สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์

RESOURCE CONTROL AND MANAGEMENT ON CLUSTER SYSTEM

วรุณ เกียรติดุริยกุล

นิตินัย วรรณชากร

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 59380
วัน,เดือน,ปี - 2 มิ.ย. 2549

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RESOURCE CONTROL AND MANAGEMENT ON CLUSTER SYSTEM

WARUN KIETDURIYAKUL

NITINAI WANNACHAKORN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

DEPARTMENT OF MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKRABANG

ACADEMIC YEAR 2005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	*ระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์* RESOURCE CONTROL AND MANAGEMENT ON CLUSTER SYSTEM
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
สาขา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2548
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร. จีรพร ศรีสวัสดิ์

ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ประจำปีการศึกษา 2548

คณะกรรมการสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	*อ.สันธนะ อู่อุดมยิ่ง*	
กรรมการ	อ.ธีระ ฟักอ่อน	
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.จีรพร ศรีสวัสดิ์	

(รองศาสตราจารย์ ดร.วีระ บุญจริง)
หัวหน้าภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ	ระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์
ชื่อนักศึกษา	นายนิตินัย วรรณชากร 45050487
	นายวรุณ เกียรติดุริยกุล 45050514
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา	คณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์
สาขา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2548
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.จีรพร ศรีสวัสดิ์

บทคัดย่อ

ฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ มีระบบคลัสเตอร์สำหรับนักวิจัยภายในประเทศ เข้าใช้ทรัพยากรของระบบเพื่อประมวลผลงานที่ใช้ทรัพยากรมากและใช้ระยะเวลานาน และเพื่อให้ระบบรองรับนักวิจัยในประเทศ ฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงจึงพัฒนาระบบบริหารทรัพยากร เพื่อกำหนดสิทธิการเข้าใช้งานระบบของนักวิจัย แต่ระบบดังกล่าว ยังไม่สามารถควบคุมการใช้งานของผู้ใช้ เมื่อเข้าใช้ทรัพยากรของระบบ โครงงานปัญหาพิเศษนี้ เป็นการศึกษาระบบจัดการงานที่มีอยู่และสร้างโปรแกรมต้นแบบเพื่อควบคุมการใช้งานของนักวิจัย โดยทำงานร่วมกับระบบบริหารทรัพยากรของฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงที่มีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	RESOURCE CONTROL AND MANAGEMENT ON CLUSTER SYSTEM
Student	Mr. Nitinai Wannachakorn 45050487
	Mr. Warun Kietduriyakul 45050514
Degree	Bachelor of Science
Department	Mathematics and Computer Science, Faculty of Science
Programme	Computer Science
Academic Year	2005
Special Project Adviser	Asst. Prof. Dr. Jeeraporn Srisawat

ABSTRACT

Intensive computing applications running on cluster system require much computer resources. There are a lot of jobs from researchers around Thailand running, in cluster system at High Performance Computing Center of National Electronics and Computer Technology Center. High Performance Computing Center Service System (HPCC Service System) helps system administrator to manage project's quota. However, HPCC Service System cannot control user's resources. This project have two proposes. First, learning existed scheduler systems - Portable Batch System and Sun Grid Engine, focus on queue and schedule. Another is developing a prototype application connect between HPCC Service System and existed schedulers which finally control user's resources.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำปัญหาพิเศษเรื่องระบบจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ ผศ.ดร.จีรพร ศรีสวัสดิ์ อาจารย์ผู้รับผิดชอบปัญหาพิเศษฉบับนี้ ที่ให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาในการแก้ปัญหาต่างๆ คุณศุภกิจ พฤกษอรุณ และ คุณฉัตรชัย สุขสอาด นักวิจัย ฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำหรับคำแนะนำการวางแผนการทำงาน และให้คำปรึกษาในงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและให้ความรู้เกี่ยวกับระบบการจัดการงาน คุณอุดร บุญธรรม และคุณสิทธิชัย บุญกิจ เจ้าหน้าที่คอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ ในเรื่องการให้คำปรึกษา ช่วยจัดการสถานที่การทำงาน อุปกรณ์ระบบคอมพิวเตอร์ และช่วยให้การทำปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วง

นอกจากนี้ คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ นางสาวนฤมล ปรางค์นวรัตน์, นางสาวบราลี จันทนาวิวัฒน์, นางสาวภูริชา หิรัญยูปกรณ์ และพี่ เพื่อน น้อง สำหรับกำลังใจในการทำงาน และขอขอบพระคุณ บิดา มารดา สำหรับทุกสิ่งทุกอย่าง มา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

มีนาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ I
สารบัญ II
สารบัญตาราง VI
สารบัญภาพ VII
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา 1
1.3 ขอบเขตการศึกษา 1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
1.5 ขั้นตอนการศึกษา 2
1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษ 2
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 บทนำ 5
2.2 ระบบคลัสเตอร์ (Cluster System) 5
2.2.1 ประเภทของระบบคลัสเตอร์ 6
2.2.2 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์โหนดในระบบคลัสเตอร์ 6
2.2.3 คลัสเตอร์กับระบบเครือข่าย 8
2.3 ทฤษฎีการจัดการเกี่ยวกับระบบแถวคอย 10
2.3.1 แบบมาก่อนบริการก่อน 10
2.3.2 แบบงานสั้นที่สุดบริการก่อน 10
2.3.3 แบบงานที่มีความสำคัญบริการก่อน 11
2.3.4 แบบเวียนเทียน 11
2.3.5 แบบหลายระดับ (Multilevel Queue Scheduling) 11
2.4 การจัดการหน่วยความจำสำรอง 11
2.5 การติดตามสถานะระบบโดยซอฟแวร์ แกงเลีย (Ganglia) 12
2.6 เครื่องมือจัดการงาน 14
2.6.1 Simple Linux Utility for Resource Management (SLURM) 14
2.6.2 Sun Grid Engine (SGE) 15
2.6.3 Portable Batch System (PBS) 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

2.6.4 Moab Grid Scheduler 18
2.6.5 Maui Scheduler 18
2.7 ซอฟแวร์ช่วยในการติดตั้งระบบ 19
2.8 ระบบบริหารทรัพยากรการคำนวณ 22
2.8.1 ฐานข้อมูลโครงงานระบบบริการทรัพยากรการคำนวณ 22
บทที่ 3 การศึกษาระบบจัดการงานพีบีเอส 26
3.1 บทนำ 26
3.2 คุณสมบัติของระบบจัดการงาน 26
3.2.1 ชื่อตัวแปรคุณสมบัติทั้งหมดของระบบจัดการงาน 26
3.2.2 การกำหนดคุณสมบัติของระบบแถวคอย 33
3.2.3 ตัวแปรทรัพยากรและหน่วยของตัวแปร 37
3.2.4 การใช้งานค่าปรับแต่งระบบแถวคอย 38
3.2.5 โปรแกรมจัดการแถวคอย 39
3.2.6 กรณีศึกษา 39
บทที่ 4 การศึกษาระบบจัดการงานซันกริดเอ็นจิ้น 47
4.1 บทนำ 47
4.2 คุณสมบัติของระบบจัดการงาน 47
4.2.1 พารามิเตอร์ 47
4.2.2 เทรดโฮลการโหลดและพักการใช้งาน 50
4.2.3 วิธีการประมวลผลงาน 51
4.2.4 จุดตรวจสอบ 52
4.2.5 แถวคอยย่อย 52
4.2.6 เจ้าของ 55
4.2.7 ความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้ 55
4.2.8 ปฏิทิน 56
4.2.9 การจำกัดการใช้งาน 56
4.3 วิธีการกำหนดค่าตัวแปรของระบบ 59
บทที่ 5 การออกแบบ 63
5.1 บทนำ 63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

5.1 บทนำ 63
5.2 สถาปัตยกรรมโครงสร้างระบบ 63
5.2.1 อินเตอร์เฟสติดต่อผู้ใช้ 64
5.2.2 โมดูลควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ 64
5.2.3 โมดูลจัดการนโยบาย 65
5.2.4 โมดูลจัดการฐานข้อมูล 65
5.3 ฐานข้อมูล 65
5.4 คลาสไดอะแกรม 66
5.4.1 คลาสติดต่อกับฐานข้อมูล 67
5.4.2 คลาสติดต่อกับระบบจัดการงาน 68
5.4.3 คลาสอ่าน/เขียนค่าปรับแต่งระบบ 68
5.4.4 คลาสงาน 69
5.5 แผนผังการทำงาน 69
5.5.1 โปรแกรมส่งงานเข้าสู่ระบบแถวคอย 70
5.5.2 โปรแกรมลบงานในระบบแถวคอย 73
5.5.3 โปรแกรมแสดงสถานะงานในระบบแถวคอย 75
5.5.4 โปรแกรมแสดงประวัติของผู้ใช้ 76
บทที่ 6 การนำไปใช้งาน 79
6.1 บทนำ 79
6.2 การสร้างสคริปต์งาน 79
6.3 การส่งงาน 80
6.4 การลบงาน 81
6.5 การตรวจสอบสถานะงาน 82
บทที่ 7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 83
7.1 สรุปผลการศึกษา 83
7.2 ข้อเสนอแนะ 83
7.3 ปัญหาและการนำไปพัฒนา 84
ดัชนี 85
ภาคผนวก ก ระบบคลัสเตอร์ที่ใช้ปฏิบัติการ 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

1) รายละเอียด 86
2) ความหมายของชื่อเครื่อง 87
ภาคผนวก ข คู่มือการใช้ระบบจัดการงานซันกริดเอ็นจิ้น 88
1) บทนำ 88
2) วิธีการใช้งาน 88
3) วิธีการซับมิดงาน 88
4) วิธีการตรวจสอบงาน 90
5) วิธีการตรวจสอบคิว 91
เอกสารอ้างอิง 93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงไฟล์ที่เกี่ยวข้องสำหรับกำหนดพื้นที่หน่วยความจำสำรอง 12
ตารางที่ 2.2 ตารางโหนดภายในฐานข้อมูลร็อคคลัสเตอร์ 21
ตารางที่ 2.3 ตารางเน็ตเวิร์คภายในฐานข้อมูลร็อคคลัสเตอร์ 21
ตารางที่ 2.4 ตารางข้อมูลผู้ใช้ (Member) และรายละเอียด 23
ตารางที่ 2.5 ตารางผู้ใช้ระบบและรายละเอียด 24
ตารางที่ 2.6 ตารางโควต้าของผู้ใช้ (UserQouta) และรายละเอียด 25
ตารางที่ 3.1 รูปแบบค่าของคุณสมบัติของ acl_host_enable 26
ตารางที่ 3.2 ตัวแปรทรัพยากร 37
ตารางที่ 3.3 หน่วยของตัวแปร 38
ตารางที่ 3.4 กลุ่มคำสั่งสำหรับโปรแกรมจัดการระบบแถวคอย 39
ตารางที่ 3.5 กลุ่มวัตถุที่กำหนดคุณสมบัติด้วยโปรแกรมจัดการระบบแถวคอย 39
ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ จากกรณีศึกษา 40
ตารางที่ 6.1 ตารางการเขียนสคริปต์งาน 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1.1 ระบบคลัสเตอร์โบกี้ 3
ภาพที่ 1.2 คลัสเตอร์ไอทาเนียมทู ศูนย์เทคโนโลยีอีเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ 4
ภาพที่ 2.1 ระบบพิรุณคลัสเตอร์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [2] 5
ภาพที่ 2.2 คอมพิวเตอร์ฟรอนเอนด์และคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล 7
ภาพที่ 2.3 ระบบคลัสเตอร์แบบเปิด [2] 9
ภาพที่ 2.4 ระบบคลัสเตอร์แบบปิด [2] 9
ภาพที่ 2.5 ลักษณะแถวคอยแบบมาก่อนบริการก่อน [18] 10
ภาพที่ 2.6 กราฟแสดงสถานะระบบของแกงเลียบนระบบคลัสเตอร์โบกี้ 13
ภาพที่ 2.7 สถาปัตยกรรม SLURM [17] 14
ภาพที่ 2.8 สถาปัตยกรรมของ Moab Grid Scheduler [5] 18
ภาพที่ 2.9 สถาปัตยกรรมของ Maui Scheduler [5] 19
ภาพที่ 2.10 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ของร็อคคลัสเตอร์ 20
ภาพที่ 2.11 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในตารางโหนด คลัสเตอร์โบกี้ 21
ภาพที่ 2.12 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในตารางเน็ตเวิร์ก คลัสเตอร์โบกี้ 22
ภาพที่ 2.13 ระบบบริหารทรัพยากรการคำนวณ (*HPCC-Service*) 22
ภาพที่ 5.1 สถาปัตยกรรมโปรแกรม 64
ภาพที่ 5.2 โมดูล ชุดคำสั่งสำหรับผู้ใช้ 64
ภาพที่ 5.3 โมดูลส่วนควบคุมและจัดการทรัพยากร 65
ภาพที่ 5.4 โมดูลจัดการนโยบาย 65
ภาพที่ 5.5 โมดูลจัดการฐานข้อมูล 65
ภาพที่ 5.6 ตารางข้อมูลเดิม และที่เพิ่มขึ้นมาใหม่ 66
ภาพที่ 5.7 คลาสไดอะแกรม 67
ภาพที่ 5.8 คลาสติดต่อกับฐานข้อมูล 67
ภาพที่ 5.9 คลาสไดอะแกรม ระบบจัดการงาน 68
ภาพที่ 5.10 คลาสไดอะแกรมอ่านเขียนค่าปรับแต่งระบบ 68
ภาพที่ 5.11 คลาสงาน 69
ภาพที่ 5.12 แผนผังการทำงานเมื่อส่งงานเข้าสู่ระบบ 71
ภาพที่ 5.13 แผนผังการตรวจสอบสิทธิผู้ใช้และงาน 72
ภาพที่ 5.14 โมดูลส่งงาน ระบบจัดการงานพีบีเอส 73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 5.15 แผนผังการทำงานเมื่อมีการลบงาน 74
ภาพที่ 5.16 โมดูลลบงานของพีบีเอส 74
ภาพที่ 5.17 แผนผังการทำงานโปรแกรมตรวจสอบสถานะงาน 76
ภาพที่ 5.18 แผนผังการทำงานโมดูลแสดงประวัติผู้ใช้ 77
ภาพที่ 6.1 การส่งงาน โดยที่มีการกำหนดนโยบาย ไม่ต้องการควบคุมการทำงาน 81
ภาพที่ 6.2 เมื่อส่งงานแล้วมีการใช้โควต้าเกิน แต่ผู้ดูแลระบบอนุญาตให้ใช้งานได้ 81
ภาพที่ 6.3 การส่งงานที่ ผู้ใช้มีอยู่ในฐานข้อมูล แต่ไม่มีระเบียนควบคุมโควต้า 81
ภาพที่ 6.4 กรณีที่ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ที่มีในฐานข้อมูล ไม่สามารถส่งงานได้ 81
ภาพที่ 6.5 ลบงานสำเร็จ 82
ภาพที่ 6.6 ลบงานไม่สำเร็จ 82
ภาพที่ 6.7 การแสดงสถานะงานในระบบแถวคอย 82
ภาพที่ ก-1 สถาปัตยกรรมระบบคลัสเตอร์โบกี้ 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ระบบคลัสเตอร์ เป็นระบบที่ขยายขีดความสามารถโดยการนำคอมพิวเตอร์หลายๆเครื่องมาเชื่อมต่อกันผ่านระบบเน็ตเวิร์ค ซึ่งมีวัตถุประสงค์หลักคือเพื่อใช้ในงานวิจัยที่มีการคำนวณสมการที่ซับซ้อน หรือเลขจำนวนมาก งานประเภทดังกล่าวหากใช้คอมพิวเตอร์เพียงหนึ่งเครื่องในการประมวลผล จะต้องใช้ระยะเวลานาน ซึ่งส่งผลให้ผลของงานได้รับไม่ทันต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เช่น ผลการทำนายแผ่นดินไหว ออกมาหลังจากแผ่นดินไหวเกินขึ้นผ่านไปแล้ว ดังนั้น การส่งงานเข้าสู่ระบบคลัสเตอร์เพื่อการคำนวณ สามารถช่วยลดระยะเวลาในการประมวลผล ให้สามารถนำไปใช้ทันต่อเหตุการณ์ได้ แต่ในการส่งงานเพื่อมาประมวลผลบนคลัสเตอร์ในบางครั้งเกิดปัญหาเนื่องจากงานบางงานที่นักวิจัยส่งเข้ามาทำงานไม่เสร็จสิ้นซึ่งอาจเกิดจากความผิดพลาดจากความไม่ชำนาญการเขียนโปรแกรมงานขนานที่ซับซ้อน ผลกระทบที่ตามมาคือ เวลาประมวลผลที่คลัสเตอร์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคำนวณงานวิจัยอื่นๆ กลับสูญเปล่าเพราะการประมวลผลโปรแกรมเหล่านั้น

การประมวลผลสมรรถนะสูงบนระบบคลัสเตอร์ในปัจจุบันเป็นที่ต้องการจากกลุ่มนักวิจัยจากหลายโครงการ ดังนั้นการจัดสรรและการเข้าถึงทรัพยากรของนักวิจัยแต่ละกลุ่มและแต่ละโครงการ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องควบคุมให้เป็นไปอย่างเหมาะสม จากความสำคัญดังกล่าว คณะผู้จัดทำ จึงเห็นว่าควรมีระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ เพื่อช่วยจำกัดสิทธิการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้ ให้เป็นไปอย่างเหมาะสม

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อพัฒนาออกแบบระบบและโปรแกรมต้นแบบ ใช้ควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

โปรแกรมต้นแบบทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ มีการติดต่อกับผู้ใช้ผ่านคอมมานไลน์ โดยมีขอบเขตการทำงานดังนี้

1. มีนโยบายจัดการทรัพยากรเพื่อควบคุมการส่งงานจากผู้ใช้
2. ผู้ใช้สามารถตรวจสอบสถานะงาน ระหว่างที่งานอยู่ในระบบแถวคอยและมีการทำงาน
3. ผู้ใช้สามารถลบงานที่กำลังทำงานในระบบ และงานในระบบแถวคอยของผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นโยบาย มีการควบคุมและและสามารถใช้งานร่วมกับโครงงาน [3] ได้
5. ผู้ดูแลระบบสามารถปรับเปลี่ยนนโยบายได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักวิจัยสามารถใช้ทรัพยากรตามสิทธิที่ผู้ดูแลระบบกำหนด
2. ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบการใช้งานระบบ และบำรุงรักษาระบบได้ง่าย

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาการติดตั้งระบบคลัสเตอร์ ระบบจัดการงาน
2. ศึกษาคำสั่งระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ซอฟแวร์ ร็อคคลัสเตอร์ และหาเครื่องมือที่เหมาะสมในการตรวจสอบการใช้ทรัพยากรระบบของผู้ใช้ และการจัดการงานของผู้ใช้
3. ออกแบบสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง และแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล และหาโปรแกรมควบคุม และจัดสรรทรัพยากรบนคลัสเตอร์
4. ออกแบบแผงผังการทำงานของระบบ ฟังก์ชั่นและรายละเอียดการทำงาน
5. พัฒนาโปรแกรมต้นแบบ โดยใช้โครงสร้างและสถาปัยกรรมที่มีการออกแบบ และทดสอบใช้งานจริง
6. ปรับปรุง แก้ไข และสรุปผล

1.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำปัญหาพิเศษ

สถานที่ตั้งของอุปกรณ์มีการใช้งานเพื่อทำปัญหาพิเศษมีสองสถานที่ ได้แก่ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

1. **ระบบคลัสเตอร์โบกี้ ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

ระบบคลัสเตอร์โบกี้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อศึกษาการทำงานของระบบ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและทดสอบระบบคลัสเตอร์สำหรับการศึกษาปัญหาพิเศษนี้ โดยแบ่งอุปกรณ์ออกเป็นสามหมวด คือ คอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการ อุปกรณ์เน็ตเวิร์ค และ คอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล สามารถดูแผนภาพโครงสร้างระบบเครือข่ายใน ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

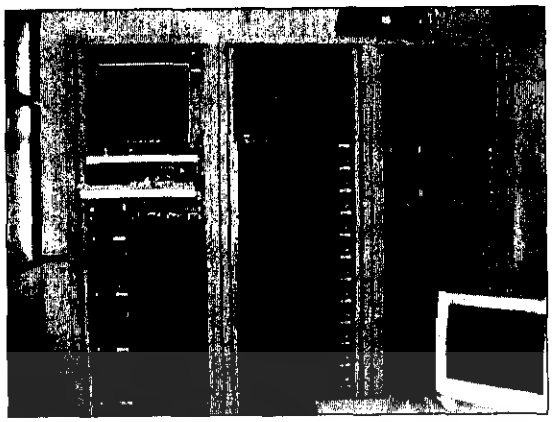
ภาพที่ 1.1 ระบบคลัสเตอร์โบกี้

1. **หมวดคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการ**
    1. ใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ (CentOS) โดยการใช้ชุดติดตั้งซอฟแวร์ร็อคคลัสเตอร์
    2. หน่วยความจำ (RAM) หนึ่งกิกะไบต์
    3. พื้นที่ฮาร์ดดิสก์ ความจุแปดสิบกิกะไบต์
    4. หน่วยติดต่อระบบเน็ตเวิร์คความเร็วกิกะบิตจำนวนหนึ่งหน่วย สำหรับติดต่อกับระบบคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล
    5. หน่วยติดต่อระบบเน็ตเวิร์คแบบฟาสอีเทอร์เน็ต (Fast-Ethernet) จำนวนหนึ่งหน่วย สำหรับติดต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ภายนอก
2. **หมวดคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล**
    1. ใช้ระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ และติดตั้งโดยใช้แผ่นติดตั้งของร็อคคลัสเตอร์
    2. หน่วยความจำ (RAM) หนึ่งกิกะไบต์
    3. พื้นที่ฮาร์ดดิสก์ ความจุแปดสิบกิกะไบต์
    4. หน่วยติดต่อระบบเน็ตเวิร์คความเร็วกิกะบิตจำนวนหนึ่งหน่วย
3. **หมวดอุปกรณ์เน็ตเวิร์ค**
    1. กิกะบิตสวิชต์จำนวน 8 พอร์ต 1 หน่วย

2. ระบบคลัสเตอร์ไอทาเนียมทู ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

ระบบคลัสเตอร์ไอทาเนียมทู เป็นระบบคลัสเตอร์เพื่อการประมวลผลสมรรถนะสูง โดยมีนักวิจัยในประเทศไทยใช้เพื่อประมวลผลงานสมรรถนะสูง โดยในปัญหาพิเศษนี้ ใช้ระบบคลัสเตอร์เพื่อติดตั้งโปรแกรมต้นแบบ และ การนำไปใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 1.2 คลัสเตอร์ไอทาเนียมทู ศูนย์เทคโนโลยีอีเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

ระบบคลัสเตอร์ไอทาเนียมทู ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ มีจำนวนสามสิบสองโหนด แบ่งเป็นคลัสเตอร์จำนวนสองชุด ชุดละสิบหกโหนด เป็นคอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการ จำนวนหนึ่งเครื่อง และเป็นคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผลจำนวนสิบห้าเครื่องต่อคลัสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

การพัฒนาระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ เป็นเรื่องที่นักพัฒนาระบบและนักพัฒนาโปรแกรม จากสถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัยต่างๆ พัฒนาขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ในบทนี้ ผู้เขียนจะกล่าวถึงประวัติ ความเป็นมา ลักษณะของระบบคลัสเตอร์ โปรแกรมที่มีนักพัฒนาได้มีการพัฒนาไว้อยู่ก่อนหน้า และนิยามคำศัพท์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ผู้อ่านมีความเข้าใจความหมายของคำต่างๆเป็นที่ตรงกัน ทั้งนี้ให้ยึดความหมายตามนิยามที่จะกล่าวต่อไปนี้ตลอดเล่มรายงาน

2.2 ระบบคลัสเตอร์ (Cluster System)

ระบบคลัสเตอร์ คือระบบคอมพิวเตอร์ที่มีการนำคอมพิวเตอร์จำนวนตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไป ทำการเชื่อมต่อกันผ่านระบบเครือข่ายความเร็วสูง เพื่อช่วยเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพ ความน่าเชื่อถือของระบบ ถูกพัฒนาขึ้นมาในปีคริสศักราช 1977 โดยดาต้าพอยคอเปอร์เรชั่น (Datapoint Corperation) [19] ในชื่ออาร์คเน็ต (ARCnet) เป็นระบบคลัสเตอร์เครื่องแรก ต่อมาบริษัทดิจิตัลอีควิปเมนต์คอเปอร์เรชั่น (Digital Equipment Cooperation: DEC) ได้พัฒนาแว็คคลัสเตอร์ (VAXcluster) สำหรับระบบปฏิบัติการ VAX/CMS ซึ่งสนับสนุนการทำงานแบบคู่ขนานและมีการพัฒนาระบบไฟล์ให้สามารถใช้งานร่วมกัน [6] ทำให้คลัสเตอร์เริ่มเป็นที่สนใจ ทำให้เกิดการวิจัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งปัจจุบัน ระบบพิรุณคลัสเตอร์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [2] ภาพที่ 2.1 เป็นตัวอย่างของคลัสเตอร์ระบบหนึ่ง ที่มีการสร้างขึ้นใช้ภายในประเทศไทย

ภาพที่ 2.1 ระบบพิรุณคลัสเตอร์ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ประเภทของระบบคลัสเตอร์

ระบบคลัสเตอร์ สามารถแบ่งได้ออกเป็นสามประเภทคือ ระบบคลัสเตอร์เพื่อให้มีทรัพยากรคงอยู่ (High-availability Cluster) ระบบคลัสเตอร์เพื่อแบ่งภาระการทำงาน (Load Balancing Cluster) และ ระบบคลัสเตอร์เพื่อการคำนวณ (High-performance Cluster) [6]

2.2.1.1 ระบบคลัสเตอร์เพื่อให้มีทรัพยากรคงอยู่ (High-availability Cluster)

คือ ระบบคลัสเตอร์ที่แก้ไขปัญหาสภาวะระบบล้มเหลว กรณีคอมพิวเตอร์ที่มีการให้บริการหยุดให้บริการ คอมพิวเตอร์ที่สำรองจะมีการทำงานทดแทนคอมพิวเตอร์ที่มีการหยุดให้บริการไป ตัวอย่างซอฟแวร์ช่วยจัดการระบบคลัสเตอร์ประเภทนี้ ได้แก่ Linux-HA ซึ่งเป็นซอฟแวร์ฟรีของระบบปฏิบัติการลีนุกซ์

2.2.1.2 ระบบคลัสเตอร์เพื่อแบ่งภาระการทำงาน (Load Balancing Cluster)

คือ ระบบคลัสเตอร์แบบกระจายงานให้กับคอมพิวเตอร์ในกลุ่มให้มีการส่งไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างเท่าเทียมกัน เพื่อไม่ให้เครื่องใดเครื่องหนึ่งทำงานหนักเกินไป โดยทั่วไปแล้วระบบคอมพิวเตอร์แบบนี้ จะมีคุณสมบัติ ระบบคลัสเตอร์เพื่อให้มีทรัพยากรคงอยู่ด้วย ตัวอย่างซอฟแวร์ที่ช่วยจัดการระบบคลัสเตอร์ประเภทนี้ ได้แก่ ระบบจัดการงานมาอุย (Maui Cluster Scheduler), พีบีเอส (Portable Batch System: PBS), ซันกริดเอ็นจิ้น (Sun Grid Engine: SGE)

