

การควบคุมวีลแชร์ด้วยตัวควบคุมที่โปรแกรมได้ด้วยการบูรณาการเข้ากับ  
อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

PLC-BASED WHEELCHAIR CONTROL INTEGRATED WITH THE INTERNET OF  
THINGS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2562

KMITL-2019-EN-M-060-030

การควบคุมวีลแชร์ด้วยตัวควบคุมที่โปรแกรมได้ด้วยการบูรณาการเข้ากับ  
อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

PLC-BASED WHEELCHAIR CONTROL INTEGRATED WITH THE INTERNET OF  
THINGS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2562  
KMITL-2019-EN-M-060-030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PLC-BASED WHEELCHAIR CONTROL INTEGRATED WITH THE INTERNET OF  
THINGS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2019  
KMITL-2019-EN-M-060-030

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หัวข้อวิทยานิพนธ์	การควบคุมวีลแชร์ด้วยตัวควบคุมที่โปรแกรมได้ด้วยการบูรณาการเข้ากับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
นักศึกษา	นายจिरายุ เพชรแหน
รหัสประจำตัว	60601010
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุพรรณ กุลพาณิชย์

### บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอการควบคุมวีลแชร์ขับเคลื่อนล้อแมคคานัมบนตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ ซึ่งบูรณาการเชื่อมต่อกับระบบสื่อสารแบบอินเทอร์เน็ต วัตถุประสงค์หลักเพื่อการควบคุม การเคลื่อนที่ผ่านสมาร์ตโฟนด้วยสัญญาณ Wi-Fi ที่ต่อร่วมกันบน Access point โดยมีตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ (PLC) และ HMI เชื่อมต่อผ่าน Ethernet port การควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนจะอาศัย แอปพลิเคชันที่ติดตั้งบนระบบปฏิบัติการของสมาร์ตโฟนที่มีชื่อว่า HMI Remote Viewer เพื่อควบคุม การเคลื่อนที่ของความเร็วที่เป็นสัดส่วนและทิศทางที่สอดคล้องกับการแสดงผลบนจอ HMI ดังนั้นผู้ ควบคุมสามารถควบคุมได้โดยตรงผ่านหน้าจอสัมผัสบน HMI และผู้ช่วยการควบคุมสามารถควบคุมได้ ผ่านสมาร์ตโฟนในรูปแบบของการควบคุมระยะไกล (Remote) ทำให้วีลแชร์มีความสะดวกในการ เคลื่อนย้ายผู้โดยสารที่เป็นผู้ป่วย หรือผู้พิการไปยังสถานที่ต่าง ๆ ได้

<b>Thesis Title</b>	PLC-based Wheelchair Control Integrated with the Internet of Things
<b>Student</b>	Mr.Jirayu Petchhan
<b>Student ID.</b>	60601010
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Instrumentation Engineering
<b>Year</b>	2019
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc.Prof.Dr.Suphan Gulpanich

## ABSTRACT

This paper presents a PLC-based mobile mecanum-wheeled wheelchair control algorithm integrated with the Internet of Things (IoT). The main objective of this work is to control the movement of wheelchair through wireless smartphone to Wi-Fi signal which have centered at access point. Human Machine Interface (HMI) connect over the Ethernet port. The controlling on smart phone will implement the application that has been installed on an OS of each phone. This application can reach i.e. “HMI Remote Viewer”. The bottom-up approach was taken where proportional mobility control in the vector form of speed and direction that have accorded to HMI screen display. Thus, a user can order on touch screen display directly. Moreover, in the remote access, the caretaker can control on the smart phone. In this solution, the chair that it has the comfort of moving a passenger as the patients or handicapped to another place.

## กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับรวมเนื้อหางานวิจัยเชิงนวัตกรรมและพัฒนางานวิจัยเกี่ยววีลแชร์สำหรับผู้ป่วยที่มีการติดต่อสื่อสารและการควบคุมผ่านระบบสัมผัสรวมไปถึงการควบคุมแบบระยะไกล ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร. สุพรรณ กุลพานิชย์ ที่มีอุปกรณ์วีลแชร์มอบให้อย่างครบครันเพื่อใช้เป็นวีลแชร์ต้นแบบเพื่อให้นักศึกษา ทำการทดลอง และประเมินผลงานวิจัยนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้รับประโยชน์และมีการพัฒนาทางด้านต่าง ๆ อีกมากมาย ไม่ว่าจะเป็นองค์ความรู้ ความสามารถ กระบวนการคิด วิเคราะห์ หรือจนกระทั่งการแยกแยะ เพื่อเข้าใจถึงขั้นตอนการทำงาน และระเบียบวิธีวิจัยสำหรับงานวิจัยนี้ ซึ่งจะส่งผลให้งานวิจัยมีความน่าสนใจมากขึ้น การได้ทำวิจัยที่สถาบันนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้ประสบการณ์ต่าง ๆ มากมาย ได้ฝึกฝนวิชาทั้งที่ได้ร่ำเรียนมาและในบางสิ่งบางอย่างที่ข้าพเจ้ายังไม่เคยรู้หรือไม่อาจหาได้จากที่อื่น ๆ ข้าพเจ้าอยากจะขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเป็นอย่างมาก ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม มา ณ ที่นี้ ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สุพรรณ กุลพานิชย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิชาการและอาจารย์ผู้ควบคุมการทำวิทยานิพนธ์แห่งภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ทวีพล ชื่อสัตย์ และคณาจารย์อื่น ๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึงที่คอยช่วยเหลือให้คำแนะนำทั้งการทำงานและรับปรึกษาถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดจากการทำงานในงานวิจัยที่ได้ค้นคว้านี้

ขอขอบคุณอีกครั้งกับอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม ทั้งอาจารย์ผู้สอนที่ดี เพื่อนก็ดี พี่หรือน้องร่วมภาควิชาที่ดี พี่หรือน้องร่วมสถาบันที่ดี ที่มอบความรู้ทางทฤษฎี ความรู้ทางภาคปฏิบัติ และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่อาจนำไปประยุกต์ใช้กับการทำวิจัยนี้จนประสบความสำเร็จ และสามารถนำความรู้ทั้งหมดนี้ไปใช้ในการพัฒนางานวิจัยสู่สายตาสังคมภายนอกได้

จิรายุ เพชรแทน

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญรูป .....	VII
สารบัญตาราง .....	X
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 สถานการณ์ ความเป็นมา และความสำคัญ .....	1
1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา .....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา .....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย .....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย .....	2
1.6 วัตถุประสงค์และขั้นตอนการศึกษา .....	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	4
2.1 ระบบเลขฐาน .....	6
2.1.1 ระบบเลขฐาน 2 .....	6
2.1.2 ระบบเลขฐาน 8 .....	6
2.1.3 ระบบเลขฐาน 10 .....	6
2.1.4 ระบบเลขฐาน 16 .....	7
2.2 ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและเทคนิคการประยุกต์ใช้งานการควบคุม .....	7
2.2.1 ทฤษฎีบทพีทาโกรัส .....	8
2.2.2 เทคนิคการประยุกต์ใช้งานสำหรับการควบคุม .....	9
2.3 พื้นฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อแบบเมคคานัม .....	9
2.4 ตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ .....	11
2.4.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของตัวควบคุม .....	12
2.4.2 ความสามารถต่าง ๆ ของตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ .....	12
2.4.2.1 การควบคุมทำงานตามลำดับ (Sequence Control) .....	12

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control) .....	12
2.4.2.3 การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control) .....	13
2.4.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุม .....	14
2.4.3.2 Sequential Function Chart .....	14
2.4.3.2 Ladder Diagram .....	14
2.4.3.3 Function Block Diagram .....	15
2.4.3.4 Instruction List .....	15
2.4.3.5 Structured Text .....	16
2.5 Human Machine Interface .....	16
2.6 ชุดปรับแต่งความกว้างของสัญญาณ (Pulse Width Modulation; PWM) .....	17
2.7 Internet of Things (IoT) .....	18
2.7.1 สถาปัตยกรรม IoT .....	19
2.7.1.1 สถาปัตยกรรมแบบ 3-5 Layer .....	19
2.7.1.2 สถาปัตยกรรมคลาวด์และฟ็อก (Cloud and Fog Architecture) .....	20
2.7.2 ประโยชน์ของ IoT .....	20
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	22
3.1 ภาพการเชื่อมต่อองค์รวมของวีลแชร์ (Overview of wheelchair topology) .....	22
3.2 โครงสร้างวีลแชร์ไฟฟ้าฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อเมคคานัม (Structure of .....	23
mecanum mobile-based wheelchair)	
3.3 การประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ตัวควบคุมและอินเทอร์เฟซผ่านกราฟฟิกแสดงผล .....	25
(Controller and graphical display interface device application)	
3.4 การออกแบบแผนผังและอัลกอริทึมการควบคุม (Designed schematic and .....	28
algorithm program of controlling)	
3.4.1 การออกแบบแผนผังการควบคุม .....	28
3.4.2 แผนผังการควบคุม .....	29
3.4.3 อัลกอริทึมการควบคุม .....	34
3.5 IoT ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน (IoT via smart phone application) .....	35

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองงานวิจัย .....	44
4.1 ผลสุดท้ายของโครงสร้างวีลแชร์ต้นแบบ .....	44
4.2 การทดลองชุดขับผ่าน Pulse Width Modulation .....	45
4.2.1 การทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบขณะที่ไม่มีภาระ.....	45
4.2.2 การทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบการเพิ่มภาระโหลดเข้ากับตัววีลแชร์ .....	46
4.3 สมรรถนะวีลแชร์ต่อการใช้งานจริง .....	47
4.4 ความสามารถในการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในวีลแชร์ .....	54
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป .....	56
5.1 สรุปผลการทดลอง .....	56
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข .....	57
5.3 ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย .....	57
5.4 แนวทางค้นคว้าพัฒนา .....	57
เอกสารอ้างอิง .....	58
ภาคผนวก .....	60
ภาคผนวก ก. (ตารางทิศทางการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ โดยสัมพันธ์กับการข้อมูลและทิศ .....	61
ทางการหมุนของล้อ)	
ภาคผนวก ข. (ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์) .....	64
ประวัติผู้เขียน .....	71

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการคำนวณหารัศมีในวงกลมโดยใช้ด้าน X และ Y เพื่อหารัศมีผลลัพธ์จาก สมการจากทฤษฎีบทพีทาโกรัส	8
2.2 ตัวอย่างไดอะแกรมกราฟแสดงเทคนิคการควบคุมแบบแบ่ง 4 จุดภาค (ภาพซ้าย) ..... และการแบ่งทิศทางของแต่ละแกนออกเป็น 3 ส่วน (ภาพขวา)	9
2.3 ตัวอย่างล้อเคลื่อนที่ได้หลายทิศทางหรือล้อแบบเมคคานิคได้นำมาประยุกต์ใช้งาน ..... สำหรับงานวิจัยนี้	10
2.4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อเมื่อผิวของล้อสัมผัสกับพื้นผิว และเมื่อนำล้อมาประ- ..... ยุกต์ใช้งานติดตั้ง ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวรถ	10
2.5 แสดงถึงการเคลื่อนที่แบบทิศทาง ยกตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ในทิศทางไปข้าง ..... หน้า (รูปซ้ายบน) การเคลื่อนที่ในทิศทางไปข้างหน้าเอียงขวา (รูปขวาบน) และ การเคลื่อนที่ไปทางขวาเพียงอย่างเดียว (รูปซ้ายล่าง) และสุดท้ายคือควบคุมการ- หมุนแบบตามเข็มนาฬิกา (รูปขวาล่าง)	11
2.6 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ ..... 12	12
2.7 ตัวอย่างการใช้งานตัวควบคุมต่อร่วมกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตจากภายนอก ..... 13	13
2.8 ตัวอย่างการเขียน Sequential Function Chart ..... 14	14
2.9 ตัวอย่างการเขียน Ladder Diagram Language ..... 14	14
2.10 ตัวอย่างการเขียน Function Block Diagram ..... 15	15
2.11 ตัวอย่างการเขียน Instruction List ..... 15	15
2.12 ตัวอย่างการเขียน Structure Text ..... 16	16
2.13 รูปแบบตัวอย่างบล็อกไดอะแกรมของการใช้งาน HMI เบื้องต้น ..... 16	16
2.14 ตัวอย่างการปรับสัญญาณแรงดันผ่าน PWM Module เปรียบเทียบกับสัญญาณ ..... สามเหลี่ยมเพื่อแปลงออกเป็นสัญญาณพัลส์ (PWM Duty Cycle)	17
2.15 การจัดการสัญญาณแรงดันสัมพันธ์กับการปรับความกว้างของพัลส์ผ่าน PWM ..... โดยยกตัวอย่างความกว้างของสัญญาณมีผลต่อระดับค่าของแรงดันเฉลี่ย	18
2.16 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของ Internet of Things (IoT) ..... 19	19
2.17 แผนภาพแสดงถึงข้อดีในการบูรณาการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ..... 21	21
3.1 ภาพรวมการเชื่อมต่อในเครือข่ายของวีลแชร์..... 23	23

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2 ตัวอย่างโครงสร้างฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อแบบเมคคานัม .....	24
3.3 ก. แสดงหน้าแรกของ HMI .....	27
3.3 ข. แสดงเมนูหลักเพื่อเลือกฟังก์ชันการใช้งาน .....	27
3.3 ค. แสดงในเมนูย่อยของ User Interface เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่แนว x-y .....	28
3.3 ง. แสดงในเมนูย่อยของ User Interface เพื่อควบคุมการหมุนตามเข็มและ ทวนเข็มนาฬิกา .....	28
3.4 คอนเซ็ปของงานวิจัยดั้งเดิมที่ได้พัฒนาขึ้นในวิลแชร์ .....	29
3.5 คอนเซ็ปของงานวิจัยที่ได้พัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยดั้งเดิมที่ได้พัฒนาขึ้นใน วิลแชร์ .....	29
3.6 แผนผังการควบคุมวิลแชร์ .....	31
3.7 แผนผังการควบคุมขนาดและทิศทางของความเร็วการหมุนของล้อซึ่งแต่ละล้อ แยกการทำงานอย่างอิสระ .....	32
3.8 แผนผังการไหลความคิด (Flowchart) ของอัลกอริทึมการควบคุมวิลแชร์ .....	33
3.9 โมดูลทางเลือก (Option board) รุ่น CP1W-CIF41 ใช้สำหรับสื่อสารผ่าน ทาง Ethernet .....	35
3.10 หน้าเว็บไซต์สำหรับเข้าโหมดการตั้งค่าที่อยู่ IP สำหรับโมดูล CP1W-CIF41 .....	36
3.11 หน้าเว็บไซต์สำหรับตั้งค่าที่อยู่ IP สำหรับโมดูล CP1W-CIF41 (Ethernet port option board) .....	36
3.12 ภาพนี้แสดงถึง (จุดที่ 1) การตั้งค่าที่อยู่ IP ของ HMI (จุดที่ 2) การตั้งค่าที่อยู่ IP เพื่อเชื่อมต่อกับ PLC และ (จุดที่ 3) Network device setting สำหรับ แสดงผลที่อยู่ IP ทั้งหมดที่อยู่ในเครือข่ายของระบบ .....	37
3.13 System configuration สำหรับระบบเครือข่ายในวิลแชร์ .....	38
3.14 ที่อยู่ IP เดิมจากหน้าต่าง LAN โดยใช้สำหรับการตั้งค่าที่อยู่ IP ของ TP-LINK router .....	39
3.15 หน้าต่าง Status แสดงถึงที่อยู่ IP หลังจากตั้งค่าใหม่เพื่อเข้าสู่การเชื่อมต่อใหม่ .....	39
3.16 หน้าต่าง WPS ใช้สำหรับการเชื่อมต่อแบบจับคู่กับเราเตอร์อื่น ๆ .....	39
3.17 แผนผังการโครงข่ายเชื่อมต่อโดยบูรณาการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับ ควบคุมวิลแชร์ .....	40

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 ลงทะเบียนเพื่อใช้งานแอปพลิเคชัน HMI Remote Viewer สำหรับแสดงผล เสมือน HMI	41
3.19 เข้าสู่การควบคุมผ่านสมาร์ทโฟนโดยใช้แอปพลิเคชัน HMI Remote Viewer	42
3.20 ตัวอย่างหน้าการควบคุมและการตั้งค่าบนแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ทโฟน	43
4.1 ภาคส่วนการควบคุมการเคลื่อนที่บนวีลแชร์	44
4.2 การออกแบบโครงสร้างในงานวิจัยเดิมของวีลแชร์เคลื่อนที่ด้วยล้อแมคคานัมที่มี การบูรณาการเพิ่มของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง	45
4.3 แสดงการปรับความเร็วมอเตอร์ด้วย PWM	45
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรความเร็วขณะไม่มีโหลดภาระเพิ่มผ่าน PWM	46
4.5 กราฟเปรียบเทียบความเร็วของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลดภาระและมีโหลดภาระ เพิ่มผ่าน PWM	47
4.6 ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่แบบ FWD-BWD ของวีลแชร์เปรียบเทียบกันใน กรณีไม่มีภาระโหลดเพิ่มต่อการมีโหลดภาระเพิ่ม	51
4.7 ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่แบบ LEFT-RIGHT ของวีลแชร์เปรียบเทียบกัน ในกรณีไม่มีภาระโหลดเพิ่มต่อการมีโหลดภาระเพิ่ม	52
4.8 ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่แนวทแยงมุมของวีลแชร์เปรียบเทียบกันในกรณี ไม่มีภาระโหลดเพิ่มต่อการมีโหลดภาระเพิ่ม	53
4.9 ตัวอย่างภาพทดสอบการเคลื่อนที่บนพื้นลาดเอียงขนาดมุมประมาณ 15 องศา	54
4.10 ตัวอย่างการใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่มีการแสดงผลเสมือน HMI	55

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างเลขฐาน .....	7
3.1 การกำหนดตำแหน่ง I/O และ Data Memory (DM) .....	26
3.2 ออกแบบข้อมูลเพื่อรองรับต่อการควบคุมระบบสัมผัสจากการควบคุมผ่านจอยสติ๊ก .....	34
4.1 ผลการทดสอบการปรับความเร็วมอเตอร์ขณะไม่มีโหลดภาระเพิ่มโดยควบคุม .....	46
ผ่าน PWM ที่ความถี่ 1 kHz	
4.2 ผลการทดสอบการปรับความเร็วของหุ่นยนต์ขณะไม่มีโหลดภาระและมีโหลด .....	47
ภาระเพิ่ม (น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขนาด 50 กิโลกรัม)	
4.3 คุณสมบัติทางกายภาพของวีลแชร์ .....	48
4.4 ผลการทดลองการทำความเร็วสูงสุดในทิศทาง FWD-BWD ของวีลแชร์ผ่าน .....	51
อินเตอร์เฟซแบบกราฟฟิก	
4.5 ผลการทดลองการทำความเร็วสูงสุดในทิศทาง LEFT-RIGHT ของวีลแชร์ผ่าน .....	52
อินเตอร์เฟซแบบกราฟฟิก	
4.6 ผลการทดลองความเร็วสูงสุดในทิศทางทแยงมุมหรือแนวเฉียงของวีลแชร์ผ่าน .....	53
อินเตอร์เฟซแบบกราฟฟิก	
4.7 ผลการทดลองการหมุนรอบตัวเองผ่านคำสั่งจากอินเตอร์เฟซแบบกราฟฟิก .....	54
4.8 เปรียบเทียบเวลาในการสื่อสารระหว่างสมาร์ตโฟนและ HMI ไปยังวีลแชร์เพื่อ .....	55
ควบคุมการทำงาน	

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 สถานการณ์ ความเป็นมา และความสำคัญ

มนุษย์นั้นต้องการความสะดวกสบายนั้นเป็นพื้นฐานของการดำรงชีวิตในประจำวัน โดยเฉพาะ ผู้พิการ และผู้สูงอายุ นั้นต้องการทั้งความสะดวกสบาย และการช่วยเหลือเป็นพิเศษ อันเนื่องจากภาวะ ร่างกายที่บกพร่อง หรือเสื่อมสมรรถภาพลงไป เช่น อากาศอัมพาต หรือกลุ่มอาการผู้ป่วยที่สูญเสียการ ควบคุมทางระบบประสาทสัมผัสเกิดข้อจำกัดทางการเคลื่อนไหวทางขา แขน หรือทั้งสอง วิลแชร์จึง เป็นทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กับคนกลุ่มนี้มากขึ้น เพื่อลดภาระการดูแลจากผู้อื่น อีกทั้งผู้คนกลุ่มนี้ ยังสามารถพึ่งตัวเองได้มากขึ้นอีกด้วย โดยในส่วนของงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้หรือการบูร ณาการเข้ากับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มาเป็นตัวช่วยเพิ่มความสะดวกสบายและการช่วยเหลือให้กับ ผู้ใช้งาน และผู้ช่วยเหลืออีกด้วย อันเนื่องจากปัจจุบันอินเทอร์เน็ตนั้นมีส่วนสำคัญต่อผู้คนมากมาย ไม่ ว่าจะเป็น การค้นคว้าหาข้อมูล การบริการต่าง ๆ ผู้ใช้งานวิลแชร์ก็มีสิทธิ์ที่จะสามารถเข้าถึง อินเทอร์เน็ตได้เช่นกัน เพื่อให้ผู้ใช้งานได้มีส่วนร่วมการใช้ชีวิตเหมือนบุคคลทั่วไปและยังมีส่วนร่วมใน สังคมอีกด้วย

โดยในงานวิจัยประเภทสมาร์วิลแชร์นี้มีมากมาย งานวิจัยนี้การควบคุม และใช้งานวิลแชร์ผ่าน ระบบไร้สาย ซึ่งการควบคุมทิศทางของการเคลื่อนที่ของวิลแชร์เป็นความสัมพันธ์ของการควบคุม มอเตอร์ไฟฟ้าที่ขับเคลื่อนทั้ง 4 ล้อ โดยแต่ละล้อเป็นมีลักษณะแบบหมุนรอบทิศทาง (Omnidirectional wheel) ให้ได้ทั้งขนาดและทิศทางที่เป็นผลรวมทางเวกเตอร์ของล้อทั้ง 4 ล้อ ซึ่ง จะได้กล่าวต่อไปดังบทที่ 2 สำหรับตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ออกแบบใช้รุ่น CP1H ร่วมกับหน้าจอ สัมผัสรุ่น NB5Q ของ Omron และ iPhone เป็นสมาร์ทโฟนในการสั่งการโดยมี HMI Remote Viewer เป็นแอปพลิเคชันในการดึงข้อมูลผ่านระบบไร้สายโดยมีหน้าจอสั่งการเสมือนหน้าจอสัมผัส ทั้งหมดนี้จะสื่อสารข้อมูลผ่าน Access point ซึ่งมีหน้าที่เป็นจุดศูนย์กลางการเชื่อมต่อผ่าน Hub เชื่อมผ่านระบบ Ethernet ทั้งแบบมีสายและไร้สาย การออกแบบและการติดตั้งอุปกรณ์ที่ง่ายต่อการ ใช้งานทำให้การช่วยแก้ไขปัญหาง่ายขึ้น เพิ่มความสะดวกสบายมากขึ้นให้กับกลุ่มคนที่ได้กล่าวมา

### 1.2 ความมุ่งหมาย และวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษา ค้นคว้า และวิจัยการประดิษฐ์วิลแชร์ระบบไฟฟ้าที่สามารถการผ่านอุปกรณ์สั่ง การแบบสัมผัสได้
2. เพื่อศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมตามมาตรฐาน IEC 61131-3 เบื้องต้นและขั้นสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพื่อศึกษาการใช้งานโปรแกรม CX-Programmer และ NB-Designer ของ Omron
4. เพื่อศึกษาการใช้งานอุปกรณ์สัมผัสหน้าจอต่าง ๆ เช่น Human Machine Interface (HMI) และ Smartphone เป็นต้น
5. เพื่อศึกษาการเชื่อมต่อและติดต่อสื่อสารระหว่างตัวควบคุม อุปกรณ์สั่งการแบบสัมผัสต่าง ๆ
6. เพื่อศึกษา และค้นคว้าถึงการบูรณาการของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things; IoT)
7. เพื่อศึกษาการใช้งานแอปพลิเคชันใน Smartphone คือ HMI Remote Viewer
8. เพื่อวิเคราะห์ที่มีการควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าที่ทำการวิจัยขึ้นมาสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพสูงสุด และรองรับต่อความต้องการของผู้ใช้งาน เช่น ผู้สูงอายุ หรือผู้พิการ เป็นต้น

### 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ปัญหาจากการดำรงชีวิตในปัจจุบันของผู้สูงอายุและผู้พิการ ปัญหาจากการให้บริการงานทางด้านสุขภาพแก่ผู้ใช้งานได้ไม่ตลอดเวลา ปัญหาของผู้ใช้งาน และ/หรือ ผู้ดูแลไม่สามารถเข้าถึงระบบสื่อสารหรือระบบอินเทอร์เน็ตได้ รวมไปถึงปัญหาจากการที่ไม่มีระบบอัตโนมัติเพื่อเพิ่มความสะดวกสบายได้อย่างเพียงพอต่อจำนวนผู้ใช้งาน

### 1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ทฤษฎีและข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบงานวิจัย ไม่ว่าจะเป็นศึกษาทฤษฎีพีทาโกรัสในรูปของวงกลม 1 หน่วยโดยเป็นหลักอ้างอิงควบคุมการเคลื่อนที่จากก้านควบคุม ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับระบบรับและข้อมูลภายในระบบของตัวควบคุม การประยุกต์ใช้งานชุดปรับแต่งความกว้างต่อสัญญาณที่มีผลต่อระดับแรงดัน การประยุกต์การใช้งานของตัวล้อในที่สามารถเคลื่อนที่ได้หลายทิศทาง การเลือกใช้ตัวควบคุม การออกแบบระบบควบคุม การประยุกต์ใช้งานควบคุมผ่านระบบสัมผัสและควบคุมแบบระยะไกล

### 1.5 ขอบเขตการวิจัย

การออกแบบโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ของวีลแชร์ผ่านตัวควบคุมโปรแกรมแบบตรรกะได้ (Programmable Logic Controller) การออกแบบหน้าจอกการใช้งานสำหรับผู้ใช้ (Graphical User Interface) ลงบนอินเทอร์เน็ตเฟส (HMI) การบูรณาการการใช้งานแอปพลิเคชันผ่าน HMI Remote Viewer ที่มีอินเทอร์เน็ตการใช้งานเสมือน HMI เพื่อสั่งการควบคุมวีลแชร์ผ่านสมาร์ตโฟนเพื่อให้เข้าขอบเขตของการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การติดต่อสื่อสารกันระหว่างตัวควบคุม หน้าจอสัมผัส และสมาร์ตโฟน ผ่านจุดต่อร่วม รวมไปถึงการทดสอบจริงภายในอาคารและนอกอาคารเพื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบสมรรถนะของตัวพาหนะที่ใช้งานหรือวีลแชร์และประสิทธิภาพการสื่อสารรับส่งข้อมูลการแสดงผลและการควบคุม

## 1.6 วิธีดำเนินงานและขั้นตอนการศึกษา

โดยวิธีการดำเนินงานนั้นกล่าวถึง การประยุกต์ใช้งานตัวล้อเคลื่อนที่ได้แบบหลายทิศทางหรือล้อแบบแมคคานัม การออกแบบระบบไฟฟ้าและอัลกอริทึมการควบคุมให้กับวีลแชร์เคลื่อนที่ และการบูรณาการอินเตอร์เฟซของสรรพสิ่งผ่านแอปพลิเคชันที่รองรับบนสมาร์ตโฟนเพื่อการใช้งาน โดยการออกแบบและติดตั้งที่ได้จะนำไปสู่การทดลองและผลการทดลองที่จะทำการรวบรวม นำ มีหัวข้อคือการทดสอบทางด้านประสิทธิภาพและคุณสมบัติทางกายภาพของตัวรถ การทดสอบชุดปรับแต่งสัญญาณ การทดลองการควบคุมความเร็ว รวมไปถึงการทดสอบความสามารถในการรับและส่งข้อมูลในระบบสื่อสาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

หลากหลายงานวิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาวิลแชร์เคลื่อนที่ด้วยระบบไฟฟ้า การประยุกต์ใช้งานเพื่อรวมระบบเข้าด้วยกัน ออกแบบเพื่อรองรับต่อภาวะระบบควบคุม และการประยุกต์ใช้งานระบบสื่อสารในรูปแบบต่าง ๆ

Hahn et al. [1] ได้กล่าวถึงความก้าวหน้าของวงการอุตสาหกรรมระบบไอที ซึ่งมีการเปลี่ยนที่รวดเร็ว สมาร์ทโฟนมือถือก็มีส่วนร่วมในการเข้าถึงการเชื่อมต่อและการให้บริการต่าง ๆ รวมไปถึงอุปกรณ์ช่วยเหลือผู้มีปัญหาทางร่างกาย ด้วยเหตุนี้เองจึงได้ประดิษฐ์วิลแชร์อัจฉริยะที่สามารถควบคุมผ่านการใช้งานการคำนวณบนกลุ่มเมฆได้ โดยมีระบบอินเทอร์เน็ตเพสที่ทันสมัยและอัจฉริยะ หากเกินเหตุฉุกเฉินขึ้น ระบบจะส่งข้อมูลไปยังผู้ที่ลงทะเบียนไว้กับระบบ

Al-Okby [5] ได้พัฒนาวิลแชร์ที่ช่วยเหลือผู้พิการทั้งแขนและขาที่สามารถควบคุมผ่านการโยกหัวแทนการใช้งานจอยสติ๊กแบบดั้งเดิม ในการควบคุมไฟฟ้าสำหรับรถเข็นผู้พิการ มีการออกแบบฟังก์ชันใช้งานที่หลากหลาย รวมไปถึงฟังก์ชันในกรณีเคลื่อนไหวศีรษะโดยไม่ได้ต้องการเคลื่อนไหวรถ รวมไปถึงการออกแบบให้มีฟังก์ชันสำหรับหยุดฉุกเฉินเพื่อเพิ่มระดับความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้งาน

