Основы системного программирования

Потоки и синхронизация

Гирик Алексей Валерьевич

Университет ИТМО
2021

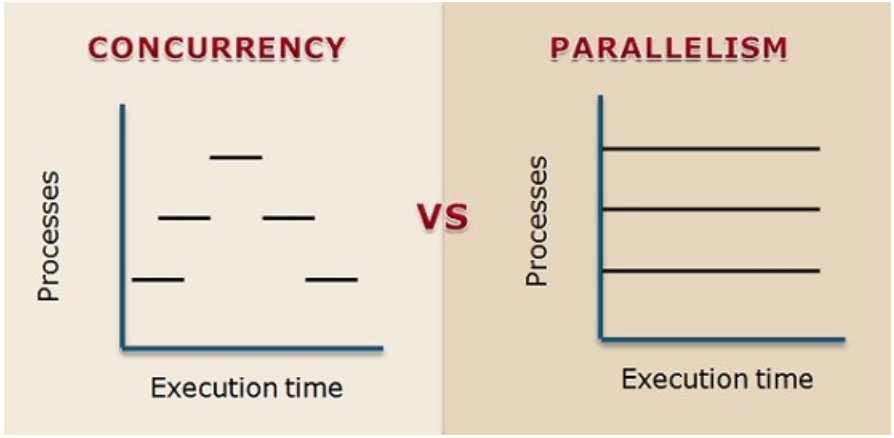
Материалы курса

- Презентации, материалы к лекциям, литература, задания на лабораторные работы
  - shorturl.at/gjABL

Многопоточное программирование с помощью библиотеки pthread

Термины

- Параллелизм (parallelism)
- Конкурентность (concurrency)
- Многозадачность (multitasking) đa nhiệm
- Многопроцессность (multiprocessing) đa xử lý
- **Многопоточность** (multithreading) đa luồng
- Асинхронная обработка (anynchronous processing)



Группы процессов, сессии, задания

- Linux – многопользовательская многозадачная ОС общего назначения
  - задача (*task*)
  - программа (*program*)
  - процесс (*process*)
  - **поток (*thread*)**
  - задание (*job*)
  - сессия (*session*)
  - группы
    - процессов (*process groups*)
    - **потоков (*thread groups*)**

Потоки

- Потоки можно рассматривать как минимум с двух точек зрения:
  - поток – объект диспетчеризации, средство занять все ядра процессора и обеспечить реальный параллелизм

$$A = 1 / (S + (1 - S)/N),$$

hệ số gia tốc từ quá trình xử lý song song

где A – коэффициент ускорения от параллельной обработки,

N – количество потоков,

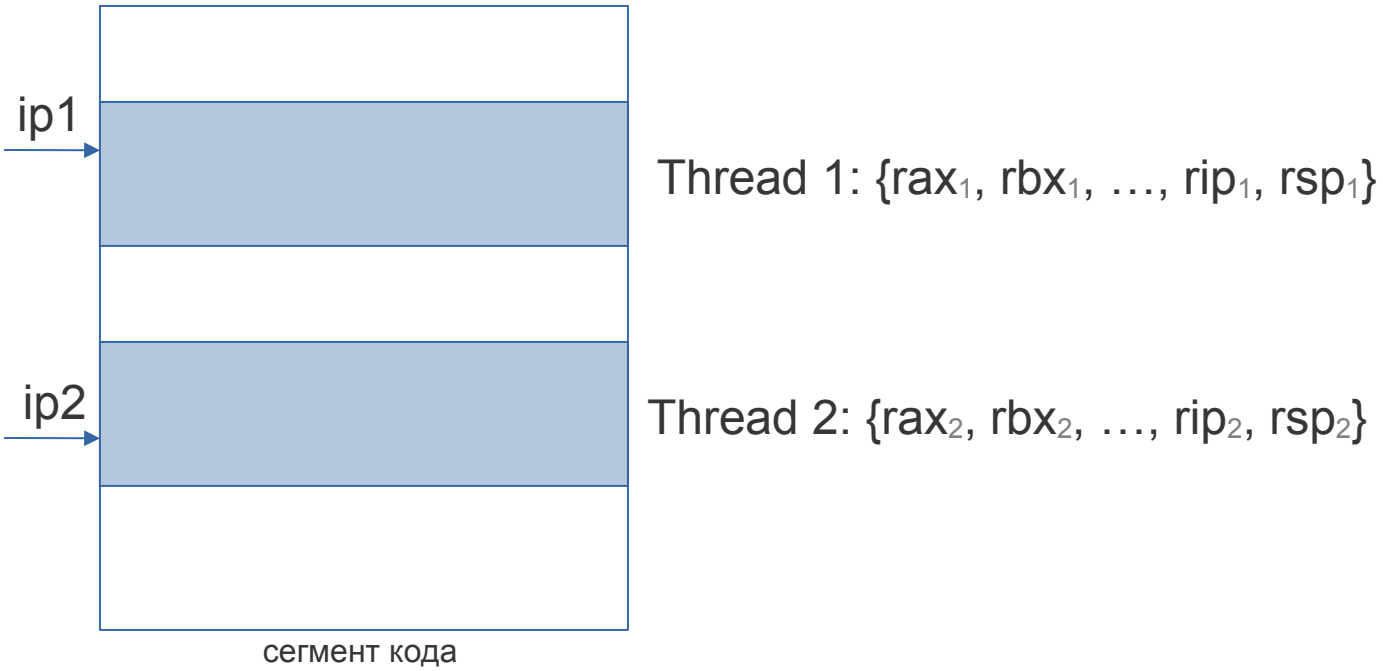
S – доля последовательно выполняемого кода. phần mã được thực thi tuần tự

