

การพัฒนาระบบคำนวณเวลาในการเดินทางในโครงข่ายถนนภายในกรุงเทพฯแบบเรียลไทม์

The development of real-time travel time estimation system for Bangkok road network

บทคัดย่อ

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบประเมินสภาพจราจรหรือระยะเวลาในการเดินทางแบบเรียลไทม์ภายในโครงข่ายถนนที่กำหนด โดยตั้งเป้าให้มีความถูกต้องอยู่ระหว่าง 85- 90% ระบบดังกล่าวถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักได้แก่ แบบจำลองการประมาณค่าระยะเวลาในการเดินทางแบบ Offline โดยอาศัยข้อมูลจากแหล่งต่างๆที่มีอยู่ในปัจจุบัน อาทิเช่น Loop detectors และ GPS-vehicles ส่วนที่ 2 เป็นแบบจำลองการประมาณค่าระยะเวลาในการเดินทางแบบเรียลไทม์ (หรือแบบ Online) โดยอาศัยข้อมูล RFID จาก Fixed base station และจาก Moving reader ผลการประมาณค่าระยะเวลาในการเดินทางที่ได้จากแบบจำลองแบบ Online จะถูกนำไปประเมินประสิทธิภาพโดยประยุกต์ใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมจราจร และสามารถนำไปเผยแพร่ตามสื่อต่างๆ รวมทั้งนำไปขยายผลในเส้นทางอื่นๆต่อไป

1. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อพัฒนาระบบประเมินสภาพการจราจรแบบเรียลไทม์ในโครงข่ายถนนที่กำหนด โดยมีความถูกต้อง 85-90%
2. เพื่อพัฒนาระบบการอ่านข้อมูลจราจรเคลื่อนที่โดยใช้คลื่นความถี่วิทยุ (Moving reader)
3. เพื่อสร้างระบบและขั้นตอนการประเมินความถูกต้องของระยะเวลาในการเดินทางที่ได้จากการประมาณค่า

2. เป้าหมาย/ผลงานหลักที่คาดว่าจะได้รับของโครงการ (Outputs)

1. ระบบประเมินสภาพการจราจรแบบเรียลไทม์ในโครงข่ายถนนโดยอาศัยข้อมูลจราจรรูปแบบต่างๆ (Fusion data) จากแหล่งต่างๆที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งประกอบด้วยแบบจำลองในการประมาณค่าระยะเวลาในการเดินทางทั้งแบบ Offline และ Online
2. เครื่องอ่านข้อมูลการจราจรเคลื่อนที่โดยใช้กล้องจับภาพและคลื่นความถี่วิทยุ (Moving reader)

3. ที่มา/ความสำคัญของปัญหา

ระบบขนส่งและการจราจรมีความสำคัญต่อผู้ที่เดินทางด้วยวัตถุประสงค์ต่าง ๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวง มีภาคธุรกิจ ภาคบริการ และภาครัฐอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้มีความต้องการในการเดินทางเป็นจำนวนมากตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม เนื่องด้วยสภาพพื้นที่ที่จำกัดของกรุงเทพฯทำให้ไม่สามารถขยายถนนเพื่อรองรับปริมาณจราจรบนท้องถนนอันมากมายเหล่านี้ได้ จึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบและโครงสร้างสาธารณูปโภคเดิมที่มีอยู่อย่างจำกัดนี้ให้มีประสิทธิภาพและมีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอต่อการตัดสินใจในการวางแผนและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการจัดเตรียมข้อมูลข่าวสารด้านระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางของเส้นทางต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ สะท้อนต่อสถานะจราจร ณ สภาพปัจจุบันและสามารถนำมาใช้ได้ทันที จึงมีความสำคัญต่อการตัดสินใจของประชาชนในการเดินทาง ต่อการขนส่งและกระจายสินค้า รวมถึง ต่อเหตุการณ์ในกรณีเร่งด่วน เหตุการณ์ฉุกเฉิน หรือ แม้แต่การวางระบบการจราจรและระบบขนส่งมวลชนสาธารณะเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น กทม., สนข. รวมทั้งหน่วยงานทั้งจากภาครัฐและเอกชนอื่นๆได้ตระหนักถึงความสำคัญของข้อมูลการเดินทางแบบเรียลไทม์กันมากขึ้น ข้อมูลการจราจรจากแหล่งต่างๆที่มีอยู่ในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่น สถานีวิทยุเพื่อกระจายข่าวสารด้านการจราจร ป้ายจราจรอัจฉริยะ และศูนย์บริการข้อมูลการจราจร ยังไม่มีบริการบอกเวลาในการเดินทาง บอกแต่เพียงสภาพความติดขัด-คล่องตัว

4. การทบทวนผลงานที่ผ่านมา

ปัญหาจราจรติดขัดเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นโดยทั่วไปในเมืองขนาดใหญ่ต่างๆในโลกปัจจุบัน ในสภาพการจราจรที่หนาแน่นนั้นหากผู้ใช้รถยนต์ได้รับข้อมูลสภาพการจราจรที่ถูกต้องและทันท่วงทีก็จะสามารถตัดสินใจเลือกเส้นทางการเดินทางหรือรูปแบบการเดินทางที่มีประสิทธิภาพอย่างสูงสุดได้ ระบบการประเมินสภาพจราจรได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ ยกตัวอย่างเช่น ในเมืองฮ่องกงระบบ Advanced Traveler Information System (ATIS) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อประเมินความแออัดของสภาพจราจรโดยใช้ข้อมูล RFID ของรถยนต์ที่ผ่านจุดเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ โดยที่ความถูกต้องของการประเมินอยู่ในช่วงระหว่าง 90-95% จากการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากที่ได้มีการปรับใช้จริงซึ่งถือว่ามีความแม่นยำอย่างสูง เมืองต่างในประเทศ

สหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนาและปรับใช้ระบบการให้ข้อมูลสภาพจราจร ในเมืองไทยก็ได้มีการพยายามที่จะพัฒนาระบบดังกล่าวเช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่แล้วระบบการประเมินสภาพจราจรจะขึ้นอยู่กับรูปแบบ และลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ซึ่งประกอบไปด้วย ข้อมูล RFID-tag, ของรถยนต์ที่ผ่านจุดต่างๆ ข้อมูลความเร็วจราจรที่เก็บจาก Loop detector หรือ Image processing, หรือข้อมูล GPS จากระบบแท็กซี่ หรือรถขนส่งสินค้า

