บรรณานุกรม

1. **การค้นหาข้อมูล (Searching)**. [online] 2009 [cited 2009 June]. Available from: http://202.28.94.55/web/320417/2548/work1/g25/technoreport1.htm#การค้นหาแบบปีนเขา(Hill%20climbing)
2. **การเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงที่**. [online] 2009 [cited 2009 June]. Available from: http://www.geocities.com/orataiky/motiong.html
3. **ระบบขนส่งอัจฉริยะ (ITS)**. [online] 2009 [cited 2009 June]. Available from: http://www.nectec.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=111:its-&catid=40:technology-news&Itemid=165
4. **ระบบขนส่งอัจฉริยะ (ITS)**. [online] 2010 [cited 2010 May]. Available from: http://wiki.nectec.or.th/its/Cluster/ITSBook
5. **ระบบขนส่งอัจฉริยะ (ITS)**. [online] 2010 [cited 2010 May]. Available from: http://www.trueplookpanya.com/true/knowledge_detail.php?mul_content_id=2883
6. **A sensor network for traffic monitoring**. [online] 2007 [cited 2008 May]. Available from: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.121.1979&rep=rep1&type=pdf
7. Anshul G, Brijesh V. A Neural Network based Approach for the Vehicle Classification. **Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Image and Signal Processing (CIISP 2007).** Queensland, Australia: IEEE Computer Society; 2007.
8. **AODV Protocol**. [online] 2009 [cited 2009 June]. Available from: http://wiki.nectec.or.th/ngiwiki/bin/viewfile/Main/ThanitaArsthong?rev=1;filename=AODV_again.doc
9. **Artificial Neural Network**. [online] 2009 [cited 2009 June]. Available from: http://202.28.94.55/web/320417/2548/work1/g26/Files/Report_Neural%20Network.doc
10. CAI in Search and Game Playing in Artificial Intelligence. **Hill climbing**. [online] 2009 [cited 2009 June]. Available from: http://202.28.94.51/users/ai/mainContents.php?page=Hill_3

11. **Camera**. [online] 2009 [cited 2009 Feb]. Available from: http://www.reviewermonster.com

12. Celil O, Fatih C. Automatic Traffic Density Estimation and Vehicle Classification for Traffic Surveillance Systems Using Neural Networks. **Mathematical and Computational Applications**. Istanbul, Turkey: Association for Scientific Research; 2009.

13. Charles H, Shiquan P. Automatic Vehicle Classification System with rang sensors. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**. Los Angeles, USA: Elsevier Science; 2001.

14. Cheol O, Stephen G. R. Recognizing vehicle classification information from blade sensor signature. **Pattern Recognition Letters 28 (2007)**. New York, USA: Elsevier Science; 2007.

15. Chong H, Qinyu Z. Real-Time Detection of Vehicles for Advanced Traffic Signal Control. **Proceedings of the 2008 International Conference on Computer and Electrical Engineering (ICCEE)**. Washington DC, USA: IEEE Computer Society; 2008.

16. Culler D, Estrin D, Srivastava M. Overview of Sensor Networks. **IEEE Computer Special Issue on Sensor Network**. Washington DC, USA: IEEE Computer Society; 2004.

17. David T, Pramod V. **Fundamentals of Wireless Communication**. New York, USA: Cambridge University Press; 2005.

18. Honeywell. Applications Note – AN218 Vehicle Detection Using AMR Sensors. **Honeywell Sensor Products**. Minnesota, USA: Honeywell Solid State Electronics Center; 2005.

19. **Infrared sensor**. [online] 2009 [cited 2009 Feb]. Available from: http://nanopatentsandinnovations.blogspot.com/2010/07/infrared-cameras-make-road-traffic.html

20. **Infrared sensor**. [online] 2009 [cited 2009 Feb]. Available from: http://www.wired.com/science/discoveries/news/2005/08/68507

21. **Intel Research, Instrument the world**. [online] 2009 [cited 2010 May]. Available from: http://www.intel.com/research/index.html

22. Janusz G, Ryszard S, Marek S, Andrzej W, Tadeusz Z. A Vehicle Classification Based on Inductive Loop Detectors. **Proceedings of the 18th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference**. Budapest, Hungary: IEEE Computer Society; 2001.

23. **Laser Detection Sensors**. [online] 2009 [cited 2009 Feb]. Available from: http://www.roadtraffic-technology.com/contractors/detection/osi

24. MaxStream. **2.4 GHz and 900 MHz RF Products Overview**. [online] 2008 [cited 2008 May]. Available from: http://www.digi.com/technology/wireless/products.jsp

25. MaxStream. XBeeTM/XBee-PROTM OEM RF Modules: Product Manual v8.x17 Beta – ZigBee Protocol. **ZigBee OEM RF Modules**. Utah, USA: MaxStream; 2007.

26. **Neural Network**. [online] 2009 [cited 2009 June]. Available from: http://blogger.sanook.com/it6381

27. Robert M. Wireless Network Coexistence. **Library of Congress Cataloging-in-Publication Data**. New York, USA: McGraw-Hill Companies; 2004.

28. Saowaluck K, Jatuporn C, Chaipat J. Vehicle Classification with low computation magnetic sensor. **8th International Conference ITS Telecommunications 2008**. Phuket, Thailand: ITST2008; 2008.

29. Sing-Yiu C, Pravin V. Traffic Surveillance by Wireless Sensor Networks: Final Report for PATH TO 5301. **UC Berkeley Transportation Library through interlibrary loan or document delivery: California path program institute of transportation studies**. California, USA: University of California Berkeley; 2007.

30. **Statistical Heuristic Classification**. [online] 2009 [cited 2009 June]. Available from: http://www.freepatentsonline.com/y2008/0162384.html

31. Tarik M. H, Tarek N. S, Samir A. A. Overhead Infrared Sensor for Monitoring Vehicular Traffic. **IEEE transactions on vehicular technology**. New York, USA: IEEE Vehicular Technology Society; 1993.

32. Wei X, Colin O, Peng W. Automated Vehicle Classification System Using Advanced Noise Reduction Technology. **1st International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS'2007)**. Queensland, Australia: ICSPCS 2007; 2007.

33. Yong-Kul K, Doo-Kwon B. Vehicle-Classification Algorithm for Single-Loop Detectors Using Neural Networks. **IEEE transactions on vehicular technology**. USA: IEEE Vehicular Technology Society; 2006.

34. **ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary**. [online] 2004 [cited 2009 Sep]. Available from: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.124.6333&rep=rep1&type=pdf

ภาคผนวก

การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์

1. Dussadee T, Chatchai K. การตรวจนับจำนวนยานพาหนะโดยแมกเนติคเซ็นเซอร์แบบแกนเดี่ยวบนเครือข่าย ZigBee. **Proceeding of the 1st Conference on Application Research and Development**. Bangkok, Thailand: ECTI-CARD; 2009. p. 271-276.

2. Dussadee T, Chatchai K. การตรวจนับจำนวนยานพาหนะโดยเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย. **Proceeding of the 6th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering**. Phuket, Thailand: JCSSE 2009; 2009. p. 182-189.

3. Dussadee T, Chatchai K. ระบบแยกประเภทและวัดความเร็วรถยนต์ บนเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย. **Proceeding of the 2nd International Conference on Knowledge and Smart Technologies.** Chonburi, Thailand: KST-2010; 2010. p. 59-64.

การตรวจนับจำนวนยานพาหนะโดยแมกเนติคเซนเซอร์ แบบแกนเดี่ยวบนเครือข่าย ZigBee

ดุษฎี ทวีวรรณบูลย์
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5150400748@stdmail.kku.ac.th

ชัชชัย คุณบัว
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น
chatchai@kku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหาการจราจรเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของประเทศที่พัฒนาแล้ว หนึ่งในแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจร คือ การทราบปริมาณยานพาหนะที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง เพื่อให้สามารถจัดการจราจรในแต่ละเส้นทางได้อย่างเหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ โดยอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกซึ่งเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะผ่านด้านบนของแมกเนติคเซนเซอร์ เป็นหลัก และส่งผลการเปลี่ยนแปลงที่ได้ผ่านไปยังเครือข่ายไร้สาย ZigBee เพื่อนำผลไปวิเคราะห์นับจำนวนยานพาหนะและแสดงผลในคอมพิวเตอร์ จากผลการทดลองของงานวิจัยนี้สามารถตรวจนับยานพาหนะได้ถูกต้อง 88.21% ซึ่งผลที่ได้สามารถนำมาใช้งานเพื่อทราบปริมาณยานพาหนะบนถนนในแต่ละเส้นทางได้

Abstract

An important problem in most developed countries is road traffic condition. Knowing amount of vehicles is a factor which could alleviate this problem. This paper presents a solution to count vehicles. The principle of this work is to measure of the Earth's magnetic field changing by a passing vehicle. Then, the results send through a wireless network via a ZigBee node to analyze amount of vehicles. The experiment has 88.21% accuracy which is proper to use for a traffic management system.

คำสำคัญ: การตรวจนับจำนวนยานพาหนะ, แมกเนติคเซนเซอร์, เครือข่ายไร้สาย

1. บทนำ

การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกเกิดขึ้นได้หลายกรณี เช่น การเคลื่อนที่ของโลหะหรือการเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าในสายไฟ ซึ่งผลของการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถนำไปใช้งานในด้านต่างๆ มากมาย เช่น การตรวจจับทิศทาง ความเร็ว นับจำนวน และแยกประเภทของยานพาหนะ หรือจะเป็นการตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะเป็นหลัก เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ตรวจนับจำนวนยานพาหนะ

การตรวจนับจำนวนยานพาหนะในงานวิจัยนี้ เลือกใช้แมกเนติคเซนเซอร์[1-3] เบอร์ HMC1051z ซึ่งเป็น AMR ที่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกที่มีขนาดเล็กได้ โดยใช้หลักการ วีตสโตนบริดจ์ (Wheatstone bridge) ในการตรวจจับ ลักษณะเด่นของแมกเนติคเซนเซอร์ คือ สามารถวัดค่าสนามแม่เหล็กโลกในช่วงกว้างๆ ได้ตั้งแต่ -6 ถึง +6 gauss ประหยัดพลังงาน มีขนาดเล็ก ผลลัพธ์ที่เซนเซอร์ตรวจจับได้สามารถนำไปวิเคราะห์นับจำนวนยานพาหนะได้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการตรวจสภาพความหนาแน่นของการจราจร

แต่เนื่องจากการใช้งานจะต้องนำเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจับสนามแม่เหล็กโลกไปติดตั้งบริเวณพื้นถนน หากต้องใช้สายในการส่งข้อมูลจะทำให้การส่งผลที่เซนเซอร์ตรวจจับได้เพื่อนำมาวิเคราะห์ทำได้ไม่สะดวก ดังนั้นจึงได้นำการสื่อสารแบบเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายมาใช้ในการส่งข้อมูล

อุปกรณ์เครือข่ายไร้สายที่นำมาใช้ คือ ZigBee [4, 5] โดยรองรับมาตรฐาน Institute of Electrical and Electronics Engineers 802.15.4 (IEEE 802.15.4) ลักษณะเด่นของ ZigBee คือ สามารถสร้างเครือข่ายได้เอง รับ-ส่งข้อมูลได้ระยะทางไกล สามารถขยายขนาดเครือข่ายให้เป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ได้ สะดวกในการติดตั้งและบำรุงรักษา มีขนาดเล็ก สามารถทำงานใน Sleep mode ได้ทำให้ประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น ผลที่ได้เป็นแบบเวลาจริง ทำให้สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้องและน่าเชื่อถือ

หัวข้อที่จะกล่าวต่อไปประกอบด้วย หัวข้อที่ 2 ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา หัวข้อที่ 3 งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 4 รายละเอียดการพัฒนา การทดสอบการใช้งานจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 5 และหัวข้อที่ 6 เป็นสรุปของบทความนี้