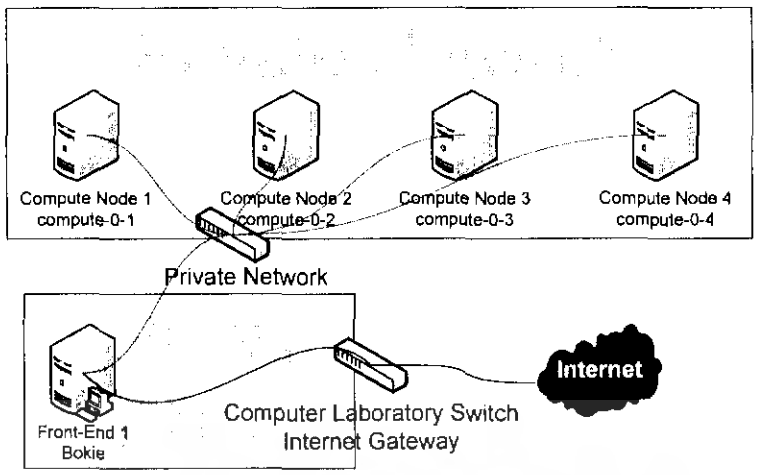
2.2.1.3 ระบบคลัสเตอร์เพื่อการคำนวณ (High-performance Cluster)

คือระบบคลัสเตอร์ที่เพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผล โดยการแยกส่วนการคำนวณกระจายให้คอมพิวเตอร์แต่ละเครื่อง ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สูตรคำนวณซับซ้อน หากใช้เครื่องคอมพิวเตอร์เพียงหนึ่งเครื่องในการประมวลผลจะใช้เวลานาน ซอฟแวร์ที่ช่วยจัดการระบบคลัสเตอร์ประเภทนี้ ได้แก่ Message Passing Interface (MPI)

2.2.2 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์โหนดในระบบคลัสเตอร์

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นหน่วยย่อยๆของระบบคลัสเตอร์แต่ละเครื่องเรียกว่าโหนด โดยเมื่อแยกตามหน้าที่การทำงาน จะแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ คอมพิวเตอร์สำหรับให้บริการ หรือเรียกว่าคอมพิวเตอร์ฟรอนเอนด์ (Front-End) และคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล หรือเรียกว่าคอมพิวโหนด (Compute-Node)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 คอมพิวเตอร์ฟรอนเอนด์และคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล

ลักษณะการสร้างคลัสเตอร์ เช่น คลัสเตอร์โบกี้ ซึ่งมี ฟรอนเอนด์ จำนวนหนึ่งเครื่อง และคอมพิวโหนดจำนวนสี่เครื่อง ภาพที่ 2.2

2.2.2.1 ฟรอนเอนด์

ฟรอนเอนด์ (Front-End) เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่การติดต่อกับผู้ใช้งานระบบคลัสเตอร์ *ภายในคอมพิวเตอร์ฟรอนเอนด์* จะมีการติดตั้งโปรแกรมบริหารจัดการงาน ดูสถานะของงาน และโปรแกรมตรวจสอบสถานะการทำงานของโหนดทุกโหนดในระบบคลัสเตอร์ และทำการแจ้งความผิดพลาดให้ผู้ดูแลระบบทราบ มีการเก็บสถานะการทำงานทุกอย่างของผู้ใช้ และมีชุดคำสั่งเตรียมให้ผู้ใช้งานใช้สำหรับ ส่งงาน รับงาน และตรวจสอบสถานะของงาน และชุดคำสั่งสำหรับผู้ดูแลระบบ

ในระบบคลัสเตอร์บางแห่งเป็นระบบคลัสเตอร์แบบปิด ฟรอนเอนด์จะทำหน้าที่ปกป้องคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณจากการติดต่อโดยตรงจากเครือข่ายภายนอก เพื่อป้องกันการบุกรุก และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้การสื่อสารระหว่างโหนด

2.2.2.2 คอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณ

คอมพิวติ้งโหนด (Compute-Node) คือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ประมวลผลงานจากคำสั่งที่ถูกสั่งงานมาจากเครื่องฟรอนเอนด์ ทั้งนี้เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณอาจมีได้มากกว่าหนึ่งเครื่อง เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณในระบบคลัสเตอร์ เป็นต้น

ตัวอย่างระบบคลัสเตอร์แบบปิดระบบหนึ่งคือระบบคลัสเตอร์แบบบวูฟล์ (Beowulf Cluster) หมายถึงคลัสเตอร์ ที่มีการนำพีซีมาเชื่อมต่อกันผ่านระบบเครือข่ายแบบปิด [หัวข้อ 2.2.3.2] และใช้โปรแกรมแบบเปิดเผยซอสโค้ด (Open Source) เช่นลีนุกซ์ ถูกพัฒนาโดย ดร. โทมัส สเตอร์ลิ่ง และ โดนัล เบคเกอร์ เพื่อช่วยคำนวณข้อมูลการสำรวจอวกาศขององค์การบริหารการบินและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อวกาศสหรัฐอเมริกา หรือนาซ่า [10] ในปีคริสตศักราช 1994 ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการวิทยาศาสตร์ของโลกและอวกาศ (Earth and Space Science Project) ของศูนย์ข้อมูลอวกาศ (Center of Excellence in Space Data and Information Science: CESDIS)

จากสถาปัตยกรรมแบวูฟล์ ออกแบบโดยสนับสนุนการใช้อุปกรณ์มาตรฐานที่มีขายทั่วไป มาสร้างระบบคลัสเตอร์แบบปิดและใช้โปรแกรมแบบเปิดเผยซอสโค้ด นักวิจัยที่ต้องการระบบคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง จึงเปลี่ยนจากการใช้ซูปเปอร์คอมพิวเตอร์ มาใช้ระบบคลัสเตอร์แบวูฟล์แทน

การใช้ระบบคลัสเตอร์แบวูฟล์ จะต้องมีการสร้างภาพหนึ่งเดียวให้ระบบ (Single System Image) ซึ่งการติดตั้งระบบมีความยุ่งยาก [2] ทำให้มีการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการติดตั้งระบบ ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในหัวข้อ 2.7

2.2.3 คลัสเตอร์กับระบบเครือข่าย

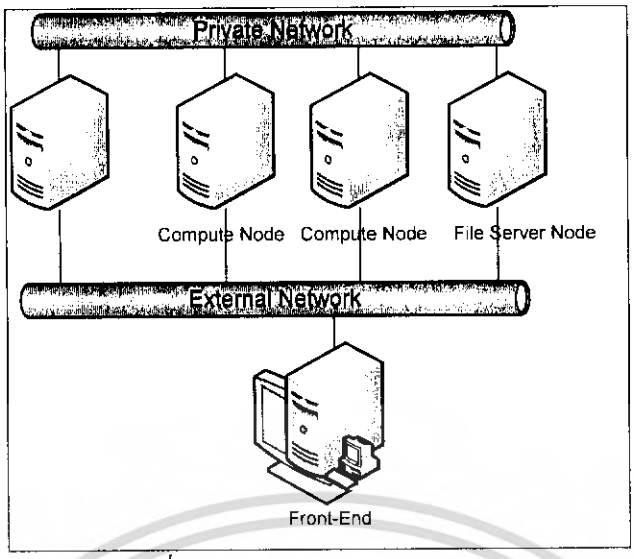
เครือข่าย เป็นสิ่งสำคัญหนึ่งที่ส่งผลต่อเสถียรภาพ ความปลอดภัยของระบบคลัสเตอร์ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงลักษณะเครือข่ายและความเหมาะสมในการนำมาใช้งานร่วมกับระบบคลัสเตอร์

ลักษณะการใช้งานเครือข่ายแบ่งตามการใช้งานมีจำนวนสามรูปแบบ คือ เครือข่ายภายในเป็นเครือข่ายสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์โหนดภายในระบบคลัสเตอร์ ผู้ใช้ไม่สามารถติดต่อผ่านระบบเครือข่ายภายในได้ ไอพีแอดเดรสเป็นแบบไพรเวทไอพี (Private IP Address) เครือข่ายแบบที่สองคือ เครือข่ายบริการ เป็นเครือข่ายให้บริการผู้ใช้ในการติดต่อกับระบบคลัสเตอร์ และการติดต่อระหว่างฟรอนเอนด์กับคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล และสุดท้าย ระบบเครือข่ายภายนอก คือ เครือข่ายที่มีบุคคลภายนอกใช้งาน เช่น อินเตอร์เน็ต ซึ่งจะต้องมีไอพีแอดเดรสที่บุคคลภายนอกสามารถติดต่อได้ (Public IP Address) ลักษณะการใช้งานเครือข่ายสองแบบแรก เป็นเครือข่ายที่ใช้ในระบบคลัสเตอร์สองระบบคือ ระบบคลัสเตอร์แบบปิดและระบบคลัสเตอร์แบบเปิด

2.2.3.1 ระบบคลัสเตอร์แบบเปิด

โครงสร้างทางระบบเครือข่าย ประกอบด้วยเครือข่ายสองเครือข่าย คือ เครือข่ายภายในและเครือข่ายภายนอก ผู้ใช้สามารถเข้าถึงโหนดทุกโหนดได้จากเน็ตเวิร์คภายนอก แต่มีปัญหาเรื่องระบบความปลอดภัย จากการที่สามารถเข้าถึงทุกโหนดได้โดยตรง ในการให้บริการคลัสเตอร์เพื่อแบ่งภาระการทำงาน [หัวข้อ 2.2.1] จึงนิยมใช้ระบบคลัสเตอร์แบบเปิด เพราะโหนดทุกโหนดสามารถแบ่งกันให้บริการในเวลาเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

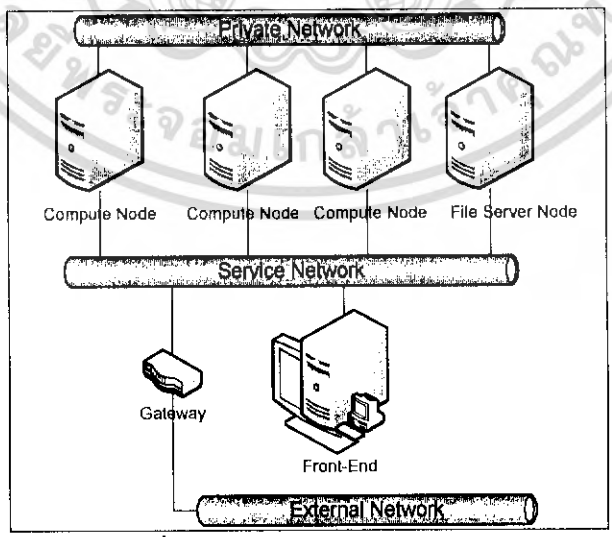


ภาพที่ 2.3 ระบบคลัสเตอร์แบบเปิด [2]

2.2.3.2 ระบบคลัสเตอร์แบบปิด

โครงสร้างระบบคลัสเตอร์แบบปิด ประกอบด้วยเครือข่ายสามเครือข่าย คือ เครือข่ายภายใน เครือข่ายเพื่อบริการ และเครือข่ายภายนอก ผู้ใช้มีการติดต่อระบบคลัสเตอร์ทางเครือข่ายภายนอก ผ่านโหนดเกตเวย์

ระบบเครือข่ายแบบปิดสามารถกำหนดสิทธิการเข้าถึงระบบเครือข่ายบริการ ได้จากโหนดเกตเวย์ ผู้ใช้ไม่สามารถเข้าถึงโหนดแต่ละโหนดได้โดยตรง ดังนั้นระบบจึงมีความปลอดภัยสูง ระบบคลัสเตอร์เพื่อการคำนวณ จึงนิยมใช้ระบบคลัสเตอร์แบบปิด เพราะคอมพิวเตอร์เพื่อการคำนวณมีการสื่อสารในกลุ่ม ไม่จำเป็นต้องให้บริการเครื่องคอมพิวเตอร์ภายนอกระบบ และเรื่องความปลอดภัย



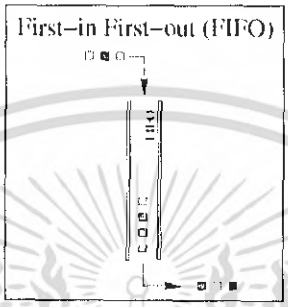
ภาพที่ 2.4 ระบบคลัสเตอร์แบบปิด [2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีการจัดการเกี่ยวกับระบบแถวคอย

2.3.1 แบบมาก่อนบริการก่อน

ระบบแถวคอยแบบมาก่อนบริการก่อน (First-Come First-Served: FIFO) เป็นระบบแถวคอยที่จัดการได้ง่ายที่สุด โดยใช้หลักการง่ายๆว่า งานใดที่เข้ามาระบบก่อน ให้ทำงานนั้นก่อน แถวคอยแบบนี้เหมาะสมกับการให้บริการโดยที่ความสำคัญของงานที่เข้ามาในระบบมีความเท่าเทียมกัน งานแต่ละงานใช้เวลาเท่าเทียมกัน



ภาพที่ 2.5 ลักษณะแถวคอยแบบมาก่อนบริการก่อน [18]

ปัญหาที่พบในการใช้ระบบแถวคอยแบบมาก่อนบริการก่อนคือ งานเข้ามาในระบบโดยระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลงานแตกต่างกัน งานหนึ่งงานอาจจะใช้เวลาเพียงหนึ่งนาทีหรืออาจใช้เวลามากกว่าหนึ่งเดือน ซึ่งส่งผลกระทบต่องานที่มาภายหลังแม้ว่าจะใช้เวลาน้อยเพียงหนึ่งวินาทีก็ต้องรอจนกว่างานที่กำลังทำอยู่เสร็จ

2.3.2 แบบงานสั้นที่สุดบริการก่อน

จากปัญหาของระบบแถวคอยแบบมาก่อนบริการก่อนที่ส่งผลให้งานที่ใช้เวลาประมวลผลน้อยจำเป็นต้องรองานที่ใช้เวลาประมวลผลนาน ระบบแถวคอยแบบงานสั้นที่สุดบริการก่อน (Shortest-Job-First) สามารถเข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ โดยการปรับแถวคอยให้ งานที่ใช้ระยะเวลาน้อย เข้าทำงานในระบบก่อน

ปัญหาที่พบในระบบแถวคอยแบบงานสั้นที่สุดบริการก่อน คือ หากมีงานที่ใช้เวลาประมวลผลน้อยเข้ามาในระบบตลอดเวลา อาจทำให้งานที่ส่งเข้ามาในระบบแต่ใช้เวลาประมวลผลนานไม่ได้เข้าใช้หน่วยประมวลผลเสียที งานที่คอยไม่ได้เข้าทำงานจะถูกเรียกว่า งานที่อดตาย (Job Starvation)

ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดงานที่อดตายภายในระบบ จึงมีการกำหนดระยะเวลาสูงสุดที่งานรออยู่ในระบบ ซึ่งหากเกินระยะเวลาสูงสุดที่กำหนดไว้ ระบบคิวจะอนุญาตให้งานขนาดใหญ่ที่รอนั้นเข้าทำงานก่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 แบบงานที่มีความสำคัญบริการก่อน

การใช้ระบบแถวคอยแบบมาก่อนบริการก่อน และระบบแถวคอยแบบสั้นที่สุดบริการก่อนนั้น จะไม่มีการคิดถึงความสำคัญของงาน หากงานที่เข้ามาในระบบมีความสำคัญแตกต่างกัน แม้ว่างานจะสำคัญมาก อาจยังต้องรองานที่อยู่ในระบบแถวคอยก่อนหน้าทำก่อน ซึ่งไม่เป็นผลดีนัก ดังนั้น ในระบบแถวคอยแบบงานที่มีความสำคัญบริการก่อน (Priority) จะจัดลำดับแถวคอยการให้บริการตามความสำคัญของงาน

ปัญหาที่พบในระบบแถวคอยแบบงานที่มีความสำคัญบริการก่อนคือ งานที่มีความสำคัญน้อยสุดอาจกลายเป็นงานที่อดตายได้ หากมีงานที่มีความสำคัญเข้ามาอยู่ตลอดเวลา

2.3.4 แบบเวียนเทียน

ระบบแถวคอยแบบเวียนเทียน (Round-Robin) นี้เป็นระบบที่สนับสนุนการทำงานแบบแบ่งช่วงเวลา (Time Sharing) เพื่อให้สามารถทำงานได้หลายงาน (Multitasking) ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้จะต้องได้รับการสนับสนุนจากระบบปฏิบัติการ ในการสลับงานเข้าทำงาน และการเก็บค่าที่งานกำลังทำอยู่ ก่อนให้งานอื่นเข้าทำงานในหน่วยประมวลผลแทน แต่ระบบแถวคอยแบบนี้ยังไม่สามารถใช้ได้กับงานแบบคู่ขนาน (Parallel Job) ซึ่งมีการทำงานโดยใช้หน่วยประมวลที่มากกว่าหนึ่งหน่วย

2.3.5 แบบหลายระดับ (Multilevel Queue Scheduling)

ระบบแถวคอยแบบหลายระดับช่วยแก้ปัญหากรณีงานในระบบไม่สามารถจัดเข้าสู่ระบบแถวคอยแบบใดแบบหนึ่งได้ จึงมีการแบ่งแถวคอยออกเป็นชั้น ซึ่งการเลือกงานแต่ละชั้นเข้าสู่ระบบสามารถจัดการด้วยระบบแถวคอยแบบหนึ่ง และงานในแต่ละชั้นจะจัดการด้วยระบบแถวคอยอีกแบบหนึ่ง

ตัวอย่างระบบแถวคอยที่มีการใช้คือ การแบ่งงานแต่ละระดับตามความสำคัญ เช่น งานของระบบปฏิบัติการ งานของอาจารย์ งานของนักเรียน โดยแต่ละระดับให้แถวคอยแบบมาก่อนบริการก่อน

2.4 การจัดการหน่วยความจำสำรอง

เมื่อผู้ใช้เข้าสู่ระบบเพื่อนำงานมาประมวลผล ผู้ใช้จะมีการอัพโหลดงานมาเก็บไว้ในพื้นที่หน่วยความจำสำรองของตน หากมีผู้ใช้ในระบบมาก ย่อมต้องใช้พื้นที่หน่วยความจำสำรองมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามไปด้วย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการควบคุมการใช้หน่วยความจำสำรองของแต่ละบุคคลให้เป็นไปอย่างเหมาะสม

aquota.user aquota.group	ไฟล์ที่อยู่ภายในไดเรกทอรี่ที่ต้องการเปิดการตรวจสอบการเช็คหน่วยความจำสำรอง
/etc/fstab	เก็บรายละเอียดของระบบไฟล์ ใช้ในการระบุว่าไดเรกทอรี่ใดที่มีการเปิดตรวจสอบการใช้หน่วยความจำสำรอง
/etc/mtab	เก็บตำแหน่งการเมาท์ของระบบไฟล์

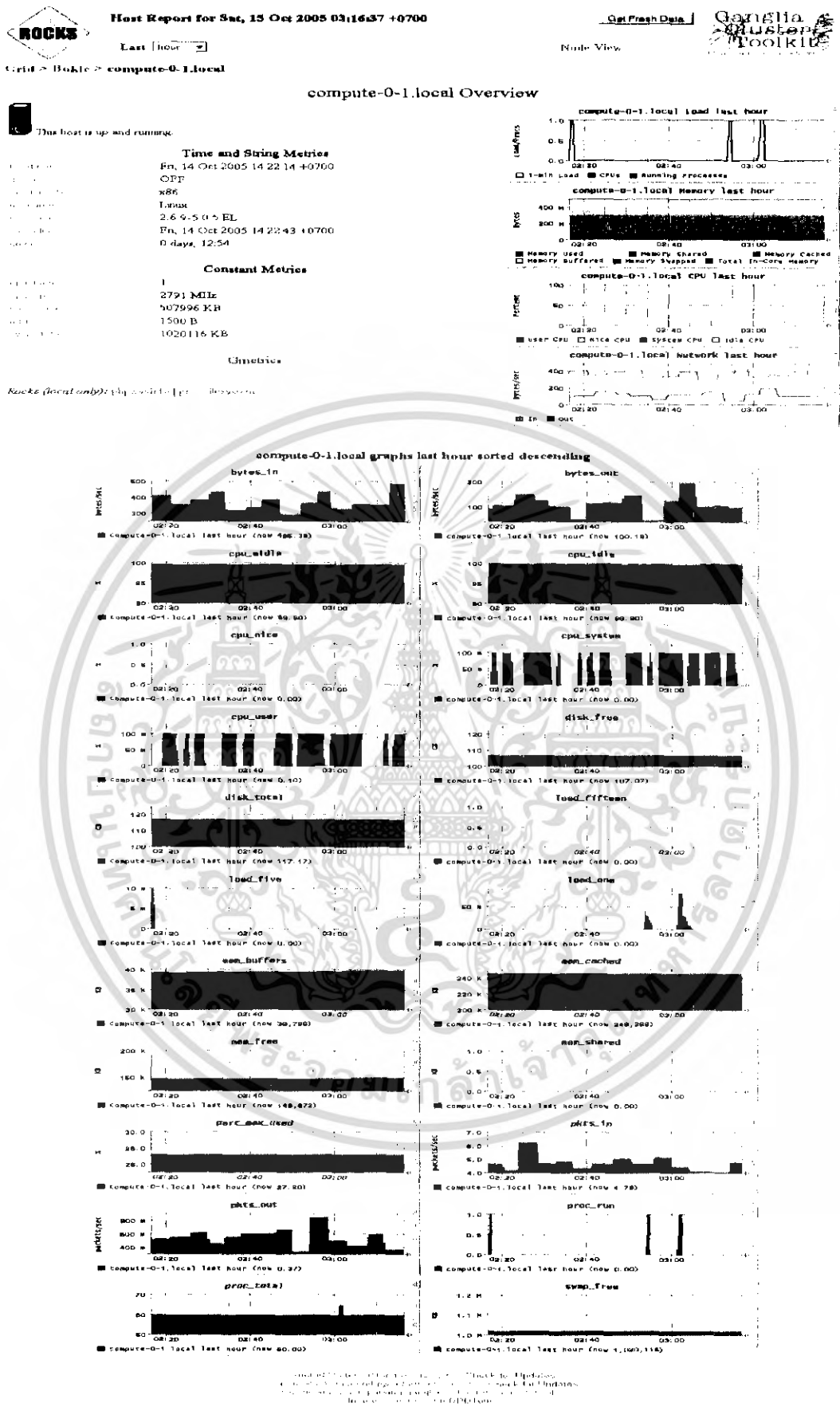
ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงไฟล์ที่เกี่ยวข้องสำหรับกำหนดพื้นที่หน่วยความจำสำรอง

การจัดการพื้นที่หน่วยความจำสำรอง สามารถใช้เครื่องมือที่มากับระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ โดยการปรับแก้ไฟล์ /etc/fstab กำหนดที่อยู่ที่ต้องการเปิดใช้ ระบบจำกัดพื้นที่หน่วยความจำสำรอง ก่อนใช้คำสั่ง cdquotaในการกำหนดพื้นที่ให้ผู้ใช้ต่อไป

2.5 การติดตามสถานะระบบโดยซอฟแวร์ แกงเลีย (Ganglia)

แกงเลีย เป็นเครื่องมือเพื่อใช้ดูสถานะของระบบคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง โดยมีเซอร์วิสชื่อ แกงเลียมอนิเตอร์เดมอน (Ganglia Monitor Daemon: gmond) ที่มีการติดตั้งอยู่ที่โหนดทุกโหนด เพื่อตรวจสอบสถานะของระบบแล้วส่งข้อมูลมาในรูปแบบภาษาเอ็กเอ็มแอลมาให้เครื่องศูนย์กลางควบคุม เพื่อแสดงผลแบบกราฟิกต่อไป [9] ตัวอย่างเช่น ภาพที่ 2.6 แสดงสถานะของระบบคลัสเตอร์โบกี้ ถึงความหนาแน่นทางเครือข่าย การใช้หน่วยประมวลผล ขนาดหน่วยความจำที่มีการใช้งาน ขนาดเวอร์ชวลแมมโมรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 กราฟแสดงสถานะระบบของแกงเลียบนระบบคลัสเตอร์โบกี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 เครื่องมือจัดการงาน

2.6.1 Simple Linux Utility for Resource Management (SLURM)

เป็นเครื่องมือซึ่งออกแบบมาเพื่อจัดการทรัพยากรในระบบคลัสเตอร์ โดยSLURM มีคุณสมบัติเฉพาะตัวดังนี้

- ผู้ใช้ทั่วไปสามารถเข้าใจและใช้งานได้ง่าย
- เป็นซอฟแวร์โอเพนซอร์สที่เปิดให้ผู้ใช้ทั่วไปสามารถร่วมกันพัฒนาโปรแกรมได้
- ใช้ภาษาซีในการพัฒนาโปรแกรม สามารถนำไปใช้งานบนระบบลีนุกซ์
- *สนับสนุนการเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล User Datagram Protocol* (UDP) และ Quadrics Elan3
- *มีระบบป้องกันข้อผิดพลาด (Fault Tolerance) ในกรณีที่ระบบหรือเครื่องใดเครื่องหนึ่งในระบบคลัสเตอร์ไม่สามารถใช้งานต่อไปได้*
- ใช้เทคโนโลยีของระบบรักษาความปลอดภัยการเข้ารหัส (Crypto Technology) ในการตรวจสอบผู้ใช้งานที่เข้าใช้บริการตามงานของแต่ละผู้ใช้ได้อย่างมีความปลอดภัย
- มีค่าในการปรับแต่งที่ผู้ดูแลระบบสามารถเข้าใจได้ง่าย ค่าการปรับแต่งไม่ซับซ้อนและยังสามารถปรับแต่งระบบได้โดยไม่กระทบกระเทือนงานอื่นที่ประมวลผลอยู่

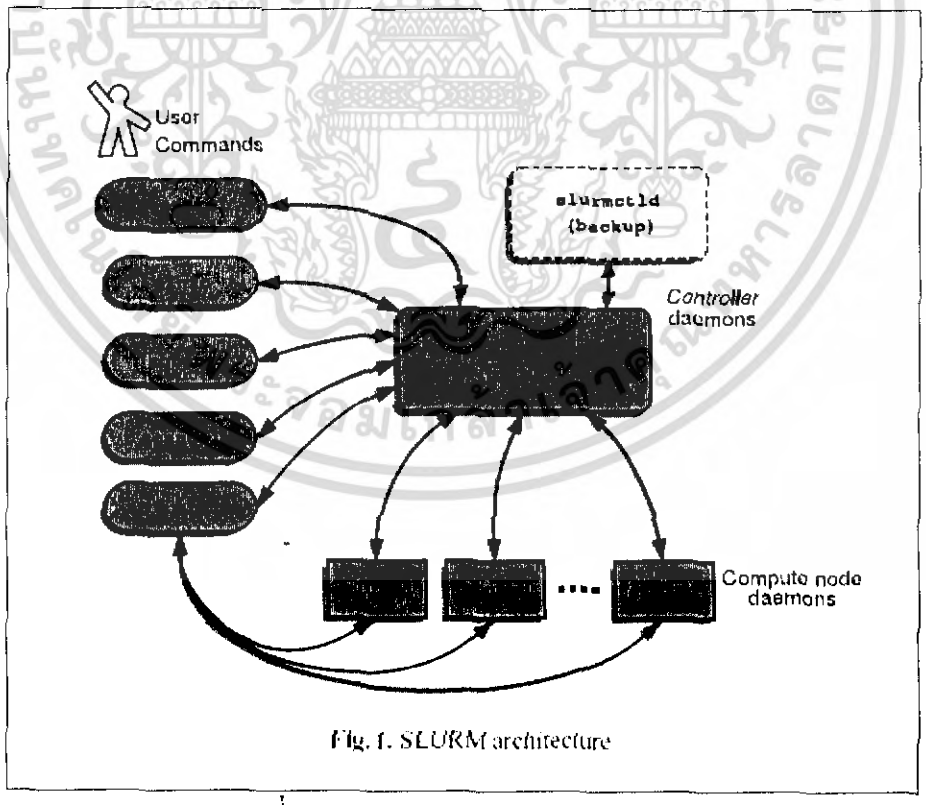


Fig. 1. SLURM architecture

ภาพที่ 2.7 สถาปัตยกรรม SLURM [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 Sun Grid Engine (SGE)

