

The RFID-based travel time estimation: development case in Bangkok

ขวัญชัย ศรีจิวราย, ณกร อินทร์พยุ่ง, วิรุฬห์ ศรีบริรักษ์,

เอกชัย สุมาลี, ไพโรจน์ ไร่ธนาชกุล

หน่วยวิจัยโลจิสติกส์และสมองกลฝังตัว (BAL-Labs)

คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

Abstract:

บทความนี้เสนอการพัฒนาแบบประเมินสภาพการจราจรแบบเรียลไทม์ในโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯ โดยอาศัยข้อมูลจาก RFID และ GPS probe เป็นหลัก โครงสร้างของระบบประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลักได้แก่ Offline filtering ซึ่งประมวลผลในทุกๆวัน และ Online estimation ซึ่งประมาณค่าความเร็วกระแสจราจรแบบเรียลไทม์ในทุกๆช่วงเวลา 5 นาที กลุ่มตัวอย่างโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯจำนวน 5 เส้นทาง ถูกนำมาประเมินประสิทธิภาพของระบบที่นำเสนอ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ข้อมูลความเร็วกระแสจราจรที่ได้มีความถูกต้องโดยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 85

Keywords: Travel time estimation, RFID traffic, Real-time traffic data

1. Introduction

ปัญหาจราจรติดขัดเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในเมืองขนาดใหญ่ต่างๆในโลกปัจจุบัน ในสภาพการจราจรที่หนาแน่นนั้นหากผู้ใช้รถยนต์ได้รับข้อมูลสภาพการจราจรที่ถูกต้องและทันทั่วทั้งที่จะสามารถตัดสินใจเลือกเส้นทาง การเดินทางหรือรูปแบบการเดินทางที่มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุดได้ ระบบการประเมินสภาพจราจรได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น ในเมืองฮ่องกงระบบ Advanced Traveler Information System (ATIS) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินความแออัดของสภาพจราจรโดยใช้ข้อมูล RFID (Auto toll tag) ของรถยนต์ที่ผ่านจุดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ เมืองต่างๆในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนาระบบประเมินสภาพจราจรโดยใช้ข้อมูลจากหลายๆแหล่ง อาทิเช่น Toll tag, GPS data, Sensors และ Cellphone และให้บริการข้อมูลสภาพจราจรผ่านสื่อต่างๆ อาทิเช่น Traffic.com ในกรุงเทพมหานครได้มีการพยายามที่จะพัฒนาระบบดังกล่าวเช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่แล้วระบบการประเมินสภาพจราจรจะขึ้นอยู่กับรูปแบบ และลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันได้แก่ ข้อมูลความเร็วจราจรที่เก็บจาก Loop detector, Sensors ข้อมูลกล้อง CCTV หรือ Image processing เป็นหลัก

ความเร็วของกระแสจราจรที่ได้จาก Loop detector, Image processing และ Sensors ที่มีอยู่ในกรุงเทพฯจะต่างจากระยะเวลาเดินทาง (Journey time) จริงของเส้นทางต่างๆ เนื่องจากสภาพการจราจรจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากกับตำแหน่งของยานพาหนะบนถนน ยกตัวอย่างเช่น สำหรับถนนทั่วไปในกรุงเทพมหานคร ความล่าช้าของการเดินทางจะเกิดขึ้นที่แยกต่างๆโดยส่วนใหญ่ ซึ่งถ้าเราทำการวัดความเร็วจราจรที่แยกต่างๆ ความเร็วที่ได้จะเป็นศูนย์ หรือเป็นความเร็วจราจรที่เกิดขึ้นจากการไหลของจราจรหลังจากได้รับสัญญาณไฟเขียว ซึ่งความเร็วที่วัดได้นี้ไม่สามารถนำมาประเมินระยะเวลาแถวคอย หรือระยะเวลาเดินทางจริงๆของยานพาหนะ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้ เราจึงได้นำเสนอระบบการประเมินสภาพจราจรโดยใช้ข้อมูล RFID เป็นหลัก

ปัจจุบัน ได้มีการทำวิจัยและพัฒนาระบบประเมินสภาพการจราจรโดยใช้ข้อมูล RFID หรือ Automatic vehicle identification (AVI) อย่างแพร่หลาย โดยมีส่วนประกอบ 2 ส่วนที่สำคัญ ส่วนแรกคือ ระบบการกลั่นกรอง

ระยะเวลาการเดินทางที่ถูกต้อง (Data filtering algorithm) และ ส่วนที่ 2 คือ ระบบประมวลผลข้อมูลโดยรวม (Data fusion processor) รูปแบบข้อมูล RFID ประกอบด้วยเวลาของที่ยานพาหนะผ่านจุดต่างๆที่ได้มีการติดตั้ง RFID reader ไว้ อย่างไรก็ตาม ระยะเวลาการเดินทางของยานพาหนะต่างๆที่สามารถคำนวณได้อาจจะไม่สามารถนำมาใช้ในการประเมินสภาพจราจรที่แท้จริงได้เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาการเดินทางของยานพาหนะนั้นๆผ่าน 2 จุดที่ได้ทำการเก็บข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น ยานพาหนะนั้นอาจจะออกนอกเส้นทางการจราจรที่เราต้องการทำการประเมินสภาพจราจร (Route diversion effect) หรือยานพาหนะนั้นอาจจะมีการหยุดระหว่างทางเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ โดยระบบ Data filtering จะช่วยกลั่นกรองข้อมูลที่ถูกส่งก่อนที่จะนำมาใช้ประเมินสภาพจราจร ได้มีการพัฒนาและนำเสนอระบบ Data filtering algorithm อย่างหลากหลายในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบ TranStar ในเมืองฮิวส์ตัน, ระบบ TransGuide ในเมืองซานอันโตนิโอ, หรือ ระบบ Transmit ในเมืองนิวยอร์ก และนิวเจอร์ซีย์ โดยที่ระบบต่างๆก็มีจุดอ่อน และ จุดแข็งที่ต่างกันไป ยกตัวอย่างเช่นระบบ TransGuide (SRI, 1998) ไม่สามารถที่จะทำการประเมินสภาพจราจรที่แน่นอนได้ถ้าหากสภาพจราจรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่แน่นอนโดยเปรียบเทียบจากสถิติที่ผ่านมา ระบบ TranStar (<http://traffic.houstontranstar.org>) จำเป็นที่จะต้องมีการใช้ข้อมูล RFID จำนวนมากพอเพื่อที่จะสามารถประเมินสภาพจราจรได้อย่างแม่นยำซึ่งอาจจะเป็นปัญหาสำหรับระบบที่มีจำนวนยานพาหนะที่ได้ติดตั้ง RFID tag จำนวนน้อย สำหรับระบบ Transmit (Mouskos *et al.*, 1998) นั้นได้มีการปรับใช้ฐานข้อมูลสภาพจราจรแบบ Off-line เข้ามาช่วยในการประเมินสภาพจราจร แต่นำหนักที่ให้การประเมินค่าระหว่างข้อมูลแบบเรียลไทม์และข้อมูลแบบ Off-line ได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าทำให้การประเมินสภาพจราจรไม่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามสภาพการจราจรที่เป็นจริง Dion และ Rakha (2006) ได้เสนอวิธีการกลั่นกรองระยะเวลาการเดินทางที่ถูกต้องโดยมีการปรับเปลี่ยนช่วงระยะเวลาการเดินทางแบบพลวัต (Dynamic time window) ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพจราจรที่ได้จากข้อมูลแบบเรียลไทม์ Tam และ Lam (2006) ได้ปรับใช้ระบบดังกล่าวกับฐานข้อมูลสภาพจราจรแบบ Off-line เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินสภาพจราจรในกรณีที่มีข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่จำกัด ระบบ Data filtering ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นสามารถนำมาปรับใช้กับข้อมูล RFID ที่ได้จาก รถยนต์ส่วนบุคคล รถแท็กซี่ และรถบรรทุกขนส่งสินค้าได้

