รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ออกแบบหุ่นยนต์สำหรับงานกู้ระเบิดและตรวจสอบหาระเบิดแบบไม่สัมผัส
Designing Robot for Bomb Disposal and Contactless Explosive Detector

สมศักดิ์ มิตะถา
นิมิตร หงษ์ยิ้ม
สรยุทธ กลมกล่อม

b00270057

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากแหล่งเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2559
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) **ออกแบบหุ่นยนต์สำหรับงานกู้ระเบิดและตรวจสอบหาระเบิดแบบไม่สัมผัส**
แหล่งเงิน แหล่งเงินรายได้
ประจำปีงบประมาณ 2559 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 600,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2558 ถึง กันยายน 2559
ทีมคณะผู้วิจัย
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ มิตะถา
2. นาย นิมิตร หงษ์ยิ้ม
3. นาย สรยุทธ กลมกล่อม

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์**

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันหุ่นยนต์มีบทบาทในชีวิตประจำวัน ในการนำมาใช้งานหลายด้านเช่น การผลิตใน โรงงานอุตสาหกรรม การกู้ภัย การเก็บกู้ระเบิด หรือ ช่วยงานบ้าน และในการสำรวจดาวอังคาร โดยหลักการของโครงการนี้จะมีลักษณะการออกแบบวิจัยที่มีความคล้ายคลึงกับ หากต้องการให้ หุ่นยนต์มีความสามารถหลากหลาย ราคาหุ่นยนต์เองจะสูงขึ้นไปด้วยเพราะว่าการสร้างหุ่นยนต์แบบนั้นอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ชนิดพิเศษหลาย อย่างเพื่อให้ครบดังที่เราตั้งเป้าหมายในการตรวจสอบระเบิดหรือวัตถุต้องสงสัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อไม่นานมานี้ที่ได้เกิด วิกติการณ์การวาง ระเบิดที่ ราชประสงค์ลีกหลายเหตุการณ์ใน 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ และไม่สามารถส่งคนเข้าไปในพื้นที่เพื่อทางานวัดและส่งผลออกมา ทำให้คนที่เข้าไปหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องเสี่ยงอันตราย และ การวัดและการส่งสัญญาณระยะไกลที่ใช้ระบบ Packet Radio มาเป็น ตัวช่วยในการส่งข้อมูลระยะไกล เป้าหมายในการสร้างเพื่อต้องการทำให้สามารถทราบความเป็นไปได้ในเชิงพาณิชย์ลดการนำเข้าและให้มียุทโธปกรณ์ ราคาถูกเพื่อราชการ ในการจัดหางบประมาณมาเพื่อการป้องกันประเทศ

คำสำคัญ : หุ่นยนต์กู้ระเบิด, ส่งข้อมูล, งานสำรวจ, ยุทโธปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Designing Robot for Bomb Disposal and Contactless Explosive Detector

Researcher:

1. Associate Professor Dr. Somsak Mitatha
2. Mr. Nimit Hongyim
3. Mr. Sorayut Glomglome

Faculty: Engineering **Department:** Computer Engineering

ABSTRACT

Current robots have a role in daily life. The implementation of many aspects such as manufacturing, industrial salvage a bomb or help around the house and in the exploration of Mars. The principles of this project will have a similar research design. To Robot with versatility the robot itself is priced higher because the creation of robots that could be used for many kinds of special equipment. So fully as we aim to detect bombs or suspicious objects. Especially recently, this has caused. Victor Martinez predicted the bombing at the whim League events in three provinces and cannot be sent into the area to work out the measurements and results. People who avoid not to risk measurement and transmission systems using Packet Radio as an aid in the transmission of data between remote area but the main purpose to create, to make it possible to determine the feasibility of commercial imports and Army Equipment tools. Prices for governor in the provision of funding to defense.

Keywords: Robot Bomb, Packet Radio data, survey, Army Equipment tools.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา และการดูแลจากหลายฝ่ายด้วยกัน ทั้งอาจารย์ในศึกษา และอาจารย์ในสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ทุก ๆ ท่านที่ ให้โอกาสทีมคณะผู้วิจัยได้ทำงานวิจัยนี้พร้อมทั้งให้คำแนะนำเสมอมา และยังคอยสอนประสบการณ์ในเรื่องการศึกษา การทำงานและการใช้ชีวิตประจำวัน ให้แก่ทีมคณะผู้วิจัย

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และห้องวิจัย HCRL ซึ่งอำนวยความสะดวกสบายในด้านสถานที่ในการทำการวิจัย และยังช่วยหาอุปกรณ์สำหรับทำวิจัยให้ทีมคณะผู้วิจัยสามารถทำโครงงานได้อย่างสะดวก และลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ น้องๆ ในสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ที่เป็นที่ปรึกษาด้านเทคนิค ให้ความร่วมมือช่วยเหลือในการทำการทดลอง ตลอดจนเป็นกำลังใจให้เสมอมา

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2559 ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ทีมคณะผู้วิจัย
รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ มิตะถา
นาย นิมิตร หงษ์ยิ้ม
นาย สรยุทธ กลมกล่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
	ความสำคัญและที่มาของโครงงาน	1
	วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
	ขอบเขตของโครงงาน	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2	แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
	ทางเลือกของระบบไร้สาย	7
	หลักการระบบ Cellular Network	7
	หลักการระบบ WIFI	8
	หลักการระบบ Radio Frequency	9
	หลักการระบบ APRS	9
	การออกแบบ ชุด APRS	10
บทที่ 3	การออกแบบและพัฒนา	17
	Specification ของชุดต้นแบบ	17
	ระบบ Mechanical	18
	Battery Management system	22
	PWM radio control	24
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	29
	รายการผลการทดลอง	29
	Software Programming Technique	30
	งานวิจัยที่ได้รับจากการค้นคว้า	32
บทที่ 5	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	34
	บรรณานุกรม	36
	ภาคผนวก	38
	ภาคผนวก ก เวลาที่ใช้ในการวิจัย	38
	ภาคผนวก ข เอกสารเพิ่มเติม Motor Driver	39
	ภาคผนวก ค วงจรชุดวัดเซ็นเซอร์และส่งข้อมูล	41
	ภาคผนวก ง รูปคลื่นสัญญาณการวัดเซ็นเซอร์	42
	ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	หุ่นยนต์กู้ระเบิดที่พบเห็นได้ทั่วไปจากต่างประเทศ	1
1.2	แสดงภาพโครงสร้างพื้นฐานของหุ่นยนต์	2
1.3	3D สำหรับการออกแบบของยางตีนตะขาบกับระบบขับเคลื่อนพื้นฐาน	3
1.4	แสดง 3D ต้นแบบที่คาดว่าจะออกแบบในแนวนี้โครงการนี้	3
1.5	แสดงองค์ประกอบระบบขับเคลื่อน	4
1.6	ตัวอย่างการแสดงตำแหน่งของ Sensor ต่างๆ ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์สำรวจ	5
1.7	แสดงองค์ประกอบของระบบติดต่อสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ควบคุม	5
2.1	Phase Modulation ของ GSM	7
2.2	บล็อกไดอะแกรมของระบบ GSM	8
2.3	การวางระบบ Mesh Network ใน WIMAX	8
2.4	ข้อดีและเสีย ในแต่ละโปรโตคอลของการสื่อสารระยะไกล	10
2.5	หลักการพื้นฐานของระบบ Packet Radio ที่มาเป็น APRS	10
2.6	GPS DIGITAL DATA Radio Link	11
2.7	ชุดทดลองระบบ APRS ที่ได้ ทำขึ้น	12
2.8	ตัวอย่าง RF Modem รับและส่ง ในย่าน ISM ที่สามารถติดต่อได้ถึง 20 KM	12
2.9	ตัวอย่างการทดสอบการส่งข้อมูลระหว่าง MCU	13
2.10	เป็นชุดโมดูลที่รับส่งข้อมูลที่สามารถโปรแกรมความถี่ได้	14
2.11	การตั้งความถี่และ Frequency Spectrum Analyzer	14
2.12	การออกแบบ วงจรการส่งข้อมูลจาก MCU	15
2.13	อธิบายถึงการส่งข้อมูลการวัดจากเครื่องมือโดยใช้ APRS protocol	15
2.14	ตัวอย่างของ Visual Diagram of Geiger Counter APRS systems	16
3.1	ตัวอย่างของ Visual Diagram of Completed systems	18
3.2	Movement Direction of ROBOT TRACK	18
3.3	Design Model and Prototype of Robot ARM	19
3.4	ต้นแบบของมือจับ Gripper	19
3.5	ต้นแบบของ ARM	20
3.6	ต้นแบบ Track	20
3.7	Robot Arm and Drive Track Radio control	21
3.8	Design Model and Prototype of Robot ARM	21
3.9	Data Communication Block Diagram for Sensor Node	22
3.10	Battery management System	23
3.11	Battery management System ที่ใช้	23
3.12	Battery Balance Changing Method	24
3.13	Battery Pack ที่ได้ ออกแบบ	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.14	ชุดควบคุมด้วยวิทยุระยะไกล ในระบบDigital	25
3.15	Block Diagramการควบคุมด้วยวิทยุระยะไกล ในระบบDigital	26
3.16	Block Diagram อธิบายหลักการต่อเข้า Board Driver เบื้องต้น	26
3.17	อธิบายหลักการทำงานของ PWM	27
4.1	อธิบายหลักการทำงานของการสื่อสารข้อมูล	29
4.2	Output ของ AFSK ที่ออกจาก Digital I/O ของไมโครคอนโทรลเลอร์	30
4.3	ต้นแบบที่ได้ออกแบบย่อส่วนและการวาง Model เพื่อพัฒนาต่อยอด	30
4.4	ตัวอย่างของสัญญาณ FSK 1001	31
4.5	ตัวอย่างของสัญญาณ FSK 101101	31
4.6	โปรแกรมในส่วนที่ สร้าง Packet Radio , Modem.cpp	32
4.7	ไลบรารี่ ฟังก์ชั่นที่ได้สร้างขึ้นในการออกแบบ Firmware	32
4.8	การทดลองของงานวิจัยการวัดขนาดต้นไม้	33

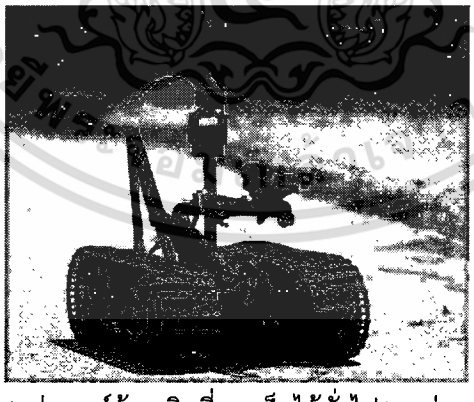
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน

ในปัจจุบันหุ่นยนต์มีบทบาทในชีวิตประจำวัน ในการนามาใช้งานหลายด้านเช่น การผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม การกู้ภัย การเก็บกู้ระเบิดหรือ ช่วยงานบ้าน และในการสำรวจดาวอังคาร โดยหลักการของโครงการนี้จะมีลักษณะการออกแบบวิจัยที่มีความคล้ายคลึงกับ หากต้องการให้ หุ่นยนต์มีความสามารถหลากหลาย ราคาหุ่นยนต์เองจะสูงขึ้นไปด้วยเพราะว่าการสร้างหุ่นยนต์แบบนั้นอาจจะต้องใช้อุปกรณ์ชนิดพิเศษหลาย อย่างเพื่อให้ครบดังที่เราตั้งเป้าหมายในการตรวจสอบระเบิดหรือวัตถุต้องสงสัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อไม่นานมานี้ที่ได้เกิด วิกติการณ์การวาง ระเบิดที่ ราชประสงค์ลีกหลายเหตุการณ์ใน 3 จังหวัด ชายแดนภาคใต้ และไม่สามารถส่งคนเข้าไปในพื้นที่เพื่อทางานวัดและส่งผลออกมา ทำให้ คนที่เข้าไปหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ต้องเสี่ยงอันตราย อนึ่งการก่อการร้ายเป็นภัยคุกคามอย่างหนึ่งของโลกปัจจุบัน ผู้บริสุทธิ์จำนวนมากต้องสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินจากกลุ่มก่อการร้ายที่ใช้ อาวุธรูปแบบที่สามารถเข้าถึงได้ ทั้งนี้ระเบิดเป็นอาวุธอย่างหนึ่งที่สามารถซุกซ่อนได้ง่ายและมีอานุภาพทำลายล้างสูง ทำให้เป็นที่นิยมใช้โดยทั่วไป สาหรับในภาคใต้ของประเทศไทยนั้น จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยศูนย์ปฏิบัติการตำรวจจังหวัดชายแดนภาคใต้ (ศชต.) พบว่าตลอด

11 ปีที่ผ่านมานับตั้งแต่เหตุการณ์ปล้นปืนจากกองพันพัฒนาที่ 4 ค่ายกรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ (4 ม.ค.2547 ถึง 4 ม.ค.2558) มีผู้เสียชีวิต จากเหตุความมั่นคงรวมทั้งสิ้น 3,929 คน และผู้บาดเจ็บ 9,602 คน จากเหตุรุนแรงรูปแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งสิ้น 16,969 เหตุการณ์ หรือเฉลี่ย 4.24 เหตุการณ์ต่อวัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็นเหตุยิงด้วยอาวุธปืน 8,027 เหตุการณ์ ลอบวางระเบิด 3,022 เหตุการณ์ ลอบวางเพลิง 1,647 เหตุการณ์ และเหตุการณ์อื่นๆ 4,273 เหตุการณ์ ส่งผลให้รัฐต้องสูญเสียงบประมาณเพื่อคลี่คลายสถานการณ์รวมถึง 234,067 ล้านบาท และ ความสูญเสียของภาคธุรกิจอีกนับประมาณไม่ได้



รูปที่ 1.1 หุ่นยนต์กู้ระเบิดที่พบเห็นได้ทั่วไปจากต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อสร้างระบบหุ่นยนต์ที่มีระบบขับเคลื่อนที่สามารถเข้าไปได้ในทุกพื้นทุรกันดาร มีความคล่องตัวสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

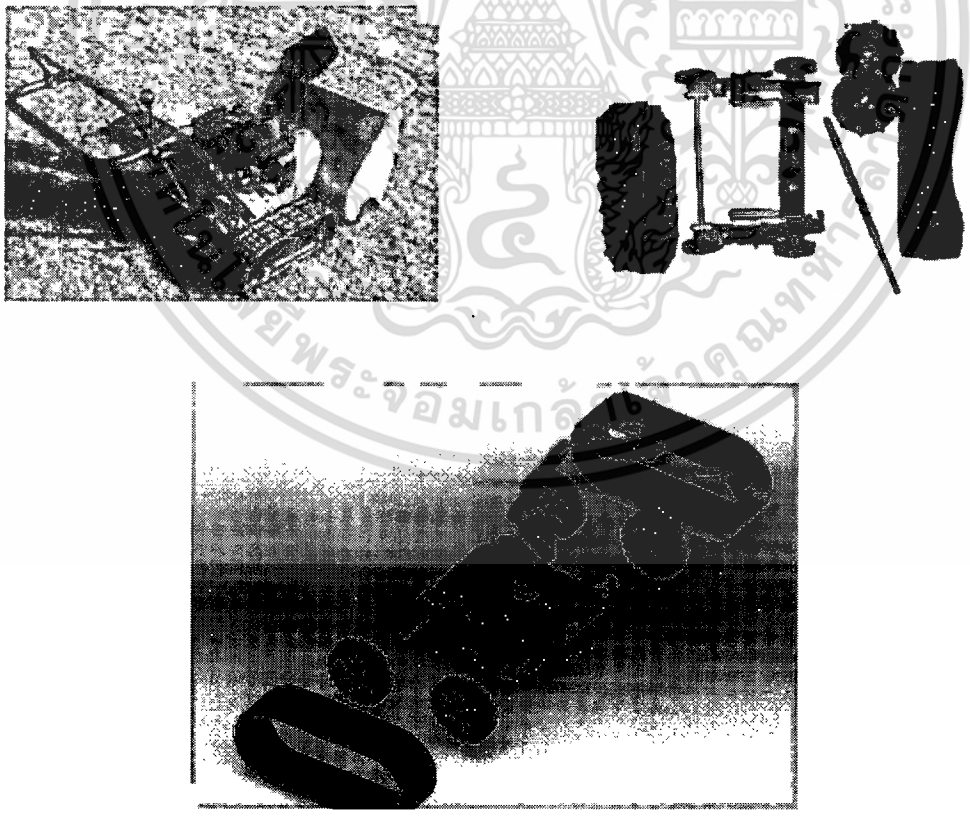
1) มีการออกแบบระบบ (Instrument Deployment) ที่ใช้ติดตั้งเครื่องมือวัดบนตัวหุ่นยนต์ เพื่อการเก็บข้อมูลและรายงานผลเพื่อการกู้ระเบิดเพื่อความปลอดภัยและวิเคราะห์และตัดสินใจตามที่กำหนดไว้และส่งข้อมูลกลับมาโดยการสื่อสารระยะไกล
2) เพื่อการศึกษาและพัฒนาการออกแบบหุ่นยนต์ในรูปแบบที่เป็นไปได้เพื่อการพาณิชย์ต่อไปและเพื่อทางการตำรวจและทหารได้นำไปใช้ได้
3) เพื่อหลักการพัฒนานวัตกรรมสู่การเป็นไปได้ในการผลิตที่ทำให้มีราคาถูกและในราคาที่จับต้องได้ภายในประเทศไทย
4) เพื่อเผยแพร่ชื่อเสียงในงานวิจัยที่ออกแบบสร้างนวัตกรรมโดยคนไทย

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) วิจัยและออกแบบหุ่นยนต์ต้นแบบขนาดใหญ่ ที่สามารถรับน้ำหนัก(Payload) อุปกรณ์เครื่องมือวัดได้

1.1) ชุด Hardware Base Track โครงสร้าง

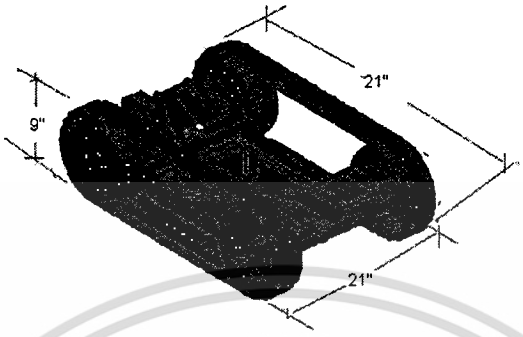
ส่วนของแบบร่างโครงสร้าง และส่วนประกอบอุปกรณ์แสดงในรูปที่ 2 วัสดุที่มีราคาและหายากที่สุดมีหลักๆ คือชุดตีนตะขาบและการเลือกมอเตอร์ขับเคลื่อนถ้าการออกแบบให้มีราคาที่ถูกต้องสามารถเอาสิ่งที่มีอยู่ในตลาดมาทำการประกอบ ยกตัวอย่างเช่นการเอาชุดล้อยางจากเครื่องขุดหิมะดังรูปที่ 4 เพื่อใช้ในการออกแบบของต้นแบบเพราะว่าการสั่งทำล้อยางนั้นมีราคาแพงมากในการออกแบบขั้นต้นเพื่อให้สามารถทำการออกแบบเครื่องต้นแบบได้



รูปที่ 1.2 แสดงภาพโครงสร้างพื้นฐานของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วมีการดัดแปลงเอาเครื่องยนต์ออกเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ที่มีแรงขับเคลื่อนจากรถนั่งที่ใช้สำหรับคนพิการ เป็นต้นแบบแนวคิดนี้แค่เริ่มต้นก่อนเพื่อที่จะได้ ออกแบบต้นแบบได้อย่างรวดเร็วก่อนที่จะนำมาสู่การผลิตจำนวนมากจึงสามารถออกแบบทำล้อยางตีนตะขาบได้เลยในอนาคต



รูปที่ 1.3 3D สำหรับการออกแบบของยางตีนตะขาบกับระบบขับเคลื่อนพื้นฐาน
ข้อกำหนดในการออกแบบ (Physical Specification) ขนาด (Dimension) W 21'x L 21" H 9" ฐานหุ่นยนต์

รูปที่ 1.4 แสดง 3D ต้นแบบที่คาดว่าจะออกแบบในแนวนี้โครงการนี้

2) วิจัยและออกแบบโปรโตคอลในการควบคุมหุ่นยนต์ในระยะไกล (Remote Navigation-system) และสามารถส่งพิกัดตำแหน่งปัจจุบัน(Current position)โดยใช้ระบบนำร่องดาวเทียมหรือ GPS

1. ระบบควบคุมสั่งการ

การออกแบบหุ่นยนต์ที่ดีนั้นนอกจากจะต้องคำนึงถึงโครงสร้างทางด้าน Hardware สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญไม่แพ้กันนั่นก็คือ การออกแบบระบบควบคุมสั่งการซึ่งหากระบบควบคุมสั่งการหุ่นยนต์ที่ออกแบบมาสวยหรูก็ไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้ตามภารกิจดั้งนั้นนำเสนอแนวความคิดและการออกแบบ ซึ่งเป็นสิ่งที่ได้คิดขึ้นและได้ผ่านการทดสอบแล้ว หลายสนามจนคิดว่าเป็นวิธีการที่น่าจะนำไปใช้พิจารณาในการออกแบบต่อไปได้ อีกทั้งเห็นว่า ด้านการควบคุมสั่งการหุ่นยนต์ไม่ค่อยจะมีผู้ใดเผยแพร่ให้ได้รับรู้หรือค้นคว้าจะมีก็แต่บทความที่เป็นภาษาต่างประเทศหรือไม่ก็อาจจะพอมีอยู่บ้างแต่ก็ไม่ได้อธิบายเนื้อหาเชิงลึก

