ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ ПОТОКУ

Питання 12.2.

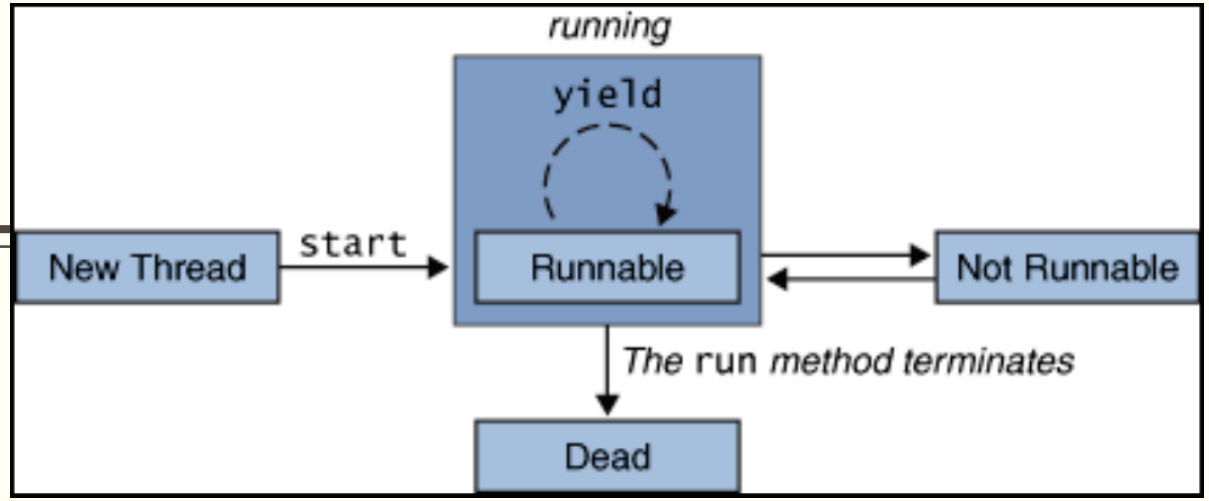
Потоки в Python

- Клас Thread у Python можна знайти в модулі threading.py.
  - Ініціалізатор класу виглядає так:

```
# Python Thread class Constructor
def __init__(self, group=None, target=None, name=None,
             args=(), kwargs=None, verbose=None):
```

  - *group*: спеціальний параметр, який зарезервовано для подальшого розширення.
  - *target*: callable-об'єкт, який викликається в методі run(). Без його передачі значення прирівняється до None, нічого не буде запущено.
  - *name*: назва потоку.
  - *args*: кортеж аргументів для цільового виклику. За замовчуванням - ().
  - *kwargs*: словник keyword-аргументів to invoke the base class constructor.

Стани потоку



- ***Новий потік (New Thread)***:
  - Потік ще не запущено, йому ще не виділено ресурсів. Просто об'єкт.
- ***Готовий до виконання (Runnable)***:
  - Потік очікує запуску, має виділені всі необхідні ресурси, тільки планувальник стримує його від виконання.
- ***Запущений (Running)***:
  - Потік виконує роботу. З цього стану він може перейти або в dead state, якщо буде вирішено «вбити» його, або в незапущений стан.
- ***Незапущений (Not-running)***:
  - Потік певним чином поставлений на паузу. Причин цьому може бути багато: очікування завершення тривалої операції вводу-виводу, навмисне блокування з метою виконання роботи іншим потоком тощо.
- ***Dead***:
  - Досягти цього стану можна двома шляхами: потік «помре» природно або буде вбитим.

