บทที่ 5

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน

5.1 ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อการทดสอบ

5.1.1 ระบบที่ใช้ในการพัฒนา

ได้พัฒนางานใน 2 ระบบดังนี้

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ประเภทพีซี เอ็กซ์ที (PC XT) ซึ่งมีความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (Clock frequency) 8 เมกกะเฮิรท์ ระบบซอฟต์แวร์ใช้ระบบจัดการดิสก์ (Disk Operating System) ของพีซีดอสรุ่น 3.2 หน่วยความจำหลัก 640 กิโลไบต์

2. ซุปเปอร์มินิคอมพิวเตอร์ คอนเคอเรนท์ คอมพิวเตอร์ (Concurrent Computer) ทำงานภายใต้ OS/32 Operating System หน่วยความจำหลัก 8 เมกกะไบต์

5.1.2 ข้อมูลที่เปรียบเทียบ

การทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน ของวิธีการเรียงลำดับข้อมูลที่ได้ปรับปรุงใหม่ (Modified Quick Sort) ซึ่งจะเรียกว่า MQS โดยเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมควิกซอร์ต และ ทู-เว พาทิชั่นนิงรูทีน (Two-way Partitioning) การเปรียบเทียบการทำงานทั้งที่เป็น การทำงานที่ไม่ขึ้นกับระบบเครื่องที่ใช้ (Architecture Indepentdent) และ การทำงานที่ขึ้นกับระบบเครื่องที่ใช้ (Architecture Depentdent)

การเปรียบเทียบการทำงานที่ไม่ขึ้นกับระบบเครื่อง ซึ่งค่าข้อมูลรวบรวมจากการใช้งานรูทีนประมวลผลหลายๆ ครั้ง มี

1. จำนวนรอบการแบ่งส่วนข้อมูลที่ใช้ (The Total Number of Recursive Calls)
2. จำนวนการเปรียบเทียบข้อมูลที่ใช้ (The Total Number of Comparisons)
3. จำนวนการเข้าถึงคีย์ข้อมูล (The Total Number of Indirect Access to Keys)
4. จำนวนไบต์ที่เปรียบเทียบทั้งหมด (The Total Number of Bytes Comparisons)
5. จำนวนไบต์ที่มีการเปรียบเทียบเมื่อเปรียบเทียบคีย์ข้อมูล (The Total Number of Compared Bytes in Key Comparisons)
6. จำนวนเนื้อที่หน่วยความจำเพิ่ม

การเปรียบเทียบการทำงานที่ขึ้นกับระบบเครื่อง เปรียบเทียบเวลาที่ใช้ประมวลผลในการเรียงลำดับข้อมูล

การทดสอบกับข้อมูลขนาด 1000 ระเบียน และ 10000 ระเบียน ความยาวของคีย์ข้อมูล 40 ไบต์ ผลการทดสอบในแต่ละตารางเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ

5.1.3 ลักษณะการทำงานของแต่ละรูทีนที่ทำการเปรียบเทียบ

5.1.3.1 ควิกซอร์ต หรือ QS

- ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบคือคีย์ข้อมูล การเข้าถึงคีย์ข้อมูลโดยใช้ตัวชี้ข้อมูล
- การแบ่งส่วนข้อมูลจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน
- การเปรียบเทียบข้อมูลมีการสลับตำแหน่งตัวชี้ที่อยู่ของข้อมูล
- มีการใช้หน่วยความจำเพิ่มที่เป็นสแตค เพื่อเก็บตำแหน่งเริ่มต้นและสุดท้ายที่จะทำงานในรอบต่อไป
- ลักษณะการทำงานเป็นแบบเวียนซ้ำ

5.1.3.2 ทู-เว พาทิชั่นนิง หรือ TWO

- ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบคือค่าโคดเวิร์ดของคีย์ข้อมูล การเข้าถึงค่าโคดเวิร์ดโดยตรง
- การเปรียบเทียบค่าคีย์ข้อมูลเมื่อการเปรียบเทียบค่าโคดเวิร์ดแล้วพบว่าเท่ากัน
- การแบ่งส่วนข้อมูลจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน
- การเปรียบเทียบข้อมูลมีการสลับตำแหน่งตัวชี้ที่อยู่ของข้อมูล
- มีการใช้หน่วยความจำเพิ่มที่เป็นสแตค เพื่อเก็บตำแหน่งเริ่มต้นและสุดท้ายที่จะทำงานในรอบต่อไป
- ลักษณะการทำงานเป็นแบบเวียนซ้ำ