ก่อนที่จะเริ่มขออธิบายถึงหัวข้อคร่าวๆ ในการออกแบบระบบควบคุมและสั่งการหุ่นยนต์ นั้นดังเช่นการออกแบบทั่วๆ ไปจะต้องเข้าใจถึงโครงสร้างส่วนประกอบต่างๆ อุปกรณ์ที่ต้องควบคุมทุกชิ้นรวมถึงสิ่งที่ต้องควบคุมสั่งงาน การทำงาน เช่น เดินหน้า ถอยหลัง เป็นต้น จำเป็นต้องทำความเข้าใจให้ลึกซึ้ง

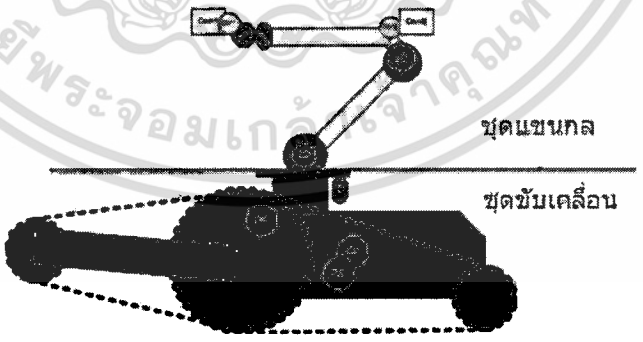
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอย่างดี จึงจะสามารถออกแบบระบบให้ใช้งานได้เป็นอย่างดีได้และในการออกแบบระบบโดยรวมและแยกมาอธิบายทีละส่วนการควบคุมสั่งงานทางด้านคอมพิวเตอร์ส่วนหนึ่ง การควบคุมสั่งการทางหุ่นยนต์ส่วนหนึ่ง ซึ่งทั้งสองส่วนจะต้องสื่อสารกันทั้งรับ-ส่ง ข้อมูล การส่งภาพ และเสียง จะมีวิธีการสื่อสารกัน เช่นไร โดยสามารถแบ่งออกมาเป็น ข้อๆ

a) ส่วนโครงสร้าง ส่วนประกอบ อุปกรณ์ และ สิ่งที่ต้องการควบคุม/สั่งการ
b) วิธีการและแนวคิดในการควบคุมสั่งการ
c) การควบคุมสั่งการ ของระบบโดยรวม
d) การควบคุมสั่งการ ส่วนของระบบคอมพิวเตอร์
e) การควบคุมสั่งการ ของแผงสมองหลักที่ตัวหุ่นยนต์ (Embedded board)
f) การสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์
g) การแจ้งตำแหน่ง GPS พิกัดบนแผนที่ออนไลน์ เช่น Overlay Google Map

ในการออกแบบนั้น นอกจากจะต้องเข้าใจโครงสร้างการทำงาน และอุปกรณ์ต่างๆ แล้ว จะต้องศึกษาและเข้าใจถึงภาระกิจการทำงาน การนำหุ่นยนต์ไปใช้งานการสำรวจด้วยอุปกรณ์เครื่องมือวัดหลายแบบที่ติดตั้งและการสั่งการเพื่อเรียกใช้เครื่องมือวัดที่ติดตั้งอยู่ไปด้วยกัน

3) **วิจัยและออกแบบแขนหรือมือที่ใช้เพื่อยื่นจับหัววัด** (Robot Arm for Instrument probe) ของระบบที่ควบคุมเครื่องมือวัด(Surface Instrument Deployment) มาเพื่อวิเคราะห์ เช่นการเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาตรวจวัดระดับสารกัมมันตภาพรังสีและตรวจหาความผิดปกติในสภาวะแวดล้อมเช่น วัดอุณหภูมิ ความชื้น ความกดอากาศ และ ความเป็นกรดเป็นด่าง (Ph) ในทรัพยากรในพื้นที่สำรวจ โดยส่งข้อมูลผ่านระบบการส่งข้อมูลระยะไกล โดยสามารถแบ่งการควบคุมออกเป็น 2 ชุด ดังรูปที่ 1.5

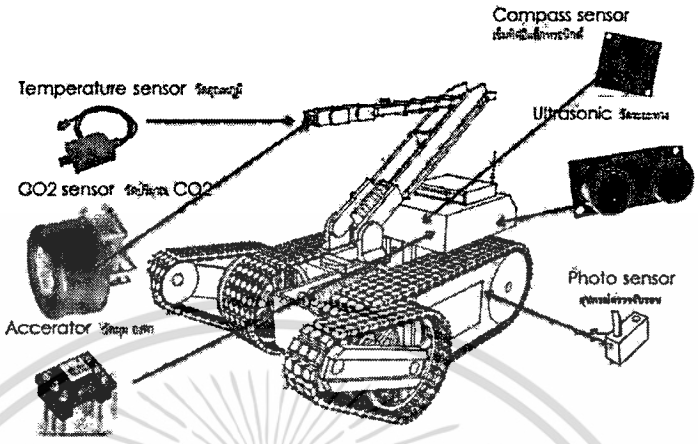


รูปที่ 1.5 แสดงองค์ประกอบระบบขับเคลื่อน

a) ชุดแขนกลจะควบคุม ตั้งแต่ส่วนมอเตอร์ต้นต้นแขนไปจนถึงหัวหุ่นยนต์ 7 DOF (Degree Of Freedom)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

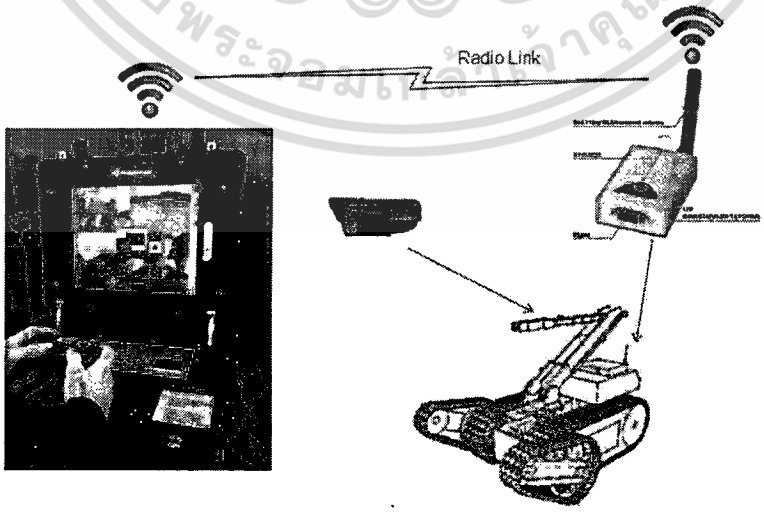
b) ชุดขับเคลื่อน จะควบคุมมอเตอร์ด้านซ้าย-ขวา มอเตอร์ยกคู่ขาหน้า และมอเตอร์หมุนคอ(หรือแขน)



รูปที่ 1.6 ตัวอย่างการแสดงตำแหน่งของ Sensor ต่างๆ ที่ติดตั้งบนหุ่นยนต์สำรวจ

ในรูปที่ 1.6 จะเป็นตัวอย่างที่คาดว่าจำกำหนดตำแหน่งของเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับ ตรวจวัดค่าต่างๆ มีดังนี้ เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ, วัดปริมาณก๊าซ CO2, วัดมุมการเอียงของหุ่นยนต์, เข็มทิศอิเล็กทรอนิกส์, วัดระยะทาง, วัดรอบ รวมไปถึงการวัดกัมมันตภาพรังสีต่างๆ ที่จะเพิ่มเติมในการวิจัย และส่วนของการดมกลิ่นสารประกอบที่ใช้ทำระเบิด

การติดต่อสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ควบคุม ใช้สัญญาณคลื่นวิทยุเป็นตัวกลางในส่วนรายละเอียดของความถี่ในการความคุมจะอยู่ในการวิจัยของการสื่อสารระยะไกล ในการสื่อสารจะใช้การส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ ผ่าน การแปลงสัญญาณผ่านคลื่นวิทยุ แล้วแยกไปที่ Port LAN ผ่านไปที่ตัวแปลง LAN เป็น RS232 และสุดท้ายก็ไปถึงไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่ตัวหุ่นยนต์ และการส่งข้อมูลจากหุ่นยนต์มาที่คอมพิวเตอร์ก็จะเป็นในทางกลับกันการติดต่อสื่อสารระหว่างผู้ควบคุมหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ ก็จะใช้ Joystick และ Keyboard ในการรับข้อมูล และแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 1.7 ตามแบบข้างล่างนี้



รูปที่ 1.7 แสดงองค์ประกอบของระบบติดต่อสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

a. แสดงถึงลักษณะเด่นทางวิศวกรรมศาสตร์ ในด้านการวิจัยเทคโนโลยีการวัดและส่งข้อมูล รวมไปถึงการควบคุมระยะไกล (Data Communication)
b. ได้หุ่นยนต์กู้ระเบิดต้นแบบที่สามารถทำไปเพื่อการทดลองปละผลิตต่อยอดได้
c. ได้ความรู้และประสบการณ์การพัฒนานวัตกรรมโดยใช้การสื่อสารทางวิทยุ
d. สามารถนำนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ทางธุรกิจได้
e. สามารถนำหุ่นยนต์ที่ได้ที่ได้จากการพัฒนาไปขายในท้องตลาดได้หรือเพื่อทางการทหาร
f. ได้แนวคิดการนำไปต่อยอดเป็นยุทโธปกรณ์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการตลาดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากการแนวทางการศึกษาและวิจัยเพื่อสร้างหุ่นยนต์ที่มีอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ทั้งในและต่างประเทศมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมากและมีการวิจัยในวงกว้างและมีหลายหลายทฤษฎีที่กระจายตัวอยู่ในผลงานการวิจัยมากมาย แต่การวิจัยนี้สามารถเพื่อพิสูจน์ว่าการออกแบบเพื่อประยุกต์ในการวิจัยออกแบบสร้างหุ่นยนต์ต้นแบบเพื่อการสำรวจภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งที่ใหม่สำหรับในประเทศไทยนั้นสามารถที่จะเป็นไปได้และสามารถนำไปใช้ได้จริง โดยการออกแบบนี้ยึดหลักแนวความคิด (Conceptual) ที่คล้ายคลึงกับการวิจัยและออกแบบหุ่นยนต์เพื่องานสำรวจของนาซ่า "A survey of Space Robotics [1]" ที่เป็นผลงานการวิจัยในการออกแบบและสร้าง MARS Rover ที่ส่งไปลงดาวอังคารที่สำรวจอยู่ตอนนี้ โดยงานวิจัยนี้จะมีผลสัมฤทธิ์เป็นงานออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์พื้นฐานที่สามารถนำไปต่อยอดได้

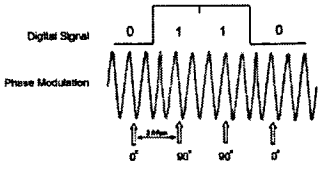
2.1 ทางเลือกของระบบสื่อสาร Protocol แบบไร้สาย

ในปัจจุบันมีการสื่อสารแบบไร้สายมากมายที่ใช้อยู่แต่มีการสื่อสารที่เป็นทั้งระบบใกล้และไกลและที่เลือกมาคือระบบที่มีใช้และสามารถสื่อสารแบบไร้สายที่มีการใช้ทำระยะทางได้ จึงนำมาอธิบายเพื่อเปรียบเทียบ เพียงแค่ 4 แบบที่ใหญ่ๆ เพื่อวิเคราะห์หาข้อดีและข้อเสีย

a) Cellular Network
b) Wi-Fi
c) Radio Frequency (RF)
d) APRS Protocol

2.1.1 หลักการระบบ Cellular Network

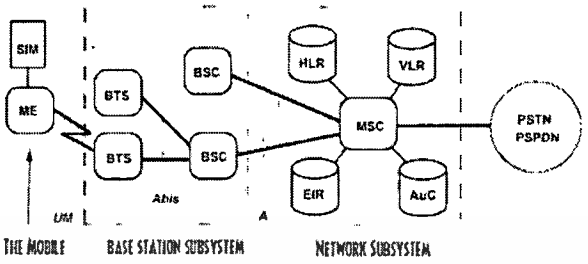
อธิบายสั้นๆเพื่อจะนำข้อมูลมาเปรียบเทียบ โดยในระบบ cellular phone communication จะสื่อสารไปยังสถานีถัดไปได้ถึง 2-5 กิโลเมตร มีแบ่งตามเทคโนโลยีสื่อสารได้หลายแบบ GSM, GPRS, CDMA, GPRS, 2G / GSM, 3G, 4G / LTE, EDGE ตามลักษณะตามความถี่และความเร็วในการส่งข้อมูลสื่อสาร โดยการสื่อสารปกติ ทำกันในรูปแบบที่เรียกว่า "M2M" (Machine-to-Machine) รูปแบบการติดต่อใช้ GSM เป็นแบบ digital air interface. โดยเสียงพูดที่เป็น Analog จะถูกเปลี่ยนเป็น ดิจิตอลก่อนที่จะมีการส่งออกไป before โดยการส่งสามารถทำความเร็วในการสื่อสารใน GSM RF carrier ได้ถึง 270 Kbps. โดยมี 1 บิท ที่ 3.9 usec ตามรูปข้างล่าง



รูปที่ 2.1 Phase Modulation ของ GSM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) ถูกใช้ในการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลโดยใน GMSK, มีการเปลี่ยนแปลงทางเฟสเท่านั้น โดยเฟสจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็น digital “1” or a “0“, เกิดขึ้นในช่วงเวลาในแต่ละเฟส บล็อกไดอะแกรมของระบบคร่าวดังรูป ที่จะเห็น



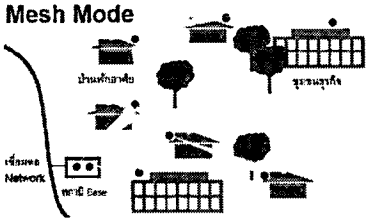
รูปที่ 2.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบ GSM

2.1.2 หลักการระบบ Wi-Fi

Wi-Fi คือระบบไร้สายของ local area network (WLAN) ที่นำเอา IEEE 802.11 standard ผ่านความถี่2.4GHz UHF และ ความถี่ย่าน ISM 5GHz ISM. Wi-Fi ที่จะให้บริการการเชื่อมต่อให้กับอุปกรณ์ในระยะห่างรัศมีประมาณ 33 เมตรหรือ 66 feet จากจุดที่ติดตั้ง Access point

WIFI จะเป็นประโยชน์สำหรับอินเทอร์เน็ตมากของการเชื่อมต่อเช่นการเชื่อมต่อ แต่สิ่งที่มักจะเชื่อมต่อกับภายนอกCloud เซิร์ฟเวอร์และไม่ได้เชื่อมต่อโดยตรงกับสมาร์ทโฟน นอกจากนี้ยังไม่แนะนำสำหรับอุปกรณ์แบตเตอรี่ขับเคลื่อนเนื่องจากการใช้พลังงานค่อนข้างสูง มีการแบ่งช่องความถี่ the 802.11b standard แบ่งออกเป็น 14 ช่องความถี่. FCC ให้ใช้ 1 ถึง 11 ใน U.S. ในยุโรปใช้ channels 1 ถึง 13. โดยช่องความถี่จะเป็นความถี่ตรงกลางโดยมีการแบ่งช่องที่ห่างกัน 5 MHz ในแต่ละช่อง โดยมีเทคนิคในเลือกการส่งข้อมูลได้หลายๆช่องพร้อมๆกันข้อมูลโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) random access method อธิบายง่ายๆคือการการฟังก่อนส่งข้อมูล

โดยที่ระบบ WIFI ไม่สามารถให้ระยะทางที่ต้องการได้ แต่มีการพัฒนาระบบที่เรียกว่า WIMAX ที่สามารถให้ระบบ Wireless ที่ครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้น ใช้มาตรฐาน 802.16 ที่ผู้ให้บริการสามารถติดตั้ง ระบบเครือข่ายในสาธารณะ(e.g., ISP) เหมือนกับระบบ Cellular โดยมีการติดตั้งสายอากาศเป็นแบบ Array โดยวัตถุประสงค์ในการครอบคลุมพื้นที่ได้มากที่สุด โดยที่นิยมคือการทำเครือข่ายแบบ MESH mode ดังรูป



รูปที่ 2.3 การวางระบบ Mesh Network ใน WIMAX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าใช้จ่ายของระบบในแต่ละจุดที่ให้บริการอยู่ที่ 300 USD (15,000 บาท) โดยแต่ละ Base ที่ต้องติดตั้งในราคาเริ่มต้นที่ 5,000USD ถึง 1,000 USD ระยะทางจากแต่ละ Base สามารถติดต่อได้ไกลถึง 40-50 กิโลเมตร ด้วยความเร็ว 75 Mbps และในแต่ละจุดที่ให้บริการมีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลเบื้องต้นที่ 15Mbps[3] นี่แหละข้อที่ด้อยของระบบที่มีราคาพอสมควร

2.1.3 หลักการระบบ Radio Frequency (RF)

การสื่อสารคลื่นความถี่วิทยุอาจจะเป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุดของการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์โปรโตคอล ดังที่ใช้ในอุปกรณ์ ZigBee หรือ Z-Wave ใช้วิทยุ RF และการใช้พลังงานที่ต่ำในวงจร Embedded หรือ การดัดแปลงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีการใช้ อุปกรณ์ Z-wave ระยะอยู่ที่ประมาณ 100 ฟุต (30 เมตร) คลื่นความถี่ที่ใช้วิทยุเป็นเฉพาะกับประเทศ ยกตัวอย่างเช่นยุโรปมี 868.42 MHz SRD วงเป็น ISM 900 MHz หรือ 908.42 วง MHz (สหรัฐอเมริกา) เป็น 916 MHz ในอิสราเอล 919.82 MHz ในฮ่องกง 921.42 MHz ในภูมิภาคออสเตรเลีย / นิวซีแลนด์) และ 865.2 Mhz ในอินเดีย. ZigBee อยู่บนพื้นฐานของมาตรฐาน IEEE 802.15.4 แต่ใช้พลังงานต่ำในระยะทางส่งผ่านข้อ จำกัด การบริโภคในช่วงของ 10-100 เมตร [3]

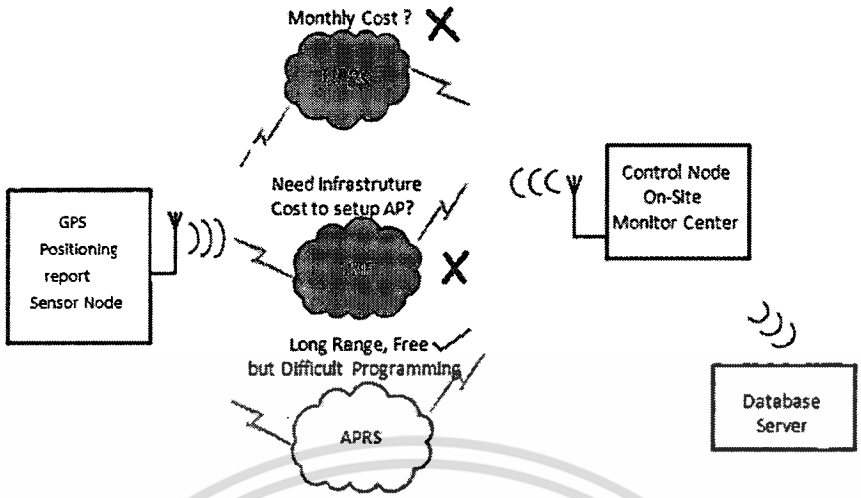
2.2 หลักการของระบบ APRS (Automatic Packet Report System)

โดยโจทย์เกี่ยวกับระยะทาง ในการส่งข้อมูลระยะไกล และ ทำไมเลือกใช้ APRS โปรโตคอล? คำตอบเพราะ APRS เป็นการติดต่อสื่อสารที่ง่ายมากในเรื่องของความสามารถในการส่งข้อมูลระยะไกล การติดตั้งโครงสร้างพื้นฐานที่มีความรวดเร็วในการเปิดใช้งานไม่ต้องทำการตั้งค่าซึ่งจะแตกต่างจากอินเตอร์เน็ตไร้สาย หรือ WIFI ซึ่งจะมีความซับซ้อนในการติดตั้งและมีระยะทางที่จำกัดเพียง 100 ฟุตหรือ30เมตร แต่การนำโปรโตคอล APRS มาใช้จะสามารถขยายช่วงการสื่อสารๆได้ไกลมากกว่า 1-2 กิโลเมตร ขึ้นไปโดยขึ้นอยู่กับตัวแปรในการส่งข้อมูล แบบ Line of Sight เช่นกำลังส่งและความสูงของสถานีรับและสถานีส่ง จะเป็นตัวกำหนดระยะทางในการสื่อสารข้อมูล [4-6]

