ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับเรือที่ขับเคลื่อนโดยพอดพรอเพาส์ชั่น

AUTOMATIC CONTROL OF BOAT DRIVEN BY PODDED PROPULSION

วรวัฒน์ มีชัย

WORAWAT MEECHAI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พ.ศ. 2553

ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับเรือที่ขับเคลื่อนโดยพอดพรอเพาส์ชั่น

วรวัฒน์ มีชัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
พ.ศ. 2553

AUTOMATIC CONTROL OF BOAT DRIVEN BY PODDED PROPULSION

WORAWAT MEECHAI

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS FOR

THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

IN MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI

2010

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่เกิดขึ้นจากการค้นคว้าและวิจัยขณะที่ข้าพเจ้าศึกษาอยู่ในคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและจากการทดลองจริงดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีและข้อความต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอรับรองว่าไม่มีการคัดลอกหรือนำงานวิจัยของผู้อื่นมานำเสนอในชื่อของข้าพเจ้า

นายวรวัฒน์ มีชัย

COPYRIGHT © 2010 ลิขสิทธิ์พ.ศ. 2553
FACULTY OF ENGINEERING คณะวิศวกรรมศาสตร์
RAJAMANGALA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THANYABURI มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับเรือที่ขับเคลื่อนโดยพอดพรอเพาส์ชั่น AUTOMATIC CONTROL OF BOAT DRIVEN BY PODDED PROPULSION
ชื่อนักศึกษา	นายวรวัฒน์ มีชัย
รหัสประจำตัว	115170430108-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร.ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์
วัน เดือน ปี ที่สอบ	3 ตุลาคม 2553
สถานที่สอบ	ห้องคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…….....ประธานกรรมการสอบ
(ดร.มนูศักดิ์ จานทอง)

…….....กรรมการสอบ
(ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์)

…….....กรรมการสอบ
(ดร.ปาษาณ กุลวาณิช)

…….....กรรมการสอบ
(ดร.ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์)

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบควบคุมอัตโนมัติสำหรับเรือที่ขับเคลื่อนโดยพอดพรอเพาส์ชั่น
ชื่อนักศึกษา	นายวรวัฒน์ มีชัย
รหัสประจำตัว	115170430108-4
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2553
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ดร. ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอพลศาสตร์เรือเคลื่อนที่อัตโนมัติให้สามารถควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่และความเร็วของเรือให้เป็นไปตามเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ระบุพิกัดไว้ โดยใช้พอดพรอเพาส์ชั่นเข้ามาควบคุมความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือโดยอาศัยสมการเชิงอนุพันธ์ เพื่อสร้างแบบจำลองของการเคลื่อนที่ของเรือตามจุดพิกัดต่างๆ ในคอมพิวเตอร์ Simulation การสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่โดยใช้ cubic interpolation และ spline interpolation โดยเส้นทางการเคลื่อนที่ ที่ได้จากเทคนิค แบบ spline interpolation จะมีความราบเรียบกว่าเส้นทางที่ได้จากแบบ cubic interpolation และวิเคราะห์สมการพลศาสตร์การเคลื่อนที่ของเรือแบบไม่เชิงเส้นเมื่อ พอดพรอเพาส์ชั่นหันมุมเอียง 30 องศาและ 0 องศา

การควบคุมความเร็วกับตำแหน่งการหันเหของหัวเรือใช้ทฤษฎีควบคุมแบบ PID โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ ส่วนที่ 1.วิเคราะห์สมการควบคุมการหันเหของหัวเรือแบบเชิงเส้น ส่วนที่ 2. สมการเรขาคณิตในการควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือตามจุดพิกัดที่กำหนดโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนย่อย ส่วนย่อยที่ 1.สมการควบคุมการหันเหของหัวเรือแบบเชิงเส้นเบื้องต้นใช้โปรแกรม LabVIEW

