การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีในการจัดกล่อง 2 มิติในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

Applying two dimensional box packing algorithm on parallel computer job scheduling problems

พิเชษฐ์ ยงยิ่งประเสริฐ

Pichet Yongyingprasert

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Computer Engineering
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีในการจัดกล่อง 2 มิติในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

Applying two dimensional box packing algorithm on parallel computer job scheduling problems

พิเชษฐ์ ยงยิ่งประเสริฐ

Pichet Yongyingprasert

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Computer Engineering
Prince of Songkla University
2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีในการจัดกล่อง 2 มิติในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

ผู้เขียน นายพิเชษฐ์ ยงยิ่งประเสริฐ

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ

(ดร.สมชัย หลิมศิโรรัตน์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชญา ตัณฑัยย์)

.....กรรมการ

(ดร.เดือนเพ็ญ กชกรจารพงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้เป็นผลมาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ลงชื่อ.....
(นายพิเชษฐ์ ยงยิ่งประเสริฐ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ……..……...……

(นายพิเชษฐ์ ยงยิ่งประเสริฐ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ขั้นตอนวิธีในการจัดกล่อง 2 มิติในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

ผู้เขียน นายพิเชษฐ์ ยงยิ่งประเสริฐ

สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

การจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานมีความคล้ายคลึงกับปัญหาการจัดกล่องระบบสองมิติให้บรรจุในภาชนะขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างสี่เหลี่ยม โดยงานในระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานสามารถมองให้เป็นกล่องหนึ่งใบ ซึ่งมีระยะเวลาในการประมวลผลของงานเป็นความสูงของกล่อง และหน่วยประมวลผลที่ต้องการเป็นความกว้างของกล่อง งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งหวังที่จะประยุกต์ขั้นตอนวิธีการจัดกล่องระบบสองมิติมาแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน การทดสอบทั้งหมดจะดำเนินการผ่านทางโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานโดยใช้ข้อมูลงานจากระบบจริงที่บันทึกจากศูนย์คอมพิวเตอร์เป็นอินพุตของโปรแกรม ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีการจัดกล่องระบบสองมิติเอื้อประโยชน์ให้กับงานขนาดใหญ่ที่ต้องการจำนวนหน่วยประมวลผลเป็นจำนวนมาก โดยค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดใหญ่มีค่าดีขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลและนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

Thesis Title Applying two dimensional box packing algorithm on parallel computer job scheduling problems

Author Mr. Pichet Yongyingprasert

Major Program Computer Engineering

Academic Year 2013

ABSTRACT

A batch processing cluster job scheduling problem can be viewed as a problem of packing a set of two dimension boxes into a large rectangular container. Each job can be viewed as a box. The job runtime can be viewed as the width of the box while the job processor requirement can be viewed as the height of the box. This work aims to apply a two dimensional box packing algorithm on batch processing cluster job scheduling problems. All experiments are conducted using an event-driven simulator. A real job trace collected from the computer center is used as the simulator input. The experimental results show that the two dimensional box packing algorithm favors large jobs in terms of the number of processors. The average wait of the large jobs in two dimensional box packing algorithm is clearly better than those achieved by First-Come-First-Serve Backfill (FCFS-Backfill) and Largest-Slowdown-First Backfill (LXF-Backfill).

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แสงสุรีย์ วสุพงศ์อัยยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา พร้อมทั้งแนะนำแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงแนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ดำเนินไปอย่างลุล่วงสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชญา ตัณฑัยย์ ดร. สมชัย หลิมศิโรรัตน์ และดร. เดือนเพ็ญ กชกรจารุพงศ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อีกทั้งตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้ความช่วยเหลือในการประสานงาน

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนเงินทุนเพื่อใช้ในการประชุมวิชาการ

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ บุคลากร นักศึกษาปริญญาเอก และนักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุกคนที่ได้ให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจในการทำงานเป็นอย่างดีเสมอมา

และท้ายที่สุดนี้ ข้าพเจ้าขอน้อมรำลึกถึงพระคุณของบิดามารดา และครอบครัวที่ส่งเสริม และสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกเรื่องจนกระทั่งข้าพเจ้าสำเร็จการศึกษา

พิเชษฐ์ ยงยิ่งประเสริฐ

อภิธานศัพท์

คำที่ใช้งาน	ความหมายดั้งเดิม
ตัวจัดกำหนดการงาน	Scheduler
ความต้องการงาน	Job's Requirement
ทรัพยากรที่คงเหลือของระบบ	Available Resources
นโยบาย	Policy
ผู้ดูแลระบบ	System Administrator
นอนพรีเอมทีพ	Non-Preemptive
พรีเอมทีพ	Preemptive
คอนเท็กท์สวิทชิง	Context Switching
โอเวอร์เฮด	Overhead
ไพรออริตีแบคฟิล	Priority Backfill
ระบบไพรออริตี	Priority
แบคฟิล	Backfill
นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	First-Come-First-Serve-Backfill
นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	Largest-Slowdown-First-Backfill
คิวการรอ	Waiting Queue
ซิงเกิลพาติชัน	Single Partition
โปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน	Simulator
เวิร์คโหลด	Workload
ศูนย์ซูเปอร์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์	National Center for Supercomputing Applications: University of Illinois
อินพุต	Input
ระบบประมวลผลแบบคลาวด์	Cloud Computing
การจัดกำหนดการแบบแก๊งบนระบบคลาวด์	Gang Scheduling in a Cloud Scheduling System
การจัดกำหนดการแบบพอร์ตโฟลิโอ	Portfolio Scheduling

อภิธานศัพท์ (ต่อ)

คำที่ใช้งาน	ความหมายดั้งเดิม
การจัดกำหนดการงานแบบอีอีเอสเอเอส	Energy-Efficient Scheduling and Allocation Scheme: EESAS
การจัดกำหนดการงานแบบดีเอฟเอสเอส	Distributed Factoring Self-Scheduling: DFSS
การจัดกำหนดการงานแบบเอ็มโอจีเอ	Multi-Objective Genetic Algorithm: MO-GA
บันทึกการใช้งานของระบบ	Log file
เวลาประมวลผลจริง	Actual Runtime
เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้	Estimate Runtime
การใช้ระดับความสำคัญของงาน	Priority Job
นโยบายพีวีอีซีแบคฟิล	Preemptive venture EASY-Backfill: PV-EASY-Backfill
การใช้ระดับความสำคัญของคิว	Priority Queue
นโยบายเอสดีบีเอทีเอส	SD-Based Algorithm for Task Scheduling: SDBATS
รีเซอเวชัน	Reservation
บาวเด็ดสโลว์ดาวน์	Bounded Slowdown
ปัญหาภาวะอดอยาก	Starvation
เทคนิคบินแพ็คกิง	Bin-Packing
เทคนิคสตริปแพ็คกิง	Strip-Packing
เทคนิคการจัดแบบเอ็มเอ็กซ์จีเอ	Multicrossover Genetic Algorithm
เทคนิคการจัดแบบบีอาร์เคจีเค	Biased Random-Key Genetic Algorithm
เทคนิคการจัดแบบพีเอ็มโอเอ็มเอ	Parallel Multi-Objective Memetic Algorithm
เทคนิคการจัดแบบจีดีเอ	Goal-Driven Approach
เลเวลแพคกิง	Level Packing
นอนเลเวลแพคกิง	Non-Level Packing
เทคนิคการจัดแบบเอ็นเอฟดีเอช	Next Fit Decreasing Height
เทคนิคการจัดแบบเอฟเอฟดีเอส	First Fit Decreasing Height

อภิธานศัพท์ (ต่อ)

คำที่ใช้งาน	ความหมายดั้งเดิม
เทคนิคการจัดแบบบีเอฟดีเอช	Best Fit Decreasing Height
เทคนิคบีแอล	Bottom Left
เทคนิคบีแอลเอฟ	Bottom Left Fill
ช่องว่าง	Gap
แก็ปฟิลลิง	Gap Filling
ช่วงเวลาวอร์มอัพ	Warm-Up
ช่วงเวลาคูลดาวน์	Cool-Down
รูปแบบเท็กซ์	Text File
ระบบลินุกส์คลัสเตอร์	Linux Cluster
ค่าดีมานด์	Demand
ค่าเฉลี่ยของเวลาประมวลผลจริง	AvgT
ค่าเฉลี่ยของขนาดงาน	AvgNT
จำนวนของงานแต่ละประเภทในแต่ละเดือน	#j
ค่าเฉลี่ยการรอ	Average Wait Time
การหมุน	Rotation
ระบบออฟไลน์	Offline Mode
ระบบออนไลน์	Online Mode
ตารางเวลา	Time Slot
ฟอร์แมตแบบเอสดับเบิลยูเอฟ	SWF-Format
ยูนิกซ์ไทม์	Unix Time

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (5)
กิตติกรรมประกาศ (7)
อภิธานศัพท์ (8)
สารบัญ (11)
รายการตาราง (15)
รายการภาพประกอบ (18)
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์ 1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ 3
1.3 ขอบเขตการวิจัย 3
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย 3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
1.6 โครงสร้างของรายงาน 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 6
2.1 การจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน 6
2.2 นโยบายไพรออริตีแบคฟิล 8
2.3 เทคนิคการจัดกล่องสองมิติ 11
2.4 เทคนิคการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้ในการจัดกำหนดการงานแบบขนาน 14
2.5 โปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานและเวิร์คโหลด 16
2.6 การวัดประสิทธิภาพ 21
บทที่ 3 การออกแบบและทดสอบระบบ 23
3.1 การประยุกต์ใช้เทคนิคบีแอลเอฟในการแก้ปัญหาในการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน 23
3.1.1 ความคล้ายกันระหว่างเทคนิคการจัดกล่องสองมิติและการจัดกำหนดการงาน 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 ความแตกต่างระหว่างเทคนิคการจัดกล่องสองมิติและการจัดกำหนดการงาน..... 25
3.1.3 เทคนิคบีแอลเอฟประยุกต์..... 27
3.2 การจัดการเวิร์คโหลด..... 30
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ..... 31
บทที่ 4 ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ผล..... 33
4.1 ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง 33
4.1.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล…….. 34
4.1.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่าทั้งนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล..... 39
4.1.3 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง…..... 42
4.2 ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้..... 43
4.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล……... 44
4.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่าทั้งนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล..... 49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.3 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้..... 52
4.3 ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง…..... 55
4.3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล……...…… 56
4.3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่าทั้งนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล..... 61
4.3.3 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง... 64
4.4 ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้..... 65
4.4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล..... 66
4.4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่าทั้งนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล..... 70
4.4.3 สรุปผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้..... 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.5 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพทั้งระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ 77
บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ 79
5.1 บทสรุปของการทำวิทยานิพนธ์ 79
5.2 ผลที่ได้จากการทำวิทยานิพนธ์ชุดนี้ 80
5.3 ข้อเสนอแนะ 80
บรรณานุกรม 82
ภาคผนวก 85
ภาคผนวก ก ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ 86
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ 97
ภาคผนวก ค ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง 108
ภาคผนวก ง ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ 119
ภาคผนวก จ การตีพิมพ์เผยแพร่วิทยานิพนธ์ 130
ประวัติผู้เขียน 139

รายการตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 คุณลักษณะของงานขนาดเล็ก..... 19
ตารางที่ 2-2 คุณลักษณะของงานขนาดใหญ่..... 20
ตารางที่ ก-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003..... 87
ตารางที่ ก-2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003..... 88
ตารางที่ ก-3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003…..... 89
ตารางที่ ก-4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003…..... 90
ตารางที่ ก-5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003…….. 91
ตารางที่ ก-6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003... 92
ตารางที่ ก-7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003…..... 93
ตารางที่ ก-8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004…..... 94
ตารางที่ ก-9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004..... 95
ตารางที่ ก-10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004…… 96
ตารางที่ ข-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003…..... 98
ตารางที่ ข-2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003….. 99
ตารางที่ ข-3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003….. 100
ตารางที่ ข-4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003….. 101
ตารางที่ ข-5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003..... 102
ตารางที่ ข-6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003. 103
ตารางที่ ข-7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003….. 104
ตารางที่ ข-8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004….. 105
ตารางที่ ข-9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004... 106
ตารางที่ ข-10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004..... 107

รายการตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ค-1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003……..…... 109
ตารางที่ ค-2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003……..…... 110
ตารางที่ ค-3 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003……..…… 111
ตารางที่ ค-4 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003…….…….…… 112
ตารางที่ ค-5 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003……..….. 113
ตารางที่ ค-6 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2004……..…... 114
ตารางที่ ค-7 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003……..…… 115
ตารางที่ ค-8 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004……..…… 116
ตารางที่ ค-9 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004……..……..…….. 11
ตารางที่ ค-10 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004…… 118
ตารางที่ ง-1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003. 120

รายการตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ ง-2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003.121
ตารางที่ ง-3 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 200… 122
ตารางที่ ง-4 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003.. 123
ตารางที่ ง-5 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003..... 124
ตารางที่ ง-6 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ.2003.125
ตารางที่ ง-7 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003.. 126
ตารางที่ ง-8 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004.. 127
ตารางที่ ง-9 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004.128
ตารางที่ ง-10 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004... 129

รายการภาพประกอบ

หน้า

รูปที่ 2-1 การจำลองการประมวลผลของระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน..... 7
รูปที่ 2-2 การเปรียบเทียบระหว่างนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบบดั้งเดิมกับนโยบายเอฟซีเอฟเอสที่ใช้เทคนิคแบคฟิลร่วมด้วย..... 9
รูปที่ 2-3 เทคนิคบินแพ็คกิง..... 12
รูปที่ 2-4 เทคนิคสตริปแพ็คกิง..... 13
รูปที่ 2-5 การเปรียบเทียบเลเวลแพ็คกิงและนอนเลเวลแพคกิง.....14
รูปที่ 2-6 การเปรียบเทียบเทคนิคบีแอลและเทคนิคบีแอลเอฟ..... 15
รูปที่ 2-7 การทำงานของโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน…. 17
รูปที่ 2-8 ตัวอย่างกราฟสามมิติของการวัดประสิทธิภาพ…… 22
รูปที่ 3-1 ความคล้ายคลึงกันของงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานกับกล่องจากการจัดกล่องสองมิติ..... 23
รูปที่ 3-2 แนวคิดในการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกล่องสองมิติเพื่อแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน..... 24
รูปที่ 3-3 ข้อแตกต่างในการหมุนกล่องระหว่างเทคนิคการจัดกล่องสองมิติและการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน..... 25
รูปที่ 3-4 การประยุกต์ใช้เทคนิคบีแอลเอฟบนการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน..... 27
รูปที่ 3-5 หลักการจัดกำหนดการงานของเทคนิคบีแอลเอฟประยุกต์..... 29
รูปที่ 3-5 เวิร์คโหลดฟอร์แมตเอสดับเบิ้ลยูเอฟแบบออนไลน์ 30
รูปที่ 3-6 เวิร์คโหลดฟอร์แมตเอสดับเบิ้ลยูเอฟแบบออฟไลน์..... 31
รูปที่ 4-1 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงที่นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่ากับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล 36

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-2 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003…….....38
รูปที่ 4-3 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003…….….40
รูปที่ 4-4 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงที่นโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล.....…..……..40
รูปที่ 4-5 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003.....41
รูปที่ 4-6 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่มีค่าเฉลี่ยการรอสูง…….……..…….43
รูปที่4-7ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ที่นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลและ นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล…….……...……. 45
รูปที่ 4-8 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003…….……...47
รูปที่ 4-9 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์จากผู้ใช้โดยเดือนพฤศิจกายน ปี ค.ศ. 2003……....48
รูปที่ 4-10 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ที่นโยบายบีแอลเอฟที่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล……...50
รูปที่ 4-11 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003……...……...…..51

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-12 เปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่ใช้เวลาประมวลผลจริงและเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้……..……53
รูปที่ 4-13 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของนโยบายบีแอลเอฟในเดือนที่เกิดผลกระทบมากที่สุด……..…….54
รูปที่ 4-14 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงที่นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่ากับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล……..……57
รูปที่ 4-15 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003.....58
รูปที่ 4-16 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004……..…….60
รูปที่ 4-17 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบค ฟิล……...…..62
รูปที่ 4-18 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003…….63
รูปที่ 4-19 รูปที่ 4-19 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่มีค่าเฉลี่ยการรอที่แย่..... 64
รูปที่4-20 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ที่นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่ากับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลและนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล…… 67
รูปที่ 4-21 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003……..…… 68

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4-22 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003……. 69
รูปที่ 4-23 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ที่นโยบายบีแอลเอฟที่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล……..…….... 71
รูปที่ 4-24 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003……..……... 72
รูปที่ 4-25 การเปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่ใช้เวลาประมวลผลจริงและเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้……...……. 74
รูปที่ 4-26 กราฟแสดงผลกระทบที่เกิดจากการใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบออนไลน์……. 75

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันผู้ใช้งานระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากงานวิจัยมีขนาดใหญ่ขึ้นและต้องการความแม่นยำสูง ตัวอย่างเช่น ระบบพยากรณ์อากาศ [1] ระบบพยากรณ์สถานการณ์ตลาดหุ้น [2] การออกแบบระบบควบคุมพลังงานไฟฟ้า [3] การทดสอบยา [4] และอุตสาหกรรมการออกแบบ [5] เป็นต้น ซึ่งงานที่กล่าวมาข้างต้นเป็นลักษณะงานที่ต้องการข้อมูลจำนวนมากในการประมวลผลหรือเป็นงานที่ต้องประมวลผลอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องใช้ระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานเข้ามาช่วย เนื่องจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลอาจมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ

โดยปรกติการใช้งานระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน ผู้ใช้จะส่งงานของตนไปยังระบบพร้อมทั้งแนบข้อมูลของงานไปยังระบบด้วย ข้อมูลของงานประกอบไปด้วย จำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการและเวลาประมวลผลโดยประมาณ ซึ่งผู้ใช้ต้องประมาณค่าดังกล่าว ข้อมูลของงานมีความสำคัญมากเนื่องจากตัวจัดกำหนดการงานแบบขนาน (Scheduler) จะใช้ข้อมูลนี้เพื่อตัดสินใจว่างานใดจะได้รับการประมวลผล ซึ่งหน้าที่หลักของตัวจัดกำหนดการงาน คือการตัดสินใจแจกจ่ายทรัพยากรแก่งานที่รออยู่ในระบบ ตัวจัดกำหนดการงานจะใช้ข้อมูล 3 ประเภทในการตัดสินใจได้แก่ ความต้องการทรัพยากรของงาน (Job Requirement) ทรัพยากรที่ว่างของระบบ (Available Resources) และนโยบาย (Policy) ของระบบที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปนโยบายที่ใช้ในการจัดกำหนดการงานจะถูกกำหนดโดยผู้ดูแลระบบ (System Administrator)

นโยบายการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ นอนพรีเอมทีพ (Non-Preemptive) หมายความว่าเมื่องานได้ประมวลผลแล้วจะไม่สามารถหยุดหรือขัดจังหวะได้จนกระทั่งงานนั้นประมวลผลเสร็จสิ้น และงานที่อยู่ในระบบจะได้รับการประมวลผลทั้งหมดหากงานนั้นไม่ถูกยกเลิกโดยเจ้าของงาน ซึ่งตัวจัดกำหนดการงานแบบขนานส่วนใหญ่ [6-9] จะจัดอยู่ในประเภทนี้ ส่วนอีกกลุ่ม คือ พรีเอมทีพ (Preemptive) หมายความว่างานที่ประมวลผลแล้วสามารถหยุดหรือถูกขัดจังหวะ เพื่อให้งานอื่นที่มีความสำคัญสูงกว่าเริ่มประมวลผลได้ เมื่องานที่มีความสำคัญสูงกว่าประมวลผลเสร็จ งานที่ถูกหยุดหรือขัดจังหวะไว้จะสามารถกลับมาประมวลผลต่อ โดยส่วนใหญ่แล้วจะนิยมใช้นโยบายแบบนอนพรีเอมทีพมากกว่านโยบายแบบพรีเอมทีพ เนื่องจากงานประเภทพรีเอมทีพต้องทำคอนเท็กท์สวิทชิง (Context

Switching) ซึ่งก่อให้เกิดโอเวอร์เฮด (Overhead) ส่งผลให้เสียเวลาในการประมวลผลเพิ่มขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จะเน้นนโยบายในกลุ่มนอนพรีเอมทีพเป็นหลัก

นโยบายที่นิยมในกลุ่มนอนพรีเอมทีพ คือไพรออริตีแบคฟิล (Priority Backfilling) ภายใต้นโยบายไพรออริตี (Priority) งานทุกตัวจะมีระดับความสำคัญของงาน เช่น งานจะถูกจัดระดับความสำคัญตามเวลาที่งานรออยู่ในระบบ กล่าวคืองานที่เข้าสู่ระบบก่อนมีความสำคัญมากกว่างานที่เข้าสู่ระบบภายหลัง เป็นต้น ส่วนเทคนิคแบคฟิลลิง (Backfilling) คือเทคนิคที่ช่วยให้งานที่มีค่าความสำคัญน้อยกว่าสามารถใช้งานหน่วยประมวลผลที่ว่างอยู่ได้ หากการประมวลผลงานดังกล่าวไม่ส่งผลกระทบต่อการประมวลผลของงานที่มีค่าระดับความสำคัญสูงกว่า ตัวอย่างเช่น นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (First-Come-First-Serve-Backfill : FCFS-Backfill) [10] การทำงานของนโยบายนี้ให้ความสำคัญกับงานที่รออยู่ในระบบเป็นเวลานาน โดยมีวิธีการดังนี้ ตัวจัดกำหนดการงานจะให้หน่วยประมวลผลแก่งานแรกที่เข้ามาในคิวการรอ (Waiting queues) หากหน่วยประมวลผลว่างเพียงพอสำหรับงานที่สอง ตัวจัดกำหนดการงานจะให้หน่วยประมวลผลแก่งานที่สอง หากหน่วยประมวลผลไม่เพียงพอ งานที่สองจะได้รับการจัดสำรองเวลาประมวลผลไว้ จากนั้นตัวจัดกำหนดการงานจะเลือกงานในลำดับต่อไปที่มีความต้องการจำนวนหน่วยประมวลผลน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนหน่วยประมวลผลที่เหลืออยู่เพื่อให้งานดังกล่าวเริ่มประมวลผล ทั้งนี้การประมวลผลของงานนั้นต้องไม่กระทบกับเวลาที่สำรองคิวให้กับงานที่สอง ในปัจจุบันมีนโยบายจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานเชิงพาณิชย์นอกเหนือจากไพรออริตีแบคฟิลที่เปิดใช้ในศูนย์ให้บริการระบบประมวลผลต่างๆ เช่น DIET [11], GRID MP [12], Moab [13], PBS [14] และ LSF [15] เป็นต้น

หากมองว่างานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานคือกล่องสี่เหลี่ยมสองมิติที่ความสูงของกล่องคือเวลาประมวลผลของงาน และความกว้างของกล่องคือจำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการ และหากมองว่าระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานคือกล่องภาชนะสี่เหลี่ยมแบบสองมิติที่มีขนาดใหญ่โดยความสูงของกล่องคือระยะเวลาการทำงานของระบบและความกว้างของกล่องคือจำนวนหน่วยประมวลผลที่มีอยู่บนระบบ การจัดกำหนดการงานแบบขนานจะคล้ายกับการนำกล่องใบเล็กหลายใบใส่ลงไปในกล่องภาชนะสี่เหลี่ยมที่มีขนาดใหญ่ ดังนั้นหากนำวิธีการจัดกล่องสองมิติที่นิยมใช้ในงานทางด้านอุตสาหกรรมมาแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน อาจจะได้นโยบายการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานที่มีประสิทธิภาพดี จึงเป็นเหตุจูงใจให้เกิดงานวิจัยชิ้นนี้ขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อประยุกต์เทคนิคการจัดกล่องสองมิติกับปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

1.2.2 เปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานนโยบายใหม่ที่เกิดจากการประยุกต์เทคนิคการจัดกล่องสองมิติกับนโยบายที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ออกแบบและประยุกต์เทคนิคการจัดกล่องสองมิติเพื่อใช้เป็นนโยบายการจัดกำหนดการงานประเภทนอนพรีเอมทีพบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานซึ่งทำงานแบบซิงเกิลพาร์ติชัน (Single Partition) โดยทำการวิจัยบนโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน (Simulator) ซึ่งใช้เวิร์คโหลด (Workload) ที่บันทึกจากศูนย์ซูเปอร์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ (National Center for Supercomputing Applications: University of Illinois) เป็นอินพุต (Input)

1.3.2 แสดงประสิทธิภาพและเปรียบเทียบการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานโดยใช้นโยบายที่ประยุกต์เทคนิคการจัดกล่องสองมิติ โดยแสดงเป็นกราฟสามมิติ

1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

ขั้นที่ 1: ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานและการจัดกล่องสองมิติ รวมทั้งการทำงานของโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานอย่างละเอียดเพื่อที่จะแก้ไขตัวโปรแกรมได้

ขั้นที่ 2: ออกแบบและประยุกต์ใช้เทคนิคจัดกล่องสองมิติเพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานได้ โดยทดสอบนโยบายที่ได้บนโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

ขั้นที่ 3: ทดสอบประสิทธิภาพของการใช้นโยบายการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน และวิเคราะห์ผล

ขั้นที่ 3.1: ทดสอบนโยบายการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง โดยเปรียบเทียบผลที่ได้กับนโยบายแบบไพรออริตีแบคฟิลพร้อมกับวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3.2: ทดสอบนโยบายการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ โดยเปรียบเทียบผลที่ได้กับนโยบายแบบไพรออริตีแบคฟิลพร้อมกับวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3.3: วิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบออฟไลน์ทั้งโดยใช้เวลาประมวลผลจริงและใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

ขั้นที่ 3.4: ทดสอบนโยบายการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง โดยเปรียบเทียบผลที่ได้กับนโยบายแบบไพรออริตีแบคฟิลพร้อมกับวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3.5: ทดสอบนโยบายการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ โดยเปรียบเทียบผลที่ได้กับนโยบายแบบไพรออริตีแบคฟิลพร้อมกับวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

ขั้นที่ 3.6: วิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบออนไลน์ทั้งโดยใช้เวลาประมวลผลจริงและใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

ขั้นที่ 4: วิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพของการนำนโยบายการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานทั้งบนระบบแบบออฟไลน์และระบบออนไลน์

ขั้นที่ 5: สรุปผลที่ได้จากงานวิจัย และนำเสนอบทความทางวิชาการ

ขั้นที่ 6: จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 นโยบายการจัดกำหนดการงานแบบขนานจากการประยุกต์เทคนิคจัดกล่องสองมิติ

1.5.2 ประสิทธิภาพและแนวทางการประยุกต์เทคนิคการจัดกล่องสองมิติเพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

1.6 โครงสร้างของรายงาน

บทที่ 2 กล่าวถึงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องรวมถึงสิ่งจำเป็นกับงานวิจัยชิ้นนี้ จากนั้นบทที่ 3 กล่าวถึงนโยบายที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย บทที่ 4 นำเสนอการวัดประสิทธิภาพของการทดสอบนโยบาย ผลการทดสอบและผลการวิเคราะห์ของการประยุกต์ขั้นตอนการจัดกล่องสองมิติบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน และบทที่ 5 กล่าวสรุปผลที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

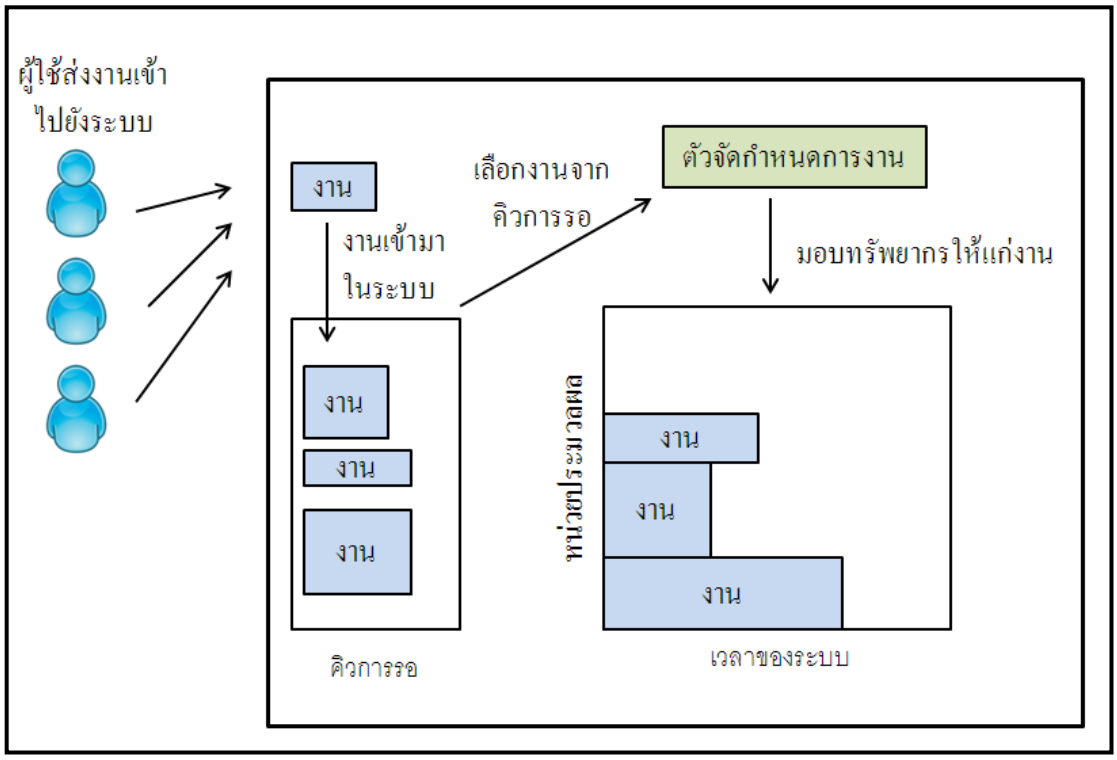
ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานและเทคนิคการจัดกล่องสองมิติ โดยในหัวข้อ 2.1 อธิบายหลักการทำงานของตัวจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน หัวข้อที่ 2.2 กล่าวถึงนโยบายไพรออริตีแบคฟิลที่ใช้เปรียบเทียบผลการทดสอบกับวิธีการที่นำเสนอ หัวข้อที่ 2.3 อธิบายเทคนิคการจัดกล่องสองมิติ หัวข้อที่ 2.4 กล่าวถึงเทคนิคการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้เพื่อจัดกำหนดการงาน หัวข้อที่ 2.5 อธิบายถึงโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานรวมทั้งข้อมูลของเวิร์คโหลดที่ใช้เป็นอินพุต และหลักการวัดประสิทธิภาพของผลการทดสอบจะอธิบายไว้ในหัวข้อสุดท้าย

2.1 การจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

หัวข้อนี้กล่าวถึงหลักการทำงานของตัวจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานพอสังเขป ดังแสดงในรูปที่ 2-1 โดยทั่วไปแล้วการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานเริ่มจากการที่ผู้ใช้ส่งงานของตนเข้าสู่ระบบ ซึ่งงานที่ส่งมาต้องแนบคุณลักษณะของงาน เช่น จำนวนหน่วยประมวลผลที่ใช้ เวลาที่คาดว่างานประมวลผลเสร็จ เป็นต้น เมื่องานของผู้ใช้เข้าสู่ระบบแล้วจะถูกจัดเก็บไว้ในคิวการรอ จากนั้นตัวจัดกำหนดการงานจะเลือกงานที่อยู่ในคิวการรอขึ้นมารับการประมวลผล ในการตัดสินใจเลือกงานใดนั้นตัวจัดกำหนดการงานจะใช้ข้อมูลคุณลักษณะของงานมาช่วยในการตัดสินใจ นอกจากนี้ตัวจัดกำหนดการงานจะทำงานตามนโยบายที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า

เนื่องจากระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานมีราคาสูงมาก ดังนั้นผู้ใช้ส่วนใหญ่จึงมักใช้บริการศูนย์ให้บริการระบบประมวลผลแบบขนาน ซึ่งในปัจจุบันศูนย์ให้บริการระบบประมวลผลเชิงพาณิชย์นิยมใช้ระบบประมวลผลแบบคลาวด์ (Cloud Computing) เพื่อให้บริการประมวลผล ส่งผลให้มีการวิจัยการจัดกำหนดการงานบนระบบประมวลผลแบบคลาวด์ขึ้นมาหลายรูปแบบ เช่น การจัดกำหนดการแบบแก๊งบนระบบคลาวด์ (Gang Scheduling in a Cloud Scheduling System) [16] การจัดกำหนดการแบบพอร์ตโฟลิโอ (Portfolio Scheduling) [17] การจัดกำหนดการงานแบบอีอีเอสเอเอส (Energy-Efficient Scheduling and Allocation Scheme: EESAS) [18] การจัดกำหนดการงานแบบดีเอฟเอสเอส (Distributed Factoring Self-Scheduling: DFSS) [19] และ การจัดกำหนดการงานแบบเอ็มโอจีเอ (Multi-Objective Genetic Algorithm: MO-GA) [20] เป็นต้น ศูนย์

ให้บริการระบบประมวลผลแบบขนานมีการเก็บบันทึกการใช้งานของระบบ (Log file) เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์และตรวจสอบระบบได้ โดยข้อมูลที่บันทึกจะประกอบไปด้วย หมายเลขของงาน จำนวนหน่วยประมวลผลที่งานต้องการ เวลาประมวลผลจริง (Actual runtime) เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ (Estimate runtime) เวลาที่งานเริ่มประมวลผล เวลาที่งานหยุดประมวลผล เป็นต้น ซึ่งการทดลองนี้ใช้บันทึกการใช้งานของระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานจากมหาลัยอิลลินอยส์เป็นเวิร์คโหลดในการจำลองระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน



รูปที่ 2-1 การจำลองการประมวลผลของระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

นโยบายการจัดกำหนดการงานแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่หนึ่ง คือ พรีเอมทีพและนอนพรีเอมทีพ การจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานส่วนใหญ่นิยมใช้นโยบายแบบนอนพรีเอมทีพเนื่องจากใช้งานได้ง่าย ทั้งนี้นโยบายแบบนอนพรีเอมทีพแบ่งการให้ระดับความสำคัญแก่งานได้เป็น 2 แบบ คือ การใช้ระดับความสำคัญของงาน (Priority Job) ที่ใช้การจัดระดับความสำคัญของงานในระบบโดยใช้ค่าคุณลักษณะของงานที่อยู่ในระบบ เช่น ลำดับก่อนหลังของงาน จำนวนของหน่วยประมวลผลของงาน เป็นต้น จากนั้นตัวจัดกำหนดการงานจะทำการเลือกงานตามระดับความสำคัญของงานเพื่อทำการประมวลผลต่อไป ตัวอย่างเช่น นโยบายพีวีอีซีแบคฟิล (Preemptive venture EASY-Backfill: PV-EASY-Backfill) [21] ซึ่งจะให้งานที่เข้าสู่ระบบก่อนมีระดับความสำคัญมากกว่างานที่เข้าสู่ระบบภายหลัง เป็นต้น

ส่วนอีกประเภท คือ การใช้ระดับความสำคัญของคิว (Priority Queue) โดยการกำหนดจำนวนของคิว และความสำคัญของคิว ตามคุณลักษณะงานที่อยู่ในระบบ เช่น จำนวนหน่วยประมวลผลที่ใช้ เวลาที่คาดว่างานประมวลผลเสร็จ เป็นต้น ต่อมางานจะถูกแยกไปยังแต่ละคิวที่ตรงกับคุณลักษณะของงาน จากนั้นตัวจัดกำหนดการงานจะเลือกงานตามความสำคัญของคิวเพื่อนำมาประมวลผลบนทรัพยากรที่ว่างอยู่ในระบบ ตัวอย่างเช่น นโยบายเอสดีบีเอทีเอส (SD-Based Algorithm for Task Scheduling: SDBATS) [22] ที่ใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะเวลาเพื่อมอบหมายทรัพยากรให้แก่งานเป็นตัวสำคัญสำหรับการเรียงระดับความสำคัญของคิวการรอ เป็นต้น

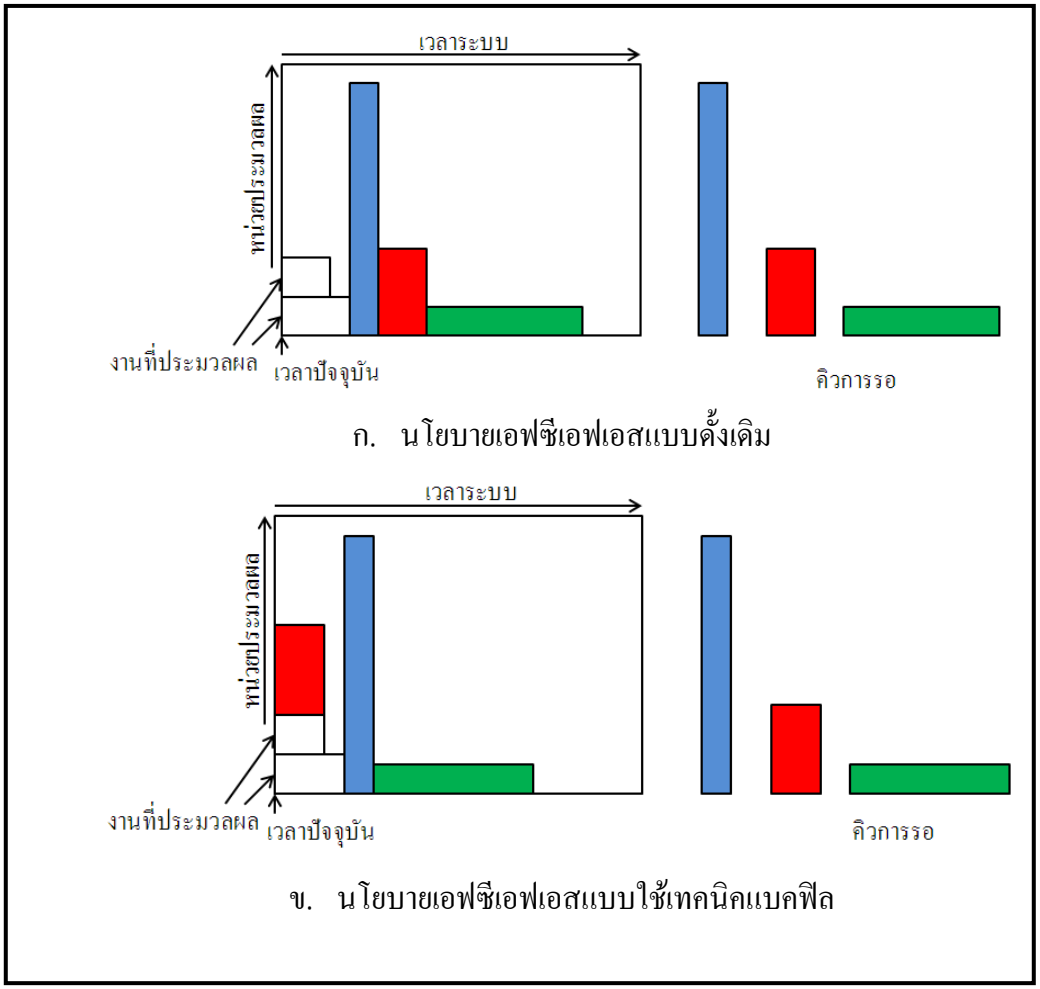
หลักการทำงานในการใช้ระดับความสำคัญทั้งสองวิธีคล้ายกันในแง่ของการเรียงลำดับความสำคัญของงานที่รออยู่บนระบบเพื่อให้ตัวจัดกำหนดการงานพิจารณาตามลำดับ เนื่องจากหากได้รับพิจารณาก่อนจะมีโอกาสได้รับการประมวลผลก่อน เมื่องานได้รับเลือกโดยตัวจัดกำหนดการงานแล้วจะถูกนำออกจากคิวการรอเพื่อรับการแจกจ่ายทรัพยากรตามข้อมูลคุณลักษณะของงานและให้งานเริ่มประมวลผล เมื่องานประมวลผลเสร็จสิ้นแล้วงานดังกล่าวก็จะคืนทรัพยากรที่ได้รับแจกจ่ายก่อนจะออกจากระบบ ส่งผลให้ตัวจัดกำหนดการงานต้องตัดสินใจแจกจ่ายทรัพยากรที่ว่างลงให้กับงานอื่นต่อไป อีกกรณีหนึ่งที่ตัวจัดกำหนดการงานต้องทำงานคือกรณีมีงานใหม่เข้ามาในระบบเนื่องจากงานดังกล่าวอาจจะสามารถใช้งานทรัพยากรที่ว่างอยู่ได้

2.2 นโยบายไพรออริตีแบคฟิล

หัวข้อนี้อธิบายถึงนโยบายไพรออริตีแบคฟิลซึ่งเป็นนโยบายที่ใช้ระดับความสำคัญของงาน โดยการทำงานของนโยบายจะแยกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นระบบไพรออริตีที่เป็นตัวกำหนดค่าระดับความสำคัญ ซึ่งตัวจัดกำหนดการงานจะพิจารณางานตามระดับความสำคัญที่ได้กำหนดไว้ ส่วนเทคนิคแบคฟิลจะกำหนดให้งานที่ระดับความสำคัญต่ำสามารถกระโดดข้าม (แซง)ไปใช้งานทรัพยากรระบบที่ว่างอยู่ หากงานนั้นไม่ทำให้งานที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าเกิดความล่าช้า นโยบายไพรออริตีแบคฟิลถูกใช้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับนโยบายที่ประยุกต์ใช้การจัดกล่องสองมิติ นโยบายไพรออริตีแบคฟิลที่นำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพมีทั้งสิ้น 2 นโยบาย คือ นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (Largest-Slowdown-First-Backfill: LXF-Backfill)

การทำงานของนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลประกอบด้วยการทำงานสองส่วน ส่วนแรกคือการเรียงลำดับความสำคัญของงานตามลำดับก่อนหลังของงานที่เข้าสู่ระบบ โดย ตัวจัดกำหนดการงานจะพิจารณางานตามลำดับดังกล่าว นโยบายนี้งานที่เข้าสู่ระบบก่อนได้รับการ

