

Programmazione Avanzata

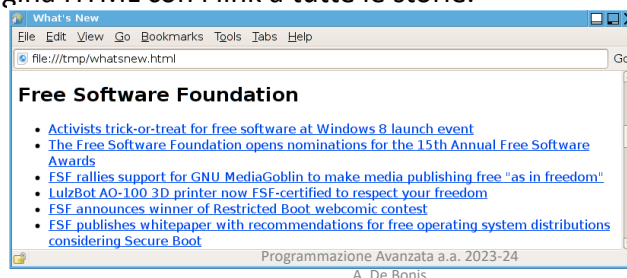
Concorrenza I/O Bound

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

50

Un esempio

- Scaricare file o pagine web da Internet e` un'esigenza molto frequente. A causa dei tempi di latenza della rete, e` di solito possibile fare molti download in modo concorrente e quindi terminare molto piu` velocemente il download.
- Il libro di Summerfield propone un codice che scarica RSS feed (piccoli documenti XML) che riportano storie relative a notizie riguardanti il mondo della tecnologia.
- I feed provengono da diversi siti web e il programma li usa per produrre una singola pagina HTML con i link a tutte le storie.



51

Un esempio

- La tabella mostra i tempi di varie versioni del programma

Program	Concurrency	Seconds	Speedup
whatsnew.py	<i>None</i>	172	<i>Baseline</i>
whatsnew-c.py	16 coroutines	180	0.96×
whatsnew-q-m.py	16 processes using a queue	45	3.82×
whatsnew-m.py	16 processes using a process pool	50	3.44×
whatsnew-q.py	16 threads using a queue	50	3.44×
whatsnew-t.py	16 threads using a thread pool	48	3.58×

- Poiche' la latenza della rete varia molto, la velocita` dei programmi puo` variare molto da un minimo di 2 fino ad un massimo di 10 o piu` volte, in base ai siti, la quantita` di dati scaricati e la banda della connessione.
- In considerazione di cio`, le differenze tra la versione basata su multiprocessing e quella basata su multithreading sono insignificanti.
- La cosa importante da ricordare e` che l'approccio concorrente permette di raggiungere velocita` molto piu` elevate nonostante queste varino di esecuzione in esecuzione

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

52

Informazioni sul pacchetto threading

- Il modulo threading costruisce interfacce a piu` alto livello per il threading al di sopra del modulo di basso livello `_thread`.
- La classe Thread rappresenta un'attivita` che viene eseguita in un thread separato.
- Una volta creato un oggetto thread, si da` inizio alla sua attivita` invocando il metodo `start()` che invoca il metodo `run()` del thread in un thread separato.
- Una volta iniziata l'attivita` del thread, il thread viene considerato vivo fino al momento in cui non termina il suo metodo `run()` (anche se a causa di un'eccezione non gestita)

Programmazione Avanzata a.a. 2019-20
A. De Bonis

53

Informazioni sul pacchetto threading

- Altri thread possono invocare il metodo `join()` di un thread. Cio` blocca il thread che invoca `join()` fino a quando non termina il thread il cui metodo `join()` e` stato invocato.
- Il thread ha un attributo `name` il cui valore puo` essere passato al costruttore e letto o modificato attraverso l'attributo `name`.
- I thread possono essere contrassegnati come daemon attraverso un flag. Se vi sono solo thread daemon in esecuzione, si esce dall'intero programma. Il valore iniziale del flag e` ereditato dal thread che crea il thread o puo` essere passato al costruttore.
- L'interfaccia di `threading.Thread` fornita e` simile a quella di `multiprocessing.Process`.

