

การเปรียบเทียบเส้นสีและความเร็วจากสารสนเทศการจราจรกับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

นายธนา โปธานนท์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COMPARISON OF TRAFFIC COLOR AND SPEED FROM TRAFFIC INFORMATION AND
BLUETOOTH DEVICE

Mr. Thana Potanon



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2015

Copyright of Chulalongkorn University

ธนา โปธานนท์ : การเปรียบเทียบเส้นสีและความเร็วจากสารสนเทศการจราจรกับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (COMPARISON OF TRAFFIC COLOR AND SPEED FROM TRAFFIC INFORMATION AND BLUETOOTH DEVICE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.สรวิศ นฤปิติ, 106 หน้า.

สารสนเทศการจราจรเป็นประโยชน์ต่อผู้ขับขี่ในการตัดสินใจการเดินทางที่เหมาะสม ในปัจจุบันมักใช้ข้อมูลจาก Probe เพื่อประมาณความเร็วของการจราจร และ สร้างเส้นสีจราจร รวมถึงบ่งบอกสภาพการติดขัดของการจราจร ซึ่งจะมีความน่าเชื่อถือของความถูกต้องระดับหนึ่ง สิ่งที่น่าสนใจคือ ต้องการวิธีที่จะตรวจสอบเปรียบเทียบความถูกต้องของสารสนเทศการจราจรที่ง่ายต่อการปฏิบัติ สามารถประเมินภาพโดยรวมของสารสนเทศการจราจรบนโครงข่ายถนนและตลอดช่วงเวลาได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกระบวนการเปรียบเทียบความถูกต้องของสารสนเทศการจราจร คือ เส้นสีจราจรและความเร็ว กับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ซึ่งข้อมูลที่ผู้วิจัยใช้วิเคราะห์ได้มาจากมูลนิธิศูนย์ข้อมูลอัจฉริยะไทย (Intelligent Traffic Information Center, iTIC) บริเวณถนนสาทร กรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลทั้งสิ้น 21 วัน กระบวนการตรวจสอบความถูกต้องประกอบด้วยการจัดการข้อมูลที่จะนำมาทำเป็นสารสนเทศการจราจรที่มาจากข้อมูล Probe เทคนิคการรวมลิงก์ การจัดการข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ การจัดการกับ outlier การเปรียบเทียบความถูกต้องของสารสนเทศการจราจรมีทั้งหมดสามวิธี ได้แก่ การเปรียบเทียบผลลัพธ์เส้นสีจราจรโดยวิธีการใช้ตารางไขว้ (Cross tabulation) การเปรียบเทียบเส้นสีจราจรและความเร็วเทียบกับช่วงความเชื่อมั่นของความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ การเปรียบเทียบความเร็วโดยใช้วิธีค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ผลการเปรียบเทียบข้อมูลเมื่อเปรียบเทียบเส้นสีจราจรพบว่า สารสนเทศการจราจรมีความถูกต้อง 65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาช่วงความเชื่อมั่นของความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธจะทำให้ปฏิเสธเส้นสีจราจรที่ไม่ถูกต้อง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาค่าความเร็วการจราจรพบว่ามีค่าอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นของความเร็วที่ 90 เปอร์เซ็นต์ มีสัดส่วนที่ 38 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความเร็วการจราจร พบว่า ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยรวม 45 เปอร์เซ็นต์ และ มีค่าที่สูงในช่วงเวลาที่รถแล่นช้า (ติดขัด) โดยผลจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ สร้างกระบวนการหรือวิธีที่สามารถใช้หาความถูกต้องของสารสนเทศการจราจรได้

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2558

5570223021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: PROBE / INTELLIGENT TRAFFIC INFORMATION CENTER, ITIC / MEAN ABSOLUTE PERCENTAGE ERROR (MAPE) / BLUETOOTH DEVICE / TRAFFIC COLOR

THANA POTANON: COMPARISON OF TRAFFIC COLOR AND SPEED FROM TRAFFIC INFORMATION AND BLUETOOTH DEVICE. ADVISOR: ASSOC. PROF. SORAWIT NARUPITI, Ph.D., 106 pp.

Traffic information supports motorists for a better informed decision. At present, traffic information is built from vehicle probe data that estimate traffic speed and traffic color, which comes with a degree of accuracy. It is interesting to develop a method for measuring accuracy that is practical and can be used in a wider road network and time period. This research aims to propose a method to evaluate the accuracy of traffic information, traffic color and speed, by comparing it with traffic data from Bluetooth device. The 21-day Sathorn road traffic information data came from Intelligent Traffic Information Center (ITIC). The methodology included the manipulation of vehicle probe data, to combine sub-link data into comparable link data. The bluetooth data processing included the data cleansing to eliminate the outliers. Three methods of comparison were demonstrated: Cross tabulation of traffic color, Comparison of traffic color and traffic speed with confidence range of traffic data from bluetooth, and Mean Absolute Percentage of Error (MAPE) of speed. The results of comparison showed that traffic color was 65% accurate when comparing traffic color. The confidence range of traffic data indicated 20% of different traffic colors, and 38% of the same traffic speed. The speed comparison had 45% MAPE with the greatest difference taking place at low speed (congested) time period. The research showed that the proposed method could be applied to find the accuracy of traffic information.

Department: Civil Engineering

Student's Signature

Field of Study: Civil Engineering

Advisor's Signature

Academic Year: 2015

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษางานวิจัยในหัวข้อ " การเปรียบเทียบเส้นสีและความเร็วจากสารสนเทศ การจรรจกกับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ" สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาและอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก รศ.ดร.สรวิต นฤปิติ ผู้ให้ความกรุณารับเป็นที่ปรึกษา ให้ คำแนะนำ ความรู้ ข้อคิด และให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูล แนวทางการทำวิจัยที่ถูกต้องตาม ระเบียบวิธีจึงทำให้งานวิจัยชิ้นนี้เสร็จสมบูรณ์ไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่าง สูงไว้ ณ ที่นี้ รวมไปถึง รศ.ดร.เกษม ชูจารุกุล และ รศ.ดร.จิตติชัย รุจนกนกนาฏ ที่ช่วยให้ คำแนะนำ ความรู้ ข้อคิด และให้ความเอื้อต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์นี้เป็นอย่างดี พร้อมขอ กราบขอบพระคุณ ดร.วุฒิชัย อัมพรอร่ามเวทย์ และ คุณกิตติพงษ์ หิริโอตัมปะ ที่คอยให้ความ ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ความรู้ รวมถึงมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (ITIC) ที่เป็นผู้เอื้อเพื่อ ข้อมูลหลักในการทำวิจัยนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เจ้าหน้าที่ และนิสิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ โดยเฉพาะสาขาวิศวกรรมขนส่ง ที่ได้กรุณาช่วยแนะนำข้อเสนออื่นๆ ที่มีประโยชน์แก่งานวิจัยนี้ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ ตลอดจนขอบคุณพี่ๆ และ เพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และเป็นกำลังใจ ให้เสมอ จนสำเร็จไปได้ด้วยดี

ด้วยความขอบคุณและศรัทธา

นาย ธนา โปธานนท์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	1
สารบัญรูป.....	1
บทที่ 1 บทนำ.....	5
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	5
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	7
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	7
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
1.5 ลำดับการนำเสนอวิทยานิพนธ์.....	8
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 ลักษณะของสารสนเทศการจราจร.....	9
2.1.1 สารสนเทศจราจรในประเทศไทย.....	10
2.1.2 สารสนเทศการจราจรในต่างประเทศ.....	11
2.2 การได้มาซึ่งสารสนเทศการจราจรโดยมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (ITIC).....	13
2.2.1 ลักษณะของข้อมูล Probe.....	14
2.2.2 การจำแนกสิ่งของมูลนิธิ ITIC.....	15
2.2.3 การประมวลเส้นสี.....	18
2.3 อุปกรณ์ตรวจจับความเร็ว.....	19
2.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับความเร็วที่นิยมใช้ทั่วไป.....	19

2.3.2 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ.....	21
2.3.3 รายละเอียดของอุปกรณ์บลูทูธ.....	26
2.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	28
2.4.1 ทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	28
2.4.2 ทฤษฎีที่ใช้เปรียบเทียบระหว่างข้อมูล iTIC และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	31
2.5 สรุปผลการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	35
3.1 แผนในการดำเนินงาน	36
3.2 การศึกษาและสร้างวิธีการจัดการข้อมูลที่ได้จากมูลนิธิต TIC	37
3.2.1 ลักษณะของข้อมูล Probe จากมูลนิธิต TIC	37
3.2.2 การดึงข้อมูลและการประมวลผลความเร็วจากลิงก์ถนน	37
3.2.3 การแปลงค่าความเร็วลิงก์ย่อยให้เป็นความเร็วลิงก์ถนนในช่วงที่ต้องการ	42
3.3 การศึกษาและนำอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมาใช้ และสร้างวิธีการจัดการข้อมูล....	42
3.3.1 ที่มาของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	42
3.3.2 วิธีการเก็บข้อมูลเวลาเดินทางของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในภาคสนาม ..	44
3.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์.....	45
3.3.4 วิธีการจัดการกับข้อมูลที่เก็บได้จากภาคสนาม	52
3.4 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย	56
บทที่ 4 ผลการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล.....	58
4.1 สถานที่และเวลาในการเก็บข้อมูล.....	58
4.2 ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากมูลนิธิต iTIC และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	59
4.2.1 ปริมาณของข้อมูล	59
4.2.2 ลักษณะของความเร็ว.....	63

4.3 ผลลัพธ์จากการกรองข้อมูล	71
4.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ.....	74
4.4.1 การเปรียบเทียบเส้นสีจางจร.....	74
4.4.2 การเปรียบเทียบเส้นสีจางจรที่ได้จาก Probe โดยพิจารณาจากช่วงความเชื่อมั่น ของความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	80
4.4.3 การเปรียบเทียบโดยค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน หรือ MAPE	85
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	93
5.1 สรุปผลงานวิจัย	94
5.1.1 การศึกษาลักษณะของสารสนเทศการจราจร	94
5.1.2 การพัฒนาและจัดการกับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	95
5.1.3 ลักษณะของข้อมูลความเร็ว Probe และความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับ สัญญาณบลูทูธ	95
5.1.4 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจาก Probe และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับ สัญญาณบลูทูธ	96
5.2 สิ่งที่ค้นพบและการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้.....	98
5.3 ข้อเสนองานวิจัยและแนวทางการศึกษาในอนาคต	100
รายการอ้างอิง	101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์	106

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	เกณฑ์ของเส้นสีจางจร ตามประเภทของถนนและช่วงความเร็ว.....	18
ตารางที่ 2.2	การแบ่งประเภทของบลูทูธ	26
ตารางที่ 3.1	วิธีการประมวลผลข้อมูลตามหลักการของมูลนิธิ iTIC.....	40
ตารางที่ 3.2	ระยะที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธตรวจจับบลูทูธที่อยู่ในยานพาหนะ ทดสอบ	46
ตารางที่ 3.3	ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบโดยวิธี t-test.....	49
ตารางที่ 3.4	ข้อมูลความเร็วที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และกล้องวิดีโอเพื่อใช้เทียบความแตกต่างของค่าความเร็วจากทั้งสองอุปกรณ์ โดยวิธี Paired t - test	50
ตารางที่ 3.5	ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบแบบ one sample paired t-test	51
ตารางที่ 4.1	ปริมาณข้อมูลเฉลี่ยต่อวัน รายลิ่งก์จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ บลูทูธ	60
ตารางที่ 4.2	ความถี่สะสมของข้อมูล Probe และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ต่อช่วงเวลา 15 นาที	61
ตารางที่ 4.3	จำนวนข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงของ Probe และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับ สัญญาณบลูทูธในช่วงเวลาต่างๆ	62
ตารางที่ 4.4	ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูล ต่อเวลา 15 นาที ของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	63
ตารางที่ 4.5	ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูล ต่อเวลา 15 นาที ของ Probe.....	63
ตารางที่ 4.6	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณ บลูทูธในแต่ละช่วง.....	66
ตารางที่ 4.7	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเร็วที่ได้จาก Probe ในแต่ละช่วง.....	66
ตารางที่ 4.8	จำนวนและสัดส่วนของเส้นสีจางจรที่ได้จาก Probe และ อุปกรณ์ตรวจจับ สัญญาณบลูทูธ	78

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้อมูลและความเร็วที่แตกต่างกันจาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวม 4 ทิศทาง – ข้อมูลทุกวัน).....	85
ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้อมูลและความเร็วที่แตกต่างกันจาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวม 4 ทิศทาง – เฉพาะวันทำงาน วันจันทร์ ถึง วันศุกร์).....	86
ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้อมูลและความเร็วที่แตกต่างกันจาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวม 4 ทิศทาง – ข้อมูลวันหยุดสุดสัปดาห์ วันเสาร์และวันอาทิตย์).....	86
ตารางที่ 4.12 ความแตกต่างของความเร็วที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยวิธี MAPE	87



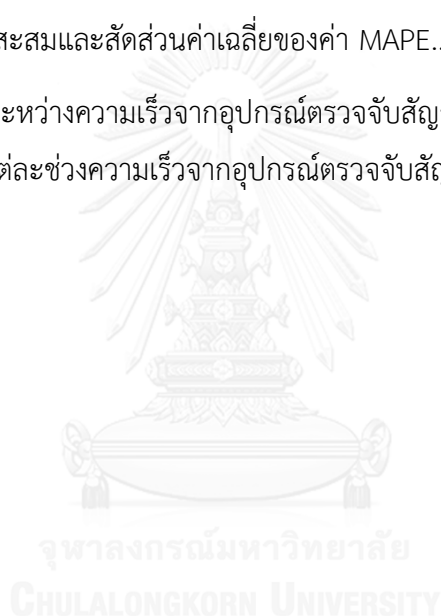
สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	สารสนเทศการจราจรของมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย.....	6
รูปที่ 2.1	สารสนเทศจราจรในรูปแบบลิงก์และแผนที่จาก INRIX, Inc.	12
รูปที่ 2.2	สารสนเทศจราจรในรูปแบบลิงก์และแผนที่จาก Highway Agency, UK.....	12
รูปที่ 2.3	กระบวนการสร้างสารสนเทศจราจรโดยมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (ITIC) ...	13
รูปที่ 2.4	ตัวอย่างช่วงถนนที่ประกอบไปด้วยหลายลิงก์	16
รูปที่ 2.5	ข้อมูล Probe ก่อนประมวลผล และการปรับแก้	17
รูปที่ 2.6	กระบวนการกำจัดข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนออกไป	18
รูปที่ 2.7	การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ.....	23
รูปที่ 2.8	ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเปรียบเทียบกับเวลาเดินทาง.....	23
รูปที่ 2.9	ความเร็ว ที่ได้จากอุปกรณ์ ANPR และ Bluetooth	24
รูปที่ 2.10	การกระจายตัวแบบจุดของความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ ANPR และ Bluetooth	24
รูปที่ 2.11	การกระจายตัวของ Travel time โดยอุปกรณ์บลูทูธ และ ALPR	25
รูปที่ 2.12	รัศมีสัญญาณแบบ Omni-directional และ Direction Antenna	27
รูปที่ 2.13	ความถี่ของข้อมูลเวลาเดินทางที่ได้จากอุปกรณ์บลูทูธที่ใช้เสา Omni- directional , Directional antenna เทียบกับ ALPR	27
รูปที่ 2.14	การตีความหมายของการกระจายข้อมูลโดยใช้ Box plot	29
รูปที่ 2.15	แผนภาพขั้นตอนการทำ Smoothing data	30
รูปที่ 2.16	ลักษณะทั่วไปของช่วงความเชื่อมั่นแบบสองด้าน	32
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	36
รูปที่ 3.2	ลักษณะของข้อมูลดิบที่ได้รับจากมูลนิธิ	37
รูปที่ 3.3	ข้อมูลหลังการกรองโดยใช้คำสั่งจากภาษา Perl.....	37
รูปที่ 3.4	แผนที่หมายเลขของแต่ละลิงก์ถนนในระบบ iTIC บนถนนสาทรเหนือ - สาทรใต้	38

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างผลลัพธ์การดึงข้อมูลจากลิงก์ถนน หมายเลข 1184185	38
รูปที่ 3.6 ผลลัพธ์การรวมความเร็วของลิงก์ย่อย.....	41
รูปที่ 3.7 ผลลัพธ์การเติมข้อมูลในช่วงเวลาที่ขาด	41
รูปที่ 3.8 วิธีการคำนวณความเร็วจากการรวมค่าจากข้อมูลแต่ละลิงก์ย่อย	42
รูปที่ 3.9 ลักษณะภายในของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	43
รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ.....	43
รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการเดินทางจากสัญญาณบลูทูธ.....	45
รูปที่ 3.12 ตำแหน่งที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธได้ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	46
รูปที่ 3.13 ตำแหน่งที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	47
รูปที่ 3.14 การเก็บข้อมูลความเร็วโดยกล้องวิดีโอ และการเก็บข้อมูลความเร็วโดยใช้อุปกรณ์ ตรวจจับสัญญาณบลูทูธภายในป้อมตำรวจ	48
รูปที่ 3.15 ค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และความเร็วที่ได้จากกล้อง วิดีโอ	48
รูปที่ 3.16 ผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของความเร็วระหว่าง ความเร็วจากกล้องวิดีโอ และความเร็วจาก อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	49
รูปที่ 3.17 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณข้อมูลจากกล้องวิดีโอ และปริมาณข้อมูลจาก อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	51
รูปที่ 3.18 รูปแบบข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์ได้บันทึกไว้	52
รูปที่ 3.19 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์	53
รูปที่ 3.20 การหาเวลาในการเดินทาง จากเวลาที่บันทึกได้.....	53
รูปที่ 3.21 ลักษณะของ Pivot table ที่ผู้วิจัยใช้เวลาเดินทาง.....	54
รูปที่ 3.22 เวลาเดินทางที่แสดง Outliers และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ หลังจากกรองขั้นตอนที่ 1.....	55
รูปที่ 3.23 การกรองข้อมูลโดยใช้วิธี Median Absolute Deviation (MAD).....	56
รูปที่ 4.1 เส้นทางที่ใช้ศึกษา	59

รูปที่ 4.2 ลักษณะความเร็วบนเส้นทาง “จากแยกวิฑู ไป แยกนรินทร”	64
รูปที่ 4.3 ลักษณะความเร็วบนเส้นทาง “จากแยกนรินทร ไป แยกวิฑู”	64
รูปที่ 4.4 ลักษณะความเร็วบนเส้นทาง “จากแยกนรินทร ไป สุรศักดิ์-สาทร”	65
รูปที่ 4.5 ลักษณะความเร็วบนเส้นทาง “จากแยกสุรศักดิ์-สาทร ไป แยกนรินทร”	65
รูปที่ 4.6 ผลลัพธ์ความเร็วที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ.....	67
รูปที่ 4.7 ช่วงความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและ Probe ที่มีความแตกต่างกัน สูงกว่า 10 กม./ชม. และความเร็วแตกต่างกันต่ำกว่า 10 กม./ชม.	68
รูปที่ 4.8 สัดส่วนปริมาณข้อมูล ช่วงความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และสัดส่วน ค่าเฉลี่ยของความเร็วที่แตกต่างจากทั้งสองอุปกรณ์	68
รูปที่ 4.9 สัดส่วนความแตกต่างของทั้งสองอุปกรณ์ที่ เกณฑ์ความเร็วเฉลี่ย 10 กม./ชม.....	69
รูปที่ 4.10 สัดส่วนความถี่ที่ความเร็วบลูทูธและความเร็วจาก Probe แตกต่างกันเกิน 10 กม./ ชม. และ ไม่เกิน 10 กม./ชม.	70
รูปที่ 4.11 ความเร็วเฉลี่ยจาก Probe และ ความเร็วเฉลี่ยจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ.	70
รูปที่ 4.12 ข้อมูลดิบจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่กรอง ความเร็วต่ำกว่า 4 กิโลเมตรต่อ ชั่วโมงออกแล้ว	72
รูปที่ 4.13 ผลลัพธ์การกรองความเร็วจากข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ด้วยวิธี Box plot	72
รูปที่ 4.14 ผลลัพธ์การกรองความเร็วจากข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธด้วยวิธี Median Absolute Deviation	73
รูปที่ 4.15 เส้นสีจางที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ทิศทางจากแยก นรินทร ไปแยกวิฑู และ ทิศทางจากแยกนรินทร ไปแยกสุรศักดิ์-สาทร	75
รูปที่ 4.16 เส้นสีจางที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จากแยก สุรศักดิ์- สาทร ไปแยกนรินทร และ จากแยกวิฑู ไปแยกนรินทร	76
รูปที่ 4.17 ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างเส้นสีจางจากมูลนิธิ iTIC และ ช่วงความเชื่อมั่น จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ.....	81

รูปที่ 4.18 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ความเหมือนและแตกต่างของเส้นสัจราจรที่ได้จาก Probe เมื่อเทียบกับช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ.....	82
รูปที่ 4.19 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ความเหมือนและแตกต่างของเส้นสัจราจรที่ได้จาก Probe เมื่อเทียบกับช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธโดยละเอียด.....	82
รูปที่ 4.20 ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างผลของความเร็วจาก iTIC และช่วงความเชื่อมั่นของความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	83
รูปที่ 4.21 สัดส่วนความเร็วจาก probe เมื่อเทียบกับช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	84
รูปที่ 4.22 ปริมาณข้อมูลสะสมและสัดส่วนค่าเฉลี่ยของค่า MAPE.....	88
รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ค่า MAPE และสัดส่วนปริมาณข้อมูลในแต่ละช่วงความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	89



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันสารสนเทศได้เข้ามามีบทบาทที่สำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นด้านการศึกษา เศรษฐกิจ สังคม หรือแม้แต่การเมืองการปกครอง ที่มีสารสนเทศเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้อง สารสนเทศเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาให้มีความก้าวหน้าและพัฒนาประเทศ โดยสารสนเทศนั้นก่อให้เกิดแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆ และนำไปสู่การพัฒนาองค์กรให้มีความยั่งยืนมากยิ่งขึ้น (กฤติกา วิชาธร, 2554) หากประเทศ องค์กร และ ประชาชนรู้จักใช้สารสนเทศมาปรับปรุงการดำเนินงาน พัฒนางานที่กำลังกระทำอยู่ ก็จะเป็นการช่วยพัฒนาประเทศ องค์กร และ การใช้ชีวิตของประชาชนให้ดียิ่งขึ้น

สารสนเทศการจราจร หมายถึง ข้อมูลการจราจรที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์และประมวลผล โดยวิธีการต่างๆ เพื่อประโยชน์ต่อการใช้งานตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ตัวอย่างของสารสนเทศการจราจร ได้แก่ การรายงานข้อมูลสภาพการจราจรในเวลาจริง (Real-time traffic-reporting) การทำนายสภาพการจราจรในอนาคต (traffic prediction) เป็นต้น ที่มาของสารสนเทศการจราจรเหล่านี้คือ เริ่มจากนำข้อมูล (Data) จากแหล่งต่างๆ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ยังไม่มีการประมวล เช่น ข้อมูลปริมาณจราจร ความเร็วของยานพาหนะ ปริมาณความหนาแน่นบนท้องถนน หรือ ข่าวสาร เหตุการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นบนท้องถนน เมื่อรวบรวมข้อมูลได้ตามที่ต้องการจึงประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล ได้ผลลัพธ์เป็นสารสนเทศการจราจรตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

ในงานวิจัยนี้ศึกษาลักษณะของสารสนเทศการจราจรที่ให้ประโยชน์ในการรายงานข้อมูลสภาพการจราจรตามเวลาจริง (Real-time traffic-reporting) ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูลจราจรและสารสนเทศการจราจรจาก “มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย” หรือ “Intelligent Traffic Information Center, iTIC) เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลที่รวบรวมข้อมูลการจราจรแบบทันกาลที่มีประโยชน์ต่อการจราจร มีการรวบรวมข้อมูลจากข้อมูลหลากหลายแหล่ง สามารถแสดงสารสนเทศการจราจรที่เป็นประโยชน์ต่อผู้เดินทาง จากรูปที่ 1.1 แสดงตัวอย่างสารสนเทศการจราจรของมูลนิธิ iTIC (เส้นสีจราจร หรือ traffic color) โดยที่เส้นสีแต่ละเส้น แทนความหมายความเร็วในช่วงถนนนั้นๆ



รูปที่ 1.1 สารสนเทศการจราจรของมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย
ที่มา : มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (2551)

แหล่งข้อมูลของสารสนเทศการจราจรของมูลนิธิ iTIC ที่ใช้ปัจจุบันนั้นได้ข้อมูลความเร็วจาก Taxi Probe ที่สัญจรภายในเขตเมือง ซึ่งจำนวนของ Taxi Probe ที่มูลนิธิฯ มีนั้นมีจำนวนประมาณ 5000 คัน (จากที่ได้รับข้อมูลมูลนิธิ iTIC พบในปี 2558) ซึ่งอาจทำให้ถนนบางช่วงไม่มีข้อมูล หรือได้รับข้อมูลที่ไม่พอที่สามารถเป็นตัวแทนความเร็วที่เหมาะสมได้ เนื่องจากข้อมูลในช่วงเวลาหนึ่งๆ สารสนเทศจราจรบนช่วงถนนนั้น อาจมาจากข้อมูลในอดีต ทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ใช่ข้อมูลเวลาที่ทันกาล นอกจากนี้กระบวนการประมวลผลข้อมูลจราจรอาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อนระหว่างสภาพจราจรจริง และสารสนเทศการจราจรที่รายงานอีกด้วย ซึ่งสารสนเทศการจราจรนั้นมีบทบาทต่อการเลือกใช้เส้นทางของผู้ขับขี่ ดังนั้นหากผู้ขับขี่ได้รับสารสนเทศการจราจรที่มีความถูกต้อง สิ่งเหล่านี้ทำให้ผู้ขับขี่สามารถเลือกใช้เส้นทางในการเดินทางได้เหมาะสม ลดภาวะความตึงเครียด ลดการสิ้นเปลืองพลังงาน และอาจลดโอกาสของการเกิดอุบัติเหตุได้ (มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย, 2551)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาเปรียบเทียบค่าที่รายงานบนสารสนเทศการจราจรโดยมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (เส้นสีจราจรแสดงระดับการติดขัดของการจราจร) กับค่าการจราจรทันกาลที่รวบรวมโดยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยแสดงถึงความแตกต่างของค่าจากการรายงานสภาพการจราจรกับสภาพการจราจรที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลานั้นๆ ในช่วงถนน ข้อมูลจราจรหลักที่ใช้ในการศึกษา คือ เส้นสีจราจร และความเร็วของการจราจรที่รายงาน ณ เวลาใดๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลจราจร (ความเร็ว) และเส้นสีจราจร จากมูลนิธิตู๋นยข้อมูลจราจร อัจฉริยะไทย
2. เพื่อรวบรวมวิเคราะห์ข้อมูลการจราจรจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ
3. เพื่อเปรียบเทียบค่าการจราจรที่ได้จากสารสนเทศการจราจรจากการรายงานโดยมูลนิธิตู๋นย ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้จะศึกษาสารสนเทศการจราจรในพื้นที่บริเวณถนนสาทรเหนือ-ถนนสาทรใต้โดยเริ่มจากแยกวิฑู๋ แยกนรินทร และแยกสุรศักดิ์-สาทร ซึ่งใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทั้งหมด 3 สัปดาห์ สำหรับกระบวนการวิจัยเริ่มต้นจากการวิเคราะห์สารสนเทศการจราจรของ iTIC เพื่อให้ทราบถึงรายละเอียดและวิธีการนำสารสนเทศการจราจรออกมาใช้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาอุปกรณ์ที่สามารถเก็บข้อมูลจราจร ซึ่งได้แก่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ในการเก็บข้อมูลภาคสนามผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลที่ได้จากมูลนิธิตู๋นย iTIC และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธพร้อมๆ กัน ส่วนวิธีวิเคราะห์ข้อมูลความเร็ว ผู้วิจัยจะนำข้อมูลเส้นสีจราจรและข้อมูลจราจรจาก Probe ที่ได้จากมูลนิธิตู๋นย มาเปรียบเทียบกับข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่ได้จากภาคสนาม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลการจราจรที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธหรือแหล่งข้อมูลการจราจรอื่นๆ
2. ทำให้เข้าใจถึงลักษณะของสภาพจราจรโดยทั่วไป สามารถระบุการใช้ข้อมูลเพื่อสารสนเทศการจราจร และเสนอแนวทางปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่มีความคลาดเคลื่อน
3. ทำให้ระบบสารสนเทศการจราจรมีประสิทธิภาพมากขึ้น เกิดความน่าเชื่อถือและส่งผลกระทบต่อ การตัดสินใจของผู้ขับขี่ อาจทำให้ผู้ต้องการเดินทางสามารถลดเวลาในการเดินทาง สามารถวางแผนการเดินทางได้แม่นยำยิ่งขึ้น
4. ทำให้เพิ่มแรงจูงใจสำหรับศึกษาและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ หรืออุปกรณ์ชนิดอื่นที่ๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะช่วยลดต้นทุนในการเก็บข้อมูลการจราจรและเพิ่มประสิทธิภาพของข้อมูลจราจรได้

1.5 ลำดับการนำเสนอวิทยานิพนธ์

บทที่ 1 กล่าวถึง ที่มาและความสำคัญของปัญหา รวมถึงวัตถุประสงค์ ขอบเขตในการทำวิจัย และประโยชน์ของงานวิจัย ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะทำให้ผู้อ่านเข้าใจถึงภาพรวมของงานวิจัยความสำคัญของงานวิจัยนี้ว่าได้ประโยชน์อย่างไร

บทที่ 2 เป็นการทบทวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเนื้อหาในบทนี้จะทำให้ทราบว่าในอดีตมีการทำวิจัยอย่างไร ตลอดจนการทำความเข้าใจที่ได้รับไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยได้อย่างไร เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการทดสอบข้อมูล โดยสิ่งเหล่านี้จะเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ การดำเนินการทดสอบ และ แนวทางในการตัดสินใจเพื่อเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมในการทำวิจัย

บทที่ 3 ประกอบไปด้วยแผนในการดำเนินงาน และรายละเอียดของแหล่งข้อมูลทั้งสองชนิด ได้แก่ 1) การจัดการสารสนเทศจากรากฐานนิธิ iTIC ซึ่งอธิบายถึงลักษณะของสารสนเทศจากรากฐาน นำข้อมูล Probe มาวิเคราะห์ และ 2) รายละเอียดอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ซึ่งประกอบไปด้วยการได้มาซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น การเก็บข้อมูลภาคสนาม และการจัดการกับข้อมูล ซึ่งข้อมูลในบทนี้ทำให้ทราบกระบวนการได้มาซึ่งเส้นสีจรรยาของอุปกรณ์ทั้งสอง

บทที่ 4 กล่าวถึงผลของข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยอธิบายถึงลักษณะของข้อมูลที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ซึ่งประกอบด้วยปริมาณข้อมูล ลักษณะของค่าความเร็วในช่วงต่างๆ รวมถึงผลลัพธ์จากการกรองข้อมูล และแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยเปรียบเทียบสารสนเทศและข้อมูลการจรรยา กับข้อมูล(ความเร็ว)ที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ 3 วิธี ได้แก่ การเปรียบเทียบเส้นสีจรรยา การเปรียบเทียบเส้นสีจรรยา กับค่าความเชื่อมั่นที่ได้จากข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และการเปรียบเทียบค่า MAPE และผลลัพธ์ความเร็วจากทั้งสองอุปกรณ์

บทที่ 5 เนื้อหาในบทนี้จะแบ่งข้อมูลออกเป็นสามส่วน ส่วนแรกคือการสรุปภาพรวมของงานวิจัย ตั้งแต่การศึกษาลักษณะของสารสนเทศจรรยา การพัฒนาและจัดการกับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ส่วนที่สองจะกล่าวถึงการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้ และท้ายสุดคือแนวทางการศึกษาในอนาคตซึ่งจะรวมถึงข้อแนะนำต่างๆที่ได้รับจากงานวิจัยนี้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

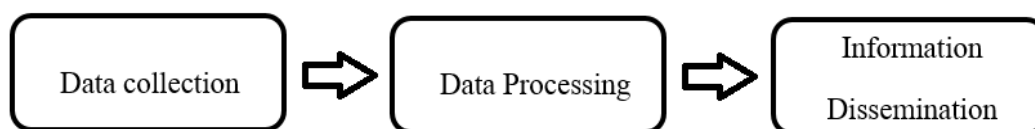
บทนี้เป็นการนำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งออกเป็นสี่ส่วน ส่วนแรกกล่าวถึงรายละเอียดของสารสนเทศการจราจร ได้แก่ ลักษณะของสารสนเทศการจราจร ตัวอย่างของสารสนเทศการจราจรทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่วนที่สองจะกล่าวถึงการได้มาซึ่งสารสนเทศการจราจร ประกอบไปด้วยลักษณะของข้อมูล Probe การจำแนกสิ่งของมูลนิธิ iTIC การจำแนกเส้นสีจราจร ส่วนที่สามจะกล่าวถึงอุปกรณ์ตรวจจับความเร็วทั่วไปที่เป็นที่นิยมใช้ และรายละเอียดอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่งานวิจัยนี้เลือกใช้ ส่วนที่สี่คือทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งวิธีวิเคราะห์ออกเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและส่วนวิธีวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจากมูลนิธิ iTIC และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

2.1 ลักษณะของสารสนเทศการจราจร

สารสนเทศการจราจร หมายถึง ข้อมูลการจราจรที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลโดยวิธีการต่างๆ เพื่อประโยชน์ต่อการใช้งานด้านการจราจรตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น เพื่อการรายงานสภาพของกระแสจราจรในเวลาปัจจุบัน ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านการขนส่ง ช่วยเพิ่มทางเลือกให้กับผู้ที่มีความต้องการเดินทาง รวมถึงการแจ้งเตือนเหตุการณ์ต่างๆ เช่น อุบัติเหตุ กิจกรรมต่างๆ รวมถึงสภาพอากาศ นอกจากนี้สารสนเทศการจราจรยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อคาดการณ์สภาพการจราจรในอนาคตได้อีกด้วย

สารสนเทศการจราจรนั้นเกิดขึ้นจากระบบที่เรียกว่า ระบบสารสนเทศการจราจร (Traffic information system, TIS) ซึ่งระบบดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสารสนเทศจราจรที่ตรงกับวัตถุประสงค์ขององค์กรหรือหน่วยงานนั้นๆ โดยระบบสารสนเทศการจราจรมีขั้นตอนเริ่มจากรวบรวมข้อมูลการจราจรที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ ข้อมูลปริมาณจราจรในแต่ละเส้นทาง ข้อมูลจราจรจากอดีต ข้อมูลสภาพอากาศ และ ข้อมูลเหตุการณ์จากหน่วยงานต่างๆ หลังจากระบบรวบรวมข้อมูล องค์กรหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบในส่วนหนึ่งของระบบสารสนเทศการจราจรจึงผลิตสารสนเทศการจราจรออกมา ซึ่งแต่ละองค์กรจะมีรูปแบบผลลัพธ์ของสารสนเทศการจราจรแตกต่างกัน ตามวัตถุประสงค์ขององค์กรหรือหน่วยงานนั้นๆ ตัวอย่างของสารสนเทศการจราจร ได้แก่ ข้อความป้ายแสดงจราจรเปลี่ยนข้อความได้ (Variable message sign, VMS) การรายงานข้อมูล

สภาพการจราจรในเวลาจริง (Real-time traffic-reporting) การทำนายสภาพการจราจรในอนาคต (traffic prediction) หรือ การประยุกต์ใช้เป็นคำแนะนำบนระบบนำทางรถยนต์ (Navigation Systems) เป็นต้น โดยการทำงานของระบบสารสนเทศการจราจร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การทำงานของระบบสารสนเทศการจราจร

2.1.1 สารสนเทศจราจรในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีหลากหลายองค์กรที่ให้บริการสารสนเทศการจราจร ที่หลากหลายรูปแบบแตกต่างกันทั้งข้อมูลและช่องทาง เช่น การให้ข่าวสารผ่านช่องทางวิทยุ หรือป้ายจราจรอัจฉริยะ การแจ้งเตือนสภาพจราจร เหตุการณ์ต่างๆ บนป้ายเปลี่ยนข้อความได้(VMS) หรือบนอุปกรณ์นำทาง (Navigation) และ การให้สารสนเทศการจราจรผ่านเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันต่างๆ องค์กรในประเทศไทยที่สำคัญที่ให้บริการข้อมูลเหล่านี้ อาทิ

- มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (Intelligent Traffic Information Center, iTIC) ซึ่งมูลนิธิฯ ได้ให้บริการด้านสารสนเทศการจราจรบนเว็บไซต์ (Website) ผ่านคลื่นวิทยุ และมีความร่วมมือกับองค์กรอื่นเพื่อมอบหรือแลกเปลี่ยนสารสนเทศการจราจรที่มีอยู่ ให้นำไปเผยแพร่ต่อไป
- กรุงเทพมหานคร (Bangkok Metropolitan Administration, BMA) นั้นได้มีวิธีการเผยแพร่สารสนเทศการจราจรให้กับผู้ขับขี่โดยผ่านบริการที่เรียกว่าป้ายจราจรอัจฉริยะ(Bangkok traffic info) ซึ่งแสดงไว้ดังรูปที่ 2.2
- ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center, NECTEC) ได้พัฒนาโครงการพัฒนาระบบประเมินและรายงานสภาพจราจรโดยผ่านแอปพลิเคชันที่ชื่อว่าทราฟฟี (Traffy) และบริการหน้าเว็บไซต์

- บริษัท เมตามิเดีย เทคโนโลยี จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ ได้ให้บริการลองดูทราฟฟิก (Longdo Traffic) โดยให้บริการสารสนเทศการจราจร ทั้งทางเว็บไซต์และแอปพลิเคชัน
- สถานีจราจรเพื่อสังคม (FM 99.5 MHz) ที่ให้บริการสารสนเทศการจราจรในรูปแบบวิทยุ

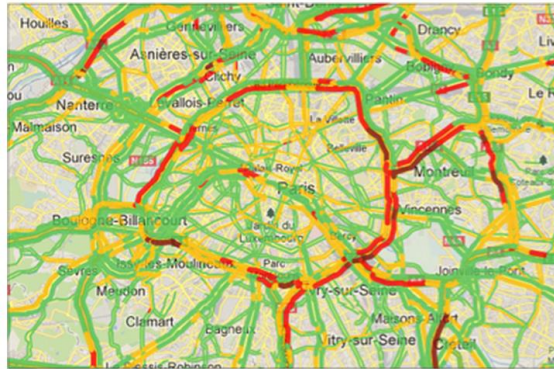


รูปที่ 2.2 ตัวอย่างป้ายจราจรอัจฉริยะในกรุงเทพมหานคร

2.1.2 สารสนเทศการจราจรในต่างประเทศ

ในต่างประเทศนั้นระบบสารสนเทศการจราจรได้มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างจากบริษัท INRIX, Inc. เป็นบริษัทที่รวบรวมเครือข่ายการจราจรที่ใหญ่ที่สุดในโลก ที่พัฒนาเทคโนโลยีระบบสารสนเทศการจราจรและให้บริการสารสนเทศการจราจร โดยบริษัทได้ร่วมมือกับผู้ผลิตรถยนต์ นักพัฒนาสมาร์ตโฟน บริษัทด้านการขนส่งและบริษัทด้านอินเทอร์เน็ต ให้บริการข้อมูลการจราจรที่ครอบคลุมกว่า 32 ประเทศในบริเวณทวีปอเมริกาเหนือและยุโรป โดยมีข้อมูลสภาพการจราจรบนเส้นทางรวมกันเป็นระยะทางมากกว่าหนึ่งล้านกิโลเมตร บริษัท INRIX, Inc. ได้บริการสารสนเทศการจราจรทั้งแบบทันกาล (Real-time traffic flow) การคาดการณ์การเดินทางในอนาคต (Predictive traffic flow) และ ข้อมูลประวัติการเดินทาง (Historical Traffic Flow) สำหรับหน่วยงานการจัดการด้านการขนส่ง วัตถุประสงค์ของสารสนเทศการจราจรเหล่านี้ ก็เพื่อช่วยให้การเดินทางและการขนส่งรวดเร็ว ประหยัดทั้งเวลา และค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ข้อมูลที่บริษัทได้นำมาวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นสารสนเทศการจราจรนั้นมาจากหลากหลายแหล่งข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลจากองค์กรด้านการขนส่ง เช่น ข้อมูลการติดตามรถบรรทุก (truck probe) รถแท็กซี่ (taxi probe) และ ข้อมูลการติดตามโทรศัพท์มือถือที่เปิดใช้บริการ นอกจากนี้ยังได้ข้อมูลของเหตุการณ์ที่มีผลต่อปัจจัยการให้บริการของการจราจร ซึ่งได้แก่ ข้อมูลอุบัติเหตุ ข้อมูลเหตุการณ์ต่างๆ ทั้งการแข่งขัน งานแสดง

และสภาพอากาศซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากหน่วยงานที่ให้ความร่วมมือกับ INRIX, Inc. ตัวอย่างรูปแบบสารสนเทศการจราจรที่บริษัท INRIX ให้บริการสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 2.3 (INRIX, 2014)



รูปที่ 2.1 สารสนเทศจราจรในรูปแบบลิงก์และแผนที่จาก INRIX, Inc.