Приклад стану потоку

```python
import threading
import time

# простий метод для виконання потоку
def threadWorker():
  # тут потік починає виконання (стан 'Runnable' -> 'Running')
  print("My Thread has entered the 'Running' State")

  # Якщо викликаємо метод time.sleep(), наш потік перходить у стан not-runnable
  # We can do no further work on this particular thread
  time.sleep(10)
  # Потік завершує роботу та переривається
  print("My Thread is terminating")

# Тут потік не має стану, тому що для нього не виділено системних ресурсів
myThread = threading.Thread(target=threadWorker)

# Після виклику myThread.start(), Python виділяє необхідні ресурси
# для запуску потоку, а потім викликає метод run потоку.
# Перехід зі стану 'Starting' -> 'Runnable', проте not running
myThread.start()

# Після виклику методу join потік переходить у стан 'Dead'.
# Він завершив передбачену для нього роботу.
myThread.join()
print("My Thead has entered a 'Dead' state")
```

```
My Thread has entered the 'Running' State
My Thread is terminatingMy Thead has entered a 'Dead' state
```

Види потоків

- Python абстрагується від найбільш низькорівневої частини API, які працюють з потоками.
- Також мова дозволяє писати портативний код, обираючи залежно від ОС вид потоків, які будуть виконувати код:
  - ***POSIX-потоки.*** Реалізація потоків відповідно до стандарту IEEE POSIX 1003.1c. Він був розроблений для стандартизації реалізації потоків для різноманітного апаратного забезпечення під управлінням UNIX-систем. Часто такі потоки називають POSIX-потоками або PThreads.
  - ***Windows-потоки.*** Працюють відповідно до стандартів Microsoft та мають багато відмінностей щодо POSIX-потоків. Windows threads API простіший та елегантніший за POSIX threads API.

Способи запуску потоку

```python
import threading
import time
import random

def executeThread(i):
  print("Thread {} started".format(i))
  sleepTime = random.randint(1,10)
  time.sleep(sleepTime)
  print("Thread {} finished executing".format(i))

for i in range(10):
  thread = threading.Thread(target=executeThread, args=(i,))
  thread.start()

  print("Active Threads:" , threading.enumerate())
```

```
Thread 2 finished executing
Thread 4 finished executing
Thread 5 finished executing
Thread 1 finished executing
Thread 3 finished executing
Thread 8 finished executing
Thread 9 finished executing
Thread 6 finished executing
Thread 0 finished executing
Thread 7 finished executing
```

- Маємо просту функцію, яка «спить» протягом випадкового періоду часу.

Наслідування від класу потоку

- Для того, щоб створити новий потік, потрібно субкласувати вбудований клас з мови Python для роботи з потоками:
  - Передати в описі нашого класу, що описує потік, thread class мови Python
  - Викликати Thread.__init__(self) в конструкторі, щоб ініціалізувати потік.
  - Визначити функцію run(), яка буде викликатись, коли потік буде запущено.

```
1  from threading import Thread
2
3  class myWorkerThread(Thread):
4
5    def __init__(self):
6      print("Hello world")
7      Thread.__init__(self)
8
9    def run(self):
10     print("Thread is now running")
11
12 myThread = myWorkerThread()
13 print("Created my Thread Object")
14 myThread.start()
15 print("Started my thread")
16 myThread.join()
17 print("My Thread finished")
```

- У конструкторі викличемо необхідний Thread.__init__(self)
  - Далі оголошуємо функцію run(), яка буде викликатись після myThread.start().
  - У функції run() просто виведемо поточний стан на консоль.
  - Після цього потік завершить роботу.

```
Hello world
Created my Thread ObjectThread is now running

Started my thread
My Thread finished
```

Форкінг (Forking)

- Для форку (відгалуження) процесу потрібно створити точну копію вже існуючого.
  - Відбувається ефективне клонування та запуск клонованого процесу як дочірнього для батьківського.
  - Новостворений процес отримує власний адресний простір, а також точну копію батьківських даних і коду, який виконується в батьківському процесі.
  - Клон при створенні отримує унікальний **Process IDentifier** (**PID**), таким чином не залежачи від свого батьківського процесу.
- Коли виникає потреба клонувати існуючий процес?
  - Наприклад, Apache активно використовує форкінг, щоб створити багато серверних процесів.
  - Кожен з цих незалежних процесів здатен обробити their own requests within their own address space.
  - Якщо процес падає чи вмирає, вплив на інші процеси, які конкурентно з ним працюють, буде відсутнім.
  - Вони зможуть продовжити to cater to any new requests.

