บทที่ 5

โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบลิฟต์
(Elevator System Simulation Program)

5.1. ความสำคัญของการจำลองการทำงานของระบบลิฟต์

นิยามของการจำลองแบบปัญหา (Simulation) ตามความหมายของ Shannon [22] เป็นดังนี้

" Simulation is the process of designing a model of a real system and conducting experiments with this model for the purpose either of understanding the behavior of the system or of evaluating various strategies (within the limits imposed by a criterion or set of criteria) for the operation of the system. "

นิยามนี้ ให้คำอธิบายความหมายของการจำลองแบบปัญหาอย่างกว้างๆ ซึ่งจะสังเกตได้ว่า อันที่จริงแล้วการจำลองแบบปัญหาไม่จำเป็นต้องเกี่ยวพันกับการใช้อุปกรณ์หรือวิธีโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ แต่ในปัจจุบันการจำลองแบบปัญหามักกระทำบนระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งถือเป็นเครื่องมือสำคัญที่สามารถนำการจำลองปัญหาต่างๆ มาประยุกต์ได้อย่างเหมาะสมที่สุด

เหตุผลหนึ่งที่มีการนำวิธีการจำลองแบบปัญหาอย่างกว้างขวาง ก็คือแบบปัญหา (model) บางอย่าง ไม่สามารถหาผลลัพธ์ หรือแก้ปัญหาได้จากวิธีการวิเคราะห์ทางสมการคณิตศาสตร์ หรือกระทำได้แต่ก็ไม่สะดวก แบบปัญหาในกรณีนี้ได้แก่ แบบปัญหาซึ่ง

- ตัวแปรในระบบมีความสัมพันธ์กันแบบ Non-linear
- มีค่าสุ่ม (random) เข้ามาเกี่ยวข้อง
- ระบบมีข้อมูลในลักษณะแถวคอย (waiting line) หรือ queue

นอกจากนี้การจำลองแบบปัญหายังช่วยลดต้นทุน และความเสี่ยงในการนำระบบไปใช้งานจริง เนื่องจากการจำลองแบบปัญหาสามารถใช้อุปกรณ์และวิธีการทางไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งในปัจจุบันเป็นการลงทุนที่ต่ำและสามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างถี่ถ้วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสร้างและพัฒนาโปรแกรม และการจำลองแบบได้ใกล้เคียงความเป็นจริงเพียงไร

คุณสมบัติต่างๆ ของการจำลองแบบปัญหาเท่าที่ได้กล่าวมานี้ มีความเหมาะสมหลายประการที่จะนำมาใช้กับระบบลิฟต์ เพราะระบบมีข้อมูลในลักษณะแถวคอย ในปัจจุบันจึงมีการศึกษาและนำการจำลองแบบมาใช้เป็นเครื่องมือช่วยพัฒนา และแก้ไขปัญหาในด้านต่างๆ ของระบบลิฟต์ดังนี้

1) <u>การออกแบบระบบลิฟต์ที่จะติดตั้งในอาคาร</u> การออกแบบหรือเลือกระบบลิฟต์ที่เหมาะสมเพื่อติดตั้งในอาคาร เป็นขั้นตอนที่สำคัญอันหนึ่งในบรรดาขั้นตอนทั้งหมดของการก่อสร้างและตกแต่งอาคาร โดยเฉพาะสำหรับอาคารขนาดใหญ่ซึ่งจะต้องรองรับประชากรหนาแน่นและมีการสัญจรขึ้นลงระหว่างชั้นของอาคารมาก การติดตั้งระบบลิฟต์เป็นการลงทุนสูง การเปลี่ยนโครงสร้างของระบบ เช่น การเพิ่มจำนวนลิฟต์ หรือการขยายขนาดของตัวลิฟต์ จะกระทำได้ยากในภายหลัง วิศวกรและสถาปนิกที่ทำหน้าที่กำหนดระบบลิฟต์ จึงต้องมีความรู้ความสามารถในการออกแบบและกำหนดระบบที่เหมาะสมกับลักษณะ ปริมาณและอัตราการใช้ลิฟต์ของอาคารนั้นๆ ในปัจจุบันจึงมีการใช้โปรแกรมจำลองระบบลิฟต์ช่วยในการออกแบบและตรวจสอบระบบ ตลอดจนช่วยในการนำเสนอเพื่อการตัดสินใจในขั้นสุดท้าย ก่อนที่จะติดตั้งระบบลิฟต์จริงในอาคาร

2) <u>การพัฒนาวิธีการควบคุมกลุ่มลิฟต์</u> การควบคุมกลุ่มลิฟต์ ได้แก่ การจัดการในเรื่องทราฟฟิกและวิธีการเลือกส่งลิฟต์ไปรับการเรียกที่ใช้ในเครื่องควบคุม ในปัจจุบันใช้วิธีการคำนวนและกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับตัวแปรจำนวนมากและค่อนข้างซับซ้อน

ดังนั้นก่อนที่จะนำวิธีการที่คิดค้นขึ้นใหม่หรือพัฒนาเพิ่มเติมจากวิธีการเดิมไปประยุกต์ใช้บนเครื่องควบคุมจริง ผู้พัฒนาจำเป็นจะต้องทำการทดสอบเพื่อตรวจดูความถูกต้องเสียก่อน การที่จะนำวิธีการเลือกส่งลิฟต์มาเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อใช้กับฮาร์ดแวร์ของเครื่องควบคุมลิฟต์จริงในทันทีเป็นการไม่เหมาะสม เพราะถ้าวิธีการที่คิดค้นหรือพัฒนาขึ้นนี้มีการทำงานไม่ถูกต้องอาจเป็นอันตรายต่อระบบลิฟต์ได้ และโดยปกติแล้วการเขียนโปรแกรมย่อมมีข้อผิดพลาดซึ่งจะต้องทำการแก้ไขข้อผิดพลาด ("debug") ก่อนเสมอ การทดสอบและแก้ไขบนฮาร์ดแวร์ของเครื่องควบคุมจริงจะกระทำได้ไม่สะดวกและใช้เวลามาก

ผู้พัฒนาโปรแกรมวิธีการเลือกส่งลิฟต์มีแนวทางในการแก้ไขปัญหานี้ โดยการเขียนโปรแกรมตามขั้นตอนวิธีการเลือกส่งลิฟต์ที่ได้ออกแบบไว้ บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นการจำลองการทำงานของระบบลิฟต์ ตรวจสอบและแก้ไข ตลอดจนวิเคราะห์ผลที่ได้รับ จนได้การทำงานที่ถูกต้อง ก่อนที่จะเขียนโปรแกรมเพื่อใช้กับฮาร์ดแวร์ของเครื่องควบคุมจริง ซึ่งจะทำให้การพัฒนาเป็นไปได้อย่างโดยสะดวก รวดเร็ว และช่วยลดอัตราการเสี่ยงต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับระบบลิฟต์ในภายหลัง