ที่มา : INRIX (2014)

สำหรับในประเทศอังกฤษนั้น มีองค์กร Highway Agency ซึ่งเป็นฝ่ายบริหารของ Department for Transport (DfT) มีหน้าที่ในการจัดการควบคุม ปรับปรุงและพัฒนาทุกสายเพื่อประยุกต์ใช้กับโครงข่ายถนน โดยเฉพาะมอเตอร์เวย์ (motorways) และ ถนนเส้นหลักที่รถบรรทุกใช้ในการขนส่งสินค้า ในด้านของสารสนเทศการจราจรองค์กร Highway Agency จะใช้ข้อมูลจากความเร็วของยานพาหนะที่ติดตั้งระบบติดตาม (vehicle probe) และข้อมูลความเร็วของรถบรรทุก (truck probe) ในการวิเคราะห์ก่อนที่จะได้ข้อมูลเพื่อให้บริการกับผู้ที่ต้องการ ซึ่ง Highway Agency จะทำเฉพาะสารสนเทศการจราจรในเวลาจริง (Real time traffic report) เพียงอย่างเดียว ข้อมูลเหล่านี้สามารถเรียกดูได้ที่ละเส้นทาง หรือดูทั้งแผนที่ก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (Turner, et al. 1998)



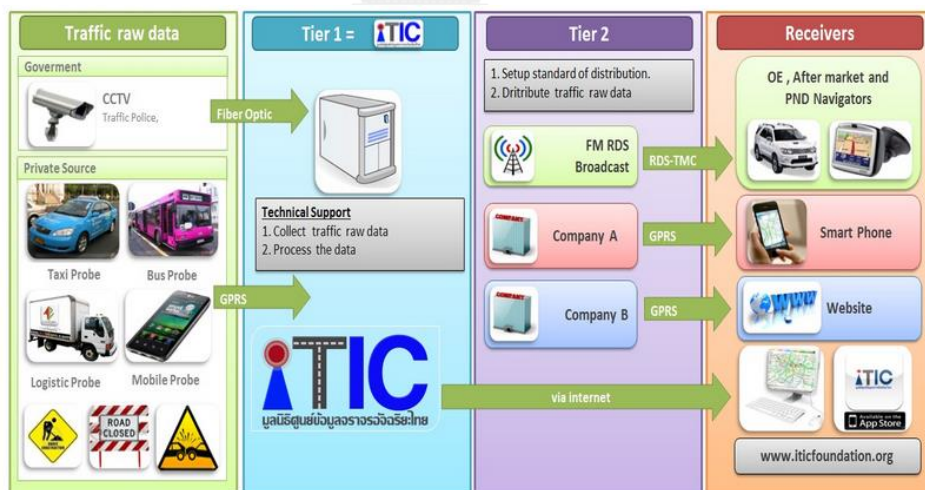
รูปที่ 2.2 สารสนเทศจราจรในรูปแบบลิงก์และแผนที่จาก Highway Agency, UK

ที่มา : Highway Agency (2016)

2.2 การได้มาซึ่งสารสนเทศการจราจรโดยมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (ITIC)

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลการจราจรซึ่งได้รับข้อมูลจากมูลนิธิ iTIC ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกที่จะเริ่มอธิบายกระบวนการทำงานเริ่มตั้งแต่การได้มาซึ่งข้อมูลการจราจร วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลของมูลนิธิ iTIC และเกณฑ์ในการแบ่งเส้นสีความเร็ว ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (Intelligent Traffic Information Center หรือ iTIC เป็นองค์กรที่ทำหน้าที่เป็นศูนย์รวบรวมข้อมูลจราจรจากภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้รวบรวมมาจากหลากหลายแหล่ง โดยเฉพาะข้อมูล Probe ได้แก่ข้อมูล Bus probe taxi probe truck probe หรือ mobile probe และ ข้อมูลจากกล้องวงจรปิด (Closed-circuit television, CCTV) ที่ติดตั้งอยู่บริเวณทางแยกและช่วงถนนจากกรุงเทพมหานคร รวมถึงข้อมูลจากหน่วยงานอื่นๆ นอกจากนี้ข้อมูลการจราจรที่เผยแพร่ได้เพิ่มเติมรายละเอียด เหตุการณ์ต่างๆ เช่น กิจกรรม หรือ อุบัติเหตุ เพื่อให้ผู้ที่ได้สารสนเทศการจราจรสามารถตัดสินใจการเดินทางได้อย่างถูกต้อง เมื่อมูลนิธิรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆแล้ว ทางมูลนิธิก็จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้นให้อยู่ในรูปแบบที่ประชาชนหรือผู้ใช้งานเข้าใจได้ง่าย โดยเผยแพร่ผ่านช่องทางต่างๆ หรือส่งข้อมูลเหล่านี้ให้กับบริษัทหรือองค์กรที่เกี่ยวข้องต่อไป ซึ่งกระบวนการสร้างสารสนเทศโดยมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (ITIC) ได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.3 กระบวนการสร้างสารสนเทศจราจรโดยมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (ITIC)

ที่มา : มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (2014)

จากข้อมูลที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ iTIC นำมาใช้ในการประมวลสารสนเทศการจราจรนั้น มาจากหลายแหล่งข้อมูล แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เฉพาะข้อมูล probe มาวิเคราะห์

สาเหตุเนื่องจาก ข้อมูลที่มูลนิธิ iTIC ใช้ในการประมวลผลเส้นสีจราจรคือข้อมูลที่ได้จาก Probe และ กล้อง CCTV เท่านั้น ซึ่งในการประมวลผลข้อมูลเส้นสีจราจรของ iTIC ข้อมูลจาก probe vehicle จะถูกเลือกมาเป็นอันดับแรกในการวิเคราะห์เส้นสีจราจร ซึ่งข้อมูล probe vehicle เป็นข้อมูลที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์ติดตามยานพาหนะที่มีการบอกตำแหน่งพิกัด (Global position system, GPS) ซึ่งจะมีความแม่นยำในระดับหนึ่ง และมีการกระจายตัวตามเส้นทางต่างๆทั่วบริเวณกรุงเทพมหานครและประเทศไทย แต่ในทางตรงกันข้ามข้อมูลจากกล้อง CCTV นั้นสามารถนำมาใช้แสดงสภาพจราจรหรือนำมาใช้สร้างเส้นสีจราจรโดยการตัดสินใจของผู้ควบคุมเส้นสีจราจร ซึ่งผู้วิจัยจะไม่นำข้อมูลเส้นสีจราจรที่มีจากการสร้างโดยผู้ควบคุมเส้นสีจราจรวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้ เนื่องจากการตัดสินใจของมนุษย์มีเกณฑ์ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับความรู้สึกและอารมณ์ของเจ้าหน้าที่ที่ดูแลในช่วงเวลานั้นๆ โดยรายละเอียดการสร้างสารสนเทศจราจรจะกล่าวในหัวข้อ 2.2.1 2.2.2 และ 2.2.3 ดังต่อไปนี้

2.2.1 ลักษณะของข้อมูล Probe

ข้อมูล Probe คือข้อมูลที่บอกลักษณะการเดินทางของยานพาหนะหรือวัตถุที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตามยานพาหนะ โดยมีรายละเอียดข้อมูลประกอบไปด้วยตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ประกอบด้วย ละติจูด (latitude) และลองจิจูด (longitude) ความเร็วและเวลา ณ ตำแหน่งต่างๆ ซึ่งข้อมูล probe ที่เรียกนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของอุปกรณ์ที่ติดตาม เช่น หากเป็นข้อมูล Probe ที่มาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ จะเรียกว่า mobile probe หากข้อมูล นั้นมาจากยานพาหนะจะเรียกว่า vehicle probe ทั้งนี้อาจจำแนกตามประเภทยานพาหนะ เช่น taxi probe truck probe เป็นต้น ข้อมูล probe นั้นมีประโยชน์ที่หลากหลาย สามารถนำไปประยุกต์เพื่อหาเวลาในการเดินทาง (travel time) การจัดการสภาพจราจรในเวลาจริง (real-time traffic operations) ตรวจสอบเหตุการณ์จราจรในเวลาจริง (incident detection) หรือใช้แสดงข้อมูลแนะนำเส้นทาง (route guidance applications) ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้งาน (Turner et al., 1998)

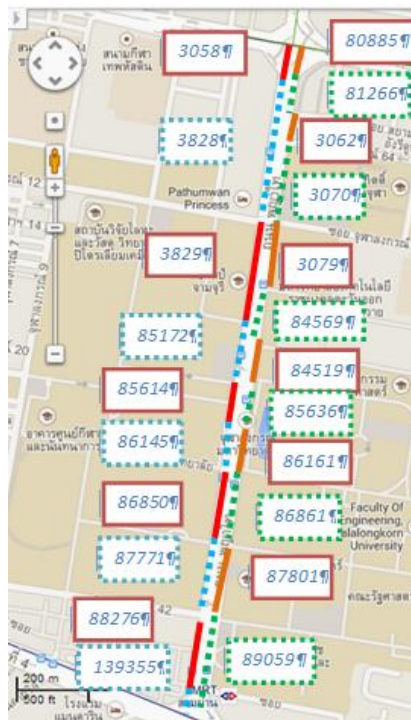
จากงานวิจัยที่ผ่านมา (Rakha and Van Aerde, 1995) ได้ศึกษาความแม่นยำของเวลาการเดินทาง และ ความเร็วที่ได้จาก probe vehicle เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับผู้ขับขี่ หรือ Advanced Traveler Information Systems (ATIS) ทำให้ผู้วิจัยดังกล่าวได้นำข้อมูล probe ที่มีอยู่นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากระบบ Freeway Traffic Management System (FTMS) ซึ่งใช้อุปกรณ์ loop detector ในการเก็บข้อมูล ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลจากอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมีความสัมพันธ์กันที่ใกล้เคียงกันถึง 83 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น probe vehicle จึงถือว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีความน่าเชื่อถือ และค่อนข้างแม่นยำ ส่วน Wilbur Smith Associates (2007) ได้ใช้ยานพาหนะติดตั้งกับระบบติดตาม โดยให้อุปกรณ์จีพีเอส (Global Positioning System, GPS) ส่งข้อมูลมาทุกๆ

2 วินาที และ ให้ระบบติดตามส่งข้อมูลทุกๆ ระยะทาง 0.03 mile (158 ฟุต) เพื่อหาเวลาเดินทางและเวลาล่าช้า (delay) ของกระแสจราจรในเส้นทางหลักในเมืองและชานเมือง เพื่อหาจากการศึกษาพบว่าการใช้ระบบติดตามนั้นมีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการรายงานข้อมูล

ในประเทศไทยก็มีการพัฒนาและศึกษาความถูกต้องสภาพจราจรที่ได้จากข้อมูลของอุปกรณ์ probe vehicle เช่นกัน จากงานวิจัยที่ผ่านมาของ (Sringsiwai, Indra-Payoong et al. 2010) ได้นำข้อมูล probe vehicle และ RFID มาพัฒนาระบบประเมินสภาพจราจรแบบทันกาล (real time) ในกรุงเทพมหานคร โดยที่ระบบมีขั้นตอนการทำงาน 2 ส่วน ส่วนแรกคือ การกรองข้อมูลแบบออฟไลน์ (Offline filtering) ในขั้นตอนส่วนนี้ระบบจะกรองข้อมูลที่ผิดปกติออกไป (Outlier) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการประมวลผลในขั้นตอนถัดไป ส่วนที่สองเรียกว่า การประมาณค่าของข้อมูลแบบออนไลน์ (Online estimation) จะประมาณค่าความเร็วทุก ๆ 5 นาที และให้นำหนักกับข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด ในกรณีลิงก์ที่ไม่มีข้อมูล ระบบจะใช้ความสัมพันธ์จากโครงข่ายลิงก์ที่มีข้อมูลหรือจากเหตุการณ์ต่างๆ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าข้อมูลความเร็วกระแสจราจรที่ได้จากระบบที่นำเสนอมีความถูกต้องโดยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 85

2.2.2 การจำแนกลิงก์ของมูลนิธิ iTIC

ระบบฐานข้อมูลที่ใช้บ่งบอกตำแหน่งลิงก์และหมายเลขของลิงก์บนแผนที่นั้น ขึ้นอยู่กับการตั้งค่าระบบของมูลนิธิ iTIC เนื่องจากลิงก์ในแผนที่นั้นอาจมีระยะทางไม่เท่ากัน หมายเลขลิงก์อาจไม่เชื่อมต่อกันแม้ว่าเป็นลิงก์ที่ติดต่อกัน จากรูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างของช่วงถนน พญาไท ตั้งแต่บริเวณสี่แยกปทุมวัน จนถึงแยกหัวลำโพง ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าในหนึ่งทิศทางของถนนนั้นประกอบไปด้วยหลายลิงก์ซึ่งการเริ่มนับ ลิงก์ใหม่นั้น มีหลักการคือ เมื่อถนนพบจุดตัด เช่น ซอย แยก ทางเชื่อม ระบบจะนับเป็นหมายเลขลิงก์ใหม่ทันที ทำให้มีช่วงถนนสั้นๆ ในระบบแผนที่มากมาย อย่างไรก็ตามระบบแผนที่นี้ใช้ได้กับสารสนเทศการจราจรเนื่องจากการบวกรวมของกระแสจราจรที่เกิดขึ้นบริเวณทางเชื่อมนั้นย่อมส่งผลต่อความเร็วและสภาพการจราจรเดิม ซึ่งข้อดีของการตั้งค่าระบบลิงก์ย่อยของมูลนิธิ iTIC นั้นทำให้สามารถแสดงสภาพการจราจรแต่ละช่วงได้อย่างละเอียดมากขึ้น



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างช่วงถนนที่ประกอบไปด้วยหลายลิงก์

เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับส่วนมากเป็นข้อมูล probe ซึ่งข้อมูล Probe นั้นมาจากอุปกรณ์ติดตามที่ติดตั้งในยานพาหนะหรืออุปกรณ์สื่อสาร แต่การบอกตำแหน่งของข้อมูลโดยอุปกรณ์ติดตามในบางครั้ง อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งเวลาได้จากหลายสาเหตุ 1) การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ของผู้ใช้กับดาวเทียมนั้นไม่ดีพอ (ในการค้นหาตำแหน่งด้วยดาวเทียมที่แม่นยำต้องมีดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง เพื่อบอกตำแหน่งบนผิวโลก) (Tom Tom Corp., 2014) 2) ระยะเวลาการส่งข้อมูลอาจล่าช้า อาจใช้เวลาถึง 5 ถึง 30 นาทีขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่ระบบติดตามส่งข้อมูลจากดาวเทียม (Mauricio et al., 2003) ทำให้เกิดความไม่ทันกาล (Real time) ของข้อมูล และ 3) อาจเกิดจากสัญญาณสื่อสารถูกกีดกันด้วยตึก กำแพง หรือได้ทางด่วน หรือ สัญญาณถูกสะท้อนไปในทิศทางอื่น ก็ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้เช่นกัน

จากข้อมูลที่คลาดเคลื่อนในตำแหน่งจาก vehicle probe มูลนิธิ iTIC ต้องนำข้อมูลเบื้องต้นมาประมวลผลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีตำแหน่งที่ถูกต้องดังรูปที่ 2.7 โดยเปรียบเทียบตำแหน่ง GPS กับแผนที่และการเคลื่อนย้ายข้อมูลให้อยู่บนช่วงถนนหรือลิงก์ที่ใกล้เคียง และอ้างอิงข้อมูลจากตำแหน่งข้อมูลเดิมที่ใกล้เคียงที่ผ่านมา ในกรณีที่ข้อมูล GPS ไม่ได้อยู่บนถนนเป็นเวลานานเกิน 15 นาที ระบบประมวลผลของมูลนิธิ iTIC จะไม่นำข้อมูลส่วนนี้มาพิจารณา ในกระบวนการนี้ทำให้ช่วยลดข้อมูลที่

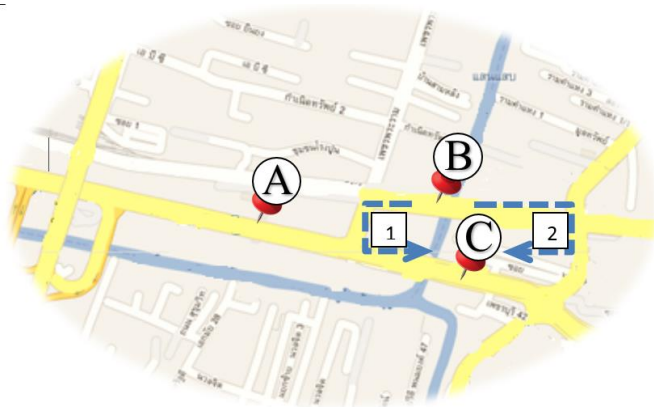
ผิดพลาด โดยเฉพาะข้อมูลที่เกิดจากข้อมูลยานพาหนะที่จอดรอไว้ในอาคาร จอดข้างถนน หรือ ผู้ที่ใช้ อุปกรณ์สื่อสารอยู่ภายในสถานที่ต่างๆ



รูปที่ 2.5 ข้อมูล Probe ก่อนประมวลผล และการปรับแก้

ความถี่ของข้อมูลของ probe มีปริมาณข้อมูลขึ้นอยู่กับระบบ GPS ของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง เช่น แสดงตำแหน่งทุกๆ 30 วินาที ซึ่งหากมีการหาตำแหน่งบ่อยข้อมูลก็มีความละเอียดมากแต่ส่งผลทำให้ขนาดของข้อมูล GPS ในการส่งไปยังศูนย์ข้อมูลของ iTIC มีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย ความถี่ของข้อมูลจริงที่ได้รับนั้นขึ้นอยู่กับการตั้งค่าระบบการส่งข้อมูลของทางภาครัฐและภาคเอกชนที่ให้สารสนเทศจราจร ส่วนมากข้อมูลจะถูกส่งย้อนหลังทุกๆ 1-2 นาที (เช่นเดียวกับข้อมูลของมูลนิธิ iTIC)

ในกระบวนการจัดการข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน ของมูลนิธิ iTIC จะตัดข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนของตำแหน่งออกไป ดังภาพที่ 2.8 จะเห็นได้ว่าหากยานพาหนะมาถึงตำแหน่งที่ตำแหน่ง A ยานพาหนะก็จะส่งข้อมูลมาที่ตำแหน่ง A บนแผนที่ ดังที่ได้แสดงในภาพ เมื่อเวลาผ่านไปยานพาหนะก็จะส่งข้อมูลมาเช่นเดิม แต่ในกรณีที่โครงข่ายถนนมีความซับซ้อน สามารถเข้าถึงกันได้ง่ายดายอาจจะทำให้เกิดความไม่แน่นอนของเส้นทางการเดินทาง เช่นตำแหน่ง B และ C ที่เกิดขึ้นจะไม่ทราบว่าจะมาจากจุด B ยานพาหนะจะไปเส้นทาง 1 หรือ เส้นทาง 2 ซึ่งกรณีนี้จะทำให้ระบบการวิเคราะห์จะตัดข้อมูลส่วนจุด C ออกไป เนื่องจากมีความไม่แน่นอนในเส้นทาง



รูปที่ 2.6 กระบวนการกำจัดข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนออกไป

2.2.3 การประมวลผลเส้นสี

หลังจากประมวลผลข้อมูลเบื้องต้น ในหัวข้อ 2.2.2 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนถัดไป คือการนำข้อมูล probe ที่ปรับแก้แล้วได้กำหนดตำแหน่งบนแผนที่ ทำให้ได้ข้อมูลความเร็วแบบ link speed ซึ่งรายละเอียดการคำนวณจะกล่าวอีกครั้งในบทที่ 3 หัวข้อ 3.2 เมื่อได้ความเร็วในช่วงลิงก์ย่อย (sub-link) แล้วก็จะได้ข้อมูลที่พร้อมจะนำไปประมวลผลค่าเส้นสีในขั้นตอนต่อไป ซึ่งจากข้อมูลความเร็วในแต่ละลิงก์จะนำค่าความเร็วที่ได้มาจำแนกให้อยู่ในรูปเส้นสีซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถนนซึ่งสามารถจำแนกได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ของเส้นสีจราจร ตามประเภทของถนนและช่วงความเร็ว

ประเภทของถนน	ช่วงของความเร็วที่เปลี่ยนแปลงตามเส้นสีจราจร (กม./ชม.)		
	สีเขียว	สีเหลือง	สีแดง
ทางด่วน	> 60	40 – 60	< 40
ทางหลวง	> 40	20 – 40	< 20
ในเมือง	> 25	15 – 25	< 15
ตรอก / ซอย	> 20	10 – 20	< 10

ที่มา : มุขนิธิศุณยข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย (2551)

เมื่อจำแนกประเภทถนนและใส่ข้อมูลความเร็วในแต่ละลิงก์เรียบร้อยแล้ว ก็จะได้ผลลัพธ์เป็นสารสนเทศจราจรที่พร้อมเผยแพร่แก่สาธารณะ และ ส่งต่อข้อมูลให้องค์กร หรือ บริษัทเอกชนอื่นๆ เพื่อที่จะนำข้อมูลไปพัฒนาต่อยอดต่อไป

2.3 อุปกรณ์ตรวจจับความเร็ว

2.3.1 อุปกรณ์ตรวจจับความเร็วที่นิยมใช้ทั่วไป

การเก็บข้อมูลจราจรเพื่อหา Travel time นั้นอันที่จริงมีวิธีการมากมาย ไม่ว่าจะเป็น ระบบบันทึกหมายเลขอุปกรณ์ (Toll tag หรือ RFID) ระบบตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (Bluetooth detection) ระบบรวบรวมข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือ (Crowd sourcing) ระบบติดตามยานพาหนะโดยระบบติดตาม (probe vehicles) ระบบประมวลผลจากภาพ (Video Image Processing) ระบบตรวจจับแบบคลื่นแม่เหล็ก (Magnetic loop detector) หรือ วิธีการสำรวจจากจุดสังเกตการณ์ เป็นต้น ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถอธิบายรายละเอียดของข้อดี และ ข้อเสียของวิธีการแต่ละประเภทได้ดังต่อไปนี้ (Cambridge Systematics 2012)

1) ระบบบันทึกหมายเลขอุปกรณ์ที่ผ่าน Toll tag หรือ RFID

ระบบบันทึกหมายเลขอุปกรณ์ที่ผ่าน (Toll tag หรือ RFID) นั้นส่วนใหญ่นิยมใช้ที่ตำแหน่งจุดชำระค่าผ่านทาง (electronic toll collection) เพื่อเข้าใช้ถนนที่ต้องเสียค่าผ่านทาง โดยที่ Toll tag นี้มีองค์ประกอบหลักสี่อย่าง ได้แก่ ป้ายหมายเลขของยานพาหนะ (electronic tags) เสาอากาศ (antenna) ตัวอ่านสัญญาณ (reader) และศูนย์จัดการข้อมูลและการสื่อสาร (central computing and communication facility) โดยมีลักษณะในการทำงานคือ ตัวอ่านสัญญาณสองตำแหน่งบนถนน บันทึกหมายเลข electronic tags ของยานพาหนะที่ได้มาประมวลหาค่าเวลาเดินทางและความเร็วระหว่างสองตำแหน่ง

ข้อดี สามารถคาดการณ์สภาพจราจรในช่วงลิงก์ที่มีผู้ใช้ electronic tags ได้ดีและทราบประเภทของยานพาหนะนั้นๆ

ข้อเสีย สามารถหาเวลาเดินทาง และความเร็ว ของยานพาหนะที่ติดอุปกรณ์ electronic tags เท่านั้นทำให้เหมาะสมที่จะใช้สำหรับเส้นทางที่มีการจำกัดการเข้าถึงมากกว่าใช้บนถนนทั่วไป อย่างไรก็ตามหากนำไปประยุกต์กับถนนในเขตเมือง การติดตั้ง toll tag reader ในระยะที่ใกล้ๆ (น้อยกว่าระยะทาง 1 ไมล์) จะได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพมากกว่าการติดตั้ง reader ห่างกัน

2) ระบบตรวจจับสัญญาณ Bluetooth Detection

บลูทูธมีหลักการทำงานใกล้เคียงกับ Toll tag คือ ระบบตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (reader) จะทำการบันทึกหมายเลข MAC address ของอุปกรณ์ที่ผ่านสองตำแหน่งบนโครงข่ายถนนและนำค่าที่ได้ไปหาค่าเวลาเดินทาง ความเร็วและ รูปแบบการเดินทางจุดต้นทาง-ปลายทางได้ (origin-destination) แต่บลูทูธนั้นแตกต่างจาก Toll tag คือ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณจะตรวจจับข้อมูลจาก MAC address ของอุปกรณ์ทั่วไปแต่ Toll tag จะตรวจจับข้อมูลยานพาหนะที่ติดตั้ง electronic tags เท่านั้น

- ข้อดี อัตราการตรวจจับมีโอกาสเพิ่มขึ้นเนื่องจากปัจจุบันอุปกรณ์ส่วนใหญ่เริ่มมีฟังก์ชันการรับส่งสัญญาณบลูทูธเพิ่มขึ้นในอุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวัน และระบบตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นมีต้นทุนที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ที่ใช้หาเวลาเดินทางประเภทอื่นๆ
- ข้อเสีย ไม่สามารถใช้เพื่อหาปริมาณจราจร และ ไม่สามารถบอกประเภทยานพาหนะจากข้อมูลที่ได้มา เนื่องจากเป็นการค้นหาสัญญาณบลูทูธ ทำให้จำนวนข้อมูลที่ได้แปรตามปริมาณของอุปกรณ์ที่เปิดสัญญาณบลูทูธ

3) ระบบรวบรวมข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือ Crowd-sourcing

ระบบรวบรวมข้อมูลจากโทรศัพท์มือถือ (Crowd sourcing) คือการนำข้อมูลการเดินทางมาจากระบบติดตาม บนโทรศัพท์มือถือเมื่อผู้ใช้เริ่มเปิดแอปพลิเคชัน เช่น Google maps หรืออยู่ในโหมดการยินยอมให้องค์กรที่เกี่ยวข้องดึงข้อมูลตำแหน่งการเดินทางมาใช้ โดยความแม่นยำของระบบ Crowd-sourcing นั้นขึ้นอยู่กับระบบการทำงานของโทรศัพท์มือถือ (personal navigation system) ของแต่ละเครื่อง ตัวอย่างขององค์กรที่ใช้ข้อมูลประเภทนี้ ได้แก่ กูเกิ้ล (Google) ทอม ทอม (TomTom) แทรปสเตอร์ (Trapster) และ เวสซ์ (Waze)

- ข้อดี ปริมาณการใช้ Cellular phone เพื่อการ tracking ในปัจจุบันมีเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และ อีกข้อดีคือไม่ต้องมีต้นทุนในการติดตั้งหรือซ่อมบำรุงอุปกรณ์ สำหรับองค์กรรวบรวมข้อมูลต้นทุนขึ้นอยู่กับปริมาณข้อมูลที่ต้องการ และประเภทของข้อมูล (ข้อมูลตำแหน่งภูมิศาสตร์ เวลา ลิขสิทธิ์ของข้อมูล)
- ข้อเสีย ข้อมูลที่เข้ามาไม่สามารถระบุลักษณะของข้อมูลได้แน่ชัดว่าเป็นการเดินทางประเภทใด และ ไม่สามารถบอกปริมาณกระแสจราจรได้ ความแม่นยำขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ส่งเข้ามา

4) ระบบติดตามยานพาหนะโดย probe

ระบบติดตามยานพาหนะโดย probe คือการนำข้อมูลการเดินทางจากยานพาหนะประเภทต่างๆ ที่ต้องการมาใช้ในการรายงานสภาพจราจร ตรวจสอบประสิทธิภาพการให้บริการของถนนในแต่ละช่วง หารูปแบบการเดินทางต้นทาง-ปลายทาง และลักษณะการใช้ที่ดินในแต่ละพื้นที่ว่ามียานพาหนะประเภทใดผ่านมากน้อยอย่างไร

- ข้อดี ไม่ต้องการการติดตั้งหรือมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยงานด้านการขนส่ง และ ทราบถึงข้อมูลการเดินทางของยานพาหนะที่ติดตั้งระบบติดตาม อย่างละเอียด
- ข้อเสีย ไม่สามารถบอกปริมาณของกระแสจราจร ต้องใช้ข้อมูล probe จำนวนมากเพื่อตรวจสอบสภาพของกระแสจราจร และเป็นการรับข้อมูลจากยานพาหนะที่ติดตั้งระบบนี้ ไม่ใช่จากยานพาหนะโดยทั่วไป

5) ระบบประมวลผลด้วยภาพ (Video Image Processing)

ระบบกล้องวิดีโอ (Video Image Processing) เป็นเทคโนโลยีที่นิยมใช้กันมากบริเวณจุดร่วมสัญญาณไฟจราจร ระบบกล้องวิดีโอนั้นจะตรวจจับยานพาหนะที่ผ่าน และส่งข้อมูลเข้าสู่ศูนย์ควบคุม

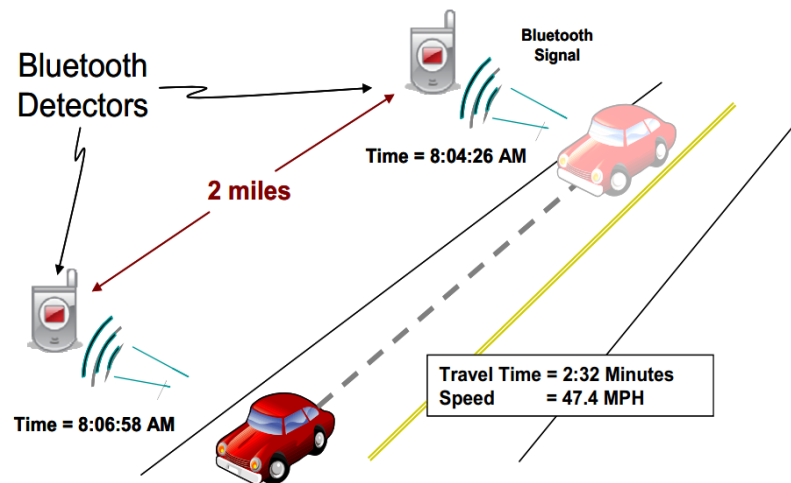
- ข้อดี สามารถตรวจจับข้อมูลความเร็วได้ดี และสามารถใช้ได้กับงานหลากหลายวัตถุประสงค์ เช่น ตรวจสอบปริมาณจราจรจริงในแต่ละทิศทาง ดูความยาวของแถวคอย (queue detection)
- ข้อเสีย มีต้นทุนสูงกว่าอุปกรณ์ที่ใช้หา Travel time ประเภทอื่นมาก และข้อมูลที่ได้เป็น Spot Speed ไม่สามารถหาความเร็วเฉลี่ยของเส้นทางได้

2.3.2 อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

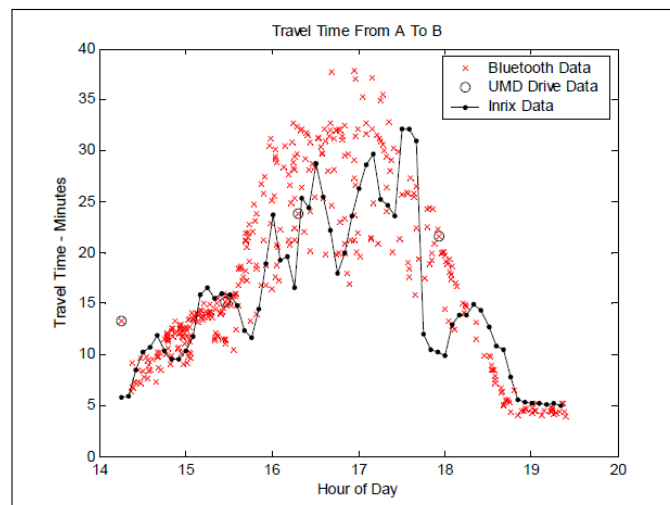
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันที่สามารถพบเห็นทั่วไปได้ติดตั้งอุปกรณ์รับส่งสัญญาณระยะใกล้ ที่เรียกกันว่าอุปกรณ์บลูทูธ (Bluetooth) ไว้ในตัวเครื่อง เช่น กล้องดิจิทัล เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาสมาร์ตโฟน อุปกรณ์นำทาง อุปกรณ์ในยานยนต์ เป็นต้น (Young, 2008) สาเหตุนี้ทำให้ผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในการหาสภาพจราจรบนถนน ซึ่งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นมีความสามารถในการหาเวลาเดินทางโดยการจับคู่หมายเลขเครื่องบลูทูธที่เหมือนกัน (matching MAC address) ของอุปกรณ์ที่ตรวจจับได้ การใช้งานอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นมีความสะดวก มีความเหมาะสมด้านพลังงาน และง่ายต่อการติดตั้งเนื่องจากไม่

ต้องการแหล่งพลังงานจากแหล่งอื่นๆ นอกจากนี้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นยังใช้อุปกรณ์ที่มีราคาไม่แพง ซึ่งทำให้ต้นทุนต่ำกว่าอุปกรณ์ตรวจจับเวลาเดินทางชนิดอื่น (Wang et al., 2011) อย่างไรก็ตาม Middleton et al. (2007) ได้แนะนำว่าหากต้องติดตั้งอุปกรณ์อย่างถาวรควรมีโปรแกรมที่สามารถคัดกรองข้อมูลผิดปกติออก (Outlier data) สามารถบอกเวลาล่าสุดที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณได้ส่งข้อมูลมาสู่ศูนย์รวบรวมข้อมูลเมื่อใด และสามารถเข้าถึงข้อมูลในอดีตได้

Wasson et al. (2008) ได้ใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในการเก็บข้อมูล MAC address ของยานพาหนะ ซึ่งผลลัพธ์ของการ Matching MAC address เพื่อการรายงานสภาพจราจรนั้นใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และในด้านการใช้พลังงาน ยังพบว่าอุปกรณ์บลูทูธโดยทั่วไปบริโภคไฟน้อยมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกำลังส่งของบลูทูธเองด้วย หากมีกำลังส่งสูงก็จะทำให้ใช้พลังงานมากกว่าซึ่งในทางเดียวกันก็ทำให้มีรัศมีสัญญาณส่งได้ไกลขึ้น อย่างไรก็ตามการบริโภคไฟในอุปกรณ์บลูทูธนั้นถือว่าน้อยกว่าอุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ในการหาเวลาเดินทางนอกจากนี้ Haseman et al. (2010) ได้คาดการณ์ความล่าช้าของการเดินทางระหว่างโซน โดยการติดตามหมายเลข MAC address ของยานพาหนะที่ผ่านในแต่ละโซน พบว่าจำนวนของอุปกรณ์บลูทูธที่ตรวจจับได้มีจำนวนมากและ ค่าเฉลี่ยของเวลาเดินทางมีความใกล้เคียงกับการเก็บข้อมูลโดยการใช้ probe หรือ Automatic number plate recognition (ANPR) จากการศึกษาของ Young (2008) ซึ่งศึกษาใน University of Maryland และการสนับสนุนจาก Maryland State Highway Administration เพื่อที่ร่วมมือกันพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับหาค่าเวลาเดินทางบนถนนและได้เลือกใช้เครื่องตรวจจับสัญญาณบลูทูธดังรูปที่ 2.9 ในการวิจัย ผลการทดสอบพบว่ายานพาหนะ 20 คันจะมี อย่างน้อย 1 คันที่เปิดสัญญาณบลูทูธ โดยข้อมูลที่เก็บได้ไม่เพียงจะหาค่าเวลาในการเดินทางในเส้นทางนั้นๆ แต่ยังสามารถแสดงความแปรปรวนของกระแสจราจรที่เกิดขึ้นได้อีกด้วย รูปที่ 2.10 แสดงถึงข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเปรียบเทียบกับ ข้อมูลเวลาเดินทางที่ได้จากการรายงานสภาพการจราจรโดย INRIX, Inc. รวมทั้งตัวอย่าง floating car data 4 จุด โดยภาพดังกล่าวจะแสดงถึงความใกล้เคียงของข้อมูลทั้ง 3 ชนิดซึ่งแสดงถึงความใกล้เคียงของประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลเวลาเดินทางโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ



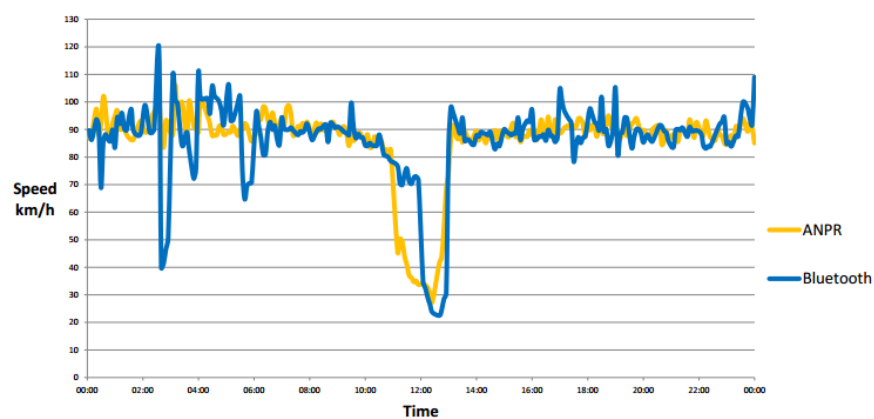
รูปที่ 2.7 การทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ
ที่มา : Young (2008)



รูปที่ 2.8 ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเปรียบเทียบกับเวลาเดินทาง
ที่มา : Young (2008)

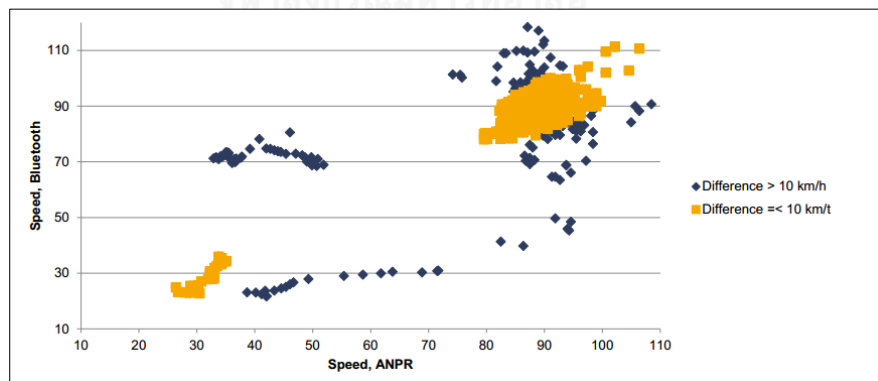
Muhammed and Egemalm (2012) ได้ศึกษาการเก็บข้อมูล เวลาเดินทางโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (Bluetooth sensors) ในประเทศ Denmark ซึ่งโดยทั่วไปแล้วองค์กร Danish Road Directorate (DRD) จะเชื่อถือข้อมูลจราจรที่ได้จาก inductive loops , microwave radars และ Automatic Number Plate Reader (ANPR)-cameras แต่เนื่องจากอุปกรณ์เหล่านี้มี

ราคาสูง และ ยากต่อการติดตั้งทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ทั่วถึง หรือ ไม่สะดวกต่อการเก็บข้อมูล งานวิจัยนี้จึงศึกษาเพื่อหาความแม่นยำของเวลาเดินทางที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ เปรียบเทียบกับระบบ ANPR โดยเก็บข้อมูล 3 วัน และได้ข้อมูลตัวอย่างดังรูปที่ 2.11 และ 2.12 ซึ่ง ผลจากการศึกษาพบว่าข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีความคล้ายคลึงกับข้อมูลที่ได้ จาก ANPR อย่างมาก รูปที่ 2.12 พบว่ามีจุดเหมือนกันที่มีความเร็วที่เท่ากันหรือไม่ต่างกันเกิน 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถึง 80% ของข้อมูล



รูปที่ 2.9 ความเร็ว ที่ได้จากอุปกรณ์ ANPR และ Bluetooth

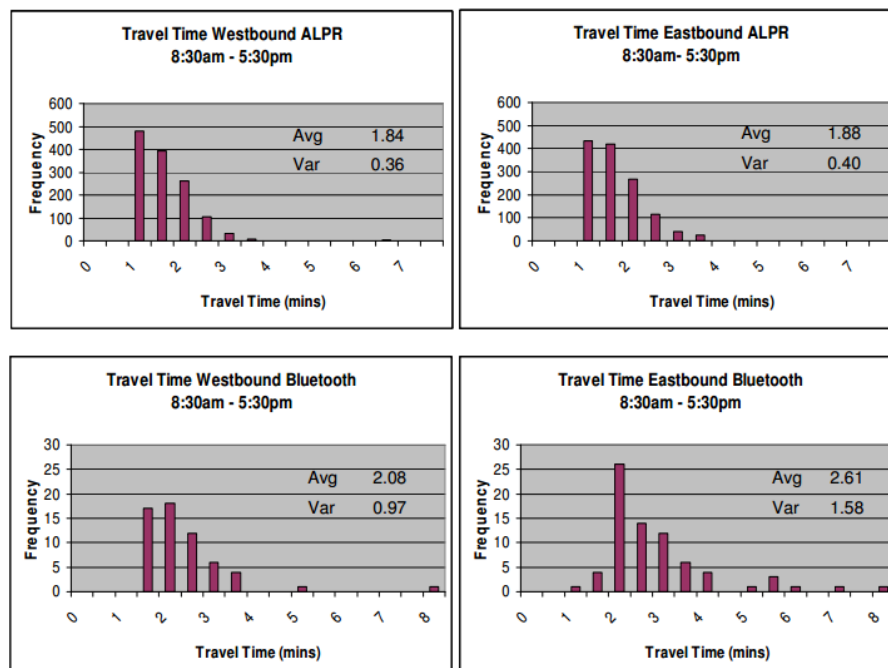
ที่มา : Muhammed and Egemalm (2012)



รูปที่ 2.10 การกระจายตัวแบบจุดของความเร็ที่ได้จากอุปกรณ์ ANPR และ Bluetooth

ที่มา : Muhammed and Egemalm (2012)

อย่างไรก็ตามอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่มีรัศมีสัญญาณกว้างนั้นเหมาะสมสำหรับการเก็บข้อมูลบนเส้นทางที่มีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับห่างกันพอสมควร เนื่องจากพื้นที่ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ในรัศมีที่มาก ทำให้ไม่ทราบว่าอุปกรณ์อื่นถูกตรวจจับในบริเวณระยะห่างจากจุดติดตั้งเท่าใด ซึ่งผลลัพธ์อาจทำให้ได้รับข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อน (Bhaskar and Chung, 2013) นอกจากนี้การเก็บข้อมูลโดยอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธยังมีข้อจำกัดคือเราไม่สามารถปฏิเสธข้อมูลที่ไม่ต้องการได้ เช่น ข้อมูลจากคนเดินถนน จักรยาน รถบัส ซึ่งข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่ผิดปกติ ต้องคัดออกก่อนนำไปวิเคราะห์หาเวลาเดินทาง (ของยานพาหนะ) (Wang et al. 2011) เนื่องจากข้อมูลที่ผิดปกติเหล่านี้ทำให้เกิดความเอนเอียงในการประมาณค่าการกระจายตัวของเวลาเดินทาง Jie et al. (2011) จึงเสนอให้นำอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณนี้ใช้กับเส้นทางที่มีความยาว ไม่มีการรบกวน เช่น ทางพิเศษจะสามารถลดปัญหาข้อมูลที่ไม่ต้องการได้ นอกจากนี้ยังมีข้อดีของอุปกรณ์บลูทูธอยู่บ้าง ในกรณีของ Malinovsky et al. (2009) พบว่า อุปกรณ์บลูทูธนั้นเหมาะสมกับการตรวจจับสภาพจราจรในเขตเมืองเนื่องจากไม่สามารถตรวจจับยานพาหนะที่มีความเร็วสูงได้ รูปที่ 2.13 ว่าค่าความแปรปรวนของอุปกรณ์ตรวจจับบลูทูธนั้นมีมากกว่า ANPR อย่างมาก และค่าเฉลี่ยของ Travel time ที่ได้แตกต่างกันประมาณ 30 วินาที สาเหตุที่ Travel time ที่อยู่ในช่วง 1-2 นาที ของอุปกรณ์บลูทูธมีปริมาณไม่มากเนื่องจากอุปกรณ์บลูทูธไม่สามารถตรวจจับยานพาหนะที่มีความเร็วสูงซึ่งอาจทำให้ข้อมูลมีความเอนเอียงได้



