บทที่ 4

วิธีการเลือกส่งลิฟต์ไปรับการเรียก
(Hall Call Assignment Methods)

วิธีการเลือกส่งลิฟต์ ที่ใช้ในเครื่องควบคุมที่เป็นระบบไมโครคอมพิวเตอร์ จะทำงานด้วยการคำนวนและตัดสินใจด้วยโปรแกรม เพื่อเลือกลิฟต์ที่เหมาะสมสำหรับ hall call ที่เกิดขึ้น รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการทำงานโดยทั่วไปของโปรแกรม เริ่มต้นเมื่อมีการกดเรียกที่ปุ่ม hall call ที่ชั้นใดชั้นหนึ่ง เป็นการกระตุ้นให้เกิดการคำนวนพารามิเตอร์ของลิฟต์ทุกตัว ค่าพารามิเตอร์แสดงถึงความเหมาะสมของลิฟต์แต่ละตัว (ลิฟต์ 1) ต่อ hall call ที่เกิดขึ้น ค่าพารามิเตอร์จะนำมาเปรียบเทียบกัน เพื่อเลือกลิฟต์ที่เหมาะสมที่สุด ค่าพารามิเตอร์นี้ จะถูกกำหนดโดยวิธีการต่างๆ ดังจะได้กล่าวต่อไปนี้

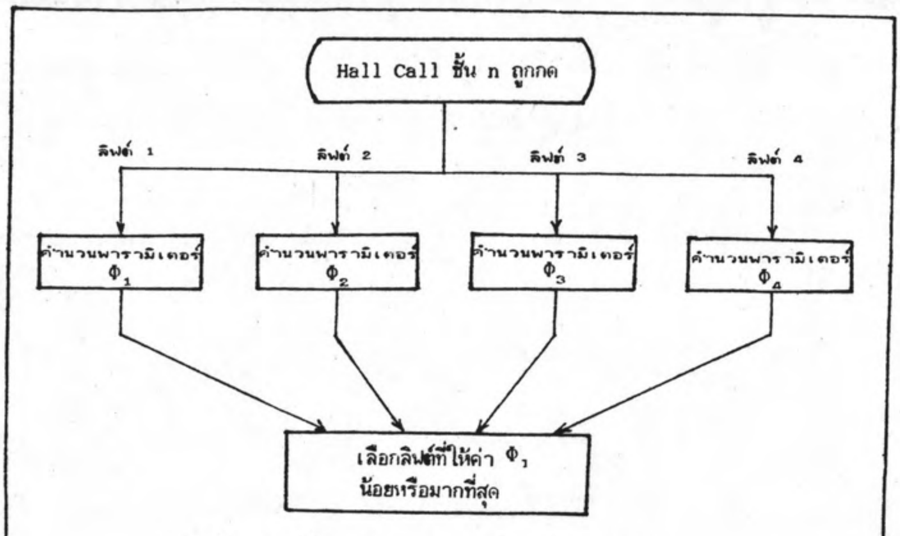
4.1. <u>วิธีการเลือกส่งลิฟต์โดยการลดเวลาคอยลิฟต์</u>

วิธีการเลือกลิฟต์ที่จะเสนอต่อไปนี้ เป็นวิธีเลือกส่งลิฟต์แบบลดเวลาคอยลิฟต์ พัฒนาโดย Kotaro Hirasawa [12] 2 วิธีด้วยกัน ได้แก่

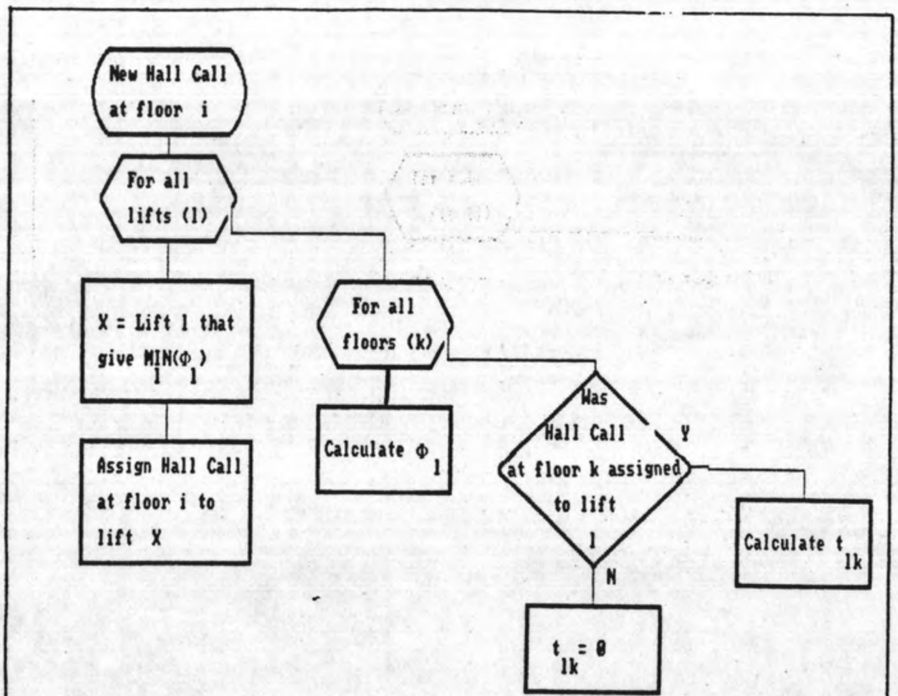
a. Mean Waiting Time Minimization Method
b. Long Waiting Time Minimization Method

ทั้ง 2 วิธีการนี้ เป็นวิธีการของการคำนวนแบบ Immediate Assign method (คำนวนและเลือกลิฟต์ทันทีเมื่อเกิดการกดเรียก hall call) โดยมีขั้นตอนดังนี้ (ดูรูปที่ 4.2)

(1) เริ่มต้น ได้รับสัญญาณการกด hall call ที่ชั้น i ที่เวลา n



รูปที่ 4.1 - ขั้นตอนวิธีการคำนวนเลือกส่งลิฟต์โดยทั่วไป



รูปที่ 4.2 - ผังการเลือกส่งลิฟต์ด้วยวิธีลดเวลารอลิฟต์

(2) คำนวนหา waiting time ที่ชั้น k ใด ๆ ที่มีการเรียก hall call อยู่ขณะนั้น (t_{lk}) แล้วคำนวนพารามิเตอร์ Φ_l ของลิฟต์ l ทุกตัวที่ต่ออยู่ในระบบ ค่า Φ_l แสดงถึงผลกระทบของ hall call ใหม่ ต่อลิฟต์ l ในแง่ของเวลารอลิฟต์ของผู้ใช้ลิฟต์ที่กด hall call ที่ชั้นต่าง ๆ ขณะนั้น เช่น ถ้า Φ_l มีค่ามากแสดงว่า การเลือกลิฟต์ l ไปรับ hall call ที่ชั้น i นี้ จะทำให้ผู้กดเรียกลิฟต์ที่ชั้นต่าง ๆ (รวมถึงชั้น i ด้วย) รอลิฟต์นาน

(3) เปรียบเทียบ Φ_l ของลิฟต์ทุกตัว แล้วจะเลือกลิฟต์ที่ได้ Φ_l น้อยที่สุด ลิฟต์ที่เลือกนี้จะเป็นลิฟต์ที่ทำให้การรอลิฟต์ที่ชั้นต่าง ๆ น้อยที่สุด