Приклад

```
import os
def child():
  print "We are in the child process with PID= %d"%os.getpid()
def parent():
  print "We are in the parent process with PID= %d"%os.getpid()
  newRef=os.getpid()
  if newRef==0:
    child()
  else:
    print "We are in the parent process and our child process has PID=
%d"%newRef
parent()
```

- У функції parent() виводиться PID поточного процесу перед викликом методу os.fork() для форку поточного запущеного процесу.
  - Це створює геть новий процес, який отримує унікальний PID.
- Далі викликається функція child(), яка виводить поточний PID.
  - Він відрізняється від початкового PID, виведеного на початку виконання скрипту.
  - Різний PID представляє успішний форкінг та створення повністю нового процесу.

Демонування (Daemonizing) потоку

- Потоки-демони (Daemon threads) – це потоки без визначеної точки свого завершення.
  - Вони продовжують роботу, поки програма не завершить свою.
  - Наприклад, маємо балансувальника навантаження, який відправляє service requests до багатьох екземплярів програми.
  - Може існувати деяка форма registry service, яка повідомляє балансувальнику, куди пересилати ці запити.
  - Зазвичай періодично надсилають heartbeat (keep alive packet).
- Цей приклад – основний сценарій використання потоків-демонів у додатку.
  - Можна передати роботу з відправки heartbeat-сигналу до service registry в потік- демон та start this up при запуску додатку.
  - Цей потік-демон у фоні періодично відправлятиме this update, не втручаючись в роботу основного потоку.
  - Потік-демон «вбивається» без нашого відома при закритті додатку.

Приклад

```
import threading
import time
def standardThread():
    print("Starting my Standard Thread")
    time.sleep(20)
    print("Ending my standard thread")
def daemonThread():
    while True:
      print("Sending Out Heartbeat Signal")
      time.sleep(2)
if __name__ == '__main__':
  standardThread = threading.Thread(target=standardThread)
  daemonThread = threading.Thread(target=daemonThread)
  daemonThread.setDaemon(True)
  daemonThread.start()

  standardThread.start()
```

Завантаження групи потоків

- Можна створити багато потоків, використовуючи GPS loop, а потім запускати їх всередині того ж GPS loop.
  - Визначимо функцію, яка прийматиме ціле число та «спатиме» випадковий період часу і друкуватиме час запуску та завершення.

```
import threading
import time
import random
def executeThread(i):
  print("Thread {} started".format(i))
  sleepTime = random.randint(1,10)
  time.sleep(sleepTime)
  print("Thread {} finished executing".format(i))
for i in range(10):
  thread = threading.Thread(target=executeThread, args=(i,))
  thread.start()
  print("Active Threads:" , threading.enumerate())
```

Вивід програми

```
 $ python3.6 00_startingThread.py
Thread 0 started
Active Threads: [<_MainThread(MainThread, started 140735793988544)>,
<Thread(Thread-1, started 123145335930880)>]
Thread 1 started
Active Threads: [<_MainThread(MainThread, started 140735793988544)>,
<Thread(Thread-1, started 123145335930880)>, <Thread(Thread-2, started
123145341186048)>]
Thread 2 started
Active Threads: [<_MainThread(MainThread, started 140735793988544)>,
<Thread(Thread-1, started 123145335930880)>, <Thread(Thread-2, started
123145341186048)>, <Thread(Thread-3, started 123145346441216)>]
```

Сповільнення програм, які використовують потоки

```
import time
import random
import threading
def calculatePrimeFactors(n):
  primfac = []
  d = 2
  while d*d <= n:
    while (n % d) == 0:
      primfac.append(d)
      n //= d
    d += 1
  if n > 1:
    primfac.append(n)
  return primfac
```