ประมวลผลก่อน งานที่เข้าสู่ระบบภายหลังได้รับการประมวลผลตามลำดับที่เข้ามาทีหลัง การทำงานส่วนที่สองคือการใช้เทคนิคแบคฟิลเพื่อช่วยให้งานที่เข้ามาทีหลังได้ประมวลผลหากทรัพยากรที่เหลืออยู่เพียงพอและไม่ส่งผลกระทบต่อการประมวลผลของงานที่มีระดับความสำคัญสูงกว่า หลักการ คือ หากงานแรกที่เข้ามาไม่สามารถประมวลผลได้ จะได้รับรีเซอเวชันไทม์ (Reservation Time) ซึ่งเป็นการจองเวลาที่ระบบจะมีทรัพยากรเพียงพอให้งานเริ่มประมวลผลแก่งานแรก และหากระบบมีทรัพยากรเพียงพอจะให้งานถัดมาเริ่มประมวลผลโดยไม่ทำให้รีเซอเวชันไทม์เกิดความล่าช้าจากที่ตั้งไว้ งานที่มีระดับความสำคัญน้อยดังกล่าวจะสามารถเริ่มประมวลผลได้ นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลจำเป็นต้องรู้เวลาประมวลผลของงานเพื่อคำนวณรีเซอเวชั่นไทม์และใช้เพื่อตัดสินใจว่างานใดควรจะได้ประมวลผลก่อน รูปที่ 2-2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบบดั้งเดิม และนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบบใช้เทคนิคแบคฟิลร่วมด้วย



รูปที่ 2-2 การเปรียบเทียบระหว่างนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบบดั้งเดิม กับนโยบายเอฟซีเอฟเอสที่ใช้เทคนิคแบคฟิลร่วมด้วย

จากรูปที่ 2-2ก ระบบใช้นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบบดั้งเดิมในการจัดกำหนดการงาน โดยตัวจัดกำหนดการงานจะให้งานเริ่มประมวลผลโดยพิจารณาตามเทคนิคมาก่อนได้ก่อน คือ หากงานใดเข้ามารอในคิวการรอก่อนเป็นงานแรก ตัวจัดกำหนดการงานจะให้งานนั้นเริ่มประมวลผลก่อนเป็นงานแรก แต่หากทรัพยากรบนระบบ (หน่วยความจำหรือหน่วยประมวลผล) ไม่เพียงพอที่จะให้งานนั้นประมวลผล ตัวจัดกำหนดการงานจะไม่ให้งานตัวอื่นที่รออยู่ในคิวการรอประมวลผล แต่จะรอจนกว่ามีทรัพยากรเพียงพอที่จะให้งานแรกประมวลผลได้ ถึงจะจัดกำหนดการงานที่รออยู่ในคิวต่อไปส่งผลให้ใช้งานทรัพยากรไม่คุ้มค่า

จากรูปที่ 2-2ข ระบบได้ใช้นโยบายเอฟซีเอฟเอสที่ใช้เทคนิคแบคฟิลร่วมด้วยในการจัดกำหนดการงาน ซึ่งนโยบายนี้มีหลักการทำงานสองส่วนดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นสามารถอธิบายได้ดังนี้ หากงานที่อยู่ในคิวการรองานแรกไม่สามารถเริ่มประมวลผลได้ ตัวจัดกำหนดการงานจะให้รีเซอเวชันไทม์แก่งานนั้น จากนั้นจึงพิจารณางานถัดไปว่าสามารถใช้ทรัพยากรที่ว่างอยู่ในระบบเพื่อเริ่มต้นประมวลผลได้หรือไม่ หากสามารถเริ่มประมวลผลได้ ตัวจัดกำหนดการงานจะพิจารณาในลำดับถัดไปว่าหากงานนี้เริ่มต้นประมวลผลแล้วจะทำให้รีเซอเวชันไทม์ที่ให้แก่งานก่อนหน้าเกิดความล่าช้าหรือไม่ ถ้าไม่ทำให้รีเซอเวชันไทม์เกิดความล่าช้า ระบบสามารถเริ่มประมวลผลงานดังกล่าวได้ทันที แต่หากรีเซอเวชันไทม์ที่ให้ไว้เกิดความล่าช้า ตัวจัดกำหนดการงานจะไปพิจารณางานตัวต่อไปตามเทคนิคมาก่อนได้ก่อน จากนั้นจะเริ่มขั้นตอนในการตรวจสอบว่าทำให้รีเซอเวชันไทม์เกิดความล่าช้าหรือไม่เช่นเดิม จนครบทุกงานที่รออยู่ในคิวการรอ

หลักการทำงานของนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลแบ่งออกเป็นสองส่วนเช่นเดียวกับนโยบายไพรออริตีแบคฟิลอื่น ส่วนแรกคือการให้ระดับความสำคัญแก่งาน โดยตัวจัดกำหนดการงานในนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลจะพิจารณาการให้ระดับความสำคัญแก่งานตามค่าน้ำหนักที่ได้คำนวณไว้ตามสมการที่ 1 จากนั้นคือการใช้เทคนิคแบคฟิลที่จะให้งานที่มีระดับความสำคัญต่ำกว่าสามารถที่จะประมวลผลได้ โดยไม่ทำให้งานที่มีระดับความสำคัญสูงเกิดความล่าช้าในการประมวลผล

$$Bounded\ Slowdown = \frac{\text{wait time}+\text{runtime}}{\max(\text{runtime},\text{bounded})} \quad (1)$$

ค่าน้ำหนักที่ได้จากสมการที่ 1 ถูกเรียกอีกอย่างว่าค่าบาวเด็ดสโลว์ดาวน์ (Bounded Slowdown) ซึ่งสังเกตได้ว่าค่าบาวเด็ดสโลว์ดาวน์ขึ้นกับเวลาประมวลผลของงานและค่าการรอ ซึ่งค่าการรอจะคำนวณจากเวลาที่งานเข้าสู่ระบบและรออยู่โดยไม่ได้รับการประมวลผล ดังนั้นงาน

ใหม่ที่เข้าสู่ระบบมีค่าการรอต่ำกว่างานที่เข้าสู่ระบบก่อนหน้า และหากงานเข้าสู่ระบบนานจะทำให้ค่าการรอสูง นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลจะเรียงลำดับงานในคิวการรอโดยงานที่มีค่าบาวเด็ดสโลว์ดาวน์มากจะได้เริ่มประมวลผลก่อน โดยส่วนใหญ่แล้วนโยบายนี้งานที่มีเวลาประมวลผลสั้นได้เริ่มประมวลผลก่อน นโยบายนี้มีข้อดี คือ ค่าเฉลี่ยการรอของระบบลดน้อยลง แต่มีข้อเสีย คืองานที่ใช้เวลาประมวลผลนานอาจจะต้องรอเป็นเวลานานจนส่งผลให้เกิดปัญหาภาวะอดอยาก (Starvation) ได้

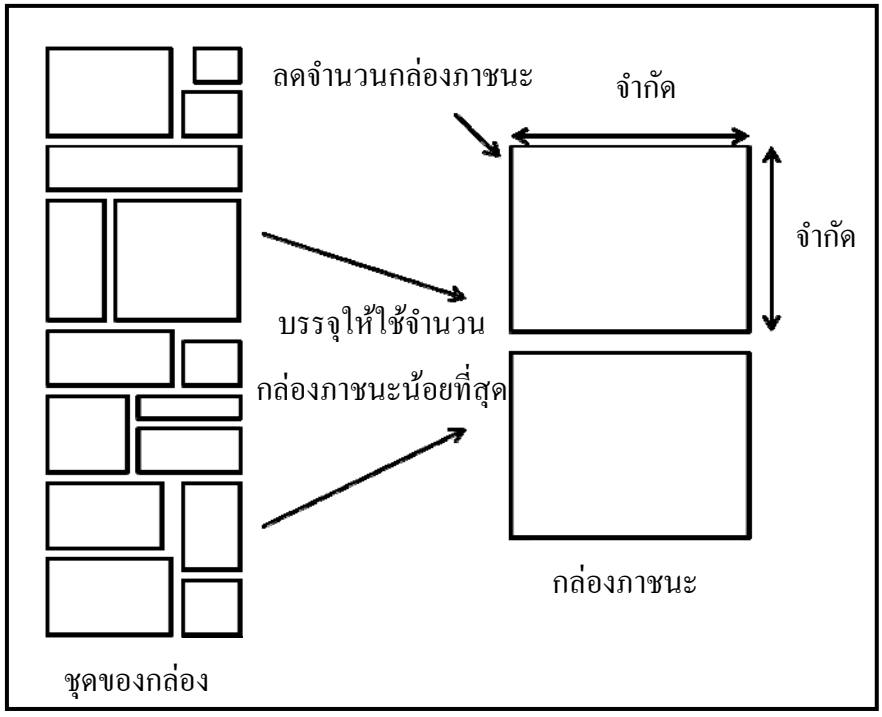
ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายจัดกำหนดการงานแบบขนานโดยประยุกต์ใช้การจัดกล่องสองมิติจะเปรียบเทียบกับผลทดสอบที่ได้จากนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลและ นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล เนื่องจากนโยบายทั้งสองที่ได้กล่าวมาในข้างต้นต่างให้ความสำคัญแก่งานสองกลุ่มที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด จึงเหมาะสมที่จะเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ถึงประสิทธิภาพของนโยบายที่นำเสนอ

2.3 เทคนิคการจัดกล่องสองมิติ

เทคนิคการจัดกล่องระบบสองมิติ คือการนำกล่องสี่เหลี่ยมใบเล็กชุดหนึ่งที่ขนาดต่างกันหรือเท่ากันมาบรรจุลงในภาชนะสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่โดยเหลือพื้นที่ไร้ประโยชน์ในภาชนะให้น้อยที่สุด ปัจจุบันเทคนิคเหล่านี้ถูกนำมาใช้งานในวงการต่างๆ เป็นจำนวนมาก เช่น โรงงานกระจกและไม้ที่ตัดส่วนประกอบขนาดสี่เหลี่ยมเล็กๆ จากวัสดุขนาดใหญ่ให้ได้จำนวนมากที่สุด [23] การแบ่งเนื้อหาโฆษณาในนิตยสาร การแบ่งหัวข้อในหนังสือพิมพ์ และการจัดชั้นวางของในคอนเทนเนอร์ [24] เป็นต้น เทคนิคการจัดกล่องสองมิติสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทใหญ่ คือ เทคนิคบินแพ็คกิง (Bin-Packing) [25] และ เทคนิคสตริปแพ็คกิง (Strip-Packing) [25]

เทคนิคบินแพ็คกิง คือการนำกล่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็กที่มีขนาดเท่ากันหรือแตกต่างกันจำนวนหลายใบบรรจุลงในภาชนะที่มีขนาดเท่ากันหรือแตกต่างกันจำนวนหลายใบ โดยภาชนะมีขนาดความกว้างและความสูงที่จำกัด โดยมีจุดประสงค์คือลดจำนวนของภาชนะที่ใช้บรรจุกล่องให้มีจำนวนน้อยที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2-3 โดยสามารถตัดกล่องและหมุนกล่องเพื่อนำเข้าไปบรรจุในภาชนะได้ เช่น เทคนิคการจัดแบบเอ็มเอ็กซ์จีเอ (Multicrossover Genetic Algorithm: MXGA) [26] เทคนิคการจัดแบบบีอาร์เคจีเค (Biased Random-Key Genetic Algorithm: BRKGA) [27]

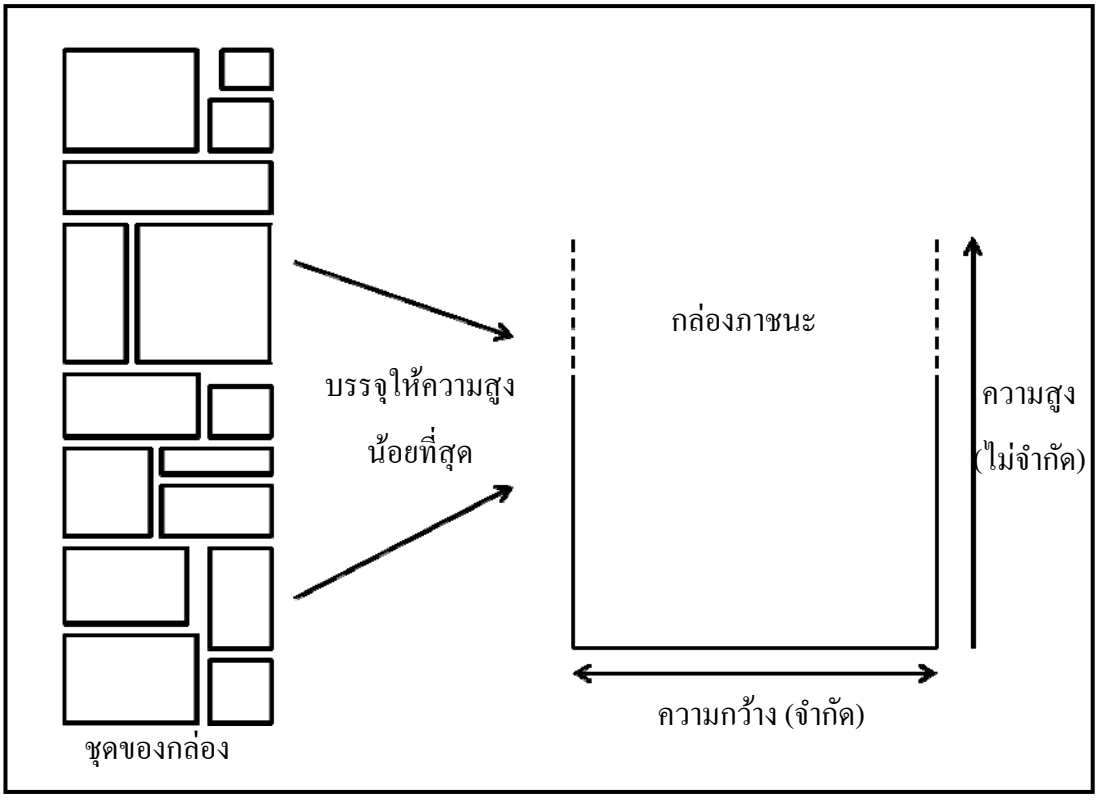
เทคนิคการจัดแบบพีเอ็มโอเอ็มเอ (Parallel Multi-Objective Memetic Algorithm: PMOMA) [28] เทคนิคการจัดแบบจีดีเอ (Goal-Driven Approach: GDA) [29] เป็นต้น อย่างไรก็ตามวิธีเหล่านี้ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานได้ เนื่องจากหากเปรียบเทียบระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานเป็นภาชนะจะได้ภาชนะเพียงใบเดียวเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากวิธีการของเทคนิคบินแพ็คกิงซึ่งเป็นการนำกล่องขนาดเล็กจำนวนหลายใบไปบรรจุในภาชนะโดยใช้จำนวนภาชนะให้น้อยที่สุด อีกทั้งระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานมีแกนเวลาที่ไม่จำกัด ซึ่งจะแตกต่างจากเทคนิคบินแพ็คกิงที่มีขนาดของภาชนะที่จำกัด



รูปที่ 2-3 เทคนิคบินแพ็คกิง

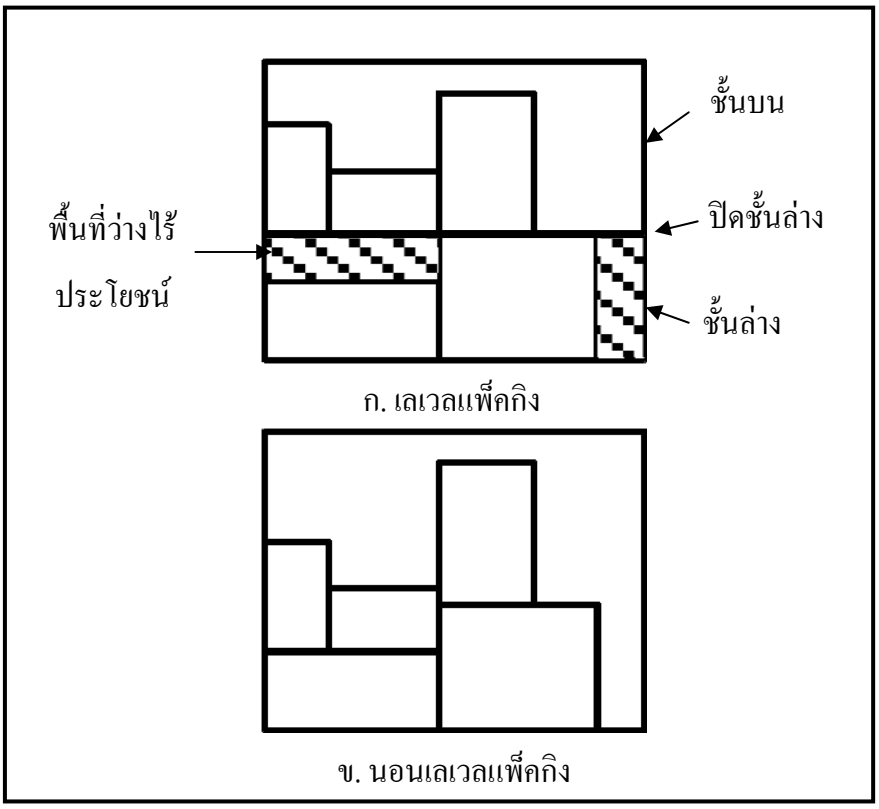
เทคนิคสตริปแพ็คกิง คือการนำชุดของกล่องสี่เหลี่ยมใบเล็กหลายๆ ใบที่มีขนาดเท่ากันหรือแตกต่างกันมาบรรจุในภาชนะเพียงใบเดียวที่มีขนาดความกว้างจำกัดแต่มีขนาดของความสูงที่ไม่จำกัด โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือต้องใส่กล่องสี่เหลี่ยมทุกใบลงในภาชนะให้ความสูงของภาชนะน้อยที่สุดและมีพื้นที่ไร้ประโยชน์ในภาชนะน้อยที่สุดดังรูปที่ 2-4 เทคนิคสตริปแพ็คกิงสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานได้ เนื่องจากปัญหาของทั้งสองคือการนำกล่องสี่เหลี่ยมใบเล็กมาบรรจุในกล่องภาชนะสี่เหลี่ยมใบใหญ่ที่มีด้านใดด้านหนึ่งของภาชนะที่ไม่มีการจำกัดระยะ ทั้งนี้ระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานสามารถ

มองเป็นกล่องภาชนะสี่เหลี่ยมใบใหญ่ที่มีความกว้างจำกัด(จำนวนหน่วยประมวลผล) และมีความสูงที่ไม่จำกัด(ระยะเวลาที่ทุกงานประมวลผลเสร็จ)เทคนิคสตริปแพ็คกิงสามารถแบ่งได้สองประเภทคือ เลเวลแพ็คกิง (Level Packing) และนอนเลเวลแพ็คกิง (Non-level Packing) รูปที่ 2-5 เปรียบเทียบเลเวลแพ็คกิงและนอนเลเวลแพ็คกิง



รูปที่ 2-4 เทคนิคสตริปแพ็คกิง

รูปที่ 2-5ก แสดงการจัดกล่องแบบเลเวลแพ็คกิง โดยภาชนะที่บรรจุจะถูกแบ่งออกเป็นชั้น หากกล่องที่เข้ามาใหม่สามารถใส่ลงในชั้นปัจจุบันได้จะถูกนำไปใส่ แต่หากไม่สามารถใส่ได้จะมีการปิดชั้นและทำการเปิดชั้นใหม่ขึ้นโดยการขีดเส้นตรงให้ขนานพอดีกับกล่องที่สูงที่สุดในระดับชั้นปัจจุบัน จากนั้นนำกล่องที่เข้ามาใหม่ใส่ลงในชั้นใหม่ ตัวอย่างใน เทคนิคนี้เช่น เทคนิคการจัดแบบเอ็นเอฟดีเอช (Next Fit Decreasing Height: NFDH) [30] เทคนิคการจัดแบบเอฟเอฟดีเอส (First Fit Decreasing Height: FFDH) [30] และ เทคนิคการจัดแบบบีเอฟดีเอช (Best Fit Decreasing Height: BFDH) [31] เป็นต้น



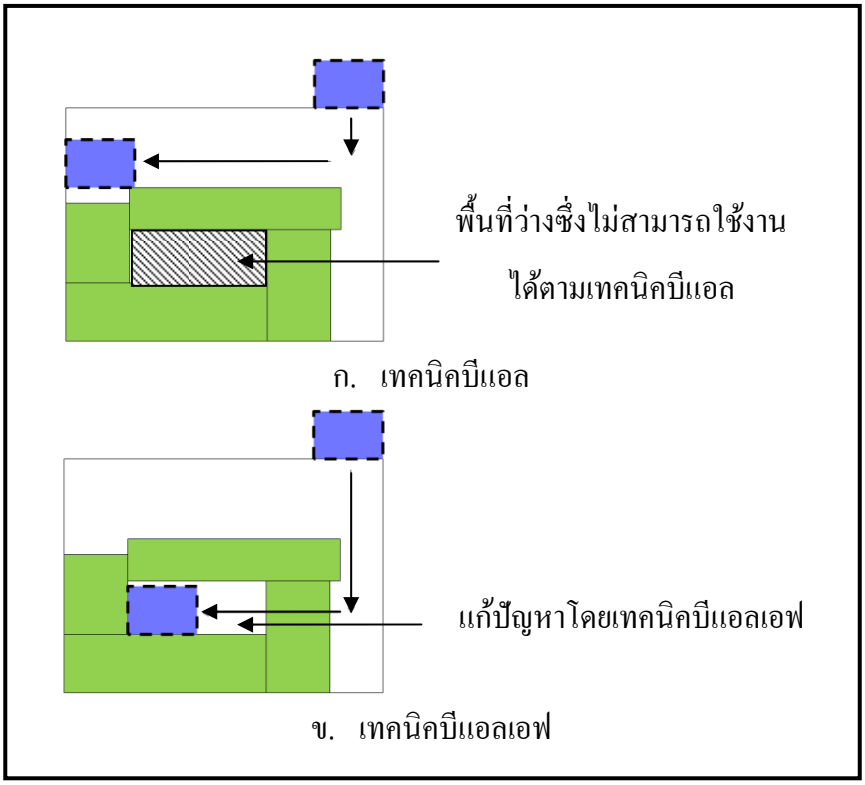
รูปที่ 2-5 เปรียบเทียบเลเวลแพ็คกิงและนอนเลเวลแพ็คกิง

รูปที่ 2-5ข แสดงการแพ็คกล่องแบบนอนเลเวลแพ็คกิง ซึ่งเป็นการบรรจุกล่องลงในภาชนะขนาดใหญ่โดยไม่กำหนดระดับชั้น ส่งผลให้สามารถนำกล่องไปบรรจุไว้ในพื้นที่ว่างในภาชนะได้หากกล่องใบนั้นไม่ไปทับซ้อนกับกล่องใบอื่น ตัวอย่างเช่น เทคนิคบีแอล (Bottom Left: BL) [32] ซึ่งเป็นการนำกล่องไปบรรจุ ณ ตำแหน่งบนสุดแล้วทำการเลื่อนกล่องไปยังตำแหน่งที่อยู่ล่างสุดและซ้ายสุดเท่าที่กระทำได้ โดยกล่องที่นำมาบรรจุจะถูกเรียงตามลำดับความสูงของกล่องจากกล่องใหญ่ไปกล่องเล็ก นั่นคือกล่องใบใหญ่มีความสำคัญสูงกว่ากล่องใบเล็ก

2.4 เทคนิคการจัดกล่องสองมิติที่ประยุกต์ใช้ในการจัดกำหนดการงานแบบขนาน

เทคนิคการจัดกล่องแบบนอนเลเวลแพ็คกิงนอกจากเทคนิคบีแอลแล้วยังมีเทคนิคบีแอลเอฟ (Bottom Left Fill: BLF) [33] ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้เทคนิคบีแอลเป็นพื้นฐาน เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดของเทคนิคบีแอล ทั้งนี้เทคนิคบีแอลเอฟสามารถนำกล่องไปบรรจุในช่องว่าง (Gap) ที่

เกิดจากการบรรจุกล่องก่อนหน้าได้ รูปที่ 2-6 แสดงการเปรียบเทียบเทคนิคบีแอลและเทคนิคบีแอลเอฟ



รูปที่ 2-6 การเปรียบเทียบเทคนิคบีแอลและเทคนิคบีแอลเอฟ

รูปที่ 2-6ก แสดงการจัดกล่องโดยใช้เทคนิคบีแอล กล่องจะถูกเรียงลำดับความสำคัญตามขนาดความสูงของกล่องจากใหญ่ไปเล็ก ต่อมากล่องจะถูกนำเข้ามาไว้ที่มุมขวาบนของภาชนะ จากนั้นกล่องจะถูกเลื่อนไปล่างสุดและซ้ายสุดเท่าที่กระทำได้ เทคนิคบีแอลไม่สามารถนำกล่องใส่ไปยังช่องว่างที่เกิดจากการบรรจุกล่องก่อนหน้านี้ได้ ทำให้เกิดพื้นที่เปล่าประโยชน์

รูปที่ 2-6ข แสดงการจัดกล่องโดยใช้เทคนิคบีแอลเอฟ กล่องจะถูกบรรจุตามขั้นตอนของเทคนิคบีแอล แต่กล่องสามารถถูกบรรจุในช่องว่างที่เกิดขึ้นมาจากการบรรจุกล่องก่อนหน้านี้ได้หรือเรียกว่าแก็ปฟิลลิง (Gap filling) วิธีนี้เป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจากเทคนิคก่อนหน้านี้ ทำให้สามารถลดพื้นที่เปล่าประโยชน์ในภาชนะได้ดียิ่งขึ้น

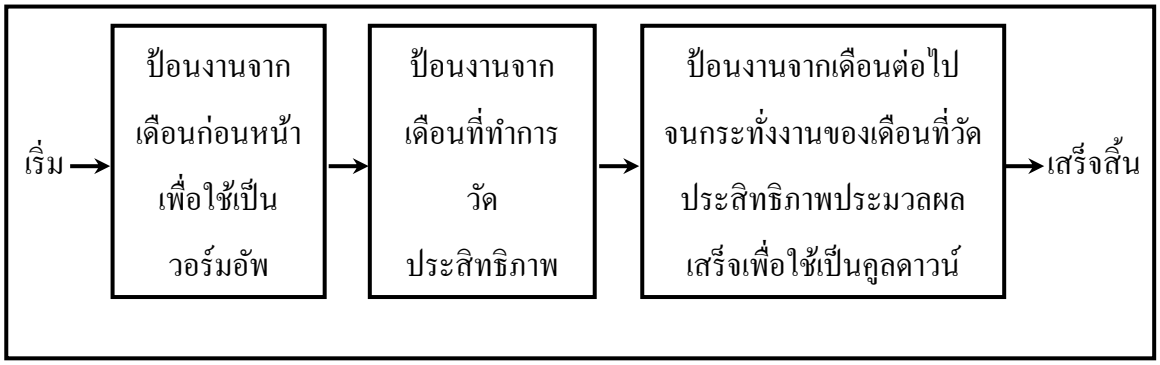
เทคนิคในการบรรจุกล่องลงในพื้นที่เปล่าประโยชน์หรือแก็ปฟิลลิงมีความคล้ายคลึงกันกับเทคนิคแบคฟิลของระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน ส่งผลให้เทคนิคบีแอลเอฟถูกเลือกเพื่อประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน เนื่องจากเทคนิคแก็ปฟิลลิง คือการนำกล่องบรรจุลงในพื้นที่ว่างเปล่าของภาชนะที่เกิดจากการบรรจุกล่องก่อนหน้านี้โดยไม่ส่งผลให้กล่องที่ถูกบรรจุก่อนหน้าเกิดการคลาดเคลื่อน ซึ่งคล้ายกับเทคนิคแบคฟิลบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานซึ่งอนุโลมให้งานที่เข้าสู่ระบบในภายหลังได้รับการประมวลผลบนหน่วยประมวลผลที่ว่างอยู่ก่อนได้ หากงานดังกล่าวไม่ส่งผลให้งานที่เข้าสู่ระบบก่อนหน้าประมวลผลล่าช้า

2.5 โปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานและเวิร์คโหลด

การทดสอบประสิทธิภาพของการนำเทคนิคการจัดกล่องสองมิติมาประยุกต์จะทดสอบบนโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัย [34] โดยใช้เวิร์คโหลดไฟล์จากระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานที่ใช้งานอยู่จริงเป็นข้อมูลของงาน ประสิทธิภาพของระบบวัดจากค่าเฉลี่ยการรอของงานและจะทำการทดสอบทั้งระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ โดยใช้เวลาประมวลผลจริงและเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ การทดสอบระบบออฟไลน์ตัวจัดกำหนดการงานจะทราบถึงคุณลักษณะของงานเพื่อจัดกำหนดการงาน ทำให้สภาพการทำงานคล้ายกับการจัดกล่อง ส่วนการทดสอบระบบออนไลน์ตัวจัดกำหนดการงานจะทราบคุณลักษณะของงานต่อเมื่องานเข้าสู่ระบบซึ่งเป็นสภาวะการทำงานคล้ายกับการจัดกำหนดการงานแบบขนานจริง ทั้งนี้โปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาจาวารุ่น 1.4 (Java Version 1.4) ในการจำลองระบบจะมีช่วงเวลาวอร์มอัพ (Warm-Up) และคูลดาวน์ (Cool-Down) ดังรูปที่ 2-7 เพื่อให้ระบบที่จำลองขึ้นมาทำงานคล้ายสภาพการทำงานของระบบจริงมากที่สุด

จากรูปที่ 2-7 ช่วงเวลาวอร์มอัพ คือการนำงานหนึ่งสัปดาห์ก่อนช่วงเดือนที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพเข้ามาทำงานบนโปรแกรมจำลองระบบก่อน ทำให้การจำลองระบบมีงานที่ได้ทำการประมวลผลไว้ก่อนแล้วคล้ายกับสภาวะการทำงานจริง จากนั้นงานที่อยู่ในช่วงเดือนที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพจะเริ่มเข้าสู่ระบบ เมื่องานทั้งหมดในเดือนที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพถูกป้อนเข้าสู่ระบบจนครบแล้วงานจากเดือนถัดไปยังคงเข้าสู่ระบบจนกระทั่งงานจากเดือนที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพได้รับการประมวลผลเสร็จสิ้นโปรแกรมจำลองระบบจึงจะ

หยุดทำงาน การกระทำเช่นนี้เรียกว่าช่วงคูลดาวน์ของระบบ เพื่อให้การจำลองระบบคล้ายสถานการณ์จริง โปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานจะหยุดทำงานต่อเมื่องานที่อยู่ในเดือนที่ต้องการทดสอบประสิทธิภาพได้ทำการประมวลผลเสร็จสิ้นทั้งหมด จากนั้นผลการทดสอบประสิทธิภาพจะคิดเฉพาะงานในช่วงเดือนที่ทำการทดสอบเท่านั้น ผลการจำลองระบบอยู่ในรูปแบบเท็กซ์ (Text file) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของงานที่ได้รับการประมวลผล ได้แก่ หมายเลขงาน เวลาเข้าสู่ระบบ เวลาเริ่มประมวลผล เวลาที่ประมวลผลเสร็จ เป็นต้น



รูปที่ 2-7 การทำงานของโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

เวิร์คโหลดไฟล์ของระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานที่ใช้เป็นข้อมูลสำหรับทดสอบบันทึกจากศูนย์ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ระบบลินุกส์คลัสเตอร์ (Linux Cluster) จากมหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานชุดดังกล่าวประกอบด้วยหน่วยประมวลผลจำนวน 128 หน่วยประมวลเป็น Intel Itanium (IA-64) แบบ 2 คอร์ (Dual Processor) เวิร์คโหลดไฟล์ที่ใช้ทดสอบมีจำนวนทั้งสิ้น 10 เดือน เป็นข้อมูลในช่วงเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 ถึงเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 ซึ่งเวิร์คโหลดไฟล์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วงตามระยะเวลาที่งานสามารถประมวลผลได้ต่อเนื่องบนระบบโดยไม่หยุด ช่วงแรกอยู่ระหว่างเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 ถึง เดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003 ซึ่งงานในช่วงดังกล่าวสามารถประมวลผลต่อเนื่องบนระบบโดยไม่หยุดได้นาน 12 ชั่วโมง ช่วงที่ 2 อยู่ระหว่างเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 ถึงเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 ซึ่งงานสามารถประมวลผลต่อเนื่องบนระบบโดยไม่หยุดได้นาน 24 ชั่วโมง

จากคุณลักษณะของงานสามารถแบ่งงานออกเป็น 5 ประเภท ตามขนาดของหน่วยประมวลผลที่งานต้องการ ดังนี้

- ประเภทที่ 1 งานที่ต้องการหน่วยประมวลผลจำนวน 1 หน่วยประมวลผล (P=1)
- ประเภทที่ 2 งานที่ต้องการหน่วยประมวลตั้งแต่ 2 หน่วยประมวลผลจนถึง 8 หน่วยประมวลผล ($1<P\leq8$)
- ประเภทที่ 3 งานที่ต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 9 หน่วยประมวลผลจนถึง 32 หน่วยประมวลผล ($8<P\leq32$)
- ประเภทที่ 4 งานที่ต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 33 หน่วยประมวลผลจนถึง 64 หน่วยประมวลผล ($32<P\leq64$)
- ประเภทที่ 5 งานที่ต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 65 หน่วยประมวลผลจนถึง 128 หน่วยประมวลผล ($64<P\leq128$)

ตารางที่ 2-1 แสดงคุณลักษณะของงานในเวิร์คโหลดประเภทที่ 1 ถึงประเภทที่ 3 ซึ่งจัดเป็นงานขนาดเล็กที่มีความต้องการหน่วยประมวลผลน้อย และตารางที่ 2-2 แสดงคุณลักษณะของงานในเวิร์คโหลดประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5 ซึ่งจัดเป็นงานขนาดใหญ่ที่มีความต้องการหน่วยประมวลผลสูง คุณลักษณะงานที่แสดงในตารางทั้งสอง ได้แก่ ดีมานด์ (Demand) ซึ่งเป็นค่าความต้องการหน่วยประมวลผล ค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ประมวลผลจริง (AvgT) ค่าเฉลี่ยของขนาดงาน (AvgNT) และจำนวนของงานแต่ละประเภทในแต่ละเดือน (#j)

จากข้อมูลในตารางที่ 2-1 พบว่า งานส่วนใหญ่ในแต่ละเดือนต้องการหน่วยประมวลผลจำนวนไม่มากหรือจัดอยู่ในงานประเภทที่ 1 นั่นเอง ยกเว้นงานในเดือนมิถุนายนและเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 ซึ่งมีจำนวนงานที่ต้องการหน่วยประมวลผลจำนวน 1 หน่วยไม่มากเช่นเดือนอื่นๆ นอกจากนี้งานประเภทที่ 1 ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 ยังมีค่าเฉลี่ยเวลาการประมวลผลมากที่สุด งานส่วนใหญ่ในเดือนมิถุนายน เดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 จัดเป็นงานประเภทที่ 2 โดยเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 และเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 มีค่าเฉลี่ยของเวลาประมวลผลสูง ส่วนงานประเภทที่ 3 พบว่าเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 และเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 มีงานที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่กว่างานประเภทเดียวกันในเดือนอื่นๆ

ตารางที่ 2-1 คุณลักษณะของงานขนาดเล็ก

เดือน/ปี	หน่วยประมวลผล = 1			
	ดีมานด์	ค่าเฉลี่ยเวลาประมวลผลจริง (ชม.)	ค่าเฉลี่ยขนาดงาน(หน่วยประมวลผล/ชม)	จำนวนงาน
6/03	212.8264	0.36226	0.36226	586
7/03	438.745	1.19224	1.19224	368
8/03	1261.978	0.52538	0.52538	2402
9/03	2055.923	1.15826	1.15826	1775
10/03	3169.087	1.42047	1.42047	2231
11/03	5334.34	2.57822	2.57822	2069
12/03	7818.816	3.46425	3.46425	2257
1/04	8344.292	6.78397	6.78397	1230
2/04	5062.304	2.89109	2.89109	1751
3/04	2003.685	1.00586	1.00586	1992
เดือน/ปี	1<หน่วยประมวลผล<=8			
	ดีมานด์	ค่าเฉลี่ยเวลาประมวลผลจริง (ชม.)	ค่าเฉลี่ยขนาดงาน(หน่วยประมวลผล/ชม)	จำนวนงาน
6/03	1833.977	0.38076	1.76343	1040
7/03	3666.41	1.27904	7.60666	482
8/03	3226.353	1.65811	8.55796	377
9/03	3572.658	0.92022	5.16280	692
10/03	12363.67	2.33376	8.49736	1455
11/03	6049.036	1.93258	6.35403	952
12/03	10508.99	4.18632	13.1034	802
1/04	12381.74	4.4776	12.7384	972
2/04	18866.98	3.15252	10.2649	1838
3/04	14761.16	3.61879	13.7313	1075
เดือน/ปี	8<หน่วยประมวลผล<=32			
	ดีมานด์	ค่าเฉลี่ยเวลาประมวลผลจริง (ชม.)	ค่าเฉลี่ยขนาดงาน(หน่วยประมวลผล/ชม)	จำนวนงาน
6/03	45655.37	4.78037	109.748	416
7/03	19977.3	2.77308	67.7196	295
8/03	30521.54	3.94314	99.4187	307
9/03	29310.25	2.43773	64.1362	457
10/03	28762.96	3.64341	75.6920	380
11/03	15261.47	2.92495	57.1590	267
12/03	20113.25	3.00328	59.6832	337
1/04	24479.56	1.36353	28.4315	861
2/04	25716.84	4.32249	90.8722	283
3/04	38947.1	7.65772	138.110	282

ตารางที่ 2-2 คุณลักษณะของงานขนาดใหญ่

เดือน/ปี	32<หน่วยประมวลผล<=64			
	ดีมานด์	ค่าเฉลี่ยเวลาประมวลผลจริง (ชม.)	ค่าเฉลี่ยของขนาดงาน(หน่วยประมวลผล/ชม)	จำนวนงาน
6/03	16416.64	3.66717	205.208	80
7/03	18042.57	2.56292	154.21	117
8/03	13549.63	3.86261	229.654	59
9/03	8203.072	3.91702	234.373	35
10/03	16312.01	4.7641	247.151	66
11/03	24849.92	3.8015	197.221	126
12/03	28156.87	5.9209	299.541	94
1/04	11874.39	4.29699	219.862	54
2/04	5325.321	1.5773	80.686	66
3/04	4494.321	1.42331	72.847	57
เดือน/ปี	64<หน่วยประมวลผล<=128			
	ดีมานด์	ค่าเฉลี่ยเวลาประมวลผลจริง (ชม.)	ค่าเฉลี่ยของขนาดงาน(หน่วยประมวลผล/ชม)	จำนวนงาน
6/03	11432.39	2.24656	165.686	69
7/03	42728.93	3.17793	309.629	138
8/03	26992.84	3.71494	355.169	76
9/03	23137.6	2.91175	236.098	98
10/03	7013.429	5.29957	412.554	17
11/03	15611.87	5.92785	538.34	29
12/03	4306.009	1.53261	138.903	31
1/04	12563.86	3.82656	322.15	39
2/04	10765.62	4.23890	347.278	31
3/04	11351.79	2.24327	189.196	60

จากข้อมูลในตารางที่ 2-2 พบว่าเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานประเภทที่ 4 ซึ่งมีความต้องการหน่วยประมวลผลมากกว่าทุกเดือนอีกทั้งยังมีงานขนาดใหญ่ที่สุด สำหรับงานประเภทที่ 5 พบว่างานในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 มีความต้องการหน่วยประมวลผลมากที่สุดและมีงานประเภทดังกล่าวจำนวนมากที่สุด ส่วนงานในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003 มีค่าเฉลี่ยเวลาประมวลผลมากที่สุด

จากข้อมูลของคุณลักษณะงานทั้ง 5 ประเภทที่ได้กล่าวในข้างต้นพบว่าเวิร์คโหลดไฟล์ที่นำมาทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้มีความหลากหลายแตกต่างกันไปในแต่ละเดือนแม้ว่าเป็นเวิร์คโหลดจากศูนย์คอมพิวเตอร์เพียงแห่งเดียว

2.6 การวัดประสิทธิภาพ

หัวข้อนี้กล่าวถึงการวัดประสิทธิภาพของนโยบายการจัดกำหนดการงานที่นำเสนอในงานวิจัยชิ้นนี้ ค่าหลักในการวัดประสิทธิภาพของแต่ละนโยบาย คือ ค่าเฉลี่ยในการรอ (Average Wait time) ทั้งนี้เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแต่ละนโยบายอย่างชัดเจน จึงได้ทำการแบ่งกลุ่มของงานในการวัดประสิทธิภาพออกเป็น 25 กลุ่ม โดยใช้เวลาประมวลผล และ จำนวนหน่วยประมวลผลของงานเป็นปัจจัยในการแบ่งกลุ่ม

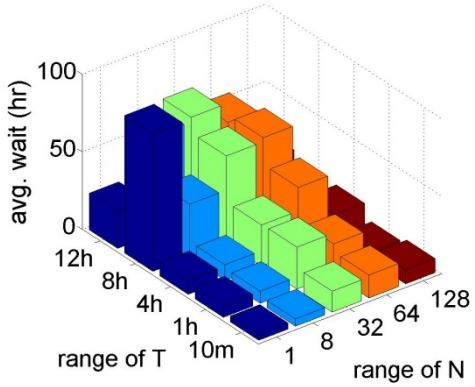
เวลาประมวลผลแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

- กลุ่มที่ 1 งานที่มีเวลาประมวลผลระหว่าง 1 นาที ถึง 10 นาที
- กลุ่มที่ 2 งานที่มีเวลาประมวลผลระหว่าง 11 นาที ถึง 1 ชั่วโมง
- กลุ่มที่ 3 งานที่มีเวลาประมวลผลมากกว่า 1 ชั่วโมง แต่น้อยกว่า 4 ชั่วโมง
- กลุ่มที่ 4 งานที่มีเวลาประมวลผลมากกว่า 4 ชั่วโมง แต่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง
- กลุ่มที่ 5 งานที่มีเวลาประมวลผลมากกว่า 8 ชั่วโมงขึ้นไป

จำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการในแต่ละงานสามารถแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

- กลุ่มที่ 1 งานที่ต้องการหน่วยประมวลผลจำนวน 1 หน่วยประมวลผล
- กลุ่มที่ 2 งานที่ต้องการหน่วยประมวลตั้งแต่ 2 หน่วยประมวลผลจนถึง 8 หน่วยประมวลผล
- กลุ่มที่ 3 งานที่ต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 9 หน่วยประมวลผลจนถึง 32 หน่วยประมวลผล
- กลุ่มที่ 4 งานที่ต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 33 หน่วยประมวลผลจนถึง 64 หน่วยประมวลผล
- กลุ่มที่ 5 งานที่ต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 65 หน่วยประมวลผลจนถึง 128 หน่วยประมวลผล

ผลการวัดประสิทธิภาพในงานวิจัยชิ้นนี้จะนำเสนอเป็นกราฟแท่งสามมิติแสดงค่าเฉลี่ยในการรอของงานทั้ง 25 กลุ่มของแต่ละนโยบายจำนวน 10 เดือน โดยแกนตั้งคือค่าเฉลี่ยในการรอที่มีหน่วยเป็นชั่วโมง แกนนอนคือกลุ่มงานที่แบ่งตามจำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการ และแกนลึกคือกลุ่มงานที่แบ่งตามเวลาประมวลผล ดังแสดงในรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 ตัวอย่างกราฟสามมิติของการวัดประสิทธิภาพ