3) <u>การสาธิต (Demonstration) ระบบลิฟต์</u> การนำเสนอหรือการสาธิตวิธีการทำงานของระบบลิฟต์ ประกอบด้วยการบรรยายและการอธิบายถึงวิธีการทำงานของระบบลิฟต์ ได้แก่ ลักษณะและเวลาการเคลื่อนที่ขึ้นลง การรับและส่งผู้โดยสาร การตอบรับปุ่มกดต่างๆ ฯลฯ ประสิทธิภาพและสมรรถนะของระบบ ได้แก่ ความรวดเร็วในการรับส่งผู้โดยสาร การลดจำนวนการจอดและการลดการเดินทางของลิฟต์ที่ซ้ำซ้อน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบลิฟต์ในแง่ของการประหยัดพลังงาน ฯลฯ และการบรรยายถึงคุณลักษณะเฉพาะตัวที่แตกต่างจากระบบลิฟต์อื่น โดยเหตุที่การนำเสนอถูกใช้ในด้านการประชาสัมพันธ์ การทำความเข้าใจระบบและการตัดสินใจเพื่อเลือกระบบลิฟต์ที่เหมาะสม ดังนั้น การนำเสนอสิ่งต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จึงควรที่จะสื่อความหมายกันได้เป็นอย่างดี การบรรยายหรืออธิบายด้วยปากหรือโดยมีเอกสารประกอบ บางครั้งอาจสื่อความหมายที่ต้องการไม่ได้เท่าที่ควร หรือบางกรณีอาจทำให้เกิดความเข้าใจสับสนกันได้ ในปัจจุบัน จึงได้มีการนำการจำลองระบบลิฟต์ช่วยประกอบการนำเสนอด้วย

โปรแกรมจำลองระบบลิฟต์ที่ใช้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะแสดงรูปภาพ

สัญญลักษณ์ต่างๆ แทนองค์ประกอบของตัวลิฟต์แสดงทางจอภาพ แสดงการเคลื่อนที่ของตัวลิฟต์ทุกตัว การปิด-เปิดประตู การรับ-ส่งผู้ใช้ลิฟต์ที่ชั้นต่างๆ การเลือกส่งลิฟต์เมื่อมีการกดเรียก hall call การแสดงผลเวลารอลิฟต์ เวลาเคลื่อนที่ เป็นต้น

5.2. โปรแกรมจำลองระบบลิฟต์ (Elevator Simulation Program)

ในการพัฒนาวิธีการเลือกส่งลิฟต์ในโครงงานวิทยานิพนธ์นี้ ได้สร้างโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์ขึ้น และใช้เป็นเครื่องมือช่วยพัฒนา โปรแกรมจำลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน ส่วนแรกคือ โปรแกรม TFGEN (Traffic Generator Program) เป็นโปรแกรมสร้างชุดข้อมูลแสดงการใช้ลิฟต์ในอาคารเพื่อป้อนให้โปรแกรมระบบลิฟต์ วิธีการทำงานของโปรแกรม TFGEN นี้จะได้กล่าวในบทที่ 6 โปรแกรมอีกส่วนหนึ่งคือ โปรแกรม ELSIM (Elevator Simulation Program) เป็นโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบลิฟต์ จะได้กล่าวดังต่อไปนี้

โปรแกรม ELSIM เป็นโปรแกรมที่ใช้บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท (IBM PC/XT หรือ IBM PC/AT) พัฒนาด้วยภาษา C การที่เลือกใช้ภาษานี้ เนื่องจากความเหมาะสมหลายประการ ได้แก่ ภาษา C เป็นภาษาระดับต่ำใช้การแปลภาษาแบบ compile และให้รหัสภาษาเครื่องที่มีประสิทธิภาพ เป็นภาษาแบบโครงสร้าง ทำให้ตรวจสอบและแก้ไขได้สะดวก และสามารถแบ่ง compile เป็น module ได้ จึงเหมาะกับโปรแกรมขนาดใหญ่

5.2.1. วัตถุประสงค์ของโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์

โปรแกรม ELSIM ที่พัฒนาขึ้นมีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

1) เพื่อแสดงการทำงานของระบบลิฟต์ โดยสามารถสื่อความหมายให้เข้าใจการทำงานพื้นฐานของระบบลิฟต์จริง ได้แก่ การเคลื่อนที่รับปุ่มกด hall call หรือ car call ที่ชั้นต่างๆ การปิด-เปิดประตู การรับปุ่มกดต่างๆ ทางแป้นพิมพ์ เป็นต้น

2) เพื่อทดสอบและใช้เป็นเครื่องมือช่วยพัฒนาโปรแกรมควบคุมลิฟต์ ได้แก่ การควบคุมลิฟต์เดี่ยว การควบคุมกลุ่มลิฟต์ และการวิเคราะห์อัตราการใช้ลิฟต์

3) เพื่อใช้เปรียบเทียบเวลารอลิฟต์ ประเมินจำนวนการจอด และประเมินระยะทางการเคลื่อนที่ของวิธีการเลือกส่งลิฟต์แบบต่างๆ กัน

4) เพื่อประกอบการนำเสนอและอธิบายถึงวิธีการทำงานของระบบลิฟต์ วิธีการควบคุมกลุ่ม ได้แก่การเลือกส่งลิฟต์เมื่อมีการกดเรียก และลักษณะการใช้ลิฟต์ในอาคาร

5.2.2. ลักษณะการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์

โปรแกรม ELSIM แสดงการทำงานของระบบลิฟต์บนจอภาพแบบ TEXT (จอแบบใช้แสดงตัวอักขระ) ใช้ตัวสัญญลักษณ์กราฟฟิกแทนองค์ประกอบของลิฟต์ให้สามารถสื่อความหมายได้ง่าย และใช้การรับคำสั่งจากแป้นพิมพ์แทนการกดปุ่ม hall call และ car call ลักษณะโดยทั่วไปของการทำงานเป็นดังนี้

1) จำลองการทำงานของระบบลิฟต์ เป็นลิฟต์ 4 ตัว, อาคาร 16 ชั้น หรือน้อยกว่านี้ โดยการกำหนดตอนเริ่มต้นโปรแกรม

2) ใช้การรับคำสั่งจากแป้นพิมพ์แทนการกดปุ่ม hall call และ car call ของลิฟต์จริง การเลือกชั้น และชนิดของปุ่มที่ต้องการกดใช้การเลื่อนเคอร์เซอร์

3) มี Traffic Editor สำหรับการป้อนและแสดงข้อมูลการใช้ลิฟต์ของผู้โดยสารแต่ละคน โดยแบ่งออกเป็น records ได้สูงสุด 100 records ในแต่ละ record ประกอบด้วย เวลาและชั้นที่กดเรียกลิฟต์ (hall call) เวลาและการกดชั้นเป้าหมาย (car call) และการแสดงสภาวะต่างๆ ของผู้ใช้ลิฟต์แต่ละคน ได้แก่ กำลังรอลิฟต์ เข้าไปในลิฟต์แล้ว กำลังเดินทางไปยังชั้นเป้าหมาย หรือออกจากลิฟต์แล้ว การป้อนข้อมูลใน Traffic Editor ใช้การป้อนทางแป้นพิมพ์ หรืออ่านข้อมูลจากไฟล์ที่สร้างเตรียมไว้แล้วก็ได้