Programmazione Avanzata a.a. 2019-20
A. De Bonis

54

Un'implementazione con code e threading

- Questo esempio usa thread multipli e due code thread-safe, una per i job (URL) e l'altra per i risultati (coppie contenenti True e un frammento HTML da includere nella pagina HTML da costruire, oppure False e un messaggio di errore)
- La funzione `main()` comincia ricevendo dalla linea comando il massimo numero di elementi (`limit`) da leggere da una data URL e un livello di concorrenza (`concurrency`).
 - La funzione `handle_commandline()` pone il valore della concorrenza pari a 4 volte il numero di core (si sceglie un multiplo del numero di core, dal momento che il programma e` I/O bound.)

```
def main():
    limit, concurrency = handle_commandline()
    Qtrac.report("starting..")
    filename = os.path.join(os.path.dirname(__file__), "whatsnew.dat")
    jobs = queue.Queue()
    results = queue.Queue()
    create_threads(limit, jobs, results, concurrency)
    todo = add_jobs(filename, jobs)
    process(todo, jobs, results, concurrency)
```

55

Un'implementazione con code e threading

- Il modulo `queue` implementa code che possono essere utilizzate da più entità.
- Sono particolarmente utili nel multithreading in quanto consentono a thread multipli di scambiarsi informazioni in modo sicuro.
- Il modulo implementa tre tipi di code: FIFO, LIFO e Coda a priorità.
- Internamente queste code usano lock per bloccare temporaneamente thread in competizione tra loro.

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

56

Un'implementazione con code e threading

- La funzione poi riporta all'utente che sta cominciando a lavorare e mette in filename l'intero percorso del file di dati contenente le URL.
- Poi la funzione crea due code thread-safe e i thread worker.
- Una volta iniziati i thread worker (che sono bloccati perché non c'è alcun lavoro da svolgere ancora) vengono aggiunti i job alla coda dei job.
- Si attende quindi nella funzione `process()` che i job vengano completati e poi vengono forniti in output i risultati.

```
def main():
    limit, concurrency = handle_commandline()
    Qttrac.report("starting...")
    filename = os.path.join(os.path.dirname(__file__), "whatsnew.dat")
    jobs = queue.Queue()
    results = queue.Queue()
    create_threads(limit, jobs, results, concurrency)
    todo = add_jobs(filename, jobs)
    process(todo, jobs, results, concurrency)
```

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

57

Un'implementazione con code e threading

- Questa funzione crea un numero di thread worker pari al valore specificato da concurrency e dà a ciascuno di questi thread una funzione worker da eseguire e gli argomenti con cui la funzione deve essere invocata.
- Ciascun thread viene trasformato in thread daemon in modo che venga terminato al termine del programma.
- Alla fine viene invocato start sul thread che si bloccherà in attesa di un job. In questa attesa sono solo i thread worker ad essere bloccati non il thread principale.

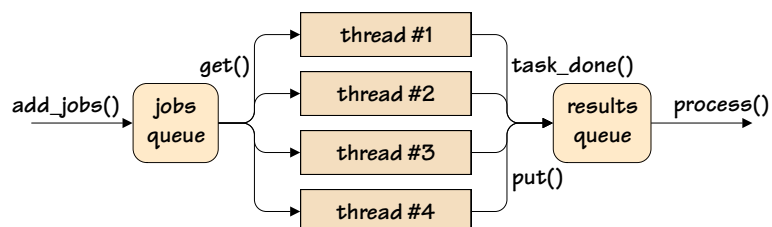
```
def create_threads(limit, jobs, results, concurrency):
    for _ in range(concurrency):
        thread = threading.Thread(target=worker, args=(limit, jobs,
            results))
        thread.daemon = True
        thread.start()
```

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

58

Un'implementazione con code e threading

- Questa è la struttura del programma concorrente.



Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

59

Un'implementazione con code e threading

- La funzione `Feed.iter()` restituisce ciascun feed come una coppia (*title, url*) che viene aggiunta alla coda `jobs`. Alla fine viene restituito il numero di job.
- In questo caso la funzione avrebbe potuto restituire lo stesso valore invocando `jobs.qsize()` piuttosto che computare direttamente il numero di job. Se però `add_jobs()` fosse stato eseguito nel suo proprio thread allora il valore restituito da `qsize()` non sarebbe stato attendibile dal momento che i job sarebbero stati prelevati nello stesso momento in cui venivano aggiunti.

```
def add_jobs(filename, jobs):
    for todo, feed in enumerate(Feed.iter(filename), start=1):
        jobs.put(feed)
    return todo
```

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

60

Un'implementazione con code e threading

- La funzione `worker` esegue un loop infinito. Il loop infinito termina sicuramente al termine del programma dal momento che il thread è un daemon.
- La funzione si blocca in attesa di prendere un job dalla coda dei job e non appena prende un job usa la funzione `Feed.read()` (del modulo `Feed.py`) per leggere il file identificato dalla URL.
- Se la `read` fallisce, il flag `ok` è `False` e viene stampato il risultato che è un messaggio di errore. Altrimenti, sempre che il programma ottenga un risultato (una lista di stringhe HTML), viene stampato il primo elemento (privato dei tag HTML) e aggiunto il risultato alla coda dei risultati.
- Il blocco `try ... finally` garantisce che `jobs.task_done()` venga invocato ogni volta che viene invocato `queue.Queue.get()` call.

La funzione `Feed.read()` legge una data URL (feed) e tenta di farne il parsing. Se il parsing ha successo, la funzione restituisce `True` insieme ad una lista di frammenti HTML. Altrimenti, restituisce `False` insieme a `None` o a un messaggio di errore.

```
def worker(limit, jobs, results):
    while True:
        try:
            feed = jobs.get()
            ok, result = Feed.read(feed, limit)
            if not ok:
                Qtrac.report(result, True)
            elif result is not None:
                Qtrac.report("read {}".format(result[0][4:-6]))
                results.put(result)
        finally:
            jobs.task_done()
```

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

61

Un'implementazione con code e threading

- Questa funzione viene invocata una volta che i thread sono stati creati e i job aggiunti alla coda. Essa invoca `queue.Queue.join()` che si blocca fino a quando la coda non si svuota, cioè fino a che non vengono eseguiti tutti i job o l'utente non cancella l'esecuzione.
- Se l'utente non cancella l'esecuzione, viene invocata la funzione `output()` per scrivere nel file HTML le liste di link e poi viene stampato un report con la funzione `Qtrac.report()`.
- Alla fine la funzione `open()` del modulo `webbrowser` viene invocata sul file HTML per aprirlo nel browser di default.

La funzione `output()` crea un file `whatsnew.html` e lo popola con i titoli dei feed e con i loro link. Queste informazioni sono presenti nei result all'interno della coda `results`. Ogni result contiene una lista di frammenti HTML (un titolo seguito da uno o più link).

Al termine `output()` restituisce il numero di result (numero di jobs terminati con successo) e il nome del file HTML creato.

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

```
def process(todo, jobs, results, concurrency):
    canceled = False
    try:
        jobs.join() # Wait for all the work to be done
    except KeyboardInterrupt:
        Qtrac.report("canceling...")
        canceled = True
    if canceled:
        done = results.qsize()
    else:
        done, filename = output(results)
    Qtrac.report("read {}/{} feeds using {} threads{}".format(done, todo,
        concurrency, " [canceled]" if canceled else ""))
    print()
    if not canceled:
        webbrowser.open(filename)
```

62

Un'implementazione che usa Futures e threading

- La funzione `main` crea un insieme di future inizialmente vuoto e poi crea un esecutore di un pool di thread che lavora allo stesso modo di un esecutore di un pool di processi.
- Per ogni feed, viene creato un nuovo future invocando il metodo `concurrent.futures.ThreadPoolExecutor.submit()` che eseguirà la funzione `Feed.read()` sulla URL del feed e restituirà al più un numero di link pari a `limit`.

```
def main():
    limit, concurrency = handle_commandline()
    Qtrac.report("starting...")
    filename = os.path.join(os.path.dirname(__file__), "whatsnew.dat")
    futures = set()
    with concurrent.futures.ThreadPoolExecutor(
        max_workers=concurrency) as executor:
        for feed in Feed.iter(filename):
            future = executor.submit(Feed.read, feed, limit)
            futures.add(future)
    done, filename, canceled = process(futures)
    if canceled:
        executor.shutdown()
    Qtrac.report("read {}/{} feeds using {} threads{}".format(done,
        len(futures), concurrency, " [canceled]" if canceled else ""))
    print()
    if not canceled:
        webbrowser.open(filename)
```

