演算法程式作業三

110403518 林晉宇

一、furthest-in-future

本次作業題目為 furthest-in-future 管理 cache 的演算法，並透過 C++實作來模擬 cache 的運作。

報告包含:

1. 實作程式的 pseudo code 以及資料結構的說明
2. 複雜度分析
3. 如何透過 python 生成測資
4. 程式執行時間圖

二、實作方法及資料結構說明

我參考楊弘笠同學在作業 7-1 簡報中的作法:

1. 建一個 record 陣列，用來記錄下一個相同 request 的 index。
2. 每次讀入新的 request 時，判斷是否在 cache [1]:
   (1)在 cache，則 cache hit。
   (2)不在 cache，且 cache 還有空間，則 cache miss，並把 request 值加入 cache。
   (3)不再 cache 且 cache 已滿，則 cache miss，並選出在 request sequence 中最遠的元素並移除 [2]。

- 資料結構說明:

  [1] 使用 C++的 unordered_map (hash map)，增刪查找為近乎常數時間。

  [2] 使用 C++的 priority_queue<pair<int, int>>，pair 中第一個值代表下一個相同 request 的 index(即 record 陣列所存的值)，

第二個代表該 request 的值。priority_queue 目的在於確保距離最遠的 request 會在 priority_queue 的 top()，其在新增及刪除元素為 O(logn)。

- Pseudo code:

```
unordered_map<int,bool> cache;
int cur_cache_size = 0; // 當前 cache 有多少元素
priority_queue<pii> pq;
for(i = 1 ~ n) // 1-based
{
    if(cache[request[i]]) // cache hit
        pq.push({record[i], request[i]});
    else if(cur_cache_size < k)
    {
        cur_cache_size++;
        cache[request[i]] = true;
        pq.push({record[i], request[i]});
    }
    else
    {
        int ev = pq.top().second; // 要 evict 的 request 值
        cache[request[i]] = true;
        pq.push({record[i], request[i]});
    }
}
```

三、分析複雜度

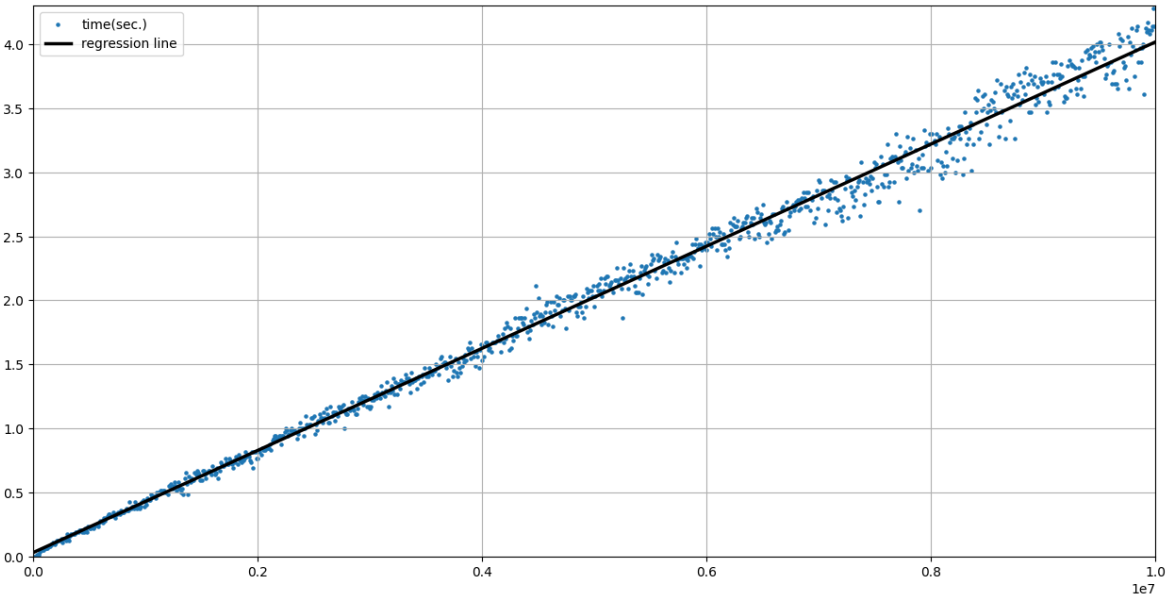
- 時間複雜度: 一共有 n 個 request，每次 request 需要將資訊 push 進 priority_queue，時間為 O(nlogn)。
- 空間複雜度: O(n)。

