DSA Final Project Report
June 30, 2015

# Data Structure and Algorithm Final Project Report

B00201008 張大衛：負責結構 skip list 部分、report

B00201011 蘇傳堯：負責結構 avl tree 部分

B00201033 楊慕：負責結構 hash map、其他程式部分

## 一、主程式資料結構概述

我們的主程式的架構主要可以分為兩個部分，第一個部分我們稱為 Account Map，這個部分主要的功用為儲存各個帳號，以及帳號裡面的所有資訊內容，並且建立可以搜尋的機制，同時也是我們進行三種結構比較的部分，這將在下一個部分內詳細描述。

第二個部分我們稱為 History Map，其主要的功用的是處理每個帳號下面相關的歷史訊息，因為單一帳號相關的歷史訊息可能非常多，而且也涉及到搜尋，因此特別把這個部分獨立處理。這個部分主要需要負責的是存放歷史訊息，以及搜尋的機制，並且要可以從頭走到尾以利將所有的歷史訊息印出。

因此整個程式的架構，是使用 ID 作為 key 的 Account Map，透過 ID 可以找到每個人的儲蓄以及使用 History Map 所儲存的和這個人有關的歷史訊息。

## 二、History Map 之資料結構

History Map 中的每個節點需要處理存放歷史訊息，有幾個關鍵點是歷史訊息需要有辦法可以從第一筆讀取到最後一筆，同時必須依照時間順序印出，也要能夠處理將兩個節點合併的情況。乍看之下如果一個節點中有 n 筆歷史資料，使用 binomial heap

作為節點的話可以很有效率的處理合併，只需要 O(log n)，但在從頭掃到尾並且依照時間順序印需來的部分可能會用到 O(n log n) 的時間，並不是很好。

如果以從頭掃到尾來說，使用 list 最為方便，又很剛好的因為排序是照放進去的時間排序，也就是我們所需要的順序，所以這個 list 只需要用 O(1) 的插入就可以形成 ordered list，而且印出成想要的樣子也只要 O(n) 即可，同時合併的時候就如同第二次作業一樣是合併兩個 ordered list，所以也只需要 O(n) 的時間，而在一般生活的情況下，從頭印到尾 (search) 應該遠比合併 (merge) 還要常發生，所以我們決定以 list 作為 History Map 中的節點。而 Map 本身的部分，因為涉及到搜尋，但只有涉及到搜尋單一的 ID，因此使用 Hash Map[1]，並且用 ID 作為 key。

實作上，在 ID 為 A 的 History Map 中，使用 key 為 B 所找到的節點，裡面包含了兩個部分，第一個部分為一些指標，有通往 B 的 History Map 中對應 A 的那個節點的指標，以及指到自己屬於誰的節點，這些互通資訊在合併的時候會用到；第二個部分則是儲存歷史訊息的 list，每個訊息中有是傳入還是傳出，以及金額，另外這邊有分為兩條 list，一條是存與現存的 B 有關的資訊，另一條則是存過去叫做 B，但現在已經消失的資訊，這是用來處理「同名帳號」所設計的。

當這個存在的 B 要消失時，只需要把其他人對 B 代表現在的 list 與代表過去的 list 合併即可。當 B 要合併進 A 時，假設其他人叫做 C，需要處理的部分有 A 中的 B、C 中的 B、B 中的 A 、B 中的 B 以及 B 中的 C，用 * 來表示所有人。首先，將 * 中的 B 併入對應的 * 中的 A ，再將 B 中的所有 C 併入 A 中對應的 C，最後，再將 B 中的 A 併入 A 中的 A（來自上次合併）即可。

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| 起始 | ABC | ABC | ABC |
| * B to * A | (AB)C | (AB)C | (AB)C |
| BC to AC | (AB)(CC) | (AB) | (AB)C |
| BA to AA | (ABAB)(CC) | | (AB)C |

[1] 本文中所提到的所有 Hash Map 都是用 STD 中的 unordered_map，以及預設用在 string 上面的 hash function 來實作。

實際上前兩個步驟可以用一個對所有 * 的迴圈來寫，先執行步驟一，若 * 不是 A 或 不是 B 就執行第二步，以上都結束後執行一次第三步。

## 三、Account Map 之資料結構

在 Account Map 的部分，主要都是要用 ID 作為 key ，並且尋找帳號是否存在，若存在，要可以取得該帳號的資訊。這邊我們使用了幾種不同的結構，分別是 AVL Tree[2] 、Skip List[3] 以及 Hash Map，前兩者是屬於先排序好的結構，最後一個則是沒有先排序好的結構。

如果只是單純的尋找帳號，那麼使用 Hash Map 絕對是最快的選擇，但是今天有萬惡的 find、search 等，會需要用到萬用字元或是尋找相近的 ID，如果沒有類似「鄰近」概念的話，那麼就只能把所有的帳號通通都試一次，所以這時可能前面兩者的優勢會出現。