5.1.3.3 MQS

- ข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบคือค่าโคดเวิร์ดของคีย์ข้อมูล การเข้าถึงค่าโคดเวิร์ดโดยตรง
- การเปรียบเทียบค่าคีย์ข้อมูลเมื่อการเปรียบเทียบค่าโคดเวิร์ดแล้วพบว่าเท่ากัน
- การแบ่งส่วนข้อมูลจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน
- การเปรียบเทียบไม่สลับตำแหน่งของข้อมูล ใช้การเชื่อมโยงข้อมูลแทน
- ลักษณะการทำงานเป็นตามรายการเชื่อมโยง

5.2 ผลการทดสอบ

5.2.1 จำนวนรอบการแบ่งส่วนข้อมูลที่ใช้

รูทีนโดย	จำนวนการแบ่งส่วน		% เปรียบเทียบกับ QS	
	1000	10000	1000	10000
QS	664	6669	100%	100%
TWO	664	6669	100%	100%
MQS	554	5524	83.43%	82.83%

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนการแบ่งส่วนข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน

จากผลการทดสอบ ในตารางที่ 5.1 พบว่าจำนวนรอบการแบ่งส่วนข้อมูลของ ควิก-ซอร์ต และ ทู-เว มีจำนวนเท่ากัน เนื่องจากลักษณะการทำางานของควิกซอร์ต และ ทู-เว การแบ่งส่วนข้อมูลในแต่ละรอบจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน เช่นเดียวกัน การกระจายข้อมูลจึงเหมือนกัน ส่วนการทำงานของ MQS การแบ่งส่วนข้อมูลจะแบ่งข้อมูลได้เป็น 4 กลุ่มแทน 2 กลุ่ม หรือตามลักษณะที่ข้อมูลสามารถกระจายกลุ่มได้ ซึ่งจะมีกลุ่มข้อมูลที่ได้มากกว่าหรืออย่างน้อยเท่ากับควิกซอร์ตและทู-เว เมื่อกระจายกลุ่มได้มากกลุ่มขึ้นทำให้ขนาดของแต่ละกลุ่มเล็กลง และกลุ่มข้อมูลเล็กลงได้เร็วขึ้น ทำให้จำนวนรอบที่ใช้ในการแบ่งส่วนลดลง

5.2.2 จำนวนการเปรียบเทียบข้อมูลที่ใช้

จากผลการทดสอบ ในตารางที่ 5.2 ผลการวัดจำนวนการเปรียบเทียบข้อมูลที่ใช้ในการทำงานนั้น ควิกซอร์ตรูทีนใช้การเปรียบเทียบของคีย์ข้อมูล ส่วนในทู-เว และ MQS ใช้การเปรียบเทียบค่าโคดเวิร์ด การทำงานของควิกซอร์ตและทู-เว ซึ่งแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วนเช่นเดียวกัน มีความแตกต่างกันที่ข้อมูลใช้เปรียบเทียบ แต่ทั้งค่าคีย์และค่าโคดเวดให้ผลการเปรียบเทียบเหมือนกัน ผลจำนวนการเปรียบเทียบที่ใช้จึงเท่ากัน ส่วนใน MQS รูทีนนั้นจากการที่กระจายกลุ่มได้มากขึ้นทำให้จำนวนรอบการแบ่งส่วนข้อมูลลดลง และขนาดของกลุ่มเล็กลงด้วย ผลจำนวนการเปรียบเทียบจึงลดลงตาม

ผลการทดสอบจำนวนการเปรียบเทียบของข้อมูลในตารางที่ 5.2 รูทีนทู-เว และ MQS เป็นการเปรียบเทียบของค่าโคดเวิร์ดเท่านั้น

รูทีนโดย	จำนวนการเปรียบเทียบ		% เปรียบเทียบกับ QS	
	1000	10000	1000	10000
QS	11757	164516	100%	100%
TWO	11757	164516	100%	100%
MQS	7189	99846	61.15%	60.69%

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนการเปรียบเทียบข้อมูลที่ใช้ในการทำงาน

