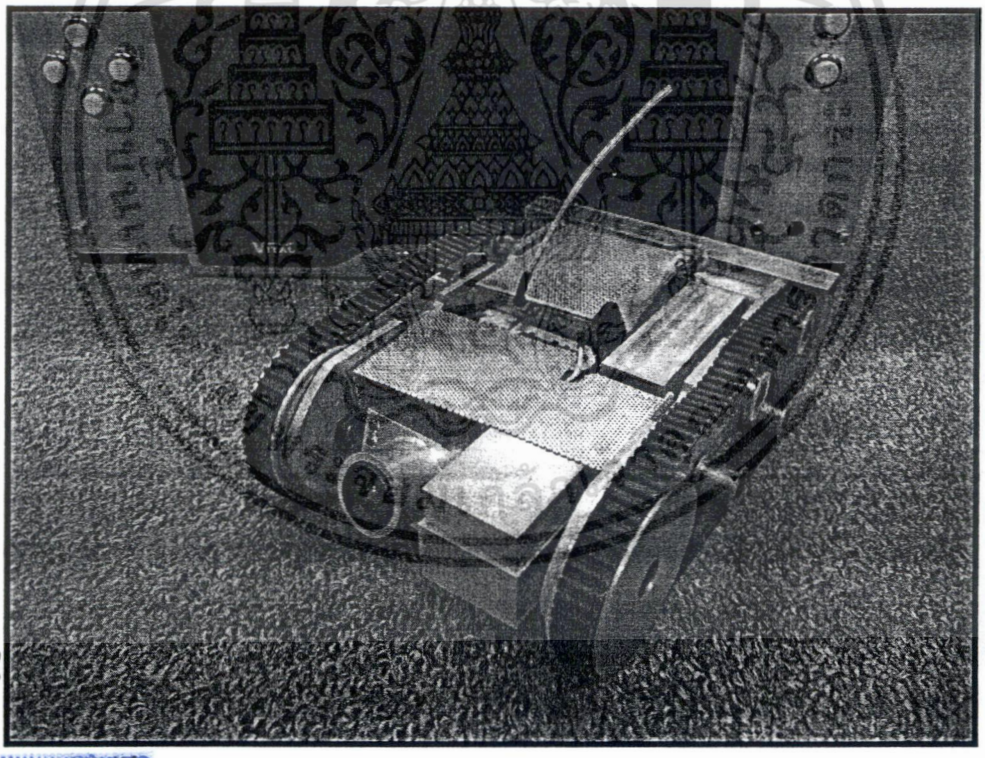
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฯ

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง หุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย

Rescue Robot



RCH
TJ
211
ส479ร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....84507
วัน,เดือน,ปี.....13 ต.ค. 2551

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนโดยใช้เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.11994510
.....
.....

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ถึงแม้ในปัจจุบันเทคโนโลยีในการก่อสร้างจะพัฒนาไปอย่างก้าวไกล สิ่งก่อสร้างต่างๆสามารถทนทานต่อสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตาม สิ่งก่อสร้างเหล่านี้ยังคงมีขีดจำกัดในการทนทานต่อภัยธรรมชาติที่อาจเกิดขึ้น เมื่อเกิดเหตุแผ่นดินไหวขึ้น บ่อยครั้งที่ทำให้เกิดเหตุการณ์อาคาร สิ่งก่อสร้างถล่มลง ด้วยเหตุนี้อาจมีผู้ประสบภัยที่ติดอยู่ภายใต้ซากปรักหักพังอยู่ในพื้นที่ที่มีขนาดจำกัด ซึ่งเป็นการยากในการนำมนุษย์หรือสัตว์เข้าไปช่วยเหลือ ค้นหา นำผู้ประสบภัยออกมาและยังใช้เวลาค่อนข้างนานหลายชั่วโมงซึ่งนั่นอาจหมายถึงชีวิตของผู้ประสบภัยด้วย แม้จะมีการนำเทคโนโลยีเกี่ยวกับหุ่นยนต์มาประยุกต์ใช้ แต่ก็ยังให้ประสิทธิภาพที่ยังไม่ดีพอเช่นกันเพราะหุ่นยนต์ที่นำมาใช้ในปัจจุบันมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และใช้ต้นทุนสูงในการสร้าง ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในการนำหุ่นยนต์เข้าไปในพื้นที่ขนาดเล็ก หรือ อาจทำให้เกิดการถล่มซ้ำสองได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยที่มีขนาดเล็ก เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

การสร้างหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับงานค้นหาผู้ประสบภัยนั้นสามารถแบ่งการออกแบบและพัฒนาออกเป็นสองส่วนใหญ่คือ การพัฒนาโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์ให้มีขนาดเล็กซึ่งจะเน้นการออกแบบรูปแบบการเคลื่อนที่ให้มีความสามารถเคลื่อนที่ในพื้นที่รูปแบบต่างๆได้อย่างไม่จำกัด เช่น พื้นผิวขรุขระ ทางชัน เป็นต้น และอีกส่วนหนึ่งเป็นการพัฒนาระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมหุ่นยนต์และการติดต่อสื่อสารเพื่อให้หุ่นยนต์ทำงานได้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยมีรายละเอียดของส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย

1. สร้างหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยเพื่อใช้ในการปฏิบัติงานจริง
2. สามารถใช้หุ่นยนต์ในสภาพแวดล้อม และ สถานการณ์ที่ไม่เอื้อให้การปฏิบัติงานของมนุษย์ดำเนินไปได้ เช่น การค้นหาผู้ประสบภัยที่ติดอยู่ภายใต้ซากปรักหักพัง การสำรวจในพื้นที่แคบๆ การสอดแนมผู้ก่อการร้ายภายในอาคาร เป็นต้น
3. พัฒนาระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ที่เหมาะสมกับงานค้นหาผู้ประสบภัย
4. พัฒนาระบบการติดต่อสื่อสารสำหรับงานค้นหาผู้ประสบภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตและขั้นตอนการทำวิจัย

โครงการนี้เน้นการวิจัยเพื่อพัฒนาและสร้างหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยต้นแบบ และระบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมหุ่นยนต์ รวมทั้งระบบการติดต่อสื่อสารเพื่อประยุกต์ใช้ในงานค้นหาผู้ประสบภัย หรือในงานอื่นๆที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ เช่น โรงงานสารเคมี พื้นที่สงคราม เป็นต้น

1.4 รายละเอียดของรายงานโครงการวิจัย

ในรายงานโครงการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 6 บท โดยมีรายละเอียดของแต่ละบทดังนี้

บทที่ 1 เป็นการกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของหัวข้อการวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำวิจัย ขอบเขตและขั้นตอนการทำวิจัย พร้อมทั้งรายละเอียดของรายงานโครงการวิจัยแต่ละบท

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหุ่นยนต์ เช่น ทฤษฎีพื้นฐานเครื่องรับ-ส่งวิทยุ ทฤษฎีระบบสื่อสารแบบไร้สาย ทฤษฎีมอเตอร์กระแสตรง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมหุ่นยนต์ทั้งหมด

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย โดยรายละเอียดการออกแบบทางกล การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย และองค์ประกอบของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงผลการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย ที่ได้รับการออกแบบโครงสร้างทางกลและการควบคุมการทำงานในบทที่ 3

บทที่ 5 เป็นสรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

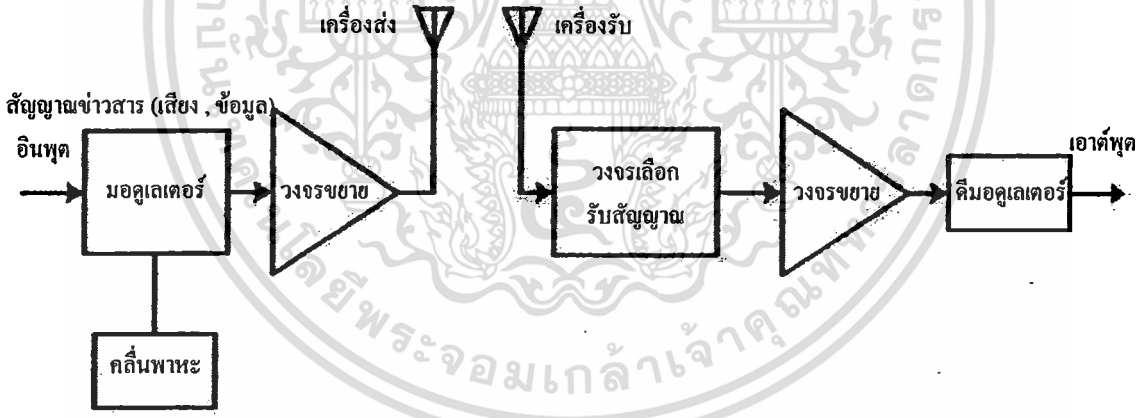
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบวิทยุอย่างง่าย

ระบบวิทยุโดยทั่วไปมักจะมีรูปแบบคล้ายคลึงกันตามรูปที่ 2.1 ในที่นี้เราแสดงไว้เฉพาะการติดต่อทางเดียวจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับเท่านั้น จะเห็นว่าประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ เครื่องส่ง เครื่องรับ สายอากาศ และสัญญาณข่าวสาร ที่ถูกป้อนเข้ามาที่อินพุตทำให้เกิดเอาต์พุตเป็นคลื่นที่ได้รับการมอดูเลต แล้วแผ่กระจายจากสายอากาศส่งไปยังเครื่องรับ คลื่นที่ได้รับจากสายอากาศรับจะถูกแปลงโดยเครื่องรับ เพื่อให้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมา

ที่เครื่องส่ง สัญญาณข่าวสารและสัญญาณพาหะความถี่สูงถูกส่งออกไปยังวงจรมอดูเลต สัญญาณข่าวสารลงบนสัญญาณพาหะความถี่สูง สัญญาณพาหะที่ถูกมอดูเลตแล้วจะต้องไปผ่านการขยายกำลังให้มีมากขึ้น แล้วจึงป้อนกลับไปยังเสาอากาศส่ง เพื่อให้สามารถส่งไปได้ไกลโดยที่เครื่องรับสามารถรับได้ชัดเจน คลื่นจากเครื่องส่งนี้จะแผ่กระจายจากสายอากาศส่งโดยมีทิศทางมุ่งไปยังเครื่องรับ



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงภาคเครื่องรับและเครื่องส่ง

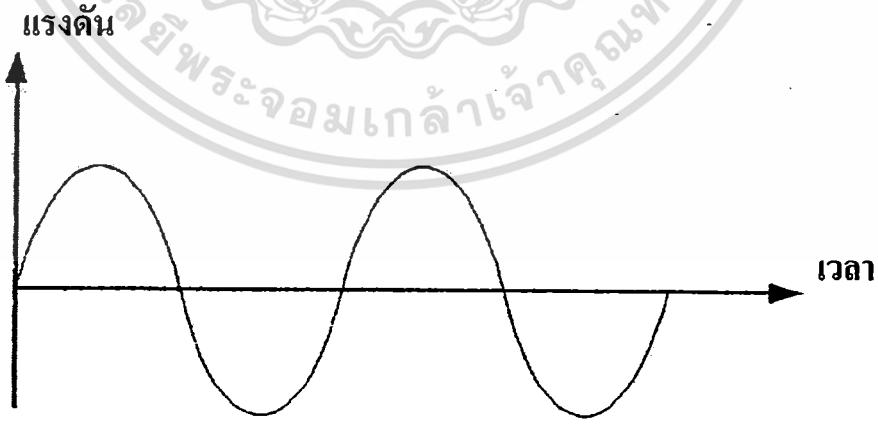
ที่เครื่องรับ คลื่นที่ส่งมาจะรับได้โดยสายอากาศรับ เครื่องรับจะรับเฉพาะคลื่นที่ต้องการเท่านั้นแล้วขยายคลื่นนั้นให้มีกำลังแรงขึ้นเพื่อป้อนให้วงจรดีมอดูเลต (หรือดีมอด) ทำหน้าที่แปลงคลื่นพาหะที่ถูกมอดูเลตกลับคืนมาเพื่อให้ได้สัญญาณข่าวสารที่ต้องการตามเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกตในระบบวิทยุคือ ถ้ามีเครื่องส่งหลายเครื่องในพื้นที่ใกล้เคียงกัน เราต้องใช้ความถี่คนละความถี่ มิฉะนั้นสัญญาณที่เครื่องรับจะสับสน เราสามารถใช้ความถี่เครื่องซ้ำกันได้ก็ต่อเมื่อเครื่องส่งอยู่ห่างไกลกันและไม่ทำให้เกิดการรบกวน ทั้งนี้เพราะคลื่นวิทยุจะมีแรงลดลงที่ระยะห่างไกลจากเครื่องส่งมากขึ้น

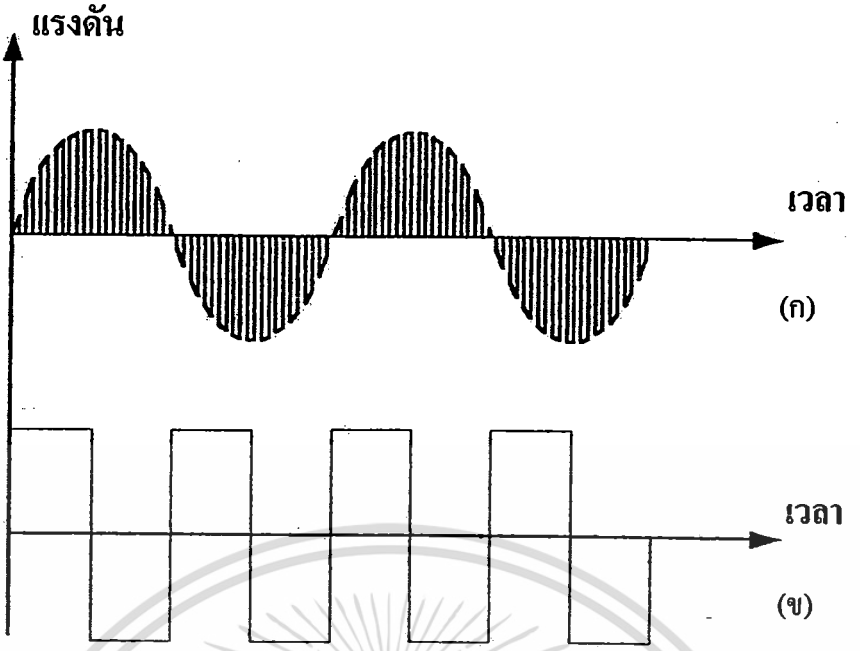
2.2 สัญญาณและการมอดูเลต (Signal and Modulation)

สัญญาณทางไฟฟ้าโดยทั่วไปนั้น เมื่อสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของขนาดสัญญาณแล้ว จะสามารถแบ่งสัญญาณได้ออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ คือ สัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาลอก (Analog signal) คือ สัญญาณที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง มีลักษณะไม่แน่นอน และขนาดของสัญญาณอนาลอกนี้สามารถเป็นไปได้ทุกค่า สัญญาณที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสัญญาณอนาลอกทั้งสิ้น ส่วนสัญญาณอีกชนิดหนึ่งจะเกิดขึ้นไม่ต่อเนื่องกันตลอดเวลา จะเกิดสัญญาณเป็นระยะๆ และจะหายไปทันทีชั่วขณะ แล้วก็เกิดสัญญาณอีกเรื่อยๆไปอย่างนี้ เรียกสัญญาณนี้ว่า “สัญญาณไม่ต่อเนื่อง” หรือ “สัญญาณดีสครีต” (Discrete signal) และสัญญาณดิสครีตที่มีค่า เปลี่ยนแปลงแค่ 2 ระดับเท่านั้น จึงเรียกว่า “ สัญญาณดิจิตอล ” (Digital signal) ซึ่งจะเกิดจากการสร้างขึ้นมาเองเท่านั้น จากรูปที่ 2.2 สัญญาณรูปไซน์ (Sine wave) จัดเป็นสัญญาณอนาลอกเพราะมีค่าขนาดเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และในรูปที่ 2.3 (ก) เป็นสัญญาณดิสครีตจะสังเกตเห็นว่าจะมีลักษณะขาดหายเป็นช่วงๆ และค่าขนาดมีหลายค่า ส่วนในรูปที่ 2.3(ข) นั้น เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square wave) จัดเป็นสัญญาณดิจิตอลเพราะมีลักษณะไม่ต่อเนื่องตามเวลาและมีค่าขนาดสัญญาณแค่สองค่าเท่านั้น



รูปที่ 2.2 สัญญาณอนาลอก

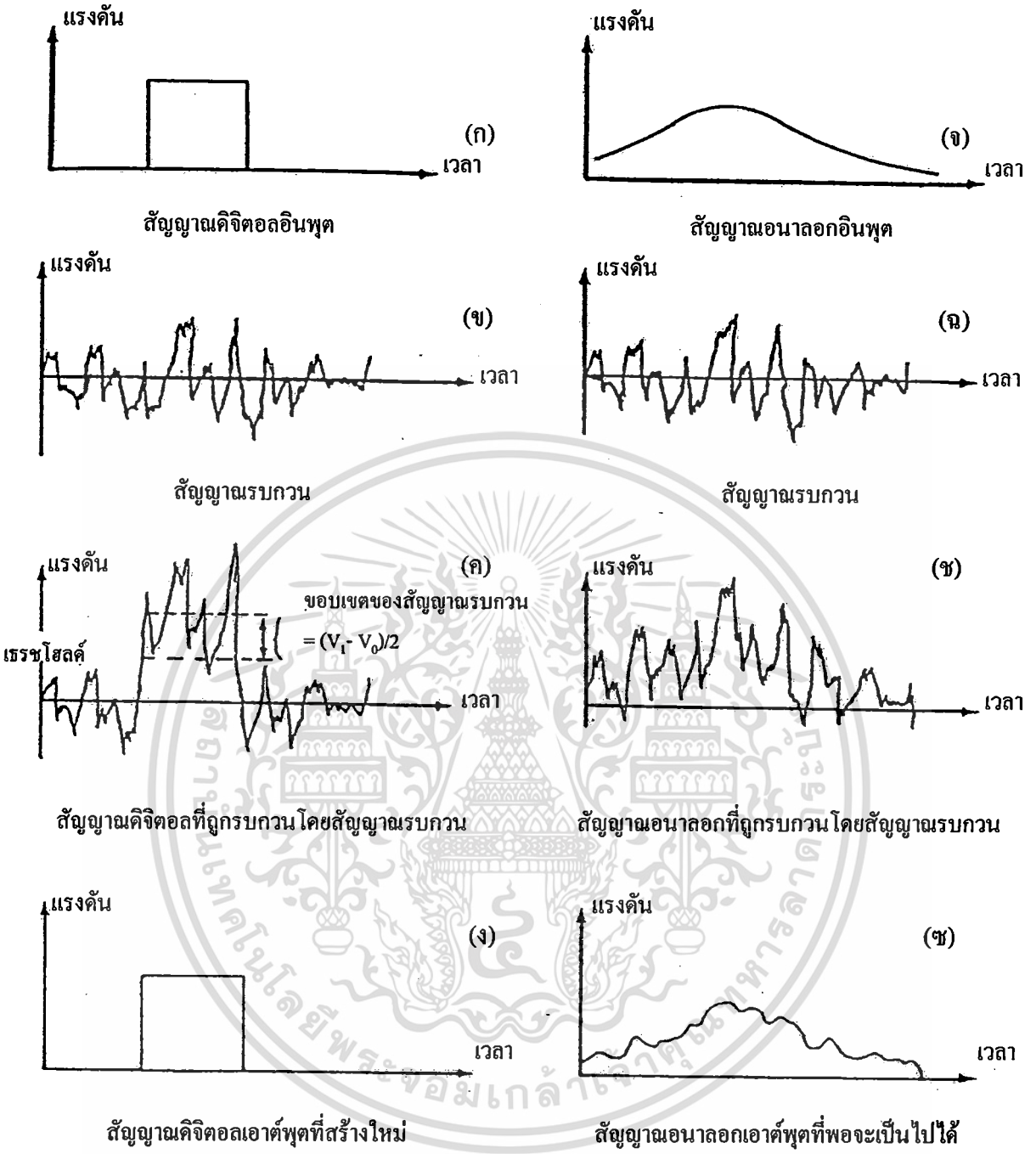
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 สัญญาณดีสครีตและสัญญาณดิจิตอล

