

ความไวของตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กแบบวงรอบสำหรับยานพาหนะขนาดเล็ก

รังสรรค์ ทองทา*

Rangsan Tongta*. (2006). Sensitivity Measurement of Small Vehicle Inductive Loop Sensors. Suranaree J. Sci. Technol. 13(1):38-45.

Received: Jul 29, 2005; Revised: Dec 28, 2005; Accepted: Dec 30, 2005

Abstract

The objectives of this research are to design and implement a more sensitive inductive-loop sensor used for traffic detector. The designed detector and the conventional detector are installed in a real traffic environment for sensitivity measurement. 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.

Keywords: Inductive loop sensor, traffic sensor

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเพื่อหารูปแบบของตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กแบบวงรอบ (inductive-loop sensor) ที่จะมาใช้ตรวจจับสนามแม่เหล็ก โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะเพิ่มความไวของตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กให้มากกว่าตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กในรูปแบบมาตรฐาน ทำการติดตั้งตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กที่ได้ออกแบบลงบนพื้นผิวถนนและทดสอบหาความไว จากการทดสอบพบว่า ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กแบบวงรอบในรูปแบบมาตรฐานจะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่สูงสุดประมาณ 0.133 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กที่ได้ออกแบบขึ้นมีการเปลี่ยนแปลงความถี่สูงสุดประมาณ 0.144 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีรถจักรยานยนต์อยู่เหนือตัวตรวจจับสนามแม่เหล็ก นอกจากนั้นยังพบว่า ตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กที่ได้ออกแบบขึ้นมีความไวใกล้เคียงกันมากกว่า เมื่อยานพาหนะวิ่งผ่านตัวตรวจจับสนามแม่เหล็กในตำแหน่งที่แตกต่างกัน

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000 E-mail: tongta@sut.ac.th

*ผู้เขียนที่ให้การติดต่อ

วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 13(1):38-45

บทนำ

การควบคุมสัญญาณไฟจราจรนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

แบบใช้คนควบคุม (manual systems)

ผู้ควบคุมจำเป็นต้องเห็นสภาพการจราจรที่ตนเป็นผู้ควบคุมอยู่ ไม่ว่าจะเป็นด้วยตาเปล่าหรือผ่านกล้องโทรทัศน์ ผู้ควบคุมนี้อาจจะเป็นเจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่ประจำ หรืออาจจะเป็นคนเดินเท้าที่ต้องทำการข้ามถนนก็ได้ ทำให้มีข้อจำกัดในการทำงานและสิ้นเปลืองทรัพยากร

แบบอัตโนมัติ (automatic systems)

ซึ่งจะแบ่งออกเป็นระบบย่อย ๆ ได้ 2 ระบบคือ

1. ระบบตั้งเวลา (Timer Systems) โดยสัญญาณไฟจราจรจะทำการเปิด-ปิด ด้วยระยะเวลาที่ถูกตั้งไว้ล่วงหน้า โดยไม่สนใจสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริง ในขณะนั้นๆ ซึ่งเป็นระบบที่มีใช้เกือบทั้งหมดในประเทศไทย

2. ระบบที่กระตุ้นโดยยานพาหนะ (Vehicle-Actuated Systems: VA) โดยสัญญาณไฟจราจรจะถูกควบคุมจากยานพาหนะที่ปรากฏอยู่จริงในขณะนั้น ดังนั้นระบบนี้จึงสามารถทำการควบคุมสัญญาณไฟจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

ระบบ VA นี้เป็นระบบที่มีการใช้น้อยมากในประเทศไทย ซึ่งหัวใจของระบบ VA ก็คืออุปกรณ์ตรวจจับ (detector) ที่จะทำการตรวจสอบว่ามียานพาหนะปรากฏอยู่หรือไม่ จากนั้นจึงนำข้อมูลไปประมวลผลต่อไป ซึ่งตัวตรวจจับที่มีใช้งานอยู่ยกตัวอย่างเช่น

กล้องจับภาพ (Cameras) : อาศัยภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด ซึ่งวิธีนี้จำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ที่มาประมวลผลภาพที่ได้ ซึ่งอุปกรณ์นี้รวมทั้งกล้องเองมักจะมีราคาแพง และจำเป็นต้องอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้นระบบนี้จึงไม่เหมาะกับทางแยกที่ห่างไกล