ไฟล์นี้สร้างจากโปรแกรม TFGEN (บทที่ 6)

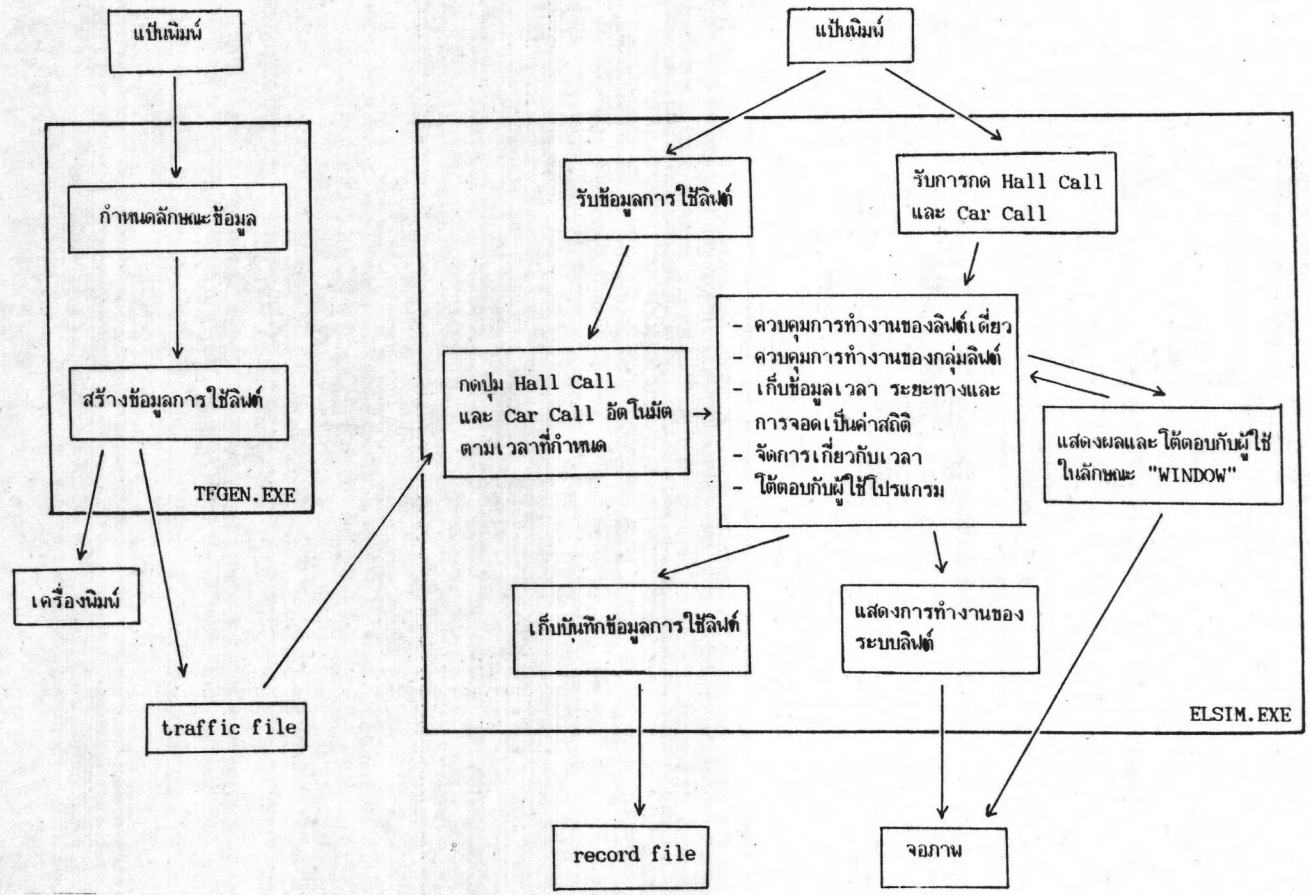
4) สามารถเก็บเป็นไฟล์ข้อมูลการใช้ลิฟต์ของผู้ใช้ลิฟต์แต่ละคนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่ต้องการ ข้อมูลที่เก็บคล้ายกับข้อมูลของ Traffic Editor แต่มีเวลาการรอลิฟต์ (waiting time) เก็บไว้ด้วย ในตอนท้ายของไฟล์ มีการสรุปเป็นค่าทางสถิติของข้อมูลที่เกิดขึ้น ได้แก่ จำนวนการรับ hall call ระยะทางการเคลื่อนที่ จำนวนการจอด เวลาเฉลี่ยและเวลาสูงสุดของ waiting time

5) สามารถแสดงผลเป็นค่าทางสถิติต่างๆ ของการใช้ลิฟต์ที่ผ่านมาได้เมื่อต้องการทราบ ข้อมูลเหล่านี้ ได้แก่ จำนวนการรับ hall call ระยะทางการเคลื่อนที่ จำนวนการจอด เวลาเฉลี่ยและเวลาสูงสุดของ waiting time

6) สามารถรับรู้ แสดง และจัดการกับปริมาณการใช้ลิฟต์ที่ระดับหรือ mode ต่างๆ กัน ได้แก่ up peak traffic (มีความต้องการใช้ลิฟต์ที่ชั้น 1 มาก) down peak traffic (มีความต้องการลงลิฟต์ที่ชั้น 1 มาก) quiet traffic (มีความต้องการใช้ลิฟต์น้อย) และ normal day traffic (ปริมาณการใช้ลิฟต์ตามปกติ)

7) การทำงานของลิฟต์เป็นตามเวลาจริง (real time) หรืออาจกำหนดให้เร็วกว่าเวลาจริงได้ ในกรณีที่ต้องการทราบผลการทำงานเร็วขึ้น

รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะกระบวนการทำงานของโปรแกรม ELSIM และ TFGEN กับอุปกรณ์รับส่งข้อมูลของระบบเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ ได้แก่ แป้นพิมพ์ จอภาพ เครื่องพิมพ์ และไฟล์ข้อมูลในดิสค์ การรับข้อมูลการกดเรียก hall call, car call อาจรับมาจากแป้นพิมพ์ หรือข้อมูลการใช้ลิฟต์หรือ traffic file ที่สร้างจากโปรแกรม TFGEN ก็ได้ การกดปุ่ม hall call / car call อาจใช้การกดที่แป้นพิมพ์ หรือให้มีการกดแบบอัตโนมัติ ตามเวลาที่กำหนดในข้อมูลการใช้ลิฟต์ที่ได้รับมา การประมวลผลภายในของ ELSIM ประกอบด้วย การควบคุมการทำงานของทั้งลิฟต์เดี่ยวและกลุ่มลิฟต์ (การเลือกส่งลิฟต์เมื่อมีการกดเรียก) การเก็บข้อมูลและสรุปผลข้อมูลจากการทำงานของลิฟต์เป็นค่าทางสถิติ การจัดการเรื่องเวลา และการโต้ตอบกับผู้ใช้โปรแกรมในลักษณะต่างๆ