ในด้านเทคนิคความเร็วจราจรที่ได้จาก Loop detector หรือ Image processing จะต่างจากระยะเวลาเดินทาง (Journey time) จริงของเส้นทางต่างๆ เนื่องจากความเร็วจราจรจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากกับตำแหน่งของยานพาหนะบนถนน ยกตัวอย่างเช่น สำหรับถนนทั่วไปในกรุงเทพฯ ความล่าช้าของการเดินทางจะเกิดขึ้นที่แยกต่างๆโดยส่วนใหญ่ ซึ่งถ้าเราทำการวัดความเร็วจราจรที่แยกต่างๆ ความเร็วที่ได้จะเป็นศูนย์ หรือเป็นความเร็วจราจรที่เกิดขึ้นจากการไหลของจราจรหลังจากได้รับสัญญาณไฟเขียว ซึ่งความเร็วที่วัดได้นี้ไม่สามารถนำมาประเมินระยะเวลาแถวคอย หรือ ระยะเวลาเดินทางจริงๆของยานพาหนะ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ ดังนั้นในโครงการนี้ทางคณะวิจัยจึงได้ทำการนำเสนอระบบการประเมินสภาพจราจรโดยใช้ข้อมูลแบบ RFID นอกจากนั้นแล้วระบบที่นำเสนอยังสามารถประเมินสภาพการจราจรบนเส้นทางที่ไม่มีข้อมูล RFID แบบเรียลไทม์ได้โดยที่ใช้ระบบ Off-line estimation ในระบบที่คณะวิจัยนำเสนอข้อมูลแบบเรียลไทม์สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันประกอบด้วย

1. ข้อมูล RFID ของรถโดยสารประจำทาง และรถตู้ให้บริการประจำเส้นทาง
2. ข้อมูล RFID และภาพการจราจรที่ได้จาก Moving reader (ในส่วนของข้อมูลแบบ RFID ในส่วนที่ 1 จะได้มาจาก ระบบ B-Base และ B-Mov ที่ได้ทำการพัฒนาไว้ล่วงหน้าโดยคณะวิจัย (BAL-Labs, 2007)

ปัจจุบัน ได้มีการทำวิจัยและพัฒนาระบบประเมินสภาพการจราจรโดยใช้ข้อมูล RFID อย่างแพร่หลาย โดยมีส่วนประกอบ 2 ส่วนที่สำคัญ ส่วนแรกคือ ระบบการกรองระยะเวลาการเดินทางที่ถูกต้อง (Data filtering algorithm) และ ส่วนที่ 2 คือ ระบบประมวลผลข้อมูลโดยรวม (Data fusion processor) รูปแบบข้อมูล RFID ประกอบด้วยเวลาของที่ยานพาหนะผ่านจุดต่างๆที่ได้มีการติดตั้ง B-Base (RFID reader) ไว้ อย่างไรก็ตามระยะเวลาการเดินทางของยานพาหนะต่างๆที่สามารถคำนวณได้อาจจะไม่สามารถนำมาใช้ในการประเมินสภาพจราจรที่แท้จริงได้เนื่องจากความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาการเดินทางของยานพาหนะนั้นๆผ่าน 2 จุดที่ได้ทำการเก็บข้อมูล ยกตัวอย่างเช่น ยานพาหนะนั้นอาจจะออกนอกเส้นทางการจราจรที่เราต้องการทำการประเมินสภาพจราจร (Route diversion effect) หรือยานพาหนะนั้นอาจจะมีการหยุดระหว่างทางเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ โดยระบบ Data filtering จะช่วยกรองข้อมูลที่ถูกต้องก่อนที่นำมาใช้ประเมินสภาพจราจร ได้มีการพัฒนาและนำเสนอระบบ Data filtering algorithm อย่างหลากหลายในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งประกอบไปด้วยระบบ TranStar ในเมืองฮิวส์ตัน, ระบบ TransGuide ในเมืองซานอันโตนิโอ, หรือ ระบบ Transmit ในเมืองนิวยอร์ก และ นิวเจอร์ซีย์ โดยที่ระบบต่างๆก็มีจุดอ่อน และ จุดแข็งที่ต่างกัน ยกตัวอย่างเช่นระบบ TransGuide (SRI, 1998) ไม่สามารถที่จะทำการประเมินสภาพจราจรที่แน่นอนได้ถ้าหากสภาพการจราจรมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไม่แน่นอนโดยเปรียบเทียบจากสถิติที่ผ่านมา ระบบ TranStar (<http://traffic.houstontranstar.org>) จำเป็นที่จะต้องมีการใช้ข้อมูล RFID จำนวนมากเพื่อที่จะสามารถประเมินสภาพจราจรได้อย่างแม่นยำซึ่งอาจจะเป็นปัญหาสำหรับระบบที่มีจำนวนยานพาหนะที่ได้ติดตั้ง RFID-tag (หรือ B-Move) จำนวนน้อย สำหรับระบบ Transmit (Mouskos et al, 1998) นั้นได้มีการปรับใช้ฐานข้อมูลสภาพจราจรแบบ Off-line เข้ามาช่วยในการประเมินสภาพจราจรแต่นำหนักที่ให้การประเมินค่าระหว่างข้อมูลแบบเรียลไทม์และ Off-line ได้ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าทำให้การประเมินสภาพจราจรไม่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามสภาพการจราจรที่เป็นจริง Dion and Rakha (2006) ได้นำเสนอวิธีการกรองระยะเวลาการเดินทางที่ถูกต้องโดยมีการปรับเปลี่ยนช่วงระยะเวลาการเดินทางแบบพลวัต (Dynamic time window) ซึ่งจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพการจราจรที่ได้จากข้อมูลแบบเรียลไทม์ Tam and Lam (2006) ได้ปรับใช้ระบบดังกล่าวกับฐานข้อมูลสภาพจราจรแบบ Off-line เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินสภาพจราจรในกรณีที่มีข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่จำกัด ระบบ Data filtering algorithm ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นจะสามารถนำมาปรับใช้กับข้อมูล RFID ที่ได้จากรถยนต์ส่วนบุคคล, รถแท็กซี่, และรถบรรทุกขนส่งสินค้าได้

