

Übungen zu Systemprogrammierung 1 (SP1)

VL 7 – Threads und Koordinierung

Jens Schedel, Christoph Erhardt, Jürgen Kleinöder

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

WS 2012/13 – 14. Januar bis 18. Januar 2013

http://www4.cs.fau.de/Lehre/WS12/V_SP1

Agenda

- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 (Mini-)Klausurvorbereitung
- 7.3 Threads
- 7.4 Schnittstelle
- 7.5 Koordinierung
- 7.6 Aufgabe 6: palim
- 7.7 Gelerntes Anwenden



- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 (Mini-)Klausurvorbereitung
- 7.3 Threads
- 7.4 Schnittstelle
- 7.5 Koordinierung
- 7.6 Aufgabe 6: palim
- 7.7 Gelerntes Anwenden



Hinweise zur Evaluation

- Bei Kommentaren, die sich auf einen bestimmten Übungsleiter beziehen, bitte dessen Namen **in jedem Feld** voranstellen
 - Kommentarfelder werden in der Auswertung durcheinandergewürfelt
- Frage „eigener Aufwand zur Vor- und Nachbereitung“:
 - Bitte nach Vorlesung und Übung auftrennen
 - Übung: den jeweiligen Wochenaufwand durch 2 teilen (rechnerisch: 2 x 1 Stunde Übung (Tafel + Rechner) pro Woche, Angabe je 45 Minuten)
 - Vorlesung: den jeweiligen Wochenaufwand nicht teilen (1 x 90 Minuten Vorlesung pro Woche, Aufwandsangabe je 90 Minuten)



(Mini-)Klausurvorbereitung

- In zwei Wochen Klausurvorbereitung in der Tafelübung zur Vorbereitung auf
 - die SP1-Klausur für Mathematiker, Technomathematiker und 2-Fach-Bachelor
 - die Miniklausur zu Beginn von SP2 für alle Anderen
- Wir erarbeiten die SP1-Klausur aus dem Juli 2012 gemeinsam
 - Eine Vorbereitung der Klausur im Vorfeld der Tafelübung wird erwartet

07-palim_handout



Agenda

- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 (Mini-)Klausurvorbereitung
- 7.3 Threads
- 7.4 Schnittstelle
- 7.5 Koordinierung
- 7.6 Aufgabe 6: palim
- 7.7 Gelerntes Anwenden

07-palim_handout



Motivation von Threads

- UNIX-Prozesskonzept (Ausführungsumgebung mit einem Aktivitätsträger) für viele heutige Anwendungen unzureichend
 - keine parallelen Abläufe innerhalb eines virtuellen Adressraums auf Multiprozessorsystemen
 - typische UNIX-Server-Implementierungen benutzen die `fork`-Operation, um einen Server-Prozess für jeden Client zu erzeugen
 - Verbrauch unnötig vieler System-Ressourcen
 - zur besseren Strukturierung von Problemlösungen sind oft mehrere Aktivitätsträger innerhalb eines Adressraums nützlich
- Lösung: bei Bedarf weitere Threads in einem UNIX-Prozess erzeugen