ซันกริดเอ็นจิ้น [13] คือระบบจัดการงานและควบคุมจัดสรรทรัพยากรของระบบซึ่งพัฒนาโดยซันไมโครซิสเตมส์ [14] รองรับการทำงานบนระบบปฏิบัติการยูนิกส์ และลีนุกซ์ โดยการทำงานของซันกริดเอ็นจิ้น แบ่งการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ออกเป็น 4 ส่วนการทำงาน คือ

1. มาสเตอร์โฮส (Master Host)

เครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นศูนย์กลางการทำงานของกิจกรรมทั้งหมดบนระบบคลัสเตอร์ เช่น การจัดลำดับงาน การสั่งงาน หรือการปรับปรุงข้อมูลการเข้าใช้งานของผู้ใช้แต่ละคน

2. เอ็กซคิวชั่นโฮส (Execution Host)

เครื่องคอมพิวเตอร์ลูกข่ายในระบบคลัสเตอร์ที่อนุญาตให้ซันกริดเอ็นจิ้นสามารถส่งงานมาประมวลผลในเครื่องเอ็กซคิวชั่นโฮส ภายใต้คำสั่งของมาสเตอร์โฮส

3. แอดมินิสเตรเตอร์โฮส (Administration Host)

เครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบคลัสเตอร์ที่อนุญาตให้ปรับแต่งค่าการทำงานและแก้ไขไฟล์ที่ใช้ควบคุมการทำงานทั้งหมดในระบบ

4. ซับมิดโฮส (Submit Host)

เครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบคลัสเตอร์ที่อนุญาตให้ส่งงานเข้ามาประมวลในระบบ

2.6.2.1 คุณสมบัติของซันกริดเอ็นจิ้น

1. สนับสนุนระบบคอมพิวเตอร์ที่ประกอบขึ้นจากคอมพิวเตอร์ต่างชนิด
2. สนับสนุนการใช้งานระบบคลัสเตอร์แบบหลายโดเมน
3. สนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรของงานแต่ละงาน
4. สนับสนุนการทำจ็อบอาร์เรย์ (Job Array)
5. สนับสนุนงานทั้งรูปแบบซีเควนเชียว (Sequential) และพาราเรล (Parallel)
6. สามารถทำ Load Balancing ได้
7. สามารถทำ Check Point ได้
8. มีระบบสำหรับการตรวจสอบสถานะของระบบ
9. ผู้ใช้ระบบสามารถกำหนดลำดับความสำคัญของงานของตนเองได้

2.6.2.2 ระบบแถวคอยของซันกริดเอ็นจิ้น

First Come First Serve Policy

ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมที่หน้า 10 หัวข้อ 2.3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Priority

ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมที่หน้า 11 หัวข้อ 2.3.3

Share Tree Policy

เป็นนโยบายในการจัดลำดับงาน โดยพิจารณาจากการใช้งานที่ผ่านมาถ้าผู้ใช้คนนั้นใช้งานไม่มากในครั้งที่แล้ว งานครั้งต่อไปจะจัดสรรทรัพยากรให้มากขึ้นในการสั่งงานในครั้งต่อไป ส่วนผู้ใช้ที่ใช้งานหนักจะได้รับการลดสิทธิด้านทรัพยากรในการใช้ครั้งต่อไปเช่นกัน

Functional Policy

เป็นนโยบายในการจัดลำดับงาน โดยถ้างานที่ต้องการจะประมวลผลเหลือทรัพยากรน้อยกว่าที่ต้องการจะใช้จริงงานนั้นจะสามารถใช้ทรัพยากรอื่นที่เหลืออยู่ของงานที่ประมวลผลอยู่ในระบบขณะนั้นได้ โดยแต่ละผู้ใช้จะมีตั๋ว (Ticket) ในการแชร์ทรัพยากรไปยังศูนย์รวมของการแชร์ทรัพยากรทั้งหมดโดยจะมีค่าน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละคนที่สามารถใช้ทรัพยากรที่แชร์นั้นๆได้

Override Policy

เป็นนโยบายการจัดลำดับงานที่สามารถเข้าแทรกการทำงานของลำดับงานเดิมที่กระทำ เช่น Share Tree Policy หรือ Function Policy

Deadline

เป็นนโยบายในการเลือกเครื่องโดยจะเลือกเวลาที่ควรจะเริ่มทำการประมวลผลเป็นหลัก (เวลา deadline ที่ผู้ใช้ต้องการให้งานเสร็จ - เวลาที่ใช้ในการประมวลผล) งานที่มีเวลาที่ควรจะเริ่มประมวลผลน้อยที่สุดมีความสำคัญสูงสุด (Least laxity Scheduling, LLF) นโยบายการเลือกเครื่องจะใช้นโยบายแบบ Deadline Load Balancer

Resource reservation & backfilling

เป็นนโยบายในการจัดลำดับงาน โดยถ้างานที่ทำการประมวลผลอยู่มีเนื้อที่ทรัพยากรคงเหลือ และงานที่ถัดคิวงานนี้ไม่สามารถใช้งานได้เนื่องจากทรัพยากรที่ต้องการไม่เพียงพอ สามารถจัดสรรทรัพยากรนี้ให้กับคิวถัดๆไปของเครื่องลูกข่ายนั้นๆได้ถ้ามีการใช้ทรัพยากรไม่มากเกินทรัพยากรที่เหลือในระบบ เช่น เครื่อง A กำลังประมวลผลงาน X อยู่ในขณะนั้นและมีหน่วยความจำ เหลือ 560 MB และหน่วยประมวลผลกลางเหลือ 25% งาน y ต่อคิวอยู่คิวถัดไป แต่งาน Y ต้องการทรัพยากรหน่วยความจำ = 780 MB และต้องการหน่วยประมวลกลาง 40 % แต่งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

Z ต้องการทรัพยากรหน่วยความจำ = 256 MB และต้องการหน่วยประมวลกลาง 35 % จะทำการประมวลผลให้งาน Z ก่อน โดยต้องทำการพิจารณาระยะเวลาที่งาน X และ Zจะประมวลผลเสร็จว่าส่งผลกระทบต่องาน Y หรือไม่

Urgency Policy

นโยบายการจัดลำดับงานพิจารณาจากทรัพยากรที่ใช้ (ResourceUrgency), ระยะเวลาในการรอเข้าใช้เครื่องในการประมวลผล (WaitTimeUrgency), ระยะะเวลาที่ผู้ใช้ต้องการให้งานเสร็จ – เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (DeadlineUrgency)

Unified Ticketing

นโยบายการจัดลำดับโดยการนำ Functional Policy, Share Tree Policy และ Override Policy มาใช้ร่วมกัน

2.6.3 Portable Batch System (PBS)

Portable Batch System (PBS) คือระบบจัดการงานและควบคุมจัดสรรทรัพยากรของระบบ [10] ปัจจุบันรองรับการทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดส์ 2000, ยูนิกซ์และลีนุกซ์ PBS [11] โดยลักษณะการทำงานเป็นแบบเป็นชุด (Batch Job) ตามมาตรฐาน POSIX 1003.2d [12] โดยงานที่เข้าสู่ระบบจะมีลักษณะเป็นชุด ใช้เชลส์สคิปต์ในการสั่งงาน

2.6.3.1 คุณสมบัติของระบบ PBS

1. สนับสนุนระบบคอมพิวเตอร์ที่ประกอบขึ้นจากคอมพิวเตอร์ต่างชนิด
2. สนับสนุนการใช้งานระบบคลัสเตอร์แบบหลายโดเมน
3. สนับสนุนการจัดเก็บข้อมูลการใช้ทรัพยากรของงานแต่ละงาน
4. สนับสนุนการส่งงานไปประมวลผลที่เครื่องใดก็ได้ในระบบ โดยระบบจะทำการส่ง Execute file ให้อัตโนมัติ พร้อมทั้งนำผลลัพธ์กลับมาให้ผู้ใช้ในระบบ
5. สนับสนุนงานทั้งรูปแบบ Sequential และ Parallel
6. สามารถทำ Load Balancing ได้
7. มีระบบสำหรับการตรวจสอบสถานะของระบบ
8. สนับสนุนการส่งงานไปประมวลผลในระบบ Grid
9. ผู้ใช้ระบบสามารถกำหนดลำดับความสำคัญของงานของตนเองได้

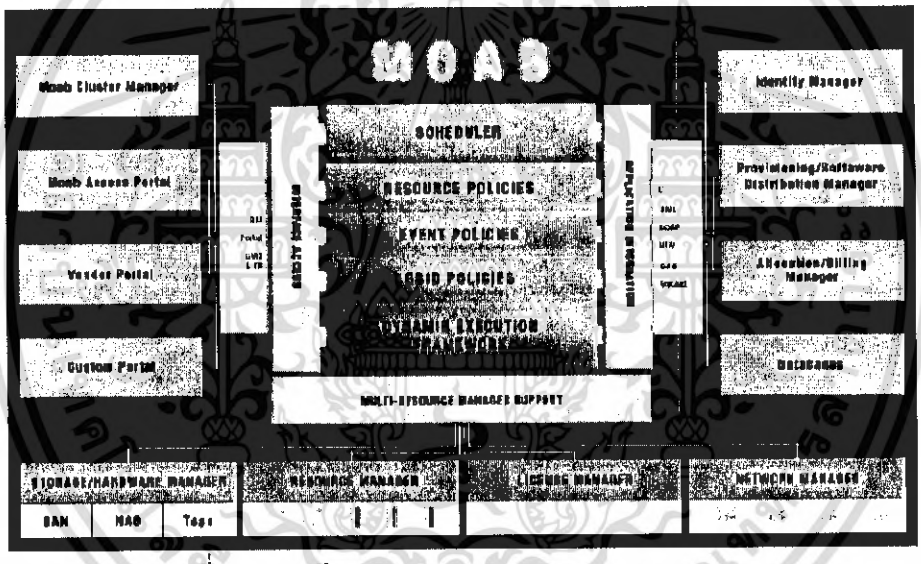
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
59330

2.6.3.2 ขั้นตอนการทำงาน

1. เขียนพีบีเอสสคิปต์ โดยระบุถึงรายละเอียดของงาน
2. ส่งพีบีเอสสคิปต์เข้าสู่ระบบแถวคอย
3. ปกป้องงานในขณะงานกำลังทำงาน

2.6.4 Moab Grid Scheduler

โมภ เป็นเครื่องมือจัดการการทำงานโดยถูกออกแบบให้สามารถควบคุมประสิทธิภาพและสามารถจัดลำดับงานได้ในขณะที่ผู้ใช้กำลังดำเนินงานนั้นๆอยู่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยบริษัทคลัสเตอร์รีซอร์ส (Cluster Resource Inc.) ซึ่งเป็นผู้ผลิตเครื่องมือจัดการงาน สถาปัตยกรรม ภาพที่ 2.8 แสดงถึงโครงสร้างของโมภซึ่งมีนโยบายด้านที่เกี่ยวข้องมากมาย ทั้งการจัดการงาน กาจัดการทรัพยากร การจัดการกริด เป็นต้น

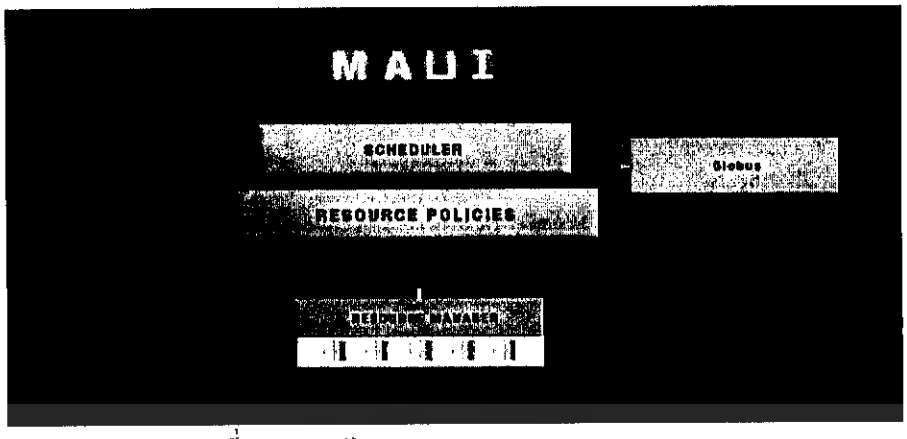


ภาพที่ 2.8 สถาปัตยกรรมของ Moab Grid Scheduler [5]

2.6.5 Maui Scheduler

ระบบการจัดลำดับงาน มาอุย [16]เป็นนโยบายการจัดการงานที่สามารถควบคุมได้ทุกอย่าง เช่น ควบคุมปริมาณการใช้งานของหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยความจำหลักรวมทั้งเนื้อที่ที่อนุญาติให้ใช้งาน พัฒนาขึ้นโดย Maui High Performance Computing Centre (MHPCC) [15] โดยมาอุย จะทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นเอ็นจินหนึ่งซึ่งสามารถประยุกต์ใช้งานร่วมกับระบบจัดลำดับงานตัวอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



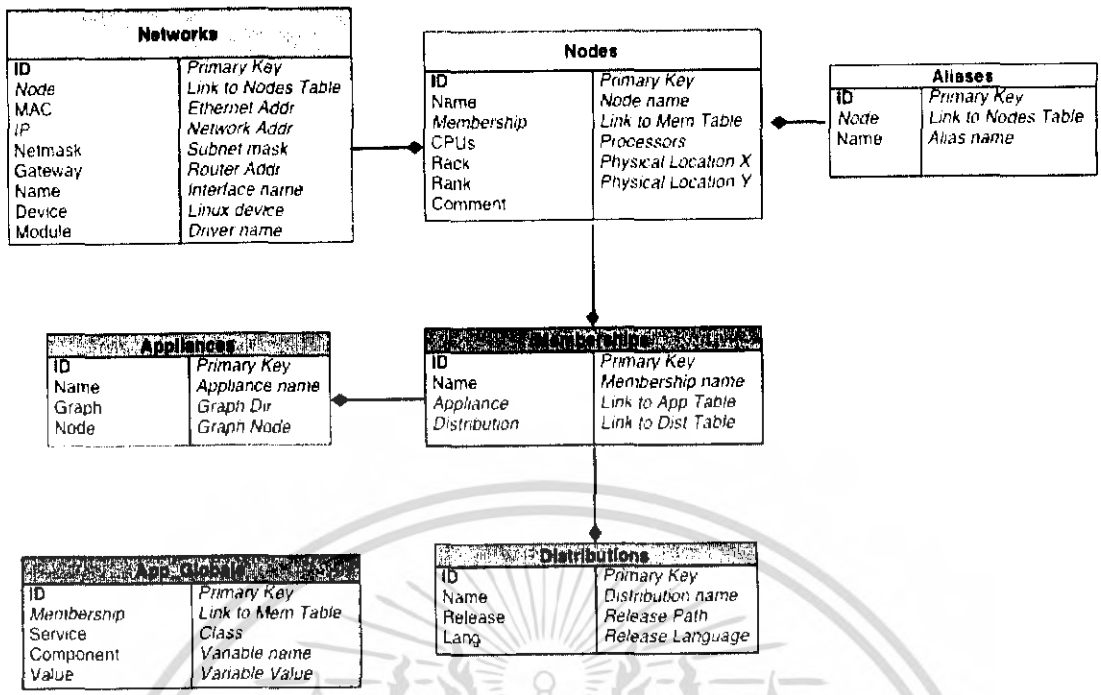
ภาพที่ 2.9 สถาปัตยกรรมของ Maui Scheduler [5]

2.7 ซอฟแวร์ช่วยในการติดตั้งระบบ

การติดตั้งระบบคลัสเตอร์ซึ่งมีซอฟแวร์ที่เกี่ยวข้องทั้งในส่วนการติดตั้งระบบ การควบคุมระบบ โปรแกรมเพื่อการคำนวณแบบคู่ขนาน ฐานข้อมูล และ การตรวจสอบสถานะการทำงานนั้น สร้างความยุ่งยากให้กับผู้ดูแลระบบในการบำรุงรักษาระบบ ดังนั้นจึงมีการนำกลุ่มของซอฟแวร์ที่จำเป็นต้องใช้มารวบรวม และสร้างโปรแกรมเพื่อช่วยในการปรับแต่งค่าระบบ โดยโปรแกรมที่ช่วยในการจัดการที่คณะผู้จัดทำเลือกใช้คือ ร็อคคลัสเตอร์ (Rock Cluster)

ระบบจัดการฐานข้อมูลที่ร็อคคลัสเตอร์มีการใช้เก็บรายละเอียดของระบบคลัสเตอร์คือ MySQL อยู่ภายใต้ฐานข้อมูลชื่อคลัสเตอร์ (cluster) โดยแบ่งตารางออกเป็นส่วนๆ ได้แก่ ตารางรายละเอียดโหนด ตารางรายละเอียดเน็ตเวิร์ค ตารางซอฟแวร์ที่เกี่ยวข้อง และตารางควบคุมเวอร์ชั่น ซึ่งในที่นี้จะแสดงตารางรายละเอียดโหนด รายละเอียดเน็ตเวิร์คเท่านั้น (ตารางอื่น สามารถศึกษาได้จาก [7])

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ของร็อคคลัสเตอร์

ตารางโหนด (Nodes) ตารางที่ 2.2 เก็บข้อมูลโหนดหนึ่งโหนด ต่อหนึ่งระเบียน โดยจะเก็บรายละเอียดทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ ฟรอนเอนด์และคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล รวมถึงเก็บสถานที่ตั้งของแต่ละโหนด ภาพที่ 2.11 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ภายในตารางโหนดของระบบคลัสเตอร์โบกี้ ตารางเน็ตเวิร์ค (Networks) ตารางที่ 2.3 เป็นตารางที่มีการเก็บความสัมพันธ์ของอุปกรณ์ในระบบเครือข่าย ภาพที่ 2.12 แสดงตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ภายใต้ตารางเน็ตเวิร์กของระบบคลัสเตอร์โบกี้

ชื่อฟิลด์	คีย์	รายละเอียด
ID	Primary Key	เก็บหมายเลขระเบียน เพิ่มค่าอัตโนมัติ
Name		ชื่อของโหนด
Membership	Foreign Key	เก็บคีย์หลักของตาราง Membership ต้องมีค่าเสมอ เป็นการกำหนดว่าโหนดนั้นเป็นประเภทใด
CPUs		จำนวนหน่วยประมวลผลของโหนดนั้นๆ มีค่าปกติเป็น 1
Rack		ระบุหมายเลขตู้ที่โหนดมีการติดตั้งอยู่ โดยเริ่มต้นตั้งแต่ 0 (0 เป็นตู้ที่อยู่ทางซ้ายสุด)
Rank		ระบุอันดับตำแหน่งจากพื้นที่โหนดมีการติดตั้งอยู่ โดยเริ่มต้นตั้งแต่ 0 (0 เป็นอันดับที่อยู่ติดพื้นที่สุด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อฟิลด์	คีย์	รายละเอียด
IP		เก็บไอพีแอดเดรสเวอร์ชั่น 4 (IPv4)
Comment		รายละเอียดเพิ่มเติม

ตารางที่ 2.2 ตารางโหนดภายในฐานข้อมูลร็อคคลัสเตอร์

```
mysql> select * from nodes;
+----+------+-------------+------------+------+------+------+---------+
| ID | Site | Name        | Membership | CPUs | Rack | Rank | Comment |
+----+------+-------------+------------+------+------+------+---------+
|  1 |    0 | bokie       |          1 |    1 |    0 |    0 | NULL    |
|  8 |    0 | compute-0-1 |          2 |    1 |    0 |    1 | NULL    |
| 10 |    0 | compute-0-2 |          2 |    1 |    0 |    2 | NULL    |
| 11 |    0 | compute-0-3 |          2 |    1 |    0 |    3 | NULL    |
| 12 |    0 | compute-0-4 |          2 |    1 |    0 |    4 | NULL    |
+----+------+-------------+------------+------+------+------+---------+
5 rows in set (0.00 sec)
```

ภาพที่ 2.11 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในตารางโหนด คลัสเตอร์โบกี้

ชื่อฟิลด์	คีย์	รายละเอียด
ID	Primary Key	เก็บหมายเลขระเบียน เพิ่มค่าอัตโนมัติ ตั้งแต่หมายเลขหนึ่งเป็นต้นไป
Node	Foreign Key	เก็บคีย์หลักของตารางโหนดและต้องมีค่าเสมอ เพื่อระบุว่ารายละเอียดของระเบียนนั้นเป็นของโหนดใด
MAC		เก็บที่อยู่ Media Access Layer Address (MAC Address) ประกอบด้วยเลขฐานสิบหกจำนวน 6 ไบต์ เก็บในรูปรหัส ASCII คั่นระหว่างไบต์ด้วยโคลอน "00:0a:5e:54:0d:9f"
IP		เก็บไอพีแอดเดรสเวอร์ชั่น 4 (IPv4) ของโหนด
Netmask		เก็บซับเน็ตมาร์สของไอพีแอดเดรส
Gateway		เก็บหมายเลขไอพีที่เป็นเกตเวย์
Name		ชื่อโหนด โดยมีการกำหนดลักษณะของชื่อเป็น "compute-ตู้-อันดับ" สำหรับคอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล
Device		ชื่ออุปกรณ์ของเน็ตเวิร์คการ์ดอินเตอร์เฟส ชื่อปกติในลีนุกซ์จะเป็น eth0
Module		เก็บชื่อของไดรเวอร์ของอุปกรณ์เน็ตเวิร์ค