ทำการทดสอบการการควบคุมการหันเหของพอดพรอเพาส์ชั่นด้วยการใช้รับสัญญาณจากเข็มทิศดิจิตอลควบคุมการหันเหของพอดพรอเพาส์ชั่นโดยป้อนมุมจากเข็มทิศดิจิตอลเป็นตัวกำหนดการหันเหด้วยสมการเชิงเส้น ส่วนย่อยที่ 2.เขียนโปรแกรมจำลองการเคลื่อนโดยใช้สมการเรขาคณิตจำลองการเคลื่อนที่ของเรือด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink ตามพิกัดที่ระบุไว้เพื่อเป็นแนวทางการประยุกต์การนำสมการเรขาคณิตควบคุมหัวเรือและตำแหน่งของเรือตามพิกัดที่ได้ระบุไว้ จากนั้นทดสอบการใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือโดยใช้สัญญาณ GPS กับสมการเจรขาคณิตทดลองการเคลื่อนที่

คำสำคัญ สมพลศาสตร์การเคลื่อนที่, พอดพรอเพาส์ชั่น, สมการเลขาคณิต

Thesis Title :	AUTOMATIC CONTROL OF BOAT DRIVEN BY PODDED PROPULSION
Student Name :	Mr. Worawat Meechai
Student ID :	115170430108-4
Degree Award :	Master of Engineering
Academic Year :	2010
Thesis Advisor :	Dr. Pradya Prempranerach

ABSTRACT

This research studies dynamics of automatic boat that its cruising trajectory and velocity must follow along specified waypoints and velocity constraint. Using differential dynamics equations, motion of the automatic boat driven by a podded propulsion can be simulated to perform a path following. Boat heading angle and velocity can be controlled by thrust and torque produced by the podded propulsion. Given waypoints in xy-coordinate, cubic and spline interpolations can generate desired paths automatically. Comparing paths generated by these interpolation techniques, path from the spline interpolation is much smoother than that from the cubic interpolation.

Dynamic motion of this boat is tested when the podded propulsion rotates by 30 degree angle and 0 degree angle from a mid-ship line Speed control for the position deviation of the bow using theoretical control PID is divided into two parts the major part of one. Analytics equation controlling yaw of the bow linear section 2. Equations of geometry to control yaw The bow section first. equations controlling yaw of the bow linear initial use Labview test controlling yaw of Pod enough Power Co., using the signal from the compass digital control yaw of the Pod. Paul Power Co. by entering angle of a digital compass with a set of linear equations divert part 2. programming model equations of motion using geometric modeling and motion of the ship with the program. Matlab / Simulink.

The coordinates provided to guide the application of geometric control application equation prow of a ship and where the coordinates specified. Then test the direction of motion of the boat, using GPS signals with experimental geometric equations of motion.

Keywords: Boat Dynamic Motion, Podded Propulsion, Cubic and Spline Interpolations

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร.ปรัชญา เปรมปราณีรัชต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.มนูศักดิ์ จานทอง, ดร.พิพัฒน์ ปราโมทย์ และ ดร.ปาษาณ กุลวาณิช คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและคณะผู้วิจัยขอขอบคุณกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการสนับสนุนงานวิจัยนี้โดยโครงการ “ความร่วมมือในการผลิตนักวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี” (ผนวท.) ปี 2552 ตลอดจนถึงอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล ทุกท่านที่ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำและให้กำลังใจ ในการทำวิทยานิพนธ์นี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้โดยดีสุดท้ายขอสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายและคุณพระศรีรัตนตรัยจงดลบันดาลให้ทุกท่านจงมีแต่ความสุขตลอดไป

วรวัฒน์ มีชัย

3 ตุลาคม 2553

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญรูป ช
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 1
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย 2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย 2
1.5 ขั้นตอนดำเนินงาจนวิจัย 2
1.6 ข้อจำกัดของงานวิจัย 3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและทบทวนวรรณกรรม 4
2.1 หลักการทางพลศาสตร์ของเรือ 4
2.2 สมการทางพลศาสตร์การเคลื่อนที่ของเรือด้วยพอดพอเพาชั่นที่นำมาวิเคราะห์ 6
2.3 ทฤษฎีการควบคุมด้วยพีไอดี 9
2.4 การวิเคราะห์ค่าคงที่ K_P, K_I, K_d ในการควบคุม 13
2.5 LabVIEW 14
2.6 Global Positioning System (GPS) 15
2.7 ประเภทของเรือคายัค 19
2.8 พอดพรอเพาส์ชั่น 20
2.9 ทบทวนวรรณกรรม 22
บทที่ 3 การวิเคราะห์พลศาสตร์และการออกแบบตัวควบคุม 23
3.1 การดำเนินการโดยเริ่มต้นจาก 23
3.2 วิธีจำลองเส้นทางการเคลื่อนที 24
3.3 วิเคราะห์สมการระบบเชิงเส้นและระบบไม่เชิงเส้น 26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 วิธีการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้เข็มทิศดิจิตอล 28

