OS HW1 Document

一、開發環境

在主機上使用虛擬環境開發

- 主機配備: Intel® Core™ I5-9400H CPU @ 2.90GHz, 32G RAM
- 虛擬機: 6 核心處理器、4G 記憶體
- 作業系統: Linux 64bit (Ubuntu 22.04)
- 程式語言: C++11

二、實作方法與流程

主程式流程:

1. 取得使用者輸入(檔名、方法數、切割份數)
2. 根據使用者方法數(若方法數為 1 則不需要切割份數)
3. 計時開始
4. 執行排序
5. 計時結束
6. 寫檔
7. 詢問是否繼續? 是->回到步驟 1. 否->結束

氣泡排序:

1. 外迴圈選定最尾端未排序元素
2. 內迴圈從頭開始與相鄰元素比較，若靠前元素較小則交換，直到比較至外迴圈選定元素

合併:

1. 複製左陣列及右陣列元素至兩個佇列內
2. 比較兩個佇列排頭之元素，將較小者取出，並放入大陣列
3. 重複步驟 2.，直至兩個佇列元素為空為止

方法一(直接氣泡排序):

1. 呼叫氣泡排序函式做排序

方法二(切割成 K 份氣泡排序後合併):

1. 將 N 份資料平均切割成 K 份，算出其每筆資料區間的 index 值
2. 將 K 份資料及其開始、結束 index 值依序傳入氣泡排序函式做排序
3. 將 K 份資料，兩兩傳入合併排序函式做合併
4. 令 K 值為合併後份數，並且檢查 K 值
   大於 1->回到步驟 3. 等於 1->結束

方法三(多處理元對 K 份資料氣泡排序後合併):

1. 建立一份儲存 N 筆資料的共享記憶體(供多處理元之間使用)
2. 將 N 份資料平均切割成 K 份，算出其每筆資料區間的 index 值
3. 建立 K 個處理元，每個處理元將一份資料傳入氣泡排序函式做排序
4. 建立 K-1 個處理元，每個處理元將兩份資料傳入合併排序函式做合併
5. 令 K 值為合併後份數，檢查 K? 大於 1->回到步驟 4. 等於 1->結束

在步驟 3.及步驟 4.結束處，Parent Process 皆會使用 waitpid()來等待每個 Fork 出去的 Child Process 返回，以確保在執行下一步驟後，其資料不會應順序錯亂而出錯。

方法四(多執行緒對 K 份資料氣泡排序後合併):

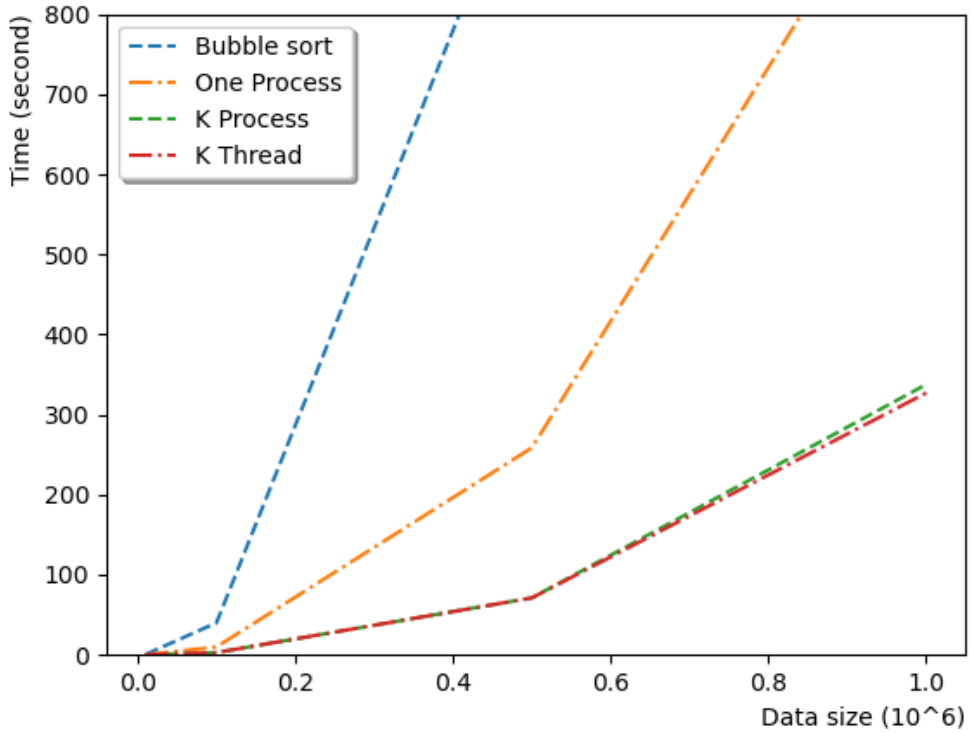
1. 將 N 份資料平均切割成 K 份，算出其每筆資料區間的 index 值
2. 建立 K 個執行緒，每個執行緒將一份資料傳入氣泡排序函式做排序
3. 建立 K-1 個執行緒，每個執行緒將兩份資料傳入合併排序函式做合併
4. 令 K 值為合併後份數，檢查 K? 大於 1->回到步驟 3. 等於 1->結束

與方法三相同，在步驟 2.及步驟 3.結束處，會使用 pthread_join()函式來等待每個建立出的執行緒返回，再進行下個步驟。

三、分析結果和原因

實驗一(K = 4)