การคำนวน Φ_l ของวิธีการทั้งสองเป็นดังนี้

4.1.1. <u>Mean Waiting Time Minimization Method</u> [12]

$$\Phi_l = \sum_{k \in K_2} (t_{lk} - t_k) \qquad \ldots\ (4.1)$$

4.2.2. <u>Long Waiting Time Minimization Method</u> [12]

$$\Phi_l = \max_{k \in K_2} (t_{lk}) \qquad \ldots\ (4.2)$$

$$t_{lk} = w_k^n + (k - p_l^n)x/v + \left(\sum_{m \in K_1} q_{lm}^n\right) t_{Loss}, \quad k \in K_1 \qquad \ldots\ (4.3)$$

$$t_k = w_k^n + (k - p_l^n)x/v + \left(\sum_{m \in K_1} s_{lm}^n\right) t_{Loss}, \quad k \in K_2,\ k \neq i \qquad \ldots\ (4.4)$$

$$Q_l^n = S^n \cup H^n \qquad \ldots\ (4.5)$$

โดย

t_{lk} : ค่าเวลาคอยลิฟต์ทั้งหมด (เวลาที่คอยมาแล้ว + เวลาที่จะต้องคอยเพิ่ม) ของ hall call ที่ชั้น k ใดๆ โดยสมมติว่า hall call ที่ชั้น i กำหนดให้ลิฟต์ l ไปรับ

t_k : ค่าเวลาคอยลิฟต์ทั้งหมด (เวลาที่คอยมาแล้ว + เวลาที่จะต้องคอยเพิ่ม) ของ hall call ที่ชั้น k ใดๆ โดยที่ hall call ที่ชั้น i ยังไม่ได้กำหนดให้ลิฟต์ใด

K_1 : เส้นทางที่ลิฟต์จะต้องผ่าน โดยเริ่มต้นที่ชั้นที่เป็นตำแหน่งปัจจุบันของลิฟต์ l ไปสิ้นสุดที่ชั้น k (ดูรูปที่ 4.3)

K_2 : เส้นทางในทิศตรงกันข้ามกับ K_1 และสิ้นสุดที่ชั้น i (ดูรูปที่ 4.3)

w^n_k : ค่าเวลาคอยลิฟต์ในช่วงเวลาที่ผ่านมาของ hall call ที่ชั้น k (ช่วงเวลาตั้งแต่เวลาการกด hall call ที่ชั้น k จนถึงเวลา n)

p^n_l : ตำแหน่งชั้นของลิฟต์ l ที่เวลา n

v : ความเร็วลิฟต์ (เมตรต่อวินาที)

x : ระยะทางระหว่างชั้น

t_{loss} : เวลาที่ใช้ไปต่อการจอด 1 ครั้ง

Q^n_l : state vector ของลิฟต์ l ที่เวลา n

q^n_{lm} : element ที่ m ของ vector Q^n_l

S^n_l : state vector ของลิฟต์ l ที่เวลา n

s^n_{lm} : element ที่ m ของ vector S^n_l

$s^n_{lm} = 1$, ถ้าชั้น m เป็นชั้นที่ลิฟต์ l จะต้องไปจอด

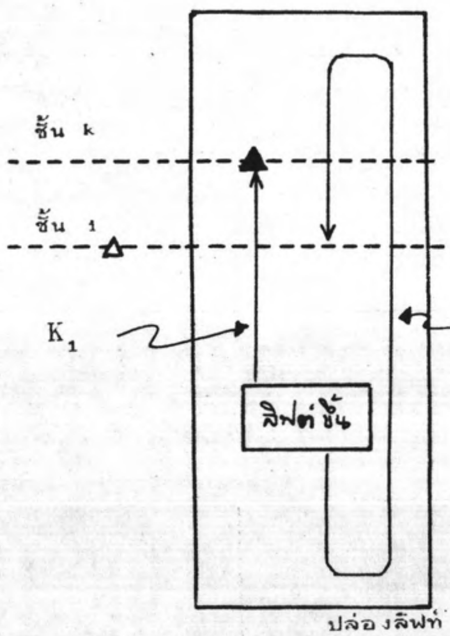
$s^n_{lm} = 0$, ถ้าชั้น m เป็นชั้นที่ลิฟต์ l ไม่ต้องไปจอด

H^n : hall call vector ที่เวลา n

h^n_i : element ที่ i ของ vector H^n

$h^n_i = 1$, ถ้ามีการกด hall call ที่ชั้น i ที่เวลา n

$h^n_i = 0$, ถ้ามีการกด hall call ที่ชั้น i ที่เวลา n



รูปที่ 4.3 – แสดงช่วงเส้นทาง K_1 และ K_2

state vector S^n_j ของลิฟต์ j ที่เวลา n ได้จากสมการดังนี้

$$S^n_j = H_j \cup C_j \quad .... (4.6)$$

$$H_j = H_j \cup H^{n-1}_j \quad .... (4.7)$$

$$C_j = C_j \cup C^n_j \quad .... (4.8)$$

โดย

H_j : vector แสดง hall call ที่ลิฟต์ j จักต้องเดินทางไปรับ, element ที่ m มีค่าเป็น 1 ถ้าชั้น m เป็นชั้นที่ลิฟต์ j ต้องไปรับ

C_j : vector แสดง car call ของลิฟต์ j, element ที่ m มีค่าเป็น 1 ถ้าลิฟต์ j มี car call ที่ชั้น m

H_j^{n-1} : element ที่ i มีค่าเป็น 1, ถ้าลิฟต์ j ถูกเลือกให้ไปรับ hall call ที่ชั้น i เมื่อเวลา n-1

ค่า element ใน vector H^n_j ขึ้นอยู่กับการเลือกลิฟต์ โดยคำนวน จากสมการ (4.1) และ (4.2)

$$H^n_j = \delta^n_j H^n \quad .... (4.9)$$

โดย

δ^n_j : เป็น unit matrix ในกรณีที่เลือกลิฟต์ j ไปรับ hall call ที่เกิดขึ้นเมื่อเวลา n

δ^n_j : เป็น zero matrix ในกรณีที่ลิฟต์ j ไม่ถูกเลือกให้ไปรับ hall call ที่เกิดขึ้นเมื่อเวลา n

vector ทุกตัวที่ใช้ในสมการมีขนาดเป็น 2f-2 โดย f คือจำนวนชั้นของอาคาร และ ตำแหน่ง element ใน vector แทนลำดับของชั้น โดยเรียงลำดับจากชั้นล่างสุดขึ้นไป

ถึงชั้นบนสุดและย้อนกลับมาที่ชั้นล่างเป็นวงรอบ ตัวอย่างเช่น ถ้าอาคารมีจำนวน 5 ชั้น มีการกด hall call up ที่ชั้น 2 และ 3 และ hall call down ที่ชั้น 5 และ 3 H^n จะมีขนาด 2(5)-2 = 8 และมีค่าเป็นดังนี้

$$H^n = \{ 0, 1, 1, 0, 1, 0, 1, 0 \}$$

----- UP ------ ---- DOWN ----

(ชั้น) 1 2 3 4 5 4 3 2

วิธีการคำนวน waiting time (t_{1k} และ t_k) ของวิธีทั้งสองนี้ นอกจากจะคำนวน waiting time ของ hall call ที่เข้ามาใหม่แล้ว ยังมีการนำค่า waiting time ของ hall call ที่ถูกเลือกไปแล้ว เข้ามาคำนวนด้วย ซึ่งแสดงว่า วิธีการทั้งสองวิธีนี้ให้ความสนใจ และติดตามผลการเลือก hall call ทุกชั้นอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้ว่าจะเป็น hall call ที่ถูกเลือกไปแล้วก็ตาม วิธีการเช่นนี้ ทำให้ผลกระทบต่อ hall call อื่นทุกครั้งที่มีการเลือกลิฟต์ของ hall call ใหม่เกิดขึ้นน้อยที่สุด ซึ่งนับเป็นข้อดีเมื่อเทียบกับวิธีเลือกส่งลิฟต์วิธีอื่น

