การหาตำแหน่งของวัตถุโดยหุ่นยนต์ซึ่งอาศัยการมองภาพ

นาย กิตติ เถลิงเกียรติขจร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-637-285-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i17586937x

LOCATING AN OBJECT BY A VISION-BASED ROBOT

Mr. Kitti Teleangkiatkjorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974-637-285-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาตำแหน่งของวัตถุโดยหุ่นยนต์ซึ่งอาศัยการมองภาพ
โดย	นายกิตติ เถลิงเกียรติขจร
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร.เจษฎา ชินรุ่งเรือง

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สมชาย จิตะพันธ์กุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.เจษฎา ชินรุ่งเรือง)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ประภาส จงสถิตย์วัฒนา)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มานพ วงศ์สายสุวรรณ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

กิตติ เถลิงเกียรติขจร, นาย : การหาตำแหน่งของวัตถุโดยหุ่นยนต์ซึ่งอาศัยการมองภาพ
(LOCATING AN OBJECT BY A VISION-BASED ROBOT)
อ.ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.เจษฎา ชินรุ่งเรือง
75 หน้า. ISBN 974-637-285-8

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึงการสร้างระบบหุ่นยนต์ซึ่งประกอบด้วยระบบแขนกลและระบบการมองภาพ ระบบหุ่นยนต์ถูกสร้างขึ้นเพื่อจำแนกวัตถุ 6 ชนิด คือ สี่เหลี่ยมผืนผ้า สี่เหลี่ยมจัตุรัส วงกลมขนาดใหญ่ วงกลมขนาดเล็ก หัวค้อน และ ลูกศร การทำงานของระบบหุ่นยนต์แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนแรกจะเป็นการแปลงภาพอนาล็อกที่ได้จากกล้องถ่ายรูปให้เป็นภาพไบนารี่ ขั้นตอนที่สองเป็นการวิเคราะห์ภาพไบนารี่ เพื่อแยกภาพวัตถุออกจากฉากหลัง แล้วทำการจำแนกชนิดของวัตถุ วิธีการจำแนกวัตถุในระบบนี้ ประกอบด้วย 2 วิธีคือ วิธีแรกจะเป็นการเปรียบเทียบแกนโดยดูที่ค่าความยาวแกนหลัก (ค่าเฉพาะสูงสุด) และความยาวแกนรอง (ค่าเฉพาะต่ำสุด) เทียบกับค่าที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลและวิธีที่สองเป็นการเปรียบเทียบเส้นรอบรูป ขั้นตอนที่สามทำการวิเคราะห์หาตำแหน่งของจุดเซ็นทรอยด์และมุมการวางตัวของวัตถุในระบบแกนอ้างอิงของกล้อง และขั้นตอนสุดท้ายทำการเปลี่ยนแกนอ้างอิงจากแกนอ้างอิงของกล้องเป็นแกนอ้างอิงของแขนกล พร้อมทั้งสั่งให้แขนกลเคลื่อนที่ไปจับวัตถุ และนำไปวางไว้ในตำแหน่งที่กำหนด

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต กิตติ เถลิงเกียรติขจร
สาขาวิชา ระบบควบคุม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา เจษฎา ชินรุ่งเรือง
ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C715544 CONTROL
: MAJOR
KEY WORD: VISION-BASED ROBOT

KITTI TELEANGKIATKJORN, MR : LOCATING AN OBJECT BY A VISION-BASED ROBOT.
THESIS ADVISOR : CHEDSADA CHINRUNGRUENG, Ph.D(U.C.Berkeley)
75 pp. ISBN 974-637-285-8

This thesis describes implementation of a robot system consisting of a robot arm and a visual module. The robot system is designed to identify 6 types of objects: rectangular, square, big circle, small circle, hammer and arrow. The task of the robot system is divided into 4 steps. In the first step, an analog picture obtained from the camera is transformed into a binary image. In the second step, the binary image is analyzed to separate the object from its background and to identify its type. The identifying process consists of 2 methods. The first method compares the maximum and the minimum eigenvalues with the standard values in the database, and the second method is to compare the perimeter. The third step is to compute the centroid and the orientation of the object in the camera reference. The final step is to change the coordinate in the camera reference to that in the robot reference and then command the robot arm to move the object to its loaction.