2. ที่มาและแรงจูงใจของปัญหา

วิธีการตรวจจับการจราจรในปัจจุบัน คือ ใช้กล้องวิดีโอ หรือใช้ระบบ intrusive sensors [6] ซึ่งรวมไปถึง inductive loop detectors, micro-loop probes, pneumatic road tubes, piezoelectric cables และ weigh-in-motion sensor วิธีการตรวจจับในลักษณะนี้สามารถตรวจจับยานพาหนะได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษาของระบบนี้มีราคาสูง และเนื่องจากจำนวนยานพาหนะมีเพิ่มขึ้น ทำให้การจราจรมีความหนาแน่นมากขึ้น ส่งผลให้ต้องใช้ชุดอุปกรณ์เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายซึ่งแต่เดิมมีราคาสูงอยู่แล้วจึงสูงมากขึ้นไปอีก งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบเครือข่ายแมกเนติคเซนเซอร์ไร้สาย เพื่อใช้ในการตรวจจับยานพาหนะ เมื่อเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและบำรุงรักษา ระบบเครือข่ายแมกเนติคเซนเซอร์ไร้สายมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าระบบเดิม อีกทั้งสามารถติดตั้งได้โดยง่าย สะดวกในการบำรุงรักษา ผลที่ได้เป็นแบบเวลาจริง มีความแม่นยำสูง สามารถเปลี่ยนแปลงจุดติดตั้งและขยายขนาดเครือข่ายได้

3. งานและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้สร้างกระบวนการตรวจนับจำนวนยานพาหนะขึ้น ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับกลไกการทำงานดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้

<u>ตัวแปรที่ใช้</u>

- Threshold: ใช้กำหนดระดับค่าสนามแม่เหล็กโลก ที่ได้จากการตรวจจับของแมกเนติคเซนเซอร์ ในระหว่างที่ยังไม่มียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์
- Range: เนื่องจากค่าที่ได้มาจากแมกเนติคเซนเซอร์

เป็นค่าที่ไม่คงที่ มีการแกว่ง จึงใช้ตัวแปรนี้เพื่อกำหนดขอบเขตช่วงค่า Threshold

- Threshold Interval: ใช้ระบุขอบเขตของ Threshold ในขณะที่ยังไม่มียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านแมกเนติคเซนเซอร์ โดยคำนวณได้จาก Threshold + Range เป็นขอบเขตบน และ Threshold – Range เป็นขอบเขตล่าง

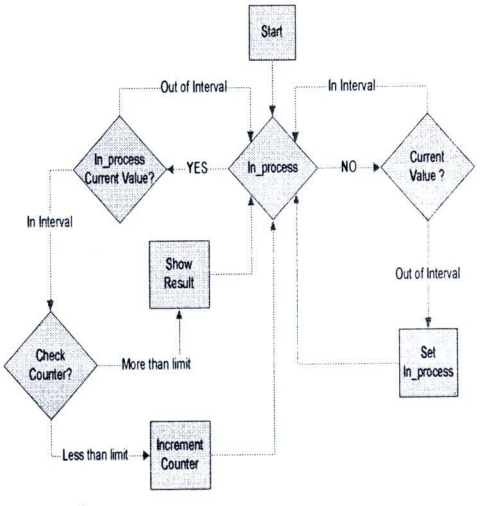
- in_process: ใช้ระบุว่าในขณะนั้นอยู่ในช่วงที่มียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านด้านบนแมกเนติคเซนเซอร์หรือไม่ โดยถ้าค่าที่ได้จากเซนเซอร์มีค่าอยู่นอกช่วง Threshold Interval ตัวแปร in_process จะมีค่าเป็น 1 แต่ถ้าค่าที่ได้มีค่าอยู่ในช่วง Threshold Interval ตัวแปร in_process จะมีค่าเป็น 0 นั่นคือ เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านแมกเนติคเซนเซอร์ ตัวแปร in_process จะมีค่าเป็น 1 และจะมีค่าเป็น 0 เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ไปแล้ว

- Counter: ใช้ตรวจสอบค่าจากแมกเนติคเซนเซอร์ที่เข้ามา อยู่ในช่วงของ Threshold Interval ติดต่อกันมาแล้วกี่ค่า ซึ่งถ้าหากค่าที่ได้รับเข้ามานั้นอยู่นอกช่วง Threshold Interval ตัวแปรนี้จะถูกตั้งให้กลายเป็น 0 ใหม่

- Limit: ใช้ระบุระยะเวลาในการตัดสินว่ายานพาหนะได้เคลื่อนที่ผ่านแมกเนติคเซนเซอร์ไปแล้วหรือยัง

<u>ขั้นตอนการนับจำนวนยานพาหนะ</u>

เริ่มต้นกลไลการทำงานโปรแกรมจะทำการคำนวณหาช่วง Threshold Interval จากนั้นจะตรวจสอบสถานะในขณะนั้นมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านแมกเนติคเซนเซอร์หรือไม่ โดยตรวจสอบค่าที่ได้อยู่ภายในหรือภายนอกช่วง Threshold Interval ถ้าค่าอยู่ภายในช่วง Threshold Interval แสดงว่าไม่มียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ในขณะนั้น และจะทำการตรวจสอบค่าต่อไปที่ได้รับเข้ามาอย่างต่อเนื่อง แต่ถ้าหากค่าอยู่ภายนอกช่วง Threshold Interval แสดงว่าในขณะนั้นมียานพาหนะเริ่มเคลื่อนที่เข้ามา และจะทำการตรวจสอบค่าต่อไปที่ได้รับเข้ามา ซึ่งถ้าค่าที่ได้รับนี้ยังคงอยู่นอกช่วง Threshold Interval จะถือว่ายานพาหนะยังคงอยู่บนแมกเนติคเซนเซอร์ จนกระทั่งค่าที่ได้รับเปลี่ยนไปอยู่ภายในช่วง Threshold Interval จะเข้าสู่กระบวนการนับยานพาหนะ โดยเริ่มจับเวลาและนับเวลาเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงเวลาที่ได้กำหนดไว้ ถ้าค่าที่ได้รับเข้ามาอยู่ในช่วง Threshold Interval ครบระยะเวลาตามที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะนับเป็น 1 ซึ่งถือว่ามียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ แต่ถ้าค่าที่ได้รับเข้ามาเปลี่ยนไปเป็นอยู่ภายนอกช่วง Threshold Interval ก่อนจะครบระยะเวลาที่กำหนด โปรแกรมจะยังไม่นับเป็น 1 ซึ่งถือว่ายานพาหนะยังไม่เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ และจะพิจารณาค่าต่อไปที่ได้รับเข้ามา การทำงานเป็นเช่นนี้อย่างต่อเนื่อง กลไกการทำงานของการตรวจนับจำนวนยานพาหนะที่กล่าวข้างต้น แสดงรายละเอียดเป็น Flowchart ได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กลไกการทำงานของการตรวจนับยานพาหนะ

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

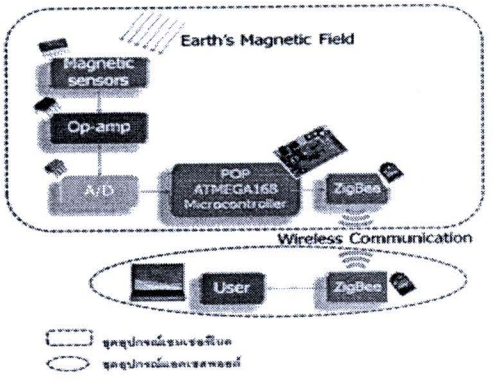
ระบบการตรวจนับจำนวนยานพาหนะของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วน คือ

1.) ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด คือ ชุดอุปกรณ์ที่นำไปติดตั้งในถนนบริเวณกึ่งกลางช่องทางการจราจรในแต่ละช่องทาง เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลก เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านด้านบนแมกเนติคเซนเซอร์ โดยประกอบด้วยแมกเนติคเซนเซอร์ วงจรขยายสัญญาณ วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ไมโครคอนโทรลเลอร์ ZigBee และแบตเตอร์รี่

2.) ชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ คือ ชุดอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ริมถนน หรือจุดที่ต้องการแสดงผล ทำหน้าที่รับข้อมูลจากชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด แล้วนำข้อมูลนั้นไปวิเคราะห์นับจำนวนยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์และแสดงผลที่วิเคราะห์ได้ โดยประกอบด้วย ZigBee และคอมพิวเตอร์

4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบของงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบให้ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดติดตั้งในพื้นถนนบริเวณกลางช่องทางการจราจรในแต่ละช่องทาง เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านด้านบนของแมกเนติคเซนเซอร์ จะทำให้สนามแม่เหล็กโลกบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไป และเซนเซอร์สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ จากนั้นส่งต่อค่านี้ไปยังวงจรขยายสัญญาณ เพื่อขยายสัญญาณอนาล็อกให้มีค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน แล้วทำการแปลงค่าจากรูปแบบที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอล จากนั้นนำค่าที่ได้รับการแปลงแล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega168 เพื่อให้เก็บไว้ในตัวแปรพร้อมทั้งสร้างและควบคุมการจัดส่งเฟรมให้กับ ZigBee จากนั้น ZigBee ที่ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดจะส่งข้อมูลนี้ในแบบไร้สายไปยัง ZigBee ที่ชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ ซึ่งผู้ใช้สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล เพื่อตรวจนับจำนวนยานพาหนะที่เคลื่อนผ่านแมกเนติคเซนเซอร์ได้ ภาพรวมทั้งหมดของระบบได้แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างระบบการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ

4.3 ข้อจำกัดของระบบ

งานวิจัยนี้เลือกใช้แมกเนติคเซนเซอร์ที่สามารถรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกที่เฉพาะบริเวณด้านบนของเซนเซอร์เท่านั้น ดังนั้น ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด ซึ่งมีแมกเนติคเซนเซอร์เป็นส่วนประกอบ จึงต้องติดตั้งไว้บนถนนหรือในถนน เช่น รางน้ำในถนน เป็นต้น

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

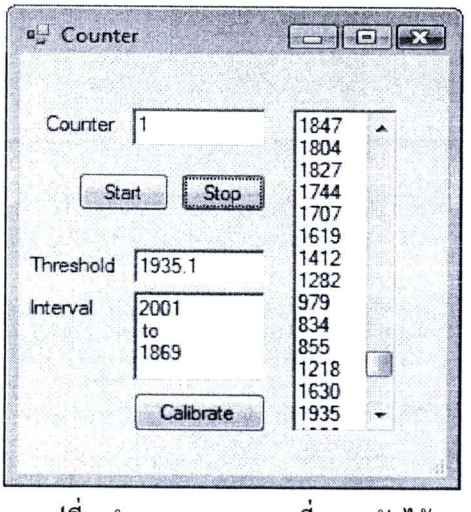
การทดสอบตรวจนับจำนวนยานพาหนะของงานวิจัยนี้ ได้นำชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดไปวางไว้ในท่อรางน้ำบริเวณทางเข้าลานจอดรถของศูนย์อาหารและบริการ ในมหาวิทยาลัย ขอนแก่น ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยให้ส่งข้อมูลที่ตรวจจับได้ไปยังชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่ติดตั้งอยู่บริเวณริม

