การพัฒนาโพสต์โปรเซสเซอร์สำหรับระบบการผลิตอัตโนมัติ

นาย ภาสิต อนุกูลอนันต์ชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-305-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17564542

DEVELOPMENT OF POST-PROCESSORS FOR AUTOMATIC MANUFACTURING SYSTEMS

Mr. Phasit Anukunananchal

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1997

ISBN 974-637-305-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาโพสต์โปรเซสเซอร์สำหรับระบบการผลิตอัตโนมัติ
โดย	นาย ภาสิต อนุกุลอนันต์ชัย
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยโรจน์ คุณพนิชกิจ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

ภาสิต อนุกูลอนันต์ชัย : การพัฒนาโพสต์โปรเซสเซอร์สำหรับระบบการผลิตอัตโนมัติ (DEVELOPMENT OF POST-PROCESSORS FOR AUTOMATIC MANUFACTURING SYSTEMS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.วินูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ , 155 หน้า. ISBN 974-637-305-6

โครงการวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ แสดงถึงการนำเอาวิธีการโปรแกรมหุ่นยนต์แบบ OFF-LINE PROGRAMMING ด้วยระบบ CAD มาใช้ควบคุมหุ่นยนต์ในระบบผลิตอัตโนมัติแบบโมดูล (MODULAR PRODUCTION SYSTEM) โดยระบบที่ใช้ในการวิจัยจะเป็นประกอบด้วย ระบบลำเลียง ระบบตรวจสอบคุณภาพ ระบบผลิต และระบบจัดเก็บชิ้นงาน โดยมีหุ่นยนต์เป็นอุปกรณ์ลำเลียงชิ้นงาน และมีการสื่อสารข้อมูลระหว่างระบบต่างๆ ผ่านระบบเครือข่าย ด้วยพิธีการ (PROTOCAL) สื่อสารแบบโปรฟิบัส (PROFIBUS)

งานวิจัยนี้ ครอบคลุมการวางแผน และวิเคราะห์การทำงาน ของหุ่นยนต์กับสภาพแวดล้อมภายในระบบ MPS และ การจำลองสภาพการทำงาน (SIMULATION) โดยโปรแกรม CATIA ROBOT MODULE โดยทำการศึกษาถึง การตรวจสอบและหลีกเลี่ยงการชนในเซลการทำงาน การจัดวางหุ่นยนต์ในเซลการทำงาน และการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เช่นความเร่ง แรงที่ทำให้หุ่นยนต์สมดุลทางสถิตศาสตร์ เป็นต้น จากนั้นจึงทำการแปลงไฟล์เอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงานไปเป็นไฟล์ภาษาที่ใช้ในการควบคุมหุ่นยนต์ MITSUBISHI RV-M1 ด้วยโปรแกรมโพสต์โปรเซสเซอร์ที่ได้พัฒนาขึ้น และส่งไฟล์ที่ได้จากการแปลงดังกล่าวไปควบคุมหุ่นยนต์โดยผ่านการสื่อสารแบบอนุกรม นอกจากนั้นยังได้ครอบคลุมวิธีการโปรแกรมระบบการทำงานแบบ MPS โดยผ่านระบบเครือข่ายโปรฟิบัส

ผลที่ได้จากการวิจัย แสดงให้เห็นว่าการจัดการการทำงาน PLC ภายในระบบผลิตอัตโนมัติด้วยการสื่อสารผ่านเครือข่าย การโปรแกรมแบบ OFF-LINE PROGRAMMING และการจำลองการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ มีแนวโน้มที่จะใช้ได้จริงในอุตสาหกรรมการผลิตอัตโนมัติ นอกจากนั้นในการวิจัยนี้ยังเป็นพื้นฐานงานวิจัยที่จะครอบคลุมการเชื่อมต่อระหว่างระบบจำลองการทำงานและระบบผลิตจริงให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นอีกด้วย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต ภาสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

##C61887 :MAJOR MECHANICAL ENGINEERING
KEY WORD: OFF-LINE PROGRAMMING/ROBOT SIMULATION/POST-PROCESSOR
PHASIT ANUKUNANANCHAI : DEVELOPMENT OF POST-PROCESSORS FOR AUTOMATIC MANUFACTURING SYSTEMS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. VIBOON SANGVERAPHUMSIRI, Ph.D. 155 pp. ISBN 974-637-305-6.

The advantage of using the OFF-LINE Programming through CAD(CATIA) strategy for programing an industrial robot is studied in the research. The robot is a material handling unit in the production system which is the modular production system. Each modules in the modular type system consists of material handling, material inspection, quality inspection, hole drilling and sorting station communicates via the profibus network protocal.

