บทที่ 5

ลักษณะการโยกย้ายเพจที่ใช้กับระบบการจัดการหน่วยความจำของเครื่องไอบีเอ็ม ระบบ 370

จากที่ได้กล่าวมาแล้วถึงกรณีที่เกิดภาวะที่เรียกว่า เพจฟอลท์ขึ้น ซึ่งหมายถึงเพจที่ถูกอ้างถึงไม่ได้อยู่ภายในหน่วยความจำหลัก ในกรณีเช่นนี้จะเกิดการขัดจังหวะส่งสัญญาณกลับมายังระบบควบคุมการทำงานในส่วนที่เป็นระบบการจัดการหน่วยความจำต่อไป สำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มระบบ 370 นั้น ระบบการจัดการหน่วยความจำเป็นโปรแกรมควบคุมส่วนหนึ่งที่อยู่ภายในซุปเปอร์ไวเซอร์ตลอดเวลา หน้าที่ของระบบการจัดการหน่วยความจำดังกล่าวได้แก่

1. ดูแลและเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในตารางต่าง ๆ ได้แก่ ตารางเพจ ตารางเพจเฟรม และตารางเซกเมนต์ ให้มีข้อมูลที่ถูกต้องตลอดเวลา

2. ทำหน้าที่ด้านการโยกย้ายเพจไปมาระหว่างหน่วยความจำหลักและหน่วยความจำสำรองในกรณีที่เกิดเพจฟอลท์

3. ทำการควบคุมอัตราการโยกย้ายเพจให้เหมาะสม เพื่อให้ ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเป็นไปด้วยดี

จะเห็นได้ว่าการโยกย้ายเพจเป็นหน้าที่ส่วนหนึ่งที่สำคัญต่อระบบเช่นกัน การโยกย้ายเพจนี้ จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ การเลือกเพจเฟรม การย้ายเพจออก และการย้ายเพจเข้า

การเลือกเพจเฟรมนั้นจะเป็นการเลือกเพจเฟรมใดเพจเฟรมหนึ่ง ซึ่งอยู่ภายในหน่วยความจำหลัก การเลือกเพจเฟรมนี้จะกระทำต่อเมื่อไม่มีเพจเฟรมใด ๆ ว่างเลย การเลือกเพจเฟรมกระทำได้ 2 แบบคือ เลือกเฉพาะเพจเฟรมที่เป็นของงานเดียวกัน

(Local Selection) และแบบเลือกจากกลุ่มของเพจเฟรมทั้งหมด (Global Selection) สำหรับของเครื่องคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มระบบ 370 รุ่น 138 นั้น ใช้แบบหลัง[1] ส่วนทฤษฎีในการเลือกเพจเฟรม ของเครื่องนี้ใช้แบบ LRU[2] (Least Recently Used) ซึ่งจะได้กล่าวถึงหลักการทางทฤษฎีและการใช้งานจริงในระบบการจัดการหน่วยความจำต่อไป

ส่วนการย้ายเพจเข้าและการย้ายเพจออกนั้น จะทำโดยการใช้ตารางเพจภายนอกมาประกอบการทำงาน การเพจออกนั้นอาจจะมีการกระทำหรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับภาวะของข้อมูลภายในเพจดังกล่าวมาแล้ว (โดยพิจารณาจากบิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่เป็นส่วนหนึ่งภายในคีย์หน่วยความจำประจำเพจเฟรมนั้น ๆ)

5.1 ทฤษฎีการเลือกเพจเฟรมแบบ LRU

ทฤษฎีการเลือกเพจเฟรมแบบ LRU นี้เป็นทฤษฎีหนึ่งที่นิยมใช้กันมากทางปฏิบัติ และมีจุด มุ่งหมายหลักคือพยายามลดการโยกย้ายเพจให้น้อยที่สุด ทฤษฎี LRU นี้นอกจากจะนำมาใช้กับการเลือกเพจเฟรมแล้วยังนำมาจัดการเกี่ยวกับการจัดการชุดของรีจิสเตอร์-สัมพันธ์ที่ใช้เป็น TLB อีกด้วย[3] หลักการของทฤษฎีนี้ พยายามเก็บเพจที่ถูกอ้างถึงหลังสุดเอาไว้ และเลือกเอาเพจที่ถูกอ้างถึงนานที่สุดเป็นเพจที่ควรถูกแทนที่ ดังแสดงในรูปที่ 5.1

จากรูป สมมติว่าหน่วยความจำหลักมีทั้งหมด 4 เพจเฟรม และหน่วยความจำเสมือนมีขนาดใหญ่กว่าหน่วยความจำหลักมาก ลำดับของการอ้างถึงเพจที่ใช้งานแสดงถึง

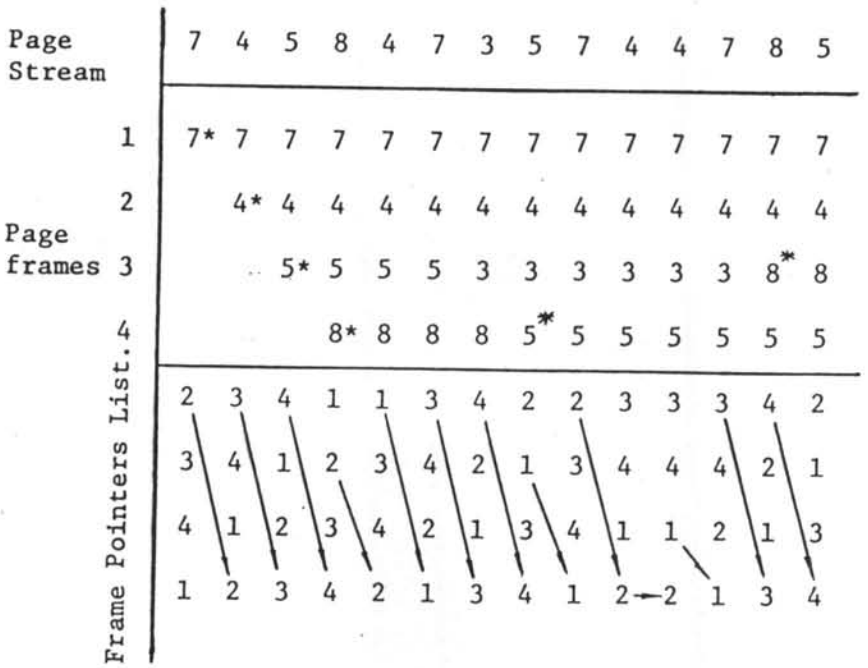
---

[1] IBM, A Guide to the IBM S/370 Model 138, (Bangkok : IBM Co., Ltd. (Thailand)), p. 77.

[2] Ibid., p. 77

[3] Ibid., p. 85

แถวของเพจ (Page Stream) และตำแหน่งของเพจที่จะเลือกใช้ในการโยกย้ายจะถูกชี้ตำแหน่งโดยการใช้แถวแสดงตัวชี้เพจเฟรม (Page Frame Pointers List)



รูปที่ 5.1 ลักษณะการโยกย้ายเพจแบบ LRU

ขั้นตอนของการเลือกจะกระทำโดยการเปรียบเทียบเพจที่อ้างถึงกับเพจที่อยู่ภายในหน่วยความจำหลัก หากเพจนั้นอยู่ภายในหน่วยความจำหลักแล้ว จะทำการหาตำแหน่งของเพจเฟรมที่มีเพจนั้นอยู่จากแถวแสดงตัวชี้เพจเฟรม แล้วทำการย้ายตัวชี้ไปยังท้ายของแถว และทำการเลื่อนตัวชี้ทั้งหมดที่อยู่ใต้ตัวชี้นี้ขึ้นไปหนึ่งตำแหน่ง แต่ถ้าหากไม่มีเพจนั้นอยู่ภายในหน่วยความจำหลัก จะทำการเลือกเอาเพจเฟรมที่กำหนดด้วยตัวชี้ที่อยู่ตัวบนสุดของแถวแสดงตัวชี้เพจเฟรม แล้วทำการเลื่อนตัวชี้ภายในแถวขึ้นไปหนึ่งตำแหน่ง เพจที่ครอบครองเพจเฟรมนี้จะถูกแทนที่ด้วยเพจที่อ้างถึง

5.2 ลักษณะการเลือกเพจเฟรมที่ใช้กับระบบการจัดการหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มระบบ 370

การเลือกเพจเฟรมของเครื่องนี้ได้นำเอาทฤษฎี LRU มาดัดแปลงบ้างเล็กน้อย และอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ภายในตารางเพจเฟรมพร้อมทั้งค่าของคีย์หน่วยความจำประจำแต่ละเพจเฟรมมาประกอบการทำงาน ดังนั้นก่อนที่จะกล่าวถึงการเลือกเพจเฟรม จะกล่าวถึงลักษณะของตารางเพจเฟรมที่ใช้อยู่กับเครื่องนี้พร้อมทั้งลักษณะการจัดกลุ่มของเพจเฟรมต่อไป

5.2.1 ลักษณะของการจัดกลุ่มของเพจเฟรม

เพจเฟรมทั้งหมดที่อยู่ภายในหน่วยความจำหลักนั้นไม่สามารถนำมาทำการเลือกเพื่อการโยกย้ายข้อมูลได้ จะกระทำได้เพียงบางส่วนเท่านั้น กลุ่มของเพจเฟรมที่สามารถนำมาเลือกได้นั้นจะจัดอยู่ในกลุ่มที่เรียกว่า "ซีเลคชันพูล" (Selection Pool) โดยเพจเฟรมที่อยู่ในซีเลคชันพูลจะมีคุณสมบัติดังนี้

1. จะต้องไม่เป็นเพจเฟรมที่ถูกครอบครองโดยส่วนของซุปเปอร์ไวเซอร์

2. จะต้องไม่เป็นเพจเฟรมซึ่งเป็นส่วนของพาติชันจริงซึ่งกำลังใช้งานอยู่

3. จะต้องไม่เป็นเพจเฟรมที่ถูกตรึงไม่ว่าจะเป็นแบบถาวร (Permanent Fixed, PFIX) หรือแบบชั่วคราว (Temporary Fixed, TFIX)

