



รายงานการวิจัย

ความไวของตัวตรวจจับแบบวงกลมที่เนื่องมาจากยานพาหนะขนาดเล็ก Sensitivity Measurement of Small Vehicle Inductive Loop Sensors

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร. รังสรรค์ ทองทา

ผู้ร่วมวิจัย

ร.อ. ประโยชน์ คำสวัสดิ์

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2542

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กันยายน 2545

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ได้ช่วยให้งานวิจัยนี้เสร็จลุล่วงด้วยดี เจ้าหน้าที่จากศูนย์เครื่องมือ F3 ที่ช่วยติดตั้งและทดสอบตัวตรวจจับ เจ้าหน้าที่จากส่วนอาคารสถานที่ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการติดตั้ง นักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมที่ได้ช่วยออกแบบและทดสอบหารูปแบบที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการและที่ติดตั้งจริง

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ

2542

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อหารูปแบบของตัวตรวจจับแบบวงกลม (Inductive-Loop Detectors) ที่จะมาใช้ตรวจจับยานพาหนะ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะเพิ่มความไวของตัวตรวจจับให้มากกว่าตัวตรวจจับในรูปแบบมาตรฐาน ทำการติดตั้งตัวตรวจจับที่ได้ออกแบบลงบนพื้นผิวถนนและทดสอบหาความไว จากการทดสอบพบว่าตัวตรวจจับแบบวงกลมในรูปแบบมาตรฐานจะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่สูงสุดประมาณ 0.133 % ในขณะที่ตัวตรวจจับที่ได้พัฒนาขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงความถี่สูงสุดประมาณ 0.144 % เมื่อมีรถจักรยานยนต์อยู่เหนือตัวตรวจจับ นอกจากนี้ยังพบว่าตัวตรวจจับที่ได้พัฒนาขึ้นมีความไวใกล้เคียงกันมากกว่า เมื่อยานพาหนะวิ่งผ่านตัวตรวจจับในตำแหน่งที่แตกต่างกัน

Abstract

The objectives of this research are to design and implement a more sensitive inductive-loop sensor used for traffic monitors. The results show that when a motorcycle pass over the detectors, the conventional loop and the designed loop has the maximum frequency deviation about 0.133% and 0.144% respectively. The results also show that the designed loop exhibits more uniform sensitivity over the loop area than that of the conventional loop.

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ข
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	ง
สารบัญตาราง	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 วิธีดำเนินการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวตรวจจับแบบวงกลม	4
2.1 โครงสร้างและค่าความเหนียวของตัวตรวจจับ	4
2.2 ความถี่ที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่	5
2.3 ข้อจำกัดของตัวตรวจจับแบบวงกลม	7
บทที่ 3 การพัฒนาและติดตั้งตัวตรวจจับแบบวงกลม	8
3.1 การพัฒนาในห้องวิจัย	8
3.2 การติดตั้งตัวตรวจจับลงบนผิวการจราจรจริง	9
บทที่ 4 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล	12
4.1 วิธีการเก็บข้อมูล	12
4.2 การประมวลผลข้อมูล	13
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	15
บทที่ 5 สรุป	16
บรรณานุกรม	17
ประวัตินักวิจัย	18

สารบัญภาพ

รูปที่ 1	แสดงระบบตรวจจับยานพาหนะแบบใช้ตัวตรวจจับแบบวงกลม	4
รูปที่ 2	แสดงการเช่าะร่องและแนวการพันสายไฟของตัวตรวจจับแบบวงกลม.....	5
รูปที่ 3	แสดงวงจร Colpitts Oscillators โดยมีตัวตรวจจับเป็นส่วนร่วมกำหนดความถี่	6
รูปที่ 4	แสดงตัวตรวจจับที่มีความไวมาก แต่ก็มีควมซับซ้อนในการติดตั้งมากจนเกินไป.....	8
รูปที่ 5	แสดงตัวตรวจจับแบบวงกลมที่เลือกใช้ และลำดับการเดินสาย 1 รอบ	8
รูปที่ 6	แผนที่แสดงจุดติดตั้งตัวตรวจจับ และลักษณะทางกายภาพของตัวตรวจจับ.....	9
รูปที่ 7	แสดงการเช่าะร่อง ขณะทำการติดตั้งตัวตรวจจับรูปแบบมาตรฐาน	10
รูปที่ 8	แสดงตัวตรวจจับรูปแบบที่พัฒนาขึ้น หลังจากเช่าะร่องเสร็จ.....	10
รูปที่ 9	แสดงการวางสายไฟลงในร่อง.....	11
รูปที่ 10	แสดงการปิดทับร่อง หลังจากทำการวางสายไฟลงในร่อง	11
รูปที่ 11	แสดงส่วนประกอบของการเก็บข้อมูล	12
รูปที่ 12	แสดงการเปลี่ยนแปลงความถี่ เมื่อมีรถจักรยานยนต์วิ่งผ่าน Loop #1 ที่ตำแหน่งต่างๆ	14
รูปที่ 13	แสดงการเปลี่ยนแปลงความถี่ เมื่อมีรถจักรยานยนต์วิ่งผ่าน Loop #2 ที่ตำแหน่งต่างๆ	15

สารบัญตาราง

<u>ตารางที่ 1</u>	แสดงความถี่ที่วัดได้เมื่อมีรถจักรยานยนต์ขนาดมาตรฐาน เข้ามาในตัวตรวจจับ	13
<u>ตารางที่ 2</u>	แสดงความถี่ที่วัดได้เมื่อมีรถจักรยานยนต์ขนาดเล็ก เข้ามาในตัวตรวจจับ	13

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของปัญหา

การควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้น สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ได้สองประเภทคือ

1. แบบใช้คนควบคุม (manual systems)
2. แบบอัตโนมัติ (automatic systems)

แบบที่ใช้คนควบคุมนั้น ผู้ควบคุมจำเป็นต้องเห็นสภาพการจราจรที่ตนเป็นผู้ควบคุมอยู่ ไม่ว่าจะเป็นด้วยตาเปล่าหรือผ่านกล้องโทรทัศน์ ผู้ควบคุมนี้อาจจะเป็นเจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่ประจำ หรือ อาจจะเป็นคนเดินเท้าที่ต้องทำการข้ามถนนก็ได้ ทำให้มีข้อจำกัดในการทำงานและสิ้นเปลืองทรัพยากร มากกว่าวิธีหลัง

