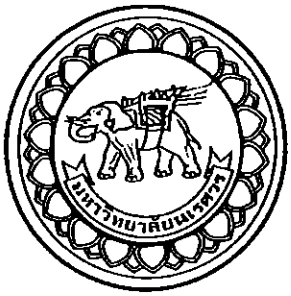
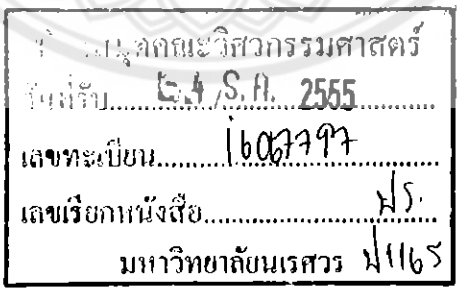


ระบบตรวจหาความเสียหายบนสายโอพีจีดับบิลยู
THE DAMAGE DETECTION SYSTEM ON THE OPGW CABLE

นายปกรณ์ ปากองวัน รหัส 51383935

นางสาวศิริรัตน์ เถรนิยม รหัส 51384024



2554

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2554

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน ระบบตรวจหาความเสียหายบนสายโอพีจีดับเบิลยู

ผู้ดำเนินโครงงาน นายปกรณ์ ปากองวัน รหัส 51383935

นางสาวศิริรัตน์ เถรนิยม รหัส 51384024

ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2554

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น)

.....กรรมการ

(ดร. แคทรียา สุวรรณศรี)

.....กรรมการ

(ดร. พนัส นัถฤทธิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ระบบตรวจหาความเสียหายบนสายโอพีจีดับเบิลยู
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายปกรณ์ ปากองวัน รหัส 51383935
	นางสาวศิริรัตน์ เถรนิยม รหัส 51384024
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2554

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนารถตรวจหาความเสียหาย (รอยตำหนิ) บนสายเคเบิลเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับโครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Fiber with Overhead Ground Wire, OPGW) รถที่พัฒนาขึ้นใช้รีโมทในการบังคับการขับเคลื่อนของรถที่ใช้ตรวจสอบ และในตัวรถจะมีกล้องถ่ายภาพรอยตำหนิบนสายโอพีจีดับเบิลตลอดเวลาเพื่อส่งสัญญาณภาพไปยังชุดรับสัญญาณภาพและเข้าหน่วยประมวลผลเพื่อแจ้งตำแหน่งของรอยตำหนิให้ทราบ

จากผลการทดลองการทำงานและทดสอบประสิทธิภาพของรถที่พัฒนาขึ้น พบว่า ระยะห่างที่รีโมทคอนโทรลสามารถควบคุมการทำงานรถบนสายเคเบิลที่เหมาะสมต้องมีระยะห่างระหว่างรีโมทคอนโทรลกับตัวรับสัญญาณไม่เกิน 30 เมตร และมีระยะห่างระหว่างตัวส่งสัญญาณภาพกับตัวรับสัญญาณภาพไม่เกิน 20 เมตร เมื่อเดินรถบนสายเคเบิลด้วยความเร็ว 0.20 เมตร/วินาที และ 0.42 เมตร/วินาที ภาพที่ส่งมาที่คอมพิวเตอร์จะไม่สามารถมองเห็นรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิล แต่ถ้าลดความเร็วของรถเป็น 0.1 เมตรต่อวินาที จะทำให้สามารถมองเห็นรายละเอียดของภาพที่ระบุตำแหน่งรอยตำหนิได้อย่างชัดเจน และเมื่อเดินรถบนสายเคเบิลด้วยอัตราเร็ว 0.1 เมตร/วินาที รถที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจหารอยตำหนิโดยระบุตำแหน่งได้ครบถ้วนรวมทั้งแจ้งเตือนทุกตำแหน่งที่มีรอยตำหนิได้อย่างมีประสิทธิภาพ 100%กรณีมีระดับแสงที่เหมาะสม

Project title	The Damage Detection System on the OPGW Cable
Name	Mr. Pakorn Pakongwan ID. 51383935
	Miss. Sirirat Thenraniyom ID. 51384024
Project advisor	Assistant Professor Dr. Suchart Yammen, Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2011

Abstract

This project presents the design and development of a car for detecting defects on the optical fiber with overhead ground wire (OPGW) cable. The developed car is controlled by using the remote control and the built-in camera to take the OPGW image all time. The image signals are then sent to the receiver and to the processor for identifying the location of the defects.

From the experimental results with functional and performance testing, it was found that the appropriate distance between the remote control and the signal receiver in the developed car is less than 30 meters, and the appropriate distance between the transmitter and the receiver does not exceed 20 meters in case of the cable car speeds: 0.20 m/s and 0.42 m/s. If so, the computer will not detect the defects that occur on the OPGW cable. However, if the car's speed is 0.1 meters per second, it will give a complete description of the location of the defects as well. The drive on the cable at a speed 0.1 m/s is developed to detect defects in a position to complete the alert with all the defects effectively; that is, 100% in case of proper lighting.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี โดยความช่วยเหลือจากหลายๆท่านด้วยกัน ผู้จัดทำขอโอกาสนี้ ขอกราบขอบพระคุณ

อาจารย์สุชาติ แย้มเม่น ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และคณะกรรมการสอบโครงงานทุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางและข้อคิดเห็นต่างๆ ในการแก้ไขปัญหาที่เป็นประโยชน์อย่างสูงในการทำโครงงานนี้ให้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการทดลองตลอดจนคำปรึกษาชี้แนะแนวทางต่างๆ เกี่ยวกับ โครงงานนี้เป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณรุ่นพี่ นิสิตวิศวกรรมไฟฟ้าปริญญาโท ที่ได้ให้ความช่วยเหลือมาตลอดทุกด้านเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยสนับสนุนในด้านการเงินและค่อยให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำเสมอมาจนสำเร็จการศึกษานี้

นายปกรณ์ ปากองวัน
นางสาวศิริรัตน์ เถรนิยม

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก

บทคัดย่อ ..... ข

Abstract ..... ค

กิตติกรรมประกาศ ..... ง

สารบัญ ..... จ

สารบัญ (ต่อ) ..... ฉ

สารบัญ (ต่อ) ..... ช

สารบัญ (ต่อ) ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูป ..... ญ

สารบัญรูป (ต่อ) ..... ฎ

สารบัญรูป (ต่อ) ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1

1.3 ขอบเขตของโครงงาน 2

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน 3

1.6 งบประมาณ 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง 4

2.1.1 คุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง 4

2.1.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ 5

2.1.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ PWM (Pulse width modulation) 9

2.1.4 การกลับทางหมุนของมอเตอร์ 9

2.2 การส่งสัญญาณความคุมมอเตอร์โดยใช้คลื่นวิทยุ 11

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1 การส่งสัญญาณไวเลส (Wireless) 11
2.3 อัตราทดเกียร์ 12
2.4 มาตรฐานของสี 13
2.4.1 ระบบสี RGB และ YCrCb 13
2.4.2 ระบบสี HSV 14
2.4.3 ระบบสีแบบ HLV 15
2.4.4 ระบบสีแบบบวกและระบบสีแบบลบ 16
2.5 แสงและการเกิดภาพ 18
2.5.1 การสะท้อนของแสง 18
2.5.2 กฎการสะท้อนของแสง 18
2.6 การเลือกใช้เลนส์ 20
2.7 การทำงานเบื้องต้นของเว็บแคมและส่วนที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับการทำโครงงาน 21
2.8 ภาพดิจิตอล (Digital Image) 23
2.8.1 พิกเซล (pixel) 24
2.8.2 Digital Image Type 24
2.9 Image Segmentation 25
2.9.1 การสร้างภาพแบบไบนารีด้วยการทำเทรชโฮลด์ 26
2.10 การบวกและการลบเมตริกซ์ 28
2.10.1 การบวกเมตริกซ์ 28
2.10.2 การลบเมตริกซ์ 29
2.11 การหาผลต่างของภาพ 29
2.11.1 การมองภาพเป็นเมตริกซ์ 29
2.11.2 นำผลต่างที่ได้มาพิจารณา 31

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 32
3.1 บทนำ 32
3.2 ขั้นตอนดำเนินงานส่วนของฮาร์ดแวร์ 32
3.2.1 การออกแบบโครงสร้างของรถและอุปกรณ์ขับเคลื่อน 32

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.2 การประกอบโครงสร้างและชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อน 33
3.2.3 การออกแบบระบบควบคุมความเร็วและทิศทางของตัวรถ 42
3.2.4 ส่วนของรับ-ส่งภาพวีดีโอ 51
3.2.5 ลักษณะของภาพที่สะท้อนจากกระจกสู่กล้องวีดีโอ 52
3.2.6 การติดตั้งอุปกรณ์ รับ-ส่ง ภาพ 52
ก) อุปกรณ์ที่ใช้ในถ่ายภาพวีดีโอ 53
ข) อุปกรณ์รับสัญญาณและแปลงสัญญาณภาพ 54
3.2.7 ลักษณะของโครงสร้างจำลองเมื่ออยู่บนสายเคเบิล 54
3.3 ส่วนของซอฟแวร์ 55
3.3.1 แผนผังอธิบายการทำงานของซอฟแวร์ 55
3.3.2 การทำงานของซอฟแวร์ 56

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง 59
4.1 ผลการทดลอง 59
4.1.1 ผลการทดลองหาระยะควบคุมของรีโมทคอนโทรลและระยะการส่งภาพ 59
4.1.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราเร็วของรถที่เหมาะสม 60
4.1.3 ผลการทดลองการประมวลผลภาพ 61
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง 68
4.2.1 ผลการทดลองหาระยะควบคุมของรีโมทคอนโทรลและระยะการส่งภาพ 68
4.2.2 วิเคราะห์จากหาค่าอัตราเร็วของรถที่เหมาะสม 69
4.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลองการประมวลผลภาพ 70

บทที่ 5 บทสรุป 71
5.1 สรุปผลการทดลอง 71
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 71
5.3 ข้อเสนอแนะ 72

เอกสารอ้างอิง 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก รหัสโปรแกรม 74
ภาคผนวก ข วิธีการใช้อุปกรณ์และโปรแกรม 82
ภาคผนวก ค เอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์ 89

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 98

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ลักษณะการทำงานการรับส่งสัญญาณของรีโมทคอนโทรลและตัวรับส่งภาพวีดีโอ 61
4.2 ผลการทดลองโปรแกรมในลักษณะต่างๆ 67
4.3 ค่าเวลาในการประมวลผลภาพ 68
4.3 ค่าเวลาในการประมวลผลภาพ (ต่อ).....69

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง....4
2.2 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์....5
2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วที่มีผลกับโหลดในอุดมคติ....6
2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วที่มีผลกับโหลดในทางปฏิบัติ....6
2.5 การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน....7
2.6 ระดับแรงดันที่ความเร็วต่ำ....7
2.7 การควบคุมแบบการปรับความกว้างของคลื่น....8
2.8 การแสดงสัญญาณ PWM ซึ่งแสดงค่า DUTY CYCLES ที่ต่างๆกัน....8
2.9 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน....9
2.10 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์....10
2.11 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง....10
2.12 การส่งสัญญาณความคุมมอเตอร์โดยใช้คลื่นวิทยุ....11
2.13 ลักษณะการทดเกียร์....13
2.14 ระบบสี RGB....13
2.15 ระบบสี HSV....15
2.16 ระบบสี HLS....16
2.17 ระบบสีแบบบวก....17
2.18 ระบบสีแบบลบ....17
2.19 แสดงการสะท้อนแสงของวัตถุที่มีผิวเรียบและผิวขรุขระ....18
2.20 แสดงการสะท้อนของแสงที่วัตถุผิวเรียบแบบต่างๆ....19
2.21 การประยุกต์ใช้กฎการสะท้อน....20
2.22 วิธีการคำนวณหาความยาวโฟกัส....20
2.23 วงจรอุปกรณ์ภายในกล้องเว็บแคม....21
2.24 CCD ชิพที่มีความไวต่อแสงและถ่ายทอดภาพที่ได้ไปเป็นข้อมูลดิจิตอล....21
2.25 การทำงานของ CCD....22
2.26 CMOS....23
2.27 ตัวอย่างพิกเซลของภาพสีเมื่อขยายรายละเอียด....25
2.28 ทำการเทรชโฮลด์กับภาพระดับเทา....28
2.29 แสดงลักษณะภาพอ้างอิงเป็นเมตริกซ์อ้างอิง....30

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.30 แสดงลักษณะภาพเปรียบเทียบเป็นเมตริกซ์เปรียบเทียบ 30
2.31 ภาพแสดงการหาผลต่างของเมตริกซ์อ้างอิงกับเมตริกซ์เปรียบเทียบ 30
2.32 ภาพแสดงผลต่างของ 2 เมตริกซ์ 31
3.1 โครงสร้างของรถตรวจสอบสายโอพีจีดับเบิลยูแบบจำลอง 32
3.2 โครงสร้างของรถตรวจสอบสายโอพีจีดับเบิลยูของจริง 33
3.3 ส่วนประกอบที่ใช้ในการเคลื่อนที่ 34
3.4 ฝาครอบตัวถัง 34
3.5 บานพับยึดฝาครอบตัวถัง 35
3.6 เฟืองโซ่ 27 ฟัน 35
3.7 ตุ๊กตาแบริ่ง 36
3.8 บานพับยึดแผ่นอะคริลิค 36
3.9 แท่นยึดกระจก 37
3.10 กระจก 37
3.11 ล้อ 38
3.12 แผ่นอะคริลิค 38
3.13 อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ 39
3.14 แบตเตอรี่ 39
3.15 เฟืองโซ่ 18 ฟัน 40
3.16 มอเตอร์ 40
3.17 แบตเตอรี่กล้องวีดีโอ 41
3.18 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ 41
3.19 แผนผังแสดงการควบคุมมอเตอร์ 42
3.20 รีโมทคอนโทรล 43
3.21 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ 44
3.22 รีเลย์ 8 ขา 2หน้าสัมผัส 45
3.23 พิน 2 ขั้วสำหรับต่อกับมอเตอร์ (2 PIN) 45
3.24 รีซีฟเวอร์ (RECEIVER) 46
3.25 ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ (PWM SPEED CONTROL) 46
3.26 หลอดไฟแอลอีดี 47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.27 ตัวต้านทานขนาด 500 โอมห์ 0.5 วัตต์ 47
3.28 โซโวบอร์ด 48
3.29 ตัวต้านทานประปรับค่าได้ 100 โอมห์ 48
3.30 ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N3055 49
3.31 สวิตช์โยก 49
3.32 พิน 2 ขั้วสำหรับต่อกับแบตเตอรี่ (2 PIN) 50
3.33 ตัวต้านทานขนาด 100โอมห์ 1วัตต์ 50
3.34 การรับส่งภาพ 51
3.35 การวางตำแหน่งของกล้องและการวางมุมของกระจก 52
3.36 ตำแหน่งการติดตั้งกล้องวีดีโอ 53
3.37 การเชื่อมต่อกล้องวีดีโอกับแหล่งจ่ายไฟ 53
3.38 การเชื่อต่อตัวรับสัญญาณเข้าสู่ตัวแปลงสัญญาณ 54
3.39 ลักษณะจำลองโครงสร้างที่ติดตั้งชุดขับเคลื่อน 54
3.40 ลักษณะจริงของโครงสร้างที่ติดตั้งชุดขับเคลื่อน 55
3.41 กระบวนการวิเคราะห์ภาพ เพื่อหาจุดชำรุดจากกระสุนปืน 56
3.42 ขั้นตอนการประมวลผลภาพเมื่อไม่เกิดความเสียหาย 57
3.43 ขั้นตอนการประมวลผลภาพเมื่อเกิดความเสียหาย 58
4.1 โปรแกรมไม่สามารถมองเห็นจุดที่จำลองการเกิดความเสียหายบนสายเคเบิลได้ 60
4.2 จุดที่จำลองการเกิดความเสียหายบนสายเคเบิลที่โปรแกรมไม่สามารถระบุได้ 61
4.3 จุดที่จำลองการเกิดความเสียหายบนสายเคเบิลที่โปรแกรมสามารถระบุได้ 61
4.4 สายเคเบิลลักษณะปกติ 62
4.5 ความเสียหายเกิดขึ้นจุดเดียว 63
4.6 ความเสียหายเกิดขึ้นพร้อมกันหลายจุด 63
4.7 ความเสียหายเกิดขึ้น 1 จุด ด้านบนเยื้องไปทางด้านข้างของสายเคเบิล 64
4.8 ความเสียหายเกิดขึ้น 1 จุด ด้านบนเยื้องไปทางด้านข้างของสายเคเบิล 64
4.9 ความเสียหายที่เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งด้านล่างและด้านบนของสาย 65
4.10 เมื่อแสงน้อยลงและเกิดความเสียหายด้านบนเพียงจุดเดียว 65
4.11 เมื่อแสงน้อยลงและเกิดความเสียหาย 4 จุด ด้านบน 2 จุด ด้านล่าง 2 จุด 66

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบัน การใช้โครงข่ายเส้นใยแก้วนำแสง (Optical Fiber with Overhead Ground Wire, OPGW) เพื่อใช้เชื่อมเครือข่ายโทรคมนาคมสารสนเทศและทำหน้าที่เป็นกับดักฟ้าผ่าในเวลาเดียวกันของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (EGAT) ซึ่งในประเทศไทยเราจะพบสายชนิดนี้บนเสาของสายส่งในระบบ 500 kv และตำแหน่งการติดตั้งอยู่ส่วนบนสุดของโครงเหล็กเสาไฟฟ้า การชำรุดส่วนใหญ่เกิดจากกระสุนปืนของชาวบ้านที่ทำการยิงนกที่มาเกาะสายโอพีจีดับเบิลยู จึงทำให้เกิดความเสียหายขึ้นจากการยิงพลาดแล้วไปโดนสายโอพีจีดับเบิลยู โดยปกติในการตรวจสอบความเสียหายทำได้โดยการส่งสัญญาณเข้าไปในสายหากสายชำรุดบริเวณจุดใดสัญญาณจะสะท้อนกลับมาเมื่อเทียบกับเวลาแล้วเราจะได้ระยะทางออกมาแต่ระยะทางที่ได้ออกมาจะมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งคลาดเคลื่อนมากอยู่พอสมควร จากนั้นจึงส่งหน่วยซ่อมบำรุงไปตรวจสอบสายบริเวณกิโลเมตรที่เกิดความเสียหายโดยใช้กล้องส่องขยายจากพื้นดินด้วยเหตุนี้เมื่อพบจุดที่เสียหายในการซ่อมบำรุงจะทำการตัดสายของช่วงเสานั้นทิ้งแล้วเปลี่ยนสายใหม่เข้าไปแทน แต่หากไม่พบจุดที่ชำรุดในการซ่อมบำรุงจะทำการตัดประมาณสามช่วงเสาที่คาดว่าจะเกิดความเสียหาย ส่งผลให้สิ้นเปลืองงบประมาณในการซ่อมบำรุง ดังนั้นจึงเกิดโครงงานระบบตรวจจับการเสื่อมสภาพของสายโอพีจีดับเบิลยู จากภาพนี้ขึ้นมา โดยหลักการทำงานอย่างคราวๆคือนำกล้องถ่ายภาพวีดีโอสะท้อนกับกระจกสองแผ่นที่ทำมุมกันภาพที่ได้จะเห็นลักษณะของสายโดยรอบจากนั้นภาพที่ได้นี้จะถูกส่งมาประมวลผลที่คอมพิวเตอร์ของหน่วยซ่อมบำรุงเพื่อระบุความเสียหายของสายโอพีจีดับเบิลยู ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องสร้างและพัฒนาระบบดังกล่าวเพื่ออำนวยความสะดวกแก่หน่วยซ่อมบำรุง จึงได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้นมา เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง เพื่อช่วยเพิ่มความแม่นยำในการตรวจสอบความเสียหายของสายโอพีจีดับเบิลยู ที่เกิดจากกระสุนปืนของชาวบ้านที่ทำการยิงนก โดยมุ่งเน้นเรื่องการรับส่งสัญญาณภาพแบบไร้สาย โดยสัญญาณภาพที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมแมทแลป เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายของสายโอพีจีดับเบิลยู

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาและสร้างระบบตรวจจับรอยตำหนิบนสายโอพีจีดับเบิลยู ด้วยการประมวลผลภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1) ใช้รีโมทในการบังคับตัวอุปกรณ์และควบคุมอุปกรณ์ตรวจจับแบบไร้สาย
2) ใช้สัญญาณไวเลส(Wireless)ในการส่งภาพถ่ายวีดีโอแบบ Real time เพื่อรับ-ส่งสัญญาณภาพแบบไร้สายและวีดีโอที่ได้จะถูกส่งมาที่คอมพิวเตอร์และทำการประมวลผลโดยใช้โปรแกรมแมทแลป
3) ในการทำการประมวลผลภาพหรือการใช้งานอุปกรณ์จะทำการปฏิบัติงานตอนกลางวันในสภาพอากาศที่แจ่มใสไม่มีลมแรงและไม่มีฝนตก
4) โครงงานจะนี้จำลองสายเคเบิลขึ้นมาแทนสายโอเวอร์เฮดกราวนด์ โดยขึงระหว่างเสาไฟฟ้า 2 ต้นสูงจากพื้น 1.5 เมตร

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

รายละเอียด	ปี 2553			ปี 2554								
	ต.ค	พ.ย	ธ.ค	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย
1. รวบรวมข้อมูล	←	→										
2. ศึกษาการทำงานของเครื่องรับ, เครื่องส่งสัญญาณภาพ		←	→									
3. ออกแบบและพัฒนาฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์			←	→								
4. การจัดหาวัสดุและวัด เพื่อจัดทำอุปกรณ์					←	→						
5. จัดทำชุดรับ-ส่งสัญญาณรูปแบบคลื่นวิทยุ							←	→				
6. ปรับปรุงแก้ไขชุดรับ-ส่งสัญญาณ									←	→		
7. จัดทำรายงานและสรุปผล											←	→

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงาน

1) เข้าใจหลักการรับ-ส่งสัญญาณแบบสัญญาณภาพแบบไร้สาย
2) เข้าใจหลักการเขียนโปรแกรมในเรื่องของการวิเคราะห์ภาพแบบ เรียลไทม์ (Real time)
3) ได้ระบบการตรวจสอบความเสียหายของสายโอพีจีดับเบิลยูที่มีความแม่นยำกว่าการตรวจสอบแบบเดิมที่ใช้กล้องส่องขยายจากภาคพื้นดิน

1.6 งบประมาณ

1) ค่าอุปกรณ์ในการทำโครงงาน	10,000	บาท
2) ค่าหนังสือ	500	บาท
3) ค่าพิมพ์เอกสาร	500	บาท
4) ค่าเข้าเล่มโครงงานฉบับสมบูรณ์	1,000	บาท
รวมเป็นเงิน (หนึ่งหมื่นสองพันบาทถ้วน)	12,000	บาท

หมายเหตุ : เฉลี่ยทุกรายการ

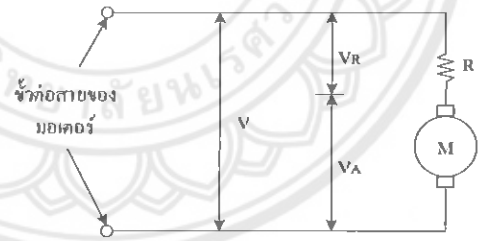
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

เมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็กซึ่งมีสัดส่วนของแรงขึ้นกับกระแสแรงของสนามแม่เหล็ก โดยแรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแสและสนามแม่เหล็ก ขณะที่ทิศทางของแรงกลับตรงกันข้ามกัน ถ้าหากกระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสและสนามแม่เหล็กเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนไป ด้วยคุณสมบัตินี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้ สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจากแม่เหล็กถาวรซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นเหล็กหรือเหล็กกล้า โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่และขดลวดเหนี่ยวนำจะพันอยู่กับส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

2.1.1 คุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรง

ในการอธิบายคุณสมบัติของมอเตอร์กระแสตรงให้ละเอียดนั้นต้องพิจารณาแรงดันที่ป้อนและความต้านทานของโรเตอร์ด้วยวงจรภายในของมอเตอร์เขียนได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง

โดยสมมติให้ทุ่นโรเตอร์ไม่มีความต้านทานอยู่เลยอนุกรมกับความต้านทานซึ่งในที่นี้ก็คือความต้านทานของขดลวดนั่นเองแรงดันที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์ก็คือ ผลบวกระหว่างแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และ แรงดันตกคร่อมความต้านทานขดลวด (V_R)

แรงดัน V_A ถูกเรียกว่าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (BACK EMF) ซึ่งเกิดขึ้นใน โรเตอร์ขณะที่หมุนแรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของตัวนำในสนามแม่เหล็ก สัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็กและความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวนำ แรงดันที่เกิดขึ้นจะมีขั้วตรงกันข้ามกับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์และแปรผันตรงกับ

ความเร็วในการหมุนผลบวกของแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมขดลวด (V_R) ต้องเท่ากับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ (V) ดังสมการ 2.1

$$V = V_A + V_R \text{ (V)} \tag{2.1}$$

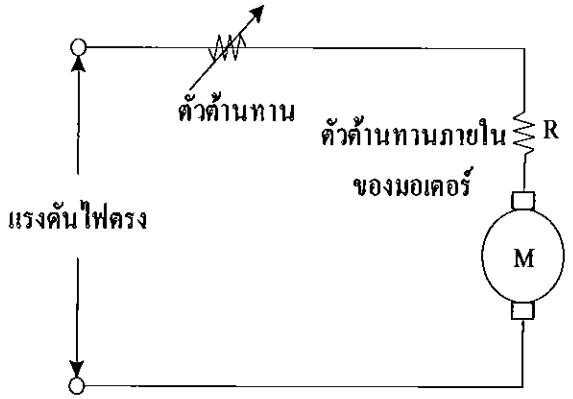
เมื่อพิจารณาตั้งแต่มอเตอร์หยุดนิ่ง ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $V_A = 0$, $V_R = V$ กระแสที่ไหลในมอเตอร์หาได้จาก สมการ 2.2

$$I = V_R / R \quad \text{(A)} \tag{2.2}$$

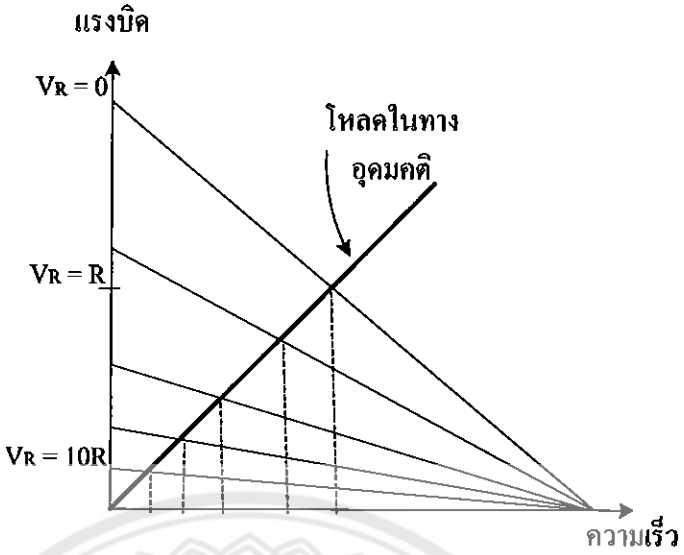
เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีความเร็วและ V_A เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเร็ว V_R ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่าง V_A และ V จะเริ่มลดลงกระแส I ก็จะเริ่มลดลงเช่นกันขณะที่มอเตอร์ยังมีความเร่งอยู่ ความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงจนกว่าจะถึงจุดนั้น ซึ่งแรงบิดของมอเตอร์รับภาระโหลดได้สมดุลพอดี ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลดและหมุนอย่างอิสระจะมีเพียงค่าความฝืดของแบริ่ง และแรงต้านอากาศทำให้ V_A เกือบเท่ากับค่า V

2.1.2 การควบคุมความเร็วของมอเตอร์

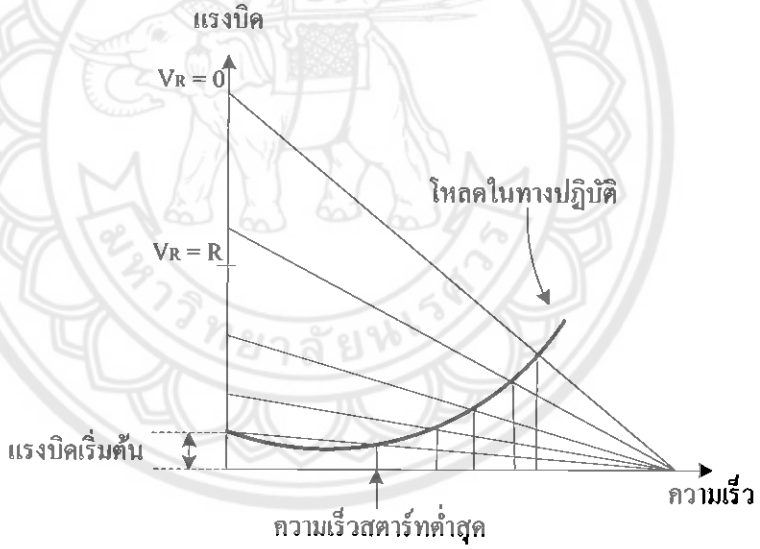
การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้เป็นรูปแบบพื้นฐานที่สุดของการควบคุมมอเตอร์ คือ ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้อนุกรมกับมอเตอร์ โดยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ ดังรูปที่ 2.2 การบังคับแบบนี้ไม่มีประสิทธิภาพเพราะกำลังไฟสูญเสียไปในตัวความต้านทาน มักนิยมใช้กับมอเตอร์ตัวเล็กๆ การบังคับแบบนี้ให้คุณสมบัติการสตาร์ทที่ดี (ให้แรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ) แต่จะให้ความเร็วสูงมากเมื่อมอเตอร์อยู่ในภาวะที่มีโหลดน้อยๆ ดังนั้นการบังคับแบบนี้มีประโยชน์เฉพาะภาวะที่แรงต้านคงที่สังเกตได้จากกราฟรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4 เช่น การบังคับความเร็วของเครื่องจักรเย็บผ้า เป็นต้น



รูปที่ 2.2 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์

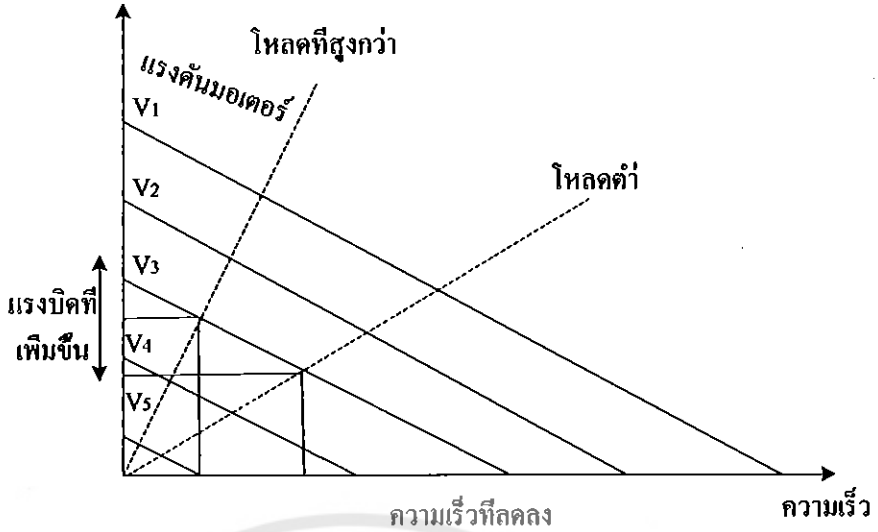


รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วที่มีผลกับโหลดในอุดมคติ

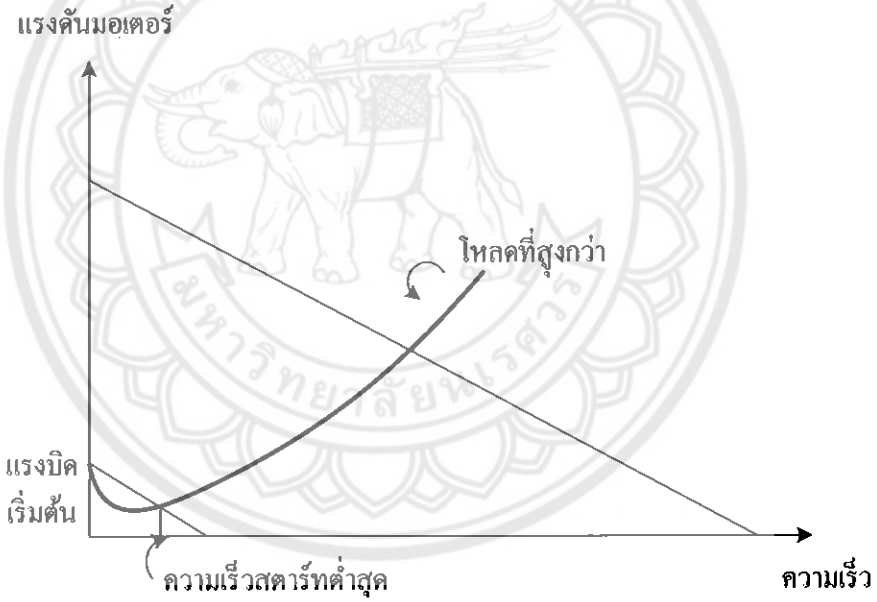


รูปที่ 2.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วที่มีผลกับโหลดในทางปฏิบัติ