เพจเฟรมต่าง ๆ ที่อยู่ภายในซีเลคชันพูล ได้ถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยจัดออกเป็นแถวคอย (Queue) แต่ละแถวคอยจะมีเพจเฟรมที่มีคุณสมบัติเหมือนกันเรียงลำดับอยู่โดยจะมีทั้งหมด 5 แถวคอยคือ Q00, Q01, Q10, Q11, และ HQ การแยกเพจเฟรมในแต่ละแถวคอยจะใช้ค่าของบิทอ้างอิงและบิทแสดงการเปลี่ยนแปลง

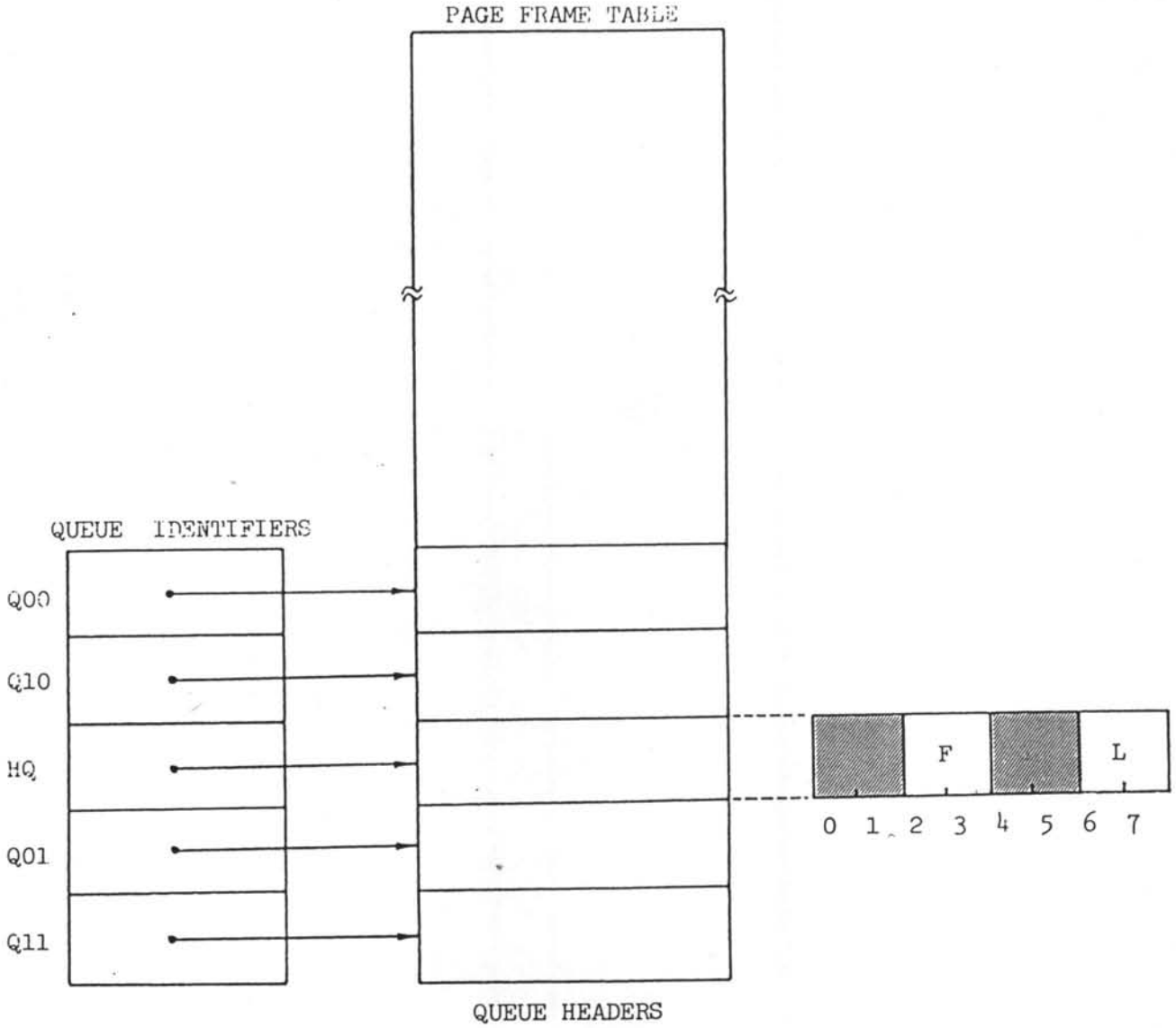
ข้อมูลซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของคีย์หน่วยความจำมาเป็นตัวกำหนดว่าแต่ละเพจเฟรมจะอยู่ในแถวคอยใด ดังตารางที่ 5.1

แถวคอย	ค่าของบิทอ้างอิงและบิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูล
Q00	(0,0)
Q01	(0,1)
Q10	(1,0)
Q11	(1,1)

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของเพจเฟรมในแต่ละแถวคอย

ส่วนแถวคอย HQ นั้น จะเป็นแถวคอยของเพจเฟรมที่ถูกเลือกเพื่อทำการโยกย้ายข้อมูลในคราวที่ผ่านมา นั่นคือในแต่ละครั้งที่ทำการเลือกเพจเฟรม ข้อมูลของตารางเพจเฟรมที่ล่อดคล้องกันกับเพจเฟรมนั้นจะถูกนำมาต่อท้ายในแถวคอย HQ นี้ ด้วยการทำเช่นนี้จะทำให้โอกาสที่เพจเฟรมที่ถูกเลือกครั้งล่าสุดจะถูกเลือกอีกครั้งในคราวถัดไปมีน้อยมาก เพราะเพจเฟรมในแถวคอยนี้จะถูกเลือกเป็นพวกสุดท้าย

ในการกำหนดว่ามีเพจเฟรมใดอยู่ในแถวคอยใดนั้น จะกระทำโดยการใช้ข้อมูลภายในตารางเพจเฟรมเข้าช่วยซึ่งจะได้กล่าวต่อไป และยังใช้ชุดของหัวแถวคอย (Queue Header) ซึ่งมีจำนวนเท่ากับจำนวนของแถวคอยนั่นเอง แต่ละหัวแถวคอยจะมีขนาด 8 ไบท์ และข้อมูลภายในแต่ละหัวแถวคอยจะบ่งถึงระยะขจัดของข้อมูลของตารางเพจเฟรมที่ล่อดคล้องกับเพจเฟรมแรก และเพจเฟรมสุดท้ายที่อยู่ในแถวคอยนั้น ๆ โดยที่ระยะขจัดนี้จะถูกเทียบกับตำแหน่งเริ่มต้นของตารางเพจเฟรม และตำแหน่งของชุดหัวแถวคอยนี้จะอยู่ต่อจากตารางเพจเฟรมดังรูปที่ 5.2 ในการชี้ถึงตำแหน่งของแต่ละหัวแถวคอย



รูปที่ 5.2 ลักษณะของการจัดชุดของหัวแถวคอยและตัวชี้ตำแหน่งของหัวแถวคอย

นั้นจะกระทำโดยการใช้ตัวชี้ตำแหน่งของหัวแถวคอย (Queue Identifier) ซึ่งมีทั้งหมด 5 ตัว แต่ละตัวมีขนาด 8 ไบท์ และข้อมูลภายในตัวชี้นี้จะบ่งตำแหน่งของหัวแถวคอยนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของแต่ละตัวชี้

5.2.2 ตารางเพจเฟรม

ตารางเพจเฟรมนี้จะถูกสร้างขั้นตอนมีการกำเนิดของซุปเปอร์ไวเซอร์ (Supervisor Generation) แต่ละข้อมูลภายในตารางจะยาว 8 ไบท์ สำหรับแต่ละเพจเฟรม

การกำหนดค่าเริ่มต้นของข้อมูลภายในตารางเพจเฟรม

การกำหนดค่าเริ่มต้นนี้ จะกระทำเมื่อมีการทำ IPL โดยจะกำหนดค่าในแต่ละเซตข้อมูลไว้ดังนี้[1]

ไบท์ 0 และ 1

บิท 0 - 13 = 0

บิท 14 = 0 ถ้าหากเพจเฟรมนี้ไม่ได้ถูกครอบครองโดยซุปเปอร์ไวเซอร์

= 1 หากถูกครอบครองโดยซุปเปอร์ไวเซอร์

บิท 15 = 0

ไบท์ 4 และ 5

X'FFFF' หากเพจเฟรมนี้ไม่ได้ถูกครอบครองโดยซุปเปอร์ไวเซอร์

---

[1]IBM, DOS/VS Supervisor Logic, Form 33-8551-4 (Bangkok : IBM Co., Ltd. (Thailand)), p. 115

A/2048 เป็นหมายเลยของเพจ ถ้าหากเพจเฟรมนี้ถูกครอบครองโดยซุปเปอร์ไวเซอร์ โดยที่ A เป็นตำแหน่งที่สัมพันธ์กับเพจในหน่วยความจำเสมือน

และในการกำหนดค่าเริ่มต้นนี้ ทุก ๆ เพจเฟรมที่ไม่ได้ถูกครอบครองโดยซุปเปอร์ไวเซอร์จะถูกจัดไว้ในแถวคอย Q00

ส่วนในระหว่างการทำงาน แต่ละเบตข้อมูลจะถูกกำหนดดังนี้[1]

ไบท์ 0 และ 1

บิท 0 - 10 เป็นตัวนับการตรึงแบบชั่วคราว (TFIX Counter) ของเพจเฟรมนั้น

11 สำรองในการใช้งานอื่น

12 หากเป็น 1 แสดงว่ามีการรอการทำงานของชุดคำสั่ง PFIX ของเพจนี้อยู่ (NFF Bit)

13 หากเป็น 1 เพจเฟรมนี้จะนำมาใช้งานไม่ได้ เนื่องจากความเสียหายทางด้านฮาร์ดแวร์

14 หากเป็น 0 แสดงว่าเพจเฟรมนี้จัดอยู่ในกลุ่มของซีเลคชันพูล (SP Bit)

