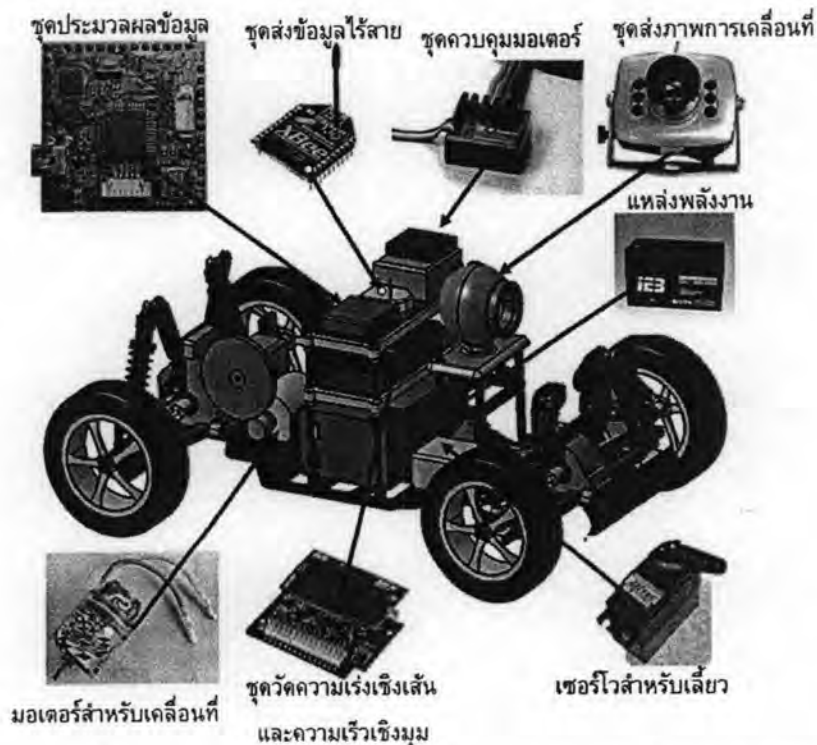


บทที่ 5

การออกแบบและสร้างแบบยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน

การออกแบบและกำหนดรูปแบบยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆคือ การออกแบบการโครงสร้างตัวยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดค่าข้อมูลทางพลศาสตร์ และระบบรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย

ในการออกแบบและกำหนดเลือกยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนนั้นต้องคำนึงถึงลักษณะโครงสร้างที่สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบสภาพความคล้ายกัน ระหว่างยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนและยานพาหนะจริงต้นแบบที่เลือกไว้ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกขนาดของยานพาหนะจริงย่อส่วนที่มีอัตราส่วน 1:10 ของยานพาหนะจริง ระบบขับเคลื่อนแบบ 4 ล้อโดยใช้มอเตอร์กระแสตรงในการขับเคลื่อน และใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการควบคุมมุมเลี้ยวที่ล้อ ยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนนั้นจะต้องสามารถปรับแต่งทางกายภาพได้ เพื่อปรับค่าพารามิเตอร์ของยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน ให้มีพฤติกรรมคล้ายกับยานพาหนะจริงตามหลักของการวิเคราะห์เชิงมิติ และสภาพความคล้าย ยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนที่สร้างขึ้นได้ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมหลัก อุปกรณ์ตรวจวัด อุปกรณ์ส่งข้อมูล และอุปกรณ์ส่งภาพเคลื่อนไหว จากการศึกษาถึงอุปกรณ์มาตรฐานและความเหมาะสมทางกายภาพของขนาดยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน สำหรับในการออกแบบเบื้องต้นเป็นดังในรูปที่ 5.1



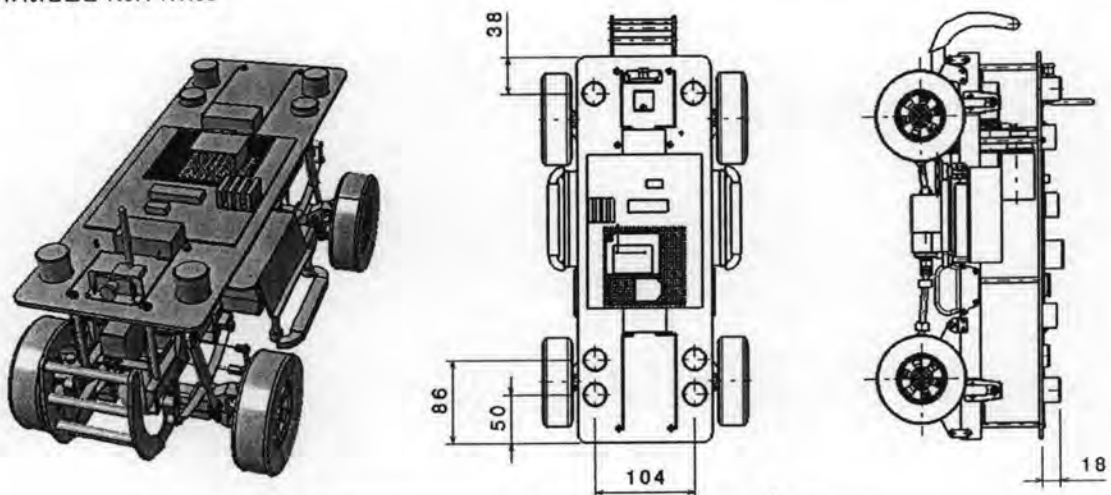
รูปที่ 5.1 แนวความคิดในการออกแบบยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน

5.1 การออกแบบยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน

การสร้างยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนให้มีการตอบสนองใกล้เคียงกับยานพาหนะจริงได้นั้น ในงานวิจัยนี้ได้อาศัยหลักการ และทฤษฎีทางด้านพลศาสตร์ยานพาหนะในการวิเคราะห์ตัวแปรไร้มิติ และการจัดกลุ่มของพาย ซึ่งหลังจากที่ได้ศึกษา ทำให้ทราบถึงตัวแปรสำคัญ ที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนของการสร้างยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน ขั้นตอนการออกแบบนี้ เริ่มจากการกำหนดอัตราส่วนของยานพาหนะ โดยจะต้องคำนึงถึงปัจจัยดังนี้

- ความสามารถในการแบกรับน้ำหนักบรรทุกทุกอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ
- โครงสร้างที่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมและอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆได้
- ความแข็งแรงของวัสดุและชิ้นส่วนของยานพาหนะ
- ขนาดและอัตราส่วนที่เหมาะสมรวมถึงลักษณะรูปร่างของยานพาหนะที่ย่อส่วนลงมา จะต้องอ้างอิงจากยานพาหนะจริง
- ความสามารถในการควบคุม เช่น ระบบบังคับเลี้ยว ระบบชุดเกียร์

จากปัจจัยข้างต้น พบว่ายานพาหนะย่อส่วนที่เหมาะสม ควรเป็นยานพาหนะแบบเอนกประสงค์ที่มีโครงสร้างที่สูง สามารถบรรทุกน้ำหนักได้ดีกว่ายานพาหนะแบบแก๊งทั่วไปซึ่งมีลักษณะโครงสร้างที่ต่ำ ทำให้บรรทุกน้ำหนักได้น้อย และยานพาหนะแบบกระบะมีพื้นที่ว่างสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ รวมถึงสามารถเคลื่อนที่ได้ถึงแม้สภาพของถนนจะขรุขระ หรือขยับข้ามเนินสูงได้ หลังจากเลือกรูปแบบของยานพาหนะได้แล้ว จึงกำหนดขนาดสัดส่วนของยานพาหนะซึ่งควรมีขนาดอยู่ในช่วงระยะ 350 – 500 มิลลิเมตร เนื่องถ้ายานพาหนะมีขนาดเล็กมากเกินไปจะทำให้มีความยากลำบากในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดรวมถึงมีความยากต่อการปรับแต่งชิ้นส่วนในภายหลัง และถ้ามีขนาดใหญ่เกินไปจะส่งผลกับขนาดของพื้นที่ทดสอบที่จะต้องสร้างเพื่อใช้ในการทดสอบยานพาหนะ

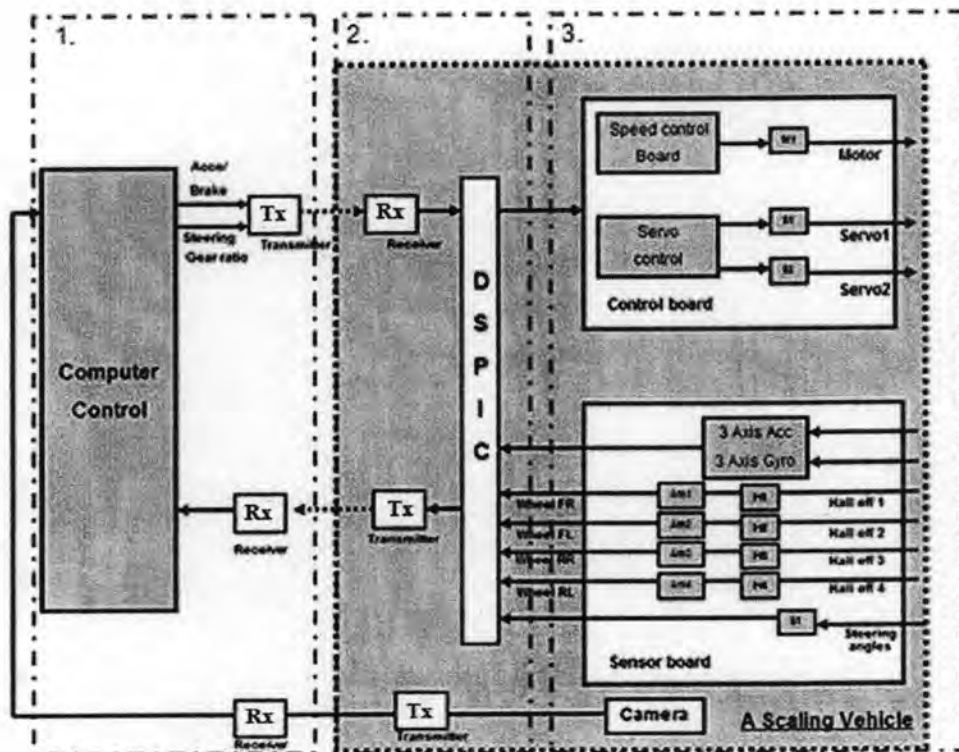


รูปที่ 5.2 แบบยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนตามที่ออกแบบ

ในการออกแบบนี้ครอบคลุมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วเชิงเส้น อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วเชิงมุม อุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วของล้อ อุปกรณ์ตรวจวัดมุมเลี้ยวของล้อ รวมทั้งระบบขับเคลื่อน ระบบบังคับเลี้ยว และระบบการเปลี่ยนเกียร์ ทั้งนี้จำเป็นต้องออกแบบโปรแกรมควบคุมตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจวัดทั้งหมด และส่งค่าข้อมูลที่ผ่านการคำนวณแล้วผ่านมาสู่คอมพิวเตอร์ควบคุมภายนอก นอกจากนี้ตัวประมวลผลบนยานพาหนะต้องทำหน้าที่รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ควบคุมภายนอกเพื่อขับเคลื่อนยานพาหนะในความเร็ว และมุมเลี้ยวที่ต้องการ ทั้งนี้จำเป็นอย่างยิ่งที่ยานพาหนะจริงแบบย่อดังกล่าวต้องสื่อสารผ่านระบบสัญญาณไร้สาย เพราะถ้าใช้สายไฟต่อกับยานพาหนะโดยตรงอาจมีผลต่อพลศาสตร์ของยานพาหนะได้ เนื่องจากยานพาหนะจริงแบบย่อดังกล่าวต้องมีการส่งข้อมูลภาพการเคลื่อนไหวไปให้เครื่องจำลองการเคลื่อนที่เพื่อแสดงผล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถมองเห็นสภาพแวดล้อมภายนอกได้เป็นอย่างดี และสามารถส่งข้อมูลแบบไร้สายเพื่อแสดงภาพเคลื่อนไหวได้ในเวลาจริง