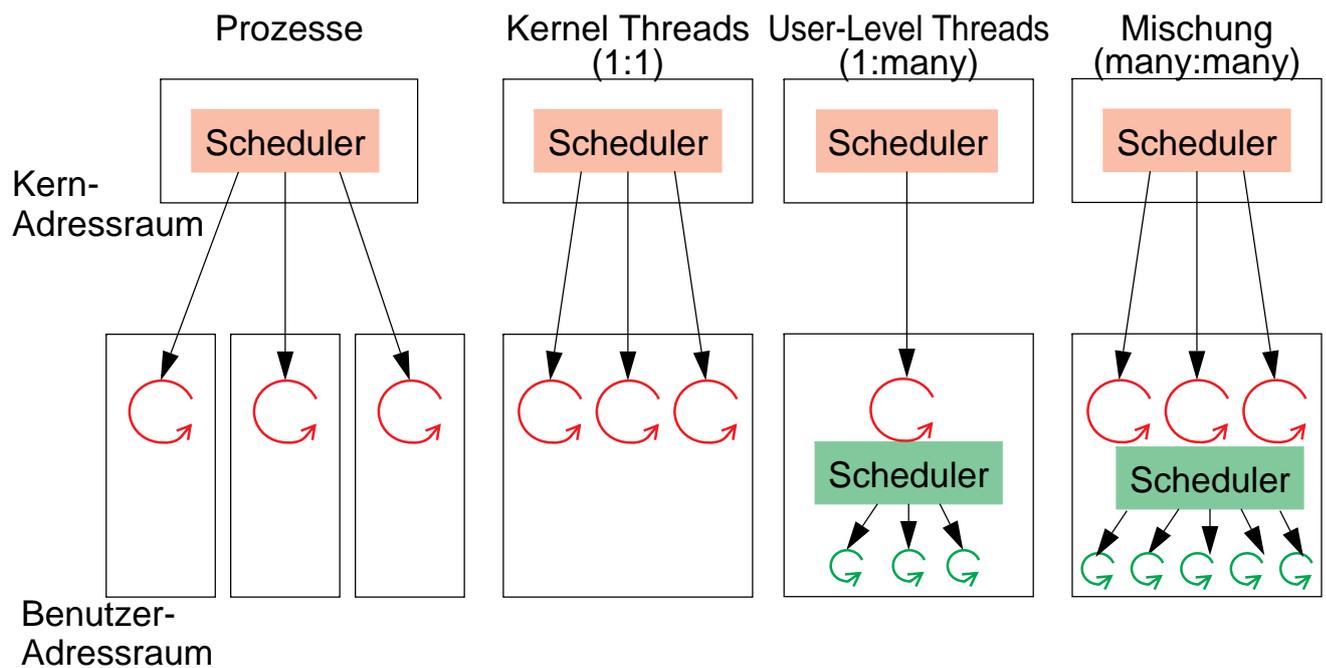


Arten von Threads

- User-Level-Threads / federgewichtige Prozesse
 - Realisierung von Threads auf Anwendungsebene
 - Systemkern sieht nur den Prozess mit **einem** Kontrollfluss
 - + Erzeugung von Threads und Umschaltung extrem billig
 - Systemkern hat kein Wissen über diese Threads
 - in Multiprozessorsystemen keine parallelen Abläufe möglich
 - wird ein Thread blockiert, ist der gesamte Prozess blockiert
 - Scheduling zwischen den Threads schwierig
- Kernel-Level-Threads / leichtgewichtige Prozesse
 - + Gruppe von Threads nutzt gemeinsam die Betriebsmittel eines Prozesses
 - + jeder Thread ist als eigener Aktivitätsträger dem Betriebssystemkern bekannt
 - Kosten für Erzeugung und Umschaltung zwar erheblich geringer als bei „schwergewichtigen“ Prozessen, aber erheblich teurer als bei User-Level-Threads



Arten von Threads



Arten von Threads

- Mischung: eine große Zahl von User-Level-Threads wird auf eine kleinere Zahl von Kernel-Level-Threads abgebildet (many:many)
 - + User-Level-Threads sind billig
 - + die Kernel-Threads ermöglichen echte Parallelität auf einem Multiprozessor
 - + blockierender User-Level-Thread blockiert nur den Kernel-Level-Thread in dem er gerade abgewickelt wird
 - andere Kernel-Level-Threads können andere lauffähige User-Level-Threads weiterhin auszuführen



- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 (Mini-)Klausurvorbereitung
- 7.3 Threads
- 7.4 Schnittstelle**
- 7.5 Koordinierung
- 7.6 Aufgabe 6: palim
- 7.7 Gelerntes Anwenden



Pthreads-Schnittstelle

■ Thread erzeugen

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

- `thread` Thread-ID
- `attr` Modifizieren von Attributen des erzeugten Threads (z. B. Stackgröße). `NULL` für Standardattribute.
- Nach der Erzeugung führt der Thread die Funktion `start_routine` mit Parameter `arg` aus
- Im Fehlerfall wird `errno` nicht gesetzt, aber ein Fehlercode als Ergebnis zurückgeliefert.
 - Um `perror(3)` verwenden zu können, muss der Rückgabewert erst in der `errno` gespeichert werden.