15 หากเป็น 1 แสดงว่ามีการรอคอยการทำงานของชุดคำสั่ง PFIX หรือ GETREAL ของเพจเฟรมนี้อยู่

---

[1] IBM, DOS/VS Supervisor Logic, Form 33-8551-4, (Bangkok : IBM Co., Ltd. (Tahiland)), p. 116

ไบท์ 2 และ 3	จะเป็นตัวชี้ถึงตำแหน่งของข้อมูลภายในตารางเพจเฟรมของเพจเฟรมที่อยู่ถัดจากเพจเฟรมภายในแถวคอยเดียวกัน หรืออาจจะชี้ไปยังหัวแถวคอยที่ล่อดคล้องกัน หากเป็นเพจเฟรมสุดท้ายในแถวคอยนั้น
ไบท์ 4 และ 5	ถ้าหากเพจเฟรมนี้ถูกครอบครอง ค่าภายในเขตข้อมูลนี้จะเป็นหมายเลขของเพจภายในหน่วยความจำเล่มือน (คือตำแหน่งเริ่มต้นของเพจหารด้วย 2048) และถ้าหากยังว่างอยู่จะมีค่าเป็น X'FFFF'
ไบท์ 6 และ 7	จะเป็นตัวชี้ถึงตำแหน่งของข้อมูลภายในตารางเพจเฟรมของเพจเฟรมที่อยู่ก่อนหน้าเพจเฟรมนี้ภายในแถวคอยเดียวกัน หรืออาจจะชี้ไปยังตำแหน่งของหัวแถวคอยที่เพจเฟรมนี้อยู่ หากเพจเฟรมนี้เป็นเพจเฟรมแรกภายในแถวคอยนั้น ๆ

5.2.3 ตารางเพจเฟรมส่วนขยาย (Page Frame Table Extension)

ข้อมูลภายในตารางเพจเฟรมส่วนขยายนี้จะมีขนาด 1 ไบท์ และมีจำนวนเท่ากับเพจเฟรมที่ใช้อยู่ในระบบ แต่ละข้อมูลจะใช้เป็นตัวนับจำนวนครั้งที่เพจถูกตรึงแบบถาวรอยู่ในเพจเฟรมที่ล่อดคล้องกัน (PFIX Counter) ซึ่งส่วนนี้ได้นำมาใช้ประกอบการจัดการหน่วยความจำของระบบต่อไป

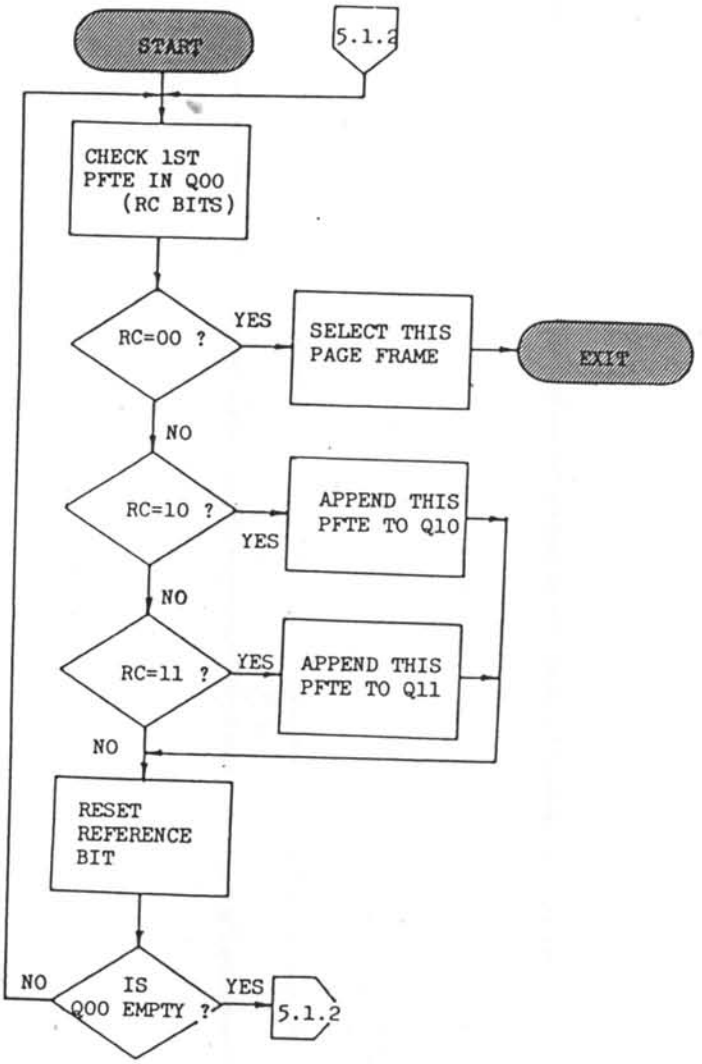
5.2.4 กรรมวิธีในการเลือกเพจเฟรม

เพื่อทำการหาเพจเฟรมที่จะถูกโยกย้าย โปรแกรมควบคุมในซุปเปอร์-ไวเซอร์ส่วนที่เรียกว่า "ส่วนจัดการเพจ" จะดำเนินการดังต่อไปนี้คือ (ดูผังงานที่ 5.1 ประกอบคำอธิบาย)

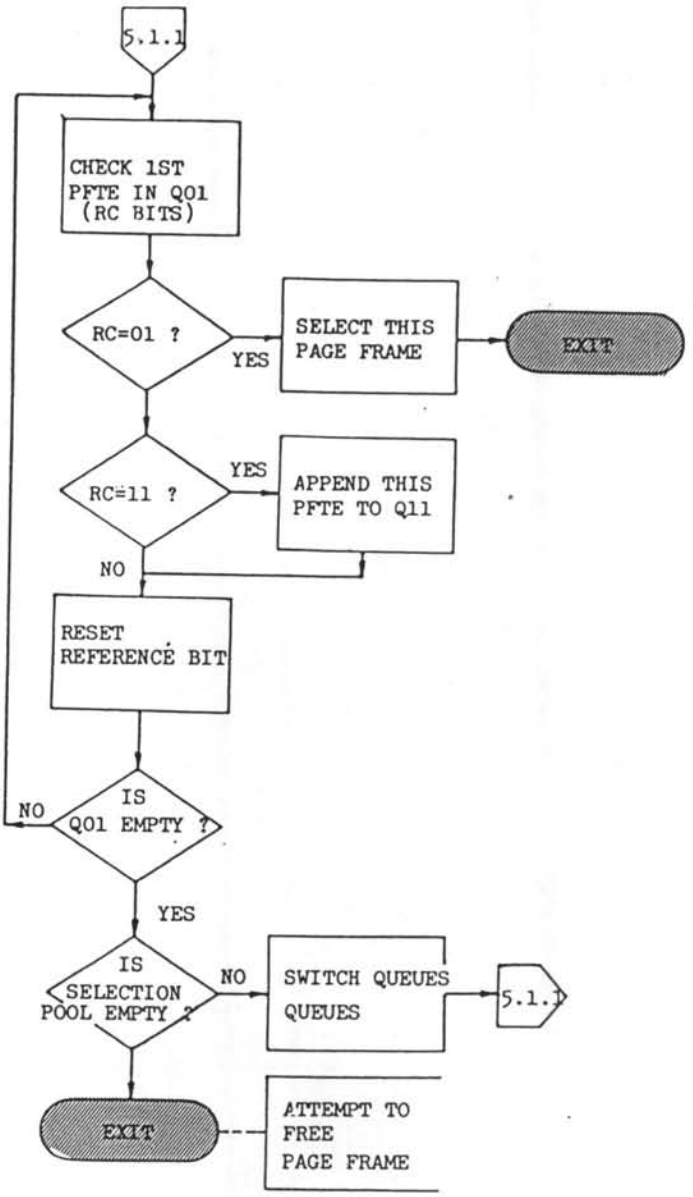
1. ทำการตรวจสอบคียหน่วยความจำของเพจเฟรมที่อยู่ภายในแถวคอย Q00 โดยการใช้คำสั่ง RRB (Reset Reference Bit) คำสั่งนี้จะทำการตรวจสอบว่าค่าของบิทอ้างอิงเป็น 0 หรือ 1 และหลังการตรวจสอบจะทำการกำหนดค่าของบิทอ้างอิงนั้นให้เป็น 0 ถ้าหากพบว่าค่าของบิทอ้างอิงและบิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของเพจเฟรมนี้เป็น 0 และ 0 ตามลำดับ จะทำการเลือกเพจเฟรมนี้เพื่อใช้ในการโยกย้าย แต่ถ้าหากไม่เป็นไปดังกล่าว จะทำการโยกย้ายเพจเฟรมนี้ออกจากแถวคอย Q00 ไปต่อท้ายของแถวคอย Q10 หรือ Q11 แล้วแต่ค่าของบิทอ้างอิงและบิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูล แล้วเริ่มทำการตรวจสอบคียหน่วยความจำของเพจเฟรมแรกในแถวคอย Q00 ใหม่จนกระทั่งพบเพจเฟรมที่ต้องการหรือหมดข้อมูลในแถวคอย Q00 นี้

2. หลังจากที่พบว่าแถวคอย Q00 ว่าง จะทำการตรวจสอบในทำนองเดียวกันกับเพจเฟรมที่อยู่ในแถวคอย Q01 โดยจะตรวจว่าค่าของบิทอ้างอิงและบิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็น 0 และ 1 ตามลำดับหรือไม่ ถ้าหากมีค่าดังกล่าว เพจเฟรมนี้จะนำมาใช้ในการโยกย้าย กรณีที่ค่าของบิททั้งสองเป็น 0,0 และ 1,0 นั้นไม่มีโอกาสเกิดขึ้นได้ แต่สามารถมีค่าเป็น 1,1 ได้ ซึ่งหากเป็นเช่นนี้จะทำการโยกย้ายเพจเฟรมดังกล่าวออกจากแถวคอย Q01 ไปต่อท้ายแถวคอย Q11 แล้วทำการตรวจสอบค่าคียหน่วยความจำประจำเพจเฟรมแรกในแถวคอย Q01 อีกจนกระทั่งหมดหรือพบเพจเฟรมที่ต้องการ