2.1.2.1 การควบคุมด้วยวิธีเปลี่ยนค่าแรงดัน วิธีการนี้ดีกว่าวิธีการแรกแต่จะซับซ้อนกว่า ต้องใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีอัตราขยายกำลังสูงและมอเตอร์จะถูกป้อนด้วยแรงดันที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ ดังกราฟในรูปที่ 2.5 จากแหล่งจ่ายที่มีอิมพีแดนซ์ต่ำ ข้อดีของการควบคุมวิธีนี้คือ ถ้าความเร็วลดลงจากผลของแรงบิด แรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเพื่อรักษาระดับความเร็ว ส่วนข้อเสียจากการควบคุมวิธีนี้คือ เมื่อมอเตอร์มีความเร็วต่ำแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์จะมีค่าต่ำเช่นกันดังกราฟรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.5 การควบคุมความเร็วโดยเปลี่ยนค่าแรงดัน

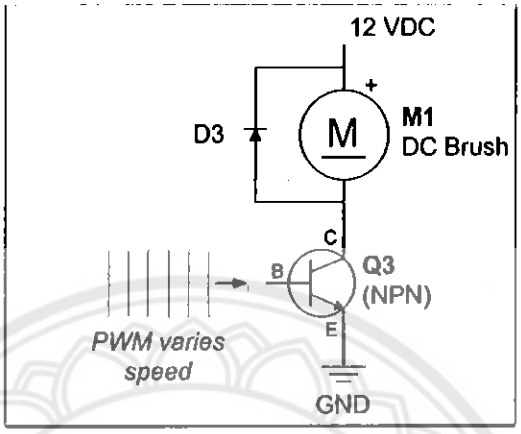


รูปที่ 2.6 ระดับแรงดันที่ความเร็วต่ำ

2.1.2.2 การควบคุมด้วยตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ การควบคุมแบบนี้สามารถขับดีซีมอเตอร์ได้ความเร็ว 10 : 1 และให้ควบคุมที่ดีกว่ากระแสถูกปล่อยให้คงที่ผลของคุณสมบัติความเร็วและแรงบิดที่ได้รับการปรับปรุงดีขึ้นกว่าการบังคับด้วยความต้านทานที่ปรับค่าได้ และให้การควบคุมความเร็วคงที่ได้ดีขึ้นตลอดช่วงความเร็วที่กว้างกว่า

2.1.2.3 การควบคุมแบบปรับความกว้างของคลื่น , PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse width modulation (PWM) คือ เทคนิคสำหรับควบคุมวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้สัญญาณออก (output) แบบดิจิตอลควบคุม ดังรูปที่ 2.7



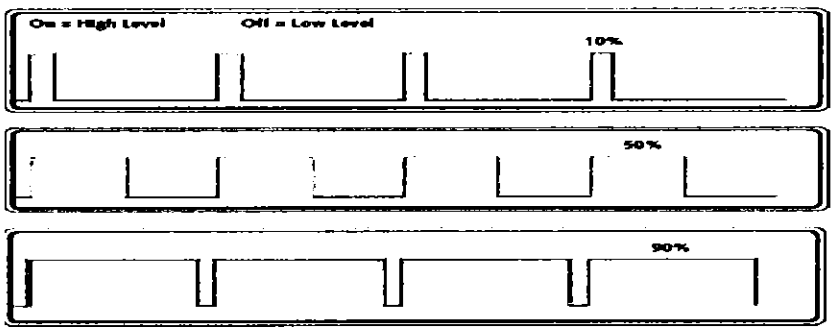
รูปที่ 2.7 การควบคุมแบบการปรับความกว้างของคลื่น

การทำงานของสัญญาณ PWM (Pulse width modulation)รูปที่ 2.8 แสดงสัญญาณ PWM ที่แตกต่างกัน 3 สัญญาณ

- โดย 2.5a แสดงสัญญาณ PWM ที่ 10% duty cycle คือ สัญญาณในการออนจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 90% ของคาบสัญญาณ

- โดย 2.5b แสดงสัญญาณ PWM ที่ 50% duty cycle คือ สัญญาณในการออนจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 50% ของคาบสัญญาณ

- โดย 2.5c แสดงสัญญาณ PWM ที่ 90% duty cycle คือ สัญญาณในการออนจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 10% ของคาบสัญญาณ เช่น ถ้า Power Supply มี 9 V และ duty cycle เป็น 10% จะได้สัญญาณออก (output) 0.9 V



รูปที่ 2.5a

รูปที่ 2.5b

รูปที่ 2.5c

รูปที่ 2.8 การแสดงสัญญาณ PWM ซึ่งแสดงค่า duty cycles ที่ต่างๆกัน

2.1.3 การควบคุมความเร็วมอเตอร์แบบ PWM (Pulse width modulation)

เหตุผลที่ใช้ PWM ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์มีดังนี้

- PWM ง่ายในการอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์และใช้เพียงแค่สัญญาณด้านออก (output) สัญญาณเดียวในการควบคุมความเร็ว

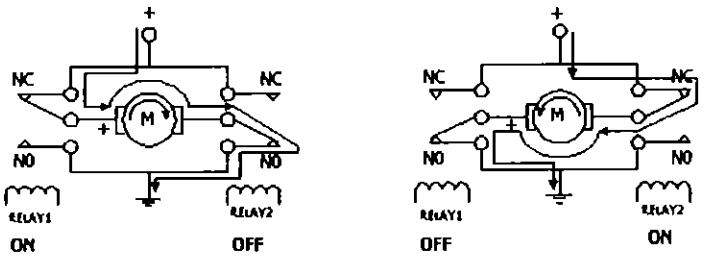
- PWM มีประสิทธิภาพ คือ Power Supply จะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง ON และ OFF(FULL ON and FULL OFF)

- PWM ทำให้ได้ค่าทอร์คและความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ เป็นเพราะ Power Supply จะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง ทำงาน (ON) และหยุดทำงาน(OFF) FULL ON and FULL OFF

ซึ่งในโครงงานนี้ที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวตัดต่อวงจร เพื่อที่จะสามารถควบคุมจังหวะในการจ่ายกระแสได้ การทำงาน (ON) และหยุดทำงาน (OFF) ในสัดส่วนต่างๆกัน ด้วยความถี่ที่เหมาะสมก็จะทำให้ มอเตอร์หมุนที่ความเร็วต่างๆกันตามความต้องการได้ ถ้าความถี่ต่ำไปมอเตอร์ก็จะหมุนแบบกระตุกๆ ไม่เรียบและอาจจะได้ยินเสียงจากการสั่นของขดลวดทองแดง ถ้าความถี่สูงกว่า 20 kHz หูของเราก็จะไม่ได้ยินเสียงขดลวดสั่นอีกต่อไป และ ที่ความถี่สูงขึ้นไปมากๆก็จะเกิดการสูญเสียพลังงานในวงจรมากเกินความจำเป็น

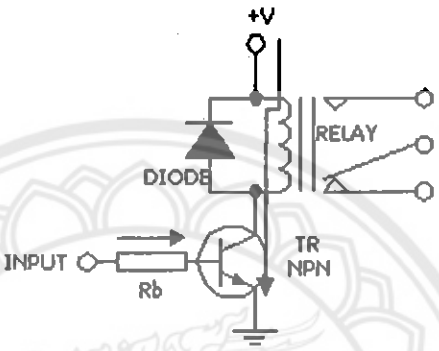
2.1.4 การกลับทางหมุนของมอเตอร์

การควบคุมการหมุนและทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงนั้นจะต้องมีส่วนของวงจร ที่เรียกว่าวงจรขับมอเตอร์ (Driver) ในส่วนของวงจรกลับทิศทางของมอเตอร์นั้น สามารถที่จะใช้รีเลย์ต่อวงจรสวิตช์ เพื่อกลับทิศทางของขั้วไฟกระแสตรงหรืออาจใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เป็นวงจรขับกำลัง เช่น ทรานซิสเตอร์มอสเฟทแล้วแต่วิธีที่จะเลือกใช้งานจากรูปที่ 2.9 เป็นการใช้รีเลย์ควบคุมการเปลี่ยนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ โดยการควบคุมการ ปิด – เปิด ที่รีเลย์ 2 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่กลับทิศทางของขั้วไฟที่ป้อนให้กับมอเตอร์ โดยการสลับการทำงานของรีเลย์ เช่นให้รีเลย์ตัวที่ 1 ทำงาน (ON) และรีเลย์ตัวที่ 2 หยุดทำงาน (OFF) จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางซ้าย และในทำนองเดียวกันถ้าหากรีเลย์ตัวที่ 1 หยุดทำงาน (OFF) และรีเลย์ตัวที่ 2 ทำงาน (ON) ก็จะทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา



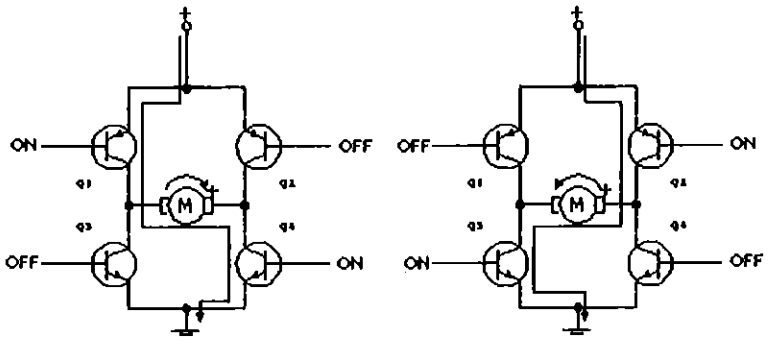
รูปที่ 2.9 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ให้ทำงาน

จากรูปที่ 2.10 เป็นวงจรขับรีเลย์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายกระแส ด้วยเหตุผลเพราะไม่สามารถจะใช้ขาออก (output) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนกระแสไฟที่ขดลวดของรีเลย์โดยตรงได้ เนื่องจากว่ากระแสที่จ่ายออกมาจากขาออก (output) ของไมโครคอนโทรลเลอร์มีค่าน้อยเกินไป ดังนั้นจึงต้องมีส่วนของวงจรทรานซิสเตอร์ เพื่อที่จะทำการขยายกระแสให้เพียงพอในการป้อนให้กับขดลวดของรีเลย์ ส่วนไดโอดนำมาต่อไว้สำหรับป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กในขณะเกิดการยุบตัว ซึ่งอาจจะทำให้ทรานซิสเตอร์เสียหายได้



รูปที่ 2.10 แสดงการกลับทิศทางของมอเตอร์กระแสตรงโดยใช้รีเลย์

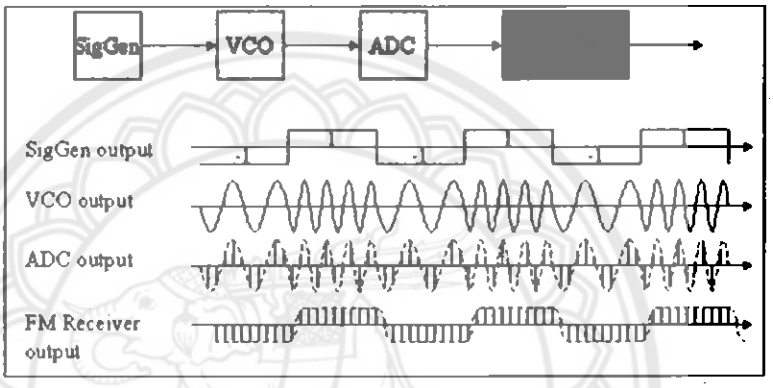
จากรูปที่ 2.11 เป็นวงจรลิเนียร์บริดจ์แอมป์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยทรานซิสเตอร์กำลัง 4 ตัว ที่ทำหน้าที่ขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ถ้าหากกำหนดให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q4 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านทรานซิสเตอร์จากซ้ายไปขวา โดยผ่านมอเตอร์กระแสตรงทำให้มอเตอร์หมุนไปทางขวา ในทำนองเดียวกันถ้าหากทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q3 อยู่ในสภาวะทำงาน (Active) กระแสไฟฟ้าก็จะไหลจากทางขวาไปทางซ้ายซึ่งจะส่งผลให้มอเตอร์กลับทิศทางการหมุนจากทางขวาไปทางซ้าย



รูปที่ 2.11 แสดงการใช้ทรานซิสเตอร์เป็นวงจรขับและกำหนดทิศทางของมอเตอร์กระแสตรง

2.2 การส่งสัญญาณความคุมมอเตอร์โดยใช้คลื่นวิทยุ

สัญญาณวิทยุจะเป็นสัญญาณดิจิตอลมีแค่ 1 กับ 0 หรือ 1 กับ -1 ดังรูปที่ 2.9 การส่งสัญญาณดิจิตอลจะผ่าน VCO (Voltage-controlled oscillator) ก่อน เพื่อสร้างความถี่แล้วส่งไปยังฝั่งรับและแปลงความถี่ที่ส่งมาในรูปแบบแอนะล็อกด้วย ADC (Analog to Digital Conversion) เพื่อแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อไปใช้ควบคุมส่วนอื่นๆ หรือ แสดงผลต่อไปดังรูปที่ 2.12 และลักษณะของไวเลส (Wireless) ก็เช่นเดียวกันมีหลักการเหมือนกับการส่งสัญญาณวิทยุ



รูปที่ 2.12 การส่งสัญญาณความคุมมอเตอร์โดยใช้คลื่นวิทยุ

2.2.1 การส่งสัญญาณไวเลส (Wireless)

การส่งสัญญาณไวเลส (Wireless) มี 2 ประเภทประเภทที่ใช้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ ประเภทที่ใช้สัญญาณอินฟาเรด (Infrared) ในการติดต่อรับส่งข้อมูลประเภทที่ใช้สัญญาณคลื่นความถี่วิทยุ

1) Narrow Band Technology เป็นระบบวิทยุแบบความถี่แคบ การรับส่งความถี่ 902 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ถึง 928 เมกะเฮิรตซ์ (MHz), 2.14 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ถึง 2.484 และ 5.725 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ถึง 5.850 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) สัญญาณจะมีกำลังต่ำ ใช้ในการรับ-ส่งข้อมูลระหว่างต้นทางกับปลายทางเพียง 1 คู่เท่านั้น

2) Spread Spectrum Technology ระบบเครือข่ายไร้สาย นิยมใช้เทคนิค Spread Spectrum Technology ซึ่งใช้ความถี่ที่กว้างกว่า Narrow Band Technology ซึ่ง Spread Spectrum ช่วงความถี่ระหว่าง 902-928 เมกะเฮิร์ทซ (MHz) และ 2.4-2.484 GHz โดยการส่งสัญญาณเทคนิค

3) Spread Spectrum แบ่งได้เป็น 2 แบบคือ Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) เป็นเทคนิคที่ยังใช้คลื่นพาหะที่ต้องระบุความถี่ที่ใช้ โดยมันสามารถส่งข้อมูลได้มากกว่าแบบ Narrow Band วิธีนี้เป็นวิธีที่เหมาะกับสภาพแวดล้อมที่มีการแทรกสอดรบกวนจากคลื่นวิทยุ

อื่น ๆ และ Frequency - Hopping Spread Spectrum (FHSS) การส่งสัญญาณรูปแบบนี้จะใช้ความถี่แคบพาหะเพียงความถี่เดียว (Narrow Band) โดยเน้นการนำไปใช้งาน ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่า ถ้าคำนึงถึงปัญหาทางด้านประสิทธิภาพและคลื่นรบกวนก็ควรใช้ วิธี DSSS ถ้าต้องการใช้อะแดปเตอร์ (Adapter) ไร้สายขนาดเล็กและราคาไม่แพงสำหรับเครื่อง Notebook หรือเครื่อง PDA ก็ควรเลือกแบบ FHSS

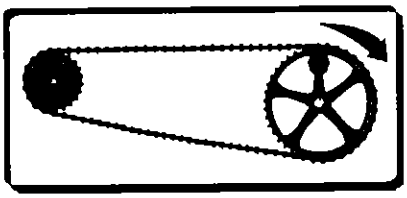
4) Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) เทคนิคนี้ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการส่งข้อมูลตามมาตรฐานใหม่ๆของระบบเครือข่ายไร้สาย คือ IEEE 802.11a และ 802.11g การส่งสัญญาณคลื่นวิทยุแบบนี้เป็นการ Multiplex สัญญาณโดยช่องสัญญาณความถี่จะถูกแบ่งออกเป็นความถี่พาหะย่อย (subcarrier) หลายๆความถี่ โดยแต่ละความถี่พาหะย่อยจะตั้งฉากซึ่งกันและกันทำให้มันเป็นอิสระต่อกันความถี่ที่คลื่นพาหะที่ตั้งฉากกันนั้นทำให้ไม่มีปัญหาการซ้อนทับของสัญญาณ

5) Infrared Technology ลำแสงอินฟราเรด (Infrared : IR) เป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในย่านความถี่ของแสงที่อยู่ต่ำกว่าแสงสีแดงที่ตาของคนเราจะไม่สามารถมองเห็น ถูกนำมาใช้เพื่อการสื่อสารที่ใช้ในระยะใกล้ ได้แก่ อุปกรณ์ควบคุมแบบไร้สาย (Wireless Remote Control) ที่ควบคุมเครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องเล่นวีดีโอ เครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook คุณสมบัติเด่นของคลื่นอินฟราเรดและคลื่นสั้น คือ เดินทางเป็นแนวตรง ราคาถูก และง่ายต่อการผลิตใช้งาน แต่คลื่นประเภทนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านวัตถุหรือสิ่งกีดขวางได้

2.3 อัตราทดเกียร์

อัตราทดเกียร์จะอยู่ในรูปของอัตราส่วน input : output เช่น อัตราทด 3 : 1 หมายความว่า input หมุนไป 3 รอบ ด้าน output จะหมุนไป 1 รอบ ดังรูปที่ 2.13 กล่าวได้ว่าเฟืองประกอบด้วยฟันเฟือง ซึ่งระยะห่างของฟันเฟืองจะมีขนาดคงที่ค่าหนึ่งเสมอ (ประมาณ ½ นิ้ว)ไม่ว่าจะเป็นเฟืองหน้าหรือเฟืองหลัง เพราะถ้าระยะเฟืองไม่เท่ากันจะทำให้โซ่ซึ่งมีระยะระหว่างข้อโซ่แต่ละข้อเท่ากันไม่สามารถลงร่องเฟืองให้พอดีได้ ทำให้เฟืองที่มีจำนวนฟันเฟืองมากต้องมีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของเฟืองใหญ่กว่าเฟืองที่มีจำนวนฟันเฟืองที่น้อยกว่าเสมอไม่ว่าจะเป็นเฟืองหน้าหรือเฟืองหลังล้อที่ใหญ่กว่าย่อมมีเส้นรอบวงมากกว่าล้อที่เล็กกว่า ดังนั้นการหมุนหนึ่งรอบของล้อที่ใหญ่กว่าย่อมได้ระยะทางที่มากกว่าการหมุนหนึ่งรอบของล้อที่เล็กกว่าระยะทางที่ได้จากการหมุนของล้อหน้าจะมีค่าเท่ากับระยะทางที่ได้จากการหมุนของล้อหลังเสมอ โดยไม่ขึ้นกับขนาดของล้อหน้า ดังนั้นระยะทางของการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของจักรยานจะถูกกำหนดให้เท่ากับระยะทางที่ล้อหลังเคลื่อนที่ไป(หรือเท่ากับระยะทางที่ล้อหน้าเคลื่อนที่ไปสัมพันธ์กับล้อหลังก็ได้เพราะมีค่าเท่ากัน) โดยที่ขนาดของล้อหน้าไม่มีผลแต่อย่างไรต่อระยะทางที่ได้เนื่องจากเรากำหนดให้ล้อหลังเป็นตัวขับเคลื่อน

อัตราทด = จำนวนฟันเฟืองของเฟืองหน้าที่ใช้งาน : จำนวนฟันเฟืองของเฟืองหลังที่ใช้งาน (2.3)



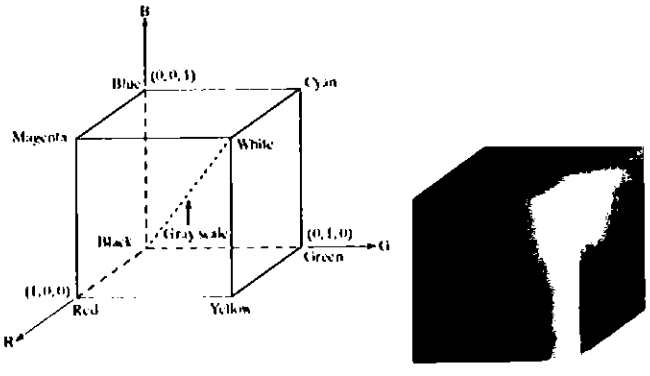
รูปที่ 2.13 ลักษณะการทดเกียร์

2.4 มาตรฐานของสี

มาตรฐานของสีในปัจจุบันมีอยู่หลายระบบด้วยกันขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ ซึ่งโดยทั่วไปทุกมาตรฐานจะมีแนวคิดเดียวกันคือ การแทนจุดสีด้วยจุดที่อยู่ภายในสเปซ 3 มิติ โดยจะมีแกนอ้างอิงสำหรับจุดสีนั้นในสเปซ ซึ่งแต่ละแกนจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ตัวอย่าง เช่น ในระบบ RGB จะมีแกนสีคือ แกนสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในระบบ HLS จะมีแกนเป็นค่าสี (Hue) ความสว่าง (Lightness) และความบริสุทธิ์ของสี (Saturation) ตัวอย่างระบบสีที่นิยมใช้กัน ได้แก่ ระบบ RGB HSV (Hue Saturation Value) และ (Hue Lightness Saturation)

2.4.1 ระบบสี RGB และ YCrCb

RGB เป็นระบบสีที่แบ่งข้อมูลของสีออกเป็น R (สีแดง) G (สีเขียว) B (สีน้ำเงิน) ซึ่งเป็น 3 สีดังรูปที่ 2.14 หลักของแสงสี ส่วน YUV กับ YcrCb จะแบ่งข้อมูลของสีออกในลักษณะเดียวกับกระบวนการรับรู้ของประสาทตาคน นั่นคือ แบ่งเป็นส่วนของความเข้มแสงที่เป็นขาวดำและส่วนของสีต่างๆ โดย Y จะเก็บข้อมูลของความเข้มแสง เรียกว่า "Luminance" และU , V กับ Cr , Cb จะเก็บข้อมูลของแสงสี เรียกว่า "Chrominance" ทั้งนี้ YUV และ YcrCb จะเป็นระบบของสีที่คล้ายๆกัน ซึ่งสามารถแปลงไปเป็น RGB ได้ด้วยสมการเฉพาะแบบ



รูปที่ 2.14 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB เป็นระบบสี 24 บิต ที่สามารถแสดงสีได้จำนวน 256 สี ที่เห็นบนหน้าจอ ซึ่งระบบสีในหน้าจออิเล็กทรอนิกส์โดยทั่วไปจะมีระบบการแสดงผลผ่านหลอดลำแสงที่เรียกว่า CRT (Cathode Ray Tube) โดยที่อาศัยการผสมของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน จากการรวมสีของแม่สีหลักนี้จะทำให้เกิดแสงสีขาวซึ่งในลักษณะนี้จะแตกต่างกัน

ในจอคอมพิวเตอร์สีถูกกำเนิดขึ้นประกอบด้วยแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ที่เป็นแม่สีหลักทั้งหมดโดยลักษณะเป็นจุดเล็กๆ ในหน้าจอจนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ ซึ่งดวงตาจะมองเห็นเป็นสีที่ถูกผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ถ้าจุดสีแดงและจุดสีเขียวกำลังส่องแสง 100% และสีน้ำเงินไม่แสดงเลยก็จะเห็นเป็นสีเหลืองบริสุทธิ์ แต่ละจุดทั้ง 3 จุด สามารถปรับค่าใดๆ ได้จาก 0 ถึง 255 ได้ หมายถึง จำนวนรวมของสีที่เป็นไปได้คือ 256*256*256 = 16,777,216 สี ในจำนวนแรกนั้นเป็นสีแดง (R) จำนวนที่สองคือ สีเขียว (G) และจำนวนสุดท้ายคือ สีน้ำเงิน (B) หรือที่เรียกว่า "โมเดลแบบ RGB" ดังนั้นถ้าหากจะกำหนดสีใดๆจะต้องระบุตัวเลขลงไปด้วย เช่น สีน้ำเงินบริสุทธิ์คือ 0,0,255 สีน้ำเงินเข้มคือ 0,0,100 และถ้าหากต้องการสีขาวต้องกำหนดเป็น 255,255,255 ส่วนสีดำกำหนดเป็น 0,0,0 ในการกำหนดด้วยตัวเลขนั้นอาจจะมีความยุ่งยากแต่ก็จะได้สีตามที่ต้องการ สำหรับบนเว็บแล้วไม่จำเป็นต้องกำหนดเป็นตัวเลข แต่จะเขียนแทนค่าระบบเลขฐานสิบหกระบบสีแบบ RGB ของ CIE เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (International Commission on Illumination) ซึ่งอ้างด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียว 546.1 nm และสีน้ำเงิน 435.8 nm

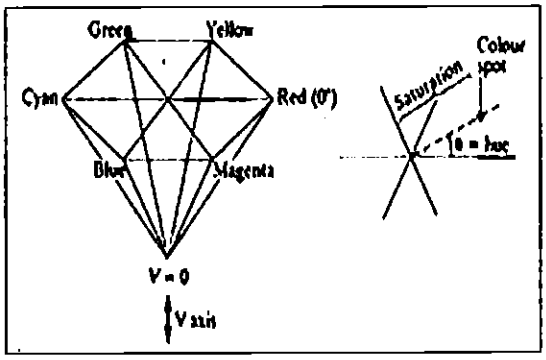
2.4.2 ระบบสี HSV

ระบบสี HSV (Hue Saturation Value) รูปที่ 2.15 ซึ่ง Hue คือ ค่าสีของสีหลัก ในทางปฏิบัติจะอยู่ระหว่าง 0-255 ถ้า Hue มีค่าเท่ากับ 0 จะแทนสีแดง และเมื่อเพิ่มค่าขึ้นเรื่อยๆ สีก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามสเปกตรัมของสีจนถึง 256 จึงกลับมาเป็นสีแดงอีกครั้ง ซึ่งแทนค่าให้อยู่ในรูปขององศาได้ คือ สีแดงเท่ากับ 0 องศา สีเขียวเท่ากับ 120 องศา และสีน้ำเงินเท่ากับ 240 องศา โดยการ Hue สามารถนับจำนวนได้จากระบบ RGB ดังนี้

$$\mathrm{Re}\,d_h = red - \min(red, green, blue) \tag{2.1}$$

$$Green_h = green - \min(red, green, blue) \tag{2.2}$$

$$Blue_h = blue - \min(red, green, blue) \tag{2.3}$$



รูปที่ 2.15 ระบบสี HSV

จากลักษณะโมเดลของระบบ Hue พบว่าจะมีค่าอย่างน้อยหนึ่งค่าที่เท่ากับ 0 แต่ถ้ามีสองค่าเท่ากับ 0 แล้ว Hue จะเป็นมุมของสี (ค่าสี) มีค่าเป็นไปตามสีที่สามและถ้าทั้งสามสีมีค่าเท่ากับ 0 แล้วจะต้องทำให้ไม่มีค่าของ Hue หรือสีที่ได้จะต้องมีค่าเท่ากับสีขาวนั่นเอง ตัวอย่าง เช่น จอภาพ ขาว-ดำ ถ้ามีสีใดสีหนึ่งมีค่าเท่ากับ 0 จะทำให้ค่าสีที่ได้เป็นไปตามสีที่เหลือ การให้น้ำหนักในการพิจารณาเมื่อสีแดงมีค่าเท่ากับ 0

$$Hue = \frac{(240 \times blue_h) + (120 \times green_h)}{blue_h + green_h} \tag{2.4}$$

Saturation คือ ค่าความบริสุทธิ์ของสี ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 0 แล้วสีที่ได้จะไม่มี Hue ซึ่งเป็นสีขาวล้วน แต่ถ้า Saturation มีค่าเท่ากับ 255แสดงว่าไม่มีแสงสีขาวผสมอยู่เลย Saturation สามารถคำนวณได้ดังนี้

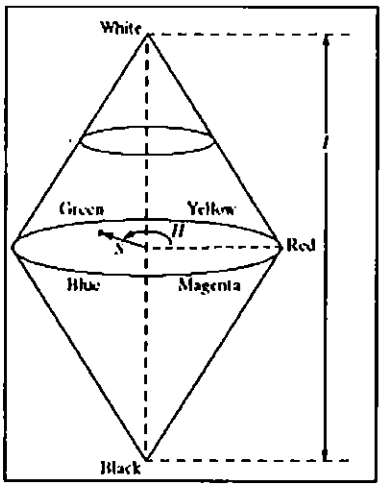
$$\text{Saturation} = \frac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{\max(red, green, blue)} \tag{2.5}$$

Value คือ ความสว่างของสี สามารถวัดได้โดยใช้ค่าความเข้มของความสว่างของแต่ละสีที่ประกอบกันสามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Value} = \max(red, green, blue) \tag{2.6}$$

2.4.3 ระบบสีแบบ HLV

ระบบสีแบบ HLS (Hue Lightness Saturation) จะมีลักษณะคล้ายกับ HSV คือ สีของระบบจะขึ้นอยู่กับ Hue Lightness และ Saturation ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ระบบสี HLS

Hue คือ ค่าของสีหลัก ซึ่งมีสีน้ำเงินอยู่ที่ 0 องศา สีเขียวอยู่ที่ 120 องศา และสีแดงอยู่ที่ 240 องศา

Lightness คือ ความสว่างของสี ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงลงตามแนวแกน L โดยที่ L= 0 จะเป็นสีดำ และ L= 1จะเป็นสีขาว สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{Ligthness} = \frac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{2} \qquad (2.7)$$

Saturation คือ ค่าความบริสุทธิ์ของสี สามารถหาได้ดังนี้

$$\text{Saturation} = \begin{cases} \dfrac{\max(red, green, blue) + \min(red, green, blue)}{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)} & \text{if } L \leq 0.5 \\ \dfrac{\max(red, green, blue) - \min(red, green, blue)}{2 - \max(red, green, blue) + \min(red, green, blue)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

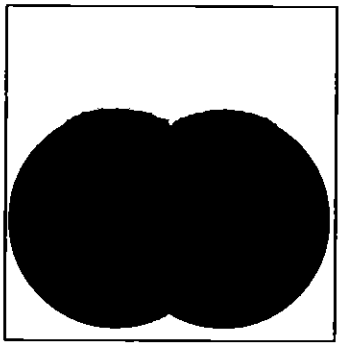
2.4.4 ระบบสีแบบบวกและระบบสีแบบลบ

เพื่ออธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีสีเพิ่มเติมจึงจำเป็นต้องแนะนำ 2 ระบบสี คือ ระบบสีแบบบวก (additive) และระบบสีแบบลบ (subtractive) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.4.4.1 ระบบสีแบบบวก (Additive Color System)เป็นการผสมสีของแสงที่ประกอบด้วยลำแสงที่มีค่าสูงๆตามความยาวคลื่นแสงที่ทับซ้อนกันเห็นเป็นแสงสีขาว ดังรูปที่ 2.17 ถ้าสังเกตให้ดีบนหน้าจอคอมพิวเตอร์จอโทรทัศน์หรืออุปกรณ์ที่ใช้แสงในการสร้างสีจะเห็นมีจุดเล็กๆของสีที่ถูกสร้างขึ้นจากแม่สีหลักทางแสงประกอบด้วย 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในสัดส่วนความเข้มที่แตกต่างกัน โดยเป็นโมเดลสี RGB และเมื่อคลื่นแสงเหล่านี้มีการทับซ้อนกันแล้วเกิดเป็นสีสันต่างๆนั้นเรียกว่า "สีแบบบวก" ในระบบสีแบบบวกที่เห็นเป็นสีขาวนั้นต่างจากการผสมสีหลักขั้นปฐมภูมิที่เคยรู้จักมาก่อน