■ Eigene Thread-ID ermitteln

```
pthread_t pthread_self(void)
```

- Die Funktion kann nie fehlschlagen.



Pthreads-Schnittstelle

- Thread beenden (bei Rücksprung aus `start_routine` oder):

```
void pthread_exit(void *retval)
```

- Der Thread wird beendet und `retval` wird als Rückgabewert zurück geliefert (siehe `pthread_join()`)

- Auf Thread warten, Ressourcen freigeben und Rückgabewert abfragen:

```
int pthread_join(pthread_t thread, void **retvalp)
```

- Wartet auf den Thread mit der Thread-ID `thread` und liefert dessen Rückgabewert über `retvalp` zurück.

- Ressourcen automatisch bei Beendigung freigeben:

```
int pthread_detach(pthread_t thread)
```

- Die mit dem Thread `thread` verbundenen Systemressourcen werden bei dessen Beendigung automatisch freigegeben. Der Rückgabewert der Thread-Funktion kann nicht abgefragt werden.

Beispiel

```
static double a[100][100], b[100], c[100];

int main(int argc, char* argv[]) {
    pthread_t tids[100];
    ...
    for (int i = 0; i < 100; i++)
        pthread_create(&tids[i], NULL, mult, (void *) i);
    for (int i = 0; i < 100; i++)
        pthread_join(tids[i], NULL);
    ...
}

static void *mult(void *cp) {
    int i = (int) cp;
    double sum = 0;
    for (int j = 0; j < 100; j++)
        sum += a[i][j] * b[j];
    c[i] = sum;
    return NULL;
}
```

- Parameterübergabe bei `pthread_create()` problematisch

Parameterübergabe bei pthread_create()

- Generischer Ansatz mit Hilfe einer Struktur für die Argumente

```
typedef struct {  
    int index;  
} param;
```

- Für jeden Thread eine eigene Argumenten-Struktur anlegen
 - Speicher je nach Bedarf auf dem Heap oder dem Stack allokalieren

```
int main(int argc, char* argv[]) {  
    pthread_t tids[100];  
    param args[100];  
  
    for (int i = 0; i < 100; i++) {  
        args[i].index = i;  
        pthread_create(&tids[i], NULL, (void* (*)(void*)) mult,  
                      (void *) (&args[i]));  
    }  
    for (int i = 0; i < 100; i++)  
        pthread_join(tids[i], NULL);  
    ...  
}
```

07-palim_handout



Parameterübergabe bei pthread_create()

```
static void* mult (param *arg) {  
    double sum = 0;  
    for (int j = 0; j < 100; j++) {  
        sum += a[arg->index][j] * b[j];  
    }  
    c[arg->index] = sum;  
    return NULL;  
}
```

- Zugriff auf den threadspezifischen Parametersatz über arg

07-palim_handout



- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 (Mini-)Klausurvorbereitung
- 7.3 Threads
- 7.4 Schnittstelle
- 7.5 Koordinierung
- 7.6 Aufgabe 6: palim
- 7.7 Gelerntes Anwenden



Koordinierung – Motivation

Welches Problem kann hier auftreten?

```
static double a[100][100], sum;

int main(int argc, char* argv[]) {
    pthread_t tids[100];
    param args[100];

    for (int i = 0; i < 100; i++) {
        args[i].index = i;
        pthread_create(&tids[i], NULL, (void* (*)(void*))sumRow,
                      &args[i]);
    }
    for (int i = 0; i < 100; i++)
        pthread_join(tids[i], NULL);
}

static void *sumRow(param *arg) {
    double localSum = 0;
    for (int j = 0; j < 100; j++)
        localSum += a[arg->index][j];
    sum += localSum;
    return NULL;
}
```