สำหรับแบบอัตโนมัตินี้จะแบ่งออกเป็นระบบย่อยๆ ได้สองวิธี

2.1 ระบบตั้งเวลา (Timer Systems) โดยสัญญาณไฟจราจรจะทำการเปิด-ปิด ด้วยระยะเวลาที่ถูกตั้งไว้ล่วงหน้า โดยไม่สนใจสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริงในขณะนั้นๆ ซึ่งเป็นระบบที่มีใช้เกือบทั้งหมดในประเทศไทย

2.2 ระบบที่กระตุ้นโดยยานพาหนะ (Vehicle-Actuated Systems: VA) โดยสัญญาณไฟจราจรจะถูกควบคุมจากยานพาหนะที่ปรากฏอยู่จริงในขณะนั้น ดังนั้นระบบนี้จึงสามารถทำการควบคุมสัญญาณไฟจราจรเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพมาก

ระบบ VA นี้เป็นระบบที่มีการใช้น้อยมากในประเทศไทย และทั้งหมดเป็นการนำเข้ามาจากต่างประเทศ หัวใจของระบบ VA ก็คืออุปกรณ์ตรวจจับ (detector) ที่จะทำการตรวจสอบว่ามียานพาหนะปรากฏอยู่หรือไม่ จากนั้นจึงนำข้อมูลไปประมวลผลต่อไป ซึ่งตัวตรวจจับที่มีใช้งานอยู่ยกตัวอย่างเช่น

กล้องจับภาพ (Cameras) อาศัยภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด ซึ่งวิธีนี้จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่มามีประมวลผลภาพที่ได้ ซึ่งอุปกรณ์นี้รวมทั้งกล้องเองมักจะมีราคาแพง และจำเป็นต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้นระบบนี้จึงไม่เหมาะกับทางแยกที่ห่างไกล

ตัวตรวจจับอินฟราเรด (Infrared Detectors) จะทำการตรวจจับคลื่นความร้อนที่แผ่ออกมาจากยานพาหนะในรูปของรังสีอินฟราเรด ตัวตรวจจับนี้มีราคาถูกกว่ากล้องจับภาพ และไม่ต้องการประมวลผลที่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียที่ตัวตรวจจับอินฟราเรดที่นอกจากจะตรวจจับยานพาหนะแล้ว ยังตรวจจับคนเดินเท้าหรือสัตว์ที่อยู่บริเวณนั้นด้วย

ตัวตรวจจับแบบท่อ (Road Tubes) ประกอบด้วยท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 ซม. ปิดปลายอีกด้าน เมื่อมียานพาหนะวิ่งทับบนท่อ จะทำให้เกิดความดันในท่อเพิ่มขึ้น ที่ปลายท่ออีกด้านจะมีสวิทช์ที่ทำงานด้วยความดัน ซึ่งสามารถนำสัญญาณไปใช้ต่อไป ตัวตรวจจับประเภทนี้มีข้อได้เปรียบที่สามารถทำการติดตั้งได้ง่าย และราคาถูก แต่มีข้อเสียเปรียบคือมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่า เนื่องจากถูกยานพาหนะกดทับลงบนตัวตรวจจับโดยตรง

ตัวตรวจจับแบบวงกลม (Loop Detectors) เป็นการนำตัวนำที่หุ้มด้วยฉนวน มาขุดให้เป็นวงขนาดประมาณกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร 3-8 รอบ แล้วฝังลงไปประมาณ 3-5 ซม. จากพื้นผิวถนน เมื่อมียานพาหนะปรากฏอยู่เหนือตัวตรวจจับ จะทำหือค่าความเหนี่ยวนำของมันเปลี่ยนไป ตัวตรวจจับประเภทนี้เป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากมีราคาถูก ทนทาน และไม่ต้องการการบำรุงรักษาแต่อย่างใด

นอกจากตัวตรวจจับมาตรฐานข้างต้น ปัจจุบันยังได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ ยกตัวอย่างเช่น ตัวตรวจจับประเภทไมโครเวฟ ตัวตรวจจับแบบพิโซอิเล็กทริก ตัวตรวจจับแบบไฟเบอร์ออปติก โดยสองชนิดหลังนี้สามารถใช้งานประเภท Weigh-in-Motion (WIM) กล่าวคือทำการชั่งน้ำหนักรถในขณะที่ทำการวิ่ง ซึ่งทำให้รถไม่จำเป็นต้องเสียเวลาหยุดเพื่อเข้าด้านชั่งน้ำหนักแต่อย่างใด [1]

ถึงแม้ตัวตรวจจับแบบวงกลมจะมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานแล้วก็ตาม แต่ตัวตรวจจับแบบวงกลมรูปแบบมาตรฐานคือเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะมีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถตรวจจับยานพาหนะที่มีขนาดเล็กได้อย่างแม่นยำ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโลหะของยานพาหนะที่มีขนาดเล็กจะมีปริมาณที่น้อยกว่านั่นเอง ปัญหาจะเกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้งานกับอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่นำเข้าจากต่างประเทศ เพราะในต่างประเทศจะไม่มียานพาหนะขนาดเล็กเช่นรถจักรยานยนต์ มาวิ่งบนทางหลวงแผ่นดินมากนัก

1.2 วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ที่จะพัฒนาหาตัวตรวจจับแบบวงกลม (loop detectors) ที่มีความไวมากกว่าตัวตรวจจับแบบวงกลมมาตรฐานทั่วไป แต่ทั้งนี้ตัวตรวจจับที่พัฒนาขึ้นจะต้องไม่มีความยุ่งยากในการติดตั้งลงบนผิวถนนมากเกินไป จากนั้นจะทำการติดตั้งตัวตรวจจับที่พัฒนาได้ลงบนผิวถนนจริง เพื่อทำการวัดหาความไว โดยเทียบกับตัวตรวจจับแบบวงกลมมาตรฐาน

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการหารูปแบบที่เหมาะสมและวัดหาความไวภายในห้องวิจัย โดยติดตั้งตัวตรวจจับลงบนกระดานไม้อัด โดยที่ตามมุมต่างๆของของตัวตรวจจับจะใช้ตะปูขนาดเล็กตอกลงบนไม้อัด เพื่อให้สายไฟได้พันไปตามรูปทรงที่ต้องการ จากนั้นทำการวัดหาความเหนียวนาที่เปลี่ยนไปเพื่อมีรถจักรยานวิ่งมาอยู่บนตัวตรวจจับ
2. ทำการติดตั้งตัวตรวจจับที่พัฒนาได้และตัวตรวจจับมาตรฐานลงบนพื้นผิวถนนจริง เพื่อทำการเปรียบเทียบความไวของตัวตรวจจับทั้งสอง และพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการติดตั้งตัวตรวจจับที่เราพัฒนาได้ ภายใต้สถานการณ์จริง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