การใช้กราฟสามมิตินำเสนอค่าเฉลี่ยการรอของงานทั้ง 25 กลุ่มเพื่อวิเคราะห์ถึงนโยบายที่ใช้ว่าเอื้อประโยชน์ต่องานกลุ่มใด และงานกลุ่มไหนที่เสียผลประโยชน์ ส่งผลให้สามารถวิเคราะห์ต่อได้ว่านโยบายที่ใช้สามารถทำงานได้ดีในสภาวการณ์เช่นไร นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละนโยบายที่ใช้ในการจัดกำหนดการงานแบบขนานได้อย่างชัดเจน

บทที่ 3

การออกแบบและทดสอบระบบ

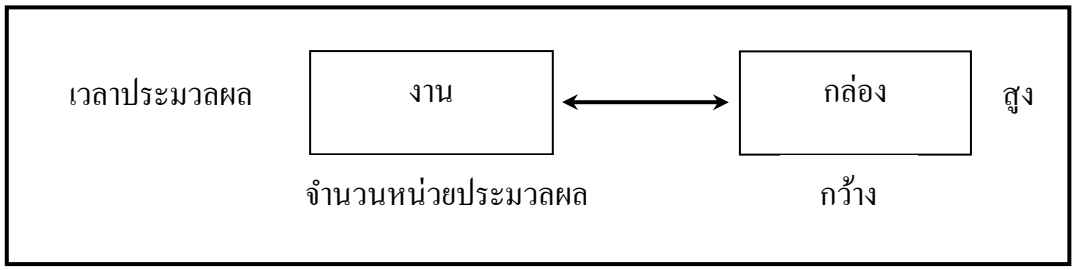
แนวคิดในการออกแบบและประยุกต์เทคนิคบีแอลเอฟในการจัดกล่องสองมิติเพื่อแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานนำเสนอในหัวข้อ 3.1 ส่วนหัวข้อที่ 3.2 กล่าวถึงการจัดการเวิร์คโหลดเพื่อใช้เป็นอินพุตของโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน และหัวข้อที่ 3.3 กล่าวถึงการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายที่ได้ออกแบบไว้

3.1 การประยุกต์ใช้เทคนิคบีแอลเอฟในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

การนำเทคนิคบีแอลเอฟ [33] มาประยุกต์ใช้ในการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานต้องคำนึงถึง 2 ข้อจำกัด คือ ส่วนที่คล้ายกัน และส่วนที่แตกต่างกันระหว่างเทคนิคการจัดกล่องสองมิติและการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานซึ่งจะนำเสนอในหัวข้อย่อยที่ 3.1.1 และ 3.1.2 จากนั้นจะนำเสนอการประยุกต์เทคนิคการจัดกล่องสองมิติเพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานในหัวข้อย่อย 3.1.3

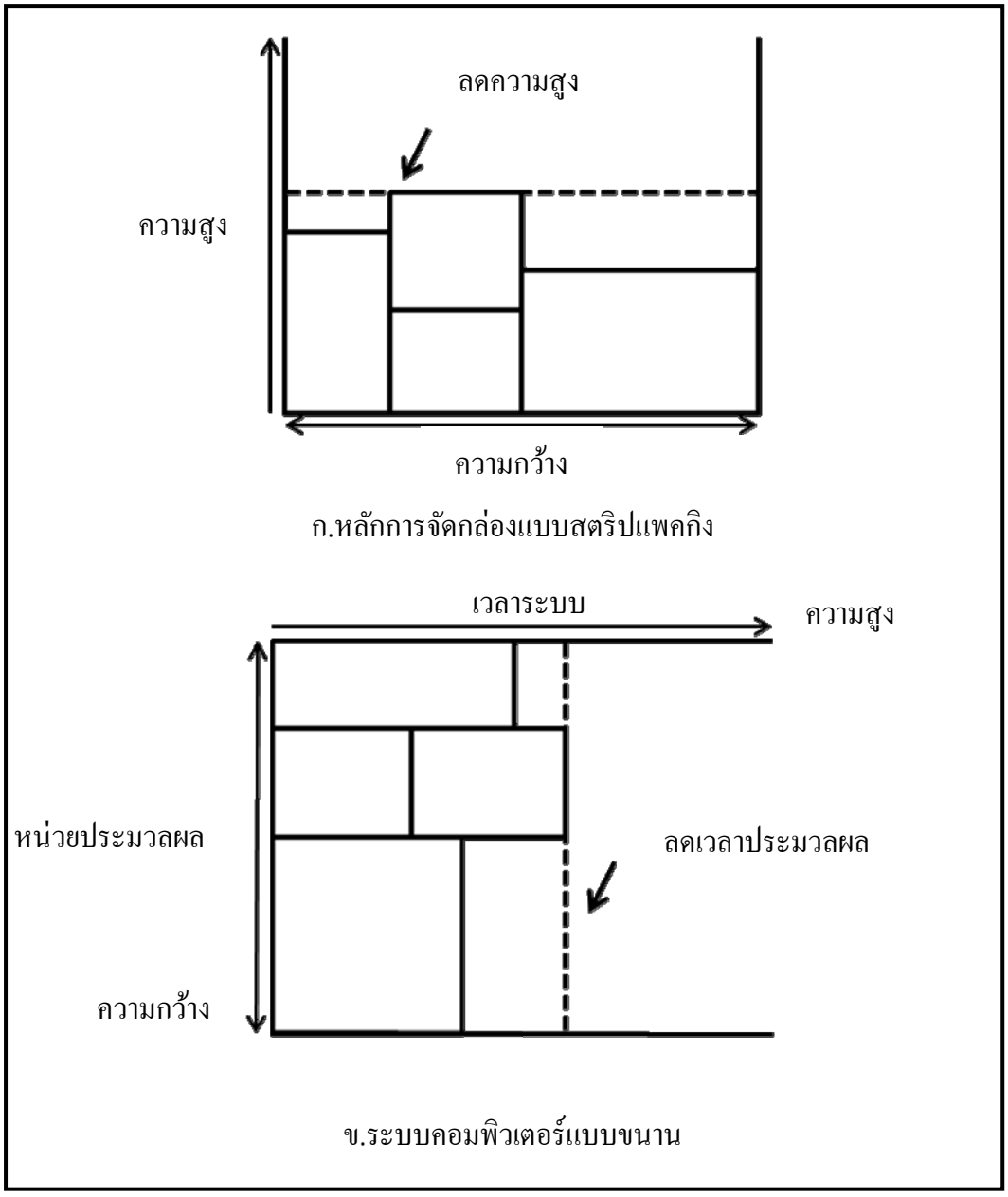
3.1.1 ความคล้ายกันระหว่างเทคนิคการจัดกล่องสองมิติและการจัดกำหนดการงาน

การจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานกับการจัดกล่องสองมิติมีความคล้ายคลึงกัน หากมองว่างานที่เข้าสู่ระบบเป็นกล่องสี่เหลี่ยมสองมิติขนาดเล็กที่รอการบรรจุลงในภาชนะ โดยจำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการของงานคือความกว้างของกล่อง และเวลาประมวลผลของงานคือความสูงของกล่อง ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ความคล้ายคลึงกันของงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานกับกล่องจากการจัดกล่องสองมิติ

ส่วนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานเป็นภาชนะสี่เหลี่ยมสองมิติ โดยจำนวนหน่วยประมวลผลของระบบคือความกว้างของภาชนะ และเวลาประมวลผลของระบบคือความสูงของภาชนะ วิธีการมองเช่นนี้ส่งผลให้สามารถนำเทคนิคการจัดกล่องสองมิติมาประยุกต์ใช้ในการจัดกำหนดการงานแบบขนานได้ ดังแสดงในรูปที่ 3-2



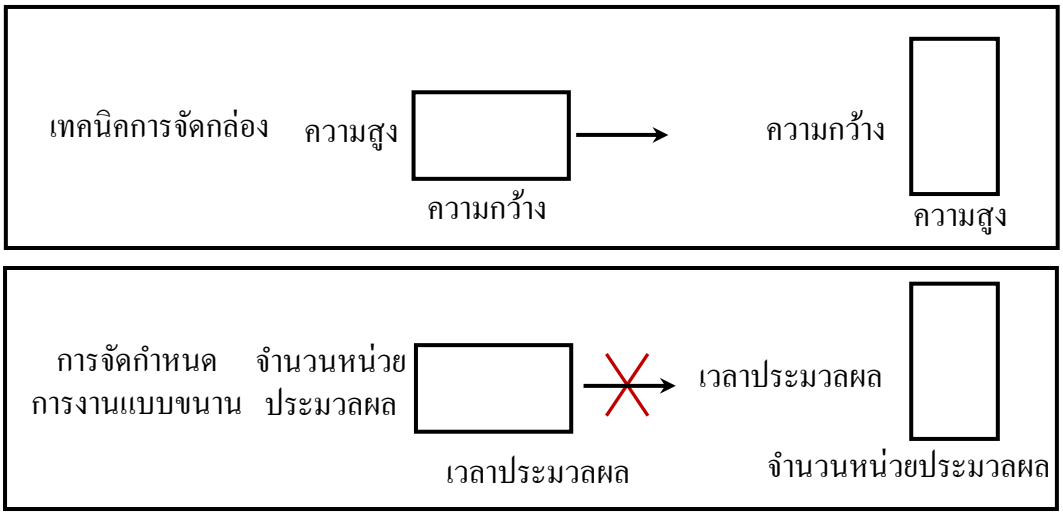
รูปที่ 3-2 แนวคิดในการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกล่องสองมิติเพื่อแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

รูปที่ 3-2ก แสดงการจัดกล่องแบบสตริปแพ็คกิง [25] ซึ่งคือการจัดชุดของกล่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็กลงในภาชนะ ซึ่งภาชนะที่ใช้บรรจุมีความกว้างของภาชนะที่จำกัด แต่มีความสูงของภาชนะไม่จำกัด โดยจุดมุ่งหมายของการจัดกล่อง คือ การจัดกล่องทั้งหมดใส่ภาชนะโดยลดความสูงของภาชนะให้น้อยที่สุด หากหมุนระบบการจัดกล่องแบบสตริปแพ็คกิงไป 90 องศาตามเข็มนาฬิกาจะได้ระบบการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานดังรูปที่ 3-2ข

รูปที่ 3-2ข แสดงระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานที่นำเทคนิคการจัดกล่องสองมิติมาประยุกต์ใช้ โดยความกว้างของกล่องภาชนะแทนที่ด้วยจำนวนหน่วยประมวลผลที่มีอยู่ในระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน และความสูงของภาชนะแทนด้วยเวลาประมวลผลของงานทั้งหมดบนระบบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดเวลาประมวลผลของระบบลง

3.1.2 ความแตกต่างระหว่างเทคนิคการจัดกล่องสองมิติและการจัดกำหนดการงาน

ความแตกต่างระหว่างการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานและเทคนิคการจัดกล่องสองมิติสามารถแบ่งออกได้ 3 ข้อ ข้อแรกคือการหมุน (Rotation) ทั้งนี้กล่องสามารถสลับจากด้านกว้างเป็นด้านยาว และด้านยาวเป็นด้านกว้างได้ ส่วนงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานไม่สามารถสลับจำนวนหน่วยประมวลผลเป็นเวลาประมวลผลเนื่องจากทั้งสองค่าอยู่ต่างมิติกัน ดังแสดงในรูปที่ 3-3 แต่อาจจะมีกรณียกเว้นที่งานนั้นถูกสร้างขึ้นมาให้ตัวจัดกำหนดการงานสามารถเข้าไปเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้แต่งานลักษณะดังกล่าวต้องถูกสร้างโดยโปรแกรมเมอร์เท่านั้น



รูปที่ 3-3 ข้อแตกต่างในการหมุนกล่องระหว่างเทคนิคการจัดกล่องสองมิติและการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

ข้อแตกต่างที่สอง คือเทคนิคการจัดกล่องสองมิติส่วนใหญ่จะจัดบนระบบออฟไลน์ (Offline Mode) กล่าวคือ ผู้จัดจะทราบข้อมูลของกล่องทั้งหมดก่อนเริ่มต้นการจัดกล่อง ซึ่งแตกต่างกับการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานซึ่งส่วนใหญ่จะจัดบนระบบออนไลน์ (Online Mode) ซึ่งตัวจัดกำหนดการงานจะทราบถึงข้อมูลของงานเมื่องานนั้นได้เข้าสู่ระบบแล้ว หมายความว่าตัวจัดกำหนดการงานจะไม่ทราบข้อมูลของงานที่ต้องจัด จนกระทั่งงานนั้นเข้ามาในระบบ

ข้อแตกต่างที่สาม คือ ความไม่แม่นยำของเวลาประมวลผลของงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน เนื่องจากผู้ใช้งานต้องกำหนดเวลาประมวลผลของงาน เหตุจากตัวจัดกำหนดการส่วนใหญ่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลนี้ตัดสินใจเพื่อจะให้งานเริ่มประมวลผลตามนโยบายที่ได้วางไว้ แต่ผู้ใช้งานไม่ทราบเวลาประมวลผลที่แท้จริงของงานที่ส่งเข้ามา ส่งผลให้ผู้ใช้งานต้องคาดการณ์เวลาประมวลผล ซึ่งการคาดการณ์เวลาประมวลผลส่วนนี้มักไม่ค่อยแม่นยำ ซึ่งต่างกับการจัดกล่องสองมิติที่จะมีขนาดของกล่องที่ถูกต้องและแม่นยำเมื่อกล่องมาถึงบริเวณที่จัด

ดังนั้นการนำเทคนิคการจัดกล่องสองมิติมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานนั้น จะต้องคำนึงถึงสิ่งที่แตกต่างกันของทั้งสองระบบเป็นอันดับแรก ปัญหาแรกคืองานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานไม่สามารถที่จะสลับจำนวนหน่วยประมวลผลของงานกับระยะเวลาที่ประมวลผลได้ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเทคนิคการจัดกล่องในระบบสองมิติต้องไม่สามารถที่จะหมุนกล่องเพื่อสลับด้านได้

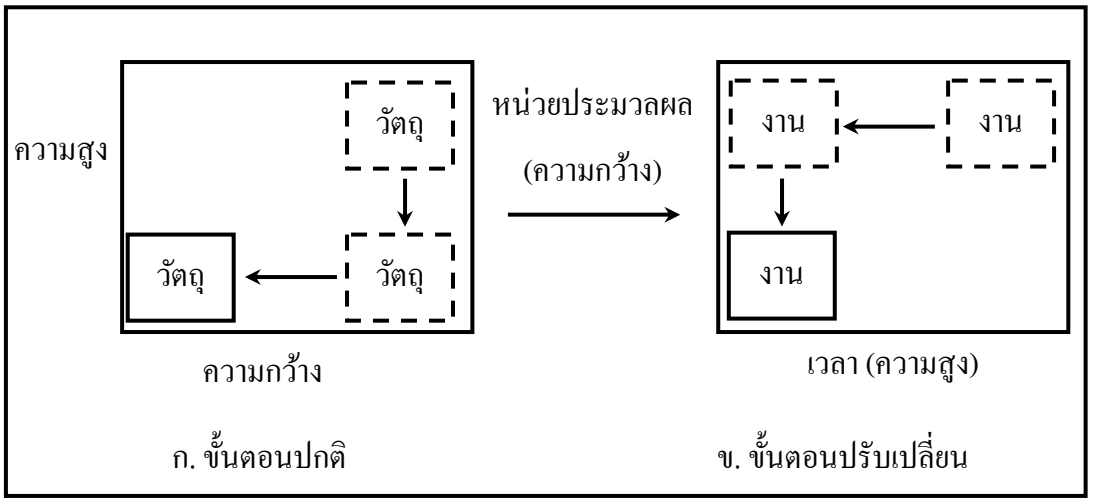
ปัญหาที่สองที่เกิดจากความแตกต่างกันของทั้งสองวิธีการ ที่โดยส่วนใหญ่เทคนิคจัดกล่องสองมิติจะจัดบนระบบออฟไลน์ แต่การจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานจะจัดบนระบบออนไลน์ ปัญหานี้สามารถแก้ได้โดยการทดสอบประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกล่องสองมิติทั้งบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ ในการทดสอบระบบออฟไลน์งานที่เข้ามาในแต่ละวันจะถูกกำหนดให้ได้รับการจัดกำหนดการเพื่อประมวลผลในวันถัดไป ทั้งนี้เพื่อให้ตัวจัดกำหนดการงานได้ทราบถึงข้อมูลคุณลักษณะทั้งหมดของงานที่เข้ามาในวันนั้น การทำเช่นนี้ส่งผลให้มีสภาวะที่ใกล้เคียงกับปัญหาการจัดกล่องสองมิติ ส่วนการทดสอบระบบออนไลน์ งานจะเข้าสู่ระบบตามเวลาที่จัดเก็บในบันทึกการใช้งานระบบส่งผลให้ตัวจัดกำหนดการงานจะทราบข้อมูลของงานเมื่องานเข้าสู่ระบบซึ่งคล้ายกับการจัดกำหนดการงานแบบขนานในสถานการณ์จริง

ปัญหาที่สามที่เกิดจากความไม่แม่นยำของข้อมูลสามารถแก้ไขได้โดยใช้ทั้งเวลาประมวลผลจริงและเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในการทดสอบ ซึ่งการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงจะเสมือนกับการจัดกล่องสองมิติที่มีขนาดของกล่องที่ถูกต้อง ส่วนการ

ทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้จะเสมือนกับการจัดกำหนดการงานแบบขนานในสถานการณ์จริง

3.1.3 เทคนิคบีแอลเอฟประยุกต์

สิ่งที่จะกล่าวถึงต่อไปคือการนำเทคนิคบีแอลเอฟมาประยุกต์ใช้ในการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน โดยปกติแล้วการจัดกล่องโดยเทคนิคบีแอลเอฟกล่องที่ถูกจัดจะเรียงลำดับความสำคัญตามขนาดของกล่อง โดยกล่องขนาดใหญ่จะมีความสำคัญสูงที่สุด ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานจะได้ว่างานที่มีการขอใช้หน่วยประมวลผลมากที่สุด จะมีความสำคัญสูงที่สุด นอกจากนี้ขั้นตอนวิธีการในการจัดกล่องของเทคนิคบีแอลเอฟมีการปรับเปลี่ยนเมื่อนำมาประยุกต์ใช้ ดังรูปที่ 3-4



รูปที่ 3-4 การประยุกต์ใช้เทคนิคบีแอลเอฟบนการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน

รูปที่ 3-4ก แสดงถึงขั้นตอนปกติในการจัดกล่องของเทคนิคบีแอลเอฟโดยจะเริ่มต้นจากการนำกล่องที่จัดไปไว้ตรงมุมขวาบนของภาชนะจากนั้นทำการเลื่อนกล่องลงไปอยู่ข้างล่างภาชนะให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ จากนั้นเลื่อนกล่องไปยังทางซ้ายของภาชนะ โดยกล่องที่ถูกจัดต้องไม่ไปซ้อนทับกับกล่องที่จัดก่อนหน้า การทำเช่นนี้เป็นการลดความสูงของภาชนะให้บรรลุตามเป้าหมายของสตริปแพ็คกิงที่ต้องการลดความสูงของภาชนะ

รูปที่ 3-4ข แสดงให้เห็นขั้นตอนวิธีที่ปรับเปลี่ยนไปในการจัดกล่องของเทคนิคบีแอลเอฟ โดยในที่นี้งานในระบบจะถูกจัดไปทางซ้ายของภาชนะเป็นอันดับแรกแทนที่จะถูกจัดไปยังด้านล่างของภาชนะที่ใช้บรรจุ เนื่องจากจุดประสงค์ที่เปลี่ยนไปของการจัดกำหนดการงานที่ต้องการลดเวลาประมวลผลของระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน ดังนั้นงานที่ถูกจัดจะถูกเลื่อนไปยังช่วงเวลาที่เร็วที่สุดและมีหน่วยประมวลผลเพียงพอต่อการประมวลผล ทั้งนี้เพื่อบรรลุเป้าหมายในการลดเวลาประมวลผลของระบบลง

เทคนิคบีแอลเอฟที่ประยุกต์ใช้ในการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานมีหลักการตามรูปที่ 3-5 จากบรรทัดที่ 1 เมื่อผู้ใช้ส่งงานเข้ามายังระบบงานจะถูกส่งเข้าไปอยู่ในคิวการรอ จากนั้นงานที่อยู่ในคิวการรอจะถูกเรียงลำดับงานใหม่ตามบรรทัดที่ 2 โดยเรียงลำดับจากงานที่ต้องการจำนวนหน่วยประมวลผลมากไปหางานที่ต้องการจำนวนหน่วยประมวลผลน้อย นอกจากนั้นงานจะถูกเรียงลำดับจากงานที่เข้ามาในระบบก่อนไปหางานที่เข้าสู่ระบบในภายหลัง ดังนั้นการเรียงลำดับความสำคัญจะเรียงลำดับความสำคัญของงานที่มีจำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการก่อนตามด้วยการเรียงลำดับการเข้ามาก่อนหลังของงาน จากนั้นในบรรทัดที่ 3 ตัวจัดกำหนดการงานจะเลือกงานแรกจากคิวการรอเพื่อมอบหมายเวลาประมวลผลของงานตามจำนวนทรัพยากรที่เหลืออยู่ของระบบ ในบรรทัดที่ 5-7 ตัวจัดกำหนดการงานจะพิจารณาตารางเวลา (Times Slot) เพื่อมอบหมายเวลาที่งานเริ่มประมวลผล ตารางเวลาประกอบด้วยช่วงเวลาในระบบที่เกิดขึ้นจากการที่มีงานประมวลผลบนระบบ ช่วงเวลาที่อยู่ในตารางเวลาจะบอกถึงทรัพยากรระบบที่เหลืออยู่ในช่วงเวลานั้น ในบรรทัดที่ 8-18 การนำงานที่อยู่ในคิวการรอไปประมวลผลบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานตัวจัดกำหนดการงานจะเลือกช่วงเวลาที่สามารถนำงานที่อยู่ในคิวการรอขึ้นไปทำการประมวลผลบนระบบได้เร็วที่สุดเพื่อที่จะบรรลุเป้าหมายในการจัดกำหนดการงานตามขั้นตอนที่ได้รับการปรับเปลี่ยน งานที่ได้รับการมอบหมายเวลาประมวลผลจะยังไม่เริ่มทำการประมวลผลทันที แต่จะรอให้ถึงเวลาที่จะเริ่มประมวลผลก่อนจึงจะประมวลผล หากมีงานใหม่เข้ามาอยู่ในคิวการรอ งานที่อยู่ในคิวการรอที่ได้รับมอบหมายเวลาประมวลผลจะถูกทำการจัดเรียงลำดับใหม่ และจะถูกตัวจัดกำหนดการงานมอบหมายเวลาประมวลผลใหม่โดยพิจารณาจากตารางเวลาอีกครั้งหนึ่ง

```
Algorithm:  Bottom Left Fill (BLF)
1. WHILE WaitingJob.Size  > 0
2.          SortJobByDecreasingProcessor
3.          RequestProcessor = WaitingJob[0].RequestProcessor
4.          I = 0
5.          WHILE I < TimeSlot.Size
6.                    TimeSlotProcessor  = TimeSlot[i].getProcessor
7.                    TimeSlotTiime  = TimeSlot[i].getTime
8.                    IF RequestProcessor <= TimeSlotProcessor
9.                              IF CheckingImpact  = NOIMPACT
10.                                       CalculateNewTimeSlotProcessor
11.                                       CreatNewTimeslot
12.                                       WaitingJob[0].setStartTime(TimeSlotTime)
13.                                       ScheduleJob.AddJob(WaitingJob[0])
14.                                       WaitingJob.Remove(0)
15.                                       BREAK
16.                             ELSE
17.                                       CONTINUE
18.                             ENDIF
19.                   ENDIF
20.         ENDWHILE
21. ENDWHILE
```

รูปที่ 3-5 หลักการของการจัดกำหนดการงานของเทคนิคบีแอลเอฟประยุกต์

3.2 การจัดการเวิร์คโหลด

การทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายทั้งหมดในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้โปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานโดยใช้เวิร์คโหลดไฟล์ที่นำมาจากศูนย์ซูเปอร์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์ ซึ่งเวิร์คโหลดไฟล์ที่ได้มานั้นเป็นเวิร์คโหลดไฟล์ของระบบออนไลน์ แต่ในการทดสอบประสิทธิภาพมีการทดสอบบนระบบออฟไลน์อยู่ด้วย จึงจำเป็นต้องมีการจัดการเวิร์คโหลดสำหรับระบบออฟไลน์เพื่อที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ได้

เวิร์คโหลดที่บันทึกจากศูนย์ซูเปอร์คอมพิวเตอร์จะอยู่ในรูปแบบเท็กซ์ในฟอร์แมตแบบเอสดับเบิลยูเอฟ (Standard Workload Format:SWF-Format) [34] ซึ่งมีข้อมูลอยู่ทั้งหมด 18 คอลัมน์ ดังแสดงในรูปที่ 3-6 แต่โปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานจะใช้ข้อมูลเพียง 6 คอลัมน์ ดังนี้

- คอลัมน์ที่ 1 หมายเลขของงาน
- คอลัมน์ที่ 2 เวลาที่งานเข้าสู่ระบบ
- คอลัมน์ที่ 4 ค่าเวลาประมวลผลจริงของงานมีหน่วยเป็นวินาที
- คอลัมน์ที่ 5 จำนวนหน่วยประมวลผลที่งานต้องการ
- คอลัมน์ที่ 9 ค่าเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้มีหน่วยเป็นวินาที
- คอลัมน์ที่ 10 ค่าสถานะว่างานนี้ได้รับการประมวลผลหรือไม่ ซึ่งจะไม่ถูกใช้ในโปรแกรมขณะนำงานมาจัดลำดับ

```
34409 26429576 7 36973 8 -1 1425629 6 43200 -1 -1 180 -1 6419 1 -1 -1 -1
34410 26429933 6 24 8 -1 598681 2 300 -1 -1 225 -1 7 1 -1 -1 -1
34411 26430765 1 1 8 -1 -1 1 600 -1 -1 94 -1 9100 1 -1 -1 -1
34412 26434362 10 1 8 -1 -1 1 600 -1 -1 94 -1 646 1 -1 -1 -1
34413 26434656 21 9426 8 -1 1596313 2 14400 -1 -1 159 -1 8820 1 -1 -1 -1
34414 26435414 7 78 8 -1 268390 4 1800 -1 -1 51 -1 7 1 -1 -1 -1
34415 26438014 29 238 8 -1 1604608 4 900 -1 -1 228 -1 9095 1 -1 -1 -1
34416 26438062 14 1 8 -1 -1 1 600 -1 -1 94 -1 9101 1 -1 -1 -1
34417 26439366 7 1812 8 -1 697267 4 9000 -1 -1 51 -1 7 1 -1 -1 -1
34418 26441526 6 1 8 -1 -1 1 600 -1 -1 94 -1 6929 1 -1 -1 -1
34419 26442202 5 129 8 -1 1759232 4 900 -1 -1 228 -1 9095 1 -1 -1 -1
34420 26442666 14 2854 8 -1 31744 1 4800 -1 -1 176 -1 7 1 -1 -1 -1
34421 26442676 3 211 8 -1 22528 1 900 -1 -1 228 -1 7 1 -1 -1 -1
```

รูปที่ 3-6 เวิร์คโหลดฟอร์แมตเอสดับเบิลยูเอฟแบบออนไลน์

หลักการเตรียมเวิร์คโหลดระบบออนไลน์เป็นเวิร์คโหลดระบบออฟไลน์คือการปรับเปลี่ยนข้อมูลในคอลัมน์ที่ 2 ซึ่งเป็นเวลาที่งานเข้าสู่ระบบ โดยระยะเวลาที่งานเข้าสู่ระบบจะแสดงอยู่ในรูปของยูนิกซ์ไทม์ (Unix Time) ซึ่งคือมาตรฐานเวลาที่ถูกนับเริ่มมาตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ค.ศ.1970 โดยถูกนับเพิ่มเรื่อยมาทุกๆวินาที หากคิดเวลาใน 1 วัน เป็น 24 ชั่วโมง จะได้ยูนิกซ์ไทม์ 86400 วินาที การจัดกำหนดการงานบนระบบออฟไลน์งานที่เข้ามาในแต่ละวันจะถูกจัดเก็บไว้เพื่อทำการจัดกำหนดการงานในวันถัดไป ทำให้ต้องเปลี่ยนข้อมูลในแถวที่ 2 ใหม่ทุก 86400 วินาที

รูปที่ 3-7 แสดงผลการเปลี่ยนข้อมูลจากเดิมในรูปที่ 3-6 โดย 3 งานแรก (34409-34411) จะถูกปรับให้เข้าสู่ระบบในวันแรก (วินาทีที่ 0) สามงานถัดไป (34412-34414) ซึ่งเป็นงานที่เข้ามาในระหว่างวันที่ 1 จะถูกปรับให้เข้าสู่ระบบในวินาทีที่ 86400 หรือวันถัดไปนั่นเอง

```
34409 0 7 36973 8 -1 1425629 6 43200 -1 -1 180 -1 6419 1 -1 -1 -1 26429576
34410 0 6 24 8 -1 598681 2 300 -1 -1 225 -1 7 1 -1 -1 -1 26429933
34411 0 1 1 8 -1 -1 1 600 -1 -1 94 -1 9100 1 -1 -1 -1 26430765
34412 86400 10 1 8 -1 -1 1 600 -1 -1 94 -1 646 1 -1 -1 -1 26434362
34413 86400 21 9426 8 -1 1596313 2 14400 -1 -1 159 -1 8820 1 -1 -1 -1 26434656
34414 86400 7 78 8 -1 268390 4 1800 -1 -1 51 -1 7 1 -1 -1 -1 26435414
34415 172800 29 238 8 -1 1604608 4 900 -1 -1 228 -1 9095 1 -1 -1 -1 26438014
34416 172800 14 1 8 -1 -1 1 600 -1 -1 94 -1 9101 1 -1 -1 -1 26438062
34417 172800 7 1812 8 -1 697267 4 9000 -1 -1 51 -1 7 1 -1 -1 -1 26438062
34418 172800 6 1 8 -1 -1 1 600 -1 -1 94 -1 6929 1 -1 -1 -1 26441526
34419 259200 5 129 8 -1 1759232 4 900 -1 -1 228 -1 9095 1 -1 -1 -1 26442202
34420 259200 14 2854 8 -1 31744 1 4800 -1 -1 176 -1 7 1 -1 -1 -1 26442666
34421 259200 3 211 8 -1 22528 1 900 -1 -1 228 -1 7 1 -1 -1 -1 26442676
```

รูปที่ 3-7 เวิร์คโหลดฟอร์แมตเอสดับเบิลยูเอฟแบบออฟไลน์

3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

การวัดประสิทธิภาพของการนำเทคนิคการจัดกล่องสองมิติมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานจะวัดทั้งบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ เหตุที่แบ่งการทดสอบประสิทธิภาพเป็น 2 การทดสอบเนื่องจากการจัดกล่องในระบบสองมิติจะจัดโดยทราบข้อมูลคุณลักษณะของกล่องทั้งหมดที่จะจัดซึ่งคือระบบออฟไลน์ ส่วนของการจัดกำหนดการงานนั้นระบบจะไม่ทราบถึงคุณลักษณะของงานจนกระทั่งงานนั้นเข้ามายังระบบซึ่งคือการจัดบนระบบออนไลน์

การทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ ตัวจัดกำหนดการงานจะมีข้อมูลคุณลักษณะทั้งหมดของงานที่เข้าสู่ระบบก่อนทำการจัดกำหนดการงานหนึ่งวัน ส่วนการทดสอบ

ประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ ตัวจัดกำหนดการงานจะมีข้อมูลคุณลักษณะงานเมื่องานนั้นเข้าสู่ระบบเสมือนการจัดกำหนดการงานที่ใช้อยู่จริง อีกทั้งในการวัดประสิทธิภาพของระบบยังมีการนำเวลาประมวลผลจริงของงานมาใช้เพื่อหาประสิทธิภาพสูงสุด และใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายเสมือนการจัดกำหนดการในสถานการณ์จริง

โดยสรุปงานวิจัยชิ้นนี้มีการทดสอบประสิทธิภาพ 4 การทดลองดังนี้

- การทดลองที่ 1 จำลองระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในการทดสอบ
- การทดลองที่ 2 จำลองระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในการทดสอบ
- การทดลองที่ 3 จำลองระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในการทดสอบ
- การทดลองที่ 4 จำลองระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในการทดสอบ

ทั้งนี้การจัดกำหนดการงานแบบออฟไลน์ไม่ได้ใช้งานอยู่จริงบนระบบการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน การจัดกำหนดการงานแบบออฟไลน์ที่ทดลองในงานวิจัยชิ้นนี้ เพื่อวัดประสิทธิภาพของการนำเทคนิคการจัดกล่องมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานเท่านั้น ทั้งนี้ประสิทธิภาพที่ได้จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกล่องในระบบสองมิติ จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับ นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และ นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล ที่นิยมใช้ในการจัดกำหนดการงานซึ่งอธิบายรายละเอียดไว้ในบทที่ 2 หัวข้อ2.2

บทที่ 4
ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ผล

บทนี้นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพและบทวิเคราะห์ของการนำเทคนิคการจัดกล่องสองมิติมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน การทดสอบทั้งหมดจะทดสอบบนโปรแกรมจำลองระบบการจัดกำหนดการงาน ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยหัวข้อที่ 4.1 นำเสนอผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง หัวข้อที่ 4.2 กล่าวถึงผลการทดสอบประสิทธิภาพของการใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้บนระบบออฟไลน์พร้อมทั้งนำเสนอบทวิเคราะห์ของการทดสอบประสิทธิภาพ หัวข้อที่ 4.3 นำเสนอผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง หัวข้อ 4.4 กล่าวถึงผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ และหัวข้อ 4.5 นำเสนอถึงข้อสรุปของผลการทดสอบประสิทธิภาพทั้งหมด

4.1 ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง

หัวข้อนี้เสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง สาเหตุที่ทดสอบบนระบบออฟไลน์เนื่องจากปกติแล้วการจัดกำหนดการงานจะจัดบนระบบออนไลน์ แต่การจัดกล่องสองมิติจะจัดกล่องบนระบบออฟไลน์ ส่งผลให้การประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกล่องสองมิติต้องทดสอบบนระบบออฟไลน์เพื่อตรวจสอบว่าเทคนิคการจัดกล่องสองมิติทำงานได้เต็มศักยภาพในการจัดกำหนดการงานหรือไม่

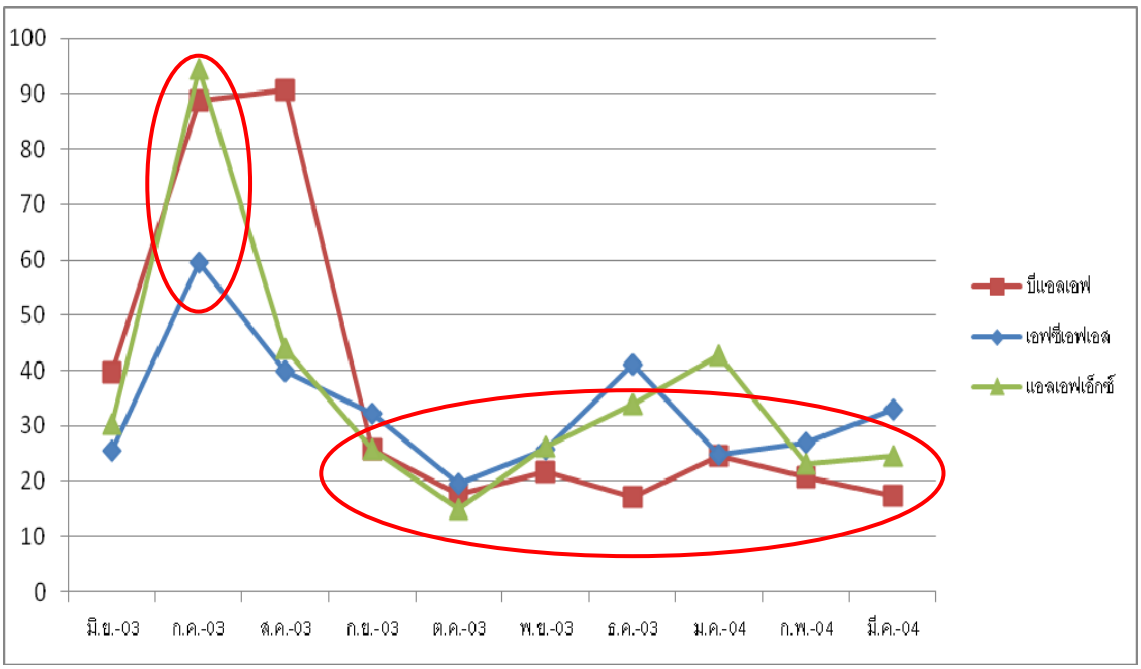
ในการทดสอบบนระบบออฟไลน์งานที่เข้าสู่ระบบวันแรกจะถูกจัดกำหนดการงานในวันถัดไป เพื่อให้ตัวจัดกำหนดการงานมีข้อมูลคุณลักษณะของงานที่ต้องจัดทั้งวัน ได้แก่ เวลาประมวลผล จำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการ เป็นต้น และหากงานที่เข้าสู่ระบบวันแรกได้รับการประมวลผลไม่หมด งานเหล่านั้นจะถูกเก็บไว้ประมวลผลในวันถัดไป การทดสอบประสิทธิภาพในหัวข้อนี้ใช้เวลาประมวลผลจริงในการจำลองระบบ เพื่อให้ตัวจัดกำหนดการมีเวลาประมวลผลของงานที่แม่นยำเช่นเดียวกับการจัดกล่องสองมิติที่ผู้จัดจะมีข้อมูลความกว้างและความสูงของกล่องที่แม่นยำ

ประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในการจำลองระบบจะเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบาย

แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล ซึ่งการวัดประสิทธิภาพของแต่ละนโยบายจะใช้ค่าเฉลี่ยการรอของงานทั้ง 25 กลุ่มตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 เป็นเกณฑ์หลัก ทั้งนี้ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงสามารถแบ่งออกได้สองประเภท ดังนี้ หัวข้อย่อยที่ 4.1.1 นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่าผลจากนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลพร้อมทั้งบทวิเคราะห์สาเหตุที่นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอที่ดีกว่า หัวข้อย่อยที่ 4.1.2 นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่าผลจากนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิลพร้อมทั้งบทวิเคราะห์สาเหตุที่นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยที่แย่กว่า สุดท้ายจะกล่าวสรุปผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในหัวข้อย่อย 4.1.3

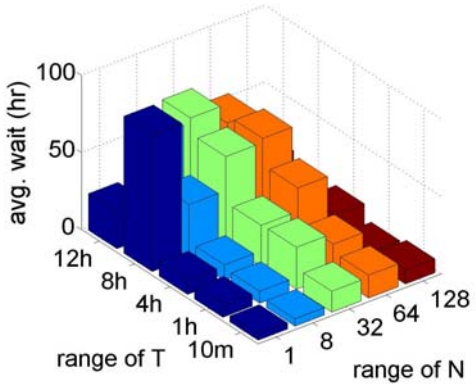
4.1.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

จากผลการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟให้ประสิทธิภาพดีกว่าหรือเทียบเท่ากับประสิทธิภาพของนโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสอง จำนวน 8 เดือนจาก 10 เดือน ซึ่งประกอบด้วยเดือนกรกฎาคม เดือนกันยายน เดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน และเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 ดังรูปที่ 4-1 โดยในที่นี้ขอยกตัวอย่าง ประสิทธิภาพของเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 เนื่องจากเดือนกรกฎาคมมีงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 และงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 5 เข้ามาเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ในเดือนดังกล่าวยังมีค่าดีมานด์ของงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 5 สูงกว่าทุกเดือน (ดูข้อมูลตารางที่ 2-2) ส่วนเดือนตุลาคมมีงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 เข้ามาในระบบเป็นจำนวนน้อย นอกจากนั้นงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 5 ยังมีจำนวนน้อยที่สุดกว่าทุกเดือน ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเดือนกรกฎาคม และเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 นำเสนอในรูปแบบกราฟ 3 มิติ ดังรูปที่ 4-2 และรูปที่ 4-3 ตามลำดับ

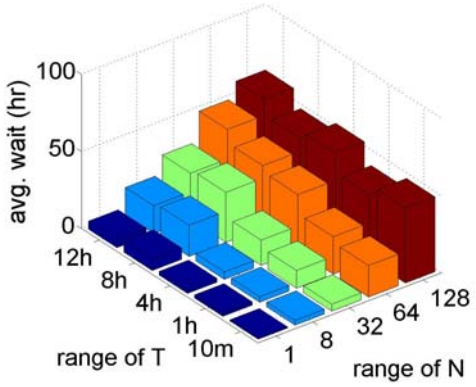


รูปที่ 4-1 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงที่นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่ากับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

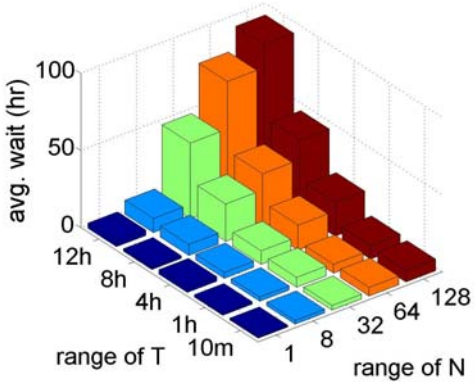
จากรูปที่ 4-2 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานแต่ละประเภทของเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ (88.75 ชั่วโมง) ดีกว่านโยบายแอลเอฟเอ็กซ์ (94.52 ชั่วโมง) เนื่องจากเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดใหญ่เข้ามาจำนวนมากที่สุด ทั้งยังมีการใช้ทรัพยากรของงานขนาดใหญ่มากที่สุดจากทุกเดือนที่ทำการทดสอบ ส่งผลให้นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลที่ให้ความสำคัญแก่งานขนาดเล็กทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งสังเกตได้ว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดนั้นมาจากงานขนาดใหญ่ที่มีเวลาประมวลผลนาน ซึ่งต่างจากนโยบายบีแอลเอฟที่งานขนาดใหญ่มีระดับความสำคัญสูงส่งผลให้งานขนาดใหญ่ทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ส่วนเหตุผลที่นโยบายบีแอลเอฟ (88.75 ชั่วโมง) มีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (59.54 ชั่วโมง) เนื่องจากมีงานขนาดใหญ่เข้ามาในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 จำนวนมาก ส่งผลให้งานขนาดเล็กในนโยบายบีแอลเอฟรอเป็นเวลานานก่อนได้รับประมวลผล ซึ่งค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานมาจากงานขนาดเล็ก



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล



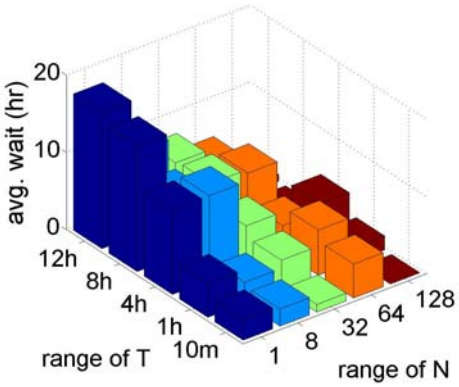
ค. นโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล

รูปที่ 4-2 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003

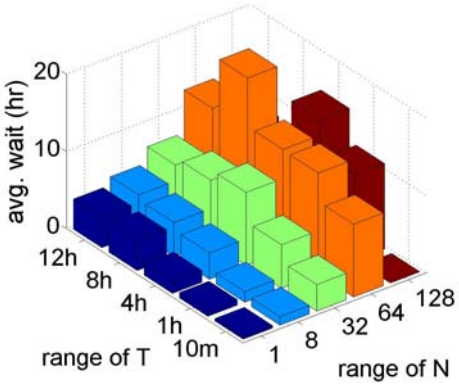
นอกจากนี้หากวิเคราะห์แต่ละนโยบาย จะพบว่า นโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-2ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอ

สูงขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่ต้องการหน่วยประมวลผลเพียง 1 หน่วยและประมวลผล 8 ชั่วโมง แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 128 หน่วยประมวลผล มีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกกลุ่มเวลาประมวลผลของงาน นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-2ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 8 และ 32 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 128 หน่วยมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นในทุกกลุ่มเวลาประมวลผล นโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล (รูปที่ 4-2ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกกลุ่มเวลาประมวลผล แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงมากขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดใหญ่ที่มีเวลาประมวลผลของงาน 12 ชั่วโมง

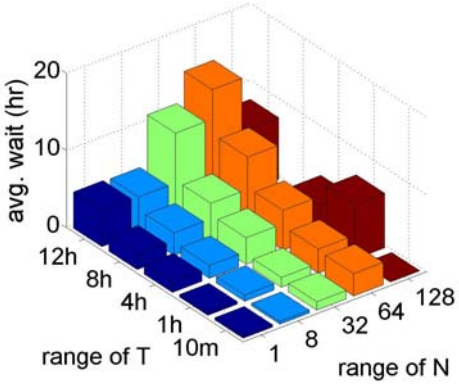
จากรูปที่ 4-3 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานแต่ละประเภทของเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 จากนโยบายบีแอลเอฟ (17.68 ชั่วโมง) ดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (19.48 ชั่วโมง) เมื่อวิเคราะห์สาเหตุพบว่าปัญหาเกิดจากงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 เข้ามาหลังงานขนาดเล็กจำนวนมากส่งผลให้งานขนาดใหญ่ต้องรอให้งานขนาดเล็กประมวลผลเสร็จก่อนที่จะได้รับการประมวลผล เนื่องจากระบบไม่มีทรัพยากรเพียงพอในการเทคนิคแบคฟิล ส่วนเหตุผลที่นโยบายบีแอลเอฟ (17.68 ชั่วโมง) มีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดแย่กว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (14.87 ชั่วโมง) เนื่องจากเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดเล็กประเภทที่ 1 และ ประเภทที่ 2 จำนวนมากทั้งยังมีงานขนาดใหญ่จำนวนน้อยแต่งานขนาดใหญ่กลับมีเวลาประมวลผลยาวนานส่งผลให้นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลที่ให้ความสำคัญแก่งานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลสั้นทำงานได้มีประสิทธิภาพ ในทางตรงกันข้ามเนื่องจากเดือนนี้มีงานขนาดใหญ่น้อยแต่งานเหล่านั้นมีเวลาประมวลผลที่ยาวนานส่งผลให้งานขนาดเล็กที่จัดกำหนดการงานโดยนโยบายบีแอลเอฟส่วนหนึ่งยังคงต้องรอให้งานเหล่านี้ประมวลผลก่อน



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล



ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

รูปที่ 4-3 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003

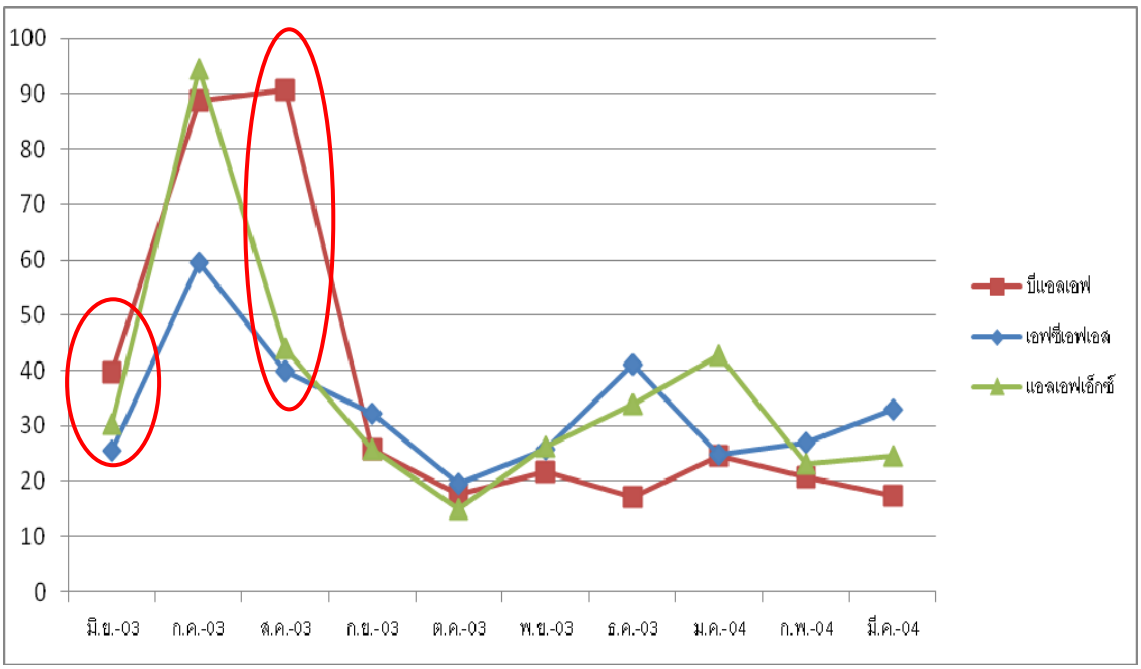
เมื่อเจาะลึกแต่ละนโยบายพบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-3ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กที่ต้องการหน่วยประมวลผล 1 หน่วยและมีเวลาประมวลผลตั้งแต่ 4 8 และ 12 ชั่วโมงมี

ค่าเฉลี่ยการรอสูงมากขึ้น แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงทุกระยะเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-3ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง ส่วนงานขนาดใหญ่ที่มีความต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นทุกกลุ่มเวลาประมวลผล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-3ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงในทุกกลุ่มเวลา แต่งานขนาดกลางและขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 32 64 และ 128 หน่วยประมวลผลและมีเวลาประมวลผล 12 ชั่วโมง กลับมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

4.1.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่าทั้งนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล

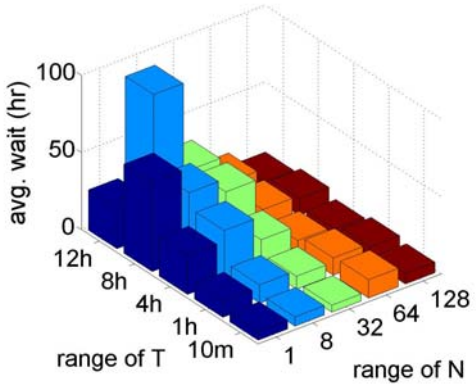
จากผลการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟจำนวน 2 เดือนจาก 10 เดือนให้ประสิทธิภาพที่แย่กว่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองนโยบาย ได้แก่ เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 และเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 ดังรูปที่ 4-4 โดยในที่นี้จะขอยกตัวอย่างเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 เนื่องจากเป็นเดือนที่มีงานขนาดเล็กประเภทที่ 1 จำนวนมากที่สุดถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของงานทั้งหมด (ตารางที่ 2-1) ส่วนผลการทดสอบประสิทธิภาพนำเสนอในรูปที่ 4-5

จากรูปที่ 4-5 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ.2003 ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ (90.64 ชั่วโมง) มีค่าแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (39.78 ชั่วโมง) และ นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (43.88 ชั่วโมง) เหตุผลที่ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของนโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองนโยบาย เนื่องจากนโยบายบีแอลเอฟให้ลำดับความสำคัญแก่งานขนาดใหญ่มากกว่างานขนาดเล็ก แต่เดือนสิงหาคมกลับมีงานขนาดเล็กเข้ามาจำนวนมากส่งผลให้เทคนิคแก็ปฟิลลิงไม่สามารถใช้กับงานขนาดเล็กได้ทั้งหมด เป็นเหตุให้งานเหล่านั้นต้องรองานขนาดใหญ่ประมวลผลเสร็จก่อนจึงจะสามารถเริ่มประมวลผลได้ ซึ่งสังเกตได้จากค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดมาจากกลุ่มงานขนาดเล็ก

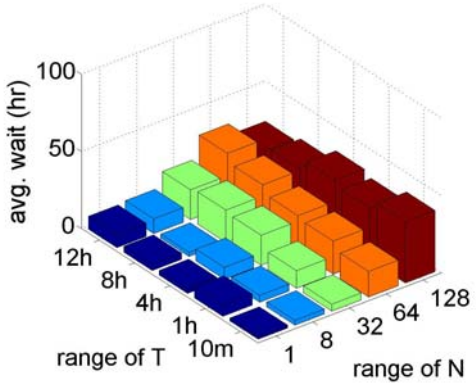


รูปที่ 4-4 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงที่นโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

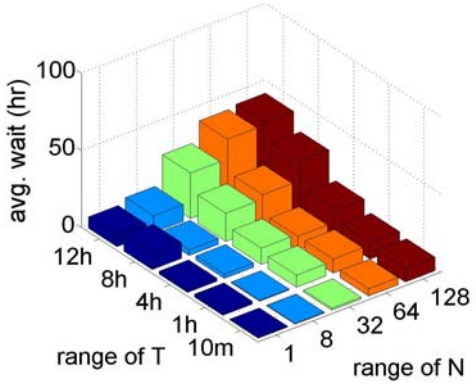
เมื่อวิเคราะห์การทำงานของแต่ละนโยบาย พบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-5ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กที่ต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่ต้องการหน่วยประมวลผล 8 หน่วยและประมวลผลนาน 12 ชั่วโมงซึ่งมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงในทุกกลุ่มเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-5ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กที่ต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นทุกกลุ่มเวลาประมวลผล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-5ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลสั้น ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น โดยเฉพาะงานขนาดใหญ่ที่มีเวลาประมวลผลที่ยาวนาน



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล



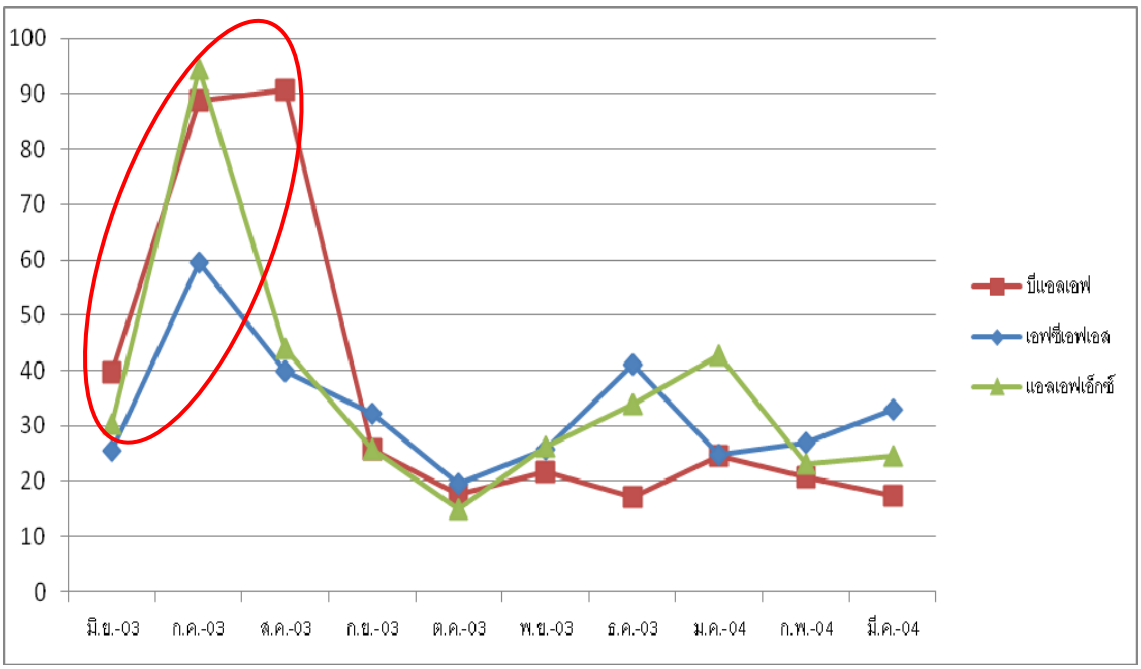
ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

รูปที่ 4-5 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003

4.1.3 สรุปผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพทั้งสองประเภทพบว่าผลการทดสอบของทั้งสามนโยบายมีแนวทางแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด กล่าวคือ นโยบายบีแอลเอฟให้ระดับความสำคัญแก่งานขนาดใหญ่ ส่งผลให้งานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่งานขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยการรอที่สูงขึ้น ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลให้ระดับความสำคัญสูงแก่งานที่เข้ามารออยู่ในระบบก่อน ส่งผลให้งานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น เนื่องจากงานขนาดใหญ่ที่เข้ามาหลังจากงานขนาดเล็กจำนวนมากไม่สามารถใช้เทคนิคแบคฟิลเพื่อเริ่มประมวลผล แต่งานขนาดเล็กสามารถใช้เทคนิคแบคฟิลหากมีงานขนาดใหญ่เข้ามาก่อนเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดเล็กมีค่าต่ำลง และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลที่ใช้ค่าบาวด์เด็ดสโลว์ดาวน์เพื่อให้ระดับความสำคัญแก่งานซึ่งค่าบาวด์เด็ดสโลว์ดาวน์คิดจากเวลาที่งานรออยู่ในระบบก่อนได้รับการประมวลผลและเวลาประมวลผลของงาน (ดังสมการที่ 2-1 ในบทที่ 2) หากงานใดมีค่าบาวด์เด็ดสโลว์ดาวน์ที่สูงจะได้รับการประมวลผลก่อน ส่งผลให้งานขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยการรอที่ต่ำลง โดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลสั้น ในทางตรงกันข้ามงานขนาดใหญ่ที่มีเวลาประมวลผลนานมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น เนื่องจากไม่สามารถใช้เทคนิคแบคฟิลได้

ประสิทธิภาพโดยรวมในรูปที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าหากเดือนที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพมีงานขนาดใหญ่เข้ามาเป็นจำนวนมาก เช่น เดือนมิถุนายน และเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ.2003 หรือมีงานขนาดเล็กเข้ามาเป็นจำนวนมากอย่าง เช่น เดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทจากนโยบายบีแอลเอฟสูง สาเหตุเกิดจากนโยบายบีแอลเอฟให้ระดับความสำคัญแก่งานขนาดใหญ่ ส่งผลให้งานขนาดเล็กต้องรอ และหากมีงานขนาดเล็กเข้ามาเป็นจำนวนมาก งานขนาดเล็กเหล่านั้นต้องรอจนกระทั่งงานขนาดใหญ่ประมวลผลเสร็จก่อนจะเริ่มทำการประมวลผลได้ โดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลยาว เพราะไม่สามารถใช้เทคนิคแก็ปฟิลลิงแก่งานขนาดเล็กได้ทั้งหมด นอกจากนี้ปริมาณงานขนาดใหญ่ที่เข้าสู่ระบบยิ่งส่งผลกระทบต่อระยะเวลาการรอของงานขนาดเล็ก



รูปที่ 4-6 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่มีค่าเฉลี่ยการรอสูง

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่านโยบายบีแอลเอฟมีปัญหาในการจัดกำหนดการงานหากเวิร์คโหลดมีงานขนาดใหญ่และงานขนาดเล็กจำนวนมาก โดยวัดจากค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทซึ่งมีค่าสูงกว่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองนโยบาย

4.2 ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

หัวข้อนี้นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ เหตุผลที่ใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในการจัดกำหนดการงานเพื่อดูผลกระทบที่เกิดขึ้นกับนโยบายบีแอลเอฟที่ประยุกต์ใช้จากเทคนิคการจัดกล่องสองมิติว่าเกิดผลกระทบเช่นเดียวกับนโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองนโยบายหรือไม่ เนื่องจากปกติแล้วเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้มีเวลามากกว่าเวลาประมวลผลจริงบนระบบส่งผลให้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้เป็นข้อมูลที่ไม่แม่นยำ ผลการทดสอบประสิทธิภาพที่ได้จากนโยบายบีแอลเอฟจะนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

การวัดประสิทธิภาพของแต่ละนโยบายใช้ค่าเฉลี่ยการรอเป็นเกณฑ์หลัก โดยจะดูจากค่าเฉลี่ยการรอของงานทั้ง 25 กลุ่มตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

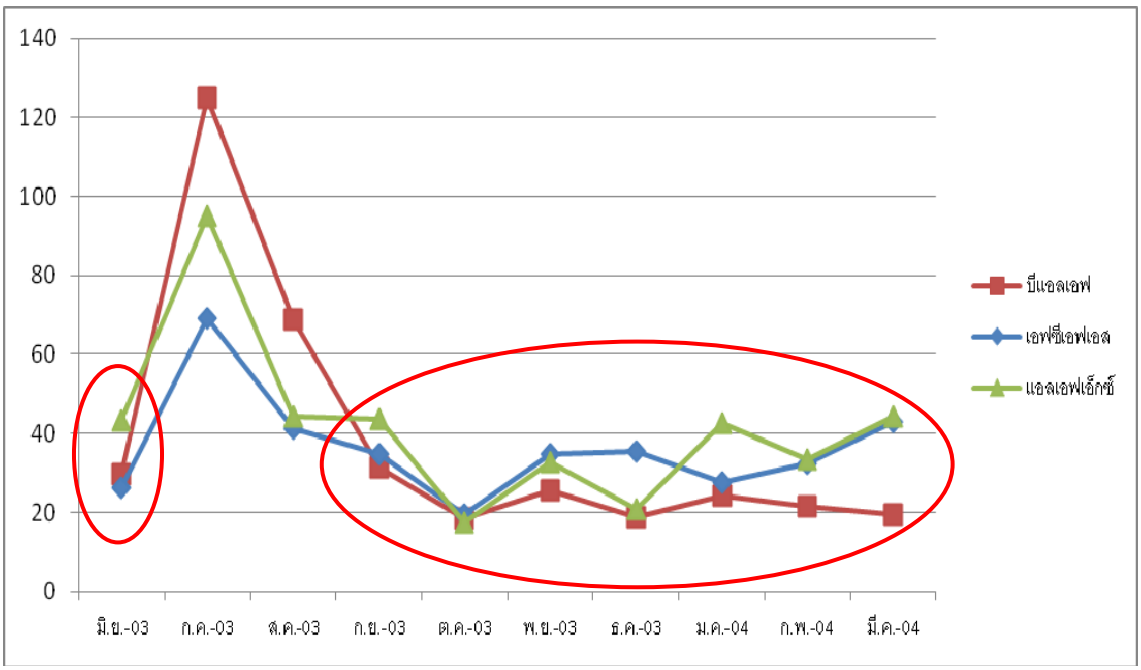
ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ยังคงมีแนวโน้มเช่นเดียวกับผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจริง คือ นโยบายบีแอลเอฟคงเอื้อประโยชน์แก่งานขนาดใหญ่ ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสเอื้อประโยชน์แก่งานขนาดเล็ก และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลเอื้อประโยชน์แก่งานขนาดเล็กโดยเฉพาะงานที่มีเวลาประมวลผลสั้น แต่ค่าเฉลี่ยการรอที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้มีค่าแย่กว่าค่าเฉลี่ยการรอโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในทุกเดือน และทุกนโยบาย

ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้สามารถแบ่งออกได้สองประเภทเช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ที่ใช้เวลาประมวลผลจริง หัวข้อย่อย 4.2.1 นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลและนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล หัวข้อย่อยที่ 4.2.2 นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล จากนั้นหัวข้อย่อยที่ 4.2.3 จะกล่าวสรุปผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

4.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

จากผลการทดสอบพบว่าประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่าประสิทธิภาพของนโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองจำนวน 8 เดือนจาก 10 เดือนเช่นเดียวกับกรณีการใช้เวลาประมวลผลจริง ซึ่งประกอบด้วยเดือนมิถุนายน เดือนกันยายน เดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 ดังรูปที่ 4-7 โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างเดือนมิถุนายน และเดือนพฤศจิกายน ปี

ค.ศ. 2003 เนื่องจากเดือนมิถุนายน มีงานขนาดเล็กประเภทที่ 2 จำนวนมาก (ข้อมูลจากตารางที่ 2-1) และเดือนพฤศจิกายนที่มีค่าเฉลี่ยขนาดงานสูงสุดจากคุณลักษณะของงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 5 (ข้อมูลจากตารางที่ 2-2) ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพจะนำเสนอในรูปที่ 4-8 และรูปที่ 4-9 ตามลำดับ



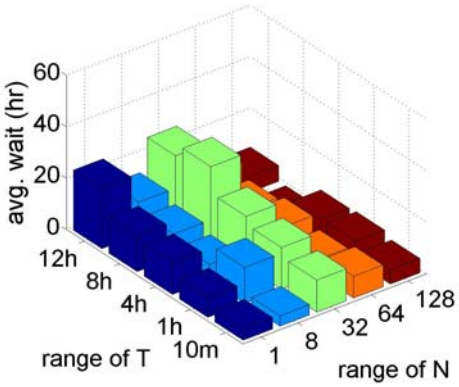
รูปที่ 4-7 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ที่นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

จากรูปที่ 4-8 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ (29.79 ชั่วโมง) ดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (43.18 ชั่วโมง) เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลกระทบแก่นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลที่ใช้เวลาประมวลผลของงานเพื่อคำนวณค่าระดับความสำคัญของงานมากกว่านโยบายบีแอลเอฟและนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลที่ใช้เวลาประมวลผลของงานในการตัดสินใจเพื่อใช้เทคนิคแก็ปฟิลลิงและเทคนิคแบคฟิลเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายบีแอลเอฟ และ นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลมีผลใกล้เคียงกับการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง ส่วนสาเหตุที่นโยบายบีแอลเอฟ

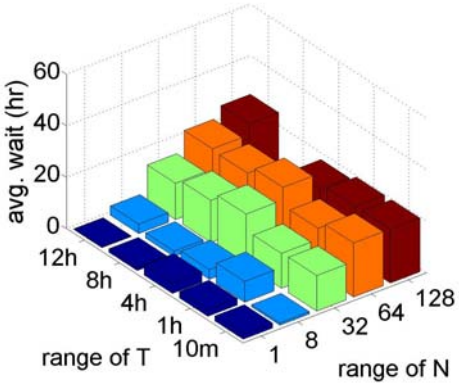
(29.79 ชั่วโมง) มีค่าเฉลี่ยการรอแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (26.26 ชั่วโมง) เนื่องจากในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดเล็กประเภทที่ 2 เข้าสู่ระบบเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้นโยบายบีแอลเอฟไม่สามารถใช้เทคนิคแก็ปฟิลลิงเพื่อให้งานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลนานเริ่มทำการประมวลผลได้ทั้งหมด

เมื่อวิเคราะห์แต่ละนโยบาย พบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-8ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผล 12 ชั่วโมง ตรงกันข้ามค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดใหญ่ที่ต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าต่ำลงไปในทุกกลุ่มเวลาประมวลผล ต่างจากนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-8ข) ที่ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง ในขณะที่ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นทุกกลุ่มเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-8ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กที่ต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลสั้น ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 128 หน่วยและประมวลผล 12 ชั่วโมง

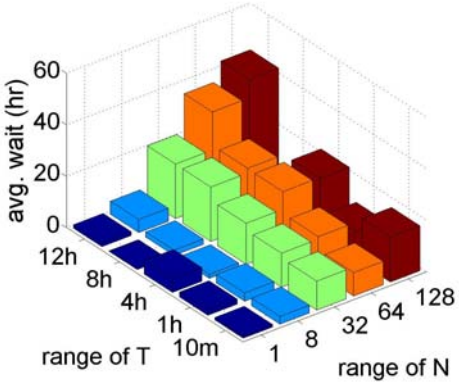
จากรูปที่ 4-9 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานแต่ละประเภทในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003 ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ (25.76 ชั่วโมง) ดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (34.75 ชั่วโมง) และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบ็คฟิล (32.69 ชั่วโมง) เนื่องจากงานขนาดใหญ่ในเดือนพฤศจิกายนมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนงานทั้งหมดทำให้งานขนาดเล็กไม่ต้องรองานขนาดใหญ่เป็นเวลานาน



ก. นโยบายบีแอลเอฟ

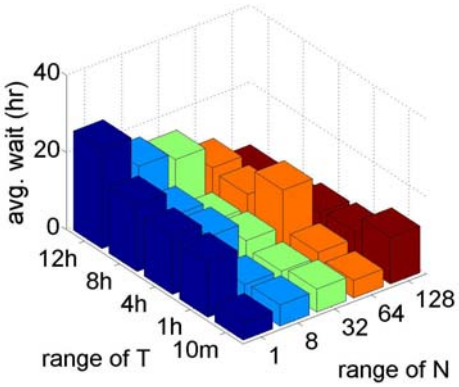


ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล

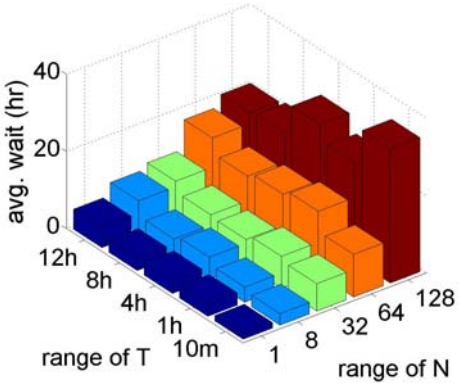


ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

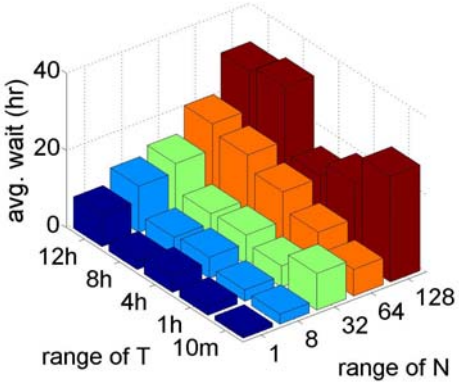
รูปที่ 4-8 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล



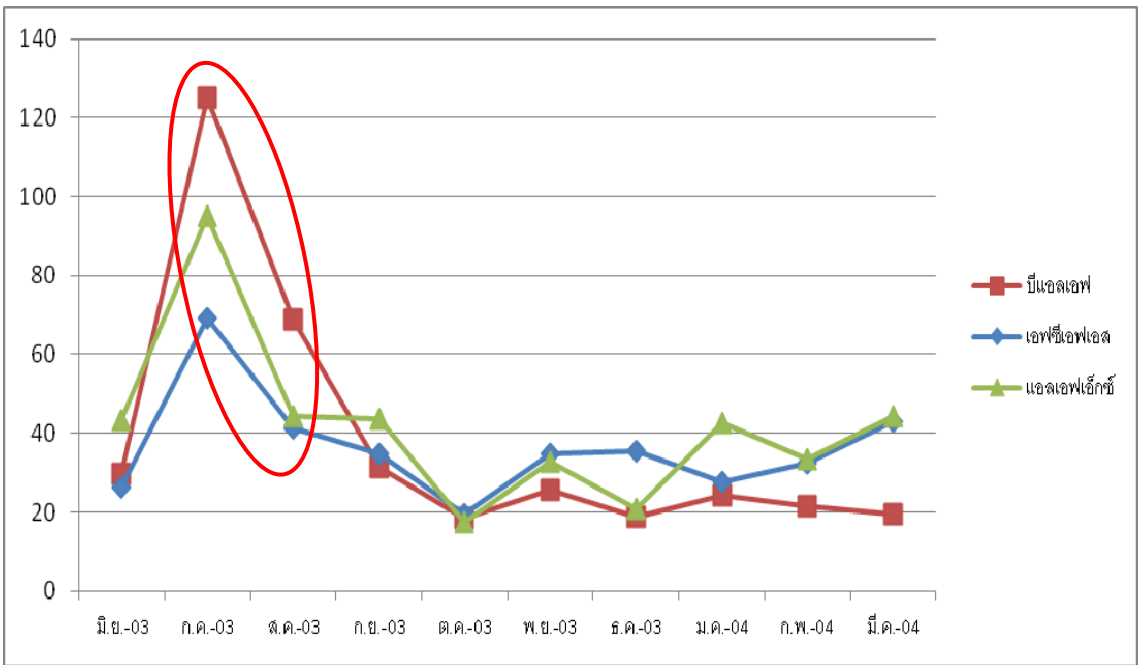
ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

รูปที่ 4-9 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003

เมื่อวิเคราะห์ทั้งสามนโยบาย พบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-9ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นในทุกกลุ่มเวลาประมวลผลโดยเฉพาะงานที่ประมวลผล 12 ชั่วโมง ในทางตรงกันข้ามงานขนาดใหญ่ที่ต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกกลุ่มเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-9ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดในทุกกลุ่มเวลาประมวลผล แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นในทุกกลุ่มเวลาประมวลผล สุดท้ายนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-9ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผลตั้งแต่ 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง โดยเฉพาะงานที่มีเวลาประมวลผลสั้น เช่น 10 นาทีและ 1 ชั่วโมง ในขณะที่งานขนาดใหญ่ที่ต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดใหญ่ที่ต้องการหน่วยประมวลผล 128 หน่วยและประมวลผล 8 และ 12 ชั่วโมง

4.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล

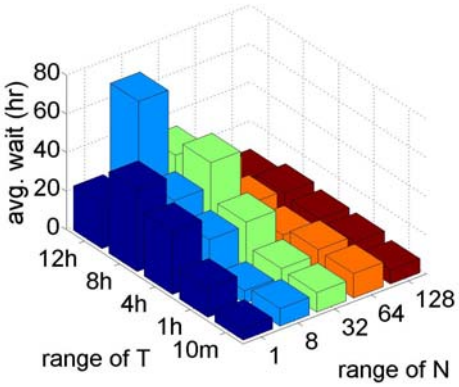
จากผลการทดสอบพบว่านโยบายบีแอลเอฟให้ประสิทธิภาพแย่กว่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองนโยบาย จำนวน 2 เดือนจาก 10 เดือน ได้แก่ เดือนกรกฎาคม และเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 ซึ่งต่างกับผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจริงซึ่งได้แก่ เดือน มิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 และเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 ดังรูปที่ 4-10 โดยในที่นี้จะขอยกตัวอย่างเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 เนื่องจากเดือนดังกล่าวมีงานขนาดเล็กจำนวนมาก (ตารางที่ 2-1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพนำเสนอในที่ 4-11



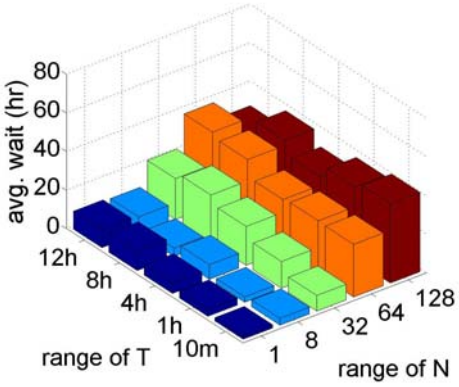
รูปที่ 4-10 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ที่นโยบายบีแอลเอฟที่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

จากรูปที่ 4-11 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ.2003 ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ (68.95 ชั่วโมง) แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (41.17 ชั่วโมง) และ นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (44.35 ชั่วโมง) เนื่องจากในเดือนสิงหาคมมีงานขนาดเล็กประเภทที่ 1 เข้ามาเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เทคนิคแก็ปฟิลลิงไม่สามารถจัดกำหนดการแก่งานขนาดเล็กได้ทั้งหมด เป็นเหตุให้งานขนาดเล็กจำนวนมากต้องรองานขนาดใหญ่ก่อนได้รับประมวลผล

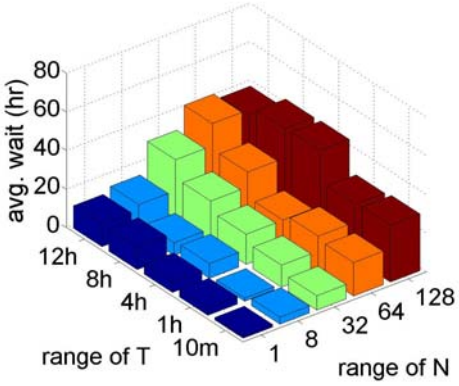
ส่วนเหตุผลที่การทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายบีแอลเอฟโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนกรกฎาคมมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลแทนเดือนมิถุนายนโดยใช้เวลาประมวลผลจริง เกิดจากความผิดพลาดของเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลให้งานขนาดเล็กต้องรองานขนาดใหญ่เป็นเวลานานก่อนเริ่มประมวลผลเนื่องจากเดือนกรกฎาคมมีงานขนาดใหญ่เป็นจำนวนมากที่สุดจากทุกเดือนที่ทำการทดสอบ



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล



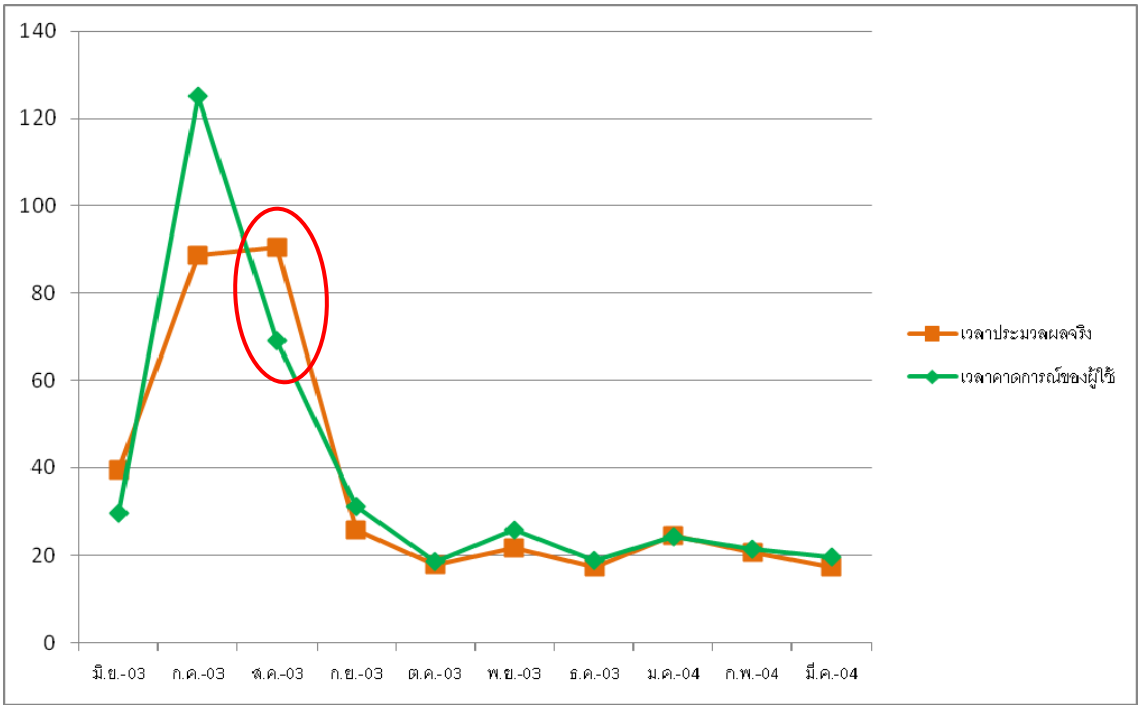
ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

รูปที่ 4-11 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์จากผู้ใช้ของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003

เมื่อวิเคราะห์นโยบายทั้งสามโดยละเอียด พบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-11ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น โดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีความต้องการหน่วยประมวลผล 8 หน่วยและประมวลผล 12 ชั่วโมง ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดต่ำลง ต่างจากนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-11ข) ที่ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นทุกกลุ่มเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-11ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 128 หน่วยประมวลผล มีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่มีเวลาประมวลผลยาวนาน

4.2.3 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

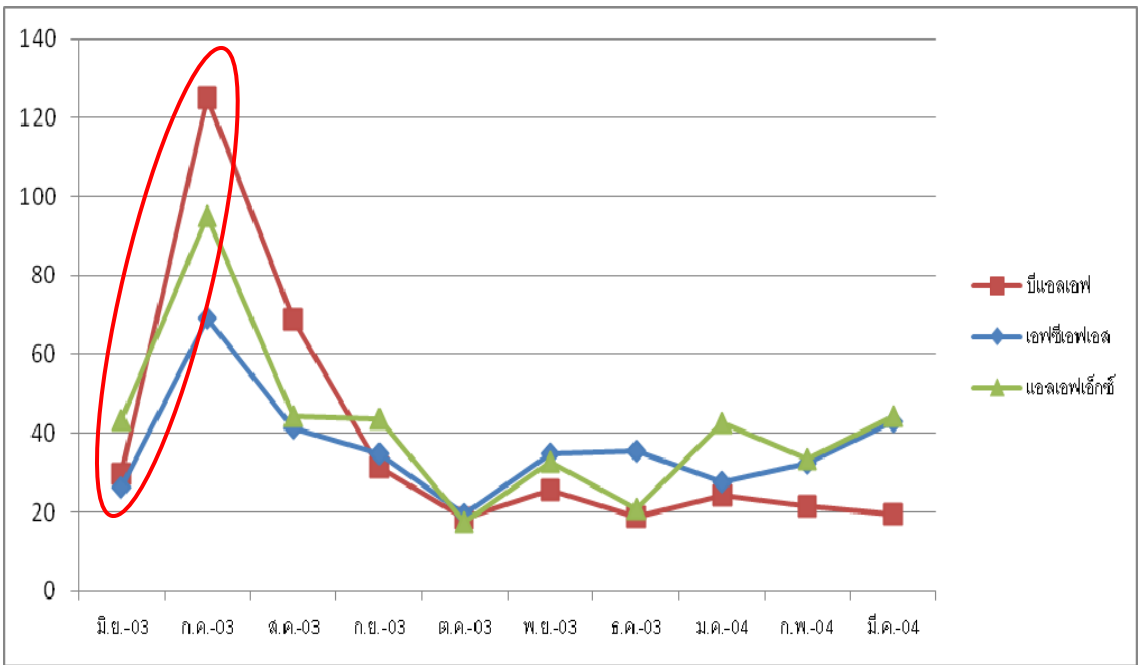
จากผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้พบว่ามีแนวโน้มเหมือนผลการทดสอบเมื่อใช้เวลาประมวลผลจริง กล่าวคือ นโยบายบีแอลเอฟได้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดใหญ่ต่ำลงส่วนงานขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลได้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดเล็กต่ำลง ส่วนงานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลให้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดเล็กต่ำลงโดยเฉพาะงานที่มีเวลาประมวลผลสั้น ส่วนงานขนาดใหญ่จะมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่มีเวลาประมวลผลยาว นอกจากนี้ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอจากงานทุกประเภทแย่กว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเกือบทุกเดือนยกเว้นเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 เช่นเดียวกับนโยบายไพรออริตีทั้งสองนโยบาย ดังแสดงในรูปที่ 4-12



รูปที่ 4-12 เปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่ใช้เวลาประมวลผลจริงและเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

จากรูปที่ 4-12 แสดงให้เห็นว่าการใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในการทดสอบส่งผลกระทบต่อนโยบายบีแอลเอฟ ยกเว้นเดือนสิงหาคมที่การทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยการรอที่ดีกว่าการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริง เนื่องจากผู้ใช้คาดการณ์เวลาประมวลผลที่มากเกินกว่าเวลาประมวลผลจริง ส่งผลให้งานขนาดเล็กสามารถที่จะเริ่มทำการประมวลผลโดยเทคนิคแก็ปฟิลลิง ส่งผลให้งานขนาดเล็กที่ต้องรอในการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงได้รับการประมวลผลในการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

การทดสอบประสิทธิภาพที่ใช้เวลาการประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทในแต่ละเดือนของแต่ละนโยบาย โดยเดือนที่เห็นผลกระทบมากที่สุดจะมีทั้งสิ้น 2 เดือน คือ เดือนมิถุนายน และเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 ดังรูปที่ 4-13 ซึ่งทั้งสองเดือนที่เกิดผลกระทบจะมีงานขนาดใหญ่เข้ามาเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับจำนวนงานทั้งหมดที่เข้ามาในแต่ละเดือน



รูปที่ 4-13 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของนโยบายบีแอลเอฟในเดือนที่เกิดผลกระทบมากที่สุด

โดยเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5 เข้าสู่ระบบจำนวนมาก นอกจากนั้นยังมีงานขนาดเล็กประเภทที่ 2 จำนวนมากที่สุด ส่งผลให้การทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทภายใต้นโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองวิธีการ เนื่องจากงานขนาดเล็กจำนวนมากต้องรองานใหญ่ประมวลผลเป็นเวลานานส่งผลให้งานขนาดเล็กเกิดปัญหาการอดอยาก หากใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลและแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลเล็กน้อย

ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5 มากกว่าทุกเดือน อีกทั้งงานขนาดเล็กประเภทที่ 1 ยังมีจำนวนน้อยกว่าทุกเดือน หากใช้เวลาประมวลผลจริงในการทดสอบประสิทธิภาพจะได้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล แต่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล เนื่องจากงานขนาดใหญ่ซึ่งมีค่าระดับความสำคัญสูงภายใต้นโยบายบีแอลเอฟได้รับการประมวลผล