3.5 วิธีจำลองการเคลื่อนที่โดยใช้สมการเรขาคณิตมาควบคุมการหันเหของเรือ 31

บทที่ 4 ผลการทดลอง 47

4.1 สมการพลศาสตร์การเคลื่อนที่ของเรือ 47

4.2 ตำแหน่งเรือที่เคลื่อนที่ตามพิกัด x,y 48

4.3 การสร้างเส้นทางตามจุดพิกัดที่กำหนด 48

4.4 ผลการใช้สมการ PD-Control ควบคุมการหันเหของเรือ 49

4.5 ผลการใช้เข็มทิศดิจิตอลควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ 52

4.6 ผลการทดลองการใช้สมการเรขาคณิตในการจำลองการเคลื่อนที่ 53

บทที่ 5 สรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 66

5.1 สรุปผลงานวิจัย 66

5.2 ข้อเสนอแนะ 67

เอกสารอ้างอิง 69

ภาคผนวก 70

ผลงานวิจัยตีพิมพ์เผยแพร่ 70

ประวัติผู้เขียน 81

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	6
2.2 ค่าสัมประสิทธิ์ที่นำมาวิเคราะห์	7
2.3 เปรียบเทียบค่า K_P, K_I, K_d ที่นำมาวิเคราะห์ในระบบควบคุม	13

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 หลักการทางพลศาสตร์ของเรือที่เคลื่อนที่บนผิวน้ำ	4
2.2 กราฟสัมประสิทธิ์ของแรงผลัก	5
2.3 พิกัดต่างๆในการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่	8
2.4 ภาพการควบคุมแบบพีไอดีคอนโทรล	9
2.5 ผลตอบสนอง สัดส่วน (Proportional)	10
2.6 ผลตอบสนอง ปริพันธ์ (Integral)	11
2.7 ผลตอบสนอง อนุพันธ์ (Derivative)	12
2.8 การควบคุม P-Controller	13
2.9 การควบคุม PI-Controller	13
2.10 การควบคุม PD-Controller	14
2.11 การควบคุม PID-Controller	14
2.12 ตัวอย่างโปรแกรม LabVIEW	15
2.13 ตัวอย่างการรับสัญญาณ GPS ในการกำหนดจุดพิกัดการเคลื่อนที่ของเรือ	16
2.14 พิกัดภูมิศาสตร์	17
2.15 ระบบพิกัดกริด	17
2.16 การอ่านรหัสสัญญาณ GPS	18
2.17 เรือ Kayak sit- inside	19
2.18 เรือ Kayak sit –on –top	20
2.19 ผ่าครึ่งพอดพรอเพาส์ชั่น	20
2.20 พอดพรอเพาส์ชั่น (Minn Kota)	21
2.21 พอดพรอเพาส์ชั่น (Motor guide)	21
2.22 วิธีการออกแบบใบจักรเรือ	22
2.23 พฤติกรรมการไหลรอบใบจักรเรือและลักษณะการเกิดแรงพลศาสตร์	22
2.24 การสร้างแบบจำลองใบจักรเรืออัตโนมัติ	23
3.1 ขั้นตอนงานวิจัยโดยรวม	24

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.2 แก้สมการการพลศาสตร์การเคลื่อนที่โดยใช้ MATLAB /Simulink 25

3.3 การใช้ MATLAB/Simulinkในการแก้สมการระบบเชิงเส้น Sway-Yaw Model 27

3.4 การใช้ MATLAB/Simulinkในการแก้สมการระบบไม่เชิงเส้น Sway-Yaw Model 28

3.5 การทำงานด้วยโปรแกรม LabVIEW บน Front panel ของโปรแกรม LabVIEW 29

3.6 การเขียนโปรแกรมการทำงานโดย โปรแกรม LabVIEW 30

3.7 หลักการควบคุมการควบคุมเซอร์โวมอเตอร์โดยใช้เข็มทิศดิจิตอลเป็นตัวกำหนดทิศทาง 31