ระบบควบคุมของยานพาหนะย่อดังกล่าวนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังรูปซึ่งประกอบไปด้วย

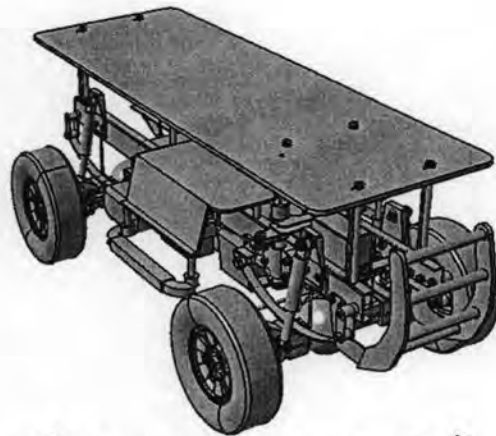
1. ส่วนคอมพิวเตอร์หลักในการส่งคำสั่งและรับข้อมูลแบบไร้สาย(ติดตั้งภายนอก)
2. ส่วนประมวลผลบนยานพาหนะจริงแบบย่อดังกล่าวและรับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สาย
3. ส่วนอุปกรณ์ตรวจวัดค่าข้อมูลบนยานพาหนะจริงแบบย่อดังกล่าว



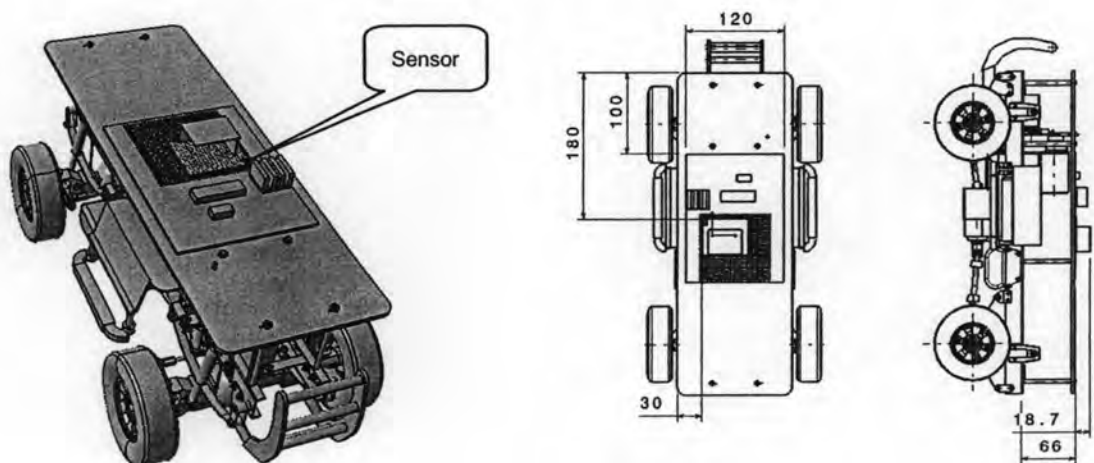
รูปที่ 5.3 วงจรการทำงานรวมของระบบที่ออกแบบไว้

5.1.1 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งเชิงเส้น

อุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งเชิงเส้น จะต้องสามารถวัดความเร่งเชิงเส้นที่เกิดขึ้นกับบนตัวยานพาหนะได้ตามที่กำหนด ทั้งนี้รวมถึงความหน่วงของยานพาหนะเมื่อมีการเบรกได้ ซึ่งจากการค้นคว้า[11] พบว่าความเร่งของยานพาหนะทั่วไปจะอยู่ในช่วง $\pm 2 \text{ g}$ และอุปกรณ์ตรวจวัดควรมีความสามารถในการตรวจวัดความเร่งเชิงเส้นที่เกิดขึ้นได้ทั้ง 3 แนวแกน (x, y, z) เพื่อให้ข้อมูลที่ส่งออกมาจากยานพาหนะมีความครบถ้วนสมบูรณ์ในแนว 3 มิติ หลังจากการกำหนดคุณสมบัติที่ต้องการ จึงกำหนดติดตั้งอุปกรณ์ โดยตำแหน่งติดตั้งนี้เมื่อคำนึงถึงทฤษฎีในการจัดกลุ่มตัวแปรไร้มิติของพายพบว่า ควรติดตั้งที่ตำแหน่งบริเวณใกล้เคียงกับจุดศูนย์กลางของยานพาหนะ เนื่องจากในขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบจำเป็นจะต้องมีการปรับค่าตัวแปรต่างๆ โดยต้องมีการวางอุปกรณ์ถ่วงน้ำหนักเพื่อการปรับค่าตัวแปรเหล่านี้ให้เหมาะสม ทำให้สามารถออกแบบได้โดยการติดตั้งแผ่นรองบนโครงสร้าง (Chassis) ของยานพาหนะ ดังรูปที่ 5.4 จากนั้นจึงติดตั้งอุปกรณ์บนแผ่นรอง ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.4 ออกแบบตำแหน่งแผ่นรองติดตั้งอุปกรณ์



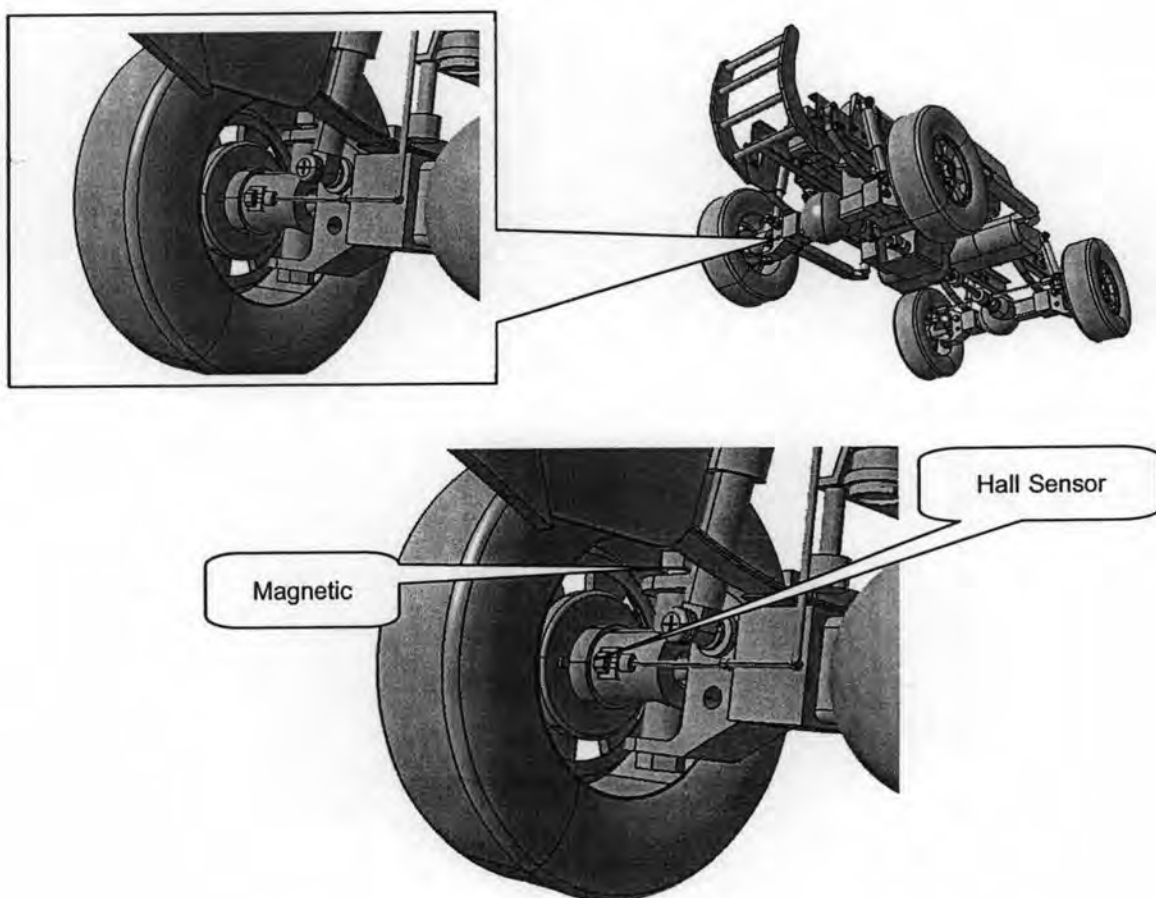
รูปที่ 5.5 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่ง

5.1.2 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วเชิงเส้นตำแหน่งล้อ

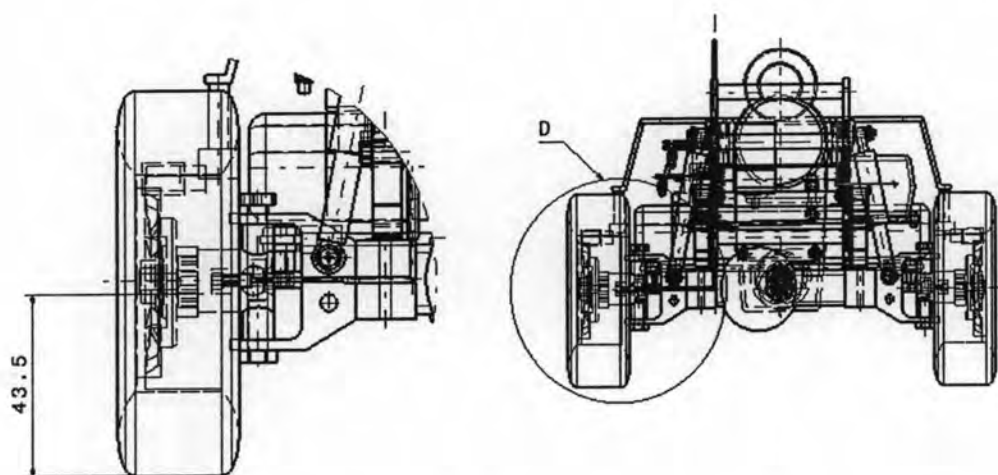
จุดประสงค์ของการตรวจวัดความเร็วเชิงเส้นคือ ต้องการทราบสถานะความเร็วของยานพาหนะที่เกิดขึ้นในแต่ละสภาวะ ดังนั้นการออกแบบติดตั้งจึงมีความสำคัญมาก เนื่องจากระบบขับเคลื่อนที่ต้องส่งกำลังผ่านชุดเฟืองต่างๆ ซึ่งชุดเฟืองนี้จะทำให้เกิดการสูญเสียกำลังขณะขับเคลื่อนได้ รวมถึงในบางกรณี ขณะที่ทำการทดสอบอาจเกิดการลื่นไถลของล้อ หรือล้ออาจหมุนอิสระได้ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันปัญหาเหล่านี้ จึงได้ออกแบบติดตั้งวัดความเร็วที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งล้อ ซึ่งมีหลักในการพิจารณาดังนี้