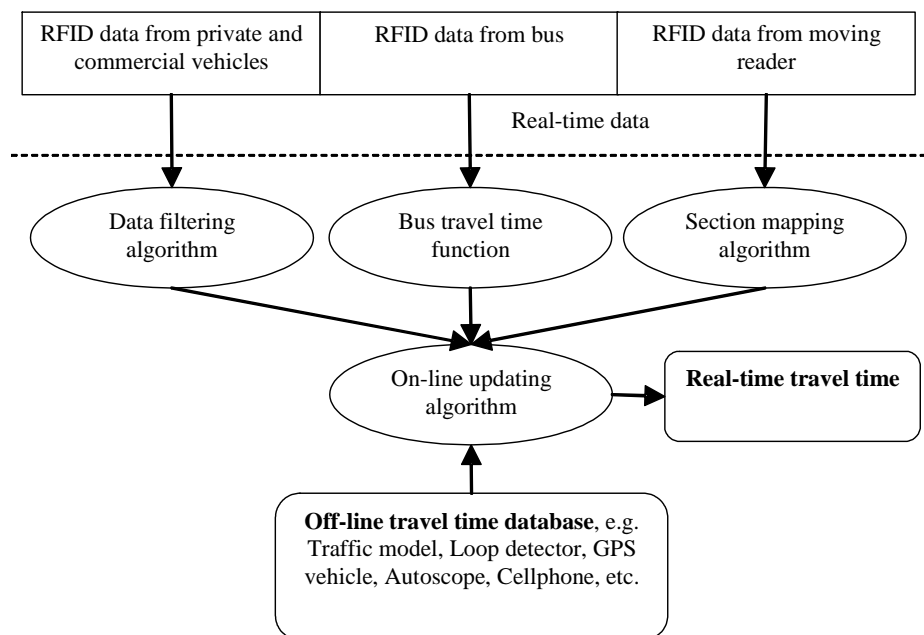
ในส่วนของข้อมูล RFID ที่ได้จากรถโดยสารประจำทางนั้นจะมีความแตกต่างจากข้อมูลที่ได้จากข้อมูลในส่วนแรก เนื่องจากระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารประจำทางจะรวมระยะเวลาที่จอดรับส่งผู้โดยสารตามจุดต่างๆด้วย นอกจากนี้แล้วความเร็วในการเดินทางของรถโดยสารประจำทางโดยส่วนใหญ่จะช้ากว่ายานพาหนะอื่นๆเนื่องจากขนาดของยานพาหนะ และระยะเวลาที่ต้องเร่งและลดความเร็วในบริเวณป้ายหยุดรถ อย่างไรก็ตามจุดเด่นของข้อมูลแบบ RFID ของรถโดยสารประจำทางคือ ปริมาณข้อมูลที่สามารถเก็บได้ และเส้นทางในการเดินทางที่แน่นอน (ซึ่งจะช่วยลดปัญหาในการ Filter data) Elango and Dailey (2000) และ Cathey and Dailey (2002) เสนอวิธีการปรับใช้ข้อมูลระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารประจำทางเพื่อวัดความเร็วจราจรตามจุดต่างๆ อย่างไรก็ตามก็ตีการศึกษาดังกล่าวไม่ได้นำเสนอวิธีคำนวณระยะเวลาการเดินทางของยานพาหนะทั่วไปจากข้อมูลรถโดยสารประจำทาง Chakroborty และ Kikuchi (2004) ได้เสนอการสร้างสมการทางสถิติเพื่อที่จะสร้าง

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารประจำทาง และ ยานพาหนะทั่วไป โดยได้ทดสอบและปรับใช้วิธีดังกล่าวกับเส้นทางรถโดยสารประจำทางในเมืองเดลาแวร์ประเทศสหรัฐอเมริกา สังเกตได้ว่าข้อมูลที่ได้นำมาใช้ในการศึกษาดังกล่าวเป็นข้อมูล GPS tracking ของรถโดยสารประจำทางซึ่งระยะเวลาที่จอดหยุดรับส่งผู้โดยสารระหว่างทางสามารถคำนวณออกมาได้โดยตรง ในระบบที่ทางคณะวิจัยได้นำเสนอข้อมูลของรถโดยสารประจำทางจะเป็นแบบ RFID ซึ่งจะไม่สามารถคำนวณระยะเวลาที่จอดรับส่งผู้โดยสารจะได้โดยตรง อย่างไรก็ตามวิธีการที่นำเสนอโดย Chakroborty และ Kikuchi (2004) ก็สามารถนำมาปรับใช้กับข้อมูลดังกล่าวได้ โดยจะมีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลระยะเวลาการเดินทางของรถยนต์ทั่วไป และรถประจำทางในแต่ละวันเพื่อหาความสัมพันธ์ดังกล่าว ในส่วนของข้อมูลจาก Moving reader จะช่วยเพิ่มปริมาณข้อมูลในโครงข่ายที่ไม่มีจุด RFID-readerหรือกล้อง Autoscope แบบถาวร (Fixed station) ซึ่งลักษณะการใช้ข้อมูลแบบนี้เป็น **นวัตกรรมที่สำคัญของโครงการ** ที่นำเสนอ โดยที่ยังไม่มีการนำเสนอ หรือ ปรับใช้รูปแบบการเก็บข้อมูล และข้อมูลดังกล่าวในการประเมินสภาพจราจร