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต กิตติ เกรียงเกียรติขจร
สาขาวิชา ระบบควบคุม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา เชษฎา ไกรฤงเรือง
ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.เจษฎา ชินรุ่งเรือง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ประสิทธิประสาทความรู้และช่วยเหลือด้านข้อคิดเห็น คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ และแนวทางการแก้ไขปัญหาต่างๆ เป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณ

นอกจากนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ นายกฤช, นายสุวิชัย อินทร์สิงห์, พี่เรวัติ พี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณ บิดาและมารดา พี่สาว ซึ่งสนับสนุนและให้กำลังใจแก่ผู้เขียนจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
ขอบเขตของการวิจัย 2
วัตถุประสงค์ 2
ขั้นตอนการทำงาน 3
รายละเอียดของแต่ละบท 6
ประโยชน์ที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์ 6
บทที่ 2 การประมวลผลภาพไบนารี่ 7
การแปลงให้เป็นภาพดิจิตอล 7
แบบจำลองภาพ 9
การชักตัวอย่างและการควอนไตซ์เซชั่น 9
การกำจัดสัญญาณรบกวน 10
ตัวกรองเฉลี่ย 12
อิมเมจเซกเมนต์เทชั่น 15
การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยน 16
การทำให้เป็นภาพไบนารี่ 16
ตัวกรองมัธยฐาน 17
ผลการทดลอง 18
บทที่ 3 การตรวจสอบชนิดของวัตถุ 19
วิธีเปรียบเทียบแกนหลัก 19
การนำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักมาใช้ในการเปรียบเทียบแกนหลัก 20
ความยาวรหัสลูกโซ่ 22
รหัสลูกโซ่ 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ความแตกต่างของรหัสลูกโซ่ 24
การประยุกต์ใช้ในงานวิทยานิพนธ์ 25
บทที่ 4 การวิเคราะห์ตำแหน่งและการวางตัว 41
การหาตำแหน่งของภาพ 41
หลักการของมุม 42
บทที่ 5 ระบบแขนกลและการแปลงพิกัด 46
องค์ประกอบของระบบแขนกล 46
โครงสร้างโดยทั่วไปของแขนกล 46
การแปลงพิกัด 47
วิธีการแปลงเพอร์สเปคทีพ 47
วิธีการพื้นฐาน 47
ผลการประยุกต์ใช้งาน 50
กรณีการแปลงเพอร์สเปคทีพ 50
วิธีพื้นฐาน 50
มุมที่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุ 51
มุมที่เกิดจากการวางตัวของวัตถุ 54
บทที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะ 57
บทสรุป 57
ข้อเสนอแนะ 59
รายการอ้างอิง 60
ภาคผนวก 61
ก.รายละเอียดอุปกรณ์ 61
รายละเอียดของแขนกล 61
ตัวควบคุม 63
รายละเอียดของกล้อง CCD 65
รายละเอียดของการ์ด Frame grabber 66
ข. วิธีการแปลงเพอร์สเปคทีพ 67
ประวัติผู้เขียน 72

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 ผลการทดลองของสี่เหลี่ยมผืนผ้า 28
ตารางที่ 3-2 ผลการทดลองของสี่เหลี่ยมจัตุรัส 29
ตารางที่ 3-3 ผลการทดลองของวงกลมขนาดใหญ่ 30
ตารางที่ 3-4 ผลการทดลองของวงกลมขนาดเล็ก 31
ตารางที่ 3-5 ผลการทดลองของรูปหัวค้อน 32
ตารางที่ 3-6 ผลการทดลองของรูปลูกศร 33
ตารางที่ 3-7 บทสรุปในกรณีของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 34
ตารางที่ 3-8 บทสรุปในกรณีของรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส 34
ตารางที่ 3-9 บทสรุปในกรณีของรูปวงกลมขนาดใหญ่ 35
ตารางที่ 3-10 บทสรุปในกรณีของรูปวงกลมขนาดเล็ก 35
ตารางที่ 3-11 บทสรุปในกรณีของรูปหัวค้อน 36
ตารางที่ 3-12 บทสรุปในกรณีของรูปลูกศร 36
ตารางที่ 3-13 ช่วงที่ใช้ในการแยกวัตถุตัวอย่าง 37
ตารางที่ 3-14 ช่วงที่ใช้จริงในการแยกประเภทวัตถุตัวอย่าง 37
ตารางที่ 5-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $(x,y)^t$ กับ $(X,Y)^t$ 52
ตารางที่ 5-2 แสดงผลที่ได้จากการทดลองโดยวิธีการแปลงเปอร์สเพคทีพ 53
ตารางที่ 5-3 ผลการทดลองของมุมที่เกิดขึ้น 65
ตารางที่ ข-1 แสดงผลของตำแหน่งวัตถุที่ได้จากการคำนวณเปรียบเทียบกับตำแหน่งจริง 73
ตารางที่ ข-2 แสดงตำแหน่งที่ถูกต้องของภาพที่เกิดขึ้นที่กล้อง CCD 74