The research elaborates the simulation technique of the flexible manufacturing system by using CAD(CATIA Robot Module) that covered task planning and task analysis such as collision detection and avoidance, robot installation and motion parameter checking. After the simulation, the motion of the robot can be converted by using the developed post-processor and the output file can be sent to the robot via RS-232 communication.

The research also shown that the combination of the management of PLC's through network, the OFF-LINE Programming method and computer simulations in flexible manufacturing systems are very promissing. This study can be extended to complete the interface between the simulation of the flexible manufacturing system and the real system.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.ดร.วิบูลย์ แสงวีระพันธุ์ศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้กรุณาเสียสละเวลาคอยให้คำแนะนำปรึกษาและให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งจัดหาอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยวิทยานิพนธ์นี้มาด้วยดีโดยตลอด จนงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณ คุณไพรัช ตั้งพรประเสริฐ รุ่นพี่ที่ศึกษาปริญญาโทด้วยกันที่ได้ให้คำปรึกษาและชี้แนะ นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณบริษัท NSS จำกัด ที่ได้มอบทุนการศึกษาให้โดยไม่มีเงื่อนไขใดๆ ทั้งสิ้นเป็นเวลา 2 ปี และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาซึ่งสนับสนุนทางด้านทุนทรัพย์และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

นาย ภาสิต อนุกูลอนันต์ชัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญภาพ ..... ช
บทที่
1. บทนำ 1
2. MPS (Modular Production System) 19
3. การจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ (Robot Simulation)..... 29
4. วิธีการเขียนโพสโปรเซสเซอร์ของหุ่นยนต์ Mitsubishi RV-M1..... 51
5. การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Communication)..... 86
6. โปรฟิบัส (Profibus)..... 94
7. สรุปผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ 105
รายการอ้างอิง 109
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก 111
ภาคผนวก ข 134
ประวัติผู้เขียน 155

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้าที่.
6.1	แสดงลักษณะของระบบสื่อสารข้อมูลแต่ละประเภท	95
6.2	แสดงข้อมูลอินพุตที่เข้ามาในแต่ละสถานี	102
6.3	แสดงข้อมูลเอาต์พุตที่ออกจากแต่ละสถานี	102
ก-1	แสดงรายละเอียดมาตรฐาน	113
ก-2	แสดงรายละเอียดมาตรฐานของส่วนควบคุม	116
ก-3	แสดงลักษณะของอุปกรณ์จับโดยใช้มอเตอร์	117

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่ หน้าที่.

1.1 แสดงวิธีการโปรแกรมโดยใช้ Teach pendant 5
1.2 แสดงการโปรแกรมโดยใช้วิธี Lead through 5
1.3 แสดงขั้นตอนการโปรแกรมโดยใช้ HIGH LEVEL LANGUAGE 8
1.4 แสดงตัวอย่างลักษณะที่เป็นไปได้ในการโปรแกรมแบบ Implicit Language 9
1.5 แสดงความแตกต่างระหว่าง Explicit Language และ Implicit Language ในการยกวัตถุ A หมุน และเสียบลงในวัตถุ B 10
1.6 แสดงระดับของวิธีการโปรแกรมหุ่นยนต์ประเภทต่างๆ 11
1.7 แสดงลักษณะการทำ Simulation ของ Robot Workcell ในการทำงานเชื่อม 13
1.8 โครงสร้างของหุ่นยนต์ (structure of a robot) ที่ยอมรับ 14
1.9 แสดงลักษณะการต่อเชื่อมระหว่างหุ่นยนต์และส่วนควบคุม 16
1.10 แสดงขั้นตอนการทำ off-line programming 17
1.11 แสดงขั้นตอนการส่งข้อมูลผ่าน RS-232 , Profibus โดยใช้ Ethernet 18
2.1 แสดงลักษณะรูปแบบการต่อโมดูลแบบต่างๆ 20
2.2 แสดงลักษณะของสถานีจ่ายชิ้นงาน 21
2.3 แสดงลักษณะของสถานีทดสอบชิ้นงาน 21
2.4 แสดงลักษณะของสถานีควบคุมคุณภาพ 23
2.5 แสดงการตรวจสอบลักษณะร่องของชิ้นงานที่เป็นโลหะ 23
2.6 แสดงลักษณะของสถานีพักชิ้นงาน 24
2.7 แสดงลักษณะของสถานีผลิตชิ้นงาน 24
2.8 แสดงลักษณะของสถานีติดตั้งแขนกล 26
2.9 แสดงลักษณะของสถานีแยกชิ้นงาน 26
2.10 แสดงการดูสภาวะการทำงานของสถานีติดตั้งแขนกลด้วย Visualisation Software 27
2.11 แสดงโครงสร้างของระบบ MPS ที่มีโปรฟิบัส และระบบตรวจสอบ Zenon 27
2.12 แสดงลักษณะการต่อสายของระบบ MPS ที่มีโปรฟิบัสที่ใช้ในการทดลอง 28
3.1 แสดงขั้นตอนการทำการจำลองการทำงานของหุ่นยนต์ 30
3.2 แสดง Graphic แบบ Wireframe 30
3.3 แสดง Graphic แบบ Shading 30
3.4 แสดงการตั้งแกนอ้างอิงและแกนที่ปลายจับให้หุ่นยนต์ 32
3.5 แสดงค่า Kinematic Parameter Window ทั้งหมด 33
3.6 แสดงตัวอย่างลักษณะของชิ้นงานที่ใช้ในการวิจัย 35