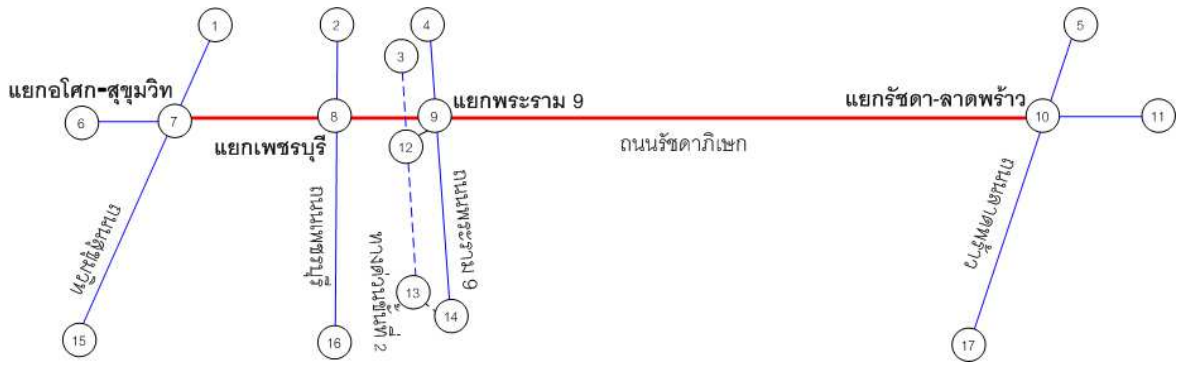
โดยสรุป รูปแบบข้อมูลที่คาดว่าจะได้จากระบบ B-Move และ B-Base ที่พัฒนาโดยคณะวิจัยมีความเหมาะสมกับการปรับใช้ในระบบการประเมินสภาพการจราจรในกรุงเทพฯ โดยที่จะมีความแม่นยำมากกว่าการใช้ Loop detector หรือ ระบบ Autoscope (ซึ่งเป็นการใช้ Image processing) โดยมีช่วงระยะจำกัด ซึ่งเป็นเพียงการหาค่า Spot-speed สำหรับการปรับใช้ข้อมูล RFID ดังกล่าว ความแม่นยำของการประเมินสภาพจราจรจะขึ้นอยู่กับระบบที่จะทำการกรองข้อมูลระยะเวลาการเดินทางที่ถูกต้อง ซึ่งได้มีการนำเสนอ และพัฒนามาอย่างพอสมควร ในระบบที่นำเสนอทางคณะวิจัยจะสร้างระบบ Dynamic filter algorithm และ ผสมผสานเข้ากับระบบฐานข้อมูลจราจรแบบ Off-line (นั่นคือ ข้อมูลที่ได้มาจาก GPS probe, loop detector, Autoscope, และอื่นๆ) นอกจากนั้นแล้วระบบฐานข้อมูลแบบ Off-line จะถูกนำมาใช้ประเมินสภาพจราจรบนเส้นทางที่ไม่ได้มีข้อมูลแบบเรียลไทม์ด้วย

5. ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

โครงสร้างพื้นฐานของระบบการประเมินสภาพจราจร รูปที่ 1 แสดงถึงโครงสร้างโดยรวมของระบบการประเมินสภาพการจราจรโดยรวม



โดยในโครงการวิจัยนี้นำเสนอการสร้าง *Prototype* ของระบบการประมาณระยะเวลาในการเดินทาง (Aggregated travel time) ในเส้นทางหลักในบริเวณที่กำหนดซึ่งประกอบไปด้วย Sections จากแยกอโศก-สุขุมวิท ถึง แยกรัชดา-ลาดพร้าว โดยที่ตั้งเป้าหมายสำหรับความถูกต้องของการประเมินสภาพการจราจรไว้ที่ **85- 90%** รวมทั้งแสดงสภาพความติดขัดของถนนแต่ละช่วงบนเส้นทางดังกล่าวด้วยแถบสี 3ระดับ ได้แก่ 1) การจราจรคล่องตัว 2) การจราจรติดขัดปานกลาง 3) การจราจรติดขัดมาก



รูปที่ 2 โครงข่ายของถนนที่พิจารณา

รายละเอียดในด้านกระบวนการทำวิจัยและพัฒนาเพื่อประมาณเวลาการเดินทางในส่วนต่างมีดังต่อไปนี้

การสร้างระบบฐานข้อมูล Off-line เพื่อประเมินสภาพจราจร

ในส่วนการพัฒนาแบบ Off-line แบบจำลองการจราจรแบ่งตามช่วงเวลาการเดินทาง (Traffic simulator) จะถูกพัฒนาขึ้นมา โดยที่แบบจำลองดังกล่าวจะถูกปรับแต่งจากข้อมูลโครงข่ายการจราจรในปัจจุบัน ข้อมูลปริมาณการเดินทางในแบบ Origin-Destination matrix สำหรับแต่ละช่วงเวลา และข้อมูลการเลี้ยงที่แยกต่างๆ (สำหรับการประเมินแบบจำลอง) โดยที่การปรับแต่งแบบจำลองจะถูกสร้างในรูปแบบ Bi-level optimization problem การเลือกเส้นทางเดินทางจะเป็นแบบ Probit-Stochastic User Equilibrium (Connors *et al*, 2007) ซึ่งสร้าง Variance-covariance matrix ของระยะเวลาในการเดินทางบนถนนช่วงต่างๆ การปรับแต่งแบบจำลองจะสร้าง Variance-covariance matrix ซึ่งตรงกับสภาพจราจรที่มีอยู่ในฐานข้อมูล นอกจากนั้นแล้วแบบจำลองสำหรับระบบ Off-line ก็จะสามารถคำนวณระยะเวลาการเดินทางบนแต่ละช่วงถนน และ ปริมาณการจราจรได้ก็ด้วย สำหรับการพัฒนาระบบ Off-line นั้นจะต้องมีการสร้างโครงข่ายจราจรในพื้นที่ที่กำหนดไว้เบื้องต้น หลังจากนั้นจะทำการสำรวจด้านจราจรเพื่อทำการปรับแต่ง Speed-flow relation ของถนนในช่วงต่างๆ การสำรวจด้านจราจรจะรวมถึงการสำรวจปริมาณการจราจรบนแต่ละช่วงของถนน และปริมาณการเดินทางสำหรับแต่ละ O-D อีกด้วย ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ตัวอย่างรายละเอียดโครงข่ายการจราจร

ระบบการประเมินสภาพจราจรแบบ off-line จะช่วยให้การประเมินสภาพจราจรมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นในกรณีที่มีปริมาณข้อมูลแบบเรียลไทม์ที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินสภาพการจราจรได้มีจำนวนจำกัด นอกจากนี้ยังเป็นระบบที่ให้ข้อมูลเบื้องต้นในส่วนสภาพการจราจรโดยทั่วไปในแง่สถิติ