ข้อดีของสัญญาณดิจิตอลที่ชัดเจนที่สุดก็คือ สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าสัญญาณอนาลอกมาก ดังจะเห็นจากรูปที่ 2.4 สัญญาณดิจิตอลในรูปที่ 2.4 (ก) เมื่อถูกรบกวนโดยสัญญาณรบกวนในรูปที่ 2.4 (ข) แล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.4 (ค) แต่ถ้าระดับสัญญาณไม่เกินขีดจำกัดหรือระดับเธรชโฮลด์ แล้ว (ระดับเธรชโฮลด์ในรูปที่ 2.4 (ค) นั้นคือระดับกึ่งกลางระหว่างสถานะ "0" และ "1") ก็จะสามารถสร้างสัญญาณออกมาใหม่ได้โดยมีรูปร่างไม่ผิดเพี้ยน ดังรูปที่ 2.4 (ง) เพราะตัวสร้างสัญญาณใหม่นั้น จะตัดสินว่าขนาดของสัญญาณอยู่เหนือ หรือ ใต้ระดับเธรชโฮลด์เท่านั้น ถ้าอยู่เหนือกว่าจะตัดสินเป็นสถานะ "1" และถ้าต่ำกว่าลงมาจะเป็นสถานะ "0" ส่วนสัญญาณอนาลอกในรูปที่ 2.4 (จ) เมื่อถูกรบกวนแล้วจะเป็นการยากที่จะนำสัญญาณตัวเดิมกลับมา เพราะระดับสัญญาณรบกวนมีผลอย่างมากต่อระดับของสัญญาณอนาลอกที่ค่อยๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อย จะเห็นว่าสัญญาณที่ได้จะผิดเพี้ยนไปจากเดิมมาก ดังในรูปที่ 2.4 (ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ลักษณะสัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิตอลกับการรบกวน

2.2.1 ข้อดีของสัญญาณดิจิตอลเมื่อเทียบกับสัญญาณอนาลอก

1. สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดี เพราะถ้าระดับการรบกวนไม่เกินระดับ เธรชโฮลด์แล้ว ระบบก็ยังสามารถตีค่าสัญญาณได้ถูกต้องและสามารถทวนสัญญาณและสร้างสัญญาณที่ไม่ผิดเพี้ยนขึ้นใหม่ได้เรื่อยๆ แต่สัญญาณอนาลอกจะเกิดความผิดพลาดสะสมตลอดเส้นทางโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พัลส์ดิจิตอลมีความเหมาะสมมากกว่าในการมัลติเพล็กซ์ สามารถปรับตัวและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ได้ง่าย
3. ง่ายต่อการตรวจสอบข้อผิดพลาด
4. อุปกรณ์มีราคาถูก สามารถสร้างได้ง่าย
5. อุปกรณ์มีขนาดเล็ก

2.2.2 ข้อเสียของสัญญาณดิจิตอลเมื่อเทียบกับสัญญาณอนาลอก

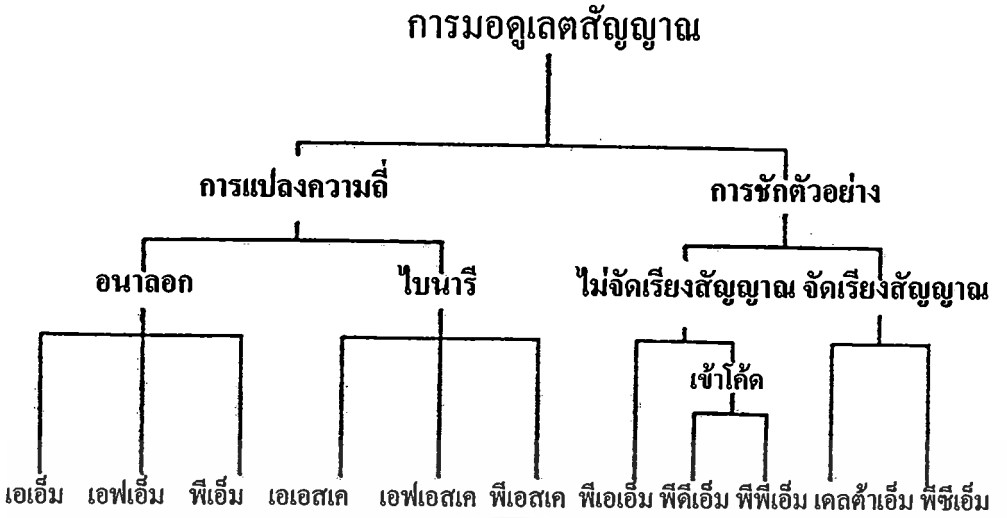
1. แบนด์วิทธ์กว้างกว่าสัญญาณอนาลอก ดังนั้นในการส่งสัญญาณดิจิตอลไม่สามารถบรรจุจำนวนสัญญาณได้เท่ากับสัญญาณอนาลอก
2. มีสัญญาณรบกวนแฝงอยู่ด้วย เช่น ควอนติซิงนอยซ์ แต่สามารถแก้ไขได้

ในการส่งข้อมูลซึ่งมีความถี่ต่ำออกไปนั้นไม่สามารถส่งออกไปได้ไกลหรืออาจจะต้องใช้เสาอากาศที่ยาวมากและความถี่ก็อาจไม่ตรงกับช่องสัญญาณที่เราสามารถใช้ได้ ดังนั้นเราจึงต้องทำการย้ายความถี่ไปให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมก่อน โดยจะทำการทำการฝากสัญญาณข้อมูลไปกับคลื่นที่มีความถี่เหมาะสมเรียกว่า "คลื่นพาห์ (Carrier)" โดยจะใช้ลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งของสัญญาณข้อมูล ซึ่งส่วนมากจะเป็นขนาดสัญญาณไปควบคุมลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งของคลื่นพาห์ ไม่ว่าจะเป็นขนาดสัญญาณ ความถี่ หรืออื่นๆ ก็ตาม ดังนั้นคลื่นพาห์ก็จะมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปที่สัมพันธ์และเป็นสัดส่วนกับสัญญาณข้อมูล เราเรียกกระบวนการนี้ว่า "การมอดูเลตสัญญาณ (Signal modulation)" การมอดูเลตสัญญาณสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การเปลี่ยนแปลงความถี่ (Frequency translation) และการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digitizing)

- การแปลงความถี่ (Frequency translation) จะจัดให้ขนาดของสัญญาณข้อมูลไปเปลี่ยนแปลงลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งของพาห์

- การแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digitizing) สัญญาณข้อมูลจะถูกปล่อยให้ผ่านเป็นช่วงๆ เวลาเท่าๆ กัน หรือก็คือทำการชักค่าสัญญาณ (Sampling) แล้วจึงค่อยส่งออกไปโดยเข้ารหัสหรือไม่ก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แผนผังแสดงวิธีการมอดูเลตแบบต่างๆ

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าการมอดูเลตแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือการเปลี่ยนแปลงความถี่และการเปลี่ยนเป็นดิจิตอล ในส่วนของการแปลงความถี่ก็จะแบ่งเป็นแบบอนาลอก เช่น เอเอ็ม (Amplitude Modulation : AM) โดยจะทำให้ขนาดของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณข้อมูลเป็นสัดส่วนกัน หรือ เอฟเอ็ม (Frequency Modulation : FM) ซึ่งความถี่ของคลื่นพาห์นั้นจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณข้อมูล อีกแบบคือไบนารี เช่น เอเอสเค (Amplitude Shift Keying) หรือ พีเอสเค (Phase Shift Keying)

2.3 มอเตอร์กระแสตรง (DC Motor)

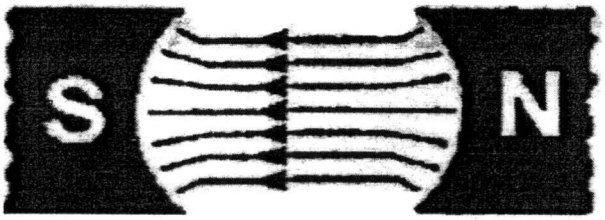
2.3.1 ทฤษฎีมอเตอร์

ในการศึกษาหลักการทำงานของมอเตอร์นั้น เราจำเป็นต้องมีความเข้าใจหลักการของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Fields) การไหลของกระแสไฟฟ้า (Current Flow) และทิศทางการเหนี่ยวนำ (Induced Motion)

2.3.1.1 ทิศทางของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Fields)

ระหว่างขั้วของแม่เหล็กนั้นจะมีสนามไฟฟ้าปรากฏอยู่ ทิศทางของสนามแม่เหล็กนั้นเรียกว่า "Magnetic Flux" ดังรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงทิศทางสนามแม่เหล็ก

2.3.1.2 การไหลของกระแสไฟฟ้า (Current Flow)