รูปที่ 2.11 การกระจายตัวของ Travel time โดยอุปกรณ์บลูทูธ และ ALPR

ที่มา : Malinovsky et al. (2009)

2.3.3 รายละเอียดของอุปกรณ์บลูทูธ

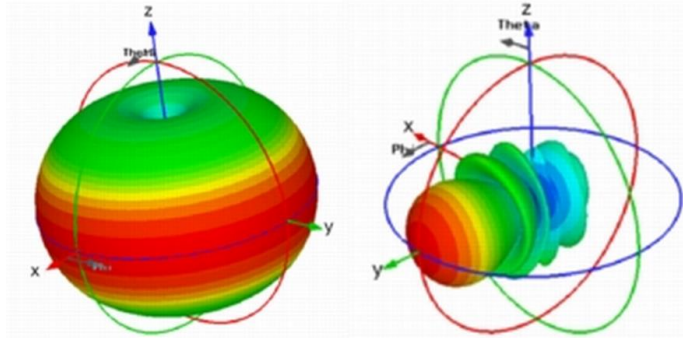
อุปกรณ์บลูทูธถูกพัฒนาโดย Ericsson Mobile Communication ซึ่งได้เริ่มผลิตมาตั้งแต่ปี 1994 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นวิธีรับส่งข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์โดยไม่ต้องใช้สายเคเบิล และต่อมามีการพัฒนาแบบนี้อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน รุ่นบลูทูธล่าสุดในปัจจุบันคือ Bluetooth version 4.0 ซึ่งมีความเสถียรและประหยัดพลังงานมากขึ้น (Karlsson and Lugn, 2014) อุปกรณ์บลูทูธคืออุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งข้อมูลในลักษณะไร้สายที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป ซึ่งส่วนมากจะติดตั้งอยู่ในโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าเพื่อความบันเทิงภายในบ้าน และในยานพาหนะรุ่นใหม่ ๆ ลักษณะเด่นของอุปกรณ์บลูทูธคือ การใช้พลังงานต่ำ และมีต้นทุนต่ำกว่าอุปกรณ์ที่ใช้ส่งข้อมูลอื่นๆ (Bluetooth SIG Inc., 2014) หน้าที่ของอุปกรณ์บลูทูธนั้นใช้สำหรับแลกเปลี่ยนข้อมูลในระยะใกล้ โดยมีระยะความถี่อยู่ที่ 2.4 GHz ถึง 2.485 GHz อุปกรณ์บลูทูธนั้นสามารถแบ่งตาม class ได้ 3 ระดับ ได้แก่ Class 1 , Class 2 และ Class 3 ซึ่งแต่ละประเภทก็จะมีควมถี่ของกำลังและรัศมีการตรวจจับมากไปน้อยตามลำดับ ซึ่งรายละเอียดได้แสดงไว้ดังตารางที่ 2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นบลูทูธ Class-1 และ Class-2 ตามการทดสอบในแต่ละครั้ง บลูทูธ class 2 นั้นสามารถพบได้ทั่วไปในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โทรศัพท์มือถือ และ ยานพาหนะ (Bhaskar and Chung, 2013)

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทของบลูทูธ

Class	รัศมีการตรวจจับ (m)	ความถี่ของกำลังคลื่นที่ส่งออก (สูงสุด)	คำแนะนำ
Class – 1	100	20 dBm	ใช้ในงานอุตสาหกรรม และงานเฉพาะ
Class – 2	10	4 dBm	พบได้ทั่วไปใน โทรศัพท์มือถือ หรือ รถยนต์ ฯลฯ
Class – 3	1	0 dBm	มีระยะคลื่นสั้นมาก ใช้กับ เมาส์ หรือ คีย์บอร์ด ฯลฯ

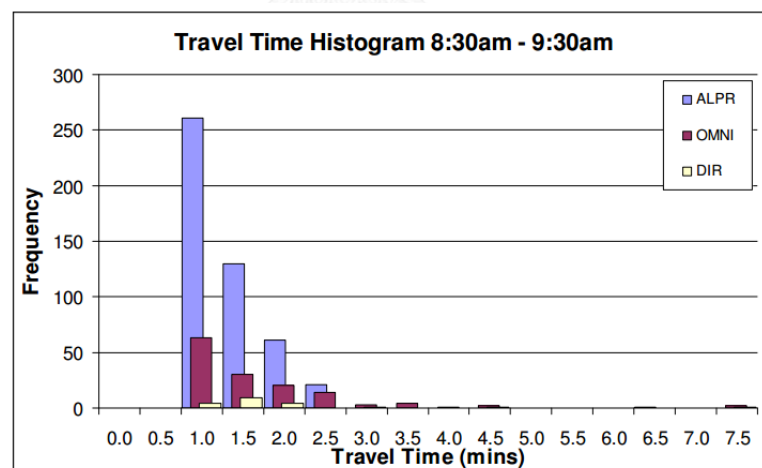
ที่มา : Bhaskar and Chung (2013)

เมื่อก้าวถึงลักษณะของการปล่อยสัญญาณของอุปกรณ์บลูทูธโดยทั่วไปจะสามารถแบ่งได้เป็นสองลักษณะตามลักษณะของเสาอากาศที่ใช้ ได้แก่ omni-directional antenna และ directional antenna โดย omni-directional antenna คือรูปแบบการส่งสัญญาณที่ครอบคลุมบริเวณโดยรอบ และ directional antenna คือรูปแบบการส่งสัญญาณที่มีความแรงซึ่งเจาะจงเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.12 รัศมีสัญญาณแบบ Omni-directional (ซ้าย) และ Direction Antenna (ขวา)
ที่มา : Kraus and Marhefka (2001)

ส่วนการเปรียบเทียบประเภทคลื่นสัญญาณของอุปกรณ์บลูทูธกับ ALPR จากการศึกษาของ Malinovsky et al. (2009) พบว่า บลูทูธประเภทที่มีช่วงคลื่นสั้น directional antenna ไม่เหมาะสมในการตรวจจับบลูทูธบนยานพาหนะเพื่อหาเวลาเดินทาง แต่บลูทูธประเภท omni-directional สามารถตรวจจับเวลาเดินทางได้เหมาะสมและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับ ALPR โดยรายละเอียดสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.13 ความถี่ของข้อมูลเวลาเดินทางที่ได้จากอุปกรณ์บลูทูธที่ใช้เสา
Omni- directional , Directional antenna เทียบกับ ALPR
ที่มา : Malinovsky et al. (2009)

อุปกรณ์บลูทูธนั้นมีสองช่วงการทำงาน ได้แก่ ช่วงรอทำงาน (standby state) และช่วงเชื่อมต่อการทำงาน (connection state) สำหรับช่วง standby state นั้นอุปกรณ์จะไม่มีปฏิสัมพันธ์กับอุปกรณ์บลูทูธตัวอื่นๆ และช่วง connection state คือช่วงที่อุปกรณ์มีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่น ทั้งนี้ในช่วงที่อุปกรณ์บลูทูธอยู่ใน connection state นั้นอุปกรณ์จะจำแนกประเภทตามการทำงานทั้ง master mode และ slave mode โดยที่ master mode หมายถึงช่วงการทำงานของบลูทูธที่เป็นตัวควบคุมอุปกรณ์อื่นๆ ส่วน Slave mode หมายถึงอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรือต้องทำตามคำสั่งของอุปกรณ์ที่อยู่ในรูปแบบ master mode (Bhaskar and Chung, 2013)

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับหมายเลข MAC address ของอุปกรณ์บลูทูธนั้น จะประกอบไปด้วยตัวเลข 6 กลุ่มที่แบ่งโดยเครื่องหมายโคลอน (colon) “ : ” โดยแต่ละกลุ่มจะมีตัวเลขสองหลัก ดังยกตัวอย่างเช่น D8:90:E8:59:2F:18 จะเห็นได้ว่าตัวเลข 3 กลุ่มแรกของหมายเลข MAC address จะเป็นหมายเลขที่ใช้บอกองค์กรบริษัทที่เกี่ยวข้องอาจเป็นผู้ผลิตหรือผู้จำหน่าย เช่น D8:90:E8:59:2F:18 จะเห็นว่า 6 ตัวเลขแรกนั้นจะหมายถึงอุปกรณ์บลูทูธตัวนี้ผลิตหรือจัดจำหน่ายโดยบริษัท Samsung Electronics Co.,Ltd โดยหมายเลข MAC address ที่สามารถตรวจสอบผู้ผลิตหรือผู้จำหน่ายได้จากเว็บไซต์ macvendorlookup.com

จากงานวิจัยของ Bhaskar and Chung (2013) พบว่าสาเหตุที่อุปกรณ์โทรศัพท์มือถือที่นั้นอาจมีอัตราการตรวจจับได้น้อยนั้นอาจเกิดจากโทรศัพท์มือถืออยู่ในโหมดของ discoverable เช่น Apple I-phone นั้นจะกลับเป็น discoverable mode ในเวลา 120 วินาที ซึ่งทำให้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นไม่สามารถตรวจจับได้

2.4 ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยนี้แบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และส่วนที่ใช้เปรียบเทียบข้อมูลระหว่างข้อมูล iTIC และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

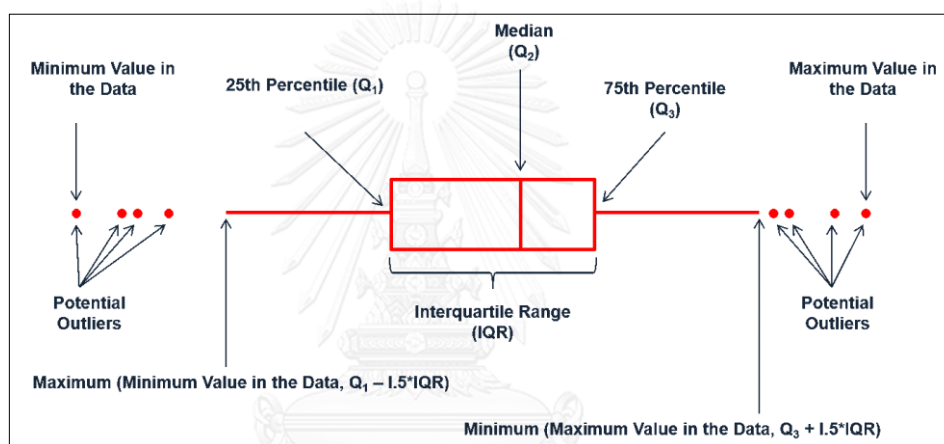
2.4.1 ทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

1) การกรองข้อมูลโดยใช้ (Box plot)

วิธี Box plot นั้น อันที่จริงแล้วใช้สำหรับแสดงลักษณะของกลุ่มข้อมูล ได้แก่ ค่ากลาง ค่าการกระจายของข้อมูล ความสมมาตร รวมถึงข้อมูลที่ผิดปกติหรือออกห่างจากกลุ่ม (Outlier) Box plot ประกอบด้วย 1.1 และ 1.2

1.1) ส่วนของกล่อง ส่วนของกล่องประกอบด้วยค่าควอร์ไทล์ (Q) ได้แก่ค่า Q1 Q2 (ค่ามัธยฐาน) Q3 และค่าพิสัยควอร์ไทล์ (IQR) = $Q_3 - Q_1$ ซึ่งหมายถึงความกว้างของตัวกล่อง โดยในส่วนนี้จะแสดงข้อมูล สองส่วน 1. ความแปรปรวนของข้อมูลในระบบ เช่นหากค่า IQR มากแสดงว่าระบบมีความแปรปรวนมาก 2. ลักษณะการกระจายหรือลักษณะการแจกแจงของข้อมูล เช่น หากค่ามัธยฐานค่อนไปทางกล่องด้านบนหรือขวา แสดงว่าข้อมูลมีการเบ้ขวา ถ้ามัธยฐานอยู่ตรงกลางระหว่างกล่อง แสดงว่าข้อมูลสมมาตร และ หากขนาดของกล่องยาวแสดงว่าข้อมูลมีการกระจายตัวมาก

1.2) เส้นที่ยื่นออกมาจากตัวกล่อง (Whisker) เส้นนี้จะมีความยาวเท่ากับ 1.5 เท่าของ IQR เรียกว่าขอบรั้วชั้นใน (Inner Fence) หากมีข้อมูลที่ตกอยู่นอกขอบรั้วนี้ จะเรียกว่าข้อมูลที่ผิดปกติ (Outlier) ซึ่งโดยทั่วไปจะต้องตัดข้อมูลพวกนี้ออกก่อนการทำการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 2.14 การตีความหมายของการกระจายข้อมูลโดยใช้ Box plot
ที่มา : Lean Sigma Corporation (2016)

2) วิธีหาค่ากลางของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Absolute Deviation, MAD)

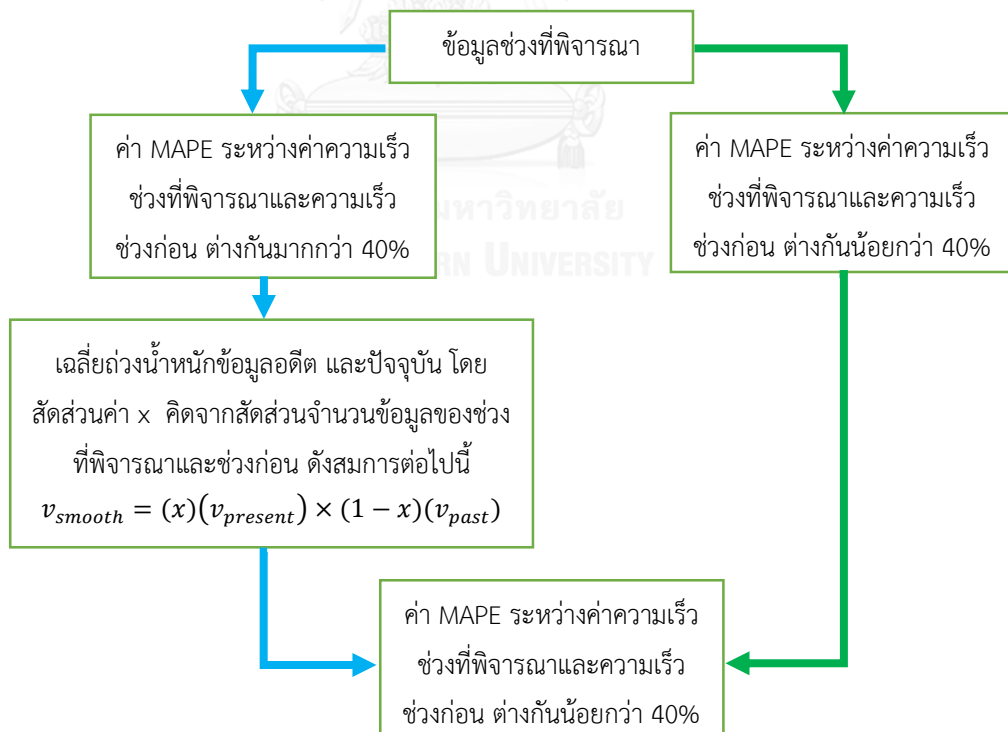
Median Absolute Deviation (MAD) หรือ Absolute Deviation Around the Median เป็นสถิติเชิงปรับแก้ นั่นคือการหาความเอนเอียงจากศูนย์กลาง (central of tendency) หรือการกระจายตัวของข้อมูล ในข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative data) ซึ่งหลักการจะพิจารณาจากค่า มัธยฐาน (median) เป็นหลัก โดยขั้นตอนคำนวณ MAD คือ 1) นำข้อมูลตัวอย่างในช่วงที่ต้องการคำนวณหาระยะห่างจากค่ามัธยฐาน 2) หาค่ามัธยฐานจากข้อมูลระยะห่างที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ค่าผลลัพธ์ที่ได้คือค่า MAD ซึ่งใช้สำหรับเป็นช่วงขอบเขตบนและล่างของค่ามัธยฐาน จากข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ (2.1)

$$MAD = \text{median}_i(|x_j - \text{median}_j(x)_j|) \quad (2.1)$$

โดยที่ $\text{median}_j(x)_j$ คือ ค่ากลางของข้อมูลที่อยู่ในช่วงเวลาที่พิจารณา (ในที่นี้คือ 15 นาที)
 x_j คือ ข้อมูลตัวอย่างแต่ละข้อมูล
 median_i คือ ค่ากลางของค่าความแตกต่างระหว่างข้อมูลตัวอย่างและค่ากลางของกลุ่มตัวอย่าง

3) การจัดการข้อมูลให้เหมาะสมเพื่อใช้รายงานสารสนเทศจราจร (Smoothing data)

หลังจากขั้นตอนการกรอง Outliers ออกหมดแล้ว ในส่วนต่อไปผู้วิจัยได้ทำข้อมูลให้มีความราบรื่น ทำให้กระแสดูมีลักษณะค่อยๆเปลี่ยนแปลงตามสภาพจราจรจริง เนื่องจากในบางช่วงแม้ว่าได้กรอง Outliers ไปบ้างแล้ว แต่ช่วงข้อมูลบางช่วงอาจมีจำนวนน้อยทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ต่างจากความจริง ดังนั้น เพื่อให้ข้อมูลในช่วงที่ใกล้เคียงกันมีลักษณะไม่แตกต่างกันมากนักผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการตั้งแผนภาพต่อไปนี้



รูปที่ 2.15 แผนภาพขั้นตอนการทำ Smoothing data

2.4.2 ทฤษฎีที่ใช้เปรียบเทียบระหว่างข้อมูล iTIC และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

1) วิธีตารางไขว้ (Cross Tabulation)

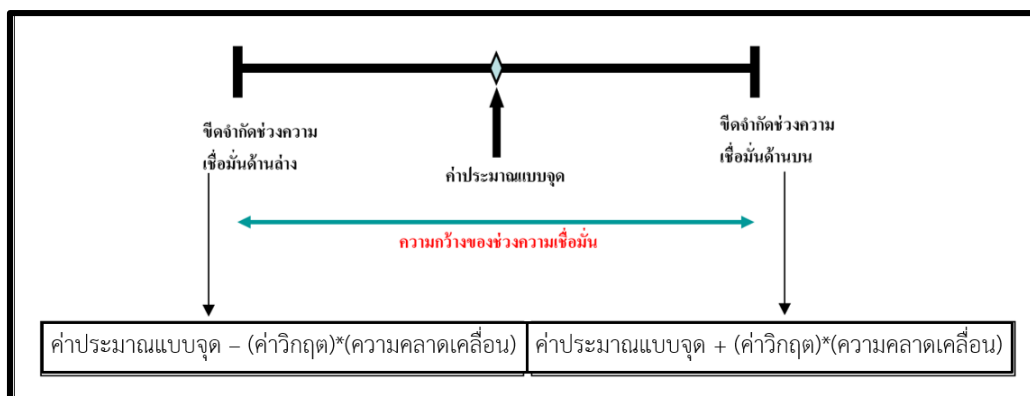
ในงานวิจัยนี้เลือกเปรียบเทียบผลของเส้นสีจากรากสองแหล่งข้อมูลโดยการสร้างตารางที่นำเอาตัวแปรมาไขว้กันตามแนวนอนและแนวตั้ง เพื่อแสดงรายละเอียดค่าของตัวแปรหนึ่งในแต่ละอีกค่าของตัวแปรหนึ่ง ซึ่งตัวแปรของข้อมูลทั้งสองเป็นตัวแปรแบบจัดประเภท (Categorical variable) ดังนั้นสิ่งที่อยู่ในตารางก็คือจำนวนความถี่หรือร้อยละของเส้นสีที่เกิดขึ้น ซึ่งวิธีนี้ทำให้สามารถเห็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง

2) การประมาณค่าช่วงความเชื่อมั่น (Confidence interval)

เมื่อเราต้องการหาค่าประมาณแบบจุดของพารามิเตอร์ตัวหนึ่งของประชากร (เช่น ค่าเฉลี่ย) เราทราบว่าค่าที่เกิดจากการเก็บข้อมูลมาเป็นตัวแปรสุ่ม ดังนั้นตัวสถิติ (ในกรณีนี้คือตัวประมาณค่าแบบจุด, point estimator) จึงเป็นตัวแปรสุ่มด้วย ซึ่งหมายความว่าตัวสถิติต่าง ๆ จะมีการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวเองซึ่งเรียกว่าการแจกแจงของกลุ่มตัวอย่าง (sampling distribution)

เช่นเดียวกับการหาความเร็วเฉลี่ยจากการบันทึกกล้องวิดีโอ วิธีการก็คือการสุ่มตัวอย่างยานพาหนะที่บันทึกได้มาจำนวนหนึ่งแล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของความเร็ว จึงสรุปว่าความเร็วเฉลี่ยที่แท้จริงสมมุติว่ามีค่า 42 กม./ชม. แต่ในความเป็นจริงค่าเฉลี่ยที่แท้จริงอาจไม่เท่ากับ 42 กม./ชม. เนื่องจากการคำนวณเกิดจากการคำนวณของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างที่สุ่มมา ดังนั้นหากเราสามารถกำหนดค่าประมาณแบบช่วงเช่น ค่าพารามิเตอร์ที่แท้จริงของประชากรอยู่ระหว่าง 36 กม./ชม. ถึง 48 กม./ชม. เป็นต้น อาจทำให้ผู้ทำการตัดสินใจมีความมั่นใจในการตัดสินใจมากยิ่งขึ้น ช่วงของค่าพารามิเตอร์ของประชากรนี้ถูกเรียกว่า ช่วงความเชื่อมั่น (confidence interval)

ลักษณะของช่วงความเชื่อมั่นแบบสองด้านแสดงได้ดังรูปที่ 2.18 ช่วงความเชื่อมั่นประกอบด้วยค่าประมาณแบบจุด และค่าขีดจำกัดล่างและบนของช่วงความเชื่อมั่น การคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่นจะพิจารณาจากความผันแปรของการแจกแจงข้อมูล ซึ่งประมาณได้จากค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) สำหรับค่าวิกฤตที่ใช้ในการคำนวณช่วงความเชื่อมั่นเป็นค่าที่แปรผันตามระดับความเชื่อมั่นที่ผู้วิจัยต้องการกำหนด



รูปที่ 2.16 ลักษณะทั่วไปของช่วงความเชื่อมั่นแบบสองด้าน

โดยที่ช่วงความเชื่อมั่น $100(1-\alpha)\%$ แบบสองด้านของค่าเฉลี่ยของตัวแปรสุ่มแบบปกติที่ทราบค่าความแปรปรวนเท่ากับ (ค่า α คือระดับความเชื่อมั่น) โดยวิธีการประมาณค่าความเชื่อมั่นจะใช้วิธี Student's t Table หรือ t-distribution ซึ่งพิจารณาสูตรได้ดังสมการที่ (2.2)

$$\bar{X} - t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{\frac{\alpha}{2}} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.2)$$

โดยที่

\bar{X}	คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
$t_{\frac{\alpha}{2}}$	คือ ช่วงความเชื่อมั่น
σ	คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
n	คือ จำนวนข้อมูล

3) วิธีค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percentage Error, MAPE)

การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ทำให้ทราบว่า ค่าพยากรณ์ที่ได้จากวิธีดังกล่าวเป็นค่าการพยากรณ์ที่เหมาะสม และใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความเร็วที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธโดยวิธี MAPE ซึ่งสูตรการคำนวณสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ (2.3)

$$MAPE = \sum_{i=1}^n \left| \frac{Bluetooth_i - Probe_i}{Bluetooth_i} \right| \times \frac{100}{n} \quad (2.3)$$

โดยที่ $Bluetooth_i$	คือ ความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ
$Probe_i$	คือ ความเร็วจาก Probe
n	คือ จำนวนของข้อมูลในช่วงเวลาที่พิจารณา

2.5 สรุปผลการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าสารสนเทศจราจรนั้นมีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ ในประเทศไทยสารสนเทศจราจรในปัจจุบันยังมีไว้เพื่อรายงานสภาพจราจร เหตุการณ์ต่างๆ แบบทันกาลให้กับผู้ที่ต้องการเดินทางเป็นหลัก แต่ในต่างประเทศสารสนเทศจราจรนั้นไม่เพียงให้ข้อมูลสภาพจราจรเท่านั้น แต่ยังมีบริการคาดการณ์เส้นทางสำหรับเดินทาง และมีการรวบรวมข้อมูลสถิติของกระแสจราจรไว้เพื่อพัฒนาและจัดการด้านการจราจรต่อไป

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลจราจรจากมูลนิธิ iTIC ในการวิเคราะห์ความถูกต้องของสารสนเทศจราจร ซึ่งปัจจุบัน iTIC ได้รวบรวมแหล่งข้อมูลหลากหลายแหล่ง เช่น ข้อมูล probe ของยานพาหนะแต่ละประเภท ข้อมูลกล้องโทรทัศน์ CCTV และข้อมูลเหตุการณ์จากหน่วยงานอื่นๆ แต่แหล่งข้อมูลหลักที่มูลนิธิ iTIC ใช้เพื่อประมวลเส้นทางจราจรได้แก่ข้อมูล probe และ CCTV ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้เฉพาะข้อมูล probe มาพิจารณา เนื่องจากข้อมูล probe เป็นข้อมูลที่มีค่าที่แน่นอน ได้ทั้งข้อมูลความเร็ว เวลา และตำแหน่ง ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากกล้อง CCTV ที่ใช้ความรู้สึกของเจ้าหน้าที่ควบคุมในการตัดสินใจ นอกจากนี้เมื่อมีข้อมูลของ probe และ CCTV เข้ามาในช่วงเวลาเดียวกัน ระบบจะให้ความสำคัญกับข้อมูล probe ในการนำค่าไปวิเคราะห์เส้นทางจราจรก่อน

ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้สอบเทียบความถูกต้องของสารสนเทศจราจรในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ นั้นมีความเหมาะสมต่อการเก็บข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ โดยเฉพาะในเขตเมือง นอกจากนี้ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธยังมีข้อดีคือเคลื่อนย้ายง่าย ใช้พลังงานต่ำและมีต้นทุนที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ตรวจจับความเร็วชนิดอื่นๆ

สำหรับงานวิจัยนี้ต้องการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลของมูลนิธิ iTIC และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ทั้งความเร็วและรูปแบบเส้นทางจราจร ดังนั้นในส่วนของทฤษฎีในการวิเคราะห์

ข้อมูลจึงแบ่งเป็นสองส่วน ได้แก่ ส่วนที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธซึ่งจะเน้นในส่วนของกรองข้อมูล และส่วนที่สองการเปรียบเทียบข้อมูลจะใช้ตารางไขว้ (Cross Tabulation) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลผลของเส้นสีจางจร และใช้การประมาณช่วงความเชื่อมั่น (t-distribution) และค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE) เปรียบเทียบข้อมูลเชิงปริมาณซึ่งได้แก่ข้อมูลความเร็ว



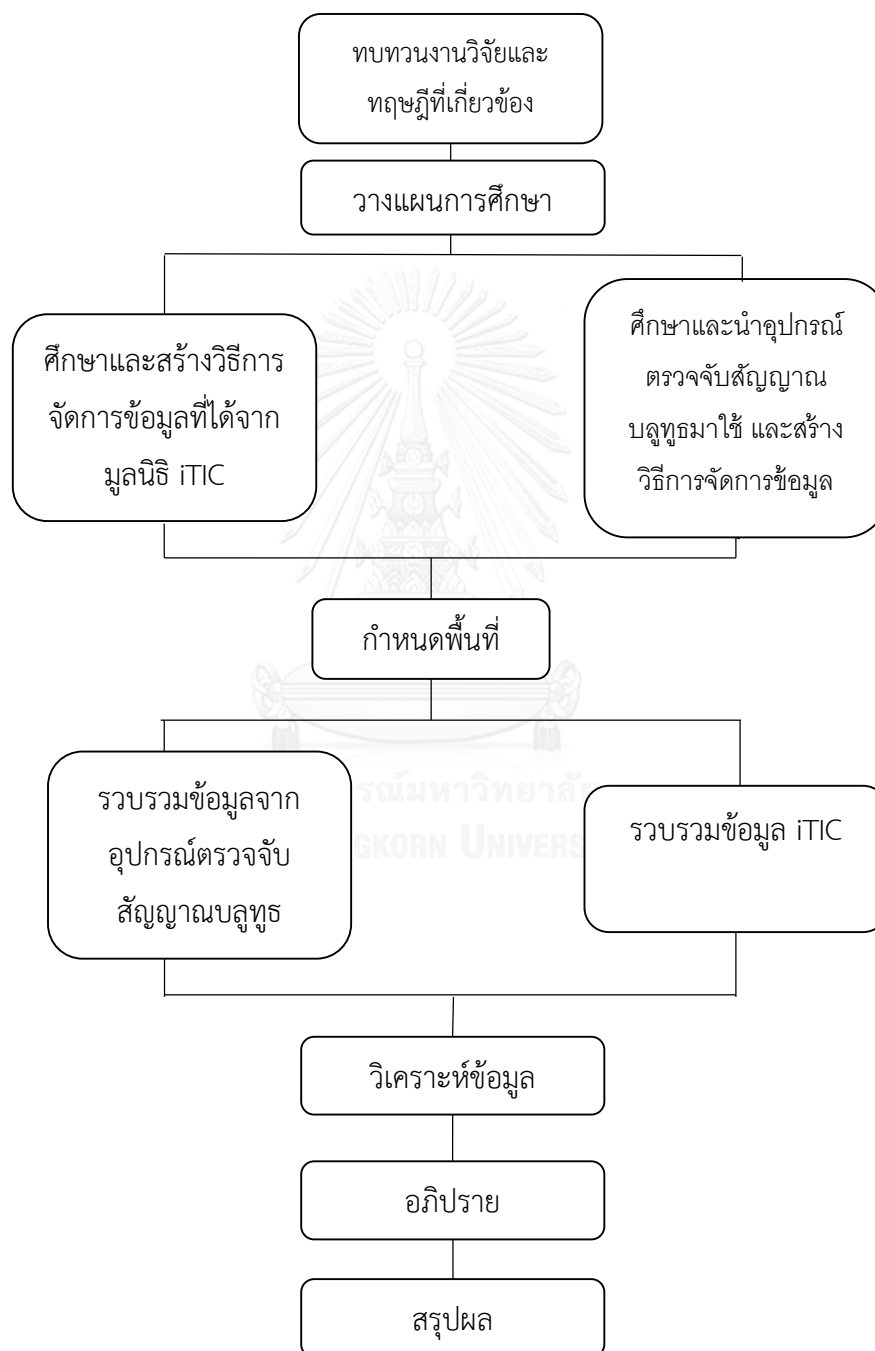
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยได้แบ่งรายละเอียดของเนื้อหาเป็นสามส่วน เริ่มจากส่วนแรกจะกล่าวถึงแผนการดำเนินการของงานวิจัยนี้ ส่วนที่สองจะกล่าวถึงการจัดการข้อมูลจราจรจากมูลนิธิ iTIC โดยรายละเอียดประกอบไปด้วยการกล่าวถึงลักษณะของข้อมูล วิธีการดึงข้อมูล probe vehicle จากฐานข้อมูลของมูลนิธิ iTIC มาวิเคราะห์สร้างสารสนเทศเพื่อการตรวจสอบความถูกต้อง และส่วนที่สามจะกล่าวถึงการจัดการข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ซึ่งประกอบไปด้วยการได้มาซึ่งข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น การเก็บข้อมูลภาคสนาม และ การจัดการกับข้อมูล



3.1 แผนในการดำเนินงาน

แผนในการดำเนินงานประกอบด้วย เก็บรวบรวม และศึกษาข้อมูล โดยแบ่งการศึกษาข้อมูล เป็นสองส่วนหลักๆ จากนั้นจึงเก็บข้อมูลภาคสนาม และนำข้อมูลที่ได้จากทั้งสองส่วนมาเปรียบเทียบ กัน แล้วจึงนำผลของข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และอภิปรายสรุปผล



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 การศึกษาและสร้างวิธีการจัดการข้อมูลที่ได้จากมูลนิธิ iTIC

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงข้อมูลการศึกษารายละเอียดของข้อมูล probe ที่ผู้วิจัยได้รับมาจากมูลนิธิ iTIC โดยจะเริ่มจากการอธิบายลักษณะของข้อมูล การดึงข้อมูล และ การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้ได้สารสนเทศจากรายการข้อมูลมูลนิธิ iTIC

3.2.1 ลักษณะของข้อมูล Probe จากมูลนิธิ iTIC

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ข้อมูล Probe ที่ได้รับจากมูลนิธิ iTIC ตั้งแต่วันที่ 28 สิงหาคม 2558 ถึง 17 กันยายน 2558 เป็นเวลา 3 สัปดาห์ โดยข้อมูลดิบที่ได้รับจาก มูลนิธิฯ มีลักษณะซับซ้อน ดังรูปที่ 3.2 อย่างไรก็ตามขั้นตอนแรกสุดในการจัดการกับข้อมูลที่เกินความจำเป็นออกไป (cleansing data) ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Perl ในการจัดการทำให้เหลือเพียงข้อมูลที่จำเป็น ดังรูปที่ 3.3

```
2015-08-28 00:00:02,194 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [bxkRwj+kE+FXkcqeWuubDg] flush [769318, 769309]@22 // 270815/16
2015-08-28 00:00:02,194 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [/Hq9GzCgLoW7mreAgX7Rkw] flush [183233, 183225]@16 [183224]@15
2015-08-28 00:00:02,194 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [Z5aFst/es0CFFse9HnGn8g] flush [768057, 768031, 790141]@27 // 2
2015-08-28 00:00:02,196 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [Eesq1oiXZT9RnNzv7gRUIg] flush [1091037, 1091048, 1091046, 1091
2015-08-28 00:00:02,202 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [oFRjGJyGdEioisaDJT+Yg] flush [625015]@22 // 270815/165938.000
2015-08-28 00:00:02,202 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [NAxlgwBUIITfn4HkFKEBvHw] flush [123099]@19 // 270815/165922.000
2015-08-28 00:00:02,210 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [av9E+NvkE0c6izeCaNF4Ag] flush [17659]@24 // 270815/165911.000
2015-08-28 00:00:02,213 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [J6lKf/LRjYHFE08Tb1K5w] flush [1036033, 1036021, 926738]@20 //
2015-08-28 00:00:02,228 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [LKR4vJiNYPnqVd40SvguTA] flush [1194122, 1193713, 1194066, 1194
2015-08-28 00:00:02,229 INFO [mm.probe.Tracker] - <Data from [SgZ1GGQBcRXUUnD3Dmn5g] flush [127296, 433493, 433492, 433491]
```

รูปที่ 3.2 ลักษณะของข้อมูลดิบที่ได้รับจากมูลนิธิ

```
;2015-08-28 00:00:02;QjaF/dpdIS6j76NVdLttvA;1042141;14; 13.818673; 100.650822
;2015-08-28 00:00:02;QjaF/dpdIS6j76NVdLttvA;1042127;14; 13.818673; 100.650822
;2015-08-28 00:00:02;QjaF/dpdIS6j76NVdLttvA;1044448;14; 13.818673; 100.650822
;2015-08-28 00:00:02;QjaF/dpdIS6j76NVdLttvA;1042102;14; 13.818673; 100.650822
;2015-08-28 00:00:02;QjaF/dpdIS6j76NVdLttvA;1044472;14; 13.818673; 100.650822
;2015-08-28 00:00:02;QjaF/dpdIS6j76NVdLttvA;1042066;14; 13.818673; 100.650822
;2015-08-28 00:00:02;QjaF/dpdIS6j76NVdLttvA;1042055;14; 13.818673; 100.650822
;2015-08-28 00:00:02;fQ/8bYFns4i5tFRBe00NyA;1081545;12; 13.663768000000001; 100.61331100000001
;2015-08-28 00:00:02;fQ/8bYFns4i5tFRBe00NyA;1081705;12; 13.663768000000001; 100.61331100000001
;2015-08-28 00:00:02;fQ/8bYFns4i5tFRBe00NyA;1081593;12; 13.663768000000001; 100.61331100000001
;2015-08-28 00:00:02;fQ/8bYFns4i5tFRBe00NyA;1081463;12; 13.663768000000001; 100.61331100000001
```

รูปที่ 3.3 ข้อมูลหลังการกรองโดยใช้คำสั่งจากภาษา Perl

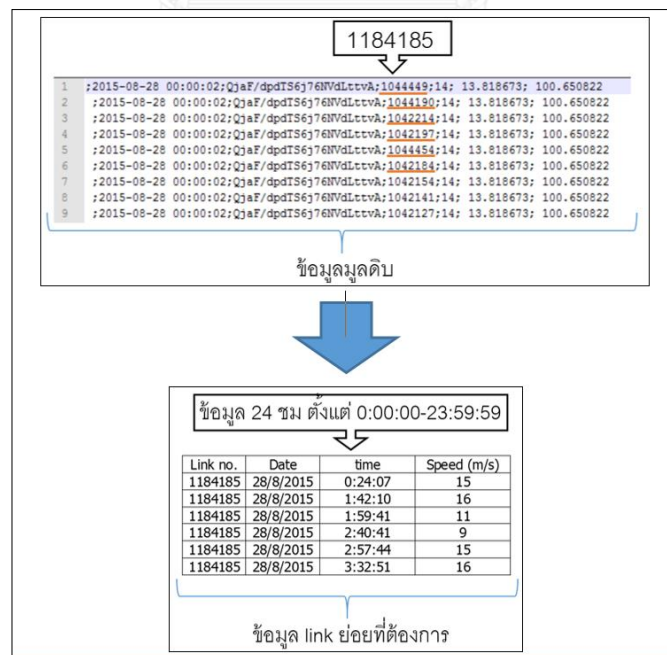
3.2.2 การดึงข้อมูลและการประมวลผลความเร็วจากลิงก์ถนน

เมื่อเสร็จสิ้นวิธีการจัดการข้อมูลที่ไม่ต้องการออกไปแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการดึงข้อมูล Probe จากเส้นทางที่ต้องการออกมาวิเคราะห์ ทั้งนี้การบันทึกข้อมูล Probe บนลิงก์ถนนของมูลนิธิ iTIC นั้นมีกระบวนการบันทึกข้อมูลในทุกช่วงลิงก์ถนน ดังที่กล่าวไว้ในบทที่สอง ซึ่งในรูปที่ 3.4 ได้แสดงถึงช่วงของข้อมูลที่ผู้วิจัยต้องการดึงข้อมูลออกมาใช้ ในกรณีที่ผู้วิจัยต้องการข้อมูล Probe

ระหว่างแยกสุรศักดิ์-สาทร ไป แยกนรินทรนั้น จะให้เห็นได้ว่าข้อมูลที่ต้องดึงออกมาใช้นั้นประกอบไปด้วยข้อมูลลิงก์ย่อยเป็นจำนวนมาก เช่น ข้อมูลลิงก์หมายเลข 1188353 1184048 1188387 เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ดังนั้นในขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยต้องดึงข้อมูลจากลิงก์ย่อยที่ต้องการมาประมวลผลโดยรูปที่ 3.5 ได้แสดงตัวอย่างผลลัพธ์การดึงข้อมูลจากลิงก์หมายเลข 1184185 ของวันศุกร์ที่ 28 สิงหาคม 2558 เพื่อเตรียมวิเคราะห์ตามขั้นตอนของมูลนิธิ iTIC ต่อไป ซึ่งหมายเลขลิงก์ที่ต้องการ สามารถพิจารณาได้จากหมายเลขลิงก์ที่มูลนิธิฯ ได้ตั้งค่าไว้บนแผนที่ (รูปที่ 3.4) ซึ่งแสดงหมายเลขของแต่ละลิงก์ในระบบ iTIC บนถนนที่ใช้วิเคราะห์



รูปที่ 3.4 แผนที่หมายเลขของแต่ละลิงก์ถนนในระบบ iTIC บนถนนสาทรเหนือ - สาทรใต้



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างผลลัพธ์การดึงข้อมูลจากลิงก์ถนน หมายเลข 1184185

ค่าความเร็วที่แสดงในข้อมูลแต่ละลิงก์ นั้นหมายถึง ค่าความเร็วที่ probe ส่งข้อมูลเข้ามายัง เซิร์ฟเวอร์ ดังนั้นในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงหลักการนำค่าความเร็วหรือข้อมูลดิบจาก probe มาประมวลผลเพื่อแสดงข้อมูลเส้นสีจราจร (แสดงตัวอย่างข้อมูลบางส่วนในตารางที่ 3.1) โดยวิธีการจะประมวลผลตามหลักการของมูลนิธิ iTIC ซึ่งแบ่งเป็น 3 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 เมื่อมีข้อมูล probe เข้ามาในระบบ จะนำความเร็วนั้นๆ ใช้แสดงเส้นสีจราจร หากไม่มีข้อมูล probe อื่นคงอยู่ในระบบ จากตารางที่ 3.1 ในตารางซ้ายมือ จะเห็นว่าช่วงเวลา 0:24:00 น. มีข้อมูล Probe เข้ามาหนึ่งค่า คือ ค่าความเร็ว 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งในช่วงเวลา 15 นาทีก่อนหน้าเวลา 0:24:00 น. พบว่าไม่มีข้อมูลใดๆ เข้ามาในระบบ ดังนั้นผลลัพธ์ความเร็วที่ใช้แสดงในเวลา 0:24:00 คือ ความเร็ว 15 เมตรต่อวินาที

กรณีที่ 2 เมื่อมีข้อมูล probe เข้ามาในระบบ ทางมูลนิธิจะค้างความเร็วนั้นไว้ในระบบเป็นเวลา 15 นาที หากไม่มีข้อมูลความเร็วใดๆเข้ามาในช่วง 15 นาที จากตารางที่ 3.1 ในตารางซ้ายมือ จะเห็นว่าตั้งแต่ช่วงเวลา 0:24:00 น. จนถึงช่วงเวลา 0:38:00 น. ไม่มีข้อมูล Probe ใดๆ เข้ามาในระบบ ดังนั้น ตั้งแต่ช่วงเวลา 0:24:00 น. ถึงช่วงเวลา 0:38:00 น. ระบบจะแสดงผลลัพธ์ความเร็ว 15 เมตรต่อวินาที

กรณีที่ 3 เมื่อมีข้อมูล probe ใหม่เข้ามา ระบบจะทำการเฉลี่ยข้อมูลกับค่าความเร็วที่มีก่อนหน้า โดยช่วงการเฉลี่ยข้อมูลนั้นจะเกิดขึ้นเป็นช่วง 15 นาที โดยระบบจะทำการเฉลี่ยเรียงลำดับทุกๆ นาที เป็นรอบ (loop) เช่น ช่วงเวลา “0:00:00 - 0:14:59 น.” ถือว่าเป็น 1 รอบ ช่วงเวลาที่เฉลี่ยข้อมูลถัดไปคือช่วงเวลา “0:01:00 - 0:15:59 น.” และ “00:02:00 - 00:16:59 น.” ตามลำดับ อย่างไรก็ตามระบบการเฉลี่ยข้อมูลความเร็วของมูลนิธิ iTIC ไม่ได้ให้นำหนักความสำคัญลำดับข้อมูลความเร็วที่เข้ามาในระบบก่อนหรือหลัง แต่จะให้ความสำคัญกับทุกข้อมูลความเร็วที่อยู่ในช่วง 15 นาที