การพัฒนาระบบกลั่นกรองระยะเวลาเดินทางของรถยนต์ส่วนบุคคล

คณะวิจัยจะทำการพัฒนาระบบการกลั่นกรองระยะเวลาการเดินทางที่คำนวณได้จากข้อมูล RFID (B-Mov) ในแบบที่หนึ่ง โดยที่ระบบจะรับข้อมูลแบบเรียลไทม์จากโครงข่าย B-Base และทำการคำนวณ Smoothed average travel time สำหรับแต่ละช่วงเวลาที่จะทำการประเมินสภาพจราจร ระบบกลั่นกรองจะทำการกำหนด Lower-bound และ Upper-bound ของระยะเวลาการเดินทางที่สามารถจะนำมาใช้ในการประเมินสภาพการจราจรด้วย โดยที่การกำหนด Lower-bound และ Upper-bound จะขึ้นอยู่กับปริมาณจำนวนข้อมูลที่ติดต่อกันที่อยู่ต่ำหรือเหนือกว่า Lower-bound และ Upper-bound ที่กำหนดไว้ โดยถ้ามีปริมาณจำนวนข้อมูลดังกล่าวติดต่อกันมากระบบจะทำการขยายช่วง Lower-bound และ Upper-bound เพื่อสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพการจราจรหลังจากทำการปรับช่วงระยะเวลาที่สามารถใช้ได้ระบบจะทำการคำนวณ Average travel time และ Variance อีกครั้งโดยใช้ข้อมูลที่อยู่ภายในช่วงที่กำหนดทั้งหมด ในระบบการปรับ Lower-bound และ Upper-bound นั้นมีสัมประสิทธิ์ต่างๆที่ทางคณะวิจัยจำเป็นต้องปรับแต่ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับความเร็วในการปรับขยาย หรือลดความกว้างของช่วงระยะเวลาที่สามารถนำมาใช้ได้ โดยข้อมูลระยะเวลาเดินทางจริงที่ได้จากการสำรวจจะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลสำหรับปรับแต่งระบบดังกล่าว นอกจากนี้ในส่วนความแม่นยำของการประเมินระยะเวลาการเดินทาง ทางคณะวิจัยจะวิเคราะห์ความเร็วในการประมวลผลข้อมูลต่างๆซึ่งควรที่จะเร็วกว่าช่วงเวลาของการอัปเดตข้อมูลสภาพการจราจร ยกตัวอย่างเช่น ถ้าระบบการรายงานสภาพการจราจรจะทำการอัปเดตทุกๆ 5 นาทีระบบจะต้องทำการประมวลผลข้อมูลทั้งหมดให้เสร็จก่อนภายในเวลาดังกล่าว

การพัฒนากระบวนการกรองระยะเวลาการเดินทางของรถประจำทาง

ดังที่ได้อธิบายไปแล้วในส่วนการทบทวนงานวิจัยระยะเวลาการเดินทางของรถโดยสารประจำทางส่วนใหญ่จะสูงกว่าระยะเวลาที่ใช้ของรถยนต์ประเภทอื่นๆเนื่องจากรถโดยสารประจำทางต้องหยุดรับและส่งผู้โดยสารในจุดต่างๆ ทางคณะวิจัยจะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเดินทางที่ได้จากการเก็บข้อมูลจริงและที่ได้จากระบบการประเมินสภาพจราจร กับระยะเวลาการเดินทางที่ได้จากรถโดยสารประจำทางของแต่ละช่วงถนนซึ่งกำหนดโดยตำแหน่งของ B-Base โดยจะใช้วิธี Regression analysis เพื่อสร้างความสัมพันธ์ดังกล่าว

การพัฒนากระบวนการประเมินระยะเวลาการเดินทางจากข้อมูล Moving reader

ข้อมูลที่ได้จาก Moving reader จะประกอบไปด้วย ID , Read time, และพิกัด GPS ของ Moving reader ระบบประเมินระยะเวลาจากข้อมูลชุดนี้จำเป็นต้องสามารถ map ตำแหน่งของ Moving reader กลับไปยังตำแหน่งบนถนนจริงๆได้อย่างแม่นยำ และต้องสามารถจับคู่ Moving reader ได้อย่างรวดเร็ว ข้อมูลที่ได้จะถูก Filter ก่อนเพื่อคัดเอาข้อมูลที่มีระยะการเดินทางยาวมากออกไป ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะไม่สามารถนำมาช่วยในการวิเคราะห์สภาพจราจรในแต่ละช่วงถนนสั้นๆได้ นอกจากนั้นแล้วข้อมูลระยะเวลาการเดินทางที่ได้ของรถยนต์แต่ละคันที่มีช่วงเส้นทางที่คาบเกี่ยวกันจะถูกนำมาใช้หาระยะเวลาเดินทางเฉลี่ยระหว่างจุด B-Base station ต่างๆบนช่วงเส้นทางนั้น โดยใช้วิธีคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ย และ ระยะทางการเดินทางบนเส้นทางทั้งหมดของรถยนต์แต่ละคัน

การพัฒนากระบวนการประมวลผลข้อมูลโดยรวม

หลังจากได้ข้อมูลระยะเวลาการเดินทางทั้งแบบ On-line และ Off-line ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการประเมินสภาพจราจร ซึ่งนำหน้าที่ให้จะขึ้นอยู่กับปริมาณข้อมูลที่สามารถใช้ได้จากแหล่งต่างๆ สังเกตด้วยว่า ในส่วนของระบบ Offline ทางทีมวิจัยสามารถใช้ประโยชน์จากแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ GPS-vehicle, Loop detectors, Autoscope (CCTV) และ Cellphone โดยข้อมูลดังกล่าวจะต้องอยู่ในรูป Link travel time (หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ข้อมูลจากทุกๆ source จะต้องถูกกรองและแปลผลในขั้นต้น) ซึ่งข้อมูลระยะเวลาในการเดินทางจะถูกอัปเดตโดยใช้เทคนิค Bayesian update

หลังจากนั้น ทางคณะวิจัยจะทำการปรับแต่งค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆที่ใช้ในการกำหนดน้ำหนักที่ให้สำหรับระยะเวลาการเดินทางที่ประเมินได้จากแต่ละแหล่งข้อมูล นอกจากการกำหนดน้ำหนักของการใช้ข้อมูลจากแต่ละแหล่งแล้วระบบประมวลผลโดยรวมยังสามารถทำการประเมินสภาพการจราจรบนช่วงถนนที่ไม่มีข้อมูลแบบเรียลไทม์ โดยใช้ความสัมพันธ์จาก Variance-covariance matrix ของระบบ Off-line ที่ได้ปรับแต่งไว้แล้ว โดยที่ Variance ของระยะเวลาการเดินทางของเส้นทางที่ได้มีการเก็บข้อมูลจะถูกนำมาใช้ปรับ Variance ของระยะเวลาการเดินทางบนเส้นทางอื่นๆ ซึ่ง Variance ใหม่ที่ได้จะถูกนำมาคำนวณระยะเวลาเดินทางใหม่ของเส้นทางนั้นได้