2.2.1 ข้อดี และ ข้อเสียของระบบการสื่อสารที่นำเสนอ

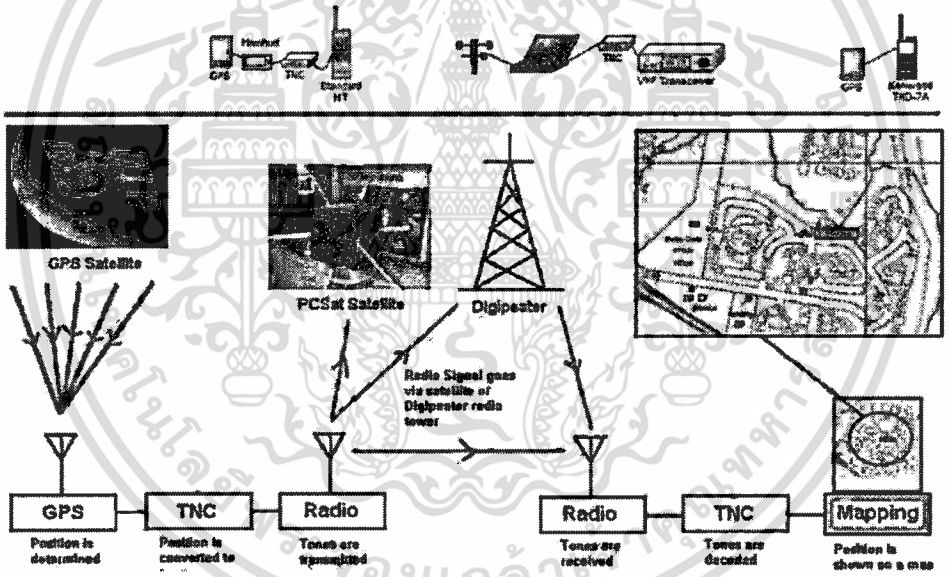
การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียทั้งหมดนี้ ข้างต้นมาสรุปเพื่อนำเสนอระบบที่นำมาวิจัย ตามรูปที่ 2.4 ข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ข้อดีและเสีย ในแต่ละโปรโตคอลของการสื่อสารระยะไกล

2.3 เสนอระบบ APRS Protocol (Purposed system)



รูปที่ 2.5 หลักการพื้นฐานของระบบ Packet Radio ที่มาเป็น APRS

2.3.1 การทำงานและแนวการออกแบบระบบอุปกรณ์ APRS

อุปกรณ์ APRS ที่มีอยู่ในปัจจุบันสามารถออกแบบให้มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาและสามารถนำเอาไปติดตั้งบนหลากหลายอุปกรณ์ในจำนวนหลายชนิดเช่นยานพาหนะขนาดเล็กอากาศไร้คนขับ (UAVs) และการระยะทางที่ที่สามารถครอบคลุมถึง(จากกิโลเมตรจนถึงระยะทางมากกว่าร้อยกิโลเมตร) อัลกอริที่ม Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA / CD) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการชนของ Packet Data ที่ช่วยให้หลายหน่วยจะต้องใช้ช่องความถี่เดียวกัน และในทฤษฎีของข้อมูล GPS[7] ที่มี Format ที่เรียกว่า National Marine Electronics Association (NMEA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างข้อมูลแบบต่างๆ

Raw GPS NMEA sentence [7]

*$GPGGA, 052421.00, 3426.0100,N, 13514.5900,E,1,05,1.5,280.2,M,-34.0,M, ,*75*

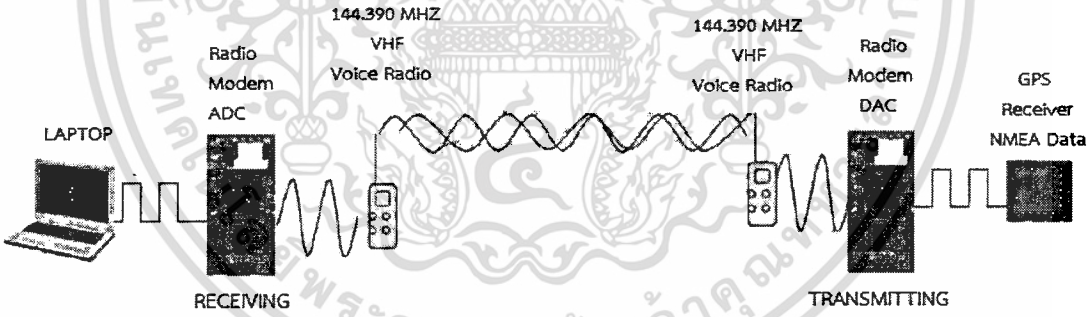
Raw GPS sentence with call sign

K6XOX>:$GPGGA, 052421.00, 3426.0100, N, 13514.5900, E, 1, 06, 1.54, 00105, M,-019

APRS sentence

*K6XOX >:! 3426.01N/13514.59E /*A=00266*

ในชุด APRS โปรโตคอลใช้หลักการของการส่งข้อมูล Packet ที่เรียกว่า AX-25 ข้อมูลดิจิตอลกับสัญญาณGPS จะถูกแปลงเป็นสองเสียงความถี่ที่โดดเด่น (Binary 1 แทนด้วยความถี่เสียง 1200 Hz และBinary 0 แทนด้วยความถี่เสียง 2200 Hz) แล้วความถี่คู่ของข้อมูลจะส่งต่อไปยังไมโครโฟนของวิทยุมือถือหรือโทรศัพท์มือถือและจะถูกส่งเป็น Binary Frequency Shift Keying (BFSK) สัญญาณไปยังสถานีที่ได้รับ เมื่อสิ้นสุดการรับข้อมูล demodulated จากตัวรับสัญญาณวิทยุจะถูกส่งไปยังโมเด็มวิทยุและจะถูกแปลงกลับไปเป็นกระแสข้อมูลดิจิตอลและถอดรหัส โดยข้อมูลที่ได้รับจะถูกสร้างขึ้นใหม่จะใช้ในบอกพิกัดสถานที่ตั้งของสถานีที่ส่งสัญญาณเพื่อปรากฏในระบบการทำแผนที่ หรือ บน Google Map และในหลายส่วนของโลก ก็ จะมีการใช้ Digipeaters ที่ใช้ในการถ่ายทอดสัญญาณหรือส่งต่อสัญญาณต่อไป จนในที่สุดของข้อมูลมีการเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์อินเทอร์เน็ต (I-GATE) เพื่อที่จะส่งข้อมูลลงใน เว็บไซต์หลายตัวอย่างเช่น APRS.FI และ Findu.com,ที่ได้รับการพัฒนาเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลตำแหน่งเหล่านี้และสามารถเฝ้าสังเกตการจราจร APRS ในแบบ Real time



รูปที่ 2.6 GPS DIGITAL DATA Radio Link

ชุดของระบบ APRS แบบง่ายๆ จะประกอบไปด้วย

a) ตัวโมดูล GPS
b) ชุดRadio Module หรือ ชุดแปลงสัญญาณจากดิจิตอลเป็น BFSK (Binary Frequency Shift Keying) ในปัจจุบัน ขนาดเล็กมากกว่าในยุดอดีตที่มีขนาดใหญ่และแพง
c) ชุด วิทยุ หรือ Radio Module ที่ใช้ ส่งและรับเสียงวิทยุ (VOICE Radio)

ในบางชุดของ APRS อาจจะมีการออกแบบให้รับเพียงอย่างเดียวหรือ ทั้งรับทั้งส่งได้

2.3.2 การออกแบบของชุดอุปกรณ์ APRS (APRS Unit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a. การทดลองเพื่อออกแบบระบบ APRS นี้ใช้ KENWOOD TH-7D โดยวิทยุ KENWOOD มี Radio Modem ติดตั้งอยู่โดยเพียงเพิ่มGPS ก็ สามารถนำมาใช้ในการทดลองเพื่อทดสอบหาข้อจำกัดและการทำงานเบื้องต้นของ APRS ในการนำมาเป็นมาตรฐานของการทดลองเพื่อสร้างและรับ APRS protocol ผ่านความถี่วิทยุ

รูปที่ 2.7 ชุดทดลองระบบ APRS ที่ได้ ทำขึ้น

b. การออกแบบ Hardware ของ ระบบ APRS

การออกแบบสร้างอีกสองเครื่องส่งสัญญาณ APRS คือ ใช้เป็นระบบติดตามส่วนบุคคล(APRS Tracker) มีกำลังส่งขนาด 5 watts และ 300mW Hardware Design การออกแบบนี้ เป็นการนำหลักการLong Range Communication protocol - ระบบสื่อสารระยะไกล ที่สามารถควบคุมได้ในระยะ 20 กิโลเมตร

โดยหัวใจหลักของงานวิจัยนี้ก็การเลือกระบบที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารกับหุ่นยนต์ เช่นเดียวกับการควบคุมโดรนซึ่งใช้คลื่นวิทยุ โดยปกติการใช้คลื่นวิทยุต้องใช้คลื่นวิทยุที่มีใบอนุญาตจาก กสทช หรือใช้ในย่านที่เราเรียกว่า ISM (Industrial Science Medical Band) ในการวิจัยนี้จะพิจารณาในแต่ละย่านความถี่ทั้งย่านที่ต้องการใบอนุญาตและย่านISM Band เช่น 144.390MHz (ย่านสมัครเล่น) และ 433MHz และ 915 MHz (RFID) การวิจัยจะพยายามที่ไม่ก่อให้เกิดรบกวนต่อย่านความถี่ที่ไม่ได้อนุญาตตามกฎของ กสทช การเลือกความถี่จึงมีความจำเป็นอย่างมากตามกฎหมายและการได้รับใบอนุญาตเพื่อการทดลอง

รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง RF Modem รับและส่ง ในย่าน ISM ที่สามารถติดต่อได้ถึง 20 KM.

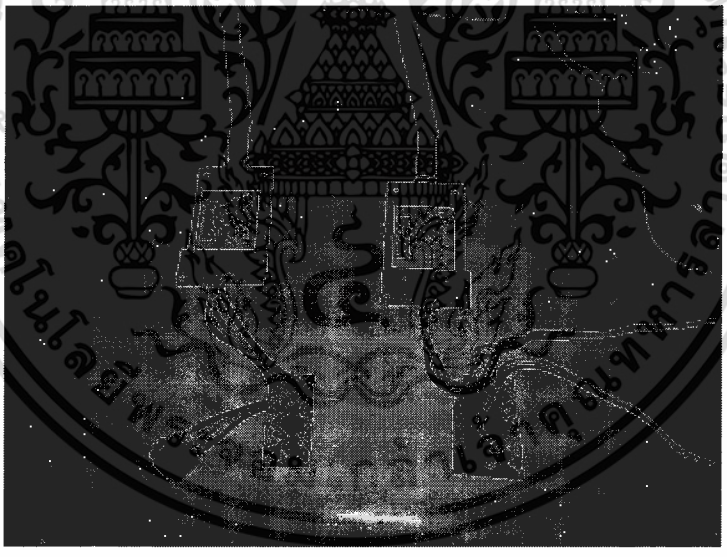
ในรูปที่ 8 เป็นอุปกรณ์การส่งข้อมูลหรือโมเด็มของ RF Modem เป็นขนาดเล็กที่ใช้พลังงานต่ำและง่ายต่อการใช้งานและโมดูลที่เชื่อถือได้ ในระยะ Line of Sight โมดูลนี้สามารถสื่อสารได้ถึง 20 กิโลเมตร; ในบ้านก็ยังสามารถทำได้ถึง 3000 ฟุต โมดูลโอนกระแสข้อมูลแบบอนุกรมมาตรฐานไม่ตรงกันทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในแถบความถี่ ISM 900MHz และค้ำจุนถึง 115.2 kbps ในการรับส่งข้อมูล ตาม Specification ข้างล่างนี้

Features:

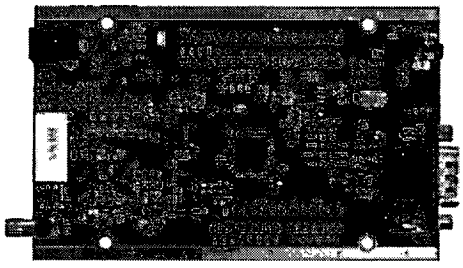
a) Supply voltage: 2.8 - 5.5VDC regulated
b) Frequency band: 902 - 928MHz
c) Serial data interface: 3V - 5V CMOS UART - No configuration required
d) Transmit current: 730 mA (@ 5V, 1W TX Power Output)
e) Receive current: 80 mA (@ 5V, 1W TX Power Output)
f) Maximum Current Rating: 950mA
g) Indoor/Urban range (w/ 2.1 dB dipole antenna): Up to 3,000 feet (900 m)
h) Outdoor RF line-of-sight range (w/high gain antenna): Up to 40 miles (64 km)
i) Transmit power output (software selectable): 1mW - 1W (0 - 30 dBm)
j) Throughput data rate (software selectable): 9,600 or 115,200 bps
k) RPSMA antenna connection



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการทดสอบการส่งข้อมูลระหว่าง MCU

ในรูปที่ 2.9 เป็นการติดต่อกันระหว่างการทดลองของ MCU สองบอร์ดคุยกันเองโดยใช้ serial data format ไม่มีอะไรยากในการใช้งานเพียงแต่ต้องการ TX-RX-GND เท่านั้น
ตัวเลือกอีกชนิดที่ สามารถส่งและรับข้อมูลแต่ได้ระยะที่ใกล้กว่า เป็น Radio Modem เหมือนกัน แต่ดีกว่าตรงที่สามารถโปรแกรมความถี่ที่ต้องการได้ ตามรูปที่ 2.10

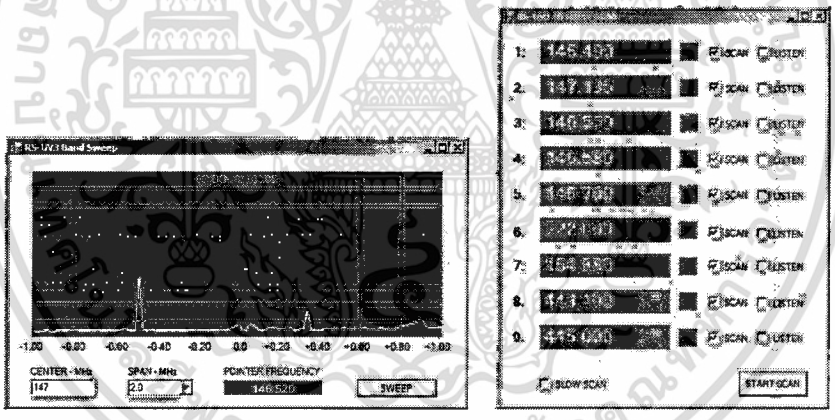
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 เป็นชุดโมดูลที่รับส่งข้อมูลที่สามารถโปรแกรมความถี่ได้

Frequency: 144-148, 220-225, 420-450 MHz
Sensitivity: -120 dBm for 12 dB SINAD
TX Power: 200 mW
Spurious Emissions: -60 dB or lower
DC input: 9.5 – 15V, 100 mA RX, 250 mA TX
Size: 4.7" X 2.9"

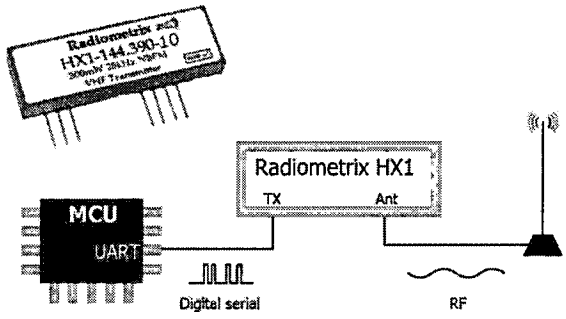
ตาม Specification ข้างต้นจะสามารถโปรแกรมความถี่ได้ตามต้องการเป็นแบบ Synthesizer ตามรูปที่ 2.11 เป็นการแสดงของ Frequency Spectrum Analyzer



รูปที่ 2.11 การตั้งความถี่และ Frequency Spectrum Analyzer

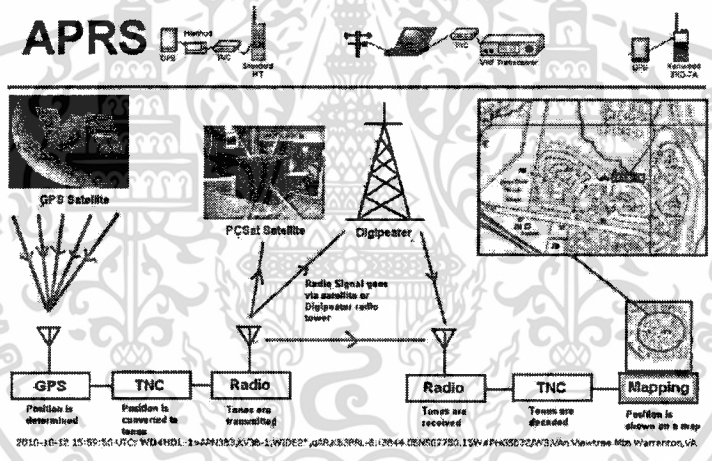
ในการทำวิจัยเพื่อค้นหาวิธีการควบคุมระยะไกล ของหุ่นยนต์ และ การสั่งงานการใช้เครื่องวัด ให้สามารถวัดได้แล้วส่งข้อมูลออกมา ทางสัญญาณวิทยุเช่นกันแต่เนื่องจากไม่ต้องการให้มีการรบกวนกัน จำเป็นต้องเลือกใช้ Channel ที่ต่างกันออกไป ในการส่งข้อมูลการวัดหรือการทำData acquisition นั้นอาจจะใช้ โมดูลที่เราอาจจะออกแบบโดยการส่งเพียงแบบเดียวหรือเป็นการส่ง Beacon เช่นเดียวกับข้อมูลบอกตำแหน่งที่จำเป็นมากในการที่ต้องส่งออกตลอดเวลา โดยที่ไม่รบกวนต่อการขับเคลื่อนหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 2.12 ข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 การออกแบบ วงจรการส่งข้อมูลจาก MCU

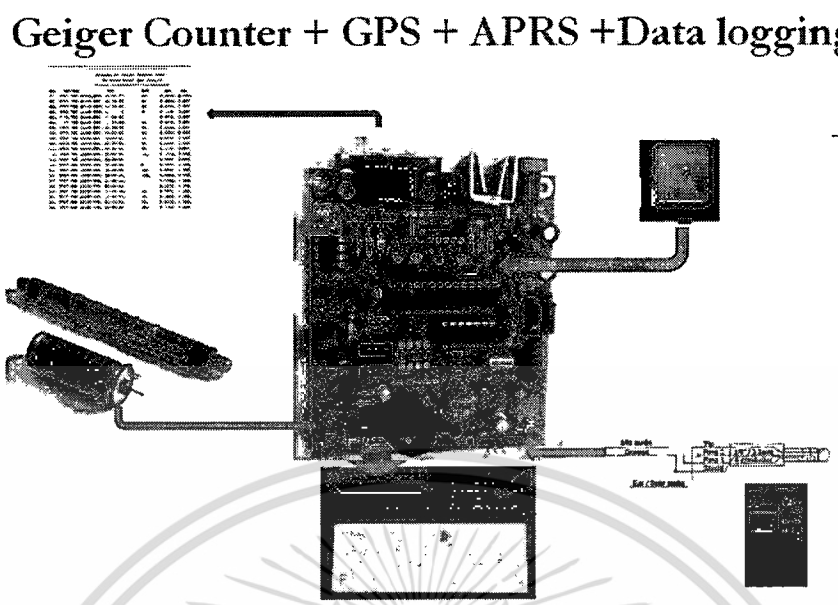
ในส่วนที่มีการออกแบบชุดโมดูลมาเรามาสนใจถึงการเอา รูปแบบการส่งข้อมูลที่เราเรียกกันอีกแบบว่า Data Packet มาเพื่อเป็นการเปลี่ยนdata .ในรูปแบบที่สามารถส่งออกไปได้ ที่เราอาจจะเรียกว่า APRS (Automatic Packet Radio System) ที่มีการบีบอัดข้อมูลเพื่อส่งออกไปในสัญญาณวิทยุไปยังปลายทางเพื่อทำการ decoded ออกมาในรูปภาษาที่เราเข้าใจ ดังรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 อธิบายถึงการส่งข้อมูลการวัดจากเครื่องมือโดยใช้ APRS protocol

ในตัวอย่างที่อธิบายการออกแบบที่ได้ทำมาแล้วเพื่อนำมาให้เห็นภาพของการออกแบบการวัดค่ากัมมันตภาพรังสีเพื่อส่งออกโดยการนำเอา APRS protocol ตามรูปที่ 2.14 เป็น Visual Diagram.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างของ Visual Diagram of Geiger Counter APRS systems

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนา

ข้อมูลของหุ่นยนต์ที่ได้กำหนดไว้และงานวิจัยต้นแบบที่ได้ทำเสร็จแล้ว ตามรายการ Specification ตามรายการข้างล่างนี้

a) Small Size can be applied in narrow places
b) Size 21"x21"x9"
c) weight 40 Kg of Track base without Manipulator or Arm
d) Integrated 2 sets of Video Camera with LED
e) Manipulator reach for 1 .5 Meter Long, Handle Object in difference shape
f) Equipped with White LED Light can be operated during day and night both way.
g) Modular Designed all part separated in very short time
h) Quick Charge Batteries can be exchanged within 5 min, easy Maintenance

3.1 Specification ที่ได้กำหนดและรายละเอียดที่ได้ทำการออกแบบและสำเร็จแล้วตามรายการข้างล่าง

1) ระบบขับเคลื่อนโดยใช้ล้อสายพานแบบ Differential Track Drive มีระบบป้องกันการลื่นไถลขณะปีนป่าย กล้องความละเอียดสูง HD สามารถมองเห็นได้ในเวลากลางคืน โดยมีไฟ LED ในระยะ 15 เมตร ความเร็วสูงสุด 10 กิโลเมตร/ชั่วโมง

2) รับ-ส่งสัญญาณควบคุมระหว่างสถานีควบคุมกับตัวหุ่นยนต์แบบไร้สาย ผ่านระบบ PWM ที่ความถี่ 2.4 GHz มีระบบป้องกันการส่งข้อมูลผิดพลาด digital modulation