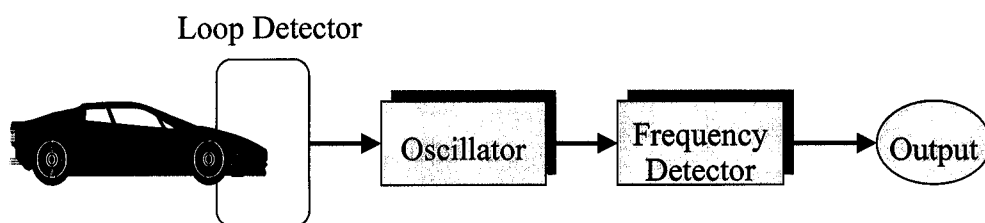
1. ได้รูปแบบของตัวตรวจจับแบบวงกลมที่มีความไวมากขึ้น เพื่อนำไปใช้งานต่อไป
2. เป็นแนวทางที่จะพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ที่จะใช้งานควบคู่กับตัวตรวจจับที่ได้ทำการติดตั้งไว้แล้ว เพื่อทำการควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยอัตโนมัติ
3. ลดการพึ่งพาเทคโนโลยี และการนำเข้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากต่างประเทศ

บทที่ 2

ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวตรวจจับแบบวงกลม

ตัวตรวจจับแบบวงกลม (loop detectors) โดยความจริงแล้วก็คือตัวเหนี่ยวนำ (inductors) ที่มีขนาดโตกว่าตัวเหนี่ยวนำปกติทั่วไป ดังนั้นเมื่อเราเพิ่มจำนวนรอบให้มากขึ้น ค่าความเหนี่ยวนำที่ได้ก็จะมากขึ้น เมื่อมีโลหะมาวางอยู่ภายในพื้นที่ของวง จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเปลี่ยนไป โดยปกติแล้วตัวตรวจจับจะต้องต่ออยู่กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อตรวจสอบหาค่าความเหนี่ยวนำที่เปลี่ยนไป

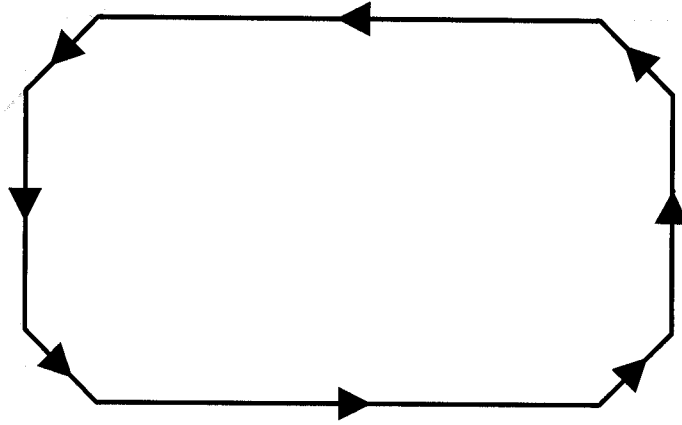
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวมักจะเป็นวงจรกำเนิดความถี่ (oscillator) โดยที่ตัวตรวจจับเป็นส่วนหนึ่งที่ควบคุมความถี่ที่ได้ ความถี่ที่สร้างมักจะอยู่ในช่วงประมาณ 20-100 kHz ทั้งนี้ในระบบที่มีตัวตรวจจับอยู่ในบริเวณเดียวกันหลายตัว เราจำเป็นต้องตั้งให้ตัวตรวจจับแต่ละตัวสร้าง ความถี่ที่แตกต่างกันไป เพื่อป้องกันการรบกวนกันและกัน



รูปที่ 1 แสดงระบบตรวจจับยานพาหนะแบบใช้ตัวตรวจจับแบบวงกลม

2.1 โครงสร้างและค่าความเหนี่ยวนำของตัวตรวจจับ

โดยปกติแล้วตัวตรวจจับจะสร้างจากสายไฟหุ้มฉนวนขนาด 12-16 AWG (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.05-1.29 มม.) การติดตั้งลงบนผิวถนนสามารถทำได้โดยทำการเจาะร่องขนาดกว้างประมาณ 1 ซม. ลึก 3-5 ซม. เมื่อวางสายไฟลงไปเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงปิดทับด้วยแอสฟัลต์ (asphalt) ซึ่งลักษณะของตัวตรวจจับมาตรฐานมักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีการตัดมุมทั้งสี่เพื่อลดโอกาสที่สายจะแตกหักเนื่องมาจากการหักมุม ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการเซาะร่องและแนวการพันสายไฟของตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กแบบวงกลม

ค่าความเหนี่ยวนำของตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กสามารถประมาณได้จากสมการที่ 2.1

