F.8 MACH — Tasks und Threads

1 Motivation

UNIX-Prozeßkonzept ist für viele heutige Anwendungen unzureichend

- in Multiprozessorsystemen werden häufig parallele Abläufe in einem virtuellen Adreßraum benötigt
- zur besseren Strukturierung von Problemlösungen sind oft mehrere Aktivitätsträger innerhalb eines Adreßraums nützlich
- typische UNIX-Server-Implementierungen benutzen die *fork*-Operation, um einen Server für jeden Client zu erzeugen
  - ➥ Verbrauch unnötig vieler System-Ressourcen (Datei-Deskriptoren, Page-Table, Speicher, ...)

2 Vergleich von Prozeß- und Thread-Konzepten

- mehrere **UNIX-Prozesse** mit gemeinsamen Speicherbereichen

Bewertung:

+ echte Parallelität möglich
– viele Betriebsmittel zur Verwaltung eines Prozesses notwendig; Prozeßumschaltungen aufwendig → teuer
– innerhalb einer solchen Prozeßfamilie wäre häufig ein anwendungsorientiertes Scheduling notwendig: schwierig realisierbar

2 Vergleich von Prozeß- und Thread-Konzepten (2)

- ***User-Level-Threads*** (Koroutinen) — Realisierung von Threads auf Benutzerebene innerhalb eines Prozesses

Bewertung:

+ Erzeugung von Threads und Umschaltung extrem billig
+ Verwaltung und Scheduling anwendungsorientiert möglich
– Systemkern hat kein Wissen über diese Threads
  - ➥ Scheduling zwischen den Koroutinen schwierig (Verdrängung meist nicht möglich)
  - ➥ in Multiprozessorsystemen keine parallelen Abläufe möglich
  - ➥ wird eine Koroutine wegen eines *page faults* oder in einem Systemaufruf blockiert, ist der gesamte Prozeß blockiert

2 Vergleich von Prozeß- und Thread-Konzepten (3)

- ***Kernel-Threads***: leichtgewichtige Prozesse *(lightweight processes)*

Bewertung:

+ eine Gruppe leichtgewichtiger Prozesse nutzt gemeinsam eine Menge von Betriebsmitteln
+ jeder leichtgewichtige Prozeß ist aber als eigener Aktivitätsträger dem Betriebssystemkern bekannt
  - eigener Programmzähler
  - eigener Registersatz
  - eigener Stack

2 Vergleich von Prozeß- und Thread-Konzepten (3)

... Bewertung *Kernel-Threads (lightweight processes)*

+ Umschalten zwischen zwei leichtgewichtigen Prozessen einer Gruppe ist erheblich billiger als eine normale Prozeßumschaltung
  - ➥ es müssen nur die Register und der Programmzähler gewechselt werden (entspricht dem Aufwand für einen Funktionsaufruf)
  - ➥ Adreßraum muß nicht gewechselt werden
  - ➥ alle Systemressourcen bleiben verfügbar

– Kosten für Erzeugung und Umschaltung zwar erheblich geringer als bei "schwergewichtigen" Prozessen, aber erheblich teurer als bei *user-level-Threads*

– Verwaltung und Scheduling meist durch Kern vorgegeben

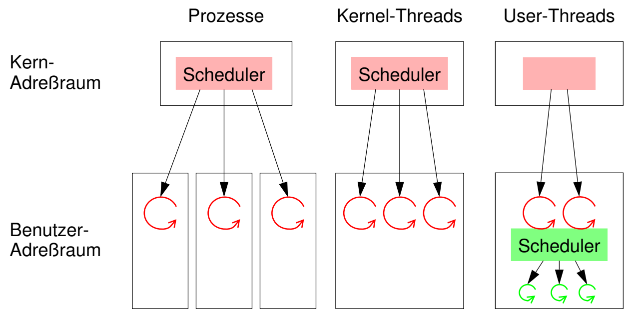
2 Vergleich von Prozeß- und Thread-Konzepten (4)