ในส่วนของคุณข้อมูล RFID ที่ได้จากรถโดยสารประจำทางนั้นจะมีความแตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากข้อมูลในส่วนแรก เนื่องจากระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารประจำทางจะรวมระยะเวลาที่จอดรับส่งผู้โดยสารตามจุดต่างๆด้วย นอกจากนั้นแล้วความเร็วในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางโดยส่วนใหญ่จะช้ากว่ายานพาหนะอื่นๆเนื่องจากขนาดของยานพาหนะ และระยะเวลาที่ต้องเร่งและลดความเร็วในบริเวณป้ายหยุดรถ อย่างไรก็ตาม จุดเด่นของคุณข้อมูล RFID ของรถโดยสารประจำทางคือ ความสม่ำเสมอของปริมาณข้อมูลที่สามารถเก็บได้ และเส้นทางในการเดินทางที่แน่นอน ซึ่งสามารถนำไปช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการ Filter ข้อมูลยานพาหนะประเภทอื่นที่มีระยะเวลาการเดินทางในเส้นทางเกินระยะเวลาการเดินทางที่คาดหวังได้ (Expected travel time) Elango และ Dailey (2000) และ Cathey และ Dailey (2002) เสนอวิธีการปรับใช้ข้อมูลระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารประจำทางเพื่อวัดความเร็วจราจรตามจุดต่างๆ อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวไม่ได้นำเสนอวิธีคำนวณระยะเวลาเดินทางของยานพาหนะทั่วไปจากข้อมูลรถโดยสารประจำทาง Chakroborty และ Kikuchi (2004) ได้เสนอการสร้างสมการทางสถิติเพื่อที่จะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารประจำทาง และยานพาหนะทั่วไป โดยได้ทดสอบ และปรับใช้วิธีดังกล่าวกับเส้นทางรถโดยสารประจำทางในเมืองเดลาแวร์ประเทศสหรัฐอเมริกา สังเกตด้วยว่า ข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในการศึกษาดังกล่าวเป็นข้อมูล GPS tracking ของรถโดยสารประจำทางซึ่งระยะเวลาที่จอดหยุดรับส่งผู้โดยสารระหว่างทางสามารถคำนวณออกมาได้โดยตรง ระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารประจำทางในงานวิจัยนี้ อาศัยข้อมูล RFID ซึ่งไม่สามารถคำนวณระยะเวลาที่จอดรับส่งผู้โดยสารจะได้โดยตรง อย่างไรก็ตาม วิธีการที่นำเสนอโดย Chakroborty และ Kikuchi (2004) ก็สามารถนำมาปรับใช้กับข้อมูลดังกล่าวได้ โดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลระยะเวลาการเดินทางของรถยนต์ทั่วไป และรถประจำทาง

เราได้เสนอข้อมูลที่ได้จากโครงข่ายอาร์เอฟไอดี (RFID sensor network) รวมทั้งข้อมูลจาก GPS vehicle probe มาประยุกต์ใช้ในการประเมินสภาพการจราจรในกรุงเทพฯแบบเรียลไทม์ ความแม่นยำของการประเมินสภาพจราจรจะขึ้นอยู่กับระบบกลั่นกรองข้อมูลระยะเวลาการเดินทางที่ผสมผสานระหว่างข้อมูล RFID และ GPS ของรถยนต์ (Probe vehicle) เป็นหลัก หลังจากที่ได้กล่าวมาแล้ว ในส่วนที่ 2 กล่าวถึงการนำเทคโนโลยีอาร์เอฟไอดีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการเก็บข้อมูลความเร็วจราจร ส่วนที่ 3 กล่าวถึง โครงข่ายการจราจร การจำแนกประเภทของข้อมูล และกำหนดลักษณะพิเศษของเส้นทางจราจร ส่วนที่ 4 กล่าวถึง การออกแบบและพัฒนาระบบประเมินสภาพจราจร ส่วนที่ 5 แสดง Development case ในกรุงเทพฯ และส่วนสุดท้ายเป็นสรุปและอภิปรายผล

2. RFID Technology

ระบบบ่งชี้วัตถุด้วยคลื่นความถี่วิทยุ หรือ ระบบ RFID ที่ทีมวิจัยออกแบบและพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย อุปกรณ์ RFID reader จำนวนมาก สร้างเป็นโครงข่ายอาร์เอฟไอดีเพื่อใช้ตรวจจับข้อมูลยานพาหนะที่วิ่งผ่านภายในโครงข่ายถนน ระบบ RFID sensor network ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 4 ส่วนคือ

1. Base station คือ อุปกรณ์อ่านสัญญาณ (RFID reader) ซึ่งจะถูกติดตั้งตามจุดต่างๆตามถนน เช่น บริเวณสี่แยก บ่อตำรวจ หรือป้ายรถเมล์ และภายในตู้โทรศัพท์สาธารณะที่อยู่ข้างทางเป็นหลัก โดยอุปกรณ์ RFID reader จะส่งข้อมูล ID ของยานพาหนะที่อ่านค่าได้ ไปยังศูนย์ควบคุม ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (ADSL) หรือผ่านเครือข่ายไร้สาย GPRS, CDMA หรือ 3G รูปที่ 1 แสดงอุปกรณ์ RFID base station

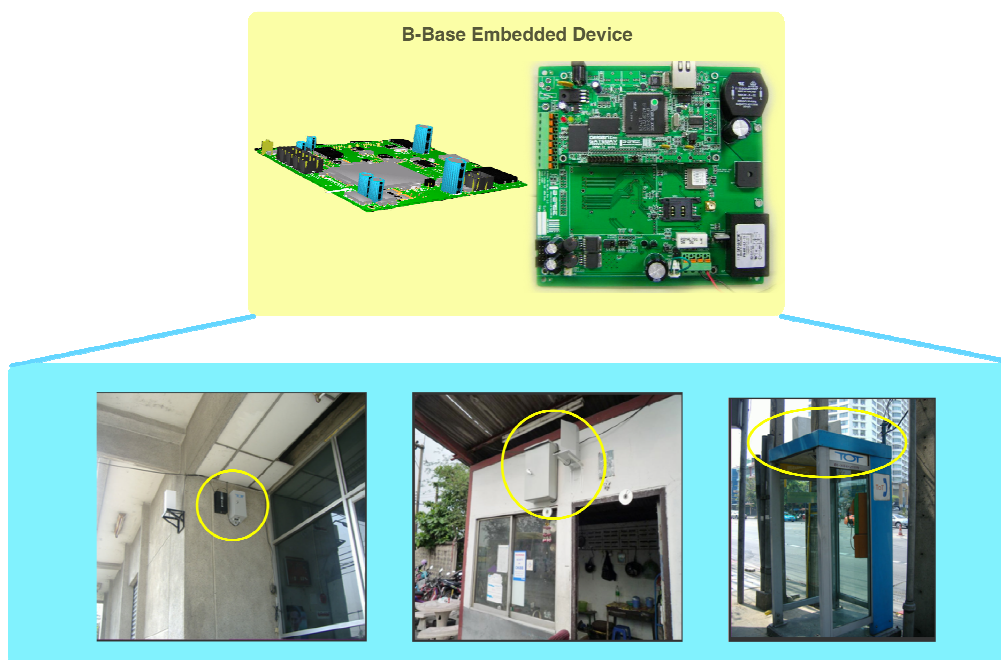


Fig. 1 RFID base station (B-Base)

<http://bal.buu.ac.th/bal2010/?q=bbase>

2. RFID tag ซึ่งจะถูกติดตั้งภายในยานพาหนะต่างๆ เช่น ยานพาหนะส่วนบุคคล รถแท็กซี่ รถประจำทาง รถขนส่งสินค้า หรือรถยนต์ประเภทอื่นๆ โดย RFID tag (Active) จะส่งข้อมูลแสดงตน (Vehicle ID) ไปที่ RFID reader ซึ่งติดตั้งอยู่ตามจุดต่างๆตามถนน รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ RFID tag