รูปที่ 2.17 ระบบสีแบบบวก

2.4.4.2 ระบบสีแบบลบ (Subtractive Color System)ระบบสีแบบลบมีลักษณะตรงข้ามกับระบบสีแบบบวก โดยที่สีแต่ละสีจะได้จากการลบสีต่างๆออกไปจากระบบ ดังนั้นถ้าหากไม่มีการแสดงสีใดจะแสดงผลเป็นสีขาว ขณะที่การแสดงสีทุกสีจะเป็นสีดำดังรูปที่ 2.18 ซึ่งสีหลักหรือแม่สีของระบบนี้จะประกอบไปด้วยสีฟ้า (Cyan) สีม่วงแดง (Magenta) และสีเหลือง (Yellow) หรือระบบ CMY เป็นระบบสีที่ใช้กับงานสิ่งพิมพ์ซึ่งมักจะรวมเอาสีดำเป็นแม่สีด้วย จึงเรียกว่า "ระบบ CMYK (Cyan, Magenta ,Yellow ,black)" นั่นเอง



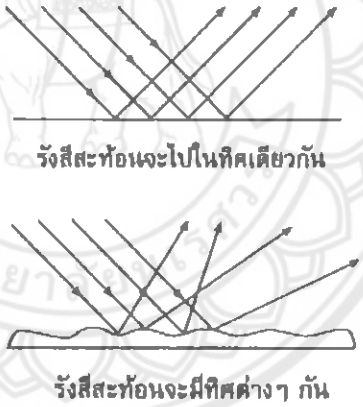
รูปที่ 2.18 ระบบสีแบบลบ

2.5 แสงและการเกิดภาพ

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่ทำให้เกิดแสงสว่าง แหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญที่สุดคือดวงอาทิตย์ นอกจากนี้ยังมีแหล่งกำเนิดแสงจากแหล่งอื่นๆ เช่น หลอดไฟ ไฟฉาย กองไฟ เป็นต้นแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง $4x10^{-7}$ ถึง $-7.7x10^{-7}$ เมตร ซึ่งเป็นช่วงที่สามารถมองเห็นได้

2.5.1 การสะท้อนของแสง

การสะท้อนของแสง คือ การเปลี่ยนทิศการเคลื่อนที่ของแสงกลับมาสู่ตัวกลางเดิม เมื่อแสงเคลื่อนที่ไปถึงแนวเขตระหว่างตัวกลาง 2 ตัวกลาง เช่น เมื่อแสงตกกระทบผิวของกระจก แสงจะสะท้อนที่ผิวกระจกกลับสู่อากาศ เป็นต้น เมื่อแสงตกกระทบผิวของวัตถุใดๆ โดยที่พื้นผิวของวัตถุนั้นไม่ดูดกลืนแสงไปทั้งหมด แสงส่วนที่เหลือจะสะท้อนออกจากผิววัตถุนั้นๆ ไม่ว่าจะเป็นวัตถุที่มีผิวเรียบหรือผิวขรุขระการสะท้อนของวัตถุที่มีผิวเรียบหรือผิวขรุขระจะเป็นไปตามกฎเกณฑ์อันเดียวกันคือ กฎการสะท้อนของแสง ดังรูปที่2.19



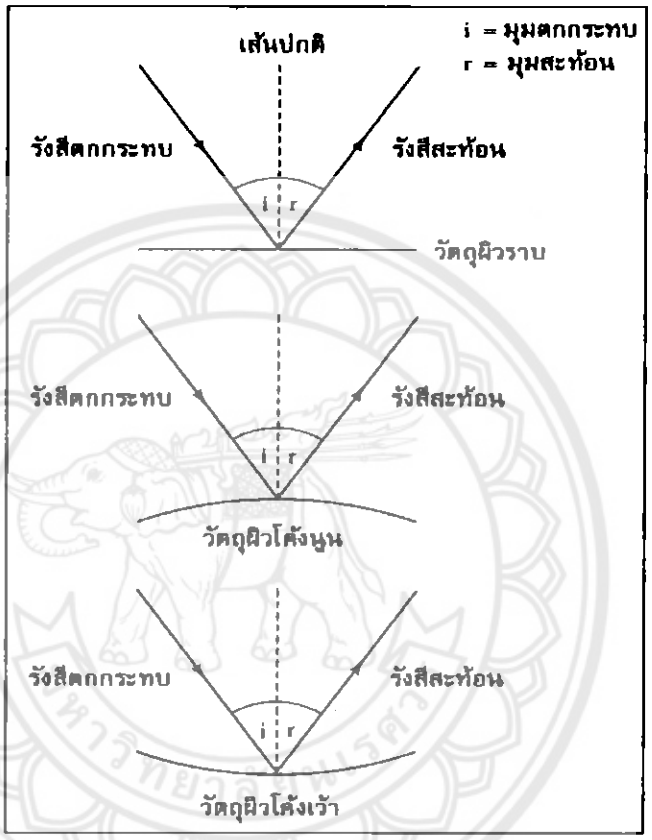
รูปที่ 2.19 แสดงการสะท้อนแสงของวัตถุที่มีผิวเรียบและผิวขรุขระ

2.5.2 กฎการสะท้อนของแสง

การสะท้อนของแสงแสดงได้ดังรูปที่ 2.20 โดยมีกฎ 2 ข้อ ซึ่งมีเงื่อนไขดังนี้

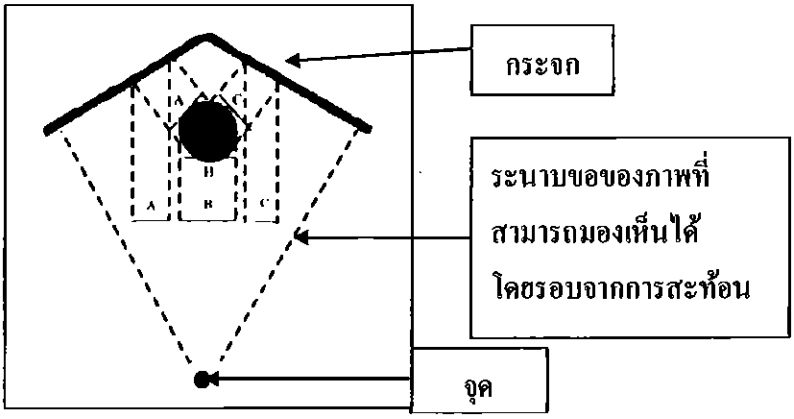
1) รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นปกติอยู่ในระนาบเดียวกันรังสีตกกระทบ (incident ray) คือ รังสีของแสงที่พุ่งเข้าหาพื้นผิวของวัตถุ
   - รังสีสะท้อน (reflected ray) คือ รังสีของแสงที่พุ่งออกจากผิวของวัตถุ
   - เส้นปกติ (normal) คือ เส้นที่ลากตั้งฉากกับพื้นผิวของวัตถุตรงจุดที่แสงตกกระทบ

- มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน
- มุมตกกระทบ (angle of incidence) คือ มุมที่รังสีตกกระทบทำมุมกับเส้นปกติ ณ จุดที่เกิดการสะท้อน
- มุมสะท้อน (angle of reflection) คือ มุมที่รังสีสะท้อนทำมุมกับเส้นปกติ ณ จุดที่เกิดการสะท้อน



รูปที่ 2.20 แสดงการสะท้อนของแสงที่วัตถุผิวเรียบแบบต่างๆ

จากกฎการสะท้อนที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย เช่น การที่จะสังเกตวัตถุให้เห็นผิวของวัตถุทั้งหมดของจุดสังเกตเพียงจุดเดียว การทำเช่นนี้จะต้องใช้กระจกสองแผ่นขึ้นไป เพื่อให้เห็นผิวของวัตถุทั้งหมด ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 การประยุกต์ใช้กฎการสะท้อน

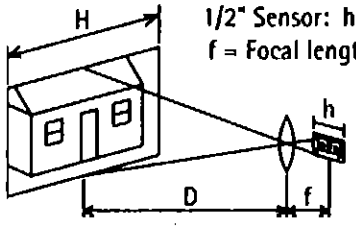
จากรูปที่ 2.21 จะเห็นได้ว่ากระจกสองบานที่ทำมุมกัน 120 องศา แล้วมีวัตถุอยู่ระหว่างการทำมุมกัน จะสังเกตเห็นได้ว่าหากมากกว่า 120 องศา ภาพที่ได้จากการสะท้อนด้าน A และ B จะได้ภาพที่มีบางส่วนซ้ำกันตรงขอบหากน้อยกว่า 120 องศา ภาพตรงขอบบางส่วนจะหายไปทำให้ได้ข้อมูลภาพที่ไม่ครบ เพราะการปรับมุมกระจกทั้งสองบานทำมุมกัน 120 องศาจะได้ผลของภาพที่สมบูรณ์ที่สุด การมองเห็นภาพจะเห็นในลักษณะทั้งสามด้านใน 1 ระนาบ

2.6 การเลือกใช้เลนส์

"เลนส์" ของกล้องวงจรปิดทั่วไป มีขนาดตั้งแต่ 3.6 มิลลิเมตร – 12 มิลลิเมตร และเลนส์ขนาดพิเศษจะมีขนาดต่ำกว่า 3.6 มิลลิเมตร หรือสูงกว่า 12 มิลลิเมตร โดยทั่วไปเลนส์ที่ติดมากับกล้องมักมีขนาด 3.6 มิลลิเมตร หรือ 4 มิลลิเมตร และมีสูตรการคำนวณหาค่าของความยาวโฟกัสดังแสดงในรูปที่ 2.22

$$f = h \times \frac{D}{H} \qquad (2$$

1/4" Sensor: h=3.6 mm
1/3" Sensor: h=4.8 mm
1/2" Sensor: h=6.4 mm
f = Focal length



รูปที่ 2.22 วิธีการคำนวณหาความยาวโฟกัส

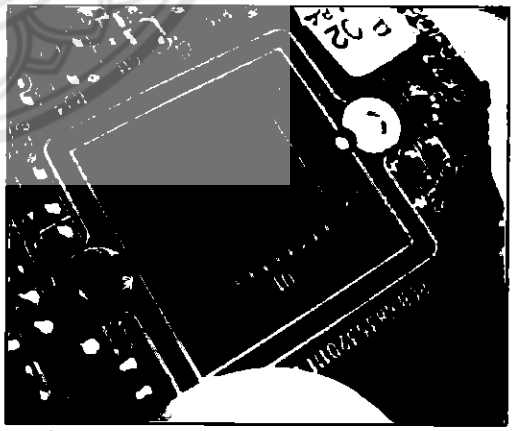
โดย f = ความยาวโฟกัส, D = ระยะห่างระหว่างเลนส์และวัตถุ, H = ระยะความกว้างที่เลนส์จะมองเห็นภาพของวัตถุที่ระยะห่าง D เช่น เมื่อใช้กล้อง CCD 1/4" จับภาพวัตถุที่ระยะ 10 ฟุต โดยใช้เลนส์ 4 mm จะเห็นภาพได้กว้างที่สุดเท่าใด ซึ่งก็คือค่า H ในสูตร H = h x D / f = 3.6 x 10 / 4 = 9 ฟุต

2.7 การทำงานเบื้องต้นของเว็บแคมและส่วนที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับการทำโครงงาน

สำหรับอุปกรณ์เว็บแคมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจับทั้งภาพเคลื่อนไหวและภาพนิ่ง เพื่อจัดเก็บเป็นไฟล์ดิจิตอลได้ โดยส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นอุปกรณ์ร่วมกับการสื่อสาร และร่วมกับโปรแกรมอื่นเพื่อความบันเทิงโดยทั่วไปอุปกรณ์เว็บแคมในตลาดปัจจุบันมีราคาไม่สูงมาก ส่วนหลักการทำงานของกล้องเว็บแคมมีความคล้ายคลึงกับกล้องดิจิตอลในปัจจุบัน คือในส่วนหน้าของกล้องเว็บแคม มีเลนส์เล็กๆซึ่งทำหน้าที่ควบคุมในเรื่องของโฟกัสภาพ (รูปที่ 2.23) เมื่อแสงผ่านเลนส์นี้จะไปตกกระทบอุปกรณ์ที่ใช้ในการจับแสง ซึ่งอุปกรณ์นี้เรียกว่า CCD (รูปที่ 2.24) โดยอุปกรณ์นี้มีหน้าที่ในการจับภาพที่แสงตกกระทบวัตถุเข้าที่กล้องซึ่งเป็นข้อมูลแอนะล็อกและแปลงข้อมูลที่ได้รับไปเป็นข้อมูลชนิดดิจิตอลเพื่อแสดงผลผ่านทางหน้าจอ

สำหรับอุปกรณ์เว็บแคมมีความแตกต่างจากกล้องดิจิตอล คือ ไม่มีหน่วยความจำภายในตัวเอง คือ จับภาพที่ได้แล้วส่งข้อมูลไปแสดงผลที่หน้าจอแบบเรียลไทม์ และภาพที่ได้อาจมีความคมชัดต่ำเมื่อเทียบกับกล้องดิจิตอล

รูปที่ 2.23 วงจรอุปกรณ์ภายในกล้องเว็บแคม

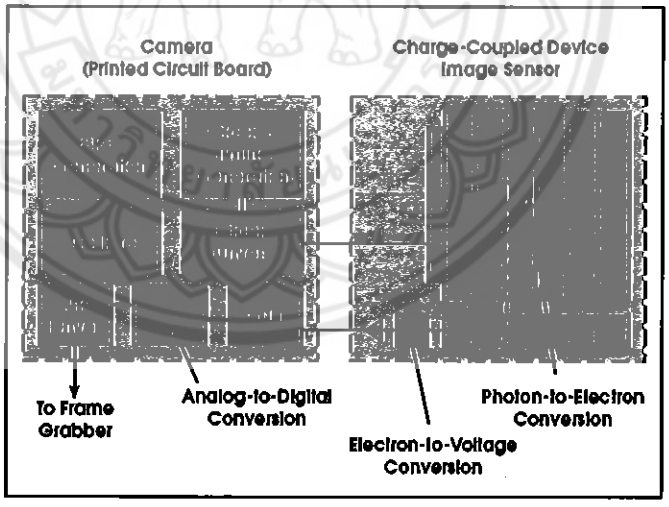


รูปที่ 2.24 CCD ชิพที่มีความไวต่อแสงและถ่ายทอดภาพที่ได้ไปเป็นข้อมูลดิจิตอล

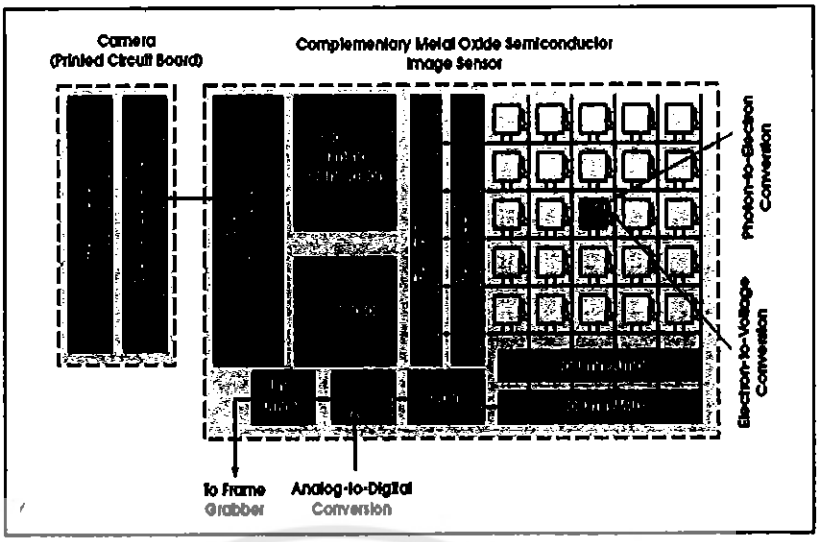
Image sensor ประเภท CCD(charge couple device) และCMOS(complementary metaloxide semiconductor) เป็นเทคโนโลยีการผลิตสำหรับใช้ในการจับภาพแบบดิจิตอล (digital) แต่ละประเภทมี จุดเด่นและจุดด้อย ซึ่งทำให้มีความได้เปรียบสำหรับ Application ที่แตกต่างกัน เทคโนโลยีของตัวรับภาพทั้ง คู่ใช้การเปลี่ยนแสงไปเป็นประจุไฟฟ้าและเปลี่ยนไปเป็น Electronicsignal เมื่อเปิดรับแสงเข้ามา CCD sensor (รูปที่ 2.25) จะเปลี่ยนประจุของแต่ละ Pixel ตามลำดับของแต่ละ Packet ไปเป็นแรงดันไฟฟ้า Buffers และส่งออกไปยัง Chip

สำหรับ CMOS sensor (รูปที่2.24)แต่ละPixelสามารถเปลี่ยนจากประจุไปเป็นแรงดันไฟฟ้าได้ด้วยตัวเองและประกอบไปด้วยฟังก์ชันอื่นๆอีก ซึ่งทำให้ CMOS Sensor มีความยืดหยุ่นน้อย ในทางกลับกันทำให้ CMOS Sensor มีความน่าเชื่อถือมากกว่า

CCD และ CMOS imagers ถูกประดิษฐ์ขึ้น ในปี 1960และ1970 ตามลำดับ แต่ CCD เป็นที่นิยมมากกว่า เนื่องจาก CCD ให้ภาพที่มีคุณภาพสูงกว่าด้วยเทคโนโลยีการผลิตที่ใช้ CMOS Image sensorsใช้ชิ้น ส่วนในการผลิตที่เล็กกว่า silicon water ของ CCD ในช่วงเวลานั้น จนกระทั่ง ในปี 1990 เทคโนโลยีการพิมพ์หิน (Lithography) เกิดขึ้น เพื่อใช้สำหรับการผลิตแบบ CMOS ทำให้แบบ CMOS ได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากมีข้อได้เปรียบในการใช้พลังงานที่น้อย



รูปที่ 2.25 การทำงานของ CCD



รูปที่ 2.26 CMOS

2.8 ภาพดิจิตอล (Digital Image)

ภาพดิจิตอล เป็นการแสดงผลของภาพในลักษณะ 2 มิติ ในหน่วยที่เรียกว่า "พิกเซล" ซึ่งจะสามารถนิยามในรูปฟังก์ชันสองมิติ f(x,y) โดยที่ x และ y จะแสดงค่าพิกัดของภาพและแอมพลิจูดของ f ที่พิกัด (x,y) ใดๆ ภายในภาพจะแสดงถึงความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้นๆ และเมื่อค่า x,y และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าเป็นภาพดิจิตอล(Digital Image) และถ้ากำหนดให้ภาพ f(x,y) มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Original) ของภาพคือตำแหน่ง (x,y) = (0,0) แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่รูปเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$f(x,y)=\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \tag{2.9}$$

ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมตริกซ์จะเรียกว่า พิกเซล (Pixel) โดยตำแหน่ง (0,0) จะอยู่ทาง ด้านซ้ายมือสุด ด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจากการเรียงจากซ้ายไปขวา ในแต่ละเส้นจุดและจากลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่าง การเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพดิจิตอลลงหน่วยความจำในลักษณะเส้นจุด (Raster) นี้ จะเรียกภาพบิตแมป (bit-map image)หรือภาพ

ราสเตอร์ (Raster image) แต่ภาพที่จัดเก็บในลักษณะนี้จะมีขนาดใหญ่จึงมีการอัดบีบภาพ (Image compression) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลง

2.8.1 พิกเซล (pixel)

จุดภาพ หรือ พิกเซล (pixel) มาจากคำว่า "พิคเจอร์" (picture) ที่แปลว่า รูปภาพ และ "เอเลเมนท์" (element) ที่แปลว่า องค์ประกอบ ซึ่งจะหมายถึง "จุดภาพ 1 จุด" เป็นหน่วยพื้นฐานของภาพ คือ จุดภาพบนจอแสดงผล หรือ จุดภาพในรูปภาพที่รวมกันเป็นภาพขึ้น ซึ่งจะเป็นหน่วยทางตรรกะมากกว่ากายภาค ขนาดของพิกเซล (Pixel) ขึ้นกับการกำหนดความละเอียด (Resolution) โดยจะเทียบจำนวน pixel กับความยาวต่อนิ้ว ดังนั้นจะมีหน่วยเป็น พิกเซลต่อนิ้ว (ppi : pixel per inch) หรือจุดต่อนิ้ว (dpi : dot per inch) ถ้าภาพมีขนาดเท่ากัน แต่ค่าความละเอียดต่างกัน จำนวนของพิกเซล (Pixel) ก็จะต่างกันด้วย ดังนั้นความละเอียดความคมชัดที่แตกต่างกันไป จึงใช้ในการบอกคุณสมบัติของภาพได้ การกำหนดสีของพิกเซล (Pixel) ใช้การกำหนดโดยการผสมสีของสเปกตรัม RGB ข้อมูลของสีสามารถคำนวณไบต์ได้ 3 ไบต์ ระบบสีส่วนใหญ่ใช้ 8 บิต ซึ่งจะมีไฟล์ที่ได้ทั้งหมด 256 สี

2.8.2 Digital Image Type

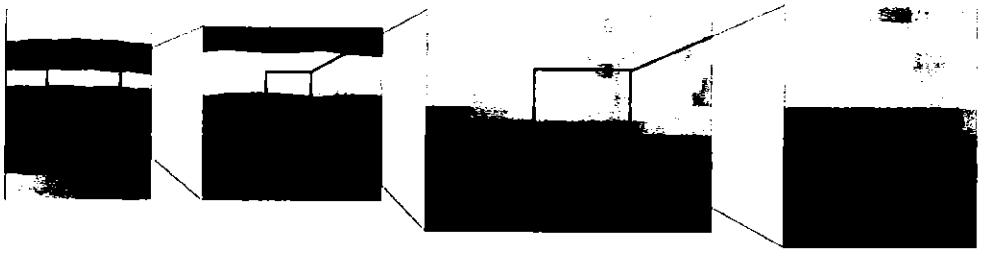
Digital Image แบ่งออกเป็นหลายประเภท ได้แก่

2.8.2.1 Intensity Image หรือ Monochrome Image หรือ Gray Image ค่าในแต่ละพิกเซล (Pixel) ของ Gray image คือค่าความเข้มของแสง ณ แต่ละตำแหน่งของ pixel ซึ่งจะอยู่ในรูปของ gray scale (gray level) ค่าที่เป็นไปได้ของ gray scale จะขึ้นอยู่กับจำนวน บิต ที่ใช้ ตัวอย่าง เช่น 8-bit monochrome จะมี gray scale ทั้งหมด 256 ระดับ

2.8.2.2 Color Image หรือ RGB Image ค่าในแต่ละพิกเซล (Pixel) ของ Color Image จะประกอบไปด้วย vector ที่แสดงค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน อย่างละ 8 บิต ดังนั้น RGB ภาพ 1 พิกเซล (Pixel) จะประกอบไปด้วยจำนวน บิต ทั้งหมด 24 บิต ทำให้ RGB ภาพมีจำนวนสีที่เป็นไปได้ทั้งหมด 2^{24} สี หรือ16,777,216 สี

2.8.2.3 Binary Image หรือ Black and White Image ค่าในแต่ละพิกเซล (Pixel) ของ binary image จะใช้แค่ 1 บิตซึ่งจะมีค่าที่เป็นไปได้คือ 0 (สีดำ) และ 1 (สีขาว) เท่านั้น

2.8.2.4 Indexed Image ค่าในแต่ละพิกเซล (Pixel) ของ indexed image จะประกอบไปด้วยค่า index number ขนาด 8 บิต ซึ่งจะชี้ไปยังค่าของสีในตารางสี ดังนั้น ถ้าต้องการที่จะทราบค่าสีในแต่ละพิกเซล (Pixel) จะต้องไปดูค่าในตารางสีที่อินเด็กซ์ index ตรงกับค่าในพิกเซล (Pixel) ดังรูปที่ 2.27



รูปที่ 2.27 ตัวอย่างพิกเซลของภาพสีเมื่อขยายรายละเอียด

2.9 Image Segmentation

Image segmentation คือ กระบวนการแบ่งภาพเป็นพื้นที่ หรือ วัตถุ ซึ่งมีความสำคัญมาก เพราะการวิเคราะห์เราจะไม่สามารถกระทำกับภาพทั้งภาพเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีได้ แต่เราจะวิเคราะห์ภาพเป็นส่วนๆไป เช่น การหาวัตถุที่ควรจะเป็นสายเคเบิลอยู่ตำแหน่งใดภายในภาพ เป็นต้น ซึ่งการแบ่งส่วนของภาพ(Image segmentation) นี้เป็นขั้นตอนสำคัญของการวิเคราะห์ภาพ มีประโยชน์ดังนี้ คือ

1) ลดจำนวนข้อมูลในรูปภาพที่ไม่จำเป็นในการวิเคราะห์ลง เนื่องจากการทำแบ่งส่วน (Segmentation) เป็นการแยกแยะระหว่างส่วนที่สนใจ เช่น วัตถุในภาพ กับส่วนที่ไม่ต้องการนั่นคือ ฉากหลัง เมื่อตัดข้อมูลในส่วนที่ไม่ต้องการออกไปจำนวนข้อมูลที่เหลือที่จำเป็นในการวิเคราะห์จริง จะลดลงอย่างมาก

2) จัดระเบียบข้อมูลในรูปภาพให้เป็นกลุ่มได้ดีขึ้นข้อมูลภาพที่ผ่านการแบ่งแยกแล้ว จะมีโครงสร้างที่ชัดเจนขึ้นและนำไปใช้งานได้สะดวกมากขึ้น การทำการแบ่งส่วน (Segmentation) จะทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพในส่วนที่ต้องการออกมาได้ วิธีการพื้นฐานสำหรับการแบ่งส่วน (Segmentation) ได้แก่การพิจารณาความสว่างของภาพสำหรับภาพระดับเทา และความแตกต่างของสีสำหรับภาพสี นอกจากนี้ขอบของภาพและลักษณะของพื้นผิว ก็เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะทำให้สามารถทำการแบ่งส่วน (Segmentation) ได้สะดวกยิ่งขึ้น การแบ่งส่วน (Segmentation) มี หลายวิธี เช่น

- การสร้างภาพแบบไบนารีด้วยการทำเทรชโฮลด์ (Threshold)
- กระบวนการแบ่งกลุ่มของพิกเซล (Region Labeling)
- กระบวนการขยายกลุ่มของพิกเซล (Region Growing)
- กระบวนการแบ่งและรวมกลุ่มของพิกเซล (Region Splitting and Mergin)
- กระบวนการหาขอบของวัตถุ (Boundary detection)

ในโครงงานฉบับนี้ได้เลือกใช้วิธีการเทรชโฮลด์ (Thresholding) และกระบวนการแบ่งกลุ่มของพิกเซล (Region Labeling) โดยจะอธิบายในหัวข้อ 2.9.1 ต่อไป

2.9.1 การสร้างภาพแบบไบนารีด้วยการทำเทรชโฮลด์

ภาพที่มนุษย์มองเห็นโดยทั่วไปจัดเป็นภาพสี ซึ่งคุณสมบัติภาพสีนี้จะมี 3 ระนาบ ทำให้การวิเคราะห์ภาพมีความซับซ้อน และยากต่อการพิจารณา การลดทอนความเป็นสีสามารถทำได้โดยการแปลงให้เป็นภาพระดับเทา ขั้นตอนดังกล่าวนั้นมีหลายวิธี เช่น เลือกระนาบใดระนาบหนึ่งจากภาพสี หรือ นำทั้ง 3 ระนาบ มาทำการหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้เลือกเพียงระนาบเดียว เป็นต้น ซึ่งภาพระดับเทาที่ได้จะซับซ้อนน้อยกว่าภาพสีเมื่อนำมาวิเคราะห์วัตถุต่างๆภายในภาพ

ภาพแบบไบนารี คือ ภาพที่มีระดับความเข้มเพียง 1 บิต หรือ 2 ระดับ คือ ในหนึ่งพิกเซลมีค่าเพียงสองค่าคือ 0 และ 1 เท่านั้น โดย พิกเซลที่มีค่าเท่ากับ 1 จะมีสีขาว และ พิกเซลที่มีค่าเท่ากับ 0 จะมีสีดำ ในการสร้างภาพแบบไบนารี นั้น จะใช้วิธีการทำเทรชโฮลด์ มีหลักการพิจารณาคือ จะพิจารณาจุดของภาพว่าจุดใดควรเป็นจุดดำหรือจุดขาว โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าในพิกเซลเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง หรือค่าเทรชโฮลด์ นั่นเอง ซึ่งวิธีเทรชโฮลด์ นิยมใช้มากในกรณีที่วัตถุและพื้นหลัง ของภาพมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

บางครั้งการเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่ไม่เหมาะสม คือ เลือกค่าเทรชโฮลด์ที่มากหรือน้อยจนเกินไปจะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ อาจจะขาดความคมชัดและรายละเอียดบางส่วนขาดหายไป กล่าวคือภาพที่ได้อาจจะมืดเกินไป หรือสว่างเกินไป หรือบางทีอาจมีสิ่งรบกวนเกิดขึ้น ดังนั้นจะแก้ปัญหาเหล่านี้ด้วยการเลือกค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสม การเลือกค่าเทรชโฮลด์นั่นมีอยู่หลายวิธี โดยแต่ละวิธีเหมาะสมกับลักษณะการทำงานที่แตกต่างกันไป เช่น การหาค่าเทรชโฮลด์โดยการกำหนดค่าเอง และการหาค่าเทรชโฮลด์แบบอัตโนมัติ แต่ละวิธีอธิบายได้ดังนี้

2.9.1.1 การหาค่าเทรชโฮลด์โดยการกำหนดค่าเอง วิธีนี้เป็นที่นิยมเพราะว่า เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด โดยการสุ่มค่าเทรชโฮลด์ การสุ่ม ค่าเทรชโฮลด์นั้นขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ใช้เอง เลือกค่าคงที่ที่เหมาะสมค่าหนึ่ง เป็นค่าคงที่ ที่อยู่ระหว่างค่าต่ำสุดและสูงสุด ของระดับความเข้มของข้อมูลภาพรับเข้า ถ้าเป็นภาพระดับเทาที่มีความลึก 8 บิต ค่าเทรชโฮลด์ที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 เช่น ถ้าเราเลือกค่าเทรชโฮลด์เท่ากับ 128 จะทำให้พิกเซลที่มีความเข้มมากกว่าหรือเท่ากับ 128 จะกลายเป็นสีขาว และ พิกเซลที่มีความเข้มน้อยกว่า 128 จะกลายเป็นสีดำ ดังสมการ 2.10

$$g2(x,y) \geq \mu2(\mu1+\mu2)/2 \qquad (2.10)$$

โดยที่ f(x , y) คือ ข้อมูลภาพรับเข้า ที่มีระดับความเข้ม 0 ถึง L

g(x , y) คือ ข้อมูลภาพผลลัพธ์ เป็นภาพแบบไบนารี

T คือ ค่าเทรชโฮลด์

1 คือ จุดสีขาว

0 คือ จุดสีดำ

2.9.1.2 การหาค่าเทรชโฮลด์แบบอัตโนมัติ วิธีเหมาะสำหรับภาพที่มีความเข้มของวัตถุ และพื้นหลังแยกกันอย่างชัดเจน วิธีนี้เป็นการหาค่าเทรชโฮลด์โดยไม่ต้องให้ผู้ใช้กำหนดโดยพิจารณาจากค่ากลางใช้การคำนวณพื้นฐานทางสถิติเข้ามาช่วย ซึ่งจะได้ค่าเทรชโฮลด์ที่เหมาะสม โดยจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มของภาพ เช่น ภาพที่มืด ค่าเทรชโฮลด์จะมีค่าน้อย หรือ ภาพที่มีความสว่างสูง ค่าเทรชโฮลด์ก็จะสูงตามไปด้วย เป็นต้น