四、如何生成測資

```python
import os
import random
import numpy as np

os.system("g++ 110403518_林晉宇_hw3.cpp -o t") # compile

open('output.txt', 'w').close()

for i in range(1, 10000000, 10000):
    print("case: ", i)
    K = random.randint(1, 1000)
    N = i
    f = open("testcase.in", "w")
    f.write(f"{K} {N}\n")
    B = np.random.randint(100000, size = N)
    for j in B:
        f.write(f"{j} ")
    os.system("./t")
```

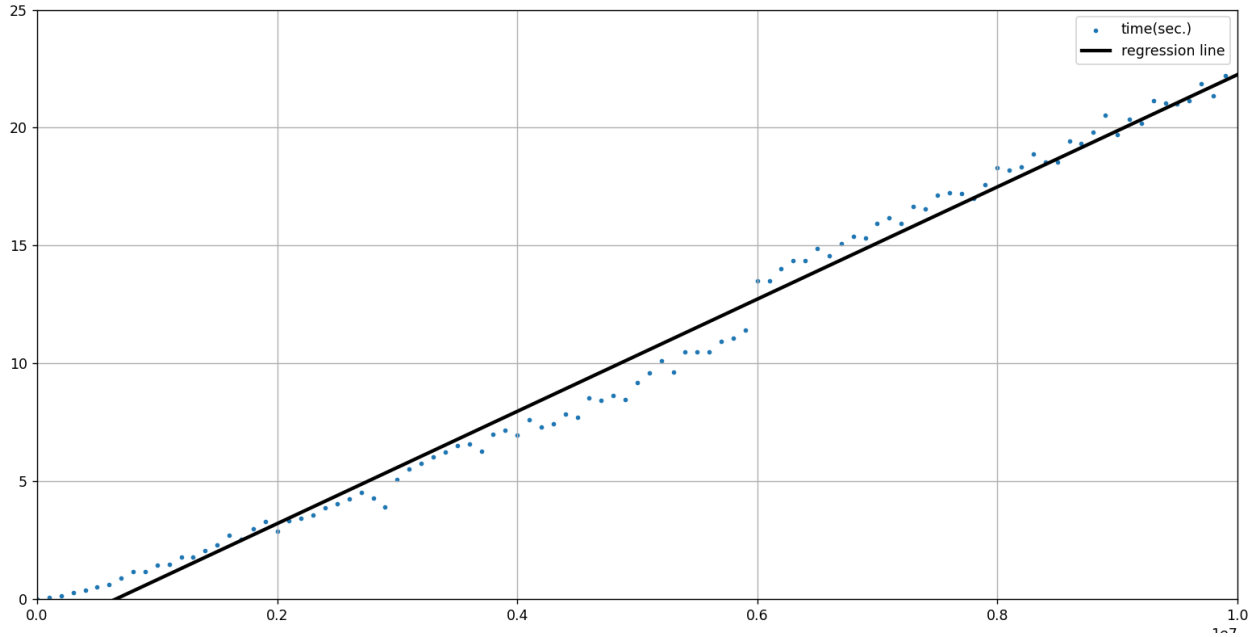
以上為生成測資的 python 程式碼，**n** 從 1 開始慢慢地增至 10^7(每次增加 10000)，**k** 及 **b** 皆為隨機產生，總共產出 1000 筆資料。

五、結果



首先，我將 b 設為 1-100000 的隨機數，認為這樣比較容易發生 hit，將 1000 筆測資讀入程式後，將每一次的執行時間畫成圖表，橫軸為 N 的大小，縱軸為時間(秒數)，藍點為實際時間，黑線為回歸線，可以看到當 **N 大至 10^7 時，執**

行時間大約需要四秒。



再者，我將 b 設為 1-2147483647，將 100 筆測資毒入程式，時間明顯比第一次慢很多，**可以看到當 N 來到 10^7 時，時間大概在 22 秒**，雖然時間複雜度看起來只跟 N 有關，但實際上 b 的範圍也對時間影響很大，我猜想可能是 priority_queue 在每次 push 及排序時要花費更多時間。