3.8 ชุดขับเซอร์โวมอเตอร์ (Accelus) ซ้าย และ เข็มทิศดิจิตอล (Compass) ขวา 31

3.9 เซอร์โวมอเตอร์ 24 VDC ที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้น 31

3.10 การวิเคราะห์สมการเรขาคณิต 32

3.11 การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเรือใช้Matlab/Simulink ของระบบเชิงเส้น 34

3.12 การเขียนโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวเรือใช้Matlab/Simulink ของระบบไม่เชิงเส้น 35

3.13 จำลองการเชื่อมต่ออุปกรณ์เพื่อนำไปใช้งานจริง 36

3.14 การรับสัญญาณโดยใช้ Hyperterminal 37

3.15 GPS ที่ใช้ในการรับสัญญาณ 37

3.16 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบ 1 แบ่งเป็นการเคลื่อนที่ด้านบนกับด้านล่าง 38

3.17 ลักษณะการเคลื่อนที่แบบ 2 แบ่งเป็นการเคลื่อนที่ด้านบนกับด้านล่าง 38

3.18 Font panel การทำงานของโปรแกรม LabVIEW 39

3.19 Block Diagram การทำงานของโปรแกรม 40

3.20 การใช้โปรแกรม LabVIEW ในการรับสัญญาณ GPS จากสระน้ำอาคารวิทยบริการ 41

3.21 Block Diagram LabVIEW ที่ใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของเรือ โดยใช้สัญญาณ GPS 42 41

3.22 Rotation เมทริกซ์โดยใช้ฟังก์ชัน Matscrip 43

3.23 ฟังก์ชันการรับสัญญาณจาก GPS 43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.24 ฟังก์ชันการคำนวณมุม β, ψ 43

3.25 การติดตั้งในการทดสอบเรือเคลื่อนที่อัตโนมัติ 44

3.26 ชุดควบคุมการเคลื่อนที่ด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ 44

3.27 เซอร์โวมอเตอร์ (Maxon 236653) 45

3.28 ชุดติดตั้งพอดพรอเพาส์ชั่นเข้าเรือคายัค 45

3.29 ระบบขับเคลื่อนพอดพรอเพาส์ชั่นที่ติดตั้งบนเรือคายัค 45

3.30 ค่าเริ่มต้น 512 พอดพรอเพาส์ชั่น หันเป็นแนวเดียวกับเรือ 46

4.1 ผลตอบสนองความของ ความเร็ว u (บน) v (กลาง) และ ความเร็วเชิงมุม r (ล่าง) 47

4.2 เรือเคลื่อนในพิกัด x,y เมื่อพอดพรอเพาส์ชั่นหันมุมเอียง 30 องศา และ 0 องศา 48

4.3 เปรียบเทียบแบบจำลองการเคลื่อนที่ระหว่าง cubic interpolation กับ spline interpolation 48

4.4 ควบคุมแรง F_y ได้เมื่อกำหนดมุม ψ อ้างอิงที่ π แรง F_y จะมีค่าเข้าเป็นศูนย์ 49

4.5 ทิศทางการหันเหของเรือที่เคลื่อนภายในเวลา 100 วินาที แรกเมื่อใช้ PD control ของระบบเชิงเส้น 50

4.6 ทิศทางการหันเหของเรือที่เคลื่อนภายในเวลา 100 วินาที แรกเมื่อใช้ PD control ของระบบไม่เชิงเส้น 51

4.7 จำลองการเคลื่อนที่ของเรือควบคุมโดย PD Control 52

4.8 มุมองศาจากสมการพลศาสตร์ PD-Control ควบคุมด้วยเข็มทิศดิจิตอล 53

4.9 จำลองการเคลื่อนที่เมื่อให้มุมเริ่มต้น ψ ที่ 0 องศา กรณีที่ 1 54

4.10 ความเร็ว u, v, r ระยะการเคลื่อนที่ x, y, ψ และแรง F_x, F_y ในเวลา 10 วินาทีแรก เมื่อใช้ PID Control ในการทดลองควบคุมในคอมพิวเตอร์กรณีที่ 1 ระบบเชิงเส้น 55