ทางเข้าลานจอดรถของศูนย์อาหาร และมีระยะห่างจากชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด 7 เมตร เพื่อทำการตรวจนับจำนวนยานพาหนะประเภทต่างๆ คือ รถเก๋ง รถกระบะ รถตู้ รถแวน ที่เข้ามาในศูนย์อาหาร ตัวอย่างผลที่ได้จากการตรวจนับจำนวนยานพาหนะแสดงในรูปที่ 4 และ 5 แสดงตัวอย่างค่าสนามแม่เหล็กโลกที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากยานพาหนะคันที่ 12 เคลื่อนที่ผ่านแมกเนติกเซนเซอร์ และงานวิจัยนี้ได้นำ ZigBee มาใช้เป็นอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายในการส่งข้อมูลระหว่างชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดกับชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ ทำให้สามารถประมวลผลได้เป็นแบบเวลาจริง

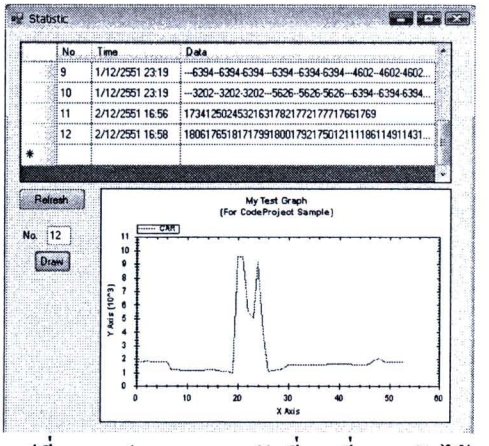
ติดตั้งชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดในรางน้ำ

บริเวณตรงกลางช่องทาง

รูปที่ 3 สถานที่ในการทดลอง



รูปที่ 4 จำนวนยานพาหนะที่ตรวจนับได้



รูปที่ 5 กราฟยานพาหนะคันที่ 12 ที่ตรวจนับได้

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจนับจำนวนยานพาหนะ ซึ่งจากการทดลองตรวจนับยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด มียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านทั้งหมด 263 คัน สามารถตรวจจับได้ 232 คัน คิดเป็นอัตราส่วนได้ 88.21% โดยในการทดลองยานพาหนะมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการทดลองนับจำนวนยานพาหนะโดยแบ่งเป็นประเภทต่างๆ คือ รถเก๋ง รถกระบะ รถตู้ และรถแวน แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งจำนวนทั้งหมดของยานพาหนะแต่ละประเภทที่ใช้ในการทดลองได้จากการจดบันทึกของผู้วิจัย จะเห็นว่ารถแวนสามารถตรวจนับได้ถูกต้อง 100% เนื่องจากขณะที่รถแวนเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์จะส่งผลให้ค่าสนามแม่เหล็กบริเวณนั้นมีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงนานกว่ารถประเภทอื่น จึงทำให้สามารถตรวจนับรถแวนได้อย่างถูกต้อง แต่การตรวจนับจำนวนยานพาหนะโดยใช้แมกเนติกเซนเซอร์นั้น ความเร็วของยานพาหนะมีผลต่อการประมวลผล และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถตรวจนับยานพาหนะบางคันที่ขับเร็วได้ และอีกสาเหตุหนึ่ง คือ ต้องกำหนดค่า Threshold และค่า Interval ให้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้

ตารางที่ 1 ผลการตรวจนับยานพาหนะ

ประเภทของยานพาหนะ	ทั้งหมด (คัน)	ตรวจจับได้ (คัน)	ร้อยละ
รถเก๋ง	146	129	88.35
รถกระบะ	82	69	84.14
รถตู้	8	7	87.5
รถแวน	27	27	100
ทั้งหมด	263	232	88.21

6. บทสรุป

งานวิจัยการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ โดยใช้แมกเนติคเซนเซอร์บนเครือข่ายไร้สาย ZigBee ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้เหมาะกับกลุ่มผู้ใช้ในเชิงของการจราจร เพื่อตรวจสภาพการจราจรบนถนนสายต่างๆ ส่งผลให้สามารถหลีกเลี่ยง แก้ไขและป้องกันปัญหาการจราจรคับคั่งในบางเส้นทางได้ และในเชิงพาณิชย์ที่มีความต้องการ เช่น ตรวจนับยานพาหนะเข้า-ออกในสถานที่ต่างๆ หรือแสดงจำนวนช่องจอดรถที่ว่างในลานจอดรถ เป็นต้น

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจนับจำนวนยานพาหนะ โดยผลการทดลองสามารถตรวจนับยานพาหนะได้คิดเป็น 88.21% ซึ่งผลที่ได้ถือว่าค่อนข้างดี แต่ยังคงต้องปรับปรุงแก้ไขอัลกอริทึมเพื่อให้สามารถตรวจจับยานพาหนะที่ขับเร็วได้และส่งผลให้การตรวจนับจำนวนยานพาหนะถูกต้องแม่นยำมากขึ้น และจะนำผลที่ได้จากการตรวจนับไปวิเคราะห์เพื่อแยกประเภทยานพาหนะ คือ รถเก๋ง รถกระบะ รถตู้ รถแวน และเปรียบเทียบกับเมื่อใช้แมกเนติคเซนเซอร์แบบ 2 แกน พร้อมทั้งลดขนาดของชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดเพื่อสามารถนำไปใช้งานได้จริง

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ นายธรณิศร์ สิทธิธนาคล และนายพงษ์ศักดิ์ เต็มธนะกิจไพศาล ที่ช่วยจัดเตรียมอุปกรณ์ในการทดลอง

8. เอกสารอ้างอิง

[1] Michael J. Caruso, "Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems," Honeywell International Inc., 1998.

[2] Honeywell, "Application Note – AN218 Vehicle Detection Using AMR Sensors," Honeywell International Inc., Aug 2005.

[3] Honeywell, "1, 2 and 3 Axis Magnetic Sensors HMC1051/HMC1052/HMC1053,"Honeywell International Inc., March 2006.

[4] MaxStream, "XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules Product Manual v1.xAx - 802.15.4 Protocol," MaxStream, U.S.A., Oct 2006.

[5] MaxStream, "XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules Product Manual v8.x17 Beta - ZigBee Protocol," MaxStream, U.S.A., Jan 2007.

[6] S. Y. Cheung, P. Varaiya, "Traffic Surveillance by Wireless Sensor Networks: Final Report," California path program institute of transportation studies, University of California Berkeley, January 2007.

การตรวจนับจำนวนยานพาหนะโดยเครือข่ายแมกเนติคเซนเซอร์ไร้สาย

ดุษฎี ทวีวรรณบูลย์[1] ชัชชัย คุณบัว[2]
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ขอนแก่น 40000 ประเทศไทย
[1]5150400748@stdmail.kku.ac.th, [2]chatchai@kku.ac.th

Abstract

An important problem in most developed countries is a road traffic condition. Knowing amount of vehicles is a factor which could alleviate this problem. This paper presents a solution to count vehicles. The principle of this work is to measure of the Earth's magnetic field changing by a passing vehicle. Then, the results send through a wireless network via a ZigBee node to record amount of vehicles. The experiment shows 96.73% accuracy which is proper to use for a traffic management system.

บทคัดย่อ

ปัญหาการจราจรเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของประเทศที่พัฒนาแล้ว หนึ่งในแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจร คือ การทราบปริมาณยานพาหนะที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง เพื่อให้สามารถจัดการจราจรในแต่ละเส้นทางได้อย่างเหมาะสม ซึ่งงานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ โดยอาศัยการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลก ซึ่งเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะผ่านด้านบนของแมกเนติคเซนเซอร์ เป็นหลัก และส่งผลการเปลี่ยนแปลงที่ได้ผ่านไปยังเครือข่ายไร้สาย ZigBee เพื่อนำผลไปวิเคราะห์นับจำนวนยานพาหนะ จากผลการทดลองของงานวิจัยนี้สามารถตรวจนับยานพาหนะได้ถูกต้องถึง 96.73% ซึ่งผลที่ได้สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานเพื่อทราบปริมาณยานพาหนะบนถนนในแต่ละเส้นทางได้

คำสำคัญ: การตรวจนับจำนวนยานพาหนะ, แมกเนติคเซนเซอร์, เครือข่ายไร้สาย

1. บทนำ

ระบบ Intelligent Transportation System (ITS) [1] เป็นการใช้อุปกรณ์ต่างๆในด้านคอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ และการสื่อสาร เพื่อช่วยจัดการระบบจราจรให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยหนึ่งในแนวทางจัดการคือ การทราบ ปริมาณยานพาหนะที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง เพื่อให้สามารถจัดการจราจรในแต่ละเส้นทางได้อย่างเหมาะสม เช่น การกำหนดเวลาในการปล่อยยานพาหนะ ณ จุดทางแยกต่างๆ แจ้งสภาพจราจร ณ เวลาปัจจุบันเพื่อให้ผู้ใช้สามารถหลีกเลี่ยงเส้นทางได้

ในปัจจุบันเนื่องจากได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็วทั้งในทางด้านอุปกรณ์ในการตรวจจับ การสื่อสารแบบไร้สาย ทำให้สามารถนำข้อดีมาประยุกต์ใช้ในระบบ ITS ได้ โดยอุปกรณ์ตรวจจับที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือ อุปกรณ์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลก (แมกเนติคเซนเซอร์) โดยอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกได้เมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านของวัตถุที่เป็นโลหะ เช่น ยานพาหนะ

โดยผลที่ได้จากการตรวจจับ จะถูกส่งผ่านไปยังเครือข่ายไร้สาย เพื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป การใช้อุปกรณ์ดังกล่าวมีความสะดวกในการติดตั้งและการบำรุงรักษาเมื่อเทียบกับการตรวจจับโดยวิธีอื่น เช่น Pneumatic road tubes [2] หรือ Induction loop [2-4] ที่ทำให้เกิดการกีดขวางการจราจรระหว่างทำการติดตั้ง และ ต้องเสียค่าบำรุงรักษาค่อนข้างสูง ซึ่งจุดเด่นของงานวิจัยนี้คือ เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็ก ใช้พลังงานต่ำ ทำให้สามารถทำงานอย่างต่อเนื่องได้เป็นเวลานาน โดยอาศัยเพียงพลังงานจากแบตเตอร์รีที่มีขนาดเล็ก สะดวกต่อการนำไปติดตั้งตามบริเวณต่างๆ โดยไม่มีการ กีดขวางการจราจร อีกทั้งในการส่งข้อมูลบนเครือข่ายไร้สายนั้นยังช่วยเพิ่มความสะดวกในการเคลื่อนย้ายได้เป็นอย่างดี

หัวข้อที่จะกล่าวต่อไปประกอบด้วย หัวข้อที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 ทฤษฎีที่ใช้ หัวข้อที่ 4 รายละเอียดการพัฒนา ทดสอบการใช้งานจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 5 และหัวข้อที่ 6 เป็นสรุปของบทความนี้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความพยายามในการตรวจนับจำนวนยานพาหนะได้มีการทำการวิจัยอย่างกว้างขวาง โดยมีการนำเสนอวิธีการต่างๆเช่นการใช้กล้องวงจรปิด ดังเห็นได้จาก [5] เป็นการตรวจจับและนับจำนวนยานพาหนะบริเวณทางแยกของถนนที่ควบคุมโดยไฟสัญญาณการจราจร โดยติดตั้งกล้องไว้ในตำแหน่งที่เหมาะสม เมื่อกล้องตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่ได้จะนำภาพนั้นมาแปลงเป็นภาพไบนารี แล้วตัดภาพให้เหลือเฉพาะบริเวณที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่ จากนั้นกรองสัญญาณรบกวนออก เพื่อนำไปคำนวณหาความยาวยานพาหนะในแต่ละช่องทางการจราจร แต่งานวิจัยนี้ต้องทดลองในสถานที่เดิมเสมอ และไม่สามารถนับจำนวนยานพาหนะในช่องทางที่ไม่มีไฟสัญญาณควบคุมการจราจรได้