วิธีหาค่าเทรชโฮลด์นี้ จะเริ่มต้นจากการนำค่ากลางระหว่างค่าระดับความเข้มสูงสุด ค่าระดับความเข้มต่ำสุดภายในภาพเป็นค่าเทรชโฮลด์เริ่มต้น (T_0) จากนั้นใช้ค่า T_0 แบ่งพิกเซลเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่มีความเข้มน้อยกว่าค่า T_0 และส่วนที่มีความเข้มมากกว่าหรือเท่ากับ T0 จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มพิกเซลทั้งสอง ได้เป็น $\mu1$ และ $\mu2$ ตามลำดับ แล้วทำการหาค่าเฉลี่ยระหว่าง $\mu1$ และ $\mu2$ จะได้ค่าเทรชโฮลด์ใหม่ (T) ถึงขั้นตอนนี้ จะได้ค่าเทรชโฮลด์2 ค่า คือ T_0 และ T ต่อมาจะทำการหาความแตกต่างระหว่าง T_0 กับ T ถ้ามีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ (D) ซึ่งส่วนใหญ่จะกำหนดไว้น้อยกว่า 5 ก็ให้ใช้ T เป็นค่าเทรชโฮลด์ถ้าความแตกต่างยังมากอยู่ แสดงว่า ค่าเทรชโฮลด์ที่ได้ยังไม่เหมาะสม จะต้องกลับไปหาค่าเทรชโฮลด์ต่อด้วยขั้นตอนเดิมอีกครั้ง โดยให้ T เท่ากับ T_0 ได้แสดงวิธีการคำนวณไว้ดังนี้

$$T_0 = (\text{Min}(f(x,y)) + \text{Max}(f(x,y))/2 \qquad (2.11)$$

โดยที่ f(x , y) คือ ภาพระดับเทา

Min(f(x , y)) คือ ระดับความเข้มที่น้อยที่สุดของภาพ

Max(f(x , y)) คือ ระดับความเข้มที่มากที่สุดของภาพ

เมื่อได้ค่า T_0 ให้แบ่งพิกเซลออกเป็น เป็น 2 ส่วน คือ Min(f(x , y))ที่มีระดับความเข้ม < T_0 Max(f(x , y))ที่มีระดับความเข้ม $\geq T_0$ คำจากนั้นให้คำนวณค่าเฉลี่ยของ Min(f(x , y)) = $\mu 1$ และ Max(f(x , y)) = $\mu 2$ ตั้งค่า T ใหม่โดยให้ T = $(\mu 1 + \mu 2)/2$ ย้อนกลับไปทำข้อ 2 อีกครั้ง จนกว่าค่า T- T_0 จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ (D) เมื่อได้ทำการเทรชโฮลด์กับภาพระดับเทาซึ่งเป็นภาพของ สาย Cable โดยใช้ค่าเทรชโฮลด์ เท่ากับ 102 แล้วจะได้ภาพแบบไบนารี ดังรูปที่2.28

รูปที่ 2.28 ทำการเทรชโฮลด์กับภาพระดับเทา

2.10 การบวกและการลบเมตริกซ์

2.10.1 การบวกเมตริกซ์

บทนิยามที่ 1

ให้ $A = \left[a_{ij}\right]_{m\times n}$ และ $B = \left[b_{ij}\right]_{m\times n}$ จะได้ว่า $A + B = \left[c_{ij}\right]_{m\times n}$ โดยที่ $c_{ij} = a_{ij} + b_{ij}$

เมตริกซ์ที่เกิดจากเมตริกซ์ A บวกกับเมตริกซ์ B นั้นจะเกิดขึ้นได้ต้องมีเงื่อนไข 2 ประการ คือ

- เมตริกซ์ A และ B ต้องมีมิติเท่ากัน (มิติ m x n)
- สมาชิกที่เป็นผลลัพธ์นั้นเกิดจากการนำสมาชิกในเมตริกซ์ A และสมาชิกในเมตริกซ์ B มาบวกกัน แต่ต้องเป็นสมาชิกที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันทั้งหมด นั่น คือ

$$c_{11} = a_{11} + b_{11}$$

$$c_{12} = a_{12} + b_{12} \qquad (2.12)$$

$$c_{13} = a_{13} + b_{13}$$

2.10.2 การลบเมตริกซ์

บทนิยามที่ 2

ให้ $A=\left[a_{ij}\right]_{m\times n}$ และ $B=\left[b_{ij}\right]_{m\times n}$ จะได้ว่า $A-B=\left[c_{ij}\right]_{m\times n}$ โดยที่ $c_{ij}=a_{ij}-b_{ij}$

การนำเมตริกซ์ 2 เมตริกซ์มาลบกัน มีเงื่อนไข 2 ประการเช่นเดียวกับการบวก กล่าวคือ

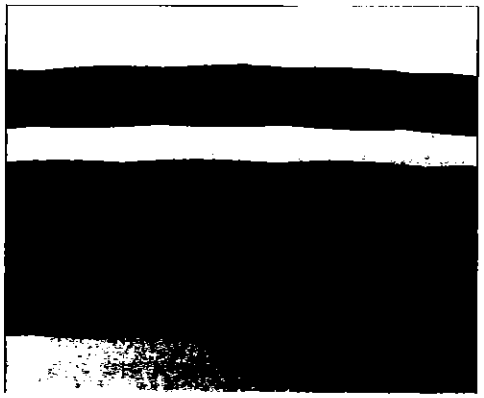
- เมตริกซ์ที่จะนำมาลบกันต้องมีมิติเท่ากัน
- นำสมาชิกที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันมาลบกัน

จะเห็นได้ว่าการประยุกต์หลักการของเมตริกซ์นั้น สามารถนำมาใช้ได้กับปัญหาในลักษณะที่รู้มิติที่แน่นอนของข้อมูล เช่น การวิเคราะห์ภาพที่มีจำนวนหลักและแถวที่แน่นอน โดยใช้แค่การคำนวณเพียงการลบกันเท่านั้น

2.11 การหาผลต่างของภาพ

การหาผลต่างของภาพจะมีลักษณะเหมือนกับการหาผลต่างทางเมตริกซ์จากหัวข้อ 2.9.2 Digital Image Type ทำให้เราทราบว่าลักษณะของภาพสามารถทำเป็นตัวเลขได้ในลักษณะทางเมตริกซ์นั่นคือใน 1 พิกเซลจะมีค่าตัวเลขหนึ่งค่าหาภาพมีความละเอียดมากก็จะทำให้ลักษณะของเมตริกซ์ใหญ่ตามขึ้นไปด้วย เช่นภาพขนาด 620x480 พิกเซล ก็จะมีเมตริกซ์แถวคูณหลักเป็น 620 แถว คูณ 480 หลัก

2.11.1 การมองภาพเป็นเมตริกซ์ จากรูปที่ 2.31 กำหนดให้เป็นภาพอ้างอิง รูปที่ 2.32 กำหนดให้เป็นภาพเปรียบเทียบ สมมุติให้ทั้งสองรูป รูปมีความละเอียด 19x12 พิกเซล การหาผลต่าง ถ้าเป็นภาพสีให้สร้างในลักษณะเมตริกซ์ 3 มิติ คือ แถว หลัก และแม่สี โดยแถวและหลักของเมตริกซ์จะสัมพันธ์กับความสูงและความกว้างของภาพ ส่วนแม่สีนั่น คือ สีแดง สีเขียว และสีฟ้า ซึ่งมีระดับค่าสีเป็นตัวกำหนดค่าในแต่ละสมาชิกของเมตริกซ์ แต่ถ้าเป็นภาพระดับสีเทา (Gray Scale) ให้สร้างเมตริกซ์ 2 มิติ คือ แถวและหลัก โดยแถวของเมตริกซ์จะสัมพันธ์กับความสูงของภาพและหลักของเมตริกซ์จะสัมพันธ์กับความกว้างของภาพซึ่งแต่ละสมาชิกในเมตริกซ์จะจะมีสมาชิกอยู่ในค่าของระดับสีเทา



$$\begin{bmatrix}
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200
\end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.29 แสดงลักษณะภาพอ้างอิงเป็นเมตริกซ์อ้างอิง

$$\begin{bmatrix}
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & x & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & x & x & x & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & x & x & x & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200
\end{bmatrix}$$

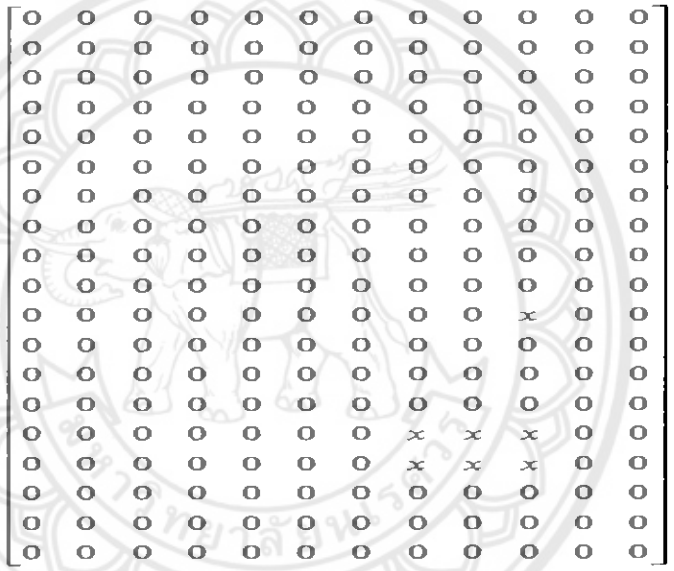
รูปที่ 2.30 แสดงลักษณะภาพเปรียบเทียบเป็นเมตริกซ์เปรียบ**เทียบ**

จากบทนิยามที่ 2 การลบเมตริกซ์จะได้ว่าเมตริกซ์ที่จะนำมาลบกันต้อง**มีมิติเท่ากัน** และนำ**สมาชิก**ที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกันมาลบกัน ดังตัวอย่างรูปที่ 2.33

$$\begin{bmatrix}
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200
\end{bmatrix}
-
\begin{bmatrix}
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & x & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & x & x & x & 100 & 100 \\
100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & 100 & x & x & x & 100 & 100 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 \\
200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200 & 200
\end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.31 ภาพแสดงการหาผลต่างของเมตริกซ์อ้างอิงกับเมตริกซ์เปรียบเทียบ

2.11.2 นำผลต่างที่ได้มาพิจารณา การพิจารณาจะมีเกณฑ์ตั้งไว้ด้วยการทำเทรชโฮลด์ ผลต่างของทุกสมาชิกในเมตริกซ์ในรูปที่ 2.34 ถ้าผลต่างที่หาได้มีค่ามากกว่าระดับเทรชโฮลด์สามารถบอกได้ว่า ภาพที่นำมาเปรียบเทียบนั้นต่างจากภาพอ้างอิง อาจจะเกิดจากการเคลื่อนไหวหรือการมีวัตถุอื่นเข้ามาในภาพดังนั้น ผลต่างของทุกสมาชิกในเมตริกซ์ผลต่าง ถ้าผลต่างที่หาได้มีค่าน้อยกว่าระดับ เทรชโฮลด์ ที่กำหนดไว้ จะเป็นสีดำถ้ามากกว่าจะเป็นสีขาว สามารถสรุปและบอกได้อย่างชัดเจนว่า ภาพที่นำมาเปรียบเทียบนั้นคล้ายหรือใกล้เคียงกับภาพอ้างอิง หากภาพมีความเหมือนกันจะได้ภาพสีดำทั้งหมดแต่หาก มีผลต่างเกิดขึ้นจะทำให้ได้จุดสีขาวเกิดขึ้น



รูปที่ 2.32 ภาพแสดงผลต่างของ 2 เมตริกซ์

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 บทนำ

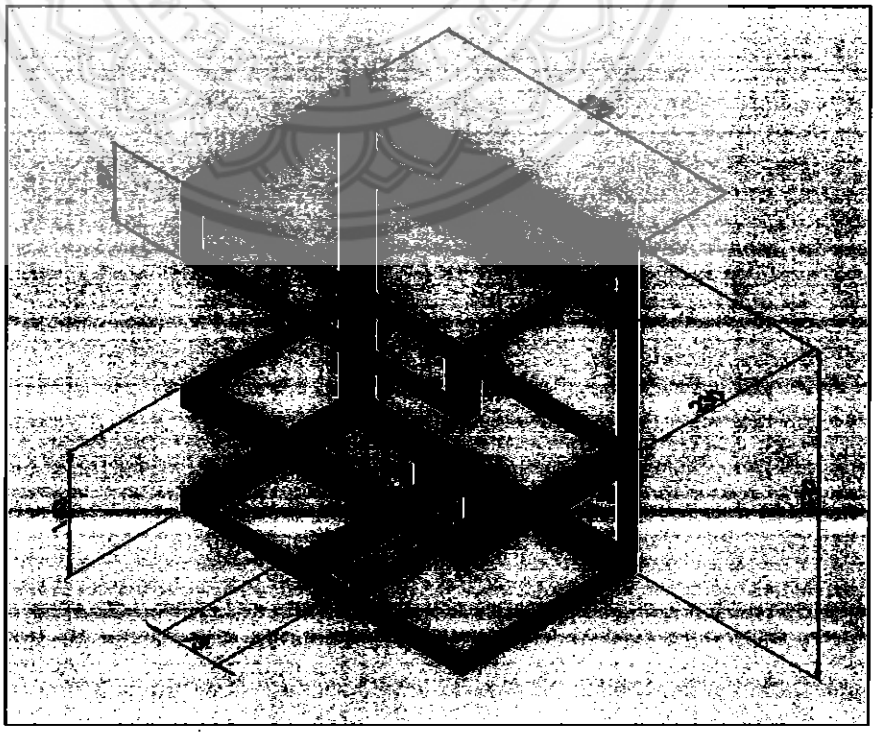
ในบทนี้จะมุ่งเน้นขั้นตอนการดำเนินการทำทั้งในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ที่ใช้ในการทำโครงงาน ในส่วนของฮาร์ดแวร์จะกล่าวถึงอุปกรณ์ของระบบขับเคลื่อนวงจรควบคุมและอุปกรณ์ส่งสัญญาณภาพ ในส่วนของซอฟแวร์จะกล่าวถึงขั้นตอนของการทำงานระบบตรวจหาร่องรอยการชำรุดที่เกิดจากกระสุนปืนบนสายโอพีจีดับเบิลยู

3.2 ขั้นตอนดำเนินงานส่วนของฮาร์ดแวร์

ขั้นตอนการดำเนินงานในส่วนของฮาร์ดแวร์นั้นจะเริ่มต้นด้วยการออกแบบก่อน ตามมาด้วยการหาอุปกรณ์ให้ได้ตามที่ได้ออกแบบไว้แล้วจึงนำอุปกรณ์เหล่านั้นมาทำการประกอบกันจนเป็นชิ้นงานซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างของรถและอุปกรณ์ขับเคลื่อน

ขนาดของโครงสร้างตาม รูปภาพที่ 3.1 จะใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตร โครงสร้างที่ใช้จะใช้เหล็กฉากรูปตัว Lหนา 2 มิลลิเมตรออกแบบด้วยโปรแกรม Solid works 2010



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของรถตรวจสอบสายโอพีจีดับเบิลยูแบบจำลอง

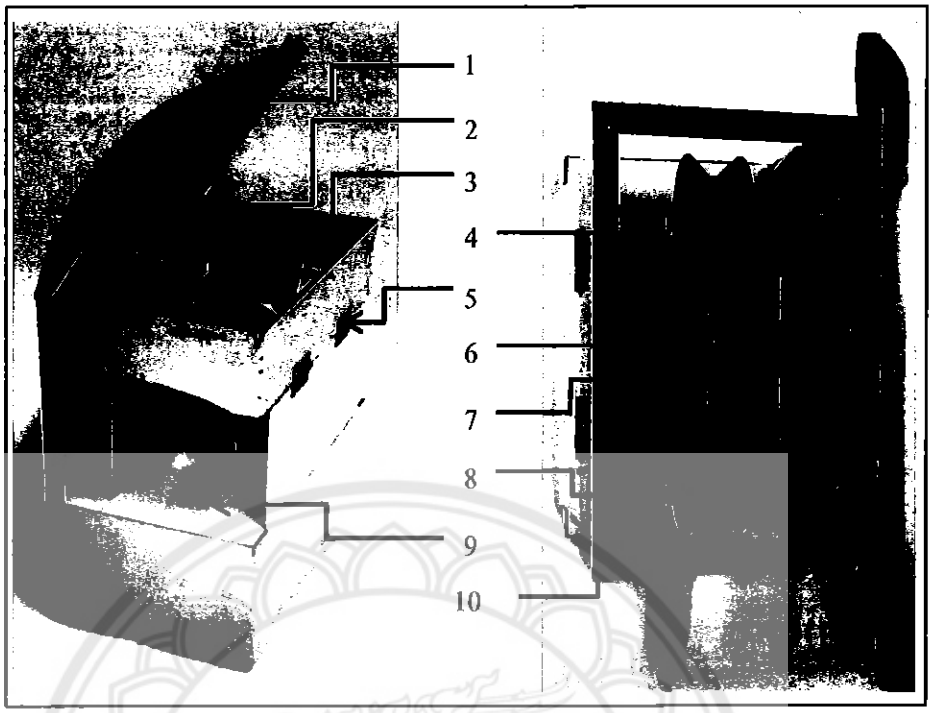
โครงสร้างที่ได้หลังจากการออกแบบแล้ว การประกอบโครงสร้างจะ ยึดชิ้นส่วนแต่ละชิ้นด้วยการเชื่อมไฟฟ้า เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการใช้งาน ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 โครงสร้างของรถตรวจสอบสายโอพีจีดับเบิลยูของจริง

3.2.2 การประกอบโครงสร้างและชุดอุปกรณ์ขับเคลื่อน

การออกแบบฮาร์ดแวร์จะมีส่วนประกอบ ที่สำคัญคือการออกแบบส่วนประกอบที่ใช้ในการเคลื่อนที่ การออกแบบอุปกณ์ในการขับเคลื่อน วงจรที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนทีและอุปกรณ์รับ-ส่งภาพซึ่งมีรายระเอียดดังนี้

ก) ส่วนประกอบที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เริ่มด้วยการเชื่อมโครงสร้างตามรูปที่ 3.1 จากนั้นทำการประกอบชุดขับเคลื่อนโดยประกอบล้อเข้ากับแกน ตามด้วย เฟืองโซ่ 27 ฟัน ทำ 2 ชุด และประกอบเข้ากับโครงรถ ติดมอเตอร์ตรงส่วนด้านล่างสุดของตัวโครงรถ และติดเฟืองโซ่ 18 ฟันเข้าไป ทำการใส่โซ่เข้าไปโดยอันดับแรกให้ถอดตัวล็อคของโซ่ออกก่อนเพื่อที่จะสอดเข้าไปตามแนวของเฟืองโซ่จากนั้นล็อคด้วยตัวล็อคตัวเดิมกลับเข้าไป นำกระจกที่ทำตัวล็อคปรับมุมได้ติดเข้าไปตามรูปที่ 3.3 โดยการติดตั้งจะให้อยู่ระหว่างช่วงของล้อและยึดด้วยแท่งเหล็กแบนสองแท่ง ซึ่งกระจก จะมีระยะห่างจากสายโอพีจีดับเบิลยูจะทำการปรับให้เหมาะสมที่หน้างาน ลักษณะโครงสร้างและตัวถังที่ประกอบเรียบร้อย วัสดุที่ใช้เป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายและมีประสิทธิภาพในการใช้งานรายละเอียดและส่วนประกอบที่สำคัญมีดังรูปที่ 3.3



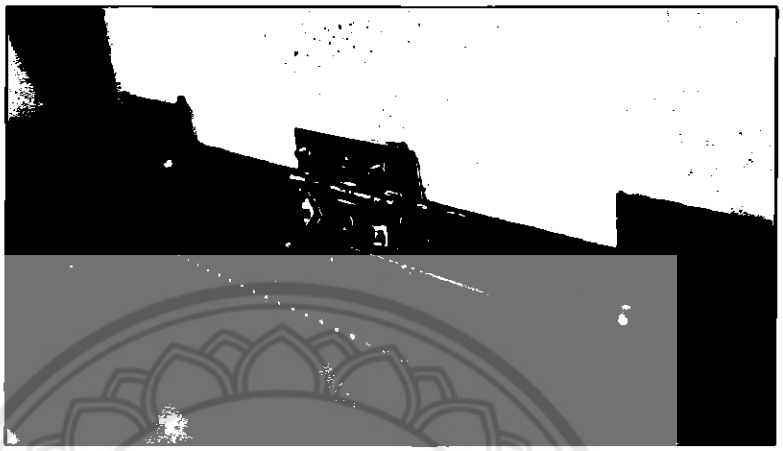
รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบที่ใช้ในการเคลื่อนที่

รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

1. ฝาครอบตัวถัง ใช้แผ่นเหล็กหนา 1 มิลลิเมตร เชื่อมติดกับโครงสร้างเพื่อความแข็งแรงและเป็นการเพิ่มน้ำหนักของชิ้นงาน ฝาครอบตัวถังทำหน้าที่ปิดตัวถังด้านบนเพื่อไม่ให้แสงเข้าไปในพื้นที่สำหรับบันทึกภาพมากเกินไปและยังทำหน้าที่ปิดไม่ให้เห็นล้อและอุปกรณ์ในการขับเคลื่อนอีกด้วยดังรูปที่ 3.4

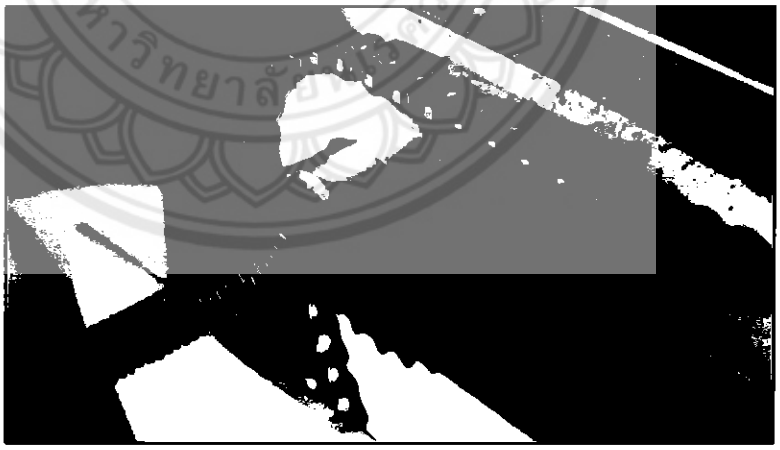
รูปที่ 3.4 ฝาครอบตัวถัง

2. บานพับยึดฝาครอบตัวถัง ทำหน้าที่ยึดฝาครอบติดกับตัวถังของรถตรวจสอบ สายโอเวอร์เฮดกราวนด์ ให้สามารถเปิดและปิดได้เพื่อความแข็งแรงจะใช้บานพับทั้งหมด 3 ตัว ในการยึด ติดตั้งบานพับห่างกัน 8 เซนติเมตรดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 บานพับยึดฝาครอบตัวถัง

3. เฟืองโซ่ 27 ฟัน ขนาดใช้กับโซ่เบอร์ 25ติดตั้งติดกับแกนล้อทั้ง 2 ข้าง โดยล้อทั้ง 2 จะเคลื่อนที่ไปพร้อมกันและทำหน้าที่ทดอัตรารอบของมอเตอร์ให้มีแรงบิดที่สูงขึ้นในการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 เฟืองโซ่ 27 ฟัน

4. ตุ๊กตาแบริ่งหน้าที่หลักของตุ๊กตาแบริ่งขนาด 10 มิลลิเมตรใช้เพื่อลดแรงเสียดทานของแกนล้อในการเคลื่อนที่ทำให้การเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 ตุ๊กตาแบริ่ง

5. บานพับยึดแผ่นอะคริลิคทำหน้าที่ยึดแผ่นอะคิลิคติดกับตัวถัง**รถตรวจสอบสายโอเวอร์**เฮดกราวด์ และสามารถเปิดปิดแผ่นอะคริลิคเพื่อความสะดวกในการติดตั้ง**อุปกรณ์บนสายโอเวอร์**เฮดกราวด์ดังรูปที่ 3.8

รูปที่ 3.8 บานพับยึดแผ่นอะคริลิค

6. แท่นยึดกระจกจากรูปที่ 3.9 แท่นยึดกระจกทำหน้าที่ยึดกระจกให้ติดกับโครงสร้างของตัวรถแท่นยึดนี้ทำจากแผ่นเหล็ก2 แผ่น หนา 2 มิลลิเมตร กว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 220 มิลลิเมตรวางขนานกันมีช่องตรงกลางระหว่างแผ่นเหล็กทั้ง 2 สำหรับใส่ตัวยึดกระจก

รูปที่ 3.9 แท่นยึดกระจก

7. กระจกในโครงงานนี้จะใช้กระจกเงา 2 แผ่น โดยทำการติดตั้งให้ทำมุมกัน 120 องศาติดตั้งในลักษณะรูปตัววีคว่ำลงอยู่ตรงกลางระหว่างล้อทั้ง 2 ดังรูปที่ 3.10

รูปที่ 3.10 กระจก

8. ล้อที่ใช้มีลักษณะเป็นสีฟ้าซึ่งวัสดุที่ใช้ ทำมาจากพีวีซี ร่องตรงกลางของล้อหุ้มด้วยยางสีดำเพื่อเพิ่มแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 3.11

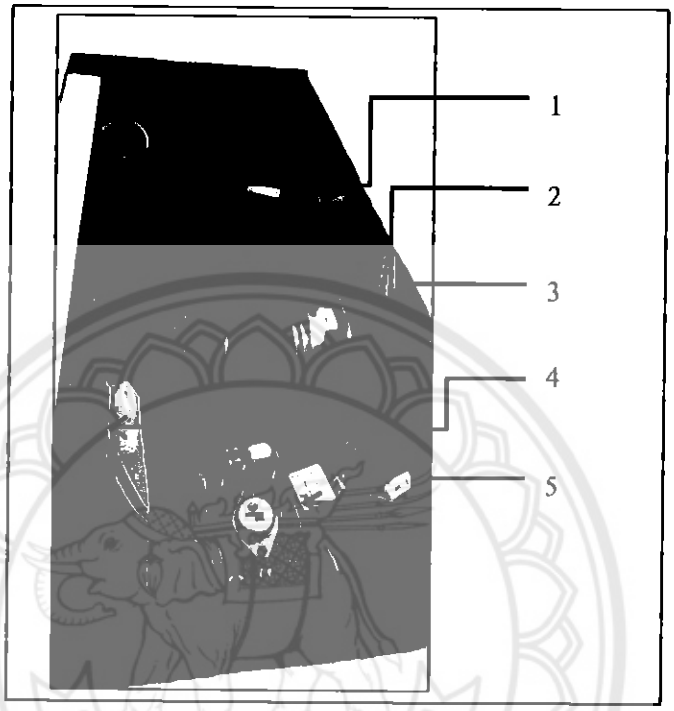
รูปที่ 3.11 ล้อ

9. แผ่นอะคริลิคในโครงงานนี้มีทั้งหมด 3 แผ่น จากรูปที่จะสังเกตเห็นว่าแผ่นอะคริลิคประกอบกันเป็นรูปตัวยู เหตุผลหลักที่ใช้แผ่นอะคริลิคสีขาวเพราะต้องการพื้นหลังของภาพที่สะท้อนในกระจกเป็นสีขาวเมื่อทำการเก็บภาพด้วยกล้องวีดีโอ จะได้ภาพที่มีพื้นหลังเป็นสีขาวเพื่อง่ายต่อการประมวลผลภาพดังรูปที่ 3.12

รูปที่ 3.12 แผ่นอะคริลิค

ข) อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่

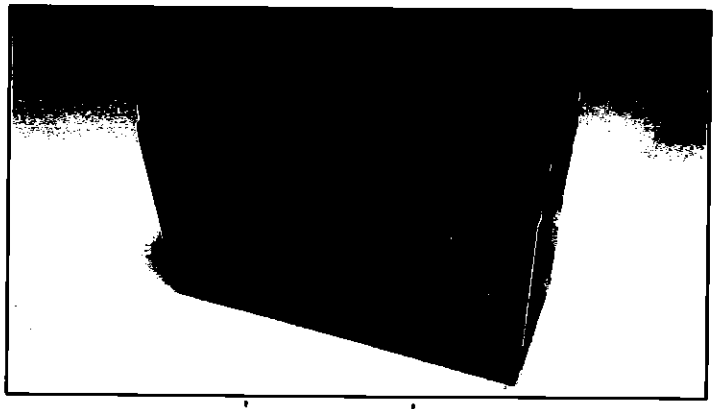
อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่เป็นอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายสามารถหาได้ตามร้านค้าอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไปดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่

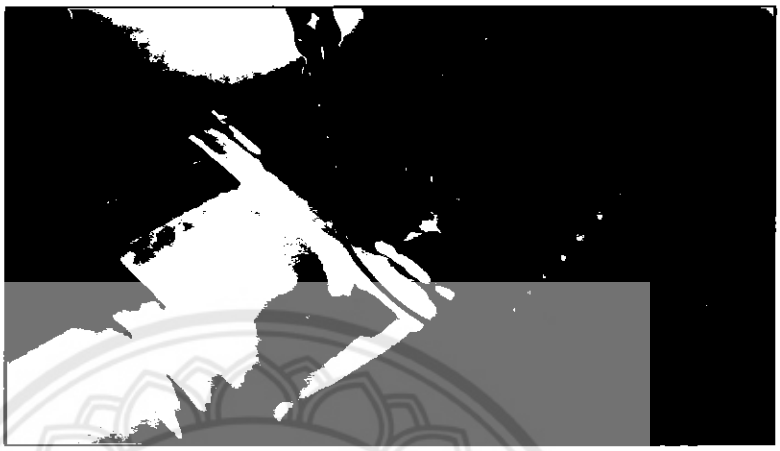
รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

1. แบตเตอรี่ 12V 7.5 AH สำหรับจ่ายไฟให้กับมอเตอร์และวงจรควบคุมในการวางแบตเตอรี่จะวางชิดขอบแผ่นเหล็กโดยจะมีโฟมกั้นเพื่อลดการกระแทกกับโครงสร้างดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แบตเตอรี่

2. เฟืองโซ่ 18 ฟัน ใช้กับโซ่เบอร์ 25 เป็นเฟืองโซ่หลักที่ได้ทำการติดตั้งกับมอเตอร์เพื่อส่งถ่ายแรงบิดจากมอเตอร์ไปยังล้อเพื่อใช้แรงในการเคลื่อนที่ ดังรูปที่ 3.15

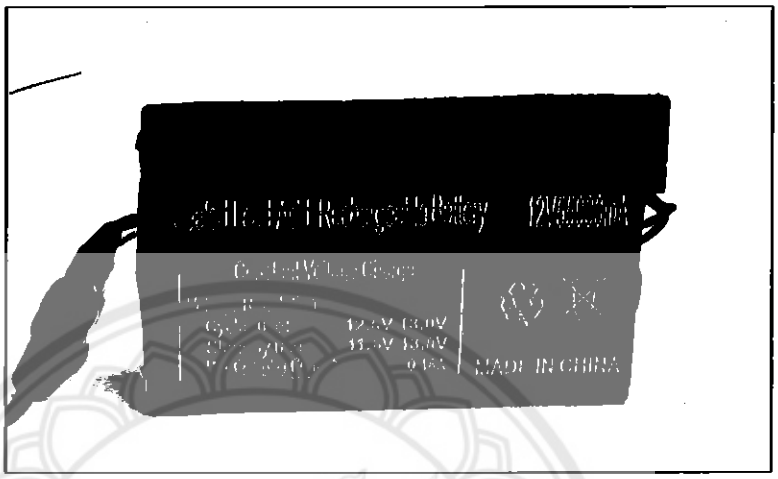


รูปที่ 3.15 เฟืองโซ่ 18 ฟัน

3. มอเตอร์ที่ใช้เป็นมอเตอร์ DC 12 โวลต์ 10 วัตต์ ทำการทดเกียร์และทำการติดตั้งด้วยการยึดติดกับโครงสร้างหลักของตัวรถ มีความเร็วรอบสูงสุด 120 รอบต่อนาทีดังรูปที่ 3.16

รูปที่ 3.16 มอเตอร์

4. แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 5500 มิลลิแอมป์ สำหรับจ่ายไฟให้กล้องวีดีโอดังรูปที่ 3.17 การติดตั้งนั้นจะติดตั้งโดยทำช่องใส่ด้วยโฟมและยึดโฟมด้วยกาวให้ติดกับโครงเหล็กดังรูปที่ 3.13