Semaphore

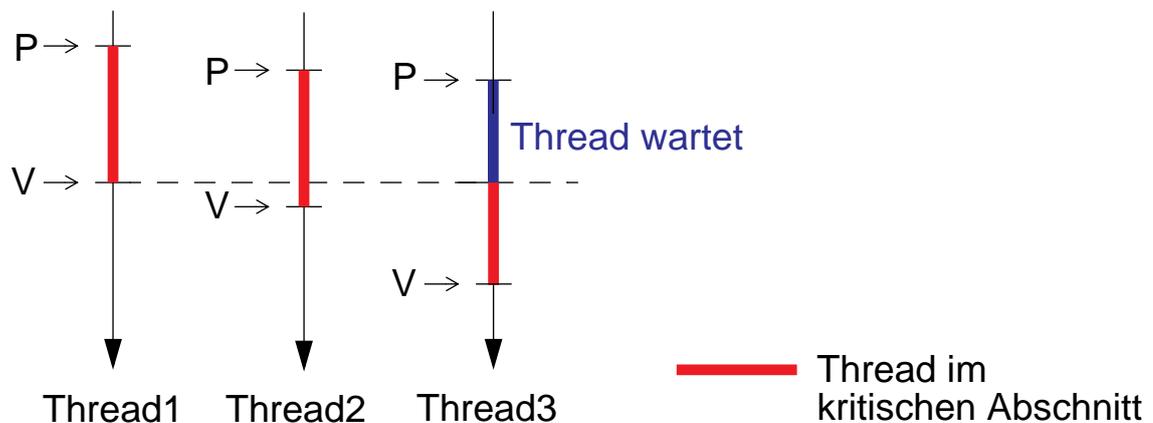
- Zur Koordinierung von Threads können Semaphore verwendet werden
- UNIX stellt zur Koordinierung von Prozessen komplexe Semaphor-Operationen zur Verfügung
 - Implementierung durch den Systemkern
 - komplexe Datenstrukturen, aufwändig zu programmieren
 - für die Koordinierung von Threads viel zu teuer
- Stattdessen Verwendung einer eigenen Semaphorimplementierung mit atomaren $P()$ - und $V()$ -Operationen

07-palim_handout



Limitierung von Ressourcen

- Verwendung eines zählenden Semaphors
- Beispiel: Nur zwei aktive Threads gleichzeitig gewünscht
 - Initialisierung des Semaphors mit 2

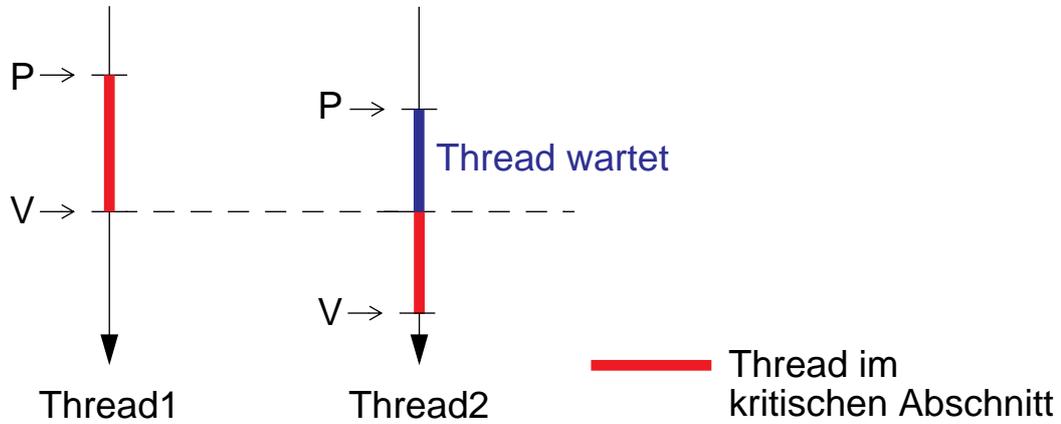


07-palim_handout



Gegenseitiger Ausschluss

- Spezialfall des zählenden Semaphors: Binärer Semaphor
 - Initialisierung des Semaphors mit 1
- Beispiel: Schreibender Zugriff auf ein gemeinsames Datum