ส่วนข้อแตกต่างกันระหว่างวิธีการทั้งสอง คือ วิธี Mean Waiting Time Minimization จะหาค่าผลรวม waiting time ที่เพิ่มขึ้นของ hall call ที่ทุกชั้นของลิฟต์ 1 ถ้ากำหนดให้ลิฟต์ 1 ไปรับ เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบในการเลือกส่งลิฟต์ ทำให้ลดเวลาเฉลี่ยของการรอลิฟต์ (mean waiting time) ของทุก hall call ที่เข้ามาในระบบ

วิธี Long Waiting Time Minimization จะเลือกเอาเฉพาะค่ามากที่สุดของเวลารอลิฟต์ของทุก hall call มาเป็นเกณฑ์ ดังนั้น การเลือกลิฟต์โดยอาศัยวิธีการนี้ จะทำให้ลดโอกาสของการเกิดการรอลิฟต์นาน (Probability of Long Waiting)

<u>ตัวอย่างการคำนวน</u>

(ดูรูปที่ 4.4 และ 4.5 ประกอบ)

ระบบกลุ่มลิฟต์ที่ติดตั้งในอาคารแห่งหนึ่ง มีโครงสร้างและข้อกำหนดต่างๆ ดังนี้

- จำนวนลิฟต์ 2 ตัว (ลิฟต์ a และ b)
- จำนวนชั้น 10 ชั้น
- ความเร็วลิฟต์ 150 เมตรต่อนาที
- ความสูงของชั้น 2.5 เมตร
- เวลาที่ใช้ไปในขณะจอด 10 วินาที

เมื่อเวลา n มีการกดเรียก HALL CALL UP ที่ชั้น 5 และลิฟต์ A และลิฟต์ B มีตัวแปรสถานะเป็นดังนี้

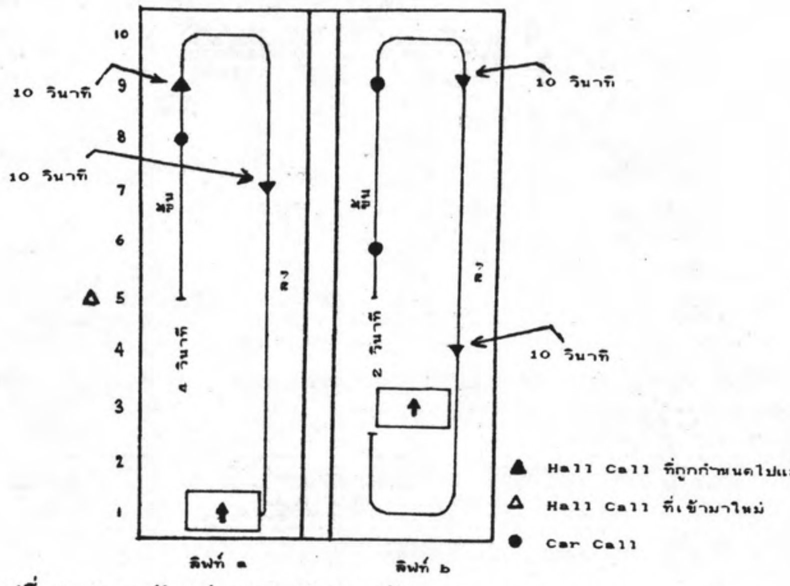
ตัวแปรสถานะ	ลิฟต์ A	ลิฟต์ B
ตำแหน่งตัวลิฟต์	ชั้น 1	ชั้น 3
จอดหรือเคลื่อนที่	เคลื่อนที่	เคลื่อนที่
ทิศทาง	ขึ้น	ขึ้น
CAR CALL	8	6 และ 9
HALL CALL UP	9 (21)*	ไม่มี
HALL CALL DOWN	7 (15)	4 (11) และ 9 (5)

* (ตัวเลขในวงเล็บคือ เวลาตั้งแต่การกดเรียกจนถึงเวลา n)

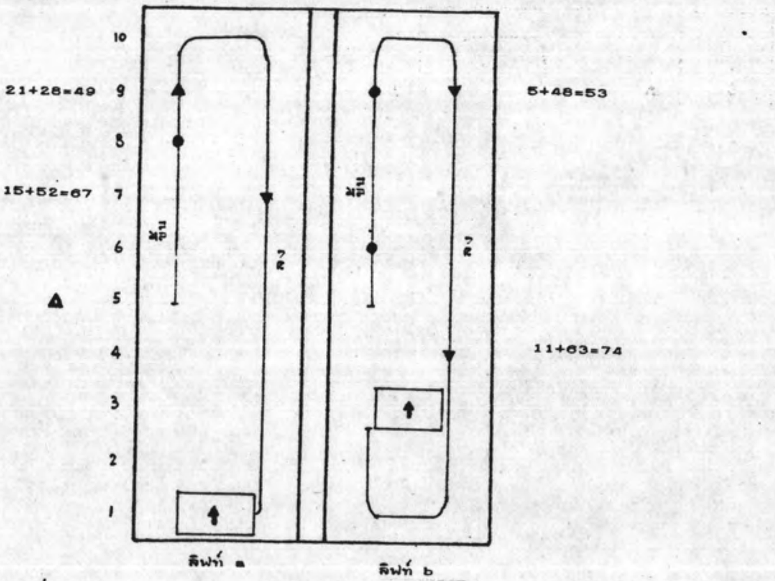
จากข้อมูลตัวแปรสถานะเหล่านี้ จะได้ว่า

$p_a = 1,$ $p_b = 3,$ $f = 10,$

$v = 2.5\ m/s,$ $x = 2.5\ m$



รูปที่ 4.4 – ตัวอย่างการคำนวณด้วย Mean Waiting Time Minimization Method



รูปที่ 4.5 – ตัวอย่างการคำนวณด้วย Long Waiting Time Minimization Method

t_{loss} = 10 s,

H^n = { 0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 },

C_a = { 0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0 },

C_b = { 0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0 },

H_a = { 0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,1,0,0,0,0 },

H_b = { 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1,0,0 },

w^n_9 (UP) = 21 s, w^n_7 (DOWN) = 15 s,

w^n_4 (DOWN) = 11 s, w^n_9 (DOWN) = 5 s,

<u>การคำนวน</u>

คำนวน Vector :