- Запуск сотень потоків та їх спрямування на вирішення конкретної проблеми, скоріше за все, не покращить продуктивність додатку.

```
def executeProc():
  for i in range(1000):
    rand = random.randint(20000, 100000000)
    print(calculatePrimeFactors(rand))
def main():
  print("Starting number crunching")
  t0 = time.time()
  threads = []
  for i in range(10):
    thread = threading.Thread(target=executeProc)
    threads.append(thread)
    thread.start()
  for thread in threads:
    thread.join()
  t1 = time.time()
  totalTime = t1 - t0
  print("Execution Time: {}".format(totalTime))
if __name__ == '__main__':
  main()
```

Порівняння результатів роботи

Single-threaded sample:	**3.69 seconds**
Multi-processing sample:	1.98 seconds
Multi-threaded sample	3.95 seconds

- Запуск багатьох потоків та їх спрямування на одну проблему тут спричиняє 7%-ве сповільнення в порівнянні з однопоточним режимом і майже 100%-ве прискорення в багатопроцесному режимі.

Отримування загальної кількості активних потоків

- Модуль threading включає спеціальну функцію

```
import threading
import time
import random
def myThread(i):
  print("Thread {}: started".format(i))
  time.sleep(random.randint(1,5))
  print("Thread {}: finished".format(i))
def main():
  for i in range(random.randint(2,50)):
    thread = threading.Thread(target=myThread, args=(i,))
    thread.start()
  time.sleep(4)
  print("Total Number of Active Threads:
{}".format(threading.active_count()))
if __name__ == '__main__':
  main()
```

Отримання поточного потоку

```
import threading
import time
def threadTarget():
 print("Current Thread: {}".format(threading.current_thread()))
threads = []
for i in range(10):
 thread = threading.Thread(target=threadTarget)
 thread.start()
 threads.append(thread)
for thread in threads:
 thread.join()
```

```
Current Thread: <Thread(Thread-1, started 123145429614592)>
Current Thread: <Thread(Thread-2, started 123145429614592)>
Current Thread: <Thread(Thread-3, started 123145434869760)>
Current Thread: <Thread(Thread-4, started 123145429614592)>
Current Thread: <Thread(Thread-5, started 123145434869760)>
Current Thread: <Thread(Thread-6, started 123145429614592)>
Current Thread: <Thread(Thread-7, started 123145434869760)>
Current Thread: <Thread(Thread-8, started 123145429614592)>
Current Thread: <Thread(Thread-9, started 123145434869760)>
Current Thread: <Thread(Thread-10, started 123145429614592)>
```

Головний потік (Main thread)

```
import threading
import time
def myChildThread():
  print("Child Thread Starting")
  time.sleep(5)
  print("Current Thread ----------")
  print(threading.current_thread())
  print("------------------------")
  print("Main Thread -------------")
  print(threading.main_thread())
  print("------------------------")
  print("Child Thread Ending")
child = threading.Thread(target=myChildThread)
child.start()
child.join()
```

- Всі Python-програми запускають принаймні один (головний) потік.
  - У Python можна викликати функцію main_thread(), щоб отримати об'єкт головного потоку.

```
Child Thread Starting
Current Thread ----------
<Thread(Thread-1, started 123145387503616)>
------------------------
Main Thread -------------
<_MainThread(MainThread, started 140735793988544)>
------------------------
Child Thread Ending
```

- Всередині функції просто виводимо поточний потік і головний потік.
  - Потім створюємо thread-об'єкт, запускаємо його виконання та приєднуємо (join) його.

```
import threading
import time
import random
def myThread(i):
  print("Thread {}: started".format(i))
  time.sleep(random.randint(1,5))
  print("Thread {}: finished".format(i))
def main():
  for i in range(4):
    thread = threading.Thread(target=myThread, args=(i,))
    thread.start()
  print("Enumerating: {}".format(threading.enumerate()))
if __name__ == '__main__':
  main()
```