ตารางที่ 3.1 วิธีการประมวลผลข้อมูลตามหลักการของมูลนิธิ iTIC

กรณีที่ 1 และ 2							กรณีที่ 3						
เวลา	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4	ข้อมูล 5	ผลลัพธ์	เวลา	ข้อมูล 1	ข้อมูล 2	ข้อมูล 3	ข้อมูล 4	ข้อมูล 5	ผลลัพธ์
0:22:00							9:34:00						
0:23:00							9:35:00	4					4
0:24:00	15					15	9:36:00						4
0:25:00						15	9:37:00	3					3.5
0:26:00						15	9:38:00						3.5
0:27:00						15	9:39:00						3.5
0:28:00						15	9:40:00						3.5
0:29:00						15	9:41:00						3.5
0:30:00						15	9:42:00						3.5
0:31:00						15	9:43:00						3.5
0:32:00						15	9:44:00						3.5
0:33:00						15	9:45:00						3.5
0:34:00						15	9:46:00						3.5
0:35:00						15	9:47:00						3.5
0:36:00						15	9:48:00						3.5
0:37:00						15	9:49:00						3.5
0:38:00						15	9:50:00						3
0:39:00							9:51:00	4	4				3.67
0:40:00							9:52:00						4

จากตารางที่ 3.1 ตารางฝั่งขวามือ ในกรณีที่ 3 จะเห็นว่า ช่วงเวลาที่ 9:35:00 น. และเวลา 9:36:00 น. นั้นมีค่าความเร็วในแถว“ผลลัพธ์” เท่ากับ 4 เมตรต่อวินาที เนื่องจาก ช่วงเวลาก่อนหน้า เวลาที่พิจารณา 15 นาที หรือตั้งแต่เวลา 9:20:00 น. นั้นไม่มีข้อมูล Probe เข้ามาในระบบ

สำหรับช่วงเวลาที่ 9:50:00 น. มีผลลัพธ์เท่ากับ 3 เมตรต่อวินาที เนื่องจาก ช่วงที่คิดค่าเฉลี่ย จะพิจารณาข้อมูลความเร็วที่อยู่ในแถวข้อมูล 1 2 3 4 และ 5 ว่ามีข้อมูลความเร็ว Probe ค่าใดบ้าง และนำค่าความเร็วที่อยู่ในช่วงดังกล่าวมาหาค่าเฉลี่ย โดยช่วงเวลา 9:50:00 น. นั้นพิจารณาช่วงตั้งแต่ เวลา 9:36:00 น. – 9:50:00 น. พบว่ามีข้อมูลความเร็ว probe เพียงค่าเดียว ดังนั้นผลลัพธ์จึงแสดง เท่ากับ 3 เช่นเดียวกับ ช่วงเวลา 9:51:00 น. แสดงผลลัพธ์ 3.67 เมตรต่อวินาที นั้นเกิดจากข้อมูล ช่วงเวลา 9:37:00 น. – 9:51:00 น. ประกอบด้วยข้อมูลสามค่า เท่ากับ 3 4 และ 4 เมตรต่อวินาที เป็นต้น

หลังจากที่ประมวลผลข้อมูลความเร็ว ที่เกิดขึ้นในแต่ละลิงก์ย่อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการนำ ลิงก์ ย่อยในแต่ละลิงก์มาต่อกัน ตามแผนที่อ้างอิงดังรูปที่ 3.4 เพื่อประกอบข้อมูลให้เป็นความเร็วใน ลิงก์ใหญ่ หรือ ช่วงถนนที่เราต้องการ รูปที่ 3.6 จะแสดงถึงข้อมูล ที่นำลิงก์ย่อยแต่ละลิงก์มาต่อกัน

Direction	Surasak → Narintorn						
link no.	1183233	1183297	1188353	1184048	1188387	1183227	1184185
distance (m.)	67.78	305.618	205.621	130.001	81.775	176.154	257.538
0:00:00							
0:15:00	11	11	15	15	15	15	15
0:30:00							
0:45:00							
1:00:00	15						
1:15:00							
1:30:00				16	16	16	16
1:45:00							
2:00:00	23	23					11
2:15:00							
2:30:00			10	10	10	10	9
2:45:00	27	27	15	15	15	15	15
3:00:00							

รูปที่ 3.6 ผลลัพธ์การรวมความเร็วของลิงก์ย่อย

หากพิจารณารูปที่ 3.6 จะพบว่า มีบางช่วงเวลาที่ความเร็วบนแต่ละลิงก์ก็ไม่ครบ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเติมเต็มช่องว่างของช่วงเวลาที่ไม่มีข้อมูลโดยนำค่าความเร็วก่อนหน้า ในแต่ละลิงก์ย่อยเติมเข้ากับช่วงเวลาที่ไม่มีข้อมูลในช่วงถัดไป ดังลูกศร (1) เพราะถือว่าข้อมูลในช่วงเวลาก่อนหน้าคือช่วงเวลาที่ระบบมีข้อมูลล่าสุด หากเว้นว่างไว้จะทำให้ไม่สามารถคำนวณความเร็วของช่วงถนนที่ต้องการได้

อย่างไรก็ตาม การเติมเต็มจากข้อมูลความเร็วของลิงก์เคียงข้าง ตามทิศทางในช่วงเวลาเดียวกัน ดังลูกศร (2) ก็สมเหตุสมผลเช่นเดียวกัน แต่การอ้างอิงเช่นนี้ไม่เหมาะสมต่อโครงสร้างถนนที่มีการรบกวน ดังตัวอย่างบนถนนที่ใช้เก็บข้อมูลในปัจจุบัน (สาทรเหนือ-สาทรใต้) เพราะระหว่างช่วงถนนที่พิจารณามีทางแยกหลายทางแยก ทั้งทางแยกที่มีสัญญาณไฟ และทางแยกปากซอย ซึ่งทำให้ความเร็วไม่สม่ำเสมอตลอดทุกช่วงถนนที่พิจารณา อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์จากการเติมเต็มข้อมูลตามช่วงเวลาก่อนหน้าได้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.7

Direction	Surasak → Narintorn						
link no.	1183233	1183297	1188353	1184048	1188387	1183227	1184185
distance (m.)	67.78	305.618	205.621	130.001	81.775	176.154	257.538
0:00:00	6	12	14	14	14	14	14
0:15:00	11	11	15	15	15	15	15
0:30:00	11	11	15	15	15	15	15
0:45:00	11	11	15	15	15	15	15
1:00:00	15	11	15	15	15	15	15
1:15:00	15	11	15	15	15	15	15
1:30:00	15	11	16	16	16	16	16
1:45:00	15	11	16	16	16	16	16
2:00:00	23	23	16	16	16	16	11
2:15:00	23	23	16	16	16	16	11
2:30:00	23	23	10	10	10	10	9
2:45:00	27	27	15	15	15	15	15
3:00:00	27	27	15	15	15	15	15

รูปที่ 3.7 ผลลัพธ์การเติมข้อมูลในช่วงเวลาที่ขาด

3.2.3 การแปลงค่าความเร็วลิงก์ย่อยให้เป็นความเร็วลิงก์ถนนในช่วงที่ต้องการ

ขั้นตอนสุดท้ายในการแปลงค่าความเร็วแต่ละลิงก์ย่อยให้เป็น ความเร็วของช่วงถนนที่ต้องการนั้นเราไม่สามารถเฉลี่ยความเร็วของแต่ละลิงก์ได้ในทันที เนื่องจากระยะทางของลิงก์ย่อยแต่ละลิงก์นั้น มีระยะทางที่แตกต่างกัน สังเกตได้จาก แถวแถบสีเขียวในรูปที่ 3.7 และ 3.8 จะแสดงระยะทางของลิงก์แต่ละลิงก์ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องแปลงจากความเร็วให้เป็นเวลาก่อน ดังรูปที่ 3.8 หลังจากแปลงข้อมูลเสร็จ จึงรวมเวลาทั้งหมด และ ระยะทางแต่ละลิงก์ย่อย แล้วจึงสามารถคำนวณหาความเร็วของช่วงถนนที่ต้องการได้

Direction	Surasak							Narintor
link no.	1183233	1183297	1188353	1184048	1188387	1183227	1184185	
distance (m.)	67.78	305.618	205.621	130.001	81.775	176.154	257.538	
0:00:00	11.3	25.5	14.7	9.3	5.8	12.6	18.4	
0:15:00	6.2	27.8	13.7	8.7	5.5	11.7	17.2	
0:30:00	6.2	27.8	13.7	8.7	5.5	11.7	17.2	
0:45:00	6.2	27.8	13.7	8.7	5.5	11.7	17.2	
1:00:00	4.5	27.8	13.7	8.7	5.5	11.7	17.2	
1:15:00	4.5	27.8	13.7	8.7	5.5	11.7	17.2	

รวมข้อมูล
รายแถว

all link	distance (m.)
	1224.487
	97.6
	90.7
	90.7
	90.7
	89.0
	89.0

แปลงค่าเป็น
ความเร็ว

all link	Result
	45.2
	48.6
	48.6
	48.6
	49.5
	49.5

วินาที

รูปที่ 3.8 วิธีการคำนวณความเร็วจากการรวมค่าจากข้อมูลแต่ละลิงก์ย่อย

3.3 การศึกษาและนำอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมาใช้ และสร้างวิธีการจัดการข้อมูล

ในส่วนของข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้น เริ่มอธิบายรายละเอียดเริ่มต้นจากการได้มาซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ตามด้วยการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์เบื้องต้น เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์แล้วในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงวิธีการเก็บข้อมูลเวลาเดินทางของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในภาคสนาม และส่วนท้ายสุดจะอธิบายถึงวิธีการจัดการกับข้อมูลที่เก็บได้จากภาคสนาม

3.3.1 ที่มาของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้รับความร่วมมือระหว่างจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และบริษัทอีคอป (Ecobz Thailand Co.,Ltd.) ในการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธซึ่งลักษณะของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 ลักษณะภายในของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ



รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

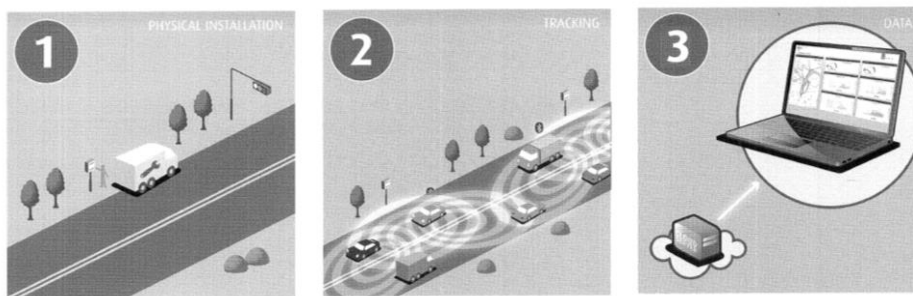
ส่วนองค์ประกอบสำคัญของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นมีทั้งหมด 7 อย่าง ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งอุปกรณ์แต่ละชิ้นมีหน้าที่ที่สำคัญแตกต่างกัน หากพิจารณาตามตัวเลขสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

- 1) บอร์ดแผงวงจร “Raspberry Pi Model B+” บอร์ดราสเบอร์รี่พายนี้เปรียบเสมือนคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่สามารถใส่คำสั่งต่างๆ เข้าไปในระบบประมวลผลเพื่อให้อุปกรณ์สามารถใช้งานตามวัตถุประสงค์ได้ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้บอร์ดรุ่น Raspberry Pi 2 Model B+ ข้อดีของบอร์ดชนิดนี้คือ บอร์ดชนิดนี้ประหยัดพลังงานใช้ไฟฟ้าต่ักยต่ำเพียง 5 โวลต์ เหมาะสำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และมีราคาไม่สูงเมื่อเทียบกับคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กชนิดอื่นๆ เช่น Nuckit , Mini PC เป็นต้น

- 2) อุปกรณ์สัญญาณบลูทูธ (Bluetooth Adapter) ในงานวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์สัญญาณบลูทูธยี่ห้อ Parini รุ่น UD 100 สำหรับปล่อยสัญญาณบลูทูธเพื่อตรวจจับอุปกรณ์ที่ผ่าน โดย Parini-UD 100 นี้เป็นบลูทูธประเภท class 1 ซึ่งตามทฤษฎีอุปกรณ์ตัวนี้จะมีระยะการปล่อยสัญญาณถึง 100 เมตร
- 3) เสาขยายสัญญาณ (Antenna) ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เสาสัญญาณขนาด 9 dBi เพื่อเพิ่มระยะ และความเข้มของสัญญาณทำให้มีโอกาสตรวจจับได้เพิ่มขึ้น
- 4) อุปกรณ์ส่งข้อมูลเข้าเซิร์ฟเวอร์ ได้แก่ อุปกรณ์หมายเลข 4 คือ เราเตอร์ (Router) และ อุปกรณ์หมายเลข 5 คือ แอร์การ์ด (Aircard) อุปกรณ์สองชิ้นนี้จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลบลูทูธที่ตรวจจับได้เข้าส่งเซิร์ฟเวอร์ ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ 3G router TP-Link TL-MR3020 ควบคู่กับ Aircard 3G สาเหตุที่งานวิจัยนี้ไม่นำ Aircard 3G ต่อเข้ากับ Raspberry Pi Board โดยตรงเนื่องจากหากนำ Aircard 3G ต่อเข้าโดยตรงจะทำให้อินเทอร์เน็ตไม่เสถียร ส่งผลให้การส่งข้อมูลไม่สม่ำเสมอ
- 5) การ์ดบันทึกความจำ (Memory card) การ์ดบันทึกความจำ ใช้สำหรับป้อนคำสั่งให้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธทำงานตามวัตถุประสงค์ที่เราต้องการ และใช้บันทึกข้อมูล
- 6) อุปกรณ์แปลงกระแสไฟ เนื่องจากในงานวิจัยนี้พัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธพัฒนาเพื่อเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง ดังนั้นแหล่งพลังงานจึงนำไฟฟ้าภายในป้อมตำรวจ ดังนั้นจึงเลือกใช้อุปกรณ์แปลงกระแสไฟรุ่นที่แปลงไฟฟ้าเข้า 220 โวลต์ เป็นไฟฟ้าออก 5 โวลต์ ที่เพียงพอต่อการทำงานของ Raspberry Pi Board และ 3G Router

3.3.2 วิธีการเก็บข้อมูลเวลาเดินทางของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในภาคสนาม

หลังจากได้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่พร้อมใช้งาน ขั้นตอนต่อไปคือการดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ เพื่อหาเวลาเดินทาง และสภาพจราจรของถนน โดยวิธีการทำงานของอุปกรณ์จะมีขั้นตอนการทำงาน 3 ขั้นตอนดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการเก็บข้อมูลการเดินทางจากสัญญาณบลูทูธ
ที่มา : Blipsystem (2016)

- 1) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ไว้ในตำแหน่งที่ต้องการ ในงานวิจัยนี้เลือกติดตั้งบริเวณป้อมควบคุมสัญญาณไฟจราจรบริเวณทางแยก เนื่องจากอุปกรณ์ต้องการไฟฟ้าในการทำงาน
- 2) เมื่อติดตั้งเสร็จ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธจะตรวจจับสัญญาณบลูทูธของอุปกรณ์ที่ผ่าน โดยอัตราการตรวจจับจะตรวจหา 5 ครั้งต่อวินาที และบันทึกข้อมูล MAC address ที่ตรวจจับได้ลงในการ์ดบันทึกความจำ ซึ่งรายละเอียดต่างๆของข้อมูลที่บันทึกได้แก่ MAC address วันเวลาที่ตรวจจับได้ ความแรงของสัญญาณ (dBi) และหมายเลขของตัวเครื่องตรวจจับสัญญาณบลูทูธ
- 3) ข้อมูลที่บันทึกไว้ จะถูกส่งผ่านระบบไร้สายผ่านอุปกรณ์เราเตอร์และแอร์การ์ด ด้วยระบบ 3G (3rd generation mobile telecommunications) ไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูล เพื่อเตรียมนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อหาเวลาเดินทางต่อไป

3.3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์

เมื่อผลิตอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และทราบถึงวิธีการเก็บข้อมูลเวลาเดินทางของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธแล้ว ส่วนต่อไปคือการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยส่วนแรกจะกล่าวถึงการทดสอบหาระยะรัศมีในการตรวจจับของอุปกรณ์ในภาคสนาม และส่วนที่สองคือการทดสอบการหาความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

1) การทดสอบหาระยะรัศมีในการตรวจจับของอุปกรณ์ในภาคสนาม

ในการทดสอบในส่วนที่สองนี้ ได้รับข้อมูลจาก พีรวัส และ ภวินท์ (2558) ซึ่งได้ทำการทดสอบหาอัตราการตรวจจับของสัญญาณบลูทูธและตำแหน่งที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธบันทึกสัญญาณได้ โดยวิธีการทดสอบ ได้นำสมาร์ตโฟนทั้งหมด จำนวน 3 เครื่อง และอุปกรณ์ติดตามยานพาหนะหรือจีพีเอส (GPS) ที่สามารถปล่อยสัญญาณบลูทูธได้ จำนวน 1 เครื่อง วางไว้ในรถยนต์ที่เคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ในความเร็วช่วง 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง โดยตำแหน่งที่ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นได้ติดตั้งไว้ในป้อมสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยก ชื่อแยกนรินทร ในการทดสอบยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธจำนวน 9 เที่ยว แบ่งเป็น 4 ทิศทาง โดยผลลัพธ์ของตำแหน่งที่อุปกรณ์สามารถตรวจจับได้ในแต่ละทิศทาง สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 3.12 และตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธได้ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่อยู่ในยานพาหนะทดสอบ ที่มา : พีรวัสและภวินท์ (2558)

ตารางที่ 3.2 ระยะที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธตรวจจับบลูทูธที่อยู่ในยานพาหนะทดสอบ

ตำแหน่งขาเข้า	ระยะห่าง (เมตร)	ตำแหน่งขาออก	ระยะห่าง (เมตร)
A	57	a	51
B	37	b	24
C	88	c	46
D	76	d	60

นอกจากการนำสมาร์ตโฟนและอุปกรณ์ติดตามจีพีเอสไว้ในยานพาหนะแล้ว พีร์วัส และ ภวินท์ (2558) ได้ทำการทดสอบโดยถืออุปกรณ์สมาร์ตโฟนและอุปกรณ์ติดตามจีพีเอส เดินเข้าและเดินออกจากแยก ตามทิศทางของการเดินรถ ผลการทดสอบพิจารณาได้จากรูปที่ 3.13



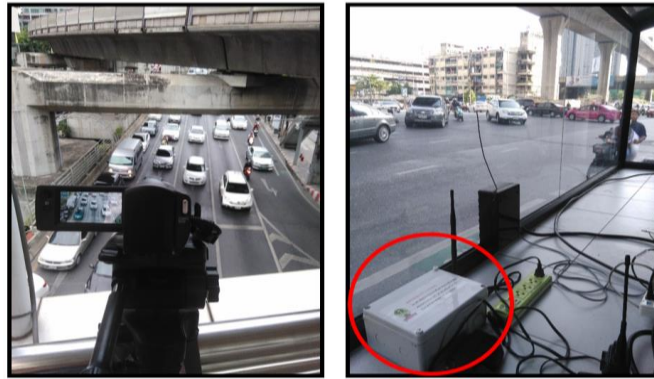
รูปที่ 3.13 ตำแหน่งที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธตรวจจับสัญญาณบลูทูธ
ที่ทดสอบโดยการเดิน ที่มา : พีร์วัสและภวินท์ (2558)

ผลการทดสอบจากรูปที่ 3.12 จุดขาเข้าที่ตรวจพบอุปกรณ์บลูทูธ จะอยู่ห่างจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมากกว่าจุดขาออกที่ตรวจพบ เพราะ ขณะเข้าแยกยานพาหนะมักจะติดไฟแดง จึงไม่เกิดการเคลื่อนที่ แต่ขณะออกจากแยกซึ่งเป็นเวลาที่อุปกรณ์กำลังเคลื่อนที่ ระยะตรวจจับสัญญาณจะน้อยกว่าขณะหยุดนิ่ง ในขณะรูปที่ 3.13 ใช้การเดินเท้าในการทดสอบ ซึ่งมีความเร็วต่ำพบว่ามีการตรวจจับใกล้เคียงกันทั้งการเข้าสู่บริเวณทางแยก และออกจากบริเวณทางแยก สำหรับตำแหน่งเมื่อเทียบระยะตรวจจับสัญญาณขาเข้าและขาออกของการทดลองพบว่า การถืออุปกรณ์บลูทูธไว้ในขณะเดิน ทำให้เครื่องตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีโอกาสที่ระยะการตรวจจับมากกว่าหรือตรวจจับสัญญาณได้ไกลกว่าการวางอุปกรณ์ไว้ในยานพาหนะ (พีร์วัส และ ภวินท์ 2558)

2) การทดสอบการหาความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

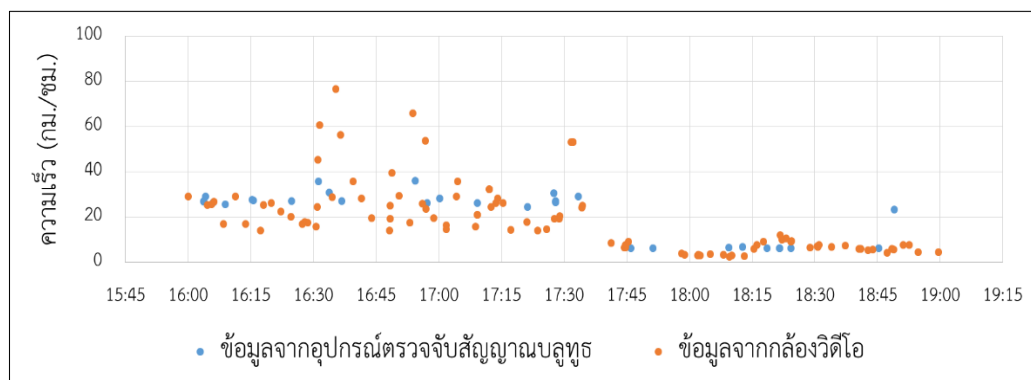
ในส่วนการทดสอบที่สองนี้ผู้วิจัยต้องการทดสอบว่าความเร็วของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่ได้ใกล้เคียงกับข้อมูลสภาพจราจรจริงหรือไม่ โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ความเร็วที่ได้จากกล้องวิดีโอ และความเร็วที่ได้จาก Probe ของมูลนิธิ ITIC ในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งในการทดสอบนี้ผู้วิจัยกำหนดให้ความเร็วจากกล้องวิดีโอเป็นเกณฑ์อ้างอิงความเร็วของสภาพจราจรจริง (ground truth)

สำหรับสถานที่และวันเวลาในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยเริ่มเปรียบเทียบข้อมูลบนถนนสาทรเหนือ บริเวณตั้งแต่แยกสุรศักดิ์ – สาทร ไปถึงแยกนรินทร ใช้เวลาตั้งแต่ 16:00 - 19:00 น. ของวันพุธที่ 5 พฤษภาคม 2559 โดยตัวอย่างการเก็บอุปกรณ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.14

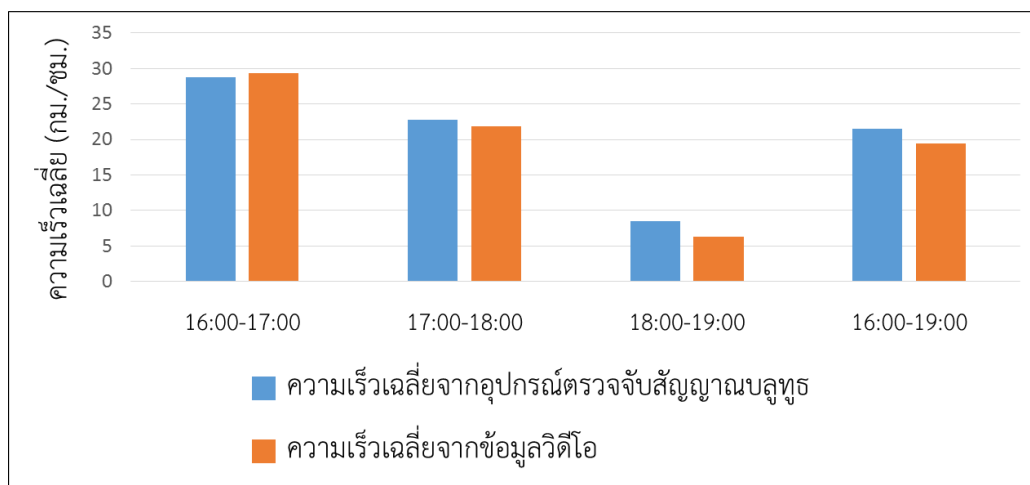


รูปที่ 3.14 การเก็บข้อมูลความเร็วโดยกล้องวิดีโอ (ซ้าย) และ การเก็บข้อมูลความเร็วโดยใช้ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธภายในป้อมตำรวจ (ขวา)

สำหรับผลลัพธ์ความเร็วที่ตรวจจับได้สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 3.15 และค่าเฉลี่ยของความเร็วที่ใช้เปรียบเทียบได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.16 ซึ่งจะเห็นว่าข้อมูลความเร็วของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นมีความใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่า ช่วงเวลา 18:00 น. ความเร็วของทั้งกล้องวิดีโอ และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธล้วนมีค่าต่ำลง เนื่องจากสภาพจราจรมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยจึงเลือกการเปรียบเทียบโดยใช้ t-test แบบ Two-Sample Assuming Unequal Variances โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเร็วรายชั่วโมง และ Pair t-test โดยการเทียบค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในแต่ละค่าที่เข้ามา เทียบกับค่าความเร็วของกล้องวิดีโอที่ได้ในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน



รูปที่ 3.15 ค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และความเร็วที่ได้จากกล้องวิดีโอ



รูปที่ 3.16 ผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยของความเร็วระหว่าง ความเร็วจากกล้องวิดีโอ และความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานดังนี้ โดยสมมติฐานคือ

$$H_0 ; \mu \text{ ความเร็วบลูทูธ} - \mu \text{ ความเร็ววิดีโอ} = 0$$

$$H_1 ; \mu \text{ ความเร็วบลูทูธ} - \mu \text{ ความเร็ววิดีโอ} \neq 0$$

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบโดยวิธี t-test

		ช่วงเวลา			
		16:00-17:00	17:00-18:00	18:00-19:00	16:00-19:00
ความเร็วเฉลี่ยจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ	ค่าเฉลี่ย	28.73	22.75	8.53	21.55
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.43	9.44	5.97	10.41
	จำนวนข้อมูล	13	9	8	30
ความเร็วเฉลี่ยจากข้อมูลกล้องวิดีโอ	ค่าเฉลี่ย	29.39	21.85	6.26	19.44
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	15.47	13.30	2.45	15.34
	จำนวนข้อมูล	36	32	33	101
	P-value	0.81	0.82	0.32	0.36

หมายเหตุ : หน่วยของความเร็วเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ผลจากการทดสอบสมมติฐานด้วย t-test พบว่า

ได้ค่า P value สำหรับช่วงเวลา 16:00-17:00น. เท่ากับ 0.813

ได้ค่า P value สำหรับช่วงเวลา 17:00-18:00น. เท่ากับ 0.821

ได้ค่า P value สำหรับช่วงเวลา 18:00-19:00น. เท่ากับ 0.323

ได้ค่า P value สำหรับช่วงเวลา 16:00-19:00น. เท่ากับ 0.362

ดังนั้นจึงเป็นการยอมรับสมมติฐานว่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% หรือความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธไม่มีความแตกต่างจากความเร็วที่ได้ของกล้องวิดีโอ

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลต่างของค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และค่าความเร็วที่ได้จากกล้องวิดีโอ ว่าผลต่างของค่าความเร็วทั้งสองอุปกรณ์มีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยที่ผลค่าความต่างของทั้งสองอุปกรณ์สามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลความเร็วที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และกล้องวิดีโอเพื่อใช้เทียบความแตกต่างของค่าความเร็วจากทั้งสองอุปกรณ์ โดยวิธี Paired t - test

ลำดับข้อมูล	เวลาอ้างอิง	ความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (กม./ชม.)	ความเร็วจากกล้องวิดีโอ (กม./ชม.)	ค่าความแตกต่างของค่าความเร็ว
1	16:03:59	27.7	25.3	-2.4
2	16:06:07	26.6	26.9	0.3
3	16:08:57	25.6	16.9	-8.7
4	16:15:29	27.6	17.1	-10.5
5	16:24:48	27.2	20.3	-6.9
6	16:31:14	35.7	43.6	7.8
7	16:33:44	30.8	28.9	-1.9
8	16:36:51	27.2	76.7	49.5
9	16:54:25	36.0	65.9	29.9
10	16:57:11	26.1	38.7	12.6
11	17:00:13	28.2	19.7	-8.4
12	17:09:15	26.1	21.2	-5.0
13	17:21:12	24.5	17.8	-6.7
14	17:27:50	28.0	19.3	-8.7
15	17:33:26	29.1	24.1	-4.9
16	17:46:01	6.4	9.2	2.8
17	18:09:26	6.5	3.0	-3.5
18	18:12:46	7.0	2.9	-4.1
19	18:18:35	6.3	9.3	3.0
20	18:21:32	6.3	11.0	4.8
21	18:24:22	6.3	9.3	3.0
22	18:45:17	6.3	5.8	-0.5
23	18:49:00	23.3	6.0	-17.3
รวม		495	494.8	519.0
ค่าเฉลี่ย		21.5	21.5	22.6

ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานดังนี้ โดยสมมติฐานคือ

H_0 ; μ ค่าความแตกต่างของความเร็วทั้งสองอุปกรณ์ = 0

H_1 ; μ ค่าความแตกต่างของความเร็วทั้งสองอุปกรณ์ \neq 0

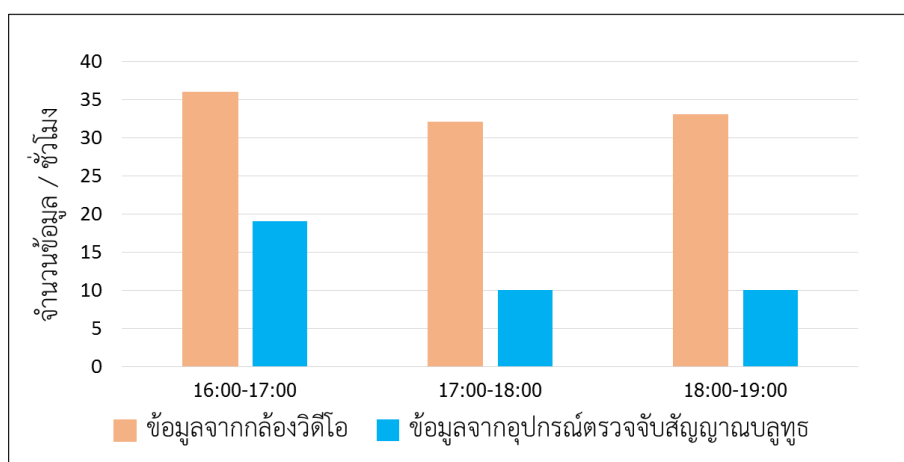
ตารางที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์การเปรียบเทียบแบบ one sample paired t-test

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ยกลุ่ม ตัวอย่าง	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (กม./ชม.)	ค่าสถิติ t
ค่าความแตกต่างของความเร็ว จากบลูทูธ และกล้องวิดีโอ	1.1	14.1	0.357

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีหน่วย กิโลเมตร ต่อ ชั่วโมง

จากผลลัพธ์เราพิจารณาเฉพาะค่า t ที่ได้ซึ่งก็คือ 0.356 องศาแห่งความเป็นอิสระ degree of freedom = 22 เมื่อเปิดค่าวิกฤติ t แบบ two-tailed ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะได้ค่า t critical เท่ากับ 2.074 นำค่า t ที่คำนวณได้ (t stat) มาเปรียบเทียบกับค่า t critical พบว่า ค่า t stat ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่า t critical ที่เปิดจากตาราง สรุปได้ว่า ค่าความแตกต่างระหว่างความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและค่าความเร็วที่ได้จากกล้องวิดีโอ มีค่าความเร็วไม่แตกต่างกัน

สำหรับปริมาณข้อมูลที่ตรวจจับได้ของข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและวิดีโอ นั้นสามารถพิจารณาได้ดังรูป 3.17



รูปที่ 3.17 ผลลัพธ์การเปรียบเทียบระหว่างปริมาณข้อมูลจากกล้องวิดีโอ และปริมาณข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

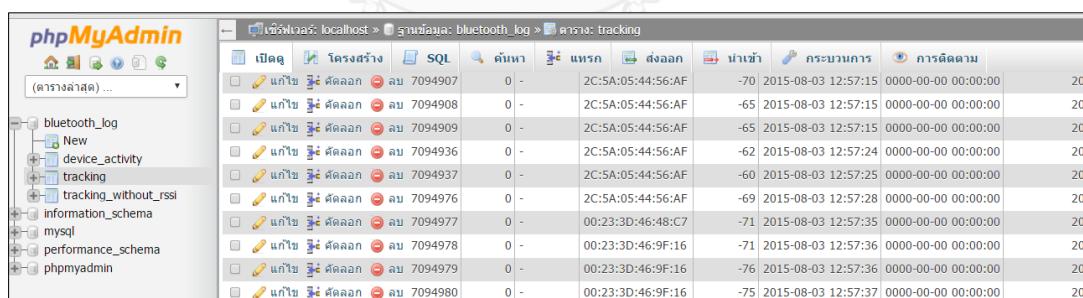
จากข้อมูลความเร็วการเปรียบเทียบความเร็วระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและข้อมูลจากกล้องวิดีโออาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสาเหตุที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีความเร็วที่แตกต่างอาจเกิดจากปัจจัยหลายประการ แต่ที่สำคัญที่สุด คือ เกิดจากจำนวนข้อมูลของตัวอย่าง – จำนวนตัวอย่างถือว่าเป็นสาเหตุหลักที่มีผลต่อข้อมูลและความผันแปรของความเร็วในกระแสจราจรจริง ดังนั้นหากมีปริมาณข้อมูลมาก ก็จะมีโอกาสที่ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนสภาพจราจรได้มากขึ้น

3.3.4 วิธีการจัดการกับข้อมูลที่เก็บได้จากภาคสนาม

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการจัดการกับข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยเริ่มจากการดึงข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์มาเพื่อหาเวลาเดินทาง การแสดงวิธีคำนวณหาเวลาเดินทาง รวมถึงเทคนิคการกำจัดข้อมูลที่ไม่ต้องการ (Outliers) ออกจากการคำนวณ

1) การดึงข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์

ขั้นตอนเริ่มต้นในการวิเคราะห์ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ นั้นเริ่มจากการดึงข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ออกมา จากรูปที่ 3.18 แสดงถึงรูปแบบข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์ได้บันทึกข้อมูลไว้ โดยข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้เลือกใช้เพียง ข้อมูล MAC address หมายเลขสถานี และวันเวลาที่ถูกบันทึกเท่านั้น ดังรูปที่ 3.19



ID	MAC address	Station	Speed	Direction	Time
7094907	2C:5A:05:44:56:AF	-70	0	-	2015-08-03 12:57:15
7094908	2C:5A:05:44:56:AF	-65	0	-	2015-08-03 12:57:15
7094909	2C:5A:05:44:56:AF	-65	0	-	2015-08-03 12:57:15
7094936	2C:5A:05:44:56:AF	-62	0	-	2015-08-03 12:57:24
7094937	2C:5A:05:44:56:AF	-60	0	-	2015-08-03 12:57:25
7094976	2C:5A:05:44:56:AF	-69	0	-	2015-08-03 12:57:28
7094977	00:23:3D:46:9F:16	-71	0	-	2015-08-03 12:57:35
7094978	00:23:3D:46:9F:16	-71	0	-	2015-08-03 12:57:36
7094979	00:23:3D:46:9F:16	-76	0	-	2015-08-03 12:57:36
7094980	00:23:3D:46:9F:16	-75	0	-	2015-08-03 12:57:37

รูปที่ 3.18 รูปแบบข้อมูลที่เซิร์ฟเวอร์ได้บันทึกไว้

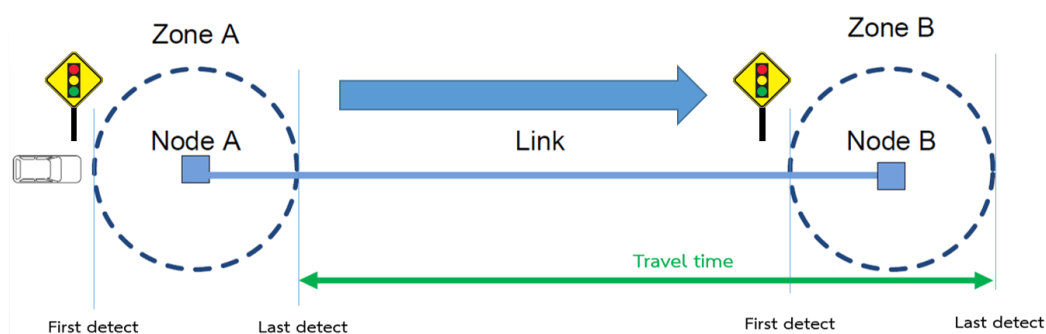
MAC	Time	Station
00:05:4F:DD:85:9C	3/2/2016 15:37	49
00:05:4F:DD:85:9C	3/2/2016 15:37	49
00:05:4F:DD:85:9C	3/2/2016 15:37	49
00:05:4F:DD:85:9C	3/2/2016 15:37	49
E0:75:0A:B9:5E:84	3/2/2016 15:37	49
E0:75:0A:B9:5E:84	3/2/2016 15:37	49
E0:75:0A:B9:5E:84	3/2/2016 15:38	49
00:05:4F:DD:85:9C	3/2/2016 15:38	49
00:05:4F:DD:85:9C	3/2/2016 15:38	49
00:0C:E7:71:EA:32	3/2/2016 15:38	49

รูปที่ 3.19 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์

2) วิธีคำนวณหาเวลาในการเดินทาง

หลักการในการหาเวลาเดินทาง (travel time) ในการหาเวลาในการเดินทางของยานพาหนะแต่ละคัน พิจารณาได้จากการนำเวลาที่ตรวจจับได้ในจุดสุดท้าย ลบด้วยเวลาในจุดเริ่มต้น อย่างไรก็ตามในกรณีของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้น ณ จุดจุดหนึ่ง สามารถตรวจจับเวลาของยานพาหนะที่ผ่านได้หลายค่า ขึ้นอยู่กับความเร็วและช่วงเวลาที่ยานพาหนะใช้เดินทางผ่านจุดตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ดังนั้นในการหาเวลาในการเดินทางในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เวลาค่าสุดท้าย (Last detect) ที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธบันทึกไว้ได้มาพิจารณา ดังภาพที่ 3.20



รูปที่ 3.20 การหาเวลาในการเดินทาง จากเวลาที่บันทึกได้

ที่มา Wang et al. (2011)

สาเหตุที่ใช้เวลาค่าสุดท้ายที่ตรวจจับได้ (Last detect) เนื่องจาก รัศมีของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นครอบคลุมทั้ง 4 ทิศทาง ดังนั้นในกรณีที่ยานพาหนะยังไม่เข้ามาในลิงก์ที่เรา

พิจารณาแต่ติดสัญญาณไฟอยู่ในลิงก์ก่อนหน้า หากใช้เวลาสุดท้ายพิจารณา จะได้เวลาที่ยานพาหนะผ่านลิงก์ที่ต้องการ จากรูปที่ 3.20 จะเห็นว่าเวลาสุดท้ายที่สถานี A (Node A) ยานพาหนะได้เข้ามาในลิงก์แล้ว และที่ตำแหน่ง B ยานพาหนะออกจากลิงก์ ถึงแม้ว่าจะติดสัญญาณไฟที่จุด B ก็ตาม ก็นับว่าเป็นเวลาที่ยานพาหนะใช้อยู่บนลิงก์ ทิศทางจาก A ไป B และ การคำนวณวิธีนี้จะรวมความล่าช้าที่เกิดขึ้น ณ ทางแยก และ consistent กันทุกค่าการคำนวณ

3) เทคนิคที่ใช้ในการหาเวลาในการเดินทาง

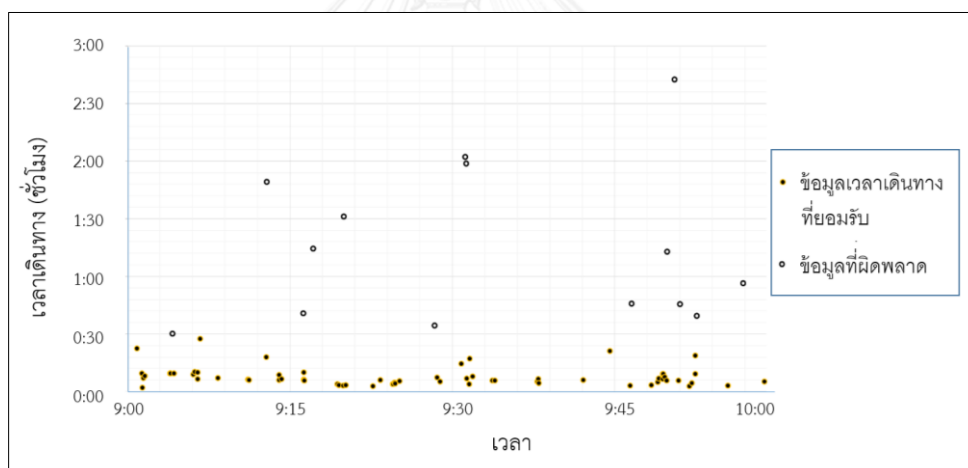
ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องมือ PivotTable ในโปรแกรม Microsoft office excel สำหรับหาเวลาในการเดินทาง ซึ่ง PivotTable เครื่องมือที่จะช่วยจัดการข้อมูล ให้สามารถสรุปข้อมูลจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว จากภาพที่ 3.21 ผู้วิจัยได้นำ MAC address เป็นแถวหลักในการวิเคราะห์ (กรอบช่องหมายเลข 1) และให้ค่าที่แสดงผล (VALUES) คือเวลาที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธตรวจจับ MAC address จากอุปกรณ์อื่น(กรอบช่องหมายเลข 2) จะเห็นได้ว่าสถานีติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ที่ตรวจพบ MAC address ในคอลัมน์หลัก จะมีแสดงเวลาที่แถวของสถานีนั้นๆ หลังจากจัดรูปแบบข้อมูลแล้วจึงนำเวลาที่ตรวจจับได้มาหาเวลาในการเดินทาง โดยพิจารณาตามลิงก์ที่ต้องการ