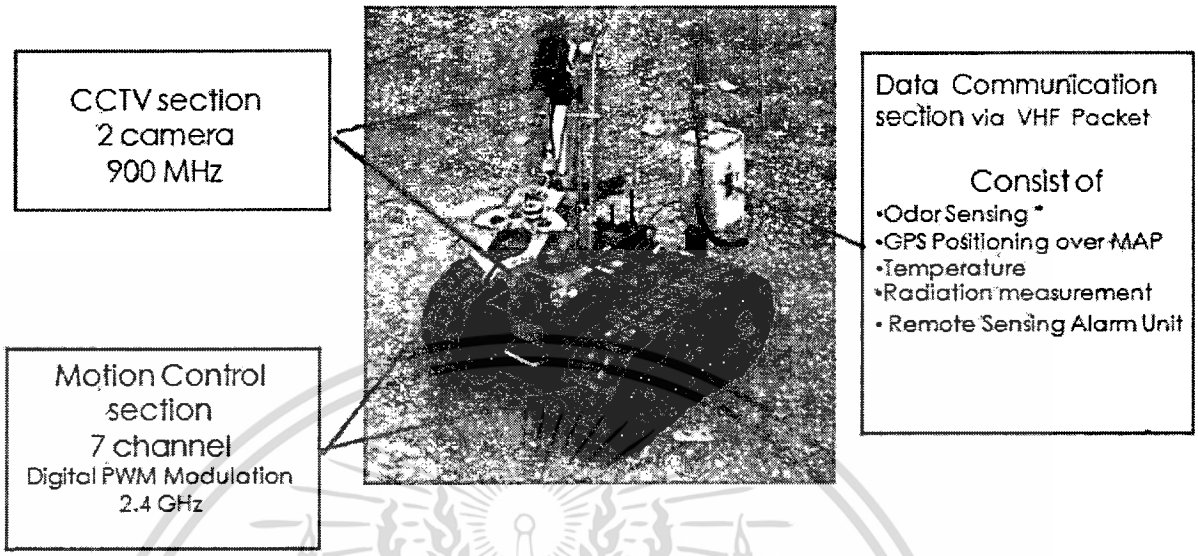
3) ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 12 โวลต์ 16.8 แอมแปร์ ติดตั้งระบบบริหารจัดการแบตเตอรี่ (BMS) ระยะเวลาปฏิบัติงานปกติ 2 ชั่วโมง ระยะเวลาปฏิบัติงานหนักต่อเนื่อง ½ ชั่วโมง

4) สามารถติดตั้งแขนกลได้หลายรูปแบบ และเปลี่ยนแขนกลได้ทันที หรือทำหน้าที่เป็นหุ่นยนต์สำรวจโดยไม่ติดตั้ง แขนกลก็ได้

5) ระบบการส่งข้อมูลจากหุ่นยนต์ เป็นเครื่องมือที่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้ง่ายขึ้น โดยระบบจะเป็นตัวสื่อสารแจ้งข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นให้ผู้ใช้งานทราบในเวลานั้น เช่น GPS ปริมาณแบตเตอรี่ ท่าทางของแขนหุ่นยนต์จากภาพจากกล้องที่ หุ่นยนต์ เป็นต้น โดยการแสดงข้อมูลต่าง ๆ นั้น จำเป็นต้องแสดงข้อมูลทั้งหมดให้ใกล้เคียงกับเวลาจริงมากที่สุด โดยการส่งข้อมูลระยะไกล ถือเป็นระบบที่สำคัญ ต้องทำการออกแบบให้เข้าใจง่าย ใช้งานง่าย และมีความน่าเชื่อถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายในส่วนของ Visual Block Diagram ของ หุ่นยนต์ฯ แบ่งออกเป็น ส่วนๆ แยกการทำงานออกจากกัน

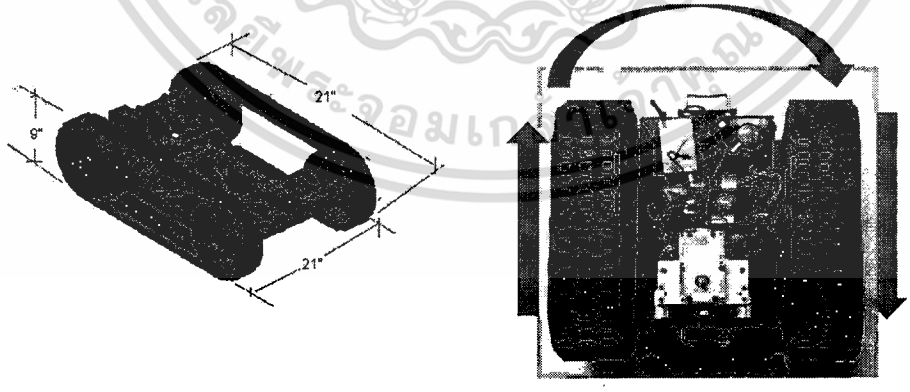


รูปที่ 3.1 ตัวอย่างของ Visual Diagram of Completed systems

3.2 ระบบ Mechanical แบ่งออกเป็น 2 ส่วนที่ได้ ออกแบบตามความเหมาะสมกับโครงการที่ได้นำเสนอไว้แต่แรก

1) Track Base

a. ส่วน Base ที่เป็น Track Drive สามารถที่จะทำมุมเลี้ยวรอบตัวโดยการที่ Track หมุนสลับทิศทางและสามารถวิ่งบนพื้นผิวที่นุ่มหรือแข็งหลายแบบได้ดีกว่าการใช้ล้อยาง

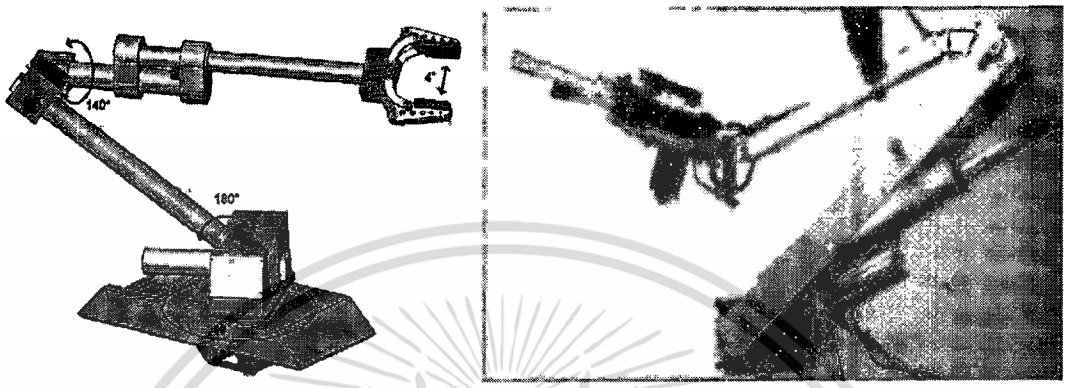


ขนาดของตัว Base Track สามารถที่จะหมุนตัวเลี้ยวได้ในวงแคบ

รูปที่ 3.2 Movement Direction of ROBOT TRACK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการออกแบบส่วนแขนกลนั้นต้องมีการกำหนดให้สามารถทำงานได้อย่างแน่นอนและถูกต้อง

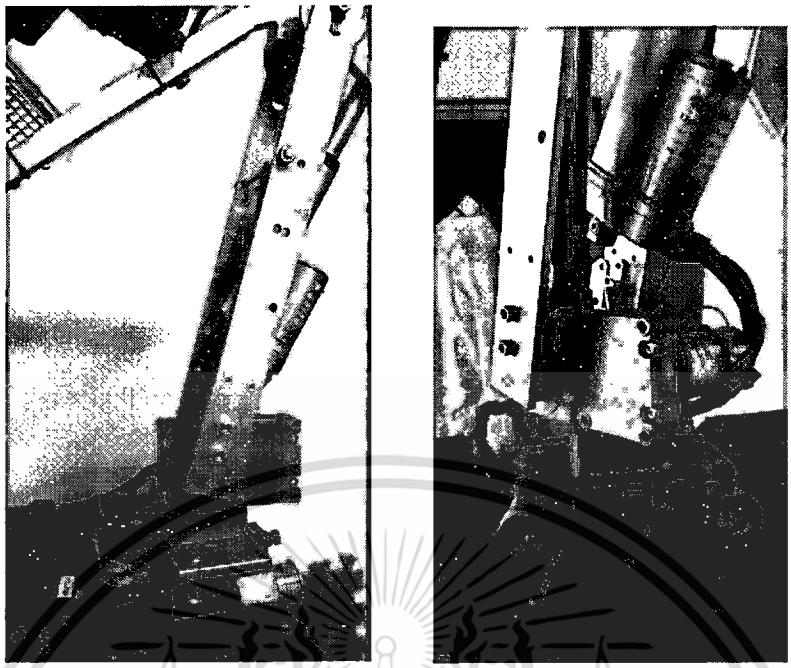


การออกแบบตาม Model simulator แขนกลต้นแบบที่ได้สร้างขึ้นมา

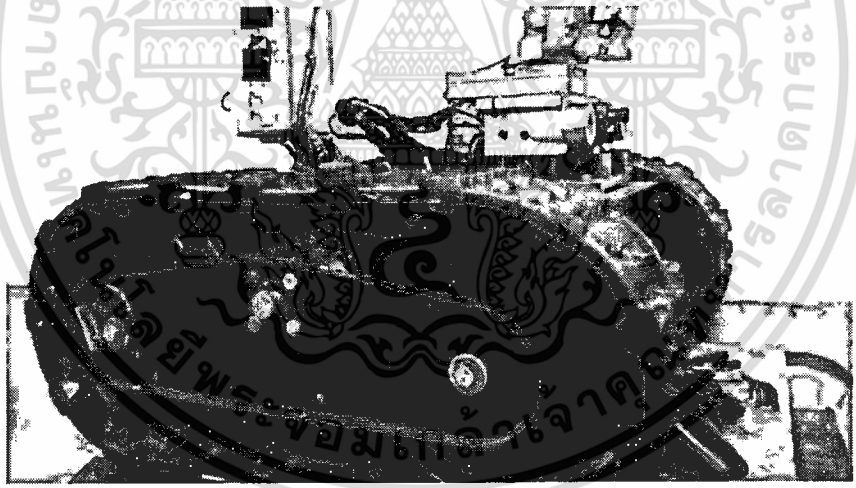
รูปที่ 3.3 Design Model and Prototype of Robot ARM

รูปที่ 3.4 ต้นแบบของมือจับ Gripper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



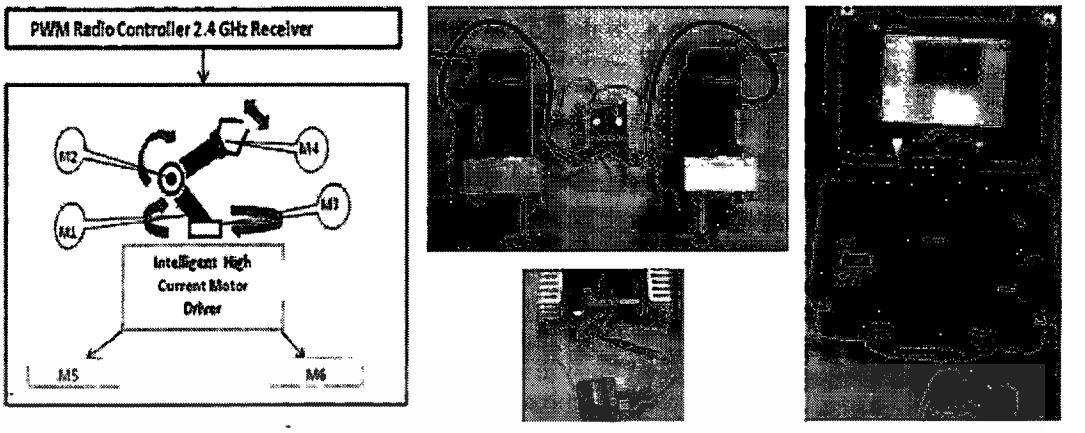
รูปที่ 3.5 ต้นแบบของ ARM



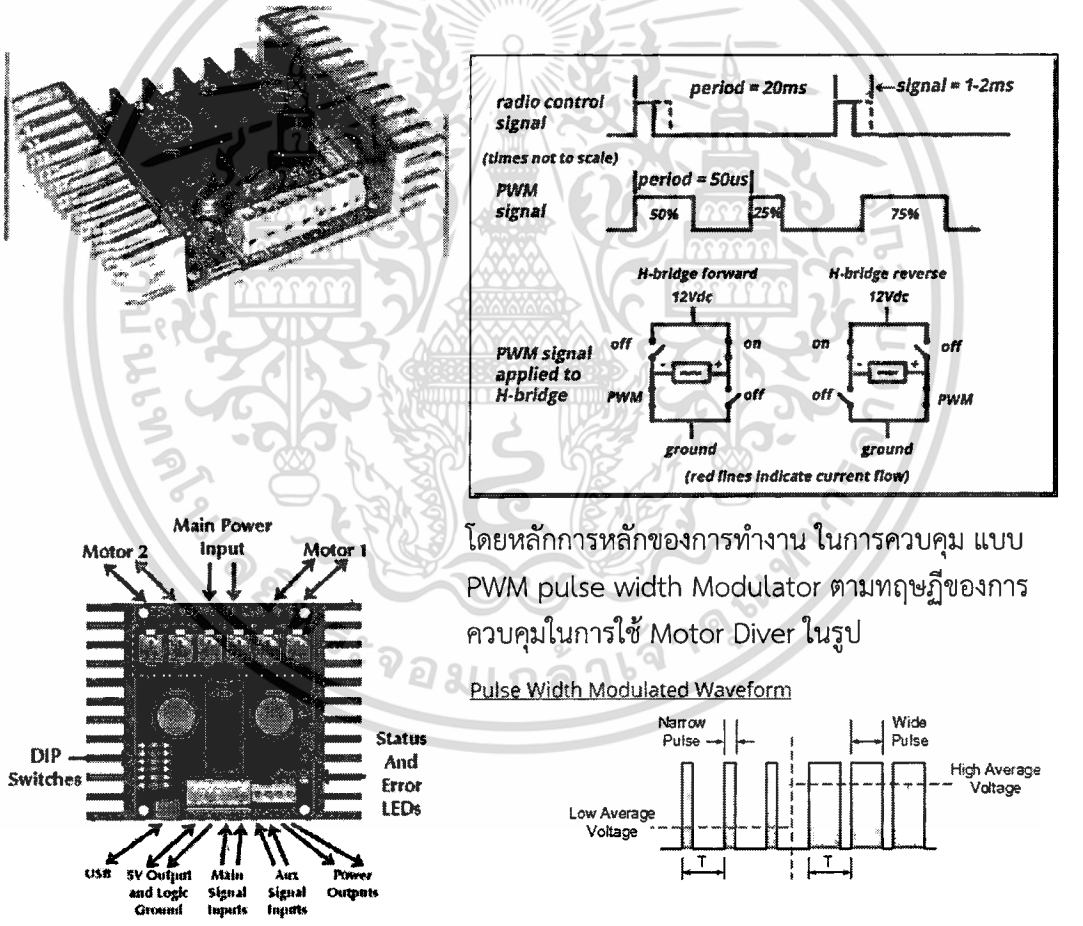
รูปที่ 3.6 ต้นแบบ Track

ระบบการควบคุมหุ่นยนต์ระยะๆไกลโดยใช้คลื่นวิทยุ 2.4 GHz Digital Modulation Mode เข้ารหัสที่มีการป้องกันการรบกวนที่นิยมใช้ในระบบการควบคุม UAV (Unmanned Aerial Vehicle) ต่อเข้ากับ Intelligent High Power Motor Driver สำหรับ Track Motor ทนกระแส 10 A. โดยใช้ PWM Control ที่สามารถรักษาระดับความเร็วในการหมุน Motor ในแต่ละ Channel อย่างนุ่มนวล โดยจะบรรจุชุดควบคุม Joystick อยู่ใน กล่องที่มีจอ video Monitor เพิ่มความสะดวกสำหรับควบคุมระยะไกลของการทำงานของหุ่นยนต์ ตาม Block Diagram ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 Robot Arm and Drive Track Radio control



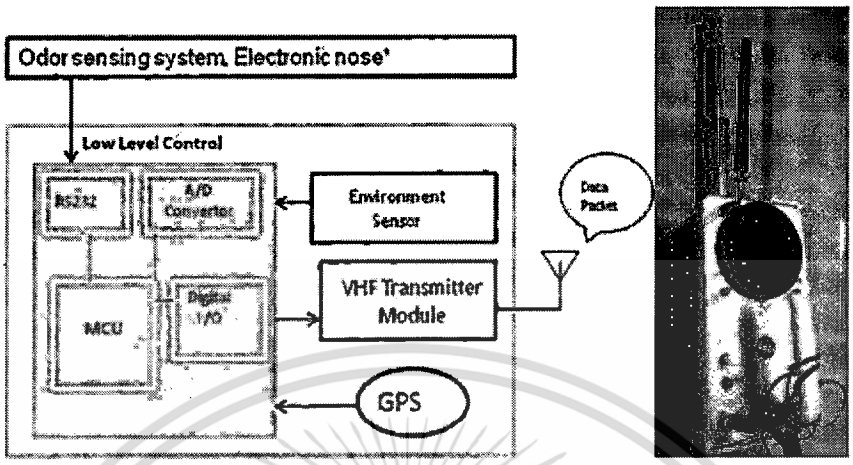
โดยหลักการหลักของการทำงาน ในการควบคุม แบบ PWM pulse width Modulator ตามทฤษฎีของการควบคุมในการใช้ Motor Diver ในรูป

รูปที่ 3.8 Design Model and Prototype of Robot ARM

ในส่วนของ Data Communication ได้ออกแบบและมีการวิจัยทดลองอาศัยการทำงานใน Block Diagram นี้ โดยการส่งข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าของตัวตรวจสารระเบิด *Odor sensing system, Electronic nose และ Sensor วัดสภาพสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ รวมไป ถึงการบอกตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหุ่นยนต์ โดยใช้ GPS เพื่อการบันทึกข้อมูลใน Database Server จะใช้ Protocol ในการส่งข้อมูล แบบ Packet Radio AX.25 ผ่าน VHF

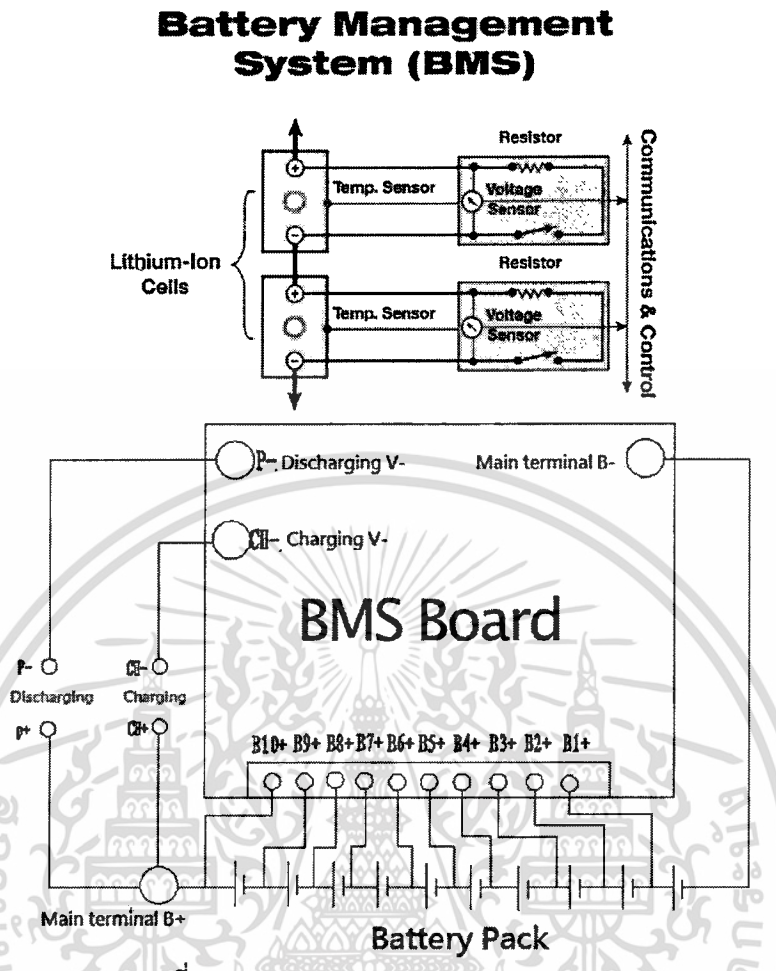


รูปที่ 3.9 Data Communication Block Diagram for Sensor Node

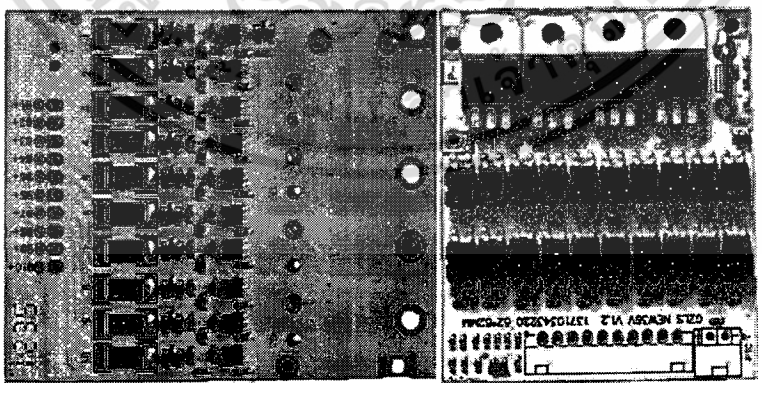
3.3 การทำงานของระบบจัดการแบตเตอรี่

จะช่วยปกป้องก้อนแบตเตอรี่ออกจากการเป็นมากกว่าการชารท (แรงดันไฟฟ้าที่เซลล์จะสูงเกินไป) หรือมากกว่าที่ออกจากแบตเตอรี่ (มือถือแรงดันไฟฟ้าจะต่ำเกินไป) จึงช่วยยืดอายุของก้อนแบตเตอรี่ มันเป็นเช่นนี้อย่างต่อเนื่องโดยการตรวจสอบทุกเซลล์ในก้อนแบตเตอรี่และคำนวณว่าวิธีการมากในปัจจุบันได้อย่างปลอดภัยสามารถไปใน (แหล่งที่มาของค่าใช้จ่าย) และออกมา (โหลดปล่อย) ของแบตเตอรี่โดยไม่ทำลายมัน ข้อ จำกัด เหล่านี้ปัจจุบันคำนวณจะถูกส่งไปยังแหล่งที่มา (ปกติชาร์จแบตเตอรี่) และโหลด (ควบคุมมอเตอร์, อินเวอร์เตอร์ไฟฟ้า ฯลฯ) ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบในการเคารพข้อ จำกัด เหล่านี้ มันจะคำนวณการชาร์จ (ปริมาณของพลังงานที่เหลืออยู่ในแบตเตอรี่) โดยการติดตามเท่าใดพลังงานไปในและนอกของแบตเตอรี่และโดยการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ ค่านี้สามารถถูกคิดว่าเป็นมาตรวัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ระบุว่าพลังงานจากแบตเตอรี่ที่เหลืออยู่ใน Battery Pack มันจะตรวจสอบสุขภาพและความปลอดภัยของแบตเตอรี่อย่างต่อเนื่องโดยการตรวจสอบสำหรับกางเกงขาสั้น, การเชื่อมต่อหลวมผันผวนในฉนวนสายและเซลล์แบตเตอรี่ที่อ่อนแอหรือมีข้อบกพร่องที่ต้องมีการเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 Battery management System