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้าที่.
3.7	แสดงการวิเคราะห์หาตำแหน่งการวางของหุ่นยนต์ดอนเริ่มต้น	36
3.8	แสดง position mesh และค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนด	37
3.9	แสดง orientation mesh ของ Base Axis และค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่กำหนด	38
3.10	แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในระนาบ 2 มิติ	38
3.11	แสดงผลที่ได้จากการวิเคราะห์ในระนาบ 3 มิติ (z=70 mm)	39
3.12	แสดงการวางหุ่นยนต์ในขั้นตอนสุดท้าย	40
3.13	แสดงเซลการทำงานของหุ่นยนต์ที่ต้องการตรวจสอบการชน	41
3.14	แสดงการกำหนด "Collision List Definition"	41
3.15	แสดงการกำหนด "Collision Environment Definition"	42
3.16	แสดงลักษณะการชนกันที่เกิดขึ้นระหว่างหุ่นยนต์และเสา	43
3.17	แสดงข้อมูลความผิดพลาด (error) ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการชน	44
3.18	แสดงค่าพารามิเตอร์ "AVOIDING PARAMETER"	45
3.19	แสดงลักษณะของทางเดินที่หลีกเลี่ยงการชน (Track with avoiding)	47
3.20	แสดงแรงและโมเมนต์ภายนอก ที่กระทำที่จุดปลายของหุ่นยนต์	48
3.21	แสดงค่าของแรง และ / หรือโมเมนต์ ที่คำนวณได้	49
3.22	แสดงการทำงานใน workcell โดยแสดงค่า sensor ต่างๆ ที่ใช้ในเซลการทำงาน	50
4.1	แสดงรูปแบบของข้อมูล sensor	53
4.2	แสดงรูปแบบของข้อมูล configuration	53
4.3	แสดงรูปแบบของข้อมูลทางจลน์ศาสตร์	54
4.4	ตัวอย่างข้อมูลของไฟล์ประเภท joint position	55
4.5	ตัวอย่างข้อมูลของไฟล์ประเภท Cartesian Position	55
4.6	แสดงรูปแบบของคำสั่งทางด้านเงื่อนไขในไฟล์ระดับสูง	57
4.7	แสดงไฟล์เอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงานของสถานีสายพานลำเลียง	58
4.8	แสดงไฟล์เอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงานของสถานีปฏิบัติการ	59
4.9	แสดงไฟล์เอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงานของสถานีหุ่นยนต์	60
4.10	แสดงไฟล์เอาต์พุตที่ได้จากการจำลองการทำงานของสถานีแยกชิ้นงาน	60
4.11	เปรียบเทียบการควบคุมแบบ CP กับการควบคุม PTP	61
4.12	แสดงข้อแตกต่างของการเลือกใช้งานการควบคุมแบบ CP กับการควบคุมแบบ PTP	62
4.13	แสดงค่า parameter ในการกำหนดค่าคอนฟิกูเรชั่นของหุ่นยนต์	64