■ Vergleich

	Prozesse	Kernel-Threads	User-Threads
Kosten	– teuer	○ mittel	+ billig
Betriebssystemeingliederung	+ gut	+ gut	– schlecht
Interaktion untereinander	– schwierig	+ einfach	+ einfach
Benutzerkonfigurierbarkeit	– nein	– nein	+ ja
Gerechtigkeit	– nein	+ ja	± teils

– Gerechtigkeit bedeutet:
wie kommt das System damit klar, wenn eine Anwendung eine große Anzahl von Aktivitätsträgern erzeugt, eine andere dagegen eine geringe — werden Zeitscheiben an Anwendungen oder an Aktivitätsträger vergeben?

2 Vergleich von Prozeß- und Thread-Konzepten (5)



3 Abstraktionen in MACH: Tasks und Threads

▲ ***Task:*** Betriebsumgebung (System-Resourcen) für Aktivitätsträger
- ➤ virtueller Adreßraum
- ➤ Zugriffsrechte (= Portrechte)
- ➤ Betriebsmittel-Informationen
- ➤ kein Programm-Ablauf und keine Register

▲ ***Thread:*** Aktivitätsträger und seine Ablaufumgebung
- ➤ Registersatz
- ➤ Stack
- ➤ Programmzähler

◆ Innerhalb einer *Task* können beliebig viele *Threads* existieren

◆ In einer echten Multiprozessorumgebung können verschiedene *Threads* einer *Task* parallel auf mehreren Prozessoren ablaufen

◆ Traditioneller UNIX-Prozeß ≙ MACH-*Task* mit einem *Thread*

F.9 UNIX — Prozesse, LWPs & Threads

- Thread-Konzept zunehmend auch in UNIX-Systemen realisiert
  - ◆ Solaris
  - ◆ HP UX
  - ◆ Digital UNIX
  - ◆ Linux
  - ◆ …
- Programmierschnittstelle standardisiert: **Pthreads-Bibliothek**
  - ➥ IEEE POSIX Standard P1003.4a
- Pthreads-Implementierungen aber sehr unterschiedlich!
  - ➤ reine User-level-Threads (Linux, HP-UX)
  - ➤ reine Kernel-Threads (MACH, KSR-UNIX, Digital UNIX)
  - ➤ parametrierbare Mischung (Solaris)
- Daneben z. T. auch andere Thread-Bibliotheken (z. B. Solaris-Threads)

1 pthread-Benutzerschnittstelle

- **Pthreads-Schnittstelle (Basisfunktionen)**:

pthread_create	Thread erzeugen & Startfunktion angeben
pthread_exit	Thread beendet sich selbst
pthread_cancel	Anderen Thread beenden
pthread_join	Auf Ende eines anderen Threads warten
pthread_self	Eigene Thread-Id abfragen
pthread_yield	Prozessor zugunsten eines anderen Threads aufgeben

1 pthread-Benutzerschnittstelle (2)

- Threaderzeugung

```
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.

Thread wird erzeugt und ruft Funktion **`start_routine`** mit Parameter **`arg`** auf

- Thread beenden (bei return aus **`start_routine`** oder):

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

- Auf Thread warten und exit-Status abfragen:

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


1 pthread-Benutzerschnittstelle (3)

- Beispiel (Multiplikation Matrix mit Vektor)

```
double a[100][100], b[100], c[100];
main() {
    pthread_t tids[100];
...
    for (i = 0; i < 100; i++)
        pthread_create(tids + i, NULL, mult,
                                    (void *)(c + i));
    for (i = 0; i < 100; i++)
        pthread_join(tids[i], NULL);
...
}

void *mult(void *cp) {
    int j, i = (double *)cp - c;
    double sum = 0;

    for (j = 0; j < 100; j++)
        sum += a[i][j] * b[j];
    c[i] = sum;
    return 0;
}
```