S^n_a = $H_a \cup C_a$

= { 0,0,0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,1,0,0,0,0 }

S^n_b = $H_b \cup C_b$

= { 0,0,0,0,0,1,0,0,1,0,1,0,0,0,0,1,0,0 }

Q^n_a = $S^n_a \cup H^n$

= { 0,0,0,0,1,0,0,1,1,0,0,0,1,0,0,0,0 }

Q^n_b = $S^n_b \cup H^n$

= { 0,0,0,0,1,1,0,0,1,0,1,0,0,0,0,1,0,0 }

คำนวน t_k และ t_{1k} :

t_9 (UP) = 21 + 8 + (1)10 = 39

t_7 (DOWN) = 15 + 12 + (3)10 = 57

t_9 (DOWN) = 5 + 8 + (3)10 = 43

t_4 (DOWN) = 11 + 13 + (4)10 = 64

t_{a5} (UP) = 0 + 4 + (0)10 = 4

t_{a9} (UP) = 21 + 8 + (2)10 = 49

t_{a7} (DOWN) = 15 + 12 + (4)10 = 67

t_{b5} (UP) = 0 + 2 + (0)10 = 2

t_{b9} (DOWN) = 5 + 8 + (4)10 = 53

t_{b4} (DOWN) = 11 + 13 + (5)10 = 74

เมื่อใช้วิธี Mean Waiting Time Minimization Method จะคำนวนค่า Φ_a และ Φ_b ได้ดังนี้

$$\Phi_a = (4-0) + (49-39) + (67-57) = 24$$

$$\Phi_b = (2-0) + (53-43) + (74-64) = 22$$

จะได้ว่า $\Phi_b < \Phi_a$ ดังนั้น เลือกส่งลิฟต์ b ไปรับการกดเรียก

และเมื่อใช้วิธี Long Waiting Time Minimization Method จะคำนวนค่า Φ_a และ Φ_b ได้ดังนี้

$$\Phi_a = \text{Max}(49,67) = 67$$

$$\Phi_b = \text{Max}(53,74) = 74$$

จะได้ว่า $\Phi_a < \Phi_b$ ดังนั้น เลือกส่งลิฟต์ a ไปรับการกดเรียก

จากตัวอย่างการคำนวนนี้ จะเห็นได้ว่า วิธีการทั้งสองให้ผลการเลือกส่งลิฟต์ต่างกัน ทั้ง ๆ ที่ข้อมูลของตัวแปรสถานะ โครงสร้าง และข้อกำหนดของระบบลิฟต์เหมือนกันทุกประการ ซึ่งถึงแม้ว่าจะได้ลิฟต์ต่างกัน แต่ทั้งสองวิธีก็มีจุดประสงค์ที่จะลดการรอลิฟต์นานเหมือนกัน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก การเลือกส่งลิฟต์ของวิธี Mean Waiting Time Minimization Method มุ่งเน้นที่การลดผลรวมเวลารอลิฟต์ของ HALL CALL ทั้งหมดที่อยู่ในระบบ โดยเลือกส่งลิฟต์ที่จะทำให้เวลารอลิฟต์ของ HALL CALL ทั้งหมดที่อยู่ในระบบเพิ่มขึ้นน้อยที่สุด

ส่วนการเลือกส่งลิฟต์ด้วยวิธี Long Waiting Time minimization มุ่งเน้นที่การลดโอกาสที่จะเกิดการรอลิฟต์นานที่เกิดขึ้นกับ HALL CALL ชั้นใดชั้นหนึ่งขณะนั้น โดยเลือก

ส่งลิฟต์ที่จะทำให้เวลาการรอลิฟต์ของ HALL CALL ของชั้นที่รอลิฟต์นานขณะนั้นน้อยที่สุด

ในบทที่ 7 จะได้กล่าวถึงผลการทดสอบวิธีการทั้งสองด้วยโปรแกรมจำลองการทำงานของระบบลิฟต์ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า ได้ผลตามที่กล่าวมานี้

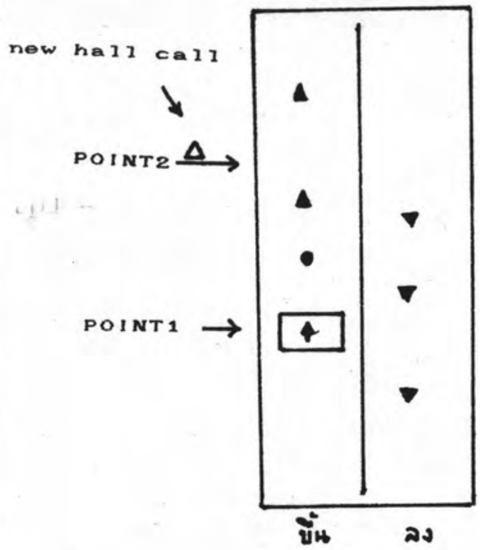
เทคนิคการพัฒนาเป็นโปรแกรม

การนำ วิธีการคำนวณทั้งแบบ Mean Waiting Time Minimization Method และ Long Waiting Time Minimization Method มาพัฒนาเป็นโปรแกรมเพื่อเลือกส่งลิฟต์ จะต้องทำให้คำนวณค่า Φ เพื่อกำหนดลิฟต์ที่จะส่งได้เร็ว ในส่วนต่อไปนี้จะได้แสดงขั้นตอนโปรแกรมของทั้งสองวิธี ดังนี้

(1) ขั้นตอนโปรแกรมของ Mean Waiting Time Minimization Method

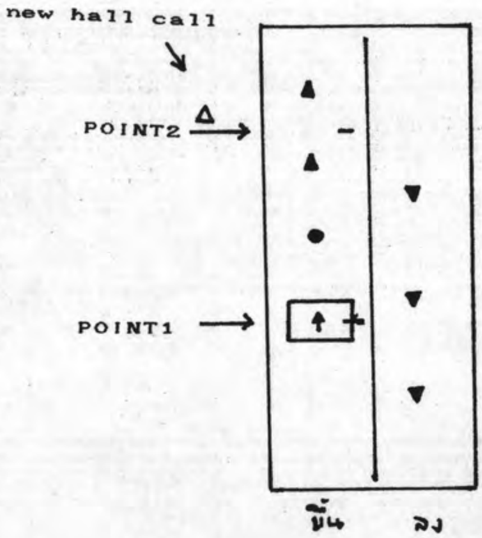
พิจารณารูปที่ 4.6 เริ่มต้นด้วยการกำหนดให้ Φ มีค่าเป็น 0 ต่อจากนั้นจะเข้าสู่วงรอบ FOR ซึ่งมี 2 วงรอบ วงรอบแรกเป็นการคำนวณเวลารอลิฟต์ของ hall call ที่เข้ามาใหม่ โดยมีตัวแปร p เป็นตัวนับชั้น ตั้งแต่ ชั้นที่เป็นตำแหน่งลิฟต์ปัจจุบัน (POINT1) ถึงชั้นของ hall call ที่เข้ามาใหม่ - 1 (POINT2 - 1) โดยในแต่ละรอบ ค่า Φ จะถูกเพิ่มค่าเท่ากับเวลาที่ลิฟต์วิ่งผ่านชั้น (PASS_TIME) และถ้าพบว่ามี hall call หรือ car call ที่ชั้นใด (hall_call[p] หรือ car_call[p] = 'ON') ค่า Φ จะถูกเพิ่มค่าขึ้นเท่ากับเวลาการจอดของลิฟต์ (STOP_TIME)

วงรอบที่สองเป็นการคำนวณผลรวมเวลารอลิฟต์ที่เพิ่มขึ้นของ hall call ทั้งหมดเนื่องจากการจอดรับ hall call ที่เข้ามาใหม่ โดยตัวแปร p จะนับตั้งแต่ชั้นของ hall call ที่เข้ามาใหม่ (POINT2) วกกลับถึงชั้นที่เป็นตำแหน่งลิฟต์ - 1 (POINT1 - 1) โดยในแต่ละรอบ ถ้าพบว่ามี hall call หรือ car call ที่ชั้นใด (hall_call[p] หรือ car_call[p] = 'ON') ค่า Φ จะถูกเพิ่มค่าขึ้นเท่ากับเวลาการจอดของลิฟต์ (STOP_TIME)




```
; MEAN WAITING TIME MINIMIZATION METHOD
Φ = 0
FOR  p = POINT1  TO  POINT2 - 1
     Φ = Φ + PASS_TIME
     IF  hall_call[p] = 'ON'
     OR  car_call[p] = 'ON'
          Φ = Φ + STOP_TIME
     END IF
END FOR
FOR  p = POINT2  TO  POINT1 - 1
     IF  hall_call[p] = 'ON'
          Φ = Φ + STOP_TIME
     END IF
END FOR
```