ในตอนนี้เราจะมาพิจารณาลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้ารอบลวดตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.7 แสดงทิศทางสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ

การทำความเข้าใจในทิศทางฟลักซ์แม่เหล็กรอบลวดตัวนำ จะทำให้เราเข้าใจถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ ซึ่งทิศทางของฟลักซ์แม่เหล็กนั้นสามารถหาได้จาก "กฎมือซ้าย"

ในการใช้กฎมือซ้ายนั้นให้เราจินตนาการว่า เรากำมือรอบลวดตัวนำ และนิ้วหัวแม่มือชี้ไปในทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า แล้วจะว่านิ้วของเราทั้งสี่นิ้วที่ล้อมรอบลวดตัวนำ จะแสดงทิศทางของฟลักซ์แม่เหล็ก ยกตัวอย่างในรูปที่ 2.7 ทิศทางกระแสไฟฟ้าพุ่งเข้าไปในกระดาษ ดังนั้นฟลักซ์แม่เหล็กจึงหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิการอบลวดตัวนำ

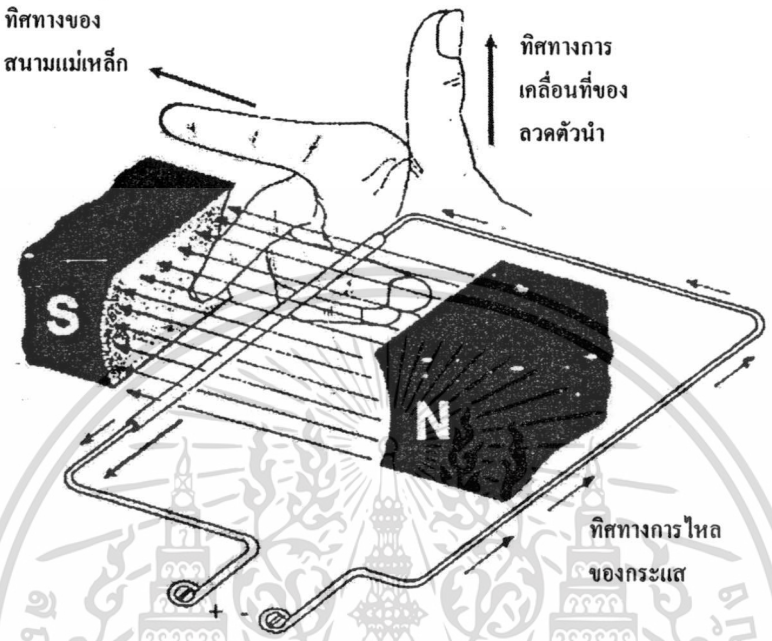
2.3.1.3 ทิศทางการเหนี่ยวนำ (Induced Motion)

เมื่อเรานำลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ไปวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะทำให้สนามแม่เหล็กทั้งสองนั้นเกิดการรบกวนกัน ดังรูปที่ 2.8 จะมีแรงกระทำเกิดขึ้นกับลวดตัวนำ ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน

ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับสนามแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กและทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ วิธีง่ายๆ ที่ใช้ในการหาทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นคือ "กฎมือขวา"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.8 นิ้วชี้จะชี้ไปในทิศทางของฟลักซ์แม่เหล็ก นิ้วกลางชี้ไปในทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำ และนิ้วหัวแม่มือชี้ไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำหรือทิศทางของแรงที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงกฎมือขวา : ลวดตัวนำเคลื่อนที่ขึ้น

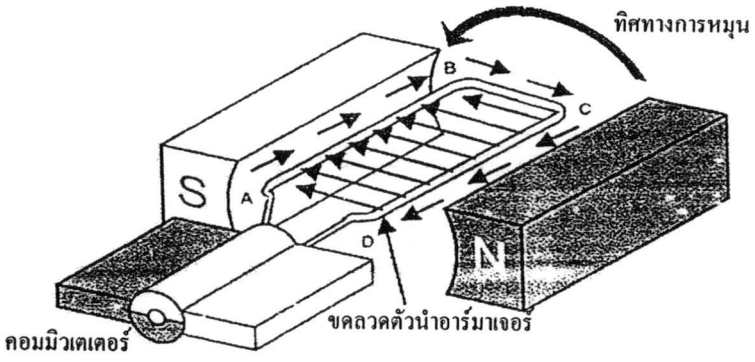
นั่นหมายความว่า ถ้าเรารู้ทิศทางของกระแสไฟฟ้า รู้ขั้วแม่เหล็กแล้ว เราสามารถหาทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็กได้

การใช้กฎมือขวากับรูปที่ 2.8 นั้น จะเห็นว่าลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ผ่านสนามแม่เหล็ก แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลกลับไปอีกทิศทางหนึ่งลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ลงด้านล่าง

ข้อควรจำอีกอย่างหนึ่งคือ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำจะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และจะไม่มีแรงกระทำกับลวดตัวนำ หากทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กขนานกัน

ในตอนนี้ เราจะเปลี่ยนจากลวดตัวนำเส้นเดียวไปเป็นลวดตัวนำอย่างง่าย ซึ่งขดลวดตัวนำนี้เรียกว่า “อาร์เมเจอร์” ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



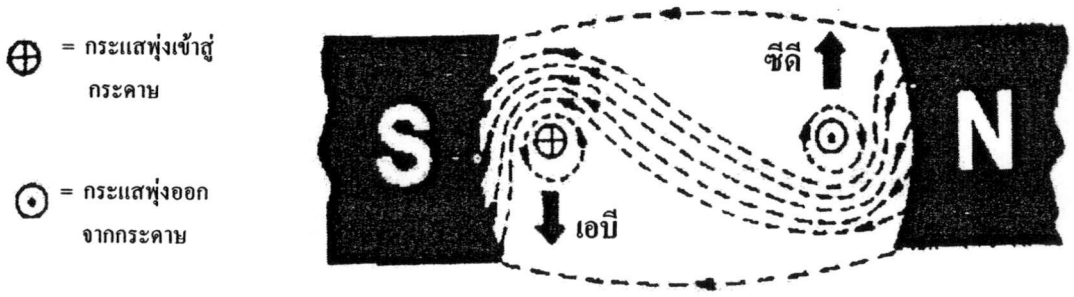
รูปที่ 2.9 แสดงทิศทางการหมุนของขดลวดตัวนำอาร์เมเจอร์

จากรูปที่ 2.9 อาร์เมเจอร์ในส่วนเอบีและซีดี จะมีแรงกระทำเกิดขึ้นในทิศทางตรงข้ามกัน เพราะว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านนั้นมีทิศทางตรงข้ามกัน แรงที่เกิดขึ้นกับเอบีและซีดี นั้นทำให้อาร์เมเจอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และฟลักซ์แม่เหล็กที่หมุนรอบขดลวดอาร์เมเจอร์ในส่วน เอบีและซีดีนั้นมีทิศทางตรงข้ามกันด้วย ดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 แสดงเส้นแรงแม่เหล็กรอบขดลวดตัวนำอาร์เมเจอร์

เมื่อเรานำสนามแม่เหล็กใส่เข้าไปในรูปที่ 2.10 สนามแม่เหล็กทั้งสองจะเกิดการรบกวนที่ทำให้เกิดการหมุนหรือแรงบิดขึ้นบนขดลวด เส้นแรงต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงการเบี่ยงเบนของสนามแม่เหล็ก

ปฏิกิริยาระหว่างสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของสนามแม่เหล็กตรงที่สนามแม่เหล็กไม่ตรงนั้นทำให้อาร์เมเจอร์เกิดการหมุน จากรูปลวดตัวนำทางซ้าย (เอบี) มีแรงกระทำในทิศทางลง และลวดตัวนำทางขวา (ซีดี) มีแรงกระทำในทิศทางขึ้น ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

2.3.2 คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

จากที่กล่าวมาข้างต้น เมื่ออาร์เมเจอร์อยู่ในตำแหน่งของมุมที่ถูกต้องกับสนามแม่เหล็ก ก็จะเกิดแรงทำให้เกิดการหมุน แต่อะไรจะเกิดขึ้นเมื่ออาร์เมเจอร์หมุนไป 180 องศา

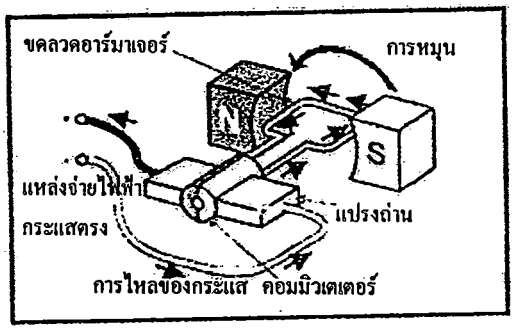
ปัญหาที่เกิดขึ้นตรงนี้คือ สนามแม่เหล็กของลวดตัวนำจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม และจะผลักดันอาร์เมเจอร์ให้หมุนกลับไป

เพื่อที่จะแก้ปัญหานี้ เราจะต้องทำการกลับทิศทางกระแสเมื่ออาร์เมเจอร์หมุนไปได้ครึ่งวงจรหรือ 180 องศา ซึ่งจะทำให้สนามแม่เหล็กนั้นยังคงรักษาทิศทางการหมุนเดิมไว้

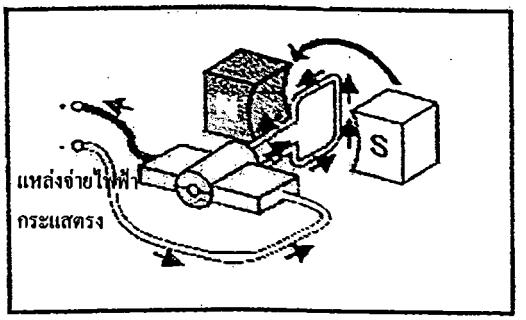
อุปกรณ์ที่เรียกว่า “คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)” ถูกนำมาใช้แก้ปัญหานี้ มี แปรงถ่าน (Brush) อยู่ 2 อัน ซึ่งอันหนึ่งต่อกับไฟบวกและอีกอันต่อกับไฟลบ ซึ่ง แปรงถ่านนี้ จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้ากับคอมมิวเตเตอร์