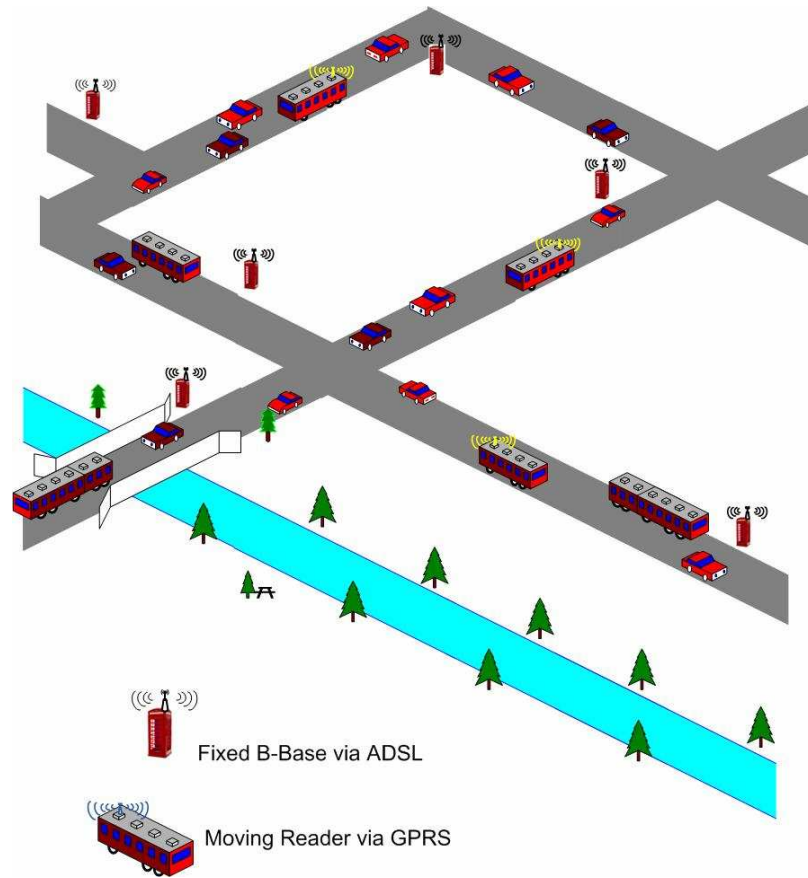
การตรวจสอบความแม่นยำของระบบประเมินสภาพจราจร

ทางคณะวิจัยจะทำการตรวจสอบความแม่นยำของระบบที่ได้พัฒนาขึ้นโดยทำการเปรียบเทียบผลการประเมินสภาพจราจรที่ได้จากระบบ และ สภาพจราจรจริงๆที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยที่ข้อมูลของสภาพการเดินทางจริงจะถูกเก็บโดยวิธีการเก็บ 2แบบด้วยกันได้แก่ 1) Probe vehicle และ 2) การเก็บข้อมูลป้ายทะเบียน ซึ่งการเก็บข้อมูลระยะเวลาการเดินทางจะถูกดำเนินการบนเส้นทางที่ได้กำหนดไว้ ข้อมูลทั้ง 2ส่วนจะถูกนำมาใช้คำนวณระยะเวลา และ สภาพการจราจรในแต่ละช่วงเวลาในสภาพจริง โดยที่จะมีการกำหนดช่วงเวลาของวันในการเก็บข้อมูลที่ต่างกันเพื่อทดสอบระบบในสภาพการจราจรที่ต่างกัน ข้อมูลสภาพจราจรจริงจะถูกใช้ในการกำหนดระดับความติดขัดของจราจรบนเส้นทางนั้นๆดังที่ได้อธิบายไปแล้วเบื้องต้น ซึ่งถ้าระบบประเมินสภาพจราจรสามารถระบุระดับความติดขัดของจราจรบนเส้นทางนั้นๆได้ตรงกับข้อมูลจริงจะถือว่าระบบมีความถูกต้อง โดยที่ทางคณะวิจัยได้ตั้งเป้าหมายความถูกต้องของการประเมินไว้ที่ 85-90%

แนวคิดในการออกแบบ Moving reader

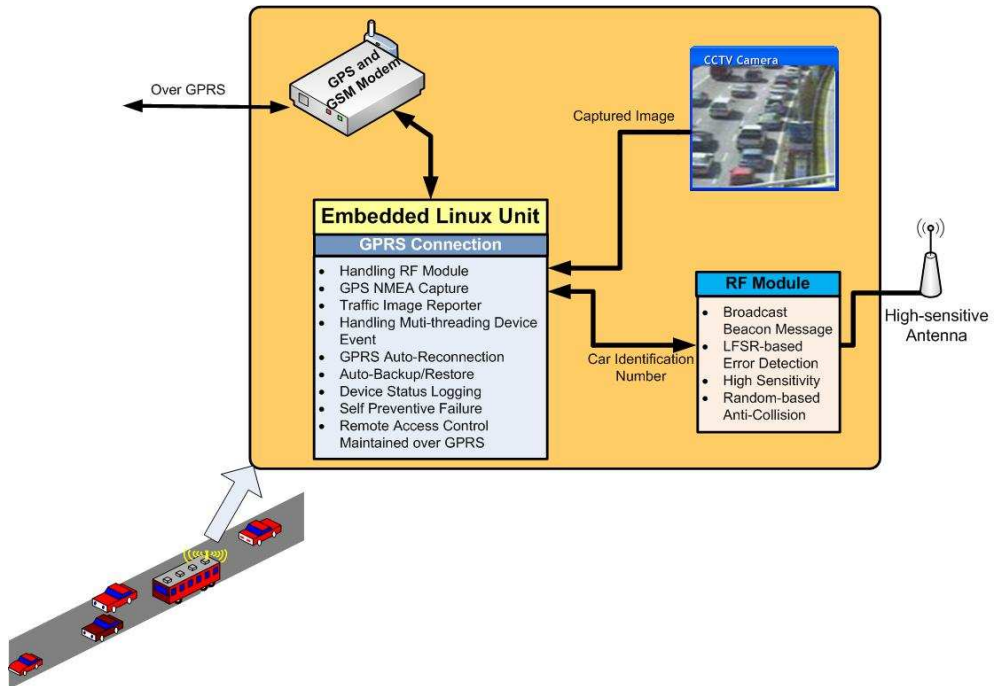
หลักการทำงานของ Moving reader (หรือ Moving B-Base) จะประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลักๆ ส่วนแรกคือการกระจายสัญญาณ Beacon ในระหว่างเคลื่อนที่เพื่อตรวจจับตัวลูกที่วิ่งไปมาในรัศมีของสัญญาณ Beacon ส่วนที่ 2 คือหน่วยประมวลผลภายในโดยมีสมองกลฝังตัวควบคุมการทำงานแบบ Multi-tasking และส่วนสุดท้ายคือ