รูปที่ 5.1 - กระบวนการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์

ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลและจากการทำงานของระบบลิฟต์ จะแสดงออกทางจอภาพ ซึ่งแสดงเป็นภาพเคลื่อนไหวของระบบลิฟต์ หรือแสดงในลักษณะ "window" เพื่อรายงานผลและโต้ตอบกับผู้ใช้โปรแกรม ข้อมูลทางสถิติที่เก็บและสรุปผลไว้จะพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์และเก็บเป็น record file ในดิสค์

5.2.3. โครงสร้างและรายละเอียดการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์

โปรแกรม ELSIM เป็นโปรแกรมที่พัฒนาด้วยภาษา C แบ่งเป็นโปรแกรมย่อยหรือ module ได้เป็น 10 module แต่ละ module เก็บฟังก์ชันที่ทำงานต่างๆ กัน และ compile แยกจากกัน

1) **EL_MAIN.C** เป็น module เก็บโปรแกรมหลัก **MAIN()** เพื่อจัดการเรียกฟังก์ชั่นใน module อื่นๆ ประกอบเป็นโปรแกรม

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม ELSIM เป็นดังรูปที่ 5.2 เริ่มต้นด้วยการกำหนดสภาวะแวดล้อมต่างๆ ก่อนเข้าสู่การทำงานเป็นวงรอบ ได้แก่ การกำหนดค่าเริ่มต้นให้ตัวแปร, ให้ผู้ใช้กำหนดขนาดและลักษณะของระบบลิฟต์, วาดภาพระบบลิฟต์ และอ่านเวลาเริ่มต้น ส่วนที่ทำงานเป็นวงรอบเป็นส่วนโปรแกรมหลักที่ทำงานจำลองระบบลิฟต์ ซึ่งจะทำงานเป็นวงรอบจนกว่าจะมีคำสั่งให้ออกจากโปรแกรม ภายในแบ่งเป็นการเรียกฟังก์ชั่นย่อยที่ทำหน้าที่ต่างๆ กัน 8 ฟังก์ชั่น ฟังก์ชั่นเหล่านี้ถูกเก็บกระจายอยู่ใน module ต่างๆ กัน

2) **EL_TIME.C** เป็น module เก็บฟังก์ชัน **EL_TIME()** จัดการเกี่ยวกับเวลา ขั้นตอนเป็นดังรูปที่ 5.3 ได้แก่ การอ่านและแสดงเวลาปัจจุบันของระบบลิฟต์ทางมุมบนขวาของจอภาพ, การเพิ่มค่า และแสดงเวลารอลิฟต์ของ hall call ที่มีอยู่ในระบบ

3) **EL_COMMAND.C** เป็น module เก็บฟังก์ชัน **EL_COMMAND()**

มีหน้าที่รับคำสั่งจากแป้นพิมพ์ และปฏิบัติตามคำสั่งหรือถ่ายทอดคำสั่งไปยัง module อื่น ผ่านทางตัวแปร

ขั้นตอนการทำงานเป็นดังรูปที่ 5.4 เริ่มจากการพิมพ์เคอร์เซอร์ตามตำแหน่งตัวแปร COL และ ROW, ตรวจการกดที่แป้นพิมพ์ ถ้ามีการกดจะรับค่าปุ่มกดเก็บไว้ที่ KEY, ตรวจดูว่า KEY เป็นฟังก์ชั่นคีย์ <F1> - <F10> หรือเป็นคีย์อื่น, ถ้าเป็นฟังก์ชั่นคีย์จะทำฟังก์ชั่นพิเศษต่างๆ ได้แก่ การแสดงตัวเลขจากการคำนวน การจัดการกับข้อมูลการใช้ลิฟต์ (traffic data) ในลักษณะต่างๆ คือ การป้อน การแสดงผล การบันทึก การอ่านข้อมูลจากไฟล์ และการรายงานสถิติการใช้ลิฟต์ ข้อมูลการใช้ลิฟต์ รวมทั้งการควบคุมการออกจากโปรแกรม

ในกรณีที่เป็นคีย์อื่นได้แก่ คีย์ลูกศร เลื่อนตัวแปร COL,ROW เพื่อบอกตำแหน่ง เคอร์เซอร์, คีย์ <ENTER> สำหรับการกดปุ่ม hall call หรือ car call ตามตำแหน่งเคอร์เซอร์ และ <SPACE> สำหรับการหยุดโปรแกรมชั่วคราวเพื่อการตรวจพิจารณาการทำงานของระบบลิฟต์

4) **EL_CALLS.C** เป็น module เก็บฟังก์ชัน **EL_CALLS()** ทำหน้าที่กดปุ่ม hall call และ car call ตามเวลาที่กำหนดในข้อมูลการใช้ลิฟต์ที่ป้อนจากฟังก์ชันคีย์ <F1> หรือข้อมูลที่รับจากไฟล์ด้วยฟังก์ชันคีย์ <F4> ที่อยู่ในการควบคุมของ EL_COMMAND() (รูปที่ 5.5)

5) **EL_TMODE.C** เป็น module เก็บฟังก์ชัน **EL_TMODE()** ทำหน้าที่ติดตามการใช้ลิฟต์เพื่อตรวจดูว่าลักษณะและปริมาณการใช้ลิฟต์ในปัจจุบันเป็น traffic mode แบบใด และเปลี่ยนค่าตัวแปร OP_MODE ตามลักษณะทราฟฟิกนั้น (รูปที่ 5.6) traffic mode ที่ตรวจสอบได้ ได้แก่

- **ND (Normal Day Traffic)** เป็นทราฟฟิกปกติที่เกิดขึ้นโดยส่วนใหญ่
- **UP (Up Peak Traffic)** เป็นทราฟฟิกที่มีความต้องการใช้ลิฟต์จากชั้น 1 มาก

- DP (Down Peak Traffic) เป็นทราฟฟิกที่มีความต้องการลงลิฟต์ที่ชั้น 1 มาก
- QT (Quiet Traffic) เป็นทราฟฟิกที่มีการใช้ลิฟต์น้อย เช่น ในช่วงเวลากลางคืน หรือเป็นวันหยุด เป็นต้น

ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากการตรวจสอบว่า operation mode ปัจจุบันชนิดใด โดยดูจากตัวแปร OP_MODE และมีเงื่อนไขที่จะทำให้เปลี่ยน OP_MODE เป็นชนิดอื่นหรือไม่ เงื่อนไขการเปลี่ยนเป็นดังแสดงไว้ในรูปที่ 5.6 ตัวแปร OP_MODE นี้จะถูกใช้ในฟังก์ชั่น EL_TMANAGE() เพื่อควบคุมให้ระบบลิฟต์ทำงานตรงตามชนิดของทราฟฟิกที่เปลี่ยนแปลงไป

6) **EL_TMANAGE** เป็น module เก็บฟังก์ชัน **EL_TMANAGE()** ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบลิฟต์ให้มีการทำงานพิเศษเพื่อสนองตอบต่อทราฟฟิกที่ต่างไปจากปรกติ คือ Up Peak Traffic และ Down Peak Traffic โดยดูจากค่าของตัวแปร OP_MODE (รูปที่ 5.7)