การใช้ Inductive Loop Detectors เพื่อตรวจจับและแยกประเภทยานพาหนะ โดย [4] ทดลองติดตั้ง inductive loop sensors ใต้พื้นผิวถนน แล้วนำสัญญาณที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อแยกประเภทของยานพาหนะโดยเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิง ทำให้สามารถแยกยานพาหนะได้เป็น 2 ประเภท คือ รถยนต์และรถบัส ผลการทดลองสามารถตรวจจับยานพาหนะได้ดี แต่ในกระบวนการติดตั้งทำได้ค่อนข้างยาก และมีค่าใช้จ่ายสูง

การใช้ Infrared เพื่อตรวจจับความร้อนในบริเวณที่ต้องการเป็นอีกหนึ่งงานวิจัย เช่น [6] ใช้เซนเซอร์ Infrared เพื่อตรวจนับและตรวจจับความร็วของยานพาหนะ โดยติดตั้งเซนเซอร์อินฟราเรดไว้ 2 จุดบริเวณเหนือถนน เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านจะสามารถตรวจจับความร้อนที่เปลี่ยนไปในบริเวณนี้ได้ ผลการทดลองสามารถตรวจจับได้ดี แต่ความร้อนที่เซนเซอร์ตรวจจับได้ อาจจะไม่ได้เกิดจากยานพาหนะเพียงอย่างเดียว อาจเกิดจากมนุษย์ สัตว์ หรือวัตถุอื่นๆที่เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ ดังนั้นจึงต้องใช้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้อง

วิธีการเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย วิธีนี้มีชุดอุปกรณ์ที่ใช้ 2 ประเภท คือ 1. ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด ในชุดอุปกรณ์นี้จะมีเซนเซอร์เพื่อตรวจจับสิ่งที่ต้องการ และ 2. ชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์เพื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และแสดงผล หลักการทำงาน คือ เซนเซอร์ในชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดจะตรวจจับสิ่งที่ต้องการ จากนั้นจะส่งต่อสิ่งที่ตรวจจับได้นี้มายังแอคเซสพอยต์เพื่อวิเคราะห์ผล โดยในงานวิจัย [3] ใช้แมกเนติคเซนเซอร์ในการตรวจจับ ทำการทดลองโดยบนถนนในแต่ละช่องทางการจราจรจะติดตั้งชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด 1 จุดที่กลางช่องทางนั้น เพื่อ

ตรวจจับยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่าน จากนั้นจะส่งผลที่ได้ไปยังแอคเซสพอยต์ที่ติดตั้งริมถนน เพื่อนำผลที่ตรวจจับได้มาวิเคราะห์ งานวิจัยนี้สามารถนับจำนวนยานพาหนะได้ถูกต้อง 99% และแยกประเภทยานพาหนะโดยใช้วิธีการ Hill-Pattern ได้ถูกต้อง 63% แต่ผู้วิจัยไม่ได้นำความยาวและความเร็วของยานพาหนะมาประมวลผลด้วย จึงได้แนะนำให้นำค่าของ 2 ตัวแปรนี้มาคิดร่วมด้วย เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการแยกประเภทยานพาหนะ และผู้วิจัยคิดว่าน่าจะแยกได้ถูกต้องไม่ต่ำกว่า 80%

3. ทฤษฎีที่ใช้

3.1 Anisotropic Magneto-Resistive Sensor [7]

การตรวจจับจำนวนยานพาหนะสามารถทำได้โดยอาศัยหลักการทำงานของเซนเซอร์ Anisotropic Magneto Resistive (AMR) โดยที่เซนเซอร์ AMR มีความสามารถในการตรวจจับสนามแม่เหล็กโลกและส่งค่าที่ได้ออกมาในรูปของแรงดันทางไฟฟ้า โดยใช้หลักการ Wheatstone bridge ในการตรวจจับเพื่อวัดความต้านทานที่ต้องการทราบค่า โดยเปรียบเทียบกับความต้านทานที่ทราบค่าอยู่แล้ว หลักการทำงานคือ เมื่อ bridge ได้รับค่าสนามแม่เหล็กในเชิงบวก จะส่งผลให้องค์ประกอบ V_b ถึง Out+ และ Out- ถึง GND มีค่าความต้านทานลดลง ขณะที่ V_b ถึง Out- และ Out+ ถึง GND มีค่าความต้านทานเพิ่มขึ้น เซนเซอร์จะส่งแรงดันที่เป็นผลต่างระหว่างแรงดัน Out+ และ Out- ออกไป ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่า Sensor sensitivity คือ

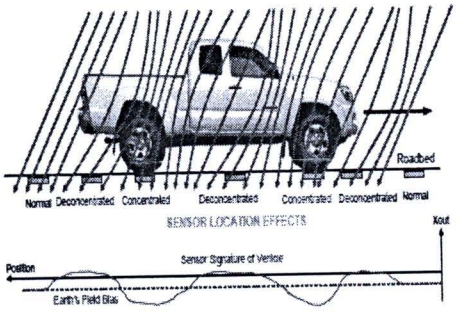
$$(Out+) - (Out-) = S * V_b * B_s$$

เมื่อ S คือ ค่า Sensitivity (ปกติคือ 1 mV/V/gauss)

V_b คือ แรงดันที่จ่ายให้กับเซนเซอร์ AMR

B_s คือ ค่าสนามแม่เหล็กที่ให้กับเซนเซอร์ AMR

จากหลักทฤษฎีความแรงในสนามแม่เหล็กโลกพบว่ามีค่าประมาณ 0.5 gauss เซนเซอร์ AMR มีระดับสัญญาณ ± 0.7 gauss ขณะที่ยานพาหนะเคลื่อนที่จะทำให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากผลของโลหะจากยานพาหนะ สนามแม่เหล็กโลกที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่ยานพาหนะกำลังเคลื่อนที่แสดงในรูปที่ 1 บล็อกขนาดเล็กใต้ถนนแสดงตำแหน่งที่สามารถติดตั้งเซนเซอร์ได้ และกราฟแสดงสัญญาณที่เซนเซอร์ตรวจจับได้



รูปที่ 1 ลักษณะของสนามแม่เหล็กโลกที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ [7]

3.2 มาตรฐาน IEEE 802.15.4 (ZigBee) [8]

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานสำหรับเครือข่ายแบบไร้สายระยะใกล้ความเร็วต่ำหรือ low-rate WPAN (LR-WPAN) โดยมีคุณลักษณะ คือ อัตราการรับ-ส่งข้อมูล ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 250 kbps ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ อุปกรณ์มีราคาถูก นอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์พื้นฐานที่หลากหลายในชีวิตประจำวัน โดยมากการนำมาประยุกต์ใช้ของ WPAN มักจะเกี่ยวข้องกับ WSNs โดยอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายในงานวิจัยนี้ คือ XBee Pro [9-10] ซึ่งง่ายต่อการใช้งาน และภายนอกอาคารสามารถส่งข้อมูลได้ระยะทางไกลถึง 1.6 กิโลเมตร

3.3 Adaptive Threshold Detection Algorithm (ATDA) [3]

เนื่องจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะแต่ละประเภทส่งผลให้สนามแม่เหล็กโลกในขณะนั้นเปลี่ยนแปลงไปแตกต่างกัน ทำให้ต้องออกแบบอัลกอริทึมเพื่อตรวจจับค่าการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกให้ได้ผลดีที่สุด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้ ATDA ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ใช้ตรวจจับยานพาหนะที่กำลังเคลื่อนที่อยู่ในขณะนั้น โดยอาศัยการตรวจจับสนามแม่เหล็กโลกที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นหลัก การทำงานของ ATDA คือ ตรวจจับค่าสนามแม่เหล็กโลกอย่างต่อเนื่องเพื่อนำผลที่ได้ไปประมวลผลหาค่า Threshold ในขณะนั้น และเมื่อมีค่าที่มากกว่าหรือน้อยกว่า Threshold จะนำค่านี้ไปวิเคราะห์หาสาเหตุเกิดจากยานพาหนะหรือไม่ และสามารถคำนวณแก้ไขค่า Threshold ใหม่ได้ในขณะที่ไม่มียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน อัลกอริทึมนี้สามารถประมวลผลได้ภายในชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด และได้ผลลัพธ์เป็นแบบ real-time

4. รายละเอียดการพัฒนา

4.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบการตรวจนับจำนวนยานพาหนะของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วน คือ

1.) ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด คือ ชุดอุปกรณ์ที่นำไปติดตั้งในถนนบริเวณกึ่งกลางช่องทางการจราจรในแต่ละช่องทาง เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลก เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านด้านบนแมกเนติคเซนเซอร์ โดยประกอบด้วยแมกเนติคเซนเซอร์ วงจรขยายสัญญาณ วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ไมโครคอนโทรลเลอร์ ZigBee และแบตเตอร์รี่

2.) ชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ คือ ชุดอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณริมถนน หรือจุดที่ต้องการแสดงผล ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซนเซอร์โนด แล้วนำข้อมูลนั้นไปวิเคราะห์หาจำนวนยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์และแสดงผลที่วิเคราะห์ได้ โดยประกอบด้วย ZigBee และคอมพิวเตอร์

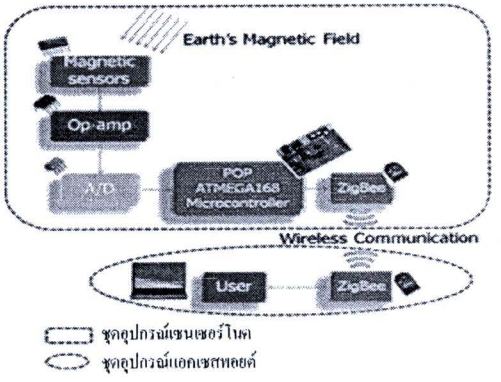
4.2 การออกแบบและพัฒนาระบบ

ระบบของงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบให้ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดติดตั้งในพื้นถนนบริเวณกลางช่องทางการจราจรในแต่ละช่องทาง เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านด้านบนของแมกเนติคเซนเซอร์ จะทำให้สนามแม่เหล็กโลกบริเวณนั้นเปลี่ยนแปลงไป และเซนเซอร์สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ จากนั้นส่งต่อค่านี้ไปยังวงจรขยายสัญญาณ เพื่อขยายสัญญาณอนาล็อกให้มีค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน แล้วทำการแปลงค่าจากรูปแบบที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้อยู่ในรูปแบบของเลขดิจิตอล จากนั้นนำค่าที่ได้รับการแปลงแล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega168 เพื่อให้เก็บไว้ในตัวแปรพร้อมทั้งสร้างและควบคุมการจัดส่งเฟรมให้กับ ZigBee จากนั้น ZigBee ที่ชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดจะส่งข้อมูลนี้ในแบบไร้สายไปยัง ZigBee ที่ชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ ซึ่งผู้ใช้สามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผล เพื่อตรวจนับจำนวนยานพาหนะที่เคลื่อนผ่านแมกเนติคเซนเซอร์ได้ ภาพรวมทั้งหมดของระบบได้แสดงดังรูปที่ 2