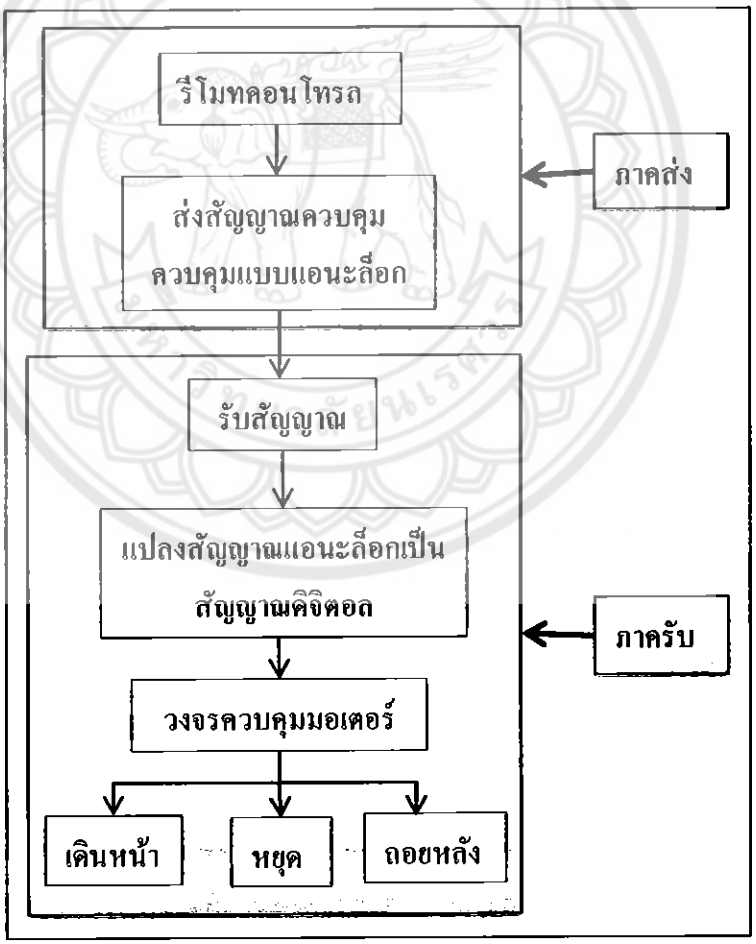
รูปที่ 3.17 แบตเตอรี่กล้องวีดีโอ

5. วงจรควบคุมการเคลื่อนที่ มีการออกแบบให้มีการใช้งานอยู่ 2 อย่างคือควบคุมความเร็ว และควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าหรือข้างหลัง โดยสั่งการจากรีโมทคอนโทรล รูปที่ 3.18

รูปที่ 3.18 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่

3.2.3 การออกแบบระบบควบคุมความเร็วและทิศทางของตัวรถ

การควบคุมการเคลื่อนที่ทั้งหมด จะถูกควบคุมด้วยการใช้รีโมทคอนโทรล ซึ่งสะดวกและมีน้ำหนักไม่มาก การควบคุมมีดังรูปที่ 3.19 คือ เมื่อส่งสัญญาณจากรีโมทคอนโทรลออกไป จะมีตัวรับสัญญาณที่ตัวรถ สำหรับความถี่ที่ใช้สามมารถเลือกใช้ได้ตามระยะทางที่ต้องการใช้หาก ใช้ในระยะใกล้ๆอาจใช้ความถี่ที่ไม่มาก แต่ถ้ามีระยะทางห่างจากจะสังเกตการณ์มากก็อาจจะใช้ความถี่ที่สูงขึ้น แต่ว่ายิ่งความถี่มากราคาของชุดอุปกรณ์ก็จะแพงขึ้นด้วย ในชั้นนี้จะใช้ความถี่ที่ 27 เมกะเฮิรตซ์ (MHz)เนื่องจากเป็นการทดสอบระบบซึ่งมีระยะห่างจากจุดสังเกตไม่มากนัก เมื่อตัวรับสัญญาณได้รับสัญญาณ จากรีโมทคอนโทรลสัญญาณที่ได้ จะถูกส่งไปยังชุดควบคุมเพื่อที่จะเป็นตัวแปลงสัญญาณที่ถูกส่งมาเป็นคำสั่งที่จะให้ มอเตอร์ เดินหน้าหรือถอยหลัง ด้วยความเร็วเท่าไร หรือหยุดการเคลื่อนที่



รูปที่ 3.19 แผนผังแสดงการควบคุมมอเตอร์

ก) รีโมทคอนโทรล

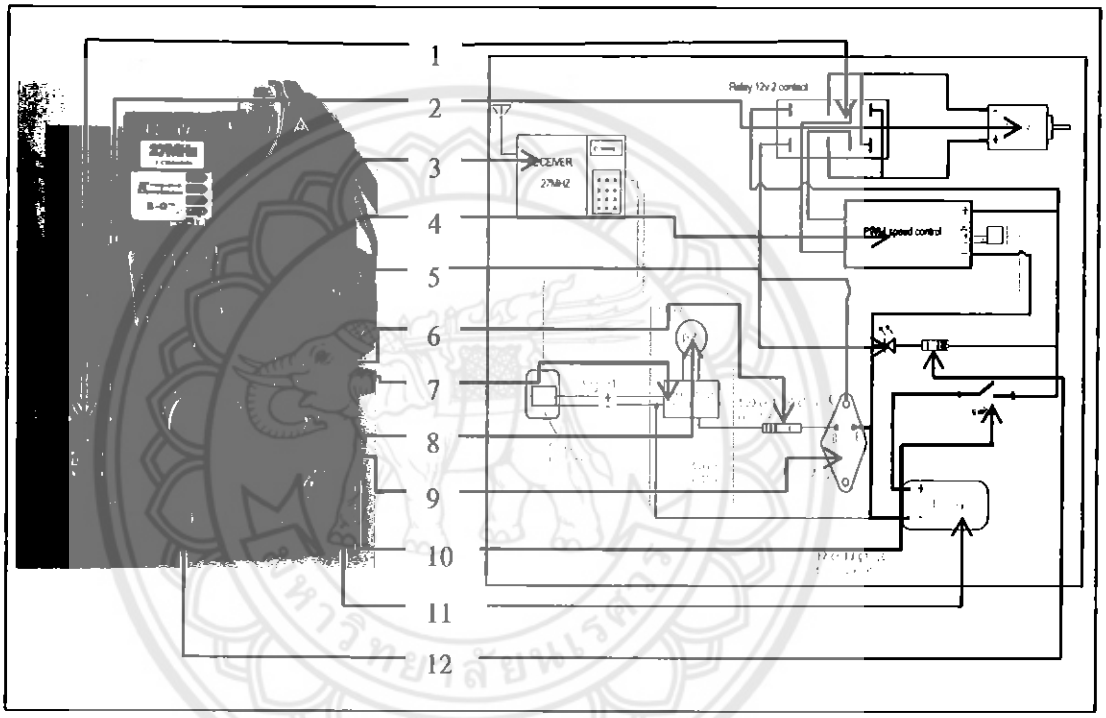
รีโมทคอนโทรลที่ใช้เป็นรีโมท 3 ช่องการควบคุม คลื่นความถี่แบบ A.M. มีย่านความถี่ที่ 27.195 เมกะเฮิรตซ์ (MHz) ระยะการส่งสูงสุดในที่โล่ง 50 เมตร แสดงรายระเอียดบนหน้าแบบข้อมูลแบบดิจิตอลใช้แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ ในการใช้งานในโหมดต่างๆหรือการปรับตั้งค่าในการใช้งานให้มีค่าที่เหมาะสมสามารถดูรายละเอียดข้อมูลได้ที่ ภาคผนวก ค

รูปที่ 3.20 รีโมทคอนโทรล

ข) วงจรที่ใช้ในการควบคุม

วงจรควบคุมที่ใช้ในโครงงานนี้หลักๆจะเป็นอุปกรณ์รับส่งสัญญาณสำเร็จรูปที่มีขายอยู่ทั่วไป สามารถหาซื้อได้ตามร้านขายของเล่นทั่วๆไปและนำมาประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างอื่น เพื่อให้ได้บอร์ดควบคุมการทำงานของการเคลื่อนที่ของระบบ ช่วงระยะการรับส่งสัญญานทั้งรีโมทควบคุมการเคลื่อนที่และสัญญาณการรับส่งภาพ มีระยะในการทำงานที่ประมาณ 40 ถึง 50 เมตรในการทำงานของวงจรนี้เมื่อเริ่มการทำงานโดยการเปิดสวิชต์แล้วกระแสจะไหลไปที่ตัวตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ภายในตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์จะมีการแปลงแรงดันจาก 12 โวลต์ เป็น 5 โวลต์จ่ายแยกให้กับ ตัวรับสัญญาณรีซีฟเวอร์และโซโวบอร์ดให้ทำงาน รีซีฟ

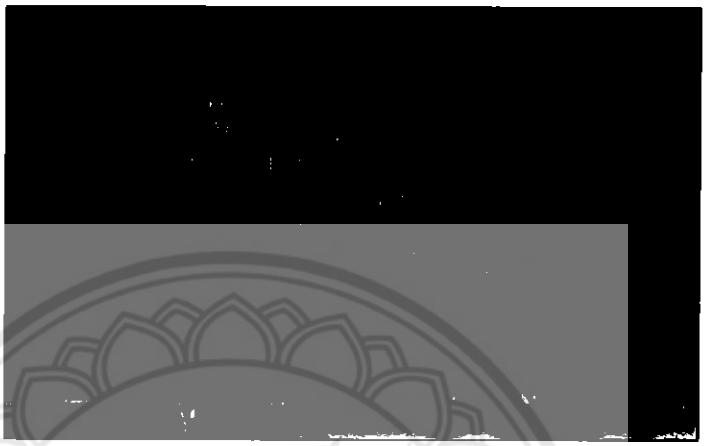
เวอร์จะเป็นตัวรับสัญญาณจากรีโมทคอนโทรล ส่งสัญญาณไปควบคุม โซโวบอร์ดและตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์โซโวบอร์ดเมื่อรับสัญญาณจากรีซีฟเวอร์แล้ว โซโวบอร์ดจะจ่ายแรงดัน 3 โวลต์ ให้กับขา B ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งในที่นี้ใช้ทรานซิสเตอร์ในลักษณะเป็นสวิชต์ของรีเลย์เพื่อกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ ส่วนการควบคุมความเร็วสัญญาณที่ใช้คือสัญญาณ PWM ที่ออกมาจากรีซีฟเวอร์ (สัญญาณ PWM สามารถดูเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ 2.1.2.3) รายละเอียดของอุปกรณ์มีดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.21 วงจรควบคุมการเคลื่อนที่

รายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้มีดังนี้

1. รีเลย์ 8 ขา 2หน้าสัมผัส (Relay 2 contact 8 pin) ใช้ในการกลับทิศการหมุนของมอเตอร์ถูกควบคุมด้วยทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055 ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ซึ่งใช้สัญญาณควบคุมจากโซโวบอร์ดที่รับสัญญาณมาจากรีซีฟเวอร์ดังรูปที่ 3.21

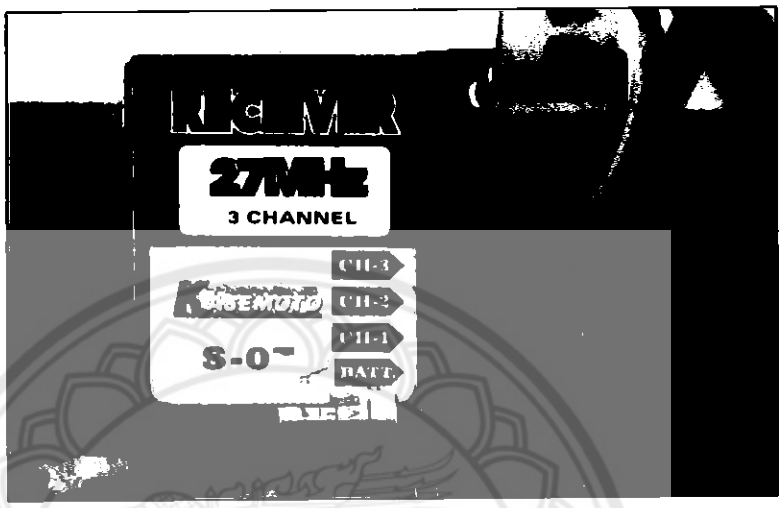


รูปที่ 3.22 รีเลย์ 8 ขา 2หน้าสัมผัส

2. พิน 2 ขั้วสำหรับต่อกับมอเตอร์ (2 pin) ซึ่งในวงจรจะติดตั้งในลักษณะเป็นสัญญาณขาออก (out) ทำการต่อออกมาจากขา (2 7) และ (4 5)ของรีเลย์ ดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.23 พิน 2 ขั้วสำหรับต่อกับมอเตอร์ (2 pin)

3. รีซีฟเวอร์ (Receiver) เป็นตัวรับสัญญาณ ใช้ย่านความถี่อยู่ที่ 27.195เมกะเฮิรตซ์ (MHz) รีซีฟเวอร์รับจะรับไฟสำหรับเลี้ยงวงจร 5 โวลต์ จาก วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ แบบพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM speed control)ซึ่งต่ออยู่กับแบตเตอรี่ 12 โวลต์ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.24 รีซีฟเวอร์ (Receiver)

4. ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ (PWM speed control) เป็นตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่ใช้มีการควบคุมมอเตอร์ด้วยลักษณะสัญญาณ แบบพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM speed control) สามารถดูเพิ่มเติมได้จาก บทที่2 ในหัวข้อที่ 2.1.2.3 การควบคุมความเร็วแบบปรับความกว้างของคลื่นสัญญาณดังรูปที่ 3.24

รูปที่ 3.25 ตัวควบคุมความเร็วมอเตอร์ (PWM speed control)

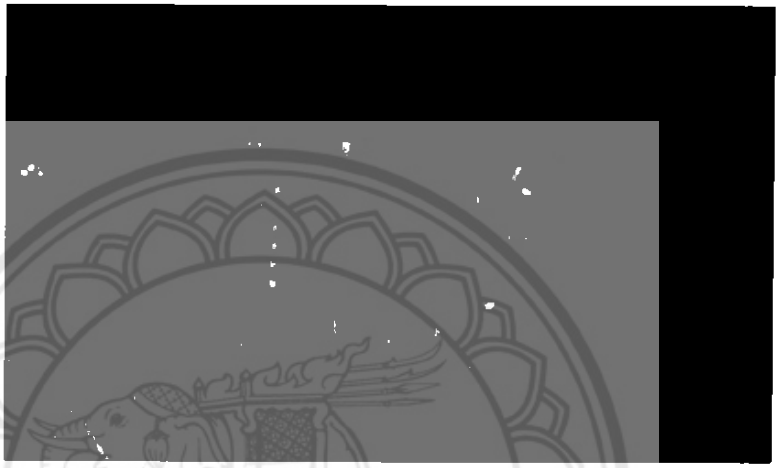
5. หลอดแอลอีดี (LED)ในโครงงานทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงานของบอร์ดควบคุมการเคลื่อนที่หากหลอดแอลอีดีสว่าง บอร์ดวงจรควบคุมการเคลื่อนที่จะอยู่ในสถานะทำงาน (ON)แต่ถ้าไม่สว่างจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในวงจรควบคุมการเคลื่อนที่แสดงว่าวงจรอยู่ในสถานะไม่ทำงาน (OFF) ดังรูปที่ 3.25

รูปที่ 3.26 หลอดไฟแอลอีดี

6. ตัวต้านทานขนาด 500 โอมห์ 0.5 วัตต์เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนที่โซโวบอร์ดมากเกินจนเกิดการลัดวงจรขณะทำงานตัวต้านทานขนาด 500 โอมห์ 0.5 วัตต์จะเป็นตัวแบ่งความร้อนที่เกิดขึ้นกับโซโวบอร์ดดังรูปที่ 3.26

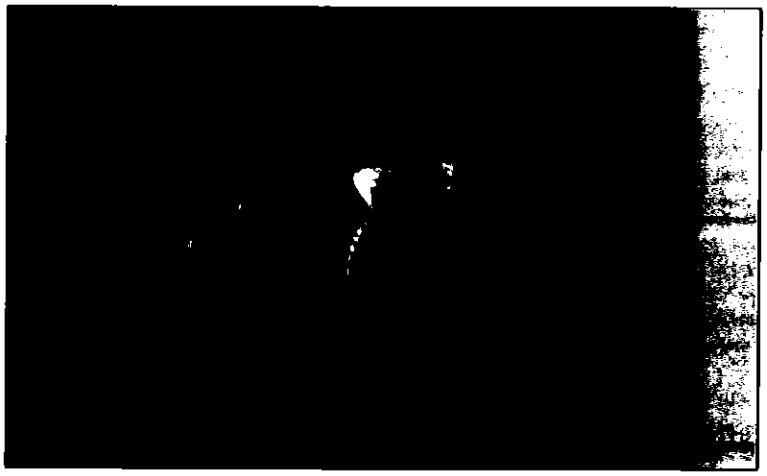
รูปที่ 3.27 ตัวต้านทานขนาด 500 โอมห์ 0.5 วัตต์

7. โซโวบอร์ด เป็นวงจรควบคุมโซโวมอเตอร์ซึ่งวงจรนี้นำมาจากโซโวมอเตอร์ใช้ขั้วที่ต่อกับมอเตอร์ที่อยู่ในโซโวมอเตอร์ 1 ขั้ว มาใช้เป็นตัวควบคุมการเปิดหรือปิด (ON OFF) วงจรด้วยทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3055 ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ให้กระแสไหลครบวงจรของรีเลย์เพื่อให้รีเลย์ทำงานหรือไม่ทำงาน ดังรูปที่ 3.27



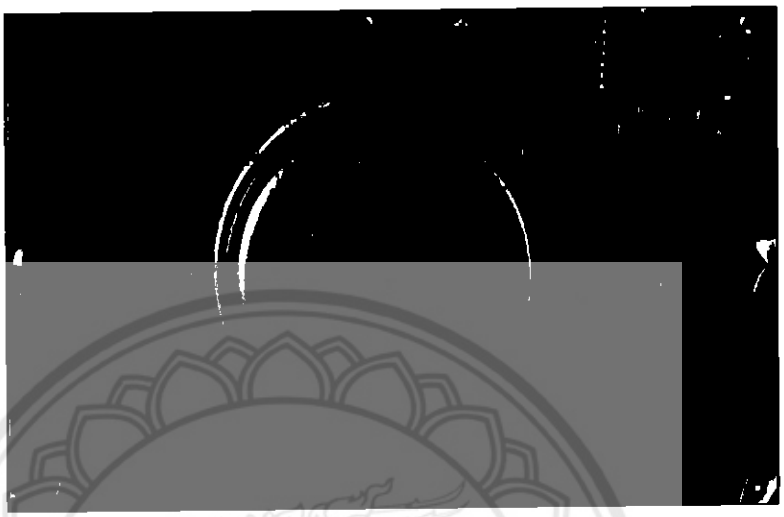
รูปที่ 3.28 โซโวบอร์ด

8. ตัวต้านทานประปรับค่าได้ 100 โอมห์ เป็นตัวกำหนดกระแสที่ใช้ทริกทรานซิสเตอร์สวิตช์ให้ทำงานหรือไม่ทำงานหากปรับความต้านทานน้อยเกินไปจะทำให้กระแสไหลจนทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานอยู่ตลอดเวลาและไม่สามารถควบคุมการทำงานด้วยสัญญาณควบได้จึงต้องมีการปรับความต้านทานให้พอดีในการทดลองจะใช้ความต้านทานประมาณ 45 ถึง 52 โอมห์ รูปที่ 3.28



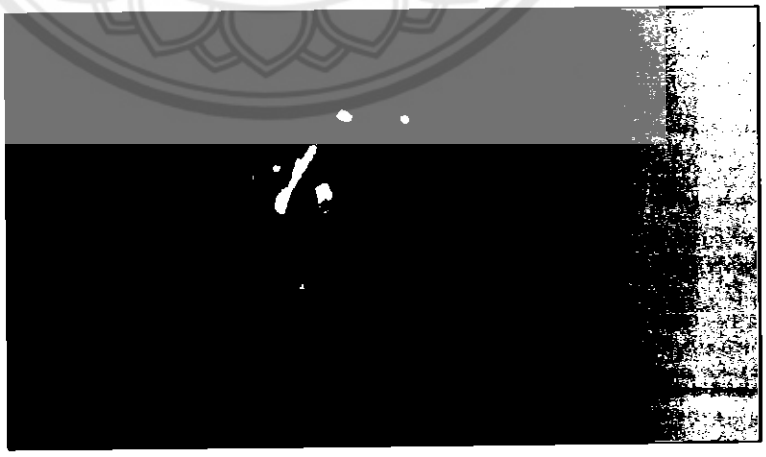
รูปที่ 3.29 ตัวต้านทานประปรับค่าได้ 100 โอมห์

9. ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N3055ในโครงงานนี้ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ที่ควบคุมการทำงานของรีเลย์ทรานซิสเตอร์ 2N3055จะถูกควบคุมการทำงานด้วยโซโวบอร์ดดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.30 ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2N3055

10. สวิตช์โยก 2 ทาง (ON, OFF) ใช้ในการเปิดและปิดวงจรของบอร์ดควบคุมการทำงานของการเคลื่อนที่ของรถตรวจสอบสายเคเบิลดังรูปที่ 3.30 สวิตช์นี้ไม่ได้ต่อกับกล้องวีดีโอในการที่จะใช้กล้องวีดีโอจะมีแบตเตอรี่แยกต่างหากที่ใช้กับกล้องวีดีโอ



รูปที่ 3.31 สวิตช์โยก

11. พิน 2 ขั้วสำหรับต่อกับแบตเตอรี่ (2 pin) 12โวลต์ เป็นแหล่งจ่ายไฟหลักที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับวงจรควบคุมและมอเตอร์ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 3.31

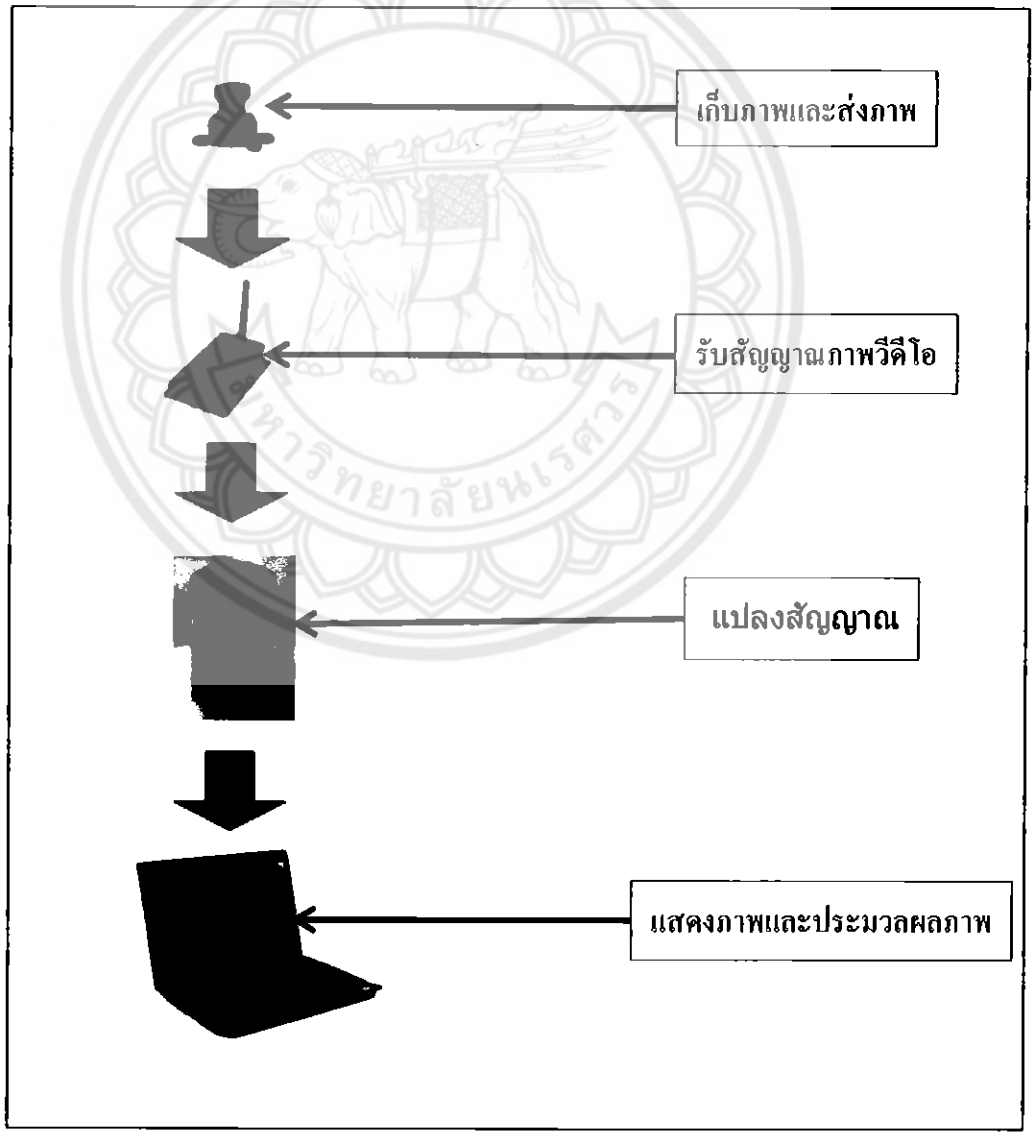
รูปที่ 3.32 พิน 2 ขั้วสำหรับต่อกับแบตเตอรี่ (2 pin)

12. ตัวต้านทานขนาด 100โอมห์ 1วัตต์เพื่อป้องกันความเสียหายของหลอดแอลอีดีที่ใช้แสดงสถานะการทำงานจึงต้องมีการใส่ตัวต้านทานขนาด 100โอมห์ 1วัตต์เข้าไปเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นกับหลอดแอลอีดีดังรูปที่ 3.32

รูปที่ 3.33 ตัวต้านทานขนาด 100โอมห์ 1วัตต์

3.2.4 ส่วนของรับ-ส่งภาพวีดีโอ

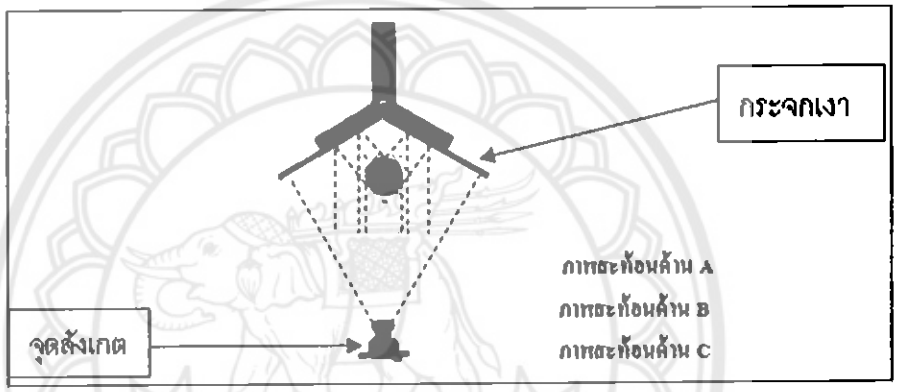
ขั้นตอนการรับส่งภาพจากรูปที่ 3.33 เมื่อระบบเริ่มทำงานกล้องวีดีโอจะเริ่มทำการเก็บภาพวีดีโอโดยส่งภาพออกมาในรูปของสัญญาณแอนะล็อก เมื่อตัวรับสัญญาณแอนะล็อกได้รับสัญญาณมาแล้วก็จะส่งไปยังกล่องแปลงสัญญาณ ซึ่งจะทำการแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เมื่อสัญญาณแอนะล็อกถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วชุดแปลงสัญญาณจะส่งสัญญาณไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะทำการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรมแมทแลป ผ่านทาง USB และแสดงผลทางหน้าจอคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.34 การรับส่งภาพ

3.2.5 ลักษณะของภาพที่สะท้อนจากกระจกสู่กล้องวีดีโอ

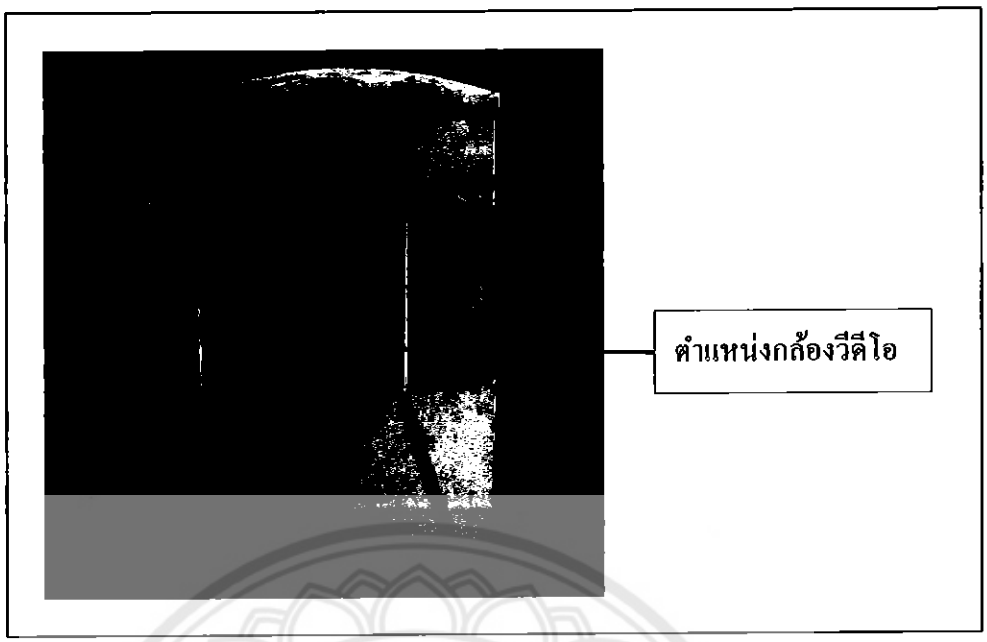
จากรูปที่ 3.34 การนำเอากระจกมาทำมุมกัน 120 องศา มีจุดสังเกตอยู่ด้านล่างของกล้อง จะทำให้ได้ภาพของวัตถุที่อยู่ระหว่างจุดสังเกตกับกระจกจะมีลักษณะที่สามารถมองเห็นวัตถุได้โดยรอบโดยที่มองจากจุดสังเกตเพียงจุดเดียวซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการที่จะใช้กล้องสามมุมสามตัวแต่เราใช้กล้องเพียงแค่ตัวเดียวซึ่งหลักการดังกล่าวเป็นการใช้ประโยชน์จากการสะท้อนของกระจก



รูปที่ 3.35 การวางตำแหน่งของกล้องและการวางมุมของกระจก

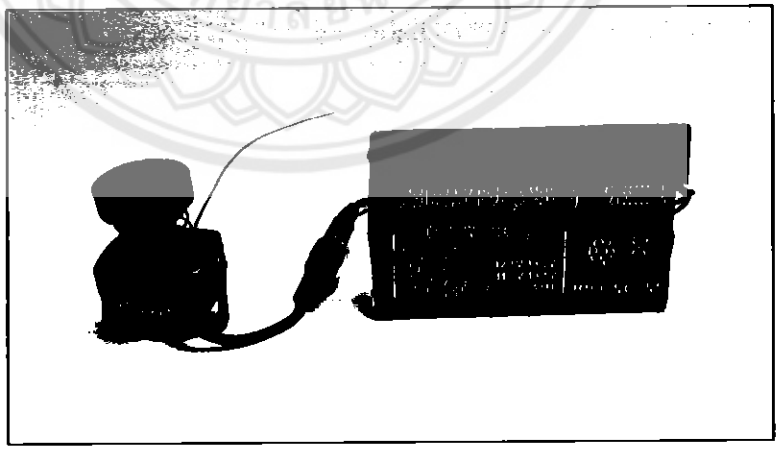
3.2.6 การติดตั้งอุปกรณ์ รับ-ส่ง ภาพ

การทำตัวถังรถ จะใช้แผ่นเหล็กหนา 1 มิลลิเมตร ในการปิดช่องว่างของโครงสร้าง จากนั้นทำการเชื่อมให้ติดกับโครงและทำฝาครอบด้านบน ดังรูปที่ 3.4 เมื่อทำการเชื่อมแผ่นเหล็กจากนั้น ทำการทาสีเคลือบเพื่อป้องกันสนิม เมื่อสีแห้งแล้วนำแผ่นอะครีลิคสีขาวปิดช่องใส่แบตเตอรี่ตรงส่วนนี้จะไม่มีตัวยึดแผ่นนี้มีความกว้าง 230 มิลลิเมตร ยาว 370 มิลลิเมตร แต่จะวางอยู่ในขอบของแผ่นเหล็กที่ล้อมรอบโครงสร้างด้านล่าง จากนั้นนำแผ่นอะครีลิคปิดด้านในและด้านนอก ด้านในจะมีความกว้าง 200 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร แผ่นด้านนอกจะมีความกว้าง 15 มิลลิเมตร ยาว 350 มิลลิเมตร ตรงส่วนนี้จะมีการติดบานพับเข้าไปเพื่อให้มีการเปิดปิดได้ เพื่อเป็นช่องสำหรับนำไปวางบนสายโอพีจีดับเบิลยู และแผ่นอะคริลิคด้านในจะยึดติดกับตัวโครงสร้างเพื่อที่จะปิดภาพของโซ่ที่จะสะท้อนกับกระจกทำให้ได้พื้นหลังของภาพที่ไม่สม่ำเสมอ สาเหตุที่ใช้แผ่นอะครีลิคสีขาวเป็นพื้นหลังของภาพที่ถ่ายเพราะสีขาวมีการกระเจิงแสงมากที่สุดในบรรดาสีอื่นๆทำให้ได้พื้นหลังที่มีสีสม่ำเสมอ ส่วนกล้องวีดีโอจะทำการติดตั้งตรงส่วนของแผ่นอะครีลิคแนวราบตามรูปที่ 3.35