หน่วยเชื่อมต่อการสื่อสารผ่านระบบ GPRS พร้อมระบบตำแหน่งพิกัดของรถที่ถูกติดตั้งตัว Moving reader ที่ได้รับจาก GPS chip



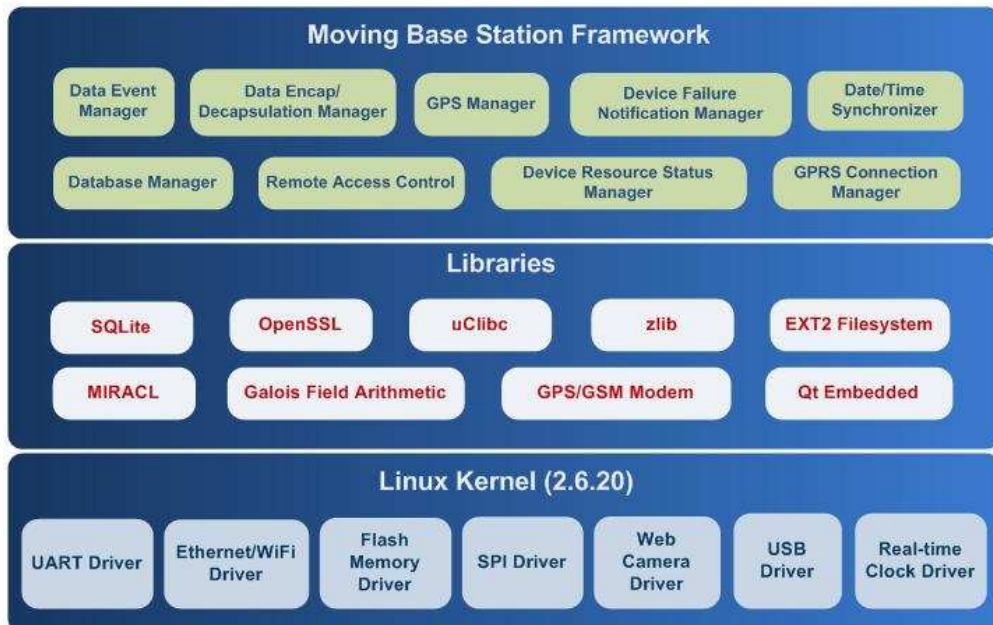
รูปที่ 3 Moving reader

จากรูปที่ 3 เมื่อรถเริ่มเคลื่อนที่ Moving reader ก็จะเริ่มทำงานโดยการกระจายสัญญาณ Beacon ที่มีรูปแบบข้อมูลเฉพาะตามที่กำหนดไว้โดยโปรโตคอลการแสดงตัวตน (Identification protocol) ซึ่งมีรัศมีการส่งสัญญาณรอบตัวได้ไกลไม่น้อยกว่า 200 เมตร เพื่อที่จะลดจำนวนการชนของข้อมูลที่จะถูกส่งมาจาก B-Mov ที่ถูกติดตั้งอยู่ในยานพาหนะประเภทต่างๆที่วิ่งไปมา จึงต้องจัดจำนวนช่องสัญญาณและอัลกอริทึมในการหลีกเลี่ยงการชนของข้อมูล ที่สามารถทำให้ตัว Moving reader มีเวลามากพอที่จะรับ ID ของอุปกรณ์ B-Mov ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในช่วงเวลาเดียวกันหน่วยประมวลผลภายใน Moving reader ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการ Embedded Linux เป็นตัวควบคุมการทำงานภายในทั้งหมด จะเตรียมพร้อมฐานข้อมูลเพื่อบันทึกข้อมูล ID ของ B-Mov ที่ได้รับมา หลังจากที่ถูกถอดรหัสและตรวจสอบความถูกต้อง ของข้อมูล ID เรียบร้อยแล้ว รวมทั้งตรวจสอบสถานะ การเชื่อมต่อกับศูนย์ควบคุมกลางตลอดเวลา และประมวลผลข้อมูลพิกัดที่ได้จากโมดูล GPS ณ ตำแหน่งปัจจุบันในเวลาเดียวกัน โดยขั้นตอนสุดท้ายจะรวมข้อมูลซึ่งประกอบไปด้วย B-Mov ID, Timestamp, ตำแหน่งพิกัด GPS เป็นต้น แล้วจึงส่งเข้าขบวนการเข้ารหัสแบบ Elliptic Curve-based El Gamal Cryptography เพื่อออกมาเป็น Cipher text และขั้นตอนสุดท้ายก็จะถูกส่งผ่าน GPRS ไปยังศูนย์ควบคุมกลาง อุปกรณ์ Moving reader จะประกอบไปด้วย 4 ส่วนได้แก่ 1) Embedded board, 2) RF Module, 3) Camera และ 4) GPS & GSM Modem รูปที่ 4 แสดงฟังก์ชันการทำงานของ Moving reader



รูปที่ 4 ฟังก์ชันการทำงานภายใน Moving reader

การนำระบบปฏิบัติการลินุกซ์มาใช้เพื่อเป็นตัวควบคุมการทำงานของ Moving reader ทั้งหมดเนื่องจาก ระบบปฏิบัติการลินุกซ์เองมีโครงสร้าง kernel (version 2.6.20) ที่ไม่ซับซ้อน นอกจากนั้นยังสามารถปรับแต่ง Device driver และ Feature การทำงานอื่นๆที่จำเป็นเข้าไป ให้มีความเสถียรภาพและทำงานเฉพาะที่ ถูกกำหนดไว้ได้ ทำให้ระบบปฏิบัติการลินุกซ์จึงเป็นที่นิยมอย่างมากในการนำมาใช้ในเทคโนโลยีสมองกลฝังตัวให้ทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ



รูปที่ 5 สถาปัตยกรรมของ Moving reader

รูปที่ 5 แสดงสถาปัตยกรรมโดยรวมที่อยู่ภายในตัว Moving reader ที่สนับสนุนระบบปฏิบัติการลินุกซ์ โดยรองรับเทคโนโลยีที่สำคัญต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่ทางเราได้นำเสนอ และเพื่อให้การทำงานของ Moving reader