$$L = \frac{\mu_r \mu_o N^2 A F}{l} \quad (2.1)$$

โดย μ_r = Relative permeability

$$\mu_o = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$$

N = จำนวนรอบของตัวตรวจจับสนามแม่เหล็ก

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวตรวจจับสนามแม่เหล็ก

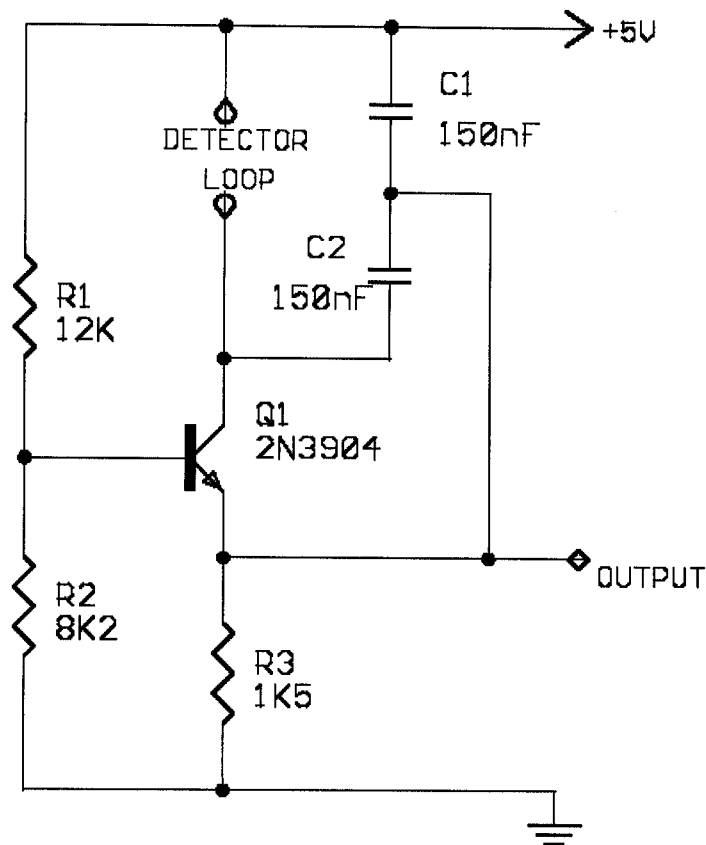
F = ตัวปรับปรุง

l = ความยาวตามเส้นรอบรูปของตัวตรวจจับสนามแม่เหล็ก

ซึ่งปกติแล้วค่าความเหนี่ยวนำเมื่อรวมกับสายนำสัญญาณแล้ว จะมีค่าในช่วง 20-1000 μH และเมื่อมียานพาหนะมาปรากฏอยู่บนตัวตรวจจับสนามแม่เหล็ก จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเปลี่ยนไปเล็กน้อย เนื่องจากค่า μ_r ของยานพาหนะ ซึ่งตามมาตรฐานของ NEMA (National Electrical Manufacturers Association) กำหนดให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต่ออยู่กับตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กแบบวงกลมจะต้องสามารถวัดการเปลี่ยนแปลง $\Delta L/L = 0.02\%$ ได้เป็นอย่างต่ำ [2]

2.2 ความถี่ที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่

วงจรกำเนิดความถี่มักจะเป็นชนิด Colpitts Oscillator ที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำ 1 ตัว และตัวเก็บประจุ 2 ตัว ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงวงจร Colpitts Oscillators โดยมีตัวตรวจจับเป็นส่วนร่วมกำหนดความถี่ [3]

ความถี่ที่ได้จากวงจรสามารถหาได้จากสมการที่ 2.2

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_D C_D}} \quad (2.2)$$

เมื่อ L_D เป็นค่าความเหนี่ยวนำรวมทั้งหมดของตัวตรวจจับ และ C_D เป็นค่าความจุที่เกิดขึ้นจาก C1 อนุกรมกับ C2 แล้ววนานกับค่าความเหนี่ยวนำรวมที่เกิดจากตัวตรวจจับเอง

ในการใช้งานจริง ตัวตรวจจับอาจจะไม่ได้ต่ออยู่โดยตรงกับวงจรดังแสดงในรูปที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากตัวตรวจจับอาจจะชักนำสัญญาณที่มีความแรงมากๆ เช่นสัญญาณที่เกิดจากฟ้าผ่าในบริเวณใกล้เคียงแล้วเข้ามากับสายนำสัญญาณ ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่วงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างยิ่ง ดังนั้นในการใช้งานจริง ตัวตรวจจับอาจจะต่อกับหม้อแปลงด้านหนึ่ง โดยที่อีกด้านต่ออยู่กับวงจรกำเนิดความถี่ รวมทั้งอาจจะต้องมีอุปกรณ์ที่ป้องกันสัญญาณกระชากต่อคร่อมอยู่กับตัวตรวจจับ นอกจากนั้นยังต้องมีวงจรตรวจสอบเพื่อวัดว่าตัวตรวจจับอยู่ในสภาพที่ปกติหรือไม่ เพราะตัวตรวจจับเองอาจจะลัดวงจรหรือขาดก็เป็นได้ ซึ่งถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้น ระบบต้องสามารถเลือกที่จะทำงานในลักษณะอื่นได้ เช่น ไฟเหลืองกระพริบ หรือระบบตั้งเวลา (timer system) แทน

2.3 ข้อจำกัดของตัวตรวจจับแบบวงกลม

จากที่ได้กล่าวมา จะเห็นว่าตัวตรวจจับแบบวงกลมที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนียว นานี้ เป็นตัวตรวจจับที่สามารถสร้างได้ง่าย ทำให้ระบบมีราคาถูก และขณะเดียวกันตัวตรวจจับก็ถูก ฝังอยู่ในผิวหนังก็มีความทนทานในการใช้งานสูง ทั้งหมดนี้ทำให้ตัวตรวจจับแบบนี้มีการใช้งาน อย่างแพร่หลาย แต่ทั้งนี้ตัวตรวจจับแบบนี้ก็มีข้อจำกัดดังนี้

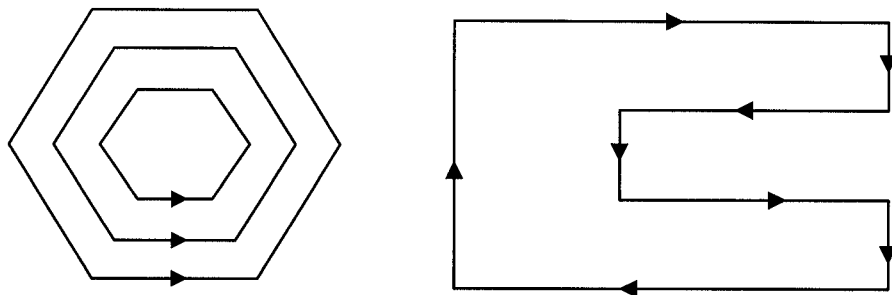
1. ยานพาหนะจะต้องวิ่งอยู่ในพื้นที่ของตัวตรวจจับ จึงจะถือว่าการตรวจจับสมบูรณ์ ถ้ามี ยานพาหนะขนาดเล็ก เช่นรถจักรยานยนต์ซึ่งอาจจะวิ่งไม่ผ่านพื้นที่ตรวจจับก็เป็นได้
2. ยานพาหนะขนาดเล็กถึงแม้จะวิ่งผ่านตัวตรวจจับก็อาจจะตรวจหาไม่เจอ ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณโลหะของยานพาหนะเอง
3. ในสภาพที่มีการจราจรที่ติดขัดมากจะทำให้ช่องว่างระหว่างคันลดลง ซึ่งจะทำให้ตัว ตรวจจับแบบวงกลมอาจจะไม่สามารถแยกช่องว่างระหว่างคันได้ ทำให้การนับจำนวน ยานพาหนะที่ได้ผิดพลาดไปด้วย