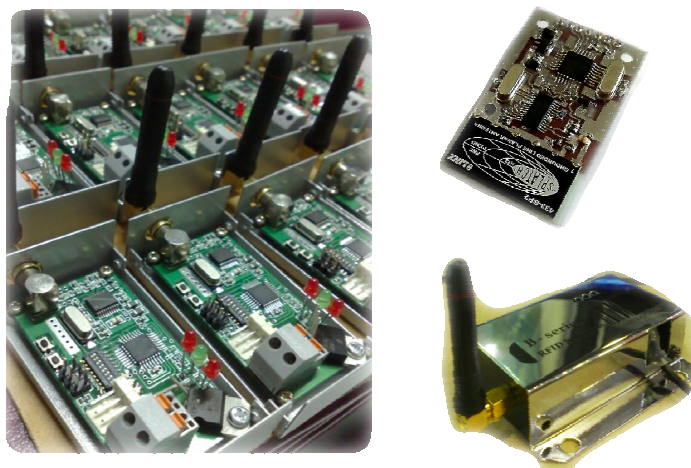


Fig. 2 RFID tag (B-Mov)

3. ศูนย์ควบคุมกลาง ทำหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูล และควบคุมการทำงานของระบบโครงข่ายอาร์เอฟไอดี ที่ติดตั้งตามถนนทั้งหมด โดยใช้การควบคุมระยะไกลผ่านเครือข่าย Fixed IP VPN หรือ Dyn DNS ไปที่ RFID reader แต่ละตัว

4. ซอฟต์แวร์แอปพลิเคชัน ทำหน้าที่ในการคัดกรองข้อมูลเบื้องต้น วิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูล เพื่อตอบสนองความต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกัน อาทิเช่น ควบคุมและติดตามยานพาหนะและจัดตารางเวลาเดินรถ เป็นต้น

ระบบ RFID ที่พัฒนาขึ้นนั้น มีแนวคิดมาจากระบบ RFID ทั่วไป แต่เพิ่มความสามารถในการสื่อสารได้ 2 ทาง (RF transceiver) คือ ระหว่าง RFID reader และยานพาหนะ (Vehicle tag) เพื่อเพิ่มขั้นตอน (Protocols) ตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือในการรับส่งข้อมูล รวมทั้งเพื่อรองรับการสร้างแอปพลิเคชันในการใช้งานที่หลากหลาย อาทิเช่น การรับข้อมูล ID สถานี เพื่อทำสื่อโฆษณาบนรถประจำทาง เป็นต้น ระบบ RFID sensor network ที่พัฒนา หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง มีลักษณะเดียวกับระบบ V2I (Vehicle-to infrastructure system) โดยมีการส่งสัญญาณ Beacon ระหว่างยานพาหนะและสถานีรับสัญญาณที่อยู่ข้างทาง (Roadside infrastructure) ภายใต้ [CALM Standard](#)

3. Data Structure

ในส่วนนี้ กล่าวถึงรายละเอียดของโครงสร้างข้อมูล และการจัดเตรียมข้อมูลเบื้องต้น เพื่อนำมาประมาณค่าความเร็วกระแสจราจรของเส้นทาง โดยแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาโครงสร้างของข้อมูลนั้นจะสอดคล้องกับสภาพโครงข่ายถนนของกรุงเทพฯ, แหล่งที่มาของข้อมูล รวมทั้งความต้องการในการพัฒนาแอปพลิเคชันการใช้งานตามระยะเวลาที่เหมาะสม โดยในงานวิจัยนี้ ข้อมูลระยะเวลาในการเดินทางจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการวางแผนระบบขนส่งสาธารณะ ระบบขนส่งและกระจายสินค้า และระบบโลจิสติกส์ในเมืองหลวง เป็นหลัก

3.1 Travel time network

การสร้างโครงข่ายข้อมูลระยะเวลาในการเดินทาง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ตารางจุดเริ่มต้น-จุดหมายปลายทางของระยะเวลาในการเดินทางในกรุงเทพฯ (OD travel time matrix) ในงานวิจัยนี้ เราอาศัยข้อมูลระยะเวลาในการ

เส้นทางที่ได้จากโครงข่ายอาร์เอฟไอดีที่ติดตั้งอยู่ที่ตู้โทรศัพท์สาธารณะ (RFID node) รวมทั้งจุดพิกัด GPS หรือ Virtual node เพื่อใช้เป็น Offset ข้อมูลตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์จากอุปกรณ์ GPS ซึ่งรวมมี Node ทั้งหมดเท่ากับ 521 Nodes โดยสร้างเป็น OD Link หรือโครงข่ายของถนนที่เชื่อมต่อกัน โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์ของผู้วิจัยเป็นหลัก จาก Nodes ดังกล่าวถูกนำมาสร้างตาราง OD time ขนาด $[2360 \times 2360]$ ครอบคลุมโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯและปริมณฑล ซึ่งมีจำนวนเพียงพอสำหรับการใช้ในการวางแผนระบบขนส่งสาธารณะ ระบบขนส่งและกระจายสินค้า และระบบโลจิสติกส์ในกรุงเทพฯได้

การสร้างและอัปเดตระยะเวลาในการเดินทางระหว่าง OD Pairs หรือ Link ใดๆใน OD matrix จะเป็นการสร้างข้อมูลระยะเวลาในการเดินทางจาก Node ถึง Node ภายในโครงข่ายถนนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า (Sringiwray และ Indra-Payoong, 2007) ทั้งนี้เพื่อความสะดวก ความเร็วในการประมวลผล และความเสถียรภาพในการ Maintain ฐานข้อมูล รวมทั้งเพื่อป้องกันปัญหาการเพิ่มจำนวน Link ใน OD matrix อย่างรวดเร็ว ซึ่งทำให้เกิดข้อมูลที่ไม่จำเป็นในระบบฐานข้อมูล (รวมทั้ง ข้อมูล Link บางส่วนในตารางจะไม่สมบูรณ์ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ไม่มีข้อมูลจราจรใน Link นั้นๆ ในช่วงวันและเวลานั้นๆ ทำให้ความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของข้อมูลจราจร จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการพยากรณ์เป็นหลัก ซึ่งอาจจะทำได้ยากในโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯซึ่งมีความแปรปรวนของระยะเวลาในการเดินทางสูง)

เราแบ่งลักษณะทางกายภาพของ Link เป็น 3 ระดับ ได้แก่ Road (at grade), Elevated, และ Toll โดยสอดคล้องกับตำแหน่งของ RFID และ GPS nodes ภายในโครงข่ายข้อมูลจราจร เพื่อประโยชน์ในการทำ Route diversion ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องอ่าน RFID ในระดับถนน (at grade หรือ specific location) และใช้ข้อมูล Attitude ระดับความสูงที่ Return ค่าจากอุปกรณ์ GPS มาใช้ประเมินความเร็วของถนนในทั้ง 3 ระดับ อุปกรณ์ RFID reader ที่พัฒนาขึ้นโดยคณะวิจัย สามารถ Customized ระยะการอ่านสัญญาณ (Spot area) และติดตั้งในตำแหน่งที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้อมูลตามความต้องการได้ นอกจากนี้ เนื่องจากลักษณะเฉพาะของ Link มีลักษณะที่แตกต่างกันได้แก่ จุดกลับรถ ทิศทางการวิ่งเฉพาะยานพาหนะบางประเภท ในแต่ละช่วงเวลา จำนวนจุดตัดและจุดเชื่อมต่อของถนนใน Link จำนวนช่องทางจราจร และจำนวนป้ายหยุดรถประจำทาง ภายใน Link นั้นๆ จะถูกกำหนดเป็นโลคอลพารามิเตอร์และถูก Maintain ไว้ในระบบฐานข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเร็วกระแสจราจรที่มีลักษณะเฉพาะของ Link นั้นๆ