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

63

Un'implementazione che usa Futures e threading

- Ciascun future creato viene aggiunto al pool futures con add().
- Una volta che i future sono stati creati, viene invocata la funzione process() che aspetterà fino a quando non vengono terminati tutti i future o fino a quando l'utente non cancella l'esecuzione.
- Alla fine viene stampato un sunto e se l'utente non ha cancellato l'esecuzione, la pagina HTML generata viene aperta nel browser dell'utente.

```
def main():
    limit, concurrency = handle_commandLine()
    Qtrac.report("starting...")
    filename = os.path.join(os.path.dirname(__file__), "whatsnew.dat")
    futures = set()
    with concurrent.futures.ThreadPoolExecutor(
        max_workers=concurrency) as executor:
        for feed in Feed.iter(filename):
            future = executor.submit(Feed.read, feed, limit)
            futures.add(future)
    done, filename, canceled = process(futures)
    if canceled:
        executor.shutdown()
    Qtrac.report("read {}/{} feeds using {} threads{}".format(done,
        len(futures), concurrency, " [canceled]" if canceled else ""))
    print()
    if not canceled:
        webbrowser.open(filename)
```

64

Un'implementazione che usa Futures e threading

- Questa funzione scrive l'inizio del file HTML e poi invoca la funzione wait_for() per aspettare che il lavoro venga fatto.
- Se l'utente non cancella l'esecuzione, la funzione itera sui risultati (le coppie già descritte) e per quelli che contengono una lista (che consiste di titoli, ciascuno seguito da uno o più link) gli elementi della lista vengono scritti nel file HTML.
- Se l'utente cancella l'esecuzione, la funzione calcola semplicemente quanti feed sono stati letti con successo.
- In ogni caso, la funzione restituisce il numero di feed letti, il nome del file e True o False a seconda che l'utente abbia cancellato o meno l'esecuzione.

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis

```
def process(futures):
    canceled = False
    done = 0
    filename = os.path.join(tempfile.gettempdir(), "whatsnew.html")
    with open(filename, "wt", encoding="utf-8") as file:
        file.write("<!doctype html>\n")
        file.write("<html><head><title>What's New</title></head>\n")
        file.write("<body><h1>What's New</h1>\n")
        canceled, results = wait_for(futures)
        if not canceled:
            for result in (result for ok, result in results if ok and
                result is not None):
                done += 1
                for item in result:
                    file.write(item)
        else:
            done = sum(1 for ok, result in results if ok and result is not
                None)
        file.write("</body></html>\n")
    return done, filename, canceled
```

65

Un'implementazione che usa Futures e threading

- Questa funzione itera sui future, bloccandosi fino a quando uno di essi non termina o e` cancellato.
- Una volta ricevuto un future la funzione riporta un errore o un successo e in entrambi i casi appende il Booleano e il risultato (una lista di stringhe o una stringa errore) ad una lista di risultati.

```
def wait_for(futures):
    canceled = False
    results = []
    try:
        for future in concurrent.futures.as_completed(futures):
            err = future.exception()
            if err is None:
                ok, result = future.result()
                if not ok:
                    Qtrac.report(result, True)
                elif result is not None:
                    Qtrac.report("read {}".format(result[0][4:-6]))
                    results.append((ok, result))
            else:
                raise err # Unanticipated
    except KeyboardInterrupt:
        Qtrac.report("canceling...")
        canceled = True
        for future in futures:
            future.cancel()
    return canceled, results
```

Programmazione Avanzata a.a. 2023-24
A. De Bonis