5.2.3 <u>จำนวนการเข้าถึงคีย์ข้อมูล</u>

รูทีนโดย	จำนวนการเข้าถึงคีย์		% เปรียบเทียบกับ QS	
	1000	10000	1000	10000
QS	11757	164516	100%	100%
TWO	2736	36436	23.27%	22.15%
MQS	1864	29392	15.34%	17.87%

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนการเข้าถึงคีย์ข้อมูล

จากผลการทดสอบในตารางที่ 5.3 การทำงานของควิกซอร์ตรูทีนใช้การเปรียบเทียบของคีย์ข้อมูล ทำให้การเปรียบเทียบทุกครั้งต้องมีการเข้าถึงคีย์ข้อมูล ส่วนทู-เว และ MQS รูทีนใช้การเปรียบเทียบค่าโคดเวิร์ดแทน ซึ่งการเปรียบเทียบของค่าโคดเวิร์ด สามารถวางตำแหน่งของข้อมูลได้เลย นอกจากการเปรียบเทียบค่าโคดเวิร์ดไม่ให้ความแตกต่างของข้อมูลแล้ว จึงต้องหาค่าโคดเวิร์ดใหม่ จึงต้องเข้าถึงคีย์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าคีย์ข้อมูลต่อจากลำดับที่แตกต่างครั้งก่อน การเข้าถึงคีย์ข้อมูลในทู-เว จึงน้อยกว่าจำนวนเปรียบเทียบข้อมูลของทู-เว และใน MQS

ซึ่งมีการเปรียบเทียบข้อมูลน้อยที่สุดจะมีการเข้าถึงคีย์ข้อมูลน้อยสุดเช่นกัน ในการเปรียบเทียบว่าจำนวนเปอร์เซ็นต์การเข้าถึงคีย์ข้อมูลเมื่อใช้ค่าโคดเวิร์ดเปรียบเทียบดังตารางที่ 5.3.1

รูทีน	1000	10000
TWO	23.27%	22.15%
MQS	25.92%	29.43%

ตารางที่ 5.3.1 แสดงเปอร์เซ็นต์การเข้าถึงคีย์ข้อมูลเมื่อใช้โคดเวิร์ดในการเปรียบเทียบ

5.2.4 <u>จำนวนไบต์ที่เปรียบเทียบทั้งหมด</u>

รูทีนโดย	จำนวนไบต์ที่เปรียบเทียบ		% เปรียบเทียบกับ QS	
	1000	10000	1000	10000
QS	27897	504646	100%	100%
TWO	17460	269353	62.59%	53.38%
MQS	10900	156251	39.07%	30.96%

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนไบต์ที่ใช้เปรียบเทียบทั้งหมด

จากการทดสอบจำนวนการเปรียบเทียบของข้อมูลในตารางที่ 5.2 นั้น ในแต่ละรูทีนข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบแตกต่างกัน ซึ่งแต่ละอย่างนั้นมีการเปรียบเทียบไบต์ของข้อมูลไม่เท่ากัน ดังนั้นผลการทดสอบในตารางที่ 5.4 เพื่อต้องการเปรียบเทียบว่าในการเปรียบเทียบของข้อมูลทั้งหมดนั้น เป็นจำนวนไบต์ที่ใช้เปรียบเทียบทั้งหมดเป็นจำนวนเท่าไร การเปรียบเทียบของควิกซอร์ตใช้คีย์ข้อมูล การเปรียบเทียบคีย์ข้อมูลทั้งหมดเป็นการเปรียบเทียบของไบต์ทั้งหมด 27897 ไบต์ สำหรับข้อมูล 1000 ระเบียน และในการเปรียบเทียบของทู-เว และ MQS นั้นการเปรียบเทียบข้อมูลใช้เปรียบเทียบค่าโคดเวิร์ดซึ่งเป็นค่าของไบต์ที่แตกต่าง จำนวนไบต์ที่ใช้เปรียบเทียบทั้งหมดของรูทีนทู-เว และ MQS เป็น จำนวนการเปรียบเทียบค่าข้อมูลโคดเวิร์ดและจำนวนการเปรียบ

เทียบของไบต์ทั้งหมดในการเปรียบเทียบค่าคีย์เพื่อสร้างค่าโคดเวิร์ดใหม่ ผลที่ได้ การทำงานของ MQS ใช้การเปรียบเทียบไบต์ทั้งหมดมีค่าน้อยที่สุด