บทที่ 3

การพัฒนาและติดตั้งตัวตรวจจับแบบวงกลม

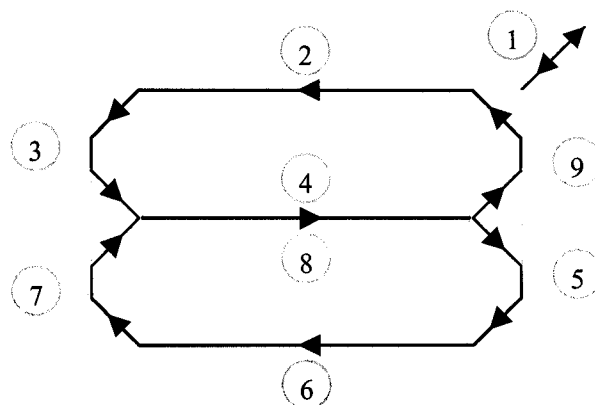
3.1 การพัฒนาในห้องวิจัย

เราได้ทำการหารูปแบบต่างๆที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ความไวที่เพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้บางรูปแบบก็มีความซับซ้อนเกินไป จึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้จริง ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงตัวตรวจจับที่มีความไวมาก แต่ก็มี ความซับซ้อนในการติดตั้งมากจนเกินไป

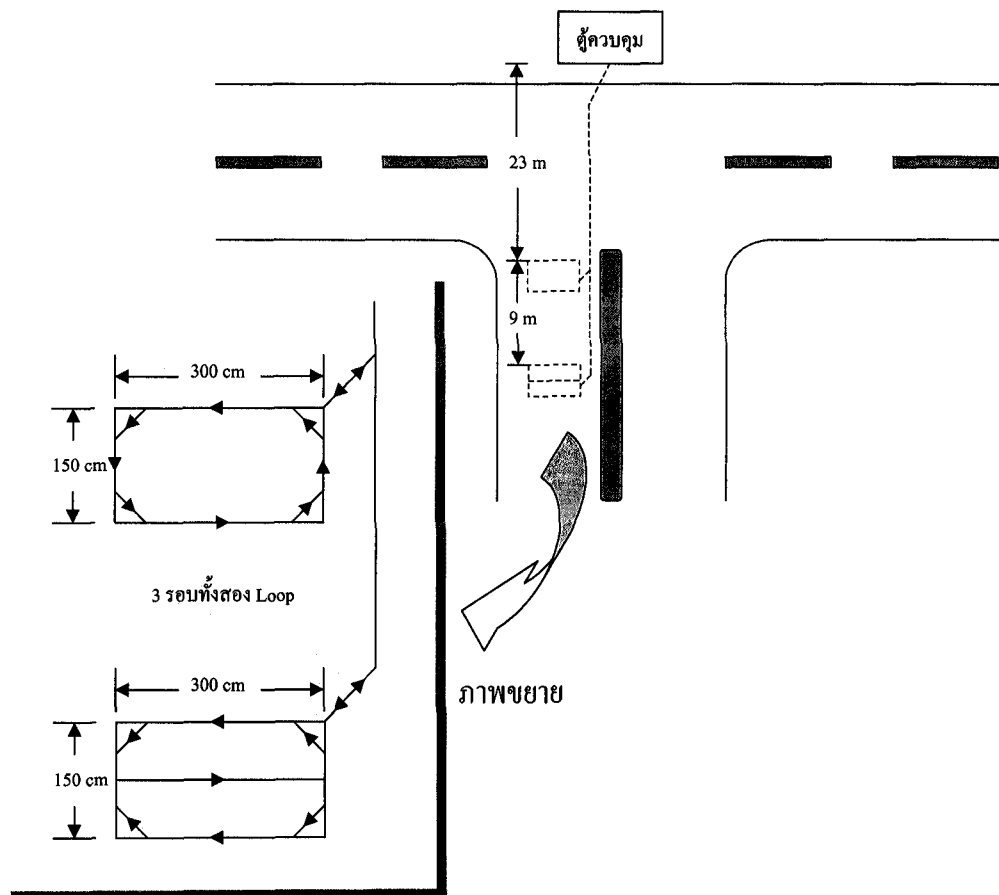
ซึ่งความจริงแล้ว รูปแบบต่างๆที่เราได้คิดขึ้นก็เสมือนว่านำเอาวงหลายๆวงมาต่อกันนั่นเอง ซึ่งท้ายที่สุดแล้วเราได้รูปแบบที่ให้ความไวที่เพิ่มขึ้น โดยไม่ได้เพิ่มความยุ่งยากมากจนเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงตัวตรวจจับแบบวงกลมที่เลือกใช้ และลำดับการเดินสาย 1 รอบ

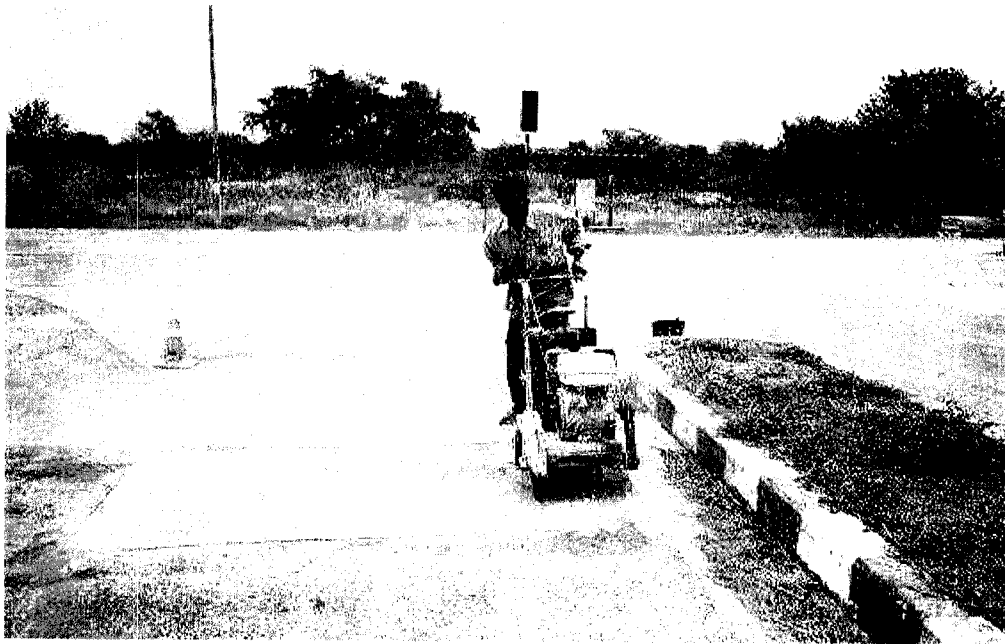
3.2 การติดตั้งตัวตรวจจับลงบนผิวการจราจรจริง