ในขณะที่อาร์เมเจอร์ และคอมมิวเตเตอร์หมุนไปพร้อมกัน ตัวคอมมิวเตเตอร์จะทำการกลับทิศทางกระแส ซึ่งทำให้สนามแม่เหล็กยังคงอยู่ในทิศทางที่ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงหมุนในทิศทางเดิม แสดงดังรูปที่ 2.12

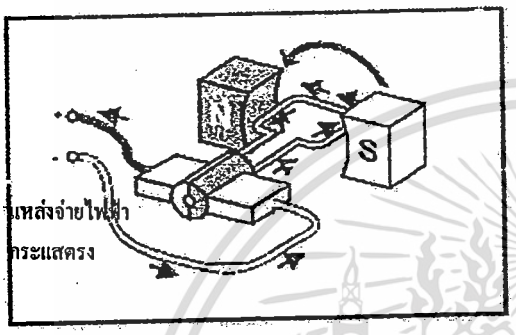
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



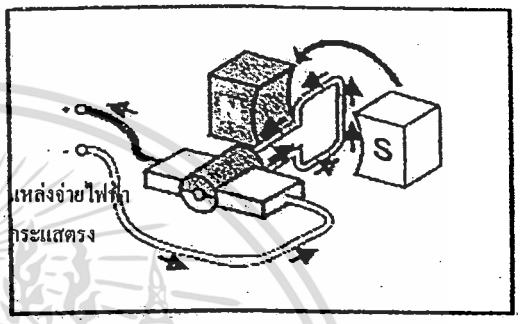
ตำแหน่ง "เอ" – ทอร์ค



ตำแหน่ง "บี" – นิวทรอล



ตำแหน่ง "ซี" – ทอร์ค



ตำแหน่ง "ดี" – นิวทรอล

รูปที่ 2.12 แสดงคอมมิวเตเตอร์ทำการกลับทิศทางกระแส

ในตอนนี้ ขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนอย่างต่อเนื่องผ่านสนามแม่เหล็ก พลังงานกลจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า

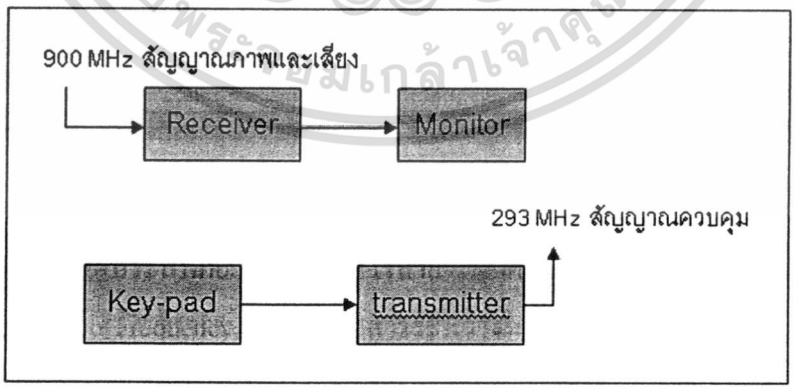
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและพัฒนา

หุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยในโครงการวิจัยนี้ ถูกออกแบบให้มีความแข็งแรงโดยใช้อลูมิเนียมเป็นโครงสร้างหลัก และเพื่อความสามารถในการเคลื่อนที่บนสภาพพื้นผิวที่ยากลำบากจึงได้ใช้สายพานที่ส่งกำลังจากเฟืองอลูมิเนียม โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีเฟืองทดรอบภายในเป็นตัวขับเคลื่อน สำหรับการพัฒนาหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย ได้กำหนดให้มีการควบคุมการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรล สามารถทำงานได้ในระยะไกล สามารถปฏิบัติงานได้ทั้งในที่โล่งแจ้งภายในอาคาร หรือช่องทางแคบๆ ที่มีพื้นราบ หรือมีสิ่งกีดขวางขนาดเล็ก และสุดท้ายหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยสามารถนำภาพส่งกลับมายังผู้ควบคุมได้ ทำให้สามารถรับรู้สถานการณ์ต่างๆ ไปพร้อมกับการบังคับหุ่นยนต์ซึ่งเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ สามารถช่วยลดอัตราเสี่ยงของผู้เข้าไปปฏิบัติงาน โดยใช้หุ่นยนต์ในการปฏิบัติงานแทน

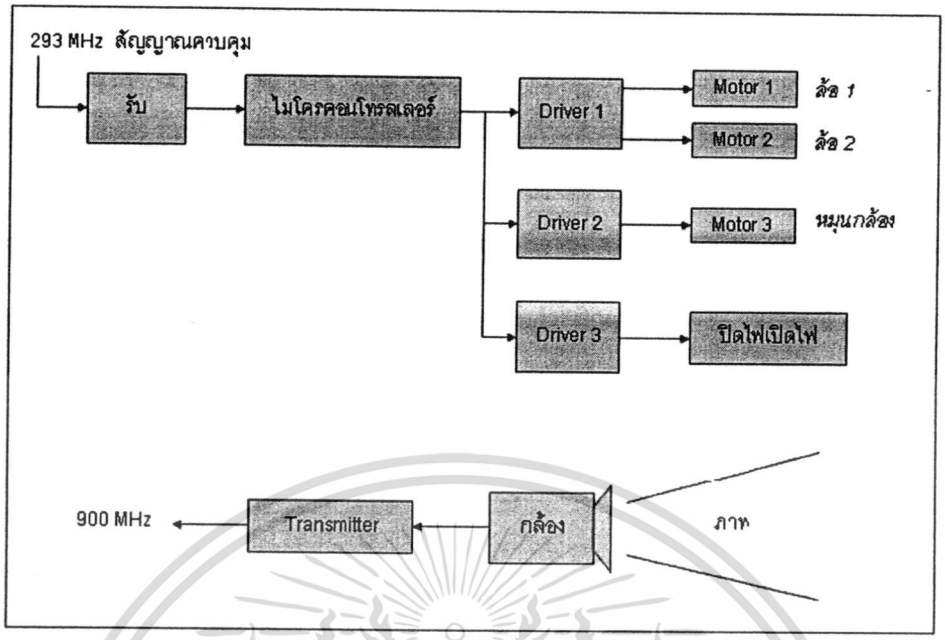
3.1 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

หุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยเป็นหุ่นยนต์ไร้สาย ควบคุมการทำงานผ่านรีโมทคอนโทรล โดยใช้คลื่นวิทยุ (Radio Frequency) ในการสื่อสารระหว่างรีโมทคอนโทรลและตัวหุ่นยนต์ โดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุขนาด 900 เมกกะเฮิรท์ สำหรับการรับสัญญาณภาพและเสียง และใช้ความถี่ 293 เมกกะเฮิรท์ ในการส่งสัญญาณควบคุมโดยแผนภาพแสดงการรับและส่งสัญญาณของรีโมทคอนโทรลแสดงในรูปที่3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการทำงานของรีโมทคอนโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

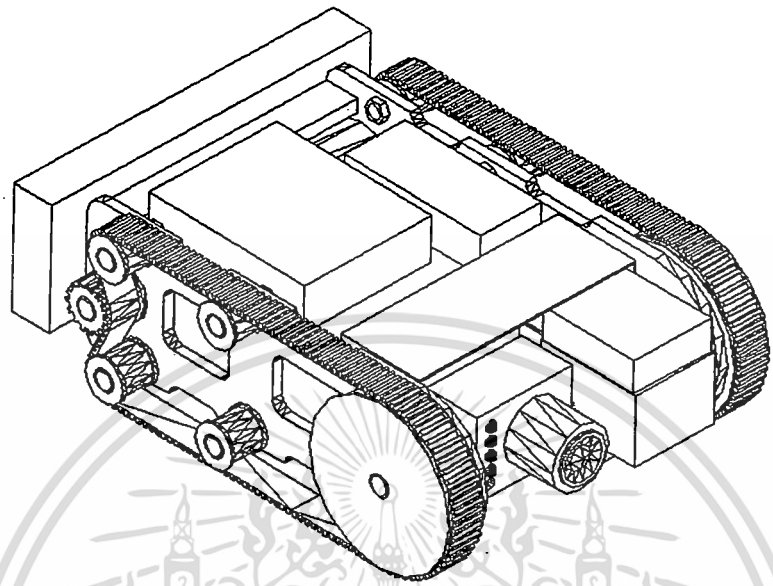


รูปที่ 3.2 แสดงการทำงานของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย

รีโมทคอนโทรลจะรับสัญญาณภาพและเสียงซึ่งแสดงผลออกจากหน้าจอ LCD ขนาด 8 นิ้ว โดยแสดงตรงกับเวลาจริง (Real time) จากปุ่มกดบนรีโมทคอนโทรลสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และหมุนรอบตัวได้ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถสั่งปรับมุมกล้องบนตัวหุ่นยนต์ให้ก้มและเงยได้ และสั่งปิด-เปิดไฟบนตัวหุ่นยนต์ เช่นกัน ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนตัวหุ่นยนต์นั้นแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้ ส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ 2 ตัว สำหรับขับเคลื่อนล้อทั้ง 2 ด้าน วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ เพื่อใช้ในการหมุนปรับทิศทางของกล้อง และวงจรสำหรับปิดและเปิดไฟ LED แผนภาพแสดงการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย



รูปที่ 3.3 แบบร่างโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย

โครงสร้างของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยมีขนาดประมาณ 10 x 15 x 5 เซนติเมตรทำจากอลูมิเนียมทั้งตัวเพื่อความแข็งแรงทนทานและให้มีน้ำหนักเบา ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาดเล็ก ใช้ระบบล้อแบบสายพานเพื่อการเคลื่อนที่ได้อย่างคล่องแคล่ว บนหุ่นยนต์ได้ติดกล้องที่สามารถเคลื่อนที่ในมุมก้มและเงยได้ 120 องศาทำให้การค้นหาผู้ประสบภัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น และนอกจากนั้นแล้วหุ่นยนต์ยังสามารถทำงานให้พื้นที่ที่มีแสงน้อยได้เพราะมีการติดหลอด LED ไว้ แสดงลักษณะแบบร่างโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยดังรูปที่ 3.3

การออกแบบหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยสามารถแยกการออกแบบเป็นสามส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

1. ชิ้นส่วนตัวถัง
2. ชุดควบคุมกล้อง
3. ชุดขับเคลื่อน

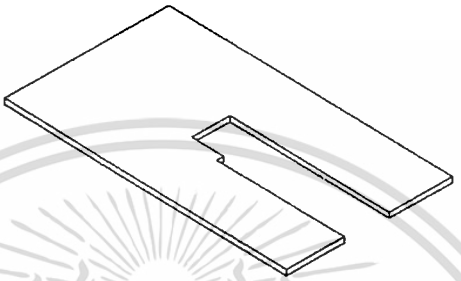
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2.1 ชิ้นส่วนตัวถัง ประกอบไปด้วยหลายส่วน ประกอบเข้าด้วยกัน แบ่งย่อยได้ดังนี้

3.2.1.1 แผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์

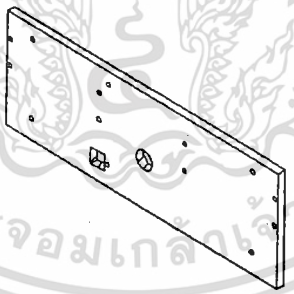
แผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์สร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น เพื่อเป็นฐานของโครงสร้างและให้มีความแข็งแรง ทำหน้าที่หลักเป็นในการยึดโครงสร้าง โครงสร้างแผ่นประกอบฐานของหุ่นยนต์ออกแบบเพื่อรองรับชิ้นส่วนต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์

3.2.1.2 แผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์

แผ่นประกอบท้ายหุ่นยนต์สร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น เพื่อยึดแผ่นรองรับมอเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์

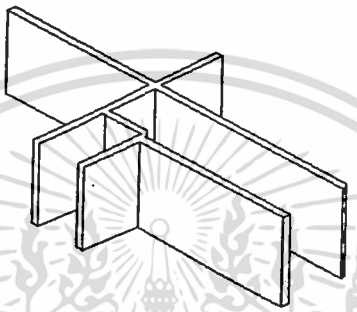
84507
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.3 แผ่นประกอบด้านซ้ายและด้านขวาของหุ่นยนต์

แผ่นประกอบด้านซ้ายและด้านขวาของหุ่นยนต์สร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น มีขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร

3.2.1.4 แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายใน

แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายในสร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น จำนวน 7 แผ่นประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละแผ่นทำหน้าที่ในการกั้นอุปกรณ์ภายในแต่ละชิ้น โดยมีขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.6

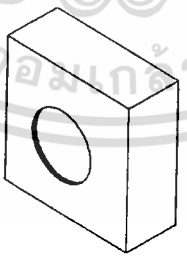


รูปที่ 3.6 แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายใน

3.2.2 ชุดควบคุมกล้อง

3.2.2.1 กรอบกล้อง

กรอบกล้องสร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น จำนวน 6 แผ่น ประกอบเข้าด้วยกัน โดยมีขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.7

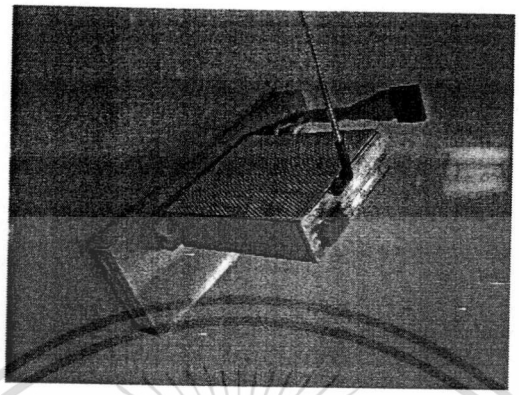


รูปที่ 3.7 กรอบกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

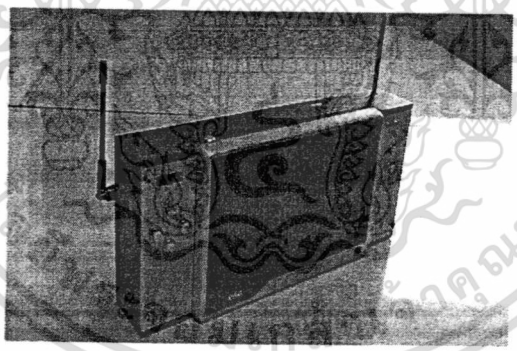
3.2.2.2 ชุดรับ-ส่งสัญญาณภาพ

ชุดส่งสัญญาณภาพใช้คลื่นความถี่สัญญาณวิทยุระบบ FM ความถี่ 900 เมกกะเฮิรท์ แสดงดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ชุดส่งสัญญาณภาพ

ชุดรับสัญญาณภาพใช้คลื่นความถี่สัญญาณวิทยุระบบ FM ความถี่ 900 เมกกะเฮิรท์ พร้อมแสดงภาพสู่จอ LCD ขนาด 8 นิ้ว แสดงดังรูปที่ 3.9



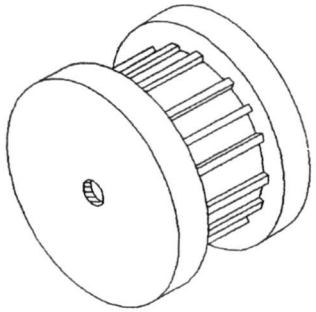
รูปที่ 3.9 ชุดรับสัญญาณภาพพร้อมจอ LCD

3.2.3 ชุดขับเคลื่อน

3.2.3.1 เฟืองช่วยขับเคลื่อน

เฟืองช่วยขับเคลื่อนผลิตจากอลูมิเนียมชนิดแท่งมี 2 ขนาด นำมาดัดแปลงสำหรับช่วยขับเคลื่อนสายพาน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 40 กับ 15 มิลลิเมตร และความกว้าง 10 มิลลิเมตร ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 3.10

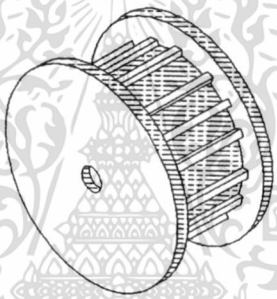
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 เฟืองช่วยขับเคลื่อน

3.2.3.2 เฟืองขับเคลื่อน

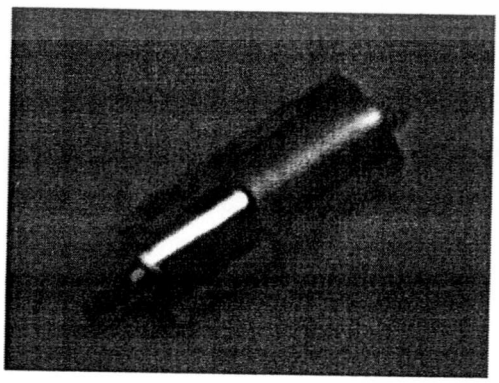
เฟืองขับเคลื่อนผลิตจากอลูมิเนียมชนิดแท่ง นำมาดัดแปลงสำหรับเป็นตัวขับเคลื่อนสายพาน โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความกว้างของเฟืองเท่ากับ 15 และ 13 มิลลิเมตร ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 เฟืองขับเคลื่อน

3.2.3.3 มอเตอร์กระแสตรง

มอเตอร์กระแสตรงทดเฟืองภายในของบริษัท Namiki ขนาด 12 โวลต์ ความเร็ว 175 รอบต่อนาที แสดงดังรูปที่ 3.12

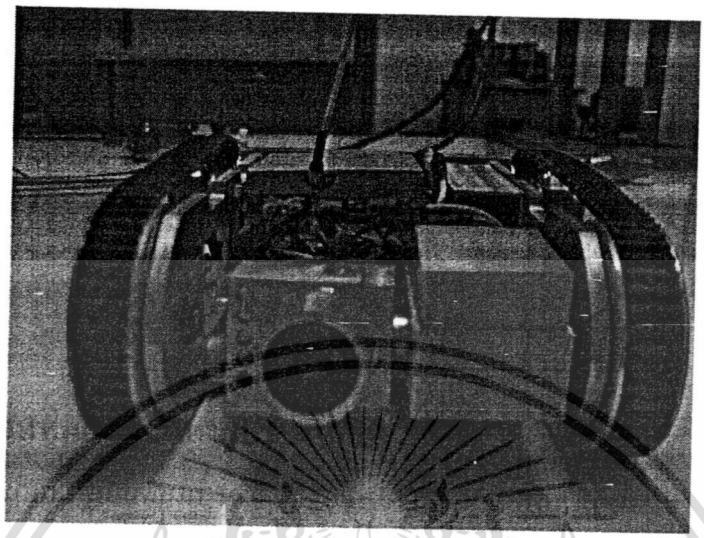


รูปที่ 3.12 มอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การประกอบหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย

เมื่อประกอบหุ่นยนต์สมบูรณ์ จะมีรูปแบบของหุ่นยนต์ที่สมบูรณ์แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 หุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์