ตารางที่ 2.3 ตารางเน็ตเวิร์คภายในฐานข้อมูลร็อคคลัสเตอร์

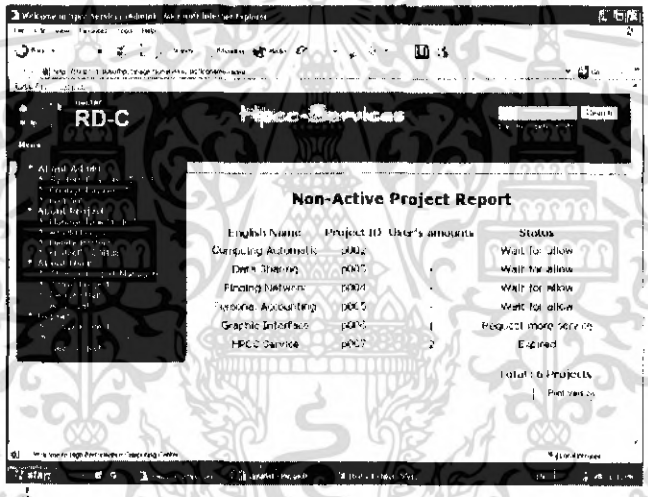
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mysql> select ID,Node,Mac,IP,Netmask,Gateway,Name,Device from networks;
+----+------+-------------------+-----------------+-----------+---------+-------------+--------+
| ID | Node | Mac               | IP              | Netmask   | Gateway | Name        | Device |
+----+------+-------------------+-----------------+-----------+---------+-------------+--------+
|  1 |    1 | NULL              | 10.1.1.1        | 255.0.0.0 | NULL    | bokie       | eth0   |
| 10 |   10 | 00:0a:5e:54:0d:9f | 10.255.255.253  | 255.0.0.0 | NULL    | compute-0-2 | eth0   |
| 11 |   11 | 00:0a:5e:53:f7:17 | 10.255.255.252  | 255.0.0.0 | NULL    | compute-0-3 | eth0   |
|  8 |    8 | 00:0a:5e:54:0f:d3 | 10.255.255.254  | 255.0.0.0 | NULL    | compute-0-1 | eth0   |
| 12 |   12 | 00:0a:5e:53:f7:64 | 10.255.255.251  | 255.0.0.0 | NULL    | compute-0-4 | eth0   |
+----+------+-------------------+-----------------+-----------+---------+-------------+--------+
5 rows in set (0.00 sec)
```

ภาพที่ 2.12 ข้อมูลที่เก็บอยู่ในตารางเน็ตเวิร์ค คลัสเตอร์โบกี้

2.8 ระบบบริหารทรัพยากรการคำนวณ

ระบบบริหารทรัพยากรการคำนวณ [3] เป็นระบบที่สร้างขึ้นมาเพื่อความสะดวกและลดค่าใช้จ่ายของนักวิจัยที่เข้ามาขอใช้บริการ และช่วยเพิ่มความสะดวกของผู้ดูแลระบบในการบริการ ช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านเอกสารและเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บรักษาข้อมูล โดยทำในรูปแบบเว็บแอพลิเคชั่น โดยใช้ JSP, Tomcat Server, MySQL ในการทำงาน



ภาพที่ 2.13 ระบบบริหารทรัพยากรการคำนวณ (HPCC-Service)

ข้อจำกัดของระบบคือ ระบบยังไม่สามารถเชื่อมโยงกับระบบจัดการงาน (Scheduler) และการจัดเก็บรายละเอียดการใช้ทรัพยากรของผู้ใช้ และยังไม่สามารถนำโควต้าที่กำหนดบังคับใช้งานจริงกับผู้ใช้

2.8.1 ฐานข้อมูลโครงงานระบบบริการทรัพยากรการคำนวณ

ตารางที่นำมาใช้คือตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลของผู้ใช้ และตารางเก็บโควต้าของผู้ใช้ โดยมีรายละเอียดของตารางข้อมูลดังนี้

- ตาราง UserQuota เป็นตารางที่เก็บข้อมูลโควต้าทรัพยากรการคำนวณที่ได้รับของผู้ใช้ระบบแต่ละคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตาราง Users เป็นตารางที่เก็บบัญชีสำหรับเข้าใช้ระบบ สถานะต่างๆของผู้ใช้ระบบ หัวหน้างาน ผู้ดูแลระบบ และหมายเลขโครงงานของแต่ละบุคคล
- ตาราง Member เป็นตารางที่เก็บข้อมูลในการล็อกอินและประวัติส่วนตัวของสมาชิกแต่ละคน

ชื่อฟิลด์	ประเภท	ความยาว	ไม่เป็นนัล	ดีฟอลต์	อื่นๆ
mLogin	VARCHAR	15	ไม่	-	-
Password	VARCHAR	16	ไม่	-	Binary
Name	VARCHAR	30	ไม่	-	-
Surname	VARCHAR	30	ไม่	-	-
Address	TEXT	-	ไม่	-	-
PostCode	MEDIUMINT	5	เป็น	นัล	Unsigned
Phone	VARCHAR	20	ไม่	-	-
Fax	VARCHAR	20	เป็น	นัล	-
Email	VARCHAR	40	ไม่	-	-
Question	VARCHAR	30	ไม่	-	Binary
Answer	VARCHAR	16	ไม่	-	-

ตารางที่ 2.4 ตารางข้อมูลผู้ใช้ (Member) และรายละเอียด

2.8.1.1 ตารางข้อมูลผู้ใช้ (Member)

- mLogin เป็นชื่อสมาชิกของระบบใช้เป็นรหัสตรวจสอบการเข้าสู่ระบบ
- Password เป็นรหัสผ่านที่ใช้ในการเข้าสู่ระบบโดยใช้ร่วมกับ mLogin
- Name แทนชื่อของสมาชิก
- Surname แทนนามสกุลของสมาชิก
- Address แทนที่อยู่ของสมาชิก
- PostCode แทนรหัสไปรษณีย์ของสมาชิก
- Phone แทนเบอร์โทรศัพท์ของสมาชิก
- Fax แทนเบอร์โทรสารของสมาชิก
- Email แทนอีเมล์ของสมาชิก
- Question แทนคำถามเมื่อลืมรหัสผ่านของสมาชิก
- Answer แทนคำตอบเมื่อลืมรหัสผ่านของสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อฟิลด์	ประเภท	ความยาว	ไม่เป็นนัล	ดีฟอลต์	อื่นๆ
uLogin	VARCHAR	20	ไม่	-	-
mLogin	VARCHAR	15	ไม่	-	-
projID	CHARACTER	4	ไม่	-	-
Groups	VARCHAR	5	ไม่	-	-
Status	TINYINT	1	ไม่	1	Unsigned
Statussys	CHAR	1	ไม่	N	-

ตารางที่ 2.5 ตารางผู้ใช้ระบบและรายละเอียด

2.8.1.2 ตารางผู้ใช้ระบบ (Users)

- uLogin เป็นแอคเค้าท์สำหรับเข้าระบบใช้ทรัพยากร
- mLogin เป็นชื่อสมาชิกของระบบ
- projID รหัสโครงการของสมาชิก
- Group ประเภทของสมาชิกในระบบ แบ่งออกเป็น USER แทนกลุ่มของผู้เข้าร่วมโครงการ PM แทนกลุ่มของหัวหน้าโครงการ ADMIN แทนผู้ดูแลระบบ
- Status แทนสถานะของผู้ใช้ ซึ่งมีสองสถานะคือ 0 สำหรับผู้ใช้และผู้ดูแลระบบจะหมายถึงไม่สามารถใช้งานได้ สำหรับหัวหน้าโครงการ หมายถึงเป็นหัวหน้าโครงการชั่วคราว (รอการพิจารณา) เป็น 1 สำหรับผู้ใช้และผู้ดูแลระบบ หมายถึงสามารถใช้ระบบได้ แต่สำหรับหัวหน้าโครงการหมายถึงเป็นหัวหน้าโครงการจริง (ผ่านการพิจารณาแล้ว)
- StatusSys แทนสถานะของผู้ใช้แต่ละคนซึ่งมี 3 ค่าคือ Y แทนสถานะว่าผู้ใช้คนนั้นสามารถใช้งานได้ N แทนสถานะว่าผู้ใช้คนนั้นไม่สามารถใช้งานได้ (ถูกระงับ) W แทนสถานะการรออนุมัติจากผู้ดูแลระบบ

ชื่อฟิลด์	ประเภท	ความยาว	ไม่เป็นนัล	ดีฟอลต์	อื่นๆ
uLogin	VARCHAR	20	ไม่	-	-
systemID	TINYINT	3	ไม่	00	Unsigned Zerofill
loginDate	DATE	-	เป็น	นัล	-
loginTime	DATE	-	เป็น	นัล	-
HD	FLOAT	-	เป็น	นัล	Unsigned

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อฟิลด์	ประเภท	ความยาว	ไม่เป็นนัล	ดีฟอลต์	อื่นๆ
Soft	FLOAT	-	เป็น	นัล	Unsigned
Hard	FLOAT	-	เป็น	นัล	Unsigned
cpu	INT	10	เป็น	นัล	Unsigned
Soft_c	INT	10	เป็น	นัล	Unsigned
Hard_c	INT	10	เป็น	นัล	Unsigned

ตารางที่ 2.6 ตารางโควต้าของผู้ใช้ (UserQouta) และรายละเอียด

2.8.1.3 ตารางโควต้าของผู้ใช้ (UserQouta)

- uLogin เป็นรหัสเข้าสู่การใช้ทรัพยากร
- systemID แทนรหัสของระบบที่ใช้งาน
- loginDate วันที่เข้ามาใช้งานระบบครั้งสุดท้าย
- loginTime เวลาที่เข้ามาใช้งานระบบครั้งสุดท้าย
- HD พื้นที่ฮาร์ดดิสก์ที่ใช้ไปแล้ว หน่วยเป็นเมกะไบต์ (MB)
- Soft พื้นที่ของฮาร์ดดิสก์ที่จะมีการแจ้งเตือน หน่วยเป็นเมกะไบต์(MB)
- Hard พื้นที่ฮาร์ดดิสก์สูงสุดที่สามารถใช้งานได้ หน่วยเป็นเมกะไบต์ (MB)
- CPU จำนวนหน่วยของซีพียูที่ใช้ไปแล้ว หน่วยเป็นชั่วโมง
- Soft_c จำนวนหน่วยของซีพียูที่ตั้งค่าเตือน หน่วยเป็นไฟล์
- Hard_c จำนวนหน่วยของซีพียูสูงสุดที่สามารถใช้งานได้ หน่วยเป็นไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การศึกษาระบบจัดการงานพีบีเอส

3.1 บทนำ

ในบทที่ผ่านมาได้กล่าวถึง คุณสมบัติและจุดเด่นของระบบจัดการงาน ซันกริดเอ็นจิ้น และ พีบีเอส เป็นระบบจัดการงานที่มีการจัดการทำรวบรวมแพ็คเกจหนึ่งของซอฟแวร์จัดการระบบคลัสเตอร์ ชื่อว่า ร็อคคลัสเตอร์ ซึ่งทำให้งานต่อการบำรุงรักษาระบบ และทางศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาตินำมาใช้งาน และการจัดทำระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรจำเป็นต้องมีการศึกษาระบบจัดการงานพีบีเอส เพื่อนำข้อดีของระบบจัดการงานเดิมที่มีอยู่แล้วมาใช้งานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้น ในบทนี้ จะกล่าวถึงการศึกษาระบบจัดการงานพีบีเอสจากการนำมาปฏิบัติใช้งานจริง

3.2 คุณสมบัติของระบบจัดการงาน

3.2.1 ชื่อตัวแปรคุณสมบัติทั้งหมดของระบบจัดการงาน

3.2.1.1 acl_host_enable

การกำหนดค่าเป็นจริง (true) เป็นการเปิดการใช้งาน เซิร์ฟเวอร์ใช้บัญชีควบคุมการใช้งานโฮส (Host Access Control List: acl_hosts) ซึ่งโฮสที่มีการกำหนดในบัญชีควบคุมการใช้งานโฮสต์สามารถใช้บริการจากเซิร์ฟเวอร์ได้ โฮสที่ไม่อยู่ในบัญชีควบคุมการใช้งาน ไม่มีสิทธิในการใช้งาน โดยการกำหนดค่าปรับแต่งระบบชุดนี้ อาศัยผู้ใช้ที่มีสิทธิผู้จัดการ มีค่าคุณสมบัติเป็นรูปแบบดังนี้ : (ค่าดีฟอลต์คือ ปิดการใช้งาน)

ค่าความจริง	"TRUE"	"True"	"true"	"Y"
"y"	"1"	"FALSE"	"False"	"false"
"N"	"n"	"0"		

ตารางที่ 3.1 รูปแบบค่าของคุณสมบัติของ acl_host_enable

ตัวอย่างผลลัพธ์

```
Qmgr: l s acl_host_enable
Server bokie.cluster.jomyut.net
        acl_host_enable = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 acl_hosts

รายชื่อโฮสที่มีสิทธิในการร้องขอบริการจากเซิร์ฟเวอร์ โดยสำหรับเครื่องเซิร์ฟเวอร์ภายใน (Localhost) จะสามารถร้องขอใช้บริการได้เสมอ ไม่จำเป็นต้องใส่ในรายการ โดยค่าคุณสมบัติกำหนดโดยใช้รูปแบบ [+/-] hostname.domain[,...] (ค่าดีฟอลต์คือ สามารถใช้งานได้ทุกโฮส)

ตัวอย่างการกำหนด

Qmgr: s s acl_hosts +=bokic.cluster.jomyut.net

ตัวอย่างผลลัพธ์

Qmgr: l s acl_hosts

Server bokic.cluster.jomyut.net

acl_hosts = bokic.cluster.jomyut.net,jomyut.net,kmitl.ac.th

3.2.1.3 acl_user_enable

การเปิดการใช้งานโดยกำหนดค่าให้เป็นจริง (True) เซิร์ฟเวอร์จะใช้บัญชีรายชื่อผู้ใช้ (User Access Control List: acl_user) โดยผู้ใช้ที่อยู่ในบัญชีรายชื่อมีสิทธิใช้บริการเซิร์ฟเวอร์ และผู้ใช้ที่ไม่อยู่ในบัญชีรายชื่อจะไม่มีสิทธิร้องขอใช้บริการจากเซิร์ฟเวอร์ การกำหนดค่าปรับแต่งระบบชุดนี้อาศัยผู้ใช้ที่มีสิทธิการเป็นผู้จัดการ ค่าคุณสมบัติมีรูปแบบเป็นค่าบูลีน (ค่าดีฟอลต์คือ ปิดการใช้งาน)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Qmgr: l s acl_user_enable

Server bokic.cluster.jomyut.net

acl_user_enable = False

3.2.1.4 acl_users

รายชื่อผู้ใช้ที่มีสิทธิในการร้องขอบริการจากเซิร์ฟเวอร์ ผู้ที่สามารถกำหนดได้จะต้องมีสิทธิเป็นผู้จัดการเท่านั้น ค่าคุณสมบัติมีรูปแบบ [+/-]user[@host][,...] (ค่าดีฟอลต์คือ ไม่จำกัดสิทธิผู้ใช้ในการร้องขอบริการจากเซิร์ฟเวอร์) ตัวอย่างการนำไปใช้งานเช่น เซิร์ฟเวอร์มีการเปิดใช้งานให้บุคคลทั่วไปเข้าใช้ แต่ในขณะเดียวกัน ต้องการจำกัดสิทธิการใช้คำสั่งควบคุมระบบคลัสเตอร์ให้เฉพาะกลุ่มนักวิจัยของหน่วยงานเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

acl_users = best@bokie.cluster.jomyut.net,

jomyut@bokie.cluster.jomyut.net

3.2.1.5 acl_roots

รายชื่อผู้ใช้ระดับสูง โดยพีบีเอส กำหนดสิทธิให้กับผู้ใช้ระดับสูง สามารถสั่งให้ระบบจัดการงานเรียกงานในระบบแถวคอยให้เข้าทำงานทันที หรือการใช้คำสั่งพิเศษที่สงวนไว้สำหรับผู้ใช้ระดับสูงเท่านั้น โดยหากไม่มีการใส่รายชื่อผู้ดูแลระบบในคุณสมบัติการปรับแต่งระบบชุดนี้ ผู้ดูแลระบบจะไม่มีสิทธินำงานเข้าระบบแถวคอย คุณสมบัติมีรูปแบบดังนี้ [+/-]user[@host][,...] (ค่าดีฟอลต์คือ ผู้ดูแลระบบไม่มีสิทธินำงานเข้าระบบแถวคอย)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Qmgr: l s acl_roots

Server bokie.cluster.jomyut.net

acl_roots = root@bokie.cluster.jomyut.net

3.2.1.6 default_queue

การส่งงานของผู้ใช้เข้าสู่ระบบแถวคอย ระบบจัดการงานจำเป็นจะต้องมีแถวคอยมารองรับงานทุกงาน หากผู้ใช้ไม่มีการกำหนดแถวคอย คุณสมบัติปรับแต่งระบบ ดีฟอลต์คิว(Default Queue) ใช้กำหนดแถวคอยที่รองรับงานทุกงานจากผู้ใช้ เมื่อไม่มีการระบุแถวคอยที่ผู้ใช้ต้องการการกำหนดคุณสมบัติ ใช้ชื่อของระบบแถวคอยในการกำหนด (ค่าดีฟอลต์คือ แถวคอยชื่อ default)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

default_queue = default

3.2.1.7 log_events

เก็บการกำหนดค่าแบบบิต ซึ่งมีการระบุถึงประเภทเหตุการณ์ที่จะมีการบันทึก หากไม่มีการกำหนดค่า บิตจะถูกกำหนดเป็น 511 หรือมีการบันทึกทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

log_events = 511

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.8 managers

รายชื่อผู้ดูแลระบบและจัดการแถวคอยของพีบีเอส โดยผู้ใช้สามารถใช้คำสั่งพิเศษ หรือการกำหนดค่าคุณสมบัติที่สงวนไว้สำหรับผู้ดูแลระบบ เช่น acl_user_enable, acl_host_enable เป็นต้น คุณสมบัติมีรูปแบบดังนี้ user@host.sub.domain[,user@host.sub.domain...] (ค่าดีฟอลต์คือ ผู้ดูแลระบบ Root มีสิทธิ)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

managers = jomyut@bokie.cluster.jomyut.net

3.2.1.9 max_running

ค่าคุณสมบัติ ระบุถึงจำนวนงานที่มากที่สุดที่แนะนำ ในการเลือกงานเข้าทำงานในช่วงเวลาหนึ่ง โดยในการทำงานจริง เซิร์ฟเวอร์สามารถเลือกงานเข้าทำงานมากกว่าค่าแนะนำที่ระบุไว้ในค่าคุณสมบัตินี้

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

max_running = 100

3.2.1.10 max_user_run

ค่าคุณสมบัติ ระบุถึงจำนวนผู้ใช้ที่มากที่สุดที่แนะนำให้สามารถเข้าทำงานในแถวคอยในช่วงเวลาหนึ่ง โดยในการทำงานจริง ผู้ใช้อาจมีจำนวนมากกว่าค่าแนะนำที่ระบุไว้ในค่าคุณสมบัตินี้

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

max_user_run = 10

3.2.1.11 max_group_run

ค่าคุณสมบัติ ระบุถึงจำนวนกลุ่มผู้ใช้ที่มากที่สุดที่แนะนำให้สามารถเข้าทำงานในระบบแถวคอยในช่วงเวลาหนึ่ง โดยในการทำงานจริง กลุ่มผู้ใช้อาจมีจำนวนมากกว่าค่าแนะนำที่ระบุไว้ในค่าคุณสมบัตินี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

max_group_run = 50

3.2.1.12 operators

รายชื่อผู้ใช้ มีสิทธิใช้คำสั่งพิเศษของโอเปอร์เรเตอร์ได้ การกำหนดค่าคุณสมบัติชุดนี้อาศัยผู้ใช้ที่มีสิทธิเป็นผู้จัดการระบบพีบีเอส (manager) เท่านั้น (ค่าดีฟอลต์คือ ผู้ดูแลระบบ root มีสิทธิในการใช้งาน)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

operators = jomyut@bokie.cluster.jomyut.net

3.2.1.13 query_other_jobs

การส่งงานเข้าสู่ระบบแถวคอย ผู้ใช้หลายคนและหลายกลุ่มสามารถส่งงานเข้าสู่ระบบแถวคอยได้พร้อมกัน ในบางองค์กร กลุ่มผู้ใช้อาจมีทั้งในและนอกองค์กรซึ่งสนใจเรื่องสิทธิส่วนบุคคล ค่าคุณสมบัตินี้ใช้กำหนดสิทธิในการตรวจสอบสถานะของงานของผู้ใช้ ให้มีสิทธิตรวจสอบสถานะงานของผู้ใช้คนอื่นได้หรือไม่ มีรูปแบบค่าคุณสมบัติเป็นบูลีน (ค่าดีฟอลต์คือ ผู้ไม่ใช่เจ้าของงานไม่มีสิทธิตรวจสอบสิทธิงานผู้อื่น)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

query_other_jobs = True

3.2.1.14 resources_available

ทรัพยากรหน่วยความจำ หน่วยประมวลผล เวอร์ชวลเมมโมรี่ หากมีการใช้อย่างเต็มที่อาจทำให้ระบบไม่สามารถตอบสนองการทำงานของผู้ใช้ได้ หรืออาจส่งผลให้ระบบประสบภาวะล้มเหลว ค่าคุณสมบัติชุดนี้ เปิดโอกาสให้กำหนดขนาดการใช้ทรัพยากรของเครื่องที่สามารถให้งานในระบบแถวคอยสามารถนำไปใช้งานได้ โดยขนาดทรัพยากรที่มีการใช้งานของงานในระบบแถวคอย จะไม่เกินกว่าขนาดทรัพยากรที่ระบุไว้ในคุณสมบัติชุดนี้

ตัวอย่างผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.15 resources_default

ทรัพยากรสามารถถูกกำหนด หรือไม่มีการกำหนดขอบเขตทรัพยากรที่สามารถใช้งานได้จากผู้ใช้ ค่าคุณสมบัตินี้ใช้ในการกำหนดขอบเขตทรัพยากรที่งานในระบบแถวคอยสามารถใช้งานได้ ซึ่งจะถูกกำหนดเมื่องานที่มีการส่งจากผู้ใช้ไม่มีการกำหนดขอบเขตทรัพยากรที่สามารถใช้งานได้ คุณสมบัติกำหนดด้วยรูปแบบ resources_default.resource_name=value

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

resources_default.cput = 01:00:00

3.2.1.16 resources_max

ทรัพยากรที่มีการกำหนดในงานที่ผู้ใช้งานการส่งมา สามารถถูกจำกัดขอบเขตทรัพยากรสูงสุดที่สามารถใช้งานได้ต่องานหนึ่งงานของผู้ใช้ ซึ่งค่าคุณสมบัติชุดนี้ จะมีการกำหนดเมื่อระบบแถวคอยของงานไม่มีการกำหนดขอบเขตของทรัพยากรสูงสุด โดยค่าคุณสมบัติมีรูปแบบ resources_max.resource_name=value

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

resources_max.cput = 01:00:00

resources_max.walltime = 99:00:00

3.2.1.17 scheduler_iteration

การทำงานของระบบจัดการงานจะมีการกระตุ้นให้มีการทำงานเป็นระยะ ค่าคุณสมบัติชุดนี้ ใช้ในการกำหนดช่วงระยะห่างของเวลาในการกระตุ้นระบบจัดการงานให้ทำงาน มีหน่วยเป็นวินาที โดย ระบบจัดการงานเมื่อถูกกระตุ้น จะทำการตรวจสอบทรัพยากรที่ว่าง เพื่อจัดสรรงานเข้าสู่ระบบหากมีทรัพยากรว่างเพียงพอ (ค่าดีฟอลต์คือ ระยะห่างการกระตุ้น สิบนาที)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

scheduler_iteration = 600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.18 scheduling

ค่าคุณสมบัติสำหรับกำหนดให้ ระบบจัดการงาน มีการทำงานโดยอัตโนมัติ หากค่าคุณสมบัตินี้มีค่าเป็นฟอลส์ (False) ระบบจัดการงานจะไม่มีการเรียกใช้อัตโนมัติ จนกว่าผู้ใช้ที่มีสิทธิเป็นผู้จัดการหรือโอเปอร์เรเดอร์เป็นผู้เรียกระบบจัดการงานทำงาน

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

scheduling = True

3.2.1.19 server_state

สถานะการทำงานของเซิร์ฟเวอร์งาน มีจำนวนห้าสถานะคือ Active, Idle, Schedulling, Terminating, และ Terminating, Delayed โดยแต่ละสถานะมีรายละเอียดดังนี้

- แอคทีฟ (Active) เป็นสถานะที่เซิร์ฟเวอร์ทำงาน และมีการเรียกใช้ ระบบจัดการงานในการจัดงานเข้าทำงาน
- ว่าง (Idle) เป็นสถานะที่เซิร์ฟเวอร์ทำงาน แต่ไม่มีการเรียกใช้ระบบจัดการงาน
- กำลังจัดแถวคอย (Scheduling) เป็นสถานะที่เซิร์ฟเวอร์ทำงาน และกำลังพยายามร้องขอบริการ
- กำลังหยุดทำงาน (Terminating) เซิร์ฟเวอร์กำลังหยุดการทำงาน และจะไม่มีการจัดการงานเข้าทำงาน
- รอหยุดทำงาน (Terminating, Delayed) เซิร์ฟเวอร์อยู่ในโหมดรอชั่วคราว ในสถานะนี้ เซิร์ฟเวอร์จะไม่มีการรับงานใหม่ แต่จะรอจนกว่างานสุดท้ายในระบบทำงานเสร็จสิ้น เซิร์ฟเวอร์จึงจะหยุดทำงาน

ค่าสถานะการทำงานนี้ไม่สามารถกำหนดค่าได้ สามารถอ่านค่าได้เพียงอย่างเดียว

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokie.cluster.jomyut.net

server_state = Active

3.2.1.20 state_count

จำนวนงานทั้งหมดที่ถูกจัดการด้วยเซิร์ฟเวอร์งาน ในแต่ละสถานะ (สามารถอ่านค่าได้เพียงอย่างเดียว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokic.cluster.jomyut.net

state_count = Transit:0 Queued:1 Held:0 Waiting:0 Running:0 Exiting:0

3.2.1.21 total_jobs

จำนวนงานทั้งหมดที่ถูกจัดการด้วยเซิรฟ์เวอร์งาน (สามารถอ่านค่าได้เพียงอย่างเดียว)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokic.cluster.jomyut.net

total_jobs = 1

3.2.1.22 PBS_version

เป็นตัวแปรเก็บหมายเลขเวอร์ชั่นของเซิร์ฟเวอร์งาน (สามารถอ่านค่าได้เพียงอย่างเดียว)

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokic.cluster.jomyut.net

pbs_version = torque_1.2.0p4

3.2.1.23 comment*

ข้อความที่มีการเขียนเพื่อให้รายละเอียด

ตัวอย่างผลลัพธ์

Server bokic.cluster.jomyut.net

comment = Test_Configuration

3.2.2 การกำหนดคุณสมบัติของระบบแถวคอย

การกำหนดคุณสมบัติของระแบบแถวคอยบางคุณสมบัติ จะมีเหมือนกับการกำหนดคุณสมบัติของระบบจัดการงาน ได้แก่ acl_host_enable, acl_hosts,acl_user_enable, acl_users, resources_available, max_user_run, max_group_run นอกเหนือจากนี้ ยังมีคุณสมบัติที่แถวคอยสามารถกำหนดได้เพิ่มเติมดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.1 acl_group_enable

ค่าคุณสมบัติที่กำหนดให้รายชื่อกลุ่มที่ระบุอยู่ภายในคุณสมบัติ acl_groups เท่านั้นที่สามารถใช้แถวคอยได้ มีรูปแบบคุณสมบัติเป็นบูลีน เมื่อไม่มีการกำหนดค่า จะเป็นการปิดการใช้งาน

3.2.2.2 acl_groups

รายชื่อกลุ่มที่อนุญาตให้ใช้ระบบแถวคอย เมื่อเปิดใช้งาน ค่าคุณสมบัติ acl_group_enable มีรูปแบบคุณสมบัติดังนี้ [+/-] group_name [,...] เมื่อไม่มีการกำหนดค่า ทุกกลุ่มจะสามารถใช้แถวคอยได้

3.2.2.3 acl_logic_or

เป็นคุณสมบัติที่ใช้กำหนดร่วมกับการเปิด/ปิดคุณสมบัติการใช้บัญชีรายชื่อผู้ใช้ (Access Control List - User Enable: acl_user_enable) และการเปิด/ปิดคุณสมบัติการใช้บัญชีรายชื่อกลุ่ม (Access Control List - Group Enable: acl_group_enable) เมื่อมีการเปิดคุณสมบัติการใช้งานบัญชีรายชื่อผู้ใช้และเปิดคุณสมบัติการใช้งานบัญชีรายชื่อกลุ่ม และหากค่าคุณสมบัติลอจิก acl_logic_or มีค่าเป็นเปิด (True) ผู้ที่มีรายชื่ออยู่ในบัญชีรายชื่อผู้ใช้ หรือ ผู้ที่มีรายชื่ออยู่ในบัญชีรายชื่อกลุ่ม จึงสามารถใช้ระบบแถวคอย แต่หากค่าคุณสมบัติลอจิก acl_logic_or มีค่าเป็นปิด (False) ผู้ที่มีรายชื่ออยู่ในบัญชีรายชื่อผู้ใช้ และ ผู้ที่มีรายชื่ออยู่ในบัญชีรายชื่อกลุ่ม ทั้งสองรายการ จึงสามารถเข้าใช้ระบบแถวคอยได้ (ค่าดีฟอลต์คือ ปิดการใช้งาน)

3.2.2.4 enabled

การกำหนดให้แถวคอยรับงาน หรือไม่รับงานใหม่ หากไม่มีการกำหนดค่า (ค่าดีฟอลต์คือปิดการใช้งาน)

3.2.2.5 from_route_only

เป็นคุณสมบัติที่กำหนดให้แถวคอยไม่รับงานมาโดยตรง ให้รับงานมาจากแถวคอยเส้นทางเท่านั้น ซึ่งเป็นการบังคับให้ผู้ใช้ส่งงานเข้าแถวคอยเส้นทาง เพื่อแจกจ่ายงานไปสู่ระบบแถวคอยต่างๆตามจำนวนทรัพยากรต่อไป หากไม่มีการกำหนดค่า จะเป็นการปิดการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.6 max_queuable

จำนวนงานที่อนุญาตให้อยู่ในแถวคอยมากที่สุดในช่วงเวลา (ค่าดีฟอลต์คือ ไม่จำกัดงานในระบบแถวคอย)

3.2.2.7 Priority

ค่าความสำคัญของแถวคอย ซึ่งเป็นค่าสำหรับแนะนำ ระบบจัดการงานในการเลือกเส้นทาง หรือทำงาน มีรูปแบบค่าคุณสมบัติเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม

3.2.2.8 queue_type

แถวคอยทุกแถวคอย จะต้องมีการกำหนดประเภท โดยประเภทของแถวคอย มีสองแบบ คือ แถวคอยเพื่อเลือกเข้าทำงาน (execution) และแถวคอยเพื่อเลือกเส้นทาง (route) มีรูปแบบค่าคุณสมบัติดังนี้ “execution”, “e”, “route”, “r”

3.2.2.9 resources_max

ค่าทรัพยากรสูงสุดที่สามารถร้องขอได้จากงานของแถวคอยนี้ (ค่าดีฟอลต์คือ ไม่จำกัดสิทธิในการใช้ทรัพยากร)

3.2.2.10 resources_min

ค่าทรัพยากรน้อยที่สุดที่ร้องขอจากงานของแถวคอยนี้ หากไม่มีการกำหนด คือการใช้ทรัพยากรทุกระดับ

3.2.2.11 resources_default

ค่าทรัพยากรที่จะมีการกำหนด เมื่องานไม่ได้มีการกำหนดทรัพยากรสูงสุด

3.2.2.12 started

ค่าคุณสมบัติให้ระบบจัดการงานทำการเรียกใช้ระบบแถวคอย ถ้าไม่มีการกำหนดค่าหรือค่าเป็น false ระบบจัดการงานจะถูกแนะนำไม่ให้เรียกใช้ระบบแถวคอยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.13 kill_delay