4.10 ความเร็ว u, v, r ระยะการเคลื่อนที่ x, y, ψ และแรง F_x, F_y ในเวลา 10 วินาทีแรก เมื่อใช้ PID Control ในการทดลองควบคุมในคอมพิวเตอร์กรณีที่ 1 ระบบไม่เชิงเส้น 56

4.12 จำลองการเคลื่อนที่เมื่อให้มุมเริ่มต้น ψ ที่ 30 องศา กรณีที่ 2 57

4.13 ความเร็ว u, v, r ระยะการเคลื่อนที่ x, y, ψ และแรง F_x, F_y ในเวลา 10 วินาทีแรก เมื่อใช้ PID Control ในการทดลองควบคุมในคอมพิวเตอร์กรณีที่ 2 ระบบเชิงเส้น 58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.14 ความเร็ว u,v,r ระยะการเคลื่อนที่ x,y,ψ และแรง F_x,F_y ในเวลา 10 วินาทีแรก เมื่อใช้ PID Control ในการทดลองควบคุมในคอมพิวเตอร์กรณีที่ 2 ระบบไม่เชิงเส้น 59

4.15 จำลองการเคลื่อนที่เมื่อให้มุมเริ่มต้น ψ ที่ 0 องศา กรณีที่ 3 60

4.16 ความเร็ว u,v,r ระยะการเคลื่อนที่ x,y,ψ และแรง F_x,F_y ในเวลา 10 วินาทีแรก เมื่อใช้ PID Control ในการทดลองควบคุมในคอมพิวเตอร์กรณีที่ 3 ระบบเชิงเส้น 61

4.17 ความเร็ว u,v,r ระยะการเคลื่อนที่ x,y,ψ และแรง F_x,F_y ในเวลา 10 วินาทีแรก เมื่อใช้ PID Control ในการทดลองควบคุมในคอมพิวเตอร์กรณีที่ 3 ระบบไม่เชิงเส้น 62

4.18 จำลองการเคลื่อนที่เมื่อให้มุมเริ่มต้น ψ ที่ 30 องศา กรณีที่ 4 63

4.19 ความเร็ว u,v,r ระยะการเคลื่อนที่ x,y,ψ และแรง F_x,F_y ในเวลา 10 วินาทีแรก เมื่อใช้ PID Control ในการทดลองควบคุมในคอมพิวเตอร์กรณีที่ 4 ระบบเชิงเส้น 64

4.20 ความเร็ว u,v,r ระยะการเคลื่อนที่ x,y,ψ และแรง F_x,F_y ในเวลา 10 วินาทีแรก เมื่อใช้ PID Control ในการทดลองควบคุมในคอมพิวเตอร์กรณีที่ 4 ระบบไม่เชิงเส้น 65

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A_w	พื้นที่เรือสัมผัสน้ำ	(m^2)
C_D	สัมประสิทธิ์ของแรงต้าน	
D	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบจักร	(m)
F_x	แรงในพิกัด x จากพอดพรอเพาส์ชั่น	(N)
F_y	แรงในพิกัด y จากพอดพรอเพาส์ชั่น	(N)
GPS	Global Positioning System	
I_p	โมเมนต์ความเฉื่อยของใบจักร	($kg.m^2$)
I_z	โมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกน z	($kg.m^2$)
K_Q	ค่าสัมประสิทธิ์ของแรงบิด	
M	โมเมนต์ที่เกิดจากพอดพรอเพาส์ชั่น	(N.m)
N	แรงกระทำตั้งฉากกับพอดพรอเพาส์ชั่น (normal force)	(N)
n_P	ความเร็วรอบของใบจักร	(Hz)
$\dot{n}_p$	ความเร็วรอบมอเตอร์	(rev/s)
Q_{po}	แรงบิดของใบพัดจากการทดสอบ	(Nm)
Q_{psp}	แรงบิดที่ได้จากการใช้งาน	(Nm)
r	ความเร็วเชิงมุมรอบแกน z	(m/s)
U	ความเร็วเรือ	(m/s)
U_P	ความเร็วที่น้ำไหลเข้าปะทะใบจักร	(m/s)
u	ความเร็วในพิกัด x	(m/s)
v	ความเร็วในพิกัด y	(m/s)
X_{cg}	จุดศูนย์กลางของมวล	(m)