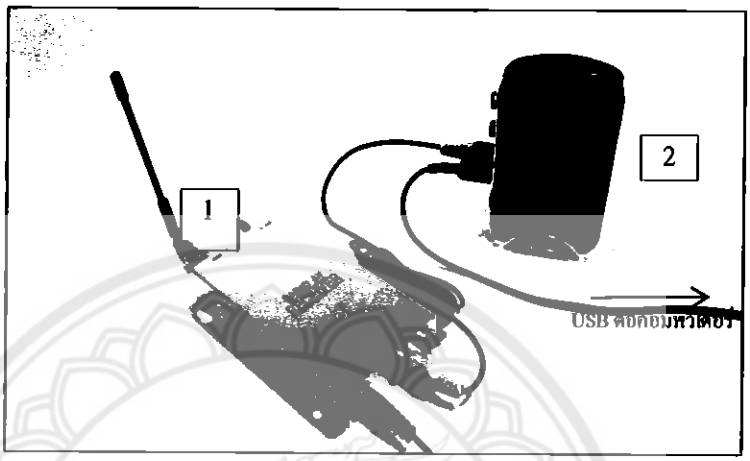
รูปที่ 3.36 ตำแหน่งการติดตั้งกล้องวีดีโอ

ก) **อุปกรณ์ที่ใช้ในถ่ายภาพวีดีโอ** อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพและส่งสัญญาณภาพจะใช้กล้องไวเลส ที่ย่านความถี่ 1.2 GHzและใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ เป็นแหล่งจ่ายไฟโดยจะแยกแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์และกล้องวีดีโอออกจากกันเพื่อลดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการทำงานของมอเตอร์ในการส่งภาพวีดีโอดังรูปที่ 3.36



รูปที่ 3.37 การเชื่อมต่อกล้องวีดีโอกับแหล่งจ่ายไฟ

ข) อุปกรณ์รับสัญญาณและแปลงสัญญาณภาพอุปกรณ์ที่ใช้รับสัญญาณภาพคือรีซีฟเวอร์ (1) และแปลงสัญญาณภาพจากสัญญาณแอนะล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอลด้วยทีวีจูนเนอร์รุ่น DTECH UTV 332 (2) เพื่อส่งสัญญาณดิจิตอลเข้าประมวลผลในคอมพิวเตอร์ มีลักษณะดังรูปที่ 3.37



รูปที่ 3.38 การเชื่อต่อตัวรับสัญญาณเข้าสู่ตัวแปลงสัญญาณ

3.2.7 ลักษณะของโครงสร้างจำลองเมื่ออยู่บนสายเคเบิล

ลักษณะการเคลื่อนที่ของตัวโครงสร้างจะทรงตัวบนสายโอพีจีคับเบิลยู ด้วยล้อที่จัดทำขึ้นมาและส่วนที่สัมผัสกับสายโอพีจีคับเบิลยูจะมีเฉพาะล้อเท่านั้นดังรูปที่ 3.38

รูปที่ 3.39 ลักษณะจำลองโครงสร้างที่ติดตั้งชุดขับเคลื่อน

3.2.8 ลักษณะของโครงสร้างจริงเมื่ออยู่บนสายเคเบิล

จากที่ได้ทำการติดตั้งตัวโครงสร้างตัวรถที่ประกอบชุดขับเคลื่อนเข้าไปจะต้องคำนึงถึงการวางล้อให้ได้ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของตัวรถเพื่อให้ตัวรถตั้งตรงเมื่ออยู่บนสายเคเบิลดังรูปที่ 3.39

รูปที่ 3.40 ลักษณะจริงของโครงสร้างที่ติดตั้งชุดขับเคลื่อน

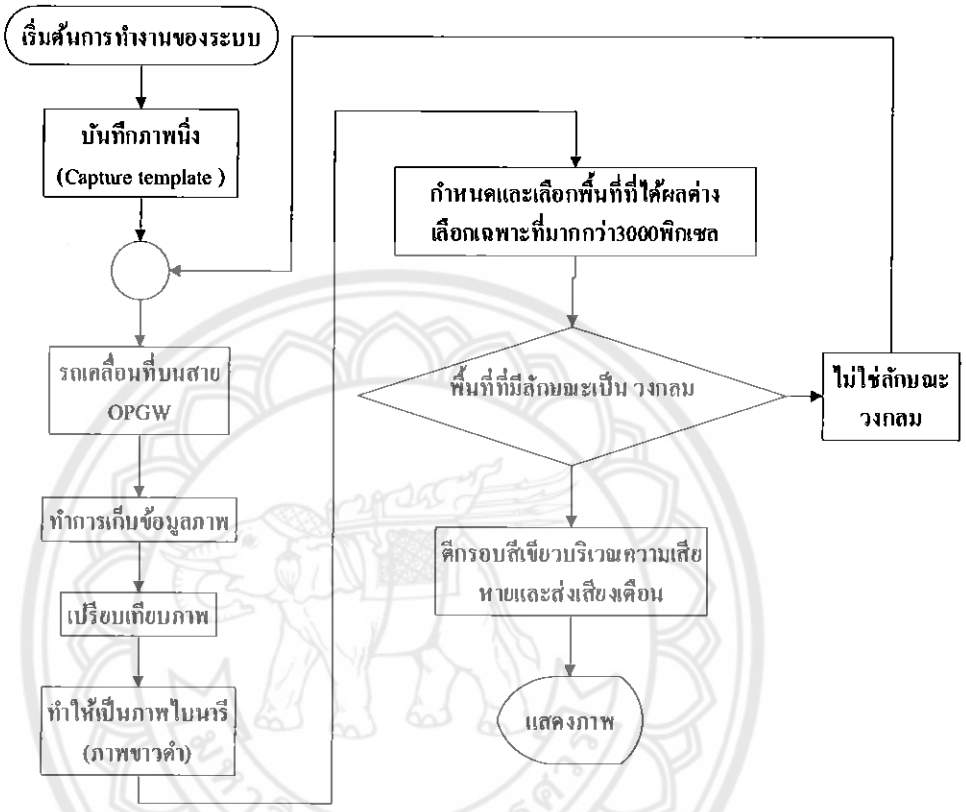
3.3 ส่วนของซอฟแวร์

ในส่วนการทำงานส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของซอฟแวร์และกระบวนการทำงานของซอฟแวร์โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 แผนผังอธิบายการทำงานของซอฟแวร์

ขั้นตอนการทำงานในการหาจุดชำรุดของสายโอพีจีดับเบิลยู เนื่องจากการชำรุดจากการถูกกระสุนปืนหรืออุบัติเหตุต่างๆที่ทำให้สายโอพีจีดับเบิลยูชำรุด จากแผนผังการทำงานรูปที่ 3.40 เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ไว้บนสายโอพีจีดับเบิลยูเสร็จแล้ว จากนั้นเริ่มทำการเคลื่อนที่รถตรวจสอบสายโอพีจีดับเบิลยู ตัวอุปกรณ์ก็จะเริ่มเก็บภาพในเวลาเดียวกันด้วย ภาพที่ได้จะนำมาเป็นภาพเปรียบเทียบกับภาพอ้างอิงซึ่งภาพอ้างอิงจะมีการบันทึกไว้ก่อนหน้าแล้ว หลังจากติดตั้งตัวรถบนสายเคเบิลเสร็จ ก่อนที่จะนำภาพทั้งสองมาหาผลต่างกัน ภาพทั้งสองภาพจะต้องทำให้เป็นภาพขาวดำด้วยการทำเทรชโฮลด์ก่อน เพื่อที่จะลดค่าของข้อมูลทางเมตริกซ์ลง เพื่อง่ายต่อการคำนวณและแสดงผล เมื่อทั้งสองภาพกระทำการหาผลต่างกันด้วยการทำเฟรมดิฟเฟอเร้นท์แล้วผลที่ออกมา ผลที่ได้จะมีลักษณะเป็นภาพไบนารีใช้วิธีการของการกำหนดให้สนใจเฉพาะผลต่างที่มีขนาดพื้นที่มากกว่า 3000 พิกเซล ในขั้นตอนนี้เป็นการกำจัดสัญญาณรบกวนออกไปด้วย เพื่อให้ระบุได้ถึง

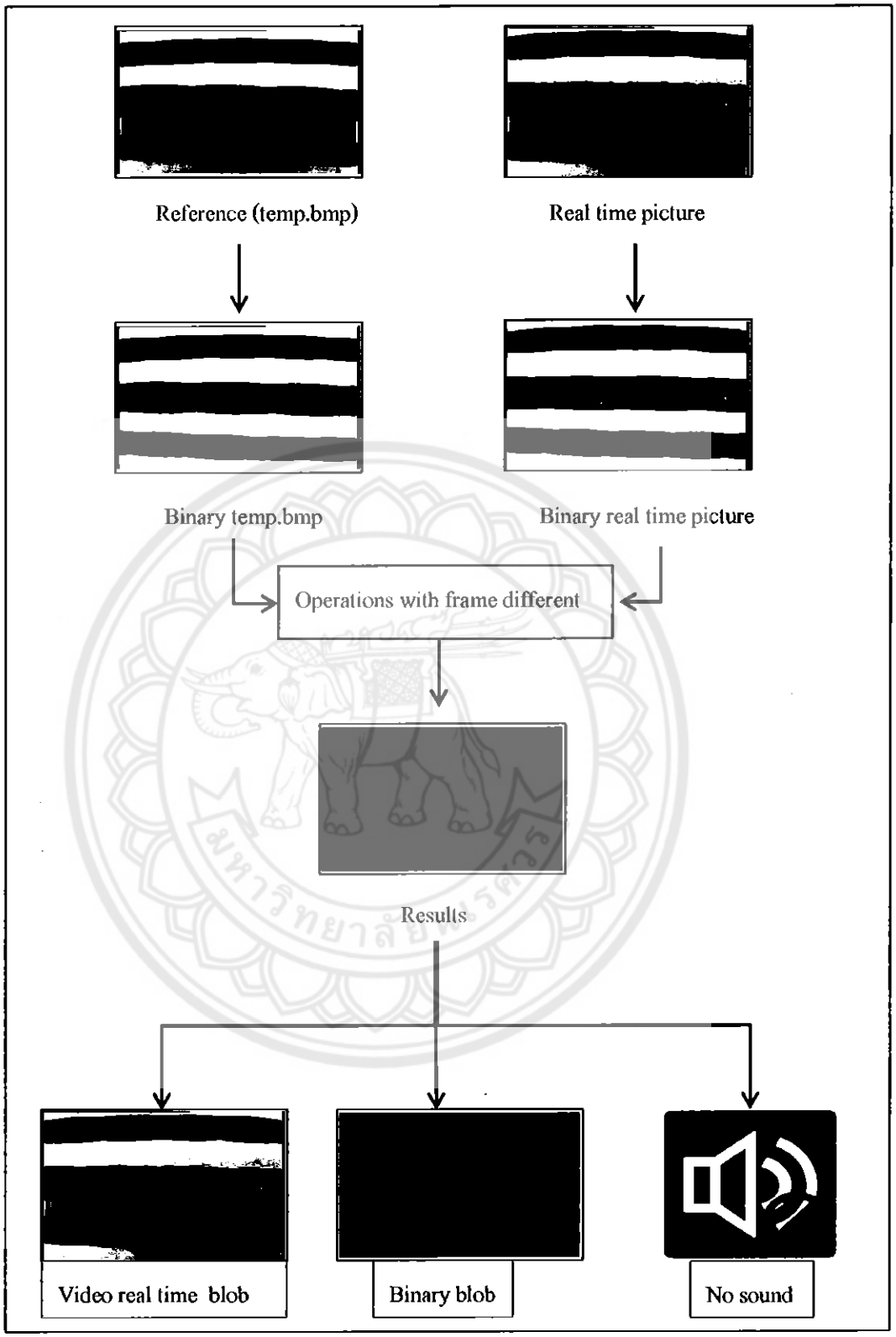
ความเสียหายที่เกิดขึ้น การจำลองการเกิดความเสียหายจะมีลักษณะคล้ายกับวงกลม ดังนั้นจึงมีการออกแบบโปรแกรมให้ระบุตำแหน่งที่จอภาพและส่งเสียงเตือนเมื่อตรวจพบลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นที่มีความคล้ายคลึงกับวงกลม แต่ถ้าหากตรวจไม่พบโปรแกรมจะทำการวนลูปกลับไปยังขั้นตอนการเปรียบเทียบภาพ เพื่อหาผลต่างที่มีลักษณะพื้นที่คล้ายกับวงกลมต่อไป



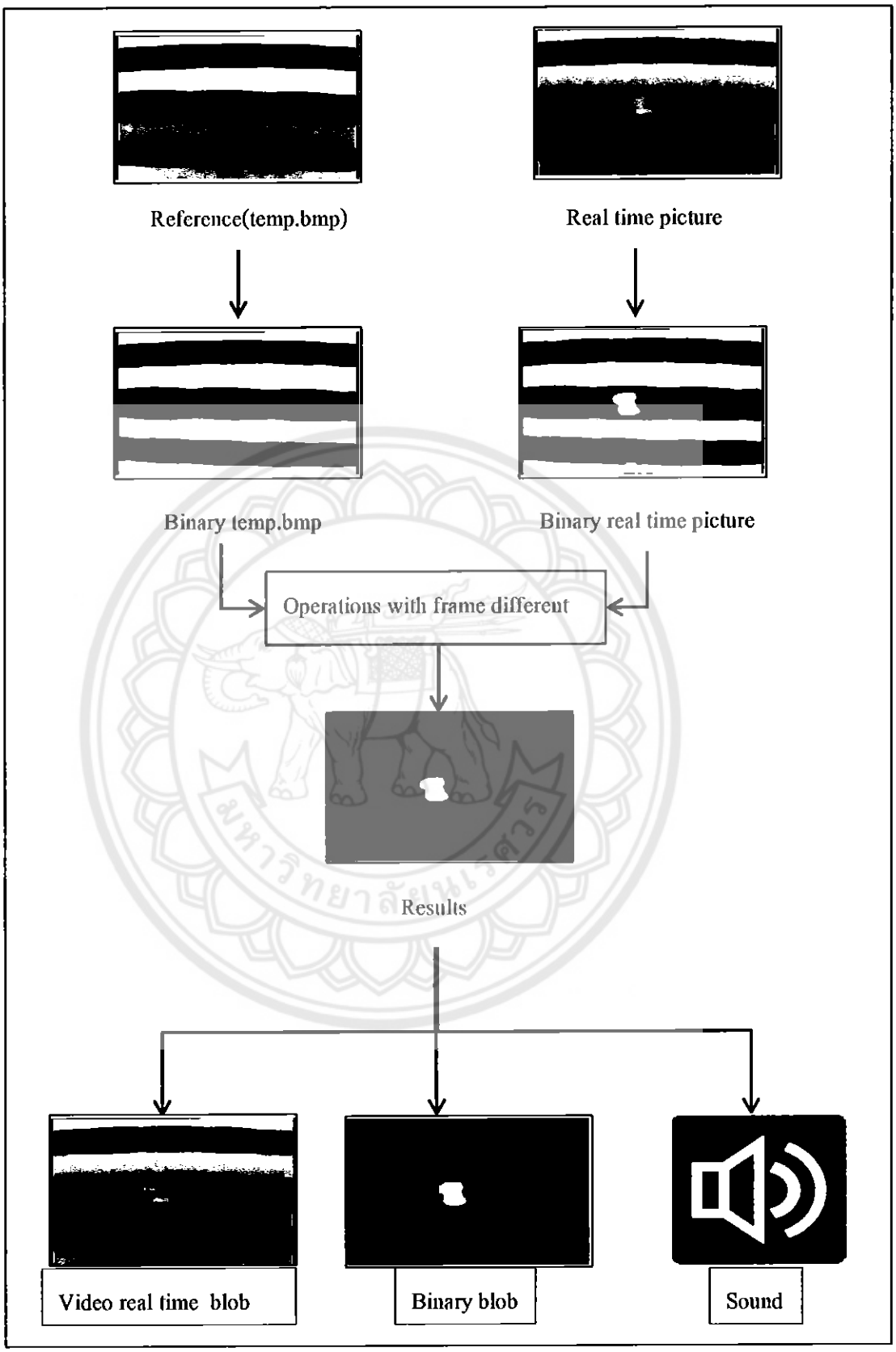
รูปที่ 3.41 กระบวนการวิเคราะห์ภาพ เพื่อหาจุดชำรุดจากกระสุนปืน

3.3.2 การทำงานของซอฟแวร์

การทำงานเริ่มต้นหลังจากที่ติดตั้งฮาร์ดแวร์บนสายเคเบิลและทำการกดปุ่มเริ่มทำงานที่โปรแกรม เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานทางผู้ปฏิบัติงานจะทำการบันทึกภาพนิ่งที่ชื่อว่า ภาพเทมเพลต (temp.bmp)หรือว่าภาพพื้นหลังเพื่อที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับเฟรมที่เข้ามา (input) เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วหากเกิดผลต่างเกิดขึ้นโปรแกรมจะวิเคราะห์ต่อไปว่าเป็นลักษณะของความเสียหายหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะทำการแจ้งเตือน แต่ถ้าไม่ใช่โปรแกรมจะวนลูปกลับมาทำขั้นตอนเปรียบเทียบภาพเหมือนเดิมจนกว่าจะระบุได้ว่าผลต่างที่เกิดขึ้นเป็นความเสียหายสามารถแสดงผลขั้นตอนการประมวลผลภาพได้ดังรูปที่ 3.41 เป็นการทำงานของโปรแกมเมื่อไม่พบความเสียหายที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิลและรูปที่ 3.42 เป็นการทำงานของโปรแกมเมื่อพบความเสียหายที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิล



รูปที่ 3.42 ขั้นตอนการประมวลผลภาพเมื่อไม่เกิดความเสียหาย



รูปที่ 3.43 ขั้นตอนการประมวลผลภาพเมื่อเกิดความเสียหาย

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลการทดลองหาระยะควบคุมของรีโมทคอนโทรลและระยะการส่งภาพ ผลการทดลองการประมวลผลภาพที่ความเร็วระดับต่างๆ และผลการทดลองการประมวลผลภาพ นอกจากนี้ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้รับเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจสอบความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสายโอพีจีดับเบิลยู (OPGW) ที่เกิดจากรอยตำหนิความเสียหายที่เกิดขึ้นกับสายโอพีจีดับเบิลยู (OPGW) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดลอง

4.1.1 ผลการทดลองหาระยะควบคุมของรีโมทคอนโทรลและระยะการส่งภาพ

ผลการทดลองของระยะรีโมทคอนโทรลที่สามารถควบคุมรถทดลองได้ครบทุกคำสั่งซึ่งได้ทำการทดลองโดยที่นำรีโมทควบคุมและตัวรับสัญญาณภาพถอยห่างจากรถทดลองครั้งละ 10 เมตร เริ่มต้นที่ 10 เมตร ไปจนถึงที่ระยะ 50 เมตร ผลการทดลองที่ได้คือรีโมทคอนโทรลที่ควบคุมการเคลื่อนที่สามารถทำงานได้ปกติตั้งแต่ระยะใกล้กับรถทดลองไปจนถึงที่ระยะ 40 เมตร และระยะที่ 50 เมตร รีโมทควบคุมไม่สามารถควบคุมรถทดสอบให้เคลื่อนที่เป็นปกติได้ โดยสังเกตุจากการทำงานของรีเลย์ที่ใช้ในการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์มีการทำงานผิดพลาด ส่วนตัวรับสัญญาณภาพรับภาพได้ดีที่ระยะใกล้ๆกับรถทดลองไปจนถึงที่ระยะ 30 เมตร ภาพที่ได้มีสัญญาณรบกวนน้อยมากแต่หลังจากระยะที่ 30 เมตร ขึ้นไปภาพที่ถูกส่งมามีสัญญาณรบกวนมากขึ้น ซึ่งสามารถแสดงการใช้งานได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ลักษณะการทำงานการรับส่งสัญญาณของรีโมทคอนโทรลและตัวรับส่งภาพวีดีโอ

การทำงานของอุปกรณ์	ระยะการทำงาน(เมตร)				
	10	20	30	40	50
สัญญาณควบคุมตัวรถ	การทำงานเป็นปกติ	การทำงานเป็นปกติ	การทำงานเป็นปกติ	การทำงานไม่เป็นปกติ	การทำงานไม่เป็นปกติ
สัญญาณการส่งภาพ	การทำงานเป็นปกติ	การทำงานเป็นปกติ	การทำงานไม่เป็นปกติ	การทำงานไม่เป็นปกติ	การทำงานไม่เป็นปกติ

4.1.2 ผลการทดลองหาค่าอัตราเร็วของรถที่เหมาะสม

เนื่องจากว่าความเร็วของการเคลื่อนที่ในการเก็บภาพที่ใช้กับรถทดลองมีผลกับการประมวลผลภาพเป็นอย่างมาก จึงต้องมีการหาความเร็วที่เหมาะสมในการเก็บภาพที่ทำให้ได้ภาพที่สมบูรณ์ก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ในซอฟแวร์หารอยตำหนิที่เกิดขึ้น การทดลองในส่วนนี้จะใช้ความเร็ว 3 ระดับ ให้เคลื่อนที่ผ่านจุดที่มีรอยตำหนิเดียว 1 จุด ความเร็วที่ใช้ในการทดลองคือ ความเร็วสูงสุด 0.42 เมตรต่อวินาที, ความเร็วปานกลาง 0.20 เมตรต่อวินาที, และความเร็วต่ำสุด 0.10 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก) ที่ความเร็วสูงสุดที่ 0.42 เมตรต่อวินาที ผลของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.42 เมตรต่อวินาที เมื่อภาพวีดีโอได้เข้าสู่กระบวนการประมวลผลโปรแกรมไม่สามารถมองเห็นการจำลองความเสียหายที่เกิดขึ้นได้ดังรูปที่4.1

รูปที่ 4.1 โปรแกรมไม่สามารถมองเห็นจุดที่จำลองการเกิดความเสียหายบนสายเคเบิลได้

ข) ความเร็วปานกลางที่ 0.20 เมตรต่อวินาที ผลของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.20 เมตรต่อวินาที เมื่อภาพวีดีโอได้เข้าสู่กระบวนการประมวลผลโปรแกรมสามารถมองเห็นการจำลองความเสียหายที่เกิดขึ้นได้แต่ภาพที่ได้ลักษณะการจำลองความเสียหายผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง จากที่จำลองไว้ผลที่ได้คือโปรแกรมมองเห็นแต่ไม่สามารถระบุตำแหน่งในจอแสดงผลและไม่สามารถแจ้งเตือนด้วยเสียงได้ ดังรูปที่4.2

รูปที่ 4.2 จุดที่จำลองการเกิดความเสียหายบนสายเคเบิลที่โปรแกรมไม่สามารถระบุได้

ค) ความเร็วที่ใช้ต่ำที่สุด ที่ 0.10 เมตรต่อวินาที ผลของการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 0.10 เมตรต่อวินาที เมื่อภาพวีดีโอได้เข้าสู่กระบวนการประมวลผลโปรแกรมสามารถมองเห็นการจำลองความเสียหายที่เกิดขึ้นระบุตำแหน่งแสดงผลบนจอแสดงและส่งเสียงเตือนได้ดังรูปที่ 4.3

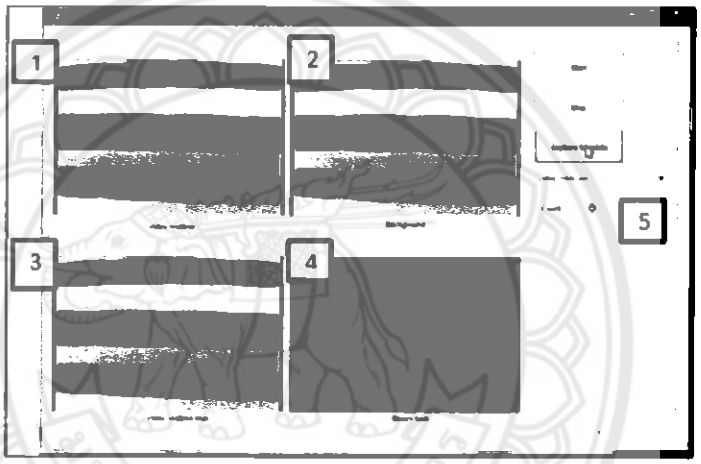
รูปที่ 4.3 จุดที่จำลองการเกิดความเสียหายบนสายเคเบิลที่โปรแกรมสามารถระบุได้

4.1.3 ผลการทดลองการประมวลผลภาพ

ในส่วนนี้จะทำการทดลองจำลองลักษณะรอยตำหนิบนเคเบิลไม่ว่าจะเป็นรอยตำหนิด้านล่าง ,ด้านบน หรือด้านข้างของสาย จากผลการทดลองที่ได้สามารถอธิบายลักษณะจำลองรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิลเป็นกรณีได้ดังนี้

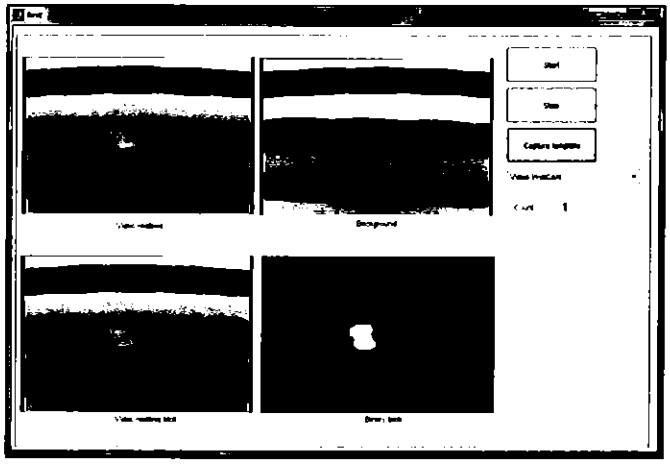
ก) กรณีที่ 1 ลักษณะของภาพที่สายเคเบิลอยู่ในลักษณะปกติ ลักษณะของสายเคเบิลที่อยู่ในสภาพปกติในช่อง (1) Video real timeและ (3) Video real time blob ซึ่งภาพที่ได้จะเป็น

ภาพเคลื่อนไหว เป็นสายสีเทาในลักษณะตีเกลียว ตลอดทั้งช่วงของภาพไม่มีจุดหรือความเสียหายใดๆเกิดขึ้น ในหนึ่งช่องจะเห็นว่ามีทั้งหมดอยู่สามสาย แต่ความจริงแล้วมีแค่สายเคเบิลเส้นเดียวที่ถูกสะท้อนด้วยกระจก เพื่อให้เห็นลักษณะของสายทั้งด้านบนและด้านข้างของสายเคเบิล จะทำให้เห็นว่ามีสามเส้นในสภาพปกติเช่นนี้ โปรแกรมจะทำการถ่ายภาพไว้แล้วแสดงในช่อง (2) Back ground เพื่อที่จะเก็บภาพไว้เป็นภาพเปรียบเทียบ ส่วนในช่อง (4) Binary blob ส่วน (5) count คือช่องที่แสดงจำนวนความเสียหายที่เกิดขึ้นบอนสาเคเบิล หลังจากการถ่ายภาพพื้นหลังเสร็จแล้วจะต้องเห็นเป็นสีดำทั้งภาพ ตัวเลขที่แสดงขึ้นมา จะต้องแสดงเป็นเลขศูนย์ จึงจะบอกได้ว่าบริเวณนี้เป็นสายเคเบิลที่ปกติดังรูปที่ 4.4

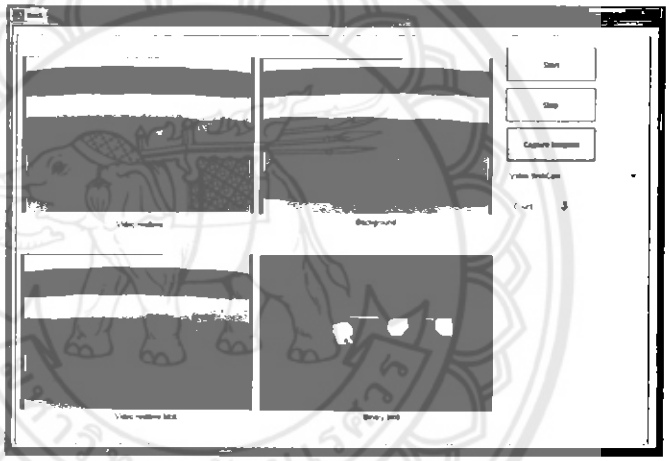


รูปที่ 4.4 สายเคเบิลลักษณะปกติ

ข) กรณีที่ 2 ความเสียหายเกิดขึ้นที่ด้านล่างของสายเคเบิล เมื่อรถที่ใช้ทดลองเคลื่อนที่บนสายเคเบิลผ่านจุดที่เกิดความเสียหายหนึ่งจุด โปรแกรมจะระบุจุดที่เกิดความเสียหายขึ้นในช่อง Video real time blob (3) และ ช่อง Binary blob (4) จะระบุจุดที่โปรแกรมมองเห็นด้วยการตีกรอบสี่เหลี่ยมสีเขียวที่ตำแหน่งเดียวกันทั้งสองภาพและโปรแกรมจะส่งเสียงเตือนออกมา จากนั้นโปรแกรมจะแสดงผลออกมาเป็นจำนวนจุดที่พบในช่อง count (5) ดังรูปที่ 4.5 ความเสียหายเกิดขึ้น 1จุดบริเวณด้านล่างของสายเคเบิล ส่วนรูปที่ 4.6 ความเสียหายที่เกิดขึ้นพร้อมกัน 3 จุดบริเวณด้านล่างของสายเคเบิล ในช่อง count (5) โปรแกรมจะแสดงผลเท่ากับ 3 ตามจำนวนตำแหน่งเกิดขึ้นในจอแสดงผลในคอมพิวเตอร์

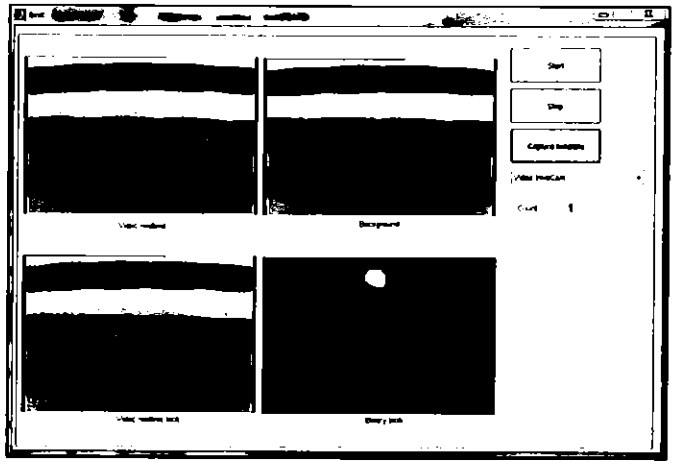


รูปที่ 4.5 ความเสียหายเกิดขึ้นจุดเดียว

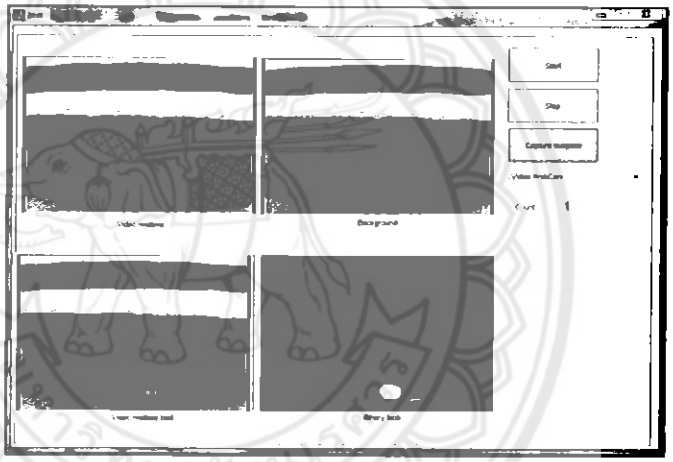


รูปที่ 4.6 ความเสียหายเกิดขึ้นพร้อมกันหลายจุด

ค) กรณีที่ 3 ความเสียหายเกิดขึ้นที่ด้านบนของสายเคเบิล จากการทดลองเมื่อจำลองให้ความเสียหายเกิดขึ้นด้านบนของสายเคเบิล ภาพที่แสดงจะแสดงในจอภาพ บริเวณด้านล่างและด้านบนหรือด้านใดด้านหนึ่ง แล้วแต่ว่าความเสียหายนั้นเกิดขึ้นเยื้องไปฝั่งไหนมากกว่ากัน กำหนดให้เมื่อตัวรถเคลื่อนที่จากขวาไปซ้าย สมมุติให้สายเคเบิลเป็นถนนเลนเดียวและผู้ทดลองเป็นคนขับรถ จะได้ว่าความเสียหายที่เกิดด้านบนของสายเคเบิลที่เยื้องไปทางด้านซ้ายจะได้ภาพสายเคเบิลเส้นล่างสุด ตรงข้ามกัน ถ้าความเสียหายเกิดขึ้นด้านบนเยื้องไปทางด้านขวาเราจะได้ภาพสายเคเบิลเส้นที่อยู่ด้านบนจากรูปที่ 4.7 ความเสียหายที่เกิดขึ้นเยื้องไปทางด้านบนของภาพ และรูปที่ 4.8 ความเสียหายที่เกิดขึ้นเยื้องไปทางด้านล่างของภาพ