รูปที่ 4.6 – ขั้นตอนโปรแกรมของ Mean Waiting Time Minimization Method




```
; LONG WAITING TIME MINIMIZATION METHOD
Φ = 0,  M = 0
FOR  p = POINT1  TO  POINT2 - 1
     Φ = Φ + PASS_TIME
     IF  hall_call[p] = 'ON'
     OR  car_call[p] = 'ON'
          Φ = Φ + STOP_TIME
     END IF
END FOR
M = Φ
FOR  p = POINT2  TO  POINT1 - 1
     M = M + PASS_TIME
     IF  hall_call[p] = 'ON'
     OR  car_call[p] = 'ON'
          M = M + STOP_TIME
     END IF
     IF  hall_call[p] = 'ON'
          IF  M + last_wait[p] > Φ
               Φ = M + last_wait[p]
          END  IF
     END  IF
END FOR
```

รูปที่ 4.7 – ขั้นตอนโปรแกรมของ Long Waiting Time Minimization Method

(2) ขั้นตอนโปรแกรมของ Long Waiting Time Minimization Method

พิจารณารูปที่ 4.7 เริ่มต้นด้วยการกำหนดให้ Φ และ M มีค่าเป็น 0 ต่อจากนั้นจะเข้าสู่วงรอบ FOR ซึ่งมี 2 วงรอบ วงรอบแรกเป็นการคำนวณเวลารอลิฟต์ของ hall call ที่เข้ามาใหม่ และเก็บค่านี้ในตัวแปร Φ ขั้นตอนโปรแกรมของวงรอบแรกนี้จะเหมือนกับขั้นตอนวงรอบแรกของMean WAiting Time Method

วงรอบที่สองเป็นการคำนวณเวลารอลิฟต์ของ hall call ทั้งหมดที่อยู่หลัง hall call ที่เข้ามาใหม่ และเลือกค่าเวลารอลิฟต์ที่มากที่สุด ให้แก่ตัวแปร Φ โดยตัวแปร p จะนับตั้งแต่ชั้นของ hall call ที่เข้ามาใหม่ (POINT2) วกกลับถึงชั้น POINT1 - 1 โดยในแต่ละรอบ จะมีการคำนวณเวลารอลิฟต์เช่นเดียวกับในวงรอบแรก และถ้าพบว่ามี hall call ที่ชั้นใด จะทำการเปรียบเทียบ ค่า Φ กับ ผลรวมของ M กับ เวลารอลิฟต์ที่ผ่านมาของ hall call นั้น (last_wait[p]) ค่า Φ จะถูกเปลี่ยนเป็นค่าผลรวมนี้ ในกรณีที่ค่าผลรวมมีค่ามากกว่า เมื่อจบการทำงานของวงรอบนี้แล้ว จึงได้ว่า ค่า Φ จะเป็นค่าเวลารอลิฟต์ที่มากที่สุด

4.2. การปรับปรุงวิธีการเลือกส่งลิฟต์โดยการคำนวณค่าประเมินการจอดและการเดินทาง

การเลือกส่งลิฟต์ไปรับเมื่อมีการกดเรียกที่เสนอมานี้ จะมีความถูกต้องและเลือกส่งลิฟต์ได้เหมาะสมเพียงไร ขึ้นอยู่กับค่าพารามิเตอร์ Φ_1 ที่คำนวณได้ ซึ่งที่จริงแล้ว คือ การคำนวณล่วงหน้าว่า ถ้าเลือกลิฟต์ตัวใดตัวหนึ่งไปรับ hall call ที่เข้ามาใหม่ จะทำให้ hall call อื่นรอลิฟต์นานเพิ่มขึ้นเท่าใด (Mean Waiting Time Minimization Method) หรือ เพื่อการทำให้ hall call ที่รอนานอยู่แล้ว ไม่เกิดการรอนานเพิ่มขึ้นอีก (Long Waiting Time Minimization Method) การคำนวณให้ได้ค่าเวลารอลิฟต์ที่ถูกต้องและใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด จะทำให้เลือกลิฟต์ได้ถูกต้องที่สุด

โดยเหตุที่เวลาการรอลิฟต์ขึ้นอยู่กับการจอดและการเดินทางผ่านที่ชั้นต่างๆ ก่อนที่จะถึงชั้นที่มีการกดเรียก hall call ทั้ง hall call ที่มีอยู่เดิม และ hall call ที่เข้ามาใหม่ การเดินทางรับ hall call ผู้โดยสารจะกด car call ชั้นที่ต้องการลงลิฟต์ ซึ่งจะทำให้เกิดระยะทางและการจอดเพิ่มขึ้น ซึ่งถ้าการคำนวณสามารถทำนายหรือหาค่าประเมินได้ว่าจะเกิดการจอดและระยะทางเพิ่มขึ้นเป็นเท่าใด ในขณะคำนวณพารามิเตอร์ Φ_1 เพื่อเลือกส่งลิฟต์ การเลือกส่งลิฟต์จะถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น ตามวัตถุประสงค์หรือแนววิธีการเลือกส่งลิฟต์นั้นๆ

พิจารณารูปที่ 4.8 a และ 4.8 b เป็นการแสดงการเปรียบเทียบค่าการจอดและการผ่านชั้น เมื่อเกิดการกด hall call และ car call ที่ชั้นต่างๆ ตามรูป สมมติว่าลิฟต์จอดอยู่ที่ชั้น 2 มี car call ไปที่ชั้น 5 และมี hall call ที่ลิฟต์จะต้องไปรับที่ชั้น 3 และชั้น 6 ค่าการจอดและการผ่านชั้นในรูปที่ 4.8 a ใช้วิธีการง่ายๆ โดยกำหนดให้ค่าการจอดเป็น 1 หรือ 0 ขึ้นกับมี hall call หรือ car call ที่ชั้นหรือไม่ ส่วนการผ่านชั้นมีค่าเป็น 1 เมื่อลิฟต์จำเป็นต้องเดินทางไปถึงชั้นที่มีการกดจอดสูงสุด และมีค่าเป็น 0 เมื่อเป็นชั้นที่อยู่สูงขึ้นไปหรือเป็นชั้นที่ต่ำกว่าตำแหน่งตัวลิฟต์ สมการวิธีการเลือกลิฟต์ในหัวข้อ 4.1.1 และ 4.1.2 ใช้วิธีการดังกล่าวนี้

ส่วนรูปที่ 4.8 b เป็นการปรับปรุงจากรูปที่ 4.8 a โดยมีการคำนวณค่าประเมินหรือค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจอดและการผ่านชั้นที่ชั้นต่างๆ โดยการตั้งสมมติฐานว่า เมื่อมีการรับ hall call ที่ชั้นใดแล้ว จะมี car call เกิดขึ้นตามมา ดังนั้น จึงอาจเกิดการ

ชั้น	CALL	การจอด	การผ่านชั้น
10		0	0
9		0	0
8		0	0
7		0	0
6	▲	1	1
5	●	1	1
4		0	1
3	▲	1	1
2	$\boxed{\uparrow}$	0	1
1		0	0

(a) การกำหนดค่าการจอดและค่าชั้นที่ผ่านแบบง่ายๆ

ชั้น	CALL	การจอด	การผ่านชั้น
10		0.36	0.57
9		0.36	0.64
8		0.36	0.86
7		0.36	1.00
6	▲	1.00	1.00
5	●	1.00	1.00
4		0.14	1.00
3	▲	1.00	1.00
2	$\boxed{\uparrow}$	0.00	1.00
1		0.00	0.00