  - поток – средство логического разделения кода и средство изоляции частей программы

Что такое поток

thread được tạo ra với mục đích chạy nhiều tác vụ trong cùng 1 tiến trình, qua đó tăng hiệu năng của ứng dụng

- Если говорить упрощенно, поток – это состояние регистров процессора (адрес в сегменте кода + остальные регистры) thread là trạng thái của thanh ghi bộ xử lý
  - поток – “виртуальный процессор”



Сравнение процессов и потоков

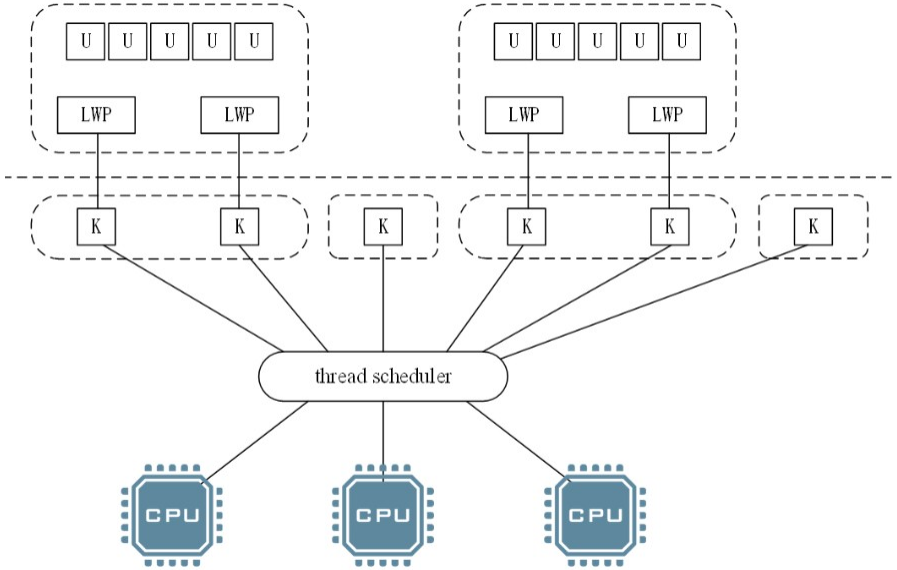
- время, необходимое для создания
- время переключения контекста
  - каталог страниц
  - TLB
    - в некоторых процессорах (ARM) TLB содержит также PID
- общность ресурсов
  - самый главный ресурс – память (адресное пространство)
- изоляция
  - обмен данными
  - действия при возникновении ошибки/исключения

Выводы из сравнения процессов и потоков

- процесс – “контейнер для ресурсов”
  - потоки в каком-то смысле тоже “ресурсы”
- в каждом процессе есть как минимум один поток
  - поток – это поток **выполнения**, “виртуальный процессор” là 1 chuỗi thực thi
  - все потоки процесса работают в одном и том же адресном пространстве
- поток – более легковесная сущность, чем процесс

Процессы и потоки

- В настоящее время в Linux потоки пользовательского режима переключаются в режим ядра и обратно с помощью системных вызовов
- Могут быть потоки, работающие только в режиме ядра



Реализации потоков в Linux

- LinuxThreads
  - до версии ядра 2.6
- NPTL (Native POSIX Thread Library)
  - начиная с 2.6
  - и потоки, и процессы в Linux создаются с помощью системного вызова clone(), но с разными флагами
    - строго говоря, возможно создание потоков без использования библиотеки pthread (используя clone()), однако это как минимум неудобно

Создание потоков

```
#include <pthread.h>

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

Завершение потока

- Поток завершается, если:
  - потоковая функция делает return
  - поток вызывает pthread_exit() или exit()
  - поток отменяется вызовом pthread_cancel()
  - завершается основной поток, вызывая exit() или возвращаясь из main()
    - если завершение происходит с помощью pthread_exit(), то дочерние потоки продолжают работу

- Если поток вызывает exit(), _exit() или _Exit(), то завершается весь процесс!

Присоединение потока

đính kèm thread

```
#include <pthread.h>

int pthread_join(pthread_t thread,
                 void **retval); [i]
```

được dùng để nối hoặc nối lại các thread trong cùng 1 process

Если не присоединять завершенные потоки, в программе будут утечки памяти!

Отсоединение потока

ngắt kết nối thread