ตัวตรวจจับอินฟราเรด (Infrared Detectors) : จะทำการตรวจจับคลื่นความร้อนที่แผ่ออกมาจาก

ยานพาหนะในรูปของรังสีอินฟราเรด ตัวตรวจจับนี้มีราคาถูกกว่ากล้องจับภาพ และไม่ต้องการประมวลผลที่ซับซ้อน แต่มีข้อเสียที่ตัวตรวจจับอินฟราเรดที่นอกจากจะตรวจจับยานพาหนะแล้วยังตรวจจับคนเดินเท้าหรือสัตว์ที่อยู่บริเวณนั้นด้วย

ตัวตรวจจับแบบท่อ (Road Tubes) : ประกอบด้วยท่ออย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ปิดปลายอีกด้าน เมื่อมียานพาหนะวิ่งทับบนท่อจะทำให้เกิดความดันในท่ออย่างเพิ่มขึ้นที่ปลายท่ออีกด้านจะมีสวิตช์ที่ทำงานด้วยความดันซึ่งสามารถนำสัญญาณไปใช้ต่อไป ตัวตรวจจับประเภทนี้มีข้อได้เปรียบที่สามารถทำการติดตั้งได้ง่ายและราคาถูก แต่มีข้อเสียเปรียบคือมีอายุการใช้งานที่สั้นกว่า เนื่องจากถูกยานพาหนะกดทับลงบนตัวตรวจจับโดยตรง

ตัวตรวจจับแบบวงรอบ (Loop Detectors) : เป็นการนำตัวนำที่หุ้มด้วยฉนวนมาขดให้เป็นวงขนาดประมาณกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร 3 - 8 รอบ แล้วฝังลงไปประมาณ 3 - 5 เซนติเมตรจากพื้นผิวถนน เมื่อมียานพาหนะปรากฏอยู่เหนือตัวตรวจจับ จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำของมันเปลี่ยนไป ตัวตรวจจับประเภทนี้เป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากมีราคาถูกทนทาน และไม่ต้องการการบำรุงรักษาแต่อย่างใด

นอกจากตัวตรวจจับมาตรฐานข้างต้น ปัจจุบันยังได้มีการนำเทคโนโลยีใหม่ อาทิเช่น ตัวตรวจจับประเภทไมโครเวฟ ตัวตรวจจับแบบพิโซอิเล็กทริก ตัวตรวจจับแบบไฟเบอร์ออปติก โดยสองชนิดหลังนี้สามารถใช้ในงานประเภท Weigh-in-Motion (WIM) (Consentino and Grossman, 1996) กล่าวคือทำการชั่งน้ำหนักรถในขณะที่ทำการวิ่ง ซึ่งทำให้รถไม่จำเป็นต้องเสียเวลาหยุดเพื่อเข้าด่านชั่งน้ำหนักแต่อย่างใด

ถึงแม้ตัวตรวจจับแบบวงรอบจะมีการใช้งานอย่างแพร่หลายมาเป็นเวลานานแล้วก็ตาม แต่ตัวตรวจจับแบบวงรอบรูปแบบมาตรฐาน คือ เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะมีข้อจำกัดตรงที่ไม่สามารถตรวจจับยานพาหนะที่มีขนาดเล็กได้อย่างแม่นยำ ทั้งนี้

เนื่องจากปริมาณโลหะของยานพาหนะที่มีขนาดเล็กจะมีปริมาณที่น้อยกว่านั่นเอง ปัญหาจะเกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้งานกับอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เพราะในต่างประเทศจะไม่มียานพาหนะขนาดเล็ก เช่น รถจักรยานยนต์ มาวิ่งบนทางหลวงแผ่นดินมากนัก

ทฤษฎีเกี่ยวกับตัวตรวจจับสนามวงรอบ

ตัวตรวจจับสนามวงรอบ (loop detectors) โดยความจริงแล้วก็คือตัวเหนี่ยวนำ (inductors) ที่มีขนาดโตกว่าตัวเหนี่ยวนำปกติทั่วไป ดังนั้นเมื่อเราเพิ่มจำนวนรอบให้มากขึ้น ค่าความเหนี่ยวนำที่ได้ก็จะมากขึ้น เมื่อมีโลหะมาวางอยู่ภายในพื้นที่ของวงจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเปลี่ยนไป โดยปกติแล้วตัวตรวจจับสนามจะต้องคู่อยู่กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อตรวจสอบค่าความเหนี่ยวนำที่เปลี่ยนไป