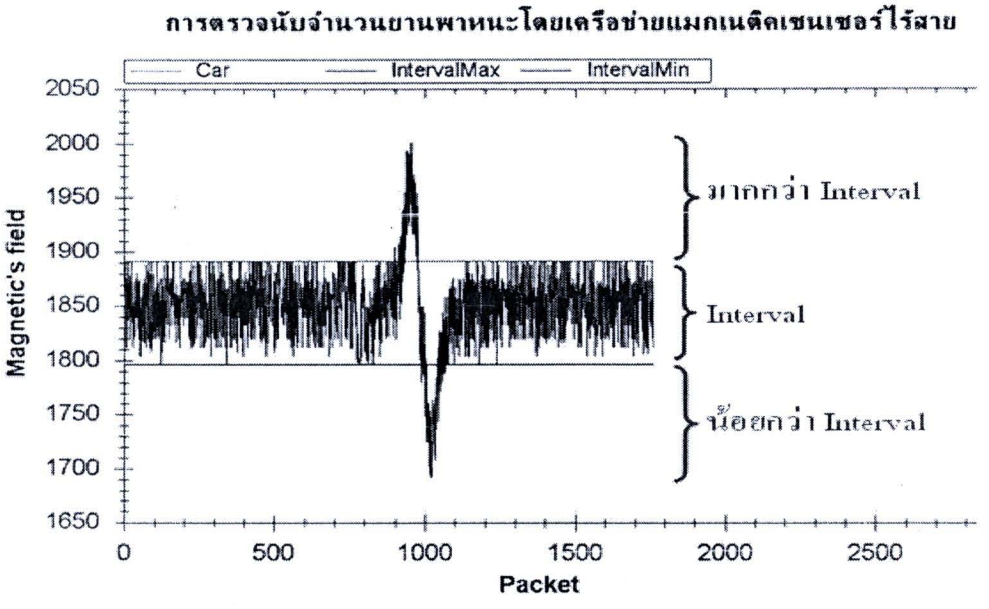
4.3 กระบวนการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ

จากการทดลองพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่แมกเนติคเซนเซอร์ตรวจจับได้ ตัวอย่างเป็นดังรูปที่ 3 คือ ในขณะที่ยานพาหนะกำลังเคลื่อนที่จะส่งผลให้ค่าสนามแม่เหล็กโลกในบริเวณนั้นมีค่ามากขึ้นหรือน้อยลงจากช่วง

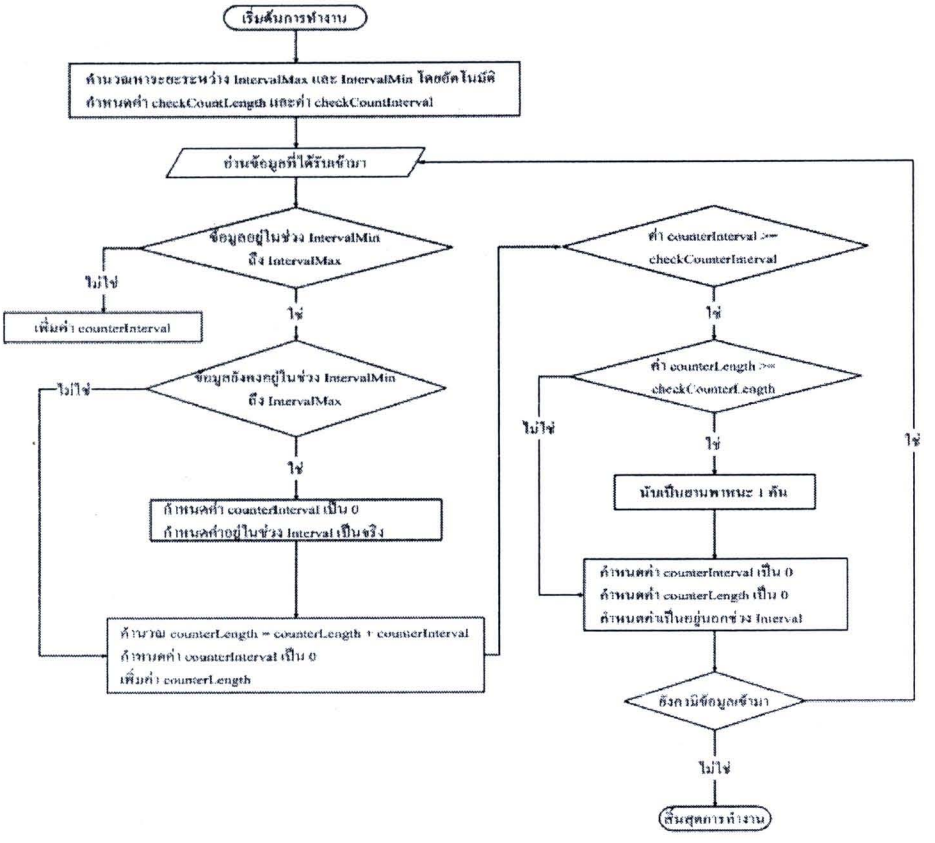
Threshold (Interval) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงอาศัยหลักการ ATDA ซึ่งเป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาช่วงค่า Interval อย่างอัตโนมัติ โดยกระบวนการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ คือ เมื่อได้รับข้อมูลที่มีค่าอยู่นอกช่วง Interval จะเริ่มนับจำนวนข้อมูลชุดนั้นตั้งแต่ข้อมูลแรกจนถึงข้อมูลสุดท้ายก่อนกลับเข้ามาอยู่ในช่วง Interval และเมื่อกลับเข้ามาอยู่ในช่วง Interval จะเริ่มนับจำนวนข้อมูลที่อยู่ในช่วงนี้ เพื่อนำจำนวนทั้ง 2 ไปเปรียบเทียบกับจำนวนที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ถ้าจำนวนข้อมูลที่อยู่นอกช่วง Interval มีมากกว่าจำนวนที่กำหนดไว้ และจำนวนข้อมูลที่กลับมาอยู่ในช่วง Interval มีมากกว่าจำนวนที่กำหนดไว้เช่นกัน จะถือว่ามียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์ไปแล้ว 1 คัน แต่ถ้าเปรียบเทียบแล้วน้อยกว่าจำนวนที่กำหนดจะถือว่าไม่มียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน ซึ่งกระบวนการนับจำนวนยานพาหนะเป็นดัง Flowchart ในรูปที่ 4



รูปที่ 2 โครงสร้างระบบการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ



รูปที่ 3 สัญญาณที่แมกเนติคเซนเซอร์ตรวจจับได้



รูปที่ 4 กลไกการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ

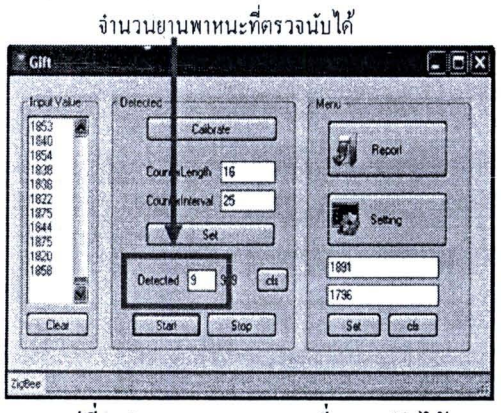
5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

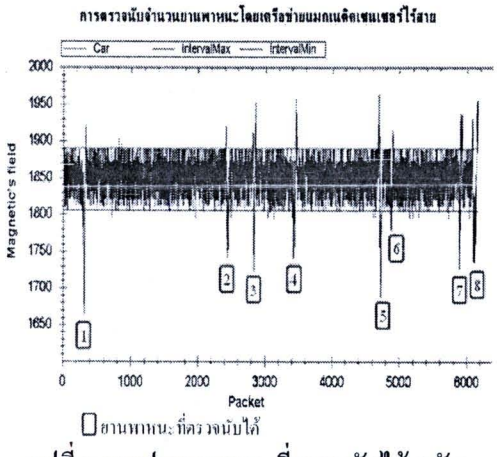
การทดสอบตรวจนับจำนวนยานพาหนะของงานวิจัยนี้ ได้นำชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดไปวางไว้ในท่อรางน้ำบริเวณทางเข้าลานจอดรถของศูนย์อาหารและบริการ ในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยให้ส่งข้อมูลที่ตรวจจับได้ ไปยังชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ที่ติดตั้งบริเวณริมทางเข้าลานจอดรถของศูนย์อาหาร และมีระยะห่างจากชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด 7 เมตร เพื่อทำการตรวจนับจำนวนยานพาหนะประเภทต่างๆ คือ รถเก๋ง รถกระบะ รถแวน รถตู้ ที่เข้ามาในศูนย์อาหาร ตัวอย่างจำนวนยานพาหนะที่ตรวจนับได้แสดงในรูปที่ 6 และรูปที่ 7 แสดงตัวอย่างกราฟของยานพาหนะจำนวน 8 คันที่ตรวจนับได้ และงานวิจัยนี้ได้นำ ZigBee มาใช้เป็นอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายในการส่งข้อมูลระหว่างชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดกับชุดอุปกรณ์แอคเซสพอยต์ทำให้สามารถประมวลผลได้เป็นแบบ real-time

ติดตั้งชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดในรางน้ำบริเวณตรงกลางช่องทาง

รูปที่ 5 สถานที่ในการทดลอง



รูปที่ 6 จำนวนยานพาหนะที่ตรวจนับได้



รูปที่ 7 กราฟยานพาหนะที่ตรวจนับได้ 8 คัน

5.2 ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจนับจำนวนยานพาหนะ ซึ่งจากการทดลองตรวจนับยานพาหนะประเภทต่างๆ คือ รถเก๋ง รถกระบะ รถแวน รถตู้ ที่เคลื่อนที่ผ่านชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนด มียานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านทั้งหมด 306 คัน สามารถตรวจนับได้ 296 คัน คิดเป็นอัตราส่วนได้ 96.73% ซึ่งในการทดลองยานพาหนะมีความเร็วเฉลี่ยประมาณ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการทดลองนับจำนวนยานพาหนะโดยแบ่งเป็นประเภทต่างๆ แสดงดังตารางที่ 1 ซึ่งจำนวนทั้งหมดของยานพาหนะแต่ละประเภทที่ใช้ในการทดลองได้จากการจดบันทึกของผู้วิจัย จะเห็นว่ารถแวนสามารถตรวจนับได้ถูกต้อง 100% เนื่องจากขณะที่รถแวนเคลื่อนที่ผ่านเซนเซอร์จะส่งผลให้ค่าสนามแม่เหล็กโลกในบริเวณนั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปอยู่นอกช่วง Interval นานกว่ารถประเภทอื่น จึงทำให้สามารถตรวจนับรถแวนได้อย่างถูกต้อง แต่การตรวจนับจำนวนยานพาหนะโดยใช้แมกเนติคเซนเซอร์นั้น ความเร็วของยานพาหนะมีผลต่อการประมวลผล และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไม่สามารถตรวจนับยานพาหนะบางคันที่ขับเร็วได้ และอีกสาเหตุหนึ่ง คือ ต้องกำหนดจำนวนข้อมูลที่อยู่ในช่วงและนอกช่วง Interval ให้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

ตารางที่ 1 ผลการตรวจนับจำนวน ยานพาหนะ

ชนิดของยานพาหนะ	ทั้งหมด (คัน)	ตรวจนับได้ (คัน)	ร้อยละ
รถเก๋ง	192	186	96.87
รถกระบะ	86	82	95.34
รถแวน	26	26	100
รถตู้	2	2	100
ทั้งหมด	306	296	96.73

6. บทสรุป

งานวิจัยการตรวจนับจำนวนยานพาหนะ โดยใช้เครือข่ายแมกเนติคเซนเซอร์ไร้สายถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้เหมาะกับกลุ่มผู้ใช้ในเชิงของการจราจร เพื่อตรวจสภาพการจราจรบนถนนสายต่างๆ ส่งผลให้สามารถหลีกเลี่ยง แก้ไขและป้องกันปัญหาการจราจรคับคั่งในบางเส้นทางได้ และในเชิงพาณิชย์ เช่น ตรวจนับจำนวนยานพาหนะเข้า-ออกในสถานที่ต่างๆ และแสดงจำนวนช่องจอดรถที่ว่างในลานจอดรถ

6.1 แนวทางการพัฒนาต่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจนับจำนวนยานพาหนะ โดยผลการทดลองสามารถตรวจนับยานพาหนะได้คิดเป็น 96.73% ซึ่งผลที่ได้ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี แต่ยังคงต้องปรับปรุงแก้ไขอัลกอริทึมเพื่อให้สามารถตรวจจับยานพาหนะที่ขับเร็วได้ และส่งผลให้การตรวจนับจำนวนยานพาหนะถูกต้องแม่นยำมากขึ้น และนำผลที่ได้จากการตรวจนับไปวิเคราะห์เพื่อตรวจจับความเร็วและแยกประเภทยานพาหนะ เช่น รถเก๋ง รถกระบะ รถแวน รถตู้ และเปรียบเทียบกับเมื่อใช้แมกเนติคเซนเซอร์แบบ 2 แกน พร้อมทั้งลดขนาดของชุดอุปกรณ์เซนเซอร์โนดเพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

7. เอกสารอ้างอิง

[1] NECTEC ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ Retrieved January, 2009 from http://lanta.giti.nectec.or.th/drupal/?q=node/447

[2] Jeffrey Ploetner and Mohan M. Trivedi, "*A Multimodal Framework for Vehicle and Traffic Flow Analysis*," 2006 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference Toronto, Canada, September 17-20, 2006

[3] S. Y. Cheung, P. Varaiya, "*Traffic Surveillance by Wireless Sensor Networks: Final Report*," California path program institute of transportation studies, University of California Berkeley, January 2007.