สำหรับ Up Peak Traffic จะกำหนดลิฟต์ตัวหนึ่งเรียกว่า free lift ขึ้นเพื่อลงมาที่ชั้น 1 free lift เป็นลิฟต์ที่จะไม่ถูกกำหนดให้รับ hall call อื่นตลอดทางที่จะมาที่ชั้น 1 เงื่อนไขในการพิจารณาเลือก free lift คือ เลือกลิฟต์ที่ลงมาชั้น 1 ได้เร็วที่สุด เป็น free lift

ในกรณีที่มี free lift อยู่ก่อนแล้วจะไม่ทำการเลือก free lift อีก และในกรณีถ้ามี free lift อยู่ที่ชั้น 1 จะทำการยกเลิก free lift

สำหรับ Down Peak Traffic จะกำหนด free lift ให้ขึ้นไปยังชั้นสูงสุด เงื่อนไขในการพิจารณา คือ เลือกลิฟต์ที่จะขึ้นไปถึงชั้นบนสุด ได้เร็วที่สุด เป็น free lift ในกรณีที่มี free lift อยู่ก่อนแล้วจะไม่ทำการเลือก free lift อีก และเมื่อ free lift ขึ้นไปถึงชั้นบนสุด ก็จะหมดสภาพ free lift ไป

7) EL_ASSIGN.C เป็น module เก็บฟังก์ชัน EL_ASSIGN() ควบคุมการเลือกส่งลิฟต์เมื่อมีการเรียกลิฟต์ (hall call) ตามวิธีการเลือกส่งลิฟต์ที่พัฒนาขึ้น (รูปที่ 5.8)

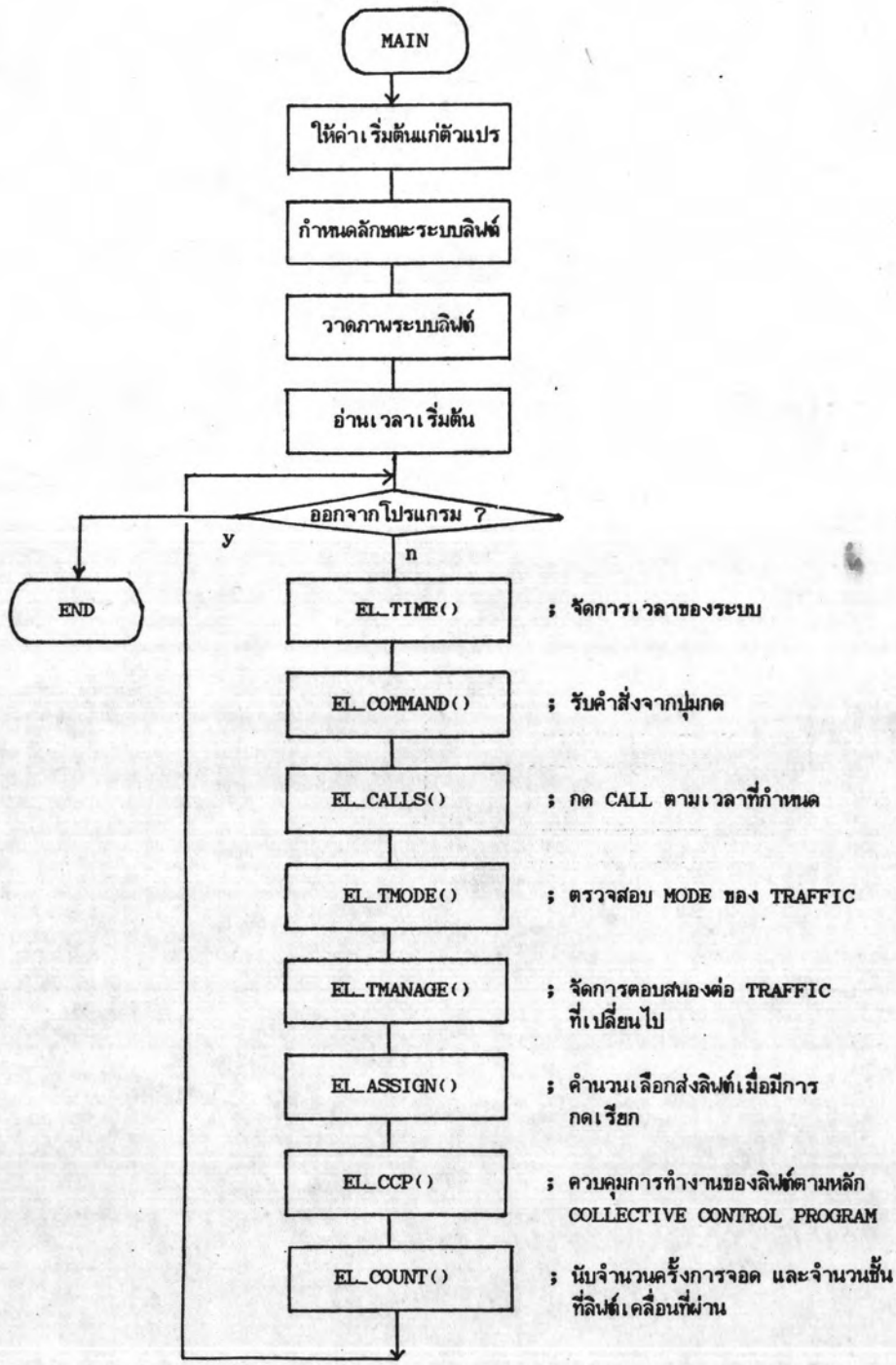
ขั้นตอนเริ่มจาก การตรวจว่า มี hall call up หรือ hall call down ใหม่เข้ามาในระบบหรือไม่ ถ้ามี จะทำการคำนวนพารามิเตอร์ตามวิธีการคำนวนเพื่อเลือกส่งลิฟต์ $\Phi_{up}(i,f)$ หรือ $\Phi_{dw}(i,f)$ สำหรับลิฟต์ทุกตัว จากนั้นจะเลือกส่งลิฟต์ (assign) ที่ให้ค่า $\Phi_{up}(i,f)$ หรือ $\Phi_{dw}(i,f)$ น้อยที่สุด ไปรับการเรียกที่ hall call นั้นๆ

การคำนวนค่า $\Phi_{up}(i,f)$ หรือ $\Phi_{dw}(i,f)$ เป็นหน้าที่ของฟังก์ชั่น ASSIGN_UP() และ ASSIGN_DW() ซึ่งจะทำการคำนวนตามวิธีการเลือกส่งลิฟต์ที่บรรจุอยู่ สำหรับในโครงการวิทยานิพนธ์นี้ ได้พัฒนาวิธีการเลือกส่งลิฟต์ 2 วิธีด้วยกัน คือ Mean Waiting Time Minimization Method และ Long Waiting Time Minimization Method ซึ่งได้แสดงรายละเอียดของการคำนวณและการพัฒนาเป็นโปรแกรมไว้แล้วในบทที่ 4 (listing ของโปรแกรมส่วนนี้ แสดงไว้ในภาคผนวก ข)