รองรับการจัดการข้อมูลที่ได้รับมาจากรถยนต์ที่ติด B-Mov ที่วิ่งไปตามท้องถนน แล้วประมวลผลข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ เพื่อเตรียมส่งข้อมูลเหล่านี้ต่อไปยังศูนย์ควบคุมกลางผ่านระบบเครือข่ายGPRS ได้อย่างทันท่วงที โดยพยายามรักษาข้อมูลให้มีความถูกต้อง และน่าเชื่อถือมากที่สุด

6. แผนงานวิจัย

ในภาพรวมกระบวนการวิจัยจะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆดังต่อไปนี้ A ทำการทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาระบบการประเมินสภาพจราจร B เก็บข้อมูลสำหรับการพัฒนาระบบฐานข้อมูลจราจรแบบ Off-line C ทำการพัฒนาและปรับแต่งระบบประเมินสภาพจราจรแบบ Off-line D พัฒนาและทดสอบระบบกลั่นกรองระยะเวลาการเดินทางจากข้อมูลของรถโดยสารประจำทาง E พัฒนา ติดตั้ง และทดสอบอุปกรณ์ Moving reader ที่ใช้ติดรถยนต์ที่วิ่งประจำเส้นทางที่ศึกษา จำนวน 3 คัน F พัฒนาระบบประเมินระยะเวลาการเดินทางจากข้อมูลแบบ Moving reader G ทำการทดสอบระบบ Data filtering algorithm โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากสำรวจระยะเวลาเดินทางจริง H พัฒนาระบบประเมินสภาพจราจรแบบแบบ Online และทดสอบผลโดยรวม (Data fusion processor)

อ้างถึงรูปที่ (1) ข้อมูลระยะเวลาในการเดินทางแบบเรียลไทม์ที่ได้จากระบบ RFID (B-Base station และ B-Mov) ในการพัฒนาระบบประเมินสภาพจราจรใน Section แยกโคก-สุขุมวิท ถึง แยกรัชดา-ลาดพร้าว ได้มาจากผลงานวิจัยในโครงการที่ผ่านมา ซึ่งประกอบด้วยรถประจำทางสาย 136 (ต้นแบบ) ที่ติดตั้งอุปกรณ์ B-Mov จำนวน 25 คัน และสถานีรับ B-Base ซึ่งติดตั้งไว้แล้วในภายใน Section ของถนนที่กำหนดจำนวน 8 สถานี

ตารางที่ 2 สถานีที่ติดตั้งอุปกรณ์ B-Base (RFID reader)

ลำดับ	ชื่อสถานี	หมายเลขตู้โทรศัพท์ TOT	หมายเหตุ
1	แยกโคก-สุขุมวิท	55052	ตลาดโคก
2	ตึกแกรนด์	55057	ตรงข้ามปั้ม คาลเท็กซ์ ก่อนถึง มศว. ประสานมิตร 100 ม.
3	ทางด่วนพระราม 9	12-MT1-170	ก่อนลงทางด่วนพระราม 9 (100 ม.)
4	แยกเพชรบุรี	14-MB1-224	โรงแรมเมอร์เคียวรัชดา (ฟอร์จูน)
5	โรงเรียนประชากรราษฎร์	19-MB1-56	หน้าห้างคาร์ฟูร์รัชดา
6	โรงแรมดิเอ็มเมอรัลด์	0-2275-0349	ก่อนถึงแยกห้วยขวาง
7	แยกสุทธิสาร	21-MB1-1637	หน้าทางลง MRT สุทธิสาร
8	แยกรัชดา-ลาดพร้าว	15-MB1-2201	ก่อนถึงแยก 20 ม.



รูปที่ 6 ตัวอย่างตู้โทรศัพท์ที่ติดตั้งอุปกรณ์ B-Base

เอกสารอ้างอิง

- สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2551). สืบค้นข้อมูลเมื่อ 1 มิถุนายน 2551. สืบค้นได้จาก http://www.otp.go.th/pdf/Statistic/traffic/traffic5_50.pdf
- Arem, B.V., Vlist, M.J.M., Muste, M. & Smulders, S.A. (1997). Travel Time Estimation in the GERDIEN Project. *International Journal of Forecasting* 13, pp. 73-85.
- BAL-Labs (2007) "The design of RFID sensor network for bus fleet monitoring," Retrieved 15 June, 2008 from the World Wide Web: <http://www.bal-labs.com/>
- BAL-Labs (2006b) "GPS vs. RFID for bus tracking," Retrieved 15 June, 2008 from the World Wide Web : <http://www.bal-labs.com/>
- Coifman, B. (2002). Estimating Travel Times and Vehicle Trajectories on Freeways Using Dual Loop Detectors. *Transportation Research Part A* 36, pp. 351-364.
- Daduna, J.R., and Paixao, J.M.P. (1995) "Vehicle scheduling for public mass transit – an overview," In: Daduna, J.R., Branco, I., and Paixao, J.M.P. (eds), *Computer-aided transit scheduling*, Springer, pp. 76 - 90.
- Dion, F. and Rakha, H. (2006) Estimating dynamic roadway travel times using automatic vehicle identification data for low sampling rates, *Transportation Research Part B*, 40(9), 745-766
- 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
- Chakroborty P. and Kikuchi, S. (2004) Using bus travel time data to estimate travel times on urban corridors, *Transportation Research Record*, 1870, 18-25.
- Cathey, F.W. and Dailey, D.J. (2002) Transit vehicle as traffic probe sensors, *Transportation Research Record*, 1804, 23-30
- Elango, C. and Dailey, D.J. (2000) Irregularly sampled transit vehicles used as traffic sensors, *Transportation Research Record*, 1719, 33-44
- Laborczi, P., Linauer, M. & Nowotny, B. (2006). Travel Time Estimation Based on Incomplete Probe Car Information. *The 13th World Congress on ITS*. London.
- Southwest Research Institute (1998) *Automatic Vehicle Identification Model Deployment Initiative: System Design Document Report* prepared for Texas Department of Transportation, TransGuide, San Antonio, TX
- 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) *Proceeding of the 8th Asia-Pacific Intelligent Transport Systems Forum Hong Kong*.
- Zhang, W. (2006). *Freeway Travel Time Estimation Based on Spot Speed Measurements*. Dissertation Submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg: Virginia.