โดยอาศัยข้อมูลจากโครงข่ายอาร์เอฟไอดี ระยะเวลาในการเดินทางของ Link i สามารถคำนวณได้จาก

$$t_i = S_q - S_p; \quad S_q > S_p \quad (1)$$

โดยที่ S_q, S_p คือ เวลาที่ Vehicle tag วิ่งผ่านอุปกรณ์ RFID reader q และ p

3.2 Vehicle types

ในระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการประเมินความเร็วกระแสจราจรของโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯ เราแบ่งประเภทยานพาหนะออกเป็น 13 ประเภท โดยพิจารณาตามความเร็วของยานพาหนะ รวมทั้งเพื่อประโยชน์ในการใช้งานต่อเนื่องในอนาคตให้สอดคล้องกับการแบ่งประเภทของยานพาหนะตามสำนักนโยบายและแผนการจราจรและขนส่ง (สนข.) และกรมการขนส่งทางบก ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังนี้ เรียงลำดับยานพาหนะที่ใช้ความเร็วต่ำสุด ไปยังมากที่สุด

- (K) รถพ่วง (Trailer)

- (k) รถกึ่งพ่วง (Semi-trailer)
- (H) รถบรรทุก 10 ล้อ (10-wheeled truck)
- (h) รถบรรทุก 6 ล้อ
- (B) รถบัสโดยสารประจำทาง
- (b) รถมินิบัสโดยสารประจำทาง
- (P) รถบัสโดยสารขนาดใหญ่
- (p) รถบัสโดยสารขนาดเล็ก
- (L) รถขนส่งสินค้า (กระบะ, ตู้)
- (T) แท็กซี่
- (V) รถตู้โดยสาร
- (A) รถยนต์ส่วนบุคคล
- (M) มอเตอร์ไซด์

การเก็บข้อมูลความเร็วของยานพาหนะแต่ละประเภทจะถูกแปลง ให้เป็นความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคล (A) และมีค่าแตกต่างกันในแต่ละ Link เนื่องจากจำนวนจุดจอด ป้ายหยุดรถประจำทาง จุดตัดและจุดเชื่อมต่อของ Link เป็นต้น ยกตัวอย่างเช่น การแปลงความเร็วของรถประจำทางให้เป็นความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคลสำหรับ Link i , v_{iA} สามารถคำนวณได้จาก

$$v_{iA} = c_{iB} + \beta_{iB} v_{iB} \quad (2)$$

โดยที่ c_{iB} คือ ค่า Intercept ของ Regression line สำหรับรถประจำทาง

β_{iB} คือ ค่า Regression coefficient และ v_{iB} คือ ค่าความเร็วของรถประจำทาง

ยกตัวอย่างงานวิจัยของ [Bae \(1995\)](#) ได้ประมาณค่า $c_{iB} = 11.88$ และ $\beta_{iB} = 0.66$ โดยทดสอบกับรถประจำทางจำนวน 3 เส้นทาง

ในงานวิจัยนี้ข้อมูลจราจรที่ได้ มาจากรถประจำทางและรถ Taxi เท่านั้น โดยแปลงค่าให้เป็นความเร็วของรถยนต์ส่วนบุคคล และการนำไปใช้งานจะถูกเก็บไว้เป็น Properties ของ Link แต่ละ Link ในฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวลผล

4. Travel time estimation

โดยทั่วไป การประมาณค่าความเร็วจราจรอาจเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีทำอาหาร ซึ่งผู้คนส่วนมากต่างก็รู้ขั้นตอนวิธีการทำและส่วนประกอบของอาหารที่ต้องใช้ปรุงอาหาร อย่างไรก็ตาม แต่ละพื้นที่ แต่ละประเทศต่างก็มีแหล่งวัตถุดิบ คุณภาพ และราคาของวัตถุดิบ ที่ต่างกันไป ดังนั้น สิ่งที่เป็น Key ในการประมาณค่าความเร็วจราจร ก็คือ การเลือกแหล่งข้อมูลที่เหมาะสม ซึ่งอาจได้มาจากหลายๆ แหล่ง อาทิเช่น GPS/RFID vehicle, Cellphone probe, Toll tag, Loops detector, Autoscope และ Infrared sensor เป็นต้น ประกอบกับความพิถีพิถันในการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลในโครงข่ายถนนของแต่ละพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะ รวมทั้งความเป็นไปได้และข้อจำกัดในการใช้ทรัพยากรคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถประมวลผลข้อมูลแบบเรียลไทม์ภายในโครงข่ายถนนในเขตเมืองหลวงขนาดใหญ่

ในระบบประเมินสภาพจราจรในกรุงเทพ (Siamtraffic1.0) เราออกแบบช่วงเวลาการเก็บและประมวลผลข้อมูลจราจรในทุกๆ 5 นาที (5-min interval) ในแต่ละชั่วโมง และแต่ละประเภทของวันในสัปดาห์ ในปัจจุบัน เราอาศัยแหล่งข้อมูลที่ได้จาก Probe vehicle (ยานพาหนะที่ติดตั้งเครื่องรับสัญญาณ GPS) เพียงอย่างเดียว

สำหรับ GPS data ข้อมูลความเร็วของยานพาหนะ จะเป็นความเร็วที่ยานพาหนะวิ่งผ่านโหนด 2 โหนดใดๆ ในโครงข่ายข้อมูลจราจรในหัวข้อ (3.1) และ Offset ของค่าพิกัด 2 จุด (Vertex) หรือ Sub-linkใดๆ ใน Segment หรือ Shape file ของ Link นั้นๆ เท่านั้น จากผลการทดลองเบื้องต้น เราจะหลีกเลี่ยงการนำค่าความเร็วโดยตรงจากตัวอุปกรณ์ GPS ที่รับค่าได้ เนื่องจากอุปกรณ์ GPS ต่างยี่ห้อกัน จะมีความคลาดเคลื่อนในการคำนวณความเร็ว (Spot speed) ที่มีความแตกต่างกัน

4.1 Offline Filtering

4.1.1 RFID Filter

เนื่องจากความต้องการใช้ข้อมูลจราจรโดยส่วนใหญ่ต้องการประมาณระยะเวลาในการเดินทางจากที่หนึ่งไปยังที่หนึ่ง (Link speed หรือ Space mean speed) เพื่อให้สามารถเดินทางไปถึงจุดหมายปลายทางเร็วที่สุด ในงานวิจัยนี้ เราอาศัยข้อมูล RFID เป็นตัว Filter หลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง RFID bus (รถประจำทางที่ติดตั้งอุปกรณ์ RFID tag) ซึ่งมีทิศทางการวิ่งที่แน่นอนภายในโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯที่มีความซับซ้อน เพื่อให้การประมาณความเร็วกระแสจราจรของ Link นั้นๆมีความถูกต้อง และสามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว

ขั้นตอนการประมาณค่าความเร็วกระแสจราจรของ Link i , V_i แสดงดังรูปที่ 4

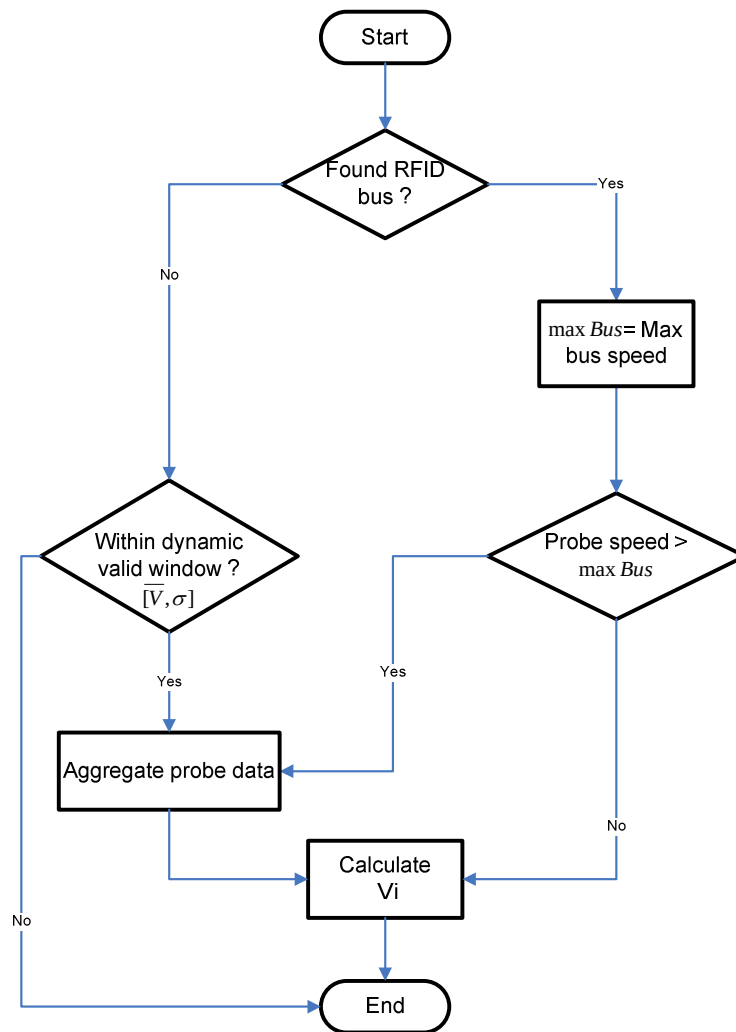


Fig. 4 RFID offline filtering

ข้อมูลความเร็วกระแสนจราจรที่ได้จาก Probe vehicle ที่เก็บสะสมไว้ทุกๆ วัน แบ่งตามประเภทของวัน ในทุกๆ ช่วงเวลา 5 นาที ในขั้นตอนแรก อัลกอริทึมจะ Filter ข้อมูล Probe (ข้อมูล Location จาก GPS) ที่วิ่งผ่าน Link i ที่ใช้เวลามากกว่า 60 นาที แม้กระทั่งในความเป็นจริง Probe อาจจะใช้เวลามากกว่า 60 นาที แต่นั่นหมายถึงการเกิดเหตุการณ์ที่ผิดปกติ และเป็นข้อมูล Outlier ซึ่งจะไม่ถูกบันทึกลงในฐานข้อมูล ในภาพรวมของระบบ ในส่วนประมวลผล Online estimation จะทำหน้าที่ในการ Detect และประมวลผลความเร็วจราจรจากเหตุการณ์ที่ผิดปกตินี้

ต่อจากนั้น อัลกอริทึมจะตรวจสอบ ถ้าในช่วงเวลา 5 นาทีนั้นๆ มีข้อมูล RFID bus ระบบจะใช้ $\max Bus$ (รถประจำทางที่วิ่งเร็วที่สุด) เป็นตัว Filter ข้อมูล RFID/ GPS probe ที่มีค่าน้อยกว่า $\max Bus$ ออกไป ในกรณีที่ไม่มี Probe ที่มีความเร็วมากกว่า $\max Bus$ นี้แล้ว ให้ค่า $\max Bus$ ไปคำนวณหาค่า V_i แต่ถ้ามีข้อมูล Probe ที่มีความเร็วมากกว่า $\max Bus$ อัลกอริทึมจะ Aggregate ข้อมูล Probe เพื่อคำนวณหาค่า V_i

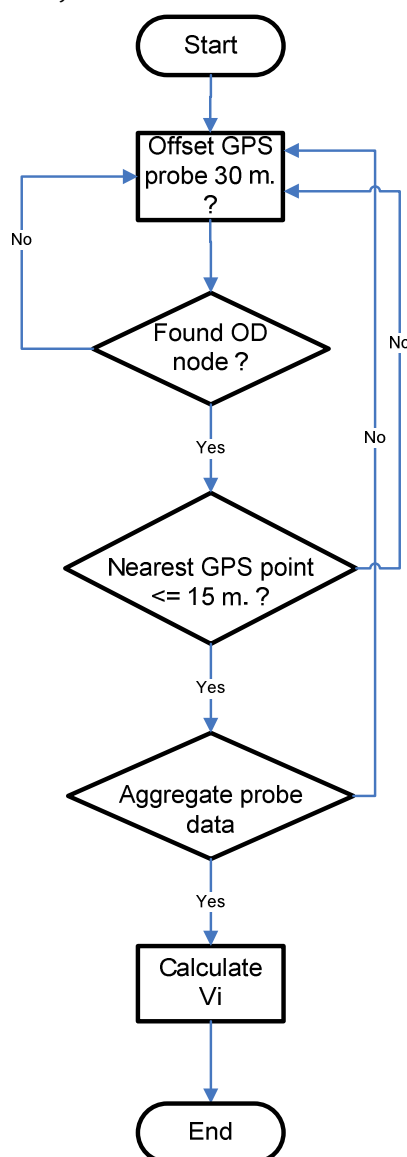
ในกรณีที่ไม่มีข้อมูล RFID bus อยู่เลยในช่วงเวลานั้น อัลกอริทึมจะใช้ข้อมูล Historical data ของวันและช่วงเวลานั้นๆ 30 series ย้อนหลัง นำมาหาค่า Dynamic valid time window $[\bar{V} \pm \sigma]$ เพื่อใช้ Filter และ Aggregate ข้อมูล Probe เพื่อคำนวณหาค่า V_i สังเกตด้วยว่า ประเภทของยานพาหนะที่แตกต่างกันจะถูกแปลงค่า

ก่อนนำมาประมวลผล (ในหัวข้อ 3.2) นอกจากนี้ ขั้นตอน Offline จะเก็บค่า V_i ในแต่ละช่วงเวลา 5 นาที แต่ละประเภทของวัน วั้เช้าคราว อาทิเช่น ข้อมูลของวันจันทร์ ในเวลา 10 นาฬิกา 05 นาที

ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการเดินทาง การขนส่งและกระจายสินค้าล่วงหน้า (Pre-trip planning) และเพื่อใช้ในขั้นตอน Online estimation ซึ่งต้องการความเร็วในการประมวลผล (ในหัวข้อ 4.3)

4.1.2 GPS Link Data

เรากำหนดให้ Link คือ เส้นทางระหว่างจุดอ้างอิงสำหรับข้อมูลจราจร 2 โหนดใด ๆ บนแผนที่ หรือ OD Pair (หัวข้อ (3.1)) โดยใช้ Latitude และ Longitude เป็นค่าพิกัดภูมิศาสตร์ GPS link data หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง Node offset data นั้นเป็นการนำเอาตำแหน่งพิกัดที่ได้จากอุปกรณ์ GPS ที่ติดตั้งอยู่ในยานพาหนะส่งผ่านเครือข่ายไร้สาย GPRS หรือคลื่นความถี่วิทยุที่ได้รับอนุญาตเฉพาะ (Licensed radio frequency) มาประมวลผลเพื่อหาระยะเวลาในการเดินทางหรือความเร็วของ Link นั้นๆ



รูปที่ 5 GPS Link Data Process

โดยทั่วไป ข้อมูลพิกัดจาก GPS probe จะส่งกลับมายังเครื่องแม่ข่ายในทุกๆ 1 – 3 นาที เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าความเร็วของ Link จากแหล่งข้อมูล GPS น้อยที่สุด ในขั้นแรก อัลกอริทึมจะ Map พิกัด GPS เข้ากับพิกัดของ Origin node และ Destination node ของ Link นั้นโดยที่ตำแหน่งพิกัดของ GPS ต้องอยู่ในรัศมีของ Node โดยใช้ Offset ของ Node เริ่มแรก เท่ากับ 30 เมตร จะทำให้พื้นที่การค้นหาตำแหน่งพิกัดของ GPS ให้น้อยลง เพื่อลดเวลาในการประมวลผล ขั้นตอนการประมวลผล GPS link data แสดงในรูปที่ 5

