

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

Übung 9

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

Threads

Motivation



Threads vs. Prozesse



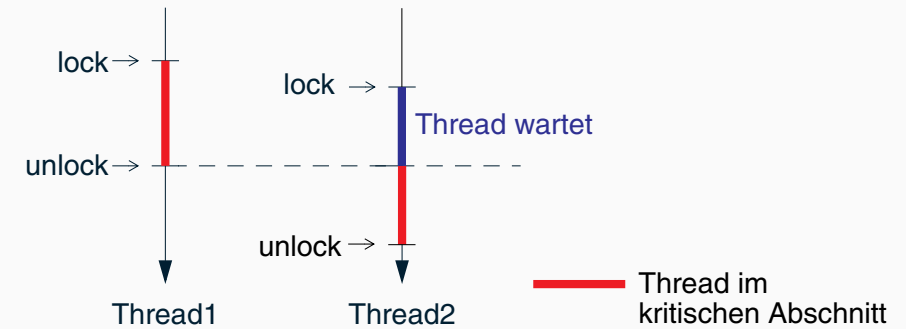
- Strukturierung von Problemlösungen in mehrere Kontrollflüsse
 - Client, Server
 - Benutzeroberfläche, Hintergrundaufgaben
 - Zerlegung in Subsysteme mit eigenen Kontrollflüssen
 - ein Kontrollfluss pro Anfrage
 - ...
- Performancesteigerung
 - echte Parallelität zur Leistungssteigerung nutzen
 - Anzahl parallel behandelbarer Anfragen pro Sekunde steigern
 - Parallelisierbarkeit von Algorithmen ausnutzen
 - Auslastung moderner Multi- & Manycore CPUs

- Prozesse
 - geschützte Ausführungsumgebung für Programme
 - eigener virtueller Adressraum
 - Prozesswechsel und -erzeugung ist aufwändig
- Threads (in Prozessen)
 - gemeinsame Ressourcen (Speicher, geöffnete Dateien)
 - einfaches Teilen von Ressourcen zwischen Threads
 - Nutzung echter Parallelität innerhalb eines Prozesses
 - (relativ) günstiger Fadenwechsel



- Asymmetrische Nebenläufigkeit
 - Signal oder Interrupt unterbricht Hauptprogramm
 - Hauptprogramm unterbricht jedoch keine Signale bzw. Interrupts
 - Schutz durch einseitige Synchronisation
 - Interrupts bzw. Signale sperren
- Symmetrische Nebenläufigkeit
 - gleichberechtigte Threads
 - gegenseitige Verdrängung, echte Parallelität
 - Schutz durch mehrseitige Synchronisation
 - wechselseitiger Ausschluss (Mutex)
 - aktives Warten: spin lock
 - passives Warten: sleeping lock

- **Mutual exclusion** (wechselseitiger Ausschluss)
- Koordinierung von kritischen Abschnitten:



- Nur ein Thread kann gleichzeitig den Mutex sperren und somit den kritischen Abschnitt durchlaufen

3

4

Speedup & Amdahl's Gesetz



Speedup & Amdahl's Gesetz



- Speedup bei paralleler Ausführung mit N Threads

$$S(N) = \frac{T_1}{T_N} \quad (1)$$

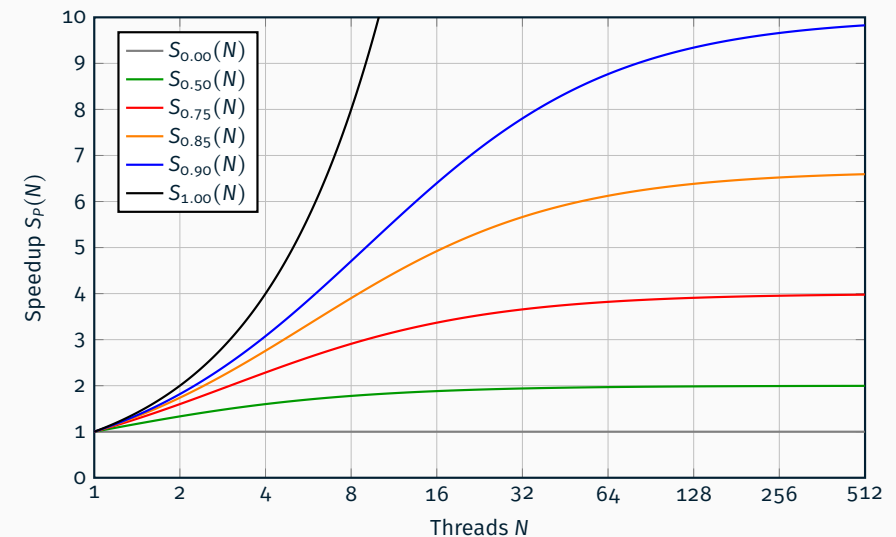
- Amdahl's Gesetz

- Serieller Anteil beschränkt maximalen Speedup
- Theoretischer Speedup bei Parallelanteil P und N Threads

$$S_P(N) = \frac{1}{(1-P) + \frac{P}{N}} \quad \text{mit} \quad 0 \leq P \leq 1 \quad (2)$$