Row Labels	Max of Narintorn	Max of Surasak	Max of Witthayu
00:00:00:00:01:0B	16:49:17	11:43:22	16:54:20
00:00:00:00:02:F8	15:46:57	15:50:14	
00:00:00:00:13:CD		15:47:56	
00:00:00:00:2D:1B			11:43:11
00:00:00:00:42:04	11:06:03		11:25:39
00:00:00:00:4B:54	14:46:15		
00:00:00:00:78:8C	16:49:32		
00:00:00:00:AA:1A			15:45:52
00:00:00:01:18:E1		11:11:44	
00:00:00:01:5A:64	10:51:34	13:43:18	
00:00:00:18:41:65		15:51:20	
00:00:46:FE:EE:09		12:34:14	
00:02:5B:00:A5:A5	15:49:18	15:48:15	16:38:00
00:02:5B:35:CD:43			10:12:07
00:02:5B:AE:5F:F5			10:13:21
00:02:5B:E3:01:5F	11:25:54		
00:02:72:B0:3E:09	12:41:34	10:46:02	12:34:19
00:02:76:8D:86:00			15:07:57
00:02:78:01:94:36		14:38:15	
00:02:78:04:7C:CC		15:09:00	
00:02:78:05:CE:15			12:30:25
00:02:78:07:08:B4	14:04:44	13:13:27	
00:02:78:07:0A:9D	12:18:14		
00:02:78:08:8C:0D	16:37:48		

รูปที่ 3.21 ลักษณะของ Pivot table ที่ผู้วิจัยใช้หาเวลาเดินทาง

หลังจากการหาเวลาในการเดินทางเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการกำจัดข้อมูล Outliers ที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยได้แบ่งเกณฑ์การกำจัด Outliers ของข้อมูลออกเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรก พิจารณา Outliers ที่เกิดขึ้นหลังจากหาเวลาเดินทางแล้ว ขั้นตอนที่สอง คือนำข้อมูลหลังจากการกรองจากขั้นตอนแรกมาพิจารณาโดยใช้วิธี Median Absolute Deviation (MAD)

การกรองข้อมูลขั้นตอนที่ 1 การกรองขั้นตอนแรก ผู้วิจัยจะตัดเวลาเดินทางที่มากเกินไปกว่าความเป็นจริงออก เช่น หากพิจารณาถึงระยะทาง แยกวิทยุและแยกนรินทร์ ซึ่งมีระยะห่างกันประมาณ 1.5 กิโลเมตร ซึ่งตามความเป็นจริงเวลาเดินทางของยานพาหนะไม่ควรมีความเร็วต่ำมาก (น้อยกว่า 3 กม./ชม.) ดังนั้นจึงพิจารณาหากเวลาเดินทางมากกว่า 30 นาที ก็จะตัดข้อมูลนั้นทิ้งได้ ดังรูปที่ 3.22 ได้แสดงข้อมูลเวลาเดินทางในช่วงเวลาระหว่าง 9:00-10:00 น. โดยสังเกตได้ว่าข้อมูลเวลาเดินทางที่ใช้เวลามากกว่า 30 นาทีจะถูกกำหนดให้เป็น Outliers และไม่ถูกนำมาวิเคราะห์ในส่วนต่อไป ส่วนข้อมูลที่ใช้เวลาเดินทางต่ำกว่า 30 นาทีข้อมูลก็จะถูกเก็บไว้วิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป ข้อมูลในรูปดังกล่าวได้ยกตัวอย่างมาจากข้อมูลในทิศทางจากแยกวิทยุไปแยกนรินทร์ วันที่ 28 สิงหาคม 2558



รูปที่ 3.22 เวลาเดินทางที่แสดง Outliers และข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ หลังจากกรองขั้นตอนที่ 1

การกรองข้อมูลขั้นตอนที่ 2 หลังจากการกรองข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 แล้วเสร็จ ขั้นตอนที่สอง ผู้วิจัยจะทำการแบ่งข้อมูลออกเป็นช่วง ช่วงละ 15 นาที แล้วจึงหาขอบเขตบน (Upper bound) และขอบเขตล่าง (Lower bound) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการตัดสินข้อมูลที่ใช่และข้อมูลที่ตัดทิ้ง โดยขอบเขตบนและขอบเขตล่างหาจากวิธี Median Absolute Deviation (MAD) ขอบเขตบนและขอบเขตล่างพิจารณาจากสมการ (3.1) และ (3.2) ดังต่อไปนี้

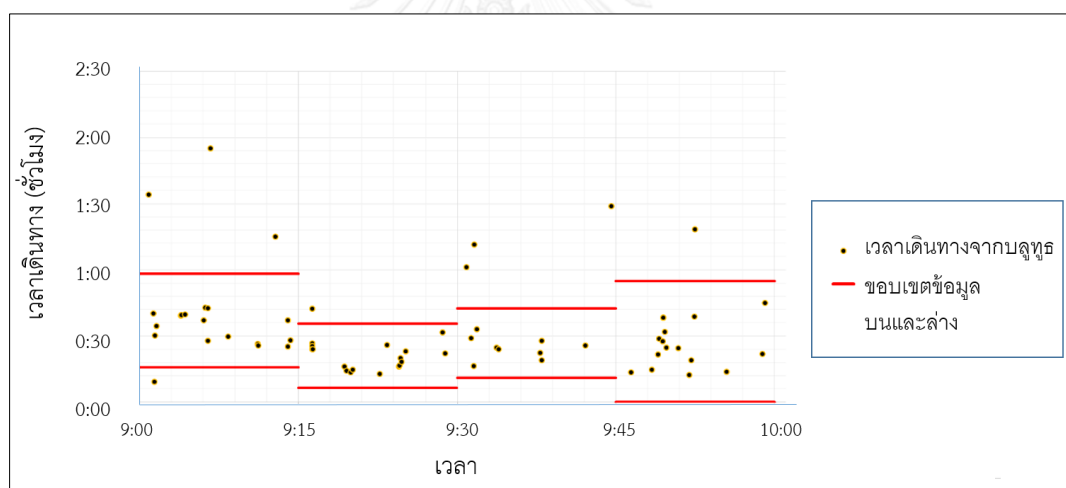
$$\text{Upper bound} = \text{median} + \text{MAD} \quad (3.1)$$

$$\text{Lower bound} = \text{median} - \text{MAD} \quad (3.2)$$

โดยที่ median = ค่ามัธยฐานของเวลาในการเดินทาง (ความเร็ว) ในช่วงเวลา 15 นาที
MAD = ค่า Mean Absolute Deviation

วิธีการหาค่ากลางของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAD) หรืออาจมีอีกชื่อคือ Absolute Deviation Around the Median นั้นคือการหาความเอนเอียงจากศูนย์กลาง (central of tendency) ในข้อมูลเชิงปริมาณ (quantitative data) ซึ่ง ได้กล่าวไว้ในบทที่สอง ในหัวข้อที่ 2.4.1

จากรูปที่ 3.23 ได้แสดงการตัดข้อมูล Outliers ออกจากเวลาเดินทางที่ผ่านการกรองในขั้นตอนที่ 1 จะเห็นได้ว่าข้อมูลที่มีการกระจายตัวสูงและไม่เกาะกลุ่ม จะไม่ถูกนำมาพิจารณาในการหาเวลาเดินทาง



รูปที่ 3.23 การกรองข้อมูลโดยใช้วิธี Median Absolute Deviation (MAD)

3.4 สรุปวิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยของงานวิจัยนี้เริ่มจากศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงแบ่งการศึกษาข้อมูลออกเป็นสองส่วนได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลของมูลนิธิ iTIC และการศึกษาทดสอบอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบัสหยุด จากนั้นจึงกำหนดพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลซึ่งสถานที่ก็คือบริเวณถนนสาทรเหนือ – ถนนสาทรใต้ เมื่อกำหนดพื้นที่ศึกษาแล้วเสร็จ จึงเก็บข้อมูลของทั้งสองวิธีเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้และวิเคราะห์ผล

สำหรับขั้นตอนการจัดการกับข้อมูลที่ได้จากมูลนิธิ iTIC อันที่จริงแล้วข้อมูลที่ iTIC ใช้แสดงเป็นสารสนเทศการจราจรคือข้อมูลเส้นสี ซึ่งข้อมูลเส้นสีจราจรนั้นเกิดจากความเร็วของยานพาหนะที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตามไว้ในยานพาหนะ (GPS) ซึ่งข้อมูลที่ถูกวิจัยได้นั้นเป็นข้อมูล text ที่มีรายละเอียดเป็นตัวเลขความเร็วของลิงก์ถนนย่อยต่างๆ ซึ่งมูลนิธิ iTIC มีหลักการการอัปเดตความเร็วที่ได้เป็นเส้นสี โดยการสร้างช่วงการพิจารณาข้อมูล (Time window) ซึ่งช่วงการคำนวณข้อมูลนี้จะเฉลี่ยความเร็วที่เข้ามาในระบบในช่วงเวลา 15 นาที โดยรอบการคำนวณจะอัปเดตทุกๆ 1 นาที เมื่อได้ความเร็วที่เฉลี่ยเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือการรวบรวมความเร็วของลิงก์ถนนย่อยต่างๆ ให้เป็นข้อมูลช่วงถนนตามที่ต้องการ จากนั้นจึงนำผลลัพธ์ความเร็วของช่วงถนนที่ต้องการที่เกิดจากการรวมของลิงก์ย่อยต่างๆ แปลงเป็นเส้นสีจราจร และเตรียมนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ในส่วนของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเริ่มจากการทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์จากการทดสอบพบว่า อัตราการตรวจจับสัญญาณบลูทูธของอุปกรณ์จะลดลงเมื่อสัญญาณบลูทูธที่ผ่านมีความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ พีร์วิส และภวินท์ (2558) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งการตรวจจับของสัญญาณบลูทูธระหว่างการเดินเท้า และใช้ยานพาหนะแล่นผ่านจุดตรวจจับ พบว่าที่ความเร็วต่ำ (การเดินเท้าหรือยานพาหนะช่วงติดสัญญาณไฟ) อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธสามารถตรวจจับสัญญาณบลูทูธได้ไกลกว่าช่วงที่ยานพาหนะมีความเร็ว อย่างไรก็ตามในส่วนของคุณสมบัติการตรวจจับสัญญาณบลูทูธในการ Matching ข้อมูลผู้วิจัยเลือกใช้เครื่องมือ Pivot table ในโปรแกรม Microsoft Excel ในการหาเวลาเดินทาง โดยขั้นตอนหลังจากการหาเวลา คือ การกรองข้อมูล การกรองข้อมูลขั้นตอนแรกจะตัดข้อมูลที่มีเวลาเดินทางสูงกว่า 30 นาทีที่ถึงขั้นตอนที่สองผู้วิจัยจะทำการกรอง Outliers ออกโดยใช้วิธีหาค่ากลางของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAD) และจากนั้นจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของมูลนิธิ iTIC ต่อไป

บทที่ 4

ผลการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

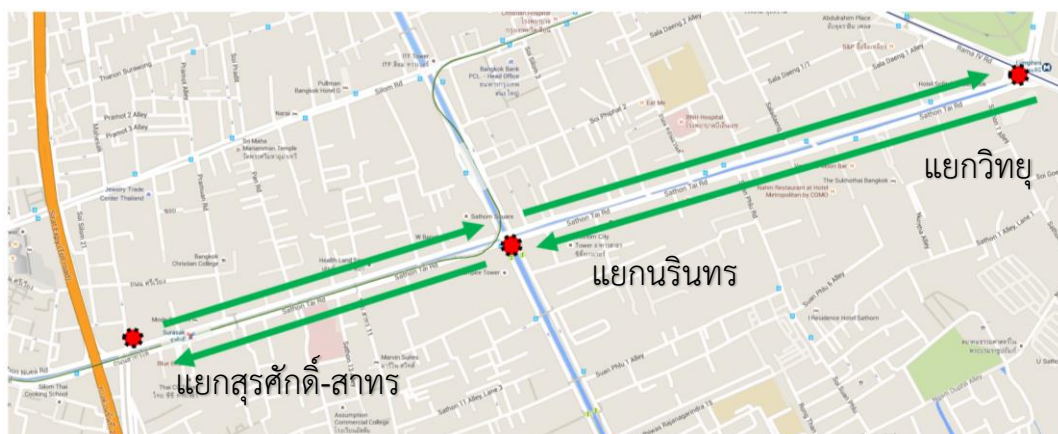
ในบทนี้ผู้วิจัยได้แบ่งรายละเอียดของเนื้อหาเป็นทั้งหมดสี่ส่วน หัวข้อแรกเริ่มจากรายละเอียดของสถานที่และเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ตั้งแต่หัวข้อที่สองจนถึงหัวข้อสุดท้ายของบทนี้ จะเริ่มกล่าวถึงผลของข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล ซึ่งในหัวข้อที่สองจะอธิบายถึงลักษณะของข้อมูลที่ได้จาก Probe และข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ซึ่งประกอบด้วยปริมาณข้อมูล ลักษณะของค่าความเร็วในช่วงต่างๆ หัวข้อที่สามจะแสดงผลลัพธ์จากการกรองข้อมูลในวิธีต่างๆ และหัวข้อสุดท้ายแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยเปรียบเทียบค่าความเร็วและเส้นสีจราจรตามเกณฑ์ของมูลนิธิ ITIC

4.1 สถานที่และเวลาในการเก็บข้อมูล

ในงานวิจัยนี้เลือกเก็บข้อมูลบนถนนสาทรเหนือ – สาทรใต้ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีลักษณะของกระแสจราจรหลากหลายรูปแบบทั้งในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนและนอกชั่วโมงเร่งด่วน อีกทั้งยังมียานพาหนะ หลายประเภท มีผู้สัญจรบนถนนดังกล่าวเป็นจำนวนมาก ประกอบด้วยลักษณะทางกายภาพทางถนนที่มีการรบกวนกระแสจราจรอยู่ตลอดเวลา กล่าวคือ เป็นช่วงถนนที่ประกอบไปด้วยสัญญาณไฟจราจร หรือทางแยก รวมถึง ทางเข้า-ออก บริเวณพื้นที่ใช้สอยริมถนน ซึ่งถนนสายหลักในเมืองโดยส่วนใหญ่จะเป็นถนนที่มีลักษณะเช่นนี้ ดังนั้นการเก็บข้อมูลบนถนนสาทรเหนือ – สาทรใต้จึงสามารถเป็นตัวแทนของถนนเส้นอื่นๆ ในกรุงเทพมหานครได้พอสมควร

จุดที่เริ่มเก็บข้อมูล เริ่มจากแยกวิทยุ แยกกรีนินทร จนถึงแยกสุรศักดิ์-สาทร มีระยะทางโดยรวมประมาณ 2.8 กิโลเมตร ในหนึ่งทิศทาง ดังรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าผู้วิจัยได้ตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธทั้งหมด 3 จุดบริเวณสี่แยก (จุดวงกลมสีแดง) ซึ่งจากตำแหน่งที่ติดตั้งจะสามารถแบ่งลิงก์ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 4 ลิงก์ โดยแบ่งตามทิศทางของลูกศรสีเขียวในรูป

สำหรับระยะเวลาในการเก็บข้อมูล ในการวิจัยนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 3 สัปดาห์ โดยเก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 28 สิงหาคม 2558 จนถึงวันที่ 17 กันยายน 2558



รูปที่ 4.1 เส้นทางที่ใช้ศึกษา

4.2 ลักษณะของข้อมูลที่ได้จากมูลนิธิ iTIC และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ในส่วนของลักษณะของข้อมูลผู้วิจัยจะแสดงปริมาณข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลของอุปกรณ์ทั้งสองแหล่ง และลักษณะของความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองชนิด

4.2.1 ปริมาณของข้อมูล

ในส่วนของปริมาณข้อมูลนั้น ข้อมูลโดยรวมของ Probe มีข้อมูลเฉลี่ยรายวันที่เข้ามาในระบบ ต่อทิศทางดังนี้ ทิศทางจากแยกนรินทร ไปแยก สุรศักดิ์-สาทร จำนวนเฉลี่ย 431 ข้อมูลต่อวัน ทิศทางจากแยกนรินทร ไปแยก วิฑู จำนวนเฉลี่ย 403 ข้อมูลต่อวัน ทิศทางจากแยกสุรศักดิ์-สาทร ไปแยก นรินทร จำนวนเฉลี่ย 241 ข้อมูลต่อวัน และทิศทางจากแยกวิฑู ไปแยก นรินทร จำนวนเฉลี่ย 322 ข้อมูลต่อวัน สำหรับข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้น ข้อมูลแต่ละจุดตรวจจับข้อมูลสามารถบันทึกข้อมูล MAC address ที่ไม่ซ้ำกัน (Unique MAC address) ก่อนกระบวนการกรองข้อมูลดังนี้ แยกวิฑูเฉลี่ย 6,751 ข้อมูลต่อวัน แยกนรินทรเฉลี่ย 5,169 ข้อมูลต่อวัน และแยกสุรศักดิ์-สาทร เฉลี่ย 6,143 ข้อมูลต่อวัน โดยจำนวนเฉลี่ยต่อวัน เมื่อทำเป็นรายลิงก์ ก่อนกรองข้อมูลและหลังกรองข้อมูลสามารถพิจารณาได้จากตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณข้อมูลเฉลี่ยต่อวัน รายลิงก์จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ทิศทาง	จำนวนข้อมูลเฉลี่ย ต่อวัน ต่อลิงก์		
	จำนวนข้อมูล Probe ที่ได้	จำนวนข้อมูลเวลาเดินทางก่อนกรองข้อมูลของอุปกรณ์บลูทูธ	จำนวนข้อมูลเวลาเดินทางที่ได้ของอุปกรณ์บลูทูธ
แยกนรินทร์ ไป แยกสุรศักดิ์-สาทร	431	1141	737
แยกสุรศักดิ์-สาทรไป แยกนรินทร์	403	970	698
แยกนรินทร์ ไป แยกวิทยุ	241	1225	972
แยกวิทยุ ไป แยกนรินทร์	322	993	785

จากผลการเก็บข้อมูลทั้ง 4 ทิศทางในช่วงเวลา 3 สัปดาห์ ผู้วิจัยได้สรุปข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธออกเป็นช่วงละ 15 นาที โดยแสดงความถี่ของปริมาณข้อมูล Probe และข้อมูลสัญญาณบลูทูธทุกๆ 15 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4.2 จากผลการแจกแจงของข้อมูลพบว่าข้อมูล probe มีความถี่มากที่สุด อยู่ในช่วง 1-2 ข้อมูลต่อเวลา 15 นาที คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด และมีช่วงที่ไม่มีข้อมูลอยู่ 12 เปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาทั้งหมด สำหรับจำนวนข้อมูลมากที่สุดที่มีในช่วงเวลา 15 นาทีคือ 19 ข้อมูล ส่วนปริมาณข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธหลังจากกรองข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนออกเรียบร้อยแล้ว พบว่าจำนวนข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ มีจำนวนมากที่สุดอยู่ในช่วง 7-9 ข้อมูลต่อเวลา 15 นาที คิดเป็น 24 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด และมีช่วงที่ไม่มีข้อมูล 2 เปอร์เซ็นต์ของช่วงข้อมูลทั้งหมด จำนวนข้อมูลที่อุปกรณ์สามารถตรวจจับได้ต่อเวลา 15 นาทีที่มากที่สุดคือ 40 ข้อมูล

ผู้วิจัยได้แจกแจงข้อมูลให้เป็นปริมาณข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงของข้อมูล Probe และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ดังตารางที่ 4.3 จากข้อมูลพบว่าข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงของ Probe พบมากที่สุดในช่วงกลางวัน (10:00 น. – 17:00 น.) รองลงมาคือช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและเย็น (7:00 น. – 10:00 น. และ 17:00 น. – 20:00 น.) และช่วงเวลาที่พบข้อมูล Probe น้อยที่สุดคือช่วงเวลานอกเร่งด่วนเช้าและเย็น ส่วนข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงของข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้น ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าเป็นช่วงเวลาที่ข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงมากที่สุด โดยเฉพาะในทิศทาง จากแยกสุร

ศักดิ์-สาทร ไป แยกนรินทร์จะเห็นได้ว่าข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงนั้นมีค่าสูงถึง 68 ข้อมูลต่อชั่วโมง สำหรับช่วงเวลากลางคืนนอกเร่งด่วน (20:00 น. – 23:59 น.) ช่วงเวลากลางวัน ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น มีสัดส่วนข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงใกล้เคียงกัน ดังเรียงลำดับจากมากไปน้อย และช่วงเวลาที่ได้ข้อมูลสัญญาณบลูทูธต่อชั่วโมงน้อยที่สุดคือ ช่วงเวลานอกเร่งด่วนเช้า (00:00 น. – 7:00 น.)

ตารางที่ 4.2 ความถี่สะสมของข้อมูล Probe และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ต่อช่วงเวลา 15 นาที

จำนวนข้อมูล Probe ในช่วง 15 นาที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์	จำนวนข้อมูล สัญญาณบลูทูธ ในช่วง 15 นาที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
0	947	11.74	0	127	1.57
1	1199	14.87	1	231	2.86
2	1191	14.77	2	614	7.61
3	1096	13.59	3	562	6.97
4	949	11.77	4	613	7.6
5	783	9.71	5	604	7.49
6	612	7.59	6	589	7.3
7	456	5.65	7	634	7.86
8	316	3.92	8	626	7.76
9	206	2.55	9	630	7.81
10	125	1.55	10	493	6.11
11	77	0.95	11	468	5.8
12	46	0.57	12	388	4.81
13	35	0.43	13	318	3.94
14	13	0.16	14	259	3.21
15	9	0.11	15	181	2.24
16	2	0.02	16 - 20	479	5.94
18 - 19	2	0.02	21 - 40	248	3.08
รวม	8064	100	รวม	8064	100

ตารางที่ 4.3 จำนวนข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงของ Probe และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจวัดสัญญาณในช่วงเวลาต่างๆ

จากแยก"นรินทร์" ไปแยก"สุรศักดิ์-สาทร"	วันจันทร์		วันอังคาร		วันพุธ		วันพฤหัสบดี		วันศุกร์		วันเสาร์		วันอาทิตย์		เฉลี่ยรายสัปดาห์	
	มฤท	Probe	มฤท	Probe	มฤท	Probe	มฤท	Probe	มฤท	Probe	มฤท	Probe	มฤท	Probe	มฤท	Probe
ทั้งวัน	29	16	34	17	28	16	30	17	30	18	33	20	32	21	31	18
ช่วงเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน	17	10	24	11	17	10	18	11	19	11	22	12	15	12	16	11
ช่วงเช้า ชั่วโมงเร่งด่วน	35	16	52	13	30	14	34	15	31	16	41	28	33	24	32	18
ช่วงกลางวัน	31	23	35	26	28	24	30	25	30	26	29	23	38	25	28	25
ช่วงเย็น ชั่วโมงเร่งด่วน	42	12	32	16	37	12	37	16	38	14	43	26	47	31	35	18
ช่วงกลางคืน นอกชั่วโมงเร่งด่วน	35	18	34	16	39	20	40	16	41	19	48	19	36	20	34	18
จากแยก"นรินทร์" ไปแยก"วิญญู"	วันจันทร์		วันอังคาร		วันพุธ		วันพฤหัสบดี		วันศุกร์		วันเสาร์		วันอาทิตย์		เฉลี่ยรายสัปดาห์	
ทั้งวัน	29	16	26	16	25	17	25	15	29	16	34	17	36	19	29	17
ช่วงเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน	22	8	26	9	23	9	23	10	23	8	24	9	20	11	20	9
ช่วงเช้า ชั่วโมงเร่งด่วน	36	12	36	12	35	13	33	11	38	13	43	20	44	20	33	14
ช่วงกลางวัน	28	27	27	25	26	26	25	24	26	28	35	22	43	23	26	25
ช่วงเย็น ชั่วโมงเร่งด่วน	29	17	12	14	14	12	14	11	27	13	42	21	46	28	23	17
ช่วงกลางคืน นอกชั่วโมงเร่งด่วน	37	16	28	16	27	20	31	17	40	16	37	18	36	21	30	18
จากแยก"สุรศักดิ์" ไปแยก"นรินทร์"	วันจันทร์		วันอังคาร		วันพุธ		วันพฤหัสบดี		วันศุกร์		วันเสาร์		วันอาทิตย์		เฉลี่ยรายสัปดาห์	
ทั้งวัน	43	9	37	10	39	10	38	9	45	9	45	11	36	12	40	10
ช่วงเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน	34	4	28	5	30	5	28	5	31	4	24	6	16	7	24	5
ช่วงเช้า ชั่วโมงเร่งด่วน	91	7	68	7	85	9	90	7	96	7	64	13	50	15	68	9
ช่วงกลางวัน	43	15	37	15	39	15	36	14	42	15	52	13	47	14	37	14
ช่วงเย็น ชั่วโมงเร่งด่วน	31	10	34	10	29	10	23	9	36	11	58	11	44	19	32	11
ช่วงกลางคืน นอกชั่วโมงเร่งด่วน	32	9	33	10	31	11	30	9	40	10	44	12	37	13	31	10
จากแยก"วิญญู" ไปแยก"นรินทร์"	วันจันทร์		วันอังคาร		วันพุธ		วันพฤหัสบดี		วันศุกร์		วันเสาร์		วันอาทิตย์		เฉลี่ยรายสัปดาห์	
ทั้งวัน	32	12	26	13	32	13	33	14	34	13	36	14	36	14	33	13
ช่วงเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน	16	6	14	7	19	7	20	7	19	6	21	8	18	7	16	7
ช่วงเช้า ชั่วโมงเร่งด่วน	46	12	33	11	41	10	41	11	45	11	41	17	39	16	36	13
ช่วงกลางวัน	38	20	29	23	36	21	37	23	35	22	38	17	46	18	32	21
ช่วงเย็น ชั่วโมงเร่งด่วน	53	11	25	13	33	14	33	13	40	11	45	19	44	22	32	15
ช่วงกลางคืน นอกชั่วโมงเร่งด่วน	38	11	35	11	40	13	42	13	44	12	49	12	44	13	37	10

หากพิจารณาปริมาณจำนวนเฉลี่ยของจำนวนข้อมูล ต่อช่วงเวลา 15 นาที จะพบว่าอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลทุก 15 นาที เฉลี่ยทุกทิศทาง ทั้งวัน พบว่ามีข้อมูล 8.45 ข้อมูลต่อ 15 นาที ส่วนข้อมูลเฉลี่ยของ Probe ต่อ 15 นาที เฉลี่ยทุกทิศทาง ทั้งวัน พบว่ามีข้อมูล 3.66 ข้อมูลต่อ 15 นาที ส่วนช่วงเวลาอื่นๆ สามารถพิจารณาได้ดังตารางที่ 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูล ต่อเวลา 15 นาที ของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

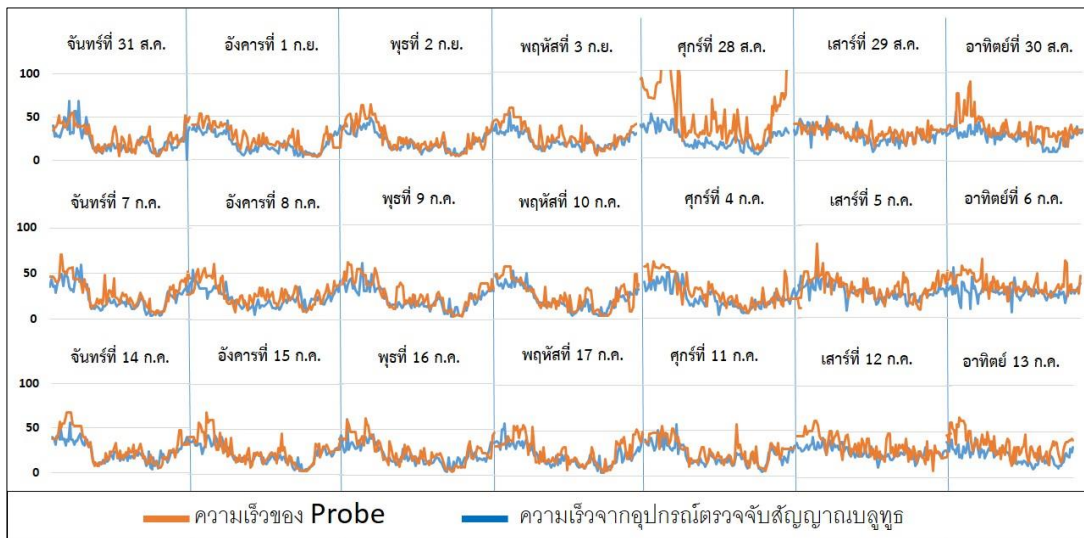
ทิศทางจากแยกเริ่มต้น - แยกปลายทาง	ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูล / 15 นาที ของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ					
	นอกเร่งด่วนเช้า	เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น	นอกเร่งด่วนเย็น	ทั้งวัน
วิทยุ - นรินทร	4.54	10.25	9.27	9.01	10.46	8.18
นรินทร - วิทยุ	5.77	9.47	7.48	6.54	8.46	7.29
สุรศักดิ์ - นรินทร	6.82	19.45	10.59	9.13	8.84	10.12
นรินทร - สุรศักดิ์	4.71	9.16	7.89	9.88	9.78	7.80
เฉลี่ยทุกทิศทาง	5.68	12.08	8.86	8.64	9.42	8.45

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูล ต่อเวลา 15 นาที ของ Probe

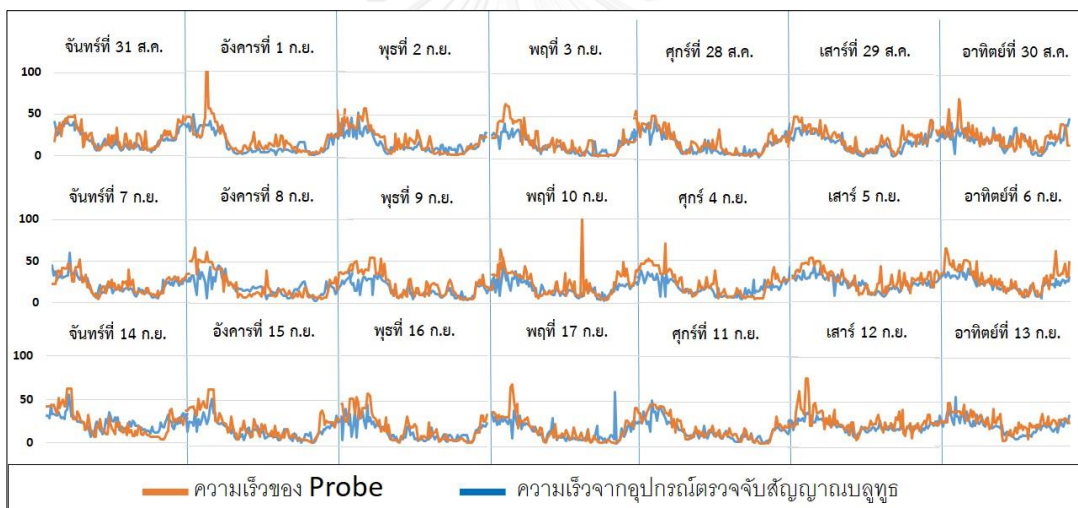
ทิศทางจากแยกเริ่มต้น - แยกปลายทาง	ค่าเฉลี่ยจำนวนข้อมูล / 15 นาที ของ Probe					
	นอกเร่งด่วนเช้า	เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น	นอกเร่งด่วนเย็น	ทั้งวัน
วิทยุ - นรินทร	1.71	3.18	5.14	3.65	3.01	3.35
นรินทร - วิทยุ	2.30	3.60	6.23	4.13	4.42	4.22
สุรศักดิ์ - นรินทร	1.35	2.26	3.61	2.80	2.58	2.51
นรินทร - สุรศักดิ์	2.76	4.49	6.14	4.57	4.55	4.50
เฉลี่ยทุกทิศทาง	2.05	3.38	5.27	3.79	3.64	3.66

4.2.2 ลักษณะของความเร็ว

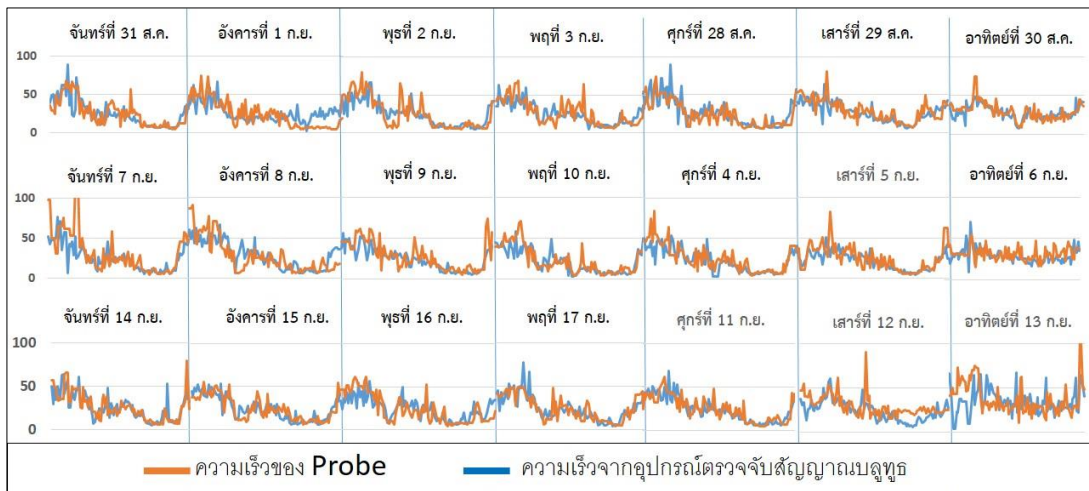
จากการเก็บข้อมูลจาก Probe และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ผู้วิจัยได้แสดงลักษณะของความเร็วที่เกิดขึ้นในแต่ละลิงก์ โดยแบ่งเป็นข้อมูลรายวัน เริ่มจากข้อมูลเส้นทาง “จากแยกวิทยุ ไป แยกนรินทร” “จากแยกนรินทร ไป แยกวิทยุ” “จากแยกนรินทร ไป แยกสุรศักดิ์-สาทร” และ “จากแยกสุรศักดิ์-สาทร ไป แยกนรินทร” ตามรูปที่ 4.2 4.3 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ



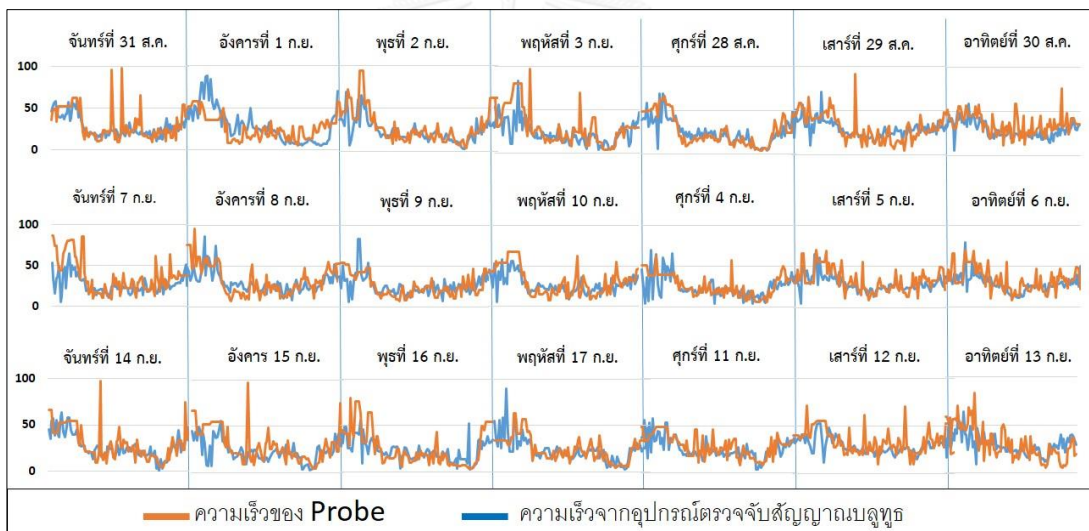
รูปที่ 4.2 ลักษณะความเร็วบนเส้นทาง “จากแยกวิฑู ไป แยกนรินทร์”.



รูปที่ 4.3 ลักษณะความเร็วบนเส้นทาง “จากแยกนรินทร์ ไป แยกวิฑู”



รูปที่ 4.4 ลักษณะความเร็วบนเส้นทาง “จากแยกนรินทร ไป สุรศักดิ์-สาทร”



รูปที่ 4.5 ลักษณะความเร็วบนเส้นทาง “จากแยกสุรศักดิ์-สาทร ไป แยกนรินทร”

จากแนวโน้มของลักษณะความเร็วจากข้อมูลในทุกทิศทาง จะเห็นว่าลักษณะแนวโน้มความเร็วของวันทำงานจะมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกันในทุกๆ เส้นทางในแต่ละวัน โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น ความเร็วจะค่อนข้างต่ำและค่อยๆ สูงขึ้นเมื่อเข้าใกล้ช่วงกลางคืน แต่ลักษณะแนวโน้มของความเร็ววันเสาร์ – วันอาทิตย์ พบว่าลักษณะแนวโน้มของรูปแบบความเร็วไม่เหมือนช่วงวันทำงาน สังเกตจากไม่มีช่วงเวลาที่มีการจราจรติดขัดช่วงเช้าและเย็น

นอกจากนี้หากพิจารณาลักษณะของความเร็วจาก Probe และลักษณะของความเร็วของสัญญาณบลูทูธจะพบว่าลักษณะของความเร็วทั้งสองที่พบนั้นมีการกระโดดและแกว่งของข้อมูลความเร็ว กล่าวคือการรายงานค่าความเร็วจาก Probe และค่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับ

สัญญาณบลูทูธ มีการรายงานความเร็วสูงและต่ำในช่วงเวลาใกล้เคียงกันสลับไปมา ซึ่งหากพิจารณา ลักษณะของการแกว่งของข้อมูลโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พิจารณาข้อมูลความเร็วที่รายงาน ในช่วงต่างๆ จะพบว่า ความเร็วที่ได้จาก Probe มีการแกว่งของความเร็วที่รายงานสูงกว่า ความเร็ว จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ สามารถพิจารณาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละช่วงเวลา ได้ดังตารางที่ 4.6 และ 4.7 ซึ่งการรายงานในลักษณะนี้จะทำให้ผู้รับข้อมูลจราจรเกิดความสับสนได้ โดยช่วงเวลานอกเวลาเร่งด่วนเข้านั้นมีโอกาสที่ข้อมูลความเร็วแกว่งได้มากกว่าช่วงเวลาอื่นๆ

ตารางที่ 4.6 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในแต่ละช่วง

ทิศทางจากแยกเริ่มต้น - แยกปลายทาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ					
	นอกเร่งด่วนเช้า	เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น	นอกเร่งด่วนเย็น	ทั้งวัน
วิทยุ - นรินทร	7.89	7.49	6.57	7.73	6.81	10.59
นรินทร - วิทยุ	7.85	6.72	6.02	6.23	7.53	9.95
สุรศักดิ์ - นรินทร	14.20	6.02	5.43	8.45	9.13	12.33
นรินทร - สุรศักดิ์	12.52	8.36	8.42	7.79	12.52	14.08
เฉลี่ยทุกทิศทาง	11.44	8.15	7.31	7.92	9.62	12.17

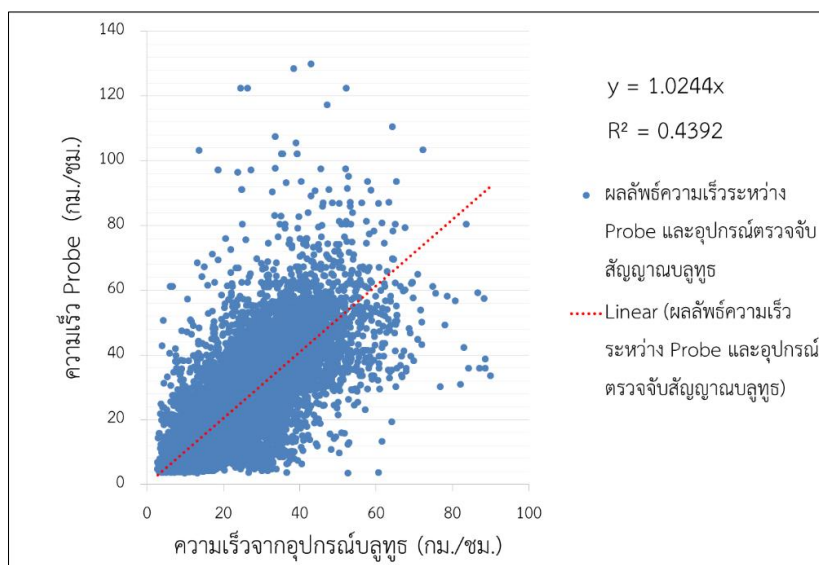
หมายเหตุ : หน่วยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเร็วที่ได้จาก Probe ในแต่ละช่วง

ทิศทางจากแยกเริ่มต้น - แยกปลายทาง	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าที่ได้จาก Probe					
	นอกเร่งด่วนเช้า	เร่งด่วนเช้า	กลางวัน	เร่งด่วนเย็น	นอกเร่งด่วนเย็น	ทั้งวัน
วิทยุ - นรินทร	14.16	9.77	9.28	10.16	12.90	15.58
นรินทร - วิทยุ	11.96	8.34	8.10	8.65	9.96	14.07
สุรศักดิ์ - นรินทร	15.76	11.55	10.83	11.35	12.64	16.82
นรินทร - สุรศักดิ์	14.88	10.64	10.06	8.35	15.80	16.94
เฉลี่ยทุกทิศทาง	14.55	10.46	10.06	10.09	13.72	16.13

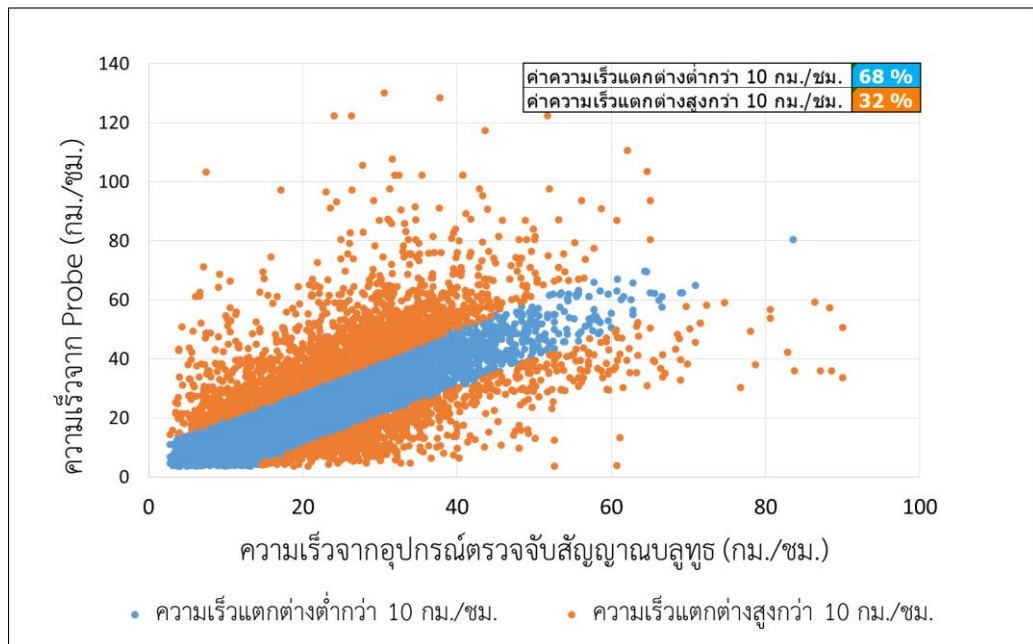
หมายเหตุ : หน่วยของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง

สำหรับลักษณะความสัมพันธ์ของความเร็วจาก Probe และ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ นั้นผู้วิจัยได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.6

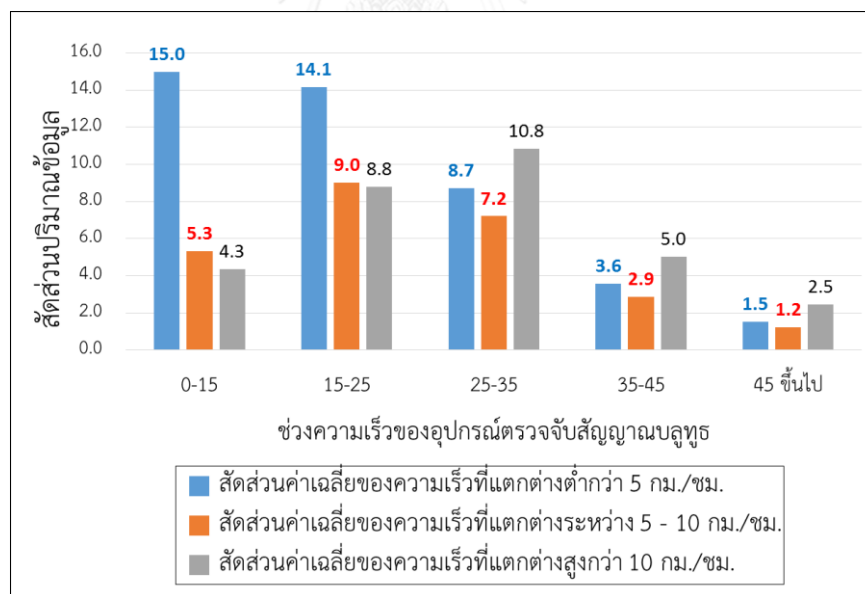


รูปที่ 4.6 ผลลัพธ์ความเร็วที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

จากรูปที่ 4.6 จะเห็นว่ากราฟระหว่างความเร็วที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นค่อนข้างมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันเมื่อพิจารณาจากเส้นแนวโน้มของกราฟ นอกจากนี้ยังทราบว่าความเร็วที่ได้จาก Probe นั้นส่วนมากจะมีความเร็วมากกว่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธอยู่เล็กน้อย สังเกตจํานวนจุดที่อยู่เหนือเส้นประที่มีการกระจายตัวมากกว่าด้านใต้เส้นประ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาจากค่า R square เท่ากับ 0.44 หมายความว่าค่าความเร็วที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีความสัมพันธ์กันในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยไม่มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างสมการเพื่อปรับแก้ค่าความเร็วของอุปกรณ์ที่ใช้เปรียบเทียบ แต่กราฟดังกล่าวผู้วิจัยสร้างเพื่อพิจารณาลักษณะการกระจายตัวของความเร็วที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเท่านั้น นอกจากนี้หากพิจารณาความแตกต่างของค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสอง จะพบว่าความเร็วที่แตกต่างเกิน 10 กม./ชม. มีสัดส่วน 32 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงเวลาที่เปรียบเทียบทั้งหมด โดยสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.7



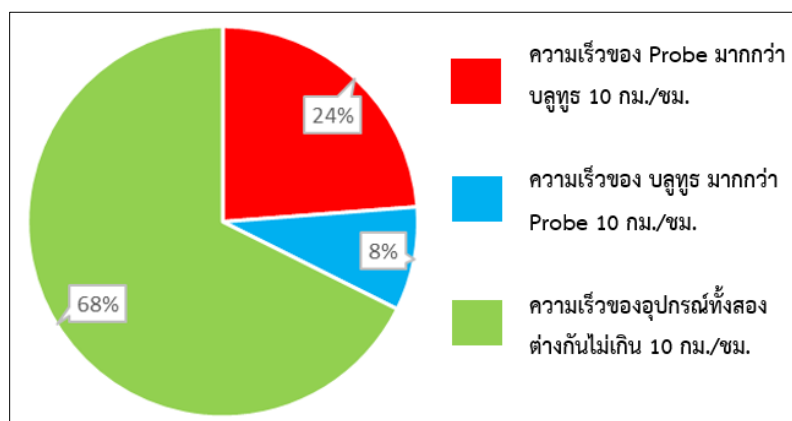
รูปที่ 4.7 ช่วงความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและ Probe ที่มีความแตกต่างกันสูงกว่า 10 กม./ชม. และความเร็วแตกต่างกันต่ำกว่า 10 กม./ชม.