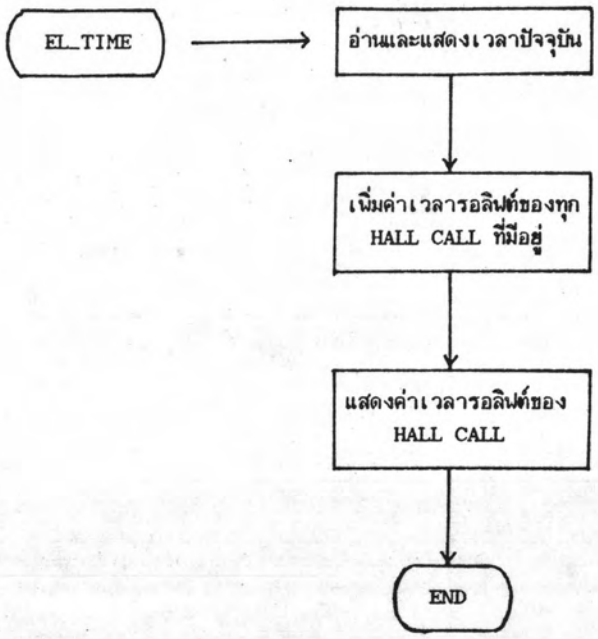
8) EL_CCP.C เป็น module เก็บฟังก์ชัน EL_CCP() (ดูรูปที่ 5.9) ควบคุมการทำงานของลิฟต์แต่ละตัว ทำหน้าที่คล้ายเครื่องควบคุมลิฟต์เดี่ยวภายในบรรจุโปรแกรมตรวจสอบเงื่อนไขตัวแปรสถานะ และเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรตามวิธีการทำงานของลิฟต์เดี่ยวที่เรียกว่า Collective Control Program (CCP) เมื่อตัวแปรสถานะมีการเปลี่ยนแปลงไป จะทำการวาดภาพการเคลื่อนไหวของระบบลิฟต์บนจอภาพ

9) EL_COUNT.C เป็น module เก็บฟังก์ชัน EL_COUNT() (ดูรูปที่ 5.10) ทำหน้าที่จัดการกับการนับจำนวนการเปลี่ยนชั้น และจำนวนการจอดของลิฟต์ทุกตัว เพื่อทำให้ทราบว่า ลิฟต์มีการจอดกี่ครั้ง และเคลื่อนที่ผ่านชั้นกี่ชั้นในช่วงเวลาที่ผ่านมา ผู้ใช้โปรแกรมสามารถตรวจดูได้จากฟังก์ชั่นคีย์ <F3> ในการควบคุมของฟังก์ชัน EL_COMMAND()

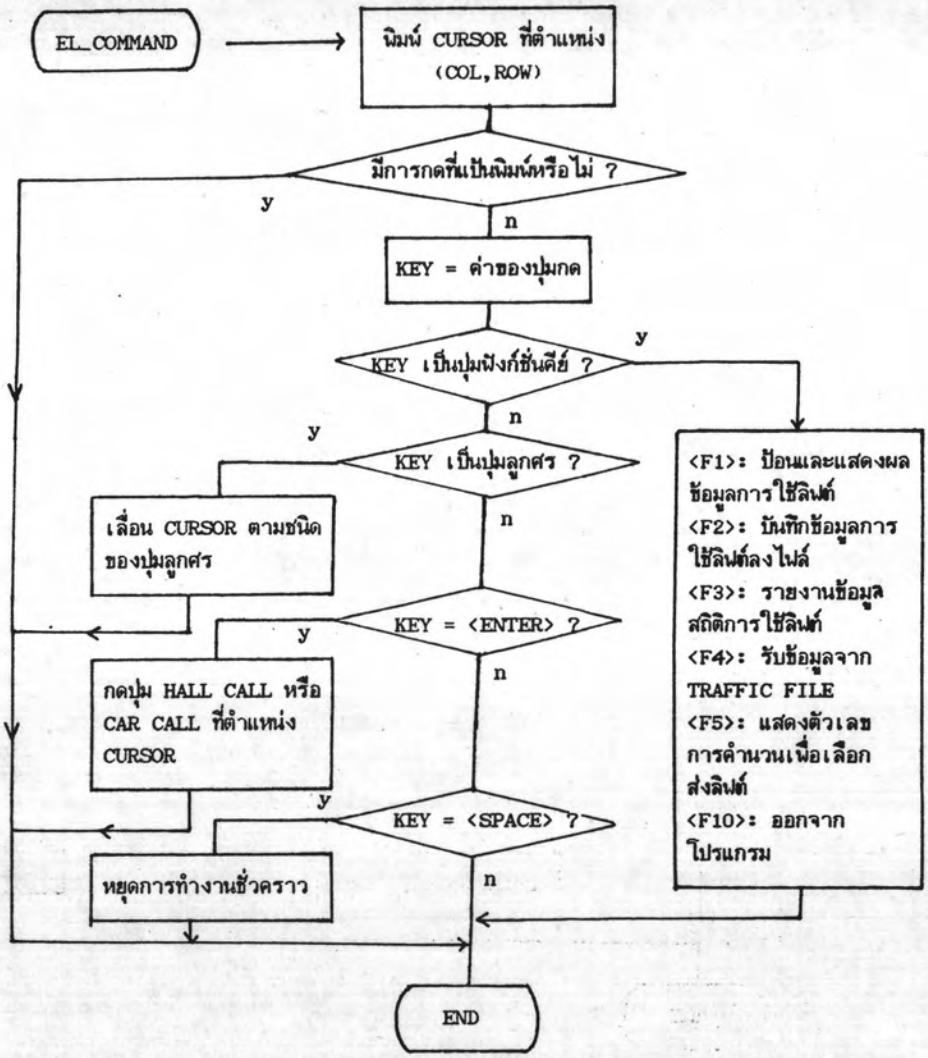
10) **EL_WIND.C** เป็น module เก็บฟังก์ชันต่างๆ ที่เกิดจากการเรียกใน P_COMMAND() แสดงการโต้ตอบกับผู้ใช้โปรแกรมในลักษณะ "window" คือ เมื่อมีการเรียก จะมีจอภาพส่วนหนึ่งทำเป็นลักษณะกรอบซ้อนขึ้นมาสำหรับเป็นในขณะที่โต้ตอบกับผู้ใช้ ในขณะที่ภาพระบบลิฟต์จะหยุดนิ่ง เวลาของระบบจะหยุดนิ่งด้วย เมื่อการโต้ตอบเสร็จสิ้น เวลาของระบบและการทำงานของระบบลิฟต์จะดำเนินต่อไป