3. เมื่อทำการตรวจสอบจนหมดแถวคอย Q01 แล้ว ไม่พบเพจเฟรมที่ต้องการ จะทำการตรวจสอบว่าซีเลคชันพูลว่างหรือไม่ (นั่นคือตรวจสอบว่าแถวคอย Q10, Q11 และ HQ ว่างหรือไม่) ถ้าหากว่างแสดงว่าไม่มีเพจเฟรมใดที่สามารถนำมา



ผังงานที่ 5.1.1 การเลือกเพจเฟรม



ผังงานที่ 5.1.2 การเลือกเพจเฟรม (ต่อ)

ใช้ในการโยกย้าย ดังนั้นโปรแกรมควบคุมของส่วนจัดการเพจจะทำการปลดปล่อยเพจเฟรมที่ถูกตรึงไว้ให้ว่าง (โดยการใช้ชุดคำสั่ง TFREE หรือ PFREE) แต่ถ้าหากตรวจพบว่าซีเลคชันพูลยังคงมีเพจเฟรมอยู่ จะทำการส่ลับแถวคอยดังต่อไปนี้ (ดูรูปประกอบที่ 5.3)

แถวคอย Q10 ส่ลับเป็น แถวคอย Q00

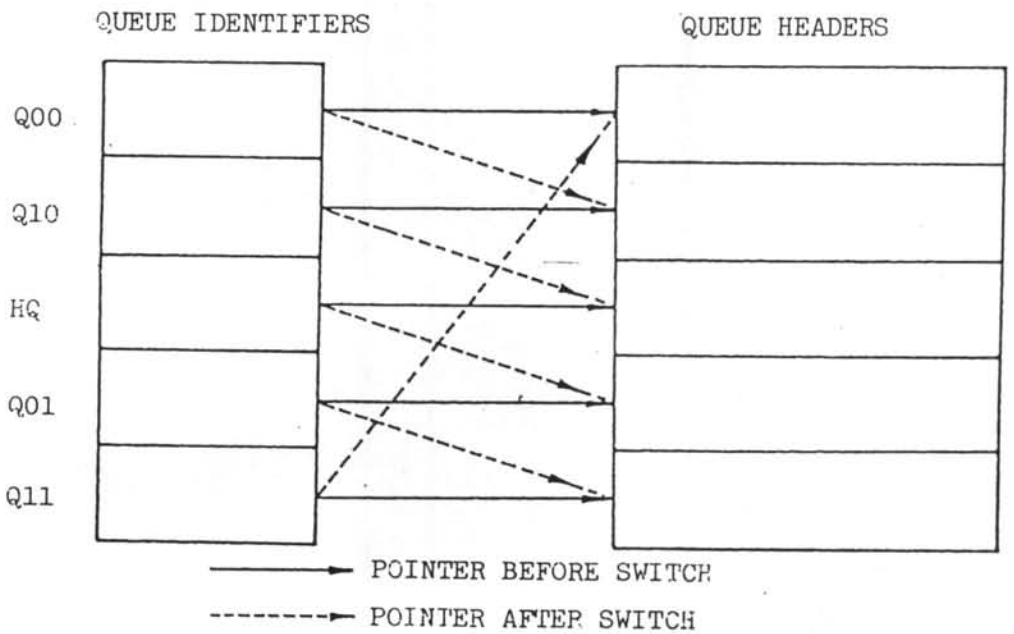
แถวคอย HQ ส่ลับเป็น แถวคอย Q10

แถวคอย Q01 ส่ลับเป็น แถวคอย HQ

แถวคอย Q11 ส่ลับเป็น แถวคอย Q01

แถวคอย Q00 ส่ลับเป็น แถวคอย Q11

การส่ลับแถวคอยนี้ กระทำการเปลี่ยนค่าของตัวชี้ตำแหน่งของหัวแถวคอย และหลังจากการส่ลับแถวคอยแล้วการเลือกเพจเฟรมจะกระทำต่อไปโดยเริ่มจากข้อ 1 ใหม่



รูปที่ 5.3 การส่ลับแถวคอย

5.3 กรรมวิธีการดำเนินการของส่วนจัดการเพจในกรณีที่เกิดเพจฟอลท์

เมื่อเกิดเพจฟอลท์ระหว่างการประมวลผล จะมีการส่งรหัสการขัดจังหวะกลับมายังระบบควบคุมการทำงาน ซึ่งระบบควบคุมการทำงานจะทำการส่งต่อไปยังส่วนจัดการเพจซึ่งเป็นโปรแกรมควบคุมที่ทำหน้าที่ทางด้านการจัดการหน่วยความจำได้ทำงานตามที่กำหนดไว้ดังนี้ (ดูผังงานที่ 5.2 ประกอบคำอธิบาย)

1. ทำการเลือกเพจเฟรมโดยใช้ขุดคำสั่งดังอธิบายมาแล้วในหัวข้อ 5.2.4

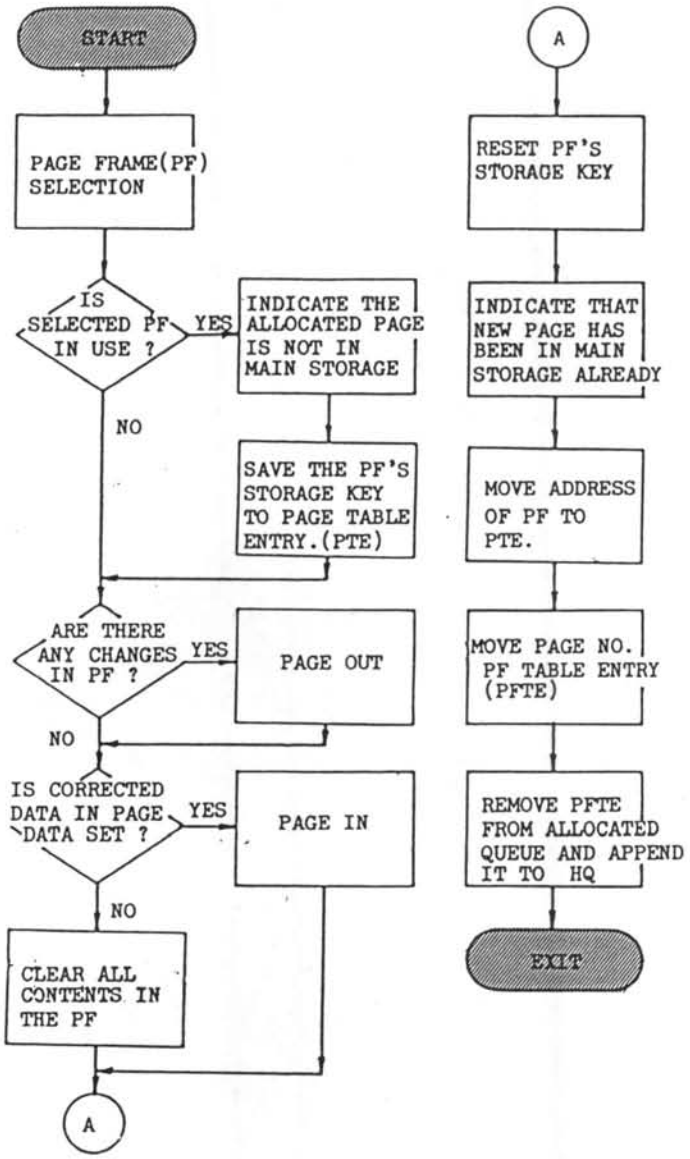
2. ถ้าหากตรวจพบว่าเพจเฟรมที่เลือกกำลังอยู่ระหว่างการใช้งาน (บิทที่ 13 ของข้อมูลภายในตารางเพจที่ล่อดคล้องกันกับเพจที่ครอบครองเพจนั้นเป็น 0) จะทำการเพิกถอนสภาวะการครอบครองของเพจนั้นโดยการเปลี่ยนค่าบิทที่ 13 เป็น 1 และทำการนำค่าของคีย์หน่วยความจำนั้นไปเก็บแทนค่าเก่าในข้อมูลภายในตารางเพจที่ครอบครองเพจนั้น (บิท 8-11 ของข้อมูลภายในตารางเพจ, ดูการกำหนดเขตข้อมูลของข้อมูลภายในตารางเพจประกอบคำอธิบาย)

3. ถ้ามีการตรวจพบว่าข้อมูลภายในเพจเฟรมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่นำเข้ามา (บิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็น 1) จะทำการย้ายข้อมูลภายในเพจเฟรมนี้กลับไปยังที่เก็บเพจภายนอก โดยการใช้ตารางเพจภายนอกประกอบการทำงานต่อไป

4. ทำการย้ายเพจที่ก่อให้เกิดภาวะเพจฟอลท์เข้า (จะทำต่อเมื่อตรวจพบว่าบิทที่ 15 ของข้อมูลภายในตารางเพจที่ล่อดคล้องกับเพจนี้มีค่าเป็น 0 เท่านั้น หากเป็น 1 จะทำการเปลี่ยนค่าของข้อมูลภายในเพจเฟรมนั้นให้เป็น 0 หมดแทน)

5. กำหนดค่าของคีย์หน่วยความจำของเพจใหม่ที่อยู่ภายในเพจเฟรมเลียใหม่ โดยให้บิทอ้างอิงและบิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็น 0

6. กำหนดค่าของข้อมูลภายในตารางเพจที่ล่อดคล้องกับเพจใหม่ที่นำเข้าไปเพื่อบ่งว่าอยู่ในหน่วยความจำหลักแล้ว (บิท 13 เปลี่ยนค่าเป็น 0) และเปลี่ยนค่าของตำแหน่งของเพจภายในหน่วยความจำหลักด้วย (ใส่ตำแหน่งของเพจเฟรมที่ถูกครอบครอง



ฝังงานที่ 5.2 กรรมวิธีการดำเนินการกรณีเกิดเพจฟอลท์

โดยเพจนี้ 13 บิท ทางซ้ายมือ ลงในบิท 0-12 ของข้อมูล)