รูปที่ 4.8 สัดส่วนปริมาณข้อมูล ช่วงความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และสัดส่วนค่าเฉลี่ยของความเร็วที่แตกต่างจากทั้งสองอุปกรณ์

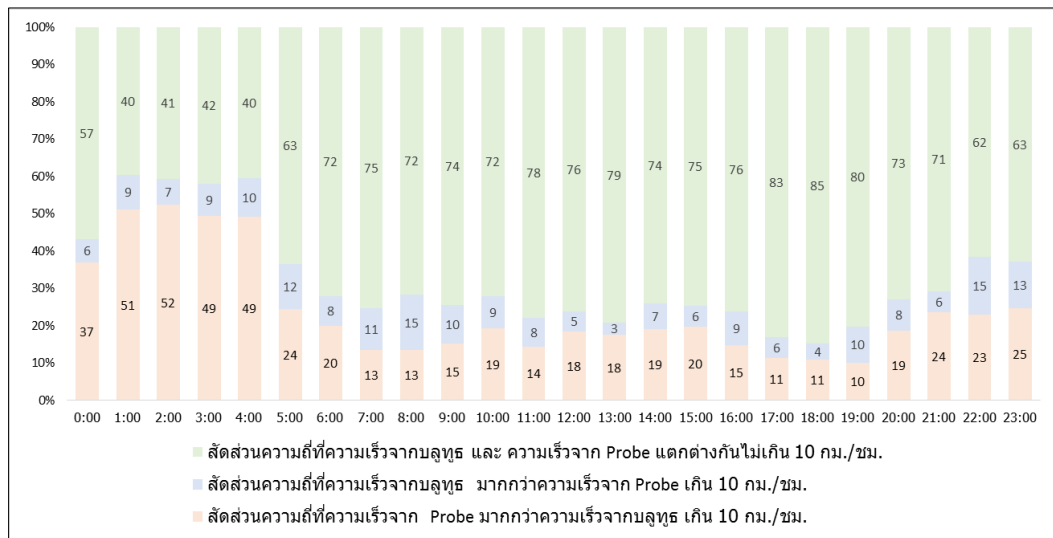
หากพิจารณาถึงสัดส่วนของความแตกต่างระหว่างความเร็วเฉลี่ยจากข้อมูล Probe และความเร็วเฉลี่ยจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ที่มีความเร็วแตกต่างกันมากกว่า 10 กม./ชม. จะมี

สัดส่วน 32 เปอร์เซ็นต์ โดยแบ่งเป็นส่วนที่ข้อมูลความเร็วเฉลี่ยจาก Probe สูงกว่าความเร็วจาก อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ 10 กม./ชม เป็นสัดส่วน 24 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่ความเร็วเฉลี่ย จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธสูงกว่า Probe เป็นสัดส่วน 8 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 4.9



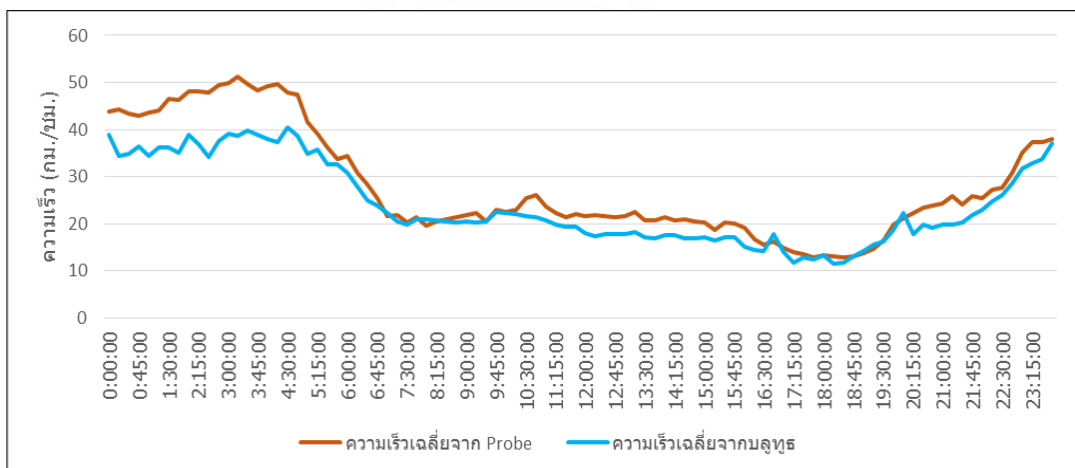
รูปที่ 4.9 สัดส่วนความแตกต่างของทั้งสองอุปกรณ์ที่ เกณฑ์ความเร็วเฉลี่ย 10 กม./ชม.

จากช่วงเวลาที่สัดส่วนความเร็วเฉลี่ยจาก Probe มีค่าสูงกว่าโดยผลแตกต่างของความเร็วนั้น จะเกิดในลักษณะปริมาณจราจรที่มีความคล่องตัวสูง (Free flow speed) ซึ่งสาเหตุของความเร็วที่ ต่างต่างนั้นอันที่จริงแล้วเกิดได้หลายปัจจัย ไม่ว่าจะเป็น ปริมาณข้อมูล การประมวลผลของข้อมูล ของมูลนิธิ iTIC ลักษณะการเล่นของ Probe (คนขับรถแท็กซี่) หรือ ตัวอย่างที่อุปกรณ์ตรวจจับ สัญญาณบลูทูธจับได้อาจมีจำนวนน้อย ซึ่งสิ่งเหล่านี้ผู้วิจัยไม่สามารถยืนยันได้แน่ชัด อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา จะสังเกตได้ว่าในช่วงเวลาที่ Probe มีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงนั้น ปริมาณ ข้อมูลของ Probe เฉลี่ยอยู่ที่ 1.33 ข้อมูลต่อ 15 นาที และจำนวนข้อมูลความเร็วของบลูทูธ เฉลี่ยที่ 3.38 ข้อมูลต่อ 15 นาที ดังนั้นจะเห็นว่า Probe นั้นปริมาณข้อมูลค่อนข้างน้อย ซึ่งความเร็วที่ได้สูงนั้น อาจมาจากตัวแทนของความเร็วที่รถแท็กซี่มีความเร็วสูงเกินกว่าสภาพจราจรทั่วไป จากข้อมูลที่มีอยู่ จึงคาดการณ์ได้ว่าข้อมูลความเร็วเฉลี่ยจาก Probe ที่มีความเร็วสูงกว่าความเร็วจากบลูทูธอาจมาจาก สาเหตุที่ข้อมูล Probe ที่ได้รับมาจากข้อมูลรถแท็กซี่ที่มีความเร็วสูงกว่าค่าเฉลี่ยของสภาพจราจร



รูปที่ 4.10 สัดส่วนความถี่ที่ความเร็วบลูทูธและความเร็วจาก Probe แตกต่างกันเกิน 10 กม./ชม. และ ไม่เกิน 10 กม./ชม.

หากพิจารณาความเร็วเฉลี่ยจากช่วงเวลาทั้งหมด จากข้อมูลทั้งสองอุปกรณ์ พบว่าอันที่จริงแล้ว ค่าความเร็วเฉลี่ยที่ได้จากทั้งสองอุปกรณ์ นั้นแตกต่างกันมากที่สุดช่วง 00:00 – 05:00 น. ซึ่งโดยเฉลี่ยความเร็วจาก Probe ในช่วงเวลาดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 47 กม./ชม. ส่วนความเร็วเฉลี่ยจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีค่าเท่ากับ 37 กม./ชม. สามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 4.11



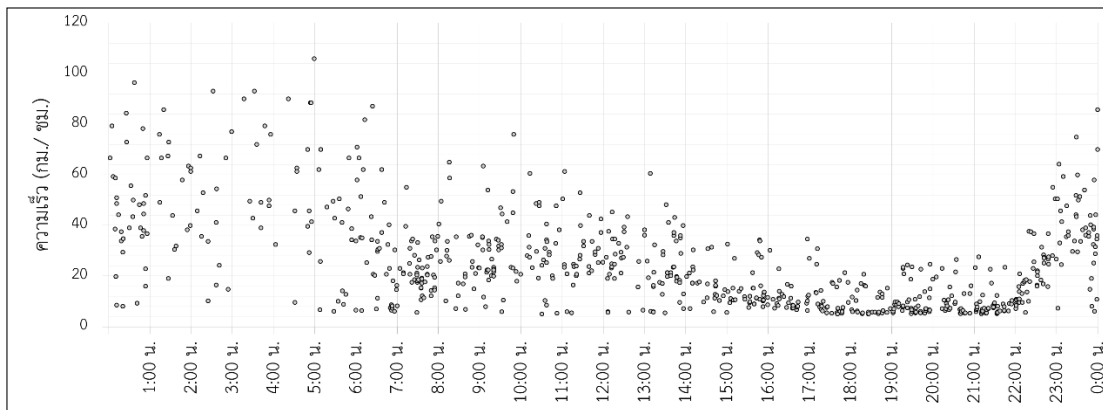
รูปที่ 4.11 ความเร็วเฉลี่ยจาก Probe และ ความเร็วเฉลี่ยจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

จากลักษณะของข้อมูลที่ได้จากมูลนิธิ iTIC และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ในส่วนของปริมาณข้อมูลที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้น จะเห็นได้ว่าความถี่ของข้อมูล

ที่มีในช่วงเวลาทุกๆ 15 นาทีนั้น ข้อมูลสัญญาณบลูทูธมีโอกาส 24 เปอร์เซ็นต์ที่พบข้อมูล 7-9 ข้อมูล ส่วนข้อมูล Probe มีโอกาส 32 เปอร์เซ็นต์ ที่จะพบข้อมูล 1-3 ข้อมูล สาเหตุที่ข้อมูล Probe มีโอกาสพบข้อมูลน้อยนั้นสาเหตุเกิดจากข้อจำกัดของปริมาณข้อมูล Probe ในระบบที่มีจำนวนไม่มาก ทำให้ปริมาณ Probe ที่กระจายไปในโครงข่ายถนนจึงมีสัดส่วนลดลง ในช่วงที่ไม่มีข้อมูล Probe จะเกิดการประมาณค่าความเร็วและเส้นสีเพื่อการรายงานสารสนเทศการจราจร อย่างไรก็ตามแม้ว่าข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธจะมีความถี่ของข้อมูลที่มากกว่า แต่ช่วงเวลาที่ปริมาณข้อมูลสัญญาณบลูทูธมีน้อยก็พบได้มากในช่วงเวลาช่วงนอกเร่งด่วนเช้า ส่วนช่วงเวลาที่ปริมาณข้อมูลสัญญาณบลูทูธมีจำนวนมากพบได้ในที่ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ซึ่งต่างจากช่วงเวลาที่ Probe มีปริมาณข้อมูลมากที่สุดคือช่วงกลางวัน ปริมาณข้อมูลบนถนนในแต่ละช่วงเวลาย่อมมีผลต่อลักษณะของความเร็วในช่วงเวลานั้นๆ ดังนั้นจะเห็นว่าปริมาณข้อมูลของสัญญาณบลูทูธในช่วงเวลานอกเร่งด่วนเช้ามีจำนวนน้อยก็ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวลักษณะความเร็วของข้อมูลมีการกระโดดของข้อมูลมากกว่าช่วงเวลาอื่นๆ เมื่อพิจารณาถึงค่าความเร็วที่รายงานจากทั้งสองอุปกรณ์ จะพบว่าระหว่างค่าความเร็วที่อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและค่าความเร็วที่ Probe รายงานนั้นมีค่าความเร็วที่แตกต่างกันเกิน 10 กม./ชม. เป็นสัดส่วน 32 เปอร์เซ็นต์จากข้อมูลทั้งหมด โดยคิดเป็นข้อมูลที่ Probe มีค่าความเร็วเฉลี่ยสูงกว่าความเร็วเฉลี่ยจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเกิน 10 กม./ชม. เป็นสัดส่วน 24 เปอร์เซ็นต์จากข้อมูลทั้งหมด

4.3 ผลลัพธ์จากการกรองข้อมูล

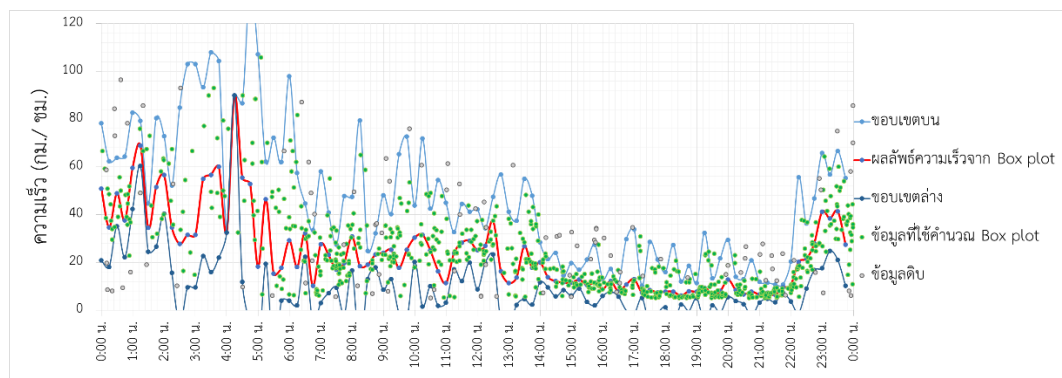
หลังจากรวบรวมข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธแล้ว เราไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้อาณาเวลาเดินทางได้ทันที เนื่องจากข้อมูลที่ได้อีกหลังจากรวบรวมประกอบไปด้วยข้อมูลที่ดีและข้อมูลที่ผิดพลาด (Outliers) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงตัวอย่างกระบวนการกรองข้อมูล โดยในที่นี้จะนำความเร็วที่คำนวณจากข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธของวันศุกร์ที่ 28 สิงหาคม 2558 ในทิศทาง จากแยกนรินทร ไป สุรศักดิ์-สาทร มาแสดงดังรูปที่ 4.9 ได้แสดงผลของข้อมูลที่ผ่านการกรองระดับต้นคือ นำข้อมูลที่มีความเร็วต่ำกว่า 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมงออก เพราะถือว่าความเร็วที่ต่ำกว่าปกติของการจราจร ซึ่งในเฉพาะหัวข้อ 4.3 นี้จะเรียกข้อมูลที่ผ่านการกรองระดับต้นหรือนำข้อมูลต่ำกว่า 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ออกเรียกว่าข้อมูลดิบ (ที่ผ่านการกรองแล้ว)



รูปที่ 4.12 ข้อมูลดิบจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่กรอง
ความเร็วต่ำกว่า 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมงออกแล้ว

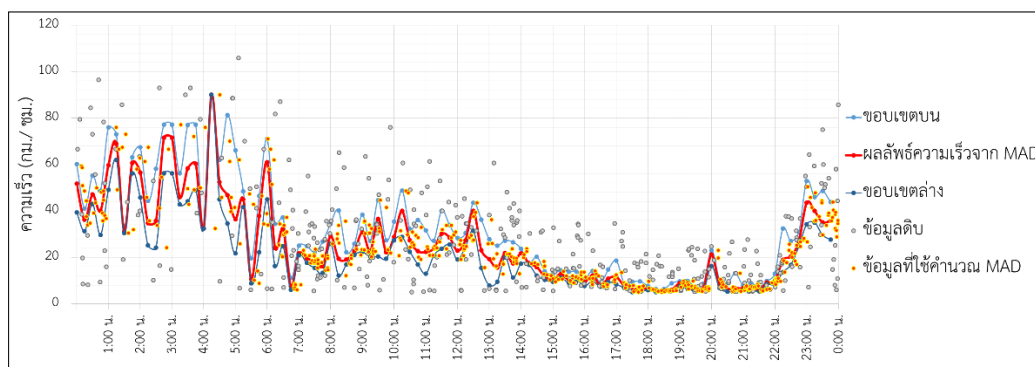
จากรูปที่ 4.12 สังเกตได้ว่ามีข้อมูลกระจายตัวสูงมากโดยเฉพาะช่วงเวลานอกชั่วโมงเร่งด่วน ดังนั้นการเลือกใช้ข้อมูลแต่ละค่าเพื่อนำมาหาเวลาเดินทางนั้นถือว่าเป็นเรื่องสำคัญ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทดสอบการกรองข้อมูลในช่วงเวลาทุกๆ 15 นาที โดยแบ่งเป็น 2 วิธีหลักๆ ได้แก่ วิธี Box plot และวิธี Median Absolute deviation, MAD

ตัวอย่างผลลัพธ์การกรองข้อมูลโดยวิธี Box plot สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.13 จะเห็นได้ว่า การกรองข้อมูลโดยใช้ Box plot นั้น ขอบเขตของข้อมูลที่ได้จะค่อนข้างกว้าง เนื่องจากการคำนวณนั้นอ้างอิงจากสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ไทล์เป็นหลัก ซึ่งขอบเขตที่กว้างนั้นทำให้มีโอกาสที่การคำนวณผลลัพธ์ของความเร็วในแต่ละช่วงเวลาจะนำข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนมาคำนวณด้วย อาจทำให้ผลลัพธ์ของข้อมูลได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร ค่าของข้อมูลที่เลือกใช้คำนวณหาความเร็วและค่าของข้อมูลที่ไม่นำมาใช้สังเกตได้จากจุดสีเขียว และสีเทาตามลำดับ



รูปที่ 4.13 ผลลัพธ์การกรองความเร็วจากข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ
ด้วยวิธี Box plot

หากพิจารณาผลลัพธ์การกรองข้อมูลที่ได้จากวิธี MAD พบว่าขอบเขตบน ขอบเขตล่างของข้อมูลที่น่ามาใช้คำนวณความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นแคบกว่าการกรองข้อมูลโดยวิธี Box plot ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากค่ากลางของสัดส่วนความห่างระหว่าง ข้อมูลดิบและค่ากลางในแต่ละช่วงที่พิจารณา ทำให้ผลลัพธ์ของความเร็วที่ได้ เกิดจากข้อมูลส่วนใหญ่ที่เกาะกลุ่มกันซึ่งจะทำให้ลดโอกาสการนำข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนมาใช้ในการคำนวณ โดยพิจารณาได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ผลลัพธ์การกรองความเร็วจากข้อมูลอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธด้วยวิธี Median Absolute Deviation

จากการกรองของทั้งสองวิธีจะเห็นได้ว่าการกรองข้อมูลโดยวิธี Box plot นั้น ช่วงที่ยอมรับข้อมูลจะกว้างกว่าวิธีการกรองข้อมูลด้วย MAD จึงหมายความว่า วิธีการกรองข้อมูลด้วย Box plot จะตัดข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนออกไปได้ไม่มาก เนื่องจากวิธี Box plot เหมาะสำหรับตัดข้อมูลที่มีค่าแตกต่างจากกลุ่มชัดเจน ซึ่งค่าที่เป็นกลุ่มใหญ่วิธีการกรองด้วย Box plot จะไม่กล้าที่จะปฏิเสธตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่ม ดังนั้นหากเปรียบเทียบกับวิธี MAD แล้ว จะเห็นว่าวิธีการกรองข้อมูลด้วย MAD นั้นจะตัดข้อมูล Outliers ได้มากกว่า ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการกรองข้อมูลโดย MAD ก่อนที่จะคำนวณหาเวลาเดินทาง และความเร็วในกระบวนการต่อไป

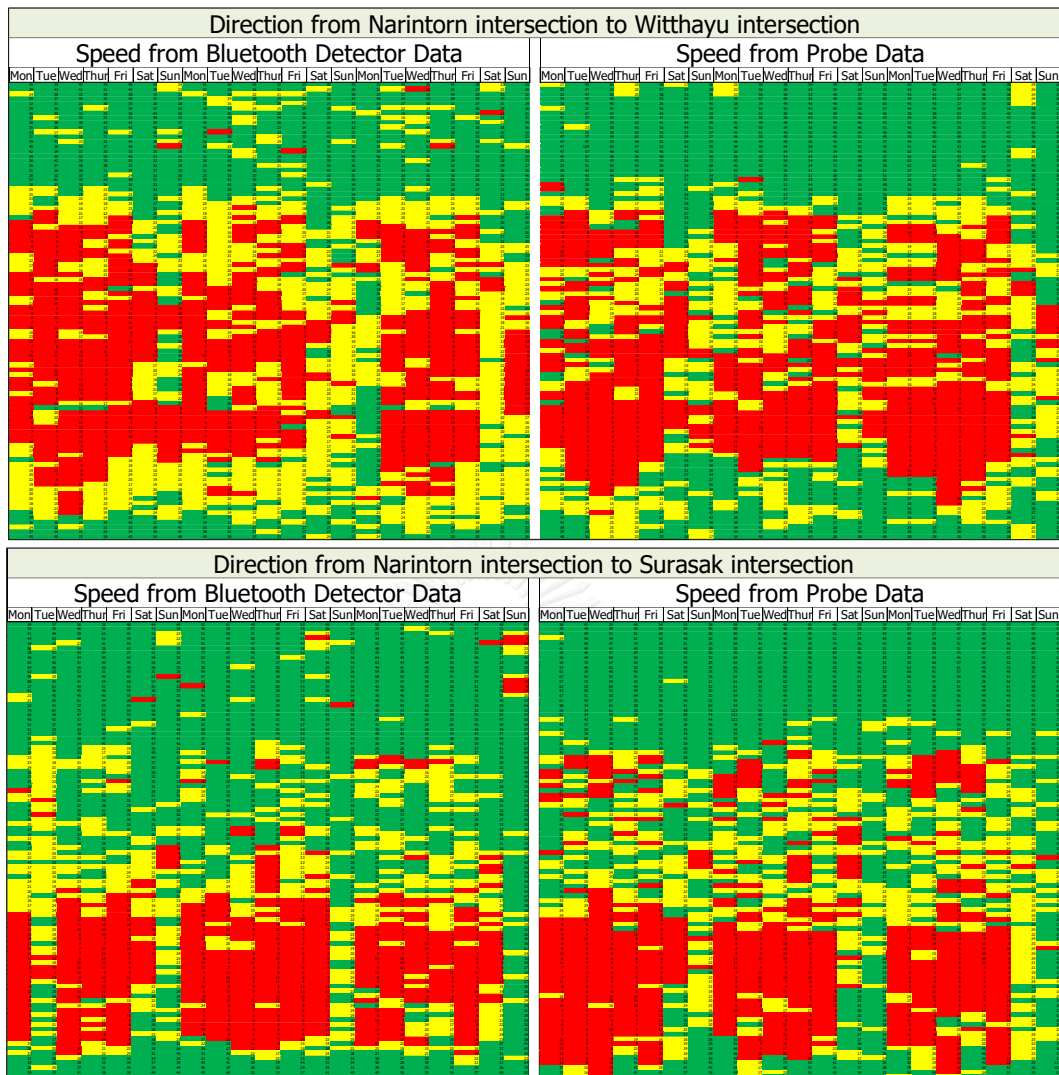
โดยสรุปแล้วการกรองข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้น ในกระบวนการแรก ผู้วิจัยเริ่มกรองข้อมูลในระดับต้น คือการนำความเร็วที่ต่ำกว่า 4 กิโลเมตรต่อชั่วโมงออก แม้ว่าข้อมูลได้กรองผ่านขั้นต้นแล้วยังเห็นได้ว่าข้อมูลดิบนั้นมีการกระจายตัวสูงมากโดยเฉพาะในช่วงเวลานอกเร่งด่วน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกทดสอบวิธีการกรองข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งออกได้สองวิธี ได้แก่วิธี Box plot และวิธีหาค่ากลางของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (Median Absolute Deviation, MAD) จากผลลัพธ์การกรองข้อมูลที่ผิดพลาดออก พบว่าวิธี Box plot นั้นตัดข้อมูลที่ผิดพลาดได้ไม่มากเท่าที่ควรเนื่องจากช่วงที่ยอมรับของข้อมูลค่อนข้างกว้าง ซึ่งแตกต่างจากวิธี MAD จะเห็นว่าสามารถตัดข้อมูลที่ผิดพลาดออกได้มากกว่าเนื่องจากช่วงที่ยอมรับของข้อมูลขึ้นอยู่กับสัดส่วนความแตกต่างของค่ากลางของช่วงเวลาและค่ากลางของแต่ละตัวอย่าง

4.4 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

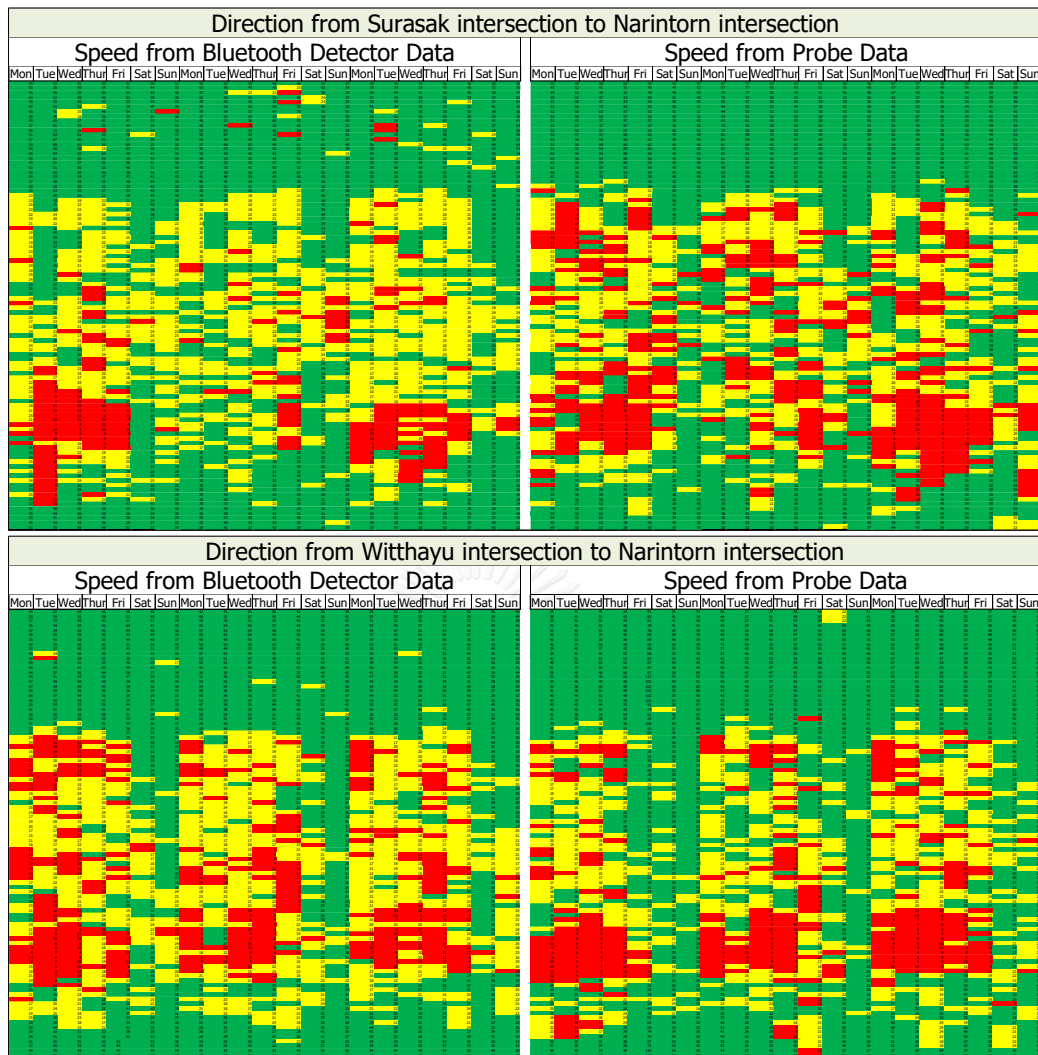
ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์ผู้วิจัยได้แบ่งการเปรียบเทียบไว้สามส่วน ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบเส้นสีจราจร คือการนำผลลัพธ์ความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองชนิดมาแบ่งเกณฑ์ตามช่วงเส้นสีจราจรของมูลนิธิ iTIC และเปรียบเทียบผลลัพธ์ของสีที่ได้โดยวิธีตารางไขว้ 2) การเปรียบเทียบค่าความเร็วที่ได้จาก Probe กับช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ คือการเปรียบเทียบค่าของความเร็ว Probe ว่าอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้จากเกณฑ์อ้างอิงหรือไม่ โดยเกณฑ์อ้างอิงคือ ช่วงขอบเขตความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และ ส่วนสุดท้ายส่วนที่ 3) การเปรียบเทียบความเร็ว Probe และ ค่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธโดยใช้ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน หรือ MAPE ในการเปรียบเทียบความต่างของความเร็วจากอุปกรณ์ทั้งสอง

4.4.1 การเปรียบเทียบเส้นสีจราจร

ในการเปรียบเทียบเส้นสีจราจรนั้น ผู้วิจัยจะนำผลลัพธ์ความเร็วที่ได้ในแต่ละช่วงจากสองแหล่งมาพิจารณาใส่เส้นสี โดยอ้างอิงตามเกณฑ์เส้นสีความเร็วที่มูลนิธิ iTIC ใช้ โดยช่วงของความเร็วเส้นสีของถนนแต่ละประเภทนั้นได้กล่าวไว้ในบทที่สอง ตารางที่ 2.1 สำหรับถนนสาทรเหนือ – สาทรใต้ ถือว่าเป็นถนนในเขตเมือง มีเกณฑ์ให้ช่วงความเร็วที่ต่ำกว่า 15 กม./ชม. เป็นสีแดง ช่วงความเร็วระหว่าง 15-25 กม./ชม. เป็นสีเหลือง และช่วงความเร็วที่มากกว่า 25 กม./ชม. เป็นสีเขียว ในส่วนนี้จะเป็นการเปรียบเทียบเส้นสีจากผลของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และผลลัพธ์ความเร็ว Probe จากมูลนิธิ iTIC โดยตรงในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งพิจารณาจากวิธีตารางไขว้ (Cross Tabulation) ซึ่งพิจารณาข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบจากเส้นสีจราจรที่ได้ของแต่ละอุปกรณ์ในแต่ละช่วงโดยตรง ผลลัพธ์ของเส้นสีจราจรในแต่ละช่วงเวลา 15 นาทีของแต่ละทิศทาง พิจารณาได้ดังรูปที่ 4.15 และ 4.16



รูปที่ 4.15 เส้นสีจราจรที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ทิศทางจากแยกนรินทร ไปแยกวิฑู (บน) และ ทิศทางจากแยกนรินทร ไปแยกสุรศักดิ์-สาทร (ล่าง)



รูปที่ 4.16 เส้นสีจราจรที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จากแยก
สุรศักดิ์-สาทร ไปแยกนรินทร (บน) และ จากแยกวิฑู ไปแยกนรินทร (ล่าง)

รูปที่ 4.15 และ 4.16 แสดงภาพรวมของเส้นสีที่ได้จากข้อมูลสองแหล่ง ตามวันและเวลา
ต่างๆ สามารถเห็นได้ว่า

1. สภาพการจราจรในหนึ่งวันแปรเปลี่ยนไปตามวันและเวลา ซึ่งสอดคล้องกับสภาพ
การจราจรที่เกิดขึ้นจริงที่มีทั้งปริมาณการจราจรและความเร็วในช่วงเวลาต่างๆ ต่างกัน ข้อมูลส่วน
ใหญ่ชี้ให้เห็นได้ว่า ความเร็วการจราจรจะสูง (สีเขียวในช่วงนอกเวลาเร่งด่วนเช้าและกลางคืน) ในขณะที่
ที่ความเร็วการจราจรจะต่ำในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นและกระจัดกระจายระหว่างวัน (สีแดงในช่วงเวลา
เย็นเป็นส่วนใหญ่)

2. เมื่อพิจารณาภาพรวมของเส้นสีจางตามวัน พบว่า ข้อมูลทั้งสองอุปกรณ์สามารถรายงานความแตกต่างของสภาพการจราจรระหว่างวันได้ กล่าวคือ สภาพการจราจร (เส้นสีจาง) ของวันต่างๆ มีความแตกต่างกัน จากการแสดงเส้นสีจางเบื้องต้นสามารถอธิบายได้ว่าเส้นสีจางจากทั้งสองวิธีสามารถรายงานสภาพการจราจรได้ แม้ว่าความถูกต้องของเส้นสีจางจะต้องตรวจสอบในรายละเอียดกันต่อไป

3. เมื่อพิจารณาความเหมือนความต่างของเส้นสีจางของทั้งเส้นสีจางที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธพบว่า ทั้งสองแหล่งข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงของเส้นสีจางในแต่ละช่วงเวลา ภาพรวมเบื้องต้นแสดงให้เห็นว่าข้อมูลทั้งสองแหล่งแปรเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ สามารถระบุเส้นสีเขียวในช่วงเวลานอกเวลาเร่งด่วนกลางคืน และ เส้นสีแดงในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นได้ อย่างไรก็ตามจะเห็นความต่างของเส้นสีจางจากทั้งสองแหล่งกระจายตามวันและเวลา ตัวอย่างเช่นเส้นสีจาง ทิศทางจากแยกนรินทร ไปแยกสุรศักดิ์-สาทร ที่ได้จาก Probe ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าจะแสดงเส้นสีแดง (การจราจรติดขัด) มากกว่าอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

จากผลลัพธ์ของเส้นสีจางทั้ง 4 ทิศทางในรูปที่ 4.15 และ 4.16 ได้นำมาสรุปเปรียบเทียบความเหมือนความต่างของเส้นสีจางที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและนำมาแสดงดังตารางที่ 4.4 โดยรายละเอียดของข้อมูลในตารางประกอบไปด้วย จำนวนข้อมูลเส้นสีจางแต่ละสีที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ รวมถึงสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ความเหมือนและแตกต่างของเส้นสีจาง

ตารางที่ 4.8 จำนวนและสัดส่วนของเส้นสีจราจรที่ได้จาก Probe และ อุปกรณ์ตรวจจับ สัญญาณบลูทูธ

Number of speed color					Percentage							
All day - All link		Probe			All day - All link		Probe				Count	Percent
Bluetooth Detector	R	1150	371	159	Bluetooth Detector	R	14.3	4.6	2.0	Same	5271	65
	Y	539	1055	925		Y	6.7	13.1	11.5	close	2388	30
	G	245	553	3066		G	3.0	6.9	38.0	difference	404	5
Off peak morning All link		Probe			Off peak morning All link		Probe				Count	Percent
Bluetooth Detector	R	2	2	25	Bluetooth Detector	R	0.1	0.1	1.1	Same	2029	86
	Y	18	73	187		Y	0.8	3.1	8.0	close	286	12
	G	11	79	1954		G	0.5	3.4	83.1	difference	36	2
peak morning All link		Probe			peak morning All link		Probe				Count	Percent
Bluetooth Detector	R	120	65	26	Bluetooth Detector	R	11.9	6.4	2.6	Same	493	49
	Y	153	191	98		Y	15.2	18.9	9.7	close	426	42
	G	63	110	182		G	6.3	10.9	18.1	difference	89	9
Off peak midday All link		Probe			Off peak midday All link		Probe				Count	Percent
Bluetooth Detector	R	417	220	55	Bluetooth Detector	R	17.7	9.4	2.3	Same	1248	53
	Y	224	543	355		Y	9.5	23.1	15.1	close	982	42
	G	67	183	288		G	2.8	7.8	12.2	difference	122	5
peak evening All link		Probe			peak evening All link		Probe				Count	Percent
Bluetooth Detector	R	493	53	23	Bluetooth Detector	R	48.9	5.3	2.3	Same	664	66
	Y	97	101	79		Y	9.6	10.0	7.8	close	275	27
	G	46	46	70		G	4.6	4.6	6.9	difference	69	7
Off peak evening All link		Probe			Off peak evening All link		Probe				Count	Percent
Bluetooth Detector	R	118	31	28	Bluetooth Detector	R	8.8	2.3	2.1	Same	839	62
	Y	47	147	207		Y	3.5	10.9	15.4	close	420	31
	G	58	135	574		G	4.3	10.0	42.7	difference	86	6

ตารางที่ 4.8 แสดงคู่ของสีที่แสดงโดยแต่ละวิธีตัวอย่าง เช่น Red-Red (R-R) หมายความว่า เส้นสีจราจรได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ แสดงเป็นสีแดง ตารางด้านขวาแสดง Same close และ difference หมายความว่า หากข้อมูลสองแหล่งแสดงเส้นสีเดียวกัน ก็จะนับเป็น ตัวอย่าง Same หากข้อมูลสองแหล่งมีความแตกต่างของเส้นสีจราจรแต่ยังคงเป็นลำดับใกล้เคียงกัน (Red-Yellow, Yellow-Red, Yellow-Green, Green-Yellow) ก็จะนับเป็นตัวอย่าง close หาก ข้อมูลสองแหล่งแสดงเส้นสีจราจรแตกต่างกันในลำดับชัดเจน (Red-Green, Green-Red) ก็จะนับเป็น ตัวอย่าง difference

จากผลลัพธ์ของข้อมูลเส้นสีจราจรทั้ง 3 สัปดาห์ รวม 4 ทิศทาง รวมทั้งหมด 8,063 ข้อมูล เพื่อการเปรียบเทียบ จากตารางตารางไขว้ (Cross Tabulation) จะเห็นได้ว่า ข้อมูลจากทั้งสองแหล่ง มีการแสดงเส้นสีจราจรที่เหมือนกันมากถึง 65 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกัน 30 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาในช่องสัดส่วนของเส้นสีจราจรทั้งวัน จะเห็นว่าข้อมูลเส้นสีจราจรที่ ใกล้เคียงกันมากที่สุดคือ เขียว - เขียว สาเหตุเนื่องจากช่วงกลางคืนความเร็วของสภาพจราจรนั้นไม่มีความแปรปรวนมาก สภาพจราจรคงที่ ณ ความเร็วเส้นสีเขียวหรือเป็นช่วงที่รถมีโอกาสใช้ความเร็วได้ อิสระและที่สำคัญคือไม่พิจารณาความแตกต่างของความเร็วที่มีค่ามากกว่า 25 กม./ชม. เพราะถือว่า