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าวมักจะเป็นวงจรกำเนิดความถี่ (oscillator) โดยที่ตัวตรวจจับสนามเป็นส่วนหนึ่งที่ควบคุมความถี่ที่ได้ ความถี่ที่สร้างมักจะอยู่ในช่วงประมาณ 20 - 100 กิโลเฮิร์ตซ์ ทั้งนี้ในระบบที่มีตัวตรวจจับสนามอยู่ในบริเวณเดียวกันหลายตัว เราจำเป็นต้องตั้งให้ตัวตรวจจับสนามแต่ละตัวสร้างความถี่ที่แตกต่างกันไปเพื่อป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน ดังแสดงในรูปที่ 1

โครงสร้างและค่าความเหนี่ยวนำของตัวตรวจจับสนาม

โดยปกติแล้วตัวตรวจจับสนามจะสร้างจากสายไฟหุ้มฉนวนขนาด 12 - 16 AWG (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.05 - 1.29 มิลลิเมตร) การติดตั้งลงบนผิวถนนสามารถทำได้โดยทำการเจาะร่อง ขนาดกว้างประมาณ

1 เซนติเมตร ลึก 3 - 5 เซนติเมตร เมื่อวางสายไฟลงไปเป็นที่เรียบร้อยแล้วจึงปิดทับด้วยแอสฟัลต์ (asphalt) ซึ่งลักษณะของตัวตรวจจับสนามมาตรฐานมักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยมีการตัดที่มุมทั้งสี่เพื่อลดโอกาสที่สายจะแตกหักเนื่องจากการหักมุม ดังแสดงในรูปที่ 2

ค่าความเหนี่ยวนำของตัวตรวจจับสนามสามารถประมาณได้จากสมการที่ 1 (Kell *et al.*, 1990)

$$L = \frac{\mu_r \mu_o N^2 A F}{l} \quad (1)$$

โดย μ_r = Relative permeability

μ_o = $4\pi 10^{-7} \text{ H/m}$

N = จำนวนรอบของตัวตรวจจับสนาม

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวตรวจจับสนาม

F = ตัวปรับปรุง

l = ความยาวตามเส้นรอบรูปของ ตัวตรวจจับสนาม

ปกติแล้วค่าความเหนี่ยวนำเมื่อรวมกับสายนำสัญญาณแล้วจะมีค่าในช่วง 20 - 1,000 μH และเมื่อมียานพาหนะมาปรากฏอยู่บนตัวตรวจจับสนาม จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเปลี่ยนไปเล็กน้อย เนื่องจากค่า μ_r ของยานพาหนะซึ่งตามมาตรฐานของ NEMA (National Electrical Manufacturers Association) กำหนดให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต่ออยู่กับตัวตรวจจับสนามวงรอบจะต้องสามารถวัดการเปลี่ยนแปลง $\Delta L / L = 0.13\%$ ได้เป็นอย่างดี (Kell *et al.*, 1990)

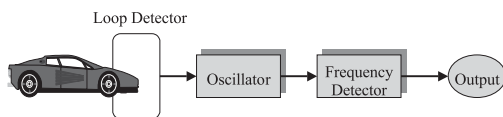


Figure 1. Inductive-loop sensor systems

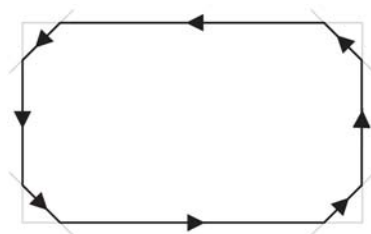


Figure 2. Road cut of a standard inductive-loop sensor

วงจรกำเนิดความถี่

วงจรกำเนิดความถี่มักจะเป็นชนิด Colpitts Oscillator ที่ประกอบด้วยตัวเหนี่ยวนำ 1 ตัว และตัวเก็บประจุ 2 ตัว ดังรูปที่ 3

ความถี่ที่ได้จากวงจรสามารถหาได้จากสมการที่ 2 (Kell *et al.*, 1990)