- อุปกรณ์ที่ใช้อาจได้รับความสกรปรกจากฝุ่นละออง แสง หรือน้ำ ที่อาจกระเด็นเข้ามาโดนอุปกรณ์ได้ จึงต้องเลือกอุปกรณ์ที่สามารถทนต่อสภาวะเหล่านี้ได้
- อุปกรณ์ต้องมีขนาดเล็ก เนื่องจากพื้นที่ในการติดตั้งมีไม่มากนัก

หลังจากการพิจารณาแล้ว พบว่าอุปกรณ์ตรวจวัดโดยใช้สัญญาณแม่เหล็ก หรือเรียกโดยทั่วไปว่าฮอลล์เซนเซอร์ นั้นมีความเหมาะสม เนื่องจากมีขนาดเล็กและทนต่อสภาวะที่กล่าวมาข้างต้นได้เป็นอย่างดี



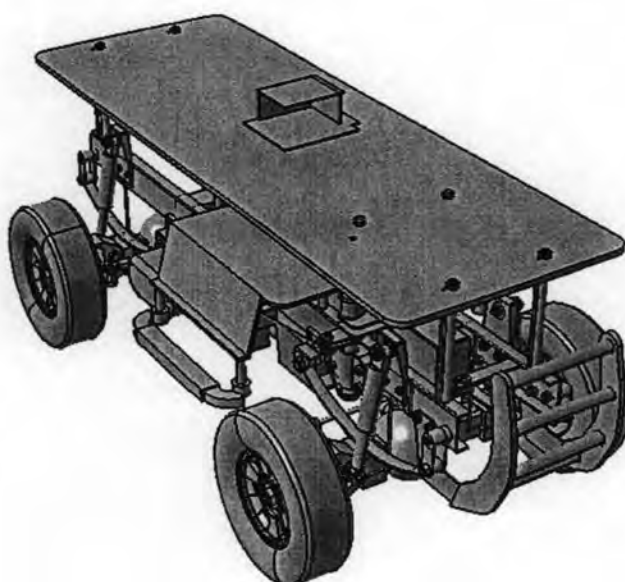
รูปที่ 5.6 ออกแบบตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วที่ล้อ



รูปที่ 5.7 ออกแบบขนาดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วที่ล้อ (ต่อ)

5.1.3 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วเชิงมุม

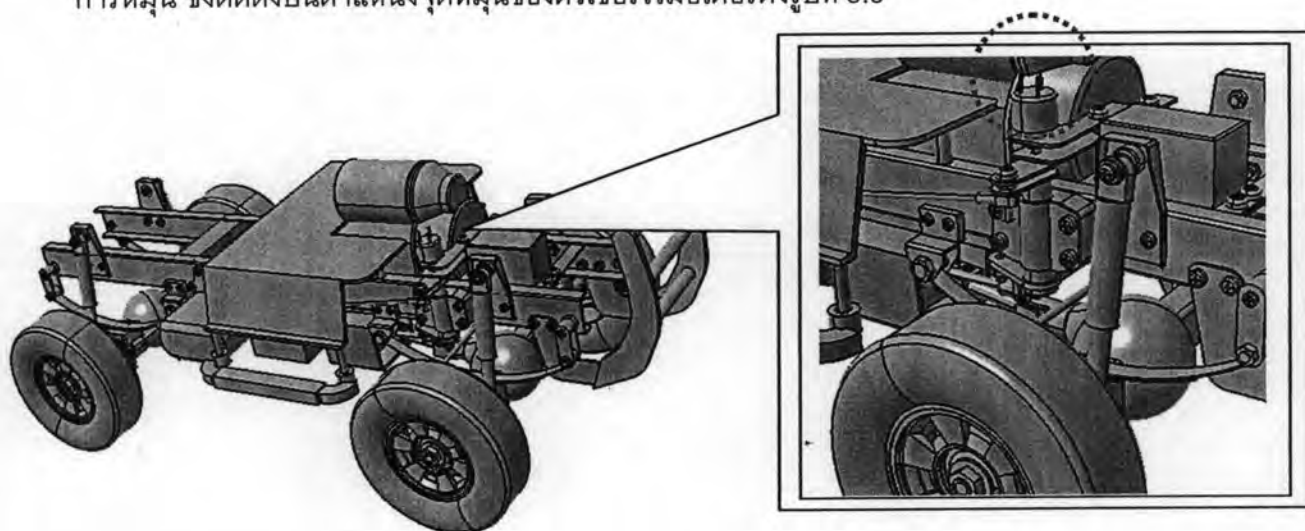
ค่าความเร็วเชิงมุมที่ต้องการนี้เป็นความเร็วที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งจุดศูนย์กลางถ่วงของยานพาหนะ ดังนั้นตำแหน่งในการติดตั้งอุปกรณ์ควรจะอยู่บริเวณใกล้เคียงกับจุดศูนย์กลางถ่วงมวลของยานพาหนะ ความสามารถของอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งเชิงเส้น พิจารณาจากค้นคว้างานวิจัย [11] พบว่าอุปกรณ์ควรจะสามารถตรวจวัดความเร็วเชิงมุมในช่วง $\pm 150\%$ และอุปกรณ์ตรวจวัดนั้นจะต้องสามารถวัดความเร็วเชิงมุมได้ทั้งสามแนวแกน (Roll, Pitch, Yaw) ซึ่งข้อมูลความเร็วเชิงมุมนี้ จะต้องถูกส่งกลับไปยังคอมพิวเตอร์หลักเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางพลศาสตร์ต่อไป



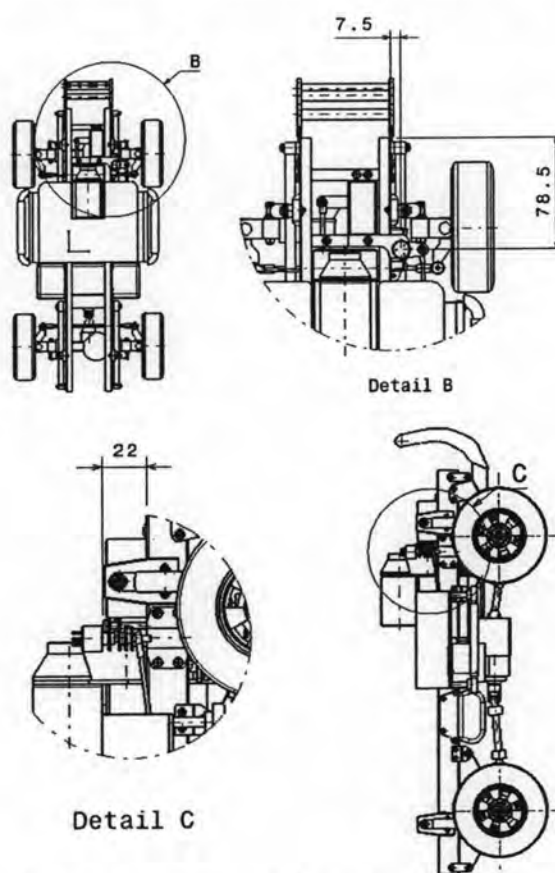
รูปที่ 5.8 ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วเชิงมุม

5.1.4 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดมุมบังคับล้อ

การตรวจวัดมุมบังคับของล้อหน้าเพื่อให้ทราบขนาดทิศทางการเลี้ยวของล้อ ซึ่งตัวแปรมุมเลี้ยวของล้อนี้จะต้องนำไปคำนวณในสมการพลศาสตร์ของยานพาหนะด้วย โดยช่วงในการตรวจวัดประมาณ 0 – 90 องศา โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้เชิงเส้น เพื่อวัดค่าการหมุน ซึ่งติดตั้งบนตำแหน่งจุดหมุนของตัวเซอร์โวมอเตอร์ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 ออกแบบการติดตั้งตัวต้านทานปรับค่าได้



รูปที่ 5.10 ตำแหน่งการติดตั้งตัวต้านทานปรับค่าได้

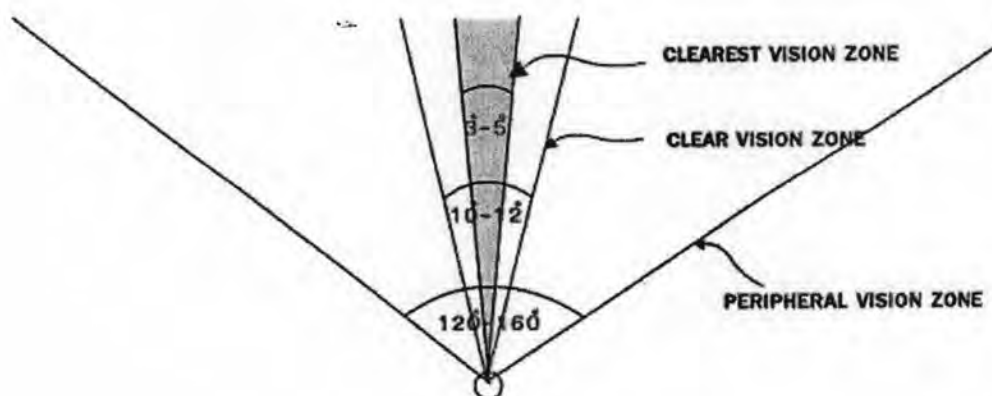
5.1.5 การออกแบบติดตั้งกล้อง

ยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนได้ทำการติดตั้งกล้อง เพื่อจำลองตำแหน่งเสมือนสายตาของผู้ขับขี่ โดยกล้องทำหน้าที่แทนสายตาผู้ขับขี่ ดังนั้นการติดตั้งตำแหน่งกล้อง และมุมมองของกล้องได้ทำการอ้างอิงจากสายตาผู้ขับขี่ยานพาหนะจริงที่เกิดขึ้น สำหรับการเลือกอุปกรณ์จะเริ่มจากการศึกษาเกี่ยวกับการมองเห็นของผู้ขับขี่ยานพาหนะก่อน ดังนี้

สายตา(Vision) คือความสามารถในการมองเห็นว่าชัดเจนแค่ไหนโดยสายตา จะมีความสามารถลดลง 6 เมตรต่อการเพิ่มความเร็วของยานพาหนะประมาณทุก ๆ 16กิโลเมตร/ชั่วโมง [12]

ลานสายตา(Field of vision) คือบริเวณทั้งหมดที่เราเห็นเมื่อเราเพิ่งอยู่จุดหนึ่งข้างหน้า โดยทั่วไปแล้วนัยน์ตาที่ปกติจะมีลานสายตากว้างข้างละประมาณ 120 องศา และเมื่อมองสองตาพร้อมกันลานสายตาจะกว้าง 160 องศา [12]

ดังนั้นความสามารถในการมองเห็นของคนปกติ ขณะอยู่กับที่จะมองเห็นภาพในลักษณะกรวยจอกว้าง (PERIPHERAL VISION) มีขอบเขตทำมุม 120-160° เมื่อมีการขับขี่ยานพาหนะขอบเขตของการมองเห็นความชัดเจนจะลดลงตามความเร็วการเคลื่อนที่

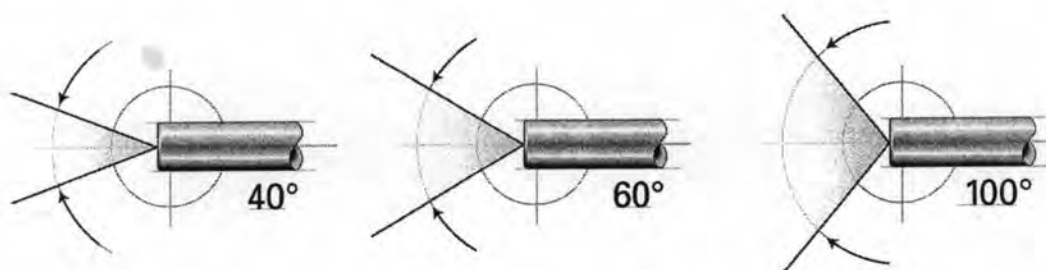


รูป 5.11 สายตาของผู้ขับขี่ยานพาหนะ [12]