Desai et al. [2] ได้อธิบายถึงการจำลองเบื่องวิลแชร์ที่ผู้ใช้งานไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ อาทิ ผู้มีปัญหาทางด้านอัมพาตทั้งแขน และ/หรือ ขาแต่ยังคงสามารถขยับตาได้ การเคลื่อนไหวของดวงตาส่งผลต่อการควบคุมด้วยชุดคำสั่งที่ถูกติดตั้งในระบบสมองกลฝังตัว

Tejonidhi et al. [3] ได้อธิบายถึงบุคคลในปัจจุบันมีปัญหาทางได้ร่างกายประเภทอัมพาตอยู่เป็นจำนวนมากและยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จึงได้ประยุกต์อัลกอริทึมติดตามตำแหน่งดวงตาเพื่อควบคุมทิศทางของวิลแชร์ เสนอระบบประสิทธิภาพและอิสระ เพื่อให้ผู้ป่วยได้ทำการเคลื่อนไหวในส่วนหัวและดวงตา โดยมีกล้องติดตั้งไว้ด้านหน้าของผู้ป่วยคอยติดตามและตรวจสอบผ่านสคริป MATLAB โดยจะใช้ LED เป็นตัวชี้วัดการตัดสินใจตามสคริปต์ที่ระบุทิศทางเฉพาะ

Akash et al. [6] ได้อธิบายถึงภาวะทางการแพทย์ Quadriplegia หรือลักษณะอัมพาตทั้งแขนขา และลำตัว ซึ่งเป็นความบกพร่องในการทำงานของการเคลื่อนไหว ด้วยเหตุนี้เองจึงพัฒนาวิลแชร์อัจฉริยะที่สามารถควบคุมผ่านเว็บเบราว์เซอร์หรือระยะไกลผ่านอินเทอร์เน็ต ควบคุมผ่านระบบเสียง ควบคุมการโทรด้วยเสียง ควบคุมผ่านการเคลื่อนไหวของศีรษะ โดยใช้ระบบควบคุมจากชุดวงจร Raspberry Pi ที่เป็นตัวควบคุมหลัก รองรับสำหรับการควบคุมแบบจอยสติ๊กและผ่านอินเทอร์เน็ตโดยใช้เทคโนโลยีผนวกระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Touati et al. [4] ได้นำเสนอใช้วิธีการ virtual impedance ในการติดตามและเข้าควบคุมโดยสามารถติดต่อสื่อสารผ่านเทคโนโลยีเครือข่ายแบบไร้สายตามมาตรฐาน 802.11 เพื่อควบคุมวิลแชร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะเป็นการควบคุมระยะไกลที่สามารถหลบหลีกสิ่งกีดขวางได้อย่างน่าเชื่อถือ โดยการคำนึงถึงพฤติกรรมกรรการโต้ตอบของระบบ

แนวคิดของการบูรณาการหรือประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งก็ได้มีการอธิบายโดยนักวิจัยในหลาย ๆ งานวิจัยที่ได้จัดทำขึ้น เช่น Domingo [7] ได้อธิบายว่ามีผู้มีปัญหาทางด้านร่างกายในปัจจุบันมากกว่า 15 % ของประชากรโลก ซึ่งมากกว่าพันล้านคน ซึ่งบุคคลที่มีปัญหาทางด้านร่างกายเหล่านี้ต้องอาศัยการพึ่งพิงจากครอบครัวส่วนใหญ่เมื่อขาดการสนับสนุนและบริการและไม่สามารถเข้าร่วมของสังคมได้ จึงมีการออกแบบให้มีการช่วยเหลือผ่านการประยุกต์ใช้งานอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อทำให้ชีวิตพวกเขาเหล่านั้นดีขึ้นและได้มีส่วนร่วมภายในสังคมและระบบเศรษฐกิจ

Valenzuela และ Lucena [8] ได้บรรยายถึง Ambient Intelligence ถึงนิยามที่ว่าเป็นการวิวัฒนาการจากระบบอัตโนมัติไปเป็นระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งการดำรงชีวิตประจำวันเป็นสิ่งสำคัญที่ได้รับจากนิยามนี้ คือสภาพแวดล้อมที่มีการใช้ชีวิตที่ออกแบบระบบช่วยเหลือด้วยระบบที่ซับซ้อนเพื่อใช้งานกับผู้ที่ปฏิสัมพันธ์ต่อระบบ หรืออีกนัยหนึ่งคือการยืนยันถึงสภาพแวดล้อมอัจฉริยะ ยกตัวอย่างการดัดแปลงระบบควบคุมระยะไกลโดยใช้โทรศัพท์มือถือต่อวีลแชร์พลังงานไฟฟ้า

Nayak et al. [9] ได้บูรณาการโทรศัพท์แบบระบบปฏิบัติการ android เพื่อควบคุมวีลแชร์ในขณะที่ยังคงอินพุตแบบดั้งเดิมไว้ โดยจุดประสงค์หลักคือเพิ่มความเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระแก่ผู้ใช้งานและเพิ่มความต้องการใช้งานสำหรับใช้ในงานสาธารณสุขได้มีการติดตั้งเทคโนโลยีดั้งเดิมไว้สำหรับระบบตรวจสอบสุขภาพที่เกี่ยวข้อง

โดยวรรณกรรมที่ได้ทำสำรวจและทบทวนนั้นมีความเกี่ยวข้องด้านการประยุกต์ระบบควบคุมสำหรับวีลแชร์หลากหลายรูปแบบรวมถึงแนวคิด เทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้งานการติดต่อสื่อสารและรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ควบคุมสำหรับวีลแชร์ ซึ่งมีความสำคัญต่องานวิจัยเพื่อเป็นแนวคิดในกระบวนการสำหรับทำวิจัยต่อไป

โดยระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology) ได้อธิบายไว้ตั้งแต่บทที่ 2 จนถึงบทที่ 4 ตั้งแต่เรื่องของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในการศึกษาและออกแบบงานวิจัย โดยงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงการทดลอง สำรวจ และสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ เครื่องมือที่ใช้ในการการทำวิจัยคือโครงสร้างและฐานการเคลื่อนที่ของวีลแชร์ อุปกรณ์ระบบไฟฟ้าสำหรับและอุปกรณ์ภาคส่วนของการควบคุมของวีลแชร์ โดยมีวิธีการวิจัยแบ่งเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 ออกแบบและศึกษาการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ ช่วงที่ 2 ติดตั้งอุปกรณ์และโปรแกรมสำหรับควบคุม และช่วงสุดท้าย การทดลองและบันทึกผลการทดสอบ โดยขั้นตอนในการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลนั้นใช้การทดลองโดยมีตัวแปรคือ สมรรถนะทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพและการทดสอบความเร็ววีลแชร์ การทดสอบความสามารถในการสื่อสารข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของบทที่ 2 นี้หลังจากทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องมาทั้งหมด ซึ่งเป็นส่วนเชื่อมต่อและอ้างอิงสำหรับเข้าสู่หัวข้องานวิจัยในการกล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ และความรู้ที่เกี่ยวข้องในการทำงานวิจัยทั้งหมดโดยเฉพาะอย่างยิ่งการออกแบบ ติดตั้ง และรวมไปถึงการทดสอบตัววีลแชร์ได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะอธิบายและมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

- ระบบเลขฐาน
- ทฤษฎีพีทาโกรัสและเทคนิคการประยุกต์ใช้งานการควบคุม
- ฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อแบบเมคคานัม
- ตัวควบคุมแบบโปรแกรมตรรกะได้ (Programmable Logic Controller)
- Human Machine Interface (HMI)
- ชุดปรับแต่งความกว้างสัญญาณ (Pulse Width Modulation)
- อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things)

## 2.1 ระบบเลขฐาน (Base Number)

เนื่องจากตัวควบคุมเป็นเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้ ดังนั้นการประมวลผลจึงเป็นการประมวลผลบนข้อมูลแบบดิจิทัล ซึ่งไม่ต่างกับเครื่องควบคุมอื่นๆ หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป ดังนั้นระบบเลขฐานจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการเข้าถึงข้อมูล เลขฐานที่น่าสนใจและเกี่ยวข้องมีดังนี้ ระบบเลขฐาน 2 เลขฐาน 8 เลขฐาน 10 และเลขฐาน 16 เป็นต้น

### 2.1.1 ระบบเลขฐาน 2 (Binary Number System)

ข้อมูลเลขฐาน 2 นี้ประกอบด้วยเลข 2 ตัว คือ 0 กับ 1 เพราะเป็นเลขฐานที่คอมพิวเตอร์สามารถนำไปประมวลผลได้ เนื่องจากอุปกรณ์ทางไฟฟ้ามักจะมี 2 สถานะ คือ เปิด กับ ปิด ซึ่งก็เทียบได้กับข้อมูล 0 กับ 1 ของเลขฐาน 2 แต่ถ้าใช้เลขฐาน 10 ในคอมพิวเตอร์อาจเกิดปัญหาอย่างอื่นตามมา หรือแม้แต่อุปกรณ์ทางไฟฟ้า ก็ต้องแบ่งสถานะออกเป็น 10 สถานะ ซึ่งไม่เป็นที่นิยมนัก ซึ่งส่วนมากจะเก็บข้อมูลในระบบจัดเก็บเป็นกลุ่มตัวเลขฐานสองจำนวนหลายบิต แล้วแต่ขนาดของข้อมูลที่ต้องการเก็บ

### 2.1.2 ระบบเลขฐาน 8 (Octal Number System)

เป็นเลขฐานที่ประกอบด้วยเลข 8 ตัวที่ประกอบด้วยเลข 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 เป็นเลขฐานที่เพิ่มเนื้อที่หน่วยความจำในการเก็บเป็นเลขฐาน 8 จะทำให้เก็บข้อมูลได้มากขึ้น

### 2.1.3 ระบบเลขฐาน 10 (Decimal Number System)

เป็นเลขฐานที่ประกอบด้วยตัวเลข 10 ตัว ที่ประกอบด้วยเลข 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ที่ระบบเลขฐาน 10 เลขฐานที่คนปกติทั่วไปใช้กันอย่างแพร่หลายและมีความเข้าใจได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเป็นตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันซึ่งใช้บ่อยครั้งในการใช้ชีวิตทั่วไป จึงทำให้สามารถคิดได้ง่ายกว่าเลขฐานอื่นๆ

#### 2.1.4 ระบบเลขฐาน 16 (Hexadecimal Number System)

เป็นเลขฐานที่ประกอบด้วยเลข 10 และ ตัวอักษร 6 ตัว ซึ่งประกอบด้วย 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F โดยจะเป็นตัวเก็บข้อมูลที่มีเลขฐานที่มากที่สุดที่นิยมใช้กัน

ตารางที่ 2.1 ตารางตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างเลขฐาน

เลขฐาน 2	เลขฐาน 8	เลขฐาน 10	เลขฐาน 16
0000	0	0	0
0001	1	1	1
0010	2	2	2
0011	3	3	3
0100	4	4	4
0101	5	5	5
0110	6	6	6
0111	7	7	7
1000	10	8	8
1001	11	9	9
1010	12	10	A
1011	13	11	B
1100	14	12	C
1101	15	13	D
1110	16	14	E
1111	17	15	F

## 2.2 ทฤษฎีบทพีทาโกรัสและเทคนิคการประยุกต์ใช้งานการควบคุม (Pythagoras Theorem and Controlling Application Technique)

ในการควบคุมการเคลื่อนที่วีลแชร์ สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการต่อยอดงานวิจัยเดิมที่เคยควบคุมความเร็วและทิศทางของวีลแชร์ด้วยก้านควบคุมหรือจอยสติ๊ก (Control stick; Joystick) ซึ่งเป็นแบบ Manual ดังนั้นบนพื้นฐานเสมือนหนึ่งว่า การโยกจอยสติ๊กเป็นการกำหนดทั้งขนาด และทิศทางให้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

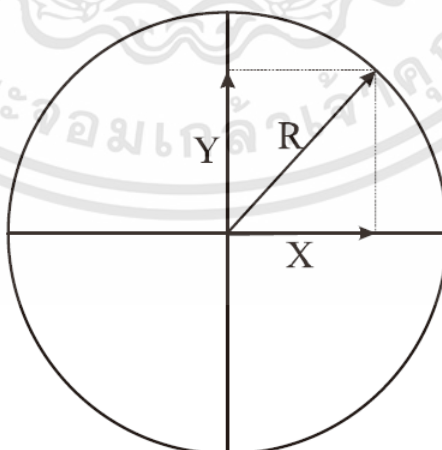
วีลแชร์โดยตรงนั่นเอง สรุปว่าการโยกของจอยสติ๊ก เปรียบได้กับทฤษฎีพีทาโกรัสในวงกลม 1 หน่วย เพื่อกำหนดความเร็วความแรงโยก ถ้าต้องการความเร็วมากก็โยกแรงมากขึ้น ถ้าต้องการช้าลง ก็โยกแรงที่น้อยลง หรือความเร็วของวีลแชร์เป็นสัดส่วนกับการโยกของจอยสติ๊กนั่นเอง ส่วนทิศทางจะเป็นการคำนวณของรัศมี R ที่เอียงทำมุมกับแกนอ้างอิงในแนวแกน x และ y จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ทำการปรับแต่งโดยการสเกลลิง (Scaling) ให้เป็นข้อมูลความเร็ว การเคลื่อนที่ของล้อแต่ละล้อที่สอดคล้องตามตารางอ้างอิง 1 และ 2 ในภาคผนวกส่งออกข้อมูลไปเป็น D/A (Digital to Analog) เพื่อนำไปขับมอเตอร์สี่ซี่และปรับความเร็วโดยใช้เทคนิคแบบปรับความกว้างของสัญญาณ (PWM) อีกชั้นหนึ่ง แล้วนำผลรวมทางเรีกเตอร์ของการเคลื่อนที่ของล้อแต่ละล้อให้เป็นการเคลื่อนที่ของวีลแชร์โดยรวม

### 2.2.1 ทฤษฎีบทพีทาโกรัส (Pythagoras Theorem)

ทฤษฎีบทดังกล่าวสามารถเขียนเป็นสมการสัมพันธ์กับความยาวของด้านต่าง ๆ พื้นที่ และมุมองศาภายในสามเหลี่ยมที่ทำมุมต่อกัน ซึ่งสามารถอ้างอิงเบื้องต้นได้จากด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมพีทาโกรัสคือตัวแปร X, Y และ R โดยในงานนี้คือการอ้างอิงสามเหลี่ยมพีทาโกรัสสองในการเคลื่อนที่หรือการเปลี่ยนแปลงค่าในวงกลม หรืออ้างอิงได้จากสมการทฤษฎีบทพีทาโกรัสตั้งสมการที่ 2.1

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (2.1)$$

ซึ่งในงานวิจัยดั้งเดิมนั้นมีการนำแนวคิดของทฤษฎีวงกลม 1 หน่วยของพีทาโกรัสไปประยุกต์ออกแบบและใช้งานกับการใช้งานควบคุมผ่านก้านควบคุม ซึ่งจะเห็นได้ว่าตามหลักการของก้านควบคุมนั้นจะมีรัศมีการขยับของก้านไปในรอบวงกลม 1 หน่วยพอดี ด้วยเหตุนี้เองงานวิจัยที่ต่อยอดนั้นจึงนำแนวคิดดั้งเดิมมาประยุกต์ใช้งานสำหรับการควบคุมผ่านระบบสัมผัส เพื่อง่ายต่อการระบุตำแหน่งและทิศทาง

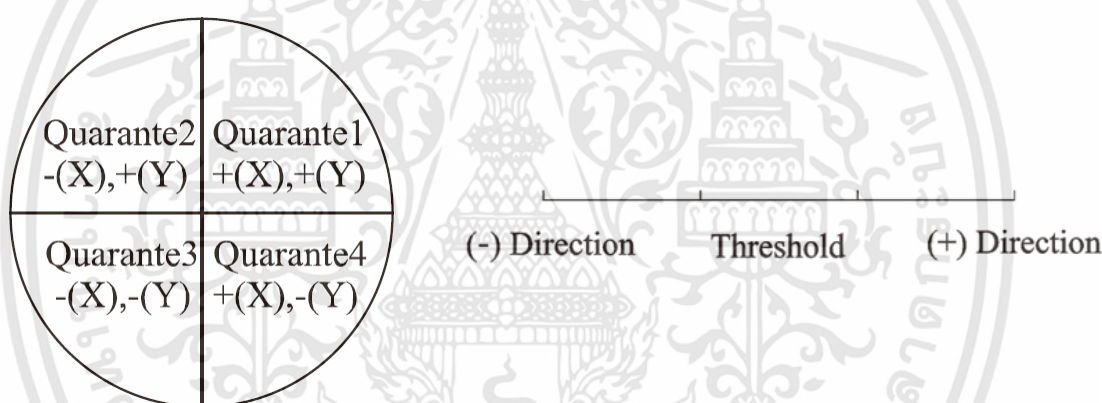


**รูปที่ 2.1** ตัวอย่างการคำนวณหารัศมีในวงกลมโดยใช้ด้าน X และ Y เพื่อหารัศมีผลลัพธ์จากสมการอ้างอิงจากทฤษฎีบทพีทาโกรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2 เทคนิคการประยุกต์ใช้งานสำหรับการควบคุม (Controlling Application Technique)

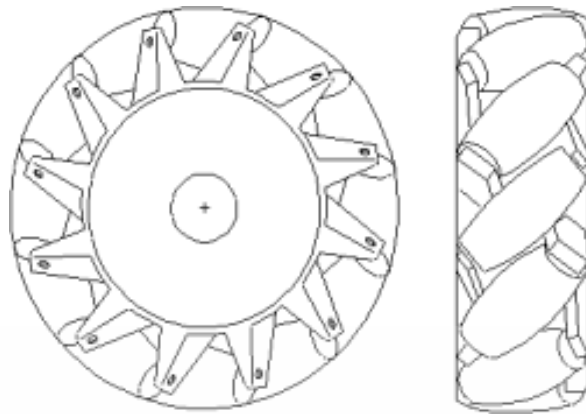
จากทฤษฎีบทพีทาโกรัสเบื้องต้นสามารถนำไปสู่การประยุกต์ใช้งานสำหรับงานควบคุมวีลแชร์เคลื่อนที่ด้วยระบบไฟฟ้าโดยการอ้างอิงสมการทางคณิตศาสตร์ของพีทาโกรัสว่าด้วยเรื่องการคำนวณด้าน 2 ด้านเพื่อหาทิศทางผลลัพธ์ของการเคลื่อนที่สุทธิ เพื่อสั่งการทำการหรือกระตุ้นการเคลื่อนที่ได้ ตัวอย่างไดอะแกรมภาพแสดงถึงแกนทั้ง 4 จุดภาคที่ถูกแบ่งสำหรับช่องการเคลื่อนที่เพื่อรองรับการสั่งการจากก้านควบคุมหรืออินเตอร์เฟซแบบแสดงผลกราฟฟิกในงานวิจัยที่ใช้งาน ส่วนเทคนิคการหมุนเป็นเพียงการคำนวณจากระยะโดยไม่อาศัยทฤษฎีบทพีทาโกรัสซึ่งจะใช้ในเทคนิคการควบคุมแบบทิศทางเท่านั้น โดยในทางปฏิบัติจะมีการแบ่งทั้งหมด 3 ช่วงโดยช่วงไร้การทำงาน (Dead Band, Threshold) จะถูกใช้ในส่วนการใช้งานเพื่อความเรียบร้อยในการควบคุมซึ่งจะถูกกล่าวถึงในบทถัดไป



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างไดอะแกรมกราฟแสดงเทคนิคการควบคุมแบบแบ่ง 4 จุดภาค (ภาพซ้าย) และการแบ่งทิศทางของแต่ละแกนออกเป็น 3 ส่วน (ภาพขวา)

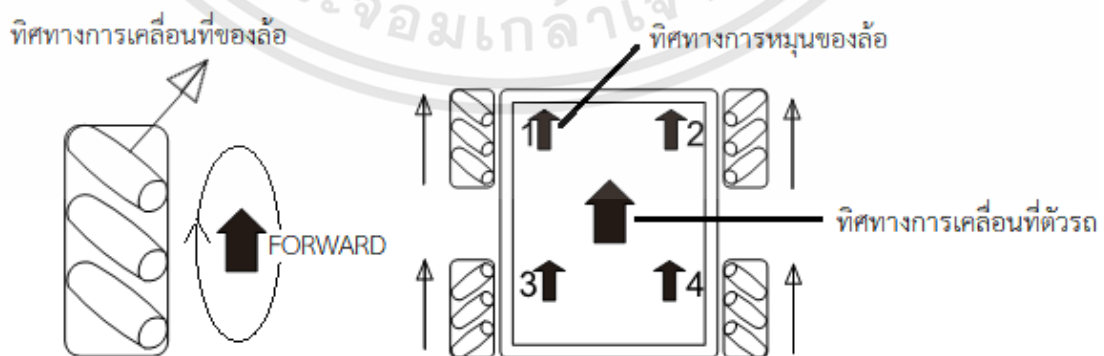
### 2.3 พื้นฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อแบบเมคคานัม (Mecanum Wheeled Mobile Base)

การเคลื่อนที่โดยทั่วไปของวีลแชร์ที่ไม่ได้เคลื่อนที่ด้วยระบบไฟฟ้าอาจมีความยากลำบากในการควบคุมทั้งผู้ใช้งานและผู้ดูแลเอง ด้วยเหตุนี้งานออกแบบทางกายภาพของการเคลื่อนที่สำหรับตัววีลแชร์นั้นจึงใช้ล้อเคลื่อนที่ได้หลายทิศทางแบบเมคคานัม (Mecanum wheeled) โดยใช้ระบบไฟฟ้าเข้าช่วยในการขับเคลื่อนของผู้ใช้งานและผู้ดูแล



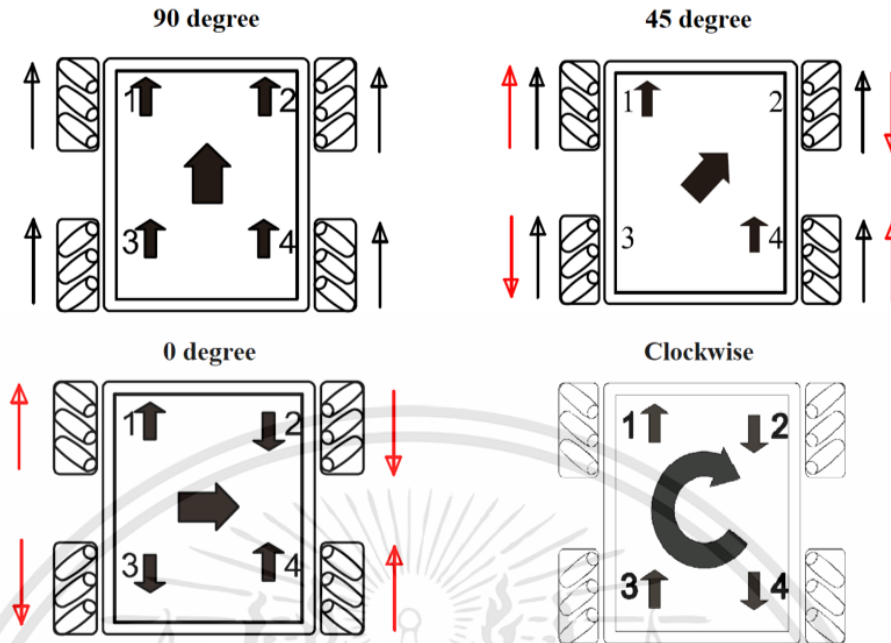
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างล้อเคลื่อนที่ได้หลายทิศทางหรือล้อแบบเมคคานัมได้นำมาประยุกต์ใช้งานสำหรับงานวิจัยนี้ [h33.gk/opfhjul\_index.en.html, 2005]

โดยในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์เพื่อนำล้อเมคคานัมมาใช้และล้อเมคคานัมนี้มีลักษณะพิเศษคือมีลูกกลิ้งจำนวน 12 ลูกกลิ้งต่อ 1 ล้อ หรืออีกนัยหนึ่งก็คือ ตัวหน้าล้อทั้ง 12 ส่วนในล้อนี้รองรับการเคลื่อนที่ขณะสัมผัสบนพื้นราบ ซึ่งรองรับแนวแกนของพลาสติกที่ทำมุมกับลูกกลิ้งเป็นแนวเฉียง 45 องศา การเคลื่อนที่ของตัวล้อนั้นทิศทางจะตั้งฉากกับพื้นผิวสัมผัสบนตัวล้อซึ่งเป็นการประยุกต์การใช้งานอ้างอิงตามทฤษฎีบทของพีทาโกรัสในหัวข้อที่ 2.2 ดังนั้นการเคลื่อนที่ส่งผลให้มีลักษณะรูปแบบทแยงมุมหรือแนวเฉียงออกไปตามการหมุนของล้อ ซึ่งสามารถติดตั้งกับตัวรถหรือพาหนะใดก็ได้ที่ต้องการใช้งานซึ่งเหมาะกับการใช้งานแบบเคลื่อนที่ได้หลากหลายทิศทางตามความต้องการผู้ใช้งาน โดยข้อดีของตัวล้อคือสามารถควบคุมความเร็วและทิศทางได้ตามต้องการดังตารางที่ 1 และ 2 ในภาคผนวก ก แสดงให้เห็นเป็นตัวอย่างใน 8 ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวรถจึงเหมาะกับการใช้งานในระดับความเร็วที่ต่ำจนถึงปานกลาง โดยแต่ละล้อมีมอเตอร์สำหรับการขับเคลื่อนอย่างอิสระในลักษณะขับเคลื่อน 4 ล้อและวัสดุของตัวหน้าล้อสามารถเลือกให้เข้ากับสภาพแวดล้อมในการเคลื่อนที่ได้ แต่ล้อชนิดนี้ไม่เหมาะกับการใช้งานในการใช้ความเร็วสูงกับพาหนะที่ติดตั้งล้อแบบเมคคานัม



รูปที่ 2.4 ลักษณะการเคลื่อนที่ของล้อเมื่อผิวของล้อสัมผัสกับพื้นผิว และเมื่อนำล้อมาประยุกต์ใช้งานติดตั้ง ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของตัวรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดงถึงการเคลื่อนที่แบบทิศทาง ยกตัวอย่างเช่น การเคลื่อนที่ในทิศทางไปข้างหน้า (รูปซ้ายบน) การเคลื่อนที่ในทิศทางไปข้างหน้าเอียงขวา (รูปขวาบน) และ การเคลื่อนที่ไปทางขวาเพียงอย่างเดียว (รูปซ้ายล่าง) และสุดท้ายคือควบคุมการหมุนแบบตามเข็มนาฬิกา (รูปขวาล่าง)

## 2.4 ตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller)

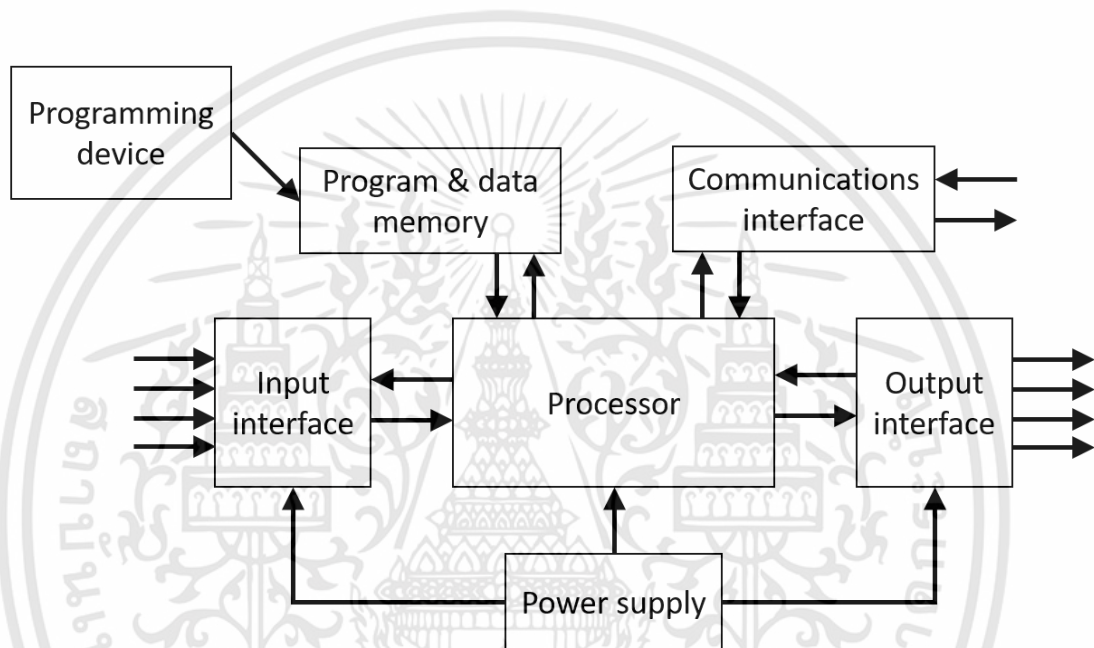
ตัวควบคุม คือ เครื่องควบคุมที่ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการหรือการควบคุมเชิงตรรกะโดยผ่านการออกแบบโปรแกรมเข้าไปยังตัวควบคุมสำหรับใช้งาน ซึ่งในปัจจุบันมีตัวควบคุมให้เลือกใช้งานมากมาย อาทิเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวควบคุมแบบระบบฝังตัว เป็นต้น โดยในงานนี้จะกล่าวถึงตัวควบคุมชนิดโปรแกรมตรรกะได้ (Programmable Logic Controller; PLC) [10] เป็นอุปกรณ์ควบคุมที่สามารถควบคุมได้ทั้งแบบควบคุมแบบขั้นตอน (Sequence control) ควบคุมเชิงตรรกะ (Logic control) และอื่น ๆ ตามที่ผู้ใช้งานต้องการเลือกใช้อันเนื่องจากโปรแกรมที่สามารถใช้งานได้ นั้นเปิดกว้างสำหรับการออกแบบให้เข้าชุดการทำงาน ซึ่งจะสามารถประหยัดเวลากับค่าใช้จ่ายกว่าระบบควบคุมด้วยรีเลย์ตรรกะ (Relay Logic Control System) ซึ่งจำเป็นต้องเดินสายไฟฟ้าทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายและเวลามากกว่าการโปรแกรมตามความต้องการบนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอินเตอร์เฟสรองรับสำหรับการโปรแกรมตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ และมากกว่านั้นผู้ผลิตหลากหลายแบรนด์ก็ได้ผลิตตัวควบคุมออกมาเพื่อตอบสนองตามการรองรับการใช้งาน ตัวควบคุมประเภทนี้ส่งผลให้สามารถเลือกใช้งานตามความต้องการของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของตัวควบคุม

โครงสร้างของตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้หรือ PLC แบ่งส่วนประกอบออกได้ 5 ส่วนด้วยกัน

1. แหล่งจ่ายไฟสำหรับตัวควบคุม (Power Supply Unit)
2. หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit)
3. หน่วยอินพุต/เอาต์พุต (Input & Output Unit)
4. หน่วยความจำ (Internal Memory)
5. เครื่องป้อนโปรแกรม (Programming Device)



รูปที่ 2.6 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้

### 2.4.2 ความสามารถต่าง ๆ ของตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้

#### 2.4.2.1 การควบคุมทำงานตามลำดับ (Sequence Control) อาทิเช่น

1. การควบคุมแบบรีเลย์ขั้นบันไดจำลองหรือการควบคุมแบบตรรกะ (Simulation Ladder Relay Control or Logic Control)
2. การทำงานแบบตัวนับเวลาหรือตัวนับจำนวน (Timer หรือ Counter)
3. การทำงานในระบบกึ่งอัตโนมัติ ระบบอัตโนมัติ หรืองานที่เป็นกระบวนการทำงานร่วมกับเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติ

#### 2.4.2.2 งานควบคุมสมัยใหม่ (Sophisticated Control) เช่น

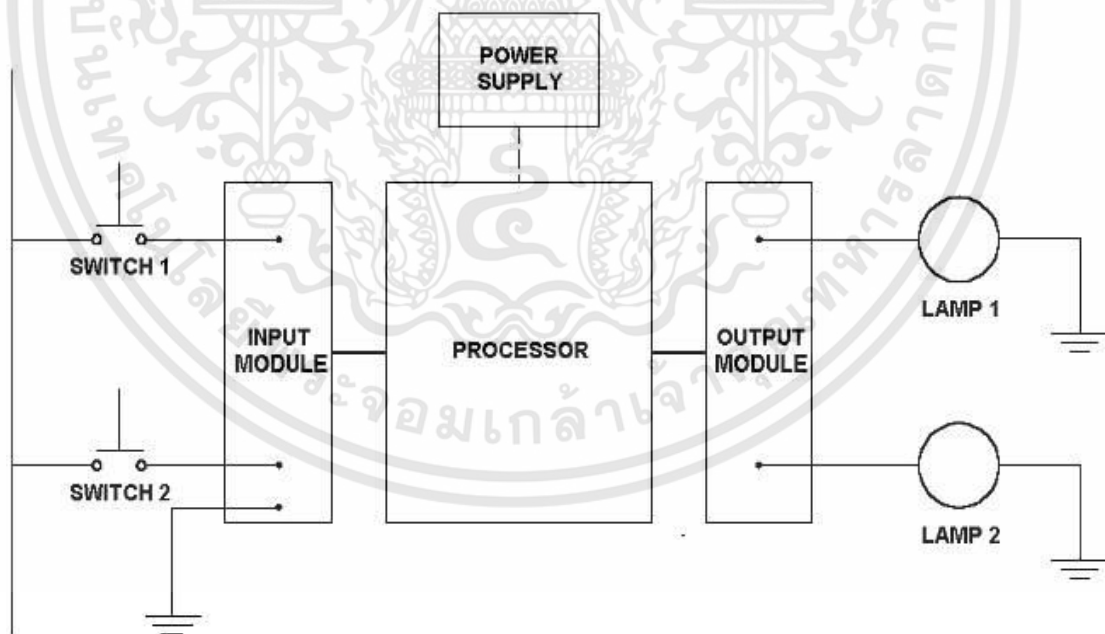
1. การคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Mathematics Computation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การควบคุมแบบอนาล็อก (Analog Control) เช่น การควบคุมอุณหภูมิของระบบ (Temperature Control) การควบคุมความดัน (Pressure Control) เป็นต้น
3. การควบคุมโดยอ้างอิงการควบคุมแบบ PID (PID Control)
4. การจัดการข้อมูล (Information Handling)

#### 2.4.2.3 การควบคุมเกี่ยวกับงานอำนวยการ (Supervisory Control)

1. งานสัญญาณเตือน (Alarm) การวิเคราะห์ระบบสถานะล้มเหลว (Fault System Analysis) และการแสดงผลกระบวนการ (Monitoring Process)
2. การทำงานโดยการต่อร่วมกับคอมพิวเตอร์โดยสื่อสารผ่าน Serial Port (RS-232C/RS422/RS485)
3. การอินเตอร์เฟสระหว่างภาษาทางคอมพิวเตอร์เข้ากับปริ้นเตอร์ (Printer/ASCII Interfacing)
4. การประยุกต์ใช้งานเข้ากับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและเครือข่ายในระบบโรงงานอัตโนมัติ (Internet of Things Application & Factory Automation System Networking)



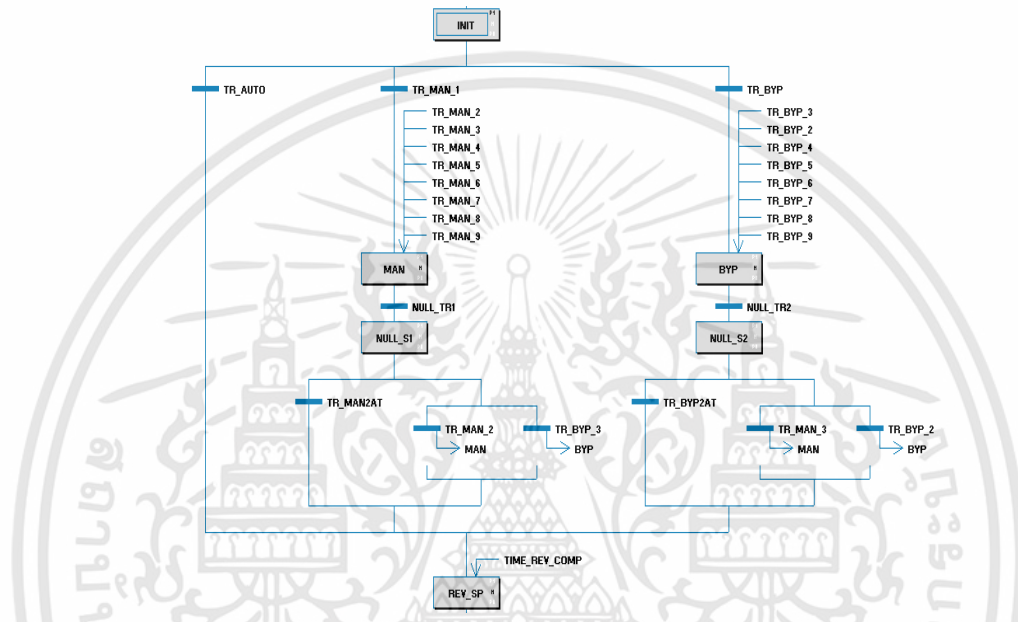
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการใช้งานตัวควบคุมต่อร่วมกับอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตจากภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมควบคุม

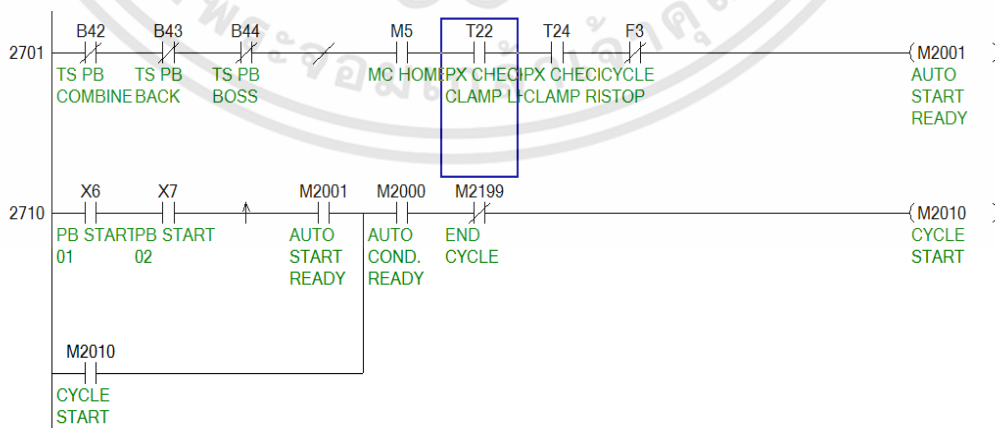
การเขียนโปรแกรมเพื่อสั่งให้ตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ ตามมาตรฐาน IEC61131-3 PLCopen ได้แบ่งภาษาหลัก ๆ ในการใช้งานเข้ากับตัวควบคุมนี้ออกเป็น 5 ภาษา โดยในงานวิจัยนี้ได้อ้างอิงการเขียนภาษาควบคุมแบบ Ladder Diagram โดยภาษาในการเขียนนั้นสามารถแบ่งได้ตามดังต่อไปนี้

#### 2.4.3.1 Sequential Function Chart



รูปที่ 2.8 ตัวอย่างการเขียน Sequential Function Chart

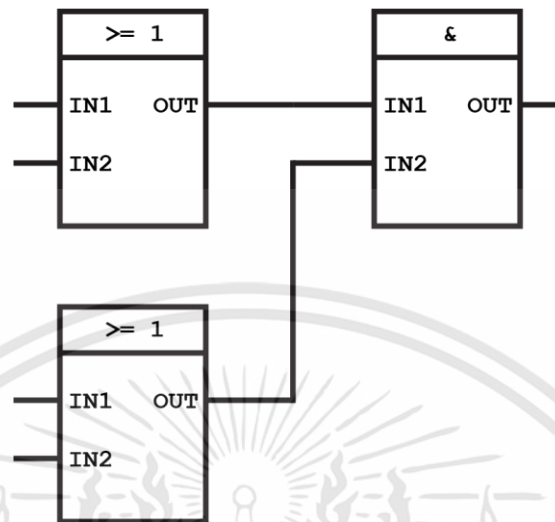
#### 2.4.3.2 Ladder Diagram



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการเขียน Ladder Diagram Language

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3.3 Function Block Diagram



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างการเขียน Function Block Diagram

### 2.4.3.4 Instruction List

```

MPS
AND=      Z0      K7
OUT      M1000
MRD
AND<     D1200Z0  D10110
D1200    = ADI   70-GD-01
D10110   = A/D   ABNORMALJUDGE VALUE
ANI      L200Z0
ANI      M1000
OUT      M2700Z0
M2700    = FAULT 70-GD-01
MRD
AND>     D2500Z0  R500Z0
D2500    = PV    70-GD-01
R500     = SV-HH 70-GD-01
ANI      M2700Z0
M2700    = FAULT 70-GD-01
ANI      L200Z0
OUT      M2600Z0
M2600    = ALM-HH 70-GD-01

```

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการเขียน Instruction List

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.3.5 Structured Text

```

if Init then
  Init := false;
  EnParError := EnableParError or GetApplicationSIL() <> 0;
  ParError := false;
end_if;

ExecuteControlModules();

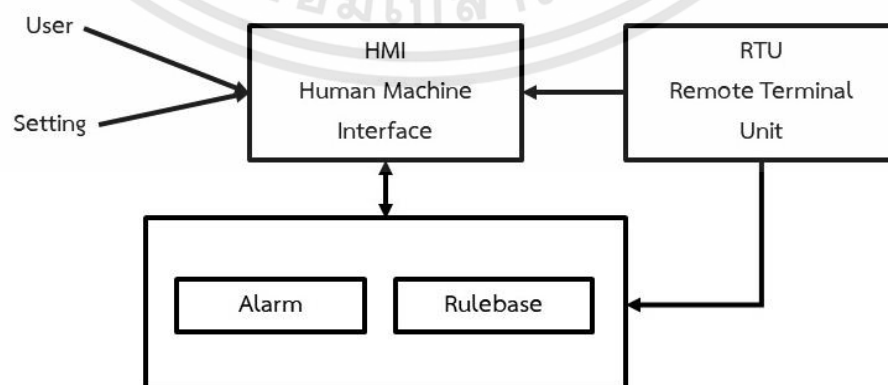
ParError := false;
if EnParError then
  (* Parameter range test *)
  if AEConfig < 0 or AEConfig > 4 then
    AEConfigInt := 1;
    ParError := true;
  else
    AEConfigInt := AEConfig;
  end_if;
else
  AEConfigInt := AEConfig;
end_if;

```

รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการเขียน Structure Text

## 2.5 Human Machine Interface

Human Machine Interface (HMI) [11] หรือการควบคุมผ่านระบบอินเทอร์เน็ตเฟสหรือผ่านหน้าจอซึ่งสามารถรองรับการแสดงผล การสั่งการ และการจัดการข้อมูลต่าง ๆ ผ่านระบบแสดงผล โดยรับส่งสัญญาณหรือข้อมูลต่าง ๆ ผ่านตัวควบคุมส่วนกลางที่ใช้ในการประมวลผลซึ่งในที่นี้หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้กับตัวอินเทอร์เน็ตเฟสเพื่อควบคุมเครื่องจักรกล ซึ่ง HMI ได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีอินเทอร์เน็ตเฟสอื่น ๆ รองรับต่อการใช้งานที่หลากหลายมากขึ้น เช่น Serial Port MODBUS Ethernet/IP และ Universal Serial Port (USB) เป็นต้น ทำให้สะดวกต่อการเลือกใช้งานตามความต้องการที่จะเชื่อมต่อระหว่างกันได้ HMI จึงได้รับความนิยมนำไปประยุกต์ใช้ทั้งงานควบคุม งานแสดงผล งานจัดการข้อมูล เพื่อเชื่อมต่อในระบบโรงงานอัตโนมัติ



รูปที่ 2.13 รูปแบบตัวอย่างบล็อกไดอะแกรมของการทำงานของ HMI เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดี

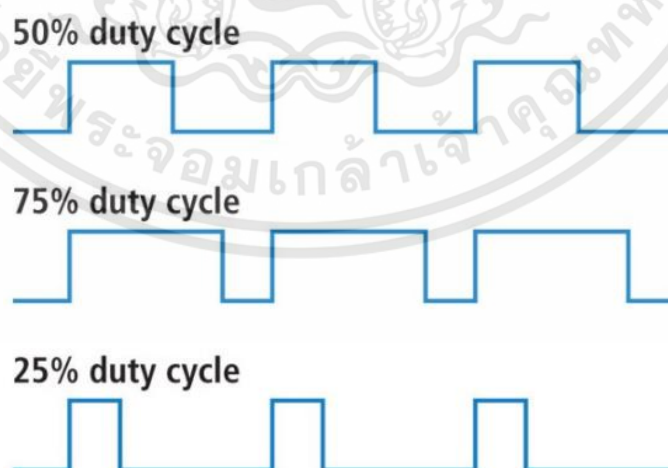
- รองรับการทำงานได้หลากหลายการเชื่อมต่อและหลากหลายเครื่องหมายการค้าเพื่อให้ใช้งานร่วมกันได้ โดยไม่ผูกขาดกับผลิตภัณฑ์ในเครื่องหมายการค้าใดการค้าหนึ่ง
- สามารถรองรับและประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายอุตสาหกรรม
- การแสดงผลช่วยให้เห็นภาพในกระบวนการผลิตในรูปแบบ Real time ดังนั้นเมื่อมีข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตสามารถแสดงแจ้งเตือนให้ผู้ควบคุมทราบในทันที

ข้อเสีย

- HMI มีราคาที่สูง
- ในการใช้งาน HMI มีการกำหนดค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นต้องศึกษาจากคู่มือการใช้งานเพื่อความสมบูรณ์ในการประยุกต์ใช้งาน

## 2.6 ชุดปรับแต่งความกว้างของสัญญาณ (Pulse Width Modulation; PWM)

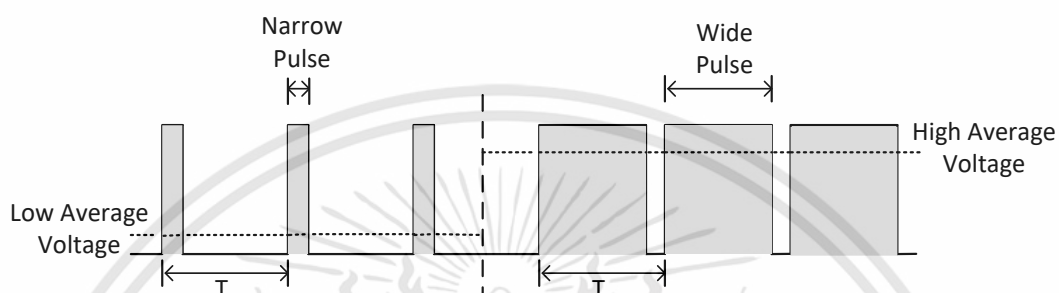
ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์มีหลายวิธี สำหรับงานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้การควบคุมด้วยวิธีของ Pulse Width Modulation (PWM) เป็นการปรับความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ความถี่ ความถี่หนึ่ง หรือ จ่ายออกมาในรูปแบบพัลส์ซึ่งได้รับการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณรูปแบบสามเหลี่ยมกับสัญญาณทางกายภาพ เช่น สัญญาณแรงดัน สัญญาณกระแส เป็นต้น เมื่อเปรียบเทียบสัญญาณสามเหลี่ยมกับสัญญาณกายภาพ จะแปลงสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณพัลส์หรือสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่คงที่จ่ายออกทุก ๆ ช่วงความถี่ที่กำหนด โดยความกว้างของพัลส์ขึ้นกับค่าสูงสุด (Amplitude) ของสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงนั้นที่เปรียบเทียบกัน กล่าวง่าย ๆ คือ PWM ที่ใช้ในการควบคุมนั้นทำการปรับคาบเวลาของช่วง High-Low หรือ Duty Cycle



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการปรับสัญญาณแรงดันผ่าน PWM Module เปรียบเทียบกับสัญญาณสามเหลี่ยมเพื่อแปลงออกเป็นสัญญาณพัลส์ (PWM Duty Cycle) [sparkfun.com, 2018]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยรูปที่ 2.14 จะแสดงถึงกราฟช่วงของ Duty Cycle ที่เกิดจากการปรับตั้งแต่ 0 ถึง 100 % บนความถี่ 1 KHz ดังนั้น ถ้าต้องการความเร็วมอเตอร์ที่มากขึ้นหรือน้อยลง สามารถกระทำได้โดยการปรับให้ช่วงของ T 'ON' มี Duty Cycle ให้มากขึ้นหรือน้อยลง ซึ่งจะส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของแรงดันที่จ่ายไปยังมอเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วตามความต้องการโดยรูปที่ 2.15 กล่าวถึงตัวอย่างการปรับความกว้างของสัญญาณมีผลต่อระดับแรงดันเฉลี่ยน้อยหรือมากเพียงใด



รูปที่ 2.15 การจัดการสัญญาณแรงดันสัมพันธ์กับการปรับความกว้างของพัลส์ผ่าน PWM โดยยกตัวอย่างความกว้างของสัญญาณมีผลต่อระดับค่าของแรงดันเฉลี่ย

## 2.7 Internet of Things (IoT)

[15] Internet of Things หรือ IoT หมายถึง สิ่งของต่าง ๆ ที่มีการเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายรับส่งข้อมูล เพื่อทำการแลกเปลี่ยน หรือทำการประมวลผล หรือเพื่อควบคุมการทำงานสิ่งต่าง ๆ สิ่งของที่กล่าวถึงนั้น หมายถึง “Things/Devices” คือสิ่งของต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องใช้สำนักงาน เครื่องมือเครื่องจักรกลทางการเกษตร เครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม หุ่นยนต์ แขนกล อุปกรณ์ภายในอาคาร เช่น สิ่งของในบ้านที่พิกอาศัย อุปกรณ์เครื่องใช้ในชีวิตรประจำวัน อาทิ นาฬิกา รถยนต์ ตู้เย็น อุปกรณ์เตือนภัย ฯลฯ โดยสิ่งดังกล่าวถึงนั้นจะมีเซ็นเซอร์ซึ่งทำหน้าที่รับรู้สถานะแวดล้อมต่าง ๆ มีระบบเครือข่ายทำการติดต่อสื่อสารส่งข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์ (Machine-to-machine Communication) เสมือนหนึ่งว่าอุปกรณ์มีการคุยสื่อสารกันตัวเอง โดยอาศัยโปรโตคอล (Protocol) และระบบเครือข่าย เช่นในระบบ Smart Farm เมื่อระบบอ่านค่าเซ็นเซอร์ตรวจจับความแห้งของดินเมื่อพบว่าดินมีสภาพแห้ง ก็ส่งสัญญาณสั่งให้ระบบรดน้ำทำงาน ฯลฯ

โดยการติดต่อสำหรับงานวิจัยนี้จะใช้รูปแบบการสื่อสารข้อมูลผ่านทาง Hypertext Transfer Protocol (HTTP) ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่ใช้งานสำหรับเผยแพร่ข้อมูล และเป็นสื่อการสำหรับการสื่อสารผ่านระบบอินเทอร์เน็ตภายนอกได้ ซึ่งมีโครงสร้างเป็นตัวอักษรและตัวเลข (text) ใช้สำหรับเป็นลิงก์เชื่อมระหว่าง ข้อมูล text อื่นๆ และถูกใช้ในการแลกเปลี่ยน ข้อมูลในรูปแบบมัลติมีเดีย (Multimedia) สามารถเรียกใช้งานผ่านเว็บไซต์ และการรับส่งข้อมูลผ่านโปรโตคอล HTTPS หรือ HTTP over Transport Layer Security (TLS) หรือ HTTP over SSL คือโปรโตคอลที่สื่อสารด้วยการเข้ารหัสบนระบบเครือข่ายโดยใช้กันแพร่หลายบนอินเทอร์เน็ตโดย HTTPS ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปด้วย HTTP + TLS ซึ่งจุดที่สำคัญเลยคือส่วนการอนุญาตการเข้าถึง (authentication) ในการเข้าสู่เว็บไซต์เพื่อป้องกัน และสร้างความเป็นส่วนตัวในการแลกเปลี่ยนข้อมูล โดยตรงกับทางเว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server) ไม่ให้เกิดการโจรกรรมข้อมูลระหว่างกลาง

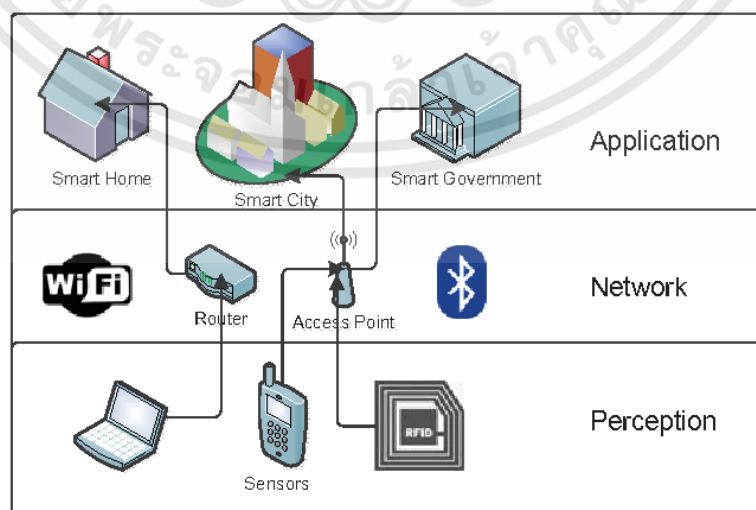
### 2.7.1 สถาปัตยกรรม IoT

ปัจจุบันผู้เชี่ยวชาญและนักวิจัยได้นำเสนอและแบ่งสถาปัตยกรรม IoT ออกเป็นหลายแบบด้วยกัน ผู้เขียนขอสรุปเพื่อให้เห็นภาพรวม โดยแบ่งออกเป็น 2 แบบดังนี้

#### 2.7.1.1 สถาปัตยกรรมแบบ 3-5 Layer

เป็นสถาปัตยกรรม IoT แบบพื้นฐานเบื้องต้น ประกอบด้วยชั้น Layer ต่าง ๆ ดังนี้

1. Device Layer เป็นชั้นของอุปกรณ์ต่าง ๆ (Physical Things/Devices) เช่น บอร์ดหรือ ฮาร์ดแวร์ IoT เซ็นเซอร์ และตัวกระทำหรือตัวทำงาน (Actuators) เช่น ตัวเปิดปิดกลอน รีเลย์ หลอดไฟ กระดิ่ง เต้าไฟฟ้า ฯลฯ
2. Network Layer เป็นชั้นของการเชื่อมต่อผ่านระบบเครือข่ายโดยส่วนใหญ่ IoT มักจะทำงานระบบแบบไร้สาย ซึ่งชั้นนี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อส่งข้อมูลระหว่างของอุปกรณ์และเครื่องแม่ข่ายที่อยู่ในชั้น Service Layer ได้แก่ ข้อมูลที่อ่านจากเซ็นเซอร์ ข้อมูลที่ผ่านการประมวลผลแล้วและส่งไปควบคุมอุปกรณ์
3. Service Layer เป็นชั้นของเครื่องให้บริการ คล้าย ๆ กับเป็นเครื่องมือแม่ข่ายที่เชื่อมต่อ สื่อสารกับ Device Layer/Things ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน โดยในชั้นนี้อาจจะมี Application สำหรับจัดการระบบรวมด้วยก็ได้ เช่น หน้าควบคุม (Control Panel/Dashboard) ฯลฯ



รูปที่ 2.16 โครงสร้างสถาปัตยกรรมของ Internet of Things (IoT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.7.1.2 สถาปัตยกรรมคลาวด์และฟ็อก (Cloud and Fog Architecture)

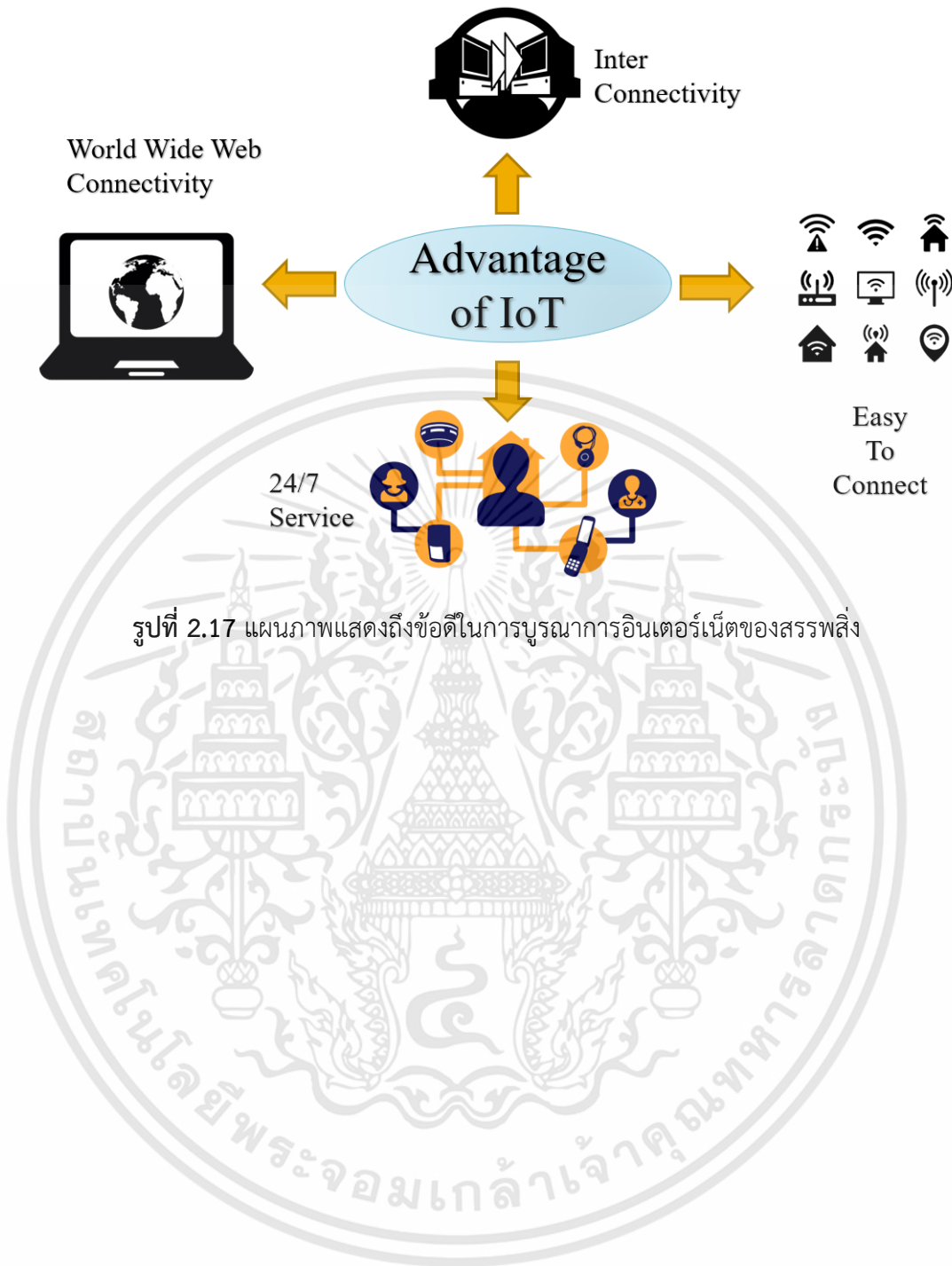
สถาปัตยกรรมนี้มีหลักการเดียวกันแบบแรก คือมีชั้น Devices ประกอบด้วยพวกเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่าง ๆ ส่งข้อมูลผ่าน Network เข้าสู่เครื่องบริการและเพื่อให้รองรับระบบขนาด IoT ที่ใหญ่ขึ้น สถาปัตยกรรมนี้จึงใช้คลาวด์ (Cloud Computing)