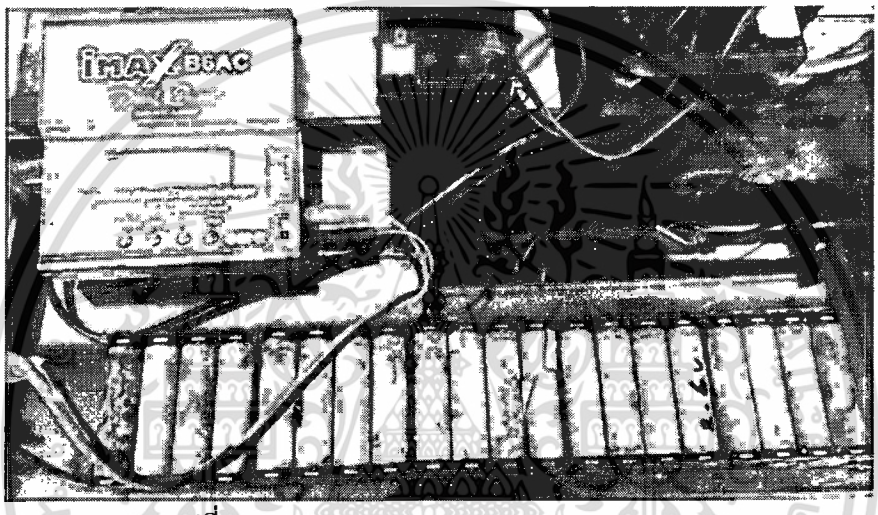


รูปที่ 3.11 Battery management System

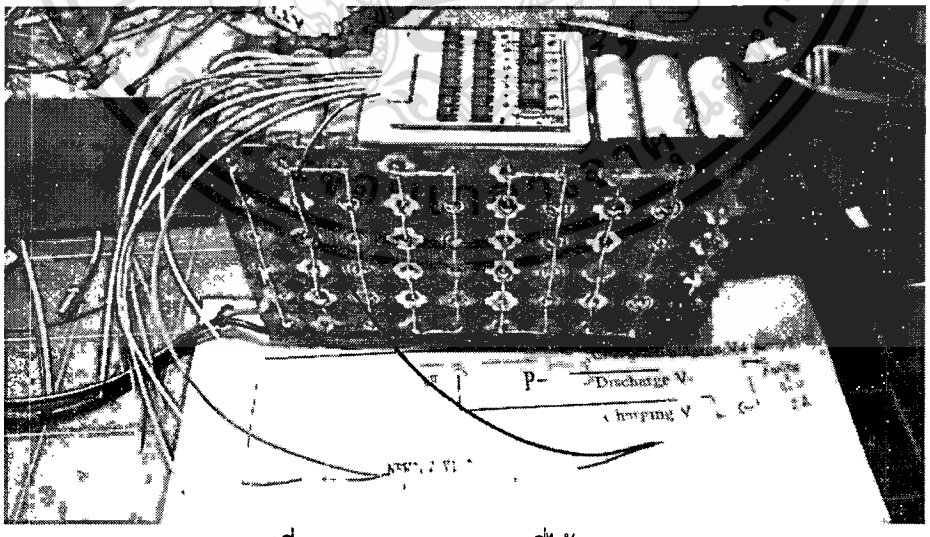
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 นอกจากนี้ยังมีฟังก์ชั่นรองของ BMS ที่ดำเนินการ:

สมดุลทุกเซลล์ในก้อนแบตเตอรี่โดยชาญฉลาดมีการออกพลังงานส่วนเกินออกจากเซลล์ที่เป็นค่าใช้จ่ายมากกว่าคนอื่น ๆ นี้จะให้จำนวนเงินสูงสุดของพลังงานใช้งาน (ความจุ) จากก้อนแบตเตอรี่ตั้งแต่แพ็คเป็นเพียงเป็นที่แข็งแกร่งเป็นเซลล์ที่อ่อนแอที่สุด ตรวจสอบอุณหภูมิของแบตเตอรี่และการควบคุมพัดลมแบตเตอรี่เพื่อควบคุมอุณหภูมิของแพ็ค นอกจากนี้ก็จะคอยตรวจสอบการส่งออกของกระแสเพื่อให้แน่ใจว่าทำงานอย่างถูกต้อง ให้ข้อมูลแบบ real-time และค่าอุปกรณ์อื่น ๆ เช่นควบคุมมอเตอร์ชาร์จ, จอแสดงผลและตัดไม้ข้อมูลโดยใช้วิธีการหลายวิธีที่แตกต่างกัน (CAN bus, เอาท์พุทแบบอะนาล็อกและเอาท์พุทดิจิตอล) รหัสข้อผิดพลาดร้านค้าและข้อมูลการวินิจฉัยที่ครอบคลุมเพื่อช่วยในการแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับการแพ็คแบตเตอรี่ควรมีปัญหาใด ๆ เกิดขึ้น



รูปที่ 3.12 Battery Balance Changing Method

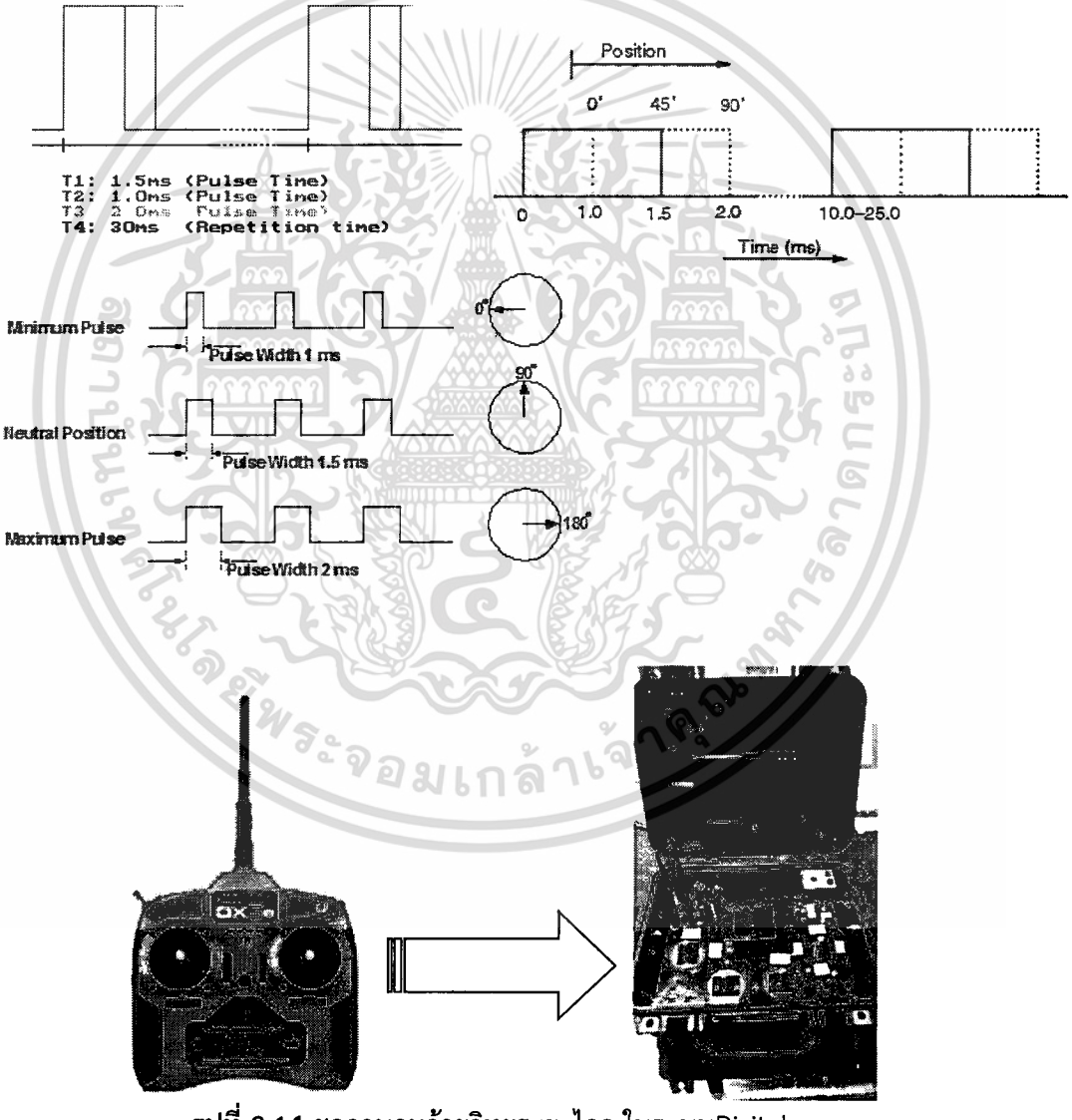


รูปที่ 3.13 Battery Pack ที่ได้ ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 Radio Control

ส่วนหลักในการสื่อสาร RC เป็นเครื่องส่งและรับ เครื่องส่งสัญญาณ RC ส่งสัญญาณออกในขณะที่รับได้รับสัญญาณ สามารถนำมาใช้เพื่อวัตถุประสงค์หลาย แต่เราจะมุ่งเน้นไปที่เซอร์โวอื่น ๆ ระบบ RC มีตั้งแต่ 2 ถึง 8 + ช่อง (เช่นวิทยุ 4 ช่องสามารถควบคุมเซอร์โว 4) RC ผลรับเป็นเพียง 1.5ms ~ พัลซ์เกี่ยวกับทุก 20ms 20ms นี้จะวัดจากขอบที่เพิ่มขึ้นของสัญญาณไปที่ขอบเพิ่มขึ้นของการต่อไป นี้จะช่วยให้การสื่อสารไร้สายของคุณไปเซอร์โว ชีพจร 1.5ms จะแตกต่างกันจาก ~ ~ 1.0ms เพื่อ 2.0ms ที่จะให้เต็มรูปแบบของอุปกรณ์ของคุณ 20ms ในระหว่างพัลส์ที่สามารถแตกต่างกันเล็ก ๆ น้อย ๆ แต่ถ้ามันได้หรือไม่ยาวเกินไปเซอร์โวจะกลายเป็นซบเซา ใกล้ชิดกับ 20ms คุณจะได้รับที่ดีกว่า ด้านล่างนี้เป็นภาพของพัลส์เซอร์โวบาง

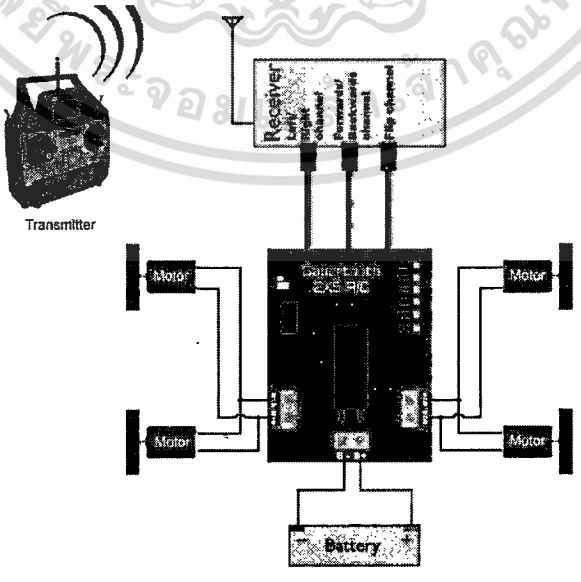


รูปที่ 3.14 ชุดควบคุมด้วยวิทยุระยะไกล ในระบบDigital

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.15 Block Diagramการควบคุมด้วยวิทยุระยะไกล ในระบบDigital

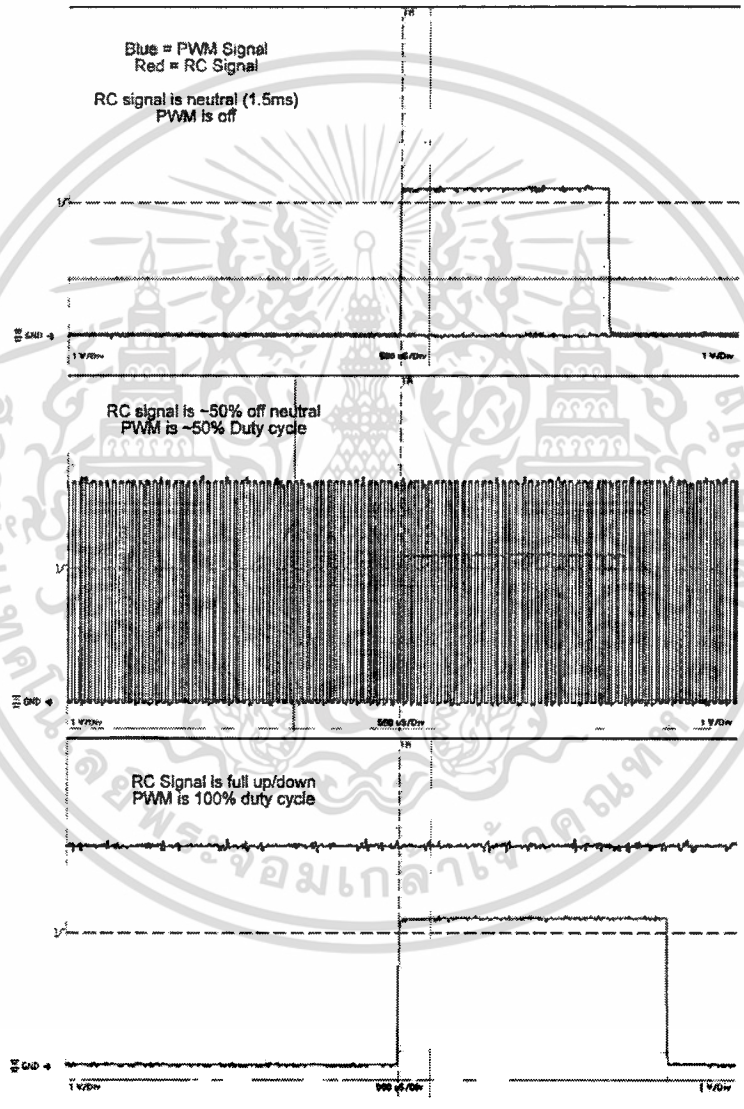
ถ้าต้องการควบคุมความเร็วมอเตอร์ๆสามารถใช้พัลส์ความกว้าง Modulation (PWM) ควบคุมมอเตอร์ด้วยตนเองตั้งชุดหุ่นยนต์กระดานอินเตอร์เฟซ RC ของเรา พัลส์ความกว้าง: เทคนิคที่ใช้ในการควบคุมการสลับเปลี่ยน DC-DC ที่รอบการทำงานของนาฬิกาขับรถสวิตช์ไฟหลักคือแตกต่างกันกับการโหลดเพื่อรักษาแรงดันเอาท์พุท เทคนิคที่ใช้ในการใช้งาน DC มอเตอร์ควบคุมแตกต่างกันไปรอบต่อนาทีมอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการที่จะอ่านและวัดความกว้างพัลส์ของตัวรับสัญญาณ RC จากนั้นจะต้องมีการแอบแฝงที่วงจร PWM หน้าที่ที่จะขับรถควบคุม PWM มอเตอร์ ภาพด้านขวาแสดงให้เห็นออก PWM เมื่อเทียบกับการป้อนข้อมูล RC สำหรับหนึ่งช่องทาง ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านสองช่องทาง RC และช่วยให้คุณ 2 PWM ผล เอาท์พุทไมโครคอนโทรลเลอร์ PWM สามารถตั้งค่าในฐานะที่สองควบคุมอิสระหรือช่องทางที่สามารถจะนำมาผสม นอกจากนี้ในการออก PWM แต่ละ PWM มีบิตทิศทางดังนั้นเมื่อติดตั้งในสิ่งที่ตรงกันข้ามบิตทิศทางที่อยู่ในระดับสูงเมื่อติดจะถูกผลักไปข้างหน้าเล็กน้อยทิศทางที่อยู่ในระดับต่ำ ไมโครคอนโทรลเลอร์ควรจะถูกตั้งโปรแกรมในการกรองและยกเลิกการอ่านที่ผิดปกติมากที่สุดหรือหายไปสัญญาณ PWM ที่มีเอาท์พุทจากไมโครคอนโทรลเลอร์ระดับ TTL เท่านั้น (5V ทรานซิสเตอร์ทรานซิสเตอร์ลอจิก) เพื่อที่จะขับมอเตอร์หรือโหลดอื่น ๆ ที่คุณจำเป็นต้องใช้สัญญาณ PWM TTL และขยายมัน PWMs ของเราได้รับการจัดอันดับสำหรับ 3Amps และการดำเนินงานใน 12-55VDC ซึ่งเป็นสิ่งที่ดีสำหรับ มอเตอร์ PWMs สามารถทำงานในแบบคู่ขนานนั่นคือ 2 PWMS ควบคุมมอเตอร์ขับออกของการส่งออกไมโครคอนโทรลเลอร์ PWM หนึ่ง นั่นคือมีทำงานสอง PWM ไปทางซ้าย 2 มอเตอร์ (หนึ่งต่อมอเตอร์) และจากนั้นสอง PWMs มอเตอร์ที่เหมาะสมเมื่อใช้ขนาดใหญ่ IG42 มอเตอร์



รูปที่ 3.16 Block Diagram อธิบายหลักการต่อเข้า Board Driver เบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ที่รวม 2x5 Sabertooth, Sabertooth 2x12, 2x25 SABERTOOTH หรือควบคุมมอเตอร์ Sabertooth 2x60 ทั้งควบคุมมอเตอร์มีโหมด RC ทั้งควบคุมมอเตอร์มีสองช่องทางเพื่อให้พวกเขาสามารถนำมาใช้ในการผสมสัญญาณวิทยุที่คุณสำหรับการขับขี่ลื่นไถลติดเดียวหรือพวกเขาสามารถทำงานได้อย่างอิสระ ตัวควบคุมเหล่านี้หรือไม่ ใช้งานได้ดีและง่ายต่อการขอขึ้นและได้รับการทำงาน ตัวควบคุมเหล่านี้ยังแหล่งจ่ายไฟ 5V ที่จะขับรถรับของคุณ แหล่งจ่ายไฟ 5V เป็น 1A สลับไฟฟ้าดังนั้นจึงควรจะใช้เฉพาะสำหรับรับสัญญาณที่ไม่มีการโหลดเพิ่มเติมเช่นเสียบเข้ากับตัวรับสัญญาณ (จะต้องการใช้ไฟ 5V แยกต่างหากถ้าต้องการที่จะเพิ่มเซอร์โวหนัก หรือหลายเซอร์โวงานเบา (สามารถใช้สูงสุด 850mA ตั้งแต่รับบางครั้งจะใช้เวลา 150mA) ไปช่องทางอื่น ๆ ของเครื่องรับ



รูปที่ 3.17 อธิบายหลักการทำงานของ PWM

Spektrum วิทยุบังคับชนิดซึ่งได้มีผลที่โดดเด่นด้วย มีความถี่ในการแพร่กระจาย Spektrum DSM2 กระโดด "เทคโนโลยีที่เราได้รับช่วงที่ดีและความน่าเชื่อถือโดยไม่คำนึงถึงระบบ 2.4GHz อื่น ๆ รอบ ๆ เช่น เราเตอร์เครือข่ายและโทรศัพท์. ประโยชน์อื่น ๆ ของ 2.4GHz เป็นเสียงมอเตอร์มากที่สุดและเสียงเครื่องจักรกล / รบกวนเป็นอย่างดีด้านล่างนี้ซึ่งความถี่ มักจะทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ 72