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

เมื่อ L_D เป็นค่าความเหนี่ยวนำรวมทั้งหมดของตัวตรวจจับ และ C_D เป็นค่าความจุที่เกิดขึ้นจาก C1 อนุกรมกับ C2 แล้วขนานกับค่าความเหนี่ยวนำรวมที่เกิดจากตัวตรวจจับเอง

ในการใช้งานจริงตัวตรวจจับอาจจะไม่ได้ต่ออยู่โดยตรงกับวงจรดังแสดงในรูปที่ 3 ทั้งนี้เนื่องจากตัวตรวจจับอาจจะชักนำสัญญาณที่มีความแรงมาก ๆ เช่น สัญญาณที่เกิดจากฟ้าผ่าในบริเวณใกล้เคียงแล้วเข้ามากับสายนำสัญญาณ ซึ่งจะก่อให้เกิดความเสียหายแก่วงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างยิ่ง ดังนั้น ในการใช้งานจริงตัวตรวจจับอาจจะต่อกับหม้อแปลงด้านหนึ่ง โดยที่อีกด้านต่ออยู่กับวงจรกำเนิดความถี่ รวมทั้งอาจจะต้องมีอุปกรณ์ที่ป้องกันสัญญาณกระชากต่อเชื่อมอยู่กับตัวตรวจจับ

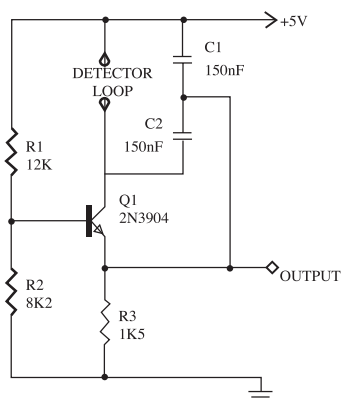


Figure 3. Colpitts oscillator circuit used with detector loops

นอกจากนั้นยังต้องมีวงจรตรวจสอบเพื่อวัดว่าตัวตรวจจับอยู่ในสภาพที่ปกติหรือไม่เพราะตัวตรวจจับเองอาจจะลัดวงจรหรือขาดก็เป็นได้ ซึ่งถ้ามีความผิดปกติเกิดขึ้น ระบบต้องสามารถเลือกที่จะทำงานในลักษณะอื่นได้ เช่น ไฟเหลืองกระพริบ หรือระบบตั้งเวลา (timer system) แทน

ข้อจำกัดของตัวตรวจจับแบบวงรอบ

จากที่ได้กล่าวมาจะเห็นว่าตัวตรวจจับแบบวงรอบที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำนี้เป็นตัวตรวจจับที่สามารถสร้างได้ง่าย ทำให้ระบบมีราคาถูก และขณะเดียวกันตัวตรวจจับก็ถูกฝังอยู่ในผิวนั้นก็มีความทนทานในการใช้งานสูง ทั้งหมดนี้ทำให้ตัวตรวจจับแบบนี้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย แต่ทั้งนี้ตัวตรวจจับจะมีข้อจำกัดดังนี้

1. ยานพาหนะจะต้องวิ่งอยู่ในพื้นที่ของตัวตรวจจับจึงจะถือว่าการตรวจจับสมบูรณ์ ถ้ามียานพาหนะขนาดเล็ก เช่น รถจักรยานยนต์ซึ่งอาจจะวิ่งไม่ผ่านพื้นที่ตรวจจับก็เป็นได้

2. ยานพาหนะขนาดเล็กถึงแม้จะวิ่งผ่านตัวตรวจจับก็อาจจะตรวจหาไม่เจอ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณโลหะของยานพาหนะเอง

ในสภาพที่มีการจราจรที่ติดขัดมากจะทำให้ช่องว่างระหว่างคันลดลง ซึ่งจะทำให้ตัวตรวจจับแบบวงรอบอาจจะไม่สามารถแยกช่องว่างระหว่างคันได้ ทำให้การนับจำนวนยานพาหนะที่ได้ผิดพลาดไปด้วย

การพัฒนาในห้องวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการหารูปแบบต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ความไวที่เพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้บางรูปแบบจะมีความซับซ้อนเกินไป จึงไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้จริง ดังแสดงในรูปที่ 4