### 2.7.2 ประโยชน์ของ IoT

เทคโนโลยี IoT ทำให้อุปกรณ์หรือสิ่งของต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารกันเองได้ ดังนั้น IoT จึงเข้ามามีบทบาทกับการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์ในแง่ของความสะดวกรวดเร็ว ความปลอดภัย ในหลายแขนงได้แก่

1. ด้านการเกษตร การนำเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาผสมผสานเข้ากับงานด้านการเกษตร หรือ Smart Farm ช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพการเกษตร เช่น การติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจสอบสภาพอากาศ สภาพดิน แล้วรายงานเข้าสู่ระบบ เพื่อให้ผู้ดูแลหรือระบบบริหารจัดการควบคุมสภาพแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม เช่น ระบบเปิดปิดน้ำอัตโนมัติ เปิดพัดลมระบายอากาศ ฯลฯ
2. ด้านสุขภาพและการแพทย์ ช่วยแจ้งเตือนและดูแลเกี่ยวกับสุขภาพ เช่น เซ็นเซอร์ตรวจวัดชีพจร หรือค่าอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อผู้ที่ต้องการดูแลเป็นพิเศษ
3. ด้านการศึกษา การจัดการเรียนการสอนโดยใช้อุปกรณ์ RFID NFC การบันทึกคะแนนระบบการบันทึกและตรวจสอบการมาเรียนของผู้เรียน
4. ด้านการเงิน การใช้เงินสดระบบอิเล็กทรอนิกส์ ลดขั้นตอนหรือลดคนที่จะต้องดำเนินการลดการจัดการระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย
5. ด้านการรักษาความปลอดภัย โดยใช้ระบบตรวจจับตำแหน่ง การติดตั้ง GPS (Global Positioning System) ยานพาหนะแล้วแจ้งเตือนมายังสมาร์ทโฟน การใช้ RFID ID Card หรือสายรัดข้อมือเพื่อการตรวจสอบผู้ที่เข้ามาในสถานที่ต่างๆ เพื่อป้องกันคนแปลกปลอมเข้ามาในสถานที่สำคัญ การใช้เงินสดระบบอิเล็กทรอนิกส์
6. ด้านอุตสาหกรรมและการผลิต อุปกรณ์อัตโนมัติและเซ็นเซอร์ช่วยบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุน
7. Smart City นำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อทำให้คุณภาพของประชากรดีขึ้น เช่น การจัดการพลังงานไฟฟ้า ระบบจัดการน้ำ จัดการขยะ เป็นต้น
8. Smart Home นำเทคโนโลยีมาควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในหรือภายนอกบ้าน เพื่อให้เกิดความสะดวกรวดเร็วและความปลอดภัย เช่น ระบบเปิดปิดประตูอัตโนมัติ เซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว การเตือนผู้บุกรุก การเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าอัตโนมัติ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แผนภาพแสดงถึงข้อดีในการบูรณาการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

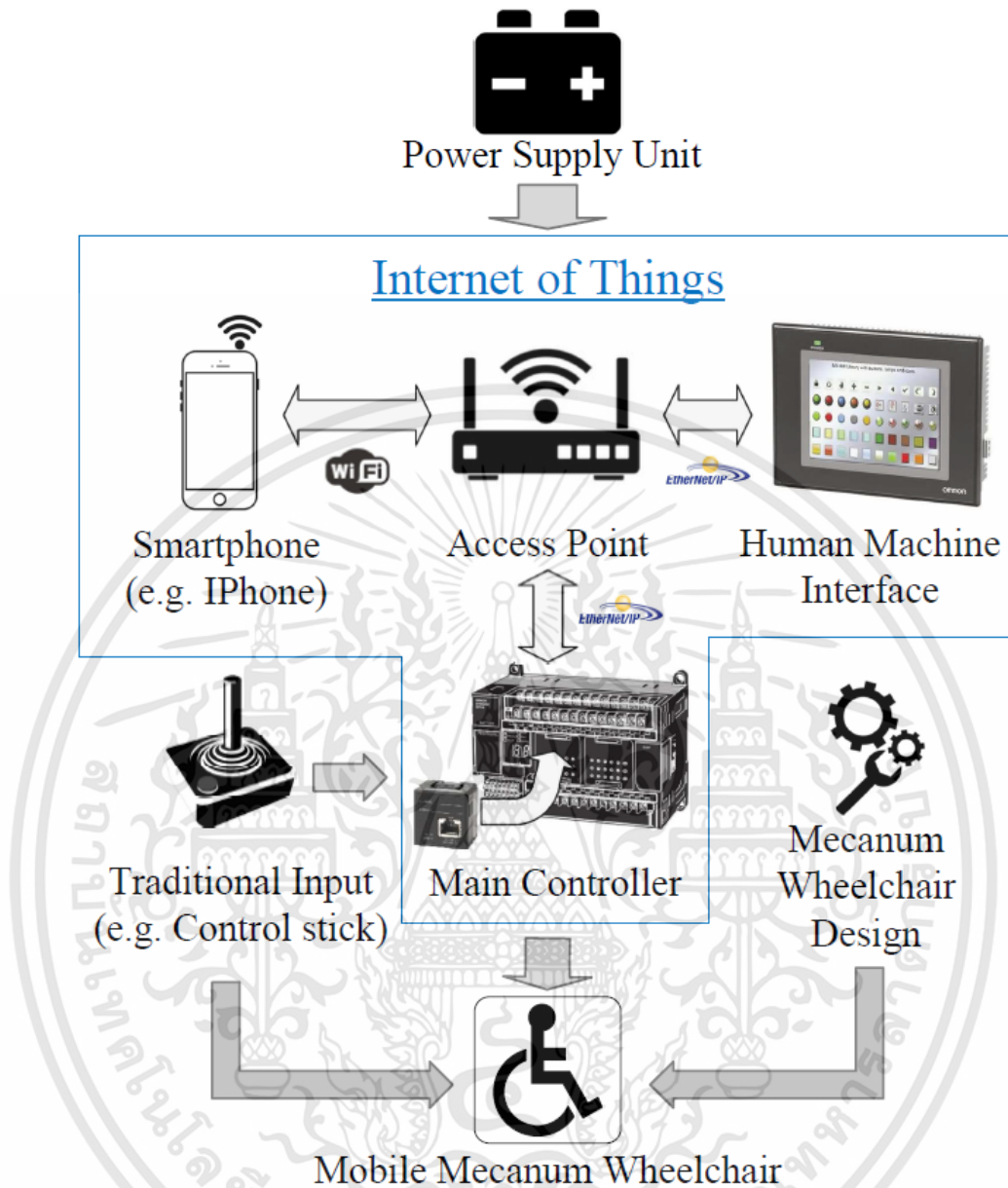
บทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยซึ่งมีความเกี่ยวข้องทั้งในเรื่องของกระบวนการ วิธีการวิจัย และการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อบูรณาการต่อการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตเมื่อผู้โดยสารอยู่ระหว่างขับเคลื่อนบนวีลแชร์สามารถเข้าถึงการควบคุมผ่านอุปกรณ์และระบบสื่อสารข้อมูลได้ตามความต้องการ โดยได้จำแนกหัวข้อของแต่ละภาคส่วนงานวิจัยดังต่อไปนี้

- ภาพการเชื่อมต่อองค์รวมของวีลแชร์ (Overview of wheelchair topology)
- โครงสร้างวีลแชร์ไฟฟ้าฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อแมคคานัม (Structure of mecanum mobile-based wheelchair)
- การประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ตัวควบคุมและอินเตอร์เฟซผ่านกราฟฟิกแสดงผล (Controller and graphical display interface device application)
- การออกแบบแผนผังและอัลกอริทึมโปรแกรมการควบคุม (Designed schematic and algorithm Program of controlling)
- การบูรณาการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน (Integrated with the Internet of Things via smart phone application)

#### 3.1 ภาพการเชื่อมต่อองค์รวมของวีลแชร์ (Overview of wheelchair topology)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงภาพรวมของการออกแบบระบบสำหรับการใช้งานควบคุม การสั่งการ และการเชื่อมต่อเพื่อสื่อสารถึงกันระหว่างตัวควบคุม HMI และ Smart phone ผ่าน Access Point ทำหน้าที่เป็น Hub ให้กับวีลแชร์โดยอ้างอิงถึงการบูรณาการของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นหลัก

ซึ่งได้อธิบายในรูปที่ 3.1 ถึงการบูรณาการของระบบให้มีส่วนร่วมการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตโดยสามารถสั่งการผ่านอินเตอร์เฟซสำหรับผู้ใช้งาน (HMI) บนวีลแชร์และสั่งการผ่านสมาร์ตโฟนจากการควบคุมของผู้ใช้งานบนวีลแชร์หรือผู้ดูแลที่ถือสมาร์ตโฟนผ่านจุดต่อร่วมสั่งการไปยังตัวควบคุมหลัก การควบคุมสามารถควบคุมผ่านก้านควบคุมซึ่งเป็นการควบคุมแบบดั้งเดิมซึ่งออกแบบรองรับไว้ในกรณีที่ต้องการควบคุมแบบไม่ผ่านอินเตอร์เฟซใด ๆ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้กับผู้ควบคุมโดยตรง นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างสำหรับติดตั้งชุดล้อแบบแมคคานัมที่มีการทำงานเป็นอิสระต่อกัน โดยมีชุดโซ่คัปพรองรับแรงกดหรือแรงกระแทกจากน้ำหนักที่ถ่ายลงสู่ล้อไม่ให้มีการเสถียรเมื่อตัววีลแชร์เคลื่อนที่ไป สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งคือ แบตเตอรี่ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหลักที่ทำให้วีลแชร์สามารถเคลื่อนที่ได้ถูกเป่ามาติดตั้งบนฐานของโครงสร้างวีลแชร์เช่นกัน



รูปที่ 3.1 ภาพรวมการเชื่อมต่อในเครือข่ายของวีลแชร์

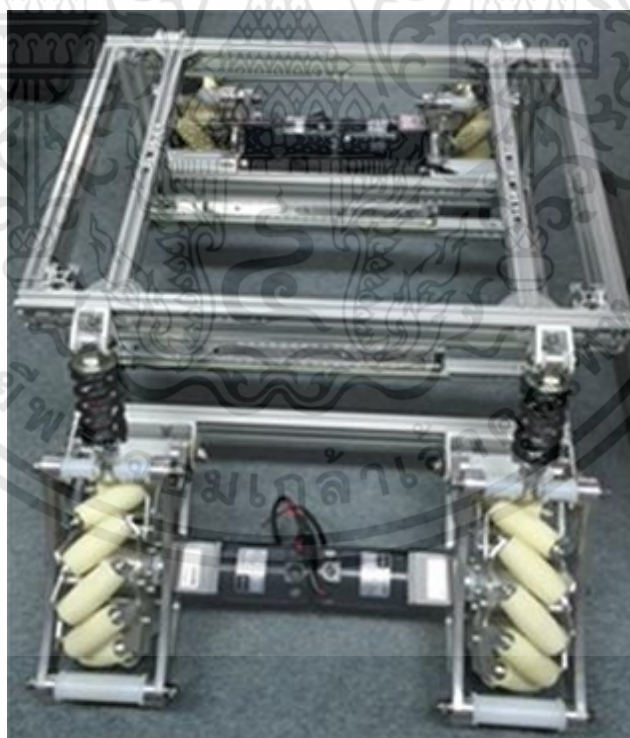
### 3.2 โครงสร้างวีลแชร์ไฟฟ้าฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อเมคคานัม (Structure of mecanum mobile-based wheelchair)

วีลแชร์เคลื่อนที่ด้วยล้อเมคคานัมออกแบบให้ประกอบด้วยตัวควบคุมหลักภายในกล่องที่ออกแบบโครงสร้างด้วยอลูมิเนียมโพรไฟล์ที่อยู่ภายใต้ที่นั่งของวีลแชร์ ระบบขับเคลื่อนของวีลแชร์ประกอบด้วยมอเตอร์ 4 ตัวในการขับเคลื่อนและชุดเกียร์สำหรับขับเคลื่อนระบบไฟฟ้าให้กับล้อเมคคานัมทั้ง 4 ล้อโดยแต่ละล้อถูกออกแบบให้มีมอเตอร์ในการขับเคลื่อนแต่ละล้ออย่างอิสระต่อกันผ่านตัวควบคุมหลัก แต่ละล้อมีการออกแบบให้มีระบบโซ่คัปเพอร์องรับแรงกระแทกหรือการสั่นสะเทือนระหว่างมีการเคลื่อนที่ให้ความนุ่มนวลมากขึ้น วีลแชร์ถูกควบคุมได้จากตัวก้านควบคุมและเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเตอร์เฟสด้วยสัญญาณแบบอนาล็อกเข้ามาที่ตัวควบคุมซึ่งจะได้กล่าวต่อไป โดยตัววีลแชร์ ออกแบบให้มีแบตเตอรี่รถยนต์สำหรับการเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบขับเคลื่อนและควบคุม ขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 โวลต์และกระแส 46 แอมแปร์ชั่วโมง มากกว่านั้นชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ กระแสตรงหรือ DC motor & Gearbox มีกำลังในใช้ไฟ 30 วัตต์ 12 โวลต์ 4.7 แอมแปร์ ซึ่งมีค่า แรงบิดต่อการขับ 1.62 กิโลกรัมเซนติเมตร และมีความเร็วรอบของแต่ละชุดมอเตอร์ 1800 รอบต่อ นาที สำหรับใช้ขับเคลื่อนแบบเมคคานัม โดยมอเตอร์มีความเร็วที่ทดผ่าน Gearbox แล้วเหลือ 40 รอบ ต่อนาที

ตัวควบคุมหลักที่ใช้ในการควบคุมจะเป็นเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ของ Omron รุ่น CP1H ควบคู่กับชุด HMI รุ่น NB5Q ส่วนสมาร์ตโฟนที่รองรับต่อการควบคุมผ่านระบบ Wi-fi สำหรับงานวิจัย นี้จะใช้ iPhone ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ IOS ซึ่งรายละเอียดของอุปกรณ์จะกล่าวถึงในหัวข้อถัด ๆ ไป

โดยงานวิจัยนี้เป็นการต่อยอดจากงานวิจัยดั้งเดิมที่เคยนำเสนอไว้ในปีพ.ศ. 2559 เกี่ยวกับเรื่อง ฐานการเคลื่อนที่แบบหลายทิศทางด้วยล้อแบบเมคคานัมและการควบคุมการเคลื่อนที่ของวีลแชร์ผ่าน ก้านควบคุม



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างโครงสร้างฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อแบบเมคคานัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ตัวควบคุมและอินเตอร์เฟซผ่านกราฟฟิกแสดงผล (Controller and graphical display interface device application)

ในส่วนจะกล่าวถึงการประยุกต์ใช้งานตัวควบคุมและหน้าจอสัมผัสที่ใช้ในงานวิจัยนี้โดยได้กล่าว นำจากหัวข้อ 3.2 โดยตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ (Programmable Logic Controller) นั้นถูกใช้งานการควบคุมวีลแชร์กับอุปกรณ์อัจฉริยะซึ่งรุ่นที่ใช้งานคือ CP1H-XA40DT-D ที่มีพอร์ตสำหรับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกสำหรับพัฒนาโปรแกรมผู้ใช้งานหรือ USER Program เป็นแบบ Peripheral (USB-B) โดยตัวควบคุมรุ่นนี้มีจำนวนดิจิตอลอินพุต/เอาต์พุต 40 ช่อง อนาล็อกอินพุต 4 ช่อง และอนาล็อกเอาต์พุต 2 ช่อง สัญญาณแอนาล็อกเอาต์พุตบนตัวควบคุมไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องขยายชุดอนาล็อกโมดูลเพิ่มเพื่อรองรับกับการควบคุมให้ครบทั้ง 4 ล้อ การเพิ่มช่องสัญญาณอนาล็อกเอาต์พุตมีจำนวน 4 ช่องด้วยกัน และเพื่ออำนวยความสะดวกสำหรับการใช้งานหรือบูรณาการร่วมกับอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นไปอย่างราบรื่นบนวีลแชร์นั้น Ethernet option board unit หรือ โมดูลเสริมสำหรับช่องทาง Ethernet (CP1W-CIF41) และ Analog expansion unit หรือ พอร์ตเสริมสำหรับอนาล็อก (CJ1W-DA041) ได้ถูกเพิ่มเข้ามาเพื่อรองรับกับอุปกรณ์ขับและการสื่อสารได้อย่างเพียงพอ ในการกำหนดค่าให้กับฮาร์ดแวร์ที่เพิ่มขึ้นมานั้น ซึ่งพอร์ตเสริมอนาล็อกนี้มีอนาล็อกเอาต์พุตจำนวน 4 ช่องสัญญาณและมีความละเอียดข้อมูล 1/6,000 เป็นข้อมูลแบบ BCD สำหรับการขับเคลื่อนมอเตอร์อย่างเพียงพอ และมากกว่านั้นช่วงของข้อมูลได้ถูกกระจายออกเพื่อรักษาช่วงของทิศทางบวกและลบนั้นคือ ทิศทางที่มีความละเอียดละ 1/3,000 ซึ่งส่วนนี้จะถูกแจกแจงรายละเอียดในหัวข้อที่ 3.4 อีกครั้ง สำหรับชนิดของภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมให้กับงานวิจัย ได้แก่ ภาษาแบบแผนภาพขั้นบันได (Ladder Diagram: LD) ในการโปรแกรมจำเป็นต้องใช้เครื่องมือจะอาศัยโปรแกรมซอฟต์แวร์ CX-Programmer ช่วยในการพัฒนาโปรแกรมผู้ใช้งาน

จากรายละเอียดที่กล่าวข้างต้นที่ซึ่งตัวควบคุมชนิดนี้ถูกนำมาใช้งานงานวิจัยมีการนำเสนอถึงข้อได้เปรียบในเรื่องของความน่าเชื่อถือที่มากกว่าเมื่อเทียบกับตัวควบคุมแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ประการสำคัญมีอุปกรณ์เสริมที่ครบครัน ตัวควบคุมที่พร้อมต่อการใช้งานมีฟังก์ชันที่หลากหลายและมีความยืดหยุ่นต่อการเพิ่มจำนวนอินพุต/เอาต์พุตที่ทำให้ประหยัดทั้งเวลาเรื่องการจัดตั้งและบำรุงดูแลรักษาจึงมีความพร้อมต่อการโปรแกรมและใช้งานได้ทันที

การเชื่อมต่อสัญญาณในรูปแบบ LAN หรือ Ethernet โดยมี Access Point เป็นศูนย์กลางในการกระจายสัญญาณ ตัวควบคุมหลักและจอแสดงผลแบบสัมผัสจะเชื่อมต่อกับ Access Point เป็นแบบสายเคเบิล RJ45 เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลซึ่งกันและกัน ส่วนการสื่อสารผ่านสายเคเบิลจะมีความเร็วในการสื่อสารทันเวลาต่อการควบคุมเมื่อมีการควบคุมผ่านจอแสดงผลแบบสัมผัส สำหรับตัวควบคุมหลักแล้วจะระบุ IP Address เป็น 161.246.4.200 และจอแสดงผลแบบสัมผัสจะมี IP Address เป็น 161.246.4.201 อุปกรณ์ทั้งหมดนี้ถูกติดตั้งบนตัวรถวีลแชร์ ส่วน Smart Phone จะเชื่อมต่อกับ HMI ผ่าน Access Point เป็นสัญญาณแบบ Wifi ดังนั้นจึงมีข้อจำกัดในเรื่องความเร็วใน

การสื่อสารข้อมูลซึ่งจะได้กล่าวต่อไป ตารางที่ 3.1 ได้แสดงถึงตำแหน่ง I/O และ Data Memory (DM) ที่มีการจัดสรรในการใช้งานและสำรองสำหรับอินพุตจากระบบสัมผัส อินพุตแบบดั้งเดิม ระบบแสดงสถานะ และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ตารางที่ 3.1 การกำหนดตำแหน่ง I/O และ Data Memory (DM)

อินพุต	คำอธิบายตำแหน่ง	สัญญาณ
Bit 0.00	ปุ่มฉุกเฉิน	หน้าสัมผัสปกติปิด (NC)
Bit 0.01	ปุ่มเลือกการทำงานระหว่างอินพุตทั้งสอง	หน้าสัมผัสแบบทางเลือก
CIO 200-202	การปรับเปลี่ยนตำแหน่งของตัวจอยสติ๊ก	อนาล็อกอินพุต -10 ถึง 10 V DC
CIO 400-410	สำรองข้อมูลสำหรับอินเทอร์เฟซ (HMI)	ชุดข้อมูล
เอาต์พุต	ความหมาย	สัญญาณไฟ
CIO 100-101	แสดงสถานะการเคลื่อนที่ทิศทางและการหมุน	+5 V DC
CIO 2000-2003	ช่องทางของ PWM ป้อนสำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์	0 ถึง +5 V DC
ความจำภายใน DM	ความหมาย	สัญญาณไฟ
DM 105	ข้อมูลอินเทอร์เฟซการควบคุมทิศทางแบบไปหน้า-ถอยกลับ	ข้อมูลฐาน 16
DM 110	ข้อมูลอินเทอร์เฟซการควบคุมทิศทางแบบซ้าย-ขวา	ข้อมูลฐาน 16
DM 115	ข้อมูลอินเทอร์เฟซควบคุมการหมุนแบบทวนเข็มนาฬิกา	ข้อมูลฐาน 16

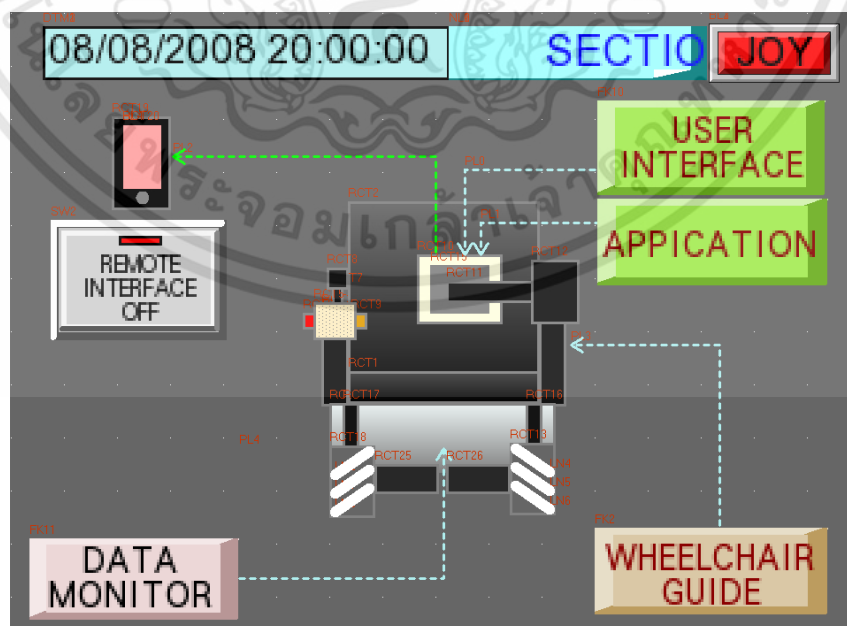
และการประยุกต์ใช้งาน HMI ถูกเลือกใช้เพื่อเป็นทางเลือกการใช้งานอินพุตที่มีประสิทธิภาพดีกว่า และยังสามารถแสดงผลทางกราฟิกสำหรับการใช้งานได้ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้งาน HMI รุ่น NB5Q ของ Omron ซึ่งมีคุณลักษณะความกว้างจอ 5 นิ้ว และสามารถสื่อสารทางระบบ Ethernet/IP port จะทำการประยุกต์ใช้งานเข้ากับอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การติดต่อสื่อสารด้วยวิธีนี้จึงเป็นช่องทางที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานสำหรับประยุกต์ใช้งานกับ IoT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดแสดงผล HMI ถูกติดตั้งบนวีลแชร์โดยติดตั้งกับส่วนที่พักแขนด้านซ้ายมือ โดยมีอินพุตดั้งเดิมหรือก้านควบคุมนั้นยังคงติดตั้งไว้ที่พักแขนฝั่งขวาก่อนแล้ว HMI มีการออกแบบถึงฟังก์ชันการใช้งาน โดยสามารถควบคุมทิศทาง ควบคุมการหมุน และฟังก์ชันอื่น ๆ ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ระบบ iOS แอปพลิเคชันมีชื่อว่า HMI Remote Viewer และแสดงค่าตัวแปรการควบคุมเหมือนจอแสดงผล HMI ทุกประการ ผ่านการเชื่อมต่อของสัญญาณผ่านเทคโนโลยี Wi-Fi ตัวอย่างหน้าอินเตอร์เฟซแบบกราฟิกที่ถูกออกแบบแสดงอยู่ในรูปที่ 3.3 ก.-ง.

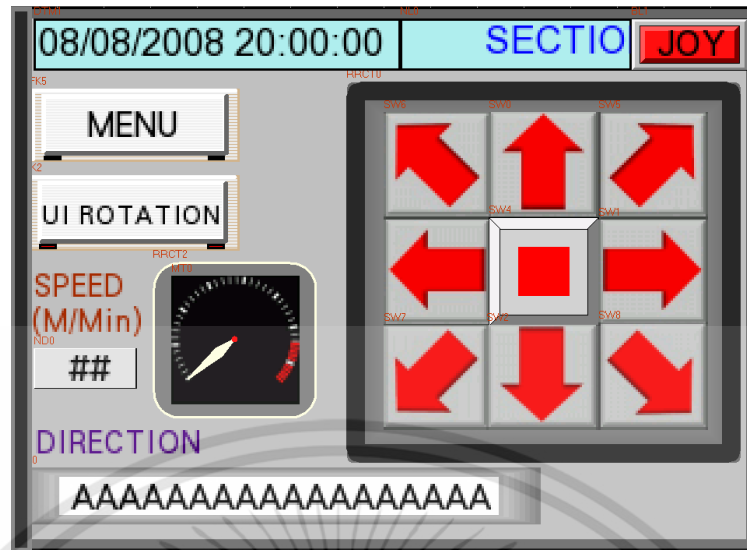


รูปที่ 3.3 ก. แสดงหน้าแรกของ HMI



รูปที่ 3.3 ข. แสดงเมนูหลักเพื่อเลือกฟังก์ชันการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ค. แสดงในเมนูย่อยของ User Interface เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่แนว x-y



รูปที่ 3.3 ง. แสดงในเมนูย่อยของ User Interface เพื่อควบคุมการหมุนตามเข็มนาฬิกาและทวนเข็มนาฬิกา

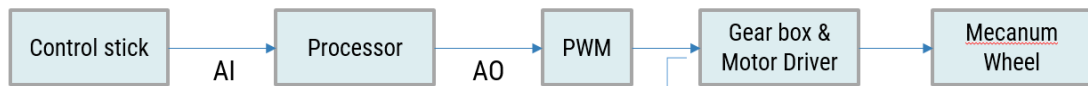
### 3.4 การออกแบบแผนผังและอัลกอริทึมโปรแกรมการควบคุม (Designed schematic and algorithm program of controlling)

#### 3.4.1 การออกแบบแผนผังการควบคุม

การออกแบบงานวิจัยสำหรับใช้งานภาคระบบควบคุมของวีลแชร์ ได้อ้างอิงจากงานวิจัยแบบดั้งเดิม ซึ่งได้ทำการต่อยอดงานวิจัยเพื่อรองรับกับเทคโนโลยีการเชื่อมต่อในรูปแบบใหม่ รองรับต่อการใช้งานระบบสัมผัส และรองรับต่อการควบคุมแบบระยะไกล โดยการออกแบบงานวิจัยแบบต่อยอดนี้เอง มีข้อดีที่สามารถส่งข้อมูลและสื่อสารกันในรูปแบบข้อมูลได้ทันทีผ่านชุดข้อมูล แต่ในส่วนของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

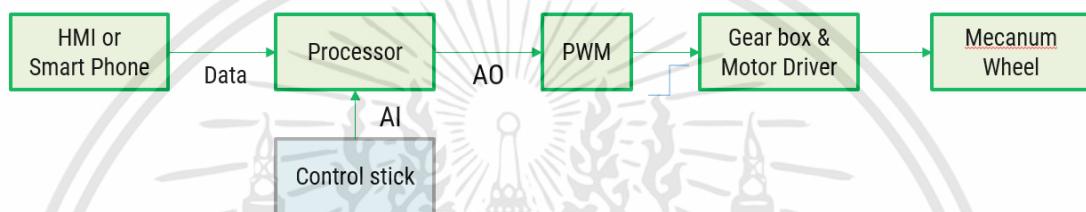
งานวิจัยเดิมยังคงไว้เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้ใช้งานให้สามารถเลือกใช้งานรูปแบบการควบคุมตามความต้องการ

### ORIGINAL RESEARCH



รูปที่ 3.4 คอนเซปของงานวิจัยดั้งเดิมที่ได้พัฒนาขึ้นในวีลแชร์

### DEVELOPED RESEARCH



รูปที่ 3.5 คอนเซปของงานวิจัยที่ได้พัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยดั้งเดิมที่ได้พัฒนาขึ้นในวีลแชร์