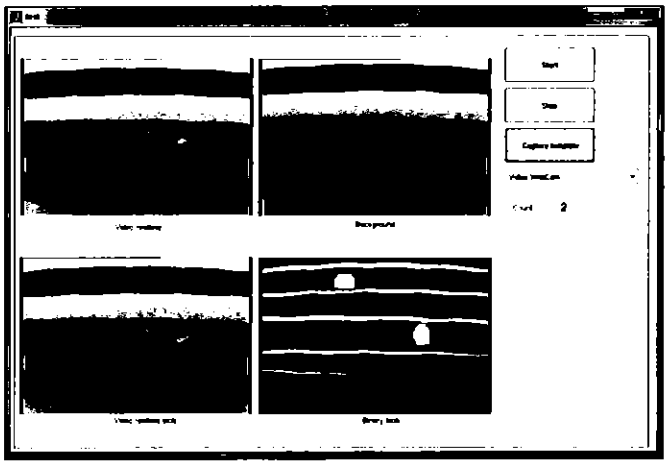
รูปที่ 4.7 ความเสียหายเกิดขึ้น 1 จุด ด้านบนเยื้องไปทางด้านข้างของสายเคเบิล



รูปที่ 4.8 ความเสียหายเกิดขึ้น 1 จุด ด้านบนเยื้องไปทางด้านข้างของสายเคเบิล

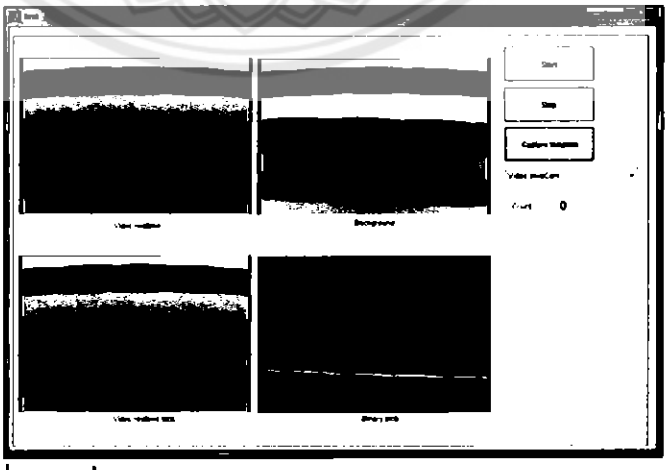
ง) กรณีที่ 4 ความเสียหายเกิดขึ้นทั้งด้านบนและด้านล่างของสายเคเบิลพร้อมกัน

ผลที่ได้จากการทดลองเมื่อจำลองให้เกิดความเสียหายด้านบนและด้านล่างของสายเคเบิลพร้อมกัน โปรแกรมสามารถระบุตำแหน่งพร้อมกันทั้งสองสายในจอภาพ โดยที่ช่องนับจำนวน(count) สามารถระบุจำนวนเท่ากับจำนวนที่แสดงในจอภาพ ซึ่งในภาพคือ มีความเสียหายเกิดขึ้น 2 จุด ช่องนับจำนวน(count) จะแสดงค่าตัวเลขตามจำจนวนที่เกิดความเสียหายนั่นคือ 2 ในขณะที่ผลต่างของภาพที่เกิดขึ้นจากการทำเฟรมดิฟเฟอเร้นท์ (frame different) ผลต่างที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นเส้นตรงและลักษณะที่คล้ายวงกลมเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งโปรแกรมที่ออกแบบไว้มีการออกแบบให้สนใจในลักษณะของผลต่างที่เกิดขึ้น ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายกับวงกลม ดังนั้นโปรแกรมจึงแสดงผลระบุตำแหน่งออกมาเฉพาะผลต่างที่คล้ายกับวงกลมดังแสดงในรูปที่ 4.9

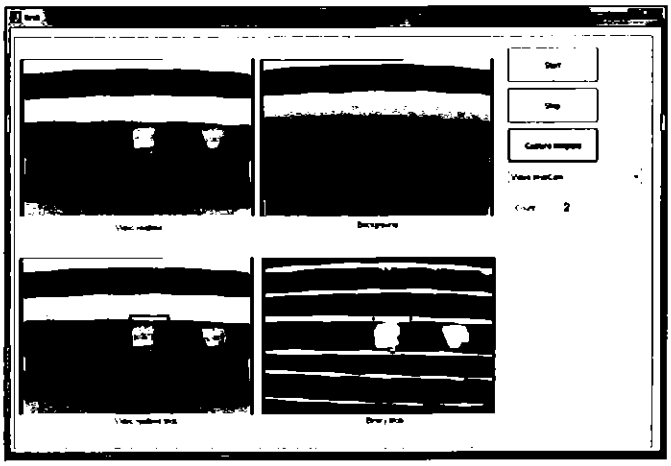


รูปที่ 4.9 ความเสียหายที่เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งด้านล่างและด้านบนของสาย

จ) กรณีที่ 5 แสงน้อยและเกิดความเสียหายบนสายเคเบิล ผลการทดลองในกรณีนี้เมื่อแสงมีค่าลดลงผลที่ได้คือความเสียหายที่ได้จำลองขึ้นบนสายเคเบิลทำให้โปแกรมสามารถระบุได้เฉพาะความเสียหายที่เกิดขึ้นด้านล่างของสายเคเบิลท่านั้น โปรแกรมไม่สามารถระบุตำแหน่งความเสียหายที่เกิดขึ้นด้านบนของสายเคเบิลได้ เนื่องจากว่า ระดับสีของจุดที่เกิดความเสียหายบนสายเคเบิลมีระดับสีใกล้เคียงกับบริเวณข้างๆรอบจุดที่เกิดความเสียหายนั้น เมื่อผ่านการทำเทรชโฮลด์ค่าที่ได้จึงเป็นค่าเดียวกันกับสายช่วงของสายที่ไม่เกิดความเสียหาย เมื่อนำภาพที่ได้มาเปรียบเทียบกับภาพที่มีลักษณะสายเป็นปกติผลลัพธ์ที่ได้ในส่วนนั้นจึงเป็นศูนย์นั่น คือภาพสีดำนั่นเองโปรแกรมจึงไม่สามารถระบุได้ ดังรูปที่4.10 และรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.10 เมื่อแสงน้อยลงและเกิดความเสียหายด้านบนเพียงจุดเดียว



รูปที่ 4.11 เมื่อแสงน้อยลงและเกิดความเสียหาย 4 จุด ด้านบน 2 จุด ด้านล่าง 2 จุด

จากผลการทดลองในหลายๆกรณีที่จำลองขึ้นมาสามารถระบุได้ดังตาราง ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองโปรแกรมในลักษณะต่างๆ

เหตุการณ์ที่จำลอง	การแจ้งเตือน	ระบุตำแหน่ง
เมื่อจับภาพและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงสุด 0.42 เมตรต่อวินาที	ไม่แจ้งเตือน	ไม่ระบุตำแหน่ง
เมื่อจับภาพและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วปานกลาง 0.20 เมตรต่อวินาที	ไม่แจ้งเตือน	ไม่ระบุตำแหน่ง
เมื่อจับภาพและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำที่สุด 0.10 เมตรต่อวินาที	แจ้งเตือน	ระบุตำแหน่งครบ
เมื่อเกิดความเสียหายขึ้นด้านล่างของสายเคเบิล	แจ้งเตือน	ระบุตำแหน่งครบ
เมื่อเกิดความเสียหายขึ้นด้านบนของสายเคเบิล	แจ้งเตือน	ระบุตำแหน่งครบ
เมื่อเกิดความเสียหายขึ้นด้านล่างและด้านบนพร้อมกันของสายเคเบิล	แจ้งเตือน	ระบุตำแหน่งครบ
เมื่อเกิดผลต่างในภาพที่เป็นขอบของสายเคเบิลเกิดขึ้นพร้อมกับ ผลต่างจุดที่เกิดความเสียหายเกิดขึ้น	แจ้งเตือน	ระบุตำแหน่งครบ
เมื่อแสงน้อย	แจ้งเตือน	ระบุตำแหน่งไม่ครบ

จากการทดลองเพื่อที่จะหาค่าเฉลี่ยเวลาของการประมวลผลภาพใน 1 เฟรมจะใช้คำสั่ง tic และ toc ใส่เข้าไปในตัวโปรแกรม ใส่คำสั่ง tic เมื่อเริ่มฟังก์ชันการคำนวณและใส่คำสั่ง toc เมื่อสิ้นสุดลูปในการคำนวน และให้แสดงผลใน คอมมานวินโด ของโปรแกรมแมทแลป ใช้ 25 เฟรมในการทดสอบ

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงค่าเวลาในการประมวลผลภาพ

ลำดับเฟรม	ขณะไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น (วินาที)	ขณะมีความเสียหายเกิดขึ้น (วินาที)
เฟรมที่ 1	0.401377	0.364986
เฟรมที่ 2	0.358939	2.738866
เฟรมที่ 3	0.383466	2.698662
เฟรมที่ 4	0.366449	2.695664
เฟรมที่ 5	0.370282	2.691847
เฟรมที่ 6	0.379931	2.691732
เฟรมที่ 7	0.357985	2.73012
เฟรมที่ 8	0.358398	2.692016
เฟรมที่ 9	0.371581	2.685144
เฟรมที่ 10	0.578449	0.367024
เฟรมที่ 11	0.37585	2.755214
เฟรมที่ 12	0.374362	0.374362
เฟรมที่ 13	0.386495	0.390655
เฟรมที่ 14	0.358581	2.708958
เฟรมที่ 15	0.378774	0.368426
เฟรมที่ 16	0.378609	2.728767
เฟรมที่ 17	0.367766	2.744002
เฟรมที่ 18	0.352671	0.370355
เฟรมที่ 19	0.364564	2.728042
เฟรมที่ 20	0.35533	0.372047
เฟรมที่ 21	0.386231	2.727753

ตารางที่4.3 ตารางแสดงค่าเวลาในการประมวลผลภาพ (ต่อ)

ลำดับเฟรม	ขณะไม่มีความเสียหายเกิดขึ้น (วินาที)	ขณะมีความเสียหายเกิดขึ้น (วินาที)
เฟรมที่ 22	0.366874	2.705343
เฟรมที่ 23	0.382851	0.381005
เฟรมที่ 24	0.379393	2.715691
เฟรมที่ 25	0.365378	0.357747
ผลรวมของเวลา	9.135208	49.130869
เวลาสูงสุด	0.578449	2.755214
เวลาน้อยสุด	0.352671	0.357747
ค่าเฉลี่ยเวลา	0.370624	1.539947

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดลองหาระยะควบคุมของรีโมทคอนโทรลและระยะการส่งภาพ

การทดลองระยะการส่งสัญญาณควบคุมการเคลื่อนของ ระบบตรวจหาความเสียหายบนสายเคเบิลทำการทดลองในที่โล่งผลของการทดลองพบว่า สัญญาณควบคุมการเคลื่อนที่ของรีโมทคอนโทรล ที่ใช้งาน มีกำลังการส่งที่น้อยลงเมื่อตัวรับสัญญาณที่อยู่ในตัวรถอยู่ห่างจากรีโมทคอนโทรลมากขึ้น จากตารางที่ 4.1 พบว่าระยะห่างที่ทำการควบคุมที่ดีที่สุดจะต้องมีระห่างน้อยกว่า 30 เมตร เมื่อเพิ่มระยะห่างการควบคุมที่มากจากตัวรถที่มากกว่า 30 เมตร พบว่าไม่สามารถควบคุมรถทดสอบให้เคลื่อนที่เป็นปกติได้ สามารถกล่าวได้ว่า ระยะของสัญญาณควบคุมแปรผกผันกับระยะห่างของรีโมทคอนโทลนั่นคือเมื่อระยะห่างของการควบคุมเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการส่งสัญญาณจะมีค่าน้อยลงตามระยะห่างที่เพิ่มขึ้น

การทดลองระยะการส่งสัญญาณภาพวีดีโอทำการทดลองในที่โลงไม่มีสิ่งกีดขวาง จากตารางที่ 4.1 พบว่าการส่งสัญญาณของวีดีโอมีระยะทางการส่งสัญญาณ 20 เมตรหรือน้อยกว่า จะทำให้ได้ภาพวีดีโอที่มีสัญญาณบกวนน้อยมากซึ่งเป็นผลดีกับการประมวลผลของซอฟแวร์ จากการทดลองเมื่อตัวรับสัญญาณภาพวีดีโออยู่ห่างจากตัวส่งสัญญาณมากกว่า 20 เมตรขึ้นไปจะมีสัญญาณรบกวนมาก ซึ่งผลของสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นทำให้ภาพที่ได้ไม่สมบูรณ์ภาพที่ได้ซอฟแวร์ไม่สามารถทำการประมวลผลและระบุรอยตำหนิที่เกิดขึ้นได้

4.2.2 วิเคราะห์จากหาค่าอัตราเร็วของรถที่เหมาะสม

ความเร็วที่ใช้กับรถทดลองมีผลกับการประมวลผลภาพเป็นอย่างยิ่ง การทดลองในส่วนนี้จะใช้ความเร็วสามระดับ เมื่อผ่านจุดที่จำลองการเกิดความเสียหายของสายเคเบิลบริเวณนั้น ความเร็วที่ใช้คือ ความเร็วสูงสุด 0.42 เมตรต่อวินาที, ความเร็วปานกลาง 0.20 เมตรต่อวินาที, และความเร็วต่ำสุด 0.10 เมตรต่อวินาที ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ก) ความเร็ว 0.42 เมตรต่อวินาที หมายความว่าในการเคลื่อนที่ 42 เซนติเมตรใช้เวลา 1 วินาทีผลการทดลองไม่สามารถตรวจจับหรือระบุความเสียหายที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิลได้ เนื่องจากว่าจากเลนส์ของกล้องซีซีทีวีที่นำมาใช้ขนาด 6 มิลลิเมตรและติดตั้งกล้องห่างจากสายเคเบิล 10 เซนติเมตร ภาพที่ได้จะมีความกว้าง 7 เซนติเมตร (ความกว้างที่ได้วัดจากการใช้งานจริง) นั่นคือใน 1 เฟรมของภาพจะเก็บภาพครั้งละ 7 เซนติเมตร จากการคำนวณด้วยโปรแกรมแมทแลป ทำให้เราทราบว่าในเวลา 1 วินาทีโปรแกรมทำการประมวลผล 2.67 เฟรมต่อวินาที แสดงว่าใน1 เฟรมใช้เวลา 0.37 วินาทีแสดงในตารางที่ 4.2 (เป็นกรณีไม่พบความเสียหาย) และจากการทดลองเหตุที่โปรแกรมมองไม่เห็นความเสียหายที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิลเพราะว่าที่ระยะทาง 42 เซนติเมตร ในเวลา 1วินาที การประมวลผลภาพอยู่ที่ 2.6 เฟรมต่อวินาที ที่เวลาเท่ากันจะทำให้เกิดการแบ่งช่วงการเก็บภาพเกิดขึ้นเป็นระยะทาง 8.96 เซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่า เก็บภาพ 7 เซนติเมตรเว้น 8.96 เซนติเมตรหากเกิดความเสียหายเกิดขึ้นในช่วงที่ถูกเว้นนี้ โปรแกรมจะมองไม่เห็นความเสียหายที่เกิดขึ้น

ข) ความเร็ว 0.20 เมตรต่อวินาที หมายความว่าในการเคลื่อนที่ 20 เซนติเมตรใช้เวลาใน 1 วินาทีผลการทดลองสามารถมองเห็นความเสียหายที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิลในจอภาพได้ แต่ไม่สามารถระบุตำแหน่งและแจ้งเตือนได้ เนื่องจากการซ้อนกันของภาพในแต่ละเฟรมมีช่วงซ้อนทับกันแค่ 0.5 เซนติเมตรภาพที่ได้มีลักษณะผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริงเนื่องจากว่าตัวโปรแกรมมีการออกแบบให้สนใจลักษณะของความเสียหายที่เกิดขึ้นคล้ายกับวงกลม ดังนั้นเมื่อความเสียหายที่เกิดขึ้นแสดงในจอภาพแต่ไม่แจ้งเตือนก็แปลว่า ลักษณะที่เกิดขึ้นนั้นไม่ใช้ลักษณะที่คล้ายกับวงกลมนั่นเอง

ค) ความเร็ว 0.1 เมตรต่อวินาที หมายความว่าในการเคลื่อนที่ 10 เซนติเมตรใช้เวลาใน 1 วินาที ผลการทดลองสามารถมองเห็นความเสียหายที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิลในจอภาพได้ สามารถระบุตำแหน่งและแจ้งเตือนด้วยเสียงได้ เนื่องจาก อัตราการเก็บภาพเท่าเดิมแต่ความเร็วที่ใช้เปลี่ยนไปเป็น 0.1 เมตรต่อวินาทีทำให้เกิดการซ้อนทับของเฟรมโดยระยะที่ซ้อนทับกันเท่ากับ 6 เซนติเมตรทำให้ได้ภาพที่พิดเพี้ยนไปจากของจริงน้อยมากส่งผลให้โปรแกรมสามารถระบุความเสียหายที่เกิดขึ้นและแจ้งเตือนด้วยเสียงได้ แต่การทดลองยังพบอีกว่าเมื่อโปรแกรมพบความเสียหายที่เกิดขึ้นและแจ้งเตือนด้วยเสียงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลก็จะมากขึ้นด้วยจากการคำนวณด้วยโปรแกรมแมทแลปการประมวลผลภาพ1 เฟรมเมื่อพบจุดที่เกิดความเสียหาย ใช้เวลาในการ

ประมวลผลที่ 1.57 วินาทีเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นยกตัวอย่างเช่น การประมวลผลเฟรมที่ 1 ก่อนจะประมวลผลเฟรมที่ 2 ใช้เวลา 0.37 วินาทีเมื่อโปรแกรมพบความเสียหายในเฟรมที่ 2 ก่อนที่จะไปประมวลผลในเฟรมที่ 3 จะใช้เวลาถึง 1.57 วินาทีนั่นเองดังตารางที่ 4.2

4.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลองการประมวลผลภาพ

จากการทดลองสามารถวิเคราะห์ได้ว่า เมื่อตรวจไม่พบความเสียหายในตัวโปรแกรมลูปของการระบุตำแหน่งและแจ้งเตือนด้วยเสียง ลูปในส่วนของโปรแกรมนี้จะถูกข้ามไป จึงทำให้ได้เวลาเฉลี่ยในการประมวลผลภาพในหนึ่งเฟรมเท่ากับ 0.370624 วินาที แต่เมื่อตรวจพบความเสียหายที่เกิดขึ้นในลูปของโปรแกรมของการระบุตำแหน่งและแจ้งเตือนด้วยเสียงจะถูกเรียกขึ้นมาใช้งาน จึงส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการประมวลผลเพิ่มขึ้นโดยเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 1.539947 วินาที การประมวลผลภาพของตัวโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ให้มีการแจ้งเตือนด้วยเสียง, ระบุตำแหน่งและระบุจำนวนจุดความเสียหายที่เกิดขึ้นพร้อมกัน แต่ในบางกรณีไม่สามารถระบุได้ เช่นกรณีที่รถเคลื่อนที่บนสายเคเบิลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วสูงสุดการประมวลผลภาพที่ที่เกิดขึ้นตัวโปรแกรมประมวลผลไม่ทันจึงมองไม่เป็นความเสียหายที่เกิดขึ้นหรือมองเห็นแต่ไม่สามารถแจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงานได้ทั้งเสียงและการระบุตำแหน่งในจอภาพ เนื่องจากว่าเฟรมของภาพที่ซ้อนกันทำให้เกิดความต่อเนื่องของภาพเคลื่อนไหว ภาพที่ได้ไม่ซ้อนทับกันพอดีจึงมีความผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริงโปรแกรมจึงไม่ระบุหรือแจ้งเตือน แต่ในทางกลับกันเมื่อให้รถเคลื่อนที่บนสายเคเบิลในอัตราเร็วที่ช้าการเก็บภาพข้อมูลที่ได้นั้นไม่มีความผิดเพี้ยนไปความเป็นจริงหรือมีความผิดเพี้ยนที่น้อยพอที่จะทำให้โปรแกรมประมวลผลออกมาแล้วสามารถแจ้งเตือนผู้ปฏิบัติงานให้ทราบว่าพบความเสียหายที่เกิดขึ้นแล้วบริเวณที่กำลังตรวจสอบอยู่ ดังนั้นการใช้ความเร็วที่เหมาะสมในการบันทึกภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่สมบูรณ์ มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการประมวลผลภาพของการทดลองนี้

บทที่ 5
บทสรุป

โครงงานนี้ได้ออกแบบอุปกรณ์และโปรแกรมที่ใช้ตรวจสอบความเสียหายของสายโอพีจีดับเบิลยู (Optical Fiber with Overhead Ground Wire, OPGW) ที่เกิดจากรอยตำหนิบนสายเคเบิลธรรมดาที่ขึงระหว่างเสาไฟฟ้าสูงจากพื้นดิน 1.5 เมตร และได้ประมวลผลและวิเคราะห์ภาพด้วยการทำเฟรมดิฟเฟอเร้นท์ (frame different) ซึ่งเป็นการหาผลต่างของเมตริกซ์ระหว่างภาพเทมเพลตกับภาพปัจจุบัน โดยสามารถสรุปผลทดลองจากการทดสอบ แสดงถึงปัญหาที่พบของโครงงานนี้พร้อมทั้งแสนอแนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้นได้ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองหาระยะห่างที่รีโมทคอนโทรลทำการควบคุมการทำงานรถตรวจหาความเสียหายบนสายเคเบิลให้ครบทุกคำสั่ง จะต้องมีระยะห่างระหว่างรีโมทคอนโทรลกับตัวรับสัญญาณไม่เกิน 30 เมตร และจะต้องมีระยะห่างระหว่างตัวส่งสัญญาณภาพกับตัวรับสัญญาณภาพไม่เกิน 20 เมตร

จากผลการทดลองหาความเร็วของรถที่เหมาะสม พบว่า เมื่อเดินรถบนสายเคเบิลด้วยความเร็ว 0.20 เมตร/วินาที และ 0.42 เมตร/วินาที ภาพที่ส่งมาที่คอมพิวเตอร์จะไม่สามารถมองเห็นรอยตำหนิที่เกิดขึ้นบนสายเคเบิล แต่ถ้าลดความเร็วของรถเป็น 0.1 เมตรต่อวินาที จะทำให้สามารถมองเห็นรายละเอียดของภาพที่ระบุตำแหน่งรอยตำหนิได้อย่างชัดเจน

จากผลการทดลองหาประสิทธิภาพของการตรวจหารอยตำหนิบนสายเคเบิล พบว่า เมื่อเดินรถบนสายเคเบิลด้วยอัตราเร็ว 0.1 เมตร/วินาที รถที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจหารอยตำหนิโดยระบุตำแหน่งได้ครบพร้อมแจ้งเตือนได้อย่างมีประสิทธิภาพ 100% กรณีระดับแสงที่เหมาะสม

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ปัญหาที่ 1 เกิดสัญญาณรบกวนในการรับและส่งภาพ จึงทำให้ภาพที่ได้ไม่ชัดเจนและยังมีจุดเล็กๆเต็มหน้าจอแสดงผล

แนวทางแก้ไขปัญหาที่ 1 หลังจากที่โปรแกรมได้ทำการหาผลต่างของภาพไบนารีเสร็จแล้ว กำหนดค่าพื้นที่ในการตัดสัญญาณรบกวนนั้นทิ้งไป ทำให้ได้ภาพไบนารีไม่มีจุดเล็กๆกระจายอยู่ในภาพ โปรแกรมจะสนใจเฉพาะพื้นที่ที่มากกว่าค่าที่กำหนดไว้ พื้นเล็กๆที่เป็นจุดเล็กๆจากสัญญาณรบกวนจึงถูกโปรแกรมตัดออกไปและยังส่งผลทำให้การประมวลผลภาพมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ปัญหาที่ 2 เมื่อระบุพื้นที่ผลต่างขนาดใหญ่ได้แล้ว แต่พื้นที่ที่เกิดขึ้นมานั้นยังไม่ใช่พื้นที่ที่ต้องการ นั่นคือ โปรแกรมจะระบุว่าผลต่างในส่วนของขอบสายจากการเปรียบเทียบภาพโปรแกรมจะระบุว่าเป็นพื้นที่ที่เกิดความเสียหาย จึงทำให้ระบุและแจ้งเตือนขึ้นมาลักษณะของพื้นที่ที่มีลักษณะเป็นเส้นตรงยาว ส่วนพื้นที่ที่เกิดความเสียหายที่ต้องการระบุมีลักษณะเป็นวงกลม

แนวทางแก้ไขปัญหาที่ 2 การทำมอร์โฟโลจิคอล เพื่อให้โปรแกรมสนใจเฉพาะลักษณะที่กำหนดไว้ ในโครงงานนี้จะกำหนดลักษณะที่เกิดความเสียหายเป็นลักษณะของวงกลม ดังนั้นการระบุตำแหน่งและการแจ้งเตือนนั้นโปรแกรมจะกระทำก็ต่อเมื่อเจอลักษณะผลต่างของภาพที่ออกมาในลักษณะของวงกลม

ปัญหาที่ 3 การเคลื่อนที่ของรถที่ใช้ตรวจสอบสายเคเบิลเคลื่อนที่เร็วเกินไปทำให้โปรแกรมประมวลผลภาพไม่ทัน ส่งผลต่อการแจ้งเตือนและการระบุตำแหน่งในจอภาพไม่สามารถทำได้

แนวทางแก้ไขปัญหาที่ 3 ลดความเร็วในการเคลื่อนที่ให้ช้าลง ส่งผลให้ได้ภาพที่ชัดเจนในการประมวลผลภาพ ผลที่ได้คือโปแกรมสามารถแจ้งเตือนและระบุตำแหน่งของความเสียหายในจอภาพได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การนำไปใช้จริงต้องมีการปรับปรุง ตัวส่งสัญญาณภาพวีดีโอและรีโมทคอนโทรลให้มีระยะการส่งที่ไกลกว่าระยะที่ทำการทดลอง
2. ตัวโปรแกรมยังประมวลผลภาพต้องมีการพัฒนาให้ประมวลผลภาพให้เร็วขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] สหพล สุธรรม, นพพร จันทรศารทูล และนพรัตร์ อินทร์นา (2551). หุ่นยนต์ช่วยทำงานบนสายโอเวอร์เฮดกราวนด์ 3. พิษณุโลก :มหาวิทยาลัยนเรศวร

[2] นิรัชชา สุขอยู่ และธรชญา อินต๊ะ (2551). การตรวจสอบผู้บุกรุกโดยใช้การประมวลผลภาพ. พิษณุโลก :มหาวิทยาลัยนเรศวร

[3] mathworks. (2010). Product Documentation: Convert image to binary image, based on threshold. Retrieved December 12, 2011 from http://www.mathworks.com /help/toolbox /images/ref/im2bw.html

[4] ดร.ปริญญา สงวนสัตย์. (2554). คู่มือ MATLAB ฉบับสมบูรณ์. นนทบุรี: บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด.

[5] Milan Sonko, Vaclav Hlavac, and Roger Boyle (2008). Image Processing, Analysis, and Machine Vision. United States of America: Thomson Learing.