Перелічення всіх потоків

Python дозволяє опитати всі активні потоки, а потім перелічити їх для того, щоб отримати про них інформацію, правильно зупинити тощо.

```
Thread 0: started
Thread 1: started
Thread 2: started
Thread 3: started
Enumerating: [<_MainThread(MainThread, started 140735793988544)>,
<Thread(Thread-1, started 123145554595840)>, <Thread(Thread-2,
started 123145559851008)>, <Thread(Thread-3, started
123145565106176)>, <Thread(Thread-4, started 123145570361344)>]
Thread 2: finished
Thread 3: finished
Thread 0: finished
Thread 1: finished
```

Ідентифікація потоків

- Може спростити налагодження багатопоточних додатків.
- Для великої кількості потоків зручно об'єднувати їх у групи, якщо вони виконують різні задачі.
  - Наприклад, маємо додаток, який прослуховує зміни біржової ціни та намагається передбачити нову ціну.
  - Можемо мати дві окремі групи потоків: одна прослуховує, а інша – виконує обчислення.

```
import threading
import time
def myThread():
  print("Thread {} starting".format(threading.currentThread().getName()))
  time.sleep(10)
  print("Thread {} ending".format(threading.currentThread().getName()))
for i in range(4):
  threadName = "Thread-" + str(i)
  thread = threading.Thread(name=threadName, target=myThread)
  thread.start()
print("{}".format(threading.enumerate()))
```

Вивід програми

```
Thread Thread-0 starting
Thread Thread-1 starting
Thread Thread-2 starting
Thread Thread-3 starting
[<_MainThread(MainThread, started 140735793988544)>,
<Thread(Thread-0, started 123145368256512)>, <Thread(Thread-1,
started 123145373511680)>, <Thread(Thread-2, started
123145378766848)>, <Thread(Thread-3, started 123145384022016)>]
Thread Thread-0 ending
Thread Thread-2 ending
Thread Thread-3 ending
Thread Thread-1 ending
```

Примусове завершення потоку

- Вважається дуже поганою практикою програмування.
  - Python не постачає нативних функцій, що «вбиватимуть» інші потоки.
  - Такі потоки можуть містити критичні ресурси, що повинні бути правильно відкриті чи закриті.
  - Також вони можуть бути батьківськими потоками для багатьох дочірніх потоків (так утворюються процеси-сироти, які не мають живого батьківського процесу).
  - Процеси-сироти займають місце в пам’яті, а єдиний спосіб їх «убити» - перелічити всі живі потоки, а потім вбити решту.
- За потреби певного механізму завершення роботи потоку, потрібно м’яко реалізувати його в коді.
  - Проте існує обхідний шлях: процеси, фактично, мають такий механізм на відміну від потоків.

Приклад

```
from multiprocessing import Process
import time
def myWorker():
 t1 = time.time()
 print("Process started at: {}".format(t1))
 time.sleep(20)
myProcess = Process(target=myWorker)
print("Process {}".format(myProcess))
myProcess.start()
print("Terminating Process...")
myProcess.terminate()
myProcess.join()
print("Process Terminated: {}".format(myProcess))
```

```
Process <Process(Process-1, initial)>
Terminating Process...
Process Terminated: <Process(Process-1, stopped[SIGTERM])>
```

```
import threading
from multiprocessing import Process
import time
import os
def MyTask():
  print("Starting")
  time.sleep(2)
t0 = time.time()
threads = []
for i in range(10):
  thread = threading.Thread(target=MyTask)
  thread.start()
  threads.append(thread)
t1 = time.time()
print("Total Time for Creating 10 Threads: {} seconds".format(t1-t0))
for thread in threads:
  thread.join()
t2 = time.time()
procs = []
for i in range(10):
  process = Process(target=MyTask)
  process.start()
  procs.append(process)
t3 = time.time()
print("Total Time for Creating 10 Processes: {} seconds".format(t3-t2))
for proc in procs:
  proc.join()
```

Створення процесів та потоків

- Процеси у деякій мірі є важковаговою версією потоків.
  - Вони можуть виконувати більше задач, пов'язаних з CPU, ніж стандартний потік, оскільки кожен з них володіє власним екземпляром GIL.
- У той же час робота процесу більш ресурсозатратна.
  - Перемикання між процесами на льоту та «вбивство» процесу відбувається повільніше.

