การประมวลผลแบบขนานสำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรมและขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สำหรับปัญหาหุ่นยนต์

นายชิษณุ ทองฉิม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-011-4

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2545

I 19236300

PARALLELIZATION OF GENETIC PROGRAMMING AND GENETIC ALGORITHM FOR ROBOT PROBLEMS

Mr. Shisanu Tongchim

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 1999

ISBN 974-334-011-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประมวลผลแบบขนานสำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรมและขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาหุ่นยนต์
โดย	นายชิษณุ ทองฉิม
ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล)

ประภาส จงสถิตย์วัฒนา ..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ หนูไพโรจน์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภุชงค์ อุทโยภาศ)

ชิษณุ ทองฉิม : การประมวลผลแบบขนานสำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรมและขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาหุ่นยนต์ (PARALLELIZATION OF GENETIC PROGRAMMING AND GENETIC ALGORITHM FOR ROBOT PROBLEMS) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา, 93 หน้า. ISBN 974-334-011-4.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการใช้การประมวลผลแบบขนาน ในการลดเวลาการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและกำหนดการเชิงพันธุกรรม การกระจายงานบนเครือข่ายของสถานีงานใช้หลักการของการประมวลผลแบบหน่วยหยาบ ปัญหาที่ใช้ในการทดลองการประมวลผลแบบขนานประกอบด้วย ปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์โดยใช้สิ่งแวดล้อมหลายชุดในกระบวนการเรียนรู้, ปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์โดยการปรับชุดฟังก์ชัน และการสังเคราะห์เครื่องสถานะจำกัดจากชุดสัญญาณขาเข้าและขาออกหลายๆ ชุด การออกแบบการประมวลผลแบบขนานจะแตกต่างกันตามลักษณะของปัญหา

ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีแบบขนานวัดจากเวลาจริงในการทำงาน และวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการสื่อสาร เวลาที่ลดลงเนื่องจากการใช้หน่วยประมวลผลหลายชุดถูกคำนวณเป็นค่าเวลาสัมพัทธ์ ในการเปรียบเทียบระหว่างการประมวลผลแบบเชิงลำดับ กับการประมวลผลแบบขนาน คุณภาพของคำตอบจะถูกเปรียบเทียบไปพร้อมกับประสิทธิภาพในการประมวลผล

การศึกษาแสดงการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานด้วยการลดปริมาณของงานโดยการประมวลผลแบบขนานทำงานน้อยกว่าเพื่อให้ได้คุณภาพคำตอบที่ต้องการ ในการทดลองบางชุดผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าเวลาสัมพัทธ์ที่ได้มากกว่าจำนวนหน่วยประมวลผลที่ใช้ ในขณะที่ยังรักษาคุณภาพของคำตอบได้

ภาควิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	**ลายมือชื่อนิสิต** .....
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา** ประภาส จงสถิตย์วัฒนา
ปีการศึกษา	2542	**ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม** .....

SHISANU TONGCHIM : PARALLELIZATION OF GENETIC PROGRAMMING AND GENETIC ALGORITHM FOR ROBOT PROBLEMS. THESIS ADVISOR : PRABHAS CHONGSTITVATANA, Ph.D. 93 pp. ISBN 974-334-011-4.

This thesis investigates the use of parallel implementations to reduce the processing time required by Genetic Algorithm (GA) and Genetic Programming (GP). The concept of a coarse-grained model for parallelization is used to distribute the tasks on a dedicated cluster of workstations. The problems chosen to examine the parallelization techniques included the mobile robot navigation problem with several environments in the learning process, the mobile robot navigation problem with the function set tuning and the finite-state machine synthesis from multiple partial input/output sequences. The designs for the parallel implementations for these problems differed according to the nature of the problems.

The performance of the parallel algorithms was measured by recording the wall-clock time and analysing their communication overhead. The reduction of the execution time from the use of multiple processors was calculated in terms of relative time. In order to compare the serial algorithm and parallel algorithm, the quality of the results was also compared along with the parallel performance.

The investigation shows how to improve the relative time by reducing the amount of work. The parallel implementation performs less work to achieve the required quality of the results. In some experiments, the results show that the achieved relative time is greater than linear while the solution quality is maintained.