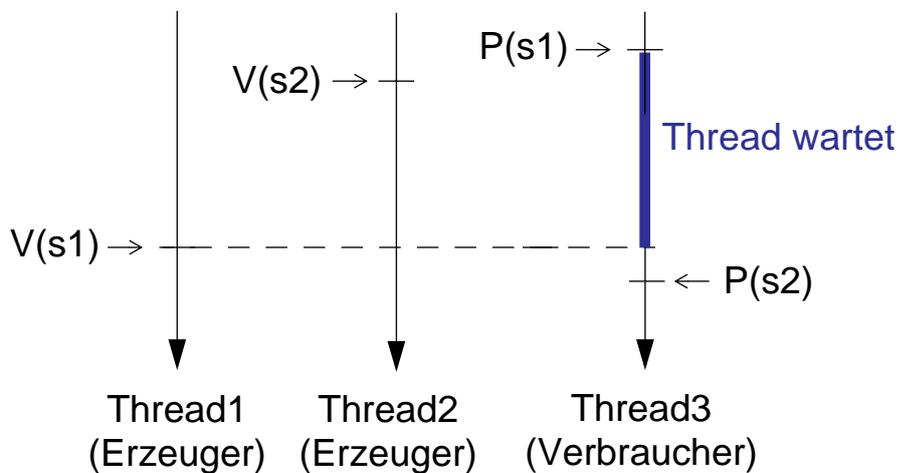


07-palim_handout



Signalisierung

- Benachrichtigung eines anderen Threads über ein Ereignis
- Beispiel: Bereitstehen von Zwischenergebnissen



07-palim_handout



SP-Semaphoren-Modul

■ Semaphore erzeugen

```
SEM* semCreate (int initVal)
```

■ P/V-Operationen

```
void P (SEM *sem)  
void V (SEM *sem)
```

■ Semaphor zerstören

```
void semDestroy (SEM *sem)
```

■ Semaphoren-Modul und zugehörige Headerdatei befinden sich im pub-Verzeichnis.

07-palim_handout



Agenda

7.1 Hinweise zur Evaluation

7.2 (Mini-)Klausurvorbereitung

7.3 Threads

7.4 Schnittstelle

7.5 Koordinierung

7.6 Aufgabe 6: palim

7.7 Gelerntes Anwenden

07-palim_handout



- Mehrfädige, rekursive Suche nach einer Zeichenkette in Verzeichnisbäumen
- Zur Verwendung der Pthreads-Bibliothek ist die gcc-Option `-pthread` notwendig
- Partnerabgabe!
- `palim` nicht ausführen auf:
 - SunRay-Servern (`faii0sr0`, `faii0sr1`, `faii0sr2`, `faii05`, `faii01`)
 - SunRay-Thin-Clients
 - `faii09er` und `faii01er` Rechnern



Aufgaben der Threads

- Haupt-Thread (`main()`)
 - Startet für jeden als Parameter übergebenen Verzeichnisbaum einen eigenen `crawl`-Thread
 - Aktualisiert die Statusausgabe kontinuierlich, bis die Suche abgeschlossen ist, und terminiert anschließend den Prozess
- `crawl`-Thread
 - Durchsucht einen Verzeichnisbaum rekursiv
 - Wartet falls maximale Anzahl an `grep`-Threads erreicht
 - Startet für jede gefundene reguläre Datei einen eigenen `grep`-Thread
- `grep`-Thread
 - Öffnet reguläre Datei und zählt u. a. die Anzahl der Zeilen, die die Suchzeichenkette enthalten



Agenda

- 7.1 Hinweise zur Evaluation
- 7.2 (Mini-)Klausurvorbereitung
- 7.3 Threads
- 7.4 Schnittstelle
- 7.5 Koordinierung
- 7.6 Aufgabe 6: palim
- 7.7 Gelerntes Anwenden

07-palim_handout



Aktive Mitarbeit!

„Aufgabenstellung“

- Beispiel von Folie 7-18 korrekt synchronisieren

07-palim_handout