(b) การกำหนดค่าประเมินการจอดและค่าชั้นที่ผ่านโดยอาศัยการคำนวณ

รูปที่ 4.8 - การกำหนดและการคำนวณค่าประเมินการจอดและค่าชั้นที่ลิฟท์เดินทางผ่าน

จอดที่ชั้น 4, 7, 8, 9 และ 10 โดยมีค่าประเมินตามที่แสดงในรูป นอกจากนี้ car call เนื่องจากการรับ hall call ยังสามารถทำให้ลิฟต์เกิดการเดินทางผ่านชั้นต่างๆ ที่อยู่สูงขึ้นไปจากชั้น 6 ซึ่งเป็นชั้นที่มีการกดเรียกสูงสุดได้ ตามค่าที่แสดงไว้

การคำนวนค่าประเมินการจอดและการเดินทางผ่านที่ชั้นต่างๆ แนวทางการผนวกวิธีการดังกล่าวเข้ากับวิธีการเลือกส่งลิฟต์เพื่อให้ได้การทำงานที่ถูกต้องยิ่งขึ้น และการทดสอบและประเมินผล จะได้กล่าวเป็นลำดับต่อไป

4.2.1. <u>การคำนวณค่าประเมินการจอดเพื่อเลือกส่งลิฟต์</u>

การจอดของลิฟต์เนื่องจาก hall call คือการรับผู้โดยสาร เมื่อผู้โดยสารเข้าลิฟต์แล้ว โดยปรกติจะกด car call เพื่อไปยังชั้นในทิศทางที่ตรงกับชนิดของปุ่ม hall call เครื่องควบคุมลิฟต์จะบังคับลิฟต์ให้จอดส่งผู้โดยสารที่ชั้นที่มีการกด car call ต่อไป การคำนวณค่าประเมินการจอด เป็นการคำนวณค่าความน่าจะเป็น (probability) [21] ซึ่งแสดงถึงแนวโน้มว่าลิฟต์แต่ละตัวในระบบจะมีการกระจายการจอดที่ชั้นต่างๆ เป็นอย่างไร การคำนวณเวลารอลิฟต์ได้ค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ผลที่ได้คือ ทำให้การตัดสินใจเลือกลิฟต์ที่จะไปรับการเรียกได้เหมาะสมตรงตามวัตถุประสงค์ของวิธีการเลือกส่งลิฟต์ที่พัฒนาขึ้น

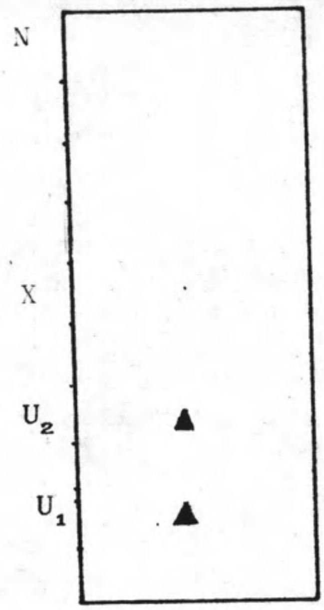
พิจารณารูปที่ 4.9 แสดงถึงปล่องลิฟต์ a จำนวน N ชั้น ในขณะที่มี assigned hall call (hall call ที่เลือกลิฟต์แล้ว) ที่ลิฟต์ a จะต้องไปรับที่ชั้น U_1 และ U_2 สมมติว่า การรับ hall call 1 ครั้ง ทำให้เกิด car call 1 ครั้ง ที่ชั้นสูงกว่า ซึ่งจะคำนวนค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการจอดที่ชั้น X ได้ดังนี้

ให้

S_{ax} = { เหตุการณ์ที่ลิฟต์ a เกิดมี car call ที่ชั้น X เนื่องจากการรับ hall call ที่มีอยู่ในปัจจุบัน }

NS_{ax} = { เหตุการณ์ที่ลิฟต์ a ไม่เกิด car call ที่ชั้น X เนื่องจากการรับ hall call ที่มีอยู่ในปัจจุบัน }

NS_{axn} = { เหตุการณ์ที่ hall call n ไม่กด car call ที่ชั้น X }



$$G_{ax} = 1 - \frac{(N-U_1-1)}{(N-U_1)}\,\frac{(N-U_2-1)}{(N-U_2)}$$

รูปที่ 4.9 – การคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิด car call ที่ชั้น X เนื่องจากการรับ hall call ชั้นอื่น พิจารณากรณีมี hall call 2 ชั้น

(1) <u>กรณีที่คิดในขณะที่กำลังเดินทางขึ้น</u>

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ NS_{axn} คือ hall call up n กด car call ชั้นใดชั้นหนึ่งที่สูงกว่าที่ไม่ใช่ชั้น X ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P(NS_{axn}) = (N-U_n-1) / (N-U_n)$$

เมื่อ U_n คือ ชั้นของ hall call up ลำดับที่ n ที่อยู่ต่ำกว่า X

N คือ ชั้นที่อยู่สูงสุด

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ NS_{ax} คือ

$$P(NS_{ax}) = P(NS_{ax1})\, P(NS_{ax2}) \ldots P(NS_{axm})$$

$$= \frac{(N-U_1-1)\,(N-U_2-1) \ldots (N-U_m-1)}{(N-U_1)\,(N-U_2) \ldots (N-U_m)}$$

$$= \prod_{n=1}^{m} \frac{(N-U_n-1)}{(N-U_n)}$$

เมื่อ U_m คือ ชั้น Hall Call Up สูงสุดที่อยู่ต่ำกว่าชั้น X

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ S_{ax} คือ

$$P(S_{ax}) = 1 - P(NS_{ax})$$

$$= 1 - \prod_{n=1}^{m} \frac{(N-U_n-1)}{(N-U_n)} \qquad \ldots. (4.10)$$

(2) กรณีที่คิดในขณะเดินทางลง

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ NS_{axn} คือ hall call down n กด car call ชั้นใดชั้นหนึ่งที่ต่ำกว่าที่ไม่ใช่ชั้น X ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P(NS_{axn}) = (D_n-2) / (D_n-1)$$

เมื่อ D_n คือ ชั้นของ Hall Call Down ลำดับที่ n ที่อยู่สูงกว่า X และในทำนองเดียวกันจะได้

$$P(NS_{ax}) = \prod_{n=1}^{m} \frac{(D_n-2)}{(D_n-1)}$$

และ

$$P(S_{ax}) = 1 - \prod_{n=1}^{m} \frac{(D_n-2)}{(D_n-1)} \qquad \text{.... (4.11)}$$

เมื่อ D_m คือ ชั้น Hall Call Down ต่ำสุดที่อยู่สูงกว่าชั้น X

จากสมการ (4.10) และ (4.11) ถ้าให้ G_{1k} คือ ค่าประเมินการจอดที่ชั้น k ของลิฟต์ 1 จะได้ว่า G_{1k} จะเป็นได้ 3 กรณี

(a) $G_{1k} = P(S_{1k})$ เมื่อ ไม่มี hall call หรือ car call ที่ชั้น k และ ชั้น k อยู่ในทิศทางการวิ่งของลิฟต์

$$= \begin{cases} 1 - \prod_{n=1}^{m} \frac{(N-U_n-1)}{(N-U_n)} & \text{เมื่อ ลิฟต์กำลังวิ่งขึ้น} \\ 1 - \prod_{n=1}^{m} \frac{(D_n-2)}{(D_n-1)} & \text{เมื่อ ลิฟต์กำลังวิ่งลง} \end{cases} \qquad \text{.... (4.12)}$$

(b) $G_{1k} = 1$ เมื่อ มี Hall Call ในทิศทางการวิ่งของลิฟต์ หรือมี Carcall ที่ชั้น k