ก่อน อีกทั้งงานขนาดเล็กบางส่วนสามารถเริ่มประมวลผลไปพร้อมงานขนาดใหญ่ได้ด้วยเทคนิคแก็ปฟิลลิงดังนั้นจึงมีงานขนาดเล็กจำนวนน้อยเท่านั้นที่เกิดปัญหาการอดอยาก หากใช้ระยะเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ ค่าเฉลี่ยการอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล เนื่องจากงานขนาดใหญ่ภายใต้นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลไม่ตกอยู่ภายใต้สภาวะรอการประมวลผลเนื่องจากงานขนาดเล็กซึ่งได้รับการแบคฟิลมีจำนวนไม่มากส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทภายใต้นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลมีค่าเฉลี่ยการรอดีกว่านโยบายบีแอลเอฟ

4.3ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายบีแอลเอฟซึ่งปรับปรุงจากเทคนิคการจัดกล่องสองมิติบนระบบออฟไลน์ ให้ทำงานภายใต้สภาวะระบบออนไลน์เนื่องจากการจัดกำหนดการงานจะอยู่ในภายใต้สภาวะระบบบออนไลน์เป็นหลัก

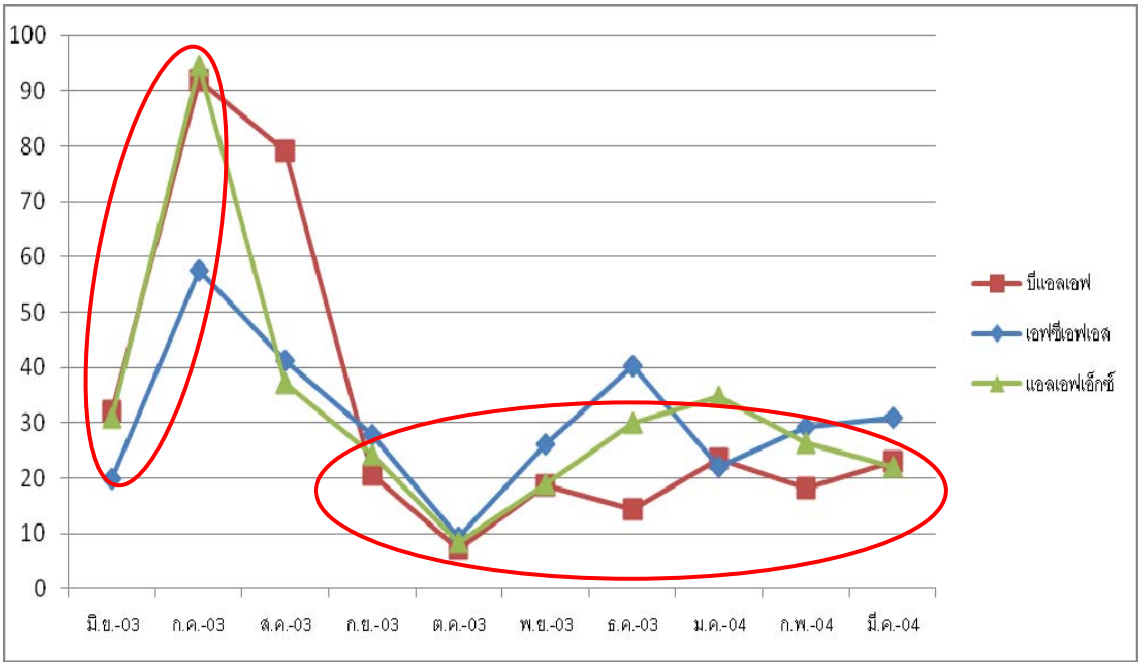
โดยส่วนใหญ่การจัดกำหนดการงานบนระบบออนไลน์ ตัวจัดกำหนดการงานจะไม่มีข้อมูลคุณลักษณะของงานที่จะเข้ามาในระบบจนกระทั่งงานเข้ามายังระบบ ข้อมูลคุณลักษณะงาน ได้แก่ เวลาประมวลผล จำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะใช้ในการตัดสินว่างานใดควรเริ่มการประมวลผลก่อน การทำเช่นนี้ทำให้ตัวจัดกำหนดการงานทำงานเสมือนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานระบบจริง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟที่มาจากเทคนิคการจัดกล่องสองมิติบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในการจำลองระบบจะเปรียบเทียบกับผลการทดสอบของนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล การวัดประสิทธิภาพของนโยบายใช้ค่าเฉลี่ยการรอเป็นเกณฑ์หลักเช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ ทั้งนี้จะพิจารณาค่าเฉลี่ยการรอของงานทั้ง 25 กลุ่มที่ได้แจกแจงไว้ในบทที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงสามารถแบ่งออกได้สองประเภท เช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลา

ประมวลผลจริง ดังนี้ หัวข้อย่อย 4.3.1 นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลและนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลพร้อมทั้งวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้ค่าเฉลี่ยการรอของนโยบายบีแอลเอฟมีค่าดีกว่า หัวข้อย่อย 4.3.2 นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิลพร้อมทั้งวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ค่าเฉลี่ยการรอของนโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลและนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล และข้อสรุปผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพแบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงนำเสนอในหัวข้อย่อย 4.3.3

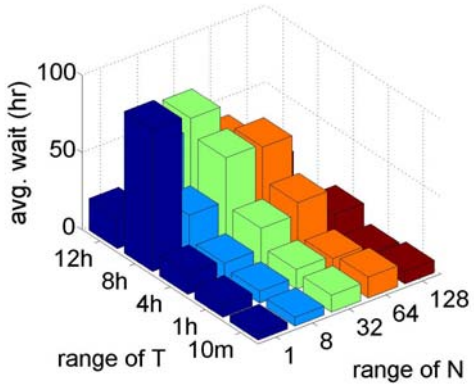
4.3.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

จากผลการทดสอบ พบว่านโยบายบีแอลเอฟมีประสิทธิภาพดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองจำนวน 9 เดือนจาก 10 เดือน ได้แก่ เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม เดือนกันยายน เดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 ดังรูปที่ 4-14 โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 และเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 เนื่องจากเดือนกรกฎาคมเป็นเดือนที่มีงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5 เข้าสู่ระบบมากกว่าทุกเดือน นอกจากนี้งานขนาดเล็กประเภทที่ 2 ยังมีจำนวนน้อยกว่าทุกเดือนส่วนเดือนมีนาคมเป็นเดือนที่งานประเภทที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลจริง และค่าเฉลี่ยขนาดของงานสูงที่สุด ผลการทดสอบประสิทธิภาพจะนำเสนอในรูปที่ 4-15 และรูปที่ 4-16 ตามลำดับ

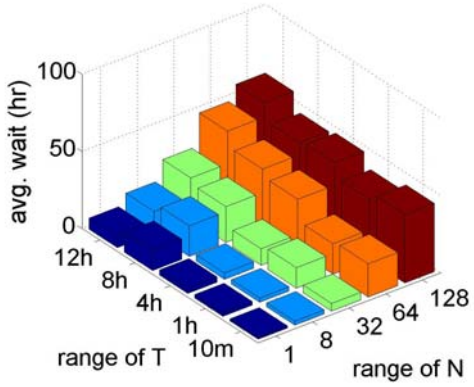


รูปที่ 4-14 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงที่นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่ากับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

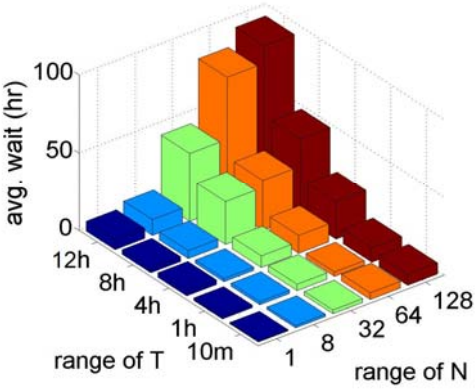
จากรูปที่ 4-15 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานแต่ละประเภทในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 จากนโยบายบีแอลเอฟ (91.87 ชั่วโมง) ดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (94.43 ชั่วโมง) แต่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (57.55 ชั่วโมง) สาเหตุที่นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลเนื่องจากเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดใหญ่ที่มีเวลาประมวลผลนานจำนวนมากส่งผลให้งานขนาดใหญ่ไม่ได้รับการประมวลผลจนกว่างานขนาดเล็กประมวลผลเสร็จสิ้นตามนโยบายของแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลที่งานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลสั้นมีระดับความสำคัญมากกว่างานขนาดใหญ่ ส่วนสาเหตุที่นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลเนื่องจากงานขนาดเล็กจำเป็นต้องรองานขนาดใหญ่ประมวลผลเสร็จก่อนถึงจะได้เริ่มประมวลผลเนื่องจากนโยบายบีแอลเอฟให้งานขนาดใหญ่มีระดับความสำคัญสูงกว่างานขนาดเล็ก



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล

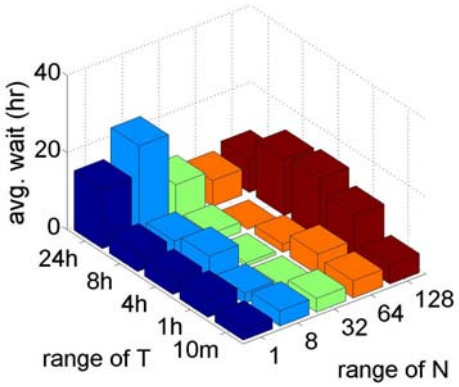


ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

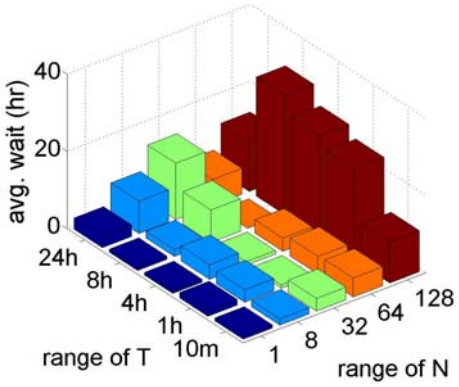
รูปที่ 4-15 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003

เมื่อวิเคราะห์แต่ละนโยบายพบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-15ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่ต้องการหน่วยประมวล 1 หน่วยและประมวลผลนาน 8 ชั่วโมง ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงทุกกลุ่มเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-15ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นทุกกลุ่มเวลาประมวลผล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-15ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลสั้น ส่วนงานขนาดกลางและงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 32 64 และ 128 หน่วยและประมวลผลยาวนานนั้นจะได้รับผลกระทบอย่างชัดเจนจากค่าเฉลี่ยการรอที่สูงขึ้น

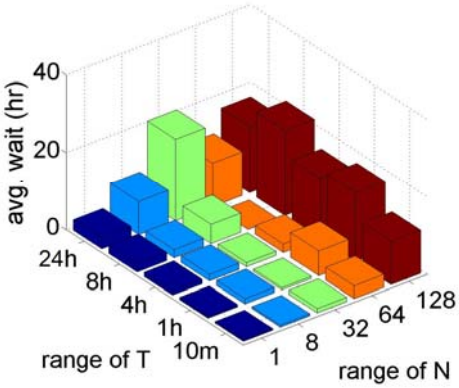
จากรูปที่ 4-16 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ (22.96 ชั่วโมง) ดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (30.81 ชั่วโมง) และใกล้เคียงกับนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (22.02 ชั่วโมง) สาเหตุที่นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสเนื่องจากงานที่เข้าสู่ระบบส่วนมากเป็นงานขนาดเล็กส่งผลให้งานขนาดใหญ่ที่เข้ามาภายหลังต้องรองานขนาดเล็กประมวลผลเสร็จสิ้นก่อนจะเริ่มประมวลผล ส่วนสาเหตุที่นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทแย่กว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลเล็กน้อยเนื่องจากไม่สามารถใช้เทคนิคแก๊ปฟิลลิงแก่งานขนาดเล็กประเภทที่ 3 ซึ่งมีเวลาประมวลผลยาวนานส่งผลให้งานขนาดเล็กจำเป็นต้องรองานขนาดใหญ่เป็นเวลานานก่อนที่งานขนาดเล็กเหล่านี้จะได้รับการประมวลผล



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล



ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

รูปที่ 4-16 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004

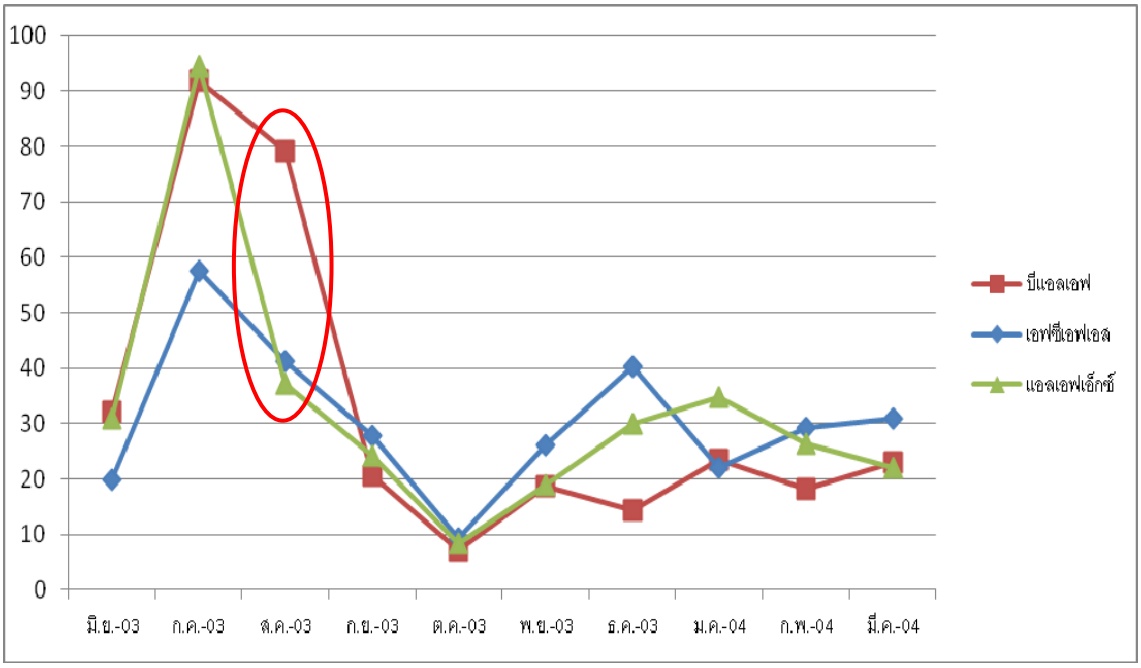
เมื่อวิเคราะห์แต่ละนโยบาย พบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-16ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น โดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลยาวนานส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงทุกกลุ่มเวลาประมวลผลของงาน นอกจากนี้นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-16ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 128 หน่วยประมวลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นทุกกลุ่มเวลาประมวลผล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-16ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลสั้น ส่วนงานขนาดกลางและงานขนาดใหญ่จะโดนกระทบซึ่งเห็นได้จากค่าเฉลี่ยการรอสูงที่ขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดกลางที่ใช้เวลาประมวลผล 24 ชั่วโมง

4.3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพ พบว่านโยบายบีแอลเอฟให้ประสิทธิภาพแย่กว่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสอง จำนวน 1 เดือนจาก 10 เดือน คือ เดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 ดังรูปที่ 4-17 ลักษณะของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 เป็นเดือนที่งานขนาดเล็กเข้ามาจำนวนมากที่สุด (ข้อมูลตารางที่ 2-1 บทที่ 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละนโยบายดังแสดงในรูปที่ 4-18

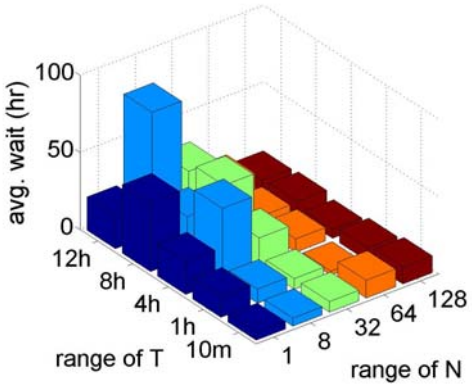
จากรูปที่ 4-18 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ (79.11 ชั่วโมง) แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (41.27 ชั่วโมง) และ นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (37.21 ชั่วโมง) สาเหตุซึ่งนโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทแย่กว่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสอง เนื่องจากเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดเล็กจำนวนมากส่งผลให้งานขนาดเล็กเหล่านี้ต้องรอเป็นเวลานานก่อนที่จะได้รับการประมวลผลตามหลักการของนโยบายบีแอลเอฟที่งานขนาดเล็กมีระดับความสำคัญต่ำกว่า

งานขนาดใหญ่ อีกทั้งเทคนิคแก็ปฟิลลิงไม่สามารถที่จะใช้ได้กับงานขนาดเล็กทุกงานเนื่องจากงานขนาดเล็กมีจำนวนมากเกินไป

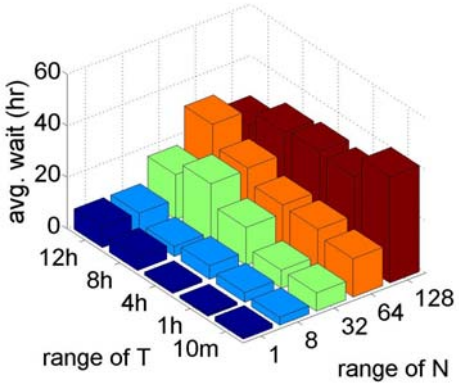


รูปที่ 4-17 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

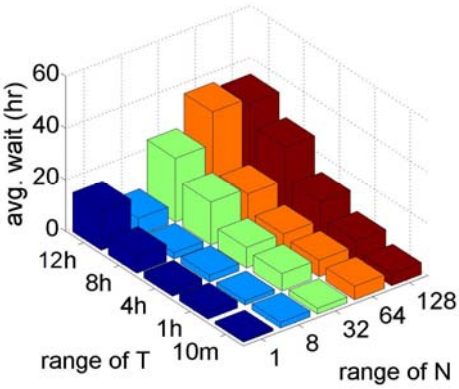
เมื่อวิเคราะห์แต่ละนโยบายพบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-18ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่ประมวลผลนาน แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงทุกระยะเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-18ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-18ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่มีเวลาประมวลผลยาวนาน



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข.นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล

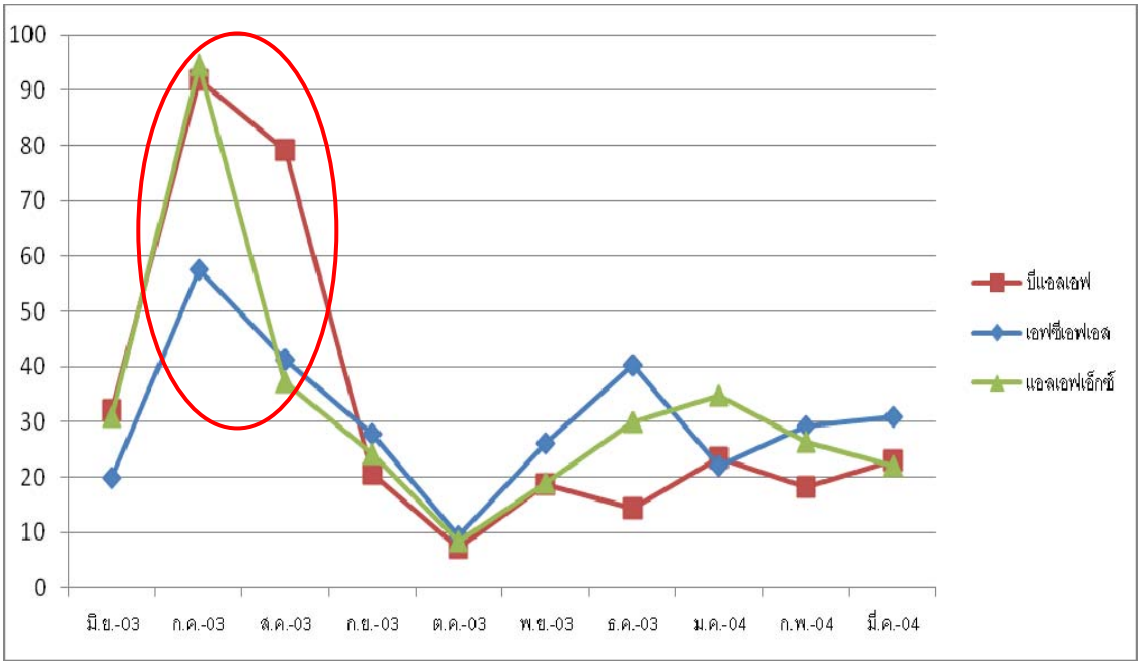


ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

รูปที่ 4-18 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003

4.3.3 สรุปผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงทั้งสองประเภทยังคงมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง ซึ่งนโยบายบีแอลเอฟได้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดใหญ่ต่ำลงส่วนงานขนาดเล็กจะมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลได้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดเล็กต่ำลงส่วนงานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลได้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดเล็กต่ำลงโดยเฉพาะงานที่เวลาประมวลผลสั้นส่วนงานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดใหญ่ที่เวลาประมวลผลนาน



รูปที่ 4-19 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงภายใต้นโยบายบีแอลเอฟที่มีค่าเฉลี่ยการรอที่แย่

รูปที่ 4-19พบว่านโยบายบีแอลเอฟทำงานแย่ในเดือนที่มีงานขนาดใหญ่และงานขนาดเล็กจำนวนมากเช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพระบบออฟไลน์ สรุปได้ว่านโยบายที่ประยุกต์จากเทคนิคจัดกล่องสองมิติซึ่งโดยปกติแล้วจะทำงานบนระบบออฟไลน์สามารถทำงานได้ดีบนระบบแบบออนไลน์เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้ผลการทดสอบบนระบบออนไลน์กับระบบออฟไลน์มีความแตกต่างกัน เนื่องจากการทดสอบระบบออนไลน์จะจัดกำหนดการงานทันทีที่งานเข้าสู่ระบบ ส่งผลให้บางงานถูกเลือกให้เริ่มประมวลผลทันทีหากไม่มีงานอยู่ในคิวการรอ แต่การทดสอบระบบออฟไลน์งานที่เข้ามาในวันแรกจะถูกจัดกำหนดการงานในวันถัดไปส่งผลให้การจัดระดับความสำคัญเกิดขึ้นกับงานทั้งหมดในวันนั้น และด้วยความแตกต่างนี้เองส่งผลต่อผลการทดสอบประสิทธิภาพให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมในบางเดือน เนื่องจากระดับความสำคัญที่มอบให้แก่งานในการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์มีความแตกต่างกัน

4.4 ผลการทดสอบและบทวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ โดยปกติแล้วเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้มักไม่แม่นยำเนื่องจากผู้ใช้จะคาดการณ์มากกว่าเวลาประมวลผลจริง หากใช้ข้อมูลไม่แม่นยำทดสอบภายใต้นโยบายบีแอลเอฟจะเกิดผลกระทบเช่นเดียวกับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบค ฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลหรือไม่ การวัดประสิทธิภาพของแต่ละนโยบายจะใช้ค่าเฉลี่ยการรอเป็นเกณฑ์หลัก โดยจะดูจากค่าเฉลี่ยการรอของงานทั้ง 25 กลุ่มตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

ผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ยังคงมีแนวโน้มเช่นเดียวกันกับผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจริงทั้งระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ ซึ่งนโยบายบีแอลเอฟเอื้อประโยชน์แก่งานขนาดใหญ่ ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลเอื้อประโยชน์แก่งานขนาดเล็ก และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลเอื้อประโยชน์แก่งานขนาดเล็กโดยเฉพาะงานที่มีเวลาประมวลผลสั้น แต่ค่าเฉลี่ยการรอที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้มีค่าที่แย่กว่าค่าเฉลี่ยการรอที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในทุกเดือนและทุกนโยบาย

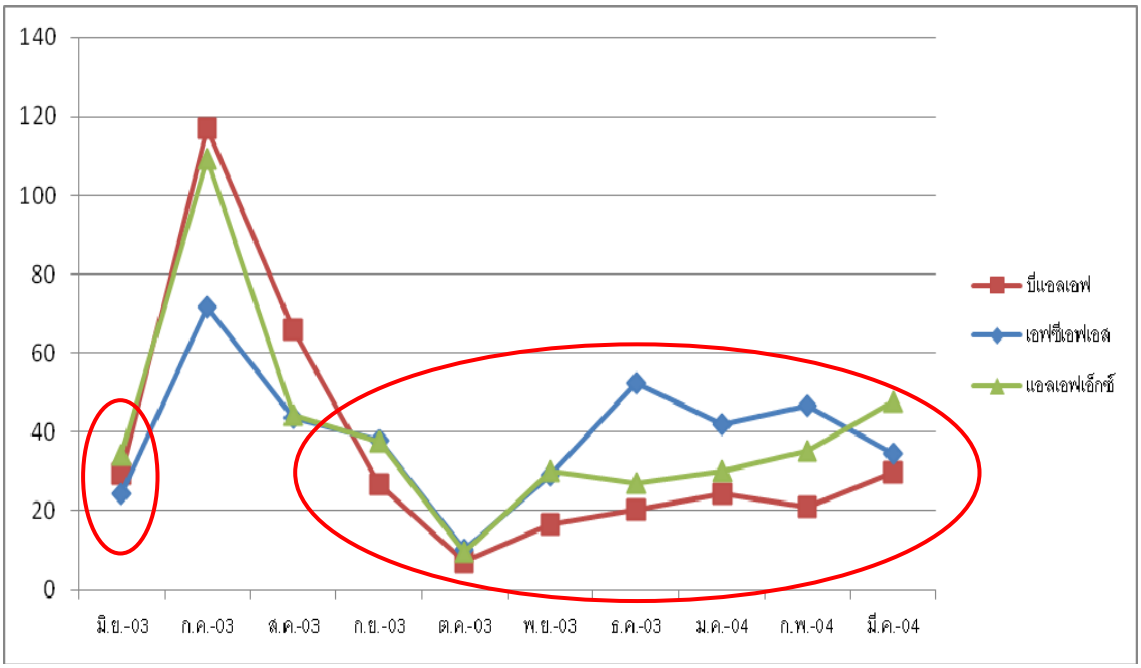
ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้สามารถแบ่งออกได้สองประเภทเช่นเดียวกับผลการทดสอบประสิทธิภาพทั้งหมดที่ผ่านมา หัวข้อย่อย 4.4.1 นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลพร้อมทั้งวิเคราะห์ประเด็นที่ทำให้ค่าเฉลี่ยของนโยบายบีแอลเอฟมีค่าดีกว่า หัวข้อย่อยที่ 4.4.2 นำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิลพร้อมทั้งวิเคราะห์ประเด็นที่ทำให้ค่าเฉลี่ยการรอแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลและนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล ละข้อสรุปผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้จะนำเสนอในหัวข้อย่อยที่ 4.4.3

4.4.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอดีกว่าหรือเทียบเท่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

จากผลการทดสอบ พบว่านโยบายบีแอลเอฟให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าประสิทธิภาพของนโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองนโยบาย จำนวน 8 เดือนจาก 10 เดือน ได้แก่ เดือนมิถุนายน กันยายน เดือนตุลาคม เดือนพฤศจิกายน เดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 เดือนมกราคม เดือนกุมภาพันธ์ และเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 ดังรูปที่ 4-20 โดยในที่นี้จะยกตัวอย่างเดือนมิถุนายน และเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003 เนื่องจากในเดือนมิถุนายนมีงานขนาดเล็กประเภทที่ 2 จำนวนมากที่สุดจากทุกเดือน นอกจากนั้นยังมีงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5 จำนวนมาก ส่วนเดือนพฤศจิกายนมีค่าเฉลี่ยขนาดงานสูงที่สุดจากคุณลักษณะของเวิร์คโหลดที่มีขนาดใหญ่ (ข้อมูลจากตารางที่ 2-2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพจะนำเสนอในรูปที่ 4-21 และรูปที่ 4-22 ตามลำดับ

จากรูปที่ 4-21 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานแต่ละประเภทในเดือนมิถุนายนภายใต้นโนบายบีแอลเอฟ (29.45 ชั่วโมง) ดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (34.09 ชั่วโมง) แต่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (24.28 ชั่วโมง) เหตุที่นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์

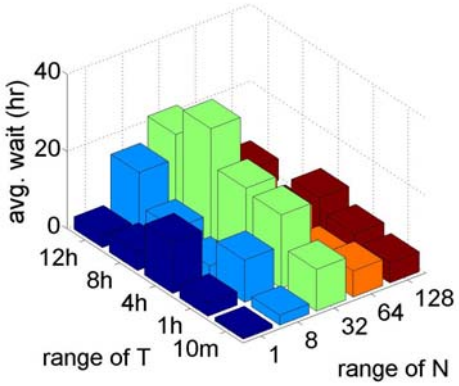
ของผู้ใช้ส่งผลให้นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลที่ใช้เวลาประมวลผลเพื่อคำนวณระดับความสำคัญของงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ แต่นโยบายบีแอลเอฟและนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลไม่ได้ใช้เวลาประมวลผลมาให้ระดับความสำคัญแก่งาน



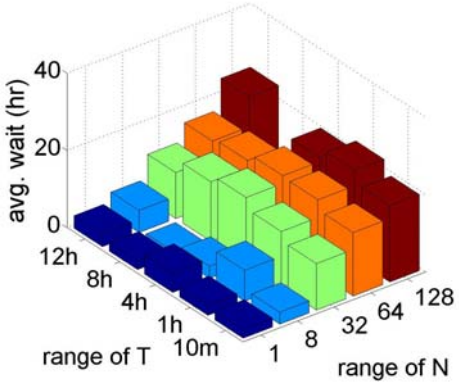
รูปที่ 4-20 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ที่นโยบายบีแอลเอฟดีกว่าหรือเทียบเท่ากับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

เมื่อวิเคราะห์แต่ละนโยบายพบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-21ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 8 และ 32 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงอย่างชัดเจน ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-21ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง ส่วนงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นทุกกลุ่มเวลาประมวลผล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-21ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64

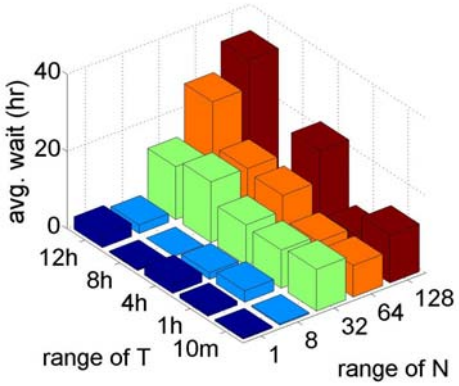
และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดใหญ่ที่เวลาประมวลผลยาวนาน



ก. นโยบายบีแอลเอฟ

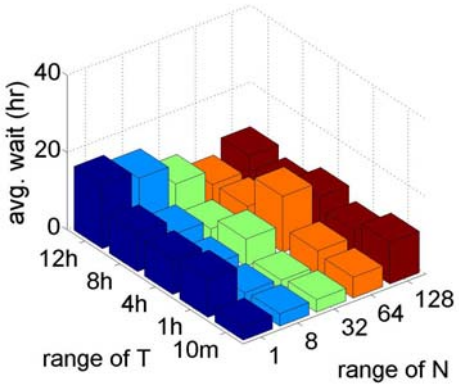


ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล

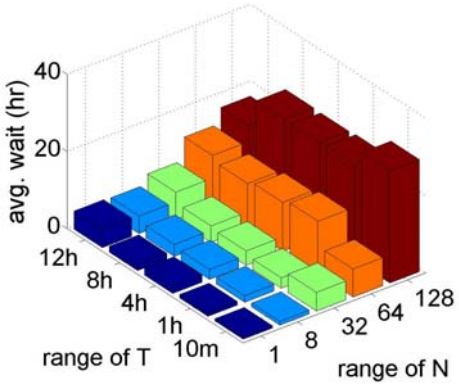


ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

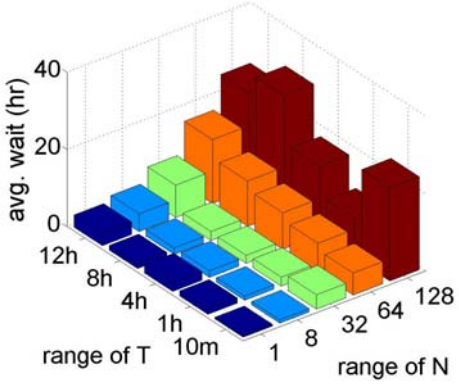
รูปที่ 4-21 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล



ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

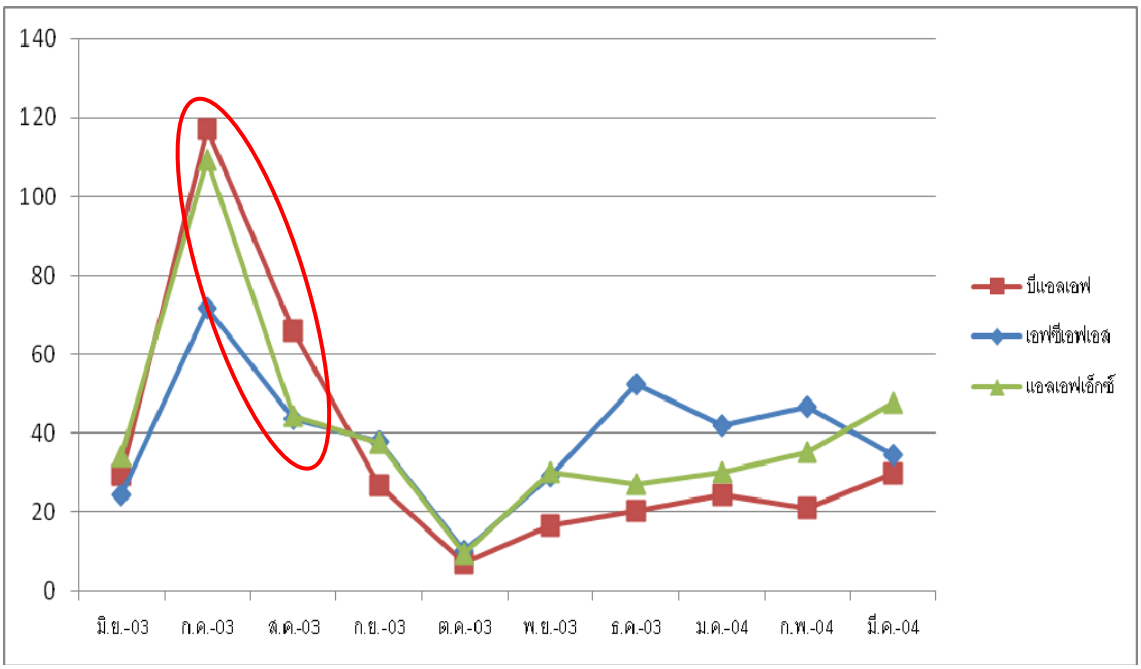
รูปที่ 4-22 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ของเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003

จากรูปที่ 4-22 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานแต่ละประเภทของเดือนพฤศจิกายนภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ (16.56 ชั่วโมง) ดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (29.08 ชั่วโมง) และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบ็คฟิล (30.27 ชั่วโมง) เนื่องจากงานส่วนใหญ่ล้วนเป็นงานขนาดเล็ก และมีงานขนาดใหญ่จำนวนน้อยส่งผลให้งานขนาดเล็กไม่จำเป็นต้องรองานขนาดใหญ่เป็นเวลานานเพื่อเริ่มประมวลผลตามหลักการของนโยบายบีแอลเอฟที่งานขนาดใหญ่มีระดับความสำคัญสูงกว่างานขนาดเล็ก

เมื่อวิเคราะห์แต่ละนโยบายพบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-22ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่ต้องการหน่วยประมวลผล 1 หน่วย แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 มีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงอย่างชัดเจน ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล(รูปที่ 4-22ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นทุกกลุ่มเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-22ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่ประมวลผลยาวนาน

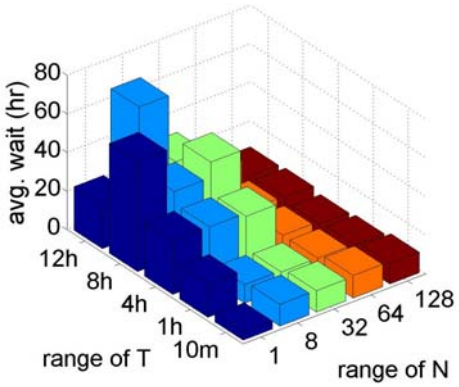
4.4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพภายใต้นโยบายบีแอลเอฟซึ่งให้ค่าเฉลี่ยการรอแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอฟเอ็กซ์แบคฟิล

จากผลการทดสอบ พบว่านโยบายบีแอลเอฟให้ประสิทธิภาพแย่กว่านโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองนโยบาย จำนวน 2 เดือนจาก 10 เดือน ได้แก่ เดือนกรกฎาคม และเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 ดังรูปที่ 4-23 โดยจะขอยกตัวอย่างเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 เนื่องจากมีงานขนาดเล็กเข้ามาเป็นจำนวนมากที่สุด (ข้อมูลจากตารางที่ 2-1) ผลการทดสอบประสิทธิภาพจะนำเสนอในรูปที่ 4-24

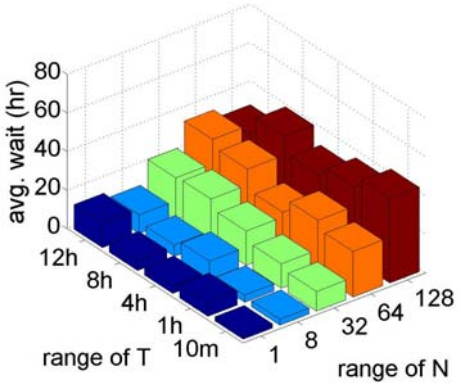


รูปที่ 4-23 ผลทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ที่นโยบายบีแอลเอฟที่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

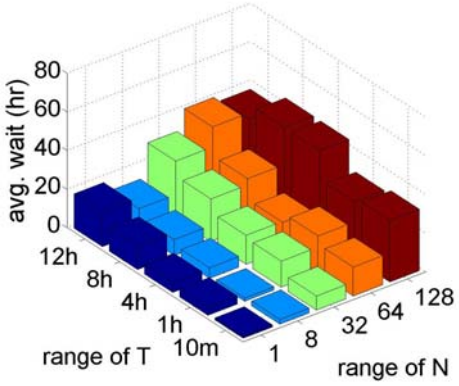
จากรูปที่ 4-24 พบว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทของเดือนสิงหาคมจากนโยบายบีแอลเอฟ (66.10 ชั่วโมง) แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (44.46 ชั่วโมง) และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (43.76 ชั่วโมง) เนื่องจากเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดเล็กประเภทที่ 1 จำนวนมาก ส่งผลให้งานขนาดเล็กต้องรองานขนาดใหญ่ก่อนได้รับประมวลผล เนื่องจากงานขนาดใหญ่มีระดับความสำคัญสูงกว่า และเทคนิคแก็ปฟิลลิงไม่สามารถจัดกำหนดการงานแก่งานขนาดเล็กได้ทั้งหมดเนื่องจากจำนวนของงานขนาดเล็กที่มากเกินไป



ก. นโยบายบีแอลเอฟ



ข. นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล



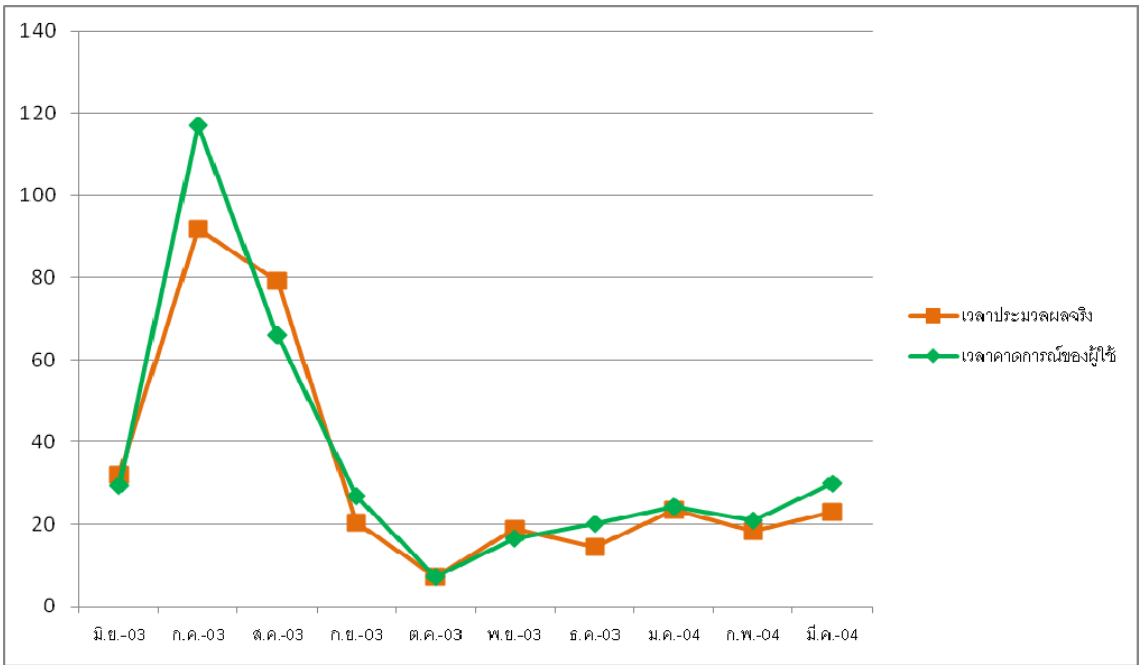
ค. นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

รูปที่ 4-24 ผลการวัดประสิทธิภาพการประยุกต์ใช้นโยบายบีแอลเอฟบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์จากผู้ใช้ของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003

เมื่อวิเคราะห์แต่ละนโยบาย พบว่านโยบายบีแอลเอฟ (รูปที่ 4-24ก) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดทุกกลุ่มเวลาประมวลผล ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล (รูปที่ 4-24ข) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่งานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น สุดท้ายนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล (รูปที่ 4-24ค) ส่งผลให้งานขนาดเล็กซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 1 และ 8 หน่วยประมวลผลมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลง แต่ในทางตรงกันข้ามงานขนาดใหญ่ซึ่งต้องการหน่วยประมวลผล 64 และ 128 หน่วยประมวลผลกลับมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่ประมวลผลยาวนาน

4.4.3 สรุปผลการทดสอบทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในการจำลองระบบพบว่ามีแนวโน้มคล้ายกับผลการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริง กล่าวคือนโยบายบีแอลเอฟได้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดใหญ่ต่ำลงส่วนงานขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น ส่วนนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลได้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดเล็กต่ำลงส่วนงานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลได้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดเล็กต่ำลงโดยเฉพาะงานที่เวลาประมวลผลสั้น ส่วนงานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานที่ประมวลผลยาวนาน นอกจากนี้ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ทั้ง 3 นโยบายมีค่าเฉลี่ยการรอจากงานทุกประเภทแย่กว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายบีแอลเอฟได้รับผลกระทบในการจัดกำหนดการงานแบบขนานเช่นเดียวกับนโยบายเอฟซีเอฟเอซแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล ดังแสดงในรูปที่ 4-25