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา P. Chongstitvatana
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างดีของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้การดูแล คำแนะนำ และให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มาด้วยดีตลอด

ขอขอบคุณ นายราชพร เขียนประสิทธิ์ ที่ช่วยอ่านต้นฉบับวิทยานิพนธ์ และคำแนะนำเกี่ยวกับต้นฉบับวิทยานิพนธ์ นายวรเศรษฐ สุวรรณิก สำหรับการอ่านต้นฉบับบทความที่ส่งไปตีพิมพ์ นายชัชวิทย์ อาภรณ์เทวัญ สำหรับคำแนะนำ และข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ในช่วงเริ่มต้นของการศึกษา

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ซึ่งเป็นผู้ให้กำเนิด ดูแล ให้คำปรึกษา กำลังใจ และให้โอกาสในการศึกษาที่ดีมาโดยตลอด และขอบคุณน้องสาว ที่ห่วงใย และให้กำลังใจเสมอมา

ชิษณุ ทองฉิม

21 มีนาคม 2542

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่
1. บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ 1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 1
1.4 ขั้นตอนการทำงานวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย 2
1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ 2
1.7 ผลงานที่ตีพิมพ์จากงานวิจัย 3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) 4
2.2 กำหนดการเชิงพันธุกรรม (Genetic programming) 5
2.3 การประมวลผลแบบขนาน 8
2.4 การประมวลผลแบบขนานสำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและกำหนดการเชิงพันธุกรรม 10
2.5 ข้อสังเกตเกี่ยวกับการประมวลผลแบบขนาน 14
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 18
3.1 การประมวลผลแบบขนานกับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม 18
3.2 การประมวลผลแบบขนานกับกำหนดการเชิงพันธุกรรม 21
4. การพัฒนาโปรแกรมตามมาตรฐาน MPI 23
4.1 มาตรฐาน MPI 23
5. การประมวลผลแบบขนานสำหรับปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์โดยเพิ่มจำนวนสิ่งแวดล้อม 29
5.1 ลักษณะปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์ 29
5.2 การปรับปรุงความทนทานโดยเพิ่มจำนวนสิ่งแวดล้อม 34
5.3 การออกแบบการประมวลผลแบบขนานและผลการทดลอง 35
5.4 การวิเคราะห์ผล 49
5.5 สรุปท้ายบท 52
6. การประมวลผลแบบขนานสำหรับปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์โดยเพิ่มชนิดของฟังก์ชัน 54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

6.1 การปรับปรุงความทนทานโดยเพิ่มชนิดของฟังก์ชัน 54
6.2 การออกแบบการประมวลผลแบบขนานและผลการทดลอง 54
6.3 การวิเคราะห์ผล 58
6.4 สรุปท้ายบท 60
7. การประมวลผลแบบขนานสำหรับปัญหาการสังเคราะห์เครื่องสถานะจำกัด 62
7.1 ลักษณะปัญหาการสังเคราะห์เครื่องสถานะจำกัด 62
7.2 การออกแบบการประมวลผลแบบขนานและผลการทดลอง 63
7.3 การวิเคราะห์ผล 68
7.4 สรุปท้ายบท 73
8. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 75
8.1 สรุปผลการวิจัย 75
8.2 ข้อเสนอแนะ 76
รายการอ้างอิง 77
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก ศัพท์เทคนิคที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ 81
ประวัติผู้วิจัย 85

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

5.1 จำนวนการสร้างประชากรรุ่นใหม่ของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมเหมือนกัน 39