ระยะห่างระหว่างการส่งซิกแนล SIGTERM และ SIGKILL เมื่อมีการใช้คำสั่งลบงานที่กำลังทำงานอยู่ กำหนดค่าคุณสมบัติเป็นเลขจำนวนเต็ม (ค่าดีฟอลต์ ระยะห่างระหว่างการส่งซิกแนลมีขนาดสองวินาที)

3.2.2.14 route_destinations

รายการเส้นทางที่งานจะถูกส่งไป ใช้กำหนดสำหรับระบบแถวคอยแบบเส้นทาง (Routing Queue)

3.2.2.15 alt_router

เป็นการเลือกเส้นทางของงานที่เหมาะสมอัตโนมัติ ซึ่งวิธีการเลือกเส้นทางปกติจะใช้อัลกอริทึมเลือกเส้นทางแบบเวียนเทียน (Round-robin) หากไม่มีการกำหนด จะเป็นการปิดการใช้งาน ใช้กำหนดสำหรับแถวคอยแบบเส้นทาง

3.2.2.16 route_held_jobs

สำหรับกำหนดคุณสมบัติให้งานที่มีการหยุดชั่วคราว (hold) มีการส่งต่อไปยังแถวคอยอื่นได้ เมื่อกำหนดค่าคุณสมบัติให้เป็น true หากไม่มีการกำหนดค่า จะไม่มีการส่งงานที่มีการหยุดชั่วคราวไปยังแถวคอยอื่น

3.2.2.17 route_retry_time

ระยะห่างของเวลาระหว่างพยายามส่งต่อไปยังแถวคอยอื่น (ค่าดีฟอลต์ระยะห่างของเวลาคือสามสิบวินาที ในการส่งงานไปยังแถวคอยอื่น) เป็นคุณสมบัติสำหรับแถวคอยแบบเส้นทาง

3.2.2.18 route_lifetime

ระยะเวลาสูงสุดที่ งานจะอยู่ในแถวคอย หากงานไม่สามารถส่งต่อไปยังแถวคอยอื่นได้ โดยเมื่อเกินระยะเวลาสูงสุดแล้ว งานจะถูกยกเลิก (ค่าดีฟอลต์คือไม่จำกัดระยะเวลาของงานที่อยู่ในแถวคอยนั้น)

3.2.2.19 total_jobs (อ่านค่าเท่านั้น)

คุณสมบัติที่ระบุจำนวนงานทั้งหมดที่อยู่ในแถวคอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.20 state_count (อ่านค่าเท่านั้น)

จำนวนงานที่อยู่ในแถวคอยในแต่ละสถานะ

3.2.2.21 resources_assigned

จำนวนทรัพยากรที่มีการจัดสรรให้กับงาน เป็นคุณสมบัติสำหรับแถวคอยเพื่อเลือกเข้าทำงาน

3.2.3 ตัวแปรทรัพยากรและหน่วยของตัวแปร

ตัวแปรทรัพยากร เป็นตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดคุณสมบัติของงาน ระบบแถวคอย โดยการทำงานจะใช้งานร่วมกับวิธีการกำหนดคุณสมบัติของระบบแถวคอย หรือการกำหนดคุณสมบัติของงานที่ส่งเข้าสู่ระบบจัดการงาน มีตัวแปรดังต่อไปนี้

ตัวแปร	ความหมายๆ
cput	เวลาหน่วยประมวลผล รวมทุกโปรเซส ต่อหนึ่งงาน ที่สามารถใช้งานได้
file	ขนาดไฟล์ต่อไฟล์หนึ่งไฟล์ที่สร้างขึ้น ของงาน
pcput	เวลาหน่วยประมวลผลที่สามารถใช้งานได้ ต่อหนึ่งโปรเซส ต่อหนึ่งงาน
pmem	ขนาดหน่วยความจำหลัก (Physical Memory) ของงานหนึ่งที่สามารถใช้งานได้ ต่อหนึ่งโปรเซส
pvmem	ขนาดเวอร์ชวลเมมโมรี่ (Virtual Memory) ของงานหนึ่งที่สามารถใช้งานได้ ต่อหนึ่งโปรเซส
vmem	ขนาดเวอร์ชวลเมมโมรี่ (Virtual Memory) ของงานหนึ่ง โดยรวมขนาดของเมมโมรี่จากทุกโหนด ทุกโปรเซส
walltime	เวลาที่งานอยู่ในสถานะกำลังทำงาน (Running)
host	ชื่อโฮสที่งานนั้นๆควรถูกส่งไปทำงาน
nodes	จำนวน หรือประเภทโหนดที่มีการสงวนไว้ใช้

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรทรัพยากร

หน่วย เป็นสิ่งที่ใช้สำหรับระบุขนาดเมื่อมีการกำหนดค่าให้กับตัวแปร *เช่น* กำหนดจำนวนเวลา ให้กับตัวแปรเวลาของหน่วยประมวลผล เช่นเวลาซีพียู (CPU Time: cput) หรือกำหนดขนาดพื้นที่ ที่สามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วย	รูปแบบ
เวลา	[[ชั่วโมง]:นาที]:วินาที[.มิลลิวินาที]
ขนาด	b ไบต์
	kb กิโลไบต์ (1024 ไบต์)
	mb เมกกะไบต์ (1048576 ไบต์)
	gb กิกะไบต์ (1073741824 ไบต์)

ตารางที่ 3.3 หน่วยของตัวแปร

3.2.4 การใช้งานค่าปรับแต่งระบบแถวคอย

พีบีเอส ได้เตรียมคำสั่งสำหรับจัดการค่าปรับแต่งระบบแถวคอย (Queue Manager: qmgr) โดยผู้ใช้สามารถเรียกได้จากเชลล์ ซึ่งคำสั่งที่พีบีเอสที่มี สามารถทำสำเนา กำหนดค่าปรับแต่งจากไฟล์ หรือการใช้งานในลักษณะเชลล์โต้ตอบกับผู้ใช้

3.2.4.1 การทำสำเนาค่าปรับแต่งระบบแถวคอย

วิธีการทำสำเนาค่าปรับแต่งระบบ ให้ใช้คำสั่งปริ๊นซ์ (print) ซึ่งเป็นชุดคำสั่งของระบบจัดการแถวคอย (Queue Manager: qmgr) โดยเรียกใช้คำสั่งจากเชลล์ดังนี้

```
[root@bokie testbase]# qmgr -c "print server" > serverconfig.qmgr
```

3.2.4.2 กำหนดค่าจากไฟล์เก็บค่าปรับแต่งระบบ

นำไฟล์ที่มีการทำสำเนาไว้ หรือ ไฟล์ที่มีการบันทึกรายการปรับแต่งมาใช้งาน ให้ใช้ qmgr โดยส่งไฟล์เป็นสตรีมข้อมูล (stream) เข้าไปยังโปรแกรม qmgr ดังตัวอย่าง

```
[root@bokie testbase]# qmgr < queueconfig.qmgr
```

3.2.4.3 กำหนดค่าแบบโต้ตอบ

เรียกใช้โดยการพิมพ์คำสั่ง qmgr ที่เชลล์จะปรากฏหน้าจอดังตัวอย่าง

```
[root@bokie testbase]# qmgr
Max open servers: 4
Qmgr:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.5 โปรแกรมจัดการแถวคอย

โปรแกรมจัดการระบบแถวคอย มีชุดคำสั่ง และกลุ่มวัตถุ ให้ผู้ใช้ ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกกำหนดคุณสมบัติ ดังตารางที่ 3.4 และตารางที่ 3.5 แสดงกลุ่มคำสั่ง และวัตถุที่สามารถกำหนดคุณสมบัติได้

ชุดคำสั่ง	รายละเอียด
active	คำสั่งต่อไปจะมีผลต่อวัตถุที่เรียกใช้โดยคำสั่งนี้
create	สร้างวัตถุขึ้นมาใหม่
delete	ลบวัตถุ
set	กำหนดคุณสมบัติของวัตถุ
unset	ยกเลิกการกำหนดคุณสมบัติให้กับวัตถุ
list	แสดงคุณสมบัติให้เหมาะสม กับการใช้งานของผู้ใช้ผ่านหน้าจอ
print	แสดงคุณสมบัติของวัตถุทั้งหมด ใช้ในการทำสำเนาวัตถุ
quit	ออกจากโปรแกรม

ตารางที่ 3.4 กลุ่มคำสั่งสำหรับโปรแกรมจัดการระบบแถวคอย

ชื่อวัตถุ	รายละเอียด
server	เครื่องคอมพิวเตอร์ / ระบบจัดการงาน
queue	แถวคอย
node	คอมพิวเตอร์เพื่อการประมวลผล

ตารางที่ 3.5 กลุ่มวัตถุที่กำหนดคุณสมบัติด้วยโปรแกรมจัดการระบบแถวคอย

3.2.6 กรณีศึกษา

ฝ่ายวิจัยพัฒนาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ต้องการแบ่งกลุ่มผู้ใช้ตามประเภทของงานออกเป็นสามรูปแบบ โดยใช้ระยะเวลาของงานเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. แถวคอยแบบสั้น (Short) โดยมีข้อกำหนดของแถวคอยดังนี้
    1. ให้งานอยู่ในสถานะทำงานได้ ไม่เกินหนึ่งวัน
    2. ให้งานใช้เวลาประมวลผลรวมทั้งหมดทุกโปรเซส รวมแล้วไม่เกินหนึ่งวัน
    3. ให้โปรเซสของงาน แต่ละโปรเซส ใช้เวลาประมวลผล รวมแล้วไม่เกินหนึ่งวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แถวคอยแบบกลาง (Medium)
    1. ให้งานอยู่ในสถานะทำงานได้ไม่เกินเจ็ดวัน
    2. ให้งานใช้เวลาประมวลผลรวมทั้งหมดทุกโปรเซส รวมแล้วไม่เกินสามวัน
    3. ให้โปรเซสของงาน แต่ละโปรเซส ใช้เวลาประมวลผล รวมแล้วไม่เกินสามวัน
3. แถวคอยยาว (Long)
    1. งานสามารถอยู่ในสถานะทำงานได้ ไม่จำกัดระยะเวลา
    2. งานสามารถใช้เวลาในการประมวลผลได้ไม่จำกัด

จากข้อกำหนดเบื้องต้นดังกล่าว นำมาเขียนในตารางแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

แถวคอย	ตัวแปร	น้อยสุด	มากสุด
Short	cput	00:00:00 ชั่วโมง	24:00:00 ชั่วโมง
	pcput	00:00:00 ชั่วโมง	24:00:00 ชั่วโมง
	walltime	00:00:00 ชั่วโมง	24:00:00 ชั่วโมง
Medium	cput	24:00:00 ชั่วโมง	72:00:00 ชั่วโมง
	pcput	24:00:00 ชั่วโมง	72:00:00 ชั่วโมง
	walltime	24:00:00 ชั่วโมง	168:00:00 ชั่วโมง
Long	cput	72:00:00 ชั่วโมง	-
	pcput	72:00:00 ชั่วโมง	-
	walltime	72:00:00 ชั่วโมง	-

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ จากกรณีศึกษา

หลังจากได้ตารางแสดงความสัมพันธ์แล้ว นำมาเขียนเป็นไฟล์ค่าปรับแต่งระบบแถวคอย โดยกำหนดให้งานที่เข้าสู่แถวคอยระดับกลาง จะต้องมีค่าเวลาหน่วยประมวลผลต่อโปรเซส หรือค่าเวลาหน่วยประมวลผลต่อทุกโปรเซส หรือค่าเวลาที่งานอยู่ในสถานะทำงาน อย่างใดอย่างหนึ่ง มีค่ามากกว่าหนึ่งวันจึงเข้าสู่แถวคอยระดับกลาง ดังนั้น จึงต้องสร้าง แถวคอยเส้นทาง เพื่อกำหนดเงื่อนไขต่อไปนี้ลงไป แทนการกำหนดเงื่อนไขลงไปในระบบแถวคอยแต่ละลำดับขั้นโดยตรง *เนื่องจาก การกำหนดเงื่อนไขน้อยสุดลงไปในระบบแถวคอยแต่ละลำดับขั้นโดยตรง* งานที่จะเข้าสู่ระบบแถวคอยระดับกลางได้ จะต้องมีค่าตัวแปรทั้งสาม เกินกว่าค่าต่ำสุด หากงานมีการใช้เวลาหน่วยประมวลผลสองวัน จะยังคงถูกกำหนดในแถวคอยระยะสั้น เนื่องจากค่า หน่วยประมวลผลรวม หรือ ระยะเวลาในสถานะทำงาน ของงานอาจไม่มีการกำหนด

จากเงื่อนไขที่กล่าวมา สามารถนำมาเขียนเป็นไฟล์ค่าปรับแต่งระบบ เพื่อนำไปเพิ่มเข้าสู่ระบบจัดการงานได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.6.1 สร้างแถวคอยระยะสั้น

กำหนดค่าการใช้ทรัพยากรสูงสุดตามเงื่อนไข กำหนดรูปแบบแถวคอยเป็นแบบแถวคอยเพื่อเรียกงานเข้าทำงาน และเปิดการใช้งานแถวคอย

```
#
# Create and define queue short
#
create queue short
set queue short queue_type = Execution
set queue short resources_max.cput = 24:00:00
set queue short resources_max.pcput = 24:00:00
set queue short resources_max.walltime = 24:00:00
set queue short enabled = True
set queue short started = True
```

3.2.6.2 สร้างแถวคอยระดับกลาง

สร้างแถวคอยระดับกลาง กำหนดค่าทรัพยากรสูงสุดที่สามารถเข้าสู่แถวคอยระดับกลางได้ แต่ไม่มีการกำหนดค่าต่ำสุดเพื่อเข้าสู่แถวคอยระดับกลาง โดยทั้งนี้ เนื่องจาก การตรวจสอบงานว่าสามารถเข้าสู่แถวคอยระดับกลาง จะใช้เงื่อนไข "และ" หมายถึง จะต้องมีคุณสมบัติอย่างครบถ้วน จึงสามารถเข้าสู่แถวคอยระดับกลางได้ กรณีผู้ใช้ไม่ได้มีการกำหนดค่าตัวแปรการใช้ทรัพยากรบางตัว อาจส่งผลให้งานเข้าสู่ระบบแถวคอยรูปแบบอื่น

```
#
# Create and define queue medium
#
create queue medium
set queue medium queue_type = Execution
set queue medium resources_max.cput = 72:00:00
set queue medium resources_max.pcput = 72:00:00
set queue medium resources_max.walltime = 168:00:00
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
set queue medium enabled = True
set queue medium started = True
```

3.2.6.3 สร้างแถวคอยระยะยาว

แถวคอยระยะยาว ไม่มีการกำหนดการใช้ทรัพยากรขนาดสูงสุดที่สามารถใช้งานได้ จึงสร้างแถวคอยขึ้นมาโดยไม่มีเงื่อนไขกำหนด โดยเงื่อนไขทรัพยากรขนาดต่ำสุด ในการเข้าใช้แถวคอยระยะยาว จะกำหนดโดยแถวคอยเส้นทางสู่แถวคอยระยะยาว [หัวข้อ 3.2.6.6]

```
#
# Create and define queue long
#
create queue long
set queue long queue_type = Execution
set queue long enabled = True
set queue long started = True
```

3.2.6.4 สร้างแถวคอยดีฟอลต์

แถวคอยดีฟอลต์ ใช้เป็นแถวคอยตั้งต้นในการส่งงานเข้าสู่ระบบ โดยกำหนดประเภทเป็นแถวคอยแบบเส้นทาง โดยมีเส้นทางไปสู่แถวคอย m1, m2, m3, l1, l2, l3 ซึ่งใช้ในการตรวจสอบเงื่อนไข เพื่อเข้าสู่แถวคอยระยะสั้น แถวคอยระดับกลาง แถวคอยระยะยาว

```
#
# Create and define queue default
#
create queue default
set queue default queue_type = Route
set queue default route_destinations = short
set queue default route_destinations += m1
set queue default route_destinations += m2
set queue default route_destinations += m3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
set queue default route_destinations += l1
set queue default route_destinations += l2
set queue default route_destinations += l3
set queue default enabled = True
set queue default started = True
```

3.2.6.5 สร้างแถวคอยเส้นทางสู่แถวคอยระดับกลาง

สร้างแถวคอยเส้นทาง m1, m2, m3 เพื่อตรวจสอบเงื่อนไข ที่จะนำงานเข้าสู่แถวคอยระดับกลาง โดยกำหนดให้แถวคอยเส้นทางนี้ รับงานมาจากแถวคอยเส้นทางอื่นๆ ผู้ใช้ไม่สามารถส่งงานเข้าสู่แถวคอยเส้นทาง m1, m2, m3 โดยตรงได้ โดยแถวคอยทั้ง m1, m2, m3 จะเป็นแถวคอยนำงานไปสู่แถวคอยระดับกลาง เมื่อมีเงื่อนไข การใช้เวลาหน่วยประมวลผล หรือ ใช้เวลาหน่วยประมวลผลรวม หรือ ใช้เวลาในสถานะกำลังทำงาน มากกว่าหนึ่งวัน

```
#
# Create and define queue m1
#
create queue m1
set queue m1 queue_type = Route
set queue m1 from_route_only = True
set queue m1 resources_min.cput = 24:00:01
set queue m1 route_destinations = medium
set queue m1 enabled = True
set queue m1 started = True
#
# Create and define queue m2
#
create queue m2
set queue m2 queue_type = Route
set queue m2 from_route_only = True
set queue m2 resources_min.pcput = 24:00:01
set queue m2 route_destinations = medium
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
set queue m2 enabled = True
set queue m2 started = True
#
# Create and define queue m3
#
create queue m3
set queue m3 queue_type = Route
set queue m3 from_route_only = True
set queue m3 resources_min.walltime = 24:00:01
set queue m3 route_destinations = medium
set queue m3 enabled = True
set queue m3 started = True
```

3.2.6.6 สร้างแถวคอยเส้นทางสู่แถวคอยระยะยาว

สร้างแถวคอยเส้นทาง l1, l2, l3 เพื่อตรวจสอบเงื่อนไข ที่จะนำงานเข้าสู่แถวคอยระยะยาว โดยกำหนดให้แถวคอยเส้นทางนี้ รับงานมาจากแถวคอยเส้นทางอื่นๆ ผู้ใช้ไม่สามารถส่งงานเข้าสู่แถวคอยเส้นทาง l1, l2, l3 โดยตรงได้ โดยแถวคอยทั้ง l1, l2, l3 จะเป็นแถวคอยนำงานไปสู่แถวคอยระยะยาว เมื่อมีเงื่อนไข การใช้เวลาหน่วยประมวลผล หรือ ใช้เวลาหน่วยประมวลผลรวมมากกว่าสามวัน หรือ ใช้เวลาในสถานะกำลังทำงาน มากกว่าหนึ่งสัปดาห์

```
#
# Create and define queue l1
#
create queue l1
set queue l1 queue_type = Route
set queue l1 from_route_only = True
set queue l1 resources_min.cput = 72:00:01
set queue l1 route_destinations = long
set queue l1 enabled = True
set queue l1 started = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#
# Create and define queue l2
#
create queue l2
set queue l2 queue_type = Route
set queue l2 from_route_only = True
set queue l2 resources_min.pcput = 72:00:01
set queue l2 route_destinations = long
set queue l2 enabled = True
set queue l2 started = True
#
# Create and define queue l3
#
create queue l3
set queue l3 queue_type = Route
set queue l3 from_route_only = True
set queue l3 resources_min.walltime = 168:00:01
set queue l3 route_destinations = long
set queue l3 enabled = True
set queue l3 started = True
```

3.2.6.7 กำหนดค่าคุณสมบัติของเซิร์ฟเวอร์งาน

การกำหนดคุณสมบัติของเซิร์ฟเวอร์งาน อนุญาตให้มีงานอยู่ในสถานะทำงานสูงสุดหนึ่งร้อยงาน เป็นงานของผู้ใช้จำนวนสิบคน หรือกลุ่มผู้ใช้จำนวนห้าสิบกลุ่ม โดยปิดคุณสมบัติการใช้ระบบบัญชีรายชื่อโฮสที่สามารถเข้าใช้ระบบแถวคอย (Access Control List - Host) และปิดคุณสมบัติการใช้ระบบบัญชีรายชื่อผู้ใช้ที่สามารถเข้าใช้งานระบบแถวคอย (Access Control List - User) อนุญาตให้ผู้ใช้ สามารถตรวจสอบสถานะงานของผู้ใช้คนอื่นในระบบได้ ซึ่งหากผู้ใช้ไม่มีการระบุแถวคอยของงาน แถวคอยดีฟอลต์ของผู้ใช้คือ แถวคอยที่ชื่อดีฟอลต์ (default) และงานที่ส่งเข้าสู่ระบบมีค่าการใช้เวลาหน่วยประมวลผล หนึ่งชั่วโมง งานสามารถอยู่ในสถานะกำลังทำงาน (Running state) เป็นเวลา 99 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#
# Set server attributes.
#
set server scheduling = True
set server max_running = 100
set server max_user_run = 10
set server max_group_run = 50
set server acl_host_enable = False
set server acl_hosts = bokie.cluster.jomyut.net
set server acl_hosts += jomyut.net
set server acl_hosts += kmitl.ac.th
set server acl_user_enable = False
set server acl_users = best@bokie.cluster.jomyut.net
set server acl_users += jomyut@bokie.cluster.jomyut.net
set server acl_roots = root@bokie.cluster.jomyut.net
set server managers = jomyut@bokie.cluster.jomyut.net
set server operators = jomyut@bokie.cluster.jomyut.net
set server default_queue = default
set server log_events = 511
set server mail_from = adm
set server query_other_jobs = True
set server resources_default.cput = 01:00:00
set server resources_max.cput = 01:00:00
set server resources_max.walltime = 99:00:00
set server scheduler_iteration = 600
set server node_ping_rate = 300
set server node_check_rate = 600
set server tcp_timeout = 6
set server comment = Test_Configuration
set server job_stat_rate = 30
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การศึกษาระบบจัดการงานซันกริดเอ็นจิ้น

4.1 บทนำ

ระบบจัดการงานซันกริดเอ็นจิ้น คือ โปรแกรมที่ช่วยจัดการการประมวลผลแบบกระจาย (Distributed) ให้สามารถใช้งานได้สะดวกสบายและง่ายยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถจัดการกับการประมวลผลของคอมพิวเตอร์หลายๆเครื่องในที่เดียวกัน (Compute Farm) ไปสู่การประมวลผลของคอมพิวเตอร์หลายๆเครื่องที่อยู่ต่างสถานที่กันแต่อยู่ในองค์กรเดียวกันหรือกริด (Grid) อีกด้วย โดยสามารถที่จะนำมาประยุกต์และปรับปรุงการใช้งานให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดตามความต้องการของเรา (Opensource) ชื่อตัวแปรคุณสมบัติทั้งหมดของระบบจัดการงาน

4.2 คุณสมบัติของระบบจัดการงาน

4.2.1 พารามิเตอร์

4.2.1.1 qname

ชื่อของแถวคอยที่ต้องการใช้งาน มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
qname	=	compute-test.q

4.2.1.2 hostname

ชื่อโฮสที่ต้องการใช้คิวที่ได้กำหนดชื่อขึ้นไว้ก่อนหน้า มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็นสตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
hostname	=	compute-0-4.local

4.2.1.3 seq_no

เป็นการกำหนดความสำคัญของคิวเพื่อจัดลำดับการทำงานก่อน-หลังของคิวและแบ่งเบาภาระของเซิร์ฟเวอร์ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น ตัวแปรจำนวนเต็ม

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
seq_no	=	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.4 processors

กำหนดจำนวนหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) ที่อนุญาตให้ใช้ประมวลผลต่องานหนึ่งๆ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น ตัวแปรจำนวนเต็ม

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
processors	=	UNDEFINED

4.2.1.5 tmpdir

กำหนด ที่อยู่ไดเรกทอรี่ของข้อมูลชั่วคราว มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
tmpdir	=	/tmp

4.2.1.6 shell

กำหนดเชลล์ที่ใช้สำหรับสคริปต์งาน มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
shell	=	/bin/csh

4.2.1.7 notify

กำหนดระยะห่างของช่วงเวลาการส่งสัญญาณกันระหว่าง SIGUSER1/SIGUSER2 เพื่อจะดำเนินการพักงานชั่วคราว (suspend) หรือทำลายงานนั้นทิ้ง (kill) โดยสามารถสั่งโดยใช้คำสั่งส่งงาน (qsub –notify ชื่องาน) มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น TIME

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
notify	=	00:00:60

4.2.1.8 slots

กำหนดจำนวนงานที่สามารถประมวลผลได้ในแถวคอยนั้นๆ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น ตัวแปรจำนวนเต็ม

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
slots	=	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.9 qtype

กำหนดรูปแบบของคิวเพื่อการใช้งานบางคุณสมบัติ เช่น เมื่อกำหนด qtype = PARALLEL จะสามารถทำการ checkpoint งานได้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
qtype	=	BATCH INTERACTIVE PARALLEL

4.2.1.10 shell_start_mode

กำหนดค่าการทำงานของสคริปงานในเชลล์ของเครื่องที่ต้องการประมวลผล โดยมีค่าที่กำหนดดังนี้

- unix_behavior
- posix_compliant
- seript_from_stdin

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
shell_start_mode	=	NONE

4.2.1.11 initial_stats

กำหนดสถานะเริ่มต้นของงาน ได้แก่

- default คิวจะถูกอนุญาตให้ใช้ เมื่อเริ่มต้นการทำงาน หรือจะถูกเริ่มต้นเหมือนค่าที่แล้ว
- enabled คิวจะถูกอนุญาตให้ใช้ เมื่อเริ่มต้นการทำงาน
- disabled คิวจะถูกไม่อนุญาตให้ใช้ เมื่อเริ่มต้นการทำงาน

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
initial_stats	=	default

4.2.1.12 rerun

อนุญาตให้สามารถประมวลผลงานใหม่ใช้ในกรณีที่ระบบเกิดล่มหรือตั้งใจที่จะหยุดงานที่เสร็จแล้วเอง(kill) งานนั้นจะเริ่มต้นการทำงานใหม่และตรวจสอบว่างานดังกล่าวยกเลิกด้วยสาเหตุอะไร และสามารถทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อกำหนดค่าไว้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น บูลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
rerun	=	FALSE

4.2.2 เทรดโฮลการโหลดและพักการใช้งาน

4.2.2.1 load_thresholds

เป็นการกำหนดค่าจำกัดการโหลดงานเริ่มต้นเฉลี่ยสะสม โดยจะใช้ควบคู่กับ load_adjustment_decay_time เพื่อใช้ในการกำหนดระยะเวลาในการลบเวลา load_thresholds ทิ้งเมื่อถึงเวลา decay_time ที่กำหนด

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
load_thresholds	=	np_load_avg=1.75

4.2.2.2 suspend_thresholds

คุณสมบัติเหมือน load_thresholds แต่ใช้กรณีที่งานใน load_thresholds เกินกำหนดไว้จะส่งงานมาพักงานชั่วคราวแทนการใช้งานจริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
suspend_thresholds	=	None

4.2.2.3 nsuspend

จำนวนของงานที่สามารถถูกพักงานชั่วคราว/ใช้งานต่อได้ของช่วงเวลาหนึ่งถ้ามีจำนวน load threshold ใน suspend_thresholds อย่างน้อยหนึ่งรายชื่อเกิดข้อมูลเกินออกหรือเป็นการระบุจำนวนของงานมากสุดที่สามารถพักงานชั่วคราว มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น ตัวแปรจำนวนเต็ม

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
nsuspend	=	1

4.2.2.4 suspend_interval

ระยะห่างของช่วงเวลาที่สามารถพักงานชั่วคราวได้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น เวลา

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
suspend_interval	=	00:05:00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.5 priority

กำหนดความสำคัญของคิวแต่ละคิว(ถ้าค่าน้อยกว่า -20 จะมีความสำคัญมาก, มากกว่า +20 ขึ้นไปจะมีความสำคัญน้อย) มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น ตัวแปรจำนวนเต็ม

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
priority	=	0

4.2.3 วิธีการประมวลผลงาน

4.2.3.1 prolog

กำหนดค่าการทำงานก่อนที่จะประมวลผลงานนั้น มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
prolog	=	NONE

4.2.3.2 epilog

กำหนดค่าการทำงานหลังต่อที่จะประมวลผลงานนั้นเสร็จเรียบร้อยแล้ว มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
epilog	=	NONE

4.2.3.3 starter_method

กำหนดระบุพาธในการเริ่มต้นการประมวลผลงาน มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
starter_method	=	NONE

4.2.3.4 suspend_method

กำหนดระบุพาธในการพักงานชั่วคราวการประมวลผลงาน มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
suspend_method	=	NONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.5 resume_method

กำหนดระบุพาธในการประมวลผลงานนั้นต่อเมื่อมีการหยุด มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
resume_method	=	NONE

4.2.3.6 terminate_method

กำหนดระบุ พาธ ในการสิ้นสุดการประมวลผลงาน มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
terminate_method	=	NONE

4.2.4 จุดตรวจสอบ

4.2.4.1 min_cpu_interval

ระยะห่างของช่วงเวลาที่น้อยที่สุดในการเชคพอยต์งาน โดยค่ามากสุดที่เชคพอยต์ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าได้เมื่อใช้คำสั่ง qsub มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น เวลา

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
min_cpu_interval	=	00:05:00

4.2.5 แถวคอยย่อย

4.2.5.1 subordinate_list

กำหนดชื่อแถวคอย และจำนวนงานที่มากที่สุดรองลงมาที่ต้องการให้พักชั่วคราว เมื่อคิวที่กำหนดแรกนั้นอยู่ในสถานะกำลังทำงาน (Busy) ในกรณีที่คิวทั้งสองคิวอยู่บนเครื่องเดียวกัน มีค่าพารามิเตอร์เหมือนคำสั่ง processors

ตัวอย่างการกำหนดค่า
subordinate_list = NONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.2 processors

กำหนดจำนวนหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่อนุญาตให้ใช้ประมวลผลต่องานหนึ่งๆ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็นตัวแปรจำนวนเต็ม

ตัวอย่างการกำหนดค่า

processors = UNDEFINED

4.2.5.3 tmpdir

กำหนดที่อยู่ไดเรกทอรี่ของข้อมูลชั่วคราว มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็นสตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า

tmpdir = /tmp

4.2.5.4 shell

กำหนดเชลล์ที่ใช้สำหรับสคริปต์งาน มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็นสตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า

shell = /bin/csh

4.2.5.5 notify

กำหนดระยะห่างของช่วงเวลาการส่งสัญญาณกันระหว่า SIGUSER1/SIGUSER2 เพื่อจะดำเนินการพักงานชั่วคราว (suspend) หรือทำลายงานนั้นทิ้ง (kill) โดยสามารถสั่งโดยใช้คำสั่งส่งงาน (qsub –notify ชื่องาน) มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น TIME

ตัวอย่างการกำหนดค่า

notify = 00:00:06

4.2.5.6 slots

กำหนดจำนวนงานที่สามารถประมวลผลได้ในแถวคอยนั้นๆ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็นตัวแปรจำนวนเต็ม

ตัวอย่างการกำหนดค่า

slots = 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5.7 qtype

กำหนดรูปแบบของคิวเพื่อการใช้งานบางคุณสมบัติ เช่น เมื่อกำหนด qtype = PARALLEL จะสามารถทำการ checkpoint งานได้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็นสตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า

qtype = BATCH INTERACTIVE PARALLEL

4.2.5.8 shell_start_mode

กำหนดค่าการทำงานของสคริปต์งานในเชลล์ของเครื่องที่ต้องการประมวลผล โดยมีค่าที่กำหนดดังนี้

- unix_behavior
- posix_compliant
- script_from_stdin

ตัวอย่างการกำหนดค่า

shell_start_mode = NONE

4.2.5.9 initial_stats

กำหนดสถานะเริ่มต้นของงาน ได้แก่

- default คิวจะถูกอนุญาตให้ใช้ เมื่อเริ่มต้นการทำงาน หรือจะถูกเริ่มต้นเหมือนค่าที่แล้ว
- enabled คิวจะถูกอนุญาตให้ใช้ เมื่อเริ่มต้นการทำงาน
- disabled คิวจะถูกไม่อนุญาตให้ใช้ เมื่อเริ่มต้นการทำงาน

ตัวอย่างการกำหนดค่า

initial_stats = default

4.2.5.10 rerun

อนุญาตให้สามารถประมวลผลงานใหม่ใช้ในกรณีที่ระบบเกิดล่มหรือตั้งใจที่จะหยุดงานที่เสร็จแล้วเอง (kill) งานนั้นจะเริ่มต้นการทำงานใหม่ และตรวจสอบว่างานดังกล่าวยกเลิกด้วยสาเหตุอะไร และสามารถทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อกำหนดค่าไว้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็นบูลีน

ตัวอย่างการกำหนดค่า

rerun = FALSE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7.3 projects

กำหนดรายชื่อกลุ่มงานที่สามารถประมวลผลงานบนคิวนั้นๆได้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
projects	=	NONE

4.2.7.4 *xprojects*

กำหนดรายชื่อกลุ่มงานที่ไม่สามารถประมวลผลงานบนคิวนั้นๆได้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
xprojects	=	NONE

4.2.8 ปฏิทิน

4.2.8.1 calendar

กำหนดช่วงเวลาของการทำงานของคิวนั้นๆ ได้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง โดยสามารถกำหนดค่าได้ดังนี้