(c) $G_{1k} = 0$ เมื่อ ชั้น k อยู่ในทิศตรงกันข้ามกับการวิ่งของลิฟต์

รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างการคำนวนค่า G_{1k} ที่ชั้นต่างๆ โดยสมมติว่า มี hall call up ที่ลิฟต์ต้องไปรับที่ชั้น 3, 4, 7 และ 9 และจำนวนชั้นทั้งสิ้นมี 10 ชั้น

ชั้น	Calls	การคำนวน G_{1k}
10		$1 - \frac{(10-3-1)(10-4-1)(10-7-1)(10-9-1)}{(10-3)(10-4)(10-7)(10-9)} = 1$
9	▲ U_4	1
8		$1 - \frac{(10-3-1)(10-4-1)(10-7-1)}{(10-3)(10-4)(10-7)} = 0.53$
7	▲ U_3	1
6		$1 - \frac{(10-3-1)(10-4-1)}{(10-3)(10-4)} = 0.29$
5		$1 - \frac{(10-3-1)(10-4-1)}{(10-3)(10-4)} = 0.29$
4	▲ U_2	1
3	▲ U_1	1
2		0
1		0

● Car Call ▲ Hall Call

รูปที่ 4.10 – ตัวอย่างการคำนวณค่าประเมินการจอดที่ชั้นต่างๆ

4.2.2. <u>การคำนวณค่าประเมินการผ่านชั้นเพื่อเลือกส่งลิฟต์</u>

การจอดของลิฟต์เนื่องจาก hall call นอกจากจะมีผลทำให้เกิดการจอดส่ง car call ตามที่กล่าวมาแล้ว ยังมีผลต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของลิฟต์ การคำนวณค่าประเมิณการผ่านชั้น ได้แก่ การคำนวณค่าความน่าจะเป็น (probability) ที่ลิฟต์จะเคลื่อนที่ผ่านชั้นหนึ่งๆ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปปรับปรุงการคำนวณเวลารอลิฟต์เพื่อการเลือกส่งลิฟต์ได้แม่นยำยิ่งขึ้น

พิจารณารูปที่ 4.11 แสดงถึงปล่องลิฟต์ a จำนวน N ชั้น ในขณะที่มี assigned hall call (hall call ที่เลือกลิฟต์แล้ว) ที่ลิฟต์ a จะต้องไปรับที่ชั้น U_1 และ U_2 สมมติว่า การรับ hall call 1 ครั้ง ทำให้เกิด car call 1 ครั้ง ที่ชั้นสูงกว่า ซึ่งจะคำนวนค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการเดินทางผ่านชั้น X ได้ดังนี้

ให้

F_{ax} = { เหตุการณ์ที่ลิฟต์ a เคลื่อนที่ผ่านชั้น X เนื่องจากการกด car call ของ hall call ชั้นอื่น }

NF_{ax} = { เหตุการณ์ที่ลิฟต์ a ไม่เคลื่อนที่ผ่านชั้น X เนื่องจากการกด car call ของ hall call ชั้นอื่น }

NF_{axn} = { เหตุการณ์ที่ hall call n กด car call ไปจอดไม่ถึงชั้น X }

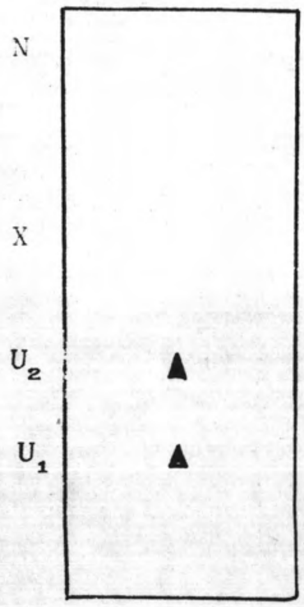
(1) <u>กรณีที่คิดในขณะที่กำลังเดินทางขึ้น</u>

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ NF_{axn} คือ hall call up n กด car call ที่ชั้นใดชั้นหนึ่งซึ่งต่ำกว่าชั้น X ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P(NF_{axn}) = (X-U_n-1) / (N-U_n)$$

เมื่อ U_n คือ ชั้นของ Hall Call Up ลำดับที่ n ที่อยู่ต่ำกว่า X

N คือ ชั้นที่อยู่สูงสุด



$$P_{ax} = 1 - \frac{(X-U_1-1)(X-U_2-1)}{(N-U_1)(N-U_2)}$$

รูปที่ 4.11 – การคำนวณความน่าจะเป็นที่ลิฟท์จะเคลื่อนผ่านชั้น X เนื่องจาก car call จากชั้นอื่น พิจารณากรณีมี hall call 2 ชั้น

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ NF_{ax} คือ

$$P(NF_{ax}) = P(NF_{ax1})\ P(NF_{ax2})\ \ldots\ P(NF_{axm})$$

$$= \frac{(X-U_1-1)\ (X-U_2-1)\ \ldots\ (X-U_m-1)}{(N-U_1)\ (N-U_2)\ \ldots\ (N-U_m)}$$

$$= \prod_{n=1}^{m} \frac{(X-U_n-1)}{(N-U_n)}$$

เมื่อ U_m คือ ชั้น hall call up สูงสุดที่อยู่ต่ำกว่าชั้น X

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ F_{ax} คือ

$$P(F_{ax}) = 1 - P(NF_{ax})$$

$$= 1 - \prod_{n=1}^{m} \frac{(X-U_n-1)}{(X-U_n)} \qquad \ldots\ (4.13)$$

(2) <u>กรณีที่คิดในขณะเดินทางลง</u>

ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ NF_{axn} คือ hall call down n กด car call ที่ชั้นใดชั้นหนึ่งซึ่งสูงกว่าชั้น X ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$P(NF_{axn}) = (D_n-X-1)\ /\ (D_n-1)$$

เมื่อ D_n คือ ชั้นของ hall call down ลำดับที่ n ที่อยู่สูงกว่า X และในทำนองเดียวกันจะได้

$$P(NF_{ax}) = \prod_{n=1}^{m} \frac{(D_n-X-1)}{(D_n-1)}$$

และ

$$P(F_{ax}) = 1 - \prod_{n=1}^{m} \frac{(D_n - X - 1)}{(D_n - 1)} \qquad \text{.... (4.14)}$$

เมื่อ D_m คือ ชั้น hall call down ต่ำสุดที่อยู่สูงกว่าชั้น X

จากสมการ (4.13) และ (4.14) ถ้าให้ P_{1k} คือ ค่าประเมินการผ่านชั้น k ของลิฟต์ 1 จะได้ว่า P_{1k} จะเป็นได้ 3 กรณี

(a) $P_{1k} = P(F_{1k})$ เมื่อ ชั้น k อยู่หลังเส้นทางการเดินทางไปรับ hall call หรือ car call อันสุดท้าย ที่อยู่ในทิศทางการเคลื่อนที่ปัจจุบัน

$$= \begin{cases} 1 - \prod_{n=1}^{m} \dfrac{(X - U_n - 1)}{(N - U_n)} & \text{เมื่อ ลิฟต์กำลังวิ่งขึ้น} \\ 1 - \prod_{n=1}^{m} \dfrac{(D_n - X - 1)}{(D_n - 1)} & \text{เมื่อ ลิฟต์กำลังวิ่งลง} \end{cases} \qquad \text{.... (4.15)}$$

(b) $G_{1k} = 1$ เมื่อ ชั้น k อยู่ก่อนเส้นทางการเดินทางไปรับ hall call หรือ car call อันสุดท้าย ที่อยู่ในทิศทางการเคลื่อนที่ปัจจุบัน

