

การพัฒนาระบบควบคุมกลุ่มลิฟต์

นาย วรฤติ จิตขจรวานิช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2532

ISBN 974-569-859-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016014

i 10304551

Development of Group Elevator Control System

MR. WORAWUT CHITKACHORNWANICH


A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1989

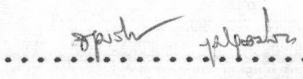
ISBN 974-569-859-8

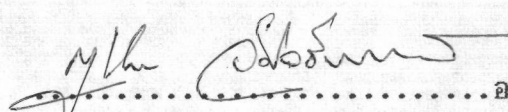
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบควบคุมกลุ่มลิฟต์
โดย นาย วรวุฒิ จิตขจรวานิช
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์

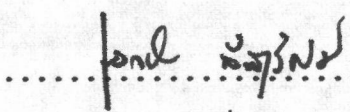
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

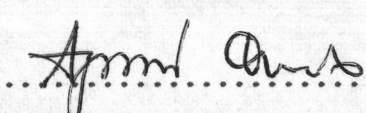

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วิศวธีรานนท์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุขุมวิทย์ ภูมิวุฒิสาร)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์)


.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. เอกชัย ลีลารัตน์)

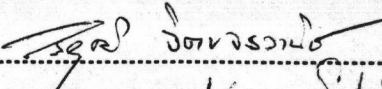
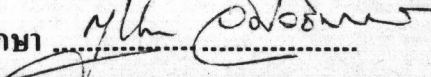

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วรวิจิ จิตขจรวานิช : การพัฒนาระบบควบคุมกลุ่มลิฟต์ (DEVELOPMENT OF GROUP ELEVATOR CONTROL SYSTEM) อ.ที่ปรึกษา : รศ.กฤษดา วิศวธีรานนท์, 173 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการพัฒนาการพัฒนาระบบควบคุมกลุ่มลิฟต์โดยสาร โดยเน้นที่การออกแบบโครงสร้างระบบควบคุม การพัฒนาวิธีการเลือกส่งลิฟต์ และการพัฒนาโปรแกรมที่สามารถตรวจสอบสมรรถนะของวิธีการเลือกส่งลิฟต์นั้น โครงสร้างระบบที่ออกแบบเป็นโครงสร้างแบบกระจายศูนย์การควบคุม ซึ่งเครื่องควบคุมลิฟต์เดี่ยวแต่ละตัวจะทำหน้าที่เป็นทั้งตัวควบคุมลิฟต์และตัวควบคุมกลุ่ม เครื่องควบคุมแต่ละตัวจะทำงานประสานกันได้ด้วยการติดต่อกันทางสายสื่อสาร ซึ่งใช้ส่งข้อมูลด้วยกระแส วิธีเลือกส่งลิฟต์ที่ใช้ในการควบคุมกลุ่ม ได้แก่ การเลือกส่งลิฟต์ไปรับเมื่อมีการกดเรียก และการจัดการกราฟิกของลิฟต์ วิธีการเลือกส่งลิฟต์ที่พัฒนาขึ้น ใช้หลักการของการพิจารณาเวลารอลิฟต์ และการคำนวณค่าประเมินการจอดและการเดินทาง ทำให้ลดค่าเวลารอลิฟต์เฉลี่ยลงได้ประมาณ 50% และลดโอกาสการเกิดการรอลิฟต์นานได้มากกว่า 80% เมื่อเทียบกับการเลือกส่งลิฟต์แบบไม่มีหลักเกณฑ์ การคำนวณค่าประเมินการจอดและค่าประเมินการผ่านที่ชั้นต่าง ๆ จะช่วยให้ลดเวลารอลิฟต์ลงได้อีก 5-15% การทดสอบทั้งหมดกระทำผ่านโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์และโปรแกรมสร้างชุดข้อมูลจำลองการใช้ลิฟต์ ซึ่งพัฒนาขึ้นภายใต้งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2531

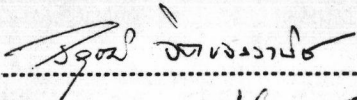
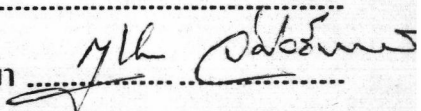
ลายมือชื่อนิสิต  จิตขจรวานิช
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา  วิศวธีรานนท์

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

WORAWUT CHITKACHORNWANICH : DEVELOPMENT OF GROUP ELEVATOR CONTROL SYSTEM. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. KRISADA VISAVATEERANON, M. ENG. 173 pp.