จากรูปที่ 5.11 สามารถสรุปได้ดังนี้

- ที่ความเร็ว 40 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีมุมมองเห็นได้ชัด 100 องศา
- ที่ความเร็ว 75 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีมุมมองเห็นได้ชัด 60 องศา
- ที่ความเร็ว 100 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีมุมมองเห็นได้ชัด 40 องศา
- ที่ความเร็ว 150 กิโลเมตร/ชั่วโมง มีมุมมองเห็นได้ชัด 10 องศา

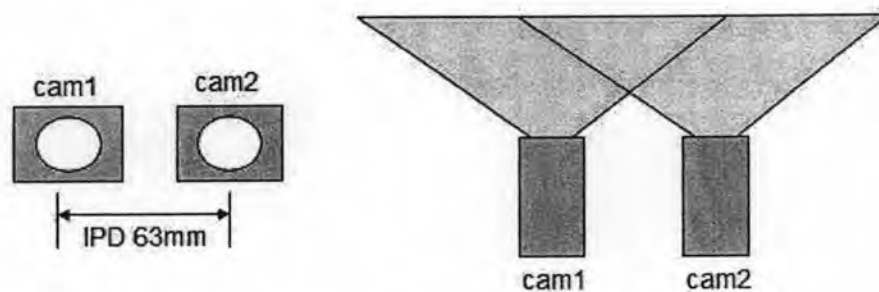
หลังจากได้ข้อมูลลักษณะสายตาของผู้ใช้แล้ว ทำการเลือกเลนส์ของกล้อง แสดงภาพ การเคลื่อนที่ โดยมุมมองของเลนส์กล้องจะเรียกว่า FOV (Field-of-View) คือ พื้นที่ของมุมมอง หน่วยเป็นองศา



รูป 5.12 พื้นที่มุมมองของกล้อง FOV40, FOV60 และ FOV100

จากมุมมองของกล้อง สามารถที่จะนำมาประยุกต์กับลักษณะสายตาผู้ใช้ได้ 2 วิธีดังนี้

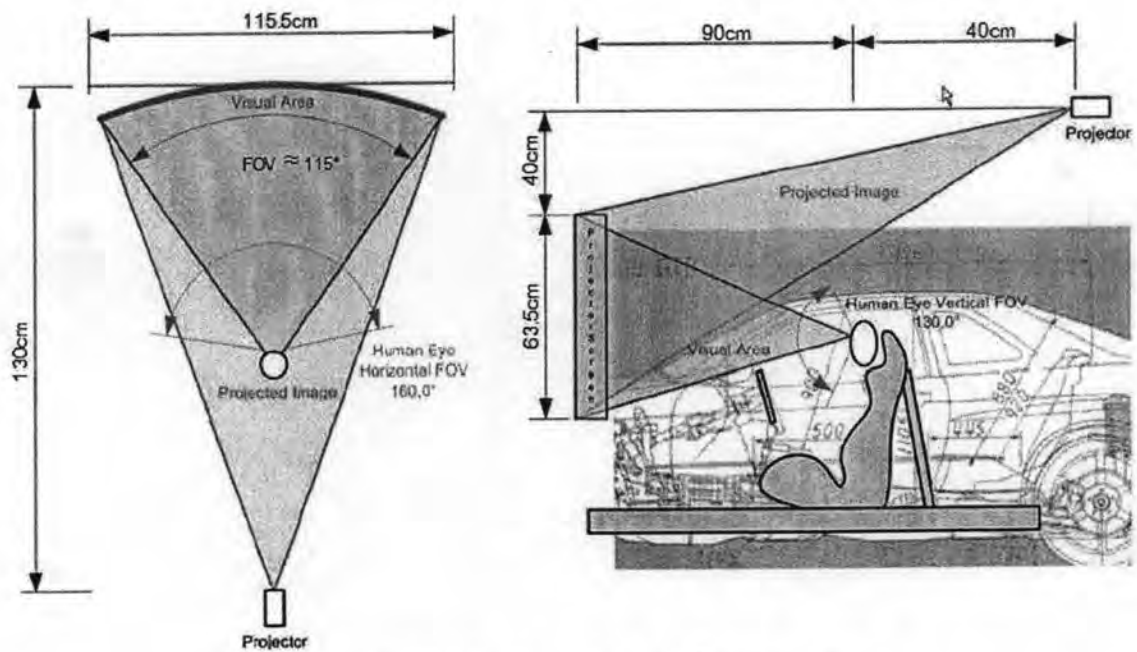
1. การใช้กล้องสองตัว โดยการนำกล้องสองตัวติดตั้งในระนาบเดียวกันโดยให้กล้องสองตัวมี ระยะห่าง 63mm ระยะห่างนี้เป็นระยะห่างระหว่างรูม่านตา(Interpupillary Distance) ทั้ง สองของผู้ใช้ซึ่งเป็นของผู้ใช้ในวัยผู้ใหญ่ โดยกล้องแต่ละตัวจะทำหน้าที่เปรียบเสมือน ดวงตาของผู้ใช้แต่ละข้าง ภาพที่ได้จากกล้องทั้งสองตัวจะต้องเอามารวมกันให้เกิดเป็น ภาพเดียวโดยอาศัยการรวมภาพจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย ซึ่งจะเป็นวิธีการที่ ยุ่งยากและซับซ้อน แต่ภาพที่ได้มีลักษณะเหมือนจริงกับสายตามนุษย์มาก



รูป 5.13 การใช้กล้องสองตัว

2. การใช้กล้องหนึ่งตัว โดยการใช้เลนส์ที่มีลักษณะมุมมองเท่ากับสายตาทั้งสองของผู้ขับที่นั้นจะมีข้อเสียตรงที่การใช้กล้องหนึ่งตัวภาพที่เกิดขึ้นในบริเวณขอบภาพจะมีลักษณะโค้งเนื่องมาจากว่าเลนส์ที่ใช้มีลักษณะเป็นเลนส์กว้าง โดยเลนส์ทั่วไปที่ให้ภาพมีลักษณะปกติจะอยู่ในช่วง 60-70 องศา สำหรับเลนส์กว้างขอบภาพที่ได้จะมีลักษณะบิดเบี้ยวซึ่งเลนส์จะอยู่ในช่วง 80-120 องศา

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการใช้กล้องหนึ่งตัวในการแสดงผลมุมมองของผู้ขับที่ เนื่องจากการใช้กล้องสองตัวค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน สำหรับการติดตั้งบนยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนทำการคำนวณขนาดของเลนส์ได้จากตำแหน่งของผู้รับภาพภายนอกกับฉากรับภาพดังนี้



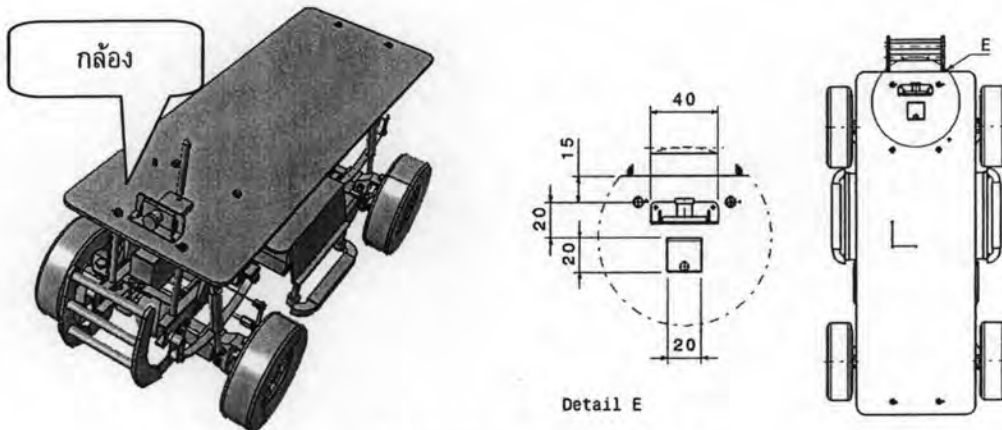
รูป 5.14 แสดงระยะของผู้ขับที่และฉากรับภาพ

จากรูปที่ 5.14 เมื่อนำระยะตำแหน่งระหว่างผู้รับภาพภายนอกและครึ่งหนึ่งของความกว้างฉากรับภาพมาคำนวณ จะได้มุมมองของผู้ขับทั้งหมดเมื่อนั่งอยู่บนเครื่องจำลองการเคลื่อนที่ดังนี้

$$\tan^{-1} = \frac{90}{115.5/2} \approx 115^\circ \quad (5.1)$$

นำค่าที่คำนวณได้ไปเลือกขนาดของเลนส์กล้องถ่ายภาพเคลื่อนที่ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกเลนส์ 120 องศา โดยในส่วปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้เลนส์มุมกว้างนั้น จากการศึกษา

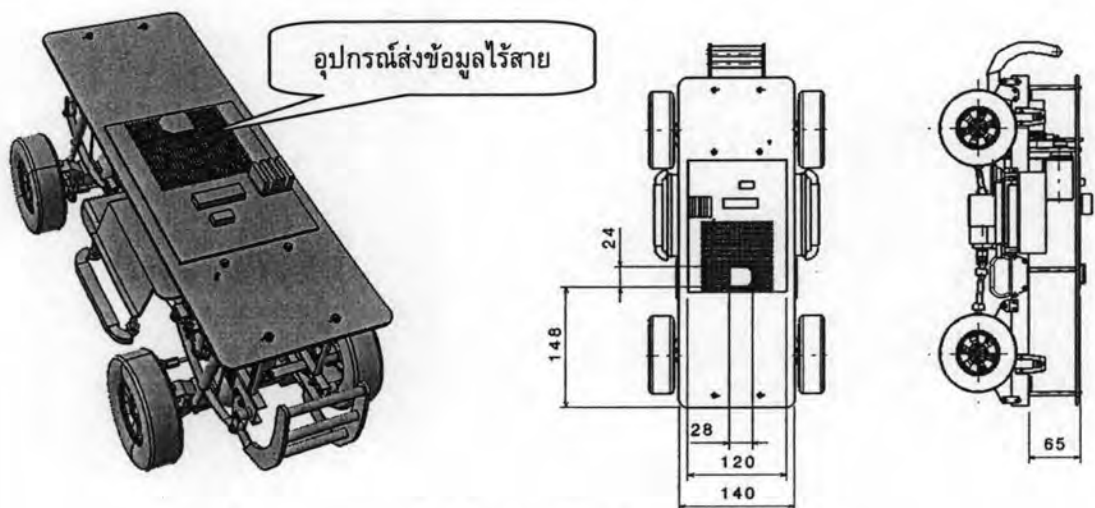
ข้อมูลของสายตามนุษย์ในขณะขับชี่ยานพาหนะพบว่าที่ขอบภาพจากกล้องมีลักษณะโค้ง ซึ่งมีผลกระทบน้อยมากต่อมุมมองสายตาของผู้ขับชี่เนื่องจากว่า ขณะผู้ขับชี่ทำการควบคุมยานพาหนะ มุมมองสายตาของผู้ขับชี่จะโฟกัสไปที่ตำแหน่งตรงด้านหน้า ทำให้ภาพที่โค้งบริเวณขอบภาพที่เกิดขึ้น ไม่มีผลกระทบกับการมองเห็นของผู้ขับชี่