```
calendar_namenight
year
1.1.1999,6.1.1999,28.3.1999,30.3.1999-31.3.1999,18.5.1999-19.5.1999,
3.10.1999,25.12.1999,26.12.1999=on
weekmon-fri=6-20
```

4.2.9 การจำกัดการใช้งาน

4.2.9.1 s_rt

กำหนดเวลาที่ระบบจะทำการแจ้งการเตือนว่างานดังกล่าวได้ใช้เวลาประมวลผลเกินขอบเขต(LIMIT) ของตัวเองแล้ว มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น เวลา และมีหน่วยเป็นวินาที

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
s_rt	=	23:00:00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.9.2 h_rt

เวลาที่ระบบจะระงับงานที่กระทำอยู่ในคิวดังกล่าว มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น เวลา และมีหน่วยเป็นวินาที

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
h_rt	=	21:00:00

4.2.9.3 s_cpu

กำหนดเวลาที่ระบบจะทำการแจ้งเตือน และส่ง SIGXCPU ไปยังผู้ใช้ของระบบว่าใช้งานเกินขอบเขตของการประมวลผลทั้งหมดของหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ที่กำหนดไว้ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น เวลา และมีหน่วยเป็นวินาที

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
s_cpu	=	INFINITY

4.2.9.4 h_cpu

กำหนดให้มีการระงับงานกล่าว เมื่อการประมวลผลทั้งหมดของหน่วยประมวลผลกลาง (ซีพียู) ถึงขอบเขตที่กำหนด โดยปกติแล้วจะมีค่า CPU TIME <= WALL TIME CLOCK มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น TIME และมีหน่วยเป็นวินาที

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
h_cpu	=	INFINITY

4.2.9.5 s_fsize

กำหนดเวลาขั้นต่ำที่ระบบจะทำการแจ้งการเตือนว่าได้ใช้เนื้อที่ของงานดังกล่าวเกินขอบเขตที่กำหนดของงานๆหนึ่งที่สามารถใช้ได้ในคิวนั้นๆ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง และมีหน่วยเป็นไบต์

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
s_fsize	=	INFINITY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.9.6 h_fsize

กำหนดขนาดเนื้อที่มากที่สุดที่สามารถใช้ได้ในคิวนั้นๆ ถ้าเกินขอบเขตดังกล่าวระบบจะระงับงานที่ทำทันที มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง และมีหน่วยเป็นไบต์

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
h_fsize	=	INFINITY

4.2.9.7 s_data

กำหนดการใช้หน่วยความจำหลัก(MEMORY) ของงานๆหนึ่งที่สามารถใช้ได้ในคิวนั้นๆ เมื่อใช้เกินขอบเขตดังกล่าวระบบจะทำการแจ้งเตือน โดยมีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง และมีหน่วยเป็นไบต์

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
s_data	=	INFINITY

4.2.9.8 h_data

กำหนดการใช้หน่วยความจำหลัก(MEMORY) อย่างมากที่สุดที่สามารถใช้ได้ในคิวนั้นๆ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง และมีหน่วยเป็นไบต์

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
h_data	=	INFINITY

4.2.9.9 s_core

กำหนดจำนวนขนาดของไฟล์งานที่มากที่สุดต่อการทำงานแต่ละโพรเซสที่สามารถใช้ได้ในคิวนั้นๆ โดยระบบจะทำการแจ้งเตือนเมื่อเกินขอบเขตดังกล่าว มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง และมีหน่วยเป็นไบต์ (BYTE)

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
s_core	=	INFINITY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.9.10 h_core

กำหนดจำนวนขนาดของไฟล์งานสูงสุดที่สามารถกระทำต่อการทำงานแต่ละโพรเซสที่สามารถใช้ได้ในคิวนั้นๆได้ เมื่อเกินขอบเขตดังกล่าวระบบจะทำการระบงับงานนั้นๆทันที มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง และมีหน่วยเป็นไบต์

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
h_core	=	INFINITY

4.2.9.11 s_vmem

กำหนดการจองหน่วยความจำสำรอง(เวอชวล เมมโมรี่)ของงานๆหนึ่งที่สามารถใช้ได้ในคิวนั้นๆ เมื่อเกินขอบเขตดังกล่าวระบบจะทำการแจ้งเตือน มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง และมีหน่วยเป็นไบต์

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
s_vmem	=	INFINITY

4.2.9.12 h_vmem

กำหนดการจองหน่วยความจำสำรอง(เวอชวล เมมโมรี่)อย่างมากที่สุดของงานๆหนึ่งที่สามารถใช้ได้ในคิวนั้นๆ มีค่าคุณสมบัติของตัวแปรเป็น สตริง และมีหน่วยเป็นไบต์

ตัวอย่างการกำหนดค่า		
h_vmem	=	INFINITY

4.3 วิธีการกำหนดค่าตัวแปรของระบบ

2. ทำการเพิ่มคิวที่ต้องการใช้งานเข้าไปในระบบโดยมีชื่อคิวตัวอย่างคือ compute-test.q โดย พิมพ์คำสั่ง ดังนี้

#qconf –aq compute-test.q

3. ทำการปรับแต่งคิว compute-test.q โดยพิมพ์คำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#qconf –mq compute-test.q

จะได้ผลลัพธ์ดังรูป

qname	**compute-test.q**
hostname	**compute-0-4.local**
seq_no	**0**
load_thresholds	**np_load_avg=1.75**
suspend_thresholds	**None**
nsuspend	**1**
suspend_interval	**00:05:00**
priority	**0**
min_cpu_interval	***00:05:00***
processors	**UNDEFINED**
qtype	**BATCH INTERACTIVE PARALLEL**
rerun	**FALSE**
slots	**4**
tmpdir	**/tmp**
shell	**/bin/csh**
shell_start_mode	**NONE**
prolog	**NONE**
epilog	**NONE**
starter_method	**NONE**
suspend_method	**NONE**
resume_method	**NONE**
terminate_method	**NONE**
notify	**00:00:60**
owner_list	**NONE**
user_lists	**NONE**
xuser_lists	**NONE**
subordinate_list	**NONE**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

complex_list	**NONE**
complex_values	**NONE**
projects	**NONE**
xprojects	**NONE**
calendar	**NONE**
initial_stats	**default**
fshare	**0**
oticket	**0**
s_rt	**22:00:00**
h_rt	**22:10:00**
s_cpu	**INFINITY**
h_cpu	**INFINITY**
s_fsize	**786432**
h_fsize	**1048576**
s_data	**INFINITY**
h_data	**INFINITY**
s_stack	**INFINITY**
h_stack	**INFINITY**
s_core	**INFINITY**
h_core	**INFINITY**
s_rss	**INFINITY**
h_rss	**INFINITY**
s_vmem	**512M**
h_vmem	**768M**

จากรูป คิวดังกล่าวชื่อ compute-test.q อยู่บนเครื่อง compute-0-4.local สามารถรับงานได้มากที่สุด จำนวน 4 งาน(Slots)จำกัดเนื้อที่ทั้งหมดที่สามารถให้งานที่มีอยู่ในคิวทั้งหมดทำได้แบบ Soft = 786432 , Hard = 1048576 และประมวลผลงานต่อเนื่องแบบ Soft = 22 ชั่วโมง และ Hard = 23 ชั่วโมง และมีการแจ้งเตือนเมื่อมีการใช้หน่วยความจำเกิน 512 MB และระบบจะทำการระงับงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังกล่าวเมื่อใช้หน่วยความจำถึง 768 MB ตามลำดับ โดย EDITOR ที่ใช้ในการแก้ไขคือ VI ในระบบลีนุกต์

4. ทำการซับมิตงานชื่อ example.sh เข้าไปใช้คิวดังกล่าว โดยพิมพ์คำสั่ง

#qsub –l h_fsize= 1048576 , h_vmem=768M example.sh

ระบบจะทำการซับมิตงานที่ชื่อ **example.sh** ไปยังความต้องการที่งานนั้นกำหนดคือ

มี **h_fsize =1048576** และมีขนาด **h_vmem =768M** ระบบจะทำการซับมิตงานนั้นเข้า คิวชื่อ **compute-test.q** ที่ตรงกับความที่กำหนดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การออกแบบ

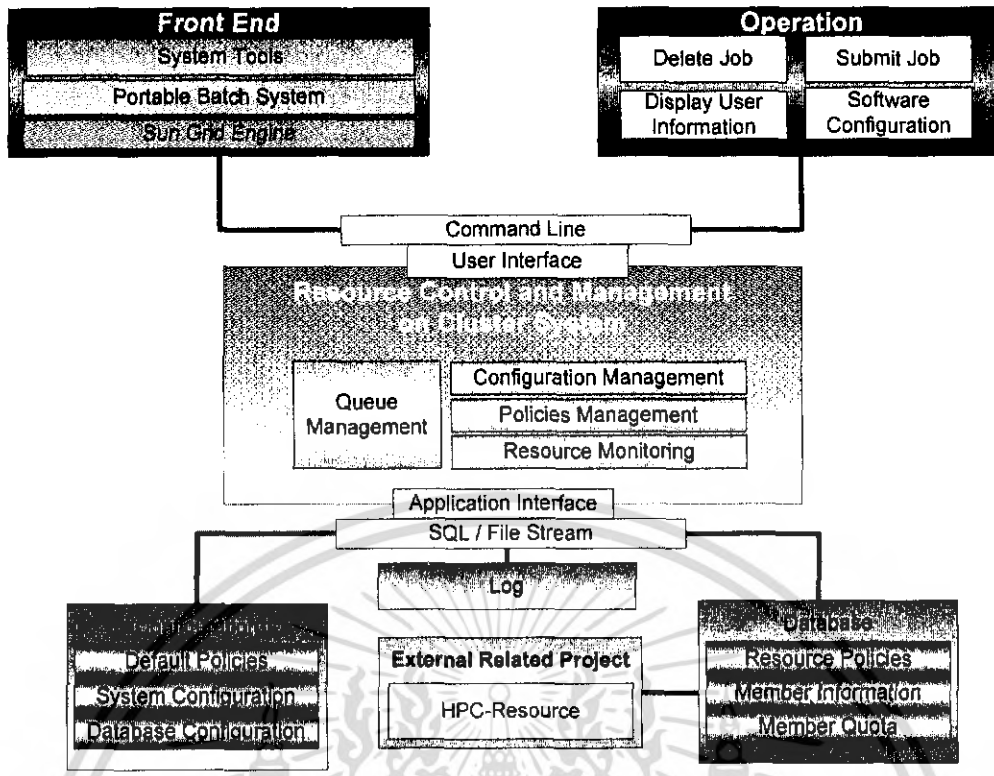
5.1 บทนำ

ในบทที่ผ่านมาเป็นการศึกษารายละเอียดซอฟแวร์ระบบจัดการงานที่มีการพัฒนามาก่อน คือซันกริดเอ็นจิ้นและพีบีเอสในบทนี้ เป็นรายละเอียดการพัฒนาซอฟแวร์เพื่อนำไปใช้ร่วมกับระบบจัดการงานซันกริดเอ็นจิ้นและพีบีเอส รวมถึงการเชื่อมต่อระบบร่วมกับโครงงานระบบบริการทรัพยากรการคำนวณของหน่วยปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสมรรถนะสูง[3] โดยการออกแบบจะเน้นการนำโครงสร้างซอฟแวร์ที่มีอยู่เดิมมาพัฒนาต่อ ซึ่งทั้งซันกริดเอ็นจิ้น และพีบีเอส มีคุณสมบัติในการจัดการระบบแถวคอย ในบทนี้ จะกล่าวถึงการออกแบบระบบเพื่อเชื่อมต่อกับระบบงานเดิม และซอฟแวร์จัดการงาน

5.2 สถาปัตยกรรมโครงสร้างระบบ

จากการศึกษาโครงสร้างระบบที่เกี่ยวข้องในบทที่ผ่านมา พบว่าสถาปัตยกรรมโครงสร้าง [5] มีความใกล้เคียงกับโครงงาน ดังนั้นผู้ออกแบบจึงออกแบบโดยอ้างอิงจากสถาปัตยกรรมดังกล่าวมาปรับใช้ให้เหมาะสมกับโครงงาน โดยแบ่งโครงสร้างออกสี่ส่วน คือ ส่วนควบคุมเพื่อตอบสนองการทำงานกับผู้ใช้ ส่วนระบบจัดการนโยบาย ส่วนจัดการฐานข้อมูล และส่วนควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

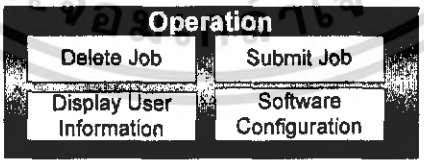


ภาพที่ 5.1 สถาปัตยกรรมโปรแกรม

5.2.1 อินเตอร์เฟตติดต่อผู้ใช้

อินเตอร์เฟตติดต่อผู้ใช้ เป็นส่วนที่คอยรับคำสั่งจากผู้ใช้ ทำการตีความและทำงานตามคำสั่งที่ผู้ใช้ต้องการ โดยในปัญหาพิเศษนี้ใช้คอมมานไลน์ เป็นอินเตอร์เฟตติดต่อกับผู้ใช้ ผู้ใช้มีคำสั่งแบ่งเป็นสามกลุ่มคือการจัดการงาน ดูข้อมูลส่วนตัว และ การกำหนดคุณสมบัติ

คำสั่งกลุ่มที่หนึ่งคือการจัดการงาน มีสองคำสั่ง คือ การส่งงานเข้าระบบ และการลบงาน คำสั่งกลุ่มที่สอง มีหนึ่งคำสั่ง ใช้ดูข้อมูลส่วนตัว โดยนำข้อมูลมาจากฐานข้อมูล [3] คำสั่งกลุ่มที่สามมีหนึ่งคำสั่ง ใช้กำหนดค่าคุณสมบัติของโปรแกรม



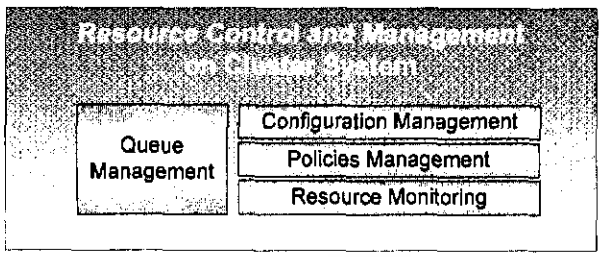
ภาพที่ 5.2 โมดูล ชุดคำสั่งสำหรับผู้ใช้

5.2.2 โมดูลควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์

ระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ เป็นระบบที่คอยตรวจสอบเงื่อนไข นโยบายในการทำงาน หรือส่งต่องานไปให้ระบบจัดการงาน หากระบบจัดการงานมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

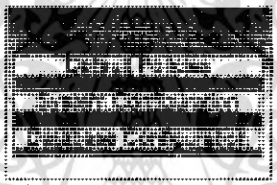
คุณสมบัติในการตรวจสอบเช่น ความสามารถในการใช้หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ และพื้นที่ขณะงานของผู้ใช้เริ่มทำงานในระบบ



ภาพที่ 5.3 โมดูลส่วนควบคุมและจัดการทรัพยากร

5.2.3 โมดูลจัดการนโยบาย

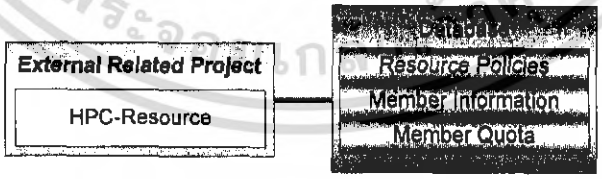
ส่วนระบบจัดการนโยบาย ทำหน้าที่ให้ข้อมูลถึงระบบจัดการงานที่ผู้ดูแลระบบต้องการใช้ คุณสมบัติฐานข้อมูลในการติดต่อร่วมกับโครงงาน [3] และคุณสมบัติของระบบ



ภาพที่ 5.4 โมดูลจัดการนโยบาย

5.2.4 โมดูลจัดการฐานข้อมูล

ส่วนระบบจัดการฐานข้อมูล เป็นโมดูลที่ให้ข้อมูลที่มีการเก็บในฐานข้อมูล เช่น ประวัติของผู้ใช้งานระบบ หรือ โควต้าของผู้ใช้งานระบบ ซึ่งฐานข้อมูลนี้ใช้เป็นสื่อกลางในการติดต่อกับโครงงาน [3]



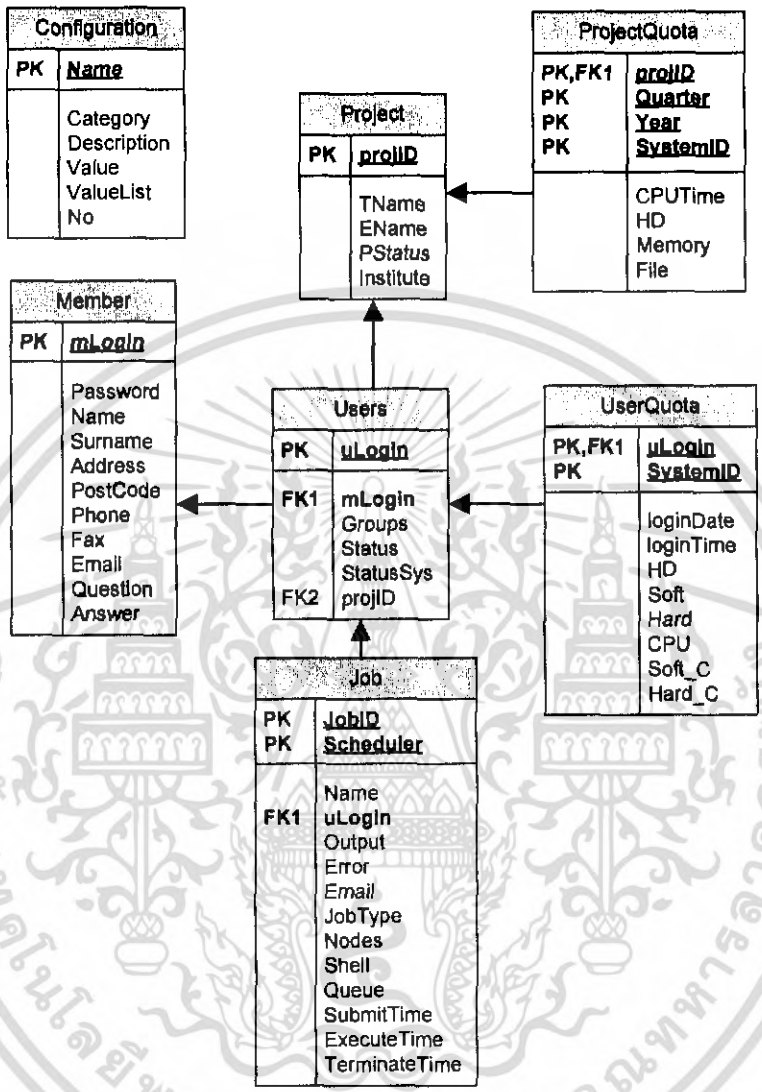
ภาพที่ 5.5 โมดูลจัดการฐานข้อมูล

5.3 ฐานข้อมูล

ฐานข้อมูล ใช้ฐานข้อมูลจากโครงงาน [3] โดยใช้ตารางที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน [3] ได้แก่ ตารางผู้ใช้ ตารางโปรเจค ตารางโควต้าโปรเจค ตารางข้อมูลผู้ใช้ และตารางโควต้าผู้ใช้ และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางข้อมูลที่สร้างขึ้นมาใหม่สองตารางได้แก่ ตารางเก็บรายละเอียดค่าปรับแต่ง (Configuration Table) และ ตารางเก็บรายละเอียดงานที่มีการส่งเข้าสู่ระบบ (Job) ดังภาพที่ 5.6



ภาพที่ 5.6 ตารางข้อมูลเดิม และที่เพิ่มขึ้นมาใหม่

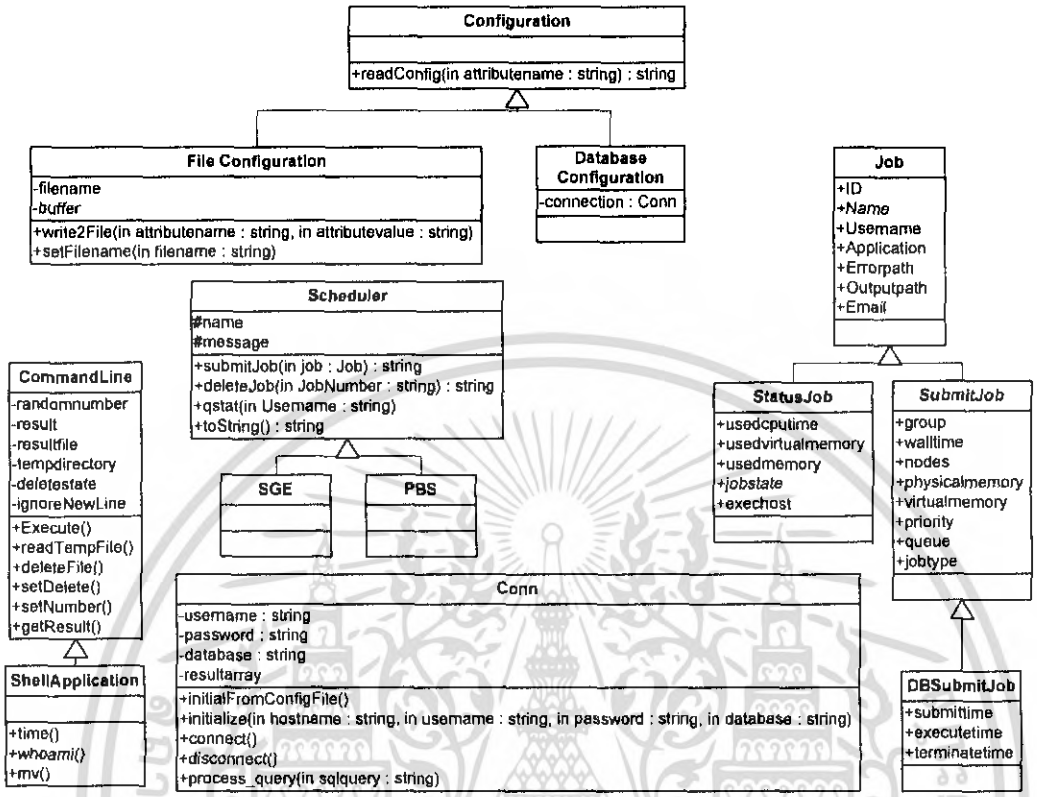
ตารางค่าปรับแต่ง (Configuration) มีการใช้งานเพื่อกำหนดนโยบายควบคุมการใช้ทรัพยากร หรือค่าปรับแต่งที่ไม่ขึ้นกับระบบ สามารถมีการปรับเปลี่ยนได้ตลอดการใช้งานระบบ

5.4 คลาสไดอะแกรม

คลาสไดอะแกรม มีการออกแบบแบ่งตามกลุ่มความสัมพันธ์ของคำสั่ง คือ กลุ่มคำสั่งจัดการคอมมานไลน์ กลุ่มคำสั่งจัดการค่าปรับแต่งระบบ กลุ่มคำสั่งควบคุมและติดต่อกับระบบจัดการงาน กลุ่มคำสั่งติดต่อกับระบบฐานข้อมูล นอกจากนี้ยังมีคลาวที่เก็บรายละเอียดของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

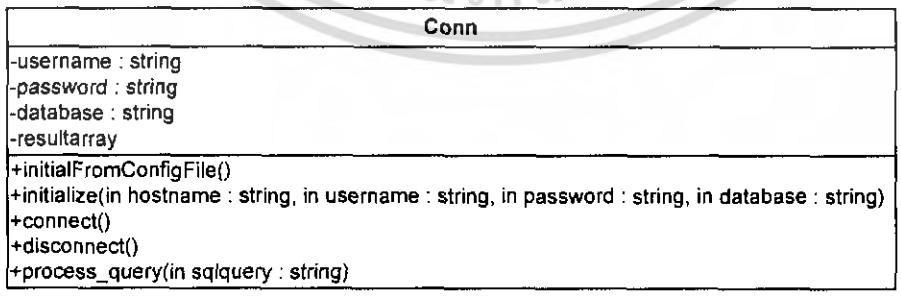
ได้แก่ คลาสเก็บรายละเอียดงานที่ส่งเข้าสู่ระบบ และคลาสเก็บรายละเอียดงาน สถิติการทำงานของงานนั้น หรือสถานะของงาน ที่รับค่ามาจากระบบจัดการงาน



ภาพที่ 5.7 คลาสไดอะแกรม

5.4.1 คลาสติดต่อกับฐานข้อมูล

สำหรับคลาสหรือฟังก์ชั่นที่มีการติดต่อกับระบบฐานข้อมูล ฟังก์ชั่นจะติดต่อกับคลาสที่ทำหน้าที่ติดต่อกับระบบฐานข้อมูลโดยเฉพาะ (Conn) โดยคลาสนี้ ทำหน้าที่ในการติดต่อกับระบบฐานข้อมูล และแยกข้อมูลฟิลด์ และระเบียนข้อมูล ส่งค่ากลับเป็นเป็นเวกเตอร์อาร์เรย์



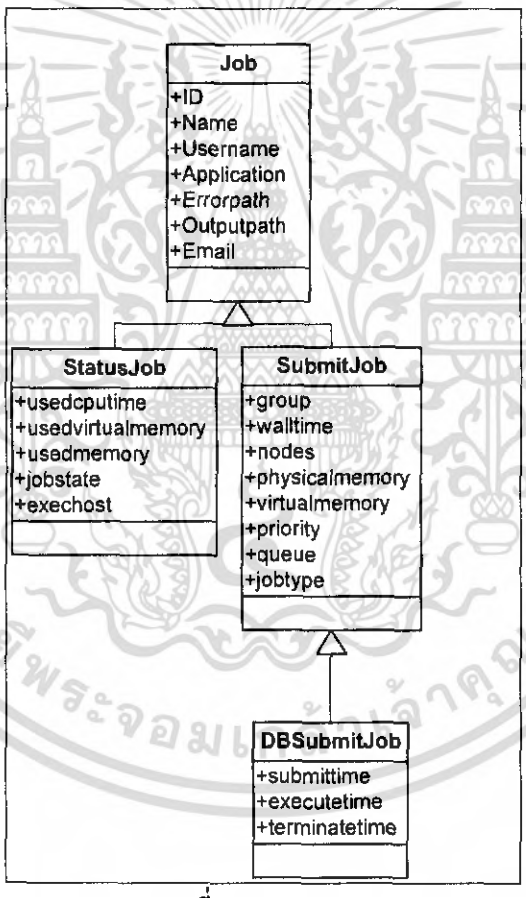
ภาพที่ 5.8 คลาสติดต่อกับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งว่าค่าปรับแต่งระบบใดอยู่ในฐานข้อมูล หรือเก็บอยู่ในไฟล์ ใช้เกณฑ์ในการเก็บ คือ หากค่าปรับแต่งนั้น สามารถปรับได้ตลอดระยะเวลาที่มีการใช้ในระบบนั้น จะมีการเก็บในฐานข้อมูล แต่หากค่าปรับแต่งระบบเป็นของตายตัวของแต่ละระบบ หรือมีโอกาสปรับเปลี่ยนน้อยหรือไม่มีเลย จะเก็บค่าปรับแต่งไว้ในไฟล์ โดยการอ่านค่าปรับแต่งระบบ จะใช้ฟังก์ชั่นในการอ่านค่าปรับแต่ง (readConfig)

5.4.4 คลาสงาน

งานทุกงานที่มีการส่งเข้าสู่ระบบมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ภายหลังจากงานส่งเข้าสู่ระบบเรียบร้อย จะมีการเก็บรายละเอียดลงฐานข้อมูล รายละเอียดของงาน ของผู้ใช้ที่ต้องเขียนรายละเอียด เพื่อส่งงาน กับ รายละเอียดของงาน เมื่อมีการตรวจสอบสถานะงานจากระบบจัดการงาน นั้นมีค่าที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 5.11 คลาสงาน