This thesis describes the development of a group elevator control system. Its emphasis is on the designing of control system structure, the development of calls allocation algorithm and the development of computer program for testing the system. The distributed control system was chosen to be the suitable configuration, and a multidrop current loop transmission was designed to be used in the system. Various methods of hall call assignment algorithm have been studied and compared by the elevator simulation program, then the waiting time minimization methods had been developed. It was found that the waiting time can be reduced by 50% and the probability of long waiting can be decreased 80% when compared to uncontrolled assignment. The method was modified by adding the consideration of probable stopped and passed floor. It was found that the modified methods can reduce the waiting time by 5-15% compared to that of non-modified methods.

ภาควิชา วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2531

ลายมือชื่อนิติ 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจากหลายบุคคลหลายฝ่าย ความช่วยเหลือส่วนใหญ่มาจาก รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิเศษธีรานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำแนะนำหลายประการที่เป็นประโยชน์สำหรับการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่นั้น จนสำเร็จเป็นงานพิมพ์วิทยานิพนธ์นี้ได้ ข้าพเจ้าจึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ. ที่นี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณยุทธ ดวงทอง ผู้จัดการ บริษัทไทยลิฟต์อินดัสทรีส์ จำกัด และเจ้าหน้าที่ของบริษัทไทยลิฟต์ทุกท่านที่ได้ให้โอกาสข้าพเจ้าร่วมศึกษางานของบริษัท ให้ความช่วยเหลือและจัดหาอุปกรณ์ในการค้นคว้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณผู้เขียนตำราทั้งหลายที่ข้าพเจ้าใช้ในการศึกษา ค้นคว้า และอ้างอิงถึงในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ อาจารย์หัวหน้าห้องปฏิบัติการ วัดคุมุดอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้คำแนะนำ และให้คำปรึกษา จนสามารถแก้ปัญหาบางอย่างให้ลุล่วงไปได้ด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณนรังสรรค์ วิไลสกุลยง ผู้ทำวิจัยวิทยานิพนธ์ "การพัฒนาเครื่องควบคุมลิฟต์โดยสาร์เตียวโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์" ซึ่งถือเป็นงานวิจัยจุดเริ่มต้นที่ก่อให้เกิดงานวิจัยของข้าพเจ้านี้ และข้าพเจ้าขอขอบคุณที่ได้ให้กำลังใจ และช่วยแก้ปัญหาในการทำงานวิจัยเสมอมา

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณสมพงศ์ ฉัตรแสงอุทัย คุณอำนาจ แสงวิโรจน์พันธ์ คุณไพบูลย์ พิรภาพ และนิสิตในห้องปฏิบัติการวัดคุมุดทางอุตสาหกรรมทุกท่าน ซึ่งไม่สามารถเอ่ยนามมาทั้งหมดได้ ที่ทำงานวิจัยร่วมกัน ช่วยให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้านต่างๆ

ท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอระลึกถึงพระคุณของบุคคลสำคัญของข้าพเจ้าคือ บิดาและมารดา ของข้าพเจ้าเอง ที่เป็นแรงจิตใจและเป็นแรงผลักดันให้สามารถสำเร็จกิจทุกประการด้วยดีเสมอมา

