein Kindprozess im Zombie-Zustand ist, wartet `wait(2)` bis zum Terminieren des nächsten Kindprozesses und wickelt diesen dann ab



Auf speziellen Kindprozess warten – waitpid(2)

```
pid_t waitpid(pid_t pid, int *stat_loc, int options);
```

- Mächtigere Variante von `wait(2)`
- Wartet auf Statusänderung eines
 - bestimmten Prozesses: `pid > 0`
 - beliebigen Kindprozesses: `pid == -1`
- Verhalten mit Optionen (Parameter `options`) anpassbar
 - **WNOHANG**: `waitpid(2)` kehrt sofort zurück, wenn kein passender Zombie verfügbar ist
 - eignet sich zum periodischen Abfragen (*Polling*) nach Zombieprozessen



5.1 Adressraumstruktur

5.2 Prozesse

5.3 System-Schnittstelle

5.4 String-Manipulation mit strtok(3)

5.5 Aufgabe 4: clash

5.6 Gelerntes anwenden



String-Manipulation mit strtok(3)

```
char *strtok(char *str, const char *delim);
```

- `strtok(3)` teilt einen String in Tokens auf, die durch bestimmte Trennzeichen getrennt sind
- Wird sukzessive aufgerufen und liefert jeweils einen Zeiger auf das nächste Token (mehrere aufeinanderfolgende Trennzeichen werden hierbei übersprungen)
 - `str` ist im ersten Aufruf ein Zeiger auf den zu teilenden String, in allen Folgeaufrufen `NULL`
 - `delim` ist ein String, der alle Trennzeichen enthält, z. B. " \t\n"
- Bei jedem Aufruf wird das einem Token folgende Trennzeichen durch '\0' ersetzt
- Ist das Ende des Strings erreicht, gibt `strtok(3)` `NULL` zurück



String-Manipulation mit strtok(3)

cmdline



ls -l /tmp\0

```
a[0] = strtok(cmdline, " ");
```

```
a[1] = strtok(NULL, " ");
```

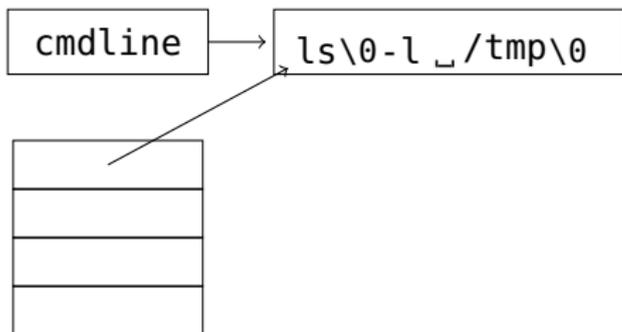
```
a[2] = strtok(NULL, " ");
```

```
a[3] = strtok(NULL, " ");
```

- Kommandozeile befindet sich als '\0'-terminierter String im Speicher



String-Manipulation mit strtok(3)



```
a[0] = strtok(cmdline, " ");
```

```
a[1] = strtok(NULL, " ");
```

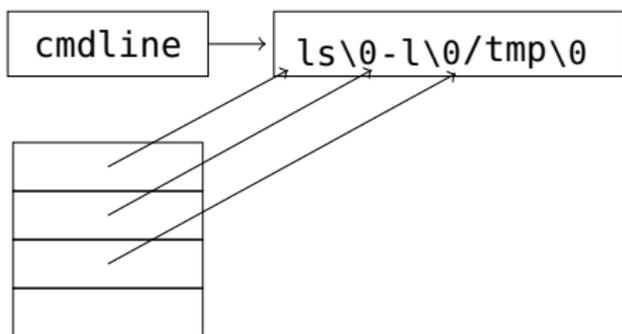
```
a[2] = strtok(NULL, " ");
```

```
a[3] = strtok(NULL, " ");
```

- Kommandozeile befindet sich als '`\0`'-terminierter String im Speicher
- Erster `strtok(3)`-Aufruf mit dem Zeiger auf diesen Speicherbereich liefert Zeiger auf erstes Token `ls` und ersetzt den Folgetrenner mit '`\0`'



String-Manipulation mit strtok(3)



```
a[0] = strtok(cmdline, " ");
```

```
a[1] = strtok(NULL, " ");
```