7. ใส่หมายเลขของเพจใหม่ลงในข้อมูลภายในตารางเพจเฟรมที่สอดคล้องกับเพจเฟรมที่ถูกเพจใหม่ครอบครองอยู่ (หมายเลขของเพจเท่ากับตำแหน่งเลขมีอนหารด้วย 2048)

8. ทำการย้ายข้อมูลภายในตารางเพจเฟรมนี้ออกจากแถวคอยที่ครอบครองอยู่ไปต่อท้ายยังแถวคอย HQ

5.4 การควบคุมอัตราการโยกย้ายเพจ

จากลักษณะ การทำงานของการโยกย้ายเพจจะเห็นได้ว่า ส่วนที่ต้องใช้เวลาในการทำงานเป็นอันมากคือการย้ายเพจเข้าและย้ายเพจออกเพราะเป็นการโยกย้ายข้อมูลระหว่างหน่วยความจำหลักและหน่วยความจำสำรองซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เป็นตัวเก็บข้อมูลมีอัตราการถ่ายเทข้อมูลต่ำกว่าความเร็วในการประมวลผลของหน่วยประมวลผลกลาง ดังนั้นหากมีการปล่อยให้งานใดงานหนึ่งที่กำลังทำการประมวลผลอยู่มีอัตราการโยกย้ายเพจมากครั้งเกินไปจนอาจทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบลดลง ระบบควบคุมการทำงานในส่วนที่จัดการด้านหน่วยความจำจึงต้องมีหน้าที่ด้านการควบคุมอัตราการโยกย้ายเพจนี้ด้วย โดยเมื่อระบบตรวจพบว่ามีการโยกย้ายเพจสูงเกินกว่าจุดหนึ่งจนอาจจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง ระบบจะทำการแก้ไขจนอัตราการโยกย้ายเพจลดลงมา สำหรับการแก้ไขนี้ในส่วนจัดการเพจที่ใช้ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มระบบ 370 นั้นใช้แบบการหยุดการทำงานของพาติชันหนึ่งในระบบ แล้วรอจนกระทั่งอัตราการโยกย้ายเพจลดลงพอควรจึงเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไป ดังนั้นในการทำงานของส่วนจัดการเพจด้านการควบคุมอัตราการโยกย้ายเพจจึงแบ่งการอธิบายออกเป็น 2 ส่วนคือ

- การหยุดการทำงานของพาติชัน (Partition Deactivation)
- การเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่ (Partition Reactivation)

ในการตรวจสอบถึงพฤติกรรมของการโยกย้ายเพจนั้น ส่วนจัดการเพจได้ใช้ตัวนับ 2 ตัวคือ PIDCTR (Page In Deactivation Counter) และ PIRCTR (Page In Reactivation Counter) ตัวแรกคือ PIDCTR นั้นใช้ในการทำงานของการหยุดการทำงานของพาติชัน ส่วน PIRCTR ใช้ในการพิจารณาเมื่อจะมีการเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่ ตัวนับทั้งสองนี้จะถูกเพิ่มค่าขึ้นครั้งละหนึ่งทุกครั้งที่มีการย้ายเพจเข้า

5.4.1 การหยุด การทำงานของพาติชัน

เมื่อส่วนจัดการเพจได้รับการชัดจังหวะและทราบว่าต้องมีการเพจเข้าขึ้น โปรแกรมควบคุมจะทำงานตามขั้นตอนดังนี้คือ (ดูผังงานที่ 5.3-5.5 ประกอบคำอธิบาย)

1. เพิ่มค่าของ PIDCTR และ PIRCTR ขึ้นอีก 1

2. ทำการตรวจสอบว่าค่าของ PIDCTR เท่ากับค่าของจำนวนครั้งของการเพจเข้า NPI ที่กำหนดคงที่ไว้แล้วหรือไม่ หากยังไม่เท่าจะส่งการควบคุมกลับไปยังส่วนที่ทำหน้าที่เพจเข้าต่อไป

3. หากค่าของ PIDCTR เท่ากับ NPI จะส่งการควบคุมไปยังโปรแกรมอีกชุดเพื่อทำการวัดค่าที่ใช้ในการพิจารณาการตัดสินใจหยุดการทำงานของพาติชัน และเปลี่ยนค่าของ PIDCTR เป็น 0

4. จากค่าที่หาได้จากข้อ 3 จะนำมาพิจารณาว่าจะมีการหยุดการทำงานของพาติชันหรือไม่ ถ้าหากจะหยุดก็ส่งต่อไปยังส่วนที่ทำหน้าที่ด้านการเลือกพาติชันที่จะหยุดการทำงาน และหยุดการทำงานของพาติชันนั้นต่อไป

5.4.1.1 ค่าพิจารณาในการหยุดการทำงานของพาติชัน

ช่วงเวลาของการวัดค่าพิจารณาในการหยุดการทำงานของพาติชันนั้นเรียกว่า "ช่วงการวัด" (Measurement Periad) ค่าของเวลานี้จะนับจาก

เวลาที่ค่าของ PIDCTR เป็นศูนย์จนถึงค่า NPI และค่าที่ใช้ในการพิจารณามี 2 ค่าคือ

- ค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียล ของการเพจเข้าต่อวินาที (Exponential Average of Page-Ins/sec.)

- อัตราการนำเพจเก่าเข้ามาใหม่ (Reentry Rate)

โปรแกรมควบคุมจะทำการคำนวณค่าทั้งสองดังจะกล่าวต่อไป และนำค่าทั้งสองนี้มาเทียบกับค่าคงที่สองค่าที่กำหนดไว้คือ ACONST และ BCONST หากค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนเชียลของการเพจเข้าต่อวินาทีเท่ากับหรือมากกว่า ACONST และค่าอัตราการนำเพจเก่าเข้ามาใหม่เท่ากับหรือมากกว่า BCONST แล้วจะมีการหยุดการทำงานของพาติชันใดพาติชันหนึ่งขึ้น

ค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียลของการเพจเข้าต่อวินาที

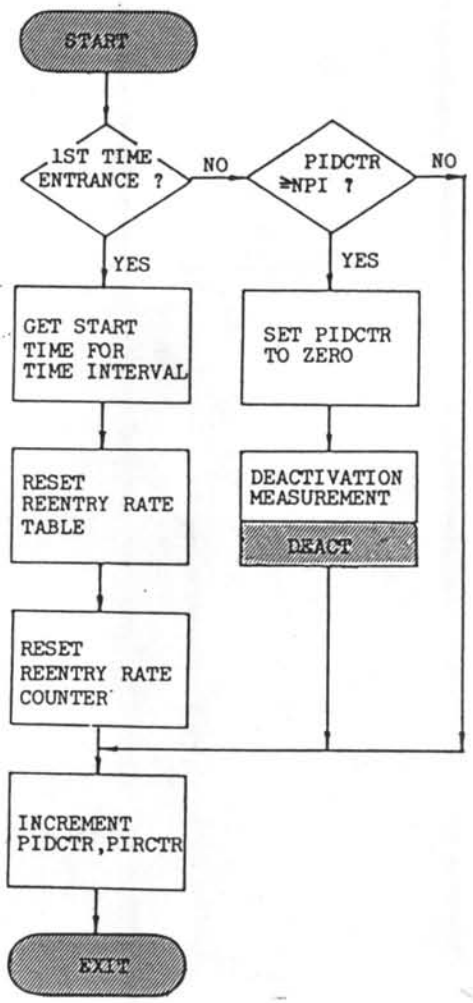
ค่านี้จะเป็นตัวแสดงถึงพฤติกรรมของการย้ายเพจเข้าตั้งแต่เริ่มการทำงานของระบบ โดยคำนวณจากสูตร

ค่าเฉลี่ยใหม่ = 1/2 (ค่าเฉลี่ยเก่า + NPI/ช่วงการวัด)

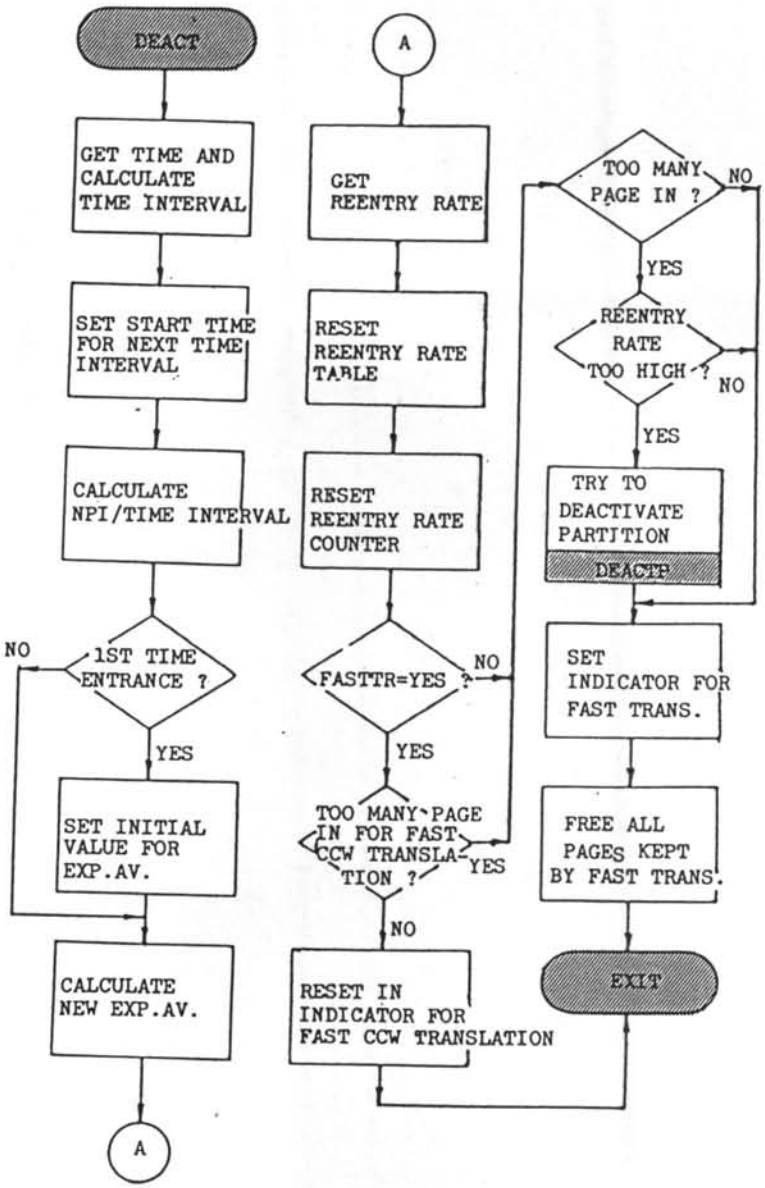
หากการคำนวณนี้เป็นครั้งแรกนับแต่การเริ่มการทำงานของระบบ ค่าเฉลี่ยเก่ายังไม่สามารถหาได้ ดังนั้นจะกำหนดให้มีค่าเป็น NPI/ช่วงการวัด แล้วจึงนำลงไปแทนค่าภายในสูตร