- Maximaler theoretischer Speedup bei Parallelanteil P

$$\lim_{N \rightarrow \infty} S_P(N) = \frac{1}{(1-P)} \quad (3)$$



5

6



■ Starten eines Threads

```
01 int pthread_create(pthread_t *thread,
02     const pthread_attr_t *attr,
03     void *(*start_routine)(void *),
04     void *arg);
```

thread Zeiger für Thread ID

attr Attribute des Threads (Standard: NULL)

start_routine Auszuführende Routine

arg Argument für Routine

■ Beenden eines Threads

```
01 void pthread_exit(void *value_ptr);
```

■ Warten auf Beendigung eines Threads

```
01 int pthread_join(pthread_t thread, void **value_ptr);
```

7

```
01 void *worker(void *arg){
02     // do useful stuff
03
04     pthread_exit(NULL);
05 }
06
07 int main(int argc, char *argv[]){
08     pthread_t tid;
09     int arg = 5;
10
11     errno = pthread_create(&tid, NULL, worker, &arg);
12     if(errno != 0){
13         perror("pthread_create");
14         exit(EXIT_FAILURE);
15     }
16
17     // do useful stuff
18
19     pthread_join(tid, NULL);
20
21     exit(EXIT_SUCCESS);
22 }
```

8

pthread Mutex



■ Schnittstelle

■ Mutex erzeugen

```
01 pthread_mutex_t m;
02
03 errno = pthread_mutex_init(&m, NULL); // Fehlerbehandlung!
```

■ Sperren und Freigeben

```
01 pthread_mutex_lock(&m);
02 // kritischer Abschnitt
03 pthread_mutex_unlock(&m);
```

■ Mutex zerstören und Ressourcen freigeben

```
01 errno = pthread_mutex_destroy(&m); // Fehlerbehandlung!
```

- Alle pthread-Funktionen setzen `errno` nicht implizit, sondern geben einen Fehlercode zurück (im Erfolgsfall: 0)
- `errno` ist keine globale Variable, sondern eine Thread-lokale Variable – jeder Thread besitzt seine eigene `errno`

9

Hands-on: Stoppuhr



```

01 $ ./stoppuhr
02 Press Ctrl+C (SIGINT) to start and stop
03 ^CStarted...
04 1 sec
05 2 sec
06 3 sec
07 4 sec
08 ^CStopped.
09 Duration: 4 sec 132 msec

```

- Ablauf:
 - Stoppuhr startet durch SIGINT Signal
 - gibt jede Sekunde die bisherige Dauer aus (Format: "3 sec")
 - Stoppuhr stoppt bei weiterem SIGINT und gibt Dauer aus
 - gibt Gesamtdauer inkl. Millisekunden aus (Format: "4 sec 132 msec")
 - beendet sich anschließend
- Verwendet intern SIGALRM und alarm(3)
- Schutz kritischer Abschnitte beachten

10

1. Signalhandler installieren: sigaction(2)

```

01 struct sigaction act;
02 act.sa_handler = SIG_DFL; // Handlersignatur: void f(int signum)
03 act.sa_flags = SA_RESTART;
04 sigemptyset(&act.sa_mask);
05 sigaction(SIGINT, &act, NULL);

```

2. Signale blockieren/deblockieren: sigprocmask(2)

```

01 sigset_t set;
02 sigemptyset(&set);
03 sigaddset(&set, SIGUSR1);
04 sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, NULL); /* Blockiert SIGUSR1 */
05 // kritischer Abschnitt
06 sigprocmask(SIG_UNBLOCK, &set, NULL); /* Deblockiert SIGUSR1 */

```

11



3. Auf Signale warten: sigsuspend(2)

```

01 sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, &old); /* Blockiert Signale */
02 while(event == 0){
03     sigsuspend(&old); /* Wartet auf Signale */
04 }
05 sigprocmask(SIG_SETMASK, &old, NULL); /* Deblockiert Signale */

```

11

■ Timerkonfiguration mit alarm(2)

```
01 unsigned alarm(unsigned seconds);
```

Einmaliger Alarm nach definierter Wartezeit (in Sekunden)

seconds = 0 Alarm abbrechen

■ Timerkonfiguration mit ualarm(3)

```
01 useconds_t ualarm(useconds_t useconds, useconds_t interval);
```

Erster Alarm nach useconds Mikrosekunden,
anschließend alle interval Mikrosekunden

useconds = 0 Alarm abbrechen

interval = 0 einmaliger Alarm

- SIGALRM: Timer ist abgelaufen bzw. Alarm eingetreten
 - Standardbehandlung: Programm beenden
 - Eigenen Signalhandler installieren

12

Hands-on: Threads

- Sequentielles Programm ohne Threads
 - Bestimmt die Anzahl der Primzahlen in einem Array
- Parallelisierung mit Threads
 - Zerlegung in Teilarrays
 - Starten mehrerer Threads
 - Bestimmung der Anzahl Primzahlen in den Teilarrays
 - Warten auf Beendigung aller Threads
 - Ausgabe der Gesamtzahl
- Evaluation
 - Bestimmung des Speedups mit Hilfe von `time(1)`
 - Berechnungsergebnis ok ?
 - Kritische Abschnitte geschützt ?
 - Wechselseitiger Ausschluss
 - Einfluss auf Speedup ?
- Wie könnte eine Implementierung von `time(1)` aussehen?