5.2.5 จำนวนไบต์ที่มีการเปรียบเทียบเมื่อเปรียบเทียบคีย์ข้อมูล

รูทีนโดย	จำนวนไบต์ที่เปรียบเทียบในการเปรียบเทียบคีย์					
	1 ไบต์		2 ไบต์		3 ไบต์	
	1000	10000	1000	10000	1000	10000
QS	42.86%	33.77%	22.62%	20.35%	15.52%	16.06%
TWO	49.46%	50.00%	18.95%	15.18%	12.36%	10.53%
MQS	62.61%	60.28%	17.31%	16.27%	9.46%	10.46%

ตารางที่ 5.5 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนไบต์ที่มีการเปรียบเทียบเมื่อเปรียบเทียบคีย์ข้อมูล

ผลการทดสอบในตารางที่ 5.5 เพื่อแสดงว่าในการเปรียบเทียบค่าคีย์ข้อมูลที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งต้องเปรียบเทียบไบต์ของข้อมูลจำนวนเท่าไร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์เปรียบเทียบกับการเปรียบเทียบของคีย์ทั้งหมดในแต่ละรูทีน ในการทำงานของควิกซอร์ต การเปรียบเทียบของคีย์ข้อมูลจะเริ่มที่ไบต์แรกสุดเสมอ ส่วนการทำงานของรูทีนทู-เว และ MQS นั้น การเปรียบเทียบของคีย์ข้อมูลทำเมื่อสร้างค่าโคดเวิร์ดใหม่ การเปรียบเทียบข้อมูลเริ่มจากตำแหน่งที่แตกต่างครั้งก่อน แล้วเปรียบเทียบไบต์ลำดับถัดไปเป็นจำนวนเท่าไรจึงพบความแตกต่างลำดับถัดไป ผลการทดสอบในตาราง 5.5 นั้นแสดงเฉพาะการใช้การเปรียบเทียบไบต์จำนวน 1 ไบต์ 2 ไบต์ และ 3 ไบต์ เท่านั้น ผลที่ได้พบว่า รูทีนควิกซอร์ต และ ทู-เว ซึ่งการทำงานเหมือนกันแตกต่างกันที่การใช้ข้อมูลที่เปรียบเทียบกัน รูทีนที่ใช้ค่าโคดเวิร์ดในการเปรียบเทียบคีย์ใช้จำนวนไบต์น้อยกว่าส่วนรูทีน MQS ในการเปรียบเทียบค่าคีย์นั้น 60% เป็นการเปรียบเทียบไบต์ข้อมูลเพียง 1 ไบต์ นั่นคือในการเปรียบเทียบเพียง 1 หรือ 2 ไบต์เท่านั้นก็ทราบความแตกต่าง

5.2.6 จำนวนเนื้อที่หน่วยความจำเพิ่ม

รูทีนโดย	เนื้อที่หน่วยความจำเพิ่ม	
	1000	10000
QS	24	36
TWO	1024	10036
MQS	1000	10000

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนเนื้อที่หน่วยความจำเพิ่ม (หน่วย : จำนวนตัวแปร)

การทำงานของรูทีนควิกซอรต์ และ ทู-เว มีการใช้เนื้อที่หน่วยความจำเพิ่ม เพื่อใช้เก็บค่าตำแหน่งที่อยู่เริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายของข้อมูลที่ได้จากการแบ่งส่วน เพื่อจะนำมาใช้ในรอบต่อไป ผลการทดสอบในตารางที่ 5.6 รูทีนควิกซอร์ตจากการทำงานแบ่งส่วนข้อมูลต้องใช้เนื้อที่สูงสุดสำหรับเก็บค่าตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูลลงในสแตค เป็นจำนวน 12 ชั้น หรือเท่ากับ 24 ค่าอินเด็กซ์ สำหรับจำนวนระเบียบ 1000 ระเบียบ เช่นเดียวกับ รูทีนทู-เว จะใช้เนื้อที่หน่วยความจำเพิ่มขึ้นอีก 24 ค่าอินเด็กซ์ ในการทำงานเรียงลำดับข้อมูลโดยใช้ค่าโคดเวิร์ดซึ่งถูกสร้างจากค่าคีย์ข้อมูล และใช้เป็นตัวแทนของคีย์ข้อมูลในการเปรียบเทียบข้อมูล เพราะฉะนั้นจึงมีการใช้เนื้อที่เพิ่มสำหรับค่าโคดเวิร์ดที่สร้างขึ้นใหม่ เนื้อที่ที่มีการใช้เพิ่มคือ 1 คีย์ต่อ 1 ค่าโคดเวิร์ด ดังนั้นในทู-เวมีการใช้เนื้อที่เพิ่มเท่ากับ 1024 ค่าข้อมูล สำหรับข้อมูล 1000 ระเบียน ส่วนในรูทีนของ MQS นั้นการทำงานจะไม่มีการเก็บค่าข้อมูลอินเด็กซ์ในสแตค แต่ค่าอินเด็กซ์จะเก็บลงในส่วนของรายการเชื่อมโยง ดังนั้นเนื้อที่ที่ใช้เพิ่มคือส่วนสำหรับค่าโคดเวิร์ดเท่านั้น