```
#include <pthread.h>

int pthread_detach(pthread_t thread);
```

Присоединение потока с ожиданием

```
#define _GNU_SOURCE
#include <pthread.h>

int pthread_tryjoin_np(pthread_t thread,
  void **retval);

int pthread_timedjoin_np(pthread_t thread,
            void **retval,
            const struct timespec *abstime);
```

Отмена потока

```
#include <pthread.h>

int pthread_cancel(pthread_t thread);


void pthread_testcancel(void);
```

Потоки и сигналы

```
#include <signal.h>

int pthread_sigmask(int how,
        const sigset_t *set,
        sigset_t *oldset);
```

signal là tín hiệu khi ngắt chương trình(sofware)

Отправка сигнала потоку

```
#include <signal.h>

int pthread_kill(pthread_t thread,
        int sig);
```

Функции очистки завершения потока

```
#include <pthread.h>

void pthread_cleanup_push(
  void (*routine)(void *),
   void *arg);

void pthread_cleanup_pop(int execute);
```

Синхронизация потоков

Синхронизация потоков

- асинхронный доступ к данным
  - чтение неизменяемых данных не вызывает проблем
  - одновременный доступ на чтение и запись может приводить к нарушению инвариантов
- потокобезопасность (thread safety)
  - повторная входимость функций (reentrancy)

Средства синхронизации потоков

- средства синхронизации в библиотеке pthread
  - циклические блокировки (spinlocks)
  - мьютексы (mutexes)
  - условные переменные (condition variables)
  - блокировки чтения-записи (read-write locks)
  - барьеры (barriers)

Циклическая блокировка

```
#include <pthread.h>

int pthread_spin_init(
  pthread_spinlock_t *lock,
  int pshared);

int pthread_spin_destroy(
  pthread_spinlock_t *lock);
```

Циклическая блокировка

```
#include <pthread.h>

int pthread_spin_lock(
  pthread_spinlock_t *lock);

int pthread_spin_trylock(
  pthread_spinlock_t *lock);

int pthread_spin_unlock(
  pthread_spinlock_t *lock);
```

Мьютексы

```
#include <pthread.h>

pthread_mutex_t mutex =
  PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;

int pthread_mutex_init(
  pthread_mutex_t *mutex,
  pthread_mutexattr_t *attr);

int pthread_mutex_destroy(
  pthread_mutex_t *mutex);
```

Захват и освобождение мьютекса

```
#include <pthread.h>

int pthread_mutex_lock(
      pthread_mutex_t *mutex);

int pthread_mutex_trylock(
      pthread_mutex_t *mutex);

int pthread_mutex_unlock(
      pthread_mutex_t *mutex);
```

Иерархии блокировок и тупики

- при наличии в программе нескольких мьютексов возможны тупики (deadlocks)
  - иерархия блокировок должна быть выстроена таким образом, чтобы тупики исключались
  - альтернативный способ – откат (backoff)

Гранулярность блокировок

- гранулярность блокировок (locking granularity) определяется длиной критических секций кода (длиной участков кода, защищенных примитивами синхронизации)
  - желательно стремиться к тому, чтобы уменьшить гранулярность блокировок
  - lock chaining – подход, при котором критические секции перекрываются и при входе во вложенную критическую секцию примитив синхронизации охватывающей секции особождается

Условные переменные

```
#include <pthread.h>

pthread_cond_t cond =
  PTHREAD_COND_INITIALIZER;

int pthread_cond_init(
  pthread_cond_t *cond,
  pthread_condattr_t *condattr);

int pthread_cond_destroy(
  pthread_cond_t *cond);
```

Ожидание условной переменной

```
#include <pthread.h>

int pthread_cond_wait(
  pthread_cond_t *cond,
  pthread_mutex_t *mutex);

int pthread_cond_timedwait(
  pthread_cond_t *cond,
  pthread_mutex_t *mutex,
  struct timespec *expiration);
```

Блокировки чтения-записи

```
#include <pthread.h>

pthread_rwlock_t rwlock =
  PTHREAD_RWLOCK_INITIALIZER;

int pthread_rwlock_init(
  pthread_rwlock_t *rwlock,
  const pthread_rwlockattr_t *attr);

int pthread_rwlock_destroy(
  pthread_rwlock_t *rwlock);
```

Блокировки чтения-записи

```
#include <pthread.h>

int pthread_rwlock_rdlock(pthread_rwlock_t *rwlock);
int pthread_rwlock_wrlock(pthread_rwlock_t *rwlock);

int pthread_rwlock_tryrdlock(pthread_rwlock_t *rwlock);
int pthread_rwlock_trywrlock(pthread_rwlock_t  *rwlock);

int pthread_rwlock_unlock(pthread_rwlock_t  *rwlock);
```

Выводы по процессам и потокам

- в каких случаях использовать процессы, а в каких – потоки?
- как уменьшить накладные расходы на создание потоков/процессов?

Материалы курса

- Презентации, материалы к лекциям, литература, задания на лабораторные работы
  - shorturl.at/gjABL

Задание на дом

- читать
  - Стивенс, Раго. UNIX. Профессиональное программирование
    - главы 11, 12
  - Лав. Linux: Системное программирование
    - глава 7