[4] J. Gajda, R. Sroka, M. Stencel, A. Wajda, T. Zeglen, "*A Vehicle Classification Based on Inductive Loop Detectors*," IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Budapest, Hungary, May 21-23, 2001.

[5] Chong Han, Qinyu Zhang, "*Real-Time Detection of Vehicles for Advanced Traffic Signal Control*," 2008 International Conference on Computer and Electrical Engineering

[6] Tarik M. Hussain, Tarek N. Saadawi, A. Ahmed, "*Overhead Infrared Sensor for Monitoring Vehicular Traffic*," IEEE transactions on vehicular technology

[7] Michael J. Caruso, "*Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems*," Honeywell International Inc., 1998.

[8] Sinem Coleri Ergen, "*ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary*," September 10, 2004

[9] MaxStream, "*XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules Product Manual v1.xAx - 802.15.4 Protocol*," MaxStream, U.S.A., Oct 2006.

[10] MaxStream, "*XBee™/XBee-PRO™ OEM RF Modules Product Manual v8.x17 Beta - ZigBee Protocol*," MaxStream, U.S.A., Jan 2007.

ระบบแยกประเภทและวัดความเร็วรถยนต์ บนเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย

ดุษฎี ทวีวรรณบูลย์[1] ชัชชัย คุณบัว[2]
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ขอนแก่น 40000 ประเทศไทย
[1]5150400748@stdmail.kku.ac.th, [2]chatchai@kku.ac.th

Abstract

Traffic density is an important problem in most cities around the world including Thailand. It causes impact on the economy and society. Knowing amount of vehicles is a major factor which could manage traffic efficiently as possible. The purpose of this research is to classify vehicles into 3 types (car, truck and van), to measure vehicle speed, to study impact by vehicle in nearby lanes, and to test of wireless network connectivity. By using a magnetic sensor for vehicle detection, data are transmitted by a wireless network. Thus, it presents a convenient way to analyze and apply. Vehicles were classified by Back-propagation Neural Networks Algorithm and by Hill climbing Algorithm shown 65% and 70.83% correctly, respectively. Also, our system shows .2 km/hr vehicle average speed error. Finally, the wireless network works effectively with an inter-arrival time between vehicles more than 1.25 seconds.

Key Words: vehicle classification, measure vehicle speed, magnetic sensor, wireless network

บทคัดย่อ

ปัญหาการจราจรหนาแน่นเป็นปัญหาสำคัญของหลายประเทศทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย ซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคมเป็นอย่างมาก สิ่งสำคัญในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว คือ การทราบปริมาณรถที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง เพื่อให้สามารถบริหารจัดการจราจรให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยงานวิจัยนี้ได้ทดลองแยกประเภทรถยนต์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ วัดความเร็วรถยนต์ ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากรถยนต์ในช่องทางข้างเคียง และทดสอบการทำงานของเครือข่ายไร้สาย โดยใช้เทคโนโลยีแมกเนติคเซ็นเซอร์เป็นตัวตรวจจับรถยนต์ การส่งข้อมูลภายในเครือข่ายเป็นแบบไร้สาย จึงเกิดความสะดวกในการนำผลไปวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ โดยผลการทดลองแยกประเภทรถยนต์ด้วยวิธี Back-propagation Neural Networks และวิธี Hill climbing แยกประเภทได้ถูกต้อง 65% และ 70.83% ตามลำดับ การวัดความเร็วรถยนต์มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2 กม./ชม. และเครือข่ายไร้สายนี้จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีระยะเวลาระหว่างรถตั้งแต่ 1.25 วินาทีขึ้นไป

คำสำคัญ: แยกประเภทรถยนต์, วัดความเร็วรถยนต์, แมกเนติคเซ็นเซอร์, เครือข่ายไร้สาย

1. บทนำ

ปัญหาการจราจรคับคั่งเป็นปัญหาสำคัญของหลายประเทศทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย ซึ่งปัญหา

นี้ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคมเป็นอย่างมาก ทำให้มีการริเริ่มนำเทคโนโลยีที่เรียกว่า ระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport System, ITS) [1] เข้ามาช่วยในการบริหารจัดการการจราจรให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นเพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าว สิ่งสำคัญของระบบขนส่งอัจฉริยะคือ การเก็บข้อมูลจราจร เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับนำไปวิเคราะห์และประยุกต์ใช้งานต่างๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ปัจจุบันความต้องการอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลจราจรอัตโนมัติมีมากขึ้นตามปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ ขดลวดเหนี่ยวนำ เพราะมีความน่าเชื่อถือสูง และราคาไม่แพงมาก แต่กระบวนการติดตั้งรวมถึงการบำรุงรักษาทำได้ไม่สะดวก เพราะต้องขุดเจาะพื้นผิวจราจร

งานวิจัยระบบแยกประเภทและวัดความเร็วรถยนต์ บนเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย จึงเกิดขึ้น ซึ่งแมกเนติคเซ็นเซอร์ถือเป็นแนวโน้มเทคโนโลยีแบบใหม่ที่จะมาแทนการเก็บข้อมูลแบบขดลวดเหนี่ยวนำ เพราะมีจุดเด่นหลายประการ เช่น เป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กทำให้ลดขนาดพื้นที่ที่ใช้ติดตั้ง ใช้พลังงานต่ำ และการส่งข้อมูลของงานวิจัยนี้เป็นแบบไร้สายจึงเพิ่มความสะดวกในการติดตั้ง บำรุงรักษา และการเคลื่อนย้ายหรือขยายขนาดเครือข่ายทำได้โดยง่าย

หัวข้อที่จะกล่าวต่อไปประกอบด้วย หัวข้อที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง หัวข้อที่ 3 ทฤษฎีที่ใช้ หัวข้อที่ 4 รายละเอียดการพัฒนา การทดสอบการใช้งานจะกล่าวถึงในหัวข้อที่ 5 และหัวข้อที่ 6 เป็นสรุปของบทความนี้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันได้มีการทำการวิจัยอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับปัญหาสภาพการจราจร เพื่อหาวิธีการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม โดยมีผู้วิจัยนำเสนอวิธีการต่างๆ ดังนี้

การใช้แมกเนติคเซ็นเซอร์ งานวิจัย [2, 3] ได้ทดลองแยกประเภทรถ โดยวิธีการ Hill-Pattern เพื่อแยกประเภทรถเป็น 4-7 ประเภท ผลการทดลองสามารถแยกได้ถูกต้อง 63-73%

การใช้อินดัคทีฟลูปเซ็นเซอร์ งานวิจัย [4, 5] ได้ทดลองตรวจจับและแยกประเภทรถ ผลการทดลองสามารถตรวจจับรถได้ดี และใช้วิธีการ Back-propagation Neural Networks เพื่อแยกประเภทรถเป็น 5 ประเภท สามารถแยกได้ถูกต้อง 91.5% แต่ในกระบวนการติดตั้งทำได้ค่อนข้างยาก และมีค่าใช้จ่ายสูง

การใช้เบลดเซ็นเซอร์ร่วมกับกล้องวงจรปิด งานวิจัย [6] ได้แยกประเภทรถออกเป็น 4 ประเภท โดยใช้วิธีการ Probabilistic Neural Network และ Heuristic สามารถแยกได้ถูกต้อง 70.8%

การใช้เลเซอร์เซ็นเซอร์ร่วมกับกล้องวงจรปิด งานวิจัย [7, 8] ได้ทดลองแยกประเภทรถเป็น 12-14 ประเภท โดยใช้วิธีการทางด้าน Image Processing สามารถแยกได้ถูกต้อง 65-75%

การใช้กล้องวงจรปิด งานวิจัย [9-11] แยกประเภทรถออกเป็น 4 ประเภท โดยใช้วิธีการทางด้าน Image Processing สามารถแยกได้ถูกต้อง 62-94%

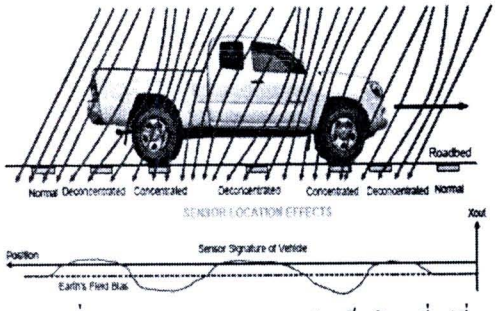
การใช้อินฟราเรดเซ็นเซอร์ งานวิจัย [12] ได้ทดลองตรวจจับรถ ผลการทดลองสามารถตรวจจับได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สามารถตรวจจับสิ่งที่ไม่ใช่รถได้เช่นกัน ดังนั้นจึงต้องใช้อัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องมากที่สุด

3. ทฤษฎีที่ใช้

3.1 Anisotropic Magneto-Resistive Sensor [13]

การตรวจจับรถสามารถทำได้โดยอาศัยหลักการทำงานของเซ็นเซอร์ Anisotropic Magneto Resistive (AMR) เซ็นเซอร์นี้สามารถตรวจจับสนามแม่เหล็กโลกและส่งค่าที่ได้ออกมาในรูปของแรงดันทางไฟฟ้า โดยใช้หลักการ Wheatstone bridge ในการตรวจจับเพื่อวัดความต้านทานที่ต้องการทราบค่าโดยเปรียบเทียบกับความต้านทานที่ทราบค่าอยู่แล้ว

จากหลักทฤษฎีความแรงในสนามแม่เหล็กโลกพบว่ามีค่าประมาณ 0.5 gauss เซ็นเซอร์ AMR มีระดับสัญญาณ $\pm$ 0.7 gauss ขณะที่รถเคลื่อนที่จะทำให้ทิศทางของสนามแม่เหล็กโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากผลของโลหะจากรถ สนามแม่เหล็กโลกที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่รถกำลังเคลื่อนที่แสดงในภาพที่ 1 และกราฟด้านล่างแสดงสัญญาณที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้



ภาพที่ 1 ลักษณะของสนามแม่เหล็กโลกที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเคลื่อนที่ของรถยนต์ [13]

3.2 มาตรฐาน IEEE 802.15.4 (ZigBee) [14]

มาตรฐาน IEEE 802.15.4 เป็นมาตรฐานสำหรับเครือข่ายไร้สายระยะใกล้ความเร็วต่ำ หรือ low-rate WPAN (LR-WPAN) มีคุณสมบัติ คือ อัตราการรับ-ส่งข้อมูลต่ำกว่าหรือเท่ากับ 250 kbps ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ ราคาถูก ประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ต่างๆได้สะดวก ซึ่งส่วนมากจะประยุกต์ใช้กับ WSNs โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ XBee Pro เป็นอุปกรณ์เครือข่ายไร้สาย