รูปที่ 5.15 ออกแบบติดตั้งกล้อง

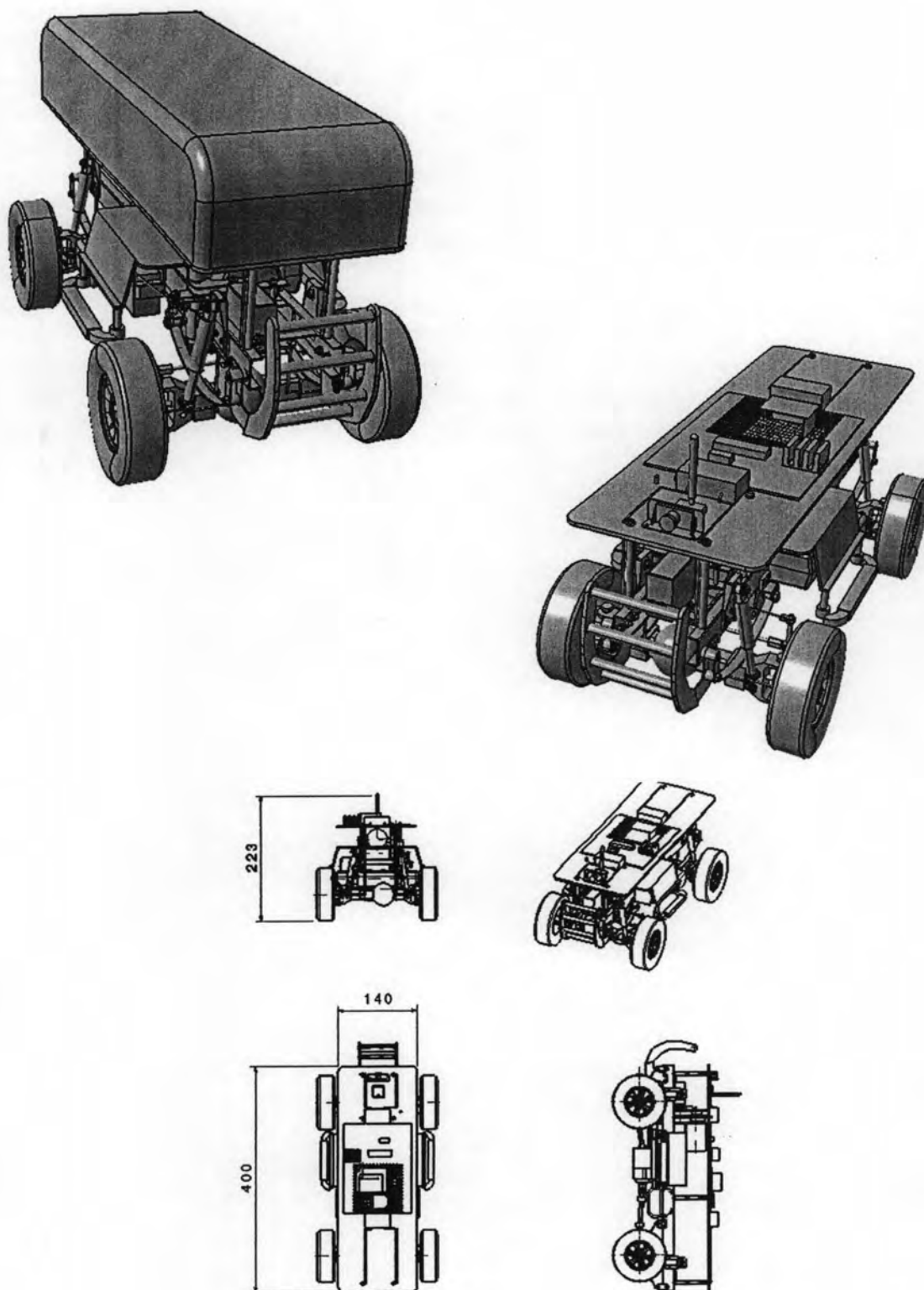
5.1.6 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ส่งข้อมูลไร้สาย

เนื่องจากยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนต้องส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ ไปให้กับคอมพิวเตอร์ควบคุมหลัก ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณข้อมูลแบบไร้สาย ซึ่งเหตุผลที่เลือกการส่งข้อมูลเป็นแบบไร้สาย เพราะส่งผลกับความสะดวกในการทดสอบเคลื่อนที่ของยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนด้วย โดยตำแหน่งติดตั้งนั้นได้เลือกติดตั้ง บริเวณใกล้กับจุดศูนย์ถ่วงมวล เพื่อความสะดวกในการปรับแต่งความสมดุลของน้ำหนักภายหลัง



รูปที่ 5.16 ออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ส่งข้อมูลแบบไร้สาย

5.1.7 รูปแบบโดยรวมของการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดทั้งหมด
 หลังจากทำการออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ทั้งหมดแล้ว จะได้ยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนจะมี
 ลักษณะดังรูปที่ 5.17



รูปที่ 5.17 การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดทั้งหมด

5.2 การสร้างยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน

หลังจากการออกแบบยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนแล้ว ได้ทำการค้นคว้าลักษณะยานพาหนะที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดที่มีลักษณะใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้ เพื่อนำมาดัดแปลงแก้ไข และพัฒนาให้เข้ากับลักษณะยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนที่ต้องการ รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องติดตั้งบนยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนได้ทำการเลือกอุปกรณ์มาใช้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ในขั้นตอนของการออกแบบ โดยมีรายละเอียดมีดังนี้

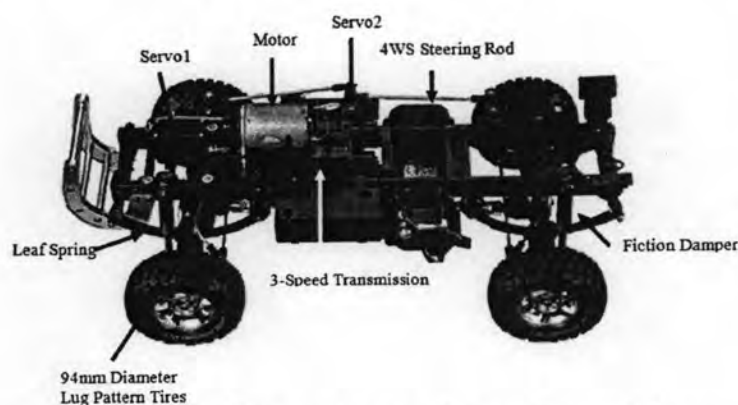
5.2.1. การกำหนดและเลือกอุปกรณ์

5.2.1.1 การเลือกยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้อัตราส่วนของยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนขนาด 1:10 เนื่องจากขนาดของยานพาหนะในอัตราส่วนนี้มีความเหมาะสมตามที่ได้ออกแบบไว้ หลังจากทำการเลือกยานพาหนะที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ในท้ายสุดได้เลือกยานพาหนะ TAMIYA รุ่น Ford F350 High-Lift ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าพารามิเตอร์กลุ่มตัวแปรไว้มิติที่ออกแบบไว้เช่นกัน ยานพาหนะ Ford รุ่น F350 มีระบบขับเคลื่อน 4 ล้อ และมีพื้นที่บนตัวยานพาหนะที่สามารถติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดลงไปได้ ลักษณะโครงสร้างภายในดังรูปที่ 5.19



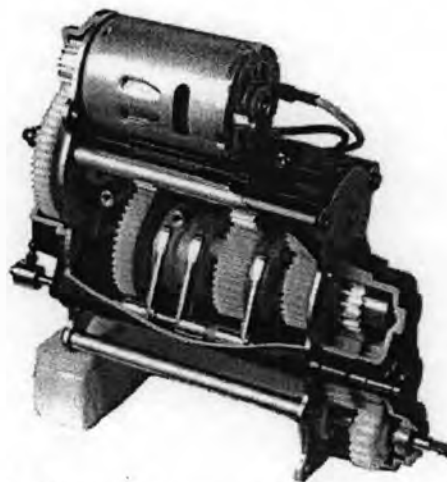
รูปที่ 5.18 ยานพาหนะ TAMIYA รุ่น Ford F350 High-Lift [13]



รูปที่ 5.19 โครงสร้างของ TAMIYA รุ่น Ford F-350 [13]

คุณสมบัติพิเศษของ TAMIYA Ford F-350

- ความสามารถในการเปลี่ยนเกียร์ (3-speed transmission)



รูปที่ 5.20 ชุดเฟืองขับของ TAMIYA รุ่น Ford F-350 [13]

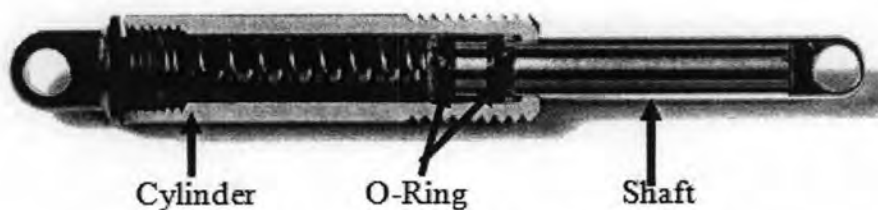
โครงสร้างของชุดส่งกำลังสามารถเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่งที่แตกต่างกันได้ 3 ระดับ โดยระบบคลัตช์ (Clutch) ทำงานโดยใช้เซอร์โวมอเตอร์ในการเปลี่ยนเกียร์



รูปที่ 5.21 อัตราส่วนการเปลี่ยนเกียร์ของ TAMIYA รุ่น Ford F-350

- ระบบรองรับการสั่นสะเทือน

โดยระบบรองรับการสั่นสะเทือนนี้มีความยืดหยุ่นในการปรับระดับความแข็งของระบบรองรับได้ ทำให้มีส่วนช่วยในปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ของกลุ่มตัวแปรไว้มิติได้



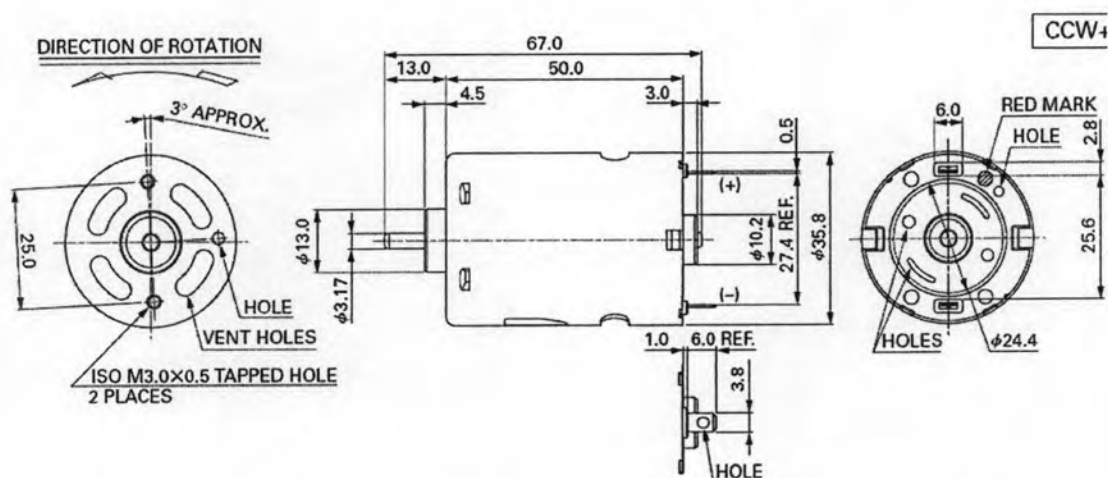
รูปที่ 5.22 โครงสร้างของระบบรองรับการสั่นสะเทือน [13]