รูปแบบต่าง ๆ ที่ได้คิดขึ้นก็เสมือนว่านำเอาวงหลาย ๆ วงมาต่อกันนั่นเอง ซึ่งท้ายที่สุดแล้วทำให้ได้รูปแบบที่ให้ความไวที่เพิ่มขึ้น โดยไม่ได้เพิ่มความยุ่งยากมากเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 5

การติดตั้งตัวตรวจจับลงบนผิวการจราจรจริง

เพื่อทำการเปรียบเทียบความไวระหว่างตัวตรวจจับแบบวงรอบในรูปแบบที่ได้พัฒนาขึ้นกับรูปแบบมาตรฐาน ผู้วิจัยจึงได้ทำการติดตั้งตัวตรวจจับทั้งสองแบบลงบนถนนจริงบริเวณสามแยกใกล้ประตู 3 ภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยแผนที่แสดงจุดติดตั้งได้แสดงไว้ในรูปที่ 6 ถึงรูปที่ 10 ซึ่งได้ถ่ายจากสถานที่จริงขณะทำการติดตั้ง

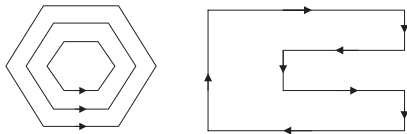


Figure 4. Some tested loop detectors, but too complicated to install

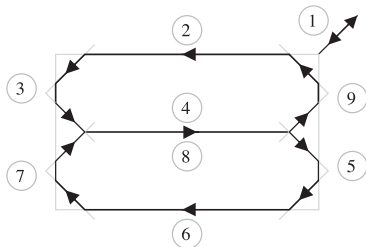


Figure 5. The final designed loop detector

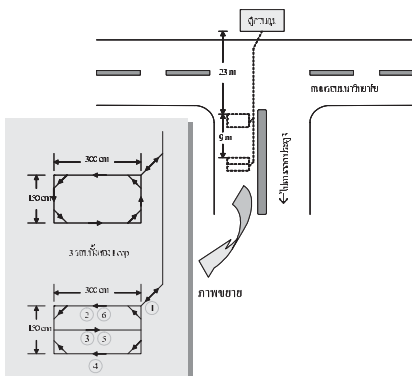


Figure 6. Installation location and dimensions of the detectors

การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

สัญญาณที่ได้จากวงจรกำเนิดความถี่จะถูกขยายและถูกหารความถี่ลงจากเดิม 16 เท่า ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถนำสัญญาณเข้าไปประมวลโดยผ่านทาง sound card ได้ ขณะเดียวกันสัญญาณที่ได้จะถูกนับความถี่โดยเครื่องนับความถี่ดังแสดงในรูปที่ 11 ยานพาหนะที่ใช้ในการทดสอบคือรถจักรยานยนต์ขนาดมาตรฐานทั่วไป

วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องนับความถี่จะกระทำโดยให้ยานพาหนะมาหยุดตรงตำแหน่งที่กำหนดคือ เมื่อล้อหน้าเริ่มอยู่บนตัวตรวจจับ หรือเมื่อยานพาหนะทั้งคันอยู่ในตัวตรวจจับ หรือสุดท้ายเมื่อล้อหลังอยู่บนตัวตรวจจับ ตำแหน่งที่เดินเข้าหา



Figure 7. Road cutting of a standard detector



Figure 8. Road cut of the designed detector

ตัวตรวจจับมืออยู่สามลักษณะคือ เข้าทางด้านซ้าย ตรงกลางและทางด้านขวาของตัวตรวจจับ โดยกระทำ การวัดเช่นเดียวกันทั้งสองตัวตรวจจับ

ส่วนการเก็บข้อมูลโดยใช้คอมพิวเตอร์ จะกระทำโดยให้ยานพาหนะที่ทดสอบวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วิ่งผ่านบนตัวตรวจจับ โดยตำแหน่งที่วิ่งเข้าหาตัวตรวจจับจะมี 3 ตำแหน่งเช่นเดียวกันคือ เข้าทางด้านซ้าย ตรงกลาง และทางด้านขวาของตัวตรวจจับ