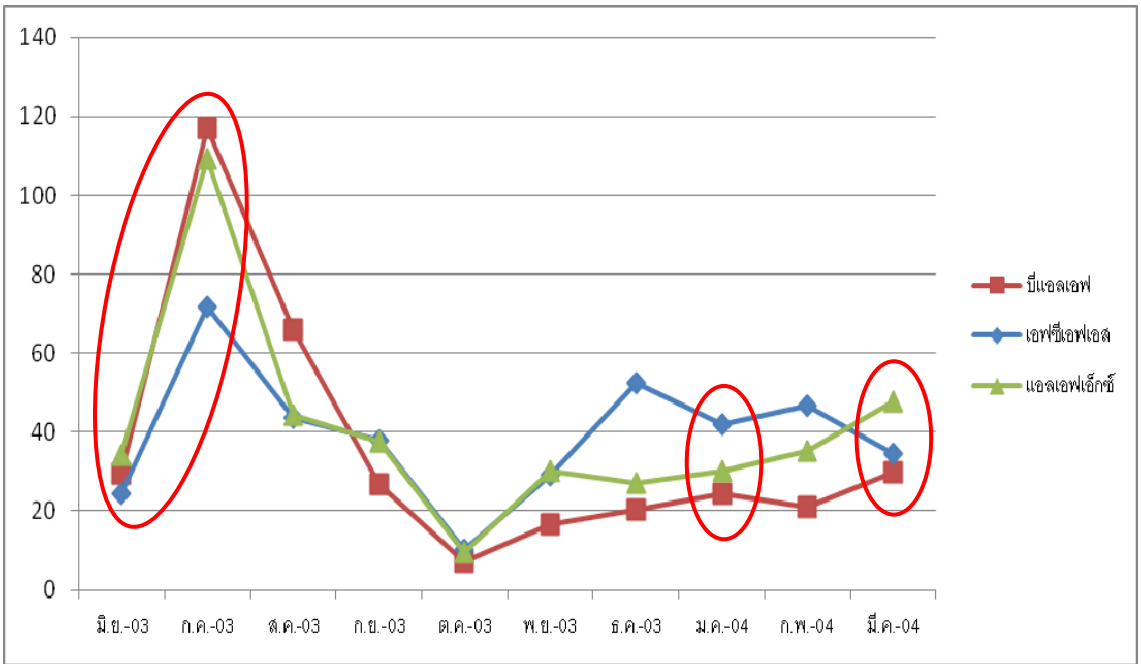


รูปที่ 4-25 เปรียบเทียบผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ภายใต้นโยบายบีแอลเอฟ โดยใช้เวลาประมวลผลจริงและเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

การทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทในแต่ละเดือน โดยเดือนที่มีผลกระทบมากที่สุดจำนวน 4 เดือน คือ เดือนมิถุนายน เดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 เดือนมกราคม และเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 ดังรูปที่ 4-26

เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5 เข้าสู่ระบบจำนวนมาก ทั้งยังมีงานขนาดเล็กประเภทที่ 2 เข้าสู่ระบบจำนวนมากที่สุดจากทุกเดือน ส่งผลให้การทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงบนระบบออนไลน์มีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล เนื่องจากงานขนาดเล็กต้องรองานขนาดใหญ่ประมวลผลเสร็จก่อนได้รับประมวลผลส่งผลให้งานขนาดเล็กเกิดปัญหาการอดอยาก แต่หากทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล แต่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลเช่นเดียวกับการทดสอบประสิทธิภาพแบบออฟไลน์ เนื่องจากนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้เพื่อคำนวณ

บาวด์เด็ดสโลว์ดาวน์ในการมอบค่าระดับความสำคัญผิดเพี้ยนไปจากที่ควรจะเป็น ซึ่งส่งผลให้การจัดกำหนดการงานโดยนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ส่งผลให้งานขนาดใหญ่ต้องรองานขนาดเล็กเป็นเวลานานก่อนได้รับการประมวลผล



รูปที่ 4-26 กราฟแสดงผลกระทบที่เกิดจากการใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้เพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบออนไลน์

เดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดใหญ่ประเภทที่ 4 และประเภทที่ 5 มากกว่าทุกเดือนทั้งยังมีงานขนาดเล็กประเภทที่ 2 จำนวนน้อยกว่าทุกเดือน หากทดสอบโดยใช้เวลาการประมวลผลจริงจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล แต่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล เนื่องจากงานขนาดใหญ่ที่มีค่าระดับความสำคัญสูงในนโยบายบีแอลเอฟได้รับการประมวลผลก่อน อีกทั้งงานขนาดเล็กบางส่วนได้เริ่มประมวลผลไปพร้อมงานขนาดใหญ่ด้วยเทคนิคแก็ปฟิลลิง ส่งผลให้มีงานขนาดเล็กจำนวนน้อยเท่านั้นที่เกิดปัญหาการอดอยาก แต่หากใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล เนื่องจากงานขนาดใหญ่ในนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบค

ฟิลไม่จำเป็นต้องรอเพื่อเริ่มการประมวลผลเนื่องจากงานขนาดเล็กมีจำนวนน้อยส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลดีกว่านโยบายบีแอลเอฟ

เดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 มีงานขนาดเล็กประเภทที่ 3 เข้าสู่ระบบมากที่สุด อีกทั้งงานทุกประเภทในเดือนนี้ยังมีเวลาประมวลผลยาวนาน หากทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงจะได้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล แต่แย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล เนื่องจากงานขนาดใหญ่ที่มีเวลาประมวลผลยาวนานเกิดปัญหาอดอยากในนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบค ฟิลเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้นโยบายบีแอลเอฟมีค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดดีกว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล หากทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้จะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของนโยบายบีแอลเอฟดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบค ฟิล เนื่องจากเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการใช้เทคนิคแบค ฟิลของนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิลเป็นเหตุให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบค ฟิลแย่กว่านโยบายบีแอลเอฟ

เดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 มีงานขนาดเล็กประเภทที่ 1 และประเภทที่ 2 เข้าสู่ระบบจำนวนมาก ซึ่งงานขนาดเล็กเหล่านั้นมีเวลาประมวลผลยาวนาน หากทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล แต่แย่กว่านโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล เนื่องจากงานขนาดเล็กจำนวนมากในนโยบายบีแอลเอฟที่มีเวลาการประมวลผลนานเกิดปัญหาการอดอยากเหตุเพราะไม่สามารถใช้เทคนิคแก็ปฟิลลิง ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของนโยบายบีแอลเอฟแย่กว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล หากทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของนโยบายบีแอลเอฟดีกว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล เนื่องจากการใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการให้ระดับความสำคัญแก่งานของนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลเป็นเหตุให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลแย่กว่าค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟ

4.5 สรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพทั้งระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์

ข้อสรุปผลการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจริง และเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ทั้งระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ถูกอธิบายในหัวข้อนี้ ในส่วนแรกขอกล่าวถึงความแตกต่างของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงและใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ ซึ่งทั้งสองการทดสอบต่างให้ผลไปในทิศทางเดียวกันโดยนโยบายบีแอลเอฟส่งผลให้งานขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นส่วนงานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงในทุกกลุ่มเวลาประมวลผล นโยบายเอฟซีเอฟเอสส่งผลให้งานขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงส่วนงานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น สุดท้ายนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลส่งผลให้งานขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยการรอต่ำลงโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่ประมวลผลสั้น แต่งานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดใหญ่ที่ประมวลผลยาวนาน ทั้งนี้การทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลกระทบต่อผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายบีแอลเอฟที่มาจากเทคนิคการจัดกล่องสองมิติเช่นเดียวกับนโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองนโยบาย

การทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์มีผลการทดสอบคล้ายคลึงกันในด้านการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ซึ่งส่งผลกระทบต่อเดือนที่มีงานขนาดใหญ่ทั้งบนระบบแบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ นอกจากนั้นความแตกต่างของการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์จะส่งผลต่อค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดของงานทุกประเภท เนื่องจากการทดสอบแบบออฟไลน์ตัวจัดกำหนดการงานจะมีข้อมูลของงานทั้งหมดส่งผลให้การจัดกำหนดการแต่ละครั้งส่งผลกระทบต่องานทั้งหมดที่อยู่ในระบบ แต่การทดสอบแบบออนไลน์ตัวจัดกำหนดการงานจะมีข้อมูลของงานเมื่องานเข้าสู่ระบบส่งผลให้การจัดกำหนดการงานแต่ละครั้งจะส่งผลกระทบต่องานที่อยู่ในระบบขณะนั้น

นอกจากนี้ผลการทดสอบทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่านโยบายบีแอลเอฟที่ประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกล่องสองมิติ สามารถทำงานได้ดีหากมีงานขนาดใหญ่และงานขนาดเล็กจำนวนไม่มากเกินไป โดยสังเกตได้จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 ที่ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลในทุกผลการทดสอบประสิทธิภาพเนื่องจากเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 มีงานขนาดเล็กประเภทที่ 1 เข้าสู่ระบบเป็น 75 เปอร์เซ็นต์ของระบบ ส่งผล

ให้นโยบายบีแอลเอฟที่มอบระดับความสำคัญแก่งานขนาดใหญ่ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ และหากงานขนาดใหญ่เข้าสู่ระบบจำนวนมากเกินไปอย่างในเดือนมิถุนายน และเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 งานขนาดเล็กจะเกิดปัญหาอดอยากส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอสูงสุดจากงานทุกประเภทของนโยบายบีแอลเอฟแย่กว่านโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลในทุกผลการทดสอบประสิทธิภาพ สุดท้ายหากต้องการทราบถึงผลการทดสอบประสิทธิภาพของทุกเดือน ข้อมูลเหล่านั้นจะอยู่ในภาคผนวก ก. และภาคผนวก ข. ส่วนความแตกต่างของการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงอยู่ในภาคผนวก ค. และความแตกต่างของการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้อยู่ในภาคผนวก ง.

บทที่ 5

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

บทนี้กล่าวถึงบทสรุปของการทำวิทยานิพนธ์ ผลที่ได้จากการทำวิทยานิพนธ์ และท้ายที่สุดจะกล่าวถึงรายละเอียดและข้อเสนอแนะแก่ผู้ที่สนใจนำวิทยานิพนธ์ไปพัฒนาต่อไป

5.1 บทสรุปของการทำวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ชุดนี้มีวัตถุประสงค์หลัก คือ ประยุกต์ใช้ขั้นตอนการจัดกล่องสองมิติเพื่อแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานแบบขนาน โดยเทคนิคบีแอลเอฟซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการจัดกล่องแบบสตริปแพ็คกิงถูกเลือกขึ้นมาเพื่อจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน โดยจะทดสอบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ซึ่งทั้งสองการทดสอบจะใช้เวลาประมวลผลจริงและเวลาประมวลผลจากคาดการณ์โดยผู้ใช้ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายบีแอลเอฟจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบประสิทธิภาพของนโยบายไพรออริตีแบคฟิลที่นิยมใช้ในการจัดกำหนดการงาน ได้แก่ นโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และ นโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล

ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์และระบบออฟไลน์ โดยใช้เวลาประมวลผลจริงและเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้แสดงให้เห็นว่านโยบายบีแอลเอฟเอื้อประโยชน์ต่องานขนาดใหญ่ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยการรอของงานขนาดใหญ่มีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด แต่ในทางกลับกันงานขนาดเล็กจะมีค่าเฉลี่ยการรอสูงขึ้น ซึ่งจะแตกต่างจากนโยบายเอฟซีเอฟเอสที่งานขนาดเล็กจะมีค่าเฉลี่ยการรอที่ต่ำลง แต่งานขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยการรอที่สูงขึ้น นอกจากนั้นนโยบายบีแอลเอฟยังมีความแตกต่างจากนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลที่งานขนาดเล็กจะมีค่าเฉลี่ยการรอที่ต่ำลงโดยเฉพาะงานขนาดเล็กที่มีเวลาประมวลผลสั้น แต่งานขนาดใหญ่กลับมีค่าเฉลี่ยการรอที่สูงขึ้นโดยเฉพาะงานขนาดใหญ่ที่มีเวลาประมวลผลยาวนาน

การทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจากการณ์คาดการณ์โดยผู้ใช้ส่งผลกระทบต่อนโยบายบีแอลเอฟเช่นเดียวกับนโยบายเอฟซีเอฟเอสแบคฟิล และนโยบายแอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิลทั้งการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้มีค่าเฉลี่ยการรอแย่กว่าการทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเกือบทุกเดือน

การทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์และระบบออฟไลน์ให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพแตกต่างกันไปในบางเดือน เนื่องจากการทดสอบบนระบบออนไลน์งานที่เข้ามาในระบบขณะนั้นจะได้รับการจัดกำหนดการงานทันที แต่การทดสอบบนระบบออฟไลน์จะเก็บงานทั้งหมดที่ได้จากวันที่ผ่านมาเพื่อจัดกำหนดการงานในวันปัจจุบัน ส่งผลให้ค่าระดับความสำคัญของงานและลำดับของงานในการทดสอบประสิทธิภาพแบบออฟไลน์แตกต่างกับการทดสอบประสิทธิภาพแบบออนไลน์ แต่มีบางเดือนที่ไม่ได้รับผลกระทบ คือ เดือนที่มีงานขนาดใหญ่เข้ามาสู่ระบบเป็นจำนวนมากอย่างเดือนมิถุนายน และเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 และเดือนที่มีงานขนาดเล็กเข้ามาเป็นจำนวนมากอย่างเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 ที่ผลการทดสอบประสิทธิภาพแบบออฟไลน์และออนไลน์มีผลการทดสอบที่เหมือนกัน

ผลการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์ทุกประเภท สรุปได้ว่านโยบายบีแอลเอฟจะจัดกำหนดการงานได้ดีเมื่อมีงานขนาดใหญ่และงานขนาดเล็กเข้ามาเป็นจำนวนไม่มากจนเกินไป เนื่องจากหากมีงานขนาดใหญ่เข้ามาเป็นจำนวนมากจะส่งผลให้งานขนาดเล็กที่ไม่สามารถใช้เทคนิคแก็ปฟิลลิงต้องรอเป็นเวลานาน เช่นเดียวกับหากมีงานขนาดเล็กเข้ามาเป็นจำนวนมากจะส่งผลให้เทคนิคแก็ปฟิลลิงไม่สามารถที่จะจัดงานขนาดเล็กทั้งหมดทำให้งานขนาดเล็กเหล่านั้นต้องรอเป็นเวลานานก่อนจะเริ่มประมวลผล

5.2 ผลที่ได้จากการทำวิทยานิพนธ์

ผู้ทำวิทยานิพนธ์ได้ศึกษาและวิเคราะห์การทดสอบประสิทธิภาพการนำเทคนิคการจัดกล่องในระบบสองมิติมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนาน โดยนำเสนอผลการทดสอบประสิทธิภาพพร้อมทั้งบทวิเคราะห์ผลการทดสอบประสิทธิภาพจากการเปรียบเทียบกับผลการทดสอบประสิทธิภาพจากนโยบายไพรออริตีแบคฟิลทั้งสองวิธี

5.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยชิ้นนี้นำเสนอแนวคิดของการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีการจัดกล่องสองมิติเพื่อแก้ปัญหาการจัดกำหนดการงานบนระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานโดยใช้เทคนิคบีแอลเอฟมาประยุกต์ใช้ในการจัดกำหนดการงาน แนวคิดในงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับระบบคอมพิวเตอร์แบบขนานที่ใช้อยู่ในศูนย์คอมพิวเตอร์แบบขนาน เช่น ศูนย์คอมพิวเตอร์แบบขนานระบบกริด หรือศูนย์คอมพิวเตอร์แบบขนานระบบแบบกระจาย การทดสอบประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้เทคนิคบีแอลเอฟจะทดสอบบนโปรแกรมจำลองการจัดกำหนดการงานแบบขนานโดย

ใช้เวิร์คโหลดจากศูนย์ซุปเปอร์คอมพิวเตอร์มหาวิทยาลัยอิลลินอยส์เป็นอินพุต ซึ่งเวิร์คโหลดในแต่ละเดือนจะมีคุณลักษณะของงานที่แตกต่างกันไป ผู้สนใจสามารถพัฒนาต่อโดยทดสอบกับเวิร์คโหลดจากแหล่งอื่น นอกจากนี้ผู้สนใจสามารถจะประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดกล่องสองมิติวิธีอื่นเพื่อนำมาเปรียบเทียบผลที่ได้จากวิธีการประยุกต์ใช้เทคนิคบีแอลเอฟได้

บรรณานุกรม

[1] E.R. Rodrigues, P.O.A. Navaux, J. Panetta, A. Fazenda, C.L. Mendes & L.V. Kale, "A Comparative Analysis of Load Balancing Algorithms Applied to a Weather Forecast Model," Computer Architecture and High Performance Computing (SBAC-PAD), 2010 22nd International Symposium on pp.71,78, 27-30 Oct. 2010.

[2] K. Hodnett & H. Heng-Hsing, “Application of Cascade-Correlation Neural Networks in Developing Stock Selection Models for Global Equities,” International Business and Economics Research Journal (IBER), 11(4):375-396, 2012.

[3] C. Dufour, V. Jalili-Marandi, J. Belanger & L. Snider, "Power system simulation algorithms for parallel computer architectures," Power and Energy Society General Meeting 2012, pp. 1,6, 22-26, July 2012.

[4] P.C. Church, A. Goscinski, K. Holt, M. Inouye, A. Ghoting, K. Makarychev & M. Reumann, "Design of multiple sequence alignment algorithms on parallel, distributed memory supercomputers," Annual conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 924-927, 2011.

[5] N. Gourdain, M. Montagnac, F. Wlassow & M. Gazaix, “High-performance Computing to Simulate Large-scale Industrial Flows in Multistage Compressors,” International Journal of High Performance Computing Application, 24(4):429-443, 2010.

[6] S. Vasupongayya & A. Prasitsupparote, “Extending goal-oriented parallel computer job scheduling policies to heterogeneous systems,” The Journal of Supercomputing, 2013.

[7] I. Ababneh & S. Bani-Mohammad, “A new window-based job scheduling scheme for 2D mesh multicomputers,” Simulation Modelling Practice and Theory, 19(1):482-493, January 2011.

[8] S. Balin, “Non-identical parallel machine scheduling using genetic algorithm,” Expert Systems with Applications, 38(6):6814-6821, June 2011.

[9] A. Janiak, W. Janiak, M.Y. Kovalyov, E. Kozan & E. Pesch, “Parallel machine scheduling and common due window assignment with job independent earliness and tardiness costs,” Information Sciences, vol. 224, pp. 109-117, March 2013.

[10] A.W. Mu'alem & D.G. Feitelson, "Utilization, Predictability, Workloads, and User Runtime Estimates in Scheduling the IBM SP2 with Backfilling," *IEEE Trans. Parallel and Distributed System*, vol.12, no.6, pp. 529–543, June 2001.

[11] DIET, http://graal.ens-lyon.fr/DIET.

[12] GRID MP, http://www.univa.com/products/grid-mp.

[13] Moab, http://www.adaptivecomputing.com/products/hpc-products/moab-hpc-basic-edition/.

[14] PBS, http://www.pbsworks.com/Product.aspx?id=1&AspxAutoDetectCookieSupport=1.

[15] LSF, http://www-03.ibm.com/systems/technicalcomputing/platformcomputing/products/lsf/.

[16] I.A. Moschakis & H.D. Karatza, "Evaluation of gang scheduling performance and cost in a cloud computing system," The Journal of Supercomputing, Vol. 59, No. 2, pp. 975-992, February 2012.

[17] K. Deng, J. Song, K. Ren & A. Iosup, "Exploring portfolio scheduling for long-term execution of scientific workloads in IaaS clouds," *Proceedings of SC13: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*, 2013.

[18] S.S. Deore & A.N. Patil, "Energy-Efficient Job Scheduling and Allocation Scheme for Virtual Machines in Private Clouds," Energy, Vol.5, No. 1, 2013.

[19] Y. Han & A.T. Chronopoulos, "Distributed Loop Scheduling Schemes for Cloud Systems," *Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops & PhD Forum (IPDPSW), 2013 IEEE 27th International*, pp. 955-962, 2013.

[20] K.T. Park, J.H. Ryu, H.K. Lee & I.B. Lee, "Developing a heuristics for glass cutting process optimization: A case of two-dimensional two-stage guillotine cutting with multiple stock sizes," *Korean Journal of Chemical Engineering*, Vol. 30, No. 2, pp. 278-285, February 2013.

[21] Y. Yuan, Y. Wu, W. Zheng & K. Li, "Guarantee Strict Fairness and Utilize Prediction Better in Parallel Job Scheduling," *IEEE Trans. Parallel and Distributed System*, vol.99, pp. 1–11, March 2013.

[22] E.U. Munir, S. Mohsin, A. Hussian, M.W. Nisar & S. Ali, "SDBATS: A Novel Algorithm for Task Scheduling in Heterogeneous Computing Systems," *Parallel and Distributed Processing Symposium Workshops & PhD Forum (IPDPSW), 2013 IEEE 27th International*, 2013.

[23] I. Moon & T.V.L. Nguyen, "Container packing problem with balance constraints," OR Spectrum, December 2013.

[24] J. Liu, X.G. Luo, X.M. Zhang, F. Zhang & B.N. Li, "Job Scheduling Model for Cloud Computing Based on Multi-Objective Genetic Algorithm," *International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 10, No. 3, pp. 134-139, January 2013.

[25] A. Lodi, S. Martello & M. Monaci, "Two-dimensional packing problems: A survey," European Journal of Operational Research, Vol. 141, pp. 241-252, 2002.

[26] J.A. Bennell, L.S. Lee & C.N. Potts, "A genetic algorithm for two-dimensional bin packing with due dates," *International Journal of Production Economics*, Vol. 145, No. 2, pp. 547-560, October 2013.

[27] J.F. Gonçalves & M.G.C. Resende, "A biased random key genetic algorithm for 2D and 3D bin packing problems," *International Journal of Production Economics,* Vol. 145, No. 2, pp.500-510, October 2013.

[28] A. Fernández, C. Gil, R. Baños & M.G. Montoya, "A parallel multi-objective algorithm for two-dimensional bin packing with rotations and load balancing," Expert Systems with Applications, Vol. 40, No. 13, pp. 5169-5180, October 2013.

[29] L. Wei, W.C. Oon, W. Zhu & A. Lim, "A goal-driven approach to the 2D bin packing and variable-sized bin packing problems," *European Journal of Operational Research*, Vol. 224, No. 1, pp. 110-121, January 2013.

[30] E.G. Coffman Jr., D.S. Garey & R.E. Tarjan, "Performance bounds for level oriented two-dimensional packing algorithms," SIAM Journal on Computing, Vol. 9, No. 4, pp. 808-826, 1980.

[31] C.L. Mumford-Valenzuela, P.Y. Wang & J. Vick, "Heuristics for large strip packing problems with guillotine patterns: an empirical study," APPILED OPTIMIZATION, Vol. 86, pp.501-522, 2003.

[32] B.S. Baker, E.G. Coffman Jr. & R.L. Rivest, "Orthogonal Packing in Two Dimensions," SIAM Journal on Computing, Vol. 9, No. 4, pp. 846-855, 1980.

[33] B. Chazelle, "The bottom-left bin-packing heuristic: An efficient implementation," Computer, IEEE Transactions, Vol. 32, No. 8, pp. 697-707, August 1983.

[34] S.-H. Chiang & S. Vasupongayya, "Design and Potential Performance of Goal-oriented Job Scheduling Policies for Parallel Computer Workloads," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, pp. 1642-1656, December 2008.

[35] *The Standard Workload Format*, http://www.cs.huji.ac.il/labs/parallel/workload/swf.html.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์

ตารางที่ ก-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.83	2.54	5.3	5.92	4.09	4.39	4	12.43	8.44	5.56
	1 ชั่วโมง	5.33	14.44	6.97	4.79	6.87	7.64	13.88	16.18	6.12	7.69
	4 ชั่วโมง	8.54	7.05	16.41	8.25	7.31	12.04	6.28	19.44	9.73	7.26
	8 ชั่วโมง	10.92	4.09	20.77	9.37	-	13.89	9.11	29.79	7.76	-
	12 ชั่วโมง	30.67	39.62	21.81	9.57	5.15	23.42	12.57	25.18	12.71	6.11
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.84	0.98	8.66	19.36	19.16	1.91	0.85	13.81	21	20.84
	1 ชั่วโมง	1.67	10.55	8.67	18.29	19.43	2.54	8.07	13.52	17.78	20.79
	4 ชั่วโมง	3.15	4.74	17.31	22.17	21.23	3.99	3.81	19.91	24.81	18.68
	8 ชั่วโมง	0.75	0.41	13.82	20.14	-	1.35	2.05	16.32	21.41	-
	12 ชั่วโมง	4.01	3.91	12.99	18.84	25.38	0.14	3.64	14.11	22.01	26.25
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.27	0.38	2.07	3.79	8.52	0.93	2.99	11.24	9.11	17.48
	1 ชั่วโมง	0.48	2.91	3.39	5.59	10.72	1.94	3.23	13.21	14.17	10.59
	4 ชั่วโมง	0.69	1.79	10.56	7.98	9.39	5.22	1.57	15.92	22.74	22.44
	8 ชั่วโมง	0.34	0.92	10.46	10.68	-	0.11	2.05	21.11	22.94	-
	12 ชั่วโมง	1.47	3.83	17.21	30.22	27.69	1.41	5.09	21.16	35.93	43.18

ตารางที่ ก-2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	3.86	4.71	13.46	14.79	9.12	6.96	8.11	32.04	22.84	9.33
	1 ชั่วโมง	7.38	7.74	27.09	20.08	6.07	28.17	6.42	23.86	26.54	5.43
	4 ชั่วโมง	8.91	9.98	26.52	41.69	15.09	73.66	30.69	32.95	39.51	17.88
	8 ชั่วโมง	88.75	34.22	56.23	58.91	4.26	124.94	81.01	68.16	62.57	5.83
	12 ชั่วโมง	23.79	63.72	66.39	54.04	19.83	45.13	107.65	68.61	46.65	20.26
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.68	3.02	4.51	20.41	48.55	2.38	4.12	17.71	32.09	59.85
	1 ชั่วโมง	2.03	3.59	11.44	24.21	42.06	7.34	3.01	11.91	29.16	50.91
	4 ชั่วโมง	2.42	4.77	16.31	36.68	54.58	17.87	6.36	20.16	30.99	66.33
	8 ชั่วโมง	7.28	20.18	32.45	40.61	49.26	16.01	15.44	45.69	52.81	57.17
	12 ชั่วโมง	5.32	18.01	29.97	49.25	59.54	4.18	20.13	37.01	60.8	69.31
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.11	2.38	2.99	5.58	7.57	2.15	4.11	20.43	22.24	25.81
	1 ชั่วโมง	1.48	2.66	6.38	5.71	8.79	4.38	4.01	12.67	24.59	21.25
	4 ชั่วโมง	2.89	3.81	8.73	16.28	22.02	7.06	4.5	22.96	27.45	74.88
	8 ชั่วโมง	1.61	7.07	24.21	34.72	47.35	4.43	12.01	63.8	64.36	68.71
	12 ชั่วโมง	3.42	9.14	48.87	79.89	94.52	3.89	12.58	49.27	82.22	94.92

ตารางที่ ก-3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	5.73	5.98	4.45	11.89	6.88	5.74	9.07	10.07	12.63	7.32
	1 ชั่วโมง	10.11	11.89	8.38	11.15	9.17	15.23	6.42	10.66	13.19	9.73
	4 ชั่วโมง	25.07	32.26	17.18	7.58	5.92	32.37	21.12	22.91	8.88	9.92
	8 ชั่วโมง	57.73	41.95	33.37	12.78	10.9	42.14	29.38	41.79	12.82	11.42
	12 ชั่วโมง	26.29	90.64	32.91	15.51	7.04	23.04	69.95	33.73	20.23	7.19
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.83	3.12	4.47	16.56	39.78	1.67	3.52	8.06	27.3	41.17
	1 ชั่วโมง	7.11	4.42	11.33	21.39	33.77	3.58	2.78	13.81	27.64	37.89
	4 ชั่วโมง	3.04	7.71	19.46	23.03	36.82	5.24	7.58	20.13	26.81	31.42
	8 ชั่วโมง	3.94	2.66	20.93	28.19	29.67	9.94	4.32	24.56	35.64	38.35
	12 ชั่วโมง	8.48	9.51	19.24	33.73	26.32	9.43	8.66	21.21	37.98	29.11
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.44	0.39	1.09	4.72	8.88	1.26	3.57	7.41	17.34	29.46
	1 ชั่วโมง	1.84	0.62	7.77	9.08	10.51	3.89	1.61	11.39	19.14	28.34
	4 ชั่วโมง	1.89	2.73	10.43	9.01	16.64	5.18	7.61	15.56	15.61	44.35
	8 ชั่วโมง	10.21	3.64	18.26	21.14	33.62	11.49	6.57	20.89	28.62	43.88
	12 ชั่วโมง	7.45	10.79	29.45	42.29	43.88	11.72	14.47	30.43	41.91	38.74

ตารางที่ ก-4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	3.48	4.51	4.46	4.05	2.69	2.83	3.06	7.74	9.61	3.19
	1 ชั่วโมง	5.25	7.11	9.23	1.79	5.21	9.63	3.71	7.02	26.61	6.06
	4 ชั่วโมง	12.05	8.54	6.11	12.59	3.95	7.51	18.87	12.04	20.52	7.71
	8 ชั่วโมง	8.69	12.66	11.96	25.73	10.36	21.27	21.49	19.01	31.33	7.45
	12 ชั่วโมง	14.35	15.63	13.92	12.82	9.03	22.75	25.62	15.75	13.64	9.83
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.45	1.62	4.51	15.07	14.83	1.11	2.21	6.56	20.67	17.66
	1 ชั่วโมง	0.29	1.16	7.97	10.14	20.17	2.05	2.16	8.84	18.19	25.73
	4 ชั่วโมง	1.58	3.07	5.92	9.49	16.85	5.11	4.55	11.33	24.71	23.21
	8 ชั่วโมง	1.94	3.06	12.54	32.27	16.45	4.41	4.47	18.24	34.63	24.01
	12 ชั่วโมง	2.76	3.34	12.42	14.33	17.41	5.63	4.98	15.74	20.17	22.92
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.91	1.38	1.89	5.15	10.67	0.5	1	5.86	22.98	17.54
	1 ชั่วโมง	0.89	1.48	3.11	5.77	7.74	0.89	1.28	7.33	41.22	19.36
	4 ชั่วโมง	5.39	2.49	4.08	4.79	9.49	2.86	3.31	16.16	43.16	16.81
	8 ชั่วโมง	2.82	3.89	8.69	23.89	17.86	4.71	5.37	16.45	43.54	23.61
	12 ชั่วโมง	6.95	6.76	22.03	19.71	25.74	7.78	7.28	25.15	35.29	38.16

ตารางที่ ก-5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	2.72	2.21	0.98	4.39	-	3.82	6.52	2.48	4.65	-
	1 ชั่วโมง	4.37	2.71	3.75	5.84	1.82	11.54	4.01	3.53	6.08	2.17
	4 ชั่วโมง	10.92	10.96	5.24	3.45	4.45	13.18	11.8	6.91	4.01	4.37
	8 ชั่วโมง	16.27	7.64	7.76	7.28	-	17.76	8.62	7.49	7.28	-
	12 ชั่วโมง	17.68	10.79	7.46	5.24	0.86	18.59	10.77	7.95	5.5	1.06
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.31	1.08	3.43	9.43	-	0.67	2.28	4.75	9.45	-
	1 ชั่วโมง	0.71	1.37	5.63	13.08	11.06	2.31	1.76	6.73	12.14	11.72
	4 ชั่วโมง	1.52	3.41	9.44	13.18	15.24	1.71	3.05	13.09	13.12	15.77
	8 ชั่วโมง	3.81	4.39	8.04	19.48	-	3.16	2.91	8.72	19.31	-
	12 ชั่วโมง	3.93	4.99	7.06	12.59	8.24	3.22	4.1	7.41	12.94	9.41
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.28	0.34	1.08	2.89	-	0.43	1.29	3.22	6.31	-
	1 ชั่วโมง	0.32	0.81	1.26	3.11	7.08	2.36	1.47	3.06	8.73	8.53
	4 ชั่วโมง	1.23	1.67	3.43	5.16	4.05	1.78	1.68	7.12	10.06	10.19
	8 ชั่วโมง	1.88	2.93	4.93	9.09	-	1.46	1.94	8.21	17.52	-
	12 ชั่วโมง	4.72	4.61	11.06	14.87	7.97	3.39	4.59	11.1	15.26	13.15

ตารางที่ ก-6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	2.46	2.76	2.26	3.42	8.41	4.49	5.46	5.95	4.58	12.11
	1 ชั่วโมง	6.15	2.87	3.55	8.49	7.31	14.36	4.84	4.67	5.88	7.51
	4 ชั่วโมง	7.44	4.72	3.41	12.39	7.07	14.86	11.36	6.64	16.11	6.71
	8 ชั่วโมง	16.81	9.93	4.34	6.44	4.16	17.16	10.88	5.61	9.05	4.94
	12 ชั่วโมง	21.74	16.14	14.95	9.15	4.35	25.75	17.67	15.78	10.01	4.72
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.34	2.59	3.93	5.77	25.63	1.39	2.96	7.09	11.04	34.75
	1 ชั่วโมง	2.17	1.59	4.83	12.24	23.36	3.17	3.92	8.24	16.26	25.02
	4 ชั่วโมง	2.08	4.74	5.75	14.95	19.68	3.36	5.72	6.67	14.77	29.21
	8 ชั่วโมง	4.19	4.73	7.06	8.19	14.67	3.19	4.52	7.16	13.51	21.21
	12 ชั่วโมง	5.97	8.13	10.03	14.99	16.55	5.22	8.49	9.92	17.47	20.39
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.61	1.49	2.72	2.46	7.24	1.03	2.55	9.46	6.9	27.41
	1 ชั่วโมง	1.03	1.91	3.41	4.27	18.24	2.23	2.92	5.5	10.56	19.8
	4 ชั่วโมง	1.46	2.18	4.11	6.28	14.82	4.13	5.44	7.57	15.09	15.7
	8 ชั่วโมง	2.67	3.99	3.52	9.09	21.33	2.25	4.71	7.18	18.74	32.68
	12 ชั่วโมง	8.87	10.53	12.91	22.81	26.17	8.19	12.2	14.22	20.88	30.9

ตารางที่ ก-7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.89	1.11	7.27	1.55	11.57	3.57	3.84	8.59	2.66	12.25
	1 ชั่วโมง	4.62	1.96	4.98	5.99	9.01	8.38	3.06	6.09	6.32	9.47
	4 ชั่วโมง	11.15	4.94	4.09	4.28	8.52	14.74	6.11	4.83	6.02	11.82
	8 ชั่วโมง	14.16	6.56	6.52	9.66	14.19	13.75	5.98	7.82	13.08	13.7
	12 ชั่วโมง	17.13	12.29	9.61	5.52	-	18.74	13.85	11.15	6.18	-
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.74	1.33	2.99	3.36	27.93	0.99	2.41	3.73	9.76	14.66
	1 ชั่วโมง	1.08	1.23	4.79	16.91	17.86	1.91	1.59	4.74	15.39	21.78
	4 ชั่วโมง	2.04	4.56	9.02	11.59	22.71	3.68	4.88	5.61	13.14	24.24
	8 ชั่วโมง	2.97	3.85	7.48	11.31	41.06	3.81	4.61	9.25	14.76	35.34
	12 ชั่วโมง	4.68	6.82	8.77	12.97	-	6.88	8.83	13.05	14.79	-
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.48	0.65	1.12	2.75	10.02	1.21	2.37	5.57	5.33	11.84
	1 ชั่วโมง	0.59	1.07	3.49	9.47	12.32	1.71	1.55	3.98	8.94	16.06
	4 ชั่วโมง	1.66	1.88	5.09	8.84	12.93	2.96	3.27	4.69	13.36	18.83
	8 ชั่วโมง	2.35	3.51	4.95	14.36	33.91	2.46	3.42	8.84	14.73	20.99
	12 ชั่วโมง	6.61	7.81	15.48	23.55	-	7.01	9.58	14.73	19.39	-

ตารางที่ ก-8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.86	2.39	8.22	5.81	5.05	4	8.94	8.22	7.76	6.58
	1 ชั่วโมง	4.54	4.09	8.85	4.21	7.69	7.36	4.27	9.43	3.63	10.66
	4 ชั่วโมง	8.68	12.43	9.25	1.49	7.49	10.69	15.04	10.3	1.84	12.81
	8 ชั่วโมง	24.44	13.27	11.56	4.29	7.91	22.18	15.91	13.52	4.86	8.91
	12 ชั่วโมง	21.91	11.72	10.32	5.98	10.12	24.13	12.83	11.18	6.14	10.19
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.87	2.37	7.49	13.59	21.47	1.98	4.49	9.19	17.94	26.06
	1 ชั่วโมง	2.36	3.28	12.83	15.95	21.69	3.65	4.64	13.42	19.08	26.4
	4 ชั่วโมง	1.55	6.47	14.78	3.01	3.47	3.55	5.72	19.49	7.21	9.39
	8 ชั่วโมง	4.54	7.45	11.49	8.66	20.02	4.31	7.58	14.81	11.99	25.81
	12 ชั่วโมง	6.04	6.68	10.86	16.89	24.87	6.71	8.56	13.71	18.61	27.7
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.22	0.78	3.52	5.17	19.13	0.75	2.87	7.71	12.61	19.44
	1 ชั่วโมง	0.99	1.66	5.26	7.29	16.06	1.29	1.88	7.97	11.43	24.71
	4 ชั่วโมง	1.18	5.42	9.13	3.82	6.31	2.96	4.86	12.66	4	34.49
	8 ชั่วโมง	4.99	6.15	10.95	17.86	15.63	4.21	6.29	15.55	15.48	42.65
	12 ชั่วโมง	12.51	8.81	15.98	28.04	42.71	8.57	10.81	15.94	20.19	39.41

ตารางที่ ก-9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	7.26	5.41	7.47	5.45	10.97	6.44	6.97	9.21	6.09	12.98
	1 ชั่วโมง	20.67	11.78	4.67	7.29	4.81	16.11	9.77	6.08	10.21	4.86
	4 ชั่วโมง	14.59	12.35	4.76	2.59	0	16.35	13.53	6.27	5.92	10.53
	8 ชั่วโมง	6.12	10.04	6.13	8.76	9.39	9.49	13.07	10.66	7.6	12.13
	12 ชั่วโมง	17.94	10.73	6.86	2.19	0.83	21.47	13.82	10.46	2.19	1.13
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.91	1.74	4.45	7.09	27.01	1.04	3.37	6.73	10.34	32.54
	1 ชั่วโมง	1.71	2.95	4.93	16.25	22.03	2.16	2.9	6.85	24.38	27.14
	4 ชั่วโมง	2.24	4.05	7.62	14.17	12.47	3.29	4.05	11.19	22.17	27.62
	8 ชั่วโมง	2.17	3.49	6.04	18.41	25.21	2.51	4.76	9.51	21.44	29.63
	12 ชั่วโมง	6.09	5.31	9.67	4.49	11.13	6.82	7.58	15.49	7.46	14.88
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.71	2.96	6.55	3.55	22.99	0.71	3.12	6.51	7.23	18.38
	1 ชั่วโมง	3.39	3.43	4.47	7.32	19.76	1.46	2.94	5.91	8.69	22.76
	4 ชั่วโมง	2.39	3.51	8.08	11.39	3.99	2.26	3.27	14.59	14.18	26.22
	8 ชั่วโมง	0.98	4.26	6.58	17.97	18.56	2.19	5.35	10.72	16.04	33.46
	12 ชั่วโมง	5.83	5.69	12.47	7.29	16.89	7.73	8.98	17.74	9.02	16.87

ตารางที่ ก-10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออฟไลน์ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออฟไลน์ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	4.25	4.81	2.96	9.86	11.21	3.95	6.76	6.13	8.86	11.21
	1 ชั่วโมง	5.52	6.61	2.69	8.99	3.91	8.08	8.16	5.68	4.26	4.53
	4 ชั่วโมง	4.81	8.98	3.57	4.68	4.55	11.38	13.97	4.98	4.81	5.02
	8 ชั่วโมง	5.54	13.19	7.39	-	14.28	7.41	7.61	7.55	-	16.28
	12 ชั่วโมง	17.32	17.01	9.44	8.87	1.18	18.16	19.61	9.93	5.12	6.77
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.44	2.58	3.84	12.29	16.89	0.43	2.59	8.88	9.74	18.39
	1 ชั่วโมง	2.02	6.22	2.71	19.92	24.38	2.41	8.44	3.56	19.15	34.41
	4 ชั่วโมง	1.94	5.59	3.88	7.37	32.87	3.59	8.59	8.71	7.38	42.86
	8 ชั่วโมง	1.98	2.91	10.83	-	31.47	3.83	6.5	13.26	-	42.09
	12 ชั่วโมง	2.58	7.82	19.38	16.68	22.52	4.93	12.27	30.25	22.58	28.29
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.07	0.89	1.81	2.84	8.53	0.15	2.06	10.5	21.72	12.98
	1 ชั่วโมง	1.65	2.54	1.79	6.02	12.66	1.37	5.68	3.07	13.65	33.48
	4 ชั่วโมง	1.86	2.76	2.41	4.04	12.51	2.86	8.1	6.35	8.01	42.84
	8 ชั่วโมง	2.18	2.09	6.41	-	24.51	1.54	4.54	17.7	-	44.37
	12 ชั่วโมง	4.13	9.49	18.96	15.21	18	4.08	13.4	31.18	25.31	22.47

ภาคผนวก ข
ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์

ตารางที่ ข-1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.14	2.09	3.51	6.84	4.16	0.91	2.57	10.78	6.76	5.18
	1 ชั่วโมง	1.96	8.24	4.5	3.16	8.66	3.41	10.88	18.98	4.89	6.8
	4 ชั่วโมง	4.57	7.58	12.4	8.33	3.62	13.18	3.46	19.96	9.28	10.23
	8 ชั่วโมง	5.47	1.36	18.72	8.61	-	4.75	7.25	29.45	10.11	-
	12 ชั่วโมง	3.28	32	17.96	8.53	4.41	3.28	15.81	21.99	8.2	5.54
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	2.99	3.94	6.51	13.58	16.26	2.31	3.06	12.03	16.43	19.77
	1 ชั่วโมง	2.58	5.86	8.33	15.5	18.52	2.51	8	14.43	18.99	22.95
	4 ชั่วโมง	4.22	4.39	14.76	17.11	12.94	4.95	3.15	17.3	19.3	20.37
	8 ชั่วโมง	1.64	2.79	12.81	14.45	-	2.16	0.86	15.44	17.32	-
	12 ชั่วโมง	4.35	5.23	10.54	14.22	19.88	3.28	5.74	11.88	16.43	24.28
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.32	1.33	1.58	3.88	4.46	0.37	0.33	10.79	8.16	12.41
	1 ชั่วโมง	0.19	3.43	2.32	4.39	5.5	1	2.92	9.88	8.41	6.57
	4 ชั่วโมง	0.49	1.13	7.94	9.12	10.43	2.32	1.71	10.44	14.46	22.33
	8 ชั่วโมง	0.33	0.81	9.23	8.55	-	0.31	0	15.66	15.47	-
	12 ชั่วโมง	2.53	2.42	14.2	23.14	30.87	3.28	2.23	13.68	26.82	34.09