อัตราการนำเพจเก่าเข้ามาใหม่

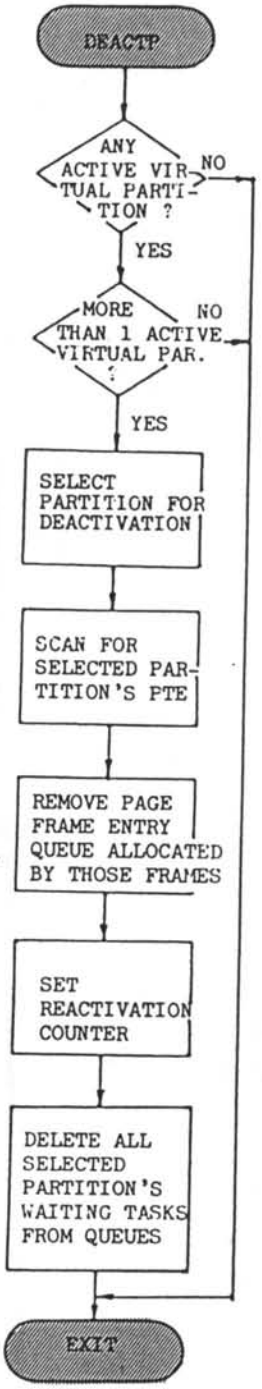
อัตรานี้หมายถึงอัตราที่ทำการนับเมื่อพบว่ามีการนำเพจเก่าเข้ามาใหม่ภายในช่วงการวัดเดียวกัน ตัวนับที่ใช้คือ "ตัวนับการนำกลับ" (Reentry Rate Counter) ตัวนับนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นศูนย์ทุกครั้งที่ตอนเริ่มต้นของช่วงการวัดและจะมีการเพิ่มค่าของตัวนับนี้ขึ้นอีกหนึ่งหากโปรแกรมควบคุมพบว่าเพจเก่ามีการนำกลับเข้ามาใหม่ภายในช่วงการวัดเดียวกัน



ผังงานที่ 5.3 การตรวจสอบอัตราการโยกย้ายเพจ



ผังงานที่ 5.4 การวัดอัตราการโยกย้ายเพจ



ผังงานที่ 5.5 การหยุดการทำงานของพาติชัน

การตรวจสอบว่าเพจนั้นเคยถูกนำเข้ามาแล้วหรือยังภายในช่วงการวัดขณะนั้น กระทำโดยการใช้ตารางการนำกลับเข้ามาใหม่ (Reentry Rate Table) ตารางนี้แต่ละข้อมูลมีหนึ่งบิทมีจำนวนข้อมูลเท่ากับจำนวนของเพจภายในหน่วยความจำเสมือนในตอนเริ่มต้นของช่วงการวัดค่าภายในตารางการนำกลับเข้ามาใหม่จะถูกกำหนดเป็น 0 หมดทุกข้อมูล เมื่อมีการเลือกเพจเฟรมเพื่อทำการโยกย้ายพบว่าถูกครอบครองด้วยเพจหนึ่งอยู่แล้ว จะทำการกำหนดบิทภายในตารางการนำกลับเข้ามาใหม่ที่สอดคล้องกับเพจนั้นให้มีค่าเป็น 1 และเมื่อระบบพบว่าจะมีการเพจเข้าจะมีการตรวจสอบบิทภายในตารางดังกล่าวที่สอดคล้องกันกับเพจที่ก่อให้เกิดเพจฟอลท์นั้น หากมีค่าเป็น 1 แสดงว่าเพจนี้เคยอยู่ภายในหน่วยความจำหลักมาก่อนในช่วงการวัดขณะนั้นและจะมีการนำกลับเข้าไปใหม่อีก จะมีการเพิ่มค่าของตัวนับการนำกลับขึ้นอีกหนึ่งเพื่อแสดงอัตราการนำเพจเก่าเข้ามาใหม่

5.4.1.2 การเลือกพาติชันเพื่อหยุดการทำงานของพาติชัน

การเลือกพาติชันเพื่อหยุดการทำงานนั้นจะเลือกจากพาติชันที่มีลำดับการทำงาน (Priority) ต่ำสุดขึ้นมาเรื่อย ๆ โดยที่งานภายในพาติชันนั้นจะต้อง

- อยู่ระหว่างการทำงาน (Active) และ
- ทำงานอยู่ในโหมดการทำงานแบบเสมือน และ
- ไม่ได้อยู่ในระหว่างขั้นตอนการยกเลิกการทำงาน

5.4.1.3 ขั้นตอนการหยุดการทำงานของพาติชัน

หลังจากที่ทราบแล้วว่าจะทำการหยุดการทำงานของพาติชันใดแล้ว จะทำงานดังต่อไปนี้

1. ทำการกวาดหาข้อมูลภายในตารางเพจที่เป็นของพาติชันที่หยุดและอยู่ภายในหน่วยความจำหลัก

2. ทำการโยกย้ายเพจเฟรมที่ถูกเพจเหล่านั้นครอบครองเสียใหม่ โดยย้ายไปยังแถวคอย Q00 หรือ Q01 ขึ้นอยู่กับค่าของบิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูล

3. เพจใด ๆ ที่ตรึงอยู่ (ของพาติชันที่หยุด) จะถูกปล่อยให้ถูกตรึงอยู่เช่นเดิม

4. กำหนดค่าเริ่มต้นแก่ตัวนับการเริ่มการทำงานใหม่ (Reactivation Counter) ของพาติชันที่หยุด โดยจะให้มีค่าเท่ากับจำนวนของเพจที่อยู่ภายในหน่วยความจำหลักและไม่ได้ถูกตรึงในขณะที่ทำการหยุดการทำงาน ค่านี้จะนำไปใช้เมื่อมีการเริ่มการทำงานใหม่ของพาติชันนี้

5. ยกเลิกงานทั้งหมดที่กำลังรอคอยการทำงานซึ่งเป็นของพาติชันที่หยุดนี้

5.4.2 การเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่

หลังจากที่มีการหยุดการทำงานของพาติชันเพื่อลดอัตราการโยกย้ายเพจลง พาติชันนั้นอาจมีการกำหนดให้กลับมาทำงานใหม่ได้ หากพบว่าอัตราการโยกย้ายเพจอยู่ในภาวะที่เหมาะสม สำหรับการเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่นี้ถูกควบคุมโดยโปรแกรมส่วนหนึ่งของส่วนจัดการเพจ เมื่อโปรแกรมควบคุมตรวจพบว่าไม่มีงานระบบ (System Tasks) หรืองานของผู้ใช้ (User Tasks) พร้อมที่ทำการประมวลผลได้เลย ระบบการประมวลผลจะเข้าสู่ภาวะของการรอคอยการทำงาน (Wait State) ก่อนที่จะเข้าสู่ภาวะนี้โปรแกรมควบคุมส่วนที่ทำหน้าที่ด้านการเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่จะถูกเรียกเข้ามาดำเนินการ

5.4.2.1 ประเภทการเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่

ประเภทของการเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

- แบบไม่มีเงื่อนไข (Unconditional Reactivation)
- แบบมีเงื่อนไข (Conditional Reactivation)

แบบไม่มีเงื่อนไข

การเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่จะเป็นแบบไม่มีเงื่อนไขต่อเมื่อมีพาติชันที่หยุดการทำงานไปตั้งแต่หนึ่งพาติชันขึ้นไป โดยมีภาวะล่อคล้องกับเงื่อนไขอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้คือ

1. ไม่มีพาติชันเล่มอื่นที่กำลังทำงานอยู่
2. ไม่มีการติดต่อกับอุปกรณ์นำข้อมูลเข้าหรือออกรอคอยอยู่ภายในแถวคอยเพื่อการประมวลผล นอกเหนือจากเป็นการติดต่อของคอนโซล (Console) หรืออุปกรณ์การประมวลผลระยะไกล (Teleprocessing Devices) หรือการติดต่อเพื่อแสดงภาวะข้อผิดพลาด

แบบมีเงื่อนไข

การเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่จะเป็นแบบมีเงื่อนไขต่อเมื่อมีภาวะล่อคล้องกับเงื่อนไขทั้งหมดดังต่อไปนี้

1. ช่วงเวลาระหว่างการเรียกโปรแกรมส่วนนี้เข้ามาใช้งานครั้งที่ผ่านมากับครั้งนี้จะต้องไม่น้อยกว่าค่าคงที่ค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า MINTIME
2. จะต้องไม่มีงานด้านส่วนจัดการเพจกำลังทำงานอยู่
3. ค่าเฉลี่ยแบบเอกซโปเนนเชียลของการเพจเข้าต่อวินาทีของการเริ่มการทำงานใหม่จะต้องมีค่าไม่เกินค่าคงที่ที่กำหนดไว้เรียกว่า CCONST
4. จำนวนของเพจเฟรมที่มีอยู่ภายในซีเลคชันพูล จะต้องไม่น้อยกว่าค่าภายในตัวนับการเริ่มการทำงานใหม่ของพาติชันที่จะเริ่มการทำงานใหม่