การประมวลผลข้อมูล

เพื่อให้ง่ายต่อการอ้างอิงเราจะเรียกตัวตรวจจับในรูปแบบมาตรฐานว่า "Loop #1" และตัวตรวจจับในรูปแบบที่ได้พัฒนาขึ้นว่า "Loop #2"

สำหรับข้อมูลที่เก็บไว้ในคอมพิวเตอร์โดยผ่านทาง sound card จะถูกประมวลผลโดยใช้

MATLAB ทำการหา FFT ด้วยความยาว 8,192 จุด โดยใช้ Hamming Window (Proakis and Manolakis, 1996) เพื่อลดสเปกตรัมรั่ว ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 12 และรูปที่ 13 ตามลำดับ

การวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะเห็นว่า Loop #1 ที่ซึ่งเป็นตัวตรวจจับรูปแบบมาตรฐานนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่มากกว่าเมื่อรถจักรยานยนต์เข้ามาในตัวตรวจจับทางด้านข้างทั้งซ้ายและขวา แต่ในขณะที่ Loop #2 ก็คือตัวตรวจจับที่ได้พัฒนาขึ้น จะตรงกันข้ามกัน กล่าวคือ จะมีการเปลี่ยนแปลงความถี่มากกว่าเมื่อรถจักรยานยนต์เข้ามาในตัวตรวจจับตรงกลาง ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากบริเวณตรงกลางของ Loop #1 นั้นจะอยู่ห่างจากสายไฟมากกว่าเมื่อเทียบกับการที่รถจักรยานยนต์เข้ามาทางด้านข้างทั้ง



Figure 9. Road cut and wiring around a corner



Figure 10. Filling the road cut with asphalt

Table 1. Show measured frequency when a motorcycle run over the standard detector (loop #1) and designed detector (loop #2)

Loop #1				Loop #1			
Normal = 4.4443 kHz				Percentage			
	Front	Mid	Rear		Front	Mid	Rear
Left	4.4450	4.4502	4.4456	Left	0.016	0.133	0.029
Center	4.4448	4.4483	4.4453	Center	0.011	0.090	0.023
Right	4.4451	4.4501	4.4450	Right	0.018	0.131	0.016
Loop #2				Loop #2			
Normal = 3.3961 kHz				Percentage			
	Front	Mid	Rear		Front	Mid	Rear
Left	3.3962	3.3998	3.3963	Left	0.0029	0.1089	0.0059
Center	3.3962	3.4010	3.3962	Center	0.0029	0.1443	0.0029
Right	3.3963	3.3990	3.3963	Right	0.0059	0.0854	0.0059

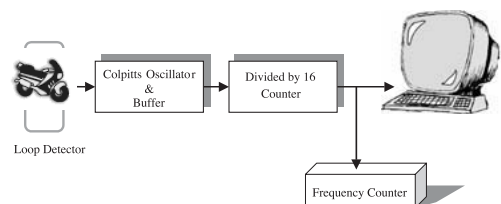


Figure 11. Data acquisition system

สองด้าน ในขณะที่ Loop #2 มีสายไฟวางอยู่ตรงกลาง ความไวตรงกลางจึงยังคงไม่ต่างจากการเข้าด้านข้างมากนัก

เมื่อเปรียบเทียบความไวของตัวตรวจจับทั้งสองแล้ว จะเห็นว่า Loop #2 มีความไวกว่า Loop #1 อย่างชัดเจน และเมื่อพิจารณาผลจากรูปที่ 12 และรูปที่ 13 ช่วยยืนยันอีกว่า Loop #1 จะมีความไวมากกว่าทางด้านข้างทั้งสองข้าง ในขณะที่ Loop #2 จะมีความไวไม่ต่างกันมาก ไม่ว่ารถจักรยานยนต์จะเข้ามาทางด้านไหน (เนื่องจากกราฟในรูปที่ 12 และ 13 นั้นมีสเกลในแกนนอนที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงดูเหมือนว่ากราฟในรูปที่ 12 นั้นมีการเปลี่ยนแปลงที่มากกว่า)

บทสรุป

ตัวตรวจจับแบบวงรอบที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ (Inductive Loop Sensors) ที่ได้ทำการศึกษาี้ จะมีค่าความเหนี่ยวนำลดลงเมื่อมียานพาหนะปรากฏอยู่เหนือตัวตรวจจับ การเปลี่ยนแปลงที่ตรวจจับได้ในกรณีรถจักรยานยนต์นั้นพบว่าน้อยมากเพียงประมาณ 0.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับรถจักรยานยนต์มาตรฐาน คงไว้ประมาณ 0.08 เปอร์เซ็นต์ สำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดเล็ก