Вивід програми

```
Total Time for Creating 10 Threads: 0.0017189979553222656 seconds
Total Time for Creating 10 Processes: 0.02233409881591797 seconds
```

- Визначаємо функцію MyTask, яка буде ціллю створених у майбутньому потоків та процесів.
  - Спочатку зберігаємо час відліку, а далі створюємо порожній масив (threads), який у зручній формі зберігатиме посилання на всі створені об’єкти-потоки.
  - Потім створюємо та запускаємо ці потоки перед новим записом значення часу, щоб обчислити загальний час створення та запуску.
  - Аналогічні дії виконуємо з процесами.
- Тут час створення та запуску процесів на порядок вищий за відповідний час для потоків.

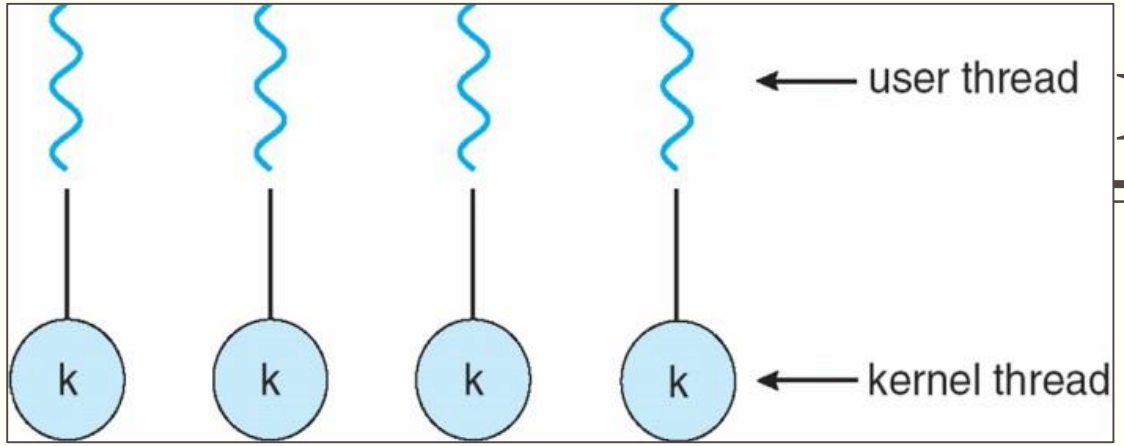
Моделі мультипроцесності

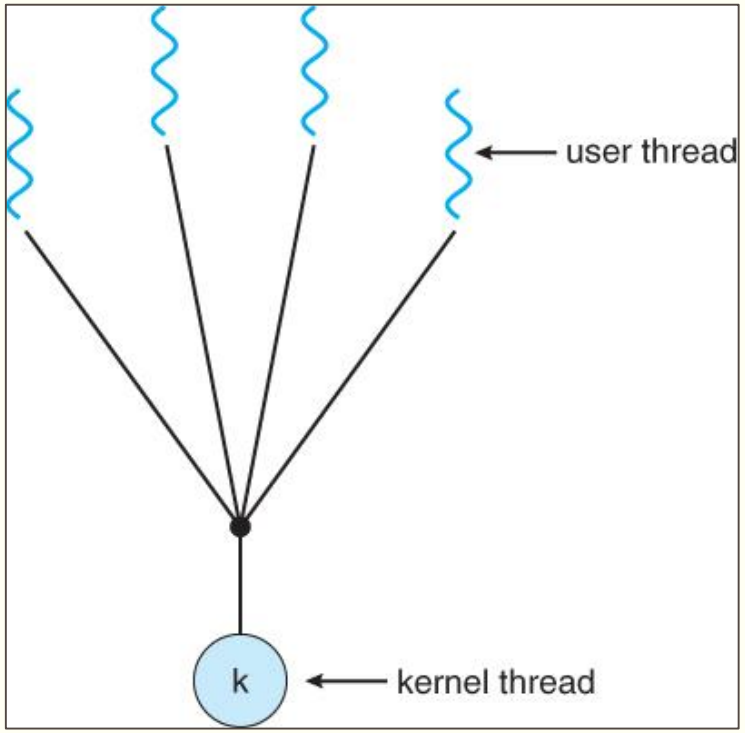
- Відношення між потоками рівня користувача та потоками рівня ядра описується однією з трьох моделей відображення:
  - Один потік рівня користувача до одного потоку рівня ядра
  - Багато потоків рівня користувача до одного потоку рівня ядра
  - Багато потоків рівня користувача до багатьох потоків рівня ядра.
- У Python зазвичай використовується модель відображення «1:1», тому кожен потік використовуватиме більше машинних ресурсів.
  - Проте в екосистемі Python представлені модулі, які дають можливість реалізувати багатопоточний функціонал, залишаючись в одному потоці.
  - Поширений приклад – модуль asyncio.