- ระบบขับเคลื่อน

ระบบขับเคลื่อนของ Ford-F350 นี้ใช้มอเตอร์กระแสตรงของ Mabuchi Motor รุ่น RS-540SH เป็นชนิดแบบมอเตอร์แปร่งถ่าน ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 5.23



รูปที่ 5.23 มอเตอร์ Mabuchi Motor รุ่น RS-540SH [14]

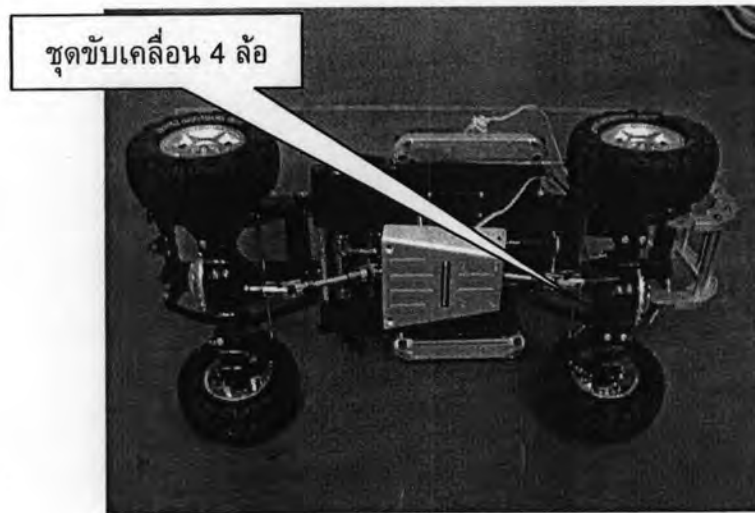


รูปที่ 5.24 ลักษณะโครงสร้างมอเตอร์ Mabuchi Motor รุ่น RS-540SH [14]

คุณสมบัติของมอเตอร์

- Model: RS-540SH
- Voltage: Operation range = 4.5 – 12.0 V
- No load: Speed = 17,500 RPM , Current = 0.95 A
- Maximum Efficiency
 - Speed = 15080 PRM
 - Current = 5.93 A
 - Torque = 31.8 mN x m
 - Output = 50.1 W

- ความสามารถขับเคลื่อน 4 ล้อ (Four wheels Drive)
การเคลื่อนที่ของยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนขับเคลื่อนแบบ 4 ล้อ โดยอาศัยชุดเพลาในการส่งแรงขับจากด้านหน้าไปยังด้านหลัง ทำให้ระบบขับเคลื่อนทำงานพร้อมกัน



รูปที่ 5.25 ชุดขับเคลื่อน 4 ล้อ

- ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ของ Futaba รุ่น MC330CR
อุปกรณ์ชุดนี้ทำหน้าที่ควบคุมระดับความเร็วของมอเตอร์ เบรก และถอยหลัง โดยรับสัญญาณแบบพัลส์วิดท์มอดูเลชันจากไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ส่งมาให้



รูปที่ 5.26 ชุดควบคุมความเร็ว [15]

คุณสมบัติของชุดควบคุมความเร็ว

- Model: MC330CR
- Capacity: 6-7 Cells
- Motor Limit: 13 – 27 turns
- Current (fwd/rev): 200A/100A

- ชุดควบคุมมุมเดี่ยวและชุดปรับเปลี่ยนอัตราทดของชุดส่งกำลังระบบนี้ใช้เซอร์โวมอเตอร์ของ Futaba รุ่น S3003 จำนวน 2 ตัว โดยใช้สำหรับชุดควบคุมมุมเดี่ยวที่ล้อ 1 ตัว และควบคุมการเปลี่ยนอัตราทดชุดส่งกำลัง 1 ตัว



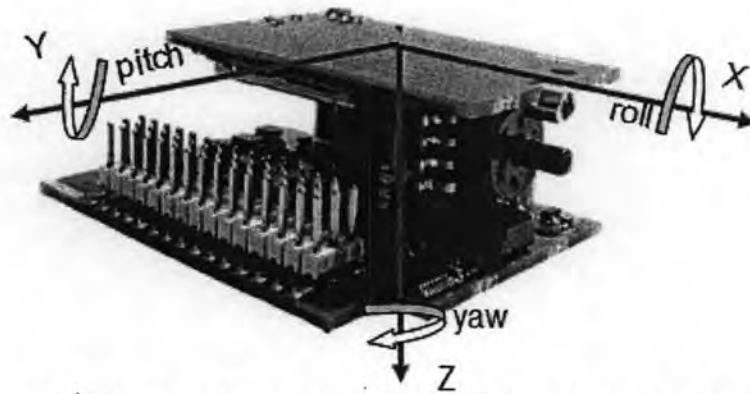
รูปที่ 5.27 ลักษณะเซอร์โวมอเตอร์ของ Futaba รุ่น S3003 [16]

คุณสมบัติของ Futaba S3003

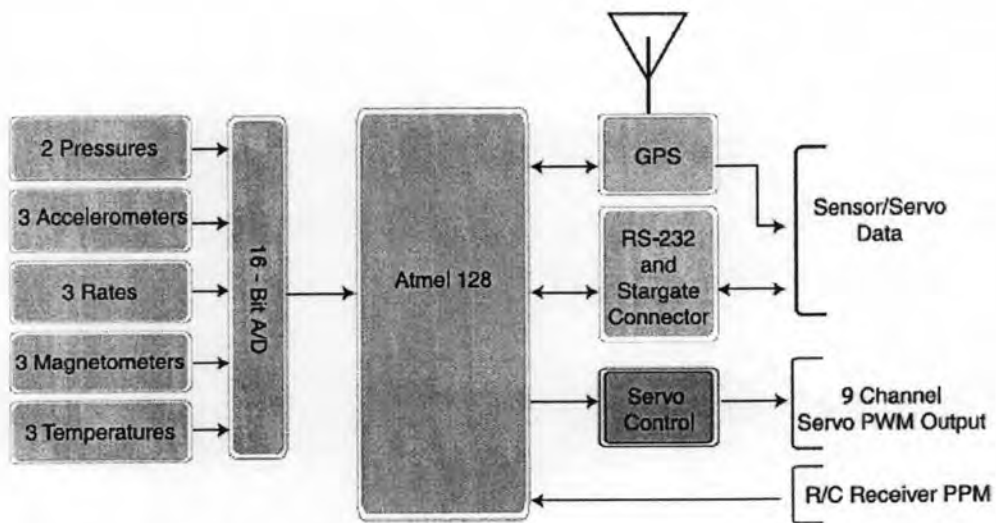
- Control System: +Pulse Width Control 1520usec Neutral
- Current Drain (4.8V) : 7.2mA/idle
- Required Pulse: 3-5 Volt Peak to Peak Square Wave
- Current Drain (6.0V): 8mA/idle
- Operating Voltage: 4.8-6.0 Volts
- Direction: Counter Clockwise/Pulse Traveling 1520-1900usec
- Operating Temperature Range: -20 to +60 Degree C
- Motor Type: 3 Pole Ferrite
- Operating Speed (4.8V): 0.23sec/60 degrees at no load
- Potentiometer Drive: Indirect Drive
- Operating Speed (6.0V): 0.19sec/60 degrees at no load
- Bearing Type: Plastic Bearing
- Stall Torque (4.8V) : 44 oz/in. (3.2kg.cm)
- Connector Wire Length: 12"
- Operating Angle: 45 Deg. one side pulse traveling 400usec
- Dimensions: 1.6" x 0.8"x 1.4" (41 x 20 x 36mm)
- Weight: 1.3oz. (37.2g)

5.2.1.2 การเลือกอุปกรณ์ตรวจวัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุม

ได้เลือกใช้อุปกรณ์ตรวจวัดของบริษัท Crossbow รุ่น UNAV 100CA ซึ่งเป็นเซนเซอร์ที่สามารถตรวจวัดความเร่งเชิงเส้นและความเร็วเชิงมุมได้ทั้งสามแนวแกน



รูปที่ 5.28 ทิศทางแกนของ Crossbow รุ่น UNAV 100CA [17]



รูปที่ 5.29 แผนผังการทำงานภายในของ Crossbow รุ่น UNAV 100CA [17]

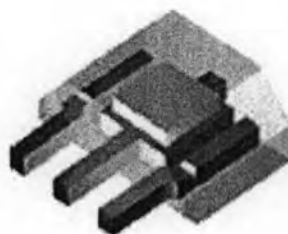
คุณสมบัติ Crossbow รุ่น UNAV 100CA

- Update Rate (Hz) : 2-100
- Angular Rate Range : ± 150
- Acceleration Range X/Y/Z (g) : ± 2
- Inertial Sensor Bandwidth (Hz) : > 25
- Magnetometer Range (G) : ± 0.75

- Altitude Range (m, MSL) : 0-5000
- Airspeed Range (m/s) : 0-80
- GPS Accuracy (m) : 3
- Operating Temperature (°C) : -5 to +45
- Input Voltage (VDC) : 3.7 to 16
- Power Consumption (W) : < 0.8 (at 5 VDC)
- Digital Output Format : RS-232
- Size (cm) : 5.70 x 4.50 x 1.10
- Weight (g) : 33

5.2.1.3 การเลือกอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วของล้อ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ฮอลล์เซนเซอร์ของบริษัท ALLEGRO รุ่น A1302



รูปที่ 5.30 ฮอลล์เซนเซอร์ของ ALLEGRO รุ่น A1302 [18]

คุณสมบัติของฮอลล์เซนเซอร์

- Low-noise output
- Fast power-on time
- Ratio metric rail-to-rail output
- 4.5 to 6.0 V operations
- Solid-state reliability
- Factory-programmed at end-of-line for optimum performance
- Robust ESD performance

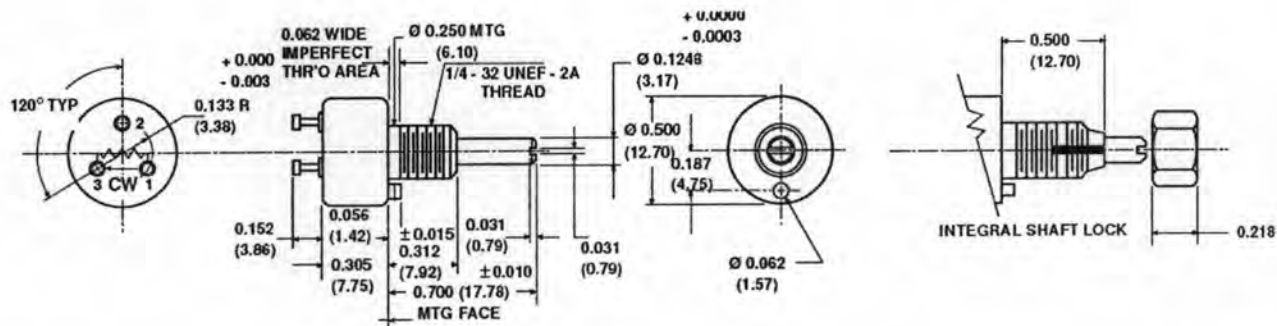
8.2.2.4 การเลือกอุปกรณ์ตรวจวัดมุมบังคับเดี่ยว

เลือกใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ของ Vishay Spectrol รุ่น 140 แบบ 1/2" (12.7mm)

Single - Turn Wire wound Precision Potentiometer ซึ่งมีลักษณะดังรูป



รูปที่ 5.31 ตัวต้านทานปรับค่าได้ของ Vishay Spectrol รุ่น 140 [19]



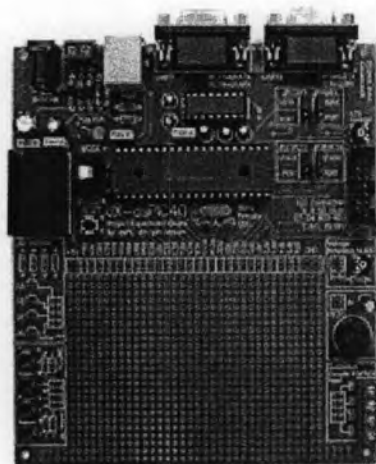
รูปที่ 5.32 ขนาดของตัวต้านทานปรับค่าได้ [19]

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติตัวต้านทานปรับค่าได้ของ Vishay Spectrol รุ่น 140

ELECTRICAL SPECIFICATIONS		
PARAMETER		
Total Resistance	10 k Ω	
Tolerance	$\pm 5\%$	
Absolute Minimum Resistance	Linearity x Total Resistance or 0.5 Ω , whichever is greater	
Linearity (Independent)	$\pm 1.0\%$	
Noise	100 \pm ENR	
Power Rating	2 watts at 40 °C ambient derating linearly to zero at 125 °C	
Insulation Resistance	1,000M Ω min. 0.500VDC	
Dielectric Strength	1,000VRMS, 60 Hz	
Rotation	140 320° \pm 5°	142 350° + 0° - 4°

5.2.1.5 การเลือกอุปกรณ์ตัวควบคุมหลัก

ระบบนี้ได้เลือกใช้ตัวควบคุมหลักของ I-nex รุ่น JX-dsPIC40 [20] ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เบอร์ dsPIC30F4011 โดยรุ่นนี้พิเศษตรงที่มีช่องการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (RS-232) 2 ช่อง ซึ่งเหมาะสมกับความต้องการของระบบงานวิจัยนี้



รูปที่ 5.33 ไมโครคอนโทรลเลอร์ของ I-nex รุ่น JX-dsPIC40 [20]

คุณสมบัติทั่วไป

- Up to 30 MIPS operation:
 - DC to 40 MHz external clock input
 - 4 MHz-10 MHz oscillator input with
 - PLL active (4x, 8x, 16x)
- 30 interrupt sources
- Timer module with programmable prescaler:
- 16-bit timers into 32-bit timer modules
- 16-bit Capture input functions
- 16-bit Compare/PWM output functions
- 2 UART modules with FIFO Buffers
- 6 PWM output channels
- 10-bit Analog-to-Digital Converter (A/D) with 4 S/H Inputs:
 - 500 Ksps conversion rate
 - 9 input channels
 - Conversion available during Sleep and Idle

5.2.1.6 การเลือกอุปกรณ์ตัวส่งข้อมูลแบบไร้สาย

การรับ-ส่งข้อมูลมีหลายชนิดขึ้นกับจำนวนข้อมูลที่ส่ง ระยะเวลาการรับ-ส่ง รวมถึงการทนต่อสัญญาณการรบกวนของคลื่นความถี่ที่ใช้งาน ดังนั้นสามารถที่จะสรุปการส่งสัญญาณแต่ละประเภทเป็นดังนี้

AM (Amplitude Modulation) เป็นระบบที่มีราคาถูกที่สุดแต่มีปัญหาเรื่องสัญญาณถูกรบกวน คือง่ายต่อการรบกวนของสัญญาณข้างเคียง เช่น มีคลื่นความถี่ของอุปกรณ์อื่นข้างเคียงภายในบริเวณนั้น ทำให้เกิดการรบกวนของสัญญาณ

FM (Frequency Modulation) เป็นระบบการรับ-ส่งสัญญาณที่ทนต่อสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์ข้างเคียงได้ดี แต่ระบบคลื่นนี้จะมีสัญญาณรบกวนที่จะเกิดจากระบบเองเช่น เกิดจากตัวมอเตอร์ หรือ เครื่องพาหนะของตัวยานพาหนะเอง

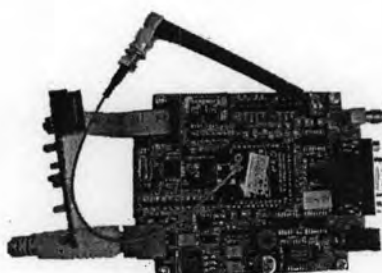
PCM (Pulse Code Modulation) เป็นระบบการรับ-ส่งที่มีประสิทธิภาพดีมากในเรื่องของการรับ-ส่งสัญญาณเพราะว่าการรับ-ส่งข้อมูลจะเป็นแบบดิจิทัลกล่าวคือข้อมูลที่ใช้ในการทำงานจะรับเป็นชุดคำสั่ง ดังนั้นถ้าเกิดสัญญาณรบกวนเข้าก็จะมีผลต่อการทำงานของระบบ

Wireless LAN เป็นระบบการรับ-ส่งข้อมูลแบบดิจิทัลที่มีการรับ-ส่งจำนวนข้อมูลในระดับเมกabitต่อวินาที ซึ่งเป็นระดับข้อมูลจำนวนมากที่สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่างๆบนตัวยานพาหนะได้เป็นอย่างดี

จากข้อมูลของประเภทการส่งข้อมูลจะเห็นได้ว่ายานพาหนะจริงแบบย่อส่วนที่ใช้มีการติดตั้งอุปกรณ์ด้วยจำนวนข้อมูลที่มาก และตัวยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนมีการเคลื่อนที่ ดังนั้นการเลือกตัวรับ-ส่งข้อมูล จึงจำเป็นต้องเลือกอุปกรณ์ที่สามารถส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนมาก รวมถึงการรับ-ส่งที่ไม่มีการรบกวนของสัญญาณจากแหล่งอื่น และการขาดหายของข้อมูล ฉะนั้นแล้วจึงเลือกใช้อุปกรณ์การส่งข้อมูลแบบ Wireless Lan ตามมาตรฐานของ IEEE 802.15.4 ด้วยย่านความถี่ 2.4GHz ซึ่งตัวที่เลือกใช้ในที่นี้เป็นของบริษัท MaxStream รุ่น XbeePro โดยมีคุณสมบัติและรายละเอียดดังนี้

ตาราง 5.2 ข้อมูลจำเพาะของตัวรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย

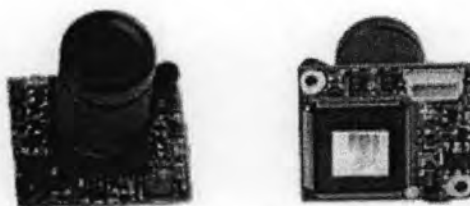
Specifications	XBee-PRO
Indoor/urban Range:	Up to 300'(100m)
Outdoor line-of-sight Range:	Up to 1mile(1.6Km)
Transmit Power Output:	100 mW(20dBm) EIRP
Power-down Current:	<10 μ A
Operating Frequency:	2.4 GHz
RF Data Rate:	2500,000 bps



รูปที่ 5.34 ชุดตัวรับ-ส่งข้อมูลที่จะติดตั้งบนตัวยานพาหนะ [21]

5.2.1.7 การเลือกอุปกรณ์ตัวส่งภาพการเคลื่อนที่แบบไร้สาย

การส่งภาพการเคลื่อนที่แบบไร้สายที่ติดตั้งบนตัวยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน สิ่งที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือเรื่องของขนาดกล้อง ความละเอียดของภาพที่ได้ การสิ้นเปลืองพลังงาน และจากการศึกษาค้นคว้าจึงได้กล้องของ BWAV color CCD Model KX141 โดยใช้เลนส์ของ Panasonic ดังรูปที่ 5.35



รูปที่ 5.35 กล้องของ BWAV Model KX141 [22]

คุณสมบัติทั่วไป

- Resolution: over 480 lines
- Sensitivity: 2 lux
- Standard lense: 2.8mm

สำหรับในส่วนของคุณสมบัติส่งภาพไร้สาย จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกย่านความถี่ในการส่งภาพไร้สายให้อยู่นอกช่วงย่านความถี่ของคุณสมบัติอื่นๆที่ส่งข้อมูลไร้สาย ดังนั้นจึงเลือกชุดส่งภาพไร้สายในย่านความถี่ 900-1200MHz เนื่องจากว่าหากใช้ความถี่ในย่าน 2.4GHz แล้วจะมีผลจากการรบกวนของคุณสมบัติส่งสัญญาณข้อมูลภายในยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน



รูปที่ 5.36 กล่องและชุดส่งภาพไร้สาย

5.2.2 ขั้นตอนการติดตั้ง

หลังจากได้ทำการออกแบบและเลือกอุปกรณ์แล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการติดตั้งเชื่อมต่อสัญญาณตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีรายละเอียดในการติดตั้งแต่ละขั้นตอนดังนี้

5.2.2.1 การติดตั้งชุดวัดความเร็วที่ล้อ

การติดตั้งชุดวัดความเร็วที่ล้อจะประกอบด้วย การติดตั้งแม่เหล็กเข้าที่จานของแต่ละล้อ และการติดตั้งฮอลล์เซนเซอร์เข้าที่เพลาล้อ ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองจะต้องทำงานร่วมกัน

5.2.2.1.1 การติดตั้งแม่เหล็กที่ล้อ

ตำแหน่งระยะติดตั้งแม่เหล็กมีความสำคัญมาก เนื่องจากจะมีผลต่อสัญญาณแม่เหล็กที่ส่งออกมา ถ้าติดตั้งใกล้กันเกินไปก็จะเกิดสัญญาณรบกวนจากแม่เหล็กที่บริเวณใกล้กัน ถ้าห่างเกินไปก็จะทำให้ความละเอียดที่ตรวจวัดได้มีค่าความแม่นยำที่ลดลง จากการทดสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีที่สุดของระบบนี้ จะติดตั้งเหล็กทั้ง 10 ก้อน ดังรูปที่ 5.37



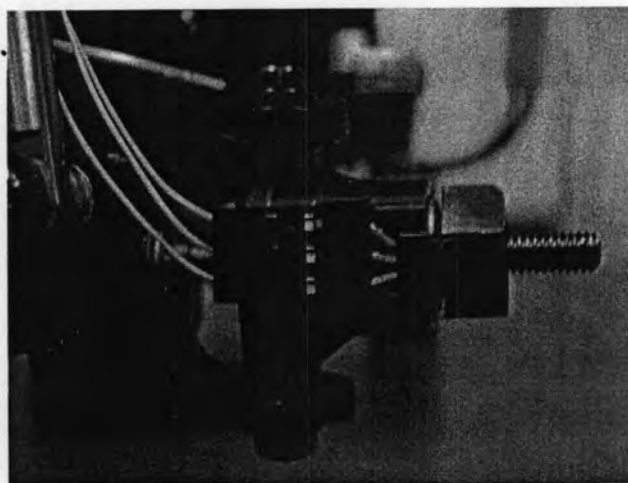
รูปที่ 5.37 แผ่นที่ทำการติดตั้งแม่เหล็ก



รูปที่ 5.38 ล้อที่ทำการติดตั้งแม่เหล็ก

5.2.2.1.2 การติดตั้ง ฮอลล์เซนเซอร์

การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรับสัญญาณจากแม่เหล็กหรือฮอลล์เซนเซอร์นั้น ต้องมีระยะไม่ห่างจากแม่เหล็กมากนักเนื่องจากระยะมีผลต่อความแม่นยำในการตรวจจับ และจะต้องคำนึงถึงสายสัญญาณข้อมูลจากฮอลล์เซนเซอร์ สายไฟเลี้ยง สายดิน จะต้องจัดเก็บให้ดี เพื่อไม่ให้เกิดขวางการทำงานของอุปกรณ์อื่นในขณะที่ยานพาหนะกำลังเคลื่อนที่