(c) $G_{1k} = 0$ เมื่อ ชั้น k อยู่ในทิศตรงกันข้ามกับการวิ่งของลิฟต์

รูปที่ 4.12 แสดงตัวอย่างการคำนวนค่า P_{1k} ที่ชั้นต่างๆ โดยสมมติว่า มี hall call up ที่ลิฟต์ต้องไปรับที่ชั้น 3, 4 และ 6 และจำนวนชั้นทั้งสิ้นมี 10 ชั้น

ชั้น	Calls	การคำนวน P_{1k}
10		$1 - \frac{(10-3-1)(10-4-1)(10-6-1)}{(10-3)(10-4)(10-6)}$ $= 0.46$
9		$1 - \frac{(9-3-1)(9-4-1)(9-6-1)}{(10-3)(10-4)(10-6)}$ $= 0.76$
8		$1 - \frac{(8-3-1)(8-4-1)(8-6-1)}{(10-3)(10-4)(10-6)}$ $= 0.93$
7		$1 - \frac{(7-3-1)(7-4-1)(7-6-1)}{(10-3)(10-4)(10-6)}$ $= 1.00$
6	▲ U_3	1.00
5		1.00
4	▲ U_2	1.00
3	▲ U_1	1.00
2		1.00
1		1.00

▲ Hall Call

รูปที่ 4.12 - ตัวอย่างการคำนวณค่าประเมินการเดินทางผ่านชั้นต่างๆ

4.2.3. การปรับปรุงวิธีการเลือกส่งลิฟต์

ค่าประเมินการจอดที่ชั้นต่างๆ ที่ได้จากการคำนวนในหัวข้อที่ 4.2.1 และค่าประเมินการเดินทางผ่านชั้นที่ชั้นต่างๆ ในหัวข้อ 4.2.2 สามารถนำมาผนวกเข้ากับวิธีการเลือกส่งลิฟต์ที่เสนอในหัวข้อ 4.1 ดังนี้

แทนสมการ (4.3) และ (4.4) ด้วยสมการดังนี้

$$t_{1k} = W_k + \Big(\sum_{m\in K_1} P_{1m}\Big)x/v + \Big(\sum_{m\in K_1} G_{1m}\Big)t_{LOSS}, \quad k \in K_1 \quad \ldots.(4.16)$$

$$t_{k} = W_k + \Big(\sum_{m\in K_2} P_{1m}\Big)x/v + \Big(\sum_{m\in K_1} s_{1m}\Big)t_{LOSS}, \quad k \in K_2 \quad \ldots.(4.17)$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณนี้ ใช้โจทย์ปัญหาเดียวกันตัวอย่างในหัวข้อที่ 4.1 (ดูรูปที่ 4.4, 4.5 ประกอบ)

(1) คำนวนค่าประเมินการจอดที่ชั้นต่างๆ G_{1m} การคำนวนแสดงไว้ดังตารางในรูปที่ 4.13

(2) คำนวนค่าประเมินการเดินทางผ่านที่ชั้นต่างๆ P_{1m} การคำนวนแสดงไว้ดังตารางในรูปที่ 4.14

(3) คำนวน t_k และ t_{1k} :

$$t_9\ (\mathrm{UP}) = 21 + 8.00 + (1.00)10 = 39.00$$

$$t_7\ (\mathrm{DOWN}) = 15 + 12.00 + (3.00)10 = 57.00$$

$$t_9\ (\mathrm{DOWN}) = 5 + 8.00 + (3.00)10 = 43.00$$

$$t_4\ (\mathrm{DOWN}) = 11 + 13.00 + (4.52)10 = 69.20$$

$$t_{a5}\ (\mathrm{UP}) = 0 + 4.00 + (0.00)10 = 4.00$$

$$t_{a9}\ (\mathrm{UP}) = 21 + 8.00 + (2.00)10 = 49.00$$

t_{a7} (DOWN) = 15 + 12.00 + (4.00)10 = 67.00

t_{b5} (UP) = 0 + 2.00 + (0.00)10 = 2.00

t_{b9} (DOWN) = 5 + 8.00 + (4.00)10 = 53.00

t_{b4} (DOWN) = 11 + 13.00 + (5.52)10 = 79.20

เมื่อใช้วิธี Mean Waiting Time Minimization Method จะคำนวนค่า Φ_a และ Φ_b ได้ดังนี้

$$\Phi_a = (4-0) + (49-39) + (67-57) = 24$$

$$\Phi_b = (2-0) + (53-43) + (79.2-69.2) = 22$$

จะได้ว่า $\Phi_b < \Phi_a$ ดังนั้น เลือกส่งลิฟต์ b ไปรับการกดเรียก

และเมื่อใช้วิธี Long Waiting Time Minimization Method จะคำนวนค่า Φ_a และ Φ_b ได้ดังนี้

$$\Phi_a = \text{Max}(49,67) = 67$$

$$\Phi_b = \text{Max}(53,79.2) = 79.2$$

จะได้ว่า $\Phi_a < \Phi_b$ ดังนั้น เลือกส่งลิฟต์ a ไปรับการกดเรียก

	ลิฟท์ a			
	ขึ้น		ลง	
ชั้น	CALL	การคำนวณ G_{1m}	CALL	การคำนวณ G_{1m}
10		1 − (0)/(1) = 1		
9	▲	1		0
8	●	1		0
7		0	▼	1
6		0		1 − (5)/(6) = 0.17
5		0		1 − (5)/(6) = 0.17
4		0		1 − (5)/(6) = 0.17
3		0		1 − (5)/(6) = 0.17
2		0		1 − (5)/(6) = 0.17
1	⇧			1 − (5)/(6) = 0.17

	ลิฟท์ b			
	ขึ้น		ลง	
ชั้น	CALL	การคำนวณ G_{1m}	CALL	การคำนวณ G_{1m}
10		0		
9	●	1	▼	1
8		0		1 − (7)/(8) = 0.13
7		0		1 − (7)/(8) = 0.13
6	●	1		1 − (7)/(8) = 0.13
5		0		1 − (7)/(8) = 0.13
4		0	▼	1
3	⇧	0		1−(7)(2)/(8)(3)=0.42
2		0		1−(7)(2)/(8)(3)=0.42
1				1−(7)(2)/(8)(3)=0.42

รูปที่ 4.13 – ค่าประเมินการจอดที่ชั้นต่างๆ ที่คำนวนได้จากตัวอย่าง

	ลิฟท์ a			
	ขึ้น		ลง	
ชั้น	CALL	การคำนวณ P_{1m}	CALL	การคำนวณ P_{1m}
10		1 − (0)/(1) = 1		
9	▲	1		1
8	●	1		1
7		1	▼	1
6		1		1 − (0)/(6) = 0
5		1		1 − (1)/(6) = 0.83
4		1		1 − (2)/(6) = 0.67
3		1		1 − (3)/(6) = 0.5
2		1		1 − (4)/(6) = 0.33
1	$\boxed{\uparrow}$			1 − (5)/(6) = 0.17

	ลิฟท์ b			
	ขึ้น		ลง	
ชั้น	CALL	การคำนวณ P_{1m}	CALL	การคำนวณ P_{1m}
10		0		
9	●	1	▼	1
8		1		1
7		1		1
6	●	1		1
5		1		1
4		1	▼	1
3		0		1-(5)(0)/(8)(3)=1.0
2		0		1-(6)(1)/(8)(3)=0.75
1				1-(7)(2)/(8)(3)=0.42

รูปที่ 4.14 - ค่าประเมินการเดินทางผ่านที่ชั้นต่างๆ ที่คำนวนได้จากตัวอย่าง