5.4.2.2 ค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียลของการเพจเข้าต่อวินาที ของการเริ่มการทำงานใหม่

ค่านี้จะถูกคำนวณหาค่าใหม่ทุกครั้งไม่ว่าจะเป็นการเริ่มการทำงานใหม่แบบมีเงื่อนไขหรือแบบไม่มีเงื่อนไข โดยคำนวณจากสูตร

ค่าเฉลี่ยใหม่ = 1/2 (ค่าเฉลี่ยเก่า+PIRCTR/ช่วงการวัด)

ค่าเฉลี่ยเก่าคือ ค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียลของการเพจเข้าของการเริ่มการทำงานใหม่ครั้งที่ผ่านมาหากโปรแกรมควบคุมส่วนนี้ถูกเรียกเป็นครั้งแรก ค่าเฉลี่ยเก่าจะถูกกำหนดให้มีค่าเป็น PIRCTR/ช่วงการวัด

PIRCTR เป็นตัวนับการเพจเข้าที่ใช้ในการเริ่มการทำงานใหม่ ค่าของ PIRCTR นี้จะถูกเปลี่ยนเป็นศูนย์ทุกครั้งที่มีการคำนวณค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียลของการเพจเข้าต่อวินาทีของการเริ่มการทำงานใหม่และมีการเพิ่มค่าภายในตัวเองทุกครั้งที่มีการย้ายเพจเข้า

ช่วงการวัดคือ ช่วงเวลาระหว่างการเรียกโปรแกรมควบคุมส่วนนี้เข้ามาทำงานครั้งที่ผ่านมากับครั้งนี้

5.4.2.3 ขั้นตอนการเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่

ในการกล่าวถึงขั้นตอนของการทำงานนั้นจะกล่าวรวมไปทั้งแบบมีเงื่อนไขและไม่มีเงื่อนไขพร้อม ๆ กัน โดยใช้ฝังงานที่ 5.6.1 และ 5.6.2 ประกอบคำอธิบาย

1. หากเป็นการเรียกโปรแกรมควบคุมที่ทำหน้าที่นี้เป็นครั้งแรก (ไม่ว่าจะเป็น REACTC หรือ REACTUC จะทำการกำหนดค่าเริ่มต้นของเวลาที่ใช้ในการหาช่วงเวลา และกำหนดค่าเริ่มต้นของค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียลของการเพจเข้าต่อวินาทีของการเริ่มการทำงานใหม่พร้อมกับเปลี่ยนค่าของ PIRCTR เป็น 0 และออก

จากโปรแกรมทันทีโดยไม่มีการเริ่มการทำงานใหม่ของพาติชันใด ๆ

2. หากเป็นการเรียกครั้งต่อ ๆ มาก็จะมีการตรวจสอบค่าของช่วงเวลาหากน้อยกว่า MINTIME จะไม่มีการเริ่มการทำงานใหม่ หากมากกว่าก็จะมีการคำนวณค่าใหม่ของค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียลของการเพจเข้าสำหรับการเริ่มการทำงานใหม่

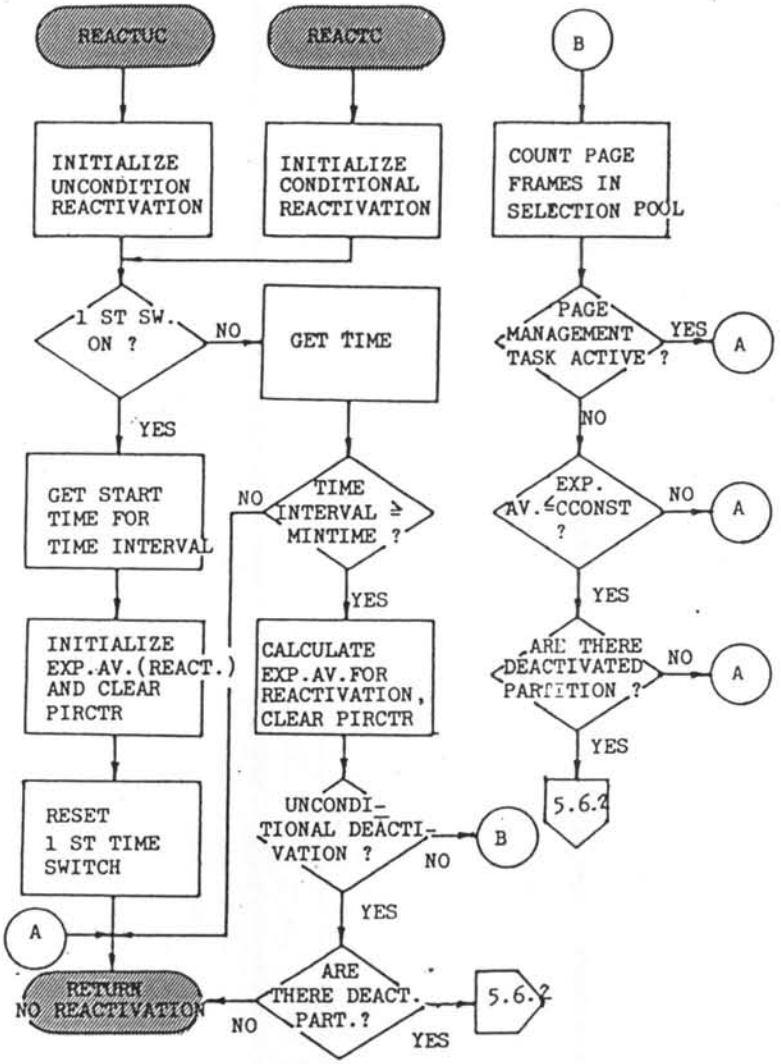
3. ถ้าหากเป็นการเริ่มการทำงานใหม่แบบไม่มีเงื่อนไขจะทำการตรวจสอบว่ามีพาติชันที่หยุดการทำงานอยู่หรือไม่ ถ้าหากมีก็ข้ามไปกระทำงานด้านการเริ่มการทำงานใหม่ดังข้อ 5. หากไม่มีจะออกจากการทำงานโดยไม่มีการเริ่มการทำงานใหม่ของพาติชันใด ๆ

4. หากเป็นการเริ่มการทำงานใหม่แบบมีเงื่อนไข จะมีการตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ ตามที่กำหนด หากสอดคล้องกับเงื่อนไขเหล่านั้นทั้งหมดจึงจะมีการเริ่มการทำงานใหม่ หากมีข้อใดข้อหนึ่งไม่สอดคล้องจะออกจากการทำงานโดยไม่มีการเริ่มการทำงานใหม่ของพาติชันใด ๆ

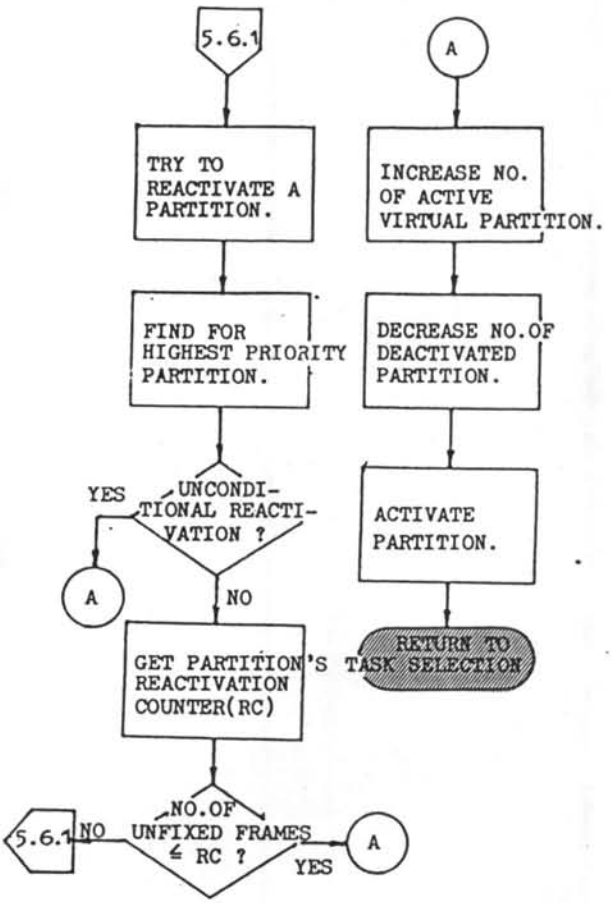
5. ทำการเลือกพาติชันที่จะเริ่มทำงานใหม่ โดยจะเลือกจากพาติชันที่หยุดการทำงานที่มีลำดับการทำงานสูงสุด

6. หากเป็นการเริ่มการทำงานแบบไม่มีเงื่อนไขจะข้ามไปทำข้อ 7. แต่ถ้าเป็นแบบมีเงื่อนไขจะทำการตรวจสอบว่าค่าของตัวนับการเริ่มการทำงานใหม่น้อยกว่าจำนวนเพจเฟรมในชีเลคชันพูลหรือไม่ หากน้อยกว่าหรือเท่ากันจะทำข้อต่อไป หากมากกว่าจะออกจากการทำงานโดยไม่มีการเริ่มการทำงานใหม่

7. กำหนดภาวะพร้อมในการทำงานแก่พาติชันที่จะเริ่มการทำงานใหม่พร้อมกับเพิ่มค่าจำนวนพาติชันที่กำลังทำงาน และลดค่าจำนวนพาติชันที่กำลังหยุดการทำงานอยู่ หลังจากนั้นจะออกจากการทำงานส่งการควบคุมไปยังโปรแกรมส่วนที่ทำหน้าที่ในการเลือกงานมาทำการประมวลผลต่อไป



ผังงานที่ 5.6.1 การเริ่มการทำงานของพาคิชันที่หยุดไปใหม่



ผังงานที่ 5.6.2 การเริ่มการทำงานของพาติชันที่หยุดไปใหม่ (ต่อ)