เพื่อทำการเปรียบเทียบความไวระหว่างตัวตรวจจับแบบวงกลมในรูปแบบที่ได้พัฒนาขึ้น กับรูปแบบมาตรฐาน จึงได้ทำการติดตั้งตัวตรวจจับทั้งสองแบบ ลงบนถนนจริงบริเวณสามแยกใกล้ ประตู 3 ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยแผนที่แสดงจุดติดตั้งได้แสดงไว้ในรูปที่ 6 และ รูปที่ 7 ถึงรูปที่ 10 ได้ถ่ายจากสถานที่จริงขณะทำการติดตั้ง



รูปที่ 6 แผนที่แสดงจุดติดตั้งตัวตรวจจับ และลักษณะทางกายภาพของตัวตรวจจับ

สายไฟที่ใช้จะเป็นสายขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 มม. ทั้งสองชุด และปิดทับด้วยแอสฟัลต์ หลังจากที่ได้วางสายลงในร่องเป็นที่เรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 7 แสดงการเซาะร่อง ขณะทำการติดตั้งตัวตรวจจับรูปแบบมาตรฐาน

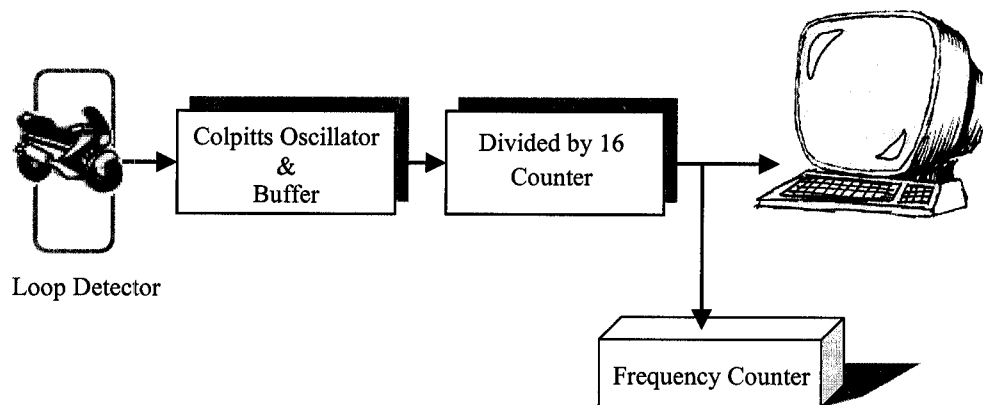


รูปที่ 8 แสดงตัวตรวจจับรูปแบบที่พัฒนาขึ้น หลังจากเซาะร่องเสร็จ

บทที่ 4

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

สัญญาณที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่จะถูกขยาย และถูกหารความถี่ลงจากเดิม 16 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถนำสัญญาณเข้าไปประมวลโดยผ่านทาง Sound Card ได้ ขณะเดียวกันสัญญาณที่ได้ก็จะถูกนับความถี่โดยเครื่องนับความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงส่วนประกอบของการเก็บข้อมูล

ยานพาหนะที่ใช้ในการทดสอบ คือรถจักรยานยนต์ขนาดมาตรฐานทั่วไป และรถจักรยานยนต์ขนาดเล็กมาก (เรียกกันทั่วไปว่า “รถป๊อป”)

4.1 วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องนับความถี่ จะกระทำโดยให้ยานพาหนะมาหยุดตรงตำแหน่งที่กำหนดคือ เมื่อล้อหน้าเริ่มอยู่บนตัวตรวจจับ หรือเมื่อยานพาหนะทั้งคันอยู่ในตัวตรวจจับ หรือสุดท้ายเมื่อล้อหลังอยู่บนตัวตรวจจับ ตำแหน่งที่เดินเข้าหาตัวตรวจจับมีอยู่สามลักษณะคือ เข้าทางด้านซ้าย ตรงกลาง และทางด้านขวาของตัวตรวจจับ โดยกระทำการวัดเช่นเดียวกันทั้งสองตัวตรวจจับ

ส่วนการเก็บข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ จะกระทำโดยให้ยานพาหนะที่ทดสอบวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วิ่งผ่านบนตัวตรวจจับ โดยตำแหน่งที่วิ่งเข้าหาตัวตรวจจับก็มี 3 ตำแหน่งเช่นเดียวกันคือ เข้าทางด้านซ้าย ตรงกลาง และทางด้านขวาของตัวตรวจจับ

4.2 การประมวลผลข้อมูล

เพื่อให้ง่ายต่อการอ้างอิง เราจะเรียกตัวตรวจจับในรูปแบบมาตรฐานว่า “Loop #1” และตัวตรวจจับในรูปแบบที่ได้พัฒนาขึ้นว่า “Loop #2”

Loop#1	ปกติ = 4.4443 kHz		
	ล้อหน้า	เต็มตัวรถ	ล้อหลัง
ด้านซ้าย	4.4450	4.4502	4.4456
กลาง	4.4448	4.4483	4.4453
ด้านขวา	4.4451	4.4501	4.4450

Loop#1	คิดเป็นร้อยละ		
	ล้อหน้า	เต็มตัวรถ	ล้อหลัง
ด้านซ้าย	0.016	0.133	0.029
กลาง	0.011	0.090	0.023
ด้านขวา	0.018	0.131	0.016

Loop#2	ปกติ = 3.3961 kHz		
	ล้อหน้า	เต็มตัวรถ	ล้อหลัง
ด้านซ้าย	3.3962	3.3998	3.3963
กลาง	3.3962	3.4010	3.3962
ด้านขวา	3.3963	3.3990	3.3963