เป็นเส้นสีเขียวเช่นเดียวกัน ทำให้ผลลัพธ์การเปรียบเทียบเส้นสีจางจรในระยะเวลา 15 นาทีเหมือนกันมากที่สุดที่สีเขียว โดยเฉพาะข้อมูลช่วงเวลานอกเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลานอกเร่งด่วนเย็น

หากพิจารณาข้อมูลช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลากลางวันจะพบว่า ช่วงเวลาดังกล่าวค่าความเหมือนของข้อมูลจะน้อยกว่าช่วงเวลาอื่นๆ โดยค่าความเหมือนของช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลากลางวันอยู่ที่ 49 เปอร์เซ็นต์ และ 53 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ที่กล่าวมาแล้วหากสังเกตค่าความใกล้เคียงของข้อมูลก็พบอีกว่า สัดส่วนความใกล้เคียงของช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลากลางวันนั้นมีสัดส่วนที่มากกว่าช่วงเวลาอื่นๆ โดยค่าสัดส่วนความใกล้เคียงของข้อมูลช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลากลางวันนั้นมีค่าเท่ากันที่ 42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าโอกาสที่ความเร็วทั้งสองอุปกรณ์เกือบจะเหมือนกันมีค่าสูงถึง 42 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในช่องสัดส่วนผลลัพธ์ของเส้นสีจางจร จะเห็นว่า ทั้งสองช่วงเวลานี้มีผลลัพธ์เส้นสีจางจรที่เหมือนกันมากที่สุดอยู่ที่สีเหลือง ดังนั้นจึงสามารถอธิบายได้ว่า อันที่จริงแล้วข้อมูลในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลากลางวัน ผลลัพธ์ความเร็วที่ได้ก่อนจัดอยู่ในเกณฑ์เส้นสีจางจร อาจมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สาเหตุที่ช่วงเวลานี้สองช่วงนี้มีค่าสัดส่วนผลลัพธ์เส้นสีจางจรที่เหมือนกันเพียง 49 เปอร์เซ็นต์ และ 53 เปอร์เซ็นต์ นั้นเกิดจากเกณฑ์ที่แบ่งช่วงเส้นสีจางจรสีเหลืองนั้นอยู่ระหว่าง 15 – 25 กม./ชม. ซึ่งมีระยะห่างของช่วงเพียง 10 กม./ชม. จึงอาจทำให้ผลลัพธ์เส้นสีจางจรแตกต่างกันถึงแม้ว่าความเร็วใกล้เคียงกัน นอกจากนี้จากสัดส่วนความเหมือน (ความต่าง) ของข้อมูล ยังทำให้เห็นว่าช่วงเวลาดังกล่าว สภาพจราจรมีความแปรปรวนมีทั้งช่วงสภาพจราจรหนาแน่นแต่ไม่ถึงระดับติดขัด และการจราจรค่อยๆเคลื่อนตัวแต่ไม่ถึงระดับคล่องตัว

เมื่อพิจารณาช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นจะพบว่า ข้อมูลมีสัดส่วนที่เหมือนกันสูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆถึง 66 เปอร์เซ็นต์ โดยสีที่เหมือนกันมากที่สุดคือสีแดง 48.9 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุเนื่องจากช่วงเย็นสภาพการจราจรค่อนข้างติดขัด จึงทำให้ค่าความเร็วที่ตรวจจับได้เกิดจากสภาพจราจรที่ติดขัดไม่สามารถใช้ความเร็วได้ ค่าความเร็ว Probe ส่วนใหญ่ที่ได้จึงมีความเร็วที่ต่ำ จึงส่งผลให้ผลลัพธ์ความเร็วจากอุปกรณ์ทั้งสองชนิดเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

จากผลลัพธ์ในส่วนการเปรียบเทียบโดยอ้างอิงเส้นสีจางจร ในส่วนนี้จะใช้ตรวจสอบผลลัพธ์ของเส้นสีจางจรที่รายงานจาก Probe และ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ว่าการรายงานสารสนเทศการจราจรในปัจจุบันนั้นข้อมูลเส้นสีจางจรที่ได้จาก Probe มีความเหมือนหรือแตกต่างจากเส้นสีจางจรที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธอย่างไร ซึ่งพบว่า เส้นสีจางจรที่รายงานนั้นมีความเหมือนกันสูงถึง 65 เปอร์เซ็นต์ มีความใกล้เคียงกัน 30 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลที่รวบรวม จึงสามารถสรุปได้ว่าหากใช้วิธีการเปรียบเทียบเส้นสีจางจรโดยตรง ข้อมูล Probe ที่ได้สามารถให้เส้นสีจางจรที่เหมือนกับเส้นสีจางจรจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธอยู่โดยเฉลี่ย 65 เปอร์เซ็นต์

4.4.2 การเปรียบเทียบเส้นสีจากราที่ได้จาก Probe โดยพิจารณาจากช่วงความเชื่อมั่นของความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

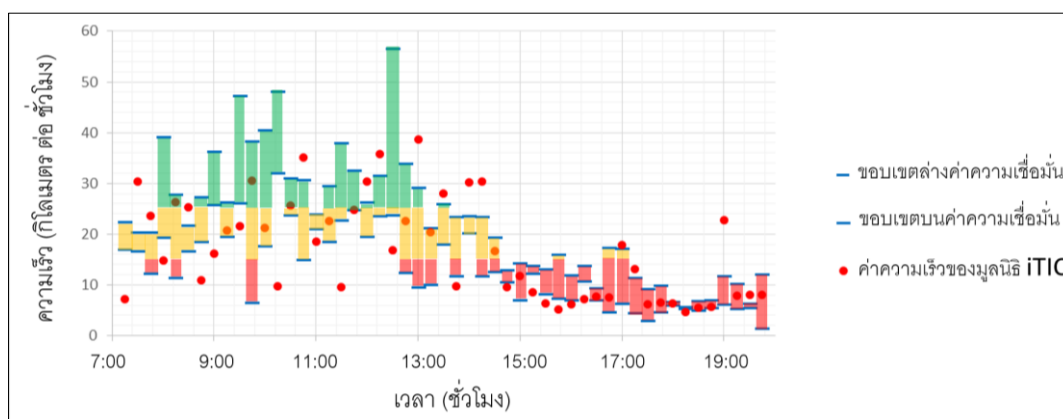
เนื่องจากในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยพิจารณาให้ความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธแทนด้วยข้อมูลที่เป็นเกณฑ์ความถูกต้องในการเปรียบเทียบกับความเร็วจาก Probe จากมูลนิธิ iTIC อย่างไรก็ตาม ช่วงความเชื่อมั่นนั้นสามารถแสดงถึงความมั่นใจในความถูกต้องของข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบในแต่ละช่วง (ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ) เนื่องจากความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในบางช่วงเวลาความเร็วที่ได้อาจมีความแปรปรวนสูง หรือมีปริมาณข้อมูลที่ต่ำ จึงทำให้ช่วงความเชื่อมั่นของข้อมูลกว้าง กล่าวคือเวลาที่ช่วงความเชื่อมั่นที่กว้างหมายถึง ช่วงความเร็วที่ไม่สามารถปฏิเสธค่าความเร็วจาก Probe ในกรณีที่ค่าความเร็วจาก Probe อยู่ในช่วงขอบเขตความเชื่อมั่นนั้น ดังนั้นเพื่อความเหมาะสมในการเปรียบเทียบทั้งช่วงที่ข้อมูลมีการกระจายตัวน้อยและมีการกระจายตัวสูง ผู้วิจัยจึงได้สร้างขอบเขตความเชื่อมั่นจากความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบกับความเร็วที่ได้จาก probe ในแต่ละช่วง

ในการเปรียบเทียบผู้วิจัยเลือกประมาณช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยแบ่งเป็นช่วงเวลา เป็นช่วงละ 15 นาที โดยวิเคราะห์รวมทั้ง 4 ทิศทาง เป็นเวลา 3 สัปดาห์ พบว่ามีช่วงเวลาที่ใช้เปรียบเทียบทั้งหมด 7,704 ข้อมูลเปรียบเทียบ (ไม่นำข้อมูลช่วงที่ไม่มีข้อมูลความเร็วจากบลูทูธมาใช้วิเคราะห์) และแบ่งย่อยผลลัพธ์การเปรียบเทียบออกเป็นช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งในการประมาณช่วงความเชื่อมั่น (Confident Interval) จะใช้ค่าความเชื่อมั่นที่ 90 เปอร์เซนต์ โดยตัวอย่างการเปรียบเทียบสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 4.17 แสดงลักษณะการเปรียบเทียบของความเร็วจาก Probe และค่าความเชื่อมั่นจากความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ที่ค่าความเชื่อมั่นที่ระดับ 90 เปอร์เซนต์

จากวิธีตารางไขว้ที่ใช้เปรียบเทียบผลของการรายงานสีจากราจากทั้งสองอุปกรณ์โดยตรงนั้น จะสนใจเพียงผลลัพธ์ของเส้นสีที่รายงาน แต่การใช้ช่วงความเชื่อมั่นเพื่อเปรียบเทียบเส้นสีจากรานี้จะพิจารณาทั้งค่าความเร็วและช่วงเส้นสีจากราที่รายงาน ยกตัวอย่างเช่น หากความเร็วจาก Probe ที่ความเร็ว 16 กม./ชม. จะรายงานเส้นสีจากรา สีเหลือง โดยที่ความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่ความเร็ว 14.7 กม./ชม. จะรายงานเส้นสีจากรา สีแดง จะสังเกตได้ว่าอันที่จริงแล้วความเร็วจากอุปกรณ์ทั้งสองนั้นแทบไม่มีความแตกต่างกัน แต่ผลรายงานเส้นสียังคงแตกต่างกัน หากเปรียบเทียบโดยวิธีตารางไขว้ก็จะพิจารณาผลลัพธ์ว่าอุปกรณ์ทั้งสองรายงานเส้นสีจากราไม่เหมือนกัน ซึ่งเกณฑ์ในการเปรียบเทียบโดยวิธีอ้างอิงจากช่วงความเชื่อมั่นคือ เมื่อผลลัพธ์เส้นสีจากราที่เกิดจากความเร็วจาก Probe เหมือนกับเส้นสีจากราที่อยู่ในช่วงความเร็ว (ช่วงความเชื่อมั่น) จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ก็ไม่สามารถปฏิเสธผลการรายงานของเส้นสีจากราที่ได้จาก Probe ว่า

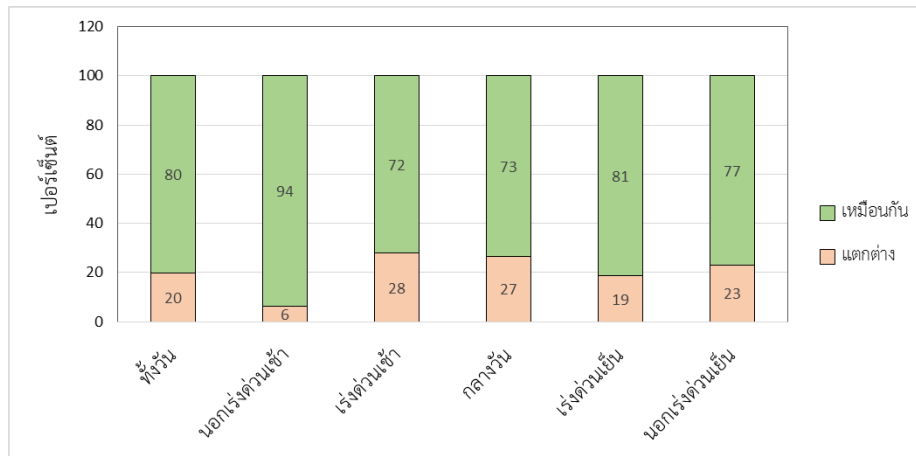
รายงานแตกต่างจากเส้นสีจราจรที่บลูทูลรายงาน ในทางตรงกันข้าม หากเส้นสีจราจรที่เกิดจากความเร็วจาก Probe รายงานเส้นสีจราจรไม่ตรงกับเส้นสีจราจรที่อยู่ในช่วงความเร็ว (ช่วงความเชื่อมั่น) จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูล ผู้วิจัยก็จะปฏิเสธผลการรายงานของเส้นสีจราจรที่ได้จาก Probe

จากผลของการวิเคราะห์เส้นสีจราจรที่ได้จากช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูล พบว่า ช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูลในบางช่วงเวลาจะค่อนข้างกว้าง ซึ่งทำให้ช่วงข้อมูลนั้นคาบเกี่ยวระหว่างเกณฑ์เส้นสีจราจรของความเร็วมากกว่าหนึ่งช่วงเส้นสี ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 4.17 ดังนั้นการเปรียบเทียบเส้นสีจราจรโดยวิธีประมาณช่วงความเชื่อมั่นจะสามารถแบ่งผลลัพธ์การเปรียบเทียบเป็นเพียงเหมือนหรือแตกต่างเท่านั้น



รูปที่ 4.17 ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างเส้นสีจราจรจากมูลนิธิ iTIC และช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูล

จากผลลัพธ์การเปรียบเทียบข้อมูลโดยใช้ช่วงความเชื่อมั่นในการเปรียบเทียบเส้นสีจราจรพบว่า เส้นสีจราจรที่ได้จากข้อมูล Probe มีผลลัพธ์ที่เหมือนกับเส้นสีที่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ หากแบ่งพิจารณาเป็นช่วงเวลาจะพบว่า ช่วงนอกเวลาเร่งด่วนเช้า (0:00 – 7:00น.) มีความเหมือนของเส้นสีจราจรมากที่สุดที่ 94 เปอร์เซ็นต์ ส่วนช่วงเวลาที่มีความเหมือนของเส้นสีจราจรรองลงมาคือ ช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น โดยผู้วิจัยได้แสดงสัดส่วนความเหมือนและแตกต่างของช่วงเวลาต่างๆ ไว้ดังรูปที่ 4.18

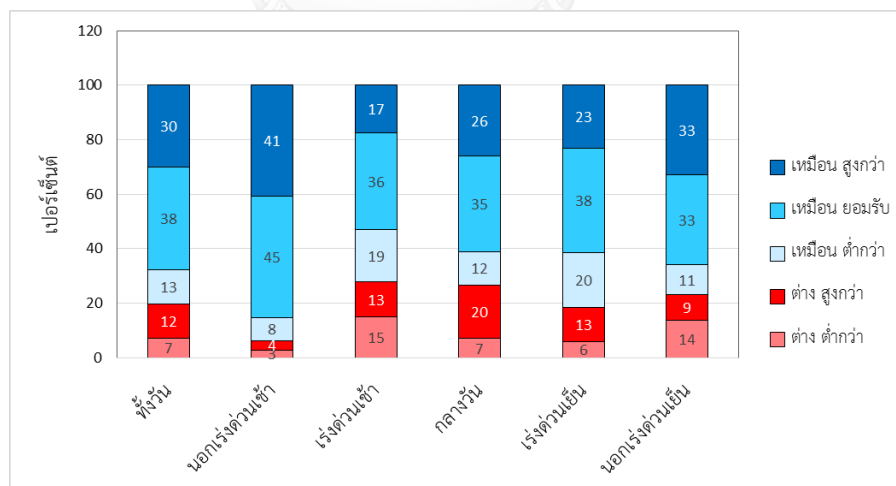


*เหมือนกัน หมายถึง เส้นสัญญาณที่ได้จากความเร็วจาก Probe มีสีเหมือนกันกับเส้นสัญญาณที่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น

*แตกต่าง หมายถึง เส้นสัญญาณที่ได้จากความเร็วจาก Probe มีสีแตกต่างจากเส้นสัญญาณที่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น

รูปที่ 4.18 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ความเหมือนและแตกต่างของเส้นสัญญาณที่ได้จาก Probe เมื่อเทียบกับช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

นอกจากการพิจารณาความเหมือนหรือความแตกต่างของข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้พิจารณาข้อมูลในแต่ละช่วงของความเหมือนและความแตกต่าง กล่าวคือในสัดส่วนของความเหมือนนั้น ข้อมูลที่เหมือนกันอาจอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นหรือไม่ก็ได้ ดังนั้นในส่วนต่อไปจะพิจารณาว่าในช่วงที่เหมือนกันนั้นข้อมูลมีลักษณะเป็นอย่างไร ดังรูปที่ 4.19



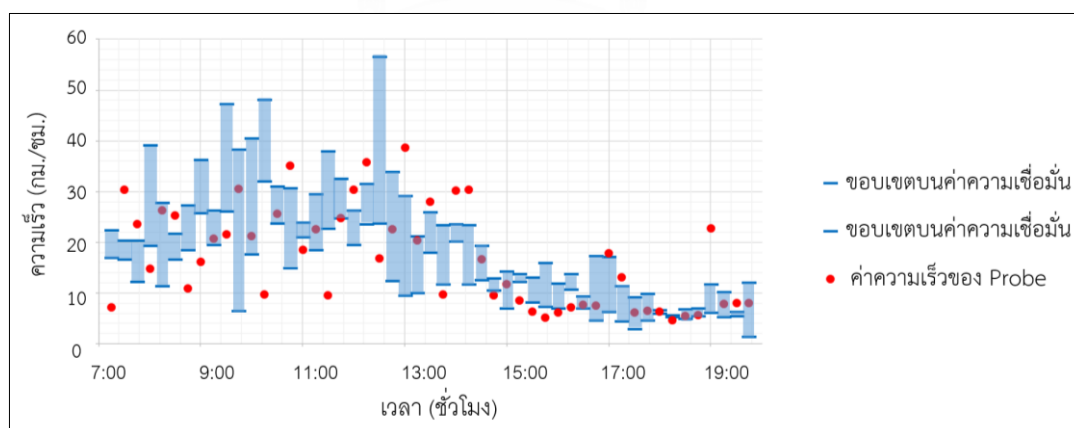
*เหมือน “สูงกว่า” “ยอมรับ” “ต่ำกว่า” หมายถึง เส้นสัญญาณของ Probe มีสีเหมือนกับเส้นสัญญาณที่ได้จากช่วงความเชื่อมั่น แต่ค่าความเร็วจริงนั้นอยู่ “สูงกว่าช่วงความเชื่อมั่น” “อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น” และ “ต่ำกว่าช่วงความเชื่อมั่น” ตามลำดับ

*ต่าง “สูงกว่า” “ต่ำกว่า” หมายถึง เส้นสัญญาณของ Probe มีสีแตกต่างจากเส้นสัญญาณที่ได้จากช่วงความเชื่อมั่น และค่าความเร็วจริงนั้นอยู่ “สูงกว่าช่วงความเชื่อมั่น” และ “ต่ำกว่าช่วงความเชื่อมั่น” ตามลำดับ

รูปที่ 4.19 สัดส่วนเปอร์เซ็นต์ความเหมือนและแตกต่างของเส้นสัญญาณที่ได้จาก Probe เมื่อเทียบกับช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธโดยละเอียด

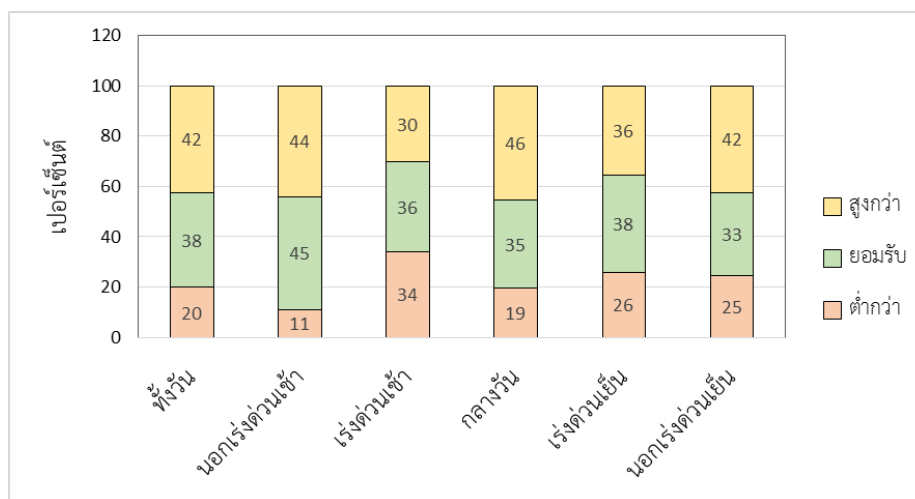
รูปที่ 4.19 ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นว่า หากนำเสนอเส้นสีจราจรโดย Probe ข้อมูลผลลัพธ์เส้นสีส่วนใหญ่จะมีผลลัพธ์ที่เหมือนกับเส้นสีที่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น แต่อันที่จริงแล้วค่าความเร็วจาก Probe ที่อยู่ในเกณฑ์เส้นสีจราจรที่ยอมรับ นั้นมีค่าสูงกว่าช่วงความเชื่อมั่นที่ยอมรับ โดยเฉพาะในช่วงนอกเร่งด่วนเช้า ที่มีความเร็วเกินช่วงความเชื่อมั่นเป็นสัดส่วนสูง 41 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีช่วงเวลากลางวัน และ ช่วงเวลานอกเร่งด่วนเย็น ที่มีสัดส่วนความเร็วจริงนั้นอยู่สูงกว่าช่วงความเชื่อมั่นถึงแม้ว่าจะให้ผลลัพธ์เส้นสีจราจรที่เหมือนกันก็ตาม ส่วนช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น จะเห็นว่าข้อมูลความเร็วที่อยู่ในช่วงเส้นสีที่เหมือนกัน ค่าความเร็วจาก Probe ที่มีค่าสูงกว่าช่วงความเชื่อมั่นและต่ำกว่าช่วงความเชื่อมั่น มีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน จากข้อมูลเหล่านี้แสดงให้เห็นว่าช่วงที่การจราจรไม่ติดขัดข้อมูลความเร็วจาก Probe จะมีความเร็วสูงกว่าที่ควรจะเป็น แต่ก็ไม่มีผลต่อผลลัพธ์เส้นสีจราจรที่ได้จากข้อมูล Probe มากนัก เนื่องจากสภาพจราจรจริงถึงแม้ว่ามีความเร็วไม่สูงเท่าความเร็ว Probe แต่เส้นสีที่รายงานเป็นสารสนเทศจราจรก็ให้ความหมายได้ถูกต้อง

หากนำช่วงความเชื่อมั่นที่ได้จากค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ มาเปรียบเทียบกับค่าความเร็วที่ได้จาก Probe นั้นพิจารณาได้ดังรูปที่ 4.20 หากค่าความเร็วจาก Probe (จุดสีแดง) ตกอยู่ในช่วงกรอบความเชื่อมั่น ผู้วิจัยก็จะกำหนดให้ว่าช่วงเวลาดังกล่าว ความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และความเร็วจาก Probe มีความใกล้เคียงกัน แต่ในทางตรงกันข้ามหากความเร็วจาก Probe ไม่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น ก็จะพิจารณาอีกว่าค่าความเร็วจาก Probe ที่ได้ตกอยู่ช่วงสูงเกินขอบเขตบน หรือต่ำกว่าขอบเขตล่าง



รูปที่ 4.20 ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างผลของความเร็วจาก iTIC และช่วงความเชื่อมั่นของความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

โดยการจำแนกผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าความเร็วจาก Probe กับช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จะแบ่งเป็น 3 กรณีคือ 1) ค่าความเร็วจาก probe สูงเกินช่วงความเชื่อมั่น 2) ค่าความเร็วจาก probe อยู่ในช่วงความเชื่อมั่น และ 3) ค่าความเร็วจาก probe ต่ำกว่าช่วงความเชื่อมั่น ผลของการเปรียบเทียบข้อมูลสามารถพิจารณาได้ดังรูปที่ 4.21



*สูงกว่า หมายถึง ความเร็วจาก Probe มีค่าสูงเกินขอบเขตบน ของช่วงความเชื่อมั่น

*ยอมรับ หมายถึง ความเร็วจาก Probe มีค่าอยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ยอมรับ

*ต่ำกว่า หมายถึง ความเร็วจาก Probe มีค่าต่ำกว่าขอบเขตล่าง ของช่วงความเชื่อมั่น

รูปที่ 4.21 สัดส่วนความเร็วจาก probe เมื่อเทียบกับช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

จากผลของการเปรียบเทียบพบว่า ค่าความเร็วจาก Probe ส่วนใหญ่มีค่าสูงเกินที่ยอมรับได้ โดยสัดส่วนข้อมูลการเปรียบเทียบทั้งวันนั้น สัดส่วนความเร็วจาก Probe มีค่าสูงกว่าช่วงความเชื่อมั่นถึง 42 % มีค่าต่ำกว่าช่วงที่ยอมรับ 20% และมีค่าที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้หรืออยู่ในช่วงความเชื่อมั่น 38% สำหรับช่วงเวลาต่างๆ จะสังเกตได้ว่า ช่วงเวลาที่ข้อมูล Probe มีค่าสูงเกินที่ยอมรับได้จะเป็นช่วงนอกชั่วโมงเร่งด่วนที่มีลักษณะสภาพจราจรคล่องตัว สำหรับช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็นพบว่า สัดส่วนของช่วงที่ยอมรับได้มีสัดส่วนมากกว่าช่วงเวลาอื่นๆ

จากการอภิปรายจะสังเกตได้ว่าแต่ละเวลานั้น ความกว้างของช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นมีความกว้าง และแคบแตกต่างกัน ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความกว้างของค่าความเชื่อมั่นคือ ค่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นช่วงเวลาใดที่ความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีความแปรปรวนสูงหรือต่ำ ก็จะทำให้ช่วงความเชื่อมั่นกว้างและแคบแตกต่างกัน

จากการเปรียบเทียบโดยวิธีอ้างอิงจากช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ พบว่า เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลผลลัพธ์เส้นสีจราจรที่ได้จากความเร็ว Probe จะพบว่าเส้นสีจราจรที่ได้ มีสัดส่วนที่เหมือนกันกับเส้นสีจราจรที่ได้จากช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธสูงถึง 80% แต่ในทางตรงกันข้าม เมื่อเทียบกับค่าความเชื่อมั่นโดยอ้างอิงจากความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จะเห็นได้ว่าค่าความเร็วที่อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ มีสัดส่วนไม่ถึง 40 % ของสัดส่วนข้อมูลทั้งหมด ดังนั้นในการเปรียบเทียบโดยใช้ช่วงความเชื่อมั่นนี้จะเห็นได้ว่า เส้นสีจราจรที่ได้จากข้อมูล Probe นั้นเหมาะสมต่อการรายงานสภาพจราจร แต่ไม่เหมาะสำหรับการรายงานค่าความเร็ว เนื่องจากความเร็วที่ได้จาก Probe นั้นสูงเกินค่าที่ควรจะเป็นเมื่อเทียบกับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

4.4.3 การเปรียบเทียบโดยค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน หรือ MAPE

ในเนื้อหาส่วนนี้สนใจที่จะเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลความเร็วที่ได้จาก Probe และความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือ ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean absolute percent error, MAPE) ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบคือข้อมูลความเร็วจากช่วงเวลา 15 นาที ทั้ง 4 ทิศทาง ระยะเวลารวม 3 สัปดาห์

สำหรับการเปรียบเทียบผู้วิจัยได้แบ่งการเปรียบเทียบไว้ทั้งหมด ผลการเปรียบเทียบข้อมูลผู้วิจัยได้แบ่งช่วงเวลาการเปรียบเทียบข้อมูลเป็น 3 ช่วงเวลาได้แก่ ข้อมูลทุกวันรายสัปดาห์ ข้อมูลเฉพาะวันทำงาน และข้อมูลเฉพาะวันหยุดสุดสัปดาห์ ดังตารางที่ 4.9 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้อมูลและความเร็วที่ต่างกันจาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวม 4 ทิศทาง – ข้อมูลทุกวัน)

ข้อมูลจาก Probe					ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ				
ช่วงข้อมูล	ความถี่	เปอร์เซ็นต์ความถี่	ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว* (กม./ชม.)	MAPE เฉลี่ย	ช่วงข้อมูล	ความถี่	เปอร์เซ็นต์ความถี่	ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว* (กม./ชม.)	MAPE เฉลี่ย
1-5	5218	73.3	8.88	44.77	1-5	2624	32.5	12.04	53.50
6-10	1715	24.1	7.02	45.56	6-10	2972	36.9	7.57	40.87
11-15	180	2.5	6.80	51.32	11-15	1614	20.0	7.47	42.15
16-20	4	0.1	7.00	58.98	16-20	479	5.9	7.28	37.83
21-25					21-25	151	1.9	7.46	35.98
26-30					26-30	82	1.0	7.52	34.44
31-35					31-35	13	0.2	3.81	16.47
36-40					36-40	2	0.0	11.50	53.78
รวม	7117	100.0	7.42	50.16	รวม	7937	100	8.08	39.38

* ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว หมายถึง ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ส่วนต่างระหว่างความเร็วของ Probe และความเร็วของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ตารางที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้อมูลและความเร็วที่แตกต่างกันจาก Probe และ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวม 4 ทิศทาง – เฉพาะวันทำงาน วันจันทร์ ถึง วันศุกร์)

ข้อมูลจาก Probe					ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ				
ช่วงข้อมูล	ความถี่	เปอร์เซ็นต์ความถี่	ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว* (กม./ชม.)	MAPE เฉลี่ย	ช่วงข้อมูล	ความถี่	เปอร์เซ็นต์ความถี่	ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว* (กม./ชม.)	MAPE เฉลี่ย
1-5	3793	75.5	8.54	45.31	1-5	2006	35.4	11.74	53.30
6-10	1099	21.9	6.85	48.30	6-10	2146	37.9	7.41	42.73
11-15	130	2.6	6.61	55.56	11-15	1032	18.2	7.14	41.80
16-20	4	0.1	7.00	58.98	16-20	272	4.8	6.91	38.47
21-25					21-25	111	2.0	7.26	34.22
26-30					26-30	78	1.4	7.55	34.60
31-35					31-35	12	0.2	3.51	15.40
36-40					36-40	2	0.0	11.50	53.78
รวม	5026	100	7.25	52.03	รวม	5659	100	7.88	39.29

* ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว หมายถึง ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ส่วนต่างระหว่างความเร็วของ Probe และความเร็วของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ตารางที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้อมูลและความเร็วที่แตกต่างกันจาก Probe และ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ (ระยะเวลา 3 สัปดาห์ รวม 4 ทิศทาง – ข้อมูลวันหยุดสุดสัปดาห์ วันเสาร์และวันอาทิตย์)

ข้อมูลจาก Probe					ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ				
ช่วงข้อมูล	ความถี่	เปอร์เซ็นต์ความถี่	ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว* (กม./ชม.)	MAPE เฉลี่ย	ช่วงข้อมูล	ความถี่	เปอร์เซ็นต์ความถี่	ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว* (กม./ชม.)	MAPE เฉลี่ย
1-5	1425	68.1	9.69	42.99	1-5	618	27.1	13.19	56.98
6-10	616	29.5	7.31	40.74	6-10	826	36.3	7.98	36.05
11-15	50	2.4	7.27	41.77	11-15	582	25.5	8.01	42.47
16-20					16-20	207	9.1	7.66	36.92
21-25					21-25	40	1.8	8.02	41.66
26-30					26-30	4	0.2	4.88	20.19
31-35					31-35	1	0.0		
36-40					36-40		0.0		
รวม	2091	100.0	8.09	41.83	รวม	2278	100.0	8.29	39.04

* ค่าเฉลี่ยค่าความแตกต่างของความเร็ว หมายถึง ค่าเฉลี่ยผลลัพธ์ส่วนต่างระหว่างความเร็วของ Probe และความเร็วของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

จากตารางที่ 4.9 4.10 และ 4.11 จะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะเป็นข้อมูลของทุกวัน วันทำงาน หรือวันหยุดสุดสัปดาห์ พบว่าปริมาณข้อมูล Probe ที่พบได้มากที่สุดต่อช่วงเวลา 15 นาทีคือ 1-5 ข้อมูล ส่วนข้อมูลที่พบได้มากที่สุดของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธคือ 6-10 ข้อมูล อย่างไรก็ตามผู้วิจัย

ต้องการทราบว่า ปริมาณข้อมูลที่พบบนนี้มีผลต่อผลลัพธ์ความแตกต่างของความเร็วจากอุปกรณ์ทั้งสองชนิดหรือไม่ ซึ่งจากผลพบว่า ช่วงข้อมูลที่จำนวนข้อมูล Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ เมื่อมีจำนวนของข้อมูลมากผลลัพธ์ความเร็วที่แสดงของอุปกรณ์ทั้งสองก็จะมีค่าแตกต่างกันไม่มาก ซึ่งผกผันกับกรณีที่มีจำนวนของข้อมูลน้อย หรือพิจารณาได้จากคอลัมน์ค่าเฉลี่ยความแตกต่างของความเร็ว และ MAPE เฉลี่ย

ในส่วนต่อไปผู้วิจัยได้แบ่งการเปรียบเทียบ MAPE ออกเป็นรายทิศทาง โดยแต่ละทิศทางได้แบ่งย่อยเป็นช่วงเวลาต่างๆ ดังตารางที่ 4.12 หากพิจารณาข้อมูลเฉลี่ยทั้งสัปดาห์จะเห็นได้ว่าข้อมูลส่วนใหญ่มีค่า MAPE อยู่ที่ประมาณ 30-45 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์จะเห็นว่าวันหยุดสุดสัปดาห์ช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ข้อมูลค่า MAPE จะแตกต่างกันประมาณ 30 %

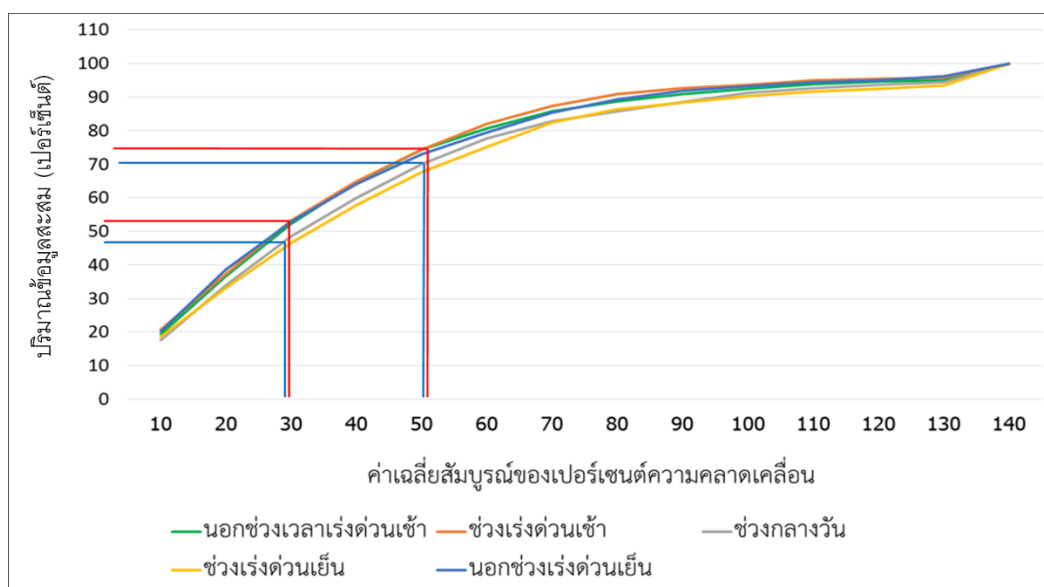
ตารางที่ 4.12 ความแตกต่างของความเร็วที่ได้จาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยวิธี MAPE

จากแยก"นรินทร์" ไปแยก "สุรศักดิ์-สาทร"	วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วัน พฤหัสบดี	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์	เฉลี่ยราย สัปดาห์
ทั้งวัน	38.76	44.09	39.38	35.75	36.10	41.69	33.01	38.54
ช่วงเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน	44.80	31.34	36.39	28.07	33.32	37.58	46.59	36.73
ช่วงเช้า ชั่วโมงเร่งด่วน	53.21	41.35	40.76	38.40	32.35	29.50	18.66	36.95
ช่วงกลางวัน	34.65	45.85	37.92	44.09	45.96	44.23	30.89	39.97
ช่วงเย็น ชั่วโมงเร่งด่วน	30.38	51.48	30.59	27.86	24.64	72.17	30.27	38.56
ช่วงกลางคืน นอกชั่วโมงเร่งด่วน	31.49	58.78	52.77	38.51	36.02	30.61	28.31	40.30
จากแยก"นรินทร์" ไปแยก "วิทย์"	วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วัน พฤหัสบดี	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์	เฉลี่ยราย สัปดาห์
ทั้งวัน	37.21	58.66	52.45	51.21	45.36	37.53	41.41	46.27
ช่วงเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน	27.95	57.34	65.31	51.49	50.71	37.50	39.83	47.23
ช่วงเช้า ชั่วโมงเร่งด่วน	41.11	58.65	47.42	34.89	42.93	26.81	18.70	38.64
ช่วงกลางวัน	49.03	74.53	59.58	68.76	52.76	39.78	42.58	55.53
ช่วงเย็น ชั่วโมงเร่งด่วน	39.40	43.95	39.38	44.05	40.54	52.95	61.43	46.11
ช่วงกลางคืน นอกชั่วโมงเร่งด่วน	28.16	41.72	30.04	37.22	28.48	30.11	44.14	34.30
จากแยก"สุรศักดิ์" ไปแยก"นรินทร์"	วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วัน พฤหัสบดี	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์	เฉลี่ยราย สัปดาห์
ทั้งวัน	44.73	62.68	47.32	50.57	46.65	36.56	38.21	46.67
ช่วงเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน	52.40	58.20	68.78	64.58	63.11	46.27	44.72	56.86
ช่วงเช้า ชั่วโมงเร่งด่วน	42.24	49.37	31.80	31.51	34.78	31.19	27.02	35.41
ช่วงกลางวัน	39.56	45.10	31.68	49.58	40.18	35.70	38.86	40.09
ช่วงเย็น ชั่วโมงเร่งด่วน	53.61	92.41	49.25	55.53	50.47	31.84	39.60	53.24
ช่วงกลางคืน นอกชั่วโมงเร่งด่วน	35.58	88.96	47.34	38.36	35.20	28.66	33.03	43.87
จากแยก"วิทย์" ไปแยก"นรินทร์"	วันจันทร์	วันอังคาร	วันพุธ	วัน พฤหัสบดี	วันศุกร์	วันเสาร์	วันอาทิตย์	เฉลี่ยราย สัปดาห์
ทั้งวัน	38.92	46.30	36.81	39.44	71.25	33.20	52.72	45.52
ช่วงเช้า นอกชั่วโมงเร่งด่วน	32.22	36.10	33.75	29.90	70.68	31.86	63.87	42.63
ช่วงเช้า ชั่วโมงเร่งด่วน	38.07	69.19	52.11	36.15	75.06	28.71	29.01	46.90
ช่วงกลางวัน	43.87	64.06	39.24	48.03	77.65	39.30	46.58	51.25
ช่วงเย็น ชั่วโมงเร่งด่วน	55.21	31.53	35.95	41.98	53.04	34.62	66.08	45.49
ช่วงกลางคืน นอกชั่วโมงเร่งด่วน	30.43	26.95	27.11	41.64	71.84	27.19	51.72	39.55

* ระดับสีแต่ละสีที่ระบุถึงร้อยละค่าความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ย พิจารณาได้จากตารางด้านล่างนี้

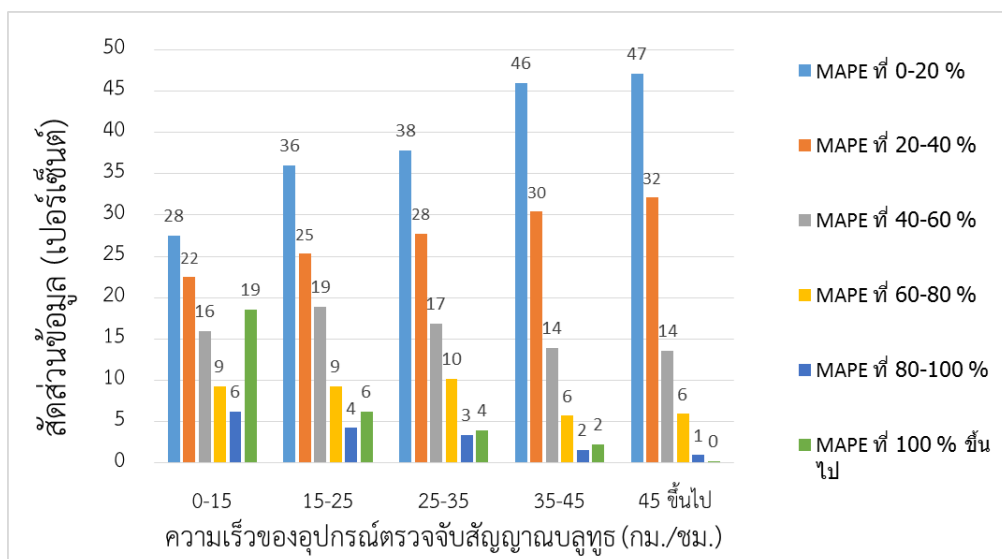
ร้อยละค่าความแตกต่างของ ความเร็วเฉลี่ย , MAPE	0-15	15-30	30-45	45 ขึ้นไป
--	------	-------	-------	-----------

อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าค่า MAPE ของตารางที่ 4.12 นั้นค่อนข้างกระจายตัวมองเห็นความแตกต่างได้ไม่ชัดเจน ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกที่จะแสดงปริมาณข้อมูลสะสมและสัดส่วนข้อมูลและค่า MAPE ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.22 จากกราฟจะเห็นว่าปริมาณข้อมูลประมาณ 50% มีค่า MAPE ไม่เกิน 30% ซึ่งหมายความว่าข้อมูลความเร็วจาก Probe มีอย่างน้อย 50% ที่มีความใกล้เคียงกับข้อมูลความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และเมื่อพิจารณารายช่วงเวลาจะเห็นได้ว่าช่วงกลางวัน และช่วงเร่งด่วนเย็น จะมีสัดส่วนปริมาณข้อมูลสะสมน้อยกว่าช่วงเวลาอื่นๆ ที่ค่า MAPE เท่ากัน ซึ่งหมายความว่าในช่วงเวลากลางวันและช่วงเร่งด่วนเย็น มีผลลัพธ์ค่า MAPE ของข้อมูลมีค่าสูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ



รูปที่ 4.22 ปริมาณข้อมูลสะสมและสัดส่วนค่าเฉลี่ยของค่า MAPE

หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่า MAPE และความเร็วแล้ว จะพบว่าช่วงที่มีค่าความเร็วดำเนิน ค่า MAPE ที่ได้ระหว่างความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและความเร็วจาก Probe นั้นจะมีโอกาสเป็นไปได้สูงที่ค่า MAPE จะสูงโดยแปรผกผันกับข้อมูลช่วงความเร็ว โดยสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่าช่วงความเร็วต่ำ 0-15 กม./ชม. นั้น สัดส่วนค่า MAPE ที่มีค่ามากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไปมีมากกว่าช่วงความเร็วอื่นๆ ถึง 19 เปอร์เซ็นต์ สำหรับช่วงที่ค่าความเร็วแตกต่างกันน้อยที่สุดคือช่วงความเร็ว 15-25 กม./ชม. ซึ่งมีสัดส่วนปริมาณข้อมูลของความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธสูงสุดที่ 31.9 เปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ค่า MAPE และ สัดส่วนปริมาณข้อมูลในแต่ละช่วงความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ในส่วนของการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้อมูลความเร็วในแต่ละช่วงเวลา 15 นาที และผลต่างของความเร็วจะพบว่าผลลัพธ์การเปรียบเทียบความแตกต่างของความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และ Probe โดยวิธี MAPE พบว่ามีสัดส่วนกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่า MAPE ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามค่า MAPE เฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมดอยู่ที่ 45 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาช่วงเวลาจะพบว่าช่วงเวลา กลางวัน และเร่งด่วนเย็นนั้น มีสัดส่วนค่า MAPE สูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวสภาพจราจรมีค่าความเร็วที่ต่ำ จึงเป็นสาเหตุทำให้สัดส่วนความแตกต่างของความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธและ Probe มีสัดส่วนที่แตกต่างกันสูง แม้ว่าค่าความเร็วที่แท้จริงจะไม่ให้ค่าที่ต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาค่า MAPE ที่แตกต่างกันน้อยที่สุดจะพบได้ในช่วงความเร็ว 15-25 กม./ชม.