หลังจากได้ข้อมูลพิกัดของ GPS probe ที่อยู่ใน 30-m offset ของ Node แล้ว อัลกอริทึมจะเลือกค่าพิกัด GPS point ที่ใกล้เคียงพิกัดของ Node มากที่สุด แต่ไม่เกินระยะ 15 เมตร เพื่อเป็นตัวแทนค่า GPS point ของ Node นั้นๆ และอัลกอริทึมจะทำการสร้าง Link ที่เชื่อมระหว่าง Origin node และ Destination node ใดๆ ที่ถูกกำหนดไว้ในฐานข้อมูล พร้อมทั้งคำนวณหาความเร็วของ Link นั้นๆ ซึ่งการคำนวณนี้จะเกิดขึ้นเฉพาะข้อมูล GPS เท่านั้น

สังเกตด้วยว่า การที่ GPS vehicle จะเข้าไป offset ที่ Origin node และ Destination node เพื่อสร้างเป็น GPS link data นั้นอาจมีโอกาสน้อยมาก อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนดังกล่าว สามารถลดปัญหาความคลาดเคลื่อนและความเชื่อถือของข้อมูลอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในกรุงเทพฯ อาทิเช่น การสูญหายของสัญญาณ GPS เพราะสภาพภูมิอากาศ ฟ้าครึ้ม ฝนตก การบดบังสัญญาณจากอาคารสูงล้อมรอบ ทางยกระดับ รถไฟฟ้า Elevated และค่าระยะทางความคลาดเคลื่อนของพิกัดภายในอุปกรณ์ GPS เป็นต้น

ในทางปฏิบัติ เราอาจสามารถสร้างโอกาสให้เกิด GPS link data เพิ่มมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ในการกำหนด OD nodes ไว้ที่ระหว่าง Road intersection เมื่อยานพาหนะใช้เวลาอยู่ใน Queue เพื่อรอ Traffic light และช่วงเวลาในการอัปเดตของข้อมูลพิกัดของอุปกรณ์ GPS ที่ละเอียดมากขึ้น ≤ 1 นาทีนอกจากนี้ การสร้าง GPS link data สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูล Cellphone location based และการทำ Path estimation เพื่อหาระยะเวลาในการเดินทาง รวมทั้งใช้เป็นตัว Filter ข้อมูลความเร็วของ Link ที่ได้มาจากการประมาณค่าด้วยวิธีอื่น

4.1.3 GPS Sub-link Data

GPS sub-link เป็นการนำข้อมูลพิกัด GPS probe มาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด โดยในโครงข่ายความเร็วจราจรในหัวข้อ (3.1) ถูกสร้างเป็นข้อมูลเชิงภูมิศาสตร์ (GIS database) แต่ละ Link มีคุณสมบัติเป็น Polyline หรือ Vector ซึ่งประกอบด้วย Sub-link ย่อยๆ หรือ ชุดข้อมูลของ Points หรือ Vertex มาเชื่อมต่อกัน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 6

LINKPOINT_ID *	STATIONLINK_ID	LINKPOINT_NO	LINKPOINT_LAT	LINKPOINT_LONG
1	1	1	13.783204830502093	100.68464398384094
2	1	2	13.788070868534138	100.69349527359009
3	1	3	13.792540865492374	100.70161700248718
4	1	4	13.79379119897088	100.70388078689575
5	1	5	13.796125136874117	100.70846199989319
6	1	6	13.799375940049377	100.71492075920105
7	1	7	13.801230544643918	100.71850419044495
8	1	8	13.804095775560603	100.72441577911377
9	1	9	13.804272897771025	100.72479128837585
10	1	10	13.804679236451312	100.72527408599854
11	1	11	13.807273535947992	100.72744131088257
12	1	12	13.807846570097112	100.72823524475098

Fig. 6 Sub-link vector

ขั้นตอนการคำนวณความเร็วจราจรของ Link จากข้อมูล GPS Sub-link จะมีลักษณะคล้ายกับ GPS link แต่จะเป็นการหาจาก Sub-link ของ Link แทน รวมทั้งขั้นตอนในการตรวจสอบทิศทางการวิ่งของ GPS probe เพื่อกำหนดทิศทางของกระแสจราจรให้ถูกต้อง

4.2 Online estimation

ข้อมูลออนไลน์หรือเรียลไทม์เป็นสภาพจราจรของ Link ที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ระบบ Siamtraffic1.0 ได้กำหนดให้มีการอัปเดตข้อมูลสภาพจราจรในปัจจุบันที่เกิดขึ้นในทุกๆ 5-min interval กล่าวคือ เป็นการประมาณสภาพจราจรที่ได้จากข้อมูลย้อนหลัง 5 นาทีจากเวลาปัจจุบัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล และค่าความล่าช้าที่เกิดขึ้นจากระบบโครงข่ายสื่อสารข้อมูล

อนึ่ง ความต้องการข้อมูลที่ใช้ในการเดินทาง ในทางปฏิบัติ โดยส่วนใหญ่ เป็นความต้องการข้อมูลสภาพจราจรระยะสั้น 5 - 30 นาทีล่วงหน้า เพื่อใช้ในการวางแผนเส้นทางก่อนออกเดินทาง หรือเพื่อใช้ในการปรับเปลี่ยนเส้นทาง ระหว่างการเดินทาง ซึ่งไม่ได้อยู่ในขอบเขตของงานวิจัยนี้

แนวคิดของระบบ Online estimation ในทางโครงสร้างของอัลกอริทึมแล้วมีลักษณะคล้ายกับขั้นตอน Offline ในหัวข้อ (4.1) อย่างไรก็ตาม ระบบ Online พยายามที่จะใช้ หรือให้ Priority กับข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุดมาทำการประมาณค่าความเร็วกระแสจราจรแบบเรียลไทม์ V_i^* ในช่วงเวลานั้นๆ ค่า V_i^* จะถูกเก็บไว้ชั่วคราว เฉพาะวันนั้นๆ และจะไม่ถูกนำมาประมวลผลในส่วนของขั้นตอน Offline เนื่องจากขั้นตอน Online อาศัย Fast stochastic process ในการประมาณค่า ยกตัวอย่างเช่น ในกรณี Link ที่ไม่มีข้อมูล Vehicle probe ในช่วงเวลานั้น ระบบ Online อาจสามารถประมาณค่าความเร็วของ Link นั้นได้โดยใช้ค่าความสัมพันธ์และความแปรปรวนร่วมจากโครงข่ายของ Link ที่มีข้อมูล ณ เวลาปัจจุบัน (Link correlation) รวมทั้ง การประยุกต์ใช้ RFID bus expected travel time, การใช้ GPS path estimation และการ Detect ข้อมูลสภาพจราจรที่เปลี่ยนแปลงแบบทันทีทันใด ในช่วงเวลาขณะนั้นจากเหตุการณ์หรืออุบัติเหตุ เป็นต้น

5. Development Case in Bangkok

ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของ V_i^* เป็นปัจจัยที่สำคัญของความสำเร็จของระบบการประมาณระยะเวลาในการเดินทางแบบเรียลไทม์ ค่าประสิทธิภาพของข้อมูลสามารถช่วยให้เราใช้ในการอ้างอิง ช่วยคัดสรรแหล่งข้อมูล หรือพัฒนาอัลกอริทึมในการประเมินสภาพจราจรให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมในการพัฒนาระบบ

โดยทั่วไป การประเมินความถูกต้องของข้อมูลจราจร กระทำโดยการสุ่มตัวอย่างจากข้อมูลระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งอาจอาศัยเทคนิค License plate survey, หรือใช้กล้อง CCTV เพื่อเก็บข้อมูลป้ายทะเบียนยานพาหนะระหว่างจุด 2 จุดใดๆในเส้นทาง วิธีดังกล่าว อาจต้องเสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างมากในการเก็บข้อมูลในภาคสนาม ดังนั้น ในการศึกษาหรืองานวิจัยโดยทั่วไปจะอาศัยการสุ่มตัวอย่าง บางช่วงเวลา ในบางเส้นทาง (Select paths, Corridor หรือในบาง Area) ซึ่งในหลายๆครั้งอาจไม่สามารถนำมาเป็นตัวแทน ค่าความถูกต้องที่ครอบคลุมพื้นที่โครงข่ายถนนได้ทั้งหมด ซึ่งส่งผลต่อความเชื่อมั่นของผู้ใช้ข้อมูลโดยตรง

ในงานวิจัยนี้ เราประยุกต์ใช้ข้อมูล RFID probe เพื่อใช้ในการประเมินค่าความถูกต้องของข้อมูลจราจร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 เส้นทาง ภายในโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯโดยอัตโนมัติ เนื่องจากข้อมูล ID ของยานพาหนะที่วิ่งผ่าน RFID station (ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องอ่านอุปกรณ์ RFID) มีลักษณะเดียวกับการทำ License plate matching นั่นคือ ระยะเวลาในการเดินทางของยานพาหนะที่เกิดขึ้นจริงในเส้นทาง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลระยะเวลาในการเดินทางจริงที่ได้จาก RFID probe ที่จะนำมาเปรียบเทียบนั้น จะต้องนำมาผ่านขั้นตอน Filter ก่อน

ยกตัวอย่างเช่น สำหรับ Link i กำหนดให้ RFID vehicle (ยานพาหนะที่ติดตั้ง RFID tag) ที่ใช้ระยะเวลาเดินทางน้อยที่สุด และน้อยกว่า RFID bus ในช่วงเวลาเดียวกัน เป็น Probe validator เป็นต้น

รูปที่ 7 แสดง Profile of vehicle speed ของถนนรามคำแหง ในช่วง แยกรามคำแหง-สนามกีฬาหัวหมาก วันศุกร์ที่ 23 เมษายน 2553 ตั้งแต่เวลา 04:00 – 23:00 ซึ่งมีจำนวน Probe ที่อ่านค่าได้ 811 ครั้ง

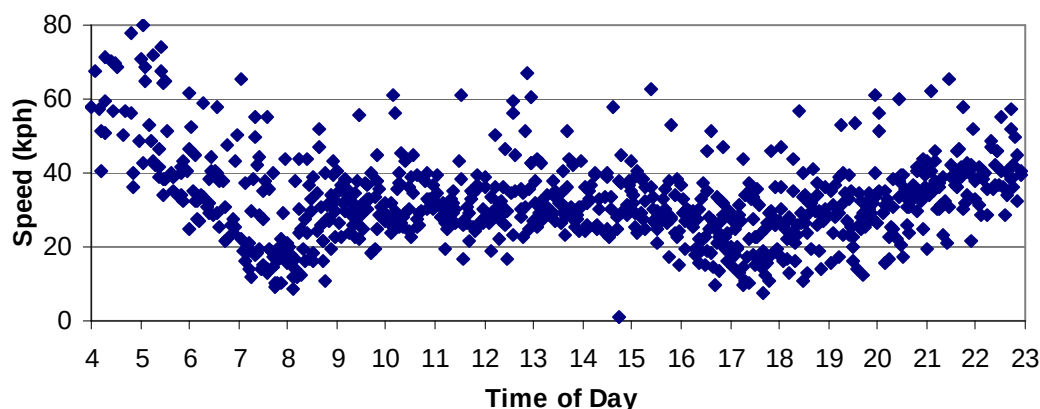


Fig. 7 Profile of vehicle speed แยกรามคำแหง-สนามกีฬาหัวหมาก

Friday 23 April 2010

จากรูปจะเห็นลักษณะการกระจายตัวของความเร็วยานพาหนะในแต่ละช่วงเวลา โดยข้อมูลมีลักษณะเกาะกลุ่มกัน ข้อมูลที่อยู่นอกกลุ่ม เป็นข้อมูลยานพาหนะที่มีแนวโน้มที่มีความเร็วมากกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม ซึ่งจะถูกตัดออกในขั้นตอน Offline filtering และทำให้ข้อมูล Offline data เข้าใกล้ขีดจำกัดล่าง (Lower bound)

ผลจากขั้นตอน Online estimation จะได้ค่า V_i^* ซึ่งสามารถนำเสนอในรูปแบบต่างๆ (BAL-Labs, 2010; <http://bal.buu.ac.th/bal2010/?q=siamtraffic1.0>) อาทิเช่น Traffic map, Traffic message channel (TMC) และ Hourly speed profile เป็นต้น

ในงานวิจัยนี้ เราใช้ค่า Mean Absolute Error (MAE) และค่า Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ในการประเมินค่าความถูกต้องของ V_i^* รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Estimated travel times และ RFID probe validators ของสวนจตุจักร-พหลโยธิน 24 ระยะทาง 2.05 กม. ผ่าน 1 ทางแยก ในช่วง Day off-peak 09:30 – 16:00 น. (#Probe validators = 77)

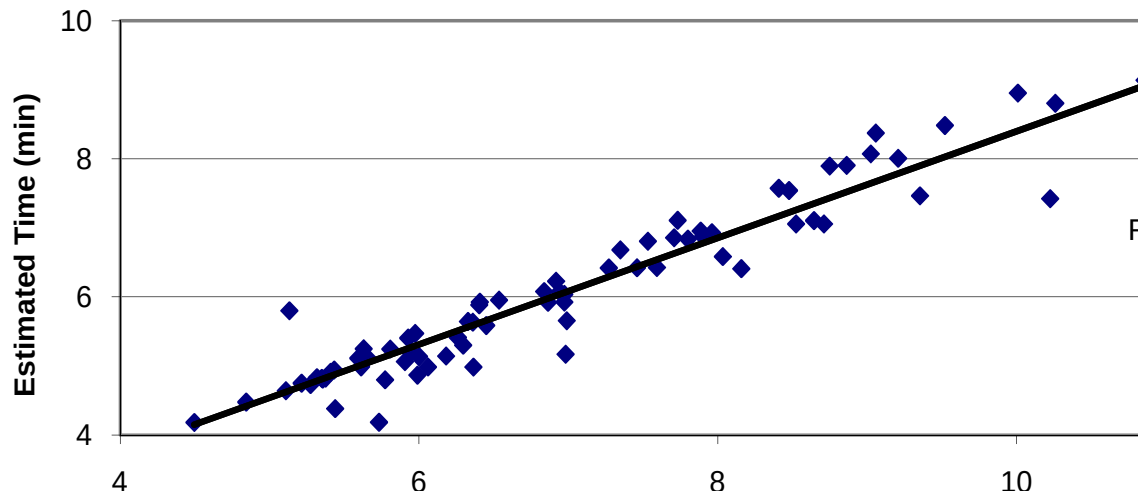


Fig. 9 The accuracy of estimated travel times สวนจตุจักร-พหลโยธิน 24

รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Estimated, V_i^* และ Observed travel time กล่าวคือ เป็นความสัมพันธ์เปรียบเทียบระหว่าง Estimated travel time และ Actual travel time (Observed RFID Prove) ซึ่งกราฟมีความสัมพันธ์เข้าใกล้ 1 หมายถึงการประมาณค่าความเร็วกระแสจราจรมีความถูกต้องมาก โดยข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบนั้นจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา (5-min interval) เดียวกัน แต่อาจจะเกิดขึ้นในช่วงหลายสัปดาห์ที่ผ่านมา จากกราฟแสดงให้เห็นว่า V_i^* มีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับระยะเวลาในการเดินทางที่แท้จริง (Observed time)