#### 3.4.2 แผนผังการควบคุม

ในการทำงานของวีลแชร์ควบคุมด้วยระบบไฟฟ้าผ่านตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้จำเป็นต้องมีแบบแผนและวิธีการในการควบคุมเพื่อออกแบบขั้นตอนให้สามารถรองรับต่อการใช้งานจากผู้ใช้งานวีลแชร์หรือผู้ดูแลได้โดยในส่วนของของการออกแบบผังการควบคุมของวีลแชร์นั้นยังค้างอ้างอิงถึงหลักการควบคุมผ่านอินเทอร์เน็ตเฟสหรือ HMI และก้านควบคุมโดยทั้งสองมีการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันในส่วนของก้านควบคุมนั้นมีการควบคุมแบบวัดความแตกต่างของแรงดันที่เกิดจากการโยกตัวก้านควบคุมส่งผลให้แรงดันที่วัดได้จากตัวต้านทาน (-10 ถึง 10 โวลต์) ส่งค่าแรงดันที่เป็นผลจากทางกายภาพไปยัง A/D หรือ อนุาล็อกอินพุตเพื่อแปลงสัญญาณเป็นข้อมูลทางดิจิทัลและส่งไปยังส่วนของการประมวลผลต่อไป

โดยตัวก้านควบคุมนั้นมีตัวต้านทานทั้งหมด 3 ตัวซึ่งจำแนกได้เป็นส่วนที่หนึ่งการปรับก้านควบคุมในแนวนอน (X-axis) ซึ่งส่งผลการเคลื่อนที่แบบซ้าย-ขวา ส่วนที่สองการปรับก้านควบคุมในแนวตั้ง (Y-axis) ส่งผลต่อการเคลื่อนที่แบบเดินหน้า-ถอยหลัง และส่วนสุดท้ายคือการปรับก้านควบคุมแบบหมุน (Rotation) ส่งผลต่อการหมุนของตัวรถแบบทวนเข็มนาฬิกาและตามเข็มนาฬิกาซึ่งตัวต้านทาน 1 ตัวนั้นจะส่งค่าไปยังต่ออนุาล็อกอินพุต 1 ช่องทางซึ่งตัวควบคุมนั้นมี 4 ช่องทางสำหรับการแปลง A/D เพียงพอต่อการใช้งานโดยมีการสำรองช่องทางไว้อีก 1 ช่องทางสำหรับออกแบบใช้งานในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

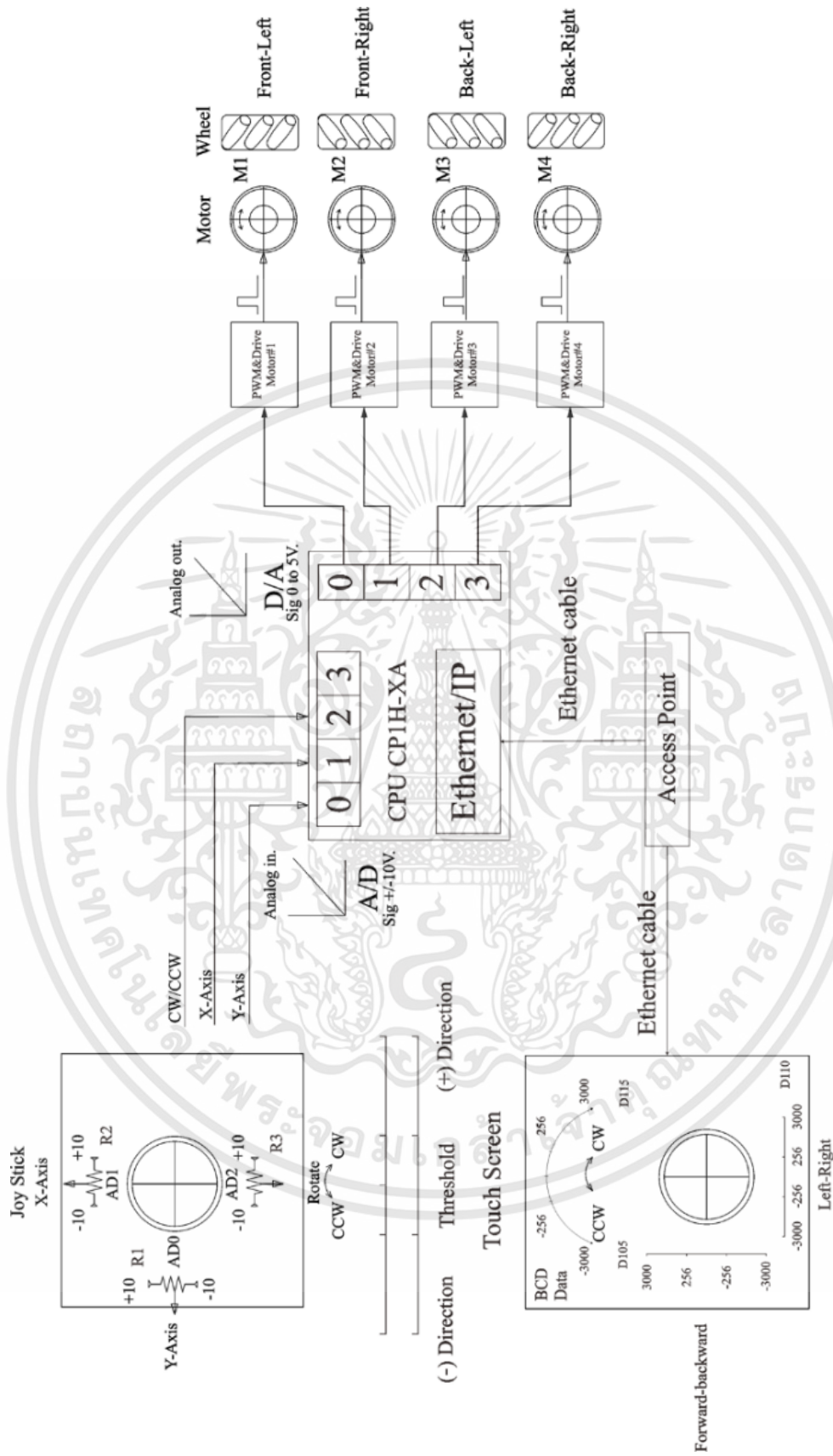
โดยตัวกำหนดควบคุมนั้นเป็นอินพุตแบบดั้งเดิมซึ่งในการบูรณาการเข้ากับอินเตอร์ของสรรพสิ่งนั้น จะมุ่งเน้นไปที่การใช้งานของอินเตอร์เฟซหรือ HMI ซึ่งทำการออกแบบหน้าจอสำหรับใช้งานกับผู้ใช้แบบกราฟฟิก (Graphical User Interface) ให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าควบคุมภาพการแสดงผลได้ สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลผ่านระบบ Ethernet/IP โดยไม่ต้องใช้การแปลงค่าแบบ A/D สามารถส่งค่าแบบดิจิทัลไปยังตัวควบคุมประมวลผลได้โดยตรง และมากกว่านั้นสามารถเข้าถึงการควบคุมจากระยะไกลได้เมื่อมีจุดต่อร่วมรองรับ (Access point)

ทั้งสองอินพุตสามารถสั่งการควบคุมได้ซึ่งเป็นทางเลือกต่อการใช้งาน จากข้างต้นเมื่อตัวควบคุมรับค่าจากตัวแปรที่เก็บความจำของแต่ละอินพุต ประมวลผลและส่งค่าไปควบคุมซึ่งออกจากช่องทางอนาล็อกเอาต์พุตหรือ D/A เพื่อส่งให้กับชุดขับเคลื่อนแบบ PWM ที่เป็นวงจรขับอีกส่วนหนึ่งอิสระต่อกันขึ้นระหว่างเครื่องควบคุมกับล้อเมคคานัม โดย PWM รองรับต่อการใช้งานในย่านแรงดัน 0 ถึง 5 โวลต์ ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดแรงดัน 12 โวลต์ PWM นั้นออกแบบให้ 1 ช่องที่สามารถรับสัญญาณจาก D/A 1 ช่องทางเช่นกันไปขับมอเตอร์เพียง 1 ตัว ดังนั้นมอเตอร์จะขับเคลื่อนอย่างอิสระต่อกันเนื่องจากโมดูล PWM โดยขับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจะต่อเข้ากับล้อเคลื่อนที่ได้หลายทิศทางแบบเมคคานัมเพื่อขับเคลื่อนตามคำสั่งการควบคุมที่ได้ถูกโปรแกรมในตัวควบคุมไว้แล้ว

ในรูปที่ 3.6 จะแสดงถึงแผนผังการควบคุมที่สามารถสั่งการได้ทั้งอินพุตแบบดั้งเดิมและอินพุตแบบสัมผัสเพื่อขับเคลื่อนบนฐานการเคลื่อนที่แบบหลายทิศทางด้วยล้อเมคคานัมที่ได้กล่าวรายละเอียดของการควบคุมในข้างต้นและรูปที่ 3.7 แสดงถึงการหาขนาดและทิศทางความเร็วการหมุนของแต่ละล้อซึ่งแยกการควบคุมอิสระจากกัน

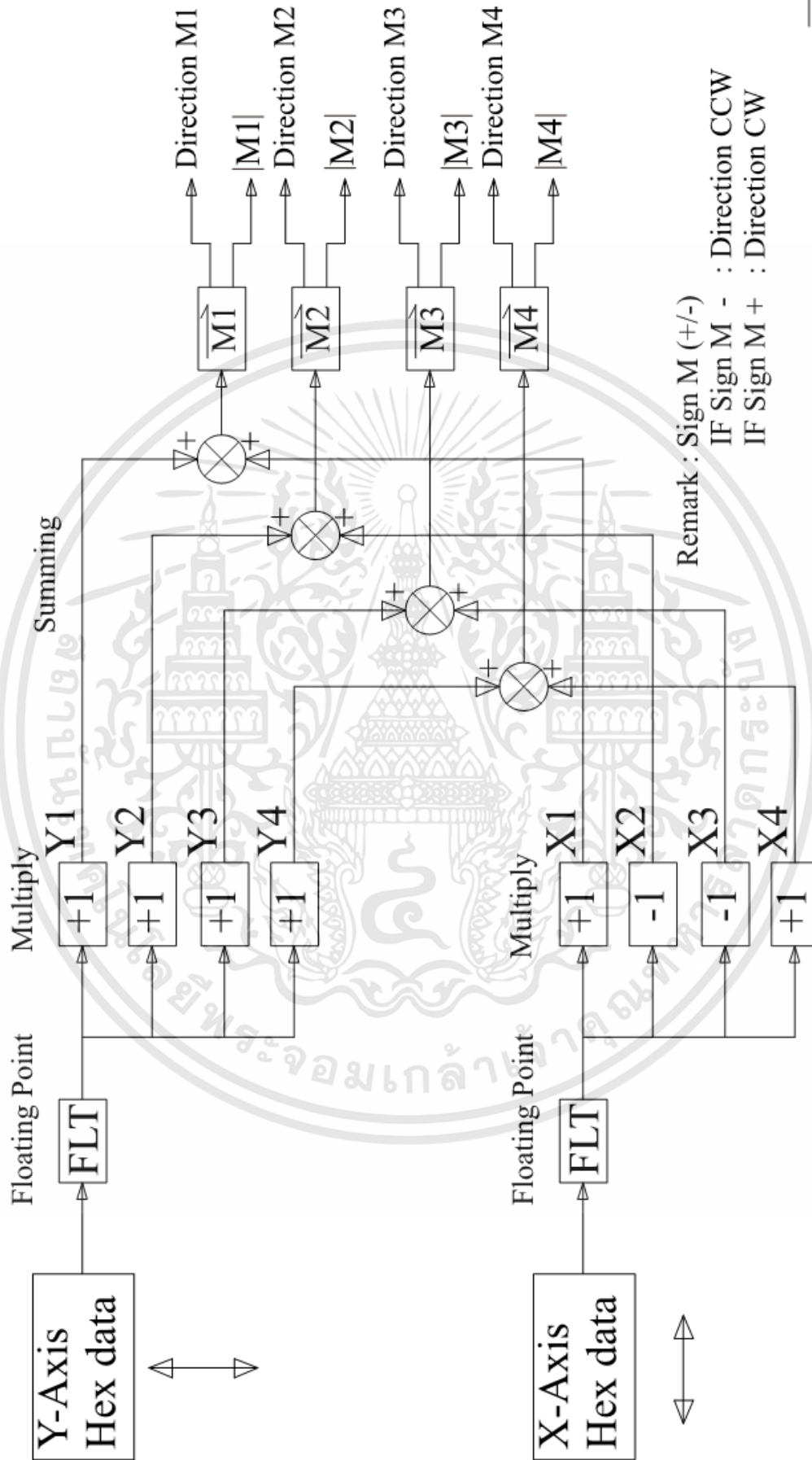
ตามรูปที่ 3.7 เป็นการถ่ายทอดปริมาณทางเร็กเตอร์ที่ควบคุมจากจอยสติ๊กในแนวแกน  $x$  และ  $y$  โดยการโยกไปในพื้นที่ 4 ส่วน Q1, Q2, Q3 และ Q4 ตามรูปที่ 2.2 ที่ได้กล่าวไว้ จากนั้นทำการปรับแต่งข้อมูลระหว่างจอยสติ๊กกับมอเตอร์ให้สอดคล้อง และเป็นสัดส่วนกัน แสดงให้เห็นว่าการโยกจอยสติ๊กก็มีความเร็วที่แตกต่างตามน้ำหนักหรือความยาวรัศมีที่โยกออกไปตามระยะของวงกลม 1 หน่วยแล้วจึงนำข้อมูลที่ปรับแต่ง ซึ่งเป็นปริมาณทางแกน  $x$  และ  $y$  นำมาถ่ายทอดให้ล้อทั้ง 4 เป็นไปตามบล็อกไดอะแกรม

ในล้อที่ 1 และ 4 ความเร็วของมอเตอร์ M1 และ M4 เกิดจากผลรวมระหว่าง  $x_1$  กับ  $y_1$  และ  $x_4$  กับ  $y_4$  ตามลำดับซึ่งขนาดจะเป็นไปตามทฤษฎีของพีทาโกรัส ส่วนของล้อที่ 2 และ 3 ความเร็วของมอเตอร์ M2 และ M3 เกิดจากผลรวมระหว่าง  $x_2$  กับ  $y_2$  และ  $x_3$  กับ  $y_3$  ตามลำดับซึ่งขนาดจะเป็นไปตามทฤษฎีของพีทาโกรัสเช่นกัน แต่มีทิศทางของ  $x$  และ  $y$  โดยผลที่ได้คือการรวม M1 และ M4 ทำให้ล้อมีผลรวมเป็นบวก ล้อจึงขับเคลื่อนไปข้างหน้า แต่ในส่วนของล้อ M2 และ M4 มีผลรวมออกมาแบบหักล้างกันส่งผลให้ล้อไม่มีแรงดันในการขับเคลื่อนหรือหยุด ซึ่งจะส่งผลต่อการบังคับทิศทางของวิลแชร์ไปในแนว Forward-Right หรือแนว 45 องศาตามองศาที่อ้างอิงในงานวิจัยนี้



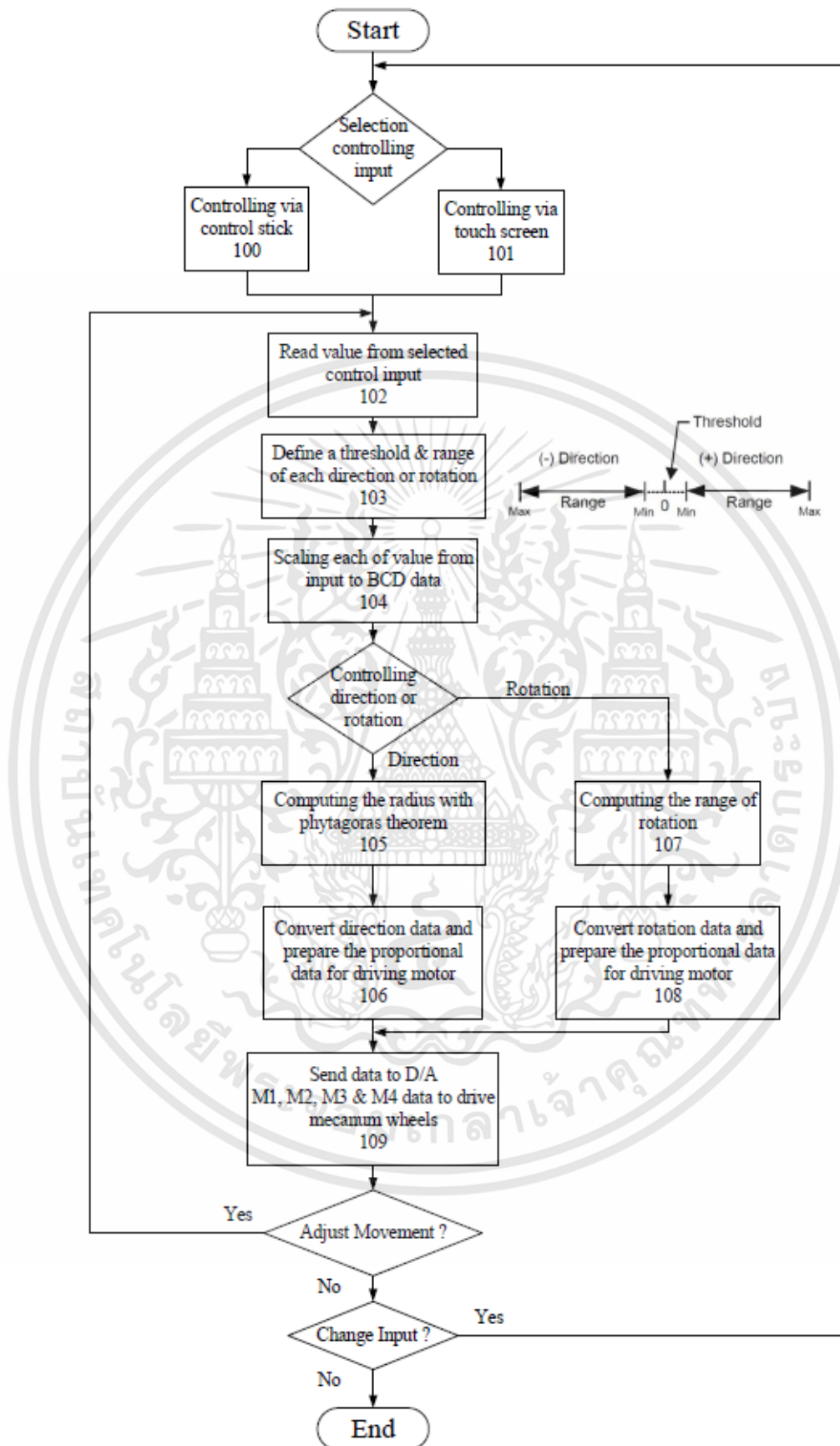
รูปที่ 3.6 แผนผังการควบคุมวีลแชร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผนผังการควบคุมขนาดและทิศทางของความเร็วการหมุนของล้อซึ่งแต่ละล้อแยกการทำงานอย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แผนผังการไหลความคิด (Flowchart) ของอัลกอริทึมการควบคุมวีลแชร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นการเคลื่อนตัวของวีลแชร์จะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของล้อแต่ละล้อที่ถูกควบคุมด้วยจอยสติ๊กที่ผู้ควบคุมทำการโยก ในงานวิจัยนี้จึงได้นำผลของข้อมูลจอยสติ๊กที่ได้จากการทดลองของงานวิจัยต้นฉบับ มากำหนดให้เป็นความเร็วใน 3 ระดับเพื่อเป็นข้อมูลของ HMI

**ตารางที่ 3.2** ออกแบบข้อมูลเพื่อรองรับต่อการควบคุมระบบสัมผัสจากการควบคุมผ่านจอยสติ๊ก

ระดับความเร็ว	ความเร็วโดยเฉลี่ย	ข้อมูล (ขนาดและชนิด)
หยุด	0 เมตรต่อนาที	&0000 (BCD), #0000 (HEX)
ความเร็วช้าสุด	10 เมตรต่อนาที	&1000 (BCD), #03E8 (HEX)
ความเร็วปานกลาง	20 เมตรต่อนาที	&2000 (BCD), #07D0 (HEX)
ความเร็วสูงสุด	30 เมตรต่อนาที	&3000 (BCD), #0BB8 (HEX)

ดังนั้นถ้าต้องการความเร็วมากน้อยเพียงใด ผู้ควบคุมกระทำได้จาก HMI โดยเพิ่มหรือลดความเร็วได้จากการสัมผัสปุ่มลูกศรเพื่อเพิ่มหรือลดความเร็วก็จะเปลี่ยนแปลงเป็นสเต็ป ดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั่นเอง ส่วนทิศทางการเคลื่อนที่ของวีลแชร์ตามแนวระนาบ x-y สามารถดูได้จากตารางที่ 1 ของภาคผนวก ก.

### 3.4.3 อัลกอริทึมการควบคุม

การออกแบบโปรแกรมสำหรับการควบคุมที่อ้างอิงจากการใช้เครื่องมือในซอฟต์แวร์ CX-P โดยใช้ภาษาแบบแผนภาพขั้นบันได (Ladder Diagram; LD) เป็นโปรแกรมใช้งาน ซึ่งจะได้อธิบายขั้นตอนการทำงานและวิธีการควบคุมออกมาในรูปแบบแผนผังการไหลความคิด (Flowchart) ดังในรูปที่ 3.8

เทคนิคการควบคุมอธิบายดังต่อไปนี้ เริ่มต้นเลือกการใช้งานของประเภทอินพุตว่าเป็นอินพุตแบบควบคุมทางการขยับตัวควบคุมทางกล (100) หรืออินพุตแบบระบบสัมผัส (101) ซึ่งเมื่อเลือกอินพุตที่จะใช้งานจะเป็นการอ่านค่าจากการกำหนดชุดของกลุ่มตัวแปรข้อมูล (102) ที่รองรับสำหรับอินพุตนั้น ๆ ที่กำหนดไว้ในโปรแกรม และทำการจำแนกค่าที่ได้จากช่วงที่ออกแบบ (103) และทำการเทียบค่าจากอินพุตเป็นข้อมูลแบบ BCD (104) และเก็บค่าไว้เพื่อเลือกประเภทการควบคุม โดยมีวิธีการควบคุมเป็น 2 แบบคือการควบคุมทิศทางและการหมุน เมื่อเลือกการควบคุมทิศทางจะทำการคำนวณค่ารัศมีการควบคุมตามหลักการทางคณิตศาสตร์ตามทฤษฎีบทพีทาโกรัส (105) ทำการเตรียมค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงและแปลงค่าเป็นข้อมูลแบบ Hex สำหรับการขับมอเตอร์ (106)

อีกนัยหนึ่งเมื่อเลือกการควบคุมแบบการหมุนจะนำค่าที่ได้จากคำนวณค่า (107) จากช่วงที่ได้ออกแบบนั้น อันเนื่องจากการหมุนมีมิติการคำนวณเพียง 1 มิติเหมือนกับการควบคุมตามแนวการเคลื่อนที่ x-y เพียงแต่ใช้รูปแบบการเคลื่อนที่ของล้อแต่ละล้อให้มีรูปแบบตามตารางที่ 2 ในภาคผนวก ก. ต่อจากนั้นทำการเตรียมและแปลงค่าเป็นข้อมูล Hex เพื่อขับมอเตอร์ (108) คล้ายกับวิธีการควบคุมทิศทางตามแนวระนาบ x และ y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อการคำนวณค่าจากการสังการทิศทางหรือการหมุนข้อตัวรถเสร็จสิ้น จะส่งค่าจากสัญญาณดิจิตอลออกเป็นสัญญาณอนาล็อกขนาดแรงดัน 0 ถึง 5 โวลต์จากช่องทั้ง 4 ของ D/A เพื่อส่งสัญญาณไปยัง PWM สำหรับขับเคลื่อนมอเตอร์ M1 M2 M3 และ M4 ตามวิธีการควบคุม (109) ซึ่งเมื่อต้องการเลือกการควบคุมใหม่สามารถเลือกการทำงานแบบอินพุตชนิดอื่นได้ การควบคุมทิศทางหรือการหมุนได้ หรือไม่ต้องการควบคุมก็สามารถจบการทำงานได้ทันที โดยการควบคุมทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับทิศทางการหมุนของล้อแสดงอยู่ในภาคผนวก ก.

### 3.5 IoT ผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน (IoT via smart phone application)

ในปัจจุบัน IoT หรืออินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเป็นกุญแจสำคัญในวงการติดต่อสื่อสารกันและกันระหว่างอุปกรณ์ ระบบ ซอฟต์แวร์ และการบริการต่าง ๆ ผ่านอินเทอร์เน็ต ไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ถึงอุปกรณ์เพื่อประยุกต์เข้ากับระบบโรงงาน การติดต่อระหว่างบุคคล และการสื่อสารภายในองค์กร ในงานนี้ IoT ได้ถูกจัดรวบรวมภายในการควบคุมวีลแชร์เพื่อเป็นช่องทางสำหรับผู้ใช้งานที่บกพร่องสภาพร่างกายที่เคลื่อนที่ได้ยาก

ในการใช้ประยุกต์ใช้งานติดต่อสื่อสารผ่านวิธีนี้ คือการเข้าถึงที่อยู่ IP ได้ง่ายของแต่ละอุปกรณ์ โดย HMI เชื่อมต่อผ่าน WLAN นั้นมีที่อยู่ IP คือ 161.246.4.201 และตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ก็เชื่อมต่อผ่านช่องทาง Ethernet ในช่องทางการเชื่อมต่อเดียวกับสมาร์ตโฟนผ่านจุดต่อร่วมที่ภาคส่วนของ Local router ซึ่งตัวควบคุมนั้นมีที่อยู่ IP เป็น 161.246.4.200 การตั้งค่านี้สร้างให้ HMI มีการตั้งค่าในเครือข่ายเดียวกันกับอุปกรณ์อื่น ๆ โดยออกแบบให้สมาร์ตโฟนจะเข้าควบคุมตัววีลแชร์ได้มีการเข้าถึงผ่านจะเครือข่ายอื่น ๆ นอกจากบนตัวรถเอง ซึ่งจะใช้ Global router สำหรับใช้เครือข่ายภายนอกเป็นจุดต่อร่วมและจุดกระจายสัญญาณสำหรับระบบอินเทอร์เน็ต ระบบ HMI นั้นยังมีการเชื่อมต่อกับสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชัน HMI Remote Viewer และจุดต่อร่วมยังสามารถส่งผลให้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและสัญญาณกันระหว่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ โดยแผนผังการบูรณาการผ่านอินเทอร์เน็ต

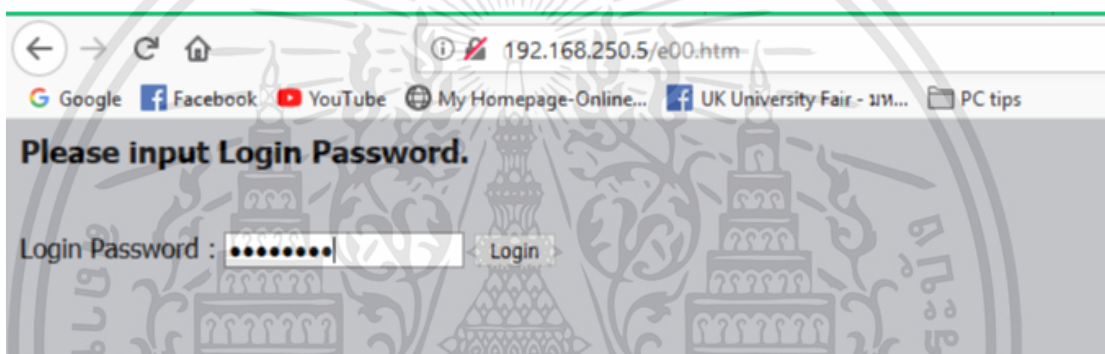


รูปที่ 3.9 โมดูลทางเลือก (Option board) รุ่น CP1W-CIF41 ใช้สำหรับสื่อสารผ่านทาง Ethernet

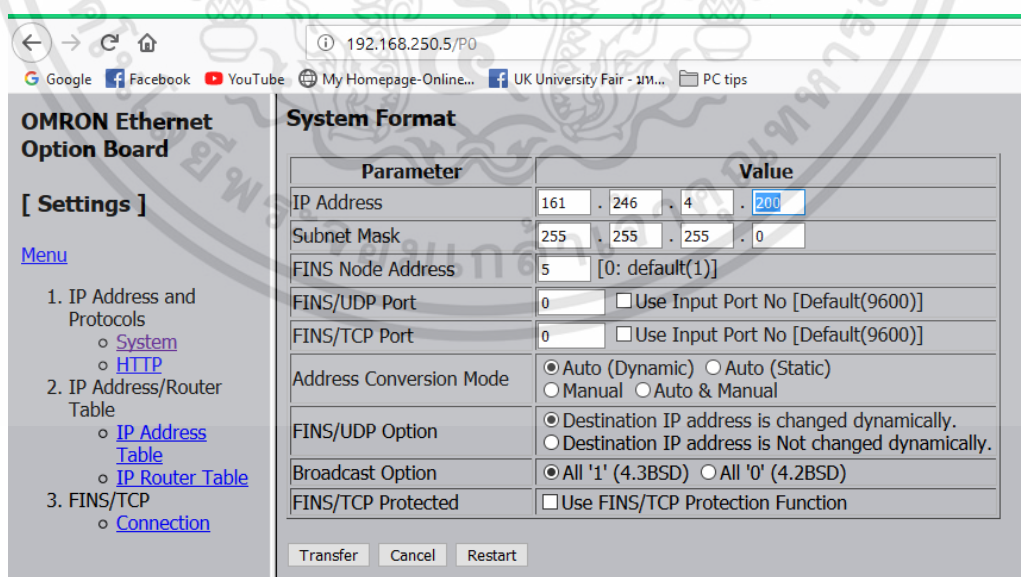
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตั้งค่าที่อยู่ IP [14] เพื่อใช้สำหรับงานสื่อสารข้อมูลจะทำการอธิบายในส่วนที่ 1 คือวิธีการตั้งค่าที่อยู่ IP ของ PLC โดยตัวควบคุมจะมีโมดูลตัวเลือก (Option board) สำหรับรองรับระบบสื่อสารข้อมูลผ่าน Ethernet ในงานจะใช้ชื่อว่า CP1W-CIF41 โดยจำเป็นต้องเชื่อมต่อ Option board กับตัวควบคุมและเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์สำหรับโปรแกรมกับ Option board เพื่อเข้าสู่โหมดตั้งค่าได้