5.2 จำนวนสิ่งแวดล้อมและช่วงของการอพยพ 43

6.1 จำนวนการสร้างประชากรรุ่นใหม่ 55

6.2 ค่า T_s/T_m ของฟังก์ชัน eio2 และ prog3 60

7.1 ตารางการเปลี่ยนสถานะของวงจรบวกแบบเชิงลำดับ 64

7.2 พารามิเตอร์ของวงจรที่ใช้ในการทดลอง 66

7.3 จำนวนของประชากรที่สร้างตัวดำเนินการ 66

7.4 จำนวนครั้งของการให้คำตอบในการสังเคราะห์วงจร Reversible 8-Counter 67

7.5 จำนวนครั้งของการให้คำตอบในการสังเคราะห์วงจร 0101 Detector 67

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า

2.1 การเปลี่ยนไขว้แบบหนึ่งจุด 5
2.2 การกลายพันธุ์ 5
2.3 ผังงานของลักษณะการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม 6
2.4 ตัวอย่างของคำตอบในรูปโครงสร้างต้นไม้ 7
2.5 การเปลี่ยนไขว้สำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรม 8
2.6 การกลายพันธุ์สำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรม 8
2.7 แบบหัวหน้า-ผู้ช่วย 12
2.8 รหัสเทียมของโปรแกรมบนหน่วยประมวลผลหลัก 12
2.9 รหัสเทียมของโปรแกรมบนหน่วยประมวลผลที่เป็นผู้ช่วย 13
2.10 แบบหน่วยหยาบ 13
2.11 รหัสเทียมของการประมวลผลแบบหน่วยหยาบ 14
2.12 แบบหน่วยละเอียด 15
2.13 วิธีการนับกลุ่มประชากรที่อยู่ใกล้เคียง 15
2.14 รหัสเทียมของการประมวลผลแบบหน่วยละเอียด 15
4.1 การทำงานของฟังก์ชันการส่งกระจาย (broadcast) 25
4.2 การทำงานของฟังก์ชันการแยกส่ง (scatter) และการรวบรวม (gather) 25
4.3 การทำงานของฟังก์ชันการรวบรวมทั้งหมด (allgather) 25
4.4 การทำงานของฟังก์ชันทั้งหมดสู่ทั้งหมด (alltoall) 26
4.5 ลักษณะของคอมมิวนิเคเตอร์ 26
5.1 ลักษณะของสิ่งแวดล้อมจำลองของปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์ 31
5.2 ฟังก์ชัน if-and 31
5.3 ฟังก์ชัน if-or 31
5.4 ฟังก์ชัน if-not 31
5.5 ตัวอย่างของโปรแกรมหุ่นยนต์ 32
5.6 รหัสเทียมของโปรแกรมหุ่นยนต์ 32
5.7 ทิศทางและระยะของการเปลี่ยนตำแหน่งสิ่งกีดขวาง 34
5.8 การติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง 37
5.9 การเชื่อมต่อในลักษณะวงแหวน 37
5.10 รหัสเทียมของการแลกเปลี่ยนประชากรแบบวงแหวน 38
5.11 ความทนทานของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมเหมือนกัน 40
5.12 ค่าเวลาสัมพัทธ์ของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมเหมือนกัน 40
5.13 เวลาที่เสียไปในการสื่อสารของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมเหมือนกัน 41
5.14 เปอร์เซนต์ของเวลาในการสื่อสารและการคำนวณของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมเหมือนกัน 42

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า
5.15 การส่งประชากรของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่างกัน 44
5.16 รหัสเทียมของการแลกเปลี่ยนประชากรสำหรับการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน ในแต่ละหน่วยประมวลผล 44
5.17 ความทนทานของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่างกัน 45
5.18 ค่าเวลาสัมพัทธ์ของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่างกัน 46
5.19 เปอร์เซนต์ของเวลาในการสื่อสารและการคำนวณของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่างกัน 46
5.20 เวลาที่ใช้ในการสื่อสารของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่างกัน 47
5.21 การส่งกระจายข้อมูลเมื่อใช้ 2 หน่วยประมวลผล 48
5.22 การส่งกระจายข้อมูลเมื่อใช้ 10 หน่วยประมวลผล 48
5.23 ผลของเวลาในการสื่อสารของฟังก์ชันการอพยพต่อค่าเวลาสัมพัทธ์ 50
5.24 ค่าเวลาสัมพัทธ์จากการทดลองและการคำนวณของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมเหมือนกัน 52
5.25 ค่าเวลาสัมพัทธ์จากการทดลองและการคำนวณของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่างกัน 52
6.1 ฟังก์ชัน eio2 55
6.2 ฟังก์ชัน prog2, prog3 และ prog4 55
6.3 ความทนทานของคำตอบที่ได้จากการเพิ่มฟังก์ชัน eio และ prog3 ของขั้นตอนวิธีเชิงลำดับ 56
6.4 ความทนทานของคำตอบจากการประมวลผลแบบขนานหลังจากเพิ่มฟังก์ชัน eio 57
6.5 ความทนทานของคำตอบจากการประมวลผลแบบขนานหลังจากเพิ่มฟังก์ชัน prog3 57
6.6 ค่าเวลาสัมพัทธ์ของการทดลองเมื่อเพิ่มฟังก์ชัน eio และ prog3 58
6.7 เปอร์เซนต์ของเวลาในการสื่อสารและการคำนวณของการใช้ฟังก์ชัน eio2 และ prog3 59
6.8 เวลาที่ใช้ในการสื่อสารของการใช้ฟังก์ชัน eio2 และ prog3 59
7.1 การสังเคราะห์เครื่องสถานะจำกัด 63
7.2 แผนภาพสถานะของวงจร Reversible 8-Counter และวงจร 0101 Detector 65
7.3 เวลาในการหาคำตอบในการสังเคราะห์วงจร Reversible 8-Counter 68
7.4 เวลาในการหาคำตอบในการสังเคราะห์วงจร 0101 Detector 69
7.5 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรุ่นและเวลาในการหาคำตอบของการสังเคราะห์วงจร Reversible 8-Counter 69
7.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรุ่นและเวลาในการหาคำตอบของการสังเคราะห์วงจร 0101 Detector 70
7.7 จำนวนรุ่นที่พบคำตอบในการสังเคราะห์วงจร Reversible 8-Counter 70
7.8 จำนวนรุ่นที่พบคำตอบในการสังเคราะห์วงจร 0101 Detector 71
7.9 ค่าเวลาสัมพัทธ์ของการสังเคราะห์วงจร Reversible 8-Counter 73
7.10 ค่าเวลาสัมพัทธ์ของการสังเคราะห์วงจร 0101 Detector 73