สารบัญ

	หน้า	
บทคัดย่อภาษาไทย	ง	ขอม...
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ	
กิตติกรรมประกาศ	ฉ	
สารบัญตาราง	ญ	
สารบัญรูปภาพ	ฎ	
บทที่		
1 บทนำ		
1.1 ความเป็นมา	1	
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4	
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4	
1.4 ขั้นตอนของการวิจัย	5	
2 การควบคุมกลุ่มลิฟต์		
2.1 จุดมุ่งหมายของการควบคุม	7	
2.2 โครงสร้างของระบบควบคุมกลุ่มลิฟต์	8	
2.3 ฟังก์ชันของการควบคุมกลุ่มลิฟต์	9	
2.3.1 ฟังก์ชันควบคุมการทำงาน	9	
2.3.2 การตอบสนองต่อกราฟฟิกที่เปลี่ยนไป	10	
2.3.3 ฟังก์ชันแสดงสถานะของลิฟต์	13	
2.3.4 วิธีการเลือกส่งลิฟต์ไปรับการเรียก	13	
3 โครงสร้างของระบบควบคุมกลุ่มลิฟต์		
3.1 เครื่องควบคุมลิฟต์ (Elevator Controller)	17	
3.2 โครงสร้างของระบบ	19	
3.2.1 โครงสร้างแบบรวมศูนย์การควบคุม	21	
		(Centralized Control System)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 โครงสร้างแบบกระจายศูนย์การควบคุม (Distributed Control System)	22
3.2.3 โครงสร้างแบบอื่น	22
3.3 การพิจารณาเลือกโครงสร้างระบบควบคุมที่เหมาะสม	24
4 วิธีการเลือกส่งลิฟต์ไปรับการเรียก (Hall Call Assignment Methods)	
4.1 วิธีเลือกส่งลิฟต์โดยการลดเวลารอลิฟต์	27
4.1.1 Mean Waiting Time Minimization Method	29
4.1.2 Long Waiting Time Minimization Method	29
4.2 การปรับปรุงวิธีการเลือกส่งลิฟต์โดยการคำนวณค่าประเมิน การจอดและการเดินทาง	41
4.2.1 การคำนวณค่าประเมินการจอดเพื่อเลือกส่งลิฟต์	43
4.2.2 การคำนวณค่าประเมินการผ่านชั้นเพื่อเลือกส่งลิฟต์	49
4.2.3 การปรับปรุงวิธีการเลือกส่งลิฟต์	54
5 โปรแกรมจำลองการทำงานของระบบลิฟต์ (Elevator System Simulation Program)	
5.1 ความสำคัญของการจำลองการทำงานของระบบลิฟต์	58
5.2 โปรแกรมจำลองระบบลิฟต์	61
5.2.1 วัตถุประสงค์ของโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์	61
5.2.2 ลักษณะการทำงานของโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์	62
5.2.3 โครงสร้างและรายละเอียดของโปรแกรมจำลองระบบลิฟต์	65
6 การจำลองการใช้ลิฟต์ของผู้โดยสารในอาคาร	
6.1 ลักษณะหรือพฤติกรรมการใช้ลิฟต์ของผู้โดยสาร	77
6.2 ทราฟฟิกของลิฟต์ (Elevator Traffic)	79

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.3	โปรแกรมสร้างชุดข้อมูลการใช้ลิฟต์ (Traffic Generator Program)	80
6.3.1	ข้อมูลที่ป้อนให้โปรแกรมสร้างชุดข้อมูลการใช้ลิฟต์	81
6.3.2	การคำนวณเบื้องต้น	83
6.3.3	ขั้นตอนของโปรแกรม	88
6.3.4	ตัวอย่างการใช้งานโปรแกรมสร้างชุดข้อมูลการใช้ลิฟต์ ...	95
7	การทดสอบและวิเคราะห์ผล	
7.1	การเตรียมไฟล์ข้อมูลการใช้ลิฟต์สำหรับทดสอบ	100
7.2	การทดสอบวิธีการเลือกส่งลิฟต์ไปรับการเรียก	110
7.3	การทดสอบการคำนวณค่าประเมินการจอด และค่าประเมินการเดินทางผ่านชั้นต่างๆ	117
7.4	การทดสอบการจัดการกับทราฟฟิก	122
7.5	การวิเคราะห์ผลการทดสอบ	126
7.5.1	การวิเคราะห์เวลารอลิฟต์เฉลี่ย	126
7.5.2	การวิเคราะห์การเกิดการรอลิฟต์นาน	127
7.5.3	ผลของการใช้ค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นต่างๆ ...	127
7.5.4	การพิจารณาเลือกวิธีการเลือกส่งลิฟต์ที่เหมาะสม	128
8	ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ	
8.1	สรุปผลการวิจัย	138
8.2	ข้อเสนอแนะ	139
	เอกสารอ้างอิง	142
ภาคผนวก ก.	วิธีเลือกส่งลิฟต์และโครงสร้างระบบกลุ่มลิฟต์ของบริษัทผู้ผลิตต่างๆ ...	146
ภาคผนวก ข.	โปรแกรมคำนวณเพื่อเลือกส่งลิฟต์เมื่อมีการกดเรียก	149
	ประวัติผู้เขียน	159