มาก ดังนั้นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ประกอบในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร จำเป็นต้องมีความเที่ยงตรงและความไวมากขึ้นกัน ตัวตรวจจับที่ได้พัฒนาขึ้นมีความไวมากกว่าตัวตรวจจับรูปแบบมาตรฐานอย่างชัดเจน ในขณะที่การติดตั้งก็ไม่ได้เพิ่มความยุ่งยากจนเกินไป

งานวิจัยนี้ได้มุ่งหาตัวตรวจจับที่มีความไวมากกว่าตัวตรวจจับแบบมาตรฐาน มากกว่าที่จะค้นคว้าหาตัวตรวจจับที่มีความไวสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากในสภาวะการใช้งานจริงนั้น จะยังมีบริบทที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับความไวของตัวตรวจจับอีก เช่น เหล็กเส้นที่ใช้เสริมแรงในคอนกรีต เป็นต้น อีกทั้งการวัดความไวในงานวิจัยนี้ยังมุ่งเน้นเพียงการวัดการเปลี่ยนแปลงทางความถี่ โดยไม่สนใจขนาดของสัญญาณหรืออัตราการสูญเสียในสาย ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของสัญญาณจะแปรตามความยาวของสาย ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วผู้ติดตั้งจะไม่สามารถควบคุมความยาวของสายได้ ดังนั้นการใช้งานตัวตรวจจับยานพาหนะในลักษณะนี้ จะสนใจเพียงการเปลี่ยนแปลงทางความถี่แทบทั้งสิ้น

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นโครงการนำร่องเพื่อพัฒนาอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจร ระบบที่กระตุ้นโดยยานพาหนะ (VA) ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้จะได้นำไปใช้เพื่อประกอบการออกแบบต่อไป

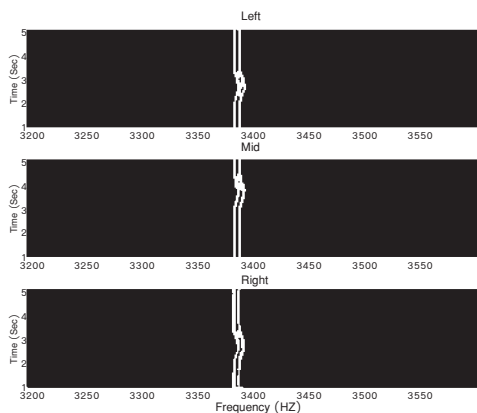


Figure 12. Frequency changed of the standard detector at different positions

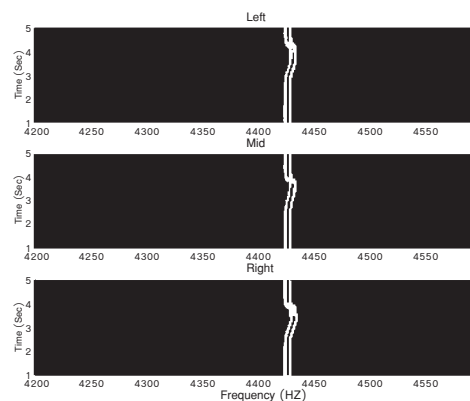


Figure 13. Frequency changed of the designed detector at different positions

เอกสารอ้างอิง

- Consentino, P., and Grossman, B. (1996). Unpublished data. Development of Fiber Optic Dynamic Weight-in-Motion Systems. Report Submitted to Transportation Statistic Office, Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida.
- Kell, J.H., Fullerton, I.J., and Mills, M.K. (1990). Traffic Detector Handbook. 2nd ed. US Department of Transportation, McLean, Virginia, p. 338.
- Norum, E. (2002). Vehicle Detector, Lab (Online). Available from: <http://www.engr.usask.ca/classes/EP/424/lab/EP414LabManual/node5.html>. Accessed June, 2002.
- Proakis, J.G., and Manolakis, D.G. (1996). Digital Signal Processing. Prentice Hall, New Jersey, p. 968.