ภาคผนวก ก
รหัสโปรแกรม

```
function varargout = test(varargin)
% TEST M-file for test.fig
%      TEST, by itself, creates a new TEST or raises the existing
%      singleton*.
%
%      H = TEST returns the handle to a new TEST or the handle to
%      the existing singleton*.
%
%      TEST('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...) calls the local
%      function named CALLBACK in TEST.M with the given input arguments.
%
%      TEST('Property','Value',...) creates a new TEST or raises the
%      existing singleton*.  Starting from the left, property value pairs are
%      applied to the GUI before test_OpeningFcn gets called.  An
%      unrecognized property name or invalid value makes property application
%      stop.  All inputs are passed to test_OpeningFcn via varargin.
%
%      *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.  Choose "GUI allows only one
%      instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
% Edit the above text to modify the response to help test
% Last Modified by GUIDE v2.5 12-Mar-2012 15:58:31
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                   'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                   'gui_OpeningFcn', @test_OpeningFcn, ...
                   'gui_OutputFcn',  @test_OutputFcn, ...
                   'gui_LayoutFcn',  [] , ...
                   'gui_Callback',   []);
if nargin && ischar(varargin{1})
```

```
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT
% --- Executes just before test is made visible.
function test_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to test (see VARARGIN)
% Choose default command line output for test
handles.output = hObject;
% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
% UIWAIT makes test wait for user response (see UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);
% Get driver list
info = imaqhwinfo('winvideo');
info.DeviceInfo.SupportedFormats;
L = length(info.DeviceInfo);
tmp = [];
for i = 1 : L
    A = struct2cell(info.DeviceInfo(i));
    tmp = [tmp A(3)];
end
set(handles.popupmenu1,'String',tmp);
```

```
% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = test_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;
% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
stop_webcam = 0; % Status camera
assignin('base','stop_webcam',stop_webcam);
Drivers = get(handles.popupmenu1,'Value');
IDinfo = imaqhwinfo('winvideo')%InstalledAdaptors:{'coreco''winvideo'}
IDinfo = imaqhwinfo('winvideo',2)
celldisp(IDinfo.SupportedFormats)
vid = videoinput('winvideo', 2,
'YUY2_720x480')%IDinfo.SupportedFormats{5}=YUY2_640x480
% start(vid)
%
% preview(vid)
% %
% % stop(vid)
vid=videoinput('winvideo',2);
triggerconfig(vid,'manual');
set(vid,'FramesPerTrigger',1);
set(vid,'TriggerRepeat', Inf);
start(vid);
axes(handles.axes2);
```

```
try
  while stop_webcam == 0
    trigger(vid);
    ycbcr = getdata(vid,1); % Grabber frame
    rgb = ycbcr2rgb(ycbcr); % convert to RGB
    axes(handles.axes2);
    imshow(rgb);
    axes(handles.axes10);
    x = imread('temp.bmp');
    I = im2bw(x)-im2bw(rgb);
    imshow(I);

    [Ilabel num] = bwlabel(I);
    Iprops = regionprops(Ilabel,'BoundingBox');
    Ibox = [Iprops.BoundingBox];
    m = 4;
    n = 1;
    count = 0;
    for i = 1 : num
        F = Ibox(n:m);
        if F(3)*F(4) > 2000
          rectangle('Position',F,'edgecolor','g');
          drawnow;
          count = count + 1;
        end
      n = m + 1;
      m = m + 4;
    end
    if count > 0
      [y Fs] = wavread('bb1.wav');
      wavplay(y, Fs);
    end
```

```
        set(handles.text2,'String',count);
        imshow(I);
        axes(handles.axes8);
        imshow(x);
        axes(handles.axes9);
        [Ilabel num] = bwlabel(I);
        Iprops = regionprops(Ilabel,'BoundingBox');
        Ibox = [Iprops.BoundingBox];
        m = 4;
        n = 1;
        for i = 1 : num
            F = Ibox(n:m);
            if F(3)*F(4) > 2000
             rectangle('Position',F,'edgecolor','g');
             drawnow;
            end
           n = m + 1;
           m = m + 4;
        end
       imshow(rgb);
       stop_webcam = evalin('base', 'stop  webcam');
       assignin('basc','capture',rgb);
     end
       stop(vid); % Stop webcam
       flushdata(vid); % clear buffer
catch % Error exception
  s = lasterror;
  s.message
  s.stack(1,1)
  stop(vid);
end
```

```
% --- Executes on selection change in popupmenu1.
function popupmenu1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% Hints: contents = get(hObject,'String') returns popupmenu1 contents as cell array
%        contents{get(hObject,'Value')} returns selected item from popupmenu1
%--- Executes during object creation, after setting all properties.
function popupmenu1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to popupmenu1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
% Hint: popupmenu controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'), get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
   set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
stop_webcam = 1;
assignin('base','stop_webcam',stop_webcam); % Save variable to workspace
% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
capture = evalin('base', 'capture');
imwrite(capture,'temp.bmp','bmp');
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton4 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
function rect(I)
% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function text2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to text2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns called
```

ภาคผนวก ข

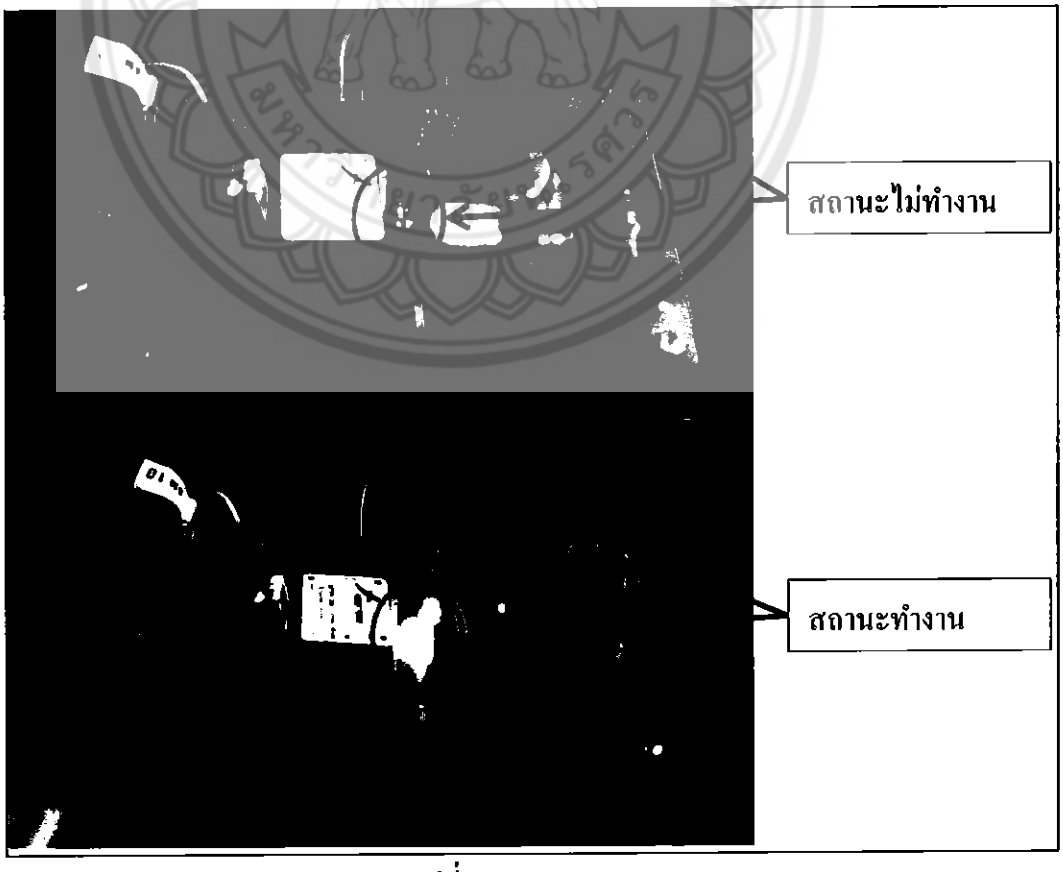
วิธีการใช้อุปกรณ์และโปรแกรม

ขั้นตอนการใช้งานฮาร์ดแวร์

1. เมื่อติดตั้งอุปกรณ์บนสายเคเบิลดังรูปที่ 1 เรียบร้อยแล้ว

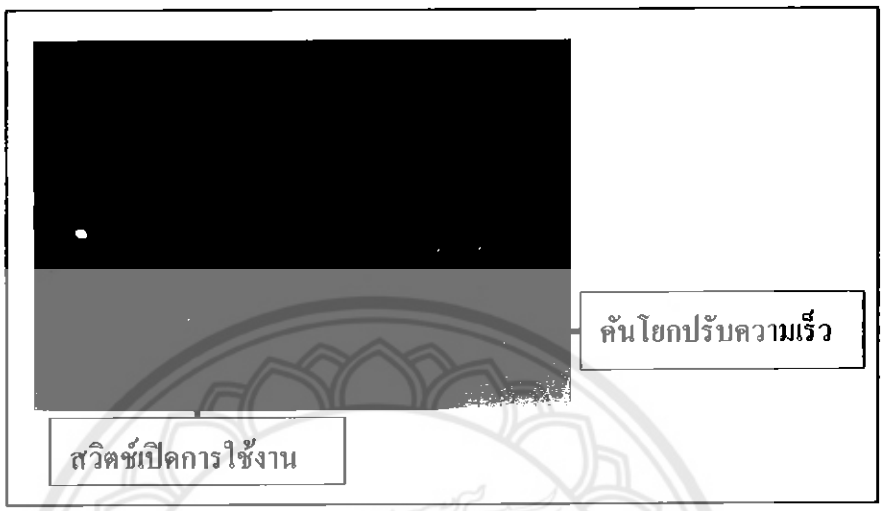
รูปที่ 1 การติดตั้งตัวรถบนสายเคเบิล

2. ทำการเปิดสวิตช์วงจรให้อยู่ในสถานะทำงานโดยสถานการณ์ทำงาน **หลอดแอลอีดีจะสว่างเป็นสีน้ำเงิน** ดังรูปที่ 2



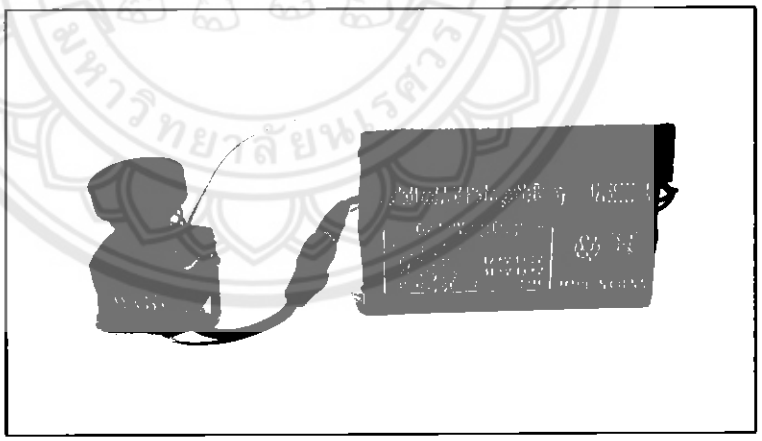
รูปที่ 2 สถานะทำงาน

3. ดันคันโยกรีโมทคอนโทรลขึ้นให้สุดดังรูปที่ แล้วทำการเปิดสวิชต์การทำงานของรีโมทคอนโทรล ดังรูปที่ 3



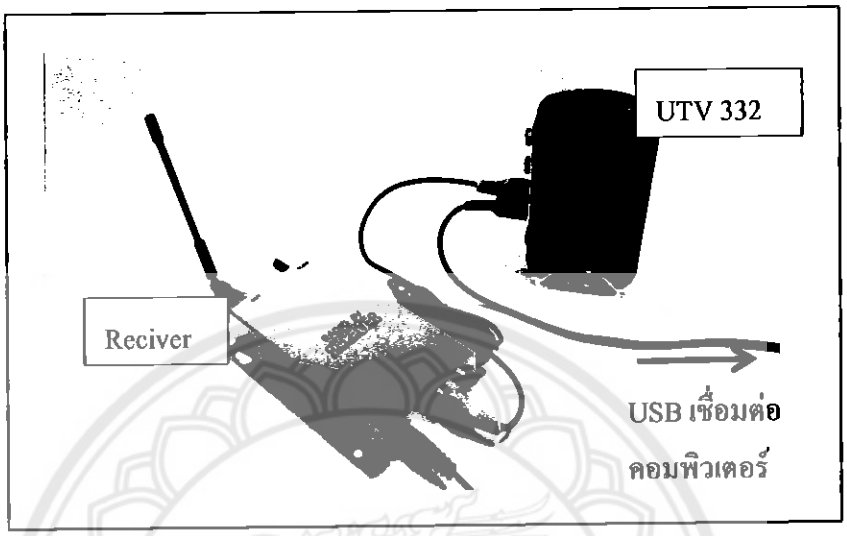
รูปที่ 3 การใช้งานรีโมทคอนโทรล

4. ทำการจ่ายไฟ 12 โวลต์ ให้กล้องถ่ายวีดีโอโดยทำการเชื่อมต่อ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การเชื่อมต่อแหล่งจ่ายไฟให้กล้องวีดีโอ

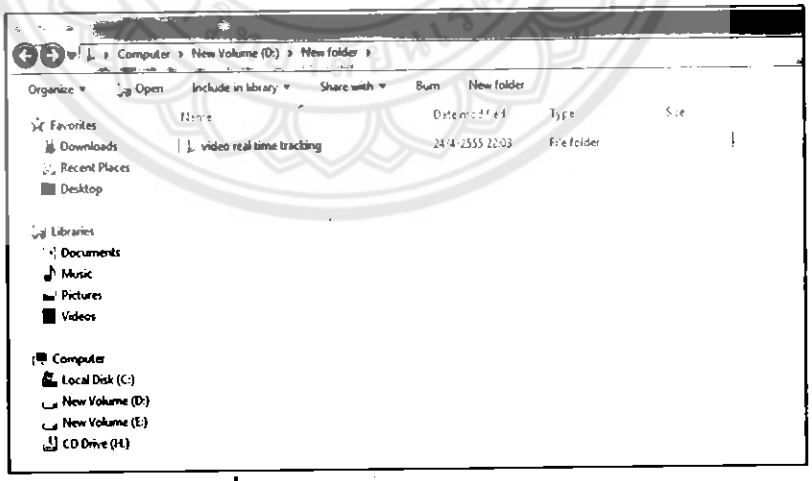
5. ในส่วนของตัวรับสัญญาณที่ทำการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ เพื่อการประมวลผล ตัวรับสัญญาณ (Reciver) จะต่อเข้ากับตัวแปลงสัญญาณ (UTV 332) ก่อนแล้วจึงทำการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การเชื่อมต่ออุปกรณ์รับภาพ

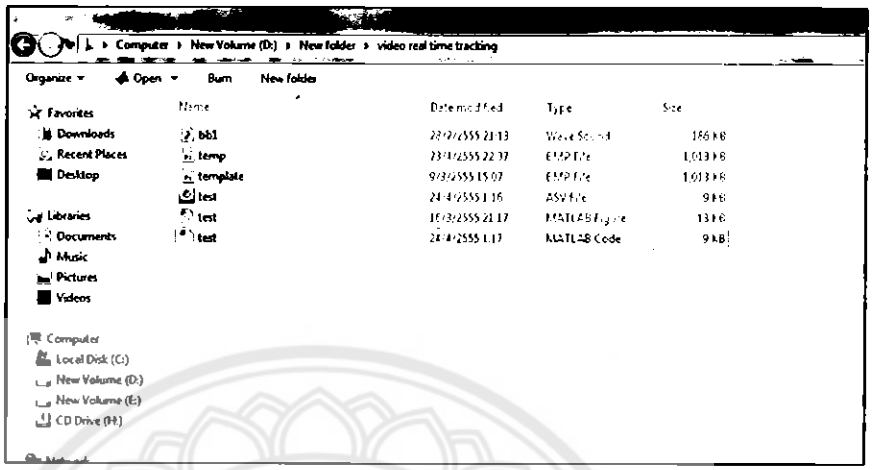
ขั้นตอนการใช้งานซอฟแวร์

1. ทำการเปิดโฟเดอร์ที่ชื่อว่า video real time tracking ดังรูปที่ 6



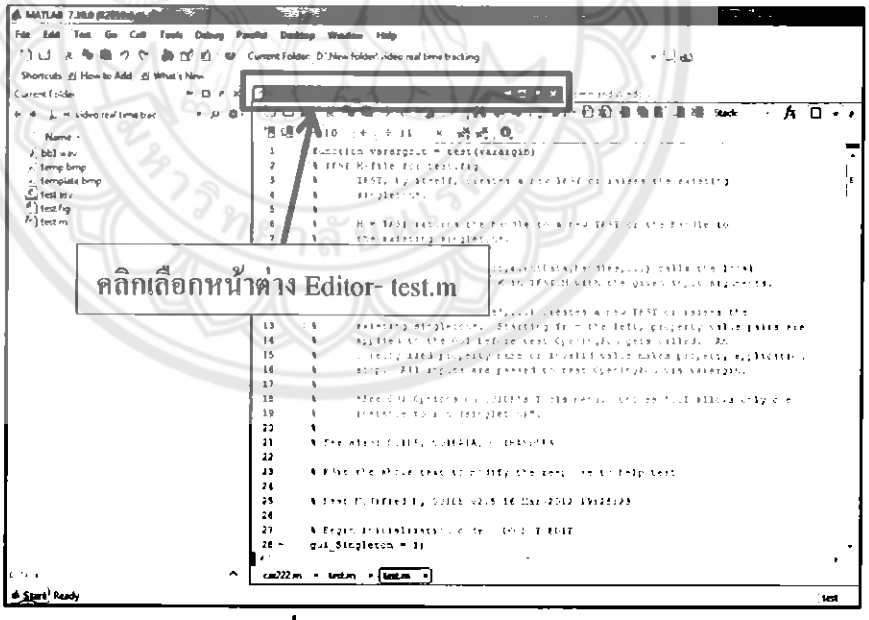
รูปที่ 6 โฟเดอร์video real time tracking

2. เปิดไฟล์ที่ชื่อว่า test.m ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 test.m file

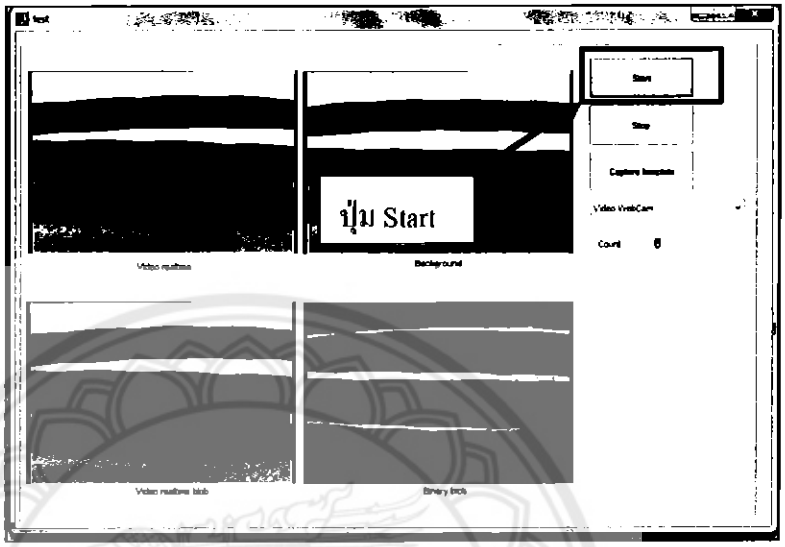
3. เมื่อโปรแกรมเปิดขึ้นมาแล้ว ทำการเปิดหน้าต่างของ Editor- test.m ขึ้นมา ดังรูป 8



รูปที่ 8 หน้าต่าง Editor- test.m

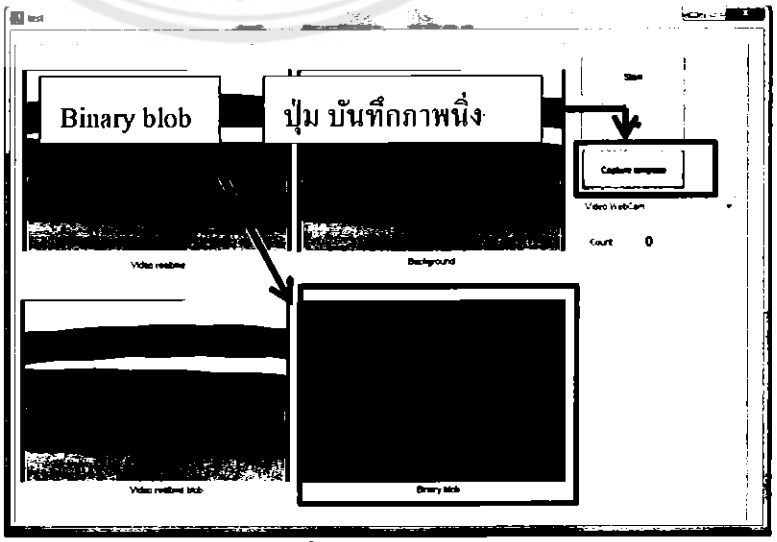
4. เมื่อเปิดหน้าต่าง Editor- test.m เรียบร้อยแล้ว ในการเริ่มการทำงานของโปรแกรมให้คลิก Icon Run เพื่อเรียกหน้าต่างโปรแกรมที่จะใช้งานขึ้นมา

5. เมื่อเปิดหน้าต่างการใช้งานขึ้นมาแล้ว ให้คลิก ปุ่ม Start เพื่อเริ่มการใช้งานดังรูป 9



รูปที่ 9 เริ่มการทำงานของโปรแกรม

6. เมื่อเริ่มกระบวนการการทำงานแล้ว โปรแกรมจะยังทำงานไม่สมบรูณ์จนกว่าจะทำการบันทึกภาพนิ่ง หรือ ภาพพื้นหลังนั่นเอง โดยการบันทึกจะทำโดยการคลิกที่ปุ่ม Capture template ผลที่ได้คือ ในช่อง Binary blob จะเป็นสีดำทั้งหมดเป็นการบอกว่าได้ทำการบันทึกภาพเรียบร้อยแล้วการบันทึกภาพจะทำตอนเริ่มต้นเพียงครั้งเดียวในส่วนของสายที่อยู่ในสภาพที่ไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นดังรูป 10



รูปที่ 10 บันทึกภาพนิ่ง

7. ควบคุมให้รถเคลื่อนที่และเก็บภาพมาประมวลผลตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในการทดลอง

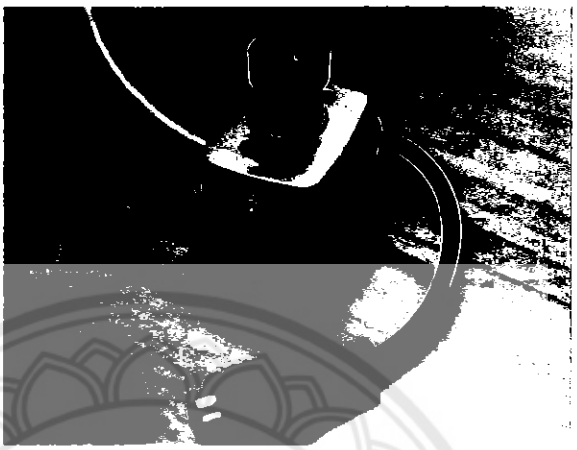
8. เมื่อจะหยุดการทำงานของโปรแกรมให้คลิกที่ปุ่ม Stop เป็นอันสิ้นสุดกระบวนการทำงานของซอฟแวร์ดังรูปที่ 11

รูปที่ 11 การหยุดการทำงานของโปรแกรม

ภาคผนวก ค
เอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับอุปกรณ์

กล้องวีดีโอ

COLOR CMOS wireless

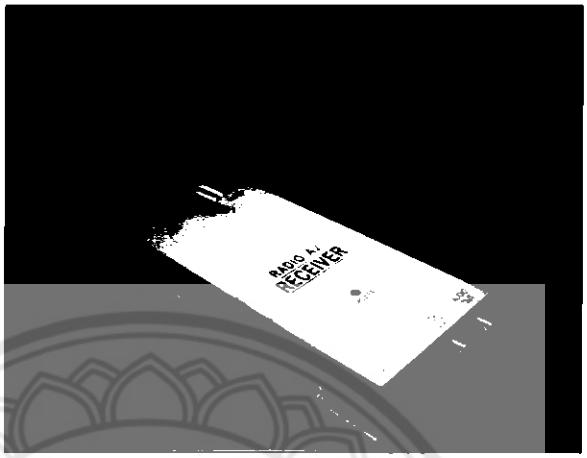


รูปที่ 13 COLOR CMOS wireless

- Camera apparartus:1/ 3,1/4 picture sensor
- System:PAL/CCIR NTSC/EIA
- Validity pixel:PAL:628×582 NTSC:510×492
- Picture area:PAL:5.78×4.199mmNTSC:4.69×3.45mm
- Horizontal definition:380lin
- Scan frequency:PAL/CCIR:50HZ NTSC/EIA:60HZ
- Minimum illumination:3LUX
- Sensitivity:+18dB-AGL ON-OFF
- Output power:50mW/250mW/300mW
- Frequency control:0.9G/1.2G
- Transission signal:picture,sound
- Deliver the distance:50-100M/200-300M
- Voltage:DC+9V
- Current:200mA/300mA
- Power consumption:≤400mV

ตัวรับสัญญาณวีดีโอ

Manual-modulated receiver



รูปที่ 14 Manual-modulated receiver

- High receive sensitivity:+18dB
- Receive signai:picture,sound0.9G/1.2G
- Receive signai : picture,sound
- Voltage:DC+9V
- Current:500mA

ตัวแปลงสัญญาณภาพวีดีโอเข้าสู่คอมพวเตอร์

รูปที่ 14 UTV 332

<u>คุณสมบัติ</u>

1. เปลี่ยนโน้ตบุ๊คหรือเครื่องพีซีของคุณให้เป็นทีวีอย่างรวดเร็วและง่ายดาย
2. ติดตั้งง่ายๆ เพียงแค่เสียบเข้ากับพอร์ต USB เท่านั้น ด้วยขนาดเล็กกระทัดรัด
3. สามารถสั่งตั้งเวลาบันทึกรายการล่วงหน้าได้
4. สามารถเชื่อมต่อกับเครื่อง PS2 หรือ Xbox ได้อีกด้วย
5. ขนาด สูง 10 ซม. กว้าง 6 ซม. หนา 2 ซม.

<u>Feature</u>

1. With TV ANT/CABLE, AV and SVHS, make it possible to watch TV, VCD, DVD and camera, etc.
2. Full channel searching and user-defined 100 favorite programs.
3. OSD function: Screen shows channel information, adjusts imitated information.
4. Record many programs at fixed time automatically.
5. Adjust screen size at your ease, maximal resolution is up to 720*576.
6. Capture high-quality dynamic and static picture, collect picture smoothly.
7. Multi-format real-time recording such as MPEG-1, MPEG-2 and Microsoft MPEG-4, etc,

which can be made to VCD, DVD easily.

8. Capture still images and video function in a snap.

9. Ultra-slim and portable.

10. Equipped with video editor and special effect function.

10. Equipped with full-function infrared remote control

System Requirements

1. Operation system: Windows 2000/XP/vista/Win7

2. AGP display card which support Direct X 8.0 or above

3. Pentium4 1.8MHz for watching, Pentium4 2.4MHz for recording

4. 256M or higher memory

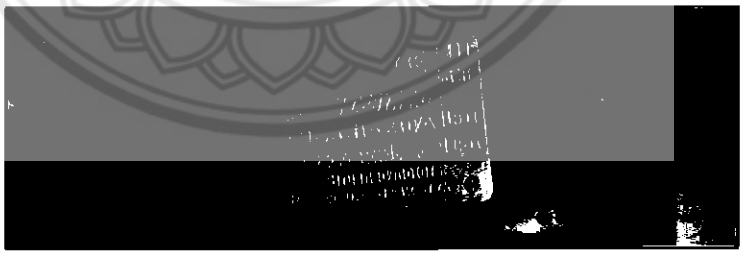
5. 100MB up free space for software installation, and 1GB up for record storage (depend on record time and condensed format).

6. 5400 round or higher hard disc

7. A free USB2.0 slot or USB2.0 interface expanded card equipped

8. Sound card

Electronic Speed Controller



รูปที่ 15 Electronic Speed Controller

Descrizione

Specifications

Continuous current: 30A, Max Current, brief. 40A, BEC 5V / 1,0 A; cells LiPo: 2-3;Number of NiCd / NiMH: 4-10, Weight: 21g, Dimensions: 45x21x8mm

Description

The EAGLE series is characterized by reliable technique forsmall size of. The controllers are designed for theControl of brush motors. Batteries can be used asoptional LiPo, NiCd or NiMH batteries are used. Here, the number of cells is detected automatically. Through the use of high-quality SMD components, the internal resistance of theRegulator especially low. The high switching frequency allows the EAGLE controls a high-resolution and fine motor speed control.

All controllers are equipped with temperature and over current protection. And of course, the entire series with a effective anti-tarnish equipped, if the throttle stick at At power stations is not neutral. About the jumpers (jumpers), the following Controller parameters are configured directly on the controller:

- Brake on / off
- Battery Type (LiPo / NiMH or NiCd)

Overall, the EAGLE series captivates by its simple handlingand high reliability in practice. The highgrade silicone cables in a flexible design to emphasize the high quality. Such a priceper formance ratio you are looking at our competitors in vain!

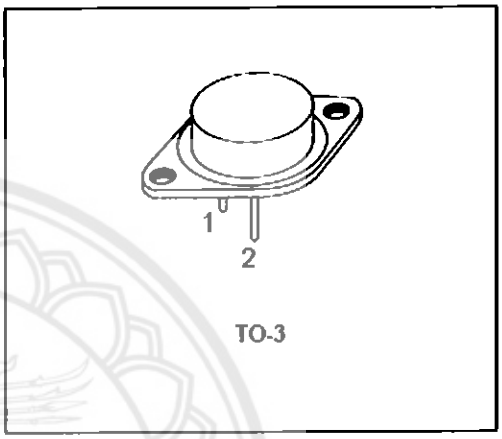
Features

- Brake on / off
- Battery Type (LiPo / NiMH / NiCd)
- Under-voltage protection for LiPo (3.0 V)
- protection against overheating
- Transmitter signal monitoring

2N3055
MJ2955

COMPLEMENTARY SILICON POWER TRANSISTORS

- STMicroelectronics PREFERRED SALESTYPES
- COMPLEMENTARY NPN-PNP DEVICES



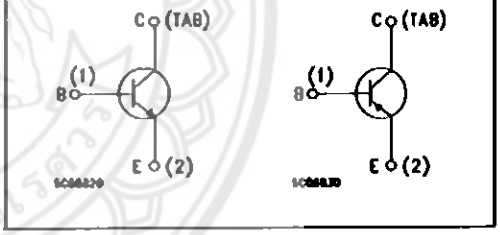
DESCRIPTION

The 2N3055 is a silicon Epitaxial-Base Planar NPN transistor mounted in Jedec TO-3 metal case.

It is intended for power switching circuits, series and shunt regulators, output stages and high fidelity amplifiers.

The complementary PNP type is MJ2955.

INTERNAL SCHEMATIC DIAGRAM



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
	NPN	2N3055	
	PNP	MJ2955	
V_{CBO}	Collector-Base Voltage (I_E = 0)	100	V
V_{CER}	Collector-Emitter Voltage ($R_{BE} \leq 100\Omega$)	70	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage (I_B = 0)	60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage (I_C = 0)	7	V
I_C	Collector Current	15	A
I_B	Base Current	7	A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25$ °C	115	W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 200	°C
T_j	Max. Operating Junction Temperature	200	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_{case} = 25 °C unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CEX}	Collector Cut-off Current (V_{BE} = -1.5V)	V_{CE} = 100 V V_{CE} = 100 V T_j = 150 °C			1 5	mA mA
I_{CEO}	Collector Cut-off Current (I_B = 0)	V_{CE} = 30 V			0.7	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current (I_C = 0)	V_{EB} = 7 V			5	mA
$V_{CEO(sus)}$*	Collector-Emitter Sustaining Voltage (I_B = 0)	I_C = 200 mA	60			V
$V_{CER(sus)}$*	Collector-Emitter Sustaining Voltage (R_{BE} = 100 Ω)	I_C = 200 mA	70			V
$V_{CE(sat)}$*	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 4 A I_B = 400 mA I_C = 10 A I_B = 3.3 A			1 3	V V
V_{BE}*	Base-Emitter Voltage	I_C = 4 A V_{CE} = 4 A			1.8	V
h_{FE}*	DC Current Gain	I_C = 4 A V_{CE} = 4 A I_C = 10 A V_{CE} = 4 A	20 5		70	
f_T	Transition frequency	I_C = 0.5 A V_{CE} = 10 V	3			MHz
$I_{s/b}$*	Second Breakdown Collector Current	V_{CE} = 40 V	2.87			A

* Pulsed: Pulse duration = 300 µs, duty cycle 1.5 %
For PNP types voltage and current values are negative.

Relay Omron G2R-2

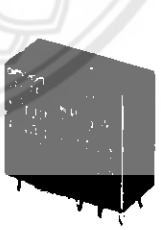
OMRON

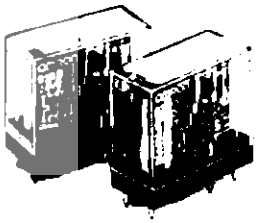
PCB Relay

G2R

A Power Relay for a Variety of Purposes with Various Models

- Conforms to VDE0435 (VDE approval: C250 insulation grade), UL508, CSA22.2, SEV, SEMKO.
- Meets VDE0700 requirements for household products according to VDE0110.
- Clearance and creepage distance: 8 mm/8 m.
- Models with CTI250 material available.
- High-sensitivity (360 mW) and high-capacity (16 A) types available.
- Double-winding latching type available.
- Plug-in with test button and quick-connect terminals available.
- Highly functional socket available.





Ordering Information

Classification		Enclosure ratings	Coil ratings	Contact form			
				SPST-NO	SPDT	DPST-NO	DPDT
PCB terminal	General-purpose	Flux protection	AC/DC	G2R-1A	G2R-1	G2R-2A	G2R-2
		Fully sealed		G2R-1A4	G2R-14	G2R-2A4	G2R-24
	Bifurcated contact	Flux protection	DC	G2R-1AZ	G2R-1Z	—	—
		Fully sealed		G2R-1AZ4	G2R-1Z4	—	—
	High-capacity	Flux protection	AC/DC	G2R-1A-E	G2R-1-E	—	—
	High-sensitivity	Flux protection	DC	G2R-1A-H	G2R-1-H	G2R-2A-H	G2R-2-H
	Double-winding latching	Flux protection		G2RK-1A	G2RK-1	G2RK-2A	G2RK-2
Plug-in terminal	General-purpose	Unsealed	AC/DC	—	G2R-1-S	—	G2R-2-S
	LED indicator			—	G2R-1-SN	—	G2R-2-SN
	LED indicator with test button			—	G2R-1-SNI	—	G2R-2-SNI
	Diode		DC	—	G2R-1-SD	—	G2R-2-SD
	LED indicator and diode			—	G2R-1-SND	—	G2R-2-SND
	LED indicator and diode with test button			—	G2R-1-SNDI	—	G2R-2-SNDI
Plug-in terminal (Bifurcated crossbar contact)	General-purpose		AC/DC	G2R-1A3-S	G2R-13-S	—	—
	LED indicator			G2R-1A3-SN	G2R-13-SN	—	—
	LED indicator and diode		DC	G2R-1A3-SND	G2R-13-SND	—	—

Note: 1. When ordering, add the rated coil voltage to the model number.
Example: G2R-1A 12 VDC
Rated coil voltage

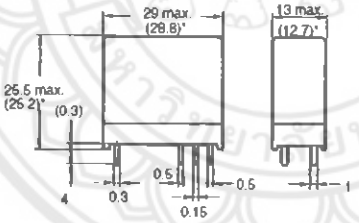
2. OMRON has also prepared the above relays with AgSnIn contacts, which are more tolerant of large inrush currents and physical movement compared with relays with standard contacts. When ordering, add "-ASI" to the model number.
Example: G2R-1A-ASI

3. Standard, NO contact type relays are TV-3 class products in accordance with the TV standards of the UL/CSA. Models with AgSnIn contacts are TV-5 class products.
Example: G2R-1A-ASI
When ordering a TV-8 class model, insert "-TV8" into the model number as follows:
Example: G2R-1A-TV8-ASI

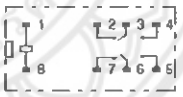
4. Models with CTI250 material are also available.
Contact your OMRON representative for more details.

Relays with PCB Terminals

DPDT Relays
G2R-2, G2R-2-H

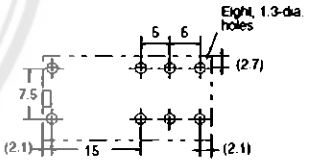


Terminal Arrangement/ Internal Connections (Bottom View)



Mounting Holes (Bottom View)

Tolerance: ±0.1



ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายปกรณ์ ปากองวัน

ภูมิลำเนา 278/1 หมู่ 10 ต.บ้านกลาง อ.สอง จ.แพร่

ประวัติการศึกษา

– จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสองพิทยาคม

– ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E–mail: dek_bantoong@hotmail.com

ชื่อ นางสาวศิริรัตน์ เถรนิยม

ภูมิลำเนา 710 หมู่ 2 ต.เวียง อ.เชียงแสน จ.เชียงราย

ประวัติการศึกษา

– จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเชียงแสนวิทยาคม

– ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E–mail: yinglewan@hotmail.com