Loop#2	คิดเป็นร้อยละ		
	ล้อหน้า	เต็มตัวรถ	ล้อหลัง
ด้านซ้าย	0.0029	0.1089	0.0059
กลาง	0.0029	0.1443	0.0029
ด้านขวา	0.0059	0.0854	0.0059

ตารางที่ 1 แสดงความถี่ที่วัดได้เมื่อมีรถจักรยานยนต์ขนาดมาตรฐาน เข้ามาในตัวตรวจจับ

Loop#1	ปกติ = 4.4455 kHz		
	ล้อหน้า	เต็มตัวรถ	ล้อหลัง
ด้านซ้าย	4.4459	4.4488	4.4465
กลาง	4.4460	4.4478	4.4468
ด้านขวา	4.4461	4.4490	4.4467

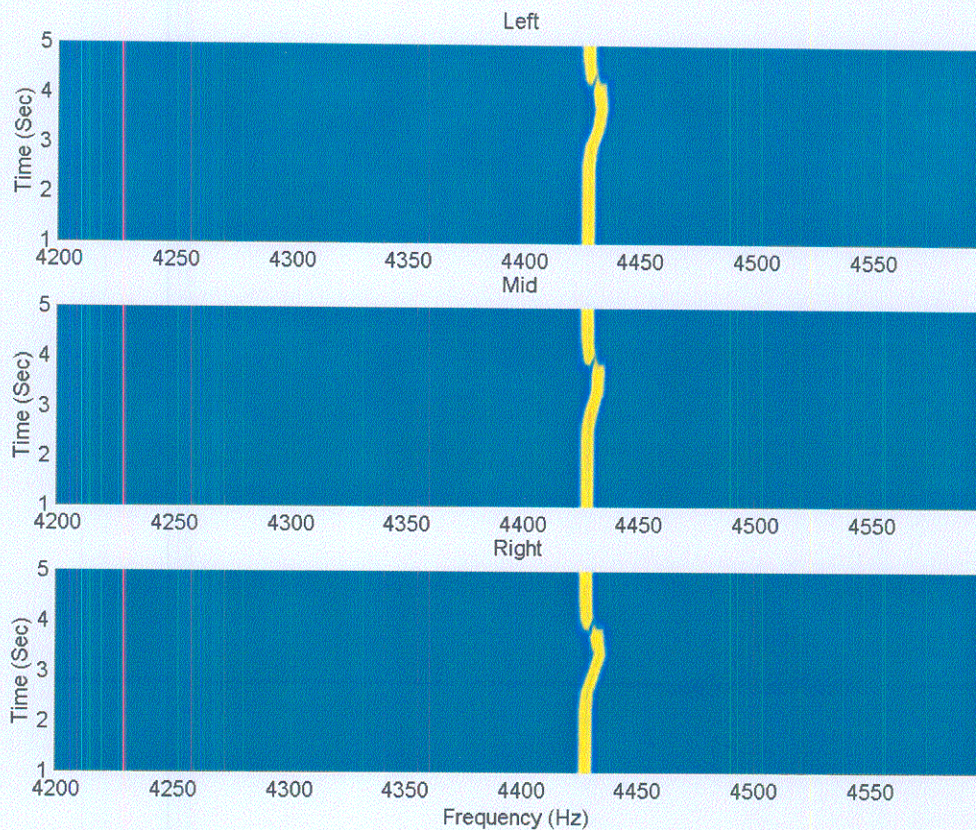
Loop#1	คิดเป็นร้อยละ		
	ล้อหน้า	เต็มตัวรถ	ล้อหลัง
ด้านซ้าย	0.009	0.074	0.022
กลาง	0.011	0.052	0.029
ด้านขวา	0.013	0.079	0.027

Loop#2	ปกติ = 3.3986 kHz		
	ล้อหน้า	เต็มตัวรถ	ล้อหลัง
ด้านซ้าย	3.3988	3.4008	3.3992
กลาง	3.3990	3.4013	3.3993
ด้านขวา	3.3991	3.4011	3.3993

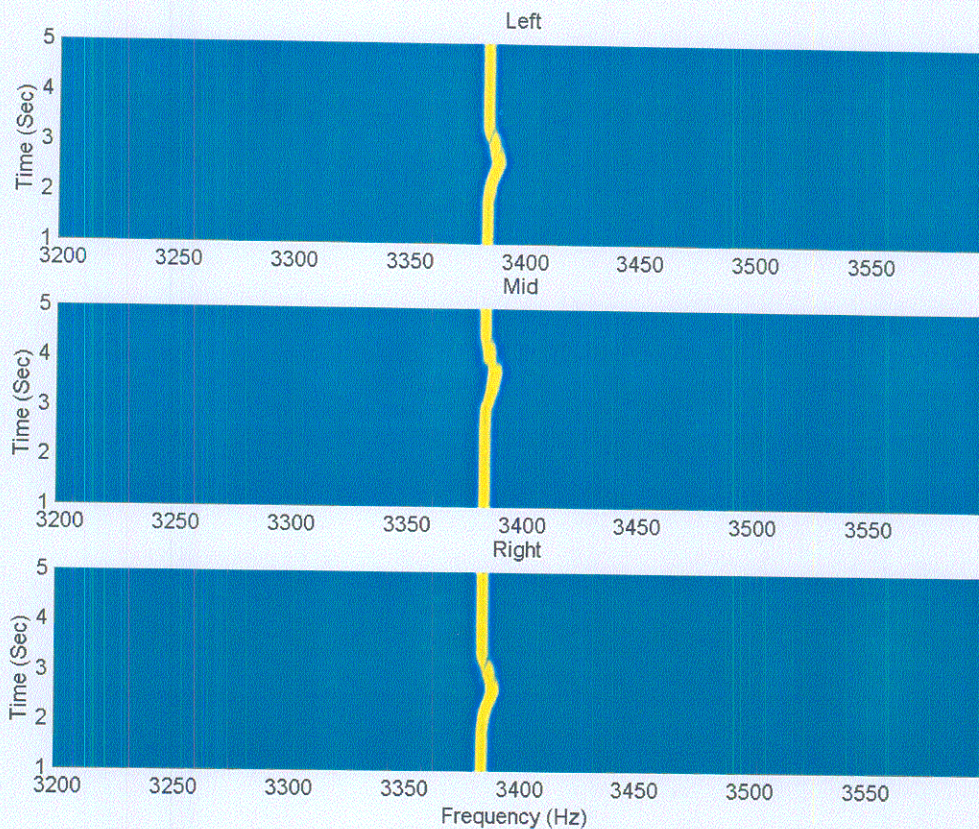
Loop#2	คิดเป็นร้อยละ		
	ล้อหน้า	เต็มตัวรถ	ล้อหลัง
ด้านซ้าย	0.006	0.065	0.018
กลาง	0.012	0.079	0.021
ด้านขวา	0.015	0.074	0.021