X_P	ระยะจากจุดศูนย์กลางของเรือไปถึงแกนเพลาของพอดพรอเพาส์ชั่น	(m)
η_g	ประสิทธิภาพการหมุนมอเตอร์	
η_R	ประสิทธิภาพการหมุนของมอเตอร์	
β	มุมความเร็วเรือที่เบี่ยงเบนจากพิกัดที่เคลื่อน	(degree)
	ที่ไปกับเรือ (vehicle-fixed)	
δ	มุมที่พอดพรอเพาส์ชั่นกระทำกับพิกัดที่เคลื่อน	(degree)
	ที่ไปกับเรือ (vehicle-fixed)	
ψ	มุมของเรือกระทำกับพิกัดอ้างอิงแบบเฉื่อย (Earth-fixed)	(degree)
λ	อัตราทดเฟืองเกียร์	
ρ	ความหนาแน่นของน้ำ	(kg/m^3)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันระบบขับเคลื่อนทั่วไปของเรือมีหลายประเภทตามขนาดและชนิดของเรือการขับเคลื่อนสามารถแบ่งออกเป็น 5 ประเภทใหญ่ๆได้แก่ 1. เครื่องยนต์เบนซินและดีเซลเช่น เรือหางยาว เรือส่งสิ้นค้า 2. ระบบขับเคลื่อนกังหันก๊าซ เช่น เรือฟริเกต เรือพิฆาต และเรือลาดตระเวน และ 3. ระบบขับเคลื่อนพลังงานนิวเคลียร์ ได้แก่ เรือลาดตะเวนพลังงานนิวเคลียร์ของสหรัฐอเมริกาและฝรั่งเศส ส่วนระบบสมัยใหม่ได้แก่ 4. การขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า เช่น เรือสำราญ เรือเฟอรี่ และ5.ระบบขับเคลื่อนโดยเครื่องพ่นน้ำเช่นเรือตรวจการของสิงค์โปร์ ที่จริงแล้วระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าเริ่มมีใช้ในเรือรบผิวน้ำและเรือดำน้ำมาตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่หนึ่ง โดยระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าต่างจากระบบขับเคลื่อนเชิงกลตรงที่ระบบขับเคลื่อนไฟฟ้าไม่จำเป็นต้องมีเพลาขับที่ยาวและชุดเฟืองทดที่ยุ่งยากซับซ้อนเหมือนในระบบขับเคลื่อนเชิงกลและยังช่วยประหยัดการใช้พื้นที่ใช้สอย ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ อย่างไรก็ตามการขับเคลื่อนแบบ พอดพรอเพาส์ชั่น (podded propulsion) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เริ่มใช้เมื่อไม่นานมานี้และงานวิจัยที่ทำการศึกษาการเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ายังมีอยู่น้อยและเนื่องจากการวิเคราะห์พลศาสตร์การเคลื่อนที่ของเรือโดยพอดพรอเพาส์ชั่น นั้นมีความซับซ้อนมาก

สำหรับเรือเคลื่อนที่อัตโนมัติไปยังจุดหมายบนผืนน้ำโดยไม่ต้องมีคนควบคุม[1] ได้มีผู้สร้างเรือชื่อว่าพินต้า (Pinta) จะถือเป็นเรืออัตโนมัติลำแรกของโลกที่สามารถแล่นข้ามมหาสมุทรแอตแลนติกโดยไร้มนุษย์ควบคุม จุดประสงค์ของการแล่นไปในทะเลของเรือพินต้า นี้เพื่อให้เรือลำนี้ทำหน้าที่เป็นตัวแทนในการเก็บข้อมูลต่างๆที่จะใช้ในงานวิจัย ในพื้นที่ที่ยากจะเข้าถึงในมหาสมุทรอันกว้างใหญ่ หรือเป็นส่วนที่ค่อนข้างอันตรายสำหรับคนที่จะเข้าไปทำการสำรวจเอง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาจำลองเส้นทางการเคลื่อนที่ของเรือตามจุดพิกัดต่างๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเรือเคลื่อนที่อัตโนมัติที่ขับเคลื่อนด้วย พอดพรอเพาส์ชั่น

1.2.2 ศึกษาการควบคุมทิศทางของหัวเรือให้ได้ตามมุมที่ต้องการได้โดยใช้สมการพลศาสตร์

1.2.3 ศึกษาการควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือคายัคและบังคับทิศทางของหัวเรือคายัคให้ได้ตามพิกัดที่ระบุไว้ โดยวิเคราะห์ระบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้น