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้าที่.
4.14	แสดงวิธีการหาค่า cartesian คอนฟิกูเรชั่นของแขน (arm) และไหล่ (elbow) ...	64
4.15	แสดงวิธีการหาค่า cartesian คอนฟิกูเรชั่นของข้อมือ (wrist)	65
4.16	แสดงแผนผังของส่วนโปรแกรมหลัก (main program)	66
4.17	แสดงแผนผังของส่วนโปรแกรมข้อมูลของอินพุต (input program)	67
4.18	แสดงแผนผังของส่วนโปรแกรมข้อมูลของเอาต์พุต (output program)	68
4.19	แสดงแผนผังของการเขียนไฟล์เอาต์พุตของการเคลื่อนที่ (.MRL)	71
4.20	แสดงแผนผังของการเขียนไฟล์เอาต์พุตของตำแหน่ง (.POS)	72
4.21	แสดงแผนผังของการเขียนไฟล์เอาต์พุตระดับสูง	74
4.22	แสดงแผนผังของการเขียนไฟล์เอาต์พุตระดับสูง (ต่อ)	75
4.23	แสดง ZXZ Eulerian Angles Convention	76
4.24	แสดง -ZXY Eulerian Angles	77
4.25	แสดงการใส่ค่าเมื่อไฟล์เอาต์พุตเป็นประเภท basic	80
4.26	แสดงการใส่ค่าเมื่อไฟล์เอาต์พุตเป็นประเภท advance	80
4.27	แสดงตัวอย่างไฟล์อินพุตที่ได้จากการจำลองการทำงานของแขนกลโดยเป็นไฟล์ที่แสดง CARTESIAN POSITION	81
4.28	แสดงตัวอย่างไฟล์อินพุตที่ได้จากการจำลองการทำงานของแขนกลโดยเป็นไฟล์ที่แสดง JOINT POSITION	82
4.29	แสดงตัวอย่างไฟล์เอาต์พุตของตำแหน่ง (*.POS) ที่ได้เมื่อแปลงไฟล์ใน - รูปที่ 4.27 และ 4.28 ด้วยโพสต์โปรเซสเซอร์ที่เขียนขึ้น	83
4.30	แสดงตัวอย่างไฟล์เอาต์พุตของคำสั่งการเคลื่อนที่ (*.MRL) ที่ได้เมื่อแปลงไฟล์ในรูป 4.27 และ 4.28 ด้วยโพสต์โปรเซสเซอร์ที่เขียนขึ้น	83
4.31	แสดงตัวอย่างไฟล์เอาต์พุตของคำสั่งการเคลื่อนที่ (*.MRL) ที่ได้จากการแปลงโดยโพสต์โปรเซสเซอร์	85
5.1	แสดงการสื่อสารทางเดียวพร้อมด้วยแฮนด์เช็คกิ้งจาก DTE ไปยัง DCE	88
5.2	แสดงการสื่อสารทางเดียวพร้อมด้วยแฮนด์เช็คกิ้งจาก DCE ไปยัง DTE	89
5.3	แสดงการสื่อสารสองทางพร้อมด้วยวงจรแฮนด์เช็คกิ้งหลัก	90
5.4	แสดงการเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม	91
6.1	แสดงประเภทการประยุกต์ใช้งานระบบสื่อสารข้อมูลภายในอุตสาหกรรม	94
6.2	แสดงขอบเขตการใช้งานระบบโปรฟิบัส	96
6.3	แสดงการเปรียบเทียบสถาปัตยกรรมระหว่างโมเดล ISO-OSI และโปรฟิบัส	97

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่		หน้าที่.
6.4	แสดงโปรโตคอลที่ใช้ในการสื่อสารภายในโปรฟิบัส	98
6.5	แสดงการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสถานี	101
6.6	แสดงการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสถานีในระบบ MPS ด้วย FP5110	103
6.7	แสดงแผนผังการส่งข้อมูลภายในระบบโปรฟิบัส	103
6.8	แสดงการส่งข้อมูลจากสถานี Testing เมื่อตรวจสอบชิ้นงานที่เป็นโลหะ	104
ก-1	แสดงวิธีการกำหนดชื่อ (ลักษณะภายนอก)	111
ก-2	แสดงวิธีการกำหนดชื่อ (ลักษณะภายใน)	112
ก-3	แสดงขนาดมิติภายนอก	112
ก-4	แสดงขอบเขตการปฏิบัติการ	113
ก-5	แสดงการปฏิบัติการในระบบข้อต่อ (Articulated System)	114
ก-6	แสดงการปฏิบัติการในระบบพิกัดคาร์ทีเซียน (Cartesian Coordinate)	114
ก-7	แสดงตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่นยนต์	115
ก-8	แสดงวิธีการกำหนดชื่อ (ส่วนควบคุม)	115
ก-9	แสดงขนาดมิติภายนอก (อุปกรณ์จับโดยใช้มอเตอร์)	117
ก-10	แสดงความสามารถในการรับน้ำหนักของหุ่นยนต์ซึ่งกำหนดอยู่ในคู่มือการใช้งาน	118
ก-11	แสดงความสามารถในการรับน้ำหนักของหุ่นยนต์ เมื่อติดตั้งอุปกรณ์จับโดยใช้มอเตอร์	118
ก-12	แสดงลักษณะการวางระบบโดยมีคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเป็นศูนย์กลาง	119
ก-13	แสดงลักษณะการวางระบบโดยมีส่วนควบคุมเป็นศูนย์กลาง	120
ก-14	แสดงลักษณะทางเดินแบบต่อเนื่อง	125
ก-15	แสดงทิศทางการหมุนของข้อต่อ	126
ก-16	รูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Speed Parameters และ Velocities	132
ก-17	รูปแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Speed Parameters และ Velocities	132
ก-18	รูปแสดงขอบเขตการทำงาน (Operational Space Diagram)	133