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ลักษณะและการตอบสนองกราฟฟิกแบบต่างๆ 12
6.1	ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมสร้างชุดข้อมูล 82
7.1	ข้อมูลที่ใช้ป้อนให้โปรแกรม TFGEN สร้างกราฟฟิกไฟล์แบบต่างๆ 109
7.2	ข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดสอบวิธีเลือกส่งลิฟต์แบบ Mean Waiting Time Minimization Method 114
7.3	ข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดสอบวิธีเลือกส่งลิฟต์แบบ Long Waiting Time Minimization Method 115
7.4	ข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดสอบการเลือกส่งลิฟต์แบบสุ่มเลือก 116
7.5	ข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดสอบวิธีเลือกส่งลิฟต์แบบ Mean Waiting Time Minimization Method ที่มีการคำนวณค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นต่างๆ ร่วมด้วย 120
7.6	ข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดสอบวิธีเลือกส่งลิฟต์แบบ Long Waiting Time Minimization Method ที่มีการคำนวณค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นต่างๆ ร่วมด้วย 121
7.7	ข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดสอบการจัดการกับกราฟฟิก 125
ก.1	วิธีการเลือกส่งลิฟต์แบบต่างๆ 146
ก.2	โครงสร้างระบบควบคุมลิฟต์แบบต่างๆ 148

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างกราฟฟิกการใช้ลิฟต์ของอาคารพาณิชย์	11
3.1 องค์ประกอบโดยย่อของเครื่องควบคุมลิฟต์	18
3.2 เครื่องควบคุมลิฟต์เดี่ยวที่เป็นอิสระต่อกัน	20
3.3 ระบบควบคุมแบบรวมศูนย์การควบคุม	20
3.4 ระบบควบคุมแบบกระจายการควบคุม	23
3.5 ฮาร์ดแวร์ที่ใช้ในระบบควบคุม	26
3.6 วงจรส่วนสื่อสาร	26
4.1 ขั้นตอนวิธีการคำนวณเลือกส่งลิฟต์โดยทั่วไป	28
4.2 ผังการเลือกส่งลิฟต์ด้วยวิธีลดเวลารอลิฟต์	28
4.3 แสดงช่วงเส้นทาง K_1 และ K_2	31
4.4 ตัวอย่างการคำนวณด้วย Mean waiting Time Minimization Method	35
4.5 ตัวอย่างการคำนวณด้วย Long waiting Time Minimization Method	35
4.6 ขั้นตอนโปรแกรมของ Mean Waiting Time Minimization Method	39
4.7 ขั้นตอนโปรแกรมของ Long Waiting Time Minimization Method	39
4.8 การกำหนดและการคำนวณค่าประเมินการจอดและค่าชั้นที่ลิฟต์เดินทางผ่าน	42
4.9 การคำนวณค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิด car call ที่ชั้น x เนื่องจาก การรับ hall call ชั้นอื่น พิจารณากรณีมี hall call 2 ชั้น	44
4.10 ตัวอย่างการคำนวณค่าประเมินการจอดที่ชั้นต่างๆ	48
4.11 การคำนวณความน่าจะเป็นที่ลิฟต์จะเคลื่อนที่ผ่านชั้น x เนื่องจาก car call ชั้นอื่น พิจารณากรณีมี hall call 2 ชั้น	50
4.12 ตัวอย่างการคำนวณค่าประเมินการเดินทางผ่านชั้นต่างๆ	53
4.13 ค่าประเมินการจอดที่ชั้นต่างๆ ที่คำนวณได้จากตัวอย่าง	56
4.14 ค่าประเมินการเดินทางผ่านที่ชั้นต่างๆ ที่คำนวณได้จากตัวอย่าง	57