ตารางที่ 1 แสดงค่า MAE และ MAPE โดยประเมินความถูกต้องในหน่วยเวลาที่ใช้ในการเดินทาง (นาที) ของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 เส้นทาง ใน 4 ช่วงเวลา AM Peak (06.30 - 09.30), Day off peak (09.30 – 16.00), PM Peak (16.30 – 19.00) และ Night off peak (19.00 – 22.00)

Table 1 Errors of the travel time estimates

Traffic Link (O/D)	Time Period	Speed (kph)	Time (min)	MAE (min)	MAPE (%)
O : ห้างเซ็นทรัลรามอินทรา	Am Peak	38.69	4.17	0.62	13.89
D : ห้างฟูตแลนดรามอินทรา	Day Off Peak	34.82	4.73	0.70	14.67
Distance = 2.64 km	PM Peak	33.19	4.98	0.63	12.81
	Night off Peak	37.61	4.38	0.59	13.71
O : สนามกีฬาหัวหมาก	Am Peak	10.00	18.07	1.98	10.82
D : แยกลาดพร้าว-ศรีนครินทร์	Day Off Peak	10.20	17.90	2.10	14.85
Distance = 2.79 km	PM Peak	12.50	13.82	1.70	11.90
	Night off Peak	18.00	9.44	1.14	11.76
O : พหลโยธิน 24	Am Peak	18.61	6.85	0.99	14.40
D : สวนจตุจักร	Day Off Peak	21.15	5.85	0.79	13.50
Distance = 2.05 km	PM Peak	21.58	5.73	0.85	14.64
	Night off Peak	23.97	5.16	0.70	13.57
O : สวนจตุจักร	Am Peak	18.02	7.15	1.06	14.07
D : พหลโยธิน 24	Day Off Peak	18.07	7.17	0.98	13.21
Distance = 2.05 km	PM Peak	9.86	14.46	2.06	12.14
	Night off Peak	15.09	8.99	1.36	14.50
O : พหลโยธิน 24	Am Peak	23.43	5.53	0.76	13.65
D : ม. จันทรเกษม	Day Off Peak	24.95	4.99	0.71	14.22
Distance = 1.57 km	PM Peak	19.09	6.70	1.09	14.54
	Night off Peak	24.27	5.31	0.92	14.41

จากตารางจะให้เห็นว่า ระบบ Siamtraffic1.0 สามารถประมาณค่า V_i^* ได้มีความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 85 และมีแนวโน้มที่มีค่าความถูกต้องมากขึ้นเล็กน้อยเมื่อระยะทางของ Link i เพิ่มขึ้น โดยอาจจะเป็นผลเนื่องจากการกระจายค่าความผิดพลาด นอกจากนี้ สังเกตด้วยว่า เมื่อ V_i^* มีค่าลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งในสภาพจราจรที่ติดขัดมากขึ้น ค่าความถูกต้องของการประมาณค่าก็มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วย เช่น ช่วงเวลา PM Peak ในกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นช่วงที่มีสภาพการจราจรติดขัดมากที่สุดระหว่างช่วงวัน ทำให้ค่าความเร็วของ Probe vehicle ในสภาพการจราจรติดขัดมีความแปรปรวนน้อย

6. Conclusions and future developments

บทความวิจัยนี้ นำเสนอ Initial effort ในการพัฒนาระบบประเมินสภาพจราจร ที่มีชื่อว่า Siamtraffic1.0 โดยอาศัยข้อมูล Vehicle probe ที่ได้มาจากระบบโครงข่ายอาร์เอฟไอดี (RFID probe) และข้อมูล GPS probe ที่วิ่งอยู่ภายในโครงข่ายถนนในกรุงเทพฯ

เริ่มด้วยการสร้างตาราง OD travel time และระบบฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ ที่เก็บข้อมูลลักษณะเฉพาะของแต่ละ Link และยานพาหนะแต่ละประเภทในทุกๆ ช่วงเวลา 5-min interval ของแต่ละวัน ระบบ Siamtraffic1.0 ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ Offline filtering และ Online estimation processes ซึ่งมีแนวคิดในการออกแบบที่แตกต่างกัน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 5 เส้นทาง ถูกนำมาประเมินประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ใช้ในการประมาณค่า ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า ข้อมูลความเร็วกระแสจราจรที่ได้จากระบบที่นำเสนอมีความถูกต้องโดยเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 85

ระบบ Siamtraffic1.0 อยู่ระหว่างการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูล และเพื่อให้ครอบคลุมโครงข่ายถนนทั่วกรุงเทพฯ ทั้งนี้การเพิ่มความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลสามารถทำได้โดยตรงไปตรงมาคือการเพิ่มจำนวน Vehicle probe ในเส้นทาง (Link) ที่ความเร็วกระแสจราจรมีความแปรปรวนสูง รวมทั้ง การเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริทึมในการประมวลผล อาทิเช่น การใช้ข้อมูล RFID spot speed และการ Fuse ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลประเภทอื่นๆ อาทิเช่น Infrared sensor, Autoscope และ Cellphone probe เป็นต้น

Acknowledgements:

ขอขอบคุณ บริษัท เซ้าท์อีสเอเชียเทคโนโลยี จำกัด และสำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) และบริษัท เดอะโลจิสติกส์ จำกัด ที่ให้การสนับสนุนในด้านข้อมูล บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน) ผู้ให้การสนับสนุนและร่วมพัฒนาโครงข่ายสื่อสาร รวมทั้ง ศูนย์เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์แห่งชาติ (เนคเทค) และสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (สนช.) ที่ช่วยสนับสนุนในด้านงานวิจัยและพัฒนา

References:

- Arem, B.V., Vlist, M.J.M., Muste, M. & Smulders, S.A. (1997) "Travel time estimation in the GERDIE project," International Journal of Forecasting, vol. 13, pp. 73-85.
- BAL-Labs (2010) "Siamtraffic1.0," Retrieved from <http://bal.buu.ac.th/bal2010/?q=siamtraffic1.0>
- Cathey, F.W. and Dailey, D.J. (2002) "Transit vehicle as traffic probe sensors," Transportation Research Record, vol. 1804, pp. 23-30.
- Chakroborty, P. and Kikuchi, S. (2004) "Using bus travel time data to estimate travel times on urban corridors," Transportation Research Record, vol. 1870, pp. 18-25.

- Coifman, B. (2002) "Estimating travel times and vehicle trajectories on freeways using dual loop detectors," *Transportation Research: Part A* 36, pp. 351-364.
- Dion, F. and Rakha, H. (2006) "Estimating dynamic roadway travel times using automatic vehicle identification data for low sampling rates," *Transportation Research: Part B*, vol. 40(9), pp. 745-766.
- Homburger, W.S., Hall, J.W., Loutzenheiser, R.C., Reilly, W.R. (1996) "Fundamentals of traffic engineering," 4th ed.) Institute of Transportation Studies, UCB-ITS-CN-96-1, Berkley.
- Laborczi, P., Linauer, M., and Nowotny, B. (2006) "Travel time estimation based on incomplete probe car information," *The 13th World Congress on ITS*, London.
- Mouskos, K.C., Niver, E., Pignataro, L.J., Leeds, S. (1998) "Transmit system evaluation: final report," Institute for Transportation, New Jersey Institute for Technology, Newark, NJ.
- Tam, M.L. and Lam, W.H.K. (2006) "Development of real-time traveler information system for Hong Kong," In: J. Wong, Lam, W.H.K., Wong, S.C., and H.W. Ho (Eds) *Proceedings of the 8th Asia-Pacific Intelligent Transport Systems Forum Hong Kong*.
- Sriborirux, W., Danklang P., and Indra-Payoong, N. (2008) "The design of RFID sensor network for bus fleet monitoring," *ITST2008*, Phuket.