	1 萬筆資料	10 萬筆資料	50 萬筆資料	100 萬筆資料
方法一	0.496 秒	43.034 秒	1002.5 秒	3667.83 秒
方法二	0.11 秒	9.95 秒	242.532 秒	1003.8 秒
方法三	0.03 秒	0.561 秒	62.013 秒	335.233 秒
方法四	0.032 秒	0.574 秒	62.01 秒	313.682 秒



由圖表可以看出，執行效率最差的是方法一，其次為方法二，方法三及方法四效率則為最佳，且效率相當。

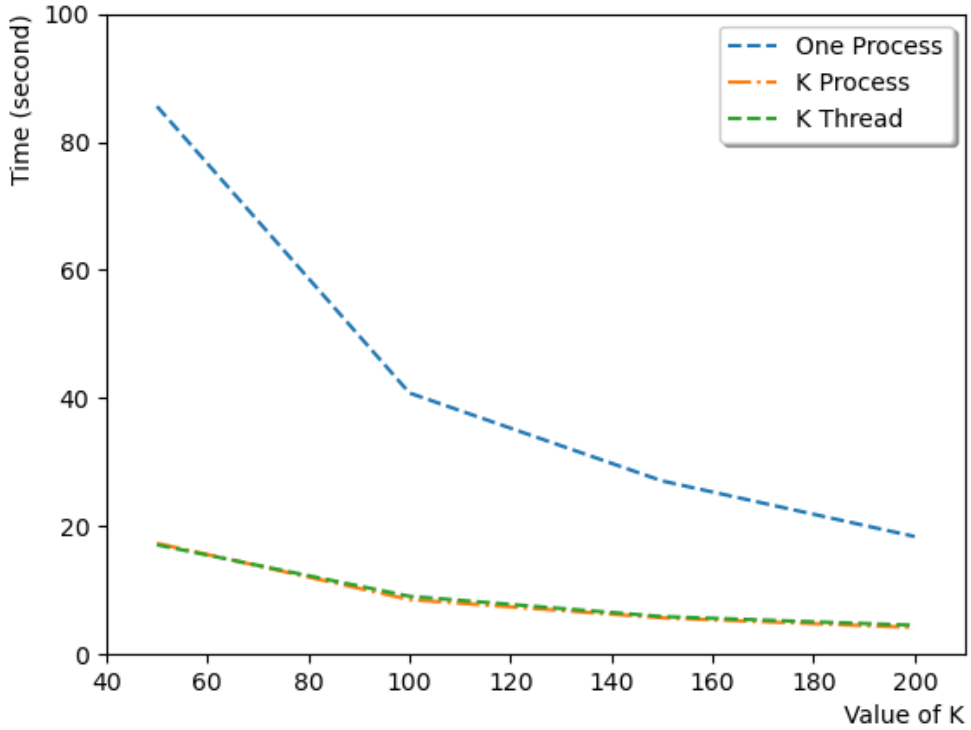
氣泡排序的執行效率為 O(n^2)，因此單次執行時間花費約正比於 n^2，所以方法二約快於方法一執行時間的 4 倍，符合實驗結果。

而方法三及方法四，由於使用了多處理元及多執行緒，4 個排序工作是同步並行處理的，因此其實際執行時間則約需要再除以 4，理論上方法三、方法四效率會快於方法二 4 倍時間、快於方法一 16 倍時間。

而實驗中方法三及方法四也確實快於方法二接近 4 倍，而這缺少的一小部份時間，應該是由於方法三在做 CPU 排程中切換時，需要耗費較多時間去做 Context Switch；而方法四則是因為 User Thread 在 CPU 中的排程僅是一個單位，因此無法如同方法三一次分配到多個排程。

實驗二(N = 1,000,000)

	K = 50	K = 100	K = 150	K = 200
方法一	3667.83 秒	3667.83 秒	3667.83 秒	3667.83 秒
方法二	63.418 秒	34.407 秒	27.006 秒	17.3 秒
方法三	16.218 秒	8.438 秒	5.301 秒	4.102 秒
方法四	16.183 秒	8.907 秒	5.832 秒	4.313 秒



由圖表可以看出，執行效率最差的還是方法一，而方法二、三、四當 K 值愈大，效率愈佳。

合併單輪 K 段所有資料的效率約為 O(n)，將不同的資料份數分別代入後，以 k = 50 和 100 舉例，得出 K = 50 執行時間約為 K = 100 的 2 倍，與實驗結果相符，而當 K 值慢慢增大後，其 2 倍差距會愈來愈不明顯，因其函數呼叫、參數傳遞會愈多次，程式語言需要基本的處理時間來處理這些排序或合併以外之行為。極端狀況下，K = N，就等於純合併排序，這種狀況下，系統還要花時間去建立 Process 或 Thread 就為了對只有一個元素的陣列做氣泡排序，因此效率絕對不會是最好的。

四、問題與心得

Window 環境下不能使用<sys/wait.h>等標頭文件
因 windows 不支持 fork()的系統調用，也不支持 waitpid()等函數

解決方法
在不熟悉 window API 的相應函數下，只好使用虛擬機在 linux 環境下做，但由於不常使用虛擬機，在工具使用上也有許多不便

計時不準確問題:
原先使用 C++較舊版本所提供的 ctime 函式庫，應該是 clock()函式測量時間的方法是僅測量該 Process 所使用的 CPU 周期數，而未算到所建立出去的 Process 處理時間，才造成如此結果。

解決方式:
使用 C++11 所提供的時間函式庫 – chrono