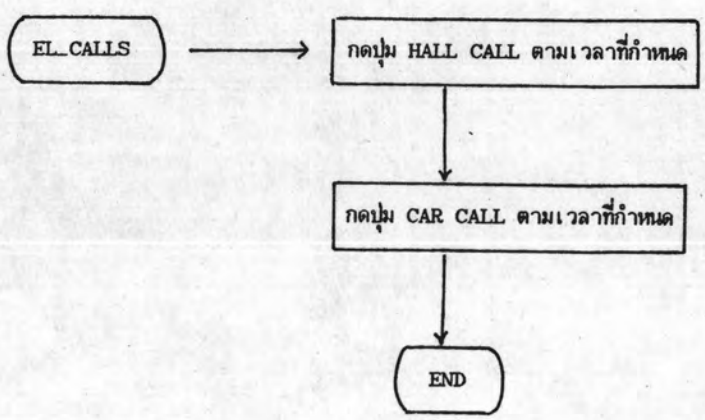
รูปที่ 5.2 - ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์ (ฟังก์ชั่น MAIN())



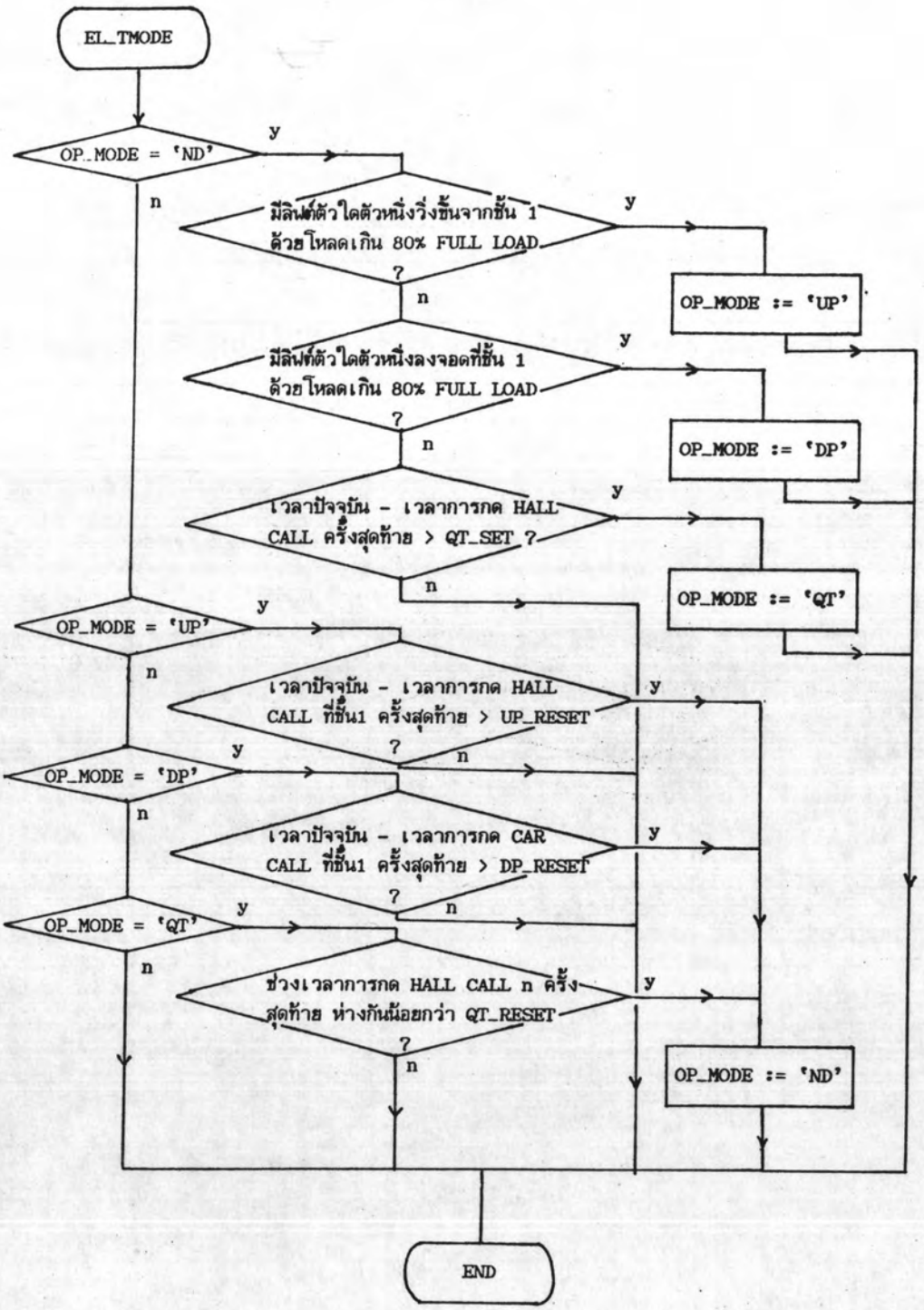
รูปที่ 5.3 - ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชั่น EL_TIME()



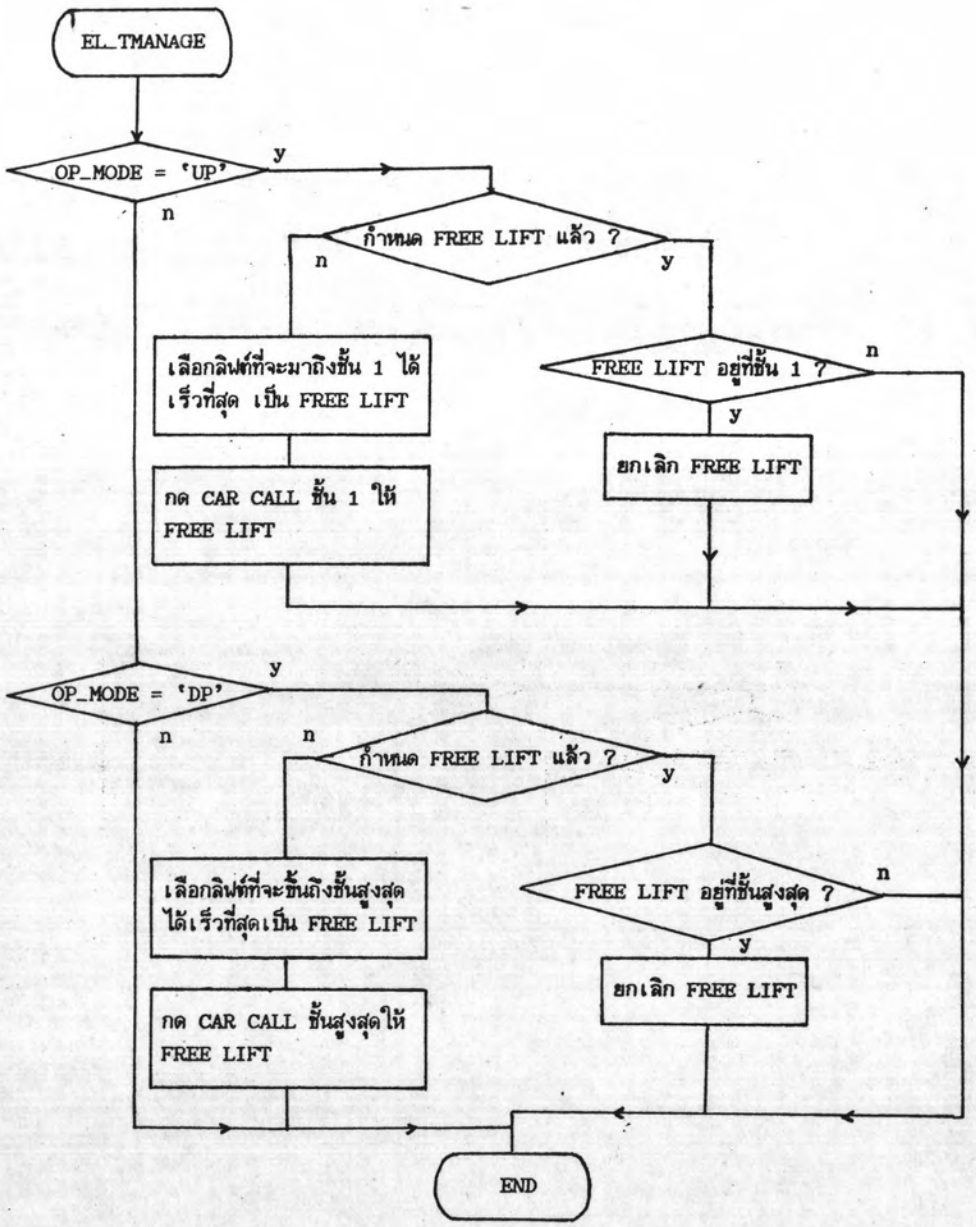
รูปที่ 5.4 - ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชั่น EL_COMMAND()