3.4 อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์

3.4.1 แหล่งพลังงาน

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นในการให้พลังงานแก่หุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย สำหรับในการออกแบบหุ่นยนต์ได้เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ ที่มีแรงดัน 3.7 โวลต์ ความจุ 800 มิลลิแอมป์ จำนวน 2 เซลล์ จำนวน 2 ชุด

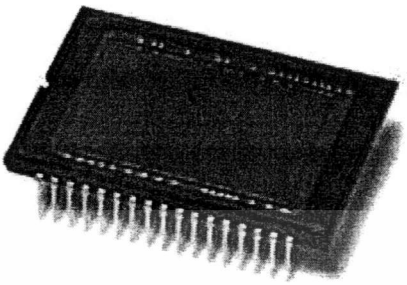
โดยแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์มีข้อดีดังนี้

1. แบตเตอรี่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับพลังงานที่ได้
2. แบตเตอรี่มีน้ำหนักเบา
3. แบตเตอรี่มีรูปแบบของการบรรจุได้หลายแบบและไม่จำเป็นต้องใช้โลหะที่ผิวนอก
4. แบตเตอรี่มีความปลอดภัยในการใช้งานสูง
5. แบตเตอรี่มีความสามารถในการคายประจุไฟฟ้าได้หลายเท่าของความจุในการประจุไฟของตัวแบตเตอรี่เอง

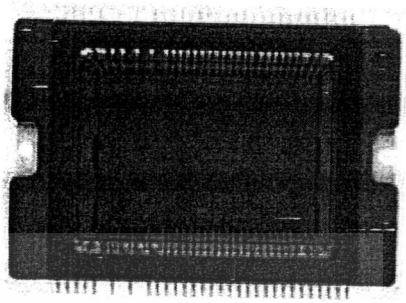
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 กล้องวงจรปิด

เทคโนโลยีที่นิยมใช้ในการผลิตกล้องวงจรปิดมี 2 ชนิด คือ ซีมอส (CMOS) และ ซีซีดี (CCD)



รูปที่ 3.14 แสดงเซนเซอร์รับภาพแบบซีซีดี



รูปที่3.15 แสดงเซนเซอร์รับภาพแบบซีมอส

ซีซีดี ย่อมาจาก "Charge Coupled Device" เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยส่วนที่เป็นเซนเซอร์แต่ละพิกเซล จะทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกครั้ง

ซีมอส ย่อมาจาก "Complementary Metal Oxide Semiconductor" เป็นเซนเซอร์ที่มีลักษณะการทำงานโดยแต่ละพิกเซลจะมีวงจรย่อยๆ เปลี่ยนค่าแสงที่เข้ามา เป็นสัญญาณดิจิตอลในทันที ไม่ต้องส่งออกไปแปลงเหมือนซีซีดี

ซีซีดีและซีมอสมีต้นกำเนิดเหมือนกันคือทำมาจากซิลิกอน ทำหน้าที่เป็นเซลล์รับแสงที่วางเรียงต่อๆกันเป็นตารางๆ เซลล์รับแสงเหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสง (Photon) เป็นประจุไฟฟ้า (Electron) คล้ายกับการทำงานของโซล่าร์เซลล์ (Solar Cell) ดังนั้นปริมาณของกระแสไฟฟ้าจึงสัมพันธ์กับความเข้มแสง แต่มีการออกแบบโครงสร้างการทำงานที่แตกต่างกัน

สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างซีซีดีและซีมอส คือขั้นตอนและวิธีการอ่านค่าจำนวนประจุไฟฟ้าเมื่อเซนเซอร์ได้รับแสง ในซีซีดี ปริมาณแสงที่พิกเซลได้รับจะถูกส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลเพื่อทำการนับจำนวนอิเล็กตรอนของแต่ละพิกเซล ส่วนในซีมอส แต่ละพิกเซลสามารถนับจำนวนอิเล็กตรอนได้ด้วยตัวเอง โดยใช้หลักการเดียวกับคอมพิวเตอร์ชิบ (Computer Chip)

เนื่องจากซีซีดี ผลิตขึ้นมาเพื่อเป็นตัวรับภาพโดยเฉพาะ จึงถูกจำกัดให้อยู่ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับภาพเท่านั้น จึงทำให้มีราคาแพง

ซีมอสใช้เทคโนโลยีชนิดเดียวกับการออกแบบชิบ จากต้นแบบของไอบีเอ็ม ซึ่งถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์ในคอมพิวเตอร์และรวมไปถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านบางชนิด จากการที่จำนวนการบริโภคซีมอสมีมาก (Economies of scale) จึงทำให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกระบวนการประมวลผลที่ค่อนข้างจะซับซ้อนของซีซีดี ทำให้โดยทั่วไปภาพที่ได้จากซีซีดีจะมีคุณภาพที่สูงกว่าและน้อยส์ (noise) น้อยกว่า แต่ก็กินกระแสไฟฟ้ามากกว่าซีมอส จะเห็นว่าเซลล์รับแสงแต่ละตัวบนซีซีดีได้รับแสงเต็มๆ ในขณะที่พิกเซลของซีมอสประกอบไปด้วยเซลล์รับแสงและทรานซิสเตอร์จึงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานแสงไปส่วนหนึ่ง นั่นคือสาเหตุที่ทำให้ซีซีดีต้องการเวลาในการบันทึกแสงน้อยกว่าซีมอส หรือที่เรียกกันว่า ซีซีดีมีความไวแสงกว่าซีมอส แต่ค่าความไวแสงของเซนเซอร์ในกล้องดิจิตอล ไม่ส่งผลต่อความคมชัด หรือ รายละเอียดของภาพเหมือนที่เกิดผลฟิล์มที่มีความไวแสงต่างกันเพราะฉะนั้นอย่าเอาสองเทคโนโลยีไปปะปนกัน

แม้ว่าตามหลักการแล้วซีซีดีจะให้คุณภาพสูงกว่าซีมอส แต่ซีซีดีต้องทำงานร่วมกับหน่วยประมวลผล ดังนั้นหากหน่วยประมวลผลไม่มีคุณภาพ ภาพที่ได้จากซีซีดีก็ไม่มีคุณภาพ ในทางตรงกันข้ามบริษัทผู้ผลิตซีมอสคุณภาพสูงได้พัฒนาวิธีการผลิต เช่น ลดขนาดของทรานซิสเตอร์ให้เล็กลงไปจากเดิม ซึ่งส่งผลให้พื้นที่ของเซลล์รับแสงมีมากขึ้น (ทำให้ไวแสงมากขึ้น) และทำให้ใช้พลังงานน้อยลงยิ่งขึ้นไปอีก อีกทั้งยังมีการเพิ่มหน่วยประมวลผลลงไปในกล้องเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของซีมอส ซึ่งสามารถสรุปข้อแตกต่างระหว่างกล้องซีมอสและกล้องซีซีดีได้ดังตารางที่ 3.1

กล้องซีมอส	กล้องซีซีดี
• ราคาถูก • ทำให้มีขนาดเล็กได้ง่ายกว่า • ใช้พลังงานต่ำ • สัญญาณถูกรบกวนได้ง่าย • คุณภาพภาพไม่สูงจึงต้องการแสงสว่างมาก • กำลังส่งของสัญญาณต่ำ • อายุการใช้งานสั้น	• ราคาแพง • มีขนาดใหญ่กว่ากล้องซีมอส • ใช้พลังงานมากกว่า • สัญญาณรบกวนต่ำกว่า • คุณภาพภาพค่อนข้างสูงเพราะมีความไวแสงสูงกว่า • กำลังส่งของสัญญาณสูงกว่า • อายุการใช้งานยาวนานกว่า

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกล้องซีมอสและซีซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในการออกแบบหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยได้เลือกใช้กล้องชนิดซีมอส เนื่องจากคุณสมบัติของกล้องซีมอสเพียงพอต่อความต้องการใช้งาน แสดงกล้องซีมอสที่เลือกใช้ดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 กล้องซีมอส

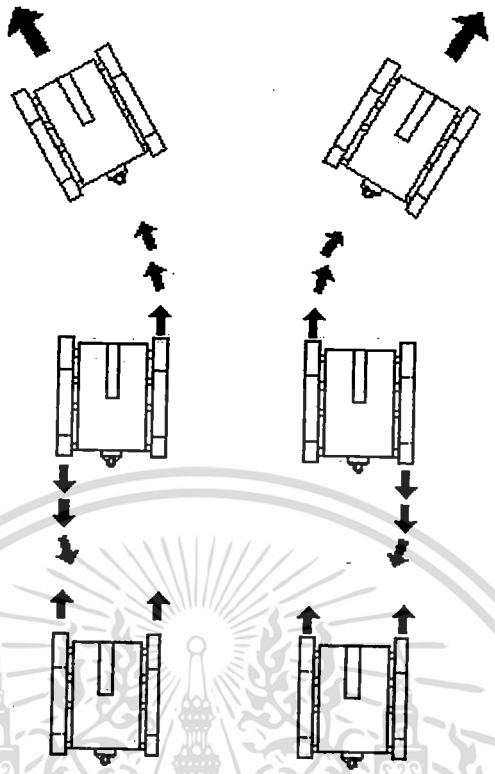
3.5 การออกแบบระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

ระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ ใช้ระบบล้อแบบสายพาน เพื่อการเคลื่อนได้อย่างคล่องแคล่วและเหมาะสมกับการปีนป่าย อาศัยการขับเคลื่อนจากมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 โวลต์ ลักษณะการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแสดงดังตารางที่ 3.2 และแสดงรูปแบบการเลี้ยว ดังรูปที่ 3.17

การทำงาน	ล้อซ้าย	ล้อขวา
หยุด	หยุด	หยุด
เดินหน้า	เดินหน้า	เดินหน้า
ถอยหลัง	ถอยหลัง	ถอยหลัง
เลี้ยวซ้าย	หยุด	เดินหน้า
เลี้ยวขวา	เดินหน้า	หยุด