ตารางที่ 2 แสดงความถี่ที่วัดได้เมื่อมีรถจักรยานยนต์ขนาดเล็ก เข้ามาในตัวตรวจจับ

สำหรับข้อมูลที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์โดยผ่านทาง Sound Card จะถูกประมวลผลโดยใช้ MATLAB ทำการหา FFT ด้วยความยาว 8192 จุด โดยใช้ Hamming Window เพื่อลดสเปกตรัมรั่ว [4] ผลที่ได้จะแสดงในรูปที่ 12 และรูปที่ 13 ตามลำดับ



รูปที่ 12 แสดงการเปลี่ยนแปลงความถี่ เมื่อมีรถจักรยานยนต์วิ่งผ่าน Loop #1 ที่ตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 13 แสดงการเปลี่ยนแปลงความถี่ เมื่อมีรถจักรยานยนต์วิ่งผ่าน Loop #2 ที่ตำแหน่งต่างๆ

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

อาศัยข้อมูลจากตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 จะเห็นว่า Loop #1 ที่ซึ่งเป็นตัวตรวจจับรูปแบบมาตรฐานนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่มากกว่า เมื่อรถจักรยานยนต์เข้ามาในตัวตรวจจับทางด้านข้างทั้งซ้ายและขวา แต่ในขณะที่ Loop #2 คือตัวตรวจจับที่ได้พัฒนาขึ้น จะตรงกันข้ามกัน กล่าวคือจะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่มากกว่า เมื่อรถจักรยานยนต์เข้ามาในตัวตรวจจับตรงกลาง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากบริเวณตรงกลางของ Loop #1 นั้นจะอยู่ห่างจากสายไฟมากกว่าเมื่อเทียบกับการที่รถจักรยานยนต์เข้ามาทางด้านข้างทั้งสองด้าน ในขณะที่ Loop #2 มีสายไฟวางอยู่ตรงกลาง ความไวตรงกลางจึงยังคงไม่ต่างจากการเข้าด้านข้างมากนัก

เมื่อเปรียบเทียบความไวของตัวตรวจจับทั้งสองแล้ว จะเห็นว่า Loop #2 มีความไวกว่า Loop #1 อย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาผลจากรูปที่ 12 และรูปที่ 13 ก็ช่วยยืนยันอีกว่า Loop #1 จะมีความไวมากกว่าทางด้านข้างทั้งสองข้าง ในขณะที่ Loop #2 จะมีความไวไม่ต่างกันมาก ไม่ว่ารถจักรยานยนต์จะเข้ามาทางด้านไหน

บทที่ 5

สรุป

ตัวตรวจจับแบบวงกลมที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ (Inductive Loop Sensors) ที่ได้ทำการศึกษาี้ จะมีค่าความเหนี่ยวนำลดลง เมื่อมียานพาหนะปรากฏอยู่เหนือตัวตรวจจับ การเปลี่ยนแปลงที่ตรวจจับได้ในกรณีรถจักรยานยนต์นั้นพบว่าน้อยมากเพียงประมาณ 0.1% สำหรับรถจักรยานยนต์มาตรฐาน และประมาณ 0.08% สำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดเล็กมาก ดังนั้น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ประกอบในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร จำเป็นต้องมีความเที่ยงตรงและความไวมากเช่นกัน

ตัวตรวจจับที่ได้พัฒนาขึ้นมีความไวมากกว่าตัวตรวจจับรูปแบบมาตรฐานอย่างชัดเจน ในขณะที่การติดตั้งก็ไม่ได้เพิ่มความยุ่งยากจนเกินไป

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นโครงการนำร่องเพื่อพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร ระบบที่กระตุ้นโดยยานพาหนะ (VA) ข้อมูลต่างๆที่ได้จะได้นำไปใช้เพื่อประกอบการออกแบบต่อไป

บรรณานุกรม

1. Paul Consentino and Barry Grossman. (1996). Development of Fiber Optic Dynamic Weight-in-Motion Systems. Report Submitted to Transportation Statistic Office, Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida.
2. U.S. Department of Transportation. (1990). Traffic Detector Handbook. 2nd Edition. McLean, Virginia.
3. Eric Norum. 2002. Vehicle Detector, Lab (Online). Available URL: <http://www.engr.usask.ca/classes/EP/424/lab/EP414LabManual/node5.html>.
4. John G. Proakis and Dimitris G. Manolakis. (1996). Digital Signal Processing. Prentice Hall: New Jersey.

ประวัตินักวิจัย

ดร. รัชสรรค์ ทองทา เกิดเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2509 ที่จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาปริญญา ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี พ.ศ. 2531 และปริญญาโท-เอก ในสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จาก Florida Institute of Technology USA ในปี ค.ศ. 1994 และปี ค.ศ. 1998 ตามลำดับ ได้ทำงานเป็นวิศวกรออกแบบวงจรความถี่วิทยุที่บริษัท ELCOM RESEARCH (ประเทศไทย) ในปี พ.ศ. 2531 วิศวกรวิเคราะห์ระบบที่บริษัท การบินไทย จำกัด ในปี พ.ศ. 2532 และอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2533-2536 ในช่วงระหว่างที่ทำการศึกษาระดับปริญญาโท-เอก ในปี ค.ศ. 1993-1998 ได้เป็นผู้ช่วยวิจัยในโครงการ Fiber Optic Traffic Sensors และโครงการ Underwater Acoustic Communications

ร.อ. ประโยชน์ คำสวัสดิ์ สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากโรงเรียนนายเรืออากาศและวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิตสาขาเดียวกันจากมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ เมื่อปี พ.ศ. 2537 และ 2541 ตามลำดับ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรม โทคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี สนใจงานวิจัยเกี่ยวกับ Digital Signal and Image Processing และ Embedded and Real-time Systems

ปัจจุบันนักวิจัยทั้งสองเป็นอาจารย์ประจำในสาขาวิชาวิศวกรรมโทคมนาคม มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000