1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย

การเคลื่อนที่ของเรือที่ขับเคลื่อนด้วย พอดพรอเพาส์ชั่นให้มีความสามารถในการเคลื่อนที่และควบคุมทิศทางการเลี้ยงโค้งในวงแคบนอกจากนั้นยังพัฒนาระบบควบคุมแบบอัตโนมัติที่สามารถทำให้เรือเคลื่อนที่ได้ตามเส้นทางที่ต้องการด้วยโปรแกรม LabVIEW ที่ใช้ในการควบคุมระบบอัตโนมัติ ส่วนการวิเคราะห์การเคลื่อนที่ด้วยสมการพลศาสตร์จะทำด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink เรือขับเคลื่อนด้วยพอดพรอเพาส์ชั่นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเก็บตัวอย่างน้ำได้แบบอัตโนมัติ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 จำลองการเคลื่อนที่ของเรือโดยใช้สมการการเคลื่อนที่ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ด้วยโปรแกรม MATLAB/Simulink

1.4.2 ออกแบบระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของเรือและบังคับทิศทางของหัวเรือ โดยใช้วิธีวิเคราะห์โดยการประยุกต์ใช้ สมการพลศาสตร์ (Dynamic Equation) ด้วยโปรแกรม LabVIEW โดยใช้ GPS และเข็มทิศดิจิตอล เป็นเซนเซอร์ที่ระบุตำแหน่งและทิศทางของหัวเรือตามลำดับ

1.4.3 การเคลื่อนที่ของเรือและทิศทางของหัวเรือ นั้นควบคุมโดยมอเตอร์ 2 ตัว คือ 1.เซอร์โวมอเตอร์ และ 2.พอดพรอเพาส์ชั่นโดยเซอร์โวมอเตอร์จะควบคุมโดยชุดขับเคลื่อนของ Maxon

1.4.4 เรือที่ใช้เป็นเรือคายัคที่มีขนาดของเรือยาว 3.85 เมตร กว้าง 0.68 เมตร ลึก 0.37 เมตร เรือมีน้ำหนัก 24.9 กิโลกรัม

1.4.5 เซอร์โวมอเตอร์มีขนาด 12 VDC และให้ความเร็วรอบสูงสุด 6000 รอบต่อนาทีและให้แรงบิดสูงสุด 0.0359 นิวตัน-เมตร

1.4.6 พอดพรอเพาส์ชั่นมอเตอร์มีขนาด 12 VDC และให้แรงผลักสูงสุด 244.64 นิวตัน และความเร็วรอบสูงสุด 800 รอบต่อนาที

1.4.7 ทดสอบการเคลื่อนที่ของเรือคายัคและนำผลมา เปรียบเทียบกับเส้นทางการเคลื่อนที่ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวิเคราะห์ด้วยสมการพลศาสตร์

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1.5.1 ศึกษาการสร้างสมการการเคลื่อนที่ของเรือทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เชิงเส้นและการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ด้วย MATLAB/Simulink

1.5.2 จำลองการเคลื่อนที่สมการพลศาสตร์ของเรือด้วย โปรแกรม MATLAB/Simulink ควบคุมการหันเหของเรือโดยใช้ทฤษฎี PID Control

1.5.3 เขียนโปรแกรมและคำนวณการเคลื่อนที่ของเรือในแบบ เรขาคณิตด้วยโปรแกรม LabVIEW

1.5.4 เชื่อมต่ออุปกรณ์ Hardware ได้แก่ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ใช้ควบคุม เซอร์โวมอเตอร์ และพอดพรอเพาส์ชั่นเข้ากับ โปรแกรม LabVIEW ,ส่วน GPS และเข็มทิศดิจิตอล เชื่อมต่อด้วย 2 วิธี คือ 1.การเชื่อมต่อผ่านพอร์ตอนุกรม (Serail Port) 2. เชื่อมต่อผ่านช่อง PCI ในคอมพิวเตอร์ (NI PCIe-6323)

1.5.5 ทำการทดสอบการเคลื่อนที่จริงโดยใช้สระน้ำบริเวณ อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญบุรี

1.5.6 ปรับปรุงแก้ไขและบันทึกผล

1.6 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1.6.1 เรือรับน้ำหนักได้ไม่เกิน 100 กิโลกรัม

1.6.2 ความเร็วที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่เกิน 1 เมตรต่อวินาที

1.6.3 สามารถวิ่งได้ในน้ำจืดเนื่องจากและอุปกรณ์ของที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่ทนต่อการกัดกร่อนของน้ำเค็ม

1.6.4 เซอร์โวมอเตอร์สามารถควบคุมให้พอดพรอเพาส์ชั่นหมุนซ้ายและขวาได้มากสุดไม่เกิน 180 องศา

เอกสารอ้างอิง

[1] **Pinta**, (Online), May 2009. Available: http:// www.yachtingmonthly.com (25 December 2009).

[2] Buckley, J., **Future trends in commercial and military shipboard power systems**. PowerEngineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE, July 2002. pp 340 – 342.

[3] Triantafyllou, M.S., **Maneuvering and Control of Surface and Underwater Vehicles**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA , Fall 2004. pp 21-35.

[4] M.B. Greytak, **High Performance Path Following for Marine Vehicles Using Azimuthing Podded Propuslion**. M.S. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2006. pp 51-56.

[5] สราวุฒิ สุจิตจร, "**การควบคุมอัตโนมัติ**" กรุงเทพฯ : เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า, 2546. หน้า 320 – 327.

[6] **ระบบควบคุมพีไอดี,** (Online), **Available : http:**// th.wikipedia.org/wiki **(3 July 2010).**

[7] มนูศักดิ์ จานทอง, **PID Control** .2551,หน้า 1-9.

[8] Triantafyllou, M.S., **Maneuvering and Control of Surface and Underwater Vehicles**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA , Fall 2004.Capter 4 Heading Control. pp 47-60.

[9] Triantafyllou, M.S., **Maneuvering and Control of Surface and Underwater Vehicles**. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA , Fall 2004.Capter 5 Waypoint Tracking. pp 61-62.

[10] กิจไพบูลย์ ชีวพันธุศรี , " **การออกแบบแอบพลิเคชั่นในระบบกราฟิกด้วย Labview** " กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น (บจม.), 2552. หน้า 86 – 104.

[11] **GPS**, (Online), Available : http://wwwGlobal5.com (4 July 2010).

[12] **ระบบพิกัดการอ่านค่า GPS**, (Online), Available: http://www.rmutphysic.com (4 July 2010).

[13] **การแปลสัญญาณ GPS**, (Online), Available: http://www.mikroe.com (5 July 2010).

[14] **Atlantis12 Deluxe**., (Online), Available: http://www.kajakas.lt/Baidares_kajakai. (23 July 2009). [15] **Kayak &Waterproof Dry Bag**, (Online), Available: http://www.travelmart.com (23 July 2009).

[16] **Minn Kota Endura**, (Online), Available : http://www.fishingboatshop.com (16 July 2009).

[17] **Motor part,** (Online), Available : http://www.trollingmotorparts.com (16 July 2009).

[18] **C.E.Pearson.,** Numerical Methods In Engineering and Science. **Van Nostraud Reinhold company,** 1986. pp 396-397

[19] ยอดชาย เตียเปี้น ,อุดมเกียรติ นนทแก้ว.”**การออกแบบและคำนวณสมรรถนะใบจักรเรือโดยอาศัยการจำลองทางพลศาสตร์ของไหล**”. สาขาวิศวกรรมต่อเรือและเครื่องกลเรือ คณะวิศวกรรมศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้ง 16 จังหวัดภูเก็ต 14-16 ตุลาคม 2545

[20] สุรศักดิ์ เพิ่มทรัพย์ทวี, อุดมเกียรติ นนทแก้ว.”**การประยุกต์ระเบียบวิธีขอบเขตมูลฐานในการออกแบบใบจักรเรือ**”.วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 เมษายน 2548 ถึง 2 มิถุนายน 2548

[21] ศกสิทธิ์ โพธิสิทธิ์ ,วีระพงศ์ บุญเกียรติเจริญ ,วิบูลย์ เลิศวิมลนันท์. “**โปรแกรมสร้างแบบจำลองใบจักรเรือ**”ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800.การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 21 จังหวัดชลบุรี 17-19 ตุลาคม 2550