5.5 แผนผังการทำงาน

แผงผังการทำงานจะแสดงรายละเอียดขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5.1 โปรแกรมส่งงานเข้าสู่ระบบแถวคอย

โปรแกรมส่งงานเข้าสู่ระบบแถวคอย รับพารามิเตอร์เป็น สคริปต์งาน ซึ่งเก็บรายละเอียดเกี่ยวกับงาน ได้แก่ ชื่องาน ลักษณะของงาน จำนวนหน่วยประมวลผลที่ต้องการ อีเมล์ของผู้ใช้ ขนาดของหน่วยความจำ ที่อยู่ของโปรแกรม การกำหนดช่วงระยะเวลาที่อนุญาตให้งานทำงาน โดยศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในหัวข้อ 6.2

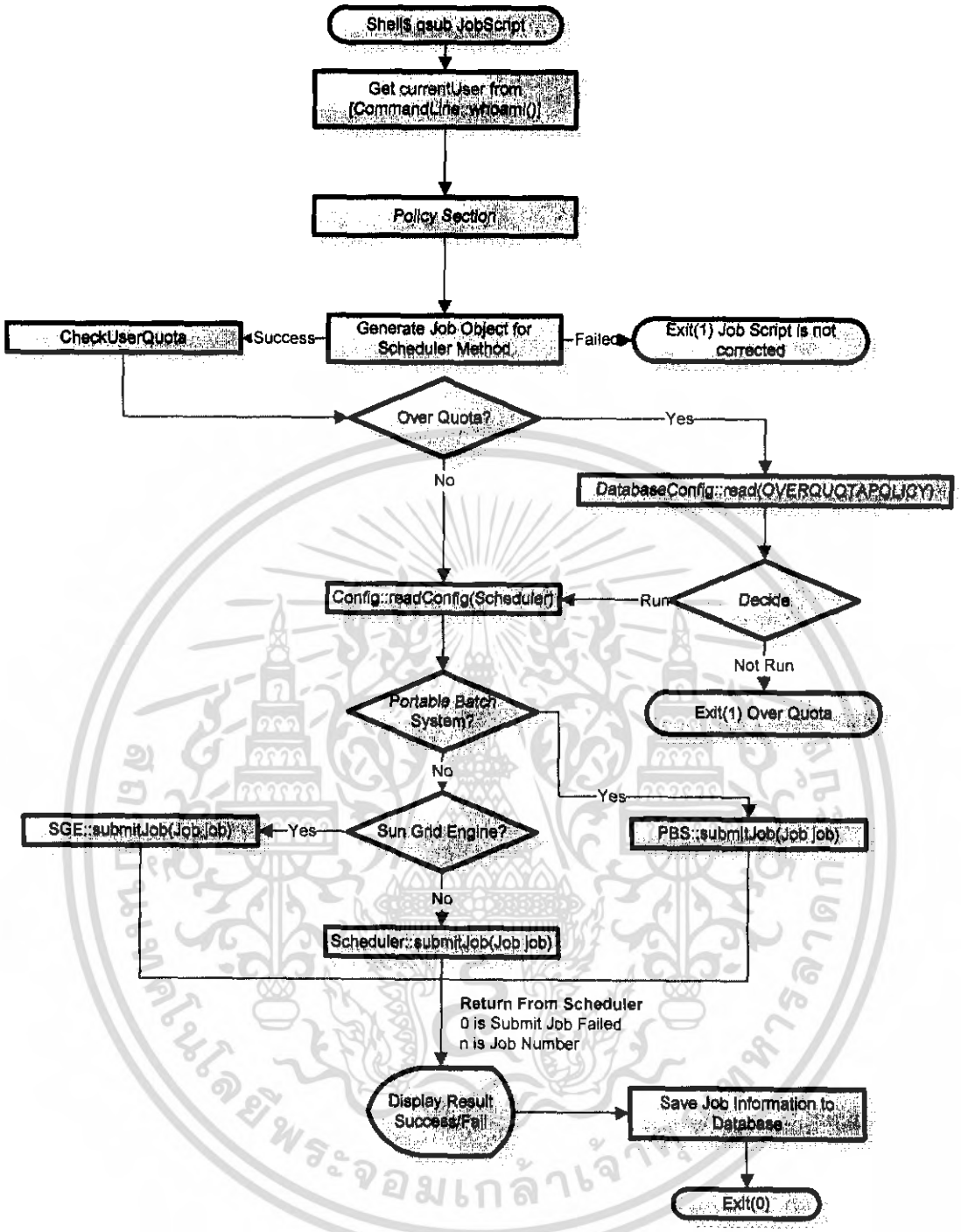
เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน จะทำการตรวจสอบสิทธิการใช้งานคำสั่ง โดยดูค่าจากตาราง Users ของโครงงาน [3] หากผู้ใช้ไม่อยู่ในตาราง ซึ่งส่งผลให้โปรแกรมไม่สามารถตรวจสอบสิทธิ์การใช้งานของผู้ใช้ รวมถึงการควบคุมการใช้ทรัพยากร โดยความเป็นไปได้คือ มีการสร้างรายชื่อผู้ใช้เข้าสู่ระบบการใช้ทรัพยากรโดยตรงโดยไม่ผ่านโครงงาน [3] ดังนั้น โปรแกรมจะตรวจสอบนโยบาย ผู้ดูแลระบบสามารถกำหนดสิทธิความเป็นไปได้ของผู้ใช้ได้ สองสถานะ คือสามารถเข้าใช้ระบบได้โดยไม่มีการควบคุมการใช้ทรัพยากร หรือ ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ส่งงานเข้าสู่ระบบ ซึ่งจะออกจากโปรแกรมทันที โดยแจ้งสถานะให้ผู้ใช้ทราบว่าผู้ใช้ไม่มีสิทธิในการส่งงานเข้าสู่ระบบ

หากผู้ใช้มีสิทธิในการส่งงาน โปรแกรมจะตรวจสอบตารางโควต้าผู้ใช้ หาโควต้าที่ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ ซึ่งหากไม่มีการกำหนด สามารถกำหนดสถานะของผู้ใช้ได้สองรูปแบบคือ เข้าใช้ระบบโดยไม่มีการควบคุมการใช้ทรัพยากร หรือ ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ส่งงานเข้าสู่ระบบ

เมื่อผ่านการตรวจสอบสิทธิทั้งสิทธิการใช้งานและโควต้าของผู้ใช้ โปรแกรมจะเริ่มตรวจสอบสคริปต์ไฟล์ว่ามีการอ้างถึงอย่างถูกต้องหรือไม่ และทำการโหลดข้อมูลจากสคริปต์งานแปลงเป็นตัวแปร และส่งต่อให้ระบบจัดการงานทำงานต่อ ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นหมายเลขงานที่มีการส่ง หรือ "0" ซึ่งแสดงว่า การส่งงานไม่สำเร็จ แจ้งให้ผู้ใช้ทราบต่อไป

หากการส่งงานสำเร็จ สคริปต์ของระบบจัดการงานที่มีการสร้างขึ้น จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบชื่อไฟล์ จาก เวลา.ผู้ใช้.ระบบจัดการงาน (1142147712.root.pbs) เป็น หมายเลขงาน.ผู้ใช้.ระบบจัดการงาน (11.root.pbs) และบันทึกรายละเอียดของงานลงฐานข้อมูล

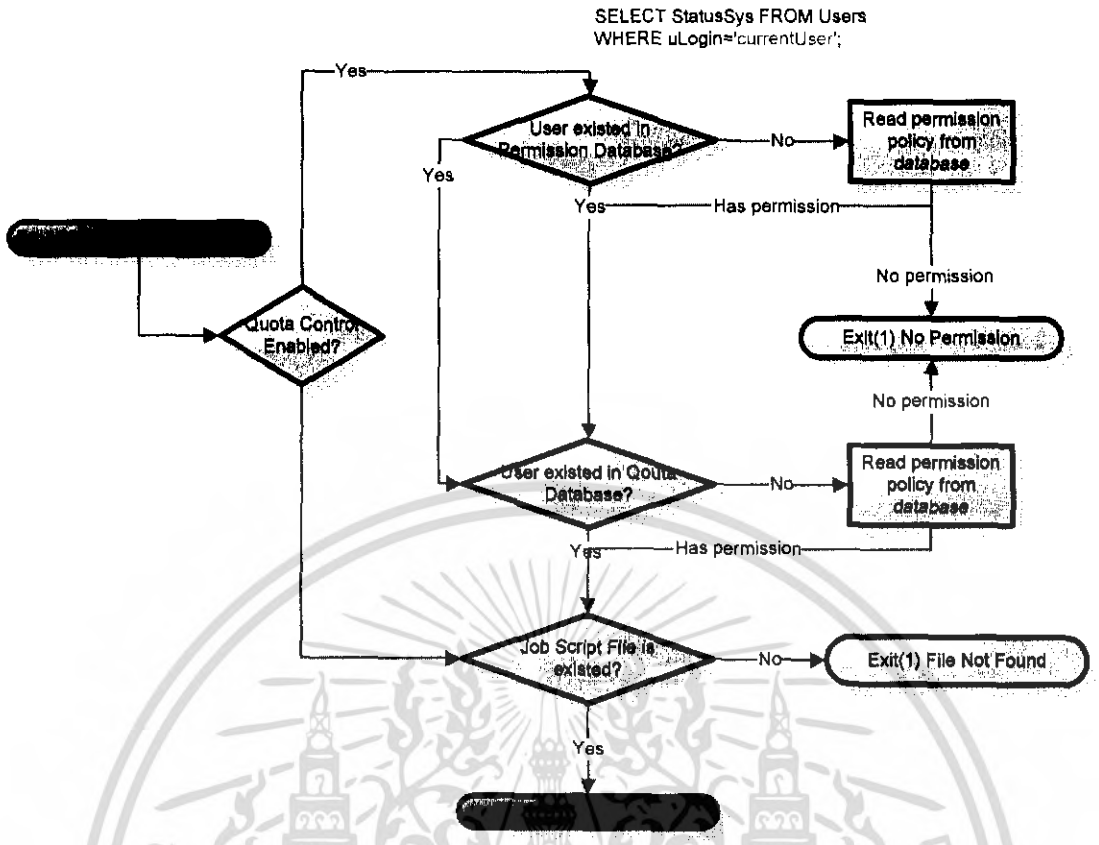
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.12 แผนผังการทำงานเมื่อส่งงานเข้าสู่ระบบ

ภาพที่ 5.13 แสดงถึงงานของผู้ใช้เกินโควต้า จะทำการตรวจสอบค่าปรับแต่งคุณสมบัติของโปรแกรม ว่าต้องการให้โปรแกรมจัดการกับงานอย่างไร เช่น ไม่อนุญาตให้งานที่เกินโควต้าเข้าทำงาน โดยให้แจ้งผู้ใช้ทันทีว่าไม่สามารถส่งงานได้ หรือ กรณีมีเครื่องว่างอยู่ในระบบ อนุญาตให้งานนั้นสามารถทำงานได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

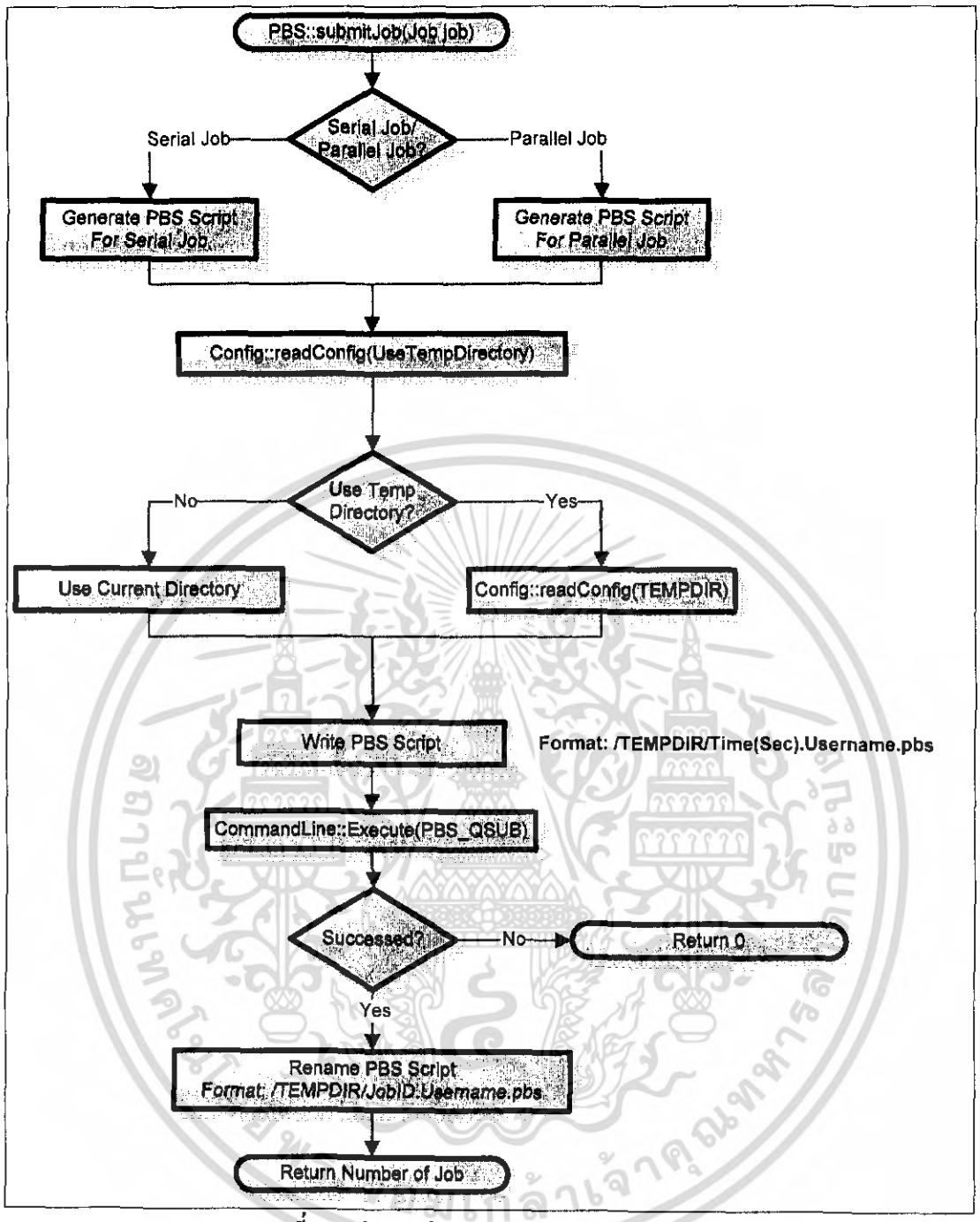


ภาพที่ 5.13 แผนผังการตรวจสอบสิทธิผู้ใช้และงาน

5.5.1.1 โมดูลส่งงานของระบบจัดการงานพีบีเอส

โมดูลส่งงานของพีบีเอส รับพารามิเตอร์เป็นวัตถุงาน มาจากโปรแกรมส่งงานหลัก นำมาสร้างเป็น พีบีเอสสคริปต์สำหรับส่งงานต่อให้ระบบจัดการงานพีบีเอสทำงานต่อ โดย การสร้างพีบีเอสสคริปต์ จะนำข้อมูลจากวัตถุงาน ซึ่งได้จากผู้ใช้ มาประมวลผล โดยงานซีเรียล กับพาราเรียล จะส่งข้อมูลแตกต่างกันคือ งานซีเรียล จะเรียกใช้แอพลิเคชั่นที่ผู้ใช้ต้องการโดยตรง งานพาราเรียล จะเรียกผ่าน Message Passing Interface (MPI) หลังจากสร้างสคริปต์พีบีเอสเรียบร้อย จะเรียกคำสั่งของระบบจัดการพีบีเอสเพื่อส่งงาน และส่งสถานะการทำงานของโปรแกรมกลับไปยังโปรแกรมหลักต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



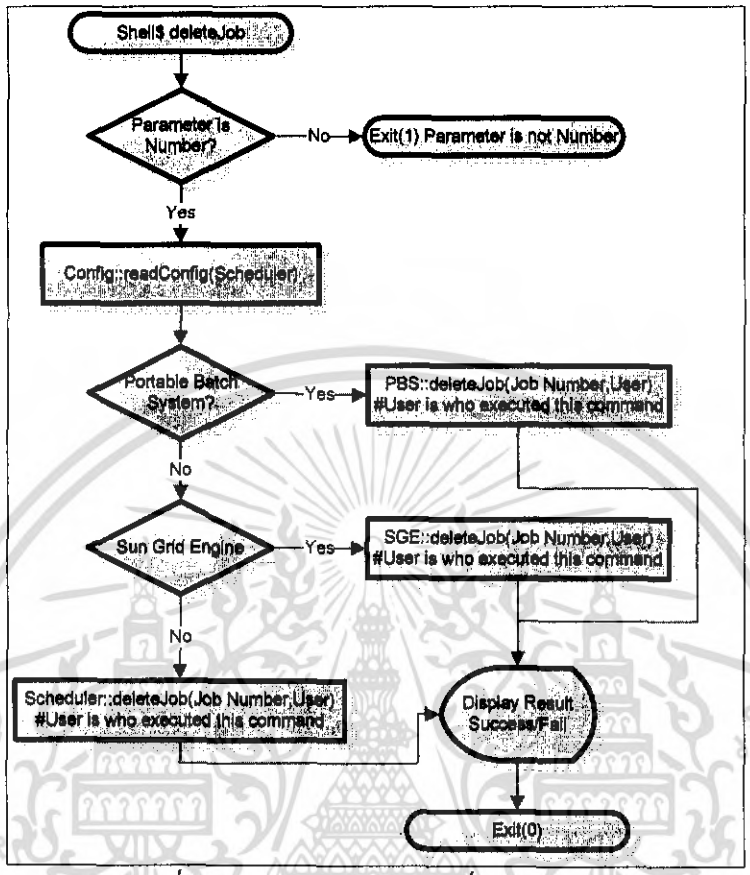
ภาพที่ 5.14 โมดูลส่งงาน ระบบจัดการงานพีบีเอส

5.5.2 โปรแกรมลบงานในระบบแถวคอย

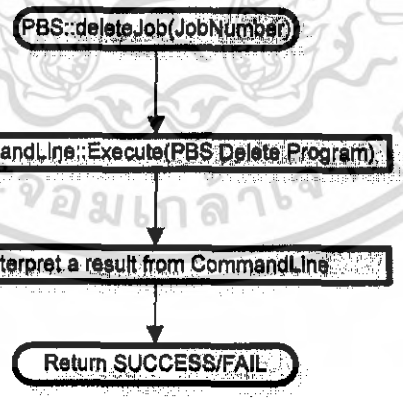
โปรแกรมลบงานในระบบแถวคอย ใช้สำหรับผู้ใช้ที่ต้องการลบงานของตนออก เริ่มต้นเมื่อผู้ใช้เรียกโปรแกรมขึ้นทำงาน ผู้ใช้จะต้องกำหนดหมายเลขงานที่ผู้ใช้ต้องการลบ โดยโปรแกรมจะตรวจสอบพารามิเตอร์ที่รับจากคอมมานไลน์ให้เป็นรูปแบบหมายเลขเท่านั้น หากพารามิเตอร์ที่รับ ไม่เป็นหมายเลข จะออกจากโปรแกรมทันที หลังจากนั้น โปรแกรมจะเรียกระบบจัดการงานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถูกกำหนดในไฟล์ปรับแต่งระบบ (Configuration) ขึ้นมา โดยส่งพารามิเตอร์เป็นหมายเลขงานที่ต้องการลบ และแจ้งผลกลับไปยังผู้ใช้ว่าลบงานสำเร็จหรือไม่ต่อไป



ภาพที่ 5.15 แผนผังการทำงานเมื่อมีการลบงาน



ภาพที่ 5.16 โมดูลลบงานของพีบีเอส

โมดูลลบงานของซันกริดเอ็นจิ้น และโมดูลลบงานของพีบีเอส มีหลักการทำงานคล้ายกัน แต่มีข้อแตกต่าง ส่วนการทำงานที่ติดต่อกับซอฟแวร์จัดการงาน เช่น การส่งคำสั่งไปยังพีบีเอส หรือ ซันกริดเอ็นจิ้น เพื่อลบงาน หรือ เพื่อตรวจสอบสถานะงาน และการตีความผลการลบ ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จากพีบีเอส หรือซันกริดเอ็นจิ้น นอกเหนือจากที่กล่าวมา วิธีการดำเนินการของโมดูลเหมือนกัน กล่าวคือ ตรวจสอบ ลบ และ ส่งผลลัพธ์กลับไปยังโปรแกรมหลัก

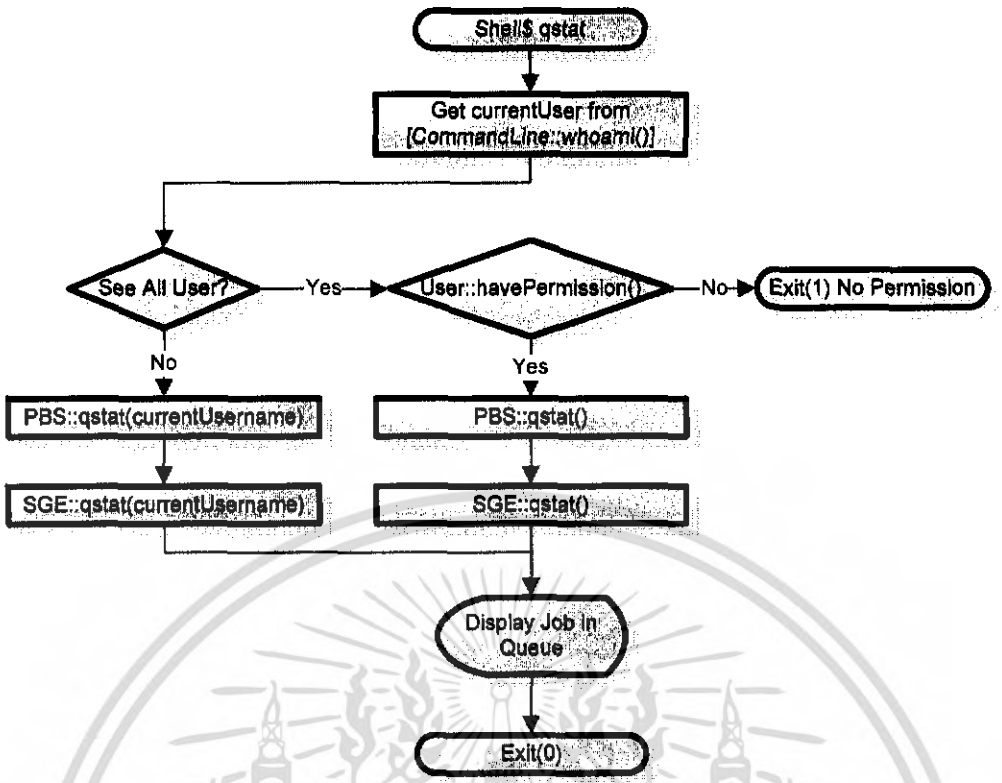
5.5.3 โปรแกรมแสดงสถานะงานในระบบแถวคอย

โปรแกรมแสดงสถานะงานในระบบแถวคอย เป็นโปรแกรมสำหรับผู้ใช้ตรวจสอบสถานะงานในระบบแถวคอย หรือทำงานอยู่ในระบบ การทำงานของโปรแกรม ผู้ใช้พิมพ์คำสั่งแสดงสถานะของงาน และพารามิเตอร์ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบพารามิเตอร์ กรณีพารามิเตอร์มีการใช้คำสั่งพิเศษสำหรับผู้ดูแลระบบ ผู้ใช้จะถูกตรวจสอบว่ามีสิทธิเป็นผู้ดูแลระบบหรือไม่ หากไม่มี จะออกจากโปรแกรม และแสดงข้อความส่งกลับผู้ใช้ว่าผู้ใช้ต้องมีสิทธิเป็นผู้ดูแลระบบ

เมื่อมีการตรวจสอบสิทธิการใช้งาน โปรแกรมจะเรียกใช้โมดูลในการตรวจสอบสถานะงานจากโปรแกรมจัดการงานพีบีเอสและซันกริดเอ็นจิ้น ทั้งคู่ และทำการจัดรูปแบบการแสดงผลทางจอภาพ จากข้อมูลที่ได้รับจากโปรแกรมจัดการงานพีบีเอสและซันกริดเอ็นจิ้น

ในการตรวจสอบสถานะของงานจะเรียกใช้โปรแกรมจัดการงานทั้งพีบีเอสและซันกริดเอ็นจิ้น เพราะงานของผู้ใช้ อาจะอยู่ในระบบจัดการงานทั้งสอง ไม่ได้อยู่ในระบบจัดการงานเพียงตัวใดตัวหนึ่ง เนื่องจาก หากมีการพัฒนาโปรแกรมต่อ จะทำให้ใช้ระบบจัดการงานทั้งพีบีเอสและซันกริดเอ็นจิ้น ได้พร้อมกัน โดยไม่จำเป็นต้องให้ผู้ดูแลระบบเลือกเพียงระบบใดระบบหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

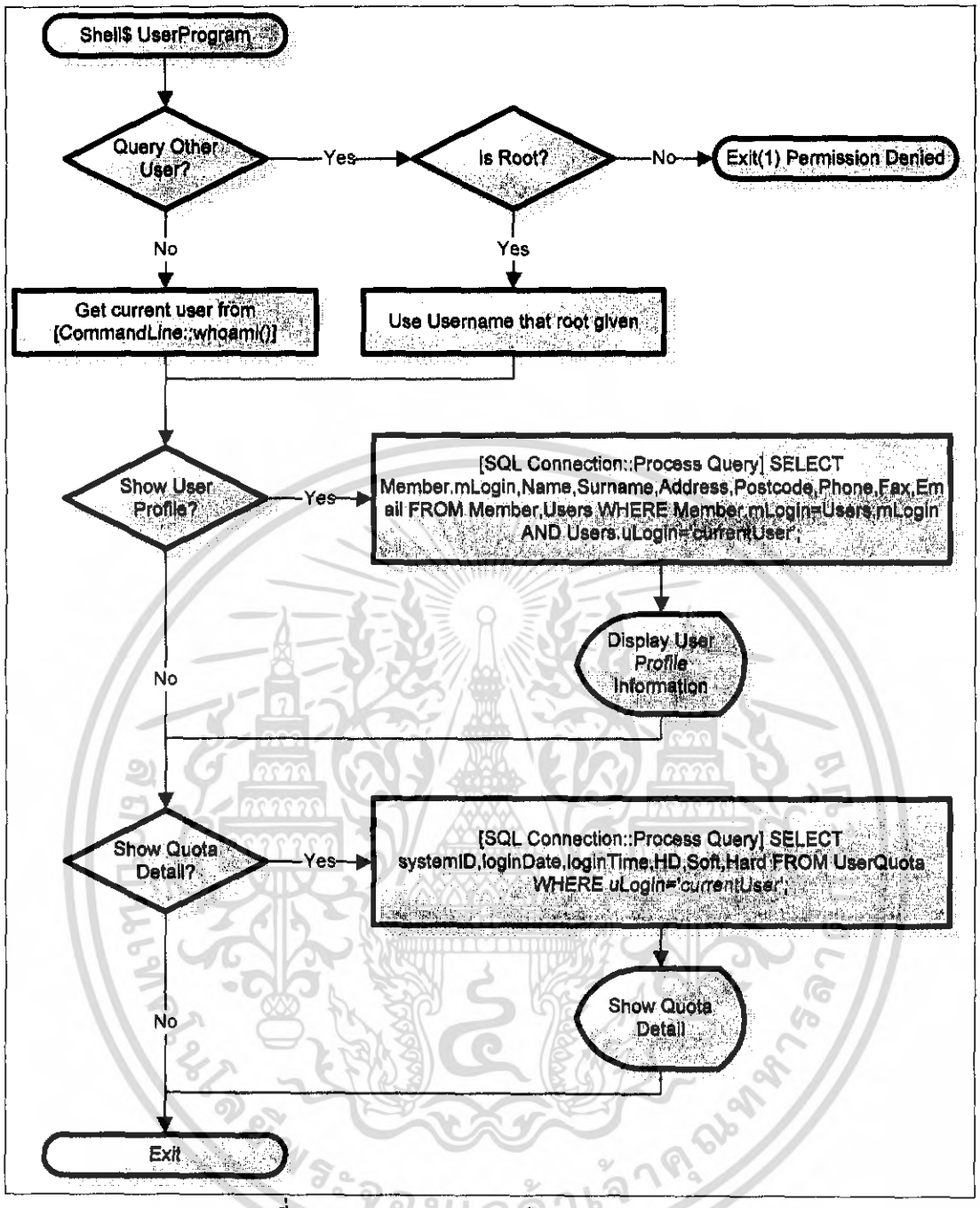


ภาพที่ 5.17 แผนผังการทำงานโปรแกรมตรวจสอบสถานะงาน

5.5.4 โปรแกรมแสดงประวัติของผู้ใช้

โปรแกรมแสดงประวัติของผู้ใช้ มีหน้าที่หลักคือการแสดงผลข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เชื่อมต่อกับโครงงาน [3] เช่น ประวัติของผู้ใช้ สิทธิการใช้งานระบบสูงสุด โดยโปรแกรมกำหนดสิทธิพิเศษให้ผู้ดูแลระบบสามารถขอแสดงรายการประวัติผู้ใช้ในระบบได้ทั้งหมด ในขณะที่ผู้ใช้จะสามารถขอดูประวัติได้เฉพาะของผู้ใช้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.18 แผนผังการทำงานโมดูลแสดงประวัติผู้ใช้

เริ่มต้นเมื่อผู้ใช้สั่งรันโปรแกรมแสดงประวัติของผู้ใช้ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบพารามิเตอร์ที่ได้รับ ถ้าพารามิเตอร์มีการกำหนดไม่ถูกต้อง โปรแกรมจะแสดงผลวิธีการใช้งานโปรแกรมแสดงประวัติของผู้ใช้ แต่หากพารามิเตอร์กำหนดถูกต้องแล้ว จะทำการตรวจสอบ ว่าผู้ใช้เป็นผู้ดูแลระบบหรือไม่ (กรณีผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลส่วนตัวของบุคคลอื่น) จากนั้นจะทำการแสดงผลตามพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้กำหนด หรือ หากผู้ใช้ไม่มีการกำหนดพารามิเตอร์ โปรแกรมจะแสดงผลข้อมูลทั้งหมด โดยข้อมูลส่วนหนึ่งดึงข้อมูลมาจากฐานข้อมูล และข้อมูลอีกส่วนหนึ่ง จากไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบลีนุกซ์ เช่น ไฟล์ groups (กลุ่มของผู้ใช้) passwd (โฮมไดเรกทอรี่ของผู้ใช้และประเภทของเชลล์)

ในกรณีที่ฐานข้อมูลหรือไฟล์ที่เกี่ยวข้อง ไม่สามารถอ่านค่าของผู้ใช้ออกมาได้ จะแสดงรายละเอียดไม่สามารถอ่านข้อมูลออกมาได้ แต่โปรแกรมจะทำการตรวจสอบ ฐานข้อมูลและไฟล์ที่เกี่ยวข้องอื่นๆต่อไป ไม่มีการหยุดทำงาน เนื่องจาก รายละเอียดของผู้ใช้ อาจไม่มีการสร้างเก็บไว้ในตารางหนึ่ง แต่รายละเอียดอื่นของผู้ใช้อาจมีเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การนำไปใช้งาน

6.1 บทนำ

ในบทนี้ จะกล่าวถึงการนำโปรแกรมต้นแบบไปใช้งาน โดยเนื้อหาแบ่งออกเป็น การสร้างสคริปต์งาน เพื่อส่งงานเข้าสู่ระบบ การส่งงานเข้าสู่ระบบ การตรวจสอบสถานะของงาน และการลบงานในระบบ

6.2 การสร้างสคริปต์งาน

ในระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ เปิดโอกาสให้ผู้ดูแลระบบสามารถเลือกระบบจัดการงานได้สองชนิดคือ พีบีเอส และ ซันกริดเอ็นจิ้น โดยที่เป้าหมายในการใช้งาน คือ ผู้ใช้ ไม่จำเป็นที่จะต้องเรียนรู้การใช้งานของทั้งสองระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนระบบจัดการงานไปใช้อีกตัวหนึ่ง ผู้ใช้สามารถใช้งานได้เหมือนเดิม ดังนั้น ระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ จึงมีการสร้างสคริปต์งานขึ้นมา โดยระบบทำหน้าที่แปล และตีความสคริปต์งานที่ผู้ใช้เขียนเป็นสคริปต์งานของแต่ระบบจัดการงาน ซึ่งทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นที่จะต้องเรียนรู้การเขียนสคริปต์งาน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระบบจัดการงาน ผู้ใช้เรียนรู้เพียงการเขียนสคริปต์สำหรับระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์เพียงเท่านี้

การเขียนสคริปต์ระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ ใช้หลักการเขียน ชื่อแอตทริบิวต์=ค่า กำหนดได้โดยการเขียนลงไฟล์ ก่อนส่งสคริปต์งานไปยังโปรแกรมส่งงาน ซึ่งจะนำสคริปต์นี้ตีความเป็นสคริปต์ของระบบจัดการงานอื่นต่อไป

ชื่อแอตทริบิวต์	รายละเอียด
Name	ชื่อของงาน / เมื่อนำเข้าสู่ระบบจัดการงาน จะเปลี่ยนแปลงชื่อเป็น Format: Username.Name
Application	ไฟล์โปรแกรมของงาน
Walltime	เวลาการใช้งานหน่วยประมวลผลสูงสุด โดยคิดจากเวลาที่ใช้งานหน่วยประมวลผลจริง Format: HH:MM:SS (Hours:Minute:Second)
PhysicalMemory	ขนาดหน่วยความจำสูงสุดที่งานสามารถใช้ได้
VirtualMemory	ขนาดเวอร์ชวลเมมโมรี่สูงสุดที่งานสามารถใช้ได้
OutputFile	เก็บ Standard Output จากโปรแกรมของงาน ให้เก็บไว้ที่ไฟล์ OutputFile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อแอตทริบิวต์	รายละเอียด
ErrorFile	เก็บ Error จากโปรแกรมของงาน ที่แสดงออกมาทาง Standard Output เมื่อโปรแกรมสิ้นสุดการทำงาน ที่ไฟล์ ErrorFile
Email	อีเมล์ของผู้ใช้ ใช้ในการแจ้งความคืบหน้าของงาน เช่นเมื่องานออกจากระบบแถวคอย หรือ เมื่องานเปลี่ยนสถานะได้รับสิทธิเข้าทำงานในระบบ

ตารางที่ 6.1 ตารางการเขียนสคริปต์งาน

ตัวอย่างสคริปต์ไฟล์

Filename: Artificial_Job.rcs

Name=AI_ExpertSystem_T1

Walltime=24:00:00

PhysicalMemory=200

VirtualMemory=200

6.3 การส่งงาน

การส่งงาน จะต้องสร้างสคริปต์งาน แล้วใช้คำสั่งส่งงาน ตามด้วยพารามิเตอร์สคริปต์งานที่มีการสร้างขึ้น โปรแกรมจะทำการตรวจสอบนโยบาย และแสดงผล ผลของการส่งงานออกมาทางจอภาพ ดังภาพที่ 6.1 การส่งงาน โดยที่มีการกำหนดนโยบาย ไม่ต้องการควบคุมการทำงาน เช่น ในสถานะปกติที่ระบบว่างอยู่ตลอดเวลา ผู้ดูแลระบบอาจไม่ต้องการให้มีการเช็คนโยบายแต่อย่างใด ให้โปรแกรมทำการส่งต่องานไปยังระบบจัดการงานได้เลย โดยไม่จำเป็นต้องตรวจสอบนโยบายและโควต้าการใช้งานของผู้ใช้

เช่นเดียวกับกรณี ภาพที่ 6.2 เมื่อส่งงานแล้วมีการใช้โควต้าเกิน แต่ผู้ดูแลระบบอนุญาตให้ใช้งานได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้งาน ขณะที่ระบบมีสถานะว่าง ผู้ดูแลระบบสามารถเปิดสิทธิให้ผู้ใช้สามารถส่งงานเข้าสู่ระบบได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงโควต้าที่ผู้ใช้ได้รับ ซึ่งหากทรัพยากรที่ผู้ใช้ร้องขอ มีปริมาณสูงกว่าโควต้าที่ผู้ใช้ได้รับ ระบบจะแจ้งเตือนเท่านั้น แต่ไม่ตัดสิทธิการใช้งานของผู้ใช้

ผู้ใช้ สามารถเป็นผู้ใช้ภายในองค์กร ซึ่งอาจไม่ต้องการระบบนโยบายเข้ามาควบคุม ดังนั้น ผู้ใช้ภายในองค์กร อาจไม่มีการเก็บรายละเอียดอยู่ภายในโครงงาน [3] แต่มีบัญชีสำหรับเข้าใช้ทรัพยากร ดังภาพที่ 6.3 การส่งงานที่ ผู้ใช้มีอยู่ในฐานข้อมูล แต่ไม่มีระเบียนควบคุมโควต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งนี้ ผู้ใช้ที่ไม่ได้รับสิทธิ หรือนโยบายไม่เปิดให้ผู้ใช้ที่ไม่มีรายชื่อในฐานข้อมูล เข้าใช้ทรัพยากรได้ จะแสดงข้อความว่าไม่สามารถส่งงานเข้าสู่ระบบได้ ดังภาพที่ 6.4 กรณีที่ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ที่มีในฐานข้อมูล ไม่สามารถส่งงานได้