5.2.7 เวลาที่ใช้ในการทำงาน

รูทีนโดย	เวลาที่ใช้ในการเรียงลำดับ				% เปรียบเทียบกับ QS			
	1000		10000		1000		10000	
	PC	CCC	PC	CCC	PC	CCC	PC	CCC
QS	2.40	0.182	-	2.63	100%	100%	-	100%
TWO	2.35	0.167	-	2.16	97.92%	91.76%	-	82.13%
MQS	1.49	0.092	-	1.51	62.08%	50.55%	-	57.14%

ตารางที่ 5.7 แสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเรียงลำดับข้อมูล (วินาที)
PC : เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (PC XT)
CCC: เครื่องคอนเคอเรนท์ คอมพิวเตอร์

ผลการทดสอบในตารางที่ 5.7 พบว่า ในรูทีนควิกซอร์ตและทู-เว ใช้วิธีการทำงานเช่นเดียวกันแต่ใช้การเปรียบเทียบของข้อมูลต่างกัน การใช้ค่าโคดเวิร์ดเปรียบเทียบซึ่งทำให้ปริมาณงานที่ต้องทำต่างๆ ตามผลในตารางที่ได้กล่าวมาแล้วมีปริมาณน้อยกว่าในควิกซอร์ตรูทีน ทำให้เวลาที่ใช้ในการทำงานของทู-เวน้อยกว่าควิกซอร์ต แต่เมื่อใช้ค่าโคดเวิร์ดในการเปรียบเทียบในรูทีนของ MQS ซึ่งให้กระจายข้อมูลตามลักษณะที่ข้อมูลสามารถกระจายได้สูงสุดทุกครั้ง ทำให้ปริมาณงานที่ต้องทำต่างๆลดลงไปได้อีก ช่วยให้เวลาที่ใช้น้อยลง ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ประมาณ 50-60% ของควิกซอร์ตรูทีน และ ประมาณ 55-70% ของทู-เวรูทีน

5.3 ความเสถียรภาพของข้อมูลที่ได้จากการเรียงลำดับ

ผลการทดสอบเมื่อข้อมูลที่ใช้เรียงลำดับมีค่าคีย์ข้อมูลเท่ากันกระจายอยู่ทั่วไปนั้น ผลที่ได้คือการทำงานของควิกซอร์ตรูทีนและทู-เว ให้ผลข้อมูลที่เรียงลำดับไม่เสถียรภาพกับข้อมูลเริ่มต้น ทั้งสองรูทีนมีวิธีการทำงานเช่นเดียวกันในการอ่านข้อมูลมาเปรียบเทียบ จะอ่านจากตอนปลายทั้งสองด้านคือตอนต้นและตอนท้ายของชุดลำดับ จึงทำให้ข้อมูลที่มีค่าคีย์เท่ากันที่อยู่ในตอนท้ายสลับตำแหน่งขึ้นมาก่อน ส่วนในการทำงานของ รูทีน MQS ผลการเรียงลำดับได้ข้อมูลที่มีเสถียรภาพ

เพราะการทำงานของรูทีนที่อ่านข้อมูลมาเปรียบเทียบในทางเดียวกันตลอด ทำให้ผลการเรียงลำดับของข้อมูลยังคงรักษาลำดับของคีย์ที่มีค่าเท่ากัน