3.3 Hill climbing Algorithm [15]

การค้นหาแบบ Hill climbing เป็นวิธีการค้นหาข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกับการปีนภูเขา ถ้านักปีนเขาต้องการเดินทางไปถึงยอดภูเขา นักปีนเขาจะต้องทราบว่ายอดเขาอยู่ที่ใด แล้วพยายามไปจุดนั้นให้เร็วที่สุด นักปีนเขาจะเลือกเส้นทางที่ทำให้เข้าใกล้ยอดเขา และหลีกเลี่ยงเส้นทางที่ทำให้ห่างจากยอดเขา นักปีนเขาจะทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงยอดเขา นั่นคือ การพยายามเลือกเส้นทางที่ทำให้ไปถึงเป้าหมายได้ดีที่สุด สมมติปัจจุบันอยู่ที่โหนด n วิธีการนี้จะประเมินโหนดที่เป็นลูกของ n ทั้งหมด เพื่อพิจารณาว่าโหนดใดอยู่ใกล้โหนดเป้าหมายที่สุด และเลือกโหนดนั้นเป็นโหนดถัดไป กล่าวคือ ถ้า (n_1, n_2, ... , n_n) เป็นลูกของโหนด n และ f เป็นฟังก์ชั่นฮิวริสติก จะเลือกโหนดที่ค่า $f(n_j)$ มากที่สุด ซึ่งวิธีการที่จะนำฟังก์ชั่นฮิวริสติกมาใช้มีหลายวิธีด้วยกันขึ้นอยู่กับจะนำไปใช้ในลักษณะใด เช่น เลือกสถานะที่มีค่าฮิวริสติกดีขึ้น แล้วเดินไปยังสถานะนั้นเลย โดยไม่ต้องสนใจสถานะที่มีค่าฮิวริสติกแย่กว่าสถานะปัจจุบัน หรืออาจจะเก็บสถานะทุกตัวไว้แม้ว่าค่าฮิวริสติกจะแย่ลงแล้วพิจารณาสถานะเหล่านี้ทีหลัง เป็นต้น แต่การค้นหาแบบ Hill climbing อาจมีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ เช่น การพบยอดเขาที่ไม่ใช่จุดสูงสุด การเจอหน้าผา หรือการเจอสันเขา

3.4 Neural Network (โครงข่ายประสาทเทียม) [16]

โครงข่ายประสาทเทียม คือ การทำให้คอมพิวเตอร์รู้จักคิดและจดจำในแนวเดียวกับโครงข่ายประสาทของมนุษย์ เพื่อช่วยให้คอมพิวเตอร์ฟังภาษามนุษย์ได้เข้าใจ อ่านออก และรู้จำได้ ซึ่งอาจเรียกได้ว่าเป็น “สมองกล”

กระบวนการทำงาน คือ เมื่อมี input เข้ามาในโครงข่าย จะนำ input มาคูณกับ weight ของแต่ละขา จากนั้นนำผลของทุกขามารวมกันแล้วเปรียบเทียบกับ threshold ที่กำหนดไว้ ถ้ามีค่ามากกว่า threshold จะส่ง output นั้นออกไป เพื่อไปเป็น input ของประสาทอื่นๆ แต่ถ้าน้อยกว่าจะไม่เกิด output สิ่งสำคัญคือต้องทราบค่า weight และ threshold ของสิ่งที่ต้องการให้รู้จำ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่แน่นอน แต่สามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ปรับค่าเหล่านั้นได้ โดยการสอนให้รู้จักรูปแบบของสิ่งที่ต้องการให้รู้จำ เรียกว่า back-propagation เป็นกระบวนการย้อนกลับของการรู้จำ การฝึก feed-forward neural networks จะใช้อัลกอริทึม back-propagation เพื่อปรับปรุง weight ของโครงข่าย หลังจากใส่รูปแบบข้อมูลสำหรับฝึกในแต่ละครั้งแล้ว จะนำค่า output ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่คาดหวัง จากนั้นคำนวณหาค่าความผิดพลาด ซึ่งจะส่งค่านี้กลับเข้าสู่โครงข่ายเพื่อใช้แก้ไขค่า weight ต่อไป

3.5 การคำนวณหาความเร็วรถ [17]

การคำนวณหาความเร็วของรถโดยมีความเร่งคงที่สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$V = S / (t_2 - t_1)$$

เมื่อ V คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ

S คือ ระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด

t_1 คือ เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านจุดแรก

t_2 คือ เวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านจุดที่สอง

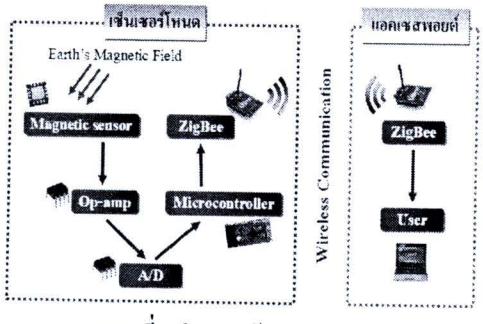
4. รายละเอียดการพัฒนา

ระบบของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

1.) เซ็นเซอร์โหนด คือ ชุดอุปกรณ์ที่นำไปติดตั้งในถนนบริเวณกึ่งกลางช่องทางจราจรในแต่ละช่องทาง เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลก เมื่อมีรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านด้านบนแมกเนติคเซ็นเซอร์

2.) แอคเซสพอยต์ คือ ชุดอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณริมถนน หรือจุดที่ต้องการแสดงผล ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์โหนด แล้วนำข้อมูลนั้นไปวิเคราะห์นับจำนวน แยกประเภท และวัดความเร็วรถยนต์ พร้อมทั้งแสดงผลที่วิเคราะห์ได้

การทำงานของระบบ คือ แมกเนติคเซ็นเซอร์จะตรวจจับสนามแม่เหล็กโลกในบริเวณนั้น แล้วส่งต่อค่านี้ไปยังวงจรขยายสัญญาณ เพื่อขยายสัญญาณอนาล็อกให้มีค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน แล้วทำการแปลงค่าจากรูปแบบที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้อยู่ในรูปแบบของเลขดิจิตอล จากนั้นนำค่าที่ได้รับการแปลงแล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้เก็บไว้ในตัวแปร พร้อมทั้งสร้างและควบคุมการจัดส่งเฟรมให้กับ ZigBee จากนั้น ZigBee ที่เซ็นเซอร์โหนดจะส่งข้อมูลนี้ในแบบไร้สายไปยัง ZigBee ที่แอคเซสพอยต์ ซึ่งผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลตามต้องการได้ โครงสร้างของระบบแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 โครงสร้างของระบบ

5. การทดสอบการใช้งาน

5.1 ผลการทดลองการแยกประเภทรถยนต์

จากการทดลองนับจำนวนรถยนต์ [18] พบว่าการเคลื่อนที่ของรถยนต์แต่ละประเภทมีผลทำให้ลักษณะสนามแม่เหล็กโลกเกิดการเปลี่ยนแปลง

แตกต่างกัน ดังนั้น จึงนำลักษณะที่ต่างกันนี้ไปใช้วิเคราะห์เพื่อแยกประเภทรถยนต์ออกเป็น 3 ประเภท คือ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ โดยงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network กับ Hill climbing โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองตรวจนับรถยนต์ดังกล่าวข้างต้นมาใช้ในการทดลองแยกประเภทรถยนต์

การทดลองโดยอัลกอริทึม Back-propagation ทดลองโดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ training set และ test set โดย training set จะมีข้อมูลของรถยนต์แต่ละประเภทจำนวน 100 คัน รวมทั้งหมด 300 คัน และ test set จะมีข้อมูลของรถยนต์แต่ละประเภทจำนวน 40 คัน รวมทั้งหมด 120 คัน

การทดลองโดยใช้อัลกอริทึม Hill climbing จะนำข้อมูลของรถยนต์มาแสดงเป็นกราฟ เพื่อวิเคราะห์รูปแบบของรถยนต์แต่ละประเภทจนกระทั่งได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุด ทดลองโดยการนำข้อมูลของรถยนต์แต่ละคันมาวิเคราะห์ผลว่าใกล้เคียงกับรูปแบบใดมากที่สุด โดยข้อมูลที่ใช้ทดลองเป็นข้อมูลชุดเดียวกับ test set ที่ใช้ในการทดลองของ Back-propagation

จากการทดลองทั้ง 2 วิธี พบว่า Hill climbing สามารถแยกประเภทรถยนต์ได้ถูกต้อง 70.83% ซึ่งมากกว่า Back-propagation ที่แยกประเภทได้ถูกต้อง 65% และเมื่อพิจารณารถยนต์แต่ละประเภท พบว่า Hill climbing สามารถแยกรถเก๋ง และรถกระบะได้ดีกว่า Back-propagation แต่แยกรถตู้ได้น้อยกว่า ดังแสดงในตารางที่ 1 จากการทดลอง พบว่าวิธี Back-propagation มีความซับซ้อนมากกว่าและถูกต้องน้อยกว่าวิธี Hill climbing ดังนั้นวิธีการ Hill climbing มีความเหมาะสมจะนำมาใช้แยกประเภทรถยนต์มากกว่าวิธี Back-propagation แต่ผลการทดลองที่ได้นี้ยังคงต้องพัฒนา ปรับปรุง เพื่อให้สามารถแยกประเภทรถยนต์ได้ถูกต้องมากขึ้นและมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

ตารางที่ 1 ผลการแยกประเภทรถยนต์ของ 2 อัลกอริทึม

ประเภทรถยนต์	Back-propagation Neural Network		Hill climbing	
	ถูกต้อง (คัน)	ร้อยละ	ถูกต้อง (คัน)	ร้อยละ
รถเก๋ง	25	62.5	29	72.5
รถกระบะ	22	55	30	75
รถตู้	31	77.5	26	65
ทั้งหมด	78	65	85	70.83

5.2 ผลการทดลองการวัดความเร็วรถยนต์

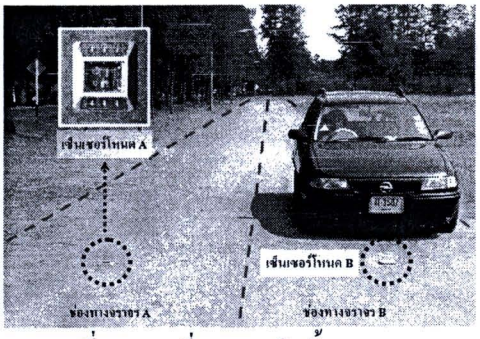
การทดลองนี้ได้ติดตั้งเซ็นเซอร์โหนด 2 โหนด ในช่องทางจราจรเดียวกัน มีระยะห่างระหว่างโหนด 30 เมตร และติดตั้งแอคเซสพอยต์ 1 โหนด บริเวณริมช่องทางนั้น โดยมีระยะห่างจากเซ็นเซอร์โหนดแรก 70 เมตร และห่างจากเซ็นเซอร์โหนดสอง 40 เมตร ทดลองวัดความเร็วรถยนต์ทั้งหมด 55 ครั้ง ซึ่งมีความเร็วไม่เกิน 70 กม./ชม. โดยความเร็วอ้างอิงใช้จากการจับเวลาของผู้วิจัย จากผลการทดลอง พบว่าระบบสามารถวัดความเร็วได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 2 กม./ชม. ซึ่งรถยนต์ที่ขับช้าจะวัดความเร็วได้ค่อนข้างถูกต้อง ส่วนรถยนต์ที่ขับเร็วขึ้นจะคลาดเคลื่อนมากขึ้น ความผิดพลาดนี้เกิดขึ้นจากแอคเซสพอยต์ได้ผลการนับรถของเซ็นเซอร์โหนดใดโหนดหนึ่งหรือทั้ง 2 โหนด เร็วหรือช้ากว่าปกติ ส่งผลให้ระยะเวลาที่จับได้ไม่เท่ากับความเป็นจริง