在搜尋符合的萬用字元時，可以先把前面沒有出現萬用字元的部分擷取出來，就只需要比較前幾個字元和這個擷取出來相同的部分，在字典排序上，這些字會被放在一個區間內，由於前兩者是有順序的儲存資料，我們可以利用這點來縮小需要檢查的範圍與資料數，但由於 Hash Map 沒有相鄰概念，故在搜尋萬用字元時可能仍需要每個字都比較一次。而在需要推薦 ID 時，也可以利用 score 的計分方式，注意到與一個特定字串比較 score ≦ n 的情況下，最極端的情況只需要搜尋與輸入 ID 後 n 個不同的，以及尾巴多出 $\frac{-1+\sqrt{1+8n}}{2}$（無條件進位）的情況，這也會被包含在一個區間內。

當然，在整個系統中搜尋單一 ID 的情況還是最常見的情況，甚至 create 可能需要至少十次搜尋單一 ID 的動作才能做完，所以這需要經過測試才能決定。

## 四、三種 Account Map 資料結構測試結果

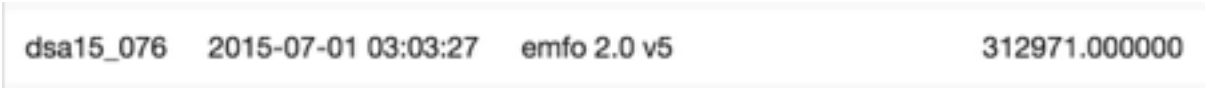
以下是在 judge system 上面的結果：

| | | | |
|---|---|---|---|
| dsa15_076 | 2015-07-01 04:07:34 | david v1.1 | 302395.000000 |

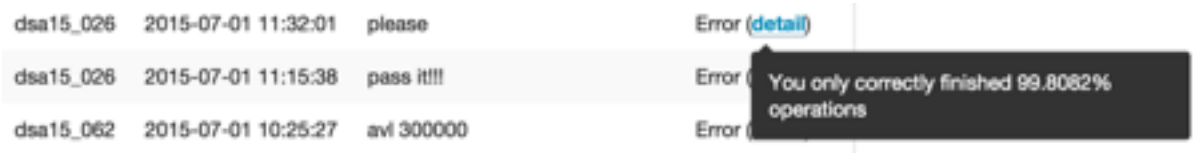
[2] 本文中所提到的 Tree 是使用與之前作業的相同來源的 libavl ( http://adtinfo.org/) 所實作

[3] Skip List 是徒手刻出來的

1. Skip List（上面）
2. Hash Map（下面）




3. AVL Tree（下面）




## 五、推薦之資料結構與理由

經過測試後，我們發現在目前的情況來看 Skip List 與 Hash Map 的表現在 judge system 上是差不多的，這也代表互相的優勢與劣勢剛好互補。經由思考後，我們推薦之結構為同時使用 Skip List 以及 Hash Map，在插入新的帳號時，兩個結構都執行插入，而在執行 find、search 等可以使用鄰近概念的功能時，就請 Skip List 負責處理，其他和單一搜尋非常相關的部分交給 Hash Map 去做處理。

這樣做的優點是各取所長，可以忽略獨自單一結構的缺點，可以增加效率，而缺點有兩個，第一個是需要花費較多記憶體空間，第二是插入的時間會增加，但花費較多記憶體的部分，主要是在 Hash Map 中增加類似 List 的連結，所以仍在可接受範圍內，而插入時間的部分，雖然是從 O(1) 成為 O(log n) ，插入 n 筆就會從 O(n) 成為 O(n log n)，但其實這和光用 Skip List 插入的數量級一樣，而 Hash Map 要照順序輸出時也會需要多一道排序的手續，這等於只是偷偷先幫它排好而已，總體而言應為利大於弊。然而很可惜的是我們沒有多餘的時間可以來實際測試兩者同時使用所能帶來的效益。

## 六、其他雜項

這次的 final project 中要求把密碼存成 MD5 加密後的格式，這部分我們是直接使用 Open SSL 中的 MD5，之所以選擇它是因為他的程式內部有直接使用組合語言進行加速，效率應該會比較好。

我們這組的分工如標題下方所示，主要就是一個人負責一種 Account Map，其他雜工各個部分統一由一人解決，另外在 git 的部分也使用了 git flow 的想法，使用 develop 統合進度以及主架構，分出稱具有各個 feature 的 branch，每個人就可以在獨自一條 branch 上作業，當作業完成或是主架構有更動時，在將 develop 與 branch 合併。最後寫出的程式具有 library 的模樣，每個結構可以生出獨立的 .a 檔，主架構以及 History Map 也有各自的檔案，較易於更換結構和增加結構。

總結之，我們的程式有兩大部分，Account Map 與 History Map，雖然 Account Map 可能較為平常，但我們認為 History Map 的地方使用的結構可以有效率的進行輸出和合併，不但尋找快速，合併也不會太慢，也配合現實生活中合併較少使用的想法去設計，同時還可以解決同名帳號問題，可算是一個亮點。

## 七、如何編譯與執行程式

使用指令 make 來編譯程式，./final_project 來執行，它會從 stdin 讀指令並輸出至 stdout。另外可以在 make 的時候使用 ACCOUNT=[structure] 來設定使用哪種結構。[structure] 可以是：

1. ACCOUNT=AVLTREE：使用 AVL Tree
2. ACCOUNT=HASHMAP ：使用 Hash Map
3. ACCOUNT=SKIPLIST：使用 Skip List

其他詳細的內容可以參考 README.md。