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.1	กระบวนการทำงานของ โปรแกรมจำลองระบบลิฟต์ 64
5.2	ขั้นตอนการทำงานของ โปรแกรมจำลองระบบลิฟต์ (ฟังก์ชัน MAIN()) 70
5.3	ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชัน EL_TIME() 71
5.4	ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชัน EL_COMMAND() 72
5.5	ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชัน EL_CALLS() 72
5.6	ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชัน EL_TMODE() 73
5.7	ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชัน EL_TMANAGE() 74
5.8	ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชัน EL_ASSIGN() 75
5.9	ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชัน EL_CCP() 76
5.10	ขั้นตอนการทำงานของฟังก์ชัน EL_COUNT() 76
6.1	Origin density Vector (OV) 85
6.2	Origin-Destination Matrix (ODM) 85
6.3	โปรแกรมสร้างชุดข้อมูลการใช้ลิฟต์ TFGEN.C 91
6.4	การป้อนข้อมูลกำหนดลักษณะชุดข้อมูลการใช้ลิฟต์ 97
6.5	ข้อมูลการใช้ลิฟต์ที่พิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ 97
7.1	การสร้างข้อมูลแบบ NORMAL DAY TRAFFIC อัตราทดเรียก 3 วินาที และผลที่ได้ 101
7.2	การสร้างข้อมูลแบบ NORMAL DAY TRAFFIC อัตราทดเรียก 4 วินาที และผลที่ได้ 102
7.3	การสร้างข้อมูลแบบ NORMAL DAY TRAFFIC อัตราทดเรียก 5 วินาที และผลที่ได้ 103
7.4	การสร้างข้อมูลแบบ NORMAL DAY TRAFFIC อัตราทดเรียก 6 วินาที และผลที่ได้ 104
7.5	การสร้างข้อมูลแบบ NORMAL DAY TRAFFIC อัตราทดเรียก 7 วินาที และผลที่ได้ 105

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

7.6 การสร้างข้อมูลแบบ UP PEAK TRAFFIC
อัตราทดเรียก 4 วินาที และผลที่ได้ 107

7.7 การสร้างข้อมูลแบบ DOWN PEAK TRAFFIC
อัตราทดเรียก 4 วินาที และผลที่ได้ 108

7.8 จอภาพแสดงการป้อนข้อมูลข้อกำหนดต่างๆ 113

7.9 กราฟแสดง เวลาารอลิฟต์เฉลี่ยที่ได้จากวิธีการเลือกส่งลิฟต์แบบต่างๆ 130

7.10 กราฟแสดงการเกิดการรอลิฟต์นาน (มากกว่า 60 วินาที)
ที่ได้จากวิธีการเลือกส่งลิฟต์แบบต่างๆ 131

7.11 กราฟแสดง เวลาารอลิฟต์เฉลี่ยที่ได้จากวิธีการเลือกส่งลิฟต์แบบ
Mean Waiting Time Minimization Method เมื่อใช้
และไม่ใช้ค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นที่ขึ้นต่างๆ 132

7.12 กราฟแสดงการเกิดการรอลิฟต์นาน ที่ได้จากวิธีการเลือกส่งลิฟต์แบบ
Mean Waiting Time Minimization Method เมื่อใช้
และไม่ใช้ค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นที่ขึ้นต่างๆ 133

7.13 กราฟแสดง เวลาารอลิฟต์เฉลี่ยที่ได้จากวิธีการเลือกส่งลิฟต์แบบ
Long Waiting Time Minimization Method เมื่อใช้
และไม่ใช้ค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นที่ขึ้นต่างๆ 134

7.14 กราฟแสดงการเกิดการรอลิฟต์นาน ที่ได้จากวิธีการเลือกส่งลิฟต์แบบ
Long Waiting Time Minimization Method เมื่อใช้
และไม่ใช้ค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นที่ขึ้นต่างๆ 135

7.15 กราฟแสดง เวลาารอลิฟต์เฉลี่ยที่ได้จากวิธีการเลือกส่งลิฟต์ทั้งแบบ
Mean และ Long Waiting Time Minimization Method เมื่อใช้
และไม่ใช้ค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นที่ขึ้นต่างๆ 136

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่

หน้า

7.16	กราฟแสดงการเกิดการรอลิฟต์นาน ที่ได้จากวิธีการเลือกส่งลิฟต์ทั้งแบบ Mean และ Long Waiting Time Minimization Method เมื่อใช้ และไม่ใช่ค่าประเมินการจอดและการผ่านชั้นที่ชั้นต่างๆ	137
7.17	ภาพถ่ายจากจอภาพขณะทดสอบ	138
7.18	ภาพถ่ายเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบ	138
8.1	การแก้ไขส่วนโปรแกรมควบคุม	141