ตารางที่3.2 แสดงลักษณะการทำงานของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะการเลี้ยวของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

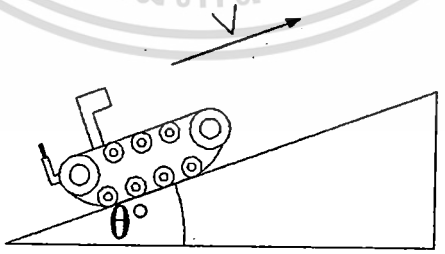
การออกแบบหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย ได้ออกแบบหุ่นยนต์ให้มีความสามารถเคลื่อนที่บนสภาพพื้นผิวที่ลำบาก และมีการควบคุมการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรล ขั้นต้นได้ทดลองหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยที่ออกแบบและพัฒนา โดยทดลองความสามารถในการเคลื่อนที่บนสภาพพื้นผิวที่ยากลำบาก ขั้นต่อมาได้ทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ทั้งในที่โล่งแจ้งและภายในอาคาร ขั้นต่อมาได้ทำการทดลองตรวจวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ และสุดท้าย เป็นการทดลองตรวจจับเวลาในการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ได้ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย

4.1 การทดลองความสามารถในการเคลื่อนที่บนสภาพพื้นผิวที่ยากลำบาก

การทดลองความสามารถในการเคลื่อนที่ บนสภาพพื้นผิวที่ยากลำบากของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย ได้จำลองการเคลื่อนที่บนพื้นผิวที่ยากลำบาก โดยจำลองสภาวะที่แตกต่างกัน 4 ลักษณะ ได้แก่ การเคลื่อนที่บนพื้นเอียง การเคลื่อนที่ผ่านวัตถุทรงกลม การเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ และการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันได

4.1.1 การทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

การทดลองที่ 1 ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงใช้แบบจำลองดังรูปที่ 4.1 โดยหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยเคลื่อนที่เข้าหาพื้นเอียงจากด้านหน้า โดยจำลองสภาวะพื้นเอียงทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ พื้นอะคลิลิก พื้นไม้ทั่วไป และพื้นไม้ลื่น โดยปรับมุมเอียงเพิ่มครั้งละ 5 องศา



รูปที่ 4.1 แบบจำลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 1 ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงให้ผลการทดลองดังตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดอะคลิลิก

มุมเอียง (θ) (องศา)	ผลการทดลอง	หมายเหตุ
10	ผ่าน	-
15	ผ่าน	-
20	ผ่าน	-
25	ผ่าน	-
30	ผ่าน	ลื่นไถล
35	ไม่ผ่าน	ไม่สามารถไต่ขึ้นได้

กรณีที่ 2 ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้ให้ผลการทดลองดังตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้

มุมเอียง (θ) (องศา)	ผลการทดลอง	หมายเหตุ
10	ผ่าน	-
15	ผ่าน	-
20	ผ่าน	-
25	ผ่าน	-
30	ผ่าน	-
35	ผ่าน	ลื่นไถลเล็กน้อย
40	ไม่ผ่าน	ไม่สามารถไต่ขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

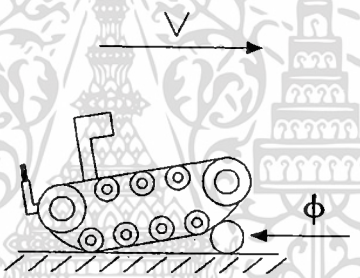
กรณีที่ 3 ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้พื้นลื่นให้ผลการทดลองดังตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้พื้นลื่น

มุมเอียง (θ) (องศา)	ผลการทดลอง	หมายเหตุ
10	ผ่าน	-
15	ผ่าน	-
20	ผ่าน	ลื่นไถลเล็กน้อย
25	ไม่ผ่าน	ไม่สามารถไต่ขึ้นได้

4.1.2 การทดลองการเคลื่อนที่ผ่านวัตถุทรงกลม

การทดลองที่ 2 ทดลองการเคลื่อนที่ผ่านวัตถุทรงกลม ใช้แบบจำลองดังรูปที่ 4.2 โดยให้หุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยเคลื่อนที่เข้าหาวัตถุทรงกลมทางด้านหน้า



รูปที่ 4.2 แบบจำลองการเคลื่อนที่ผ่านวัตถุทรงกลม

ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านวัตถุทรงกลมของหุ่นยนต์แสดงดังตารางที่ 4.4

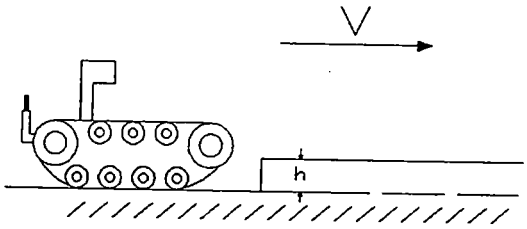
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านวัตถุทรงกลมของหุ่นยนต์

เส้นผ่านศูนย์กลาง (ϕ) (มิลลิเมตร)	ผลการทดลอง	หมายเหตุ
5	ผ่าน	-
8	ผ่าน	-
10	ผ่าน	-
15	ไม่ผ่าน	หุ่นยนต์ถูกหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ

การทดลองที่ 3 ทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ ใช้แบบจำลองดังรูปที่ 4.3 โดยให้หุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยเคลื่อนที่เข้าหาพื้นที่ต่างระดับทางด้านหน้า



รูปที่ 4.3 แบบจำลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ

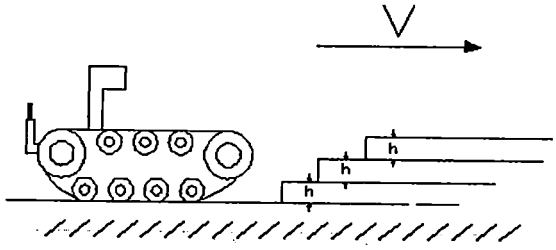
ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับที่ความสูงต่างๆของหุ่นยนต์แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับของหุ่นยนต์

ระยะความสูง (h) (มิลลิเมตร)	ผลการทดลอง	หมายเหตุ
5	ผ่าน	-
8	ผ่าน	-
10	ผ่าน	-
13	ไม่ผ่าน	ไม่สามารถไต่ขึ้นได้

4.1.4 การทดลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันได

การทดลองที่ 4 ทดลองการเคลื่อนที่ไต่บันไดใช้แบบจำลองดังรูปที่ 4.4 โดยให้หุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยเคลื่อนที่เข้าหาพื้นที่ขั้นบันไดทางด้านหน้า



รูปที่ 4.4 แบบจำลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันไดที่ความสูงต่างๆของหุ่นยนต์ แสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไต่บันไดของหุ่นยนต์

ระยะความสูง (h) (มิลลิเมตร)	ผลการทดลอง	หมายเหตุ
5	ผ่าน	-
8	ผ่าน	-
10	ผ่าน	-
13	ไม่ผ่าน	ไม่สามารถไต่ขึ้นได้

4.2 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพทั้งในที่โล่งแจ้งและภายในอาคาร

การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ได้ทดสอบทั้งในที่โล่งแจ้ง และ ภายในอาคาร

4.2.1 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพในที่โล่ง

การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ และความสามารถในการส่งภาพในที่โล่ง ได้มีการควบคุมการเคลื่อนที่และการส่งภาพหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยด้วยรีโมทคอนโทรลในที่โล่งแจ้ง ผลการทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพในที่โล่งแจ้ง แสดงดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์และการส่งภาพในที่โล่งแจ้ง

ระยะห่าง (เมตร)	ผลการทดลอง		หมายเหตุ	
	การควบคุม	การส่งภาพ	การควบคุม	การส่งภาพ
100	ได้	ได้	-	-
150	ได้	ได้	-	-
200	ได้	ได้	-	-
250	ได้	ได้	-	-
300	ไม่ได้	ได้	เกิดคลื่นรบกวน	-
350	ไม่ได้	ได้	เกิดคลื่นรบกวน	ภาพไม่ชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพในอาคาร

การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ และความสามารถในการส่งภาพในอาคาร ได้มีการควบคุมการเคลื่อนที่และการส่งภาพหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัยด้วยรีโมทคอนโทรลในที่อาคาร โดยควบคุมอยู่ภายในอาคารชั้น1 ผลการทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ภายในอาคาร แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์และการส่งภาพภายในอาคาร

ชั้นภายในอาคาร (ความสูง)	ผลการทดลอง		หมายเหตุ	
	การควบคุม	การส่งภาพ	การควบคุม	การส่งภาพ
1	ได้	ได้	-	-
2 (5 เมตร)	ได้	ได้	-	ภาพไม่ชัดเจน
3 (10 เมตร)	ไม่ได้	ไม่ได้	-	ไม่เห็นภาพ

4.3 การทดลองตรวจวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

การทดลองตรวจวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย ทดลองขณะเพิ่งชาร์จกระแสใหม่ ผลการทดลองตรวจวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย ความเร็วของหุ่นยนต์เท่ากับ 5 เซนติเมตรต่อวินาที

4.4 การทดลองตรวจจับระยะเวลาในการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ได้ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย

การทดลองตรวจจับระยะเวลาในการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด ที่ได้ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์ ทดลองขณะเพิ่งชาร์จกระแสใหม่ ผลการทดลองตรวจจับระยะเวลาในการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิดที่ได้ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์ค้นหาผู้ประสบภัย แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองตรวจจับระยะเวลาในการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชนิด

อุปกรณ์ที่ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์	ระยะเวลาในการทำงาน (ชั่วโมง)
กล้องซีมอส	4
ชุดส่งภาพ	5
ระบบขับเคลื่อน	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้