เมื่อนำเวลานี้ไปคำนวณเพื่อหาความเร็วจะทำให้ได้ความเร็วที่ผิดพลาด อีกสาเหตุหนึ่งอาจเกิดจากผู้วิจัย เนื่องจากเวลาที่ใช้คำนวณความเร็วอ้างอิงได้จากการจับเวลาของผู้วิจัยทำให้ความเร็วอ้างอิงนี้เกิดความคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน

5.3 ผลการทดลองผลกระทบที่เกิดจากรถยนต์ในช่องทางจราจรข้างเคียง

การทดลองนี้ได้ติดตั้งเซ็นเซอร์โหนด A ในถนนบริเวณกลางช่องทางจราจร A โหนด B กลางช่องทางจราจร B ซึ่งเป็นช่องทางข้างเคียงของช่องทาง A ทั้ง 2 โหนดมีระยะห่างระหว่างกัน 3 เมตร และติดตั้งแอคเซสพอยต์ 1 โหนด บริเวณริมช่องทาง A ห่างจากโหนด A เป็นระยะทาง 10 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3

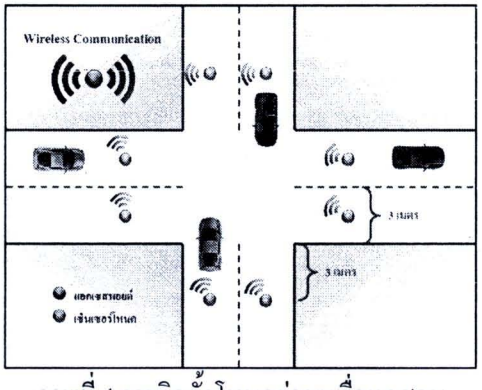
ทำการทดลอง 2 แบบ คือ 1. มีรถยนต์ในช่องทางใดช่องทางหนึ่งเท่านั้น 2. มีรถยนต์ในช่องทางทั้งสองโดยขับสวนกันพอดีขณะค่อมเซ็นเซอร์โหนด ผลการทดลองแบบ 1 พบว่าสัญญาณที่ได้ในช่องทางที่ไม่มีรถยนต์ ยังคงเหมือนเดิมไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ เซ็นเซอร์โหนดในช่องทางนี้ไม่สามารถตรวจจับรถยนต์ที่อยู่ในช่องทางข้างเคียงได้ และผลการทดลองแบบที่ 2 พบว่า สัญญาณจากเซ็นเซอร์โหนดทั้งสองในขณะที่รถยนต์ขับสวนกันพอดีจะมีเฉพาะข้อมูลของรถที่ตรวจจับได้ในช่องทางของตนเองเท่านั้น จากการทดลองนี้ พบว่า เซ็นเซอร์โหนดสามารถตรวจจับรถยนต์ที่ขับไม่ค่อมเซ็นเซอร์โหนดได้ แต่ระยะห่างระหว่างรถยนต์กับเซ็นเซอร์โหนดต้องน้อยกว่า 1 เมตร ซึ่งโดยปกติช่องทางมีความกว้างประมาณ 2.6-3 เมตร สรุปคือ รถยนต์ที่อยู่ในช่องทางจราจรใดๆจะไม่ส่งผลกระทบต่อช่องทางข้างเคียง แต่อาจเกิดความผิดพลาดได้ เช่น กรณีที่รถขับแซงคันหน้าหรือขับเปลี่ยนช่องทาง



ภาพที่ 3 สถานที่และการติดตั้งการทดลองผลกระทบที่เกิดจากรถยนต์ในช่องทางจราจรข้างเคียง

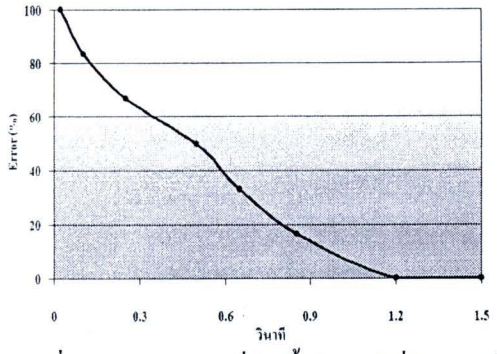
5.4 ผลการทดลองการทำงานของเครือข่ายไร้สาย

การทดสอบการทำงานเครือข่ายไร้สาย ทำโดยสร้างเครือข่ายไร้สายที่มีโทโปโลยีเป็นแบบสตาร์ มีเซ็นเซอร์โหนด 8 โหนด และแอคเซสพอยต์ 1 โหนด ติดตั้งโหนดทั้งหมดโดยจำลองให้เหมือนกับบริเวณสี่แยกของถนนจริงดังแสดงในภาพที่ 4 ทำการทดลองโดยในแต่ละช่องทางจะมีจำนวนรถยนต์ที่ได้จากการสุ่มและขับด้วยความเร็วไม่เท่ากัน พร้อมทั้งกำหนดระยะเวลาและช่องทางปล่อยรถให้เหมือนกับสี่แยกไฟแดง เซ็นเซอร์โหนดทั้งหมดจะทำหน้าที่ตรวจจับรถยนต์ตลอดเวลา เพื่อให้แอคเซสพอยต์แสดงจำนวนรถทั้งหมดที่มีอยู่ในบริเวณสี่แยกนี้ พร้อมทั้งทดสอบการทำงานของเครือข่ายโดยพิจารณาในกรณีที่ข้อมูลเกิดการชนกัน



ภาพที่ 4 การติดตั้งโหนดต่างๆเพื่อทดสอบการทำงานของเครือข่ายไร้สาย

จากการทดลอง พบว่า โดยปกติเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สายสามารถทำงานได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ แต่ในกรณีที่มีรถยนต์จำนวนมาก ซึ่งขับด้วยความเร็วไม่เท่ากัน และระยะห่างระหว่างรถยนต์ (การทดลองนี้ใช้ระยะเวลาระหว่างรถแทนระยะทาง) มีค่าน้อยจะส่งผลให้เครือข่ายนี้มีประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากเกิดการชนกันของข้อมูล โดยระยะเวลาระหว่างรถที่น้อยกว่า 0.02 วินาที จะเกิดความผิดพลาด 100% แต่ถ้าระยะเวลามากขึ้นความผิดผลาดจะเกิดน้อยลง ซึ่งที่ระยะเวลา 0.5 วินาที เกิดความผิดพลาด 50% แต่ถ้าระยะเวลาตั้งแต่ 1.25 วินาทีขึ้นไปจะไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกรณีที่มีรถยนต์จำนวนมากและระยะห่างระหว่างรถยนต์มีค่าน้อย

6. บทสรุป

งานวิจัยเรื่องระบบแยกประเภทและวัดความเร็วรถยนต์ บนเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย ได้พัฒนาขึ้นสำหรับบริหารจัดการการจราจรล่วงหน้าได้อย่างเหมาะสม เช่น การทราบปริมาณรถที่มีอยู่ในแต่ละเส้นทาง จะช่วยให้ผู้ขับขี่เลือกเส้นทางอื่นแทนเส้นทางที่มีการจราจรหนาแน่นได้ การเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรอัตโนมัติให้สอดคล้องกับปริมาณรถในแต่ละฝั่งเพื่อลดจำนวนรถสะสมบริเวณสี่แยก และงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ เช่น ตรวจนับจำนวนรถเข้า-ออกในสถานที่ต่างๆ แสดงจำนวนและตำแหน่งช่องจอดรถที่ว่างในลานจอดรถ บริษัทผลิตรถสามารถเพิ่มการผลิต หรือปรับเปลี่ยนแผนการตลาดได้ โดยดูจากปริมาณและแนวโน้มการใช้รถแต่ละประเภทของผู้ใช้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากกองทุนวิจัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประเภททุนเริ่มต้นวิจัย และได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมโทรคมนาคม (สพท.) สำนักงานคณะกรรมการกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ

8. เอกสารอ้างอิง

[1] NECTEC Retrieved Jan, 2010 from http://www.nectec.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=111:its-&catid=40:technology-news&Itemid=165

[2] S. Y. Cheung, P. Varaiya, "Traffic Surveillance by Wireless Sensor Networks: Final Report," California path program institute of transportation studies, University of California Berkeley, Jan 2007.

[3] S. Keawkamnerd, J. Chinrungrueng, C. Jaruchart, "Vehicle Classification with low computation magnetic sensor," ITS Telecommunications, 2008. ITST2008. 8th International Conference, Thailand, Oct, 2008

[4] Y. Ki, D. Baik, "Vehicle-Classification Algorithm for Single-Loop Detectors Using Neural Networks," IEEE transactions on vehicular technology, USA, Nov, 2006

[5] J. Gajda, R. Sroka, M. Stencel, A. Wajda, T. Zeglen, "A Vehicle Classification Based on Inductive Loop Detectors," IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference Budapest, Hungary, May 21-23, 2001.

[6] C. Oh, S. G. Ritchie, "Recognizing vehicle classification information from blade sensor signature," Pattern Recognition Letters 28 (2007), USA, July, 2007

[7] W. Xiang, C. Ottoz, P. Wen, "Automated Vehicle Classification System Using Advanced Noise Reduction Technology," 1st International Conference on Signal Processing and Communication Systems (ICSPCS'2007), Australia, Dec 17-19, 2007

[8] C. Harlow, S. Peng, "Automated Vehicle Classification System with rang sensors," Transportation Research Part C: Emerging Technologies, USA, August, 2001

[9] C. Han, Q. Zhang, "Real-Time Detection of Vehicles for Advanced Traffic Signal Control," 2008 International Conference on Computer and Electrical Engineering

[10] C. Ozkurt, F. Camci "Automatic Traffic Density Estimation and Vehicle Classification for Traffic Surveillance Systems Using Neural Networks," Mathematical and Computational Applications, Fatih University, Turkey, 2009

[11] A. Goyal, B. Verma "A Neural Network based Approach for the Vehicle Classification," Proceedings of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Image and Signal Processing (CIISP 2007), Central Queensland University, Australia, April 1-5, 2007

[12] T. M. Hussain, T. N. Saadawi, A. Ahmed, "Overhead Infrared Sensor for Monitoring Vehicular Traffic," IEEE transactions on vehicular technology

[13] M. J. Caruso, "Applications of Magnetoresistive Sensors in Navigation Systems," Honeywell International Inc., 1998.

[14] S. C. Ergen, "ZigBee/IEEE 802.15.4 Summary," Sep 10, 2004

[15] การค้นหาข้อมูล (Searching), Retrieved June, 2009 from http://202.28.94.55/web/320417 /2548/work1/g25/technoreport1.htm

[16] Artificial Neural Network, Retrieved June, 2009 from http://202.28.94.55/web/320417/ 2548/work1/g26/Files/Report_Neural%20Net work.doc

[17] การเคลื่อนที่แนวตรงด้วยความเร่งคงที่, Retrieved June, 2009 from http://www. geocities.com/ orataiky/motiong.html

[18] ดุษฎี ทวีวรรณบูลย์, ชัชชัย คุณบัว, "การตรวจนับจำนวนยานพาหนะโดยเครือข่ายแมกเนติคเซนเซอร์," The 6th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE2009), Phuket, Thailand, May 2009.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวดุษฎี ทวีวรรณบูลย์ เกิดเมื่อวันที่ 7 มิถุนายน 2528 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2551 และศึกษาต่อในระดับปริญญาโทสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี 2551