ตารางที่ ข-2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	4.21	5.71	10.89	13.49	8.11	7.61	9.06	30.94	22.72	8.64
	1 ชั่วโมง	8.13	7.79	12.81	10.75	4.83	24.49	4.87	18.39	18.44	4.11
	4 ชั่วโมง	13.05	11.16	24.57	32.07	15.26	65.52	29.92	42.49	46.15	13.33
	8 ชั่วโมง	91.87	27.31	55.4	53.26	5.47	117.02	70.36	58.27	62.27	3.61
	12 ชั่วโมง	20.64	58.61	66.14	40.31	19.23	33.19	90.43	69.19	35.72	17.35
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.32	2.61	4.92	21.51	44.36	4.33	4.19	19.77	25.06	68.99
	1 ชั่วโมง	2.27	2.73	13.27	19.68	39.36	6.48	3.16	11.63	25.03	59.07
	4 ชั่วโมง	3.4	4.07	10.73	33.66	48.25	10.38	4.89	21.44	36.46	71.97
	8 ชั่วโมง	12.99	19.81	23.18	38.41	46.35	19.01	6.41	46.89	51.35	60.87
	12 ชั่วโมง	7.31	14.32	26.93	48.13	57.55	14.02	14.38	40.2	64.63	71.79
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.62	1.51	2.37	4.3	7.18	1.76	3.7	23.99	22.89	33.05
	1 ชั่วโมง	1.59	2.02	4.06	2.84	9.25	5.34	1.6	10.59	25.99	24.31
	4 ชั่วโมง	2.94	2.03	7.43	11.48	24.2	5.32	4.3	21.61	28.18	77.57
	8 ชั่วโมง	2.97	5.11	27.54	32.22	49.74	4.23	6.4	67.06	66.26	77.65
	12 ชั่วโมง	6.43	10.18	43.79	82.4	94.43	9	12.12	59.36	91.91	109.25

ตารางที่ ข-3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	4.88	5.18	6.8	11.47	10.96	4.12	11.26	11.11	11.65	10.69
	1 ชั่วโมง	13.17	9.18	6.86	2.58	8.67	17.26	9.62	8.87	8.77	8.42
	4 ชั่วโมง	21.12	46.55	18.39	8.66	5.82	27.85	27.65	25.9	8.79	7.31
	8 ชั่วโมง	44.44	26.38	37.61	8.41	8.92	56.92	34.17	42.11	9.92	9.15
	12 ชั่วโมง	21.66	79.11	31.87	14.32	7.82	22.66	66.09	30.41	17.86	8.31
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.62	3.06	7.07	14.87	41.27	2.13	3	10.14	23.59	43.75
	1 ชั่วโมง	1.03	3.71	7	17.41	32.36	7.18	3.65	12.63	27.91	37.73
	4 ชั่วโมง	1.22	5.25	14.7	17.94	33.29	4.09	9.4	17.73	20.14	32.37
	8 ชั่วโมง	5.11	3.89	22.77	23.39	31.83	4.99	5.95	22.45	30.66	40.41
	12 ชั่วโมง	7.96	7.87	17.39	31.49	25.78	12.83	9.7	21.57	34.24	29.63
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.94	2.22	2.17	5.23	4.61	1.04	2.43	7.27	15.01	31.94
	1 ชั่วโมง	2.62	1.71	6.71	6.41	8.45	4.24	1.64	13.47	19.26	29.73
	4 ชั่วโมง	2.49	2.67	7.93	7.66	14.82	4.96	5.44	15	14.42	44.35
	8 ชั่วโมง	6.63	2.44	16.67	14.35	27.05	11.97	8.21	22	25.21	44.46
	12 ชั่วโมง	15.34	6.89	24.8	37.21	34.95	17.87	12.38	29.77	40.18	37.14

ตารางที่ ข-4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.41	3.06	4.81	2.81	7.15	2.43	2.34	6.22	10.97	7.81
	1 ชั่วโมง	1.83	3.19	7.21	4.86	5.72	6.68	2.7	8.51	26.77	5.57
	4 ชั่วโมง	5.69	5.98	5.69	9.52	7.07	9.03	12.91	9.11	19.89	6.97
	8 ชั่วโมง	7.77	9.66	14.01	20.51	9.29	15.11	14.9	17.78	20.51	6.98
	12 ชั่วโมง	9.05	9.06	10.08	14.71	8.75	15.07	15.89	13.41	14.04	8.76
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.17	0.35	3.14	10.81	13.02	0.41	1.01	5.54	22.39	16.72
	1 ชั่วโมง	0.23	0.34	7.02	5.41	18.95	2.06	0.99	7.45	21.57	25.66
	4 ชั่วโมง	1.08	0.34	3.9	8.6	18.71	1.95	2.73	12.31	25.98	26.07
	8 ชั่วโมง	1.31	3.28	12.88	27.69	9.76	2.87	4.28	18.44	37.75	17.81
	12 ชั่วโมง	2.98	2.5	10.54	15	18.74	5.97	5.73	15.62	22.1	26.42
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.14	0.17	0.91	3.65	8.39	0.34	0.45	4.34	14.57	15.33
	1 ชั่วโมง	0.11	0.24	2.51	6.09	5.35	1.71	1.24	4.79	21.67	17.31
	4 ชั่วโมง	0.84	0.33	2.73	6.14	9.69	1.47	1.85	9.87	30.98	17.35
	8 ชั่วโมง	1.38	2.38	9.13	24.16	10.26	2.52	4.08	19.85	37.52	23.74
	12 ชั่วโมง	3.01	2.16	12.51	16.51	21.04	5.79	5.32	16.65	23.01	30.11

ตารางที่ ข-5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	0.41	0.49	1.75	6.56	-	0.83	1.17	2.15	3.06	-
	1 ชั่วโมง	0.72	1.21	1.66	5.61	7.21	2.33	1.6	3.05	4.68	7.2
	4 ชั่วโมง	5.14	3.74	2.81	3.79	5.16	5.54	4.14	3.84	3.44	5.26
	8 ชั่วโมง	4.78	2.08	3.59	3.35	-	5.97	2.52	3.8	5.06	-
	12 ชั่วโมง	3.52	2.44	2.18	4.15	5.25	6.16	2.42	3.02	3.97	5.25
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.22	0.84	2.68	6.79	-	0.17	0.88	3.45	5.36	-
	1 ชั่วโมง	0.19	0.74	3.57	9.23	7.49	0.51	0.76	4.38	10.01	9.94
	4 ชั่วโมง	0.48	1.27	5.55	6.48	7.1	0.51	0.93	6.84	8.17	8.28
	8 ชั่วโมง	1.02	2.11	3.42	6.34	-	1.43	0.98	3.98	7.14	-
	12 ชั่วโมง	1.19	1.73	3	6.13	5.76	1.21	1.53	3.79	7.08	8.75
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.05	0.16	0.92	4.74	-	0.11	0.54	1.96	4.99	-
	1 ชั่วโมง	0.07	0.68	1.35	3.07	7.57	0.51	0.74	2.65	5.71	8.61
	4 ชั่วโมง	0.22	0.79	2.63	4.41	8.42	0.53	0.81	3.81	5.44	9.63
	8 ชั่วโมง	0.91	1.15	3.26	6.79	-	0.96	0.91	3.82	6.91	-
	12 ชั่วโมง	1.45	1.79	3.81	7.55	6.76	1.13	1.56	4.44	7.87	8.08

ตารางที่ ข-6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	2.21	2.82	3.11	2.92	4.58	3.32	3.19	3.21	5.38	10.74
	1 ชั่วโมง	5.35	2.33	1.21	5.87	5.44	9.8	2.68	2.34	6.29	7.82
	4 ชั่วโมง	6.57	3.34	4.05	10.58	8	8.92	3.73	7.04	14.48	10.68
	8 ชั่วโมง	8.93	5.72	2.61	4.87	6.51	9.67	6.03	3.74	5.92	7.33
	12 ชั่วโมง	18.78	12.41	7.99	6.29	8.09	16.56	14.58	9.47	5.67	9.41
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.85	1.51	2.37	5.02	26.16	0.56	0.95	4.84	7.26	29.08
	1 ชั่วโมง	1.16	1.72	2.71	10.02	24.77	0.92	1.68	2.66	13.68	24.83
	4 ชั่วโมง	1.29	1.99	2.85	11.1	19.42	1.83	2.52	3.71	12.63	24.52
	8 ชั่วโมง	2.43	3.04	2.74	7.66	21.41	1.56	3.12	4.26	11.61	24.67
	12 ชั่วโมง	4.63	4.32	6.62	12.72	14.58	4.74	4.54	7.08	12.97	17.01
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.19	0.29	1.61	2.23	7.24	0.42	0.85	3.69	5.71	24.11
	1 ชั่วโมง	0.33	0.36	0.75	3.19	4.43	1.33	1.08	2.33	7.48	10.42
	4 ชั่วโมง	0.82	1.3	2.35	5.66	17.54	2.22	1.7	2.05	9.45	17.91
	8 ชั่วโมง	1.39	1.64	3.01	6.58	12.74	1.26	1.68	2.28	11.72	30.27
	12 ชั่วโมง	3.24	5.14	6.42	13.69	18.97	3.22	4.61	8.37	16.53	25.05

ตารางที่ ข-7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.07	0.57	1.51	1.45	14.53	3.11	2.34	1.91	1.42	20.21
	1 ชั่วโมง	1.71	0.86	2.52	5.99	7.13	5.37	1.24	3.14	4.92	10.04
	4 ชั่วโมง	2.63	1.66	1.94	3.61	14.78	8.58	4.83	2.99	4.61	10.19
	8 ชั่วโมง	5.48	1.19	3.09	2.71	14.43	8.33	2.57	4.81	18.38	13.43
	12 ชั่วโมง	7.75	6.24	6.3	6.41	-	14.91	13.94	8.33	6.18	-
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.55	0.74	1.71	3.58	24.53	0.84	2.15	3.57	3.94	27.02
	1 ชั่วโมง	0.88	0.94	2.84	11.36	16.52	1.1	1.33	2.61	8.24	24.76
	4 ชั่วโมง	1.21	1.35	4.24	9.91	26.61	2.16	1.92	2.1	12.97	35.8
	8 ชั่วโมง	1.9	1.21	2.49	10.58	40.21	1.74	2.19	3.52	23.55	52.54
	12 ชั่วโมง	2.87	4.55	5.66	8.46	-	3.11	5.27	7.99	11.97	-
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.12	0.24	1.3	1.71	15.77	0.25	0.81	1.64	2.31	17.19
	1 ชั่วโมง	0.2	0.31	2.34	6.81	7.73	0.71	0.72	2.57	6.38	9.46
	4 ชั่วโมง	2.1	1.09	2.58	6.29	9.55	1.16	1.89	2.55	9.77	18.25
	8 ชั่วโมง	1.32	0.82	2.05	8.45	29.88	1.37	1.37	3.17	14.05	27.16
	12 ชั่วโมง	2.35	3.53	6.26	14.02	-	3.15	5.11	8.6	14.06	-

ตารางที่ ข-8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	4.34	1.77	2.27	3.52	11.52	2.61	6.23	4.52	7.13	11.66
	1 ชั่วโมง	3.86	3.46	8.28	2.34	7.2	4.51	4.63	7.68	4.66	9.07
	4 ชั่วโมง	4.25	10.36	9.05	0.94	1.3	5.95	10.64	7.18	0	6.25
	8 ชั่วโมง	23.57	10.59	6.53	1.05	6.89	22.3	11.11	6.95	1.11	13.14
	12 ชั่วโมง	17.87	11.83	7.5	6.11	14.89	24.36	12.52	7.99	6.36	17.77
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.32	0.83	4.21	6.69	20.57	1.26	2	7.41	9.56	30.1
	1 ชั่วโมง	0.51	1.3	9.96	9.55	18.18	0.31	1.33	11.49	12.65	36.49
	4 ชั่วโมง	0.34	3.81	12.03	0.49	1.64	2.23	4.28	17.81	9.37	24.36
	8 ชั่วโมง	1.74	3.58	7.02	0.56	17.39	2.05	5.57	10.26	3.69	42.08
	12 ชั่วโมง	4.61	3.85	6.41	13.23	22.13	6.05	6.65	10.18	18.71	34.46
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.03	0.21	1.28	2.55	10.09	0.27	0.67	4.98	9.95	14.55
	1 ชั่วโมง	0.12	0.64	1.92	5.16	8.52	0.16	0.48	3.86	8.24	10.89
	4 ชั่วโมง	0.25	1.54	4.85	0.98	1.3	3.02	1.44	7.8	0	6.97
	8 ชั่วโมง	0.81	1.74	4.96	2.06	9.1	1.15	2.11	8.9	5.76	21.34
	12 ชั่วโมง	4.12	2.94	7.28	20.21	34.72	2.72	4.11	7.73	16.03	30.16

ตารางที่ ข-9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	7.4	7.61	3.81	1.77	16.92	7.11	9.56	5.24	2.39	16.6
	1 ชั่วโมง	12.78	5.98	2.07	3.67	18.27	8.61	4.72	2.17	3.94	18.26
	4 ชั่วโมง	8.71	5.71	2.61	4.08	1.07	7.65	4.48	3.01	7.8	8.02
	8 ชั่วโมง	1.47	8.61	5.85	5.21	11	3.75	7.91	4.33	12.54	21
	12 ชั่วโมง	15.33	9.71	3.76	4.84	12.04	17.81	10.09	4.47	4.76	12.34
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.6	1	2.2	6.56	27.09	0.57	1.86	6.28	16.82	46.6
	1 ชั่วโมง	1.46	1.76	2.24	19.24	22.95	1.11	2.52	4.02	20.81	28.73
	4 ชั่วโมง	1.32	2.03	3.51	9.36	14.91	2.37	2.45	8.54	17.41	31.14
	8 ชั่วโมง	0.87	2.49	3.34	15.82	29.33	2.64	2.96	9.15	23.01	36.41
	12 ชั่วโมง	5.41	5.1	7.83	5.38	11.38	8.57	9.32	13.91	9.78	23.36
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.11	0.26	1.75	3.3	16.11	0.28	1.44	4.61	6.21	19.91
	1 ชั่วโมง	0.18	0.29	1.08	6.32	20.21	0.4	1.07	3.34	10.25	20.54
	4 ชั่วโมง	0.56	0.87	2.65	6.44	8.21	1.29	1.66	8.42	12.17	35.23
	8 ชั่วโมง	0.96	1.85	4.89	10.84	26.38	1.32	2.65	9.48	10.9	22.82
	12 ชั่วโมง	4.36	6.43	11.94	9.18	13.96	5.72	7.47	13.56	6.56	15.75

ตารางที่ ข-10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพบนระบบออนไลน์ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบบนระบบออนไลน์ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจริง					ใช้ข้อมูลเวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	2.59	3.93	3.51	4.45	4.99	1.87	5.81	4.28	4.14	5.86
	1 ชั่วโมง	4.51	2.62	0.97	5.44	11.84	8.29	15.69	1.32	5.13	12.21
	4 ชั่วโมง	4.12	6.23	0.89	2.07	15.38	5.91	19.21	3.34	1.71	15.63
	8 ชั่วโมง	4.8	4.22	2.52	-	14.52	8.21	14.68	5.06	-	17
	12 ชั่วโมง	15.46	22.95	9.26	6.7	8.52	18.86	29.88	13.85	10.43	6.47
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.77	1.61	3.26	4.89	10.67	0.57	2.53	5.29	6.63	11.14
	1 ชั่วโมง	1.44	3.22	0.82	4.59	23.71	1.74	4.67	1.45	13.1	23.33
	4 ชั่วโมง	0.71	3.84	0.91	3.42	26.33	1.69	8.9	4.73	3.39	30.61
	8 ชั่วโมง	0.8	1.79	8.38	-	30.81	2.13	3.14	10.92	-	34.46
	12 ชั่วโมง	2.95	8.39	14.57	6.7	12.92	3.32	9.37	20.91	12.34	20.85
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.33	0.51	1.11	3.32	11.09	0.17	2.12	4.45	6.83	7.94
	1 ชั่วโมง	0.61	1.37	0.55	6.63	17.78	0.64	3.11	1.54	5.95	28.44
	4 ชั่วโมง	1.14	1.66	1.04	2.17	15.53	0.96	6.91	4.27	3.46	37.68
	8 ชั่วโมง	2.11	2.08	4.96	-	22.01	1.57	2.02	12.24	-	47.6
	12 ชั่วโมง	2.81	8.62	21.11	11.3	17.15	2.61	9.11	25.3	12.34	23.5

ภาคผนวก ค
ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริง

ตารางที่ ค-1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้วลาประมวลผลจริงในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.83	2.54	5.3	5.92	4.09	1.14	2.09	3.51	6.84	4.16
	1 ชั่วโมง	5.33	14.44	6.97	4.79	6.87	1.96	8.24	4.5	3.16	8.66
	4 ชั่วโมง	8.54	7.05	16.41	8.25	7.31	4.57	7.58	12.4	8.33	3.62
	8 ชั่วโมง	10.92	4.09	20.77	9.37	-	5.47	1.36	18.72	8.61	-
	12 ชั่วโมง	30.67	39.62	21.81	9.57	5.15	3.28	32	17.96	8.53	4.41
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.84	0.98	8.66	19.36	19.16	2.99	3.94	6.51	13.58	16.26
	1 ชั่วโมง	1.67	10.55	8.67	18.29	19.43	2.58	5.86	8.33	15.5	18.52
	4 ชั่วโมง	3.15	4.74	17.31	22.17	21.23	4.22	4.39	14.76	17.11	12.94
	8 ชั่วโมง	0.75	0.41	13.82	20.14	-	1.64	2.79	12.81	14.45	-
	12 ชั่วโมง	4.01	3.91	12.99	18.84	25.38	4.35	5.23	10.54	14.22	19.88
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.27	0.38	2.07	3.79	8.52	0.32	1.33	1.58	3.88	4.46
	1 ชั่วโมง	0.48	2.91	3.39	5.59	10.72	0.19	3.43	2.32	4.39	5.5
	4 ชั่วโมง	0.69	1.79	10.56	7.98	9.39	0.49	1.13	7.94	9.12	10.43
	8 ชั่วโมง	0.34	0.92	10.46	10.68	-	0.33	0.81	9.23	8.55	-
	12 ชั่วโมง	1.47	3.83	17.21	30.22	27.69	2.53	2.42	14.2	23.14	30.87

ตารางที่ ค-2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	3.86	4.71	13.46	14.79	9.12	4.21	5.71	10.89	13.49	8.11
	1 ชั่วโมง	7.38	7.74	27.09	20.08	6.07	8.13	7.79	12.81	10.75	4.83
	4 ชั่วโมง	8.91	9.98	26.52	41.69	15.09	13.05	11.16	24.57	32.07	15.26
	8 ชั่วโมง	88.75	34.22	56.23	58.91	4.26	91.87	27.31	55.4	53.26	5.47
	12 ชั่วโมง	23.79	63.72	66.39	54.04	19.83	20.64	58.61	66.14	40.31	19.23
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.68	3.02	4.51	20.41	48.55	1.32	2.61	4.92	21.51	44.36
	1 ชั่วโมง	2.03	3.59	11.44	24.21	42.06	2.27	2.73	13.27	19.68	39.36
	4 ชั่วโมง	2.42	4.77	16.31	36.68	54.58	3.4	4.07	10.73	33.66	48.25
	8 ชั่วโมง	7.28	20.18	32.45	40.61	49.26	12.99	19.81	23.18	38.41	46.35
	12 ชั่วโมง	5.32	18.01	29.97	49.25	59.54	7.31	14.32	26.93	48.13	57.55
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.11	2.38	2.99	5.58	7.57	0.62	1.51	2.37	4.3	7.18
	1 ชั่วโมง	1.48	2.66	6.38	5.71	8.79	1.59	2.02	4.06	2.84	9.25
	4 ชั่วโมง	2.89	3.81	8.73	16.28	22.02	2.94	2.03	7.43	11.48	24.2
	8 ชั่วโมง	1.61	7.07	24.21	34.72	47.35	2.97	5.11	27.54	32.22	49.74
	12 ชั่วโมง	3.42	9.14	48.87	79.89	94.52	6.43	10.18	43.79	82.4	94.43

ตารางที่ ค-3 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	5.73	5.98	4.45	11.89	6.88	4.88	5.18	6.8	11.47	10.96
	1 ชั่วโมง	10.11	11.89	8.38	11.15	9.17	13.17	9.18	6.86	2.58	8.67
	4 ชั่วโมง	25.07	32.26	17.18	7.58	5.92	21.12	46.55	18.39	8.66	5.82
	8 ชั่วโมง	57.73	41.95	33.37	12.78	10.9	44.44	26.38	37.61	8.41	8.92
	12 ชั่วโมง	26.29	90.64	32.91	15.51	7.04	21.66	79.11	31.87	14.32	7.82
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.83	3.12	4.47	16.56	39.78	1.62	3.06	7.07	14.87	41.27
	1 ชั่วโมง	7.11	4.42	11.33	21.39	33.77	1.03	3.71	7	17.41	32.36
	4 ชั่วโมง	3.04	7.71	19.46	23.03	36.82	1.22	5.25	14.7	17.94	33.29
	8 ชั่วโมง	3.94	2.66	20.93	28.19	29.67	5.11	3.89	22.77	23.39	31.83
	12 ชั่วโมง	8.48	9.51	19.24	33.73	26.32	7.96	7.87	17.39	31.49	25.78
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.44	0.39	1.09	4.72	8.88	0.94	2.22	2.17	5.23	4.61
	1 ชั่วโมง	1.84	0.62	7.77	9.08	10.51	2.62	1.71	6.71	6.41	8.45
	4 ชั่วโมง	1.89	2.73	10.43	9.01	16.64	2.49	2.67	7.93	7.66	14.82
	8 ชั่วโมง	10.21	3.64	18.26	21.14	33.62	6.63	2.44	16.67	14.35	27.05
	12 ชั่วโมง	7.45	10.79	29.45	42.29	43.88	15.34	6.89	24.8	37.21	34.95

ตารางที่ ค-4 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	3.48	4.51	4.46	4.05	2.69	1.41	3.06	4.81	2.81	7.15
	1 ชั่วโมง	5.25	7.11	9.23	1.79	5.21	1.83	3.19	7.21	4.86	5.72
	4 ชั่วโมง	12.05	8.54	6.11	12.59	3.95	5.69	5.98	5.69	9.52	7.07
	8 ชั่วโมง	8.69	12.66	11.96	25.73	10.36	7.77	9.66	14.01	20.51	9.29
	12 ชั่วโมง	14.35	15.63	13.92	12.82	9.03	9.05	9.06	10.08	14.71	8.75
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.45	1.62	4.51	15.07	14.83	0.17	0.35	3.14	10.81	13.02
	1 ชั่วโมง	0.29	1.16	7.97	10.14	20.17	0.23	0.34	7.02	5.41	18.95
	4 ชั่วโมง	1.58	3.07	5.92	9.49	16.85	1.08	0.34	3.9	8.6	18.71
	8 ชั่วโมง	1.94	3.06	12.54	32.27	16.45	1.31	3.28	12.88	27.69	9.76
	12 ชั่วโมง	2.76	3.34	12.42	14.33	17.41	2.98	2.5	10.54	15	18.74
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.91	1.38	1.89	5.15	10.67	0.14	0.17	0.91	3.65	8.39
	1 ชั่วโมง	0.89	1.48	3.11	5.77	7.74	0.11	0.24	2.51	6.09	5.35
	4 ชั่วโมง	5.39	2.49	4.08	4.79	9.49	0.84	0.33	2.73	6.14	9.69
	8 ชั่วโมง	2.82	3.89	8.69	23.89	17.86	1.38	2.38	9.13	24.16	10.26
	12 ชั่วโมง	6.95	6.76	22.03	19.71	25.74	3.01	2.16	12.51	16.51	21.04

ตารางที่ ค-5 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	2.72	2.21	0.98	4.39	-	0.41	0.49	1.75	6.56	-
	1 ชั่วโมง	4.37	2.71	3.75	5.84	1.82	0.72	1.21	1.66	5.61	7.21
	4 ชั่วโมง	10.92	10.96	5.24	3.45	4.45	5.14	3.74	2.81	3.79	5.16
	8 ชั่วโมง	16.27	7.64	7.76	7.28	-	4.78	2.08	3.59	3.35	-
	12 ชั่วโมง	17.68	10.79	7.46	5.24	0.86	3.52	2.44	2.18	4.15	5.25
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.31	1.08	3.43	9.43	-	0.22	0.84	2.68	6.79	-
	1 ชั่วโมง	0.71	1.37	5.63	13.08	11.06	0.19	0.74	3.57	9.23	7.49
	4 ชั่วโมง	1.52	3.41	9.44	13.18	15.24	0.48	1.27	5.55	6.48	7.1
	8 ชั่วโมง	3.81	4.39	8.04	19.48	-	1.02	2.11	3.42	6.34	-
	12 ชั่วโมง	3.93	4.99	7.06	12.59	8.24	1.19	1.73	3	6.13	5.76
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.28	0.34	1.08	2.89	-	0.05	0.16	0.92	4.74	-
	1 ชั่วโมง	0.32	0.81	1.26	3.11	7.08	0.07	0.68	1.35	3.07	7.57
	4 ชั่วโมง	1.23	1.67	3.43	5.16	4.05	0.22	0.79	2.63	4.41	8.42
	8 ชั่วโมง	1.88	2.93	4.93	9.09	-	0.91	1.15	3.26	6.79	-
	12 ชั่วโมง	4.72	4.61	11.06	14.87	7.97	1.45	1.79	3.81	7.55	6.76

ตารางที่ ค-6 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	2.46	2.76	2.26	3.42	8.41	2.21	2.82	3.11	2.92	4.58
	1 ชั่วโมง	6.15	2.87	3.55	8.49	7.31	5.35	2.33	1.21	5.87	5.44
	4 ชั่วโมง	7.44	4.72	3.41	12.39	7.07	6.57	3.34	4.05	10.58	8
	8 ชั่วโมง	16.81	9.93	4.34	6.44	4.16	8.93	5.72	2.61	4.87	6.51
	12 ชั่วโมง	21.74	16.14	14.95	9.15	4.35	18.78	12.41	7.99	6.29	8.09
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.34	2.59	3.93	5.77	25.63	0.85	1.51	2.37	5.02	26.16
	1 ชั่วโมง	2.17	1.59	4.83	12.24	23.36	1.16	1.72	2.71	10.02	24.77
	4 ชั่วโมง	2.08	4.74	5.75	14.95	19.68	1.29	1.99	2.85	11.1	19.42
	8 ชั่วโมง	4.19	4.73	7.06	8.19	14.67	2.43	3.04	2.74	7.66	21.41
	12 ชั่วโมง	5.97	8.13	10.03	14.99	16.55	4.63	4.32	6.62	12.72	14.58
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.61	1.49	2.72	2.46	7.24	0.19	0.29	1.61	2.23	7.24
	1 ชั่วโมง	1.03	1.91	3.41	4.27	18.24	0.33	0.36	0.75	3.19	4.43
	4 ชั่วโมง	1.46	2.18	4.11	6.28	14.82	0.82	1.3	2.35	5.66	17.54
	8 ชั่วโมง	2.67	3.99	3.52	9.09	21.33	1.39	1.64	3.01	6.58	12.74
	12 ชั่วโมง	8.87	10.53	12.91	22.81	26.17	3.24	5.14	6.42	13.69	18.97

ตารางที่ ค-7 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.89	1.11	7.27	1.55	11.57	1.07	0.57	1.51	1.45	14.53
	1 ชั่วโมง	4.62	1.96	4.98	5.99	9.01	1.71	0.86	2.52	5.99	7.13
	4 ชั่วโมง	11.15	4.94	4.09	4.28	8.52	2.63	1.66	1.94	3.61	14.78
	8 ชั่วโมง	14.16	6.56	6.52	9.66	14.19	5.48	1.19	3.09	2.71	14.43
	12 ชั่วโมง	17.13	12.29	9.61	5.52	-	7.75	6.24	6.3	6.41	-
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.74	1.33	2.99	3.36	27.93	0.55	0.74	1.71	3.58	24.53
	1 ชั่วโมง	1.08	1.23	4.79	16.91	17.86	0.88	0.94	2.84	11.36	16.52
	4 ชั่วโมง	2.04	4.56	9.02	11.59	22.71	1.21	1.35	4.24	9.91	26.61
	8 ชั่วโมง	2.97	3.85	7.48	11.31	41.06	1.9	1.21	2.49	10.58	40.21
	12 ชั่วโมง	4.68	6.82	8.77	12.97	-	2.87	4.55	5.66	8.46	-
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.48	0.65	1.12	2.75	10.02	0.12	0.24	1.3	1.71	15.77
	1 ชั่วโมง	0.59	1.07	3.49	9.47	12.32	0.2	0.31	2.34	6.81	7.73
	4 ชั่วโมง	1.66	1.88	5.09	8.84	12.93	2.1	1.09	2.58	6.29	9.55
	8 ชั่วโมง	2.35	3.51	4.95	14.36	33.91	1.32	0.82	2.05	8.45	29.88
	12 ชั่วโมง	6.61	7.81	15.48	23.55	-	2.35	3.53	6.26	14.02	-

ตารางที่ ค-8 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	1.86	2.39	8.22	5.81	5.05	4.34	1.77	2.27	3.52	11.52
	1 ชั่วโมง	4.54	4.09	8.85	4.21	7.69	3.86	3.46	8.28	2.34	7.2
	4 ชั่วโมง	8.68	12.43	9.25	1.49	7.49	4.25	10.36	9.05	0.94	1.3
	8 ชั่วโมง	24.44	13.27	11.56	4.29	7.91	23.57	10.59	6.53	1.05	6.89
	12 ชั่วโมง	21.91	11.72	10.32	5.98	10.12	17.87	11.83	7.5	6.11	14.89
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.87	2.37	7.49	13.59	21.47	0.32	0.83	4.21	6.69	20.57
	1 ชั่วโมง	2.36	3.28	12.83	15.95	21.69	0.51	1.3	9.96	9.55	18.18
	4 ชั่วโมง	1.55	6.47	14.78	3.01	3.47	0.34	3.81	12.03	0.49	1.64
	8 ชั่วโมง	4.54	7.45	11.49	8.66	20.02	1.74	3.58	7.02	0.56	17.39
	12 ชั่วโมง	6.04	6.68	10.86	16.89	24.87	4.61	3.85	6.41	13.23	22.13
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.22	0.78	3.52	5.17	19.13	0.03	0.21	1.28	2.55	10.09
	1 ชั่วโมง	0.99	1.66	5.26	7.29	16.06	0.12	0.64	1.92	5.16	8.52
	4 ชั่วโมง	1.18	5.42	9.13	3.82	6.31	0.25	1.54	4.85	0.98	1.3
	8 ชั่วโมง	4.99	6.15	10.95	17.86	15.63	0.81	1.74	4.96	2.06	9.1
	12 ชั่วโมง	12.51	8.81	15.98	28.04	42.71	4.12	2.94	7.28	20.21	34.72

ตารางที่ ค-9 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	7.26	5.41	7.47	5.45	10.97	7.4	7.61	3.81	1.77	16.92
	1 ชั่วโมง	20.67	11.78	4.67	7.29	4.81	12.78	5.98	2.07	3.67	18.27
	4 ชั่วโมง	14.59	12.35	4.76	2.59	0	8.71	5.71	2.61	4.08	1.07
	8 ชั่วโมง	6.12	10.04	6.13	8.76	9.39	1.47	8.61	5.85	5.21	11
	12 ชั่วโมง	17.94	10.73	6.86	2.19	0.83	15.33	9.71	3.76	4.84	12.04
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.91	1.74	4.45	7.09	27.01	0.6	1	2.2	6.56	27.09
	1 ชั่วโมง	1.71	2.95	4.93	16.25	22.03	1.46	1.76	2.24	19.24	22.95
	4 ชั่วโมง	2.24	4.05	7.62	14.17	12.47	1.32	2.03	3.51	9.36	14.91
	8 ชั่วโมง	2.17	3.49	6.04	18.41	25.21	0.87	2.49	3.34	15.82	29.33
	12 ชั่วโมง	6.09	5.31	9.67	4.49	11.13	5.41	5.1	7.83	5.38	11.38
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.71	2.96	6.55	3.55	22.99	0.11	0.26	1.75	3.3	16.11
	1 ชั่วโมง	3.39	3.43	4.47	7.32	19.76	0.18	0.29	1.08	6.32	20.21
	4 ชั่วโมง	2.39	3.51	8.08	11.39	3.99	0.56	0.87	2.65	6.44	8.21
	8 ชั่วโมง	0.98	4.26	6.58	17.97	18.56	0.96	1.85	4.89	10.84	26.38
	12 ชั่วโมง	5.83	5.69	12.47	7.29	16.89	4.36	6.43	11.94	9.18	13.96

ตารางที่ ค-10 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจริงในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	4.25	4.81	2.96	9.86	11.21	2.59	3.93	3.51	4.45	4.99
	1 ชั่วโมง	5.52	6.61	2.69	8.99	3.91	4.51	2.62	0.97	5.44	11.84
	4 ชั่วโมง	4.81	8.98	3.57	4.68	4.55	4.12	6.23	0.89	2.07	15.38
	8 ชั่วโมง	5.54	13.19	7.39	-	14.28	4.8	4.22	2.52	-	14.52
	12 ชั่วโมง	17.32	17.01	9.44	8.87	1.18	15.46	22.95	9.26	6.7	8.52
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.44	2.58	3.84	12.29	16.89	0.77	1.61	3.26	4.89	10.67
	1 ชั่วโมง	2.02	6.22	2.71	19.92	24.38	1.44	3.22	0.82	4.59	23.71
	4 ชั่วโมง	1.94	5.59	3.88	7.37	32.87	0.71	3.84	0.91	3.42	26.33
	8 ชั่วโมง	1.98	2.91	10.83	-	31.47	0.8	1.79	8.38	-	30.81
	12 ชั่วโมง	2.58	7.82	19.38	16.68	22.52	2.95	8.39	14.57	6.7	12.92
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.07	0.89	1.81	2.84	8.53	0.33	0.51	1.11	3.32	11.09
	1 ชั่วโมง	1.65	2.54	1.79	6.02	12.66	0.61	1.37	0.55	6.63	17.78
	4 ชั่วโมง	1.86	2.76	2.41	4.04	12.51	1.14	1.66	1.04	2.17	15.53
	8 ชั่วโมง	2.18	2.09	6.41	-	24.51	2.11	2.08	4.96	-	22.01
	12 ชั่วโมง	4.13	9.49	18.96	15.21	18	2.81	8.62	21.11	11.3	17.15

ภาคผนวก ง
ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้

ตารางที่ ง-1 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ใน เดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนมิถุนายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	4.39	4	12.43	8.44	5.56	0.91	2.57	10.78	6.76	5.18
	1 ชั่วโมง	7.64	13.88	16.18	6.12	7.69	3.41	10.88	18.98	4.89	6.8
	4 ชั่วโมง	12.04	6.28	19.44	9.73	7.26	13.18	3.46	19.96	9.28	10.23
	8 ชั่วโมง	13.89	9.11	29.79	7.76	-	4.75	7.25	29.45	10.11	-
	12 ชั่วโมง	23.42	12.57	25.18	12.71	6.11	3.28	15.81	21.99	8.2	5.54
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.91	0.85	13.81	21	20.84	2.31	3.06	12.03	16.43	19.77
	1 ชั่วโมง	2.54	8.07	13.52	17.78	20.79	2.51	8	14.43	18.99	22.95
	4 ชั่วโมง	3.99	3.81	19.91	24.81	18.68	4.95	3.15	17.3	19.3	20.37
	8 ชั่วโมง	1.35	2.05	16.32	21.41	-	2.16	0.86	15.44	17.32	-
	12 ชั่วโมง	0.14	3.64	14.11	22.01	26.25	3.28	5.74	11.88	16.43	24.28
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.93	2.99	11.24	9.11	17.48	0.37	0.33	10.79	8.16	12.41
	1 ชั่วโมง	1.94	3.23	13.21	14.17	10.59	1	2.92	9.88	8.41	6.57
	4 ชั่วโมง	5.22	1.57	15.92	22.74	22.44	2.32	1.71	10.44	14.46	22.33
	8 ชั่วโมง	0.11	2.05	21.11	22.94	-	0.31	0	15.66	15.47	-
	12 ชั่วโมง	1.41	5.09	21.16	35.93	43.18	3.28	2.23	13.68	26.82	34.09

ตารางที่ ง-2 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนกรกฎาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	6.96	8.11	32.04	22.84	9.33	7.61	9.06	30.94	22.72	8.64
	1 ชั่วโมง	28.17	6.42	23.86	26.54	5.43	24.49	4.87	18.39	18.44	4.11
	4 ชั่วโมง	73.66	30.69	32.95	39.51	17.88	65.52	29.92	42.49	46.15	13.33
	8 ชั่วโมง	124.94	81.01	68.16	62.57	5.83	117.02	70.36	58.27	62.27	3.61
	12 ชั่วโมง	45.13	107.65	68.61	46.65	20.26	33.19	90.43	69.19	35.72	17.35
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	2.38	4.12	17.71	32.09	59.85	4.33	4.19	19.77	25.06	68.99
	1 ชั่วโมง	7.34	3.01	11.91	29.16	50.91	6.48	3.16	11.63	25.03	59.07
	4 ชั่วโมง	17.87	6.36	20.16	30.99	66.33	10.38	4.89	21.44	36.46	71.97
	8 ชั่วโมง	16.01	15.44	45.69	52.81	57.17	19.01	6.41	46.89	51.35	60.87
	12 ชั่วโมง	4.18	20.13	37.01	60.8	69.31	14.02	14.38	40.2	64.63	71.79
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	2.15	4.11	20.43	22.24	25.81	1.76	3.7	23.99	22.89	33.05
	1 ชั่วโมง	4.38	4.01	12.67	24.59	21.25	5.34	1.6	10.59	25.99	24.31
	4 ชั่วโมง	7.06	4.5	22.96	27.45	74.88	5.32	4.3	21.61	28.18	77.57
	8 ชั่วโมง	4.43	12.01	63.8	64.36	68.71	4.23	6.4	67.06	66.26	77.65
	12 ชั่วโมง	3.89	12.58	49.27	82.22	94.92	9	12.12	59.36	91.91	109.25

ตารางที่ ง-3 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนสิงหาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	5.74	9.07	10.07	12.63	7.32	4.12	11.26	11.11	11.65	10.69
	1 ชั่วโมง	15.23	6.42	10.66	13.19	9.73	17.26	9.62	8.87	8.77	8.42
	4 ชั่วโมง	32.37	21.12	22.91	8.88	9.92	27.85	27.65	25.9	8.79	7.31
	8 ชั่วโมง	42.14	29.38	41.79	12.82	11.42	56.92	34.17	42.11	9.92	9.15
	12 ชั่วโมง	23.04	69.95	33.73	20.23	7.19	22.66	66.09	30.41	17.86	8.31
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.67	3.52	8.06	27.3	41.17	2.13	3	10.14	23.59	43.75
	1 ชั่วโมง	3.58	2.78	13.81	27.64	37.89	7.18	3.65	12.63	27.91	37.73
	4 ชั่วโมง	5.24	7.58	20.13	26.81	31.42	4.09	9.4	17.73	20.14	32.37
	8 ชั่วโมง	9.94	4.32	24.56	35.64	38.35	4.99	5.95	22.45	30.66	40.41
	12 ชั่วโมง	9.43	8.66	21.21	37.98	29.11	12.83	9.7	21.57	34.24	29.63
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.26	3.57	7.41	17.34	29.46	1.04	2.43	7.27	15.01	31.94
	1 ชั่วโมง	3.89	1.61	11.39	19.14	28.34	4.24	1.64	13.47	19.26	29.73
	4 ชั่วโมง	5.18	7.61	15.56	15.61	44.35	4.96	5.44	15	14.42	44.35
	8 ชั่วโมง	11.49	6.57	20.89	28.62	43.88	11.97	8.21	22	25.21	44.46
	12 ชั่วโมง	11.72	14.47	30.43	41.91	38.74	17.87	12.38	29.77	40.18	37.14

ตารางที่ ง-4 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ใน เดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	2.83	3.06	7.74	9.61	3.19	2.43	2.34	6.22	10.97	7.81
	1 ชั่วโมง	9.63	3.71	7.02	26.61	6.06	6.68	2.7	8.51	26.77	5.57
	4 ชั่วโมง	7.51	18.87	12.04	20.52	7.71	9.03	12.91	9.11	19.89	6.97
	8 ชั่วโมง	21.27	21.49	19.01	31.33	7.45	15.11	14.9	17.78	20.51	6.98
	12 ชั่วโมง	22.75	25.62	15.75	13.64	9.83	15.07	15.89	13.41	14.04	8.76
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.11	2.21	6.56	20.67	17.66	0.41	1.01	5.54	22.39	16.72
	1 ชั่วโมง	2.05	2.16	8.84	18.19	25.73	2.06	0.99	7.45	21.57	25.66
	4 ชั่วโมง	5.11	4.55	11.33	24.71	23.21	1.95	2.73	12.31	25.98	26.07
	8 ชั่วโมง	4.41	4.47	18.24	34.63	24.01	2.87	4.28	18.44	37.75	17.81
	12 ชั่วโมง	5.63	4.98	15.74	20.17	22.92	5.97	5.73	15.62	22.1	26.42
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.5	1	5.86	22.98	17.54	0.34	0.45	4.34	14.57	15.33
	1 ชั่วโมง	0.89	1.28	7.33	41.22	19.36	1.71	1.24	4.79	21.67	17.31
	4 ชั่วโมง	2.86	3.31	16.16	43.16	16.81	1.47	1.85	9.87	30.98	17.35
	8 ชั่วโมง	4.71	5.37	16.45	43.54	23.61	2.52	4.08	19.85	37.52	23.74
	12 ชั่วโมง	7.78	7.28	25.15	35.29	38.16	5.79	5.32	16.65	23.01	30.11