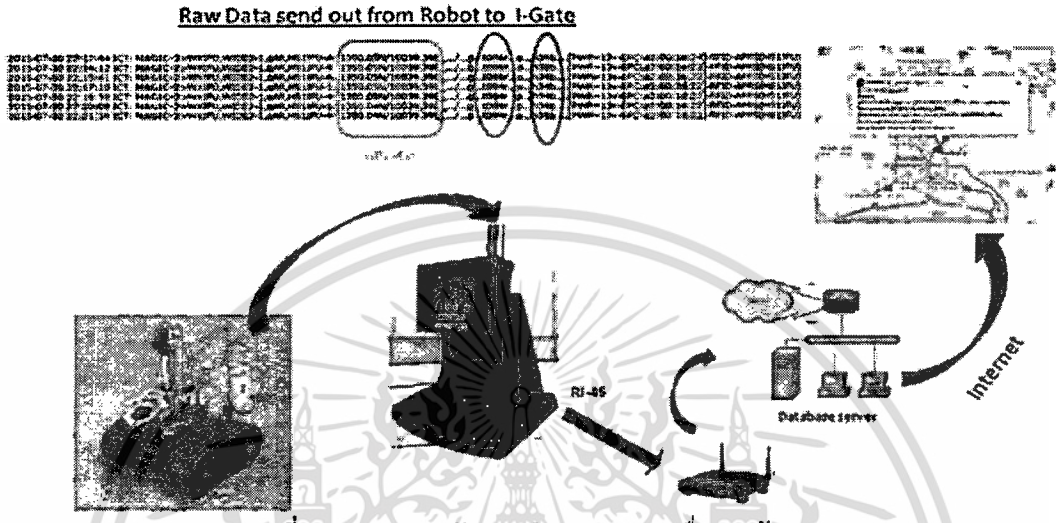
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 75MHz ระบบวิทยุ. เรามีหลายประเภทของผู้รับแต่ละคนมีข้อดีของตัวเองและข้อเสีย. สองคุณสมบัติที่ใหญ่ที่สุดที่คุณต้องการที่จะคิดเกี่ยวกับรับ RC มีวิธีการหลายช่องหุ่นยนต์จะต้องและวิธีการ หุ่นยนต์จะตอบสนองในกรณีของ RC ตัดการเชื่อมต่อปริมาณของช่องความถี่ที่จำเป็นขึ้นอยู่กับการทำงานของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์ที่เพียงต้องการที่จะขับรถจะต้องสองช่องสำหรับเคลื่อนไปข้างหน้าและเปิดในขณะที่หนึ่งที่ยังมี Pan / เอียง / ซูมกล้องจะต้อง 5. สามารถดูวิธีการนี้ได้อย่างรวดเร็วจะเพิ่มขึ้นเป็นฟังก์ชั่นที่เพิ่มขึ้น เรามีตัวรับสัญญาณที่มีความสูงที่สุดเท่าที่ 9 ช่องหรือต่ำเป็นสิ่งที่สองก็ต้องพิจารณาเป็นวิธีการที่หุ่นยนต์ควรจะตอบสนองในกรณีของ RC ตัดการเชื่อมต่อ นี้สามารถเกิดขึ้นด้วยเหตุผลที่แตกต่างกันจำนวนมากและมีแนวโน้มมากขึ้นแล้วคุณจะคาดหวัง หุ่นยนต์จะได้รับออกมาในช่วงของการควบคุมการควบคุมของคุณอาจทำงานออกจากแบตเตอรี่สิ่งที่อาจก่อให้เกิดการรบกวนกันระหว่างตัวควบคุมและหุ่นยนต์หรือสิ่งอื่นที่จะหยุดการสื่อสารเพื่อหุ่นยนต์และการควบคุมรับกับ failsafe SmartSafe จะมีที่ตั้งไว้ล่วงหน้าพวกเขาไปเมื่อพวกเขาสูญเสียการเชื่อมต่อในขณะที่คนโดยไม่ต้องจะตอบสนองโดยการเก็บรักษาการดำเนินการที่ผ่านมาพวกเขาได้รับคำสั่งโดยไม่ต้องรับ to.While failsafe SmartSafe มีราคาแพงน้อยกว่าพวกเขาจะนำมาใช้เฉพาะ หลังจากพิจารณาที่ดีสำหรับการประยุกต์ใช้หุ่นยนต์มีเริ่มต้นสำหรับหุ่นยนต์ที่จะกลับไปในกรณีของการสูญเสียของการสื่อสารเป็นสิ่งสำคัญมาก หนึ่งในตัวอย่างนี้จะคิดเกี่ยวกับหุ่นยนต์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อขับรถเร็วมากในขณะที่ขับรถออกไปจากตัวคุณเองคุณจะได้รับออกจากช่วงของการเชื่อมต่อการสูญเสียหุ่นยนต์และมันไม่ได้มีการรับ failsafe มันหุ่นยนต์จะช่วยให้การขับรถออกไปจากมันจนกระทั่งหุ่นยนต์จับมัน (สมมติว่าคุณสามารถ) และปิดหรือ มันไหลออกมาจากแบตเตอรี่ นี้สามารถเป็นอันตรายมากสำหรับหุ่นยนต์เป็นความสูญเสียในการควบคุมอาจนำไปสู่มันทำงานหัวเข้าไปในผนังหรือการจราจรที่เลวร้ายยิ่ง ด้วยการตั้งค่าสถานะ failsafe หุ่นยนต์อาจจะบอกว่าจะปิดมอเตอร์ จากนั้นก็อาจจะใช้เวลาไม่กี่ขั้นตอนและบอกหุ่นยนต์ที่จะหันไปรอบ ๆ และกลับมาแทนที่จะไล่มันลงถนน อีกโปรแกรมที่น่าสนใจของผู้รับ failsafe คือมันสามารถตั้งค่าใด ๆ ก็จะชอบ แต่แล้วเพียงแค่ทุกอย่างออก หากแบตเตอรี่ของรีโมตของคุณตายก็อาจตั้งค่าสถานะของมันเล่นจะเป็นความเร็วในการบินในครึ่งวงกลมที่มีไฟบนนี้จะช่วยให้หุ่นยนต์ที่จะไม่ลดลงจากช่วงและไฟทำให้มันง่ายต่อการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

การทดลองการส่งข้อมูลจากการวัดและส่งออกจากหุ่นยนต์ได้ผลการทดลองดังนี้



รูปที่ 4.1 อธิบายหลักการทำงานของการสื่อสารข้อมูล

ข้างบนเป็น Data Flow ที่อธิบายการส่งผ่านข้อมูลจากตัวหุ่นยนต์ ระยะไกล ที่ไม่ต้องมีอินเตอร์เน็ตในพื้นที่นั้นๆๆ

4.1 รายงานผลการทดลอง

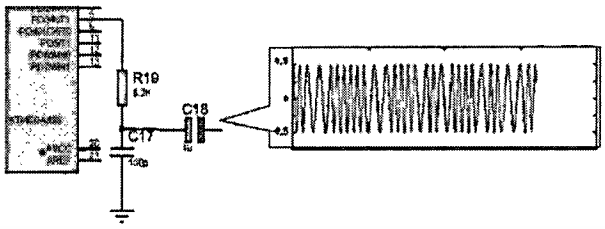
โดยรวมที่ได้ทำสำเร็จ และ มีการทดลองในสนามจริงแล้ว

1) Sensor วัดสภาพสิ่งแวดล้อมเช่น อุณหภูมิ รวมไป ถึงการบอกตำแหน่งของหุ่นยนต์ โดยใช้ GPS เพื่อการบันทึกข้อมูลใน Database Server จะใช้ Protocol ในการส่งข้อมูล แบบ Packet Radio AX.25 ผ่าน VHF โดยสามารถส่งไป ระยะทางมากกว่า 1 กิโลเมตร
2) การส่งข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าของตัวตรวจสารระเบิด *Odor sensing system, Electronic nose โดยเป็นการเชื่อมต่อในการรับข้อมูลผ่านทาง RS232 เข้าสู่ระบบการส่งข้อมูลของระบบสื่อสารข้อมูลของหุ่นยนต์ฯ นี้ ได้เตรียมไว้สำหรับเชื่อมต่อ
3) หุ่นยนต์ต้นแบบ ได้ถูกสร้างจนเสร็จและอยู่ในระหว่างทดสอบเพื่อปรับปรุง

อธิบายในส่วนของ Hardware Schematic Diagram จะไม่มีอุปกรณ์ประกอบมากมายและมีตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เท่านั้นที่ที่เป็น การออกแบบไม่มีอะไรซับซ้อนในส่วนของ Hardware ของ APRS Tracker การทำงานทั้งหมดโดยหน้าที่บทบาทใหญ่อยู่ที่ การเขียน Firmware ที่ต้องพยายามบีบอัดให้ทุกฟังก์ชั่นที่จำเป็นมาอยู่ในหน่วยความจำทั้งหมดให้ได้ ในส่วนของ Hardware ที่สร้างสัญญาณ AFSK (Audio Frequency Shift Keying) นั้น จะอธิบายในรูปที่ 40 จะสังเกตได้ว่ามีการสร้างสัญญาณเสียงในVoice mode ออกมาเข้าวงจร Low Pass filter ที่กรองความถี่ที่ต้องการเท่านั้นในความถี่ต่ำที่มี bandwidth ประมาณ 3400 Hz (R_{19}=8k2 C_{17}=0.1u) plus DC coupling

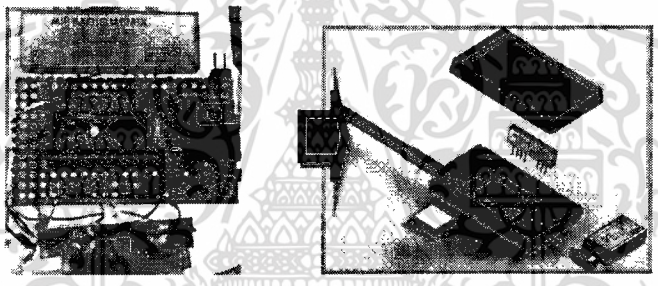
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(C_{18}=1u). และจะช่วยลดระดับความสูงของ Sine wave ไม่เกิน 500mV peak-peak ที่จะกำหนดจาก ชุด Radio Matrix 144.390 TX Module



รูปที่ 4.2 Output ของ AFSK ที่ออกจาก Digital I/O ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ช่วงแรกออกแบบให้มีขนาดเล็กมีน้ำหนักไม่เกิน 200-300 กรัมเพื่อที่จะนำไป ติดตั้งบนจักรยาน หรือยานพาหนะเพื่อทำการทดลองหาผลการส่งข้อมูลที่ได้ จาก NMEA ของ GPS ความเร็ว ทิศทาง และพิกัดของ ระยะการส่งสัญญาณ 300mW ใช้ Radio Matrix HX-1[11] โดยขั้นแรกได้นำ แสดงดังรูปที่ 4.1 เป็นต้นแบบที่ได้ออกแบบมาโดยขนาดย่อ

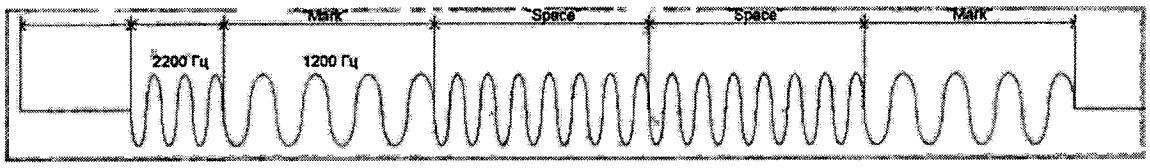


รูปที่ 4.3 ต้นแบบที่ได้ออกแบบย่อส่วนและการวาง Model เพื่อพัฒนาต่อยอด

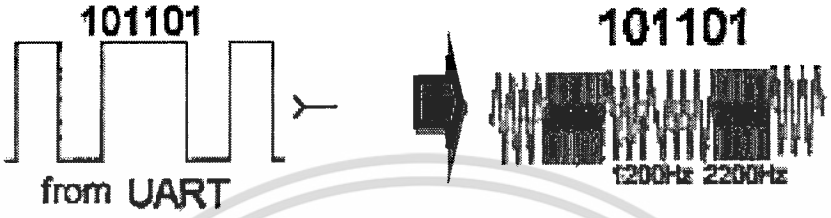
4.2 Software Programing Technique

การออกแบบ Hardware ใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ATMEGA328 [12] ซึ่งมีที่เก็บหน่วยความจำในส่วนของ Firmware 32KB แต่ ต้องแบ่งไปให้ Boot loader ประมาณ 5KB ดังนั้นก็เหลือพื้นที่ๆสามารถเขียนโปรแกรมได้เพียง 27KB หรือ น้อยกว่านั้น ดังนั้นการเขียนโปรแกรมก็จะมีความยุ่งยากเพราะต้องพยายามเอาโปรแกรมของ APRS ไปใส่เอาไว้ให้ได้ทั้งหมด การเขียน Firmware ต้องมีความระมัดระวังในเรื่องของการใช้ตัวแปรทั้งภายใน Routine และ Global Parameter โดยการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในการสร้าง APRS AX.25 Waveform 1200Hz และ 2200Hz ต้องอาศัยเทคนิค look up table เพื่อทำการสแกนตัวอักษรที่ส่งมาจากแหล่งข้อมูลเช่น NMEA data ตำแหน่งพิกัดมาเพื่อแปลงออกไปเป็น Audio Frequency Shift Keying (AFSK) โดยอาศัยหลักการที่กำหนดให้ความถี่ 1 เป็น 1200Hz และ 0 เป็น 2200 Hz โดยในรูปที่ 4.2 จะอธิบาย ข้อมูล binary sequence ของ 1001 modulated by FSK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างของสัญญาณ FSK 1001



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างของสัญญาณ FSK 101101

หัวใจหลักของการเขียนโปรแกรมที่ทำให้ข้อมูลสามารถเปลี่ยนจากข้อมูลแบบBinary มาเป็น ASFK นั้นต้องอาศัยการคำนวณออกจากสมการ ที่คำนวณออกมาเพื่อสร้างรูปแบบความถี่ แบบ Sine Wave โดยประกอบกับ ตาราง Sine wave แบบ Look up table ในรูปที่ 44 ที่จะเป็นการสร้าง carrier signal โดยการทำเช่นนั้นต้องทำให้มีการ สร้างเฟสที่ต่อเนื่อง และ ในแต่ละตัวอักษรที่ถูกเปลี่ยนจาก Binary นั้นต้องต่อเนื่องไม่ให้ขาดและจะขาดก็ต่อเมื่อจบข้อความ โดยการเปลี่ยนการเดินของINDEX หรือตัวชี้ให้เลื่อนไปเรื่อยหรือที่เรียกอีกแบบว่า Phase Delta ไม่ให้ขาดช่วงโดยต้องคำนวณให้ได้ PHASE_DELTA 1200 or 2200 Hz โดยมีเทคนิคการเขียน code ดังนี้

สมการ $SE_DELTA_Fg = Tt*(Fg/Fm)$

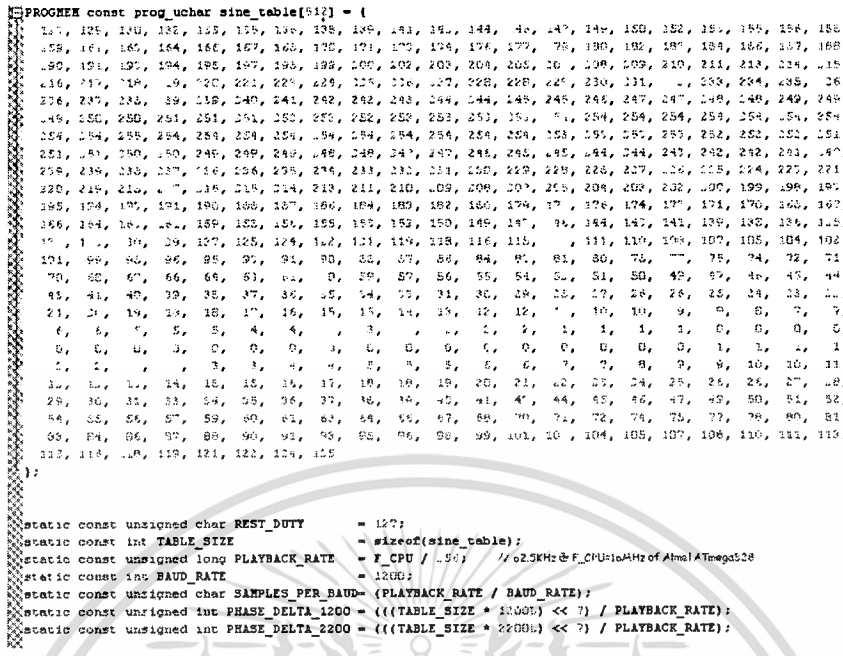
กำหนดให้

Tt = sine table size (TABLE_SIZE)

Fg = frequency of the output tone (1200 or 2200)

Fm = sampling rate (PLAYBACK_RATE_HZ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```
PROGMEM const prog_uchar sine_table[512] = {
  127, 129, 130, 132, 133, 135, 136, 138, 139, 141, 142, 144,  145, 147, 148, 150, 151, 153, 154, 156,
  157, 159, 160, 162, 163, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 173,  174, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 182,
  183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194,  195, 196, 196, 197, 198, 199, 199, 200,
  201, 201, 202, 202, 203, 203, 204, 204, 205, 205, 205, 206,  206, 206, 206, 207, 207, 207, 207, 207,
  207, 207, 207, 207, 207, 207, 206, 206, 206, 206, 205, 205,  205, 204, 204, 203, 203, 202, 202, 201,
  201, 200, 199, 199, 198, 197, 196, 196, 195, 194, 193, 192,  191, 190, 189, 188, 187, 186, 185, 184,
  183, 182, 181, 180, 179, 178, 176, 175, 174, 173, 171, 170,  169, 167, 166, 165, 163, 162, 160, 159,
  157, 156, 154, 153, 151, 150, 148, 147, 145, 144, 142, 141,  139, 138, 136, 135, 133, 132, 130, 129,
  127, 125, 124, 122, 121, 119, 118, 116, 115, 113, 112, 110,  109, 107, 106, 105, 103, 102, 101,  99,
   98,  97,  95,  94,  93,  92,  90,  89,  88,  87,  86,  85,   83,  82,  81,  80,  79,  78,  77,  76,
   75,  74,  73,  72,  71,  70,  69,  68,  67,  66,  65,  64,   63,  62,  61,  60,  59,  58,  57,  56,
   56,  55,  54,  53,  52,  52,  51,  50,  49,  49,  48,  47,   47,  46,  45,  45,  44,  43,  43,  42,
   42,  41,  41,  40,  40,  39,  39,  38,  38,  38,  37,  37,   37,  36,  36,  36,  36,  35,  35,  35,
   35,  35,  35,  35,  35,  35,  35,  35,  36,  36,  36,  36,   37,  37,  37,  38,  38,  38,  39,  39,
   40,  40,  41,  41,  42,  42,  43,  43,  44,  45,  45,  46,   47,  47,  48,  49,  49,  50,  51,  52,
   52,  53,  54,  55,  56,  56,  57,  58,  59,  60,  61,  62,   63,  64,  65,  66,  67,  68,  69,  70,
   71,  72,  73,  74,  75,  76,  77,  78,  79,  80,  81,  82,   83,  84,  85,  86,  87,  88,  89,  90,
   91,  92,  93,  94,  95,  96,  97,  98,  99, 100, 101, 102,  103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110,
  111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122,  123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130,
};