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1-1 โครงสร้างของ Robot system ที่ใช้ในการศึกษา 2
รูปที่ 1-2 ความสัมพันธ์ของระบบหุ่นยนต์ (robot system) 3
รูปที่ 1-3 ขั้นตอนการทำงานของระบบหุ่นยนต์ 5
รูปที่ 2-1 ขั้นตอนการแปลงเป็นภาพไบนารี่ 8
รูปที่ 2-2 ฮีสโตแกรมระดับเทา 10
รูปที่ 2-3 ตัวอย่างภาพระดับเทาที่ได้จากกล้อง CCD 11
รูปที่ 2-4 ฮีสโตแกรมระดับเทาของภาพตัวอย่าง 11
รูปที่ 2-5 ภาพการคอนโวลูชั่น 13
รูปที่ 2-6 แสดงตัวกรองเฉลี่ยในกรณี 3*3 พิกเซล 13
รูปที่ 2-7 ภาพตัวอย่างเมื่อผ่านตัวกรองเฉลี่ย 14
รูปที่ 2-8 ฮีสโตแกรมของภาพตัวอย่างเมื่อผ่านตัวกรองเฉลี่ย 14
รูปที่ 2-9 การหาค่าขีดเริ่มเปลี่ยนโดยวิธี iterative threshold selection 15
รูปที่ 2-10 ตัวกรองมัธยฐาน 18
รูปที่ 3-1 แสดงแกนหลักและแกนรองของภาพ 19
รูปที่ 3-2 ขั้นตอนการหาค่าความยาวแกนหลักและความยาวแกนรอง 22
รูปที่ 3-3 แสดงรหัสลูกโซ่ของของเขตภาพไบนารี่ 23
รูปที่ 3-4 ทิศทางการแยกขอบเขตของรหัสลูกโซ่ (a)4 ทิศทาง (b)8 ทิศทาง 23
รูปที่ 3-5 ภาพ 2 มิติของวัตถุตัวอย่างที่ใช้ในงานวิทยานิพนธ์ 26
รูปที่ 3-6 ตำแหน่งพื้นที่โดยรอบทั้ง 8 ตำแหน่งที่ใช้ทดสอบ 27
รูปที่ 3-7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉพาะสูงสุดกับค่าเฉพาะต่ำสุด 38
รูปที่ 3-8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉพาะสูงสุดกับค่าความยาวรหัส 39
รูปที่ 3-9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉพาะต่ำสุดกับค่าความยาวรหัส 40
รูปที่ 4-1 หลักการของมุมของบริเวณ R 43
รูปที่ 4-2 บริเวณ R ขนาด 8*10 ของภาพไบนารี่ 45
รูปที่ 5-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระบบกล้องและระบบแขนกล 48
รูปที่ 5-5 แสดงภาพของระบบหุ่นยนต์ซึ่งประกอบด้วย ESHED Robotec กับ ระบบการมอง .. 51
รูปที่ 5-3 มุมเนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของวัตถุ 54
รูปที่ 5-4 ภาพการเคลื่อนที่ไปจับวัตถุที่ตรวจจับได้ 56

รูปที่ 5-5 ภาพการเคลื่อนที่ไปจับวัตถุที่จับได้ไปวางตำแหน่งต่างๆ 56
รูปที่ 5-6 ภาพการเคลื่อนที่ไปจับวัตถุที่จับได้ไปวางตำแหน่งต่างๆ 56
รูปที่ ก-1 ภาพแขนกลที่ใช้ในงานวิทยานิพนธ์ 62
รูปที่ ข-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งวัตถุกับตำแหน่งภาพ 68
รูปที่ ข-2 พิกเซลขนาด 8*16 พิกเซล 69
รูปที่ ข-3 พิกัดโดยรวมของระบบหุ่นยนต์ 70