4.5 อภิปรายและสรุปผลการทดสอบ

ผลทดสอบในบทที่ 4 นี้ เกิดจากการเก็บข้อมูลบนถนนสาทรเหนือ – สาทรใต้ โดยผู้วิจัยได้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธไว้ในป้อมจัดการสัญญาณไฟจราจร ณ แยกวิทยุ แยกกรีนทร และ แยกสุรศักดิ์ – สาทร ซึ่งมีระยะโดยรวมประมาณ 2.8 กิโลเมตร แบ่งเป็น 4 ช่วงถนน ช่วงถนนละ 1.5 กิโลเมตร 2 ทิศทาง และช่วงถนน 1.3 กิโลเมตร 2 ทิศทาง สำหรับระยะเวลาในการเก็บข้อมูลใช้เวลาทั้งหมด 3 สัปดาห์ เก็บข้อมูลตลอด 24 ชั่วโมง ตั้งแต่วันที่ 28 สิงหาคม 2558 จนถึงวันที่ 17 กันยายน 2558

เมื่อพิจารณาภาพรวมของข้อมูลจะเริ่มกล่าวถึงลักษณะของข้อมูล Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ พบว่าปริมาณข้อมูลของ Probe นั้นมีความถี่มากที่สุดอยู่ที่ 1-2 ข้อมูลต่อ 15 นาที คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด และมีช่วงที่ไม่มีข้อมูลอยู่ 12 เปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าช่วงเวลาที่ข้อมูล Probe มีปริมาณข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงสูงสุดคือช่วงเวลากลางวัน รองลงมาคือช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วนเช้า-เย็น ส่วนปริมาณข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีจำนวนมากที่สุดอยู่ในช่วง 7-9 ข้อมูลต่อ 15 นาที คิดเป็น 24 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด และช่วงที่ไม่มีข้อมูลคิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาทั้งหมด สำหรับช่วงเวลาที่ข้อมูลเฉลี่ยมากที่สุดคือช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า ส่วนช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นปริมาณข้อมูลเฉลี่ยต่อชั่วโมงมีสัดส่วนใกล้เคียงกัน ในส่วนของลักษณะข้อมูลความเร็วจะพบว่าลักษณะแนวโน้มของความเร็วมีความคล้ายคลึงกันในวันทำงาน (จันทร์ถึงศุกร์) และแนวโน้มของความเร็ววันหยุดสุดสัปดาห์ (เสาร์-อาทิตย์) จะมีลักษณะแนวโน้มของรูปแบบความเร็วที่ไม่แน่นอน เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าความเร็วจาก Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธจะเห็นว่าข้อมูลทั้งสองไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่ความเร็วจาก Probe มักจะมากกว่าค่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธอยู่เล็กน้อย (ประมาณ 2%) ซึ่งความแตกต่างของค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสอง จะพบว่าความเร็วที่แตกต่างเกิน 10 กม./ชม. มีสัดส่วน 32 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนที่แตกต่างกันไม่เกิน 10 กม./ชม. มีสัดส่วน 68 เปอร์เซ็นต์

ในส่วนของผลลัพธ์การกรองข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธผู้วิจัยได้ทดลองวิธีการกรองข้อมูลไว้สองวิธี ได้แก่การกรองข้อมูลโดยใช้วิธี Box plot และวิธีการกรองข้อมูลโดยใช้วิธีหาค่ากลางของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAD) จากผลการใช้วิธี Box plot พบว่าขอบเขตข้อมูลที่พิจารณาในแต่ละช่วงของวิธี Box plot นั้นค่อนข้างกว้างทำให้โอกาสที่จะนำข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนมากำนวนด้วยสูงแตกต่างจากวิธี MAD ซึ่งจะเห็นว่าขอบเขตของข้อมูลที่พิจารณาจะแคบกว่า ทำให้ลดโอกาสที่จะนำข้อมูลที่มีความคลาดเคลื่อนสูงมากำนวนค่าความเร็ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้วิธีหาค่ากลางของค่าสัมบูรณ์ของความคลาดเคลื่อน (MAD) ในการกรองข้อมูล

สำหรับการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลของ Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จะแบ่งเป็นสามการเปรียบเทียบ ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบเส้นสีจราจรโดยวิธีตารางไขว้ 2) การเปรียบเทียบทั้งเส้นสีจราจรและความเร็วจาก Probe โดยการสร้างช่วงความเชื่อมั่นจากค่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และ 3) การเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากวิธีเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ย (MAPE)

ผลการเปรียบเทียบเส้นสัจจากรโดยวิธีตารางไขว้ พบว่าข้อมูลเส้นสีที่ได้จากข้อมูล Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีเส้นสีที่เหมือนกันมากถึง 65 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกัน 30 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ โดยช่วงนอกเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลานอกเร่งด่วนเย็น มีเส้นสัจจากรที่เหมือนกันที่ 86 เปอร์เซ็นต์ และ 62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยผลลัพธ์เส้นสัจจากรเหมือนกันมากที่สุดที่สีเขียว เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวความเร็วของสภาพจราจรค่อนข้างอิสระ สำหรับช่วงที่มีเส้นสีเหมือนกันอีกช่วงคือช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น ซึ่งมีสัดส่วนความเหมือนของเส้นสีสูงถึง 66 เปอร์เซ็นต์ ที่สีแดง สาเหตุก็เนื่องมาจากสภาพจราจรติดขัด ส่วนช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และช่วงเวลากลางวันถือว่าเป็นช่วงที่น่าสนใจเนื่องจาก ความเหมือนของข้อมูลอยู่ที่สีเหลืองมากที่สุด และความเหมือนของเส้นสัจจากรมีเพียง 49 เปอร์เซ็นต์ และ 53 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น แต่ความใกล้เคียงของเส้นสีของทั้งสองช่วงเวลาก็สูงถึง 42 เปอร์เซ็นต์ สาเหตุที่ช่วงเวลาดังกล่าวมีสัดส่วนของเส้นสัจจากรที่เหมือนกันไม่มาก แต่มีสัดส่วนความใกล้เคียงของเส้นสีใกล้เคียงกับสัดส่วนความเหมือน สาเหตุเนื่องมาจากช่วงสีเหลืองมีความกว้างของช่วงความเร็วเพียง 10 กม./ชม. ดังนั้น จึงทำให้ช่วงที่สภาพจราจรค่อนข้างแปรปรวนมาก

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วและเส้นสัจจากรโดยให้ความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเป็นเกณฑ์ในการสร้างช่วงความเชื่อมั่น โดยวิธีดังกล่าวจะให้ความสำคัญว่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธในแต่ละเวลานั้นมีความแม่นยำถูกต้องมากน้อยเพียงใด หากข้อมูลมีจำนวนน้อย หรือการกระจายของค่าความเร็วในช่วงนั้นๆ สูง ก็จะทำให้ช่วงความเชื่อมั่นในช่วงนั้นกว้าง หรือกล่าวคือหากข้อมูลความเร็ว Probe อยู่ในช่วงความเชื่อมั่นของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธก็ไม่สามารถที่จะปฏิเสธได้ว่าข้อมูลมีความต่างกันได้ ซึ่งวิธีการเปรียบเทียบโดยใช้ช่วงความเชื่อมั่นนั้น สามารถแบ่งได้สองวิธีการเปรียบเทียบ ได้แก่ 1) การเปรียบเทียบเส้นสัจจากร 2) การเปรียบเทียบความเร็ว กับช่วงความเชื่อมั่นที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จากผลของการเปรียบเทียบพบว่าเส้นสัจจากรที่ได้จาก Probe มีความเหมือนสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ ความเหมือนในที่นี้คือ ไม่สามารถจะปฏิเสธเส้นสัจจากรที่มีความต่างกันได้จากโอกาสของความเร็วที่อาจมีความเร็วในระดับเส้นสีอื่น สำหรับการเปรียบเทียบความเร็วโดยใช้ช่วงความเชื่อมั่น พบว่าข้อมูลความเร็วจาก Probe อยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่นเพียง 38 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น จากการเปรียบเทียบความเร็วและเส้นสัจจากรจะเห็นว่า ข้อมูลความเร็วจาก Probe มีการแกว่งจากค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จึงเป็นข้อสังเกตว่าหากใช้งานข้อมูลที่ได้จาก Probe อาจต้องพิจารณาไม่ให้เกิดการแกว่งของข้อมูล กล่าวคือการสร้าง buffer ของการเปลี่ยนแปลงของความเร็ว ให้มีลักษณะค่อยเป็นค่อยไปไม่ให้ข้อมูลกระโดดอย่างเห็นได้ชัด โดยอาจเปรียบเทียบกับค่าความเร็วที่รายงานเดิม

ส่วนสุดท้ายที่ใช้เปรียบเทียบคือ การเปรียบเทียบความเร็วจาก Probe กับ ค่าความเร็วจาก อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยวิธีเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ย (MAPE) พบว่า MAPE ของความเร็วจาก Probe บนช่วงถนนต่างๆ ตลอดวัน มีค่าอยู่ในช่วง 38.5-46.7 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าช่วงเวลากลางวัน และเร่งด่วนเย็นนั้น มีสัดส่วนค่า MAPE สูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ เนื่องด้วย สภาพจราจรที่ติดขัด จึงทำให้ความเร็วจากอุปกรณ์ทั้งสองมีความเร็วค่อนข้างต่ำ และ มีสัดส่วนค่า ความแตกต่างของความเร็วจึงสูงเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ เมื่อพิจารณาค่า MAPE ที่แตกต่างกันมากที่สุดจะเกิดในช่วงความเร็ว 0-15 กม./ชม. และช่วงที่แตกต่างกันน้อยที่สุดจะเกิดในช่วง ความเร็ว 15-25 กม./ชม.



บทที่ 5

สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับสารสนเทศการจราจรที่รายงานสภาพจราจรบนท้องถนน ซึ่งสารสนเทศการจราจรที่ผู้วิจัยเลือกศึกษาคือสารสนเทศการจราจรของมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทยหรือ iTIC ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะรายงานสภาพความเร็วของถนนแทนด้วยเส้นสีจราจร สีเขียว สีเหลือง สีแดง ตามลำดับความเร็วของสภาพจราจรจากความเร็วสูงไปต่ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าแหล่งที่มาของข้อมูลเหล่านี้หลักๆ มาจากข้อมูลรถแท็กซี่ที่ติดตั้งอุปกรณ์ติดตาม (GPS) เราจะเรียกข้อมูลจากรถแท็กซี่เหล่านี้ว่า Taxi Probe แต่ในงานวิจัยนี้ย่อเหลือเพียงคำว่า Probe เนื่องจากข้อมูลที่ใช้พิจารณาเลือกใช้จากรถแท็กซี่เพียงประเภทเดียว ข้อมูล Probe ของมูลนิธิ iTIC นั้นมีจำนวน 5,000 คัน ในโครงข่ายถนนในกรุงเทพมหานคร ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าแต่ละโครงข่ายถนนมีโอกาสที่มีจำนวนข้อมูล Probe น้อย หรือไม่มีในบางช่วงเวลา นอกจากนี้ข้อมูล Probe อาจมีความเร็วแตกต่างจากสภาพจราจรสาเหตุเนื่องจากลักษณะการเล่นของ Probe เช่น รถแท็กซี่จอดคอยผู้โดยสาร หรือรับ-ส่งผู้โดยสาร หรือ วิธีการประมาณความเร็วจากข้อมูลการติดตามรถ ไม่เพียงเท่านั้นก่อนการรายงานค่าสารสนเทศ ความเร็วจากข้อมูล Probe จะต้องผ่านกระบวนการคำนวณ ปรับแก้ก่อนที่จะนำผลลัพธ์ความเร็วที่ได้รายงานเป็นสารสนเทศจราจร ดังนั้นผลของข้อมูลการจราจรที่ได้จาก Probe ในบางช่วงเวลาอาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง หรือ ส่งผลถึงความถูกต้องของสารสนเทศการจราจรที่จะนำไปใช้งานต่อไป

การหาความถูกต้องของสารสนเทศการจราจรมาจากการเปรียบเทียบสารสนเทศการจราจรกับค่าสะท้อนสภาพการจราจร ณ ขณะใดๆ ในที่นี้สนใจในการเปรียบเทียบเส้นสีจราจร และความเร็วของการจราจร ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการเก็บข้อมูลความเร็วโดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมาเปรียบเทียบกับข้อมูลความเร็วและเส้นสีจราจรที่ได้จาก Probe เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธสามารถหาความเร็วของสภาพจราจรได้อย่างต่อเนื่อง และเลือกข้อมูลตัวอย่างที่ใช้คำนวณความเร็วจากการสุ่มอีกทั้งปริมาณตัวอย่างเฉลี่ยยังมีมากกว่า Probe ด้วยถึงแม้ว่าค่าเปรียบเทียบจะมาจากการสุ่มโดยตรงจากการจราจร ณ ขณะใดๆ (ที่มีข้อมูล) ความแม่นยำนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการวัดค่าความเร็วและปริมาณของข้อมูลที่ใช้เฉลี่ยเพื่อหาข้อมูลความเร็ว

สำหรับขอบเขตการวิจัย ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการประมวลผลข้อมูลทั้งข้อมูลจากสารสนเทศการจราจร (เส้นสีจราจรและความเร็วจราจร) และ ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

เพื่อให้สามารถนำมาเปรียบเทียบและหาความถูกต้องของสารสนเทศการจราจรได้ ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลบนช่วงถนนสาทรเหนือ – สาทรใต้ เป็นเวลา 3 สัปดาห์ เมื่อเก็บข้อมูลทั้งสองส่วนเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการประมวลเส้นสีจราจร และ ความเร็ว โดยใช้ข้อมูลจาก Probe และ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ซึ่งการที่จะนำข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมาใช้นั้นจะต้องผ่านกระบวนการกรองข้อมูลก่อน ซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธี Median Absolute Deviation, MAD แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบกับข้อมูล Probe โดยแบ่งการเปรียบเทียบไว้ 3 วิธีได้แก่ 1) การเปรียบเทียบเส้นสีจราจรโดยวิธีตารางไขว้ 2) การเปรียบเทียบทั้งเส้นสีจราจรและความเร็วจาก Probe โดยการสร้างช่วงความเชื่อมั่นจากค่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และ 3) การเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากวิธีเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ย (MAPE)

เมื่อนำข้อมูล Probe มาสร้างเส้นสีจราจรและนำมาเปรียบเทียบกับเส้นสีจราจรที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธโดยตรงโดยวิธีตารางไขว้ จะมีความเหมือนของการรายงานเส้นสีจราจร 65 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียง 30 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างโดยสิ้นเชิง 5 เปอร์เซ็นต์ แต่หากเปรียบเทียบโดยวิธีสร้างช่วงความเชื่อมั่นจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จะพบว่ามีความเหมือนของเส้นสีจราจรสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และหากเปรียบเทียบวิธีสร้างช่วงความเชื่อมั่นโดยพิจารณาจากความเร็วจะพบว่าความเร็วของ Probe อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้เพียง 38 เปอร์เซ็นต์ ส่วนมากความเร็วของ Probe จะสูงกว่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ส่วนวิธีสุดท้ายพบว่าค่า Probe บนช่วงถนนต่างๆ ตลอดวัน มีค่า MAPE อยู่ในช่วง 38.5-46.7 เปอร์เซ็นต์ โดยรวมแล้วจะพบว่าข้อมูล Probe เหมาะสมต่อการรายงานเส้นสีจราจร แต่ยังไม่เหมาะที่จะใช้รายงานค่าความเร็วโดยตรง

5.1 สรุปผลงานวิจัย

สรุปผลงานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 4 ส่วนได้แก่ ส่วนแรกการศึกษาลักษณะของสารสนเทศการจราจร ส่วนที่สองการพัฒนาและจัดการกับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ส่วนที่สามกล่าวถึงลักษณะของข้อมูลความเร็ว ที่ได้จาก Probe และ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ และ ส่วนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจากมูลนิธิ iTIC และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

5.1.1 การศึกษาลักษณะของสารสนเทศการจราจร

สารสนเทศการจราจรที่ผู้วิจัยใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นข้อมูลความเร็วจาก Probe ที่อยู่บนลิงก์ในช่วงเวลาต่างๆ ซึ่งก่อนนำข้อมูล Probe มาใช้จะต้องทำการ cleansing data ให้เหมาะสม ง่ายต่อการวิเคราะห์ก่อนอย่างไรก็ตามข้อมูลของ Probe ที่มีบนโครงข่ายถนน มีไม่ครบทุกลิงก์ ทุกช่วงเวลา

ดังนั้นขั้นตอนต่อไปคือการประมาณค่าของข้อมูล Probe ให้มีข้อมูลครบทุกช่วงเวลา และทุกลิงก์ตามเกณฑ์ของมูลนิธิตIC เมื่อได้ข้อมูลความเร็วของสารสนเทศจราจรในลิงก์ต่างๆ แล้วจึงรวมลิงก์เป็นเส้นทางที่เราต้องการ เนื่องจากระบบการแบ่งลิงก์ของมูลนิธิตIC นั้นจะแบ่งลิงก์ย่อยทุกครั้งที่มีตรอกซอย หรือทางแยกซึ่งผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธี Space mean speed ในการรวมความเร็วลิงก์ย่อย อันที่จริงแล้วการรายงานเป็นลิงก์ย่อยนั้นเป็นวิธีการที่ดีและเหมาะสมต่อการรายงานสภาพจราจร เนื่องจากทำให้ผู้สัญจรทราบถึงสภาพจราจรทุกช่วงถนน แต่ในงานวิจัยนี้พบว่าจำเป็นต้องรวมลิงก์บนเส้นทางเพื่อหาความเร็วบนเส้นทางเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบได้ เมื่อรวมเสร็จก็จะได้ความเร็วของช่วงถนนที่ต้องการเพื่อเตรียมไปใช้ในการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธต่อไป

5.1.2 การพัฒนาและจัดการกับข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

สาเหตุที่งานวิจัยนี้เลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธที่ผู้วิจัยใช้ในการทดสอบนั้นวัตถุประสงค์หลักๆ คือ ผู้วิจัยต้องการเก็บข้อมูลสภาพจราจรตลอดเวลา และได้ข้อมูลตลอดช่วงเวลาที่ต้องการ สามารถส่งข้อมูลสภาพจราจรแบบทันทีได้ นอกจากนี้อุปกรณ์ดังกล่าวยังมีประสิทธิภาพสามารถหาความเร็วของสภาพจราจรได้ใกล้เคียง ผู้วิจัยได้ทดสอบเปรียบเทียบผลลัพธ์ความเร็วของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเทียบกับข้อมูลความเร็วของกล้องวิดีโอ พบว่าข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีความใกล้เคียงกับข้อมูลของกล้องวิดีโอซึ่งใช้แทนสภาพจราจรจริง ซึ่งผลลัพธ์พบว่าค่า P-value อยู่ที่ 0.362 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นอกจากนี้การใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเพื่อหาสภาพจราจรยังเป็นการใช้แหล่งข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน (คลื่นบลูทูธจากอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์) ให้เกิดประโยชน์ เมื่อได้ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนแรกคือการหาเวลาเดินทางระหว่างจุดสองจุด และกำจัด Outliers โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ย หรือ Median Absolute Deviation (MAD) ในการจัดการข้อมูล เนื่องจากช่วงขอบเขตที่ยอมรับของข้อมูลมีความกว้างไม่มาก ขึ้นอยู่กับค่ากลางของค่าความห่างของเวลาเดินทางแต่ละตัว ทำให้กำจัด Outliers ได้ค่อนข้างเหมาะสม

5.1.3 ลักษณะของข้อมูลความเร็ว Probe และความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

ภาพรวมของข้อมูลจะกล่าวถึงลักษณะของข้อมูล Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ในส่วนของปริมาณข้อมูล จะพบว่าข้อมูลของ Probe นั้นมีค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่มากที่สุดที่ 3.64 ข้อมูลต่อช่วงเวลา 15 นาที คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของข้อมูลทั้งหมด และมีช่วงที่ไม่มีข้อมูลอยู่ 12 เปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาทั้งหมด ส่วนปริมาณข้อมูลของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีจำนวนเฉลี่ย

ของข้อมูลมากที่สุดอยู่ที่ 8.31 ข้อมูลต่อช่วงเวลา 15 นาที คิดเป็น 24 เปอร์เซ็นต์ ของข้อมูลทั้งหมด และช่วงที่ไม่มีข้อมูลคิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ของช่วงเวลาทั้งหมด เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของค่าความเร็วพบว่าค่าความเร็วของ Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธไปในทิศทางเดียวกัน โดยที่ความเร็วของ Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีความสัมพันธ์กันเล็กน้อย (R square เท่ากับ 0.44) และ มีความต่างในภาพรวมประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์นอกจากนี้หากพิจารณาความแตกต่างของค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสอง จะพบว่าความเร็วที่แตกต่างเกิน 10 กม./ชม. มีสัดส่วน 32 เปอร์เซ็นต์ ของช่วงเวลาที่เปรียบเทียบทั้งหมด

5.1.4 การเปรียบเทียบระหว่างข้อมูลจาก Probe และข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากข้อมูลของ Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จะแบ่งเป็น 3 วิธีการเปรียบเทียบดังนี้

1) การเปรียบเทียบเส้นสีจราจรโดยวิธีตารางไขว้

ผลการเปรียบเทียบพบว่าข้อมูลเส้นสีจราจรที่ได้จากข้อมูล Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมีเส้นสีจราจรที่เหมือนกันมากถึง 65 เปอร์เซ็นต์ ใกล้เคียงกัน 30 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ โดยช่วงนอกเวลาเร่งด่วนเช้าและช่วงเวลานอกเร่งด่วนเย็น โดยเส้นสีจราจรเหมือนกันมากที่สุดที่สี่เขียว เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าวความเร็วของสภาพจราจรค่อนข้างอิสระ สำหรับช่วงที่มีเส้นสีจราจรเหมือนกันอีกช่วงคือช่วงเวลาเร่งด่วนเย็น เนื่องมาจากสภาพจราจรติดขัด ส่วนช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า และช่วงเวลากลางวันมีสัดส่วนของเส้นสีจราจรที่เหมือนกันไม่มาก แต่มีสัดส่วนความใกล้เคียงของเส้นสีจราจรค่อนข้างสูง สาเหตุเนื่องมาจากช่วงสี่เหลืองมีความกว้างของช่วงความเร็วเพียง 10 กม./ชม. ดังนั้น จึงทำให้ช่วงที่สภาพจราจรค่อนข้างแปรปรวนมาก (ข้อมูลรายงานสี่เหลืองมากที่สุด)

2) การเปรียบเทียบทั้งเส้นสีจราจรและความเร็วของ Probe โดยการสร้างช่วงความเชื่อมั่น จากค่าความเร็วของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

วิธีการเปรียบเทียบโดยใช้ช่วงความเชื่อมั่นนั้น สามารถแบ่งได้สองวิธีการเปรียบเทียบ ได้แก่

2.1) การเปรียบเทียบเส้นสีจราจร สำหรับการเปรียบเทียบความเชื่อมั่นโดยเส้นสีนั้นเป็นการสร้างความเชื่อมั่นเพื่อที่ต้องการทราบว่าที่ช่วงเวลานั้นๆ มาตรการมีโอกาสจะเป็นเส้นสีจราจรใดได้บ้าง

วิธีนี้ใช้ได้ดีในช่วงที่มีความต่างของสีมาก ๆ หรือช่วงสีที่แคบเท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงในเวลาเร่งด่วน ซึ่งวิธีนี้สามารถบอกได้ว่า สีต่างกันแท้จริงหรือไม่ จากผลของการเปรียบเทียบพบว่าเส้นสีจราจรที่ได้จาก Probe มีความเหมือนสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างเพียง 20 เปอร์เซ็นต์

2.2) การเปรียบเทียบความเร็ว สำหรับการเปรียบเทียบความเร็วโดยใช้ช่วงความเชื่อมั่น พบว่าข้อมูลความเร็วของความเร็วจาก Probe อยู่ในช่วงค่าความเชื่อมั่นเพียง 38 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ข้อมูลที่มีความแตกต่างกันจะมีจำนวนช่วงเวลาที่มีข้อมูลความเร็วของข้อมูล Probe สูงกว่าข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธมากกว่าจำนวนช่วงเวลาที่มีข้อมูลความเร็วของข้อมูล Probe ต่ำกว่า ข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ

3) การเปรียบเทียบโดยพิจารณาจากวิธีเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ย (MAPE)

ส่วนสุดท้ายที่ใช้เปรียบเทียบคือ การเปรียบเทียบความเร็วจาก Probe กับ ค่าความเร็วจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยวิธีเปอร์เซ็นต์ค่าความแตกต่างของความเร็วเฉลี่ย (MAPE) พบว่า MAPE ของความเร็วจาก Probe บนช่วงถนนต่างๆ ตลอดวัน มีค่าอยู่ในช่วง 38.5-46.7 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นนั้น มีสัดส่วนค่า MAPE สูงกว่าช่วงเวลาอื่นๆ เนื่องด้วยสภาพจราจรที่ติดขัด จึงทำให้ความเร็วจากอุปกรณ์ทั้งสองมีความเร็วค่อนข้างต่ำ และมีสัดส่วนค่าความแตกต่างของความเร็วจึงสูงเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาอื่นๆ โดยที่ เมื่อพิจารณาค่า MAPE ที่แตกต่างกันมากที่สุดจะเกิดในช่วงความเร็ว 0-15 กม./ชม. และช่วงที่แตกต่างกันน้อยที่สุดจะเกิดในช่วงความเร็ว 15-25 กม./ชม.

จากผลการเปรียบเทียบทั้งสามวิธี จะทำให้เห็นความสัมพันธ์ของผลการเปรียบเทียบทั้งสามวิธีโดยวิธีตารางไขว้จะแสดงให้เห็นว่าเส้นสีจราจรที่ได้ของ Probe และอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเมื่อทำการเปรียบเทียบเส้นสีโดยตรง จะพบว่าข้อมูลมีความเหมือนกัน 65 เปอร์เซ็นต์ และใกล้เคียงกัน 30 เปอร์เซ็นต์ ในความเป็นจริงค่าที่ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกันนั้นความเร็วที่รายงานจริงๆ อาจไม่มีความแตกต่างกันมากนัก แต่เนื่องด้วยเกณฑ์ที่แบ่งช่วงเส้นสีจราจรติดขัดปานกลางอยู่ในช่วง 15 – 25 กม./ชม. ซึ่งมีความกว้างของช่วงความเร็วเพียง 10 กม./ชม. จึงทำให้โอกาสของผลลัพธ์ของเส้นสีไม่ตรงกันสูง อย่างไรก็ตามการเปรียบเทียบช่วงความเชื่อมั่นของอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ โดยอ้างอิงเส้นสี สามารถบอกได้ว่า สีต่างกันแท้จริงหรือไม่ จากผลของการเปรียบเทียบพบว่าเส้นสีที่ได้จาก Probe มีความเหมือนสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าความเร็วจะเห็นว่าข้อมูลความเร็วของ Probe นั้นส่วนใหญ่จะให้ค่าความเร็วที่สูงกว่าข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ดังนั้นหากนำความเร็วจาก Probe มาสร้างเส้นสีมา

รายงานสภาพการจราจร จะช่วยเพิ่มความมั่นใจในความถูกต้องของการรายงานมากขึ้น เพราะลดระดับของข้อมูล จากตัวเลข(interval) เป็น ลำดับ (ordinal) และ การรายงานกระทำโดยง่าย เข้าใจง่ายโดยผู้ใช้

5.2 สิ่งที่ค้นพบและการนำผลงานวิจัยไปประยุกต์ใช้

- 1) ในงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการนำข้อมูลจาก iTIC มาประมวลผลเพื่อสร้างเป็นค่าสารสนเทศ ทำให้ทราบถึงแนวทางการป้อนข้อมูลเพื่อรายงานข้อมูล และผู้วิจัยได้สร้างแนวทางในการรวมข้อมูลของลิงก์ย่อย โดยใช้หลักการหาความเร็วแบบ Space mean speed เพื่อใช้สร้างเส้นสีจราจร
- 2) การตรวจสอบค่าความถูกต้องของข้อมูล Probe นั้น เป็นไปได้ยาก เนื่องจาก ข้อมูล Probe นั้นมีลักษณะเป็นข้อมูล dynamic กล่าวคือข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ซึ่งจะต้องหามาตรวัดในการเปรียบเทียบที่จะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ ที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องทำให้มีข้อมูลตลอด ซึ่งได้เปรียบกว่าวิธีการสำรวจเป็นครั้งคราว และข้อมูลที่ได้สามารถแปลงเป็นค่าความเร็ว ดังนั้นจึงสามารถใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบได้ข้อมูลจราจรได้
- 3) ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธโดยตรงไม่สามารถนำข้อมูลมาใช้งานได้ ในทันทีที่การนำข้อมูลมาใช้จะต้องผ่านกระบวนการคัดกรองก่อน โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการที่จะคัดกรองโดยการกรองสองขั้นตอน ได้แก่การตัดความเร็วที่เข้าเกินระยะเวลาที่ควรจะเป็นในงานวิจัยนี้เลือกตัดข้อมูลที่ต่ำกว่า 4 กม./ชม.ออก และการกรองข้อมูลโดยวิธี Median absolute deviation, MAD ซึ่งผลลัพธ์ทำให้ได้ข้อมูลที่สามารถใช้สร้างเส้นสีจราจรและความเร็วได้
- 4) งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการเปรียบเทียบข้อมูลจราจรที่หลากหลาย พบว่า
 - 4.1 วิธีเทียบเส้นสีจราจร โดยใช้ตารางไขว้ (Cross Tabulation) วิธีนี้เป็นวิธีที่เข้าใจได้ง่าย แปลความหมายได้โดยตรงว่าสีตรงกันหรือไม่ แต่มีประเด็นของการแปรผล เนื่องจากช่วงเกณฑ์เส้นสีที่ความเร็วต่าง ๆ นั้นมีช่วงความเร็วกำหนด (สภาพจราจรติดขัดสีแดง 0-15 กม./ชม. สภาพจราจรปานกลางสีเหลือง 15-25 กม./ชม. สภาพจราจรคล่องตัวสีเขียว 25 กม./ชม. ขึ้นไป) ดังนั้นถึงแม้ว่าความเร็วที่แท้จริงต่างกันไม่มาก เกณฑ์เส้นสีจราจรที่ต่างกันก็จะทำให้ผลการรายงานต่างกัน อาทิ เช่นความเร็วที่ 16 กม./ชม. และ

14 กม./ชม. ผลลัพธ์ของเส้นสีจางก็จะแสดงสีเหลืองและสีแดง ตามลำดับ ซึ่งในกรณีนี้ก็ถือว่าเป็นข้อจำกัดของวิธีเทียบเส้นสีจาง อย่างไรก็ตามวิธีนี้สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง เนื่องจากผู้รับรู้ข้อมูล ประชาชน สามารถเข้าใจได้ง่าย เนื่องจากใช้ข้อมูลของเส้นสีจาง ของระบบสารสนเทศมาเปรียบเทียบโดยตรง ซึ่งระบบสารสนเทศทั่วโลกในปัจจุบันนั้นรายงานผลเป็นเส้นสี ดังในส่วนของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 อาทิเช่น INRIX , Inc. ,Tom Tom corp. รวมถึง google map ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เพราะหากไม่มีข้อมูลที่ละเอียดกว่านี้ ก็จะสามารถเปรียบเทียบได้เพียงวิธีนี้วิธีเดียวเท่านั้น

4.2 วิธีการประมาณช่วงความเชื่อมั่น วิธีนี้จะให้ความสำคัญว่าลูทูนั้นมีความแม่นยำถูกต้องมากน้อยเพียงใด ในแต่ละช่วงเวลา หากข้อมูลมีจำนวนน้อย หรือการกระจายของค่าความเร็วในช่วงนั้นๆ สูง ก็จะทำให้ช่วงความเชื่อมั่นในช่วงนั้นกว้าง หรือ มีโอกาสที่ไม่สามารถที่จะปฏิเสธได้ว่าข้อมูลมีความต่างกันที่สูง (มีโอกาสมารับข้อมูลเปรียบเทียบสูง) ซึ่งช่วงที่ไม่สามารถปฏิเสธกว้างก็ถือว่าเป็นข้อจำกัดของวิธีนี้ เนื่องจากค่าที่เข้ามามีโอกาสยอมรับสูง โดยวิธีการเปรียบเทียบโดยใช้ช่วงความเชื่อมั่นนั้น สามารถแบ่งได้สองวิธีการเปรียบเทียบ ได้แก่

4.2.1 การเปรียบเทียบเส้นสีจาง การสร้างความเชื่อมั่นเพื่อที่ต้องการทราบว่าในช่วงเวลานั้นๆ มาตรฐานมีโอกาสจะเป็นเส้นสีจางใดได้บ้าง เส้นสีจางของ Probe ที่รายงานอยู่ในช่วงสีที่เหมาะสมหรือไม่ โดยวิธีนี้มีข้อดีคือไม่ได้พิจารณาจากค่าสีเพียงอย่างเดียว แต่พิจารณาถึงมาตรฐาน โดยวิธีนี้ใช้ได้ดีในช่วงที่มีความต่างของสีมากๆ หรือช่วงสีที่แคบเท่านั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ช่วงในเวลาเร่งด่วน ซึ่งวิธีนี้สามารถบอกได้ว่า สีต่างกันแท้จริงหรือไม่

4.2.2 การเปรียบเทียบความเร็ว เป็นการพิจารณาค่าความเร็วของ Probe ว่าความเร็วที่รายงานนั้นอยู่ในช่วงที่รับได้หรือไม่ ทำให้ทราบถึงความเร็วที่รายงานสูง หรือต่ำกว่าค่าที่ควรจะเป็น

4.3 วิธีเปรียบเทียบโดยวิธีค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Mean Absolute Percent Error, MAPE) วิธีนี้ทำให้ทราบถึงสัดส่วนความต่างของค่าความเร็วจากอุปกรณ์ทั้งสองเป็นหลัก ซึ่งในกรณีการเปรียบเทียบข้อมูลสภาพจราจรช่วงชั่วโมงเร่งด่วนที่มีสภาพจราจรล่าช้า จะทำให้โอกาสที่ค่า MAPE สูงกว่าช่วงอื่นๆ เนื่องจากค่า

ความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ทั้งสองมีความเร็วต่ำ (0 – 15 กม./ชม.) จากความถี่ของข้อมูล ที่เปรียบเทียบในช่วงเวลาดังกล่าวจะพบว่าค่า MAPE ที่สูงกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ เป็น สัดส่วนความถี่ 19 เปอร์เซ็นต์จากข้อมูลในช่วงดังกล่าว

5.3 ข้อเสนองานวิจัยและแนวทางการศึกษาในอนาคต

1) การพัฒนาข้อมูล

ในส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพข้อมูล จากการศึกษาพบว่าข้อมูลความเร็วจาก Probe มีการแกว่งจากค่าความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธ จึงเป็นข้อสังเกตว่าหากใช้งาน ข้อมูลที่ได้จาก Probe อาจต้องพิจารณาไม่ให้เกิดการแกว่งของข้อมูล กล่าวคือ การสร้าง buffer ของ การเปลี่ยนแปลงของความเร็ว ให้ค่อยเป็นค่อยไปโดยอาจเปรียบเทียบกับค่าความเร็วที่รายงานเดิม เรื่องของการปรับค่าความเร็วเพื่อใช้รายงานเป็นสารสนเทศการจราจรเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาต่อไป เนื่องจากจะต้องพิจารณาสองปัจจัย ได้แก่ การรายงานข้อมูลให้ทันกาล (real time) ความถูกต้อง (correctness) ของค่าการจราจรที่รายงาน

นอกจากนี้ในด้านของปริมาณแหล่งข้อมูล พบว่าข้อมูลจาก Probe ในบางช่วงเวลาข้อมูลอาจ ไม่เพียงพอในการนำไปประมวลผลเพื่อรายงานสารสนเทศจราจร อันที่จริงแล้วในงานวิจัยนี้จะเห็นว่า ความเร็วที่ได้จากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นข้อมูลความเร็วที่ได้มีความใกล้เคียงกับสภาพ จราจร ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอว่าหากใช้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธช่วยสร้างแหล่งข้อมูล ก็จะทำให้ สารสนเทศจราจรมีแหล่งข้อมูลเพิ่มขึ้น

2) การพัฒนางานวิจัย

อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธหน้าที่หลักคือการตรวจจับ MAC address ของยานพาหนะ ที่ผ่านจุดติดตั้ง แต่ในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการนั้นมาประยุกต์ใช้กับการหาความเร็ว ซึ่งอันที่จริงแล้ว อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธนั้นหากนำไปติดตั้งให้ครอบคลุมทั่วโครงข่าย ทำให้สามารถบันทึก MAC address ของยานพาหนะที่ผ่านจุดต่างๆ ได้ทำให้เราสามารถหาแนวโน้มของเส้นทางที่ ยานพาหนะผ่าน ทำให้ทราบว่าจุดใดยานพาหนะผ่านมากหรือน้อย ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ในการ จัดการจราจรให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นได้ แน่แน่นอนว่าในอนาคตโอกาสที่ยานพาหนะรุ่นใหม่จะมีการติดตั้ง อุปกรณ์สัญญาณบลูทูธไว้ในยานพาหนะก็มีโอกาสสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้จำนวนปริมาณข้อมูลที่ตรวจจับได้ มีโอกาสเพิ่มขึ้น ทำให้อุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณบลูทูธอาจมีบทบาทต่อการจัดการจราจรมากขึ้นใน อนาคต

รายการอ้างอิง

Bhaskar, A. and Chung, E. (2013). Fundamental understanding on the use of Bluetooth scanner as a complementary transport data. Transportation Research Part C. C 37, 42–72.

Bluetooth SIG Inc. (2014). A Look at the basics of bluetooth technology. [Online]. Available from : <https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology> [2014,May 21]

Cambridge Systematics, Inc. (2012). Travel time data collection white paper, Florida Department of Transportation.

Rakha H. and M. Van Aerde. (1995). Accuracy of vehicle-probe estimates of link-travel time and instantaneous speed. The Proceedings of The 1995 Annual Meeting of ITS America.

Haseman, R. J., et al. (2010). Work zone travel time delay and evaluation metrics using bluetooth probe tracking. Transportation Research Board. Vol. 2169.

Highway Agency (2014). Highway England : Traffic Information. [Online]. Available from : <http://www.highways.gov.uk/traffic-information/> [2014,May 30]

INRIX Inc. (2014). Traffic Information. [Online]. Available from : <http://www.inrix.com/trafficinformation.asp> [2014,May 20]

Jie., L., et al. (2011). Monitoring travel times in an urban network using video, GPS and Bluetooth. Procedia Social and Behavioral Sciences. Vol. 20: 630–637.

Kraus, J.D. and R. J., Marhefka. (2001). Antennas For All Applications (3rd International Edition). McGraw-Hill.

Lean Sigma Corporation. (2015). Box Plot with Minitab. [Online]. Available from : <https://www.leansigmacorporation.com/tag/box-plot/> [2015,June 1]

Malinovskiy, et al. (2009). Field experiments on Bluetooth-based travel time data collection. Transportation Research Board.

Mauricio I. C., et al. (2003). Travel time and delay analysis using GIS and GPS. Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. vol 4 : 688-700.

Middleton, D., et al. (2007). State of the art evaluation of traffic detection and monitoring systems. Transportation Research Board. Vol 1 : 124.

Muhammed, R. and A. Egemalm. (2012). Travel time estimation based on Bluetooth sensors: Results from a Comparative Field Test. ITS World Congress Vienna, Austria 22 to 26 oct 2012.

Sringiwai, K., et al. (2010). RFID-based travel time estimation : development case in Bangkok. Proceedings of the 15th International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies. : 139-146.

Karlsson, S. and A. Lugn. (2014). The history of bluetooth. [Online]. Available from : <http://www.ericssonhistory.com/changing-the-world/Anecdotes/The-history-of-Bluetooth-/> [2014, Jan 17]

Tom Tom Corp. (2014). How does GPS work. [Online]. Available from : <http://www.tomtom.com/howdoesitwork/page.php?ID=8&CID=2&Language=1> [2014,Jan 21]

Turner et al. (1998). Travel time collection handbook. Federal Highway Administration.

Wasson, J., et al. (2008). Real-Time travel time estimates using media access control address matching. Institute of Transportation Engineers Journal. Vol. 78 : 20-23.

Wilbur Smith Associates. (2007). Travel time and delay study, Jonesboro Metropolitan Planning Organization.

Wang, Y. et al. (2011). Error modeling and analysis for travel time data obtained from Bluetooth mac address matching. Transportation Northwest Regional.

Young, S. (2008). Bluetooth traffic detectors for use as permanently installed travel time instruments. University of Maryland Center for Advanced Transportation Technology.

กฤติกา วิชาธร. (2554). สารสนเทศคืออะไร. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.gotoknow.org/posts/376670> [20 พฤษภาคม 2556]

พีรวัส โขติพานิช และ ภวินท์ เจริญสมบัติ. (2558). การรวบรวมข้อมูลจากอุปกรณ์บลูทูธ. ปรินญาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย. (2551). ที่มาการจัดตั้งมูลนิธิศูนย์ข้อมูลจราจรอัจฉริยะไทย. [ออนไลน์] แหล่งที่มา : <http://www.iticfoundation.org/th/about/what> [1 เมษายน 2556]



ภาคผนวก



ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธนา โปธานนท์ เกิดวันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2533 สำเร็จการศึกษาจากโรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2550 ระดับปริญญาตรีจบการศึกษาจากมหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา ปี พ.ศ. 2554