ในทางเทคนิคของการตั้งค่าในเว็บนั้น ทำการเข้าที่อยู่ของเว็บ IP แบบดั้งเดิมหรือ “http://192.168.250.1/E00.htm” จะแสดงผลเพื่อให้กรอกข้อมูลรหัสผ่านเพื่อเข้าสู่การตั้งค่า ดังรูปที่ 3.10 โดยรหัสผ่านดั้งเดิมที่มากับตัวโมดูลนี้ใช้ “ETHERNET” ก็จะสามารถเข้าสู่หน้าตั้งค่าที่อยู่ IP ได้ และรูปที่ 3.11 ได้อธิบายรายละเอียดต่าง ๆ สำหรับการตั้งค่า อาทิ ที่อยู่ IP address Subnet mask FINS/TCP port เป็นต้น โดยในงานนี้ออกแบบให้ตั้งค่าที่อยู่ IP ไว้ที่ 161.246.4.200



รูปที่ 3.10 หน้าเว็บไซต์สำหรับเข้าโหมดการตั้งค่าที่อยู่ IP สำหรับโมดูล CP1W-CIF41

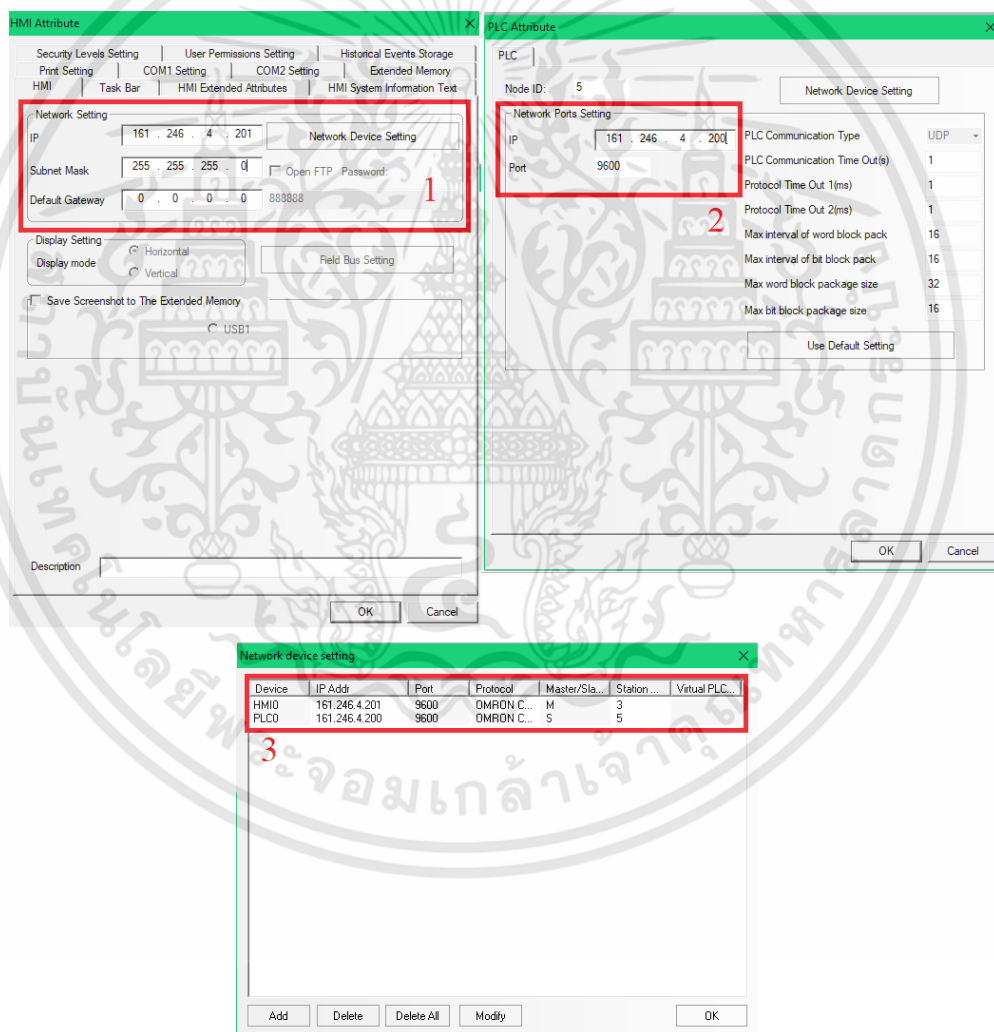


รูปที่ 3.11 หน้าเว็บไซต์สำหรับตั้งค่าที่อยู่ IP สำหรับโมดูล CP1W-CIF41 (Ethernet port option board)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

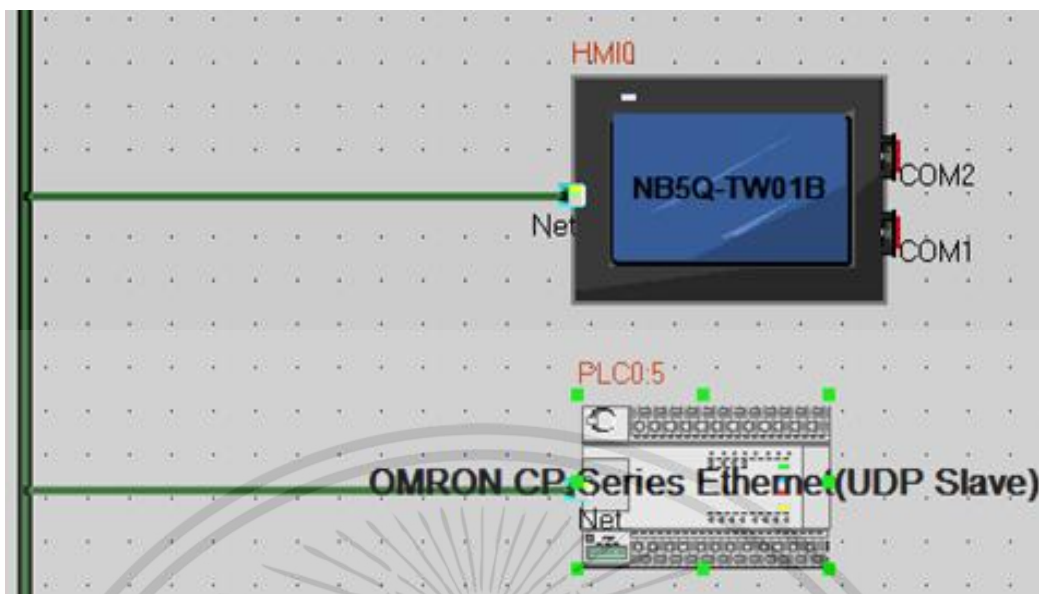
ส่วนที่ 2 คือการตั้งค่าที่อยู่ IP ของ HMI เพื่อรองรับต่อช่องทางการสื่อสารผ่านระบบ Ethernet ซึ่งรุ่นที่ใช้คือ NB5Q ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.3 โดยคุณสมบัติทางกายภาพของตัว HMI นั้นมีช่องทางการสื่อสารรองรับแบบ USB type B Serial port และ Ethernet port รองรับแบบติดตั้งมาในตัวแล้ว (built-in) ดังนั้นจึงสามารถทำการตั้งค่าได้ที่อยู่ IP ได้ทันทีผ่านช่องทางการสื่อสารทันที

โดยขั้นตอนการตั้งค่าที่อยู่ IP จำเป็นต้องใช้ซอฟต์แวร์ NB-Designer สำหรับ HMI รุ่น NB เพื่อตั้งค่า IP เมื่อเข้าสู่หน้ากรตั้งค่าให้เข้าไปยังการตั้งค่าเครือข่าย (Network setting) และทำการตั้งค่าที่อยู่ IP และ port ช่องทางสำหรับสื่อสาร รูปที่ 3.12 แสดงถึงการตั้งค่าที่อยู่ IP สำหรับติดต่อสื่อสารของ HMI และที่อยู่ IP สำหรับใช้ติดต่อกับ PLC และรูปที่ 3.13 แสดงถึงการตั้งค่าระบบ (System configuration) สำหรับระบบสื่อสารข้อมูลผ่านทาง Ethernet



รูปที่ 3.12 ภาพนี้แสดงถึง (จุดที่ 1) การตั้งค่าที่อยู่ IP ของ HMI (จุดที่ 2) การตั้งค่าที่อยู่ IP เพื่อเชื่อมต่อ กับ PLC และ (จุดที่ 3) Network device setting สำหรับแสดงผลที่อยู่ IP ทั้งหมดที่อยู่ในเครือข่ายของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

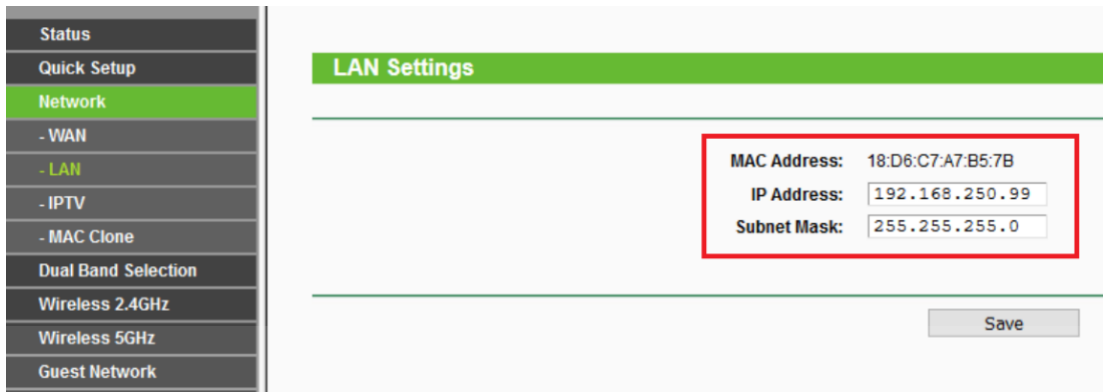


รูปที่ 3.13 System configuration สำหรับระบบเครือข่ายในวิลแชร์

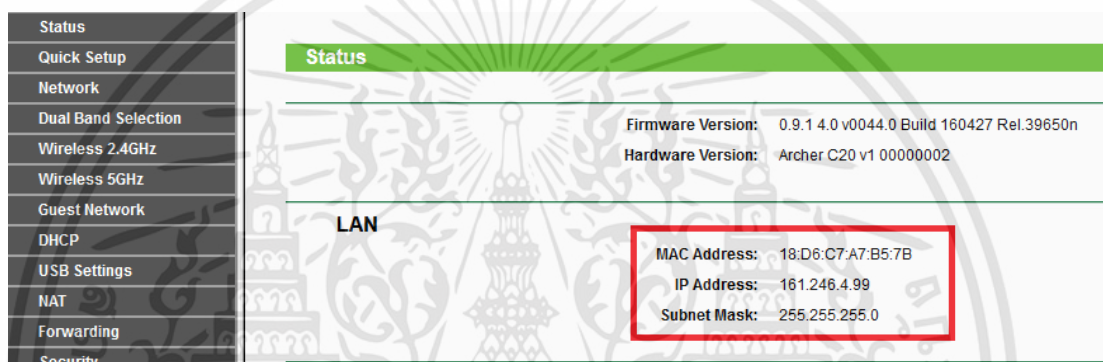
และส่วนสุดท้ายคือ การตั้งค่าช่องทางจุดต่อร่วมบนตัวรถ (Local access point) กับจุดเข้าถึงระบบอินเทอร์เน็ตภายนอก (Global router) ซึ่งจำเป็นต้องลงทะเบียน Wifi Protected Setup (WPS) ทั้ง 2 เราเตอร์ด้วยกัน โดย WPS เป็นมาตรฐานความปลอดภัยเครือข่ายไร้สายที่พยายามเชื่อมต่อระหว่างเราเตอร์และอุปกรณ์ไร้สาย โดยเทคโนโลยี WPS ยังช่วยให้สามารถตั้งรหัสผ่านสำหรับการตรวจสอบสิทธิ์ที่ใช้เมื่อเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สายโดยใช้ระบบ PIN หรือรหัสผ่าน โดยเราเตอร์ที่ใช้ในงานนี้คือรุ่น TP-LINK โมเดล Archer C20 ซึ่งรองรับต่อการใช้งาน WPS

วิธีการตั้งค่าเราเตอร์สามารถทำได้โดยการเข้าไปที่เว็บไซต์ดั้งเดิมที่สามารถเข้าถึง “http://tplinkwifi.net” เมื่อทำการเข้าสู่ลิงก์ก็สำเร็จจะเข้าสู่ระบบป้องกันสู่การตั้งค่าต่าง ๆ สำหรับเราเตอร์ จำเป็นต้องใช้รหัสผ่านสำหรับเข้าสู่หน้าการตั้งค่า โดยจะมีรหัสผ่านดั้งเดิมของเราเตอร์คือ Username: admin และ Password: admin เมื่อเข้าสู่หน้ารหัสผ่านได้นั้นจะมีโหมดต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการตั้งค่า โดยเราสามารถตั้งค่าที่อยู่ IP ใหม่สำหรับเราเตอร์ได้ที่ Network > LAN ดังรูปที่ 3.14 เมื่อตั้งค่าที่อยู่ IP ใหม่สำเร็จที่หน้า Status จะได้ที่อยู่ IP ตามที่เราตั้งค่าไว้ตามรูปที่ 3.15 และทำการตั้งค่า WPS จากโหมดของ Wireless 2.4GHz > WPS จะเห็นได้ว่าในส่วนของภาคส่วน WPS จะมีการตั้งค่า PIN ดั้งเดิมมาให้ซึ่งจะมี PIN ที่เหมือนกับบนเราเตอร์ สามารถทำการเพิ่มอุปกรณ์สำหรับการจับคู่หรือ Add device ได้ 2 กรณี หนึ่งคือทำการแลกเปลี่ยน PIN กับเราเตอร์อีกเครื่องหนึ่งเพื่อจับคู่ และสองคือการกดปุ่ม WPS ที่อยู่บนตัวเราเตอร์ทั้ง 2 ตัวโดยระยะเวลาต้องไม่ห่างกันเกิน 2 นาที จะเป็นอันเชื่อมต่อแบบจับคู่สำเร็จ ยกตัวอย่างการจับคู่ด้วย WPS บนส่วนของ Local router ณ ตำแหน่งของวิลแชร์เป็นตัวอย่างจากรูปที่ 3.16

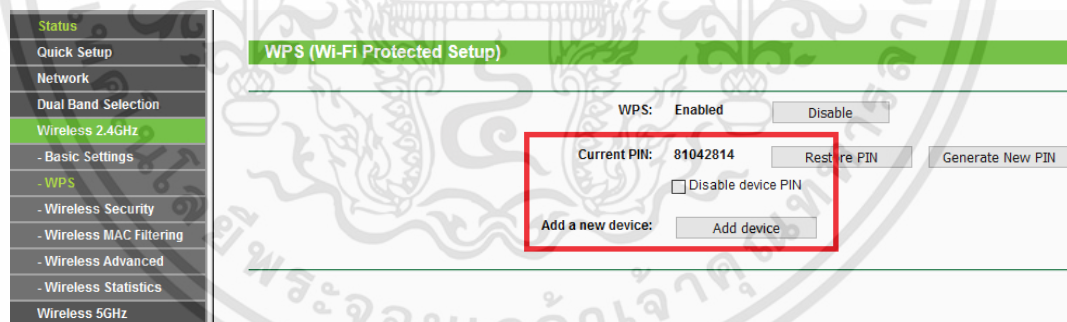
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 ที่อยู่ IP เดิมจากหน้าต่าง LAN โดยใช้สำหรับการตั้งค่าที่อยู่ IP ของ TP-LINK router



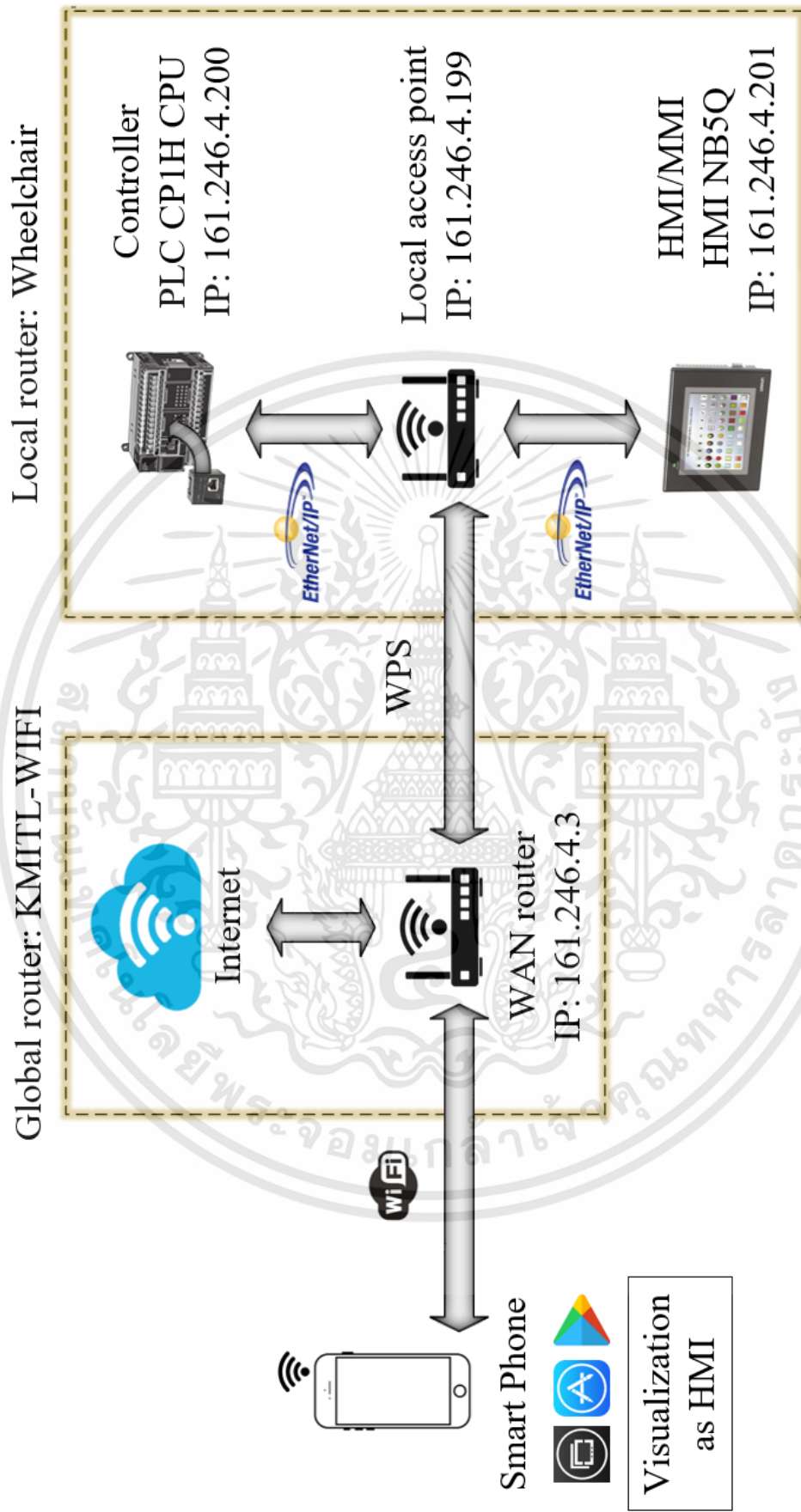
รูปที่ 3.15 หน้าต่าง Status แสดงถึงที่อยู่ IP หลังจากตั้งค่าใหม่เพื่อเข้าสู่การเชื่อมต่อใหม่



รูปที่ 3.16 หน้าต่าง WPS ใช้สำหรับการเชื่อมต่อแบบจับคู่กับเราเตอร์อื่น ๆ

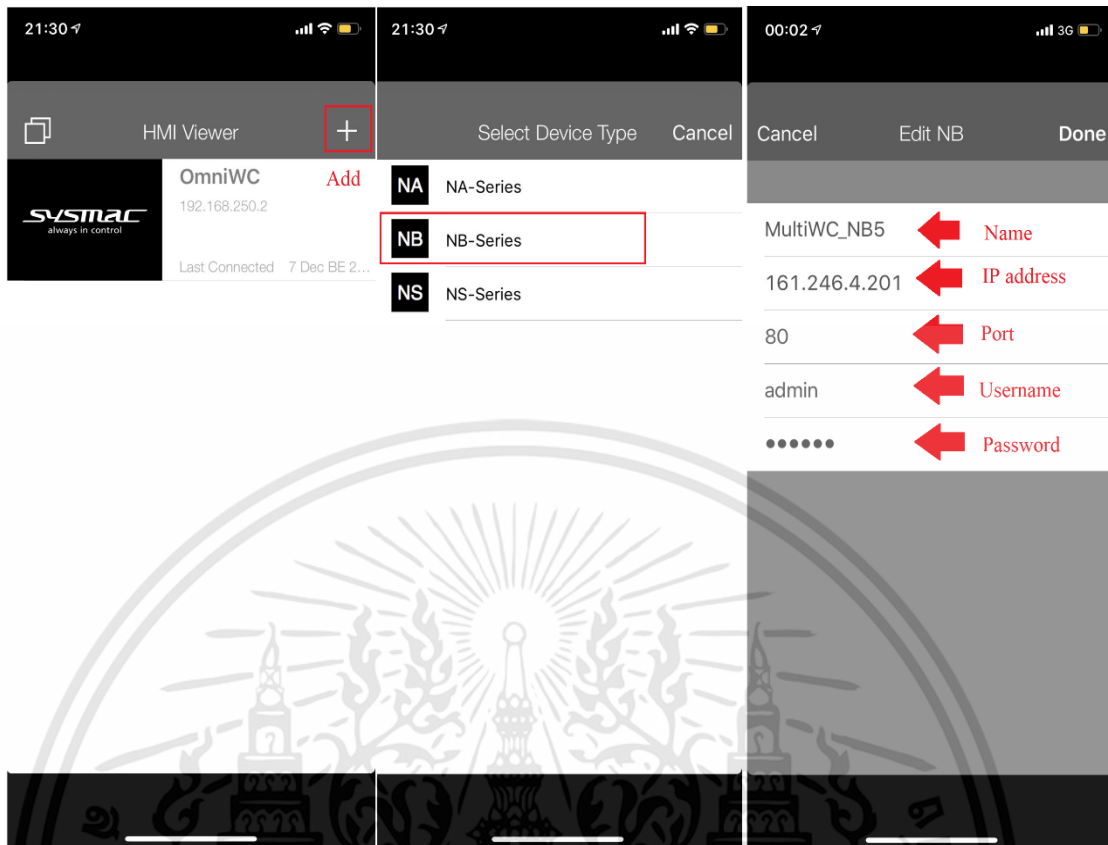
เมื่อตั้งค่าที่อยู่ IP ทั้งหมดแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการเชื่อมต่อระบบควบคุมแบบระยะไกลผ่านสมาร์ทโฟนที่มีแอปพลิเคชันรองรับต่อการแสดงผลเหมือน HMI ซึ่งเป็นไปตามการออกแบบและประยุกต์ใช้งานจริงตามรูปที่ 3.17 โดยที่สมาร์ทโฟนจะเข้าถึงการควบคุมผ่านวงการเชื่อมต่อจาก Global router ซึ่งเราเตอร์นี้เองได้ทำการจับคู่กับ Local router บนวีลแชร์ดังที่ได้แสดงไว้ที่ผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



[9] รูปที่ 3.17 แผนผังการกระจายเชื่อมต่อโดยบูรณาการอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับควบคุมวีลแชร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

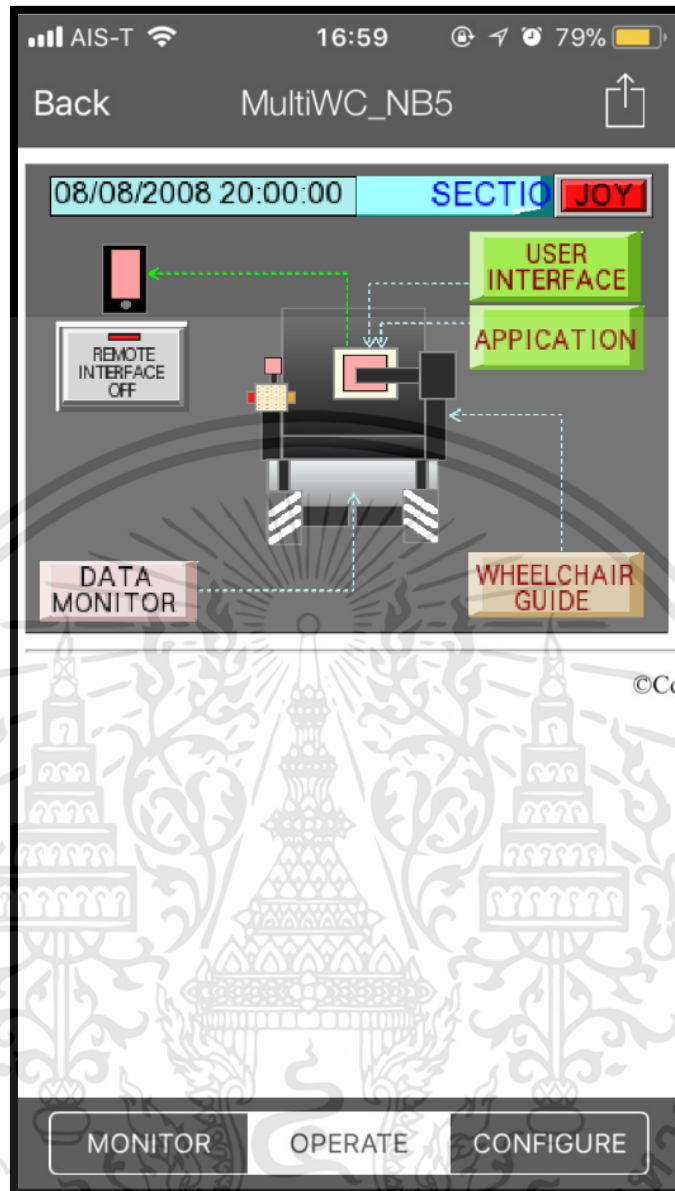


รูปที่ 3.18 ลงทะเบียนเพื่อใช้งานแอปพลิเคชัน HMI Remote Viewer สำหรับแสดงผลเสมือน HMI

เมื่อเชื่อมต่อแบบจับคู่สำเร็จระหว่าง Local router และ Global router นั้นจะนำเสนอในภาคส่วนการใช้งานการควบคุมแบบระยะไกลหรือในที่นี้คือการควบคุมผ่านสมาร์ทโฟน โดยแอปพลิเคชันที่เลือกใช้งานคือ HMI Remote Viewer ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ในการใช้งานแอปพลิเคชันที่รองรับต่อการใช้งานกับสมาร์ตโฟนนั้นเพื่อเพิ่มระดับความปลอดภัยต่อการใช้งานที่ไม่อนุญาตให้เข้าถึง ระบบถูกออกแบบให้มีการลงทะเบียนสำหรับการใช้งานครั้งแรกโดยจะต้องทำการลงทะเบียนที่อยู่ IP ของ HMI Port การสื่อสาร Username และ Password ลงบนระบบจดจำข้อมูล

โดยสามารถดูขั้นตอนการลงทะเบียนดังรูปที่ 3.18 เมื่อผ่านการลงทะเบียนและล็อกอินเข้าใช้งานการควบคุมจะเข้าสู่หน้าหลักสำหรับใช้งานดังรูปที่ 3.19 มากกว่านั้นแอปพลิเคชันของสมาร์ตโฟน HMI Remote Viewer จะต้องเปิดการทำงานของที่อยู่ Local Word 9175 [13] หรือข้อมูลเชิงสัญญาณในตัว HMI เองเพื่อเข้าถึงการใช้งานในระบบการควบคุมระยะไกลและ HMI ยังสามารถทำงานไปควบคู่กันได้ในขณะที่ยังทำงานผ่านสมาร์ตโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 เข้าสู่การควบคุมผ่านสมาร์ตโฟนโดยใช้แอปพลิเคชัน HMI Remote Viewer

ในส่วนนี้ตัวแอปพลิเคชันมี 3 โหมดในการทำงานคือโหมดการแสดงผล โหมดการควบคุม และโหมดการตั้งค่า โหมดการแสดงผลอนุญาตให้ผู้ใช้งานเข้าถึงการแสดงผลสถานะต่าง ๆ ของวีลแชร์โดยไม่สามารถเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าหรือการเปลี่ยนแปลงค่าปัจจุบันได้ โดยโหมดที่สามารถเข้าถึงการควบคุมจำเป็นต้องเข้ารหัสเพื่อเข้าถึงการควบคุมและการตั้งค่า ซึ่งโหมดการตั้งค่าสามารถตั้งค่าใหม่เพื่อความเหมาะสมต่อการใช้งานกับตัวผู้ใช้งานหรือผู้ดูแลที่จะสามารถเข้าถึงโหมดทั้ง 3 ของวีลแชร์เพื่อดูแลผู้ใช้งานวีลแชร์อยู่นั้นให้ดีขึ้น ยกตัวอย่างหน้าต่างการใช้งานบนสมาร์ตโฟนแสดงให้เห็นในรูปที่ 3.20 การตั้งค่าทั้งหมดนี้อนุญาตให้เข้าถึงผ่านระยะไกลด้วยโมดูลระบบสัมผัสเพื่อใช้งานการสั่งการที่เพิ่มขีดความสามารถการควบคุมวีลแชร์ในระยะทางที่ห่างไกลออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ตัวอย่างหน้าการควบคุมและการตั้งค่าบนแอปพลิเคชันผ่านสมาร์ทโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองงานวิจัย

#### 4.1 ผลสุดท้ายของโครงสร้างวีลแชร์ต้นแบบ

ฐานการเคลื่อนที่ด้วยใช้ล้อเมคคานัมในการควบคุมการเคลื่อนที่ของวีลแชร์ ภาคระบบไฟฟ้า ภาควิศวกรรม และระบบสื่อสารข้อมูลทั้งหมดที่ถูกออกแบบและติดตั้งในขณะนี้ ได้แสดงผลตัวอย่างสุดท้ายของวีลแชร์ล่าสุดไว้ดังในรูปที่ 4.1-4.2

รูปที่ 4.1 แสดงถึงอินเตอร์เฟซ หรือ HMI ที่ถูกเพิ่มเข้ามาและติดตั้งเข้ากับบริเวณที่พนักมือทางซ้ายของวีลแชร์มีบานพับปรับการหมุนหน้าจอ HMI เพื่อให้ได้ระยะการมอง และควบคุม ให้ได้สะดวกมากขึ้น ผสมเข้ากับระบบอินพุตดั้งเดิมซึ่งยังถูกคงไว้สำหรับอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อควบคุมการทำงาน โดยจะติดตั้งก้านควบคุมไว้ในส่วนที่พนักมือของผู้ใช้งานทางขวามือ และมีสวิตช์เลือกโหมดสำหรับเลือกการทำงาน (Interlock button) การใช้งานอินพุต

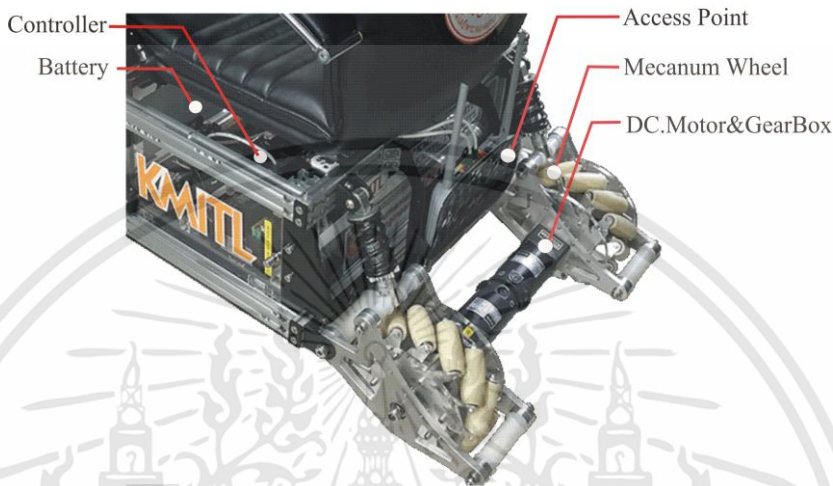


รูปที่ 4.1 ภาควิศวกรรมควบคุมการเคลื่อนที่บนวีลแชร์

ส่วนรูปที่ 4.2 นั้นแสดงถึงฐานการเคลื่อนที่ด้วยล้อแบบหลายทิศทางชนิดเมคคานัมที่มีชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และล้อเมคคานัมสำหรับการเคลื่อนที่โดยชุดขับเคลื่อนรับสัญญาณจาก PWM ในการป้อนสัญญาณซึ่งอยู่ในกล่องควบคุม ชุดกล่องควบคุมใช้สำหรับการทำงานของวีลแชร์ เพื่อสั่งการและจัดการข้อมูลถูกติดตั้งที่ใต้ที่นั่งของตัวรถโดยได้มีการออกแบบลิ้นชักให้สามารถดึงออกมาซ่อมบำรุง และจุดต่อร่วมของวีลแชร์ที่อนุญาตการใช้งานอุปกรณ์อัจฉริยะเพื่อควบคุมแบบไร้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สายบวมวีลแชร์ ซึ่งมีการเชื่อมต่อผ่านระบบ Ethernet/IP เข้ากับตัวควบคุมและอินเทอร์เน็ตเฟส ส่วนระบบไร้สายรองรับกับสมาร์ทโฟนเพื่อควบคุมวีลแชร์ผ่านแอปพลิเคชันที่รองรับในแต่ละระบบปฏิบัติการนั้น ๆ โดยทุกส่วนการใช้งานมีแบตเตอรี่รถยนต์สำหรับแหล่งพลังงานในการขับเคลื่อนด้วยระบบไฟฟ้า

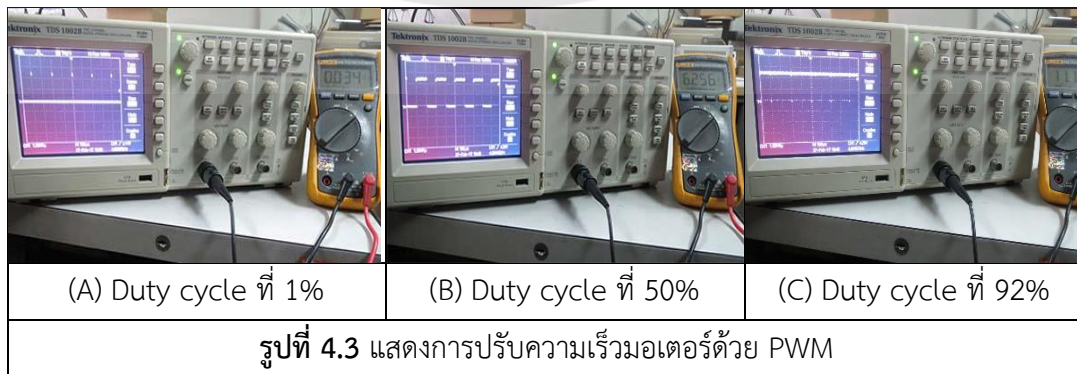


รูปที่ 4.2 การออกแบบโครงสร้างในงานวิจัยเดิมของวีลแชร์เคลื่อนที่ด้วยล้อแมคคานัมที่มีการบูรณาการเพิ่มของอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

## 4.2 การทดลองชุดขับผ่าน Pulse Width Modulation

### 4.2.1 การทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบขณะที่ไม่มีภาระ

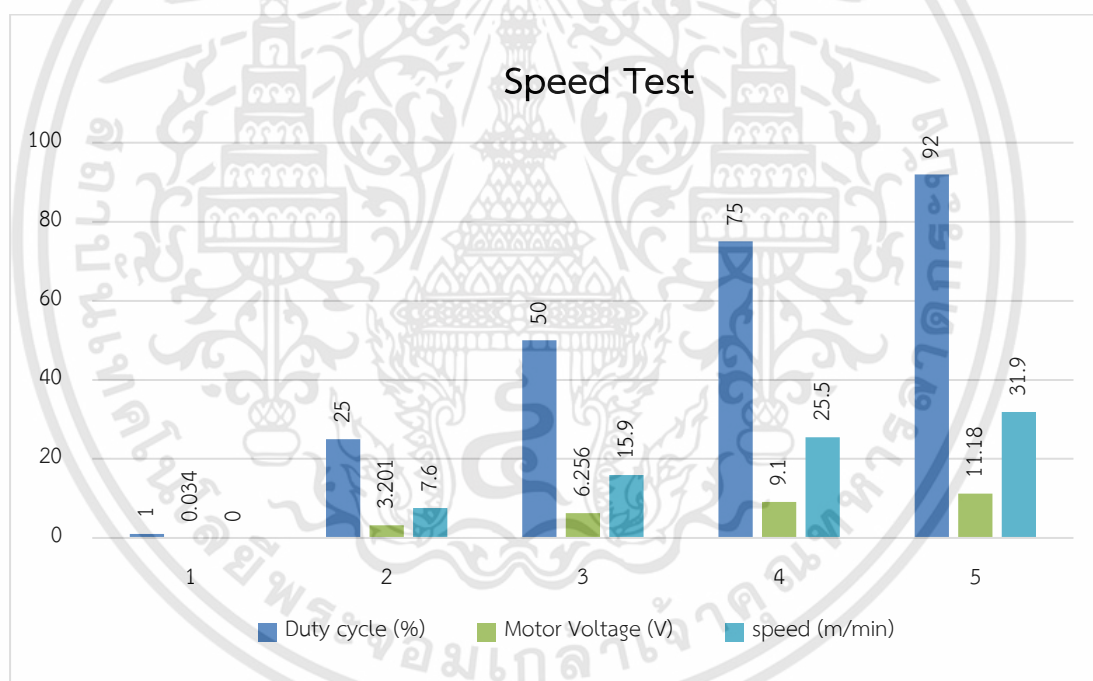
การทดลองนี้แสดงการปรับความเร็วมอเตอร์ M1 ขณะกรณีไม่มีโหลดภาระ กำหนดข้อมูลเริ่มต้นที่โมดูล D/A ในทิศทางเดินหน้าให้เริ่มตั้งแต่ 001E Hex ไปจนถึง 0BB8 Hex ที่ผ่านชุดขับ PWM ทำงานที่ความถี่ฐาน 1 kHz ซึ่งเป็นความถี่มาตรฐานสำหรับการใช้งานชุดปรับแต่งสัญญาณ จากนั้นวัดสัญญาณความถี่เอาต์พุตด้วย ออสซิลอโคป และ ดิจิตอลโวลต์มิเตอร์ ดังรูปที่ 4.3 ที่ความเร็วคงที่ทำการนับจำนวนรอบที่ได้ใน 1 นาทีแล้วนำผลที่ได้บันทึกในตารางที่ 4.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบการปรับความเร็วมอเตอร์ขณะไม่มีโหลดภาระเพิ่มโดยควบคุมผ่าน PWM ที่ความถี่ 1 kHz

ลำดับที่	ข้อมูลที่ (Hex)	Duty Cycle (%)	Motor Voltage (V)	ความเร็วขณะไม่มีโหลดภาระเพิ่ม	
				rpm	m/min
1	001E	1	0.034	0	0
2	02EE	25	3.201	12	7.6
3	05DC	50	6.256	25	15.9
4	08CA	75	9.100	40	25.5
5	08BB	92	11.18	50	31.9



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรความเร็วขณะไม่มีโหลดภาระเพิ่มผ่าน PWM

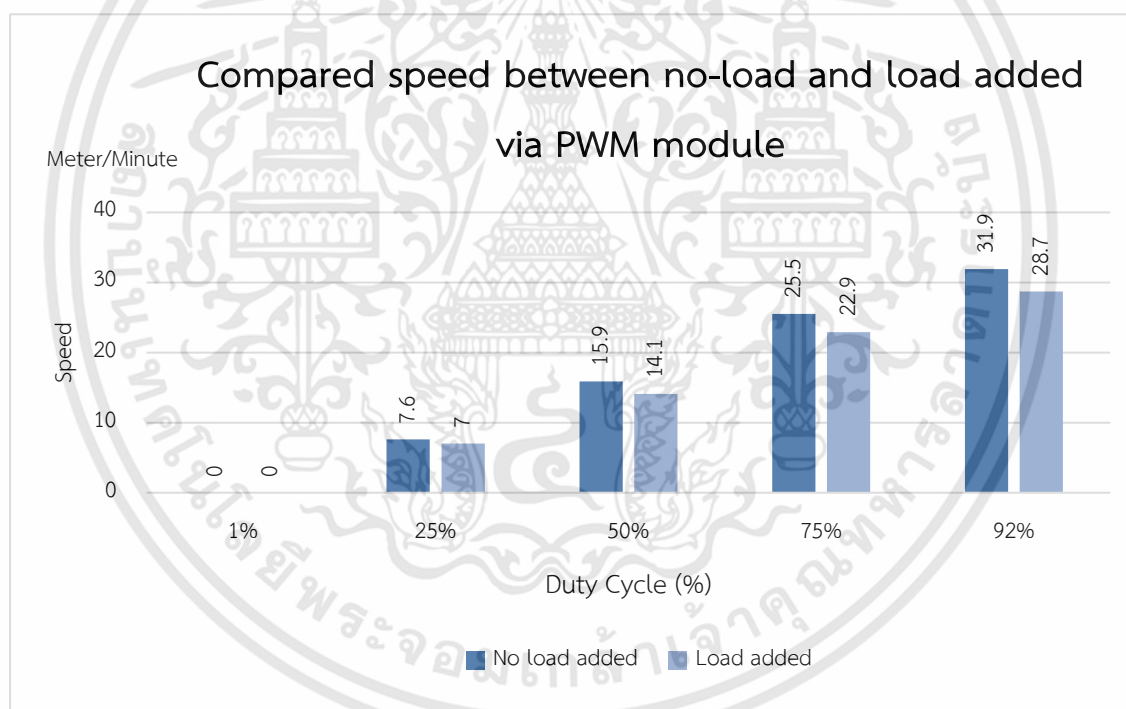
#### 4.2.2 การทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบการเพิ่มภาระโหลดเข้ากับตัววีลแชร์

โดยในการทดสอบที่ 2 นี้มีน้ำหนักรวมประมาณ 100 กิโลกรัม (วีลแชร์และผู้ควบคุมบนตัวรถ) ผลการทดสอบปรับความเร็วไว้ 5 ระดับดังที่แสดงค่าจากการวัดในตารางที่ 4.2 เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 จากนั้นนำความเร็วที่ได้จากทั้งการทดลองที่ 1 และ 2 จากการทดสอบทั้งสองมาเปรียบเทียบกันดังรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบการปรับความเร็วของหุ่นยนต์ขณะไม่มีโหลดภาระและมีโหลดภาระเพิ่ม (น้ำหนักเฉลี่ยที่เพิ่มขนาด 50 กิโลกรัม)

ลำดับที่	Duty Cycle (%)	ความเร็วขณะไร้โหลดภาระเพิ่ม		ความเร็วขณะมีโหลดภาระเพิ่ม	
		rpm	m/min	rpm	m/min
1	1	0	0	0	0
2	25	12	7.6	11	7
3	50	25	15.9	22	14.1
4	75	40	25.5	36	22.9
5	92	50	31.9	42	28.7



รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบความเร็วของมอเตอร์ขณะไม่มีโหลดภาระและมีโหลดภาระเพิ่มผ่าน PWM

### 4.3 สมรรถนะวีลแชร์ต่อการใช้งานจริง

การทดลองสมรรถนะของตัววีลแชร์นี้เพื่อทดสอบการรองรับต่อการใช้งานจริงในกรณีที่มีตัวรถมีโหลดภาระเพิ่มและไม่มีเพิ่มอย่างต่อเนื่อง จะสามารถควบคุมทิศทาง การหมุน ความเร็ว โดยทำการทดสอบที่ความเร็วทั้งหมด 3 ระดับด้วยกันผ่านอินเทอร์เฟซแบบแสดงผลกราฟฟิกซึ่งได้ทำการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในตัวควบคุมเพื่อเข้าถึงการใช้งานที่ง่ายขึ้นจึงตั้งระดับไว้แค่ 3 ชั้นคือโดยเฉลี่ยความเร็วที่ 10 20 และ 30 เมตรต่อนาทีตามลำดับ โดยสภาพทางกายภาพของตัววิลแชร์หลังจากได้ผลสุดท้ายของงานต้นแบบแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติทางกายภาพของวิลแชร์

No.	ลักษณะทางกายภาพ	วิลแชร์เมคคานัมเคลื่อนที่			
		ไม่มีโหลดเพิ่ม (~100 กก.)		โหลดเพิ่ม (~150 กก.)	
1	วิธีการควบคุม	Joystick	HMI	Joystick	HMI
2	ขนาดของพาหนะ	610x900X900 ลูกบาศก์มิลลิเมตร			
3	เวลาในการชาร์จแบตเตอรี่	9-10 ชั่วโมงโดยประมาณ			
4	ลักษณะตัวรถ	โครงสร้างฐานแบบอะลูมิเนียม			
5	การใช้งานแบบสแตนด์บาย	4 ชม.	4 ชม.	4 ชม.	4 ชม.
	โดยวัดเวลาเฉลี่ย	40 นาที	40 นาที	40 นาที	40 นาที
6	การใช้งานแบบต่อเนื่อง	2 ชม.	2 ชม.	2 ชม.	2 ชม.
	โดยวัดเวลาเฉลี่ย	30 นาที	20 นาที	20 นาที	10 นาที
7	ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย	28 เมตร/ นาที่	30 เมตร/ นาที่	26 เมตร/ นาที่	27 เมตร/ นาที่
8	ล้อเมคคานัม	203 มิลลิเมตร			

สำหรับการเปรียบเทียบการเคลื่อนที่ของวิลแชร์ในกรณีที่ไม่มีการเพิ่มและมีการเพิ่มโหลดการเพิ่ม คือการเพิ่มโหลดขนาด 50 กิโลกรัมลงบนวิลแชร์ ซึ่งเฉลี่ยจากน้ำหนักของคนเอเชียที่ได้วางแผนให้ใช้งานคู่กับวิลแชร์ เพิ่มเติมจากนี้วิลแชร์ที่มีการออกแบบอินเตอร์เฟส HMI มีน้ำหนักอยู่ที่ 100 กิโลกรัม โดยเมื่อกรณีเพิ่มหนักจะอยู่ที่ 100 กิโลกรัมเมื่อรวมทั้งหมดกับวิลแชร์ ทั้ง 2 กรณีนี้ได้ถูกทดลองหลังการใช้งานแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ชั่วโมงทั้งหมดสำหรับการทดลอง ความเร็วที่ได้จากทั้ง 2 กรณีในรูประดับความเร็วนั้นได้บันทึกเป็นเวลา 5 ครั้งในการทดสอบและค่าเฉลี่ยของการทดลองก็ถูกบันทึกไว้ ลงในตารางที่ 4.4 ถึง 4.7 ซึ่งแสดงถึงผลการทดสอบทางด้านความเร็วการเคลื่อนที่แบบทิศทางในรูปที่ 4.7 ถึง 4.9 เปรียบเทียบโดยภาพของสมรรถนะการเคลื่อนที่ของวิลแชร์กรณีไม่มีโหลดการเพิ่มและมีการเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการคำนวณขนาดแบตเตอรี่ต่อการใช้งานนั้น สามารถอ้างอิงได้จากสูตรการคำนวณเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ดังสมการที่ 4.1 และเวลาในการใช้งานเมื่อรับโหลดของอุปกรณ์แบบเต็มพิกัด

$$BCT = BC/CC = 46 \text{ A.h} / 4.5 \text{ A} \approx 10.22 \text{ hrs.} \quad (4.1)$$

หมายเหตุ BCT คือ เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการชาร์จประจุไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็ม (หน่วยชั่วโมง)

BC คือ ปริมาณความจุของแบตเตอรี่ (หน่วยแอมแปร์ชั่วโมง)

CC คือ พิกัดกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตสำหรับชาร์จแบตเตอรี่ (หน่วยแอมแปร์)

โดยผลที่ได้จากการชาร์จแบตเตอรี่เต็ม 1 ครั้งนำมาคำนวณสมการทางคณิตศาสตร์ คือ แบตเตอรี่มีความจุอยู่ที่ 46 แอมแปร์ชั่วโมงและตัวชาร์จไฟมีขนาดแรงดันเอาต์พุตอยู่ที่ 13.8 โวลต์ 4.5 แอมแปร์ ผลที่ได้คือใช้เวลาทั้งหมดโดยประมาณ 10.22 ชั่วโมง

หมายเหตุ การคำนวณเวลาในการชาร์จแบตเตอรี่ดังกล่าวนี้คิดในกรณีของอุดมคติโดยไม่มีการสูญเสียภายในตัวแปลงไฟหรือ Adapter

โดยผลการทดลองชาร์จประจุไฟฟ้าจนเต็มขนาดของแบตเตอรี่นั้น ดังในตารางคุณสมบัติทางกายภาพของวีลแชร์หรือตารางที่ 4.3 ใช้เวลาอยู่ที่ประมาณ 9-10 ชั่วโมง ซึ่งอาจเกิดการสูญเสียภายในตัวชุดแปลงไฟหรือไม่เป็นไปตามระบบอุดมคติที่ได้คำนวณไว้

และในส่วนที่ 2 คือการคำนวณเวลาการใช้งานของโหลดต่อแบตเตอรี่ที่มีประจุไฟฟ้าเต็ม เมื่อกำหนดให้โหลดที่ใช้งานภายในตัววีลแชร์แบบเต็มพิกัด จะได้โหลดทั้งหมดรวมกันอยู่ที่ 200 วัตต์ โดยประมาณ โดยปริมาณแบตเตอรี่นั้นมีความจุอยู่ 46 แอมแปร์ชั่วโมง  $\times$  12 โวลต์ = 552 วัตต์ชั่วโมง แสดงว่าแบตเตอรี่นั้นสามารถใช้งานโหลดได้สูงสุด 552 วัตต์ใน 1 ชั่วโมง

การคำนวณการใช้งานโหลดสูงสุดภายในวีลแชร์สามารถอ้างอิงได้จากสมการที่ 4.2 โดยโหลดมอเตอร์ใช้งานจำนวนทั้ง 4 ชุด สเปคของมอเตอร์คือ 30 วัตต์ จะได้  $4 \times 30 = 120$  วัตต์ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานโดยรวม อาทิ HMI ขนาด 10 วัตต์และ PLC ขนาด 50 วัตต์ และอุปกรณ์อื่น ๆ ภายในวีลแชร์ประมาณ 50 วัตต์จะได้เท่ากับ 110 วัตต์

$$Total \text{ Load} = Motor \text{ Load} + Electrical \text{ Equipment Load} = 120 + 110 = 230 \text{ Watt} \quad (4.2)$$

ดังนั้นจำนวนโหลดที่ใช้งานแบบเต็มพิกัดจะได้เวลาที่สามารถใช้งานได้สูงสุดว่าขนาดของพลังงานไฟฟ้าในแบตเตอรี่หารด้วยขนาดรวมของโหลดใช้งานจะได้เท่ากับ  $552/230 = 2.4$  ชั่วโมง

$$Usage \text{ Time (in hr)} = 552 \text{ W.h} / 230 \text{ W} \approx 2.4 \text{ hrs.} \quad (4.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเมื่อคิดในกรณีที่ไม่มีการใช้โหลดมอเตอร์ในการขับเคลื่อนและควบคุมเคลื่อนที่ตัววิลแชร์ หรืออีกนัยหนึ่งคือโหมดสแตนด์บาย (Standby) โหลดที่ใช้งานจะเป็นในภาคส่วนของระบบไฟฟ้า ทั้งหมดดังนั้นเวลาในการใช้งานจะเหลือเพียง 552/110 ซึ่งจะได้ผลโดยประมาณที่ 5.02 ชั่วโมง

$$\text{Usage Time (in hr)} = 552 \text{ Wh} / 110 \text{ W} \approx 5.02 \text{ hrs.} \quad (4.4)$$

ในส่วนต่อไปจะนำเข้าสู่การทดลองและผลทดสอบทางด้านสมรรถนะความเร็วในการใช้งานวิลแชร์ ยกตัวอย่างจากตารางที่ 4.4 ซึ่งเป็นการเคลื่อนที่แบบ Forward-backward ออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (Percentage Difference; PD) ซึ่งผลที่ได้ที่ความเร็วกรณีมีภาระโหลดเพิ่มต่อความเร็วกรณีไม่มีภาระโหลดเพิ่ม ลดลงในระดับความเร็วที่ระดับ 1 คือ 6.01% ความเร็วระดับที่ 2 คือ 15.05% และความเร็วระดับที่ 3 คือ 11.82% โดยวิธีคำนวณอ้างอิงจากสมการที่ 4.5 และผลของค่า PD ที่ได้ในระดับความเร็วที่ 1 2 และ 3 ได้แสดงการคำนวณไว้ในสมการที่ 4.6-4.8

$$\text{Percentage Difference} = \frac{\text{1st method value} - \text{2nd method value}}{\text{Average value of 2 methods}} \quad (4.5)$$

$$\text{PD of 1st level velocity} = \frac{9.25 - 8.71}{\frac{9.25 + 8.71}{2}} \times 100\% \approx 6.01\% \quad (4.6)$$

$$\text{PD of 2nd level velocity} = \frac{20.07 - 17.26}{\frac{20.07 + 17.26}{2}} \times 100\% \approx 15.05\% \quad (4.7)$$

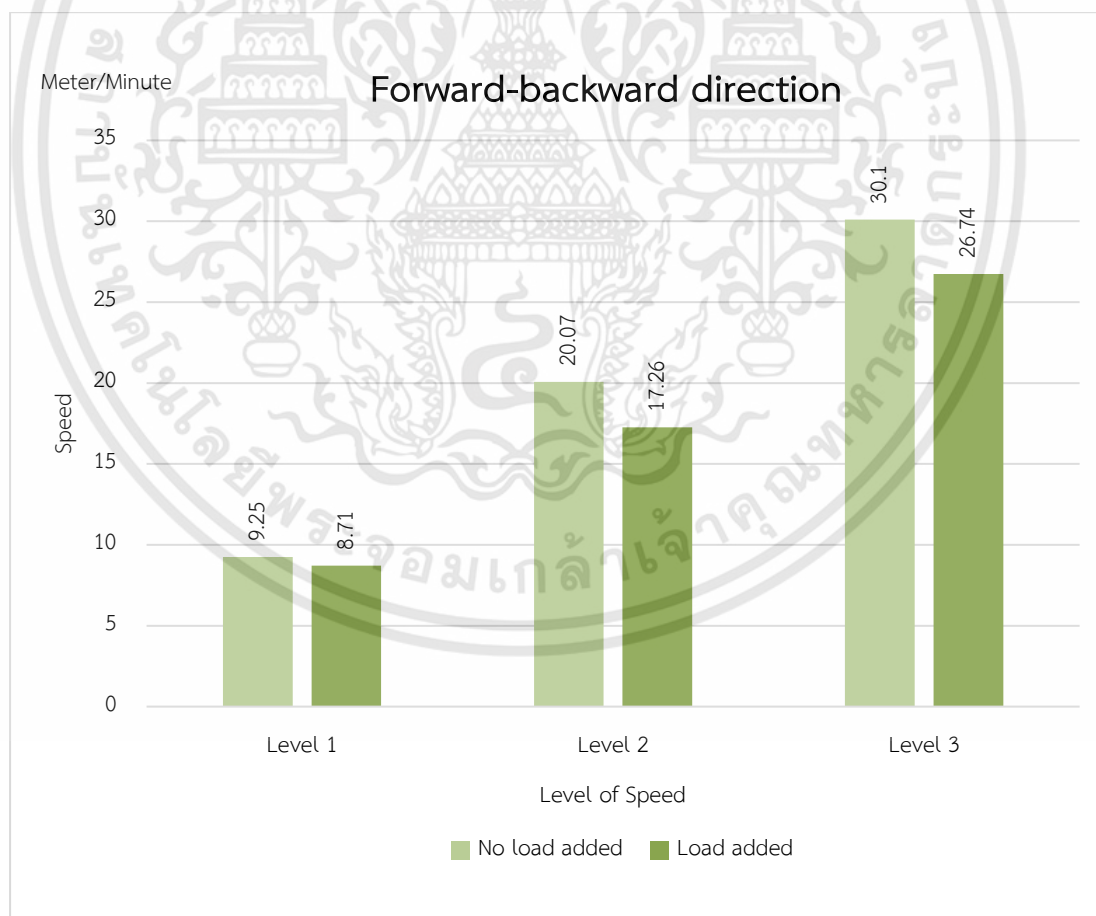
$$\text{PD of 3rd level velocity} = \frac{30.10 - 26.74}{\frac{30.10 + 26.74}{2}} \times 100\% \approx 11.82\% \quad (4.8)$$

ด้วยเหตุผลในการลดอันเนื่องมาจากในระบบไม่เป็นเส้นตรงของแรงเสียดทานของตัวล้อแบบเมคคานิคเอง ซึ่งความจำเป็นของการจ่ายพลังงานต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อเอาชนะในระบบไม่เป็นเชิงเส้นต่อระดับความเร็ว แม้กระนั้นการตรวจสอบระบบที่ไม่เป็นเส้นตรงจะไม่ใช่วิธีหลักสำหรับบทความฉบับนี้และจะเพิ่มเติมการตรวจสอบสำหรับงานในอนาคต

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการทำความเร็วสูงสุดในทิศทาง FWD-BWD ของวิลแชร์ผ่านอินเทอร์เน็ตเฟส แบบกราฟฟิก

กรณี	ระดับ ความเร็ว	จำนวนครั้งที่ทดสอบความเร็ว					Avg.
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	
ไม่มีโหลดภาระเพิ่ม ขณะขับเคลื่อน	1	9.20	9.40	9.22	9.18	9.24	9.25
	2	19.20	19.81	20.53	19.95	20.90	20.07
	3	29.80	30.10	30.50	29.70	30.40	30.10
มีโหลดภาระเพิ่ม ขณะขับเคลื่อน	1	8.65	8.78	8.75	8.70	8.67	8.71
	2	16.95	17.20	17.25	17.50	17.40	17.26
	3	26.20	26.50	27.10	27.00	26.90	26.74

หมายเหตุ Avg. คือค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วในหน่วยเมตรต่อนาที



