1. 開發環境

Windows11, Anaconda Python 3.8(需安裝程式裡面含有的 package 才能正常的執行)

2. 實作方法和流程

FIFO: 檢查有無 Page Fault 有 Page fault 的時候檢查 page frame 是否滿了,如果滿了,把先進 page frame 的 page 移出,在加入新的 page,如果沒滿就直接加入 page,沒有 Page fault 的話就什麼事都不用更動。

LRU: 檢查有無 Page Fault,有 Page fault 的時候檢查 page frame 是否滿了,如果滿了,把最早進 page frame 的 page 移出,在加入新的 page,如果沒滿就直接加入 page,沒有 Page fault的話,刪除 Page frame 裡相同的 page,再加入 Page,等於重新給予時間標記。

LFU used LRU:每個 page frame 都會有一個 Counter,假如有 Page Fault 會找出 Counter 值最小的 Page frame,移除掉再加入新的,假如沒有 Page Fault 的話,會移除掉在 Page frame 裡相同的 Page,然後再重新加入,更新 Counter table 裡,每一個 Page 的時間標記,會對新來的 Page 的 Counter 值+1,而這邊用的 LRU 的方法,是不會因為產生 Page Fault 而歸零 Page 的 Counter 值。

MFU-FIFO:基本上和 FIFO 是差不多的,檢查有無 Page Fault 有 Page fault 的時候檢查 page frame 是否滿了,如果滿了,把先進 page frame 的 page 移出,在加入新的 page,如果沒滿就直接加入 page,沒有 Page fault 的話就什麼事都不用更動。

MFU-LRU: 每個 page frame 都會有一個 Counter,假如有 Page Fault 會找出 Counter 值最大的 Page frame,移除掉再加入新的,假如沒有 Page Fault 的話,會移除掉在 Page frame 裡相同的 Page,然後再重新加入,更新 Counter table 裡,每一個 Page 的時間標記,會對新來的 Page 的 Counter 值+1,而這邊用的 MFU-LRU 的方法,是會因為產生 Page Fault 而歸零 swap out Page 的 Counter 值。

3. 不同方法的比較

Page Fault 次數 Page Replace 次數

MFU-FIFO vs FIFO:

因為做法和想法上圍繞著 FIFO,FIFO 的順序和 MFU 的基本上就等於 Counter 的功能了,結果是一樣的。

Page Fault 次數 Page Replace 次數,會因 Page Frame 的大小改變,如果 Page frame 夠大能減少次數過多的問題,不過還是要考慮 Belady's Anomaly。

LRU vs FIFO:

```
1 1 F
2 21 F
3 321 F
4 432 F
1 143 F
2 214 F
5 521 F
1 152
2 215
3 321 F
4 432 F
5 543 F
Page Fault = 10 Page Replaces = 7 Page Frames = 3
```

這兩個差別跟 MFU-FIFO vs MFU-LRU 的概念是差不多的,這兩者在刪除相同 page 上些許不同,FIFO 是不動作,LRU 是刪除給予新的 Counter,同上。

MFU-FIFO vs MFU-LRU:

LRU 版本會改變 page frame 裡的順序,而 FIFO 版本的不會,就照輸入的順序, 差別在於說沒有 Page Fault 時,優先度能夠提升,在有限的大小裡面,常被使 用到的不太會被 swap out 出去,減少了 Page Fault 和 Page Replace 的發生,而

FIFO 維持不變,只能依照輸入順序,並沒有在 Page Frame 把比較少用的 swap out,提升其他常用的優先度,所以 Page frame 和 Page replace 較高。

4. 結果與討論

畢雷笛反例(Belady's Anomaly)

Fault = 9 Page Replaces = 6 Page Frames = 3

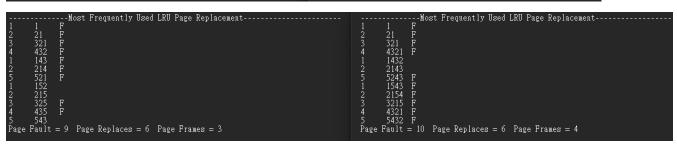
在比較 Page frame : 3 vs Page frame : 4

Page Fault = 10 Page Replaces = 6 Page Frames = 4

會因為輸入順序的關係,還有 Page Frame 當時裡面 Page 的狀態,來決定 Page Fault 或是 Page replace 的數值,依這個例子 FIFO、MFU-FIFO 來看,Page Frame 不一定比較大就能減少 Page Fault 的錯誤發生。

LRU 比較 Page frame : 3 vs Page frame : 4

I.RII	I DII
2110	
1 1 F	1 1 F
2 21 F	2 21 F
3 321 F	3 321 F
4 432 F	4 4321 F
1 145 1	1 1432
2 214 F	2 2143
5 521 F	5 5214 F
1 152	1 1524
2 215	2 2154
3 321 F	= ===:
5 501 1	5 5215 1
4 432 F	4 4321 F
5 543 F	5 5432 F
Page Fault = 10 Page Replaces = 7 Page Frames = 3	Page Fault = 8 Page Replaces = 4 Page Frames = 4



LRU 在增加 Page Frames 大小起了作用,減少了 2 個 Page Fault 和 3 個 Page Replaces。

但MFU-LRU 卻不減反增,可以減少前面的 Page fault 但造成後面的 Page Fault 變多。