```
[jomyut@bokie book]$ /home2/RCS/submitJob/submitJob GeneticAnalyser
qsub: Submit job with no policy control
qsub: Submit job with no quota control
qsub: Job number 120 has been submited
[jomyut@bokie book]$
```

ภาพที่ 6.1 การส่งงาน โดยที่มีการกำหนดนโยบาย ไม่ต้องการควบคุมการทำงาน

```
[c00c00x@bokie book]$ /home2/RCS/submitJob/submitJob GeneticAnalyser
qsub: Your job request resource [CPU] over quota
Your CPU Quota: 0.636018minutes
Your Time: 100000minutes
Time = walltime(minutes) x number of cpu request
qsub: Job number 121 has been submited
[c00c00x@bokie book]$
```

ภาพที่ 6.2 เมื่อส่งงานแล้วมีการใช้โควต้าเกิน แต่ผู้ดูแลระบบอนุญาตให้ใช้งานได้

```
[sornthep@bokie book]$ /home2/RCS/submitJob/submitJob GeneticAnalyser
qsub: Submit job with no quota control
qsub: Job number 122 has been submited
[sornthep@bokie book]$
```

ภาพที่ 6.3 การส่งงานที่ ผู้ใช้มีอยู่ในฐานข้อมูล แต่ไม่มีระเบียนควบคุมโควต้า

```
[sornthep@bokie book]$ /home2/RCS/submitJob/submitJob Abinit
qsub: Your account not have permission

Please Contact Administrator
qsub: No quota specific in Database

[sornthep@bokie book]$
```

ภาพที่ 6.4 กรณีที่ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ที่มีในฐานข้อมูล ไม่สามารถส่งงานได้

6.4 การลบงาน

การลบงาน จะมีการตรวจสอบสิทธิของผู้ใช้ว่าสามารถลบงานได้หรือไม่ โดยระบบจัดการงาน ผู้ใช้สามารถลบงานได้โดยใช้คำสั่ง deleteJob ตามด้วยหมายเลขงาน ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากคำสั่งตรวจสอบสถานะของงาน

หากผู้ใช้มีสิทธิในการลบงานดังกล่าว จะแสดงผลลัพธ์ดังภาพที่ 6.5 ลบงานสำเร็จ แต่หากการลบงานพบข้อผิดพลาด จะแสดงผลลัพธ์การใช้คำสั่งลบงานดังภาพที่ 6.6 ลบงานไม่สำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
[jomyut@bokie book]$ /home2/RCS/deleteJob/deleteJob 119
Job has been delete successful
[jomyut@bokie book]$
```

ภาพที่ 6.5 ลบงานสำเร็จ

```
[root@bokie book]# /home2/RCS/deleteJob/deleteJob 117
qdel: Unknown Job Id 117.bokie.cluster.jomyut.net
Cannot remove a Job from Queue
[root@bokie book]#
```

ภาพที่ 6.6 ลบงานไม่สำเร็จ

6.5 การตรวจสอบสถานะงาน

สถานะของงานสามารถตรวจสอบได้จากคำสั่ง qstat โดยจะแสดงหมายเลขงาน ชื่องาน และสถานะของงาน และกรณีที่งานอยู่ในสถานะทำงาน จะแสดงเวลาที่มีการใช้ไปแล้วในระบบ

```
[jomyut@bokie book]$ /home2/RCS/qstat/qstat
    Number                                    Name       State  Used walltime
-------------------------------------------------------------------------------
       104                          jomyut.Abinit           R       01:48:18
       105                 sornthep.GenericAnalyser         R       01:48:44
       106                    c00c00x.MachineLearning       R       01:47:17
       107                      admin.GenericAnalyser       R       01:47:22
[jomyut@bokie book]$
```

ภาพที่ 6.7 การแสดงสถานะงานในระบบแถวคอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการศึกษา

โครงงานปัญหาพิเศษ เน้นไปที่การศึกษาซอฟแวร์ที่มีอยู่เดิม ได้แก่ ระบบจัดการงาน พีบีเอส และซันกริดเอ็นจิ้น พบว่า ซอฟแวร์ทั้งสองมีระบบการจัดการแถวคอย ที่อนุญาตให้ควบคุมการใช้งานทรัพยากรได้ สามารถแบ่งแถวคอยได้ไม่จำกัด แต่ทั้งนี้ จากขอบเขตการศึกษาที่เน้นให้สามารถใช้งานร่วมกับโครงงาน [3] ดังนั้น โปรแกรมต้นแบบที่พัฒนาขึ้น จึงพยายามใช้ระบบจัดการงานที่มีอยู่เดิมร่วมกับโครงงาน [3] โดยโปรแกรมต้นแบบที่มีการพัฒนาขึ้น สามารถควบคุมระบบได้อย่างจำกัด ภายใต้ขอบเขตการทำงานร่วมกับโครงงาน [3] ดังนี้

- ส่งงานแบบซีเรียลและแบบขนาน (Serial and Parallel program)
- ควบคุมการใช้งานหน่วยประมวลผลของผู้ใช้ จากผลการตรวจสอบการใช้งานหน่วยประมวลผลจากโครงงาน [3]
- สามารถกำหนดสิทธิให้ผู้ที่มีรายชื่อในระบบฐานข้อมูล ให้สามารถ/ไม่สามารถส่งงาน
- สามารถกำหนดสิทธิให้ผู้ที่มีรายชื่อในระบบฐานข้อมูล แต่ไม่มีรายชื่อในตารางกำหนดโควต้า ให้ใช้ทรัพยากรอย่างไม่จำกัด หรือไม่มีสิทธิใช้งานระบบ
- ตรวจสอบสถานะของงานจากระบบจัดการงานพีบีเอสและซันกริดเอ็นจิ้น
- ลบงานที่อยู่ในระบบแถวคอย และลบงานที่อยู่ระหว่างการประมวลผล
- สคริปต์ไฟล์ที่สร้างขึ้นมีการเก็บเพื่อใช้ในการตรวจสอบจากผู้ดูแลระบบในภายหลัง
- ตารางบันทึกรายละเอียดของงานของผู้ใช้

7.2 ข้อเสนอแนะ

ระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ระบบคลัสเตอร์ที่เป็นคลัสเตอร์สาธารณะที่เปิดโอกาสให้บุคคลจากภายนอกสามารถเข้ามาใช้งานได้ ผู้ใช้แต่ละคนมีความถนัดที่หลากหลาย ระบบควบคุมและจัดการทรัพยากรบนระบบคลัสเตอร์ช่วยให้ผู้ใช้ไม่ต้องเรียนรู้ระบบมากนัก รวมถึงผู้ดูแลระบบสามารถควบคุมสิทธิของผู้ใช้ที่สามารถใช้งานระบบคลัสเตอร์ได้ ดังนั้นระบบนี้ จึงจะถูกนำไปพัฒนาเพิ่มเติมและนำไปปฏิบัติงานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ เพื่อใช้ในการแสดงข้อมูลของผู้ใช้ที่เชื่อมกับระบบบริการทรัพยากรการคำนวณของหน่วยปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง [3] โดยทั้งนี้ ระบบไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้บนระบบคลัสเตอร์ที่มีกลุ่มผู้ใช้ที่มีความสามารถในการใช้ระบบจัดการงานเหมือนกัน และไม่ได้เป็นระบบสาธารณะที่เปิดโอกาสให้บุคคลภายนอกใช้งาน

7.3 ปัญหาและการนำไปพัฒนา

การพัฒนาโปรแกรมต้นแบบมีปัญหาและอุปสรรคในเรื่องของสถานที่ อุปกรณ์ และคณะผู้จัดทำ ไม่มีความชำนาญในใช้งานระบบคลัสเตอร์และระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ การศึกษาและทำความเข้าใจระบบใช้ระยะเวลานาน และการพัฒนาโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์ ซึ่งถือเป็นอุปสรรคสำคัญในการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบ

โปรแกรมต้นแบบที่พัฒนาขึ้น ควรนำไปพัฒนาเพิ่มก่อนนำไปใช้งานจริง โดยโปรแกรมต้นแบบยังขาดคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- การสร้างบัญชีรายชื่อผู้ใช้ และจัดการโควต้าหน่วยความจำสำรอง หรือการเตรียมพื้นที่ เมื่อมีการเพิ่มรายชื่อบัญชีผู้ใช้ในโครงงาน [3] รวมถึง การลบบัญชีรายชื่อผู้ใช้ เมื่อลบรายชื่อผู้ใช้ในโครงงาน [3]
- ระบบรับ/ส่งงานผู้ใช้ ผ่านเว็บพอทัล
- การเก็บงานของผู้ใช้ในรูปแบบเอกสารมาตรฐาน XML

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] นายวรุณ เกียรติดุริยกุล , รายงานการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมบริหารจัดการงานของผู้ใช้และพัฒนาระบบติดต่อผ่านเว็บ, ฝ่ายวิจัยและพัฒนาสาขาคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. 2548.

[2] ผศ.ดร.ภุชงค์ อุทโยภาศ, สร้างซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ราคาถูกด้วยเทคโนโลยีพีซีคลัสเตอร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
Available: http://hpcnc.cpe.ku.ac.th/static/article/lxcluster.pdf

[3] นางสาววริษฐา นิมิตรวานิช และ นางสาววันทนา อารีประยูรกิจ. "โครงงานระบบบริการทรัพยากรการคำนวณของหน่วยปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสมรรถนะสูง". โครงงานปัญหาพิเศษ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 2546.

[4] ภัทรพงศ์ น้อยเรืองและคณะ, คู่มือการใช้งาน Linux ฉบับ Admin, สำนักพิมพ์ Infopress, 2544

[5] Cluster Resource Inc., Active Business Intelligence through 3rd Generation Grid/Cluster Policy Management and Scheduling, Available: http://www.clusterworld.com/CWCE2004/Dave_Jackson_presentation.pdf. 2005.

[6] Wikipedia, Computer Cluster, Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Computer_cluster

[7] NPACI, *Rocks Cluster Distribution Reference Guide*,
Available: http://www.rocksclusters.org/rocks-documentation/reference-guide/3.2.0/

[8] Abraham Silberschatz et. al. 2003. Operating System Concepts,John Wiley & Sons Sixth Edition, John Weley & Sons INC.

[9] Yung-Chin Fang et. al. 2004. Open Source Utility,Dell Power Sullutoins

[10] National Aeronautics and Space Administration, Available: http://www.nasa.gov/

[11] Portable Batch System, Available : http://www.openpbs.org

[12] POSIX, Available : http://www.knosof.co.uk/posix.html

[13] Sun Grid Engine : http://gridengine.sunsource.net

[14] Sun Microsystems,Inc : http://www.sun.com

[15] Maui High Performance Computing Centre, Available : http://www.mhpcc.edu

[16] Covered Bridge Canyon, Utah, Available : http://www.supercluster.org/maui/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้