static const unsigned char REST_DUTY       = 127;
static const int TABLE_SIZE                = sizeof(sine_table);
static const unsigned long PLAYBACK_RATE   = F_CPU / 256;    // 62.5KHz @ F_CPU=16MHz of Atmel ATmega328
static const int BAUD_RATE                 = 1200;
static const unsigned char SAMPLES_PER_BAUD= (PLAYBACK_RATE / BAUD_RATE);
static const unsigned int PHASE_DELTA_1200 = (((TABLE_SIZE * 1200) << 7) / PLAYBACK_RATE);
static const unsigned int PHASE_DELTA_2200 = (((TABLE_SIZE * 2200) << 7) / PLAYBACK_RATE);
```

รูปที่ 4.6 โปรแกรมในส่วนที่ สร้าง Packet Radio , Modem.cpp

ไลบรารี่ที่ได้สร้างขึ้นเพื่อประกอบกันเป็น APRS Embedded แสดงในรูปที่ 4.7 ก็จะเห็นได้ว่ามีการสร้างไลบรารี่จำนวนมากเพื่อความสะดวกในการ debugging และการออกแบบ Firmware อย่างมีระบบ

รูปที่ 4.7 ไลบรารี่ ฟังก์ชั่นที่ได้สร้างขึ้นในการออกแบบ Firmware

หลังจากได้ออกแบบแล้วทดลองทำให้สามารถมีต้นแบบทั้งทางด้านHardware และ Firmware ที่สามารถนำไปประยุกต์เพื่อปรับเปลี่ยนและสร้างงานวิจัยไปเป็นการสร้างนวัตกรรมที่สืบเนื่องมาจากการออกแบบทั้งหมดที่ได้กล่าวไปข้างต้น มีการทดลองที่สามารถจำแนกออกตามการออกแบบสำหรับการทดลองจนมาเป็นงานวิจัยได้บทความทางวิชาการ อีกถึง 4 Papers ซึ่งเป็นผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ Journal และ Proceeding จากการประชุมทางวิชาการระดับชาติและนานาชาติ โดยจะแยกเป็นหัวข้องานวิจัย

4.3 งานวิจัยที่ได้รับจากการค้นคว้า

a. งานวิจัยชื่อ “USING RFID I2C NODE TO STORE SENSORS DATA FOR SMART FARMING PURPOSES” และได้รับการตีพิมพ์ในเอกสารทางวิชาการ *International*

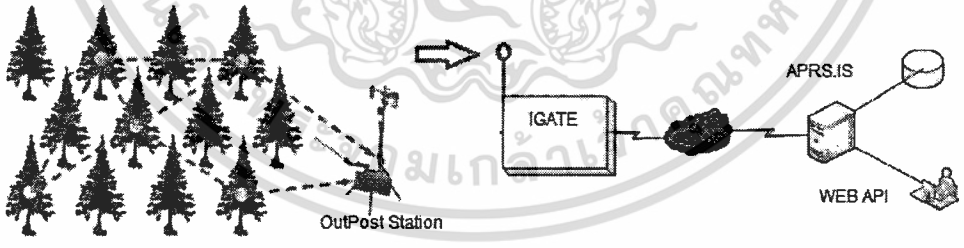
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Journal of Soft Computing and Artificial Intelligence, ISSN: 2321-404X, Volume-3, Issue-2, Nov-2015 เป็น งานวิจัยที่เกี่ยวกับการประยุกต์การใช้งานส่งข้อมูลอุณหภูมิ และ ความชื้น รวมไปถึงตำแหน่งพิกัดโดยเอา ค่า NMEA จาก GPS Module ที่ติดตั้งอยู่ในการแสดงให้เห็นการนำเอา APRS มาออกแบบ sensor node โดยออกแบบ Embedded Board

b. งานวิจัยชื่อ **"Building Automatic Packet Report System to report position and radiation data for autonomous robot in the disaster area"**. ตีพิมพ์ใน เอกสาร ทางวิชาการจาก งานประชุมทางวิชาการ In *Control, Automation and Systems (ICCAS), 2015 15th International Conference on* (Busan, Korea). มีการสำรวจพื้นที่และวัดค่าสารที่รั่วไหลแต่การวัดอาจจะเป็นอันตรายต่อคนที่จะเข้าไปวัดจึงได้มีแนวคิดที่ออกแบบหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ และมี GPS บอกพิกัดหลังจากวัดค่าที่ได้ ผ่าน APRS

c. งานวิจัยชื่อ **การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อการปลูกเห็ดระบบอัจฉริยะ** ตีพิมพ์ในเอกสารการประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 8 (ECTI-CARD 2016) เกี่ยวกับการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น เพื่อใช้ในโรงเรือนปลูกเห็ด โดยประยุกต์ใช้งานกับระบบ APRS โดยอาศัยการบันทึกข้อมูลลง Database Server มาเป็น ระบบการบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ*(ECTI-CARD 2016) **รางวัล Best Paper Award

d. งานวิจัยชื่อ **The growth rate tracking system of the tree in Forest industry** ตีพิมพ์ใน proceeding ของ งาน International Conference on Intelligent System and Image Processing (ICISIP 2016, Kyoto Japan) เป็นการการทดลองเป็นการใช้ข้อได้เปรียบของ APRS ที่สามารถส่งข้อมูลระยะไกล เพื่อส่งข้อมูลจากเซนเซอร์ที่ใช้การวัดขนาดลำต้นต้นไม้ยูคาลิปตัส ในการทำอุตสาหกรรมป่าไม้ ที่นำเอาไปทำเยื่อกระดาษ แสดงในรูป



รูปที่ 4.8 การทดลองของงานวิจัยการวัดขนาดต้นไม้

โดยทำการการทดลอง 4 แบบ และได้ดำเนินการทดลองในหลายพื้นที่เพื่อทดลองหาผลการทดลองตามที่ได้คาดหวังไว้ในการออกแบบแต่แรกที่ต้องการส่งข้อมูลพิกัดและข้อมูลการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในการทำโครงงานเรื่อง เป็นการนำอุปกรณ์ที่อยู่ในตลาดของเครื่องจักรกล มาประยุกต์เข้ากับการออกแบบ เพื่อพัฒนาให้ดึงดูดความสนใจของการนำหุ่นยนต์มาใช้ในการกู้ภัยหรือทางการทหารได้ โดยทางผู้พัฒนาได้ศึกษาการตรวจจับและการเก็บกู้ระเบิด และสร้างโปรแกรมการส่งข้อมูลระยะไกลขึ้นมาในการพัฒนาโปรแกรม ในขั้นตอนแรก จะเริ่มรับข้อมูลการเคลื่อนไหวและการควบคุมระยะไกล คอมพิวเตอร์จะประมวลผลให้เริ่มตรวจจับโดยส่งข้อมูลการเคลื่อนไหว เพื่อนำมาเปรียบเทียบว่าการเคลื่อนไหวที่ได้รับมานั้นตรงตามการเคลื่อนไหวที่ได้ทำการบันทึกไว้หรือไม่ โดยตรวจสอบจากตำแหน่งอยู่ในรัศมีการเคลื่อนไหวที่กำหนดไว้

โครงงานนี้เหมาะสำหรับการผลิตต่อยอดในอนาคตเพื่อสร้างศักยภาพของทางการทหารที่เราไม่มีอุปกรณ์ที่ราคาถูกใช้ โดยการใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการพัฒนาเพื่อการกู้ภัยในการเก็บกู้ระเบิดเพื่อเพิ่มผลประกอบการให้แก่ธุรกิจภายในประเทศต่อไป

5.1 บทสรุป

จากการพัฒนาจนถึงปัจจุบัน สามารถพัฒนาเครื่องได้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยทางผู้พัฒนาได้แบ่งการพัฒนาออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

5.1.1 ส่วนการควบคุมผ่านทางวิทยุ

จะสามารถควบคุมให้มีระยะที่ปลอดภัยหากมีการระเบิดของวัตถุต้องสงสัย

5.1.2 ส่วนการประมวลผล

1. สามารถตรวจจับ
2 สามารถตรวจจับและระบุตำแหน่ง
3. สามารถบันทึกตำแหน่ง
4. สามารถตรวจจับและเปรียบเทียบ
5. สามารถประมวลผลได้แบบเรียลไทม์
6. สามารถจับภาพและนำมาแสดงในภายหลังได้

5.1.3 ส่วนการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์

1. สามารถเชื่อมต่อข้อมูลระหว่าง หุ่นยนต์โดยใช้ วิทยุ 2.4 GHz ที่เข้ารหัสแบบดิจิตอล PCM

2. สามารถเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างโปรแกรม Packet Radio

5.2 ปัญหาอุปสรรค และแนวทางการแก้ไข

1. ปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงแรก ไม่สามารถจัดหาวัสดุมาทำการทดลอง เพราะว่าไม่สามารถเบิกเงินล่วงหน้าได้จากงบประมาณ จึงต้องทำการยืมเงินส่วนตัวมาทำการจัดหาและเกิดความล่าช้าเพราะว่าต้องสั่งของบางอย่างไม่ได้เพราะว่ามีราคาแพง และ บางชิ้นต้องสั่งจาก ต่างประเทศ รวมไปถึงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างต้องใช้ Machine Shop ที่อยู่ห่างไกลจาก สถาบันฯ ทำให้ต้องเดินทางและขนย้ายการทำงานไปหลายๆที่ทำให้เกิดการล้าช้าในการทดลอง

2. เนื่องจากจุดอ้างอิงของกล้อง Kinect อยู่บนตัวกล้อง ทำให้ระยะการยืนห่างจากกล้อง Kinect ส่งผลต่อตำแหน่งของข้อต่อบนร่างกาย เกิดความคลาดเคลื่อนสูงมาก ไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบกันได้ จึงแก้ปัญหาโดยการเขียนโปรแกรมเพื่อย้ายจุดอ้างอิงมาอยู่บนตัวผู้เล่น คือที่ตำแหน่งข้อต่อ Shoulder Center เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบจากระยะการยืน และทำให้สามารถนำโครงร่างมาเปรียบเทียบกันได้

3. มอเตอร์เกิดอาการร้อนเมื่อพยายามล็อคแกนไม่ให้หมุนโดยการจ่ายไฟทิ้งไว้ตลอดเวลา จึงแก้ปัญหาโดยทำการช็อตวงจรลงกราวด์เมื่อต้องการหยุดมอเตอร์ แต่ในกรณีแบบนี้จะทำให้ไม่สามารถรับน้ำหนักมากๆได้ เพราะแกนหมุนไม่ได้ถูกล็อคจริงๆ

4. มอเตอร์ที่ใช้แรงบิดน้อยเกินไป ไม่สามารถรับน้ำหนักมากๆได้ จึงทำการเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่

5. กระบอกรับของมีน้ำหนักค่อนข้างมาก การแก้ไขด้วยการยึดแผ่นไม้ให้แน่นมากขึ้น

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ปัญหา ในโครงการต่อไป อยากให้มีการพัฒนาการเบิกจ่ายที่รวดเร็ว การใช้เครื่องมือในส่วนของ Machine Shop น่าจะมีเปิดให้ใช้เครื่องมือของสถาบันฯและเครื่องมือเหล่านั้นน่าจะมีการบำรุงรักษาที่ดีมากขึ้น

การออกแบบสร้างสามารถหาอุปกรณ์ที่มีภายในประเทศและมีการพัฒนาให้มีรูปแบบให้เหมาะสมทั้งขนาดและการใช้งานตามพื้นที่นั่นๆ

1. พัฒนาให้มีการลดต้นทุนจากกการผลิตจำนวนมาก
2. พัฒนาให้มีความง่ายต่อการควบคุมในอนาคต
3. พัฒนาให้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ๆมีความลาดชั้นมากๆได้โดยต่อขาหลัง
4. นำเครื่องไปประยุกต์ใช้กับการประชาสัมพันธ์บริษัท หรือผลิตภัณฑ์อื่นๆ
5. นำไปใช้ในการสนับสนุนและพัฒนาต่อยอดในทางธุรกิจ
6. เพื่อเพิ่มโอกาสทางการตลาด,วิเคราะห์แล้วนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ต่อไป
7. พัฒนาส่วนของ User Interface ให้ใช้งานง่ายยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] Johnson, N. L. "History and consequences of on-orbit break-ups." *Advances in Space Research* 5.2 (1985): 11-19.

[2] Jansson, Dick. "Spacecraft technology trends in the amateur satellite service." (1987).

[3] Sarkissian, John M. "The Search for the Apollo 11 SSTV Tapes." (2006).

[4] Levit, Creon, and William Marshall. "Improved orbit predictions using two-line elements." Advances in Space Research 47, no. 7 (2011): 1107-1115.

[5] Sebastian Stoff , "Orbitron - Satellite Tracking System", http://www.stoff.pl/

[6] Dr. T.S. Kelso, "NORAD Two-Line Element Sets Current Data", http://www.celestrak.com/NORAD/elements/

[7] Richard G. Desaulniers, VE2DX, "DUAL Azimuth control protocol", June 18th 2011 http://www.radioamateur.org/les-news-radio/userfiles/reference%20dual%20az%20protocol%20v2_0_0.pdf

[8] OSCAR (Orbiting Satellite Carrying Amateur Radio) From Wikipedia, the free encyclopedia Item 2.2 Doppler Shift Formula available online: https://en.wikipedia.org/wiki/OSCAR

[9] A close up of Doppler Shift webpage, June 2012. Available online http://www.qsl. net/vk3jed/doppler.html.

[10] Recuenco, Alberto Martín. "SSETI Groundstation." PhD diss., Master's thesis, supervised by M. Fischer and AL Scholtz, TU Wien, Institut für Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik, (2008):15-18

[11] Rego, Pablo Vieira. "Integrating 8-bit AVR Micro-Controllers in Ada." *ADA USER* 33.4 (2012): 68-73

[12] Kargov, A., Pylatiuk, C., Klosek, H., Oberle, R., Schulz, S., & Bretthauer, G. (2006, September). Modularly designed lightweight anthropomorphic robot hand. In *Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, 2006 IEEE International Conference on* IEEE. (2006):155-159

[13] Benosman, Mouhacine, and G. Le Vey. "Control of flexible manipulators: A survey." *Robotica* 22.05 (2004): 533-545.

[14] Shiroma, Wayne A., Larry K. Martin, Justin M. Akagi, Jason T. Akagi, Byron L. Wolfe, Bryan A. Fewell, and Aaron T. Ohta. "CubeSats: A bright future for nanosatellites." Central European Journal of Engineering 1, no. 1 (2011): 9-15.

[15] ADDAIM, Adnane, Abdelhak KHERRAS, Abdelhafid ER-RADI El Bachir ZANTOU, and Ecole Mohammedia d'Ingénieurs. "Design of APRS Network using Low Cost

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nanosatellite." *In The Seventh IFIP International Conference on Mobile and Wireless Communications Networks (MWCN 2005),* Marrakech, Morocco. 2005.

[16] D. De Donno, L. Catarinucci, and L. Tarricone, "A Battery-Assisted Sensor-Enhanced RFID Tag Enabling Heterogeneous Wireless Sensor Networks," *IEEE Sensors Journal*, vol. 14, no. 4, pp. 1048-1055, April 2014.

[17] ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH[online].Available:http://www.atmel.com/devices/atmega328p.aspx

[18] DHT11-Humidity&Temperature Sensor Datasheet [online].Available: http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf

[19] J.Parthasarathy Member Technical Staff, Sun Microsystems Pvt ltd, India, Divyasree chambers, off-Langford road, Bangalore-560027, India. "POSITIONING AND NAVIGATION SYSTEM USING GPS" *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Volume XXXVI, Part 6, Tokyo Japan 2006

[20] Brock, David L. "The electronic product code (epc)." Auto-ID Center White Paper MIT-AUTOID-WH-002 (2001).

[21] HX1 RadioMetrix VHF Narrow Band FM High Power (300mW) Datasheet [online]. Available:http://www.radiometrix.com/files/additional/hx1.pdf

[22] AS3992 UHF Reader IC EPC Class 1 Gen 2 Compatible Reader IC module [online].Available http://ams.com/eng/Products/UHF-RFID/UHF-RFID-Reader-ICs/AS3992

[23] Wheeler, Harold. "The radiansphere around a small antenna." *Proceedings of the IRE 47*, no. 8 (1959): 1325-1331.

[24] Rubber Ducky Antenna information detail [online].Available:http://www.abominablefirebug.com/RDuckey.html

[25] APRS.fi APRS Database Web-Server [online].Available: http://aprs.fi/page/about_technical

[26] Jayavardhana Gubbi a , Rajkumar Buyya b,* , Slaven Marusic a , Marimuthu Palaniswami a "Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions" *Future Generation Computer Systems 29* (2013) 1645–1660 journal homepage: www.elsevier.com/locate/fgcs

[27] DSM Radio Controller [online].Available: http://www.spektrumrc.com/ProdInfo/Files/DX5eUserGuide.pdf

[28] Sabertooth Driver manual [online].Available: https://www.dimensionengineering.com/datasheets/Sabertooth2x25.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เวลาที่ใช้ในการวิจัย

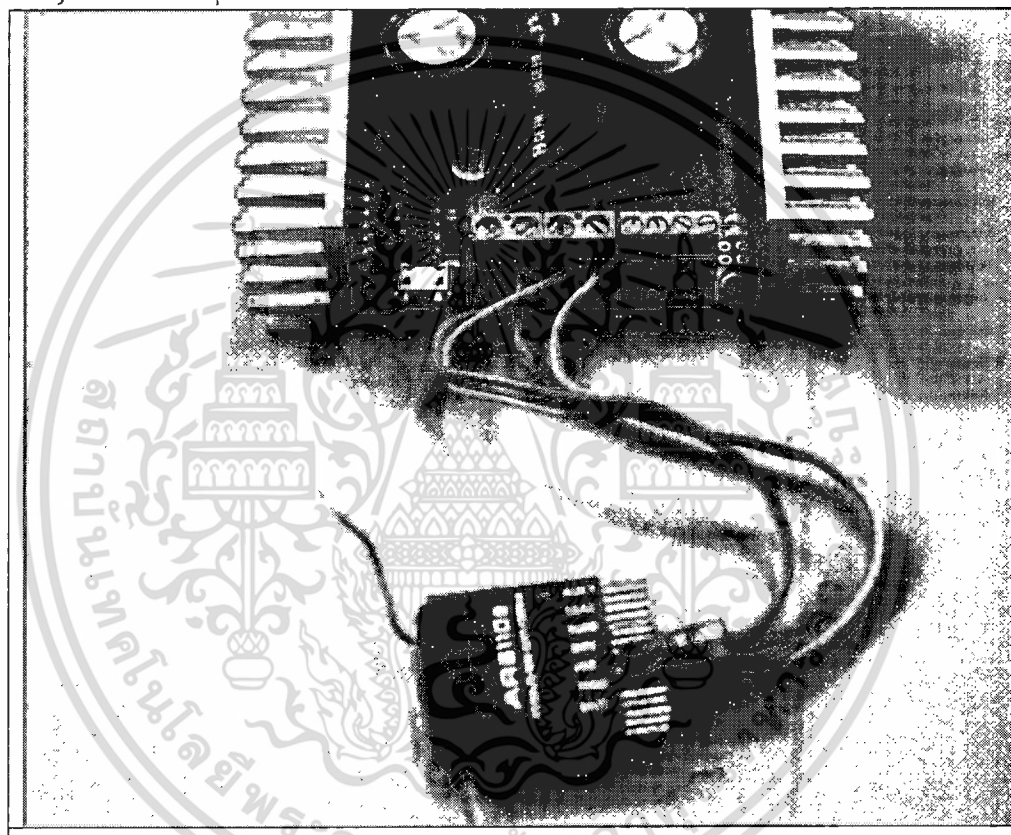
การดำเนินงาน	ระยะเวลา												หมายเหตุ
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
ศึกษารวบรวมและรายละเอียดเพื่อการออกแบบ													
ออกแบบโครงสร้างแบบแพลตฟอร์ม													
จัดหาวัสดุและอุปกรณ์สำหรับประกอบชุดต้นแบบ													
ดำเนินการสร้างต้นแบบ													
ส่งรายงานความคืบหน้า 6 เดือนแรก													
ทดสอบใน LAB และภาคสนาม เพื่อหาข้อบกพร่องและปรับปรุง													
วิเคราะห์ผล และปรับปรุงแก้ไข ส่งมอบต้นแบบ													
สรุปผลงานวิจัย													
ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์สิ้นสุดโครงการ													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข เอกสารข้อมูลของ Motor Diver

1. Radio Control

Radio Control uses R/C (servo) pulses to send commands to the Sabertooth 2x32. These signals are generated by R/C transmitters and receivers, or by microcontrollers. Anything that can generate servo signals can be used to drive a Sabertooth in Radio Control mode. In Radio Control mode the S1, S2, and A2 inputs are set up to read R/C pulses. The A1 input is set up as an analog input and can be used with a potentiometer for an adjustable ramp rate.



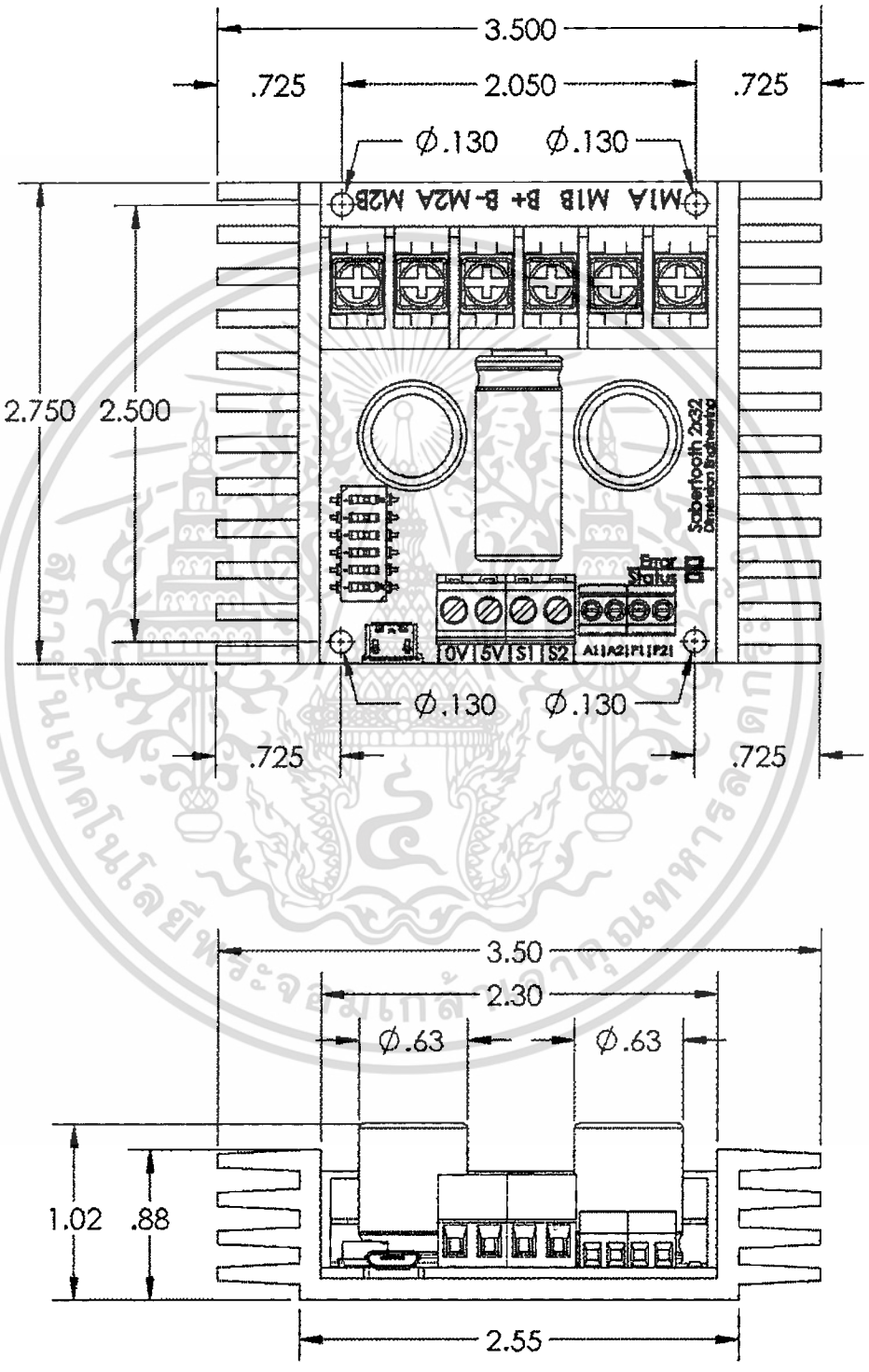
A radio receiver being used to control a Sabertooth 2x32

R/C signals are typically carried on servo pigtails, which are three wires. The brown wire is ground, and connects to 0V. The red wire connects to 5V. The orange or white wire carries the signal, and connects to S1, S2 or A2. Sabertooth 2x32 will power a receiver, so no separate receiver battery is required.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

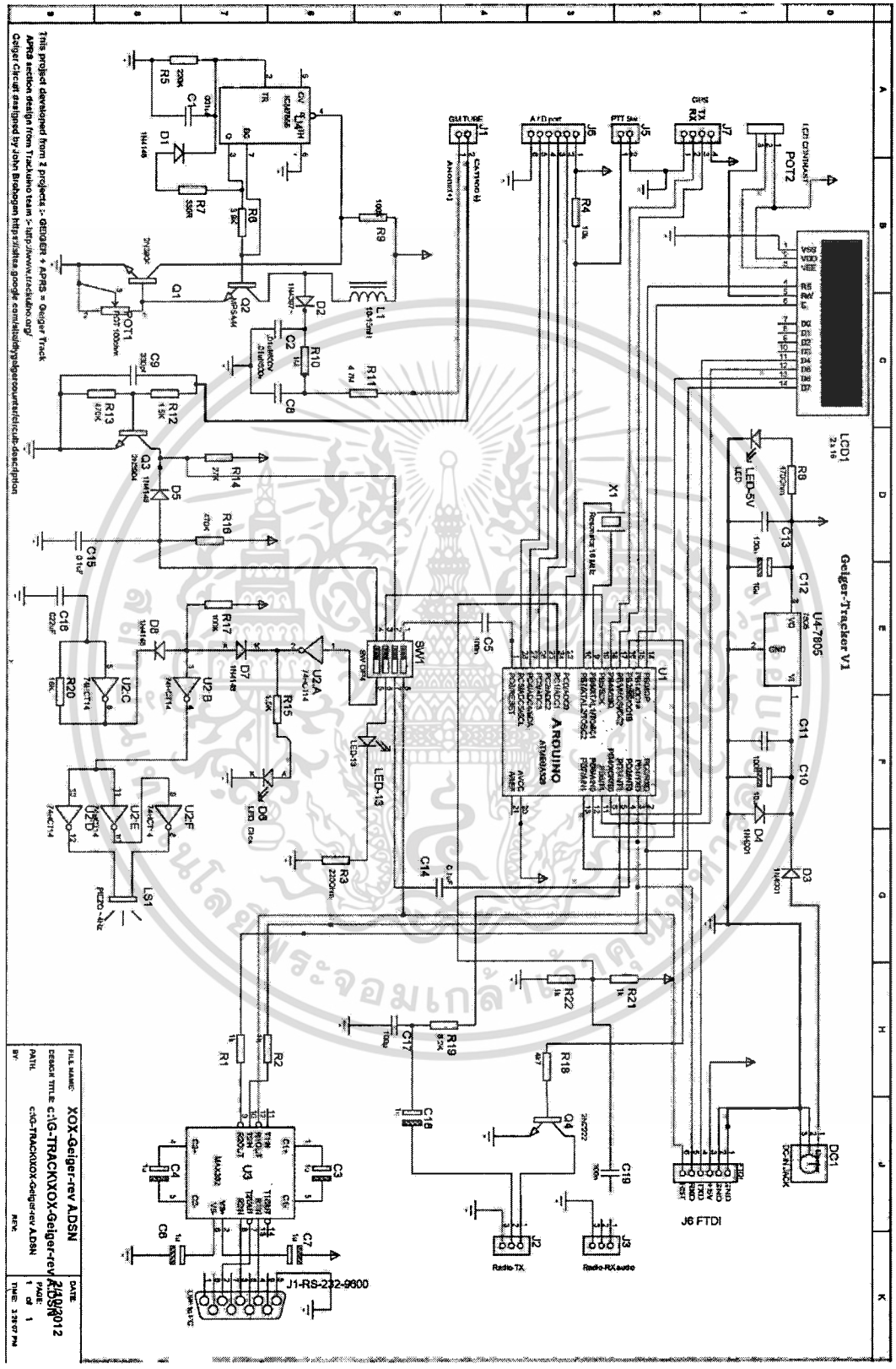
2. Drawings

3D models in IGES, STL and Solidworks formats are also available on Dimension Engineering's web site.