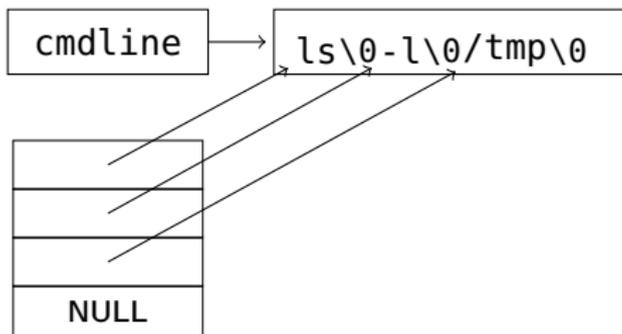
```
a[2] = strtok(NULL, " ");
```

```
a[3] = strtok(NULL, " ");
```

- Kommandozeile befindet sich als `'\0'`-terminierter String im Speicher
- Erster `strtok(3)`-Aufruf mit dem Zeiger auf diesen Speicherbereich liefert Zeiger auf erstes Token `ls` und ersetzt den Folgetrenner mit `'\0'`
- Weitere Aufrufe von `strtok(3)` nun mit einem `NULL`-Zeiger liefern jeweils Zeiger auf das nächste Token



String-Manipulation mit strtok(3)



```
a[0] = strtok(cmdline, " ");
```

```
a[1] = strtok(NULL, " ");
```

```
a[2] = strtok(NULL, " ");
```

```
a[3] = strtok(NULL, " ");
```

- Kommandozeile befindet sich als '\\0'-terminierter String im Speicher
- Erster strtok(3)-Aufruf mit dem Zeiger auf diesen Speicherbereich liefert Zeiger auf erstes Token ls und ersetzt den Folgetrenner mit '\\0'
- Weitere Aufrufe von strtok(3) nun mit einem NULL-Zeiger liefern jeweils Zeiger auf das nächste Token
- Am Ende liefert strtok(3) NULL



5.1 Adressraumstruktur

5.2 Prozesse

5.3 System-Schnittstelle

5.4 String-Manipulation mit `strtok(3)`

5.5 Aufgabe 4: clash

5.6 Gelerntes anwenden



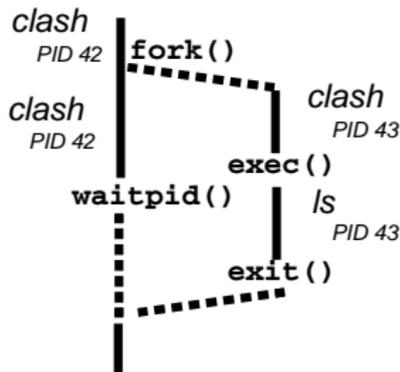
Ziele der Aufgabe

- Arbeiten mit dem UNIX-Prozesskonzept
- Verstehen von Quellcode anderer Personen (`plist.c`)
- Erstellen eines Makefiles mit mehreren Dateien



Funktionsweise der clash

- Eingabezeile, aus der der Benutzer Programme starten kann
 - Länge der Eingabezeile und damit Anzahl der Argumente unbekannt
 - Abfrage von Konfigurationsoptionen des Betriebssystems mit `sysconf(3)`
 - Maximale Länge einer Zeichenkette, die auf einmal eingelesen werden kann (`stdin` oder `Datei`) (`_SC_LINE_MAX`)
- Erzeugt einen neuen Prozess und startet in diesem das Programm
 - Vordergrundprozess: Wartet auf die Beendigung des Prozesses und gibt anschließend dessen Exitstatus aus
 - Hintergrundprozess: Wartet nicht auf Beendigung des Prozesses. Exitstatus wird bei der Anzeige des Promptes ausgegeben



- 5.1 Adressraumstruktur
- 5.2 Prozesse
- 5.3 System-Schnittstelle
- 5.4 String-Manipulation mit `strtok(3)`
- 5.5 Aufgabe 4: clash
- 5.6 Gelerntes anwenden



„Aufgabenstellung“

- Programm schreiben, welches ein Kommando mit jedem der übergebenen Parameter einmal ausführt.
 - `./listRun <program> <arguments...>`
 - Beispiel:

```
$ ./listRun echo Das ist ein Test
Das
ist
ein
Test
```

- Optional: `argv`-Array vor dem Ausführen noch sortieren