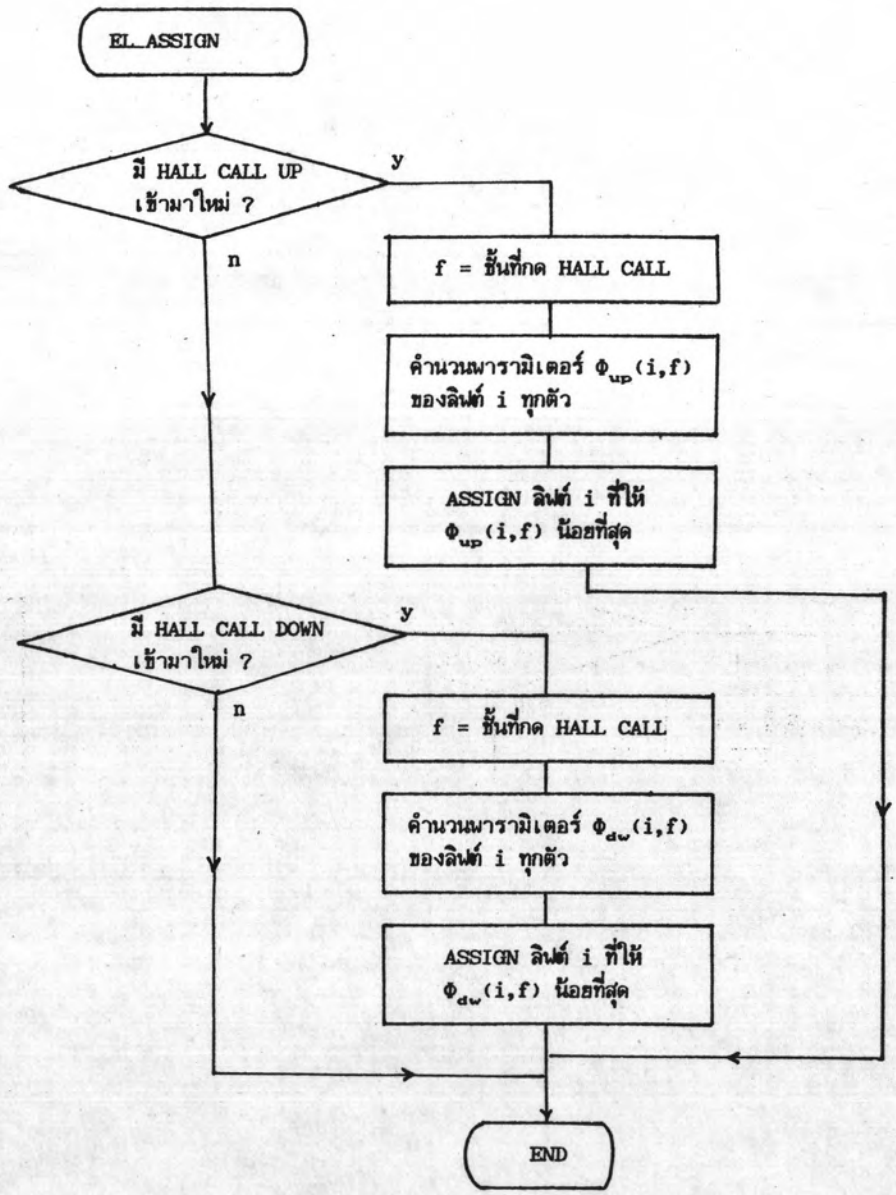
รูปที่ 5.5 - ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชั่น EL_CALLS()



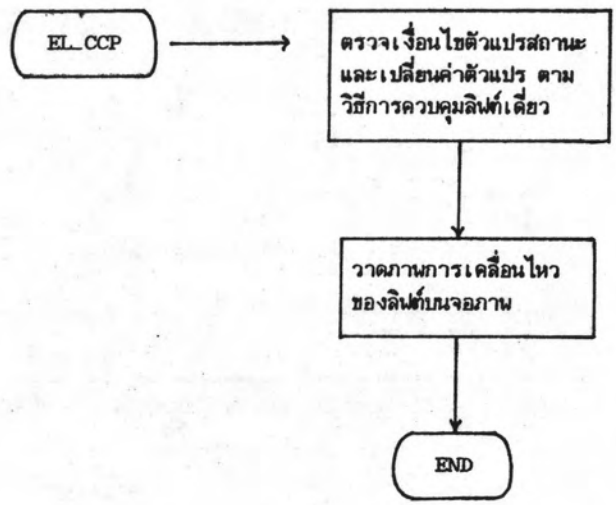
รูปที่ 5.6 - ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชั่น EL_TMODE()



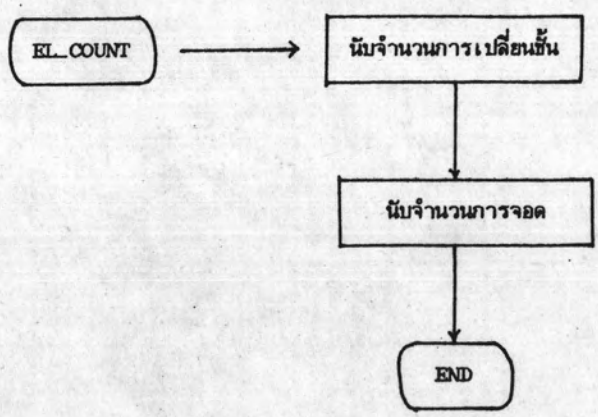
รูปที่ 5.7 - ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชั่น EL_TMANAGE()



รูปที่ 5.8 - ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชั่น EL_ASSIGN()



รูปที่ 5.9 - ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชั่น EL_CCP()



รูปที่ 5.10 - ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชั่น EL_COUNT()