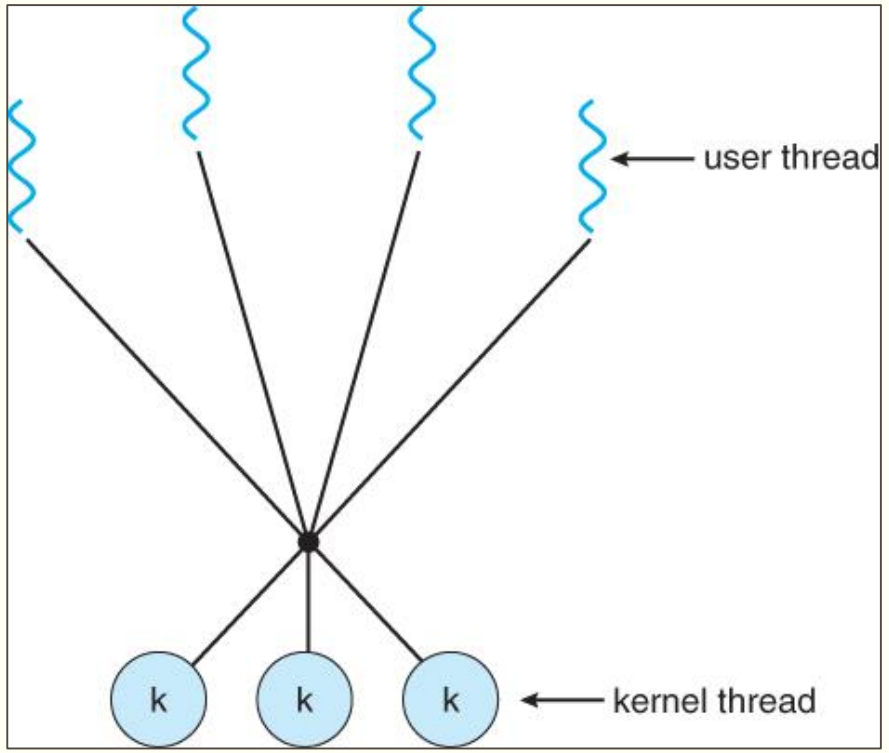
Відображення потоків

- Відображення «1:1» може бути ресурсозатратним (властиво потокам рівня ядра), проте потоки рівня користувача не належать до одного рівня блокування (як для відображення «1:M»).
  - Перевагою відображення «1:M» (один потік рівня ядра) є ефективне управління потоками рівня користувача.
  - Проте якщо потік рівня користувача блокується, решта відображених потоків теж будуть заблоковані.
- Моделі «M:M» представляє вирішення недоліків попередніх моделей.
  - Окремі потоки рівня користувача можна відображати на комбінацію одного або кількох потоків рівня ядра.
  - Це дає програмісту змогу обирати, які потоки рівня користувача слід відобразити на потоки рівня ядра та в цілому спробувати забезпечити якомога вищу продуктивність у багатопоточному середовищі.

Відображення потоків







ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Наступне питання: Синхронізація потоків