ตารางที่ ง-5 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ใน เดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนตุลาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	3.82	6.52	2.48	4.65	-	0.83	1.17	2.15	3.06	-
	1 ชั่วโมง	11.54	4.01	3.53	6.08	2.17	2.33	1.6	3.05	4.68	7.2
	4 ชั่วโมง	13.18	11.8	6.91	4.01	4.37	5.54	4.14	3.84	3.44	5.26
	8 ชั่วโมง	17.76	8.62	7.49	7.28	-	5.97	2.52	3.8	5.06	-
	12 ชั่วโมง	18.59	10.77	7.95	5.5	1.06	6.16	2.42	3.02	3.97	5.25
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.67	2.28	4.75	9.45	-	0.17	0.88	3.45	5.36	-
	1 ชั่วโมง	2.31	1.76	6.73	12.14	11.72	0.51	0.76	4.38	10.01	9.94
	4 ชั่วโมง	1.71	3.05	13.09	13.12	15.77	0.51	0.93	6.84	8.17	8.28
	8 ชั่วโมง	3.16	2.91	8.72	19.31	-	1.43	0.98	3.98	7.14	-
	12 ชั่วโมง	3.22	4.1	7.41	12.94	9.41	1.21	1.53	3.79	7.08	8.75
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.43	1.29	3.22	6.31	-	0.11	0.54	1.96	4.99	-
	1 ชั่วโมง	2.36	1.47	3.06	8.73	8.53	0.51	0.74	2.65	5.71	8.61
	4 ชั่วโมง	1.78	1.68	7.12	10.06	10.19	0.53	0.81	3.81	5.44	9.63
	8 ชั่วโมง	1.46	1.94	8.21	17.52	-	0.96	0.91	3.82	6.91	-
	12 ชั่วโมง	3.39	4.59	11.1	15.26	13.15	1.13	1.56	4.44	7.87	8.08

ตารางที่ ง-6 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนพฤศจิกายน ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	4.49	5.46	5.95	4.58	12.11	3.32	3.19	3.21	5.38	10.74
	1 ชั่วโมง	14.36	4.84	4.67	5.88	7.51	9.8	2.68	2.34	6.29	7.82
	4 ชั่วโมง	14.86	11.36	6.64	16.11	6.71	8.92	3.73	7.04	14.48	10.68
	8 ชั่วโมง	17.16	10.88	5.61	9.05	4.94	9.67	6.03	3.74	5.92	7.33
	12 ชั่วโมง	25.75	17.67	15.78	10.01	4.72	16.56	14.58	9.47	5.67	9.41
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.39	2.96	7.09	11.04	34.75	0.56	0.95	4.84	7.26	29.08
	1 ชั่วโมง	3.17	3.92	8.24	16.26	25.02	0.92	1.68	2.66	13.68	24.83
	4 ชั่วโมง	3.36	5.72	6.67	14.77	29.21	1.83	2.52	3.71	12.63	24.52
	8 ชั่วโมง	3.19	4.52	7.16	13.51	21.21	1.56	3.12	4.26	11.61	24.67
	12 ชั่วโมง	5.22	8.49	9.92	17.47	20.39	4.74	4.54	7.08	12.97	17.01
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.03	2.55	9.46	6.9	27.41	0.42	0.85	3.69	5.71	24.11
	1 ชั่วโมง	2.23	2.92	5.5	10.56	19.8	1.33	1.08	2.33	7.48	10.42
	4 ชั่วโมง	4.13	5.44	7.57	15.09	15.7	2.22	1.7	2.05	9.45	17.91
	8 ชั่วโมง	2.25	4.71	7.18	18.74	32.68	1.26	1.68	2.28	11.72	30.27
	12 ชั่วโมง	8.19	12.2	14.22	20.88	30.9	3.22	4.61	8.37	16.53	25.05

ตารางที่ ง-7 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนธันวาคม ปี ค.ศ. 2003 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	3.57	3.84	8.59	2.66	12.25	3.11	2.34	1.91	1.42	20.21
	1 ชั่วโมง	8.38	3.06	6.09	6.32	9.47	5.37	1.24	3.14	4.92	10.04
	4 ชั่วโมง	14.74	6.11	4.83	6.02	11.82	8.58	4.83	2.99	4.61	10.19
	8 ชั่วโมง	13.75	5.98	7.82	13.08	13.7	8.33	2.57	4.81	18.38	13.43
	12 ชั่วโมง	18.74	13.85	11.15	6.18	-	14.91	13.94	8.33	6.18	-
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.99	2.41	3.73	9.76	14.66	0.84	2.15	3.57	3.94	27.02
	1 ชั่วโมง	1.91	1.59	4.74	15.39	21.78	1.1	1.33	2.61	8.24	24.76
	4 ชั่วโมง	3.68	4.88	5.61	13.14	24.24	2.16	1.92	2.1	12.97	35.8
	8 ชั่วโมง	3.81	4.61	9.25	14.76	35.34	1.74	2.19	3.52	23.55	52.54
	12 ชั่วโมง	6.88	8.83	13.05	14.79	-	3.11	5.27	7.99	11.97	-
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	1.21	2.37	5.57	5.33	11.84	0.25	0.81	1.64	2.31	17.19
	1 ชั่วโมง	1.71	1.55	3.98	8.94	16.06	0.71	0.72	2.57	6.38	9.46
	4 ชั่วโมง	2.96	3.27	4.69	13.36	18.83	1.16	1.89	2.55	9.77	18.25
	8 ชั่วโมง	2.46	3.42	8.84	14.73	20.99	1.37	1.37	3.17	14.05	27.16
	12 ชั่วโมง	7.01	9.58	14.73	19.39	-	3.15	5.11	8.6	14.06	-

ตารางที่ ง-8 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	4	8.94	8.22	7.76	6.58	2.61	6.23	4.52	7.13	11.66
	1 ชั่วโมง	7.36	4.27	9.43	3.63	10.66	4.51	4.63	7.68	4.66	9.07
	4 ชั่วโมง	10.69	15.04	10.3	1.84	12.81	5.95	10.64	7.18	0	6.25
	8 ชั่วโมง	22.18	15.91	13.52	4.86	8.91	22.3	11.11	6.95	1.11	13.14
	12 ชั่วโมง	24.13	12.83	11.18	6.14	10.19	24.36	12.52	7.99	6.36	17.77
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.98	4.49	9.19	17.94	26.06	1.26	2	7.41	9.56	30.1
	1 ชั่วโมง	3.65	4.64	13.42	19.08	26.4	0.31	1.33	11.49	12.65	36.49
	4 ชั่วโมง	3.55	5.72	19.49	7.21	9.39	2.23	4.28	17.81	9.37	24.36
	8 ชั่วโมง	4.31	7.58	14.81	11.99	25.81	2.05	5.57	10.26	3.69	42.08
	12 ชั่วโมง	6.71	8.56	13.71	18.61	27.7	6.05	6.65	10.18	18.71	34.46
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.75	2.87	7.71	12.61	19.44	0.27	0.67	4.98	9.95	14.55
	1 ชั่วโมง	1.29	1.88	7.97	11.43	24.71	0.16	0.48	3.86	8.24	10.89
	4 ชั่วโมง	2.96	4.86	12.66	4	34.49	3.02	1.44	7.8	0	6.97
	8 ชั่วโมง	4.21	6.29	15.55	15.48	42.65	1.15	2.11	8.9	5.76	21.34
	12 ชั่วโมง	8.57	10.81	15.94	20.19	39.41	2.72	4.11	7.73	16.03	30.16

ตารางที่ ง-9 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	6.44	6.97	9.21	6.09	12.98	7.11	9.56	5.24	2.39	16.6
	1 ชั่วโมง	16.11	9.77	6.08	10.21	4.86	8.61	4.72	2.17	3.94	18.26
	4 ชั่วโมง	16.35	13.53	6.27	5.92	10.53	7.65	4.48	3.01	7.8	8.02
	8 ชั่วโมง	9.49	13.07	10.66	7.6	12.13	3.75	7.91	4.33	12.54	21
	12 ชั่วโมง	21.47	13.82	10.46	2.19	1.13	17.81	10.09	4.47	4.76	12.34
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	1.04	3.37	6.73	10.34	32.54	0.57	1.86	6.28	16.82	46.6
	1 ชั่วโมง	2.16	2.9	6.85	24.38	27.14	1.11	2.52	4.02	20.81	28.73
	4 ชั่วโมง	3.29	4.05	11.19	22.17	27.62	2.37	2.45	8.54	17.41	31.14
	8 ชั่วโมง	2.51	4.76	9.51	21.44	29.63	2.64	2.96	9.15	23.01	36.41
	12 ชั่วโมง	6.82	7.58	15.49	7.46	14.88	8.57	9.32	13.91	9.78	23.36
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.71	3.12	6.51	7.23	18.38	0.28	1.44	4.61	6.21	19.91
	1 ชั่วโมง	1.46	2.94	5.91	8.69	22.76	0.4	1.07	3.34	10.25	20.54
	4 ชั่วโมง	2.26	3.27	14.59	14.18	26.22	1.29	1.66	8.42	12.17	35.23
	8 ชั่วโมง	2.19	5.35	10.72	16.04	33.46	1.32	2.65	9.48	10.9	22.82
	12 ชั่วโมง	7.73	8.98	17.74	9.02	16.87	5.72	7.47	13.56	6.56	15.75

ตารางที่ ง-10 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยการรอระหว่างการทดสอบบนระบบออฟไลน์และระบบออนไลน์โดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์โดยผู้ใช้ในเดือนมกราคม ปี ค.ศ. 2004

ค่าเฉลี่ยการรอของการทดสอบโดยใช้เวลาประมวลผลจากการคาดการณ์ของผู้ใช้ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2004 (ชั่วโมง)											
นโยบาย	ช่วงเวลาประมวลผล	ระบบออฟไลน์					ระบบออนไลน์				
		จำนวนหน่วยประมวลผล					จำนวนหน่วยประมวลผล				
		1	8	32	64	128	1	8	32	64	128
บีแอลเอฟ	10 นาที	3.95	6.76	6.13	8.86	11.21	1.87	5.81	4.28	4.14	5.86
	1 ชั่วโมง	8.08	8.16	5.68	4.26	4.53	8.29	15.69	1.32	5.13	12.21
	4 ชั่วโมง	11.38	13.97	4.98	4.81	5.02	5.91	19.21	3.34	1.71	15.63
	8 ชั่วโมง	7.41	7.61	7.55	-	16.28	8.21	14.68	5.06	-	17
	12 ชั่วโมง	18.16	19.61	9.93	5.12	6.77	18.86	29.88	13.85	10.43	6.47
เอฟซีเอฟเอสแบคฟิล	10 นาที	0.43	2.59	8.88	9.74	18.39	0.57	2.53	5.29	6.63	11.14
	1 ชั่วโมง	2.41	8.44	3.56	19.15	34.41	1.74	4.67	1.45	13.1	23.33
	4 ชั่วโมง	3.59	8.59	8.71	7.38	42.86	1.69	8.9	4.73	3.39	30.61
	8 ชั่วโมง	3.83	6.5	13.26	-	42.09	2.13	3.14	10.92	-	34.46
	12 ชั่วโมง	4.93	12.27	30.25	22.58	28.29	3.32	9.37	20.91	12.34	20.85
แอลเอ็กซ์เอฟแบคฟิล	10 นาที	0.15	2.06	10.5	21.72	12.98	0.17	2.12	4.45	6.83	7.94
	1 ชั่วโมง	1.37	5.68	3.07	13.65	33.48	0.64	3.11	1.54	5.95	28.44
	4 ชั่วโมง	2.86	8.1	6.35	8.01	42.84	0.96	6.91	4.27	3.46	37.68
	8 ชั่วโมง	1.54	4.54	17.7	-	44.37	1.57	2.02	12.24	-	47.6
	12 ชั่วโมง	4.08	13.4	31.18	25.31	22.47	2.61	9.11	25.3	12.34	23.5

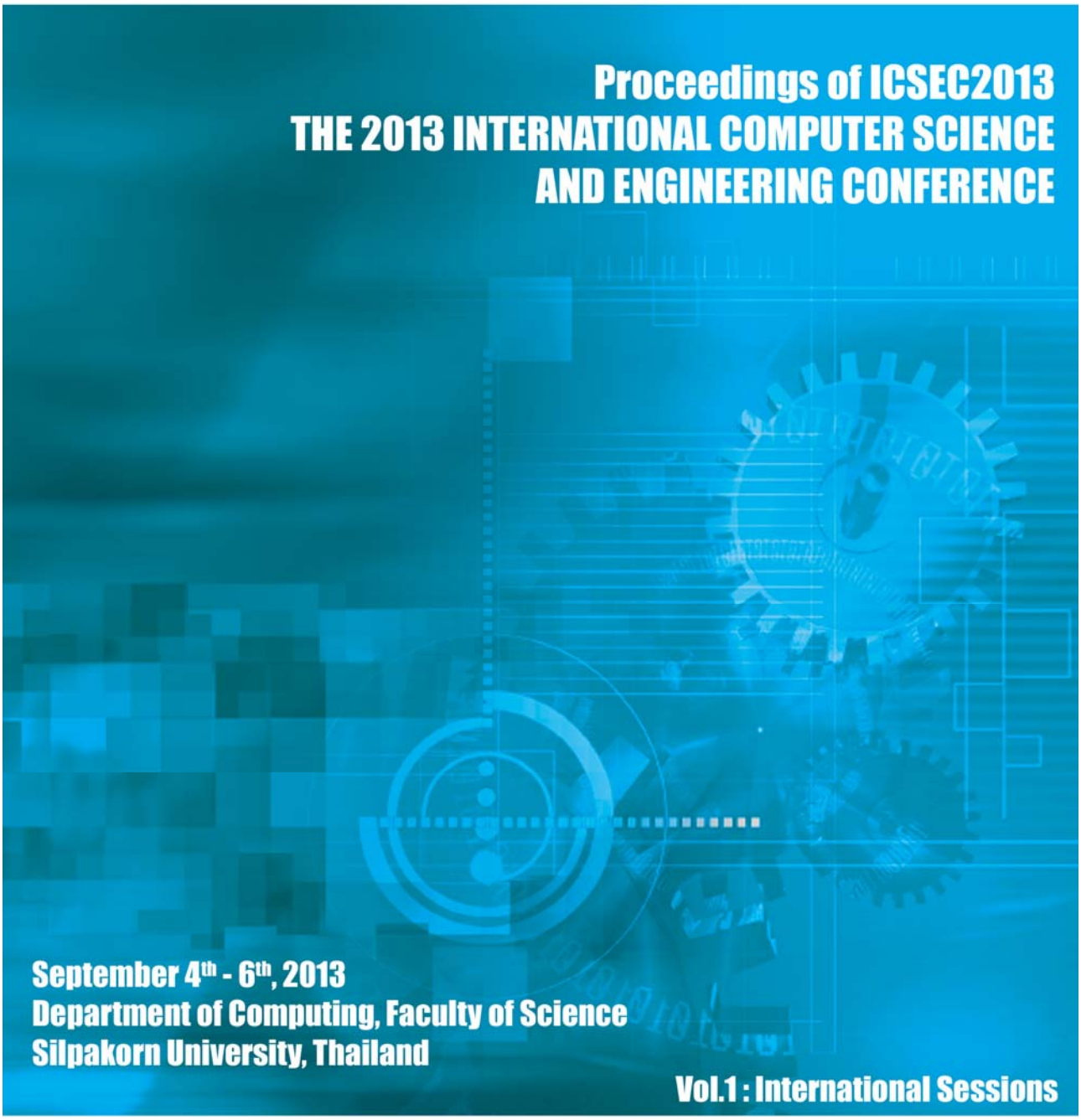
ภาคผนวก จ
การตีพิมพ์เผยแพร่วิทยานิพนธ์

ICSEC 2013: International Computer Science and Engineering Conference

September 4-6 2013, in Bangkok Thailand

17th ICSEC

International Computer Science and Engineering Conference 2013



2013 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC): ICSEC 2013 English Track Full Papers

Evaluating a Two Dimensional Box Packing Algorithm on Batch Processing Cluster Job Scheduling Problem

P. Yongyingprasert[1] S. Vasupongayya[2]
Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University,
Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand
E-mail: 5310120019@email.psu.ac.th[1], vsangsur@coe.psu.ac.th[2]

Abstract—**A batch processing cluster job scheduling problem can be viewed as a problem of packing a set of two dimension boxes into a large rectangular container. Each job can be viewed as a box. The job runtime can be viewed as the height of the box while the job processor requirement can be viewed as the width of the box. This work aims to apply a two dimensional box packing algorithm on batch processing cluster job scheduling problems. All experiments are conducted using an event-driven simulator. A real job trace collected from the computer center is used as the simulator input. The experimental results show that the two dimensional box packing algorithm favors large jobs in terms of the number of processors.**

Keywords-backfilling; strip packing; bottom left fill; priority; parallel computer

I. INTRODUCTION

The uses of parallel computer systems in research, commercial or education have increased recently such as a weather forecast system, a forecast system for stock exchange [1], a power control system design [2], a drug design and testing [3], and industrial designs [4]. Under a typical batch processing cluster parallel computer system, the jobs must be submitted to the system with the job's information such as the job requested number of processors and the job requested runtime information. Several systems may require extra information such as the memory usage. The information will be used by the scheduler in order to decide which job will be executed on the available resources. The scheduling decision is based on three parts. The first part is the job requirement; the second part is the available resources and the last part is the scheduling policy. The scheduling policy is pre-defined by the system administrators. The most common parallel computer job scheduling policies for a batch processing cluster system [5] [6] [7] [8] is non-preemptive meaning all jobs will be executed and the jobs cannot be stopped once they are started unless the owners cancel their jobs. Figure 1 shows the overview of the parallel computer job scheduling problem in this work.

By assigning a parallel job to a set of available resources, the parallel computer job scheduling problem can be viewed as a two dimensional box packing problem. That is, each parallel computer job can be viewed as a box with the job requested runtime as the height of the box while the job required processors as the width of the box and the total available system resources are the large container. Therefore, the box packing algorithms should be able to apply on the job scheduling problem. Thus, this work aims to evaluate a two-dimensional box packing algorithm on batch processing cluster parallel computer job scheduling problems. The remaining of this paper is organized as follow. Section II provides the reviews on parallel computer job scheduling policies and box packing algorithms. Section III describes the experimental settings, while Section IV provides the experimental results and discussions. Lastly, Section V gives the conclusion.

II. LITERATURE REVIEWS

This section provides the theoretical background on parallel computer job scheduling policies (Section A) and two dimensional box packing algorithms (Section B).

A. Parallel Computer Job Scheduling Policies

A batch processing cluster job scheduling policy can be classified as preemptive or non-preemptive. The non-preemptive policy is easier to implement and to manage than a preemptive policy. Since the user must provide the job resource requirement during the job submission process, the job scheduling policy typically uses the job information in the decision making process. The most common non-preemptive parallel computer job scheduling policy is a priority backfilling policy. Under this policy, each job will be assigned a priority value. Typical priority value can be the job waiting time, the job slowdown, and the owner priority. When a set of resources becomes available, all the waiting jobs are sorted according to their priority. The scheduler considers jobs to be executed on the available resources according to the sorted order. If the highest priority job cannot be executed on the available resource because the job requires more resources, the job will be given a reservation time. The reservation time is the earliest time that enough resources will be available for the job to start its execution. Then, the lower priority jobs can be backfilled on the available resources as long as their executions will not delay the previously defined reservation [9]. One major requirement of the backfill policy is the knowledge of the job information.

The most common priority backfill policy is First-Come-First-Serve-backfilling (FCFS-backfill) [9]. Under this policy, the waiting jobs are sorted according to the current job waiting

time. This policy favours the oldest job. Thus, the jobs priority will be increased according to the time that the jobs are waiting in the waiting queue. Since the runtime information is known to be inaccurate [10], FCFS-backfill policy can suffer from inaccurate runtime information. Under the traditional first-come-first-serve (FCFS) policy without the backfilling technique, the low priority job cannot be backfilled on the available resources. Thus, the traditional FCFS policy suffers from the performance problem, specifically, the low system utilization.

Other than the FCFS priority, there are other variations of priority such as largest slowdown first (LXF). Under this policy, the jobs are sorted according to the jobs slowdown values. The job slowdown value is the ratio of the summation of the job waiting time and the job runtime to the job runtime. Thus, the short jobs will have the higher priority than the long jobs under the LXF priority. Thus, the LXF-backfill policy favours short jobs. However, some long jobs may suffer a long waiting time. Similar to other priority backfill policy, the job runtime information is usually inaccurate which can affect the performance.

In this work, both FCFS-backfill and LXF-backfill policies will be used for comparison purposes. Since each policy favours different sets of jobs, the two policies can be used as a baseline performance to show the true performance of the proposed policies.

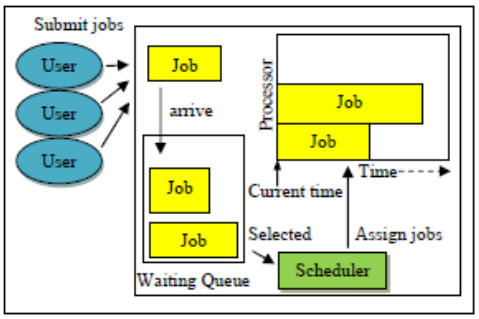


Fig. 1 Parallel computer job scheduling model

B. *Box Packing Algorithm*

The two-dimensional box packing problem is a problem of packing a set of two-dimensional rectangular boxes into a large rectangular container. The main objective of such problems is to minimize the waste space. Box packing problems can be founded in many industries [11] such as mirror factory, wood factory, column distribute in newspaper, and stock goods in warehouse. Two dimensional box packing algorithms can be classified into bin-packing and strip packing. In this work, the strip packing is the main focus because its characteristic is similar to a batch processing cluster parallel computer job scheduling problem.

Under a strip packing scheme, the objective is to pack a set of different size rectangular boxes into a large container that has limited width and unlimited height by minimizing the height of the large container. The strip packing algorithms can be further classified into two schemes including level and non-level packing. Under a level strip packing scheme, a new box can be packed at the current level if there is enough space for it. If there is no space for the new box then the box must be packed at a new level. However, this scheme produces a lot of waste space thus it is not suitable for our job scheduling problem.

Under a non-level strip packing scheme, a box can be packed anywhere as long as it does not overlap with the previously packed boxed. An example of non-level strip packing algorithms is Bottom Left (BL) which will pack a box to the right top of the container; the box is pushed down; then the box is pushed to the left as much as possible. Under this algorithm, each box is sorted according to their sizes from large size to small size. Thus, a large box has a higher priority than a small box. However, the BL algorithm can suffer from the gap created from the earlier packed boxes as shown in Figure 2a.

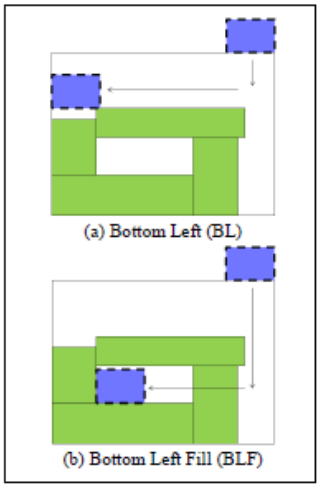


Fig. 2 Bottom Left and Bottom Left Fill Comparison

Another variation of BL algorithm is Bottom Left Fill (BLF) which uses BL algorithm however the BLF algorithm can solve the problem observed under the BL algorithm. Thus, the BLF can pack a box into the gap of the container. For clarification purpose, Figure 2 shows the difference between BL and BLF packing algorithms when there is a box waiting to be packed in the container. Figure 2a shows the result of BL algorithm while Figure 2b shows the result of BLF algorithm. According to Figure 2a, a box is pushed from the top right of the container then it is pushed down and it is pushed to the left

as much as possible. According to Figure 2b, a box is pushed from the top right of the container similar to the BL algorithm. However, the box can be packed into the gap of the container if the gap is large enough. This case is not possible under the BL algorithm. Thus, the gap filling in the BLF algorithm is similar to the backfilling technique under the parallel computer job scheduling algorithm. Thus, this work selects the BLF algorithm to be applied on the job scheduling problem.

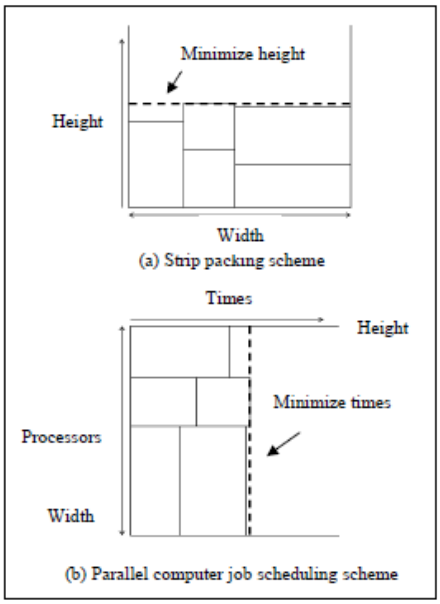


Fig. 3 Strip packing and job scheduling scheme

III. EXPERIMENTAL SETTINGS

This section presents the experimental settings in this work. The adapted BLF for parallel computer job scheduling problem is presented in Section A. Section B describes the simulator and workload while Section C explains the performance measurement in this work.

A. Adapted Bottom Left Fill Algorithm

There are three fundamental differences between the box packing problems and the job scheduling problems. First difference is the rotation. That is, each box can be rotated to be packed into the container under a two-dimensional box packing algorithm. Under the job scheduling problem, however, the job cannot be rotated. Thus, the runtime is in one dimension and the number of processors is in another dimension. The second difference is the on-line scheme versus the off-line scheme. That is, the box packing algorithms are usually off-line meaning that information of all boxes to be packed will be available to the packer before the packing process starts. The job scheduling problem, however, is usually on-line meaning the information of the jobs are not known ahead of time. The jobs will show up when the users submit their jobs to the system. Thus, the scheduler does not know any job information in advance. The third difference is that the job runtime information is usually inaccurate. Since the information is provided by the user during the job submission process. The users are usually estimating the job runtime information of their jobs. Under the box packing problem, however, the size of the box is usually accurate.

To overcome the rotation problem, a limitation must be placed on two dimensional strip packing algorithm such that a box cannot be rotated. Figure 3 shows the concept of the adapted BLF algorithm to be used. Figure 3a shows a strip packing scheme where the width of the container can be viewed as the number of available processors. The height of the container can be viewed as the time. Then, Figure 3a is rotated 90° clockwise. The result is now Figure 3b. Thus, a two dimensional box strip packing algorithm can be applied on a job scheduling problem.

To evaluate the full potential of applying a two dimensional strip packing algorithm on the job scheduling problem, an off-line version is also evaluated. That is, a strip packing algorithm is applied on each day to schedule a set of jobs arrived a day earlier. This way, all job information is available to the scheduler in advance. Next, an online version of the proposed policy will be evaluated against the two backfilling policies i.e., FCFS-backfill policy and LXF-backfill policy. Both the accurate runtime information and the user estimate runtime information are used to evaluate the policies in order to study the impact of inaccurate information on the proposed policy.

B. Simulator and workload

All policies are evaluated using an event-driven simulator developed in previous work [12]. A ten monthly job trace collected from a real parallel computer system with 128 available processors is used as the input to the simulator. The job trace is collected during June 2003 to March 2004. The job runtime is limited to 12 hours during the first six months and the limit is increased to 24 hours for the last four months. The job characteristics are grouped into five types. The first type contains the jobs that request 1 processor. The second type contains the jobs that request 2 to 8 processors. The third type contains the jobs that request 9 to 32 processors. The fourth type contains the jobs that request 33 to 64 processors. The fifth type contains the jobs that request 65 to 128 processors. Table 1 shows the characteristics of type 1 to type 3 jobs. Table 2 shows the characteristics of type 4 and type 5 jobs. The job characteristics shown in both tables include the demand (in node-hour), the average job runtime (avgT), the average job size in node-hour (avgNT), and the number of jobs (#j).

According to the type 1 jobs shown in Table 1, majority of jobs in most months requires a few numbers of processors except June and July. Jobs in January have the longest runtime on average. For type 2 jobs shown in Table 1, a large portion

of jobs in June, October, February and March is in this type. The runtime of jobs in December and January are longer than that of jobs in other months. For type 3 jobs shown in Table 1, the large job size is observed in June and March.

Table 1 Small job characteristics

JobType/ Month	P=1			
	Demand	Avg T	Avg NT	#j
6/03	212.8264	0.36226	0.36226	586
7/03	438.745	1.19224	1.19224	368
8/03	1261.978	0.52538	0.52538	2402
9/03	2055.923	1.15826	1.15826	1775
10/03	3169.087	1.42047	1.42047	2231
11/03	5334.34	2.57822	2.57822	2069
12/03	7818.816	3.46425	3.46425	2257
1/04	8344.292	6.78397	6.78397	1230
2/04	5062.304	2.89109	2.89109	1751
3/04	2003.685	1.00586	1.00586	1992
JobType/ Month	1<P<=8			
	Demand	Avg T	Avg NT	#j
6/03	1833.977	0.38076	1.76343	1040
7/03	3666.41	1.27904	7.60666	482
8/03	3226.353	1.65811	8.55796	377
9/03	3572.658	0.92022	5.16280	692
10/03	12363.67	2.33376	8.49736	1455
11/03	6049.036	1.93258	6.35403	952
12/03	10508.99	4.18632	13.1034	802
1/04	12381.74	4.4776	12.7384	972
2/04	18866.98	3.15252	10.2649	1838
3/04	14761.16	3.61879	13.7313	1075
JobType/ Month	8<P<=32			
	Demand	Avg T	Avg NT	#j
6/03	45655.37	4.78037	109.748	416
7/03	19977.3	2.77308	67.7196	295
8/03	30521.54	3.94314	99.4187	307
9/03	29310.25	2.43773	64.1362	457
10/03	28762.96	3.64341	75.6920	380
11/03	15261.47	2.92495	57.1590	267
12/03	20113.25	3.00328	59.6832	337
1/04	24479.56	1.36353	28.4315	861
2/04	25716.84	4.32249	90.8722	283
3/04	38947.1	7.65772	138.110	282

For type 4 jobs shown in Table 2, the highest demand of this job type is in December. For type 5, the highest demand of this job type is in July. Furthermore, the portion of large jobs in July is the highest among all ten months. Thus, this set of workload shows several characteristics of job mix types. This work uses this set of jobs as the input to the simulator in order to evaluate the performance of the proposed policy on several different workload characteristics.

Both the on-line and off-line versions of the adapted bottom left fill algorithm will be evaluated in this work. Under the off-line version, the scheduler has the correct and full information of the jobs arrived the day before. Under the on-line version, the scheduler does not have any information of the jobs. The scheduler will know the job information when the job arrives similar to the real scenarios. The job information in this study consists of the accurate information which is the actual job runtime from the job trace and the inaccurate information which is the user estimated job runtime information. Thus, there are four combinations of experiments including off-line accurate job information, off-line inaccurate job information, on-line accurate job information and on-line inaccurate job information. Please note that the off-line settings are not realistic under job scheduling schemes, they are included here for the performance evaluation purposes only. The performance of the proposed policy will be evaluated against the performances of FCFS-backfill and LXF-backfill policies.

Table 2 Large job characterisitcs

JobType/ Month	32<P<=64			
	Demand	Avg T	Avg NT	#j
6/03	16416.64	3.66717	205.208	80
7/03	18042.57	2.56292	154.21	117
8/03	13549.63	3.86261	229.654	59
9/03	8203.072	3.91702	234.373	35
10/03	16312.01	4.7641	247.151	66
11/03	24849.92	3.8015	197.221	126
12/03	28156.87	5.9209	299.541	94
1/04	11874.39	4.29699	219.862	54
2/04	5325.321	1.5773	80.686	66
3/04	4494.321	1.42331	72.847	57
JobType/ Month	64<P<=128			
	Demand	Avg T	Avg NT	#j
6/03	11432.39	2.24656	165.686	69
7/03	42728.93	3.17793	309.629	138
8/03	26992.84	3.71494	355.169	76
9/03	23137.6	2.91175	236.098	98
10/03	7013.429	5.29957	412.554	17
11/03	15611.87	5.92785	538.34	29
12/03	4306.009	1.53261	138.903	31
1/04	12563.86	3.82656	322.15	39
2/04	10765.62	4.23890	347.278	31
3/04	11351.79	2.24327	189.196	60

C. *Measurement*

The simulator will work on each of the ten months and the monthly performances of each policy are measured. To be realistic, the jobs from the previous month will be pre-load to the simulator and the jobs from the later month will continue to arrive until all jobs from the measured month are scheduled. The pre-load process is called the warm-up period while the continuing arrival of jobs from the next month is called the warm-down period.

The main measurement in this work is average wait time. To show the potential performance of the proposed policy on each job types. The performance measurement is grouped according to each job type. Each job will be classified as one of the 25 groups according to the job's runtime and requested number of processors. The requested number of processors is classified into 5 groups including 1 processor, 2 to 8 processors, 9 to 32 processors, 33 to 64 processors and 65-128 processors. The job runtime is also classified into 5 groups including 1 to 10 minutes, 11 minutes to 1 hour, longer than 1 hour to 4 hours, longer than 4 hours to 8 hours and longer than 8 hours.

IV. EXPERIMENT RESULTS

All experimental results are presented in this section. Section A shows the performance of the proposed policy under off-line scenarios. Section B shows the performance of the proposed policy under on-line scenarios. The impact of inaccurate runtime information on the performances under each setting is also presented.

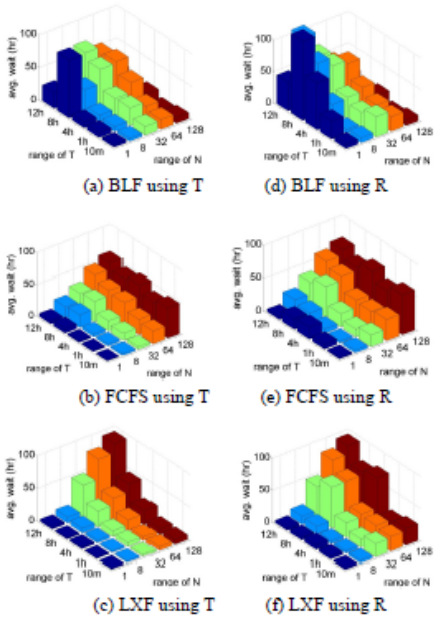
A. Off-line scenarios

Figure 4 presents the performances of all three policies on July 2003 workload under off-line scenario. Figure 4(a)-(c) present the average wait (in hours) performance of BLF, FCFS-backfill and LXF-backfill policy, respectively. This set of performances is observed when the scheduler uses accurate job runtime information to make its scheduling decisions. Figure 4(d)-(f) present the average wait (in hours) performance of BLF, FCFS-backfill and LXF-backfill policy, respectively. However, this set of performances is observed when the scheduler uses inaccurate job runtime information.

According to the experimental results show in Figure 4(a), the proposed policy favors large jobs and short jobs at the expenses of the long jobs. On the other hand, FCFS-backfill policy (shown in Figure 4(b)) favors small jobs at the expenses of large jobs even though the large job may be very short. The LXF-backfill policy (shown in Figure 4(c)) favors small size jobs at the expenses of larger size jobs. The worst average wait time is observed under LXF-backfill policy on the large and long job class. The overall average wait (in hours) performance of the BLF algorithm (88.7h) is slightly worse than that of FCFS-backfill (59.5h) but it is better than that of LXF-backfill (94.9h) under accurate runtime information.

According to the average wait (in hours) performances shown in Figure 4(d)-(f), the performances of all three policies are degrading under the inaccurate runtime information. However, the performance trend is similar to that observed under accurate runtime information. Except that the overall performance of BLF algorithm (124.9h) is now worse than that of LXF-backfill (94.4h) because later jobs are packed at the same scheduling decision under the off-line scheme. Thus, the later jobs are packed or backfilled according to the inaccurate runtime information as well. Therefore, the worst performance job is suffered from the misleading runtime information of jobs already packed.

Even though only the performances under July 2003 are presented in this work, the conclusion drawn here is valid for all ten months. However, July 2003 shows the largest performance differences because the number of jobs in each of the five job types described in Section III is similar. The distribution of jobs in each of the five types in other month is not quite even. Thus, the performance differences do not as clear as that presented in July 2003.



(a) BLF using T (d) BLF using R

(b) FCFS using T (e) FCFS using R

(c) LXF using T (f) LXF using R

Fig. 4 Performances under Off-line scenarios on July 2003

B. On-line scenarios

To be realistic, the results of all policies under on-line scenario are presented in this section. Figure 5 shows the performances of all three policies on July 2003 workload under on-line scenario. Figure 5(a)-(c) present the average wait (in hours) performance of BLF, FCFS-backfill and LXF-backfill policy, respectively. This set of performances is observed when the scheduler uses accurate job runtime information to make its scheduling decisions. Figure 5(d)-(f) present the average wait (in hours) performance of BLF, FCFS-backfill and LXF-backfill policy respectively. However, this set of performances is observed when the scheduler uses inaccurate job runtime information.

According to the results shown in Figure 5(a)-(c), the performances of all three policies under on-line scenarios have similar trend with those observed under off-line scenarios (Figure 5(a)-(c)). That is, the BLF algorithm tends to favors large jobs over small jobs. For the same size jobs, however, BLF algorithm tends to favor short jobs over long jobs. FCFS-backfill policy favors small jobs. No matter how long the jobs are, FCFS-backfill policy still favors small jobs over the short and large jobs. LXF-backfill policy, on the other hand, favors small and short jobs over the large and long jobs. The overall average wait performance of FCFS-backfill policy (57.5h) is

the best. And, the overall average wait performance of LXF-backfill policy (94.9h) is the worst.

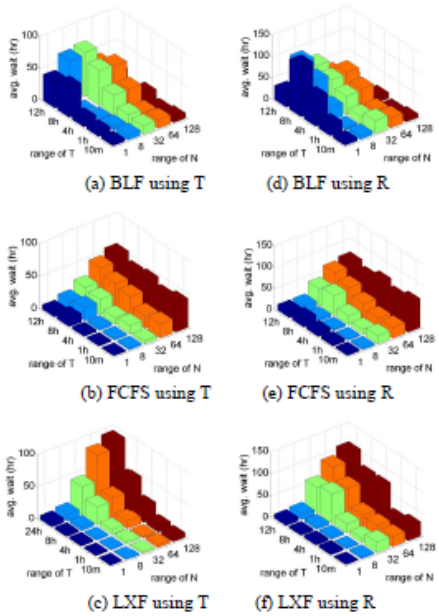


Fig. 5 Performances under On-line scenarios on July 2003

According to the average wait (in hours) performances shown in Figure 5(d)-(f), the performances of all three policies are degrading under the inaccurate runtime information. However, the performance trend is similar to that observed under accurate runtime information. For the performances of all three policies on other months, the LXF-backfill policy usually results in the worst overall performances.

Unlike the off-line case, in July 2003 month the overall performance of BLF algorithm (117.0h) and the LXF-backfill policy (109.2h) does not show a large difference. BLF algorithm does not suffer as much under on-line setting because the scheduler does not make any packing of the later jobs since they have yet to arrive in this case. In the off-line case, however, the later jobs are available to the scheduler during the scheduling time because they arrive on the same day as the worst performance job. Thus, under the on-line setting these later jobs are not packed during the scheduling decision that the worst job is scheduled to be packed. Thus, the effect of the misleading runtime information of the previously packed jobs is not as serious as that under off-line setting. Please note that the jobs of the previous day are all available to the scheduler for scheduling in the next day under off-line setting. The off-line setting is not realistic under job scheduling problems. The off-line setting results are presented for detail performance evaluation purposes only.

V. CONCLUSIONS

In this paper, bottom left fill which is a box packing algorithm is adapted to solve a parallel computer job scheduling problem. Experimental results from an event-driven simulator using a monthly real job trace as input show that the adapted policy favors large jobs over small jobs. Furthermore, the policy favors short jobs over long jobs when the number of processors is the same. The performances observed under off-line scenarios are similar to those observed under on-line scenarios. The inaccurate job runtime information affects the performance of the adapted policy as well as the two backfill policies.

REFERENCES

[1]. K. Hodnett & H. Heng-Hsing, "Application of Cascade-Correlation Neural Networks in Developing Stock Selection Models for Global Equities," International Business and Economics Research Journal (IBER), 11(4):375-396, 2012.

[2]. C. Dufour, V. Jalili-Marandi, J. Belanger & L. Snider, "Power system simulation algorithms for parallel computer architectures," Power and Energy Society General Meeting 2012, pp. 1,6, 22-26, July 2012.

[3]. P.C. Church, A. Goscinski, K. Holt, M. Inouye, A. Ghoting, K. Makarychev & M. Reumann, "Design of multiple sequence alignment algorithms on parallel, distributed memory supercomputers," Annual conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 924-927, 2011.

[4]. N. Gourdain, M. Montagnac, F. Wlassow & M. Gazaix, "High-performance Computing to Simulate Large-scale Industrial Flows in Multistage Compressors," International Journal of High Performance Computing Application, 24(4):429-443, 2010.

[5]. S. Vasupongayya & A. Prasitsupparote, "Extending goal-oriented parallel computer job scheduling policies to heterogeneous systems," The Journal of Supercomputing, 2013.

[6]. I. Ababneh, S. Bani-Mohammad, "A new window-based job scheduling scheme for 2D mesh multicomputers," Simulation Modelling Practice and Theory, 19(1):482-493, January 2011.

[7]. S. Balin, "Non-identical parallel machine scheduling using genetic algorithm," Expert Systems with Applications, 38(6):6814-6821, June 2011.

[8]. A. Janiak, W. Janiak, M.Y. Kovalyov, E. Kozan & E. Pesch, "Parallel machine scheduling and common due window assignment with job independent earliness and tardiness costs," Information Sciences, vol. 224, pp. 109-117, March 2013.

[9]. A.W. Mu'alem & D.G. Feitelson, "Utilization, Predictability, Workloads, and User Runtime Estimates in Scheduling the IBM SP2 with Backfilling," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 12(6):529-543, June 2001.

[10]. W. Tang, N. Desai, D. Buettner & Z. Lan, "Job scheduling with adjusted runtime estimates on production supercomputers", Journal of Parallel and Distributed Computing, 73(7):926-938, July 2013.

[11]. S. Lodi, M. Martello & M. Monaci, "Two-dimensional packing problems: A survey," European Journal of Operational research 141, pp. 241-252, 2002.

[12]. S.-H. Chiang and S. Vasupongayya, "Design and Potential Performance of Goal-oriented Job Scheduling Policies for Parallel Computer Workloads", IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, pp. 1642-1656, December 2008.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นายพิเชษฐ์ ยงยิ่งประเสริฐ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5310120019

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2552

ทุนการศึกษา (ที่ได้รับในระหว่างการศึกษา)

ทุนการศึกษาภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

P. Yongyingprasert and S. Vasupongayya, “Evaluating a Two Dimensional Box Packing Algorithm on Batch Processing Cluster Job Scheduling Problem,” In Proceedings of 17th International Computer Science and Engineering Conference 2013 (ICSEC2013), Bangkok, Thailand, 4 th – 6 th September 2013, pp. 102-107.