5.4.3 การควบคุมอัตราการโยกย้ายเพจโดยการควบคุมการทำงานของการแปลงคำสั่งติดต่อกับแผ่นแผลอย่างรวดเร็ว (Fast CCW Translation)

ในระบบควบคุมการทำงานที่ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ไอบีเอ็มระบบ 370 นั้นมีการใช้ลักษณะการทำงานของการแปลงคำสั่งติดต่อกับแผ่นแผลอย่างรวดเร็วด้วย การทำงานแบบนี้จะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการแปลงคำสั่งติดต่อกับโปรแกรมแผ่นแผลที่เหมือนกันและอยู่ติดกัน โดยการที่โปรแกรมควบคุมที่ใช้ในการแปลงคำสั่งจะพยายามเก็บโปรแกรมแผ่นแผลที่แปลงไปแล้วและจะนำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่มีการแปลงใหม่อีกครั้ง จากลักษณะการทำงานเช่นนี้ทำให้ต้องมีการตรึงเพจที่ใช้เป็นพื้นที่เก็บข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์การทำข้อมูลเข้าออกไว้

จากการตรึงเพจเหล่านี้ทำให้จำนวนเพจภายในซีเลคชันพูลลดลง ย่อมมีผลให้อัตราการโยกย้ายเพจสูงขึ้นได้ ดังนั้น เพื่อควบคุมอัตราการโยกย้ายเพจจึงมีการตรวจสอบว่าจะมีการควบคุมการทำงานของการแปลงคำสั่งติดต่อกับแผ่นแผลอย่างรวดเร็วหรือไม่

จากฟังงานที่ 5.4 หากมีการตรวจพบว่าค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียลของการเพจเข้าต่อวินาทีของการหยุดการทำงานในพาติชันมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าคงที่ DCONST (DCONST<ACONST) จะมีการกำหนดว่าต้องมีการปล่อยเพจ (FREE PAGE) ที่ใช้ในการทำงานของการแปลงคำสั่งติดต่อกับแผ่นแผลอย่างรวดเร็วให้เป็นอิสระหลังจากที่การทำงานของโปรแกรมแผ่นแผลนั้นสิ้นสุดลงโดยทันทีและการกำหนดการปล่อยเพจนี้จะยกเลิกต่อเมื่อค่าเฉลี่ยแบบเอกซ์โปเนนเชียลของการหยุดทำงานมีค่าลดลงต่ำกว่าค่า DCONST และยังมีข้อกำหนดว่าการยกเลิกข้อกำหนดการปล่อยนี้จะกระทำต่อเมื่อช่วงเวลาระหว่างการยกเลิกครั้งที่ผ่านมากับครั้งนี้มีค่าอย่างน้อยมากกว่าหรือเท่ากับ MINTIME

5.5 ลักษณะการทำงานของส่วนจัดการเพจ

ส่วนจัดการเพจเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมควบคุมที่อยู่ภายในซุปเปอร์ไวเซอร์ งานที่ส่งมาให้ส่วนจัดการเพจจะถูกจัดเข้าแถวคอยที่เรียกว่า "แถวคอยเพจ" (Page Queue) (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ฉ.) และการเลือกงานมาทำการประมวลผลจะกระทำแบบทำงานที่ส่งเข้ามาตามลำดับ (First-In/First-Out) งานที่เป็นหน้าที่ของส่วนจัดการเพจได้แก่

- งาน PAGE FAULT
- งาน GETREAL
- งาน TFIX
- งาน PFIX
- งาน PAGEIN

งานเหล่านี้จะถือเป็นงานระบบ (System Task) ซึ่งในการเลือกงานเข้ามาประมวลผลโดยระบบควบคุมการทำงานนั้น จะเลือกจากงานระบบก่อนแล้วจึงเลือกงานของผู้ใช้

5.5.1 งาน PAGE FAULT

ลักษณะการทำงานได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อ 5.3

5.5.2 งาน GETREAL

เป็นการกำหนดเนื้อที่ภายในหน่วยความจำหลักให้แก่งานระบบ ได้แก่ การกำหนดเนื้อที่ในหน่วยความจำหลักสำหรับงานที่ทำการประมวลผลในโหมดการทำงานจริง หรือการกำหนดเนื้อที่บัฟเฟอร์ในการใช้งานของโปรแกรม SDAID (System Debugging Aid) หรือ PDAID (Problem Determination Aid) ในการทำงานนี้จะตรึงเนื้อที่ในหน่วยความจำหลักแบบชั่วคราวไว้ตามขนาดที่ต้องการ ดังนั้นจำนวนเพจ

เฟรมภายในซีเลคชันพูลจะลดลง หากเนื้อที่ที่จะใช้ถูกครอบครองอยู่แล้วก็จะมีการโยกย้ายเพจก่อนกำหนดเนื้อที่นั้นแก่งานที่ต้องการ จะสามารถสรุปงาน GETREAL ได้ดังนี้

- ถ้าหากเพจเฟรมนั้นอยู่ในระหว่างการใช้งาน จะทำการเปลี่ยนสถานะของข้อมูลภายในตารางเพจที่สัมพันธ์กัน (บิท 13 = 1) และใส่ค่าของคีย์หน่วยความจำประจำเพจเฟรมนี้ลงในข้อมูลตารางเพจบิท 8-11 และถ้าหากข้อมูลในเพจเฟรมนี้มีการเปลี่ยนแปลงก็จะมีการย้ายเพจออกด้วย

- ย้ายเพจเฟรมนี้ออกจากซีเลคชันพูล

- กำหนดค่าภายในเพจเฟรมนี้เป็นศูนย์

- กำหนดค่าของบิทอ้างอิงและบิทแสดงการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเป็นศูนย์

- เปลี่ยนสถานะของข้อมูลตารางเพจใหม่ที่ครอบครองเพจเฟรมนี้ (บิท 13 = 0) และใส่ 13 บิททางซ้ายของตำแหน่งเพจเฟรมลงในบิท 0-12 ของข้อมูลตารางเพจ

- ใส่หมายเลขเพจใหม่ (ตำแหน่งเพจ/2048) ลงในข้อมูลตารางเพจเฟรมไบท์ 4 และ 5

5.5.3 งาน TFIX

งานนี้เป็นการตรึงเพจที่กำหนดลงในหน่วยความจำหลักแบบชั่วคราว ซึ่งใช้ในการทำงานด้านการนำข้อมูลเข้าออก ลักษณะการทำงานของงานนี้ขึ้นอยู่กับว่าเพจนั้นอยู่ในหน่วยความจำหลักหรือไม่

ในกรณีที่เพจอยู่ในหน่วยความจำหลักแล้ว เพจจะถูกตรึงและค่าของตัวนับการ TFIX ในข้อมูลตารางเพจเฟรมจะถูกเพิ่มค่าขึ้น 1 หากเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งต่อไปนี้เป็นจริง

- เพจถูกตรึงแบบชั่วคราวหรือถาวรอยู่แล้วในเพจเฟรมที่อยู่ (บิท 14 ของข้อมูลตารางเพจเฟรมเป็น 1)

- เพจไม่ได้ถูกตรึงและบิท 12, 15 ของข้อมูลตารางเพจเฟรม เป็น 0 ในกรณีนี้เพจจะถูกตรึงอยู่ในเพจเฟรมที่เพจอยู่ในขณะนั้น

- เพจไม่ได้ถูกตรึง บิท 12 = 0 แต่บิท 15 เป็น 1 แสดงว่ามีการรอการทำงานของงาน GETREAL ในเพจเฟรมนี้อยู่ ดังนั้นเพจจะถูกตรึงในเพจเฟรมนี้ไม่ได้ จึงต้องมีการหาเพจเฟรมที่อาจจะตรึงโดยเพจนี้ได้ โดยการหาจากแถวคอย Q00 ก่อน หากไม่พบจึงหาจากข้อมูลตารางเพจเฟรมอื่นที่มีค่าบิท 8-15 เป็นศูนย์

หากเพจที่ต้องการตรึงไม่อยู่ในหน่วยความจำหลักจะทำงาน PAGE FAULT ก่อน หลังจากมีการย้ายเพจเข้าแล้ว จึงทำต่อแบบที่เพจอยู่ในหน่วยความจำหลักแล้วต่อไป

5.5.4 งาน PFIX

งานนี้เป็นการตรึงเพจแบบถาวรลงในเพจเฟรม อาจจะถูกสั่งมาโดยงานของผู้ใช้เครื่องหรือระบบก็ได้ ในการตรึงเพจนั้นจะทำคราวละ 1 เพจเท่านั้น ในการตรึงเพจแบบถาวรนี้หากเพจเฟรมที่เพจต้องการตรึงถูกครอบครองอยู่แล้ว ต้องมีการโยกย้ายเพจเสียก่อน หลังจากการตรึงเพจแล้วต้องมีการโยกย้ายเพจเฟรมที่เพจนั้นตรึงอยู่ออกจากซีเลคชันพูล และเพิ่มค่าของตัวนับการตรึงแบบถาวรขึ้นอีก 1

5.5.5 งาน PAGEIN

งานนี้จะเป็นการย้ายเพจเข้าสู่หน่วยความจำหลักและจะถูกประมวลผลพร้อม ๆ กับงานของผู้ใช้

สำหรับเพจที่อยู่ในหน่วยความจำหลัก จะทำงานดังต่อไปนี้

- ถ้าหากเพจถูกตรึงอยู่แล้ว งานนี้จะถูกยกเลิก

- ถ้าหากเพจนี้ไม่ได้ถูกตรึง ค่าของบิทอ้างอิงจะถูกกำหนดเป็นศูนย์ และเพจเฟรมที่สัมพันธ์กันจะถูกย้ายไปยังแถวคอย HQ

สำหรับเพจที่ไม่อยู่ในหน่วยความจำหลัก ก็จะมีการโยกย้ายเพจเข้ามาตามปกติดังกรณีเพจฟอลท์ และจะมีการตรวจสอบด้วยว่า เพจนั้นอยู่นอกพาติชันของงานที่เกิดเพจฟอลท์นี้หรือไม่ หากเป็นจริงงาน PAGEIN สำหรับเพจนี้จะยกเลิก