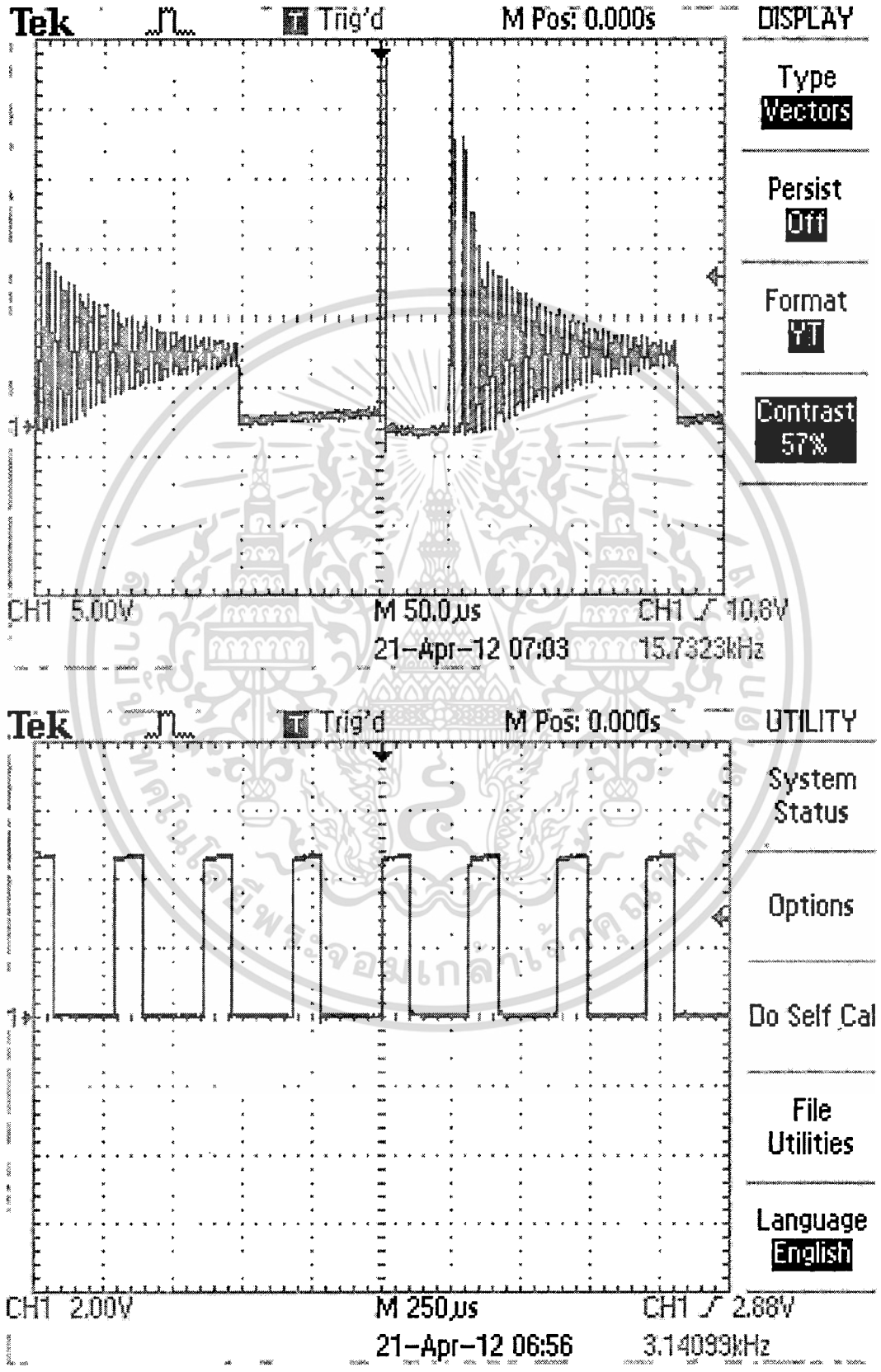
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค วงจรของระบบการวัดเซ็นเซอร์และส่งข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง รูปคลื่นสัญญาณการวัดเซ็นเซอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ มิตะถา**

ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) **Associate Professor Dr. Somsak Mitatha**

2. เลขหมายบัตรประจาตัวประชาชน 3 1006 02833 15 2
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์โทรสารและไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์

สถานที่ติดต่อ: **ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์** คณะ **วิศวกรรมศาสตร์**
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุงลาดกระบังกรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์: **02-7392400-3**

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญาตรี: **Television Technology คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

ระดับปริญญาโท: **Computer Engineering คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

ระดับปริญญาเอก: **Computer Engineering คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

5. ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและ/หรือที่ผ่านมาทั้งภายในและภายนอกประเทศ

- ***ประวัติการทำงานด้านวิชาการ***

2528	บรรจุเป็นข้าราชการ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2540	ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2542	ดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- ***ประวัติการทำงานด้านบริหาร***

2540 - 2542	ดำรงตำแหน่ง เลขานุการภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
2542 - 2546	ดำรงตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
2543	ผู้เชี่ยวชาญไจก้าประเทศที่สาม โครงการร่วมมือสามฝ่าย (ลาว-ไทย-ญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจำที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตย-ประชาชนลาว (สปป.ลาว)

2548 - 2549 ผู้เชี่ยวชาญไจก้าประเทศที่สาม โครงการร่วมมือสามฝ่าย (ลาว-ไทย-ญี่ปุ่น) ประจำที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยแห่งชาติลาว ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตย-ประชาชนลาว (สปป.ลาว)

2549-2550 ดำรงตำแหน่งรองคณบดี รับผิดชอบงานกิจการนักศึกษา งานวิเทศสัมพันธ์ และ งานประชาสัมพันธ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- ***ตำแหน่งปัจจุบัน***

2542 - ปัจจุบัน ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการกำกับมาตรฐานวิชาการ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาการสารสนเทศคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

2543 - ปัจจุบัน ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการกำกับมาตรฐานวิชาการ คณะบริหารธุรกิจ สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

2543 - ปัจจุบัน ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการกำกับมาตรฐานวิชาการ สาขาวิชา คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาการสารสนเทศคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

2542 - ปัจจุบัน ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการพิจารณาขอผลงานวิชาการ สาขาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ของคณะกรรมการข้าราชการครู (กค.) กระทรวงศึกษาธิการ

2548 - ปัจจุบัน ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการพิจารณาขอผลงานวิชาการ สาขาวิศวกรรม คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีภาคตะวันออก

2548 - 2550 ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการพิจารณาขอผลงานวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2550 - ปัจจุบัน ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการกำกับมาตรฐานวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย จังหวัดเชียงราย

2548 - ปัจจุบัน ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการกำกับมาตรฐานวิชาการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต

2551 ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงาน สถาบันของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สจล.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เลขที่เอกสาร 01274/25519(01))

2551 ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งคณะกรรมการประเมินผลการปฏิบัติงานของพนักงาน

สถาบันของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สจล. (เลขที่เอกสาร 01275/25519(01))

2552 -ปัจจุบัน ได้รับแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาองค์การนักศึกษาปีการศึกษา 2552

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง(เลขที่เอกสาร 0829.01/2552)

- งานวิจัย
  - Optical Character Recognition
  - Embedded System Design
  - Microprocessor and Microcomputer Applications
  - Optical Communications
  - Information Technology
- ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์
  - ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ ภายในประเทศ 25 เรื่อง
  - ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ระดับนานาชาติเรื่องสั้น(Shot Paper) 55 เรื่อง
  - ผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ระดับนานาชาติเรื่องยาว(Full Paper) 12 เรื่อง
  - สิทธิบัตร 1 เรื่อง
- ตำรา

- รองศาสตราจารย์ สมศักดิ์ มิตะถา,"การออกแบบวงจรดิจิตอลและวงจรตรรก",คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 411 หน้า, สิงหาคม 2543.
- รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มิตะถา,"การออกแบบวงจรดิจิตอลและวงจรตรรก(ฉบับปรับปรุงใหม่), คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 4xx หน้า, ตุลาคม 2551. (Proof Reader)
- รองศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ มิตะถา,"การวิเคราะห์และออกแบบวงจรดิจิตอลลอจิก", คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 5xx หน้า,
  ตุลาคม 2551.(Proof Reader)

- ***ประสบการณ์***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หัวหน้าโครงการศึกษาการใช้งานและความต้องการทางเทคโนโลยีของระบบสมองกลฝังตัวในอาคารอัจฉริยะ(Embedded System for Intelligent Building) ภายใต้โครงการระบบสมองกลฝังตัว ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ ปี 2551
- หัวหน้าโครงการจัดทำแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ของกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ. 2551-2556 กระทรวงแรงงาน
- หัวหน้าโครงการวิจัยการจดจำตัวพิมพ์อักษรไทยโดยใช้ทษฎีราฟเซ็ต (Printed Thai Character Recognition using Tolerant Rough Sets) ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2551สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ผู้ช่วยหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัย โครงการสำนักวิจัยการสื่อสารและเทคโนโลยีสารสนเทศ(ReCCIT) ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- หัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัยทางฮาร์ดแวร์ทางวิศวกรรมคอมพิวเตอร์และห้องปฏิบัติการ Hybrid Computing Research Laboratory(HCRL) ของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- หัวหน้าโครงการวิจัย แพลทฟอร์มของระบบสมองกลฝังตัวสำหรับเครือข่ายอุปกรณ์ไร้สาย -
  โดยใช้มาตรฐานซิกบี (Embedded system platform for wireless sensor network using Zigbee technology) ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2552 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- ผู้ทรงคุณวุฒิกรรมการในการดำเนินงานโครงการพัฒนาทักษะทางด้านดนตรีในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 90 โรงเรียน กิจกรรมพัฒนาทักษะดนตรีด้วยเทคโนโลยี (E-Learning)
  สำนักการศึกษา กรุงเทพมหานคร (เอกสารเลขที่ กท 0804/1767 กรกฎาคม 2552)
- ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการจ้างโครงการพัฒนาขีดความสามารถและมาตรฐานการคมนาคมทางบกเมืองพัทยา ในฐานะคณะกรรมการดำเนินการประมูลด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (เอกสารเลขที่ ชบ 52302/4771 กรกฎาคม 2552)
- ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการจ้างที่ปรึกษาโครงการว่าจ้างที่ปรึกษาเพื่อออกแบบระบบรถไฟฟ้าเบื้องต้นเมืองพัทยา ในฐานะคณะกรรมการดำเนินการจ้างที่ปรึกษา (เอกสารเลขที่ ชบ 52302/ กรกฎาคม 2552)
- ผู้เชี่ยวชาญดำเนินการจ้างที่ปรึกษาโครงการว่าจ้างที่ปรึกษาพัฒนาประสิทธิภาพการกู้ภัยทางทะเลเมืองพัทยา ในฐานะคณะกรรมการดำเนินการจ้างที่ปรึกษา (เอกสารเลขที่ ชบ 52302/5933 กรกฎาคม 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หัวหน้าโครงการวิจัย ระบบ Hybrid Intelligent สำหรับการทำนายอนุกรมเวลาโดยใช้ ANFIS และ DNA Coding Method ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ ปีการศึกษา 2553 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- หัวหน้าโครงการจัดทำระบบฐานข้อมูลทะเบียนประวัติข้าราชการพลเรือนในสถาบันอุดมศึกษาเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์สำนักงานคณะกรรม การการอุดมศึกษา (3 กุมภาพันธ์ 2553)
- หัวหน้าโครงการจัดทำเว็บไซต์โครงการระบบขนส่งทางรถไฟเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและสถานีรับส่งผู้โดยสาร ท่าอากาศยานในเมือง การรถไฟแห่งประเทศไทย (2 มีนาคม 2553)
- หัวหน้าโครงการศึกษาและออกแบบโครงสร้างสถาปัตยกรรมข้อมูล (Data Architecture) สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (3 มีนาคม 2553)
- หัวหน้าโครงการจัดทำแผนรับสถานการณ์ฉุกเฉินจากภัยพิบัติระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (IT Contingency Plan) กรมสรรพสามิต (7 เมษายน 2553)
- หัวหน้าโครงการจัดจ้างที่ปรึกษาสำหรับบริหารโครงการ E-Passport กรมการกงสุล กระทรวงการต่างประเทศ (22 กรกฎาคม 2553)
- หัวหน้าโครงการจัดจ้างที่ปรึกษาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมทรัพย์สินทางปัญญา (15 พฤศจิกายน 2553)
- หัวหน้าโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศศูนย์ปฏิบัติการ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (7 มีนาคม 2554)
- หัวหน้าโครงการจ้างคณะที่ปรึกษาด้านระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานประกันสังคม (8 เมษายน 2554)
- หัวหน้าโครงการคูปองนวัตกรรม เรื่องโปรแกรมระบบสนับสนุนข้อมูลผู้บริหารสถาบันอุดมศึกษา (4 สิงหาคม 2554)
- หัวหน้าโครงการเสริมสร้างและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยในพื้นที่องค์การบริหารส่วนจังหวัดสมุทรปราการ (14 ธันวาคม 2554)
- หัวหน้าโครงการจัดจ้างที่ปรึกษาสำหรับบริหารโครงการ E-Passport II กรมการกงสุล กระทรวงการต่างประเทศ (สิงหาคม 2555-ปัจจุบัน)
- หัวหน้าที่ปรึกษาโครงการ"การออกโครงข่ายโทรคมนาคมและศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม" การรถไฟแห่งประเทศไทย (2555)
- หัวหน้าโครงการพัฒนาระบบสารสนเทศศูนย์ปฏิบัติการ การรถไฟแห่งประเทศไทย (7 มีนาคม 2554-2556)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หัวหน้าโครงการพัฒนาออกแบบระบบสารสนเทศศูนย์ปฏิบัติการ การนิคมอุตสหกรรมแห่งประเทศไทย (2556)
- หัวหน้าโครงการ"จ้างที่ปรึกษาเพื่อพัฒนาระบบสารเทศต้นแบบเพื่อบริการงานประกันสังคมสำหรับนายจ้างและผู้ประกันตนในสถานประกอบการ" สำนักงานประกันสังคม กระทรวงแรงงาน(2556)
- หัวหน้าที่ปรึกษาโครงการศึกษาความเป็นไปได้เกี่ยวโทรทัศน์เกษตร สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2556)
- ที่ปรึกษาหัวหน้าโครงการพัฒนาออกแบบระบบสารสนเทศศูนย์ปฏิบัติการ กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2557)

ผู้ร่วมวิจัย (1)

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **นายนิมิตร หงษ์ยิ้ม**
   ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Nimit Hongyim
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3101702431464
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวกพร้อมหมายเลขโทรศัพท์โทรสารและไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์
   สถานที่ติดต่อ: **ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์** คณะ **วิศวกรรมศาสตร์**
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   ถนนฉลองกรุงลาดกระบังกรุงเทพฯ 10520
   โทรศัพท์: 081-9639422
   Email: **nimith@siamsq.net**
4. ประวัติการศึกษา:
   - **สำเร็จปริญญาตรี (2539) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง**
   - **สำเร็จปริญญาโท (2559) ภาควิชาบริหารธุรกิจ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**
   - **นักศึกษาปริญญาโท (2558) ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง**
5. ประสบการณ์งานวิจัย:
   - งานวิจัยหัวข้อ" *Building Automatic Packet report System to report Position and Radiation data for Autonomous Robot in Disaster Area*" ที่จะนำเสนอใน "2015 15th International Conference on Control, Automations and System (ICCAS 2015) ของ Institute of Control Robotics and System (ICROS) ที่ Bexco, Busan, Korea

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานวิจัยหัวข้อ" *Using New Generation I²C-RFID Wireless Sensors Node for Smart Farming purposes*" ที่จะนำเสนอใน "2015 38th Electrical Engineering Conference (EECON38 2015) ของ Institute of Electrical Engineering ที่ จังหวัด อยุธยา

ผู้ร่วมวิจัย (2)

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) **นายสรยุทธ กลมกล่อม**
   ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) **Mr. Sorayut Glomglome**
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5 1102 00028 02 2
3. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)
   สถานที่ติดต่อ: **สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์** คณะ **วิศวกรรมศาสตร์**
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   ถนนฉลองกรุง ลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
   โทรศัพท์: -
   โทรศัพท์มือถือ: **08-5806-5529**
   E-mail **sorayutg@gmail.com**
4. ประวัติการศึกษา
   ระดับปริญญาตรี: วศ.บ. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
   ระดับปริญญาโท: วศ.ม. วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. ประสบการณ์งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ/หรือที่ผ่านมา ทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ
   ในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

- *ประวัติการทำงานด้านวิชาการ*

2554 บรรจุเป็นอาจารย์ สังกัดภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- *ประวัติการทำงานด้านบริการวิชาการและการวิจัย*

2553 – ปัจจุบัน ผู้ประสานงานโครงการ "จัดทำระบบฐานข้อมูลทะเบียนประวัติข้าราชการพลเรือน
ในสถาบันอุดมศึกษาเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2552 – ปัจจุบัน ผู้ช่วยหัวหน้าห้องปฏิบัติการวิจัย Hybrid Computing Research Laboratory (HCRL) สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- งานวิจัย
  - Embedded System Design
  - Microprocessor and Microcomputer Applications
  - Optical Communications
  - Optical/Quantum Computing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้