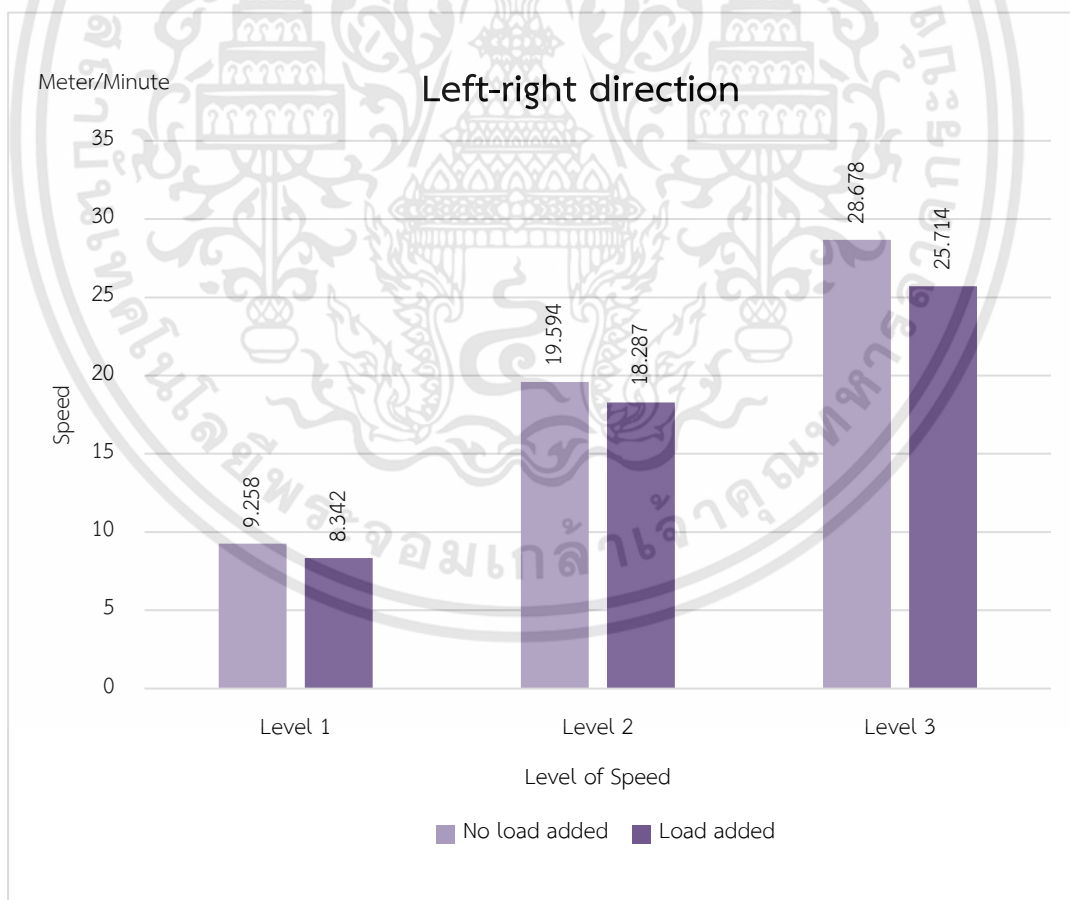
รูปที่ 4.6 ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่แบบ FWD-BWD ของวิลแชร์เปรียบเทียบกันในกรณีไม่มีภาระโหลดเพิ่มต่อการมีโหลดภาระเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการทำความเร็วสูงสุดในทิศทาง LEFT-RIGHT ของวีลแชร์ผ่านอินเทอร์เน็ตแบบกราฟฟิก

กรณี	ระดับความเร็ว	จำนวนครั้งที่ทดสอบความเร็ว					Avg.
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	
ไม่มีโหลดภาระเพิ่ม ขณะขับเคลื่อน	1	9.24	9.28	9.27	9.30	9.20	9.26
	2	19.39	19.83	19.47	19.52	19.76	19.59
	3	29.24	28.87	28.57	28.44	28.27	28.68
มีโหลดภาระเพิ่ม ขณะขับเคลื่อน	1	8.42	8.39	8.31	8.24	8.35	8.34
	2	18.43	18.15	18.21	18.24	18.41	18.29
	3	25.95	25.62	25.51	25.75	25.74	25.71

หมายเหตุ Avg. คือค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วในหน่วยเมตรต่อนาที



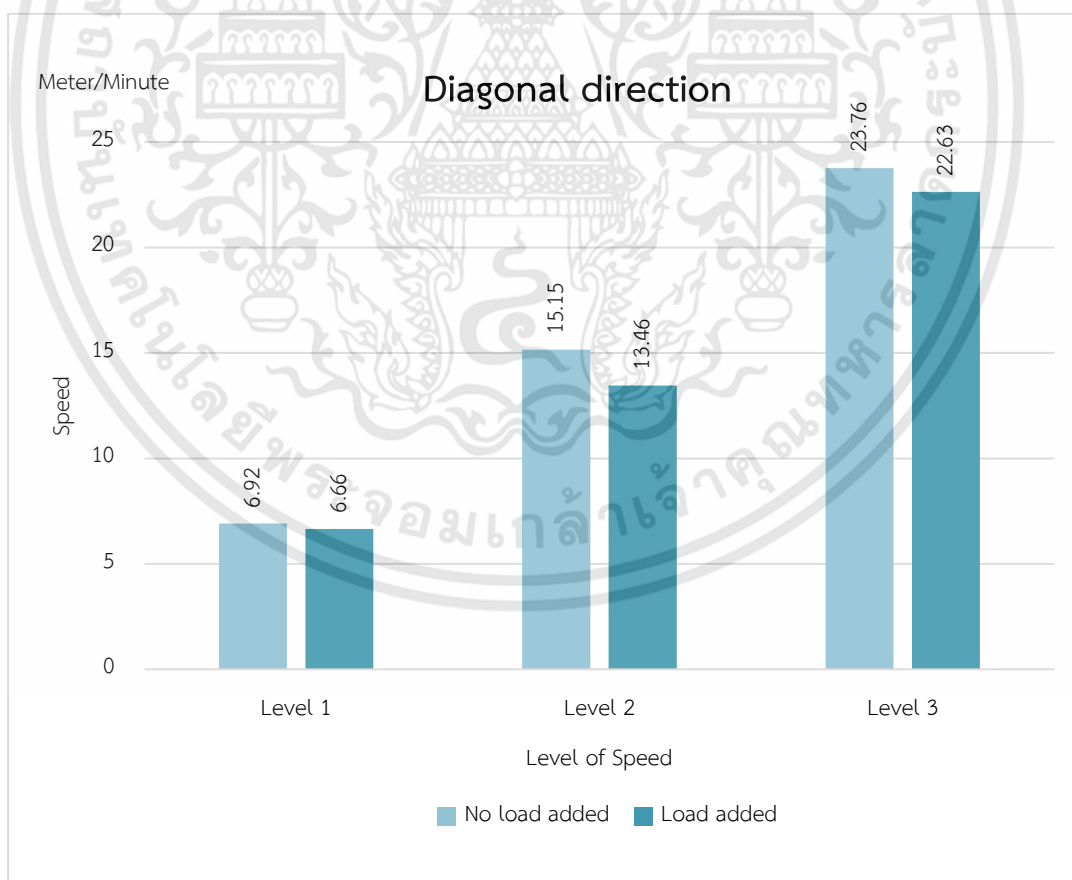
รูปที่ 4.7 ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่แบบ LEFT-RIGHT ของวีลแชร์เปรียบเทียบกับกันในกรณีไม่มีภาระโหลดเพิ่มต่อการมีโหลดภาระเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองความเร็วสูงสุดในทิศทางทแยงมุมหรือแนวเฉียงของวิลแชร์ผ่านอินเทอร์เน็ต-เฟสแบบกราฟฟิก

กรณี	ระดับความเร็ว	จำนวนครั้งที่ทดสอบความเร็ว					Avg.
		1 <sup>st</sup>	2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>	5 <sup>th</sup>	
ไม่มีโหลดภาระเพิ่ม ขณะขับเคลื่อน	1	6.97	6.83	6.99	6.78	7.03	6.92
	2	15.13	15.21	15.16	15.20	15.05	15.15
	3	23.79	23.81	23.66	23.69	23.88	23.76
มีโหลดภาระเพิ่ม ขณะขับเคลื่อน	1	6.60	6.73	6.67	6.52	6.80	6.66
	2	13.40	13.34	13.57	13.68	13.32	13.46
	3	22.76	22.57	22.64	22.54	22.62	22.63

หมายเหตุ Avg. คือค่าเฉลี่ยของระดับความเร็วในหน่วยเมตรต่อนาที

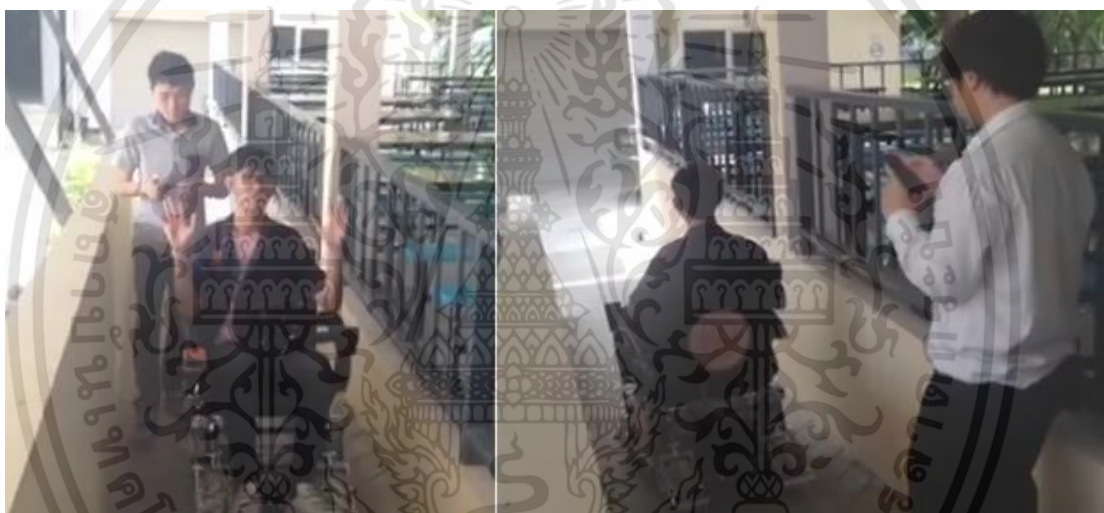


รูปที่ 4.8 ความเร็วสูงสุดในการเคลื่อนที่แนวทแยงมุมของวิลแชร์เปรียบเทียบกันในกรณีไม่มีภาระโหลดเพิ่มต่อการมีโหลดภาระเพิ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการหมุนรอบตัวเองผ่านคำสั่งจากอินเทอร์เน็ตเฟสแบบกราฟฟิก

กรณี	ระดับความเร็ว	ความเร็วรอบ (rpm)
ไม่มีโหลด	1	17
ภาระเพิ่มขณะ	2	34
ขับเคลื่อน	3	45
มีโหลดการ	1	15
เพิ่มขณะ	2	30
ขับเคลื่อน	3	39



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างภาพทดสอบการเคลื่อนที่บนพื้นลาดเอียงขนาดมุมประมาณ 15 องศา

#### 4.4 ความสามารถในการติดต่อสื่อสารของอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในวีลแชร์

การทดลองนี้กล่าวถึงจุดประสงค์การออกแบบและการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีของ IoT คือ การทดสอบความสามารถในการรับและส่งข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทดสอบการเปรียบเทียบความเร็วในการสื่อสารระหว่างการใช้งานของโหมดการทำงานแบบบนวีลแชร์ นั่นคือความเร็วในการสื่อสารระหว่าง HMI และ PLC เทียบกับการใช้งานการสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟนกับ PLC ในโหมดการทำงานแบบระยะไกล ซึ่งได้บันทึกความเร็วในการรับส่งข้อมูลในหน่วยวินาทีซึ่งได้แสดงในตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 ตัวอย่างการใช้งานผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนที่มีการแสดงผลเสมือน HMI

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบเวลาในการสื่อสารระหว่างสมาร์ทโฟนและ HMI บนวีลแชร์เพื่อควบคุมการทำงาน

อุปกรณ์	ช่วงเวลาในการสื่อสารโดยเฉลี่ย
สมาร์ทโฟน (การแสดงผล)	ประมาณ 2 วินาที
สมาร์ทโฟน (การสั่งการ)	ประมาณ 1 วินาที
HMI บนวีลแชร์ (ทุกการกระทำ)	เท่ากับหรือน้อยกว่า 0.1 วินาที

หลักฐานที่แสดงในตารางที่ 4.8 นั้นเวลาการสื่อสารจากระบบเข้าถึงผ่านระยะไกลหรือสมาร์ทโฟน ใช้เวลาทุก ๆ 2 วินาทีในการแสดงผลโหลดใหม่และทุก ๆ 1 วินาทีสำหรับการปฏิสัมพันธ์สำหรับการใช้งานอินเทอร์เน็ตเฟสเมื่อต่อเวลากับการใช้งาน HMI บนวีลแชร์ใช้เวลาทุก ๆ 100 มิลลิวินาทีหรือน้อยกว่า ความแตกต่างนี้สำคัญในด้านเวลาซึ่งเป็นสาเหตุทางด้านข้อจำกัดระบบติดต่อสารแบบไร้สาย โดยอธิบายได้ว่าเมื่อควบคุมหรือแสดงผลผ่านระบบควบคุมแบบระยะไกล ความสามารถในการแสดงผลจะต้องใช้เวลาในการส่งข้อมูล 1 วินาทีและรับข้อมูลอีก 1 วินาที ผลที่ได้จึงใช้เวลาในการแสดงผลทั้งหมด 2 วินาทีที่ขั้นต่ำ แต่เมื่อเทียบกับกรณีความสามารถในการควบคุมจะใช้เวลาเพียง 1 วินาทีเป็นขั้นต่ำอันเนื่องมาจากใช้เวลาในการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว แต่ไม่รับข้อมูลกลับเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# บทวิจารณ์และสรุป

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

บทความฉบับนี้ได้พัฒนาอัลกอริทึมการควบคุมวีลแชร์ที่เคลื่อนที่ด้วยล้อแบบเมคคานิคบนฐานด้วยตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้โดยบูรณาการกับอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง การออกแบบมุ่งเน้นไปที่การอำนวยความสะดวกสบายให้กับผู้มีปัญหาทางร่างกายเพื่อให้เกิดทางเลือกและเพิ่มถึงความยืดหยุ่นในการควบคุมวีลแชร์ทั้งผ่านอินเตอร์เฟซ HMI หรือระบบไร้สายผ่านสมาร์ทโฟน

ระเบียบวิธีการออกแบบได้อธิบายเป็นขั้นตอนตั้งแต่การศึกษาทฤษฎีและความรู้ที่เกี่ยวข้อง การออกแบบ การติดตั้ง การใช้งาน การทดสอบ และประเมินผลการทดลอง เพื่อทำให้มั่นใจว่าอัลกอริทึมสำหรับการทำงานมีความถูกต้อง แนวคิดสำหรับอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งถูกฝังลงบนงานต้นแบบผ่านการเพิ่มเติมในระบบไร้สายและฐานของ HMI เพื่อการควบคุมวีลแชร์มีความทันสมัย และสมบูรณ์แบบมากขึ้น

การทดลองทั้งสองได้ถูกดำเนินการในส่วนของการทดลองที่หนึ่งเปรียบเทียบความเร็วของวีลแชร์กรณีไม่มีและมีโหลดภาระเพิ่ม โดยกรณีโหลดเพิ่มจากเดิม 50 กิโลกรัมบนวีลแชร์บนฐานความเร็วสูงสุดที่วัดจากกรณีการเคลื่อนที่แบบเดินหน้าถอยหลัง (Forward-backward) เป็นทิศการเคลื่อนที่อ้างอิงทั้ง 3 ระดับที่ระดับความเร็วเฉลี่ย 10 20 และ 30 เมตรต่อนาที ซึ่งผลที่ได้ก็คือคือมีการลดลงของความเร็วเมื่อเพิ่มโหลดภาระให้กับวีลแชร์ต่อการไม่มีโหลดภาระเพิ่มบนวีลแชร์ จะได้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ที่ 6.01% 15.05% และ 11.82% ตามลำดับของแต่ละระดับความเร็วทั้ง 3 ระดับ และการทดลองที่สองคือการเปรียบเทียบความเร็วในการสื่อสารระหว่างการใช้งานผ่าน HMI บนวีลแชร์และการใช้งานเข้าถึงแบบระยะไกล ผลที่ได้ของการเข้าถึงผ่านระยะไกลคือในโหมดการแสดงผลมีการอัปเดตใหม่ทุก ๆ 2 วินาทีและการปฏิสัมพันธ์บนสมาร์ทโฟนสามารถสั่งการได้ล่าช้าเป็นเวลา 1 วินาทีเมื่อเทียบกับการใช้งานผ่าน HMI โดยตรงบนวีลแชร์ใช้เวลา 0.1 วินาทีหรือน้อยกว่า ความแตกต่างที่สำคัญนี้เป็นข้อจำกัดทางด้านเวลาในการสื่อสารแบบไร้สาย เมื่อเกิดกรณีรับค่ามาแสดงผลนั้นจำเป็นต้องส่งข้อมูลเพื่อร้องขอและรับข้อมูลมาแสดงผล แต่ในกรณีของการสั่งการจะใช้เวลาในการส่งข้อมูลเพียงอย่างเดียว

โดยเมื่อเปรียบเทียบงานวิจัยที่ทำขึ้นมานั้นซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงนวัตกรรมที่ได้กล่าวมาข้างต้นกับผลิตภัณฑ์ในตลาดที่มีการออกแบบวีลแชร์ให้รองรับต่อระบบไฟฟ้าในการใช้งาน ในงานวิจัยนี้เป็นการต่อยอดผนวกระบบไฟฟ้าและภาคส่วนการควบคุมเข้าด้วยกัน ให้ความทันสมัยและง่ายต่อการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นผู้ใช้งานเองหรือดูแลยังสามารถเข้าใช้งานได้ง่ายขึ้นอีกด้วย ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการทดสอบ

กับวีลแชร์ต้นแบบจึงการใช้ทุนในงานวิจัยที่สูงอยู่สักเล็กน้อย ซึ่งในอนาคตจะมีลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพให้มากขึ้น เพื่อส่งเสริมรองรับต่อตลาดและสำหรับผลิตให้เป็นผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยต่อไป

## 5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ไข

ปัญหาจากการทำวิจัยประเภทโครงการเชิงนวัตกรรมนี้คือระบบการเชื่อมต่อและติดต่อสื่อสารแบบเรียลไทม์ หรือเวลาต่อเวลานั้นซึ่งจากผลการทดลองยังคงมีความล่าช้าในกรณีของการสั่งการและการแสดงผลต่าง ๆ ผ่านระบบแสดงผลเสมือนบนสมาร์ตโฟน ซึ่งเมื่อเทียบกับการแสดงผลและการสั่งการบน HMI บนตัวรถนั้นสามารถติดต่อสื่อสารและรับส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ใช้เวลาน้อยในการกระทำทุกรูปแบบบน HMI โดยในส่วนการสั่งการผ่านระยะไกลจะเป็นปัจจัยสำหรับการวิจัยต่อไปเพื่อรองรับระบบเรียลไทม์ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญต่อการใช้งาน และรองรับสำหรับระบบอุตสาหกรรม 4.0 ในประเทศไทยอีกด้วย

## 5.3 ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยเชิงนวัตกรรมนี้ต้องคำนึงถึงผู้คนมากมายที่อาศัยอยู่ในชีวิตประจำวันสำหรับรองรับการใช้งานเพื่อเพิ่มความสะดวกสบาย ง่ายต่อการเข้าถึง และสามารถทำให้ผู้อื่นนั้นสามารถมีส่วนร่วมในสังคม โดยควรมีระบบบริการรองรับที่สามารถเข้าถึงผ่านอินเทอร์เน็ตสำหรับผู้ใช้งานให้สามารถเข้าถึงได้ง่ายสำหรับกรณีเหตุฉุกเฉินหรือบริการต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องอันเนื่องจากระบบบริการผ่านอินเทอร์เน็ตในปัจจุบันนั้นเข้าถึงได้ง่ายเพียงใช้งานผ่านสมาร์ตโฟน คอมพิวเตอร์ หรืออื่น ๆ อีกมากมาย

## 5.4 แนวทางค้นคว้าพัฒนา

แนวทางในการค้นคว้าและพัฒนาสำหรับงานวิจัยนี้ การประยุกต์หรือปรับเปลี่ยนจากระบบควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมแบบโปรแกรมเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์หรือระบบฝังตัว การประยุกต์ใช้งานระบบเซิร์ฟเวอร์บนกลุ่มเมฆสำหรับใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งอย่างเต็มรูปแบบ ออกแบบระบบติดต่อสื่อสารแบบเรียลไทม์ เพื่อให้ติดต่อสื่อสารได้ตลอดเวลาแบบรวดเร็ว พัฒนาระบบตรวจจับสิ่งกีดขวางและเตือนภัยจากระยะไกล และการจัดเก็บฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้งานวีลแชร์ ระบบออรรถประโยชน์สำหรับการต่อยอดงานวิจัยไปเป็นงานวิจัยหลากหลายรูปแบบได้ อาทิ การประยุกต์ไปเป็นระบบขนส่งผู้ป่วย และ/หรือการประยุกต์ใช้เป็นระบบขนส่งหรือเคลื่อนย้ายสินค้าในอุตสาหกรรมร่วมกับระบบอัตโนมัติ เพื่อออกแบบการใช้งานให้งานวิจัยมีประสิทธิภาพสำหรับการใช้งานได้ ประโยชน์และศักยภาพอย่างครบครัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] Minsoo Hahn et al., “Smart Wheelchair Control System Using Cloud-Based Mobile Device”, in **IT Convergence and Security (ICITCS), 2013 International Conference**. on Macao, China, 16-18 Dec. 2013
- [2] Jeet K. Desai and Lifford Mclauchlan, “Controlling a Wheelchair by Gesture Movements and Wearable Technology”, in **2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)**. Las Vegas, NV, USA, 8-10 Jan. 2017
- [3] Tejonidhi M.R and Vinod A.M, “Oculus Supervised Wheelchair Control for people with Locomotor Disabilities”, in **2017 International Conference on Recent Advances in Electronics and Communication Technology**. Bangalore, India, 16-17 Mar. 2017
- [4] Youcef Touati et al., “An Embedded Control Architecture for Smart Wheelchair Navigation via Wireless Network”, in **Information Reuse and Integration (IRI), 2011 IEEE International Conference**. Las Vegas, NV, USA, 3-5 Aug. 2011
- [5] Mohammed Faeik Ruzaij Al-Okby, “Complementary Functions for Intelligent Wheelchair Head Tilts Controller”, in **SISY 2017, IEEE 15th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics**. September 14-16, 2017, Subotica, Serbia
- [6] S. Akash et al., “A novel strategy for controlling the movement of a smart wheelchair using internet of things”, in **Global Humanitarian Technology Conference - South Asia Satellite (GHTC-SAS), 2014 IEEE**. Trivandrum, India, 26-27 Sept. 2014
- [7] Mari Carmen Domingo “An overview of the Internet of Things for people with disabilities”, in **Journal of Network and Computer Applications 35 (2012)**. 584–596
- [8] Victor L. Valenzuela and Vicente F. de Lucena, Jr “Remote Monitoring and Control of an Electric Powered Wheelchair in an Assisted Living Environment”, in **IFAC-PapersOnLine 49-30 (2016)**. 181–185
- [9] Shubham Sagar Nayak et al. “Wheel Chair with Health Monitoring System Using IoT”, in **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**. Volume: 04 Issue: 05 | May-2017

- [10] Omron. “**SYSMAC CP1H Series PLC CPU Unit Operation Manual.**” [Online] Available : [https://industrial.omron.us/en/media/CP1H\\_OpMan\\_EN\\_201006\\_W450-E1-07\\_tcm849-109492.pdf](https://industrial.omron.us/en/media/CP1H_OpMan_EN_201006_W450-E1-07_tcm849-109492.pdf) October, 2017.
- [11] Omron. “**Programmable Terminals NB-Designer Operation Manual.**” [Online] Available : [http://www.omronap.com/data\\_pdf/mnu/v106-e1-16\\_nb3q\\_nb5q\\_nb7w\\_nb10w.pdf?id=3110](http://www.omronap.com/data_pdf/mnu/v106-e1-16_nb3q_nb5q_nb7w_nb10w.pdf?id=3110) November, 2017
- [12] Omron. “**Remote Viewer for Human Machine Interfaces.**” [Online] Available : <https://industrial.omron.eu/en/products/sysmacplatform/application/sysmac-remote-viewer-for-hmi> November,2017
- [13] Omron. “**NB Series Web Interface Operation Manual.**” [Online] Available : [https://industrial.omron.us/en/media/NBSeries\\_Web\\_Interface\\_Operating\\_Instruction\\_EN\\_201310\\_V23I-E-01\\_tcm849-113948.pdf](https://industrial.omron.us/en/media/NBSeries_Web_Interface_Operating_Instruction_EN_201310_V23I-E-01_tcm849-113948.pdf) December, 2017.
- [14] Omron. “**Change The IP Address of The CP1W-CIF41 Ethernet Option Board**” [Online] Available : <https://www.myomron.com/index.php?action=kb&article=1212> December, 2017.
- [15] ชัชชัย คุณบัว. 2562. **IoT: สถาปัตยกรรมการสื่อสาร = Internet of Things.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.  
(ตารางทิศทางการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ โดยสัมพันธ์กับการข้อมูลและทิศ  
ทางการหมุนของล้อ)

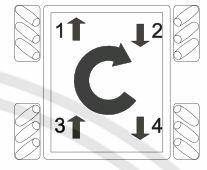
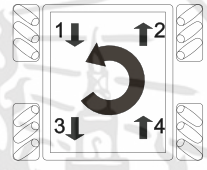
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 1** ข้อมูลของชุดขับจาก D/A ทั้ง 4 ช่องสัญญาณที่ถ่ายทอดไปยังชุดขับ PWM ของมอเตอร์ ทั้ง 4 ชุดเพื่อขับเคลื่อนพาหนะในรูปแบบของทิศทางด้วยระดับความเร็วสูงสุดความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 30 เมตรต่อนาที)

องศาการเคลื่อนที่	ข้อมูล M1	ข้อมูล M2	ข้อมูล M3	ข้อมูล M4	ทิศทางตัวรถ	หมายเหตุ
0 องศา หรือ 360 องศา (RIGHT)	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>		M1 และ M4, M2 และ M3 ความเร็วเดียวกัน
45 องศา (FWD-RT)	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(0) 0000 <sub>H</sub>	(0) 0000 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>		M1 และ M4 ความเร็วเดียวกัน M2 และ M3 หยุด
90 องศา (FWD)	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>		M1 ถึง M4 ความเร็วเดียวกัน
135 องศา (FWD-LF)	(0) 0000 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(0) 0000 <sub>H</sub>		M2 และ M3 ความเร็วเดียวกัน M1 และ M4 หยุด
180 องศา (LEFT)	(-) F448 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>		M1 และ M4, M2 และ M3 ความเร็วเดียวกัน
225 องศา (BWD-LF)	(-) F448 <sub>H</sub>	(0) 0000 <sub>H</sub>	(0) 0000 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>		M1 และ M4 ความเร็วเดียวกัน M2 และ M3 หยุด
270 องศา (BWD)	(-) F448 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>		M1 ถึง M4 ความเร็วเดียวกัน
315 องศา (BWD-RT)	(0) 0000 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>	(0) 0000 <sub>H</sub>		M2 และ M3 ความเร็วเดียวกัน M1 และ M4 หยุด

หมายเหตุ เครื่องหมาย (+) แสดงทิศทางมอเตอร์ขับเคลื่อนไปหน้า (-) แสดงทิศทางมอเตอร์ขับเคลื่อนไปหลัง (0) แสดงมอเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่

ตารางที่ 2 ข้อมูลของชุดขับจาก D/A ทั้ง 4 ช่องสัญญาณที่ถ่ายทอดไปยังชุดขับ PWM ของมอเตอร์ ทั้ง 4 ชุดเพื่อขับเคลื่อนพาหนะในรูปแบบการหมุนรอบตัวรถด้วยระดับความเร็วสูงสุด ความเร็วสูงสุดเฉลี่ย 30 เมตรต่อนาที)

ทิศทาง การหมุน	ข้อมูล M1	ข้อมูล M2	ข้อมูล M3	ข้อมูล M4	ทิศทางตัวรถ	หมายเหตุ
ตามเข็มนาฬิกา (CW)	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>		M1 และ M3, M2 และ M4 วิ่งใน ทิศทางเดียวกัน เป็นคู่
ทวนเข็มนาฬิกา (CCW)	(-) F448 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>	(-) F448 <sub>H</sub>	(+) 0BB8 <sub>H</sub>		M1 และ M3, M2 และ M4 วิ่งใน ทิศทางเดียวกัน เป็นคู่

หมายเหตุ เครื่องหมาย (+) แสดงทิศทางมอเตอร์ขับเคลื่อนไปหน้า (-) แสดงทิศทางมอเตอร์ขับเคลื่อนไปหลัง (0) แสดงมอเตอร์หยุดนิ่งอยู่กับที่



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	จิรายุ เพชรแหวน
วัน เดือน ปีเกิด	19 พฤศจิกายน 2537 ที่โรงพยาบาลชลบุรี จังหวัดชลบุรี
ที่อยู่	99/164 หมู่บ้านพิมพาภรณ์ 3 ถนนสุขุมวิท ตำบลบ้านสวน อำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี 20000
โทรศัพท์	(+66) 89-250-9993
ประวัติการศึกษา	2559 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (B.Eng) สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม (เกียรตินิยมอันดับ 1) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร- ลาดกระบัง 2562 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (M.Eng.) สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความชำนาญเฉพาะด้าน	1.) การออกแบบระบบไฟฟ้า (Electrical System Design) 2.) การสื่อสารข้อมูล (Data Communication) 3.) ระบบควบคุมกระบวนการในโรงงาน (Factory Process Control System) 4.) ระบบควบคุมแบบกระจายส่วนและตัวควบคุมแบบโปรแกรมได้ (Distributed Control System & Programmable Logic Controller)
ประสบการณ์การทำงานและผลงานวิจัย	
พ.ศ. 2559	สหกิจศึกษา ณ A.I. Technology Co., Ltd. ประจำตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้า
พ.ศ. 2561	เข้าร่วมงานประชุมวิชาการ SICE Annual Conference 2018 ณ จังหวัด นารา ประเทศญี่ปุ่น ในช่วงวันที่ 11-14 กันยายน พ.ศ. 2561 และเสนอ ผลงานในหัวข้องานวิจัยเรื่อง “PLC-based Wheelchair Control with Integration of the Internet of Things” ทำงาน ณ Contrologic Co., Ltd. ประจำตำแหน่ง System Engineer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้