

การประมวลผลแบบขนานสำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรมและขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม
สำหรับปัญหาหุ่นยนต์

นายชัชฎ์ ทองฉิม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542
ISBN 974-334-011-4
ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

การประมวลผลแบบขนานสำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรมและขั้นตอนวิธี
เชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาหุ่นยนต์

โดย

นายชิษณุ ทองนิม

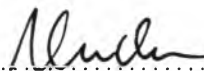
ภาควิชา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา

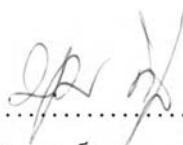
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

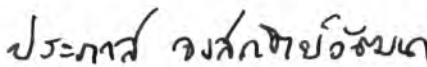
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



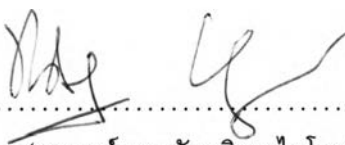
ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.บุญเสริม กิจศิริกุล)



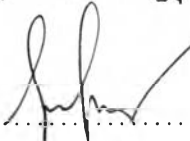
อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา)



กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ณัฐฉัตร หนูไพโรจน์)



กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชงค์ อุทัยภาค)

ชัชฎุ ทองนิม : การประมวลผลแบบขนานสำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรมและขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม
สำหรับปัญหาหุ่นยนต์ (PARALLELIZATION OF GENETIC PROGRAMMING AND
GENETIC ALGORITHM FOR ROBOT PROBLEMS) อ. ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร.ประภาส จงสฤษดิ์วัฒนา, 93 หน้า. ISBN 974-334-011-4.


วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ศึกษาการใช้การประมวลผลแบบขนาน ในการลดเวลาการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิง
พันธุกรรมและกำหนดการเชิงพันธุกรรม การกระจายงานบนเครือข่ายของสถานีนานใช้หลักการของการ
ประมวลผลแบบหน่วยย่อย ปัญหาที่ใช้ในการทดลองการประมวลผลแบบขนานประกอบด้วย ปัญหาการนำ
ร่องหุ่นยนต์โดยใช้สิ่งแวดล้อมหลายชุดในกระบวนการเรียนรู้, ปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์โดยการปรับชุดฟังก์
ชัน และการสังเคราะห์เครื่องสถานะจำกัดจากชุดสัญญาณขาเข้าและขาออกหลายๆ ชุด การออกแบบการ
ประมวลผลแบบขนานจะแตกต่างกันตามลักษณะของปัญหา

ประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีแบบขนานวัดจากเวลาจริงในการทำงานและวิเคราะห์เวลาที่ใช้ในการสื่อสาร
เวลาที่ลดลงเนื่องจากการใช้หน่วยประมวลผลหลายชุดถูกคำนวณเป็นค่าเวลาสัมพัทธ์ ในการเปรียบเทียบ
ระหว่างการประมวลผลแบบเชิงลำดับ กับการประมวลผลแบบขนาน คุณภาพของคำตอบจะถูกเปรียบเทียบ
ไปพร้อมกับประสิทธิภาพในการประมวลผล

การศึกษาแสดงการปรับปรุงประสิทธิภาพการทำงานด้วยการลดปริมาณของงานโดยการประมวลผลแบบ
ขนานทำงานน้อยกว่าเพื่อให้ได้คุณภาพคำตอบที่ต้องการ ในการทดลองบางชุดผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า
ค่าเวลาสัมพัทธ์ที่ได้มากกว่าจำนวนหน่วยประมวลผลที่ใช้ ในขณะที่ยังรักษาคุณภาพของคำตอบได้

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา  ประภาส จงสฤษดิ์วัฒนา

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 นายวรเศรษฐ์ สุวรรณิก สำหรับการอ่านต้นฉบับบทความที่ส่งไปตีพิมพ์ นายชัชวิทย์ อารมณ์เทวัญ 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	ฅ
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

สารบัญญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 การเปลี่ยนไขว้แบบหนึ่งจุด	5
2.2 การกลายพันธุ์	5
2.3 ผลงานของลักษณะการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม	6
2.4 ตัวอย่างของคำตอบในรูปโครงสร้างต้นไม้	7
2.5 การเปลี่ยนไขว้สำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรม	8
2.6 การกลายพันธุ์สำหรับกำหนดการเชิงพันธุกรรม	8
2.7 แบบหัวหน้า-ผู้ช่วย	12
2.8 รหัสเทียบของโปรแกรมบนหน่วยประมวลผลหลัก	12
2.9 รหัสเทียบของโปรแกรมบนหน่วยประมวลผลที่เป็นผู้ช่วย	13
2.10 แบบหน่วยขยาย	13
2.11 รหัสเทียบของการประมวลผลแบบหน่วยขยาย	14
2.12 แบบหน่วยละเอียด	15
2.13 วิธีการนับกลุ่มประชากรที่อยู่ใกล้เคียง	15
2.14 รหัสเทียบของการประมวลผลแบบหน่วยละเอียด	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 ลักษณะของสิ่งแวดลอมจำลองของปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์	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 รหัสเทียบของโปรแกรมหุ่นยนต์	32
5.7 ทิศทางและระยะของการเปลี่ยนตำแหน่งสิ่งกีดขวาง	34
5.8 การติดตั้งเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง	37
5.9 การเชื่อมต่อในลักษณะวงแหวน	37
5.10 รหัสเทียบของการแลกเปลี่ยนประชากรแบบวงแหวน	38
5.11 ความทนทานของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดลอมเหมือนกัน	40
5.12 ค่าเวลาสัมพัทธ์ของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดลอมเหมือนกัน	40
5.13 เวลาที่เสียไปในการสื่อสารของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดลอมเหมือนกัน	41
5.14 เปอร์เซนต์ของเวลาในการสื่อสารและการคำนวณของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดลอมเหมือนกัน	42

สารบัญรูปร่าง (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.15 การส่งประชากรของการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมต่างกัน	44
5.16 รหัสเทียบของการแลกเปลี่ยนประชากรสำหรับการทดลองโดยใช้สิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน 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 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูนและเวลาในการหาคำตอบของการสังเคราะห์วงจร Reversible 8-Counter	69
7.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรูนและเวลาในการหาคำตอบของการสังเคราะห์วงจร 0101 Detector ..	70
7.7 จำนวนรูนที่พบคำตอบในการสังเคราะห์วงจร Reversible 8-Counter	70
7.8 จำนวนรูนที่พบคำตอบในการสังเคราะห์วงจร 0101 Detector	71
7.9 ค่าเวลาสัมพัทธ์ของการสังเคราะห์วงจร Reversible 8-Counter	73
7.10 ค่าเวลาสัมพัทธ์ของการสังเคราะห์วงจร 0101 Detector	73