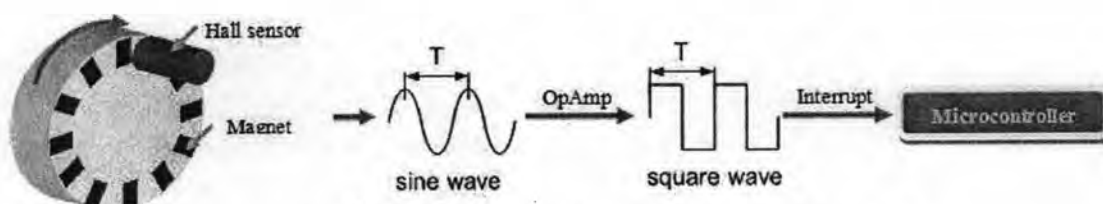


รูปที่ 5.39 ตำแหน่งติดตั้งฮอลล์เซนเซอร์ที่แกนล้อ

หลังจากการติดตั้งแท่งแม่เหล็กและฮอลล์เซนเซอร์แล้วนำมาประกอบดังรูปที่ 5.40 หลังจากนั้นได้ออกแบบและสร้างวงจรในการแปลงสัญญาณที่ได้จากฮอลล์เซนเซอร์ก่อนสัญญาณเข้ายังตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์บนยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน ดังรูปที่



รูปที่ 5.40 ตำแหน่งชุดวัดความเร็วที่ล้อ



รูปที่ 5.41 การวิเคราะห์สัญญาณจากฮอลล์เซนเซอร์

จากรูปที่ 5.41 แสดงการวิเคราะห์สัญญาณจากฮอลล์เซนเซอร์ โดยการเปลี่ยนแปลงระดับศักย์ทางไฟฟ้าของฮอลล์เซนเซอร์ผ่านวงจรเปรียบเทียบระดับสัญญาณศักย์ไฟฟ้า เพื่อให้สัญญาณก่อนเข้าตัวประมวลผลหลัก ได้ลักษณะสัญญาณออกมาเป็น 1 เมื่อเจอแม่เหล็ก และ 0 กรณีไม่เจอแม่เหล็ก โดยสัญญาณที่ได้ ตัวประมวลผลหลักจะคำนวณเป็นความเร็วออกมา ตามที่ได้เขียนโปรแกรมไว้

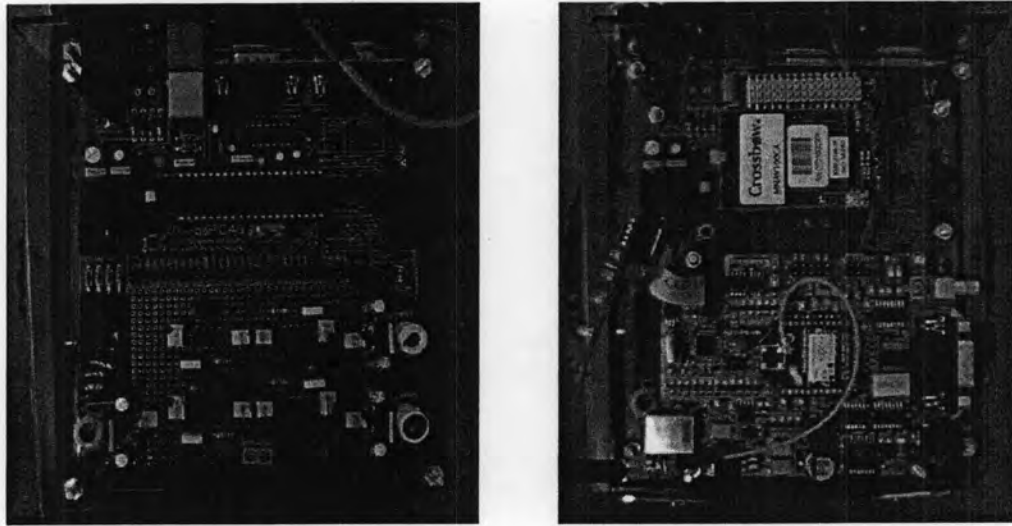
5.2.2.2 การติดตั้งชุดวัดมุมเลี้ยว

ในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดมุมบังคับเลี้ยวล้อ จะต้องคำนึงถึงกลไกในการบังคับเลี้ยวของยานพาหนะ และพื้นที่ในการติดตั้งตัวต้านทานปรับค่าได้ด้วย ซึ่งท้ายสุดได้เลือกตำแหน่งติดตั้งดังรูปที่ 5.36 คือบริเวณจุดหมุนของเซอร์โวมอเตอร์บังคับเลี้ยว และได้สร้างอุปกรณ์ในการจับยึดตัวต้านทานปรับค่าได้เพิ่มด้วย

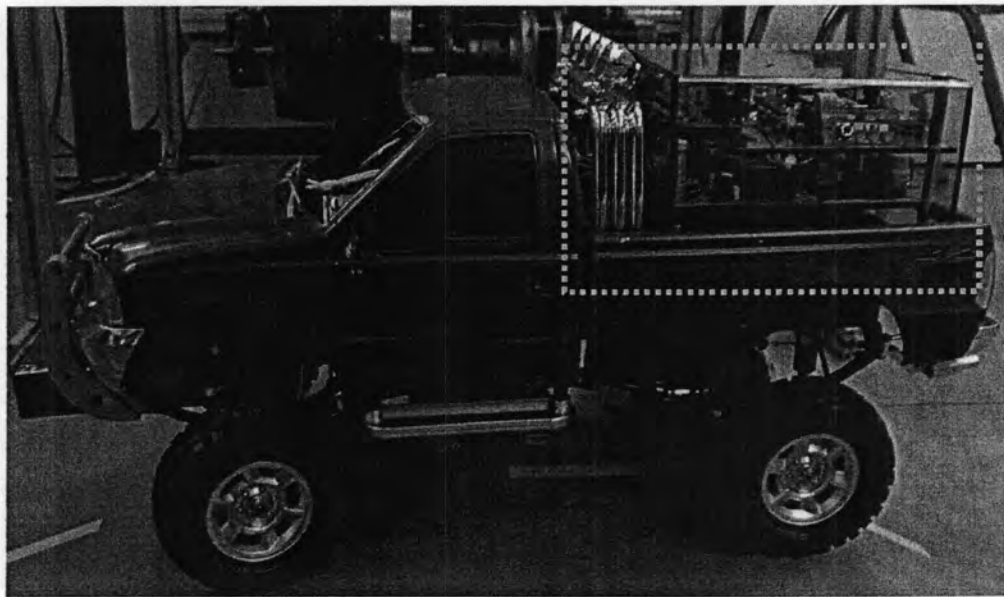


รูปที่ 5.42 ตำแหน่งชุดวัดมุมล้อ

5.2.2.3 การติดตั้งชุดความเร่งเชิงเส้น ชุดรับ-ส่งข้อมูลไร้สายและชุดประมวลผล การติดตั้งอุปกรณ์บนตัวยานพาหนะจริงแบบย่อส่วน ได้ออกแบบให้อุปกรณ์ทั้งหมดบรรจุอยู่ในกล่องบนหลังตัวยานพาหนะ เพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ โดยกล่องจะแบ่งออกเป็นสองชั้น สำหรับชั้นบนจะทำการติดตั้งชุดวัดความเร่งเชิงเส้น และชุดรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย และในส่วนของชั้นล่างทำการติดตั้งชุดประมวลผลและชุดวัดความเร็วล้อ



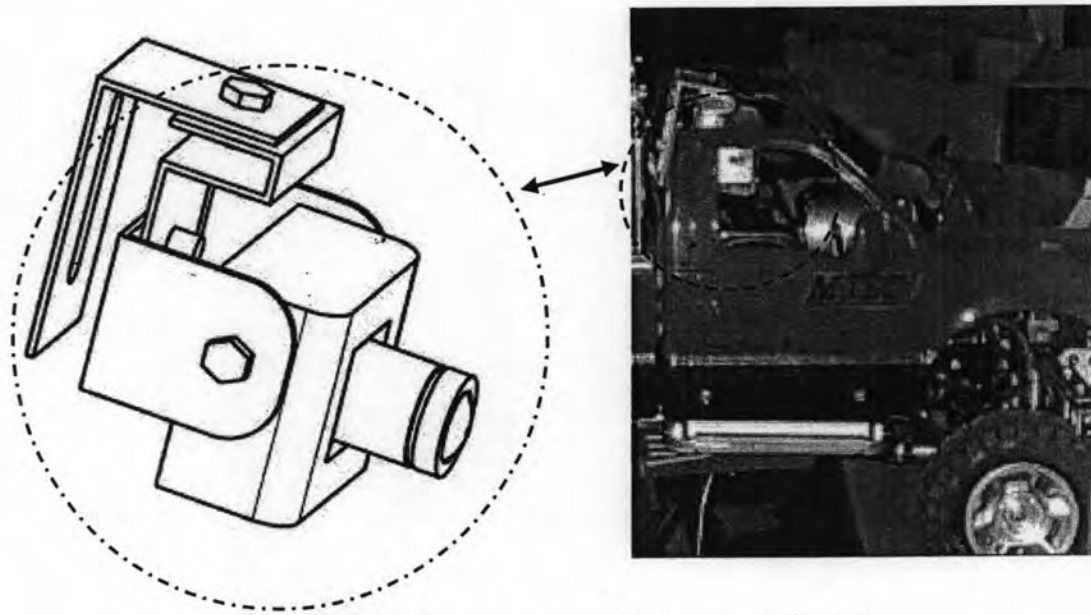
รูปที่ 5.43 ตำแหน่งอุปกรณ์ชั้นล่าง (ซ้าย) อุปกรณ์ชั้นบน (ขวา)



รูปที่ 5.44 ตำแหน่งกล่องควบคุม

5.2.2.4 การติดตั้งอุปกรณ์ชุดส่งภาพเคลื่อนไหว

การติดตั้งอุปกรณ์บนตัวยานพาหนะจริงแบบย่อส่วนในการส่งภาพเคลื่อนไหวได้ ทำการติดตั้งในตำแหน่งมุมมองเสมือนของผู้ขับขี่ โดยเลือกใช้ขนาดเลนส์ของกล้องตามที่ได้คำนวณไว้ในหัวข้อ 5.1.5 ตำแหน่งที่ติดตั้งบนตัวยานพาหนะนั้น ได้คำนึงถึงลักษณะตำแหน่งการมองเห็นของผู้ขับขี่ โดยออกแบบให้ที่ยึดติดตั้งกล้องสามารถปรับการมองเห็นคล้ายลักษณะ การเคลื่อนที่ของศีรษะ คือ สามารถที่จะมอง ขึ้น-ลง หันซ้าย-ขวาได้ ตามมุมมองความรู้สึกของผู้ขับขี่แต่ละคน



รูปที่ 5.45 ตำแหน่งของกล้องถ่ายภาพเคลื่อนไหว